

# 鋼船規則

## 鋼船規則検査要領

I 編

極海航行船，極地氷海船及び  
耐氷船

鋼船規則 I 編  
鋼船規則検査要領 I 編

2018 年 第 1 回 一部改正  
2018 年 第 1 回 一部改正

2018 年 12 月 25 日 規則 第 126 号 / 達 第 94 号  
2018 年 8 月 1 日 技術委員会 審議  
2018 年 12 月 5 日 国土交通大臣 認可

**ClassNK**  
一般財団法人 日本海事協会

規則の節・条タイトルの末尾に付けられたアスタリスク (\*) は、その規則に対応する要領があることを示しております。

# 鋼船規則

規則

I 編 極海航行船, 極地氷海船及び耐氷船

2018 年 第 1 回 一部改正

2018 年 12 月 25 日 規則 第 126 号

2018 年 8 月 1 日 技術委員会 審議

2018 年 12 月 5 日 国土交通大臣 認可

規則の節・条タイトルの末尾に付けられたアスタリスク (\*) は、その規則に対応する要領があることを示しております。

2018年12月25日 規則 第126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 極海航行船，極地氷海船及び耐氷船

改正その1

### 1 章 通則

#### 1.1 一般

##### 1.1.1 適用

-5.を次のように改める。

-5. *Finnish-Swedish Ice Class Rules, 2010* 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，*Finnish-Swedish Ice Class Rules 2010* 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。

### 8.1.2 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。

$\Delta$  : 最大氷海喫水線に対する型排水量 ( $t$ ) 。最大氷海喫水線の決定に複数の喫水線を使用した場合、最も排水量が大きくなる喫水線に対応したものとしなければならない。

$h_0$  : 耐氷船階級に応じ、表 **I8.1** に掲げる値

#### 附 則 (改正その1)

1. この規則は、2018年12月25日から施行する。

## 4章 区画及び復原性

### 4.3 規則（極海コード I-A 部 4.3）

#### 4.3.1 非損傷時復原性

(1)及び(2)を次のように改める。

4.2.1(1)に適合するため、次の(1)から(4)を適用しなければならない。

- (1) ~~航行する海域及び期間により、着氷が想定される船舶は、その復原力計算に際しては次の(a)及び(b)の着氷量を考慮すること。ただし、主管庁が特に認めた場合はこの限りではない。~~
  - (a) 暴露甲板上及びギャングウェイに対し、 $30 \text{ kg/m}^2$
  - (b) 喫水線上の船舶の両側の投影側面積に対し、 $7.5 \text{ kg/m}^2$ 、ただし、手すり、種々のブーム、円材（マストを除く）及び索類の不連続な表面における投影側面積並びに他の小さい物体の投影側面積は、連続表面の合計投影面積を5%増加し、この面積の静的偶力を10%増加することにより計算する。
- (2) ~~航行する海域及び期間により、着氷が想定される船舶は、~~次の(a)及び(b)に適合すること。
  - (a) 航行する海域及び期間により、着氷が想定される船舶は、着氷量が最小となる設計とすること。
  - (b) 例えば、ブルワーク、手すり及び支柱等の着氷を取り除くための電動及び圧縮空気式の装置並びに／又は斧、木製の棍棒等、~~必要に応じ、~~着氷を取り除くための設備を有すること。
- (3) 復原性計算において考慮された着氷量に関する情報を極海域運航手順書に記載すること。
- (4) 極海域運航手順書に記載される許容量を超えないよう着氷状況を監視し、適切な処置を施すこと。

## 5章 水密及び風雨密性の保全

### 5.3 規則（極海コード I-A 部 5.3）

#### 5.3.1 一般\*

(1)を次のように改める。

**5.2.1** に適合するため、以下の要件を適用しなければならない。

- (1) ~~着氷の可能性のある海域及び期間を航行する船舶にあつては、~~倉口及びドア周辺の着氷及び着雪を除去又は防止するための手段を備えること。
- (2) 前(1)に加えて、低温環境下での航行を行う船舶は以下の要件に適合しなければならない。
  - (a) 油圧操作の倉口及びドアにおいては、液体の氷結又は粘度増加を防止するための手段を備えること。
  - (b) 海上において居住不可能な環境にあり、航海中にアクセスが要求される水密及び風雨密の倉口、ドア及び閉鎖装置は、厚い手袋を含む防寒着を着用した船員が操作可能となるよう設計すること。

## 7章 火災安全

### 7.2 機能要件（極海コード I-A 部 7.2）

#### 7.2.1 機能要件

(4)を次のように改める。

- (4) 出入り口及び脱出設備の着氷及び着雪を除去又は防止するための手段を備えること。

#### 附 則（改正その2）

1. この規則は、2018年12月25日から施行する。
2. 2017年1月1日前にキールが据え付けられる船舶又は特定の船舶として確認できる建造が開始され、かつ、少なくとも50トン又は全建造材料の見積重量の1%のいずれか少ないものが組み立てられた状態にある船舶については、この規則による規定にかかわらず、なお従前の例による。ただし、遡及して適用される要件がある場合はこの限りではない。

## 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, ~~2010~~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、艀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。

### 1.2 定義

1.2.2 を次のように改める。

#### 1.2.2 耐氷船\*

本編 **8章**の適用上、用語の定義及び記号は、他の編において特に定める場合を除き、本条の次の(1)から(3)に定めるところによる。

((1)及び(2)は省略)

(3) 主機出力 ( $H$ ) は、主機の連続最大出力時の総出力とする。ただし、主機出力が技術的な理由又は適用規則により制限される場合は、その制限された出力とする。推進力のために追加の動力源を使用する場合にあっては(例えば、シャフトモータ)、主機の出力に加え、これらを総出力に含めなければならない。

(4) 翼通過周波数

回転数と翼枚数の積

## 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~~2010~~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。

8.4 を次のように改める。

### 8.4 機関に関する基本要件

#### 8.4.1 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が、球状黒鉛鋳鉄にあっては、吸収エネルギー値が-10°Cにおいて 10J以上の値を有するもので差し支えない。

-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。また、ボルト以外の材料として、フェライト球状黒鉛鋳鉄を使用することができ、当該鋳鉄にあっては、**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 10J以上の値を有するもので差し支えない。

#### 8.4.2 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 2,800kW、耐氷船階級が *IA*, *IB*, *IC* 又は *ID* の耐氷船については 1,000kW 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 **I8.10** に掲げる係数

表 I8.10 係数  $K_e$

| 推進方式 | 可変ピッチプロペラ又は<br>電気推進/油圧推進 | 固定ピッチ<br>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          |

$D_P$  : 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、**1.2.1(23)**に規定する最大氷海喫水線における  $L_f$  の中央での喫水及び **1.2.1(24)**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、~~なお、 $(LT/B^2)^3$  の値は、5 より小さい場合には 5 ~~以上~~、20 より大きい場合には 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 I8.4 参照)

$A_{wf}$  : それぞれの喫水線上の船首部面積 ( $m^2$ ) (図 I8.4 参照)

$\psi$  : 次の算式による値 (deg)

$$\psi = \arctan(\tan \varphi_2 / \sin \alpha)$$

$\varphi_1, \varphi_2, \alpha$  : 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 I8.4 による。ただし、球状船首を持つ耐氷船の場合、 $\varphi_1$  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

$$C_1 = f_1 B L_{PAR} / (2T/B + 1) + (1 + 0.021 \varphi_1) (f_2 B + f_3 L_{BOW} + f_4 B L_{BOW})$$

$$C_2 = (1 + 0.063 \varphi_1) (g_1 + g_2 B) + g_3 (1 + 1.2T/B) B^2 / \sqrt{L}$$

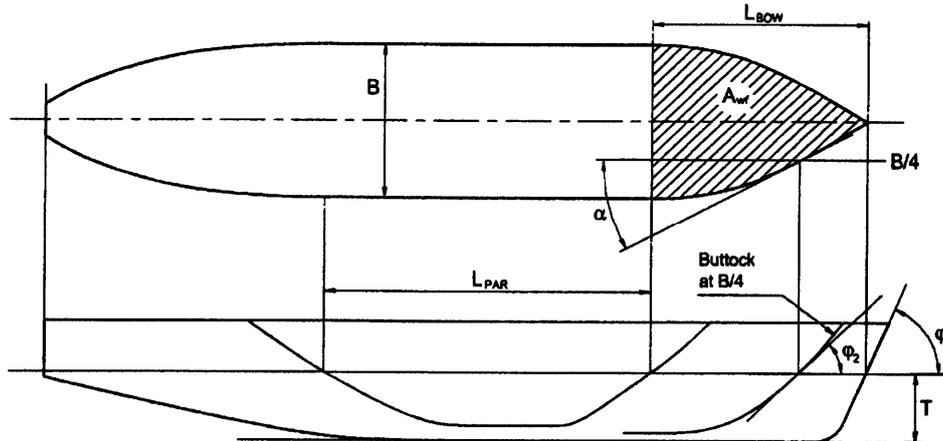
(2) 耐氷船階級が IA, IB, IC 及び ID の耐氷船の場合

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = 0$$

$L_{BOW}$  : 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 I8.4 参照)

図 I8.4 各部寸法のとおり方



$C_3$ ,  $C_4$  及び  $C_5$  : 表 I8.11 に掲げる値

表 I8.10 係数  $K_e$

| 推進方式 | 可変ピッチプロペラ又は<br>電気推進/油圧推進 | 固定ピッチ<br>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          |

$C_\mu$  : 次の算式による値。ただし、0.45 以上とすること。

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

$C_\psi$  : 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 I8.11 に掲げる値

表 I8.11  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$ ,  $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$  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 LA Super 及び LA 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、建造後経過年数が 20 年に達する年の 1 月 1 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。当該船舶がこの日までに前-1. の規定又は同等の規定に適合できない場合、当該船舶の主機出力が要件を満たす、最も高い耐氷船階級を当該船舶の耐氷船階級とすることができる。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 **1.2.1(23)** 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 **18.10** 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 ( $N$ )

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3(H_F + H_M)^2(B + 0.658H_F) + C_4LH_F^2 + C_5(LT/B^2)^3(B/4)$$

$L$  : 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。~~

なお、 $(LT/B^2)^3$  の値は、5 より小さい場合には 5、20 より大きい場合には 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 **18.12** 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 I8.12  $f_1, f_2, f_3, f_4, g_1, g_2, g_3, C_3, C_4, C_5$  の値

|         |                          |         |                           |         |                          |
|---------|--------------------------|---------|---------------------------|---------|--------------------------|
| $f_1$ : | 10.3 (N/m <sup>2</sup> ) | $g_1$ : | 1,530 (N)                 | $C_3$ : | 460 (N/m <sup>3</sup> )  |
| $f_2$ : | 45.8 (N/m)               | $g_2$ : | 170 (N/m)                 | $C_4$ : | 18.7 (N/m <sup>3</sup> ) |
| $f_3$ : | 2.94 (N/m)               | $g_3$ : | 400 (N/m <sup>1.5</sup> ) | $C_5$ : | 825 (N/m)                |
| $f_4$ : | 5.8 (N/m <sup>2</sup> )  |         |                           |         |                          |

-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-1.に規定する算式中のパラメータが表 I8.13 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、-1.及び-2.に規定する算式中の  $K_e$  又は  $R_{CH}$  を詳細計算又はモデル試験により得られた値とすることができる。ただし、次の(1)から(5)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るものでなければならない。

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

表 I8.13 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              |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|
| <del><math>\alpha</math> (deg)</del> | <del>15</del>   | <del>55</del>    |
| <del><math>\phi_1</math> (deg)</del> | <del>25</del>   | <del>90</del>    |
| <del><math>\phi_2</math> (deg)</del> | <del>10</del>   | <del>90</del>    |
| <del><math>L</math> (m)</del>        | <del>65.0</del> | <del>250.0</del> |
| <del><math>B</math> (m)</del>        | <del>11.0</del> | <del>40.0</del>  |
| <del><math>T</math> (m)</del>        | <del>4.0</del>  | <del>15.0</del>  |
| <del><math>L_{BOW}/L</math></del>    | <del>0.15</del> | <del>0.40</del>  |
| <del><math>L_{PAR}/L</math></del>    | <del>0.25</del> | <del>0.75</del>  |
| <del><math>D_P/T^{(*)}</math></del>  | <del>0.45</del> | <del>0.75</del>  |
| <del><math>A_{WJ}/(LB)</math></del>  | <del>0.09</del> | <del>0.27</del>  |

(備考)

(1)  $T$  は最大氷海喫水線における  $L_L$  の中央での喫水とする。

### 8.4.3 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 I8.143 に掲げる値未満としてはならない。

(-2.及び-3.は省略)

-4. 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を設けなければならない。
- (2) 操舵装置の構造部分(舵頭材、舵頭材と舵心材との接合部、ラダーホーン等)の寸法は、要求される径の舵頭材に生じるトルク降伏応力を生じさせるような荷重に耐えるよう決定しなければならない。
- (3) 舵には回転止め等の適当な装置を設けなければならない。

表 I8.143 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        |

8.5 を次のように改める。

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

### 8.5.1 一般

-1. 本 8.5 の規定は、耐氷船階級が IA Super, IA, IB 及び IC の耐氷船に適用する。

-2. 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

-3. 前-2.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、船首プロペラ及びブリッジ型（トラクタ型）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。可変又は固定ピッチである、ノズルを有する又は有さないプロペラ（旋回式の物を含む）に作用する荷重とする。ただし、当該荷重にあつては、回転した旋回式推進装置のプロペラに対し、半径方向に氷が衝突する際のプロペラと氷の相互作用による荷重は考慮しない。~~

(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つて、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。

-4. 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。また、示された最大荷重は、船舶の全航行期間において一度生じる最悪のシナリオに基づいたものとしなければならない。

(2) 8.5.2 及び 8.5.3 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、プロペラの最も高い位置がバラスト状態において水面から少なくとも  $h_0$  の深さに達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. 推進装置（固定式及び旋回式）本体の局所強度は、推進装置本体が極限の負荷に対して設計されている場合には、局所的な氷圧に十分耐えうるものとする。

### 8.5.2 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)は省略)

- (2) ノズルを有するプロペラにあつては次式による値

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

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

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

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

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 18.5 参照)

$H_{\text{ice}}$  : 氷の厚さ (m) で、表 18.154 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をしているときの回転数に 0.85 を乗じた値とする。

表 18.154 氷厚  $H_{\text{ice}}$

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

(-2.は省略)

### (8.5.3 及び 8.5.4 は省略)

### 8.5.5 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 ( $F_{\text{ice}}$  が  $(F_{\text{ice}})_{\text{max}}$  を超える確率の頻度分布) として図 18.6 に示す Weibull 分布により評価しなければならない。

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

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)

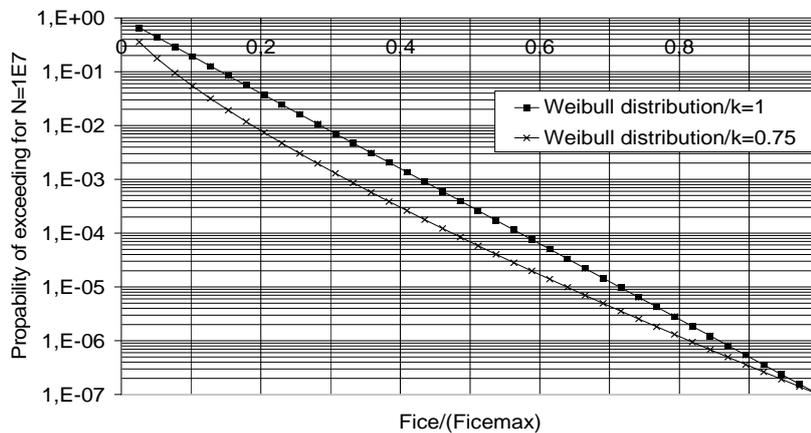
$k$  : Weibull 分布の形状母数で、次による。

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 18.6 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。

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

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 18.165 による。

$n_n$  : 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)

$k_1$  : プロペラの配置に関する係数で、表 18.176 による。

~~$k_2$  : プロペラの型式に関する係数で、表 18.18 による。~~

~~$k_3$  : プロペラの取付け方式に関する係数で、表 18.19 による。~~

$k_{42}$  : 没水係数で、次の算式による。

$$0.8 - f \quad : f < 0$$

$$k_{42} = 0.8 - 0.4f \quad : 0 \leq f \leq 1$$

$$0.6 - 0.2f \quad : 1 < f \leq 2.5$$

$$0.1 \quad : f > 2.5$$

ここで、

$$f = \frac{h_{\theta a} - H_{ice}}{D/2} - 1$$

$k_3$ : プロペラの取付け方式に関する係数で、次による。

固定式の場合  $k_3=1$

旋回式の場合  $k_3=1.2$

$h_{\theta a}$ : 最小氷海喫水線からプロペラ中心線までの高さ (m)

$H_{ice}$ ,  $D$ : 8.5.2 による。

表 18.165 耐氷船階級に対する荷重の基準数  $N_{class}$

| Class                  | IA Super       | IA             | IB               | IC               |
|------------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| 衝撃荷重の総数 / ( $n_n/60$ ) | $9 \cdot 10^6$ | $6 \cdot 10^6$ | $3.4 \cdot 10^6$ | $2.1 \cdot 10^6$ |

表 18.176 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<br>(前進) | ウィングプロペラ<br>(前進) | プリング型 (トラクター型) のプロペラ (センター及びウィング)、<br>船首プロペラ又は後進 |
|-------|------------------|------------------|--|
| $k_1$ | 1                | 1.35             | 3  |

表 18.18 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 18.19 プロペラの取付け方式に関する係数  $k_2$

| 係数    | 固定式 | 旋回式 |
|-------|-----|-----|
| $k_2$ | 1   | 1.2 |

- (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つては、変動荷重の繰り返し数は、前(1)の荷重繰り返し数( $N_{ice}$ )に羽根の枚数( $Z$ )を乗じたものとしなければならない。

## 8.5.6 (省略)

## 8.5.7 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

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

- (2) 船尾方向軸スラスト

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

ここで、

$T_b$  及び  $T_f$ : 8.5.6 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 18.2017 の値を用いて差し支えない。

表 18.2017  $T$  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)

### 8.5.8 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、船舶の全航行期間における最大のトルクは、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

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

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

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

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

- (2) ノズルを有するプロペラにあつては次式による値

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

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

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

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

ここで、

$H_{\text{ice}}$ ,  $D$  及び  $d$  : 8.5.2 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連続最大出力時のプロペラ回転数 (rpm)

ただし、当該回転数が不明である場合は表 18.2118 に掲げる値を用いなければならない。

表 18.2118 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)

表 18.18 にあつては、 $n_n$  は開水域を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) とする。

### 8.5.9 推進軸系の設計トルク

#### ②1. 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ボラードプル状態における最大運転回転数の上下20%以内及び運転回転数の範囲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。

可撓継手を使用しない、直結した2ストロークディーゼル機関にあつては

$$Q_{peak} = Q_{emax} + Q_{vib} + Q_{max} \frac{I_e}{I_t} \quad (kNm)$$

その他の機関にあつては

$$Q_{\#peak} = Q_{emax} + Q_{max} \frac{I_e}{I_t} \quad (kNm)$$

$Q_{peak}$  : 最大の応答トルク (kNm)

$Q_{emax}$  : 最大主機トルク (kNm)

$Q_{emax}$  が不明な場合は、表 18.23.19 の値を用いてよい。

$Q_{vib}$  : 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

$I_e$  : 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 18.23.19 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)

~~$Q_n$  : 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ボラードプル状態における最大運転回転数の上下20%以内又は運転回転数の範囲にに含まれる場合にあつては、部品の設計トルク ( $Q_{\#peak}$ ) 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。以下に動的解析の手法を示す。

(a) 推定される、連続して砕氷している間の起振に対する時間領域での計算 (8.5.9-2.)

(b) 翼通過周波数での正弦波起振に対する周波数領域での計算 (8.5.9-3.)

#### ②2. 時間領域での計算

時間領域での計算は、共振振動の応答が得られるよう、連続最大出力時、ボラードプル状態における連続最大出力時、及び共振が生じる翼通過周波数となる回転速度について計算しなければならない。以下に示す、プロペラが氷塊を砕氷している場合における負荷については、推進軸系の強度評価のために使用すること (推進装置の失速の解析のためには使用できない)。

- (1) 弾性継手を有しないディーゼル機関にあつては、時間領域での計算を行う場合、氷が機関の起振に対し最も不利な位相角となるような状態で計算すること。

- (2) 機関の点火パルス（当該パルスとして標準的な、定常状態の高調波を使用して差し支えない）も考慮して計算すること。
- (3) 翼通過周波数での共振が、連続最大出力時の速度の直上の速度で生じる場合、連続最大出力時の速度の 105%の回転速度まで計算に含める事。
- (4) 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、時間領域での計算にあっては次によらなければならない。

(4a) 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。起振周波数は、連続した氷との相互作用時におけるプロペラ回転数に従うこと。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 18.7 参照)~~

(a)  $0^\circ \leq \varphi - 360x \leq \alpha_i$  の場合

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

(b)  $\alpha_i \leq \varphi - 360x \leq 360^\circ$  の場合

$$Q(\varphi) = 0$$

ここで、

$\varphi$  : 最初に衝撃が生じてからの回転角度

$x$  : 最初に衝撃が生じてからの総回転数（整数）

$C_q$  : 表 18.2220 に掲げる値

$Q_{max}$  : 8.5.8 で算出されるプロペラアイストルク (kNm) 。当該トルクは、全速度範囲において、変動しない値とみなして差し支えない。特定の軸の速度に対して考慮が行われる場合、関連する  $Q_{max}$  は 8.5.8, 8.5.9 の関連する速度を用いて計算することで差し支えない。

$\alpha_i$  : 回転角度で表したプロペラ羽根と氷の作用時間で表 18.2220 に掲げる値 (°) (図 18.7 参照)

図 18.7 羽根と氷塊 1 個の衝撃によるアイストルクと回転角度との関係

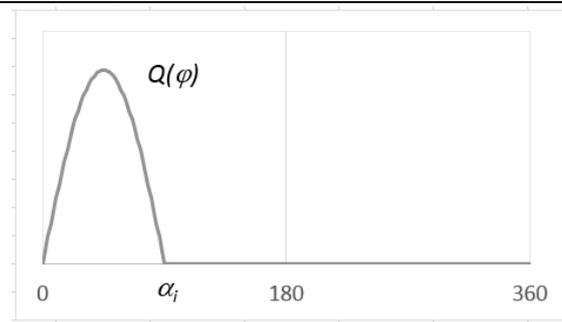


表 I8.220 係数  $C_q$  及び  $a_i$

| 起振トルクのケース | プロペラと氷の相互作用の概要                    | $C_q$ | $a_i$ (deg) |     |     |     |
|-----------|-----------------------------------|-------|-------------|-----|-----|-----|
|           |                                   |       | Z=3         | Z=4 | Z=5 | Z=6 |
| ケース 1     | 氷塊 1 個                            | 0.75  | 90          | 90  | 72  | 60  |
| ケース 2     | 氷塊 1 個                            | 1.0   | 135         | 135 | 135 | 135 |
| ケース 3     | 氷塊 2 個 (位相のずれ $360 / (2 * Z)$ ° ) | 0.5   | 45          | 45  | 36  | 30  |
| ケース 4     | 氷塊 1 個                            | 0.5   | 45          | 45  | 36  | 30  |

(備考)

起振トルクの合計値は、位相のずれ  $360 / Z$  度を考慮した 1 枚の羽根のトルクの合計とする (図 I8.8 及び I8.9 参照)。また、計算する範囲の内、連続して砕氷している間の始めと終わりの回転角  $270$  度においては、 $C_q$  をプロペラの回転における最大値にまで上昇させるため、また、逆に  $C_q$  をゼロに近づけるために直線的な傾斜を用いること (図 I8.8 及び I8.9 参照)。

(b) 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 I8.154 に掲げる値

Z : プロペラ羽根の数

また、図 I8.8 及び I8.9 に、プロペラ翼の枚数ごとの、すべての起振トルクのケースについて示す。

(c) 運転回転数の範囲における、すべての起振トルクのケースに対して動的解析を実施しなければならない。固定ピッチプロペラの推進装置にあっては、動的解析は、機関の最大出力を推定し、対応する回転数でのボラードプル状態を含むものとする。

(d) 負荷の考慮にあっては、速度低下のプロセス中に生じる最大トルクを用いること。

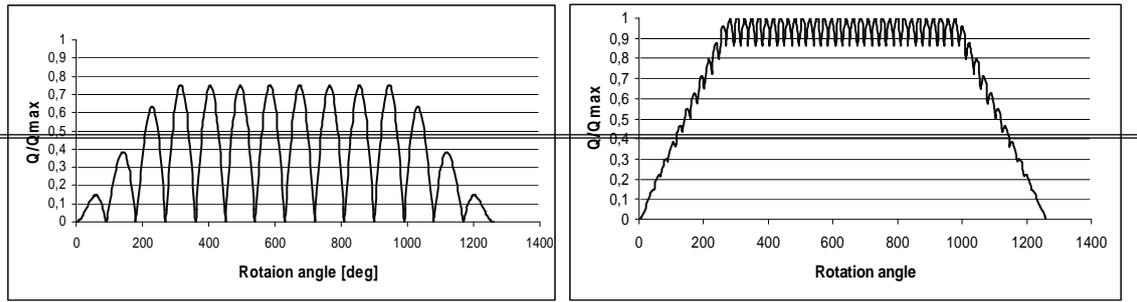
(e) 時間領域での計算にあっては、模擬された応答トルクは、機関の平均トルク及びプロペラの平均トルクを含むこと。そうでない場合は、以下の算式を用いて応答トルクを算出すること。

$$Q_{peak} = Q_{emax} + Q_{rtd}$$

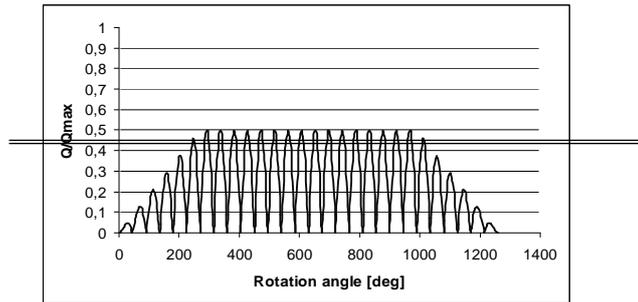
ここで、

$Q_{rtd}$  : 時間領域での解析から得られた、最大模擬トルク

図 18.87 プロペラに作用する起振トルクの例 (3 翼及び 4 翼の場合)



(a) ケース 1 氷塊 1 個 ( $\alpha_1 = 90^\circ$ ) (b) ケース 2 氷塊 1 個 ( $\alpha_1 = 135^\circ$ )



(c) ケース 3 氷塊 2 個 ( $\alpha_1 = 45^\circ$ )

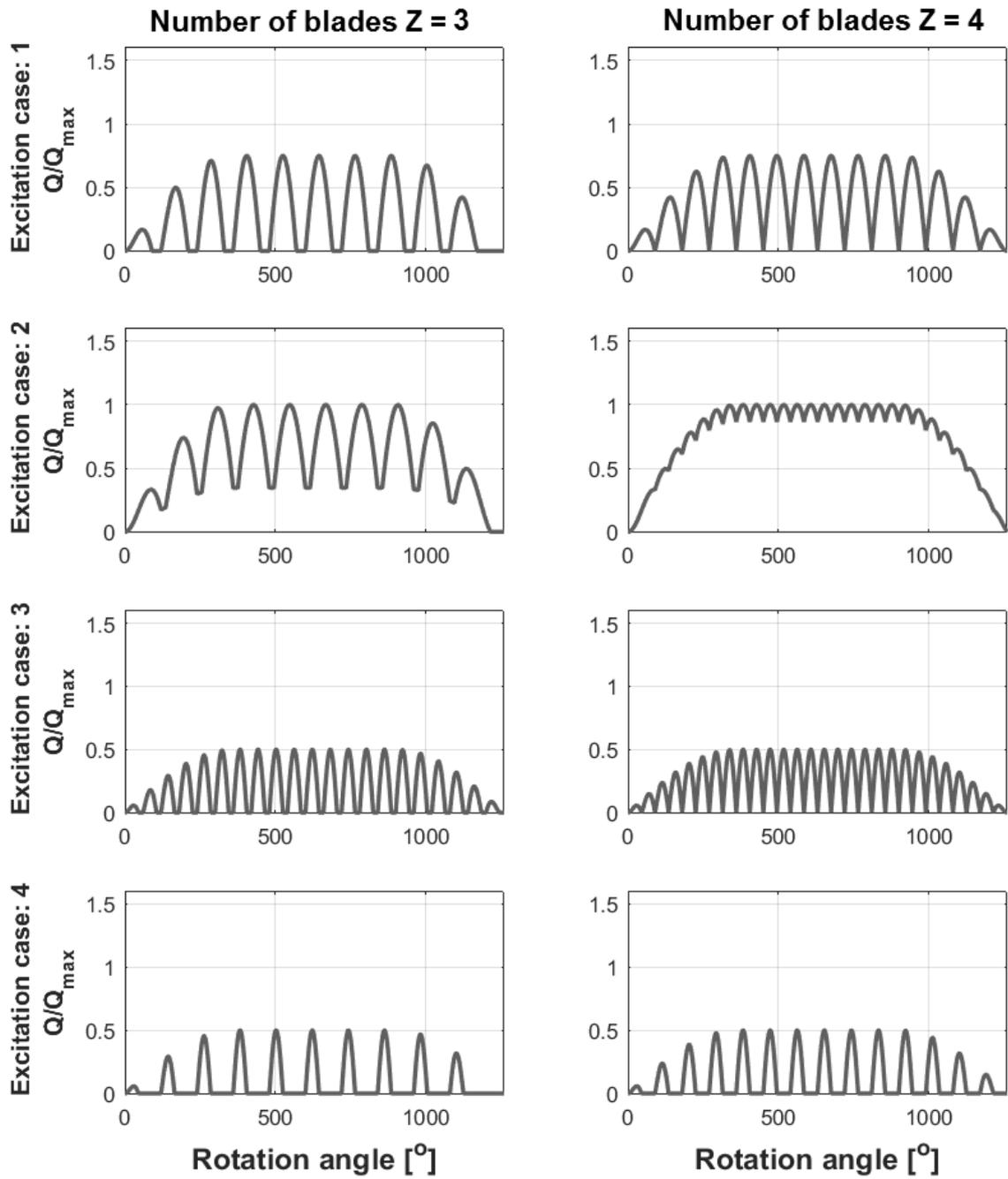
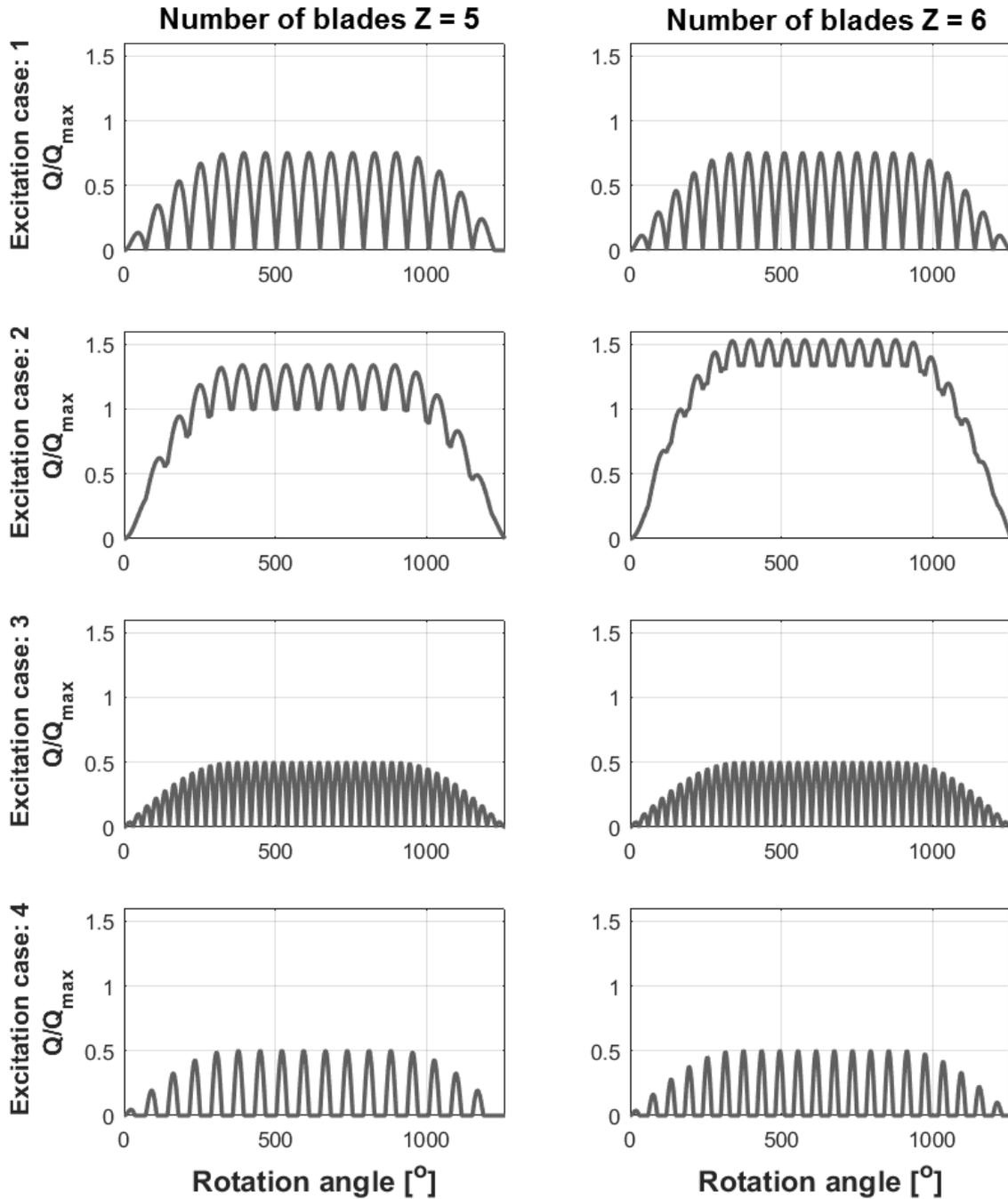


図 I8.9 プロペラに作用する起振トルクの例 (5 翼及び 6 翼の場合)



### -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 18.21 による

$C_{q1}$ ：翼通過周波数での起振のパラメータで、表 18.21 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 18.21 による

$\alpha_1, \alpha_2$ ：起振成分の位相角で、表 18.21 による

$\varphi$ ：回転角度

$E_0$ ：接触する氷塊の個数で、表 18.21 による

$Z$ ：プロペラ羽根の数

表 18.21  $C_{q0}, C_{q1}, \alpha_1, C_{q2}, \alpha_2, E_0$  の値

| プロペラ羽根の数 $Z$ | 起振トルクのケース | $C_{q0}$ | $C_{q1}$ | $\alpha_1$ | $C_{q2}$ | $\alpha_2$ | $E_0$ |
|--------------|-----------|----------|----------|------------|----------|------------|-------|
| 3            | ケース 1     | 0.375    | 0.36     | -90        | 0        | 0          | 1     |
|              | ケース 2     | 0.7      | 0.33     | -90        | 0.05     | -45        | 1     |
|              | ケース 3     | 0.25     | 0.25     | -90        | 0        |            | 2     |
|              | ケース 4     | 0.2      | 0.25     | 0          | 0.05     | -90        | 1     |
| 4            | ケース 1     | 0.45     | 0.36     | -90        | 0.06     | -90        | 1     |
|              | ケース 2     | 0.9375   | 0        | -90        | 0.0625   | -90        | 1     |
|              | ケース 3     | 0.25     | 0.25     | -90        | 0        | 0          | 2     |
|              | ケース 4     | 0.2      | 0.25     | 0          | 0.05     | -90        | 1     |
| 5            | ケース 1     | 0.45     | 0.36     | -90        | 0.06     | -90        | 1     |
|              | ケース 2     | 1.19     | 0.17     | -90        | 0.02     | -90        | 1     |
|              | ケース 3     | 0.3      | 0.25     | -90        | 0.048    | -90        | 2     |
|              | ケース 4     | 0.2      | 0.25     | 0          | 0.05     | -90        | 1     |
| 6            | ケース 1     | 0.45     | 0.36     | -90        | 0.05     | -90        | 1     |
|              | ケース 2     | 1.435    | 0.1      | -90        | 0        | 0          | 1     |
|              | ケース 3     | 0.3      | 0.25     | -90        | 0.048    | -90        | 2     |
|              | ケース 4     | 0.2      | 0.25     | 0          | 0.05     | -90        | 1     |

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。

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

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 18.21 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 18.19 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。

-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っては、次にもよること。

(1) 時間領域でのねじり振動の解析の目的は、船舶の全航行における、極限のねじり荷

重を推定する事であり、解析モデルは、減衰を含む、通常の設定質量の弾性ねじり振動モデルから得ることとして差し支えない。時間領域での解析にあつては、モデルは、プロペラにおける氷による起振及びその他の関連する起振、主機からの平均トルク、プロペラにおける平均流体力学的トルクを含むこと。内燃機関から直接駆動される推進軸系における重要な要素であることから、計算には、氷による起振及び主機による起振間の位相の変化を含めること。時間領域での計算にあつては、共振振動の応答を得るため、連続最大出力の状態及びボラードプル状態における連続最大出力の状態並びに共振速度について計算すること。

- (2) 周波数領域での計算にあつては、荷重は、継続的な半正弦波である荷重を表すフーリエ級数の成分の解析として推定されること。また、1次及び2次のプロペラ羽根成分を、起振に対して用いること。
- (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。

### 8.5.10 プロペラ羽根損傷荷重

-1. プロペラ羽根の損傷荷重は、次の算式又は、実際のプロペラ羽根の非線形な材料の塑性挙動を反映した応力解析による。当該解析を行う場合、羽根損傷の領域は根元部の外側となる場合がある。プロペラ羽根が曲がり、先端の変位がプロペラ直径  $D$  の 10% を超えた場合、プロペラ羽根は損傷したものとみなす。

$$F_{ex} = \frac{300ct^2\sigma_{ref1}}{0.8D - 2r} \quad (kN)$$

ここで、

$\sigma_{ref1}$  : 基準応力強さ (MPa) で、次式による。

$$\sigma_{ref1} = 0.6\sigma_{0.2} + 0.4\sigma_u$$

ここで、

$\sigma_u$  : 羽根材料の最小引張強さ (MPa)

$\sigma_{0.2}$  : 羽根材料の最小降伏応力又は 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する。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。

#### -3. スピンドルトルク

半径位置  $0.8R$  で作用するプロペラ羽根損傷荷重による、最大スピンドルトルクを決定しなければならない。プロペラ羽根の損傷を引き起こす力は、プロペラの中心から前縁及び後縁に向かって移動するにつれ、一般的に減少する。プロペラ羽根の回転の中心から一定の距離において、最大スピンドルトルクは発生する。最大スピンドルトルクは、適当な応力解析又は以下の算式にて定められる。

$$Q_{sex} = \max(C_{LE0.8}, 0.8C_{TE0.8}) C_{spex} F_{ex} \quad (kNm)$$

ここで、

$$C_{spex} = C_{sp} C_{fex} = 0.7 \left( 1 - \left( \frac{4EAR}{z} \right)^3 \right)$$

$C_{sp}$  : スピンドルアームを考慮した無次元パラメータ

$C_{fex}$  : 最大スピンドルトルクの位置における、プロペラ羽根を損傷させる力を考慮した無次元パラメータ

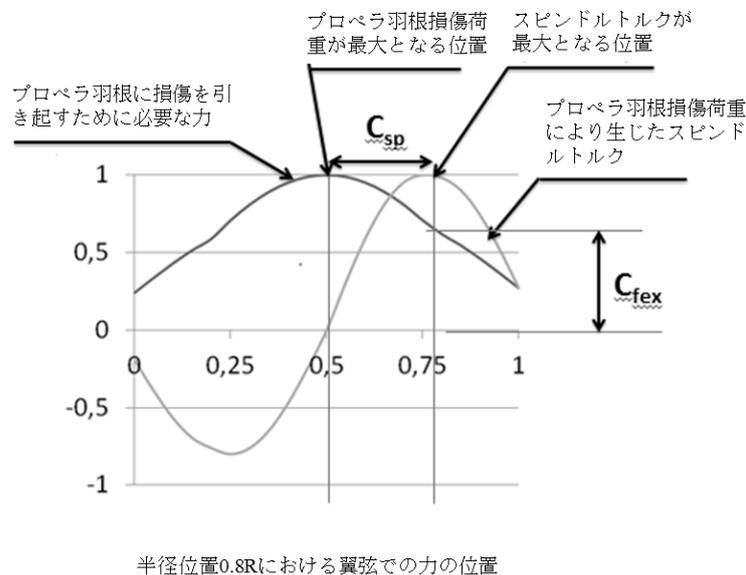
$C_{LE0.8}$  : 半径位置  $0.8R$  の、翼弦長さにおける前縁部分

$C_{TE0.8}$  : 半径位置  $0.8R$  の、翼弦長さにおける後縁部分

なお、 $C_{spex}$  が  $0.3$  未満の場合は、 $C_{spex}$  の値として  $0.3$  を用いること。

図 18.10 に、翼弦長さ全体にわたるプロペラ羽根損傷荷重により生じたスピンドルトルクを図示する。

図 18.10 半径位置  $0.8R$  の翼弦の異なる位置で力が作用するときのプロペラ羽根損傷荷重及び関連するスピンドルトルク



8.6 を次のように改める。

## 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)

### 8.6.1 (省略)

### 8.6.2 プロペラ羽根の強度

-1. 8.5.2 及び 8.5.3 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ことができる。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。

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

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 最大値絶対値 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  $\sigma_{st}$  は次を満足しなければならない。

$$\frac{\sigma_{ref2}}{\sigma_{st}} \geq 1.53$$

ここで、

$\sigma_{st}$  :  $F_b$  又は  $F_f$  によって生じる最大応力 (MPa)

$\sigma_u$  : 羽根材料の引張強さ (MPa)

$\sigma_{ref2}$  : 基準応力強さ (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-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 18.11 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。

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

ここで、

$B_1$ ,  $B_2$  及び  $B_3$  は係数で 表 18.242 による。

表 18.242 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 |
|-------|--------------|-------------|
| $B_1$ | 0.0027046    | 0.0018467   |
| $B_2$ | 1.0070.947   | 1.0070.956  |
| $B_3$ | 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 18.911 参照)
- (b) 一定勾配の SN 線図 (図 18.912 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 I8.911 2つの勾配で表される SN 線図

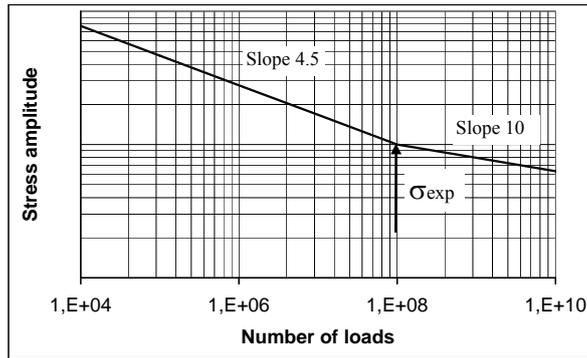
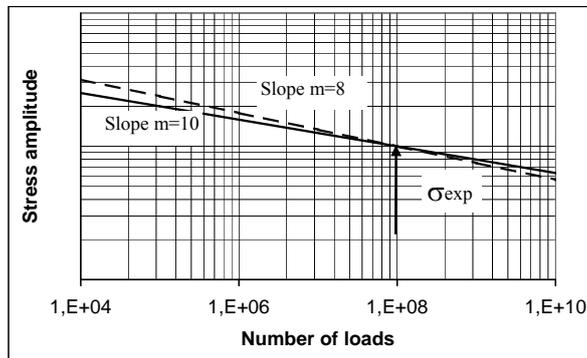


図 I8.912 一定勾配の SN 線図



- (4) 等価応力は、船舶の全航行期間における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、

$\rho$  : 適用する SN 線図に応じ、(5)又は(6)による。

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

$(\sigma_{ice})_{max}$  : 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  $\rho$  の計算は次による。

変数  $\rho$  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。

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

ここで、

$$\sigma_{fl} = \gamma_{\varepsilon 1} \gamma_{\varepsilon 2} \gamma_v \gamma_m \sigma_{exp}$$

$\sigma_{fl}$  : 羽根材料の固有疲労強度 (MPa)

$\gamma_{\varepsilon 1}$  : ばらつき及び供試体の寸法効果に関する減少率 (1 標準偏差に等しい)

$\gamma_{\varepsilon 2}$  : 供試体の寸法効果に関する減少率

$\gamma_v$  : 変動振幅荷重に関する減少率

$\gamma_m$  : 平均応力に関する減少率

$\sigma_{exp}$  : 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。

$$\gamma_e = \gamma_{e1} \gamma_{e2} = 0.67$$

$$\gamma_v = 0.75$$

$$\gamma_m = 0.75$$

$C_1, C_2, C_3$  及び  $C_4$  は、係数で、表 18.253 による。

$\rho$  の計算にあつては、 $N_{ice}$  の範囲は次によること。

$$5 \times 10^6 \leq N_{ice} \leq 10^8$$

表 18.253 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 |
|-------|--------------|-------------|
| $C_1$ | 0.000747     | 0.0005934   |
| $C_2$ | 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  $\rho$  の計算

一定勾配の SN カーブ (図 18.912 参照) を有する材料については、 $\rho$  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 ( $=10^8$ )

$\rho$  の計算にあつては、 $N_{ice}$  の範囲は次によること。

$$5 \times 10^6 \leq N_{ice} \leq 10^8$$

$m$  : 対数で表示された SN 線図の勾配

$G$  :  $m/k$  の値に対する表 18.264 による。 $m/k$  の値が表 18.264 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 18.264  $m/k$  に対する係数  $G$  の値

| $m/k$ | $G$  |
|-------|------|
| 3     | 6    |
| 3.5   | 11.6 |
| 4     | 24   |
| 4.5   | 52.3 |
| 5     | 120  |

| $m/k$ | $G$   |
|-------|-------|
| 5.5   | 287.9 |
| 6     | 720   |
| 6.5   | 1871  |
| 7     | 5040  |
| 7.5   | 14034 |

| $m/k$ | $G$      |
|-------|----------|
| 8     | 40320    |
| 8.5   | 119292   |
| 9     | 362880   |
| 9.5   | 1.133E6  |
| 10    | 3.6239E6 |

| $m/k$ | $G$       |
|-------|-----------|
| 10.5  | 11.899E6  |
| 11    | 39.917E6  |
| 11.5  | 136.843E6 |
| 12    | 479.002E6 |

#### -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。

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

### 8.6.3 (省略)

#### 8.6.4 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、極限の作動荷重による降伏に対して 1.3 以上、疲労に対して 1.5 以上、プロペラ羽根損傷荷重による降伏に対して 1.0 以上としなければならない。

-2. 8.5.10 に定める羽根の全損傷による極限荷重プロペラ羽根損傷荷重により、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。

#### 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つては **8.6.1** 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もよること。

##### (1) 設計の原則

(a) 旋回式推進装置は、推進装置本体と氷の相互作用による荷重に耐えるように設計されなければならない。本 8.6.5 に規定する荷重の算式は、想定される海水環境及び船舶の航行状態に基づき、推進装置の一生において、当該装置の本体に一度生じる極限の荷重を推定するためのものとする。なお、本 8.6.5 においては、次の i) から iii) の荷重シナリオを考慮している。

i) 推進装置又はプロペラボスへの氷塊の衝突 (図 I8.13 参照)

ii) 凍結密氷域を持つ氷丘脈への推進装置の進入 (図 I8.13 参照)

iii) 翼通過周波数における推進装置の振動応答

~~(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。~~

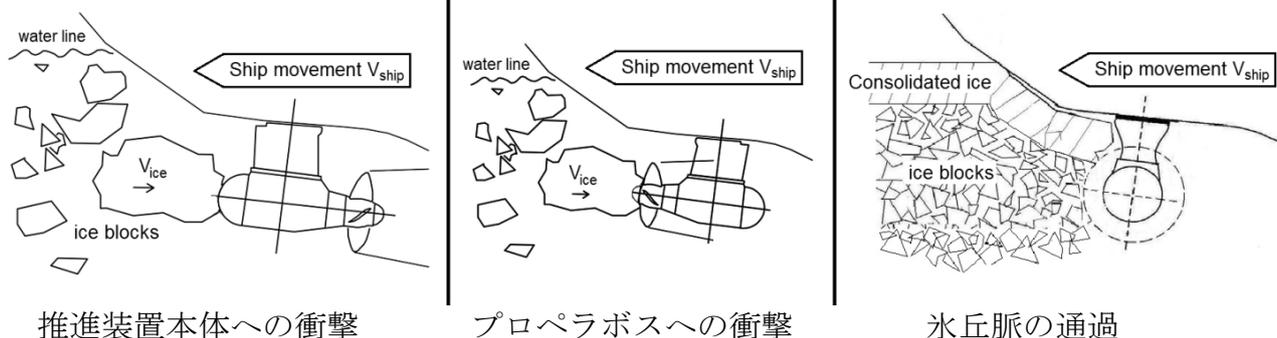
~~(2b) プロペラ羽根に損傷塑性変形が発生した場合であっても推進装置が損傷しないように設計しなければならない。~~

~~(3c) プロペラ羽根の塑性変形損傷は、考慮する部品に対してにおいて最大荷重を発生させが生じるような羽根の位置に生じ発生するものとして考えなければならない。~~

~~(4) 附属書 1 「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」 4 章 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 I8.15 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。~~

図 I8.13 荷重シナリオの例



(2) 氷の衝突による極限の荷重

(a) 推進装置は、船舶が標準的な氷海運航速度で航行中に、表 I8.14 で定める厚さの氷塊が当該装置の本体に衝突した際に発生する荷重に耐えられるものとしなければならない。衝突荷重が生じる荷重ケースを表 I8.25 に示す。衝撃荷重において、接触面の形状は半球とみなして差し支えない。ただし、実際の接触面の形状が半球ではない場合には、氷の侵入による関数としての接触領域の増加を、可能な限り実際の幾何形状における侵入に近づけるよう、球の半径を推定しなければならない。

(b) 氷衝撃荷重  $F_{ii}$  は次の算式により計算すること。当該計算にあつては、表 I8.26 に示す値を用いること。また、氷の中での設計運航速度は、表 I8.27 及び I8.28 又は対象とする船舶の氷の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つては、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 I8.25 参照) に対して用いる。プッシャー型のプロペラにあつては、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ケース T1 (表 I8.25 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。

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

ここで

$R_c$  : 衝突部の球半径 (m) (図 I8.14 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 I8.26 による。

非半球領域への衝突 (例えば、ノズルへの衝突) の場合、同等な衝突球半径  $R_{ceq}$  は次の算式による。

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

$2R_{ceq}$  が氷厚よりも厚い場合には、当該半径は氷厚の半分とすること。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。

表 18.25 旋回式推進装置に作用させる氷衝撃荷重

|  | 荷重             | 荷重領域   |  |
|--|----------------|--|--|
| <p>ケース T1a<br/>推進装置への<br/>対称縦方向氷衝突</p>       | $E_{ii}$       | 衝突領域に対して対称に作用する一様分布荷重又は一様圧力  |  |
| <p>ケース T1b<br/>推進装置への<br/>非対称縦方向氷衝突</p>      | $E_{ii}$ の 50% | 衝突領域の半分に対して作用する一様分布荷重又は一様圧力  |  |
| <p>ケース T1c<br/>ノズルへの<br/>非対称縦方向氷衝突</p>       | $E_{ii}$       | 衝突領域に対して作用する一様分布荷重又は一様圧力<br>接触領域はノズル厚さ( $H_{nz}$ )×接触高さ( $H_{ice}$ )に等しい |  |
| <p>ケース T2a<br/>プロペラボスへの<br/>対称縦方向氷衝突</p>     | $E_{ii}$       | 衝突領域に対して対称に作用する一様分布荷重又は一様圧力  |  |
| <p>ケース T2b<br/>プロペラボスへの<br/>非対称縦方向氷衝突</p>    | $E_{ii}$ の 50% | 衝突領域の半分に対して作用する一様分布荷重又は一様圧力  |  |
| <p>ケース T3a<br/>推進装置への<br/>対称横方向氷衝突</p>       | $E_{ii}$       | 衝突領域に対して対称に作用する一様分布荷重又は一様圧力  |  |
| <p>ケース T3b<br/>推進装置又はノズルへの<br/>非対称横方向氷衝突</p> | $E_{ii}$       | 衝突領域に対して作用する一様分布荷重又は一様圧力<br>ノズル接触半径 $R$ はノズル長 ( $L_{nz}$ ) より求める         |  |

図 I8.14 衝突部の球半径  $R_c$

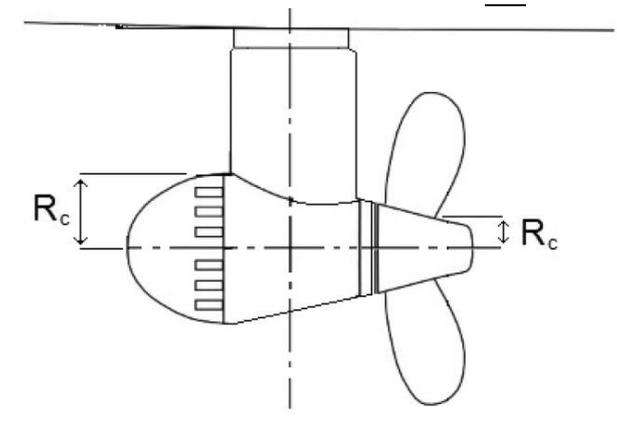


表 I8.26  $H_{ice}$ ,  $m_{ice}$ ,  $C_{DMI}$  の値

|                                  | <u>IA Super</u> | <u>IA</u>   | <u>IB</u>   | <u>IC</u>   |
|----------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| プロペラに侵入する設計最大氷厚 $2/3H_{ice}$ (m) | <u>1.17</u>     | <u>1.0</u>  | <u>0.8</u>  | <u>0.67</u> |
| 最大氷塊質量 $m_{ice}$ (kg)            | <u>8670</u>     | <u>5460</u> | <u>2800</u> | <u>1600</u> |
| $C_{DMI}$ (不明な場合)                | <u>1.3</u>      | <u>1.2</u>  | <u>1.1</u>  | <u>1</u>    |

表 I8.27 船尾中心線上の推進装置に対する衝突速度

|   |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
| 通常の航行方向での船長方向衝突 (m/s)   | <u>6</u> | <u>5</u> | <u>5</u> | <u>5</u> |
| 後進状態での船長方向衝突 (m/s) ;<br>プッシャー型のプロペラ:プロペラボスへの衝突<br>プリング型のプロペラ:推進装置の先端キヤップへの衝突) | <u>4</u> | <u>3</u> | <u>3</u> | <u>3</u> |
| 船首方向へ航行中の横方向衝突 (m/s)  | <u>3</u> | <u>2</u> | <u>2</u> | <u>2</u> |
| 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)  | <u>4</u> | <u>3</u> | <u>3</u> | <u>3</u> |

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

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

(3) 氷丘脈を通過する場合の推進装置への極限の荷重

以下の算式により, 表 I8.29 に示す氷丘脈に対する荷重ケースにおいて, 氷丘脈通過時に推進装置に加わる最大荷重  $F_v$  を計算すること。当該計算にあつては, 表 I8.30 及び I8.31 に示す値を用いること。荷重は, 推進装置全面に対して一様分布荷重又は一様圧力としなければならない。氷の中での設計運航速度については, 表 I8.30 及び I8.31 によること。なお, 船舶の実際の氷の中での設計運航速度を計算に用いてもよい。

$$F_{tr} = 32v_s^{0.66} H_r^{0.9} A_t^{0.74} \text{ (kN)}$$

ここで

$v_s$  : 船速 (m/s)

$H_r$  : 氷丘脈の設計厚さ (m)。ただし、全体の厚さのうち 18%を凍結密氷域としなければならない。

$A_t$  : 推進装置の投影面積 (m<sup>2</sup>)

推進装置と氷丘脈が相互作用する、接触領域の計算にあつては、荷重を受ける領域の鉛直方向の長さは、氷丘脈の厚さに制限される (図 I8.15 参照)。

表 I8.29 旋回式推進装置に作用させる氷脈氷荷重

|  | 荷重             | 荷重領域                        |  |
|--|----------------|-----------------------------|--|
| <p>ケース T4a<br/>対称縦方向<br/>氷丘脈通過荷重</p>                                 | $E_{ir}$       | 衝突領域に対して対称に作用する一様分布荷重又は一様圧力 |  |
| <p>ケース T4b<br/>非対称縦方向<br/>氷丘脈通過荷重</p>                                | $E_{ir}$ の 50% | 衝突領域の半分に対して作用する一様分布荷重又は一様圧力 |  |
| <p>ケース T5a<br/>ノズルを有する旋回式推進装置及びプッシャー型のノズルを有さない推進装置への対称横方向氷丘脈通過荷重</p> | $E_{ir}$       | 衝突領域に対して対称に作用する一様分布荷重又は一様圧力 |  |
| <p>ケース T5b<br/>全ての旋回式推進装置への非対称横方向氷丘脈通過荷重</p>                         | $E_{ir}$ の 50% | 衝突領域の半分に対して作用する一様分布荷重又は一様圧力 |  |

図 18.15 最大氷丘脈厚さと接触面積の関係

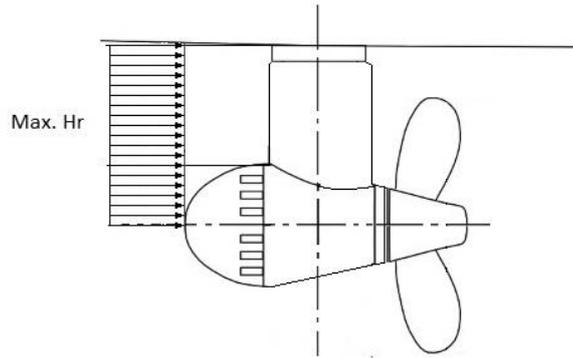


表 18.30 推進装置が氷丘脈を通過する際に受ける最大荷重の計算のためのパラメータ  
(推進装置が船尾にあり、船首方向へ航行する場合)

|                          | <u>I4 Super</u> | <u>I4</u> | <u>I8</u> | <u>I10</u> |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----------|------------|
| 凍結密氷域の設計厚さ (m)           | 1.5             | 1.5       | 1.2       | 1.0        |
| 氷丘脈全体の厚さ $H_r$ (m)       | 8               | 8         | 6.5       | 5          |
| 初期氷丘脈進入速度 (船長方向荷重) (m/s) | 4               | 2         | 2         | 2          |
| 初期氷丘脈進入速度 (横方向荷重) (m/s)  | 2               | 1         | 1         | 1          |

表 18.31 推進装置が氷丘脈を通過する際に受ける最大荷重の計算のためのパラメータ  
(ダブルアクティング方式の船舶等、推進装置を前方にして航行する場合)

|                          | <u>I4 Super</u> | <u>I4</u> | <u>I8</u> | <u>I10</u> |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----------|------------|
| 凍結密氷域の設計厚さ (m)           | 1.5             | 1.5       | 1.2       | 1.0        |
| 氷丘脈全体の厚さ $H_r$ (m)       | 8               | 8         | 6.5       | 5          |
| 初期氷丘脈進入速度 (船長方向荷重) (m/s) | 6               | 4         | 4         | 4          |
| 初期氷丘脈進入速度 (横方向荷重) (m/s)  | 3               | 2         | 2         | 2          |

- (4) 本 8.6.5 にいう推進装置の一生において一度生じる極限の荷重に対する、推進装置の応力を計算しなければならない。推進装置本体における公称ミーゼス応力は、材料の降伏強度に対し 1.3 以上の安全率を有するようしなければならない。局所的な応力集中が生じる箇所にあつては、応力は降伏に対し 1.0 以上の安全率を有するようしなければならない。旋回軸受、ボルト接続部及びその他の部品にあつては、(2)及び(3)にて与えられる荷重に安全率 1.3 を乗じた荷重を付与した場合であっても、修復が必要な損傷を負わないものとしなければならない。
- (5) 翼通過周波数による 1 次の起振が、推進軸系が高出力の領域である際のプロペラの回転速度にて生じる、推進装置の全体的な振動モードと同じ周波数の範囲である場合を考慮して、推進装置本体の全体的な振動特性の評価を行わなければならない。当該評価にあつては、以下の(a)又は(b)を示さなければならない。また、船長方向及び横方向における、推進装置の全体的な固有振動数を評価する際には、水による減衰及び質量の追加を考慮しなければならない。これに加え、船舶の取付物による影響もモデル化しなければならない。
- (a) 高出力での運転時でのプロペラ速度 (最大出力の 50%を超える場合) にて、全体的な振動モード及び翼通過周波数による 1 次の共振が生じないこと
- (b) 最大出力の 50%を超える場合での共振における振動による負荷に耐えられる

よう、構造が設計されていること

#### ~~8.6.6 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っては、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。~~

### 8.9 機関に関するその他の要件

8.9.2 を次のように改める。

#### 8.9.2 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な供給を確保できるものでなければならない。

(-2.から-4.は省略)

-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としては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 (改正その3)

1. この規則は、2019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、この規則による規定にかかわらず、なお従前の例による。
3. 前 2.にかかわらず、船舶の所有者から申込みがあれば、この規則による規定を2017年12月1日以降に建造契約が行われた船舶に適用することができる。

## 1章 通則

### 1.1 一般

#### 1.1.2 提出図面への記載事項\*

-3.を次のように改める。

-3. 耐氷船にあつては、**1.2.1(23)**に定義する最大氷海喫水線及び、**1.2.1(24)**に定義する最小氷海喫水線並びに、**1.2.2(2)**に定義する船体区域が、~~B編 2.1.2~~に規定される外板展開図に記載しなければならない。また、~~8.4.2~~で定義されるに定義する主機出力、最大氷海喫水線における型排水量及び主機出力を算定するために必要な寸法は、**B編 2.1.2**に規定される~~一般配置図~~外板展開図に記載しなければならない。

### 1.2 定義

#### 1.2.1 用語の定義\*

(2)を次のように改める。

本編における用語の定義は、他の編において特に定める場合を除き、次の**(1)**から**(27)**による。

- (1) 「A類の船舶」とは、古い氷が一部混在する、少なくとも中程度の厚さの一年氷の中を航行する船舶をいう。
- (2) 「B類の船舶」とは、古い氷が一部混在する、少なくとも薄い一年氷の中を航行する船舶であつて、A類の船舶以外のものをいう。
- (3) 「C類の船舶」とは、開放水面又はA類の船舶又はB類の船舶よりも氷況が穏やかな氷水域を航行する船舶をいう。

((4)以降は省略)

## 8章 耐氷船

### 8.3 船体構造及び艤装

#### 8.3.1 外板

-1.を次のように改める。

-1. 耐氷帯の上下方向の範囲は、耐氷船階級に応じ、表 18.6 に掲げる範囲とし、次の(1)から(4)についても考慮しなければならない。

(1) 船首域の耐氷帯の下部

耐氷船階級が *IA Super* の耐氷船にあっては、船首材が竜骨から立ち上がる箇所から 5 主肋骨心距後方の箇所より前方の耐氷帯の下方の外板の厚さは、~~少なくとも中央域の耐氷帯に対して要求される板厚以上の厚さとする~~船首域の耐氷帯として-2.の算式を適用した値以上とすること。ただし、肋骨心距及び材料の降伏応力については、当該箇所の値を使用すること。

(2) 船首域の耐氷帯の上部

耐氷船階級が *IA Super* 又は *IA* であって、氷のない状態における船の速力が 18 ノット以上の船舶にあっては、前部垂線から後方  $0.2L$  の箇所より前方で、かつ、耐氷帯上縁から上方  $2m$  の箇所までの外板の厚さは、~~少なくとも中央域の耐氷帯に対して要求される板厚以上の厚さとする~~中央域の耐氷帯として-2.の算式を適用した値以上とすること。ただし、肋骨心距及び材料の降伏応力については、当該箇所の値を使用すること。なお、モデル試験等により船首部に高波を被ることが明らかである場合は、速力が 18 ノット未満の船舶であっても同様の補強を施す必要がある。

(3) 耐氷帯には舷窓を設けてはならない。

(4) 曝露甲板が耐氷帯上縁より下方にある場合、ブルワーク及び放水口周辺構造の強度は、耐氷帯の外板に対して要求される強度と同等以上とすること。

#### 8.3.2 肋骨に関する一般規定\*

-1.及び-3.を次のように改める。

-1. 肋骨を補強する上下方向の範囲は、耐氷船階級及び当該肋骨の位置に応じて、少なくとも表 18.7 に掲げる範囲としなければならない。ただし、8.3.1-1.に規定する船首域の耐氷帯の上部に対する規定が適用される場合、肋骨の補強範囲は少なくとも当該耐氷帯の上端まで延長しなければならない。なお、補強する範囲が甲板、タンク頂板もしくは底板又は~~タンク二重底頂部~~から  $250mm$  を超えない場合は、補強する範囲を甲板、タンク頂板もしくは底板又は~~タンク二重底頂部~~までとして差し支えない。

-3. ~~耐氷船階級が *IA Super* の耐氷船にあっては船首域、中央域及び船尾域において、耐氷船階級が *IA* の耐氷船にあっては船首域及び中央域において、また、耐氷船階級が *IB*、*IC* 及び *ID* の耐氷船にあっては船首域において、肋骨の倒れ止め等のため、~~次の(1)から(4)によらなければならない。

(1) 肋骨は、外板と両面連続溶接により固着すること。また、外板の継手部と交差する

場合を除き、スカラップを設けてはならない。

- (2) 肋骨のウェブの厚さは、次の(a)から(㉔)のうち、最も大きい値以上でなければならない。

(a) 
$$\frac{h_w \sqrt{\sigma_y}}{C}$$

$h_w$  : ウェブ高さ (mm)

$C$  : 形鋼の場合 805

平鋼の場合 282

$\sigma_y$  : 8.3.1-2.の規定による値

~~(b) 横肋骨の場合、肋骨心距の 2.5%~~

(eb) 外板のネット板厚  $t-t_c$  の 1/2。この場合の肋骨のウェブの最小板厚の計算において、外板要求板厚は、 $\sigma_y$  を肋骨に使用する材料の降伏応力として、8.3.1-2.に従い計算しなければならない。

(㉔) 9mm

- (3) 肋骨の代わりに甲板、タンク頂板もしくは底板、二重底頂部又は隔壁を設ける場合、これらの板厚は、隣接する肋骨の高さに相当する深さまで前(2)の規定による値以上とすること。この場合、前(2)の計算においては、甲板、タンク頂板もしくは底板又は隔壁の材料特性及び隣接する肋骨の高さ  $h_w$  を使用し、定数  $C$  については 805 とすること。

- (4) ~~肋骨のウェブと外板のなす角が小さい場合又は肋骨断面が非対称の場合であって、肋骨の支点間距離が 4.0m を超える場合にあつては、肋骨に 1.3m を超えない間隔で、肘板、部分桁板、縦通桁又は他の類似の方法で倒れ止めを施さなければならない。肋骨の支点間距離が 4.0m を超えない場合にあつては、適当な間隔で倒れ止めを施すこと。~~非対称の肋骨及び外板に対して直角でない肋骨（ウェブと外板のなす角が 90 度未満）にあつては、肋骨に 1,300 mm を超えない間隔で、肘板、部分桁板、縦通桁又は他の類似の方法で倒れ止めを施さなければならない。倒れ止めの適用範囲は、肋骨の支点間距離が 4.0 m を超える場合にあつては、全ての耐氷船において船首域、中央域及び船尾域とし、肋骨の支点間距離が 4.0 m を超えない場合にあつては、耐氷船階級が LA Super の耐氷船にあつては船首域、中央域及び船尾域、耐氷船階級が LA の耐氷船にあつては船首域及び中央域、耐氷船階級が IB, IC 及び ID の耐氷船にあつては船首域とする。代替設計による倒れ止めに対する同等性の検証に直接計算を用いて差し支えない。

表 I8.7 を次のように改める。

表 I8.7 肋骨を補強する上下方向範囲

| 耐氷船階級          | 肋骨の位置 | UIWL の上方 (m) | LIWL の下方 (m)             |
|----------------|-------|--------------|--------------------------|
| IA Super       | 船首域   | 1.2          | 二重底頂部まで又は肋板の<br>頂部より下方まで |
|                | 中央域   |              | 2.0                      |
|                | 船尾域   |              | 1.6                      |
| IA<br>IB<br>IC | 船首域   | 1.0          | 1.6                      |
|                | 中央域   |              | 1.3                      |
|                | 船尾域   |              | 1.0                      |
| ID             | 船首域   | 1.0          | 1.6                      |

### 8.3.3 横肋骨

-3.及び-4.を次のように改める。

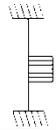
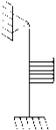
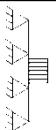
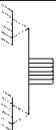
-3. 主横肋骨及び中間横肋骨の上端は、**8.3.5** に規定する耐氷縦桁又は甲板，タンク頂板もしくは底板又は耐氷縦桁に固着しなければならない。ただし，肋骨が，耐氷帯の上縁より上方に位置する縦桁又は甲板より上方に延長されている場合，この部分の肋骨は，次の**(1)**及び**(2)**によることができる。

- (1) 肋骨に対する通常の規定寸法として差し支えない。
- (2) 肋骨の上端は，耐氷帯の上縁より上方に位置する縦桁又は甲板より上方の甲板に固着すること。中間肋骨については，主肋骨と同じ寸法を有する水平部材により隣接する主肋骨に固着することとして差し支えない。

-4. 主横肋骨及び中間横肋骨の下端は，~~二重底頂板，肋板の頂部，耐氷縦桁又は甲板，~~タンク頂板もしくは底板，二重底頂部又は耐氷縦桁に固着されなければならない。ただし，中間横肋骨が，耐氷帯の下縁より下方に位置する縦通材又は甲板，タンク頂板もしくは底板，二重底頂部又は耐氷縦桁より下に延長されている場合，その下端は，主肋骨と同等の強度を有する水平部材により隣接する主肋骨に結合して差し支えない。

表 I8.8 を次のように改める。

表 I8.8  $m_0$  の値

| 境界条件  | $m_0$ | 例                         |
|---|-------|---------------------------|
|  | 7.0   | トップサイドタンクを有するばら積貨物船の肋骨    |
|  | 6.0   | 一層甲板船の二重底頂部から半層上甲板に達する肋骨  |
|  | 5.7   | 数個の甲板または縦通材間にわたって連続している肋骨 |
|  | 5.0   | 二つの甲板間にのみ設けられる肋骨          |

(備考)

この境界条件は主肋骨及び中間肋骨に対するものである。荷重は、支点間距離の中央に加えられるものとする。

### 8.3.4 縦通肋骨\*

-1.を次のように改める。

-1. **8.3.2-1.**に定める範囲内の縦通肋骨の断面係数及び有効せん断面積は、それぞれ次の算式による値以上としなければならない。ただし、実際のせん断面積の計算においては、肘板の面積を考慮してはならない。

$$\text{断面係数} : \frac{f_4 p h l^2}{m \sigma_y} \times 10^6 \quad (\text{cm}^3)$$

$$\text{有効せん断面積} : \frac{\sqrt{3} f_4 f_5 p h l}{2 \sigma_y} \times 10^4 \quad (\text{cm}^2)$$

$f_4$  : 隣接した肋骨との荷重分布を考慮に入れた係数で、次の算式による値  
( $1 - 0.2h/s$ )

$f_5$  : 荷重位置に対する最大せん断力及びせん断応力分布を考慮に入れた係数で、2.16 とする。

$h$  : **8.2.1-2.**の規定による値

$s$  : 肋骨心距 (m) (表 I8.4 の (注) を参照)

$p$  : **8.2.1-1.**の規定による値

$l$  : 肋骨の支点間距離 (m) (表 I8.4 の (注) を参照)

$m$  : 境界条件を表す係数で、肘板を設けた連続梁と見なせる場合は 13.3 とする。境界条件が肘板を設けた連続梁と著しく異なると認められる場合、この値を適当な値まで減じること。肋骨端部に肘板を設けない場合は ~~11.0~~ とする。

$\sigma_y$  : **8.3.1-2.**の規定による値

### 8.3.6 特設肋骨

-4.(1)を次のように改める。

-4. 本会が適当と認める場合、直接強度計算により特設肋骨の寸法を定めても差し支えない。この場合、次によること。

- (1) 設計氷圧は  $1.8p$  (MPa) を用い、その作用点は、部材に対する曲げモーメント及びせん断力の組合せ影響が最小となるにより構造の強度が最も厳しくなる位置に適用すること。
- (2) 直接強度計算の評価は、垂直方向にあっては、最大氷海喫水線の位置、最小氷海喫水線下方  $0.5h_0$  (m) の位置及びその間におけるいくつかの適当な位置、水平方向にあっては、支点間中央又は心距の中央におけるいくつかの適当な位置において確認すること。構造配置により  $l_a$  を直接決定できない場合にあっては、 $C_a$  の連続性を考慮して、 $l_a$  を決定して差し支えない。
- (3) 直接強度計算の評価において、ミーゼスの等価応力は  $\sigma_y$  より小さい値としなければならない。梁理論に基づく直接強度計算にあっては、許容せん断応力は  $0.9\tau_y$  以下としなければならない。ここで、 $\tau_y = \sigma_y / \sqrt{3}$  とする。

$\sigma_y$  : 8.3.1-2.の規定による値

### 8.3.9 船尾材\*

-4.を次のように改める。

-4. 旋回式推進装置、~~ポッド式プロペラ~~等の新形式の推進装置を採用する場合には、操縦性の向上をもたらす反面、船体後部及び船尾域において氷荷重が増加することがあるので、船尾部の設計について特別に配慮しなければならない。

### 3章 船体構造

#### 3.4 局部強度

##### 3.4.1 船体外板

-2.(2)を次のように改める。

-2. 船体外板のネット板厚  $t_{net}$  は、構造形式（防撓材の取り付け角度）に応じ、次の(1)から(3)による値以上としなければならない。

((1)は省略)

(2) 縦式構造 ( $\Omega \leq 20 \text{ deg}$ ) の場合

$$b \geq s \text{ のとき } t_{net} = 500s \sqrt{\frac{AF \times PPF_p \left( \frac{P_{avg}}{1000} \right)}{\sigma_y}} \frac{1}{1 + \frac{s}{2l}} \quad (mm)$$

$$b < s \text{ のとき } t_{net} = 500s \sqrt{\frac{AF \times PPF_p \left( \frac{P_{avg}}{1000} \right)}{\sigma_y}} \sqrt{\frac{2b}{s - \left( \frac{b}{s} \right)^2}} \frac{1}{1 + \frac{s}{2l}} \quad (mm)$$

ここで

$\Omega$ : 図 3.4.1-1. に示す喫水線と肋骨との最小角度 ( $deg$ )

$s$ : 横肋骨式船舶における横式構造肋骨心距又は縦肋骨式船舶における縦式構造肋骨心距 ( $m$ )

$AF$ : 表 3.3.5-1. 又は表 3.3.5-2. より得られる船体区域係数

$PPF_p$ : 表 3.3.4-1. より得られる局部圧力係数

$P_{avg}$ : 3.3.3 による平均作用面圧力 ( $kN/m^2$ )

$\sigma_y$ : 材料の降伏応力 ( $N/mm^2$ )

$b$ : 設計荷重作用面の高さ ( $m$ )。ただし横式構造の場合 ( $\neq l - s/4$ ) 以下としなければならない。

$l$ : 肋骨支持間の距離 ( $m$ ) で、3.4.2-5. に定める肋骨スパンとする。ただし、肘板によるスパン修正をしてはならない。荷重分担桁が取り付けられる場合、 $l$  は桁から最も離れた支持構造までの距離以上とする必要はない。

((3)は省略)

#### 附 則（改正その4）

1. この規則は、2019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、この規則による規定にかかわらず、なお従前の例による。

---

# 鋼船規則検査要領

要  
領

I 編

極海航行船, 極地氷海船及び耐氷船

2018 年 第 1 回 一部改正

2018 年 12 月 25 日 達 第 94 号

2018 年 8 月 1 日 技術委員会 審議

2018年12月25日 達 第94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 極海航行船，極地氷海船及び耐氷船

### 改正その1

## II 通則

### II.1 一般

II.1.1 として次の1条を加える。

#### II.1.1 適用

規則 I 編 1.1.1-3.に規定する「2章の規定を考慮し本会が適当と認めた極海域運航手順書」  
とは、次の(1)及び(2)に掲げる事項を含むものをいう。

- (1) 必要に応じ次の(a)から(e)を含む，極海域を航行する船舶の運航に関する手順（通常航行時及び船舶の能力を上回る状態を避けるために従うべき特定の手順）
  - (a) 船舶の設計能力及び制限を超える氷況を避けるための航海計画
  - (b) 環境条件に関する予報を受信するための手配要領
  - (c) 利用可能な海図や気象及び航行に関する情報の制限事項への対応手段
  - (d) 極海域を航行するための特別な装置の操作
  - (e) 装置及びシステムの機能を維持するための特別措置の実施
- (2) 必要に応じて，砕氷船による支援を受ける場合の手順

## I3 船体構造

### I3.3 規則（極海コード I-B 部 4 関連）

I3.3.2 を次のように改める。

#### I3.3.2 船体構造

-1. 規則 I 編 3.3.2(1)(b)及び(2)(b)に規定する「同等の安全性を確保できる他の基準」については、I3.3.1による。

-2. 前-1.にかかわらず，規則 I 編 3.3.2(2)(b)に規定する「同等の安全性を確保できる他の基準」として，規則 I 編 8章に規定する耐氷船階級 IA Super 又は IA の船体構造の要件を用いて差し支えない。

I5 として次の 1 章を加える。

## **I5 水密及び風雨密性の保全**

### **I5.3 規則**

#### **I5.3.1 一般**

規則 I 編 5.3.1(1)にいう「着氷及び着雪を除去又は防止するための手段」とは、例えば、機械式の除去装置若しくは専用の斧などの道具等又はヒーティング装置等をいう。

## **I7 火災安全**

I7.2 として次の 1 節を加える。

### **I7.2 機能要件**

#### **I7.2.1 機能要件**

規則 I 編 7.2.1(4)にいう「着氷及び着雪を除去又は防止するための手段」とは、例えば、機械式の除去装置若しくは専用の斧などの道具等又はヒーティング装置等をいう。

### **I7.3 規則**

I7.3.2 として次の 1 条を加える。

#### **I7.3.2 設備及び機械装置の機側の制御装置**

規則 I 編 7.3.2(4)にいう「着氷しないように配置する」とは I6.3.1 に従い氷が侵入しないような設計とすることをいう。

### **附 則（改正その 1）**

1. この達は、2018 年 12 月 25 日から施行する。
2. 2017 年 1 月 1 日前にキールが据え付けられる船舶又は特定の船舶として確認できる建造が開始され、かつ、少なくとも 50 トン又は全建造材料の見積重量の 1%のいずれか少ないものが組み立てられた状態にある船舶については、この達による規定にかかわらず、なお従前の例による。ただし、遡及して適用される要件がある場合はこの限りではない。

## I1 通則

### I1.2 定義

#### I1.2.2 耐氷船

-2.を次のように改める。

-2. 規則 I 編 1.2.2 に定める耐氷船階級と *Arctic Shipping Safety and Pollution Prevention Regulations* に定める階級の対応を表 I1.2.2-2.に示す。

表 I1.2.2-2.を次のように改める。

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

| <i>Arctic Shipping Safety and Pollution Prevention Regulations</i><br>における階級 | 本会の耐氷船階級            |
|--|---------------------|
| Type A   | IA Super            |
| Type B   | IA                  |
| Type C   | IB                  |
| Type D   | IC<br><del>ID</del> |
| Type E   | ID<br>耐氷船階級なし       |

## I6 機関

### I6.3 規則（極海コード I-B 部 7 関連）

I6.3.3 を次のように改める。

#### I6.3.3 氷荷重に対し補強される船舶

-1. 規則 I 編 6.3.3(1)(b)及び(2)(b)にいう「同等の安全性を確保できる他の基準」については、I3.3.1 による。

-2. 前-1.にかかわらず、規則 I 編 8 章に規定する耐氷船階級 IA Super 又は IA の要件に適合するものは、規則 I 編 6.3.3(2)(b)に規定する「同等の安全性を確保できる他の基準に適合し、かつ、主管庁の承認を得たもの」とみなす。

附 則（改正その2）

1. この達は、2018年12月25日から施行する。

## I1 通則

### I1.2 定義

I1.2.2 を次のように改める。

#### I1.2.2 耐氷船

-1. 規則 I 編 1.2.2 に定める耐氷船階級と 2017 Finnish-Swedish Ice Class Rules~~2010~~ に定める階級の対応を表 I1.2.2-1. に示す。

(-2.及び-3.は省略)

表 I1.2.2-1. 2017 Finnish-Swedish Ice Class Rules~~2010~~における階級と本会の耐氷船階級との対応

| <u>2017 Finnish-Swedish Ice Class Rules</u> <del>2010</del> 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<br>耐氷船階級なし |

## I8 耐氷船

### I8.7 代替設計

#### I8.7.1 代替設計

(3)を次のように改める。

規則 I 編 8.7 に規定する検討は、次の(1)から(3)によること。

((1)及び(2)は省略)

#### (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、合理的な安全率が与えられること。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（改正その3）

1. この達は、2019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。
3. 前2.にかかわらず、船舶の所有者から申込みがあれば、この達による規定を2017年12月1日以降に建造契約が行われた船舶に適用することができる。

## I8 耐氷船

### 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 ~~2010~~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。

- (1) フィンランド政府及びスウェーデン政府は、冬期において両国内の港に向かう船舶に対して砕氷船の支援を用意する。この場合、氷の状態に応じて、砕氷船の支援を受ける資格のある船舶の寸法と耐氷船階級について規制を行う。
- (2) 本規程規定を満たしているというだけで、砕氷船の支援なしで水中を航行したり、ひどい氷の jamming する能力又は強風により流氷野が移動する可能性のある開放水面における厳しい氷圧に耐えられる能力があることを保証されているのだと考えるべきではない。
- (3) 小さな船は、同じ耐氷船階級のより大きな船に比べて、水中を航行する能力が若干下回ることに注意しなければならぬべきである。
- (4) 中型船舶（排水量が 30,000 トン以下）に対しては、ノッチ曳航が多くの場合、氷水中で最も有効な支援方法であることに注目すべきである。
- (5) 前部垂線から前方に 2.5 m 以上突き出ているバルブを持つ船舶、船首形状に大きな丸みを有する船舶又はバルブ上方にアイスナイフを持つ船舶は、通常、ノッチ曳航が困難である。
- (6) バラスト状態において船首部の喫水が浅い船舶は、ノッチ曳航時に船首を下げるように傾斜させて差し支えない。
- (7) 耐氷船は、氷厚  $h_0$  を超えない平坦氷のある開放水面を航行することを前提としている。~~しかしながら、いかなるある時点においても実際の氷圧が船体に作用する実際に氷圧を受ける部分の設計氷荷重の厚さ  $h$  は、しかしながら、~~氷厚  $h_0$  の一部にすぎないと考えられる。 $h_0$  及び  $h$  の値を表 I8.1.1-1.に示す。

### I8.3 船体構造及び艤装

I8.3.6 として次の 1 条を加える。

#### I8.3.6 特設肋骨

規則 I 編 8.3.6-4.の適用上、梁理論に基づくものでない直接強度計算の場合、せん断応力は  $\tau_y$  以下とすること。

#### 附 則（改正その4）

1. この達は、2019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。