

目次

鋼船規則 C 編 船体構造及び船体艤装.....	11
2-1 編 コンテナ運搬船.....	11
1 章 通則.....	11
1.1 一般.....	11
1.2 定義.....	11
2 章 一般配置要件.....	12
2.1 構造配置.....	12
3 章 構造設計の原則.....	13
3.1 ネット寸法手法.....	13
3.2 ローディングマニュアル及び積付計算機.....	13
4 章 荷重.....	14
4.1 一般.....	14
4.2 縦強度において考慮する荷重.....	14
4.3 局部強度において考慮する荷重.....	23
4.4 主要支持構造強度において考慮する荷重.....	23
4.5 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重.....	26
4.6 疲労において考慮する荷重.....	29
5 章 縦強度.....	33
5.1 一般.....	33
5.2 降伏強度評価.....	34
5.3 座屈強度.....	34
5.4 縦曲げ最終強度.....	35
5.5 曲げ振り強度.....	36
附属書 5.3 縦強度(UR S11A)に関する座屈強度評価.....	45
An1. 一般.....	46
An2. 各構造部材の座屈強度評価.....	46
附属書 5.4 面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度評価.....	58
An1. 一般.....	58
An2. 面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度の評価手法.....	58
7 章 主要支持構造強度.....	63
7.1 一般.....	63
7.2 二重船殻構造.....	63
7.3 甲板構造.....	63
8 章 貨物倉解析による強度評価.....	65
8.1 一般.....	65
8.2 評価範囲及び評価対象部材.....	65
8.3 構造モデル.....	65

8.4	腐食の考慮.....	66
8.5	境界条件及び荷重条件.....	66
8.6	強度評価.....	68
9章	疲労.....	70
9.1	一般.....	70
9.2	評価すべきホットスポット.....	70
9.3	ロンジ端部結合部の疲労強度評価.....	71
9.4	曲げ振り疲労強度評価.....	71
9.5	詳細設計標準.....	77
10章	追加の構造要件.....	78
10.1	船底構造.....	78
10.2	船側構造.....	78
10.3	甲板構造.....	78
10.4	隔壁構造.....	78
10.5	極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船に対する特別規定.....	78
10.6	セルガイド.....	81
12章	溶接.....	82
12.1	コンテナ運搬船の溶接.....	82
14章	艀装.....	83
14.1	小倉口.....	83
14.2	コンテナ固縛設備.....	83
2-2編	ボックス型ばら積貨物船.....	84
1章	通則.....	84
1.1	一般.....	84
1.2	定義.....	84
2章	一般配置要件.....	86
2.1	構造配置.....	86
3章	構造設計の原則.....	87
3.1	(削除).....	87
3.2	ローディングマニュアル及び積付計算機.....	87
4章	荷重.....	88
4.1	一般.....	88
4.2	縦強度において考慮する荷重.....	88
4.3	局部強度において考慮する荷重.....	89
4.4	主要支持構造強度において考慮する荷重.....	90
4.5	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重.....	93
4.6	疲労において考慮する荷重.....	96
4.7	追加の構造要件において考慮する荷重.....	97
附属書 4.5	運航上積付状態と解析用積付状態の関係.....	98
An1.	一般.....	98

An2.	運航上積付状態と解析用積付状態	98
5 章	縦強度	107
5.1	曲げ振り強度	107
5.2	縦曲げ最終強度	109
6 章	局部強度	110
6.1	特殊な貨物を積載する船舶	110
6.2	横隔壁	110
7 章	主要支持構造強度	111
7.1	一般	111
8 章	貨物倉解析による強度評価	112
8.1	一般	112
8.2	評価範囲及び評価対象部材	112
8.3	構造モデル	112
8.4	境界条件及び荷重条件	112
8.5	強度評価	115
9 章	疲労	117
9.1	一般	117
9.2	評価すべき構造詳細	117
9.3	考慮する積付状態及び時間比率	117
9.4	境界条件及び荷重条件	118
9.5	詳細設計標準	118
10 章	追加の構造要件	119
10.1	船底構造	119
10.2	船側構造	119
10.3	隔壁構造	120
10.4	甲板構造	120
10.5	グラブ荷役	120
10.6	その他	121
14 章	艀装	122
14.1	コンテナ固縛設備	122
附属書 1.1	SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件	123
An1.	一般	123
An2.	損傷時復原性	124
An3.	貨物倉内横置隔壁	125
An4.	二重底強度	134
An5.	縦強度	138
An6.	二重船側構造及び貨物倉構造	140
2-3 編	鉍石運搬船	147
1 章	通則	147
1.1	一般	147

1.2	定義.....	147
2章	一般配置要件.....	149
2.1	構造配置.....	149
3章	構造設計の原則.....	150
3.1	(削除).....	150
3.2	ローディングマニュアル及び積付計算機.....	150
4章	荷重.....	159
4.1	一般.....	159
4.2	局部強度において考慮する荷重.....	159
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重.....	160
4.4	疲労において考慮する荷重.....	164
8章	貨物倉解析による強度評価.....	165
8.1	一般.....	165
8.2	評価対象部材.....	165
8.3	構造モデル.....	165
8.4	境界条件及び荷重条件.....	166
8.5	強度評価.....	166
9章	疲労.....	168
9.1	一般.....	168
9.2	評価すべき構造詳細.....	168
9.3	考慮する積付状態及び時間比率.....	168
9.4	境界条件及び荷重条件.....	169
10章	追加の構造要件.....	170
10.1	船底構造.....	170
10.2	船側構造.....	170
10.3	甲板構造.....	171
10.4	隔壁構造.....	171
10.5	スロッシングに対するタンク構造.....	171
10.6	その他.....	173
11章	貨物区域外の構造.....	174
11.1	船楼.....	174
2-4編	木材チップ船.....	175
1章	通則.....	175
1.1	一般.....	175
1.2	定義.....	175
2章	一般配置要件.....	176
2.1	構造配置.....	176
3章	構造設計の原則.....	177
3.1	最小要件.....	177
3.2	ローディングマニュアル及び積付計算機.....	177

4章	荷重	178
4.1	一般	178
4.2	局部強度において考慮する荷重	178
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	179
4.4	疲労において考慮する荷重	182
5章	縦強度	184
5.1	縦曲げ最終強度	184
6章	局部強度	185
6.1	一般	185
6.2	バラストホールド	185
6.3	ビルジホップタンク	185
8章	貨物倉解析による強度評価	186
8.1	一般	186
8.2	評価対象部材	186
8.3	構造モデル	186
8.4	境界条件及び荷重条件	187
8.5	強度評価	187
9章	疲労	188
9.1	一般	188
9.2	評価すべき構造詳細	188
9.3	考慮する積付状態及び時間比率	188
9.4	境界条件及び荷重条件	189
9.5	詳細設計標準	189
10章	追加の構造要件	192
10.1	船底構造	192
10.2	船側構造	192
10.3	隔壁構造	193
10.4	甲板構造	193
10.5	その他	193
2-5編	一般貨物船, 冷凍運搬船	194
1章	通則	194
1.1	一般	194
1.2	定義	194
3章	構造設計の原則	196
3.1	(削除)	196
3.2	ローディングマニュアル及び積付計算機	196
4章	荷重	197
4.1	一般	197
4.2	局部強度において考慮する荷重	197
4.3	主要支持構造強度において考慮する荷重	198

4.4	追加の構造要件において考慮する荷重.....	199
6章	局部強度.....	206
6.1	一般.....	206
6.2	特殊な貨物を積載する船舶.....	207
7章	主要支持構造強度.....	208
7.1	一般.....	208
7.2	ハッチサイドガーダ.....	209
7.3	特殊な貨物.....	209
10章	追加の構造要件.....	210
10.1	スチールコイルを積載する船舶.....	210
10.2	コンテナを積載する船舶.....	214
10.3	隔壁構造.....	215
10.4	木材を積載する船舶.....	217
10.5	セルフアンローダ船に対する追加要件.....	218
14章	艀装.....	219
14.1	コンテナ固縛設備.....	219
2-6編	自動車運搬船, ロールオン・ロールオフ船.....	220
1章	通則.....	220
1.1	一般.....	220
1.2	定義.....	220
3章	構造設計の原則.....	221
3.1	最小要件.....	221
3.2	ローディングマニュアル及び積付計算機.....	222
4章	荷重.....	223
4.1	一般.....	223
4.2	局部強度において考慮する荷重.....	223
4.3	主要支持構造強度において考慮する荷重.....	224
4.4	全船解析による船底構造強度評価において考慮する荷重.....	225
4.5	全船解析によるラッキング強度評価において考慮する荷重.....	229
4.6	全船解析による疲労強度評価において考慮する荷重.....	230
4.7	追加の構造要件において考慮する荷重.....	232
6章	局部強度.....	233
6.1	一般.....	233
7章	主要支持構造強度.....	234
7.1	一般.....	234
8章	貨物倉解析による強度評価.....	235
8.1	一般.....	235
8.2	構造モデル.....	236
8.3	腐食の考慮.....	236
8.4	船底構造強度評価.....	237

8.5	ラッキング強度評価	239
9 章	疲労	242
9.1	一般	242
9.2	評価すべき構造詳細	242
9.3	考慮する積付状態及び時間比率	243
9.4	境界条件及び荷重条件	243
9.5	スクリーニング評価	244
10 章	追加の構造要件	247
10.1	車両甲板	247
10.2	可動式車両甲板	250
12 章	溶接	253
12.1	特定の箇所の継手に対する追加要件	253
2-7 編	タンカー	256
1 章	通則	256
1.1	一般	256
1.2	定義	256
2 章	一般配置要件	258
2.1	構造配置	258
4 章	荷重	259
4.1	一般	259
4.2	局部強度において考慮する荷重	259
4.3	主要支持構造強度において考慮する荷重	260
4.4	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	263
4.5	疲労において考慮する荷重	265
6 章	局部強度	267
6.1	独立型方形タンク	267
7 章	主要支持構造強度	270
7.1	一般	270
7.2	独立型方形タンク	271
8 章	貨物倉解析による強度評価	272
8.1	一般	272
8.2	評価範囲及び評価対象部材	272
8.3	構造モデル	272
8.4	境界条件及び荷重条件	273
8.5	強度評価	273
9 章	疲労	274
9.1	一般	274
9.2	評価すべき構造詳細	274
9.3	考慮する積付状態及び時間比率	274
9.4	境界条件及び荷重条件	275

9.5	詳細設計標準	275
10章	追加の構造要件	277
10.1	一般.....	277
12章	溶接.....	278
12.1	タンカーの溶接	278
14章	艀装.....	279
14.1	ハッチカバーに対する特別規定.....	279
14.2	放水設備に対する特別規定	280
2-8編	液化ガスばら積船（独立球形タンクタイプ B方式）	281
1章	通則.....	281
1.1	一般.....	281
1.2	定義.....	281
3章	構造設計の原則.....	282
3.1	ローディングマニュアル及び積付計算機	282
4章	荷重	283
4.1	一般.....	283
4.2	局部強度において考慮する荷重.....	283
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重.....	283
4.4	疲労において考慮する荷重	287
5章	縦強度.....	289
5.1	縦曲げ最終強度	289
7章	主要支持構造強度	290
7.1	一般.....	290
8章	貨物倉解析による強度評価.....	291
8.1	一般.....	291
8.2	評価範囲及び評価対象部材	291
8.3	構造モデル.....	292
8.4	境界条件及び荷重条件	292
9章	疲労.....	296
9.1	一般.....	296
9.2	評価すべき構造詳細	296
9.3	考慮する積付状態及び時間比率.....	297
9.4	境界条件及び荷重条件	297
2-9編	液化ガスばら積船（独立方形タンクタイプ A/B方式）	299
1章	通則.....	299
1.1	一般.....	299
1.2	定義.....	300
1.3	提出図面及びその他書類.....	303
3章	構造設計の原則.....	304
3.1	ローディングマニュアル及び積付計算機	304

4章	荷重	305
4.1	一般	305
4.2	局部強度において考慮する荷重	305
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	307
4.4	疲労において考慮する荷重	324
附属書 4.3	運航上積付状態と解析用積付状態の関係	330
An1.	一般	330
An2.	運航上積付状態と解析用積付状態	330
5章	縦強度	337
5.1	縦曲げ最終強度	337
6章	局部強度	338
6.1	独立型方形タンク	338
7章	主要支持構造強度	340
7.1	一般	340
8章	貨物倉解析による強度評価	341
8.1	一般	341
8.2	評価範囲及び評価対象部材	342
8.3	構造モデル	343
8.4	境界条件及び荷重条件	345
8.5	強度評価	345
8.6	局部構造の解析による強度評価	347
9章	疲労	354
9.1	一般	354
9.2	評価すべきホットスポット	355
9.3	考慮する積付状態及び時間比率	356
9.4	有限要素解析	357
9.5	境界条件及び荷重条件	360
9.6	疲労強度評価	360
10章	追加の構造要件	361
10.1	スロッシングに対するタンク構造	361
2-10編	液化ガスばら積船（独立型タンクタイプ C方式）	364
1章	通則	364
1.1	一般	364
1.2	定義	364
4章	荷重	366
4.1	一般	366
4.2	局部強度において考慮する荷重	366
4.3	主要支持構造強度において考慮する荷重	366
5章	縦強度	368
5.1	縦曲げ最終強度	368

7章	主要支持構造強度	369
7.1	一般.....	369
7.2	単底構造.....	369
8章	貨物倉解析による強度評価.....	371
8.1	一般.....	371
2-11編	液化ガスばら積船（メンブレン方式）	372
1章	通則.....	372
1.1	一般.....	372
1.2	定義.....	372
1.3	提出図面及びその他書類.....	373
3章	構造設計の原則.....	374
3.1	ローディングマニュアル及び積付計算機	374
4章	荷重.....	375
4.1	一般.....	375
4.2	局部強度において考慮する荷重.....	375
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重.....	376
4.4	疲労において考慮する荷重	383
4.5	追加の構造要件において考慮する荷重.....	385
5章	縦強度.....	388
5.1	縦曲げ最終強度	388
7章	主要支持構造強度	389
7.1	一般.....	389
8章	貨物倉解析による強度評価.....	390
8.1	一般.....	390
8.2	評価範囲及び評価対象部材	390
8.3	構造モデル.....	391
8.4	境界条件及び荷重条件	391
8.5	強度評価.....	391
9章	疲労.....	392
9.1	一般.....	392
9.2	評価すべき構造詳細	392
9.3	考慮する積付状態及び時間比率.....	393
9.4	境界条件及び荷重条件	393
10章	追加の構造要件.....	394
10.1	内殻材に対する特別要件.....	394
10.2	スロッシングに対するタンク構造	394

鋼船規則 C 編

船体構造及び船体艤装

2-1 編 コンテナ運搬船

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

- 1. 船級符号に“Container Carrier”（略号 CNC）を付記してコンテナ運搬船として登録を受けようとする船舶の構造及び艤装については、1 編に加え、本 2-1 編の規定によらなければならない。
- 2. 本 2-1 編の規定は、専らコンテナ貨物を運送する船舶であって、甲板には大きな倉口、貨物倉内には二重底を有し、甲板及び船底は縦式構造の船舶について定めたものである。
- 3. 前-2.に掲げるものと異なる構造のコンテナ運搬船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

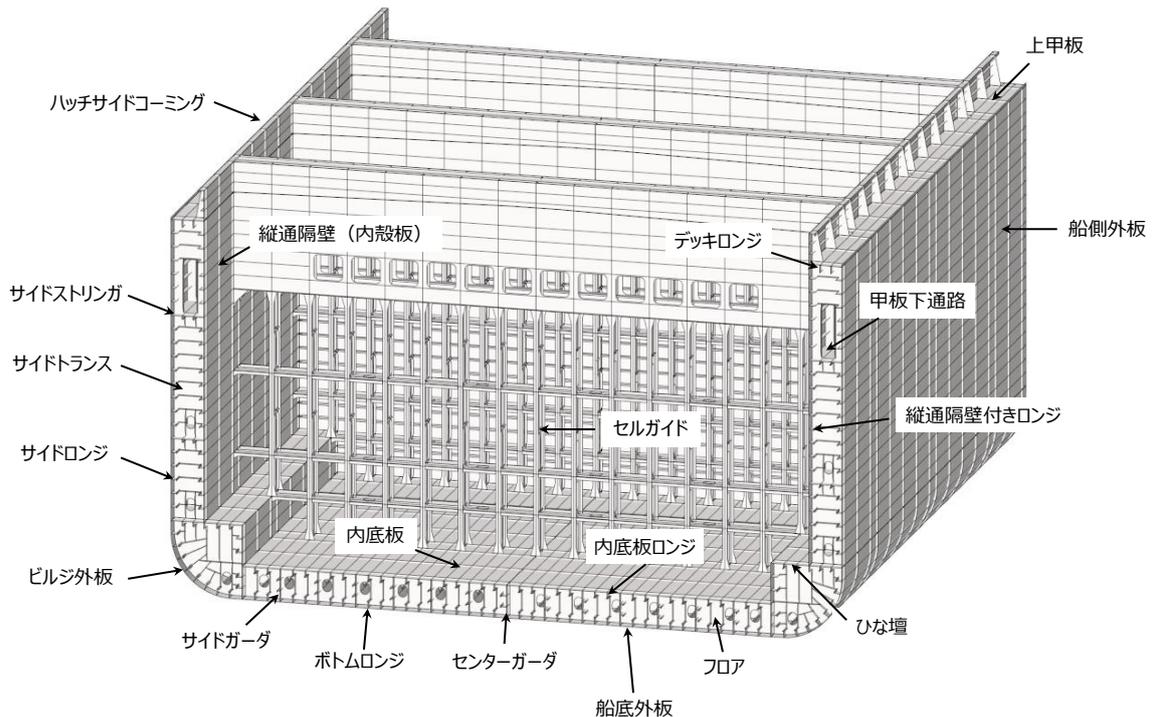
1.2 定義

1.2.1 部材名称

1.2.1.1 構造に関する用語

本 2-1 編において用いられている一般的な構造に関する用語を図 1.2.1-1.に示す。

図 1.2.1-1. コンテナ運搬船



2章 一般配置要件

2.1 構造配置

2.1.1 二重底構造

2.1.1.1 一般

コンテナ隅金具の下方の二重底内には、ガーダ又はフロアを設ける等、コンテナの荷重を有効に支持する構造としなければならない。

2.1.2 二重船側構造

2.1.2.1 一般

- 1. 船倉部の船側構造は原則として二重構造とし、内部にはサイドトランス及びサイドストリングを設ける等十分な防撓構造としなければならない。
- 2. サイドトランスは、二重底内のフロアの位置に設けなければならない。

3章 構造設計の原則

3.1 ネット寸法手法

3.1.1 腐食予備厚の値

3.1.1.1

- 1. 5.1 から 5.4 を適用する場合の腐食予備厚は、1編 3.3.4.2 に代えて、本 3.1.1 によらなければならない。
 -2. 炭素マンガン鋼に対する腐食予備厚は次の(1)及び(2)によらなければならない。

- (1) 構造部材の両側の腐食予備厚 t_c は、次の算式による。

$$t_c = \text{Roundup}_{0.5}(t_{c1} + t_{c2}) + t_{res} \text{ (mm)}$$

- (2) 区画内の内部材の腐食予備厚は、次の算式による。

$$t_c = \text{Roundup}_{0.5}(2t_{c1}) + t_{res} \text{ (mm)}$$

表 3.1.1-1. 構造部材の片面の腐食予備厚

区画の種類	片面の腐食予備厚 t_{c1} , t_{c2} (mm)
海水暴露	1.0
大気暴露	1.0
バラスタタンク	1.0
空所及びドライスペース	0.5
清水, 燃料油, 潤滑油タンク	0.5
居住区	0.0
コンテナ貨物倉	1.0
上記以外の区画	0.5

3.2 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.2.1 積付計算機

3.2.1.1 一般

積付計算機は規定された算出点における静水中振りモーメントを容易に算出でき、かつ規定された許容値を超えないことを確認できるものでなければならない。

3.2.1.2 機能

積付計算機は次の機能を満足しなければならない。

- (1) 機関室の前端横隔壁、船首隔壁及びこの間の横隔壁の位置において静水中振りモーメントをそれぞれ出力できること。
- (2) 各積付状態に対して計算した静水中振りモーメントの値と、それらの計算位置におけるローディングマニュアルに示されている静水中振りモーメントの許容値との比較が容易にできること。

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成及び概要

本章の各節には、本 **2-1 編** 及び **1 編** の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、**表 4.1.1-1** に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章 の一般原則に関する要件
4.2	縦強度において考慮する荷重	5章 及び 1編5章 に規定する縦強度において考慮するハルガーダ荷重に関する追加要件
4.3	局部強度において考慮する荷重	1編6章 に規定する局部強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.4	主要支持構造強度の評価において考慮する荷重	7章 及び 1編7章 に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.5	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	8章 及び 1編8章 に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.6	疲労において考慮する荷重	9章 及び 1編9章 に規定する疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件

4.2 縦強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1. **5章**及び**1編5章**に規定する縦強度の要件において考慮する荷重は、本 **4.2** の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、**4.2.2** の規定によらなければならない。
- 3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、**4.2.3** の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 一般

- 1. 最大荷重状態の荷重は、**1編4.3.2** の規定に代えて、本 **4.2.2** の規定によらなければならない。
- 2. 本 **4.2.2** に規定する要件は、次の**(1)**から**(4)**の全てに該当する船舶に対して適用しなければならない。
 - (1) $90 \leq L_C \leq 500$
 - (2) $5 \leq L_C/B \leq 9$
 - (3) $2 \leq B/T_{SC} \leq 6$
 - (4) $0.55 \leq C_B \leq 0.9$
- 3. 静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力は **4.2.2.2** の規定によらなければならない。
- 4. 波浪中垂直曲げモーメントは **4.2.2.3** の規定に、また、波浪中垂直せん断力は **4.2.2.4** の規定によらなければならない。

-5. 水平曲げモーメント及び振りモーメントは 4.2.2.6 の規定によらなければならない。

-6. 前-2.のいずれかに該当しない船舶又は本会が必要と認めた船舶においては、波浪中垂直曲げモーメント、波浪中垂直せん断力、波浪中水平曲げモーメント及び波浪中振りモーメントは、直接荷重解析等により特別に考慮しなければならない。

4.2.2.2 静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力

-1. 静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力は、原則として、出港状態及び入港状態における燃料油、清水及び貯蔵物の積載量に基づき、設計貨物積付状態及び設計バラスト状態において、船の全長にわたり、各断面について計算しなければならない。原則として、貨物区域の各横隔壁、各貨物倉の中央、船首隔壁、機関室前部隔壁並びに機関室前部隔壁及び後部隔壁の中間位置における値を求める。その他の位置にあっては、線形補間により求めて差し支えない。

-2. 航海中の任意の中間状態において消耗品の積載量及び配置がより過酷な条件を与えると考えられる場合には、出入港状態の積付状態に加え、中間状態における計算を行わなければならない。

-3. 航海中にバラストの漲水又は排水を行うことを計画する場合には、全てのバラストタンクの漲水又は排水の直前及び直後の状態における計算を行わなければならない。本計算にあたって、1編4章附属書43「バラストの漲水及び排水に関わる縦強度の検討に関する指針」の規定を用いること。

-4. 静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力の最大値及び最小値として、許容最大静水中垂直曲げモーメント M_{SV_max} (kN-m)、許容最小静水中垂直曲げモーメント M_{SV_min} (kN-m)、許容最大静水中垂直せん断力 Q_{SV_max} (kN) 及び許容最小静水中垂直せん断力 Q_{SV_min} (kN) を考慮しなければならない。これらの値は、次の(1)及び(2)の値を包括したものでなければならない。

(1) ローディングマニュアルに記載される航海中の積付状態に対する最大静水中垂直曲げモーメント及び最小静水中垂直曲げモーメント並びに最大静水中垂直せん断力及び最小静水中垂直せん断力

(2) 設計者によって定められた最大静水中垂直曲げモーメント及び最小静水中垂直曲げモーメント並びに最大静水中垂直せん断力及び最小静水中垂直せん断力

4.2.2.3 波浪中垂直曲げモーメント

-1. ホギング状態の波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} (kN-m) 及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-s} (kN-m) は、表 4.2.2-1.によらなければならない。

表 4.2.2-1. 波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} 及び M_{WV-s}

ホギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} (kN-m)	$M_{WV-h} = 1.5C_R C_{Vh} L_C^3 C C_W \left(\frac{B}{L_C}\right)^{0.8} C_{NL-h}$
サギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-s} (kN-m)	$M_{WV-s} = 1.5C_R C_{Vs} L_C^3 C C_W \left(\frac{B}{L_C}\right)^{0.8} C_{NL-s}$

(備考)

C_R : 操船影響係数で, 0.85

C_{NL-h} : ホギング状態における非線形影響係数で, 次の算式による。ただし, 1.1 以下とする。

$$C_{NL-h} = 0.3 \frac{C_B}{C_W} \sqrt{T_{SC}}$$

C_{NL-s} : サギング状態における非線形影響係数で, 次の算式による。ただし, 1.0 以上とする。

$$C_{NL-s} = 4.5 \frac{1 + 0.2C_{Bow}}{C_W \sqrt{C_B} \cdot L_C^{0.3}}$$

C_{Bow} : バウフレア形状の影響係数で, 次の算式による。

$$C_{Bow} = \frac{A_{DK} - A_{WL}}{0.2L_C z_f}$$

A_{DK} : $0.8L_C$ より前方にある最上部甲板の水平面の投影面積 (m^2) で, 船首楼甲板がある場合は, 船首楼甲板も含む。ただし, ブルワーク等のほかの部材は考慮しない (図 4.2.2-1.参照)。

A_{WL} : 構造用喫水線位置における, $0.8L_C$ より前方の水線面積 (m^2)

z_f : FE における構造用喫水線位置から最も上方の甲板 (又は船首楼甲板) までの垂直距離 (m) で, ブルワーク等のほかの部材は考慮しない (図 4.2.2-1.参照)。

C_{Vh}, C_{Vs} : 分布係数で, 表 4.2.2-2.による (図 4.2.2-2.参照)。

C : 波パラメータで, 次のによる。
 $L_C \leq L_{ref}$ の場合, $C = 1 - 1.50 \left(1 - \sqrt{\frac{L_C}{L_{ref}}}\right)^{2.2}$
 $L_C > L_{ref}$ の場合, $C = 1 - 0.45 \left(\sqrt{\frac{L_C}{L_{ref}}} - 1\right)^{1.7}$

L_{ref} : 参照長さ (m) で, 次の算式による。

$$L_{ref} = 315C_W^{-1.3}$$

図 4.2.2-1. 投影面積 A_{DK} 及び垂直距離 z_f

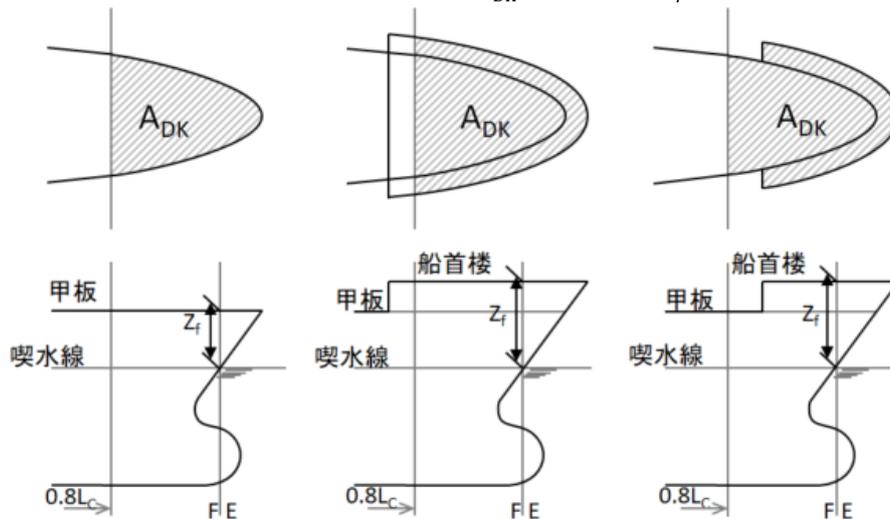
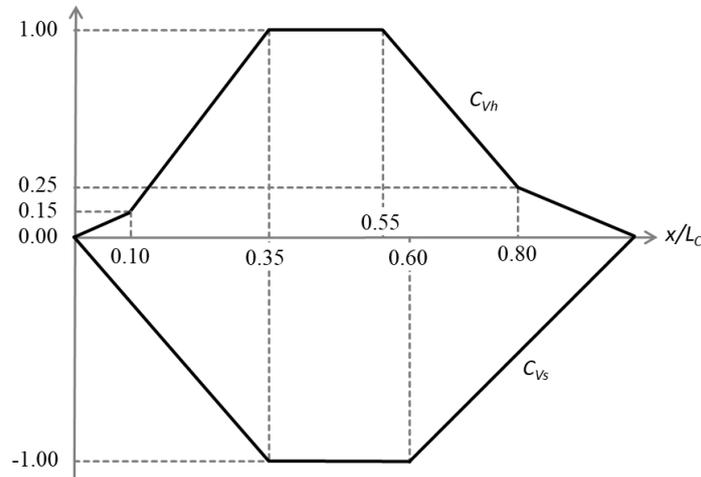


表 4.2.2-2. 波浪中垂直曲げモーメントの分布係数

x/L_c	C_{Vh}	C_{Vs}
$x/L_c = 0.00$	0.00	0.00
$x/L_c = 0.10$	0.15	-2/7
$x/L_c = 0.35$	1.00	-1.00
$x/L_c = 0.55$	1.00	-1.00
$x/L_c = 0.60$	0.85	-1.00
$x/L_c = 0.80$	0.25	-0.50
$x/L_c = 1.00$	0.00	0.00

(備考)
 x/L_c が表の中間にある場合には線形補間により定める。

図 4.2.2-2. 波浪中垂直曲げモーメントの分布形状



-2. 前-1.にかかわらず, 5.5 に規定する曲げ振り強度評価を行う場合のホギング状態の波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} (kN-m) 及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-s} (kN-m) は, 表 4.2.2-3.によらなければならない。

表 4.2.2-3. 曲げ振り強度評価に用いる波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} 及び M_{WV-s}

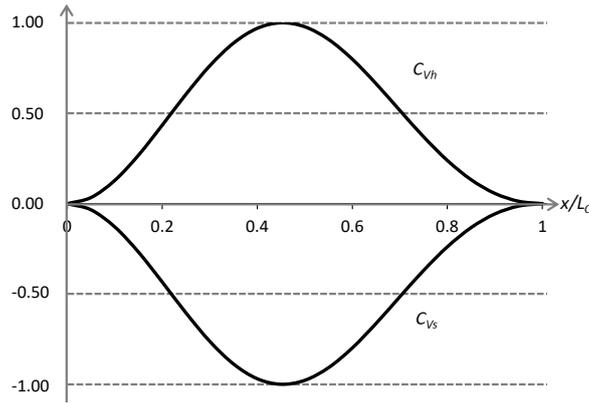
ホギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} (kN-m)	$M_{WV-h} = 1.5C_R C_{Vh} L_c^3 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8} C_{NL-h}$
サギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-s} (kN-m)	$M_{WV-s} = 1.5C_R C_{Vs} L_c^3 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8} C_{NL-s}$

(備考)
 $C_R, C_{NL-h}, C_{NL-s}, C$: 表 4.2.2-1 による。
 C_{Vh}, C_{Vs} : 分布係数で, 次の算式による (図 4.2.2-3.参照)。ただし, $x/L_c < 0$ 及び $x/L_c > 1$ では 0 とする。

$$C_{Vh} = 3.165 \cos\left(0.1\pi\left(\frac{x}{L_c} + 3.5\right)\right) \sin^2\left(\pi\frac{x}{L_c}\right)$$

$$C_{Vs} = -3.165 \cos\left(0.1\pi\left(\frac{x}{L_c} + 3.5\right)\right) \sin^2\left(\pi\frac{x}{L_c}\right)$$

図 4.2.2-3. 曲げ振り強度評価に用いる波浪中垂直曲げモーメントの分布形状



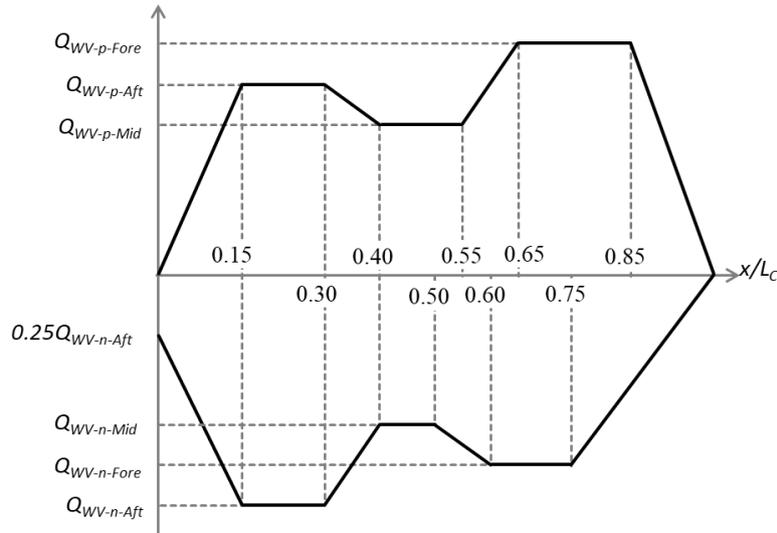
4.2.2.4 波浪中垂直せん断力

正の波浪中垂直せん断力 Q_{WV-p} (kN) 及び負の波浪中垂直せん断力 Q_{WV-n} (kN) は、表 4.2.2-4.によらなければならない。

表 4.2.2-4. 正の波浪中垂直せん断力 Q_{WV-p} 及び負の波浪中垂直せん断力 Q_{WV-n}

正の波浪中垂直せん断力 Q_{WV-p} (kN)	$x/L_c = 0$	0.0
	$0.15 \leq x/L_c \leq 0.3$	$Q_{WV-p-Aft} = +5.2C_R L_c^2 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8} (0.3 + 0.7C_{NL-h})$
	$0.4 \leq x/L_c \leq 0.55$	$Q_{WV-p-Mid} = +4.0C_R L_c^2 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8}$
	$0.65 \leq x/L_c \leq 0.85$	$Q_{WV-p-Fore} = +5.7C_R L_c^2 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8} (0.25 + 0.75C_{NL-s})$
	$x/L_c = 1.0$	0.0
負の波浪中垂直せん断力 Q_{WV-n} (kN)	$x/L_c = 0$	$0.25Q_{WV-n-Aft}$
	$0.15 \leq x/L_c \leq 0.3$	$Q_{WV-n-Aft} = -5.2C_R L_c^2 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8} (0.3 + 0.7C_{NL-s})$
	$0.4 \leq x/L_c \leq 0.5$	$Q_{WV-n-Mid} = -4.0C_R L_c^2 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8}$
	$0.6 \leq x/L_c \leq 0.75$	$Q_{WV-n-Fore} = -5.7C_R L_c^2 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8} C_{NL-h}$
	$x/L_c = 1.0$	0.0
(備考)		
x/L_c が表の中間にある場合には線形補間により定める。(図 4.2.2-4.参照)		
C_R, C_{NL-h}, C_{NL-s} : 表 4.2.2-1.の規定による。		
C : 表 4.2.2-1.の規定による。ただし、 L_{ref} は次の算式に差し替える。		
$L_{ref} = 330C_W^{-1.3}$		

図 4.2.2-4. 波浪中垂直せん断力の分布形状



4.2.2.5 荷重の組合せ

強度評価においては、静水中及び波浪中のハルガダ荷重を組合せ、ホギングモーメントが最大となるケース及びサギングモーメントが最大となるケースを考慮しなければならない。(表 4.2.2-5.及び図 4.2.2-5.参照)

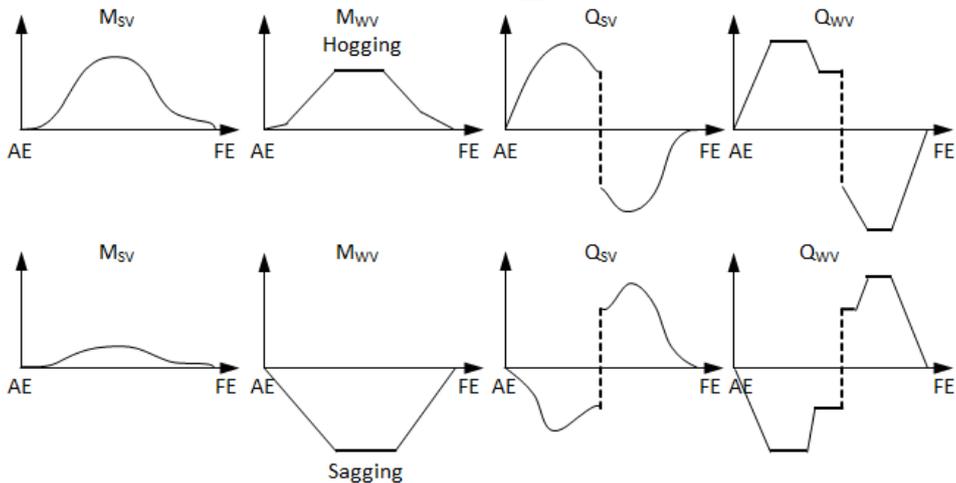
表 4.2.2-5. 静水中及び波浪中垂直曲げモーメント並びにせん断力の組合せ

荷重ケース	垂直曲げモーメント		垂直せん断力	
	静水中	波浪中	静水中	波浪中
ホギング	M_{SV_max}	M_{WV-h}	$x \leq 0.5L_C$ のとき, Q_{SV_max}	$x \leq 0.5L_C$ のとき, Q_{WV-p}
			$x > 0.5L_C$ のとき, Q_{SV_min}	$x > 0.5L_C$ のとき, Q_{WV-n}
サギング	M_{SV_min}	M_{WV-s}	$x \leq 0.5L_C$ のとき, Q_{SV_min}	$x \leq 0.5L_C$ のとき, Q_{WV-n}
			$x > 0.5L_C$ のとき, Q_{SV_max}	$x > 0.5L_C$ のとき, Q_{WV-p}

(備考)
 M_{SV_max} , M_{SV_min} , Q_{SV_max} , Q_{SV_min} : 4.2.2.2 による。
 M_{WV-h} , M_{WV-s} : 4.2.2.3 による。
 Q_{WV-p} , Q_{WV-n} : 4.2.2.4 による。

図 4.2.2-5. 表 4.2.2-5.に示すホギングモーメントが最大となるケース及びサギングモーメントが最大となる

ケースを求めるための荷重組合せの模式図



4.2.2.6 水平曲げモーメント及び振りモーメント

-1. **5.5.2** に規定する全船解析による曲げ振り強度評価を行う場合は、次の**(1)**から**(3)**の水平曲げモーメント及び振りモーメントを考慮しなければならない。(表 4.2.2-6.参照)

- (1) 波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} (kN-m) 及び M_{WH2} (kN-m)
- (2) 静水中振りモーメント M_{ST1} (kN-m) 及び M_{ST2} (kN-m)
- (3) 波浪中振りモーメント M_{WT1} (kN-m) 及び M_{WT2} (kN-m)

表 4.2.2-6. 全船解析による曲げ振り強度評価を行う場合の水平曲げモーメント及び振りモーメント

波浪中水平曲げモーメント	M_{WH1} (kN-m)	$M_{WH1} = 0.32C_R C_1 C_{H1} L_C^2 T_{SC} \sqrt{\frac{L_C - 35}{L_C}}$
	M_{WH2} (kN-m)	$M_{WH2} = 0.32C_R C_1 C_{H2} L_C^2 T_{SC} \sqrt{\frac{L_C - 35}{L_C}}$
静水中振りモーメント	M_{ST1} (kN-m)	$M_{ST1} = M_{ST_max} \cdot C_{T1}$
	M_{ST2} (kN-m)	$M_{ST2} = M_{ST_max} \cdot C_{T2}$
波浪中振りモーメント	M_{WT1} (kN-m)	$M_{WT1} = C_R C_{T1} \cdot [1.3C_1 L_C T_{SC} C_B (0.65T_{SC} + e) + 0.2C_1 L_C B^2 C_W]$
	M_{WT2} (kN-m)	$M_{WT2} = C_R C_{T2} \cdot [1.3C_1 L_C T_{SC} C_B (0.65T_{SC} + e) + 0.2C_1 L_C B^2 C_W]$
<p>(備考)</p> <p>C_R: 操船影響係数で、0.85</p> <p>C_{H1}, C_{H2}: 分布係数で、次の算式による (図 4.2.2-6.参照)。ただし、$x/L_C < 0$ 及び $x/L_C > 1$ では 0 とする。</p> $C_{H1} = -\cos\left(0.77\pi\left(\frac{x}{L_C} - 0.52\right)\right) \cdot \sin^2\left(\pi\frac{x}{L_C}\right) \cdot \left[\frac{1 - \exp(-6x/L_C)}{1 - \exp(-3)}\right]$ $C_{H2} = -\sin\left(0.77\pi\left(\frac{x}{L_C} - 0.52\right)\right) \cdot \sin^2\left(\pi\frac{x}{L_C}\right) \cdot \left[\frac{1 - \exp(-6x/L_C)}{1 - \exp(-3)}\right]$ <p>M_{ST_max}: ローディングマニュアルに記載される許容最大静水中振りモーメントの船長方向分布のうち最も大きい値 (kN-m)。</p> <p>C_{T1}, C_{T2}: 分布係数で、次の算式による (図 4.2.2-7.参照)。ただし、$x/L_C < 0$ 及び $x/L_C > 1$ では 0 とする。</p> $C_{T1} = -1.0 \left[\sin\left(2\pi\frac{x}{L_C}\right) + 0.1\sin^2\left(\pi\frac{x}{L_C}\right) \right] \cdot \exp\left(-0.35\frac{x}{L_C}\right) \cdot \exp\left(-8\left(2\frac{x}{L_C} - 1\right)^{10}\right)$ $C_{T2} = -0.5 \left[-\sin\left(3\pi\frac{x}{L_C}\right) + 0.65\sin^3\left(\pi\frac{x}{L_C}\right) \right] \cdot \exp\left(-0.4\frac{x}{L_C}\right) \cdot \exp\left(-8\left(2\frac{x}{L_C} - 1\right)^{10}\right)$ <p>e: 船体中央横断面における基線からせん断中心の位置までの距離 (m) ⁽¹⁾。</p>		
<p>(1) せん断中心の位置は、水平方向のせん断力が船体横断面に作用した際に、断面に振りモーメントが生じないようなせん断力の作用点を求めることで、算出することができる。例えば、1編附属書 5.2 「せん断流の計算」の規定を準用し算出すること。</p>		

図 4.2.2-6. 波浪中水平曲げモーメントの分布形状 C_{H1} 及び C_{H2}

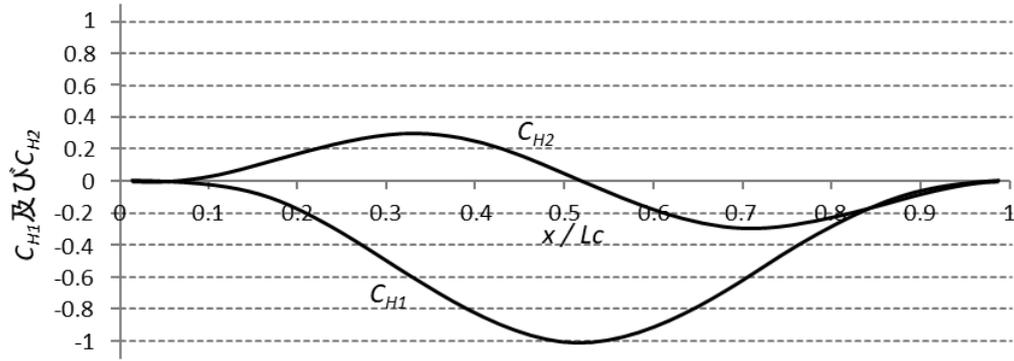
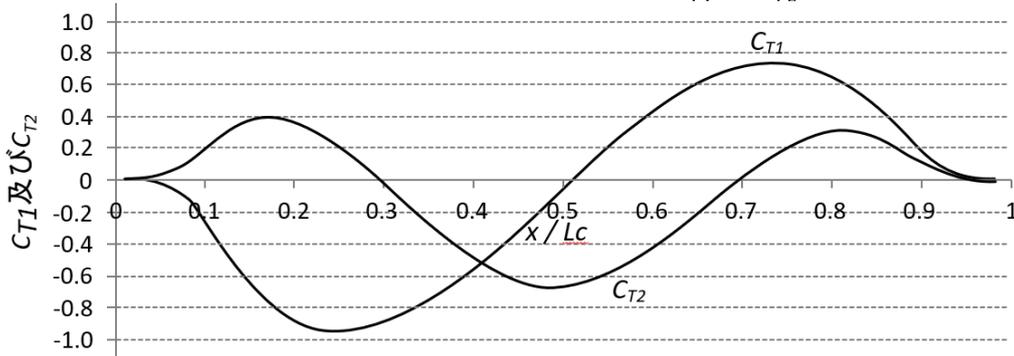


図 4.2.2-7. 振りモーメントの分布形状 C_{T1} 及び C_{T2}



-2. 5.5.3 に規定する算式による曲げ振り強度評価を行うにあたって、次の(1)から(3)の水平曲げモーメント及び振りモーメントを考慮しなければならない。

- (1) 波浪中水平曲げモーメント M_{WH3} (kN-m) (表 4.2.2-7.参照)
- (2) 静水中振りモーメント M_{ST3} (kN-m) (表 4.2.2-7.参照)
- (3) 波浪中振りモーメント M_{WT3} (kN-m) (表 4.2.2-7.参照)

表 4.2.2-7. 算式による曲げ振り強度評価を行う場合の水平曲げモーメント及び振りモーメント

波浪中水平曲げモーメント	M_{WH3} (kN-m)	$M_{WH3} = 0.32C_R C_1 C_{H3} L_C^2 T_{SC} \sqrt{\frac{L_C - 35}{L_C}}$
静水中振りモーメント	M_{ST3} (kN-m)	$M_{ST3} = 0.23L_C N_R W_C$
波浪中振りモーメント	M_{WT3} (kN-m)	$M_{WT3} = 7.0K_2 C_W^2 B^3 \left(1.75 + 1.5 \frac{e}{D_S}\right)$
(備考)		
C_R : 操船影響係数で, 0.85		
C_{H3} : 次による。中間値は, 線形補間による。 $x/L_C \leq 0$ の場合, $C_{H3} = 0.0$ $0.35 \leq x/L_C \leq 0.65$ の場合, $C_{H3} = 1.0$ $x/L_C \geq 1.0$ の場合, $C_{H3} = 0.0$		
N_R : 倉内に積載するコンテナの最大列数		
W_C : 積載する 20ft コンテナ当たりの平均重量で, 通常 100 kN とする。		
K_2 : 次の算式による。 $K_2 = \sqrt{1 - \left(\frac{300 - L_C}{300}\right)^2}$		
e : 船体中央横断面における基線からせん断中心までの距離 (m) で, 表 4.2.2-6.の規定又は次の算式による。 $e = e_1 - \frac{d_0}{2}$ e_1, d_0 : 5.5.3.2(4)の規定による。		

4.2.3 港内状態

4.2.3.1 港内時垂直曲げモーメント

-1. 港内状態において考慮する垂直曲げモーメントは, 最大港内時垂直曲げモーメント M_{PT_max} (kN-m) 及び最小港内時垂直曲げモーメント M_{PT_min} (kN-m) としなければならない。

-2. M_{PT_max} は, 4.2.2.2 に規定する航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント M_{SV_max} に 1.1 を乗じた値以上としなければならない。また, M_{PT_min} は, 4.2.2.2 に規定する航海中の許容最小静水中垂直曲げモーメント M_{SV_min} に 1.1 を乗じた値以下としなければならない。ただし, M_{SV_min} が正の値の場合は M_{PT_min} を 0 とする。

-3. 前-2.にかかわらず, 荷役のシーケンス等を考慮し港内の積付状態における最大垂直曲げモーメント及び最小垂直曲げモーメントを設計者が定めた場合, その値を考慮しなければならない。その際, 前-2.の値を下回る M_{PT_max} 及び前-2.の値を上回る M_{PT_min} の値を用いても差し支えない。ただし, M_{PT_max} は M_{SV_max} 未満としてはならず, M_{PT_min} は M_{SV_min} より大きい値としてはならない。

4.2.3.2 港内時垂直せん断力

-1. 港内状態において考慮する垂直せん断力は, 最大港内時垂直せん断力 Q_{PT_max} (kN) 及び最小港内時垂直せん断力 Q_{PT_min} (kN) としなければならない。

-2. Q_{PT_max} は, 4.2.2.2 に規定する航海中の許容最大静水中垂直せん断力 Q_{SV_max} に 1.1 を乗じた値以上としなければならない。また, Q_{PT_min} は, 4.2.2.2 に規定する航海中の許容最小静水中垂直せん断力 Q_{SV_min} に 1.1 を乗じた値以下としなければならない。

-3. 前-2.にかかわらず, 荷役のシーケンス等を考慮し港内の積付状態における最大垂直せん断力及び最小垂直せん断力を設計者が定めた場合, その値を考慮しなければならない。その際, 前-2.の値を下回る Q_{PT_max} 及び前-2.の値を上回る Q_{PT_min} の値を用いても差し支えない。ただし, Q_{PT_max} は Q_{SV_max} 未満としてはならず, Q_{PT_min} は Q_{SV_min} より大きい値としてはならない。

4.3 局部強度において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

- 1. 1編 6章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本 4.3 の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2 の規定によらなければならない。
- 3. 浸水状態の荷重に関する追加要件は、4.3.3 の規定によらなければならない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 面外荷重

-1. コンテナ貨物と船体構造が接する箇所が主要支持部材と板部材の取合いの直上に位置する場合、当該貨物による内圧を考慮する必要はない。

-2. 1編 4.4.2.4 の適用にあたって、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、表 4.3.2-1.により求まる値として差し支えない。

表 4.3.2-1. パラメータの簡易算式

積付状態	船体中央における喫水 T_{LC} (m)	船体重心位置のZ座標 z_G (m)	メタセンタ高さ GM (m)	環動半径 K_{xx} (m)
バラスト状態	T_{BAL}	$0.20 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC}C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	0.40B

4.3.2.2 ハルガーダ荷重

- 1. 1編 4.4.2.9 の適用にあたって、静水中及び波浪中垂直曲げモーメントは、次の(1)及び(2)によらなければならない。
 - (1) $M_{SV,max}$ 及び $M_{SV,min}$ は、4.2.2.2 に規定する航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント及び許容最小静水中垂直曲げモーメントの値とする。
 - (2) M_{WV-h} 及び M_{WV-s} は、4.2.2.3 に規定するホギング状態及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメントの値とする。
- 2. 荷重条件 RP に対しては $M_{SV,max}$ 及び M_{WV-h} の組合せを考慮する必要はない。

4.3.3 浸水状態

4.3.3.1 浸水時垂直曲げモーメント

1編 4.4.4.2 の適用にあたって、浸水時垂直曲げモーメント $M_{FD,max}$ 及び $M_{FD,min}$ は、次の(1)及び(2)によらなければならない。

- (1) $M_{SV,max}$ 及び $M_{SV,min}$ は 4.2.2.2 に規定する航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント及び許容最小静水中垂直曲げモーメントの値とする。
- (2) $0.45M_{WV-h}$ 及び $0.45M_{WV-s}$ は、4.2.2.3 に規定するホギング状態及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメントの値に 0.45 を乗じた値とする。

4.4 主要支持構造強度において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

- 1. 7章及び 1編 7章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重は、本 4.4 の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.4.2 の規定によらなければならない。
- 3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.4.3 の規定によらなければならない。
- 4. 浸水状態の荷重に関する追加要件は、4.4.4 の規定によらなければならない。

4.4.2 最大荷重状態

4.4.2.1 一般

- 1. 単純桁の要件にあつては、4.3の関連規定にもよらなければならない。
- 2. 二重船殻の要件にあつては、表 4.4.2-1. に規定する荷重を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を考慮した追加の積付パターンを要求する場合がある。

表 4.4.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき荷重

評価対象 構造		積付パターン			等価 設計波	考慮する 内外圧差 (kN/m^2)
		喫水 (m)	静水中垂直曲げ モーメント ($kN\cdot m$)	考慮する積載物		
二重底	S1	T_{SC}	$M_{SV\ max}$	コンテナ貨物	HM-1 / HM-2	二重底 : P_{DB} 二重船側 : P_{DS}
二重船側	S2	T_{SC}	$M_{SV\ min}$	コンテナ貨物	BP-1P /	
	S3	T_{SC}	$M_{SV\ min}$	コンテナ貨物	BP-1S	

4.4.2.2 外圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.4.2-2. に基づき、静水圧及び等価設計波における波浪変動圧を考慮しなければならない。

表 4.4.2-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象構造		P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾
二重底	S1	$P_{exs} + P_{exw} - P_{in-s1}$	$P_{exs} + P_{exw}$
二重船側	S2	$P_{exs} + P_{exw} - P_{in-s1}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	S3	$P_{exs} + P_{exw} - P_{in-s3}$	$P_{exs} + P_{exw}$
(備考) P_{exs} , P_{exw} : P_{DB} の場合、船底外板に作用する静水圧及び波浪変動圧の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、船側外板に作用するそれらの値 (kN/m^2)。 それぞれにつき、1編 4.6.2.4 に基づき算出する。 P_{in-s1} , P_{in-s3} : コンテナ貨物荷重による影響を考慮した値 (kN/m^2) で、次の算式による。ただし、評価する貨物倉内に設けられるベイが1つのみの場合は、0 とする。 $P_{in-s1} = 0.15\rho g T_{SC}$ $P_{in-s3} = 0.3\rho g T_{SC}$			
(1) 全ての積付パターンにおいて、各成分の荷重 (P_{exs} 等) を算出する際の荷重計算点は1編 7.3.1.5 による。 (2) 荷重を算出するにあたって、 $T_{LC} = T_{SC}$ とすること。			

4.4.2.3 内圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.4.2-2.に基づいた内圧を考慮しなければならない。

4.4.2.4 垂直曲げモーメント

-1. 二重船殻の要件にあつては、4.4.2.1-2.に規定する静水中垂直曲げモーメント及び等価設計波における波浪中垂直曲げモーメントを考慮しなければならない。

-2. 各等価設計波で考慮する波浪中垂直曲げモーメントは 1 編 4.6.2.10 に規定する $C_{40}M_{WV}$ によらなければならない。ただし、 M_{WV-h} 及び M_{WV-s} は 4.2.2.3 に規定するホギング状態及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメントの値としなければならない。

4.4.3 港内状態

4.4.3.1 一般

二重船殻の要件にあつては、表 4.4.3-1.に規定する荷重を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を考慮した追加の積付パターンを要求する場合がある。

表 4.4.3-1. 港内状態で考慮すべき荷重

評価対象構造		積付パターン			考慮する内外圧差 (kN/m^2)
		喫水 (m)	港内時垂直曲げモーメント ($kN-m$)	考慮する積載物	
二重底	P1	$0.6T_{SC}$	$M_{PT\ max}$	考慮しない	二重底： P_{DB}
二重船側	P2	$0.6T_{SC}$	$M_{PT\ max}$	考慮しない	二重船側： P_{DS}

4.4.3.2 外圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.4.3-2.の規定に基づいた静水圧を考慮しなければならない。

表 4.4.3-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象構造		P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾
二重底	P1	P_{exs}	P_{exs}
二重船側	P2	P_{exs}	P_{exs}
(備考)			
P_{exs} ： P_{DB} の場合、船底外板に作用する静水圧 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、船側外板に作用する静水圧 (kN/m^2)。それぞれにつき、1 編 4.6.2.4 に基づき算出する。			
(1) 全ての積付パターンにおいて、各成分の荷重 (P_{exs} 等) を算出する際の荷重計算点は 1 編 7.3.1.5 による。			

4.4.3.3 港内時垂直曲げモーメント

二重船殻の要件において考慮する港内時垂直曲げモーメントは 4.4.3.1 の規定によらなければならない。

4.4.4 浸水状態

4.4.4.1 浸水時垂直曲げモーメント

1 編 4.5.5 の適用にあたって、浸水時垂直曲げモーメントは、次の(1)及び(2)によらなければならない。

- (1) $M_{SV\ max}$ 及び $M_{SV\ min}$ の値は、4.2.2.2 に規定する航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント及び許容最小静水中垂直曲げモーメントの値とする。
- (2) $0.45M_{WV-h}$ 及び $0.45M_{WV-s}$ の値は、4.2.2.3 に規定するホギング状態及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメントに 0.45 を乗じた値とする。

4.5 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.5.1 一般

4.5.1.1 一般

- 1. 8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重は、本4.5の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.5.2の規定によらなければならない。
- 3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.5.3の規定によらなければならない。
- 4. 浸水状態の荷重に関する追加要件は、4.5.4の規定によらなければならない。

4.5.2 最大荷重状態

4.5.2.1 積付状態

- 1. 1編4.5.2.1の規定に代えて、表4.5.2-1に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を追加で考慮するよう要求する場合がある。
- 2. 2 アイランド型のコンテナ運搬船で本会がブリッジの下方にある燃料油タンクの構造強度評価を行う必要があると認めた船舶にあっては、タンクの配置等を踏まえ本会と事前に協議の上、考慮する積付状態を決定しなければならない。表4.5.2-2に一例を示す。

表 4.5.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態

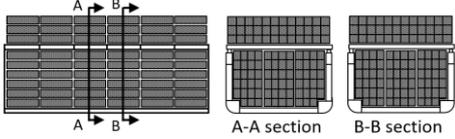
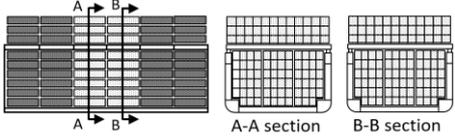
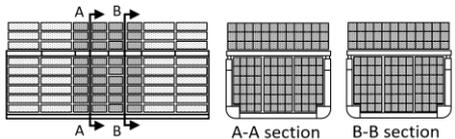
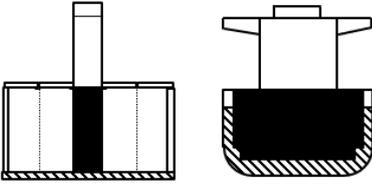
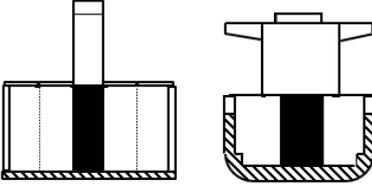
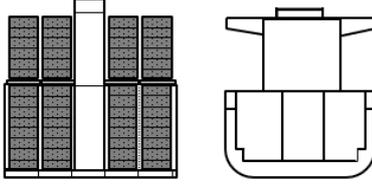
積付状態	積付パターン及び ターゲットホールドにおけるコンテナ貨物		喫水	静水中垂直曲げ モーメント	等価 設計波
40 フィート コンテナ貨物 積付状態 ⁽¹⁾	S1	 <p>コンテナ貨物：40 フィートコンテナ貨物⁽²⁾ バラスタタンク及び燃料油タンク：空</p>	T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 FM-2 BR-1P BR-1S BP-1P BP-1S
40 フィート軽量 コンテナ貨物 積付状態 ⁽¹⁾	S2	 <p>コンテナ貨物：40 フィート軽量コンテナ貨物⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ バラスタタンク及び燃料油タンク：空</p>	T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 FM-2 BR-1P BR-1S BP-1P BP-1S
20 フィート コンテナ貨物 積付状態 ⁽¹⁾	S3	 <p>コンテナ貨物：20 フィートコンテナ貨物⁽²⁾⁽⁶⁾ バラスタタンク及び燃料油タンク：空</p>	$0.9T_{SC}$	M_{SV_min}	HM-1 FM-1 BR-1P BR-1S BP-1P BP-1S
ワンベイ空倉 積付状態 ⁽¹⁾	S4	 <p>コンテナ貨物：40 フィートコンテナ貨物⁽²⁾⁽⁷⁾ バラスタタンク及び燃料油タンク：空</p>	T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 FM-2
<p>■: 40 フィートコンテナ貨物 ■: 20 フィートコンテナ貨物 ■: 40 フィート軽量コンテナ貨物</p> <p>(備考)</p> <p>(1) X軸回りの環動半径 (m) は、20 フィートコンテナ貨物積付状態においては$0.38B$とし、それ以外の積付状態においては$0.35B$とする。また、いずれの状態においても、GMは満載積付状態の値とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。</p> <p>(2) 各コンテナ貨物の重量は、許容スタック重量を計画積付段数で除した値とする。</p> <p>(3) 倉内における各軽量コンテナ貨物の重量は、許容スタック重量を計画積付段数で除した値の50%とする。</p> <p>(4) 甲板上における各軽量コンテナ貨物の重量は、許容スタック重量を計画積付段数で除した値の50%とする。また、17tを超えないものとする。</p> <p>(5) ターゲットホールド以外の貨物倉は40 フィートコンテナ貨物を積載することを想定する。ターゲットホールドの定義は1編8章の規定による。</p> <p>(6) ターゲットホールド以外の貨物倉は、40 フィート軽量コンテナ貨物を積載することを想定する。</p> <p>(7) 評価範囲の貨物倉に2つ以上のベイを有する場合、ワンベイ空倉積付状態として、倉内の各ベイを空にしたコンテナ貨物積載パターンを全て考慮する。なお、倉内のベイが空の場合、その上部の甲板上のベイも空として考慮する。また、その他のベイは満載とする。</p>					

表 4.5.2-2. 2 アイランド型における甲板室の下にある燃料油タンクの評価において考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン	喫水	静水中垂直曲げモーメント	等価設計波
バラスト状態 ⁽¹⁾	 <p> S1T コンテナ貨物 : 空 バラストタンク : 満載 燃料油タンク : 満載 </p>	T_{BAL}	M_{SV_min}	HM-1 FM-1 BR-1P BR-1S BP-1P BP-1S
	 <p> S2T コンテナ貨物 : 空 バラストタンク : 満載 燃料油タンク : 満載及び空⁽³⁾ </p>	T_{BAL}	M_{SV_min}	HM-1 FM-1 BR-1P BR-1S BP-1P BP-1S
満載積付状態 ⁽²⁾	 <p> S3T コンテナ貨物 : 40 フィートコンテナ貨物 バラストタンク : 空 燃料油タンク : 空 </p>	T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 FM-2 BR-1P BR-1S BP-1P BP-1S
<p>  : 表 4.5.2-1.による。  : 燃料油  : バラスト水 </p> <p>(備考)</p> <p>(1) X軸回りの環動半径 (m) は、0.40Bとする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。</p> <p>(2) X軸回りの環動半径 (m) は、0.35Bとする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。</p> <p>(3) 燃料油タンクを分割する各縦通隔壁の片面に水平方向の圧力が作用するような積付を考慮する。</p>				

4.5.2.2 コンテナ貨物荷重

1編 4.6.2.7 の適用にあたって、甲板及びハッチカバー上のコンテナ貨物は、上下方向の荷重はハッチコーミング最上部に、前後左右方向の荷重はハッチカバーの固定装置の位置に与えなければならない。

4.5.2.3 ハルガーダ荷重

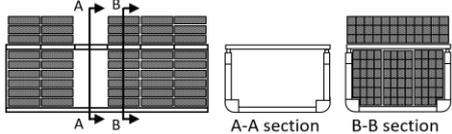
1編 4.6.2.10 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは 4.5.2.1 の規定に従わなければならない。 M_{WV-h} 及び M_{WV-s} は、4.2.2.3 に規定するホギング状態及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメントの値としなければならない。

4.5.3 港内状態

4.5.3.1 積付状態

1編 4.6.3.1 の適用にあたって、表 4.5.3-1.に規定する積付状態を考慮しなければならない。

表 4.5.3-1. 港内状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
ワンベイ空倉積付状態 ⁽¹⁾	P1	 <p>コンテナ貨物 : 40 フィートコンテナ貨物⁽²⁾ バラストタンク : 空 燃料油タンク : 空</p>	T_{SC}	$M_{PT,max}$
<p>■ : 表 4.5.2-1.による。</p> <p>(備考)</p> <p>(1) 評価範囲の貨物倉に2つ以上のベイを有する場合、ワンベイ空倉積付状態として、倉内の各ベイを空にしたコンテナ貨物積載パターンを全て考慮する。なお、倉内のベイが空の場合、その上部の甲板上のベイも空として考慮する。また、その他のベイは満載とする。</p> <p>(2) 各コンテナ貨物の重量は、許容スタック重量を計画積付段数で除した値とする。</p>				

4.5.3.2 港内時垂直曲げモーメント

- 1. 1編 4.5.3.3 の規定に代えて、港内時垂直曲げモーメントは 4.2.3.1 の規定によらなければならない。
- 2. 考慮する積付状態に対する港内時垂直曲げモーメントは、4.5.3.1 の規定によらなければならない。

4.5.4 浸水状態

4.5.4.1 浸水時垂直曲げモーメント

1編 4.6.5.5 の適用にあたって、浸水時垂直曲げモーメントは、次の(1)及び(2)によらなければならない。

- (1) $M_{SV,max}$ 及び $M_{SV,min}$ の値は、4.2.2.2 に規定する航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメントの値とする。
- (2) $0.45M_{WV-h}$ 及び $0.45M_{WV-s}$ の値は、4.2.2.3 に規定するホギング状態及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメントに0.45を乗じた値とする。

4.6 疲労において考慮する荷重

4.6.1 一般

4.6.1.1 一般

- 1. 9章及び1編9章に規定する疲労強度評価において考慮する荷重は、本4.6の規定にもよらなければならない。
- 2. 繰返し荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.6.2の規定によらなければならない。

4.6.2 繰返し荷重状態

4.6.2.1 一般

-1. 9.4に規定する全船解析による曲げ振り疲労強度評価において考慮する荷重は、1編4.7.2の規定に代えて、4.6.3の規定によらなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、4.6.3によらない荷重を考慮するよう要求する場合がある。

-2. 1編9.3及び1編9.4に規定する簡易応力解析及び有限要素解析において考慮する荷重は、1編4.7の規定に加え、4.6.4にもよらなければならない。

4.6.3 全船解析による曲げ振り疲労強度評価において考慮する荷重

4.6.3.1 積付状態

- 1. 疲労強度を評価するにあたり、最も重要となる長期間船体に作用する応力状態を再現できるよう考慮する積付状態を選定しなければならない。
- 2. 一般的なコンテナ運搬船における前-1.の積付状態に対応した積付状態として、コンテナ貨物が各貨物倉に概ね均等に積載された状態のみを考慮する。この場合、その喫水は構造用喫水に0.82を乗じた値を用いる。
- 3. 前-2.に規定する積付状態のメタセンタ高さ GM (m)、重心高さ z_G (m) 及び環動半径 K_{xx} (m) は、表4.6.3-1.により

求まる値として差し支えない。

4.6.3.2 ハルガーダ荷重

- 1. 静水中垂直曲げモーメント M_{SV} は次の算式によらなければならない。

$$M_{SV} = C_{F,SV} M_{SV,max}$$

$C_{F,SV}$: 積付状態による影響を考慮した係数で、0.8とする。

$M_{SV,max}$: 4.2.2.2に規定する許容最大静水中垂直曲げモーメント (kN-m)

- 2. ホギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} (kN-m) 及びサギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-s} (kN-m) は、表 4.6.3-2.の規定によらなければならない。

- 3. 波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} 及び M_{WH2} (kN-m) は、表 4.6.3-3.の規定によらなければならない。

- 4. 波浪中振りモーメント M_{WT1} 及び M_{WT2} (kN-m) は、表 4.6.3-4.の規定によらなければならない。

表 4.6.3-1. 諸パラメータの簡易算式

積付状態	船体中央における喫水 T_{LC} (m)	船体重心位置のZ座標 z_G (m)	メタセンタ高さGM (m)	環動半径 K_{xx} (m)
コンテナ均等積状態	$0.82T_{SC}$	$0.25 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC} C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	$0.38B$

表 4.6.3-2. 波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} 及び M_{WV-s}

ホギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} (kN-m)	$M_{WV-h} = 1.5 C_{F,WV} C_{Vh} L_c^3 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8}$
サギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-s} (kN-m)	$M_{WV-s} = 1.5 C_{F,WV} C_{Vs} L_c^3 C C_W \left(\frac{B}{L_c}\right)^{0.8}$
(備考)	
$C_{F,WV}$: 疲労用係数で、次の算式による。 $C_{F,WV} = C_{F1,WV} C_{F2,WV} C_{F3,WV}$ $C_{F1,WV}$: 速度影響を考慮した係数で、1.2とする。 $C_{F2,WV}$: 疲労強度評価において考慮する超過確率レベルへの変換係数で、0.22とする。 $C_{F3,WV}$: 積付状態による影響を考慮した係数で、0.82とする。	
C_{Vh}, C_{Vs} : 分布係数で、次の算式による (図 4.6.3-1.参照)。ただし、 $x/L_c < 0$ 及び $x/L_c > 1$ では0とする。 $C_{Vh} = 1.044 \sin\left(\pi \frac{x}{L_c}\right) \sin^2\left(0.45\pi \frac{x}{L_c} + 0.35\pi\right) \sin^2\left(0.6\pi \frac{x}{L_c} + 0.21\pi\right)$ $C_{Vs} = -1.044 \sin\left(\pi \frac{x}{L_c}\right) \sin^2\left(0.45\pi \frac{x}{L_c} + 0.35\pi\right) \sin^2\left(0.6\pi \frac{x}{L_c} + 0.21\pi\right)$	
C : 波パラメータで、表 4.2.2-1.による。	

表 4.6.3-3. 波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} 及び M_{WH2}

波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} (kN-m)	$M_{WH1} = 0.32 C_{F,WH} C_1 C_{H1} L_c^2 T_{SC} \sqrt{\frac{L_c - 35}{L_c}}$
波浪中水平曲げモーメント M_{WH2} (kN-m)	$M_{WH2} = 0.32 C_{F,WH} C_1 C_{H2} L_c^2 T_{SC} \sqrt{\frac{L_c - 35}{L_c}}$
(備考)	
$C_{F,WH}$: 疲労用係数で、次の算式による。 $C_{F,WH} = C_{F1,WH} C_{F2,WH} C_{F3,WH}$ $C_{F1,WH}$: 速度影響を考慮した係数で、0.94とする。 $C_{F2,WH}$: 疲労強度評価において考慮する超過確率レベルへの変換係数で、0.24とする。 $C_{F3,WH}$: 積付状態による影響を考慮した係数で、0.82とする。	
C_{H1}, C_{H2} : 分布係数で、表 4.2.2-6.による。	

表 4.6.3-4. 波浪中振りモーメント M_{WT1} 及び M_{WT2}

波浪中振りモーメント M_{WT1} (kN-m)	$M_{WT1} = C_{F_WT}C_{T1} \cdot [1.3C_1L_C T_{SC}C_B(0.65T_{SC} + e) + 0.2C_1L_C B^2C_W]$
波浪中振りモーメント M_{WT2} (kN-m)	$M_{WT2} = C_{F_WT}C_{T2} \cdot [1.3C_1L_C T_{SC}C_B(0.65T_{SC} + e) + 0.2C_1L_C B^2C_W]$
<p>(備考)</p> <p>C_{F_WT}: 疲労用係数で、次の算式による。 $C_{F_WT} = C_{F1_WT}C_{F2_WT}C_{F3_WT}$ C_{F1_WT}: 速度による影響を考慮した係数で、1.03 とする。 C_{F2_WT}: 考慮する超過確率レベルに補正する係数で、0.23 とする。 C_{F3_WT}: 積付状態による影響を考慮した係数で、0.82 とする。</p> <p>C_{T1}, C_{T2}: 分布係数で次の算式による。ただし、$x/L_C < 0$及び$x/L_C > 1$では0 とする。 $C_{T1} = -1.1 \left[\sin\left(2\pi \frac{x}{L_C}\right) + 0.1\sin^2\left(\pi \frac{x}{L_C}\right) \right] \exp\left(-0.7 \frac{x}{L_C}\right) \exp\left(-8 \left(2 \frac{x}{L_C} - 1\right)^{10}\right)$ $C_{T2} = -0.5 \left[-\sin\left(3\pi \frac{x}{L_C}\right) + 0.8\sin^3\left(\pi \frac{x}{L_C}\right) \right] \exp\left(-0.6 \frac{x}{L_C}\right) \exp\left(-8 \left(2 \frac{x}{L_C} - 1\right)^{10}\right)$</p> <p>$e$: 船体中央横断面における基線からせん断中心の位置までの距離 (m) で、表 4.2.2-6.の規定による。</p>	

図 4.6.3-1. 波浪中垂直曲げモーメントの分布形状

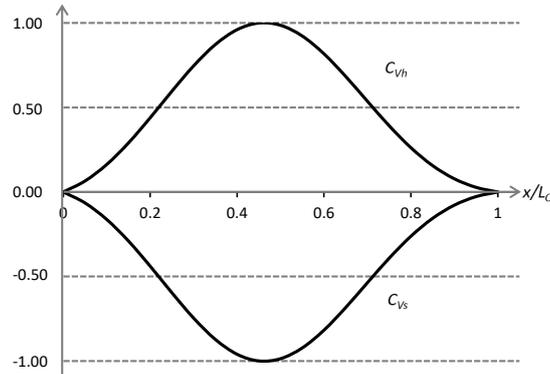
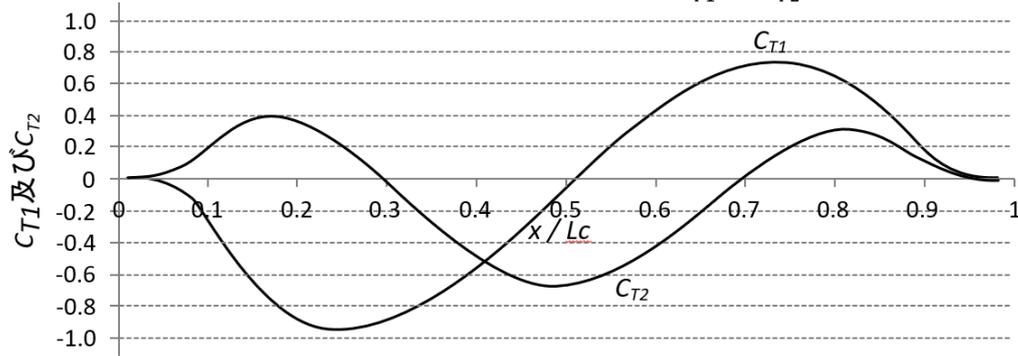


図 4.6.3-2. 振りモーメントの分布形状 C_{T1} 及び C_{T2} 

4.6.4 簡易応力解析及び部分構造モデルを用いた有限要素解析による疲労強度評価において考慮する荷重

4.6.4.1 積付状態

- 1. 疲労強度を評価するにあたり、最も重要となる長期間船体に作用する応力状態を再現できるよう考慮する積付状態を選定しなければならない。
- 2. 一般的なコンテナ運搬船における前-1.の積付状態に対応した積付状態として、コンテナ貨物が各貨物倉に概ね均等に積載された状態のみを考慮する。この場合、その喫水は構造用喫水に 0.82 を乗じた値を用いる。
- 3. 前-2.に規定する積付状態のメタセンタ高さ GM (m)、重心高さ z_G (m) 及び環動半径 K_{xx} (m) は、表 4.6.3-1.により求まる値として差し支えない。

4.6.4.2 ハルガーダ荷重

- 1. 静水中垂直曲げモーメント M_{SV} は、1編 4.7.2.10 の規定に代えて、4.6.3.2-1.の規定によらなければならない。
- 2. ホギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} (kN-m) 及びサギング状態における波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-s} (kN-m) は、1編 4.7.2.10 の規定に代えて、4.6.3.2-2.の規定によらなければならない。
- 3. 水平曲げモーメント M_{WH} の算出にあたり、1編 4.7.2.10 を適用し、 T_{LC} (m) として構造用喫水に 0.82 を乗じた値を用いなければならない。

5章 縦強度

5.1 一般

5.1.1 適用

5.1.1.1

本 2-1 編が適用されるコンテナ運搬船は、本章に規定する要件によらなければならない。

5.1.2 構造の連続性

5.1.2.1

- 1. 構造の連続性は、船の全長にわたり確保されなければならない。
- 2. 構造様式が著しく変化する箇所においては、適切に中間部材を設けなければならない。

5.1.3 評価範囲

5.1.3.1

- 1. 本 5.1 に規定する剛性評価、降伏強度評価、座屈強度評価及び縦曲げ最終強度評価は、別途規定されているものを除き、船尾垂線から船首垂線までの船の全長に対して、適用しなければならない。
- 2. -1.にかかわらず、船尾垂線及び船首垂線の近傍であって、評価断面の深さが著しく小さい断面は評価しなくても差し支えない。
- 3. 次の(1)から(5)の箇所は特に注意を払って評価しなければならない。

- (1) 機関室前後端
- (2) 2 アイランド型の場合の前方船橋ブロックの前後の位置
- (3) 船体横断面が著しく変化する箇所
- (4) 最前端貨物倉の前端
- (5) 最後端貨物倉の後端

5.1.4 ハルガーダ応力

5.1.4.1 垂直曲げ応力

- 1. 垂直曲げ応力 σ_{HG} (N/mm^2) は、次に示す算式による。

$$\sigma_{HG} = \frac{\gamma_S M_S + \gamma_W M_W}{I_y} (z - z_n) \times 10^5$$

γ_S, γ_W : 部分安全係数で、1.0 とする。

M_S, M_W : 4.2.2.5 に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直曲げモーメント及び波浪中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$)

I_y : 考慮する位置における断面二次モーメント (cm^4)

z : 考慮する位置の垂直方向座標 (m)

z_n : 基線から中性軸までの距離 (m)

- 2. 垂直せん断応力 τ_{HG} (N/mm^2) は、次に示す算式による。

$$\tau_{HG} = \frac{(\gamma_S Q_S + \gamma_W Q_W) q_v}{t} \times 10^3$$

γ_S, γ_W : 前-1.による。

Q_S, Q_W : 4.2.2.5 に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直せん断力及び波浪中垂直せん断力 (kN)

q_v : 考慮する船体横断面に単位せん断力が作用する時の各位置におけるせん断流 (N/mm) で、1 編附属書 5.2「せん断流解析」に定める計算方法による。

t : 考慮する板の厚さ (mm)

5.2 降伏強度評価

5.2.1 曲げ強度及びせん断強度

5.2.1.1 評価箇所

-1. 等価ハルガーダ応力 σ_{eq} (N/mm^2) は、[4.2.2.5](#) に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対して次の算式を満足しなければならない。

$$\sigma_{eq} < \sigma_{perm}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2}$$

ここで、 σ_x 及び τ は、ハルガーダ応力の組合せで、曲げ強度評価及びせん断強度評価に応じて、次による。なお、 σ_{HG} 及び τ_{HG} は、[5.1.4.1](#)による。

曲げ強度評価に対して、 $\sigma_x = \sigma_{HG}$, $\tau = 0$

せん断強度評価に対して、 $\sigma_x = 0$, $\tau = \tau_{HG}$

σ_{perm} ：許容応力 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_Y}{\gamma_1 \gamma_2}$$

σ_Y ：使用材料の最小降伏応力 (N/mm^2)

γ_1 ：材料の部分安全係数で、次の算式による。

$$\gamma_1 = K \frac{\sigma_Y}{235}$$

γ_2 ：荷重組合せ及び許容応力に対する部分安全係数で、次による。

曲げ強度評価に対して、 $\gamma_2 = 1.24$

せん断強度評価に対して、 $\gamma_2 = 1.13$

-2. 曲げ強度及びせん断応力の評価箇所は、次の(1)及び(2)による。

(1) 曲げ強度の評価箇所は、船体横断面の次の(a)から(d)に示す位置とする。

- (a) 船底
- (b) 甲板
- (c) ハッチコーミングトップ
- (d) 材料の降伏強度が変化する位置

(2) せん断応力の評価箇所は、せん断強度に影響する全ての構成要素とする。

5.2.1.2 最小断面係数

-1. 船体中央における船体横断面のグロス断面係数は、次の $Z_{gr.min}$ (cm^3) の値以上としなければならない。

$$Z_{gr.min} = KC_1 L_c^2 B (C_{B1} + 0.7) \text{ (cm}^3\text{)}$$

-2. 船の中央部の縦通部材の寸法は、船体横断面の断面形状の変化にもなって変わるものを除き、前-1.により定まる船体中央の縦通部材の寸法より小としてはならない。

5.2.1.3 最小断面二次モーメント

船体横断面の断面二次モーメント I (cm^4) は、次の算式により定まる値以上としなければならない。

$$I_{min} = 1.55 L_c |M_S + M_W| \times 10$$

M_S , M_W ：[4.2.2.5](#) に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直曲げモーメント及び波浪中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$)

5.2.1.4 断面係数及び断面二次モーメントの算定

船体横断面及び断面二次モーメントの断面係数の算定については、[1編 5.2.1.4](#) によらなければならない。

5.3 座屈強度

5.3.1 一般

5.3.1.1 座屈強度評価の判定

垂直曲げ応力及び垂直せん断応力を受ける板及び縦通防撓材は、次の算式を満足しなければならない。

$$\eta_{act} \leq 1$$

η_{act} ：座屈使用係数で、[附属書 5.3](#) より求めなければならない。

5.3.1.2 座屈強度評価に用いるハルガーダ応力

座屈強度評価の際、4.2.2.5 に示すホギング及びサギングの荷重ケースは、次の(1)及び(2)に示す応力組み合わせを考慮しなければならない。なお、 σ_{HG} 及び τ_{HG} は、5.1.4.1 による。

- (1) $\sigma_{HG}, 0.7\tau_{HG}$
- (2) $0.7\sigma_{HG}, \tau_{HG}$

5.4 縦曲げ最終強度

5.4.1 一般

5.4.1.1 適用

本5.4の規定は、 L_c が150 m以上の船舶に適用する。

5.4.1.2 評価範囲

縦曲げ最終強度は、貨物区域及び機関区域において評価しなければならない。

5.4.2 縦曲げ最終強度評価

次の算式を、満足しなければならない。

$$\gamma_S M_S + \gamma_W M_W \leq \frac{M_U}{\gamma_M \gamma_{DB}}$$

γ_S ：静水中垂直曲げモーメントに対する部分安全係数で、次による。

$$\gamma_S = 1.0$$

γ_W ：波浪中垂直曲げモーメントに対する部分安全係数で、次による。

$$\gamma_W = 1.2$$

M_S, M_W ：4.2.2.5 に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直曲げモーメント及び波浪中垂直曲げモーメント (kN-m)

M_U ：縦曲げ最終強度 (kN-m) で、1編附属書5.4に規定する手法で求めなければならない。ただし、1編附属書5.4のAn2.3.8に規定する応力-ひずみ曲線 $\sigma_{CR5} - \epsilon$ の算式に代えて、次を用いること。

$$\sigma_{CR5} = \min \left\{ \begin{array}{l} \sigma_{YP} \Phi \\ \Phi \sigma_{YP} \left[\frac{s}{l} \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2} \right) + 0.1 \left(1 - \frac{s}{l} \right) \left(1 + \frac{1}{\beta_E^2} \right)^2 \right] \end{array} \right.$$

σ_{YP} ：板の材料の規格最小降伏応力(N/mm²)

Φ, β_E, s, l ：1編附属書5.4のAn2.3.8による。

γ_M ：縦曲げ最終強度に対する部分安全係数で、次による。

$$\gamma_M = 1.05$$

γ_{DB} ：二重底曲げの影響を考慮した部分安全係数で、次による。ただし、考慮する船体横断面における内底板の幅が船の中央における内底板の幅よりも小さい場合、又は考慮する船体横断面における二重底の構造が船の中央部の構造と異なる場合(機関室等)、本会の承認を得て、ホギング状態における γ_{DB} の値を適当に減じて差し支えない。

ホギング状態： $\gamma_{DB} = 1.15$

サギング状態： $\gamma_{DB} = 1.0$

5.4.3 ホイッピング応答と面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度評価

5.4.2の規定に加え、船の長さ L_c が300 m以上の船舶又は船の幅 B が32.26 mを超える船舶は、ホギング状態に対して、次の算式を満足しなければならない。なお、本項の規定にかかわらず、本会が適当と認める場合には、より直接的に面外荷重の影響を考慮した縦曲げ最終強度及びホイッピングの影響を算定することができる。本規定は、船体中央に位置する貨物倉の中央付近の船体横断面に適用する。

$$\gamma_S M_{SV-max} + \gamma_{Wh} M_{WV-h-Mid} \leq M_{U,DB}$$

γ_S ：静水中垂直曲げモーメントに対する部分安全係数で、次による。

$$\gamma_S = 1.0$$

γ_{Wh} ：ホイッピングの影響を考慮した部分安全係数で、次による。

$$\gamma_{Wh} = 1.5$$

M_{SV-max} ：4.2.2.2に規定する考慮する船体横断面における航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント (kN-m)

$M_{WV-h-Mid}$: 4.2.2.3の規定により算出される中央部の波浪中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$)

$M_{U,DB}$: 面外荷重の影響を考慮した縦曲げ最終強度で、附属書 5.4により求めなければならない。

5.5 曲げ振り強度

5.5.1 一般

5.5.1.1 適用

-1. 次の(1)から(3)のいずれかに該当する船舶にあつては、5.5.2に規定する有限要素解析による曲げ振り強度評価を行わなければならない。

- (1) 船の長さ L_C が200 m以上の船舶
- (2) 船の幅 B が32.26 mを超える船舶
- (3) 本会が必要と認める船舶

-2. 前-1.(1)から(3)のいずれにも該当せず、船体中央部における倉口の幅が $0.7B$ を超える船舶にあつては、5.5.3に規定する算式による曲げ振り強度評価を行わなければならない。

-3. 前-1.及び-2.にかかわらず、本会が適当と認める場合、直接荷重解析及び有限要素解析に基づく曲げ振り強度評価を行っても差し支えない。

5.5.2 有限要素解析による曲げ振り強度評価

5.5.2.1 一般

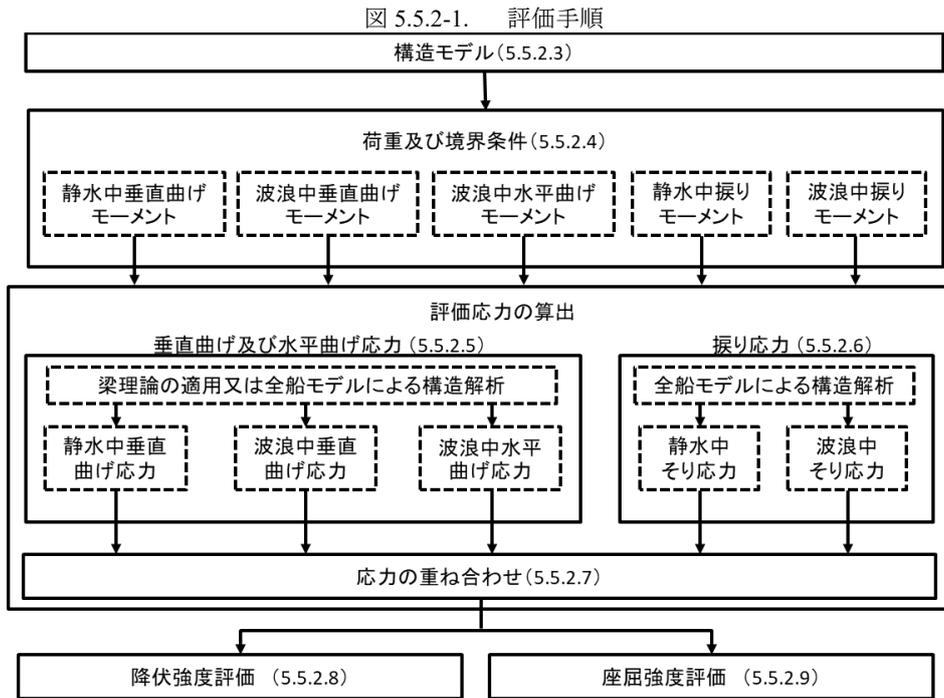
-1. 有限要素解析による曲げ振り強度評価の手順は、次の(1)から(4)による。(図 5.5.2-1.参照)

- (1) 荷重として、静水中垂直曲げモーメント、波浪中垂直曲げモーメント、波浪中水平曲げモーメント、静水中振りモーメント及び波浪中振りモーメントを考慮する。
- (2) 静水中垂直曲げモーメント、波浪中垂直曲げモーメント及び波浪中水平曲げモーメントによる応力を、梁理論又は全船モデルを用いた有限要素解析によって算出する。
- (3) 静水中振りモーメント及び波浪中振りモーメントによるそり応力を、全船モデルを用いた有限要素解析によって算出する。
- (4) 算出した各応力を重ね合わせるにより評価応力を求め、降伏強度評価及び座屈強度評価を行う。

-2. 解析プログラムは次の機能を有するものでなければならない。

- (1) 曲げ変形、せん断変形、軸変形及び振り変形の影響を有効に考慮できるものであること。
- (2) 平面あるいは立体の構造モデルの挙動を、合理的な境界条件のもとで有効に表現できるものであること。

-3. 解析プログラムは十分な解析精度を有すると認められるものでなければならない。本会が必要と認めた場合、使用した解析システムの資料提出、精度確認等を要求することがある。



注：括弧の中の数字は対応する規則番号を示す。

5.5.2.2 評価対象部材

評価対象部材は船の全長にわたる次の(1)から(7)の部材としなければならない。

- (1) ハッチサイドコーミング（頂板を含む）
- (2) 強力甲板
- (3) シアストレーキ
- (4) 縦通隔壁のうち強力甲板に隣接する一条
- (5) 船底外板及びビルジ外板
- (6) 前(1)から(5)に付く縦通防撓材
- (7) その他本会が必要と認める部材

5.5.2.3 構造モデル

-1. モデル化の範囲及び部材は次の(1)及び(2)による。

- (1) 全船及び両舷をモデル化しなければならない。
- (2) 全ての縦強度部材、主要構造部材及び縦通防撓材をモデル化しなければならない。

-2. 構造モデルの板厚及び防撓材の寸法は、1編 3.3.3 に従って作成しなければならない。

-3. 前-2.にかかわらず、本会が適当と認めた場合は、グロス寸法を用いた評価として差し支えない。

-4. モデル化に使用する要素の種類及び特性は、次の(1)及び(2)によらなければならない。なお、要素の種類を定義を表 5.5.2-1.に示す。

(1) 板部材はシェル要素を用いてモデル化しなければならない。

(2) 一般的な船体構造用圧延鋼材をモデル化する場合、ヤング率は $206,000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 、ポアソン比は 0.3 としなければならない。

-5. メッシュ分割は次の(1)及び(2)によらなければならない (図 5.5.2-2.参照)。

(1) 全船の構造応答を精度良く再現できるようメッシュ分割を行わなければならない。原則として次の(a)から(c)によらなければならない。

- (a) メッシュの1辺の大きさはフロア心距程度以下とすること。
- (b) 可能な限りシェル要素のアスペクト比は1に近づけること。
- (c) メッシュサイズのばらつき及び三角形要素の使用は最小限に留めること。

(2) 構造モデルから得られる境界条件を適用し、通常より細かなメッシュを用いた個別の有限要素モデルを用いても差し支えない。

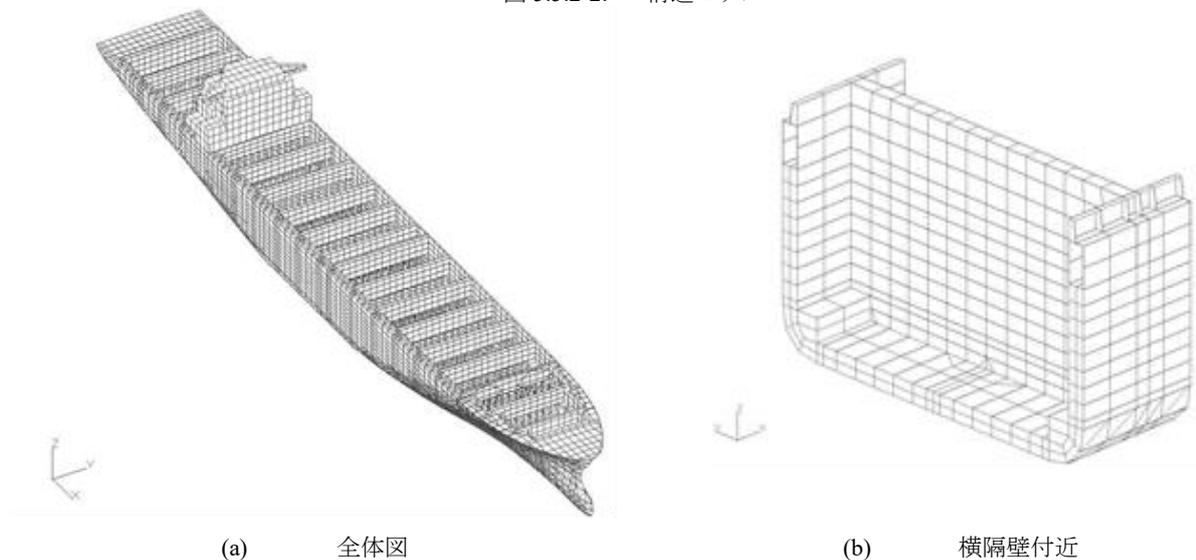
-6. 防撓材のモデル化にあたっては、メッシュサイズに従って数本分をまとめてモデル化しても差し支えない。ただし、考慮する船体横断面と等価な断面性能としなければならない。

-7. 構造モデルの妥当性の検証として、垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントをそれぞれ構造モデルに負荷した際に得られる応力が、梁理論を用いて算出した値と等価になる事を確認しなければならない。

表 5.5.2-1. 要素の種類

要素の種類	定義
ロッド要素	軸方向の剛性のみを有し、要素の長さ方向に一樣な断面積を持つ一次要素
ビーム要素	軸、振り及び二軸方向のせん断及び曲げに対する剛性を有し、要素の長さ方向に一樣な断面形状を持つ一次要素
シェル要素	面内及び面外方向の曲げ剛性を有する一樣な厚さの二次要素

図 5.5.2-2. 構造モデル



(a) 全体図

(b) 横隔壁付近

5.5.2.4 荷重及び境界条件

-1. 荷重条件として、静水中垂直曲げモーメント、波浪中垂直曲げモーメント、波浪中水平曲げモーメント、コンテナの偏積による静水中振りモーメント及び波浪中振りモーメントを考慮しなければならない。

-2. 荷重の付与にあたっては、参照する箇所のハルガーダ荷重による軸応力に影響を及ぼさないようにしなければならない。

-3. 振りモーメントの負荷方法は、標準として次の(1)から(3)による。

(1) ハルガーダに作用する振りモーメントは、各隔壁の振りモーメントとして階段状に負荷する。振りモーメントの近似ステップ曲線を図 5.5.2-3.に示す。

(2) 各隔壁に負荷する振りモーメントは、当該隔壁の有効範囲における振りモーメントの純変化量(増分)とする。隔壁の有効範囲は考慮している隔壁とその隣接隔壁との midpoint 間の範囲とし、振りモーメントが作用する際に隔壁 i に負荷する振りモーメントは、次の算式による。(図 5.5.2-4.参照)

$$\delta M_{WT1i} = M_{WT1} \Big|_{\frac{1}{2}(x_i+x_{i+1})} - M_{WT1} \Big|_{\frac{1}{2}(x_{i-1}+x_i)}$$

$$\delta M_{WT2i} = M_{WT2} \Big|_{\frac{1}{2}(x_i+x_{i+1})} - M_{WT2} \Big|_{\frac{1}{2}(x_{i-1}+x_i)}$$

x_i : 隔壁 i の x 座標

(3) 各隔壁に負荷する振りモーメントは両舷の等価なせん断荷重によって与える。せん断荷重の負荷方法の例を図 5.5.2-5.に示す。

-4. 垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの負荷方法は、標準として単位モーメントの付与による。単位モーメントを付与した構造解析により得られる応力に基づき、4.2.2 に規定するモーメントに対応する応力を算出しなければな

らない。

-5. 境界条件は、反力が小さいと考えられる位置において構造の変位を拘束しなければならない。標準となる境界条件は表 5.5.2-2.による。

図 5.5.2-3. ハルガーダに作用する振りモーメント (近似ステップ曲線)

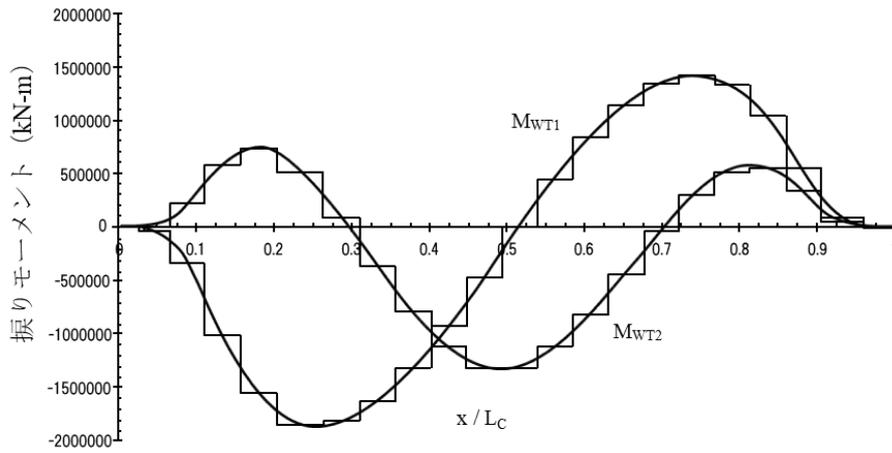


図 5.5.2-4. 隔壁*i*に負荷する振りモーメント

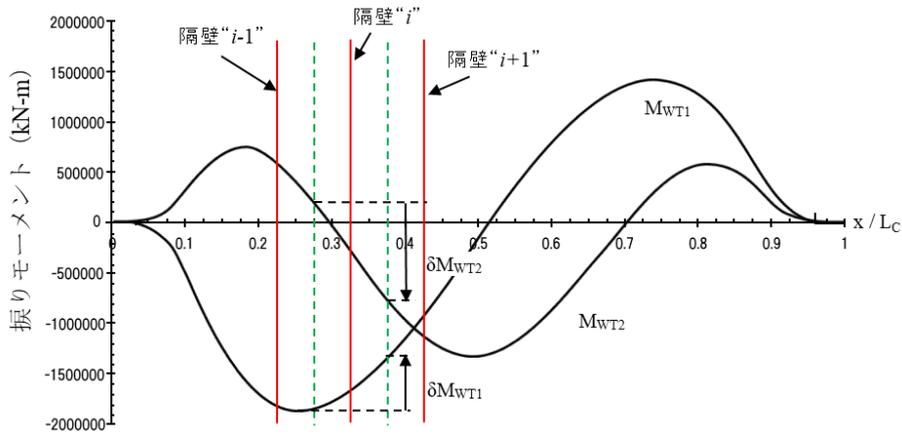


図 5.5.2-5. せん断荷重による振りモーメントの負荷方法

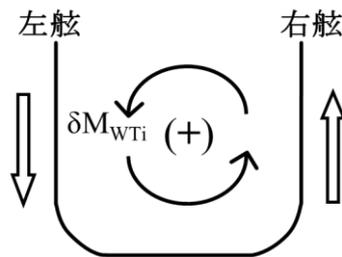


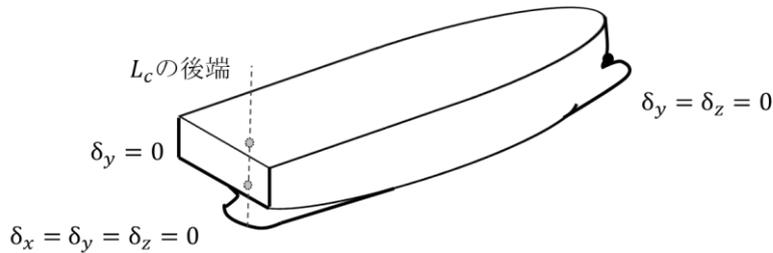
表 5.5.2-2. モデル端部等における境界条件

	位置	並進			回転		
		X 方向	Y 方向	Z 方向	X 軸回り	Y 軸回り	Z 軸回り
振りモーメントに対する境界条件 (図 5.5.2-6.(a)参照)	L_C の後端	固定	固定	固定	-	-	-
	L_C の前端	-	固定	固定	-	-	-
垂直曲げモーメントに対する境界条件 (図 5.5.2-7.参照)	L_C の後端	固定	固定	固定	-	-	-
	L_C の前端	-	固定	固定	-	-	-
水平曲げモーメントに対する境界条件 (図 5.5.2-8.参照)	L_C の後端	固定	固定	固定	-	-	-
	L_C の前端	固定	-	固定	-	-	-
	各横隔壁	-	-	固定	-	-	-

(備考)
 [-]は拘束なし(自由)を意味する。
 拘束位置は、反力が小さいと考えられる位置とする。
 荷重の付与方法及び応力の算出方法によっては、本表に従う必要はない。

図 5.5.2-6. 振りモーメントに対する境界条件

(a) 例 1



(b) 例 2

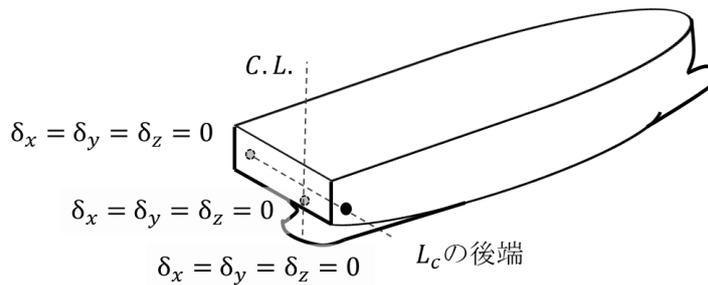


図 5.5.2-7. 垂直曲げモーメントに対する荷重及び境界条件

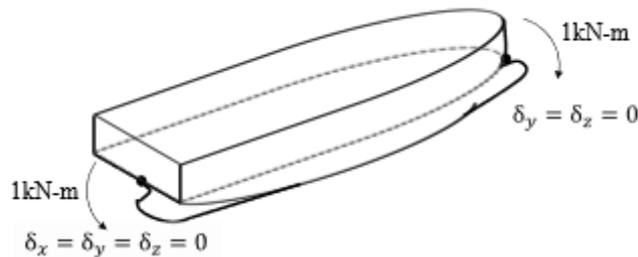
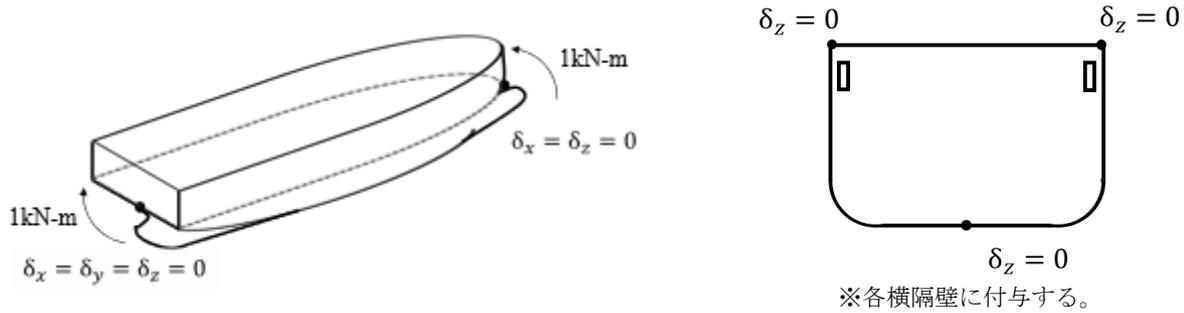


図 5.5.2-8. 水平曲げモーメントに対する荷重及び境界条件



5.5.2.5 垂直曲げ及び水平曲げモーメントによる応力の算出

-1. 垂直曲げモーメントによる応力及び水平曲げモーメントによる応力は、次の(1)から(3)によらなければならない。なお、引張応力を正とし、圧縮応力を負とする。5.5.2.7-2.によりグロス寸法に基づく評価を行う場合、次の(1)から(3)の I_{V-n50} , z_{n-n50} 及び I_{H-n50} は、それぞれ I_{V-gr} , z_{n-gr} 及び I_{H-gr} に読み替える。

(1) 静水中垂直曲げモーメントによる応力 σ_{SV} (N/mm²) は、次の算式により算出しなければならない。

$$\sigma_{SV} = \frac{M_{SV}}{I_{V-n50}} \cdot (z - z_{n-n50}) \times 10^{-3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

M_{SV} : 4.2.2.2 に規定する許容最大静水中垂直曲げモーメント $M_{SV,max}$ 及び許容最小静水中垂直曲げモーメント $M_{SV,min}$ (kN-m) で、考慮する横断面における値

I_{V-n50} : 考慮する船体横断面の水平中性軸に対する断面二次モーメント (m⁴)

z : 考慮する位置の Z 座標 (基線からの垂直距離) (m)

z_{n-n50} : 基線から船体横断面の水平中性軸までの距離 (m)

(2) 波浪中垂直曲げモーメントによる応力 σ_{WV} (N/mm²) は、次の算式より算出しなければならない。

$$\sigma_{WV} = \frac{M_{WV}}{I_{V-n50}} \cdot (z - z_{n-n50}) \times 10^{-3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

M_{WV} : 4.2.2.3 に規定するホギング状態の波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} 及びサギング状態の波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-s} (kN-m) で、考慮する横断面における値。なお、前(1)に示す M_{SV} と M_{WV} の組合せは表 4.2.2-5.に示すホギング及びサギングの荷重組合せによる。

I_{V-n50} : 考慮する船体横断面における水平中性軸に対する断面二次モーメント (m⁴)

z : 考慮する位置の Z 座標 (基線からの垂直距離) (m)

z_{n-n50} : 基線から船体横断面の水平中性軸までの距離 (m)

(3) 波浪中水平曲げモーメントによる応力 σ_{WH1} , σ_{WH2} (N/mm²) は、次の算式より算出しなければならない。

$$\sigma_{WH1} = -\frac{M_{WH1}}{I_{H-n50}} \cdot y \times 10^{-3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{WH2} = -\frac{M_{WH2}}{I_{H-n50}} \cdot y \times 10^{-3} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

M_{WH1} : 4.2.2.6-1.に規定する水平曲げモーメントの第一成分 (kN-m) で、考慮する横断面における値

M_{WH2} : 4.2.2.6-1.に規定する水平曲げモーメントの第二成分 (kN-m) で、考慮する横断面における値

I_{H-n50} : 考慮する船体横断面における船体中心線に対する断面二次モーメント (m⁴)

y : 考慮する位置の Y 座標 (船体中心線からの水平距離) (m)

-2. 前-1.にかかわらず、垂直曲げモーメントによる応力及び水平曲げモーメントによる応力は、全船モデルを用いた構造解析により算出することができる。この場合、倉口隅部において生じる局所的な曲げ応力の影響を考慮しなくても差し支えない。

5.5.2.6 振りモーメントによる応力の算出

振りモーメントによる応力次の(1)及び(2)によらなければならない。なお、引張応力を正とし、圧縮応力を負とする。

(1) 4.2.2.6-1.に規定する静水中振りモーメント M_{ST1} 及び M_{ST2} を構造モデルに負荷し、有限要素解析を行うことにより、静水中振りモーメントによる応力 σ_{ST1} 及び σ_{ST2} (N/mm²) をそれぞれ算出する。

(2) 4.2.2.6-1.に規定する波浪中振りモーメント M_{WT1} 及び M_{WT2} を構造モデルに負荷し、有限要素解析を行うことにより、波浪中振りモーメントによる応力 σ_{WT1} 及び σ_{WT2} (N/mm²) をそれぞれ算出する。

5.5.2.7 評価応力

-1. 評価応力 σ_T は、次の算式より算出しなければならない。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_{WV}^2 + (\sigma_{WH1} + \sigma_{WT1})^2 + (\sigma_{WH2} + \sigma_{WT2})^2} + C_3 |\sigma_{SV}| + \sqrt{\sigma_{ST1}^2 + \sigma_{ST2}^2}$$

C_3 : 応力の重ね合わせ係数で、次による。

5.5.2.5-1.(1)において $M_{SV} = M_{SV_min}$ かつ $M_{SV} > 0$ の場合、 $C_3 = -1$

その他の場合、 $C_3 = 1$

σ_{SV} : 静水中垂直曲げモーメントによる応力 (N/mm^2) で、5.5.2.5による。

σ_{WV} : 波浪中垂直曲げモーメントによる応力 (N/mm^2) で、5.5.2.5による。

σ_{WH1} , σ_{WH2} : 波浪中水平曲げモーメントによる応力 (N/mm^2) で、5.5.2.5による。

σ_{ST1} , σ_{ST2} : 静水中振りモーメントによるそり応力 (N/mm^2) で、5.5.2.6(1)による。

σ_{WT1} , σ_{WT2} : 波浪中振りモーメントによるそり応力 (N/mm^2) で、5.5.2.6(2)による。

-2. 前-1.において、グロス寸法の構造モデルを用いて応力の各成分を求めた場合、その応力成分を 1.05 倍することにより、ネット寸法に対応した応力に修正しなければならない。

5.5.2.8 降伏強度評価

-1. 解析対象の貨物倉において、全ての評価対象部材を構成する各要素の評価応力 σ_T は、次の算式を満足しなければならない。5.5.2.3-5.に示す標準的なメッシュサイズよりも小さいメッシュサイズを用いる場合には、標準的なメッシュサイズに相当する平均応力を用いて差し支えない。

(a) ハッチサイドコーミング (頂板含む)、強力甲板、シアストレーキ及び縦通隔壁のうち強力甲板に隣接する一条

$$\sigma_T \leq 200/K \text{ (} N/mm^2 \text{)}$$

(b) 船底外板及びビルジ外板

$$\sigma_T \leq 210/K \text{ (} N/mm^2 \text{)}$$

-2. 機関室前後端、居住区前後端及び最前端貨物倉区域等で倉口変形等による局所的な応力上昇が生じる箇所については、疲労強度評価を行うことを条件に、前-1.の規定を適用しなくても差し支えない。ただし、5.5.2.7により算出された参照応力は使用鋼材の最小降伏応力を超えてはならない。

5.5.2.9 座屈強度評価

-1. 座屈強度評価は、1編 8.6.2.1の規定を準用すること。ただし、船底外板及びビルジ外板並びに当該部材に付く縦通防撓材の場合は許容使用係数を 0.9 とする。

-2. 前-1.にかかわらず、ビルジ外板及びビルジ外板に付く縦通防撓材にあつては、ビルジ外板のネット板厚及びビルジ半径に応じて、次の(1)又は(2)の規定によることができる。

(1) ビルジ外板のネット板厚が 14.5 mm 以上、かつ、ビルジ半径が 8 m 以下の場合、次の(a)及び(b)による。

(a) 5.5.2.7に規定する当該部材の評価応力が、使用鋼材の最小降伏応力に 0.9 を乗じた値又は 320 N/mm^2 のいずれか小さい方の値を超えないこと。

(b) 次の算式を満足すること。

$$\sqrt{11 \cdot \left(\frac{t}{1000R}\right)^2 + \left(\frac{\pi t}{1000S}\right)^4 + \left(\frac{\pi t}{1000S}\right)^2} \geq 0.014$$

t : ビルジ外板のネット板厚 (mm)

S : 防撓材の心距 (m)。ただし、ガス長さとする。

R : ビルジ半径 (m)

(2) ビルジ外板のネット板厚が 14.5 mm 未満、又は、ビルジ半径が 8 m より大きい場合、5.5.2.7に規定する当該部材の評価応力が非線形解析等により得られた座屈強度に 0.9 を乗じた値を超えないこと。

5.5.3 算式による曲げ振り強度評価

5.5.3.1 一般

算式による曲げ振り強度評価の手順は、次の(1)及び(2)による。

(1) 荷重条件は、静水中垂直曲げモーメント、波浪中垂直曲げモーメント、波浪中水平曲げモーメント、静水中振りモーメント及び波浪中振りモーメントを考慮しなければならない。

(2) 前(1)で考慮した荷重による各応力を重ね合わせるにより評価応力を求め、強度評価を行う。

5.5.3.2 垂直曲げ、水平曲げ及び振りモーメントによる応力の算出

垂直曲げモーメントによる応力、水平曲げモーメントによる応力及び振りモーメントによる応力は、次の(1)から(5)によらなければならない。なお、引張応力を正とし、圧縮応力を負とする。

- (1) 静水中垂直曲げモーメントによる応力 σ_{SV} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

$$\sigma_{SV} = \frac{|M_{SV}|}{Z_{V-n50}} \times 10^3$$

M_{SV} : 4.2.2.5 に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$)

Z_{V-n50} : 考慮する断面位置の強力甲板における船体垂直曲げに対する断面係数 (cm^3)

- (2) 波浪中垂直曲げモーメントによる応力 σ_{WV} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

$$\sigma_{WV} = \frac{M_{WV}}{Z_{V-n50}} \times 10^3$$

M_{WV} : 4.2.2.5 に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する波浪中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$)

Z_{V-n50} : 考慮する断面位置の強力甲板における船体垂直曲げに対する断面係数 (cm^3)

- (3) 波浪中水平曲げモーメントによる応力 σ_{WH} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

$$\sigma_{WH} = \frac{M_{WH3}}{Z_{H-n50}} \times 10^3$$

M_{WH3} : 4.2.2.6-2. に示す波浪中水平曲げモーメント ($kN\cdot m$)

Z_{H-n50} : 考慮する断面位置の倉口側部における船体水平曲げに対する断面係数 (cm^3)

- (4) 静水中振りモーメントによる応力 σ_{ST} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

一般的な構造の場合は船体中央断面における寸法を用いて次の算式により算定する。なお、これ以外の値については本会の適当と認めるところによる。

$$\sigma_{ST} = 0.000318 \frac{\omega \ell_C M_{ST3}}{I_\omega + 0.04 \ell_C^2 J}$$

M_{ST3} : 4.2.2.6-2. に示す静水中振りモーメント ($kN\cdot m$)

$$\omega = \frac{B_1}{2} (D_1 - e_1) + \frac{d_1}{2} (D_1 + e_1)$$

$$D_1 = D_S - \frac{d_0}{2}$$

$$B_1 = B - d_1$$

$$e_1 = \frac{(3D_1 - d_1)d_1 t_{d-n50} + (D_1 - d_1)^2 t_{s-n50}}{3d_1 t_{d-n50} + 2(D_1 - d_1)t_{s-n50} + B_1 t_{b-n50}/3}$$

d_0 : 二重底の高さ (m) で、図 5.5.3-1. による。

d_1 : 二重船側の幅 (m) で、図 5.5.3-1. による。

t_{d-n50} 、 t_{s-n50} 及び t_{b-n50} : 甲板部、船側部及び船底部の平均板厚 (m) で図 5.5.3-1. による。平均板厚の算出にあたっては、この範囲内に含まれる縦強度部材を含めて差し支えない。

ℓ_C : 船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までの距離 (m)

$$I_\omega = B_1^2 \{d_1 t_{d-n50} I_d + (D_1 - d_1) t_{s-n50} I_s + B_1 t_{b-n50} I_b\}$$

$$I_d = (D_1 - e_1) \left\{ \frac{3}{2} (D_1 - e_1) - d_1 \right\} + \frac{d_1^2}{3}$$

$$I_s = (D_1 - d_1) \left\{ \frac{1}{3} (D_1 - d_1) - e_1 \right\} + e_1^2$$

$$I_b = \frac{e_1^2}{6}$$

J : 次の算式による値。

$$J = \frac{2\{Bd_0 + 2(D_S - d_0)d_1\}^2}{\frac{3d_1}{t'_{d-n50}} + \frac{2(D_1 - d_1)}{t'_{s-n50}} + \frac{B_1}{t'_{b-n50}}}$$

t'_{d-n50} 、 t'_{s-n50} 、 t'_{b-n50} : 甲板部、船側部及び船底部の平均板厚 (m)。ただし、平均板厚の算出にあたっては、強力甲板、船側外板、船底外板、内底板及び縦通隔壁のみを用い、他の縦強度部材を含めてはならない。

- (5) 波浪中振りモーメントによる応力 σ_{WT} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

一般的な構造の場合は船体中央断面における寸法を用いて次の算式により算定する。なお、これ以外の値については本会の適当と認めるところによる。

$$\sigma_{WT} = 0.000318 \frac{\omega \ell_C M_{WT3}}{I_\omega + 0.04 \ell_C^2 J}$$

M_{WT3} : 4.2.2.6-2.に示す波浪中振りモーメント

$$\omega = \frac{B_1}{2}(D_1 - e_1) + \frac{d_1}{2}(D_1 + e_1)$$

$$D_1 = D_S - \frac{d_0}{2}$$

$$B_1 = B - d_1$$

$$e_1 = \frac{(3D_1 - d_1)d_1 t_{d-n50} + (D_1 - d_1)^2 t_{s-n50}}{3d_1 t_{d-n50} + 2(D_1 - d_1)t_{s-n50} + B_1 t_{b-n50}/3}$$

d_0 : 二重底の高さ (m) で, 図 5.5.3-1.による。

d_1 : 二重船側の幅 (m) で, 図 5.5.3-1.による。

t_{d-n50} , t_{s-n50} 及び t_{b-n50} : 甲板部, 船側部及び船底部の平均板厚 (m) で図 5.5.3-1.による。平均板厚の算出にあたっては, この範囲内に含まれる縦強度部材を含めて差し支えない。

l_c : 船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までの距離 (m)

$$I_\omega = B_1^2 \{d_1 t_{d-n50} I_d + (D_1 - d_1) t_{s-n50} I_s + B_1 t_{b-n50} I_b\}$$

$$I_d = (D_1 - e_1) \left\{ \frac{3}{2}(D_1 - e_1) - d_1 \right\} + \frac{d_1^2}{3}$$

$$I_s = (D_1 - d_1) \left\{ \frac{1}{3}(D_1 - d_1) - e_1 \right\} + e_1^2$$

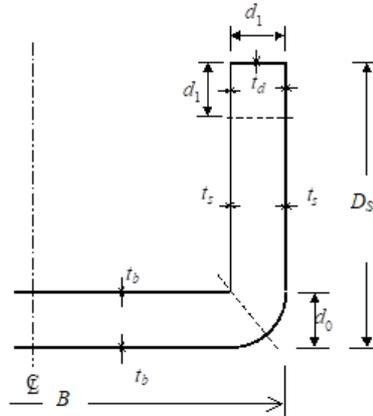
$$I_b = \frac{e_1^2}{6}$$

J : 次の算式による値

$$J = \frac{2\{Bd_0 + 2(D_S - d_0)d_1\}^2}{\frac{3d_1}{t'_{d-n50}} + \frac{2(D_1 - d_1)}{t'_{s-n50}} + \frac{B_1}{t'_{b-n50}}}$$

t'_{d-n50} , t'_{s-n50} , t'_{b-n50} : 甲板部, 船側部及び船底部の平均板厚 (m)。ただし, 平均板厚の算出にあたっては, 強力甲板, 船側外板, 船底外板, 内底板及び縦通隔壁のみを用い, 他の縦強度部材を含めてはならない。

図 5.5.3-1. 甲板部, 船側部及び船底部の平均板厚



5.5.3.3 評価応力

評価応力 σ_T は, 次により算出しなければならない。

$$\sigma_T = \sqrt{(0.75\sigma_{WV})^2 + \sigma_{WH}^2 + \sigma_{WT}^2} + \sigma_{SV} + \sigma_{ST}$$

σ_{SV} : 静水中垂直曲げモーメントによる応力 (N/mm²) で, 5.5.3.2(1)による。

σ_{WV} : 波浪中垂直曲げモーメントによる応力 (N/mm²) で, 5.5.3.2(2)による。

σ_{WH} : 波浪中水平曲げモーメントによる応力 (N/mm²) で, 5.5.3.2(3)による。

σ_{ST} : 静水中振りモーメントによるそり応力 (N/mm²) で, 5.5.3.2(4)による。

σ_{WT} : 波浪中振りモーメントによるそり応力 (N/mm²) で, 5.5.3.2(5)による。

5.5.3.4 評価

船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までの任意の断面位置において, 次の評価基準を満足しなければならない。

$$\sigma_T \leq \frac{190}{K}$$

附属書 5.3 縦強度(UR S11A)に関する座屈強度評価

記号

- x : 矩形座屈パネルの長辺に平行な局部座標軸
 y : 矩形座屈パネルの長辺に垂直な局部座標軸
 σ_x : 板部材に作用する x 軸方向の直応力 (N/mm^2)
 σ_y : 板部材に作用する y 軸方向の直応力 (N/mm^2)
 τ : 板部材に作用するせん断応力 (N/mm^2)
 σ_a : 防撓材の軸応力で, An2.4.4-2.による。 (N/mm^2)
 σ_b : 防撓材の曲げ応力で, An2.4.4-3.による。 (N/mm^2)
 σ_w : 振り変形による応力で, An2.4.4-4.による。 (N/mm^2)
 $\sigma_{cx}, \sigma_{cy}, \tau_c$: 板に対する限界応力で, An2.2.1-1.による。 (N/mm^2)
 σ_{YS} : 防撓材の材料の最小降伏応力で, An2.4.4-1.による。 (N/mm^2)
 σ_{YP} : 板の材料の最小降伏応力 (N/mm^2)
 a : パネルの長辺方向の長さ (mm) (表 An2 参照)
 b : パネルの短辺方向の長さ (mm) (表 An2 参照)
 d : 表 An3 に規定する湾曲パネルに対応する円柱軸に平行な辺の長さ
 σ_E : 弾性座屈参照応力 (N/mm^2) で, 次による。

An2.2.1-2.による板部材の限界状態を適用する場合:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{b}\right)^2$$

An2.2.2 による湾曲パネルを適用する場合:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{d}\right)^2$$

- ν : ポアソン比で, 0.3 とする。
 t_p : パネルの板厚 (mm)
 t_w : 防撓材のウェブの板厚 (mm)
 t_f : フランジの板厚 (mm)
 b_f : 防撓材のフランジの幅 (mm)
 h_w : 防撓材のウェブの深さ (mm)
 e_f : 付き板からフランジ中央までの距離 (mm) で, 次による。

平鋼の場合: $e_f = h_w$

バルブプレートの場合: $e_f = h_w - 0.5t_f$

山型鋼及び T 型鋼の場合: $e_f = h_w + 0.5t_f$

- α : パネルのアスペクト比で, 次の算式による。

$$\alpha = \frac{a}{b}$$

- β : 係数で, 次の算式による。

$$\beta = \frac{1-\psi}{\alpha}$$

- ψ : 端部応力比で, 次の算式による。

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

- γ : 荷重に掛ける応力の乗数。作用荷重が損傷限界状態に達する場合, $\gamma = \gamma_c$ となる。

- γ_c : 崩壊時の応力の乗数

- σ_1 : 最大応力 (N/mm^2)

- σ_2 : 最小応力 (N/mm^2)

- R : 湾曲パネルの半径 (mm)

- E : ヤング率で, 2.06×10^5 (N/mm^2) とする。

- l : 防撓材のスパン (mm) で、主要支持部材間の心距に等しい。
 s : 防撓材の心距 (mm) で、考慮する防撓パネル内で防撓材間の平均距離とする。

An1. 一般

An1.1 一般

An1.1.1 概要

1. 本**附属書 5.3**は、コンテナ船の縦強度に関する座屈強度評価の手法を規定する。
2. 本**附属書 5.3**において、 σ_x 及び σ_y は、圧縮応力を正とし、引張応力の場合は0とする。

An1.1.2 座屈使用係数の算出

座屈使用係数は、次の算式による。

$$\eta_{act} = \frac{1}{\gamma_c}$$

γ_c : 崩壊時の応力の乗数で、板の座屈強度評価の場合は **An2.2.1** 又は **An2.2.2** の規定、防撓材の座屈強度評価の場合は **An2.3.1** 及び **An2.4.4** の規定による。

An2. 各構造部材の座屈強度評価

An2.1 基本板パネル (EPP)

An2.1.1 定義

基本板パネル (EPP) とは、防撓材や主要支持部材間の板部材をいう。基本板パネルの端部全ては、周辺構造や隣接する板により直線保持されているものとする。(ただし、面内変位は自由) (一般に甲板、船底外板、内底板、船側外板及び縦通隔壁における縦式構造の防撓パネル)

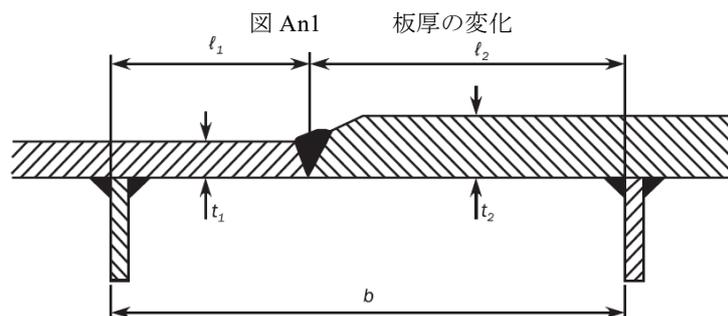
An2.1.2 板厚が変化する場合の EPP

1. 縦式構造において、パネル幅 b の範囲内で板厚が変化する場合、板厚は薄い方の板厚 t_1 とする等価パネルを用いて座屈強度評価を行うこと。等価パネルの幅 b_{eq} は、次の算式により求まる値とする。

$$b_{eq} = l_1 + l_2 \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^{1.5}$$

l_1 : 薄い方の板厚 t_1 の箇所のパネル幅 (mm) (**図 An1** 参照)

l_2 : 厚い方の板厚 t_2 の箇所のパネル幅 (mm) (**図 An1** 参照)



2. 横式構造において、EPP 内で板厚が変化する場合、EPP の板厚を EPP 内に存在するある板厚で一定と仮定した上で、EPP 内に存在する板厚ごとに板部材及び防撓材の座屈強度評価を行うこと。

An2.2 板部材の座屈強度

An2.2.1 板パネル

1. 板部材の限界状態は、次の相関式による。

(1) 縦防撓式構造の場合

$$\left(\frac{\gamma_c \sigma_x}{\sigma_{cx}} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_c |\tau|}{\tau_c} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} = 1$$

(2) 横防撓式構造の場合

$$\left(\frac{\gamma_c \sigma_y}{\sigma_{cy}}\right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_c |\tau|}{\tau_c}\right)^{2/\beta_p^{0.25}} = 1$$

σ_{cx} : 座屈パネルの長辺に平行な方向の最大限界応力 (N/mm^2) で、-3.の規定による。

σ_{cy} : 座屈パネルの短辺に平行な方向の最大限界応力 (N/mm^2) で、-3.の規定による。

τ_c : 最大限界せん断応力 (N/mm^2) で、-3.の規定による。

β_p : 板部材の細長パラメータで、次の算式による。

$$\beta_p = \frac{b}{t_p} \sqrt{\frac{\sigma_{YP}}{E}}$$

-2. 参照細長比 λ は、次の算式による。

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_{YP}}{K\sigma_E}}$$

K : 表 An2 及び表 An3 に規定する座屈係数

-3. 最大限界応力は次による。

(1) 板部材の最大限界応力 σ_{cx} 及び σ_{cy} (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\sigma_{cx} = C_x \sigma_{YP}$$

$$\sigma_{cy} = C_y \sigma_{YP}$$

(2) せん断力を受ける板部材の最大限界応力 τ_c (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\tau_c = C_\tau \frac{\sigma_{YP}}{\sqrt{3}}$$

C_x, C_y, C_τ : 軽減係数で表 An2 に規定する。

(3) 板の境界条件は、表 An2 のケース 1, 2 及び 15 に示すように、単純支持として考慮すること。境界条件が単純支持と大きく異なる場合は、本会の同意を条件として、表 An2 の別のケースに従って、より適切な境界条件を適用して差し支えない。

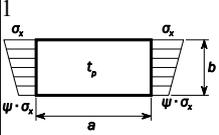
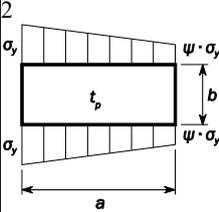
-4. 座屈パネル端部の長辺方向の防撓材のタイプにより決定される修正係数 F_{long} は、表 An1 による。異なる防撓材を持つ板部材に対しては、 F_{long} の平均値を用いる。防撓材のタイプが表 An1 に示すもの以外の場合は、 c の値は本会の同意を得た値とする。また、非線形有限要素解析を用いたパネルの座屈強度評価により c の値を検証し、かつ、本会が適当と認める場合にあっては、表 An1 に示す c の値より大きい値を用いて差し支えない。

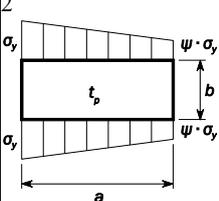
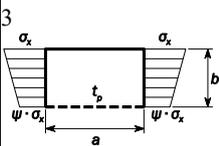
表 An1 修正係数 F_{long}

構造要素のタイプ		F_{long}	c	
非防撓パネル		1.0	N/A	
防撓パネル	両端固定以外の防撓材	1.0	N/A	
	両端固定の防撓材	平鋼 ⁽¹⁾	$\frac{t_w}{t_p} > 1$ の場合 $F_{long} = c + 1$	0.10
		バルブプレート		0.30
		山型鋼	$\frac{t_w}{t_p} \leq 1$ の場合 $F_{long} = c \left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3 + 1$	0.40
		T型鋼		0.30
剛性の高い桁部材 (船底の横桁部材等)		1.4	N/A	

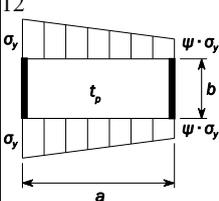
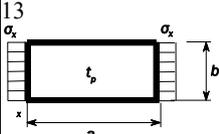
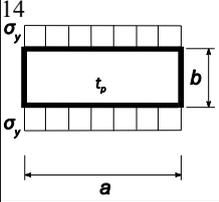
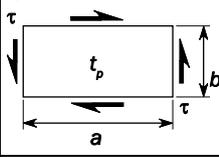
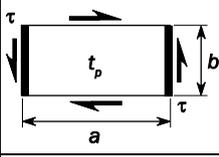
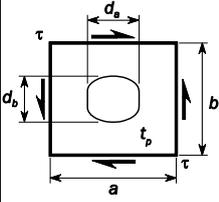
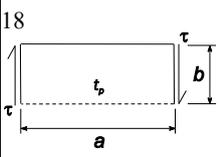
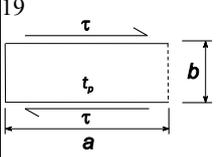
注1 : t_w は、An2.4.3-5.に規定する修正を含まないウェブの板厚 (mm) とする。

表 An2 平板パネルの座屈係数及び軽減係数

ケース	応力比 ψ	アスペクト ト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C
	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_x = F_{long} \frac{8.4}{\psi + 1.1}$	$\sigma_x \leq 0$ の場合： $C_x = 1$
	$0 \geq \psi > -1$		$K_x = F_{long} [7.63 - \psi(6.26 - 10\psi)]$	$\sigma_x > 0$ の場合： $\lambda \leq \lambda_c$ の場合 $C_x = 1$ $\lambda > \lambda_c$ の場合 $C_x = c \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$ $c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$
	$\psi \leq -1$		$K_x = F_{long} [5.975 (1 - \psi)^2]$	$\lambda_c = \frac{c}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{0.88}{c}} \right)$
	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_y = \frac{2 \left(1 + \frac{1}{\alpha^2} \right)^2}{1 + \psi + \frac{(1 - \psi)}{100} \left(\frac{2.4}{\alpha^2} + 6.9f_1 \right)}$	$\sigma_y \leq 0$ の場合： $C_y = 1$
		$\alpha \leq 6$	$f_1 = (1 - \psi)(\alpha - 1)$	$\sigma_y > 0$ の場合： $C_y = c \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{R + F^2(H - R)}{\lambda^2} \right)$
		$\alpha > 6$	$f_1 = 0.6 \left(1 - \frac{6\psi}{\alpha} \right) \left(\alpha + \frac{14}{\alpha} \right)$ ただし、 $14.5 - \frac{0.35}{\alpha^2}$ を超える値としないこと。	$c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$
	$\frac{4\alpha}{3} > \psi \geq 1 - \frac{3}{4\alpha}$		$K_y = \frac{200(1 + \beta^2)^2}{(1 - f_3)(100 + 2.4\beta^2 + 6.9f_1 + 23f_2)}$	$\lambda < \lambda_c$ の場合 $R = \lambda(1 - \lambda/c)$ $\lambda \geq \lambda_c$ の場合 $R = 0.22$
		$\alpha > 6(1 - \psi)$	$f_1 = 0.6 \left(\frac{1}{\beta} + 14\beta \right)$ ただし、 $14.5 - 0.35\beta^2$ を超える値としないこと。 $f_2 = f_3 = 0$	$\lambda_c = 0.5c \left(1 + \sqrt{1 - 0.88/c} \right)$ $F = \left[1 - \left(\frac{K}{0.91} - 1 \right) / \lambda_p^2 \right] c_1 \geq 0$
		$3(1 - \psi) \leq \alpha \leq 6(1 - \psi)$	$f_1 = \frac{1}{\beta} - 1$ $f_2 = f_3 = 0$	$1 \leq \lambda_p^2 \leq 3$ の場合 $\lambda_p^2 = \lambda^2 - 0.5$ $c_1 = 1 - \frac{1}{\alpha} \geq 0$ $H = \lambda - \frac{2\lambda}{c(T + \sqrt{T^2 - 4})} \geq R$ $T = \lambda + \frac{14}{15\lambda} + \frac{1}{3}$

ケース	応力比 ψ	アスペクト ト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C
	$0 > \psi \geq 1 - \frac{4\alpha}{3}$	$1.5(1-\psi) \leq \alpha < 3(1-\psi)$	$f_1 = \frac{1}{\beta} - (2 - \omega\beta)^4 - 9(\omega\beta - 1)\left(\frac{2}{3} - \beta\right)$ $f_2 = f_3 = 0$	$\sigma_y \leq 0$ の場合 : $C_y = 1$
		$1 - \psi \leq \alpha < 1.5(1-\psi)$	$\alpha > 1.5$ の場合 : $f_1 = 2 \left[\frac{1}{\beta} - 16 \left(1 - \frac{\omega}{3}\right)^4 \right] \left(\frac{1}{\beta} - 1\right)$ $f_2 = 3\beta - 2$ $f_3 = 0$ $\alpha \leq 1.5$ の場合 : $f_1 = 2 \left(\frac{1.5}{1-\psi} - 1 \right) \left(\frac{1}{\beta} - 1\right)$ $f_2 = \frac{\psi(1 - 16f_4^2)}{1 - \alpha}$ $f_3 = 0$ $f_4 = (1.5 - \min(1.5, \alpha))^2$	$\sigma_y > 0$ の場合 : $C_y = c \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{R + F^2(H - R)}{\lambda^2} \right)$ $c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$ $\lambda < \lambda_c$ の場合 $R = \lambda(1 - \lambda/c)$ $\lambda \geq \lambda_c$ の場合 $R = 0.22$ $\lambda_c = 0.5c(1 + \sqrt{1 - 0.88/c})$
		$0.75(1-\psi) \leq \alpha < 1 - \psi$	$f_1 = 0$ $f_2 = 1 + 2.31(\beta - 1) - 48\left(\frac{4}{3} - \beta\right) f_4^2$ $f_3 = 3f_4(\beta - 1) \left(\frac{f_4}{1.81} - \frac{\alpha - 1}{1.31}\right)$ $f_4 = (1.5 - \min(1.5, \alpha))^2$	$F = \left[1 - \left(\frac{K}{0.91} - 1\right) / \lambda_p^2 \right] c_1 \geq 0$ $1 \leq \lambda_p^2 \leq 3$ の場合 $\lambda_p^2 = \lambda^2 - 0.5$ $c_1 = 1 - \frac{1}{\alpha} \geq 0$ $H = \lambda - \frac{2\lambda}{c(T + \sqrt{T^2 - 4})} \geq R$ $T = \lambda + \frac{14}{15\lambda} + \frac{1}{3}$
$\psi < 1 - \frac{4\alpha}{3}$	$K_y = 5.972 \frac{\beta^2}{1 - f_3}$ $f_3 = f_5 \left(\frac{f_5}{1.81} + \frac{1 + 3\psi}{5.24} \right)$ $f_5 = \frac{9}{16} (1 + \max(-1, \psi))^2$			
	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_x = \frac{4(0.425 + 1/\alpha^2)}{3\psi + 1}$	$\lambda \leq 0.7$ の場合 $C_x = 1$
	$0 > \psi \geq -1$		$K_x = 4(0.425 + 1/\alpha^2)(1 + \psi) - 5\psi(1 - 3.42\psi)$	$\lambda > 0.7$ の場合 $C_x = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$

ケース	応力比 ψ	アスペクト ト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C
4 	$1 \geq \psi \geq -1$		$K_x = \left(0.425 + \frac{1}{\alpha^2}\right) \frac{3 - \psi}{2}$	$\lambda \leq 0.7$ の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.7$ の場合 $C_x = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$
5 	-	$\alpha \geq 1.64$	$K_x = 1.28$	$\lambda \leq 0.7$ の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.7$ の場合 $C_x = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$
		$\alpha < 1.64$	$K_x = \frac{1}{\alpha^2} + 0.56 + 0.13\alpha^2$	
6 	$1 \geq \psi \geq 0$		$K_y = \frac{4(0.425 + \alpha^2)}{(3\psi + 1)\alpha^2}$	$\lambda \leq 0.7$ の場合 $C_y = 1$ $\lambda > 0.7$ の場合 $C_y = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$
	$0 \geq \psi \geq -1$		$K_y = 4(0.425 + \alpha^2)(1 + \psi) \frac{1}{\alpha^2}$ $-5\psi(1 - 3.42\psi) \frac{1}{\alpha^2}$	
7 	$1 \geq \psi \geq -1$		$K_y = 4(0.425 + \alpha^2) \frac{(3 - \psi)}{2\alpha^2}$	
8 	-		$K_y = 1 + \frac{0.56}{\alpha^2} + \frac{0.13}{\alpha^4}$	
9 	-		$K_x = 6.97$	$\lambda \leq 0.83$ の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.83$ の場合 $C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$
10 	-		$K_y = 4 + \frac{2.07}{\alpha^2} + \frac{0.67}{\alpha^4}$	
11 	-	$\alpha \geq 4$	$K_x = 4$	
		$\alpha < 4$	$K_x = 4 + 2.74 \left(\frac{4 - \alpha}{3} \right)^4$	

ケース	応力比 ψ	アスペクト ト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C
12 	-		K_y はケース2において決定される K_y	$\alpha < 2$ の場合 $C_y = C_{y2}$ $\alpha \geq 2$ の場合 $C_y = \left(1.06 + \frac{1}{10\alpha}\right) C_{y2}$ C_{y2} : ケース2において決定される C_y
13 	-	$\alpha \geq 4$ $\alpha < 4$	$K_x = 6.97$ $K_x = 6.97 + 3.1 \left(\frac{4 - \alpha}{3}\right)^4$	$\lambda \leq 0.83$ の場合 $C_x = 1$ $\lambda > 0.83$ の場合 $C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$
14 	-		$K_y = \frac{6.97}{\alpha^2} + \frac{3.1}{\alpha^2} \left(\frac{4 - 1/\alpha}{3}\right)^4$	$\lambda \leq 0.83$ の場合 $C_y = 1$ $\lambda > 0.83$ の場合 $C_y = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$
15 	-		$K_\tau = \sqrt{3} \left[5.34 + \frac{4}{\alpha^2}\right]$	
16 	-		$K_\tau = \sqrt{3} \left[5.34 + \max\left(\frac{4}{\alpha^2}, \frac{7.15}{\alpha^{2.5}}\right)\right]$	$\lambda \leq 0.84$ の場合 $C_\tau = 1$ $\lambda > 0.84$ の場合 $C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$
17 	-		$K_\tau = K_{\tau \text{ case15}} r$ $K_{\tau \text{ case15}}$: ケース15での K_τ r : 開口による軽減係数で、次の算式による。 $\frac{d_a}{a} \leq 0.7$ かつ $\frac{d_b}{b} \leq 0.7$ の場合 $r = \left(1 - \frac{d_a}{a}\right) \left(1 - \frac{d_b}{b}\right)$	$C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$
18 	-		$K_\tau = \sqrt{3} (0.6 + 4/\alpha^2)$	$\lambda \leq 0.84$ の場合 $C_\tau = 1$ $\lambda > 0.84$ の場合 $C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$
19 	-		$K_\tau = 8$	$C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$

ケース	応力比 ψ	アスペクト ト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C
板部材周縁の境界条件： ----- 自由端 _____ 単純支持 _____ 固定端				
(備考) F_{long} : 係数で, An2.2.1-4 の規定による。 ω : 係数で, 次の算式による。 $\omega = \min(3, \alpha)$				
注1: 明記されているケースは一般的なものを示す。各応力成分(σ_x, σ_y)は局部座標系による。				

An2.2.2 湾曲パネル

-1. 本規定は, $R/t_p \leq 2500$ の湾曲パネルに適用する。その他の湾曲パネルについては, **An2.2.1-1**の規定による限界状態の規定を適用する。

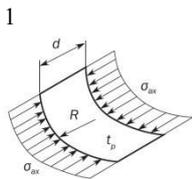
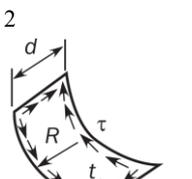
-2. 湾曲パネルの限界状態は, 次の相関式による。ただし, 湾曲パネルの崩壊時の応力の乗数 γ_c は, **An2.2.1-1**により展開した平板パネルの崩壊時の応力の乗数 γ_c より小さくする必要はない。

$$\left(\frac{\gamma_c \sigma_{ax}}{C_{ax} \sigma_{YP}}\right)^{1.25} + \left(\frac{\gamma_c \tau \sqrt{3}}{C_\tau \sigma_{YP}}\right)^2 = 1.0$$

σ_{ax} : 湾曲パネルの作用軸応力 (N/mm^2)。引張の場合, 0とする。

C_{ax}, C_τ : 湾曲パネルの座屈軽減係数で, **表 An3**による。

表 An3 湾曲パネルの座屈係数及び軽減係数

ケース	アスペクト ト比	座屈係数 K	軽減係数 C
1 	$\frac{d}{R} \leq 0.5 \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 1 + \frac{2}{3} \frac{d^2}{R t_p}$	一般的な場合： $\lambda \leq 0.25$ の場合 $C_{ax} = 1$ $0.25 < \lambda \leq 1$ の場合 $C_{ax} = 1.233 - 0.933\lambda$ $1 < \lambda \leq 1.5$ の場合 $C_{ax} = 0.3/\lambda^3$ $\lambda > 1.5$ の場合 $C_{ax} = 0.2/\lambda^2$ 平面パネルと境界を成す湾曲パネル(ビルジ外板等)の場合： $C_{ax} = \frac{0.65}{\lambda^2} \leq 1.0$
	$\frac{d}{R} > 0.5 \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 0.267 \frac{d^2}{R t_p} \left[3 - \frac{d}{R} \sqrt{\frac{t_p}{R}} \right]$ $\geq 0.4 \frac{d^2}{R t_p}$	
2 	$\frac{d}{R} \leq 8.7 \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \sqrt{3} \sqrt{28.3 + \frac{0.67 d^3}{R^{1.5} t_p^{1.5}}}$	$\lambda \leq 0.4$ の場合 $C_\tau = 1$ $0.4 < \lambda \leq 1.2$ の場合 $C_\tau = 1.274 - 0.686\lambda$ $\lambda > 1.2$ の場合 $C_\tau = \frac{0.65}{\lambda^2}$
	$\frac{d}{R} > 8.7 \sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \sqrt{3} \frac{0.28 d^2}{R \sqrt{R t_p}}$	
境界条件 : _____ 単純支持			

An2.3 防撓パネルの座屈強度**An2.3.1**

弾性防撓パネルの限界状態は、次の相関式による。

$$\frac{P_z}{c_f} = 1$$

c_f, P_z : **An2.4.4-3**の規定による。

An2.4 縦通防撓材の座屈強度**An2.4.1 防撓材の座屈強度**

縦通防撓材の座屈強度は次の限界状態を確認する。

- (1) 防撓材に起因する崩壊 (*SI*)
- (2) 板に起因する崩壊 (*PI*)

An2.4.2 面外圧

面外圧は、縦通防撓材の座屈強度評価において一定値として考慮すること。

An2.4.3 防撓材の理想化

-1. 防撓材の有効長さ l_{eff} (mm) は、次による。

$$\text{両端固定の防撓材の場合 : } l_{eff} = \frac{l}{\sqrt{3}}$$

$$\text{一端単純支持, 他端固定の防撓材の場合 : } l_{eff} = 0.75l$$

$$\text{両端単純支持の防撓材の場合 : } l_{eff} = l$$

-2. せん断遅れによる影響を無視した防撓材の付き板の有効幅 b_{eff1} (mm) は、次の算式による。

$$b_{eff1} = \frac{C_{x1}b_1 + C_{x2}b_2}{2}$$

C_x : **表 An2** に規定する軽減係数

C_{x1}, C_{x2} : **表 An2** に規定する軽減係数で、ケース 1 に従い考慮する防撓材の両側の *EPP1* 及び *EPP2* に使用する。

b_1, b_2 : 考慮する防撓材の両側のパネルの幅 (mm)

-3. 防撓材の付き板の有効幅 b_{eff} (mm) は、次の算式による。

$$b_{eff} = \min\left(\frac{C_{x1}b_1 + C_{x2}b_2}{2}, \chi_s s\right)$$

C_x : **表 An2** に規定する軽減係数

C_{x1}, C_{x2} : **表 An2** に規定する軽減係数で、ケース 1 に従い考慮する防撓材の両側の *EPP1* 及び *EPP2* に使用する。

b_1, b_2 : 考慮する防撓材の両側のパネルの幅 (mm)

χ_s : 有効幅に関する係数で、次による。

$$\frac{l_{eff}}{s} \geq 1 \text{ の場合 : } \chi_s = \min\left(\frac{1.12}{1 + \frac{1.75}{\left(\frac{l_{eff}}{s}\right)^{1.6}}}, 1.0\right)$$

$$\frac{l_{eff}}{s} < 1 \text{ の場合 : } \chi_s = 0.407 \frac{l_{eff}}{s}$$

l_{eff} : 防撓材の有効長さ (mm) で、前-1.による。

-4. 付き板の板厚 t_p は、考慮する防撓材に隣接する 2 つのパネルの平均板厚とする。

-5. 局所的な面外変形による剛性の低下を考慮するため、防撓材の断面積 A_s 、断面係数 Z 及び断面二次モーメント I の計算において、次に示す平鋼防撓材のウェブの有効板厚 $t_{w,red}$ (mm) を用いる。

$$t_{w,red} = t_w \left[1 - \frac{2\pi^2}{3} \left(\frac{h_w}{s}\right)^2 \left(1 - \frac{b_{eff1}}{s}\right) \right]$$

-6. 板の有効幅を含む防撓材の断面係数 Z (cm³) は、次による。

(1) 防撓材に起因する崩壊 (*SI*) の場合、防撓材の断面係数 Z は、防撓材のフランジの頂部側で計算される断面係数とする。

(2) 板に起因する崩壊 (*PI*) の場合、防撓材の断面係数 Z は、付き板側において計算される断面係数とする。

- 7. 付き板の有効幅を含む防撓材の断面二次モーメント I (cm^4) は、次の関係を満足すること。

$$I \geq \frac{st_p^3}{12 \times 10^4}$$

- 8. バルブプレートの断面形状は、等価な山型鋼の断面形状として考慮する。等価な組立形鋼の断面の寸法は、次の算式による。

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9.2} + 2 \quad (\text{mm})$$

$$b_f = \alpha \left(t'_w + \frac{h'_w}{6.7} - 2 \right) \quad (\text{mm})$$

$$t_f = \frac{h'_w}{9.2} - 2 \quad (\text{mm})$$

$$t_w = t'_w \quad (\text{mm})$$

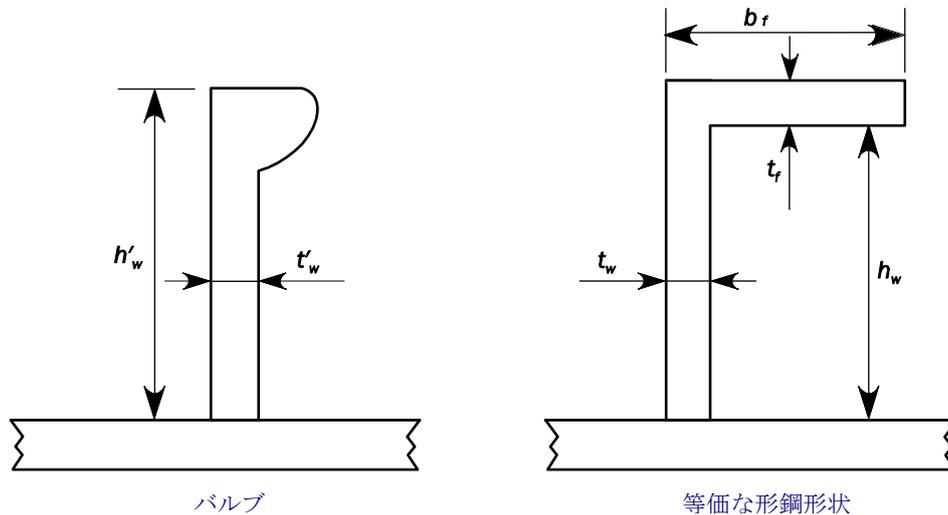
h'_w , t'_w : バルブプレートの断面の高さ及び板厚 (mm) (図 An2 参照)

α : 係数で、次による。

$$h'_w \leq 120 \text{ の場合} : \alpha = 1.1 + \frac{(120 - h'_w)^2}{3000}$$

$$h'_w > 120 \text{ の場合} : \alpha = 1.0$$

図 An2 防撓材の寸法



An2.4.4 座屈強度

- 1. 縦通防撓材の最終状態

$\sigma_a + \sigma_b + \sigma_w > 0$ の場合、防撓材の座屈強度は、次の相関式に従って評価する。

$$\frac{\gamma_c \sigma_a + \sigma_b + \sigma_w}{\sigma_Y} = 1$$

σ_a : 防撓材のスパン中央における有効軸応力 (N/mm^2) (-2.参照)

σ_b : 防撓材の曲げ応力 (N/mm^2) (-3.参照)

σ_w : 振り変形による応力 (N/mm^2) (-4.参照)

σ_Y : 材料の最小降伏応力 (N/mm^2)

防撓材に起因する崩壊 (SI) の場合 : $\sigma_Y = \sigma_{YS}$

板に起因する崩壊 (PI) の場合 : $\sigma_Y = \sigma_{YP}$

- 2. 付き板を有する防撓材に作用する防撓材のスパン中央における有効軸応力 σ_a (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\sigma_a = \sigma_x \frac{st_p + A_s}{b_{eff1} t_p + A_s}$$

σ_x : 付き板を有する防撓材に作用する公称軸応力 (N/mm^2) で、防撓材の荷重計算点において計算される軸応力とする。

b_{eff1} : せん断遅れによる影響を無視した防撓材の付き板の有効幅で、An2.4.3-2.による。

A_s : 防撓材の断面積 (mm^2)

-3. 防撓材の曲げ応力 σ_b (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\sigma_b = \frac{M_0 + M_1}{Z} 10^{-3}$$

Z : 板の有効幅を含む防撓材の断面係数 Z (cm^3) で、An2.4.3-6.による。

M_1 : 面外荷重 P による曲げモーメント ($N\cdot mm$) で次の算式による。

$$\text{連続する防撓材の場合} : M_1 = C_i \frac{|P|s l^2}{24} 10^{-3}$$

$$\text{スニップ端の防撓材の場合} : M_1 = C_i \frac{|P|s l^2}{8} 10^{-3}$$

P : 面外荷重 (kN/m^2) で、防撓材の荷重計算点における静水中圧力とする。

C_i : 圧力に関する係数で次による。

防撓材に起因する崩壊 (SI) の場合 : $C_i = C_{SI}$

板に起因する崩壊 (PI) の場合 : $C_i = C_{PI}$

C_{PI} : 板に起因する崩壊における圧力に関する係数で、次による。

面外圧が防撓材の逆側から作用する場合 : $C_{PI} = 1$

面外圧が防撓材と同じ側から作用する場合 : $C_{PI} = -1$

C_{SI} : 防撓材に起因する崩壊における圧力に関する係数で、次による。

面外圧が防撓材の逆側から作用する場合 : $C_{SI} = -1$

面外圧が防撓材と同じ側から作用する場合 : $C_{SI} = 1$

M_0 : 防撓材の面外変形 w による曲げモーメント ($N\cdot mm$)

$$M_0 = F_E \left(\frac{P_z w}{c_f - P_z} \right) \quad c_f - P_z > 0$$

F_E : 防撓材の理想弾性座屈力 (N)

$$F_E = \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 EI 10^4 \quad F_E = \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 EI 10^4$$

P_z : 防撓材のスパン中央部の付き板内の応力 σ_x , σ_y 及び τ による、防撓材に作用する公称面外荷重 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$P_z = \frac{t_p}{s} \left(\sigma_{xl} \left(\frac{\pi s}{l} \right)^2 + \sqrt{2} \tau_1 \right)$$

$$\sigma_{xl} = \gamma \sigma_x \left(1 + \frac{A_s}{s t_p} \right) \quad \text{ただし、0未満としないこと。}$$

$$\tau_1 = \gamma |\tau| - t_p \sqrt{\sigma_{yp} E \left(\frac{m_1}{a^2} + \frac{m_2}{s^2} \right)} \quad \text{ただし、0未満としないこと。}$$

τ : 作用するせん断応力 (N/mm^2) で、防撓材の付き板の荷重計算点において計算される値とする。

m_1 , m_2 : 係数で、次による。

$$\alpha \geq 2 \text{ の場合} \quad m_1 = 1.47, \quad m_2 = 0.49$$

$$\alpha < 2 \text{ の場合} \quad m_1 = 1.96, \quad m_2 = 0.37$$

w : 防撓材の変形量 (mm)

$$w = w_0 + w_1$$

w_0 : 仮想初期不整量 (mm) で、次による。

一般的な場合 : $w_0 = 0.001l$

両端スニップの防撓材で、防撓材に起因する崩壊 (SI) を考慮する場合 : $w_0 = -w_{na}$

両端スニップの防撓材で、板に起因する崩壊 (PI) を考慮する場合 : $w_0 = w_{na}$

w_{na} : 付き板の板厚中心から付き板の有効幅を含めて計算した防撓材の中性軸までの距離

w_1 : 面外荷重 P による防撓材のスパン中央における防撓材の変形量 (mm)。等分布荷重の場合、 w_1 は次の算式による。

$$\text{一般の場合} : w_1 = C_i \frac{|P|s l^4}{384EI} 10^{-7}$$

$$\text{両端スニップの防撓材の場合} : w_1 = C_i \frac{5|P|s l^4}{384EI} 10^{-7}$$

c_f : 防撓材による弾性支持 (N/mm^2)

$$c_f = F_E \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 (1 + c_p) c_f = F_E \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 (1 + c_p)$$

c_p : 係数で、次の算式による。

$$c_p = \frac{1}{1 + \frac{0.91}{c_{xa}} \left(\frac{12l}{st_p^3} 10^4 - 1\right)}$$

c_{xa} : 係数で、次による。

$$l \geq 2s \text{ の場合 : } c_{xa} = \left(\frac{l}{2s} + \frac{2s}{l}\right)^2$$

$$l < 2s \text{ の場合 : } c_{xa} = \left[1 + \left(\frac{l}{2s}\right)^2\right]^2$$

4. 振り変形による応力 σ_w は、次による。

$$\text{防撓材に起因する崩壊 (SI) の場合 : } \sigma_w = E y_w \left(\frac{t_f}{2} + h_w\right) \Phi_0 \left(\frac{\pi}{l}\right)^2 \left(\frac{1}{1 - \frac{0.4\sigma_{YS}}{\sigma_{ET}}} - 1\right)$$

板に起因する崩壊 (PI) の場合 : $\sigma_w = 0$

y_w : 防撓材の断面中心から防撓材のフランジの自由端までの距離 (mm) で、次による。

$$\text{平鋼の場合 : } y_w = \frac{t_w}{2}$$

$$\text{山型鋼及びバルブプレートの場合 : } y_w = b_f - \frac{h_w t_w^2 + t_f b_f^2}{2A_s}$$

$$\text{T型鋼の場合 : } y_w = \frac{b_f}{2}$$

Φ_0 : 係数で、次の算式による。

$$\Phi_0 = 0.001 \frac{l}{h_w}$$

σ_{ET} : 振り座屈に対する参照応力 (N/mm²)

$$\sigma_{ET} = \frac{E}{I_p} \left(\frac{\varepsilon_{pw} \pi^2 I_\omega}{l^2} 10^2 + 0.385 I_T\right)$$

I_p : [表 An3](#) に示す C 点に対する防撓材の断面極二次モーメント (cm⁴) ([表 An4](#) 参照)

I_T : 防撓材のサンブナンの振り抵抗モーメント (cm⁴) ([表 An4](#) 参照)

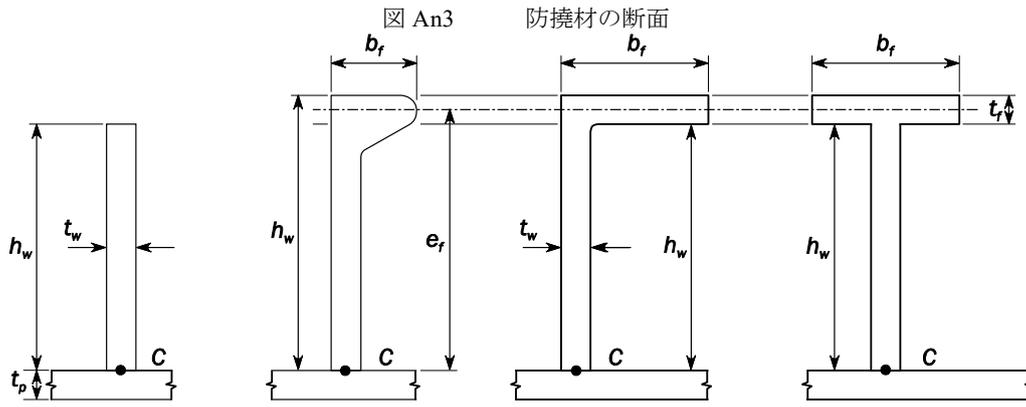
I_ω : [表 An3](#) に示す C 点に対する防撓材の慣性面積モーメント (cm⁶) ([表 An4](#) 参照)

ε_{pw} : 固着率で、次の算式による。

$$\varepsilon_{pw} = 1 + \frac{\left(\frac{l}{\pi}\right)^2 10^{-3}}{\sqrt{I_\omega \left(\frac{0.75s}{t_p^3} + \frac{e_f - 0.5t_f}{t_w^3}\right)}}$$

表 An4 慣性モーメント

	平鋼	バルブプレート, 山型鋼及び T 型鋼
I_p	$\frac{h_w^3 t_w}{3 \times 10^4}$	$\left(\frac{A_w(e_f - 0.5t_f)^2}{3} + A_f e_f^2\right) 10^{-4}$
I_T	$\frac{h_w t_w^3}{3 \times 10^4} \left(1 - 0.63 \frac{t_w}{h_w}\right)$	$\frac{(e_f - 0.5t_f) t_w^3}{3 \times 10^4} \left(1 - 0.63 \frac{t_w}{e_f - 0.5t_f}\right) + \frac{b_f t_f^3}{3 \times 10^4} \left(1 - 0.63 \frac{t_f}{b_f}\right)$
I_ω	$\frac{h_w^3 t_w^3}{36 \times 10^6}$	バルブプレート及び山型鋼の場合 : $\frac{A_f e_f^2 b_f^2}{12 \times 10^6} \left(\frac{A_f + 2.6A_w}{A_f + A_w}\right)$ T 型鋼の場合 : $\frac{b_f^3 t_f e_f^2}{12 \times 10^6}$
A_w :	ウェブの断面積 (mm ²)	
A_f :	フランジの断面積 (mm ²)	



附属書 5.4 面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度評価**An1. 一般****An1.1 定義****An1.1.1**

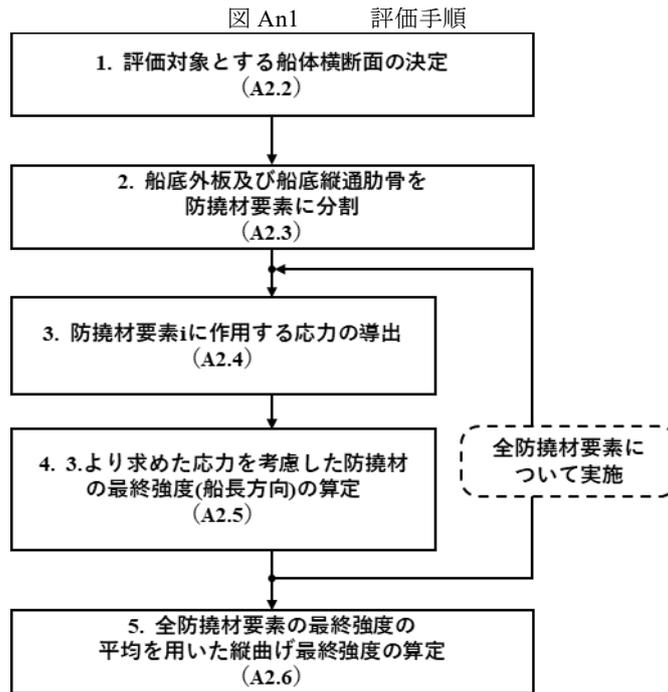
本附属書で使用する記号の定義は、特に定める場合を除き、表 An1 による。

表 An1 使用する記号の定義

記号	単位	意味
Z_B	m^3	船底における断面係数
σ_{YS}	N/mm^2	防撓材の材料の最小降伏応力
σ_{YP}	N/mm^2	付き板の材料の最小降伏応力
A_S	cm^2	防撓材の断面積
A_P	cm^2	付き板の断面積
t	mm	付き板の板厚
b_f	mm	防撓材の面材幅
t_f	mm	防撓材の面材の板厚
h_w	mm	防撓材のウェブの深さ
t_w	mm	防撓材のウェブの板厚
l	mm	付き板の長辺方向の長さ
s	mm	付き板の幅
E	N/mm^2	ヤング率で、 $2.06 \times 10^5 (N/mm^2)$ とする。
ν		ポアソン比で、0.3 とする。

An2. 面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度の評価手法**An2.1 概要****An2.1.1**

面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度の評価手順を [図 An1](#) に示す。



注：括弧の中は対応する規則番号を示す。

An2.2 評価船体横断面の決定

An2.2.1

5.4.3 にいう「船体中央に位置する貨物倉の中央付近の船体横断面」とは、表 An2 に示す計算条件において 8 章の規定により求まる船底外板に発生する船長方向応力が最大となる位置での船体横断面とする。

表 An2 計算条件

積付状態	波浪荷重条件
ワンベイ空倉積付状態	HM-2

An2.3 防撓材要素のモデル化

An2.3.1

船底外板及び船底縦通肋骨のモデル化にあたっては、次の(1)から(3)による。

- (1) モデル化の対象範囲は、前 An2.2.1 で定める船体横断面を含む隣り合う 2 つの横桁間の船底外板及び船底縦通肋骨とする。ただし、ビルジ部及びひな壇直下の船底外板及び船底縦通肋骨を除く。
- (2) 前(1)に示した対象範囲を、1 つの船底縦通肋骨及びその付き板から成る防撓材要素 i に分割する。なお、付き板の幅は防撓材の平均心距とする。(図 An2 参照)
- (3) 防撓材要素の付き板が異なる板厚及び最小降伏応力の鋼材から構成される場合、平均化された付き板の板厚 t (mm) 及び最小降伏応力 σ_{YP} (N/mm²) は次の算式による。(図 An3 参照)

$$t = \frac{t_1 s'_1 + t_2 s'_2}{s}$$

$$\sigma_{YP} = \frac{\sigma_{YP1} t_1 s'_1 + \sigma_{YP2} t_2 s'_2}{t s}$$

t_1, t_2 : 付き板を構成する板の板厚 (mm)

$\sigma_{YP1}, \sigma_{YP2}$: 付き板を構成する板の最小降伏応力 (N/mm²)

s'_1, s'_2 : 付き板を構成する板の幅 (mm)

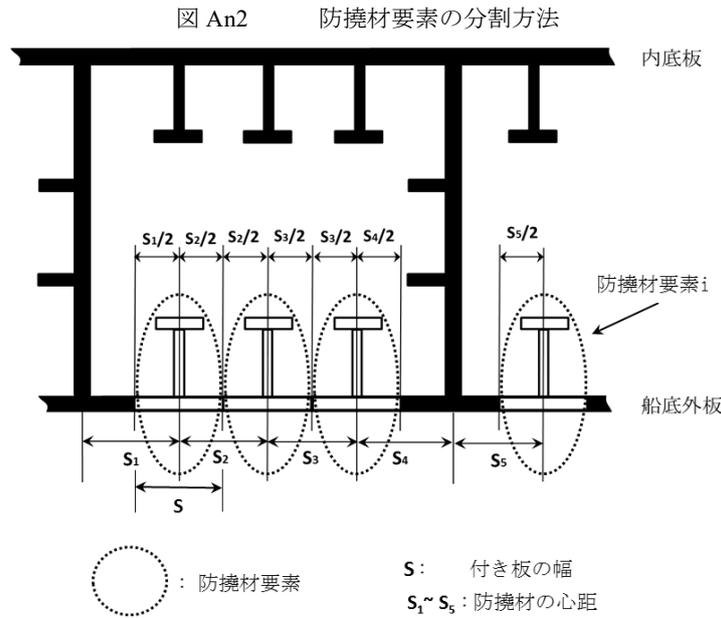
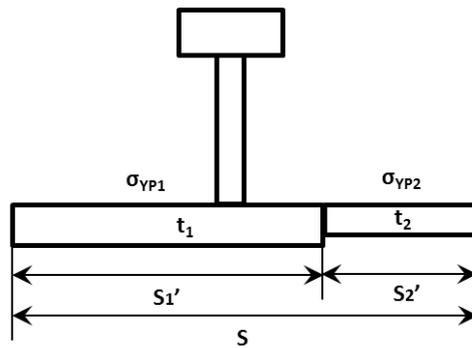


図 An3 異なる板厚及び最小降伏応力を持つ防撓材要素



An2.4 防撓材要素に作用する応力の導出

An2.4.1

表 An2 に示す計算条件において 8 章の規定より, 防撓材要素 i の位置での船底外板に発生する船長方向応力 σ_{xi} (N/mm^2) 及び船幅方向応力 σ_{yi} (N/mm^2) を求める。

An2.5 防撓材要素の最終強度の算定

An2.5.1

防撓材要素 i の最終強度 σ_{USi} (N/mm^2) は次による。ただし, 0 以上とする。

バルブプレート, 山型鋼及び T 型鋼の場合 : $\sigma_{USi} = \min(\sigma_{US1i}, \sigma_{US2i}, \sigma_{US3i}) - \sigma_{x0i}$

平鋼の場合 : $\sigma_{USi} = \min(\sigma_{US1i}, \sigma_{US2i}, \sigma_{US4i}) - \sigma_{x0i}$

σ_{x0i} : 面外荷重により防撓材要素 i に作用する船長方向応力 (N/mm^2) で, 次の算式による。

$$\sigma_{x0i} = \sigma_{xi} - \sigma_{HG}$$

σ_{xi} : 前 An2.4.1 により求まる船長方向応力 (N/mm^2)

σ_{HG} : ハルガーダ曲げ応力 (N/mm^2) で, 次の算式による。

$$\sigma_{HG} = \frac{M_{Smax} + M_{W-Hog-Mid}}{Z_B} 10^{-3}$$

M_{Smax} : 評価する船体横断面における航海中の許容最大静水中垂直曲げモーメント ($kN-m$)

$M_{W-Hog-Mid}$: 4.2.2.3 の規定による。

$\sigma_{US1i}, \sigma_{US2i}, \sigma_{US3i}, \sigma_{US4i}$: 防撓材要素 i の各崩壊モードにおける最終強度 (N/mm^2) で, 次の An2.5.2 から An2.5.5 による。なお, 次の An2.5.2 から An2.5.5 に示す記号は全て防撓材要素 i に関する記号とする。

An2.5.2

曲げ座屈に対する最終強度 σ_{US1i} (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\sigma_{US1i} = \sigma_{C1} \frac{A_{PE} + A_S}{A_P + A_S}$$

σ_{C1} : 限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E1} \leq \frac{\sigma_{YB}}{2} \text{ の場合 : } \sigma_{C1} = \sigma_{E1}$$

$$\sigma_{E1} > \frac{\sigma_{YB}}{2} \text{ の場合 : } \sigma_{C1} = \sigma_{YB} \left(1 - \frac{\sigma_{YB}}{4\sigma_{E1}} \right)$$

σ_{YB} : 最小降伏応力 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\sigma_{YB} = \frac{\sigma_{YP} A_{PE1} h_{PE} + \sigma_{YS} A_S h_{SE}}{A_{PE1} h_{PE} + A_S h_{SE}}$$

h_{PE} : 幅 b_{E1} の付き板と防撓材の中性軸から付き板底部までの距離 (mm)

h_{SE} : 幅 b_{E1} の付き板と防撓材の中性軸から防撓材頂部までの距離 (mm)

A_{PE1} : 付き板の有効面積 (cm^2) で、次の算式による。

$$A_{PE1} = b_{E1} t \times 10^{-2}$$

b_{E1} : 付き板の補正有効幅 (mm) で、次による。

$$\beta_E > 1.0 \text{ の場合 : } b_{E1} = \frac{s}{\beta_E}$$

$$\beta_E \leq 1.0 \text{ の場合 } b_{E1} = s$$

β_E : 係数で、次の算式による。

$$\beta_E = \sqrt{\frac{k\pi^2}{12(1-\nu^2)}} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{YP}}{\sigma_E}}$$

k : 係数で、次の算式による。

$$k = \left(\frac{m_0 s}{l} + \frac{l}{m_0 s} \right)^2$$

m_0 : $\sqrt{m_0(m_0 - 1)} < \frac{l}{s} \leq \sqrt{m_0(m_0 + 1)}$ を満たす整数。ただし、1以上とする。

σ_E : 付き板の弾性座屈応力 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\sigma_E = \frac{Ek'\pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{s} \right)^2 - \left(\frac{l}{ms} \right)^2 \sigma_{yi}$$

m : 係数で次による。

$$\sigma_{yi} \leq \sigma_{ycm} \text{ 又は } m_0 \leq 2 \text{ の場合 : } m = m_0$$

$$\sigma_{yi} > \sigma_{ycm} \text{ の場合 : } m = m_0 - 1$$

$$\sigma_{ycm} = \frac{E\pi^2}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{s} \right)^2 \left[1 - m_0^2 (m_0 - 1)^2 \left(\frac{s}{l} \right)^4 \right]$$

k' : 係数で、次の算式による。

$$k' = \left(\frac{ms}{l} + \frac{l}{ms} \right)^2$$

σ_{yi} : 前 **An2.4.1** により求まる船幅方向応力 (N/mm^2)

σ_{E1} : オイラーの座屈応力 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E \frac{I_E}{A_E l^2} \times 10^2$$

I_E : 防撓材の断面二次モーメント (cm^4) で、付き板の幅は b_{E1} (mm) とする。

A_E : 付き板の幅 b_E を含む防撓材の断面積 (cm^2)

b_E : 付き板の有効幅 (mm) で、次による。

$$\beta_E > 1.25 \text{ の場合 : } b_E = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2} \right) s$$

$$\beta_E \leq 1.25 \text{ の場合 : } b_E = s$$

A_{PE} : 有効幅 b_E の付き板の断面積 (cm^2) で、次の算式による。

$$A_{PE} = b_E t \times 10^{-2}$$

An2.5.3

振り座屈に対する最終強度 σ_{US2i} (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\sigma_{US2i} = \frac{A_P \sigma_{CP} + A_S \sigma_{C2}}{A_P + A_S}$$

σ_{C2} : 限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E2} \leq \frac{\sigma_{YS}}{2} \text{ の場合 : } \sigma_{C2} = \sigma_{E2}$$

$$\sigma_{E2} > \frac{\sigma_{YS}}{2} \text{ の場合 : } \sigma_{C2} = \sigma_{YS} \left(1 - \frac{\sigma_{YS}}{4\sigma_{E2}} \right)$$

σ_{E2} : オイラーの振り座屈応力 (N/mm^2) で、[附属書 5.3「縦強度\(URS11A\)に関する座屈強度評価」](#)の [An2.4.4.4](#)の σ_{ET} を参照すること。

σ_{CP} : 付き板の座屈応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\beta_E > 1.25 \text{ の場合 : } \sigma_{CP} = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2} \right) \sigma_{YP}$$

$$\beta_E \leq 1.25 \text{ の場合 : } \sigma_{CP} = \sigma_{YP}$$

β_E : 前 [An2.5.2](#) による。

An2.5.4

フランジのある防撓材ウェブの局部座屈に対する最終強度 σ_{US3i} (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\sigma_{US3i} = \frac{b_E t \sigma_{YP} + (h_{we} t_w + b_f t_f) \sigma_{YS}}{st + h_w t_w + b_f t_f}$$

b_E : 前 [An2.5.2](#) による。

h_{we} : 防撓材のウェブの有効深さ (mm) で、次による。

$$\beta_w > 1.25 \text{ の場合 : } h_{we} = \left(\frac{2.25}{\beta_w} - \frac{1.25}{\beta_w^2} \right) h_w$$

$$\beta_w \leq 1.25 \text{ の場合 : } h_{we} = h_w$$

β_w : 係数で、次の算式による。

$$\beta_w = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_{YS}}{E}}$$

An2.5.5

平鋼タイプの防撓材ウェブの局部座屈に対する最終強度 σ_{US4i} (N/mm^2) は、次の算式による。

$$\sigma_{US4i} = \frac{A_P \sigma_{CP} + A_S \sigma_{C4}}{A_P + A_S}$$

σ_{CP} : 前 [An2.5.3](#) による。

σ_{C4} : 限界応力 (N/mm^2) で、次による。

$$\sigma_{E4} \leq \frac{\sigma_{YS}}{2} \text{ の場合 : } \sigma_{C4} = \sigma_{E4}$$

$$\sigma_{E4} > \frac{\sigma_{YS}}{2} \text{ の場合 : } \sigma_{C4} = \sigma_{YS} \left(1 - \frac{\sigma_{YS}}{4\sigma_{E4}} \right)$$

σ_{E4} : オイラーの局部座屈応力 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\sigma_{E4} = 160000 \left(\frac{t_w}{h_w} \right)^2$$

An2.6 縦曲げ最終強度の算定**An2.6.1**

面外荷重影響を考慮した縦曲げ最終強度 $M_{U,DB}$ ($kN\cdot m$) は次の算式による。

$$M_{U,DB} = \alpha_U \sigma_{US,avg} Z_B 10^3$$

$\sigma_{US,avg}$: 全防撓材要素の平均最終強度 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\sigma_{US,avg} = \frac{\sum_{i=1} (\sigma_{USi} A_i)}{\sum_{i=1} A_i}$$

σ_{USi} : 前 [An2.5.1](#) による。

A_i : 防撓材要素 i の横断面積 (cm^2) で次の算式による。

$$A_i = A_P + A_S$$

α_U : 修正係数で、次による。

$$\alpha_U = 1.25$$

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 適用

7.1.1.1

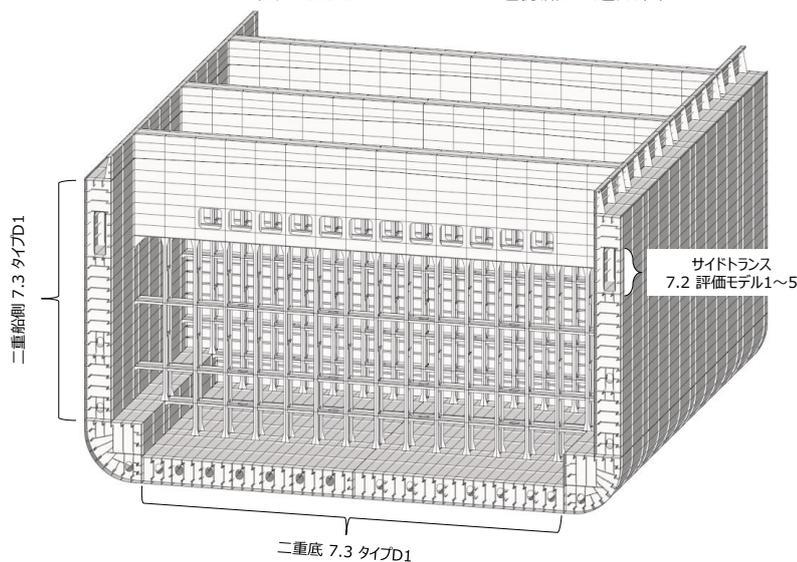
-1. 本章の規定は、船の長さ L_C が150 m未満の船舶に適用する。
 -2. 前-1.にかかわらず、甲板荷重及び青波荷重に対する甲板桁の強度評価は、本章の規定に従って行わなければならない。

-3. 二重底及び二重船側構造については、1編7.3に規定する二重船殻に関する要件を適用し、それ以外の単純桁と見なすことができる桁部材については、1編7.2に規定する単純桁に関する要件を適用しなければならない。

7.1.1.2 評価モデル適用例

-1. 1編7.2及び7.3を適用する際の評価モデルの適用例を図7.1.1-1.に示す。
 -2. 図7.1.1-1.に記載の無い構造であって、単純桁とみなせる桁部材については境界条件や作用荷重を考慮して1編表7.2.1-1.から評価モデルを適宜選択しなければならない。

図 7.1.1-1. コンテナ運搬船の適用例



7.2 二重船殻構造

7.2.1 一般

7.2.1.1 船倉内の部分隔壁の扱い

1編7.3の適用にあたって、船倉中間の部分隔壁の有無にかかわらず水密隔壁間を貨物倉の長さとして評価しなければならない。船倉中間の部分隔壁による影響を考慮して評価する場合は、8章に規定する貨物倉解析により強度評価を行わなければならない。なお、部分隔壁近傍のガーダは、せん断力による影響を考慮し、十分に補強を行わなければならない。

7.3 甲板構造

7.3.1 クロスデッキ

7.3.1.1

甲板の面内曲げに関し、横隔壁の位置における甲板口側線内甲板の寸法は、それぞれ、次の(1)、(2)及び(3)に定めると

ころによる。この場合、断面係数及び断面二次モーメントの算定においては、甲板口側線内甲板をウェブとし、倉口端縁材をフランジとみなして算定するものとする。

箱型構造の場合にはこれに準ずる。

- (1) 甲板の厚さ t (箱型構造とする場合はその底板の厚さを含めたもの) は、次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 0.00417 C_1 K \left(\frac{\ell_v^2 \ell_c}{W_c} \right) \quad (mm)$$

K : 材料係数で、1編 3.2.1.2 の規定による。

ℓ_v : 船体中心線において測った、内底板上面から隔壁甲板までの距離 (m)

ℓ_c : 倉口の幅 (m)。ただし、二列以上の倉口を有する場合は最も広い倉口の幅をとるものとする。

w_c : 甲板口側線内甲板の幅 (m)

C_1 : α の値に応じ表 7.3.1-1. により定まる値。ただし、 α が表の中間にあるときには補間法により定める。

α : 次の算式による値

$$\alpha = 0.5 \ell_c \cdot \sqrt[4]{\frac{3 I_v}{4 S \ell_v^3 I_c}}$$

S : 横隔壁に設けられる立て桁の心距 (m)

I_v : 横隔壁に設けられる立て桁の断面二次モーメント (cm^4)

I_c : 甲板口側線内甲板の断面二次モーメント (cm^4)

- (2) 断面係数 Z は、次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = 1.19 C_2 K \ell_v^2 \ell_c^2 \quad (cm^3)$$

C_2 : α の値に応じ表 7.3.1-1. により定まる値。ただし、 α が表の中間にあるときには補間法により定める。

α , ℓ_v 及び ℓ_c : 前(1)の規定による。

- (3) 断面二次モーメント I は、次の算式による値以上としなければならない。

$$I = 0.317 \frac{\ell_c^4}{S \ell_v^3} I_v \quad (cm^4)$$

S , ℓ_c , ℓ_v 及び I_v : 前(1)の規定による。

表 7.3.1-1. 係数 C_1 , C_2

α	0.5 以下	1.5 以上
C_1	1.00	0.37
C_2	0.50	0.10

8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 概要

8.1.1.1 本章の構成及び概要

- 1. 本章は、コンテナ運搬船における貨物倉解析による強度評価の手法について規定する。
- 2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の概要及び適用等に関する追加要件
8.2	評価範囲及び評価対象部材	評価範囲及び評価対象部材に関する追加要件
8.3	構造モデル	モデル化範囲、モデル化部材及びメッシュ分割等に関する追加要件
8.4	腐食の考慮	ネット寸法手法に関する追加要件
8.5	境界条件及び荷重条件	境界条件及び荷重条件に関する追加要件
8.6	強度評価	座屈強度評価に関する追加要件

8.1.2 適用

8.1.2.1 適用する船舶

1編 8.1.2.1-1.(2)に該当する貨物倉解析による強度評価が要求される船舶は、 L_C が150 m以上の船舶とする。

8.2 評価範囲及び評価対象部材

8.2.1 評価範囲

8.2.1.1 評価範囲及びターゲットホールド

2アイランド型コンテナ運搬船にあつては、1編 8.2.1.1の適用にあたり、ブリッジ等の上部構造の下にある燃料油タンク（深油タンク）をターゲットホールドとみなし、強度評価するよう要求する場合がある。

8.2.2 評価対象部材

8.2.2.1 最大荷重状態、港内状態及び水圧試験状態に対する評価対象部材

1編 8.2.2.1の適用にあたり、評価対象構造及び部材は次によらなければならない。

- (1) 二重底構造（船底外板、内底板、センターガーダ、サイドガーダ及びフロア）
- (2) 二重船側構造（船側外板、縦通隔壁、サイドストリング及びサイドトランス）
- (3) 隔壁構造（横隔壁、部分隔壁及び当該隔壁に付く主要支持部材）
- (4) 甲板構造（強力甲板、クロスデッキ、ハッチコーミング等）
- (5) その他本会が必要と認める部材及び箇所

8.3 構造モデル

8.3.1 一般

8.3.1.1 モデル化範囲

- 1. 1編 8.3.1.1を適用するにあたって、原則として、ターゲットホールドを中心に3つの連続した貨物倉を再現し、全

高及び全幅をモデル化しなければならない。

-2. 2 アイランド型コンテナ運搬船における燃料油タンク（深油タンク）の強度評価を行う場合、当該タンクに隣接する貨物倉（当該貨物倉の横隔壁構造を含む）をモデル化することを標準とする。また、ブリッジ等上部構造をモデル化しない場合、質点等を付与することで当該構造の重量による影響を考慮すること。

8.3.2 メッシュ分割等

8.3.2.1 ハッチコーミング

原則として、ハッチコーミング頂板はシェル要素でモデル化しなければならない。

8.3.2.2 開口

原則として、ビルジトランスにある開口は、当該形状を再現するか、又は、その位置及び大きさに相当する要素を取除くことにより開口をモデル化しなければならない。

8.4 腐食の考慮

8.4.1 ネット寸法手法

8.4.1.1

構造モデルの板厚及び座屈強度評価にあつては、1編 3.3 に規定するネット寸法手法を適用しなければならない。

8.5 境界条件及び荷重条件

8.5.1 境界条件

8.5.1.1

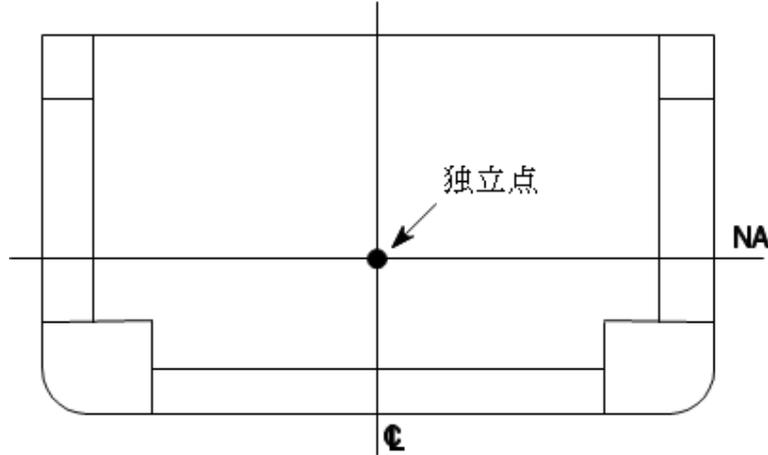
-1. 1編 8.5.1 を適用するにあつては、表 8.5.1-1. の規定に従い、モデル両端を剛体結合及び点拘束した境界条件としなければならない。

-2. 独立節点とは、モデル両端断面内の中性軸とセンターラインの交点に位置する節点を指す。また、従属節点とは、モデル両端断面内に位置する縦通部材をモデル化した要素の全ての節点を指す。（図 8.5.1-1. 参照）

表 8.5.1-1. 境界条件

位置及び節点		並進方向			回転方向		
		X 方向	Y 方向	Z 方向	X 軸周り	Y 軸周り	Z 軸周り
後端	独立節点	NA	拘束	拘束	拘束	$-M_{V-end}$	$-M_{H-end}$
	従属節点	剛体結合で拘束					
前端	独立節点	拘束	拘束	拘束	拘束	$+M_{V-end}$	$+M_{V-end}$
	従属節点	剛体結合で拘束					
(備考)							
(1) NA は拘束なし（自由）を意味する。							
(2) M_{V-end} , M_{H-end} : 垂直曲げ及び水平曲げ調整モーメントで、8.5.2.2 の規定による。							

図 8.5.1-1. 独立点



8.5.2 荷重条件

8.5.2.1 考慮する荷重

1編 8.5.2 の適用にあたって、4.5 に規定する追加要件も踏まえた荷重を考慮しなければならない。

8.5.2.2 構造モデルへのモーメント付与方法

-1. 1編 8.5.2.2-5. の適用にあたり、8.5.1 に規定する境界条件及び解析ケースごとのモーメントの値を踏まえ、次の(1)から(3)の規定に従い、ターゲットホールドに生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントを調整しなければならない。

(1) ターゲットホールドにおいて、ローカル荷重により生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの最大値及び最小値を次の算式により算出する。なお、ここで、ローカル荷重とは、外圧、内圧及び船殻重量等による荷重を指す。

$$M_{V-Max} = \max(M_{V-FEM}(x_{btwn1}), M_{V-FEM}(x_{btwn2}))$$

$$M_{V-Min} = \min(M_{V-FEM}(x_{btwn1}), M_{V-FEM}(x_{btwn2}))$$

$$M_{H-Max} = \max(M_{H-FEM}(x_{btwn1}), M_{H-FEM}(x_{btwn2}))$$

$$M_{H-Min} = \min(M_{H-FEM}(x_{btwn1}), M_{H-FEM}(x_{btwn2}))$$

ここで、

x_{btwn1} : ターゲットホールドの後端から、当該ホールドの長さ l_{hold} の 1/4 前方の位置の X 座標 (図 8.5.2-1. 参照)

x_{btwn2} : ターゲットホールドの後端から、当該ホールドの長さ l_{hold} の 3/4 前方の位置の X 座標 (図 8.5.2-1. 参照)

$M_{V-FEM}(x), M_{H-FEM}(x)$: 任意の位置 x におけるローカル荷重による垂直及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) で、次の算式による。

$$M_{V-FEM}(x) = -(x - x_{aft})R_{V-aft} - \sum_{i, x_i < x} (x - x_i)f_{vi}$$

$$M_{H-FEM}(x) = (x - x_{aft})R_{H-aft} + \sum_{i, x_i < x} (x - x_i)f_{hi}$$

x : 位置 x の X 座標 (m)

x_{aft}, x_{fore} : 構造モデルの後端及び前線の X 座標 (m)

R_{V-fore}, R_{V-aft} : 構造モデルの前後端の支持点における垂直方向の反力 (kN) で、次の算式による。

$$R_{V-fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})f_{vi}}{x_{fore} - x_{aft}}$$

$$R_{V-aft} = -\sum_i f_{vi} - R_{V-fore}$$

R_{H-fore}, R_{H-aft} : 構造モデルの前後端の支持点における水平方向の反力 (kN) で、次の算式による。

$$R_{H-fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})f_{hi}}{x_{fore} - x_{aft}}$$

$$R_{H-aft} = -\sum_i f_{hi} - R_{H-fore}$$

f_{vi} , f_{hi} : 船長方向位置 x_i におけるローカル荷重の垂直方向成分及び水平方向成分 (kN)

x_i : 船長方向位置 x_i の X 座標 (m)

(2) 垂直曲げ調整モーメント及び水平曲げ調整モーメント M_{V-end} 及び M_{H-end} (kN-m) は、次の算式による。

$M_{V-targ} \geq 0$ の場合, $M_{V-end} = M_{V-targ} - M_{V-min}$

$M_{V-targ} < 0$ の場合, $M_{V-end} = M_{V-targ} - M_{V-max}$

$M_{H-targ} \geq 0$ の場合, $M_{H-end} = M_{H-targ} - M_{H-min}$

$M_{H-targ} < 0$ の場合, $M_{H-end} = M_{H-targ} - M_{H-max}$

M_{V-targ} , M_{H-targ} : 表 8.5.2-1. に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント (kN-m) で、ターゲットホールド内における最大値又は最小値

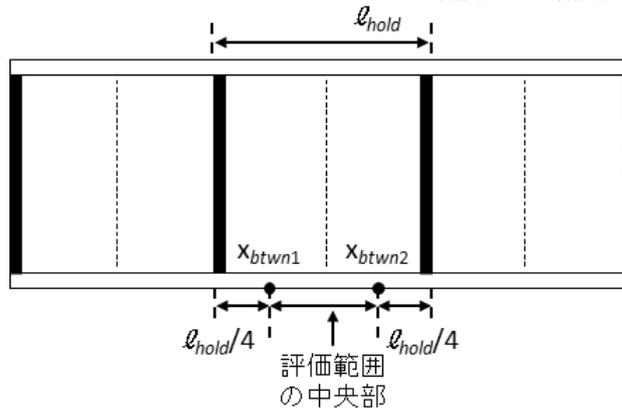
(3) 前(2)により求めた調整モーメント M_{V-end} 及び M_{H-end} をモデル前後端の独立節点に負荷する。

-2. 最前端貨物倉又は最後端貨物倉をターゲットホールドとして選定した場合、モーメントの調整方法及び境界条件は 2-8 編 8.4 の関連規定を準用することができる。

表 8.5.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	最大荷重状態	港内状態	水圧試験状態	浸水状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}	$M_{PT,max}$	0	$M_{FD,max}$ 又は $M_{FD,min}$
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}	0	0	0
(備考)				
M_{V-HG} , M_{H-HG} : 4 章に規定する最大荷重状態において考慮する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント (kN-m)				
$M_{PT,max}$, $M_{PT,min}$: 4 章に規定する港内状態において考慮する垂直曲げモーメント (kN-m)				
$M_{FD,max}$, $M_{FD,min}$: 4 章に規定する浸水状態において考慮する垂直曲げモーメント (kN-m)				

図 8.5.2-1. ターゲットホールドにおける x_{btwn1} 及び x_{btwn2} の定義



8.6 強度評価

8.6.1 降伏強度評価及び座屈強度評価

8.6.1.1 部分隔壁に付く桁部材の座屈強度評価

-1. 部分隔壁に付く桁部材の座屈強度評価を行うにあたり、板パネル又は開口パネルとしての座屈強度評価に加え、1 編 附属書 8.6 「貨物倉解析に基づく座屈強度評価」の An.2.5 に規定する支材としての座屈強度評価も行わなければならない (表 8.6.1-1. 参照)。なお、支材としての座屈強度評価にあつては、開口の有無にかかわらず開口がないものとして扱って差し支えない。

-2. 前-1. の適用にあつて、次の(1)及び(2)の規定によらなければならない。

- (1) 内底板及び縦通隔壁に隣接する板パネルにあつては、1編附属書 8.6 の An2.5.1-2.(1)(ii)に規定する境界条件を用いること。
- (2) それ以外の板パネルにあつては、1編附属書 8.6 の An2.5.1-2.(1)(iii)に規定する境界条件を用いること。
- 3. 前-1.にかかわらず、部分隔壁に付く主要支持部材の両側に板部材がある場合にあつては、本会が適当と認めた場合、1編附属書 8.6 の An2.5.1-2.(1)(i)に規定する境界条件を用いることができる。

8.6.1.2 横波荷重における船側外板の強度評価

- 1. 最大荷重状態のうち等価設計波 BR 及び BP に基づく荷重を考慮した強度評価において、船側外板上の防撓パネルについては、サイドトランス及び船側外板の曲げ変形による短辺方向圧縮応力が支配的である場合、1編 8.6.2.1-1.の評価に代えて、1編 8.6.2.1-2.を適用することができる(表 8.6.1-1.参照)。
- 2. 前-1.の適用にあつて、船側外板は1編 8.6.1 に規定する降伏強度評価を行う必要はない。
- 3. 前-1.の適用にあつて、1編附属書 8.6A 「隣接構造応答を考慮した強度評価」の An2.7 に規定する降伏強度評価及び座屈強度評価を行う際、次の(1)から(3)を評価対象外として差し支えない。

- (1) 剛性低下範囲上の防撓パネル
- (2) 前(1)に含まれる要素と節点を共有する要素を含むパネル
- (3) 前(1)及び(2)に含まれる要素

表 8.6.1-1. 1編と2編の適用の関係

評価部材	最大荷重状態	
	等価設計波 HM 及び FM	等価設計波 BR 及び BP
船側外板 (等価設計波 BR 及び BP に対して1編附属書 8.6A を適用する場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 ・座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1.の規定による。 	<ul style="list-style-type: none"> ・1編附属書 8.6A の An2.2 から An2.6 を適用。 ・許容使用係数(座屈)：0.8 ・降伏強度評価は不要。
船側外板以外の部材 (等価設計波 BR 及び BP に対して1編附属書 8.6A を適用する場合)		<ul style="list-style-type: none"> ・1編附属書 8.6A の An2.7 を適用。 ・降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 ・座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1.の規定による。
部分隔壁に付く桁部材 ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 ・座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1.に加え、8.6.1.1 の規定による。 	
(備考)		
(1) 港内状態、水圧試験状態及び浸水状態に対しても同様とする。		

8.6.1.3 浸水状態における横隔壁の強度評価

浸水状態における強度評価において、横隔壁に付く桁部材については降伏強度評価及び座屈強度評価の基準を満足すること。横隔壁の板部材については降伏強度評価の基準を満足すること。

9章 疲労

記号

C_{cor} : グロス寸法モデルを用いて求めた応力をネット寸法における応力に修正する係数で、ネット寸法モデルを用いる場合は1.0、グロス寸法モデルを用いる場合は1.025とする。

9.1 一般

9.1.1 一般

9.1.1.1 概要

-1. コンテナ運搬船に対する簡易応力解析によるロンジ端部結合部の疲労強度評価手法及び有限要素応力解析による板及び桁の取合い部並びに母材の自由端の曲げ捩り疲労強度評価手法は、特に記載がない場合は、**1編 9章**に代えて本章によらなければならない。

-2. 原則として、コンテナ運搬船は**1編 9.4**に規定する3ホールドモデルを用いた有限要素解析による疲労強度評価ではなく、本章に規定する全船モデルを用いたハルガーダ荷重に基づく有限要素解析による疲労強度評価を行わなければならない。

9.1.1.2 適用

-1. 船の長さ L_C が150 m以上の船舶にあっては、**1編 9.3**に規定する簡易応力解析により得られるロンジの桁及び隔壁貫通部のホットスポット応力を用いて、船体中央部に対して**1編 9.5**に基づく疲労強度評価を行わなければならない。この場合、評価に用いる荷重は、**4.6.4**によらなければならない。なお、本会が必要と認める場合、船体中央部以外の箇所においても疲労強度を確認しなければならない。

-2. 次の(1)又は(2)のいずれかに該当する船舶にあっては、前-1.に加えて、本章に規定する有限要素解析により得られる板及び桁の取合い部並びに母材の自由端のホットスポット応力を用いて、**1編 9.5**に基づく疲労強度評価を行わなければならない。

(1) 船の長さ L_C が200 m以上の船舶

(2) 船の幅 B が32.26 mを超える船舶

9.1.2 前提条件

9.1.2.1 前提条件

疲労強度評価は、次の(1)から(9)に示す条件を前提とする。

(1) **1編 9.5.4**に規定する線形累積被害モデル（マイナー則）により疲労被害度を算定する。

(2) 設計疲労寿命 T_{FD} は25年以上とする。

(3) 曲げ捩り強度評価に用いるハルガーダ荷重は、超過確率 10^{-2} に対応している。

(4) **9.4**の規定に従って、 t_{n25} のネット寸法により応力を評価する。

(5) 溶接止端部及び部材の自由端の疲労強度評価にはホットスポット応力を用いる。

(6) 特別な場合を除き、溶接部の疲労強度評価は溶接止端部の評価とする。溶接部に荷重が伝達する溶接継手部にあっては、**9.5**及び**1編 9.6**の詳細設計標準に従うか、**1編 9.7**に従って溶接ルート部の疲労強度評価を行う。

(7) $S-N$ 線図は2標準偏差下限の設計線図とし、評価の塗装が有効な期間は大気環境 $S-N$ 線図を用い、塗装の有効性が損なわれた期間は腐食環境 $S-N$ 線図を用いる。

(8) 波浪変動荷重に対する応力範囲の長期分布は指数分布とする。

(9) 疲労強度評価の許容基準は、**1編 9.5.5**による。

9.2 評価すべきホットスポット

9.2.1 有限要素解析で評価すべきホットスポット

9.2.1.1 疲労強度評価が要求される構造詳細

-1. **9.4**に従った有限要素解析により疲労強度評価すべきホットスポットは、**表 9.2.1-1**による。

-2. 評価は船長方向全域に亘って行うこと。

表 9.2.1-1. 船体構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	船体構造の重要な構造詳細
1	ハッチサイドコーミング頂板高さ位置にあるハッチコーナ部
2	上甲板と横隔壁との交差部（倉口側線部）
3	2nd deck と横隔壁との交差部（倉口側線部）
4	艙壇頂板と二重船側縦通隔壁の交差部
5	アレストホール（アレストホールを設けてアレスト設計する場合）
6	その他応力集中の大きい箇所

9.3 ロンジ端部結合部の疲労強度評価

9.3.1 一般

9.3.1.1

0.82 T_{SC} から T_{SC} の間に存在するサイドロンジの端部結合部におけるウェブ防撓材等の端部の形状は、0.82 T_{SC} 直下のサイドロンジのものを維持しなければならない。

9.3.2 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.2.1

- 標準的な積付状態及び時間比率は、表 9.3.2-1.による。
- 前-1.に関わらず、表 9.3.2-1.以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.2-1. 標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
コンテナ均等積状態 1 (バラスタタンクにバラスタを満載にした状態)	50 %
コンテナ均等積状態 2 (バラスタタンクが空の状態)	50 %

9.3.3 隔壁貫通部の相対変位影響に対する簡易的評価

9.3.3.1

-1. 1編 9.3.5 に規定する相対変位による応力の考慮に代えて、相対変位による応力の影響を考慮しない場合の疲労被害度を3倍することとして差し支えない。ただし、バラスタタンク内のサイドロンジにあっては、ソフトな形状の裏当てブラケットが取り付けられていることを前提とする。

-2. 前-1.によらない場合は、有限要素解析により、1編 9.3.5 に規定する相対変位による応力の影響を考慮しなければならない。

9.4 曲げ振り疲労強度評価

9.4.1 一般

9.4.1.1 一般

本 9.4 は板及び桁の取合い部並びに母材の自由端に対して、曲げ振り疲労強度評価を行うための極詳細有限要素解析に

よるホットスポット応力の評価手法に対する要件を規定する。ホットスポット応力は、継手の構造詳細による構造の不連続を考慮するが、溶接部の存在による局所的な応力集中は考慮しない。

9.4.1.2 計算方法及び解析精度の確認

解析方法及び解析プログラムは 1編 9.4.1.2 による。

9.4.1.3 高度な解析に基づく強度評価

本 9.4 の適用にあつては、本会が適当と認めた場合、直接荷重解析等高度な解析に基づいた強度評価を実施することができる。ただし、解析により得られた応力からホットスポット応力を求める場合は、本 9.4 に規定する方法以外の方法を用いてはならない。

9.4.1.4 ホットスポット応力の種類

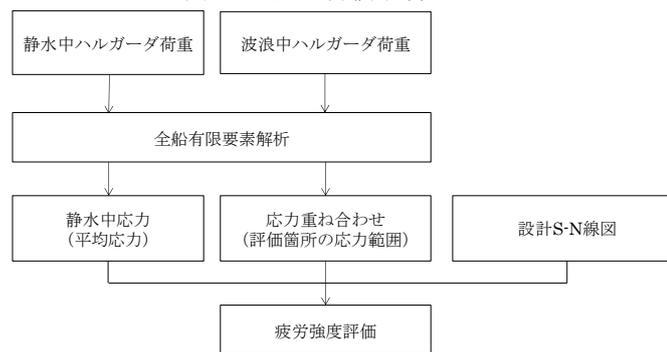
ホットスポット応力の種類は、1編 9.4.1.4 による。

9.4.1.5 評価手順

疲労強度評価の手順は次の(1)から(4)による。(図 9.4.1-1参照)

- (1) 静水中垂直曲げモーメントを負荷した全船 FE 解析を行い、評価箇所の平均応力（ホットスポット応力）を算出する。
- (2) 波浪中垂直曲げモーメント、波浪中水平曲げモーメント及び波浪中振りモーメントを負荷した全船 FE 解析を行い、評価箇所の応力範囲（ホットスポット応力）を算出する。
- (3) 累積疲労被害度の算定は、ホットスポット応力範囲の長期分布を S-N 線図に適用することにより行う。その際、腐食環境に曝される期間を考慮する。
- (4) 疲労被害度が許容基準を超えないことを確認する。

図 9.4.1-1. 評価手順



9.4.2 有限要素モデル

9.4.2.1 一般

-1. 疲労強度評価のためのホットスポット応力の評価は、表 9.2.1-1.に対して極詳細有限要素メッシュ域を全体モデルに組み込んで行うことを標準とする。

-2. 代替手法として、貨物倉の全体モデルから得られる境界条件を与えた極詳細メッシュ領域を持つ局所有限要素モデルを用いて解析を行う場合は、事前に本会と協議しなければならない。

9.4.2.2 モデル化範囲

モデル化範囲は全長、全高及び全幅とし、構造部材をモデル化する。

9.4.2.3 モデル化部材、要素の種類、メッシュサイズ及びモデル化における注意点

モデル化部材、要素の種類、メッシュサイズ及びモデル化における注意点は、それぞれ 1編 9.4.2.3、1編 9.4.2.4、1編 9.4.2.7 及び 1編 9.4.2.8 による。

9.4.2.4 腐食モデル

-1. 曲げ振り疲労強度評価に用いる極詳細メッシュ有限要素モデルは、1編 3.3.4 に規定する腐食予備厚に基づいた t_{n25} を用いて作成しなければならない。

-2. 前-1.にかかわらず、本会が適当と認めた場合は、グロス寸法を用いた評価として差し支えない。

9.4.3 モデル化要領

9.4.3.1 モデル化要領

モデル化要領は、1編 9.4.3 を準用しなければならない。

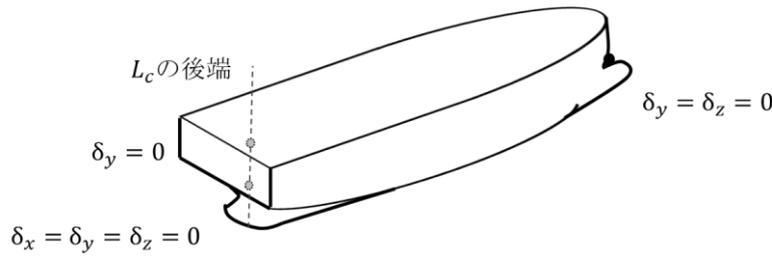
9.4.4 境界条件及び荷重条件

9.4.4.1 境界条件

- 1. 考慮する荷重，モデル化範囲等を考慮し，全船モデルにおける構造応答が適切に再現されるような境界条件を与えなければならない。
- 2. 水平曲げモーメントによる応力を算出する際は，振り変形が生じないような境界条件を与えなければならない。
- 3. 振りモーメントに対する境界条件は，両舷モデルにおける反力が小さいと考えられる位置の並進変位及び回転変位を拘束しなければならない。
- 4. 標準的な境界条件は，次の(1)から(3)による。
 - (1) 標準的な振りモーメントに対する境界条件は図 9.4.4-1.による。
 - (2) 標準的な垂直曲げモーメント水平曲げモーメントに対する境界条件は図 9.4.4-2.による。
 - (3) 標準的な水平曲げモーメント振りモーメントに対する境界条件は図 9.4.4-3.による。

図 9.4.4-1. 振りモーメントに対する境界条件

(a) 例 1



(b) 例 2

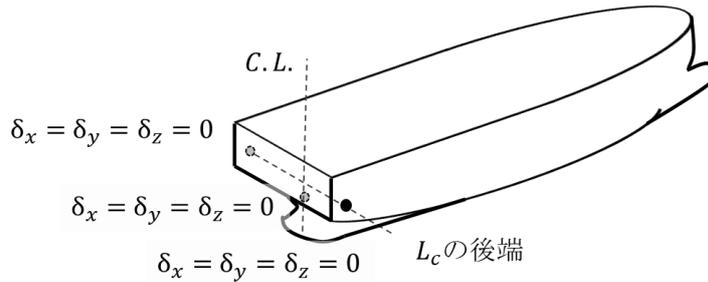


図 9.4.4-2. 垂直曲げモーメントに対する境界条件及び荷重条件

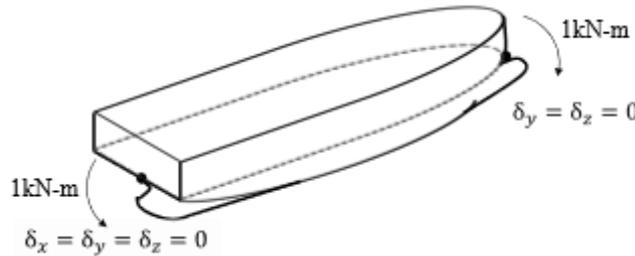
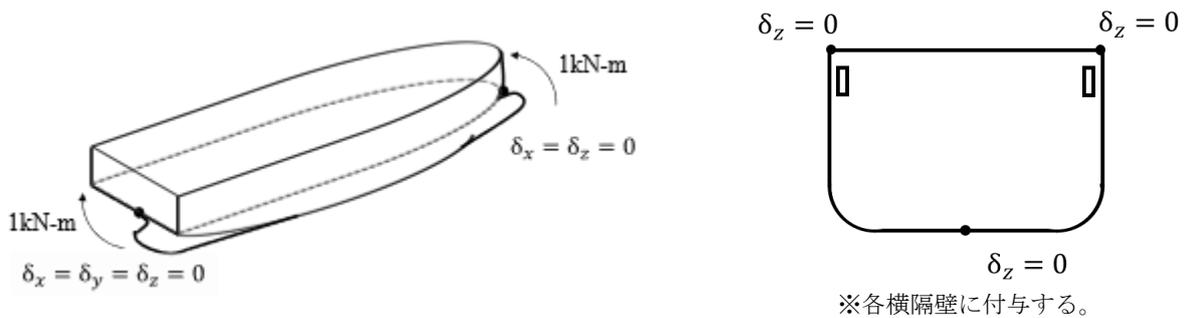


図 9.4.4-3. 水平曲げモーメントに対する境界条件及び荷重条件



9.4.4.2 荷重条件

- 1. 曲げ振り疲労強度評価に用いる荷重は、4.6.3 によらなければならない。
- 2. 垂直曲げモーメント、水平曲げモーメント及び振りモーメントによる応力は、全船モデルを用いた構造解析に基づき算出する。
- 3. 振りモーメントの荷重方法は次の(1)から(3)による。
 - (1) ハルガードに働く振りモーメントは、各隔壁の振りモーメントとして階段状に荷重する。振りモーメントの近似ステップ曲線を図 9.4.4-4 に示す。
 - (2) 各隔壁に荷重する振りモーメントは、当該隔壁の有効範囲における振りモーメントの純変化量（増分）とする。隔壁の有効範囲は考慮している隔壁とその隣接隔壁との midpoint 間の範囲とし、振りモーメントが作用する際に隔壁 *i* に荷重する振りモーメント (kN-m) は、次の算式による。(図 9.4.4-5 参照)

$$\delta M_{WT1i} = M_{WT1} \Big|_{\frac{1}{2}(x_i+x_{i+1})} - M_{WT1} \Big|_{\frac{1}{2}(x_{i-1}+x_i)}$$

$$\delta M_{WT2i} = M_{WT2} \Big|_{\frac{1}{2}(X_i + X_{i+1})} - M_{WT2} \Big|_{\frac{1}{2}(X_{i-1} + X_i)}$$

X_i : 隔壁*i*の*x*座標

(3) 各隔壁に負荷する振りモーメントは両舷の等価なせん断荷重によって与える。せん断荷重の負荷方法の例を [図 9.4.4-6](#) に示す。

4. 垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの負荷方法は、標準として単位モーメントの付与による。単位モーメントを付与した構造解析により得られる応力に基づき、[4.6.3.2](#) に規定するモーメントに対応する応力を算出しなければならない。([図 9.4.4-2](#) 及び [図 9.4.4-3](#) 参照)

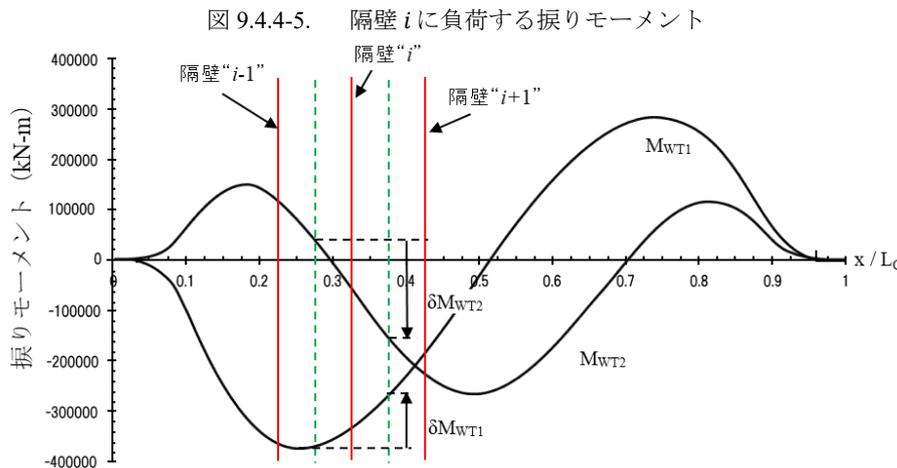
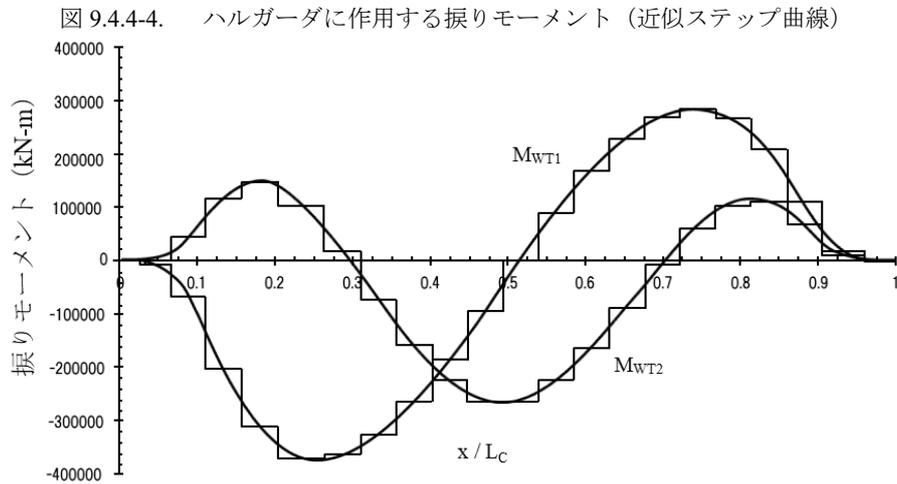
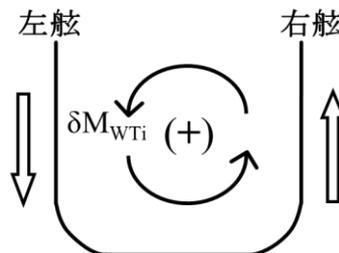


図 9.4.4-6. せん断荷重による振りモーメントの負荷方法



9.4.5 ホットスポット応力

9.4.5.1 合力応力の応力範囲と平均応力

- 1. 溶接止端部に生じる疲労き裂の発生に支配的な応力は、溶接線直交方向の応力である。
- 2. 本 [9.4](#) に規定する有限要素解析により求められる応力に基づき、溶接線直交方向及び溶接線平行方向の合力応力範囲を計算する。なお、溶接線直交方向を *x* 方向、溶接線平行方向を *y* 方向とする。

-3.タイプ a ホットスポットの合力応力の応力範囲 $\Delta\sigma_{ort}$ (N/mm^2) 又は $\Delta\sigma_{par}$ (N/mm^2) 及び平均応力 σ_{ort_mean} (N/mm^2) 又は σ_{par_mean} (N/mm^2) は、次の算式により決定する。

$$\Delta\sigma_{ort} = \sqrt{\Delta\sigma_x^2 + \Delta\tau_{xy}^2}$$

$$\Delta\sigma_{par} = 0.72\sqrt{\Delta\sigma_y^2 + \Delta\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{ort_mean} = \begin{cases} \text{sign}(\overline{\sigma_x})\sqrt{\overline{\sigma_x}^2 + \overline{\tau_{xy}}^2} & : |\overline{\sigma_x}| \geq |\overline{\tau_{xy}}| \\ \text{sign}(\overline{\tau_{xy}})\sqrt{\overline{\sigma_x}^2 + \overline{\tau_{xy}}^2} & : |\overline{\sigma_x}| < |\overline{\tau_{xy}}| \end{cases}$$

$$\sigma_{par_mean} = \begin{cases} \text{sign}(\overline{\sigma_y})0.72\sqrt{\overline{\sigma_y}^2 + \overline{\tau_{xy}}^2} & : |\overline{\sigma_y}| \geq |\overline{\tau_{xy}}| \\ \text{sign}(\overline{\tau_{xy}})0.72\sqrt{\overline{\sigma_y}^2 + \overline{\tau_{xy}}^2} & : |\overline{\sigma_y}| < |\overline{\tau_{xy}}| \end{cases}$$

sign(X) : 応力Xの正負の符号(直応力の場合、引張りを正とし、せん断応力の場合、反時計回りを正とする。)

$\Delta\sigma_x$: x-y座標系におけるx方向応力の応力範囲 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\Delta\sigma_x = C_{cor}\sqrt{(\sigma_{WV-h_x} - \sigma_{WV-s_x})^2 + 4(\sigma_{WH1_x} + \sigma_{WT1_x})^2 + 4(\sigma_{WH2_x} + \sigma_{WT2_x})^2}$$

σ_{WV-h_x} , σ_{WV-s_x} : 波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} , M_{WV-s} によるx方向のホットスポット応力

σ_{WH1_x} , σ_{WT1_x} : 波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} , M_{WH2} によるx方向のホットスポット応力

σ_{WH2_x} , σ_{WT2_x} : 波浪中振りモーメント M_{WT1} , M_{WT2} によるx方向のホットスポット応力

$\Delta\sigma_y$: x-y座標系におけるy方向応力の応力範囲 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\Delta\sigma_y = C_{cor}\sqrt{(\sigma_{WV-h_y} - \sigma_{WV-s_y})^2 + 4(\sigma_{WH1_y} + \sigma_{WT1_y})^2 + 4(\sigma_{WH2_y} + \sigma_{WT2_y})^2}$$

σ_{WV-h_y} , σ_{WV-s_y} : 波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} , M_{WV-s} によるy方向のホットスポット応力

σ_{WH1_y} , σ_{WT1_y} : 波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} , M_{WH2} によるy方向のホットスポット応力

σ_{WH2_y} , σ_{WT2_y} : 波浪中振りモーメント M_{WT1} , M_{WT2} によるy方向のホットスポット応力

$\Delta\tau_{xy}$: x-y座標系におけるせん断応力の応力範囲 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\Delta\tau_{xy} = C_{cor}\sqrt{(\tau_{WV-h_{xy}} - \tau_{WV-s_{xy}})^2 + 4(\tau_{WH1_{xy}} + \tau_{WT1_{xy}})^2 + 4(\tau_{WH2_{xy}} + \tau_{WT2_{xy}})^2}$$

$\tau_{WV-h_{xy}}$, $\tau_{WV-s_{xy}}$: 波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} , M_{WV-s} によるせん断応力のホットスポット応力 (N/mm^2)

$\tau_{WH1_{xy}}$, $\tau_{WT1_{xy}}$: 波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} , M_{WH2} によるせん断応力のホットスポット応力 (N/mm^2)

$\tau_{WH2_{xy}}$, $\tau_{WT2_{xy}}$: 波浪中振りモーメント M_{WT1} , M_{WT2} によるせん断応力のホットスポット応力 (N/mm^2)

$\overline{\sigma_x}$: 静水中垂直曲げモーメントによるx-y座標系におけるx方向の平均応力 (N/mm^2)

$\overline{\sigma_y}$: 静水中垂直曲げモーメントによるx-y座標系におけるy方向の平均応力 (N/mm^2)

$\overline{\tau_{xy}}$: 静水中垂直曲げモーメントによるx-y座標系におけるせん断応力の平均応力 (N/mm^2)

-4.タイプ b ホットスポット及び母材の自由端の合力応力の応力範囲 $\Delta\sigma_{ort}$ (N/mm^2) 及び平均応力 σ_{ort_mean} (N/mm^2) は、次の算式により決定する。

$$\Delta\sigma_{ort} = |\Delta\sigma_a|$$

$$\sigma_{ort_mean} = \overline{\sigma_a}$$

$\Delta\sigma_a$: 軸方向応力の応力範囲 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\Delta\sigma_a = C_{cor}\sqrt{(\sigma_{WV-h_a} - \sigma_{WV-s_a})^2 + 4(\sigma_{WH1_a} + \sigma_{WT1_a})^2 + 4(\sigma_{WH2_a} + \sigma_{WT2_a})^2}$$

σ_{WV-h_a} , σ_{WV-s_a} : 波浪中垂直曲げモーメント M_{WV-h} , M_{WV-s} による軸方向のホットスポット応力 (N/mm^2)

σ_{WH1_a} , σ_{WT1_a} : 波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} , M_{WH2} による軸方向のホットスポット応力 (N/mm^2)

σ_{WH2_a} , σ_{WT2_a} : 波浪中振りモーメント M_{WT1} , M_{WT2} による軸方向のホットスポット応力 (N/mm^2)

$\overline{\sigma_a}$: 静水中垂直曲げモーメントによる軸方向の平均応力 (N/mm^2)

9.4.5.2 ホットスポット位置及び応力読み取り位置, 応力読み取り方法並びにホットスポット応力

ホットスポット位置及び応力読み取り位置, 応力読み取り方法並びに応力参照位置とホットスポット応力は, それぞれ **1編 9.4.5.2**, **1編 9.4.5.3** 及び **1編 9.4.5.4** によらなければならない。

9.4.5.3 溶接ルート部の疲労強度評価

溶接ルート部の疲労強度評価は, **1編 9.7** によらなければならない。

9.5 詳細設計標準**9.5.1 一般****9.5.1.1 一般**

- 1. ハッチサイドコーミングの倉口隅部を含むフリーエッジ部は, 次の**(1)**から**(3)**によらなければならない。
 - (1) ノッチ等の疲労強度上有害な欠陥を有さないこと。
 - (2) 角エッジ処理を含む適切な端部処理を施し, 当該部が十分な疲労強度を有すること。
 - (3) 端部処理の詳細は, 原則として関連図面に明記すること。
- 2. ハッチカバーパッドやコンテナパッド等の艀装品の取付けにあたっては, 次の**(1)**から**(3)**によらなければならない。
 - (1) 艀装品の材質及び取付けのための溶接方法に配慮すること。
 - (2) 艀装品取付けのためのすみ肉溶接継手は, 倉口隅部から十分に離し, 応力集中の影響を受けないように配慮すること。
 - (3) 使用される鋼材の種類, 船の大きさ, 構造様式等に応じて, 関連する疲労強度検討書の提出を要求することがある。
- 3. ハッチサイドコーミングの端部 (強力甲板とのすみ肉溶接部を含む) は, 次の**(1)**及び**(2)**によらなければならない。
 - (1) ハッチサイドコーミング端部と強力甲板とのすみ肉溶接は, 原則として一定の範囲を完全溶込み溶接とすること。
 - (2) 端部の角巻き溶接部は, グライнда処理等により滑らかにすること。
- 4. ハッチサイドコーミングの突合せ継手は, 次の**(1)**及び**(2)**によらなければならない。
 - (1) 倉口隅部から十分に離し, 応力集中の影響を受けないように配慮すること。
 - (2) 使用される鋼材の種類, 船の大きさ, 構造様式等に応じて, 関連する疲労強度検討書の提出を要求することがある。
- 5. ハッチサイドコーミングに設けられるドレーンホール等にあつては, 疲労強度に十分な配慮を払わなければならない。

10章 追加の構造要件

10.1 船底構造

10.1.1 二重底構造

10.1.1.1 一般

コンテナ隅金具の下端が接触する箇所の内底板は、二重張り又はその他の適切な方法により補強しなければならない。

10.2 船側構造

10.2.1 二重船側構造

10.2.1.1 一般

縦通隔壁と内底板とが取合う箇所においては、応力集中の生じないように、その構造配置について考慮を払わなければならない。

10.3 甲板構造

10.3.1 一般

10.3.1.1 板厚の連続性

甲板及びハッチコーミング頂板の板厚の連続性に考慮を払い、特にクロスデッキとその他の強力甲板並びにその上部のハッチコーミング頂板とで、板厚に著しい差が生じないようにしなければならない。

10.4 隔壁構造

10.4.1 横隔壁

10.4.1.1 構造

横隔壁は、甲板の位置において十分支持された構造としなければならない。横隔壁の幅が特に広い場合には、横隔壁の上部を箱型構造とする等、適切に補強しなければならない。

10.4.1.2 部分隔壁

貨物倉内に非水密の部分隔壁を設ける場合、その構造及び寸法については、船側及び甲板からの荷重を有効に支持できるよう考慮しなければならない。

10.5 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船に対する特別規定

10.5.1 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船に対する特別規定

10.5.1.1 一般

本 **10.5** は、極厚鋼板をコンテナ運搬船の上甲板部における縦強度部材（強力甲板及びハッチサイドコーミング（頂板を含む）並びにそれらに付く縦通防撓材）に使用する場合において、脆性き裂の発生を防止すると共に、万一き裂が発生した場合にあっても脆性き裂の伝播を停止させることにより脆性破壊による大規模損傷を防止することを目的とする。

10.5.1.2 適用

-1. 本 **10.5** は、板厚が 50 mm を超え 100 mm 以下の $K436$, $KD36$, $KE36$, $KA40$, $KD40$, $KE40$, 又は $KE47$ を用いた鋼板（以下、極厚鋼板という）をコンテナ運搬船の上甲板部における縦強度部材に使用する場合に適用する。

-2. 板厚が 50 mm を超える鋼板をハッチサイドコーミング（頂板を含む）に使用しない場合は、強力甲板の板厚及び鋼種にかかわらず、本 **10.5** を適用しなくても差し支えない。

-3. 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船の構造諸材は、**10.5** の規定に加え、本 **2-1 編** の関連規定にも適合するものでなければならない。

10.5.1.3 脆性破壊防止対策*

極厚鋼板の脆性破壊防止対策は、ハッチサイドコーミング（頂板を含む）の鋼種及び板厚に応じて、表 10.5.1-1. に示す組み合わせとしなければならない。

表 10.5.1-1. 脆性き裂アレスト設計の適用区分

ハッチサイドコーミング（頂板を含む）		規則 M 編 1.4.2-1.(3)に規定する建造時の非破壊検査	10.5.1.4 に規定する脆性き裂アレスト設計
鋼種	板厚 (mm)		
KA36 KD36 KE36	$50 < t \leq 100$	適用	非適用
KA40 KD40 KE40	$50 < t \leq 85$	適用	適用 ⁽¹⁾
	$85 < t \leq 100$		
KE47 (船体ブロックのバット溶接がエレクトロガス溶接の場合)	$50 < t \leq 100$	適用	適用
KE47 (船体ブロックのバット溶接がエレクトロガス溶接以外の場合)	$50 < t \leq 100$	適用	適用 ⁽¹⁾
(備考) 本会は脆性き裂アレスト設計と同等の効果があると認められる他の対策を認めることがある。			

10.5.1.4 脆性き裂アレスト設計*

-1. 本 10.5 に規定するアレスト鋼を使用した脆性き裂アレスト設計は、強力甲板に使用される鋼板が HT36 又は HT40 の場合に適用することができる。それ以外の場合は、本会が適当と認めるき裂の発生及び伝播を阻止する適切な方法を施すこと。

-2. 貨物区域において万一脆性き裂が発生した場合にあっても、脆性き裂の伝播を適当な箇所まで停止させることで船体の大規模損傷を防ぐため、脆性き裂アレスト設計を施さなければならない。

-3. 脆性き裂の発生箇所として、次の(1)及び(2)を考慮しなければならない。

(1) ハッチサイドコーミング及び強力甲板の船体ブロック間のバット継手

(2) ハッチサイドコーミング及び強力甲板の船体ブロック間のバット継手以外の溶接部

-4. 脆性き裂の伝播ケースとして、次の(1)から(3)を考慮しなければならない。

(1) 船体ブロック間のバット継手から脆性き裂が発生し、当該バット継手に沿って脆性き裂が伝播するケース

(2) 船体ブロック間のバット継手から脆性き裂が発生し、当該バット継手から逸れて脆性き裂が母材に伝播するケース

(3) 船体ブロック間のバット継手以外から脆性き裂が発生し、母材に伝播するケース

-5. 前-4.(3)にいう「バット継手以外」とは、次を含むものとする。(図 10.5.1-1. 参照)

(1) ハッチサイドコーミング（頂板を含む）と縦通防撓材の結合部のすみ肉溶接

(2) ハッチサイドコーミング（頂板を含む）及び縦通防撓材と附属物の結合部のすみ肉溶接（例えば、ハッチサイドコーミング頂板とハッチカバーパッドのすみ肉溶接）

(3) ハッチサイドコーミングとハッチサイドコーミング頂板の結合部のすみ肉溶接

(4) ハッチサイドコーミングと強力甲板の結合部のすみ肉溶接

(5) 強力甲板と縦通隔壁の結合部のすみ肉溶接

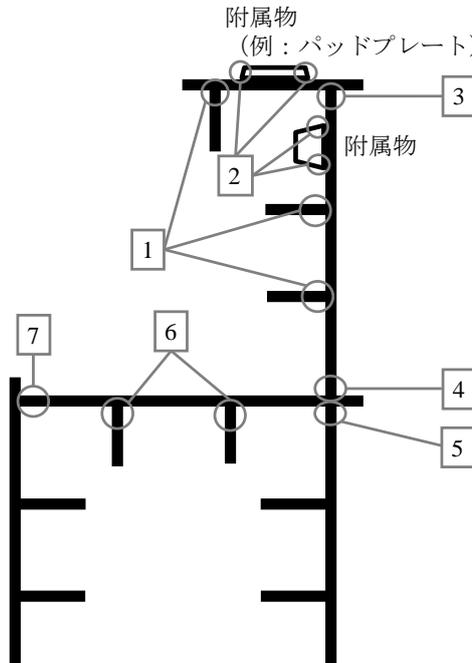
(6) 強力甲板と縦通防撓材の結合部のすみ肉溶接

(7) シアストレーキと強力甲板の結合部のすみ肉溶接

-6. 前-4. を考慮し、脆性き裂の伝播を防止するための脆性き裂アレスト設計として、次の(1)から(3)の対策を講じなければならない。

- (1) 強力甲板にアレスト鋼を用いること。
 - (2) ハッチサイドコーミングにアレスト鋼を用いること。ただし、ハッチサイドコーミングに付く頂板及び縦通防撓材にはアレスト鋼を用いなくても差し支えない。
 - (3) ハッチサイドコーミングと強力甲板の結合部で船体ブロック間のバット継手に沿って伝播する脆性き裂を停止させるための適切な措置を講じること。
- 7. 前-6.の規定にかかわらず、技術資料や脆性破壊試験等によってその有効性が確認できる場合、本会は前-6.に規定する以外の脆性き裂アレスト設計を認めることがある。

図 10.5.1-1. バット継手以外の溶接部



10.5.1.5 アレスト鋼の選定*

- 1. 10.5.1.4-6.(1)及び(2)というアレスト鋼とは、規則 K 編 3.12 に規定する脆性き裂アレスト特性が考慮された鋼板をいう。
- 2. アレスト鋼の脆性き裂アレスト特性は、適用部材及び板厚に応じて表 10.5.1-2.を満足しなければならない。
- 3. 表 10.5.1-2.のアレスト鋼が適用される場合、ハッチサイドコーミングと強力甲板との溶接継手は開先なしのすみ肉溶接又は部分溶け込み溶接としなければならない。なお、異なる溶接継手形状に対して、追加の脆性き裂伝播停止対策の検討を行い、技術資料や脆性破壊試験等によってその有効性が確認できる場合、本会は船体ブロック間バット継手の近傍にのみ異なる溶接継手形状を認めることがある。

表 10.5.1-2. 適用部材及び板厚に対するアレスト鋼の要件

適用部材 ⁽¹⁾	板厚 t (mm)	脆性き裂アレスト特性
強力甲板	$50 < t \leq 100$	特性区分 $BCA6000$ 又はこれと同等以上の鋼材
ハッチサイドコーミング	$50 < t \leq 80$	
		$80 < t \leq 100$
(備考)		
(1) 各部材に付く縦通防撓材は除く。		

10.6 セルガイド

10.6.1 一般

10.6.1.1

- 1. セルガイドは、二重底構造、船側構造及び横隔壁等へ荷重を有効に伝達しうる構造としなければならない。
- 2. セルガイドの強度は、船底及び船側からの荷重並びに積載したコンテナの荷重に対して十分なものとしなければならない。

12章 溶接

12.1 コンテナ運搬船の溶接

12.1.1 適用

12.1.1.1

強力甲板並びに強力甲板下方 $0.25D$ の位置より上方の船側外板及び縦通隔壁に、ウェブの厚さが 40 mm を超え 80 mm 以下の縦通防撓材を使用する場合のすみ肉溶接に適用する。

12.1.1.2

ウェブの厚さが 80 mm を超える縦通防撓材を使用する場合の溶接の種類及び寸法は、本会が相当と認めるところによる。

12.1.2 すみ肉溶接

12.1.2.1

すみ肉溶接は、連続溶接としなければならない。

12.1.2.2

すみ肉溶接の脚長は、 8 mm 以上としなければならない。

14章 艙装

14.1 小倉口

14.1.1 暴露甲板前方部分に設置される小倉口

14.1.1.1 一般

コンテナ運搬船の貨物倉に通じる小倉口にあつては、次の(1)から(3)の要件を満たすことを条件に、1編 14.7.1.2.に規定する要件を除き、1編 14.7.1の要件を参酌することができる。なお、このような小倉口に設備するハッチカバーは、実際に風雨密であるかないかにかかわらず、非風雨密と見做す。

- (1) 非風雨密の倉口を設ける甲板の位置は、乾舷甲板又は仮想した乾舷甲板（以下、「仮想乾舷甲板」という）より標準船楼高さ（1966年国際満載喫水線条約第33規則に定めるもの）の2層分（倉口の一部でも船首から $0.25L_f$ の位置より前方にある場合は3層分）以上上方にすること。なお、仮想乾舷甲板は、当該仮想乾舷甲板をもとに計算した形状乾舷の値が、指定された満載喫水線から当該仮想乾舷甲板までの垂直距離以下となるように設定すること。
- (2) ハッチコーミングの甲板上面上の高さは、600 mm 以上とすること。
- (3) 非風雨密のハッチカバーが設置される貨物倉には、ビルジ警報装置を設けること。

14.2 コンテナ固縛設備

14.2.1 コンテナ固縛用金物

14.2.1.1

コンテナの固縛に用いる固縛用金物（以下、特に規定する場合を除き、非固定式固縛用金物及び固定式固縛用金物を含む）は、L編 9章に従い発行された試験証明書又はこれと同等であると本会が認めた試験証明書が発行されたものでなければならない。

2-2 編 ボックス型ばら積貨物船

1 章 通則

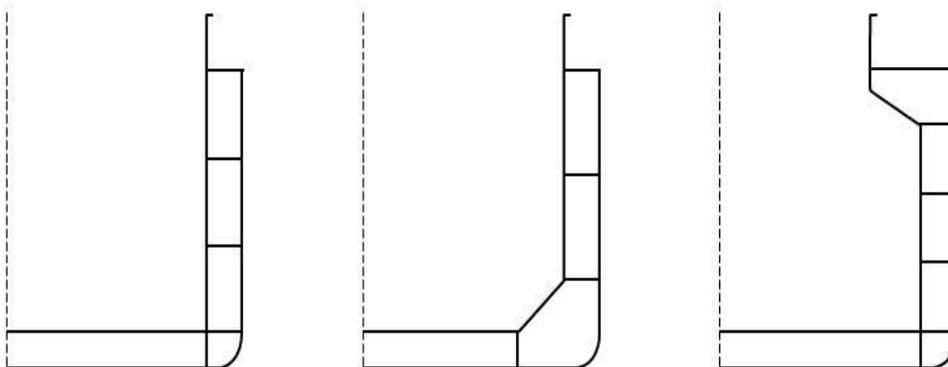
1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

- 1. 船級符号に“Bulk Carrier modified”（略号 BCM）を付記してボックス型ばら積貨物船として登録を受けようとする船舶の構造及び艤装については、**1 編**に加え、本**2-2 編**の規定によらなければならない。
- 2. 本**2-2 編**の規定は、乾貨物をばら積み運送する船舶であって、貨物倉全長に渡り、倉内に二重船側及び二重底を有し、ビルジホップタンク及び又はトップサイドタンクを有さない一層甲板船で、甲板及び船底は縦式構造の船舶について定めたものである。（[図 1.1.1-1](#)参照）
- 3. 前-2.に掲げるものと異なる構造のボックス型ばら積貨物船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

図 1.1.1-1. ボックス型ばら積貨物船の典型的な構造配置



1.1.1.2 SOLAS 条約第 XII 章の適用

本**2-2 編**を適用するボックス型ばら積貨物船にあつては、[附属書 1.1「SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件」](#)にも適合しなければならない。

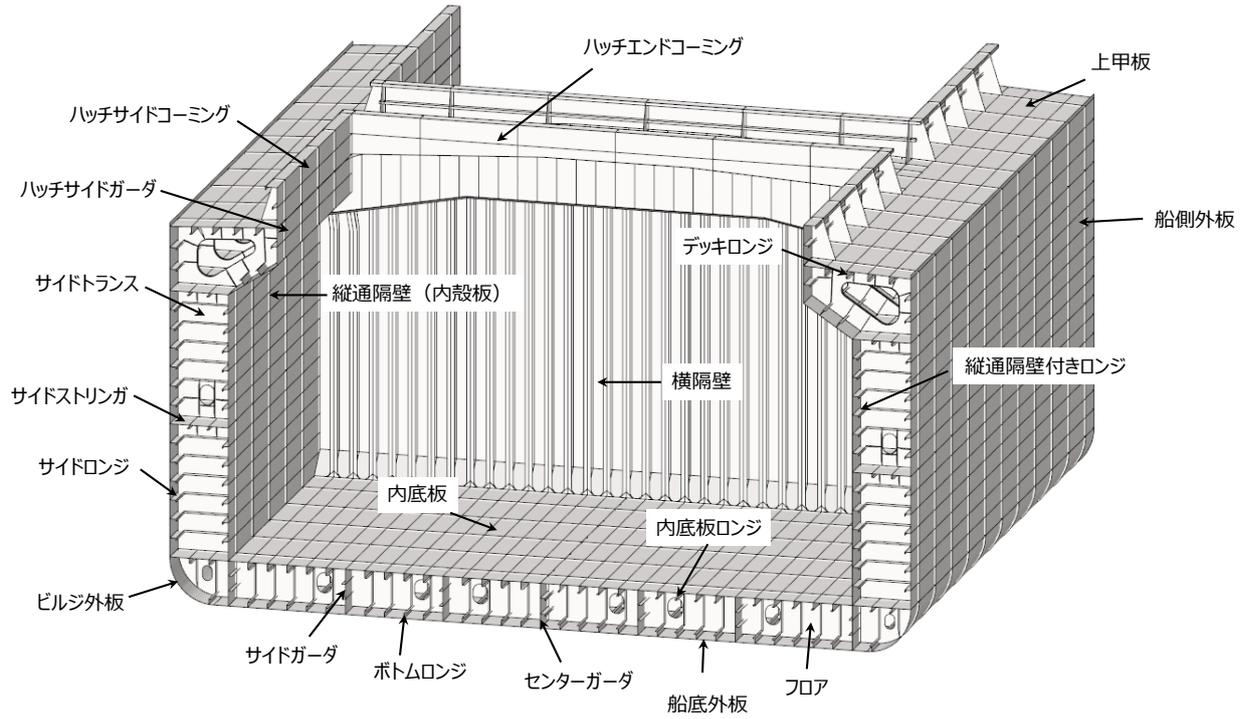
1.2 定義

1.2.1 部材名称

1.2.1.1 構造に関する用語

本**2-2 編**において用いられている一般的な構造に関する用語を[図 1.2.1-1](#)に示す。

図 1.2.1-1. ボックス型ばら積貨物船



2章 一般配置要件

2.1 構造配置

2.1.1 二重底構造

2.1.1.1 センターガーダ及びサイドガーダの構造及び配置

-1. センターガーダの高さは、特に本会の承認を得た場合を除き、次の算式による値以上としなければならない。特に大きな乾舷を有する船舶のセンターガーダの高さは、算式中の D の代わりに、仮想乾舷甲板までの深さ D' を用いて算定される値まで減じたものとする。ただし、いかなる場合も $B/20$ 未満とすることはできない。

$$15 \sqrt{\frac{L_H B D}{m}} \quad (mm)$$

L_H : 貨物倉区域の全長 (m)。ただし、ポンプ室、コファダム等は除く。

m : 貨物倉区域に含まれる貨物倉の数

-2. ダクトキールを設ける場合、センターガーダは、 $3m$ を超えない間隔で配置される二条のガーダに置き換えて差し支えない。二条のガーダの間隔が $3m$ を超える場合にあつては、隣接構造で支える構造とし、本会の承認を得なければならない。また、フロア構造は、有効に連続性を保持するような構造としなければならない。

2.1.2 ビルジホッパタンク

2.1.2.1 一般

ビルジホッパタンクを設ける場合、その配置は次の(1)から(3)によらなければならない。

- (1) ビルジホッパタンクの区画は、なるべく船の区画と一致するようにしなければならない。
- (2) ビルジホッパタンク内では、各フロアの箇所に横桁を設けなければならない。
- (3) ビルジホッパの内端の箇所には、サイドガーダを設けなければならない。

2.1.3 トップサイドタンク

2.1.3.1 一般

トップサイドタンクを設ける場合、その配置は次の(1)及び(2)によらなければならない。

- (1) トップサイドタンクの区画は、なるべく船の区画と一致させなければならない。
- (2) トップサイドタンク内には、 $5m$ を超えない心距で横桁を設けなければならない。ただし、8章の規定を満足する場合はこの限りでない。

3章 構造設計の原則

3.1 (削除)

3.2 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.2.1 ローディングマニュアル

3.2.1.1 ローディングマニュアルの追加要件

1編 3.8.2の規定を適用するにあたって、次の(1)から(4)にもよらなければならない。

- (1) 2-3編 3.2.1.1-1.(1)から(8)に規定する事項もローディングマニュアルに記載すること。なお、 L_f が150 m未満の船舶にあっては、2-3編 3.2.1.1-1.(3)について、貨物倉ごとの最大許容積載質量のみを記載するに留めて差し支えなく、2-3編 3.2.1.1-1.(4)については記載する必要はない。
- (2) 前(1)の適用にあたって、出港及び入港時のそれぞれについて 2-3編 3.2.1.1-2.(1)から(7)の積付状態をローディングマニュアルに記載すること。なお、2-3編 3.2.1.1-2.(6)及び(7)については、荷役及びバラスト漲排水における船体構造強度に関する一般的な制限、説明等に留めて差し支えない。
- (3) 前(1)の適用にあたって、2-3編 3.2.1.1-1.(3)及び(4)を適用する場合、2-3編 3.2.1.2及び2-3編 3.2.1.3の規定も適用すること。その際、本編の関連規定(4章、8章等)も考慮すること。
- (4) 2-3編 3.2.1.1-3.から-8.の規定も適用すること。

3.2.2 積付計算機

3.2.2.1 積付計算機の追加要件

1編 3.8.3の適用にあたって、 L_f が150 m以上の船舶にあっては、2-3編 3.2.2.1-1.(1)及び(3)並びに2-3編 3.2.2.1-2.の規定も適用しなければならない。また、ローディングマニュアルに2-3編 3.2.1.1-1.(4)に関する事項を記載する場合、2-3編 3.2.2.1-1.(2)の規定も適用しなければならない。

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成及び概要

本章の各節には、本 2-2 編及び 1 編の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、表 4.1.1-1. に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4 章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4 章の一般原則に関する要件
4.2	縦強度において考慮する荷重	5 章及び 1 編 5 章に規定する曲げ捩り強度の要件において考慮するハルガード荷重に関する追加要件
4.3	局部強度において考慮する荷重	6 章及び 1 編 6 章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.4	主要支持構造強度の評価において考慮する荷重	7 章及び 1 編 7 章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.5	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	8 章及び 1 編 8 章に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する積付状態等に関する追加要件
4.6	疲労において考慮する荷重	9 章及び 1 編 9 章に規定する疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.7	追加の構造要件において考慮する荷重	10 章及び 1 編 10 章に規定する追加の構造要件において考慮する荷重に関する追加要件
附属書 4.5	運航上積付状態と解析用積付状態の関係	貨物倉解析による強度評価において考慮する積付状態とローディングマニュアルに記載される積付状態の関係についての指針

4.2 縦強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 5 章及び 1 編 5 章に規定する縦強度の要件において考慮する荷重は、本 4.2 の規定にもよらなければならない。
- 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.2.2 の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 一般

曲げ捩り強度評価においては、静水中垂直曲げモーメント、波浪中垂直曲げモーメント、波浪中水平曲げモーメント及び波浪中捩りモーメントを考慮しなければならない。

4.2.2.2 水平曲げモーメント及び捩りモーメント

- 波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} (kN-m) 及び波浪中捩りモーメント M_{WT1} (kN-m) は、表 4.2.2-1. によらなければならない。

ならない。

-2. 本会が必要と認める船舶にあつては、直接荷重解析により波浪中水平曲げモーメント及び波浪中振りモーメントを算出しなければならない。

表 4.2.2-1. 波浪中水平曲げモーメント及び波浪中振りモーメント

波浪中水平曲げモーメント M_{WH1} (kN-m)	$M_{WH1} = 0.32C_R C_1 C_{H3} L_C^2 T_{SC} \sqrt{\frac{L_C - 35}{L_C}}$
波浪中振りモーメント M_{WT1} (kN-m)	$M_{WT1} = 7.0K_2 C_W^2 B^3 \left(1.75 + 1.5 \frac{e}{D_S}\right)$
<p>(備考)</p> <p>C_R: 係数で, 0.85</p> <p>C_{H3}: 次による。中間値は, 線形補間による。 $x/L_C \leq 0$ の場合, $C_{H3} = 0.0$ $0.35 \leq x/L_C \leq 0.65$ の場合, $C_{H3} = 1.0$ $x/L_C \geq 1.0$ の場合, $C_{H3} = 0.0$</p> <p>K_2: 次による。 $L_C < 300$ m の場合, $K_2 = \sqrt{1 - \left(\frac{300 - L_C}{300}\right)^2}$ $L_C \geq 300$ m の場合, $K_2 = 1.0$</p> <p>e: 船体中央横断面における基線からせん断中心までの距離 (m) で, 次の算式による⁽¹⁾。 $e = e_1 - \frac{d_0}{2}$ e_1, d_0: 5.1.2.2(4)の規定による。</p>	
<p>(1) 算式によらず, せん断中心の位置を解析的に算出しても差し支えない。当該位置は, 水平方向のせん断力が船体横断面に作用した際に, 断面に振りモーメントが生じないようなせん断力の作用点を求めることで, 算出することができる。(例えば, 1編の附属書 5.2「せん断流の計算」の規定を準用し算出することが可能。)</p>	

4.3 局部強度において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

- 6章及び1編6章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は, 本4.3の規定にもよらなければならない。
- 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は, [4.3.2](#)の規定によらなければならない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 面外荷重

-1. [1編 4.4.2.5](#)の適用にあたって, 貨物による変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM, z_G 等)については, 考慮する貨物質量及び密度を考慮し, 満載積付状態のうち適切な積付状態における値を用いなければならない。ただし, あらかじめ値が得られていない場合, [表 4.3.2-1](#)により求まる値として差し支えない。

-2. [1編 4.4.2.4](#)の適用にあたって, バラストタンクのバラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM, z_G 等)は, バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等, バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。なお, ヘビーバラスト状態の際にバラストホールドにバラスト水を積載する船舶においては, バラストホールドのバラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータは, ヘビーバラスト状態における値を用いなければならない。ただし, あらかじめ値が得られていない場合, [表 4.3.2-1](#)により求まる値として差し支えない。

表 4.3.2-1. パラメータの簡易算式

積付状態	船体中央における喫水 T_{LC} (m)	船体重心位置のZ座標 z_G (m)	メタセンタ高さ GM (m)	環動半径 K_{xx} (m)
満載積付状態	T_{SC}	$0.25 \frac{B}{C_B}$	$\frac{T_{SC}}{2} + \frac{B^2}{T_{SC} C_B} \frac{3C_W - 1}{24} - z_G$	$0.35B$
バラスト状態	T_{BAL}	$0.20 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC} C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	$0.40B$
ヘビーバラスト状態	T_{BAL-H}	$0.20 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC} C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	$0.40B$

4.4 主要支持構造強度において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

-1. 7章及び1編7章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重は、本4.4の規定にもよらなければならない。

-2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.4.2の規定によらなければならない。

-3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.4.3の規定によらなければならない。

4.4.2 最大荷重状態

4.4.2.1 一般

-1. 単純桁の要件にあつては、4.3の関連規定にもよらなければならない。

-2. 二重船殻の要件にあつては、表4.4.2-1.に規定する荷重を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を考慮した追加の積付パターンを要求する場合がある。

表 4.4.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき荷重

評価対象 構造	積付パターン			等価 設計波	考慮する 内外圧差 (kN/m^2)
	喫水 (m)	静水中垂直曲げ モーメント ($kN\cdot m$)	考慮する積載物		
二重底	$S1^{(1)}$	T_{SC}	$M_{SV\ max}$	考慮しない	HM-1 /HM-2 二重底： P_{DB} 二重船側： P_{DS}
	$S2^{(1)}$	T_{SC}	0	ばら積乾貨物	
	$S3$	$T_{m1\ min}^{(3)}$	$M_{SV\ min}$	ばら積乾貨物	
	$S4$	$T_{m1\ max}^{(4)}$	$M_{SV\ max}$	考慮しない	
	$S5$	T_{BAL}	$M_{SV\ max}$	考慮しない	
	$S6^{(2)}$	T_{BAL-H}	$M_{SV\ min}$	バラスト兼用倉及びバラスト タンクに漲水するバラスト	
二重船側	$S7$	T_{SC}	$0.5M_{SV\ min}$	ばら積乾貨物	BP-1P /BP-1S
	$S8^{(1)}$	T_{SC}	$M_{SV\ max}$	考慮しない	
(備考)					
(1) 隔倉積状態を計画する船舶に限る。 $S1$ 及び $S8$ は空倉として計画される貨物倉に、 $S2$ は積載倉として計画される貨物倉に適用する。					
(2) バラスト兼用倉に限る。ただし、港内においてのみ使用されるバラスト兼用倉は含まない。					
(3) ローディングマニュアルに記載される多港積状態の積付状態のうち、考慮する貨物倉における計画最小喫水 (m)。 T_{BAL} を下限とする。					
(4) ローディングマニュアルに記載される多港積状態の積付状態のうち、考慮する貨物倉における計画最大喫水 (m)。 T_{SC} を上限とする。					

4.4.2.2 外圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.4.2-2 の規定に基づき、静水圧及び等価設計波における波浪変動圧を考慮しなければならない。

表 4.4.2-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象 構造	P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾	
二重底	$S1$	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	$S2$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{bs} + P_{bd})$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{bs} + P_{bd})$
	$S3$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{bs} + P_{bd})$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{bs} + P_{bd})$
	$S4$	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	$S5$	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	$S6$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{ls1} + P_{ld1}) - (P_{ls2} + P_{ld2})$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{ls1} + P_{ld1}) - (P_{ls2} + P_{ld2})$
二重船側	$S7$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{bs} + P_{bd})$	$P_{exs} + P_{exw}$
	$S8$	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$

(備考)

- P_{exs} , P_{exw} : P_{DB} の場合、船底外板に作用する静水圧及び波浪変動圧の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、船側外板に作用するそれらの値 (kN/m^2)。 それぞれにつき、 **1編 4.6.2.4** に基づき算出する
- P_{bs} , P_{bd} : P_{DB} の場合、内底板に作用するばら積乾貨物の静圧及び変動圧力の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、縦通隔壁に作用するそれらの値 (kN/m^2)。 それぞれにつき、 **1編 4.6.2.6** に基づき算出する。
- P_{ls1} , P_{ld1} : P_{DB} の場合、内底板に作用するバラスト兼用倉に漲水したバラスト水の静圧及び変動圧力の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、縦通隔壁に作用するそれらの値 (kN/m^2)。 それぞれにつき、次の算式による。
- $$P_{ls1} = P_{ls}$$
- $$P_{ld1} = P_{ld}$$
- P_{ls} , P_{ld} : **1編 4.6.2.5** の規定による。
- P_{ls2} , P_{ld2} : P_{DB} の場合、二重底内バラストタンクのバラスト水による内外圧差の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、二重船側内バラストタンクのバラスト水による内外圧差の値 (kN/m^2)。 それぞれにつき、次の算式による。
- $$P_{ls,2} = P_{ls,2a} - P_{ls,2b}$$
- $$P_{ld,2} = P_{ld,2a} - P_{ld,2b}$$
- $P_{ls,2a}$, $P_{ld,2a}$: P_{DB} の場合、船底外板に作用する静圧 P_{ls} 及び変動圧力 P_{ld} の値。 P_{DS} の場合、船側外板に作用するそれらの値。
- $P_{ls,2b}$, $P_{ld,2b}$: P_{DB} の場合、内底板に作用する静圧 P_{ls} 及び変動圧力 P_{ld} の値。 P_{DS} の場合、縦通隔壁に作用するそれらの値。

- (1) 荷重を算出するにあたって必要なパラメータ (GM , z_G , K_{xx}) は次による。
- $S1$, $S2$, $S7$, $S8$: **表 4.3.2-1** の満載積付状態の算式による。
- $S3$: **表 4.3.2-1** のバラスト状態の算式による。ただし、多港積状態の重量分布等に基づき算出した値を用いることができる。
- $S4$: **表 4.3.2-1** の満載積付状態の算式による。ただし、多港積状態の重量分布等に基づき算出した値を用いることができる。
- $S5$: **表 4.3.2-1** のバラスト状態の算式による。
- $S6$: **表 4.3.2-1** のヘビーバラスト状態の算式による。
- (2) 全ての積付パターンにおいて、各成分の荷重 (P_{exs} 等) を算出する際の荷重計算点は **1編 7.3.15** による。 $S6$ において、二重底内バラストタンクにパイプダクトがある場合、荷重計算点のうち y_{DH} の値をパイプダクトとバラストタンクの境界位置として当該タンク内のバラスト水による圧力を求めること。

4.4.2.3 内圧

-1. 二重船殻の要件にあつては、**表 4.4.2-2** の規定に基づき、ばら積乾貨物による内圧又は液体積載物による内圧を考慮しなければならない。

-2. 前-1.において考慮するばら積貨物の質量は、次の(1)から(2)によらなければならない。なお、いずれの場合においてもハッチコーミング上端まで貨物を積載するものと仮定し、当該質量を貨物倉の容積 (**1編 4.6.2.6** に規定する V_{Full}) で除して貨物密度を求めて差し支えない。

- (1) 積付パターン $S2$: **1編 4.6.2.6** に規定する M_{HD}
- (2) 積付パターン $S3$ 及び $S7$: **1編 4.6.2.6** に規定する M_{Full} 及び M_H のうち大きいほうの値

-3. 前-1.にあつて、積付パターン $S6$ ではバラスト兼用倉及びバラストタンクに積載するバラスト水による内圧を考慮しなければならない。

4.4.2.4 垂直曲げモーメント

-1. 二重船殻の要件にあつては、**4.4.2.1-2** に規定する静水中垂直曲げモーメント及び等価設計波における波浪中垂直曲げモーメントを考慮しなければならない。

-2. 各等価設計波で考慮する波浪中垂直曲げモーメントは **1編 4.6.2.10** によらなければならない。

4.4.3 港内状態

4.4.3.1 一般

二重船殻の要件にあつては、**表 4.4.3-1** に規定する荷重を考慮しなければならない。

表 4.4.3-1. 港内状態で考慮すべき荷重

評価対象構造		積付パターン			考慮する内外圧差 (kN/m^2)
		喫水 (m)	港内時垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$)	考慮する積載物	
二重底	P1	$T_{P-min}^{(1)}$	$\max(M_{PT_min} , M_{PT_max})$	ばら積乾貨物	二重底 : P_{DB} 二重船側 : P_{DS}
	P2	$T_{P-max}^{(2)}$	$\max(M_{PT_min} , M_{PT_max})$	0	
二重船側	P3	$T_{P-min}^{(1)}$	$\max(M_{PT_min} , M_{PT_max})$	ばら積乾貨物	
	P4	$T_{P-max}^{(2)}$	$\max(M_{PT_min} , M_{PT_max})$	0	
(備考)					
(1) ローディングマニュアルに記載される港内時の積付状態のうち、計画最小喫水 (m)					
(2) ローディングマニュアルに記載される港内時の積付状態のうち、計画最大喫水 (m)					

4.4.3.2 外圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.4.3-2.の規定に基づいた静水圧を考慮しなければならない。

表 4.4.3-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象構造		P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾
二重底	P1	$P_{exs} - P_{bs}$	$P_{exs} - P_{bs}$
	P2	P_{exs}	P_{exs}
二重船側	P3	$P_{exs} - P_{bs}$	$P_{exs} - P_{bs}$
	P4	P_{exs}	P_{exs}
(備考)			
P_{exs} : P_{DB} の場合、船底外板に作用する静水圧 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、船側外板に作用する静水圧 (kN/m^2)。それぞれにつき、1編 4.6.2.4に基づき算出する。			
P_{bs} : P_{DB} の場合、内底板に作用するばら積乾貨物の静圧 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、縦通隔壁に作用するばら積乾貨物の静圧 (kN/m^2)。それぞれにつき、1編 4.6.2.6に基づき算出する。			
(1) 全ての積付パターンにおいて、各成分の荷重 (P_{exs} 等) を算出する際の荷重計算点は1編 7.3.1.5による。			

4.4.3.3 内圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.4.3-1.の規定に基づき、ばら積乾貨物による内圧を考慮しなければならない。なお、考慮するばら積貨物の質量は、1編 4.6.2.6に規定する M_{Full} とする。当該質量を貨物倉の容積(1編 4.6.2.6に規定する V_{Full})で除して貨物密度を求めること。

4.4.3.4 港内時垂直曲げモーメント

二重船殻の要件にあつては、4.4.3.1に規定する港内時垂直曲げモーメントを考慮しなければならない。

4.5 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.5.1 一般

4.5.1.1 一般

-1. 8章及び1編 8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重は、本 4.5の規定にもよらなければならない。

-2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.5.2の規定によらなければならない。

-3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.5.3の規定によらなければならない。

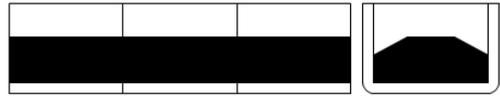
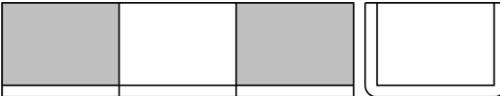
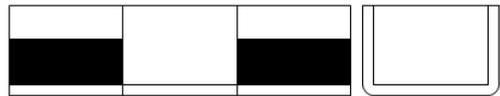
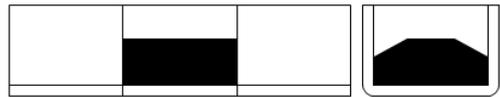
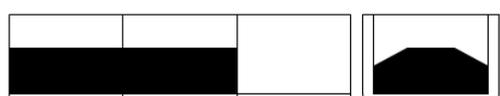
4.5.2 最大荷重状態

4.5.2.1 積付状態

-1. 1編 4.6.2.1の適用にあたって、均等満載積付状態及びバラスト状態のほか、高比重貨物を積載する積付状態、隔倉積状態、多港積荷・揚荷状態及びブロック積付状態を計画する船舶は、表 4.5.2-1.に規定する積付状態の中から該当する積付状態を考慮しなければならない。ただし、運航上許容しない積付状態に相当する積付パターンは考慮する必要はない。

-2. 前-1.の規定にかかわらず、ローディングマニュアルに記載される積付状態を追加で考慮するよう要求する場合がある。

表 4.5.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント M_{SV}	等価設計波
満載積付状態 (均等積)	S1		T_{SC}	$0.5M_{SV_min}^{(7)}$	HM-1 FM-1 BP-1P/S BR-1P/S
	S2		T_{SC}	$0.5M_{SV_min}^{(7)}$	HM-1 FM-1 BP-1P/S BR-1P/S
満載積付状態 (隔倉積・ ブロック積)	S3		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 FM-2 BP-1P/S BR-1P/S
	S4 ⁽²⁾		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 FM-2 BP-1P/S BR-1P/S
	S5		T_{SC}	0	HM-1 FM-1
	S6		T_{SC}	$M_{SV_max}^{(8)}$	HM-2 FM-2
$M_{SV_min}^{(9)}$				HM-1 FM-1	
バラスト状態	S7		T_{BAL}	$M_{SV_max}^{(8)}$	HM-2 FM-2 BP-1P/S BR-1P/S

	S8 ⁽³⁾		T_{BAL-H}	$M_{SV_min}^{(9)}$	HM-1 FM-1 BP-1P/S BR-1P/S
多港積荷・揚荷状態 ⁽¹⁾	S9		$T_{m1_min}^{(5)}$	$M_{SV_min}^{(8)}$	HM-1 FM-1 BP-1P/S BR-1P/S
	S10 ⁽⁴⁾		$T_{m2_max}^{(6)}$	$M_{SV_max}^{(9)}$	HM-2 FM-2 BP-1P/S BR-1P/S
<p>■ : ばら積乾貨物 (均等積付状態・その他の質量 : M_{Full}, 隔倉積状態の質量 : M_{HD})</p> <p>■ : 高比重貨物 (均等積付状態・その他の質量 : M_H, 隔倉積状態の質量 : M_{HD})</p> <p>▨ : バラスト水</p>					
<p>(8) X軸回りの環動半径 (m) は、$0.38B$とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。</p> <p>(9) 積付状態 S3 を考慮した強度評価を行う場合、BR-1P/S 及び BP-1P/S 波条件を省略して差し支えない。</p> <p>(10) バラスト兼用倉を強度評価する場合に限る。</p> <p>(11) 積付状態 S3 を考慮した強度評価を行う場合、本積付状態を省略して差し支えない。</p> <p>(12) ローディングマニュアルに記載される多港積荷・揚荷状態の積付状態のうち、積付状態 S9 に相当する積付状態における計画最小喫水 (m)。</p> <p>(13) ローディングマニュアルに記載される多港積荷・揚荷状態の積付状態のうち、積付状態 S10 に相当する積付状態における計画最大喫水 (m)。</p> <p>(14) 積付状態 S1 及び S2 において、$0.5M_{SV_min}$を下回る静水中垂直曲げモーメントが生じる場合はそのモーメントを考慮すること。</p> <p>(15) M_{SV_max}に代わって、考慮する積付状態において、消費タンク等を満載又は空にする等物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。</p> <p>(16) M_{SV_min}に代わって、考慮する積付状態において、消費タンク等を満載又は空にする等物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。</p>					

4.5.2.2 ハルガーダ荷重

1編 4.6.2.10 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは、4.5.2.1 の規定に従わなければならない。

4.5.3 港内状態

4.5.3.1 積付状態

1編 4.6.3.1 の適用にあたって、表 4.5.3-1.に規定する積付状態を考慮しなければならない。

表 4.5.3-1. 港内状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		$T_{P1-max}^{(1)}$	M_{PT-max}
				M_{PT-min}
	P2		$T_{P2-min}^{(2)}$	M_{PT-max}
				M_{PT-min}
	P3		$T_{P3-min}^{(3)}$	M_{PT-max}
				M_{PT-min}
	P4		$T_{P4-max}^{(4)}$	M_{PT-max}
				M_{PT-min}
: 表 4.5.2-1.による。				
(備考) (1) ローディングマニュアルに記載される港内状態の積付状態のうち、積付状態 P1 に相当する積付状態における計画最大喫水 (m) (2) ローディングマニュアルに記載される港内状態の積付状態のうち、積付状態 P2 に相当する積付状態における計画最小喫水 (m) (3) ローディングマニュアルに記載される港内状態の積付状態のうち、積付状態 P3 に相当する積付状態における計画最小喫水 (m) (4) ローディングマニュアルに記載される港内状態の積付状態のうち、積付状態 P4 に相当する積付状態における計画最大喫水 (m)				

4.5.3.2 ハルガーダ荷重

1 編 4.6.3.5 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する港内中垂直曲げモーメントは、4.5.3.1 の規定に従わなければならない。

4.6 疲労において考慮する荷重

4.6.1 一般

4.6.1.1 一般

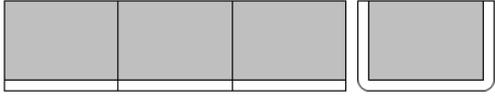
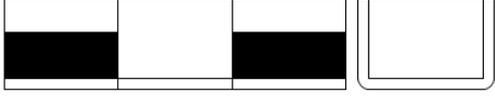
- 1. 9 章及び 1 編 9 章に規定する疲労強度評価において考慮する荷重は、本 4.6 の規定にもよらなければならない。
- 2. 繰返し荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.6.2 の規定によらなければならない。

4.6.2 繰返し荷重状態

4.6.2.1 積付状態

1 編 4.7.2.1 の適用にあたって、表 4.6.2-1.に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし、タンク配置の関係等で表 4.6.2-1.に規定する積付パターンと異なる場合は、ローディングマニュアルに記載される積付状態に基づいたパターンを考慮して差し支えない。

表 4.6.2-1. 繰返し荷重状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
満載積付状態 (均等積)	$FA1$		T_{SC}	考慮する積 付状態にお ける値	HM FM BR BP
満載積付状態 (隔倉積)	$FA2^{(1)}$		T_{SC}		
	$FA3^{(2)}$		T_{SC}		
バラスト状態	$FA4$		T_{BAL}		
	$FA5^{(3)}$		T_{BAL-H}		
<p>: 表 4.5.2-1.による。</p> <p>(備考)</p> <p>(1) 隔倉積状態を計画する船舶で、空倉を強度評価する場合に限る。</p> <p>(2) 隔倉積状態を計画する船舶で、積載倉を強度評価する場合に限る。</p> <p>(3) バラスト兼用倉を強度評価する場合に限る。</p>					

4.7 追加の構造要件において考慮する荷重

4.7.1 一般

4.7.1.1 一般

- 1. 10章及び1編10章に規定する追加の構造要件において考慮する荷重は、本4.7の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.7.2の規定によらなければならない。

4.7.2 最大荷重状態

4.7.2.1 スチールコイルによる荷重

スチールコイルを積載する船舶にあつては、2-5編4.4.2.1に規定するスチールコイル荷重を考慮しなければならない。

附属書 4.5 運航上積付状態と解析用積付状態の関係

An1. 一般

An1.1 一般

An1.1.1

-1. 本附属書は、解析用積付状態と運航上積付状態との関係を参考として規定するものである。

An2. 運航上積付状態と解析用積付状態

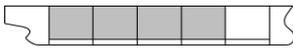
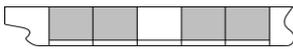
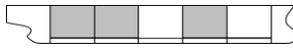
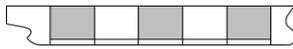
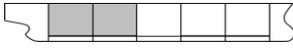
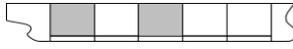
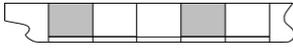
An2.1 運航上積付状態

An2.1.1

-1. 運航上積付状態とは、個船において設計上想定される全ての積付状態のことをいう。これはローディングマニュアルで規定されている全ての貨物エリア内各タンクの積付状態の組合せを意味する。ただし、ローディングマニュアルで直接的又は間接的に禁止されている状態（許容静水中垂直曲げモーメント、許容静水中垂直せん断力、喫水等から実質的に制限される状態）は除く。

-2. 5 ホールドを有するボックス型ばら積貨物船を評価する場合、各タンクの半載状態及び高比重貨物を積載する状態を考慮しなければ、考えられる運航上積付状態は [図 An1](#) に示す通りである。なお、高比重貨物を積載する場合及びバラスト兼用倉を満載としないバラスト状態がある場合は [図 An1](#) の運航上積付状態の積付パターンを流用し、解析用積付状態を選定して差し支えない。

図 An1 運航上積付状態の一例（5 ホールドを有するボックス型ばら積貨物船）

運航上積付状態	
Full load condition	
1 hold empty condition	
	
	
2 hold empty condition	
	
	
	
	
	
3 hold empty condition	
	
	

4 hold empty condition	
Ballast condition (Ballast tank/hold Full)	
Ballast condition (1 Ballast tank empty)	
Ballast condition (2 Ballast tank empty)	
Ballast condition (3 Ballast tank empty)	
Ballast condition (4 Ballast tank empty)	
Ballast condition (Ballast tank empty)	

An2.2 解析用積付状態

An2.2.1

-1. 解析用積付状態とは、**An2.1.1-1**の運航上積付状態に生じうる構造応答を適切に解析するために部分構造モデルを用いて再現した積付状態のことをいう。

An2.3 運航上積付状態と解析用積付状態の例

An2.3.1 一般

-1. **An1** に示すような 5 ホールドを有するボックス型ばら積貨物船の各運航上積付状態を評価する場合、ターゲットホールドに応じて、検討する解析用積付状態が異なる。評価対象が No.3 ホールドの場合及び No.4 ホールドの場合の解析用積付状態はそれぞれ **An2** 及び **An3** による。一般的に解析用積付状態は、ターゲットホールドに対して、貨物を満載にした状態、空倉にした状態、バラスト状態、高比重を積載する場合は、高比重を積載する状態を考慮する必要がある。

-2. **表 4.5.2-1.備考(8)**又は**(9)**の規定を考慮する場合は、**An2** 及び **An3** の該当する運航上積付状態を基に、消費タンクを含む各タンクを満載又は空にする等して、物理的に存在しうる最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを算出する必要がある。

-3. **An2** 及び **An3** の該当する運航上積付状態によらず、ローディングマニュアルに記載される積付状態であって船体構造に対して厳しいと考えられる積付状態は追加で考慮する必要がある。例えば、積載する貨物が数種類ある場合や、一時的に貨物倉にバラスト水を漲水する積付状態といった特殊な積付状態が候補として挙げられる。なお、選定した解析用積付状態がこれらの積付状態における船体構造強度を担保していれば省略して差支えない。

An2 No.3 貨物ホールドを評価する場合の解析用積付状態と運航上積付状態の関係

	解析用積付状態	解析用積付状態の基となる 運航上積付状態
S1		
S2		

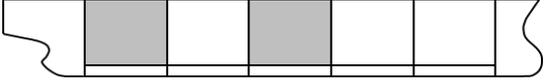
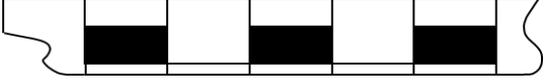
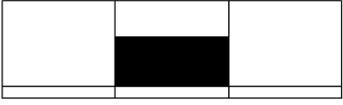
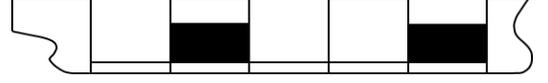
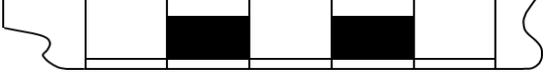
S3 S10		
S4		
S5		
S6		

<p>S7</p>		
<p>S8</p>		
<p>S9</p>		

<p> : ばら積乾貨物 : 高比重貨物 : バラスト水 </p>		

図 An3 No.4 貨物ホールドを評価する場合の解析用積付状態と運航上積付状態の関係

	解析用積付状態	解析用積付状態の基となる 運航上積付状態
S1		
S2		
S3 S10		

		
S4		
		
		
		
S5		
		
		
		
S6		
		
		
		
S7		

<p>S8</p>		
<p>S9</p>		
<p>■ : ばら積乾貨物 ■ : 高比重貨物 : バラスト水</p>		

An2.3.2 二重底タンクの取扱い

-1. バラスト状態を除く積付状態において、消費タンク等を満載又は空にする等物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で構造強度に対し最も厳しい組合せとなる積載状態を運航上積付状態から選定しなければならない。

An2.3.3 解析用積付状態と異なる積付状態の取扱い

-1. バラストタンクの境界位置が異なる、燃料油タンクが貨物倉解析モデル化範囲に配置されている、ターゲットホールド前後の貨物ホールドのサイズが大きく異なる等の理由により、**4.5.2** で要求する解析用積付状態を考慮することが適切とは言い難い場合、個船の事情を踏まえ、船体構造に対して厳しいと考えられる積付状態を考慮すること。

-2. 前-1.の適用にあたって、次の**(1)**から**(4)**の事項等について考慮すること。

- (1) 船底構造又は船側構造に作用する内圧と外圧の差分
- (2) 隔壁構造に作用する内圧
- (3) 喫水と積載物の関係
- (4) 静水中垂直曲げモーメント

5章 縦強度

5.1 曲げ振り強度

5.1.1 一般

5.1.1.1 適用

- 1. 次の(1)から(2)のいずれかに該当する船舶は、5.1.2に規定する曲げ振り強度評価を行わなければならない。
- (1) 船の中央部における倉口の幅が0.7Bを超える船舶
 - (2) 本会が必要と認める船舶
- 2. 本章の規定にかかわらず、本会が必要と認める船舶にあつては、直接荷重解析及び有限要素解析に基づく曲げ振り強度評価を要求する場合がある。

5.1.2 算式による曲げ振り強度評価

5.1.2.1 一般

算式による曲げ振り強度評価の手順は、次の(1)及び(2)による。

- (1) 荷重として、静水中垂直曲げモーメント、波浪中垂直曲げモーメント、波浪中水平曲げモーメント及び波浪中振りモーメントを考慮する。
- (2) 前(1)で考慮した荷重による各応力を重ね合わせるにより評価応力を求め、強度評価を行う。

5.1.2.2 垂直曲げ、水平曲げ及び振りモーメントによる応力の算出

垂直曲げモーメントによる応力、水平曲げモーメントによる応力及び振りモーメントによる応力は、次の(1)から(4)によらなければならない。

- (1) 静水中垂直曲げモーメントによる応力 σ_{SV} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

$$\sigma_{SV} = \frac{|M_{SV}|}{Z_{V-gr}} \times 10^3$$

M_{SV} : 1編 4.3.2.2 に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する静水中垂直曲げモーメント ($kN-m$)

Z_{V-gr} : 考慮する断面位置の強力甲板における船体垂直曲げに対する断面係数 (グロス寸法) (cm^3)

- (2) 波浪中垂直曲げモーメントによる応力 σ_{WV} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

$$\sigma_{WV} = \frac{M_{WV}}{Z_{V-gr}} \times 10^3$$

M_{WV} : 1編 4.3.2.3 に示すホギング及びサギングの荷重ケースに対する波浪中垂直曲げモーメント ($kN-m$)

Z_{V-gr} : 考慮する断面位置の強力甲板における船体垂直曲げに対する断面係数 (グロス寸法) (cm^3)

- (3) 波浪中水平曲げモーメントによる応力 σ_{WH} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

$$\sigma_{WH} = \frac{M_{WH1}}{Z_{H-gr}} \times 10^3$$

M_{WH1} : 4.2.2.2-1. に示す波浪中水平曲げモーメント ($kN-m$)

Z_{H-gr} : 考慮する断面位置の倉口側部における船体水平曲げに対する断面係数 (グロス寸法) (cm^3)

- (4) 波浪中振りモーメントによる応力 σ_{WT} (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

一般的な構造の場合は船体中央断面における寸法を用いて次の算式により算定する。なお、これ以外の値については本会の適当と認めるところによる。

$$\sigma_{WT} = 0.000318 \frac{\omega \ell_c M_{WT1}}{I_\omega + 0.04 \ell_c^2 J}$$

M_{WT1} : 4.2.2.2-1. に示す波浪中振りモーメント ($kN-m$)

$$\omega = \frac{B_1}{2} (D_1 - e_1) + \frac{d_1}{2} (D_1 + e_1)$$

$$D_1 = D_s - \frac{d_0}{2}$$

$$B_1 = B - d_1$$

$$e_1 = \frac{(3D_1 - d_1)d_1 t_{d-gr} + (D_1 - d_1)^2 t_{s-gr}}{3d_1 t_{d-gr} + 2(D_1 - d_1)t_{s-gr} + B_1 t_{b-gr}/3}$$

d_0 : 二重底の高さ (m) で、図 5.1.2-1. による。

d_1 : 二重船側の幅 (m) で、[図 5.1.2-1](#)による。

t_{d-gr} t_{s-gr} 及び t_{b-gr} : グロス寸法における甲板部、船側部及び船底部の平均板厚 (m) で[図 5.1.2-1](#)による。平均板厚の算出にあたっては、この範囲内に含まれる縦強度部材を含めて差し支えない。

l_c : 船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までの距離 (m)

$$I_\omega = B_1^2 \{d_1 t_{d-gr} l_d + (D_1 - d_1) t_{s-gr} l_s + B_1 t_{b-gr} l_b\}$$

$$l_d = (D_1 - e_1) \left[\frac{3}{2} (D_1 - e_1) - d_1 \right] + \frac{d_1^2}{3}$$

$$l_s = (D_1 - d_1) \left[\frac{1}{3} (D_1 - d_1) - e_1 \right] + e_1^2$$

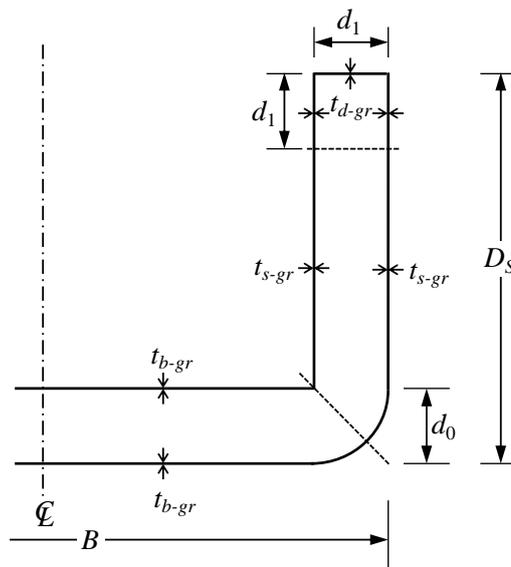
$$l_b = \frac{e_1^2}{6}$$

J : 次の算式による値。

$$J = \frac{2\{Bd_0 + 2(D_s - d_0)d_1\}^2}{\frac{3d_1}{t'_{d-gr}} + \frac{2(D_1 - d_1)}{t'_{s-gr}} + \frac{B_1}{t'_{b-gr}}}$$

t'_{d-gr} t'_{s-gr} t'_{b-gr} : グロス寸法における甲板部、船側部及び船底部の平均板厚 (m)。ただし、平均板厚の算出にあたっては、強力甲板、船側外板、船底外板、内底板及び縦通隔壁のみを用い、他の縦強度部材を含めてはならない。

図 5.1.2-1. 甲板部、船側部及び船底部の平均板厚



5.1.2.3 評価応力

評価応力 σ_T (N/mm^2) は、次の算式により算出しなければならない。

$$\sigma_T = \sqrt{(0.75\sigma_{WV})^2 + \sigma_{WH}^2 + \sigma_{WT}^2} + \sigma_{SV}$$

σ_{SV} : 静水中垂直曲げモーメントによる応力 (N/mm^2) で、[5.1.2.2\(1\)](#)による。

σ_{WV} : 波浪中垂直曲げモーメントによる応力 (N/mm^2) で、[5.1.2.2\(2\)](#)による。

σ_{WH} : 波浪中水平曲げモーメントによる応力 (N/mm^2) で、[5.1.2.2\(3\)](#)による。

σ_{WT} : 波浪中振りモーメントによるそり応力 (N/mm^2) で、[5.1.2.2\(4\)](#)による。

5.1.2.4 評価

船首隔壁から機関室前端の水密隔壁までの任意の断面位置において、評価応力 σ_T (N/mm^2) は、次の基準を満足しなければならない。

$$\sigma_T \leq \frac{175}{K}$$

5.2 縦曲げ最終強度

5.2.1 評価基準

5.2.1.1 二重底曲げ影響

1編 5.4.2.2 に規定する評価判定において、二重底曲げ影響を考慮する係数 γ_{DB} は、次による。

満載積付状態において空となるホールド： $\gamma_{DB} = 1.25$

その他のホールド： $\gamma_{DB} = 1.15$

6章 局部強度

6.1 特殊な貨物を積載する船舶

6.1.1 一般

6.1.1.1

分布荷重が作用するとみなせる貨物以外の貨物を積載する場合については、本 6.1 によらなければならない。

6.1.2 スチールコイルを積載する船舶

6.1.2.1 板及び防撓材

スチールコイルを積載船舶の板及び防撓材は、2-5 編 10.1 によらなければならない。

6.1.3 車両を積載する船舶（荷役時に車両を用いる場合も含む。）

6.1.3.1 板及び防撓材

- 1. 車両を積載する甲板及び内底板の板及び防撓材は、2-6 編 10.1 によらなければならない。
- 2. 荷役時にフォークリフトトラック等の車両を用い、板及び防撓材が車輪から集中荷重を受ける場合、板及び防撓材は、2-6 編 10.1 によらなければならない。

6.1.4 その他の特殊な貨物を積載する船舶

6.1.4.1

前 6.1.2 及び 6.1.3 以外の特殊な貨物を積載する船舶にあつては、それぞれの貨物による荷重の作用形態を考慮して、本会が適当と認める手法で評価しなければならない。

6.2 横隔壁

6.2.1 平板隔壁

6.2.1.1 隔壁防撓材

デッキガーダ直下にある隔壁防撓材は、2-5 編 10.3 によらなければならない。

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 適用

7.1.1.1

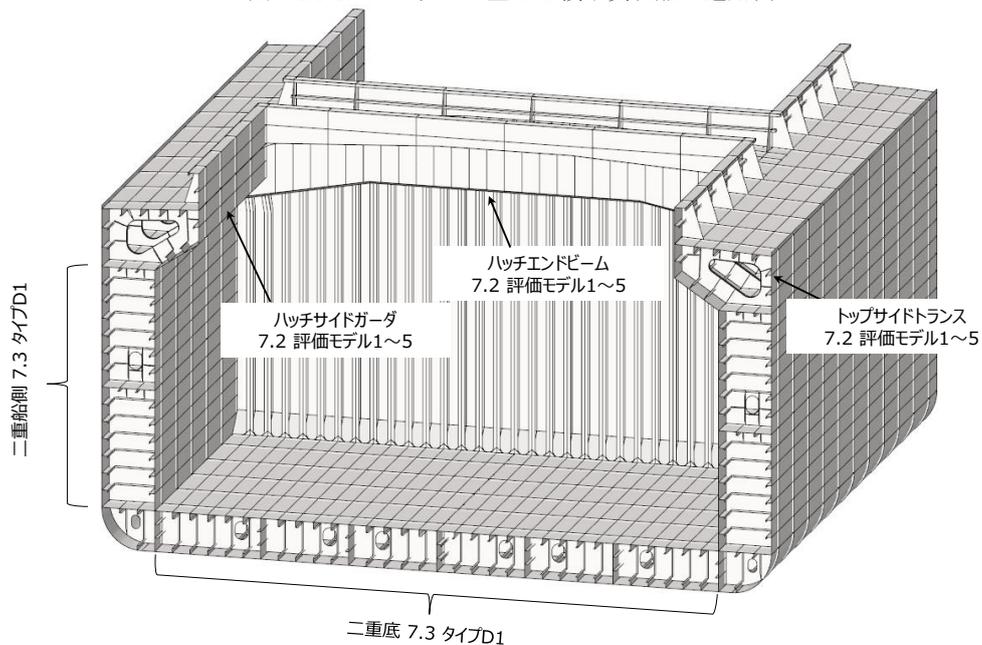
-1. 本章の規定は、船の長さ L_C が150 m未満の船舶に適用する。
 -2. 前-1.にかかわらず、甲板荷重及び青波荷重に対する甲板桁の強度評価は、本章の規定に従って行わなければならない。

-3. 二重底及び二重船側構造については、1編7.3に規定する二重船殻に関する要件を適用し、それ以外の単純桁と見なすことができる桁部材については、1編7.2に規定する単純桁に関する要件を適用しなければならない。

7.1.1.2 評価モデル適用例

-1. 1編7.2及び7.3を適用する際の評価モデルの適用例を図7.1.1-1.に示す。
 -2. 図7.1.1-1.に記載の無い構造であって、単純桁とみなせる桁部材については境界条件や作用荷重を考慮して1編表7.2.1-1.から評価モデルを適宜選択しなければならない。

図 7.1.1-1. ボックス型ばら積み貨物船の適用例



8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 概要

8.1.1.1 本章の構成及び概要

- 1. 本章は、ボックス型ばら積貨物船における貨物倉解析による強度評価の手法について規定する。
- 2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の概要及び適用等に関する追加要件
8.2	評価範囲及び評価対象部材	評価範囲及び評価対象部材に関する追加要件
8.3	構造モデル	構造モデルに関する追加要件
8.4	境界条件及び荷重条件	境界条件及び荷重条件に関する追加要件

8.1.2 適用

8.1.2.1 適用する船舶

1編 8.1.2.1-1.(2)に該当する貨物倉解析による強度評価が要求される船舶は、 L_c が 150 m 以上の船舶とする。

8.2 評価範囲及び評価対象部材

8.2.1 評価範囲

8.2.2.1 評価対象部材

1編 8.2.2.1 の適用にあたり、評価対象構造及び部材は次によらなければならない。

- (1) 二重底構造（船底外板、内底板、センターガーダ、サイドガーダ及びフロア）
- (2) 二重船側構造（船側外板、縦通隔壁、サイドストリング及びサイドトランス）
- (3) 隔壁構造
- (4) 甲板構造（強力甲板、クロスデッキ、ハッチコーミング等）
- (5) その他本会が必要と認める部材

8.3 構造モデル

8.3.1 一般

8.3.1.1 モデル化範囲

1編 8.3.1.1 を適用するにあたって、原則として、ターゲットホールドを中心に 3つの連続した貨物倉を再現し、全高及び全幅をモデル化しなければならない。

8.4 境界条件及び荷重条件

8.4.1 境界条件

8.4.1.1

1編 8.5.1 を適用するにあたって、表 8.4.1-1.の規定に従い、モデル両端を剛体結合及び点拘束した条件としなければならない。

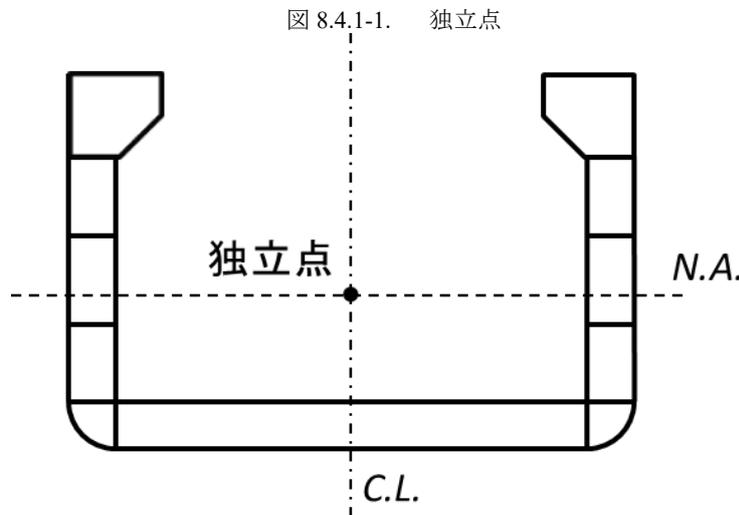
表 8.4.1-1. 境界条件

位置及び節点		並進方向			回転方向		
		X方向	Y方向	Z方向	X軸周り	Y軸周り	Z軸周り
後端	独立節点	NA	拘束	拘束	拘束	$-M_{V-end}$	$-M_{H-end}$
	従属節点	剛体結合で拘束					
前端	独立節点	拘束	拘束	拘束	拘束	$+M_{V-end}$	$+M_{V-end}$
	従属節点	剛体結合で拘束					

(備考)

(1) NAは拘束なし(自由)を意味する。

(2) M_{V-end} M_{H-end} : 垂直曲げ及び水平曲げ調整モーメントで, 8.4.2.2による。



8.4.2 荷重条件

8.4.2.1 考慮する荷重

1編 8.5.2 の適用にあたって, 4.5 に規定する追加要件も踏まえた荷重を考慮しなければならない。

8.4.2.2 構造モデルへのモーメント付与方法

-1. 1編 8.5.2 の適用にあたって, 8.4.1 に規定する境界条件及び解析ケースごとのモーメントの値を踏まえ, 次の(1)から(3)の規定に従い, ターゲットホールドに生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントを調整しなければならない。 M_{V-end}

(1) ターゲットホールドにおいて, ローカル荷重により生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの最大値及び最小値を次の算式により算出する。なお, ここで, ローカル荷重とは, 外圧, 内圧及び船殻重量等による荷重を指す。

$$M_{V-Max} = \max(M_{V-FEM}(x) | x_{th-a} \leq x \leq x_{th-f})$$

$$M_{V-Min} = \min(M_{V-FEM}(x) | x_{th-a} \leq x \leq x_{th-f})$$

$$M_{H-Max} = \max(M_{H-FEM}(x) | x_{th-a} \leq x \leq x_{th-f})$$

$$M_{H-Min} = \min(M_{H-FEM}(x) | x_{th-a} \leq x \leq x_{th-f})$$

ここで,

x_{th-a} x_{th-f} : ターゲットホールドの後端及び前端の X 座標 (m)

$M_{V-FEM}(x)$: 任意の位置 x におけるローカル荷重による垂直及び水平曲げモーメント (kN-m) で, 次の算式による。

$$M_{V-FEM}(x) = -(x - x_{aft})R_{V-aft} - \sum_i^{x_i < x} (x - x_i)f_{vi}$$

$$M_{H-FEM}(x) = (x - x_{aft})R_{H-aft} + \sum_i (x - x_i)f_{hi}$$

x : 位置 x の X 座標 (m)

x_{aft}, x_{fore} : 構造モデルの後端及び前端の X 座標 (m)

$R_{V-fore}, R_{V-aft}, R_{H-fore}, R_{H-aft}$: 構造モデルの前後端の支持点における垂直及び水平方向の反力 (kN) で、次の算式による。

$$R_{V-fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})f_{vi}}{x_{fore} - x_{aft}}$$

$$R_{V-aft} = -\sum_i f_{vi} - R_{V-fore}$$

$$R_{H-fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})f_{hi}}{x_{fore} - x_{aft}}$$

$$R_{H-aft} = -\sum_i f_{hi} - R_{H-fore}$$

f_{vi}, f_{hi} : 船長方向位置 x_i におけるローカル荷重の垂直方向成分及び水平方向成分 (kN)

x_i : 船長方向位置 x_i の X 座標 (m)

(2) 垂直曲げ調整モーメント及び水平曲げ調整モーメント M_{V-end} 及び M_{H-end} (kN-m) は、次による。

$M_{V-targ} \geq 0$ の場合, $M_{V-end} = M_{V-targ} - M_{V-max}$

$M_{V-targ} < 0$ の場合, $M_{V-end} = M_{V-targ} - M_{V-min}$

$M_{H-targ} \geq 0$ の場合, $M_{H-end} = M_{H-targ} - M_{H-max}$

$M_{H-targ} < 0$ の場合, $M_{H-end} = M_{H-targ} - M_{H-min}$

M_{V-targ}, M_{H-targ} : 表 8.4.2-1.に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント (kN-m) で、ターゲットホールド内における最大値又は最小値

(3) 前(2)により求めた調整モーメント M_{V-end} 及び M_{H-end} をモデル前後端の独立節点に負荷する。

表 8.4.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	最大荷重状態	港内状態	水圧試験状態	浸水状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}	$M_{PT\ max}$ 又は $M_{PT\ min}$	0	$M_{FD\ max}$ 又は $M_{FD\ min}$
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}	0	0	0

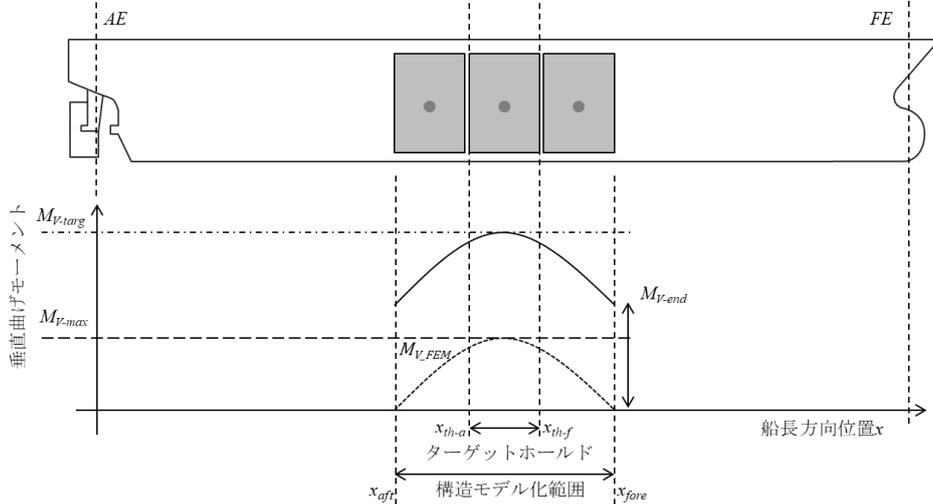
(備考)

M_{V-HG}, M_{H-HG} : 最大荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント (kN-m)

$M_{PT\ max}, M_{PT\ min}$: 港内時垂直曲げモーメント (kN-m)

$M_{FD\ max}, M_{FD\ min}$: 浸水時垂直曲げモーメント (kN-m)

図 8.4.2-1 垂直曲げモーメント調整の一例



-2. ターゲットホールドの船長方向長さが大きい、又は、当該ホールドに生じるローカル荷重によるモーメント分布形状と考慮するモーメント分布形状に乖離が見られる等の理由から、前-1.の規定を適用することによりターゲットホールド内に考慮すべきモーメントを超える横断面がある場合、当該横断面において、超過分のモーメントにより生じる応力を差し引くことができる。また、同様の理由等により、1編 4.3.2 に規定する垂直せん断力を超過するせん断力がターゲットホールド内に生じる場合、超過分のせん断力による影響は考慮する必要はない。

-3. 最前端貨物倉又は最後端貨物倉をターゲットホールドとして選定した場合、モーメントの調整方法及び境界条件は 2-8 編 8.4 の関連規定を準用することができる。 M_{V-end}

8.5 強度評価

8.5.1 降伏強度評価及び座屈強度評価

8.5.1.1 横波荷重における船側外板の強度評価

-1. 最大荷重状態のうち等価設計波 BR 及び BP に基づく荷重を考慮した強度評価において、船側外板上の防撓パネルの短辺方向座屈強度評価については、サイドトランス及び船側外板の曲げ変形による応力が支配的である場合、1編 8.6.2.1-1.の評価に代えて、1編 8.6.2.1-2.を適用することができる(表 8.5.1-1.参照)。

-2. 前-1.の適用にあたって、船側外板は1編 8.6.1 に規定する降伏強度評価を行う必要はない。

-3. 前-1.の適用にあたって、1編附属書 8.6A「隣接構造応答を考慮した強度評価」の An2.7 に規定する降伏強度評価及び座屈強度評価を行う際、次の(1)から(3)を評価対象外として差し支えない。

- (1) 剛性低下範囲上の防撓パネル
- (2) 前(1)に含まれる要素と節点を共有する要素を含むパネル
- (3) 前(1)及び(2)に含まれる要素

8.5.1.2 縦波荷重におけるクロスデッキの座屈強度評価

最大荷重状態のうち等価設計波 HM 及び FM に基づく荷重を考慮した強度評価において、横式に防撓されたクロスデッキ上の板パネルについては、次の条件を満たす場合、1編 8.6.2.1-1.の評価を行う必要はない(表 8.5.1-1.参照)。

- (1) 船体垂直曲げに起因して発生するクロスデッキ上の船長方向応力が、クロスデッキの船幅方向長さに対して十分狭い領域にのみ作用すること。
- (2) 縦式構造の上甲板に接するクロスデッキ上の板厚が、上甲板の板厚の 50%を超えていること。

8.5.1.3 平板横隔壁の強度評価

-1. 最大荷重状態を考慮した強度評価において、立て式に防撓された平板横隔壁上の板パネルの短辺方向座屈強度評価については、1編 8.6.2.1-1.の評価に代えて1編 8.6.2.1-2.を適用することができる(表 8.5.1-1.参照)。

-2. 前-1.の適用にあたって、当該横隔壁は1編 8.6.1 に規定する降伏強度評価を行う必要はない。

-3. 前-1.の適用にあたって、1編附属書 8.6A「隣接構造応答を考慮した強度評価」の An2.7 に規定する降伏強度評価及び座屈強度評価を行う際、次の(1)から(3)を評価対象外として差し支えない。

- (1) 剛性低下範囲上の板パネル
- (2) 前(1)に含まれる要素と節点を共有する要素を含むパネル
- (3) 前(1)及び(2)に含まれる要素

表 8.5.1-1. 1編と2編の適用の関係

条2	評価部材	最大荷重状態	
		等価設計波 <i>HM</i> 及び <i>FM</i>	等価設計波 <i>BR</i> 及び <i>BP</i>
8.5.1.1	剛性低下範囲内の 船側外板	<ul style="list-style-type: none"> 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1.の規定による。 	<ul style="list-style-type: none"> 1編附属書 8.6A の An2.2 から An2.6 を適用。 許容使用係数（座屈）：0.8 降伏強度評価は不要。
	その他 ⁽¹⁾		<ul style="list-style-type: none"> 1編附属書 8.6A の An2.7 を適用。 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1.の規定による。
8.5.1.2	クロスデッキ	<ul style="list-style-type: none"> 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：8.5.1.2 の規定による。 	<ul style="list-style-type: none"> 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1.の規定による。
8.5.1.3	剛性低下範囲内の 横隔壁 (立て式防撓構造)	<ul style="list-style-type: none"> 1編附属書 8.6A の An2.2 から An2.6 を適用。 許容使用係数（座屈）：0.8 降伏強度評価は不要。 	
	その他 ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> 1編附属書 8.6A の An2.7 を適用。 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1.の規定による。 	

(1) 等価設計波 *BR* 及び *BP* において 8.5.1.1 と 8.5.1.3 を同時に適用する場合、いずれの剛性低下範囲の部材は除く。

9章 疲労

9.1 一般

9.1.1 疲労要件の適用

9.1.1.1 適用

船の長さ L_C が150 m以上の船舶は、1編9.3の簡易応力解析及び1編9.4の有限要素解析により得られるホットスポット応力に基づき疲労強度評価を行わなければならない。

9.2 評価すべき構造詳細

9.2.1 有限要素解析で評価すべき構造詳細

9.2.1.1

- 1. 1編9.4に従って有限要素解析により疲労強度評価すべき重要な構造詳細は、表9.2.1-1による。
- 2. 前-1.にかかわらず、十分な疲労強度を有することを示す資料を本会に提出し、適当と認められた場合は、当該構造の疲労強度評価を省略することができる。

表 9.2.1-1. 船体構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	船体構造の重要な構造詳細
1	二重船側縦通隔壁と内底板の交差部
2	ボトムガーダ近傍の下部スツールと内底板との交差部
3	ハッチコーナ部
4	内底板/ビルジホップ斜板/下部スツールと波形隔壁との交差部
5	その他応力集中の大きい箇所

9.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.1 一般

9.3.1.1

- 1. 標準的な積付状態及び時間比率は、表9.3.1-1による。
- 2. 前-1.にかかわらず、表9.3.1-1以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.1-1. 標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (均等積)	25 %
満載積付状態 (隔倉積)	25 %
バラスト状態	50 %

9.4 境界条件及び荷重条件

9.4.1 境界条件

9.4.1.1

1編 9.4.4.1 の適用上、境界条件は、8.4.1.1 による。

9.4.2 荷重条件

9.4.2.1 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 9.4.4.2 の適用上、構造モデルへのモーメント付与方法は、8.4.2.2 による。ただし、 M_{V-targ} 、 M_{H-targ} は、表 8.4.2-1. に代えて表 9.4.2-1. に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) を用いる。

表 9.4.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	繰返し荷重状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}
(備考) M_{V-HG} , M_{H-HG} : 繰返し荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) で、 1編 4.7.2.10 による。	

9.5 詳細設計標準

9.5.1 ビルジホッパ斜板と二重船側縦通隔壁の交差部

9.5.1.1

-1. 最後端貨物倉におけるビルジホッパ斜板と二重船側縦通隔壁の溶接結合部に沿って防撓材を配置する場合は、次の(1)又は(2)によらなければならない。

- (1) 当該位置に配置する防撓材はサイドトランスを貫通させないこと。
- (2) 当該位置に配置する防撓材がサイドトランスを貫通する場合は、スロットを完全に塞ぐこと。

-2. 前-1.の規定に代えて、有限要素ホットスポット応力解析による疲労強度評価を行うこととして差し支えない。

10章 追加の構造要件

10.1 船底構造

10.1.1 二重底構造

10.1.1.1 ストラット

ストラットを設ける場合、ストラットは、平鋼又はバルブプレート以外の形鋼とし、船底及び内底板ロンジのウェブと十分にラップさせなければならない。

10.1.1.2 横隔壁下部スツール下の二重底構造

横隔壁下部スツール下の内底板、センターガーダ、サイドガーダ及び内底板ロンジは、前後貨物倉内のものを適当に延長して結合し、また、フロアは貨物倉内のものと同程度以上としなければならない。

10.1.2 排水装置

10.1.2.1 一般

- 1. 各貨物倉の後端には、原則として各舷に1個のビルジ吸引管を設けなければならない。
- 2. ビルジだめは、その蓋板に直接ばら積貨物が当たらない場所に設け、かつ、ビルジ吸引口が容易につまることのないようどろ除箱を設ける等、適当な方法を講じなければならない。
- 3. ビルジ管が二重底あるいはビルジホッパ内を通過する場合には、その開口端に逆止弁又はいつでも容易に近寄れる場所から閉鎖しうる止め弁を備えなければならない。

10.2 船側構造

10.2.1 ビルジホッパタンク

10.2.1.1 強度の連続性

ビルジホッパの前後端では、強度の連続性に十分注意しなければならない。

10.2.1.2 横桁

ビルジホッパタンク内の横桁の深さは、桁の長さの中間に有効な支材を設けるときは桁の全長の1/6（それ以外の場合は1/5）及びロンジを貫通させるためのスロットの深さの2.5倍のうち大きい方のもの以上としなければならない。

10.2.2 トップサイドタンク

10.2.2.1 強度の連続性

トップサイドタンクの前後端では、強度の連続性に十分注意しなければならない。

10.2.2.2 横桁

- 1. トップサイドタンク内の横桁の深さは、桁の長さの中間に有効な支材を設けるときは桁の全長の1/6（それ以外の場合は1/5）及びロンジを貫通させるためのスロットの深さの2.5倍のうち大きい方のもの以上としなければならない。
- 2. 甲板に重量物を積む場合には、桁板を適当に補強しなければならない。

10.2.2.3 大きなトップサイドタンク

- 1. トップサイドタンクが大きい場合は、その幅のほぼ中央に縦通ダイヤフラムを設ける等、特別な考慮を払わねばならない。
- 2. 縦通ダイヤフラムに縦通防撓材を設けるとき、防撓材の深さは $0.06l$ 以上としなければならない。ここで、 l は、縦通ダイヤフラムに設けられる防撓桁間の距離とする。ただし、縦通防撓材の端部をトリッピングブラケット等に固着する構造とする場合には、防撓材の深さを適当に減じて差し支えない。
- 3. 縦通ダイヤフラムに横防撓材を設ける場合は、縦通ダイヤフラムの厚さは座屈に対して十分なものとしなければならない。また、防撓材の深さは前-2.の規定によるものと同程度のものとしなければならない。

10.2.2.4 排水装置

トップサイドタンクの舷外直接排水管は、D編 13.4.1-6.及び-7.の規定によらなければならない。

10.3 隔壁構造

10.3.1 横隔壁

10.3.1.1 一般

- 1. 下部スツールのない横隔壁の最下部に用いる板の厚さは、内底板の厚さに応じて、適当に増さなければならない。
- 2. トップサイドタンク斜板が固着される箇所の隔壁板は、厚さを増す等適当に補強しなければならない。

10.3.2 横隔壁スツール

10.3.2.1 一般

- 1. 横隔壁下部スツール内には、二重底内のセンターガーダ及びサイドガーダの位置に防撓桁を設けなければならない。
- 2. 横隔壁下部スツール内の防撓桁は、貨物倉がバラストタンクに兼用される場合又は重い貨物を積載する場合には、ダイヤフラム構造とする等、特にせん断に対して十分なものとしなければならない。
- 3. 多港積荷・揚荷を計画する船舶で、横隔壁を立て式波形隔壁とする場合、本会が適当と認める上部スツールを設けなければならない。

10.4 甲板構造

10.4.1 ハッチエンドコーミング

10.4.1.1

ハッチエンドコーミングは、二重船側内又はトップサイドタンク内の防撓桁の位置に設けなければならない。やむを得ずハッチエンドコーミングを防撓桁の位置に設けることができない場合は、ハッチエンドコーミングとトップサイドタンクとの固着部の連続性を十分に考慮しなければならない。

10.5 グラブ荷役

10.5.1 一般

10.5.1.1 適用

船級符号に“Grab”を付記する船舶にあつては、本 10.5 によらなければならない。

10.5.2 内底板等の寸法

10.5.2.1 内底板

内底板の板厚は、次の算式による値以上としなければならない。ただし、ビルジウェル等グラブによる影響がない箇所を除く。

$$t = C \sqrt{\frac{b}{\sigma_Y}} \quad (mm)$$

C : 係数で $0.55\sqrt{L_C}$ とする。ただし、 C の値が 6.8 より小さい場合は、6.8 としなければならない。

L_C : 船の長さ (m)

σ_Y : 規格降伏応力 (N/mm^2)

b : 板パネルの短辺の長さ (mm)

10.5.2.2 ホッパ斜板及び縦通隔壁の板

ビルジホッパタンクの斜板及び縦通隔壁の板部材であつて、内底板最下部より高さ 1.5m の範囲の板厚は、次の算式による値以上としなければならない。

$$t = 0.75C \sqrt{\frac{b}{\sigma_Y}} \quad (mm)$$

C : 10.5.2.1 による。

σ_Y : 規格降伏応力 (N/mm^2)

b : 板パネルの短辺の長さ (mm)

10.6 その他

10.6.1 石炭を運搬する船舶に対する特別要件

10.6.1.1

石炭の運搬を目的とする船舶では、次の(1)から(3)に注意しなければならない。

- (1) 貨物倉と他の区画との間は、気密構造でなければならない。
- (2) トリミングハッチは、船楼及び甲板室の外部に設けることを推奨する。
- (3) 貨物倉内の換気は、暴露部に設けられた通風装置によらなければならない。

10.6.2 バラスト兼用倉に対する補足

10.6.2.1

貨物倉をバラストタンクとして使用する場合、バラストの動的荷重による衝撃を生じないように、原則として、航行中常時空倉又は満載とする必要がある。

10.6.3 運送許容水分値を超える含有水分値を持つ貨物を運送する船舶に対する特別要件

10.6.3.1

運送許容水分値を超える含有水分値を持つ貨物を運送する船舶の船体構造については、[2-3 編 10.5.1](#)の規定にもよらなければならない。

10.6.4 コンテナを積載する船舶

10.6.4.1 コンテナ積載に対する補強

コンテナ隅金具の下方の甲板には、桁板を設ける等、コンテナの荷重を有効に支持する構造としなければならない。

14章 艙装

14.1 コンテナ固縛設備

14.1.1 コンテナ固縛用金物

14.1.1.1

コンテナの固縛に用いる固縛用金物は、[2-1 編 14.2.1.1](#)の規定によらなければならない。

附属書 1.1 SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件

An1. 一般

An1.1 適用

An1.1.1

- 1. 本附属書は、**An1.2.1(1)**に規定するばら積貨物船に適用する。
- 2. 特に本附属書に規定するもののほかは、**2-2 編**、**2-3 編**、**2-4 編**、**2-5 編**及び船舶の構造及び艙装に関する一般規定であって個々の船舶の設計に該当するものを適用する。
- 3. **An2.**、**An3.**、**An4.**及び**An5.**の適用において、一部の貨物倉で満載喫水線における船側外板からの水平距離が $B/5$ 又は 11.5 m のいずれか小さい方の値以内の範囲に縦通隔壁を有する二重船側構造のばら積貨物船については、船側外板から縦通隔壁までの水平距離が規定値以下となる部分の貨物倉についてのみ浸水を仮定するものとする。

An1.2 定義

An1.2.1

本附属書における用語の定義は次による。

- (1) 「ばら積貨物船」とは、主として乾貨物をばら積みするよう計画された船舶（ローディングマニュアルに乾貨物のばら積みする積付状態が含まれる船舶）をいい、鉱石運搬船及び兼用船のような船舶も含む。
- (2) 「単船側構造のばら積貨物船」とは、**(1)**に定義されるばら積貨物船であって、**(3)**に定義される二重船側構造ばら積貨物船以外のものをいう。
- (3) 「二重船側構造のばら積貨物船」とは、**(1)**に定義されるばら積貨物船であって、船側構造を貨物倉の全長及び深さ方向の全域に亘り**(4)**に定義される二重船側とするものをいう。
- (4) 「二重船側」とは、船側外板及び二重底と甲板の間に設けられた縦通隔壁からなる構造配置を有する船側をいう。ビルジホップタンク及びトップサイドタンクが備えられる場合、これらは二重船側の一部とみなす。
- (5) 「ばら積貨物」とは、液体又は気体以外の物質であり、粒子、細礫又は更に大きな破片の組み合わせより成り、一般に均質な組成を有し、かつ、いかなる梱包形態も採られることなく船舶の貨物区域に直接積載されるものをいう。
- (6) 「ばら積貨物密度（ばら積密度）」(t/m^3)とは、**1 編 4.4.2.5**の関連規定にかかわらず、積付状態における貨物が占める体積（貨物粒間の空隙を含む。）に対するその時の貨物質量の割合のことをいう。
- (7) 「浸水率」とは、ある体積に対して海水が入り込むことのできる空隙の比率をいい、本附属書においては、貨物の種類に応じて**表 An1**に示す値を標準として用いて差し支えない。なお、**表 An1**に示す以外のものについては、本会の適当と認めるところによる。
- (8) 「安息角」とは、ばら積貨物の堆積表面が水平面となす角のことをいい、本附属書においては、貨物の種類に応じて**表 An2**に示す値を標準として用いて差し支えない。なお、**表 An2**に示す以外のものについては、本会の適当と認めるところによる。

表 An1 浸水率

貨物の種類	浸水率
鉄鉱石	0.3
セメント	0.3
石炭	0.3
空所	0.95

表 An2 安息角

貨物の種類	安息角
鉄鉱石	35°
セメント	25°
石炭	35°

An2. 損傷時復原性**An2.1 残存要件****An2.1.1**

-1. L_f が150 m以上、かつ、ばら積貨物密度が $1.0 t/m^3$ 以上の貨物を積載するばら積貨物船であって次のいずれかに該当するものにあつては、満載喫水線に対応するすべての積付状態において、いかなる一つの貨物倉が浸水した場合においても、次の-2.に規定する安定した平衡状態で残存することができなければならない。ただし、本会が必要と認める場合には、複数の貨物倉への浸水を仮定しなければならない。

- (1) 単船側構造のばら積貨物船
- (2) 二重船側構造のばら積貨物船であつて、満載喫水線における船側外板からの水平距離が $B/5$ 又は $11.5 m$ のいずれか小さい方の値以内の範囲に縦通隔壁を有するもの

-2. 浸水後の最終平衡状態において、次の規定を満足しなければならない。

- (1) 沈下量、横傾斜及び縦傾斜を考慮した水線が、浸水沈下を進行させる可能性のあるいかなる開口の下縁より下方になければならない。これらの開口には、空気管、通風筒並びに風雨密戸又はハッチカバーにより閉鎖される開口を含める。ただし、マンホール・カバー及び水平甲板口の装置により閉鎖される開口、水密ハッチカバー、遠隔操作できる水密滑り戸、単一動作又はこれと同等の動作で締付操作ができ、船橋及び当該戸のすべての操作場所において閉鎖状態が確認できる表示装置が備えられている航海中に通常は閉鎖されているヒンジ式水密戸、航海中は必ず閉鎖されているヒンジ式水密戸並びに固定式舷窓は除外して差し支えない。
- (2) 管、ダクト又はトンネルが損傷貫通の仮定範囲内にある場合には、各損傷状態で浸水すると仮定した区画から他の区画に浸水が広がらないような措置を講じること。
- (3) 浸水状態において、メタセンタ高さが正であること。
- (4) 復原力曲線は、平衡状態から少なくとも 20° の復原範囲を有し、かつ、 20° の範囲内で少なくとも $0.1 m$ の最大復原てこを有すること。この範囲内での曲線下の面積は $0.0175 m \cdot rad$ 以上とする。保護されていない開口は、当該区画が浸水すると仮定する場合を除き、この範囲内で水没しないこと。なお、「保護されていない開口」には、**1編 14.12.3.1-3**に従つて風雨密の閉鎖装置を備える通風筒であっても、運航上の理由から、機関室又は非常用発電機室（非常用発電機室は、復原性計算において浮力に算入されている場合又は下方に通じる開口を保護している場合）に給気を行うために開放しておく必要がある通風筒を含む。

-3. 前-1.にあつて、個々の積付状態について残存要件への適合確認を行うことに代えて、次に掲げる条件による積付状態について前-2.に規定する最終平衡状態を満足することを確認するものとして差し支えない。

- (1) 縦傾斜がないものと仮定し、満載喫水線まで積載していること。
- (2) 船体重心の鉛直位置を計算する場合、次を満足すること。
 - (a) 貨物が均等積みされている。
 - (b) 部分的に積載される区画を含むすべての貨物区画は、満載されているものとみなす。
 - (c) 夏期満載喫水で空の区画が存在する状態で主に運航される船舶にあつては、その積付状態における船体重心高さが前(b)に基づいて計算された船体重心の高さ以上である場合にのみ、当該区画は空とみなす。
 - (d) 消費用の液体及び貯蔵品を入れるために設けられたすべてのタンク及び区画は、その全容積が50%まで積載した状態として考慮する。各種液体に対し、少なくとも一対の横置又は単一の船体中心線タンクは最大自由表面を持ち、考慮すべきタンク又は一連のタンクは自由表面の影響が最大になるものと仮定する。残りのタンクは完全に空か又は満載のどちらかに仮定し、消費用の液体はキールの上方に重心の高さが最大となるように、当該タンクに配分する。
 - (e) 液体の比重は、表 An3 による。

-4. **規則 V編**の規定により指定を受ける乾舷が $B-60$ 型又は $B-100$ 型の船舶については、前-1.から-3.の規定に適合しているものとみなす。

表 An3 比重

液体の種類	比 重
海 水	1.025
清 水	1.000
C 重 油	0.950
A 重 油	0.900
潤 滑 油	0.900

An2.2 浸水率

An2.2.1

損傷を受けると仮定される区画の浸水率は、表 An4 によらなければならない。ただし、本会が適当と認める場合には、浸水率を表 An4 の値以外とすることができる。

表 An4 浸水率

区画	浸水率
積載倉	0.9
空倉	0.95

An3. 貨物倉内横置隔壁

An3.1 一般

An3.1.1

-1. 本 An3.の規定は、 L_f が 150 m 以上、かつ、ばら積貨物密度が $1.0 t/m^3$ 以上の貨物を積載するばら積貨物船であって次のいずれかに該当するものの貨物倉内横置立て式波形隔壁に適用する。

- (1) 単船側構造のばら積貨物船
- (2) 二重船側構造のばら積貨物船であって、満載喫水線における船側外板からの水平距離が $B/5$ 又は 11.5 m のいずれか小さい方の値以内の範囲に縦通隔壁を有するもの

-2. 本 An3.の規定において「均等積」とは、すべての貨物倉の貨物の最大積付率と最小積付率の比率がばら積貨物密度の違いを補正した上で 1.2 を超えないような、各貨物倉に貨物を均一に積み付けた状態をいう。

-3. 波形隔壁の寸法算定にあたっては、ローディングマニュアルに含まれる次の積付状態に基づき、貨物による荷重と貨物倉に浸水した場合の浸水による荷重の最も厳しい組合せを用いなければならない。また、いかなる場合も浸水水頭のみによる荷重によっても寸法算定を行わなければならない。ただし、最終的に均等積状態とする場合であって、多港積付／荷揚げの作業中に生じる一時的な不均等積付状態は考慮する必要はない。

- (1) 均等積状態
- (2) 不均等積状態

-4. 本 An3.の適用にあつて、ばら積貨物ではなく束ねられた貨物（スチールコイル等）を積載する貨物倉は、空倉として考慮しなければならない。

-5. 波形隔壁の寸法算定にあたっては、腐食予備厚を含まない要求板厚（以下「ネット板厚」という） t_{net} を用いなければならない。なお、実構造寸法は、ネット板厚 t_{net} に腐食予備厚 3.5 mm を加えたもの以上としなければならない。

-6. 不均等積状態で鉄鉱石又はばら積密度が $1.78 t/m^3$ 以上の貨物を輸送する船舶以外にあつては、貨物倉内最大貨物重量をセンターライン上の上甲板レベルまで貨物を満載したものとして、An3.2 の波形隔壁に作用する圧力及びび力を求めなければならない。

-7. 船の長さ L_C が 190 m 以上の船舶にあつては、隔壁には、下部スツール及び一般的には上部スツールを設けなければならない。なお、船の長さ L_C が 190 m 未満の船舶にあつては、波形隔壁が、内底板から甲板まで亘っても差し支えない。

An3.2 荷重条件

An3.2.1

-1. 浸水水位 z_F (m) は、船体のトリムがない状態における基線からの垂直距離で、表 An5 によらなければならない。

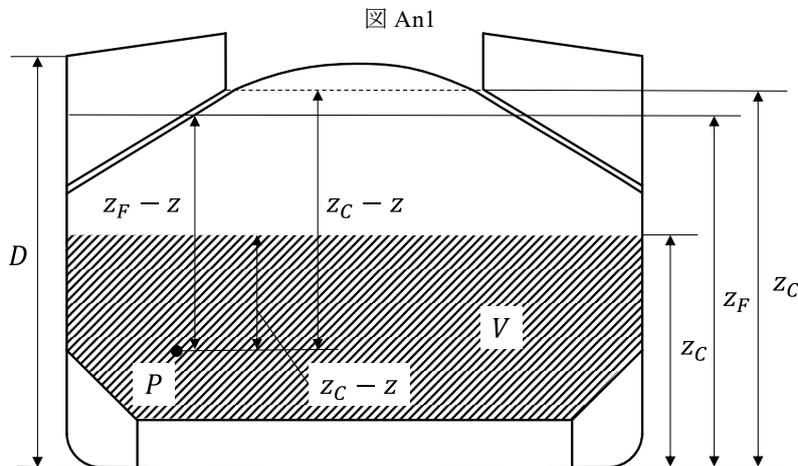
表 An5 立て式波形横隔壁の浸水水位 z_F (m)

ばら積貨物船の種類	積付状態	立て式波形横隔壁の位置	
		最前端貨物倉の後部横隔壁	左記以外
一般船舶	不均等積状態で貨物密度が 1.78 ton/m^3 より小さい貨物を搭載する場合	$z_F = 0.95D$	$z_F = 0.85D$
	その他の場合	$z_F = D$	$z_F = 0.9D$
載貨重量 $50,000 \text{ t}$ 未満の B 型乾舷を有する船舶	不均等積状態で貨物密度が 1.78 ton/m^3 より小さい貨物を搭載する場合	$z_F = 0.9D$	$z_F = 0.8D$
	その他の場合	$z_F = 0.95D$	$z_F = 0.85D$

-2. ばら積貨物を積載した場合であって、浸水していない貨物倉の波形隔壁に作用する圧力 P_{bs} (kN/m^2) 及び力 F_{bs} (kN) は、表 An6 によらなければならない。

表 An6 ばら積貨物により波形隔壁に作用する圧力 P_{bs} 及び力 F_{bs}

波形隔壁の各点にかかる圧力 P_{bs} (kN/m^2)	$P_{bs} = \rho_c g K_{c-f} (z_C - z)$
波形隔壁に作用する力 F_{bs} (kN)	$F_{bs} = \rho_c g S_1 \frac{(z_C - h_{DB} - h_{LS})^2}{2} K_{c-f}$
(備考) ρ_c : ばら積貨物密度 (t/m^3) K_{c-f} : 係数で、次の算式による。 $K_{c-f} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\psi}{2} \right)$ ψ : 表 An2 による。 z_C : 基線から貨物体積を水平にならしたと想定した貨物の積付高さまでの距離 (m) (図 An1 参照) h_{DB} : 二重底の高さ (m) S_1 : 波形隔壁のスペース (m) h_{LS} : 内底板からの下部スツールの高さ (m)	



V: 貨物体積, P: 計算点

-3. ばら積貨物を積載した貨物倉の浸水状態における波形隔壁に作用する圧力及び力は、貨物倉の浸水水位 z_F 及び各貨物倉における貨物高さ z_C の関係から、次の(1)から(2)における2つの異なる浸水パターンを考慮しなければならない。浸水状態における立て式波形横隔壁に作用する静圧 P_{bf-s} (kN/m^2) 及び横隔壁の波形構造に作用する力 F_{bf-s} (kN) は、それぞれ表 An7 及び表 An8 によること。

- (1) 浸水水位が貨物の上面よりも低い状態 ($z_C > z_F$)
- (2) 浸水水位が貨物の上面よりも高い状態 ($z_C \leq z_F$)

表 An7 浸水状態における貨物倉の立て式波形横隔壁に作用する静圧 P_{bf-s}

浸水パターン	荷重点の位置	静圧 P_{bf-s} (kN/m^2)
$z_F < z_C$	$z > z_C$	$P_{bf-s} = 0$
	$z_C \geq z \geq z_F$	$P_{bf-s} = \rho_C g (z_C - z) K_{c-f}$
	$z_F > z \geq h_{DB}$	$P_{bf-s} = \rho g (z_F - z) + [\rho_C (z_C - z) - \rho (1 - perm)(z_F - z)] g K_{c-f}$
$z_F \geq z_C$	$z > z_F$	$P_{bf-s} = 0$
	$z_F \geq z \geq z_C$	$P_{bf-s} = \rho g (z_F - z)$
	$z_C > z \geq h_{DB}$	$P_{bf-s} = \rho g (z_F - z) + [\rho_C - \rho (1 - perm)] g (z_C - z) K_{c-f}$
(備考)		
z_F : 表 An5 の規定による。		
$z_C, h_{DB}, \rho_C, K_{c-f}$: 表 An6 の規定による。		
$perm$: An1.2.1(7) の規定による。		

表 An8 浸水状態における貨物倉の立て式波形横隔壁に作用する力 F_{bf-s}

浸水ケース	力 F_{bf-s} (kN)
$z_F < z_C$	$F_{bf-s} = S_1 \left[\rho_C g \frac{(z_C - z_F)^2}{2} K_{c-f} + \frac{\rho_C g (z_C - z_F) K_{c-f} + P_{bf-s-LE}}{2} (z_F - h_{DB} - h_{LS}) \right]$
$z_F \geq z_C$	$F_{bf-s} = S_1 \left[\rho g \frac{(z_F - z_C)^2}{2} + \frac{\rho g (z_F - z_C) + P_{bf-s-LE}}{2} (z_C - h_{DB} - h_{LS}) \right]$
(備考)	
z_F : 表 An5 の規定による。	
$z_C, h_{DB}, \rho_C, K_{c-f}, h_{LS}, S_1$: 表 An6 の規定による。	
$P_{bf-s-LE}$: $z = h_{LS} + h_{DB}$ の場合に表 An7 により算定する静圧 (kN/m^2)	

-4. 空倉となる貨物倉の波形隔壁に作用する圧力 P_f (kN/m^2) 及び力 F_f (kN) は、表 An9 によらなければならない。

表 An9 浸水時において空倉の波形隔壁に作用する圧力 P_f 及び力 F_f

波形隔壁の各点にかかる圧力 P_f (kN/m^2)	$P_f = \rho g (z_F - z)$
波形隔壁に作用する力 F_f (kN)	$F_f = S_1 \rho g \frac{(z_F - h_{DB} - h_{LS})^2}{2}$
(備考)	
z_F : 表 An5 の規定による。	
z_C, h_{DB}, h_{LS}, S_1 : 表 An6 の規定による。	

-5. 浸水状態における立て式波形横隔壁に作用する全圧及び合力として、表 An10 に規定する隔壁の各点に作用する全圧 P_R (kN/m^2) 及び波形構造に作用する合力 F_R (kN) を用いなければならない。

表 An10 浸水状態において立て式波形横隔壁に作用する全圧 P_R 及び合力 F_R

積付状態	全圧 P_R (kN/m^2)	合力 F_R (kN)
均等積状態	$P_R = P_{bf-s} - 0.8P_{bs}$	$F_R = F_{bf-s} - 0.8F_{bs}$
不均等積状態	$P_R = P_{bf-s}$	$F_R = F_{bf-s}$
(備考)		
P_{bf-s} : 表 An7 の規定による。		
P_{bs} : 表 An6 の規定による。		
F_{bf-s} : 表 An8 の規定による。		
F_{bs} : 表 An6 の規定による。		

An3.3 波形隔壁の寸法算定上の曲げモーメント及びせん断力**An3.3.1**

- 1. 波形隔壁の設計上の曲げモーメント M は、次の算式による値とする。

$$M = \frac{F_R \ell}{8} \quad (kN\cdot m)$$

F_R : An3.2.1-5.による

ℓ : 図 An2(a)及び図 An2(b)による波形隔壁のスパン (m)

- 2. 波形隔壁の下端部におけるせん断力 Q は、次の算式による値とする。

$$Q = 0.8F_R \quad (kN)$$

F_R : An3.2.1-5.による

An3.4 強度基準**An3.4.1**

- 1. 波形隔壁の下端部における断面係数を算定するに当たっては、次を考慮しなければならない。

- (1) 断面係数は、波形隔壁の圧縮側の面材部が次の算式による有効幅 B_{ef} (m) を超えないとして算定しなければならない。

$$B_{ef} = C_e a \quad (m)$$

$$C_e = \frac{2.25}{\beta} - \frac{1.25}{\beta^2} \quad (\beta > 1.25)$$

$$1.0 \quad (\beta \leq 1.25)$$

$$\beta = \frac{a}{t_f} \sqrt{\frac{\sigma_F}{E}} \times 10^3$$

t_f : 面材部のネット板厚 (mm)

a : 波形隔壁の面材部の幅 (m) (図 An2(a)参照)

σ_F : 使用鋼材の降伏応力 (N/mm^2)

- (2) 波形隔壁下端部のウェブがスツール頂板(又は内底板下)に設けられたブラケットで支持されていない場合、断面係数は波形隔壁のウェブの30%を有効として算定しなければならない。

- (3) An3.5.1-5.による有効なシェダープレート(図 An3(a)及び図 An3(b)参照)が取付けられている場合には、波形隔壁下部(図 An3(a)及び図 An3(b)の断面(1)参照)の断面係数の算定において、面材部の断面積に次の算式による値を増して差し支えない。ただし、 $2.5at_f$ を超えてはならない。

$$2.5a\sqrt{t_f t_{sh}} \quad (cm^2)$$

a : 波形隔壁の面材部の幅 (m) (図 An2(a)参照)

t_{sh} : シェダープレートのネット板厚 (mm)

t_f : 面材部のネット板厚 (mm)

- (4) An3.5.1-6.による有効なガセットプレートが取付けられている場合(図 An4(a)及び図 An4(b)参照)の波形隔壁下端部(図 An4(a)及び図 An4(b)の(1)参照)の断面係数の算定において、面材部の断面積に、次の算式による値を増して差し支えない。

$$7h_g t_f \quad (cm^2)$$

h_g : ガセットプレートの高さ (m)。ただし、 $10S_{gu}/7$ を超えてはならない。(図 An4(a)及び図 An4(b)参照)

S_{gu} : ガセットプレートの幅 (m)

t_f : 面材部のネット板厚 (mm)

(5) 波形隔壁のウェブが、水平面に対して 45°以上の傾斜角であるスツール頂板に溶接される場合 (図 An4(b)参照) には、波形隔壁の断面係数の算定において波形隔壁のウェブをすべて有効としてよい。なお、傾斜角が 45°未満でスツール頂板と溶接される場合には、そのウェブの有効幅は、取付けられるスツールの傾斜角が 0°のとき 30%、45°のときを 100%有効として、スツールの傾斜角に応じて補間しなければならない。また、有効なガセットプレートが設けられている場合には、断面係数の算定において、面材部の断面積は前(4)によって増して差し支えない。シェダープレートのみの場合にはこれを考慮してはならない。

-2. An3.5.1-5.及び An3.5.1-6.に規定するシェダープレート及びガセットプレートが設けられている場合、波形隔壁の下端部の断面係数 Z'_{le} は、次の算式による Z'_{le} を超えてはならない。

$$Z'_{le} = Z_g + \frac{Qh_g - 0.5h_g^2 S_1 P_g}{\sigma_a} \times 10^3 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Z_g : シェダープレートあるいはガセットプレートが取付けられている断面における次の-3.に基づく波形隔壁の断面係数 (cm³)

Q : An3.3.1-2.により与えられるせん断力 (kN)

h_g : シェダープレート又はガセットプレートの高さ (m) (図 An3(a), 図 An3(b), 図 An4(a)及び図 An4(b)参照)

S_1 : An3.2.1-2.による。

P_g : シェダープレートあるいはガセットプレート高さの中間点における An3.2.1-5.による圧力 (kN/m²)

σ_a : 隔壁下端部の使用鋼材の降伏応力 (N/mm²)

-3. 前-1.及び-2.に規定する隔壁下端部以外の隔壁中央部の断面係数 Z_m は、波形隔壁のウェブがすべて有効であるものとし、また、圧縮側の面材部は前-1.による面材部の有効幅 b_{ef} を超えないとして算定しなければならない。

-4. 波形隔壁は、次の算式による曲げ容量を満足しなければならない。

$$\frac{M}{0.5Z_{le}\sigma_{a,le} + Z_m\sigma_{a,m}} \times 10^3 \leq 0.95$$

M : An3.3.1-1.により与えられる曲げモーメント (kN-m)

Z_{le} : 前-1.により算定される波形隔壁の下端部における断面係数 (cm³)

Z_m : 前-3.により算定される波形隔壁のスパン中央部における断面係数 (cm³)。ただし、いかなる場合でも Z_m は、 Z_{le} を 1.15 倍したものを超えてはならない。

$\sigma_{a,le}$: 隔壁下端部の使用鋼材の降伏応力 (N/mm²)

$\sigma_{a,m}$: 隔壁のスパン中央部の使用鋼材の降伏応力 (N/mm²)

-5. 波形隔壁に働くせん断応力は、次の算式を満足しなければならない。(図 An2(a)参照)

$$\tau_a \geq \frac{Q \times 10^3}{A_w \sin \phi} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

τ_a : $0.5\sigma_F$ (N/mm²)

σ_F : 使用鋼材の降伏応力 (N/mm²)

Q : An3.3.1-2.に規定するせん断力 (kN)

A_w : 波形隔壁下端部ウェブの断面積 (mm²)

ϕ : ウェブと面材部とがなす角度

-6. 波形隔壁端部のウェブの座屈強度は、ウェブに働くせん断応力が許容せん断応力 τ_c 以下になるように次の算式を満足しなければならない。

$$\tau_E \leq \frac{\tau_F}{2} \text{ のとき } \tau_c = \tau_E \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\tau_E > \frac{\tau_F}{2} \text{ のとき } \tau_c = \tau_F \left(1 - \frac{\tau_F}{4\tau_E} \right) \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\tau_F = \frac{\sigma_F}{\sqrt{3}}$$

σ_F : 使用鋼材の降伏応力 (N/mm²)

$$\tau_E = 0.9k_t E \left(\frac{t}{1000c} \right)^2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

k_t : 座屈係数 6.34

t : 波形隔壁のウェブのネット板厚 (mm)

c : 波形隔壁のウェブの幅 (m) (図 An2(a)参照)

-7. 波形隔壁のネット板厚 t は、次の算式を満足しなければならない。

$$t = 14.9S_w \sqrt{\frac{1.05P}{\sigma_F}} \quad (\text{mm})$$

S_w : 波形隔壁の面材部又はウェブの幅のうちいずれか大きい方に等しい板幅 (m) (図 An2(a)参照)

P : An3.2.1-5.による波形隔壁板の各条の底部における圧力 (kN/m^2)。最下部のネット板厚には、下部スツール頂部 (下部スツールがない場合は内底板) での、又はガセットプレート/シェダープレートが付いている場合にはシェダープレートの最上部での圧力を用いること。

σ_F : 使用鋼材の降伏応力 (N/mm^2)

なお、溶接構造の波形隔壁においては、面材部及びウェブの板厚が異なる場合、板幅の狭い方のネット板厚 t_n は、次の算式による値以上でなければならない。

$$t_n = 14.9S_n \sqrt{\frac{1.05P}{\sigma_F}} \quad (\text{mm})$$

S_n : 狭い方の板幅 (m)

幅の広い方のネット板厚 t_w は、次の算式の t_{w1} 及び t_{w2} より得られた値以上でなければならない。

$$t_{w1} = 14.9S_w \sqrt{\frac{1.05P}{\sigma_F}} \quad (\text{mm})$$

$$t_{w2} = \sqrt{\frac{440S_w^2 \times 1.05P}{\sigma_F} - t_{np}^2} \quad (\text{mm})$$

t_{np} : 板幅の狭い方のネット板厚及び t_{w1} のうちの小さい値 (mm)

An3.5 構造詳細

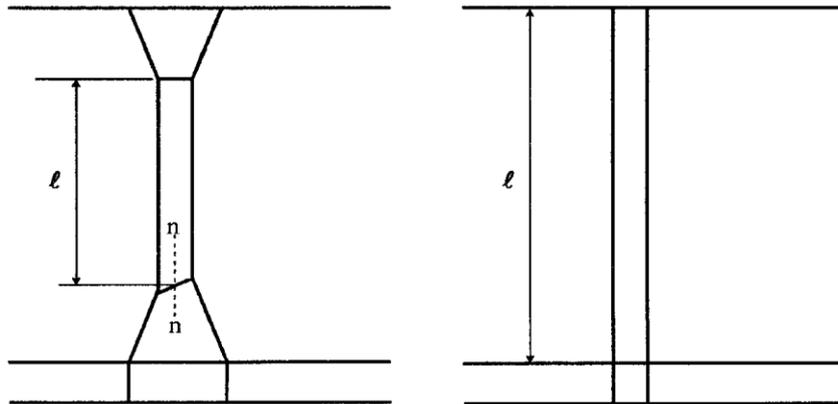
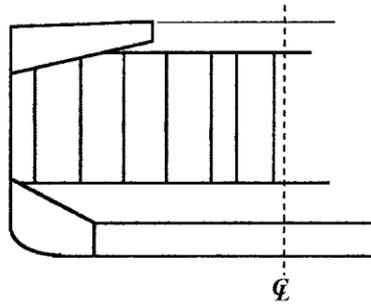
An3.5.1

- 1. 図 An2(a)に示される波形の角度 ϕ は 55° 以上でなければならない。
- 2. An3.4.1-1., -2., -4.及び-5.によって得られる波形隔壁下端部の板厚は、内底板又は下部スツール頂部から少なくともも上方に $0.15l$ まで延長されなければならない。
- 3. An3.4.1-3., -4.及び-5.によって得られる波形隔壁中央部の板厚は、上甲板又は上部スツール底部から少なくともも下方に $0.3l$ まで延長されなければならない。
- 4. 前-2.及び-3.以外の隔壁上部の断面係数は、前-3.で要求される断面係数の 75% 以上でなければならない。なお、使用する鋼材の降伏応力が異なる場合は、修正しなければならない。
- 5. 波形隔壁下端部にシェダープレートを設ける場合には、その有効性を確保するために、次を満足しなければならない。
 - (1) ナックルしていないこと。
 - (2) 片面溶け込み溶接、あるいはそれと同等の溶接法によって波形隔壁及び下部スツールの頂部に溶接する。
 - (3) 45° 以上の傾斜を有し、かつ、その下端部はスツール側板とスツール頂板との取合い部に対して同一面に取付ける。
 - (4) 板厚は、波形隔壁の面材部の板厚の 75% 以上であり、鋼種は波形隔壁の面材部と同等以上のものである。
- 6. 波形隔壁下端部にガセットプレートを設ける場合には、その有効性を確保するために、次を満足しなければならない。
 - (1) 前-5.によるシェダープレートと組み合わされたものとする。
 - (2) 高さは、波形隔壁の面材部の幅の半分以上とする。
 - (3) スツール側板とスツール頂板との取合い部に対して同一面に取付ける。
 - (4) 鋼種及び板厚は、波形隔壁のフランジに使用するものと同等以上のものとする。
 - (5) 下部スツールの頂板との固着は、完全溶け込み溶接又は十分な開先をとった溶接 (図 An6 参照) とし、波形隔壁とシェダープレートとの固着は、片面溶け込み溶接又は同等の溶接を行うこと。
- 7. 波形隔壁に下部スツールを設ける場合には、次を満足しなければならない。なお船の長さ L_C が $190m$ 未満の船舶にあっては、次の(1)及び(6)は、これを標準とする。
 - (1) スツールの高さは、一般に波形隔壁の深さの 3 倍以上とする。
 - (2) スツール頂板の板厚は、An3.4.1 によって要求される波形隔壁下端部の面材部の板厚以上とすること。また、使用する鋼種も波形隔壁下端部の面材部のものと同等以上とする。

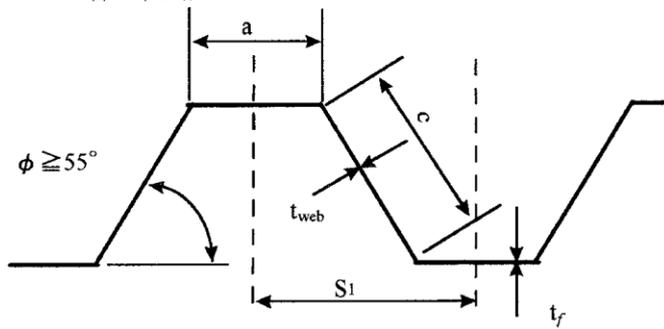
- (3) 波形隔壁の面材部の幅と同じ高さを持つスツール斜板最上部分の板厚は、**An3.4.1**によって要求される波形隔壁下端部の面材部の板厚以上とする。また、使用する鋼種も波形隔壁下端部の面材部のものと同等以上とする。
- (4) スツール斜板に立て式防撓材を設ける場合は、防撓材の端部は、スツール上端及び下端にブラケットを設け固着する。
- (5) スツール頂板の板耳の幅は、波形隔壁の面材部の板厚以上とする。(☒ **An5** 参照)
- (6) スツールの底部は、二重底フロアと取合うように設け、その長さ方向の幅は、波形隔壁の平均深さの 2.5 倍以上とする。
- (7) スツール内には二重底の縦桁板の位置にダイアフラムを設ける。
- (8) スツール内に設けるブラケット及びダイアフラムは、スツール頂板との取合い部においてスカラップを設けない。
- (9) 波形隔壁の面材及びウェブとスツール頂板との固着は、完全溶け込み溶接とする。また、スツール斜板とスツール頂板及び内底板との固着並びにスツール斜板直下の二重底フロアと内底板との固着は、完全溶け込み溶接又は十分な開先をとった溶接 (☒ **An6** 参照) とする。
- 8. 波形隔壁に上部スツールを設ける場合には、次を満足しなければならない。なお、船の長さ L_C が 190 m 未満の船舶にあつては、次の(1)及び(4)は、これを標準とする。
- (1) スツールの高さは、一般に波形隔壁の深さの 2 倍から 3 倍の高さとする。なお、方形スツールの場合は、ハッチサイドガータの位置において測った高さは、甲板から波形隔壁の深さの 2 倍の高さとする。
- (2) スツールは、隣接するハッチエンドビームとの間に縦桁又はディープブラケットを設け支持する。
- (3) スツール底板の幅は、一般には下部スツール頂板の幅と同じとする。
- (4) 台形スツール頂部の幅は、波形隔壁の深さの 2 倍以上とする。
- (5) スツール底板の板厚及び鋼種は、波形隔壁上端の面材部に要求されるものと同等以上とする。
- (6) スツール斜板の底部部分の板厚は、波形隔壁上端と同じ鋼種の場合には波形隔壁上端に要求される板厚の 80% 以上とする。
- (7) スツール斜板に立て式防撓材を設ける場合は、防撓材の端部は、スツール上端及び下端にブラケットを設け固着する。
- (8) スツール内には、ハッチエンドコーミングまで延長してある甲板縦桁の位置に膜板を設ける。
- (9) スツール内に設けるブラケット及び膜板は、スツール底板との取合い部においてスカラップを設けない。
- 9. 波形隔壁にスツールを設けない場合には、次を考慮しなければならない。
- (1) 上部スツールを設けない場合には、甲板の波形隔壁の面材部との取合い位置に 2 本の横桁を設ける。横桁の板厚及び材料は、波形隔壁の面材部に要求されるものと同等以上とし、桁の深さは、波形隔壁の深さの半分以上とする。
- (2) 下部スツールを設けない場合には、内底板の二重底フロアとの取合い位置に波形隔壁の面材部を設け、波形隔壁の面材及びウェブは完全溶け込み溶接、また、フロアは完全溶け込み溶接又は十分な開先をとった溶接 (☒ **An6** 参照) により内底板に固着する。また、そのフロアの板厚及び鋼種は、波形隔壁の面材部と少なくとも同等以上とする。
- (3) 前(2)の隔壁の面材部と取合う二重底フロアは、内底板縦通材が貫通するスロットをカラープレートで塞ぎ、互いに本会の適当と認める縦防撓材で固着する。
- 10. 局部の構造詳細は、波形隔壁に生じる力及びモーメントを隔壁周囲の船体構造、特に二重底及びクロスデッキ構造に伝達するものとしなければならない。

図 An2

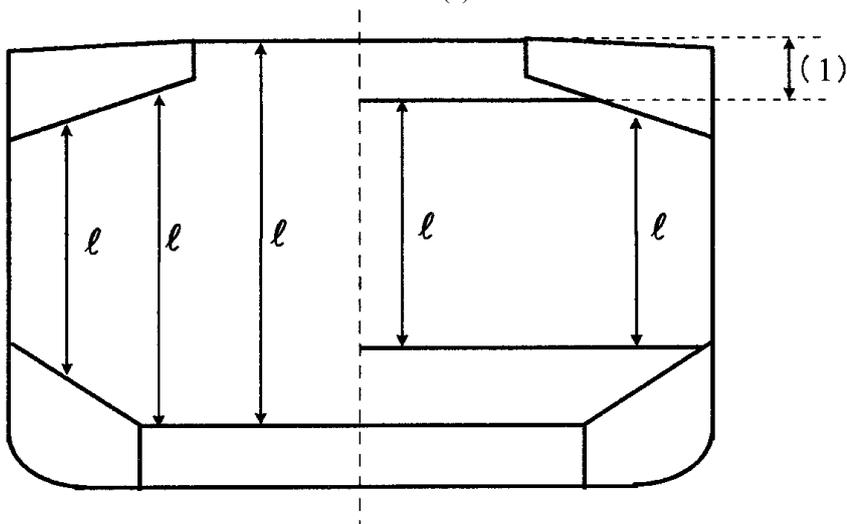
(a)



$n =$ コルゲーション部の中立軸



(b)



ℓ : 波形隔壁のスパン

上部スツールを設ける場合、 ℓ の上端は上部スツールの底板までとする。ただし、船体中心線における上甲板の位置から ℓ の定義上の上部スツール底板までの距離 (1) は、上部スツールの形状に応じて次の値以下にすること。

- (a) 一般的なスツールの場合：コルゲーション深さの3倍
- (b) 方形スツールとする場合：コルゲーション深さの2倍

図 An3

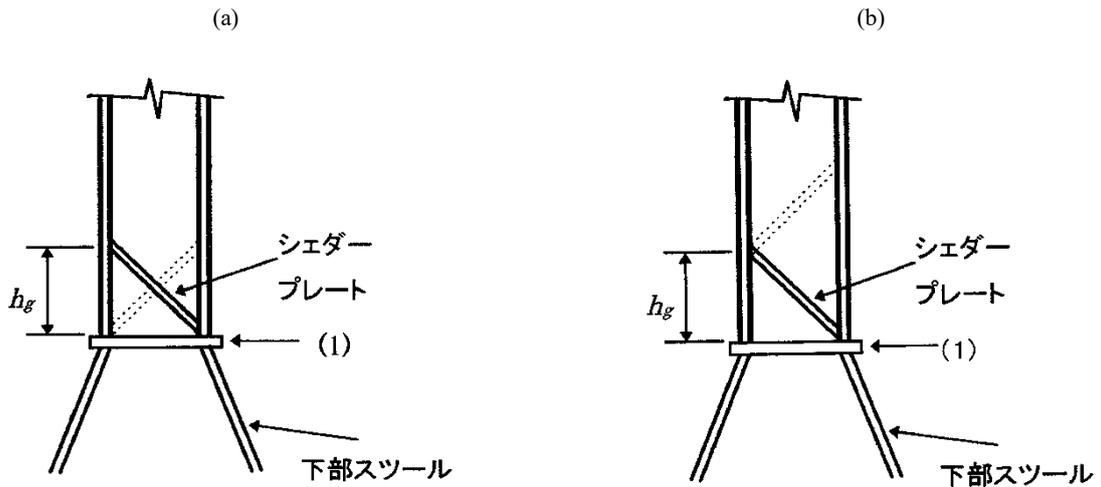


図 An4

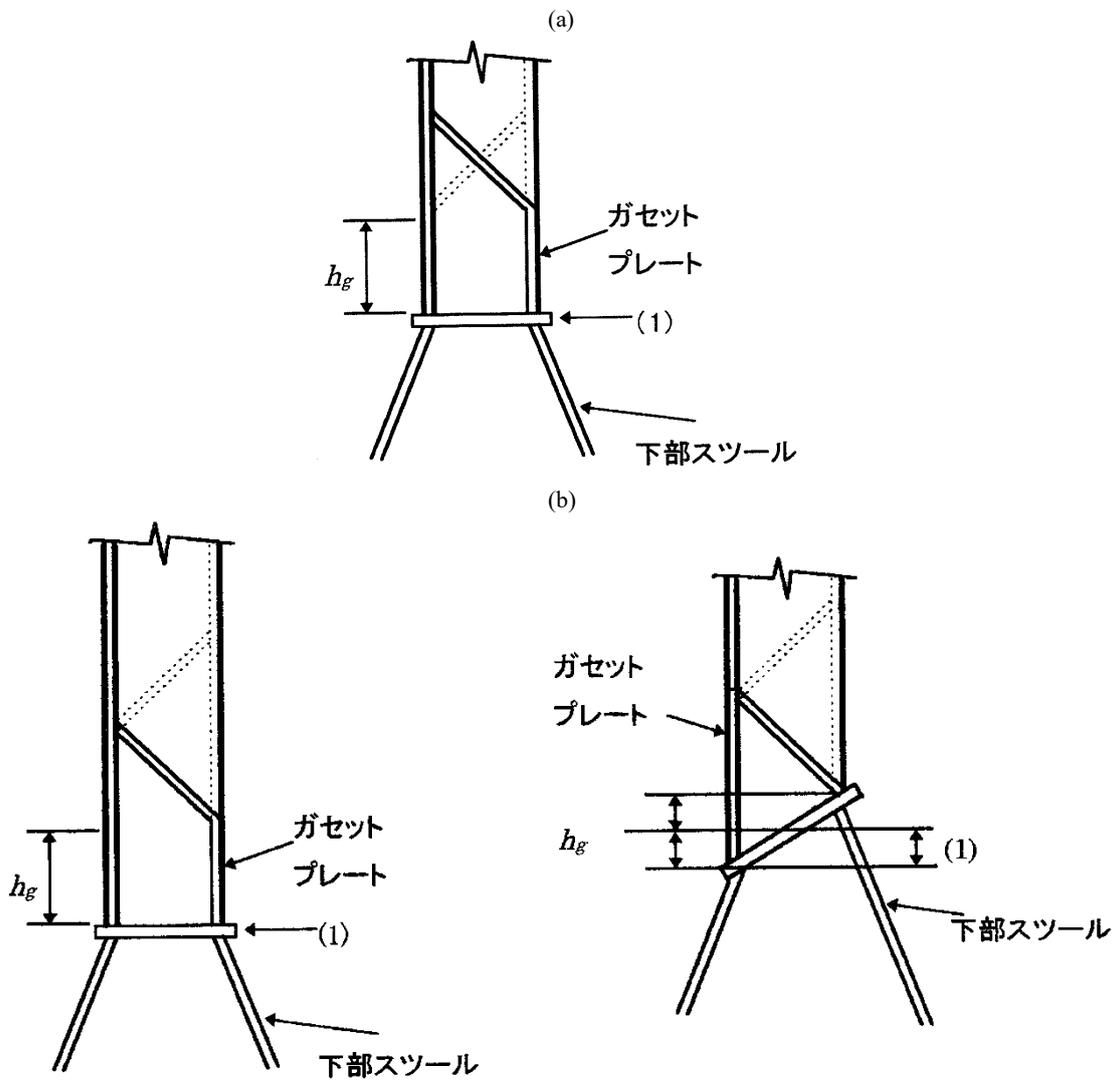


図 An5

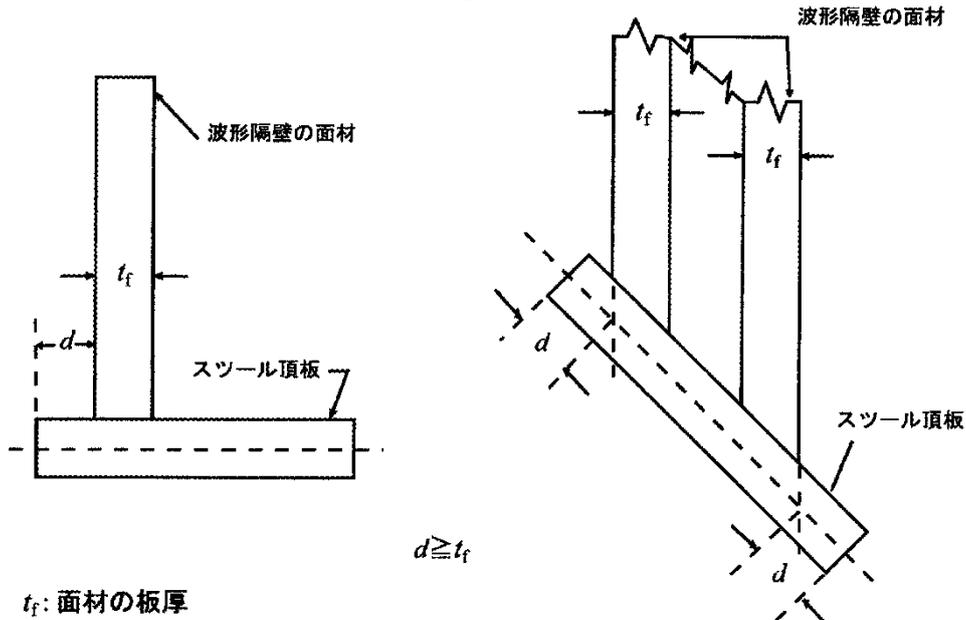
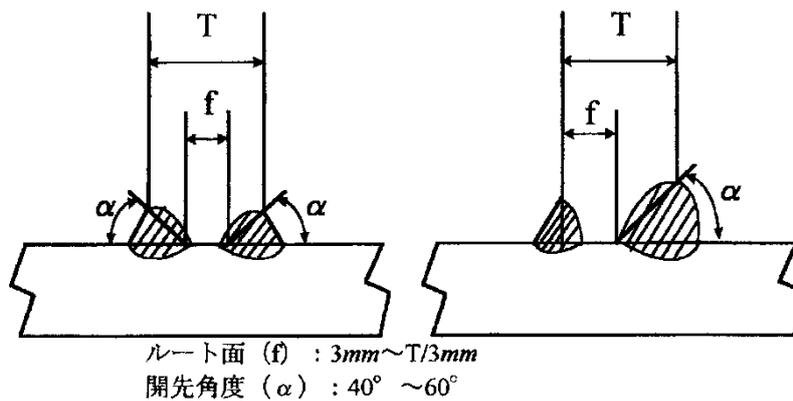


図 An6



An3.6 就航後の切替え板厚

An3.6.1

An3.4.1 の適用を受ける波形隔壁については、図面に、建造時の板厚 $t_{as-built}$ に加え、次の算式により定まる切替え板厚 $t_{renewal}$ を記載しなければならない。ただし、建造時の板厚を特に増している場合については本会の適当と認める値とすることができる。

$$t_{renewal} = t_{as-built} - 3.0 \text{ (mm)}$$

An4. 二重底強度

An4.1 一般

An4.1.1

-1. L_f が 150 m 以上、かつ、ばら積貨物密度が 1.0 t/m^3 以上の貨物を積載するばら積貨物船であって次のいずれかに該当するものにあつては、計画された積付状態において、各貨物倉に浸水した場合でも十分な二重底強度を有するものではない。二重底強度評価は、**An4.3** による。

- (1) 単船側構造のばら積貨物船
- (2) 二重船側構造のばら積貨物船であつて、満載喫水線における船側外板からの水平距離が $B/5$ 又は 11.5 m のいずれか小さい方の値以内の範囲に縦通隔壁を有するもの

-2. ビルジホップを有しない船舶に対する適用は、次によらなければならない。

- (1) 二重船側構造の場合については、関連規定中の「ビルジホップ」を「二重船側構造」と読み替えて適用する。

(2) 単船側構造の場合については、ウェブフレームの下部ブラケット下端位置を関連規定中のビルジホップ内端位置（ビルジホップと二重底の結合位置）とみなして適用する。

An4.2 強度検討上の注意事項

An4.2.1

-1. 浸水時に各貨物倉の二重底に作用する荷重のうち、貨物荷重については、考慮している貨物倉に積載される最大のばら積貨物密度を考慮しなければならない。

-2. せん断強度の算定において、フロア及び縦桁のネットの板厚を用いなければならない。ネットの板厚 t_{net} は、次の算式による。

$$t_{net} = t - 2.5 \text{ (mm)}$$

t : 縦桁及びフロアの板厚 (mm)

-3. 二重底のせん断容量は、次の各端部のせん断強度の合計とする

(1) 両舷のビルジホップに隣接するすべてのフロア。ただし、スツール又はスツールがない場合は横隔壁に隣接する2つのフロアは半分の強度とする。(図 An7 参照)

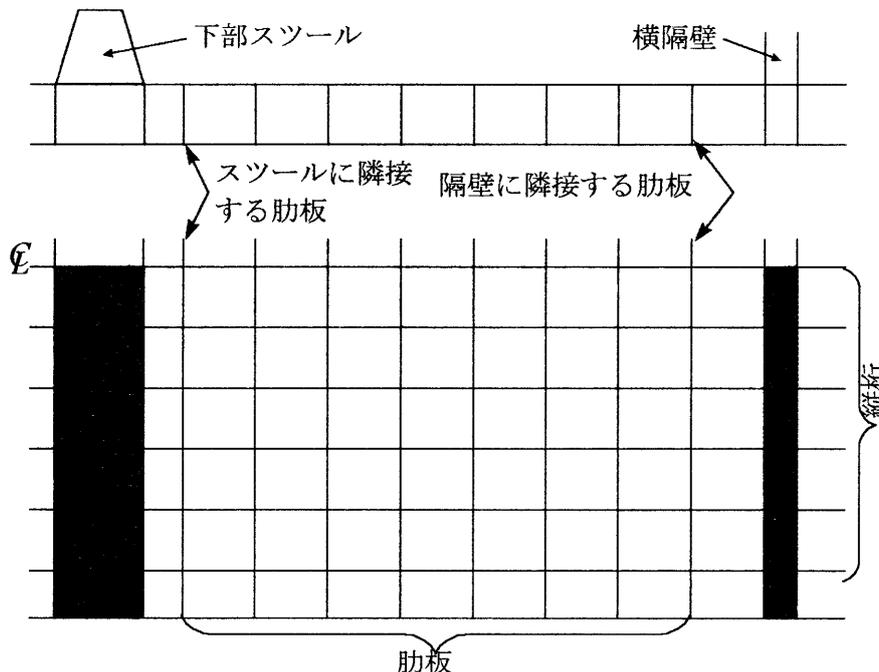
(2) スツール又はスツールがない場合は横隔壁に隣接するすべての二重底縦桁

-4. 前後端の貨物倉において、縦桁又はフロアが途中で切れて境界となるスツール及びビルジホップの縦桁に直接付いていない場合には、それらの強度は片側の端部だけで評価しなければならない。

-5. 考慮すべきフロア及び縦桁は、ビルジホップ及びスツール（又はスツールのない場合は横隔壁）で囲まれる範囲内にあるものでなければならない。ビルジホップ部の船側縦桁及び内底板と隔壁スツール（又はスツールのない場合は横隔壁）の接続部直下のフロアは含まない。

-6. 本会が、二重底の形状又は構造的配置が前述の前提に適さないと認める場合は、二重底のせん断容量は本会の適当と認めるところによる。

図 An7 フロア及び縦桁の算入部分



An4.3 強度要件

An4.3.1

-1. 二重底のせん断容量 C_h 及び C_e は、次の算式を満足するものでなければならない。

$$C_h = P_{FD-db} \cdot A_{DB,h} \text{ (kN)}$$

$$C_e = P_{FD-db} \cdot A_{DB,e} \text{ (kN)}$$

上式中の各変数は、それぞれ-2.から-4.による。

-2. 二重底のせん断容量 C_h 及び C_e は、次の算式による。

$$C_h = \sum \min(S_{f1}, S_{f2}) + \sum \min(S_{g1}, S_{g2}) \quad (kN)$$

$$C_e = \sum S_{f1} + \sum \min(S_{g1}, S_{g2}) \quad (kN)$$

S_{f1}, S_{f2} : それぞれビルジホッパに隣接するフロアパネルのせん断強度及び最外の板列 (ビルジホッパに最も近い列) に開口があるフロアのせん断強度で、次の算式による。

$$S_{f1} = 10^{-3} A_f \frac{\tau_a}{\eta_{f1}} \quad (kN)$$

$$S_{f2} = 10^{-3} A_{f,h} \frac{\tau_a}{\eta_{f2}} \quad (kN)$$

A_f : ビルジホッパに隣接するフロアの断面積 (mm^2)

$A_{f,h}$: 最外の板列 (ビルジホッパに最も近い列) に開口があるフロアのネットの断面積 (mm^2)

τ_a : 許容せん断応力で、次のどちらか小さい値

$$\tau_a = \frac{162 \cdot \sigma_F^{0.6}}{\left(\frac{s}{t_{net}}\right)^{0.8}} \text{ 及び } \frac{\sigma_F}{\sqrt{3}} \quad (N/mm^2)$$

スツール又は横隔壁に隣接するフロアについては、 τ_a を $\sigma_F/\sqrt{3}$ として差し支えない。

σ_F : 使用材料の降伏応力 (N/mm^2)

s : 当該パネルの防撓部材の心距 (mm)

η_{f1} : 1.10

η_{f2} : 1.20, ただし、本会が適当と認める補強がなされている場合は、1.10までその値を減じることができる。

S_{g1}, S_{g2} : それぞれスツール (又は、スツールがない場合は横隔壁) に隣接する縦桁パネルのせん断強度及び最外の板列 (スツール又はスツールがない場合は横隔壁に最も近い列) に開口がある縦桁のせん断強度で、次の算式による。

$$S_{g1} = 10^{-3} A_g \frac{\tau_a}{\eta_{g1}} \quad (kN)$$

$$S_{g2} = 10^{-3} A_{g,h} \frac{\tau_a}{\eta_{g2}} \quad (kN)$$

A_g : スツール (又は、スツールがない場合は横隔壁) に隣接する縦桁の断面積 (mm^2)

$A_{g,h}$: 最外の板列 (スツール又はスツールがない場合は横隔壁に最も近い列) に開口がある縦桁のネットの断面積 (mm^2)

η_{g1} : 1.10

η_{g2} : 1.15. ただし、次の(1)及び(2)のような本会が適当と認める補強がなされている場合は、1.10までその値を減じることができる。

(1) 開口の上下に二本の水平防撓材を配する補強

(2) 開口の周囲にダブリングを配する補強

-3. 浸水時に二重底に作用する荷重 P_{FD-db} (kN/m^2) は、表 An11 によらなければならない。その際、考慮する浸水水位 z_F (m) は、船体のトリム及び横傾斜がない状態における基線からの垂直距離で、表 An12 による。

表 An11 浸水時に二重底に作用する荷重 P_{FD-db}

浸水ケース	荷重 P_{FD-db} (kN/m^2)
$z_F > z_C$	$P_{FD-db} = \rho g[(z_C - h_{DB})(perm - 1) - E + (z_F - h_{DB})] + \rho_c g(z_C - h_{DB})$
$z_F \leq z_C$	$P_{FD-db} = \rho_c g(z_C - h_{DB}) - \rho g[E - (z_F - h_{DB})perm]$
(備考) z_F : 表 An12 の規定による。 z_C, h_{DB} : 表 An6 による。 ρ_c : ばら積貨物密度 (t/m^3)。ただし、鋼材等の場合は、鋼材自身の密度とする。 ⁽¹⁾ $perm$: An1.2.1(7)の規定による。ただし、鋼材等は 0 とする。 V_C : 貨物倉内の貨物の積付体積 (m^3) で、次の算式による。 $V_C = \frac{FW}{\rho_c}$ F : 係数で、1.1。ただし、鋼材等では、1.05 とする。 W : 貨物質量 (t) E : 浸水時の船体没水深さ (m) で、次の算式による。 $E = z_F - 0.1D$	
(1) 積載する鉄鋼製品の実際の密度を用いて鋼製品の貨物倉に占める体積を求め、当該体積分の浸水率を 0 として残りの倉内空所部分に浸水率 0.95 で海水が浸入するとした浸水荷重と、鋼製品の重量との和から倉内荷重を求めることを意味する。	

表 An12 ばら積貨物船の貨物倉区域内の二重底の浸水水位 z_F (m)

ばら積貨物船の種類	貨物倉の位置	
	最前端貨物倉	その他
一般船舶	$z_F = D$	$z_F = 0.9D$
載貨重量 50,000 t 未満の B 型乾舷を有するばら積貨物船	$z_F = 0.95D$	$z_F = 0.85D$

4. 二重底の荷重作用面積 $A_{DB,h}$ 及び $A_{DB,e}$ は、次の算式による。

$$A_{DB,h} = \sum_{i=1}^n S_i B_{DB,i} \quad (m^2)$$

$$A_{DB,e} = \sum_{i=1}^n S_i (B_{DB} - S_i) \quad (m^2)$$

n : スツール (スツールがない場合は横隔壁) 間のフロアの数

S_i : i 番目のフロアの支える面積の幅 (m)

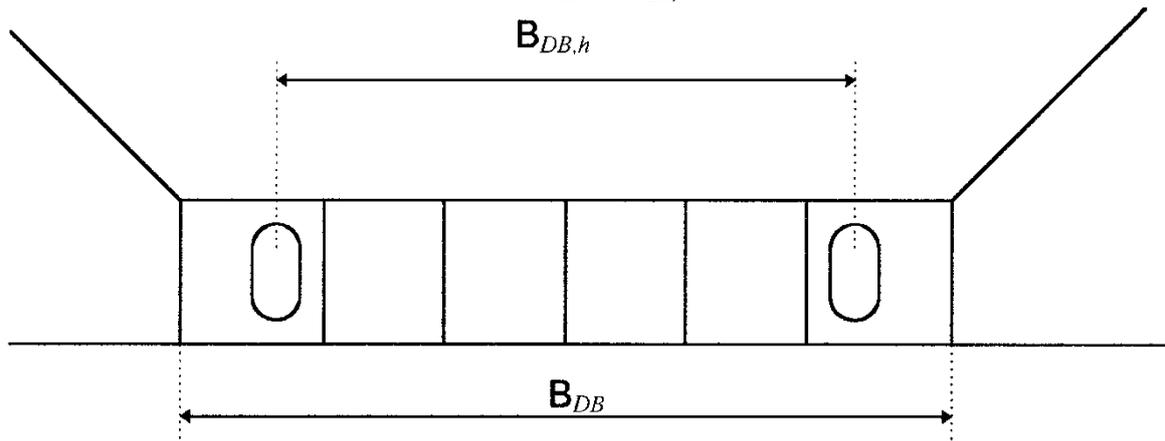
$B_{DB,i}$: S_{f1} によりせん断強度の定まるフロアに対しては、 $B_{DB} - S_i$ (m)

$B_{DB,i}$: S_{f2} によりせん断強度の定まるフロアに対しては、 $B_{DB,h}$ (m)

B_{DB} : ビルジホツパ間の二重底の幅 (m) (図 An8 参照)

$B_{DB,h}$: 2つの開口間の距離 (m) (図 An8 参照)

S_i : ビルジホツパに隣接する船底縦通材の心距 (m)

図 An8 B_{DB} 及び $B_{DB,h}$ の取り方

An5. 縦強度

An5.1 一般

An5.1.1

-1. 本 An.5 の規定は、 L_f が 150 m 以上、かつ、ばら積貨物密度が $1.0 t/m^3$ 以上の貨物を積載するばら積貨物船であって次のいずれかに該当するものに適用する。

- (1) 単船側構造のばら積貨物船
- (2) 二重船側構造のばら積貨物船であって、満載喫水線における船側外板からの水平距離が $B/5$ 又は 11.5 m のいずれか小さい方の値以内の範囲に縦通隔壁を有するもの

-2. 次に示す最大荷重状態において、各貨物倉に浸水した場合でも十分な縦強度を有するものでなければならない。浸水後の倉内荷重及び強度評価は、それぞれ An5.2 及び An5.3 の規定による。

- (1) バラスト状態（出港状態及び入港状態）
- (2) 均等積状態（出港状態及び入港状態）
- (3) 当該船舶の基本計画に含まれるすべての不均等積状態（出港状態及び入港状態）
- (4) その他本会が特に必要と認める積付状態

-3. 前-2.の適用上、港内状態、入渠のための状態、港内における荷役／揚荷中の中間状態及び洋上でのバラスト交換中に発生する状態については、本要件を適用する必要はない。

-4. 前-2.(2)から(4)でいう貨物の積付状態とは、ばら積貨物密度が $1.0 t/m^3$ を超える貨物を積載し、運航する場合をいう。

-5. B編 1.3.1(13)に規定するばら積貨物船については、前-2.(1)のバラスト状態に次の状態を含めること。また、1編附属書 3.8 の An1.3.1-2.又は-3.の適用を受ける場合、出入港状態に加えて同 1編附属書 An1.3.1-2.及び-3.に規定する中間状態を含めること。出入港状態又は中間状態において部分積付とするバラストタンクを有する場合には、1編 4.3.2.2-4.及び-5.に従い当該タンクを満載及び空とした状態を追加すること。

- (1) 前-2.(1)のバラスト状態において空となるバラストタンクがある場合、当該タンク（ただし、ノーマルバラスト状態については、バラスト兼用倉を除く）を満載とした状態

-6. 浸水後にも明らかに十分な縦強度を有していると考えられる最大荷重状態については、強度評価を省略することができる。この場合、省略の根拠を明示すること。

An5.2 倉内荷重

An5.2.1

-1. 浸水倉の倉内荷重は、各貨物倉がそれぞれ単独で最終平衡状態に対応する喫水線まで浸水した状態における、当該貨物倉内の貨物重量と浸水した水の重量の和とする。

-2. 浸水した水の重量を計算する場合は、次の仮定を用いる。

- (1) 空倉及び貨物積載倉の貨物上の空間の浸水率は 0.95 とする。
- (2) 貨物中の浸水率は、An1.2.1(7)による。ただし、表 An11 備考(1)に倣い、スチールコイル等の鉄鋼製品は 0 とする。

-3. 浸水後の倉内の水の重量は、考慮している最大荷重状態において各貨物倉が単独に浸水したものととしてそれぞれについて浸水計算を行い、前-2.に従って、浸水後の最終平衡状態における喫水線まで浸水した場合の水の重量を考える。この場合、貨物は均して積みつけられたものとして差し支えない。また、最終平衡状態は、水線が、沈下及び縦傾斜等により浸水を進ませたり又は沈下を起こす可能性のあるいかなる開口の下縁よりも下にある状態とする。

An5.3 強度評価

An5.3.1

-1. 船舶の中央部においては、計画されているすべての積付状態において、貨物倉に浸水後も十分な強度を有するよう、考慮している各船体横断面の断面係数 Z_f を次の算式で与えられる W_z 以上としなければならない。

$$W_z = 5.72 |M_{FS_{max}} + 0.8M_{WV-h}| \quad (cm^3)$$

$$W_z = 5.72 |M_{FS_{min}} + 0.8M_{WV-s}| \quad (cm^3)$$

$M_{FS_{max}}$, $M_{FS_{min}}$: 設計者によって定める浸水状態における最大静水中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$) 及び最小静水中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$) で、算出方法は **1編 4.3.2.2** による。

M_{WV-h} , M_{WV-s} : **1編 4.3.2.3** に規定するホギング状態における波浪中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$) 及びサギング状態における波浪中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$)

Z_f : 考慮している断面の断面係数 (cm^3)。算出方法は、**1編 5.2.1.4** による。

-2. 本会が特に必要と認める場合は、船の中央部以外の船体横断面においても、本会が十分と認める断面係数を確保することを要求することがある。

-3. 単船側構造の強力甲板より下方の船側外板の厚さは、計画されているすべての積付状態において、貨物倉に浸水後も十分な強度を有するよう、考慮している船体横断面の位置において次の算式で与えられる値以上としなければならない。

$$t = 0.455 |Q_{FS_{max}} + 0.8Q_{WV-p}| \frac{m}{I} \quad (mm)$$

$$t = 0.455 |Q_{FS_{min}} + 0.8Q_{WV-n}| \frac{m}{I} \quad (mm)$$

$Q_{FS_{max}}$, $Q_{FS_{min}}$: 浸水状態における最大静水中垂直せん断力 (kN) 及び最小静水中垂直せん断力 (kN) で、算出方法は **1編 4.3.2.2** による。

Q_{WV-p} , Q_{WV-n} : **1編 4.3.2.4** に規定する正の波浪中垂直せん断力 (kN) 及び負の波浪中垂直せん断力 (kN)

I : 考慮している船体横断面の水平中性軸に対する断面二次モーメント (cm^4) で、その算定方法については、**1編 5.2.1.4** の規定を準用する。

m : 考慮している船体横断面において水平中性軸より上方では考慮している位置を通る水平線より上方の船体横断面部分の水平中性軸に対する断面一次モーメント (cm^3) また、水平中性軸より下方では考慮している位置を通る水平線より下方の船体横断面部分の水平中性軸に対する断面一次モーメント (cm^3) で、その算定方法については、**1編 5.2.1.4** の規定を準用する。

-4. 二重船側構造の船側外板及び縦通隔壁の厚さは、計画されているすべての積付状態において、貨物倉に浸水後も十分な強度を有するよう、考慮している船体横断面の位置において **1編 5.2.2** の規定に従って評価しなければならない。この場合、**1編 5.2.2** に規定する静水中せん断力 Q_S (kN) 並びに波浪せん断力 Q_{WV-p} 及び Q_{WV-n} (kN) は次の(1)及び(2)による。

(1) 静水中せん断力 Q_S (kN) の代わりに、前-3.に規定する浸水時の静水中せん断力 Q_{FS} (kN) を用いる。

(2) 波浪中せん断力 Q_{WV-p} 及び Q_{WV-n} (kN) の代わりに、考慮している断面に対する **1編 5.2.2** に規定する波浪中せん断力 Q_{WV-p} 及び Q_{WV-n} (kN) に0.8を乗じたものを用いる。

-5. 浸水後の曲げ強度及びせん断強度を算定するにあたっては、船体に損傷を被っていないとして断面係数等を計算することができる。

-6. **1編 5.3.1** により、軸圧縮力に対する座屈強度の検討を行わなければならない。

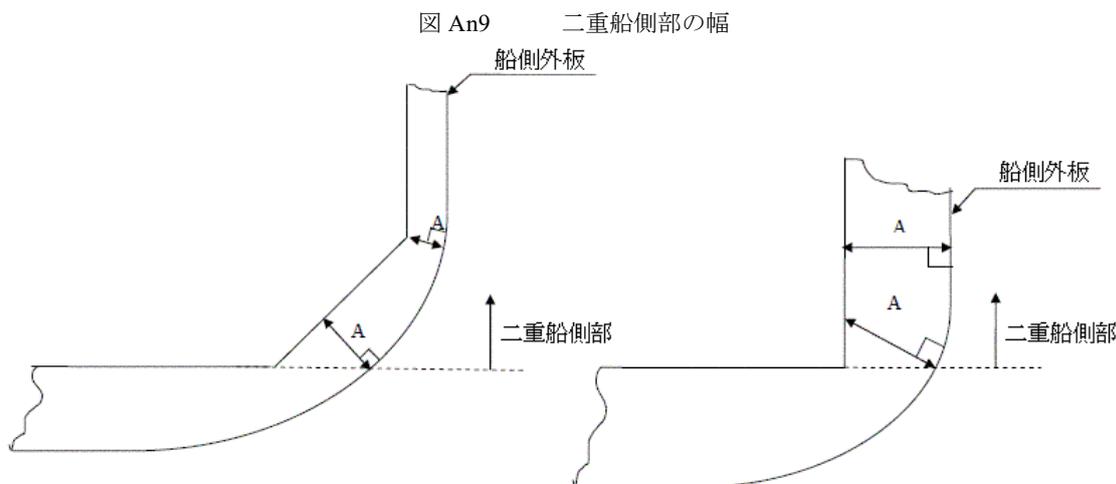
-7. 貨物倉に浸水した結果、横隔壁を挟んで隔倉積に類似した状態が生じた場合、**1編 5.2.2.4** により、浸水後の静水中せん断力 Q_{FS} を修正して差し支えない。

An6. 二重船側構造及び貨物倉構造

An6.1 二重船側構造

An6.1.1

- 1. L_f が150 m以上のばら積貨物船の二重船側部については、次の(1)から(6)によらなければならない。
 - (1) 二重船側部縦通隔壁の一次防撓材は、貨物倉内に配置してはならない。
 - (2) 船側外板と二重船側部縦通隔壁の距離は、1編 14.16に規定する点検設備の要件に適合したものとするとともに、いかなる断面においても1,000 mm未満としてはならない。なお、この距離は、図 An9のように船側外板に対して法線方向に計るものとする。
 - (3) 管装置、はしご等の障害物のある場所における最小クリア幅は、600 mm未満としてはならない。
 - (4) 二重船側部縦通隔壁又は船側外板を横式防撓構造とする場合、肋骨内面間のクリア幅は600 mm未満としてはならない。
 - (5) 二重船側部縦通隔壁及び船側外板を縦式防撓構造とする場合、肋骨内面間のクリア幅は800 mm未満としてはならない。船体平行部以外の場所であって、かつ、船体構造配置において必要と認められる場合については、このクリア幅を減じることができる。ただし、いかなる場合も600 mm未満としてはならない。
 - (6) 前(3)から(5)に規定するクリア幅については、前後の横置肋骨内面又は上下の縦通肋骨内面を結ぶ仮想の線の間の最小距離(図 An10 参照)としなければならない。なお、クロスタイの部分、横置肋骨の上下端ブラケット部分及び縦通肋骨の端部ブラケット部分においては、このクリア幅を確保する必要はない。
- 2. L_f が150 m以上のばら積貨物船において、二重船側構造部及び海水バラストタンクとして使用される場所は、本会の適当と認める防食措置が施されなければならない。
- 3. 二重船側部については、トップサイドタンク部分を除き、貨物の積載に使用してはならない。

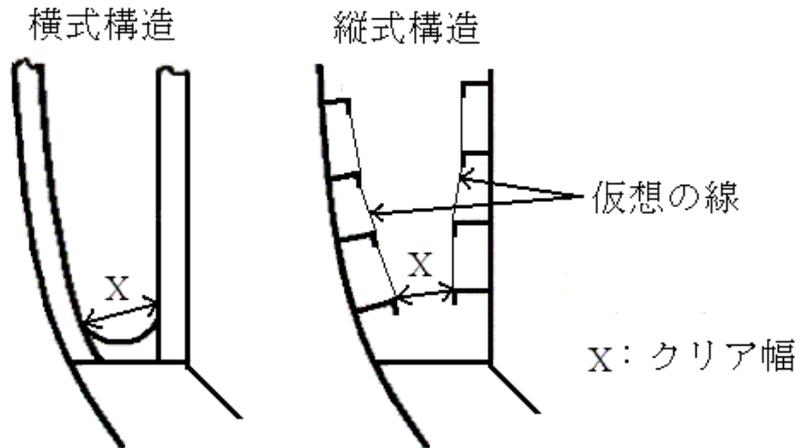


An6.2 貨物倉構造

An6.2.1

- 1. L_f が150 m以上、かつ、ばら積貨物密度が1.0 t/m³以上の貨物を積載するばら積貨物船にあつては、次の(1)から(3)によらなければならない。
 - (1) 貨物倉の構造は、想定される全ての貨物について、標準的な荷役/揚貨装置及び手順において構造安全性に影響を与えるであろう損傷を生じること無しに荷役及び揚貨が可能なものとしなければならない。
 - (2) 船側構造とその他の構造について、効果的な連続性が確保されなければならない。
 - (3) 貨物エリアの構造は、1つの防撓材の機械的要因による局所的な損傷が直ちにその他の構造部材の破損を生じさせ、結果的に防撓パネル全体の崩壊に至ることのないようなものとしなければならない。

図 An10 二重船側部のクリア幅



-2. 貨物倉の構造については次の(1)及び(2)によらなければならない。

(1) 10.5の規定により、二重底内底板及びビルジホップタンク斜板について、グラブ荷役に対する補強を行う。この場合、船級符合に“GRAB”を付記する。

(2) 倉口及び倉口縁材について、グラブワイヤによる損傷を防止するための適当な措置を講じる。

-3. 前-1.(2)の適用にあたり、二重船側構造とする場合にあっては、桁部材の連続性について適切な注意を払わなければならない。単船側構造とする場合にあっては、サイドフレームの上下端を端部ブラケットにより固着しなければならない。

-4. 単船側構造ばら積貨物船の次に掲げる部分における鋼材は、K編に規定するKD, KD32 又は KD36 以上のグレードを有するものとしなければならない。

(1) 貨物倉内に面する船側外板であって、船側外板とビルジホップタンク斜板又は内底板との交差部から上下にそれぞれ 0.125ℓ の範囲。ここで、 ℓ は、サイドフレームのスパンとする。

(2) サイドフレームの下部ブラケット部のウェブ。ここで、下部ブラケット部とは、サイドフレームの下端から 0.125ℓ の範囲とする。

-5. 貨物倉に面する構造部材に取付けられる防撓材は、当該防撓材に作用する圧力及び防撓材の軸方向に作用する圧縮応力を考慮して、次の(1)から(5)に規定する座屈強度基準を満足しなければならない。ただし、本規定に代え、CSR-B&T編1編8章5節2.3.4に規定する座屈強度基準によっても差し支えない。座屈強度の検討は、代表的な積付状態に対して実施すること。

(1) 対象部材

貨物倉に面する構造部材に取付けられる防撓材とは、次の部材をいう。なお、中央部 $0.4L_c$ 間を除く範囲に設けられる防撓材に対しては、本会が特に必要と認めた場合を除き、当該防撓材に適用すべき他の規定を満足することにより本規定に満足しているものとみなす。

(a) 内底板付き縦通防撓材

(b) トップサイドタンク及びビルジホップタンク斜板付き縦通防撓材

(c) 縦通隔壁（波型隔壁を除く）付き縦通防撓材

(d) 長さが $0.15L$ を超えるハッチサイドコーミングに付く水平防撓材

(e) 横置隔壁（波型隔壁を除く）付き立て防撓材

(f) 横置隔壁の上部スツール及び下部スツールの斜板（垂直板を含む）付き立て防撓材

(g) サイドフレーム（単船側構造の場合のみ）

(h) 前(a)から(g)に示す以外の部材であって、大きな圧力及び防撓材の軸方向の圧縮応力が同時に作用する防撓材

(2) 防撓材に作用する圧力

考慮すべき圧力 p (kN/m^2) は、考慮する防撓材に応じて次の(a)から(c)による。ここで、圧力の符号は、考慮する防撓材のパネル側から作用する圧力を正、防撓材側から作用する圧力を負とする。

(a) 粒状貨物による圧力 p (kN/m^2) は、次の算式による値とする。

$$p = \gamma(1 + C_1)gK_C h_1$$

γ : 貨物の密度で、次の算式による値

$$\gamma = \frac{M}{V} \quad (t/m^3)$$

M : 当該貨物倉における最大貨物質量 (t)

V : 倉口部分を除く当該貨物倉の容積 (m^3)

C_1 : 係数で、船の長さ L_C に応じ、表 An13 により定まる値。 L_C が表に掲げる値の間にあるときは補間法により定める。

K_C : 係数で、考慮する防撓材に応じて次の算式による値

ハッチサイドコーミング、トップサイドタンク斜板及び張出している上部スツール斜板(垂直板を除く、[図 An11](#) 参照) に設けられる防撓材及びサイドフレーム : $K_C = 0$

その他の防撓材 : $K_C = \cos^2 \alpha + (1 - \sin \psi) \sin^2 \alpha$

α : 考慮するパネルの水平面に対する貨物倉に面しない側の傾斜角 (deg)

ψ : 安息角 (deg) で、貨物の種類に応じて表 An14 に示す値を標準として用いて差し支えない。

h_1 : 考慮している防撓材のスパン中央の位置から船体中心線における上甲板までの垂直距離 (m)

(b) バラストによる圧力 p (kN/m^2) は、次による値とする。

バラスト兼用倉以外のタンク : $p = 1.025(1 + C_2)gh_2$

バラスト兼用倉 : $p = 1.025(1 + C_2)gh_3$

C_2 : 係数で、船の長さ L_C (m) に応じ、表 An15 により定まる値。 L_C が表に掲げる値の間にあるときは補間法により定める。

h_2 : 考慮している防撓材のスパン中央の位置からタンク頂板上、オーバーフロー管の上端までの距離の 1/2 の点までの垂直距離 (m)

h_3 : 考慮している防撓材のスパン中央の位置から当該貨物倉のハッチコーミング頂部までの垂直距離 (m)

(c) 静水圧及び波浪変動圧の合圧力 p (kN/m^2) は、次の算式による値とする。

$$p = 1.025gh_4$$

h_4 : 考慮しているサイドフレーム又はハッチサイドコーミング付き水平防撓材のスパン中央の位置から竜骨上面上 $d + 0.05L_{C230}$ の点までの垂直距離 (m)。ハッチサイドコーミング付き防撓材の位置が、竜骨上面上 $d + 0.05L_{C230}$ の点よりも上方にある場合にはゼロとする。

(3) 参照応力

考慮すべき参照応力 σ_{ref} (N/mm^2) は、考慮する防撓材に応じて次の(a)から(e)による。

(a) 縦通防撓材に対する参照応力は、考慮している防撓材の位置に応じて次の i) 及び ii) のうちのいずれか大きい方の値とする。

i) 垂直曲げモーメントにより生じる圧縮応力で、次の算式による値。ただし、 $30/K$ 未満としてはならない。この場合、船体横断面の水平中性軸から上方の部材に対してはサギング状態、下方の部材に対してはホギング状態を考慮する。

$$\sigma_V = \frac{M_S + M_W}{I} z \times 10^5 \quad (N/mm^2)$$

M_S : 許容静水中垂直曲げモーメント ($kN-m$)。ただし、バラスト状態にあつては次の 1) 及び 2) の値のうち、いずれか大きい方の値を M_S として用いて差し支えない。この場合、サギング状態及びホギング状態のそれぞれに対して M_S を算定すること。

1) ローディングマニュアルに記載されるバラスト状態 (1 編附属書 3.8 の An1.3.1-2. 及び 3. に規定する中間状態を含む。ただし、中間状態において、部分積付となるバラストタンクを有するバラスト状態にあつては、当該タンクを満載又は空とした状態を考慮する必要はない。) における垂直曲げモーメントの 120% の値。ただし、許容静水中垂直曲げモーメントを超える必要はない。

2) 許容静水中垂直曲げモーメントの 50% の値

M_W : 波浪中垂直曲げモーメント ($kN-m$) で、1 編 4.3.2.3 の規定による。

z : 船体横断面の水平中性軸から考慮している防撓材の位置までの垂直距離 (m)

I : 船体横断面のグロス断面二次モーメント (cm^4)。

ii) 水平曲げモーメントにより生じる圧縮応力で、次の算式による値

$$\sigma_H = C_3 \frac{2y}{B} \quad (N/mm^2)$$

C_3 : 次により求まる値。 L_C (m) が中間にある場合には補間法により定める。

$$L_C \leq 230 \text{ m の場合} : C_3 = \frac{6}{a} g$$

$$L_C \geq 400 \text{ m の場合} : C_3 = \frac{10.5}{a} g$$

a : 船の中央部の船体横断面において、船側外板の 80%以上にわたって高張力鋼を使用する場合は \sqrt{K} とする。その他の場合は 1.0 とする。

K : 船側外板に使用する鋼材の種類に応じた係数で、**1編 3.2.1.2**の規定による。

y : 船体横断面の中心線から考慮している防撓材までの水平距離 (m)

(b) ハッチサイドコーミング付き水平防撓材に対する参照応力は、考慮する部材に応じて、次の **i)** 又は **ii)** による。

i) ハッチサイドコーミングが連続する場合、縦通防撓材として、前**(a)**を適用する。

ii) ハッチサイドコーミングが連続しない場合、上甲板における垂直曲げ応力とし、前**(a)**による。

(c) 上部スツール及び下部スツールの斜板（垂直板を含む）並びに横置隔壁（波型隔壁を除く）に設けられる立て防撓材に対する参照応力は、積付状態及び貨物倉の積載状態に応じて、次の **i)** 又は **ii)** による。ただし、有限要素解析により、防撓材のスパン中央において防撓材の軸方向に作用する応力が求まっている場合には、その値を用いて差し支えない。この場合、**30/K**未満としてはならない。（**図 An12** 参照）

i) 隔倉積付状態における空倉、又は、ヘビーバラスト状態におけるバラスト兼用倉の隣接倉に面する横置隔壁及びスツールのように、防撓材の軸方向に圧縮応力が加わる場合は、次の算式による。

$$\sigma_{ref} = 145/K \quad (N/mm^2)$$

ii) その他の場合は、次の算式による。

$$\sigma_{ref} = 30/K \quad (N/mm^2)$$

K : 防撓材が取付けられる鋼板の種類に応じた係数で、**1編 3.2.1.2**の規定による。

(d) サイドフレームに対する参照応力は、次の算式による。

$$\sigma_{ref} = 30/K \quad (N/mm^2)$$

K : 前**(c)**の規定による。

(e) 前**(a)**から**(d)**に示す以外の部材に対する参照応力は、本会が適当と認めるところによる。

(4) 座屈応力

座屈応力 σ_{Uxp} (N/mm^2) は、防撓材に作用する圧力の大きさに応じて次の**(a)**又は**(b)**による。座屈応力を求める場合、**(a)**及び**(b)**に定める算式中で用いられている t_b 、 t_w 及び t_f については、**表 An16**に示すように、該当する部材の部位ごとに厚さを減じた値とすること。

(a) $0 \leq p \leq p_{cr}$ 又は $-p_{cr} \leq p \leq 0$ の場合

$$\sigma_{Uxp} = \min(\sigma_{pI}, \sigma_{sI})$$

$$\sigma_{pI} = \frac{A_e}{2A} \left\{ P_C \left[\frac{1}{A_e} + \frac{y_p}{I_e} \left(w_s + \frac{5l^4 s |p|}{384 \times 10^3 E I_e} \right) \right] + \sigma_Y - \frac{pl^2 s}{8 \times 10^3 I_e} \frac{y_p}{I_e} \right. \\ \left. - \sqrt{\left\{ P_C \left[\frac{1}{A_e} + \frac{y_p}{I_e} \left(w_s + \frac{5l^4 s |p|}{384 \times 10^3 E I_e} \right) \right] + \sigma_Y - \frac{pl^2 s}{8 \times 10^3 I_e} \frac{y_p}{I_e} \right\}^2 - 4 \left(\sigma_Y - \frac{pl^2 s}{8 \times 10^3 I_e} \frac{y_p}{I_e} \right) \frac{P_C}{A_e}} \right\}$$

$$\sigma_{sI} = \frac{A_e}{2A} \left\{ P_C \left[\frac{1}{A_e} + \frac{y_s}{I_e} \left(w_s + \frac{l^4 s |p|}{384 \times 10^3 E I_e} \right) \right] + \sigma_Y + \frac{pl^2 s}{24 \times 10^3 I_e} \frac{y_s}{I_e} \right. \\ \left. - \sqrt{\left\{ P_C \left[\frac{1}{A_e} + \frac{y_s}{I_e} \left(w_s + \frac{l^4 s |p|}{384 \times 10^3 E I_e} \right) \right] + \sigma_Y + \frac{pl^2 s}{24 \times 10^3 I_e} \frac{y_s}{I_e} \right\}^2 - 4 \left(\sigma_Y + \frac{pl^2 s}{24 \times 10^3 I_e} \frac{y_s}{I_e} \right) \frac{P_C}{A_e}} \right\}$$

(b) $p \geq p_{cr}$ 又は $p \leq -p_{cr}$ の場合

$$\sigma_{Uxp} = \sigma_{HI}$$

$$\sigma_{HI} = -\frac{\sigma_{HI}^*}{p_{st} - p_{cr}} (|p| - p_{cr}) + \sigma_{HI}^*$$

$$\sigma_{HI}^* = \min(\sigma_{pI(p=p_{cr})}, \sigma_{sI(p=p_{cr})})$$

上記**(a)**及び**(b)**で用いられる記号の定義は次による。

p : 防撓材に作用する圧力 (kN/m^2) で、考慮する部材に応じて前(2)の規定による値

p_{cr} : 防撓材が取付けられる鋼板の塑性崩壊荷重で、次の算式による値とする。

$$p_{cr} = \frac{12}{l^2} \frac{I}{S y_{s0}} \sigma_Y \times 10^3 \quad (kN/m^2)$$

p_{st} : 防撓材の塑性崩壊荷重で、次の算式による値とする。

$$p_{st} = \frac{16}{l^2} Z_p \sigma_Y \times 10^3 \quad (kN/m^2)$$

P_C : オイラーの座屈強度で、次の算式による値とする。

$$P_C = \frac{\pi^2 E I_e}{l^2} \quad (N)$$

I : 防撓材 (取付けられる鋼板を含む) の断面二次モーメント (mm^4)

I_e : 防撓材 (取付けられる鋼板を含む) の有効断面二次モーメント (mm^4)

Z_p : 防撓材 (取付けられる鋼板を含む) の塑性断面係数 (mm^3)

y_p : 防撓材の中性軸から取付けられる鋼板の板厚中心までの垂直距離 (mm)

y_s : 防撓材 (有効幅を考慮した取付けられる鋼板を含む) の中性軸から防撓材の面材の上面までの距離 (mm)

y_{s0} : 防撓材 (全幅を考慮した取付けられる鋼板を含む) の中性軸から防撓材の面材の上面までの距離 (mm)

σ_Y : 防撓材 (取付けられる鋼板を含む) の降伏強度 (N/mm^2) で、次の算式による値。

$$\sigma_Y = \{s t_p \sigma_{Yp} + [(h_w - t_f) t_w + b_f t_f] \sigma_{Ys}\} / A$$

σ_{Yp} : 防撓材が取付けられる鋼板の降伏強度 (N/mm^2)

σ_{Ys} : 防撓材の降伏強度 (N/mm^2)

l : 防撓材のスパン (mm)。防撓材の端部にブラケットが設けられる場合には、 α_p 、 m_1 及び P_C 以外の値を算定する場合に限り、当該ブラケットの形状に応じて、次の **i)**又は **ii)**によりスパンを修正して差し支えない。(図 An13 参照)

i) 端部ブラケットの深さが当該防撓材のウェブの深さの半分となる点の間の長さ

ii) 防撓材の面材がブラケットの縁に沿って連続している場合、ブラケットの深さが当該防撓材のウェブの深さの4分の1に等しくなる点の間の長さ

A : 防撓材が取付けられる鋼板を含む防撓材の断面積 (mm^2) で、次の算式による。

$$A = s t_p + (h_w - t_f) t_w + b_f t_f$$

A_e : 防撓材が取付けられる鋼板の有効幅分を含む防撓材の断面積 (mm^2) で、防撓材の形状に応じ、次の算式による値

山型鋼及び T 型鋼の場合 : $A_e = s_e t_p + (h_w - t_f) t_w + b_f t_f$

平鋼の場合 : $A_e = s_e t_p + (h_w - t_f) t_e$

s : 防撓材の幅 (スペース) (mm)

t_p : 防撓材が取付けられる鋼板の厚さ (mm)

h_w : 防撓材のウェブの深さ (mm)

t_w : 防撓材のウェブの厚さ (mm)

b_f : 防撓材の面材の幅 (mm)

t_f : 防撓材の面材の厚さ (mm)。なお、球平鋼の場合は、平均厚さとする。

t_e : 防撓材が取付けられる鋼板の有効板厚 (mm) で、次の算式による値。

$$t_e = t_w \left[1 - \frac{2\pi^2}{3} \left(\frac{h_w}{s} \right)^2 \left(1 - \frac{s_e}{s} \right) \right]$$

s_e : 防撓材が取付けられる鋼板の有効幅 (mm) で、次の算式による値。

$$s_e = \left[\frac{\sigma_{crx}}{\sigma_{Yp}} (1 - \alpha_p) + \alpha_p \right] s$$

$$\frac{\sigma_{crx}}{\sigma_{Yp}} = \frac{1}{2} \left[\frac{\sigma_{crex}}{\sigma_{Yp}} + 1 - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{crex}}{\sigma_{Yp}} - 1 \right)^2 + 0.01} \right]$$

$$\sigma_{crex} = \kappa_x \sigma_{crex(p)}$$

$$\sigma_{crex(p)} = \frac{E\pi^2}{3(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{s}\right)^2$$

$$\kappa_x = c_x \left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3 + 1$$

c_x : 係数で、防撓材の形状に応じ、次の値とする。

山型鋼及び T 型鋼の場合 : $c_x = 0.07$

平鋼の場合 : $c_x = 0.02$

$$\alpha_p = \frac{1 + (l/m_1 s)^4}{3 + (l/m_1 s)^4}$$

m_1 : $\sqrt{(m_1 - 1)m_1} \leq l/s \leq \sqrt{m_1(m_1 + 1)}$ を満たす整数

w_s : 防撓材の最大初期撓み量 (mm) で、 $l/1000$ を標準とする。

E : 材料のヤング率で、鋼に対しては、 2.06×10^5 (N/mm²)

(5) 評価基準

前(1)に示す防撓材の座屈強度は、次の算式を満足すること。

$$\frac{\sigma_{Uxp}}{\sigma_{ref}} \geq 1.15$$

σ_{ref} : 防撓材に作用する参照応力 (N/mm²) で、考慮する防撓材に応じ、前(3)の規定による値

σ_{Uxp} : 防撓材の座屈応力 (N/mm²) で、考慮する防撓材に応じ、前(4)の規定による値

表 An13 係数 C_1

L_C (m)	150	200	250	300 以上
C_1	0.525	0.4	0.35	0.3

表 An14 安息角

貨物の種類	安息角 ψ
一般	30°
鉄鉱石、石炭	35°
セメント	25°

図 An11

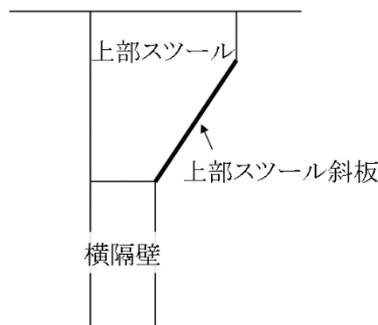


表 An15 係数 C_2

L_C (m)	150	200	250	300 以上
C_2	0.4	0.3	0.25	0.2

図 An12 上下部スツールで考慮する参照応力の例

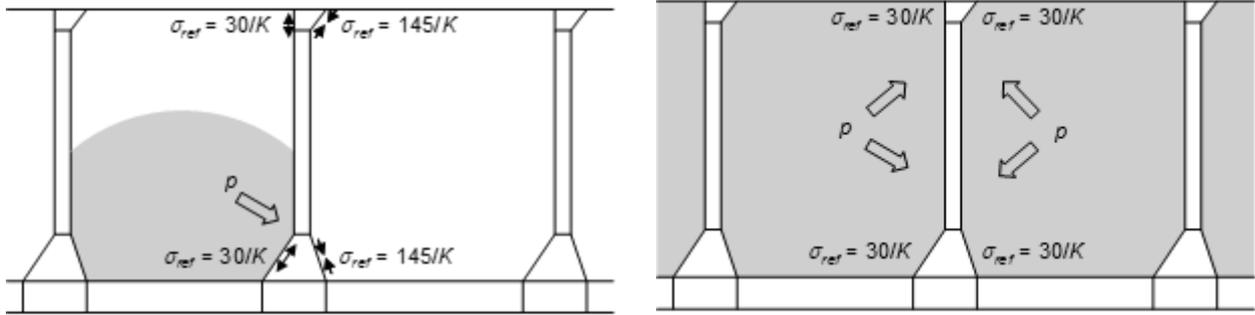


表 An16 板厚を減じる量

部材	減じる厚さ (mm)	減じる限度 (mm)	
		最小値	最大値
1. 乾貨物をばら積みする区画及び空所の部材 2. 片面がバラストあるいは液体貨物に接する垂直及び水平線からの傾斜角度が 25 度を超える部材 3. ハッチサイドコーミング	0.05t	0.5	1.0
1. 片面がバラストあるいは液体貨物に接する水平及び水平線からの傾斜角度が 25 度以下の部材 2. 両面がバラストあるいは液体貨物に接する垂直及び水平線からの傾斜角度が 25 度を超える部材	0.10t	2.0	3.0
1. 両面がバラストあるいは液体貨物に接する水平及び水平線からの傾斜角度が 25 度以下の部材	0.15t	2.0	4.0

(注) tは、考慮している部材の各部位の板厚 (mm)

図 An13 防撓材のスパンの修正法

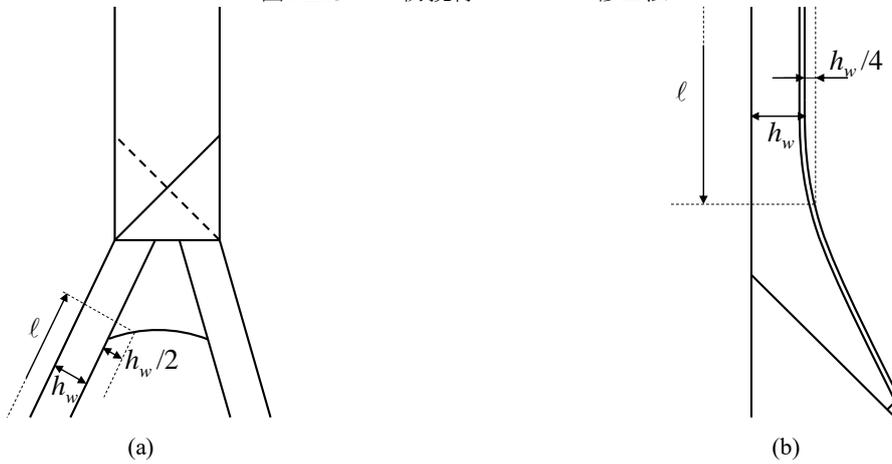
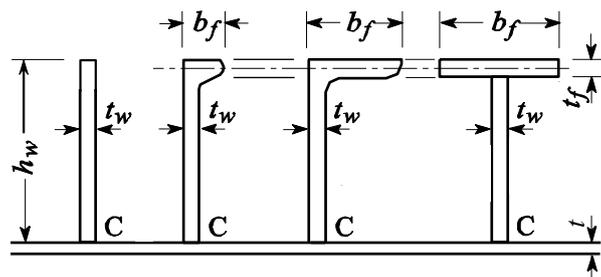


図 An14 防撓材の寸法



2-3 編 鉱石運搬船

1 章 通則

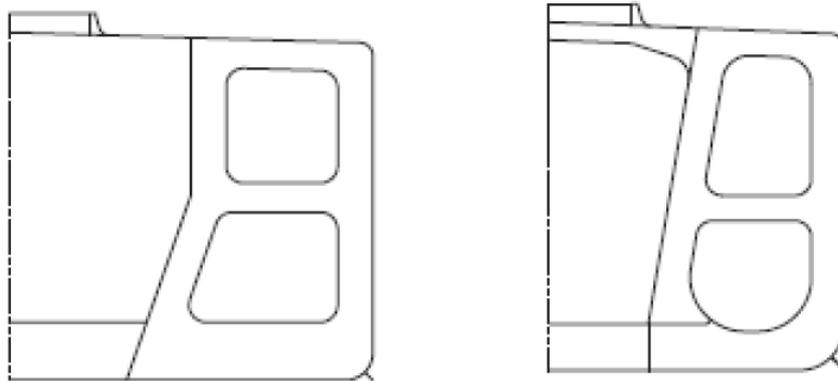
1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

- 1. 船級符号に“Ore Carrier”（略号 OC）を付記して鉱石運搬船として登録を受けようとする船舶の構造及び艤装については、1 編に加え、本 2-3 編の規定によらなければならない。
- 2. 本 2-3 編の規定は、専ら鉱石又はこれと同等の高密度の乾貨物をばら積で運送する船舶であって、一般的に、貨物倉内に 2 列の縦通水密隔壁及び二重底構造を有する一層甲板船で、甲板及び船底は縦式構造の船舶について定めたものである。（図 1.1.1-1.参照）
- 3. 前-2.に掲げるものと異なる構造の鉱石運搬船で、この規則により難いと認められる場合、本会の適当と認めるところによる。

図 1.1.1-1. 鉱石運搬船の典型的な構造配置



1.1.1.2 SOLAS 条約第 XII 章の適用

本 2-3 編を適用する鉱石運搬船は、2-2 編 1 章附属書 1.1「SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件」にも適合しなければならない。

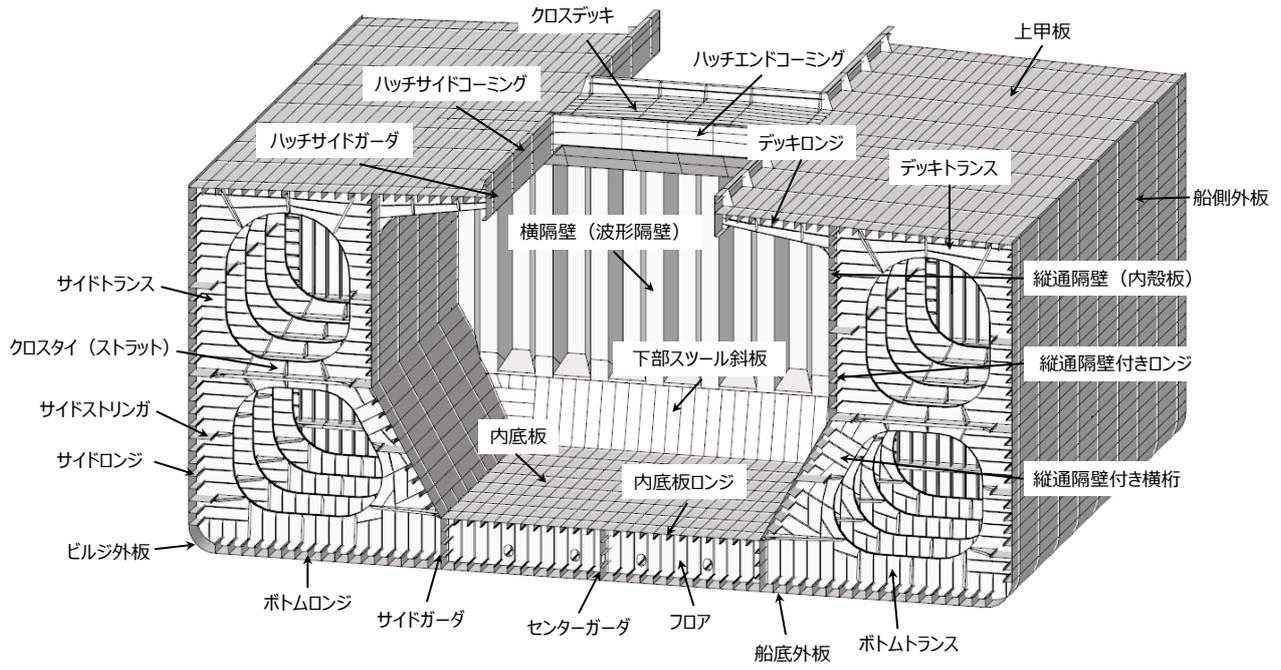
1.2 定義

1.2.1 部材名称

1.2.1.1 構造に関する用語

本 2-3 編において用いられている一般的な構造に関する用語を図 1.2.1-1.に示す。

図 1.2.1-1. 鉱石運搬船



2章 一般配置要件

2.1 構造配置

2.1.1 二重底構造

2.1.1.1 一般

- 1. 二重底の高さは、満載積付状態における船舶の重心が過大に低くならないよう定めなければならない。ただし、いかなる場合も、[1編 2.4.1.1-1](#)に定める h (m) 未満としてはならない。
- 2. 舷側タンク又は空所内に設ける隔壁及び横桁の位置には、二重底内にフロア又は横桁を設けなければならない。

3章 構造設計の原則

3.1 (削除)

3.2 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.2.1 ローディングマニュアル

3.2.1.1 ローディングマニュアルの追加要件

-1. **1編 3.8.2.1-3.**の規定を適用するにあたって、次の事項も記載しなければならない。なお、 L_f が150 m未満の船舶にあっては、**(3)**について各貨物倉の最大許容積載質量を記載するに留めて差し支えなく、また、**(4)**については記載する必要はない。

- (1) **2-2編 1章附属書 1.1「SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件」**を適用する船舶にあっては、当該附属書において要求される貨物倉浸水時の静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力並びにそれらの許容値。なお、計算結果のうち、明らかに船体強度に及ぼす影響が小さいと本会が認めた場合には、記載しなくても差し支えない。
- (2) 満載喫水において空倉とすることが可能な貨物倉又はその組合せ。満載喫水において、いかなる貨物倉も空倉状態が許されない場合には、その旨を明確に記載する。
- (3) 各貨物倉の中央での喫水の変化に応じた当該貨物倉及び二重底の最大許容積載質量及び必要最小積載質量。
- (4) 喫水の平均の変化に応じた互いに隣接する貨物倉及び二重底の最大許容積載質量及び必要最小積載質量。喫水の平均とは、2つの貨物倉の中央の喫水の平均値を指す。
- (5) ばら積貨物以外の貨物については、貨物の種類及びその最大許容積載質量。なお、ばら積貨物以外の貨物を積まない場合には、その旨を明確に記載する。
- (6) 甲板及びハッチカバー上の最大許容積載質量。甲板及びハッチカバーに積載が認められていない場合には、その旨を明確に記載する。
- (7) バラスト漲排水の最大容量。なお、このバラスト漲排水の許容能力に基づいて、荷役する港における積付計画に関する注意事項も記載する。
- (8) **2-2編 1章附属書 1.1「SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件」**を適用する船舶にあっては、当該附属書に規定する強度要件に用いたばら積貨物密度を記載する。また、「当該ばら積密度を超える貨物を積載しようとする場合にあっては、別途強度検討する必要がある」旨の記述を記載すること。
- (9) 満載及び空の状態以外の船側バラストタンクの最高及び最低漲水レベルを設定する場合、これらの最高及び最低漲水レベルをローディングマニュアルに記載しなければならない。

-2. **1編 3.8.2.1-3.**の規定を適用するにあたって、出港及び入港時のそれぞれについて次の**(1)**から**(8)**の積付状態をローディングマニュアルに記載しなければならない。このうち、**(3)**、**(4)**、**(5)**、**(7)**及び**(8)**については、これらを設計条件とした場合のみ記載することで差し支えない。なお、 L_f が150 m未満の船舶にあっては、次の**(8)**を記載する必要はなく、また、**(6)**及び**(7)**については、荷役及びバラスト漲排水における船体構造強度に関する一般的な制限、説明等に留めて差し支えない。

- (1) 均等積みにおける最大満載喫水でのばら積密度の小さい貨物及び大きい貨物を積載する場合のそれぞれに対する積付状態
- (2) バラスト状態。ただし、バラスト状態において貨物倉にバラストを満載する場合であっても、当該貨物倉に隣接するトップサイドタンク、ビルジホップタンク及び二重底が空の状態で十分な強度が確保されるものであること。
- (3) 不均等積みにおける最大満載喫水でのばら積密度の小さい貨物及び大きい貨物を積載する場合のそれぞれに対する積付状態
- (4) 多港積付け及び多港荷揚げする積付状態
- (5) 甲板上に貨物を積載する場合の積付状態
- (6) 貨物の積載開始から最大積載質量まで及び最大積貨質量から空倉状態までの標準積付/荷揚げ手順。当該手順は、

貨物の積付速度、バラスト排水の容量及び船体強度上の許容値を配慮して表 3.2.1-1.を用いて作成する。

(7) 洋上でバラスト交換を行う場合、その標準的な手順

(8) 積載燃料を制限して最大満載喫水まで貨物を積載した場合の短期航海での積付状態

-3. 複数の貨物倉をバラスト兼用倉として使用する船舶にあつては、複数のバラスト兼用倉を同時に漲水するよう設計しない限り、同時に複数のバラスト兼用倉を漲水できない旨をローディングマニュアルに記載しなければならない。

-4. スチールコイル又は重量物等の二重底の局部強度に影響を及ぼすような貨物であつて、ローディングマニュアルに記載されていないものを積載する場合には、最大許容積載質量及び必要最小積載質量は別途考慮する必要がある旨を記載しなければならない。

-5. 前-2.(6)の適用にあたり、少なくとも次の積付状態に対する貨物の積付／荷揚げ手順をローディングマニュアルに記載しなければならない。ただし、(1)以外の積付状態については、これらを設計条件とした場合のみ記載して差し支えない。

(1) 前-2.(1)に規定する均等積み状態

(2) 前-2.(3)に規定する不均等積み状態

(3) 前-2.(4)に規定する多港積付け及び多港荷揚げする積付状態

(4) 前-2.(5)に規定する甲板上積付状態

(5) 前-2.(8)に規定する短期航海での積付状態

(6) 隔倉積みではなく隣接する2つ以上の貨物倉への部分的な積付状態

-6. 前-5.に規定する手順の各ステップは次によらなければならない。ステップとは、貨物倉ごとに荷役作業を行い荷役設備が次の貨物倉へ移動するまでをいう。なお、積付状態ごとの各ステップは、垂直曲げモーメント及び垂直せん断力が積付計算機によって許容値内にあることを確認されたものでなければならない。

(1) 貨物の積付については、バラスト状態における貨物の積載開始から当該積付の計画満載積付状態までの各ステップ

(2) 貨物の荷揚げについては、当該積付の計画満載積付状態から、バラスト出港状態までの各ステップ

-7. 前-5.に規定する積付状態ごとの各ステップは、垂直曲げモーメント及び垂直せん断力が積付計算機によって許容値内であることを確認されたものとしなければならない。

-8. ローディングマニュアルには、表 3.2.1-1.の用紙を添付し、次の注意事項を記載しなければならない。

「計画された積付/荷揚げ方法以外の積付/荷揚げ又はローディングマニュアルに記載のない積付/荷揚げ手順を行う場合には、貨物の積付/荷揚げ速度、バラスト注排水の容量及び速度並びに縦強度及び二重底の許容最大及び必要最小積載重量を考慮して、新たに当該積付/荷揚げに対する手順を定めた書式を用いて作成する。」

表 3.2.1-2. 許容最大積載質量 (規則算式により部材寸法を定めた場合)

	許容最大積載質量を求める算式
許容最大積載質量 (t)	$W_{MAX} \leq \gamma f(h_x)$
船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm} (kN/m ²)	$P_{btm} \leq \max(a_1 n_{f1}, a_2 n_{f2}, \dots, a_n n_{fn}) + \rho g T_x - \alpha_{R1} P_{exw1} - \rho g h_{BST}$
<p>(備考)</p> <p>P_{btm} : 次の算式による。 $P_{btm} = \gamma g h_x$</p> <p>γ : 当該貨物倉における設計貨物密度で、貨物倉における最大貨物質量を貨物倉の容積 (ただし、倉口部分を除く。) で除した値 (t/m³)</p> <p>$f(h_x)$: センターライン上での貨物の積付け高さ h_x (m) と貨物倉内に積付けられる貨物の体積 (m³) との関係を表す関数。ただし、貨物は一律にトリミングされて積載されるものとする。</p> <p>h_x : 内底板上面からセンターラインにおける貨物表面までの積付け高さ (m) で、上甲板までの高さ以下とすること。</p> <p>a_i : 積付状態の総数を n としたときの i 番目の積付状態において、センターライン上での貨物及びバラスト質量により生じる圧力と、喫水に応じた静水圧に波浪変動圧の加減を考慮した船底水圧との圧力差 (kN/m²) で、次の算式による。ただし、スチールコイル等の特に重い貨物を積載する目的で局部強度部材を補強した場合には、部材に与えられた設計圧力を超えないこと。 $a_i = \max(p_i - (\rho g T_i + P_{exw1}) , p_i - (\rho g T_i - P_{exw1}))$</p> <p>$p_i$: i 番目の積付状態において、センターライン上での貨物及びバラスト質量により生じる圧力 (kN/m²)</p> <p>T_i : i 番目の積付状態において、当該貨物倉の船長方向中央位置での喫水 (m)</p> <p>α_{R1} : 係数で、1.0 とする。ただし、湾内等波浪の影響が少ない水域においては 0.5 とすること。</p> <p>P_{exw1} : 波浪変動圧 (kN/m²) で、1編 4.6.2.4-2.(1) に規定する P_{HM} の値。その際、T_{LC} は T_i とする。また、荷重計算点は 1編 7.3.1.5 の船底外板に対する値とする。</p> <p>n_{fi} : i 番目の積付状態において、当該貨物倉と隣接する前後どちらかの貨物倉で同時に積付倉又は空倉になる場合については 0.9、ならない場合については 1.0 とすること。</p> <p>T_x : 当該貨物倉の船長方向中央位置での喫水 (m)</p> <p>h_{BST} : センターライン上での二重底内タンクのバラスト漲水高さ (m)。ただし、二重底の高さ以下の値とすること。</p>	

表 3.2.1-3. 許容最大積載質量 (貨物倉解析による強度評価を行った場合)

	許容最大積載質量を求める算式
許容最大積載質量 (t)	$W_{MAX} \leq \gamma f(h_x)$
船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm} (kN/m ²)	$P_{btm} \leq \max(a_1, a_2, \dots, a_n) + \rho g T_x - \alpha_{R2} P_{exw1} - \rho g h_{BST}$
<p>(備考)</p> <p>P_{btm}, γ, $f(h_x)$, h_x, T_i, T_x, h_{BST}, P_{exw1} : 表 3.2.1-2 による。</p> <p>a_i : 積付状態の総数を n としたときの i 番目の積付状態において、センターライン上での貨物及びバラスト質量により生じる圧力と喫水に応じた静水圧に波浪変動圧の加減を考慮した船底水圧との圧力差 (kN/m²) で次の算式による。ただし、スチールコイル等の特に重い貨物を積載する目的で局部強度部材を補強した場合には、部材に与えられた設計圧力を超えないこと。 $a_i = \max(p_i - (\rho g T_i + P_{exw1}) , p_i - \rho g T_i - P_{exw1})$</p> <p>$p_i$: i 番目の積付状態において、センターライン上での貨物及びバラスト質量により生じる圧力 (kN/m²)。貨物による圧力については、貨物倉解析による強度評価において用いた貨物密度及び荷姿を考慮して差し支えない。</p> <p>α_{R2} : 係数で、1.0 とする。ただし、湾内等波浪の影響が少ない水域においては、1/3 とすること。</p>	

-2. 3.2.1.1-1.(3)の適用にあたって喫水と許容積載質量の関係をローディングマニュアルに記載する場合、各貨物倉単独での許容最小積載質量 W_{MIN} は、当該貨物倉の喫水に応じて、次の(1)及び(2)により求めなければならない。

- (1) 1編6章及び1編7章の規定に基づき二重底構造の部材寸法を決定した場合、許容最小積載質量 W_{MIN} (t) は表3.2.1-4の規定を満足すること。
- (2) 8章及び1編8章の規定に基づき二重底構造部材の強度評価を行った場合、許容最小積載質量 W_{MIN} (t) は表3.2.1-5の規定を満足すること。

表 3.2.1-4. 許容最小積載質量 (規則算式により部材寸法を定めた場合)

	許容最小積載質量を求める算式
許容最小積載質量 (t)	$W_{MIN} \geq \gamma f(h_x)$
船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm} (kN/m ²)	$P_{btm} \geq (-1) \cdot \max(a_1 n_{f1}, a_2 n_{f2}, \dots, a_n n_{fn}) + \rho g T_x + \alpha_{R1} P_{exw1} - \rho g h_{BST}$
(備考) P_{btm} , γ , $f(h_x)$, h_x , a_i , n_{fi} , T_x , α_{R1} , P_{exw1} , h_{BST} : 表 3.2.1-2.による。	

表 3.2.1-5. 許容最小積載質量 (貨物倉解析による強度評価を行った場合)

	許容最小積載質量を求める算式
許容最小積載質量 (t)	$W_{MIN} \geq \gamma f(h_x)$
船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm} (kN/m ²)	$P_{btm} \geq \min(a_1, a_2, \dots, a_n) + \rho g T_x + \alpha_{R2} P_{exw1} - \rho g h_{BST}$
(備考) P_{btm} , γ , $f(h_x)$, h_x , α_{R2} , P_{exw1} , h_{BST} : 表 3.2.1-3.による。 a_i : 積付状態の総数を n としたときの i 番目の積付状態において、センターライン上での貨物及びバラスト質量により生じる圧力と、喫水に応じた静水圧に波浪変動圧の加減を考慮した船底水圧との圧力差 (kN/m ²) で、下向き荷重を正として次の算式により求めること。ただし、スチールコイル等の特に重い貨物を積載する目的で局部強度部材を補強した場合には、 a_i の絶対値が局部強度部材に与えられた設計圧力を超えないように a_i の値を定めること。 $a_i = \min(p_i - (\rho g T_i + P_{exw1}), p_i - (\rho g T_i - P_{exw1}))$ p_i , T_i : 表 3.2.1-3.による。	

-3. 前-1.及び-2.にかかわらず、8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価において4章に規定する積付状態及びそれ以外の状態に基づいた検討を行う等詳細な検討を行った場合は、当該検討結果に基づき許容積載質量と喫水の関係を決定することができる。

3.2.1.3 隣接する2つの貨物倉における許容最大積載質量、許容最小積載質量及び平均の喫水の関係

-1. 3.2.1.1-1.(4)の適用にあたって喫水と許容積載質量の関係をローディングマニュアルに記載する場合、隣接する2つの貨物倉における許容最大積載質量 W_{MAX} は、当該貨物倉の喫水に応じて、次の(1)及び(2)により求めなければならない。

- (1) 1編6章及び1編7章の規定に基づき二重底構造の部材寸法を決定した場合、許容最大積載質量 W_{MAX} (t) は表3.2.1-6の規定を満足すること。
- (2) 8章及び1編8章の規定に基づき二重底構造部材の強度評価を行った場合、許容最大積載質量 W_{MAX} (t) は表3.2.1-7の規定を満足すること。

表 3.2.1-6. 許容最大積載質量 (規則算式により部材寸法を定めた場合)

	許容最大積載質量を求める算式
許容最大積載質量 (t)	$W_{MAX} \leq \gamma f_1(h_x) + \gamma' f_2(h'_x)$
当該貨物倉において、船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm1} (kN/m^2)	$P_{btm1} \leq b + \rho g T_x - \alpha_{R1} P_{exw1} - \rho g h_{BST}$
隣接貨物倉において、船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm2} (kN/m^2)	$P_{btm2} \leq b' + \rho g T_x - \alpha_{R1} P_{exw1} - \rho g h'_{BST}$
<p>(備考)</p> <p>P_{btm1}, P_{btm2} : それぞれ、次の算式による。</p> $P_{btm1} = \gamma g h_x$ $P_{btm2} = \gamma' g h'_x$ <p>γ, γ' : 当該貨物倉及び隣接貨物倉での設計貨物密度のうち、隣接 2 ホールド間で同時に積付倉になる場合で最大の値を持つ積付状態のもの (t/m^3)</p> <p>$f(h_x), f_2(h'_x)$: 各貨物倉において、センターライン上での貨物の積付け高さh_x (m) と貨物倉内に積付けられる貨物の体積 (m^3) との関係を表す関数。ただし、貨物は一律にトリミングされて積載されるものとする。</p> <p>h_x, h'_x : 各貨物倉において、内底板上面からセンターラインにおける貨物表面までの積付け高さ (m) で、上甲板までの高さ以下とすること。</p> <p>b, b' : a_j及びa'_jが次の算式による関係を満足するとき、b及びb'はa_j及びa'_jのそれぞれ絶対値とすること。ただし、スチールコイル等の特に重い貨物を積載する目的で局部強度部材を補強した場合には、部材に与えられた設計圧力を超えないこと。</p> $a_j a'_j = \max(a_1 a'_1, a_2 a'_2, \dots, a_m a'_m)$ <p>a_j, a'_j : センターライン上での貨物及びバラスト質量により生じる圧力と、喫水に応じた静水圧に波浪変動圧の加減を考慮した船底水圧との圧力差のうち、下向きの荷重を正として、当該貨物倉及び隣接貨物倉の圧力差が同時に同じ符号を持つ積付状態の総数を m とした場合における、j 番目の積付状態での当該貨物倉及び隣接貨物倉のそれぞれの圧力差 (kN/m^2) とする。このとき、j 番目の積付状態において、静水圧に波浪変動圧を加えた場合及び減じた場合のうち、当該貨物倉と隣接貨物倉の圧力差が同時に同じ符号の圧力差を持つ場合のみを考慮して差し支えない。ただし、静水圧に波浪変動圧を加えた場合及び減じた場合で同じ符号の圧力差を持つ場合には、a_j及びa'_jの値を、それぞれ次の関係を満足するa_{jk}及びa'_{jk}とすること。</p> $a_{jk} a'_{jk} = \max(a_{j1} a'_{j1}, a_{j2} a'_{j2})$ <p>a_{jk}, a'_{jk} : j 番目の積付状態において、静水圧に波浪変動圧を加えた場合での当該貨物倉と隣接貨物倉の圧力差をa_{j1}及びa'_{j1}とし、波浪変動圧を減じた場合での当該船倉と隣接船倉の圧力差をa_{j2}及びa'_{j2}とする。それぞれ次の算式により求めること。</p> $a_{j1} = p_j - (\rho g T_j + P_{exw1})$ $a'_{j1} = p'_j - (\rho g T'_j + P_{exw1})$ $a_{j2} = p_j - (\rho g T'_j - P_{exw1})$ $a'_{j2} = p'_j - (\rho g T_j - P_{exw1})$ <p>P_{exw1} : 表 3.2.1-2.による。</p> <p>p_j, p'_j : j 番目の積付状態で、センターライン上での貨物及びバラスト質量により生じる当該貨物倉及び隣接貨物倉におけるそれぞれの圧力 (kN/m^2)</p> <p>T_j, T'_j : j 番目の積付状態で、当該貨物倉及び隣接貨物倉におけるそれぞれの船長方向中央位置での喫水 (m)</p> <p>T_x : T_jとT'_jの平均値 (m)</p> <p>α_{R1} : 表 3.2.1-2.による。</p> <p>h_{BST}, h'_{BST} : 各貨物倉において、センターライン上での二重底内タンクのバラスト漲水高さ (m)、ただし二重底の高さ以上の値とする必要はない。</p>	

表 3.2.1-7. 許容最大積載質量 (貨物倉解析による強度評価を行った場合)

	許容最大積載質量を求める算式
許容最大積載質量 (t)	$W_{MAX} \leq \gamma f_1(h_x) + \gamma' f_2(h'_x)$
当該貨物倉において、船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm1} (kN/m^2)	$P_{btm1} \leq b + \rho g T_x - \alpha_{R2} P_{exw1} - \rho g h_{BST}$
隣接貨物倉において、船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm2} (kN/m^2)	$P_{btm2} \leq b' + \rho g T_x - \alpha_{R2} P_{exw1} - \rho g h'_{BST}$
<p>(備考)</p> <p>P_{btm1}, P_{btm2}, γ, γ', $f(h_x)$, $f_2(h'_x)$, h_x, h'_x, h_{BST}, h'_{BST}, T_x: 表 3.2.1-6.による。</p> <p>b, b': 表 3.2.1-6.によるが, a_{j1}, a'_{j1}, a_{j2}及びa'_{j2}を求める際には, それぞれ次の算式によること。</p> $a_{j1} = p_j - (\rho g T_j + P_{exw1})$ $a'_{j1} = p'_j - (\rho g T_j + P_{exw1})$ $a_{j2} = p_j - (\rho g T_j - P_{exw1})$ $a'_{j2} = p'_j - (\rho g T_j - P_{exw1})$ <p>p_j, p'_j: 表 3.2.1-6.によるが, 貨物による圧力については, 貨物倉解析による強度評価において用いた貨物密度及び荷姿を考慮して差し支えない。</p> <p>T_j, T'_j: 表 3.2.1-6.による。</p> <p>P_{exw1}: 表 3.2.1-2.による。</p> <p>α_{R2}: 表 3.2.1-3.による。</p>	

-2. 3.2.1.1-1.(4)の適用にあたって喫水と許容積載質量の関係をローディングマニュアルに記載する場合, 隣接する2つの貨物倉での許容最小積載質量 W_{MIN} は, 当該貨物倉の喫水に応じて, 次の(1)及び(2)により求めなければならない。

- (1) 1編6章及び1編7章の規定に基づき二重底構造の部材寸法を決定した場合, 許容最小積載質量 W_{MIN} (t) は表 3.2.1-8.の規定を満足すること。
- (2) 8章及び1編8章の規定に基づき二重底構造部材の強度評価を行った場合, 許容最大積載質量 W_{MIN} (t) は表 3.2.1-9.の規定を満足すること。

表 3.2.1-8. 許容最小積載質量 (規則算式により部材寸法を定めた場合)

	許容最小積載質量を求める算式
許容最小積載質量 (t)	$W_{MIN} \geq \gamma f_1(h_x) + \gamma' f_2(h'_x)$
当該貨物倉において、船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm1} (kN/m^2)	$P_{btm1} \geq -b + \rho g T_x + \alpha_{R1} P_{exw1} - \rho g h_{BST}$
隣接貨物倉において、船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm2} (kN/m^2)	$P_{btm2} \geq -b' + \rho g T_x + \alpha_{R1} P_{exw1} - \rho g h'_{BST}$
<p>(備考)</p> <p>P_{btm1}, P_{btm2}, γ, γ', $f(h_x)$, $f_2(h'_x)$, h_x, h'_x, b, b', T_x, α_{R1}, P_{exw1}, h_{BST}, h'_{BST}: 表 3.2.1-6.による。</p>	

表 3.2.1-9. 許容最小積載質量 (貨物倉解析による強度評価を行った場合)

	許容最小積載質量を求める算式
許容最小積載質量 (t)	$W_{MAX} \geq \gamma f_1(h_x) + \gamma' f_2(h'_x)$
当該貨物倉において、船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm1} (kN/m^2)	$P_{btm1} \geq b + \rho g T_x + \alpha_{R2} P_{exw1} - \rho g h_{BST}$
隣接貨物倉において、船底における貨物及びバラスト質量により生じる圧力 P_{btm2} (kN/m^2)	$P_{btm2} \geq b' + \rho g T_x + \alpha_{R2} P_{exw1} - \rho g h'_{BST}$
<p>(備考)</p> <p>P_{btm1}, P_{btm2}, γ, γ', $f_1(h_x)$, $f_2(h'_x)$, h_x, h'_x, h_{BST}, h'_{BST}, T_x, P_{exw1}, α_{R2}: 表 3.2.1-7.による。</p> <p>b, b': a_j及びa'_jが以下の関係を満足するとき、b及びb'は、それぞれa_j及びa'_jとすること。ただし、スチールコイル等の特に重い貨物を積載する目的で局部強度部材を補強した場合には、b及びb'の絶対値が局部強度部材に与えられた設計圧力を越えないようにb及びb'の値を定めること。</p> <p>$a_j a'_j = \min(a_1 a'_1, a_2 a'_2, \dots, a_m a'_m)$</p> <p>$a_j$, a'_j: センターライン上での貨物及びバラスト質量により生じる圧力と喫水に応じた静水圧に波浪変動圧の加減を考慮した船底水圧との圧力差のうち、下向きの荷重を正として、当該貨物倉及び隣接貨物倉の圧力差が同時に同じ符号を持つ積付状態の総数を m とした場合における、j番目の積付状態での当該貨物倉及び隣接貨物倉のそれぞれの圧力差 (kN/m^2)。このとき、j番目の積付状態において、静水圧に波浪変動圧を加えた場合及び減じた場合のうち、当該貨物倉と隣接貨物倉の圧力差が同時に同じ符号の圧力差を持つ場合のみを考慮して差し支えないが。ただし、静水圧に波浪変動圧を加えた場合及び減じた場合で同じ符号の圧力差を持つ場合には、a_j及びa'_jの値を、それぞれ 次の関係を満足するa_{jk}及びa'_{jk}とすること。</p> <p>$a_{jk} a'_{jk} = \min(a_{j1} a'_{j1}, a_{j2} a'_{j2})$</p> <p>$a_{jk}$, a'_{jk}: j番目の積付状態において、静水圧に波浪変動圧を加えた場合での当該船倉と隣接船倉の圧力差をa_{j1}及びa'_{j1}、波浪変動圧を減じた場合での当該船倉と隣接船倉の圧力差をa_{j2}及びa'_{j2}とし、それぞれ以下の算式により求めること。</p> <p>$a_{j1} = p_j - (\rho g T_j + P_{exw1})$ $a'_{j1} = p'_j - (\rho g T_j + P_{exw1})$ $a_{j2} = p_j - (\rho g T_j - P_{exw1})$ $a'_{j2} = p'_j - (\rho g T_j - P_{exw1})$</p> <p>$p_j$, p'_j: 表 3.2.1-7.によるが、貨物による圧力については、貨物倉解析による強度評価において用いた貨物密度及び荷姿を考慮して差し支えない。</p> <p>T_j, T'_j: 表 3.2.1-7.による。</p>	

-3. 前-1.及び-2.にかかわらず、8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価において4章に規定する積付状態及びそれ以外の状態に基づいた検討を行う等詳細な検討を行った場合は、当該検討結果に基づき、許容積載質量と喫水の関係を決定することができる。

3.2.2 積付計算機

3.2.2.1 積付計算機の追加要件

-1. 1編3.8.3の適用にあたり、 L_f が150m以上の船舶は、次の項目が許容値内であることが確認できなければならない。

- (1) 各貨物倉の中央での喫水の変化に応じた当該貨物倉及び二重底の最大許容積載質量及び必要最小積載質量が設計条件として与えられている場合、喫水及び積載量の関係
- (2) 隣接する2つの貨物倉の喫水の平均の変化に応じて、隣接する貨物倉及び二重底の最大許容積載質量及び必要最小積載質量が設計条件として与えられている場合、喫水と積載量の関係
- (3) 2-2編1章附属書1.1「SOLAS条約第XII章におけるばら積貨物船の追加要件」を適用する船舶にあつては、当該附属書において要求される貨物倉浸水時の静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力

-2. 前-1.(3)の浸水時の静水中垂直曲げモーメント及び静水中垂直せん断力は、1編3.8.3の規定を適用しなければならない。

ない。

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 1編4章との関係

本章の各節には、本 2-3 編及び 1 編の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、表 4.1.1-1. に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	1編6章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する積付状態等に関する追加要件
4.4	疲労において考慮する荷重	9章及び1編9章に規定する疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1. 1編6章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本 4.2 の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.2.2 の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 一般

-1. 1編 4.4.2 の適用にあたって、考慮する貨物質量及び貨物密度は、1編の表 4.4.2-10. の規定に代えて、表 4.2.2-1. によらなければならない。また、貨物による変動圧力を算出する際に必要なパラメータ (GM , z_G 等) については、満載積付状態のうち適切な積付状態における値を用いること。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、表 4.2.2-2. により求まる値として差し支えない。

-2. 1編 4.4.2 の適用にあたって、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際に必要なパラメータ (GM , z_G 等) については、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、表 4.2.2-2. により求まる値として差し支えない。

表 4.2.2-1. 鉱石貨物の質量及び密度

	ハッチコーミング上端まで 貨物を積載する場合	左記以外（高比重の鉱石貨物 を積載する場合等）
考慮する鉱石貨物の 質量 M (t)	M_D	M_D
貨物密度 ρ_C (t/m ³)	$\frac{M_D^{(1)}}{V_{Full}}$	3.0
(備考) M_D : 考慮する貨物倉における許容最大貨物質量 (t) V_{Full} : ハッチコーミング部を含む貨物倉の容積 (m ³)		
(1) 1.0 未満としてはならない。		

表 4.2.2-2. パラメータの簡易算式

積付状態	船体中央における 喫水 T_{LC} (m)	船体重心位置の Z座標 z_G (m)	メタセンタ高さ GM (m)	環動半径 K_{xx} (m)
満載積付状態	T_{SC}	$0.25 \frac{B}{C_B}$	$\frac{T_{SC}}{2} + \frac{B^2}{T_{SC}C_B} \frac{3C_W - 1}{24} - z_G$	$0.25B$
バラスト状態	T_{BAL}	$0.20 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC}C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	$0.40B$

4.3 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

- 1. 8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する荷重は、本4.3の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2の規定によらなければならない。
- 3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.3.3の規定によらなければならない。

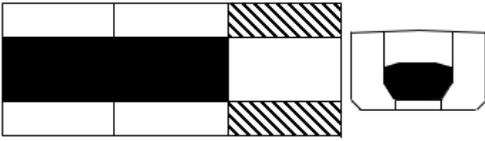
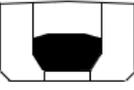
4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 積付状態

- 1. 1編4.6.2.1の適用にあたって、表4.3.2-1.に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし、運航上許容しない積付状態に相当する積付パターンは考慮する必要はない。
- 2. 前-1.の規定にかかわらず、ローディングマニュアルに記載される積付状態を追加で考慮するよう要求する場合がある。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
満載積付状態 (均等積)	S1		T_{SC}	$0^{(2)}$	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
	S2		T_{SC}	$0^{(2)}$	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
バラスト状態	S3		T_{BAL}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
	S4		T_{BAL2}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
多港積荷・ 揚荷状態 ⁽¹⁾	S5		$T_{MP1-max}$	$0.5M_{SV_max}^{(2)}$	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1
	S6		$T_{MP2-max}$	$0.5M_{SV_max}^{(2)}$	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
	S7		$T_{MP3-min}$	$0.5M_{SV_max}^{(2)}$	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1
	S8		$T_{MP4-min}$	$0.5M_{SV_max}^{(2)}$	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
	S9		$T_{MP5-min}$	$0.5M_{SV_max}^{(2)}$	HM-2/FM-2
M_{SV_min}				HM-1/FM-1	

積付状態	積付パターン		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
S10			$T_{MP6-min}$	$0.5M_{SV,max}^{(2)}$	HM-2/FM-2
				$M_{SV,min}$	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
S11			$T_{MP7-max}$	$0.5M_{SV,max}^{(2)}$	HM-2/FM-2
				$M_{SV,min}$	HM-1/FM-1
S12			$T_{MP8-max}$	$0.5M_{SV,max}^{(2)}$	HM-2/FM-2
				$M_{SV,min}$	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
<p>  : ばら積乾貨物 (鉱石貨物の質量: M_D)  : 高比重貨物 (鉱石貨物の質量: M_D)  : バラスト水 </p>					
<p>(備考)</p> <p>T_{BAL2}: バラスト状態 S4 における最小喫水 (m)。ただし, T_{BAL} を下限とする。</p> <p>$T_{MPi-max}$: 多港積荷・揚荷状態 i の最大喫水 (m)。ただし, ローディングマニュアルに記載される多港積荷・揚荷状態 i の積付パターンを含む積付状態のうち最も大きい喫水を下限とし, 構造用喫水を上限とする。</p> <p>$T_{MPi-min}$: 多港積荷・揚荷状態 i の最小喫水 (m)。ただし, ローディングマニュアルに記載される多港積荷・揚荷状態 i の積付パターンを含む積付状態のうち最も小さい喫水を上限とする。</p>					
<p>(17) X 軸回りの環動半径 (m) は, $0.325B$ とする。ただし, 考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。</p> <p>(18) 考慮する積付状態における静水中垂直曲げモーメントが表の値を超える場合, そのモーメントを考慮すること。</p>					

4.3.2.2 面外荷重

1 編 4.6.2.6 の適用にあたって, 考慮する貨物質量及び貨物密度は表 4.3.2-2. の規定によらなければならない。

表 4.3.2-2. 鉱石貨物の質量及び密度

	ハッチコーミング上端まで貨物を積載する場合	左記以外（高比重の鉱石貨物を積載する場合等）
考慮する鉱石貨物の質量 M (t)	M_D	M_D
貨物密度 ρ_C (t/m ³)	$\frac{M_D}{V_{Full}}^{(1)}$	3.0
(備考) M_D : 考慮する貨物倉における許容最大貨物質量 (t) V_{Full} : ハッチコーミング部を含む貨物倉の容積 (m ³) (1) 1.0 未満としてはならない。		

4.3.2.3 ハルガーダ荷重

1 編 4.6.2.10 の適用にあたって、 M_{SV} の値は表 4.3.2-1.に規定する値に読み替えなければならない。

4.3.3 港内状態

4.3.3.1 積付状態

1 編 4.6.3.1 の適用にあたって、表 4.3.3-1.に規定する積付状態を考慮しなければならない。

表 4.3.3-1. 港内状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		T_{PT-max}	$0.5M_{PT-max}$
				M_{PT-min}
	P2		T_{PT-min}	$0.5M_{PT-max}$
				M_{PT-min}
P3		T_{PT-min}	$0.5M_{PT-max}$	
			M_{PT-min}	
P4		T_{PT-max}	$0.5M_{PT-max}$	
			M_{PT-min}	
■, ▨: 表 4.3.2-1.による。				
(備考) T_{PT-max} : 港内状態の最大設計喫水 (m)。ただし、ローディングマニュアルに記載される港内状態の積付状態のうち最も大きい喫水を下限とし、構造用喫水 T_{SC} を上限とする。 T_{PT-min} : 港内状態の最小設計喫水 (m)。ローディングマニュアルに記載される港内状態の積付状態のうち最も小さい喫水を上限とする。				

4.3.3.2 ハルガーダ荷重

1 編 4.6.3.5 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する港内時垂直曲げモーメントは 4.3.3.1 の規定に従わなければならない。

4.4 疲労において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

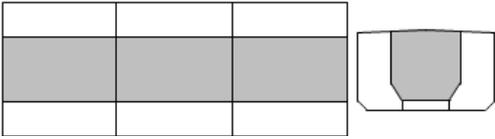
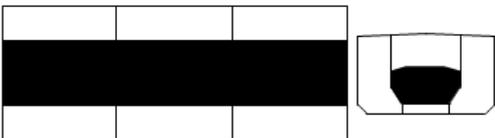
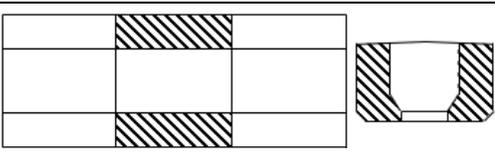
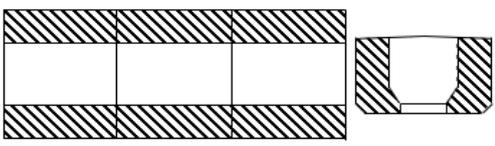
- 1. 9 章及び 1 編 9 章に規定する疲労強度評価において考慮する荷重は、本 4.4 の規定にもよらなければならない。
- 2. 繰返し状態の荷重に関する追加要件は、4.4.2 の規定によらなければならない。

4.4.2 繰返し荷重状態

4.4.2.1 積付状態

1 編 4.7.2.1 の適用にあたって、表 4.4.2-1. に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし、タンク配置の関係等で表 4.4.2-1. に規定する積付パターンと異なる場合は、ローディングマニュアルに記載される積付状態に基づいたパターンを考慮して差し支えない。

表 4.4.2-1. 繰返し荷重状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
均等積 満載積付状態	FA1		T_{SC}	考慮する積 付状態にお ける値	HM FM BR BP
	FA2		T_{SC}		
バラスト状態	FA3		T_{BAL}		
	FA4		T_{BAL2}		
					
(備考) T_{BAL2} : 表 4.3.2-1. による。					

8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 概要

8.1.1.1 本章の構成及び概要

- 1. 本章は、鉱石運搬船における貨物倉解析による強度評価の手法について規定する。
- 2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の概要及び適用等に関する追加要件
8.2	評価範囲及び評価対象部材	評価範囲及び評価対象部材に関する追加要件
8.3	構造モデル	モデル化範囲、モデル化部材及びメッシュ分割等に関する追加要件
8.4	境界条件及び荷重条件	境界条件及び荷重条件に関する追加要件
8.5	強度評価	座屈強度評価に関する追加要件

8.1.2 適用

8.1.2.1 適用する船舶

1編 8.1.2.1-1.(2)に該当する貨物倉解析による強度評価が要求される船舶は、 L_c が 150 m 以上の船舶とする。

8.2 評価対象部材

8.2.1 評価対象部材

8.2.1.1 最大荷重状態、港内状態及び水圧試験状態に対する評価対象部材

1編 8.2.2.1 の適用にあたり、評価対象構造及び部材は次によらなければならない。

- (1) 二重底構造（船底外板、内底板、センターガーダ、サイドガーダ及びフロア）
- (2) 舷側タンク構造（船側外板、縦通隔壁、舷側タンク内のトランスリング及び桁部材）
- (3) 隔壁構造（スツール及びスツール内の桁部材を含む）
- (4) 甲板構造（クロスデッキを含む）
- (5) その他本会が必要と認める部材

8.3 構造モデル

8.3.1 一般

8.3.1.1 モデル化範囲

1編 8.3.1.1 を適用するにあたって、原則として、ターゲットホールドを中心に 3 つの連続した貨物倉を再現し、全高及び全幅をモデル化しなければならない。

8.4 境界条件及び荷重条件

8.4.1 境界条件

8.4.1.1

1編 8.5.1 を適用するにあたって、境界条件は、2-2編 8.4.1 の規定による。

8.4.2 荷重条件

8.4.2.1 考慮する荷重

1編 8.5.2 の適用にあたって、4.3 に規定する追加要件も踏まえた荷重を考慮しなければならない。

8.4.2.2 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 8.5.2 の適用にあたって、2-2編 8.4.2 に規定する手法に従い、ターゲットホールドに生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントを調整しなければならない。

8.5 強度評価

8.5.1 降伏強度評価及び座屈強度評価

8.5.1.1 横波荷重における船側外板の強度評価

-1. 最大荷重状態のうち等価設計波 BR 及び BP に基づく荷重を考慮した強度評価において、船側外板上の防撓パネルの短辺方向座屈強度評価については、サイドトランス及び船側外板の曲げ変形による応力が支配的である場合、1編 8.6.2.1-1. の評価に代えて、1編 8.6.2.1-2. を適用することができる (表 8.5.1-1. 参照)。

-2. 前-1. の適用にあたって、船側外板は1編 8.6.1 に規定する降伏強度評価を行う必要はない。

-3. 前-1. の適用にあたって、1編 附属書 8.6A 「隣接構造影響を考慮した強度評価」の An2.7 に規定する降伏強度評価及び座屈強度評価を行う際、次の(1)から(4)を評価対象外として差し支えない。

- (1) 剛性低下範囲上の防撓パネル
- (2) 前(1)に含まれる要素と節点を共有する要素を含むパネル
- (3) 下部スツール斜板上の板パネル
- (4) 前(1), (2)及び(3)に含まれる要素

8.5.1.2 横波荷重における下部スツール斜板の強度評価

-1. 最大荷重状態のうち等価設計波 BR 及び BP に基づく荷重を考慮した強度評価において、下部スツール斜板上の板パネルの短辺方向座屈強度評価については、1編 8.6.2.1-1. の評価に代えて、1編 8.6.2.1-2. を適用することができる (表 8.5.1-1. 参照)。

-2. 前-1. の適用にあたって、下部スツール斜板は1編 8.6.1 に規定する降伏強度評価を行う必要はない。

-3. 前-1. の適用にあたって、1編 附属書 8.6A 「隣接構造影響を考慮した強度評価」の An2.7 に規定する降伏強度評価及び座屈強度評価を行う際、次の板パネル及び当該パネルに含まれる要素は評価対象外として差し支えない。

- (1) 剛性低下範囲上の板パネル

8.5.1.3 舷側タンク内クロスタイの座屈強度評価

1編 8.6.2. の適用にあたって、1編 附属書 8.6 「貨物倉解析に基づく座屈強度評価」の An2.5 に基づき鉱石運搬船舷側タンク内クロスタイのコラム座屈を評価する場合、支材のスパン l (mm) は、クロスタイの水平桁が取付けられている縦通隔壁付サイドストリングのフランジから船側外板付サイドストリングのフランジまでの距離としなければならない (表 8.5.1-1. 参照)。ただし、この定義により難いときは、事前に本会と協議の上、支材のスパン l を決定することができる。

8.5.1.4 縦波荷重におけるクロスデッキの座屈強度評価

最大荷重状態のうち等価設計波 HM 及び FM に基づく荷重を考慮した強度評価において、横式に防撓されたクロスデッキ上の板パネルについては、次の条件を満たす場合、1編 8.6.2.1-1. の評価を行う必要はない (表 8.5.1-1. 参照)。

- (1) 船体垂直曲げに起因して発生するクロスデッキ上の船長方向応力が、クロスデッキの船幅方向長さに対して十分狭い領域にのみ作用すること。
- (2) 縦式構造の上甲板に接するクロスデッキ上の板厚が、上甲板の板厚の 50% を超えていること。

表 8.5.1-1. 1編と2編の適用の関係

評価部材	最大荷重状態	
	等価設計波 <i>HM</i> 及び <i>FM</i>	等価設計波 <i>BR</i> 及び <i>BP</i>
船側外板及び下部スツール斜板 (等価設計波 <i>BR</i> 及び <i>BP</i> に対して 1編 附属書 8.6A を適用する場合)	<ul style="list-style-type: none"> 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1 の規定による。 	<ul style="list-style-type: none"> 1編 附属書 8.6A の An2.2 から An2.6 を適用。 許容使用係数 (座屈) : 0.8 降伏強度評価は不要。
船側外板及び下部スツール斜板以外の部材 (等価設計波 <i>BR</i> 及び <i>BP</i> に対して 1編 附属書 8.6A を適用する場合)		<ul style="list-style-type: none"> 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：8.5.1.4 の規定による。
クロスデッキ	<ul style="list-style-type: none"> 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：8.5.1.4 の規定による。 	<ul style="list-style-type: none"> 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1 の規定による。
舷側タンク内クロスタイ ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> 降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。 座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1 に加え、8.5.1.3 の規定による。 	
(備考)		
(1) 港内状態、水圧試験状態及び浸水状態に対しても同様とする。		

9章 疲労

9.1 一般

9.1.1 疲労要件の適用

9.1.1.1 適用

船の長さ L_C が150 m以上の船舶は、1編 9.3の簡易応力解析及び1編 9.4の有限要素解析により得られるホットスポット応力に基づき疲労強度評価を行わなければならない。

9.2 評価すべき構造詳細

9.2.1 有限要素解析で評価すべき構造詳細

9.2.1.1

- 1. 1編 9.4に従って有限要素解析により疲労強度評価すべき重要な構造詳細は、表 9.2.1-1による。
- 2. 前-1にかかわらず、十分な疲労強度を有することを示す資料を本会に提出し、適当と認められた場合は、当該構造の疲労強度評価を省略することができる。

表 9.2.1-1. 船体構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	船体構造の重要な構造詳細
1	ビルジホップ斜板と内底板の交差部
2	ビルジホップ斜板と二重船側縦通隔壁の交差部
3	ボトムガーダ近傍の下部スツールと内底板との交差部
4	ハッチコーナ部
5	下部スツールと波形隔壁との交差部
6	ウィングタンク内横隔壁付き水平ストリングとサイドストリングとの交差部
7	その他応力集中の大きい箇所

9.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.1 一般

9.3.1.1

- 1. 標準的な積付状態及び時間比率は、表 9.3.1-1による。
- 2. 前-1にかかわらず、表 9.3.1-1以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.1-1. 標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
均等積満載積付状態	50 %
バラスト状態	50 %

9.4 境界条件及び荷重条件

9.4.1 境界条件

9.4.1.1

1編 9.4.4.1 の適用上、境界条件は、2-2編 8.4.1.1 による。

9.4.2 荷重条件

9.4.2.1 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 9.4.4.2 の適用上、構造モデルへのモーメント付与方法は、2-2編 8.4.2.2 による。ただし、 M_{V-targ} 、 M_{H-targ} は、2-2編表 8.4.2-1.に代えて表 9.4.2-1.に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) を用いる。

表 9.4.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	繰返し荷重状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}
(備考) M_{V-HG} 、 M_{H-HG} : 繰返し荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) で、 1編 4.7.2.10 による。	

10章 追加の構造要件

10.1 船底構造

10.1.1 一般

10.1.1.1 貨物倉の排水装置

- 1. 貨物倉の後端には、原則として各舷に1個のビルジ吸引口を設けなければならない。なお、貨物倉を1個有する船舶で貨物倉の長さが66mを超えるときには、前半の適当な位置にもビルジ吸引口を増設しなければならない。
- 2. ビルジだめは、その蓋板に鉍石が直接あたらないような場所に設け、かつ、鉍石の粉末等のためビルジ吸引口が容易につまることのないよう、どろ除箱を設ける等適当な方法を講じなければならない。
- 3. ビルジ管を二重底あるいは船側のタンク又は空所内を通過させる場合には、その開口端に逆止弁又はいつでも容易に近寄りうる場所から閉鎖しうる止め弁を備えなければならない。
- 4. ビルジ吸引支管の内径は、D編13.5.3-1の規定を適用するにあたりBの代わりに貨物倉の平均の幅を用いて算定したものと差し支えない。

10.2 船側構造

10.2.1 主要構造部材

10.2.1.1 一般

各種の桁及びクロスタイの構造は、次の(1)及び(2)による。

- (1) 同一平面内にある桁は、その強度及び剛性の急激な変化を避け、また、桁の端部には適当な大きさのブラケットを設け、かつ、その端部には十分な丸みを付けなければならない。
- (2) サイドトランス及び縦通隔壁付き横桁の下端ブラケットとその内端部付近のウェブは、有効に防撓しなければならない。

10.2.1.2 ボトムトランス及びデッキトランス

ボトムトランス及びデッキトランスの剛性は、サイドトランスの剛性に依りて釣合いのとれたものとしなければならない。

10.2.1.3 クロスタイ

舷側タンク内のサイドトランスと縦通隔壁付き横桁を有効に結合する場合、クロスタイの構造は次の(1)及び(2)による。

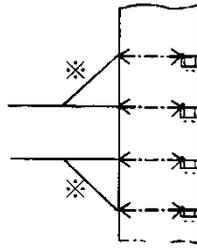
- (1) クロスタイの端部には、ブラケットを設け横桁に固着させなければならない。
- (2) クロスタイを構成する面材の幅がウェブの片側で150mmを超える場合には、適当な間隔に防撓材を設け、面材も支える構造としなければならない。

10.2.1.4 構造詳細

横桁及びクロスタイの構造詳細については、次の(1)から(3)によらなければならない。

- (1) 横桁端部のブラケットの部分、クロスタイとの取合い部等、せん断応力の高い箇所及び圧縮応力の高いと思われる部分には、防撓材を増設する必要があり、また、当該部には軽目穴を設けることはできない。ただし、クロスタイに水平桁を設ける等、適切な補強により応力の緩和を図っている場合はこの限りではない。なお、このような場合、ロンジ貫通部のスロットにはカラープレートを設ける必要がある。また、クロスタイとロンジの取合い部では、横桁の両側にソフトな形状のブラケットを配置する等、強度の連続性に十分配慮すること。
- (2) 横桁等に設ける防撓材で平鋼の代わりに山形鋼を用いる場合、板付きの断面二次モーメントを規定と同等程度のもとする。
- (3) 図10.2.1-1のような構造の場合は、※印のブラケットを設けなければならない。

図 10.2.1-1. クロスタイの固着



10.3 甲板構造

10.3.1 クロスデッキ

10.3.1.1

クロスデッキは、座屈強度に対して特別の考慮を払わなければならない。

10.4 隔壁構造

10.4.1 貨物倉内横隔壁スツール

10.4.1.1 一般

横隔壁下部スツール内に設ける防撓桁の下部には、部分的にガーダ等を設けなければならない。

10.5 スロッシングに対するタンク構造

10.5.1 一般

10.5.1.1 適用

-1. 次の(1)から(3)のすべてに該当するバラストタンクの構造部材にあつては、1編 4.8.2.4 に規定するスロッシング荷重を用いて、本 10.5 に規定する寸法を満足しなければならない。

- (1) 容積が 100 m^3 以上のバラストタンク
- (2) 20%以上 90%以下の積付比率の積載が可能となるよう計画されたバラストタンク
- (3) バラストタンクの縦揺れ固有周期がピッチ周期の 20%以内又は ± 1.5 秒以内にある場合及びバラストタンクの横揺れ固有周期がロール周期の 20%以内又は ± 1.5 秒以内にある場合

-2. 前-1.(3)の適用において、いずれか片方だけの条件が該当する場合、該当する船体運動により生じるスロッシング荷重のみを考慮することで差し支えない。

-3. 前-1.(3)の適用において、積付比率 10%ごとにタンク固有周期を求めること。前-1.(3)の条件に合致する積付比率に対するスロッシング荷重のみを考慮することで差し支えない。

10.5.1.2 寸法手法

本 10.5 に規定する要求寸法は、ネット寸法で規定する。

10.5.2 板

10.5.2.1

-1. スロッシング荷重を受ける板の板厚は、1編 10.9.2 に規定する算式による値以上としなければならない。

-2. 評価対象部材に対する等価圧力は、表 10.5.2-1.によらなければならない。当該圧力を求めるにあたって、最大設計貨物密度に代えて海水密度 (1.025 t/m^3) を考慮すること。

表 10.5.2-1. 板パネルに対する等価圧力

対象部材	P_{slh}
<ul style="list-style-type: none"> 横隔壁 横制水隔壁 横隔壁の近傍にあるタンク頂板⁽¹⁾ 	P_{slh-p} (1 編 4.8.2.4-4.(1))
<ul style="list-style-type: none"> 縦通隔壁 船側外板 縦通隔壁及び船側外板の近傍にあるタンク頂板⁽¹⁾ 縦通隔壁の下方にある斜板⁽²⁾ 	P_{slh-r} (1 編 4.8.2.4-4.(2))
(備考)	
() 内の数字は、参照する要件を示す。	
(1) 横隔壁から $0.3\ell_{tk}$ の範囲にある板パネルに対して P_{slh-p} を適用すること。また、縦通隔壁から $0.3b_{tk}$ の範囲にある板パネルに対して P_{slh-r} を適用すること。 ℓ_{tk} 及び b_{tk} の定義は、 1 編の表 4.8.2-13 及び 表 4.8.2-14 の規定による。	
(2) 縦通隔壁の下方にある斜板にあっては、縦通隔壁と同じパラメータを用いてスロッシング荷重を求めること。	

10.5.3 防撓材

10.5.3.1

- スロッシング荷重を受ける板に取り付けられる防撓材の断面係数は、**1 編 10.9.3** に規定する算式による値以上としなければならない。
- 評価対象部材に対する等価曲げモーメントは、**表 10.5.3-1** によらなければならない。当該モーメントを求めるにあたって、最大設計貨物密度に代えて海水密度 ($1.025 t/m^3$) を考慮すること。

表 10.5.3-1. 各評価対象部材に対する等価曲げモーメント

対象部材	防撓構造	M_{slh}
・タンク頂板付き防撓材 ⁽¹⁾	縦式	M_{slh-p} (1 編 4.8.2.4-5.(1)) M_{slh-r} (1 編 4.8.2.4-5.(2))
	横式	M_{slh-p} (1 編 4.8.2.4-5.(2)) M_{slh-r} (1 編 4.8.2.4-5.(1))
<ul style="list-style-type: none"> 横隔壁に取り付けられる防撓材 横制水隔壁に取り付けられる防撓材 縦通隔壁付き立て桁に取り付けられる防撓材 横隔壁付き水平桁に取り付けられる防撓材 クロスタイ (横方向) に取り付けられる防撓材 	形式 A ⁽²⁾	M_{slh-p} (1 編 4.8.2.4-5.(1))
	形式 B ⁽³⁾	M_{slh-p} (1 編 4.8.2.4-5.(2))
<ul style="list-style-type: none"> 縦通隔壁に取り付けられる防撓材 船側外板に取り付けられる防撓材 縦通隔壁より下方にある斜板に取り付けられる防撓材 横隔壁付き立て桁に取り付けられる防撓材 縦通隔壁付き水平桁に取り付けられる防撓材 	形式 A ⁽²⁾	M_{slh-r} (1 編 4.8.2.4-5.(1))
	形式 B ⁽³⁾	M_{slh-r} (1 編 4.8.2.4-5.(2))
(備考)		
() 内の数字は、参照する要件を示す。		
(1) 横隔壁から $0.3\ell_{tk}$ の範囲にある板パネルの防撓材に対して M_{slh-p} を適用すること。また、縦通隔壁または船側外板から $0.3b_{tk}$ の範囲にある板パネルの防撓材に対して M_{slh-r} を適用すること。		
(2) 1 編の図 10.9.3-1 参照。		
(3) 1 編の図 10.9.3-2 参照。		

10.5.4 桁ウェブ**10.5.4.1**

- 1. スロッシング荷重を受ける桁部材のウェブ板厚 t_w は、**1編 10.9.4**に規定する算式による値以上としなければならない。
- 2. 評価対象部材に対する等価圧力は、**表 10.5.4-1**による。

表 10.5.4-1. 各評価対象部材に対する等価圧力

対象部材	P_{slh}
<ul style="list-style-type: none"> ・横隔壁／横制水隔壁に取り付けられる水平桁 ・縦通隔壁に取り付けられる立て桁 ・船側外板に取り付けられる立て桁 ・クロスタイ (横方向) 	P_{slh-p} (1編 4.8.2.4-4.(1))
<ul style="list-style-type: none"> ・縦通隔壁に取り付けられる水平桁 ・横隔壁／横制水隔壁に取り付けられる立て桁 ・船側外板に取り付けられる水平桁 	P_{slh-r} (1編 4.8.2.4-4.(2))
(備考)	
() 内の数字は、参照する要件を示す。	

10.6 その他**10.6.1 運送許容水分値を超える含有水分値を持つ貨物を運送する船舶に対する特別要件****10.6.1.1**

運送許容水分値を超える含有水分値を持つ貨物を運送する船舶の船体構造については、次の**(1)**又は**(2)**にもよらなければならない。

- (1) 運送許容水分値を超える含有水分値を持つニッケル鉱を運送する船舶にあつては、本会が別途発行し、国土交通大臣に届け出た「**ニッケル鉱 (Nickel Ore) 運送に関するガイドライン**」に規定される要件
- (2) 前**(1)**以外の貨物を運送する船舶にあつては、本会が適当と認める評価手法

11章 貨物区域外の構造

11.1 船楼

11.1.1 船首楼

11.1.1.1

-1. **B編 1.3.1(13)**に定義するばら積貨物船にあっては、次の**(1)**から**(5)**の規定に従う船首楼を設けなければならない。本船の配置等により、本規定を適用し難い場合は本会の適当と認めるところによる。

- (1) 船首楼は閉囲された船楼とすること。
- (2) 船首楼は乾舷甲板上に位置し、その後端壁が最前端貨物倉の前端隔壁直上又はそれより後方に位置すること。
(**図 11.1.1-1**参照)
- (3) 船首楼高さ H_F は、次の**(a)**及び**(b)**に定める値以上とすること。
 - (a) $H_C + 0.5$ (m)。ただし、 H_C は最前端貨物倉のハッチコーミング高さ。
 - (b) **1編 1.4.3.3**に規定する船楼の標準高さ (m)
- (4) **1編 4.10.2.2-2**に規定する最前端貨物倉の前端ハッチコーミングの荷重及び**1編 4.10.6**に規定する最前端貨物倉ハッチカバー前端に働く船尾方向の圧力を減じる場合には、船首楼甲板後端と最前端貨物倉の前端ハッチコーミングの距離 l_F (m) が、次の算式を満足すること。

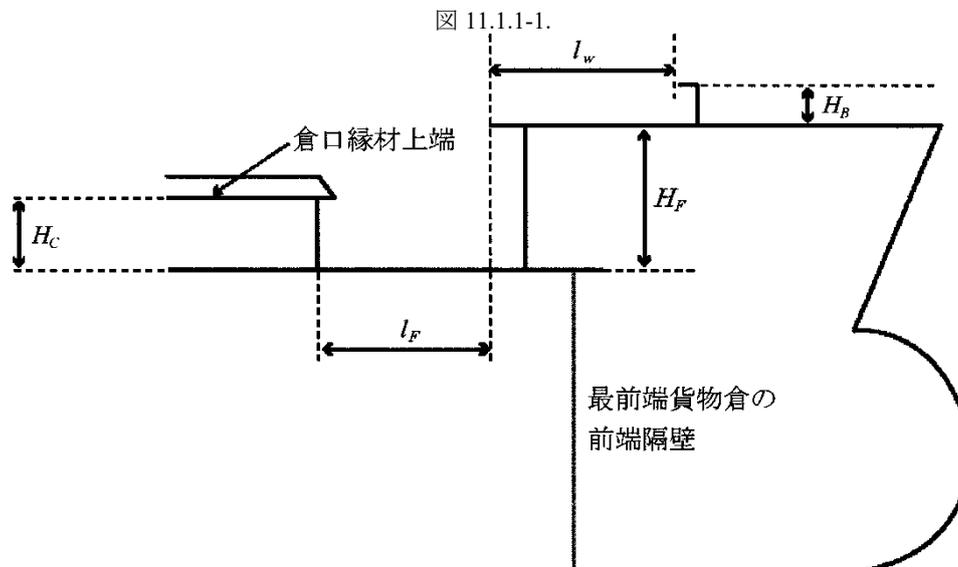
$$l_F \leq 5\sqrt{H_F - H_C}$$

H_F 及び H_C ：前**(3)**による

- (5) 船首楼甲板上には、ハッチコーミング及びハッチカバーを保護する目的でブレイクウォータを設けてはならない。その他の目的により設ける場合にあっては、ブレイクウォータ後端から船首楼甲板後端までの距離 l_w (m) は、次の算式を満足すること。

$$l_w \geq H_B / \tan 20^\circ$$

H_B ：ブレイクウォータ高さ (m)



-2. 前**1.(2)**にかかわらず、ハッチカバーの開閉のため、船首楼後端壁を最前端貨物倉の前端隔壁直上又はそれよりも後方の位置に配置できない場合であって、満載喫水線上における船首材前面から船首楼後端壁までの水平長さが **1編 1.4.3.1-2**に規定する船の乾舷用長さ L_f の 7%以上である場合に限り、船首楼後端壁を最前端貨物倉の前端隔壁より前方に配置することができる。

2-4 編 木材チップ船

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

-1. 船級符号に“Chip Carrier” (略号 CPC) を付記して木材チップ船として登録を受けようとする船舶の構造及び艤装については、[1 編](#)に加え、本 [2-4 編](#)の規定によらなければならない。

-2. 本 [2-4 編](#)の規定は、専ら木材チップを運搬する船舶であって、一般的に、二重底構造及びビルジホップタンクを有する単船側構造の一層甲板船で、甲板及び船底は縦式構造の船舶について定めたものである。

-3. 前-2.に掲げるものと異なる構造の木材チップ船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

1.1.1.2 SOLAS 条約第 XII 章の適用

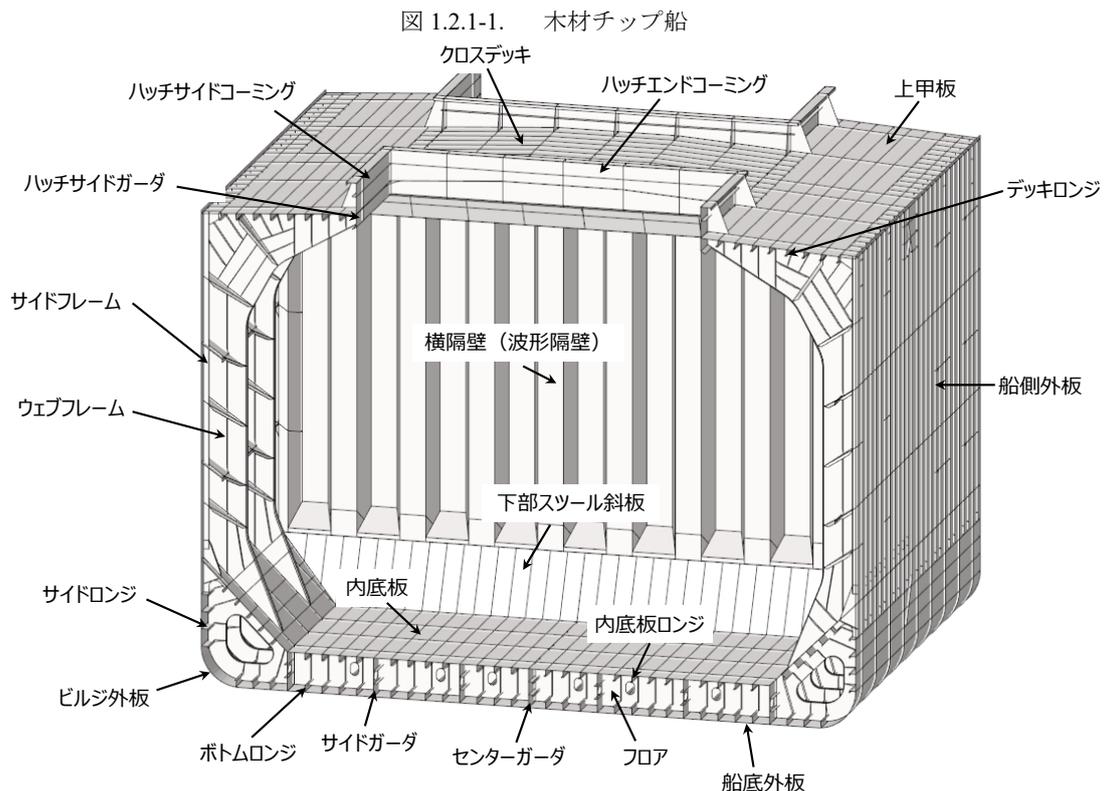
本 [2-4 編](#)を適用する木材チップ船は、[2-2 編 1 章 附属書 1.1 「SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件」](#)にも適合しなければならない。

1.2 定義

1.2.1 部材名称

1.2.1.1 構造に関する用語

本 [2-4 編](#)において用いられている一般的な構造に関する用語を [図 1.2.1-1](#)に示す。



2章 一般配置要件

2.1 構造配置

2.1.1 二重底構造

2.1.1.1 センターガーダ及びサイドガーダの構造及び配置

-1. センターガーダの高さは、特に本会の承認を得た場合を除き、次の算式による値以上としなければならない。**1編 1.4.3.5**に規定により、特に大きい乾舷を有する船舶にあつては、そのセンターガーダの高さは、算式中の D に代えて、仮想乾舷甲板までの深さ D' を用いて算定される値まで減じたものとする。ただし、いかなる場合も $B/20$ 未満とすることはできない。

$$15 \sqrt{\frac{L_H B D}{m}} \text{ (mm)}$$

L_H : 貨物倉区域の全長 (m)。ただし、ポンプ室、コファダム等は除く。

m : 貨物倉区域に含まれる貨物倉の数。

2.1.2 ビルジホッパタンク

2.1.2.1 一般

ビルジホッパタンクを設ける場合、その配置は次の**(1)**から**(3)**によらなければならない。

- (1) ビルジホッパタンクの区画は、なるべく船の区画と一致するようにしなければならない。
- (2) ビルジホッパタンク内では、各フロアの箇所に横桁を設けなければならない。
- (3) ビルジホッパの内端の箇所には、サイドガーダを設けなければならない。

3章 構造設計の原則

3.1 最小要件

3.1.1 最小厚さ

-1. サイドフレームのウェブ及び上下部ブラケットの最小厚さは、次の算式による値未満としてはならない。

$$t = 0.03L_{C200} + 3.0 \text{ (mm)}$$

L_{C200} : 1編 1.4.2.2 に規定する船の長さ (m)。

-2. 甲板とビルジホップタンクのための船側外板の最小厚さは、次の算式により定まる値未満としてはならない。

$$t = 0.8\sqrt{L_C} \text{ (mm)}$$

L_C : 1編 1.4.3.1 に規定する船の長さ (m)。

3.2 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.2.1 ローディングマニュアル

3.2.1.1 ローディングマニュアルの追加要件

1編 3.8.2 の適用にあたって、2-2編 3.2.1 の規定にもよらなければならない。

3.2.2 積付計算機

3.2.2.1 積付計算機の追加要件

1編 3.8.3 の適用にあたって、2-2編 3.2.2 の規定にもよらなければならない。

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成及び概要

本章の各節には、本 2-4 編及び 1 編の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、表 4.1.1-1 に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4 章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4 章の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	6 章及び 1 編 6 章に規定する局部強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	8 章及び 1 編 8 章に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.4	疲労において考慮する荷重	9 章及び 1 編 9 章に規定する疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1. 6 章及び 1 編 6 章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本 4.2 の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.2.2 の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 面外荷重

- 1. 考慮する貨物質量及び貨物密度は、1 編 4.4.2.5 の規定に代えて、表 4.2.2-1.によらなければならない。木材チップ以外の貨物を運搬することを計画する船舶にあつては、当該貨物による影響を適切に考慮すること。また、必要な場合、貨物密度と貨物の積付高さに関する制限事項をローディングマニュアルに記載しなければならない。
- 2. 1 編 4.4.2 の適用にあつて、貨物による変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、満載積付状態における値を用いること。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、表 4.2.2-2.により求まる値として差し支えない。
- 3. 1 編 4.4.2 の適用にあつて、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、ヘビーバラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、表 4.2.2-2.により求まる値として差し支えない。

表 4.2.2-1. 木材チップ貨物の質量及び密度

考慮する木材チップの質量 M (t)	M_D
貨物密度 ρ_C (t/m ³)	$\frac{M_D}{V_{Full}}$
(備考) M_D : 考慮する貨物倉における許容最大木材チップ質量 (t) V_{Full} : ハッチコーミング部を含む貨物倉の容積 (m ³)	

表 4.2.2-2. パラメータの簡易算式

積付状態	船体中央における 喫水 T_{LC} (m)	船体重心位置の Z座標 z_G (m)	メタセンタ高さ GM (m)	環動半径 K_{xx} (m)
満載積付状態	T_{SC}	$0.25 \frac{B}{C_B}$	$\frac{T_{SC}}{2} + \frac{B^2}{T_{SC} C_B} \frac{3C_W - 1}{24} - z_G$	$0.35B$
ヘビーバラスト 状態	T_{BAL-H}	$0.20 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC} C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	$0.40B$

4.3 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

-1. 8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重は、本4.3の規定にもよらなければならない。

-2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2の規定によらなければならない。

-3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.3.3の規定によらなければならない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 積付状態

-1. 1編4.6.2.1の適用にあたって、均等満載積付状態及びバラスト状態のほか、多港積荷・揚荷状態を計画する船舶にあつては、表4.3.2-1.に規定する積付状態の中から該当する積付状態を考慮しなければならない。バラスト兼用倉にあつては、表4.3.2-2.に規定する積付状態を追加で考慮しなければならない。ただし、運航上許容しない積付状態に相当する積付パターンは考慮する必要はない。

-2. 木材チップ以外の貨物を運搬することを計画する船舶は、ローディングマニュアルに記載する貨物密度と貨物高さの制限事項を踏まえ、それによる影響を適切に考慮するよう要求する場合がある。

-3. 前-1.にかかわらず、本会が必要と認めた場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を追加で考慮するよう要求する場合がある。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態 (バラスト兼用倉以外)

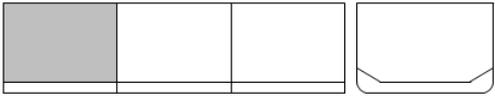
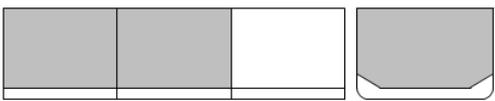
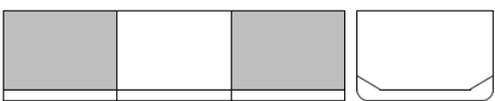
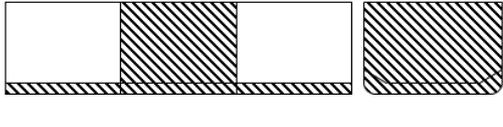
積付状態 ⁽¹⁾	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント ⁽³⁾	等価設計波
均等満載積付状態	S1		T_{SC}	$0.5M_{SV_max}$	HM-2/FM-2
				$0.5M_{SV_min}$	HM-1/FM-1 BP-1P/S BR-1P/S
バラスト状態 ⁽²⁾	S2		T_{BAL}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BP-1P/S BR-1P/S
多港積荷・揚荷状態	S3		$T_{MP1-max}$	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1
	S4		$T_{MP2-min}$	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1
	S5		$T_{MP3-min}$	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1
	S6		$T_{MP4-max}$	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1
<p>■ : ばら積乾貨物 (木材チップ貨物の質量 : M_D)</p> <p>▨ : バラスト水</p> <p>(備考)</p> <p>$T_{MPi-max}$: 多港積荷・揚荷状態<i>i</i>の最大喫水 (m)。ただし、ローディングマニュアルに記載される多港積荷・揚荷状態<i>i</i>の積付パターンを含む積付状態のうち最も大きい喫水を下限とし、構造用喫水T_{SC}を上限とする。</p> <p>$T_{MPi-min}$: 多港積荷・揚荷状態<i>i</i>の最小喫水 (m)。ただし、ローディングマニュアルに記載される多港積荷・揚荷状態<i>i</i>の積付パターンを含む積付状態のうち最も小さい喫水を上限とする。</p>					
<p>(19) X 軸回りの環動半径 (m) につき、均等満載積付状態においては$0.35B$、バラスト状態においては$0.40B$、多港積荷・揚荷状態においては$0.38B$とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。</p> <p>(20) バラスト状態において、バラスタタンクを設計上半載又は空にする場合は、当該バラスタタンクを空とした状態で検討すること。バラスタタンクを満載として強度評価を行った場合、バラスト状態においてバラスタタンクは常に満載する旨ローディングマニュアルに記載すること。</p> <p>(21) 多港積荷・揚荷状態において、表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代わって、消費タンク等を満載又は空にする等物理的に存在し得る全ての組み合わせを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを考慮することができる。</p>					

表 4.3.2-2. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態 (バラスト兼用倉に対する追加要件)

積付状態 ⁽¹⁾	積付パターン ⁽²⁾		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
ヘビーバラスト 状態	S2a		T_{BAL-H}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BP-1P/S BR-1P/S
	S2b		T_{BAL-H}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BP-1P/S BR-1P/S
 : 表 4.3.2-1.による。					
(備考) (1) X軸回りの環動半径 (m) は、 $0.40B$ とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。 (2) バラスト兼用倉の下方にあるバラストタンクを設計上半載又は空にする場合は、当該バラストタンクを空とした状態で検討すること。バラストタンクを満載として強度評価を行った場合、バラスト状態においてバラストタンクは常に満載する旨ローディングマニュアルに記載すること。					

4.3.2.2 木材チップ貨物による内圧

考慮する貨物質量及び貨物密度は、1編 4.6.2.6の規定に代えて、表 4.2.2-1.によらなければならない。

4.3.2.3 ハルガーダ荷重

1編 4.6.2.10の適用にあたって、 M_{SV} の値は表 4.3.2-1.及び表 4.3.2-2.に規定する値を用いなければならない。

4.3.3 港内状態**4.3.3.1 積付状態**

1編 4.6.3.1の適用にあたって、表 4.3.3-1.に規定する積付状態を考慮しなければならない。

表 4.3.3-1. 港内状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		T_{PT-max}	M_{PT-max}
				M_{PT-min}
	P2		T_{PT-min}	M_{PT-max}
				M_{PT-min}
	P3		T_{PT-min}	M_{PT-max}
				M_{PT-min}
	P4		T_{PT-max}	M_{PT-max}
				M_{PT-min}
 : 表 4.3.2-1.による。				
(備考) T_{PT-max} : 港内状態の最大設計喫水 (m)。ただし、ローディングマニュアルに記載される港内状態の積付状態のうち最も大きい喫水を下限とし、構造用喫水を上限とする。 T_{PT-min} : 港内状態の最小設計喫水 (m)。ローディングマニュアルに記載される港内状態の積付状態のうち最も小さい喫水を上限とする。				

4.3.3.2 ハルガーダ荷重

1 編 4.6.3.5 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する港内中垂直曲げモーメントは 4.3.3.1 の規定に従わなければならない。

4.4 疲労において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

- 1. 9 章及び 1 編 9 章に規定する疲労強度評価において考慮する荷重は、本 4.4 の規定にもよらなければならない。
- 2. 繰返し荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.4.2 の規定によらなければならない。

4.4.2 繰返し状態

4.4.2.1 積付状態

1 編 4.7.2.1 の適用にあたって、バラスト兼用倉にあつては、表 4.4.2-1.に規定する積付状態を考慮しなければならない。バラスト兼用倉以外の疲労強度評価を行う場合、表 4.4.2-1.に規定するヘビーバラスト状態に代えて、表 4.4.2-2.に規定する積付状態を追加で考慮しなければならない。ただし、タンク配置の関係等で表 4.4.2-1.及び表 4.4.2-2.に規定する積付パターンと異なる場合は、ローディングマニュアルに記載される積付状態に基づいたパターンを考慮して差し支えない。

表 4.4.2-1. 繰返し荷重状態で考慮すべき積付状態 (バラスト兼用倉の場合)

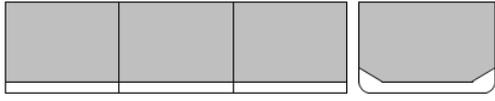
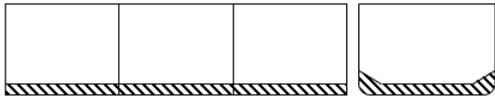
積付状態	積付パターン		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
均等積 満載積付状態	<i>FA1</i>		T_{SC}	考慮する積 付状態に対 する値	<i>HM</i> <i>FM</i> <i>BR</i> <i>BP</i>
ヘビーバラスト 状態	<i>FA2</i>		T_{BAL-H}		
 : 表 4.3.2-1.による。					
(備考) (1) X 軸回りの環動半径 (m) につき、均等満載積付状態においては $0.35B$ 、ヘビーバラスト状態においては $0.40B$ とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。					

表 4.4.2-2. 繰返し荷重状態で考慮すべき積付状態 (バラスト兼用倉以外の場合)

積付状態 ⁽¹⁾⁽²⁾	積付パターン		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
バラスト状態	<i>FA2</i>		T_{BAL}	考慮する積 付状態に対 する値	<i>HM</i> <i>FM</i> <i>BR</i> <i>BP</i>
 : 表 4.3.2-1.による。					
(備考) (1) X 軸回りの環動半径 (m) は $0.40B$ とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。 (2) バラスト兼用倉に隣接する貨物倉を評価する場合は当該バラスト兼用倉にバラスト水を漲水した状態を考慮すること。					

4.4.2.2 木材チップ貨物による内圧

考慮する貨物質量及び貨物密度は、1編 4.7.2.6 の規定に代えて、表 4.2.2-1.によらなければならない。

5章 縦強度

5.1 縦曲げ最終強度

5.1.1 評価基準

5.1.1.1 二重底曲げ影響

1編 5.4.2.2 に規定する評価判定において、二重底曲げ影響を考慮する係数 γ_{DB} は、次とする。

$$\gamma_{DB} = 1.15$$

6章 局部強度

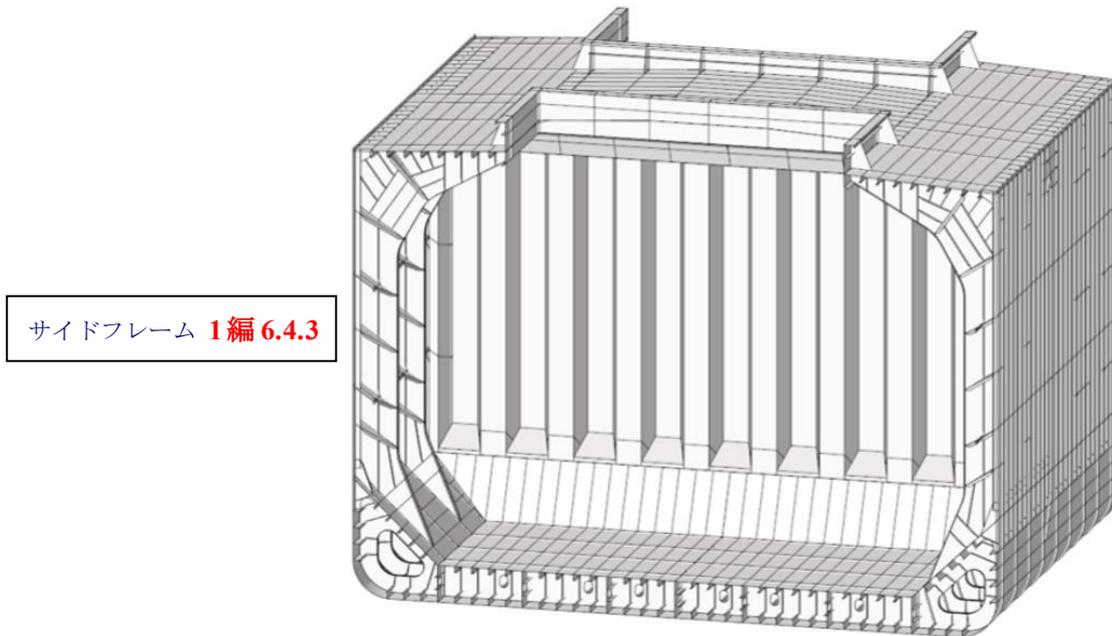
6.1 一般

6.1.1 適用

6.1.1.1 チップ船

チップ船に対する局部強度要件の適用例を図 6.1.1-2. に示す。なお、面外荷重を受ける板及び防撓材であって、図 6.1.1-2. に記載にない部材については、1 編 6.3 及び 1 編 6.4 の規定に従って評価しなければならない。

図 6.1.1-2. チップ船に対する適用例



6.2 バラストホールド

6.2.1 サイドフレーム

6.2.1.1 サイドフレームの寸法

バラストを積載する貨物倉内のサイドフレームの断面係数及びウェブの板厚は、1 編 6.4.3.2 の規定に加え、1 編 6.4.2 の規定を満足しなければならない。ただし、1 編 6.4.2 の適用にあたっては、1 編表 6.2.2-1. における液体積載物による評価のみを適用し、サイドフレームの有効曲げスパン及び有効せん断スパンについては、1 編 6.4.3.2 の規定による。

6.3 ビルジホッパタンク

6.3.1 サイドロンジ及びビルジホッパ斜板付きロンジ

6.3.1.1 サイドフレームの下端の固着

10.2.2.2-2. に規定するビルジホッパタンク内部に取付ける支持ブラケットを支持するサイドロンジ及びビルジホッパ斜板付きロンジの断面係数は、1 編 6.4 の規定を適用するにあたり、当該支持ブラケットの配置にかかわらず、算式中の l を防撓桁間の距離 (m) として算定した値以上としなければならない。

8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 概要

8.1.1.1 本章の構成及び概要

- 1. 本章は、木材チップ船における貨物倉解析による強度評価の手法について規定する。
- 2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の概要及び適用等に関する追加要件
8.2	評価範囲及び評価対象部材	評価範囲及び評価対象部材に関する追加要件
8.3	構造モデル	モデル化範囲、モデル化部材及びメッシュ分割等に関する追加要件
8.4	境界条件及び荷重条件	境界条件及び荷重条件に関する追加要件
8.5	強度評価	座屈強度評価に関する追加要件

8.1.2 適用

8.1.2.1 適用する船舶

1編 8.1.2.1-1.(2)に該当する貨物倉解析による強度評価が要求される船舶は、 L_C が150 m以上の船舶とする。

8.2 評価対象部材

8.2.1 評価対象部材

8.2.1.1 最大荷重状態、港内状態及び水圧試験状態に対する評価対象部材

1編 8.2.2.1の適用にあたり、評価対象構造及び部材は次によらなければならない。

- (1) 二重底構造（船底外板、内底板、ビルジホopp斜板、センターガーダ、サイドガーダ及びフロア）
- (2) 船側構造（船側外板、サイドストリング、サイドフレーム及びウェブフレーム）
- (3) 隔壁構造
- (4) 甲板構造（強力甲板、クロスデッキ及びハッチコーミング等）
- (5) その他本会が必要と認める部材及び箇所

8.3 構造モデル

8.3.1 一般

8.3.1.1 モデル化範囲

1編 8.3.1.1を適用するにあたって、原則として、ターゲットホールドを中心に3つの連続した貨物倉を再現し、全高及び全幅をモデル化しなければならない。

8.3.2 メッシュ分割等

8.3.2.1 開口

原則として、ビルジトランスにある開口は、当該形状を再現するか、その位置及び大きさに相当する要素を取除くことにより開口をモデル化しなければならない。

8.4 境界条件及び荷重条件

8.4.1 境界条件

8.4.1.1

1編 8.5.1 を適用するにあたって、境界条件は 2-2 編 8.4.1 の規定による。

8.4.2 荷重条件

8.4.2.1 考慮する荷重

1編 8.5.2 の適用にあたって、4.3 に規定する追加要件も踏まえた荷重を考慮しなければならない。

8.4.2.2 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 8.5.2 の適用にあたって、2-2 編 8.4.2 に規定する手法に従い、ターゲットホールドに生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントを調整しなければならない。

8.5 強度評価

8.5.1 座屈強度評価

8.5.1.1 縦波における船側外板の強度評価

最大荷重状態のうち等価設計波 *HM-1* 及び *FM-1* に基づく荷重を考慮した強度評価において、船体横断面中性軸より上方に存在する船側外板の板パネルの短辺方向座屈強度評価にあつては、次の条件を満たす場合、1編 8.6.2.1-1.の基準による評価結果にかかわらず、当該評価基準を満足するとみなすことができる。

(1) 1編 5.4 に規定する縦曲げ最終強度を満足すること。

8.5.1.2 縦波荷重におけるクロスデッキの強度評価

最大荷重状態のうち等価設計波 *HM* 及び *FM* に基づく荷重を考慮した強度評価において、横式に防撓されたクロスデッキ上の板パネルについては、次の条件を満たす場合、1編 8.6.2.1-1.の評価を行う必要はない。

- (1) 船体垂直曲げに起因して発生するクロスデッキ上の船長方向応力が、クロスデッキの船幅方向長さに対して十分狭い領域にのみ作用すること
- (2) 縦式構造の上甲板に接するクロスデッキ上の板厚が、上甲板の板厚の 50%を超えていること。

9章 疲労

9.1 一般

9.1.1 疲労要件の適用

9.1.1.1 一般

1編 9.2.4の規定にかかわらず、疲労強度評価のターゲットホールドはバラストホールドとする。

9.1.1.2 適用

船の長さ L_C が150 m以上の船舶は、1編 9.3の簡易応力解析及び1編 9.4の有限要素解析により得られるホットスポット応力に基づき疲労強度評価を行わなければならない。

9.2 評価すべき構造詳細

9.2.1 有限要素解析で評価すべき構造詳細

9.2.1.1

- 1. 1編 9.4に従って有限要素解析により疲労強度評価すべき重要な構造詳細は、表 9.2.1-1による。
- 2. 前-1にかかわらず、十分な疲労強度を有することを示す資料を本会に提出し、適当と認められた場合は、当該構造の疲労強度評価を省略することができる。

表 9.2.1-1. 船体構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	船体構造の重要な構造詳細
1	ビルジホップ斜板と内底板の交差部
2	ボトムガーダ近傍の下部スツールと内底板との交差部
3	ハッチコーナ部
4	下部スツールと波形隔壁との交差部
5	ビルジホップ斜板上のウェブフレーム先端部
6	ビルジホップ斜板上のサイドフレーム先端部
7	ウェブフレームとハッチサイドガーダの交差部
8	サイドフレームとサイドストリンガの交差部
9	サイドストリンガと横隔壁との交差部
10	その他応力集中の大きい箇所

9.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.1 一般

9.3.1.1

- 1. 標準的な積付状態及び時間比率は、表 9.3.1-1による。
- 2. 前-1にかかわらず、表 9.3.1-1以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.1-1. 標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (均等積)	50 %
ヘビーバラスト状態	50 %

9.4 境界条件及び荷重条件

9.4.1 境界条件

9.4.1.1

1編 9.4.4.1 の適用上, 境界条件は, 2-2 編 8.4.1.1 による。

9.4.2 荷重条件

9.4.2.1 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 9.4.4.2 の適用上, 構造モデルへのモーメント付与方法は, 2-2 編 8.4.2.2 による。ただし, M_{V-targ} , M_{H-targ} は, 2-2 編表 8.4.2-1. に代えて表 9.4.2-1. に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント (kN-m) を用いる。

表 9.4.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	繰返し荷重状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}
(備考) M_{V-HG} , M_{H-HG} : 繰返し荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント (kN-m) で, 1編 4.7.2.10 による。	

9.5 詳細設計標準

9.5.1 適用

9.5.1.1

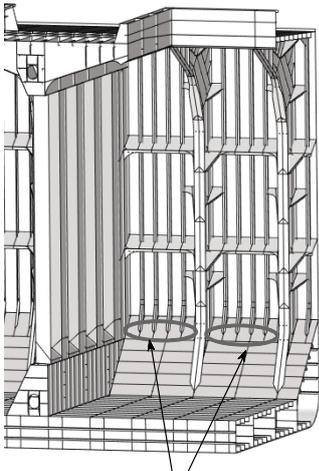
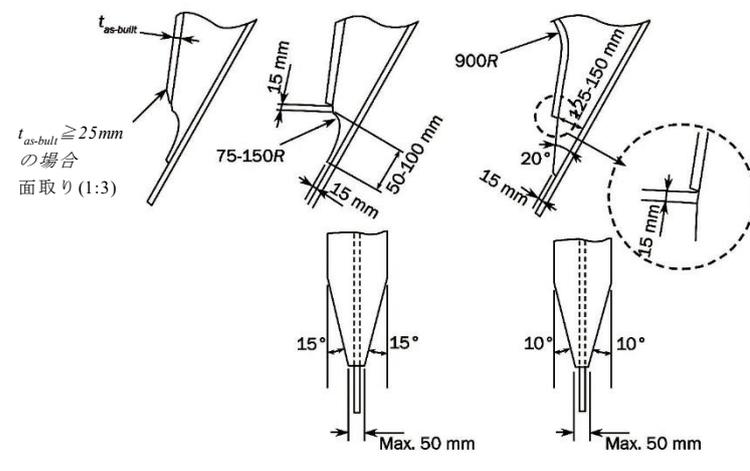
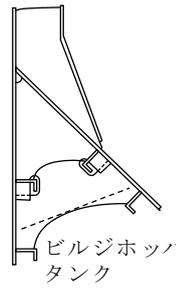
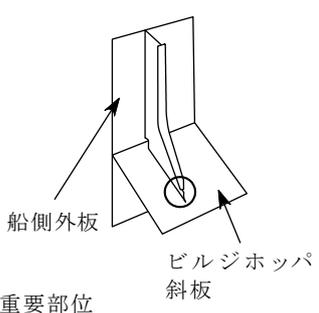
9.2 に規定する構造詳細について, 本 9.5 に規定する詳細設計標準に従って設計する場合, 有限要素ホットスポット応力解析による疲労強度評価を省略することができる。

9.5.2 サイドフレームの下端

9.5.2.1 詳細設計標準 A

バラスト兼用倉におけるサイドフレーム下端のブラケット先端部の溶接結合部は, 表 9.5.2-1. に示す詳細設計標準 A に従って設計しなければならない。

表 9.5.2-1. 詳細設計標準 A - チップ船のバラスト兼用倉におけるサイドフレームの下端の詳細

サイドフレームの下端の結合部	
評価箇所	詳細設計標準 A
 <p>評価箇所</p>	 <p>サイドフレーム端部の延長及びソフトトウの例</p>
重要部位	 <p>サイドフレームの下部ブラケットの結合部</p>
 <p>船側外板</p> <p>ビルジホッパー斜板</p> <p>○：重要部位</p>	
最低要件	<p>詳細設計標準 A とすることを最低要件とする。先端部の延長は有効であり、高張力鋼のサイドフレームに対して考慮しなければならない。</p>
重要部位	<p>面材の終端部を含む、ビルジホッパー斜板とサイドフレームの下部ブラケットの先端結合部</p>
詳細設計標準	<p>疲労強度を満足することが実証される場合、上記と異なる代替形状を採用しても差し支えない。ただし、板厚の面取り及び面材の幅の漸減については図に示す最大角を超えてはならない。</p> <p>ブラケット先端部の高さ及び面材の終端部と先端部の半径の始点との距離は最小限に抑えなければならない。</p> <p>下部ブラケット位置でのサイドフレームの面材は、図に示すように漸減及び面取りしなければならない。</p> <p>面材の板厚が 25 mm 未満の場合は面取りを省略しても差し支えないが、要すれば大きな勾配をつけることを推奨する。</p> <p>サイドフレームは、下部ブラケットを設けた対称断面の組立構造とし、図に示すようソフトトウ又は細長い先端としなければならない。</p> <p>サイドフレームの面材は、端部ブラケットの結合部においてナックルではなく曲面としなければならない。</p> <p>下部ブラケットをリングウェブの直上に配置しない場合、支持ブラケットを設けなければならない。</p>

	設計において、ビルジホップタンクのロンジを下部ブラケット端部の上に配置する場合、ロンジに開口がないこと又はカラープレートにより完全に塞がれていることを確認すること。 支持ブラケットの寸法の増加は重要箇所の変力集中を低減させる。
建造許容差	サイドフレームの下部ブラケットとトランスリングウェブ又は支持ブラケットとのアライメントは IACS 勧告 No.47 によること。 最大許容誤差は、 $t_{as-built}/3$ 以下としなければならない。ここで、 $t_{as-built}$ は隣接するウェブの薄い方の建造板厚とし、許容誤差は薄い方の建造板厚から突出した部分とする。
溶接要件	溶接は 1 編 12.2.1.2 の規定によらなければならない。 面材終端部の回し溶接は、面材の曲面部分にまで達しないようにし、先端にはアンダーカット及びノッチがないことに注意を払わなければならない。

9.5.3 サイドフレームとサイドストリンガの結合部

9.5.3.1

バラスト兼用倉におけるサイドフレームとサイドストリンガの結合部は、サイドストリンガウェブ内のスロット部分を完全に塞がなければならない。

10章 追加の構造要件

10.1 船底構造

10.1.1 二重底構造

10.1.1.1 ストラット

ストラットを設ける場合、ストラットは平鋼又は球平鋼以外の形鋼とし、船底及び内底板ロンジのウェブと十分にラップさせなければならない。

10.1.1.2 横隔壁下部スツール下の二重底構造

横隔壁下部スツール下の内底板、センターガーダ、サイドガーダ及び内底板ロンジは、前後の貨物倉内のものを適当に延長して結合しなければならない。また、フロアは貨物倉内のものと同等以上としなければならない。

10.1.2 排水装置

10.1.2.1 一般

- 1. 各貨物倉の後端には、原則として各舷に1個のビルジ吸引管を設けなければならない。
- 2. ビルジだめは、その蓋板に直接ばら積貨物が当たらない場所に設け、かつ、ビルジ吸引口が容易につまることのないようどろ除箱を設ける等、適当な方法を講じなければならない。
- 3. ビルジ管が二重底あるいはビルジホッパ内を通過する場合には、その開口端に逆止弁又はいつでも容易に近寄れる場所から閉鎖しうる止め弁を備えなければならない。

10.2 船側構造

10.2.1 ビルジホッパタンク

10.2.1.1 強度の連続性

- 1. ビルジホッパの前後端では、強度の連続性に十分注意しなければならない。
- 2. ビルジホッパの前後端には、フロアを設け、かつ、機関室内のタンク頂板をビルジホッパ内に、2フレームスペース程度延長しなければならない。

10.2.1.2 横桁

ビルジホッパタンク内の横桁の深さは、桁の長さの中間に有効な支材を設けるときは桁の全長の1/6（それ以外のときは1/5）及びロンジを貫通させるためのスロットの深さの2.5倍のうちの大きい方のもの以上としなければならない。

10.2.2 サイドフレーム

10.2.2.1 一般

- 1. サイドフレームの上下端の固着部付近におけるウェブの板厚は、せん断強度に対して十分なものとしなければならない。
- 2. 船の長さ L_C が190 mを超える船舶又はサイドフレームに高張力鋼が使用されている船舶にあつては、バラスト兼用倉のサイドフレームの断面は左右対称なものとしなければならない。
- 3. 前-2.に規定する以外の場合であつて、左右非対称な断面を有するサイドフレームが取り付けられる場合、最前端貨物倉におけるこれらのサイドフレームには、サイドストリング、トリッピングブラケット等により適切に支持しなければならない。
- 4. サイドフレームのウェブの深さと板厚との比は、次の値を超えないものでなければならない。
 左右対称な断面を有するサイドフレームの場合： **1編 3.5.2.2** による。
 左右非対称な断面を有するサイドフレームの場合： 40
- 5. 左右非対称な断面を有するサイドフレーム又は遊縁を曲縁して面材に代えるサイドフレームの面材又はフランジにあつては、面材又はフランジの張り出し部の幅と板厚との比は、12を超えないものでなければならない。

10.2.2.2 サイドフレームの上下端の固着

- 1. サイドフレームは、その上下端を端部ブラケットにより甲板及びビルジホッパタンクと固着しなければならない。
- 2. サイドフレームが端部ブラケットによって固着される箇所には、ビルジホッパタンク内部に支持ブラケットを取付

けなければならない、タンク内外のブラケット端部を同一箇所にとどめないようにしなければならない。

-3. 前-2.に規定するビルジホップタンク内部に取付ける支持ブラケットは、座屈強度に対して十分なものとしなければならない。

-4. バラスト兼用倉におけるサイドフレームの端部ブラケットは、サイドフレームと一体型のものとしなければならない。

-5. サイドフレームの端部ブラケットの板厚は、当該ブラケットが取付けられるサイドフレームのウェブの板厚未満としてはならない。

10.3 隔壁構造

10.3.1 横隔壁

10.3.1.1 一般

-1. 横隔壁の船側外板と接する一条は、適当に補強しなければならない。

-2. 下部スツールのない横隔壁の最下部に用いる板部材の板厚は、内底板の板厚に応じて、適当に増さなければならない。

10.3.2 横隔壁スツール

10.3.2.1 一般

-1. 横隔壁下部スツール内には、二重底内のセンターガーダ及びサイドガーダの位置に防撓桁を設けなければならない。

-2. 横隔壁下部スツール内の防撓桁は、貨物倉がバラストタンクに兼用される場合又は重い貨物を積載する場合には、ダイヤフラム構造とする等、特にせん断強度に対して十分なものとしなければならない。

-3. 多港積荷・揚荷を計画する船舶で横隔壁を立て式波形隔壁とする場合、本会が適当と認める上部スツールを設けなければならない。

10.4 甲板構造

10.4.1 ハッチエンドコーミング

10.4.1.1

ハッチエンドコーミングは、デッキトランスの位置に設けなければならない。やむを得ずハッチエンドコーミングをデッキトランスの位置に設けることができない場合は、ハッチエンドコーミングとデッキトランスとの固着部の連続性を十分に考慮しなければならない。

10.5 その他

10.5.1 バラスト兼用倉に対する補足

10.5.1.1

貨物倉をバラストタンクとして使用する場合、バラストの動的荷重による衝撃を生じないように、原則として、航行中常時空倉又は満載とする必要がある。

2-5 編 一般貨物船，冷凍運搬船

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

-1. 一般貨物船又は冷凍運搬船として登録を受けようとする船舶の構造及び艤装については、[1 編](#)に加え、本 [2-5 編](#)の規定によらなければならない。

-2. 本 [2-5 編](#)の規定は、一般的に、二重底及び二層以上の甲板を有し、甲板及び船底は縦式構造の船舶について定めたものである。

-3. 前-2.に掲げるものと異なる構造の一般貨物船又は冷凍運搬船で、この規則により難いと認められる場合、本会の適当と認めるところによる。

1.1.1.2 SOLAS 条約第 XII 章の適用

本 [2-5 編](#)を適用する船舶であって、[2-2 編 1 章附属書 1.1 「SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件」](#)の [An1.2.1\(1\)](#)に規定するばら積貨物船に該当する船舶は、当該附属書に適合しなければならない。

1.2 定義

1.2.1 部材名称

1.2.1.1 構造に関する用語

本 [2-5 編](#)において用いられている一般的な構造に関する用語を [図 1.2.1-1.](#)及び [図 1.2.1-2.](#)に示す。

図 1.2.1-1. 一般貨物船

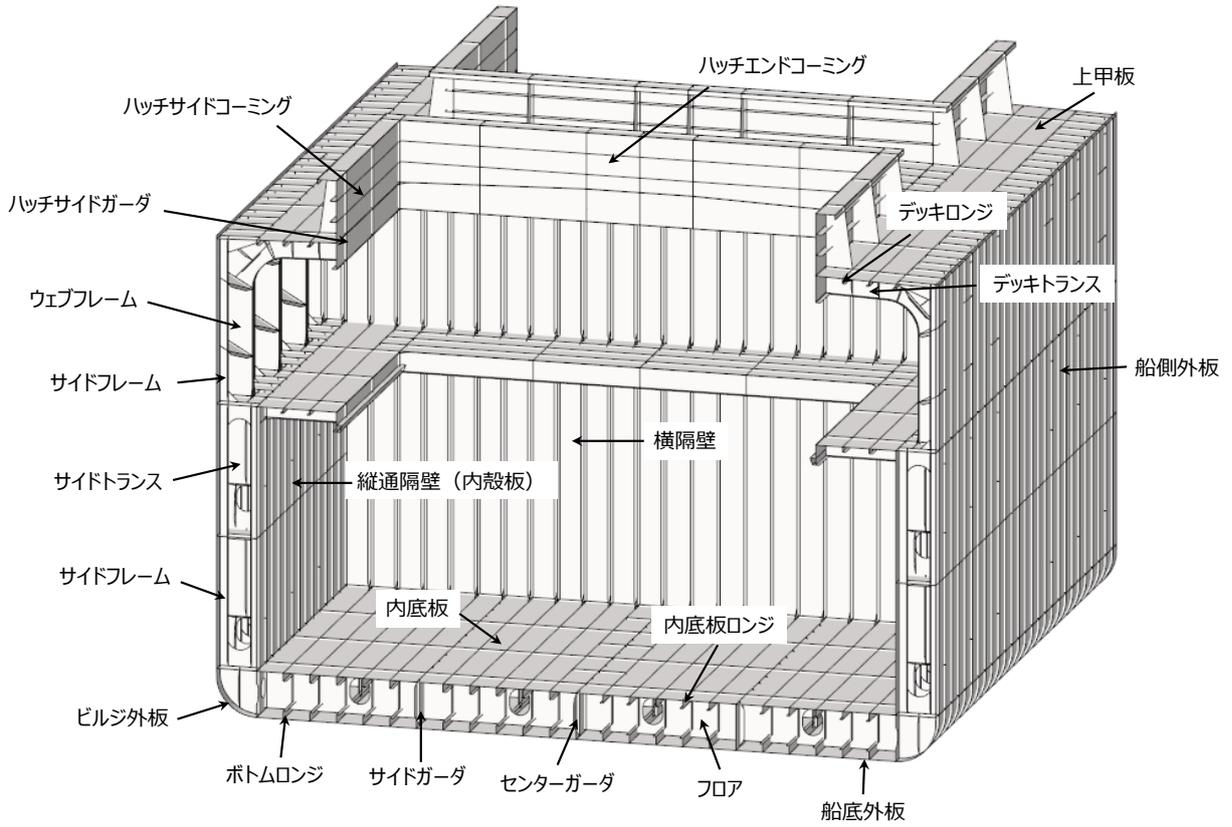
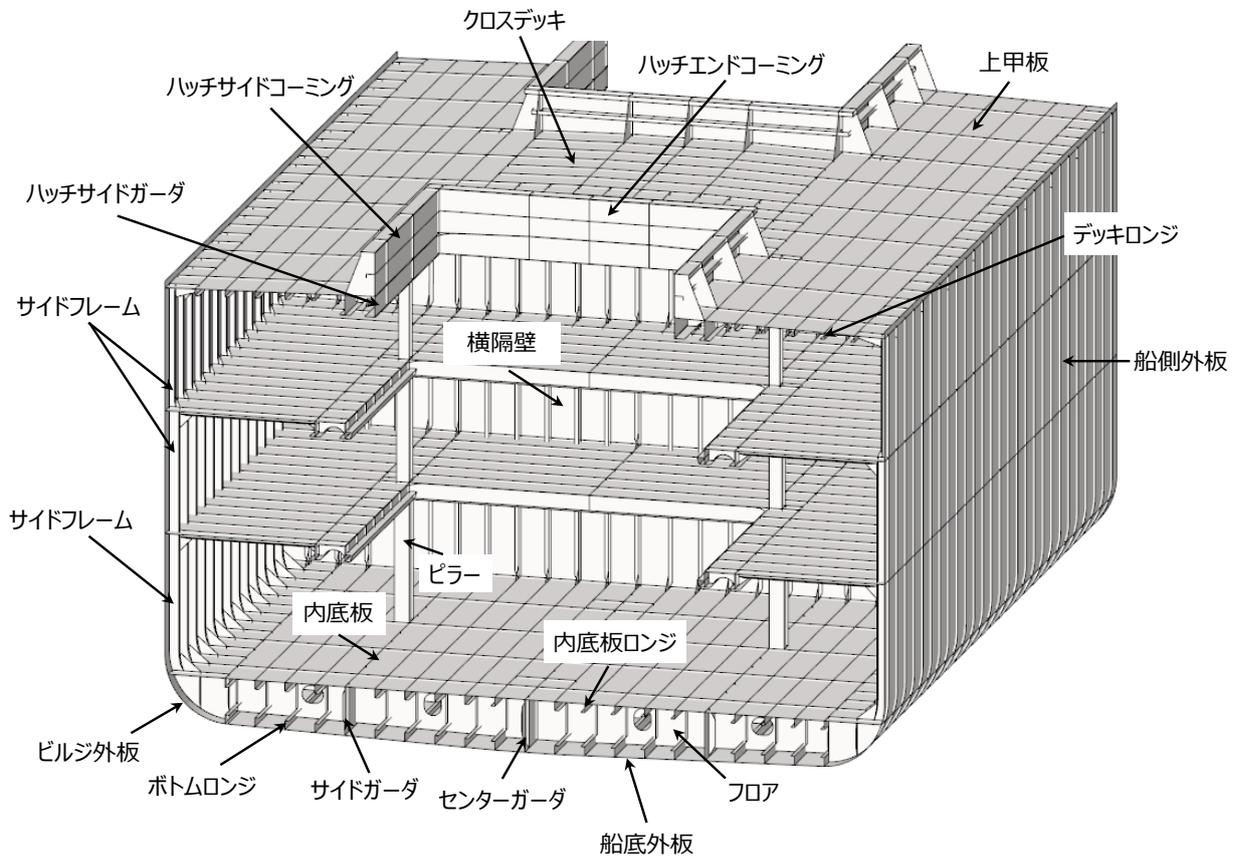


図 1.2.1-2. 冷凍運搬船



3章 構造設計の原則

3.1 (削除)

3.2 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.2.1 ローディングマニュアル及び積付計算機の追加要件

3.2.1.1 一般

1.1.1.2の規定により 2-2 編 1章附属書 1.1「SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件」が適用される船舶にあっては、2-2 編 3.2の規定にもよらなければならない。

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成及び概要

本章の各節には、本 **2-5編** 及び **1編** の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、**表 4.1.1-1** に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章 の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	6章 及び 1編 6章 に規定する局部強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.3	主要支持構造部材強度の評価において考慮する荷重	7章 及び 1編 7章 に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.4	追加の構造要件において考慮する荷重	10章 及び 1編 10章 に規定する追加の構造要件において考慮する荷重に関する追加要件

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1. **6章**及び**1編 6章**に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本 **4.2** の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、**4.2.2** の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 面外荷重

-1. **1編 4.4.2** の適用にあたって、貨物による変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、考慮する貨物質量及び密度を踏まえ、満載積付状態のうち適切な積付状態における値を用いなければならない。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、**表 4.2.2-1**により求まる値として差し支えない。

-2. **1編 4.4.2** の適用にあたって、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、**表 4.2.2-1**により求まる値として差し支えない。

表 4.2.2-1. パラメータの簡易算式

積付状態	船体中央における 喫水 T_{LC} (m)	船体重心位置の Z座標 z_G (m)	メタセンタ高さ GM (m)	環動半径 K_{xx} (m)
満載積付状態	T_{SC}	$0.25 \frac{B}{C_B}$	$\frac{T_{SC}}{2} + \frac{B^2}{T_{SC} C_B} \frac{3C_W - 1}{24} - z_G$	$0.35B$
バラスト状態	T_{BAL}	$0.20 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC} C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	$0.40B$

4.3 主要支持構造強度において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

- 1. 7章及び1編7章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重は、本4.3の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2の規定によらなければならない。
- 3. 港内状態の荷重は考慮する必要はない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 一般

- 1. 単純桁の要件にあつては、4.2の関連規定にもよらなければならない。
- 2. 二重船殻の要件にあつては、表4.3.2-1.に規定する荷重を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載された積付状態を考慮した追加の積付パターンを要求する場合がある。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき荷重

評価対象 構造		積付パターン			等価 設計波	考慮する 内外圧差 (kN/m^2)
		喫水 (m)	静水中垂直曲げ モーメント ($kN\cdot m$)	考慮する積載物		
二重底	S1	$0.7T_{SC}$	$M_{SV\ max}$	考慮しない	HM-1 / HM-2	二重底 : P_{DB} 二重船側 : P_{DS}
二重船側	S2	T_{SC}	$M_{SV\ min}$	貨物	BP-1P /	
	S3	T_{SC}	$M_{SV\ min}$	貨物	BP-1S	

4.3.2.2 外圧

二重船殻の要件にあつては、表4.3.2-2.に基づき、静水圧及び等価設計波における波浪変動圧を考慮しなければならない。

表 4.3.2-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象構造		P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾
二重底	S1	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
二重船側	S2	$P_{exs} + P_{exw} - P_{in\ s2}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	S3	$P_{exs} + P_{exw} - P_{in\ s3}$	$P_{exs} + P_{exw}$
(備考)			
P_{exs} , P_{exw} : P_{DB} の場合, 船底外板に作用する静水圧及び波浪変動圧の値 (kN/m^2). P_{DS} の場合, 船側外板に作用するそれらの値 (kN/m^2). それぞれにつき, 1編 4.6.2.4 に基づき算出する。			
$P_{in\ s2}$, $P_{in\ s3}$: 貨物重量による影響を考慮した値 (kN/m^2) で, 次の算式による。			
$P_{in\ s2} = 0.5\rho gT_{SC}$			
$P_{in\ s3} = \rho gT_{SC}$			
(1) 全ての積付パターンにおいて, 各成分の荷重 (P_{exs} 等) を算出する際の荷重計算点は 1編 7.3.1.5 による。			
(2) 荷重を算出するにあたって, S1の場合は $T_{LC} = 0.7T_{SC}$ とし, S2及びS3の場合は $T_{LC} = T_{SC}$ とすること。			

4.3.2.3 内圧

二重船殻の要件にあつては, **表 4.3.2-2**に基づいた内圧を考慮しなければならない。

4.3.2.4 垂直曲げモーメント

- 二重船殻の要件にあつては, **4.3.2.1-2**に規定する静水中垂直曲げモーメント及び等価設計波における波浪中垂直曲げモーメントを考慮しなければならない。
- 各等価設計波で考慮する波浪中垂直曲げモーメントは **1編 4.6.2.10**によらなければならない。

4.4 追加の構造要件において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

- 10章**及び**1編 10章**に規定する追加の構造要件において考慮する荷重は, 本**4.4**の規定にもよらなければならない。
- 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は, **4.4.2**の規定によらなければならない。

4.4.2 最大荷重状態

4.4.2.1 スチールコイル

- 本規定の前提条件等は次の**(1)**から**(7)**による。
 - スチールコイルのコアを船の長さ方向に並べ, **図 4.4.2-1**のような保定をして積載する場合を想定する。
 - 1.5段積みを設計条件に含む場合, 最下段のスチールコイルに隣接する2段目のスチールコイルは一つのみと想定する。スチールコイルの配置例を**表 4.4.2-1**に示す。
 - 2段積みを設計条件に含む場合, 最下段のスチールコイルのみが縦通隔壁又はサイドフレームに接していると想定する。ホップ斜板に対しては最下段のみ接している場合又は2段目も接している場合のいずれかを設計条件として想定する。
 - 3段積みを設計条件に含む場合, 少なくともその内の2段がホップ斜板又は縦通隔壁又はサイドフレームに接していると想定する。
 - 内底板上におけるスチールコイルの配置として, フロアの位置を考慮する場合及びフロアの位置を考慮しない場合の2種類を考慮する。
 - 全てのスチールコイルは等しい特性を有している。
 - 前**(1)**から**(6)**に該当しない場合にあつては, 適切な方法で荷重を定めなければならない。
- 船体に作用するスチールコイルによる合計荷重 F_{SC} (kN) は, 次の算式による。ただし, 0未満としてはならない。

$$F_{SC} = F_{SCs} + F_{SCd}$$

F_{SCs} : 静水中の荷重 (kN) で, **表 4.4.2-2**による。

F_{Sca} : 変動荷重 (kN) で, **表 4.4.2-3**による。

-3. 前-2.の適用にあたり, ダンネージによるパネル 1 枚あたりの荷重点の数 n_2 及びパネル 1 枚ごとの両端ダンネージの荷重点間の距離 l_{ip} は, 次の**(1)**から**(2)**によらなければならない。

- (1) フロアの位置を考慮しないスチールコイルの配置に対しては, **図 4.4.2-2**及び**表 4.4.2-5**による。
- (2) フロアの位置を考慮するスチールコイルの配置に対しては, 次の**(a)**から**(b)**による。**(図 4.4.2-3**参照)
 - (a) ダンネージによるパネル 1 枚あたりの荷重点の数 n_2 は, $n_2 = n_3$ としなければならない。
 - (b) パネル 1 枚ごとの両端のダンネージの荷重点間の距離 l_{ip} は, 1 列のスチールコイルを支持する両端のダンネージ間の距離としなければならない。

-4. 船体に作用する垂直曲げモーメント M_{V-HG} ($kN\cdot m$) 及び水平曲げモーメント M_{H-HG} ($kN\cdot m$) を求めるにあたって, **表 4.4.2-7**に示す荷重条件を考慮しなければならない。荷重条件 HF 及び RP については, **1 編 4.4.2** の規定による。

図 4.4.2-1. スチールコイルの保定方法の例

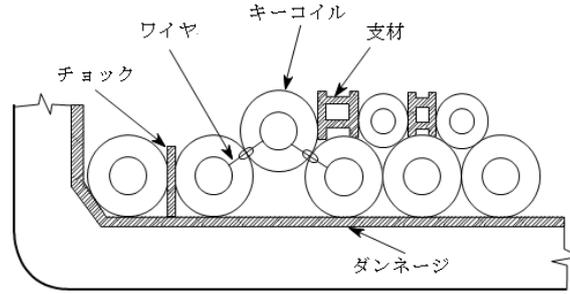


表 4.4.2-1. 積付段数ごとの積付状態の例

積付段数		例	
1 段積み	$n_1 = 1$	<ul style="list-style-type: none"> キーコイルなし 	<ul style="list-style-type: none"> キーコイルあり
		$n_1 = 1.5$	
多段積み	$n_1 = 2$		
多段積み	$n_1 = 3$		

表 4.4.2-2. 静水中におけるスチールコイル荷重 F_{SCs}

荷重が作用する部材	n_2 及び n_3	F_{SCs} (kN)
内底板	$n_2 \leq 10$ 及び $n_3 \leq 5$	$C_{SC1} W_{SC} \frac{n_1 n_2}{n_3} g$
	$n_2 > 10$ 又は $n_3 > 5$	$C_{SC1} W_{SC} n_1 \frac{\ell}{\ell_{st}} g$
ホッパ斜板	$n_2 \leq 10$ 及び $n_3 \leq 5$	$C_{SC2} W_{SC} \frac{n_2}{n_3} g \cdot \cos\alpha$
	$n_2 > 10$ 又は $n_3 > 5$	$C_{SC2} W_{SC} \frac{\ell}{\ell_{st}} g \cdot \cos\alpha$
縦通隔壁及びサイドフレーム	NA	0

(備考)

n_1 : スチールコイルの積付段数

n_2 : パネル1枚あたりの荷重点(パネル1枚の上にあるダンネージの数)で、4.4.2.1-3の規定による。

n_3 : スチールコイル1列を支えるダンネージの条数

W_{SC} : スチールコイル1個の質量(t)

C_{SC1} : 係数で、次による。
1段積みにし、キーコイルを用いて固縛する場合、 $C_{SC1} = 1.4$
多段積み、若しくは1段積みでキーコイルを用いない固縛とする場合、 $C_{SC1} = 1.0$

C_{SC2} : 係数で、次による。
1段積みの場合、 $C_{SC2} = 1.0$
1.5段積み又は2段積み、若しくは1段積みでキーコイルをホッパ斜板から2つ目の位置に配置する場合、 $C_{SC2} = 1.1$
3段積みの場合、 $C_{SC2} = 1.2$

ℓ : フロア間の距離(m) (図4.4.2-2.参照)

ℓ_{st} : スチールコイルの長さ(m) (図4.4.2-2.参照)

α : 水平面に対するホッパ斜板の傾斜角(rad)。ただし、 $\pi/2$ を超える場合は、 $\pi/2$ とする。

表 4.4.2-3. 変動荷重 F_{SCd}

荷重が作用する部材	F_{SCd} (kN)	
内底板	$\frac{F_{SCs}}{g} C_{WDz} a_{Ze-SC}$	
ホッパ斜板	ケース 1	$\frac{F_{SCs}}{g} C_{WDz} a_{Ze-SC} \cdot \cos \alpha$
	ケース 2	$C_{SC3} W_{SC} \frac{n_1 n_2}{n_3} g \sin \theta \cdot \cos \left(\min \left(\frac{\pi}{2} - \alpha, \frac{\pi}{4} \right) \right)$
縦通隔壁	$n_2 \leq 10$ 及び $n_3 \leq 5$	$C_{SC3} W_{SC} \frac{n_1 n_2}{n_3} g \sin \theta$
	$n_2 > 10$ 又は $n_3 > 5$	$C_{SC3} W_{SC} n_1 \frac{\ell}{\ell_{st}} g \sin \theta$
サイドフレーム	$C_{SC3} W_{SC} \frac{n_1}{n_4} g \sin \theta$	
<p>(備考)</p> <p>C_{WDz}: 荷重条件ごとの係数で, 1編表 4.4.2-8による。</p> <p>a_{Ze-SC}: 考慮する貨物倉におけるスチールコイル貨物の重心位置における上下方向の包絡加速度 (m/s^2) で, 1編 4.2.4.1の規定に基づき算出する⁽¹⁾。</p> <p>$\alpha, n_1, n_2, n_3, W_{SC}, \ell, \ell_{st}$: 表 4.4.2-2による。</p> <p>θ: ロール角 (rad) で, 1編 4.2.2の規定による⁽²⁾。</p> <p>C_{SC3}: 係数で, 次による。 多段積み及び1段積みでキーコイルが船側側から2個目又は3個目に配置される場合, $C_{SC3} = 3.2$ 上記以外の場合, $C_{SC3} = 2.0$</p> <p>n_4: スチールコイル1個を支持するサイドフレームの本数。</p> <p>(1) 考慮するスチールコイル貨物の重心位置は, 表 4.4.2-4による。 (2) 船体運動及び加速度を算出する際必要なパラメータ (GM, z_G等) は, 満載積付状態の値による。予め値が得られていない場合, 表 4.2.2-1の規定を用いることができる。</p>		

表 4.4.2-4. スチールコイル貨物の重心位置

	重心位置 (m)
前後方向位置 x_{sc}	考慮する貨物倉の容積重心位置
左右方向位置 y_{sc}	$\varepsilon \frac{B_H}{4}$
<p>(備考)</p> <p>ε: 係数で, 次による。 左舷側の構造部材を評価する場合, $\varepsilon = 1.0$ 右舷側の構造部材を評価する場合, $\varepsilon = -1.0$</p> <p>B_H: 考慮する貨物倉の船長方向中央におけるセンターライン上の貨物倉底板及びハッチサイドコーミング下端の中間の高さにおいて測った貨物倉の幅 (m) で, 1編表 4.4.2-9による。</p>	

図 4.4.2-2. フロアの位置を考慮しないスチールコイルの内底板上の積付

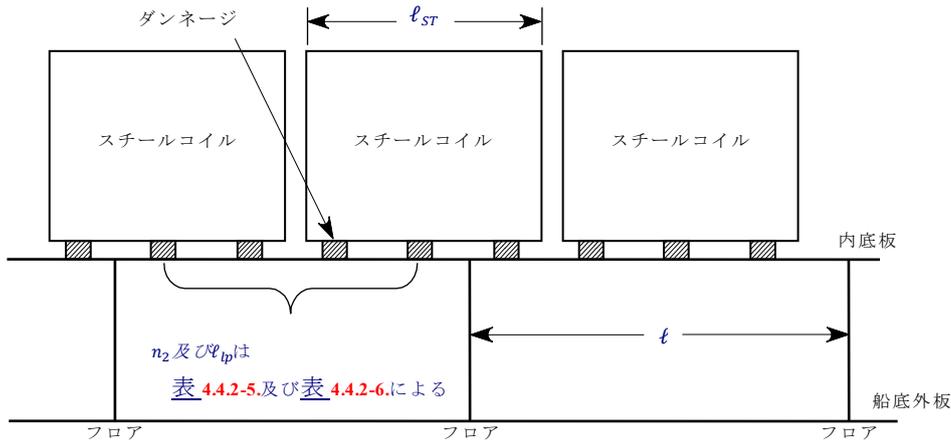


図 4.4.2-3. フロアの位置を考慮するスチールコイルの内底板上の積付

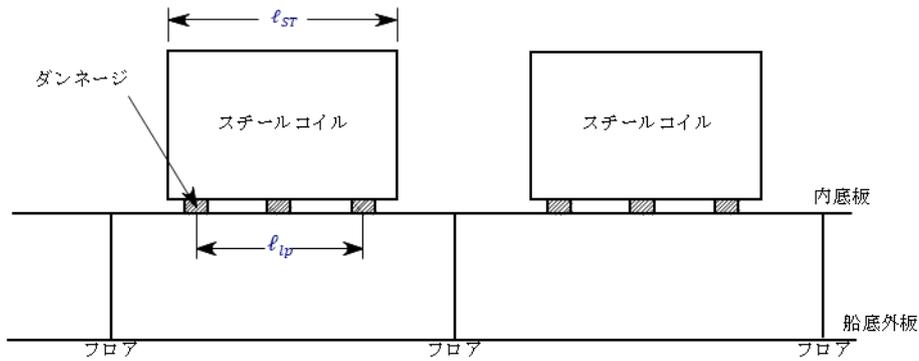


表 4.4.2-5. ダンネージによるパネル 1 枚あたりの荷重点の数 n_2

n_2	n_3			
	2	3	4	5
1	$0 < \ell/\ell_{st} \leq 0.5$	$0 < \ell/\ell_{st} \leq 0.33$	$0 < \ell/\ell_{st} \leq 0.25$	$0 < \ell/\ell_{st} \leq 0.2$
2	$0.5 < \ell/\ell_{st} \leq 1.2$	$0.33 < \ell/\ell_{st} \leq 0.67$	$0.25 < \ell/\ell_{st} \leq 0.5$	$0.2 < \ell/\ell_{st} \leq 0.4$
3	$1.2 < \ell/\ell_{st} \leq 1.7$	$0.67 < \ell/\ell_{st} \leq 1.2$	$0.5 < \ell/\ell_{st} \leq 0.75$	$0.4 < \ell/\ell_{st} \leq 0.6$
4	$1.7 < \ell/\ell_{st} \leq 2.4$	$1.2 < \ell/\ell_{st} \leq 1.53$	$0.75 < \ell/\ell_{st} \leq 1.2$	$0.6 < \ell/\ell_{st} \leq 0.8$
5	$2.4 < \ell/\ell_{st} \leq 2.9$	$1.53 < \ell/\ell_{st} \leq 1.87$	$1.2 < \ell/\ell_{st} \leq 1.45$	$0.8 < \ell/\ell_{st} \leq 1.2$
6	$2.9 < \ell/\ell_{st} \leq 3.6$	$1.87 < \ell/\ell_{st} \leq 2.4$	$1.45 < \ell/\ell_{st} \leq 1.7$	$1.2 < \ell/\ell_{st} \leq 1.4$
7	$3.6 < \ell/\ell_{st} \leq 4.1$	$2.4 < \ell/\ell_{st} \leq 2.73$	$1.7 < \ell/\ell_{st} \leq 1.95$	$1.4 < \ell/\ell_{st} \leq 1.6$
8	$4.1 < \ell/\ell_{st} \leq 4.8$	$2.73 < \ell/\ell_{st} \leq 3.07$	$1.95 < \ell/\ell_{st} \leq 2.4$	$1.6 < \ell/\ell_{st} \leq 1.8$
9	$4.8 < \ell/\ell_{st} \leq 5.3$	$3.07 < \ell/\ell_{st} \leq 3.6$	$2.4 < \ell/\ell_{st} \leq 2.65$	$1.8 < \ell/\ell_{st} \leq 2.0$
10	$5.3 < \ell/\ell_{st} \leq 6.0$	$3.6 < \ell/\ell_{st} \leq 3.93$	$2.65 < \ell/\ell_{st} \leq 2.9$	$2.0 < \ell/\ell_{st} \leq 2.4$

表 4.4.2-6. パネル 1 枚ごとの両端ダンネージの荷重点間の距離 l_{ip} (m)

n_2	n_3			
	2	3	4	5
1	ダンネージの実幅			
2	$0.5l_{st}$	$0.33l_{st}$	$0.25l_{st}$	$0.2l_{st}$
3	$1.2l_{st}$	$0.67l_{st}$	$0.50l_{st}$	$0.4l_{st}$
4	$1.7l_{st}$	$1.20l_{st}$	$0.75l_{st}$	$0.6l_{st}$
5	$2.4l_{st}$	$1.53l_{st}$	$1.20l_{st}$	$0.8l_{st}$
6	$2.9l_{st}$	$1.87l_{st}$	$1.45l_{st}$	$1.2l_{st}$
7	$3.6l_{st}$	$2.40l_{st}$	$1.70l_{st}$	$1.4l_{st}$
8	$4.1l_{st}$	$2.73l_{st}$	$1.95l_{st}$	$1.6l_{st}$
9	$4.8l_{st}$	$3.07l_{st}$	$2.40l_{st}$	$1.8l_{st}$
10	$5.3l_{st}$	$3.60l_{st}$	$2.65l_{st}$	$2.0l_{st}$

表 4.4.2-7. ハルガード荷重の荷重条件

荷重が作用する部材	荷重条件	
内底板	HF 及び RP	
ホッパ斜板	ケース 1	HF
	ケース 2	RP
縦通隔壁	RP	
サイドフレーム	N/A	

6章 局部強度

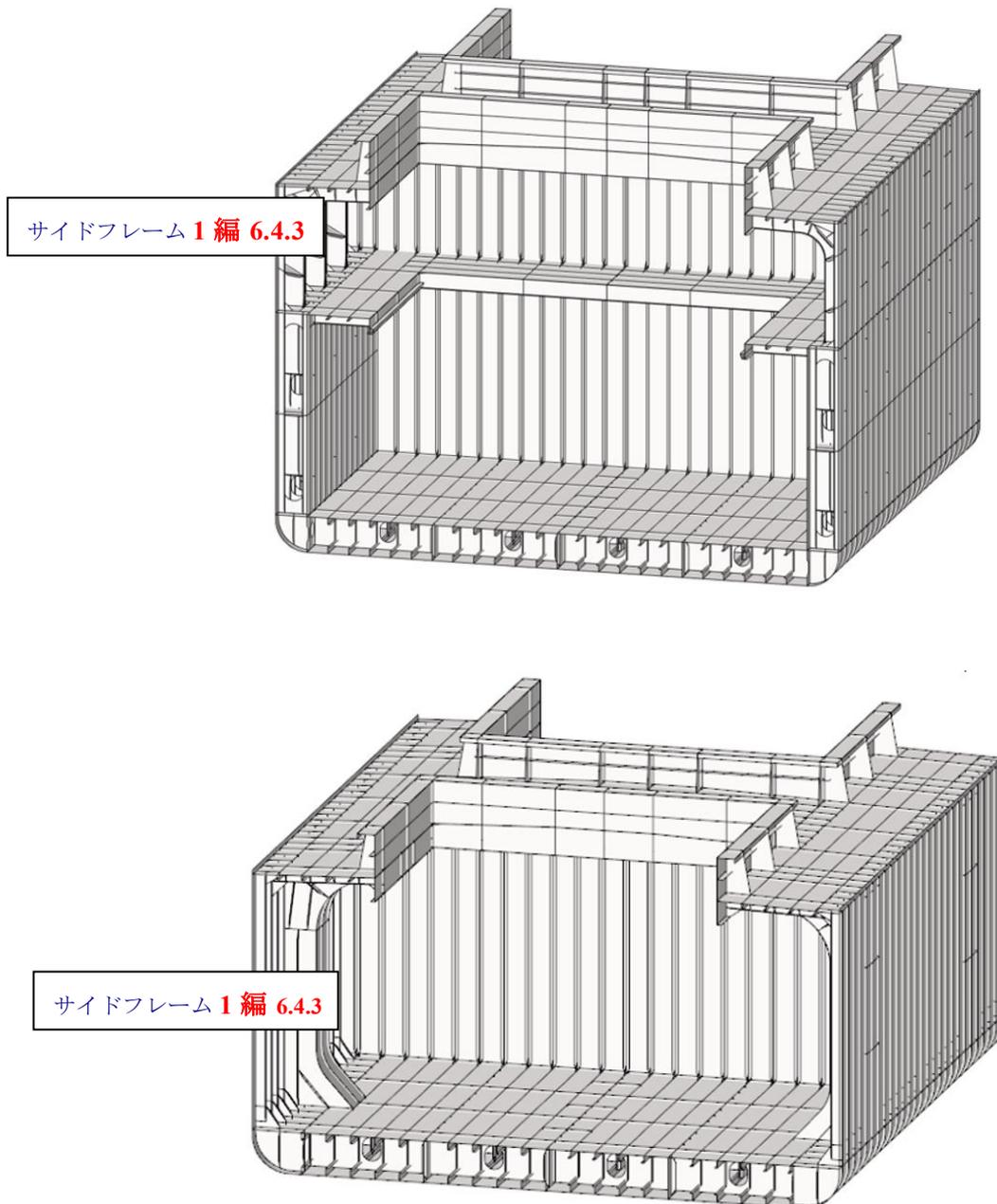
6.1 一般

6.1.1 適用

6.1.1.1 一般貨物船

一般貨物船に対する局部強度要件の適用例を図 6.1.1-1. に示す。なお、面外荷重を受ける板及び防撓材であって、図 6.1.1-1. に記載にない部材については、1 編 6.3 及び 1 編 6.4 の規定に従って評価しなければならない。

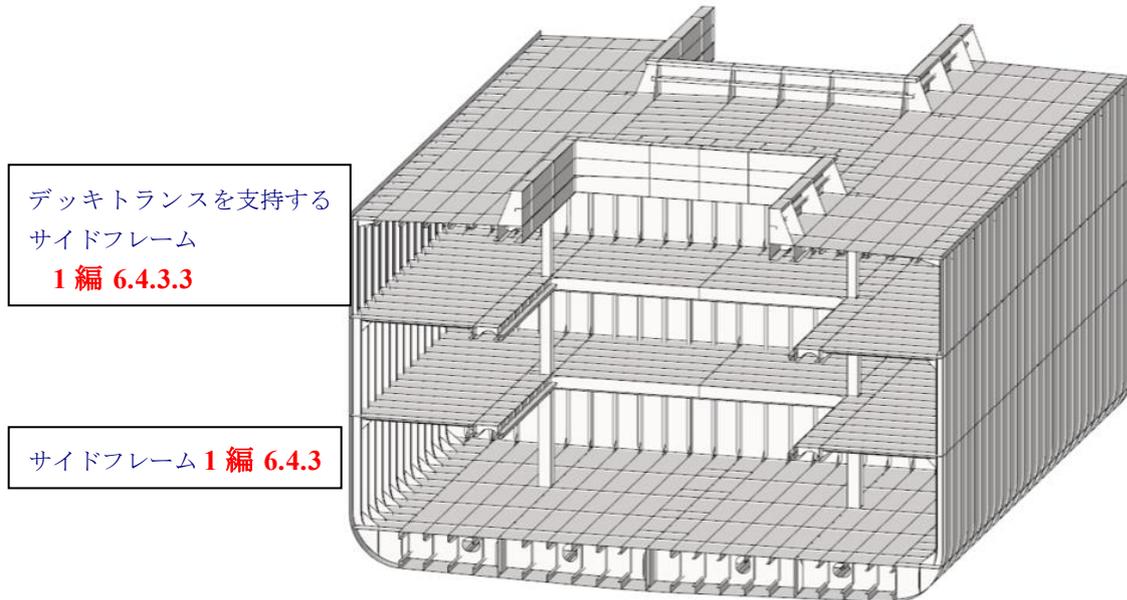
図 6.1.1-1. 一般貨物船に対する適用例



6.1.1.2 冷凍運搬船

冷凍運搬船に対する局部強度要件の適用例を図 6.1.1-2. に示す。なお、面外荷重を受ける板及び防撓材であって、図 6.1.1-2. に記載にない部材については、1 編 6.3 及び 1 編 6.4 の規定に従って評価しなければならない。

図 6.1.1-2. 冷凍運搬船に対する適用例



6.2 特殊な貨物を積載する船舶

6.2.1 一般

6.2.1.1

分布荷重が作用するとみなせる貨物以外の貨物を積載する場合については、本 6.2 によらなければならない。

6.2.2 スチールコイルを積載する船舶

6.2.2.1 板及び防撓材

スチールコイルを積載する船舶の板及び防撓材は、10.1 によらなければならない。

6.2.3 車両を積載する船舶（荷役時に車両を用いる場合も含む。）

6.2.3.1 板及び防撓材

- 1. 車両を積載する甲板及び内底板の板及び防撓材は、2-6 編 10.1 によらなければならない。
- 2. 荷役時にフォークリフトトラック等の車両を用い、板及び防撓材が車輪から集中荷重を受ける場合、板及び防撓材は、2-6 編 10.1 によらなければならない。

6.2.4 その他の特殊な貨物を積載する船舶

6.2.4.1

前 6.2.2 及び 6.2.3 以外の特殊な貨物を積載する船舶にあつては、それぞれの貨物による荷重の作用形態を考慮して、本会が適当と認める手法で評価しなければならない。

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 適用

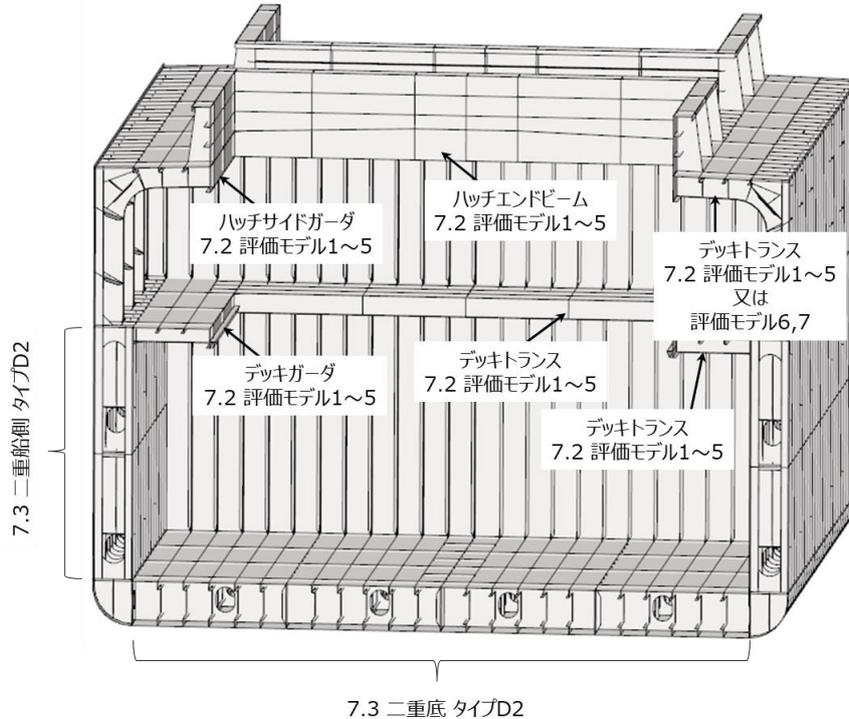
7.1.1.1

二重底及び二重船側構造については、1編 7.3 に規定する二重船殻に関する要件を適用し、それ以外の単純桁と見なすことができる桁部材については、1編 7.2 に規定する単純桁に関する要件を適用しなければならない。

7.1.1.2 一般貨物船の評価モデル適用例

- 1. 1編 7.2 及び 7.3 を適用する際の評価モデルの適用例を図 7.1.1-1. に示す。
- 2. 図 7.1.1-1. に記載の無い構造であって、単純桁とみなせる桁部材については境界条件や作用荷重を考慮して 1編表 7.2.1-1. から評価モデルを適宜選択しなければならない。

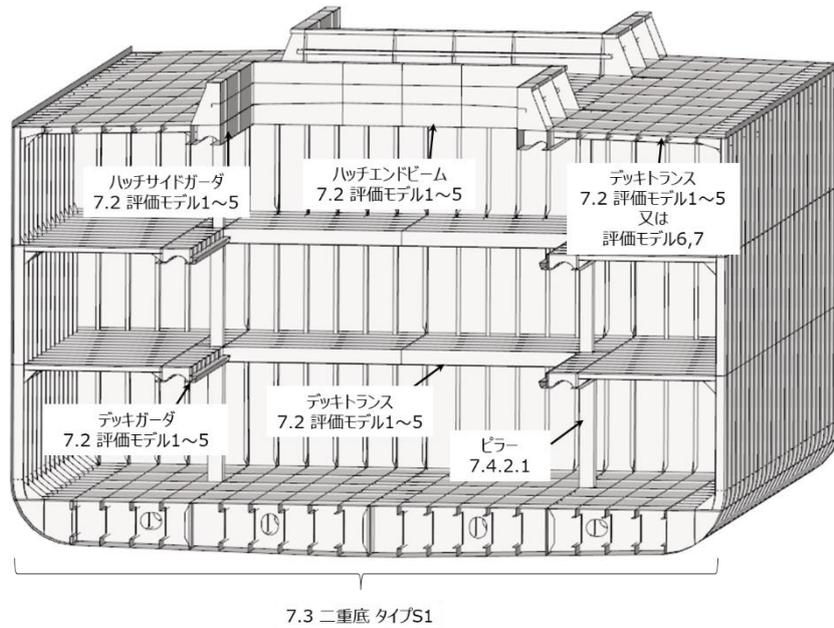
図 7.1.1-1. 一般貨物船の適用例



7.1.1.3 冷凍運搬船の評価モデル適用例

冷凍運搬船における主要支持構造の適用例を図 7.1.1-2. に示す。また、図 7.1.1-2. に記載の無い構造については本会の適当と認めるところによる。

図 7.1.1-2. 冷凍運搬船の適用例



7.2 ハッチサイドガーダ

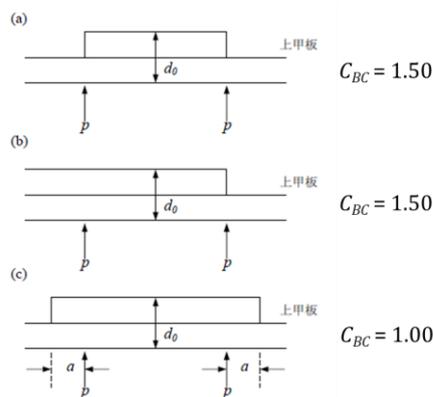
7.2.1 ピラー等に支持されるハッチサイドガーダ

7.2.1.1

ハッチサイドガーダがピラー等の支持部材に支えられている場合は、次の(1)及び(2)による。

- (1) 要求断面性能は 1 編 7.2.3.1 の規定により算定される値をピラーとハッチサイドコーミングの位置関係に応じて 7.2.1-1. に示す C_{BC} で乗じた値とする。
- (2) 7.2.1-1. の(a)から(c)に該当する場合は、断面性能にハッチサイドコーミングを算入して良いものとする。

図 7.2.1-1. ピラー等に支持されるハッチサイドガーダ



7.3 特殊な貨物

7.3.1 スチールコイルを積付ける船舶

7.3.1.1

スチールコイルによる荷重を受ける桁部材は、10.1.6 によらなければならない。

10章 追加の構造要件

10.1 スチールコイルを積載する船舶

10.1.1 一般

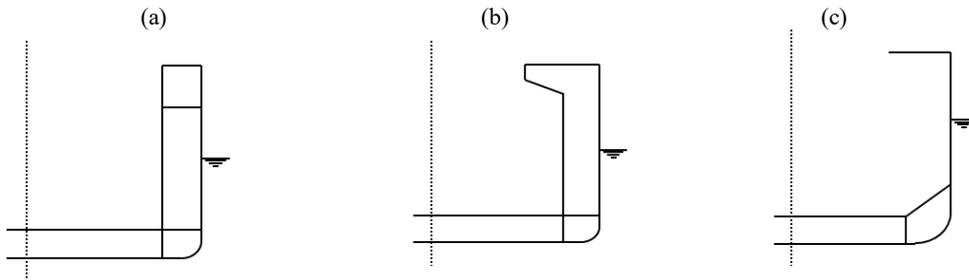
10.1.1.1 適用

- 1. 本 10.1 は、貨物倉内にスチールコイルを積付ける船舶に適用する。
- 2. 表 10.1.1-1 に示す板部材、防撓材は、本 10.1 の規定を満足しなければならない。

表 10.1.1-1. 適用対象となる板部材及び防撓材

船舶のタイプ (図 10.1.1-1 参照)	適用対象となる板部材及び防撓材	
ホッパ斜板を有する船舶	内底板, 内底板付ロンジ, ホッパ斜板, ホッパ斜板付ロンジ	
ホッパ斜板を有しない船舶	二重船側構造	内底板, 内底板付ロンジ, 縦通隔壁, 縦通隔壁付ロンジ
	単船側構造	内底板, 内底板付ロンジ, サイドフレーム

図 10.1.1-1. ホッパ斜板を有しない船舶 (a), (b) 及びホッパ斜板を有する船舶 (c) の例



10.1.1.2 前提条件

本 10.1 では、内底板、ホッパ斜板及び縦通隔壁が縦式構造を前提としており、また、ホッパ斜板を有しない単船側構造の船舶については、船側構造が横式であることを前提としている。前提条件と異なる場合は、個々の条件に応じた検討を行わなければならない。

10.1.2 内底板及び内底板付ロンジ

10.1.2.1 内底板

内底板の厚さは、次の算式による値以上としなければならない。

$$t = K_1 \sqrt{\frac{F_{SC}}{C_a \sigma_Y}} \times 10^3 \text{ (mm)}$$

σ_Y : 規格最小降伏応力 (N/mm^2)

F_{SC} : 内底板に作用する荷重 (kN) で、4.4.2.1-2.による。

K_1 : 係数で、次の算式による値とする。

$$K_1 = \sqrt{\frac{1.7 \frac{s}{1000} \ell K_2 - 0.73 \left(\frac{s}{1000}\right)^2 K_2^2 - (\ell - \ell_{lp})^2}{2 \ell_{lp} \left(2 \frac{s}{1000} + 2 \ell K_2\right)}}$$

K_2 : 係数で、次の算式による値とする。

$$K_2 = -\frac{s}{1000 \ell} + \sqrt{\left(\frac{s}{1000 \ell}\right)^2 + 1.37 \left(\frac{1000 \ell}{s}\right)^2 \left(1 - \frac{\ell_{lp}}{\ell}\right)^2 + 2.33}$$

C_a : 軸力影響係数で 1 編 6.3.2.1 による。

s : 防撓材間距離 (mm)

ℓ : フロア間距離 (m)

ℓ_{lp} : パネル 1 枚ごとの両端ダンネージの荷重点間の距離 (m) で、4.4.2.1-3.の規定による。

10.1.2.2 内底板付ロンジ

内底板付ロンジの断面係数及びウェブの厚さは、次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = K_3 \frac{F_{SC} \ell_{bdg}}{8 C_s \sigma_Y} \times 10^3 \text{ (cm}^3\text{)}, \quad t_w = \frac{0.5 F_{SC}}{d_{shr} \tau_Y} \times 10^3 \text{ (mm)}$$

σ_Y : 規格最小降伏応力 (N/mm²)

τ_Y : 許容せん断応力 (N/mm²) で次の算式による。

$$\sigma_Y / \sqrt{3}$$

F_{SC} : 内底板付ロンジに作用する荷重 (kN) で、[4.4.2.1-2](#)による。ただし、 ℓ を ℓ_{bdg} に読み替える。

K_3 : 係数で[表 10.1.2-1](#)による。ただし、

$$n_2 > 10 \text{ の場合, } K_3 = 2/3$$

n_2 : パネル1枚あたりの荷重点 (パネル1枚の上にあるダンネージの数) で、[4.4.2.1-3](#)の規定による。

C_s : 軸力影響に関する係数で、[1編表 6.4.2.1](#)による。

ℓ_{bdg} : 防撓材の有効曲げスパン (m) で、[1編 3.6.1.2](#)の規定による。

d_{shr} : 防撓材の有効せん断深さ (mm) で、[1編 3.6.4.2](#)の規定による。

ℓ_{tp} : パネル1枚ごとの両端ダンネージの荷重点間の距離 (m) で、[4.4.2.1-3](#)の規定による。

表 10.1.2-1. 係数 K_3

n_2	1	2	3	4	5
K_3	1.0	$1.0 - \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$	$1.0 - \frac{2}{3} \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$	$1.0 - \frac{5}{9} \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$	$1.0 - \frac{1}{2} \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$
n_2	6	7	8	9	10
K_3	$1.0 - \frac{7}{15} \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$	$1.0 - \frac{4}{9} \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$	$1.0 - \frac{3}{7} \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$	$1.0 - \frac{5}{12} \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$	$1.0 - \frac{11}{27} \left(\frac{\ell_{tp}}{\ell_{bdg}}\right)^2$

10.1.2.3 ストラット付き内底板付ロンジ

-1. ストラットの座屈強度は、[1編 7.4.2](#)によらなければならない。ただし、用いる荷重 F (kN) は、次の算式によらなければならない。

$$F = \frac{\lambda R + P_{ex} s b \times 10^{-6}}{\lambda + 1}$$

λ : 内底ロンジ及び船底ロンジの断面二次モーメントの比で、次の算式による。

$$\lambda = \frac{I_B}{I_I}$$

I_B : 実際の付き板を含む船底ロンジの断面二次モーメント (cm⁴)

I_I : 実際の付き板を含む内底ロンジの断面二次モーメント (cm⁴)

P_{ex} : [1編 4.4.2](#)に規定する最大荷重状態における船底外板に作用する外圧による面外圧力 (kN/m²) で、ストラットが設けられる箇所の船底外板上で計算する。

R : ストラット位置を単純支持とした連続梁の単純支持点に作用する反力 (kN) ([図 10.1.2-1](#)参照)

s : 防撓材間の心距 (mm)

b : ストラットで支えられる部分の幅 (mm)

-2. 断面係数は、次の算式による値以上としなければならない。ただし、次の(1)及び(2)のいずれかに該当する条件で考える必要がある。なお荷重条件は、ロンジの直上にスチールコイルが積載され、ダンネージの位置で集中荷重が働くものとする。

$$Z = \frac{M}{C_s \sigma_Y} \times 10^3 \text{ (cm}^3\text{)}$$

(1) 荷重点間距離が等間隔 ([図 10.1.2-2](#)参照)

$$M_B = \frac{W}{2 \ell_{fs}^2} \left[\sum_{k=1}^n \{a_1 + (k-1)\ell_1\} \ell_{fs}^2 - \sum_{k=1}^n \{a_1 + (k-1)\ell_1\}^3 \right]$$

$$M_{Cm} = \frac{W \{a_1 + (m-1)\ell_1\}}{2 \ell_{fs}^3} \left[\sum_{k=1}^n \{a_1 + (k-1)\ell_1\}^3 - 3 \ell_{fs}^2 \sum_{k=1}^n \left\{ a_1 + (k-1)\ell_1 - \frac{2}{3} \ell_{fs} \right\} \right] - \sum_{k=1}^m W(m-k)\ell_1$$

(2) 荷重点間距離が等間隔ではない ([図 10.1.2-3](#)参照)

$$M_B = \sum_{k=1}^n \frac{W a_k (\ell_{fs}^2 - a_k^2)}{2 \ell_{fs}^2}$$

$$M_{Cm} = \sum_{k=1}^n \frac{W (\ell_{fs} - a_k)^2 (2 \ell_{fs} + a_k)}{2 \ell_{fs}^3} a_m - \sum_{k=1}^m W (a_m - a_k)$$

M : 曲げモーメント ($kN\cdot m$) で M_B 及び M_C のうち大きい方の値としなければならない。

n : 桁とストラット間の荷重点の最大総数。

M_B : 固定端での曲げモーメント ($kN\cdot m$)

M_{Cm} : ストラット支持点から m 番目の荷重点での曲げモーメント ($kN\cdot m$)

M_C : 荷重点での曲げモーメント ($kN\cdot m$) で次の M_{C1} , M_{C2} , M_{C3} 及び M_{Cn} の値のうち一番大きい値とする。

a_m : ストラット支持点から m 番目の荷重点までの距離 (m)

a_1 : ストラット支持点から 1 番目の荷重点までの距離 (m) で, M_{C1} から M_{Cm} 及び M_B の値がそれぞれ最も大きくなるようにダンネージを配置した場合の値とする。

ℓ_1 : 荷重点間距離 (m)

ℓ_{fs} : 桁とストラットの距離 (m)

W : 一本あたりのダンネージが受け持つスチールコイルによる荷重で次の算式となる。 (kN)

$$W = \frac{F_{SC}}{n_2}$$

F_{SC} : 板パネルに作用するスチールコイルによる合計荷重 (kN) (4.4.2.1-2.参照) で, ℓ を ℓ_{bdg} に読み替える。

n_2 : パネル 1 枚あたりの荷重点 (パネル 1 枚の上にあるダンネージの数) で, 4.4.2.1-3.の規定による。

-3. ウェブ板厚は, 次の算式による値以上としなければならない。ただし, 次の(1)及び(2)のいずれかに該当する条件で考える必要がある。なお荷重条件は, ロンジの直上にスチールコイルが積載され, ダンネージの位置で集中荷重が働くものとする。

$$t_w = \frac{F}{d_{shr} \tau_Y} \times 10^3 \text{ (mm)}$$

(1) 荷重点間距離が等間隔 (図 10.1.2-2.参照)

$$R_A = \frac{W}{2 \ell_{fs}^3} \left[\sum_{k=1}^n \{a_1 + (k-1)\ell_1\}^3 - 3 \ell_{fs}^2 \sum_{k=1}^n \left\{ a_1 + (k-1)\ell_1 - \frac{2}{3} \ell_{fs} \right\} \right]$$

$$R_B = \frac{W}{2 \ell_{fs}^3} \left[3 \ell_{fs}^2 \sum_{k=1}^n \{a_1 + (k-1)\ell_1\} - \sum_{k=1}^n \{a_1 + (k-1)\ell_1\}^3 \right]$$

(2) 荷重点位置がユーザー決定 (図 10.1.2-3.参照)

$$R_A = \sum_{k=1}^n \frac{W (\ell_{fs} - a_k)^2 (2 \ell_{fs} + a_k)}{2 \ell_{fs}^3}$$

$$R_B = \sum_{k=1}^n \frac{W a_k (3 \ell_{fs}^2 + a_k^2)}{2 \ell_{fs}^3}$$

F : せん断力 (kN) で R_A 及び R_B のうち大きい方の値としなければならない。

R_A : 単純支持での反力 (kN)

R_B : 固定端での反力 (kN)

a_1 : ストラット支持点から 1 番目の荷重点までの距離 (m) で, R_A 及び R_B の値がそれぞれ最も大きくなるようにダンネージを配置した場合の値とする。

図 10.1.2-1. ストラット付き内底板付ロンジコイル荷重 (ダンネージ点での集中荷重)

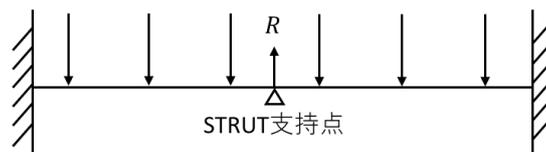


図 10.1.2-2. 桁とストラット間の荷重条件 (荷重点間距離が等間隔)

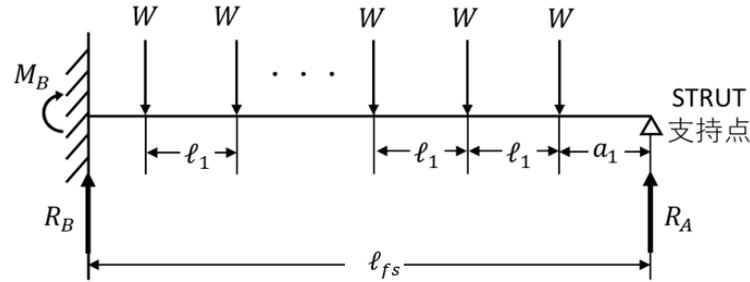
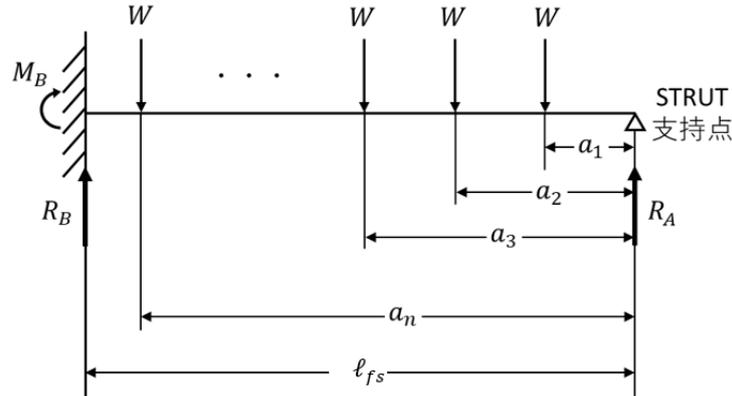


図 10.1.2-3. 桁とストラット間の荷重条件 (荷重点間距離が等間隔ではない)



10.1.3 ホッパ斜板及びホッパ斜板付ロンジ (ビルジホッパを持つ船舶)

10.1.3.1 ホッパ斜板

ホッパ斜板の厚さは、次の算式による値以上としなければならない。スチールコイルと接しない条板については、本規定を適用する必要はない。

$$t = K_1 \sqrt{\frac{F_{SC}}{C_a \sigma_Y}} \times 10^3 \text{ (mm)}$$

F_{SC} : ホッパ斜板に作用する荷重 (kN) で、4.4.2.1-2.による。

K_1 : 係数で、10.1.2.1による。

C_a : 軸力影響係数で、1編 6.3.2.1による。

10.1.3.2 ホッパ斜板付ロンジ

ホッパ斜板付ロンジの断面係数及びウェブの厚さは、次の算式による値以上としなければならない。スチールコイルに接しない板パネルに付くロンジにあつては、本規定を適用する必要はない。

$$Z = K_3 \frac{F_{SC} \ell_{bdg}}{8 C_s \sigma_Y} \times 10^3 \text{ (cm}^3\text{)}, \quad t_w = \frac{0.5 F_{SC}}{d_{shr} \tau_Y} \times 10^3 \text{ (mm)}$$

σ_Y : 規格最小降伏応力 (N/mm²)

τ_Y : 許容せん断応力 (N/mm²) で次の算式による。

$$\sigma_Y / \sqrt{3}$$

F_{SC} : ホッパ斜板付ロンジに作用する荷重 (kN) で、4.4.2.1-2.による。ただし、 ℓ を ℓ_{bdg} に読み替える。

K_3 : 係数で10.1.2.2による。

C_s : 軸力影響に関する係数で、1編 6.4.2.1による。

d_{shr} : 防撓材の有効せん断深さ (mm) で、1編 3.6.4.2の規定による。

10.1.4 縦通隔壁及び縦通隔壁付ロンジ (ビルジホッパを有しない船舶であつて二重船側の船舶)

10.1.4.1 縦通隔壁

縦通隔壁の厚さは、次の算式による値以上としなければならない。スチールコイルと接しない条板については、本規定を適用する必要はない。

$$t = K_1 \sqrt{\frac{F_{SC}}{C_a \sigma_Y}} \times 10^3 \text{ (mm)}$$

F_{SC} : 縦通隔壁に作用する荷重 (kN) で、4.4.2.1-2.による。

K_1 : 係数で、10.1.2.1による。

C_a : 軸力影響係数で、1編 6.3.2.1による。

10.1.4.2 縦通隔壁付ロンジ

縦通隔壁付ロンジの断面係数及びウェブの厚さは、次の算式による値以上としなければならない。スチールコイルに接しない板パネルに付くロンジにあっては、本規定を適用する必要はない。

$$Z = K_3 \frac{F_{SC} \ell_{bdg}}{8C_s \sigma_Y} \times 10^3 \text{ (cm}^3\text{)}, \quad t_w = \frac{0.5F_{SC}}{d_{shr} \tau_Y} \times 10^3 \text{ (mm)}$$

σ_Y : 規格最小降伏応力 (N/mm^2)

τ_Y : 許容せん断応力 (N/mm^2) で次の算式による。

$$\sigma_Y / \sqrt{3}$$

F_{SC} : 縦通隔壁付ロンジに作用する荷重 (kN) で、4.4.2.1-2.による。ただし、 ℓ を ℓ_{bdg} に読み替える。

K_3 : 係数で10.1.2.2による。

C_s : 軸力影響に関する係数で、1編 6.4.2.1による。

d_{shr} : 防撓材の有効せん断深さ (mm) で、1編 3.6.4.2の規定による。

10.1.5 サイドフレーム（ビルジホッパを有しない船舶であって単船側の船舶）

10.1.5.1 サイドフレーム

-1. 3段積み以外の場合、サイドフレームの断面係数及びウェブの厚さは、次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = 1.2 \frac{F_{SC} \ell_{1bdg}}{8\sigma_Y} \times 10^3 \text{ (cm}^3\text{)}, \quad t_w = 2.0 \frac{0.5F_{SC}}{d_{shr} \tau_Y} \times 10^3 \text{ (mm)}$$

σ_Y : 規格最小降伏応力 (N/mm^2)

τ_Y : 許容せん断応力 (N/mm^2) で次の算式による。

$$\sigma_Y / \sqrt{3}$$

F_{SC} : サイドフレームに作用する荷重 (kN) で、4.4.2.1-2.による。

ℓ_{1bdg} : サイドフレームの有効曲げスパン (m)。ブラケットが設けられる場合は、有効曲げスパンの端は、サイドフレームとブラケットの深さが $2h_w$ となる点とする。(1編図 6.4.3-2.参照)。

d_{shr} : 防撓材の有効せん断深さ (mm) で、1編 3.6.4.2の規定による。

-2. 3段積みの場合、サイドフレームの断面係数及びウェブの厚さは、次の条件に基づき、単純梁として弾性計算することにより決定しなければならない。

(1) 支持条件は、両端固定（甲板及び内底板の位置）とする。

(2) 許容応力は、前-1.に規定する σ_Y 及び τ_Y とする。

(3) 荷重条件として、最下段において作用する荷重は4.4.2.1-2.に規定する $n_1 = 3$ に対する F_{SC} を、3段目において作用する荷重は $n_1 = 1$ かつキーコイルが無い場合に対する F_{SC} を考慮する。

10.1.6 ガーダ、フロア等の桁部材

10.1.6.1

スチールコイルによる荷重を受ける桁部材（二重底のガーダ、フロア等）にあっては、圧縮座屈に対して、十分な強度を持たなければならない。

10.2 コンテナを積載する船舶

10.2.1 コンテナ積載に対する補強

10.2.1.1

コンテナ隅金具の下方の甲板には、桁板を設ける等、コンテナの荷重を有効に支持する構造としなければならない。

10.3 隔壁構造

10.3.1 一般

10.3.1.1 適用

本 10.3 は、横置隔壁の隔壁防撓材に適用する。

10.3.2 デッキガーダ直下にある隔壁防撓材の寸法

10.3.2.1

-1. デッキガーダを支持する隔壁防撓材の寸法は次の算式を満足する必要がある。

$$C \frac{Z_0}{Z} + \frac{W}{A} \leq C$$

Z_0 : 1編 6.4 に規定する最大荷重状態における防撓材の規定の断面係数 (cm^3)

Z : 実際の断面係数 (cm^3)

$$C = \frac{\sigma_y}{C_{safety}}$$

C_{safety} : 隔壁防撓材の安全率で、1.0

A : 防撓材の断面積 (cm^2) (板を含めてよい。)

W : 防撓材にかかる軸荷重で次の算式による。

$$Sbh \text{ (kN)}$$

S : 隔壁防撓材が支持する甲板下縦桁の中心間の距離 (m) (図 10.3.2-1.参照)

b : その桁から左右の桁又はフレームの内面に至る各区間の中心間の距離 (m)。(図 10.3.2-2.参照)

h : その甲板に対し 1編 4.4.2.2 の規定により定まる甲板荷重 (kN/m^2)

ただし、二層甲板以上の場合には、上層甲板に対する W は考慮する必要はない。

図 10.3.2-1. S の測り方

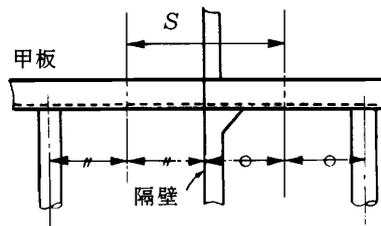
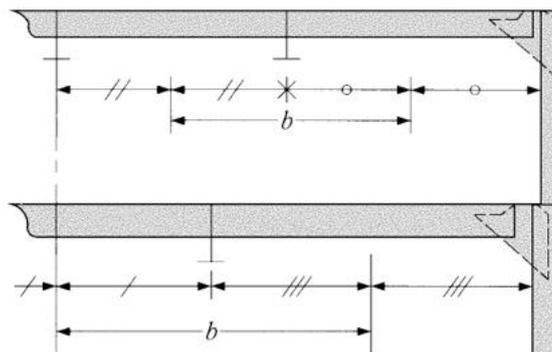


図 10.3.2-2. b の測り方



-2. 荷役装置の直下であり甲板下縦桁を支持する隔壁防撓材の寸法

デリック又はクレーン等の荷役装置の直下であり甲板下縦桁を支持する隔壁防撓材の寸法は、当該防撓材にかかる軸荷重 (W) を次のように読み替えて、前-1.の規定を準用する。また、当該防撓材が甲板下縦桁を支持しない場合には、次の算式中の第一項を零とし前-1.の算式を準用する。

$$Sbh + F \text{ (kN)}$$

S , b 及び h : 前-1.の規定による。

F : 当該荷役装置の自重 (kN)。ただし、デリック装置の場合は、デリックの型式及びブームの配置に応じ表 10.3.2-1.による値として差し支えない。

表 10.3.2-1. デリック装置の自重

ブームの配置/デリックの型式	独立型	門型
船首尾いずれか一方にブームを有する場合	2.0ω	2.3ω
船首尾両方にブームを有する場合	2.7ω	3.0ω
(備考) ここで、 ω は当該デリック装置の各ブームの制限荷重 (kN)。ただし、船首尾両方にブームを有する場合は平均値とする。		

10.4 木材を積載する船舶

10.4.1 木材を積載する船舶

10.4.1.1 木材貨物に対する船体構造の保護

貨物倉内及び／又は甲板上に木材を積載する船舶については、**V編**の規定による木材満載喫水線の標示の有無にかかわらず、次の**(1)**から**(10)**により船体構造の保護を施さなければならない。ただし、仕様書等により原木を積載しないことが明らかな場合は、**(8)**及び**(10)**を除き斟酌して差し支えない。

(1) 溶接

原木の衝撃を受けるおそれのある部材の溶接は、連続溶接（少なくとも、**1編 12章**に規定する $F2$ ）とすること。

(2) 甲板桁

ハッチサイドガーダ及びハッチエンドビームには、トリッピングブラケットを約 1.5 m の間隔で設け、その遊縁を防撓すること。

(3) 倉口

ハッチコーミングの構造は、特に強固なものとする。

(4) ブルワーク

(a) ブルワークは、特に堅固なステイを 1.5 m を超えない間隔で設けて支持されなければならない。

(b) ブルワークは、倉口側部で特に強固にするため、ブルワークに設ける放水口は、倉口側部のブルワークでは極力小さなものにとどめ、他の部分において十分な放水口面積を確保することを推奨する。

(5) サイドフレームの保護

サイドフレームの保護は、次の**(a)**から**(d)**までの規定によるが、この保護は、船の長さ L_C が 130 m を超える船舶では適当に斟酌して差し支えない。

(a) サイドフレームは、次のいずれかの方法により保護すること。

i) 約 2 m の間隔で、サイドロンジ又はトリッピングブラケットを取付ける。

ii) 約 1.5 m の間隔で、サイドフレームの面材に形鋼を縦通方向に取付ける。

iii) 約 0.5 m の間隔で、サイドフレームの面材に $150 \times 10\text{ (mm)}$ 程度の平鋼を縦通方向に取付ける。

(b) サイドフレーム下部ブラケットの遊辺上面には、形鋼又は平鋼（平鋼の場合は、少なくとも 2 条）を縦通方向に取付けること。ただし、下部ブラケットの厚さ及び面材の幅が、次に定める値以上の場合は、適当に斟酌して差し支えない。

i) ブラケットの厚さ $t\text{ (mm)}$ は、**図 10.4.1-1**中の腕の長さをブラケットの長腕の長さとし、**1編 3.5.2.6** を適用して定まる値

ii) 面材の幅は、次の算式による値

$$128\sqrt{D_0\ell}\text{ (mm)}$$

D_0 : ブラケットののどの深さ (m)

ℓ : ブラケットの遊辺の長さ (m)

(c) 船首尾部等で、倉口直下にサイドフレームがある場合は、さらに適当な補強をする。

(d) 深いサイドフレーム等、倉内に突出する部分大きい部材は、その寸法及びトリッピングブラケットの配置に十分注意する。

(6) 水密隔壁の保護

船の長さ L_C が 130 m 以下の船舶の倉内隔壁は、できる限り平板型隔壁とし、波型隔壁は、なるべく避けること。

平板型隔壁の防撓材のない面及び波形隔壁の両面には、角材（約 250 mm 角）、山形鋼等を適当な間隔で設けて隔壁を保護すること。隔壁防撓材の保護は、前**(5)**に準じること。

(7) ペイント工事

倉内では、ホールドフレーム下部ブラケット上端及び隔壁防撓材の下部ブラケットの上端から 300 mm 上方より下の部分すべての部材（外板、隔壁板及び管を含む。ただし、内底板、ビルジホップ斜板及び隔壁スツール斜板は除く。）は、タールエポキシ塗料等の容易に剥離しない良質のペイントで塗装すること。ただし、内底板、ビルジホップ斜板及び隔壁スツール斜板であっても、塗装を要する外板、隔壁板、ホールドフレーム下部ブラケット、隔壁防撓材下ブラケット等との溶接継手及びその周囲は、塗装すること。

(8) 空気管等の保護

貨物の衝撃を受けるおそれのある空気管、梯子、風雨密扉その他船体構造付機器類は適当に保護すること。

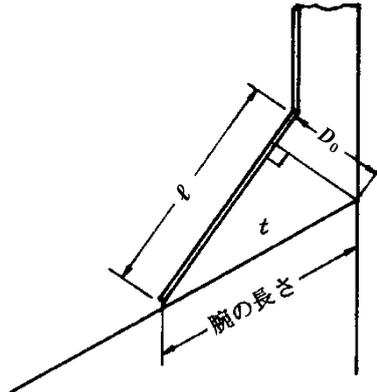
(9) ハッチカバーの保護

ポンツーン型ハッチカバーの場合は、ダンネージ等で保護し、かつ、船舶の動揺を考慮しハッチカバーの移動防止装置を設けること。また、ガスケット付きのハッチカバーの場合は、木材貨物の重量によるオーバーコンプレッションを考慮し、ガスケット保護装置を設けること。

(10) 木材積付設備

甲板積木材貨物の高さ、積付け及び定着に必要な設備については、1966年の満載喫水線に関する国際条約及び1966年の満載喫水線に関する国際条約の1988年の議定書によること。また、損傷時復原性に関して、甲板上に積載する木材貨物の浮力を考慮する場合には、スタンションは1編 2.3.2.3-12.(1)(c)の規定によらなければならない。

図 10.4.1-1.



10.5 セルフアンローダ船に対する追加要件

10.5.1 一般

10.5.1.1 適用

B編 1.3.1(19)に規定するセルフアンローダ船については、次の(1)から(3)によらなければならない。

- (1) 1編 14.6, 2-3編 3.2 及び 11.1 を適用しなければならない。
- (2) 貨物倉区域が単船側構造のセルフアンローダ船のサイドフレームについては、IACS 統一規則 S12 に適合しなければならない。
- (3) 1.1.1.2 の規定により、2-2編 1章附属書 1.1「SOLAS 条約第 XII 章におけるばら積貨物船の追加要件」を適用するセルフア

ンローダ船にあつては、当該附属書の適用にあたり、自動揚貨を行う設備により貨物倉間の水密性を維持できない場合には、同 2-2編 1章附属書 1.1 の An3.及び An5.の規定にかかわらず、実際に想定される浸水状態における荷重を考慮しなければならない。

14章 艙装

14.1 コンテナ固縛設備

14.1.1 コンテナ固縛用金物

14.1.1.1

コンテナの固縛に用いる固縛用金物は、[2-1 編 14.2.1.1](#)の規定によらなければならない。

2-6 編 自動車運搬船，ロールオン・ロールオフ船

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

-1. 船級符号に“*Vehicles Carrier*”（略号 *VC*）又は“*Roll on-Roll off*”（略号 *RORO*）を付記して自動車運搬船又はロールオン・ロールオフ船として登録を受けようとする船舶の構造及び艀装については、**1 編**に加え、本 **2-6 編**の規定によらなければならない。

-2. 本 **2-6 編**の規定は、多層甲板を有し、貨物を水平方向に荷役するために通常いかなる方法においても区画されることなく、かつ、船舶のかなりの長さ又は全長にわたる貨物区域を有する船舶について定めたものである。

-3. 前-2.に掲げるものと異なる構造の自動車運搬船又はロールオン・ロールオフ船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

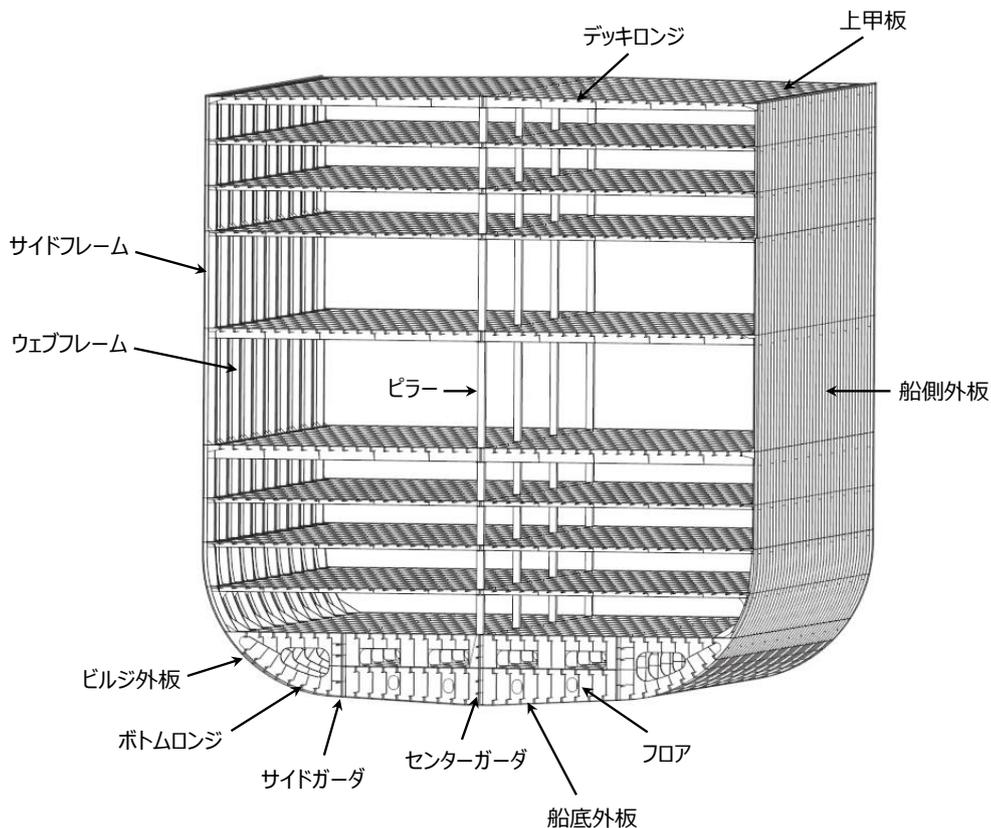
1.2 定義

1.2.1 部材名称

1.2.1.1 構造に関する用語

本 **2-6 編**において用いられている一般的な構造に関する用語を図 **1.2.1-1**に示す。

図 1.2.1-1. 自動車運搬船



3章 構造設計の原則

3.1 最小要件

3.1.1 最小板厚

3.1.1.1 船楼側部の外板

乾舷甲板上 h_s の 2 倍の距離の点の箇所から強力甲板までの間の船側外板に対しては、1編 3.5.1.1 に規定する最小板厚に関する要件を適用しなくて差し支えない。ただし、当該箇所の板厚は、5.5 mm 以上としなければならない。

3.1.1.2 貨物区域内の構造

貨物区域内の構造であって、乾舷甲板上方の構造に対しては、1編 3.5.1.3 に規定する最小板厚に関する要件を適用しなくて差し支えない。

3.1.1.3 車両甲板

専ら車両のみを積載する車両甲板の板、防撓材及び桁部材については、1編 3.5.1 に規定する最小板厚の要件を適用しなくて差し支えない。ただし、車両甲板並びに車両甲板に付く防撓材のウェブ及びフランジの板厚（グロス寸法）は、5 mm 以上としなければならない。

3.1.2 細長比要件

3.1.2.1 外板

船楼側部の外板の板厚は、次の算式による値以上としなければならない。

横式構造の場合：

$$t = b \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}} \left(0.9 - \sqrt{0.81 - \frac{0.8\sigma_{min}}{\sigma_Y}} \right)$$

縦式構造の場合：

$$t = b \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}} \cdot \left(\frac{0.06\alpha + 2.19 - \sqrt{(0.06\alpha + 2.19)^2 - \frac{2\alpha\sigma_{min}(3.7 - 1.2\alpha)}{\sigma_Y}}}{3.7 - 1.2\alpha} \right)$$

a : 板の長辺の長さ (mm)

b : 板の短辺の長さ (mm)

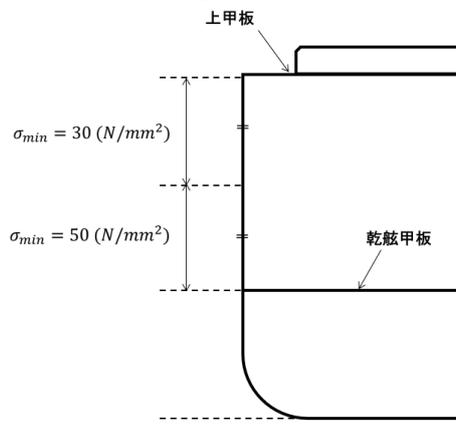
α : アスペクト比で、 a/b とする。

σ_{min} : 考慮する最小上下方向耐力で次による。

乾舷甲板と上甲板の中間点より下方の板部材 : 50 (N/mm²)

乾舷甲板と上甲板の中間点より上方の板部材 : 30 (N/mm²)

図 3.1.2-1. 考慮する最小上下方向耐力



3.1.2.2 車両甲板

専ら車両のみを積載する車両甲板の板、防撓材及び桁部材については、**1 編 3.5.2** に規定する細長比の要件を適用しなくて差し支えない。

3.2 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.2.1 ローディングマニュアル

3.2.1.1 ローディングマニュアルの追加要件

次の事項をローディングマニュアルに記載しなければならない。

- (1) 車両甲板及びランプウェイの許容積載重量
- (2) **8 章**の規定に従い全船解析による強度評価を行う船舶にあつて、バラスト状態を考慮するにあたりバラストタンクを満載にして強度評価を行う場合は、オペレーション上の制限として、当該積付状態において当該バラストタンクは常に満載とする旨記載すること

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成と概要

本章の各節には、本 **2-6 編** 及び **1 編** の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、**表 4.1.1-1** に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章 の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	6章 及び 1編6章 に規定する局部強度の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.3	主要支持構造強度において考慮する荷重	7章 及び 1編7章 に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.4	全船解析による船底構造強度評価において考慮する荷重	8章 に規定する貨物倉解析による強度評価の要件のうち全船解析による船底構造強度評価において考慮する荷重要件
4.5	全船解析によるラッキング強度評価において考慮する荷重	8章 に規定する貨物倉解析による強度評価の要件のうち全船解析によるラッキング強度評価において考慮する荷重要件
4.6	全船解析による疲労強度評価において考慮する荷重	9章 に規定する全船解析による疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.7	追加の構造要件において考慮する荷重	10章 及び 1編10章 に規定する追加の構造要件において考慮する荷重に関する追加要件

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1. **6章**及び**1編6章**に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本 **4.2** の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、**4.2.2** の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 面外荷重

- 1. 貨物による内圧を考慮するにあたり、**1編4.4.2** の規定に代えて、**4.7.2** の規定を適用しなければならない。なお、**4.7.2** に規定する荷重は **6章** 及び **1編6章** の規定に対し適用してはならず、**10章** の規定に対し適用すること。
- 2. **1編4.4.2.4** の適用にあたって、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) には、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、**表 4.2.2-1** により求まる値として差し支えない。

表 4.2.2-1. パラメータの簡易算式

積付状態	船体中央における 喫水 T_{LC} (m)	船体重心位置の Z座標 z_G (m)	メタセンタ高さ GM (m)	環動半径 K_{xx} (m)
バラスト状態	T_{BAL}	$0.20 \frac{B}{C_{B_{LC}}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC} C_{B_{LC}}} \frac{3C_{W_{LC}} - 1}{24} - z_G$	$0.40B$

4.3 主要支持構造強度において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

- 1. 7章及び1編7章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重は、本4.3の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2の規定によらなければならない。
- 3. 港内状態の荷重は考慮する必要はない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 一般

- 1. 単純桁の要件にあつては、4.2の関連規定にもよらなければならない。
- 2. 二重船殻の要件にあつては、表4.3.2-1.に規定する荷重を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を考慮した追加の積付パターンを要求する場合がある。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき荷重

評価対象 構造		積付パターン			等価 設計波	考慮する 内外圧差 (kN/m^2)
		喫水 (m)	静水中垂直曲げ モーメント ($kN\cdot m$)	考慮する積載物		
二重底	S1	$0.7T_{SC}$	$M_{SV\ max}$	考慮しない	HM-1/ HM-2	二重底 : P_{DB} 二重船側 : P_{DS}
二重船側	S2	T_{SC}	$M_{SV\ min}$	車両貨物	BP-1P / BP-IS	
	S3	T_{SC}	$M_{SV\ min}$	車両貨物		

4.3.2.2 外圧

二重船殻の要件にあつては、表4.3.2-2.に基づき、静水圧及び等価設計波における波浪変動圧を考慮しなければならない。

表 4.3.2-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象構造		P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾
二重底	S1	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
二重船側	S2	$P_{exs} + P_{exw} - P_{in\ s2}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	S3	$P_{exs} + P_{exw} - P_{in\ s3}$	$P_{exs} + P_{exw}$
(備考) P_{exs} , P_{exw} : P_{DB} の場合, 船底外板に作用する静水圧及び波浪変動圧の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合, 船側外板に作用するそれらの値 (kN/m^2)。それぞれにつき, 1編 4.6.2.4 に基づき算出する。 $P_{in\ s2}$, $P_{in\ s3}$: 車両貨物荷重による影響を考慮した値 (kN/m^2) で, 次の算式による。 $P_{in\ s2} = 0.5\rho gT_{SC}$ $P_{in\ s3} = \rho gT_{SC}$			
(1) 全ての積付パターンにおいて, 各成分の荷重 (P_{exs} 等) を算出する際の荷重計算点は 1編 7.3.1.5 による。 (2) 荷重を算出するにあたって, S1 の場合は $T_{LC} = 0.7T_{SC}$ とし, S2 及び S3 の場合は $T_{LC} = T_{SC}$ とすること。			

4.3.2.3 内圧

二重船殻の要件にあつては, **表 4.3.2-2**に基づいた内圧を考慮しなければならない。

4.3.2.4 垂直曲げモーメント

- 1. 二重船殻の要件にあつては, **4.3.2.1-2**に規定する静水中垂直曲げモーメント及び等価設計波における波浪中垂直曲げモーメントを考慮しなければならない。
- 2. 各等価設計波で考慮する波浪中垂直曲げモーメントは **1編 4.6.2.10** によらなければならない。

4.4 全船解析による船底構造強度評価において考慮する荷重**4.4.1 一般****4.4.1.1 一般**

8.4に規定する船底構造強度評価にあつては, **4.4.2**に規定する最大荷重状態の荷重を考慮しなければならない。

4.4.2 最大荷重状態**4.4.2.1 積付状態**

- 1. ローディングマニュアルに記載される計画された標準的な積付状態のうち, **表 4.4.2-1**に示す積付状態を考慮しなければならない。
- 2. 本会が必要と認めた場合, 本章に規定しない積付状態を追加で考慮するよう要求する場合がある。

表 4.4.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積み付けパターン		喫水 T_{LC} (m)	考慮する静水中垂直 曲げモーメント M_{SV} (kN)	等価設計波
標準満載積付状態	S1	バラストタンク：空 ⁽¹⁾ 燃料油タンク：空	T_{SC}	$M_{SV_{max}}$	$HMm-2$
バラスト状態	S2	バラストタンク：満載 ⁽²⁾ 燃料油タンク：空	T_{BAL}	$M_{SV_{max}}$	$HMm-2$
(備考)					
(1) 標準満載積付状態において、航海中常時使用するバラストタンクについては、バラストを積んだ状態を考慮することができる。					
(2) バラスト状態において、バラストタンクを設計上半載又は空にする場合は、当該バラストタンクを空にした状態で検討すること。また、バラスト状態で当該バラストタンクを満載として検討する場合は、オペレーション上の制限として、バラスト状態においてバラストタンクは常に満載とする旨をローディングマニュアルに記載すること。					

4.4.2.2 波条件

- 1. 等価設計波 $HMm-2$ に基づく荷重を考慮しなければならない。
- 2. 本会が必要と認めた場合、前-1.以外の等価設計波を考慮するよう要求する場合がある。

4.4.2.3 外圧

- 1. 船体の外板に作用する外圧 P_{ex} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0未満としてはならない。

$$P_{ex} = P_{exs} + P_{exw}$$

P_{exs} : 静水圧 (kN/m^2) で、4.4.2.3-2.による。

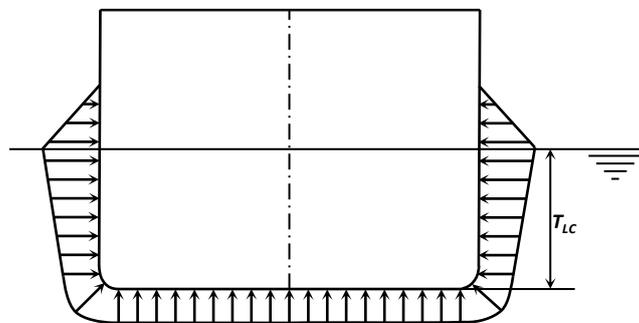
P_{exw} : 波浪変動圧 (kN/m^2) で、4.4.2.3-3.による。

- 2. 静水圧として、考慮する積付状態に対する喫水 T_{LC} (m) に相当する静水圧 P_{exs} (kN/m^2) を考慮しなければならない。
- 3. 波浪変動圧として、表 4.4.2-2.及び図 4.4.2-1.に規定する等価設計波 $HMm-2$ に対する波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2) を考慮しなければならない。なお、船長方向全域に対して、当該規定に基づく波浪変動圧を考慮すること。

表 4.4.2-2. 等価設計波 $HMm-2$ における波浪変動圧 P_{exw}

	波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2)		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq T_{LC} + h_W$	$z > T_{LC} + h_W$
$HMm-2$	$P_{exw} = \max(P_{HMm1}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_{WL} - \rho g(z - T_{LC})$	0
<p>(備考)</p> <p>P_{HMm} : 次の算式による。</p> $P_{HMm} = 0.5C_{RHM}C_{NLHM}C_M C_{HM1}H_{S_{HM}}(P_{HMm1} + P_{HMm2})$ <p>C_{RHM} : 操船影響係数で, 0.85</p> <p>C_{NLHM} : 非線形影響係数で, 0.9</p> <p>C_M : 最大波高係数で, 1.9</p> <p>C_{HM1} : 規則波高への修正係数で, 次の算式による。</p> $C_{HM1} = 0.14L_C^{0.28}$ <p>$H_{S_{HM}}$: 有義波高 (m) で, 次の算式による。ただし, 2.0 未満としてはならない。</p> $H_{S_{HM}} = -0.21T_{Z_{HM}}^2 + 5.07T_{Z_{HM}} - 15.7$ <p>$T_{Z_{HM}}$: ゼロアップクロス平均波周期 (s) で, 次の算式による。</p> $T_{Z_{HM}} = 0.71 \sqrt{\frac{2\pi\lambda_{HM}}{g}} + 2.5$ <p>λ_{HM} : 考慮する等価設計波における波長 (m) で, 次の算式による。</p> $\lambda_{HM} = (0.91 + 0.24f_T)L_C C_{W_{LC}}$ <p>P_{HMm1} : 次の算式による。</p> $P_{HMm1} = \rho g \cdot \exp\left(\frac{2\pi}{\lambda_{HM}}(z - T_{LC})\right)$ <p>P_{HMm2} : 次の算式による。</p> $P_{HMm2} = \rho g R_{3_{HM}} (6.0 \cdot 10^{-4} \cdot L_C C_{W_{LC}} - 1.03)$ <p>$R_{3_{HM}}$: 次の算式による。</p> $R_{3_{HM}} = 116.4 \left(\frac{T_{LC}}{L_C}\right)^{1.95}$ <p>P_{WL} : 考慮する等価設計波での喫水線における波浪変動圧 (kN/m^2) で, 次のによる。</p> <p>$y \geq 0$ の場合, $y = B_{x1}/2$ 及び $z = T_{LC}$ における P_{exw} の値</p> <p>$y < 0$ の場合, $y = -B_{x1}/2$ 及び $z = T_{LC}$ における P_{exw} の値</p> <p>B_{x1} : 考慮する船体横断面での喫水線位置における船の型幅 (m)</p> <p>h_W : 喫水線における圧力と同等の水頭 (m) で, 次の算式による。</p> $h_W = \frac{P_{WL}}{\rho g}$			

図 4.4.2-1. 船体中央断面における波浪変動圧分布 (等価設計波 $HMm-2$)



4.4.2.4 内圧及び貨物荷重

-1. 考慮する積付状態に応じて, 車両貨物を積載する車両甲板に作用する貨物荷重 P_{CDK} (kN/m^2) 及びバラストによる圧力 P_{Is} (kN/m^2) 等を考慮しなければならない。ただし, 船体運動及び加速度により生じる変動荷重は考慮せず, 静水中

に作用する荷重のみを考慮すること。

-2. 貨物荷重 P_{CDK} (kN/m^2) は表 4.4.2-3.の規定に従い、車両甲板に均等に作用する分布荷重として考慮しなければならない。なお、 P_{CDK} の作用する向きについては 1編 1.4.3.6 に規定する座標系に従う。

表 4.4.2-3. 貨物荷重 P_{CDK}

	貨物荷重 P_{CDK} (kN/m^2)
車両甲板 ⁽¹⁾	$-W_{wh,i}/A_i$
(備考)	
$W_{wh,i}$:	考慮する積付状態において車両甲板 i 上に積載される車両重量 (kN)
i :	車両甲板の高さ位置を表す添字
A_i :	当該車両甲板の面積 (m^2)
(1) 各車両甲板の貨物重量はその甲板上に均一に分布するものと仮定し、一様な分布荷重として与えること。	

-3. 可動式車両甲板に貨物を積載する場合、可動式車両甲板の自重 W_{LCDK} (kN) 及び当該甲板に積載される車両重量 $W_{wh,LCDK}$ (kN) を考慮しなければならない。また、可動式車両甲板が格納されている場合は、当該甲板の自重 W_{LCDK} (kN) を考慮すること。

-4. バラストによる荷重 P_{Is} (kN/m^2) は表 4.4.2-4.の規定によらなければならない。

表 4.4.2-4. バラストタンクの静的圧力 P_{Is}

タンクの種類	静的圧力 P_{Is} (kN/m^2)	
	$z \leq z_{top}$	$z > z_{top}$
バラストタンク	$\rho g(z_{top} - z)$	0
(備考)		
z_{top} : 小倉口を除いたタンクの最も高い位置の Z 座標 (m)		

4.4.2.5 船殻重量等

-1. 船殻の自重による影響を考慮しなければならない。

-2. 本会が認めた場合、艀装品及び固定バラスト等による影響を考慮することができる。その際、分布荷重として考慮して差支えない。

4.4.2.6 ハルガーダ荷重

船体に作用する垂直曲げモーメント M_{V-HG} ($kN-m$) は、次の算式によらなければならない。

$$M_{V-HG} = M_{SV} + M_{WV-h} \quad (kN-m)$$

M_{SV} : 4.4.2.1 の規定による。

M_{WV-h} : ホギング状態における波浪中垂直曲げモーメント ($kN-m$) で、次の算式による。

$$M_{WV-h} = 0.19C_1C_2L_c^2BC_{B1}$$

C_2 : 表 4.4.2-5.による。中間値は、線形補間による。

表 4.4.2-5. 船長方向の分布係数 C_2

x/L_c	C_2
$x/L_c < 0$	0.0
$x/L_c = 0.4$	1.0
$x/L_c = 0.65$	1.0
$x/L_c \geq 1.0$	0.0

4.5 全船解析によるラッキング強度評価において考慮する荷重

4.5.1 一般

4.5.1.1 一般

8.5 に規定するラッキング強度評価にあつては、4.5.2 に規定する最大荷重状態の荷重を考慮しなければならない。

4.5.2 最大荷重状態

4.5.2.1 積付状態

原則として、普通乗用車が満載された状態を考慮しなければならない。ただし、当該積付状態以外にラッキング変形が大きくなると考えられる積付状態がある場合、その積付状態を追加で考慮しなければならない。

4.5.2.2 波条件

- 1. 表 4.5.2-1. に規定する等価設計波に基づく荷重を考慮しなければならない。
- 2. 本会が必要と認めた場合、前-1. 以外の等価設計波を考慮するよう要求する場合がある。

表 4.5.2-1. 考慮する荷重ケース

等価設計波		波向き	代表的な特徴	
BR	BR-1P	横波	左舷が波上側 down	ロール角が最小
	BR-2P	横波	左舷が波上側 up	ロール角が最大
	BR-1S	横波	右舷が波上側 down	ロール角が最大
	BR-2S	横波	右舷が波上側 up	ロール角が最小

4.5.2.3 外圧

- 1. 船体の外板に作用する外圧 P_{ex} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0 未満としてはならない。

$$P_{ex} = P_{exs} + P_{exw}$$

P_{exs} : 静水圧 (kN/m^2) で、4.5.2.3-2. による。

P_{exw} : 波浪変動圧 (kN/m^2) で、4.5.2.3-3. による。

- 2. 静水圧として、考慮する積付状態に対する喫水 T_{LC} に対応した静水圧 P_{exs} (kN/m^2) を考慮しなければならない。
- 3. 波浪変動圧として、1 編 4.6.2.4 に規定する等価設計波 BR に対する波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2) を考慮しなければならない。

4.5.2.4 内圧及び貨物荷重

- 1. 貨物 (車両) の自重に加え、船体運動により生じる変動荷重を考慮しなければならない。
- 2. 各車両甲板に作用する内圧 P_{in} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0 より大きい値 (P_{in} の作用する向きが上方向となる値) としてはならない。なお、 P_{in} の作用する向きについては 1 編 1.4.3.6 に規定する座標系に従う。

$$P_{in} = P_{CDK} + P_{CDKa}$$

P_{CDK} : 静水中において車両甲板に作用する分布荷重 (kN/m^2) で、表 4.5.2-2. の規定による。車両甲板上に均一に分布するものとして仮定すること。

P_{CDKa} : 波浪中において車両甲板に作用する変動荷重 (kN/m^2) で、次の算式による。

左右方向に作用する成分の場合、 $P_{CDKa} = P_{CDKa-T}$

上下方向に作用する成分の場合、 $P_{CDKa} = P_{CDKa-V}$

P_{CDKa-T} 、 P_{CDKa-V} : 表 4.5.2-3. の規定による。

- 3. 可動式車両甲板に貨物を積載する場合は、可動式車両甲板の自重 W_{LCDK} (kN) 及び積載される車両重量 W_{wh_LCDK} (kN) を考慮しなければならない。この際、波浪中の変動荷重も考慮すること。また、可動式車両甲板が格納されている場合は、当該甲板の自重 W_{LCDK} (kN) を考慮しなければならない。

表 4.5.2-2. 貨物荷重 P_{CDK}

	貨物荷重 P_{CDK} (kN/m^2)
車両甲板 ⁽¹⁾	$-W_{Wh_i}/A_i$
(備考)	
W_{Wh_i} :	考慮する積付状態において車両甲板 i 上に積載される車両重量 (kN)
i :	車両甲板の高さ位置を表す添字
A_i :	当該車両甲板の面積 (m^2)
(1) 各車両甲板の貨物重量はその甲板上に均一に分布するものと仮定し、一様な分布荷重として与えること。	

表 4.5.2-3. 車両貨物による変動荷重 P_{CDKa}

考慮する方向 ⁽¹⁾	車両重量による分布荷重 (kN/m^2)
左右方向	$P_{CDKa-T} = -\frac{W_{Wh_i} a_Y}{A_i g}$
上下方向	$P_{CDKa-V} = -\frac{W_{Wh_i} a_Z}{A_i g}$
(備考)	
W_{Wh_i}, A_i : 表 4.5.2-2.による。	
a_Y, a_Z : 車両甲板の各位置における上下方向及び左右方向加速度 (m/s^2) で、1編4章の表 4.6.2-14.に基づき算出する。	
(1) 船体運動及び加速度により生じる変動荷重は、加速度の逆方向に働くことに注意すること。	

-4. バラスト及び燃料油等による荷重は考慮してはならない。

4.5.2.5 船殻重量等

-1. 静水中において船殻に作用する重力加速度の影響を考慮しなければならない。また、波浪中において船体動揺等により生じる変動成分も考慮しなければならない。変動成分は加速度の逆方向に働くことに注意すること。

-2 本会が認めた場合、艀装品及び固定バラスト等による影響を考慮することができる。その際、分布荷重として考慮して差支えない。

4.6 全船解析による疲労強度評価において考慮する荷重

4.6.1 一般

4.6.1.1 一般

9章に規定する全船モデルを用いた有限要素解析による疲労強度評価にあつては、4.6.2に規定する繰返し荷重状態の荷重を考慮しなければならない。

4.6.2 繰返し荷重状態

4.6.2.1 積付状態

-1. 原則として、普通乗用車が満載された状態及びバラスト状態を考慮しなければならない。

-2. 長期間にわたって生じると計画される積付状態のうち、前-1.で選定した普通乗用車が満載された状態よりも大きなラッキング変形が生じる積付状態がある場合、当該積付状態を追加で考慮しなければならない。

4.6.2.2 波条件

-1. 表 4.6.2-1.に規定する等価設計波に基づく荷重を考慮しなければならない。

-2. 本会が必要と認めた場合、前-1.以外の等価設計波を考慮するよう要求する場合がある。

表 4.6.2-1. 考慮する荷重ケース

等価設計波		波向き	代表的な特徴	
BR	BR-1P	横波	左舷が波上側 down	ロール角が最小
	BR-2P	横波	左舷が波上側 up	ロール角が最大
	BR-1S	横波	右舷が波上側 down	ロール角が最大
	BR-2S	横波	右舷が波上側 up	ロール角が最小

4.6.2.3 外圧

-1. 船体の外板に作用する外圧 P_{ex} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0未満としてはならない。

$$P_{ex} = P_{exs} + P_{exw}$$

P_{exs} : 静水圧 (kN/m^2) で、4.6.2.3-2.による。

P_{exw} : 波浪変動圧 (kN/m^2) で、4.6.2.3-3.による。

-2. 静水圧として、考慮する積付状態に対する喫水 T_{LC} に相当する静水圧 P_{exs} (kN/m^2) を考慮しなければならない。

-3. 波浪変動圧として、1編 4.7.2.4 に規定する等価設計波 BR に対する波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2) を考慮しなければならない。

4.6.2.4 内圧及び貨物荷重

-1. 貨物 (車両) の自重に加え、船体運動により生じる変動荷重を考慮しなければならない。

-2. 各車両甲板に作用する内圧 P_{in} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0より大きい値 (P_{in} の作用する向きが上方向となる値) としてはならない。なお、 P_{in} の作用する向きについては1編 1.4.3.6 に規定する座標系に従う。

$$P_{in} = P_{CDK} + P_{CDKa}$$

P_{CDK} : 静水中において車両甲板に作用する分布荷重 (kN/m^2) で、表 4.6.2-2.の規定による。車両甲板上に均一に分布するものとして仮定すること。

P_{CDKa} : 波浪中において車両甲板に作用する変動荷重 (kN/m^2) で、次の算式による。

左右方向に作用する成分の場合、 $P_{CDKa} = P_{CDKa-T}$

上下方向に作用する成分の場合、 $P_{CDKa} = P_{CDKa-V}$

P_{CDKa-T} 、 P_{CDKa-V} : 表 4.6.2-3.の規定による。

-3. 可動式車両甲板に貨物を積載する場合は、可動式車両甲板の自重 W_{LCDK} (kN) 及び積載される車両重量 W_{wh_LCDK} (kN) を考慮しなければならない。この際、波浪中の変動荷重も考慮すること。また、可動式車両甲板が格納されている場合は、当該甲板の自重 W_{LCDK} (kN) を考慮しなければならない。

表 4.6.2-2. 貨物荷重 P_{CDK}

	貨物荷重 P_{CDK} (kN/m^2)
車両甲板 ⁽¹⁾	$-W_{Wh_i}/A_i$
(備考)	
W_{Wh_i} :	考慮する積付状態において車両甲板 i 上に積載される車両重量 (kN)
i :	車両甲板の高さ位置を表す添字
A_i :	当該車両甲板の面積 (m^2)
(1) 各車両甲板の貨物重量はその甲板上に均一に分布するものと仮定し、一様な分布荷重として与えること。	

表 4.6.2-3. 車両貨物による変動荷重 P_{CDKd}

考慮する方向 ⁽¹⁾	車両重量による分布荷重 (kN/m^2)
左右方向	$P_{CDKd-T} = -\frac{W_{Wh-i} a_Y}{A_i g}$
上下方向	$P_{CDKd-V} = -\frac{W_{Wh-i} a_Z}{A_i g}$
(備考) W_{Wh-i} , A_i : 表 4.6.2-2.による。 a_Y , a_Z : 車両甲板の各位置における上下方向及び左右方向加速度 (m/s^2) で、1編 4章の表 4.7.2-14.に基づき算出する。	
(1) 船体運動及び加速度により生じる変動荷重は、加速度の逆方向に働くことに注意すること。	

-4. バラストによる荷重は 1編 4.7.2.5 の規定によらなければならない。

4.6.2.5 船殻重量等

-1. 静水中において船殻に作用する重力加速度の影響を考慮しなければならない。また、波浪中において船体動揺等により生じる変動成分も考慮しなければならない。変動成分は加速度の逆方向に働くことに注意すること。

-2 本会が認めた場合、艀装品及び固定バラスト等による影響を考慮することができる。その際、分布荷重として考慮して差支えない。

4.7 追加の構造要件において考慮する荷重

4.7.1 一般

4.7.1.1 一般

-1. 10章及び1編 10章に規定する追加の構造要件において考慮する荷重は、本 4.7 の規定にもよらなければならない。

-2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.7.2 の規定によらなければならない。

-3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.7.3 の規定によらなければならない。

4.7.2 最大荷重状態

4.7.2.1 車両甲板及び可動式車両甲板に作用する荷重

-1. 車両甲板及び同甲板に設けられた防撓材に対する荷重として、次の算式に基づき、車輪からの集中荷重を考慮しなければならない。

$$P_{CDK} = P_{Wh-max} \cdot (1 + C_{CDK})$$

P_{Wh-max} : 計画最大輪荷重 (kN)。当該輪荷重が t の単位で与えられる場合には、その値に 9.81 を乗じること。

C_{CDK} : 次の算式による。

$$C_{CDK} = C_{WDz} \frac{a_{Ze-CDK}}{g}$$

C_{WDz} : 荷重条件ごとの係数で、1編表 4.4.2-8.による。

a_{Ze-CDK} : 考慮する車両甲板におけるセンターライン上での上下方向の包絡加速度 (m/s^2) で、1編 4.2.4.1 の規定に基づき算出する。なお、考慮する車両甲板における前後方向の重心位置は、考慮する車両甲板における防撓材の支点間距離の中心とする。

-2. 可動式車両甲板の主要支持部材に対して考慮する荷重 P_{LCDK} (kN/m^2) は次の算式によらなければならない。

$$P_{LCDK} = (P_{LCDK,d} + w_{LCDK}) \cdot (1 + C_{CDK})$$

$P_{LCDK,d}$: 設計甲板荷重 (kN/m^2)

w_{LCDK} : 単位面積あたりの甲板自重 (kN/m^2)

C_{CDK} : 前-1.の規定による。

4.7.3 港内状態

4.7.3.1 車両甲板及び可動式車両甲板に作用する荷重

-1. 車両甲板においては、計画最大輪荷重 P_{Wh-max} を考慮しなければならない。

-2. 可動式車両甲板においては設計甲板荷重 $P_{LCDK,d}$ 及び甲板自重 w_{LCDK} を考慮しなければならない。

6章 局部強度

6.1 一般

6.1.1 適用

6.1.1.1 車両甲板の板及び防撓材

車両甲板の板及び防撓材は、[10.1](#)の規定によらなければならない。

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 適用

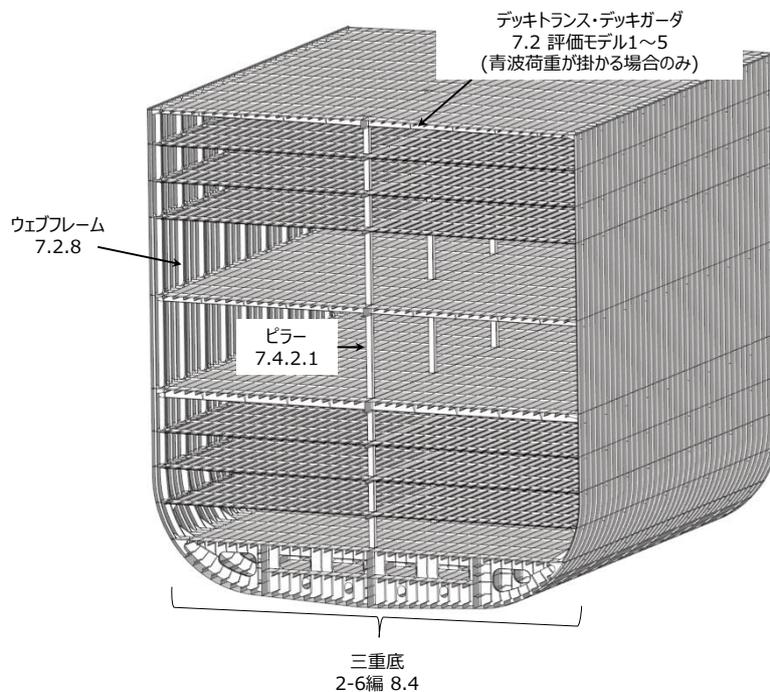
7.1.1.1

二重底及び二重船側構造については、1編 7.3 に規定する二重船殻に関する要件を適用し、それ以外の単純桁と見なすことができる桁部材については、1編 7.2 に規定する単純桁に関する要件を適用しなければならない。

7.1.1.2 評価モデル適用例

- 1. 1編 7.2 及び 7.3 を適用する際の評価モデルの適用例を図 7.1.1-1. に示す。
- 2. 図 7.1.1-1. に記載の無い構造であって、単純桁とみなせる桁部材については境界条件や作用荷重を考慮して 1編表 7.2.1-1. から評価モデルを適宜選択しなければならない。

図 7.1.1-1. 自動車運搬船の適用例



8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 概要

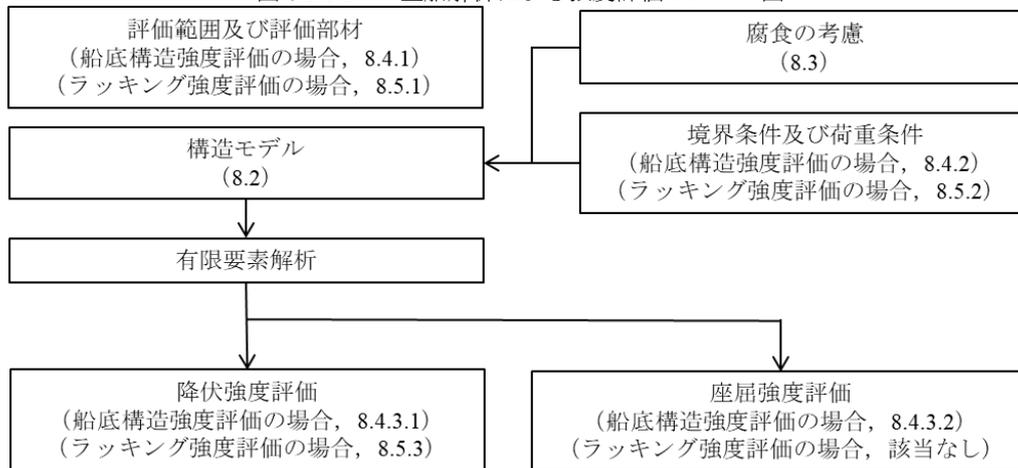
8.1.1.1 本章の概要及び構成

- 1. 本章は、専ら自動車及びトラック等車両貨物を運搬する船舶に対する強度評価手法について規定する。1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価に代えて本章を適用すること。
- 2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。
- 3. 全船解析による強度評価の標準的な手順を図 8.1.1-1.に示す。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の一般原則に関する要件
8.2	構造モデル	モデル化範囲, モデル化部材及びメッシュ分割等
8.3	腐食の考慮	ネット寸法手法
8.4	船底構造強度評価	船底構造強度評価における, 評価範囲, 評価対象部材, 境界条件, 荷重条件及び強度評価基準に関する要件
8.5	ラッキング強度評価	ラッキング強度評価における, 評価範囲, 評価対象部材, 境界条件, 荷重条件及び強度評価基準に関する要件

図 8.1.1-1 全船解析による強度評価のフロー図



注：図中の数字は対応する規則番号を示す。

8.1.2 適用

8.1.2.1 適用する船舶

- 1. 次のいずれかに該当する船舶にあつては、本章の規定に従い船底構造の降伏強度評価及び座屈強度評価並びにラッキングを受け持つ部材の降伏強度評価を行わなければならない。
 - (1) 専ら自動車及びトラック等車両貨物を運搬する船舶
 - (2) 本会が必要と認める船舶
 - (3) 上記以外で、船級符号に“PS-DA”を付記して登録する船舶
- 2. 前-1.(1)から(3)のいずれにも該当しない船舶であっても、本章の規定に従い、主要支持構造の降伏強度評価及び座

屈強度評価を行うことができる。

-3. 本章の規定により難い構造様式を有する船舶についても、当該船舶の特徴等を踏まえ、本章の規定を準用して差し支えない。

8.1.3 その他一般要件

8.1.3.1

その他一般要件については、1編 8.1.3の規定によらなければならない。

8.2 構造モデル

8.2.1 モデル化範囲及び部材

8.2.1.1 モデル化範囲

-1. モデル化範囲は全船としなければならない。全高及び全幅をモデル化しなければならない。

-2. 強度評価に影響を与えない構造物（上部構造物等）については、モデル化を省略しても差し支えない。ただし、モデル化を省略する場合、8.5に規定するラッキング強度評価にあつては、当該構造物相当の分布荷重等を考慮すること。

8.2.1.2 モデル化する部材

-1. 主要支持構造を構成する部材をモデル化しなければならない。板部材及び桁部材に付く防撓材もモデルに含めなければならない。また、車両甲板、車両甲板に付く桁部材及び防撓材もモデル化すること。

-2. 船体構造の強度評価に与える影響が小さい部材についてはモデル化しなくても差し支えない。

8.2.2 要素

8.2.2.1 要素の種類

要素の種類については、1編 8.3.2.1の規定によらなければならない。

8.2.2.2 要素の特性

要素の特性については、1編 8.3.2.2の規定によらなければならない。

8.2.3 メッシュ分割等

8.2.3.1 一般

-1. 1編 8.3.3.1の規定による。ただし、評価対象外となる部材（例：車両甲板、ランプウェイ）にあつては、当該規定における典型的なメッシュサイズより大きいサイズとして差し支えない。その際、評価対象部材との間には、メッシュサイズが滑らかに変化するようにすること。

8.2.3.2 開口のモデル化

-1. 開口周辺の要素に対して、8.4.3.1に規定する応力修正方法の適用が適切ではないと判断される箇所については、開口をモデル化しなければならない。その際、開口の位置で形状を再現するか、その位置及び大きさに相当する要素を取除くことにより開口をモデル化すること。

-2. 8.5に規定するラッキング強度評価に用いるモデルにあつては、ランプウェイ等の車両交通用の開口及びラッキング変形への影響が無視できない開口（例えば、ダクト及び階段）はモデル化しなければならない。また、主要支持部材のウェブに設けられる開口部及びマンホールについては、本会が適当と認めた場合、モデル化を省略することができる。

8.2.3.3 ブラケットのモデル化

ブラケットのモデル化については、1編 8.3.3.3の規定によらなければならない。

8.2.3.4 局所モデル

局所モデルについては、1編 8.3.3.5の規定によらなければならない。

8.3 腐食の考慮

8.3.1 ネット寸法手法

8.3.1.1

8.4に規定する船底構造強度評価の評価範囲の部材は、構造モデルの板厚及び8.4.3.2に規定する座屈強度評価において、1編 3.3に規定するネット寸法手法を適用しなければならない。それ以外はグロス寸法を用いなければならない。

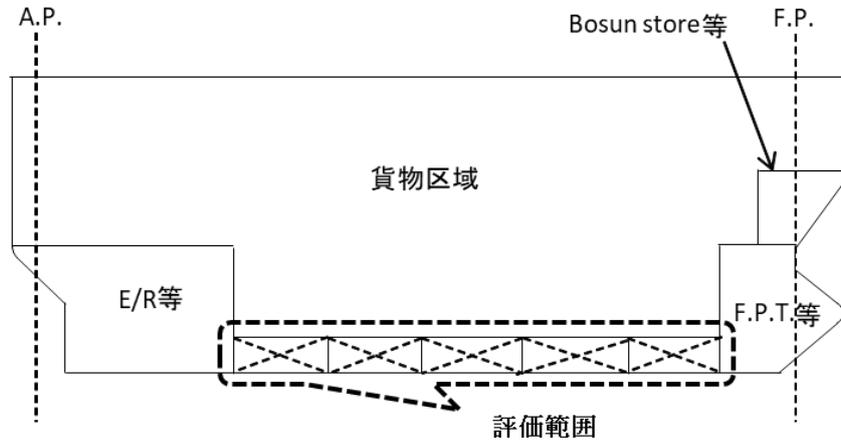
8.4 船底構造強度評価

8.4.1 評価範囲及び評価対象部材

8.4.1.1 評価範囲

船底構造の強度評価は、[図 8.4.1-1](#)に示す貨物区域の船底構造（二重底又は三重底構造）に適用しなければならない。

図 8.4.1-1. 評価範囲



8.4.1.2 評価対象部材

評価範囲内における次の部材は、本 [8.4](#) に示す強度評価基準を満足しなければならない。

- (1) 船底外板
- (2) 内底板及び三重底タンク頂板
- (3) ボトムガーダ
- (4) フロア
- (5) その他本会が必要と認める部材

8.4.2 境界条件及び荷重条件

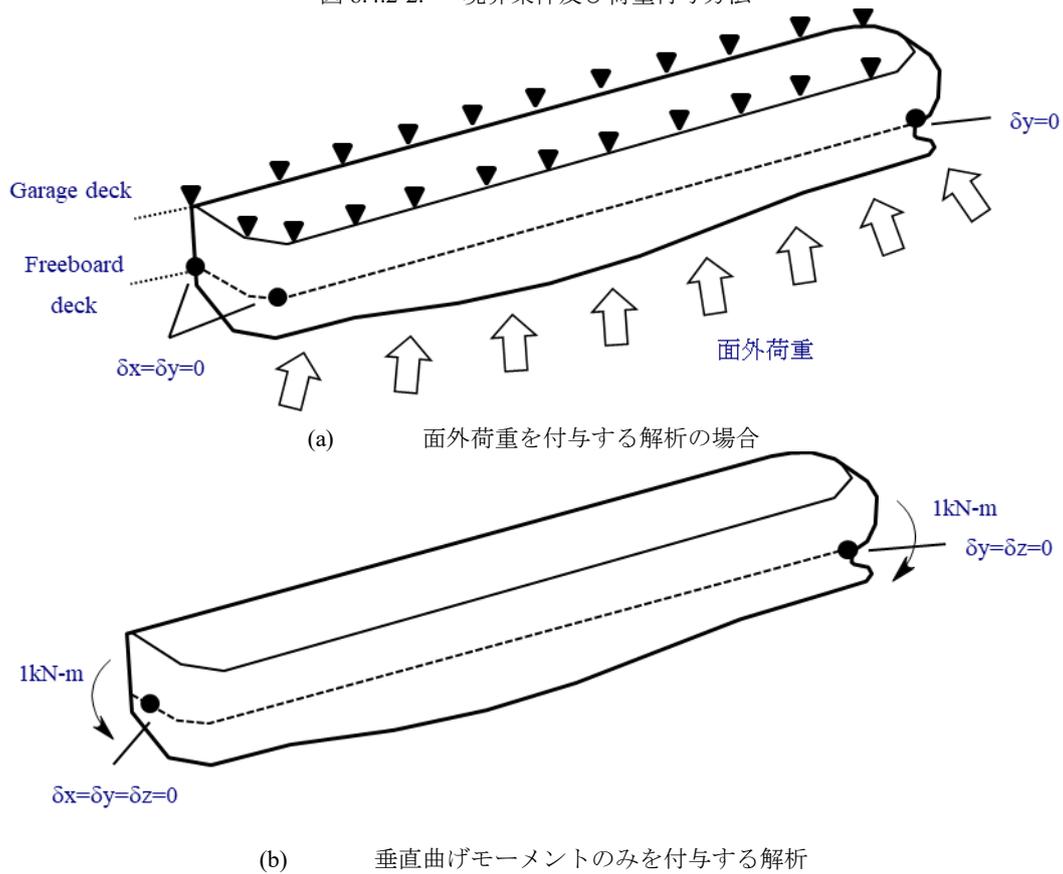
8.4.2.1 一般

船底構造強度評価においては、面外荷重を付与する解析と垂直曲げモーメントを付与する解析を別々に行い、当該解析により得られた応力を重ね合わせ、降伏強度評価及び座屈強度評価を行わなければならない。

8.4.2.2 境界条件

- 1. 面外荷重を付与する解析では、[図 8.4.2-2](#)に示す通り、次の(1)から(3)によらなければならない。
 - (1) 船尾において、前後方向及び幅方向変位について拘束すること。船首において、幅方向変位について拘束すること。
 - (2) 船尾にランプウェイがある場合には、船側の最も船尾側の位置を拘束すること。
 - (3) ガレージデッキと船側外板の交点の上下方向変位を拘束すること。
- 2. 垂直曲げモーメントを付与する解析では、[図 8.4.2-2](#)に示す通り、船首及び船尾を支持しなければならない。

図 8.4.2-2. 境界条件及び荷重付与方法



8.4.2.3 荷重条件

- 1. 4.4 に基づく荷重を考慮しなければならない。面外荷重を付与する解析においては、4.4.2.3, 4.4.2.4 及び 4.4.2.5 に規定する外圧、内圧及び船殻重量等を考慮すること。また、垂直曲げモーメントを付与する解析においては、4.4.2.6 に規定する垂直曲げモーメントを考慮すること。
- 2. 外圧及び液体積載物による内圧は、要素中心で計算された圧力を一様圧力として、荷重を受ける面（外圧については外板、内圧についてはタンク又はホルドの境界）のシェル要素に与えなければならない。
- 3. 貨物重量は車両甲板上に均一に分布するものと仮定し、車両甲板上に分布荷重として付与しなければならない。
- 4. 可動式デッキに貨物を積載する場合は、可動式車両甲板の自重及び各パネルが分担する貨物重量を可動式デッキ支持位置に節点荷重として付与しなければならない。
- 5. 可動式デッキが格納されている場合は、可動式車両甲板の自重をパネル格納位置に節点荷重として付与しなければならない。
- 6. 垂直曲げモーメントを付与する解析においては、単位モーメントを付与する方法を標準とする。単位モーメントを付与した構造解析により得られる応力に基づき、4.4.2.6 に規定するモーメントに対応する応力を算出しなければならない。
- 7. 垂直曲げモーメントを付与する解析においては、船殻重量等を考慮してはならない。

8.4.3 強度評価

8.4.3.1 降伏強度評価

1 編 8.6.1 の規定に従い、降伏強度評価を行わなければならない。

8.4.3.2 座屈強度評価

1 編 8.6.2 の規定に従い、座屈強度評価を行わなければならない。

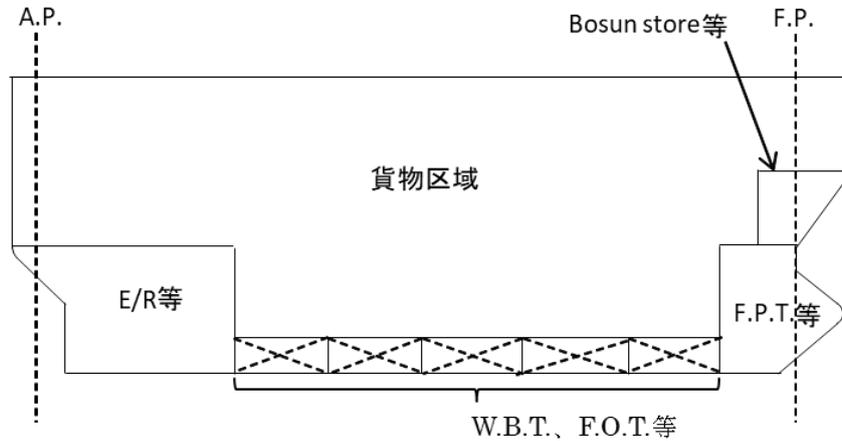
8.5 ラッキング強度評価

8.5.1 評価範囲及び評価対象部材

8.5.1.1 評価範囲

ラッキング強度評価は、[図 8.5.1-1](#)に示す貨物倉区域に適用しなければならない。

図 8.5.1-1. 評価範囲



8.5.1.2 評価対象部材

-1. 評価範囲内のラッキング変形を受け持つ主要支持部材は、本 [8.5](#) の強度評価基準を満足しなければならない。各構造様式における代表的な評価対象部材を次の(1)及び(2)に示す。

- (1) 主に部分隔壁及び横隔壁でラッキング変形を受け持つ構造様式における評価対象部材は次の通りとする。
 - (a) 横隔壁の開口部
 - (b) 部分隔壁
 - (c) 横隔壁と同じ横断面に位置するピラー
- (2) サイドフレームでラッキング変形を受け持つ構造様式における評価対象部材は次の通りとする。
 - (a) ピラー
 - (b) サイドフレーム
 - (c) 横隔壁を有する場合は、当該隔壁

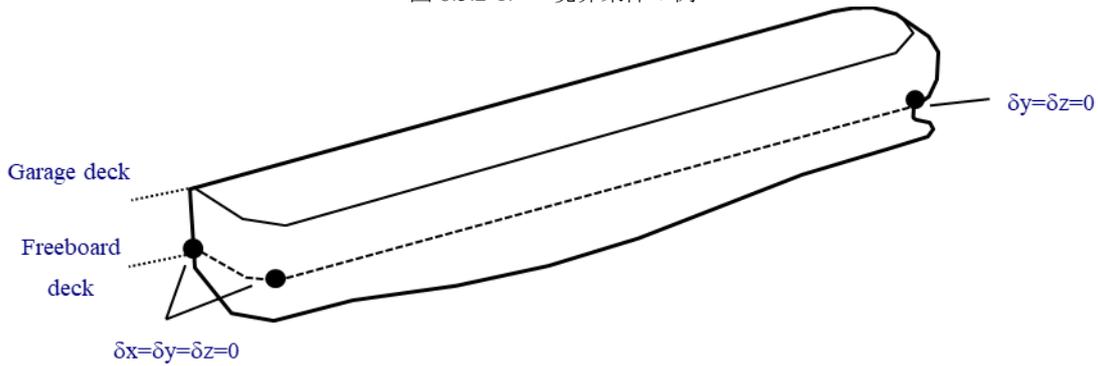
-2. 前-1.に示す構造様式に分類することが難しい構造様式の場合は、前-1.の各構造様式における評価対象箇所を考慮した上で、ラッキング変形を受け持つと考えられる部材を適宜選定しなければならない。

8.5.2 境界条件及び荷重条件

8.5.2.1 境界条件

- 1. 船首及び船尾において、並進変位及び回転変位を適切に拘束しなければならない。
- 2. 船尾にランプウェイがある場合には、船側の最も船尾側の位置を拘束しなければならない。
- 3. 有限要素モデルに適用する境界条件を[図 8.5.2-1](#)に示す。

図 8.5.2-1. 境界条件の例



8.5.2.2 荷重条件

- 1. 4.5 に規定する荷重を考慮しなければならない。
- 2. 外圧及び液体積載物による内圧は、要素中心で計算された圧力を一様圧力として、荷重を受ける面（外圧については外板、内圧についてはタンク又はホールドの境界）のシェル要素に与えなければならない。
- 3. 貨物重量は車両甲板上に均一に分布するものと仮定し、車両甲板上に分布荷重として付与しなければならない。
- 4. 可動式デッキに貨物を積載する場合は、可動式車両甲板の自重及び各パネルが分担する貨物重量を可動式デッキ支持位置に節点荷重として付与しなければならない。
- 5. 可動式デッキが格納されている場合は、可動式車両甲板の自重をパネル格納位置に節点荷重として付与しなければならない。

8.5.3 降伏強度評価

8.5.3.1 参照応力

- 1. 降伏強度評価に用いる参照応力として、シェル要素については次の算式による等価応力 σ_{eq} (N/mm^2) を用いなければならない。その際、板厚中心かつ要素中心の位置の応力を用いること。

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 + 3\tau_{12}^2}$$

$\sigma_1, \sigma_2, \tau_{12}$: 各要素の面内応力 (N/mm^2) で、次の算式による。

XY 平面内の要素の場合、 $\sigma_1 = 0, \sigma_2 = \sigma_y, \tau_{12} = 0$

YZ 平面内の要素の場合、 $\sigma_1 = \sigma_y, \sigma_2 = \sigma_z, \tau_{12} = \tau_{yz}$

XZ 平面内の要素の場合、 $\sigma_1 = 0, \sigma_2 = \sigma_z, \tau_{12} = 0$

XY 平面、YZ 平面、XZ 平面 : 1 編 1.4.3.6 に規定する座標系による。

$\sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}$: 各要素の応力で、添字は 1 編 1.4.3.6 に規定する座標系に対する方向を意味する。

- 2. ロッド要素又はビーム要素については、参照応力として軸応力 σ_a (N/mm^2) を用いなければならない。その際、要素長さの中央位置の軸応力を用いること。

8.5.3.2 評価基準

- 1. 評価範囲内におけるすべての評価部材は次の算式を満足しなければならない。

$$\lambda_y \leq \lambda_{yperm}$$

λ_y : 降伏使用係数で、次の算式による。

$$\text{シェル要素の場合, } \lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{188/K}$$

$$\text{ロッド要素の場合, } \lambda_y = \frac{|\sigma_a|}{188/K}$$

λ_{yperm} : 許容降伏使用係数で、1.0

- 2. 8.5.1.2-1.(2) の構造様式又はそれに準ずる構造様式を有する船舶の場合、前-1.にかかわらず、ピラーとデッキトランスが交差する箇所については、次の条件を満たす場合、降伏強度評価の基準を満足しているとみなすことができる。

$$t_{is-gr}\sigma_{Y-is} \geq 1.7 \cdot t_{dt-gr}\sigma_{Y-dt}$$

t_{is-gr} : 交差する箇所の板厚 (グロス寸法) (mm)

σ_{Y-is} : 交差する箇所の規格最小降伏応力 (N/mm^2)

t_{dt-gr} : 交差する箇所と同じ高さ位置にあるデッキトランスのウェブの板厚 (グロス寸法) のうち最小の

値 (mm)

σ_{Y_dt} : 交差する箇所と同じ高さ位置にあるデッキトランスのウェブの規格最小降伏応力のうち最小の値 (N/mm^2)

-3. 前-1.及び-2.の基準を満足しない場合には、当該箇所について詳細な疲労強度評価を実施し、十分な疲労寿命を有することを確認すること。

9章 疲労

9.1 一般

9.1.1 疲労要件の適用

9.1.1.1 適用

専ら自動車及びトラック等車両貨物を運搬する船舶は、1編 9.3 の簡易応力解析及び1編 9.4 の有限要素解析により得られるホットスポット応力に基づき疲労強度評価を行わなければならない。

9.2 評価すべき構造詳細

9.2.1 有限要素解析で評価すべき構造詳細

9.2.1.1

- 1. 1編 9.4 に従って有限要素解析により疲労強度評価すべき重要な構造詳細は、ラッキング変形を受け持つ主要支持部材とする。
- 2. 主に部分隔壁及び横隔壁でラッキング変形を受け持つ構造様式における代表的な構造詳細は表 9.2.1-1.による。
- 3. 横肋骨でラッキング変形を受け持つ構造様式における代表的な構造詳細は表 9.2.1-2.による。
- 4. 前-2.又は-3.に示す構造様式に分類することが難しい構造様式の場合は、ラッキング変形を受け持つと考えられる主要支持部材の構造詳細を適宜選定すること。
- 5. 疲労強度の評価対象箇所について、前-2.から-4.に示す構造詳細から適切な位置を選定しなければならない。なお、具体的な評価箇所については、事前に本会の承認を得なければならない。
- 6. 前-5.にかかわらず、十分な疲労強度を有することを示す資料を本会に提出し、適当と認められた場合は、当該構造の疲労強度評価を省略することができる。

表 9.2.1-1. 主に部分隔壁及び横隔壁でラッキング変形を受け持つ構造様式における主要部材の評価対象構造詳細

No	重要な構造詳細
1	横隔壁と同じ横断面に位置する部分隔壁ウェブフレームと車両甲板との交差部
2	横隔壁と同じ横断面に位置するピラーと車両甲板との交差部
3	横隔壁開口隅部
4	その他応力集中の大きい箇所

表 9.2.1-2. 横肋骨でラッキング変形を受け持つ構造様式における主要部材の評価対象構造詳細

No	重要な構造詳細
1	ピラーと車両甲板との交差部
2	横肋骨と車両甲板の交差部
3	その他応力集中の大きい箇所

9.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.1 一般

9.3.1.1

- 1 標準的な積付状態及び時間比率は、表 9.3.1-1.による。
- 2 前-1.にかかわらず、表 9.3.1-1.以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.1-1. 標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (標準満載積)	50 %
バラスト状態	50 %

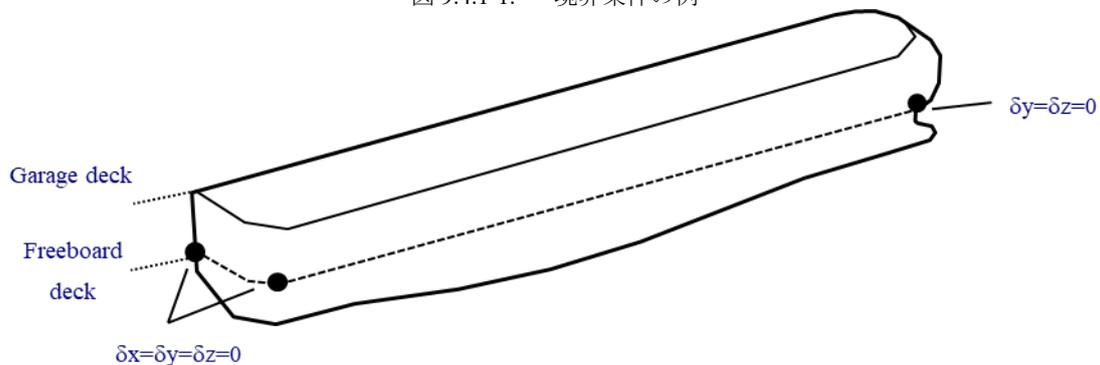
9.4 境界条件及び荷重条件

9.4.1 境界条件

9.4.1.1

- 1. 船首及び船尾において、並進変位及び回転変位を適切に拘束しなければならない。
- 2. 船尾にランプウェイがある場合には、船側の最も船尾側の位置を拘束しなければならない。
- 3. 有限要素モデルに適用する境界条件を図 9.4.1-1.に示す。

図 9.4.1-1. 境界条件の例



9.4.2 荷重条件

9.4.2.1

- 1. 4.6 に規定する荷重を考慮しなければならない。
- 2. 外圧及び液体積載物による内圧は、要素中心で計算された圧力を一様圧力として、荷重を受ける面（外圧については外板、内圧についてはタンク又はホルドの境界）のシェル要素に与えなければならない。
- 3. 貨物重量は車両甲板上に均一に分布するものと仮定し、車両甲板上に分布荷重として付与しなければならない。
- 4. 可動式デッキに貨物を積載する場合は、可動式デッキの自重及び各パネルが分担する貨物重量を可動式デッキ支持位置に節点荷重として付与しなければならない。
- 5. 可動式デッキが格納されている場合は、可動式デッキの自重をパネル格納位置に節点荷重として付与しなければならない。

9.5 スクリーニング評価

9.5.1 一般

9.5.1.1 一般

-1. 本 9.5 は、9.2 に規定する構造詳細を含む構造詳細に対して、1 編 9.4 に規定する極詳細メッシュモデルを用いた評価に代えて、コースメッシュモデルに基いた評価を行うための手法を規定するものである。

-2. 本 9.5 に規定する手法により疲労強度を評価した結果、疲労被害度が基準を満足しない場合は、極詳細メッシュモデルを用いた疲労強度評価を行わなければならない。

-3. 本 9.5 に規定する手法により疲労強度を評価する際は、評価箇所、応力集中係数の導出方法等について、事前に本会の承認を得なければならない。

9.5.1.2 適用

本 9.5 に規定する手法は、表 9.2.1-1.及び表 9.2.1-2.に規定する一般的な評価対象構造詳細に対して適用する。

9.5.1.3 計算方法及び解析精度の確認

-1. 解析方法及び解析プログラムは次の機能を有するものでなければならない。

- (1) 曲げ変形、せん断変形、軸変形及び捩り変形の影響を有効に考慮できるものであること。
- (2) 立体の構造モデルの挙動は、合理的な境界条件のもとで有効に表現できるものであること。
- (3) 十分な解析精度を有すると認められるものであること。

-2. 解析方法について事前に本会の承認を得なければならない。本会が必要と認めた場合、使用した解析システムの資料提出、精度確認等を要求することがある。

9.5.2 有限要素モデル

9.5.2.1 一般

スクリーニング評価に用いるコースメッシュモデルは、8.2 による。

9.5.2.2 腐食モデル

スクリーニング評価に用いるコースメッシュモデルは、 t_{n25} (mm)を用いて作成しなければならない。考慮する腐食予備厚は 1 編 3.3.4 による。

9.5.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.5.3.1 一般

考慮する積付状態及び時間比率は 9.3.1 による。

9.5.4 境界条件及び荷重条件

9.5.4.1 一般

考慮する境界条件及び荷重条件は 9.4 による。

9.5.5 ホットスポット応力

9.5.5.1 一般

-1. スクリーニング評価においては、ホットスポットのタイプにかかわらず、シェル要素の要素中心応力を用いて、ホットスポット応力を導出して差し支えない。

-2. 同一積付状態 j において同じ等価設計波における状態 $i1$ 及び $i2$ を考慮するときのホットスポット応力範囲及び平均応力は、次の算式による。なお、溶接線直交方向を x 方向、溶接線平行方向を y 方向とする。

$$\Delta\sigma_{HS_ort,i(j)} = K_{SCF} \cdot \Delta\sigma_{adj,x,i(j)}$$

$$\Delta\sigma_{HS_par,i(j)} = K_{SCF} \cdot \Delta\sigma_{adj,y,i(j)}$$

K_{SCF} : 応力集中係数で、-3.による。

$\Delta\sigma_{adj,x,i(j)}$: 積付状態 j における等価設計波 i の x - y 座標系における x 方向応力の応力範囲 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\Delta\sigma_{adj,x,i(j)} = |\sigma_{adj,x,i1(j)} - \sigma_{adj,x,i2(j)}|$$

$\sigma_{adj,x,i1(j)}$: 積付状態 j 、等価設計波 $i1$ の x - y 座標系における x 方向応力の表面応力 (N/mm^2) で、ホットスポットに隣接する要素の要素中心における値

$\sigma_{adj,x,i2(j)}$: 積付状態 j 、等価設計波 $i2$ の x - y 座標系における x 方向応力の表面応力 (N/mm^2) で、ホットスポットに隣接する要素の要素中心における値

$\Delta\sigma_{adj,y,i(j)}$: 積付状態 j における等価設計波 i の x - y 座標系における y 方向応力の応力範囲 (N/mm^2) で、次の算

式による。

$$\Delta\sigma_{adj,y,i(j)} = |\sigma_{adj,y,i1(j)} - \sigma_{adj,y,i2(j)}|$$

$\sigma_{adj,y,i1(j)}$: 積付状態 j , 等価設計波 $i1$ の x - y 座標系における y 方向応力の表面応力 (N/mm^2) で, ホットスポットに隣接する要素の要素中心における値

$\sigma_{adj,y,i2(j)}$: 積付状態 j , 等価設計波 $i2$ の x - y 座標系における y 方向応力の表面応力 (N/mm^2) で, ホットスポットに隣接する要素の要素中心における値

$$\sigma_{mean_ort,i(j)} = K_{SCF} \cdot \frac{\sigma_{adj,x,i1(j)} + \sigma_{adj,x,i2(j)}}{2}$$

$$\sigma_{mean_par,i(j)} = K_{SCF} \cdot \frac{\sigma_{adj,y,i1(j)} + \sigma_{adj,y,i2(j)}}{2}$$

-3. K_{SCF} は, 次の手順に従い, 代表的な一断面の代表的なホットスポットに対して導出する。導出した K_{SCF} をその他の断面のホットスポットに準用する場合には, 事前に本会の承認を得なければならない。

- (1) 代表的な一断面の代表的なホットスポットに対して, 極詳細メッシュモデルを用いた疲労強度評価を実施し, ホットスポット応力範囲を導出する。
- (2) 前(1)で評価した箇所に対して, コースメッシュモデルを用いた解析により, 直応力範囲を導出する。
- (3) (1)と(2)で導出した応力範囲の比から K_{SCF} を求める。

9.5.6 疲労強度評価

9.5.6.1 一般

- 1. 本 9.5.6 には, 9.5.5 で求めたホットスポット応力を用いて行う疲労強度評価について規定している。
- 2. 本 9.5 に規定する疲労強度評価は, マイナーの線形累積被害則に基づく。
- 3. 累積疲労被害度は, 全ての積付状態における塗装が有効な大気環境中の疲労被害度と塗装の有効性が損なわれた腐食環境中の疲労被害度を計算し, 疲労設計寿命間におけるそれぞれの期間の割合を考慮して足し合わせて求める。

9.5.6.2 疲労評価のための参照応力

スクリーニング評価用のホットスポット応力範囲 $\Delta\sigma_{FS,(j)}$ は, $\Delta\sigma_{FS_ort,(j)}$ 及び $\Delta\sigma_{FS_par,(j)}$ とし, それぞれの応力範囲に対して疲労被害度を計算する。

ここで,

$$\Delta\sigma_{FS_ort,(j)} = \max_i(\Delta\sigma_{FS_ort,i(j)})$$

$$\Delta\sigma_{FS_par,(j)} = \max_i(\Delta\sigma_{FS_par,i(j)})$$

$\Delta\sigma_{FS_ort,i(j)}$: 溶接線直交方向のホットスポット応力に対応するスクリーニング評価用のホットスポット応力範囲 (N/mm^2) で, 次による。

$$\Delta\sigma_{FS_ort,i(j)} = f_{mean_ort,i(j)} \cdot \Delta\sigma_{HS_ort,i(j)}$$

$\Delta\sigma_{FS_par,i(j)}$: 溶接線平行方向のホットスポット応力に対応するスクリーニング評価用のホットスポット応力範囲 (N/mm^2) で, 次による。

$$\Delta\sigma_{FS_par,i(j)} = 0.72 \cdot f_{mean_par,i(j)} \cdot \Delta\sigma_{HS_par,i(j)}$$

$f_{mean_ort,i(j)}$, $f_{mean_par,i(j)}$: 平均応力影響に対する修正係数で, $\Delta\sigma_{HS_ort,i(j)}$, $\sigma_{mean_ort,i(j)}$ 及び $\Delta\sigma_{HS_par,i(j)}$, $\sigma_{mean_par,i(j)}$ の組み合わせ毎に, 次の算式により求める。

$$\begin{cases} f_{mean,i(j)} = \min \left[1.0, 0.8 + 0.2 \frac{\sigma_{mCor,i(j)}}{2\Delta\sigma_{HS,i(j)}} \right] & : \sigma_{mCor,i(j)} \geq 0 \\ f_{mean,i(j)} = \max \left[0.6, 0.8 + 0.2 \frac{\sigma_{mCor,i(j)}}{2\Delta\sigma_{HS,i(j)}} \right] & : \sigma_{mCor,i(j)} < 0 \end{cases}$$

ここで, $\sigma_{mCor,i(j)}$ は次による。

$$\begin{cases} \sigma_{mCor,i(j)} = \sigma_{mean,i(j)} & : \sigma_{max} \leq \sigma_{YEq} \\ \sigma_{mCor,i(j)} = \sigma_{YEq} - \sigma_{max} + \sigma_{mean,i(j)} & : \sigma_{max} > \sigma_{YEq} \end{cases}$$

$$\sigma_{max} = \max_i(\Delta\sigma_{HS,i(j)} + \sigma_{mean,i(j)})$$

$$\sigma_{YEq} = \max(315, \sigma_Y)$$

$\Delta\sigma_{HS_ort,i(j)}$, $\Delta\sigma_{HS_par,i(j)}$: 9.5.5.1-2による。

$\sigma_{mean_ort,i(j)}$, $\sigma_{mean_par,i(j)}$: 9.5.5.1-2による。

9.5.6.3 疲労被害度の計算及び疲労強度評価基準

- 1. 累積疲労被害度 D は, 次の算式により計算する。

$$D = \sum_j \alpha_{(j)} \cdot D_{(j)}$$

$\alpha_{(j)}$: 積付状態(j)の疲労設計寿命間における比率で、表 9.3.1-1.による。

$D_{(j)}$: 積付状態(j)の疲労設計寿命に対する累積疲労被害度で次の算式による。

$$D_{(j)} = \frac{T_{FD} - T_C}{T_{FD}} D_{air,(j)} + \frac{T_C}{T_{FD}} D_{cor,(j)}$$

$D_{air,(j)}$, $D_{cor,(j)}$: 積付状態(j)における大気中及び腐食環境下の要素疲労被害度で、次の算式により求める。

$$D_{air,(j)} = \frac{N_{FD}}{K_{2,air} (\ln N_R)^{m/\xi}} \frac{\Delta \sigma_{FS,(j)}^m}{\xi} \cdot \mu_{(j)} \cdot \Gamma \left(1 + \frac{m}{\xi} \right)$$

$$D_{cor,(j)} = \frac{N_{FD}}{K_{2,cor} (\ln N_R)^{m/\xi}} \frac{\Delta \sigma_{FS,(j)}^m}{\xi} \cdot \Gamma \left(1 + \frac{m}{\xi} \right)$$

N_{FD} : 疲労設計寿命 T_{FD} 中における繰返し数

$$N_{FD} = \frac{60 \times 60 \times 24 \times 365.25}{4 \log L_c} \cdot f_D \cdot T_{FD}$$

f_D : 船舶の稼働率で 0.85

$\Delta \sigma_{FS,(j)}$: 参照超過確率 10^{-2} における疲労応力範囲 (N/mm^2)

m : S-N 線図の傾きの逆数で、 $m = 3$ とする。

N_R : 参照超過確率 10^{-2} に相当する繰返し数で、 $N_R = 100$ とする。

ξ : ワイブル形状係数で、 $\xi = 1$ とする。

$\Gamma(x)$: 完全ガンマ関数

$K_{2,air}$: 大気中の設計 S-N 線図の定数で、 1.52×10^{12} とする。

$K_{2,cor}$: 腐食環境下の設計 S-N 線図の定数で、 7.60×10^{11} とする。

$\mu_{(j)}$: S-N 線図の傾きの変化を考慮した係数で、次による。

・ 大気中に対して、

$$\mu_{(j)} = 1 - \frac{\left\{ \gamma \left(1 + \frac{m}{\xi}, v_{(j)} \right) - v_{(j)}^{-\Delta m/\xi} \cdot \gamma \left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_{(j)} \right) \right\}}{\Gamma \left(1 + \frac{m}{\xi} \right)}$$

$$v_{(j)} = \left(\frac{\Delta \sigma_q}{\Delta \sigma_{FS,(j)}} \right)^\xi \ln N_R$$

・ 腐食環境下に対して、

$$\mu_{(j)} = 1$$

$\gamma(a, x)$: 不完全ガンマ関数

Δm : $N=10^7$ 回の S-N 線図の傾きの逆数の差で、 $\Delta m = 2$ とする。

$\Delta \sigma_q$: 設計 S-N 線図の $N=10^7$ 回の繰返し数に対応する応力範囲で、 $\Delta \sigma_q = 53.4$ (N/mm^2) とする。

-2. 疲労強度評価基準は、1編 9.5.5 による。

-3. グラインダによる溶接後処理修正係数は考慮してはならない。

10章 追加の構造要件

10.1 車両甲板

10.1.1 板及び梁

10.1.1.1 一般

-1. 車両甲板の板及び防撓材は、次の(1)及び(2)に示す状態について評価しなければならない。

(1) 最大荷重状態

(2) 港内状態（フォークリフト等港内中荷役にのみ使用される車両に対して）

-2. 車両を積載する甲板及び甲板に設けられる防撓材は、車輪からの集中荷重等を考慮しなければならない。

10.1.1.2 防撓材の断面係数

-1. 車両甲板の防撓材の断面係数は、次の算式による値以上とすること。ただし、連続する防撓材の支点間の長さ、断面二次モーメント等が異なる場合にあつては、-2.に示す有限要素解析等により寸法を定めること。

$$C_{load} C_1 \frac{M}{C_S \sigma_Y} \times 10^3 \text{ (cm}^3\text{)}$$

C_{load} ：船体運動による動的影響に対する安全率で、最大荷重状態で 1.0、港内状態（荷役専用車両）で 1.2 とする。

C_1 ：係数で次の算式による値

$b/S \leq 0.8$ のとき：1.0

$b/S > 0.8$ のとき：1.25 - 0.31b/S

S ：防撓材の心距 (m)

b ：防撓材に直角方向に測った車輪の接地長さ (m) (図 10.1.1-1.参照)。ただし、通常の空気入りのタイヤを有する車両に対しては表 10.1.1-1.の値を使用して差し支えない。

C_S ：軸力影響に関する係数で、表 10.1.1-2.による。

σ_Y ：規格降伏応力 (N/mm²)

M ：次の M_1 、 M_2 及び M_{3j} の値のうち一番大きい値 (kN-m)

$$M_1 = \frac{1}{15} \left\{ \sum_{i=1}^{N_I} 4P_{Ii} \alpha_{Ii} \left[1 - \left(\frac{\alpha_{Ii}}{\ell} \right)^2 \right] + \sum_{j=1}^{N_{II}} P_{IIj} \alpha_{IIj} \left(1 - \frac{\alpha_{IIj}}{\ell} \right) \left(7 - 5 \frac{\alpha_{IIj}}{\ell} \right) - \sum_{k=1}^{N_{III}} P_{IIIk} (\ell - \alpha_{IIIk}) \left[1 - \left(\frac{\ell - \alpha_{IIIk}}{\ell} \right)^2 \right] \right\}$$

$$M_2 = \frac{1}{15} \left\{ - \sum_{i=1}^{N_I} P_{Ii} \alpha_{Ii} \left[1 - \left(\frac{\alpha_{Ii}}{\ell} \right)^2 \right] + \sum_{j=1}^{N_{II}} P_{IIj} \alpha_{IIj} \left(1 - \frac{\alpha_{IIj}}{\ell} \right) \left(2 + 5 \frac{\alpha_{IIj}}{\ell} \right) + \sum_{k=1}^{N_{III}} 4P_{IIIk} (\ell - \alpha_{IIIk}) \left[1 - \left(\frac{\ell - \alpha_{IIIk}}{\ell} \right)^2 \right] \right\}$$

$$M_{3j} = \left| R_{II} \alpha_{IIj} - \sum_{r=0}^{j-1} P_{IIr} (\alpha_{IIj} - \alpha_{IIr}) - \left(\frac{M_2 - M_1}{\ell} \right) \alpha_{IIj} - M_1 \right|$$

ただし、 $P_{II0} = 0$ 、 $\alpha_{II0} = 0$ とする。

ℓ ：防撓材の支点間距離 (m)

P_{Ii} 、 P_{IIj} 、 P_{IIIk} ：各支点における輪荷重で、4.7.2.1 及び 4.7.3.1 による (kN)。添え字の“ Ii ”は、図 10.1.1-

2.に示す 3 連梁において、 I 番目の防撓材の左端から i 番目の荷重点を意味する。添え字の“ IIj ” (又は“ IIr ”) は、図 10.1.1-2.に示す 3 連梁において、 II 番目の防撓材の左端から j 番目 (r 番目) の荷重点を意味する。添え字の“ $IIIk$ ”は、図 10.1.1-2.に示す 3 連梁において、 III 番目の防撓材の左端から k 番目の荷重点を意味する。

α_{Ii} 、 α_{IIj} 、 α_{IIIk} ：各支点から輪荷重の作用する点までの距離 (m) (図 10.1.1-2.参照) で M の値が最も大き

くなるように車両を配置した場合の値とする。

N_I, N_{II}, N_{III} : 各支点間に作用する輪荷重の個数

R_{II} : 次の算式による値

$$R_{II} = \frac{1}{\ell} \sum_{j=1}^{N_{II}} P_{IIj} (\ell - \alpha_{IIj})$$

図 10.1.1-1. 接地長さの測り方

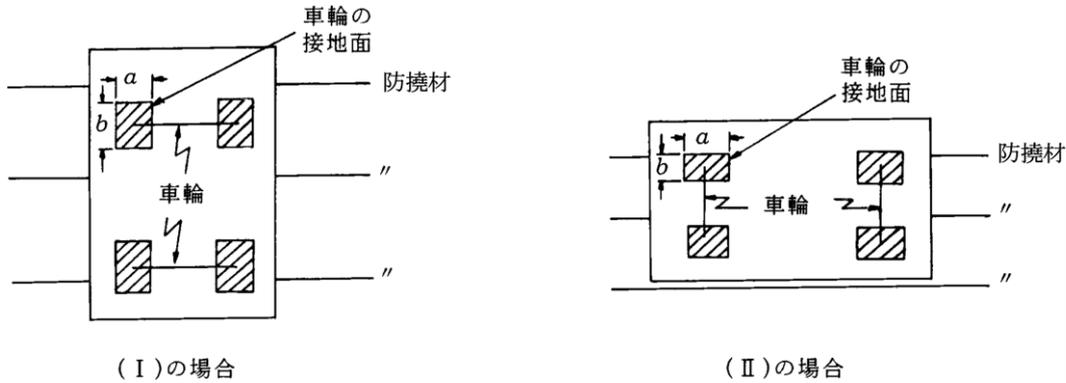


図 10.1.1-2. $P_{Ii}, \alpha_{Ii}, \ell$ 等の測り方

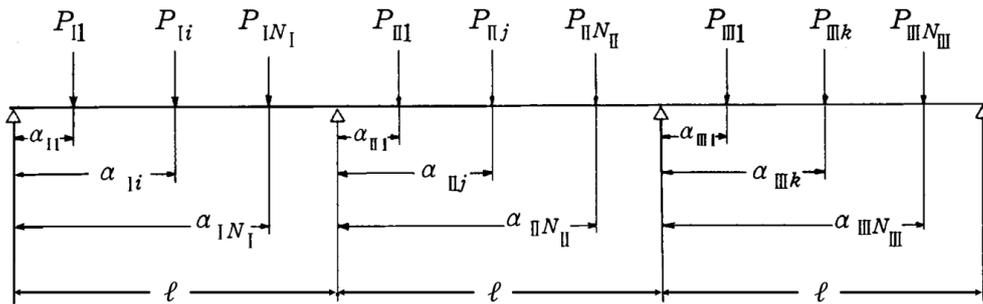


表 10.1.1-1. 接地長さの値 (m) (空気入りタイヤの場合)

	車軸方向の接地長さ 図 10.1.1-1.において, (I)の場合の a , (II)の場合の b	車軸に直角方向の接地長さ 図 10.1.1-1.において, (I)の場合の b , (II)の場合の a
単輪	タイヤの幅	$\frac{1}{20} \sqrt{P}$
複輪	タイヤの輪×2。ただし, タイヤ間隙が有る場合は, これを加えてもよい。	$\frac{9}{250} \sqrt{P}$
(備考)		
P : 計画最大輪荷量 (kN)。なお, 最大輪荷量が t の単位で与えられる場合には, その値に 9.81 を乗じたもの (kN) を P とする。		

表 10.1.1-2. C_s の値

	C_s
強力甲板付きロンジ	$1.0 - \frac{ \sigma_{BM} }{\sigma_Y}$
上記以外	1.0
(備考) σ_{BM} : 最大荷重状態の場合, 1編 6.2.3 による。 港内状態の場合, 次の算式による。 $\sigma_{BM} = \left \frac{M_{PT}}{I_{Vertical}} (z - z_B) \right \times 10^5$ M_{PT} : 港内中垂直曲げモーメントで, 1編 4.3.1.1 による。 $I_{Vertical}$: 考慮する部材の横断面の水平中性軸回りの断面二次モーメント (ネット寸法) (cm^4) z : 考慮する部材の荷重計算点の Z 座標 (m) z_B : 考慮する横断面の水平中性軸の Z 座標 (m) なお, 座標系及び荷重計算点については, それぞれ 1編 1.4.3.5 及び 1編 3.7.1.3 による。	

-2. 車両甲板の防撓材の寸法は, 次に示す直接計算法により定めることができる。

- (1) 構造モデル及び計算法は, 本会が適当と認めたものによる。
- (2) 荷重は, 4.7.2.1 及び 4.7.3.1 による。
- (3) 断面係数を算定する場合の許容応力は, 表 10.1.1-3. に示す値とする。

表 10.1.1-3. 許容応力 (N/mm^2)

部材	最大荷重状態	港内状態 (荷役専用車両)
強力甲板付きロンジ	$C_s \sigma_Y$	$\frac{1}{1.2} C_s \sigma_Y$
上記以外	σ_Y	$\frac{1}{1.2} \sigma_Y$
(備考) C_s : 軸力影響に関する係数で, 表 10.1.1-2. による。 σ_Y : 規格降伏応力 (N/mm^2)		

10.1.1.3 車両甲板の板厚

車両甲板の厚さは, 次の(1)又は(2)の規定による。

- (1) パネル内の各車輪の接地面の中心間距離が $2S + a$ 以上の場合

$$C \sqrt{\frac{2S - b'}{2S + a}} \cdot P \times 10^3 \quad (mm)$$

S : 防撓材の心距 (m)

P : 輪荷重で, 4.7.2.1 及び 4.7.3.1 による (kN)。ただし, $b > S$ の場合, S/b 倍した値とする。

b' : b と S のいずれか小さい方の値 (m)

b : 防撓材に直角方向に測った車輪の接地長さ (m)。(図 10.1.1-1. 参照)

a : 防撓材に平行に測った車輪の接地長さ (m)。(図 10.1.1-1. 参照)

ただし, 通常の空気入りのタイヤを有する車両に対しては, a 及び b の値は表 10.1.1-1. の値を使用して差し支えない。

C : 係数で次の算式による。

$$C = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_{coll} C_{load}}{C_a \sigma_Y}}$$

C_{coll} : 板の塑性崩壊に対する安全率で, 1.7

C_{load} : 船体運動による動的影響に対する安全率で、最大荷重状態で 1.0、港内状態（荷役専用車両）で 1.2 とする。

C_a : 軸力影響係数で、表 10.1.1-4.による。

(2) パネル内の各車輪の接地面の中心間距離が $2S + a$ 未満の場合 (図 10.1.1-3.参照)

$$C = \sqrt{\frac{2S - b'}{2S + a + e} \cdot nP \times 10^3} \text{ (mm)}$$

C , S , a , b' 及び P : (1)の規定による。

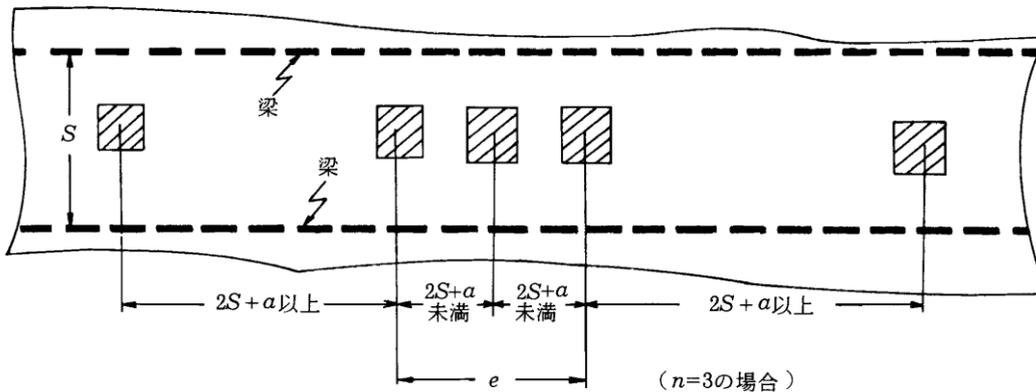
e : $2S + a$ 未満の心距の車輪がパネル内に並ぶ場合、それらの車輪の接地面の中心間距離の和 (m)。 (図 10.1.1-3.参照)

n : e の範囲に有る輪荷重の個数

表 10.1.1-4. C_a の値

部材		C_a
強力甲板	縦式構造	$\sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{BM}}{\sigma_y}\right)^2}$
	横式構造	$1.0 - \frac{ \sigma_{BM} }{\sigma_y}$
上記以外		1.0
(備考)		
σ_{BM} : 表 10.1.1-2.の備考による。		
σ_y : 規格降伏応力 (N/mm ²)		

図 10.1.1-3. e の測り方



10.1.1.4 車両甲板の桁

車両甲板及びそれに類似する薄板構造の桁部材の寸法については、本会が適当と認める解析手法により算定しなければならない。

10.2 可動式車両甲板

10.2.1 可動式車両甲板の桁

10.2.1.1 一般

可動式車両甲板及びそれに類似する薄板構造の桁部材については、本 10.2 の規定にも適合しなければならない。

10.2.1.2 強度基準*

- 1. 可動式車両甲板の桁部材の寸法は、次の-2.から-4.の規定に従い算定しなければならない。
- 2. 各桁部材の圧縮側フランジの有効幅は、パネルの防撓方向に応じて、次の(1)又は(2)の規定により定まる値としなければならない。

(1) パネルの防撓方向に平行な桁部材に対する有効幅 :

1 編 3.6.3 に規定する値

(2) パネルの防撓方向に直交する桁部材に対する有効幅 b_{eft} :

$$b_{eft} = \sum_n \left(\frac{C_{et} \cdot a}{2} \right) \text{ (mm)}$$

甲板の座屈防止用防撓材が適切に配置されている場合、有効幅 b_{eft} の算定時にこれを考慮に入れて差し支えない。ただし、1 編 3.6.3 に規定する値を超えてはならない。

C_{et} : 係数で次の算式による値。ただし、1 を超えるときは、1 とする。

$$C_{et} = \left(\frac{3}{\beta} - \frac{1.75}{\beta^2} \right) \frac{b}{a} + \left(\frac{0.075}{\beta} + \frac{0.75}{\beta^2} \right) \left(1 - \frac{b}{a} \right)$$

n : パネル周辺の桁部材にあつては 1、それ以外の桁部材にあつては 2 とする。

a : 防撓材に直交する桁部材の心距 (mm)

b : 防撓材の心距 (mm)

β : 係数で次の算式による値

$$\beta = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_F}{E}}$$

t : 車両甲板の板厚 (mm)

σ_F : 車両甲板に使用する材料の降伏点又は耐力 (N/mm^2)

E : 弾性係数で、鋼の場合にあつては、 2.06×10^5 (N/mm^2) とする。

-3. 荷重及び許容応力は次の(1)及び(2)による。

(1) 荷重 P (kN/m^2)

4.7.2.1-2.及び 4.7.3.1-2.による。

(2) 許容応力 (N/mm^2)

表 10.2.1-1.による。

表 10.2.1-1. 許容応力

	最大荷重状態	港内状態 (荷役専用車両)
直応力	σ_F	$0.83\sigma_F$
せん断応力	$0.58\sigma_F$	$0.48\sigma_F$
(備考)		
σ_F : 使用材料の降伏点又は耐力 (N/mm^2)		

-4. 桁部材の寸法を有限要素解析等により算定する場合、骨組解析又は本会が適当と認める解析手法により算定しなければならない。ここでいう「本会の適当と認める解析手法」とは、例えば、車両甲板の圧縮側パネルの弾性座屈影響を適切に評価できるような手法のことをいう。あるいは、板要素を用いた線形有限要素解析を行い、かつ、1 編附属書 86 「貨物倉解析に基づく座屈強度評価」に従い、甲板パネルの座屈検討を行う手法を用いて差し支えない。

10.2.1.3 構造詳細

桁部材のウェブの厚さは、次の算式による値以上としなければならない。ただし、座屈強度に関して十分な検討が行われる場合にあつては、この限りではない。

$$\frac{d}{C} \text{ (mm)}$$

d : 桁の深さ (mm)

C : 係数で次による。

左右対称な断面を有する桁の場合 : 65

左右非対称な断面を有する桁の場合 : 55

10.2.2 可動式車両甲板の支持構造部材

10.2.2.1

-1. 本 10.2.2 は、可動式車両甲板を支持する構造部材に適用する。

-2. 可動式車両甲板の支持構造部材については、甲板パネル形状、設計甲板荷重等を考慮して、適切に配置しなければならない。

-3. 支持部材と船体構造との固着部は、応力集中を避けるような構造とし、必要ならば、スティフナ又はブラケット等

により支持構造部材を補強しなければならない。

-4. ワイヤロープにより甲板を吊り下げる場合、L編又は本会の適当と認める規格に適合したものとし、適当な防食措置が施されたものとしなければならない。また、その強度は、各ワイヤロープに生じる応力に対して、表 10.2.2-1.に示す以上の安全率を有さなければならない。

表 10.2.2-1. ワイヤロープに生じる応力に対する安全率

最大荷重状態	港内状態 (荷役専用車両)
$\frac{10^4}{8.85W + 1910}$ ただし 4 を超える必要はない。	$1.2 \frac{10^4}{8.85W + 1910}$ ただし 4.8 を超える必要はない。
(備考)	
W : 制限荷重 (ton)	

-5. 支持装置の寸法 (グロス寸法) は、10.2.1.2-3.(1)に規定する荷重を用いて、表 10.2.2-2.に示す許容応力 (N/mm^2) を超えないよう決定しなければならない。

表 10.2.2-2. 許容応力

	最大荷重状態	港内状態 (荷役専用車両)
曲げ応力 σ	$0.50\sigma_F$	$0.42\sigma_F$
せん断応力 τ	$0.34\sigma_F$	$0.28\sigma_F$
等価応力 σ_e	$0.64\sigma_F$	$0.53\sigma_F$
(備考)		
等価応力 : $\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$ (N/mm^2)		
σ_F : 使用材料の降伏点又は耐力 (N/mm^2)		

12章 溶接

12.1 特定の箇所の継手に対する追加要件

12.1.1 車両甲板

12.1.1.1 車両甲板の防撓材

- 1. 防撓材の形状及び防撓材と甲板との固着部の溶接手法等は、車両の走行による動的な荷重の影響を考慮して定めなければならない。
- 2. 車両甲板の防撓材と甲板との固着部の溶接手法については、車両の走行頻度及び防撓材の形状により表 12.1.1-1.による。
- 3. 前-2.にかかわらず、1編 12.2.1.3-4.の規定によるほか、片側のみを連続溶接とする場合にあっては、反対側は、防撓材の端部においてその片側0.1ℓ、防撓材と桁部材との交差部においては両側それぞれ0.1ℓの幅を F2 連続溶接以上とする。

表 12.1.1-1. 車両甲板の防撓材と甲板との溶接手法^{(*)4}

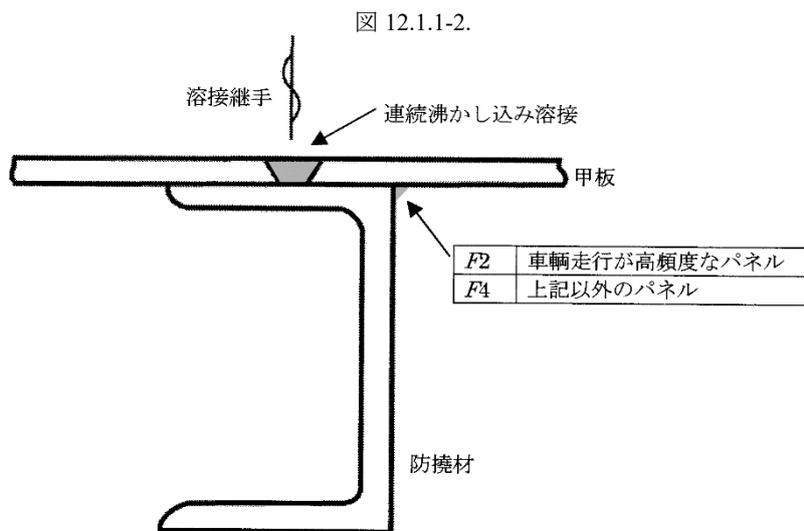
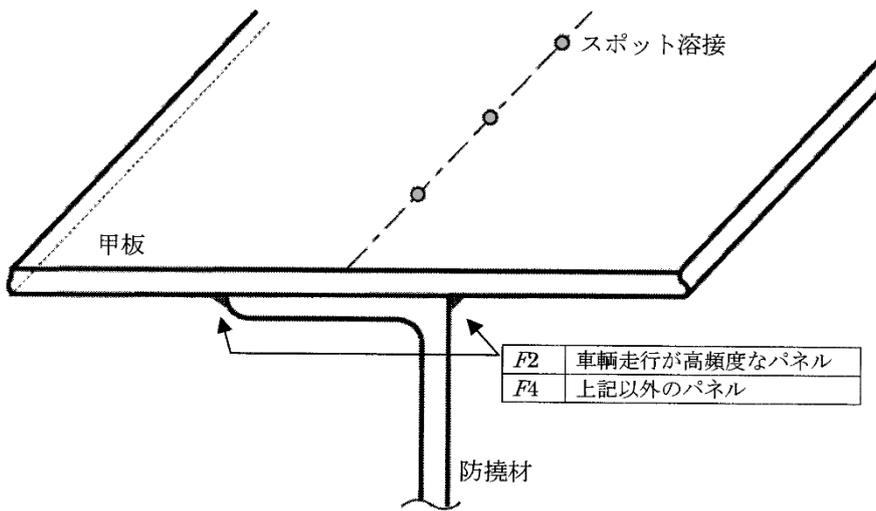
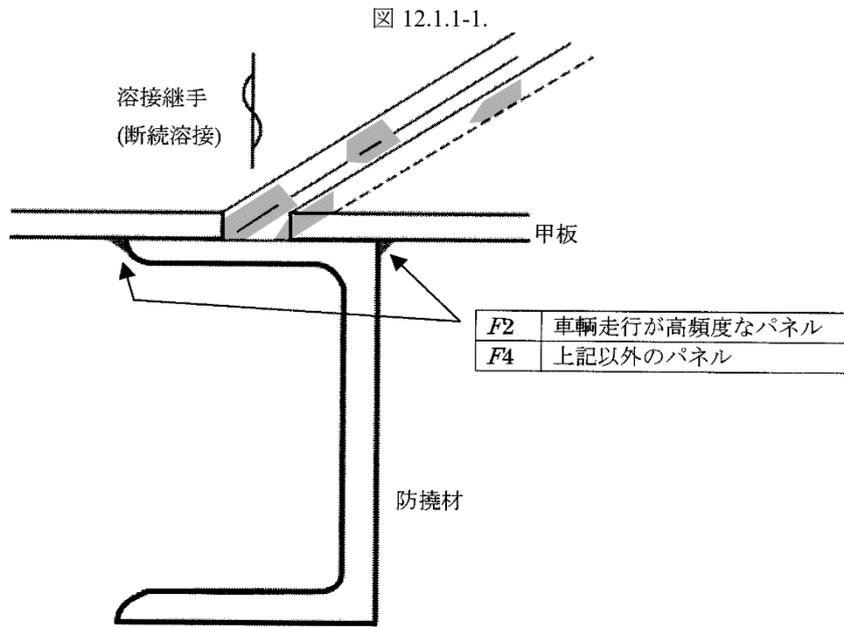
	車両走行が高頻度なパネル ^{(*)1}	左記以外のパネル
一般形状	両側又は片側を F2	F4 又は片側を F2
チャンネル材 ^{(*)2}	両側を F2	F4
チャンネル材 ^{(*)3}	チャンネル材フランジのウェブ側を F2	チャンネル材フランジのウェブ側を F4

^{(*)1}: より動的な荷重の影響を受けるランプウェイ近傍であって、ある甲板層から上又は下の甲板層へ車両が自走移動するための走行経路となる甲板パネル

^{(*)2}: 図 12.1.1-1.に示すようにチャンネル材を用い、そのチャンネル部をスポット溶接とする。又は、チャンネル部において断続溶接を施す場合

^{(*)3}: 図 12.1.1-2.に示すようにチャンネル材を用い、そのチャンネル部の全長にわたり甲板上から連続沸かし込み溶接が施される場合

^{(*)4}: 表中の F2 及び F4 は、1編 12章表 12.2.1-1.の規定による



12.1.1.2 可動式車両甲板の桁

桁部材のウェブと甲板との固着部は、表 12.1.1-2 に示す溶接手法としなければならない。

表 12.1.1-2. 可動式車両甲板の桁部材ウェブと甲板との溶接手法^{(*)4}

	車両走行が高頻度なパネル ^{(*)1}	左記以外のパネル
(1) 甲板パネルの周辺桁部材	両側を $F2$	両側を $F2$
(2) 前(1)以外の桁の中央部 0.3ℓ 間 ^{(*)2}		
(3) 前(1)以外の桁の端部 0.1ℓ 間 ^{(*)2}		
(4) 前(1)以外の桁の交差部 0.2ℓ 間 ^{(*)3}		
(5) 上記以外の箇所		少なくとも片側を $F2$
^{(*)1} : より動的な荷重の影響を受けるランプウェイ近傍であって、ある甲板層から上又は下の甲板層へ車両が自走移動するための走行経路となる甲板パネル ^{(*)2} : ℓ は、各桁部材の全長 ^{(*)3} : ℓ' は、桁部材のスパン長さとし、桁の交差部両側に $0.1\ell'$ ずつをとる。 ^{(*)4} : 表中の $F2$ は、1編 12章表 12.2.1-1.の規定による。		

2-7 編 タンカー

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

- 1. 次の船舶の構造及び艙装については、[1 編](#)に加え、本 [2-7 編](#)の規定によらなければならない。
 - (1) 船級符号に“*Tanker*”（略号 *T*）を付記してタンカーとして登録を受けようとする船舶
 - (2) 船級符号に“*Chemical Tanker*”（略号 *CT*）を付記して危険化学品ばら積船として登録を受けようとする船舶
 - (3) 船級符号に“*Tank Carrier*”（略号 *TC*）を付記して独立タンクにより液体貨物をばら積み運送する船舶であって、危険化学品ばら積船又は液化ガスばら積船以外の船舶
- 2. 本 [2-7 編](#)の規定は、次の船舶について定めたものである。
 - (1) 船体構造の一部をタンクとして液体貨物をばら積運搬する船舶であって、1 列以上の縦通隔壁を有する一層甲板船で、二重底構造及び二重船側構造を有する船舶
 - (2) 船体構造の一部を構成しない自己支持型のタンクを有する一層甲板船
- 3. 前-2.に掲げるものと異なる構造の船舶で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。
- 4. 当該船舶の総トン数、航行区域及び運送予定貨物に応じて、[D 編 14 章](#)、[H 編 4 章](#)、[R 編](#)、[S 編](#)及び[海洋汚染防止のための構造及び設備規則](#)の関連規定も適用しなければならない。

1.2 定義

1.2.1 部材名称

1.2.1.1 構造に関する用語

本 [2-7 編](#)において用いられている一般的な構造に関する用語を [図 1.2.1-1.](#)及び [図 1.2.1-2.](#)に示す。

図 1.2.1-1. タンカー

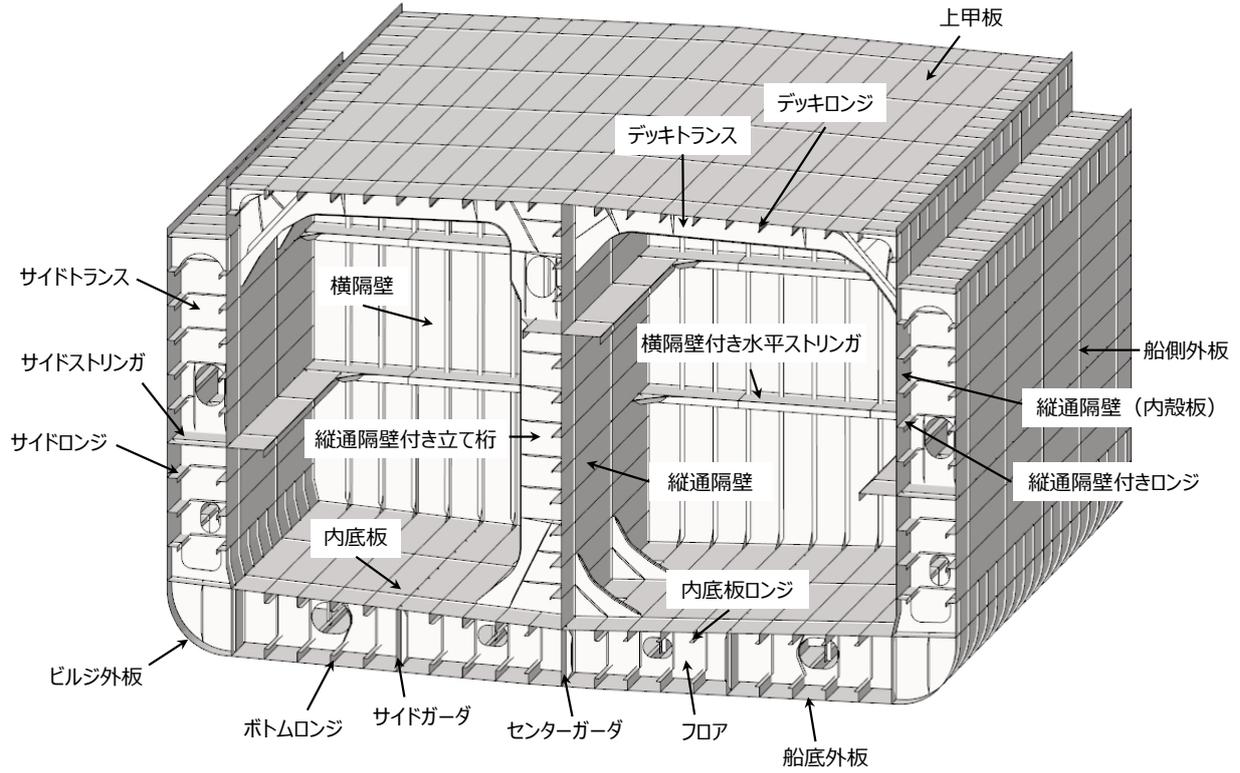
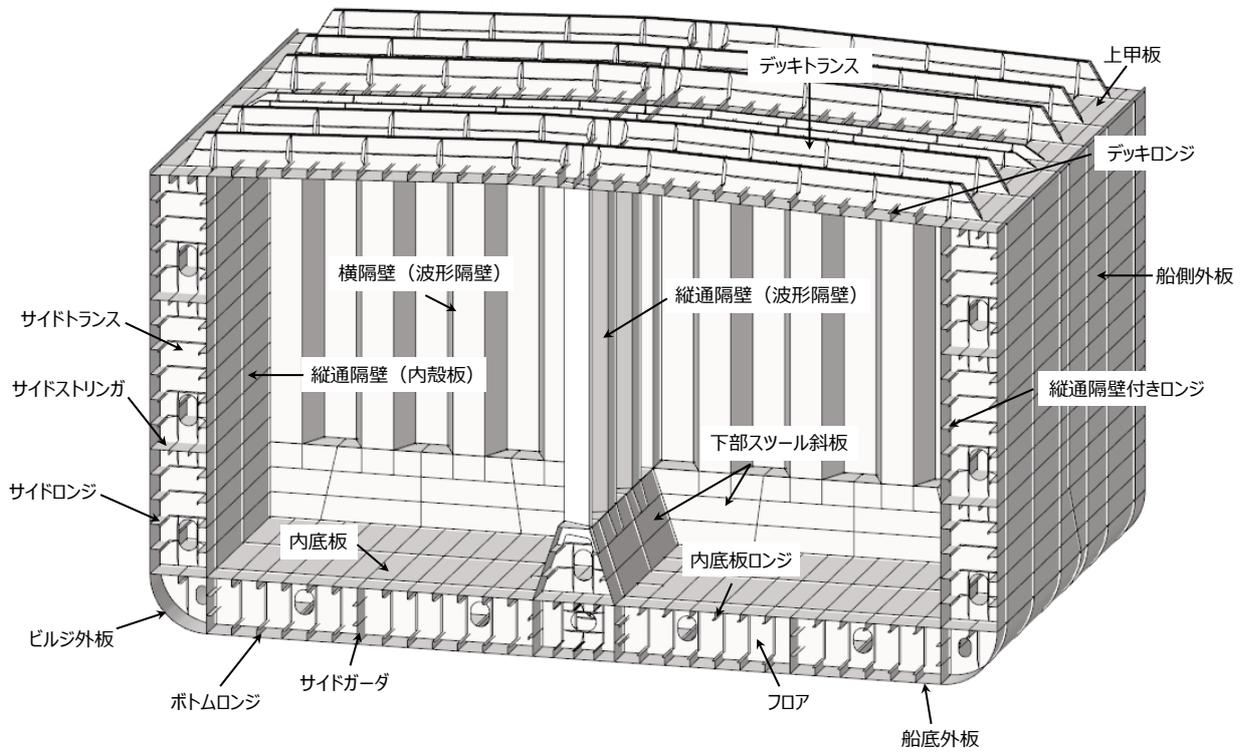


図 1.2.1-2. ケミカルタンカー



2章 一般配置要件

2.1 構造配置

2.1.1 配置及び隔離

2.1.1.1 貨物油タンク等の隔離

-1. コファダムを、次の(1)から(6)に従って設けなければならない。

- (1) 貨物油を積む場所の前後両端及び貨物油を積む場所と居住区域との間には、気密で出入りに必要な幅のコファダムを設けなければならない。ただし、引火点が 60°C を超える油を積むタンカーについては、適当に参酌して差し支えない。
- (2) 前(1)のコファダムは、ポンプ室に兼用して差し支えない。
- (3) 燃料油又はバラストを積む場所は、本会の承認を得たときは、貨物油を積む場所との間に設けるべきコファダムと兼用して差し支えない。
- (4) 貨物油タンクと船首倉（船首タンク）とが隣接する場合、船首隔壁は無開口の構造としなければならない（D編 14.3.2 及び同 14.3.3 参照）。
- (5) コファダムの適用を受ける区画とその他の区画（ただし、貨物油タンク及び燃料油タンクを除く）との間には、いかなる開口も設けることはできない。ただし、チェーンロッカー囲壁等に設けるボルト締めの水密マンホールは、この限りではない。（水密戸は不可）
- (6) 電気機器については、H編 4章の該当規定を参照しなければならない。

-2. コファダムで隔壁を隔離する場合は、隔壁間の距離が少なくとも 600 mm となるような配置を標準とする。

2.1.1.2 気密隔壁

-1. すべての貨物油ポンプ及び管系を設ける場所は、ストーブ、ボイラ、推進機関、H編 4.2.4 の規定による防爆形のもの以外の電気装置又は常に発火の原因を伴う機械を設置する場所と、気密隔壁を設けて隔離しなければならない。ただし、引火点が 60°C を超える油を積む油タンカーについては、適当に参酌して差し支えない。

-2. 主又は補助ポンプ室に兼用しないコファダム及び乾舷甲板下のコファダム適用区画は、深水タンクとしての強度を満足する必要がある。主ポンプ室と機関室との間の隔壁の寸法は、 L_C が 100 m 以上の船舶では水密隔壁の寸法、 L_C が 100 m 未満の船舶では気密隔壁の寸法以上のものとする必要がある。

2.1.1.3 開口

-1. 通風用の吸気及び排気口は、発火源のある閉囲された区域に貨物蒸気が浸入する可能性又は発火の危険性がある甲板機器の近くに貨物蒸気が集積する可能性を最小とするような位置に設けなければならない。特に機関区域の通風用開口は、貨物タンク区域からできる限り後方に離して設けなければならない。

-2. アレージ用開口及びバッテリーハッチは、閉囲された区画内に設けてはならない。

2.1.1.4 船楼及び甲板室

-1. 船楼及び甲板室の周囲の開口は、貨物蒸気が浸入する可能性を最小とするような位置に設けなければならない。また、船尾荷役用の貨物管を配置する場合、船楼及び甲板室の開口は、十分な配慮を払って配置しなければならない。

-2. ポンプ室の昇降口を保護する甲板室は次によらなければならない。

- (1) 前端壁は、船橋楼前端壁と同等強度
- (2) 側壁及び後端壁は、船尾楼前端壁と同等強度
- (3) 出入口の戸のコーミングの高さは、乾舷甲板上 600 mm 以上とする。ただし、Coasting Service の付記符号をとる場合は、 450 mm 以上とすることができる。

2.1.1.5 深水タンクの長さ

深水タンクの長さは、 $0.2L_f$ (m) より小さくしなければならない。

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成と概要

本章の各節には、本 2-7 編及び 1 編の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、表 4.1.1-1. に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	6章及び1編6章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.3	主要支持構造強度の評価において考慮する荷重	7章及び1編7章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.4	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する積付状態等に関する追加要件
4.5	疲労において考慮する荷重	9章及び1編9章に規定する疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1. 6章及び1編6章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本 4.2 の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.2.2 の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 面外荷重

-1. 1編 4.4.2 の適用にあたって、貨物による変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、考慮する貨物密度にかかわらず、満載積付状態における値を用いること。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、表 4.2.2-1. により求まる値として差し支えない。

-2. 独立型方形タンクの支持構造に作用する荷重を算出する際、1編 4.2.4 に規定する上下方向の包絡加速度 a_{ze} を考慮しなければならない。当該荷重を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、前-1.と同様とする。

-3. 1編 4.4.2 の適用にあたって、バラストタンクのバラスト水により生じる変動圧力を算出する際に必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。なお、バラスト状態 (緊急時) の際に貨物タンクにバラスト水を積載する船舶にあっては、バラスト水を積載する貨物タンクのバラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータについては、バラスト状態 (緊急時) における値を用いなければならない。ただし、あらかじめ値が得られていない場合、表 4.2.2-1. により求まる値として差し支えない。

表 4.2.2-1. パラメータの簡易算式

積付状態	船体中央における 喫水 T_{LC} (m)	船体重心位置の Z座標 z_G (m)	メタセンタ高さ GM (m)	環動半径 K_{xx} (m)
満載積付状態	T_{SC}	$0.25 \frac{B}{C_B}$	$\frac{T_{SC}}{2} + \frac{B^2}{T_{SC} C_B} \frac{3C_W - 1}{24} - z_G$	$0.35B$
バラスト状態	T_{BAL}	$0.20 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC} C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	$0.40B$
バラスト状態 (緊急時)	T_{BAL-E}	$0.20 \frac{B}{C_{B,LC}}$	$\frac{T_{LC}}{2} + \frac{B^2}{T_{LC} C_{B,LC}} \frac{3C_{W,LC} - 1}{24} - z_G$	$0.40B$

4.3 主要支持構造強度において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

-1. 7章及び1編7章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重は、本4.3の規定にもよらなければならない。

-2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2の規定によらなければならない。

-3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.3.3の規定によらなければならない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 一般

-1. 単純桁の要件にあつては、4.2の関連規定にもよらなければならない。

-2. 二重船殻の要件にあつては、表4.3.2-1.に規定する荷重を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を考慮した追加の積付パターンを要求する場合がある。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき荷重

評価対象構造	積付パターン ⁽¹⁾			等価設計波	考慮する内外圧差 (kN/m^2)
	喫水 (m)	静水中垂直曲げモーメント ($kN\cdot m$)	考慮する積載物		
二重底	$S1^{(2)}$	$0.9T_{SC}$	$M_{SV\ max}$	考慮しない	二重底 : P_{DB} 二重船側 : P_{DS}
	$S2^{(3)}$	$0.6T_{SC}$	$M_{SV\ min}$	液体貨物	
二重船側	$S3^{(2)}$	$0.9T_{SC}$	$M_{SV\ min}$	考慮しない	
	$S4^{(3)}$	$0.6T_{SC}$	$M_{SV\ min}$	液体貨物	
(備考)					
(1) バラスト状態 (緊急時) が計画される船舶は、最大荷重状態において当該積付状態を追加で考慮すること。					
(2) 評価対象の貨物タンクを空にした際に $0.9T_{SC}$ より小さい喫水となるよう計画された船舶にあっては、その喫水を考慮することができる。また、当該貨物タンクを空にした状態でその喫水を上回ってはならない旨ローディングマニュアルに記載すること。					
(3) 評価対象の貨物タンクに液体貨物を積載した際に $0.6T_{SC}$ より大きい喫水となるよう計画された船舶にあっては、その喫水を考慮することができる。また、当該貨物タンクに貨物を積載した状態でその喫水を下回ってはならない旨ローディングマニュアルに記載すること。					

4.3.2.2 外圧

二重船殻の要件にあっては、表 4.3.2-2.の規定に基づき、静水圧及び等価設計波における波浪変動圧を考慮しなければならない。

表 4.3.2-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象構造		P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾
二重底	$S1$	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	$S2$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{ls} + P_{ld})$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{ls} + P_{ld})$
二重船側	$S3$	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	$S4$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{ls} + P_{ld})$	$P_{exs} + P_{exw} - (P_{ls} + P_{ld})$
(備考)			
P_{exs} , P_{exw} : P_{DB} の場合、船底外板に作用する静水圧及び波浪変動圧の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、船側外板に作用するそれらの値 (kN/m^2)。それぞれにつき、1編 4.6.2.4に基づき算出する。			
P_{ls} , P_{ld} : P_{DB} の場合、内底板に作用する液体貨物の静圧及び変動圧力の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、縦通隔壁に作用するそれらの値 (kN/m^2)。それぞれにつき、1編 4.6.2.5に基づき算出する。			
(1) 荷重を算出するにあたって必要なパラメータ (GM , z_G , K_{xx}) は次による。 $S1$, $S3$: 表 4.2.2-1.の満載積付状態の算式による。 $S2$, $S4$: 表 4.2.2-1.のバラスト状態の算式による。			
(2) 全ての積付パターンにおいて、荷重計算点は1編 7.3.1.5による。			

4.3.2.3 内圧

二重船殻の要件にあっては、表 4.3.2-2.の規定に基づき、液体貨物による内圧を考慮しなければならない。

4.3.2.4 垂直曲げモーメント

-1. 二重船殻の要件にあっては、4.3.2.1-2.に規定する静水中垂直曲げモーメント及び等価設計波における波浪中垂直曲げモーメントを考慮しなければならない。

-2. 各等価設計波で考慮する波浪中垂直曲げモーメントは 1 編 4.6.2.10.によらなければならない。

4.3.3 港内状態

4.3.3.1 一般

二重船殻の要件にあつては、表 4.3.3-1.に規定する荷重を考慮しなければならない。

表 4.3.3-1. 港内状態で考慮すべき荷重

評価対象 構造		積付パターン			考慮する内外圧差 (kN/m^2)
		喫水 (m)	港内時垂直曲げ モーメント ($kN\cdot m$)	考慮する積載物	
二重底	$P1^{(1)}$	T_{SC}	$M_{PT\ max}$	考慮しない	二重底： P_{DB} 二重船側： P_{DS}
	$P2^{(2)}$	T_{BAL}	$M_{PT\ min}$	液体貨物	
二重船側	$P3^{(1)}$	T_{SC}	$M_{PT\ max}$	考慮しない	
	$P4^{(2)}$	T_{BAL}	$M_{PT\ min}$	液体貨物	
(備考)					
(1) 評価対象の貨物タンクを空にした際に T_{SC} より小さい喫水となるよう計画された船舶にあつては、その喫水を考慮することができる。また、当該貨物タンクを空にした状態でその喫水を上回ってはならない旨ローディングマニュアルに記載すること。					
(2) 評価対象の貨物タンクに液体貨物を積載した際に T_{BAL} より大きい喫水となるよう計画された船舶にあつては、その喫水を考慮することができる。また、当該貨物タンクに貨物を積載した状態でその喫水を下回ってはならない旨ローディングマニュアルに記載すること。					

4.3.3.2 外圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.3.3-2.の規定に基づき、静水圧を考慮しなければならない。

表 4.3.3-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象構造		P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾
		二重底	$P1$
	$P2$	$P_{exs} - P_{Is}$	$P_{exs} - P_{Is}$
二重船側	$P3$	P_{exs}	P_{exs}
	$P4$	$P_{exs} - P_{Is}$	$P_{exs} - P_{Is}$
(備考)			
P_{exs} ： P_{DB} の場合、船底外板に作用する静水圧 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、船側外板に作用する静水圧 (kN/m^2)。それぞれにつき、1 編 4.6.2.4 に基づき算出する。			
P_{Is} ： P_{DB} の場合、内底板に作用する液体貨物の静圧 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、縦通隔壁に作用する液体貨物の静圧 (kN/m^2)。それぞれにつき、1 編 4.6.2.5 に基づき算出する。			
(1) 全ての積付パターンにおいて、荷重計算点は 1 編 7.3.1.5 による。			

4.3.3.3 内圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.3.3-2.の規定に基づき、液体貨物による内圧を考慮しなければならない。

4.3.3.4 港内時垂直曲げモーメント

二重船殻の要件において考慮する港内時垂直曲げモーメントは 4.3.3.1 の規定によらなければならない。

4.4 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

-1. 8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重は、本4.4の規定にもよらなければならない。

-2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.4.2の規定によらなければならない。

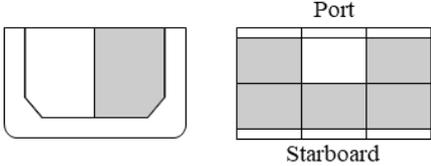
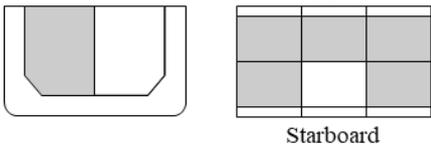
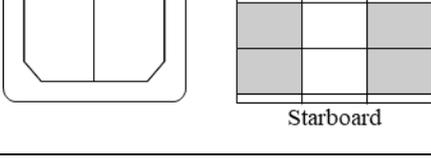
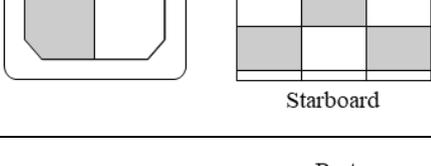
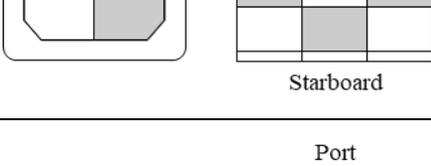
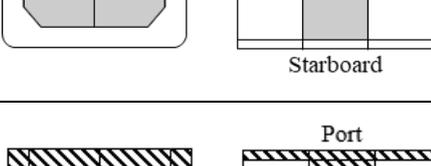
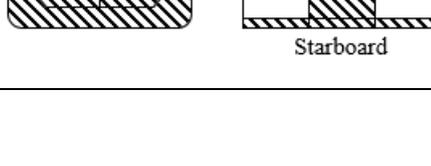
-3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.4.3の規定によらなければならない。

4.4.2 最大荷重状態

4.4.2.1 積付状態

1編4.6.2.1の適用にあたって、危険化学ばら積船の場合、表4.4.2-1に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を追加で考慮するよう要求する場合がある。

表 4.4.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
部分積付状態	S1		$0.9T_{SC}$	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
部分積付状態	S2		$0.9T_{SC}$	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
ジャンピング状態	S3		$0.9T_{SC}$	M_{SV_max}	HM-2/FM-2
				0	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
千鳥積状態	S4		$0.6T_{SC}$	M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
		S5			$0.6T_{SC}$
ジャンピング状態	S6			$0.6T_{SC}$	
			M_{SV_min}		HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
バラスト状態 (緊急時)	S7		T_{BAL-E}	M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/S BP-1P/S
<p>■ : 液体貨物 ▨ : バラスト水</p> <p>(備考) X軸回りの環動半径 (m) は、$0.38B$とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。</p>					

4.4.2.2 ハルガーダ荷重

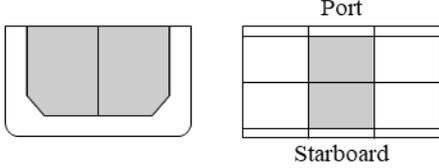
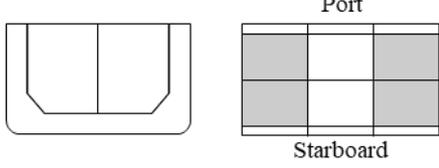
1編 4.6.2.10 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは、4.4.2.1 の規定に従わなければならない。

4.4.3 港内状態

4.4.3.1 積付状態

1編 4.6.3.1 の適用にあたって、表 4.4.3-1 に規定する積付状態を考慮しなければならない。

表 4.4.3-1. 港内状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		T_{BAL}	M_{PT_min}
	P2		T_{SC}	M_{PT_max}

■ : 表 4.4.2-1.による。

4.4.3.2 ハルガーダ荷重

1編 4.6.3.5 の適用にあたって、 M_{PT} の値は 4.4.3.1 に規定する値に読み替えなければならない。

4.5 疲労において考慮する荷重

4.5.1 一般

4.5.1.1 一般

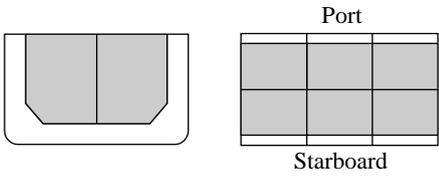
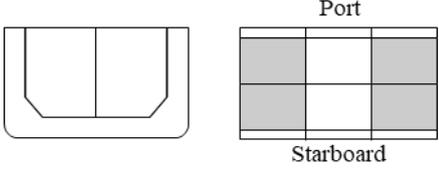
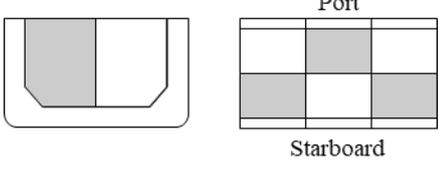
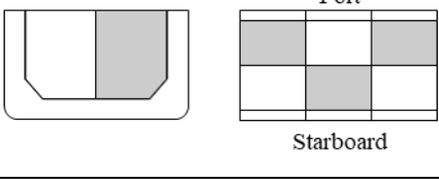
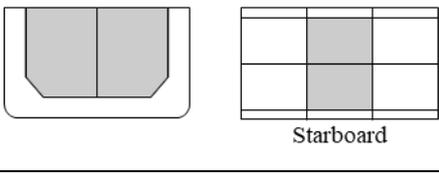
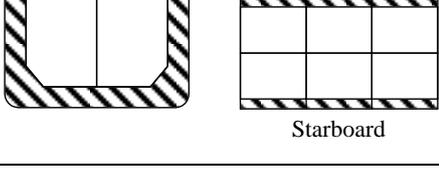
- 1. 9章及び1編9章に規定する疲労強度評価において考慮する荷重は、本4.5の規定によらなければならない。
- 2. 繰返し荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.5.2の規定によらなければならない。

4.5.2 繰返し状態

4.5.2.1 積付状態

1編 4.7.2.1 の適用にあたって、表 4.5.2-1 に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を追加で考慮するよう要求する場合がある。

表 4.5.2-1. 繰返し荷重状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	静水中 垂直曲げ モーメント	等価設計波
満載積付状態	FA1		T_{SC}	考慮する積付状態に対する値	HM FM BR BP
ジャンピング状態	FA2		$0.9T_{SC}$		
千鳥積状態	FA3		$0.6T_{SC}$		
	FA4		$0.6T_{SC}$		
ジャンピング状態	FA5		$0.6T_{SC}$		
バラスト状態	FA6		T_{BAL}		

■, ▨ : 表 4.4.2-1.による。

6章 局部強度

6.1 独立型方形タンク

6.1.1 板及び防撓材

6.1.1.1

独立型方形タンクの板及び防撓材は、それぞれ 1編 6.3 及び 1編 6.4 によらなければならない。ただし、1編 6.3 及び 1編 6.4 を適用するにあたって、軸力影響に関する係数 C_a 及び C_s を 1.0 とし差し支えない。

6.1.2 独立型方形タンクの支持構造

6.1.2.1 一般

独立型方形タンクの支持構造の配置及び寸法は本 6.1.2 の規定によらなければならない。ただし、他の適当な方法で検討し配置及び寸法を定める場合は、この限りではない。

6.1.2.2 使用材料*

- 1. 独立型方形タンクの支持構造には、本会が適当と認める材料を使用しなければならない。
- 2. 前-1.の材料については、常温及び使用温度における材料特性を示す資料を提出しなければならない。

6.1.2.3 評価基準

支持構造を構成する部材のうち、頂板以外の各板部材に作用する圧縮応力 σ_a (N/mm^2) は、次の基準を満足しなければならない。

$$\sigma_a < \sigma_{cr}$$

σ_a : 考慮する支持構造を構成する部材のうち、頂板以外の各板部材に作用する圧縮応力で次の算式による。

$$\sigma_a = \frac{F_a}{A_{min}} \quad (N/mm^2)$$

F_a : 支持構造に作用する荷重で次の算式による。

$$F_a = (\rho_L V_t \times 10^3 + m_t)(g + a_{ze}) \quad (N)$$

ρ_L : 貨物密度 (ton/m^3)

V_t : 考慮する支持構造が受け持つタンクの体積 (m^3)

m_t : タンク、防熱材及び艀装品の質量 (kg)

a_{ze} : 考慮する貨物タンクの重心に働く上下方向の包絡加速度で、4.2.2.1 による。

A_{min} : 支持構造の最小水平断面積 (mm^2) で、板部材の周りから腐食予備厚 t_c の半分を差し引いた後の値 (図 6.1.2-1.参照)

σ_{cr} : 許容応力で、次の2つのうち小さい方の値

$$\frac{\sigma_{yd}}{1.33} \quad (N/mm^2)$$

$$C_x \sigma_{yd} \quad (N/mm^2)$$

σ_{yd} : 支持構造に使用する材料の降伏応力 (N/mm^2)

C_x : 支持構造を構成する部材のうち、頂板以外の各板部材に対する軽減係数で、表 6.1.2-1.による。なお、評価する板部材が矩形でない場合は、表 6.1.2-2.を用いて近似する。

図 6.1.2-1. 支持構造（頂板以外）の一例及び対応する最小水平断面積

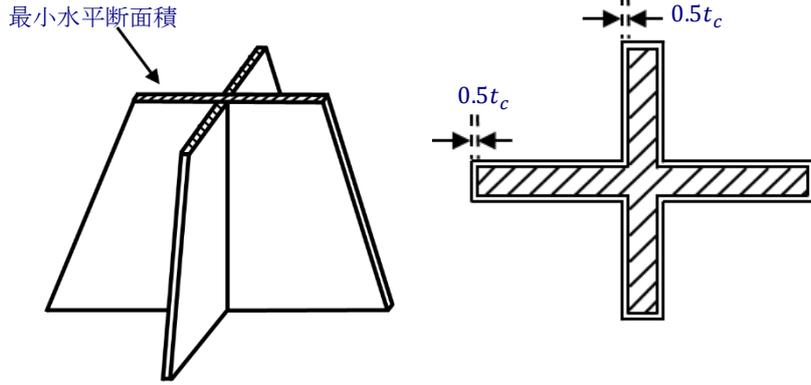
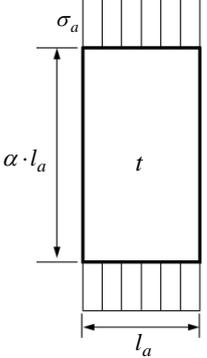
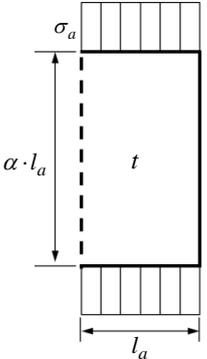


表 6.1.2-1. 平面パネルの軽減係数

	アスペクト比 α	座屈係数 K	軽減係数 C_x
1 	$\alpha \geq 1$	$K = 4$	$\lambda \leq 0.8$ の場合 : $C_x = 1$ $\lambda > 0.8$ の場合 : $C_x = 1.13 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2} \right)$
2 	$\alpha > 0$	$K = 0.425 + \frac{1}{\alpha^2}$	$\lambda \leq 0.7$ の場合 : $C_x = 1$ $\lambda > 0.7$ の場合 : $C_x = \frac{1}{\lambda^2 + 0.51}$

板部材の周縁の境界条件 :

- 自由端
- 単純支持

λ : 細長比の参照次数で、次の算式による。

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_y d}{K \sigma_E}}$$

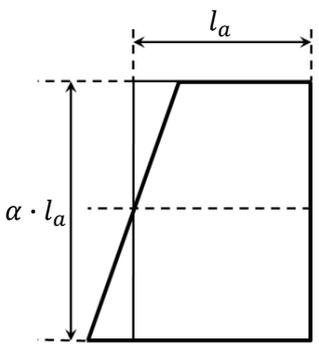
σ_E : 参照応力 (N/mm^2) で、次の算式による。

$$\sigma_E = 0.9E \left(\frac{t}{l_a} \right)^2$$

t : 板部材のネット板厚 (mm)

l_a : 板部材の幅 (mm)

表 6.1.2-2. 矩形パネルへの近似方法

形状	近似方法
 <p>The diagram shows a trapezoidal panel on the left and a rectangular panel on the right. The trapezoid has a top width labeled l_a and a height labeled $\alpha \cdot l_a$. A vertical line is drawn from the top-left corner of the trapezoid down to the bottom edge of the rectangle. A horizontal dashed line is drawn from the top-left corner of the trapezoid to the right edge of the rectangle, meeting the vertical line at the top-left corner of the rectangle. The height of the rectangle is labeled $\alpha \cdot l_a$.</p>	<p>上底及び下底の平均値をl_aとし、原型パネルの高さを$\alpha \cdot l_a$とする矩形パネルとする。</p>

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 適用

7.1.1.1

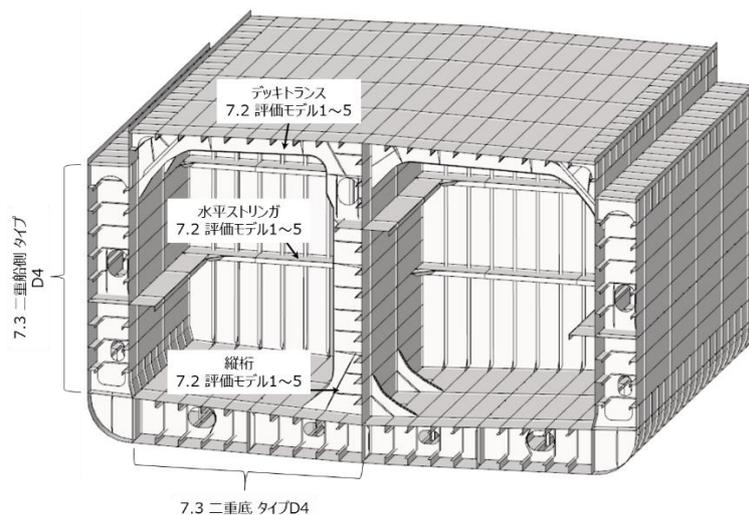
-1. 本章の規定は、船の長さ L_C が150 m未満の船舶に適用する。
 -2. 前-1.にかかわらず、甲板荷重及び青波荷重に対する甲板桁の強度評価は、本章の規定に従って行わなければならない。

-3. 二重底及び二重船側構造については、1編7.3に規定する二重船殻に関する要件を適用し、それ以外の単純桁と見なすことができる桁部材については、1編7.2に規定する単純桁に関する要件を適用しなければならない。

7.1.1.2 オイルタンカーの評価モデル適用例

-1. 1編7.2及び7.3を適用する際の評価モデルの適用例を図7.1.1-1.に示す。
 -2. 図7.1.1-1.に記載の無い構造であって、単純桁とみなせる桁部材については境界条件や作用荷重を考慮して1編表7.2.1-1.から評価モデルを適宜選択しなければならない。

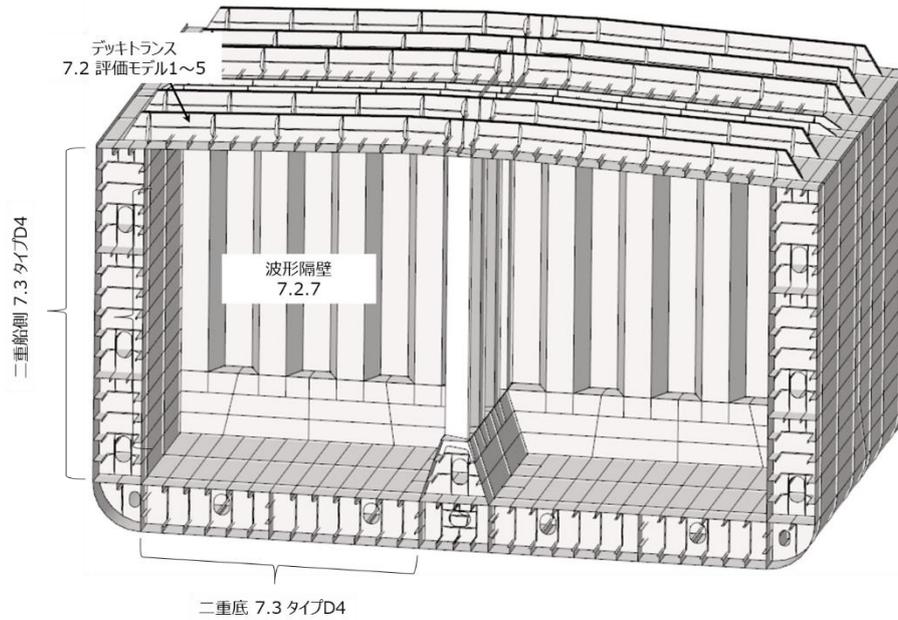
図 7.1.1-1. オイルタンカーの適用例



7.1.1.3 ケミカルタンカーの評価モデル適用例

-1. 1編7.2及び7.3を適用する際の評価モデルの適用例を図7.1.1-2.に示す。
 -2. 図7.1.1-2.に記載の無い構造であって、単純桁とみなせる桁部材については境界条件や作用荷重を考慮して1編表7.2.1-1.から評価モデルを適宜選択しなければならない。

図 7.1.1-2. ケミカルタンカーの適用例



7.2 独立型方形タンク

7.2.1 防撓桁

7.2.1.1

独立型方形タンクの板防撓材を支持する防撓桁は、1編 7.2 によらなければならない。ただし、1編 7.2 を適用するにあたって、軸力影響に関する係数 C_s を 1.0 として評価しなければならない。

8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 概要

8.1.1.1 本章の構成及び概要

- 1. 本章は、タンカーにおける貨物倉解析による強度評価の手法について規定する。
- 2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の概要及び適用等に関する追加要件
8.2	評価範囲及び評価対象部材	評価範囲及び評価対象部材に関する追加要件
8.3	構造モデル	モデル化範囲、モデル化部材及びメッシュ分割等に関する追加要件
8.4	境界条件及び荷重条件	境界条件及び荷重条件に関する追加要件
8.5	強度評価	降伏強度評価に関する追加要件

8.1.2 適用

8.1.2.1

1編 8.1.2.1-1.(2)に該当する貨物倉解析による強度評価が要求される船舶は、 L_c が 150 m 以上の危険化学品ばら積船とする。

8.2 評価範囲及び評価対象部材

8.2.1 評価範囲

8.2.1.1 評価対象部材

1編 8.2.2.1 の適用にあたり、 L_c が 150 m 以上の危険化学ばら積船にあつては、評価対象となる構造及び部材は次によらなければならない。

- (1) 二重底構造（船底外板、内底板、センターガーダ、サイドガーダ及びフロア）
- (2) 二重船側構造（船側外板、縦通隔壁、サイドストリング及びサイドトランス）
- (3) 甲板構造（上甲板及びデッキトランス）
- (4) 隔壁構造（横隔壁及び縦通隔壁）
- (5) その他本会が必要と認める部材及び箇所

8.3 構造モデル

8.3.1 一般

8.3.1.1 モデル化範囲

1編 8.3.1.1 を適用するにあたって、原則として、ターゲットホールドを中心に 3 つの連続した貨物倉を再現し、全高及び全幅をモデル化しなければならない。

8.3.1.2 垂直波形隔壁下端周辺

- 1. 1編 8.3.3.1-2.の適用にあたって、垂直波形隔壁下端周辺の板部材及び主要支持部材について、100 mm × 100 mm以

下のメッシュサイズのシェル要素でモデル化しなければならない。

-2. 前-1.にあたって、内底板を挟んで垂直波形隔壁の直下にある補強材を適切にモデル化しなければならない。必要に応じて、シェル要素を用いてモデル化すること。

8.4 境界条件及び荷重条件

8.4.1 境界条件

8.4.1.1

1編 8.5.1 を適用するにあたって、境界条件は、2-2編 8.4.1 の規定による。

8.4.2 荷重条件

8.4.2.1 考慮する荷重

1編 8.5.2 の適用にあたって、4.4 に規定する追加要件も踏まえた荷重を考慮しなければならない。

8.4.2.2 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 8.5.2 の適用にあたって、2-2編 8.4.2 に規定する手法に従い、ターゲットホールドに生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントを調整しなければならない。

8.5 強度評価

8.5.1 降伏強度評価

8.5.1.1 参照応力

-1. 1編 8.6.1.1 の適用にあたって、8.3.1.2 に規定するメッシュサイズを適用した箇所においては、本会が適当と認められた範囲にある複数要素の応力を平均した値を参照応力として用いて差し支えない。垂直波形隔壁のウェブ深さを3分割した範囲(約300 mm × 300 mm)を標準とする。

-2. 前-1.にあたって、構造不連続箇所をまたいで応力の平均化をしてはならない。

9章 疲労

9.1 一般

9.1.1 疲労要件の適用

9.1.1.1 適用

船の長さ L_C が150 m以上の船舶は、1編9.3の簡易応力解析及び1編9.4の有限要素解析により得られるホットスポット応力に基づき疲労強度評価を行わなければならない。

9.2 評価すべき構造詳細

9.2.1 有限要素解析で評価すべき構造詳細

9.2.1.1

- 1. 1編9.4に従って有限要素解析により疲労強度評価すべき重要な構造詳細は、表9.2.1-1による。
- 2. 前-1にかかわらず、十分な疲労強度を有することを示す資料を本会に提出し、適当と認められた場合は、当該構造の疲労強度評価を省略することができる。

表 9.2.1-1. 船体構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	船体構造の重要な構造詳細
1	内底板/ビルジホップ斜板/上甲板/下部スツールと波形隔壁との交差部
2	ボトムガーダ近傍の下部スツールと内底板との交差部
3	サイドストリングと横隔壁付き水平ストリングの十字継手の交差部
4	オンデッキトランス端部
5	横置き波形隔壁と縦通波形隔壁の交差部
6	横隔壁付き垂直ウェブの端部（内底板/上甲板との交差部）
7	ビルジホップ斜板と内底板の交差部
8	ビルジホップ斜板と二重船側縦通隔壁の交差部
9	その他応力集中の大きい箇所

9.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.1 一般

9.3.1.1

- 1. 標準的な積付状態並びに時間比率は、表9.3.1-1及び表9.3.1-2による。
- 2. 前-1にかかわらず、表9.3.1-1及び表9.3.1-2以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.1-1. 油タンカーの標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (均等積)	50 %
バラスト状態	50 %

表 9.3.1-2. ケミカルタンカーの標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (均等積)	20 %
満載積付状態 (ジャンピング積)	20 %
満載積付状態 (千鳥積)	20 %
バラスト状態	40 %

9.4 境界条件及び荷重条件

9.4.1 境界条件

9.4.1.1

1編 9.4.4.1 の適用上, 境界条件は, 2-2編 8.4.1.1 による。

9.4.2 荷重条件

9.4.2.1 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 9.4.4.2 の適用上, 構造モデルへのモーメント付与方法は, 2-2編 8.4.2.2 による。ただし, M_{V-targ} , M_{H-targ} は, 2-2編表 8.4.2-1. に代えて表 9.4.2-1. に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) を用いる。

表 9.4.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	繰返し荷重状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}
(備考) M_{V-HG} , M_{H-HG} : 繰返し荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) で, 1編 4.7.2.10 による。	

9.5 詳細設計標準

9.5.1 一般

9.5.1.1

桁部材端部ブラケット, 桁部材の裏側に設けられるブラケット及びクロスタイ (図 9.5.1-1. 及び 図 9.5.1-2.) の端部構造詳細については, 応力の高い場合, 1編 9.6.2.2 によること。

図 9.5.1-1. 横桁及びクロスタイ取合い部

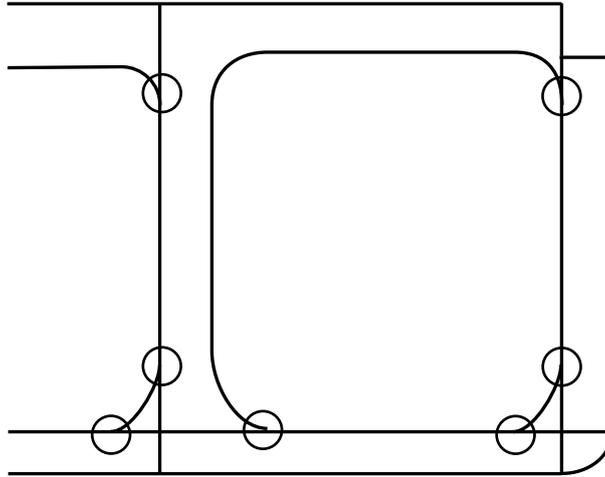
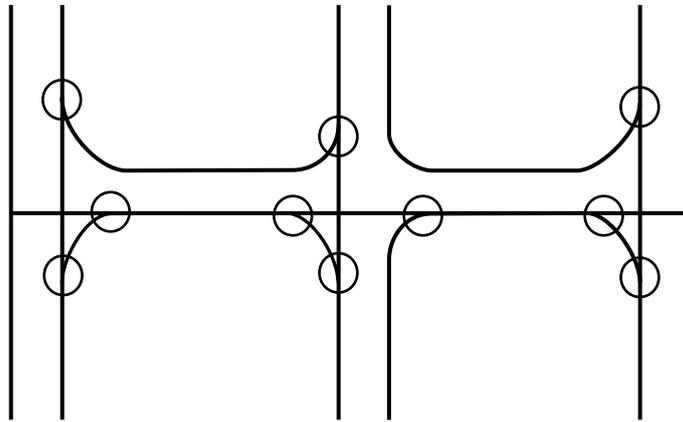


図 9.5.1-2. 水平桁取合い部



10章 追加の構造要件

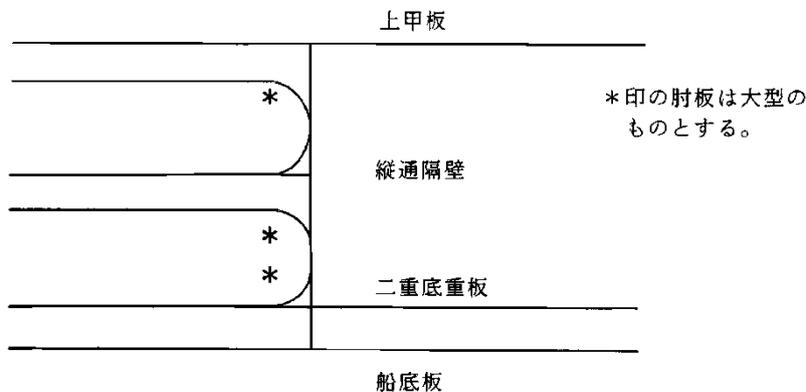
10.1 一般

10.1.1 一般

10.1.1.1 構造の連続性

- 1. 主要構造部材は、貨物区域を通して強度の連続性を確保するように配置されなければならない。また、貨物区域の前後においても、強度の連続性を急激に損なうことのないよう有効に補強されなければならない。
- 2. 主要構造部材は、端部の固着、面外変形に対する支持及び防撓方法について十分に考慮し、その構造は応力集中を最小にするものでなければならない。
- 3. 貨物油タンク前後端部において、縦通隔壁の前後端とその前後端部の甲板縦部材等との連続性を保つようにすること。(図 10.1.1-1.参照)

図 10.1.1-1. 縦通隔壁端部の連続性



10.1.2 主要構造部材

10.1.2.1 一般

- 1. 同一平面内にある桁は、その強度及び剛性の急激な変化を避ける。また、桁の端部には適当な大きさのブラケットを設け、かつ、その端部には十分な丸みを付けなければならない。
- 2. 縦通する桁の深さが深い場合には、面材と平行に防撓材を配しなければならない。
- 3. 横桁を有効に支えるため、トリッピングブラケットを適当な間隔に設けるほか、桁の端部ブラケットの内端等にも設けなければならない。各桁の面材の幅がウェブの片側で 180 mm を越える場合には、当該トリッピングブラケットは面材も支える構造でなければならない。
- 4. サイドトランス及び縦通隔壁立て桁の上下端ブラケットとその内端付近のウェブは、特に密に防撓しなければならない。

10.1.2.2 詳細構造

横桁の構造詳細については、次の(1)及び(2)によらなければならない。

- (1) 横桁端部のブラケットの部分等せん断応力の高い箇所及び圧縮応力の高いと思われる部分には、防撓材を増設する必要があり、また、該部には軽目穴を設けることはできない。その部分ではロング貫通部のスロットにはカラープレートを設ける必要がある。
- (2) 横桁等に設ける防撓材で平鋼の代わりに山形鋼を用いる場合、板付きの断面二次モーメントを規定と同等程度のもとする。

12章 溶接

12.1 タンカーの溶接

12.1.1 適用

12.1.1.1

タンカーの溶接については、本 12.1 に特に規定されていない事項については、1 編 12 章を適用する。

12.1.2 すみ肉溶接

12.1.2.1

貨物区域内の構造諸材に対するすみ肉溶接の適用は、表 12.1.2-1.によらなければならない。

12.1.2.2

次の(1)及び(2)に示す箇所のすみ肉溶接の脚長は、少なくとも、本章の規定により要求される板厚の 0.7 倍以上でなければならない。

- (1) 二重底部の最も船側寄りのガーダとフロアとの取合い部のすみ肉溶接
- (2) 二重船側部の最も船底寄りのガーダと横桁との取合い部のすみ肉溶接

12.1.2.3

曲げ、せん断又は軸力の特に厳しい箇所では、すみ肉溶接脚長を適当に増すか、又は、開先溶接としなければならない。

表 12.1.2-1. すみ肉溶接の適用

欄	部材名称	適用箇所	種類	
1	縦 横 桁 ウェブ	外板, 甲板, 縦通隔壁の隔壁板又は内底板	F1	
2		ウェブ相互	F1	
3		面材	F2	
4		ウェブの切り込み部	ロンジ及び縦通隔壁の水平防撓材のウェブ	F2
5		ウェブに設けるトリッピング	ウェブ	F3
6		ブラケット及び防撓材	ロンジ及び縦通隔壁の水平防撓材	F1
7	ロンジ及び縦通隔壁の水平防撓材	外板, 甲板又は縦通隔壁の隔壁板	F3	
8	クロスタイ	クロスタイを構成する部材 (ウェブと面材)	F3	
9		横桁又は縦桁の面材	F1	
(備考)				
縦横桁の端部ブラケットの内端部において、その丸味が小さいときは、面材とウェブの溶接を適当な範囲 F1 とすることを推奨する。				

14章 艙装

14.1 ハッチカバーに対する特別規定

14.1.1 一般

14.1.1.1 特に大きい乾舷を有する船舶

特に大きい乾舷を有する船舶に対しては、本会が差し支えないと認める場合は、本 14.1 の規定を適当に参酌することができる。

14.1.2 貨物油タンクに設けるハッチカバー

14.1.2.1 一般

-1. ハッチコーミングの厚さは、10 mm 以上でなければならない。高さが 760 mm を超え、かつ、長さが 1.25 m を超えるサイドコーミング又はエンドコーミングには、立て防撓材を取付け、かつ、コーミングの上端を適当に防撓しなければならない。

-2. ハッチカバーは、鋼又は他の承認された材料を用いて製作し、鋼製の場合の構造は次の(1)から(4)までの各規定による。鋼以外の材料を用いる場合の構造は、本会の適当と認めるところによる。

- (1) ハッチカバープレートの厚さは、12 mm 以上でなければならない。
- (2) 倉口の面積が 1 m^2 を超え 2.5 m^2 以下のときは、610 mm 以下の心距に配置した深さ 100 mm の平鋼でハッチカバープレートを防撓しなければならない。ただし、プレートの厚さが 15 mm 以上のときは、防撓の必要はない。
- (3) 倉口の面積が 2.5 m^2 を超えるときは、610 mm 以下の心距に配置した深さ 125 mm の平鋼でハッチカバープレートを防撓しなければならない。
- (4) ハッチコーミングには、円形倉口の場合は 457 mm 以下の心距に、方形倉口の場合は各すみから 230 mm 以内の箇所及びその箇所から 380 mm 以下の心距に配置した締具を備えるか、又はこれと同等効力の装置を備え、ハッチカバープレートを油密に締付けることができる構造でなければならない。

14.1.2.2 ガラス繊維強化プラスチック製ハッチカバー

貨物油タンクに設ける倉口に、ガラス繊維強化プラスチック製のハッチカバーを設ける場合は、次によらなければならない。

- (1) 基材は自己消火性のものとする。
- (2) R 編 3.2.47 の標準火災試験の規定を準用してモデルテストを行い、その内面を火災にさらす。ただし、この標準火災試験の継続時間は 20 分間以上、最高温度 790°C とし、この試験の最初の 20 分の終わりまで、炎が通過しないものとする。
- (3) スティーマングテストを行い、水密性を損なう有害な変形がないものとする。
- (4) 各寸法のものに対し、27.5 kPa 以上の圧力で圧力試験を行い、これに耐えるものとする。
- (5) カバーの開閉装置は、完全閉鎖か完全開放のいずれかとなるようにし、カバー表面にその旨の注意書を表示する。

14.1.2.3 タンククリーニングハッチカバーの材料

-1. 貨物油タンクに設けるタンククリーニングハッチカバーの材料は、次によらなければならない。

- (1) 黄銅、砲金及び鋼は使用できるが、アルミニウムは使用することはできない。
- (2) ガラス強化プラスチック及び他の合成材料は、14.1.2.2 の各要求を満足する場合に限り、使用することができる。

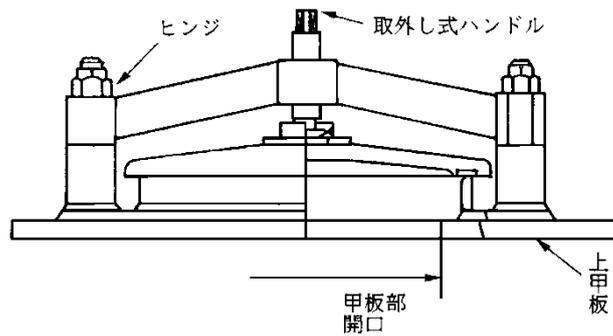
-2. 貨物油タンクに設けるタンククリーニングハッチカバーの締付け装置は、上甲板上 2.4 m の水頭に対して、ハッチカバーが十分な水密性を維持し得るものとする必要がある。なお、以下に示すいずれかの構造又はこれと同等の構造とする場合には 1 編 14.6.9.1-2. の規定により、1 編 14.6.9.1-1. に規定するハッチコーミングの高さを減じることができる。

- (1) 上甲板上にライナを当て、カバーをボルト締めとする場合には、そのボルト間のピッチを 150 mm 以下とする。ただし、いかなる場合にも、ボルトの数を 10 個未満とすることはできない。また、パタフライナット等簡単に人が手で開け得る構造とすることはできない。

ライナの材質は、上甲板の材質と同等のものとする。

- (2) アーム及びヒンジ付きのカバーを装備する場合には、コーミングを設け、かつ、簡単に人が手で開けられない構造とする必要がある。(図 14.1.2-1. 参照)

図 14.1.2-1. タンククリーニングハッチカバー



14.1.3 その他のハッチカバー

14.1.3.1

貨物油タンク以外の場所の倉口で、乾舷甲板、船首楼甲板並びに膨脹トランク頂部の暴露部に設けるものには、[1編 14.6](#)の規定による寸法の鋼製風雨密ハッチカバーを設けなければならない。

14.2 放水設備に対する特別規定

14.2.1 放水設備

14.2.1.1 一般

- 1. ブルワークを有する船舶は、乾舷甲板の暴露部の長さの半分以上にわたりガードレールを設けるか又は他の有効な放水設備を設けなければならない。シアストレキの上縁はできる限り低くしなければならない。
- 2. 前-1.の規定にかかわらず、乾舷甲板の暴露部の長さの半分以上にわたりガードレールを設ける代りに、ブルワークの全面積の33%以上の放水口をブルワークの下方に設けても差し支えない。
- 3. 船楼がトランクにより連絡される場合には、その部分の乾舷甲板の暴露部の全長にわたりガードレールを設けなければならない。
- 4. 暴露甲板上の貨物マニホールド及び貨物配管部に高さ 300 mm 以上のガッターが取付けられる場合、それらはブルワークとして扱い、[1編 14.9](#)の規定に従い放水口を設けなければならない。貨物の積付/荷揚げの作業に使用する放水口の閉鎖装置は、海上で目詰まりが生じることがないように備え付けなければならない。

2-8 編 液化ガスばら積船（独立球形タンクタイプ B 方式）

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

-1. 船級符号に“*Independent Spherical Tanks of Type B*”（略号 *IST Type B*）を付記して独立球形タンクタイプ B 方式の液化ガスばら積船として登録を受けようとする船舶の構造及び艙装については、**1 編**に加え、本 **2-8 編**の規定によらなければならない。

-2. 本 **2-8 編**の規定は、一般的に、二重底構造及び二重船側構造を有する一層甲板船であって、球形又はこれに類似する貨物タンクをタンクスカートにより支持し、上甲板上にタンクカバーを有する船舶について定めたものである。

-3. 前-2.に掲げるものと異なる構造の独立球形タンクタイプ B 方式の液化ガスばら積船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

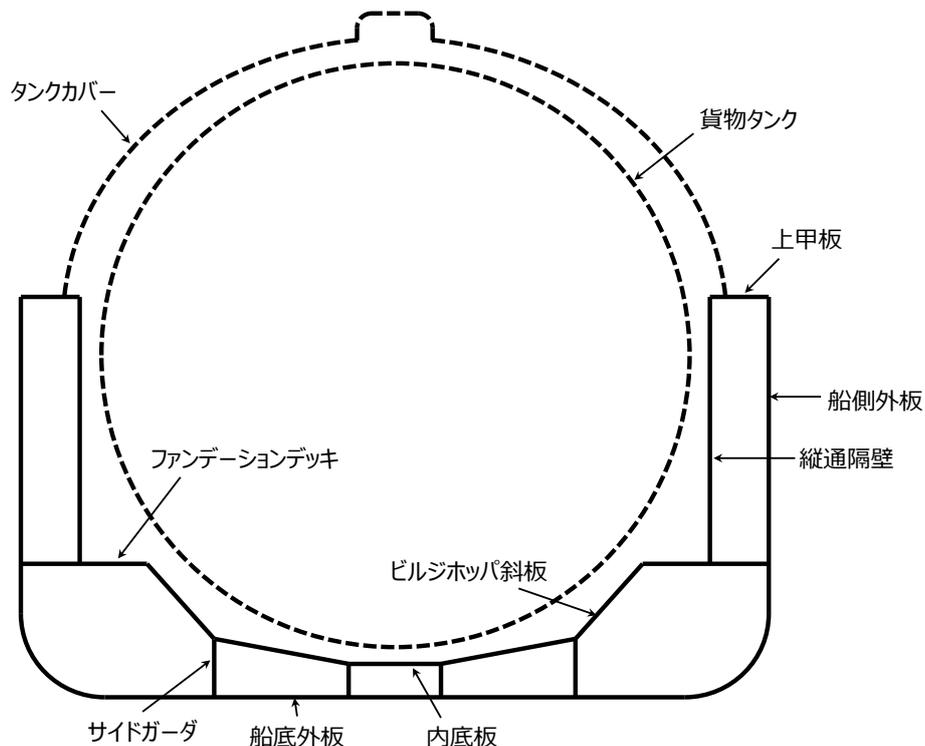
1.2 定義

1.2.1 部材名称

1.2.1.1 構造に関する用語

本 **2-8 編**において用いられている一般的な構造に関する用語を図 **1.2.1-1**に示す。

図 1.2.1-1. 液化ガスばら積船（独立球形タンクタイプ B 方式）



3章 構造設計の原則

3.1 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.1.1 ローディングマニュアル

3.1.1.1 ローディングマニュアルの追加要件

1編 3.8.2.1-3.の適用にあたって、オペレーション上の制限として、ローディングマニュアルに次の事項を記載しなければならない。

- (1) 8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する積付状態のうち、1つの貨物タンクが空になる状態(1貨物タンク空倉状態)で、空の貨物タンクに隣接するバラスタンを満載として強度評価を行う場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態のうち1貨物タンク空倉状態に相当する積付状態において当該バラスタンは常に満載とする旨記載する。
- (2) 8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する1貨物タンク空倉状態に相当する積付状態のうち、設計者が指定する各計画喫水のうち最大及び最小喫水の値。
- (3) 貨物タンク空倉状態を想定して設計する場合、計画される空の貨物タンクの位置及びその組み合わせ等。

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成及び概要

本章の各節には、本 **2-8 編** 及び **1 編** の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、**表 4.1.1-1** に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章 の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	1編 6章 に規定する局部強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	8章 及び 1編 8章 に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.4	疲労において考慮する荷重	9章 及び 1編 9章 に規定する疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1編 6章**に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本 **4.2** の規定にもよらなければならない。
- 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、**4.2.2** の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 面外荷重

1編 4.4.2 の適用にあたって、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。

4.3 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

- 8章**及び**1編 8章**に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重は、本 **4.3** の規定にもよらなければならない。
- 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、**4.3.2** の規定によらなければならない。
- 港内状態の荷重に関する追加要件は、**4.3.3** の規定によらなければならない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 積付状態

- ローディングマニュアルで制限されるものを除き、想定される全ての積付状態から、各評価対象構造に有意となる

積付状態を適切に考慮しなければならない。

-2. 考慮する積付状態は、次の(1)から(3)によらなければならない。ただし、ローディングマニュアルにおいて運航上の積付状態を制限する場合には、相当する積付状態について考慮しなくて差し支えない。

- (1) 中央部の貨物倉解析にあつては、表 4.3.2-1.による。
- (2) 最後端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.2-2.による。
- (3) 最前端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.2-3.による。

-3. 1 貨物タンク空倉状態における空の貨物タンクに隣接するバラストタンク (表 4.3.2-1., 表 4.3.2-2.及び表 4.3.2-3.の積付パターン S2 参照) は、半載又は空を想定する場合は空に、満載を想定する場合は満載にしなければならない。なお、満載にした場合はオペレーション上の制限条件として、1 貨物タンク空倉状態となる積付状態において当該バラストタンクは常に満載とする旨をローディングマニュアルに記載しなければならない。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態の積付状態 (中央部貨物倉)

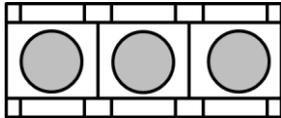
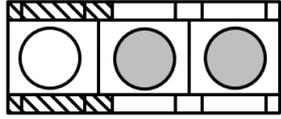
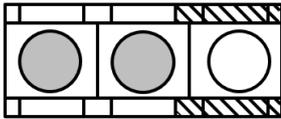
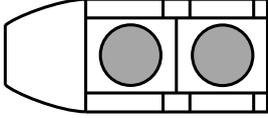
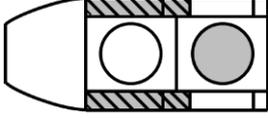
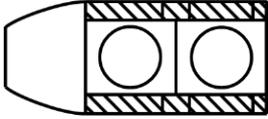
積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント $M_{SV}^{(2)}$	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S
多港積状態 ⁽¹⁾	S2		T_e	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S
	S3		T_e	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S
S4		T_e	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2	
			M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S	
バラスト状態	S5		T_{BAL2}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S
■ : 液体貨物 ▨ : バラスト水 ▩ : バラスト水 (4.3.2.1-3. 参照)					
(備考)					
T_e : 多港積状態における最大喫水 (m)					
T_{BAL2} : バラスト状態における最大喫水 (m)					
(1) X軸回りの環動半径 (m) は、0.38Bとする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。					
(2) 考慮する積付状態において、表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて、消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。					

表 4.3.2-2. 最大荷重状態の積付状態 (最後端貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント $M_{SV}^{(2)}$	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S
多港積状態 ⁽¹⁾	S2		T_e	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S
バラスト状態	S3		T_{BAL2}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S

■, ▨, ▩ : 表 4.3.2-1.による。

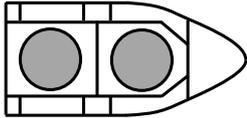
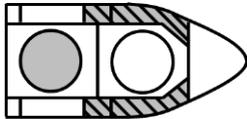
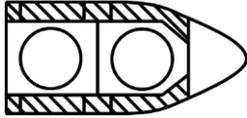
(備考)

T_e, T_{BAL2} : 表 4.3.2-1.参照

(1) X軸回りの環動半径 (m) は、0.38Bとする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。

(2) 考慮する積付状態において、表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて、消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。

表 4.3.2-3. 最大荷重状態の積付状態 (最前端貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント $M_{SV}^{(2)}$	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S
多港積状態 ⁽¹⁾	S2		T_e	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S
バラスト状態	S3		T_{BAL2}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S

■, ▨, ▩ : 表 4.3.2-1.による。

(備考)

T_e, T_{BAL2} : 表 4.3.2-1.参照

(1) X軸回りの環動半径 (m) は、0.38Bとする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。

(2) 考慮する積付状態において、表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて、消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。

4.3.2.2 ハルガーダ荷重

1編 4.6.2.10 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは、4.3.2.1 の規定に従わなければならない。

4.3.3 港内状態

4.3.3.1 積付状態

1編 4.6.3.1 の適用にあたって、次の(1)から(3)の規定によらなければならない。ただし、ローディングマニュアルにおいて港内時の積付状態を制限する場合には、相当する積付状態について考慮しなくて差し支えない。

- (1) 中央部貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-1.による。
- (2) 最後端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-2.による。
- (3) 最前端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-3.による。

表 4.3.3-1. 港内状態の積付状態 (中央部貨物倉)

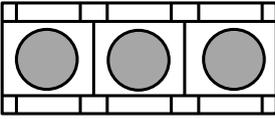
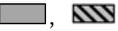
積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_e	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
 : 表 4.3.2-1.による。				

表 4.3.3-2. 港内状態の積付状態 (最後端貨物倉)

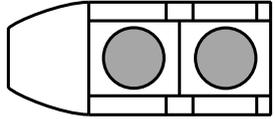
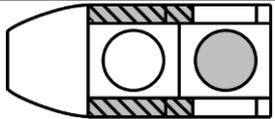
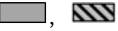
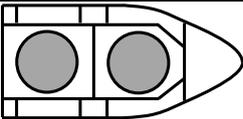
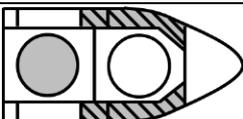
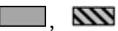
積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_e	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
 : 表 4.3.2-1.による。				

表 4.3.3-3. 港内状態の積付状態 (最前端貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_e	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
 : 表 4.3.2-1.による。				

4.3.3.2 ハルガーダ荷重

1編 4.6.3.5 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する港内時垂直曲げモーメントは、4.3.3.1 の規定に従わなければならない。

4.4 疲労において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

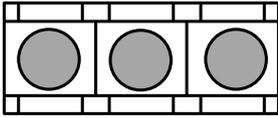
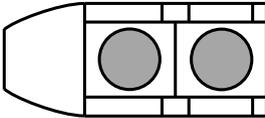
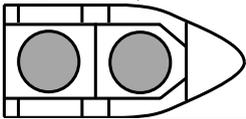
- 1. 9章及び1編9章に規定する疲労強度評価において考慮する荷重は、本4.4の規定にもよらなければならない。
- 2. 繰返し荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.4.2の規定によらなければならない。

4.4.2 繰返し荷重状態

4.4.2.1 積付状態

考慮する積付状態は、表4.4.2-1.によらなければならない。ただし、タンク配置の関係等で表4.4.2-1.に規定する積付パターンと異なる場合は、ローディングマニュアルに記載される積付状態に基づいたパターンを考慮して差し支えない。

表 4.4.2-1. 繰返し荷重状態の積付状態

積付状態	積付パターン	喫水	静水中垂直曲げモーメント	等価設計波
満載積付状態	<p>F41</p> <p>中央部貨物倉の場合；</p>  <p>最後端貨物倉の場合；</p>  <p>最前端貨物倉の場合；</p> 	ローディングマニュアルに記載される出港時の値	ローディングマニュアルに記載される出港時の値	HM / FM BR / BP
バラスト状態	<p>F42</p> <p>中央部貨物倉の場合；</p>  <p>最後端貨物倉の場合；</p>  <p>最前端貨物倉の場合；</p> 			

■, ▨ : 表 4.3.2-1.による。

4.4.2.2 ハルガーダ荷重

1編 4.7.2.10の適用にあたって、考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは、4.4.2.1の規定に従わなければならない。

5章 縦強度

5.1 縦曲げ最終強度

5.1.1 評価基準

5.1.1.1 二重底曲げ影響

1編 5.4.2.2 に規定する評価判定において、二重底曲げ影響を考慮する係数 γ_{DB} は、次とする。

$$\gamma_{DB} = 1.25$$

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 主要支持構造

7.1.1.1 主要支持構造に関わる部材

主要支持構造に関わる部材の寸法については、8章の規定に基づき有限要素解析により定めなければならない。

8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 概要

8.1.1.1 本章の構成及び概要

- 1. 本章は、液化ガスばら積船（独立球形タンクタイプ B 方式）における貨物倉解析による強度評価の手法について規定する。
- 2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の概要及び適用等に関する追加要件
8.2	評価範囲及び評価対象部材	評価範囲及び評価対象部材に関する追加要件
8.3	構造モデル	モデル化範囲、モデル化部材及びメッシュ分割等に関する追加要件
8.4	境界条件及び荷重条件	境界条件及び荷重条件に関する追加要件

8.1.2 適用

8.1.2.1 適用する船舶

1編 8.1.2.1-1.(2)に該当する貨物倉解析による強度評価が要求される船舶は、 L_c が 90 m 以上の船舶とする。

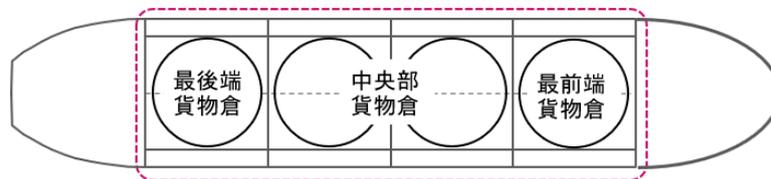
8.2 評価範囲及び評価対象部材

8.2.1 評価範囲

8.2.1.1 評価範囲及びターゲットホールド

- 1. 1編 8.2.1.1-2.(1)の適用にあたり、船体中央部の貨物倉とは図 8.2.1-1.の定義による。
- 2. 1編 8.2.1.1-2.(3)の適用にあたり、最前端貨物倉及び最後端貨物倉の貨物倉をターゲットホールドとしなければならない。(図 8.2.1-1.参照)

図 8.2.1-1. ターゲットホールド



8.2.2 評価対象部材

8.2.2.1 最大荷重状態、港内状態及び水圧試験状態に対する評価対象部材

- 1. 1編 8.2.2.1 の適用にあたり、評価対象構造及び部材は次によらなければならない。
 - (1) 二重底構造（船底外板、内底板、ビルジホoppa斜板、センターガーダ、サイドガーダ及びフロア）
 - (2) 二重船側構造（船側外板、縦通隔壁、サイドストリング及びサイドトランス）
 - (3) 甲板構造（クロスデッキ周辺構造を含む）
 - (4) 隔壁構造（横隔壁及び縦通隔壁）

- (5) ファンデーションデッキ
 (6) その他本会が必要と認める部材及び箇所
 -2. 貨物タンク構造の部材（貨物タンク、スカート及びタンクカバー等）は評価部材に含めないものとする。

8.3 構造モデル

8.3.1 一般

8.3.1.1 モデル化範囲

1編 8.3.1.1 を適用するにあたって、原則として、ターゲットホールドを中心に3つの連続した貨物倉を再現し、全高及び全幅をモデル化しなければならない。

8.3.1.2 要素の特性

材料の密度は、モデル化しない貨物ポンプや配管等の艤装品及び防熱材料等の重量を考慮して調整しなければならない。

8.3.2 メッシュ分割等

8.3.2.1 開口

原則として、ビルジトランスにある開口は、当該形状を再現するか、その位置及び大きさに相当する要素を取除くことにより開口をモデル化しなければならない。

8.4 境界条件及び荷重条件

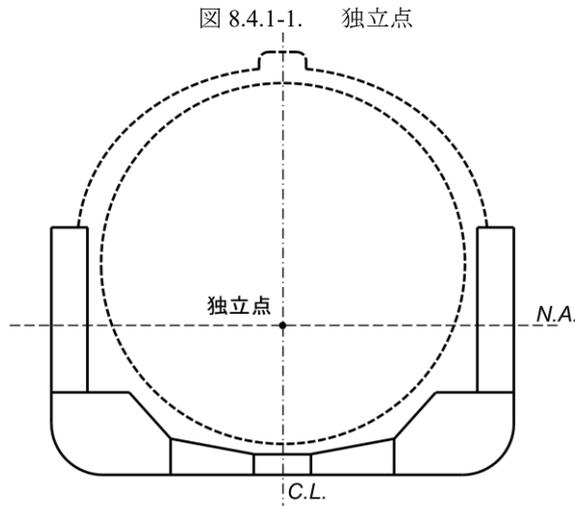
8.4.1 境界条件

8.4.1.1 船体中央部における境界条件

1編 8.5.1 を適用するにあたって、船体中央部における貨物倉をターゲットホールドとして強度評価を行う場合、モデル両端を剛体結合及び点拘束した境界条件としなければならない（表 8.4.1-1.参照）。

表 8.4.1-1. 船体中央部における貨物倉をターゲットホールドとして強度評価を行う場合の境界条件

位置及び節点		並進方向			回転方向		
		X方向	Y方向	Z方向	X軸周り	Y軸周り	Z軸周り
後端	独立節点	NA	拘束	拘束	拘束	$-M_{V-end}$	$-M_{H-end}$
	従属節点	剛体結合で拘束					
前端	独立節点	拘束	拘束	拘束	拘束	$+M_{V-end}$	$+M_{V-end}$
	従属節点	剛体結合で拘束					
(備考)							
(1) NA は拘束なし（自由）を意味する。							
(2) M_{V-end} , M_{H-end} : 垂直曲げ及び水平曲げ調整モーメントで, 8.4.2.2 による。							



8.4.1.2 最前端貨物倉及び最後端貨物倉における境界条件

1編 8.5.1 を適用するにあたって、最前端貨物倉をターゲットホールドとした場合はモデルの後端を、最後端貨物倉をターゲットホールドとした場合はモデルの前端を剛体結合及び面拘束した境界条件としなければならない（表 8.4.1-2.及び表 8.4.1-3.参照）。

表 8.4.1-2. 最前端貨物倉をターゲットホールドとして強度評価を行う場合の境界条件

位置及び節点		並進方向			回転方向		
		X方向	Y方向	Z方向	X軸周り	Y軸周り	Z軸周り
後端	独立節点	拘束	拘束	拘束	拘束	拘束	拘束
	従属節点	剛体結合で拘束					
前端		NA					
(備考)							
NA は拘束なし（自由）を意味する。							

表 8.4.1-3. 最後端貨物倉をターゲットホールドとして強度評価を行う場合の境界条件

		並進			回転		
		X方向	Y方向	Z方向	X軸周り	Y軸周り	Z軸周り
後端		NA					
前端	独立節点	拘束	拘束	拘束	拘束	拘束	拘束
	従属節点	剛体結合で拘束					
(備考)							
NA は拘束なし（自由）を意味する。							

8.4.1.3 その他

ターゲットホールド及び隣接する貨物倉の船長方向長さが長い又は短いこと等によりハルガダ荷重を適切に再現することが困難で、ターゲットホールド内の構造応答が適切に得られない評価部材がある場合、8.4.1.1 及び 8.4.1.2 の規定と異なる境界条件を用いてその当該部材を評価して差し支えない。

8.4.2 荷重条件

8.4.2.1 考慮する荷重

1編 8.5.2 の適用にあたって、4.3 に規定する追加要件も踏まえた荷重を考慮しなければならない。

8.4.2.2 構造モデルへのモーメント付与方法

-1. 1編 8.5.2 の適用にあたって、8.4.1.1 に規定する境界条件及び解析ケースごとのモーメントの値を踏まえ、ターゲットホールドに生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントは、次の(1)から(3)の規定に従い調整しなければならない。M_{V-end}

(1) ターゲットホールド内においてローカル荷重により生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントの最大値

及び最小値を次の算式により算出する。なお、ここで、ローカル荷重とは、外圧、内圧及び船殻重量等による荷重を指す。

$$M_{V-Max} = \max(M_{V-FEM}(x) | x_{th-a} \leq x \leq x_{th-f})$$

$$M_{V-Min} = \min(M_{V-FEM}(x) | x_{th-a} \leq x \leq x_{th-f})$$

$$M_{H-Max} = \max(M_{H-FEM}(x) | x_{th-a} \leq x \leq x_{th-f})$$

$$M_{H-Min} = \min(M_{H-FEM}(x) | x_{th-a} \leq x \leq x_{th-f})$$

ここで、

x_{th-a} , x_{th-f} : ターゲットホールドの後端及び前端的の X 座標 (m)

$M_{V-FEM}(x)$, $M_{H-FEM}(x)$: 任意の位置 x におけるローカル荷重による垂直及び水平曲げモーメント (kN-m) で、次の算式による。

$$M_{V-FEM}(x) = -(x - x_{aft})R_{V-aft} - \sum_{x_i < x} (x - x_i)f_{vi}$$

$$M_{H-FEM}(x) = (x - x_{aft})R_{H-aft} + \sum_{x_i < x} (x - x_i)f_{hi}$$

x : 位置 x の X 座標 (m)

x_{aft} , x_{fore} : 構造モデルの後端及び前端的の X 座標 (m)

R_{V-fore} , R_{V-aft} , R_{H-fore} , R_{H-aft} : 構造モデルの前後端の支持点における垂直及び水平方向の反力 (kN) で、次の算式による。

$$R_{V-fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})f_{vi}}{x_{fore} - x_{aft}}$$

$$R_{V-aft} = -\sum_i f_{vi} - R_{V-fore}$$

$$R_{H-fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})f_{hi}}{x_{fore} - x_{aft}}$$

$$R_{H-aft} = -\sum_i f_{hi} - R_{H-fore}$$

f_{vi} , f_{hi} : 船長方向位置 x_i におけるローカル荷重の垂直方向成分及び水平方向成分 (kN)

x_i : 船長方向位置 x_i の X 座標 (m)

(2) 垂直曲げ調整モーメント及び水平曲げ調整モーメント M_{V-end} 及び M_{H-end} (kN-m) は、次の算式による。

$$M_{V-targ} \geq 0 \text{ の場合, } M_{V-end} = M_{V-targ} - M_{V-max}$$

$$M_{V-targ} < 0 \text{ の場合, } M_{V-end} = M_{V-targ} - M_{V-min}$$

$$M_{H-targ} \geq 0 \text{ の場合, } M_{H-end} = M_{H-targ} - M_{H-max}$$

$$M_{H-targ} < 0 \text{ の場合, } M_{H-end} = M_{H-targ} - M_{H-min}$$

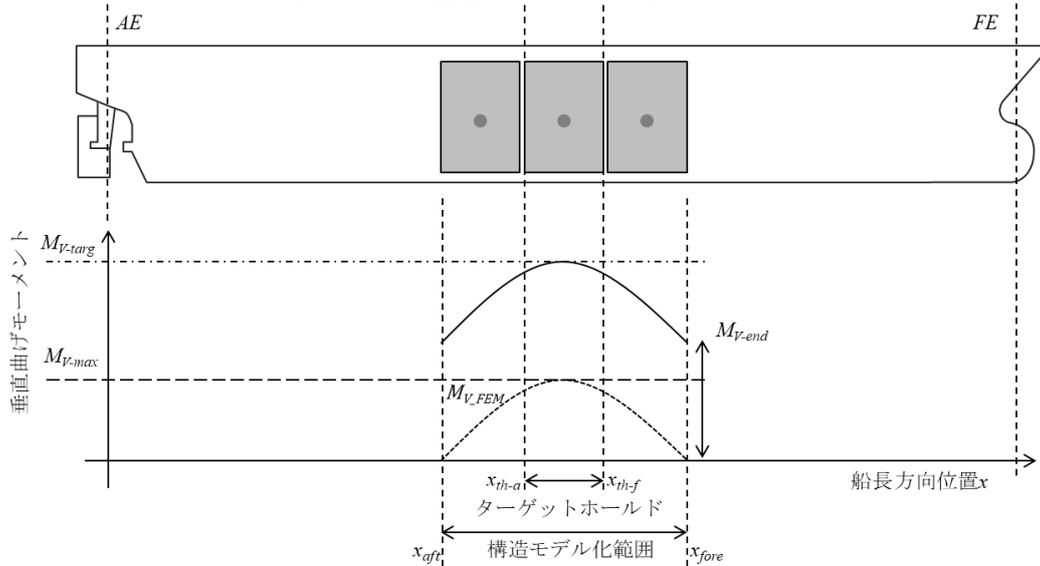
M_{V-targ} , M_{H-targ} : 表 8.4.2-1 に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント (kN-m) で、ターゲットホールド内における最大値又は最小値

(3) 前(2)により求めた調整モーメント M_{V-end} 及び M_{H-end} をモデル前後端の独立節点に負荷する。

表 8.4.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	最大荷重状態	港内状態	水圧試験状態	浸水状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}	$M_{PT,max}$ 又は $M_{PT,min}$	0	$M_{FD,max}$ 又は $M_{FD,min}$
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}	0	0	0
(備考)				
M_{V-HG} , M_{H-HG} : 最大荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント (kN-m)				
$M_{PT,max}$, $M_{PT,min}$: 港内時垂直曲げモーメント (kN-m)				
$M_{FD,max}$, $M_{FD,min}$: 浸水時垂直曲げモーメント (kN-m)				

図 8.4.2-1. 垂直曲げモーメント調整の一例



-2. 最前端貨物倉及び最後端貨物倉をターゲットホールドとした場合、ターゲットホールドの船長方向中央位置において垂直及び水平曲げモーメントが表 8.4.2-1.に規定する値（勾配含む）と同じになるように、境界条件を与えた端部とは反対側の端部の近傍に調整荷重を付与する。その際、基線から強力甲板まで横桁が設けられた横断面に同荷重を付与することを標準とする。 M_{V-end}

-3. ターゲットホールドの船長方向長さが大きい、又は、当該ホールドに生じるローカル荷重によるモーメント分布形状と考慮するモーメント分布形状が大きく異なる等の理由から、前-1.を適用することでターゲットホールド内に考慮すべきモーメントを超える横断面が生じる場合、別途本会が適当と認める手法に従い、超過分のモーメントにより生じる応力を差し引くことができる。また、同様の理由等により、1編 4.3.2 に規定する垂直せん断力を超過するせん断力がターゲットホールド内に生じる場合、超過分のせん断力による影響は考慮する必要はない。 M_{V-end}

9章 疲労

9.1 一般

9.1.1 疲労要件の適用

9.1.1.1 適用

船の長さ L_C が90 m以上の船舶船舶は、1編 9.3の簡易応力解析及び1編 9.4の有限要素解析により得られるホットスポット応力に基づき疲労強度評価を行わなければならない。

9.2 評価すべき構造詳細

9.2.1 有限要素解析で評価すべき構造詳細

9.2.1.1

- 1. 1編 9.4に従って有限要素解析により疲労強度評価すべき重要な構造詳細は、表 9.2.1-1.及び表 9.2.1-2.による。
- 2. 前-1.にかかわらず、十分な疲労強度を有することを示す資料を本会に提出し、適当と認められた場合は、当該構造の疲労強度評価を省略することができる。

表 9.2.1-1. 船体構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	船体構造の重要な構造詳細
1	ビルジホップナックル部とガーダ、フロアとの交差部 (船体中心線側及び二重船側縦通隔壁側)
2	二重船側縦通隔壁とファンデーションデッキとの交差部
3	タンクスカートとファンデーションデッキとの交差部
4	タンクカバーとアッパーデッキとの交差部 (船体中心線上の位置から最も船側側の位置まで)
5	内底板と横隔壁との交差部 (船体中心線上)
6	Slant LBHD とファンデーションデッキとの交差部
7	ボイドスペース内横隔壁のナックル部と各甲板の交差部
8	甲板下通路内トランスウェブ下端部
9	二重船側縦通隔壁のナックル部と取合う部材との交差部 (前後端貨物倉)

表 9.2.1-2. 連続タンクカバー特有の評価対象構造詳細

No	連続タンクカバー特有の重要な構造詳細
10	タンクカバーの平行部とタンクカバーの傾斜部との交差部
11	タンクカバーの平行部と横隔壁との交差部
12	タンクカバーのブラケットと居住区との交差部
13	タンクカバーのブラケットと上甲板との交差部
14	タンクカバーにおけるマニフォールド開口部
15	タンクカバーの平行部と Compressor Motor Room との交差部
16	パイプドームの開口部

9.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.1 一般

9.3.1.1

- 1. 標準的な積付状態及び時間比率は、表 9.3.1-1.による。
- 2. 前-1.にかかわらず、表 9.3.1-1.以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.1-1. 標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (均等積)	50 %
バラスト状態	50 %

9.4 境界条件及び荷重条件

9.4.1 境界条件

9.4.1.1

1 編 9.4.4.1 の適用上、境界条件は、8.4.1 による。

9.4.2 荷重条件

9.4.2.1 構造モデルへのモーメント付与方法

1 編 9.4.4.2 の適用上、構造モデルへのモーメント付与方法は、8.4.2.2 による。ただし、 M_{V-targ} 、 M_{H-targ} として、表 8.4.2-1.に代えて表 9.4.2-1.に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) を用いる。

表 9.4.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	繰返し荷重状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}
(備考) M_{V-HG} , M_{H-HG} : 繰返し荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) で, 1編 4.7.2.10 による。	

2-9 編 液化ガスばら積船（独立方形タンクタイプ A/B 方式）

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

-1. 船級符号に“*Independent Prismatic Tanks of Type A*”（略号 *IPT Type A*）又は“*Independent Prismatic Tanks of Type B*”（略号 *IPT Type B*）を付記して独立方形タンクタイプ A 方式及びタイプ B 方式の液化ガスばら積船として登録を受けようとする船舶の構造及び艤装については、**1 編**の関連規定に加え、本 **2-9 編**の規定によらなければならない。

-2. 本 **2-9 編**の規定は、次の**(1)**及び**(2)**の船舶について定めたものである。

(1) LPG 運搬船

一般的に、二重底構造、ビルジホッパタンク及びトップサイドタンクを有する単船側構造の船舶であって、貨物ホールド内で独立型方形タンクを上下、左右及び前後方向支持台により支持しているもの

(2) LNG 運搬船

一般的に、二重底構造、ビルジホッパタンクを有する二重船側構造の船舶であって、貨物ホールド内で独立方形タンクを上下、左右及び前後方向支持台により支持しているもの

-3. 前-2.に掲げるものと異なる構造の独立方形タンク方式の液化ガスばら積船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

1.1.1.2 他の本会規則との関係*

1 編 1.2.2.5の適用にあたり、**N 編**の関連規定を**表 1.1.1-1.**に参考として示す。

表 1.1.1-1. 他の本会規則との関係

タンクタイプ 及び対象構造	項目	C編以外の参照規則等
タイプ A, B (船体構造)	鋼材の使用区分	N編 4.19.1, N編 6章
タイプ B (貨物タンク構造)	局部強度評価 ⁽¹⁾	N編 4.21.3
	座屈強度評価	N編 4.22.3-2.
	タンク構成要素の疲労強度評価	N編 4.22.4
	タンク構成要素のき裂進展評価	N編 4.22.4
	支持台(貨物タンク側)の主要部材の疲労強度評価	N編 4.22.4
	スモールリークプロテクションシステムの設計(貨物リーク量, 二次防壁蒸発容量評価等)	N編 4.4.3
	振動解析	N編 4.13.5
タイプ A, B (貨物タンク構造)	スロッシングに対する評価(許容積載液位に対して)	N編 4.14.3
	熱応力解析(過渡状態については, -55°Cより低い貨物を積載する場合のみ)	N編 4.13.4
(備考)		
(1) タンクタイプ A の局部強度評価は, 本編 6章による。		

1.2 定義

1.2.1 用語

1.2.1.1 用語の定義

- 1. 独立型タンクタイプ A とは, 主として, 規範的な船体構造強度評価と等価な評価で設計されるタンクのことをいう。
- 2. 独立型タンクタイプ B とは, 応力レベル, 疲労寿命及びき裂進展特性を求めるために, モデルテスト, 精密な解析手段及び解析法を用いて設計されるタンクのことをいう。
- 3. ギャップ効果とは, 貨物タンク据付け時に想定する許容工作誤差による支持台の反力増分のことをいう。

1.2.2 部材名称

1.2.2.1 構造に関する用語

- 1. 本 2-9 編において用いられている一般的な構造に関する用語を図 1.2.2-1.に示す。
- 2. 本 2-9 編において支持台とは, 上下方向支持台(ボトムサポート), 左右方向支持台(アンチローリングチョック), 前後方向支持台(アンチピッチングチョック)及び浮き上がり防止用装置(アンチフローテーションチョック)のことをいい, 代表的な構造の例を図 1.2.2-2.に示す。
- 3. 本 2-9 編において支持構造とは, 各種支持台, 隣接する船体構造及び貨物タンク構造, 貨物タンクと各種支持台の接触面に挿入されるベアリングブロック並びにコーミング/ダムプレート等の構造のことをいい, 代表的な構造の例を図 1.2.2-3.に示す。

図 1.2.2-1. 液化ガスばら積船 (独立方形タンク方式)
(独立方形タンクを有する LPG 船の船体中央部の例)

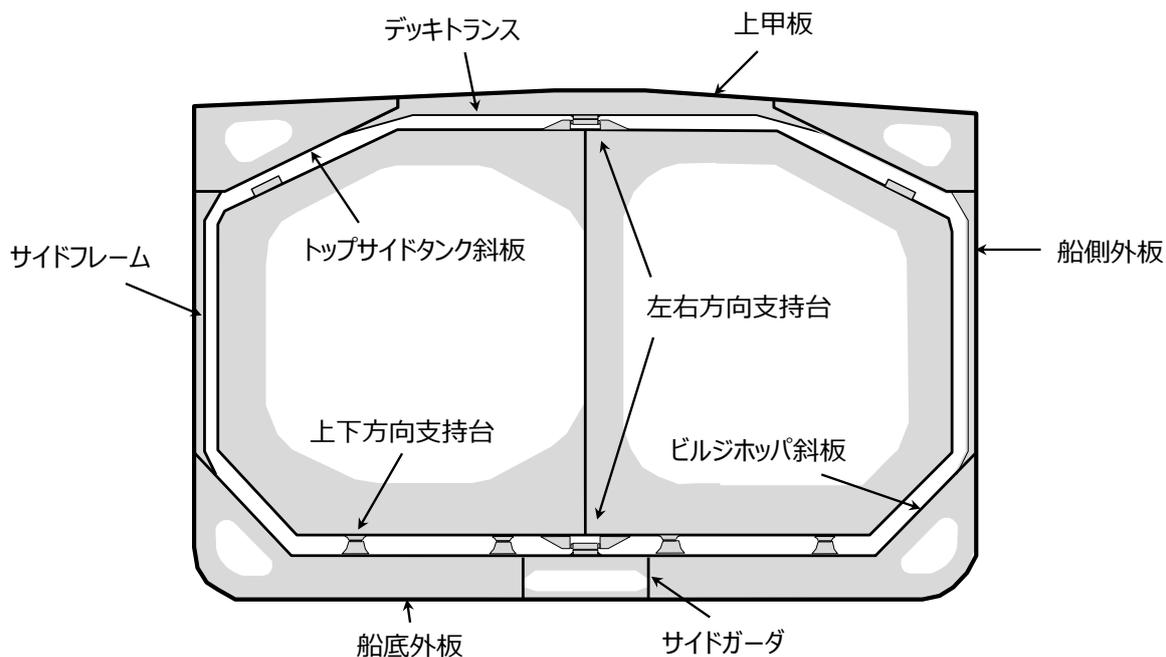
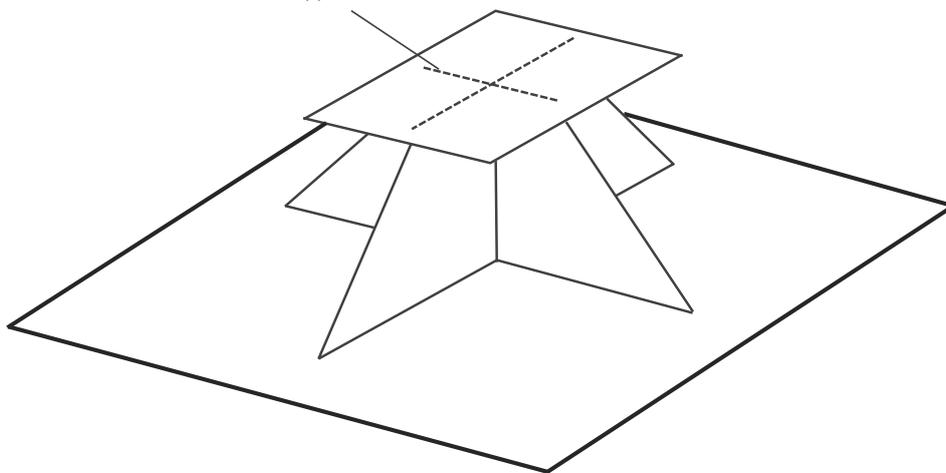
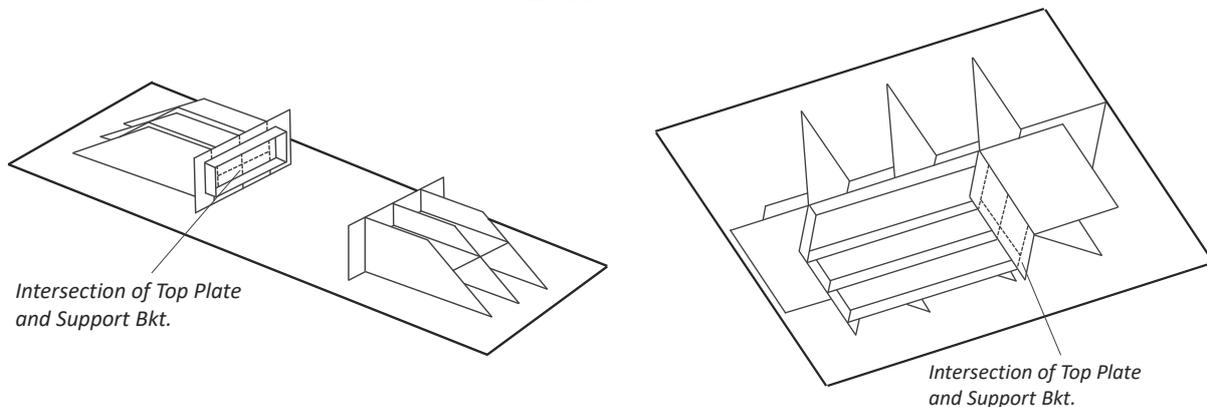


図 1.2.2-2. 各種支持台 (上下支持台, 左右支持台, 前後支持台の例)

Intersection of Top Plate and Support Bkt.

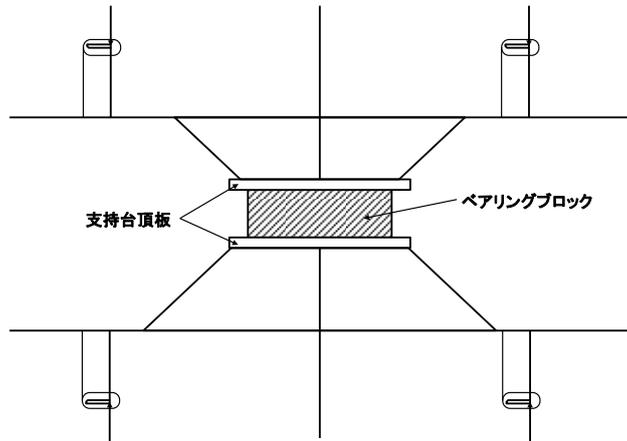


上下支持台の一例

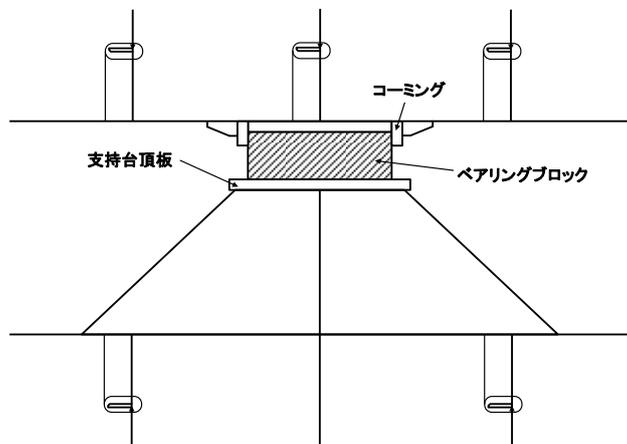


左右支持台 (アンチローリングチョック) 及び前後支持台 (アンチピッチングチョック) の一例

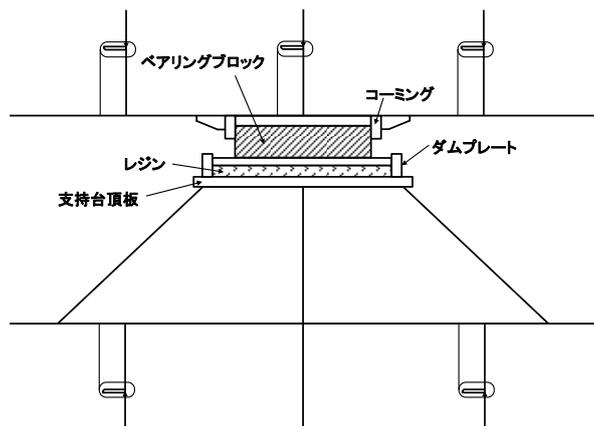
図 1.2.2-3. 支持構造のベアリングブロック，コーミング/ダムプレート，支持台頂板
(上下支持台の例)



構造例 1



構造例 2



構造例 3

1.3 提出図面及びその他書類

1.3.1 一般

1.3.1.1

8章及び9章の適用にあたり、次の資料を本会に提出しなければならない。

- (1) 計画積付状態一覧及びトリム計算書（積付に関する制限事項を含む）
- (2) 次の項目を記した資料（8章に対して）
 - (a) 直接荷重解析に使用したプログラム（同解析を実施した場合）
 - (b) 直接荷重解析の条件及び結果（同解析を行う場合）
 - (c) 解析用積付状態（喫水、静水中垂直曲げモーメント等のパラメータを含む）
 - (d) 各タンクの重心位置
 - (e) 支持構造のモデリング要領及び接触の考慮方法
 - (f) 配管、ポンプ、防熱材等の主要艙装品の重量を考慮した貨物タンクのモデリング要領（比重の調整等）
 - (g) 解析用摩擦係数（本章の標準値と異なる場合は算出根拠を含む）
 - (h) 貨物倉解析による強度評価で行う有限要素解析における支持台の反力及び摩擦力の纏め
 - (i) 局部構造の解析による強度評価において解析対象となる支持台の選定要領
 - (j) 設計上考慮される工作許容誤差（貨物タンクと支持構造のギャップ管理値と設計におけるギャップ効果の考慮要領及び座屈強度評価において考慮する工作許容誤差。後者はタンクタイプ B が対象となる。）及び貨物タンク据付け時の工作管理の関する書類
 - (k) 局部構造の解析による強度評価における支持台の反力及び摩擦力のまとめ（ギャップ効果を考慮した設計反力を求める際、工作許容誤差を考慮した検討を行い、反力増分を導出した場合、同検討に関する資料を含む）
- (3) 次の項目を記した資料（9章に対して）
 - (a) 前(2)(a)から(g)に記載する事項
 - (b) 疲労強度評価対象箇所の選定要領
 - (c) 疲労強度評価の対象とする支持台の反力及び摩擦力のまとめ

3章 構造設計の原則

3.1 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.1.1 ローディングマニュアル

3.1.1.1 ローディングマニュアルの追加要件

1編 3.8.2.1-3.の適用にあたって、オペレーション上の制限として、ローディングマニュアルに次の事項を記載しなければならない。

- (1) 8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する積付状態のうち1つの貨物タンクが空になる状態(1貨物タンク空倉状態)で、空の貨物タンクに隣接するバラスタンを満載として強度評価を行う場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態のうち1貨物タンク空倉状態に相当する積付状態において当該バラスタンは常に満載とする旨
- (2) 8章に規定する貨物倉解析による強度評価において用いる1貨物タンク空倉状態に相当する積付状態のうち、設計者が指定する各計画喫水のうち最大及び最小喫水の値
- (3) 貨物タンクが空になる状態を想定して設計する際、計画される空の貨物タンクの位置及びその組み合わせ等
- (4) 港内状態において貨物タンクに両舷非対称となる積付けを許容しない場合は、その旨を記載。

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成及び概要

本章の各節には、本 **2-9 編** 及び **1 編** の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、**表 4.1.1-1** に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章 の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	6章 及び 1編6章 に規定する局部強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	8章 及び 1編8章 に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.4	疲労において考慮する荷重	9章 及び 1編9章 に規定する疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件
附属書 4.3	運航上積付状態と解析用積付状態の関係	貨物倉解析による強度評価において考慮する積付状態とローディングマニュアルに記載される積付状態の関係についての指針

4.1.2 設計荷重シナリオ及び荷重

4.1.2.1

1 編 4.1.2.1 の規定に加えて、本章の規定に従い、次の**(1)**から**(3)**に示す設計荷重シナリオ及び荷重を考慮しなければならない。

- (1) 30度静的横傾斜状態： 船体が30度横傾斜した状態において、海水及び積載物により生じる面外荷重（関連規定：**N 編 4.13.9**）
- (2) 衝突状態： 船舶が衝突した状態において、海水及び積載物により生じ得る面外荷重（関連規定：**N 編 4.15.1**）
- (3) 浸水状態（IGC）： 貨物タンクが空のときに貨物倉に夏季満載喫水線まで浸水した状態において、タンクの浮力により浮き上がり防止装置及びその支持構造に生じる荷重（関連規定：**N 編 4.15.2**）

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1. **6章**及び**1編6章**に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本**4.2**の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、**4.2.2**の規定によらなければならない。
- 3. タンクタイプ **A** 方式の貨物タンクにおける荷重は、**4.2.3**の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 面外荷重

-1. 1編 4.4.2 の適用にあたって、貨物による変動圧力を算出する際必要なパラメータについては、考慮する貨物倉に貨物が積載されている積付状態のうち、最小喫水となる積付状態（1 貨物タンク積載状態等）における値を用いなければならない。なお、 X 軸回りの環動半径（ m ）は $0.38B$ とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。

-2. 1編 4.4.2 の適用にあたって、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ（ GM 、 z_G 等）は、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。

4.2.3 タンクタイプ A 方式において考慮する荷重

4.2.3.1 タンク囲壁に対して考慮する荷重

タンク囲壁に対して考慮する荷重 P_{in} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、 P_2 については、N編 4.13.2-3.の規定による P_h が設定されている場合のみ考慮する。

$$P_{in} = \max(P_1, P_2, P_3)$$

$$P_1 = P_{ls} + P_{ld}$$

$$P_2 = P_{ls,2}/0.95$$

$$P_3 = P_{heel}$$

P_{ls} : 静的圧力及び設計蒸気圧 (kN/m^2) で、1編 4.4.2.4 の規定による。

P_{ld} : 変動圧力 (kN/m^2) で、1編 4.4.2.4 の規定による。

$P_{ls,2}$: 静的圧力及び港内状態における設計蒸気圧 (kN/m^2)。1編 4.4.2.4 に規定する P_{ls} において、設計蒸気圧を N編 4.13.2-3.に規定する P_h に差し替えた値

P_{heel} : 30 度静的横傾斜状態における最大静圧 (kN/m^2)

4.2.3.2 火災による圧力の上昇を考慮した荷重

火災による圧力の上昇を考慮した荷重 P_f (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、 P_{f2} については、N編 4.13.2-3.の規定による P_h が設定されている場合のみ考慮する。

$$P_f = \max(P_{f1}, P_{f2})$$

$$P_{f1} = P_{ls,f1} + P_{ld}$$

$$P_{f2} = P_{ls,f2}/0.95$$

$P_{ls,f1}$: 静的圧力及び設計蒸気圧 (kN/m^2) で、1編 4.4.2.4 に規定する P_{ls} において、設計蒸気圧 P_0 を 1.2 倍した値

P_{ld} : 変動圧力 (kN/m^2) で、1編 4.4.2.4 の規定による。

$P_{ls,f2}$: 静的圧力及び港内状態における設計蒸気圧 (kN/m^2) で、1編 4.4.2.4 に規定する P_{ls} において、設計蒸気圧を N編 4.13.2-3.に規定する P_h の 1.2 倍の値に置き替えたもの。

4.2.3.3 中心線隔壁に対して考慮する荷重

中心線隔壁に対して考慮する荷重 P_{CL} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。

$$P_{CL} = \max(P_{CL1}, P_{CL2}, P_{CL3})$$

$$P_{CL1} = P_{ld}$$

$$P_{CL2} = P_{heel}$$

$$P_{CL3} = P_{ope}$$

P_{ld} : 変動圧力 (kN/m^2) で、1編 4.4.2.4 の規定による。

P_{heel} : 30 度静的横傾斜状態におけるタンク両舷の最大液位差により生じる静圧 (kN/m^2)

P_{ope} : オペレーション上の制限に対応したタンク内圧 (kN/m^2) で、次による。なお、オペレーションを制限する場合は、その旨ローディングマニュアルに記載すること。

港内状態において貨物タンクの両舷非対称積みを許容しない場合、 $P_{ope} = 0.4P_{CL1}$

港内状態において貨物タンクの両舷非対称積みを許容する場合、 $P_{ope} = P_{ls}/0.95$

最大荷重状態において貨物タンクの両舷非対称積みを許容する場合、 $P_{ope} = P_{ls} + P_{ld}$

4.3 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

- 1. 8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重は、本4.3の規定によらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2の規定によらなければならない。
- 3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.3.3の規定によらなければならない。
- 4. 30度静的横傾斜状態の荷重は、4.3.4の規定によらなければならない。
- 5. 衝突状態の荷重は、4.3.5の規定によらなければならない。
- 6. 浸水状態 (IGC) の荷重は、4.3.6の規定によらなければならない。

4.3.2 最大荷重状態

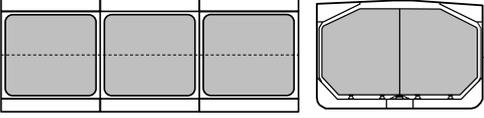
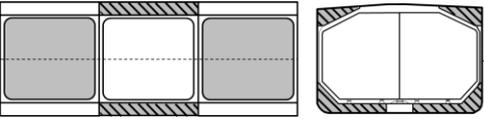
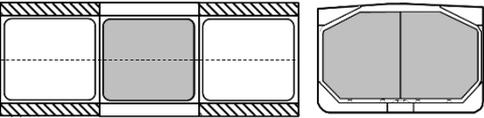
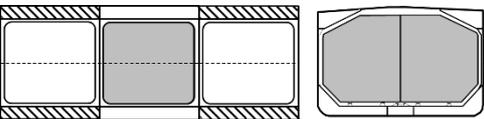
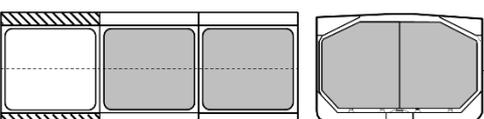
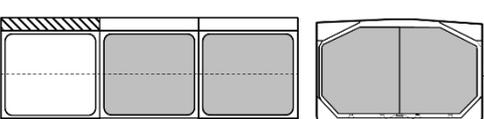
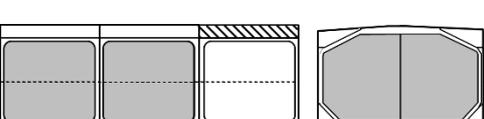
4.3.2.1 一般

- 1. タンクタイプ B の貨物タンク構造及び支持構造の強度評価にあつては、本4.3.2に規定する波浪荷重の代わりに、直接荷重解析に基づく荷重を考慮しなければならない。船体構造の強度評価にあつては、本4.3.2に規定する波浪荷重を用いることができるが、貨物タンク構造の評価と同じ構造モデルを用いることから、直接荷重解析に基づく荷重を考慮することを推奨する。
- 2. 前-1.にあつて、「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」を適用すること。

4.3.2.2 積付状態

- 1. ローディングマニュアルで制限されるものを除き、想定される全ての積付状態から、各評価対象構造に有意となる積付状態を適切に考慮しなければならない。
- 2. 考慮する積付状態は、次の(1)から(3)によらなければならない(附属書4.3も参照)。ただし、ローディングマニュアルにおいて運航上の積付状態を制限する場合には、相当する積付状態について考慮しなくて差し支えない。
 - (1) 中央部貨物倉の貨物倉解析にあつては、表4.3.2-1.による。
 - (2) 最後端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表4.3.2-2.による。
 - (3) 最前端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表4.3.2-3.による。
- 3. 1貨物タンク空倉状態における空の貨物タンクに隣接するバラストタンク(表4.3.2-1., 表4.3.2-2.及び表4.3.2-3.の積付パターン S2 参照)は、半載又は空を想定する場合は空に、満載を想定する場合は満載にしなければならない。なお、満載にした場合はオペレーション上の制限条件として、1貨物タンク空倉状態となる積付状態において当該バラストタンクは常に満載とする旨を、ローディングマニュアルに記載しなければならない。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態 (中央部貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直 曲げモーメント $M_{SV}^{(2)}$	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1
多港積荷・揚荷状態 ⁽¹⁾	S2		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S PCL-1
	S3		T_{2e_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1
	S4		T_{2e_min}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1
	S5		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1
	S6		T_{1e_min}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1
S7		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2	
			M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1	

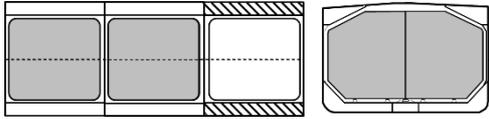
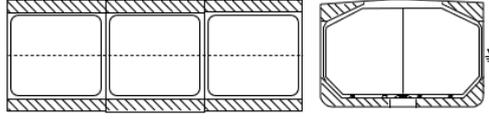
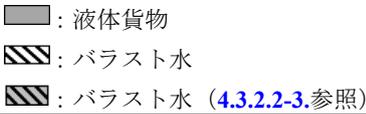
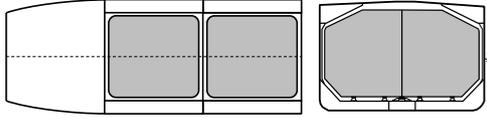
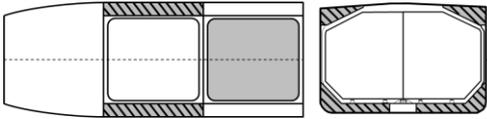
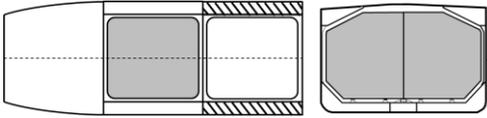
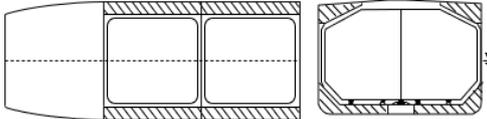
積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント $M_{SV}^{(2)}$	等価設計波
	S8		T_{1e_min}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1
バラスト状態	S9		T_{BAL_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S PCL-1
<p>  (備考) T_{1e_max} : 1 貨物タンク空倉状態の基となる複数の多港積状態における計画最大喫水 (m) で、設計者が指定する値。なお、この値はオペレーション上の制限条件としてローディングマニュアルに記載すること。 T_{1e_min} : 1 貨物タンク空倉状態の基となる複数の多港積状態における計画最小喫水 (m) で、設計者が指定する値。なお、この値はオペレーション上の制限条件としてローディングマニュアルに記載すること。 T_{2e_max} : 2 貨物タンク空倉状態の基となる複数の多港積状態における計画最大喫水 (m) で、設計者が指定する値 T_{2e_min} : 2 貨物タンク空倉状態の基となる複数の多港積状態における計画最小喫水 (m) で、設計者が指定する値 T_{BAL_max} : バラスト状態における最大喫水 (m) </p>					
<p>(3) X 軸回りの環動半径 (m) は、0.38Bとする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。</p> <p>(4) 考慮する積付状態において、表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて、消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。</p>					

表 4.3.2-2. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態 (最後端貨物倉解析)

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント $M_{SV}^{(2)}$	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S PCL-1
多港積荷・揚荷状態 ⁽¹⁾	S2		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S PCL-1
	S4		T_{1e_min}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S PCL-1
バラスト状態	S9		T_{BAL_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S PCL-1

 : 表 4.3.2-1.による。

(備考)
 T_{1e_max} , T_{1e_min} , T_{BAL_max} : 表 4.3.2-1.参照

(1) X 軸回りの環動半径 (m) は, 0.38B とする。ただし, 考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。

(2) 考慮する積付状態において, 表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて, 消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。

表 4.3.2-3. 最大荷重状態で考慮すべき積付状態（最前端貨物倉解析）

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント $M_{SV}^{(2)}$	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1
多港積荷・揚荷状態 ⁽¹⁾	S2		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S PCL-1
	S4		T_{1e_min}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S AV-1P / -1S PCL-1
バラスト状態	S9		T_{BAL_max}	M_{SV_max}	HM-2 / FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1 / FM-1 BR-1P / -1S BP-1P / -1S PCL-1

■, ▨, ▩: 表 4.3.2-1.による。

(備考)
 T_{1e_max} , T_{1e_min} , T_{BAL_max} : 表 4.3.2-1.参照

(1) X 軸回りの環動半径 (m) は, 0.38Bとする。ただし, 考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。

(2) 考慮する積付状態において, 表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて, 消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。

4.3.2.3 波条件

表 4.3.2-4.に規定する等価設計波に基づく荷重を追加で考慮しなければならない。

表 4.3.2-4. 等価設計波の概念

等価設計波		波向き	代表的な特徴	
AV ⁽¹⁾	AV-1P	斜波	左舷が波上側 up	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最大
	AV-2P	斜波	左舷が波上側 down	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最小
	AV-1S	斜波	右舷が波上側 up	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最大
	AV-2S	斜波	右舷が波上側 down	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最小
PCL	PCL-1	向波	サギング状態	船底の船体中心線における波浪変動圧が最小
	PCL-2	向波	ホギング状態	船底の船体中心線における波浪変動圧が最大

(1) 評価する貨物倉の重心位置が $0.6 < x/L_C$ となる場合に適用する。

4.3.2.4 海水による外圧

1編 4.6.2.4 を適用するにあたって、次の(1)から(2)に規定する波浪変動圧 P_{exw} を追加で考慮しなければならない。

- (1) 等価設計波 AV に対する波浪変動圧は表 4.3.2-5.及び図 4.3.2-1.による。
- (2) 等価設計波 PCL に対する波浪変動圧は表 4.3.2-6.及び図 4.3.2-2.による。

表 4.3.2-5. 等価設計波 AV における波浪変動圧 P_{exw}

	波浪変動圧 P_{exw} (kN/m ²)		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq T_{LC} + h_w$	$z > T_{LC} + h_w$
AV-1P	$P_{exw} = \max(P_{AV}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_{WL} - \rho g(z - T_{LC})$	0
AV-2P	$P_{exw} = \max(-P_{AV}, \rho g(z - T_{LC}))$		
AV-1S	$P_{exw} = \max(P_{AV}, \rho g(z - T_{LC}))$		
AV-2S	$P_{exw} = \max(-P_{AV}, \rho g(z - T_{LC}))$		
(備考)			
P_{AV} : 次の算式による。			
$P_{AV} = 0.5 C_{RAV} C_{NLAV} C_M C_{AV1} H_{S,AV} (P_{AV1} + P_{AV2} + P_{AV3} + P_{AV4} + P_{AV5})$			
C_{RAV} : 操船影響係数で、0.85とする。			
C_{NLAV} : 非線形影響係数で、0.9とする。			
C_M : 最大波高係数で、1.9とする。			
C_{AV1} : 規則波高への修正係数で、次の算式による。			
$C_{AV1} = 0.135 (L_C C_{W,LC})^{0.26}$			
$H_{S,AV}$: 有義波高 (m) で、次の算式による。ただし、2.0 未満としてはならない。			
$H_{S,AV} = -0.21 T_{Z,AV}^2 + 5.07 T_{Z,AV} - 15.7$			
$T_{Z,AV}$: ゼロアップクロス平均波周期 (s) で、次の算式による。			
$T_{Z,AV} = 0.71 \sqrt{\frac{2\pi\lambda_{AV}}{g}} + 3.0$			
λ_{AV} : 考慮する等価設計波における波長 (m) で、次の算式による。			
$\lambda_{AV} = 6.0 \cdot (0.014 L_C + 3.3) \sqrt{T_{LC}}$			
P_{AV1} : 次の算式による。			

$$P_{AV1} = \rho g \cdot \exp\left(\frac{2\pi}{\lambda_{AV}}(z - T_{LC})\right) C_{AV2} \cdot \cos(\varepsilon_{AV1} - \varepsilon_{AV2})$$

C_{AV2} : 係数で, 表 4.3.2-7.による。

ε_{AV1} : 入射波の位相で, 表 4.3.2-7.による。

ε_{AV2} : 等価設計波 AV の位相で, 次の算式による。

$$\varepsilon_{AV2} = 10.28\pi \cdot \exp\left(-7.0 \frac{\lambda_{AV}}{L_C}\right)$$

P_{AV2} : 次による。

等価設計波 $AV1P$ 及び $AV2P$ の場合,

$$y > 0.0 \text{ の場合, } P_{AV2} = \rho g \left\{ 0.6 \sin\left(\frac{2(x-x_G)}{L_C}\pi\right) - [-2.0 \cdot 10^{-5} \cdot (x-x_G) + 2.0 \cdot 10^{-3}](y^2+z^2) \right\}$$

$$y \leq 0.0 \text{ の場合, } P_{AV2} = \rho g \left\{ 0.6 \sin\left(\frac{2(x-x_G)}{L_C}\pi\right) - 1.0 \cdot 10^{-3} \cdot (y^2+z^2) \right\}$$

等価設計波 $AV1S$ 及び $AV2S$ の場合,

$$y > 0.0 \text{ の場合, } P_{AV2} = \rho g \left\{ 0.6 \sin\left(\frac{2(x-x_G)}{L_C}\pi\right) - 1.0 \cdot 10^{-3} \cdot (y^2+z^2) \right\}$$

$$y \leq 0.0 \text{ の場合, } P_{AV2} = \rho g \left\{ 0.6 \sin\left(\frac{2(x-x_G)}{L_C}\pi\right) - [-2.0 \cdot 10^{-5} \cdot (x-x_G) + 2.0 \cdot 10^{-3}](y^2+z^2) \right\}$$

P_{AV3} : 次による。

等価設計波 $AV1P$ 及び $AV2P$ の場合,

$$y > 0.0 \text{ の場合, } P_{AV3} = \rho g \left\{ -0.8 \sin\left(\frac{5(x-x_G)}{3L_C}\pi\right) + [-1.0 \cdot 10^{-5} \cdot (x-x_G) + 2.0 \cdot 10^{-3}](y^2+z^2) \right\}$$

$$y \leq 0.0 \text{ の場合, } P_{AV3} = \rho g \left\{ -0.8 \sin\left(\frac{5(x-x_G)}{3L_C}\pi\right) + 1.0 \cdot 10^{-3} \cdot (y^2+z^2) \right\}$$

等価設計波 $AV1S$ 及び $AV2S$ の場合,

$$y > 0.0 \text{ の場合, } P_{AV3} = \rho g \left\{ -0.8 \sin\left(\frac{5(x-x_G)}{3L_C}\pi\right) + 1.0 \cdot 10^{-3} \cdot (y^2+z^2) \right\}$$

$$y \leq 0.0 \text{ の場合, } P_{AV3} = \rho g \left\{ -0.8 \sin\left(\frac{5(x-x_G)}{3L_C}\pi\right) + [-1.0 \cdot 10^{-5} \cdot (x-x_G) + 2.0 \cdot 10^{-3}](y^2+z^2) \right\}$$

P_{AV4} : 次の算式による。

$$P_{AV4} = \rho g |R_{3,AV}| \cos(1.78\pi - 0.42\varepsilon_{AV2})$$

$R_{3,AV}$: 次の算式による。

$$R_{3,AV} = \frac{\left[0.5 \left(\frac{2\pi}{K_{AV} L_C} \right)^2 - 1.6 \left(\frac{2\pi}{K_{AV} L_C} \right) + 3.2 \right] \left| -\frac{0.82\lambda_{AV}}{\pi L_C} \sin\left(-\frac{\pi C_{W,LC} L_C}{2\lambda_{AV}}\right) \right|}{\left[K_{AV} B \cdot \exp(-2K_{AV} T_{LC} C_{VP,LC}^2) \cdot \frac{2C_{W,LC}}{C_{W,LC} + 1} \right]} + 9.03 \frac{T_{LC}}{L_C} - 0.3$$

K_{AV} : 次の算式による。

$$K_{AV} = \frac{1}{g} \left(\sqrt{\frac{2\pi g}{\lambda_{AV}}} + 2.57 \frac{2\pi}{\lambda_{AV}} \right)^2$$

P_{AV5} : 次の算式による。

$$P_{AV5} = -\rho g |R_{5,AV}| \left(x - \frac{L_C}{2} \right) \cdot (-0.95)$$

$R_{5,AV}$: 次の算式による。

$$R_{5,AV} = \frac{-0.54(0.33C_{W,LC} - 0.12) \exp\left(-\frac{2\pi}{\lambda_{AV}} T_{LC} C_{VP,LC}\right)}{0.26 \left(\frac{2\pi}{K_{AV} L_C} + 1.0 \right) K_{AV} B \cdot \exp(-2K_{AV} T_{LC} C_{VP,LC}^4) \cdot \frac{C_{W,LC}^{3.65}}{12} L_C}$$

P_{WL} : 考慮する等価設計波での喫水線における波浪変動圧 (kN/m^2) で, 次の算式による。

$y \geq 0$ の場合, $y = B_{x1}/2$ 及び $z = T_{LC}$ における P_{exw} の値。

$y < 0$ の場合, $y = -B_{x1}/2$ 及び $z = T_{LC}$ における P_{exw} の値。

B_{x1} : 考慮する船体横断面での喫水線位置における船の型幅 (m)

h_W : 喫水線における圧力と同等の水頭 (m) で, 次の算式による。

$$h_W = \frac{P_{WL}}{\rho g}$$

図 4.3.2-1. 等価設計波 AV における $0.7L_C$ 付近での波浪変動圧分布

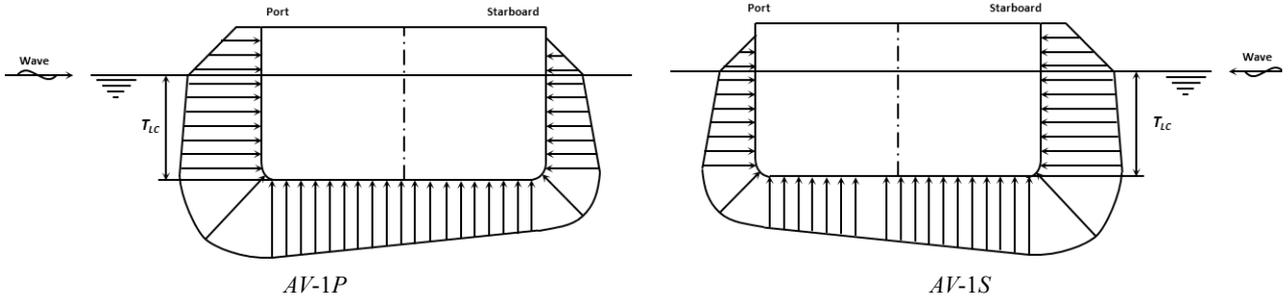


図 4.3.2-2. 等価設計波 AV における $0.7L_C$ 付近での波浪変動圧分布

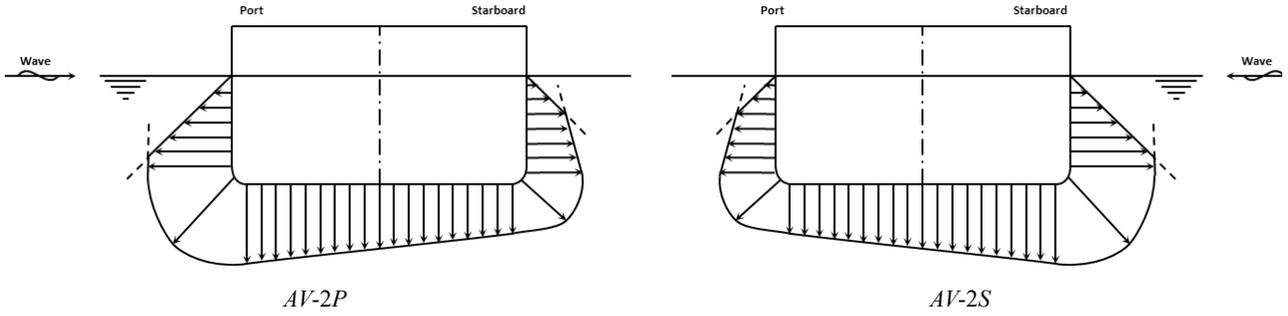


表 4.3.2-6. 等価設計波 PCL における波浪変動圧 P_{exw}

	波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2)		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq T_{LC} + h_W$	$z > T_{LC} + h_W$
PCL-1	$P_{exw} = \max(-P_{PCL}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_{WL} - \rho g(z - T_{LC})$	0
PCL-2	$P_{exw} = \max(P_{PCL}, \rho g(z - T_{LC}))$		
<p>(備考)</p> <p>P_{WL}, h_W: 表 4.3.2-5.による。</p> <p>P_{PCL}: 次の算式による。</p> $P_{PCL} = 0.5C_{R,PCL}C_{NL,PCL}C_M C_{PCL1}H_{S,PCL}(P_{PCL1} + P_{PCL2} + P_{PCL3})$ <p>$C_{R,PCL}$: 操船影響係数で, 0.85とする。</p> <p>$C_{NL,PCL}$: 非線形影響係数で, 0.9とする。</p> <p>C_M: 最大波高係数で, 1.9とする。</p> <p>C_{PCL1}: 規則波高への修正係数で, 次の算式による。</p> $C_{PCL1} = -\frac{4.3}{\sqrt{L_C T_{LC}}} + 0.75$ <p>$H_{S,PCL}$: 有義波高 (m) で, 次の算式による。ただし, 2.0 未満としてはならない。</p> $H_{S,PCL} = -0.21T_{Z,PCL}^2 + 5.07T_{Z,PCL} - 15.7$ <p>$T_{Z,PCL}$: ゼロアップクロス平均波周期 (s) で, 次の算式による。</p> $T_{Z,PCL} = 0.71 \sqrt{\frac{2\pi\lambda_{PCL}}{g}} + 2.8$ <p>λ_{PCL}: 考慮する等価設計波における波長 (m) で, 次の算式による。</p> $\lambda_{PCL} = L_C \left(0.6 + \left 0.3 - \frac{0.8x_{THG}}{L_C} \right \right)$ <p>x_{THG}: ターゲットホールドにおける貨物タンクの重心位置の X座標 (m)</p> <p>P_{PCL1}: 次の算式による。</p> $P_{PCL1} = \rho g \cdot \exp\left(\frac{2\pi}{\lambda_{PCL}}(z - T_{LC})\right) C_{PCL2} \cdot \cos(\varepsilon_{PCL1} - \varepsilon_{PCL2})$ <p>C_{PCL2}: 係数で, 表 4.3.2-7.による。</p> <p>ε_{PCL1}: 入射波の位相で, 表 4.3.2-7.による。</p> <p>ε_{PCL2}: 等価設計波 PCL の位相で, 次の算式による。</p> $\varepsilon_{PCL2} = \pi \left[1 - \left \operatorname{sgn}\left(\frac{x_{THG}}{L_C} - 0.5\right) \right - \operatorname{sgn}\left(\frac{x_{THG}}{L_C} - 0.5\right) \cos\left(1.5\left(\frac{x_{THG}}{L_C} - 0.5\right)\pi\right) \right]$ <p>P_{PCL2}: 次の算式による。</p> $P_{PCL2} = \rho g R_{3,PCL} \cos\left(\left\{ 1.25 \cdot 10^{-3} \cdot L_C + 0.056 \left[\frac{5(T_{SC} - T_{LC})}{T_{SC} - T_{BAL}} + 1 \right] \right\} \pi - \varepsilon_{PCL2}\right)$ <p>$R_{3,PCL}$: 次の算式による。</p> $R_{3,PCL} = 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot \left[\frac{2(T_{LC} - T_{SC})}{T_{SC} - T_{BAL}} + 1 \right] B + 0.2$ <p>P_{PCL3}: 次の算式による。</p> $P_{PCL3} = -\rho g R_{5,PCL} \left(x - \frac{L_C}{2}\right) \cos\left(\left(0.05\sqrt{\lambda_{PCL}} - 1.28\right)\pi - \varepsilon_{PCL2}\right)$ <p>$R_{5,PCL}$: 次の算式による。</p> $R_{5,PCL} = \frac{3\pi(1 - C_{W,LC})}{2B} \left(\frac{\lambda_{PCL}}{L_C}\right)^4$			

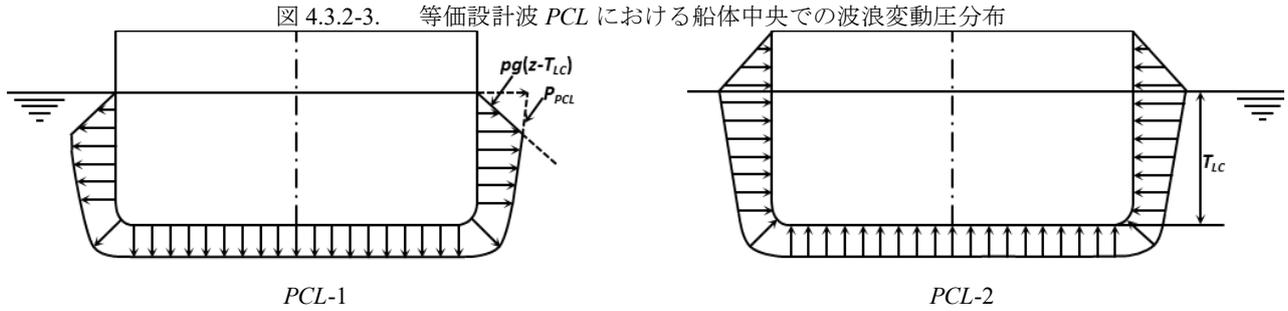


表 4.3.2-7. 等価設計波における入射波の位相

	$C_{RE} > 0$	$C_{RE} < 0$	$C_{RE} = 0$ かつ $C_{IM} \geq 0$	$C_{RE} = 0$ かつ $C_{IM} < 0$
C_{AV2}, C_{PCL2}	1	-1	1	-1
$\varepsilon_{AV1}, \varepsilon_{PCL1}$	$\arctan\left(\frac{C_{IM}}{C_{RE}}\right)$		$\frac{\pi}{2}$	

(備考)

C_{RE} : 次による。

等価設計波 AV-1P 及び AV-2P の場合, $C_{RE} = \cos\left(\pi + \frac{2\pi}{\lambda_{AV}}\left[\frac{(x - \frac{L_C}{2})}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}y\right]\right)$

等価設計波 AV-1S 及び AV-2S の場合, $C_{RE} = \cos\left(\pi + \frac{2\pi}{\lambda_{AV}}\left[\frac{(x - \frac{L_C}{2})}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}y\right]\right)$

等価設計波 PCL の場合, $C_{RE} = \cos\left(\pi + \frac{2\pi}{\lambda_{PCL}}\left(x - \frac{L_C}{2}\right)\right)$

λ_{AV} : 表 4.3.2-5.による。

λ_{PCL} : 表 4.3.2-6.による。

C_{IM} : 次による。

等価設計波 AV-1P 及び AV-2P の場合, $C_{IM} = \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_{AV}}\left[-\frac{(x - \frac{L_C}{2})}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}y\right]\right)$

等価設計波 AV-1S 及び AV-2S の場合, $C_{IM} = \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda_{AV}}\left[-\frac{(x - \frac{L_C}{2})}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}y\right]\right)$

等価設計波 PCL の場合, $C_{IM} = \sin\left(-\frac{2\pi}{\lambda_{PCL}}\left(x - \frac{L_C}{2}\right)\right)$

4.3.2.5 液体積載物による内圧

-1. 1編 4.6.2.5 を適用するにあたって、貨物タンクに制水隔壁が設けられている場合、変動圧力を求める際、当該隔壁が無いものとして設定しなければならない。

-2. 1編 4.6.2.5 を適用するにあたって、等価設計波 AV 及び PCL に対する任意の位置における加速度は、表 4.3.2-8.によらなければならない。

表 4.3.2-8. 任意の位置における加速度 a_x , a_y , a_z

等価設計波		前後方向加速度 a_x (m/s^2)	左右方向加速度 a_y (m/s^2)	上下方向加速度 a_z (m/s^2)
AV	AV-1P	$-0.5g \cdot \sin \phi$ $+0.1a_1 - 0.95a_5(z - z_G)$	$0.1g \cdot \sin \theta$ $+0.01GMa_2 + 0.1a_4(z - z_G)$ $+[-0.9a_6(x - x_G)]$	$(1.7 \frac{\lambda_{AV}}{L_C} - 0.6)a_3 - 0.1a_4y$ $+0.95a_5(x - x_G)$
	AV-2P	$0.5g \cdot \sin \phi$ $-0.1a_1 + 0.95a_5(z - z_G)$	$-0.1g \cdot \sin \theta$ $-0.01GMa_2 - 0.1a_4(z - z_G)$ $+ [0.9a_6(x - x_G)]$	$(-1.7 \frac{\lambda_{AV}}{L_C} + 0.6)a_3 + 0.1a_4y$ $-0.95a_5(x - x_G)$
	AV-1S	$-0.5g \cdot \sin \phi$ $+0.1a_1 - 0.95a_5(z - z_G)$	$-0.1g \cdot \sin \theta$ $-0.01GMa_2 - 0.1a_4(z - z_G)$ $+ [0.9a_6(x - x_G)]$	$(1.7 \frac{\lambda_{AV}}{L_C} - 0.6)a_3 + 0.1a_4y$ $+0.95a_5(x - x_G)$
	AV-2S	$0.5g \cdot \sin \phi$ $-0.1a_1 + 0.95a_5(z - z_G)$	$0.1g \cdot \sin \theta$ $+0.01GMa_2 + 0.1a_4(z - z_G)$ $+ [-0.9a_6(x - x_G)]$	$(-1.7 \frac{\lambda_{AV}}{L_C} + 0.6)a_3 - 0.1a_4y$ $-0.95a_5(x - x_G)$
PCL	PCL-1	$-0.15 \frac{T_{LC}}{D} \sin \phi - 0.3 \frac{T_{LC}}{D} a_1$ $+ (-40 \frac{f_T}{L_C} - 0.2) a_5(z - z_G)$	0	$15 \frac{f_T}{L_C} a_3$ $- (-40 \frac{f_T}{L_C} - 0.2) a_5(x - x_G)$
	PCL-2	$0.15 \frac{T_{LC}}{D} \sin \phi + 0.3 \frac{T_{LC}}{D} a_1$ $+ (40 \frac{f_T}{L_C} + 0.2) a_5(z - z_G)$	0	$-15 \frac{f_T}{L_C} a_3$ $- (40 \frac{f_T}{L_C} + 0.2) a_5(x - x_G)$
(備考)				
$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$: 1編 4.2.3 の規定による。				
θ, ϕ : 1編 4.2.2 の規定による。				
x_G : 船体重心位置の X座標 (m) で, $x_G = 0.45L_C$ とする。ただし, 考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いても差し支えない。				
z_G : 考慮する積付状態における船体重心位置の Z座標 (m)				
GM : メタセンタ高さ (m) で, ローディングマニュアルに記載されている考慮する積付状態における値を用いる。				
λ_{AV} : 表 4.3.2-5.による。				

4.3.2.6 ハルガーダ荷重

-1. 1編 4.6.2.10 の適用にあたって, 考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは, 4.3.2.2 の規定に従わなければならない。

-2. 1編 4.6.2.10 の適用にあたって, 等価設計波 AV 及び PCL に対する係数 C_{4v} 及び C_{4h} は, 表 4.3.2-9.によらなければならない。

表 4.3.2-9. 係数 C_{4v} 及び C_{4h}

等価設計波		M_{WV-h} 又は M_{WV-s}		M_{WH}	
		C_{4v}	状態	C_{4h}	状態
AV	AV-1P	0.5	サギング	$1 - 0.9f_T$	左舷側 (圧縮)
	AV-2P		ホギング	$0.9f_T - 1$	左舷側 (引張)
	AV-1S		サギング	$0.9f_T - 1$	右舷側 (圧縮)
	AV-2S		ホギング	$1 - 0.9f_T$	右舷側 (引張)
PCL	PCL-1	0.8	サギング	0	-
	PCL-2		ホギング		

4.3.3 港内状態

4.3.3.1 積付状態

1編 4.6.3.1 の適用にあたって、次の(1)から(3)の規定によらなければならない。ただし、ローディングマニュアルにおいて運航上の積付状態を制限する場合には、相当する積付状態について考慮しなくて差し支えない。

- (1) 中央部貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-1.による。
- (2) 最後端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-2.による。
- (3) 最前端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-3.による。

表 4.3.3-1. 港内状態で考慮すべき積付状態 (中央部貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_{P_max}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P3		T_{P_min}	M_{PT_max}
	M_{PT_min}			
P4		$0.5T_{SC}$	0	
P5		$0.5T_{SC}$	0	

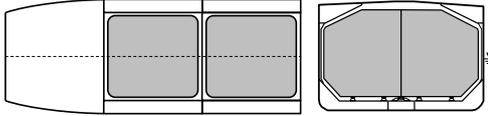
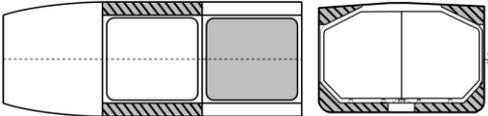
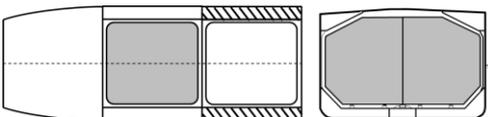
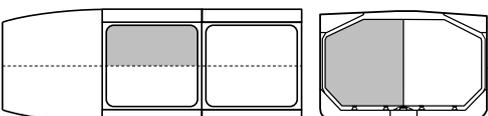
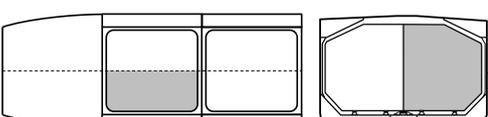
, , : 表 4.3.2-1.による。

(備考)

T_{P_max} : 港内で貨物タンクを空にした状態における最大喫水 (m) で、設計者が定める値

T_{P_min} : 港内で貨物タンクに積載した状態における最小喫水 (m) で、設計者が定める値

表 4.3.3-2. 港内状態で考慮すべき積付状態（最後端貨物倉）

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げ モーメント
港内状態	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_{P_max}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P3		T_{P_min}	M_{PT_max}
M_{PT_min}				
P4		$0.5T_{SC}$	0	
P5		$0.5T_{SC}$	0	

,
 ,
  : 表 4.3.2-1.による。

(備考)

T_{P_max} , T_{P_min} : 表 4.3.3-1.参照

表 4.3.3-3. 港内状態で考慮すべき積付状態（最前端貨物倉）

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
-	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_{P_max}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P3		T_{P_min}	M_{PT_max}
			M_{PT_min}	
P4		$0.5T_{SC}$	0	
P5		$0.5T_{SC}$	0	

: 表 4.3.2-1.による。
 (備考)
 T_{P_max} , T_{P_min} : 表 4.3.3-1.参照

4.3.3.2 貨物による内圧

規則 N 編 4.13.2-3.に従い、港内において P_0 を超える設計蒸気圧 P_g を設定する場合、 P_0 の代わりに P_g を考慮しなければならない。ただし、 P_g は 70 kN/m^2 未満とすること。

4.3.3.3 ハルガーダ荷重

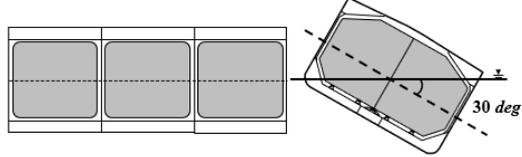
1 編 4.6.3.5 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する港内時垂直曲げモーメントは、4.3.3.1 の規定に従わなければならない。

4.3.4 30 度静的横傾斜状態

4.3.4.1 積付状態

標準的な積付状態は、表 4.3.4-1.によらなければならない。

表 4.3.4-1. 30 度静的横傾斜状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	垂直曲げモーメント
満載積付状態	H1	中央部貨物倉の場合  最後端及び最前端貨物倉の場合も同様とする。	T_{SC}	0
■ : 表 4.3.2-1.による。 (備考) 船体構造及び貨物タンク構造が左右非対称となる船舶にあつては、左舷下降の傾斜状態及び右舷下降の傾斜状態の双方を考慮すること。				

4.3.4.2 波条件

30 度静的横傾斜状態において波条件を考慮する必要はない。

4.3.4.3 外圧

船体の外板に作用する外圧 $P_{ex-HEEL}$ (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0 未満としてはならない。

$$P_{ex-HEEL} = P_{S-HEEL}$$

P_{S-HEEL} : 静水圧 (kN/m^2) で、表 4.3.4-2.による。

表 4.3.4-2. 30 度静的横傾斜状態における静水圧

	静水圧 P_{S-HEEL} (kN/m^2)
HEEL-1	$\rho g [(T_{SC} - z) \cos \theta_H + y \sin \theta_H]$
HEEL-2	$\rho g [(T_{SC} - z) \cos \theta_H - y \sin \theta_H]$
(備考)	
θ_H :	ロール角で、 $\pi/6$

4.3.4.4 内圧

貨物タンクに作用する内圧 $P_{in-HEEL}$ (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0 未満としてはならない。

$$P_{in-HEEL} = P_{LS-HEEL}$$

$P_{LS-HEEL}$: 静的圧力 (kN/m^2) で、表 4.3.4-3.による。

表 4.3.4-3. 30 度静的横傾斜状態における静的圧力

	静的圧力 $P_{LS-HEEL}$ (kN/m^2)
HEEL-1	$\rho_c g [(z_B - z) \cos \theta_H + (y - y_B) \sin \theta_H] + P_0$
HEEL-2	$\rho_c g [(z_B - z) \cos \theta_H - (y - y_B) \sin \theta_H] + P_0$
(備考)	
z_B :	傾斜後のタンクトップ位置の Z 座標 (m)
y_B :	傾斜後のタンクトップ位置の Y 座標 (m)
θ_H :	表 4.3.4-1.の規定による。
P_0 :	設計蒸気圧 (kN/m^2) で、N 編 1.1.4 に規定する MARVS 未満としてはならない。

4.3.4.5 船殻重量等

30 度横傾斜に対応した船体及び貨物タンク構造の自重を考慮しなければならない。

4.3.4.6 ハルガーダ荷重

30 度静的横傾斜状態において考慮する垂直曲げモーメント M_{V-T} (kN-m) 及び水平曲げモーメント M_{H-T} (kN-m) は、次の算式によらなければならない。

$$M_{V-T} = 0$$

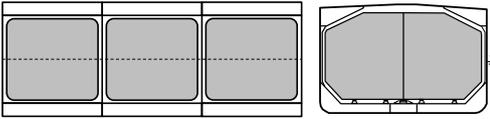
$$M_{H-T} = 0$$

4.3.5 衝突状態

4.3.5.1 積付状態

標準的な積付状態は、表 4.3.5-1.によらなければならない。

表 4.3.5-1. 衝突状態で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	垂直曲げモーメント
満載積付状態	C1	中央部貨物倉の場合  最後端及び最前端貨物倉の場合も同様とする	T_{SC}	0
 : 表 4.3.2-1.による。				

4.3.5.2 波条件

衝突状態において波条件を考慮する必要はない。

4.3.5.3 外圧

船体の外板に作用する外圧 P_{ex-COL} (kN/m²) は、次の算式によらなければならない。ただし、0 未満としてはならない。

$$P_{ex-COL} = P_{S-COL}$$

P_{S-COL} : 静水圧 (kN/m²) で、1 編表 4.6.2-5.による。

4.3.5.4 内圧

貨物により貨物タンクに作用する内圧 P_{in-COL} (kN/m²) は、次の算式によらなければならない。その際、変動圧力は、船尾方向に0.5gの加速度、船首方向に0.25gの加速度が生じるものとして、それぞれについて考慮すること。また、 P_{in-COL} は0 未満としてはならない。

$$P_{in-COL} = P_{LS-COL} + P_{LD-COL}$$

P_{LS-COL} : 静的圧力 (kN/m²) で、表 4.3.5-2.による。

P_{LD-COL} : 貨物の変動圧力 (kN/m²) で、表 4.3.5-3.による。

表 4.3.5-2. 衝突状態における静的圧力

静的圧力 P_{LS-COL}
$\rho_c g(z_{top} - z) + P_0$
(備考)
z_{top} : 貨物タンクの最も高い位置における Z 座標 (m)
P_0 : 設計蒸気圧 (kN/m ²) で、N 編 1.1.4 に規定する MARVS 未満としてはならない。

表 4.3.5-3. 衝突状態における貨物の変動圧力

	変動圧力 P_{LD-COL} (kN/m^2)
COL-1	$0.5\rho_Cg(x - x_{ae})$
COL-2	$-0.25\rho_Cg(x - x_{fe})$
(備考)	
x_{fe} :	貨物タンクの前端位置の X 座標 (m)
x_{ae} :	貨物タンクの後端位置の X 座標 (m)

4.3.5.5 ハルガーダ荷重

衝突状態において考慮する垂直曲げモーメント M_{V-T} ($kN\cdot m$) 及び水平曲げモーメント M_{H-T} ($kN\cdot m$) は、次の算式によらなければならない。

$$M_{V-T} = 0$$

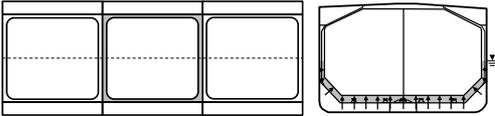
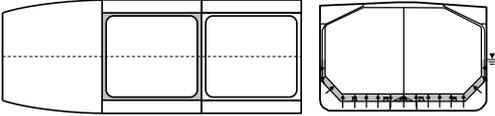
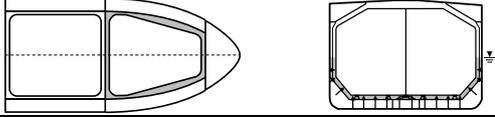
$$M_{H-T} = 0$$

4.3.6 浸水状態 (IGC)

4.3.6.1 積付状態

標準的な積付状態は、表 4.3.6-1.によらなければならない。

表 4.3.6-1. 浸水状態 (IGC) で考慮すべき積付状態

積付状態	積付パターン	喫水	垂直曲げモーメント
-	<p>中央部貨物倉の場合</p>  <p>最後端貨物倉の場合</p>  <p>最前端貨物倉の場合</p> 	T_{sum}	0
<p>■ : 海水</p> <p>(備考)</p> <p>T_{sum} : 喫水 (m) で、N 編 4.15.2 による。</p>			

4.3.6.2 波条件

浸水状態 (IGC) において波条件を考慮する必要はない。

4.3.6.3 外圧

船体の外板及び浸水により貨物タンクに作用する外圧 P_{ex-FD} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0 未満としてはならない。

$$P_{ex-FD} = P_{S-FD}$$

P_{S-FD} : 静水圧 (kN/m^2) で、1 編表 4.6.2-5.による。

4.3.6.4 内圧

貨物倉の浸水により船体に作用する内圧 P_{in-FD} (kN/m^2) は、次の算式によらなければならない。ただし、0 未満としてはならない

$$P_{in-FD} = P_{S-FD}$$

P_{S-FD} : 静水圧 (kN/m^2) で、**1編表 4.6.2-5**による。

4.3.6.5 ハルガーダ荷重

浸水状態 (IGC) において考慮する垂直曲げモーメント M_{V-T} ($kN-m$) 及び水平曲げモーメント M_{H-T} ($kN-m$) は、次の算式によらなければならない。

$$M_{V-T} = 0$$

$$M_{H-T} = 0$$

4.4 疲労において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

- 1. **9章**及び**1編9章**に規定する疲労強度評価において考慮する荷重は、本**4.4**の規定によらなければならない。
- 2. 繰返し荷重状態の荷重に関する追加要件は、**4.4.2**の規定によらなければならない。

4.4.2 繰返し荷重状態

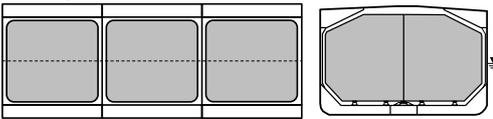
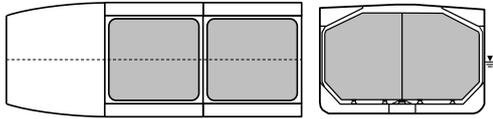
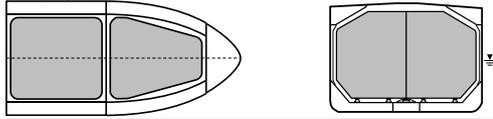
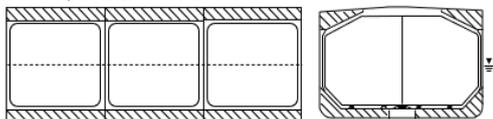
4.4.2.1 一般

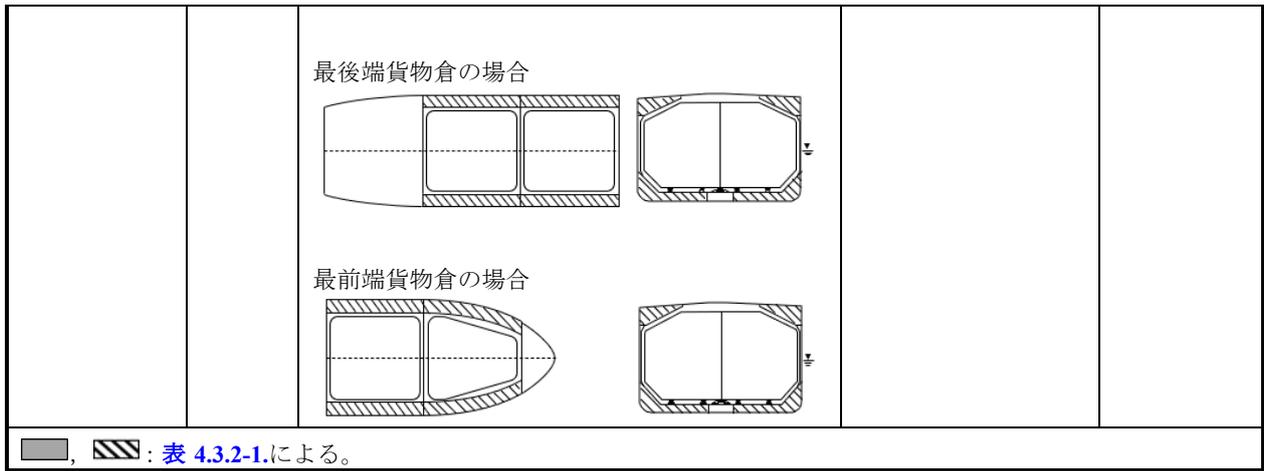
- 1. タンクタイプ B の貨物タンク構造及び支持構造の強度評価にあつては、本**4.4.2**に規定する波浪荷重の代わりに、直接荷重解析に基づく荷重を考慮しなければならない。船体構造の強度評価にあつては、本**4.4.2**に規定する波浪荷重を用いることができるが、貨物タンク構造の評価と同じ構造モデルを用いることから、直接荷重解析に基づく荷重を考慮することを推奨する。
- 2. 前-1.にあつて、「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」を適用すること。

4.4.2.2 積付状態

1編 4.7.2.1の適用にあつて、考慮する積付状態は、**表 4.4.2-1**によらなければならない。ただし、タンク配置の関係等で**表 4.4.2-1**に規定する積付パターンと異なる場合は、ローディングマニュアルに記載される積付状態に基づいたパターンを考慮して差し支えない。

表 4.4.2-1. 繰返し荷重状態の積付状態

積付状態	積付状態	喫水	静水中垂直曲げモーメント	等価設計波
満載積付状態	<p>F41</p> <p>中央部貨物倉の場合</p>  <p>最後端貨物倉の場合</p>  <p>最前端貨物倉の場合</p> 		ローディングマニュアルに記載される出港時の値	<p>HM / FM</p> <p>BR / BP</p> <p>AV / PCL</p>
バラスト状態	<p>F42</p> <p>中央部貨物倉の場合</p> 		ローディングマニュアルに記載される出港時の値	<p>HM / FM</p> <p>BR / BP</p> <p>AV / PCL</p>



4.4.2.3 波条件

表 4.4.2-2.に規定する等価設計波に基づく荷重を追加で考慮しなければならない。

表 4.4.2-2. 等価設計波の概念

等価設計波		波向き	代表的な特徴	
AV ⁽¹⁾	AV-1P	斜波	左舷が波上側 up	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最大
	AV-2P	斜波	左舷が波上側 down	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最小
	AV-1S	斜波	右舷が波上側 up	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最大
	AV-2S	斜波	右舷が波上側 down	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最小
PCL	PCL-1	向波	サギング状態	船底の船体中心線における波浪変動圧が最小
	PCL-2	向波	ホギング状態	船底の船体中心線における波浪変動圧が最大

(1) 評価する貨物倉の重心位置が $0.6 < x/L_c$ となる場合に適用する。

4.4.2.4 海水による外圧

次の(1)から(2)に規定する波浪変動圧 P_{exw} を追加で考慮しなければならない。

- (1) 等価設計波 AV に対する波浪変動圧は、表 4.4.2-3.及び図 4.4.2-1.による。
- (2) 等価設計波 PCL に対する波浪変動圧は、表 4.4.2-4.及び図 4.4.2-2.による。

表 4.4.2-3. 等価設計波 AV における波浪変動圧 P_{exw}

	波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2)		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq T_{LC} + 2h_W$	$z > T_{LC} + 2h_W$
AV-1P	$P_{exw} = \max(P_{AV}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_{WL} - \frac{1}{2} \rho g(z - T_{LC})$	0
AV-2P	$P_{exw} = \max(-P_{AV}, \rho g(z - T_{LC}))$		
AV-1S	$P_{exw} = \max(P_{AV}, \rho g(z - T_{LC}))$		
AV-2S	$P_{exw} = \max(-P_{AV}, \rho g(z - T_{LC}))$		
<p>(備考)</p> <p>P_{AV} : 次の算式による。</p> $P_{AV} = 0.5 C_{F,AV} C_M C_{AV1} H_{S,AV} (P_{AV1} + P_{AV2} + P_{AV3} + P_{AV4} + P_{AV5})$ <p>$C_{F,AV}$: 疲労用係数で、0.25とする。</p> <p>$C_M, C_{AV1}, H_{S,AV}$: 表 4.3.2-5.による。</p> <p>$P_{AV1}, P_{AV2}, P_{AV3}, P_{AV4}, P_{AV5}$: 表 4.3.2-5.による。</p> <p>P_{WL} : 考慮する等価設計波での喫水線における波浪変動圧 (kN/m^2) で、次の算式による。</p> <p>$y \geq 0$ の場合、$y = B_{x1}/2$ 及び $z = T_{LC}$ における P_{exw} の値。</p> <p>$y < 0$ の場合、$y = -B_{x1}/2$ 及び $z = T_{LC}$ における P_{exw} の値。</p> <p>B_{x1} : 考慮する船体横断面での喫水線位置における船の型幅 (m)</p> <p>h_W : 喫水線における圧力と同等の水頭 (m) で、次の算式による。</p> $h_W = \frac{P_{WL}}{\rho g}$			

図 4.4.2-1. 等価設計波 AV における $0.7L_C$ 付近での波浪変動圧分布

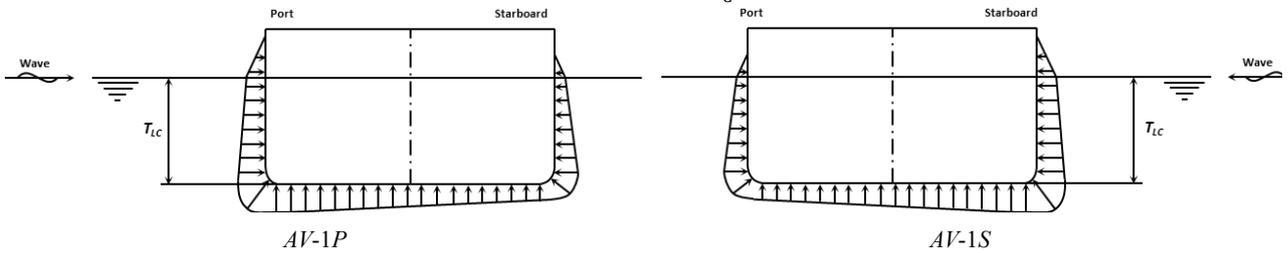


図 4.4.2-2. 等価設計波 AV における $0.7L_C$ 付近での波浪変動圧分布

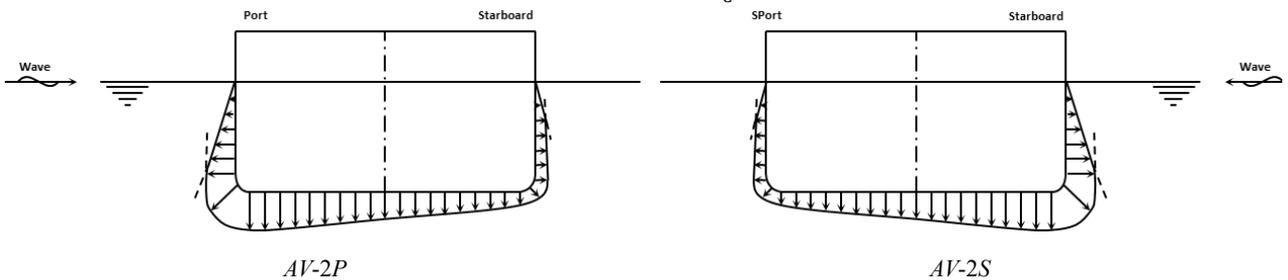


表 4.4.2-4. 等価設計波 PCL における波浪変動圧 P_{exw}

	波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2)		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq T_{LC} + 2h_W$	$z > T_{LC} + 2h_W$
PCL-1	$P_{exw} = \max(-P_{HM}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_{WL} - \frac{1}{2} \rho g(z - T_{LC})$	0
PCL-2	$P_{exw} = \max(P_{HM}, \rho g(z - T_{LC}))$		

(備考)

P_{WL}, h_W : 表 4.4.2-3.による。

P_{PCL} : 次の算式による。

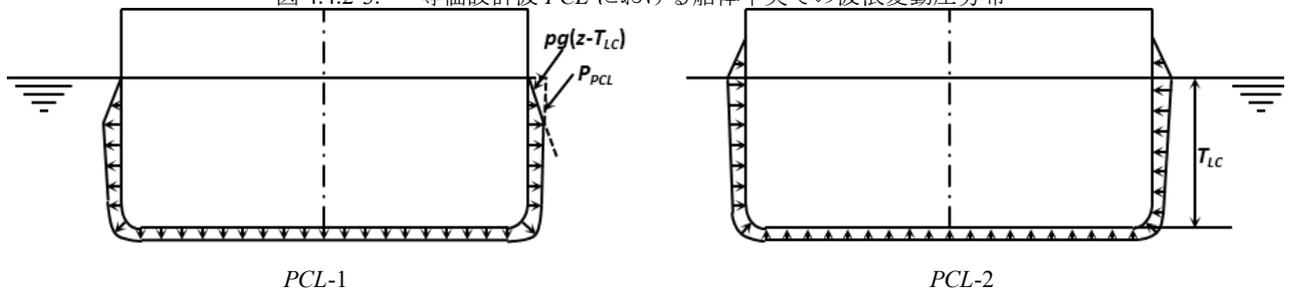
$$P_{PCL} = 0.5 C_{F,PCL} C_M C_{PCL1} H_{S,PCL} (P_{PCL1} + P_{PCL2} + P_{PCL3})$$

$C_{F,PCL}$: 疲労用係数で、0.25とする。

$C_M, C_{PCL1}, H_{S,PCL}$: 表 4.3.2-6.による。

$P_{PCL1}, P_{PCL2}, P_{PCL3}$: 表 4.3.2-6.による。

図 4.4.2-3. 等価設計波 PCL における船体中央での波浪変動圧分布



4.4.2.5 液体积載物による内圧

1編 4.7.2.5 を適用するにあたって、等価設計波 AV 及び PCL に対する任意の位置における加速度は、表 4.4.2-5. によらなければならない。

表 4.4.2-5. 任意の位置における加速度 a_x, a_y, a_z

等価設計波		前後方向加速度 a_x (m/s^2)	左右方向加速度 a_y (m/s^2)	上下方向加速度 a_z (m/s^2)
AV	AV-1P	$-0.5g \cdot \sin \phi$ $+0.1a_1 - 0.95a_5(z - z_G)$	$0.1g \cdot \sin \theta$ $+0.01GMa_2 + 0.1a_4(z - z_G)$ $+[-0.9a_6(x - x_G)]$	$\left(1.7 \frac{\lambda_{AV}}{L_C} - 0.6\right)a_3 - 0.1a_4y$ $+0.95a_5(x - x_G)$
	AV-2P	$0.5g \cdot \sin \phi$ $-0.1a_1 + 0.95a_5(z - z_G)$	$-0.1g \cdot \sin \theta$ $-0.01GMa_2 - 0.1a_4(z - z_G)$ $+ [0.9a_6(x - x_G)]$	$\left(-1.7 \frac{\lambda_{AV}}{L_C} + 0.6\right)a_3 + 0.1a_4y$ $-0.95a_5(x - x_G)$
	AV-1S	$-0.5g \cdot \sin \phi$ $+0.1a_1 - 0.95a_5(z - z_G)$	$-0.1g \cdot \sin \theta$ $-0.01GMa_2 - 0.1a_4(z - z_G)$ $+ [0.9a_6(x - x_G)]$	$\left(1.7 \frac{\lambda_{AV}}{L_C} - 0.6\right)a_3 + 0.1a_4y$ $+0.95a_5(x - x_G)$
	AV-2S	$0.5g \cdot \sin \phi$ $-0.1a_1 + 0.95a_5(z - z_G)$	$0.1g \cdot \sin \theta$ $+0.01GMa_2 + 0.1a_4(z - z_G)$ $+ [-0.9a_6(x - x_G)]$	$\left(-1.7 \frac{\lambda_{AV}}{L_C} + 0.6\right)a_3 - 0.1a_4y$ $-0.95a_5(x - x_G)$
PCL	PCL-1	$-0.15 \frac{T_{LC}}{D} \sin \phi - 0.3 \frac{T_{LC}}{D} a_1$ $+ \left(-40 \frac{f_T}{L_C} - 0.2\right) a_5(z - z_G)$	0	$15 \frac{f_T}{L_C} a_3$ $- \left(-40 \frac{f_T}{L_C} - 0.2\right) a_5(x - x_G)$
	PCL-2	$0.15 \frac{T_{LC}}{D} \sin \phi + 0.3 \frac{T_{LC}}{D} a_1$ $+ \left(40 \frac{f_T}{L_C} + 0.2\right) a_5(z - z_G)$	0	$-15 \frac{f_T}{L_C} a_3$ $- \left(40 \frac{f_T}{L_C} + 0.2\right) a_5(x - x_G)$
<p>(備考)</p> <p>$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$: 1編 4.2.3 の規定による。</p> <p>θ, ϕ: 1編 4.2.2 の規定による。</p> <p>x_G: 船体重心位置の X 座標 (m) で、$x_G = 0.45L_C$ とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いても差し支えない。</p> <p>z_G: 考慮する積付状態における船体重心位置の Z 座標 (m)</p> <p>GM: メタセンタ高さ (m) で、ローディングマニュアルに記載される考慮する積付状態の値</p> <p>λ_{AV}: 表 4.3.2-5. による。</p>				

4.4.2.6 ハルガーダ荷重

-1. 1編 4.7.2.10 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは、4.4.2.2 の規定に従わなければならない。

-2. 1編 4.7.2.10 の適用にあたって、等価設計波 AV 及び PCL に対する係数 C_{4v} 及び C_{4h} は、表 4.4.2-6. によらなければならない。

表 4.4.2-6. 係数 C_{4v} 及び C_{4h}

等価設計波		M_{WV-h} 又は M_{WV-s}		M_{WH}	
		C_{4v}	状態	C_{4h}	状態
AV	$AV-1P$	0.125	サギング	$0.25 - 0.225 f_T$	左舷側 (圧縮)
	$AV-2P$		ホギング	$0.225 f_T - 0.25$	左舷側 (引張)
	$AV-1S$		サギング	$0.225 f_T - 0.25$	右舷側 (圧縮)
	$AV-2S$		ホギング	$0.25 - 0.225 f_T$	右舷側 (引張)
PCL	$PCL-1$	0.2	サギング	0	-
	$PCL-2$		ホギング		

附属書 4.3 運航上積付状態と解析用積付状態の関係

An1. 一般

An1.1 一般

An1.1.1

本附属書は、解析用積付状態と、運航上積付状態との関係を参考として規定するものである。

An2. 運航上積付状態と解析用積付状態

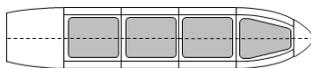
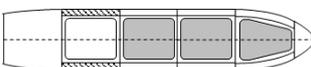
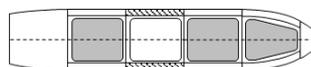
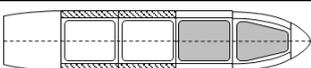
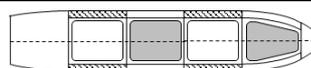
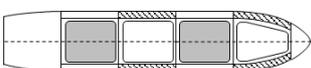
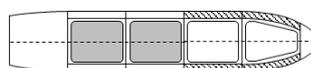
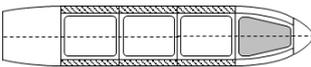
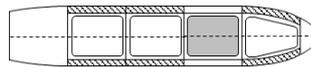
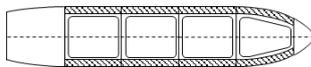
An2.1 運航上積付状態

An2.1.1

-1. 運航上積付状態とは、個船において設計上想定される全ての積付状態のことをいう。これはローディングマニュアルで規定されている全ての貨物エリア内各タンクの積付状態の組合せを意味する。ただし、ローディングマニュアルで直接的又は間接的に禁止されている状態（許容静水中垂直曲げモーメント、許容静水中垂直せん断力、喫水等の制約により実質的に制限される状態）は除く。

-2. 4 ホールドを有する液化ガス運搬船を評価する場合、各タンクの半載状態等を考慮しなければ、考えられる運航上積付状態は [図 An1](#) に示す通りである。

図 An1 運航上積付状態の一例（4 ホールドを有する液化ガス運搬船）

運航上積付状態	
Full load condition	
1 tank empty condition	
	
2 tank empty condition	
	
	
	
3 tank empty condition	
	
Ballast condition	

An2.2 解析用積付状態

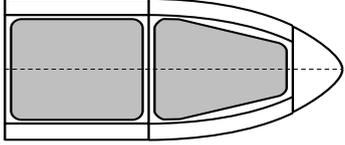
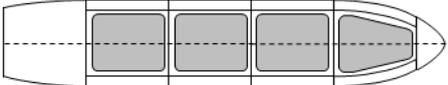
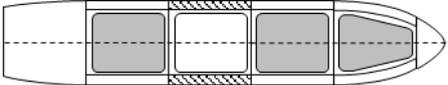
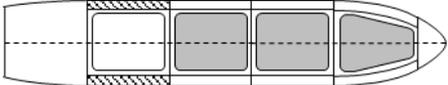
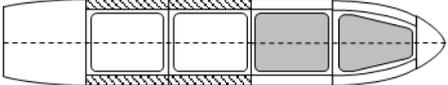
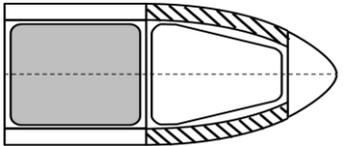
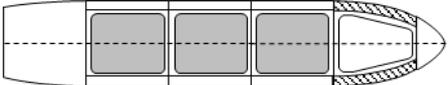
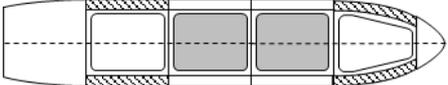
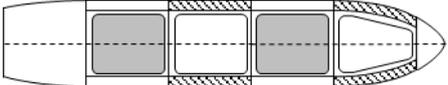
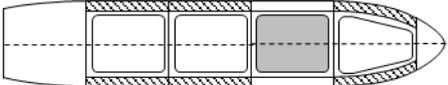
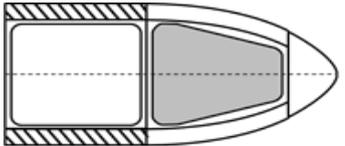
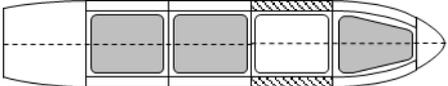
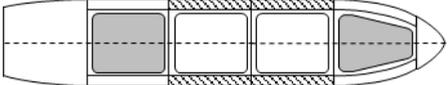
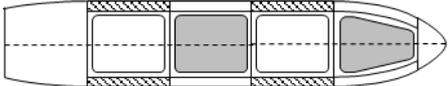
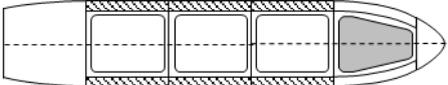
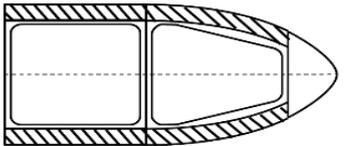
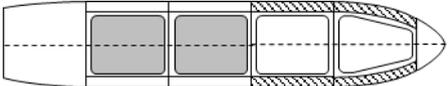
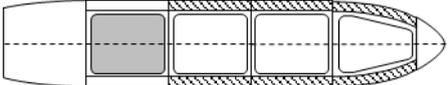
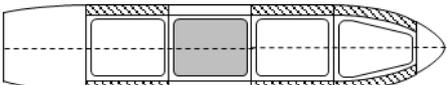
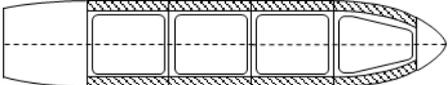
An2.2.1

-1. 解析用積付状態とは、[An2.1.1-1](#)の運航上積付状態に生じうる構造応答を適切に解析するために3 ホールドモデルを用いて再現した積付状態のことをいう。

An2.3 運航上積付状態と解析用積付状態の例**An2.3.1 一般**

- 1. [図 An1](#) に示すような 4 ホールドを有する液化ガス運搬船の各運航上積付状態を評価する場合、ターゲットホールドに応じて、検討する解析用積付状態が異なる。各評価対象ホールドの解析用積付状態はそれぞれ [図 An2](#)、[図 An3](#)、[図 An4](#) 及び [図 An5](#) による。また、No.2 及び No.3 ホールドを同時に評価する場合の解析用積付状態は [図 An3](#) 及び [図 An4](#) を組み合わせて適用すること。
- 2. [表 4.3.2-1.備考\(2\)](#)、[表 4.3.2-2.備考\(2\)](#) 及び [表 4.3.2-3.備考\(2\)](#) の規定を考慮する場合は、[図 An2](#)、[図 An3](#)、[図 An4](#) 及び [図 An5](#) の該当する運航上積付状態を基に、消費タンクを含む各タンクを満載又は空にする等して、物理的に存在しうる最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを算出する必要がある。

図 An2 No.1 貨物ホールド（最前端貨物倉）を評価する場合の解析用積付状態と運航上積付状態の関係

	解析用積付状態	解析用積付状態の基となる 運航上積付状態
S1		
		
		
		
S2		
		
		
		
S4		
		
		
		
S9		
		
		
		

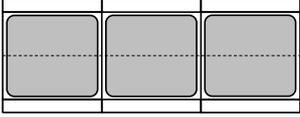
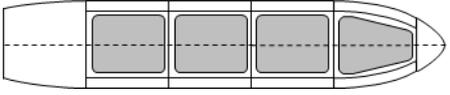
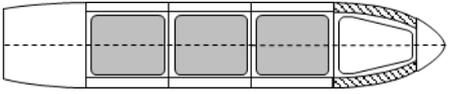
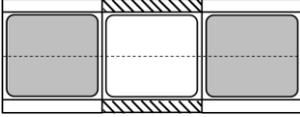
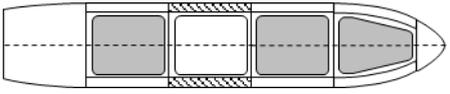
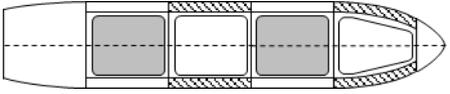
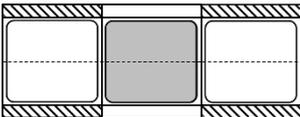
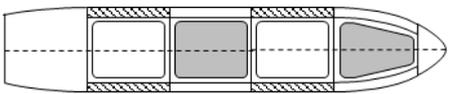
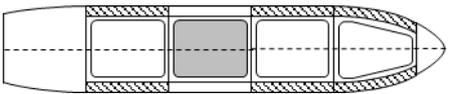
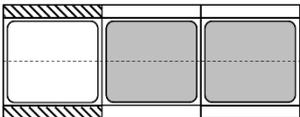
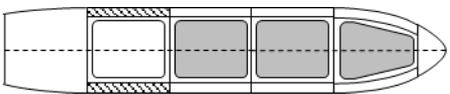
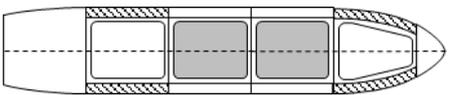
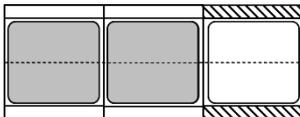
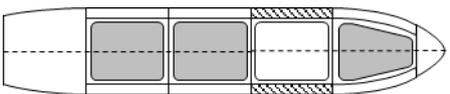
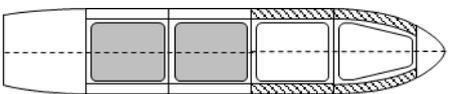
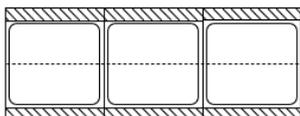
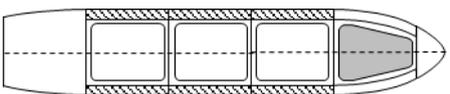
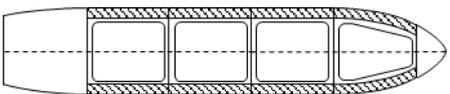
 : 液体貨物
 : バラスト水

図 An3 No.2 貨物ホールドを評価する場合の解析用積付状態と運航上積付状態の関係

	解析用積付状態	解析用積付状態の基となる 運航上積付状態
S1		
S2		
S3 S4		
S5 S6		
S7 S8		
S9		

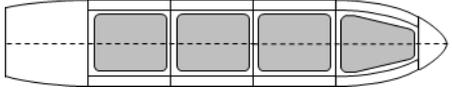
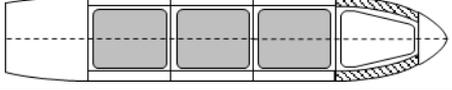
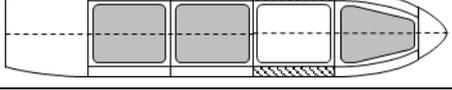
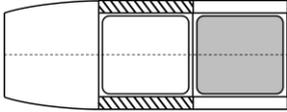
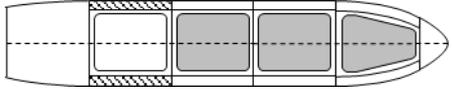
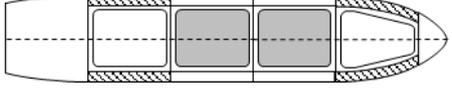
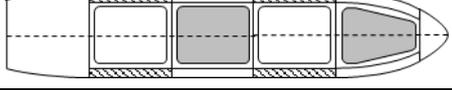
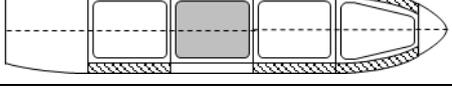
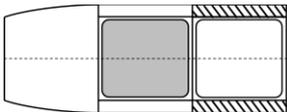
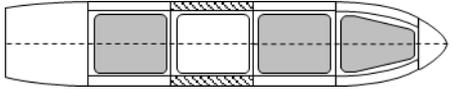
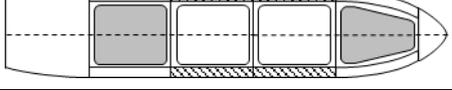
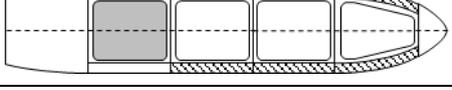
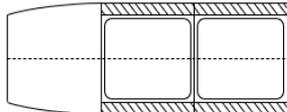
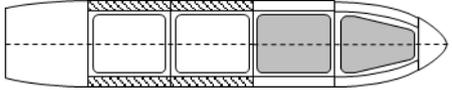
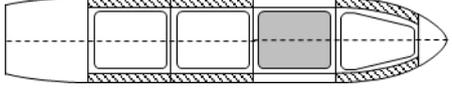
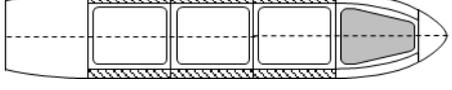
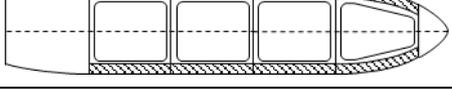
■ : 液体貨物
 : バラスト水

図 An4 No.3 貨物ホールドを評価する場合の解析用積付状態と運航上積付状態の関係

	解析用積付状態	解析用積付状態の基となる 運航上積付状態
S1		
		
S2		
		
S3 S4		
		
S5 S6		
		
S7 S8		
		
S9		
		

■ : 液体貨物
 : バラスト水

図 An5 No.4 貨物ホールド（最後端貨物倉）を評価する場合の解析用積付状態と運航上積付状態の関係

	解析用積付状態	解析用積付状態の基となる 運航上積付状態
S1		
		
		
		
S2		
		
		
		
S4		
		
		
		
S9		
		
		
		

 : 液体貨物
 : バラスト水

An2.3.2 解析用積付状態と異なる積付状態の取扱い

-1. バラストタンクの境界位置が異なる，燃料油タンクが貨物倉解析に用いるモデルのモデル化範囲に配置されている等の理由により，4.3.2 で要求する解析用積付状態を考慮することが適切とはいえない場合，個船の事情を踏まえ，船体構造に対して厳しいと考えられる積付状態を考慮すること。

-2. 前-1.の適用にあたって，次の(1)から(4)の事項について考慮すること。

- (1) 船底構造又は船側構造に作用する内圧と外圧の差分
- (2) 隔壁構造に作用する内圧
- (3) 喫水と積載重量の関係
- (4) 静水中垂直曲げモーメント

5章 縦強度

5.1 縦曲げ最終強度

5.1.1 評価基準

5.1.1.1 二重底曲げ影響

1編 5.4.2.2 に規定する評価判定において、二重底曲げ影響を考慮する係数 γ_{DB} は、次による。

$$\gamma_{DB} = 1.15$$

6章 局部強度

6.1 独立型方形タンク

6.1.1 一般

6.1.1.1 適用

独立型方形タンク内の液体積載物による内圧に対する板及び防撓材の寸法は、本 6.1 によらなければならない。

6.1.2 評価対象部材に対する設計荷重シナリオ及び適用荷重

6.1.2.1

評価対象の部材／区画に対する設計荷重シナリオ及び適用荷重は、表 6.1.2-1. によらなければならない。

表 6.1.2-1. 各評価対象部材/区画に対する設計荷重シナリオ及び適用荷重

評価対象 部材／区画	設計荷重シナ リオ	適用荷重				
		面外 荷重	荷重種別	荷重成分	参照先	
					面外荷重 (P)	ハルガーダ荷重 (M_{V-HG} , M_{H-HG})
タンク囲壁	最大荷重状態 (通常)	内圧	液体積載物	静的荷重+ 動的荷重	4.2.3.1	-
タンク囲壁	港内状態 (通常)	内圧	液体積載物	静的荷重	4.2.3.1	
タンク囲壁	30度静的傾斜	内圧	液体積載物	静的荷重	4.2.3.1	
タンク囲壁	最大荷重状態 (火災昇圧)	内圧	液体積載物	静的荷重+ 動的荷重	4.2.3.2	
タンク囲壁	港内状態 (火災昇圧)	内圧	液体積載物	静的荷重	4.2.3.2	
中心線隔壁	最大荷重状態 (通常)	内圧	液体積載物	静的荷重+ 動的荷重	4.2.3.3	
中心線隔壁	30度静的傾斜	内圧	液体積載物	静的荷重	4.2.3.3	
中心線隔壁	オペレーショ ン制限に基づ く状態	内圧	液体積載物	静的荷重	4.2.3.3	
(備考)						
(1) 気相部以外に閉鎖できない開口がある場合は適用しなくても差し支えない。						

6.1.3 板及び防撓材

6.1.3.1

-1. 独立型方形タンクの板及び防撓材は、表 6.1.2-1. に規定する設計荷重シナリオ及び適用荷重に対して、それぞれ 1 編 6.3 及び 1 編 6.4 の規定を満足しなければならない。1 編 6.3 及び 1 編 6.4 の適用にあたっては、次の(1)から(3)によらなければならない。

(1) 表 6.1.2-1. に規定する設計荷重シナリオのうち、火災昇圧を考慮した設計荷重シナリオについては 1 編 6.3 及び 6.4 に規定する浸水状態のための評価算式を用い、その他の設計荷重シナリオについては、最大荷重状態のための算式を用いて評価を行わなければならない。

(2) 評価算式中の軸力影響係数 C_a 及び C_s は、それぞれ 1.0 とする。

(3) **1編 6.4** の適用にあたっては、 C_{safety} は 1.1 とし、 σ_Y を $\sigma_Y/1.33$ と $\sigma_B/2.66$ の小さい方の値に読み替える。ここで、 σ_B は、**8.5.1.1-2** に規定する常温における規格最小引張り強さ (N/mm^2) とする。

-2. より高い貨物密度の貨物を貨物タンクに部分積載して運送する場合は、前-1.の規定に加え、当該貨物密度及び積載液位を考慮した強度評価を行うこと。

-3. 内圧による膜力又は軸力を無視できない構造にあつては、前-1.の規定を適当に修正して適用すること。

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 主要支持構造

7.1.1.1 主要支持構造に関わる部材

主要支持構造に関わる部材の寸法については、8章の規定に基づき有限要素解析により定めなければならない。

8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 一般

8.1.1.1 本章の構成及び概要

-1. 本章は、独立方形タンクタイプ A 方式及びタイプ B 方式の液化ガスばら積船における貨物倉解析による強度評価の手法について規定する。本要件は、船体の主要支持構造の強度評価に加え、貨物タンク構造及び支持構造の強度評価についても規定する。

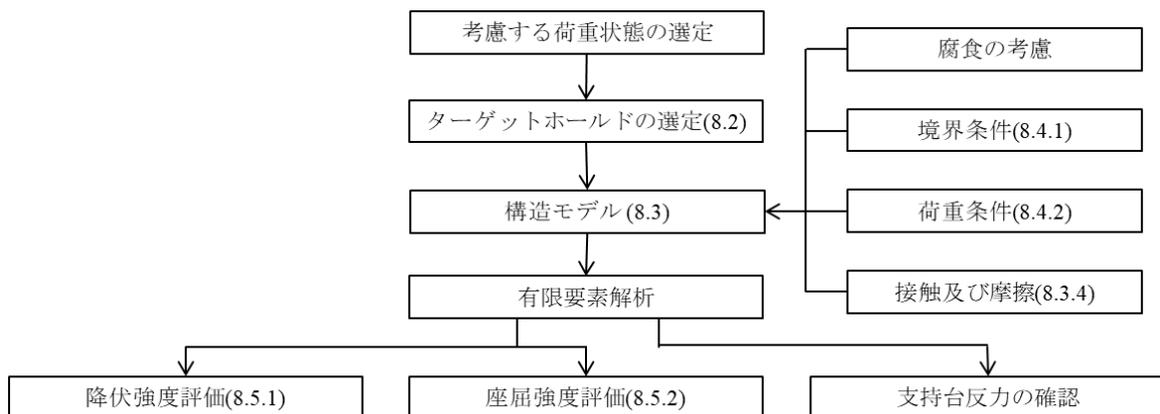
-2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。

-3. 船体の主要支持構造及び貨物タンク構造の強度評価の手順を図 8.1.1-1.に、支持構造の強度評価の手順を図 8.1.1-2.に示す。支持構造等の強度評価は、8.6に規定する局部構造解析によること。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の概要及び適用等に関する追加要件
8.2	評価範囲及び評価対象部材	評価範囲及び評価対象部材に関する追加要件
8.3	構造モデル	モデル化範囲、モデル化部材及びメッシュ分割等に関する追加要件
8.4	境界条件及び荷重条件	境界条件及び荷重条件に関する追加要件
8.5	船体構造及び貨物タンク構造の強度評価	船体の主要支持構造及び貨物タンク構造の強度評価基準
8.6	局部構造解析による強度評価	支持構造等の強度評価手法及び評価基準

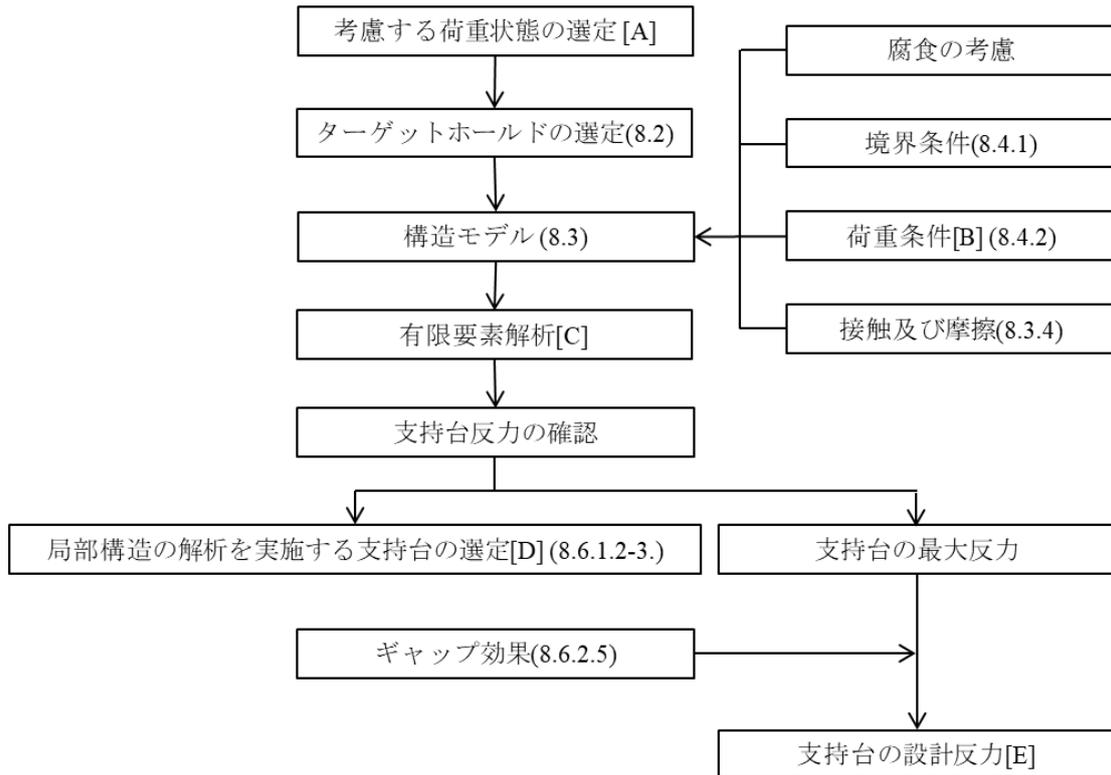
図 8.1.1-1. 船体の主要支持構造及び貨物タンク構造の強度評価フロー



注：図中の数字は対応する 2-9 編の規則番号を示す。

また、1 編 8 章 (図 8.1.1-1) も参照すること。

図 8.1.1-2. 支持構造の強度評価フロー



注：図中の数字は対応する 2-9 編の規則番号を示す。
 []内の記号は、図 8.6.1-1.の[]内の記号と対応する。
 また、1 編 8 章 (図 8.1.1-1.) も参照すること。

8.1.2 適用

8.1.2.1 適用する船舶

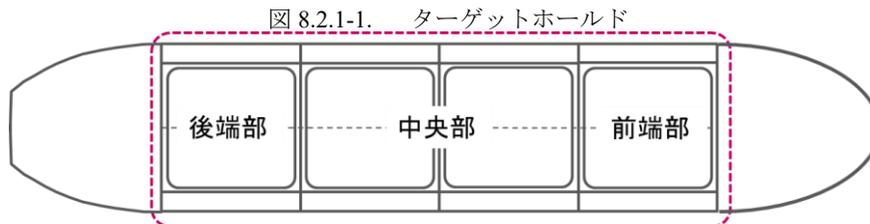
1 編 8.1.2.1-1.(2)に該当する貨物倉解析による強度評価が要求される船舶は、 L_c が 90 m 以上の船舶とする。

8.2 評価範囲及び評価対象部材

8.2.1 評価範囲

8.2.1.1 評価範囲及びターゲットホールド

- 1. 1 編 8.2.1.1-2.(1)の適用にあたり、船体中央部の貨物倉とは図 8.2.1-1.の定義による。
- 2. 1 編 8.2.1.1-2.(3)の適用にあたり、最前端貨物倉及び最後端貨物倉の貨物倉をターゲットホールドとしなければならない。(図 8.2.1-1.参照)



8.2.2 評価対象部材

8.2.2.1 一般

1 編 8.2.2 の適用にあたり、評価対象構造及び部材は本 8.2.2 によらなければならない。

8.2.2.2 最大荷重状態、港内状態及び水圧試験状態に対する評価対象部材

最大荷重状態、港内状態及び水圧試験状態に対する強度評価を行う場合、次の(1)から(3)に示す部材及び箇所は本章の評価基準を満足しなければならない。

- (1) 船体構造の評価対象構造及び部材は次による。
 - (a) 二重底構造（船底外板、内底板、センターガーダ、サイドガーダ及びフロア）
 - (b) 二重船側構造（船側外板、縦通隔壁、サイドストリング及びサイドトランス）
 - (c) 単船側構造（船側外板、サイドフレーム）
 - (d) ビルジホップタンク構造（ビルジホップタンク斜板及びタンク内の桁部材）
 - (e) トップサイドタンク構造（トップサイドタンク斜板及びタンク内の桁部材）
 - (f) 甲板構造（上甲板、タンクドーム開口部）
 - (g) 隔壁構造（横隔壁及び縦通隔壁）
 - (h) その他本会が必要と認める部材及び箇所
- (2) 貨物タンク構造の評価対象構造及び部材は次による。
 - (a) 独立方形タンクを構成する囲壁
 - (b) 独立方形タンクを中心線隔壁
 - (c) 独立方形タンクの制水隔壁
 - (d) 独立方形タンクの主要支持部材（縦桁及び横桁）
- (3) 局部詳細構造の評価対象構造及び部材は次による。
 - (a) 貨物タンクの支持構造で、次の(i)から(vi)による。
 - i) 上下方向支持台（ボトムサポート）並びに隣接する船体構造及び隣接する貨物タンク構造
 - ii) 左右方向支持台（アンチローリングチョック）並びに隣接する船体構造及び隣接する貨物タンク構造
 - iii) 前後方向支持台（アンチピッチングチョック）並びに隣接する船体構造及び隣接する貨物タンク構造
 - iv) 浮き上がり防止用装置（アンチフローティングチョック）並びに隣接する船体構造及び隣接する貨物タンク構造
 - v) 貨物タンクと各種支持台（前(i)から(iv)に規定する支持台及び浮き上がり防止用装置）の接触面に挿入されるベアリングブロック
 - vi) コーミング、ダンププレート及びセキュアリングボルト
 - (b) 支持構造以外の構造不連続箇所
 - i) 甲板構造のタンクドーム構造開口部（前(1)にて評価が困難な箇所）
 - ii) その他本会が必要と認める箇所

8.2.2.3 30度静的傾斜状態に対する評価対象部材

30度静的傾斜状態に対する強度評価を行う場合、8.2.2.2(2)及び(3)(a)に示す部材及び箇所は本章の評価基準を満足しなければならない。

8.2.2.4 衝突状態及び浸水状態（IGC）に対する評価対象部材

衝突状態及び浸水状態（IGC）に対する強度評価を行う場合、8.2.2.2(3)(a)に示す部材及び箇所は本章の評価基準を満足しなければならない。

8.3 構造モデル**8.3.1 一般****8.3.1.1 モデル化範囲**

1編 8.3.1.1を適用するにあたって、原則として、ターゲットホールドを中心に3つの連続した貨物倉を再現し、全高及び全幅をモデル化しなければならない。

8.3.1.2 モデル化部材

船体構造に加え、貨物タンクの隔壁、主要構造部材、各種支持台をモデル化しなければならない。

8.3.2 要素**8.3.2.1 要素の特性**

材料の密度は、モデル化しない貨物ポンプや配管等の艤装品及び防熱材料等の重量を考慮して調整しなければならない。

い。

8.3.2.2 要素の種類

- 1. 貨物タンクと各種支持台の接触部にあるベアリングブロックは、接触及び接触面に生じる摩擦を考慮した解析が適切に行える要素を用いてモデル化しなければならない。
- 2. 支持台周辺のトリッピングブラケット等の部材は、ビーム要素ではなくシェル要素でモデル化しなければならない。

8.3.3 メッシュ分割等

8.3.3.1 一般

- 1. 各種支持台については、8.3.4の規定に従い、貨物タンクと支持台の接触及び接触面に生じる摩擦を考慮した解析が適切に行えるようモデル化しなければならない。
- 2. 各種支持台と支持台の周辺構造については、特に支持する方向の剛性について可能な限り実構造の剛性と合うようにモデル化しなければならない。
- 3. タンクドーム開口部のコーミングは、可能な限り実構造に合うようにモデル化しなければならない。

8.3.4 接触及び摩擦

8.3.4.1 接触及び摩擦を考慮するための設定

-1. 船体構造及び貨物タンク構造の強度評価にあつては、次の(1)から(3)に示すいずれかの手法により、貨物タンクと各種支持台の接触及び貨物タンクと各種支持台の接触面に生じる摩擦を考慮しなければならない。

- (1) 解析プログラムにおいて、接触面の要素に接触条件及び摩擦条件を定義して接触解析及び摩擦解析を行う手法。
- (2) ギャップ要素を用いて接触解析及び摩擦解析を行う手法。本手法は、接触を考慮する面同士の要素分割を一致させ、対応する2つの節点を結合する要素を1つずつ作成し、接触方向（ギャップが閉じる方向）と初期ギャップを設定することで接触及び摩擦を考慮する手法。結合した異なる2つの節点がギャップの開く方向に相対的に変位する場合は拘束せず、ギャップの閉じる方向に相対的に変位する場合には、設定した初期ギャップが最大となるよう拘束を行いながら繰り返し計算を行い、最終状態を算出する。
- (3) ロッド又はビーム要素を用いて接触解析及び摩擦解析を行う手法。本手法は、接触部位にロッド又はビーム要素を与え、接触については引張の反力が生じる要素を削除しながら、また、摩擦については最大摩擦力を越えるビーム要素のせん断剛性及び曲げ剛性を0にしながら繰り返し計算を行うことで最終状態を算出する手法。ここで、最大摩擦力とは各支持構造に生じる反力に摩擦係数 μ を乗じた値を意味する。

-2. 支持構造の強度評価にあつては、支持構造に生じる反力及び摩擦力の分布を適切に推定するために、原則として、前-1.(1)の手法を用いなければならない。

8.3.4.2 貨物タンクと各種支持台の間に生じる摩擦力

- 1. 摩擦力の大きさは、各支持構造に生じる反力値に摩擦係数 μ を乗じた値を上限として、考慮しなければならない。
- 2. 接触面に用いられる代表的な材料の組み合わせに対し、解析で用いる摩擦係数を表 8.3.4-1. に示す。

表 8.3.4-1. 代表的な摩擦係数 μ

接触する材料の組合せ		摩擦係数 μ
材料 1	材料 2	
鋼材	木材	0.2
鋼材	レジン	0.2

8.4 境界条件及び荷重条件

8.4.1 境界条件

8.4.1.1

1編 8.5.1 を適用するにあたって、境界条件は、2-8編 8.4.1 の規定による。

8.4.2 荷重条件

8.4.2.1 考慮する荷重

1編 8.5.2 の適用にあたって、4.3 に規定する追加要件も踏まえた荷重を考慮しなければならない。

8.4.2.2 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 8.5.2 の適用にあたって、2-8編 8.4.2 に規定する手法に従い、ターゲットホールドに生じる垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメントを調整しなければならない。

8.5 強度評価

8.5.1 降伏強度評価

8.5.1.1 評価基準

- 1. 船体の主要支持構造の降伏強度評価は、1編 8.6.1 の規定によらなければならない。
- 2. タンクタイプ A 方式の貨物タンク構造の降伏強度評価は、次の算式による評価基準を満足しなければならない。

$$\lambda_y \leq \lambda_{perm}$$

λ_y : 降伏使用係数で次の算式による。ロッド要素の場合は、 σ_{eq} を σ_a に読み替えること。

$$\text{フェライト鋼に対して, } \lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{\min(0.79\sigma_y, 0.53\sigma_B)}$$

σ_B : 常温における規格最小引張り強さ (N/mm^2) で、次による。

KL 24 に対して 400

KL 27 に対して 420

KL 33 に対して 440

KL 37 に対して 490

λ_{perm} : 許容降伏使用係数で表 8.5.1-1.による。

- 3. タンクタイプ B 方式の貨物タンク構造において、水圧試験状態以外の降伏強度評価にあつては、次の算式による評価基準を満足しなければならない。

$$\lambda_y \leq \lambda_{perm}$$

λ_y : 降伏使用係数で次による。ロッド要素の場合は、 σ_{eq} を σ_a に読み替えること。

$$\text{ニッケル鋼及び炭素・マンガン鋼に対して, } \lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{\min(0.83\sigma_y, 0.5\sigma_B)}$$

$$\text{オーステナイト鋼及びアルミニウム合金に対して, } \lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{\min(0.83\sigma_y, 0.4\sigma_B)}$$

λ_{perm} : 許容降伏使用係数で表 8.5.1-1.による。

- 4. タンクタイプ B 方式の貨物タンク構造において、水圧試験状態の降伏強度評価は、次の算式による降伏使用係数を用いて前-3.の評価基準を満足しなければならない。

$$\lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{0.75\sigma_y}$$

表 8.5.1-1. 許容降伏使用係数

評価構造	最大荷重状態	水圧試験状態	30度静的横傾斜状態	港内状態	
				片舷満載状態で両舷非対称積みを許容しない場合 ⁽¹⁾	両舷満載状態及び片舷満載状態で両舷非対称積みを許容する場合
貨物タンク (タイプA) 構造	1.0	1.0	1.0	1.0	0.85
貨物タンク (タイプB) 構造	1.0	1.0 ⁽²⁾	1.0	1.0	0.85
(備考)					
(1) 港内状態において、貨物タンク両舷非対称積みを許容しない場合は、オペレーションの制限としてローディングマニュアルに記載すること。					
(2) プロトタイプテストで歪ゲージ又は他の適当な装置を用いて応力を計測する場合は、1.2として差し支えない(N編 4.22.6(2)参照)。					

8.5.2 座屈強度評価**8.5.2.1 評価基準**

- 1. 船体の主要支持構造の座屈強度評価は、1編 8.6.2の規定によらなければならない。
- 2. 貨物タンク構造の座屈強度評価は、表 8.5.2-1の規定によらなければならない。

表 8.5.2-1. 許容座屈使用係数

評価構造	最大荷重状態	水圧試験状態	30度静的横傾斜状態	港内状態	
				片舷満載状態で両舷非対称積みを許容しない場合 ⁽¹⁾	両舷満載状態及び片舷満載状態で両舷非対称積みを許容する場合
貨物タンク (タイプA) 構造	0.9	0.9	0.9	0.9	0.77
貨物タンク (タイプB) 構造	0.9	0.9	0.9	0.9	0.77
(備考)					
(1) 港内状態において、貨物タンク両舷非対称積みを許容しない場合は、オペレーションの制限としてローディングマニュアルに記載すること。					

8.5.2.2 横防撓式の船側外板

-1. 1編附属書 8.6「貨物倉解析に基づく座屈強度評価」の適用において、ビルジホップタンク及びトップサイドタンクに囲まれた横防撓式の船側外板については、同附属書 8.6 An3.2.2 に規定するパネル短辺方向参照応力 σ_y の定義にかかわらず、当該部材に働く短辺方向の平均応力を用いて差し支えない。

-2. 前-1.の適用にあたって、1編 5.4 に規定する縦曲げ最終強度を満足する場合、最大荷重状態のうち等価設計波 $HM-1$ 、 $FM-1$ 、 $AV-1P$ 及び $AV-1S$ に基づく荷重を考慮した強度評価において、当該部材に働くパネル短辺方向の応力は次の算式による値を上限として差し支えない。

$$\sigma_{y_limit} = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{b} \right)^2$$

E : ヤング率で、 2.06×10^5 (N/mm²) とする。

ν : ポアソン比で、0.3 とする。

t_p : 板の厚さ (mm)

b : 板の短辺の長さ (mm)

8.6 局部構造の解析による強度評価

8.6.1 一般

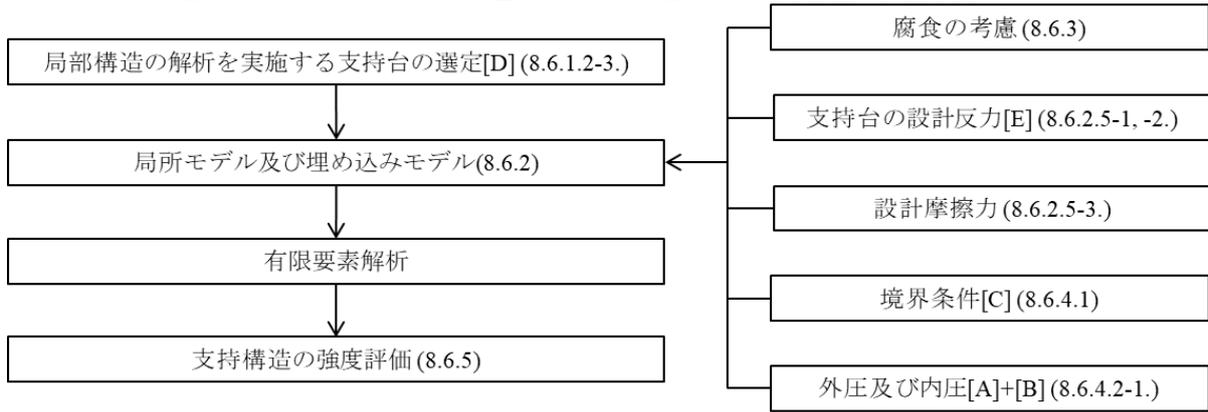
8.6.1.1 適用

- 1. 貨物タンクの各種支持台及びその周辺構造の強度評価手法については、本 8.6 の規定によらなければならない。
- 2. 貨物タンクの各種支持台、その周辺構造以外の船体構造及び貨物タンク構造は、有限要素解析を用いた強度評価を行う場合、本 8.6 の規定を準用することができる。

8.6.1.2 支持構造の評価手順

- 1. 各種支持台、隣接する船体構造及び貨物タンク構造は、1編 8.3.3.1 に規定する典型的なメッシュサイズよりも細かいメッシュサイズを用いた構造モデル（以降、局所モデル）による有限要素解析を行い、強度評価を行う。その際、8.3 に規定する構造モデルに局所モデルを埋め込んだモデル（埋め込みモデル）又は局所モデルを用いなければならない。
- 2. 8.3 に規定する構造モデルを用いた貨物倉解析により得られる各種支持台の反力値及び変位並びに支持台に隣接する構造を含めた支持構造の構造様式及び配置を考慮し、代表的な支持台について埋め込みモデル又は局所モデルを用いた構造解析を実施する。各種支持台の構造及びタイプごとに少なくとも1箇所について評価しなければならない。
- 3. 評価する状態における積付状態及び波条件等を組合せた荷重を考慮する。
- 4. 支持構造を評価する際に用いる荷重は、貨物タンク構造の強度評価に用いたものと同じものとする。ただし、評価する支持構造に対して支配的となる荷重（例えば、当該支持構造に生じる反力が最大となる荷重）のみを用いて構造解析を実施することで差し支えない。
- 5. 考慮する荷重及び境界条件を構造モデルに負荷し、3次元の有限要素解析により応力を算出する。その際、次の(1)から(3)に示す項目を考慮すること。
 - (1) ギャップ効果
 - (2) 貨物タンクと各種支持台の接触面に生じ得る反力の分布
 - (3) 貨物タンクと各種支持台の接触面に生じ得る摩擦力
- 6. 算出した応力を用いて、次の(1)及び(2)に示す強度評価を行うこと。
 - (1) ブラケット端部等応力集中部に対する強度評価
 - (2) 前(1)以外の箇所の応力場に対する強度評価（典型的なメッシュサイズにおける降伏強度評価に分類される評価）

図 8.6.1-1. 局所モデル又は埋め込みモデルを用いた支持構造の強度評価フロー



8.6.1.3 支持構造以外の構造不連続箇所の評価手順

支持構造以外の構造不連続箇所の評価は、8.6.1.2 を準用する。ただし、8.6.1.2-5.(1)から(3)の項目を考慮する必要はない。

8.6.2 構造モデル

8.6.2.1 モデル化範囲

- 1. 局所モデルを用いた構造解析を行う場合、モデル化範囲は、境界条件によって評価箇所の構造応答が著しい影響を受けないよう考慮して決定しなければならない。また、当該局所モデルの端部は、8.3 に規定する構造モデルの主要支持部材と一致させること。
- 2. 局所モデルの最小モデル化範囲は、表 8.6.2-1.によらなければならない。

表 8.6.2-1. 局所モデルの最小モデル化範囲

上下方向	タンク底板又はタンク頂板から貨物タンク桁高さ
左右方向	評価対象を挟んで左右に桁部材 1 つ (2 桁部材分)
前後方向	評価対象を挟んで前後 1 フレーム間 (2 フレーム分)

- 3. 埋め込みモデルを用いる場合は、局所モデルを 8.3 に規定する構造モデルに埋め込むこと。

8.6.2.2 モデル化部材

- 1. 8.3.1.2 に規定する部材に加えて、8.6.2.4 に従い50 mm×50 mmサイズのメッシュ分割とする範囲においては、小さなブラケットやブラケットに付く面材もモデル化しなければならない。
- 2. 評価箇所の構造応答に影響を与えることが見込まれる部材や小開口はモデル化しなければならない。

8.6.2.3 要素の種類

- 1. 局所モデルに用いる要素の種類は次の(1)から(4)によらなければならない。
 - (1) 板部材は、シェル要素を用いてモデル化すること
 - (2) 8.6.2.4-1.に規定するメッシュサイズを用いる範囲にある防撓材は、シェル要素を用いてモデル化すること。それ以外はビーム要素を用いてモデル化して差し支えない。ただし、中性軸の偏心を考慮すること。
 - (3) 8.6.2.4-1.に規定するメッシュサイズを用いる範囲にある主要支持部材のフランジ及びブラケットのフランジは、シェル要素を用いてモデル化すること。それ以外はロッド要素又はビーム要素を用いて差し支えない。
 - (4) 各種支持台の接触面に挿入されるベアリングブロックは、ソリッド要素を用いてモデル化すること。
- 2. 埋め込みモデルにおいて、局所モデル以外に用いる要素の種類は 8.3 の規定による。

8.6.2.4 メッシュ分割等

- 1. 局所モデルのうち評価箇所及びその近傍のメッシュサイズは、50 mm×50 mm以下としなければならない。
- 2. 評価箇所から全方向に少なくとも 10 要素については、前-1.の規定に従わなければならない。当該範囲より外のメッシュサイズは滑らかに変化するようすること。

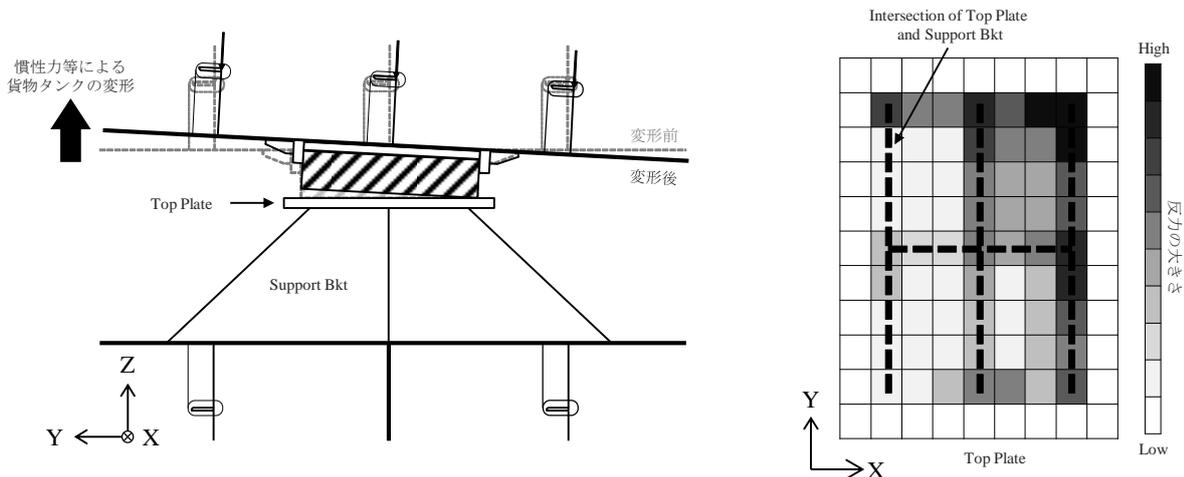
8.6.2.5 その他考慮すべき項目

- 1. ギャップ効果を考慮した設計反力は次の(1)から(3)によらなければならない。
 - (1) 貨物タンク据付け時に想定する許容誤差を考慮した検討を行い、得られた反力の増分をギャップ効果として考慮

すること。この場合、検討に用いた資料を本会に提出すること。ただし、浮き上がり防止用装置の評価においてはギャップ効果を考慮しなくてよい。

- (2) 前(1)の検討を行わない場合、上下方向支持台に対しては工作許容誤差 1 mm あたり 12%の反力増分を、左右方向支持台及び前後方向支持台に対しては許容誤差 1 mm あたり 10%の反力の増分をギャップ効果とすること、
 - (3) 各種支持台の工作管理で許容誤差 0 mm とする場合は、反力の増分を考慮しなくてよい
- 2. 貨物タンクと各種支持台の接触面内に生じ得る設計反力の分布の有無を考慮しなければならない (図 8.6.2-1.参照)。
 - 3. 貨物タンクと各種支持台の接触面に生じ得る設計摩擦力を考慮しなければならない。

図 8.6.2-1. 支持台における接触面の反力分布の例



8.6.3 腐食の考慮

8.6.3.1 ネット寸法手法

局所モデルの板厚及び防撓材の寸法は、1編 3.3 に規定するネット寸法手法を適用しなければならない。

8.6.4 境界条件及び荷重条件

8.6.4.1 境界条件

-1. 埋め込みモデルを用いた構造解析を行う場合、8.4.1 の規定によらなければならない。また、局所モデルの境界において節点の不一致がある場合、多点拘束を用いてこれらの節点に強制変位を与えることができる。その際、2つの隣接する節点に対する線形多点拘束関係式の使用を考慮して差し支えない。

-2. 局所モデルのみを用いた構造解析を行う場合、局所モデルの端部の節点に、8.3 の構造モデル及び 8.4 の計算条件に基づく構造解析で得られる変位を付与しなければならない。

8.6.4.2 荷重条件

-1. 4.3 に規定する積付状態及び波条件の組合せを考慮しなければならない。ただし、評価する支持構造に対して支配的となる荷重 (例えば、当該支持構造に生じる反力が最大となる荷重) のみを用いて構造解析を実施することで差し支えない。局所モデルのみを用いた解析を行う場合、当該モデルで再現された構造に作用する荷重 (外圧及び内圧) を適切に付与しなければならない。

-2. 支持台の接触面の荷重については、8.6.2.5 の規定にもよらなければならない。

-3. 各種支持台及びその周辺構造において、各積付状態に対して表 8.6.4-1.に従い、次の Case A 又は B に対応する解析を実施しなければならない。ただし、支持台の反力及び摩擦力の状態や組合せについて、支持台配置や支持台構造の対称性を考慮した詳細な検討を実施し、本会が適当と認めた場合には Case B の一部又は全部を省略することができる。

Case A : 各状態の荷重条件において接触面に生じる反力の大きさ (分布有り) 並びに摩擦力の大きさ (分布有り) 及び向きを考慮した解析ケースで、船体構造及び貨物タンク構造で構成される一体モデル (図 8.6.4-1.参照) が用いられる。このケースの各種支持台の荷重を表 8.6.4-2.に示す。

Case B : 接触面に生じる反力 (等分布) 及び規定の向きの摩擦力 (等分布) を考慮した解析ケースで、船体構造及び貨物タンク構造それぞれのモデル (図 8.6.4-2.参照) が用いられる。このケースの各種支持台の荷重を表 8.6.4-3.に示す。

表 8.6.4-1. 解析ケース

支持台	積付状態	解析ケース	設計反力及び摩擦力
上下方向支持台	最大荷重状態	Case A 及び Case B	Case A の場合, 表 8.6.4-2 による。 Case B の場合, 表 8.6.4-3 による。
	30 度静的横傾斜状態		
	水圧試験状態		
左右方向支持台	最大荷重状態		
	30 度静的横傾斜状態		
前後方向支持台	最大荷重状態	Case A	
	衝突状態		
浮き上がり防止装置	浸水状態 (IGC)		

図 8.6.4-1. Case A の解析モデルの例

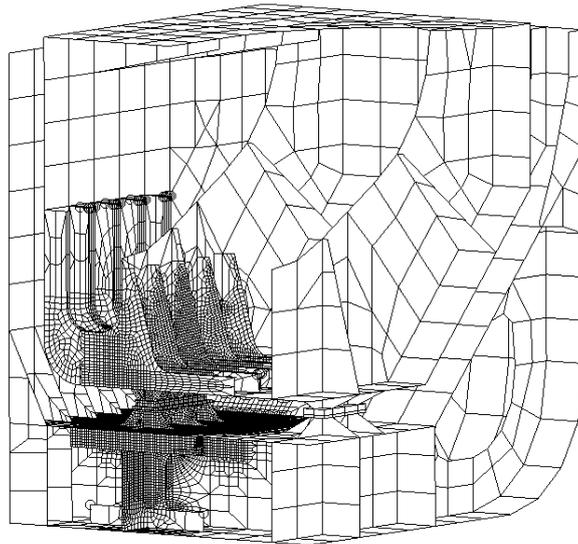


図 8.6.4-2. Case B の解析モデルの例

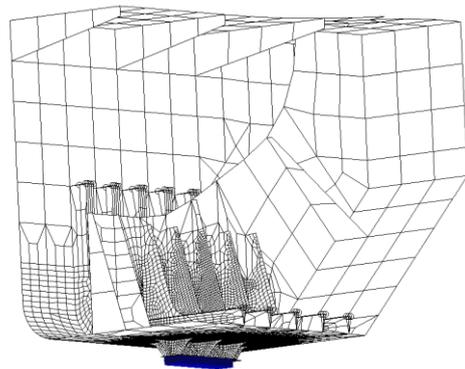
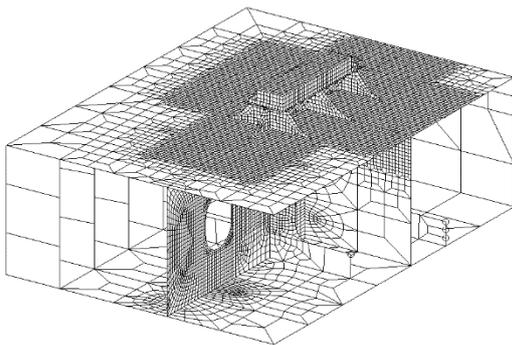


表 8.6.4-2. Case A で考慮する支持台の荷重

支持台の種類	設計反力		分布	設計摩擦力		
	大きさ			大きさ	分布	向き
	計画最大反力	ギャップ効果				
上下方向支持台	R_Z	考慮する ⁽¹⁾	解析により、自動的に考慮される。	設計反力に摩擦係数 μ を乗じた値を上限として、解析により自動的に考慮される。	解析により、自動的に考慮される。	
左右方向支持台	R_Y	考慮する ⁽¹⁾				
前後方向支持台	R_X	考慮する ⁽¹⁾				
浮き上がり防止装置	R_{FZ}	考慮しない				
(備考)						
R_X : 前後方向支持台に生じる前後方向の反力 (kN)						
R_Y : 左右方向支持台に生じる左右方向の反力 (kN)						
R_Z : 上下方向支持台に生じる上下方向の反力 (kN)						
R_{FZ} : 浮き上がり防止装置に生じる上下方向の反力 (kN)						
μ : 接触面の摩擦係数						
(1) ギャップ効果は、解析により得られた応力成分に対してギャップ効果分を割り増すことで考慮しても差し支えない。						

表 8.6.4-3. Case B で考慮する支持台の荷重

支持台の種類	設計反力		分布	設計摩擦力			
	大きさ			大きさ	分布	向き	
	計画最大反力	ギャップ効果					
上下方向支持台	R_Z	考慮する	無 ⁽¹⁾	$C_F \times \mu \times R_Z$	無	+X 方向	
左右方向支持台	R_Y	考慮する				$C_F \times \mu \times R_Y$	-X 方向
前後方向支持台	R_X	考慮しない				$C_F \times \mu \times R_X$	+Y 方向
(備考)							
R_X, R_Y, R_Z, μ : 表 8.6.4-2.による。							
C_F : 有効摩擦係数で、次による。							
上下方向支持台に対して、0.5							
左右及び前後方向支持台に対して、0.2							
(1) 設計反力はベアリングブロックを介して等分布で与えること。							

8.6.5 強度評価

8.6.5.1 参照応力

- 1. 強度評価に用いる参照応力として、シェル要素については 1編 8.6.1.1-1.の規定によらなければならない。
- 2. 50 mm×50 mmのメッシュより細かいメッシュを使用する場合、50 mm×50 mmのメッシュに相当する範囲で、複数要素の応力を平均した値を参照応力として差し支えない。ただし、構造不連続箇所を超えて平均することはできない。

8.6.5.2 各支持構造の応力集中部における評価基準

- 1. 1編 8.6.1.1-1.に規定する参照応力を用いて強度評価を行わなければならない。

- 2. いずれの評価対象部材も、次の基準を満足しなければならない。

$$\lambda_y \leq \lambda_{perm}$$

λ_y : 降伏使用係数で、評価対象に応じて、**8.6.5.2-3.**、**8.6.5.2-4.**、**8.6.5.2-5.**の規定に従う。ただし、衝突状態及び浸水状態 (IGC) にあっては、評価対象にかかわらず **8.6.5.2-7.**の規定による。

λ_{perm} : 許容降伏使用係数で、1.0 とする。

- 3. 各種支持台の強度評価は、次の降伏使用係数を用いなければならない。

$$\lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{C_{fa} C_m \sigma_Y}$$

C_{fa} : 疲労に対する係数で、1.0 とする。ただし、**9章**に規定する疲労強度評価の基準を満足する構造に対しては 1.2 とする。

C_m : 溶接に接しない要素の場合、1.7 とする。溶接に接する要素の場合、1.5 とする。

- 4. タンクタイプ A 方式の貨物タンク構造の強度評価は、次の降伏使用係数を用いなければならない。

$$\lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{C_{fa} C_m \cdot \min(0.79\sigma_Y, 0.53\sigma_B)}$$

C_{fa} , C_m : 前-3.による。

σ_B : 常温における規格最小引張り強さ (N/mm^2) で、**8.5.1**の規定による。

- 5. タンクタイプ B 方式の貨物タンク構造の強度評価は、次の降伏使用係数を用いなければならない。

$$\text{ニッケル鋼及び炭素・マンガン鋼に対して、} \lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{C_{fa} C_m \cdot \min(0.83\sigma_Y, 0.5\sigma_B)}$$

$$\text{オーステナイト鋼及びアルミニウム合金に対して、} \lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{C_{fa} C_m \cdot \min(0.83\sigma_Y, 0.4\sigma_B)}$$

C_{fa} , C_m : 前-3.による。

σ_B : **8.5.1**の規定による。

- 6. 船体構造の強度評価は、次の降伏使用係数を用いなければならない。

$$\lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{C_{fa} C_m \cdot 235/K}$$

C_{fa} , C_m : 前-3.による。

- 7. 評価対象にかかわらず、衝突状態及び浸水状態 (IGC) の強度評価は、次の降伏使用係数を用いなければならない。

$$\lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{1.87\sigma_Y}$$

8.6.5.3 応力集中部以外における評価基準

-1. **1編 8.6.1.1-1.**に規定する参照応力を用いて、強度評価を行わなければならない。その際、**1編 8.3.3**に規定する典型的なメッシュサイズの範囲にある要素の応力を平均した値を用いて差し支えない。ただし、異なる構造及び構造不連続を超えて平均してはならない。

- 2. 各種支持台は、次の基準を満足しなければならない。

$$\lambda_y \leq \lambda_{perm}$$

λ_y : 降伏使用係数で、次の算式による。

$$\lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{\sigma_Y}$$

λ_{perm} : 許容降伏使用係数で、1.0 とする。

-3. 各種支持台に隣接する船体構造及び貨物構造は、衝突状態及び浸水状態 (IGC) に対し、次の基準を満足しなければならない。当該構造にあっては、それ以外の状態 (最大荷重状態等) について評価する必要はない。

$$\lambda_y \leq \lambda_{perm}$$

λ_y : 降伏使用係数で、次の算式による。

$$\lambda_y = \frac{\sigma_{eq}}{\sigma_Y}$$

λ_{perm} : 許容降伏使用係数で、1.0 とする。

8.6.5.4 ベアリングブロックの評価

ベアリングブロックは、支持台の設計反力 R_{des} (kN) 及び設計摩擦力 F_{des} (kN) により生じる直応力 σ (N/mm^2) 及びせん断応力 τ (N/mm^2) が、原則として次の基準を満足しなければならない。

$$\sigma = \frac{R_{des}}{A_B} \times 10^{-3} < \frac{\sigma_{strength}}{C_S}$$

$$\tau = \frac{F_{des}}{A_B} \times 10^{-3} < \frac{\tau_{strength}}{C_S}$$

A_B : ベアリングブロックの接触面に平行な断面積 (m^2)

$\sigma_{strength}$: ベアリングブロックの最小圧縮強度 (N/mm^2)

$\tau_{strength}$: ベアリングブロックの最小せん断強度 (N/mm^2)

C_S : 安全係数で、表 8.6.5-1.による。

表 8.6.5-1. 安全係数

考慮する状態	C_S
最大荷重状態	3.0
30度静的横傾斜状態	
水圧試験状態	
浸水状態 (IGC) / 衝突状態	1.5

8.6.5.5 その他部材の評価

-1. コーミング/ダムプレート及びセキュアリングボルトは、ベアリングブロックが摩擦力を受けることにより生じるせん断力に耐える構造となるよう適切に評価しなければならない。支持台の設計反力の 10%のせん断力に対し安全な設計とすることを標準とする。

-2. 各種支持台の頂板及び貨物タンクの底板 (支持構造部) は、支持台の設計反力による大きな面外荷重に対して過大な変形が生じない構造となるよう適切に評価しなければならない。

9章 疲労

9.1 一般

9.1.1 一般

9.1.1.1 概要

- 1. 液化ガスばら積船（独立方形タンクタイプ A/B 方式）に対する有限要素応力解析による板及び桁の取合い部並びに母材の自由端の疲労強度評価手法は、特に記載がない場合は、[1編 9章](#)に代えて本章によらなければならない。
- 2. 前-1.にかかわらず、独立方形タンクタイプ B 方式の液化ガス運搬船の貨物タンク構成要素及び支持台（貨物タンク側）の疲労強度評価は、[N編 4.22.4](#)によらなければならない。
- 3. 本章で評価が要求される各種支持台の定義及び各支持台に対する疲労強度評価の適用をそれぞれ[図 9.1.1-1.](#)及び[表 9.1.1-1.](#)に示す。

図 9.1.1-1. 評価が要求される支持台の定義

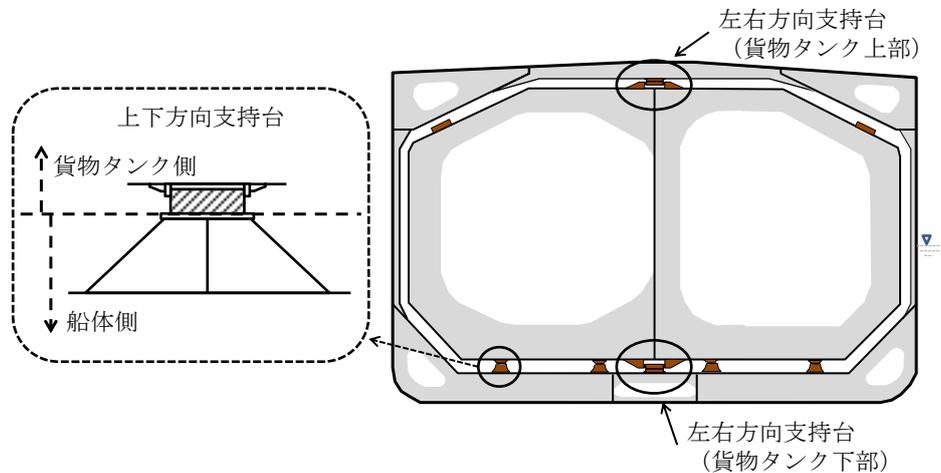


表 9.1.1-1. 各構造に対する疲労強度評価の適用

タンクタイプ	項目	参照規則等
A, B	船体構造の主要部材の疲労強度評価	本章
A	貨物タンク構造の主要部材の疲労強度評価	本章
B	貨物タンク構成要素の疲労強度評価	N編 4.22.4
A	支持台の主要部材の疲労強度評価	本章
B	支持台（船体側 ^(注1) ）の主要部材の疲労強度評価	本章
B	支持台（貨物タンク側 ^(注1) ）の主要部材の疲労強度評価	N編 4.22.4
(備考)		
注1： 支持台の船体側，貨物タンク側の定義は、 図 9.1.1-1. 参照		

9.1.1.2 適用

- 1. 船の長さ L_C が90 m以上の船舶は、[1編 9.3](#)の簡易応力解析及び[9.4](#)の有限要素解析により得られるホットスポット応力に基づき、疲労強度評価を行わなければならない。

9.1.2 前提条件

9.1.2.1

本章に規定する疲労強度評価は、次の(1)から(9)に示す条件を前提とする。

- (1) [1編 9.5.4](#)に規定する線形累積被害モデル（マイナー則）により疲労被害度を算定する。

- (2) 設計疲労寿命 T_{FD} は25年以上とする。
- (3) 準静的波浪荷重は、超過確率 10^{-2} に対応する等価設計波(EDW)によって決定する。
- (4) 9.3の規定に従って、 t_{n25} のネット寸法により応力を評価する。
- (5) 溶接止端部及び部材の自由端の疲労強度評価にはホットスポット応力を用い、溶接ルート部の疲労強度評価は有効切欠き応力を用いる。
- (6) 特別な場合を除き、溶接部の疲労強度評価は溶接止端部の評価とする。溶接部に荷重が伝達する溶接継手部にあつては、1編 9.1.4.2 若しくは1編 9.1.4.3 又は1編 9.6 によらなければならない。
- (7) S-N線図は2標準偏差下限の設計線図とし、評価箇所の塗装が有効な期間は大気環境 S-N線図を用い、塗装の有効性が損なわれた期間は腐食環境 S-N線図を用いる。
- (8) 波浪変動荷重に対する応力範囲の長期分布は指数分布とする。
- (9) 疲労強度評価の許容基準は、9.6による。

9.2 評価すべきホットスポット

9.2.1 有限要素解析で評価すべきホットスポット

9.2.1.1

- 1. 本章に従って有限要素解析により疲労強度評価すべきホットスポットは、表 9.2.1-1.から表 9.2.1-4.の範囲1の欄に記載される構造詳細とする。
- 2. 船級符号に“PS-FA-S”を付して登録する船舶にあつては、表 9.2.1-1.から表 9.2.1-4.の範囲2の欄に記載される任意の構造詳細を評価する。
- 3. 前-1.にかかわらず、十分な疲労強度を有することを示す資料を本会に提出し、適当と認められた場合は、当該構造の疲労強度評価を省略することができる。
- 4. 評価は中央部貨物エリア、前端部貨物エリア、後端部貨物エリアそれぞれに対して行うこと。
- 5. 疲労強度評価のターゲットホールドは、8.2.1.1に従って選定された貨物倉解析のターゲットホールドと同じ貨物倉とする。

表 9.2.1-1. 船体構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	船体構造の重要な構造詳細	範囲1	範囲2 (任意)
1	ビルジホップナックル部とガーダ、フロアとの交差部	○	○
2	ホールドフレームのブラケット下端部(及び必要に応じて上端部)	○	○
3	隔壁と内底板の交差部	○ ⁽¹⁾	○
4	上甲板のドーム開口部(コーナー部)	○	○
5	コネクショントランクと船側外板及びビルジホップの交差部	—	○
6	上甲板ガーダとデッキロンジの交差部	○ ⁽¹⁾	○
(備考)			
(1) 十分な疲労強度を有しないと本会が判断した場合のみ、評価を行わなければならない。			

表 9.2.1-2. LNG 運搬船に対する追加の評価対象構造詳細

No	LNG 船に対する追加対象箇所	範囲1	範囲2 (任意)
7	ビルジホップ上部ナックル部と水平桁、トランスとの交差部	○	○
8	二重船側縦通隔壁のナックル部	—	○

表 9.2.1-3. 貨物タンク構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	貨物タンク構造の重要な構造詳細	範囲 1	範囲 2 (任意)
9	水平桁のブラケット端部と中心線隔壁の交差部	—	○
10	ボトムトランスのブラケット端部と中心線隔壁の交差部	—	○
11	制水隔壁のブラケット端部	—	○
12	タンク底板ロンジとボトムトランス付トリッピングブラケットの交差部	—	○

表 9.2.1-4. 支持台における主要部材の評価対象構造詳細

No	支持台の重要な構造詳細	範囲 1	範囲 2 (任意)
13	上下方向支持台のブラケット端部	— ⁽²⁾	○
14	左右方向支持台（貨物タンク上部）のブラケット端部	— ⁽²⁾	○
15	左右方向支持台（貨物タンク下部）のブラケット端部	— ⁽²⁾	○
16	デッキトランス付トリッピングブラケット（左右方向支持台の受け）とデッキロンジの接続部	○ ⁽¹⁾	○
(備考)			
(1) 十分な疲労強度を有しないと本会が判断した場合のみ、評価を行わなければならない。			
(2) 8.6.5.2 に規定する C_{fa} の適用において、1.2 を用いた場合は、評価を行わなければならない。			

9.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.1 一般

9.3.1.1

- 標準的な積付状態及び時間比率は、評価対象構造に応じて、表 9.3.1-1 から表 9.3.1-5 による。
- 前-1.にかかわらず、表 9.3.1-1 から表 9.3.1-5 以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.1-1. 船体構造を評価する際に考慮する標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態（均等積）	50 %
バラスト状態	50 %

表 9.3.1-2. 貨物タンク構造を評価する際に考慮する標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態（均等積）	50 %

表 9.3.1-3. 上下方向支持台の船体側の構造詳細を評価する際に考慮する標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (均等積)	50 %
バラスト状態	50 %

表 9.3.1-4. 上下方向支持台の貨物タンク側の構造詳細を評価する際に考慮する標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (均等積)	50 %

表 9.3.1-5. 左右方向支持台を評価する際に考慮する標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態 (均等積)	50 %

9.4 有限要素解析

9.4.1 一般

9.4.1.1 一般

本 9.4 は板及び桁の取合い部並びに母材の自由端に対する極詳細有限要素解析によるホットスポット応力の評価手法に対する要件を規定する。ホットスポット応力は継手の構造詳細による構造の不連続を考慮するが、溶接部の存在による局所的な応力集中は考慮しない。

9.4.1.2 計算方法及び解析精度の確認

解析方法及び解析プログラムは 1 編 9.4.1.2 による。

9.4.1.3 高度な解析に基づく強度評価

本 9.3 の適用にあたっては、本会が適用と認めた場合、直接荷重解析等高度な解析に基づいた強度評価を実施することができる。ただし、解析により得られた応力からホットスポット応力を求める場合は、1 編 9.4.5 に規定する方法以外の方法を用いてはならない。

9.4.1.4 ホットスポット応力の種類

ホットスポット応力の種類は 1 編 9.4.1.4 による。

9.4.2 有限要素モデル

9.4.2.1 一般

-1. 疲労強度評価のためのホットスポット応力の評価は、高応力集中部に対する極詳細有限要素メッシュ域を全体モデルに組み込んで行うことを標準とする。

-2. 貨物倉のコースメッシュモデルは、8.3 に従って作成しなければならない。ただし、代替手法として、貨物倉の全体モデルから得られる境界条件を与えた極詳細メッシュ領域を持つ局部有限要素モデルを用いて解析を行って差し支えない。この場合、貨物倉の全体モデルと局部有限要素モデルの腐食控除量を一致させる必要がある。

9.4.2.2 モデル化範囲、モデル化部材、腐食モデル、メッシュサイズ及びモデル化における注意点

モデル化範囲、モデル化部材、腐食モデル、メッシュサイズ及びモデル化における注意点は、それぞれ 1 編 9.4.2.2, 1 編 9.4.2.3, 1 編 9.4.2.5, 1 編 9.4.2.7, 1 編 9.4.2.8 による。

9.4.2.3 要素の種類

-1. モデル化に使用する要素の種類は次の(1)から(4)によらなければならない。

- (1) 板及び桁はシェル要素を用いてモデル化する。
- (2) 極詳細メッシュ領域内の防撓材、主要支持部材の面材及びブラケットの面材は、シェル要素を用いる。
- (3) 極詳細メッシュ領域外の防撓材は原則としてビーム要素を用いてモデル化すること。その際、中性軸の偏心を考慮する。

- (4) 極詳細メッシュ領域外の主要支持部材の面材及びブラケットの面材はロッド又はビーム要素を用いてモデル化して差し支えない。
- (5) 各種支持台の接触面に挿入されるベアリングブロックは、ソリッド要素を用いてモデル化する。

-2. 要素の特性については、[8.3.2.1](#)による。

9.4.2.4 液化ガスばら積船（独立方形タンクタイプ A/B 方式）特有のモデル化における注意点

-1. 極詳細メッシュによる強度評価を行う支持台をコースメッシュで再現する場合、特に支持する方向に対する支持台の剛性は、可能な限り実際の構造の剛性と同じ値とし、極詳細メッシュで再現する支持台の剛性と合わせなければならない。

-2. 貨物タンクの鋼材の密度は、モデル化しない貨物ポンプや配管等の艀装品及び防熱材料等の重量が考慮されるように調整しなければならない。

-3. トリップングブラケット等の支持台近傍の部材は、ロッド要素やビーム要素ではなく、シェル要素でモデル化しなければならない。

-4. タンクドーム開口部のコーミングは、できる限り正確にモデル化しなければならない。

9.4.3 接触及び摩擦

9.4.3.1 接触及び摩擦を考慮するための設定

接触及び摩擦を考慮するための設定については、[8.3.4.1](#)によらなければならない。

9.4.3.2 貨物タンクと各種サポートの間に生じる摩擦力

-1. 摩擦力の大きさは、各支持台に生じる反力値に摩擦係数 μ を乗じた値を上限として、考慮されるものとする。

-2. 接触面に用いられる代表的な材料の組合せに対して解析で用いる摩擦係数を表 [9.4.3-1](#)に示す。なお、使用する摩擦係数に関する資料を本会に提出し、本会が適当と認めた場合は、表 [9.4.3-1](#)によらなくて差し支えない。

表 9.4.3-1. 代表的な摩擦係数 μ

用いる材料の組合せ		摩擦係数 μ
材料 1	材料 2	
鋼材	木材	0.2
鋼材	レジン	0.2

9.4.3.3 極詳細メッシュ解析において考慮すべき項目

極詳細メッシュ解析においては次の(1)及び(2)に示す項目を考慮しなければならない。

- (1) 貨物タンクと各種支持台の接触面内に生じる設計反力の分布（[図 9.4.3-1](#)参照）
- (2) 貨物タンクと各種支持台の接触面に生じる設計摩擦力

9.4.3.4 考慮すべき解析ケース

各支持台に対して、表 [9.4.3-2](#)に従い、次の Case A に対応する解析を実施すること。

Case A: 選択した特定の荷重条件において接触面に生じる反力の大きさ(分布有り)並びに摩擦力の大きさ(分布有り)及び向きを考慮した解析ケースで、一般的に船体構造及び貨物タンク構造で構成される一体モデルが用いられる。（[図 9.4.3-2](#)参照）

表 9.4.3-2. 各支持台を評価する際に考慮する解析ケース

支持台	荷重シナリオ	解析ケース	設計反力・摩擦力
上下方向支持台	航海状態	Case A	表 9.4.3-3
左右方向支持台	航海状態	Case A	表 9.4.3-3

図 9.4.3-1. 接触面内に生じる反力分布の例

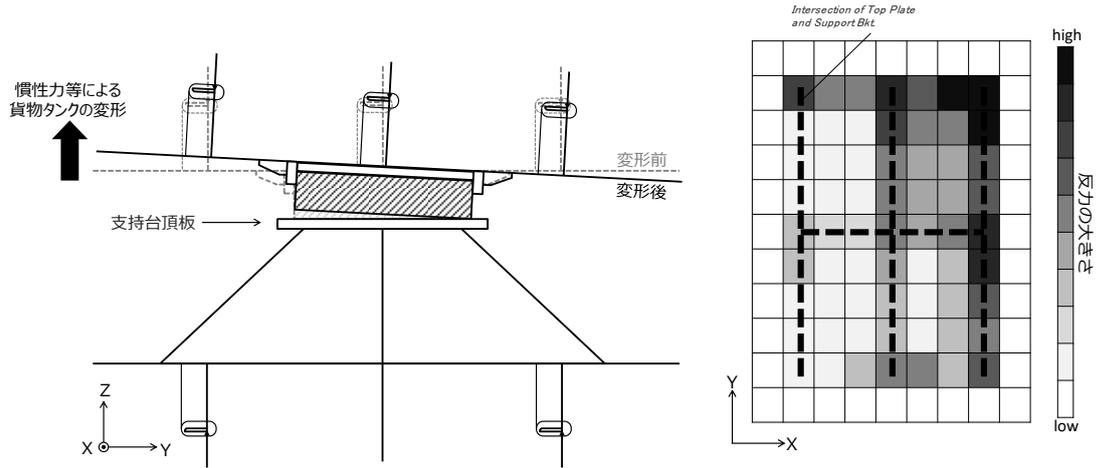


図 9.4.3-2. Case A の解析モデル例

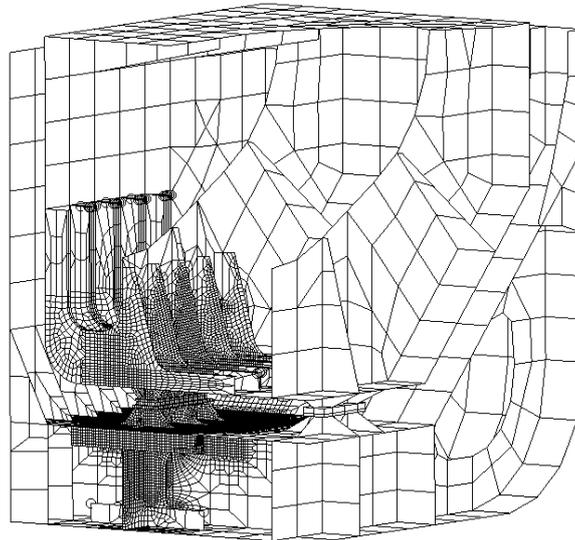


表 9.4.3-3. Case A で考慮する設計反力及び設計摩擦力

支持台の種類	設計反力			設計摩擦力		
	大きさ		分布	大きさ	分布	向き
	計算最大反力	ギャップ効果の考慮				
上下方向支持台	R_z	無	解析により、自動的に考慮される	$\mu \cdot R$ 上記算式（摩擦係数×設計反力）により得られる摩擦力を上限として、解析により自動的に考慮される	解析により、自動的に考慮される	
左右方向支持台	R_y	無				

9.5 境界条件及び荷重条件

9.5.1 境界条件

9.5.1.1

1編 9.4.4.1 の適用上, 境界条件は, 2-8編 8.4.1 による。

9.5.2 荷重条件

9.5.2.1 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 9.4.4.2 の適用上, 構造モデルへのモーメント付与方法は, 2-8編 8.4.2.2 による。ただし, M_{V-targ} , M_{H-targ} として, 2-8編表 8.4.2-1. に代えて表 9.5.2-1. に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) を用いる。

表 9.5.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	繰返し荷重状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}
(備考) M_{V-HG} , M_{H-HG} : 繰返し荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) で, 1編 4.7.2.10 による。	

9.6 疲労強度評価

9.6.1 一般

9.6.1.1

- 1. 疲労強度評価は 1編 9.5 による。
- 2. 前-1.にかかわらず, 疲労強度評価基準は, 次によらなければならない。

$$\eta \cdot C_{ST} \cdot D \leq 1.0$$

η : 評価に用いた荷重に応じて決まる疲労被害度の修正係数で, 1編表 9.5.5-1. による。

C_{ST} : 疲労被害度の修正係数で, 評価対象に応じて次による。

船体構造, 貨物タンク構造, 上下方向支持台及び左右方向支持台 (貨物タンク上部) の場合 : 1.0

左右方向支持台 (貨物タンク下部) の場合 : 1.1

10 章 追加の構造要件

10.1 スロッシングに対するタンク構造

10.1.1 一般

10.1.1.1 適用

-1. 次の(1)から(3)のすべてに該当する独立方形タンクタイプ A 及びタイプ B 方式の貨物タンク構造にあっては、1編 4.8.2.4 に規定するスロッシング荷重を用いて、本 10.1 に規定する寸法を満足しなければならない。

- (1) 容積が 100 m^3 以上の独立方形タンク
- (2) 20%以上 90%以下の積付比率の積載が可能となるよう計画された独立方形タンク
- (3) 独立方形タンクの縦揺れ固有周期がピッチ周期の 20%以内又は±1.5 秒以内にある場合及び独立方形タンクの横揺れ固有周期がロール周期の 20%以内又は±1.5 秒以内にある場合

-2. 前-1.(3)の適用において、いずれか片方のみの条件が該当する場合、該当する船体運動により生じるスロッシング荷重のみを考慮することで差し支えない。

-3. 前-1.(3)の適用において、積付比率 10%ごとにタンク固有周期を求めること。前-1.(3)の条件に合致する積付比率に対するスロッシング荷重のみを考慮することで差し支えない。

10.1.1.2 寸法手法

本 10.1 に規定する要求寸法は、ネット寸法で規定する。なお、独立方形タンクの腐食予備厚は 1編 3.3.4.3 による。

10.1.2 板

10.1.2.1 タンクタイプ A 方式

スロッシング荷重を受ける板の板厚は、次の算式による値以上としなければならない。

$$t = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{P_{slh} \times 10^{-3}}{1.15 C_a \sigma_{perm}}} \quad (\text{mm})$$

b : 板パネルの短辺の長さ (mm)

P_{slh} : 板パネルに対する等価圧力 (kN/m^2) で、表 10.1.2-1.による。

C_a : 軸力影響係数で、1.0とする。

σ_{perm} : 許容応力 (N/mm^2) で、表 10.1.2-2.による。

表 10.1.2-1. 板パネルに対する等価圧力

対象部材	P_{slh}
<ul style="list-style-type: none"> ・タンク前後壁 ・横制水隔壁 ・タンク前後壁の近傍にあるタンク頂板⁽¹⁾ 	P_{slh-p} (1編 4.8.2.4-4.(1))
<ul style="list-style-type: none"> ・タンク側壁 ・中心線隔壁 ・縦通制水隔壁 ・タンク側壁の近傍にあるタンク頂板⁽¹⁾ ・タンク側壁上方及び下方にある斜板⁽²⁾ 	P_{slh-r} (1編 4.8.2.4-4.(2))
(備考)	
() 内の数字は、参照する要件を示す。	
(1) タンク前後壁から $0.3\ell_{tk}$ の範囲にある板パネルに対して P_{slh-p} を適用すること。また、タンク側壁または中心線隔壁から $0.3b_{tk}$ の範囲にある板パネルに対して P_{slh-r} を適用すること。 ℓ_{tk} 及び b_{tk} の定義は、1編の表 4.8.2-13.及び表 4.8.2-14.の規定による。	
(2) タンク側壁とタンク頂板の間に、十分な大きさの斜板等がある場合、前(1)にかかわらずタンク頂板を評価対象外として差し支えない。	

表 10.1.2-2. 許容応力 (タンクタイプ A 方式)

対象部材	σ_{perm}
・フェライト鋼	$\min(0.79\sigma_Y, 0.53\sigma_B)$
(備考) σ_Y : 規格最小降伏応力 (N/mm^2) σ_B : 常温における規格最小引張り応力 (N/mm^2) で、次による。 KL24 に対して, 400 KL27 に対して, 420 KL33 に対して, 440 KL37 に対して, 490	

10.1.2.2 タンクタイプ B 方式

スロッシング荷重を受ける板の板厚は、10.1.2.1 の算式による値以上としなければならない。ただし、許容応力 σ_{perm} (N/mm^2) は、表 10.1.2-3.による。

表 10.1.2-3. 許容応力 (タンクタイプ B 方式)

対象部材	σ_{perm}
・ニッケル鋼及び炭素・マンガン鋼	$\min(0.83\sigma_Y, 0.5\sigma_B)$
・オーステナイト鋼及びアルミニウム合金	$\min(0.83\sigma_Y, 0.4\sigma_B)$
(備考) σ_Y, σ_B : 表 10.1.2-2.による。	

10.1.3 防撓材

10.1.3.1

スロッシング荷重を受ける板に取り付けられる防撓材の断面係数は、次の算式による値以上としなければならない。

$$Z = \frac{M_{slh}}{C_s \sigma_{perm}} \times 10^3 \quad (cm^3)$$

M_{slh} : 等価曲げモーメント ($kN\cdot m$) で、表 10.1.3-1.による。

C_s : 軸力影響係数で、1.0 とする。

σ_{perm} : 許容応力 (N/mm^2) で、表 10.1.2-2.または表 10.1.2-3.による。

表 10.1.3-1. 各評価対象部材に対する等価曲げモーメント

対象部材	防撓構造	M_{slh}
・タンク頂板付き防撓材 ⁽¹⁾⁽²⁾	縦式	M_{slh-p} (1編 4.8.2.4-5.(1)) M_{slh-r} (1編 4.8.2.4-5.(2))
	横式	M_{slh-p} (1編 4.8.2.4-5.(2)) M_{slh-r} (1編 4.8.2.4-5.(1))
・タンク前後壁付き防撓材 ・横制水隔壁付き防撓材 ・中心線隔壁に取り付けられる立て桁付き防撓材 ・タンク側壁に取り付けられる立て桁付き防撓材 ・タンク前後壁に取り付けられる水平桁付き防撓材 ・クロスタイ (横方向) 付き防撓材	形式 A ⁽³⁾	M_{slh-p} (1編 4.8.2.4-5.(1))
	形式 B ⁽⁴⁾	M_{slh-p} (1編 4.8.2.4-5.(2))

<ul style="list-style-type: none"> ・タンク側壁に取り付けられる防撓材 ・縦通制水隔壁付き防撓材 ・タンク側壁の上方及び下方にある斜板付き防撓材 ・タンク前後壁に取り付けられる立て桁付き防撓材 ・タンク側壁に取り付けられる水平桁付き防撓材 ・中心線側壁に取り付けられる水平桁付き防撓材 	形式 A ⁽³⁾	M_{slh-r} (1編 4.8.2.4-5.(1))
	形式 B ⁽⁴⁾	M_{slh-r} (1編 4.8.2.4-5.(2))
(備考)		
() 内の数字は、参照する要件を示す。		
(1) タンク前後壁から $0.3\ell_{tk}$ の範囲にある板パネルの防撓材に対して M_{slh-p} を適用すること。また、タンク側壁または中心線隔壁から $0.3b_{tk}$ の範囲にある板パネルの防撓材に対して M_{slh-r} を適用すること。 ℓ_{tk} 及び b_{tk} の定義は、1編の表 4.8.2-13.及び表 4.8.2-14.の規定による。		
(2) タンク側壁とタンク頂板の間に、十分な大きさの斜板等がある場合、前(1)にかかわらずタンク頂板に取り付けられる防撓材を評価対象外として差し支えない。		
(3) 1編の図 10.9.3-1.参照。		
(4) 1編の図 10.9.3-2.参照		

10.1.4 桁ウェブ

10.1.4.1

スロッシング荷重を受ける桁部材のウェブ板厚 t_w は、次の算式による値以上としなければならない。

$$t_w = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{P_{slh} \times 10^{-3}}{1.15 C_a \sigma_{perm}}} \quad (mm)$$

P_{slh} : 板パネルに対する等価圧力 (kN/m^2) で、表 10.1.4-1.による。

C_a : 軸力影響係数で、1.0 とする。

b : 板パネルの短辺の長さ (mm)

σ_{perm} : 許容応力 (N/mm^2) で、表 10.1.2-2.または表 10.1.2-3.による。

表 10.1.4-1. 各評価対象部材に対する等価圧力

対象部材	P_{slh}
<ul style="list-style-type: none"> ・タンク前後壁／横制水隔壁に取り付けられる水平桁 ・タンク側壁／中心線隔壁／縦通制水隔壁に取り付けられる立て桁 ・クロスタイ (横方向) 	P_{slh-p} (1編 4.8.2.4-4.(1))
<ul style="list-style-type: none"> ・タンク側壁、中心線隔壁及び縦通制水隔壁に取り付けられる水平桁 ・タンク前後壁及び横制水隔壁に取り付けられる立て桁 ・クロスタイ (縦方向) 	P_{slh-r} (1編 4.8.2.4-4.(2))
(備考)	
() 内の数字は、参照する要件を示す。	

2-10 編 液化ガスばら積船（独立型タンクタイプ C 方式）

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

-1. 船級符号に“*Independent Tanks of Type C*”（略号 *IT Type C*）を付記して独立型タンクタイプ C 方式の液化ガスばら積船として登録を受けようとする船舶の構造及び艙装については、1 編に加え、本 2-10 編の規定によらなければならない。

-2. 本 2-10 編の規定は、一般的に、二重底構造を有する一層甲板船であって、甲板及び船底は縦式構造の独立型タンクタイプ C 方式の液化ガスばら積船について定めたものである。

-3. 前-2.に掲げるものと異なる構造の独立型タンクタイプ C 方式の液化ガスばら積船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

1.2 定義

1.2.1 用語

1.2.1.1 用語の定義

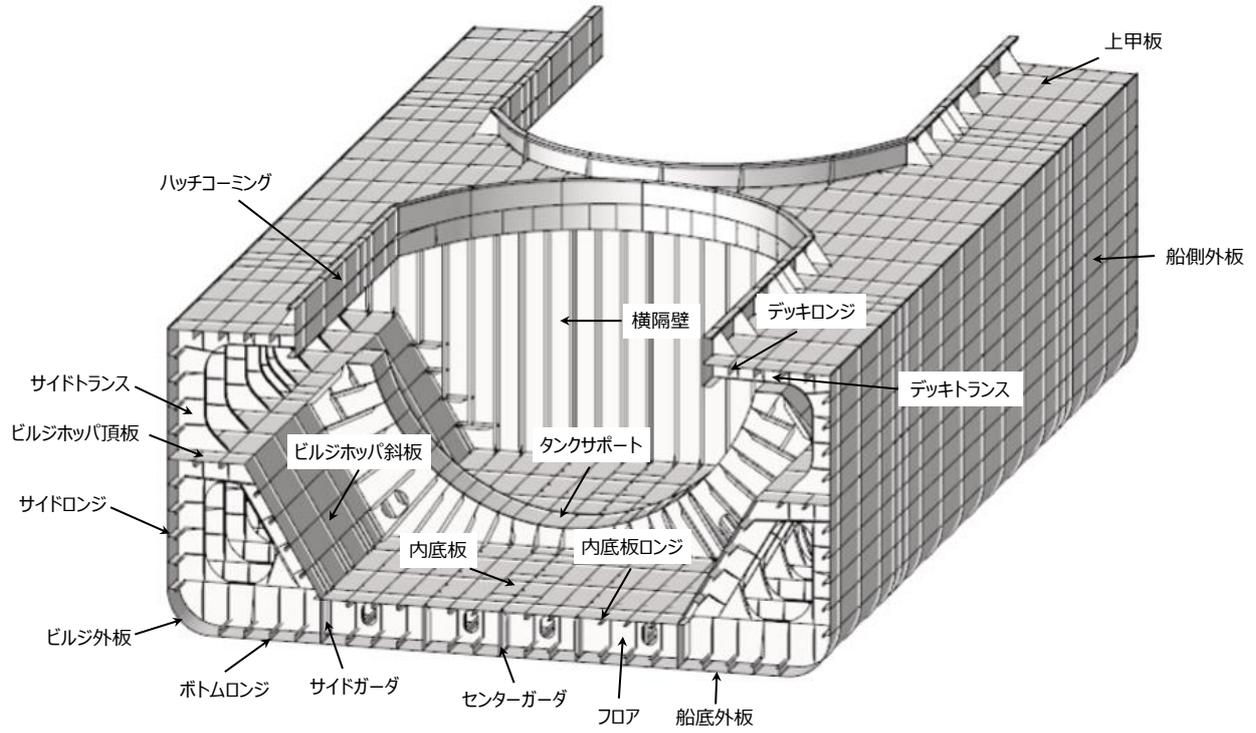
独立型タンクタイプ C は D 編 10.5 の規定に適合するタンクのことをいう。

1.2.2 部材名称

1.2.2.1 構造に関する用語

本 2-10 編において用いられている一般的な構造に関する用語を図 1.2.2-1.に示す。

図 1.2.2-1. 液化ガスばら積船 (独立型タンクタイプ C 方式)



4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成及び概要

本章の各節には、本 2-10 編及び 1 編の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、表 4.1.1-1. に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	1編6章に規定する局部強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.3	主要支持構造強度において考慮する荷重	7章及び1編7章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1編6章に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本 4.2 の規定にもよらなければならない。
- 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.2.2 の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 面外荷重

1編4.4.2 の適用にあたって、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。

4.3 主要支持構造強度において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

- 7章及び1編7章に規定する主要支持構造強度の要件において考慮する荷重は、本 4.3 の規定にもよらなければならない。
- 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2 の規定によらなければならない。
- 港内状態の荷重は考慮する必要はない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 一般

- 単純桁の要件にあつては、4.2 の関連規定にもよらなければならない。
- 二重船殻の要件にあつては、表 4.3.2-1. に規定する荷重を考慮しなければならない。ただし、本会が必要と認める場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態を考慮した追加の積付パターンを要求する場合がある。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態で考慮すべき荷重

評価対象 構造		積付パターン ⁽¹⁾			等価 設計波	考慮する 内外圧差 (kN/m^2)
		喫水 (m)	静水中垂直曲げ モーメント ($kN\cdot m$)	考慮する積載物		
二重底	S1	T_{SC}	$M_{SV\ max}$	考慮しない	HM-2	二重底 : P_{DB}
	S2	T_{SC}	$M_{SV\ min}$	考慮しない	HM-1	二重船側 : P_{DS}

4.3.2.2 外圧

二重船殻の要件にあつては、表 4.3.2-2.の規定に基づき、静水圧及び等価設計波における波浪変動圧を考慮しなければならない。

表 4.3.2-2. 考慮する外圧及び内圧

評価対象構造		P_{DB} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾	P_{DS} (kN/m^2) ⁽¹⁾⁽²⁾
二重底	S1	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
	S2	$P_{exs} + P_{exw}$	$P_{exs} + P_{exw}$
(備考) P_{exs} , P_{exw} : P_{DB} の場合、船底外板に作用する静水圧及び波浪変動圧の値 (kN/m^2)。 P_{DS} の場合、船側外板に作用するそれらの値 (kN/m^2)。それぞれにつき、1編 4.6.2.4 に基づき算出する。			
(1) 全ての積付パターンにおいて、各成分の荷重 (P_{exs} 等) を算出する際の荷重計算点は1編 7.3.1.5 による。			
(2) 荷重を算出するにあたって $T_{LC} = T_{SC}$ とすること。			

4.3.2.3 垂直曲げモーメント

-1. 二重船殻の要件にあつては、4.3.2.1-2.に規定する静水中垂直曲げモーメント及び等価設計波における波浪中垂直曲げモーメントを考慮しなければならない。

-2. 各等価設計波で考慮する波浪中垂直曲げモーメントは1編 4.6.2.10 によらなければならない。

5章 縦強度

5.1 縦曲げ最終強度

5.1.1 評価基準

5.1.1.1 二重底曲げ影響

1編 5.4.2.2 に規定する評価判定において、二重底曲げ影響を考慮する係数 γ_{DB} は、次とする。

$$\gamma_{DB} = 1.15$$

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 適用

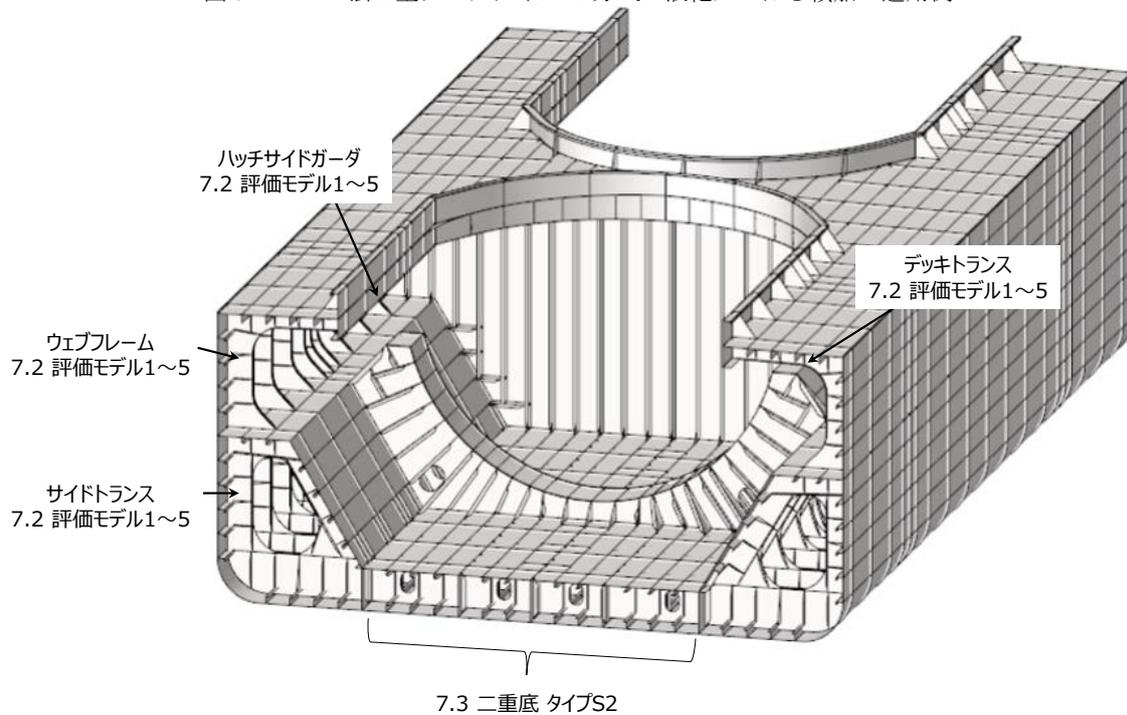
7.1.1.1

二重底及び二重船側構造については、1編 7.3 に規定する二重船殻に関する要件を適用し、それ以外の単純桁と見なすことができる桁部材については、1編 7.2 に規定する単純桁に関する要件を適用しなければならない。

7.1.1.2 独立型タンクタイプ C 方式の液化ガスばら積船の評価モデル適用例

- 1. 1編 7.2 及び 7.3 を適用する際の評価モデルの適用例を図 7.1.1-1. に示す。
- 2. 図 7.1.1-1. に記載の無い構造であって、単純桁とみなせる桁部材については境界条件や作用荷重を考慮して 1編表 7.2.1-1. から評価モデルを適宜選択しなければならない。

図 7.1.1-1. 独立型タンクタイプ C 方式の液化ガスばら積船の適用例



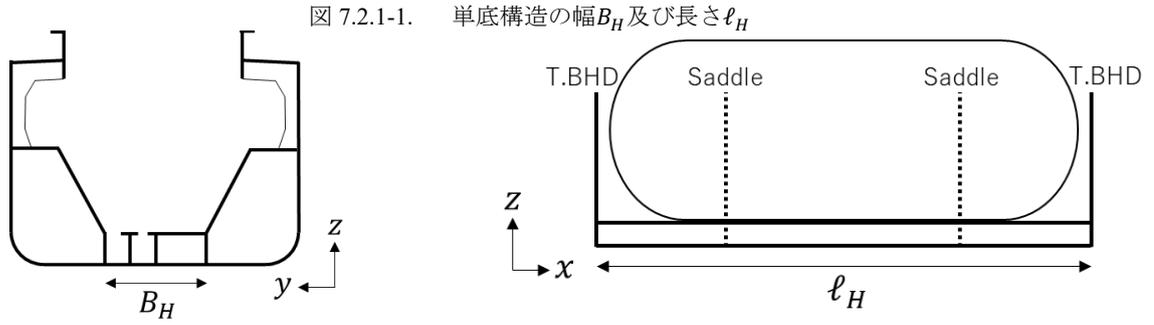
(備考) 船底が単底構造の場合は、7.2 に規定する要件を適用する。

7.2 単底構造

7.2.1 適用

7.2.1.1

船底が単底構造の場合で、アスペクト比 l_H/B_H が 2.0 以上となる場合は、7.2.2 によらなければならない。ここで、 l_H 及び B_H は図 7.2.1-1. による。なお、アスペクト比が小さい場合は本会の適当と認めるところによる。



7.2.2 評価対象部材

7.2.2.1 フロア

フロアは 1 編 7.2 に規定する単純桁に関する要件により強度評価を行わなければならない。なお、フロアの全長 l は図 7.2.1-1. に示す B_H とする。

7.2.2.2 ガーダ

ガーダの寸法はフロアと同等程度としなければならない。

8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 適用

8.1.1.1

1編 8.1.2.1-1.(2)に該当する船舶は、貨物倉の長さが 30 m 以上の船舶とする。

8.1.2 評価対象部材

8.1.2.1

1編 8.2.2の適用にあたって、貨物タンク構造の部材を評価する必要はない。

8.1.3 構造モデル

8.1.3.1 モデル化する部材

1編 8.3.1.2の適用にあたって、貨物タンク構造及び貨物タンクの支持構造を適切にモデル化しなければならない。

8.1.3.2 要素の特性

1編 8.3.2.2の適用にあたって、貨物ポンプや配管等の艀装品及び防熱材料等をモデル化しない場合、それらの重量を考慮して貨物タンク構造をモデル化した箇所の材料の密度を調整しなければならない。

2-11 編液化ガスばら積船（メンブレン方式）

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

1.1.1.1 本編の適用

-1. 船級符号に“Membrane Tanks”（略号 MT）を付記してメンブレン方式の液化ガスばら積船として登録を受けようとする船舶の構造及び艙装については、1編に加え、本2-11編の規定によらなければならない。

-2. 本2-11編の規定は、一般的に、縦式構造の二重底構造、ビルジホップタンク、二重船側構造及び二重甲板構造を有するメンブレン方式の液化ガスばら積船について定めたものである。

-3. 前-2.に掲げるものと異なる構造のメンブレン方式の液化ガスばら積船で、この規則により難いと認められる場合は、本会の適当と認めるところによる。

1.1.1.2 他の本会規則との関係*

1編 1.2.2.5 の適用にあたり、N編の関連規定を表 1.1.1-1. に参考として示す。

表 1.1.1-1. 他の本会規則との関係

対象構造	項目	C編以外の参照規則等
船体構造	鋼材の使用区分	N編 4.19.1, N編 6章
メンブレンタンク	メンブレン貨物格納設備の評価	システムデザイナーの要求による。
	疲労強度評価	N編 4.24.6
	き裂進展評価	N編 4.24.6
	スロッシングに対する評価（許容積載液位に対して）	N編 4.14.3
	熱応力解析（過渡状態については、-55℃より低い貨物を積載する場合のみ）	N編 4.13.4

1.2 定義

1.2.1 用語

1.2.1.1 用語の定義

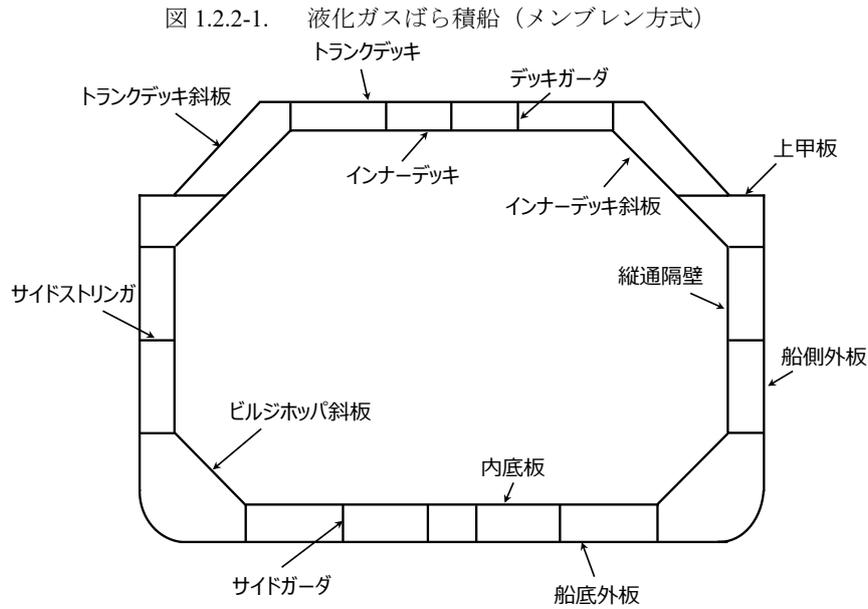
-1. メンブレンタンクとは、防熱材を介して隣接する船体構造により支持された液密及びガス密の薄膜（メンブレン）により構成される非自己支持型のタンクをいう。

-2. システムデザイナーとは、メンブレン貨物格納設備の設計者のことをいう。

1.2.2 部材名称

1.2.2.1 構造に関する用語

本2-11編において用いられている一般的な構造に関する用語を図 1.2.2-1. に示す。



1.3 提出図面及びその他書類

1.3.1 一般

1.3.1.1

8章及び9章の適用にあたり、次の資料を本会に提出しなければならない。

- (1) 計画積付状態一覧及びトリム計算書 (積付に関する制限事項を含む)
- (2) 次の項目を記した資料 (8章に対して)
 - (a) 直接荷重解析に使用したプログラム (同解析を実施する場合)
 - (b) 直接荷重解析の計算条件及び結果 (同解析を実施する場合)
 - (c) 解析用積付状態 (喫水, 静水中垂直曲げモーメント等のパラメータを含む)
 - (d) 各タンクの重心位置
- (3) 次の項目を記した資料 (9章に対して)
 - (a) 前(2)(a)から(d)に記載する事項
 - (b) 疲労強度評価対象箇所の選定要領

3章 構造設計の原則

3.1 ローディングマニュアル及び積付計算機

3.1.1 ローディングマニュアル

3.1.1.1 ローディングマニュアルの追加要件

1編 3.8.2.1-3.の適用にあたって、オペレーション上の制限として、ローディングマニュアルに次の事項を記載しなければならない。

- (1) 8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する積付状態のうち1つの貨物タンクが空になる状態（1貨物タンク空倉状態）で、空の貨物タンクに隣接するバラスタンを満載として強度評価を行う場合、ローディングマニュアルに記載される積付状態のうち1貨物タンク空倉状態に相当する積付状態において当該バラスタンは常に満載とする旨
- (2) 8章に規定する貨物倉解析による強度評価において用いる1貨物タンク空倉状態に相当する積付状態のうち、設計者が指定する各計画喫水のうち最大及び最小喫水の値
- (3) 貨物タンクが空となる状態を想定して設計する際、計画される空の貨物タンクの位置及びその組み合わせ等

4章 荷重

4.1 一般

4.1.1 概要

4.1.1.1 本章の構成及び概要

本章の各節には、本 **2-11 編** 及び **1 編** の各章に規定する構造寸法を定めるための各算式及び各強度評価に用いる荷重として、**表 4.1.1-1** に示す追加要件を規定する。

表 4.1.1-1. 4章の概要

節	表題	概要
4.1	一般	4章 の一般原則に関する要件
4.2	局部強度において考慮する荷重	1編6章 に規定する局部強度の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.3	貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重	8章 及び 1編8章 に規定する貨物倉解析による強度評価の要件において考慮する各種荷重に関する追加要件
4.4	疲労において考慮する荷重	9章 及び 1編9章 に規定する疲労強度評価の要件において考慮する荷重に関する追加要件
4.5	追加の構造要件において考慮する荷重	10章 に規定する追加の構造要件において考慮する荷重に関する要件

4.1.2 設計荷重シナリオ及び荷重

4.1.2.1

1 編 4.1.2.1 の規定に加えて、本章の規定に従い、次の**(1)**及び**(2)**に示す設計荷重シナリオ及び荷重を考慮しなければならない。

- (1) 30度静的横傾斜状態： 船体が30度横傾斜した状態において、海水及び積載物により生じる面外荷重（関連規定：**N 編 4.13.9**）
- (2) 衝突状態： 船舶が衝突した状態において、海水及び積載物により生じ得る面外荷重（関連規定：**N 編 4.15.1**）

4.2 局部強度において考慮する荷重

4.2.1 一般

4.2.1.1 一般

- 1. **6章**及び**1編6章**に規定する局部強度の要件において考慮する荷重は、本**4.2**の規定にもよらなければならない。
- 2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、**4.2.2**の規定によらなければならない。

4.2.2 最大荷重状態

4.2.2.1 面外荷重

-1. **1 編 4.4.2.4** の適用にあたって、貨物による変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、考慮する貨物倉に貨物が積載されている積付状態のうち、最小喫水となる積付状態 (1 貨物タンク積載状態等) における値を用いなければならない。なお、 X 軸回りの環動半径 (m) は $0.38B$ とする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき

算出した値を用いることができる。

-2. 1編 4.4.2.4 の適用にあたって、バラスト水により生じる変動圧力を算出する際必要なパラメータ (GM , z_G 等) は、バラスト状態における値を用いなければならない。燃料油タンク等、バラスト水以外の液体積載物による変動圧力を算出する際も同様とする。

4.3 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.3.1 一般

4.3.1.1 一般

-1. 8章及び1編8章に規定する貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重は、本4.3の規定にもよらなければならない。

-2. 最大荷重状態の荷重に関する追加要件は、4.3.2の規定によらなければならない。

-3. 港内状態の荷重に関する追加要件は、4.3.3の規定によらなければならない。

-4. 30度静的横傾斜状態の荷重は、4.3.4の規定によらなければならない。

-5. 衝突状態の荷重は、4.3.5の規定によらなければならない。

4.3.2 最大荷重状態

4.3.2.1 積付状態

-1. ローディングマニュアルで制限されるものを除き、想定される全ての積付状態から、各評価対象構造に有意となる積付状態を適切に考慮しなければならない。

-2. 考慮する積付状態は、次の(1)から(3)によらなければならない。ただし、ローディングマニュアルにおいて運航上の積付状態を制限する場合には、相当する積付状態について考慮しなくて差し支えない。

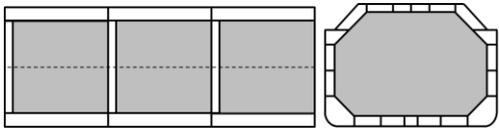
(1) 中央部の貨物倉解析にあつては、表4.3.2-1による。

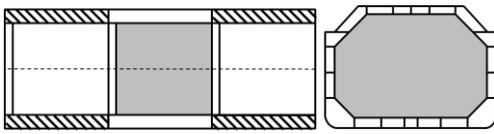
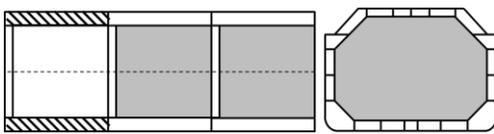
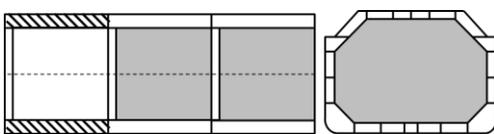
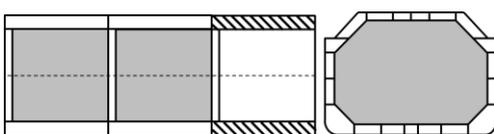
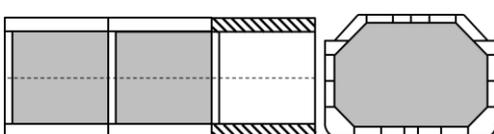
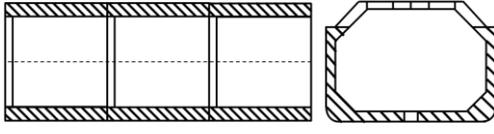
(2) 最後端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表4.3.2-2による。

(3) 最前端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表4.3.2-3による。

-3. 1貨物タンク空倉状態における空の貨物倉に隣接するバラストタンク(表4.3.2-1、表4.3.2-2及び表4.3.2-3の積付パターンS2参照)は、半載又は空を想定する場合は空に、満載を想定する場合は満載にしなければならない。なお、満載にした場合はオペレーション上の制限条件として、1貨物タンク空倉状態となる積付状態において当該バラストタンクは常に満載とする旨を、ローディングマニュアルに記載しなければならない。

表 4.3.2-1. 最大荷重状態の積付状態 (中央部)

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント ⁽²⁾	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{Sc}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P/-1S PCL-1
多港積状態 ⁽¹⁾	S2		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S PCL-1
多港積状態 ⁽¹⁾	S3		T_{2e_max}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P/-1S PCL-1

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント ⁽²⁾	等価設計波
積付状態	S4		T_{2e_min}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL -2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P /-1S PCL -1
	S5		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL -2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P /-1S PCL -1
	S6		T_{1e_min}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL -2
M_{SV_min}				HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P /-1S PCL -1	
S7		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL -2	
			M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P /-1S PCL -1	
S8		T_{1e_min}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL -2	
			M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P /-1S PCL -1	
バラスト状態	S9		T_{BAL2}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL -2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S PCL -1

■ : 液体貨物
 : バラスト水
 : バラスト水 (4.3.2.1-3.参照)

(備考)
 T_{1e_max} : 1 貨物タンク空倉状態の基となる複数の多港積状態における計画最大喫水 (m) で, 設計者が指定する値。
 なお, この値はオペレーション上の制限条件としてローディングマニュアルに記載すること。
 T_{1e_min} : 1 貨物タンク空倉状態の基となる複数の多港積状態における計画最小喫水 (m) で, 設計者が指定する値。
 なお, この値はオペレーション上の制限条件としてローディングマニュアルに記載すること。
 T_{2e_max} : 2 貨物タンク空倉状態の基となる複数の多港積状態における計画最大喫水 (m) で, 設計者が指定する値。
 T_{2e_min} : 2 貨物タンク空倉状態の基となる複数の多港積状態における計画最小喫水 (m) で, 設計者が指定する値。
 T_{BAL2} : バラスト状態における最大喫水 (m)。

(1) X軸回りの環動半径 (m) は, 0.38Bとする。ただし, 考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。

積付状態	積付パターン	喫水	静水中垂直曲げモーメント ⁽²⁾	等価設計波
(2) 考慮する積付状態において、表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて、消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。				

表 4.3.2-2. 最大荷重状態の積付状態 (最後端貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント ⁽²⁾	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S PCL-1
多港積状態 ⁽¹⁾	S2		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S PCL-1
	S4		T_{1e_min}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S PCL-1
バラスト状態	S9		T_{BAL2}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S PCL-1

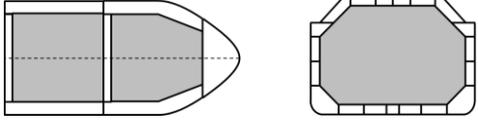
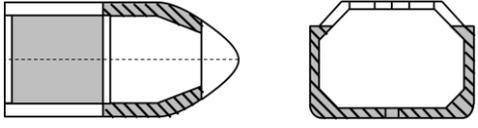
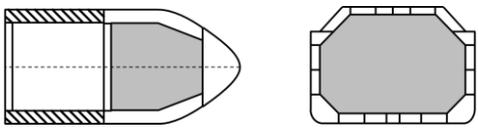
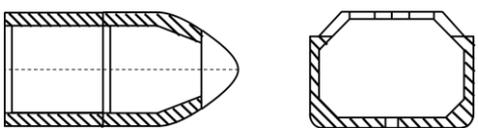
■, ▨, ▩ : 表 4.3.2-1.による。

(備考)

T_{1e_max} , T_{1e_min} , T_{BAL2} : 表 4.3.2-1.の規定による。

- (1) X軸回りの環動半径 (m) は、0.38Bとする。ただし、考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。
- (2) 考慮する積付状態において、表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて、消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。

表 4.3.2-3. 最大荷重状態の積付状態 (最前端貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント ⁽²⁾	等価設計波
満載積付状態	S1		T_{SC}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P/-1S PCL-1
多港積状態 ⁽¹⁾	S2		T_{1e_max}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S PCL-1
	S4		T_{1e_min}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S AV-1P/-1S PCL-1
バラスト状態	S9		T_{BAL2}	M_{SV_max}	HM-2/FM-2 PCL-2
				M_{SV_min}	HM-1/FM-1 BR-1P/-1S BP-1P/-1S PCL-1
 : 表 4.3.2-1.による。					
(備考)					
T_{1e_max} , T_{1e_min} , T_{BAL2} : 表 4.3.2-1.の規定による。					
(1) X軸回りの環動半径 (m) は, 0.38Bとする。ただし, 考慮する積付状態に応じた重量分布に基づき算出した値を用いることができる。					
(2) 考慮する積付状態において, 表に規定する静水中垂直曲げモーメントに代えて, 消費タンク等を満載又は空にする等の物理的に存在しうる全ての組合せを考慮した上で発生する最大又は最小の静水中垂直曲げモーメントを使うことができる。					

4.3.2.2 波条件

表 4.3.2-4.に規定する等価設計波に基づく荷重を追加で考慮しなければならない。

表 4.3.2-4. 等価設計波の概念

等価設計波		波向き	代表的な特徴	
AV ⁽¹⁾	AV-1P	斜波	左舷が波上側 up	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最大
	AV-2P	斜波	左舷が波上側 down	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最小
	AV-1S	斜波	右舷が波上側 up	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最大
	AV-2S	斜波	右舷が波上側 down	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最小
PCL	PCL-1	向波	サギング状態	船底の船体中心線における波浪変動圧が最小
	PCL-2	向波	ホギング状態	船底の船体中心線における波浪変動圧が最大

(1) 評価する貨物倉の重心位置が $0.6 < x/L_C$ となる場合に適用する。

4.3.2.3 海水による外圧

1編 4.6.2.4 を適用するにあたって、2-9編 4.3.2.4 に規定する等価設計波 AV 及び PCL に対する波浪変動圧 P_{exw} を追加で考慮しなければならない。

4.3.2.4 液体積載物による内圧

1編 4.6.2.5 を適用するにあたって、等価設計波 AV 及び PCL に対する任意の位置における加速度を考慮しなければならない。当該加速度は、2-9編 4.3.2.5 によらなければならない。

4.3.2.5 ハルガーダ荷重

-1. 1編 4.6.2.10 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは、4.3.2.1 の規定に従わなければならない。

-2. 1編 4.6.2.10 の適用にあたって、等価設計波 AV 及び PCL に対する係数 C_{4v} 及び C_{4h} は、2-9編 4.3.2.6 によらなければならない。

4.3.3 港内状態

4.3.3.1 積付状態

1編 4.6.3.1 の適用にあたって、次の(1)から(3)に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし、ローディングマニュアルにおいて港内時の積付状態を制限する場合には、相当する積付状態について考慮しなくて差し支えない。

- (1) 中央部貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-1.による。
- (2) 最後端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-2.による。
- (3) 最前端貨物倉の貨物倉解析にあつては、表 4.3.3-3.による。

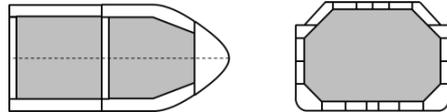
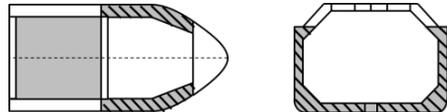
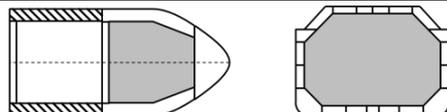
表 4.3.3-1. 港内状態の積付状態 (中央部貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直 曲げモーメント
港内状態	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_{P_max}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P3		T_{P_min}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
: 表 4.3.2-1.による。				
(備考) T_{P_max} : 港内で貨物タンクを空にした状態における最大喫水 (m) で、設計者が定める値。 T_{P_min} : 港内で貨物タンクに積載した状態における最小喫水 (m) で、設計者が定める値。				

表 4.3.3-2. 港内状態の積付状態 (最後端貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直 曲げモーメント
港内状態	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_{P_max}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P3		T_{P_min}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
: 表 4.3.2-1.による。				
(備考) T_{P_max}, T_{P_min} : 表 4.3.3-1.参照				

表 4.3.3-3. 港内状態の積付状態 (最前端貨物倉)

積付状態	積付パターン		喫水	港内時垂直曲げモーメント
港内状態	P1		T_{SC}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P2		T_{P_max}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
	P3		T_{P_min}	M_{PT_max}
				M_{PT_min}
 : 表 4.3.2-1.による。				
(備考)				
T_{P_max} , T_{P_min} : 表 4.3.3-1.の規定による。				

4.3.3.2 液体积載物による内圧

1 編 4.6.3.3 の適用にあたって、規則 N 編 4.13.2-3.の規定に従い、設計蒸気圧 P_0 を超える設計蒸気圧 P_h を設定する場合は当該蒸気圧を考慮しなければならない。ただし、 P_h は 70 kN/m^2 未満とすること。

4.3.3.3 ハルガーダ荷重

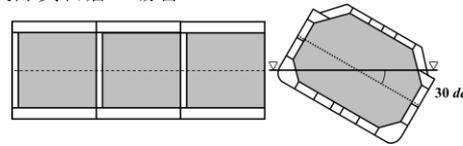
1 編 4.6.3.5 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する港内時垂直曲げモーメントは、4.3.3.1 の規定に従わなければならない。

4.3.4 30 度静的横傾斜状態

4.3.4.1 積付状態

標準的な積付状態は、表 4.3.4-1.によらなければならない。

表 4.3.4-1. 30 度静的横傾斜状態の積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	垂直曲げモーメント
-	H1	中央部貨物倉の場合：  最後端及び最前端貨物倉の場合も同様とする	T_{SC}	0
 : 表 4.3.2-1.による。				
(備考)				
船体構造及び貨物タンク構造が左右非対称となる船舶にあつては、左舷下降の傾斜状態及び右舷下降の傾斜状態の双方を考慮すること。				

4.3.4.2 その他

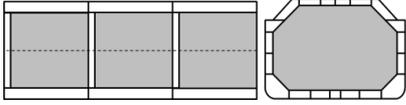
積付状態以外の要件 (波条件, 外圧, 内圧及びハルガーダ荷重) は、2-9 編 4.3.4 の規定によらなければならない。

4.3.5 衝突状態

4.3.5.1 積付状態

標準的な積付状態は、表 4.3.5-1.によらなければならない。

表 4.3.5-1. 衝突状態の積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	垂直曲げモーメント
-	C1		T_{SC}	0
■ : 表 4.3.2-1.による。				

4.3.5.2 その他

積付状態以外の要件（波条件，外圧，内圧，船殻重量及びハルガーダ荷重）は，2-9編 4.3.5の規定によらなければならない。

4.4 疲労において考慮する荷重

4.4.1 一般

4.4.1.1 一般

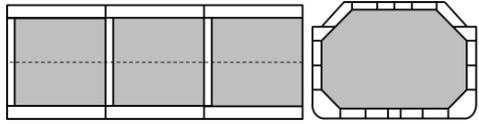
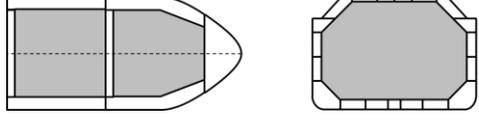
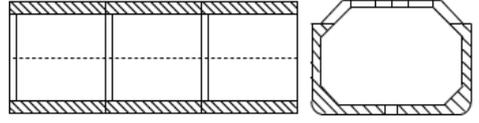
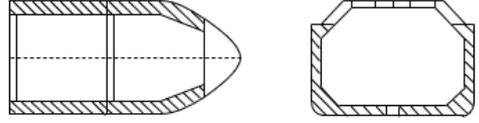
- 1. 9章及び1編9章に規定する疲労強度評価において考慮する荷重は，本4.4の規定にもよらなければならない。
- 2. 繰返し荷重状態の荷重に関する追加要件は，4.4.2の規定によらなければならない。

4.4.2 繰返し荷重状態

4.4.2.1 積付状態

1編 4.7.2.1の適用にあたって，表 4.4.2-1.に規定する積付状態を考慮しなければならない。ただし，タンク配置の関係等で表 4.4.2-1.に規定する積付パターンと異なる場合は，ローディングマニュアルに記載される積付状態に基づいたパターンを考慮して差し支えない。

表 4.4.2-1. 繰返し荷重状態の積付状態

積付状態	積付パターン		喫水	静水中垂直曲げモーメント	等価設計波
<p>満載積付状態</p>	<p>FA1</p>	<p>中央部貨物倉の場合</p> 	<p>ローディングマニュアルに記載される出港時の値</p>	<p>ローディングマニュアルに記載される出港時の値</p>	<p>HM / FM BR / BP AV / PCL</p>
		<p>最後端貨物倉の場合</p> 			
		<p>最前端貨物倉の場合</p> 			
<p>バラスト状態</p>	<p>FA2</p>	<p>中央部貨物倉の場合</p> 	<p>ローディングマニュアルに記載される出港時の値</p>	<p>ローディングマニュアルに記載される出港時の値</p>	<p>HM / FM BR / BP AV / PCL</p>
		<p>最後端貨物倉の場合</p> 			
		<p>最前端貨物倉の場合</p> 			

 ,  : 表 4.3.2-1.による。

4.4.2.2 波条件

表 4.4.2-2.に規定する等価設計波に基づく荷重を追加で考慮しなければならない。

表 4.4.2-2. 等価設計波の概念

等価設計波		波向き	代表的な特徴	
AV ⁽¹⁾	AV-1P	横波	左舷が波上側 up	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最大
	AV-2P	横波	左舷が波上側 down	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最小
	AV-1S	横波	右舷が波上側 up	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最大
	AV-2S	横波	右舷が波上側 down	貨物倉の重心位置における上下方向加速度が最小
PCL	PCL-1	向波	サギング状態	船底の船体中心線における波浪変動圧が最小
	PCL-2	向波	ホギング状態	船底の船体中心線における波浪変動圧が最大

(1) 評価する貨物倉の重心位置が $0.6 < x/L_C$ となる場合に適用する。

4.4.2.3 海水による外圧

1 編 4.7.2.4 を適用するにあたって、2-9 編 4.4.2.4 に規定する等価設計波 AV 及び PCL に対する波浪変動圧 P_{exw} を追加で考慮しなければならない。

4.4.2.4 液体積載物による内圧

1 編 4.7.2.5 を適用するにあたって、等価設計波 AV 及び PCL に対する任意の位置における加速度を考慮しなければならない。当該加速度は、2-9 編 4.4.2.5 によらなければならない。

4.4.2.5 ハルガーダ荷重

-1. 1 編 4.7.2.10 の適用にあたって、考慮する積付状態に対する静水中垂直曲げモーメントは、4.4.2.1 の規定に従わなければならない。

-2. 1 編 4.7.2.10 の適用にあたって、等価設計波 AV 及び PCL に対する係数 C_{4v} 及び C_{4h} は、2-9 編 4.4.2.6 によらなければならない。

4.5 追加の構造要件において考慮する荷重

4.5.1 一般

4.5.1.1 一般

- 10 章に規定する追加の構造要件において考慮する荷重は、本 4.5 の規定によらなければならない。
- システムデザイナーの要求する内殻材のひずみ制御において考慮する荷重は、4.5.2 の規定によらなければならない。

4.5.2 内殻材のひずみ制御において考慮する荷重

4.5.2.1 積付状態

考慮する積付状態は、4.3.2 の規定によらなければならない。

4.5.2.2 波条件

表 4.5.2-1. に規定する等価設計波に基づく荷重を考慮しなければならない。

表 4.5.2-1. 等価設計波の概念

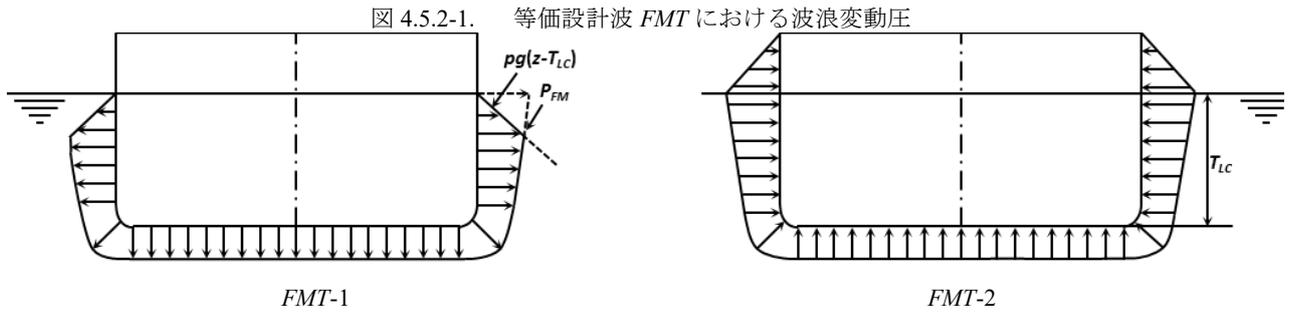
等価設計波		波向き	代表的な特徴	
FMT	FMT-1	縦波	サギング状態	内底板のひずみが最大となる波条件
	FMT-2	縦波	ホギング状態	内底板のひずみが最大となる波条件

4.5.2.3 海水による外圧

静水圧 P_{exs} は、1編 4.6.2.4の規定によらなければならない。等価設計波 FMT における波浪変動圧 P_{exw} は、表 4.5.2-2.及び図 4.5.2-1 による。

表 4.5.2-2. 等価設計波 FMT における波浪変動圧 P_{exw}

	波浪変動圧 P_{exw} (kN/m^2)		
	$z \leq T_{LC}$	$T_{LC} < z \leq T_{LC} + h_W$	$z > T_{LC} + h_W$
FMT-1	$P_{exw} = \max(-P_{FMT}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_{WL} - \rho g(z - T_{LC})$	0
FMT-2	$P_{exw} = \max(P_{FMT}, \rho g(z - T_{LC}))$		
<p>(備考)</p> <p>P_{FMT} : 次の算式による。</p> $P_{FMT} = 0.5C_{R_{FMT}}C_{NL_{FMT}}C_M C_{FMT1}H_{S_{FMT}}(P_{FMT1} + P_{FMT2} + P_{FMT3})$ <p>$C_{R_{FMT}}$: 係数で、0.85とする。</p> <p>$C_{NL_{FMT}}$: 非線形影響係数で、0.9とする。</p> <p>C_M : 最大波高係数で、1.9とする。</p> <p>C_{FMT1} : 規則波高への修正係数で、次の算式による。</p> $C_{FMT1} = 0.22L_C^{0.2}$ <p>$H_{S_{FMT}}$: 有義波高 (m) で、次の算式による。ただし、2.0 未満としてはならない。</p> $H_{S_{FMT}} = -0.21T_{Z_{FMT}}^2 + 5.07T_{Z_{FMT}} - 15.7$ <p>$T_{Z_{FMT}}$: ゼロアップクロス平均波周期 (s) で、次の算式による。</p> $T_{Z_{FMT}} = 0.71 \sqrt{\frac{2\pi\lambda_{FMT}}{g}} + 2.5$ <p>λ_{FMT} : 考慮する等価設計波における波長 (m) で、次の算式による。</p> $\lambda_{FMT} = (1.13 + 0.12f_T)L_C C_{W_{LC}}$ <p>P_{FMT1} : 次の算式による。</p> $P_{FMT1} = \rho g \cdot \exp\left(\frac{2\pi}{\lambda_{FMT}}(z - T_{LC})\right)$ <p>P_{FMT2} : 次の算式による。</p> $P_{FMT2} = \rho g R_{3_{FMT}} \cdot (-1.0)$ <p>$R_{3_{FMT}}$: 次の算式による。</p> $R_{3_{FMT}} = 0.18$ <p>P_{FMT3} : 次の算式による。</p> $P_{FMT3} = -0.235\rho g \left(1 - \frac{C_{yB}}{2}\right)$ <p>C_{yB} : 荷重が作用する点又は加速度を算出する点の Y 座標とB_{x1}の値の比で、次の算式による。ただし、1.0 を超えてはならない。また、$B_{x1} = 0$の場合、$C_{yB} = 0$とする。</p> $C_{yB} = \frac{ 2y }{B_{x1}}$ <p>B_{x1} : 考慮する船体横断面での喫水線位置における船の型幅 (m) で、同断面に喫水位置が存在しない場合は、$B_{x1} = 0$とする。</p> <p>P_{WL} : 考慮する等価設計波での喫水線における波浪変動圧 (kN/m^2) で、次による。</p> <p>$y \geq 0$ の場合、$y = B_{x1}/2$ 及び$z = T_{LC}$におけるP_{exw}の値</p> <p>$y < 0$ の場合、$y = -B_{x1}/2$ 及び$z = T_{LC}$におけるP_{exw}の値</p> <p>h_W : 喫水線における圧力と同等の水頭 (m) で、次の算式による。</p> $h_W = \frac{P_{WL}}{\rho g}$			



4.5.2.4 液体積載物による内圧

等価設計波 *FMT* における内圧として、1編 4.6.2.5 に規定する P_{IS} を考慮しなければならない。

4.5.2.5 船殻重量等

船殻重量等による影響を考慮しなければならない。

4.5.2.6 ハルガーダ荷重

船体に作用する垂直曲げモーメント M_{V-HG} (kN-m) 及び水平曲げモーメント M_{H-HG} (kN-m) は次の算式によらなければならない。

$$M_{V-HG} = M_{SV} + C_{4v}M_{WV}$$

$$M_{H-HG} = C_{4h}M_{WH}$$

M_{SV} : 4.3.2 の規定による。

表 4.5.2-3. 係数 C_{4v} 及び C_{4h}

等価設計波		M_{SV}	M_{WV-h} 又は M_{WV-s}		M_{WH}	
			C_{4v}	状態	C_{4h}	状態
<i>FMT</i>	<i>FMT-1</i>	考慮する積付状態に対する値 で、4.3.2 の規定による。	1.0	サギング	0.0	—
	<i>FMT-2</i>		1.0	ホギング		—

5章 縦強度

5.1 縦曲げ最終強度

5.1.1 評価基準

5.1.1.1 二重底曲げ影響

1編 5.4.2.2 に規定する評価判定において、二重底曲げ影響を考慮する係数 γ_{DB} は、次とする。

$$\gamma_{DB} = 1.15$$

7章 主要支持構造強度

7.1 一般

7.1.1 主要支持構造

7.1.1.1 主要支持構造に関わる部材

主要支持構造に関わる部材の寸法については、8章の規定に基づき直接強度計算により定めなければならない。

8章 貨物倉解析による強度評価

8.1 一般

8.1.1 概要

8.1.1.1 本章の構成及び概要

- 1. 本章は、液化ガスばら積船における貨物倉解析による強度評価の手法について規定する。
- 2. 本章の構成及び概要は表 8.1.1-1.による。

表 8.1.1-1. 8章の概要

節	表題	概要
8.1	一般	本章の概要及び適用等に関する追加要件
8.2	評価範囲及び評価対象部材	評価範囲及び評価対象部材に関する追加要件
8.3	構造モデル	モデル化範囲、モデル化部材及びメッシュ分割等に関する追加要件
8.4	境界条件及び荷重条件	境界条件及び荷重条件に関する追加要件
8.5	強度評価	強度評価に関する追加要件

8.1.2 適用

8.1.2.1 適用する船舶

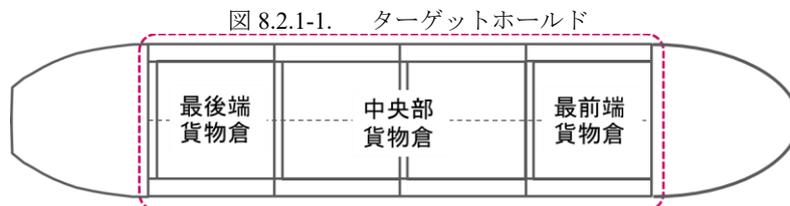
1編 8.1.2.1-1.(2)に該当する貨物倉解析による強度評価が要求される船舶は、 L_C が90 m以上の船舶とする。

8.2 評価範囲及び評価対象部材

8.2.1 評価範囲

8.2.1.1 評価範囲及びターゲットホールド

- 1. 1編 8.2.1.1-2.(1)の適用にあたり、船体中央部の貨物倉とは図 8.2.1-1.の定義による。
- 2. 1編 8.2.1.1-2.(3)の適用にあたり、最前端貨物倉及び最後端貨物倉をターゲットホールドとしなければならない。(図 8.2.1-1.参照)



8.2.2 評価対象部材

8.2.2.1 最大荷重状態、港内状態及び水圧試験状態に対する評価対象部材

1編 8.2.2.1の適用にあたり、評価対象構造及び部材は次によらなければならない。

- (1) 二重底構造 (船底外板、内底板、センターガーダ、サイドガーダ及びフロア)
- (2) 二重船側構造 (船側外板、縦通隔壁、サイドストリング及びサイドトランス)
- (3) 二重甲板構造 (上甲板、トランクデッキ、インナーデッキ、デッキガーダ及びデッキトランス)
- (4) 隔壁構造 (横隔壁及び縦通隔壁)

(5) その他本会が必要と認める部材及び箇所

8.2.2.2 30度静的横傾斜状態に対する評価対象部材

評価対象構造及び部材は 8.2.2.1 の規定によらなければならない。

8.2.2.3 衝突状態に対する評価対象部材

評価対象構造及び部材は横隔壁及び横隔壁から船長方向に 1 トランススペースの範囲にある部材としなければならない。

8.3 構造モデル

8.3.1 一般

8.3.1.1 モデル化範囲

1 編 8.3.1.1 を適用するにあたって、原則として、ターゲットホールドを中心に 3 つの連続した貨物倉を再現し、全高及び全幅をモデル化しなければならない。

8.3.1.2 要素の特性

材料の密度は、モデル化しない貨物ポンプや配管等の艀装品及び防熱材料等の重量を考慮して調整しなければならない。

8.4 境界条件及び荷重条件

8.4.1 境界条件

8.4.1.1

1 編 8.5.1 を適用するにあたって、境界条件は、2-8 編 8.4.1 の規定による。

8.4.2 荷重条件

8.4.2.1 考慮する荷重

1 編 8.5.2 の適用にあたって、4.3 に規定する追加要件も踏まえた荷重を考慮しなければならない。

8.4.2.2 構造モデルへのモーメント付与方法

1 編 8.5.2 の適用にあたって、2-8 編 8.4.2 の規定によらなければならない。

8.5 強度評価

8.5.1 降伏強度評価

8.5.1.1 評価基準

30 度静的横傾斜状態、衝突状態における許容降伏使用係数 λ_{yperm} は、表 8.5.1-1.によらなければならない。

表 8.5.1-1. 許容降伏使用係数

30 度静的 横傾斜状態	衝突状態
1.0	$\frac{\sigma_Y}{235/K}$

8.5.2 座屈強度評価

8.5.2.1 評価基準

30 度静的横傾斜状態、衝突状態における許容座屈使用係数 η_{all} は、1.0 としなければならない。

9章 疲労

9.1 一般

9.1.1 疲労要件の適用

9.1.1.1 適用

船の長さ L_C が90 m以上の船舶は、1編9.3の簡易応力解析及び1編9.4の有限要素解析により得られるホットスポット応力に基づき疲労強度評価を行わなければならない。

9.2 評価すべき構造詳細

9.2.1 有限要素解析で評価すべき構造詳細

9.2.1.1

- 1. 1編9.4に従って有限要素解析により疲労強度評価すべき重要な構造詳細は、表9.2.1-1による。
- 2. 評価は中央部貨物エリア，前端部貨物エリア，後端部貨物エリアそれぞれに対して行うこと。

表 9.2.1-1. 船体構造における主要部材の評価対象構造詳細

No	船体構造の重要な構造詳細
1	ビルジホップ斜板と内底板の交差部
2	ビルジホップ斜板と二重船側縦通隔壁の交差部
3	二重船側縦通隔壁とインナーデッキ斜板の交差部
4	インナーデッキ斜板とインナーデッキの交差部
5	上甲板とトランクデッキ斜板の交差部
6	横隔壁付き垂直桁と二重底ガーダの交差部
7	横隔壁付き水平桁と水平桁の交差部
8	横隔壁付き垂直桁とデッキガーダの交差部
9	前後部のトランクデッキ構造の交差部

9.3 考慮する積付状態及び時間比率

9.3.1 一般

9.3.1.1

- 1. 標準的な積付状態及び時間比率は、表 9.3.1-1.による。
- 2. 前-1.にかかわらず、表 9.3.1-1.以外の積付状態及び時間比率を考慮する場合は、適切な組合せを考慮する必要がある。

表 9.3.1-1. 標準的な積付状態及び時間比率

積付状態	時間比率 $\alpha_{(j)}$
満載積付状態(均等積)	50 %
バラスト状態	50 %

9.4 境界条件及び荷重条件

9.4.1 境界条件

9.4.1.1

1編 9.4.4.1 の適用上、境界条件は、2-8編 8.4.1 による。

9.4.2 荷重条件

9.4.2.1 構造モデルへのモーメント付与方法

1編 9.4.4.2 の適用上、構造モデルへのモーメント付与方法は、2-8編 8.4.2.2 による。ただし、 M_{V-targ} 、 M_{H-targ} として、2-8編表 8.4.2-1.に代えて表 9.4.2-1.に規定する垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) を用いる。

表 9.4.2-1. M_{V-targ} 及び M_{H-targ}

	繰返し荷重状態
垂直曲げモーメント M_{V-targ}	M_{V-HG}
水平曲げモーメント M_{H-targ}	M_{H-HG}
(備考) M_{V-HG} 、 M_{H-HG} : 繰返し荷重状態における垂直曲げモーメント及び水平曲げモーメント ($kN\cdot m$) で、 1編 4.7.2.10 による。	

10章 追加の構造要件

10.1 内殻材に対する特別要件

10.1.1 一般

10.1.1.1

本 10.1 では、システムデザイナーの要求する内殻材のひずみ制御に関する要件について規定する。

10.1.2 内殻材のひずみ制御

10.1.2.1

メンブレンタンクを積載する貨物倉内の内殻材は、タンクタイプに応じて、次の(1)又は(2)の規定によらなければならない。(1)及び(2)以外のタンクタイプに対するひずみ制御の要件は、本会の適当と認めるところによる。

(1) GTT MARK III シリーズ及びその類似構造のメンブレンタンクを有する船舶

$$\sigma_{st-gr} + \sigma_{dyn-gr} + \sigma_{loc-gr} \leq 185$$

σ_{st-gr} : 最大静水中ハルガーダ曲げモーメントによる曲げ応力 (N/mm^2) で、グロス寸法に基づいて求める。

σ_{dyn-gr} : 北大西洋波浪環境における超過確率 10^{-8} に対応した最大波浪中ハルガーダ曲げモーメントによる曲げ応力 (N/mm^2) で、グロス寸法に基づいて求める。

σ_{loc-gr} : 隔倉積み状態における二重船殻構造の変形により生じる内殻材の最大曲げ応力 (N/mm^2) で、グロス寸法に基づき、4.5.2 に規定する波条件 FMT を用いて構造解析により求める。

(2) GTT NO96 シリーズ及びその類似構造のメンブレンタンクを有する船舶

$$\sigma_{st-gr} + \sigma_{dyn-gr} \leq 120$$

σ_{st-gr} , σ_{dyn-gr} : 前(1)による。

10.2 スロッシングに対するタンク構造

10.2.1 一般

10.2.1.1 適用

-1. 次の(1)から(3)のすべてに該当する貨物タンクの境界となる船体構造の板部材及びそれにとり付けられる防撓材にあっては、1編 4.8.2.4 に規定するスロッシング荷重を用いて、本 10.2 に規定する寸法を満足しなければならない。

(1) 容積が $100 m^3$ 以上の貨物タンク

(2) 20%以上 90%以下の積付比率の積載が可能となるよう計画された貨物タンク

(3) 貨物タンクの縦揺れ固有周期がピッチ周期の 20%以内又は ± 1.5 秒以内にある場合及び貨物タンクの横揺れ固有周期がロール周期の 20%以内又は ± 1.5 秒以内にある場合

-2. 前-1.(3)の適用において、いずれか片方のみの条件が該当する場合、該当する船体運動により生じるスロッシング荷重のみを考慮することで差し支えない。

-3. 前-1.(3)の適用において、積付比率 10%ごとタンク固有周期を求めること。前-1.(3)の条件に合致する積付比率に対するスロッシング荷重のみを考慮することで差し支えない。

10.2.1.2 寸法手法

本 10.2 に規定する要求寸法は、ネット寸法で規定する。

10.2.2 板

10.2.2.1

スロッシング荷重を受ける板の板厚は、1編 10.9.2 に規定する算式による値以上としなければならない。なお、等価圧力は表 10.2.2-1.による。

表 10.2.2-1. 板パネルに対する等価圧力

対象部材	P_{sth}
<ul style="list-style-type: none"> ・ 横隔壁 ・ 横隔壁の近傍にあるタンク頂板 	$C_m P_{sth-p}$ (1編 4.8.2.4-4.(1))
<ul style="list-style-type: none"> ・ 縦通隔壁 ・ インナーデッキ斜板 ・ ビルジホップ斜板 	$C_m P_{sth-r}$ (1編 4.8.2.4-4.(2))
(備考) () 内の数字は, 参照する要件を示す。 C_m : 係数で, 0.85	

10.2.3 防撓材

10.2.3.1

スロッシング荷重を受ける板に取り付けられる防撓材の断面係数は, 1編 10.9.3 に規定する算式による値以上としなければならない。等価曲げモーメントは, 表 10.2.3-1.によらなければならない。

表 10.2.3-1. 各評価対象部材に対する等価曲げモーメント

対象部材	防撓構造	M_{sth}
<ul style="list-style-type: none"> ・ 横隔壁付き防撓材 	立て式	$C_m M_{sth-p}$ (1編 4.8.2.4-5.(1))
	水平式	$C_m M_{sth-p}$ (1編 4.8.2.4-5.(2))
<ul style="list-style-type: none"> ・ 縦通隔壁付き防撓材 ・ インナーデッキ斜板付き防撓材 ・ ビルジホップ斜板防撓材 	縦式	$C_m M_{sth-r}$ (1編 4.8.2.4-5.(2))
(備考) () 内の数字は, 参照する要件を示す。 C_m : 係数で, 0.85		

目次

鋼船規則検査要領 C 編 船体構造及び船体艤装.....	2
2-1 編 コンテナ運搬船	2
C10 追加の構造要件.....	2
C10.5 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船に対する特別規定.....	2
2-7 編 タンカー	4
C6 局部強度	4
C6.1 独立型方形タンク	4
2-9 編 液化ガスばら積船（独立方形タンクタイプ A/B 方式）	5
C1 通則.....	5
C1.1 一般.....	5
2-11 編 液化ガスばら積船（メンブレン方式）	6
C1 通則.....	6
C1.1 一般.....	6

鋼船規則検査要領 C 編船体構造及び船体艙装

2-1 編 コンテナ運搬船

C10 追加の構造要件

C10.5 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船に対する特別規定

C10.5.1 極厚鋼板を使用するコンテナ運搬船に対する特別規定

C10.5.1.3 脆性破壊防止対策

-1. 規則 C 編 2-1 編 10.5.1.3 の表 10.5.1-1.中、備考にいう「脆性き裂アレスト設計と同等の効果があると認められる他の対策」とは、検査要領 M 編 M8.4.3-2.に規定する TOFD 法による超音波探傷試験又はフェーズドアレイ超音波探傷試験により規則 M 編 8.4.3-8.に規定する非破壊検査を実施する場合をいう。

-2. 前-1.に規定する対策が講じられた場合、規則 C 編 2-1 編 10.5.1.4-6.(2)及び(3)に規定する対策と同等の効果のある対策とみなして差し支えない。

C10.5.1.4 脆性き裂アレスト設計

-1. 規則 C 編 2-1 編 10.5.1.4-6.(3)にいう、「適切な措置」とは、ハッチサイドコーミングの船体ブロック間のバット継手と強力甲板の船体ブロック間バット継手とを、原則 300 mm 以上離すことをいう。

-2. 前-1.の代替として、本会にその妥当性を示す詳細な資料（施工方法及び当該継手の非破壊試験要領等を含む）を提出し、承認を得た場合、次の(1)又は(2)とすることができる。なお、この場合、本会は、これら措置の有効性を確認するための脆性破壊試験を要求することがある。

(1) ハッチサイドコーミングの船体ブロック間バット継手の下端部にアレストホールを設けること。この場合、アレストホール周辺の疲労強度について特に配慮すること。

(2) ハッチサイドコーミングの船体ブロック間バット継手の下端部に高アレスト鋼を用いたインサートプレートをはめ込むか、又は十分な脆性き裂アレスト特性を持つ溶接金属により埋め込むこと。

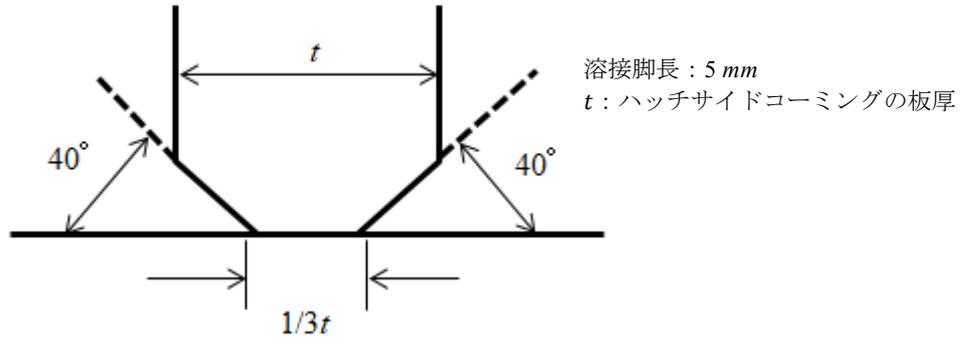
C10.5.1.5 アレスト鋼の選定

-1. 規則 C 編 2-1 編 10.5.1.5-1.において、規則 K 編 3.12 に規定する以外の評価方法により評価した鋼材をアレスト鋼とする場合にあっては、その評価方法の妥当性及び脆性き裂アレスト特性が規則 K 編 3.12 に規定する特性区分 BCA6000 又は BCA8000 と同等であることを示す技術資料を本会に提出し承認を得ること。なお、本会が必要と認めた場合にあっては、追加の試験等を要求する場合がある。

-2. 規則 C 編 2-1 編 10.5.1.5-3.にいう、「部分溶け込み溶接」の一例を図 C10.5.1-1.に示す。同図の場合、溶接脚長は 5 mm、ルート面はハッチサイドコーミングの板厚 t の 1/3 以上を標準とする。

-3. 規則 C 編 2-1 編 10.5.1.5-3.にいう、「異なる溶接継手形状」とは、例えば完全溶込み溶接のことをいう。

図 C10.5.1-1. ハッチサイドコーミングと強力甲板との部分溶け込み溶接の一例



2-7 編 タンカー

C6 局部強度

C6.1 独立型方形タンク

C6.1.2 独立型方形タンクの支持構造

C6.1.2.2 使用材料

規則 C 編 2-7 編 6.1.2.2-1.にいう「本会が適当と認める材料」とは、例えば、レジン又はポリウツドのことをいう。

2-9 編 液化ガスばら積船（独立方形タンクタイプ A/B 方式）

C1 通則

C1.1 一般

C1.1.1 適用

C1.1.1.2 他の本会規則との関係

規則 C 編 2-9 編 1.1.1.2 の表 1.1.1-1 中、鋼材の使用区分に関し、USCG 液化ガスばら積船特別要件の適合鑑定を申し込む場合は、46CFR154.170(b), 46CFR154.174, 46CFR154.176 の各要件も追加で考慮すること。

2-11 編液化ガスばら積船（メンブレン方式）

C1 通則

C1.1 一般

C1.1.1 適用

C1.1.1.2 他の本会規則との関係

規則 C 編 2-11 編 1.1.1.2 の表 1.1.1-1.中、鋼材の使用区分に関し、USCG 液化ガスばら積船特別要件の適合鑑定を申し込む場合は、46CFR154.170(b)、46CFR154.174、46CFR154.176 の各要件も追加で考慮すること。