

## 5.7 防舷材

## 5.7.1 防舷材に関する試験

係留施設に使用する~~ゴム~~防舷材に関する試験について記載する。~~ゴム防舷材~~は、船舶の接岸エネルギーを吸収する目的で係留施設に設置されるが、~~ソリッド式~~ゴム防舷材と空気式~~ゴム~~防舷材が一般的である。~~の2種類に大別することができる。ソリッド式~~ゴム防舷材は、ソリッド式防舷材のことであり、防舷材のゴム自身の弾性変形と座屈とによって船舶の接岸エネルギーを吸収するものである。一方、空気式~~ゴム~~防舷材は、防舷材の変形時に内部の空気が圧縮されることによって船舶の接岸エネルギーを吸収するものである。空気式防舷材の中で、国際標準化機構（ISO）規格に準拠した空気式~~ゴム~~防舷材に関する試験については、ISO 17357-1: 2014を参照することができる。本項では、一般的に数多く使用されている~~ソリッド式~~ゴム防舷材（以下、~~ゴム防舷材~~という）に関する試験について記載する。ゴム防舷材の試験法については、ゴム防舷材の設計法と試験法に関するガイドライン<sup>30)</sup>を参考にすることができる。

## 5.7.2 試験の種類

ゴム防舷材は、耐老化性、耐オゾン性等の物理的性質を有している必要があるため、物理試験によりその性能を検証するものとする。また、ゴム防舷材の圧縮特性は、圧縮~~ひずみ変位量~~に対する吸収エネルギー及び反力の特性曲線として表すのが標準的であり、静的圧縮試験によりその特性を検証するものとする。さらに、ゴム防舷材は、繰~~り~~返し荷重に対する耐久性を有している必要があるため、繰~~り~~返し圧縮による耐久性試験によりその性能を検証するものとする。ただし、ゴム防舷材の耐久性試験については、ゴム防舷材の製品に対して実施することは困難であるため、事前に実施して第~~3~~三者機関から耐久性に関する認証を得ておく必要がある。本項では、防舷材に関する試験として、物理試験、静的圧縮試験及び耐久性試験について以下に記載する。

## 5.7.3 物理試験

## (1) 試料の採取

物理試験に用いる供試体は、ゴム防舷材~~の制作時に対象ロット~~に使用した練りゴムの同じ~~ロット~~から取り出した試料1セットとし、~~製品と同一の配合及び加硫状態になるように作製した加硫した~~ゴム板から採取するものとする。

## (2) 試験方法

ゴム防舷材は、船舶の接岸時に大きな変形を受けることから、ゴム材料の品質は極めて重要である。基本的にゴム材料は、カーボンブラックまたはホワイトカーボン配合の天然もしくは合成ゴム、またはこれらを混合した加硫物であること、耐老化性・耐海水性・耐オゾン性・耐磨耗性などを有していること、均質で異物の混入、気泡、きず、き裂及びその他有害な欠点がないことが求められている<sup>13)</sup>。また、ゴム防舷材に使用するゴムの物性値の基準も規定されており<sup>13)</sup>、これに基づいて物理試験を行うものとする。物理試験には、耐老化性能等を測るための促進老化試験（JIS K 6257 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－熱老化特性の求め方）、引張試験（JIS K 6251 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－引張特性の求め方）、デュロメータ硬さ試験（JIS K 6253-3 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－硬さの求め方－第3部：デュロメータ硬さ）及び静的耐オゾン性能を測るための耐オゾン性試験（JIS K 6259-1 加硫ゴム及び熱可塑性ゴム－耐オゾン性の求め方－第1部：静的オゾン劣化試験及び動的オゾン劣化試験）がある。

## (3) 試験結果の取扱い方法

ゴム防舷材の物理試験の結果については、港湾工事共通仕様書<sup>13)</sup>に規定されているゴム防舷材の材質基準

を満足していなければならない。表－5.7.1は、ゴム防舷材の物理的性質の基準値を示したものである。

表－5.7.1 ゴムの物理的性質<sup>13)</sup>

| 試験項目    |         | 基準値                 | 試験規格         |
|---------|---------|---------------------|--------------|
| 促進老化試験  | 引張強さ    | 加熱前値の80%以上          | JIS K 6251   |
|         | 伸び      | 加熱前値の80%以上          | JIS K 6251   |
|         | 硬さ      | 加熱前値の+8を越えないこと      | JIS K 6253-3 |
| 耐オゾン性試験 | 静的オゾン劣化 | 72時間後に目視で、き裂発生がないこと | JIS K 6259-1 |

#### (4) 不合格時の対応

物理試験において、試験に供した試料のうち基準値を満足しないものがあった場合は、対象ロットよりさらに2セットの試料を用いて再試験を行い、これらのセットの全試料の合格をもって対象ロットに属する全数を合格とする。

#### (5) 試料サンプルの保管

物理試験に用いられる試料は、製品のゴム防舷材と同じロットの材料でなければならないが、その証明はゴム防舷材の生産工程の都合などにより難しい場合もある。このため、物理試験に使用した試料と同じゴムの試料サンプルを保管しておくものとする。

#### (6) 物理試験の特性<sup>30)</sup>

ゴムは、熱と圧力によってもたらされる加硫という化学反応によってその物性を発揮する。ゴム防舷材のように肉厚のゴムは、内部まで熱が達するのに長い時間がかかるため、圧力と温度のかけ方は防舷材の各製品によって異なっている。また、製品と同じロットのゴム材料を使用した試料を加硫したとしても、製品のどの部位とも一致するような物性を実現することは不可能である。このため、物理試験において満足すべき基準は、その材料がゴム防舷材となった時に確実に要求性能を発揮しうるために必要な基準であり、必ずしも製品の各部位と同じ物性を示すことを保証するものではないことに注意が必要である。

### 5.7.4 静的圧縮試験

#### (1) 概要

静的圧縮試験は、市販されているサイズのゴム防舷材を実際に圧縮する基本的な試験である。~~その試験は、実機からスケールモデルまで広範囲のサイズのゴム防舷材に対して行われている。~~大型の実機サイズの静的圧縮試験の実施は、一般的に圧縮試験機の規模に依存することになる。~~がしかしながら、~~ゴム防舷材の圧縮性能という基本的な特性を把握する目的のために、製造され~~た~~すべての品種・サイズ・材質のゴム防舷材について静的圧縮試験を実施しなければならない。

静的圧縮試験は、基本的に、ゴム防舷材の供試体の受衝面に垂直に圧縮して行うものとする。~~ただし、船舶が防舷材の受衝面に対して傾斜して接岸する可能性がある場合には、傾斜圧縮も行うことが望ましい。なお、傾斜圧縮試験を実施する場合で、圧縮試験機の性能上の制約から実機試験が困難な場合にはスケールモデルによる試験で代替してもよい。~~

#### (2) 試料の採取

静的圧縮試験に用いる供試体は、ゴム防舷材の製品について10本に1本の割合（端数切り上げ）で採取するものとする。

### （3）試験方法

静的圧縮試験は、基本的に以下のような流れで実施するものとする<sup>30)</sup>。

#### ① 恒温化

ゴム防舷材の性能は温度に影響されるため、供試体及び試験環境の温度は目標とする温度に恒温化されていることが重要である。~~ことが望ましい。そのような目標温度を設定温度とする。標準~~静的圧縮性能を計測する場合の**設定目標**温度は、23° C（標準温度）とし、静的圧縮試験は温度が**設定目標**温度±15° C以内の環境で実施することが望ましい。~~また、試験時には、ゴム防舷材の置かれた環境温度を記録しておくものとする。~~

~~恒温室などの~~恒温化された環境では、供試体を**設定目標**温度±5° Cの環境において一定時間保管することによって、ゴム防舷材の温度を適正化することができる。また、大型ゴム防舷材のように事前に供試体を**設定目標**温度±5° Cに恒温化することが難しい場合などの恒温化されていない環境では、記録された環境温度の平均値を用いて温度補正するものとする。

#### ② 予備圧縮

ゴム防舷材の供試体を設計ひずみ以上まで3回以上圧縮する。なお、圧縮試験では、~~V型~~ゴム防舷材で開脚タイプのものについては、脚部が開かないように**面板に**固定する。

#### ③ 本圧縮

ゴム防舷材の供試体を予備圧縮から1時間以上の間、**設定目標**温度±5° Cで放置することにより、防舷材の圧縮性能について予備圧縮の影響から回復させる。その後、再度、設計ひずみ**以上を越える**まで供試体を1回圧縮して、そのときの圧縮性能を静的圧縮性能とする。

供試体の圧縮速度は、静的圧縮**ひずみ**速度（0.01～0.3%/s）の範囲内とすることを標準とする。このとき、供試体を**設定目標**温度±5° Cで保管できない場合には、記録された環境温度の平均値を用いて温度補正するものとする。

### （4）静的圧縮性能の表示

ゴム防舷材の**静的**圧縮試験の結果については、反力－**圧縮ひずみ変位量**曲線及び吸収エネルギー－**圧縮ひずみ変位量**曲線として表示する。ゴム防舷材の**静的**圧縮性能は、防舷材を**設計ひずみ規定の圧縮変位量**まで圧縮する間に行われたエネルギー吸収値とその間に発生した最大反力値をもって表すものとする。~~規定の圧縮変位量とは、防舷材の圧縮性能曲線より求まるエネルギー吸収値と反力値との比が最大となる圧縮変位量とする。~~

### （5）試験結果の取扱い方法

ゴム防舷材の圧縮性能値の評価については、港湾工事共通仕様書<sup>13)</sup>に基づき、規定の性能値に対して最大反力値はそれ以下、エネルギー吸収値はそれ以上であることを確認するものとする。なお、規定の性能値とは仕様書等に示されている特性値であるが、ゴム防舷材の性能値は防舷材メーカーが公表しているカタログに記載されている当該防舷材の標準性能値に対して±10%以内の変動がある。そこで、一般には、吸収エネルギー値については標準性能曲線の**設計ひずみ定格変形量**に対する吸収エネルギー値の90%、最大反力値については標準性能曲線の最大反力値の110%とする。

### （6）不合格時の対応

静的圧縮試験において、試験に供した試料のうち規定を満足しないものがあつた場合は、対象ロットの未試験品について、5本に1本の割合（端数切り上げ）で抜き取りを行い、それらについて再試験を行うものとする。これらの全試料の合格をもって、前記の不合格品を除いた全数を合格とする。このとき、さらに不合格品があつた場合には、残りの全数について試験を行い、個々について合否の判定を行うものとする。

#### 5.7.5 耐久性試験

##### (1) 概要

耐久性試験は、市販されている最小サイズ以上のゴム防舷材を実際に数千回繰返し圧縮する試験である。この耐久性試験では、ゴム防舷材が圧縮载荷以前のひずみ変位・反力に回復するまでの十分な時間を取らない状態において、繰返し圧縮に耐え得る安全性を有していることを検証する。

耐久性試験における疲労劣化特性については、ゴム防舷材の縮尺スケールモデルの相似性が成り立たないことから、市販されている実機サイズの供試体を使用するものとする。供試体のサイズは、市販されている最小のものとしてもよい。なお、発熱と放熱の縮尺の相違から、サイズの大きい防舷材の方が、連続で圧縮すればゴムの温度は上昇し易い傾向にある。しかしながら、実際の船舶の接岸時においては、防舷材は連続して圧縮されるわけではないため、ゴム防舷材の基本的な耐久性を評価するには最も直接的な試験といえる。

##### (2) 試験方法

耐久性試験は、基本的に以下のような流れで実施するものとする<sup>30)</sup>。

###### ① 恒温化

耐久性試験を実施する場合の設定目標温度は、23° C（標準温度）とし、ゴム防舷材の供試体を設定目標温度 $\pm 5^{\circ}$  Cにを目標として恒温化する。また、試験時には、ゴム防舷材の置かれた環境温度を記録しておくものとする。

###### ② 予備圧縮

ゴム防舷材の供試体を設計ひずみ以上まで3回以上圧縮する。~~そのとき、圧縮速度は一定速度とし、基準とする静的圧縮速度を用いる。~~

###### ③ 静的圧縮（事前）

ゴム防舷材の供試体を予備圧縮から約1時間以上の間、設定目標温度 $\pm 5^{\circ}$  Cで放置した後、再度、設計ひずみ以上を越えるまで供試体を1回圧縮して、そのときの圧縮性能を標準静的圧縮性能とする。

###### ④ 繰返し圧縮

設計ひずみまでの1回の圧縮が150秒を越えない間隔で、一定速度または減速の状態において3,000回連続で、防舷材メーカーの定める標準ひずみ率までゴム防舷材の供試体を圧縮する。減速圧縮の場合の速度波形は規定しないが、圧縮開始の位置、除荷開始ひずみの位置は固定とする。なお、繰返し圧縮を実施している期間は、供試体を人為的に冷却してはならない。

###### ⑤ 外観検査

繰返し圧縮後のゴム防舷材の供試体について、クラックや欠陥などの損傷の有無について目視で確認する。

###### ⑥ 静的圧縮（事後）

~~ゴム防舷材の供試体を設定温度 $\pm 5^{\circ}$  Cで放置した後、~~繰返し圧縮から24時間以内に、再度、設計ひずみを越えるまでゴム防舷材の供試体を1回圧縮し、その圧縮性能を繰返し圧縮後の静的圧縮性能とする。

##### (3) 試験結果の取扱い方法

ゴム防舷材の耐久性能については、港湾工事共通仕様書<sup>13)</sup>に基づき、ゴム防舷材の供試体に対して繰返し圧縮による耐久性試験を実施してもクラックや欠陥がないことを確認するものとする。また、ゴム防舷材の耐久性試験の結果を用いて、ゴム防舷材耐久性証明事業を実施する機関（第三者機関）からゴム防舷材が耐久性を有することの認証を得るものとする。

〔参考文献〕

- 1) 沿岸技術研究センター：港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル2009.
- 2) 日本コンクリート工学会：既存コンクリート構造物の性能評価指針2014.11.
- 3) 日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針2013.
- 4) 東京港埠頭株式会社：栈橋劣化調査・補修マニュアル2012.11.
- 5) 沿岸技術研究センター：港湾の施設の維持管理技術マニュアル2018.4.
- 6) 港湾空港総合技術センター：外国産資材品質審査・証明実施要領1997,2010.4改正.
- 7) 日本鋼構造協会：鋼材品質証明ガイドライン 2009.
- 8) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧 2014.
- 9) 土木学会：コンクリート標準示方書 規準編（土木学会基準および関連基準），平成26年3月.
- 10) 日本コンクリート工学会（JCI）：JCI規準集（DD1からDD5），平成14年3月.
- 11) 土木学会：コンクリートライブラリー67,水中不分離性コンクリート設計施工指針（案），p.17, p.59-71, 平成3年5月.
- 12) 土木学会：コンクリートライブラリー136,高流動コンクリートの配合設計・施工指針 [2012年版]，p.33-34, p.59-60, p.86-87, 平成24年6月.
- 13) 国土交通省港湾局：港湾工事共通仕様書，~~2017~~2021.
- 14) 国土交通省港湾局：港湾工事品質管理基準.
- 15) 日本道路協会：舗装設計施工指針，丸善，2006.
- 16) 日本道路協会：舗装施工便覧，丸善，2006.
- 17) 日本道路協会：舗装再生便覧，丸善，2010.
- 18) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧，丸善，2007.
- 19) 日本港湾協会：港湾調査指針,第6章石材試験,1987.6.
- 20) 土木学会：コンクリート標準示方書，2012.
- 21) 土木学会：舗装標準示方書，2015.
- 22) 田中治雄：土木技術者のための地質学入門，山海堂.
- 23) 日本規格協会：JIS Z 2101-2009 木材の試験方法，2009.
- 24) 日本住宅・木材技術センター：構造用木材の強度試験マニュアル，2011.
- 25) 日本規格協会：JIS K 1571-2010 木材保存剤一性能基準及びその試験方法，2010.
- 26) 山田昌郎：木材の海虫害とその防除法ならびに臨海部の気中での風化に関する実験，港湾空港技術研究所資料No.1281, 2014.
- 27) 日本木材保存協会：木製外構材のメンテナンスマニュアル（改訂版），2008.
- 28) 日本木材保存協会：木材・木質構造の維持管理一劣化診断マニュアル，2014.
- 29) 木製治山構造物技術指針検討会：木製治山構造物技術指針（案），2016.
- 30) 沿岸技術研究センター：ゴム防舷材の設計法と試験法に関するガイドライン，沿岸技術ライブラリーNo.51, 2018.
- 国際航路協会（PIANC）：防舷材システム設計の指針 2002 版，海運委員会第 33 作業部会報告書，p.133, 2005.