

国際沿岸技術研究所の活動について（2023 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、2023 年度（令和 5 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、港湾の施設の維持管理技術マニュアルの英訳、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, 港湾基準, 維持管理, 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 本の方針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、英文版港湾の施設の維持管理ガイドラインの作成、および国際航路会議 PIANC での防舷材の設計・試験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。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。

本稿では、2024 年 3 月に土木学会 ISO 対応特別委員会が発行した土木 ISO ジャーナル¹⁾等から、2023 年度に発行された規格および現在開発中の主要な ISO 規格を抽出して紹介する。2023 年度は、いずれの TC においてもコロナ禍の終息に伴って対面の会議が増え、活動が活発になってきている。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)
 TR : 技術報告書 (Technical Report)
 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。

現在, ISO/AWI TR 21659 (ISO 23618 に基づく耐震設計例) の開発が進められている。この TR は免震構造を検討する際の参考となる文書である。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定原案が日本から提案され, 作業が進められている。ISO/AWI 4354 (構造物への風作用) は, SR 投票を受けて改定が進められている。また, 津波作用に関する規格化の検討を国内の WG で進めており, まもなく PWI として登録される予定である。その他, 主に建築物を対象とする規格の改定作業が進められている。

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。

(1) 地盤工学

ISO 22477-2 (地盤調査と試験—地盤構造物の試験—第 2 部: 杭の試験: 静的引張荷重試験; 2023 年 7 月), ISO 18674-8 (同一現場計測による地盤工学的モニタリング—第 8 部: 荷重の測定: ロードセル; 2023 年 9 月) が新たに発行された。

ISO/NP 16383-2 (同一岩石の室内試験—第 2 部: かさ密度の決定), ISO/CD 18674-7 (同一現場計測による地盤工学的モニタリング—第 7 部: ひずみの測定), ISO/NP 18674-9 (同一現場計測による地盤工学的モニタリング—第 9 部: 測地学的手段による変位の測定), ISO/FDIS 22476-16 (同一原位置試験—第 16 部: 孔内せん断試験), ISO/NP 22477-6 (同一地盤構造物の試験—第 6 部: ソイルネイル及びロックボルトの荷重試験) の規格開発が進められている。また, SR を受けての見直しが 13 の規格で検討されている。

(2) 地盤環境

ISO 4974 (土の品質—土の温度の測定に関するガイドランス; 2023 年 7 月), ISO 5120 (土の品質—LC-MS/MS を使用した土中過塩素酸塩の定量; 2023 年 7 月), ISO 18400-301 (土の品質—サンプリング—第 301 部: 現地調査における揮発性有機化合物のサンプリングと現場での半定量測定; 2023 年 9 月), ISO

18475 (環境固体マトリックス—GC-MS または GC-ECD による PCB の定量; 2023 年 10 月), ISO 21268-5 (土の品質—土壌および土壌様物質の化学的および生態毒性学的試験のための浸出手順—第 5 部: 強制好気性または嫌気性条件でのバッチテスト; 2023 年 11 月), ISO 22036 (環境固体マトリックス—ICP-OES を使用した元素の定量, 2024 年 1 月), ISO/TS 22171 (土の品質—モル酢酸アンモニウム溶液を使用した pH7 緩衝条件における潜在的イオン交換容量及び交換陽イオンの定量, 2023 年 12 月) が新たに発行された。加えて, 地盤環境等に関係する化学・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 9862 (ジオシンセティック—試験供試体のサンプリングと作成; 2023 年 11 月) および ISO/TR 18228-6 (ジオシンセティックを用いた設計—第 6 部: 防護; 2023 年 12 月) が新たに発行された。

ISO/DIS 10318-1 (ジオシンセティック—第 1 部: 用語), ISO/DIS 10319 (ジオシンセティック—広幅引張試験), ISO/CD 12236 (ジオシンセティック—静的貫入試験 (CBR 法)), ISO/DIS 12957-2 (ジオシンセティック—摩擦特性の測定—第 2 部: 傾斜試験), ISO/DIS 13428 (ジオシンセティック—衝撃に対するジオシンセティックの防護性能), ISO/CD 13433 (ジオシンセティック—動的貫入試験 (コーン落下試験)) の開発が進められているほか, いくつかの規格で SR を受けた改定が検討されている。

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。

(1) 試験方法

ISO 17785-3 (ポーラスコンクリートに関する試験方法—第 3 部: 表面損傷に対する抵抗性; 2023 年 9 月) が新たに IS として発行された。また, ISO/PWI 23945-2 (吹付けコンクリートの試験方法—第 2 部: フレッシュおよび硬化コンクリートの試料採取) および ISO/PWI 23945-3 (同一第 3 部: 圧縮強度の測定方法) の開発が進められている。

(2) 製造・施工

ISO 22965-1 (コンクリート第1部:仕様書作成方法), ISO 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), ISO 12439 (コンクリート用練混ぜ水)は改定作業が進められ、いずれも CD 段階にある。また、再生骨材の規格として、ISO/CD 18985 (コンクリート用再生骨材)および ISO/WD TS 21056 (再生骨材コンクリート仕様、性能及び生産に関する追加規定とガイダンス)の開発が進められている。

(3) 設計および性能規定

ISO 19338 (構造用コンクリート設計基準の性能及び評価要求基準)はSRを受けて改定が進められ、我が国も主体的に改定作業に参加し、現在 DIS 段階に至っている。また、ISO/DIS 16521 (コンクリート充填鋼管複合構造の設計)の開発が中国を中心に進められている。

ISO 18407 (水道用 PC タンクの簡易設計法)はSRを受けて改定を行うこととなり、日本が主査を務めて作業を進めることとなった。また、ISO 28841 (コンクリート造建物の簡易耐震診断・耐震補強法)および ISO 28842 (RC 橋の簡易設計法)はSRを受けた改定が検討されている。

(4) 非鉄補強材料

ISO/AWI 10406-1 (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/PWI 18319-3 (コンクリート構造物のための繊維強化ポリマー (FRP) 補強—第3部 FRP シートの分類), ISO/CD 19044 (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 を受けて改定作業が進められている。

また、ISO/PWI 13180-1 (ひずみ硬化型セメント系複合材料の直接引張試験法)および ISO/CD 13182 (繊維補強セメント複合材に用いる合成短繊維の規格)の開発が進められているとともに、ISO 21022 (繊維補強セメント系複合材料の試験方法—円板の荷重—たわみ曲線)はSRを受けて改定が検討されている。

(5) 維持・補修

土木学会指針をベースとする ISO 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 5091-2 (同一第2部:上面増厚工法), ISO 5091-3 (同一第3部:下面増厚工法), ISO 5091-4 (同一第4部:巻立て工法)が2023年7月にISとして新たに発行された。ISO 16311-2 (コンクリート構造物の維持および補修—第2部:既存コンクリート構造物の評価), ISO 16311-3 (同一第3部:補修の設計), ISO 16311-4 (同一第4部:補修の施工)は、日本が主導したSRを受けての改定作業が終了し、2024年3月に発行された。なお、ISO 16311-1 (同一第1部:一般原則)は改定作業が大詰めの段

階にある。

ISO/TS 16774-1 (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1部:熱的安定性に関する試験方法), ISO/TS 16774-5 (同一第5部:水密性の試験方法), ISO/TS 16774-6 (同一第6部:下地追従性に関する試験方法)は、SRを受けての改定作業を進めている。その他、ISO/PWI 18726 (コンクリート中の鋼材腐食に対する評価・予防及び補修)の開発が進められている。

(6) 環境マネジメント

ISO 13315-1 (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—第1部:一般原則)はSRを受けて改定作業が進められ、2024年1月に発行された。また、ISO 13315-3 (同一第3部:構成材料及びコンクリートの製造)が2023年11月発行された。

ISO/DIS 13315-2 (同一第2部:システム境界とインベントリデータ)はSRを受けて改定が進められている。また、ISO/CD 13315-5 (同一第5部:コンクリート構造物の施工)及び ISO/PWI 13315-7 (同一第7部:コンクリート構造物の最終段階)の開発が進められているほか、新たに ISO/PWI 21282 (コンクリート及びコンクリート構成材料に固定化した二酸化炭素の評価)の規格シリーズの開発を提案しており、今後作業が進められる。

(7) ライフサイクルマネジメント

ISO/DIS 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/CD 22040-3 (同一第3部:施工段階)は日本が提案したもので、日本が主査を務めて規格開発を進めている。

(8) コンクリート用語

日本から提案したコンクリート用語に関する規格作成が TC71 直下に設置された AHG にて検討が進められている。

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 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 17607-2 (同一第2部:鋼材), ISO 17607-3 (同一第3部:製作), ISO 17607-4 (同一第4部:架設), ISO 17607-5 (同一第5部:溶接), ISO 17607-6 (同一第6部:ボルト接合)の6規格が2023年12月に発行された。

ISO/CD 18900 (構造用ボルト接合—接合面のすべり係数を求める試験方法), ISO/CD 18953 (構造用ボルト接合—接合面の被覆に伴うプレテンション損失

を測定する試験方法), ISO/CD 18954 (構造用ボルト接合—ボルトの締付け手順確立のための試験方法), ISO/NP 19998 (構造用ボルト締付けに関する調整—任務と責任), ISO/NP 20895 (耐震鋼構造物に用いる溶接継手の性能) の規格開発が現在進められている。

3. 港湾の施設の維持管理ガイドライン (英語版)

3.1 ガイドラインの概要

「Guidelines for Maintenance and Repair of Port and Harbour Facilities (以下、英語版ガイドラインとよぶ)」は、「港湾施設の維持管理技術マニュアル (改訂版) (以下、日本語版マニュアルとよぶ)」を基に海外向けに英訳・編集し、2023年5月25日に沿岸技術研究センターのウェブサイトで公開した (<https://www.cdit.or.jp/english/news/20230525.html>)。

日本語版マニュアルからの主な変更点は、日本国内に特化した内容を削除したことである。例えば、日本の法令、維持管理に係る資格、維持管理データベースの紹介、高度な調査技術、アルカリシリカ反応 (ASR) などである。

日本のデータに基づく数値で、海外にそのまま適用できるか分からない数値については、あくまで日本国内で使用している数値であることを明示するように表現を工夫した。例えば、腐食発生限界塩化物イオン濃度の下限値 2.0kg/m^3 の説明は、「Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan adopt 2.0kg/m^3 as the lowest critical corrosion concentration of chloride ions, based on the independent survey results in Japan.」とした。

海外でニーズが高そうな情報を追加した。例えば、傾斜堤の変状連鎖 (図-1) や、傾斜堤で想定される破壊モード (図-2) を作成した。

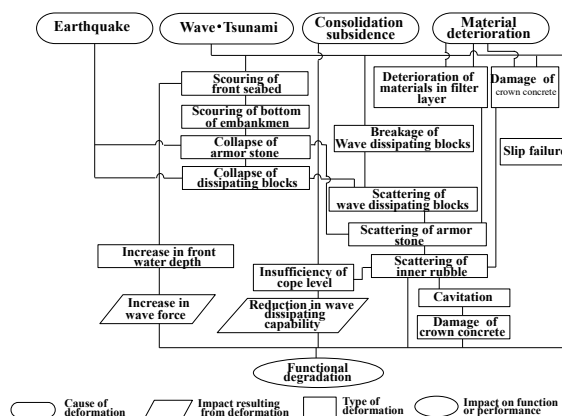


図-1 傾斜堤の変状連鎖

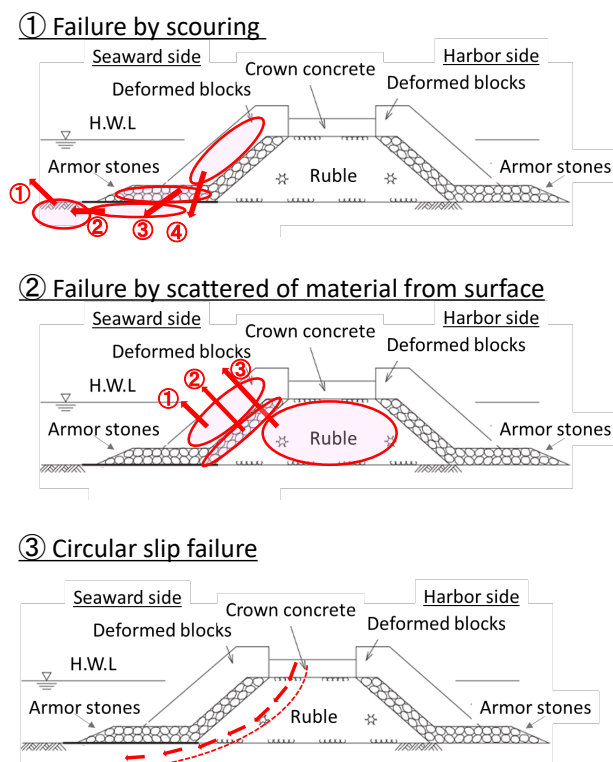


図-2 傾斜堤で想定される破壊モード

3.2 英語版ガイドラインの目次と内容

英語版ガイドラインは表-1 に示す章立てで構成されている。

Part 1 は、適用範囲、用語の定義、Part 2 は、ライフサイクルマネジメントに基づく維持・補修、ライフサイクルコスト、維持管理を考慮した設計・施工、Part 3 は、各施設の変状傾向、変状連鎖図、Part 4 は、点検診断の種類とその説明、点検診断計画、点検診断の時期、点検診断の項目、点検診断項目の分類 (Ⅰ類、Ⅱ類、Ⅲ類)、劣化度 (a, b, c, d) と性能低下度 (A, B, C, D) の判定基準、点検診断の実施単位、総合評価、各構造毎の点検診断の説明、Part 5 は、目視点検、変位と水深の計測、空洞化調査、鋼材・防食工の現地調査、鋼板厚さの計測、コンクリートの調査、センサーや機材を使ったモニタリング、Part 6 は、鋼構造物の劣化予測、コンクリート構造物の劣化予測、マルコフ連鎖モデルを用いた予測、Part 7 は、鋼構造物の対策、コンクリート構造物の対策、Part 8 は、記録項目、記録方法、記録の保存方法・期間について記した。

3.3 ウェブセミナーの開催

英語版ガイドラインのウェブセミナーを 2023 年 8 月 1 日に開催した。セミナーは、外国人が 46 名、日本人が 37 名の計 84 名の参加があった。外国人の所

属先は、海外の行政機関（インドネシア、オランダ、ベトナム）6名、海外のコンサルタント（イギリス、オーストラリア、シンガポール、ミャンマー、フィリピン）17名、日本の建設会社8名、日本のコンサルタント6名と多方面からとなり、維持管理への関心の高さを伺うことができた。

表-1 英語版ガイドラインの目次構成

Part 1 General （総則）
Part 2 Maintenance and Repair Methods （維持管理の方法）
Part 3 Trends in the Performance Degradation of Port Facilities and Their Maintenance （港湾の施設の変状傾向と維持管理）
Part 4 Inspection, Diagnosis, and Assessment of Port Facilities （港湾の施設の点検診断とその評価）
Part 5 Investigation Technologies （調査技術）
Part 6 Predicting Deformation Progression （変状進行予測）
Part 7 Types and Selection of Countermeasures （対策の種類と選定）
Part 8 Recording （記録）
Appendix A Format for Regular Periodic Inspection and Diagnosis （一般定期点検診断の様式）
Appendix B Format for Detailed Periodic Inspection and Diagnosis （詳細定期点検診断の様式）
Appendix C Examples of Survey Items, Information Obtainable from Survey, and Typical Survey Method （調査項目、調査技術、調査から得られる情報）

4. PIANC 防舷材ガイドラインの改訂版

4.1 防舷材ガイドライン改訂の背景

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WG 211によって編纂されており、2024年1月に完成し、2024年4月のPIANC World Congressにおいて発表された。図-3に防舷材ガイドラインの表紙を示す。

PIANCにおける防舷材のガイドラインは過去に2回出版されており、今回は2回目の改訂にあたる。今までの変遷の要点を大まかに説明すると次のようになる。

初版²⁾：1984年「Bulletin No. 45」、木材や古タイヤなどクッションとしての補助的機能から、接岸船

舶の運動エネルギー、構造物への反力を力学的にとらえ現在の防舷材技術を体系的に確立した。

改訂版³⁾：2003年「MarCom WG 33」、温度や速度の条件に対するゴム防舷材の性能の変化を設計に取り入れ、試験法に関する共通の条件も提示し、現在も広く使われている。沿岸技術研究センターのガイドライン⁵⁾はこの内容に沿ったものである。

今回⁴⁾：2024年「MarCom WG 211」、設計に信頼性の手法を取り入れ各種の部分係数を提案する一方、試験に関しても細かく具体的な手順や要求値を設定した。



図-3 防舷材ガイドラインの表紙

4.2 第35回 PIANC World Congress での紹介

この防舷材ガイドラインは2024年4月の第35回 PIANC World Congressにおいて発表された。同時にこのガイドラインの内容を紹介するいくつかの論文がワーキンググループメンバーによって発表された。ガイドラインの内容については2023年度の沿岸技術研究センター論文集⁶⁾でも報告しているので、ここではそれらの関連論文の紹介を兼ねて2024年版の新ガイドラインの概要を紹介する。

4.2.1 PIANC WG 211 防舷材ガイドラインの紹介⁷⁾

Chairman の Erik Broos 氏が著者でこのガイドラインの各章別のエッセンスを紹介している。

- 第1章：序論と概況
- 第2章：防舷材の原理序論
- 第3章：設計船舶に関する特記事項
- 第4章：設計の基礎
- 第5章：接岸エネルギー
- 第6章：防舷材システム設計
- 第7章：係留条件下の防舷材選定
- 第8章：防舷材システム部品の設計
- 第9章：防舷材システムの製造
- 第10章：防舷材の試験法
- 第11章：設置、検査及び維持管理
- 第12章：防舷材のサステナビリティ
- 第13章：仕様書作成

以下にそれぞれの論文から代表的な事例を紹介する。

4.2.2 接岸速度の推奨値⁸⁾

このガイドラインでは、信頼性の手法を取り入れて、過去の接岸速度の計測値の実績を調べ⁹⁾、接岸あたりの超過確率を 0.02%に設定することで接岸速度の推奨値を表-2 のように決定している。

表-2 現地情報がないときの接岸速度特性値

航行条件	良好	普通	不良
船舶のタイプ	接岸速度 $V_{B,C}$ (m/s)		
コースター	0.180	0.300	0.400
フィーダー、ハンディサイズ	0.150	0.225	0.300
ハンディマックス、バナマックス	0.120	0.200	0.275
自動車運搬船	0.120	0.200	0.275
ポストバナマックス、ケーブサイズ(小)、アフロマックス	0.100	0.175	0.275
ニューバナマックス、ケーブサイズ(大)、スエズマックス、ULCV, VLBC, VLCC, ULCC	0.100	0.150	0.250
クルーズ船、客船	0.100	0.150	0.250

表-2 の推奨接岸速度では従来の設計、例えば 2003 年の WG 33 の推奨値³⁾よりも特に航行条件が「不良」の場合は大きな速度になる。接岸エネルギーは接岸速度の 2 乗に比例するのでさらにその差は顕著となり、選定される防舷材に大きな影響がある。ガイドラインではあくまで使用現場で実測した接岸速度を統計解析し、0.02%の超過確率で接岸速度の特性値を求めることを推奨している。表-2 は実測をしない場合の代替措置という位置づけになっている。

4.2.3 部分エネルギー係数の設定¹⁰⁾

WG 33 のガイドラインでは計算された接岸エネルギーに 1.25~2.00 のアブノーマル係数をかけて割り増した上で防舷材を選定している。今回のガイドラインでは以下のような条件を掲げてその組み合わせで部分エネルギー係数の設定を推奨している。

- ① 防舷材破損の影響度（人命、経済的、社会的）をクラス A~D の 4 段階。
- ② バースの航行条件（接岸時のコントロール、波、風、流れなど）を良好、普通、不良の 3 段階。
- ③ 接岸船舶サイズのバラツキ（排水量の標準偏差/平均値）が 15%未満、15~50%、50%以上の 3 段階。
- ④ 複数の防舷材を考慮するか、単体で接岸エネルギーを吸収させるか。
- ⑤ 接岸を監視するモニター機能があるか。
- ⑥ 年間接岸頻度は何回か。
- ⑦ 水先案内人のサポートはあるか。
- ⑧ 船舶の大きさと接岸速度に相関はあるか。

上記の条件によって部分エネルギー係数は大きく変わってくる。考慮する項目が多くなるので設計の煩雑さは増すが、従来よりも根拠が明確になっている。

4.2.4 防舷材の試設計と旧設計との比較¹¹⁾

このガイドラインは原案完成後の査読の段階で設計される防舷材のサイズが大きくなるのではないかと議論がなされた。接岸速度や部分エネルギー係数の選び方でどのように変わってくるかを様々な試設計を行って比較した論文が発表されている¹¹⁾。

表-3 は新ガイドライン(WG 211)と旧ガイドライン(WG 33)の設計に基づいて実在する港湾の条件で試設計を行い、選定される防舷材のサイズを比較したものである。したがって表-3 は文献 11)から抽出、整理し直したものであり、新ガイドラインには記載されていない。

表-3 によれば選定される防舷材のサイズは接岸速度の大きさに影響され、大きい速度ほど防舷材は大きくなるが、前節で挙げた①~⑧の部分エネルギー係数の影響も大きく、中には WG 211 の方が、防舷材が小さくなる事象も発生している。

新ガイドラインにおける設計概念の更新によって、従来の設計に問題はないか、将来の経済性に問題は生じないか、などの議論をする上でこれらは貴重な情報となる。結論としては条件や部分係数の決め方次第で従来設計よりも大きくも小さくもなり得るということである。

4.2.5 防舷材システムの選定¹²⁾

防舷材の選定における従来からの大きな変更点は次の3点である。

1) 複数の防舷材を考慮：船体の湾曲を加味した上で複数の防舷材によって接岸エネルギーを吸収する概念を示した。昨年度の論文集⁶⁾で報告済みなのでここでは説明は省略する。

2) 防舷材の部分抵抗係数導入と防舷材選定：部分抵抗係数としては下記が提案されている。

γ_f ：製造公差による反力の割増し

γ_{mult} ：複数防舷材の考慮による性能の割増し

γ_R ：その他経年劣化による硬化などの反力増加要因

このガイドラインの考え方では、メーカーのカタログ性能を「標準値 (base)」とし、速度、温度、角度などの補正を加えたものを「特性値 (characteristic)」, さらに部分係数をかけたものを「設計値 (design)」と呼んで添字で使い分けている。

表-3 防舷材試設計比較 WG 211・WG 33

前提条件	地域	東アフリカ	地中海	北ヨーロッパ	南米	豪州
	岸壁	栈橋 & ドルフィン	連続岸壁	連続岸壁	ドルフィン	栈橋
	船種	LNGタンカー	コンテナ船 (ULCV)	コンテナ船 (ULCV)	タンカー (VLCC)	鉱石船
	船舶サイズ	126000DWT	197725DWT	199273DWT	318000DWT	230000DWT
WG211に基づいた設計	航行条件	良好	良好	普通	普通	不良
	接岸速度	0.1 m/s (実測)	0.1 m/s (実測)	0.15 m/s (実測)	0.1 m/s (実測)	0.15 m/s (実測)
		0.15 m/s (推奨)	0.15 m/s (推奨)		0.15 m/s (推奨)	0.25 m/s (推奨)
	防舷材サイズ コーン型	1400H (実測)	1400H (実測)	1400H (実測)	1800H (実測)	1800H (実測)
		2000H (推奨)	1800H (推奨)		2500H (推奨)	2250H (推奨)
WG33に基づいた設計	接岸速度	0.1 m/s (実測)	0.1 m/s (実測)	0.15 m/s (実測)		
		0.076 m/s (推奨)	0.095 m/s (推奨)	0.095 m/s (推奨)	0.1 m/s (推奨)	0.15 m/s (推奨)
	防舷材サイズ コーン型	1400H (実測)	1600H (実測)	1600H (実測)		
		1200H (推奨)	1400H (推奨)	1300H (推奨)	1600H (推奨)	1600H (推奨)

定反力型の性能例を図-4、反力漸増型の例を図-5に示す。カタログ性能 (base) に速度係数 C_v 、低温時温度係数 $C_t(low)$ 、角度係数 C_{ang} をかけて性能特性値を求め、部分抵抗係数をかけて反力の特性値 $R_{f,d1}$ 、最大値 $R_{f,d2}$ の大きい方を反力の設計値 $R_{f,d}$ とする。

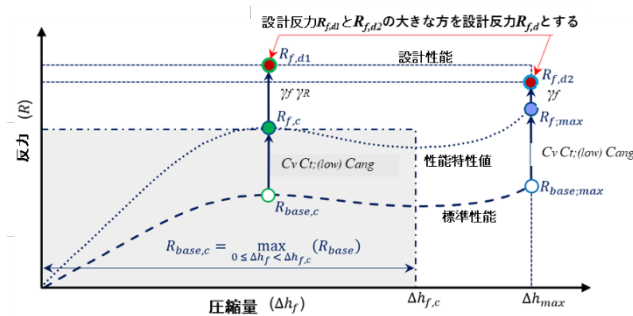


図-4 定反力型防舷材性能の標準値、特性値、設計値

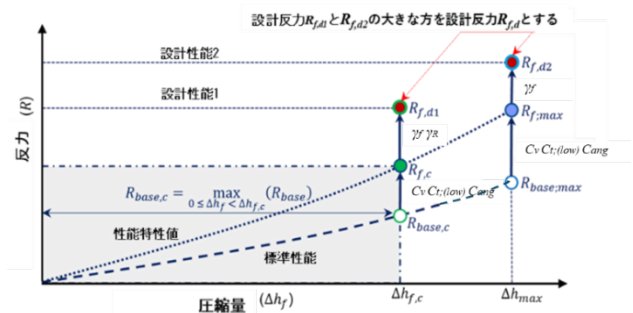


図-5 反力漸増型防舷材性能の標準値、特性値、設計値

3) 船体の許容面圧の概念に許容反力を追加

旧ガイドラインでは許容面圧の船舶別の推奨値表を載せていたが、新ガイドラインでは許容面圧に加えて許容荷重の表を加えた。Berendsen ら¹³⁾の研究によってある程度の反力以上になると受衝板を大きくしても船体強度が限界になる反力値が存在することを示した。まだ一部の船しか試算できていないが、今後充実されることが望まれる。

4.2.6 試験方法¹⁴⁾

試験方法の概要は、昨年度の論文集⁶⁾で報告済みであるので、ここでは旧ガイドラインとの主な違いを整理する。

- ① 試験の目的に応じて Fundamental Testing (基礎試験), Type Approval Testing (認証試験), および Verification Testing (品質確認試験) の3つに分類した。
- ② 温度管理, 時間管理, データ処理など細かい試験手順までカバーした。
- ③ 第三者による代行, 立会など試験の客観性を補償することを推奨。低摩擦樹脂などのアクセサリ, 耐久性試験, 空気式防舷材やフォーム式防舷材の試験についての規定も追加。
- ④ 低摩擦樹脂などのアクセサリ, 耐久性試験, 空気式防舷材やフォーム式防舷材の試験についての規定も追加。

- ⑤ 旧ガイドラインでは引張強度、伸びの老化特性が主であったが、ゴム材料の様々な試験を13項目追加し、それぞれの要求値も明確にした。
- ⑥ 成分分析として材料のトレーサビリティを確保するための熱重量分析 (TGA) が提案された。

4.3 その他の注意事項

この新ガイドラインでは上記の他にも、製造の概要、係留施設の設計、維持管理、サステナビリティに関する実情、仕様書のあり方など広範囲でゴム防舷材全般をカバーしている。設計者、使用者、メーカーそれぞれの立場で準備をしなければならないことが多い。そこに配慮して、WG 211 では運用までに2年程度（～2026年）の準備期間を置き、それまでは旧ガイドラインの運用もやむを得ないとしている。沿岸技術研究センターとしても旧ガイドラインの改訂などに取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1) 土木学会技術推進機構:土木 ISO ジャーナル, Vol. 35, 2024.
- 2) PIANC: Bulletin No.45, Report of the International Commission for Improving the Design of Fender Systems, 1984
- 3) PIANC: Guidelines for the Design of Fenders Systems, MarCom Report of WG 33, 2002.
- 4) PIANC: PIANC Fender Guidelines, MarCom Report of WG 211, 2024
- 5) CDIT: Guidelines for design and testing of rubber fender systems, August 2019
- 6) 横田弘, 佐藤昌宏, 秋山斉: 国際沿岸技術研究所の活動について(2022年度), 沿岸技術研究センター論文集, No. 23, 2023
- 7) E. J. Broos and Working Group 211: The New PIANC Fender Guidelines 2024 by WG 211, 35th PIANC World Congress, 29 April - 3 May 2024, Cape Town, South Africa
- 8) Roubos, A. A., Williams, R., Mirihagalla, P.: Recommendations for berthing velocity in PIANC WG211, 35th PIANC World Congress, 29 April - 3 May 2024, Cape Town, South Africa
- 9) PIANC MarCom WG 145: Berthing velocity analysis of seagoing vessels over 30,000 dwt (2020), Brussels 2020
- 10) Roubos, A. A., Iversen, R., Oskamp, J.: Backgrounds partial energy factors for fender design, 35th PIANC World Congress, 29 April - 3 May 2024, Cape Town, South Africa
- 11) Roubos, A. A., Mirihagalla, P., Gaal, M., Blankers, G., Groenewegen, P.: Comparison of fender dimensions, PIANC WG211 and PIANC WG33, 35th PIANC World Congress, 29 April - 3 May 2024, Cape Town, South Africa
- 12) Williams R., Roubos A.A., Oskamp, J, Lamont Smith B., Nyvoll S.O.: Fender System Selection in PIANC WG211, 35th PIANC World Congress, 29 April - 3 May 2024, Cape Town, South Africa
- 13) Berendsen, E. A., Roubos, A. A., Williams, R., Walters, C. L., & Broos, E. J. (2024). Structural Capacities of Vessel Hulls Subjected to Fender-Induced Berthing Impact Loads, 35th PIANC World Congress, 29 April - 3 May 2024, Cape Town, South Africa
- 14) Singh, H., Kumar, M., Polte, D., Mihajlovic, V., Akiyama, H.: Recommendations for Fender Testing in PIANC WG 211, 35th PIANC World Congress, 29 April - 3 May 2024, Cape Town, South Africa