

鋼船規則 C 編関連（2025 年改正 1）に関する改正の解説

1. はじめに

2025 年 12 月付一部改正により改正されている鋼船規則 C 編関連（2025 年改正 1）に関する改正について、その内容を解説する。本改正に伴い、鋼船規則 A 編，C 編，鋼船規則検査要領 A 編，C 編，高速船規則（以上，日本籍及び外国籍船舶用），旅客船規則，内陸水路航行船規則（以上，外国籍船舶用）が改正されている。なお，本改正は，2026 年 7 月 1 日から適用される。

2. 改正の背景

鋼船規則 C 編は，2022 年 7 月に全面的な改正が行われたが，その後の関連業界からのフィードバックを参考に，規則の実用性，使用性向上を目的として，継続的な見直しを行う予定としている。また，より安全性，合理性に配慮した規則となるよう研究開発で得られた知見を適切に規則に反映することとしている。このため，規則の見直し結果及び研究開発成果を反映すべく，関連規定を改めた。

3. 改正の内容

主な改正点は以下のとおりである。

(1) 重量物運搬船に対する要件及び Notation の規定

近年の洋上風力発電設備等の重量物の輸送に対する需要の高まりを受け，重量物運搬船，いわゆるモジュール船に対する要件の制定に対する要望が高まっていた。そこで，C 編 2-5 編の 10 章に，上甲板上に重量物を積載する船舶に対する要件を規定することとした。主要要件は以下の 2 点。

① 波浪中曲げモーメント及びせん断力の取扱い

重量物運搬船においては，幅広い船体形状が採用されることが一般的であるため，4.3.2.1-1(3)に規定する閾値（ $B/D < 2.5$ ）に該当せず，規則中に規定される波浪中曲げモーメント及びせん断力の算式を適用することができない場合がある。そのため，その場合には，直接荷重解析等によりそれらの値を求める必要がある旨を規定した。

② 重量物の積載に対する考慮

上甲板上に重量物を運搬する場合には，それらの荷重に対して適切に補強するとともに，荷重を甲板上に均一に分布させることが重要となる。そのため，重量物の積載に対する考慮として，上甲板又はその桁板を適切に補強すること，及び貨物荷重が均一に構造部材に伝達するよう，ダンネージを設けるなどの適切な処置を行う必要がある旨規定した。

なお，上記の要件に適合した船舶に対しては，船級符号に Heavy Deck Carrier，略号 HDCA が付記される。

(2) 外板への付加物取付け

近年，船舶に対する環境規制への対応や燃費改善を目的として，船側外板に付加物を取付ける事例が増えている。しかし最近，船尾周辺に取付けられた付加物から亀裂が発生し，それが外板まで進展するという事例が報告された。

従来，C 編において，外板付加物に対する一般的な要件が存在していなかったため，今回の改正では 1 編 3.4.4.2 として外板への付加物の取付けに関する新たな規定を追加した。ただし，付加物の形状や施工方法は各社で多様であることから，現段階では具体的な規定は避け，精神規定として，付加物を外板に溶接して取付ける場合には特別な考慮を払わなければならない旨規定することとした。一方で，実際の設計・施工において参考となる具体的な対策として，次のような方法が考えられる。

- (a) 付加物を外板に直接溶接せず，平鋼等のパッドプレートを通して，外板に固着する。
- (b) 付加物の固着部において，裏側に有効な支持材を取付けて補強する等，過度な応力集中を避ける。
- (c) 付加物及びパッドプレートに突合せ溶接がある場合，パッドプレートの突合せ溶接部は，付加物及び外板の突合せ溶接部から適切に離す。
- (d) 完全溶込み等の開先溶接にて外板に固着する。

なお、本要件の適用対象となるのは、省エネ付加物のような比較的大型で、常時荷重を受けるような部材であり、従来実績のあるようなセンサー等の小型部材については、これまでの取扱いの変更を要求するものではない。

(3) サイドフレームに関する要件の整理（C 編 1 編 6 章 6.4.3.2，C 編 2-4，2-5，2-6，2-9 編 6 章関連）

C 編 1 編 6 章 6.4.3.2 で規定されるサイドフレームに関する要件について、見直しを行った。改正内容は以下の 3 点である。

① 船種ごとの適用の整理

従来の要件において、サイドフレームを両端固定梁とみなし、台形分布荷重を与えた際のサイドフレーム下端部のモーメントを算出し、さらに、積付条件やフレーム端部の取合いによって異なる係数がかけられ、要求寸法を算出していた。一方で、そのパラメータの多さによる煩雑さが指摘されていた。そのため、本改正では、船種ごとに支配的な積付を事前に定め、船種ごとの要件である C 編 2 編から係数を読み替えることで、場合分けを簡略化した。

船種ごとの従来の要件を表 1 に、改正後に適用される要件を表 2 及び表 3 に示す。

表 1 従来の船種ごとの適用一覧

	積付状態	積付条件 f_{load}	境界条件 f_{bc}	二重底曲げによる 回転モーメント M_2	要求値大小
セメント	満載	1.0	0.8	0 ⁽¹⁾	満載＝多港
	多港（空倉）	0.8	1.0	0 ⁽¹⁾	
チップ	満載	1.0	0.85	0 ⁽¹⁾	満載＞多港
	多港（空倉）	0.8	1.0	0 ⁽¹⁾	
LPG	満載	1.0	0.8	0 ⁽²⁾	満載＜多港
	多港（空倉）	0.8	1.0	算式に基づき計算	
PCC/Ro-Ro	満載	1.0	0.8（最下層） 1.0（以外）	0 ⁽¹⁾	満載＝多港
	多港（空倉）	0.8	1.0	0 ⁽¹⁾	
Reefer	満載	1.0	0.8（最下層） 1.0（以外）	0 ⁽²⁾⁽³⁾	満載＝多港
	多港（空倉）	0.8	1.0	0 ⁽³⁾	

備考

- (1) 通常ウェブフレームを有するため、二重底曲げによる回転モーメント M_2 は 0 となる。
(2) 満載時、二重底は突き上げの状態にならないため、二重底曲げによる回転モーメント M_2 は 0 となる。
(3) 通常、多港積みはされないため、二重底曲げによる回転モーメント M_2 は 0 となる。

表 2 改正後の船種ごとの適用一覧（1 編）

	積付条件 f_{load}	境界条件 f_{bc}	二重底曲げによる 回転モーメント M_2	評価積付状態
1 編	1.0	0.8	場合によって計算	満載状態

表 3 改正後の船種ごとの適用一覧（2 編）

2 編	積付条件 f_{load}	境界条件 f_{bc}	二重底曲げによる 回転モーメント M_2	評価積付状態
セメント	0.8	0.9	考慮しない	多港/空倉

チップ	1.0	0.85	考慮しない	満載（現行どおり）
LPG	1.0	0.8	2 編に規定	多港積みするなら M2 計算（現行どおり）
PCC/Ro-Ro	1.0	0.8	考慮しない	満載（最下層以外は $f_{bc}=1.0$ とする）
Reefer	1.0	0.8	考慮しない	満載（最下層以外は $f_{bc}=1.0$ とする）
G-cargo	1.0	1.0	考慮しない	満載（2 層目を想定し、 $f_{bc}=1.0$ とする）

適用される要件は、セメント船の境界条件 f_{bc} を除き、従来と変更はない。セメント船の要件の変更点について説明する。

セメント船は、貨物倉底板の下に空所を持つ特有の構造（図 1）をしている。従来規則では貨物倉底板との取り付け部を固定端として、両端固定の梁で計算していたが、より実際の構造に即した構造モデルとして、サイドフレームの最下端部を固定端、貨物倉底板との取り付け部を支持点とする新たな梁モデル（図 2 左）により生じるモーメント M_{bottom} と比較すると、従来規則で生じるモーメントに対し、0.9 倍程度となる。この結果から、セメント船における境界条件の係数を 1.0 から 0.9 へ変更した。

図 1 セメント船横断面図例

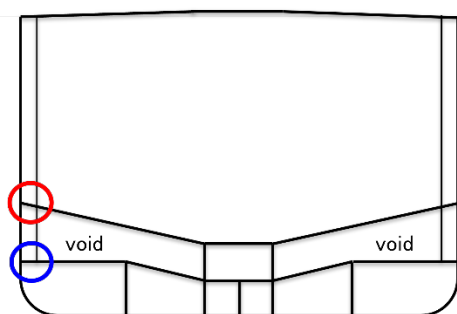
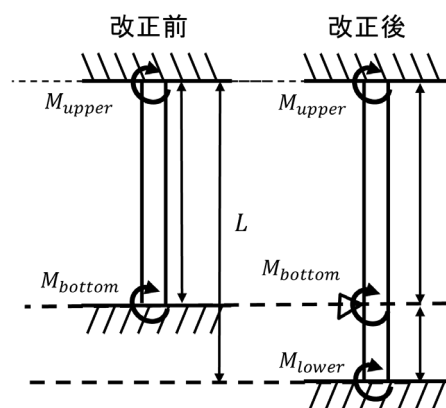


図 2 セメント船における改正前後の梁モデル



② 多層甲板船への適用の拡大

境界条件に応じた係数 f_{bc} を調整することで、多層甲板船にも本要件の適用を拡大した。

境界条件に応じた係数 f_{bc} は、満載状態においては二重底が突き上げの状態とならず、下端部の境界条件が固定と支持の間となることから、0.8 と設定することで下端部に生じるモーメントを緩和している。一方で、多層甲板船の最下層以外のフレームにおいては、フレーム下端と二重底は接しておらず、固定条件から大きな変化はないと考えられるため、最下層以外に対する f_{bc} を 1.0 とすることで、多層甲板船への適用を拡大した。

③ スパン修正の定義の調整

従来規則においては、有効曲げスパンの定義として、ウェブ深さの 2 倍の深さの位置とブラケットの交差点を有効曲げスパンの端部としていた。一方で、C 編 1 編 3 章図 3.6.1-1.では、ウェブ深さの 1.5 倍の深さの位置との交点と定義されている。そのため、本改正において、有効曲げスパンの定義を 3 章に合わせた。

また、従来規則においては、ブラケットの形状によらず、固定値 f_t を用いてスパン修正を考慮していたが、本改正により、実際の寸法に即した合理的な評価を行えるよう、タンクとの取り付け部においても、定義の明確化を行った。

(4) 波形隔壁上部における断面係数の見直し

C 編 1 編 7 章 7.2.7.2-1(a)では、波形隔壁の曲げ強度確保のために要求断面係数を規定している。この要求断面係数は、波形隔壁を 1/2 ピッチごとに一つの梁として考え、梁に生じる最大曲げモーメントに基づいて

規定しており、スパン全体で一律の要求値となっていた。一方で旧 C 編では、隔壁の上部 1/3 について、要求断面係数を 75% に減じることが認められていた。旧 C 編では荷重分布として等分布荷重を想定していたのに対して、C 編では台形荷重や三角荷重を想定しており、荷重の合理化が図られている。しかしながら、強度に比較的余裕のある隔壁上部に対して、強度が厳しい隔壁下部と同じ要求値を求める規定には合理化の余地があり、業界からの要望を受けて要件の見直しを行った。

図 3 のような梁モデルを考え、隔壁上部の断面係数を減らしたときの曲げモーメント分布の変化を検証した。検証では、断面係数は隔壁上部の板を薄くすることで減じ、コルゲート形状はそのままとした。複数の実船を調査したところ、上下端の圧力比 P_1/P_2 の値は図 4 に示すようにおよそ 0.25 以下の値となることが判明した。隔壁上部の強度は上下端の圧力比 P_1/P_2 が大きいほど厳しくなるため、安全側の評価となるよう $P_1/P_2 = 0.25$ として検証を行なった。

図 3 波形隔壁の梁モデル

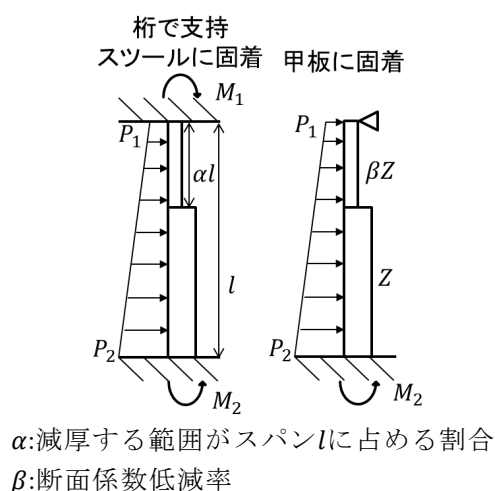


図 4 実船の波形隔壁における P_1/P_2 の値

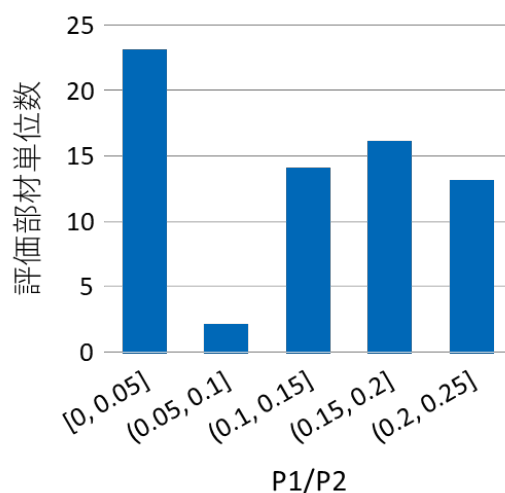


図 3 のような梁モデルにおける曲げモーメントは下端で最大となるため、下端の曲げモーメント M_2 が要求断面係数の基準となる。この下端に生じる曲げモーメント M_2 は、梁が不静定構造であることから、隔壁上部における減厚範囲の割合 α や断面係数低減率 β の影響を受けて図 5 のように変化する。グラフが示すように、減厚範囲がスパン l の上部 1/3 を超えると、下端に生じる曲げモーメント M_2 が減厚をしない場合よりも大きく増加する傾向にあるため、要求断面係数を低減する範囲はスパン l の上部 1/3 に限るものとした。また、隔壁上端に生じる曲げモーメント M_1 も減厚範囲の割合 α や断面係数低減率 β の影響を受けて図 6 のように変化する。なお、ここではスパン上部の曲げモーメントが大きくなる両端固定梁の結果のみを示す。図 6 の青い実線が示すように、隔壁上部の断面係数を 75% に減じたとき、上端に生じる曲げモーメント M_1 は減厚をしない場合の下端曲げモーメント $M_{2,0}$ の 75% 以下となる。したがって、隔壁上部の断面係数を 75% に減じて、上端に生じる応力は下端よりも小さく、安全側となる。

このような検証結果に基づき、旧 C 編と同様に波形隔壁の上部 1/3 を対象として、スパン l の下端における曲げモーメント $M_{2,0}$ を 75% に減じて要求断面係数を算出することができるよう新たに規定した。

図 5 隔壁上部の減厚による下端曲げモーメント M_2 の変化

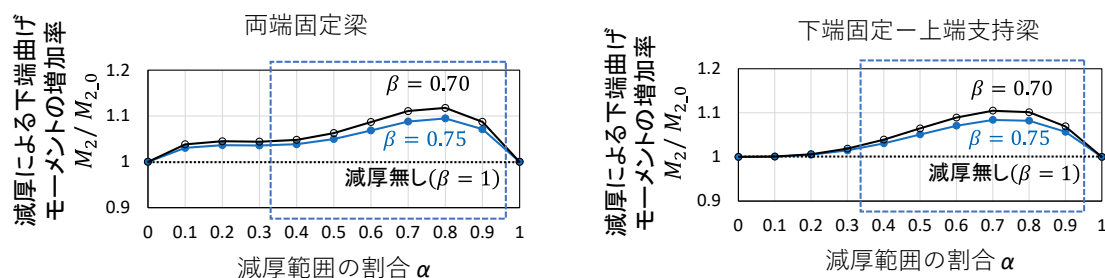
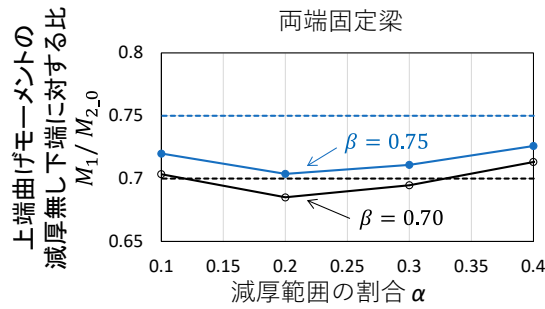


図 6 隔壁上部の減厚による上端曲げモーメント M_1 の変化



(5) 座屈による強度低下を考慮する係数の修正

板に座屈が生じると、座屈した部分では荷重を受け持てなくなるため、強度が低下する。C 編ではこの座屈による強度低下の影響を考慮し、座屈影響に対する有効幅や限界応力を規定している。この座屈影響を考慮するための係数について、一部の要件で算式の適用範囲が不明確となっていたため、明確化を行った。

① 縦式防撓パネルの場合

縦式防撓パネルについて座屈影響を考慮して断面性能を考える際、付き板の寸法として、防撓材心距 s に変えて座屈の影響を考慮した有効幅 b_e を使用している（表 4 ①参照）。この座屈影響を考慮した有効幅 b_e を求めるための係数 $\left(\frac{2.25}{\beta} - \frac{1.25}{\beta}\right)$ を細長比パラメータ β についてプロットすると図 7 の青線になる。ただし、この係数は β が 1.25 より大きい領域を想定して規定している。 β が 1.25 以下の領域は、板厚が厚い場合などであり、基本的に座屈が問題にならないため、座屈影響を考慮した有効幅を求める係数は 1 となる。この、 $\beta \leq 1.25$ における取扱いが一部の要件で明確でなかったことから、明確化を行った。

② 横式防撓パネルの場合

横式防撓パネルの場合、部材により算式は多少異なるが、基本的に二つの項を組合せて座屈による強度低下の影響を考慮している（表 4 ②参照）。図 8 に示すように、板の端部と中央部でたわみ形状が異なることから、第 1 項の係数 $\left(\frac{2.25}{\beta} - \frac{1.25}{\beta^2}\right)$ で板端部の有効性を考慮し、第 2 項の係数 $\left(\frac{0.06}{\beta} + \frac{0.6}{\beta^2}\right)$ で板中央部の有効性を考慮している。ここで、第 1 項の係数は縦式防撓パネルの場合と同じであり、 β が 1.25 以下の領域はこの算式の適用範囲外となる。そこで、新たに β_1 を定義し、第 1 項について β の値に下限値を設けた。

なお、本改正は座屈が問題にならない領域における算式の修正であり、実質的な影響はない。

表 4 座屈による強度低下を考慮する係数の例

① 縦式防撓パネルの場合	② 横式防撓パネルの場合（C 編 1 編 10 章 10.7.2.6-7.の例）
$b_e = \left(\frac{2.25}{\beta} - \frac{1.25}{\beta}\right)s \quad (\beta > 1.25)$ $b_e = s \quad (\beta \leq 1.25)$ $\beta = \frac{s}{t} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}}$ <p>s: 防撓材心距 t: 板厚 σ_Y: 降伏応力 E: ヤング率</p>	$\sigma_{cr} = \min \left(\left[\frac{h_w}{b_w} \left(\frac{2.25}{\beta_1} - \frac{1.25}{\beta_1^2} \right) + \left(1 - \frac{h_w}{b_w} \right) \left(\frac{0.06}{\beta} + \frac{0.6}{\beta^2} \right) \right] \sigma_Y, \sigma_Y \right)$ $\beta_1 = \max(\beta, 1.25)$ $\beta = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_Y}{E}}$ <p>h_w: ウェブ深さ b_w: ウェブ防撓材心距 t_w: ウェブ板厚</p>

図 7 細長比パラメータ β に応じた各係数の値

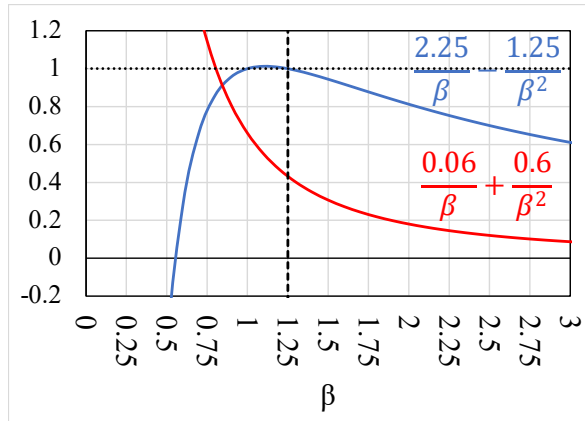
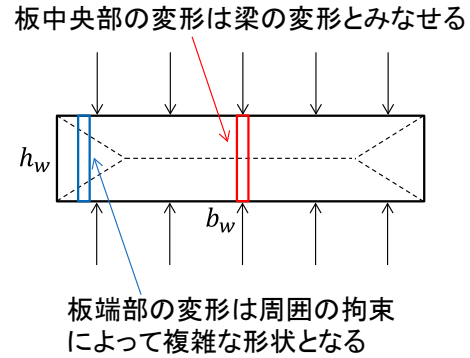


図 8 横式防撓パネルの変形



(6) ストラットを考慮した二重底の曲げ強度

C 編 1 編 6 章表 6.4.2-7.に示されるストラットによる修正係数 C1 について、見直しを行った。

二重底内のフロア間の中間にストラットを設けて防撓材を支持する場合、船底ロンジ及び内底ロンジの断面係数並びにウェブ板厚は、6.4.2.1 及び 6.4.2.2 で算定される値に表 6.4.2-7.に示される修正係数を乗じて修正することが認められている。しかしながら、従来の修正係数は、防撓材の断面二次モーメントの比 λ に対して 0.2 刻みの定数で与えられており、実構造に応じた柔軟な対応が困難であった。このため、 λ を変数として用いることでより柔軟かつ合理的な修正係数を導出できるよう改めた。なお、旧 C 編及び現行規則の規定を踏まえ、修正係数には下限値を設けている。

(7) ピラーの座屈強度評価に用いる荷重の明確化

C 編 1 編 7 章 7.4.2.1 には、ピラーやストラットといった軸方向に圧縮荷重が作用する部材を対象に、座屈強度評価の要件を規定している。本評価は、C 編 1 編 4 章で算出される甲板荷重及び青波荷重に、ピラーが受け持つ面積を乗じて荷重を求め、さらに上部甲板間ピラーから伝達される集中荷重を加えた値を、ピラーの座屈強度評価を行う際の評価荷重としている。本改正は、このピラーの座屈強度評価に用いる荷重に関する要件の明確化を目的とした改正であり、主な改正点は以下の 3 点である。

(a) ピラーに作用する圧縮荷重に関する適用の明確化

C 編 1 編 7 章 7.4.2.1 に規定している圧縮荷重の定義に、ピラーを評価対象とする場合に考慮する圧縮荷重の要件の参照先を規定し、さらに上部甲板間ピラーから評価対象のピラーへ伝達される荷重も併せて考慮する必要がある旨規定した。

(b) ピラーが受け持つ甲板荷重/青波荷重の面積の算出方法の明確化

全面改正前の C 編の要件に倣い、ピラーが受け持つ甲板荷重又は青波荷重の面積の算出式を、C 編要領 1 編 C7.4.2.1 に規定し、算出に必要なパラメータの取り方の参考として、図 C7.4.2.1 を規定した。

(c) 上部甲板間ピラーから評価対象のピラーへ伝達される荷重の算出方法の明確化

全面改正前の C 編の要件に倣い、上部甲板間ピラーから評価対象のピラーへ伝達される荷重の算出式を C 編要領 1 編 C7.4.2.1 に規定し、算出に必要なパラメータの取り方の参考として、図 C7.4.2.1 を規定した。なお、本算式は、縦通断面におけるピラーが船幅方向に等間隔で配置されていることを前提に、評価対象のピラーとその前後のピラーを両端固定梁と仮定し、上部甲板間ピラーが支持する荷重に対する評価対象のピラーでの反力を算出する。

(8) 任意の応力集中部の強度評価

C 編の有限要素解析による強度評価として、大きく分けて 2 つの要件を規定している。一つは、降伏強度評価で、コースメッシュ又はより細かいメッシュを用いて評価する。ここでは、細かいメッシュを用いる場合もコースメッシュサイズに応力を平均してコースメッシュに基づく評価基準で評価する。もう一つは、応

力集中部に対する評価で、疲労き裂損傷が発生する恐れがある箇所して、極詳細メッシュを用いた疲労強度評価を要求している。疲労強度評価の適用は、損傷調査や従来の適用から決定している。

今回、業界から、十分な経験がない場合の構造詳細に対して、任意で、簡易的に応力集中部を評価する際の基準が欲しいとの要望があった。これを受けて、任意で簡易的に応力集中部を評価する場合の取扱いとして、CSR、C編 2-9 編に規定されているファインメッシュ評価を参考に、次のとおり、モデル化要領やクライテリアを規定した。

(a) 応力集中部を評価する場合のモデル化要領（検査要領 1 編 C8.3.3.5）

- i) 局所モデルのうち評価箇所及びその近傍のメッシュサイズを 50 mm×50 mm 以下とすることを標準とする。
- ii) 評価箇所から全方向に少なくとも 10 要素については、前 i) の規定に従う。
- iii) 評価箇所の構造応答に影響を与えることが見込まれる部材や小開口はモデル化する。また、前 i) に基づき、50 mm×50 mm 以下のサイズでメッシュ分割する範囲においては、小さなブラケットやブラケットに付く面材もモデル化する。

(b) 応力集中部を評価する場合の評価クライテリア（規則 1 編 8.6.1.2 及び検査要領 1 編 C8.6.1.2）

規則には、精神規定のみを規定し、具体的なクライテリアは、要領に次のとおり規定した。

- i) 50 mm×50 mm サイズのメッシュサイズに対して、次の基準に従い評価する。

$$\lambda_f \leq \lambda_{fperm}$$

$$\lambda_f = \frac{\sigma_{eq}}{C_{fa} C_m \cdot 235/K}$$

σ_{eq} ：ミーゼス応力

C_{fa} ：疲労に対する係数で、1.0 とする。

ただし、疲労強度評価の基準を満足する構造に対しては、1.2 とする。

C_m ：表 xx による。

λ_{fperm} ：許容降伏使用係数で、1.0 とする。

表 5 C_m の値

	溶接に接しない要素	溶接に接する要素
最大荷重状態	1.70	1.50
上記以外	1.36	1.20

- ii) 50 mm×50 mm サイズのメッシュより細かいメッシュに対しては、50 mm×50 mm のメッシュに相当する範囲で、複数要素の応力を平均した値を参照応力とする。

(9) 液化ガスばら積船（Type C）の貨物倉解析

現行規則 2-10 編では、液化ガスばら積み船（独立型タンクタイプ C）の貨物倉解析において、4 章荷重に対する追加要件は規定されておらず、1 編 4 章の荷重を適用することとなっていた。

そこで本改正において、他の船種において規定される貨物倉解析要件と同等のレベルに、液化ガスばら積み船（独立型タンクタイプ C）の特徴を踏まえた要件へと改めた。改正内容は以下のとおり。

【2-10 編 4 章（荷重）】

- ・2-9 編（方形タンクタイプ A、B）と同様の設計荷重シナリオを規定

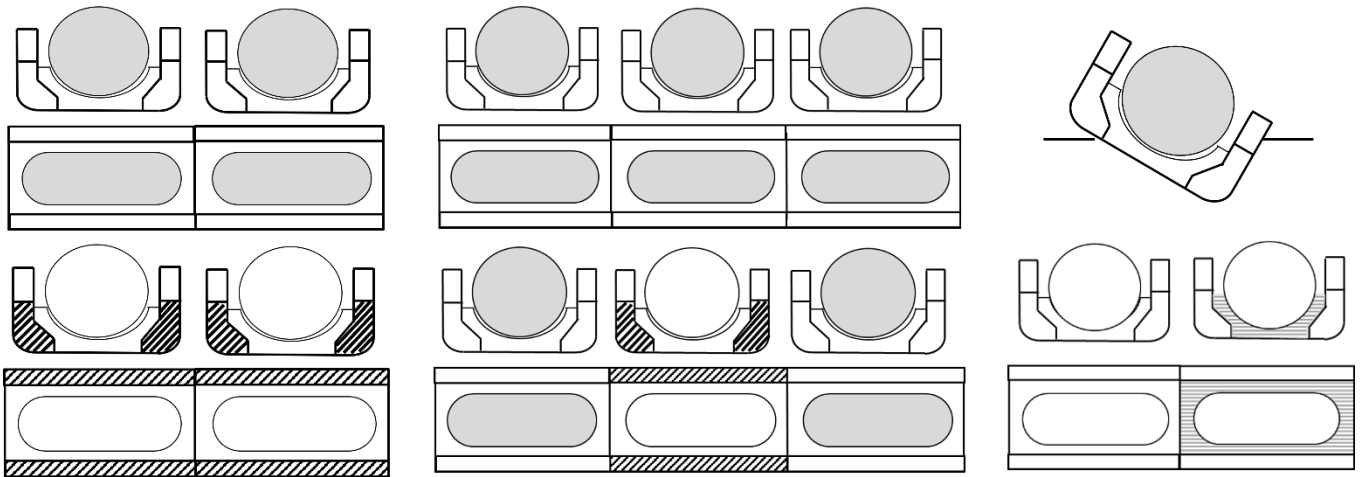
1 編の規定に加え、30 度静的横傾斜状態、衝突状態が要求され、IGC コードに規定される浸水状態が任意で要求される。

- ・2-9 編（方形タンクタイプ A、B）と同様の波条件を規定

1 編の規定に加え、垂直方向加速度が最大となる AV 波、船底の Center Line における波浪変動圧が最大となる PCL 波が追加で要求される。

- ・既存船に多く見られる 2 ホールド型の貨物倉や、30 度静的傾斜状態に対応した積付例図を追加（図 9）。

図 9 積付図の例



【2-10 編 8 章（強度評価）】

・評価対象部材

船体構造，タンクサポートは評価対象，貨物タンクは評価対象外である旨規定する。

・モデル化要領

他の 2 編 8 章に規定される既存規則と同様のモデル化要領を規定する。

2-9 編 8 章と同様，貨物タンクとサポート間の接触・摩擦は考慮する旨規定する。

・強度評価

1 編 8 章と同様，典型的なメッシュサイズの範囲において，降伏強度評価及び座屈強度評価を規定する。
応力集中部の評価は，(8)で解説された 1 編 8 章の規則改正案と同様の要件を規定する。