

揚貨装置規則及び同検査要領改正の解説

まえがき

「揚貨装置規則」(以下、「旧規則」という。)は、昭和37年6月本会が制限荷重等の指定を行うことになった際に制定され、数次にわたって一部改正が加えられたものの、次の(1)から(4)に掲げるようにその後の揚貨装置の進歩と多様化に追随できず、また、社会情勢の変化にも対応できない点が多々生じていた。

- (1) 旧規則では、規則制定当時の代表的な揚貨装置であったデリック装置について詳細な規定が設けられているが、最近広く用いられている各種クレーン装置及びその他の装置については詳細な規定が設けられていない。
- (2) 滑車、ワイヤロープ等の揚貨装具に関する規定が設けられていない。
- (3) 旧規則の試験・検査及び証明書に関する規定は、ILO(国際労働機関)が定めた「船舶の荷積又は荷卸しに使用せらるる労働者の災害に対する保護に関する条約(第32号)」(1932年改正)の規定に基づいて制定されている。しかし、ILOでは、1979年6月6日に開催された第65回会議においてこの条約の見直しを行い、第152号条約「船舶の荷役作業に於ける職業上の安定と健康に関する条約」及びこの条約を補足する第160号勧告「船舶の荷役作業に於ける職業上の安全と健康に関する勧告」を併せて採択した。この条約は、1982年12月5日に発効し、1986年現在、西独をはじめ9箇国で批准されている。
- (4) オーストラリア政府では、1986年11月17日から施行された改正法令で、定期的検査に於ける荷重試験の規定を設けているので、今後は定期的検査における荷重試験の規定を設けていない船級協会は認められない。

以上のような点を考慮して、今般、規則名を「揚貨設備規則」と改め、規則14号「揚貨装置規則を改正する規則(昭和62年6月30日付)」、達17号「揚貨装置規則検査要領を改正する達(昭和62年6月30日付)」、達20号「“RULES FOR THE CONSTRUCTION AND SURVEY OF CARGO HANDLING MACHINERY AND GEAR”を改正する達(昭和62年6月30日付)」及び達22号「GUIDANCE FOR THE SURVEY AND CONSTRUCTION OF CARGO HANDLING APP-

LIANCES(昭和62年7月1日付)」によって、揚貨装置等に関係する諸規則の全面的な改正を行った。主な改正点は、次のとおりである。

- (1) クレーン装置について詳細な規定を設けた。
- (2) 揚貨装具に対する構造及び試験・検査の規定を設けた。
- (3) 荷役用リフト及び荷役用ランプウェイ装置は、主として自動車専用船に用いられており、これらの装置に対しても制限荷重の指定の有無について港湾荷役業者から指摘される場合が多々あることから、これらに対する制限荷重の指定もできるように規定を設けた。
- (4) ILO 152条約、ILO 160号勧告及びILO制定「船舶の荷役作業における安全と健康に関する実行指針(1979年版)」(以下、「ILO 実行指針」という。)の規定を検討し、現時点において妥当と判断される規定を可能な限り採り入れた。
- (5) 揚貨装具、荷役用リフト及び荷役用ランプウェイ装置について規定したことにより、規則名を改めた。

揚貨設備規則・同検査要領

1 章 総 則

1.1 一 般

1.1.1 適 用

揚貨装置等の制限荷重等の指定が、原則として申込みによるものである事を明記した。ただし、日本籍船舶に搭載される揚貨装置は、登録規則第七条の二(1)の規定により船級登録をうける又は受けている場合に適用される。本規則適用の流れ図は、次の図1のようになる。

1.1.2 同等効力

現時点で予測し得ないような特殊な揚貨装置等及び本規則に依らずに設計・製造された既成の揚貨装置等についても対応できる様に規定した。

1.1.3 図適用上の注意

揚貨装置等については、船籍国又は寄港国において、本規則と異なる取り扱いを受ける旨注意を促した。

1.2 定 義

1.2.1 定 義

デリック装置以外の各種クレーン装置等の揚貨装置の規定及び揚貨装具の規定を新たに設けた事により、必要な用語の定義を定めた。また、制限荷重の単位について

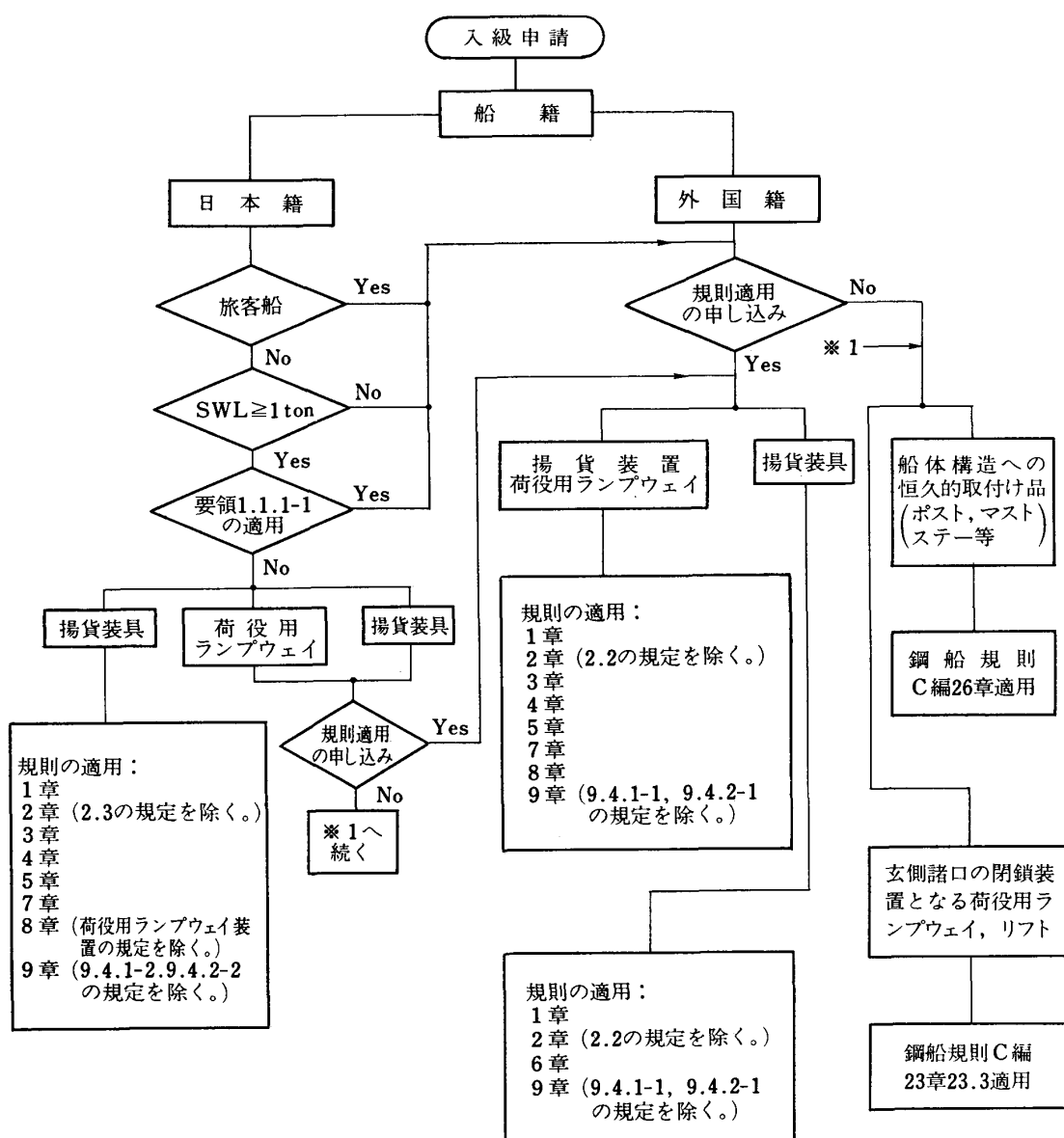


図1 適用の流れ図

は、現在 SI 単位系への移行過程にある事及び簡単のためにトン (ton) 表示でも差し支えないようにした。

1.3 配置、構造、材料、溶接等

配置、構造、材料、溶接等について、一般的に必要と考えられる規定を新に追加して規定した。

1.3.2 構造一般

本規則は、気象及び海象が静穏な海域において、通常のトリム及びヒールのもとで使用される揚貨装置及び荷役用ランプウェイ装置に対してのみ有効であり、要領に掲げるような装置については、個々の状況に応じて特別な考慮を払う必要がある。

1.3.3 直接強度計算

本規則における強度要件は、原則として、直接強度計

算に基づくものとしているが、旧規則の簡易設計法をも認めるものとした。

2章 試験及び検査

2章では、検査に関する一般的な事項を2.1に、日本籍船に施設する揚貨装置の試験・検査に関する事項を2.2に、制限荷重等の指定の申込みのあった揚貨装置、荷役用ランプウェイ装置又は揚貨装具の試験・検査に関する事項を2.3に、試験・検査の項目を揚貨装置等についてそれぞれ2.4に規定している。これらの規定には、ILO 152条約、ILO 160号勧告及びILO 実行指針のうち重要と判断された規定を取り入れている。

各種定期的検査の実施にあたって、その呼称及び実施

時期等の詳細が、船籍に応じて異なるので注意する必要がある。それらの対応を次の表 1 及び表 2 に示す。

2.4.6 荷重試験

試験荷重は、ILO 実行指針付録 D を取り入れて定めた。

3 章 デリック装置

本規則におけるデリック装置の強度要件は、原則として、直接強度計算に基づくものとしているが、旧規則の 203 から 212 に規定されていた 振り回し式デリック装置に対する従来の簡易設計法をも認めるものとした。

3.2 設計荷重

3.2.1 考慮すべき荷重

デリック装置の荷役時及び休止時の状態を考え、外洋及び荒天時には荷役作業を行わないとして、考慮すべき荷重を定めた。また、デリックブーム先端に作用する付加荷重として、旧規則の部材寸法決定の際に設定されていた旧検査要領 203 (1) (a) の実績値に基づく設計条件を検査要領に示した。

3.2.2 滑車の摩擦力

旧検査要領 203(1)(a)の規定である。

3.2.3 船体の傾斜による付加荷重

旧規則の部材寸法決定の際に仮定されていた設計条件を明示したもの。この値は、ILO 実行指針 7.2 に規定されている値である。ただし、特別な場合も考慮できるような斟酌規定を設けた。なお、この場合の検討要領を検査要領に規定した。

3.2.4 荷重の組合せ

予想され得る最も厳しい荷重条件での設計であるべき旨の規定を設けた。また、けんか巻きデリック装置にあっては、各々のポストとデリックブームが振り回し式デリック装置としての要件を満足しなければならない。

3.3 デリックポスト、マスト及びステアの強度及び構造

3.3.1 強度の解析

ステアに用いるワイヤロープの縦弾性係数の値を、旧規則の部材寸法決定の際に設定されていた実績値の値とし、この値を明示した。

表 1 定期的検査の呼称等

検査の 時期 船籍	新 造 船	既製入級船	就 航 後 の 装置の新設	デリック装置	デリック装置 以外の揚貨装 置等 ^{*1)}	揚 貨 装 具
日 本	製 造 中 登 録 検 査	製 造 後 登 録 検 査	臨 時 検 査 (又は、定 期的検査)	中 間 検 査 + 定 期 検 査 (船舶の検査の呼称と一致) ^{*1)}		年次詳細検査 ^{*1)} (Annual Thorough Survey)
外 国	初 回 検 査 (Initial Survey)	初 回 検 査 (Initial Survey)	新 設 装 置 の み の 初 回 検 査 (Initial Survey)	年 次 検 査 + 定 期 検 査 (Annual Survey + Quadrennial Thorough Survey)	年 次 詳 細 検 査 (Annual Thorough Survey)	

^{*1)} 制限荷重等の指定の申し込みがあった日本籍船の荷役用ランブウェイ装置及びその他の JG のみなし規定外の装置並びに揚貨装具の定期的検査の呼称及び実施方法は、外国籍船のものに倣う。

表 2 定期的検査の延期及び繰り上げ

揚 貨 装 置 の 種 類	検 査 の 種 類	外国籍船の延期	外国籍船の繰上げ	日本籍船の延期/ 繰上げ
デ リ ッ ク 装 置	定 期 検 査	6 ケ 月	所 有 者 の 請 求 により本会が 承認する範囲	鋼船規則 B 編 1 章 1.1 の規定による 船舶の定期的検査 の延期/繰上げ範 囲
	年 次 検 査	3 ケ 月		
クレーン装置、荷役 用リフト及びランブ ウェイ装置並びにそ の他のデリック装置 以外の揚貨装置、揚 貨装具	4 年毎の年次 詳細検査 (荷重試験を行なう もの)	6 ケ 月		
	上 記 以 外 の 年次詳細検査	3 ケ 月		

3.3.2 組合せ荷重に対する強度

許容応力は、曲げと軸力及び捩りによるせん断が作用する場合の等価曲げ応力に対する応力とした。また、許容応力の値は、旧要領の値では厳しすぎるくらいがあったので、現状調査の結果、旧要領での規定値を若干緩和した値とした。

3.3.3 ポストの最小板厚

一般に、腐食環境下にある鋼構造物に対する最小必要板厚とされている値とした。

3.3.4 ポストの構造

旧規則 206, 209 及び 210 並びに旧要領 209 及び 210 の諸規定を取りまとめた。

3.4 デリックブームの強度及び構造

3.4.1 一般

デリックブームについてもポストと同様に直接強度計算に基づく設計である旨規定したが、振り回し式デリック装置のホイップ荷役を行わないデリックブームは、従来通りの JIS F 2201 によるものも認め得る規定（規則 3.6.2-2.）とした。

3.4.2 組合せ荷重に対する強度

3.3.2 に示す基準と同様の基準とする旧要領に示されていたものを規則規定としたものである。

3.4.3 座屈強度

座屈強度の検討は、Johnson の実験公式を修正し、DIN 規格の与える ω 法とはほぼ同等かつ若干の安全側の基準となる簡易式（A 参照）を板材及び円筒材について夫々与えた。

3.4.4 組合せ圧縮応力

曲げと圧縮の作用する場合の作用応力としては、夫々のモードの圧縮応力に分離して考えられるが、この場合において、許容圧縮応力で規定することは、圧縮応力が曲げ応力よりも近いとき安全側すぎるので修正した。（B 参照）

3.4.5 デリックブームの最小板厚

旧規則 212-2.(3)の規定である。

3.4.7 脱落防止装置

旧規則 212-1.の規定である。

3.5 振り回し式デリック装置のポスト及びステーに対する簡易計算

旧規則制定後に多数の実績を有する振り回し式デリック装置の設計基準の規定をも認められるので、旧規則及び検査要領の規定を取りまとめて本規則とした。

3.6 デリックブームに対する簡易計算

規則 3.5 と同様に、旧規則及び検査要領の規定を取りまとめて本規則とした。

4 章 クレーン装置

クレーン装置について、直接強度計算に基づく設計要件等の規定を新たに設けた。

4.2 設計荷重

4.2.1 考慮すべき荷重

JIS B 8821「クレーン鋼構造部分の計算基準」に於ける 5 章の規定を参考にして定めた。着水の影響等については、その他本会の必要と認める荷重に含めるものとした。

4.2.2 衝撃付加荷重

JIS B 8821 の規定を参考にして定めた。ただし、衝撃荷重を巻上げ荷重と付加荷重とに分けて取り扱うことにし、巻上げ荷重の定義を規則 1.2.1(5)に示した。

4.2.4 水平荷重

水平荷重として慣性力、遠心力及び車輪側方力をクレーン装置の種類に応じて考慮するものとして、夫々の荷重の算定方法を JIS B 8821 の規定を参考にして定めた。

4.2.5 風荷重

設計風速は鋼船規則 P 編 4.1.2 の規定を準用したが、通常時の最小値は、安全側を見込んで異常荷重状態のものとした。風圧の算定も同じく P 編の規定を準用したが、形状係数の考え方は JIS B 8821 の規定を採り入れて定めた。

4.2.6 緩衝器との衝突荷重

JIS B 8821 の規定を採り入れて定めた。

4.2.7 船体の傾斜による付加荷重

荷役時の設計条件は、規則 3.2.3 の規定と同様とするが、格納時の設計条件については、他の揚貨装置規則等で一般に定められている条件をここでも規定することとした。また、規則 3.2.3 での規定と同様に、特別な場合も考慮できるような斟酌規定を設けた。

4.2.8 船体の運動による付加荷重

他の揚貨装置規則等で一般に定められている設計条件をここでも規定することとしたが、この規定によらず、当該船舶の運動に関する資料に基づく荷重算定も許容できるものとした。

4.2.9 荷重の組合せ

予想され得る最も厳しい荷重状態の下で設計される事を原則として荷役時及び格納時夫々の場合について考慮すべき荷重をとりまとめて示した。また、クレーンの作業性及び重要性を考慮して、主要な荷重については荷重の割増しを考慮すべきという主旨で、JIS B 8821 に規定されている作業係数の値を採り入れて定めた。

4.3 強度及び構造

4.3.1 一般

直接強度計算による強度解析を指示すると共に、強度解析を行う上での一般的な注意について記述した。また、クレーン装置の旋回環について提出を要する図面、資料等を要領にて示した。

4.3.2 組合せ荷重に対する強度

許容応力については、先ず、引張応力に対して夫々の荷重状態に依りて、JIS B 8821 の 6 章に規定されている安全率に基づいて定めた。他の応力の種類に対しては、引張応力を基準にして、ミゼスの降伏条件から定めた。ただし、圧縮応力については、一般に弾性学上、引張と圧縮は同等であるべきだが、構造部材の初期歪や溶接による残留応力等の影響を考えた場合、同一の引張或いは圧縮荷重により生じる応力は圧縮の場合で大きくなるので、許容応力に安全率を加味する方が合理的であるという考えに立って、規定の値とした。また、板の支圧応力は一般に継手の形式、リベットの寸数、板厚及びリベットの穴径等の要因により種々異なるものであり、板の支圧応力と板の引張応力との比は、1.25～1.50 と言われている。これらの事由を鑑み、ここでは規定の値とした。

クレーンポストの基部については、船体構造との強度の連続性を考慮して、規則 3.3.2 に規定したポストの許容応力を準用するものとした。

4.3.5 疲労強度

要すれば疲労強度の検討を行うべきであるが、ここでは具体的な検討手法については触れず、精神規定にとどめた。

4.3.6 最小板厚

規則 3.3.3 と同一主旨で定めた。

4.3.9 施回環取付けボルト

通常、遅れ破壊は、 $1.18 \text{ kN/mm}^2 \sim 1.30 \text{ kN/mm}^2$ でよく生じると言われているので、安全側の値を採る意味から JIS B 1051 表 1 の強度区分 10.9 から採り入れて定めた。また、取付けボルトに生じる応力の算定式は、他の揚貨装置規則で規定されている算式と同じである。

4.4 走行クレーン装置に対する特別要求

走行クレーン装置に対する一般的注意事項等を、JIS B 8821 の規定を参考にしてとりまとめた。

5 章 荷役金物

本章の規定は、旧規則 213 及び検査要領 213 の規定を取りまとめた。

6 章 揚貨装具

揚貨装具については、ILO 実行指針の規定を主に、JIS 及び鋼船規則 L 編の規定等を参考にして定めた。

6.2 滑 車

6.2.1 ワイヤロープ用滑車

ワイヤロープ用滑車の構造要件は、ILO 実行指針 6.4 の設計要件を参考に定めた。また、エコライザーシーブ及び過負荷防止装置用シーブに対しては、検査要領に具体的な斟酌規定を設けた。

6.2.2 繊維ロープ用滑車

繊維ロープ用滑車の構造要件は、ILO 実行指針 12.1 の設計要件を参考に定めた。

6.3 ロープ

6.3.1 ワイヤロープ

ワイヤロープの安全係数の規定は、ILO 実行指針・付録 E 1.1 を採り入れて定めた。また、検査要領にワイヤロープの末端処理に関する規定を ILO 実行指針 9.5 及び 9.6 を採り入れて定めた。

6.3.2 繊維ロープ

繊維ロープの最小径の規定は、ILO 実行指針 10.1 を採り入れ、安全係数の規定は、ILO 実行指針・付録 E 2.1 を採り入れて定めた。

6.4 その他の揚貨装具

6.4.1 一般

本章に定められていない揚貨装具については、ILO 実行指針に規定されている安全係数のうち、最も安全側のものを採り入れて定めた。

7 章 揚貨装置駆動システム

7.1 一般

7.1.1 適用

荷役用ランプウェイ装置に対する規則の適用が、制限荷重の指定の申込みがある場合に限られるので、同装置に用いるウインチに対しては規定を斟酌でき、その詳細を検査要領に示した。

7.2 機械装置

7.2.2 巻き上げ装置

ILO 実行指針 4.4, 4.7, 4.8 及び 8.1 のうち、必要な規定を採り入れて定めた。

7.4 制御、警報及び安全装置

7.4.2 制御装置

ILO 実行指針 4.3 の規定から採り入れて定めた。

7.4.3 安全装置

ILO 実行指針 4.11 及び 4.13 の規定から採り入れて

定めた。また、各種装置毎に具体的な規定を ILO 実行指針 4.4, 4.11, 4.12, 4.13, 13.1, 13.4 及び 13.5 の規定から採り入れて要領に定めた。

7.4.4 保護装置

ILO 実行指針 4.26, 4.29 及び 13.3 の規定から採り入れて定めた。

8 章 荷役用リフト及び荷役用ランプウェイ装置

8.2 設計荷重

8.2.1 考慮すべき荷重

外板の一部を形成する装置であって、波浪変動圧の影響を受ける部材については、この荷重を考慮する必要のある旨規定した。

8.2.2 風荷重

規則 4.2.5 と同じ。

8.2.3 波荷重

鋼船規則 C 編 16 章における外板の板厚の規定式に含まれている波浪変動圧の項を用いることとし、乾舷甲板以上の部分に対する修正係数 ($D/(D+2hs)$) を乗じて、波荷重の簡易算定式とした。

8.2.4 船体の傾斜による付加荷重

原則として、規則 4.2.7 のに準じる旨を要領に規定した。

8.2.6 荷重の組合せ

予想される最も荷重状態の下で設計される事を原則として、各装置の荷役時及び格納時の夫々の場合について考慮すべき荷重をとりまとめて示した。また、荷役用ランプウェイ装置の荷役時においては、その状態に応じた荷重係数を乗じて考慮することとした。

8.3 強度及び構造

8.3.1 一般

荷役用ランプウェイ装置について、鋼船規則 C 編 17 章に規定されている車両甲板に対する規定と同一主旨の規定を設けた。また、IACS UR S8 に規定されている一般的な強度要件を採り入れて定めた。

8.3.2 組合せ荷重に対する強度

規則 4.3.2 と同一主旨で、装置の状態に応じて定めた。

8.3.3 主要構造部の板厚

規則 4.3.1 と同様に IACS UR S8 に規定されている構造強度要件を採り入れて定めた。

8.3.4 最小板厚

規則 4.3.6 と同一主旨で定めた。

8.3.5 許容たわみ量

実績を考慮して許容たわみ量の目安を規則で与えたが、他の場合であっても検討の余地のあることを要領で示した。

8.3.7 荷役用ランプウェイ装置の格納時の固縛

荷役用ランプウェイ装置の格納時の固縛に関して必要と考えられる一般的注意事項を規定した。

9 章 制限荷重等の指定及び表示並びに証明書等

従来から行っている揚貨装置等の制限荷重等の指定及び証明書等の取り扱いについて具体的に規定した他、制限荷重等の標示に関する規定を ILO 条約に準拠して新に規定した。

参考 A 座屈強度

座屈強度基準として、クレーン鋼構造物に対して広く適用されている DIN 規格の ω 法を念頭において考えた。同基準に於ては、弾性範囲内を Euler の式で、塑性範囲内を Ježek の式を用いて、

$$\lambda^2 = \frac{\pi^2 E}{\sigma_{ki}} \quad (\text{弾性範囲内}) \quad \dots (A-1)$$

$$\lambda^2 = \frac{\pi^2 E}{\sigma_{kr}} \left\{ 1 - \frac{m \sigma_{kr}}{\sigma_y - \sigma_{kr}} + 0.25 \left(\frac{m \sigma_{kr}}{\sigma_y - \sigma_{kr}} \right)^2 - 0.05 \left(\frac{m \sigma_{kr}}{\sigma_y - \sigma_{kr}} \right)^3 \right\} \quad (\text{塑性範囲内}) \quad \dots (A-2)$$

ここで、 σ_{ki} : 弾性座屈応力 E : ヤング率
 σ_{kr} : 塑性座屈応力 π : 円周率
 σ_y : 部材の降伏応力
 m : $2.317(0.05 + 0.002\lambda)$
 λ : 部材の細長比

$$\omega = \frac{\sigma_{ca}}{\sigma_{ka}} \quad \dots (A-3)$$

$$\sigma_{ka} = \frac{\sigma_{ki}}{\nu_{ki}} \quad (\text{弾性範囲内}), \quad \sigma_{ka} = \frac{\sigma_{kr}}{\nu_{kr}} \quad (\text{塑性範囲内})$$

ここで、 σ_{ca} : 許容圧縮応力
 ν_{ki} : 弾性座屈応力に対する安全率
 σ_{ka} : 許容座屈応力
 ν_{kr} : 塑性座屈応力に対する安全率

と定義される ω の値を表に与えている。ここで、(A-2) 式が closed form で解けないので、簡単のため、塑性座屈応力の算定を以下の Johnson の実験公式を用いると、

$$\sigma_{kr} = \sigma_y - \frac{\sigma_y^2 \lambda^2}{4\pi^2 E} \quad \dots (A-4)$$

弾性座屈と塑性座屈の境界は、 $\sigma_{ki} = \sigma_{kr}$ とおくことによ

り,

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{2\pi E}{\sigma_y}} \quad \dots(A-5)$$

で求められ、 $\lambda \geq \lambda_0$ で弾性座屈、 $\lambda < \lambda_0$ で塑性座屈、となる。ここで、

$$r = \frac{\sigma_{ki}}{\sigma_y} (\lambda \geq \lambda_0), \quad r = \frac{\sigma_{kr}}{\sigma_y} (\lambda < \lambda_0) \quad \dots(A-6)$$

と定義すれば、

$$r = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^2 (\lambda \geq \lambda_0),$$

$$r = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\lambda_0} \right)^2 (\lambda < \lambda_0) \quad \dots(A-7)$$

となり、

$$\omega = -\frac{\nu_{ki}}{\nu} \cdot \frac{1}{r} (\lambda \geq \lambda_0),$$

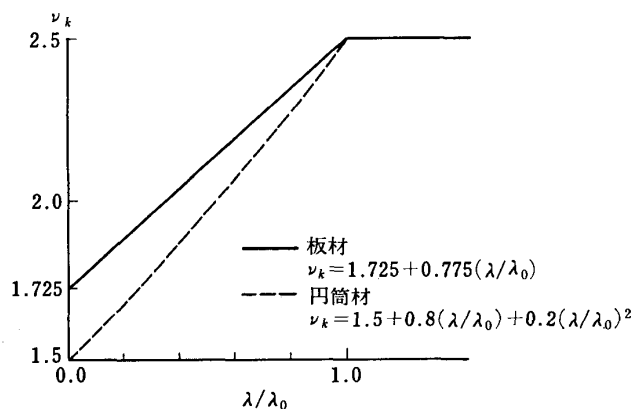
$$\omega = -\frac{\nu_{kr}}{\nu} \cdot \frac{1}{r} (\lambda < \lambda_0) \quad \dots(A-8)$$

ここで、 ν ：許容圧縮応力の安全率

と ω 係数が求められる。DIN 規格では、 $\left(\begin{matrix} \nu = 1.725 \\ \nu_{ki} = 2.5 \\ \nu_{kr} = 1.5 \end{matrix} \right)$ と

安全率を定めているが、この安全率でもって(A-8)式の ω 係数を求めれば、 $\lambda = \lambda_0$ の点に於いて不連続となる。従って、塑性座屈応力を Johnson の公式から算定し、かつ、DIN 規格の ω 係数値と同等の値を与えるために、塑性座屈応力に対する安全係数 ν_{kr} の値を細長比 λ の値に応じて、以下のように変化させて考える。

ν_{kr} の値を図A-1のように考えた場合、(A-8)式で与えられる ω 係数値は、DIN 規格の与える ω 係数値と同等かつ若干の安全側として与えられる。



図A-1 座屈安全係数の変化

参考B 組合せ圧縮応力

柱に圧縮応力と曲げ応力が作用する場合、最大曲げモ

ーメント及び最大軸圧縮応力は、次式で表わせる。

$$M_{max} = P e \sec \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{EI}} \quad \dots(B-1)$$

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{e\eta}{\rho^2} \sec \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{EI}} \right)$$

$$= \frac{P}{A} + \frac{\eta}{\rho^2 A} M_{max} \quad \dots(B-2)$$

ここで、 P ：偏心軸圧縮力 E ：ヤング率

e ：偏心量 I ：断面二次モーメント

A ：断面積

η ：中立軸から最外縁までの距離

l ：柱長

ρ ：断面二次半径で、 $\rho = \sqrt{I/A}$

(B-2)式を軸力成分と曲げ成分に分離すれば、

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \frac{\eta}{\rho^2 A} M_{max} = \frac{P}{A} + \frac{\eta}{I}$$

$$M_{max} = \frac{P}{A} + \frac{M_{max}}{Z_{max}} \sigma_c + \sigma_b \quad \dots(B-3)$$

ここで、 σ_c ：軸圧縮応力 σ_b ：曲げによる圧縮応力

となり、(B-3)式に ω 係数を導入すれば、

$$\sigma_{ta} = \omega \sigma_c + \sigma_b \quad \dots(B-4)$$

となるが、許容圧縮応力と許容曲げ応力が異なる場合、(B-4)式は、圧縮応力が、曲げ応力より低い場合安全側過ぎるので、次式のように修正を施す。

$$\omega \sigma_c + \frac{\sigma_{ta}}{\sigma_a} \sigma_b = \sigma_{ta} \quad \dots(B-5)$$

ここで、 σ_a ：許容曲げ応力

(B-5)式を変形すれば、以下のようになる。

$$\omega \frac{\sigma_c}{\sigma_{ta}} + \frac{\sigma_b}{\sigma_a} = 1 \quad \dots(B-6)$$

ここで、許容圧縮応力が、 $\sigma_{ca} = \sigma_{ta}/\omega$ と与えられるので、組合せ圧縮応力状態での部材の座屈強度は、次式で与えられる。

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_{ca}} + \frac{\sigma_b}{\sigma_a} \leq 1.0 \quad \dots(B-7)$$

参考C 附則(昭和62年6月30日規則14号)

- この規則は、昭和62年9月1日から施行する。
- この規則の施行の日(以下「施行日」という。)前に登録検査の申込みのあった船舶(以下「現存船」という。)に施設する揚貨装置及び揚貨装具(施行日以降に新たに又は追加して施設するよう申込みのあったものを除く。)については、この規則により改正された揚貨設備規則(以下「新規則」という。)の規定(第

2章及び第9章の規定を除く。)にかかわらず、なお従前の例による。

3. 施行日前に申込みのあった揚貨装置及び揚貨装具の

検査、試験、制限荷重等の指定若しくは標示又は証明書等の発行については、新規則の第2章又は第9章の規定にかかわらず、なお従前の例による。