

鋼船規則

規
則

I 編 極地氷海船等

2009 年 第 1 回 一部改正

2009 年 10 月 30 日 規則 第 34 号

2009 年 6 月 24 日 技術委員会 審議

2009 年 7 月 28 日 理事会 承認

2009 年 10 月 23 日 国土交通大臣 認可

2009年10月30日 規則第34号
鋼船規則の一部を改正する規則

「鋼船規則」の一部を次のように改正する。

I 編 極地氷海船等

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

-3.を次のように改める。

-3. *Finnish-Swedish Ice Class Rules, ~~2002~~2008 ~~が適用のある~~される北バルト海の氷水域を航行する船舶又は *Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations* ~~が適用のある~~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**及び **5 章**の規定によらなければならない。*

2章 材料及び溶接

2.1 材料

2.1.2 を次のように改める。

2.1.2 材料区分

-1. 船体構造に使用される船体構造用材料の構造部材の分類及び材料区分は、表 I2.1-1. から表 I2.1-4. によらなければならない。

-2. 表 I2.1-1. から表 I2.1-4. に規定する構造部材のうち、風雨曝露部及び、海水と接する構造部材並びに、これらに取り付けられる部材の材料区分は表 I2.2 によらなければならない。

-3. 設計温度を設定して設計する極地氷海船にあつては、その船体に使用する鋼材の材料区分は C 編 1.1.12 の規定によらなければならない。

-4. 板厚が 50 mm を超える圧延鋼材及び降伏強度が 390 N/mm² 以上の圧延鋼材の使用区分は、本会の適当と認めるところによる。

表 I2.1 を削り、表 I2.1-1. から表 I2.1-4. として次の 4 表を加える。

表 I2.1 材料の使用区分

構造部材の分類	材料区分	
	中央部 0.4L 間	中央部 0.4L 間以外
二次部材 A1. 縦通隔壁の板、ただし、一次部材に該当するものを除く。 A2. 曝露甲板、ただし、一次部材又は特殊部材に該当するものを除く。 A3. 船側外板	I	A/AH⁽⁴⁾
一次部材 B1. 船底外板及び竜骨板 B2. 強力甲板、ただし、特殊部材に該当するものを除く。 B3. 貨物倉口縁材以外の強力甲板上の縦通連続構造部材 B4. 縦通隔壁の最上部の板一条 B5. 垂直の板一条（倉口桁板）及びトップサイドタンクの斜板の強力甲板に隣接する板一条	II	A/AH⁽⁴⁾
特殊部材 C1. 強力甲板の舷側板⁽¹⁾⁽⁴⁾ C2. 強力甲板の梁上側板⁽¹⁾⁽⁴⁾ C3. 縦通隔壁板に隣接する甲板の板一条⁽²⁾⁽⁴⁾ C4. コンテナ船及び同様な倉口配置の船舶の強力甲板の貨物倉口隅部⁽³⁾ C5. ばら積貨物船、鉱石運搬船、兼用船及び同様な倉口配置の船舶の強力甲板の貨物倉口隅部⁽⁴⁾ C6. デッキ外板⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁴⁾ C7. 長さが 0.15L を超える貨物倉口の縦通縁材⁽⁴⁾ C8. 並びに縦通縁材の端部肘板及び甲板室との取り付け部⁽⁴⁾	III	II 中央部 0.6L 間以外については I

(備考)

(1) 船の長さが 250m を超える場合、中央部 0.4L 間においては E/EH 以上の鋼材とする

(2) 二重船側部を形成する縦通隔壁付近の甲板は除く

(3) 貨物区域内は材料区分 III とする

- (4) 中央部 0.6L 間は材料区分 III とする、貨物区域内は材料区分 II 以上とする
 (5) 二重船底構造で船の長さが 150m 以下のものについては材料区分 II とすることができる
 (6) 船の長さが 250m を超える場合、中央部 0.4L 間においては D/DH 以上の鋼材とする
 (7) D/DH 以上の鋼材とする
 (8) 船の中央部 0.4L 間において材料区分 III の鋼材、若しくは E/EH 級鋼材の一条の幅は、 $5L+800$ (mm) 以上とすること。
 ただし、 $1,800\text{mm}$ を超える必要はない。
 (9) A は材料記号 KA 、 AH は材料記号 $KA32$ 及び $KA36$ を示す

表 I2.1-1. 材料の使用区分

構造部材の分類	材料区分及び鋼種
二次部材 A1. 縦通隔壁の板、ただし、一次部材に該当するものを除く。 A2. 曝露甲板、ただし、一次部材又は特殊部材に該当するものを除く。 A3. 船側外板	-中央部 0.4L 間は材料区分 I -上記以外は A/AH ⁽²⁾
一次部材 B1. 船底外板及び竜骨板 B2. 強力甲板、ただし、特殊部材に該当するものを除く。 B3. 貨物倉口縁材以外の強力甲板上方の縦通連続構造部材 B4. 縦通隔壁の最上部の板一条 B5. 垂直の板一条 (倉口桁板) 及びトップサイドタンクの斜板の強力甲板に隣接する板一条	-中央部 0.4L 間は材料区分 II -上記以外は A/AH ⁽²⁾
特殊部材 C1. 強力甲板の舷側厚板 ⁽¹⁾ C2. 強力甲板の梁上側板 ⁽¹⁾ C3. 縦通隔壁板に隣接する甲板の板一条 ⁽¹⁾ 、ただし、二重船側部を形成する縦通隔壁付近の甲板は除く。 C4. コンテナ船及び同様な倉口配置の船舶の強力甲板の貨物倉口隅部	-中央部 0.4L 間は材料区分 III -上記を除く中央部 0.6L 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I -ただし、貨物区域内は材料区分 III とする。
C5. ばら積貨物船、鉦石運搬船、兼用船及び同様な倉口配置の船舶の強力甲板の貨物倉口隅部	-中央部 0.6L 間は材料区分 III -上記を除く貨物倉区域は材料区分 II
C6. 全幅にわたり二重船底構造であって、船の長さが 150m 未満の船舶におけるビルジ外板 ⁽¹⁾	-中央部 0.6L 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I
C7. C6 以外の船舶におけるビルジ外板 ⁽¹⁾	-中央部 0.4L 間は材料区分 III -上記を除く中央部 0.6L 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I
C8. 長さが 0.15L を超える貨物倉口の縦通縁材 C9. 縦通縁材の端部肘板及び甲板室との取り合い部	-中央部 0.4L 間は材料区分 III -上記を除く中央部 0.6L 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I -ただし、 D/DH ⁽³⁾ 以上としなければならない。

(備考)

- (1) 船の中央部 0.4L 間において材料区分 III が要求される鋼材の一条の幅は、船舶の設計の形状による制限がない場合、 $800+5L$ (mm) 以上とすること。ただし、 $1,800\text{mm}$ を超える必要はない。
 (2) A は材料記号 KA 、 AH は材料記号 $KA32$ 及び $KA36$ を示す。
 (3) D は材料記号 KD 、 DH は材料記号 $KD32$ 及び $KD36$ を示す。

表 I2.1-2. 船の長さが 150m 以上の一層の強力甲板を有する船舶における最低鋼種

構造部材の分類	材料区分及び鋼種
強力甲板の縦強度部材	中央部 0.4L 間は $B/AH^{(1)}$
強力甲板上方にある連続した縦強度部材	中央部 0.4L 間は $B/AH^{(1)}$
船底と強力甲板の間に連続的な内殻縦通隔壁を有しない船舶における単船側部の外板	貨物区域内は $B/AH^{(1)}$

(備考)

(1) B は材料記号 KB , AH は材料記号 $KA32$ 及び $KA36$ を示す。

表 I2.1-3. 船の長さが 250m 以上の船舶における最低鋼種

構造部材の分類	材料区分及び鋼種
強力甲板の舷側厚板 ⁽¹⁾	中央部 0.4L 間は $E/EH^{(2)}$
強力甲板の梁上側板 ⁽¹⁾	中央部 0.4L 間は $E/EH^{(2)}$
ビルジ外板 ⁽¹⁾	中央部 0.4L 間は $D/DH^{(3)}$

(備考)

(1) 船の中央部 0.4L 間において E/EH 級が要求される鋼材の一条の幅は、船舶の設計の形状による制限がない場合、 $800+5L$ (mm) 以上とすること。ただし、 $1,800\text{mm}$ を超える必要はない。

(2) E は材料記号 KE , EH は材料記号 $KE32$ 及び $KE36$ を示す。

(3) D は材料記号 KD , DH は材料記号 $KD32$ 及び $KD36$ を示す。

表 I2.1-4. BC-A 船又は BC-B 船における最低鋼種

構造部材の分類	材料区分及び鋼種
倉内肋骨の下部肘板部 ⁽¹⁾⁽²⁾	$D/DH^{(3)}$
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 の範囲における、貨物倉内に面する船側外板 ⁽²⁾	$D/DH^{(3)}$

(備考)

(1) 「下部肘板部」とは、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 0.125l 上方の範囲にある下部肘板のウェブ及び倉内肋骨のウェブをいう。

(2) l は、倉内肋骨の支点間距離。

(3) D は材料記号 KD , DH は材料記号 $KD32$ 及び $KD36$ を示す。

表 I2.2 を次のように改める。

表 I2.2 極地氷海船の構造部材に対する材料の使用区分

構造部材の分類	材料区分
船首域及び船首中間耐氷帯域 (B , B_F) 内の外板	II
表 I2.1-1 の二次部材又は一次部材で、中央部 0.4L 間以外に位置するもの	I
船首域及び船尾骨材, ラダーホーン, 舵, プロペラノズル, 張出し軸受け, アイススケグ, アイスナイフ及び氷衝撃荷重を受ける他の付加物用の板材	II
船殻部材に取り付けられるすべての内部材及び外板から 600 mm 以内の箇所にある内部材	I
氷水域を航行中に貨物倉ハッチを開けた場合, 大気に曝される板部材及びそれに取り付けられる防撓材	I
表 I2.1-1 の特殊部材, FP から 0.2L 以内に位置する構造部材	II

2.1.3 を次のように改める。

2.1.3 鋼種

-1. 最小氷海喫水線の $0.3m$ 下方の線より下方に位置する船殻部材及び付加物並びにこれらに取り付けられる防撓材に使用する鋼材は、極地氷海船階級に関わらず、表 I2.1-1.から表 I2.1-4.及び表 I2.2 の構造部材の分類及び材料区分に応じ表 I2.3 に規定する鋼種以上のものとしなければならない。

-2. 最小氷海喫水線の $0.3m$ 下方の線より上方に位置する風雨曝露部の船殻構造及び付加物に使用する鋼材は、表 I2.1-1.から表 I2.1-4.及び表 I2.2 の構造部材の分類及び材料区分に応じ表 I2.4 に規定する鋼種以上のものとしなければならない。

-3. 風雨曝露部の船殻部材に取り付けられる防撓材及び船殻部材から $600mm$ 以内にある構造部材（例えば、隔壁及び甲板並びにこれらに取り付けられる防撓材）に使用する材料は、極地氷海船階級に応じ、表 I2.5 に規定する鋼種以上のものとしなければならない。

5章 耐氷船

5.1 一般

5.1.1 適用

-2.を次のように改める。

-1. 本章の規定は、耐氷船の構造、艤装及び機関等に適用する。

-2. 本章の規定は、*Finnish-Swedish Ice Class Rules 2002/2008* ~~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 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。

5.1.2 最大喫水及び最小喫水

-6.を次のように改める。

-6. 船首部最小喫水は、次の算式による値~~(ただし、 $4h_0$ を超える必要はない。)~~以上としなければならない。

$(2.0 + 0.00025\Delta)h_0$ (m) , ただし、 $4h_0$ を超える必要はない。

Δ : 最大氷海喫水線に対する型排水量 (t)

h_0 : 耐氷船階級に応じ、表 I5.1 に掲げる値

表 I5.1 h_0 の値

耐氷船階級	h_0
IA Super	1.0
IA	0.8
IB	0.6
IC	0.4
ID	0.4

5.2 設計氷圧

5.2.1 設計氷圧

-1.を次のように改める。

-1. 設計氷圧 p は、次の算式による値以上としなければならない。

$C_d C_{\frac{1}{2}} C_a p_0$ (MPa)

C_d : 次の算式による値

$$\frac{ak+b}{1000}$$

k : 次の算式による値

$$\frac{\sqrt{\Delta H}}{1000}$$

Δ : 5.1.2-6.に定義される排水量 (t)

H : 主機出力 (kW)

a 及び b : 考慮する位置及び k の値に応じ, 表 I5.2 に掲げる値

C_{+2} : 係数で, 耐氷船階級及び考慮する位置に応じ, 表 I5.3 に掲げる値

p_0 : 公称氷圧で, 5.6MPa とする。

C_a : 次の算式による値で, 1.0 を超える必要はない。ただし, 0.6 未満のときは 0.6 とする。

$$\frac{47-5l_a}{44}$$

l_a : 対象部材の種類に応じ, 表 I5.4 に掲げる値

表 I5.3 を次のように改める。

表 I5.3 係数 C_{+2}

耐氷船階級	前方域	中央域	後方域
IA Super	1.00	1.00	0.75
IA	1.00	0.85	0.65
IB	1.00	0.70	0.45
IC	1.00	0.50	0.25
ID	1.00	-	-

5.3 船体構造及び艀装

5.3.1 外板

-2.を次のように改める。

-2. 前-1.に定める耐氷帯内における外板の厚さは, 肋骨の配置に応じて次の算式による値以上としなければならない。

$$\text{横肋骨式構造} : 667s \sqrt{\frac{f_1 p_{PL}}{\sigma_y}} + t_C \quad (mm)$$

$$\text{縦肋骨式構造} : 667s \sqrt{\frac{p_{PL}}{f_2 \sigma_y}} + t_C \quad (mm)$$

s : 肋骨心距 (m)

p_{PL} : 次の算式による値 (MPa)

$$0.75p$$

p : 5.2.1-1.の規定による値

f_1 : 次の算式による値。ただし、1.0 を超える場合は、1.0 とする。

$$1.3 - \frac{4.2}{(h/s + 1.8)^2}$$

f_2 : h/s の値に応じ、次の算式による値

$$h/s < 1.0 \text{ の場合} : 0.6 + \frac{0.4}{h/s}$$

$$1.0 \leq h/s < 1.8 \text{ の場合} : 1.4 - 0.4 (h/s)$$

h : 5.2.1-2.の規定による値

σ_y : 材料の降伏応力 (N/mm^2) で軟鋼の場合は、~~235 N/mm^2 を用いる。~~次による。

軟鋼の場合 : 235 N/mm^2

高張力鋼の場合 : 315 N/mm^2

ただし、上記と異なる降伏応力の鋼材を使用する場合にあっては、本会が適当と認めるところによる。

t_c : 2mm とする。ただし、氷による摩耗に対して有効な特殊加工が表面に施され、かつ、維持される場合は 2mm 未満として差し支えない。

5.4 を次のように改める。

5.4 機関及びプロペラ等に関する基本要件

5.4.1 材料

-1. 海水に触れる機関の材料

プロペラ羽根、プロペラボス及び羽根取付けボルトのような海水に触れる材料は、**K 編**に規定する U14A 号試験片による伸び率が 15% 以上のものでなければならない。また、青銅及びオーステナイト鋼以外の材料にあっては、**K 編**に規定する U4 号試験片による吸収エネルギー値が -10°C において 20J 以上の値を有するものでなければならない。

-2. 海水温度に曝される機関の材料

海水温度に曝される材料は、鋼又はその他の承認された延性材料であって、**K 編**に規定する U4 号試験片による吸収エネルギー値が -10°C において 20J 以上の値を有するものでなければならない。

5.4.12 主機出力

-1. 主機出力 (H) は、最大氷海喫水及び最小氷海喫水の状態において次の算式により得られるそれぞれの値のうち、いずれか大きい値以上としなければならない。ただし、耐氷船階級が IA Super の耐氷船については 2,800 kW、耐氷船階級が IA, IB, IC 又は ID の耐氷船については 1,000 kW を下回ってはならない。

$$H = K_e \frac{(R_{CH}/1000)^{3/2}}{D_p}$$

H : 主機出力 (kW)

K_e : 表 I5.11 に掲げる係数

D_P : プロペラ直径 (m)

R_{CH} : 砕け氷と凍結密氷域がある水路中の抵抗 (N) で、次式による値

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3 C_\mu (H_F + H_M)^2 (B + C_\psi H_F) + C_4 L_{PAR} H_F^2 + C_5 (LT/B^2)^3 (A_{wf}/L)$$

L : 最大氷海喫水線における船舶の垂線間長 (m)

B : 最大氷海喫水線における船舶の最大幅 (m)

T : 氷水域での喫水 (m) で、通常、**1.2.4-1.**に規定する最大氷海喫水線における L_f の中央での喫水 ~~(最大喫水)~~ 及び **1.2.4-2.**に規定する最小氷海喫水線における L_f の中央での喫水とする。

ただし、いずれの場合も、 $(LT/B^2)^3$ の値は 5 以上、20 以下とすること。

L_{PAR} : 船体平行部分の長さ (m) で、それぞれの喫水線における船体平行部前端と後端の水平距離とする。(図 15.4 参照)

A_{wf} : それぞれの喫水線上の船首部面積 (m²) (図 15.4 参照)

ψ : 次の算式による値 (deg)

$$\psi = \arctan(\tan \phi_2 / \sin \alpha)$$

ϕ_1 , ϕ_2 , α : それぞれの喫水線において船体と喫水面のなす角度 (deg) で図 15.4 による。ただし、 ~~ϕ_1 及び ϕ_2 の値は、90 (deg) を超える場合、90 (deg) とする。~~ 球状船首を持つ耐氷船の場合、 ϕ_1 は、90 (deg) とする。

C_1 及び C_2 : 凍結した砕け氷の上層を考慮した係数で、次の算式による。

(1) 耐氷船階級が IA Super の耐氷船の場合

$$C_1 = f_1 B L_{PAR} / (2T/B + 1) + (1 + 0.021 \phi_1) (f_2 B + f_3 L_{BOW} + f_4 B L_{BOW})$$

$$C_2 = (1 + 0.063 \phi_1) (g_1 + g_2 B) + g_3 (1 + 1.2T/B) B^2 / \sqrt{L}$$

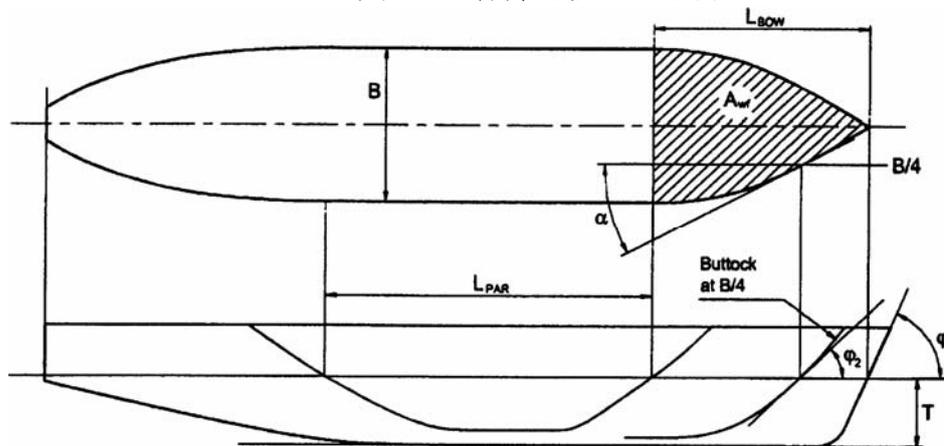
(2) 耐氷船階級が IA, IB, IC 及び ID の耐氷船の場合

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = 0$$

L_{BOW} : 船首部の長さ (m) で、それぞれの喫水線における船体平行部前端と最大氷海喫水線における船首垂線との水平距離とする。(図 15.4 参照)

図 15.4 各部寸法のとり方



C_3 , C_4 及び C_5 : 表 15.12 に掲げる値

表 I5.11 係数 K_e

推進方式	可変ピッチプロペラ又は電気推進/油圧推進	固定ピッチプロペラ
1 軸船	2.03	2.26
2 軸船	1.44	1.60
3 軸船	1.18	1.31

C_μ : 次の算式による値。ただし、0.45 以上とすること。

$$C_\mu = 0.15 \cos \varphi_2 + \sin \psi \sin \alpha$$

C_ψ : 次の算式による値。ただし、 $\psi \leq 45^\circ$ の場合は 0 とすること。

$$C_\psi = 0.047\psi - 2.115$$

$f_1, f_2, f_3, f_4, g_1, g_2$ 及び g_3 : 表 I5.12 に掲げる値

表 I5.12 $f_1, f_2, f_3, f_4, g_1, g_2, g_3, C_3, C_4, C_5$ の値

f_1 :	23.0 (N/m^2)	g_1 :	1,530 (N)	C_3 :	845 (N/m^3)
f_2 :	45.8 (N/m)	g_2 :	170 (N/m)	C_4 :	42 (N/m^3)
f_3 :	14.7 (N/m)	g_3 :	400 ($N/m^{1.5}$)	C_5 :	825 (N/m)
f_4 :	29.0 (N/m^2)				

H_M : 水路内の砕け氷層の厚さ (m) で、次による。

(1) 耐氷船階級が *IA Super* 及び *IA* の耐氷船の場合

$$H_M = 1.0$$

(2) 耐氷船階級が *IB* の耐氷船の場合

$$H_M = 0.8$$

(3) 耐氷船階級が *IC* の耐氷船の場合

$$H_M = 0.6$$

(4) 耐氷船階級が *ID* の耐氷船の場合

$$H_M = 0.5$$

H_F : 船首により排除される砕け氷層の厚さ (m) で、次の算式による。

$$H_F = 0.26 + (H_M B)^{0.5}$$

-2. 現存船に対する特別規定

2003 年 9 月 1 日前に建造開始段階にある船舶であって、耐氷船階級が *IA Super* 又は *IA* の耐氷船の主機出力 (H) は、~~2005 年 1 月 1 日又は~~建造後経過年数が 20 年に達する年の 1 月 1 日のいずれか遅いほうの期日までに前-1.の規定又は同等の規定に適合しなければならない。なお、計算に必要な船体パラメータの値が特定し難い場合には、次の算式を使用して差し支えない。この場合、算式に示す船の寸法は **1.2.4-1.**に規定される最大氷海喫水線において測られる値とする。

$$H = K_e \frac{(R_{CH}/1000)^{3/2}}{D_P}$$

H : 主機出力 (kW)

K_e : 表 I5.11 に掲げる係数

D_P : プロペラ直径 (m)

R_{CH} : 砕け氷と凍結密氷域がある水路中の抵抗 (N)

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3(H_F + H_M)^2(B + 0.658H_F) + C_4L H_F^2 + C_5(LT/B^2)^3(B/4)$$

L : 船舶の垂線間長 (m)

B : 船舶の最大幅 (m)

T : 氷水域での喫水 (m)

ただし、 $5 \leq (LT/B^2)^3 \leq 20$ とすること。

C_1 及び C_2 : 砕け氷と凍結密氷域の上層を考慮した係数で、次の算式による。

(1) 耐氷船階級が *IA Super* であって、球状船首を持つ耐氷船

$$C_1 = f_1BL/(2T/B + 1) + 2.89(f_2B + f_3L + f_4BL)$$

$$C_2 = 6.67(g_1 + g_2B) + g_3(1 + 1.2T/B)B^2/\sqrt{L}$$

(2) 耐氷船階級が *IA Super* であって、球状船首を持たない耐氷船

$$C_1 = f_1BL/(2T/B + 1) + 1.84(f_2B + f_3L + f_4BL)$$

$$C_2 = 3.52(g_1 + g_2B) + g_3(1 + 1.2T/B)B^2/\sqrt{L}$$

(3) 耐氷船階級が *IA* の耐氷船

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = 0$$

$f_1, f_2, f_3, f_4, g_1, g_2, g_3, C_3, C_4$ 及び C_5 : 表 **15.13** に掲げる値

H_M : 水路内の砕け氷層の厚さ (m) で、次による。

$$H_M = 1.0$$

H_F : 船首により排除される砕け氷層の厚さ (m) で、次の算式による。

$$H_F = 0.26 + (H_M B)^{0.5}$$

表 15.13 $f_1, f_2, f_3, f_4, g_1, g_2, g_3, C_3, C_4, C_5$ の値

f_1 :	10.3 (N/m ²)	g_1 :	1,530 (N)	C_3 :	845 (N/m ³)
f_2 :	45.8 (N/m)	g_2 :	170 (N/m)	C_4 :	42 (N/m ³)
f_3 :	2.94 (N/m)	g_3 :	400 (N/m ^{1.5})	C_5 :	825 (N/m)
f_4 :	5.8 (N/m ²)				

-3. 氷海航行能力の向上が期待できる船型を有する船舶又は前-1.に規定する算式中のパラメータが表 **15.14** に示す範囲を超える船舶については、本会が適当と認める場合、次に掲げる厚さの氷がある水路において5ノット以上の速力を与えられることを条件に、前-1.に規定する出力未満の主機出力としても差し支えない。

- (1) 耐氷船階級が *IA Super* の耐氷船 : 1.0 m の砕け氷及び 0.1 m の凍結密氷域
- (2) 耐氷船階級が *IA* の耐氷船 : 1.0 m の砕け氷
- (3) 耐氷船階級が *IB* の耐氷船 : 0.8 m の砕け氷
- (4) 耐氷船階級が *IC* の耐氷船 : 0.6 m の砕け氷
- (5) 耐氷船階級が *ID* の耐氷船 : 0.5 m の砕け氷

表 I5.14 船体パラメータの許容範囲

船体パラメータ	下限値	上限値
α (deg)	15	55
φ_1 (deg)	25	90
φ_2 (deg)	10	90
L (m)	65.0	250.0
B (m)	11.0	40.0
T (m)	4.0	15.0
L_{BOW}/L	0.15	0.40
L_{PAR}/L	0.25	0.75
D_P/T	0.45	0.75
$A_{wf}/(LB)$	0.09	0.27

5.4.2 耐氷トルク

- ~~1. プロペラ、軸系及び動力伝達装置の強度は、プロペラの羽根に作用する氷による衝撃荷重（以下、「耐氷トルク」という。）を考慮したものでなければならない。~~
- ~~2. 5.4.3 及び 5.4.5 で規定する歯車装置及びプロペラの算式に使用する耐氷トルク (M) は、次の算式による値以上でなければならない。~~

~~$$mD_p^2 \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$~~

~~D_p : プロペラの直径 (m)~~

~~m : 表 I5.15 に掲げる値~~

- ~~3. 耐氷船階級が IB, IC 及び ID の耐氷船であって、バラスト状態でプロペラが十分に水没しない場合には、耐氷船階級 L4 の耐氷トルクを使用しなければならない。~~

表 I5.15 m の値

耐氷船階級	#
L4 Super	21.09
L4	15.70
IB	13.05
IC	11.97
ID	11.97

5.4.3 プロペラ

- ~~1. プロペラの材料は、K 編に規定する U144 号試験片による伸び率が 19% 以上、U4 号試験片による吸収エネルギー値が 10°C において 21J 以上の値を有するものでなければならない。~~
- ~~2. プロペラ羽根の各半径位置における厚さ及び幅は、次の算式によらなければならない。~~

~~(1) 固定ピッチプロペラの場合~~

~~$$\text{半径位置 } 0.125D_p \text{ において: } wt^2 = \frac{26490}{\sigma_b(0.65 + 0.7P/D_p)} \left(27.2 \frac{H_S}{ZR} + 2.24M \right)$$~~

~~$$\text{半径位置 } 0.3D_p \text{ において: } wt^2 = \frac{9320}{\sigma_b(0.65 + 0.7P/D_p)} \left(27.2 \frac{H_S}{ZR} + 2.85M \right)$$~~

~~(2) 可変ピッチプロペラの場合~~

~~半径位置 $0.175D_p$ において：
$$wt^2 \frac{21090}{\sigma_b(0.65 + 0.7P/D_p)} \left(\frac{27.2 H_S}{ZR} + 2.34M \right)$$~~

~~半径位置 $0.3D_p$ において：
$$wt^2 \frac{9320}{\sigma_b(0.65 + 0.7P/D_p)} \left(\frac{27.2 H_S}{ZR} + 2.85M \right)$$~~

~~w ：各半径位置における羽根の円筒断面の展開幅 (cm)~~

~~t ：各半径位置における羽根の厚さ (cm)~~

~~P ：各半径位置におけるピッチ (m)。可変ピッチプロペラの場合は、公称値の 70% とする。~~

~~D_p ：プロペラの直径 (m)~~

~~H_S ：軸当りの主機出力 (kW)~~

~~Z ：プロペラ羽根の数~~

~~R ：主機の連続最大出力時におけるプロペラの回転数 (rpm)~~

~~σ_b ：プロペラ材料の規格最低引張強さ (N/mm²)~~

~~3. プロペラ羽根先端の厚さは、次の算式による値以上でなければならない。~~

~~(1) 耐氷船階級 I4 Super の場合 $(20 + 2D_p) \sqrt{\frac{490}{\sigma_b}}$ (mm)~~

~~(2) (1) 以外の場合 $(15 + 2D_p) \sqrt{\frac{490}{\sigma_b}}$ (mm)~~

~~D_p 及び σ_b ：前 2. の規定による。~~

~~4. 任意の半径位置におけるプロペラ羽根の厚さは、前 2. 及び 3. の規定により算出されるそれぞれの厚さを結ぶ滑らかな曲線によって求めるものとする。~~

~~5. プロペラ羽根の前縁及び後縁の厚さは、前 3. に規定する羽根先端の厚さの 50% 以上としなければならない。この場合、厚さの測定点は固定ピッチプロペラでは前後縁から、可変ピッチプロペラでは前縁からそれぞれ規定羽根先端厚さの 1.25 倍の値の位置とする。~~

~~6. 可変ピッチプロペラのボス内の変筋機構の強度は、羽根の半径位置 $0.45D_p$ で、かつ、羽根の強度が最も低くなる方向に荷重がかかった場合における羽根の強度の 1.5 倍以上としなければならない。~~

~~5.4.4 軸系~~

~~1. 船尾管軸受部におけるプロペラ軸の径は、次の算式による値以上でなければならない。~~

~~$$10.83 \sqrt{\frac{\sigma_b w t^2}{\sigma_y}} \text{ (mm)}$$~~

~~w ：半径位置 $0.125D_p$ におけるプロペラ羽根の円筒断面の展開実幅 (cm)~~

~~t ：半径位置 $0.125D_p$ におけるプロペラ羽根の最大実厚さ (cm)~~

~~σ_b ：プロペラ材料の規格最低引張強さ (N/mm²)~~

~~σ_y ：プロペラ軸材の規格降伏点 (N/mm²)~~

~~2. 前 1. にかかわらず、プロペラボスの直径が $0.25D_p$ より大きい場合には、船尾管軸受部におけるプロペラ軸の径は、次の算式による値以上でなければならない。~~

$$11.53 \sqrt{\frac{\sigma_b w t^2}{\sigma_y}} \text{ (mm)}$$

~~w : 半径位置 $0.175D_p$ におけるプロペラ羽根の円筒断面の展開実幅 (cm)~~

~~t : 半径位置 $0.175D_p$ におけるプロペラ羽根の最大実厚さ (cm)~~

~~σ_b 及び σ_y : 前 1. の規定による。~~

~~3. 前 1. 又は 2. によって算出される値が D 編 6.2.4 で規定する値より小さい場合は、D 編による値としなければならない。~~

~~4. 耐氷船階級が I4 Super の耐氷船にあつては、機関の外部に軸受を有するスラスト軸及び中間軸の外径は、D 編 6.2.2 及び 6.2.3 に規定する値の 1.1 倍以上としなければならない。~~

5.4.5 減速歯車装置

~~主機関とプロペラとの間に減速歯車装置を有する船舶にあつては、D 編 5.3.3 の規定中の K_1 にかえて次の算式による値を外的荷重倍加係数として用いなければならない。~~

$$\frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{1 + J_1/J_h} \frac{M}{M_0}}$$

~~K_1 : D 編 5.3.3 に規定する係数~~

~~M : 5.4.2 に規定する耐氷トルク (kN・m)~~

~~M_0 : プロペラ軸の平均トルクであつて、次の算式による値~~

$$\text{ ~~} M_0 = 9.55 H_s / R \text{ (kN・m) } \text{~~}~~~~$$

~~H_s : 軸当りの主機出力 (kW)~~

~~R : 主機の連続最大出力時におけるプロペラの回転数 (rpm)~~

~~J_1 : 歯車装置の出力歯車、プロペラ及び推進軸系の合計質量慣性モーメント。ただし、プロペラに対して、水の付加質量慣性モーメントとして 30% を加えるものとする。~~

~~J_h : 主機、フライホイール、減速歯車 (出力歯車を除く。) の合計質量慣性モーメント。ただし、プロペラ軸と回転数の異なるものについては、各々についてプロペラ軸との減速比によって補正を行い、等価質量慣性モーメントとする。~~

5.4.6 主機の始動装置

~~1. 空気タンクの容量は、後進のために主機を逆転する場合には 12 回以上、後進のために主機を逆転しない場合には 6 回以上、途中で充気しないで主機を連続始動できる十分なものでなければならない。~~

~~2. 空気タンクは、主機の始動以外にも使用される場合、それらのための十分な容量を加えたものでなければならない。~~

~~3. 空気圧縮機の容量は、1 時間以内に空気タンクを大気圧状態から最高圧力まで充気できるものでなければならない。ただし、耐氷船階級が I4 Super であつて後進のために主機を逆転する耐氷船の場合には、空気圧縮機の容量は、30 分以内に空気タンクを充気できるものでなければならない。~~

5.4.7 海水吸入口及び冷却水装置

~~1. 冷却水管装置は、氷海航行中に冷却水を十分に供給できるものでなければならない。~~

~~2. 前1.のために、少なくとも1つの冷却水吸入用シーチェストは、次の(1)から(5)の要件によらなければならない。ただし、耐氷船階級がIDの耐氷船にあっては、次の(2)、(3)及び(5)の要件に適合しなくてもよい。~~

~~(1) 海水吸入口は、船体中心線に隣接し、できるだけ船尾に設けること。~~

~~(2) シーチェストの体積は、船舶の航行に必要な補機の出力も含めて、機関出力750kWにつき1m³以上を標準とする。~~

~~(3) シーチェストは、氷が吸入口の上方に集積するように、十分に深いものであること。~~

~~(4) シーチェストは、冷却水の全量を排出できる排出管を連結したものであること。~~

~~(5) 海水吸入口の格子の通過面積は、吸入管の面積の4倍以上とすること。~~

~~3. 複数のシーチェストを設ける場合には、前2.(2)及び(3)によらないことができる。この場合、冷却水の吸入及び排出は互いに切り換えて使用できるよう装置しなければならない。また、このシーチェストは、前2.(1)、(4)及び(5)の要件も満足しなければならない。~~

~~4. ヒーティングコイルは、シーチェストの上部に装備して差し支えない。~~

5.4.83 舵及び操舵装置

-1. 舵柱、舵頭材、ピントル及び操舵装置等は、C編3章及びD編15章の規定を適用するにあたって寸法算定に用いる速力は、耐氷船階級に応じ、表I5.165に掲げる値未満としてはならない。

-2. 耐氷船階級がIA Super及びIAの耐氷船の舵頭材及び舵の上縁は、アイスナイフ又はこれと同等の方法で氷の圧力から保護しなければならない。

-3. 耐氷船階級がIA Super及びIAの耐氷船においては、氷水域を後進する際に氷によって舵に作用する荷重に耐えるよう次の(1)から(3)によらなければならない。

(1) 油圧式操舵装置の圧力逃し弁は有効なものでなければならない。

(2) 操舵装置の構造部分の寸法は、舵頭材に生じるトルクに耐えるよう決定しなければならない。

(3) 跳ね上がり防止装置は舵板又はその上部に備えることを推奨する。

表 I5.165 最小速力

耐氷船階級	最小速力 (kt)
IA Super	20
IA	18
IB	16
IC	14
ID	14

5.5 として次の1節を加える。

5.5 推進装置の設計荷重

5.5.1 一般

-1. プロペラ、軸系及び動力伝達装置の強度は、次の(1)から(8)の荷重について考慮しなければならない。

(1) プロペラ羽根後方荷重

(2) プロペラ羽根前方荷重

- (3) プロペラ羽根のスピンドルトルク
- (4) プロペラアイストルク
- (5) プロペラアイススラスト
- (6) 推進軸系の設計トルク
- (7) 軸スラスト
- (8) プロペラ羽根損傷荷重

-2. 前-1.に定める荷重は次の(1)から(3)の仮定に基づくものとする。

- (1) 船尾の位置に取付けられるプロペラ(旋回式のものを含む)に作用する荷重とする。ただし、船首プロペラ及びプリング型(トラクター型)のプロペラに作用する荷重並びに旋回ケーシングに作用する荷重については特別に考慮しなければならない。
- (2) 当該荷重は船舶の全航行において通常の運転時に発生する最大荷重とし、通常の運転以外の条件において発生する荷重(例えば、プロペラ停止状態においてプロペラが氷の中を引きずられるときに発生する荷重)については考慮しない。
- (3) 当該荷重は特に規定されない限り氷が作用する間に発生する全荷重であって、プロペラ、軸系及び動力伝達装置の強度計算用の荷重とする。なお、それぞれの荷重は各プロペラ単独に作用するものとする。

-3. プロペラの設計荷重

- (1) 与えられる荷重は、部品の強度計算に利用され、プロペラと氷の相互作用による氷の誘導荷重及び流体力学的荷重を含む総荷重としなければならない。
- (2) 5.5.2 及び 5.5.3 に定める F_b 及び F_f は、異なるプロペラと氷の相互作用により発生し、同時には作用しないと仮定する。この仮定に基づき一枚の羽根について別個に適用しなければならない。
- (3) 耐氷船階級が IB 及び IC の船舶の推進系にあつては、プロペラがバラスト状態において十分に没水しない場合は、IA の船舶に対する設計基準によらなければならない。

5.5.2 プロペラ羽根後方荷重

-1. プロペラ回転時に氷の作用によってプロペラ羽根に作用する船尾方向の荷重(以下、「プロペラ羽根後方荷重」という。)は、次の算式による。

- (1) ノズルを有さないプロペラにあつては次式による値

$$D \leq D_{limit} = 0.85(H_{ice})^{1.4} \text{ (m) の場合}$$

$$F_b = 27 \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^2 \text{ (kN)}$$

$$D > D_{limit} = 0.85(H_{ice})^{1.4} \text{ (m) の場合}$$

$$F_b = 23(H_{ice})^{1.4} \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D \text{ (kN)}$$

- (2) ノズルを有するプロペラにあつては次式による値

$$D \leq D_{limit} = 4H_{ice} \text{ (m) の場合}$$

$$F_b = 9.5 \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^2 \text{ (kN)}$$

$D > D_{limit} = 4H_{ice}$ (m) の場合

$$F_b = 66(H_{ice})^{1.4} \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^{0.6} \text{ (kN)}$$

ここで、

F_b : 全航行期間における最大のプロペラ羽根後方荷重 (kN)

力の方向は $0.7R$ における翼弦に対して垂直な方向とする。(図 I5.5 参照)

H_{ice} : 氷の厚さ (m) で、表 I5.16 による。

D : プロペラ直径 (m)

EAR : 展開面積比

d : プロペラボスの直径 (m)

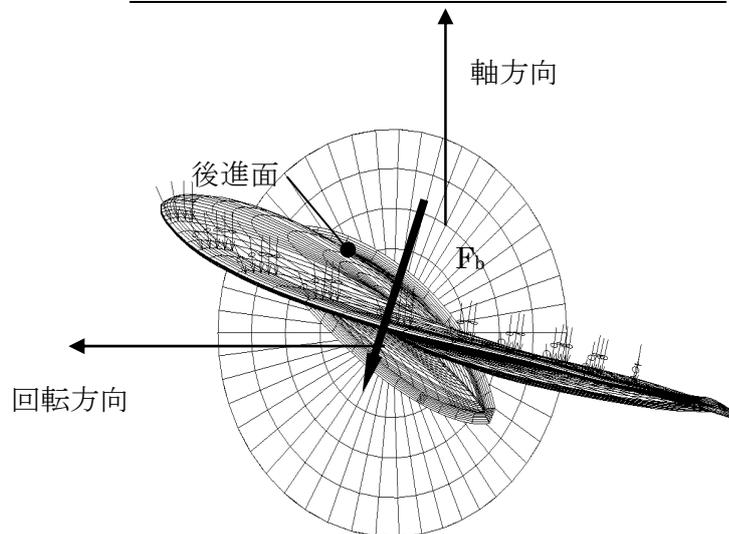
Z : プロペラ羽根の数

n : プロペラ回転数 (rpm)。ただし、可変ピッチプロペラの場合は連続最大出力で自由航走をしているときの回転数とし、固定ピッチプロペラの場合は連続最大出力で自由航走しているときの回転数に 0.85 を乗じた値とする。

表 I5.16 氷厚 H_{ice}

	IA Super	IA	IB	IC
プロペラに侵入する設計最大氷厚 H_{ice} (m)	1.75	1.5	1.2	1.0

図 I5.5 プロペラ羽根に作用する力の方向



-2. プロペラ羽根後方荷重 F_b は、次の荷重ケースについてプロペラ羽根の表面に等分布荷重として作用させなければならない。

(1) ノズルを有さない場合

(a) 前-1.(1)に定める荷重 F_b を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 I4.2 のケース 1 参照)

(b) 前-1.(1)に定める荷重 F_b の 50% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.9R$ から先端の部分に作用させる。(表 I4.2 のケース 2 参照)

(c) 後進時にプロペラが逆転する場合にあっては、前-1.(1)に定める荷重 F_b の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 I4.2 のケース 5 参照)

(2) ノズルを有する場合

(a) 前-1.(2)に定める荷重 F_b を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 I4.3 のケース 1 参照)

(b) 後進時にプロペラが逆転する場合にあっては、前-1.(2)に定める荷重 F_b の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 I4.3 のケース 5 参照)

5.5.3 プロペラ羽根前方荷重

-1. プロペラ回転時に氷の作用によってプロペラ羽根に作用する船首方向の荷重(以下、「プロペラ羽根前方荷重」という。)は、次の算式による。

(1) ノズルを有さないプロペラにあっては次式による値

$$D \leq D_{limit} = \frac{2}{(1-d/D)} H_{ice} \text{ (m) の場合}$$

$$F_f = 250 \left(\frac{EAR}{Z} \right) D^2 \text{ (kN)}$$

$$D > D_{limit} = \frac{2}{(1-d/D)} H_{ice} \text{ (m) の場合}$$

$$F_f = 500 H_{ice} \left(\frac{EAR}{Z} \right) \left(\frac{1}{1-d/D} \right) D \text{ (kN)}$$

(2) ノズルを有するプロペラにあっては次式による値

$$D \leq D_{limit} = \frac{2}{(1-d/D)} H_{ice} \text{ (m) の場合}$$

$$F_f = 250 \left(\frac{EAR}{Z} \right) D^2 \text{ (kN)}$$

$$D > D_{limit} = \frac{2}{(1-d/D)} H_{ice} \text{ (m) の場合}$$

$$F_f = 500 H_{ice} \left(\frac{EAR}{Z} \right) \left(\frac{1}{1-d/D} \right) D \text{ (kN)}$$

ここで、

F_f : 全航行期間における最大のプロペラ羽根前方荷重 (kN)

力の方向は $0.7R$ における翼弦に対して垂直な方向とする。

H_{ice} , D , EAR , d , Z : 5.5.2 による。

-2. プロペラ羽根前方荷重 F_f は、次の荷重ケースについてプロペラ羽根表面に等分布荷重として作用させなければならない。

(1) ノズルを有さない場合

(a) 前-1.(1)に定める荷重 F_f を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、

- 前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 I4.2 のケース 3 参照)
- (b) 前-1.(1)に定める荷重 F_f の 50%に相当する荷重を羽根の半径位置 0.9R から先端の部分に作用させる。(表 I4.2 のケース 4 参照)
- (c) 後進時にプロペラが逆転する場合にあっては、前-1.(1)に定める荷重 F_f の 60%に相当する荷重を羽根の半径位置 0.6R から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 I4.2 のケース 5 参照)

(2) ノズルを有する場合

- (a) 前-1.(2)に定める荷重 F_f を羽根の半径位置 0.6R から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.5 倍までの部分に作用させる。(表 I4.3 のケース 3 参照)
- (b) 後進時にプロペラが逆転する場合にあっては、前-1.(2)に定める荷重 F_f の 60%に相当する荷重を羽根の半径位置 0.6R から先端であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 I4.3 のケース 5 参照)

5.5.4 プロペラ羽根のスピンドルトルク

プロペラ羽根の回転軸まわりのトルク（プロペラ羽根スピンドルトルク）は、5.5.2 及び 5.5.3 に定める F_b 及び F_f のそれぞれのケースについて計算しなければならない。ただし、計算されたプロペラ羽根のスピンドルトルクは、次の算式による値を下回ってはならない。

$$Q_{smax} = 0.25FC_{0.7} \text{ (kNm)}$$

ここで、

$C_{0.7}$ ：半径位置 0.7R における翼弦長さ (m)

F ：5.5.2-1.に定める F_b 又は 5.5.3-1.に定める F_f のうち、いずれか大きい方の荷重 (kN)

5.5.5 プロペラ羽根の荷重の頻度分布

-1. 羽根の疲労設計は、氷荷重 (F_{ice} が $(F_{ice})_{max}$ を超える確率の頻度分布) として図 I5.6 に示す Weibull 分布により評価しなければならない。

$$P\left(\frac{F_{ice}}{(F_{ice})_{max}} \geq \frac{F}{(F_{ice})_{max}}\right) = e^{-\left(\frac{F}{(F_{ice})_{max}}\right)^k \ln(N_{ice})}$$

ここで、

F_{ice} ：羽根に作用する氷荷重 (kN) で、 $0 \leq F_{ice} \leq (F_{ice})_{max}$ の関係を満たす任意の変数

$(F_{ice})_{max}$ ：全航行期間における氷荷重の最大値 (kN)

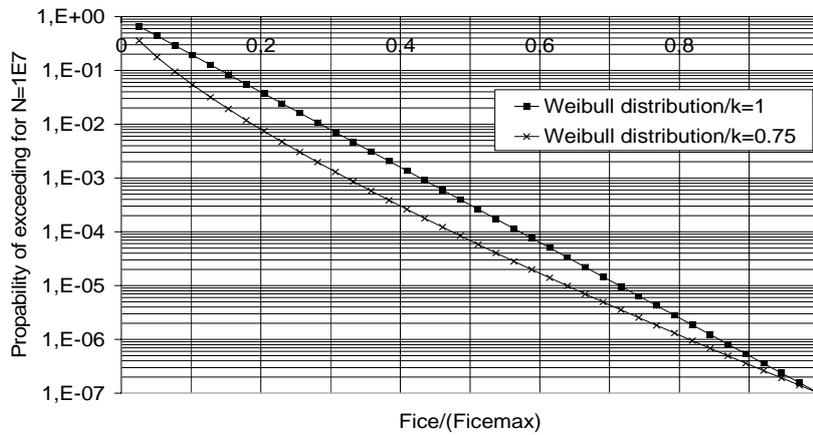
k ：Weibull 分布の形状母数で、次による。

ノズルを有さないプロペラの場合 $k=0.75$

ノズルを有するプロペラの場合 $k=1.0$

N_{ice} ：プロペラ羽根に作用する氷荷重の繰り返し数

図 I5.6 疲労設計に用いられる Weibull 分布 (F_{ice} が $(F_{ice})_{max}$ を超える確率)



-2. 変動荷重の繰り返し数

(1) プロペラ羽根 1 枚あたりに作用する変動荷重の繰り返し数は、次の算式による。

$$N_{ice} = k_1 k_2 k_3 k_4 N_{class} \frac{n}{60}$$

ここで、

N_{class} : 耐氷船階級別のプロペラ回転数毎の衝撃の基準数で、表 I5.17 による。

k_1 : プロペラの配置に関する係数で、表 I5.18 による。

k_2 : プロペラの型式に関する係数で、表 I5.19 による。

k_3 : プロペラの取付け方式に関する係数で、表 I5.20 による。

表 I5.17 耐氷船階級に対する荷重の基準数 N_{class}

Class	I4 Super	I4	I8	IC
衝撃荷重の総数 / n	$9 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	$3.4 \cdot 10^6$	$2.1 \cdot 10^6$

表 I5.18 プロペラの配置に関する係数 k_1

係数	センタープロペラ	ウィングプロペラ
k_1	1	1.35

表 I5.19 プロペラの型式に関する係数 k_2

係数	ノズルを有さない場合	ノズルを有する場合
k_2	1	1.1

表 I5.20 プロペラの取付け方式に関する係数 k_3

係数	固定式	旋回式
k_3	1	1.2

k_4 : 没水係数で、次の算式による。

$$k_4 = \begin{array}{ll} 0.8 - f & : f < 0 \\ 0.8 - 0.4f & : 0 \leq f \leq 1 \\ 0.6 - 0.2f & : 1 < f \leq 2.5 \\ 0.1 & : f > 2.5 \end{array}$$

ここで、

$$f = \frac{h_0 - H_{ice}}{D/2} - 1$$

h_0 : 最小氷海喫水線からプロペラ中心線までの高さ (m)

H_{ice} , D : **5.5.2** による。

- (2) プロペラと氷の相互作用がすべての羽根に生じる荷重を受ける部品にあっては、変動荷重の繰返し数は、前(1)の荷重繰返し数(N_{ice})に羽根の枚数(Z)を乗じたものとしなければならない。

5.5.6 プロペラアイススラスト

プロペラに作用する最大アイススラストは、次の算式による。

- (1) 船尾方向アイススラスト

$$T_b = 1.1 F_b \text{ (kN)}$$

- (2) 船首方向アイススラスト

$$T_f = 1.1 F_f \text{ (kN)}$$

ここで、

F_b : **5.5.2-1.**により求めたプロペラ羽根後方荷重 (kN)

F_f : **5.5.3-1.**により求めたプロペラ羽根前方荷重 (kN)

T_b : 後方の最大プロペラアイススラスト (kN)

T_f : 前方の最大プロペラアイススラスト (kN)

5.5.7 軸スラスト

プロペラ軸方向に作用する設計スラストは次の算式による。

- (1) 船首方向軸スラスト

$$T_x = T + 2.2T_f \text{ (kN)}$$

- (2) 船尾方向軸スラスト

$$T_x = 1.5T_b \text{ (kN)}$$

ここで、

T_b 及び T_f : **5.5.6**により求めたプロペラアイススラスト (kN)

T : ボラードプル状態におけるプロペラスラスト (kN)

ただし、当該値が不明の場合は表 **15.21** の値を用いて差し支えない。

表 I5.21 T の値

プロペラ型式	T
可変ピッチプロペラ (ノズルを有さない場合)	$1.25 T_n$
可変ピッチプロペラ (ノズルを有する場合)	$1.1 T_n$
タービン又は電動モータ駆動の固定ピッチプロペラ	T_n
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ (ノズルを有さない場合)	$0.85 T_n$
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ (ノズルを有する場合)	$0.75 T_n$

(備考)

T_n は開水域を連続最大出力で自由航走しているときの公称プロペラスラスト (kN)

5.5.8 プロペラアイストルク

氷の衝撃によりプロペラに作用するトルクは、次の算式による。

(1) ノズルを有さないプロペラにあつては次式による値

$D \leq D_{limit} = 1.8H_{ice}$ (m) の場合

$$Q_{max} = 10.9 \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{n}{60} D\right)^{0.17} D^3 \quad (kNm)$$

$D > D_{limit} = 1.8H_{ice}$ (m) の場合

$$Q_{max} = 20.7(H_{ice})^{1.1} \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{n}{60} D\right)^{0.17} D^{1.9} \quad (kNm)$$

(2) ノズルを有するプロペラにあつては次式による値

$D \leq D_{limit} = 1.8H_{ice}$ (m) の場合

$$Q_{max} = 7.7 \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{n}{60} D\right)^{0.17} D^3 \quad (kNm)$$

$D > D_{limit} = 1.8H_{ice}$ (m) の場合

$$Q_{max} = 14.6(H_{ice})^{1.1} \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{n}{60} D\right)^{0.17} D^{1.9} \quad (kNm)$$

ここで、

H_{ice} , D 及び d : 5.5.2 による。

$P_{0.7}$: 半径位置 0.7R におけるピッチ (m)

ただし、可変ピッチプロペラの場合にあつては、ボラードプル状態における連続最大出力時のピッチとし、当該値が不明の場合は連続最大出力で自由航走しているときのピッチに 0.7 を乗じた値とする。

n : ボラードプル状態におけるプロペラ回転数 (rpm)

ただし、当該回転数が不明である場合は表 I5.22 に掲げる値を用いなければならない。

表 I5.22 プロペラ回転数 n

プロペラの型式	n
可変ピッチプロペラ	n_n
タービン又は電動モータ駆動の固定ピッチプロペラ	n_n
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ	$0.85n_n$

(備考)

n_n : 連続最大出力で自由航走しているときのプロペラ回転数 (rpm)

5.5.9 推進軸系の設計トルク

-1. 軸系の過渡状態におけるねじり振動の動的解析に用いるプロペラアイス起振トルク（以下、「起振トルク」という。）は、次によらなければならない。

(1) 起振トルクは半正弦波の形で羽根に発生する連続した氷の衝撃によって評価する。また、起振トルクは1枚の羽根に作用するトルクをプロペラ回転角を考慮して全ての羽根について合計するものとし、羽根と氷塊1個の衝撃によるトルクは次の算式による。（図 I5.7 参照）

(a) $0^\circ \leq \phi \leq \alpha_i^\circ$ の場合

$$Q(\phi) = C_q Q_{max} \sin(\phi(180/\alpha_i))$$

(b) $\alpha_i^\circ \leq \phi \leq 360^\circ$ の場合

$$Q(\phi) = 0$$

ここで、

Q_{max} : 5.5.8 で算出されるプロペラアイストルク (kNm)

C_q : 表 I5.23 に掲げる値

α_i : 回転角度で表したプロペラ羽根と氷の作用時間で表 I5.23 に掲げる値 (°)

表 I5.23 係数 C_q 及び α_i

起振トルクのケース	プロペラ-氷の相互作用の概要	C_q	α_i
ケース1	氷塊1個	0.75	90
ケース2	氷塊1個	1.0	135
ケース3	氷塊2個 (位相のずれ $360/2Z^\circ$)	0.5	45

(備考)

起振トルクの合計値は、位相のずれ $360/Z^\circ$ を考慮した1枚の羽根のトルクの合計とする。また、連続して砕氷している間の始めと終わりの回転角 270° においては、直線的な傾斜を用いること。

(2) プロペラが連続して砕氷する間のプロペラの総回転数及び衝撃回数は次の算式による。ただし、船首プロペラにあっては特別に考慮しなければならない。

(a) プロペラの総回転数

$$N_Q = 2H_{ice}$$

(b) 衝撃回数

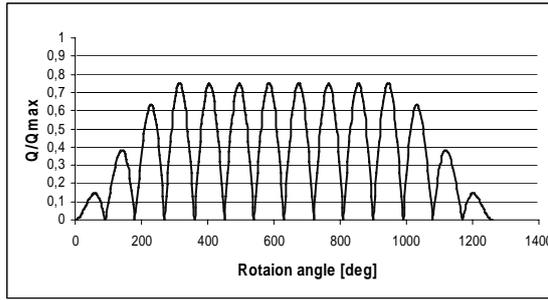
$$ZN_Q$$

ここで、

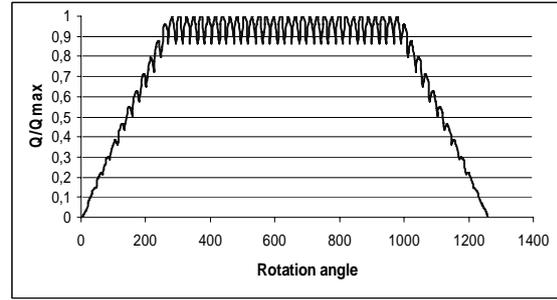
H_{ice} : 表 I5.16 に掲げる値

Z : プロペラ羽根の数

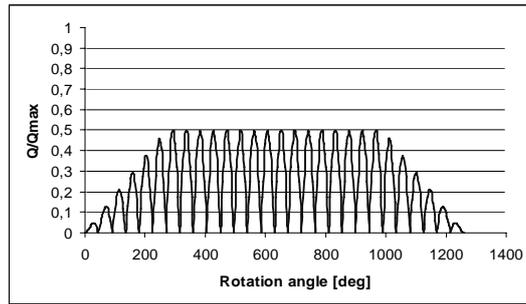
図 15.7 プロペラに作用するアイス起振トルクの例 (4 翼の場合)



(a) ケース 1 氷塊 1 個 ($\alpha_i=90^\circ$)



(b) ケース 2 氷塊 1 個 ($\alpha_i=135^\circ$)



(c) ケース 3 氷塊 2 個 ($\alpha_i=45^\circ$)

-2. プロペラ軸系部品の設計トルク

(1) 支配的なねじり共振が設計上の運転回転数の上下 20%以内に含まれない場合にあつては、次の最大トルクの値を用いることができる。

$$Q_r = Q_{emax} + Q_{max} \frac{I}{I_t} \quad (kNm)$$

Q_{emax} : 最大主機トルク (kNm)

Q_{emax} が不明な場合は、表 15.24 の値を用いてよい。

I : 考慮する構成要素の主機側の全部品の等価質量慣性モーメント (kgm^2)

I_t : 推進系全体の等価質量慣性モーメント (kgm^2)

表 15.24 最大主機トルク Q_{emax}

プロペラ型式	Q_{emax}
電動モータ駆動のプロペラ	Q_{motor}
電動モータ駆動以外の可変ピッチプロペラ	Q_n
タービン駆動の固定ピッチプロペラ	Q_n
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ	$0.75 Q_n$

(備考)

Q_{motor} : 電動モータのピークトルク (kNm)

Q_n : MCR で自由航走する時の公称トルク (kNm)

Q_r : プロペラ軸方向に作用する最大の応答トルク (kNm)

(2) 支配的なねじり共振が設計上の運転回転数の上下 20%以内に含まれる場合にあつては、部品の設計トルク (Q_r) は推進軸系のねじり振動解析によって評価されなければならない。

5.5.10 プロペラ羽根損傷荷重

-1. プロペラ羽根の損傷荷重は、次の算式による。

$$F_{ex} = \frac{300ct^2\sigma_{ref}}{0.8D - 2r} \text{ (kN)}$$

ここで、

σ_{ref} : 基準応力 (MPa) で、次式による。

$$\sigma_{ref} = 0.6\sigma_{0.2} + 0.4\sigma_u$$

ここで、

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 : 翼弦長さ (m)

F_{ex} : 塑性曲げの羽根損傷によって生じる極限の羽根荷重 (kN)

r : 翼断面の半径 (m)

t : 最大の翼断面厚さ (m)

-2. 前-1.に定める損傷荷重は、羽根の半径位置 $0.8R$ において羽根の最も弱い方向に作用するものとし、荷重作用点から羽根の回転軸までの距離は、羽根の回転軸と半径位置 $0.8R$ における前縁又は後縁までの距離のいずれか大きい方の値の $2/3$ としなければならない。

5.6 として次の 1 節を加える。

5.6 プロペラ及び軸系の設計

5.6.1 一般

プロペラ、軸系及び動力伝達装置は次の(1)から(3)について考慮して設計しなければならない。

- (1) 5.5 に定める設計荷重に対して十分な強度を有さなければならない。
- (2) プロペラ羽根に塑性変形が生じた場合においても他の推進軸系の部品に重大な損傷が発生しないようにしなければならない。
- (3) 十分な疲労強度を有するものでなければならない。

5.6.2 プロペラ羽根の強度

-1. 5.5.2 及び 5.5.3 に定める荷重により羽根に生じる応力は有限要素解析により算定しなければならない。

半径比 $r/R < 0.5$ の場合、プロペラ羽根の付け根部分の応力は以下の式により算定して差し支えない。算式により決定された付け根部分の寸法が、有限要素解析により当該箇所が高い応力を生じさせる場合でも、それを認めることがある。

$$\sigma_{st} = C_1 \frac{M_{BL}}{100ct^2} \text{ (MPa)}$$

ここで、

C_1 : $\frac{\text{有限要素解析による応力}}{\text{梁の理論に基づく式による応力}}$ による。

ただし、有限要素解析の値が利用できない場合は、 C_1 は 1.6 としなければならない。

ここで、

M_{BL} : 羽根の曲げモーメント (kNm) で、半径比 $r/R < 0.5$ の場合、次式による。

$$M_{BL} = (0.75 - r/R)RF$$

ここで、

F : F_b と F_f の最大値のいずれか大きい荷重とする。

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

$$\frac{\sigma_{ref2}}{\sigma_{st}} \geq 1.5$$

ここで、

σ_{st} : F_b 又は F_f によって生じる最大応力 (MPa)

σ_u : 羽根材料の引張強さ (MPa)

σ_{ref2} : 基準応力 (MPa) で、次式のいずれか小さい方とする。

$$\sigma_{ref2} = 0.7\sigma_u \text{ 又は } \sigma_{ref2} = 0.6\sigma_{0.2} + 0.4\sigma_u$$

-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本項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、以下の基準を満足する場合にあっては、本項による疲労計算は要求されない。

$$\sigma_{exp} \geq B_1 \sigma_{ref2}^{B_2} \log(N_{ice})^{B_3}$$

ここで、

B_1 , B_2 及び B_3 は係数で表 I5.25 による。

表 I5.25 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	0.00270	0.00184
B_2	1.007	1.007
B_3	2.101	2.470

(2) 等価応力の算出においては、以下の 2 種類の SN 線図のいずれかを用いなければならない。

(a) 2 つの勾配で表される SN 線図 (勾配 4.5 及び 10) (図 I5.8 参照)

(b) 一定勾配の SN 線図 (図 I5.9 参照)

(3) SN 線図の種類は羽根の材料の特性に応じて選択されなければならない。SN 線図が不明な場合は、2 つの勾配で表される SN 線図を用いなければならない。

図 I5.8 2つの勾配で表される SN 線図

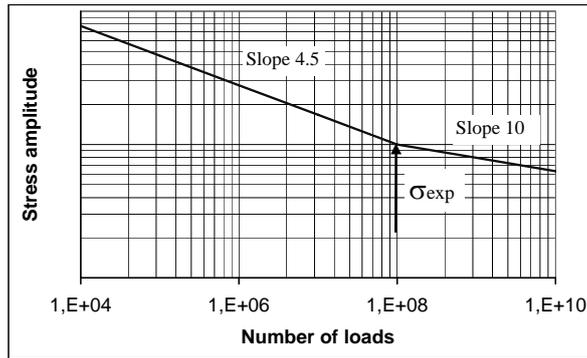
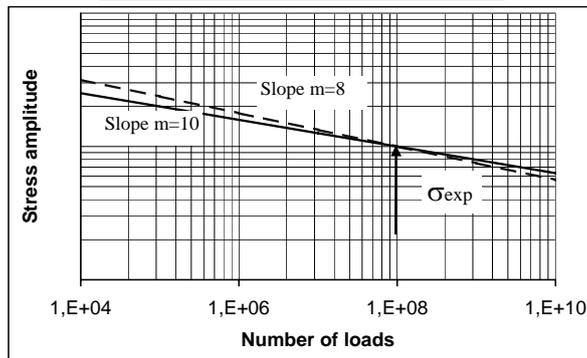


図 I5.9 一定勾配の SN 線図



- (4) 等価応力は、荷重の頻度分布と同じ疲労損傷を生じさせる 10^8 回の応力の繰り返し数に対する疲労応力振幅で次による。

$$\sigma_{fat} = \rho(\sigma_{ice})_{max}$$

ここで、

ρ : 適用する SN 線図に応じ、(5)又は(6)による。

$$(\sigma_{ice})_{max} = 0.5((\sigma_{ice})_{fmax} - (\sigma_{ice})_{bmax})$$

$(\sigma_{ice})_{max}$: 検討する場所における前方及び後方の羽根荷重によって生じる主応力振幅の平均値

$(\sigma_{ice})_{fmax}$: 前方荷重によって生じる主応力

$(\sigma_{ice})_{bmax}$: 後方荷重によって生じる主応力

- (5) 2つの勾配を有する SN 線図に対する変数 ρ の計算は次による。

変数 ρ は、最大応力振幅を 10^8 回の応力サイクルに対する等価疲労応力に換算するための疲労に関する減少率であり、以下の式による。

$$\rho = C_1(\sigma_{ice})_{max}^{C_2} \sigma_{fl}^{C_3} \lg(N_{ice})^{C_4}$$

ここで、

$$\sigma_{fl} = \gamma_e \gamma_v \gamma_m \sigma_{exp}$$

σ_{fl} : 羽根材料の固有疲労強度 (MPa)

γ_e : ばらつき及び供試体の寸法効果に関する減少率

γ_v : 変動振幅荷重に関する減少率

γ_m : 平均応力に関する減少率

σ_{exp} : 海水中での 10^8 サイクルにおける羽根材料の平均疲労強度 (MPa)

実際の値が得られない場合は、次の値を減少率として用いること。 $\gamma_e=0.67, \gamma_v=0.75,$

$\gamma_m=0.75$

C_1, C_2, C_3 及び C_4 は、係数で、表 I5.26 による。

表 I5.26 係数 C_1, C_2, C_3 及び C_4

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
C_1	0.000711	0.000509
C_2	0.0645	0.0533
C_3	-0.0565	-0.0459
C_4	2.22	2.584

(6) 一定勾配の SN 線図に対する ρ の計算

一定勾配の SN カーブ (図 I5.9 参照) を有する材料については、 ρ は次の式による。

$$\rho = \left(G \frac{N_{ice}}{N_R} \right)^{1/m} (\ln(N_{ice}))^{-1/k}$$

ここで、

k は Weibull 分布の形状母数で、次による。

(a) ノズルを有するプロペラの場合は $k=1.0$

(b) ノズルを有さないプロペラの場合は $k=0.75$

N_R : 荷重サイクルの基準数 ($=10^8$)

m : 対数で表示された SN 線図の勾配

G : m/k の値に対する表 I5.27 による。 m/k の値が表 I5.27 の中間となる場合は、線形補間により求めて差し支えない。

表 I5.27 m/k に対する係数 G の値

m/k	G	m/k	G	m/k	G
3	6	5.5	287.9	8	40320
3.5	11.6	6	720	8.5	119292
4	24	6.5	1871	9	362880
4.5	52.3	7	5040	9.5	1.133E6
5	120	7.5	14034	10	3.623E6

-4. 疲労に関する許容基準

羽根のすべての位置において等価疲労応力は次の許容基準を満足しなければならない。

$$\frac{\sigma_{fl}}{\sigma_{fat}} \geq 1.5$$

5.6.3 プロペラボス及び可変ピッチ機構

-1. 羽根ボルト、可変ピッチ機構、プロペラボス及びプロペラの取付物は、5.5 に定める最大荷重及び疲労荷重に耐え得るよう次の(1)及び(2)に掲げる安全率より大きい値で設計しなければならない。

(1) 降伏に対する安全率は 1.3

(2) 疲労に対する安全率は 1.5

-2. 5.5.10 に定める塑性曲げによるプロペラ羽根の損傷によって生じる荷重は、降伏に対する安全率を 1.0 より大きな値としなければならない。

5.6.4 推進軸系

-1. 軸及び軸部品（軸受、船尾管軸受、継手、フランジ、シール装置等）の強度はプロペラが氷に衝突することにより発生する曲げ、ねじり及び軸方向の力について考慮しなければならない。ただし、安全率は 1.3 以上としなければならない。

-2. 5.5.10 に定める羽根の全損傷による極限荷重により、軸及び軸部品に降伏が生じてはならない。軸方向の荷重、曲げ荷重及びねじり荷重の影響が大きい場合は、これらを組合せたものとしなければならない。また、曲げ及びねじり応力に関しては、降伏に対する安全率を 1.0 以上としなければならない。

5.6.5 旋回式推進装置

旋回式推進装置を有する場合にあつては 5.6.1 の要件に加え、次の(1)から(5)について考慮して設計しなければならない。

(1) 推進装置に作用する特有の荷重ケースについて考慮しなければならない。当該荷重ケースは船舶及び推進装置の運転を考慮したものでなければならない。

(2) プロペラ羽根に損傷が発生した場合であっても推進装置が損傷しないように設計しなければならない。

(3) プロペラ羽根の塑性変形は、考慮する部品に対して最大荷重を発生させるような羽根の位置に生じるものとして考えなければならない。

(4) 3.5.10 に定める旋回部ケーシングに作用する氷荷重についても考慮しなければならない。

(5) 氷の厚さは表 I5.16 で定めるプロペラに侵入する最大の氷塊の厚さとしなければならない。

5.6.6 振動

推進系は、全ての動的系統が、設計上の最大及び最小の運転回転数の上下 20% まで拡張した設計上の運転速度範囲において、支配的なねじり、軸力及び曲げによる共振が存在しないように設計しなければならない。この条件を満足しない場合にあつては、構成要素の強度が許容強度を満足していることを確保するため、詳細な振動解析を行わなければならない。

5.7 として次の 1 節を加える。

5.7 代替設計

5.7.1 代替設計

推進装置は 5.5 及び 5.6 の代替として包括的な検討を行い設計評価することができる。

5.8 として次の1節を加える。

5.8 機関に関するその他の要件

5.8.1 主機の始動装置

-1. 空気タンクの容量は、後進のために主機を逆転する場合には12回以上、後進のために主機を逆転しない場合には6回以上、途中で充気しないで主機を連続始動できる十分なものでなければならない。

-2. 空気タンクは、主機の始動以外にも使用される場合、それらのための十分な容量を加えたものでなければならない。

-3. 空気圧縮機の容量は、1時間以内に空気タンクを大気圧状態から最高圧力まで充気できるものでなければならない。ただし、耐氷船階級が *IA Super* であって後進のために主機を逆転する耐氷船の場合には、空気圧縮機の容量は、30分以内に空気タンクを充気できるものでなければならない。

5.8.2 海水吸入口及び冷却水装置

-1. 冷却水管装置は、氷海航行中に冷却水を十分に供給できるものでなければならない。

-2. 前-1.のために、少なくとも1つの冷却水吸入用シーチェストは、次の(1)から(5)の要件によらなければならない。ただし、耐氷船階級が *ID* の耐氷船にあつては、次の(2)、(3)及び(5)の要件に適合しなくてもよい。

(1) 海水吸入口は、船体中心線に隣接し、できるだけ船尾に設けること。

(2) シーチェストの体積は、船舶の航行に必要な補機の出力も含めて、機関出力 $750kW$ につき $1m^3$ 以上を標準とする。

(3) シーチェストは、氷が吸入口の上方に集積するように、十分に深いものであること。

(4) シーチェストは、冷却水の全量を排出できる排出管を連結したものであること。

(5) 海水吸入口の格子の通過面積は、吸入管の面積の4倍以上とすること。

-3. 複数個のシーチェストを設ける場合、各シーチェストは前-2.(2)及び(3)の要件に適合する必要はない。ただし、冷却水の吸入及び排出は互いに切り換えて使用できるものとしなければならない。なお、耐氷船階級が *ID* の耐氷船を除き、各シーチェストは、前-2.(1)、(4)及び(5)の要件を満足しなければならない。

-4. ヒーティングコイルは、シーチェストの上部に装備して差し支えない。

-5. 冷却にバラスト水を用いる装置は、バラスト状態において予備として用いて差し支えないが、上記のシーチェストの代替としては認められない。

附 則

1. この規則は、2010年1月1日（以下、「施行日」という。）から施行する。
2. 施行日前に建造契約が行われた船舶にあつては、この規則による規定にかかわらず、なお従前の例によることができる。

鋼船規則検査要領

I 編

極地氷海船等

要
領

2009年 第1回 一部改正

2009年10月30日 達 第53号

2009年6月24日 技術委員会 審議

2009年10月30日 達 第53号
鋼船規則検査要領の一部を改正する達

「鋼船規則検査要領」の一部を次のように改正する。

I 編 極地氷海船等

II 通則

II.2 定義

II.2.3 耐氷船階級

-1.を次のように改める。

-1. 規則I編1.2.3に定める耐氷船階級と *Finnish-Swedish Ice Class Rules*~~2002~~2008に定める階級の対応を表II.2.3-1.に示す。

表II.2.3-1.を次のように改める。

表II.2.3-1. *Finnish-Swedish Ice Class Rules*~~2002~~2008における階級と
本会の耐氷船階級との対応

<i>Finnish-Swedish Ice Class Rules</i> 2002 <u>2008</u> における階級	本会の耐氷船階級
<i>IA Super</i>	<i>IA Super</i>
<i>IA</i>	<i>IA</i>
<i>IB</i>	<i>IB</i>
<i>IC</i>	<i>IC</i>
<i>II</i>	<i>ID</i> 耐氷船階級なし

I5 耐氷船

I5.4 を I5.6 として次のように改める。

I5.46 機関及びプロペラ等プロペラ及び軸系の設計

I5.46.3 プロペラボス及び可変ピッチ機構

~~1. 可変ピッチプロペラ及び組立形プロペラの羽根取付け用ボルトの所要径 d は、次式によること。~~

$$d = 1.5 \sqrt{\frac{1}{\sigma_0^n} \left(\frac{(A + \pi M \times 10^5) K_3}{L} + F_C \right)} \quad (\text{mm})$$

~~σ_0 : ボルト材料の降伏点又は 0.2% 耐力 (N/mm^2)。ただし、 $\sigma_0 > 0.69\sigma_B + 110.5$ の場合には $0.69\sigma_B + 110.5$ とする。また、 $\sigma_0 > 662.5 N/mm^2$ の場合には $662.5 N/mm^2$ にとどめる。~~

~~M : 規則 I 編 5.4.2-2 に定める耐氷トルク ($kN \cdot m$)~~

~~その他の記号 : 規則 D 編 7.2.2-2 の算式で使用されるものと同じ。~~

~~⇒ キーを用いずに、プロペラを圧入によってプロペラ軸に取り付けるときの押込量の下限値は、規則 D 編 7.3.1-1.において F_V に替えて次式により与えられる F'_V により算出される値とし、スラスト T は規則 I 編 5.5.7 により算出される最大のスラスト T_r とする。~~

$$F'_V = F_V + 4.46 \frac{M}{R_0} \times 10^5 \quad (N)$$

$$F'_V = F_V + 4.46 \frac{Q_{max}}{R_0} \times 10^5 \quad (N)$$

~~Q_{max} : 規則 I 編 5.4.2-2、5.5.8 に定める耐氷トルク最大のプロペラアイストルク ($kN \cdot m$)~~

~~R_0 : プロペラ軸のテーパ部の軸方向長さの中央部におけるプロペラ軸の半径 (mm)~~

~~F_V : 規則 D 編 7.3.1-1.により与えられるテーパ接触部における接触方向力 (N)~~

I5.7 として次の 1 節を加える。

I5.7 代替設計

I5.7.1 代替設計

規則 I 編 5.7 に規定する検討は、次の(1)から(3)によること。

(1) 規則 I 編 5.5 とは異なる耐氷船階級に与えられる氷の条件に基づくこと。代替設計には疲労及び最大荷重の設計計算を含み、規則 I 編 5.5.1 に定める要件を満足すること。

(2) 荷重

プロペラ羽根及び推進系に作用する荷重は、流体力学的荷重及び氷荷重の評価手法

として本会が適当と認める手法に基づくものとする。

(3) 設計レベル

- (a) プロペラ羽根を除くランダムな力を伝える全ての部品が、合理的な安全率を与えられた上で部品材料の降伏応力を超えない応力レベルにあることを解析により確認すること。
- (b) 累積疲労被害度計算において、合理的な安全率が示されること。材料特性、応力を増加させる要因及び疲労被害度の増加についての必要な考慮がなされたものとする。
- (c) 振動解析を行い、動的システムに、プロペラと氷の相互作用によるねじり振動の有害な共振が存在しないことを示すこと。

附 則

1. この達は、2010年1月1日（以下、「施行日」という。）から施行する。
2. 施行日前に建造契約が行われた船舶にあっては、この達による規定にかかわらず、なお従前の例によることができる。