

## 国際沿岸技術研究所の活動について（2022年度）

横田 弘\*・佐藤 昌宏\*\*・秋山 斉\*\*\*

\*（一財）沿岸技術研究センター 参与 国際沿岸技術研究所長

\*\*（一財）沿岸技術研究センター 主席研究員

\*\*\*（一財）沿岸技術研究センター 調査役

本稿では、2022年度（令和4年度）に実施した、港湾に関するISO国際規格の制定動向等の情報収集、気候変動に着目した海外の港湾基準関係の調査、およびPIANCにおける防舷材ガイドラインの検討についての概要を報告する。

キーワード：ISO、気候変動、港湾基準、防舷材ガイドライン

## 1. はじめに

我が国の港湾を取り巻く情勢は、東南アジアをはじめとする新興市場の拡大と生産拠点の南下、アジアのクルーズ市場の急成長、一帯一路構想等の交通戦略、パナマ運河や北極海航路の利用拡大等、貿易および物流の両面で大きく変化し続けている。また、デジタル・トランスフォーメーションによる生産性の向上や脱炭素化等のグローバルな環境への対応もますます重要になっている。

国土交通省港湾局は、港湾の中長期政策「PORT 2030」を2018年にとりまとめ、2030年頃の将来を見据えて経済・産業の発展および国民生活の質の向上のために港湾が果たすべき役割や、今後特に推進すべき港湾政策の方向性等を示した。ここに示される8本の方向性の柱の一つとして、港湾建設・維持管理技術の変革と海外展開があり、我が国の経験・技術・ノウハウを活かし、質の高い港湾インフラシステムの海外展開を推進していく必要性が示されている。そして、港湾に関連する我が国の技術的知見を発展させるとともに、技術基準等の国際標準化を進め、情報通信技術等を活用した我が国の先進的な港湾の建設・維持管理・運営技術をパッケージ化して輸出するなど、積極的な海外展開を推進するとされている。

また、2022年4月には国土交通省が「第5期技術基本計画」を策定し、そこでは、社会経済的な課題への対応を図るため、次の重点分野の技術研究開発や技術基準の策定等に取り組むとしている。

- 1) 防災・減災が主流となる社会の実現
- 2) 持続可能なインフラメンテナンス
- 3) 持続可能で暮らしやすい地域社会の実現
- 4) 経済の好循環を支える基盤整備
- 5) デジタル・トランスフォーメーション
- 6) 脱炭素化・インフラ空間の多面的な利活用による生活の質の向上

これらを受けて当センターでは、既存施設の改良、大規模地震や高潮災害に対する施設の強靱化、産業副産物の利

活用、大規模橋梁の建設、維持管理における新技術の適用、洋上風力発電設備などの技術課題に取り組んでいる。国際沿岸技術研究所では、上述の課題の中で、特に技術基準等の国際標準化に関わる諸課題の検討、港湾建設・維持管理技術の海外展開に資するための活動を推進している。

本稿では、最近のISOにおける国際規格の動向、気候変動に着目した海外の港湾基準関係の調査、および国際航路会議PIANCでの防舷材の設計・製造に関する規格作成について報告する。

## 2. 国際規格の動向

国際標準化機構（ISO：International Organization for Standardization）は各種の国際規格を策定している。また、日本が1995年に批准したTBT協定では、国内規格の制定にあたっては国内規格と国際規格の整合性を図ることなどが求められている。これは貿易における非関税障壁の撤廃を目指したものである。そのため、港湾技術基準をはじめとする各種規格の策定にあたっては国際規格の策定状況に注意を払う必要がある。

土木学会では長年にわたって、ISO対応特別委員会を設置し国内審議団体と協力して土木に関する各種国際規格の審議状況に関する情報収集と意見交換を行っている。ここでは、2023年3月土木学会発行の土木ISOジャーナル<sup>1)</sup>等から港湾に関係のありそうなISO規格を抽出し、その動向を紹介する。2022年度は、コロナ禍が一段落したことを受け、ISOの活動が以前の状況に戻りつつある。一方、ロシアのウクライナ侵攻により、ロシアが主導的立場を務めるISOの活動は引き続き延期されている。

なお、本稿で用いている略号の定義・意味は次のとおりである。

TC：専門委員会（Technical Committee）  
 AHG：アドホック（特設）グループ（Ad Hoc Group）  
 PWI：予備業務項目（Preliminary Work Item）  
 NP：新業務項目提案（New work item Proposal）  
 AWI：承認業務項目（Approved Work Item）  
 WD：作業原案（Working Draft）  
 CD：委員会原案（Committee Draft）

DIS : 国際規格案 (Draft International Standard)  
FDIS : 最終国際規格案 (Final Draft International Standard)  
IS : 国際規格 (International Standard)  
TS : 技術仕様書 (Technical Specification)  
Amd : 修正票 (Amendment)  
SR : 定期見直し (Systematic Review)

## 2.1 構造物の設計

構造物の設計の基本に関しては、ISO/TC 98 (Bases for design of structures) において規格化の検討が行われており、一般社団法人建築・住宅国際機構が国内審議団体を務めている。

ISO 23618 (免震構造物の一般的原則) が 2022 年 10 月に IS として発行された。この規格は主に建物を対象としており橋梁は適用外となっているが、免震構造を検討する際の参考となる。ISO/PWI 23469 (地盤基礎構造物への地震作用) は、2005 年発行の規格を修正することとして改正原案が日本から提案され、改訂作業に向けて作業が進められている。ISO 21650 (海岸構造物に対する波と流れの作用) は、SR 投票の結果 2007 年発行時のまま有効となった。参考文献の修正等の微修正が必要な箇所があるが、今回の SR にて対応することとした。また、この規格から独立させて津波による作用に関する規格の制定を新たに提案することとなり、まずは TC 98 国内分科会でワーキンググループを組織し検討を始めたところである。

## 2.2 地盤工学

ISO/TC 182 (Geotechnics), TC 190 (Soil quality), TC 221 (Geosynthetics) では、地盤関係の規格化の検討が行われており、公益社団法人地盤工学会が国内審議団体を務めている。2022 年度に新規に制定された、もしくは定期見直しが行われた主な規格を以下に示す。

### (1) 地盤工学

ISO 17892-1:2014/Amd 1 (地盤調査と試験—土の室内試験—第 1 部 : 含水比の測定—訂正 1) は 2022 年 5 月に、ISO 17892-12:2018/Amd 2 (同一第 12 部 : 液性及び塑性限界の測定—訂正 2) は 2022 年 3 月に、ISO 22476-1 (地盤調査と試験—原位置試験—第 1 部 : 電気式コーンおよびピエゾコーン貫入試験) は 2022 年 12 月に、ISO 22476-5 (同一第 5 部 : プレボーリング圧力計試験) は 2023 年 3 月に、ISO 24057 (微動探査によるせん断弾性波速度構造の評価) は 2022 年 11 月にそれぞれ IS として発行された。

ISO 17892-4:2016 (地盤調査と試験—土の室内試験—第 4 部 : 土の粒度試験方法), ISO 17892-5:2017 (同一第 5 部 : 段階載荷による圧密試験方法), ISO 17892-6:2017 (同一第 6 部 : フォールコーン試験), ISO 18674-2:2016 (地盤調査と試験—現場計測による地盤工学的モニタリング—第 2 部 : 測線に沿った変位の測定 : 伸び計), ISO 22282-1:2012 (地盤調査と試験—地盤水理試験—第 1 部 : 一般原則), ISO 22282-2:2012 (同一第 2 部 : オープンシステムを用いた単孔透水試験), ISO 22282-3:2012 (同一第 3 部 : 岩盤の

水圧測定), ISO 22282-5:2012 (同一第 5 部 : 湿潤計試験), ISO 22282-6:2012 (同一第 6 部 : クローズドシステムを用いた単孔透水試験), ISO 22476-11:2017 (地盤調査と試験—原位置試験—第 11 部 : フラットダイラトメーター試験) の 10 規格は SR 投票の結果を受けた対応が進められている。

### (2) 地盤環境

ISO 23265 (土壌環境—汚染土壌に含まれる有機物分解の予測試験方法, 2022 年 11 月発行), ISO 23992 (地盤環境—動的な地盤特性の変化を詳細に記録し監視するためのフレームワーク, 2022 年 7 月発行), ISO 23265 (地盤環境—汚染土壌中の有機物分解を推定するための試験) などが発行されるなど、地盤環境に関する化学・生物学的観点等からの多数の規格が審議されているが、詳細は省略する。

### (3) ジオシンセティック

ジオテキスタイル、ジオメンブレンおよびジオシンセティック関連製品は、防砂シートや遮水シートなどとして港湾でも多用されており、今後とも国際規格の動向に注目する必要がある。

ISO/TS 18198 (ジオシンセティックストレーンの長期流れの測定) は 2023 年 3 月に TS として発行された。

ISO 10321:2008 (ジオシンセティックス—広幅ストリップ法によるジョイント/シームの引張試験) は SR 投票の結果を受けた対応が進められている。

## 2.3 コンクリート工学

コンクリート、鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリートに関しては、ISO/TC 71 (Concrete, Reinforced Concrete and Prestressed Concrete) において規格化の検討が行われており、公益社団法人日本コンクリート工学会が国内審議団体を務めている。なお、我が国は 2020 年 11 月より米国から継承してこの TC の幹事国を務めている。

### (1) 試験方法

ISO 20290-5 (コンクリート用骨材—力学的・物理的性質の試験方法—第 5 部 : ふるい試験による粒度分布) は 2023 年 2 月に、ISO 23945-1 (吹付けコンクリートの試験方法—第 1 部 : 急結剤—凝結時間) は 2022 年 7 月に、ISO 24684-2 (コンクリート用骨材—化学的性質に関する試験方法—第 2 部 : 可溶性硫酸塩の測定方法) は 2023 年 1 月にそれぞれ IS として発行された。また、ISO 1920-7:2004 (コンクリートの試験方法—第 7 部 : 硬化コンクリートの非破壊試験) は、SR を受けた改訂作業が進められている。

### (2) 製造・施工

ISO 19595:2017 (コンクリート用天然骨材), ISO 19596:2017 (コンクリート用混和剤) の SR 投票が行われた。ISO/AWI 22965-1 (コンクリート—第 1 部 : 仕様書作成方法) および ISO/AWI 22965-2 (同一第 2 部 : 構成材料の仕様並びにコンクリートの製造及び適合性) は SR の結果を受けて、改正作業が本格的に進められている。また、

再生骨材の規格化が進められ、ISO/WD 18985 (コンクリート用再生骨材) が提示された。

### (3) 設計および性能規定

ISO 19338:2014 (構造用コンクリート設計基準の性能及び評価要求基準) の改正が本格的に始まり、我が国も主体的にこの作業に参加している。改正では、コンクリート構造物の地震後継続利用のための性能評価等のサステナビリティに関する記述が充実される予定であり、WD の段階に至っている。

また、ISO/WD 16521 (コンクリート充填鋼管複合構造の設計標準) の作成が中国を中心に進められている。

### (4) 非鉄補強材料

ISO 10406-1:2015 (FRP によるコンクリートの補強—試験方法—第 1 部:FRP バー及びグリッド), ISO 10406-2:2015 (同一第 2 部:FRP シート), ISO 18319:2015 (コンクリート構造物のための繊維強化ポリマー (FRP) 補強—FRP シートの規格), ISO 19044:2016 (繊維補強セメント複合材料の試験方法—切欠き梁による荷重—変位曲線) は、SR 投票結果を受けての対応が進められている。また、ISO/AWI 10406-4 (同一第 4 部:FRP グリッド) と ISO/AWI 13182 (繊維補強セメント複合材に用いる合成短繊維の規格) の規格化が進められている。なお、ISO/AWI 13182 は JIS A 6208 の一部 (繊維の種類, 形状, 力学的特性の分類等) を国際規格として提案したものである。

### (5) 維持・補修

ISO/FDIS 5091-1 (セメント系材料を用いたコンクリート構造物の補修指針—第 1 部:基本原則), ISO/FDIS 5091-2 (同一第 2 部:上面増厚工法), ISO/FDIS 5091-3 (同一第 3 部:下面増厚工法), ISO/FDIS 5091-4 (同一第 4 部:巻立て工法) は、土木学会「セメント系材料を用いた補修・補強指針」に基づく日本提案の国際規格案であり、FDIS を経てまもなく発行の見込みである。

ISO 16311-1:2014 (コンクリート構造物の維持および補修—第 1 部:一般原則), ISO 16311-2:2014 (同一第 2 部:既存コンクリート構造物の評価), ISO 16311-3:2014 (同一第 3 部:補修の設計), ISO 16311-4:2014 (同一第 4 部:補修の施工) は、日本が主導して規格化されたもので、SR 投票結果を受けた改正作業が進められている。

ISO/TS 16774-2 (地下コンクリート構造物のひび割れに対する漏水補修材に関する試験方法—第 2 部:耐薬品性の試験方法), ISO/TS 16774-3 (同一第 3 部:流出抵抗性の試験方法), ISO/TS 16774-4 (同一第 4 部:湿潤コンクリート表面の付着力の試験方法), ISO/TS 16774-5 (同一第 5 部:水密性の試験方法) は、SR に伴う改正作業を終え、2023 年 4 月に発行された。その他、地下構造物の防水、コンクリート中の鋼材腐食に対する評価・予防及び補修に関する規格の作成が進められている。

### (6) 環境マネジメント

ISO 13315 (コンクリート及びコンクリート構造物の環

境マネジメント) シリーズの SR 投票結果を受けての改正作業が進められている。新たに日本からコンクリートおよびコンクリート構成材料に固定化された二酸化炭素の評価に関する規格作成の提案を行っており、今後作業が進められる予定である。

### (7) ライフサイクルマネジメント

ISO/CD 22040-2 (コンクリート構造物のライフサイクルマネジメント—第 2 部:構造計画・設計段階) および ISO/PWI 22040-3 (同一第 3 部:施工段階) の規格化を日本が提案し、リードして進めている。

### (8) その他

2022 年 12 月開催の ISO/TC71 総会において、日本からコンクリート用語に関する規格作成を提案し、TC71 直下に AHG を設置してより詳細に規格案の全体像について検討を進めることが承認された。日本がコンビーナを務めてこれらの検討を進めている。

## 2.4 鋼構造

鋼構造に関しては、ISO/TC 167 (Steel and aluminium structures) において規格化の検討が行われており、一般社団法人日本鋼構造協会が国内審議団体を務めている。

ISO/DIS 17607-1 (鋼構造—鋼構造の施工—第 1 部:一般要求事項及び用語), ISO/DIS 17607-2 (同一第 2 部:鋼材), ISO/DIS 17607-3 (同一第 3 部:製造), ISO/DIS 17607-4 (同一第 4 部:架設), ISO/DIS 17607-5 (同一第 5 部:溶接), ISO/DIS 17607-6 (同一第 6 部:ボルト接合) の 6 規格案の作成が進められている。これらの規格は既に制定されている ISO 10721-1 (鋼構造—第 1 部:材料及び設計), ISO 10721-1 (同一第 2 部:製作と架設) の後継規格となる予定である。その他、ボルト接合に関する新たな規格の作成が進められている。

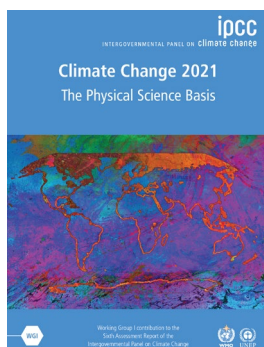
## 3. 港湾基準関係の調査(気候変動の取り組み)

### 3.1 調査内容

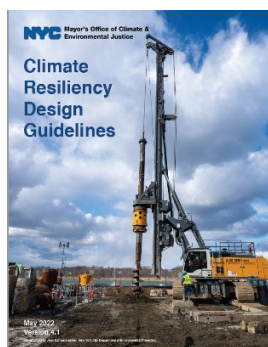
国土技術政策総合研究所から受託した「海外の港湾施設設計および港湾設計基準の海外展開に関する調査」において、気候変動に関する海外の港湾管理者等の取り組みなどに着目した文献調査を行った(表-1)。気候変動全般に関しては、資料 No.1 の IPCC (気候変動に関する政府間パネル) が基になる。国際機関の取り組みとしては、資料 No.2 の UNCTAD (国連貿易開発会議) や資料 No.3 の PIANC (国際航路協会) において、港湾事業に限らず政策のアプローチ手法や広範囲のリスク評価等が示されている。港湾管理者等の取り組みとしては、資料 No.4 の米国・ニューヨーク市、資料 No.5 のオランダ・ロッテルダム港、資料 No.6 のメキシコ・マンサニョー港が該当する。その中で、本稿では資料 No.4 のニューヨーク市の取り組みについて紹介する。

表-1 収集資料の一覧

No	タイトル	発行元	発行年
1	Climate Change 2021: The Physical Science Basis	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	2021
2	Climate Change Impacts and Adaptation for Coastal Transport Infrastructure: A Compilation of Policies and Practices	United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)	2020
3	Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways	World Association for Waterborne Transport Infrastructure (PIANC)	2020
4	Climate Resiliency Design Guidelines - Version 4.1	NYC Mayor's Office of Climate and Environmental Justice (NYC)	2021
5	Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy	City of Rotterdam	2013
6	Port of Manzanillo: Climate Risk Management	Inter-American Development Bank	2015



資料 No.1 の表紙



資料 No.4 の表紙

### 3.2 ニューヨーク市の取り組み

#### (1) ガイドラインの概要

当ガイドラインは、ニューヨーク市の気候変動に対応した建築や土木などの設計に関する指針であり、気温上昇、降雨量の増加、海面上昇などの気候変動に対処するための戦略や手法が示されている。

#### (2) ガイドラインの目次

ガイドラインは表-2 に示す章立てで構成されている。以降、アンダーラインの項目について要約を記す。

#### (3) ガイドラインの内容

##### a) Introduction

ガイドラインの目的は、資本プロジェクトの設計を行うにあたり、建築基準や設計基準に、過去の気象データに加えて、将来の気候データを取り入れることである(図-1)。ガイドラインは、施設の新規建設と大規模な改修を行う場合に、予備設計または調査段階から詳細設計まで、設計プロセス全体を通して用いられる。

表-2 ガイドラインの目次構成

<b>I. Introduction</b> (はじめに)
A. Climate Change in New York City (ニューヨーク市の気候変動)
<b>B. Useful Life of Capital Projects</b> (資本プロジェクトの耐用年数)
C. Defining “Criticality” and “Major Projects” (「重要度」と「主要プロジェクト」の定義)
<b>D. Managing Uncertainty</b> (不確実性の管理)
E. Project-specific Considerations (プロジェクト固有の考慮事項)
F. Reporting Requirements (報告要件)
<b>II. Resilient Design</b> (レジリエント設計)
A. Increasing Heat (熱量の増加)
B. Increasing Precipitation (降水量の増加)
C. Sea Level Rise (海面上昇)
<b>III. Toolkit</b> (ツールキット)
<b>A. Resilient Design Process</b> (レジリエント設計プロセス)
<b>B. Exposure Screening Tool</b> (ばく露スクリーニングツール)
C. Risk Assessment Methodology (リスクアセスメント手法)
D. Benefit-Cost Analysis Methodology (費用便益分析手法)
<b>Appendices</b> (付録)
1. Key Terms (重要な用語)
2. Climate Change Projections (気候変動予測モデル)
3. Differentiation of Flood Maps (各洪水マップ)
4. Design Strategies Checklist (設計戦略のチェックリスト)
5. Project Benefit Categories (プロジェクトの利益カテゴリー)
6. Resilient Design Submittal Checklist (レジリエントデザインの提出用チェックリスト)
<b>Works Cited</b> (引用文献)

#### b) Useful Life of Capital Projects

気候変動の予測は、NPCC (ニューヨーク市気候変動パネル) により、以下の4つの期間とその時間枠で区分されている。

- 2020年代の予測 = 現在から2039年まで
- 2050年代の予測 = 2040年から2069年まで
- 2080年代の予測 = 2070年から2099年まで
- 2100年の予測 = 21世紀末以降

施設設計を行う際の気候変動予測は、仮設構造物やアスファルト舗装、技術部品 (通信機器、太陽光発電、燃料電池など) などは2020年代の予測値、コンクリート舗装、インフラ系機械部品 (コンプレッサー、リフト、ポンプなど)、エネルギー施設 (非常用発電機、燃料タンク、電線管) などは2050年代の予測値、橋脚や岸壁、カルバート、建築物などのインフラは2080年代の予測値、トンネルや

橋、下水道など移設が不可能なインフラは2100年の予測値の選択が例として示されている。

c) Managing Uncertainty

図-2 に屋外非常用発電機とプラットフォームの設計例を示す。非常用発電機の耐用年数は25年であるが、プラットフォームの基礎と柱の耐用年数に合わせて、施設全体は2080年代の気候変動予測値を用いている。発電機が海面上昇により危険にさらされると仮定し、当初より将来の設計洪水高 (Design Flood Elevation) に合わせたプラットフォーム高さとその追加重量を支える設計になる。この初期投資により、将来の柔軟性とコストの削減が可能になる。

d) Resilient Design – Sea Level Rise

海面上昇による洪水リスクの判断は、「洪水ハザードマップパー (http://www.nyc.gov/floodhazardmapper)」により、施設の敷地が耐用年数内に浸水するかどうかを評価する。

図-3 に、洪水ハザードマップパーの使用例を示す。

潮汐による洪水は、既にニューヨーク市の一部に影響を及ぼしており、海面上昇に伴い高潮時に低地沿岸地域の浸水が予測されている。そのため、用地の選択や大規模な改良計画を立てる際には、浸水の脅威にさらされていない代替地を検討することが重要になる。

港湾施設などの施設は運用上の目的から海岸に近い場所に位置する。その場合、海面上昇に関連するリスクを軽減するための対策を取ることが重要である。例えば、海岸堤防の築造や、重要なインフラを高架したりすることが必要となる。また、洪水の潜在的な影響に対処するための緊急対応計画を策定する必要がある場合もある。

e) Toolkit – Resilient Design Process

科学的に裏付けられた費用対効果の高い回復力のある設計戦略を開発するために、計画および設計プロセスで使用するためのツールや手法 (暴露スクリーニングツール、リスクアセスメント手法、費用便益分析手法) が紹介されている。

図-4 に、資本プロジェクト開発プロセスにおけるレジリエント設計の位置付け例を示す。

計画または企画段階では、プロジェクトの企画立案を行う。ここでは、プロジェクトの種類、耐用年数、重要度、運用目標、予定場所および見積もりコストに関する情報を収集する。次に、気候変動への暴露スクリーニングを行う。ここでは、プロジェクトが気候条件の変化リスクにどの程度にさらされているかを評価する。

予備設計段階では、リスクアセスメントを行う。ここでは、総費用が5,000万USD以上のプロジェクトを対象にして、気候変動の危険性を評価する。次に、レジリエント設計戦略の統合を行う。ここでは、ガイドラインを用いて、熱、降水量、海面上昇に関する気候変動予測を踏まえたプロジェクト設計を行う。さらに、必要に応じて、費用対効果分析を行う。5,000万USD未満のプロジェクトには定性的評価、大規模なプロジェクトには詳細な評価を行う。

最終段階では、レジリエント設計戦略のまとめを行う。ここでは、その結果を評価し、最終設計に組み込むかを決定する。

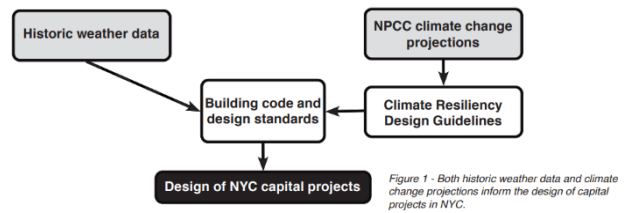


図-1 過去の気象データと気候変動予測を考慮したニューヨーク市の資本プロジェクトの設計

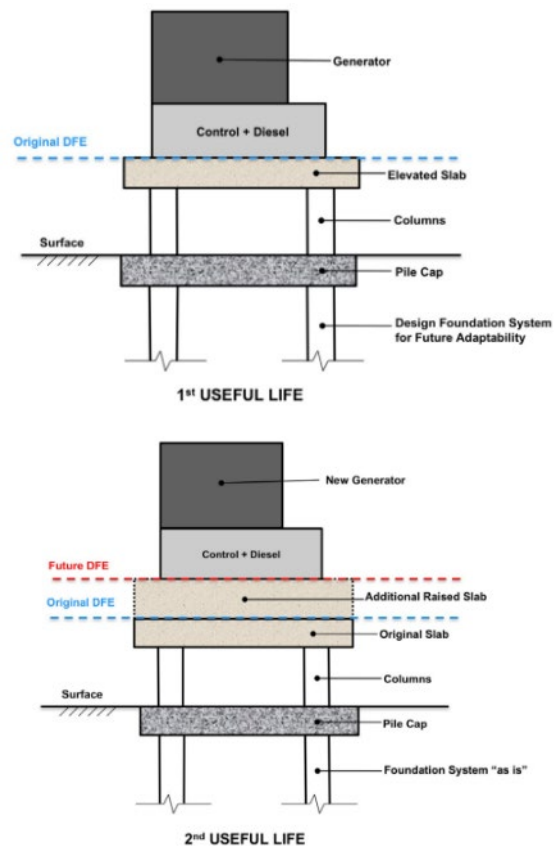


図-2 屋外非常用発電機とプラットフォームの設計例

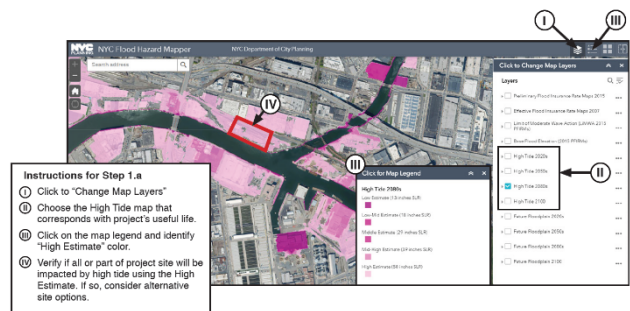


Figure 3 - Flood Hazard Mapper high tide plus sea level rise at <http://www.nyc.gov/floodhazardmapper>. Project site illustrative only.

図-3 洪水ハザードマップパーの使用例

f) Exposure Screening Tool

熱, 降水量, 海面上昇に関する気候変動予測を踏まえたプロジェクト設計は, 暴露スクリーニングツールを用いる。表-3に, 熱, 降水量, 海面上昇の暴露スクリーニングツールを示す。項目毎の質問に対して, Yes/Noの回答と採点を行い, その合計点に応じてガイドラインがプロジェクトの範囲に含まれるかどうかを判定する。

熱は, 例えば「その施設には, 風景, ハードスケープ, 屋根, 空調, 建物の外壁, 換気システム, または外観の新築や大規模な改良工事が含まれているか」の質問に対して, 「Yes=1, No=0」としている。降水は, 例えば「施設はDEP (Department of Environmental Protection) に新しいサイト接続排水の提案が必要か, あるいは以前に承認されたサイト

接続計画の修正が必要か」の問いに対して, 「Yes=2, No=0」としている。海面上昇は, 例えば「現在の洪水リスク: 施設は現在の1%年間発生確率洪水域(100年)に位置しているか」の問いに対して, 「Yes=1, No=0」としている。熱, 降水, 海面上昇は, それぞれの合計点別にリスク評価を「高」, 「中」, 「低」に分類する。その分類に対して, プロジェクト予算が5,000万USD未満の場合かつ「中」または「高」の場合は要相談, 「低」の場合はガイドラインに従う必要はない。プロジェクトの予算が5,000万USD以上の場合かつリスク評価が「中」または「高」の場合は詳細なリスク評価が必要, 「低」の場合はガイドラインに従う必要はないとしている。

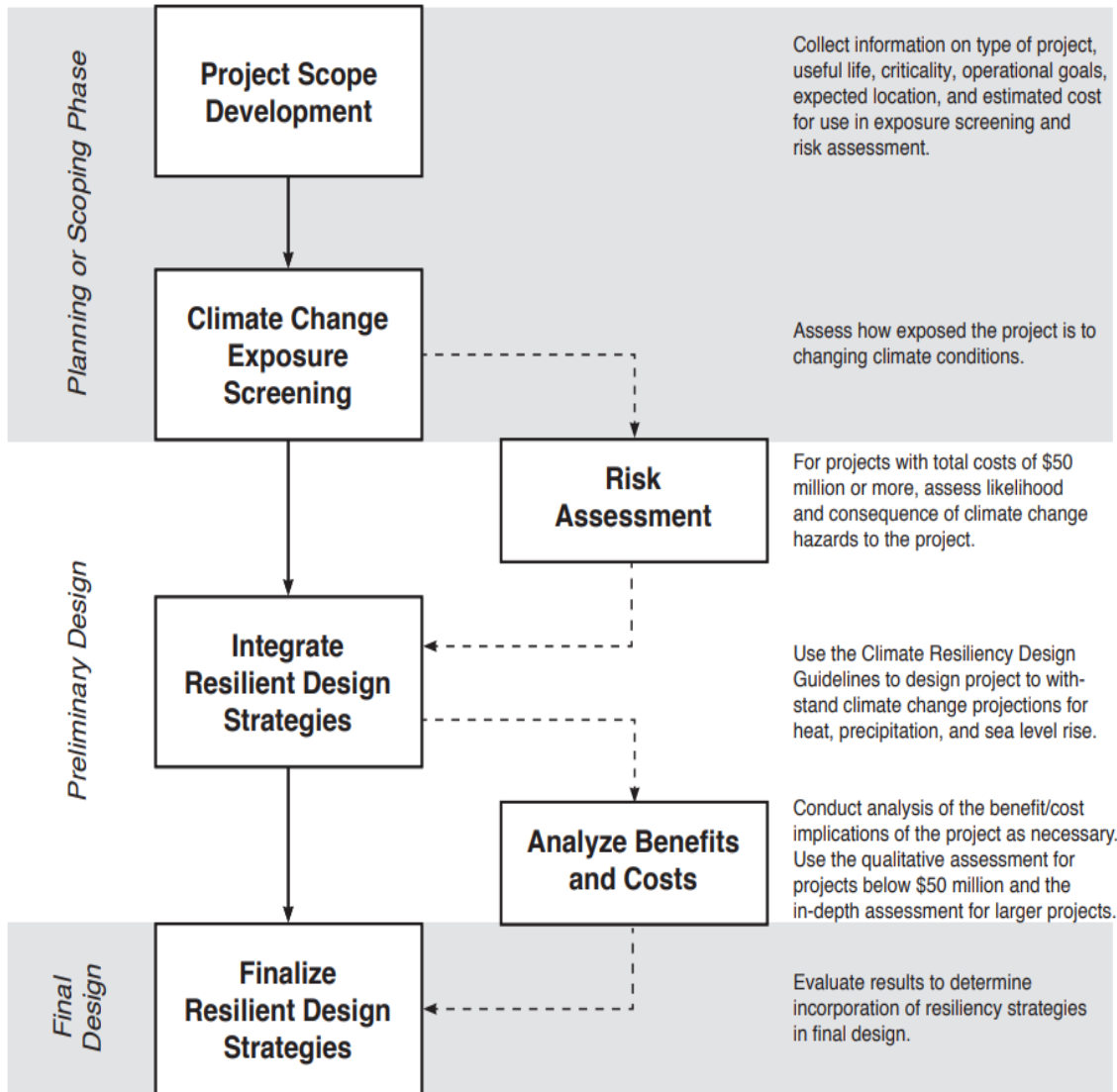


図-4 資本プロジェクト開発プロセスにおけるレジリエント設計の位置付け例

表-3 熱, 降水量, 海面上昇リスクの暴露スクリーニングツール

Exposure Screening Tool														
	Risk Screening Question	Directions	Answers and Score	Total Score and Next Steps										
Heat	Does the facility include new construction of, or substantial improvements to, the landscape, hardscape, roof, HVAC, building envelope, ventilation system, or façade?	All parts of NYC are exposed to extreme heat. New construction projects or substantial improvements that include changes to the landscape, hardscape, roof, HVAC, building envelope, ventilation system, or façade could affect the material performance of a project, thermal comfort of occupants, and/or increase ambient temperatures.  If the project includes any of those components, answer 'yes.'	Yes=1 or No=0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Total Score</th> <th>Exposure Rating</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2-5</td> <td>Low</td> </tr> <tr> <td>6-8</td> <td>Medium</td> </tr> <tr> <td>9-10</td> <td>High</td> </tr> </tbody> </table> <p>If project budget is less than \$50 million: ...and scores "Medium" or "High" consult Section II.A in the Guidelines. ...and scores "Low" using the Guidelines is not required.</p> <p>If project budget is \$50 million or more: ...and scores "Medium" or "High" complete a detailed Risk Assessment (see Section III) and then consult Section II.A in the Guidelines. ...and scores "Low" using the Guidelines is not required.</p>	Total Score	Exposure Rating	2-5	Low	6-8	Medium	9-10	High		
	Total Score	Exposure Rating												
	2-5	Low												
6-8	Medium													
9-10	High													
Is the facility in a neighborhood tabulation area with high heat vulnerability?	Identify the neighborhood tabulation area your facility is located in. Locate that neighborhood tabulation area on the Heat Vulnerability Index map located in Section II.A of the Guidelines and note the area's vulnerability. Select the corresponding answer.  <a href="http://a816-dohbep.nyc.gov/IndicatorPublic/VisualizationData.aspx?id=2411.719b87.107.Summarize">http://a816-dohbep.nyc.gov/IndicatorPublic/VisualizationData.aspx?id=2411.719b87.107.Summarize</a>	Heat Vulnerability Score Low=1 Low-moderate=2 Moderate=3 Moderate-high=4 High=5												
How many annual heat waves are projected to occur at the end of the facility's useful life?	See Section II.A of the Guidelines and note the annual heat wave projection according to the useful life of the facility. Select the corresponding answer.	# of heat waves 2 days = 1 4 days = 2 7 days = 3 9 days = 4												
Precipitation	Does the facility require a new DEP site connection proposal, or a modification to the existing site connection plan?	The intensity and frequency of precipitation events are projected to increase across all parts of NYC, creating new challenges for stormwater management and impacts to the built environment. New construction projects provide opportunities to accommodate increased precipitation flow volumes, and typically require submitting a new site drainage connection proposal to DEP for review and approval. If a project is a substantial improvement, the scope of work of the substantial improvement would dictate if the previously approved DEP site connection plan will require modifications.  If a new site connection proposal or modifications are required, answer 'yes.'	Yes=2 or No=0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Total Score</th> <th>Exposure Rating</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Low</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Medium</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>High</td> </tr> </tbody> </table> <p>If project budget is less than \$50 million: ...and scores "Medium" or "High" consult Section II.B in the Guidelines. ...and scores "Low" using the Guidelines is not required.</p> <p>If project budget is \$50 million or more: ...and scores "Medium" or "High" complete a detailed Risk Assessment (see Section III) and then consult Section II.B in the Guidelines. ...and scores "Low" using the Guidelines is not required.</p>	Total Score	Exposure Rating	1	Low	2	Medium	3	High		
	Total Score	Exposure Rating												
	1	Low												
2	Medium													
3	High													
Is the site located within an area at risk to future stormwater flooding, AND includes a building, structure, and/or critical equipment?	Visit NYC Stormwater Flood Maps. Click on the button for "Extreme Stormwater Flood." Search for or navigate to the site. If the site, primary access roads to the site, primary road frontage at the site, and/or immediately adjacent properties are shown to be at risk from stormwater flooding, answer 'yes'.  <a href="https://experience.arcgis.com/experience/4b290961cac34643a49b9002f-165fad8/">https://experience.arcgis.com/experience/4b290961cac34643a49b9002f-165fad8/</a>	Yes=2 or No=0												
Will there be a net increase in impervious area on the site as a result of the project?	Refer to preliminary site plans (if they are part of the project scope) or consult with Capital Project Initiation team. Choose 'yes' if a net increase in impervious area is anticipated.	Yes=1 or No=0												
Sea level rise	<b>Current Flood Risk</b> Is the facility in the current 1% annual chance floodplain (100-year)?	Visit NYC Flood Hazard Mapper.* Click on the Map Legend and select the 'Preliminary Flood Insurance Rate Maps 2015'. Search for or navigate to the site to see if it is located within the current effective floodplain. If the site is shown to be all or partly in the current floodplain, answer 'yes.'  <a href="http://www.nyc.gov/floodhazardmapper">http://www.nyc.gov/floodhazardmapper</a>	Yes=1 or No=0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Total Score</th> <th>Exposure Rating</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>Not Exposed</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Low</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Medium</td> </tr> <tr> <td>&gt;3</td> <td>High</td> </tr> </tbody> </table> <p>If project budget is less than \$50 million: ...and scores "Medium" or "High" consult Section II.C in the Guidelines. ...and scores "Low" using the Guidelines is not required.</p> <p>If project budget is \$50 million or more: ...and scores "Medium" or "High" complete a detailed Risk Assessment (see Section III) and then consult Section II.C in the Guidelines. ...and scores "Low" using the Guidelines is not required.</p>	Total Score	Exposure Rating	0	Not Exposed	1	Low	2	Medium	>3	High
	Total Score	Exposure Rating												
	0	Not Exposed												
	1	Low												
	2	Medium												
>3	High													
<b>Future Flood Risk</b> Is the facility in the future 1% annual chance floodplain (100-year) at any point during its useful life?	Visit NYC Flood Hazard Mapper.* Click on the Map Legend and select the 'Future Floodplain' that corresponds to the project useful life. Search for or navigate to the property to see if it is located within the future floodplain. If the site is shown to be all or partly in the future floodplain, answer 'yes.'  <a href="http://www.nyc.gov/floodhazardmapper">http://www.nyc.gov/floodhazardmapper</a>	Yes=2 or No=0												
<b>Current Tidal Inundation</b> Does this site have a history of flooding from high tide events?	Potential sources to answer this question include institutional knowledge (for example, if this site floods during regular high tides) or history of 311 service requests (see hyperlink below). If the site is shown to have a history of tidal flooding, answer 'yes.'  <a href="https://data.cityofnewyork.us/Social-Services/Street-Flooding/wymt-u6i8">https://data.cityofnewyork.us/Social-Services/Street-Flooding/wymt-u6i8</a>	Yes=1 or No=0												
<b>Future Tidal Inundation</b> Are there any critical access roads to the site that will be inundated by future high tides?	Visit the NYC Flood Hazard Mapper.* Click on the Map Legend and select the "High Tide" scenario that corresponds to the project useful life. Identify if any primary access roads are inundated from high tide plus sea level rise. If the site is shown to have roads at risk of tidal inundation, answer 'yes.'  <a href="http://www.nyc.gov/floodhazardmapper">http://www.nyc.gov/floodhazardmapper</a>	Yes=1 or No=0												
*For more information on how to use the Flood Hazard Mapper, see Section II.C														

#### 4. PIANCにおける防舷材ガイドラインの検討

防舷材の国際ガイドラインは、2019年から欧米アジア各地の防舷材メーカー、港湾管理者、コンサルタント、研究機関などで構成されたワーキンググループ 211 によって編纂されており、2022年10月にドイツのハンブルグ、2023年6月にアメリカのボルチモアで集合会議を開催、途中に何回かWEB会議を挟み最終原稿がまとめられた。さらに2023年9月を目処に査読結果を受けて推敲を重ねており、2024年春には出版予定である。以下に2002年の旧ガイドライン<sup>2)</sup>から大きく変更された点について述べる。

#### 4.1 防舷材設計の前提条件の設定

防舷材設計の前提として、破損した際の影響程度を経済的被害、人的被害、国家的損失などについて Class A から Class E まで表-4のように分類した。それぞれの破壊確率、目標信頼性指標を ISO 規格ならびに各国の技術基準を参考に設定した。また接岸する船舶の航行に関する条件を分類したものが表-5である。表-4のクラス分けと表-5の分類によって防舷材の破壊確率、目標信頼性指標、部分係数などが幅広く設定され、接岸角度、速度などの推奨値の提示とともに根拠の背景が紹介されている。

表-4 破損影響度 (Failure consequence) によるクラス分け

Class	Description of failure consequences	Explanation	Example of fender systems
A	Negligible/ low consequences for risk of loss of human life AND environmental damage AND economic damage.	Failure of a single fender predominantly results in insignificant to no structural damages.	Fenders installed on a marine structure that is part of a terminal or port with functional redundancy <sup>a)</sup> and limited number of people at risk. Damage of a single fender is not likely to result in the unavailability of the berth or widespread damage to the marine facility assuming there is sufficient redundancy with additional berths. An example can be a continuous earth retaining quay wall or a dolphin berth with more than two / redundant berthing (breasting) dolphins or marine facilities with multiple berths having similar capabilities.
B	Some consequences for risk of loss of human life OR environmental damage OR economic damage.	Material damages <b>and</b> functionality losses of significance for owners and operators <b>and</b> low or no social impact.	Fenders installed on a marine structure without functional redundancy <sup>a)</sup> . Failure of the fender system results in the unavailability of the berth with no other alternatives. An example can be a single berth with two berthing (breasting) dolphins.
C	Considerable consequences for risk of loss of human life OR environmental damage OR economic damage.	Material losses <b>and</b> functionality losses of societal significance, causing regional disruptions <b>and</b> delays in important societal services over several weeks.	Fenders installed on marine structures, positioned at locations for which failure of the fender system is likely to put public lives at risk. Fenders installed on a marine structure for which failure of the fender system will close the berth and cause considerable consequential economic loss. Examples can be essential floating powerplants or floating storage regassification units that are prevented from operating after fender failure and sufficient backup measures are available to resume operations.
D	High risk of loss of human life OR environmental damage OR economic damage.	Disastrous events causing severe losses of societal services <b>and</b> disruptions <b>and</b> delays at national scale over periods in the order of months.	Fenders installed on marine structures for which failure <sup>b)</sup> of the fender system will lead to significant socio-economic disruptions. Examples are progressive damage or cascading effects of other types of structures, e.g. critical installations such as essential powerplants or floating storage regassification units that are prevented from operating after fender damage with no backup measures available to resume operation.
E	Very high risk for loss of human life OR environmental damage OR economic damage.	Catastrophic events causing losses of societal services <b>and</b> disruptions <b>and</b> delays beyond national scale over periods in the order of years.	Beyond the scope of this guideline. In some cases, owners may choose, for practical reasons, to add an additional berthing criteria to cover "Extreme Events" where additional energy is absorbed by partial collapse of secondary structural elements to protect critical wharf assets.

a) In the event that a structural component is part of a series system or in the case that progression of failure is not mitigated, a higher consequence class should be considered.

b) A fender system fails when it no longer fulfils its function (Chapter 2), resulting in exceeding the design value of the fender reaction force and/or the design value of the associated berthing impact force. Overloading can result in fender failure even if the element is still intact and undamaged for future use. Other causes of failure can be damage due to degradation or mechanical failure of the fender itself

表-5 航行条件 (Navigation condition) の分類

	Navigation Conditions		
	Favourable	Moderate	Unfavourable
<b>Vessel approach strategy</b>	The vessel can be brought to a controlled stop during the final berthing manoeuvre; AND	Vessels cannot be brought to a controlled stop during the final berthing manoeuvre, e.g. manoeuvring onto the berth by making use of the vessel momentum; OR	The capability to control the vessels approach, even with tug assistance, -is significantly affected by the environmental conditions; OR
<b>Propulsion</b>	Vessels and tugs have good propulsion characteristics and are hence able to fully control their movements, e.g. using bow / stern thrusters or adequate tug assistance; AND	Vessels and tugs have good propulsion characteristics, however, are responding to moderate environmental conditions which require active use of the propulsion to maintain control of the vessel; OR	Environmental forces are significant compared to the propulsion characteristics of the vessel and / or tugs. Minimal propulsion resources in reserve to respond to changing conditions or the pilot/ship's master is reliant on the use of vessel anchors to control the approach to the berth; OR
<b>Currents</b>	During the berthing process currents at oblique angles or parallel to the berth having minimal effect on the manoeuvring vessel. Current forces are small and marginally effect the efficiency of the available tug power and/or vessel propulsion; AND	During the berthing process currents are generally parallel to the berth, however, may require continuous use of elevated vessel propulsion and/or tug power to stabilise control of the vessel in its final approach. Oblique current forces are controllable by available tug power and/or vessel propulsion; OR	During the berthing process, strong currents e.g. turbulent currents, at an oblique angle or parallel that require substantial use of propulsion to control the vessel; OR
<b>Waves</b>	During the berthing process wave effects on both the berthing vessel and the assisting tugs are negligible; AND	During the berthing process wave effects on the berthing vessel are small, however, may impact the effectiveness of the tug assistance; OR	During the berthing process waves substantially influence both the berthing vessel and the assisting tugs; OR
<b>Wind</b>	During the berthing process wind speeds and/or windage area result in small wind forces that marginally effect the efficiency of the available tug power and/or vessel propulsion.	During the berthing process wind speeds and/or windage area result in moderate wind forces that effect the efficiency of the available tug power and/or vessel propulsion.	During the berthing process wind speeds and/or windage area result in high wind forces that substantially effect the efficiency of the available tug power and/or vessel propulsion.



になった。この他、低摩擦樹脂やフォーム式防舷材のフォーム材や外皮などについても細かく記述されている。

### 4.2 船舶の接岸エネルギー計算方法

このガイドラインでは、隣接する防舷材の寄与を考慮した複数防舷材による有効接岸エネルギーの吸収が認められている。この場合、防舷材と船体重心の位置関係が複数存在するので、偏心係数  $C_e$  の計算が複雑になる。

船舶の有効接岸エネルギー  $E$  は質量を  $M$ 、接岸速度を  $V$ 、仮想質量係数を  $C_m$  とすれば式(1)で求められる。

$$E = \left(\frac{1}{2}MV^2\right) C_e C_m \tag{1}$$

偏心係数  $C_e$  は式(2)によって求められる。

$$C_e = \frac{K^2 + r_F^2 \cos^2(\phi)}{K^2 + r_F^2} \tag{2}$$

ここで、 $K$  は船体の環動半径である。

図-5 において、複数の防舷材の位置関係から

$$r_F = \sqrt{(r_S)^2 + (r_L)^2} \tag{3}$$

とすれば、

$$r_S = \frac{\sum_{i=1}^{n_f} R_{fi} r_{si}}{R_F} = \frac{R_{f1} r_{s1} + R_{f2} r_{s2} + \dots + R_{fn} r_{sn}}{R_{f1} + R_{f2} + \dots + R_{fn}} \tag{4}$$

$$r_L = \frac{\sum_{i=1}^{n_f} R_{fi} r_{Li}}{R_F} = \frac{R_{f1} r_{L1} + R_{f2} r_{L2} + \dots + R_{fn} r_{Ln}}{R_{f1} + R_{f2} + \dots + R_{fn}} \tag{5}$$

上記のような繰り返し計算になり、それぞれの位置での防舷材の反力  $R_m$  は幾何的に導かれる圧縮ひずみによって異なるので、逐次多項式などの方法によって数値計算を実施し、偏心係数  $C_e$  を決定する必要が生じた。

### 4.3 ゴム防舷材試験方法

試験方法については、製品の圧縮試験、材料試験とともに多くの追加や改訂が盛り込まれた。前提として、試験はその目的に応じて次のように分類されている。① Fundamental Testing：カタログ値や新技術などメーカーが開発の目的で実施する試験。② Type Approval Testing：第三者の認証を受けるための認証試験。③ Verification Testing：納入する製品の品質確認のため試験で顧客が立ち会うこともある。これは当センターのガイドライン<sup>3)</sup>において開発試験、認証試験、品質確認試験に分類した概念を参考にしたものである。

今回は③の Verification Testing の内容に対する議論が多く、試験環境や手順、結果データの処理法などが詳細にわたって記載された。また、耐久性試験にはオプションとしてせん断+圧縮の耐久性試験についても追加されている。一方、不正防止のための第三者機関による圧縮試験の実施についても推奨されている。

ゴム材料の物理特性試験についても試験項目が増え、データの要求値も記載された。項目が増えることでメーカーの負担が増えることが危惧されると指摘したが、参加メーカー各社の反対は出なかったため微調整後、表-6 のよう

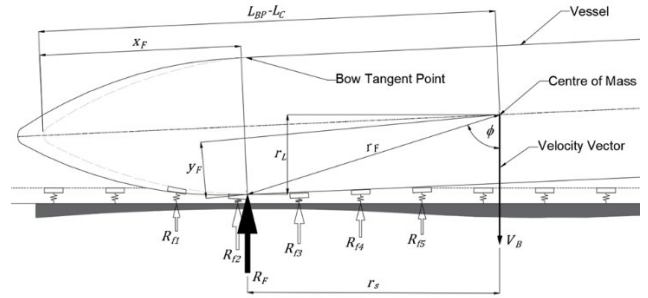


図-5 複数防舷材の接触

表-6 ゴム材料の物理特性試験

PROPERTY	TESTING STANDARD	CONDITION	REQUIREMENT	RECOMMENDED TO
Tensile strength	ISO 37	Before Ageing	≥ 16 MPa	All
	ISO 188	Aged for 96 hours at 70°C	≥ 12.8 MPa	All
		Aged for 168 hours at 70°C	≥ 12.8 MPa	Applications above 40 °C site
Elongation at break	ISO 37	Before ageing	≥ 350%	All
	ISO 188	Aged for 96 hours at 70°C	≥ 280%	All
		Aged for 168 hours at 70°C	≥ 260%	Applications above 40 °C site
Tensile product (Tensile strength X Elongation @break)		Before ageing	≥ 6000 MPa%	All
		After ageing	≥ 4800 MPa. %	All
Compression set	ISO 815-1	22 hours at 70°C	≤ 30%	All
Tear resistance	ISO 34-1, method C procedure b	Original	≥ 70 kN/m	All
Static Ozone resistance	ISO 1431-1	50pphm, 100 hours, 20% strain, 40°C	No cracks	All
Dynamic Fatigue	ISO 132	15000 cycles	Grade 0-2	All
Bond strength	ISO 813	Rubber to steel	≥ 7 N/mm and failure in the rubber.	Optional to metal inserted in a fender body
Sea water resistance	ISO 1817	28 days at 85°C, refer DIN 50905-4 for the preparation and composition of sea water	Volume change: ≤ +10/-5%	Optional to fenders 100% submersed in sea water all the time
Abrasion loss	ISO 4649	Original	≤ 150 mm <sup>3</sup>	Optional to direct contact of Vessels and fenders
Heavy Oil resistance	ISO 1817	72h at 23°C in IRM oil #901	Volume change: ≤ ±10%	Optional to fenders exposed to heavy oil (e.g., under marine loading arm)
Hardness	ISO 48-4	Original Value (Shore A)	≤ 78	standard
		Aged for 96 hours at 70°C	≤ 75	Applications above 40 °C site
Low-temperature brittleness	ISO 812: procedure c	Rubber specimens to be exposed to -40°C for 3±0.5 minutes.	No cracks, fissure or hole visible to the naked eye or complete separation into two or more pieces.	Optional to fenders used for very low temperature applications.

### 参考文献

- 1) 土木学会技術推進機構：土木 ISO ジャーナル, Vol.34, 2023.
- 2) PIANC: Guidelines for the Design of Fenders Systems, MarCom Report of WG33, 2002.
- 3) CDIT: Guidelines for design and testing of rubber fender systems, August 2019

