

9.2 防衝設備

【告示】（防衝設備の性能規定）

第六十一条 防衝設備の性能規定は、次の各号に定めるものとする。

- 一 船舶の安全かつ円滑な接岸及び係留が行えるよう、当該施設が置かれる自然状況、利用船舶の接岸及び係留の状況並びに係留施設の構造に応じて、適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。
- 二 主たる作用が船舶の接岸である変動状態に対して、船舶接岸時に船舶の接岸エネルギーが防衝設備の吸収エネルギーを超える危険性が限界値以下であること。

〔解釈〕

11. 係留施設

(14) 防衝設備の性能規定（基準省令第33条、基準告示第61条関係の解釈）

主たる作用が船舶の接岸である変動状態に対する、防衝設備の要求性能は使用性とする。また、その作用に対する性能照査項目と限界値を定める標準的な指標は別表11-31のとおりである。

別表 11-31 防衝設備に関する各設計状態における性能照査項目及び限界値を定める標準的な指標

省令 条 項 号	告示 条 項 号	要求性能	設計状態		照査項目	限界値を定める標準的な指標
			状態	主たる作用		
33	1 2	61 - 2	使用性 変動状態	船舶の接岸	-	防衝設備の接岸エネルギー 防衝設備の吸収エネルギー

9.2.1 性能照査の基本

- (1) 防衝設備の性能照査にあたっては、船舶の安全かつ円滑な接岸及び係留が行えるように、当該施設が置かれる自然状況、利用船舶の接岸及び係留の状況、また係留施設の構造を考慮して防衝設備の配置及び諸元を適切に設定するものとする。
- (2) 船舶が接岸するとき、または係留時に波浪や風による作用を受けて動揺するときには、船体と係留施設との間に接岸力や衝撃力が働く。この際、船体及び係留施設の損傷を防ぐために、係留施設に防衝設備を設けることを標準とする。ただし、小型船舶や一部のフェリーなどで舷側に船体防舷材やタイヤなどの防衝設備を持っていて、またそのエネルギー吸収能力などを考慮して細心の注意をして操船が行われる場合には、接岸力が比較的小さいので必ずしも防衝設備を必要としない。
- (3) 防衝設備として用いる防舷材はゴム防舷材、空気式防舷材が一般的であるが、この他に、フォーム式防舷材、水圧式防舷材、油圧式防舷材、重力式防舷材、杭式防舷材、木材防舷材等がある⁵⁾。
- (4) ゴム防舷材、空気式防舷材及び杭式防舷材の性能照査順序の例を図-9.2.1に示す。ゴム防舷材の性能照査については、**ゴム防舷材の設計法と試験法に関するガイドライン⁵⁻¹⁾**を参照するものとする。図-9.2.2は、このガイドラインに基づく、ゴム防舷材の性能の影響要因を考慮した性能照査順序の例を示す。ゴム防舷材の性能照査に際しては、使用条件や環境条件などの影響を考慮した上で、船舶の接岸エネルギー以上の吸収エネルギーを有する防舷材を選定し、かつ発生する最大反力が係留施設の安全性に支障がなく、さらに面圧が船舶の許容面圧以内であるようにするものとする。また、周辺部品も含めて想定される条件において、安全なシステムとして機能するようにしなければならない。

ゴム防舷材の性能照査では、まず船舶の接岸エネルギーを計算し、それに応じてゴム防舷材の種類とサイズの選定を行う。選定に際して、ゴム防舷材の性能の影響要因の係数をどのように性能照査に取り入れるかを決定する。係留施設の設計上の条件である構造形式、船舶の強度を代表する許容面圧をゴム防舷材の性能と比較して適切な係数のパターンを選択する。それらの影響要因を考慮してゴム防舷材を選定し、受衝板やチェーンなどの詳細設計を実施する。

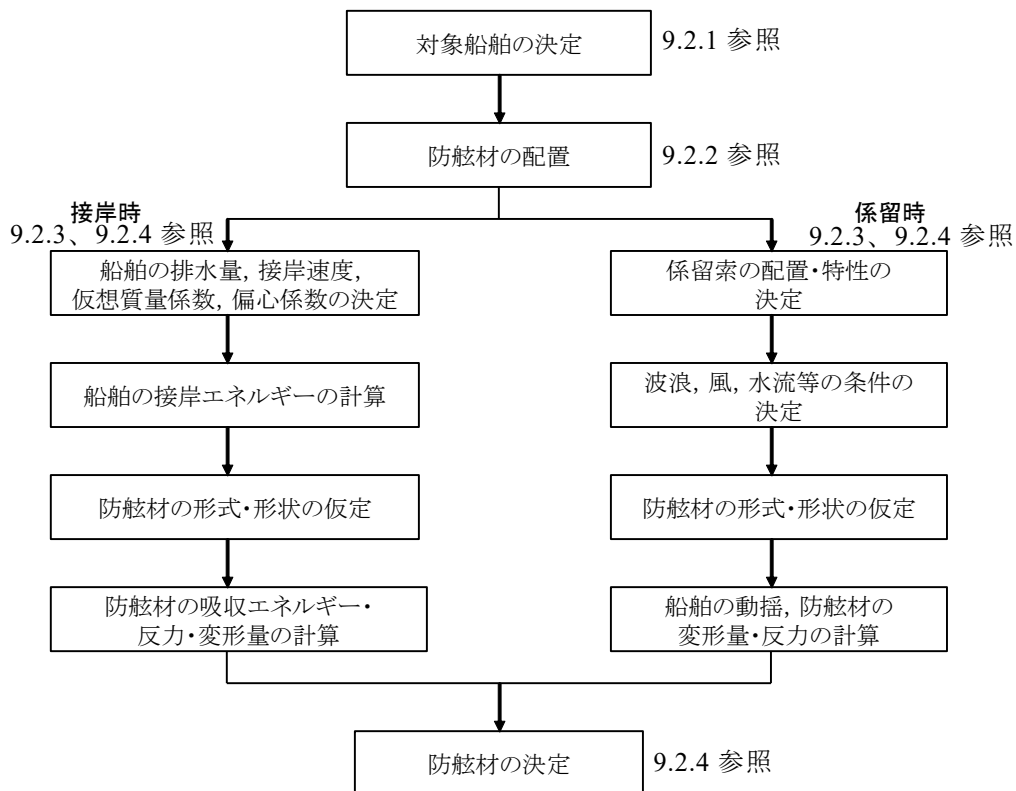


図-9.2.1 防舷材の性能照査順序の例

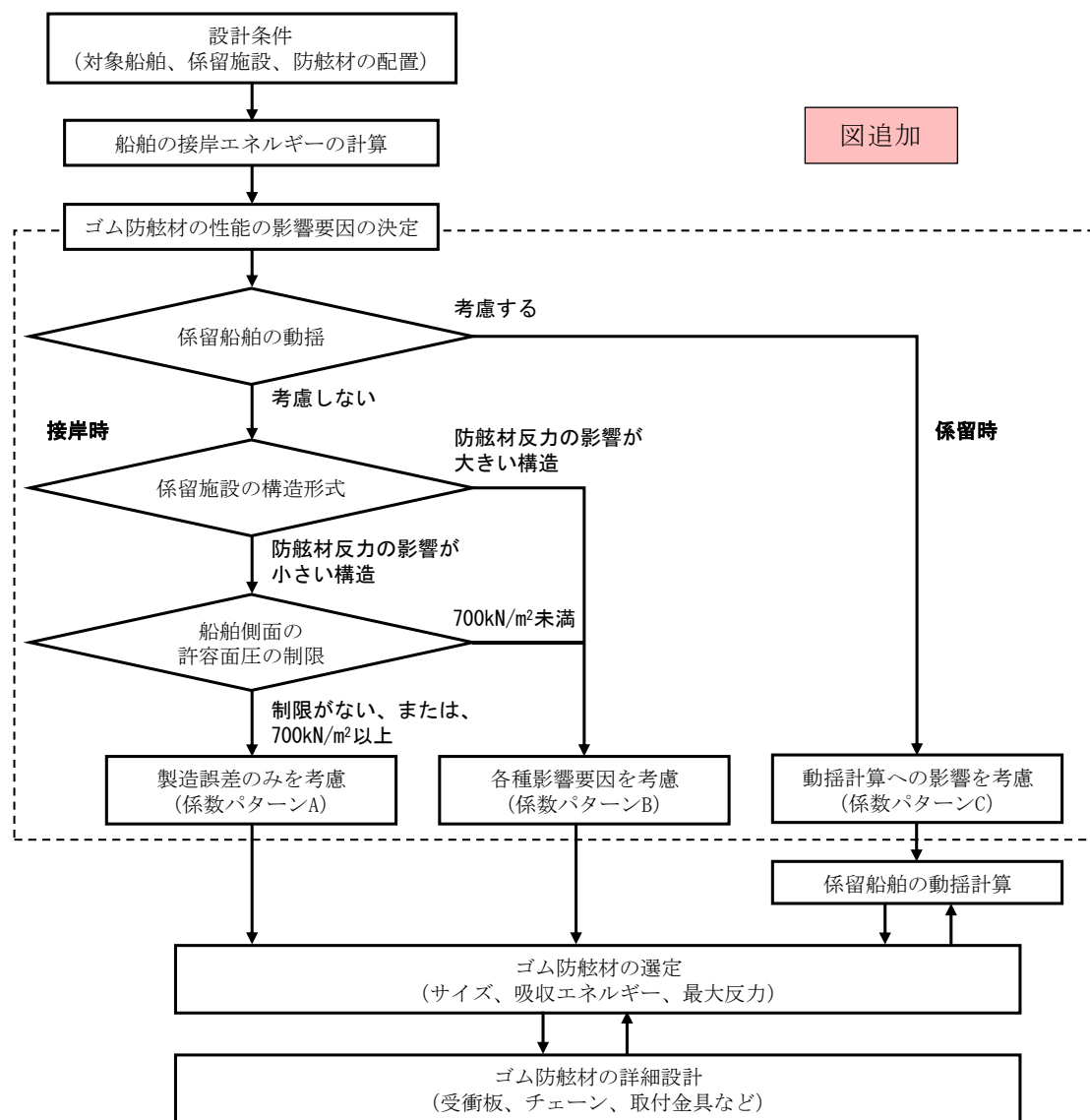


図-9.2.2 ゴム防舷材の性能の影響要因を考慮した性能照査順序の例

(5) 防舷材自体の性能が係留施設の工費や建設後の維持管理費、船舶の荷役効率などに大きな影響を与えるので、防舷材のみの工費を比較して選定するのではなく、これらを総合的に検討して決定することが望ましい。一般に栈橋やドルフィンの場合、防舷材反力の影響が大きいため、例え高価であっても性能の良い防舷材を用いた方がかえって係留施設全体の工費が安くなる場合もある。船舶による防舷材反力が構造上影響のない重力式や矢板式の係留施設においては、防舷材の性能は係留施設の工費に影響しないが、竣工後の防舷材の維持管理費を考えると、初期設備費は高くとも取り付け後の維持管理が容易な形式の防舷材を用いるのが長期的には得策になることもある。また、性能の良い防舷材を用いて、比較的厳しい海象・気象のときでも船舶の接岸を可能にするとともに、係留船舶の動揺の低減化を図って荷役効率を高めた方がよい場合もある。

9.2.2 防舷材の配置⁵⁾⁶⁾

- (1) 防舷材の配置にあたっては、防舷材が所定の船舶の接岸エネルギーを吸収する前に、船舶が係留施設に直接接触することがないように配置するものとする。
- (2) 防舷材は、一般に 5~20m 間隔に取り付けられていることが多い。船舶が接岸するとき時は、船首付近か船尾付近が係留施設にまず接触する。接岸する舷側は曲面となっているので、防舷材間隔が大きすぎると、防舷材が接岸エネルギーを十分吸収する前に、船体の一部が係留施設の防舷材を取り付けていない部分に直接接触することになるので注意しなければならない。一般的に間隔が 5m 程度であれば問題はないが、間隔が 10m 以上の場合で船体の一部が係留施設の防舷材を取り付けていない部

分に直接接触するおそれがある場合には、防舷材取付部の上部コンクリートを他の部分より 0.2～0.5m 突出させることが望ましい。なお、防舷材の取付間隔として、対象船舶の側面の平行舷（パラレルサイド）の長さに対する 1/5～1/6 倍程度の間隔が示されている⁷⁾。

- (3) 小型船が接岸する大型係留施設において、防舷材間隔を広く取ってその中間に小型船専用の防舷材を配置する場合は、小型船用の防舷材の前面を大型船用の防舷材よりある程度後方に下げるものとする。このとき、小型船用防舷材の前面を十分に下げなければ、大型船が接岸する際にエネルギー吸収性能の小さな小型船用の防舷材に接触し、この小型船用の防舷材反力が異常に大きくなることもある。
- (4) 木材防舷材は、係留施設前面に連続して取り付けることが多い。また、8～13m 間隔に防舷材を取り付ける集中方式をとることもある。
- (5) 栈橋など船舶による接岸力が主たる作用となる係留施設では、防舷材の配置に特に配慮するものとする。
- (6) セメントタンカーなどのように、舷が非常に低い船舶や、フェリーのように非常に舷が高い船舶があるので、対象とする船舶によっては防舷材の取付け高に注意しなければならない。
- (7) 小型船が接岸する係留施設で潮位差が大きい場所や波のある場所では、船舶の舷側が防舷材を介せずに直接係留施設に接触したり、防舷材の突出部に舷を引っかけたりするおそれがあるため、防舷材の取付け高に注意する必要がある。また、このような事態を避けるために、防舷材の横 2 段取付け、縦型取付けなどが行われることがある。
- (8) コンテナ船、自動車専用船などのうち、特にフレアーの大きい船舶が利用する係留施設では、船舶の舷側が直接係船柱やコンテナクレーン等の荷役機械と接触しないよう配慮することが望ましい。
- (9) 船舶の繫離船作業の安全性の観点からは、特に受衝板付きの防舷材の上部や下部に係留索が干渉することがあるので注意が必要である⁷⁾。このような干渉を防止するために、受衝板上部については、吊金具などの突起物がないような構造にすることや、係留索引掛かり防止用のチェーンを取り付けることなどの対策が必要である。また、受衝板下部については、係留索の潜り込み防止用の鋼材を取り付けることや、受衝板の形状の変更や取付け高さの調整等を行うことにより、干潮時に受衝板下部が海面上に露出しないようにするなどの対策が必要となる。なお、係船柱に対する防舷材の岸壁法線上の相対位置については、船舶の繫離船作業の実態を考慮した上で検討することが望ましい。

9.2.3 作用

- (1) 船舶の接岸エネルギーの算定にあたっては、[作] 第 8 章 2.2 船舶の接岸による作用を参照するものとする。
- (2) 接岸力の算定にあたっては、一般に係留施設の荷重－吸収エネルギー曲線を求め、次に 1 箇所の防舷材全体の荷重－吸収エネルギー曲線を求める。図-9.2.32 に示すように防舷材の変形による吸収エネルギー E_{f1} と係留施設の変形による吸収エネルギー E_{f2} との両者の和を示す荷重－吸収エネルギー曲線を求め、これから与えられた接岸エネルギー E_f に対する接岸力 P を求めることができる。なお、重力式などの剛な係留施設については、一般的に、係留施設の本体の変形によるエネルギー吸収は行われないものとする。

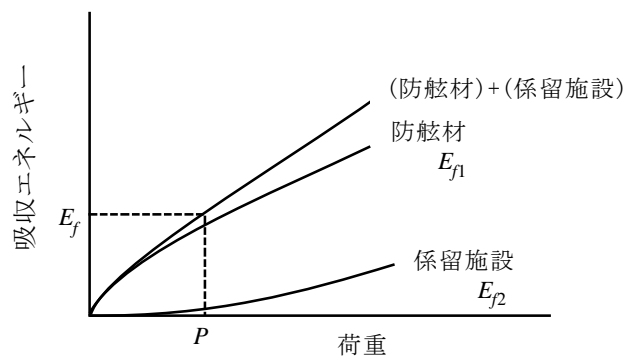


図-9.2.32 荷重と吸収エネルギーの関係

- (3) 波浪の影響を受ける係留施設では、波によって船舶が水平方向及び鉛直方向に動揺するので、防舷

材は単に圧縮されるだけでなく、過度のせん断変形が生ずることがあり、これにより防舷材が破損した例がある。また、大型船のほかにも小型船も接岸する大型係留施設では、小型船の乱暴な接岸によって防舷材が破損した例もある。このような係留施設においては、乾燥したゴム材と鉄材との間の摩擦係数が 0.3~0.4 程度であることから、せん断力を摩擦力とみなせば、せん断力は防舷材反力の 30~40%程度が作用していると考えられる。防舷材に作用するせん断力への対策として、うねりの影響の大きい港湾において、可搬式の空気式防舷材を用いて防舷材の破損を回避した例もある。また、定反力型防舷材の一部には、せん断力が作用すると圧縮反力が低下するものがあるので注意が必要である。

(4) 防舷材には接岸力等が船舶に対して集中荷重として作用することがないように、必要に応じて受衝板等を設けて単位面積あたりの荷重（面圧）を小さくする。この際、防舷材に作用するせん断力を小さくするために、受衝板の前面に合成樹脂板などを取り付けることがある。

9.2.4 性能照査

- (1) 防舷材の**形式及び形状種類**は、次に掲げる事項を勘案して適切に選定するものとする。
- ①係留施設の構造の特性及び利用船舶
 - ②波浪の影響を受ける係留施設にあつては、係留時の船舶の動揺及び接岸角度等の船舶の接岸状況
 - ③船舶の接岸時に発生する防舷材反力が係留施設の構造に与える影響
 - ④製造上の誤差、**角度依存性、速度依存動的な特性**、温度**依存特性**等による防舷材の物理的な特性値の変動幅
- (2) 重力式、矢板式、棚式係留施設等は、通常の接岸力に対して十分な抵抗力を持っている。しかし、横棧橋、ドルフィン、デタッチドピアなど柔構造の係留施設、特に直杭構造の係留施設では水平抵抗力が比較的小さいので、接岸力が許容される作用より小さくなるようにしなければならない。横棧橋、ドルフィン、デタッチドピアの船舶の接岸に対する性能照査については、**本章 5 棧橋**を参照するものとする。
- (3) 接岸エネルギーは、船体の変形及び係留施設の変形によって吸収される。ただし、一般的に船体の変形によるエネルギーの吸収は小さいので考慮しない。
- ①船体の変形には、局部的変形と船体全体の変形がある。
 - (a) 局部的変形（船体の外板及び肋骨の局所的変形）
 - (b) 船体全体の変形（船体全体の横曲げ強度）
 - ②係留施設の変形には、係留施設の本体の変形と防舷材の変形がある。
 - (a) 係留施設の本体の変形（接岸船舶による横棧橋、ドルフィンなどの変形）
 - (b) 防舷材の変形（接岸船舶による防舷材自体の変形）
- (4) 係留施設の変形によるエネルギーの吸収については次のとおりである。
- ①重力式、矢板式、棚式及びセル式の係留施設など剛な施設は、一般に係留施設の本体の変形によるエネルギー吸収は行われないものとする。
 - ②棧橋、ドルフィン、デタッチドピアなどにおいても、剛な構造形式を持つものと柔な構造形式を持つものとに分けられる。前者については、その変形によるエネルギー吸収はないものと考えられるが、後者については、たわみ性があり変形によるエネルギー吸収が考えられ、一般に**式(9.2.1)**で求めることができる。

$$E_1 = \int_0^{Y_1} g(y_1) dy_1 \quad (9.2.1)$$

ここに、

- E_1 : 係留施設の本体の変形による吸収エネルギー (kJ)
 Y_1 : 係留施設の本体の最大変位量 (m)
 y_1 : 係留施設の本体の変位量 (m)
 $g(y_1)$: 係留施設の本体の変形に対する反力特性 (kN)

柔構造の係留施設は、普通、鋼材で作られており、船舶の接岸力による作用に対して要求される性能は使用性であり、応答が弾性限界内にあることから、係留施設のたわみと反力との関係は直線

関係となる。したがって、接岸エネルギーを係留施設と防舷材で完全に吸収したとき時の係留施設の吸収エネルギーは、係留施設のばね定数を C とすると、式(9.2.2)で表すことができる。

$$E_1 = \frac{1}{2}CY_1^2 \quad (9.2.2)$$

なお、杭式防舷材の吸収エネルギーについても同様である。

③単杭構造の一種である SPS (Single Pile Structure) は高張力鋼を用い、杭の変形自体による接岸エネルギー吸収を期待した構造である。SPS を用いた接岸ドルフィン性能照査においては、繰返しの接岸による杭の残留変形を考慮した上で吸収エネルギーを計算する必要がある。図-9.2.43のように、船舶の接岸時に杭で吸収できるエネルギーは、載荷点変位から残留変位を差し引いた変位量を用いて算定することができる⁸⁾。

残留変位を考慮した載荷点変位は、式(9.2.3)で求めることができる。

$$y_{top} = A_1y_0 + A_2i_0h + \frac{Ph^3}{3EI} \quad (9.2.3)$$

ここに、

- y_{top} : 載荷点変位 (m)
- y_0 : 処女載荷時の海底面変位 (m)
- i_0 : 処女載荷時の海底面たわみ角 (rad)
- P : 水平方向の作用 (kN)
- h : 載荷点高さ (m)
- EI : 杭の剛性 (kNm²)
- A_1, A_2 : 繰返し載荷による影響係数

なお、処女載荷時とは、過去にその荷重レベルに対する荷重載荷履歴がない状態を表している。

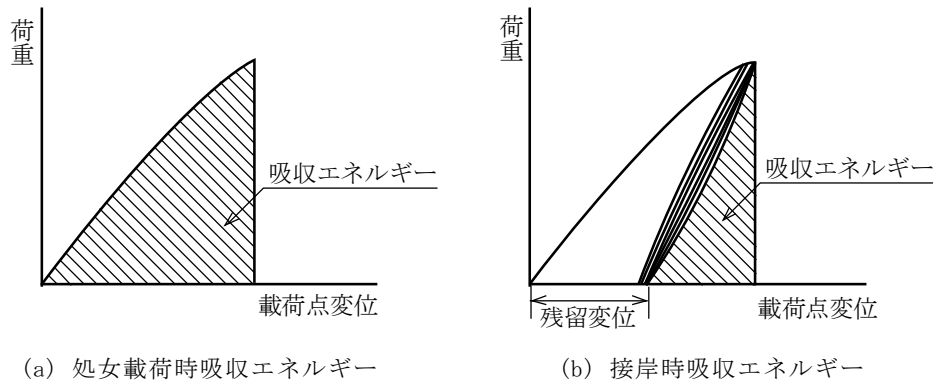


図-9.2.43 杭の変形による吸収エネルギー

繰返し載荷による影響係数としては、現地実大載荷実験の結果⁹⁾及び模型実験の結果¹⁰⁾より表-9.2.1が提案されている。

表-9.2.1 繰返し載荷による影響係数⁸⁾

	最大変位を求めるとき	杭の変形による吸収エネルギーを求めるとき	残留変位を求めるとき
A_1	1.4	0.4	0.8

A ₂	1.2	0.6	0.5
----------------	-----	-----	-----

(5) 係留施設に設置する防舷材の選定においては、~~の本体の変形によるエネルギー吸収が行われない剛な構造に対しては~~、次式によって防舷材の吸収エネルギーについて性能照査を算定行うことができる。

$$E_s \geq E_f \quad \text{---} \quad E_s = \phi E_{cat} \geq E_f \quad \text{---} \quad (9.2.4)$$

ここに、

E_s : 防舷材の吸収エネルギー (kJ)

~~ϕ : 防舷材の製造上の誤差 (公差)~~

~~E_{cat} : 防舷材の吸収エネルギーの規格値 (kJ)~~

E_f : 船舶の接岸エネルギー (kJ)

ここで、船舶の接岸エネルギーの特性値は、[作] 第 8 章 2.2 船舶の接岸による作用の式 (2.2.1) として表すことができる。

係留施設が防舷材反力の影響が小さい構造形式であり、対象船舶の側面の許容面圧に制限がないか、または許容面圧が 700kN/m² 以上の場合には、防舷材の吸収エネルギー E_s は、次式のようにゴム防舷材の製造誤差のみを考慮して表すことができる (図-9.2.2 の係数パターン A)。

$$E_s = \phi_{min} E_{cat} \quad \text{---} \quad (9.2.5)$$

ここに、

ϕ_{min} : 防舷材の製造誤差の下限値

E_{cat} : 防舷材の吸収エネルギーの規格値 (kJ)

なお、防舷材の吸収エネルギーの規格値は、防舷材メーカーのカタログに記載されている防舷材の吸収エネルギーの標準的な性能 (標準性能) とする。

一方、係留施設が防舷材反力の影響が大きい構造形式の場合、あるいは対象船舶の側面の許容面圧に 700kN/m² 未満の制限がある場合には、ゴム防舷材の性能に関する影響要因を考慮する必要がある。このとき、防舷材の吸収エネルギー E_s は、次式のようにゴム防舷材の影響係数を考慮した吸収エネルギーの最小値 E_{min} で表すことができる (図-9.2.2 の係数パターン B)。

$$E_{min} = \phi_{min} E_{cat} C_{aE} C_{vE} C_{tE} C_{gE} \quad \text{---} \quad (9.2.6)$$

ここに、

E_{min} : 影響要因を考慮した防舷材の吸収エネルギーの最小値 (kJ)

C_{aE} : 防舷材の吸収エネルギーの傾斜係数

C_{vE} : 防舷材の吸収エネルギーの速度係数

C_{tE} : 防舷材の吸収エネルギーの温度係数の下限値 (最高温度)

C_{gE} : 防舷材の吸収エネルギーの経年変化係数

ここで、防舷材の性能照査に用いる温度は、防舷材が設置されている周辺環境における気温とする。また、最高温度としては、20 年間以上の長期間に渡って観測された日平均気温の累積相対度数分布の 98% 点 (高温側から 2% 点) を用いることができる¹⁰⁻¹⁾。

係留施設に設置する防舷材の選定においては、次式によって防舷材の反力について性能照査を行うことができる。なお、船舶の許容面圧を考慮しなければならない場合には、防舷材反力を受衝板の有効面積で除した値が船舶の許容面圧以下になることを確認する。

$$R_s \leq R_f \quad (9.2.7)$$

ここに、

R_s : 防舷材の反力 (kN)

R_f : 係留施設の許容耐力 (kN)

係留施設が防舷材反力の影響が小さい構造形式であり、対象船舶の側面の許容面圧に制限がないか、または許容面圧が 700kN/m^2 以上の場合には、防舷材の反力 R_s は、次式のようにゴム防舷材の製造誤差のみを考慮して表すことができる (図-9.2.2 の係数パターン A)。

$$R_s = \phi_{max} R_{cat} \quad (9.2.8)$$

ここに、

ϕ_{max} : 防舷材の製造誤差の上限値

R_{cat} : 防舷材の反力の規格値 (kN)

なお、防舷材の反力の規格値は、防舷材メーカーのカタログに記載されている防舷材の反力の標準的な性能 (標準性能) とする。

また、係留施設が防舷材反力の影響が大きい構造形式の場合、あるいは対象船舶の側面の許容面圧に 700kN/m^2 未満の制限がある場合には、ゴム防舷材の性能に関する影響要因を考慮する必要がある。このとき、防舷材の反力 R_s は、次式のようにゴム防舷材の影響係数を考慮した反力の最大値 R_{max} で表すことができる (図-9.2.2 の係数パターン B)。

$$R_{max} = \phi_{max} R_{cat} C_{aR} C_{vR} C_{tR} C_{gR} \quad (9.2.9)$$

ここに、

R_{max} : 影響要因を考慮した防舷材の反力の最大値 (kN)

C_{aR} : 防舷材の反力の傾斜係数 (最大は 1.0 とする)

C_{vR} : 防舷材の反力の速度係数

C_{tR} : 防舷材の反力の温度係数の上限値 (最低温度)

C_{gR} : 防舷材の反力の経年変化係数

なお、最低温度として、20 年間以上の長期間に渡って観測された日平均気温の累積相対度数分布の 2% 点 (低温側から 2% 点) を用いることができる¹⁰⁻¹⁾。

荒天時に船舶が係岸避泊する場合、係留船舶がうねりや長周期波の影響を受ける場合、浮体構造物の係留にゴム防舷材を使用する場合などのように係留船舶の動揺を考慮して防舷材の選定を行う必要があるときには、係留船舶の動揺計算においてゴム防舷材の性能を可能な限り正確に表現する必要がある (図-9.2.2 の係数パターン C)。詳細な手順については、**ゴム防舷材の設計法と試験法に関するガイドライン⁵⁻¹⁾**を参考にすることができる。

(6) ゴム防舷材には、V 型、中空丸型、中空角型など各種のものがあり、それぞれ反力と変形との関係、エネルギー吸収率が異なっている。各防舷材とも、吸収エネルギーと変形、反力と変形の関係のグラフが防舷材メーカーのカタログに表示されているので、参照するものとする。

V 型防舷材などの定反力型防舷材は低反力、高エネルギー吸収の防舷材であるが、設計エネルギー吸収量の 1/3 のエネルギーを吸収したとき既に最大反力に近い反力を示す性質があるので、2~3 個の防舷材に同時に船舶が接岸した場合には、反力の合計値が大きくなることもあるので注意しなければならない。

近年では、エネルギー吸収が大きく反力が小さいといった高性能な防舷材が開発・市販されている。このような高性能型防舷材は、大型の石油タンカーやコンテナ船などの大きな接岸エネルギーを有する船舶が接岸する岸壁で、かつ栈橋やドルフィンなどのように防舷材反力の影響を大きく受ける係留施設において有利な性能特性を持った防舷材と考えられる。

(7) ゴム防舷材の特性の変動要因としては、製造上の誤差、角度依存性（傾斜圧縮特性）、経年変化、動的特性（速度依存特性）、温度依存性、クリープ特性、経年変化、繰返し疲労性状（圧縮回数依存特性）、クリープ特性、傾斜圧縮特性、温度特性などがある。これらは浮体式構造物の係留用の防舷材においては、係留装置の安全性を評価する上で重要な要因である。また、船舶係留用の防舷材においても、製造上の誤差、角度依存性、動的特性（速度依存特性）、傾斜圧縮特性、温度依存特性等に配慮してその性能を照査するのが適切である。例えば、防舷材の製造上の誤差（公差）が±10%であれば、防舷材の吸収エネルギーの算定においては、-10%の特性（性能）で評価し、防舷材が係留施設に及ぼす反力の算定評価においては、+10%の特性（性能）で評価することが望ましい。また、速度依存動的特性については、船舶の接岸速度を考慮した場合に防舷材の接岸時の反力が、防舷材メーカーのカタログに記載されている標準的な性能に対して大きくなり、反力の値が増大しないことを確認することが望ましい。なお、温度依存性については、低温状態の場合には、防舷材の反力が標準的な温度に対するものよりも大きくなることに注意する必要がある。

(8) ゴム防舷材の特性の変動要因による吸収エネルギー及び反力に対する影響については、ゴム防舷材の性能照査において影響係数として考慮することができる。性能影響要因に対する影響係数の考え方については、**ゴム防舷材の設計法と試験法に関するガイドライン**⁵⁻¹⁾を参考にすることができる。このような影響要因は、先に示したように、製造誤差、角度依存性、速度依存性、温度依存性、経年変化、繰返し疲労、クリープ特性などがある。それぞれの影響要因に対して標準的な性能を規定するための条件として標準条件が設定されており、それぞれの性能の影響係数は、標準条件における性能である標準性能との比を用いて表される。この標準性能とは、カタログに記載される基本的な性能であり、すべての影響要因が標準条件のときの性能を意味している。

製造誤差は、ゴム防舷材の製造において発生する個々の製品の性能のばらつきであり、季節の変動や製造工程の違いなど様々な条件の影響を受けている。角度依存性は、船舶が防舷材に対して角度を持って接岸する場合においては、船舶が平行接岸するときのように防舷材全体を均一に圧縮しないため、防舷材によるエネルギー吸収が小さくなる性質をいう。また、速度依存性は、船舶の接岸速度に伴うゴム防舷材の圧縮速度によって、吸収エネルギー及び反力の特性が異なることを意味している。一方、温度依存性は、高温時よりも低温時において、ゴム防舷材の吸収エネルギー及び反力が大きくなる性質を表している。経年変化とは、ゴム防舷材が温度、紫外線、酸素などの影響により劣化していくことであり、一般的にゴム防舷材は硬化していくため、反力は供用年数とともに緩やかに増加していく傾向にある。通常は経年変化を考慮することはないが、外気温が高い場合や係留施設の構造に対して防舷材反力の影響が大きい場合などには、必要に応じて考慮することが望ましい。また、繰返し疲労は、ゴム防舷材が繰返し圧縮されることで反力が低下していく現象を示している。係留施設に設置する防舷材の性能照査においては、通常は同じ防舷材に対する連続した繰返し圧縮は起こらないと考えられるため、繰返し疲労を考慮する必要はない。クリープ特性は、ゴム防舷材に一定の圧縮荷重をかけ続けると、時間とともに圧縮変形が進んでいく現象をいう。定反力型防舷材の場合は、防舷材が座屈すると反力は減少し、荷重が継続していれば設計変形量まで一気に圧縮が進んでいくため注意が必要である。通常はクリープ特性を考慮する必要はないが、船舶を長時間係留するような場合で風の作用が大きくなる可能性があるときには、ゴム防舷材が座屈をしないように配慮すべきである。

(98) 国際航路協会（PIANC）のワーキンググループは、防舷材の選定において、船舶の接岸時の速度及び気温等、防舷材が使用される環境によって特性が変化することに配慮し、標準状態の吸収エネルギー及び反力に対して速度補正係数及び温度補正係数による補正を行って防舷材を選定することを提案している。また、これらの補正係数を用いた防舷材の選定方法についての指針¹¹⁾¹²⁾も公表している。一方、**ゴム防舷材の設計法と試験法に関するガイドライン**⁵⁻¹⁾においては、このような速度係数及び温度係数に加えて、傾斜係数や経年変化係数などのその他のゴム防舷材の性能に影響する要因を影響係数として考慮する方が、さらに精度の高い防舷材の性能照査が行えることを示している。

ゴム防舷材の性能照査において、吸収エネルギー及び反力を算定するためのそれぞれの影響係数は、船舶の接岸速度、気温、防舷材に使用されるゴムの種類などによって異なるので、防舷材メーカーのカタログなどにより設定する。製造誤差は、特に指定のない限り、最大+10%、最小-10%とし、吸収エネルギー及び反力ともに共通とする。傾斜係数、速度係数及び温度係数は、防舷材メーカーのカタログに提示されている値を用いる。また、経年変化係数は、防舷材の長期間の使用が想定される場合などを除き、通常は1.0としてよい。なお、文献10-1)には、防舷材メーカーから情報収集した防舷

材の傾斜係数、速度係数及び温度係数の係数値の一覧が掲載されているので参考にすることができる。
~~防舷材メーカーに確認するのがよい。また、~~

接岸速度については、同一の係留施設に大きな船舶が小さい接岸速度で接岸する場合と、小さな船舶が大きな接岸速度で接岸する場合とでは、後者の方が係留施設に対してより大きな反力となる可能性があることに注意する必要がある。また、気温については、気温が低くなると防舷材の反力が大きくなり、さらにゴム防舷材の個々の製品における性能の違いが大きくなることから、特に寒冷地での使用に対する防舷材の性能照査は慎重に行う必要がある¹⁰⁻¹⁾。

(109) 防舷材は船舶が接岸するときには、その接岸力により船舶の外板に永久変形を生じさせるおそれがあるため、防舷材の選定には注意が必要である¹³⁾¹⁴⁾。船舶側に対する荷重を低減させるためには、必要に応じて受衝板を防舷材の前面に取り付けるのがよい。受衝板のサイズは、ゴム防舷材の本体と接合可能であり、かつ許容平均面圧に対して必要となる受衝面積以上の大きさとする。船舶外板の損傷は接岸力の大きさだけでなく船舶の外板強度が影響するので、1箇所の防舷材の接触面積をできるだけ広くし、船舶の2つの肋骨にわたって防舷材が接触するようにすることが望ましい。防舷材の設計に関する指針¹¹⁾¹²⁾には、船舶の種類別に推奨される最大許容面圧が掲載されており、概ね200～400kN/m²の面圧が提示されている。また、**ゴム防舷材の設計法と試験法に関するガイドライン⁵⁻¹⁾**では、国内実績例を考慮して求められた最大許容面圧が示されている。なお、防舷材の反力が船殻構造に与える影響については、文献13)15)16)を参考にすることができる。

(114) 防舷材は船舶の傾斜接岸によって生じる法線方向の摩擦力によるせん断力に対しても安全でなければならない。一般的に、この力は、バスコ・コスタ (Vasco Costa)¹⁷⁾の提案式によって算定することができる。すなわち、船舶が係留施設法線に対して6～14°の角度で接岸すると、この力は接岸力の10～25%となる。

(124) 係留船舶の動揺計算~~シミュレーション~~の結果⁷⁾¹⁸⁾によれば、船舶接岸力による防舷材の変形よりも、係留時の船舶の動揺による変形が上回る可能性があるのは、うねりの侵入など作用する波の周期が長いとき、船舶に作用する波向が船体の側面方向であるとき、防舷材による吸収エネルギー E と許容変形量 δ_a との比 E/δ_a が大きいときなどである。したがって、このような場合は、 E/δ_a が小さな防舷材、すなわち、防舷材による吸収エネルギー E が同一であれば、許容変形量 δ_a の大きな防舷材を選定するのがよい。