

極地氷海船及び耐氷船のプロペラ及び旋回式推進装置に関する事項

改正規則等

鋼船規則 I 編

鋼船規則検査要領 I 編

(日本籍船舶用及び外国籍船舶用)

改正理由

本会は、北バルト海のような冬季に結氷する水域での航行に耐える船舶（耐氷船）について、Finnish-Swedish Ice Class Rules (FSICR) に規定される耐氷船階級毎の要件を鋼船規則 I 編 8 章に規定している。

今般、FSICR の改正が 2021 年 7 月に公表されたことを受け、関連規定を改める。

また、鋼船規則等の総合的見直しの一環として、極地氷海船におけるプロペラ羽根の損傷荷重に関する要件について、IACS 統一規則 I3(Rev.1/Corr.1)との対応が明確となるよう改める。

改正内容

主な改正内容は次のとおり。

- (1) 耐氷船におけるプロペラ羽根の疲労計算の要否の判定に用いる、算式中のパラメータの数値を改める。
- (2) 耐氷船における旋回式推進装置への氷衝撃荷重の算定式において、接触面の形状が半球である場合には「衝突部の球半径 R_c 」を用いる旨を明確にする。
- (3) 極地氷海船におけるプロペラ羽根の損傷荷重の算式に用いる σ_{ref} に関する規定を改める。

「鋼船規則」の一部を次のように改正する。

I 編 極海航行船，極地氷海船及び耐氷船

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

-5.を次のように改める。

-5. ~~2017~~*Finnish-Swedish Ice Class Rules* が適用される北バルト海の氷水域を航行する船舶又は *Arctic Shipping Safety and Pollution Prevention Regulations* が適用されるカナダの氷水域を航行する船舶として登録を受けようとする船舶（以下，本編において「耐氷船」という。）の構造，艤装及び機関については，他の編の該当規定によるほか，本編 1 章（1.3 から 1.5 を除く。）及び 8 章の規定によらなければならない。

8 章 耐氷船

8.1 一般

8.1.1 適用*

-2.を次のように改める。

-2. 本章の規定は、~~2017~~*Finnish-Swedish Ice Class Rules* が適用される北バルト海の氷水域を航行する船舶又は *Arctic Shipping Safety and Pollution Prevention Regulations* が適用されるカナダの氷水域を航行する耐氷船について定めたものである。

8.5 推進装置の設計荷重（耐氷船階級 *IA Super, IA, IB* 及び *IC*）

8.5.9 推進軸系の設計トルク

-3.を次のように改める。

-3. 周波数領域での計算

周波数領域での計算にあつては、翼通過周波数及びその 2 倍の周波数での起振を用いて差し支えない。翼通過周波数及びその 2 倍の周波数での正弦波起振の振幅は、時間領域において半正弦波の衝撃が連続的に生じ、翼通過周波数及びその 2 倍の周波数のフーリエ級数成分が得られているという仮定に基づき導出される。起振トルクは、次の算式による。

$$Q_F(\varphi) = Q_{max}(C_{q0} + C_{q1}\sin(ZE_0\varphi + \alpha_1) + C_{q2}\sin(2ZE_0\varphi + \alpha_2)) \quad (kNm)$$

ここで、

C_{q0} ：平均トルクのパラメータで、表 **I8.21** による

C_{q1} ：翼通過周波数での起振のパラメータで、表 **I8.21** による

C_{q2} ：翼通過周波数の 2 倍の周波数での起振のパラメータで、表 **I8.21** による

α_1, α_2 ：起振成分の位相角で、表 **I8.21** による

φ ：回転角度

E_0 ：接触する氷塊の個数で、表 **I8.21** による

Z ：プロペラ羽根の数

表 I8.21 $C_{q0}, C_{q1}, \alpha_1, C_{q2}, \alpha_2, E_0$ の値
(表は省略)

周波数領域における各起振トルクのケースでの設計トルクは、以下の算式によること。

$$Q_{peak} = Q_{emax} + Q_{vib} + (Q_{max}^n C_{q0}) \frac{I_e}{I_t} + Q_{rf1} + Q_{rf2}$$

ここで、

Q_{vib} ：開水域における、周波数領域でのトルク振動計算から得られる、対象の部品での振動トルク

Q_{max}^n ：使用する速度を考慮したプロペラアイストルク

C_{q0} ：表 **I8.21** に掲げる値

Q_{rf1} : 周波数領域での解析による、翼通過周波数でのねじり応答
 Q_{rf2} : 周波数領域での解析による、翼通過周波数の2倍の周波数でのねじり応答
 最大主機トルク Q_{emax} が不明な場合は、表 I8.19 の値を用いてよい。全てのトルクの値は、対象とする構成要素における軸の回転を考慮して決定しなければならない。
また、当該計算には、全ての関連する回転速度の範囲及びねじり振動の共振における応答の解析を含めなければならない。

-4.(3)を削る。

- 4. -2.に示す時間領域での計算及び-3.に示す周波数領域での計算にあつては、次にもよること。
 (1)及び(2)は省略
~~(3) 計算には、全ての関連する回転速度の範囲及びねじり振動の共振における応答の解析を含めること。~~

8.6 プロペラ及び軸系の設計 (耐氷船階級 IA Super, IA, IB 及び IC)

8.6.2 プロペラ羽根の強度

-3. プロペラ羽根の疲労設計

- (1) プロペラ羽根の疲労設計は、船舶の全航行期間において評価された荷重の頻度分布及び羽根材料の SN 線図に基づかなければならない。予想される荷重の頻度分布と同じ疲労損傷を与える等価応力を計算しなければならない。また、 10^8 回の繰り返し数に対して標準化された等価応力は-4.で与えられる疲労に関する許容基準を満足しなければならない。ただし、2つの勾配で表される SN 線図 (図 I8.11 参照) を有する材料が以下の基準を満足する場合には、本項による疲労計算は要求されない。

$$\sigma_{exp} \geq B_1 \sigma_{ref}^{B_2} \log(N_{ice})^{B_3}$$

ここで、

B_1 , B_2 及び B_3 は係数で表 I8.22 による。

表 I8.22 を次のように改める。

表 I8.22 係数 B_1 , B_2 及び B_3

係数	ノズルを有さないプロペラ	ノズルを有するプロペラ
B_1	0.00246 0.00328	0.00167 0.00223
B_2	0.947 1.0076	0.956 1.0071
B_3	2.101	2.470 2.471

8.6.5 旋回式推進装置*

旋回式推進装置を有する場合にあっては 8.6.1 の要件に加え、次の(1)から(5)にもよること。

(2)(b)を次のように改める。

(2) 氷の衝突による極限の荷重

(a) (省略)

(b) 氷衝撃荷重 F_{ti} は次の算式により計算すること。当該計算にあっては、表 18.26 に示す値を用いること。また、氷中での設計運航速度は、表 18.27 及び表 18.28 又は対象とする船舶の氷中での設計運航速度船速を用いることとして差し支えない。プリング型のプロペラにあっては、船長方向の衝突速度を、プロペラボスへの衝突であるケース T2 (表 18.25 参照) に対して用いる。プッシャー型のプロペラにあっては、船長方向の衝突速度を、推進装置の先端キャップへの衝突であるケース T1 (表 18.25 参照) に対して用いる。反対方向へは、横方向衝突の衝突速度を用いる。

$$F_{ti} = C_{DMI} 34.5 R_c^{0.5} (m_{ice} v_s^2)^{0.333} \text{ (kN)}$$

ここで

R_c : 衝突部の球半径 (m) (図 18.14 参照)

m_{ice} : 氷塊の質量 (kg)

v_s : 衝突時の船速 (m/s)

C_{DMI} : 衝撃荷重に対する動的拡大係数。ただし、不明な場合は表 18.26 による。

なお、非半球領域への衝突 (例えば、ノズルへの衝突) の場合には、 R_c に代えて、同等な衝突球半径 R_{ceq} を用いる。 R_{ceq} の値は次の算式により求めるが、当該値の 2 倍が氷厚よりも大きくなる場合には、氷厚の半分を R_{ceq} の値とすること (プロペラボスへの衝突であるケース T2a 及び推進装置の先端キャップへの衝突であるケース T1a の場合には、氷厚の半分ではなく、 R_c を用いること)。推進装置側面への衝突の場合、ポッド部分の径を、当該半径を決定するための根拠として差し支えない。プロペラボスへの衝突の場合、当該ボスの径を、当該半径を決定するための根拠として差し支えない。

$$R_{ceq} = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \text{ (m)}$$

A : 氷塊と衝突する部分の最大面積をいう。氷塊及び旋回式推進装置の対象部分の寸法を考慮して算出する。

表 I8.27 及び I8.28 を次のように改める。

表 I8.27 船尾中心線上の推進装置に対する衝突速度

	<u>IA Super</u>	<u>IA</u>	<u>IB</u>	<u>IC</u>
通常の航行方向での船長方向衝突 (m/s)	6	5	5	5
後進状態での船長方向衝突 (m/s) ; プッシャー型のプロペラ:プロペラボスへの衝突 プリング型のプロペラ:推進装置の先端キャップへの衝突)	4	3	3	3
船首方向へ航行中の横方向衝突 (m/s)	3	2	2	2
船尾方向へ航行中の横方向衝突(ダブルアクティング方式の船舶) (m/s)	4	3	3	3

表 I8.28 船尾両端, 船首中心線上及び, 船首両端の推進装置に対する衝突速度

	<u>IA Super</u>	<u>IA</u>	<u>IB</u>	<u>IC</u>
通常の航行方向での船長方向衝突 (m/s)	6	5	5	5
後進状態での船長方向衝突 (m/s) ; プッシャー型のプロペラ:プロペラボスへの衝突 プリング型のプロペラ:推進装置の先端キャップへの衝突)	4	3	3	3
横方向衝突 (m/s)	4	3	3	3

附属書 1 極地氷海船の材料, 構造, 艤装及び機関の特別要件

4 章 機関

4.2 設計荷重

4.2.9 プロペラ羽根損傷荷重

-1.を次のように改める。(日本籍船舶用)

-1. プロペラ羽根の損傷荷重は, 次の算式による。

$$\frac{0.3ct^2\sigma_{ref}}{0.8D-2r} \times 10^3 \text{ (kN)}$$

ここで,

σ_{ref} : ~~0.7 σ_u 又は~~0.6 $\sigma_{0.2}$ + 0.4 σ_u のうち, いずれか小さい方 (MPa)

ただし,

σ_u : 羽根材料の引張強さ (MPa)

$\sigma_{0.2}$: 羽根材料の降伏応力又は 0.2%耐力 (MPa)

c , t 及び r : 羽根の根元すみ肉部より先端側の部分のうち最も弱い部分 (通常は羽根すみ肉端部) におけるそれぞれ翼弦長さ, 羽根厚さ及び円筒断面の半径 (m)

4.3.3 プロペラ羽根の強度

-2.を次のように改める。(日本籍船舶用)

-1. 4.2.2 及び 4.2.3 に定める荷重により羽根に生じる応力を有限要素法又はこれと同等の方法により求めなければならない。ただし, プロペラ羽根前方荷重及び後方荷重はそれぞれ独立して作用させなければならない。

-2. 前-1.により得られる最大の応力 σ_{calc} は次を満足しなければならない。

$$\sigma_{calc} < \frac{\sigma_{ref}}{S}$$

ここで,

$$S = 1.5$$

σ_{ref} : ~~4.2.9-1.による値~~0.7 σ_u 又は0.6 $\sigma_{0.2}$ + 0.4 σ_u のうち, いずれか小さい方 (MPa)

σ_u 及び $\sigma_{0.2}$: 4.2.9-1.による値 (MPa)

「鋼船規則検査要領」の一部を次のように改正する。

I 編 極海航行船，極地氷海船及び耐氷船

I1 通則

I1.2 定義

I1.2.2 耐氷船

-1.を次のように改める。

- 1. 規則 I 編 1.2.2 に定める耐氷船階級と ~~2017~~Finnish-Swedish Ice Class Rules に定める階級の対応を表 I1.2.2-1.に示す。
- 2. (省略)
- 3. (省略)

表 I1.2.2-1.を次のように改める。

表 I1.2.2-1. ~~2017~~Finnish-Swedish Ice Class Rules における階級と本会の耐氷船階級との対応

2017 Finnish-Swedish Ice Class Rules における階級	本会の耐氷船階級
IA Super	IA Super
IA	IA
IB	IB
IC	IC
II	ID 耐氷船階級なし

表 I1.2.2-2. Arctic Shipping Safety and Pollution Prevention Regulations における階級と本会の耐氷船階級との対応
(表は省略)

I8.1 一般

I8.1.1 適用

-1.を次のように改める。

- 1. ~~2017~~Finnish-Swedish Ice Class Rules が適用される北バルト海を航行する船舶に対して，同規則の適用に関する指針（Guidelines for the application of the ~~2017~~Finnish-Swedish Ice Class Rules）中に次のような規制等がある旨記載されている。