

国際沿岸技術研究所，確認審査所，洋上風力研究室の活動について(平成 30 年度)

山本 修司*・辰巳 大介**

* (一財)沿岸技術研究センター 参与

* 国際沿岸技術研究所長 確認審査所確認員 洋上風力研究室長

** (一財)沿岸技術研究センター 研究主幹

本稿では，平成 30 年度に実施した，港湾の技術基準に関する調査，民間企業との共同研究，ISO/CEN に関する情報収集，洋上風力発電施設に関する調査・研究及び確認審査所で行った確認業務についてその概要を報告する。

キーワード：海外基準，ISO/CEN，洋上風力発電，Risk management，Asset management，岸壁改良

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，一带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，貿易及び物流の両面で大きく変化し続けている。国土交通省港湾局では平成 30 年 7 月に港湾の中長期政策「PORT2030」を公表した。主要な施策は以下のとおりである。すなわち，

- ①グローバルバリューチェーンを支える海上輸送網の構築
 - ②持続可能で新たな価値を創造する国内物流体系の構築
 - ③列島のクルーズアイランド化
 - ④ブランド価値を生む空間形成
 - ⑤新たな資源エネルギーの受入・供給等の拠点形成
 - ⑥港湾・物流活動のグリーン化
 - ⑦情報通信技術を活用した港湾のスマート化・強靱化
 - ⑧港湾建設・維持管理技術の変革と海外展開
- である。

これらの施策に対して，当センターは，既存岸壁の大型化，航路の増深，大規模地震や高潮災害に対する施設の強靱化，自動係船，施設の劣化状況の遠隔モニタリング，3次元データや ICT の活用による調査・設計・施工システム，洋上風力発電などの技術分野で貢献していきたいと考えている。本稿では，最近の国際規格の動向，海外の港湾技術に関する調査，洋上風力発電に関する調査及び技術基準への適合確認業務について報告する。

2. 国際規格の動向について

1990 年代半ばから ISO 等の国際規格と国内規格・基準との整合性に関する議論があった。港湾基準についても，ISO 規格と整合のない記述は，ダブルスタンダードと見られて TBT 協定違背で訴えられるのではないかなどと危惧したこともあった。また筆者の一人が，国内審議団体からある国際規格案について意見紹介を求められたとき，

日本にとって不都合な内容については，削除要求あるいは反対投票すべきなどの意見を提出したことがある。

しかし現在では，国内規格・基準を ISO 規格に完全に一致させる必要はないようである。ISO 規格のよいところは日本の規格・基準に採用し，逆に日本の規格・基準が優れていると考えられる場合には，ISO 規格との違いを明確にして JIS 化するなどの対応がとられている。このような対応が改正された産業標準化法でいう“国際標準化の促進”の精神にも繋がることであり，今後の建設産業の海外参入にも貢献することになると考える。

このような観点を踏まえ土木学会の ISO 対応特別委員会の平成 30 年度レポート¹⁾から港湾に関係ありそうな規格の動向を紹介する。

2.1 構造物一般

(1) ISO2394

ISO/TC98/SC2 が担当している ISO2394 : 2015 General principles on reliability for structures (構造物の信頼性に関する一般原則) の JIS 化原案が作成中。この国際規格は，各国の国家規格又は実務規準を作成する責任者が利用することを意図したものである。

(2) ISO3010

ISO/TC98/SC2 において日本が幹事国として改訂を行ってきた ISO3010 : 2017 Bases for design of Structures—Seismic actions on structures (構造物への地震作用) の JIS 化原案が作成中。

(3) ISO13824

ISO/TC98/SC2 において日本が幹事国となり策定してきた ISO/CD13824 : Bases for design of structures—General principles on risk assessment of systems involving structures (構造物を含むシステムのリスクアセスメントに関する一般原則) の CD 投票が 2018 年 12 月より開始。

(4) ISO/DIS22111

ISO/TC98/SC2 において日本が幹事国となり策定してき

た ISO/DIS22111 : Bases for design of structures- General requirements (構造設計の一般的な枠組み) の DIS 投票が 2019 年 2 月より開始。

(5) ISO/DIS10252

ISO/TC98/SC2 においてオランダが幹事国となり策定してきた ISO/DIS10252 Bases for design of structures- Accidental actions (偶発作用) が現在 DIS 投票中。

2.2 地盤関係

(1) 地盤調査と試験法

TC182/190/221 の国内審議団体である地盤工学会は、TC182 (Geotechnics, 地盤工学), TC190 (Soil quality, 地盤環境), TC221 (Geosynthetics, ジオシンセティクス) に関する規格に関与している。

TC182/SC1 は、室内土質試験法に関する規格を策定・審議することになっているが、CEN リードのウィーン協定が適用され、CEN/TC341 が実質的な審議を行っている。

日本が 2018 年 4 月から 2019 年 2 月までに 賛成投票を行った主な規格は以下のとおりある。

FDIS17892-10: Geotechnical investigation and testing- Laboratory testing of soil-Part10: Direct shear tests (一面せん断試験)

FDIS17892-11: Geotechnical investigation and testing- Laboratory testing of soil-Part11: Permeability test (透水試験)

FDIS17892-12: Geotechnical investigation and testing- Laboratory testing of soil-Part12: Determination of liquid and plastic limits (液性限界・塑性限界)

FDIS22476-6 Geotechnical investigation and testing-Field testing- Part6: Self-boring pressuremeter test (自己掘削型孔内水平載荷試験)

FDIS22476-8 Geotechnical investigation and testing- Field testing Part8: full displacement pressuremeter test (完全変位型孔内水平載荷試験)

(2) ジオシンセティック

我が国では、国内メーカーによって様々なジオシンセティック製品が開発され流通しているが、この分野の規格については欧州の CEN と米国の ASTM の影響が大きく、我が国では試験方法に関する 2 件の JIS 及び 5 件の JGS 基準があるのみである。

TC221 (Geosynthetics) では、ジオテキスタイル、ジオメンブレン及びジオシンセティック関連製品を含むジオシンセティック製品の規格を担当している。日本が 2018 年 4 月から 2019 年 2 月までに 賛成投票を行った主な規格は以下のとおりである。

FDIS10320: Geosynthetics-Identification on site (現場における確認事項)

FDIS1257-1: Geosynthetics-Determination of friction characteristics-Part1: Direct shear test (摩擦特性の決定 直接せん断試験)

ISO/CD12958-1: Geotextiles and geotextile-related products-Determination of water flow capacity in their plane-Part1: Index test (ジオテキスタイル及びその関連製品-面内方向通水性能の測定-インデックス試験)

ISO/CD12958-2: Geotextiles and geotextile-related products-Determination of water flow capacity in their plane-Part2: Performance test (ジオテキスタイル及びその関連製品-面内方向通水性能の測定-性能試験)

岸壁や護岸で使用される防砂シートや管理型廃棄物処分場で用いられる遮水シートなどは重要な港湾土木材料である。今後とも国際規格の動向に注目するとともに、日本の実績と経験を国際規格に反映することが大事であると考え。

ISO/TC190 では地盤環境に係る化学・生物学・爆薬その他数多くの規格が策定され審議されているが、筆者の理解を超える内容なのでここでは省略する。

少し古い話題になるが、2013 年に制定された JIS A1219 標準貫入試験は、ISO22476-3 : 2005 Geotechnical investigation and testing-Field

testing-Part3: Standard penetration test との整合性に配慮して策定されている。しかし、日本では標準貫入試験から得られた N 値に基づく設計体系が構築されていることから、ISO の規定にはない標準貫入試験仕様(アンビル、ハンマー、サンプラーなどの形状・材質)を附属書 A に示してある。

一方 ISO 規格では、ハンマーの重量や落下高さは規定されているものの、ハンマーやアンビル等の形状・材質に関する規定は設けられていない。代わりに装置ごとに打撃効率を定期的に検査することになっている。

また打撃効率を考慮した設計用 N 値として、 N_{60} が定義されている。

$$N_{60} = Er / 60 \cdot N \quad \dots (1)$$

また、実務ではその他の補正係数を加味して $(N1)_{60}$ が使用されている。

$$(N1)_{60} = N_{60} \times C_n \times C_r \times C_b \times C_s \quad \dots (2)$$

ここに、

N : 計測 N 値

Er : 計測装置の打撃効率 (%)

N_{60} : 参照打撃効率 (打撃効率 60% の計測装置で得られた N 値が基準となっている。)

C_n : 土被り圧補正係数

C_r : ロッド長補正係数

C_b : ボアホール径補正係数

C_s : ライナー補正係数

この方法は日本を除く多くの国で採用されているようなので、海外案件において日本の設計法を適用する場合には当該国で適用している N 値に留意する必要がある。逆に、SPT の試験結果から策定された海外の設計関係の式を日本で適用する場合には、使用されている N 値の内容を確認する必要がある。

2.3 コンクリート関係

TC71 (Concrete, Reinforced Concrete and Prestressed Concrete) の国内審議団体である日本コンクリート工学会は現在、コンクリート、鉄筋コンクリート及びプレストレストコンクリートに関する規格を審議している。日本は7SC+1WGのうち、SC6, SC8で幹事国、1WGで主査国になっている。日本が賛成投票を行った主な規格は以下の通りである。

SC1 関連では、
ISO/DIS1920-3 Testing of concrete-Part3: Making and curing test specimens(コンクリートの試験 供試体の作成・養生)など試験方法に関する4規格

ISO/CD20290-1 Aggregates for concrete-Test methods for mechanical and physical

properties-Part1:Determination of bulk density, particle density, particle mass-per-volume and water absorption(コンクリート用骨材-力学的・物理的性質の試験方法-かさ密度, 密度, 単位体積質量, 吸水率)などコンクリート用骨材の試験方法に関する4規格

SC6 関連では、
ISO14484 Performance guidelines for design of concrete structures using fiber-reinforced polymer (FRP) materials(繊維強化プラスチック (FRP) 材料を使用するコンクリート構造物の設計のための性能指針)の改訂

SC8 関連では、
ISO13315-1:2012 Environmental management for concrete and concrete structures-Part1:General principles(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)の改訂に向けた新規プロジェクト

ISO/FDIS13315-8 Environmental management for concrete and concrete structures-Part8:
Environmental labels and declaration of concrete (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8部:コンクリートの環境ラベルと宣言)

WG1 関連では、
ISO/CD22040 Life cycle management of concrete structures(コンクリート構造物のライフサイクルマネジメント)

3. 港湾基準関係について

3.1 港湾基準関係の調査

平成30年度に国総研から受託した「海外港湾分野における技術基準類の情報収集・分析業務」において、ISO規格(TC59~TC256の877規格)、海外の技術基準(BS6349:Maritime works(英国)など11基準)、PIANCガイドライン(InCom, MarCom, RecComの合計136レポート)及び海外の書籍(Handbook of Quay Wallsなど10書籍)を収集し、港湾構造物の建設、維持、管理において参考になりそうな技術について分析した。各分野から筆者が興味をもったものについてコメントする。

(1) ISO規格

①ISO2394:2015 General principles on reliability for structures(構造物の信頼性に関する一般原則)

ISO2394(1998)第3版の内容をキーワードで示すと、信頼性(Reliability)、限界状態(limit state)、破壊確率(Failure probabilities)、部分係数法(Partial factors format)、作用の組み合わせ(Combination of actions)が挙げられる。すなわち、構造物の安全性を信頼性設計によりアセスメントする手法の記述に重点がおかれていた。

一方、ISO2394(2015)第4版の内容をキーワードで示すと、意思決定(Decision making)、不確定性(Uncertainty)、リスク情報(Risk-information)、構造健全性(Structural integrity)、品質マネジメント(Quality management)、構造のロバスト性(Structural robustness)、最適化(Optimization)などが挙げられる。

このように、ISO2394(2015)は、従来の信頼性に基づく設計法の規準のみならず、構造物に関わる意思決定の共通基盤にリスクに関する体系的かつ合理的な取り扱いを反映させることを意図した規格となっている。そのため、安全性と信頼性の要求事項はリスクの考慮と社会経済学に基づいている。リスク情報を活用して設計やアセスメントを行う場合には、人命の喪失や負傷、環境の質に対する被害及び金銭的損失を考慮し決定が最適化されなければならない。このような制約の中で便益の期待値が最大となるように決定が為されなければならない。全リスクのアセスメントは、シナリオ(結果の重大さに従った構造物の分類、設計手法、ハザードのカテゴリ、結果のカテゴリの表現)を基本とし、直接的/間接的な結果、暴露、構成要素の被害、損傷/破壊事象の確率モデルによらなければならないとしている。

このような考え方は、レベル2地震対応の耐震強化岸壁や免震/制震機構を持つクレーンなどでは意味がありそうであるが、実務に取り入れることには相当な困難を感じる。

②ISO31000 Risk management-Guidelines(リスクマネジメント- 指針)

Risk(リスク)とは目的に対する不確かさの影響、Risk management(リスクマネジメント)とはリスクについて、組織を指揮統制するための調整された活動である。リスクマネジメントの意図は価値の創出及び保護である。リスクマネジメントはパフォーマンスを改善しイノベーションを促進し目的の達成を支援する。

土木構造物においては、その調査・設計・施工・維持管理・運用の各段階において様々な不確実性が存在する。特に地盤に関しては大きな不確実性が存在する。一般的にはこのような不確実性は詳細な調査や設計・施工によって取り除くべきであるが、費用の増大、工期の延伸をもたらす。それでも、これらの対応によってリスク(危機や危険)を完全に除去することは不可能である。

ISO31000 では、リスク対応について7種類の対応を挙げているが、必ずしもリスクの解消/低減のみを目指しているわけではない。組織で「情報を共有し情報に基づく意思決定を行い、そのリスクを保有する」という選択肢を設定している。

例えば、設計の段階で地盤の情報が不十分で最適な判断ができないことが想定される場合には、「設計の段階ではリスクを保有する意思決定をし」、「施工時の追加調査や計測施工から得られる情報によってリスクを再評価し、リスク対応方針を変更する」。このような対応は従来からも行われたことではある。

リスク対応の目的、手順、分析、評価、決定、責任者、報告、モニタリングの方法を文書化し、意思決定し組織全体で活動することが重要である。

構造物の設計法として信頼性設計法を用いる場合には、概略設計では目標破壊確率を大きめに設定して数種類の構造形式を選定し、地盤情報の蓄積に応じて破壊確率を所要の値に修正し、最終構造形式を決定するといった設計プロセスも考えられる。

③ISO55000 Asset management-Overview, principles and terminology(アセットマネジメント-概要、原理及び用語) ISO55001 Asset management-Management systems-Requirements(アセットマネジメント-マネジメントシステム-要求事項) ISO55001 Asset management-Management systems-Guidelines for the application of ISO 55001(アセットマネジメント-マネジメントシステム-ISO55001のためのガイドライン)

アセットマネジメントの意義は以下のとおりである。アセットは組織にとって価値のあるもの。その価値は、異なる組織とそれらのステークホルダーとの間で異なり、有形・無形のものあるいは金銭的・非金銭的なものであり得る。

アセットマネジメントシステムは、ライフサイクルの各段階を通じて、

- ・組織的に実施されるアセットに関する活動の策定、その調整及び管理
- ・活動を組織の目標と整合させるための構造的なアプローチを提供する。

アセットマネジメントシステムは、以下のような便益をもたらす。

- ・アセットマネジメントシステム自体が便益をもたらす。
- ・トップマネジメントは、新しい見識及び横断的機能統合から便益を得る。
- ・財務機能は、改善されたデータ及び関連情報から便益を得る。
- ・組織の多くの部分は、アセットマネジメントシステムから便益を得る。

具体的には、アセットマネジメントの導入により、中長期的な視点に立った技術的基盤に基づく計画的・効率的な施設の補修・更新や維持管理・運営、更新資金等の確保方策を進めるとともに、補修・更新のために必要な負担について納税者の理解を得るための情報提供に役立つと考える。日本では、下水道事業、水道事業、道路事業において試行されている。

港湾法では、国が整備した港湾施設は港湾管理者に管理委託すること(港湾法54条第1項)になっているが、「港湾施設管理委託契約書」などは前近代的な感じが否めない。港湾施設というアセットのマネジメントという観点からは、

- ・施設を管理する組織の目標
- ・施設の不具合の潜在的影響
- ・施設に要求されるサービスの達成具合(レビュー)
- ・施設管理に伴う総費用
- ・現在価値
- ・投下資本の回収
- ・港湾施設利用者の満足度
- ・環境影響
- ・投資収益
- ・港湾施設の信頼性(不具合の発生率、健全度、ライフサイクルコスト、供用期間・・・)

のような事項を考慮した湾施設管理委託契約が期待される。

アセットマネジメントは港湾管理者や民間事業者が独自に港湾施設を整備・管理する場合にはさらに有効かもしれない。

(2) 海外基準等

最近、クルーズ船の入港が多くなっており、船のスラスタによる海底の浸食が話題になることがある。参考文献2)には、バウスラスタによる流出速度 V_{out} 、海底における流速 V_{bottom} 、保護層に必要な石材の径 d_{req} が以下のように紹介されている。

$$V_{OB}=1.04 \times (p / (\rho_o \times D_B^2))^{1/3} \dots (3)$$

p : エンジン出力(KW)

ρ_o : 海水の密度(1.03 t/m³)

D_B : 流出水の初期径(m)

$$V_{bottom}=2.0 \times V_{OB} \times (D_B/L) \dots (4)$$

L : バウスラスターから岸壁までの距離

$$dreq=V_{bottom}^2 / \{B^2 \times g \times (\rho_s - \rho_o) / \rho_o\} \dots (5)$$

B : 安定係数 0.90 (central rudder 無し)
1.25 (central rudder 有り)

ρ_s : 石の密度 2.65 t/m³

g : 重力加速度 9.81 m/s²

この他にも、PIANC のレポートにはオランダで使用されている算定式などが紹介されている。

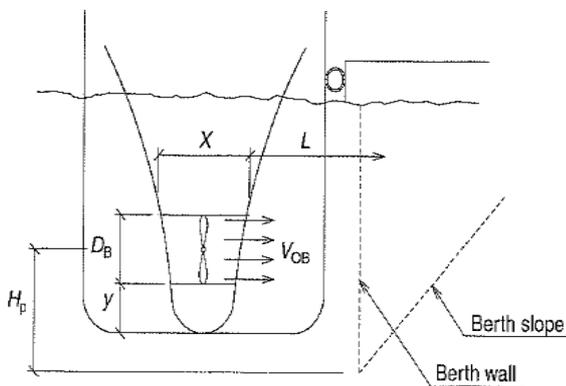


図-1 バウスラスターによる水流

(3) 海外の係留施設

海外においても岸壁の増深/改良が盛んに行われている。興味深い事例を参考文献3)より2, 3紹介する。

重力式(Block wall)岸壁

クロアチアのRijeka 港で建設されたコンクリートブロック式のコンテナ岸壁。層厚 50mの軟弱地盤に対処するために、34m厚の捨石が段階施工で行われた。最終沈下量 2.5mから 4.5mが想定されていたので既存地盤の圧密を促進するために、5段のコンクリートブロックによりプレロードが行われた。

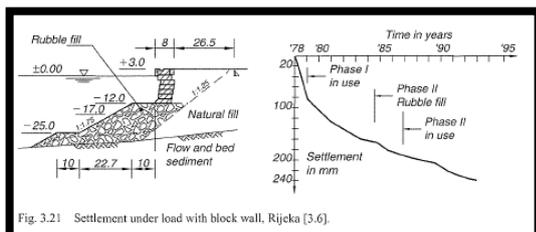


図-2 Block wall

C SBRCURnet Publication211E' Quay Walls Second

Edition', 2014 .SBRCURnet, Rotterdam, The Netherlands

重力式(L-wall)岸壁

ベルギーの Antwerp 港の L型ブロック式岸壁。使用されたL型ブロックは、高さ 30m, 幅 24m, フーチングの厚さ 2.7m~5.5m の巨大な RC 構造である。浸透流の流路長を長くするためにブロック底版の前後に止水矢板が施工されている。コンクリートの強度はクラス C25/30 とし、コンクリートの凍結融解に対する抵抗を増すために microballs を主体とした骨材を用いた。

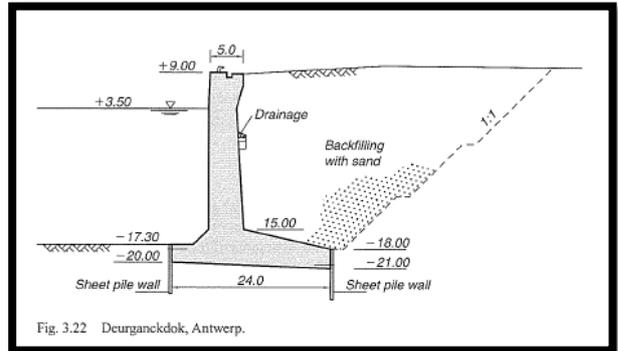


図-3 L-wall

C SBRCURnet Publication211E' Quay Walls Second

Edition', 2014 .SBRCURnet, Rotterdam, The Netherlands

補強土(reinforced earth)岸壁

英国の Swansea 港のヨットクラブの岸壁。40×10mm の鉄製のストリップで裏込めからプレハブのコンクリートパネルに作用する土圧を軽減している。この港の潮位差は 9.9mもあるので、低潮位のときにビーチで工事を行うことができた。過剰間隙水圧とそれに伴うパイピングを防止するために、軟弱地盤を除去しグラベルで置換することにより排水を確保している。

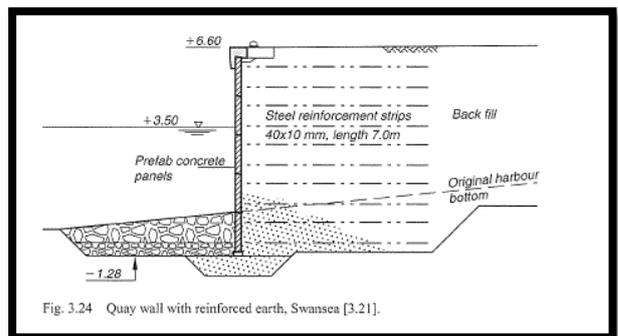


図-4 補強土岸壁

C SBRCURnet Publication211E' Quay Walls Second

Edition', 2014 .SBRCURnet, Rotterdam, The Netherlands

斜め矢板岸壁 (Deep relieving platform)

オランダのロッテルダム港の Deep relieving platform である。基礎と上部工のコストの最適化を図った結果、-4.5m に deep relieving platform を設ける構造となった。基礎は地盤支持と土留機能を併せ持つ結合壁 (combined wall) である。MV-piles とコンクリートパイルがプラットホームを支える。MV-piles は水平力に抵抗する。このデザインは 2006 年の Euromax で評価された。

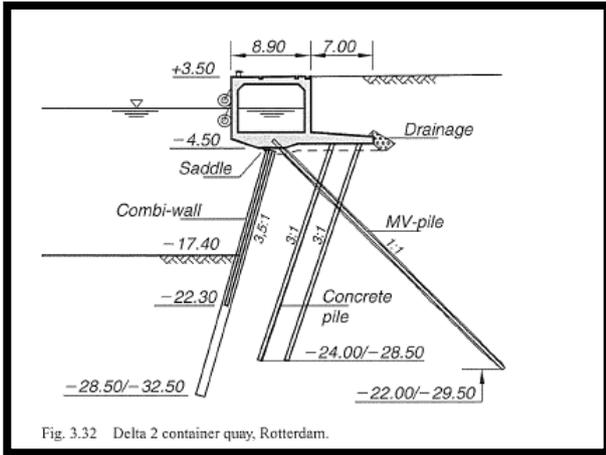


Fig. 3.32 Delta 2 container quay, Rotterdam.

図-5 Deep relieving platform

C SBRCURnet Publication 211E' Quay Walls Second Edition', 2014. SBRCURnet, Rotterdam, The Netherlands

矢板岸壁のリニューアル

ロンドン港イーストエンドの再開発の例である。岸壁の補修にあたって、既設岸壁の前面に新しい矢板壁を構築する。控え工には斜め鋼管杭と鉛直グラウンドアンカーの組み合わせ構造が採用された。

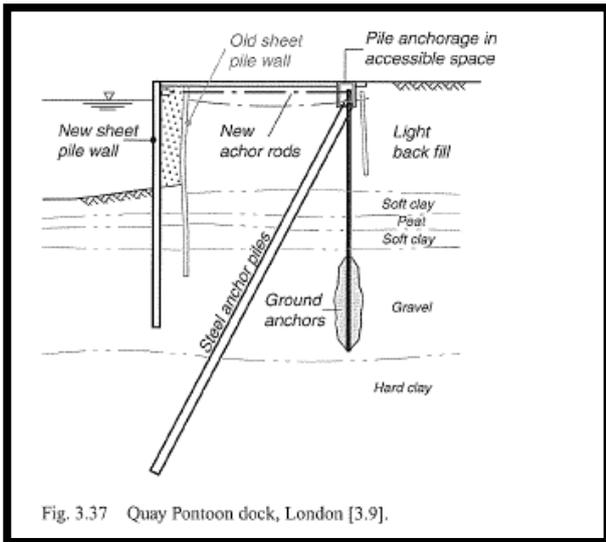


Fig. 3.37 Quay Pontoon dock, London [3.9].

図-6 矢板式岸壁のリニューアル

C SBRCURnet Publication 211E' Quay Walls Second Edition', 2014. SBRCURnet, Rotterdam, The Netherlands

ジェットグラウティングによる岸壁の補修・増深

アントワープ港の古い岸壁を高圧グラウトにより増深・補修した事例。既存の石積み岸壁をドリリングにより削孔し、ホローロッドを挿入する。次にセメントをミックスしたグラウトを高圧で注入する。強力なミキシングにより岸壁下面下に円形状のパイルが形成される。そうしてできた岸壁前面パイルの壁は増深後も安定しており、背後の土砂の流出を防ぐ。

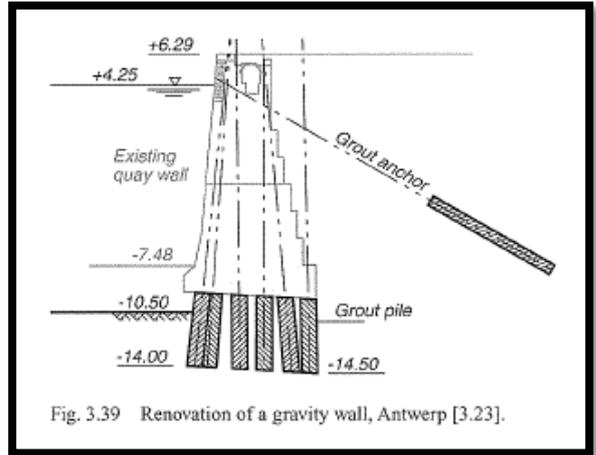


Fig. 3.39 Renovation of a gravity wall, Antwerp [3.23].

図-7 高圧グラウトによる増深・補修

C SBRCURnet Publication 211E' Quay Walls Second Edition', 2014. SBRCURnet, Rotterdam, The Netherlands

インドのゴア港の事例

200 年ほど前にポルトガルにより建設されたブロック式岸壁が崩壊した。それを前面の diaphragm wall (厚さ 1100mm、幅 5m) と陸側 Pile で覆った。アンカー (2000 kN) は岩盤に定着した。

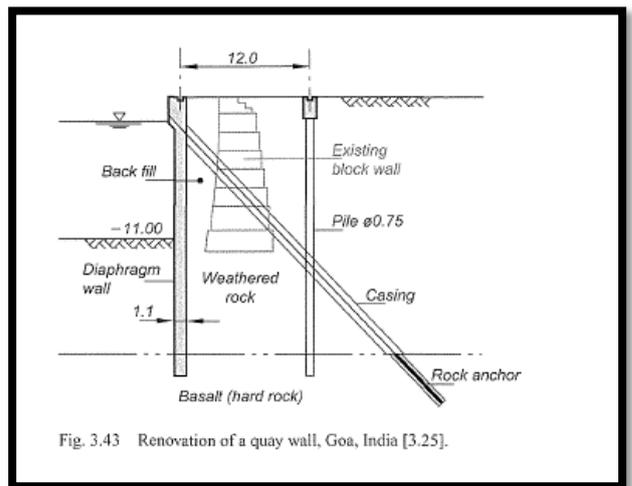


Fig. 3.43 Renovation of a quay wall, Goa, India [3.25].

図-8 アンカーによる岸壁の再建

C SBRCURnet Publication 211E' Quay Walls Second Edition', 2014. SBRCURnet, Rotterdam, The Netherlands

4. 洋上風力発電について

沿岸技術研究センターでは、洋上風力発電に関する各種調査研究活動を、より精力的に進めるため、平成29年7月1日に、センター内の組織として、「洋上風力研究室」を設置している。

洋上風力研究室の主な活動内容は、洋上風力発電施設の調査・設計技術に関する情報収集及び調査研究、また、洋上風力発電施設の技術基準の策定支援等である。平成30年度における洋上風力研究室の主要な活動状況を、以下に記載する。

(1) 洋上風力発電に関する国内外の動向の情報収集

平成30年度は、我が国の洋上風力発電に関して、大きな制度改正が行われた年であった。

まず、平成30年5月に、第3次の海洋基本計画が閣議決定された。5年ぶりに見直された海洋基本計画では、海域の長期にわたる占用等を可能とする制度整備が明示された。

続いて、7月には、第5次のエネルギー基本計画が閣議決定された。4年ぶりに見直されたエネルギー基本計画では、再生可能エネルギーの主力電源化を目指すことが明示された。

そして、国会での審議・議決を経て、平成30年12月7日に、「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律」（以下、「再エネ海域利用法」という。）が公布され、平成31年4月1日に施行された。再エネ海域利用法は、一般海域における、洋上風力発電のための海域利用ルールを整備したものである。具体的には、国が、洋上風力発電事業を実施可能な促進区域を指定し、公募により事業者を選定する。選定された事業者は、一定のルールのもと、30年間海域を占有することが可能となる。

上記の他、平成30年3月に策定・公表された、「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説」と「港湾における洋上風力発電設備の施工に関する審査の指針」に続き、平成31年3月には、「洋上風力発電設備の維持管理に関する統一的解説」が策定・公表された。これにより、設計・施工・維持管理の技術基準が整備された。

さらに、洋上風力発電施設の建設及び維持管理の拠点となる港湾施設を整備するため、重厚長大な資機材を取り扱えるように、秋田港の岸壁の地耐力を向上する改良工事が、平成31年度から開始されることとなった。

一方、洋上風力発電に関する国外の動向として特筆すべき事項は、国際電気標準会議(IEC)の国際規格が改正されたことである。具体的には、平成31年2月に、IEC 61400-1 Wind energy generation systems-Part 1: Design requirements が改正された。また、平成31年4月には、IEC 61400-3 が分割・改正され、新たに IEC 61400-3-1 Wind energy generation systems-Part 3-1: Design

requirements for fixed offshore wind turbines と IEC TS 61400-3-2 Wind energy generation systems-Part 3-2: Design requirements for floating offshore wind turbines が策定された。IEC は、洋上風力発電施設に関する我が国の技術基準にも大きな影響を及ぼすものである。後述するとおり、国内技術基準の改正を検討するにあたっては、今般の IEC の改正事項を適切に考慮する必要がある。

(2) 洋上風力発電施設の技術基準の策定支援

洋上風力研究室は、経済産業省商務情報政策局産業保安グループ電力安全課、国土交通省港湾局海洋・環境課、(一社)寒地港湾技術研究センターの三者と共同で、「港湾における洋上風力発電施設検討委員会 設計技術ワーキンググループ」(座長:清宮理 早稲田大学名誉教授)の事務局を務め、「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説」(以下、「統一的解説」という。)の策定支援を行っている。

統一的解説は、平成30年3月に策定されたところであるが、再エネ海域利用法の成立を受けて、一部見直しの必要が生じ、平成30年度から見直しの検討を開始した。なぜならば、統一的解説は、洋上風力発電施設の設置場所としては港湾区域を前提とし、また、支持構造物の構造形式としては重力式及び杭式(モノパイル構造、ジャケット構造)を主な対象としているため、再エネ海域利用法によって、洋上風力発電施設を一般海域に設置する場合や構造形式を浮体式とする場合は、対応できない可能性が考えられるからである。

平成30年度から検討を開始した、統一的解説の見直しの主要な論点は、以下の3項目である。

①洋上風力発電施設の設置場所を、港湾区域から一般海域へ拡張する際の論点

港湾区域と一般海域では、洋上風力発電施設周囲に存在するその他の施設、海域利用の方法、船舶航行の状況等が異なるため、要求性能を同一にする必要があるか検討する。

②支持構造物の対象構造形式を、着床式から浮体式へ拡張する際の論点

浮体式は、係留索が1本破断する場合や一部区画が浸水する場合など、着床式には無い設計荷重ケース(DLC)が想定されるため、設計荷重ケースの考え方を一部見直す必要があるか検討する。

また、浮体式は、着床式とは異なり、一定範囲内での移動が想定されるため、許容移動範囲や周辺施設との必要離隔の考え方を検討する。

③IEC 61400-1 及び IEC 61400-3 の改正に対応する際の論点

平成31年に改正された IEC 61400-1 及び IEC 61400-3 では、例えば、地震時に同時作用させる風荷重の考え方(IEC 61400-1)、熱帯性低気圧地域での安全性レベルの調

整に関する参考事項(IEC 61400-3-1 Annex)等の見直しあるいは追記が行われた。これら IEC の改正事項を、国内技術基準にどのように反映させるか検討する。

5. 確認審査業務

沿岸技術研究センターは、平成 19 年 8 月 24 日に港湾法に基づく登録確認機関として国土交通大臣より登録され、平成 19 年 10 月 1 日に設置した確認審査所が「港湾の施設の技術上の基準との適合性を確認する業務」を開始した。平成 30 年度は、13 件(防波堤・護岸 3 件、係留施設 7 件、荷役機械 3 件)の申請があった。申請者の内訳は、港湾管理者 10 件、民間企業 3 件であった。

確認審査結果を審議する「適合検討委員会」で話題になった事項や確認員が指摘した事項を紹介する。

①ケーソン式防波堤の堤頭部法線方向の安定計算

堤頭部に法線平行方向から波が作用する場合の堤頭部背面の水位の設定については明確な規定がない。堤頭部の場合、ケーソン法線方向の長さは波長に比べて小さいので、押波時のケーソン側面及び背面の水位は静水面上半波高程度になっていると考えられる。このような場合には、その水位の上昇に伴う静水圧及び揚圧力の増分を考慮すべきと考えられる。

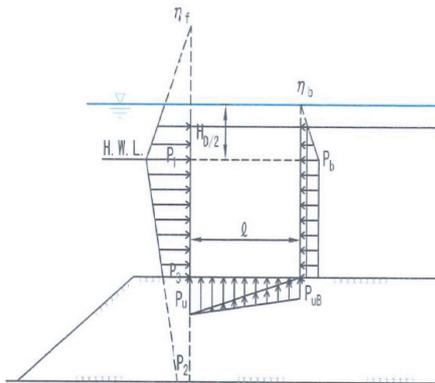


図-9 防波堤法線方向に作用する堤頭部の波圧及び水圧

②杭係留方式のポンツーン

ポンツーンの係留杭の諸元は通常、風と波の外力によって決定されるが、地震作用が大きい港湾では係留杭に作用する地震力が風+波の作用に匹敵する場合がある。このような場合には、地震時変動状態を考慮する必要がある。

③矢板岸壁の耐震改良において矢板前面を CDM で改良する場合

矢板前面にある改良体の安定性を検討する際の照査用震度の算定に用いる低減係数 γ_d が不明である(港湾基準にある低減係数は重力式構造物を対象)。このような場合、参考文献 4) にある $\gamma_d = 1 - 0.015z$ (z は地表面からの深度) を準用してもよいと判断した。

④せん断抵抗角 ϕ の上限値

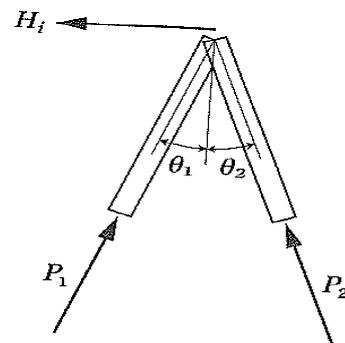
相対密度 D_r の定義及び Meyerhof の提案式の修正式からみて、 ϕ の上限値は 40° となる。

⑤斜杭構造のドルフィン

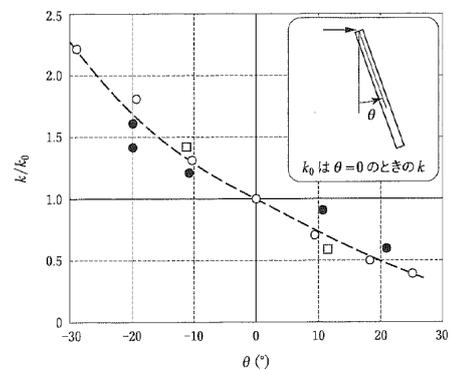
複数の斜杭が互いにねじれの位置関係に配置されたドルフィンでは、牽引力の作用方向も上下左右と複雑なので push-in 杭または pull-out 杭に対する地盤反力係数の補正を考慮することが煩雑になる。このような構造形式の場合、水平力に対して杭軸方向の抵抗力が支配的であること、また単斜杭に関する地盤反力の補正方法を頭部固定の組杭構造に適用していいのかという課題もある。従って、このような斜杭構造の場合、地盤反力の補正は省略していいのではないかと考える(付録-1 参照)。

6. 付録-1 (斜杭の地盤反力の扱い)

組杭式横棧橋、ドルフィン、鋼管防波堤などの構造物では斜杭(付図-1 参照)が用いられることが多い。設計の実務においては、push-in 杭 pull-out 杭の地盤反力係数を“杭の傾斜角と地盤の横抵抗係数の比(港湾基準 723 ページ)”により増減することを行ってきた。しかし、杭の傾斜角による地盤反力の補正、地盤分布バネの作用方向及び斜杭の仮想固定点の取り扱いなどについて統一的な取り扱いが決まっていないので、これらは設計者の判断に任せられてきた。



付図-1 水平力を受ける組杭



付図-2 杭の傾斜角と地盤の横抵抗係数の比 (港湾基準 723 ページ)

ニュアル(案), 平成11年3月.

- 5) 松村聡, 松原宗伸, 藤井愛彦, 水谷崇亮, 森川嘉之, 佐藤真: 杭間地盤をセメント改良した組杭の横抵抗特性, 港湾空港技術研究所報告, 第56巻第3号, 2017年9月.

この斜杭の地盤反力の取り扱いについては以下のような課題がある.

- ①付図-2の横抵抗係数の比は港研方式による地盤反力に関するものであり, チャンの方式に適用するものではない.
- ②この横抵抗係数の比は杭頭自由の“単斜杭”に関するものであり, 複数の直杭や斜杭で構成される構造に適用してよいか不明である.
- ③push-in杭と pull-out杭のみで構成された組杭の反力特性について, push-in側は単斜杭の反力特性と同傾向であるが, pull-out側は単斜杭の反力特性とは異なり反力係数が大きく低下する傾向が見られる⁵⁾.
- ④横抵抗係数の比が組杭構造に適用できるとしても, ドルフィンのように斜杭の傾斜が3次元の場合, 荷重の作用方向と斜杭の関係が複雑になり実務が煩雑となる. そこで, 設計実務においては以下のように考えることを提案する.

斜杭を含む構造に水平力が作用する場合, 水平力は斜杭の軸方向抵抗力で大部分が支えられ, 斜杭の軸直角方向の抵抗力の寄与は小さいと考えられる. また, 杭頭部の曲げモーメントは杭の自由長の影響が大きく地盤反力の影響は小さいと考えられる. よって,

- ①チャンの方法による水平方向地盤反力係数を用いる場合, 斜杭の傾斜による水平方向地盤反力係数の補正は行わないものとする.
- ②地盤反力の作用方向は, 部材座標系で部材軸直角方向とする.
但し,
- ③所要の杭の軸方向抵抗力があること, 地表面における杭の水平変位が1 cm以内であることを確認するものとする.
- ④水平方向地盤反力係数を0.5倍及び2倍した場合の軸力, モーメント及び変位が設計値と大きく相違しないことを確認する.
なお,
- ⑤斜杭の仮想固定点は直杭の仮想固定点(仮想地表面下 $1/\beta$)の深度とする.
- ⑥斜杭の有効座屈長は, 骨組解析における上部工の中心から仮想固定点までの斜杭の軸方向の長さとする.

参考文献

- 1) 土木学会技術推進機構: 土木ISOジャーナル, Vol. 30, 2019. 3.
- 2) Carl A. Thoresen : Port Designer's Handbook Fourth edition, ICE Publishing, pp. 451-456, 2018.
- 3) J.G. de Gijt & M.L. Broeken : Quay Walls, Second edition. CRC Press/Balkema.
- 4) (財) 土木研究センター: 液状化対策工法設計・施工マ

