

貨物倉解析による強度評価に関する事項

改正規則

鋼船規則 C 編

(日本籍船舶用及び外国籍船舶用)

改正理由

2017 年後半より全面見直しを行った鋼船規則 C 編は、2022 年度第 1 回技術委員会で承認された。一方で、造船所の協力のもと行われた当該規則の影響評価作業を通じ、ブラッシュアップを要する要件が幾つかあることが確認された。

今般、そのフィードバックとして、貨物倉解析による強度評価に関連する要件のうち、荷重要件及び強度評価に関する要件の一部を改める。

改正内容

- (1) 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重のうち、浸水状態の荷重の一部を改める。
- (2) 隣接構造影響を考慮した強度評価のうち、剛性低下範囲以外の領域における強度評価において降伏強度評価も行うよう改める。
- (3) 液化ガス運搬船（独立方形タンクタイプ A/B 方式）の貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重のうち、30 度静的傾斜状態及び衝突状態の荷重の一部を改める。

「鋼船規則」の一部を次のように改正する。

C 編 船体構造及び船体艤装

1 編 共通要件

4 章 荷重

4.6 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.6.5 浸水状態

4.6.5.2 外圧

表 4.6.5-1.を次のように改める。

表 4.6.5-1. 浸水状態の外圧 P_{FD-ex}

外圧 P_{FD-ex} (kN/m^2)	
$P_{FD-ex} = \rho g h_{FD}$	
<p>(備考)</p> <p>h_{FD} : 考慮する位置からの浸水時における仮想喫水線高さ (m) で、次の算式による⁽¹⁾。</p> <p>$h_{FD} = \max(z_{FB} - z, y \sin \theta_{FD} + (z_{FD} - z) \cos \theta_{FD})$</p> <p>$z_{FB}$: 考慮する横断面での船側における乾舷甲板の Z 座標 (m)</p> <p>z_{FD} : 最終平衡喫水線の Z 座標 (m) で、船体中央のセンターライン上において最も大きい値とする。ただし、損傷時復原性において残存確率が 0 となるケースは除く。</p> <p>θ_{FD} : 最終平衡横傾斜角 (rad) のうち、最も大きい値。ただし、損傷時復原性において残存確率が 0 となるケースは除く。</p>	
<p>(1) 損傷時復原性にて考慮する各ケースにおけるz_{FB}とz_{FD}の組合せに基づき最大喫水を求めた場合は、その喫水を仮想喫水線高さとみなして差し支えない。</p>	

外圧 P_{FD-ex} (kN/m^2)	
$FD1^{(1)(2)}$	$P_{FD-ex} = \rho g h_{FD1}$
$FD2^{(1)(2)}$	$P_{FD-ex} = \rho g h_{FD2}$
$FD3^{(1)}$	$P_{FD-ex} = \rho g (z_{FB} - z)$
<p>(備考)</p> <p>h_{FD1}, h_{FD2} : 考慮する位置からの浸水時における仮想喫水線高さ (m) で、次の算式による⁽³⁾。</p> <p>$h_{FD1} = y \sin \theta_{FD} + (z_{FD} - z) \cos \theta_{FD}$</p> <p>$h_{FD2} = -y \sin \theta_{FD} + (z_{FD} - z) \cos \theta_{FD}$</p> <p>$z_{FD}$: 最終平衡喫水線の Z 座標 (m) で、船体中央のセンターライン上において最も大きい値とする。ただし、損傷時復原性において残存確率が 0 となるケースは除く。</p> <p>θ_{FD} : 最終平衡横傾斜角 (rad) のうち、最も大きい値。ただし、損傷時復原性において残存確率が 0 となるケースは除く。</p> <p>z_{FB} : 考慮する横断面での船側における乾舷甲板の Z 座標 (m)。</p>	
<p>(1) $z_{FD} \geq z_{FB}$ となる場合は、FD3 を考慮する必要はない。</p> <p>(2) 船体構造が左右対称となる場合は、FD1 または FD2 のいずれかを考慮することで差し支えない。</p> <p>(3) 損傷時復原性にて考慮する各ケースにおけるz_{FD}とθ_{FD}の組合せに基づき喫水の最大値を求めた場合は、その喫水を仮想喫水線高さとみなして差し支えない。</p>	

4.6.5.3 内圧

表 4.6.5-2.を次のように改める。

表 4.6.5-2. 浸水状態の内圧 P_{FD-in}

内圧 P_{FD-in} (kN/m ²)	
$P_{FD-in} = \rho g h_{FD}$	
<p>(備考)</p> <p>h_{FD} : 考慮する位置からの浸水時における仮想喫水線高さ (m) で、次の算式による⁽⁴⁾。</p> <p>$h_{FD} = \max(z_{FB} - z, y \sin \theta_{FD} + (z_{FD} - z) \cos \theta_{FD})$</p> <p>$z_{FD}$: 考慮する横断面での船側における乾舷甲板のZ座標 (m)</p> <p>z_{FB} : 最終平衡喫水線のZ座標 (m) で、船体中央のセンターライン上において最も大きい値とする。ただし、損傷時復原性において残存確率が0となる浸水状態は除く。</p> <p>θ_{FD} : 最終平衡横傾斜角 (rad) のうち、最も大きい値。ただし、損傷時復原性において残存確率が0となる浸水状態は除く。</p>	
<p>(1) 損傷時復原性にて考慮する各ケースにおけるα_{FB}とα_{FD}の組合せに基づき最大喫水を求めた場合は、その喫水を仮想喫水線高さとしみなして差し支えない。</p>	

内圧 P_{FD-in} (kN/m ²)	
<u>$FD1^{(1)(2)}$</u>	<u>$P_{FD-in} = \rho g h_{FD1}$</u>
<u>$FD2^{(1)(2)}$</u>	<u>$P_{FD-in} = \rho g h_{FD2}$</u>
<u>$FD3^{(1)}$</u>	<u>$P_{FD-in} = \rho g (z_{FB} - z)$</u>
<p><u>(備考)</u></p> <p><u>h_{FD1}, h_{FD2} : 表 4.6.5-1.による⁽³⁾。</u></p> <p><u>z_{FB} : 表 4.6.5-1.による。</u></p>	
<p><u>(1) $z_{FD} \geq z_{FB}$となる場合は、$FD3$を考慮する必要はない。</u></p> <p><u>(2) 船体構造が左右対称となる場合は、$FD1$または$FD2$のいずれかを考慮することで差し支えない。</u></p> <p><u>(3) 損傷時復原性にて考慮する各ケースにおけるz_{FD}とθ_{FD}の組合せに基づき喫水の最大値を求めた場合は、その喫水を仮想喫水線高さとしみなして差し支えない。</u></p>	

4.6.5.4 を次のように改める。

4.6.5.4 船殻重量等

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。 $FD1$ 及び $FD2$ にあつては、傾斜角に応じた影響を考慮すること。

8章 貨物倉解析による強度評価

8.6 強度評価

8.6.2 座屈強度評価*

8.6.2.1 を次のように改める。

8.6.2.1 評価基準

-1. 原則として、ターゲットホールド内におけるすべての評価部材は、附属書 8.6「貨物倉解析に基づく座屈強度評価」に規定する座屈評価基準を満足しなければならない。なお、本評価における許容使用係数は、表 8.6.2-1.によること。

-2. 前-1.にかかわらず、評価部材が弾性座屈した後に生じる荷重再配分により、当該評価部材の周辺構造が代わりに圧縮荷重に耐え、十分な強度を有する構造であると本会が認めた場合、当該部材及び周辺構造の特徴を考慮した強度評価を行うことができる。この場合、附属書 8.6A「隣接構造影響を考慮した強度評価」に規定する強度評価を適用して差し支えない。附属書 8.6A を適用する場合の An2.6.1 に規定する使用係数に対して、許容使用係数は 0.8 とするなければならない。その際、当該附属書の An2.7.1 に規定する降伏強度評価及び座屈強度評価にあっては、8.6.1 及び 8.6.2.1-1.によらなければならない。

-3. 前-1.にかかわらず、附属書 8.6 に規定する座屈強度評価手法において想定する応力分布や変形の特徴により附属書 8.6 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。

附属書 8.6A 隣接構造影響を考慮した強度評価

An2. 隣接構造影響を考慮した強度評価手法

An2.7 を次のように改める。

An2.7 剛性低下時の周辺構造の強度評価

An2.7.1

-1. An2.2.1 で選定した剛性低下範囲以外の領域について、An2.3.2 で実施した剛性低下を考慮した有限要素解析から得られた応力を用いて、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。その際、座屈強度評価は附属書 8.6「貨物倉解析に基づく座屈強度評価」に規定する強度評価を行わなければならないの規定によること。

-2. なお前-1.の適用にあたって、剛性低下に伴い適切な座屈強度評価を行うことができないと本会が認める防撓パネルあるいは板要素及びパネル（例えば、剛性低下範囲に隣接する要素を含むパネル等）は評価対象外として差し支えない。また、An2.3.2 で実施した解析から得られた応力に対する強度評価においては、本附属書を用いた強度評価を行ってはならない。

-3. 前-1.の適用にあたり、剛性低下範囲以外の領域に対して、An2.2 から An2.6 の規定に基づく強度評価を行ってはならない。

2-1 編 コンテナ運搬船

8 章 貨物倉解析による強度評価

8.6 強度評価

8.6.1 を次のように改める。

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 An2.5 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.の適用にあたって、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、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.を適用してよいことができる（表 8.6.1-1.参照）。

-2. 前-1.の適用にあたって、船側外板の降伏座屈強度を行う必要はない。

-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 ~~の適用にあたって、~~に規定する降伏強度評価及び座屈強度評価を行う際、次の防撓パネル及び板パネル並びに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) 剛性低下範囲上の防撓パネル
- (2) サイドトランス上の板パネルのうち、前(1)に含まれる要素と節点を共有する要素を含む板パネル

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 <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 (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"> ・ 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。 	
<p>(備考)</p> <p>(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。</p>		

2-2 編 ボックス型ばら積貨物船

8 章 貨物倉解析による強度評価

8.5 強度評価

8.5.1 を次のように改める。

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、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.を適用してよいことができる（表 8.5.1-1.参照）。

-2. 前-1.の適用にあたって、船側外板の降伏座屈強度を行う必要はない。

-3. ~~なお~~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 の適用にあたってに規定する降伏強度評価及び座屈強度評価を行う際、次の防撓パネル及び板パネル並びに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) 剛性低下範囲上の防撓パネル
- (2) サイドトランス上の板パネルのうち、前(1)に含まれる要素と節点を共有する要素を含む板パネル

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。

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 (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：8.5.1.2 の規定による。 	<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。
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。

2-3 編 鉱石運搬船

8 章 貨物倉解析による強度評価

8.5 強度評価

8.5.1 を次のように改める。

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き、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、船側外板の降伏座屈強度を行う必要はない。

-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 の適用にあたってに規定する降伏強度評価及び座屈強度評価を行う際、次の防撓パネル及び板パネル並びに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) 剛性低下範囲上の防撓パネル
- (2) サイドトランス上の板パネルのうち、前(1)に含まれる要素と節点を共有する要素を含む板パネル
- (3) 下部スツール斜板上の板パネル

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き、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、下部スツール斜板の降伏座屈強度を行う必要はない。

-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 の適用にあたって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 における 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り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 する しなければならない（表 8.5.1-1. 参照）。ただし、この定義により難しいときは、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)	・降伏強度評価：1編 8.6.1 の規定による。	・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)	・座屈強度評価：1編 8.6.2.1-1.の規定による。	・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。
クロスデッキ	・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。	・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⁾	・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。		

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）

4 章 荷重

4.3 貨物倉解析による強度評価において考慮する荷重

4.3.4 30 度静的横傾斜状態

4.3.4.5 を 4.3.4.6 に改め，4.3.4.5 として次の 1 条を加える。

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。

4.3.4.56 ハルガーダ荷重

(省略)

4.3.5 衝突状態

4.3.5.4 を次のように改める。

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/m^2) 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。~~ただし~~また， P_{in-col} は 0 未満としてはならない。