

## 軸系に関する事項

### 改正規則等

鋼船規則 D 編  
鋼船規則検査要領 D 編  
船用材料・機器等の承認及び認定要領  
(日本籍船舶用及び外国籍船舶用)  
内陸水路航行船規則  
内陸水路航行船規則検査要領  
(外国籍船舶用)

### 改正理由

IACS 統一規則 M68 は、推進軸系の材料、構造及び強度等について規定しており、本会は同統一規則の内容を既に本会規則等に取り入れている。この中で、中間軸に高強度材料（規格最低引張強さ  $800\text{ N/mm}^2$  超）を使用する場合の規定は、検査要領の附属書に取り入れている。

また、軸系アライメントの計算に関する要件は、2006 年に検査要領の附属書に規定して以降、運用が図られてきており、既に十分な運用実績がある。

今般、鋼船規則等の総合的な見直しの一環として、これらの規定を、検査要領の附属書から規則の附属書に移設するとともに IACS 統一規則 M68 との対応が明確となるよう関連規定を改める。

### 改正内容

主な改正内容は次のとおり。

- (1) 操貨補機を駆動する原動機に関する軽減規定の適用対象について、動力伝達装置及び軸系も含む旨明記する。
- (2) 水による軸の腐食を防ぐ手段として用いられる「獣脂類」を「グリース」に改める。
- (3) 軸系ねじり振動に関する規定のうち、軸方向にスロットを設ける場合の軸の種類及び形状に関する係数 $C_K$ の規定を鋼船規則検査要領から鋼船規則へ移設する。
- (4) 中間軸高強度材料の使用に関する鋼船規則検査要領 D 編附属書 D6.2.2 の規定を、鋼船規則 D 編附属書 6.2.2 に移設する。
- (5) 軸系アライメントに関する鋼船規則検査要領 D 編附属書 D6.2.13 の規定を、鋼船規則 D 編附属書 6.2.13 に移設する。

「鋼船規則」の一部を次のように改正する。

## D 編 機関

### 1 章 通則

#### 1.1 一般

1.1.4 を次のように改める。

##### 1.1.4 規定の軽減\*

次に掲げる機関について、本会が差し支えないと認める場合には、本編の規定の一部を軽減して適用することができる。

- (1) 発電機又は補機を駆動する小型の原動機（動力伝達装置及び軸系を含む。）
- (2) 操貨補機及びそれらを駆動する原動機（動力伝達装置及び軸系を含む。）
- (3) その他、容量、用途又は使用条件を考慮して本会が適当と認める機関

## 6章 軸系

### 6.1 一般

6.1.2 を次のように改める。

#### 6.1.2 図面及び資料<sup>※</sup>

提出すべき図面及び資料は、一般に次のとおりとする。

(1) 承認用図面（材料仕様を含むもの）

（(a)から(k)は省略）

(l) 第 1C 種プロペラ軸にあつては、次の i)から viii)に規定する図面及び資料を一冊に綴じたもの（4部）。

（i)から vii)は省略）

viii)附属書 6.2.13 による軸系アライメント計算書

(2) （省略）

### 6.2 材料，構造及び強度

#### 6.2.2 中間軸<sup>※</sup>

-1.を次のように改める。

-1. 鍛鋼品（ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。）の中間軸の径は、次の算式による値よりも小としてはならない。

$$d_0 = F_1 k_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{N_0} \left( \frac{560}{T_s + 160} \right) K}$$

$d_0$  : 中間軸の所要径 (mm)

$H$  : 機関の連続最大出力 (kW)

$N_0$  : 機関の最大出力時の中間軸の回転数 (rpm)

$F_1$  : 表 D6.1 による係数

$k_1$  : 表 D6.2 による係数

$T_s$  : 軸の材料の規格最低引張強さ ( $N/mm^2$ )。ただし、算式に用いる  $T_s$  の上限は、炭素鋼の場合  $760 N/mm^2$ 、低合金鋼の場合  $800 N/mm^2$  とする。なお、本会が適当と認める場合規格最低引張強さが  $800 N/mm^2$  を超える低合金鋼鍛鋼品（ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。）により製造される中間軸については、附属書 6.2.2「中間軸高強度材料の使用」の規定を満足する場合、算式に用いる  $T_s$  の上限を  $950 N/mm^2$  とすることができる。

$K$  : 中空軸の補正係数で次式による値

ただし、 $d_i \leq 0.4d_a$  の場合には  $K=1$  として差し支えない。

$$K = \frac{1}{1 - \left( \frac{d_i}{d_a} \right)^4}$$

$d_i$  : 中空軸の内径 (mm)

$d_a$  : 中空軸の外径 (mm)

-2. 前-1.以外の材料により製造される中間軸の径については、本会が適当と認めるところによる。

(表 D6.1 は省略)

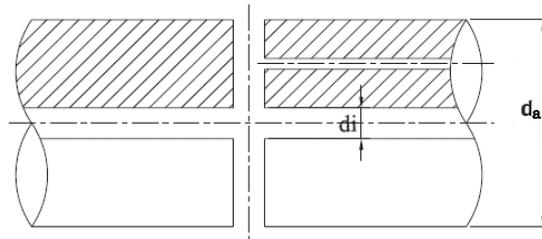
表 D6.2 を次のように改める。

表 D6.2  $k_1$  の値

一体フランジ継手の場合 <sup>(1)</sup>	焼ばめ, 押しばめ, 冷しばめ継手とする場合 <sup>(2)</sup>	キー溝を設ける場合 <sup>(3)(4)</sup>	横穴を設ける場合 <sup>(5)</sup>	軸方向にスロットを設ける場合 <sup>(6)</sup>	スプラインを設ける場合 <sup>(7)</sup>
1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.15

(注)

- (1) フランジの根元すみ肉部は、軸径の 0.08 倍以上の半径の丸味を付けなければならない。
- (2) 連続使用時にねじり振動応力が 8.2.2-1.(1)に掲げる  $\tau_1$  の 85 % を超える場合には、はめあい部の径を 1~2 % 増加させて、軸との間を当該増加量と同程度の半径を有する丸味をつけて結ぶこと。
- (3) キー溝端から  $0.2 d_0$  以上離れた範囲は、 $k=1.0$  として算出した軸所要径まで漸減して差し支えない。また、キー溝底の横断面のすみ肉半径は  $0.0125 d_0$  以上とする。
- (4) 8.3 により連続使用禁止範囲を設ける場合、一般にキー溝を設けてはならない。
- (5) 穴径は  $0.3 d_0$  以下とする。横穴に軸方向の穴 (軸の中心以外に設けられたもの) が交差する場合 (下図参照) には、提出された資料をもとに本会がその都度定める。



- (6) スロットの形状は次による。スロットの数は軸の周上に等間隔で 3 個以下とし、軸表面のかどすみ部は、原則として面取り以外に丸味をつけないこと。

- (a)  $l < 0.8 d_a$   
 (b)  $d_i < 0.7 d_a$   
 (c)  $0.15 d_a < e \leq 0.2 d_a$   
 (d)  $r \geq e / 2$

ここで、

- $l$  : スロットの長さ  
 $d_a$  : 中空軸の外径  
 $d_i$  : 中空軸の内径  
 $e$  : スロットの幅  
 $r$  : スロット端部の丸味半径

- (7) スプラインの形状は、JIS B 1601 又は JIS B 1601 相当とする。

### 6.2.3 スラスト軸

-3.を-4.に改め、-3.として次の1項を加える。

(-1.及び-2.は省略)

-3. スラスト受けカラーの両側の根元すみ肉部は、軸径の0.08倍以上の半径の丸味を付  
けなければならない。

~~-3.4.~~ 前-1.以外の材料により製造されるスラスト軸の径については、本会が適当と認める  
ところによる。

### 6.2.4 プロペラ軸及び船尾管軸\*

-3.を-4.に改め、-3.として次の1項を加える。

(-1.及び-2.は省略)

-3. 船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲については、  
6.2.2-1.の算式より算出される中間軸の所要径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同  
程度の半径を有する丸味をつけて減少させて差し支えない。ここで、ステンレス鋼鍛鋼品  
等により製造されるものにあつては、 $T_s = 400$ として算出される所要径を用いる。

~~-3.4.~~ 前-1.及び-2.以外のプロペラ軸及び船尾管軸の径については、本会が適当と認める  
ところによる。

表 D6.3 を次のように改める。

表 D6.3  $k_2$  の値

	適用範囲	$k_2$ の値	
1	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部（プロペラの取付けがフランジ構造の場合はフランジ前面部）から最後部の船尾管軸受の船首端、または $2.5d_s$ の範囲のうち、いずれか広い方の範囲	プロペラとプロペラ軸との取付けをキーレスで行う場合又はフランジ継手で行う場合	1.22
		プロペラとプロペラ軸との取付けをキーで行う場合	1.26
2	前1の範囲を除き、船首側に向って、船首側船尾管シール装置の船首端下までの範囲	1.15 <sup>(1)</sup>	
3	船尾管軸	1.15 <sup>(1)</sup>	
4	船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲	1.15 <sup>(2)</sup>	

(注)

(1) 境界部は滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて軸径を減少させること。

(2) ~~6.2.2 の算式を適用して算出される径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて減少させて差し支えない。~~

表 D6.4 を次のように改める。

表 D6.4  $k_3$  の値

	適用範囲	KSUSF316 KSUS316-SU	KSUSF316L KSUS316L-SU
1	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ大端部(プロペラの取付けがフランジ構造の場合はフランジ前面部)から最後の船尾管軸受の船首端、または $2.5d_s$ の範囲のうち、いずれか広い方の範囲	1.28	1.34
2	前1の範囲を除き、船首側に向かって、船首側船尾管シール装置の船首端下までの範囲	1.16 <sup>(1)</sup>	1.22 <sup>(1)</sup>
3	船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲	1.16 <sup>(2)</sup>	1.22 <sup>(2)</sup>

(注)

(1) 境界部は滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて軸径を減少させること。

(2) ~~6.2.2-1.の算式で  $T_2/400$  として算出される径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて減少させて差し支えない。~~

## 6.2.7 プロペラ軸及び船尾管軸の腐食防止\*

-3.を次のように改める。

-3. プロペラキャップ又はプロペラボスと軸とのすき間には~~獣脂類~~グリースを詰込むか、又はこれに代わる他の方法で、軸が水によって腐食されることを防がなければならない。

## 6.2.10 船尾管軸受及び張出し軸受\*

-1.を次のように改める。

-1. プロペラ重量を支える船尾管の後端の軸受、又は張出し軸受は次の(1)から(3)の規定によらなければならない。

(1) 油潤滑を行う場合

(a) ホワイトメタルを軸受の材料に用いる場合

i) 船尾管軸受(又は張出し軸受けがある場合は張出し軸受)の長さは、6.2.4-1.又は-2.の算式によるプロペラ軸の所要径の2倍の値以上とすること。ただし、呼称軸受面圧(軸及びプロペラの荷重が船尾端の軸受に単独にかけると仮定して得られる当該軸受の静的反力を軸受面積(軸の直径に軸受長さを乗じたもの。)で除して得られる面圧。以下同じ。)が  $0.8 \text{ MPa}$  を超えず、本会が別に定めるところにより特別に配慮された構造及び設備~~について承認した~~を有する場合には、当該軸受の長さを、プロペラ軸の実際径の1.5倍の値を下回らない範囲で減ずることができる。

(ii)から iv)は省略)

(b) ホワイトメタル以外の材料を軸受の材料に用いる場合

i) 材料、構造及び潤滑方式について、あらかじめ本会の承認を得たものとする。

ii) 油潤滑船尾管軸受用として承認を受けた合成ゴム、強化樹脂又は合成樹脂製の軸受の長さは、6.2.4-1.又は-2.の算式によるプロペラ軸の所要径の2倍

の値以上とすること。ただし、呼称軸受面圧が  $0.6 \text{ MPa}$  を超えず、本会が 特別に承認した軸受については定めるところにより特別に配慮された構造及び設備を有する場合には、当該軸受の長さを、プロペラ軸の実際径の  $1.5$  倍の値を下回らない範囲で減ずることができる。

iii) (省略)

(2) 水潤滑を行う場合

(a) 材料、構造及び潤滑方式について、あらかじめ本会の承認を得たものとする。

(b) 軸受の長さは、**6.2.4-1.**又は**-2.**の算式によるプロペラ軸の所要径の  $4$  倍又は実際径の  $3$  倍のうちいずれか大きい方の値以上とすること。ただし、水潤滑船尾管軸受用として承認を受けた合成ゴム、強化樹脂又は合成樹脂製の軸受については、本会が別に定めるところにより特別に配慮された構造及び設備を有する場合には、軸受の長さを **6.2.4-1.**又は**-2.**の算式によるプロペラ軸の所要径の  $2$  倍又は実際径の  $1.5$  倍のうちいずれか大きい方の値を下回らない範囲で減ずることができる。

(3) グリース潤滑を行う場合

プロペラ軸の実際径が  $100 \text{ mm}$  以下である場合には、グリース潤滑を行うことができる。この場合、軸受の長さは、**6.2.4-1.**又は**-2.**の算式によるプロペラ軸の所要径の  $4$  倍以上とすること。

6.2.13 を次のように改める。

### 6.2.13 軸系アライメント<sup>※</sup>

油潤滑を行う船尾管軸受又は張出し軸受であってプロペラ軸の実際径が  $400 \text{ mm}$  以上の場合には、軸の曲げモーメント、軸受荷重及び軸の変位量等を含む軸系アライメントについて、附属書 6.2.13 による計算書を提出し、本会の承認を得なければならない。

## 8章 軸系ねじり振動

### 8.2 許容限度

#### 8.2.2 中間軸, スラスト軸, プロペラ軸及び船尾管軸\*

-1.を次のように改める。

-1. 主機として往復動内燃機関を用いる船舶（電気推進船を除く。）の鍛鋼品（ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。）の中間軸, スラスト軸, プロペラ軸及び船尾管軸に作用するねじり振動応力は, 次の(1)および(2)の規定によらなければならない。ただし, これらのうち第2種プロペラ軸及び第2種船尾管軸にあっては, 本会が適当と認めるところによる。

(1) 機関の回転数が, 連続最大回転数の 80 %を超え, 連続最大回転数の 105 %以下の回転数範囲において, ねじり振動応力は, 次に示す $\tau_1$ を超えないこと。

$$\tau_1 = \frac{T_s + 160}{18} C_K C_D (3 - 2\lambda^2) \quad (\lambda \leq 0.9)$$

$$\tau_1 = 1.38 \frac{T_s + 160}{18} C_K C_D \quad (0.9 < \lambda)$$

$\tau_1$  :  $0.8 < \lambda \leq 1.05$ の回転数範囲におけるねじり振動応力の許容限度 ( $N/mm^2$ )

$\lambda$  : 使用回転数と連続最大回転数の比

$T_s$  : 軸の材料の規格最低引張強さ ( $N/mm^2$ )

ただし, 算式に使用する $T_s$ の上限は, 中間軸及びスラスト軸においては  $800 N/mm^2$  (炭素鋼の場合には原則として  $600 N/mm^2$ ) 並びにプロペラ軸及び船尾管軸においては  $600 N/mm^2$  とする。なお, ~~本会が適当と認める場合~~規格最低引張強さが  $800 N/mm^2$  を超える低合金鋼鍛鋼品 (ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。) により製造される中間軸については, 附属書 D6.2.2 「中間軸高強度材料の使用」の規定を満足する場合, 中間軸においては算式に用いる $T_s$ の上限を  $950 N/mm^2$  とすることができる。

また, プロペラ軸及び船尾管軸において, 承認された耐食性材料で製造された軸, 又はこれ以外の材料で製造され, かつ, 海水に対する確実な防食が行われていない軸については本会が適当と認めるところによる。

$C_K$ : 軸の種類及び形状に関する係数で表 D8.1 による。

$C_D$ : 軸の大きさに関する係数で次式による。

$$C_D = 0.35 + 0.93d^{-0.2}$$

$d$  : 軸の直径 ( $mm$ )

(2) (省略)

表 D8.1 を次のように改める。

表 D8.1  $C_K$  の値<sup>(54)</sup>

中間軸						スラスト軸		プロペラ軸 及び船尾管軸	
一体フランジ継手の場合	焼きばめ、押しばめ、冷しばめ継手の場合	テーパ部にキー溝を設ける場合	円筒部にキー溝を設ける場合	横穴を設ける場合 <sup>(4)</sup>	軸方向にスロット <sup>(4)</sup> を設ける場合 <sup>(1)</sup>	スラストカラーの両側	ころがり軸受の軸方向荷重を受ける部分	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部付近 <sup>(2)</sup>	左欄以外の範囲 <sup>(3)</sup>
1.0	1.0	0.6	0.45	0.50	0.30	0.85	0.85	0.55	0.80

備考:

~~(1) 表 D6.2 注(3)による。~~

(2) 表 D6.2 注(4)による。軸方向にスロットを設ける場合の  $C_K$  は、次式による値とすることができる。

$$C_K = 1.45/scf$$

$$scf = \alpha_{t(hole)} + 0.80 \frac{(l-e)/d_a}{\sqrt{(1-d_i/d_a)e}}$$

ここで、

$scf$ : スロット部における最大主応力と、スロットのない中空軸にトルクを加えた場合の呼び応力の $\sqrt{3}$ 倍との比で定義される応力集中係数 (有限要素解析により得られた値を使用して差し支えない。)

$l$  : スロットの長さ

$e$  : スロットの幅

$d_i$  : スロット部における中空軸の内径

$d_a$  : 中空軸の外径

$\alpha_{t(hole)}$ : スロットの幅と等しい径の横穴に対する応力集中係数であって、次式により定められるもの (近似値として 2.3 を使用して差し支えない)

$$\alpha_{t(hole)} = 2.3 - 3 \frac{e}{d_a} + 15 \left( \frac{e}{d_a} \right)^2 + 10 \left( \frac{e}{d_a} \right)^2 \left( \frac{d_i}{d_a} \right)^2$$

(3) プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部 (プロペラの取付けがフランジ構造の場合はフランジ前面部) から最後部の船尾管軸受の船首端又は  $2.5 d_i$  の範囲のうち、いずれか広い方の範囲。ここで、 $d_i$ : プロペラ軸又は船尾管軸の所要径。

(4) 船首側に向かって、船首側船尾管シール装置の船首端下までの範囲。

(5) 上記以外の  $C_K$  の値は、提出された資料をもとに本会がその都度定める。

(表 D.8.2 は省略)

### 8.3 連続使用禁止範囲

8.3.1 を次のように改める。

#### 8.3.1 連続使用禁止範囲\*

-1. ねじり振動応力が 8.2 に定める許容限度  $\tau_1$  を超える場合には、速やかにその回転数を通過させなければならないことを示す連続使用禁止範囲を設け、回転計に赤帯を入れてこれを表示しなければならない。この場合において、連続使用禁止範囲は、次によらなければならない。

(1) 次に示す範囲を含むこと。

$$\frac{16N_c}{18-\lambda} \leq N_0 \leq \frac{(18-\lambda)N_c}{16}$$

$N_0$  : 連続使用禁止の回転数 (rpm)

$N_c$  : 共振時の回転数 (rpm)

$\lambda$  : 共振時の回転数と連続最大回転数との比

(2) 可変ピッチプロペラについては、ピッチが最大及びゼロの両方の条件が考慮されること。

(3) 回転計の誤差を考慮したものとしなければならない。

(4) 連続使用禁止範囲の上限及び下限は、機関の運転が安定する回転数でなければならない。

(35) 1のシリンダが失火した状態に対して定められるものについては、推進機関が単一の場合であっても安全な航行に支障をきたさないこと。

-2. 8.2 に定める許容限度 $\tau_1$ を超える応力の発生する回転数範囲が、計測により確認できた場合には、-1.に規定する範囲にかかわらず、その回転数範囲を連続使用禁止範囲とすることができる。~~ただし、回転計の誤差を考慮したものとしなければならない。~~

-3. 前-1.及び-2.に掲げる連続使用禁止範囲を速やかに通過することが困難な機関にあつては、ねじり振動の共振点を変更する等の必要な措置を講じなければならない。

附属書 6.2.2 として次の附属書を加える。

## **附属書 6.2.2 中間軸高強度材料の使用**

### **1.1 適用**

本要領は、規格最低引張強さが  $800 \text{ N/mm}^2$  を超えて、 $950 \text{ N/mm}^2$  より小さい低合金鋼鍛鋼品（ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。）により製造される中間軸に適用する。

### **1.2 ねじり疲労試験**

#### **1.2.1 一般規定**

材料が通常の鋼材と同等の疲労寿命を示すことを確認するため、ねじり疲労試験を行うこと。低合金鋼のねじり疲労強度は、規則 D 編 8.2.2-1.(1)の算式によるねじり振動応力の許容限度 $\tau_1$ 以上とすること。この試験は、切欠試験片と切欠きのない試験片についてそれぞれ行うこと。また、切欠試験片の応力集中係数及び切り欠き係数の計算は、設計条件における最大ねじり応力集中を考慮して行うこと。

#### **1.2.2 試験条件**

試験条件は、表 1.1 によること。表面あらさは算術平均粗さ $R_a$ で  $0.2 \mu\text{m}$  未満とし、ISO1352 Section 8.4 に従って、局所的な機械加工痕がないことを低倍率（倍率 20 倍）での外観検査により確認すること。試験の方法については、ISO1352 Section 10 によること。

表 1.1 試験条件

負荷形式	ねじり
応力比	R=-1
負荷波形	定振幅の正弦波
評価方法	S-N 曲線
試験終了までのサイクル数	$1 \times 10^7$ サイクル

#### **1.2.3 判定基準**

高サイクルねじり疲労強度 $\tau_{C1}$ 及び低サイクルねじり疲労強度 $\tau_{C2}$ の計測値は以下の算式による値以上とすること。

$$\tau_{C1} \geq \tau_{1,\lambda=0} = \frac{\sigma_B + 160}{6} \cdot C_K \cdot C_D$$

$$\tau_{C2} \geq 1.7\tau_{C1}/\sqrt{C_K}$$

$C_K$  :軸の種類及び形状に関する係数で、表 8.1 備考(1) の算式を準用する。ただし、 $C_K$ を算出する際の応力集中係数は、実際の設計条件を考慮し決定することができる。なお、切欠きの無い試験片の応力集中係数は 1.0 とする。

$C_D$  :軸の大きさに関する係数で、規則 D 編 8.2.2-1.(1)の算式を準用する。

$\sigma_B$  :軸に使用する材料の引張強さの規格最小値 ( $\text{N/mm}^2$ )

### 1.3 清浄度の確認

低合金鋼は ISO4967 method A に従って非金属介在物の顕微鏡試験を行い、表 1.2 に示す清浄度を有することを示すこと (ISO4967 Section 2 を参照のこと)。また、代表試料は鍛鋼品又は圧延品ごとに溶鋼から採取すること。低合金鋼は規則 K 編表 K6.2 の規格を標準とし、清浄度の要件を満たすため、硫黄、リン、酸素の含有量が最小となるよう特別の注意を払うこと。特殊な鋼組成については、本会の承認を得ること。

表 1.2 清浄度

介在物グループ	シリーズ	図表指数 I の制限値
グループ A	薄い	1
	厚い	1
グループ B	薄い	1.5
	厚い	1
グループ C	薄い	1
	厚い	1
グループ D	薄い	1
	厚い	1
グループ DS	-	1

### 1.4 検査

低合金鋼は、規則 K 編 6.1.10-1.(1)により超音波探傷試験を行うこと。

附属書 6.2.13 として次の附属書を加える。

## 附属書 6.2.13 軸系アライメントの計算

### 1.1 一般

#### 1.1.1 適用

-1. 本附属書は、規則 D 編 6.2.10, 6.2.11 及び 6.2.13 に基づいて行われる軸系のアライメント計算に適用する。ただし、本附属書の 1.3 については、搭載される主機の種類に応じて表 1.1.1-1. のとおり適用する。

表 1.1.1-1. 計算条件等の適用

主機の種類	計算条件等 <sup>1)2)</sup>		
	1.3.1	1.3.2	1.3.3 <sup>3)</sup>
2 ストローク機関	●	●	●
4 ストローク機関	●	●	—
蒸気タービン機関	●	●	—

注 1) ●：適用 —：非適用

注 2) 1.3.1：軽喫水状態（冷態時） 1.3.2：軽喫水状態（温態時） 1.3.3：満載喫水状態（温態時）

注 3) 油タンカー<sup>1)</sup>、危険化学品ばら積船<sup>2)</sup>、ばら積貨物船<sup>3)</sup>及び一般乾貨物船<sup>4)</sup>に適用する。

1) 油タンカーとは、規則 B 編 1.3.1(11)に定めるものをいう。

2) 危険化学品ばら積船とは、規則 A 編 2.1.43 に定めるものをいう。

3) ばら積貨物船とは、規則 B 編 1.3.1(13)に定めるものをいう。

4) 一般乾貨物船とは、規則 B 編 1.3.1(15)に定めるものをいう。

-2. 前-1.にかかわらず、実際径が 400 mm 未満の油潤滑式プロペラ軸を有する軸系に規則 D 編 6.2.10 又は 6.2.11 の規定に従って軸系アライメントの計算を行う場合には、本附属書の 1.1.2, 1.2.1 及び 1.3.1 (-4.を除く。)を適用する。

-3. 本附属書の規定により難しい場合には、本会の承認を得て他の方法により計算を行うことができる。

#### 1.1.2 承認用図面及び資料

提出すべき図面及び資料は、次のデータを含む軸系アライメント計算書とする。

- (1) 軸径（外径及び内径）及び軸長さ
- (2) 軸受長さ
- (3) 集中荷重の位置及び大きさ
- (4) 軸受支点の位置
- (5) 軸受のオフセット量
- (6) 荷重影響係数
- (7) 曲げモーメント及び曲げ応力
- (8) 軸受荷重及び軸受平均面圧
- (9) 船尾端の軸受における軸受と軸との相対傾斜角又は最大面圧
- (10) 軸の変位量
- (11) 軸継手間のサグ及びギャップ量
- (12) 軸受荷重計測要領（軸受荷重計測を行う場合に限り。）

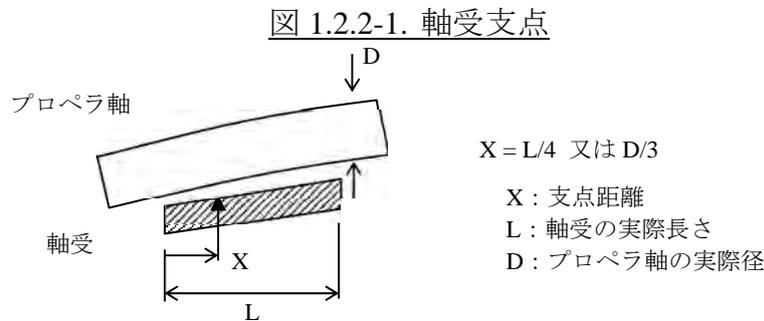
## 1.2 軸系のモデル化

### 1.2.1 荷重

- 1. 軸系アライメントの計算は、静的荷重を対象とする。
- 2. 外力として、軸系に作用する浮力を考慮しなければならない。機関のカム軸がチェーンで駆動される機関にあつては、チェーンの張力についても考慮しなければならない。チェーンの張力の大きさは、主機の製造者が指示するところによる。

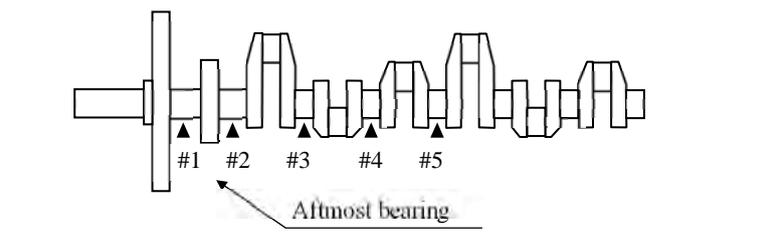
### 1.2.2 軸受

- 1. 船尾端の軸受における支持を1点とする場合は支点位置を当該軸受の後端から  $L/4$  又は  $D/3$  の距離とし、2点とする場合は支点位置を当該軸受の両端としなければならない。3点以上とする場合には、設計者の計画する位置として差し支えない。その他の軸受における支点位置は、軸受長さの中心としなければならない。



- 2. 軸受支持条件は、単純支持又は弾性支持のいずれを用いても差し支えない。
- 3. スラスト軸と一体形のクランク軸の場合には、計算で考慮する機関軸受の数は船尾側から5個以上としなければならない。

図 1.2.2-3. 計算対象とする機関軸受の数



### 1.2.3 クランク軸等価軸径

主機として用いる2ストローク機関のクランク軸については、ロングストロークによる曲げ剛性の低下を考慮し、クランクジャーナル部よりも直径が小さい軸としてアライメント計算を行わなければならない。等価軸径については、原則として、主機の製造者が指示するところによる。

### 1.2.4 減速機を有する軸系

蒸気タービン機関又は減速機付き往復動内燃機関の軸系計算モデルの範囲は、プロペラから減速機大歯車の船首側軸受までとする。

### 1.3 計算条件及び計算結果の評価

#### 1.3.1 軽喫水状態（冷態時）

- 1. 軽喫水状態における冷態時のアライメント計算を行わなければならない。やむを得ずドライドックの状態では軸系据付け（軸結合）を行う場合には、当該状態におけるアライメント計算を行わなければならない。
- 2. ホワイトメタルを用いて油潤滑を行う場合には、船尾端の軸受における呼称軸受面圧並びに軸受と軸との相対傾斜角又は最大軸受面圧は、表 1.3.1-2.の許容値を越えてはならない。
- 3. アライメント計算で得られた曲げモーメント（絶対値）は、いかなる位置においても船尾端の軸受に作用する曲げモーメント（絶対値）を超えないように設計しなければならない。
- 4. 軸受荷重は全ての軸受においてプラスでなければならない。ただし、主機として用いる2ストローク機関の機関最後部の軸受については、主機の製造者の了承のもとに軸受荷重をゼロとしても差し支えないが、軸受荷重をマイナスとすることは認められない。軸受荷重の符号は図 1.3.1-4.による。

表 1.3.1-2. 呼称軸受面圧並びに相対傾斜角又は最大軸受面圧の許容値（ホワイトメタル）

	許容値	備考
呼称軸受面圧	0.8 MPa	
軸受と軸との相対傾斜角	$3 \times 10^{-4} \text{ rad}$	軸受支点を1点支持又は2点支持とする場合に適用する。2点支持とする場合は、両支点位置で相対傾斜角を算出すること。（図 1.3.1-2.(a)参照）
最大軸受面圧	40 MPa	軸受荷重を分布荷重として計算する場合に適用する。（図 1.3.1-2.(b)参照）

図 1.3.1-2.(a) 相対傾斜角

図 1.3.1-2.(b) 最大軸受面圧

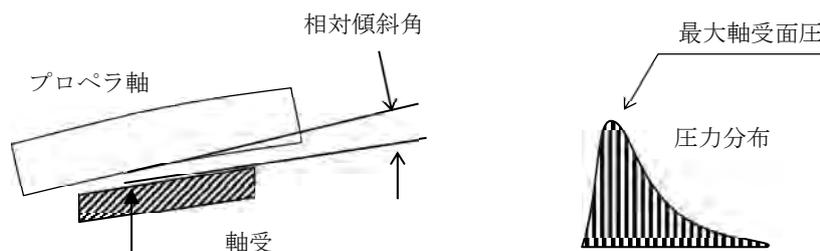
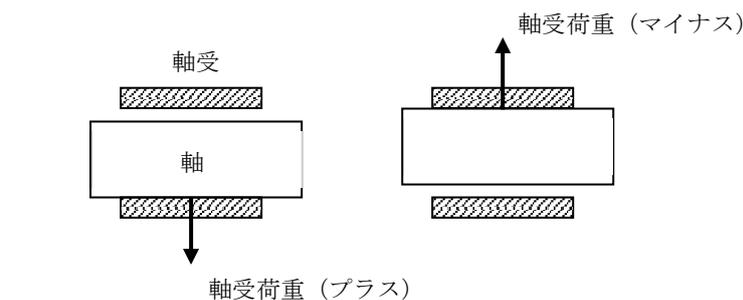


図 1.3.1-4. 軸受荷重の符号



### 1.3.2 軽喫水状態（温態時）

- 1. 軽喫水状態を対象とする温態時のアライメント計算を行わなければならない。温度の影響は、主機として用いる往復動内燃機関及び減速機の軸受におけるオフセット変化のみとして差し支えない。オフセット変化の量については、それぞれ、製造者が指示するところによる。
- 2. 前-1.の計算において、プロペラは軸系据付け時と同じ没水状態とするか又は完全に没水した状態としなければならない。
- 3. 進水前に軸を結合する場合には、進水前後で軸受のオフセットがほとんど変化しないものとみなして前-1.の計算を行わなければならない。
- 4. 軸受荷重は、全ての軸受についてプラスでなければならない。
- 5. 減速機を有する場合には、減速機大歯車の前後の軸受における温態時の荷重差は、減速機の製造者が定める許容値を超えてはならない。
- 6. 計算においては、プロペラ偏心スラストによる上向きモーメントを考慮しても差し支えない。

### 1.3.3 満載喫水状態（温態時）

-1. 油タンカー、危険化学品ばら積船、ばら積貨物船及び一般乾貨物船の場合には、満載喫水時の船体たわみの影響により機関内の軸受で無荷重となることを防止するため、次の(1)又は(2)の算式を用いて機関の船尾側から 2 番目及び 3 番目の軸受が無荷重となる時の機関室後部隔壁の位置における船体たわみ（それぞれ $\delta_{B2}$ 、 $\delta_{B3}$ とする。）を求め、これらのうちいずれか小さい方の値が図 1.3.3-1.(a)の下限値（ $\delta_{BM}$ ）以上となるような軸系アライメントしなければならない。

(1) 弾性支持による荷重影響係数を用いて算出する場合

$$\delta_{Bi} = -R_i/S_i$$

ここに、

$i$ ：機関内の（船尾側からとった）軸受番号

$R_i$ ：前 1.3.2 で計算した機関の船尾側から $i$ 番目の軸受における反力（ $kN$ ）

$S_i$ ：船体が機関室後部隔壁の位置で下方に 1 mm だけ変位したときの（機関の船尾側から） $i$ 番目の軸受における反力の増加量であり、次式による。（ $kN/mm$ ）

$$S_i = \sum_{n=1}^{a-1} C_{b+i-1,n} (1.5x_n - 0.5) + \sum_{n=a}^{b-1} C_{b+i-1,n} x_n^{1.5}$$

$$x_n = X_n/L$$

$n$ ：船尾端からとった支点番号

$a$ ：（船尾端からとった）機関室後部隔壁の船首側で隔壁に最も近い支点の番号

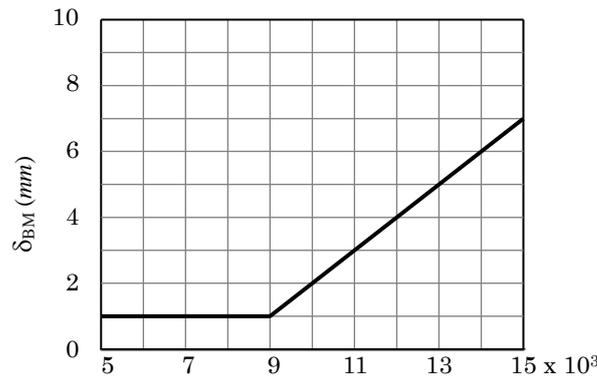
$b$ ：（船尾端からとった）機関最後部の支点番号

$X_n$ ：機関最後部の支点( $b$ )から支点 $n$ までの距離（ $mm$ ）

$L$ ：機関最後部の支点( $b$ )から機関室後部隔壁までの距離（ $mm$ ）

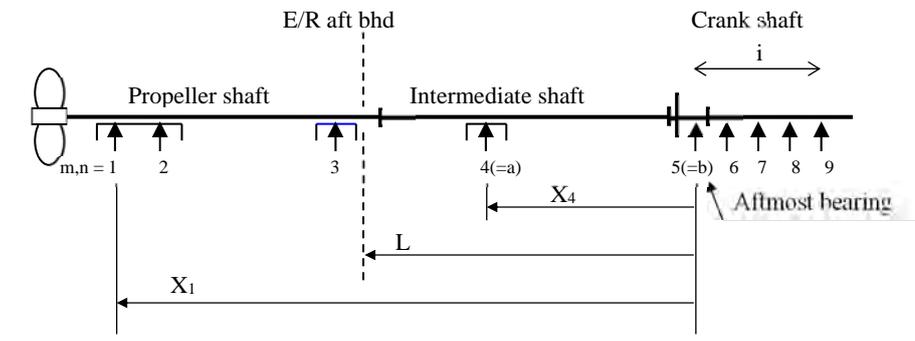
$C_{m,n}$ ：支点 $n$ が下方に 1 mm だけ変位したときの支点 $m$ における反力の増加量（荷重影響係数）（ $kN/mm$ ）。支点番号 $m$ 、 $n$ については図 1.3.3-1.(b)参照。

図 1.3.3-1.(a)  $\delta_{B2}$  及び  $\delta_{B3}$  の下限値



機関最後部の軸受支点から機関室後部隔壁までの距離  $L$  (mm)

図 1.3.3-1.(b) 軸受番号及び支点番号



(2) 単純支持による荷重影響係数を用いて算出する場合

次の(1)式, (2)式の連立方程式の解をそれぞれ  $\delta_{B2}$ ,  $\delta_{B3}$  とする。

$$\left. \begin{aligned} S_1 \delta_{B2} + (C_{1,1} - K) \delta_1 + C_{1,3} \delta_3 + C_{1,4} \delta_4 + C_{1,5} \delta_5 &= C_{1,2} R_2 / K \\ S_2 \delta_{B2} + C_{2,1} \delta_1 + C_{2,3} \delta_3 + C_{2,4} \delta_4 + C_{2,5} \delta_5 &= (C_{2,2} - K) R_2 / K \\ S_3 \delta_{B2} + C_{3,1} \delta_1 + (C_{3,3} - K) \delta_3 + C_{3,4} \delta_4 + C_{3,5} \delta_5 &= C_{3,2} R_2 / K \\ S_4 \delta_{B2} + C_{4,1} \delta_1 + C_{4,3} \delta_3 + (C_{4,4} - K) \delta_4 + C_{4,5} \delta_5 &= C_{4,2} R_2 / K \\ S_5 \delta_{B2} + C_{5,1} \delta_1 + C_{5,3} \delta_3 + C_{5,4} \delta_4 + (C_{5,5} - K) \delta_5 &= C_{5,2} R_2 / K \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} S_1 \delta_{B3} + (C_{1,1} - K) \delta_1 + C_{1,2} \delta_2 + C_{1,4} \delta_4 + C_{1,5} \delta_5 &= C_{1,3} R_3 / K \\ S_2 \delta_{B3} + C_{2,1} \delta_1 + (C_{2,2} - K) \delta_2 + C_{2,4} \delta_4 + C_{2,5} \delta_5 &= C_{2,3} R_3 / K \\ S_3 \delta_{B3} + C_{3,1} \delta_1 + C_{3,2} \delta_2 + C_{3,4} \delta_4 + C_{3,5} \delta_5 &= (C_{3,3} - K) R_3 / K \\ S_4 \delta_{B3} + C_{4,1} \delta_1 + C_{4,2} \delta_2 + (C_{4,4} - K) \delta_4 + C_{4,5} \delta_5 &= C_{4,3} R_3 / K \\ S_5 \delta_{B3} + C_{5,1} \delta_1 + C_{5,2} \delta_2 + C_{5,4} \delta_4 + (C_{5,5} - K) \delta_5 &= C_{5,3} R_3 / K \end{aligned} \right\} (2)$$

ここに、

$K$  : 軸受支持剛性であり、一定値  $K = 5000$  (kN/mm) とする。

$S_i$  : 前(1)と同様。

$C_{i,j}$  : 機関内の支点  $j$  が下方に  $1$  mm だけ変位したときの支点  $i$  における反力の増加量 (荷重影響係数) (kN/mm)。ただし、 $i, j$  は機関内の船尾側からとった支点番号とする。

$\delta_i (i = 1,2,3,4,5)$  : 上記の方程式を解くことで得られる船体たわみの影響による機関内の軸受の弾性変位。

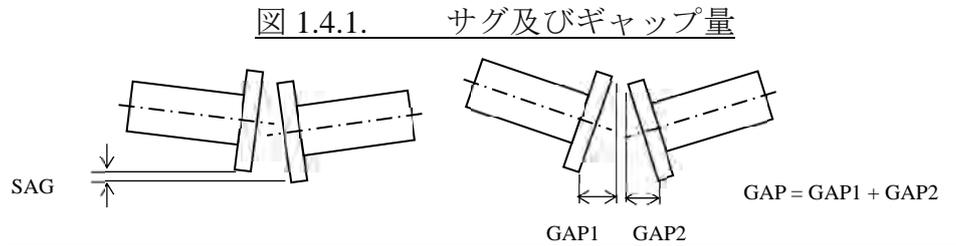
-2. 前-1.にかかわらず、満載喫水時における機関軸受の強度を評価した資料が提出された場合は、本会は、当該資料を検討の上、可否を判定する。

-3. 特殊な船尾構造を有すると判断される場合には、本会は、船体たわみに関する構造解析等の資料を要求することがある。

## 1.4 艀装要領に関する事項

### 1.4.1 軸継手間のサグ及びギャップ量

軸受高さが 1.3.1 で計算した値となるような、軸結合前における軸継手間のサグ及びギャップ量を計算しなければならない。



### 1.4.2 軸受荷重計測要領

軸受荷重計測がジャッキアップ法により行われる場合には、ジャッキアップ位置、荷重修正係数、ジャッキ荷重を含む計測要領書を作成しなければならない。また、このときの軸受荷重には、計測時のプロペラ没水深度を考慮しなければならない。

「内陸水路航行船規則」の一部を次のように改正する。

## 7 編 機関

### 1 章 通則

#### 1.1 一般

##### 1.1.4 規定の軽減\*

-1.を次のように改める。

-1. 次に掲げる機関について、本会が差し支えないと認める場合には、本編の規定の一部を軽減して適用することができる。

- (1) 発電機又は補機を駆動する小型の原動機（動力伝達装置及び軸系を含む。）
- (2) 操貨補機及びそれらを駆動する原動機 （動力伝達装置及び軸系を含む。）
- (3) その他、容量、用途又は使用条件等を考慮して本会が適当と認める機関

## 4章 軸系

### 4.2 材料, 構造及び強度

#### 4.2.2 中間軸\*

-1. 鍛鋼品（ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。）の中間軸の径は，次の算式による値よりも小としてはならない。

$$d_0 = F_1 k_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{N_0} \left( \frac{560}{T_s + 160} \right) K}$$

$d_0$  : 中間軸の所要径 (mm)

$H$  : 機関の連続最大出力 (kW)

$N_0$  : 機関の最大出力時の中間軸の回転数 (rpm)

$F_1$  : 表 7.4.1 による係数

$k_1$  : 表 7.4.2 による係数

$T_s$  : 軸の材料の規格最低引張強さ ( $N/mm^2$ )。ただし，算式に用いる  $T_s$  の上限は，炭素鋼の場合  $760N/mm^2$ ，低合金鋼の場合  $800N/mm^2$  とする。

$K$  : 中空軸の補正係数で次式による値

ただし， $d_i \leq 0.4d_a$  の場合には， $K=1$  とし差し支えない。

$$K = \frac{1}{1 - \left( \frac{d_i}{d_a} \right)^4}$$

$d_i$  : 中空軸の内径 (mm)

$d_a$  : 中空軸の外径 (mm)

-2. 前-1.以外の材料により製造される中間軸の径については，本会が適当と認めるところによる。

(表 7.4.1 は省略)

表 7.4.2 を次のように改める。

表 7.4.2  $k_1$  の値

一体フランジ継手 の場合 <sup>(1)</sup>	焼ばめ、押しばめ、 冷しばめ継手 とする場合 <sup>(42)</sup>	キー溝を 設ける場合 <sup>(43)</sup> (4)	横穴を 設ける場合 <sup>(45)</sup>	軸方向にスロットを 設ける場合 <sup>(46)</sup>	スプラインを 設ける場合 <sup>(47)</sup>
1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.15

注

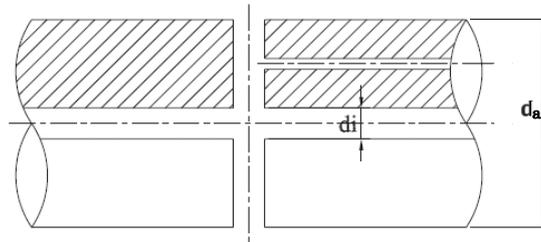
(1) フランジの根元すみ肉部は、軸径の 0.08 倍以上の半径の丸味を付けなければならない。

(42) 連続使用時にねじり振動応力が 6.2.2-1.(1) に掲げる  $\tau_1$  の 85% を超える場合には、はめあい部の径を 1~2% 増加させて、軸との間を当該増加量と同程度の半径を有する丸味をつけて結ぶこと。

(43) キー溝端から  $0.2d_0$  以上離れた範囲は、 $k=1.0$  として算出した軸所要径まで漸減して差し支えない。また、キー溝底の横断面のすみ肉半径は  $0.0125d_0$  以上とする。

(4) 6.3 により連続使用禁止範囲を設ける場合、一般にキー溝を設けてはならない。

(45) 穴径は  $0.3d_0$  以下とする。横穴に軸方向の穴（軸の中心以外に設けられたもの）が交差する場合（下図参照）には、提出された資料をもとに本会がその都度定める。



(46) スロットの形状は次による。スロットの数は軸の周上に等間隔で 3 個以下とし、軸表面のかどすみ部は、原則として面取り以外に丸味をつけないこと。

(a)  $l < 0.8d_a$

(b)  $d_i < 0.7d_a$

(c)  $0.15d_a < e \leq 0.2d_a$

(d)  $r \geq e/2$

ここで、

$l$  : スロットの長さ

$d_a$  : 中空軸の外径

$d_i$  : 中空軸の内径

$e$  : スロットの幅

$r$  : スロット端部の丸味半径

(47) スプラインの形状は、JIS B 1601 又は JIS B 1601 相当とする。

### 4.2.3 スラスト軸\*

-3.を-4.に改め、-3.として次の 1 項を加える。

(-1.及び-2.は省略)

-3. スラスト受けカラーの両側の根元すみ肉部は、軸径の 0.08 倍以上の半径の丸味を付けなければならない。

~~-3.1.~~ 前-1.以外の材料により製造されるスラスト軸の径については、本会が適当と認めるところによる。

#### 4.2.4 プロペラ軸及び船尾管軸\*

-3.を-4.に改め、-3.として次の1項を加える。

(-1.及び-2.は省略)

-3. 船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲については、4.2.2-1.の算式より算出される中間軸の所要径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて減少させて差し支えない。ここで、ステンレス鋼鍛鋼品等により製造されるものにあつては、 $T_s = 400$ として算出される所要径を用いる。

~~-34.~~ 前-1.及び-2.以外のプロペラ軸及び船尾管軸の径については、本会が適当と認めるところによる。

表 7.4.3 を次のように改める。

表 7.4.3  $k_2$  の値

	適用範囲	$k_2$ の値
1	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部（プロペラの取付けがフランジ構造の場合には、フランジ前面部）から最後の船尾管軸受の船首端、または $2.5d_s$ の範囲のうち、いずれか広い方の範囲	プロペラとプロペラ軸との取付けをキーレスで行う場合又はフランジ継手で行う場合
		プロペラとプロペラ軸との取付けをキーで行う場合
2	前1の範囲を除き、船首側に向って、船首側船尾管シール装置の船首端下までの範囲	1.15 <sup>(1)</sup>
3	船尾管軸	1.15 <sup>(1)</sup>
4	船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲	1.15 <sup>(2)</sup>

注

(1) 境界部は滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて軸径を減少させること。

~~(2) 4.2.2 の算式を適用して算出される径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて減少させて差し支えない。~~

表 7.4.4 を次のように改める。

表 7.4.4  $k_3$  の値

	適用範囲	KSUSF316 KSUS316-SU	KSUSF316L KSUS316L-SU
1	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ大端部（プロペラの取付けがフランジ構造の場合には、フランジ前面部）から最後の船尾管軸受の船首端、または $2.5d_s$ の範囲のうち、いずれか広い方の範囲	1.28	1.34
2	前1の範囲を除き、船首側に向かかって、船首側船尾管シール装置の船首端下までの範囲	1.16 <sup>(1)</sup>	1.22 <sup>(1)</sup>
3	船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲	1.16 <sup>(2)</sup>	1.22 <sup>(2)</sup>

注

(1) 境界部は滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて軸径を減少させること。

~~(2) 4.2.2-1.の算式で  $T_s = 400$  として算出される径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて減少させて差し支えない。~~

#### 4.2.7 プロペラ軸及び船尾管軸の腐食防止\*

-3.を次のように改める。

-3. プロペラキャップ又はプロペラボスと軸とのすき間には~~獣脂類~~グリースを詰込むか、又はこれに代わる他の方法で、軸が水によって腐食されることを防がなければならない。

#### 4.2.10 船尾管軸受及び張出し軸受\*

-1.を次のように改める。

-1. プロペラ重量を支える船尾管の後端の軸受、又は張出し軸受は次の(1)から(3)の規定によらなければならない。

(1) 油潤滑を行う場合

(a) ホワイトメタルを軸受の材料に用いる場合

i) 船尾管軸受（又は張出し軸受けがある場合には、張出し軸受）の長さは、**4.2.4-1.**又は**-2.**の算式によるプロペラ軸の所要径の2倍の値以上とすること。ただし、呼称軸受面圧（軸及びプロペラの荷重が船尾端の軸受に単独にかかることと仮定して得られる当該軸受の静的反力を軸受面積（軸の直径に軸受長さを乗じたもの。）で除して得られる面圧。以下同じ。）が  $0.8 \text{ MPa}$  を超えず、本会が別に定めるところにより特別に配慮された構造及び設備~~について承認した~~を有する場合には、当該軸受の長さを、プロペラ軸の実際径の1.5倍の値を下回らない範囲で減ずることができる。

(ii)から(iv)は省略)

(b) ホワイトメタル以外の材料を軸受の材料に用いる場合

i) 材料、構造及び潤滑方式について、あらかじめ本会の承認を得たものとする。

ii) 油潤滑船尾管軸受用として承認を受けた合成ゴム、強化樹脂又は合成樹脂製の軸受の長さは、**4.2.4-1.**又は**-2.**の算式によるプロペラ軸の所要径の2倍の値以上とすること。ただし、呼称軸受面圧が  $0.6 \text{ MPa}$  を超えず、本会が特別に承認した軸受~~については~~定めるところにより特別に配慮された構造及び設備を有する場合には、当該軸受の長さを、プロペラ軸の実際径の1.5倍の値を下回らない範囲で減ずることができる。

iii) (省略)

(2) 水潤滑を行う場合

(a) 材料、構造及び潤滑方式について、あらかじめ本会の承認を得たものとする。

(b) 軸受の長さは、**4.2.4-1.**又は**-2.**の算式によるプロペラ軸の所要径の4倍又は実際径の3倍のうちいずれか大きい方の値以上とすること。ただし、水潤滑船尾管軸受用として承認を受けた合成ゴム、強化樹脂又は合成樹脂製の軸受については、本会が別に定めるところにより特別に配慮された構造及び設備を有する場合には、軸受の長さを **4.2.4-1.**又は**-2.**の算式によるプロペラ軸の所要径の2倍又は実際径の1.5倍のうちいずれか大きい方の値を下回らない範囲で減ずるこ

- とができる。
- (3) グリース潤滑を行う場合  
プロペラ軸の実際径が 100 mm 以下である場合には、グリース潤滑を行うことができる。この場合、軸受の長さは、**4.2.4-1.**又は**-2.**の算式によるプロペラ軸の所要径の4倍以上とすること。

4.2.12 を次のように改める。

#### **4.2.12 軸系アライメント<sup>※</sup>**

油潤滑を行う船尾管軸受又は張出し軸受であってプロペラ軸の実際径が 400 mm 以上の場合には、軸の曲げモーメント、軸受荷重及び軸の変位量等を含む軸系アライメントについて、鋼船規則 D 編附属書 6.2.13 による計算書を提出し、本会の承認を得なければならない。

## 6章 軸系ねじり振動

### 6.2 許容限度

#### 6.2.2 中間軸, スラスト軸, プロペラ軸及び船尾管軸\*

-1. 主機として往復動内燃機関を用いる船舶（電気推進船を除く。）の鍛鋼品（ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。）の中間軸, スラスト軸, プロペラ軸及び船尾管軸に作用するねじり振動応力は, 次の(1)および(2)の規定によらなければならない。ただし, これらのうち第2種プロペラ軸及び第2種船尾管軸にあつては, 本会が適当と認めるところによる。

(1) 機関の回転数が, 連続最大回転数の80%を超え, 連続最大回転数の105%以下の回転数範囲において, ねじり振動応力は, 次に示す $\tau_1$ を超えないこと。

$$\tau_1 = \frac{T_s + 160}{18} C_K C_D (3 - 2\lambda^2) (\lambda \leq 0.9)$$

$$\tau_1 = 1.38 \frac{T_s + 160}{18} C_K C_D (0.9 < \lambda)$$

$\tau_1$  :  $0.8 < \lambda \leq 1.05$ の回転数範囲におけるねじり振動応力の許容限度 ( $N/mm^2$ )

$\lambda$  : 使用回転数と連続最大回転数の比

$T_s$  : 軸の材料の規格最低引張強さ ( $N/mm^2$ )

ただし, 算式に使用する $T_s$ の上限は, 中間軸及びスラスト軸においては  $800N/mm^2$  (炭素鋼の場合には原則として  $600N/mm^2$ ) 並びにプロペラ軸及び船尾管軸においては  $600N/mm^2$  とする。

また, プロペラ軸及び船尾管軸において, 承認された耐食性材料で製造された軸, 又はこれ以外の材料で製造され, かつ, 水に対する確実な防食が行われていない軸については本会が適当と認めるところによる。

$C_K$  : 軸の種類及び形状に関する係数で表 7.6.1 による。

$C_D$  : 軸の大きさに関する係数で次式による。

$$C_D = 0.35 + 0.93d^{-0.2}$$

$d$  : 軸の直径 ( $mm$ )

(2) (省略)

(-2.及び-3.は省略)

表 7.6.1 を次のように改める。

表 7.6.1  $C_K$  の値<sup>(54)</sup>

中間軸						スラスト軸		プロペラ軸 及び船尾管軸	
一体フランジ継手の場合	焼きばめ、押しばめ、冷しばめ継手の場合	テーパ部にキー溝を設ける場合	円筒部にキー溝を設ける場合	横穴を設ける場合 <sup>(4)</sup>	軸方向にスロット <sup>(4)</sup> を設ける場合 <sup>(1)</sup>	スラストカラーの両側	ころがり軸受の軸方向荷重を受ける部分	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部付近 <sup>(2)</sup>	左欄以外の範囲 <sup>(43)</sup>
1.0	1.0	0.6	0.45	0.50	0.30 <sup>(1)</sup>	0.85	0.85	0.55	0.80

備考:

(1) ~~表 7.4.2 注(3)による。~~

(2) ~~表 7.4.2 注(4)による。~~ 軸方向にスロットを設ける場合の  $C_K$  は、次式による値とすることができる。

$$C_K = 1.45/scf$$

$$scf = \alpha_{t(hole)} + 0.80 \frac{(1-e)/d_a}{\sqrt{(1-d_i/d_a)e}}$$

ここで、

$scf$ : スロット部における最大主応力と、スロットのない中空軸にトルクを加えた場合の呼び応力の $\sqrt{3}$ 倍との比で定義される応力集中係数 (有限要素解析により得られた値を使用して差し支えない。)

$l$  : スロットの長さ

$e$  : スロットの幅

$d_i$  : スロット部における中空軸の内径

$d_a$  : 中空軸の外径

$\alpha_{t(hole)}$ : スロットの幅と等しい径の横穴に対する応力集中係数であって、次式により定められるもの (近似値として 2.3 を使用して差し支えない)

$$\alpha_{t(hole)} = 2.3 - 3 \frac{e}{d_a} + 15 \left( \frac{e}{d_a} \right)^2 + 10 \left( \frac{e}{d_a} \right)^2 \left( \frac{d_i}{d_a} \right)^2$$

(2) プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部 (プロペラの取付けがフランジ構造の場合には、フランジ前面部) から最後部の船尾管軸受の船首端又は  $2.5 d_a$  の範囲のうち、いずれか広い方の範囲。ここで、 $d_a$ : プロペラ軸又は船尾管軸の所要径。

(43) 船首側に向かって、船首側船尾管シール装置の船首端下までの範囲。

(54) 上記以外の  $C_K$  の値は、提出された資料をもとに本会がその都度定める。

(表 7.6.2 は省略)

### 6.3 連続使用禁止範囲

6.3.1 を次のように改める。

#### 6.3.1 連続使用禁止範囲\*

-1. ねじり振動応力が 6.2 に定める許容限度  $\tau_1$  を超える場合には、速やかにその回転数を通過させなければならないことを示す連続使用禁止範囲を設け、回転計に赤帯を入れてこれを表示しなければならない。この場合、連続使用禁止範囲は、次によらなければならない。

(1) 次に示す範囲を含むこと。

$$\frac{16N_c}{18-\lambda} \leq N_0 \leq \frac{(18-\lambda)N_c}{16}$$

$N_0$  : 連続使用禁止の回転数 (rpm)

$N_c$  : 共振時の回転数 (rpm)

$\lambda$  : 共振時の回転数と連続最大回転数との比

(2) 可変ピッチプロペラについては、ピッチが最大及びゼロの両方の条件が考慮されること。

(3) 回転計の誤差を考慮したものとしなければならない。

(4) 連続使用禁止範囲の上限及び下限は、機関の運転が安定する回転数でなければならない。

~~(35)~~ 1のシリンダが失火した状態に対して定められるものについては、推進機関が単一の場合であっても安全な航行に支障をきたさないこと。

-2. 6.2 に定める許容限度 $\tau_1$ を超える応力の発生する回転数範囲が、計測により確認できた場合には、-1.に規定する範囲にかかわらず、その回転数範囲を連続使用禁止範囲とすることができる。~~ただし、回転計の誤差を考慮したものとしなければならない。~~

-3. 前-1.及び-2.に掲げる連続使用禁止範囲を速やかに通過することが困難な機関にあつては、ねじり振動の共振点を変更する等の必要な措置を講じなければならない。

「鋼船規則検査要領」の一部を次のように改正する。

## D 編 機関

### D1 通則

#### D1.1 一般

D1.1.4 を次のように改める。

##### D1.1.4 規定の軽減

規則 D 編 1.1.4 に掲げる機関については、他編又は別規則により規定されるものを除き、規則 D 編の一部の規定を次のとおり取扱うことができる。

- (1) 発電機、推進補機及び操船・保安補機を駆動する原動機（動力伝達装置及び軸系を含む。~~以下同じ。~~）については、原動機の容量に応じて次による。
    - (a) 出力 100 kW 未満の原動機
      - i) 図面の提出を省略することができる。
      - ii) 主要部品の材料は、JIS 規格又は本会が適当と認める規格に適合したものとすることができる。この場合、材料（弁及び管取付け物を除く。）は、原則として本会の承認を受けた製造工場で製造されたものとする。
      - iii) 製造工場等における試験は、製造者が行う試験に代えることができる。この場合、本会は試験成績書の提出又は提示を要求することがある。
    - (b) 出力 100 kW 以上 375 kW 未満の原動機
      - i) 主要部品の材料は(a)ii)の取扱いによることができる。
      - ii) 製造工場等における試験のうち、水圧試験並びに過給機の動的釣合試験、過速度試験及び運転試験については(a)iii)の取扱いによることができる。
  - (2) 操貨補機を駆動する原動機（動力伝達装置及び軸系を含む。）は、原動機の容量に応じて次による。
    - (a) 出力 375 kW 未満の原動機  
前(1)(a)の取扱いによることができる。
    - (b) 出力 375 kW 以上の原動機  
前(1)(b)の取扱いによることができる。
- ((3)から(7)は省略)

## D6 軸系

### D6.1 一般

D6.1.2 を削る。

#### ~~D6.1.2 図面及び資料~~

~~規則 D 編 6.2.1(1)(I)viii) について「軸系アライメント計算書」とは、附属書 D6.2.13 によるものをいう。~~

### D6.2 材料，構造及び強度

D6.2.2 を削る。

#### ~~D6.2.2 中間軸~~

~~規則 D 編 6.2.2-1. について「本会が適当と認める場合」とは、規格最低引張強さが  $800\text{ N/mm}^2$  を超える低合金鋼鍛鋼品（ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。）により製造される中間軸が、附属書 D6.2.2 「中間軸高強度材料の使用に関する検査要領」の規定を満足する場合をいう。~~

#### D6.2.4 プロペラ軸及び船尾管軸

-1. 炭素鋼鍛鋼品又は低合金鋼鍛鋼品により製造される，第2種プロペラ軸及び第2種船尾管軸の所要径に関して，規則 D 編 6.2.4-1. について「本会が適当と認めるところ」とは，次式により所要径の値を算出することをいう。

$$d_s = 100k_3 \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{N_0}}$$

$d_s$  : プロペラ軸の所要径 (mm)

$H$  : 機関の連続最大出力 (kW)

$N_0$  : 機関の連続最大出力時における軸の回転数 (rpm)

$k_3$  : 軸の種類に関する係数で表 D6.2.4-1. による値

-2. 規則 D 編 6.2.4-2. の係数  $k_3$  に関する表 D6.4 に掲げられる以外のステンレス鋼鍛鋼品等により製造されるプロペラ軸及び船尾管軸に対する  $k_3$  の値は表 D6.2.4-2. によるものとする。また，第2種プロペラ軸及び第2種船尾管軸にあっても本規定によって差し支えない。

表 D6.2.4-1.の注記を次のように改める。

表 D6.2.4-1.  $k_3$  の値

	適用範囲	$k_3$ の値
1	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部（プロペラの取付けがフランジ全面部）から最後部の船尾管軸受の船首端、または $2.5d_s$ の範囲のうち、いずれか広い方の範囲	1.33
2	前1の範囲を除き、船首側に向かって、船首側船尾管封水装置の船首端下までの範囲	1.21 <sup>(1)</sup>
3	船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲	1.21 <sup>(2)</sup>

(注)

- (1) 境界部は滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて軸径を減少させること。
- (2) 規則 D 編 6.2.4-13 の算式で  $T_2 = 400$  として算出される径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて従って軸径を減少させて差し支えない。

表 D6.2.4-2.の注記を次のように改める。

表 D6.2.4-2.  $k_3$  の値

	適用範囲	軸材料	
		オーステナイト系ステンレス鋼で 0.2 %耐力が 205 N/mm <sup>2</sup> 以上のもの	マルテンサイト系析出硬化型ステンレス鋼で 0.2 %耐力が 400 N/mm <sup>2</sup> 以上のもの
1	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部（プロペラの取付けがフランジ構造の場合はフランジ全面部）から最後部の船尾管軸受の船首端、または $2.5d_s$ の範囲のうち、いずれか広い方の範囲	1.28	1.05
2	前1の範囲を除き、船首側に向かって、船首側船尾管封水装置の船首端下までの範囲	1.16 <sup>(1)</sup>	0.94 <sup>(1)</sup>
3	船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲	1.16 <sup>(2)</sup>	0.94 <sup>(2)</sup>

(注)

- (1) 境界部は滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて軸径を減少させること。
- (2) 規則 D 編 6.2.4-13 の算式で  $T_2 = 400$  として算出される径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて従って軸径を減少させて差し支えない。

D6.2.10 を次のように改める。

### D6.2.10 船尾管軸受及び張出し軸受

-1. 規則 D 編 6.2.10-1.(1)(a)i) という「本会が別に定めるところ」とは、原則として次の(1)及び(2)をいう。

~~軸受の長さを規則 D 編 6.2.10-1.(1)(a)i) に従ってプロペラ軸の所要径の 2 倍の値よりも短くする場合には、原則として次の(1)及び(2)によること。~~

- (1) 規則附属書 D6.2.13 により軸系アライメントの計算を行うこと。
- (2) 軸受の潤滑条件を改善するために、次の対策を講じること。
  - (a) 潤滑油の入口を軸受の船尾端に設け、潤滑油をゆるやかに強制循環させる。
  - (b) 軸受の船尾端下部の温度を計測する次のいずれかの装置及び高温警報装置（設定温度は 60°C 以下とすること。）を設ける。
    - i) 2 個以上の温度センサーを備えたもの。

- ii) 船内から取替え可能な 1 個の温度センサー及び予備の温度センサーを備えたもの。この場合、温度センサーの取替えに関する要領を示す資料を提出し、これに従い、実際に取替え可能であることが確認されること。

(c) 潤滑油サンプタンクに液面の低位警報装置を設ける。

-2. 規則 D 編 6.2.10-1.(1)(b)ii)にいう「本会が特に承認した軸受別に定めるところ」とは、原則として次の(1)及び(2)をいう。

~~軸受の長さを規則 D 編 6.2.10-1.(1)(b)ii)に従ってプロペラ軸の所要径の 2 倍の値よりも短くする場合には、原則として次の(1)及び(2)によること。~~

- (1) 規則附属書 D6.2.13 により軸系アライメントの計算を行い、船尾端の軸受における呼称軸受面圧等が、当該軸受の使用承認時の条件を満足すること。
- (2) 前-1.(2)に掲げる対策を講じること。

-3. 規則 D 編 6.2.10-1.(2)(b)にいう「本会が別に定めるところ」とは、原則として次の(1)及び(2)をいう。

~~軸受の長さを規則 D 編 6.2.10-1.(2)(b)に従ってプロペラ軸の所要径の 4 倍又は実際径の 3 倍のうちいずれか大きい方の値よりも短くする場合には、原則として次の(1)及び(2)によること。~~

- (1) 呼称軸受面圧が、当該軸受の使用承認時の許容面圧以下であること。
- (2) 冷却水ポンプによる強制潤滑方式を採用し、水の軸受への入口側に流量低下警報を設けること。

D6.2.13 を削る。

#### **~~D6.2.13 軸系アライメント~~**

~~規則 D 編 6.2.13 における軸系アライメントの承認のために、附属書 D6.2.13 「軸系アライメントの計算に関する検査要領」に基づく計算書を提出すること。~~

## D8 軸系ねじり振動

### D8.2 許容限度

#### D8.2.2 中間軸, スラスト軸, プロペラ軸及び船尾管軸

-3.を削る。

~~3. 規則 D 編 8.2.2 1.(1)にいう「本会が適当と認める場合」とは、規格最低引張強さが  $800\text{N/mm}^2$  を超える低合金鋼鍛鋼品（ステンレス鋼鍛鋼品等を除く。）により製造される中間軸が、附属書 D6.2.2「中間軸高強度材料の使用に関する検査要領」の規定を満足する場合をいう。~~

#### D8.2.6 詳細検討

-3.を削る。

~~3. 規則 D 編 8 章表 D8.1 において、軸方向にスロットを設ける場合の  $C_{sc}$  は、次式による値を用いることができる。~~

$$\del C_{sc} = 1.45/scf$$

$$\del scf = \alpha_{\del scf} + 0.80 \frac{(l-e)/d_{sa}}{\sqrt{\left(1 - \frac{d_{si}}{d_{sa}}\right) \frac{e}{d_{sa}}}}$$

~~ここで、~~

~~scf: スロット部における最大主応力と、スロットのない中空軸にトルクを加えた場合の呼び応力の  $\sqrt{3}$  倍との比で定義される応力集中係数（有限要素解析により得られた値を使用して差し支えない。）~~

~~l: スロットの長さ~~

~~e: スロットの幅~~

~~$d_{si}$ : スロット部における中空軸の内径~~

~~$d_{sa}$ : 中空軸の外径~~

~~$\alpha_{\del scf}$ : スロットの幅と等しい径の横穴に対する応力集中係数であって、次式により定められるもの（近似値として 2.3 を使用して差し支えない）~~

$$\del \alpha_{\del scf} = 2.3 - 3 \frac{e}{d_{sa}} + 15 \left(\frac{e}{d_{sa}}\right)^2 + 10 \left(\frac{e}{d_{sa}}\right)^2 \left(\frac{d_{si}}{d_{sa}}\right)^2$$

附属書 D6.2.2 を削る。

~~附属書 D6.2.2 中間軸高強度材料の使用に関する検査要領~~

~~(省略)~~

附属書 D6.2.13 を削る。

~~附属書 D6.2.13 軸系アライメントの計算に関する検査要領~~

~~(省略)~~

「内陸水路航行船規則検査要領」の一部を次のように改正する。

## 7 編 機関

### 4 章 軸系

#### 4.2 材料、構造及び強度

##### 4.2.4 プロペラ軸及び船尾管軸

-1. 炭素鋼鍛鋼品又は低合金鋼鍛鋼品により製造される、第2種プロペラ軸及び第2種船尾管軸の所要径に関して、規則7編4.2.4-1.にいう「本会が適当と認めるところ」とは、次式により所要径の値を算出することをいう。

$$d_s = 100k_3 \cdot \sqrt[3]{\frac{H}{N_0}}$$

$d_s$  : プロペラ軸の所要径 (mm)

$H$  : 機関の連続最大出力 (kW)

$N_0$  : 機関の連続最大出力時における軸の回転数 (rpm)

$k_3$  : 軸の種類に関する係数で表7.4.2.4-1.による値

-2. 規則7編4.2.4-2.の係数 $k_3$ に関する表7.4.4に掲げられる以外のステンレス鋼鍛鋼品等により製造されるプロペラ軸及び船尾管軸に対する $k_3$ の値は表7.4.2.4-2.によるものとする。また、第2種プロペラ軸及び第2種船尾管軸にあっても本規定によって差し支えない。

表7.4.2.4-1.の注記を次のように改める。

表7.4.2.4-1.  $k_3$ の値

	適用範囲	$k_3$ の値
1	プロペラ軸のプロペラ取付けテーパ部大端部(プロペラの取付けがフランジ全面部)から最後部の船尾管軸受の船首端、または $2.5d_s$ の範囲のうち、いずれか広い方の範囲	1.33
2	前1の範囲を除き、船首側に向かって、船首側船尾管封水装置の船首端下までの範囲	1.21 <sup>(1)</sup>
3	船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲	1.21 <sup>(2)</sup>

注

(1) 境界部は滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて軸径を減少させること。

(2) 規則7編4.2.4-13.の算式で $T_0 = 400$ として算出される径まで滑らかなテーパ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて従って軸径を減少させて差し支えない。

表 7.4.2.4-2.の注記を次のように改める。

表 7.4.2.4-2.  $k_3$  の値

	適用範囲	軸材料	
		オーステナイト系ステンレス鋼 で 0.2% 耐力が 205N/mm <sup>2</sup> 以上の もの	マルテンサイト系析出硬化型ステ ンレス鋼で 0.2% 耐力が 400N/mm <sup>2</sup> 以上のもの
1	プロペラ軸のプロペラ取付けテーバ部大端部（プロペラの取付けがフランジ構造の場合はフランジ全面部）から最後部の船尾管軸受の船首端、または $2.5d_s$ の範囲のうち、いずれか広い方の範囲	1.28	1.05
2	前 1 の範囲を除き、船首側に向かって、船首側船尾管封水装置の船首端下までの範囲	1.16 <sup>(1)</sup>	0.94 <sup>(1)</sup>
3	船首側船尾管シール装置の船首端下から中間軸との継手までの範囲	1.16 <sup>(2)</sup>	0.94 <sup>(2)</sup>

注

- (1) 境界部は滑らかなテーバ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて軸径を減少させること。
- (2) 規則 7 編 4.2.24-13 の算式で  $T_0 = 400$  として算出される径まで滑らかなテーバ又は軸径の変化量と同程度の半径を有する丸味をつけて従って軸径を減少させて差し支えない。

4.2.10 を次のように改める。

#### 4.2.10 船尾管軸受及び張出し軸受

-1. 規則 7 編 4.2.10-1.(1)(a)i) いう「本会が別に定めるところ」とは、原則として次の(1)及び(2)をいう。

~~軸受の長さを規則 7 編 4.2.10-1.(1)(a)i) に従ってプロペラ軸の所要径の 2 倍の値よりも短くする場合には、原則として次の(1)及び(2)によること。~~

- (1) 鋼船規則検査要領-D 編附属書 D6.2.13 により軸系アライメントの計算を行うこと。
- (2) 軸受の潤滑条件を改善するために、次の対策を講じること。
  - (a) 潤滑油の入口を軸受の船尾端に設け、潤滑油をゆるやかに強制循環させる。
  - (b) 軸受の船尾端下部の温度を計測する次のいずれかの装置及び高温警報装置（設定温度は 60℃以下とすること。）を設ける。
    - i) 2 個以上の温度センサーを備えたもの
    - ii) 船内から取替え可能な 1 個の温度センサー及び予備の温度センサーを備えたもの。この場合、温度センサーの取替えに関する要領を示す資料を提出し、これに従い、実際に取替え可能であることが確認されること。
  - (c) 潤滑油サンプルタンクに液面の低位警報装置を設ける。

-2. 規則 7 編 4.2.10-1.(1)(b)ii) いう「本会が特に承認した軸受別に定めるところ」とは、原則として次の(1)及び(2)をいう。

~~軸受の長さを規則 7 編 4.2.10-1.(1)(b)ii) に従ってプロペラ軸の所要径の 2 倍の値よりも短くする場合には、原則として次の(1)及び(2)によること。~~

- (1) 鋼船規則検査要領-D 編附属書 D6.2.13 により軸系アライメントの計算を行い、船尾端の軸受における呼称軸受面圧等が、当該軸受の使用承認時の条件を満足すること。
- (2) 前-1.(2)に掲げる対策を講じること。

-3. 規則 7 編 4.2.10-1.(2)(b) いう「本会が別に定めるところ」とは、原則として次の(1)及び(2)をいう。

~~軸受の長さを規則 7 編 4.2.10-1.(2)(b) に従ってプロペラ軸の所要径の 4 倍又は実際径の 3~~

~~倍のうちいずれか大きい方の値よりも短くする場合には、原則として次の(1)及び(2)によること。~~

- ~~(1) 呼称軸受面圧が、当該軸受の使用承認時の許容面圧以下であること。~~
- ~~(2) 冷却水ポンプによる強制潤滑方式を採用し、水の軸受への入口側に流量低下警報を設けること。~~

4.2.12 を削る。

#### ~~4.2.12 軸系アライメント~~

~~規則7編4.2.12における軸系アライメントの承認のために、鋼船規則検査要領D編附属書D6.2.13「軸系アライメントの計算に関する検査要領」に基づく計算書を提出すること。~~

## 6章 軸系ねじり振動

### 6.2 許容限度

#### 6.2.6 詳細検討

-3.を削る。

~~3. 規則7編6章表7.6.1において、軸方向にスロットを設ける場合の $C_{\#}$ は、次式による値を用いることができる。~~

$$~~C_{\#} = 1.45/scf~~$$

$$~~scf = \alpha_{\#(note)} + 0.80 \frac{(l-e)/d_{\#}}{\sqrt{\left(1 - \frac{e}{d_{\#}}\right) \frac{e}{d_{\#}}}}~~$$

~~ここで、~~

~~scf: スロット部における最大主応力と、スロットのない中空軸にトルクを加えた場合の呼び応力の $\sqrt{3}$ 倍との比で定義される応力集中係数（有限要素解析により得られた値を使用して差し支えない。）~~

~~$l$ : スロットの長さ~~

~~$e$ : スロットの幅~~

~~$d_{\#}$ : スロット部における中空軸の内径~~

~~$d_{\#}$ : 中空軸の外径~~

~~$\alpha_{\#(note)}$ : スロットの幅と等しい径の横穴に対する応力集中係数であって、次式により定められるもの（近似値として2.3を使用して差し支えない）~~

$$~~\alpha_{\#(note)} = 2.3 \left[ 3 \frac{e}{d_{\#}} + 15 \left( \frac{e}{d_{\#}} \right)^2 + 10 \left( \frac{e}{d_{\#}} \right)^2 \left( \frac{d_{\#}}{d_{\#}} \right)^2 \right]~~$$

「船用材料・機器等の承認及び認定要領」の一部を次のように改正する。

## 第 6 編 機関

### 2 章 船用機器の使用承認

#### 2.1 一般

2.1.1 を次のように改める。

##### 2.1.1 適用

本章の規定は、船舶に搭載装備する前に、その使用に関してあらかじめ本会の承認を得ることが鋼船規則に定められている特定の船用機器について、当該規定に基づき、次に掲げる船用機器を船舶に搭載装備するための承認に関する試験、検査等に適用する。

(1)から(4)は省略)

(5) 船尾管軸受 (鋼船規則 D 編 6.2.10-1.~~(3)~~(1)(b)i)及び(2)(a))

((6)から(13)は省略)