

5.6 木材

5.6.1 木材の試験

(1) 木材の強度試験

木材の強度試験は、参考文献23)、24)を参照して実施することができる。

(2) 木材の耐久性試験

木材の腐朽菌及びシロアリに対する耐久性試験は、参考文献25)を参照して実施することができる。

木材の海虫類（フナクイムシ、海生クイムシなど）に対する耐久性試験は、参考文献26)を参照して実施することができる。

供用中の木材の健全性評価は、参考文献27)～29)を参照して実施することができる。

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、ゴム防舷材と空気式防舷材が一般的である。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防舷材に関する試験については、**ISO 17357: 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ゴム防舷材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³⁰⁾**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、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¹³⁾。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¹³⁾、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¹³⁾**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 ギョムの物理的性質¹³⁾

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つた場合は、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³⁰⁾

ゴムは、熱と圧力によつてもたらされる加硫という化学反応によつ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つて異なっている。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。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。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。

(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³⁰⁾。

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。静的圧縮性能を計測する場合の目標温度は、23℃（標準温度）とし、静的圧縮試験は温度が目標温度 $\pm 15^\circ\text{C}$ 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、供試体を目標温度 $\pm 5^\circ\text{C}$ 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目標温度 $\pm 5^\circ\text{C}$ 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、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、目標温度 $\pm 5^\circ\text{C}$ 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、供試体を目標温度 $\pm 5^\circ\text{C}$ 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－圧縮ひずみ曲線及び吸収エネルギー－圧縮ひずみ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。

(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¹³⁾**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表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 $\pm 10\%$ 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、個々について可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、ゴム防舷材が圧縮載荷以前のひずみ・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³⁰⁾。

①恒温化

耐久性試験を実施する場合の目標温度は、23℃(標準温度)とし、ゴム防舷材の供試体を目標温度±5℃に恒温化する。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。

③静的圧縮(事前)

ゴム防舷材の供試体を予備圧縮から1時間以上の間、目標温度±5℃で放置した後、再度、設計ひずみ以上まで供試体を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)

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¹³⁾**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, 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—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—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.