

港湾施設の設計技術の高度化

1. 研究・活動のアウトライン

出来事	研究背景	研究内容	成果・政策反映
<p>1995(H7)年 WTO TBT協定 2005年 ISO2394発行(構造物の信頼性に関する基本原則)</p> <p>2015(H27)年 ISO2394改訂(リスクに基づく設計等)</p> <p>2020(R2)年 ISO2394のJSI版(JISA3305)発行</p>	<p>■国内基準類の国際規格との整合性などへのニーズ</p> <p>■仕様規定型から性能規定型設計法への転換のニーズ</p> <p>■維持管理や施工なども考慮した設計法などへのニーズ</p>	<p>■性能設計・信頼性設計への対応・高度化</p> <ul style="list-style-type: none"> 性能設計法・信頼性設計法に関する検討(H13-H18) 港湾施設の性能照査方法の体系化に関する研究(H19-H23) 港湾施設設計の合理化に関する検討(H13-) 港湾調査設計指針に関する検討(H26-H28) 維持管理を踏まえた設計手法検討(H24-H30) 次期港湾基準の策定に向けた研究(H30-) 	<p>○港湾施設の技術上の基準・同解説(H19)への反映</p> <p>【第2編第1章 総則】</p> <ul style="list-style-type: none"> 2性能設計 3信頼性設計法 <p>【第3編第4章 地震】</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.2 施設の性能照査に用いるレベル1地震動 3信頼性設計法 <p>【第4編 施設編】</p> <ul style="list-style-type: none"> 第4章 外郭施設 第5章 係留施設 <p>※その他全般取りまとめ</p>
<p>1995(H7)年 阪神大震災</p> <p>2011(H23)年 東日本大震災</p> <p>2016(H28)年 熊本地震</p> <p>2018(H30)年 北海道胆振頭部地震 台風21号</p> <p>2019(R1)年 台風15号</p>	<p>■レベル1地震動やレベル2地震動を用いた設計手法の高度化へのニーズ</p> <p>■東日本大震災による津波災害などを踏まえた粘り強い防波堤などの設計へのニーズ</p> <p>■台風被害や気候変動、逼迫する大規模地震や災害などへの対応ニーズ</p>	<p>■耐震・耐津波設計法の高度化</p> <ul style="list-style-type: none"> サイト増幅特性を考慮した確率論的時刻歴波形を用いた耐震設計法に関する検討(H17-) 常時微動観測記録を用いたサイト増幅特性の合理的な設定に関する研究(H17-) 東日本大震災の被災状況分析・設計津波対応のあり方に関する研究(H23-H26) 港湾の施設の技術基準の高度化検討(H28-) 大規模地震の即時被害推定手法検討(H30-R2) 被災記録の取りまとめ(被災防波堤被災集覧(2013(H25))) (2011年東日本大震災港湾施設被害報告) 	<p>○港湾施設の技術上の基準・同解説(H19)の部分改訂(H24~H26)</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種構造物の照査用震度 各種構造物の部分係数 サイト増幅特性の補正方法 設津波設計法の改訂(粘り強い防波堤構造等) その他 <p>○港湾施設の技術上の基準・同解説(H30)への反映</p> <p>【共通編】</p> <ul style="list-style-type: none"> 第1章 2性能設計の体系 第2章 1性能確保の流れ 2設計(改良含む) <p>【施設編】</p> <ul style="list-style-type: none"> 第4章 外郭施設(部分係数等) 第5章 係留施設(部分係数等) <p>【参考技術資料】</p> <ul style="list-style-type: none"> 信頼性設計法の基本事項 大規模地震・津波後の調査・試験 照査用震度の基本事項 <p>※その他全般取りまとめ</p>
<p>2013(H25)年 インフラ輸出戦略</p> <p>2016(H28)年 インフラシステム海外展開行動計画</p> <p>ベトナム国と日本国との技術基準策定に関する覚書き(2014年締結、2017年延長、2020年再延長)</p>	<p>■インフラ輸出戦略への後方支援としての国内基準の海外展開ニーズの高まり</p> <p>■ベトナムからの国家港湾基準策定への協力要請への対応</p> <p>■「質の高いインフラ投資」への対応</p>	<p>■港湾基準の海外展開</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準の国際化やISO対応に関する検討(H13-H17) 技術基準の国際化に関わる調査研究(H18-H22) 港湾分野における技術基準類の国際展開方策に関する研究(H23-) 	<p>○技術・同解説の英訳版(2009年、2020年)</p> <p>○ベトナム国家港湾基準の発行(2017年~:全6編)</p>

1. 強

国土技術政策を支える研究開発

国内の技術基準は、1995年のWTO（世界貿易機構）/TBT（貿易の技術的障害に関する協定）への批准以降、ISO規格に代表される国際規格への整合性が求められ、政府の規制緩和の動向への対応もあり、仕様規定型から性能規定型への技術基準への変革が求められてきた。また、ISO2394（構造物の信頼性に関する基本原則）に沿った信頼性設計の導入なども求められてきた。一方、地震・津波・台風等による災害（1995年阪神大震災、2011年東日本大震災、2018年台風21号など）も続いており、防波堤や係留施設等の耐震設計・耐波設計・耐津波設計の高度化に関しても継続的に改善が求められてきた。さらに、2010年台になると、国内の人口減少やマーケットの縮小への懸念もあり、インフラシステムの海外輸出・展開が求められるとともに、国内では老朽化施設の改良設計や延命化などのニーズが高まってきた。

これらのニーズに対する研究を進め、その成果を国内の港湾設計技術の粋を集めた「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（2007年全面改訂、2018年全面改訂、その他部分改訂）に反映するとともに、その根拠となる技術資料（国総研資料等）の整備により、性能設計のさらなる深化のための環境整備を図ってきた。また、海外への設計基準の発信を通じて、海外における日本の港湾分野の技術ステータスの維持・向上に貢献してきた。

■性能設計・信頼性設計法への対応・高度化

（背景・課題）港湾施設設計の高度化及び国際整合化を目的として、性能設計および信頼性設計法の導入が必要とされていた。性能設計はこれまでにない概念であり、これを法令体系や設計実務体系に適切に落とし込むことが必要とされていた。また、設計実務に耐えうるレベル1信頼性設計法（部分係数法）の整備も必要とされた。

（研究概要・成果実装）性能設計体系に関する研究成果は、2007年「港湾の施設の技術上の基準」の全面改正時に反映された。また、各種構造物の部分係数を継続的に整備し、それらの成果は2度にわたる「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に反映され、全国の港湾設計実務に直接利用されている。

■耐震・耐津波設計法の高度化

（背景・課題）1995年阪神大震災を受けてレベル2地震動（最大クラスの地震動）が導入等の耐震設計の高度化が求められた。2011年東日本大震災を受けて、防波堤への耐津波設計の導入や「粘り強い構造化」が求められた。

（研究概要・成果実装）耐震設計の高度化については、設計地点のサイト増幅特性を考慮した時刻歴波形による設計入力地震動に関する研究、岸壁変形量を間接的に照査できるレベル1地震動（確率論的時刻歴波形）に対する新しい震度法（照査用震度の導入）に関する研究を行った。耐津波設計については、津波等に対する防波堤の腹付工による補強設計法等に関する研究を行った。これらの研究成果は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に順次反映され、全国の港湾設計実務に直接利用されている。

■港湾基準の海外展開

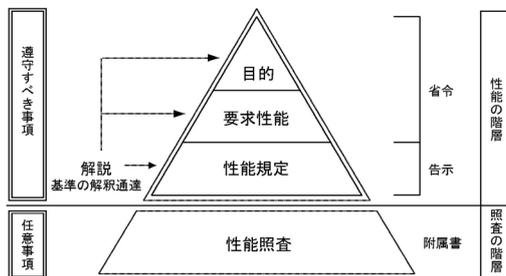
（背景・課題）従前より、日本の港湾設計基準（港湾の施設の技術上の基準・同解説）は英訳化され、日本のODA事業で利用されてきたが、国内の耐震設計の高度化等のため発展途上国での技術レベルとの乖離が顕著となり、そのままの内容を現地設計に適用することが困難なケースがあり、問題となっていた。一方、ベトナムからは、国内で新しい港湾基準の整備に関する技術支援の要請があった。

（研究概要・成果実装）ベトナムからの技術支援要請をきっかけとして、日本の港湾基準（設計、施工、維持管理）を相手国の自然状況等に合わせて修正（カスタムメイド）を図り、現地で利用できる基準を策定する方法論について研究を行い、その成果を国総研資料等で取りまとめた。なお、ベトナムにおいては、2014年より国土交通省と先方交通運輸省との協力覚書きに基づき協力を進め、その結果、国家港湾基準（6編）が正式に発効された。

2. 主な研究成果

■性能設計・信頼性設計法への対応・高度化

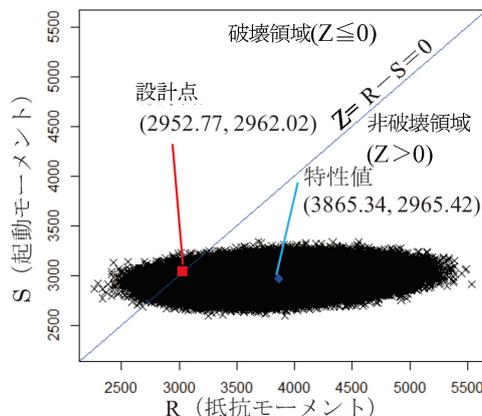
- ・2007年「港湾の施設の技術上の基準・同解説」では、性能設計体系や材料係数アプローチに基づく部分係数(レベル1信頼性設計法)に関する研究成果が採用された。
- ・2018年「港湾の施設の技術上の基準・同解説」では、モンテカルロ(MCS)法による信頼性解析を利用した重抵抗係数アプローチに基づく部分係数(レベル1信頼性設計法)に関する研究成果が採用された。また、既存施設の改良事例を分析した研究成果も採用され、改良設計に関する基本事項や留意点があらたに盛り込まれた。



港湾分野における性能設計の体系

■耐震・耐津波設計法の高度化

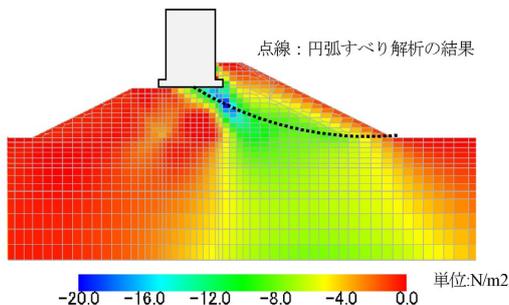
- ・様々な構造形式の係留施設を対象として、レベル1地震後も当該施設が継続的に利用可能となるような変形量に制御することができる、新しい震度法(照査用震度)に関する研究を行い、耐震設計の高度化を図った。研究成果は、基準・同解説に反映された。
- ・ケーソン式防波堤を対象として、津波や波浪に対して防波堤背後に腹付工を設置して補強する際の設計法や、基礎マウンド内で発生する津波浸透流が支持力低下に及ぼす影響を考慮した設計法に関する研究を行い、耐津波設計法の高度化を図った。研究成果は基準・同解説に反映された。



MCS法による円弧すべり解析における破壊確率の算定イメージ(破壊確率は、破壊領域のMCS試行回数を全試行回数で除することにより算定)

■港湾基準の海外展開

- ・日本の港湾基準を相手国の自然状況等に合わせて修正(カスタマイズ)を図り、現地で利用できる基準を策定する方法論について研究を行った。また、その結果をベトナムに適用し、港湾基準の現地基準化を図った。ベトナムでは、交通運輸省及び科学技術省の審査を経た国家港湾基準(設計基準5編、施工・検収基準1編)が、科学技術省より正式に発効された。
- ・日本の港湾基準の海外利用促進のための基礎的検討として、日本の港湾基準と英国港湾基準(BS6349)による棧橋設計の比較研究を行い、成果を国総研資料として取りまとめた。



腹付工を有する防波堤の浸透流を考慮した支持力解析(FEM解析による破壊時のせん断応力イメージ)

ベトナム国家港湾基準の発行・作業状況

	進捗状況			基準発行
	研究段階	基準原案作成段階	基準原案審査段階	
■設計基準(全11編)				
Part 1: 総則	→	→	→	TCVN (2017年5月)
Part 2: 荷重と作用	→	→	→	TCVN (2017年5月)
Part 3: 材料条件	→	→	→	TCVN (2019年11月)
Part 4-1: 基礎	→	→	→	TCVN (2020年3月)
Part 4-2: 地盤改良	→	→	→	TCVN (2020年3月)
Part 5: 係留施設	→	→	→	
Part 6: 防波堤	→	→	→	
Part 7: 航路・泊地	→	→	→	
Part 8: ドライドック等	→	→	→	
Part 9: 浚渫・埋立	→	→	→	
Part 10: その他港湾施設	→	→	→	
■施工基準(全1編)				
施工・検収基準	→	→	→	TCVN (2017年9月)
■維持管理基準(全1編)				
維持管理・補修基準	→	→	→	(2021年4月現在)

注) TCVN...国家基準

(2021年4月現在)



日越のコードライターによる技術会合の状況

3. 関係する報告書・技術資料一覧

■性能設計・信頼性設計法への対応・高度化（代表的なもの）

- 1) 国総研報告 第 20 号 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/rpn/rpn0020.htm>
- 2) 国総研資料 No.956 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0956.pdf>
- 3) 国総研資料 No.955 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0955.pdf>
- 4) 国総研資料 No.944 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0944.pdf>
- 5) 国総研資料 No.931 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0931.pdf>
- 6) 国総研資料 No.922 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0922.pdf>
- 7) 国総研資料 No.880 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0880.htm>
- 8) 国総研資料 No.373 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0373.htm>
- 9) 国総研資料 No.377 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0377.htm>
- 10) 国総研資料 No.350 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0350.htm>
- 11) 国総研資料 No.217 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0217.htm>

■耐震・耐津波設計法の高度化（代表的なもの）

- 1) 国総研資料 No.1065 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks1082.pdf>
- 2) 国総研資料 No.994 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0994.pdf>
- 3) 国総研資料 No.979 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0979.pdf>
- 4) 国総研資料 No.954 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0954.pdf>
- 5) 国総研資料 No.920 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0920.pdf>
- 6) 国総研資料 No.836 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0836.htm>
- 7) 国総研資料 No.812 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0812.htm>
- 8) 国総研資料 No.800 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0800.htm>
- 9) 国総研資料 No.798 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0798.htm>
- 10) 国総研資料 No.717 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0717.htm>
- 11) 国総研資料 No.310 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0310.htm>

■港湾基準の海外展開（代表的なもの）

- 1) プロジェクト研究報告 No.61 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/kpr/prn0061.htm>
- 2) 国総研資料 No.1117 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks1117.pdf>
- 3) 国総研資料 No.915 <https://www.y.sk.nilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks0915.pdf>
- 4) 国総研資料 No.800 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0800.htm>
- 5) 国総研資料 No.769 <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0769.htm>

※このほか上記の3研究に関して約50編の国総研報告・資料有り

4. 今後の展望

港湾分野における性能設計をさらに深化させ、今後も変化する様々な社会ニーズに対応していくためには、まだ多くの課題が残されている。例えば、利用者ニーズ・生産性を考慮した設計体系、災害対応力の向上に配慮した設計体系、サステナビリティを考慮した設計体系、数値解析や各種データを活用した全体最適を考慮した設計体系、汎用性のあるレベル1信頼性設計法（部分係数法）への転換などについて研究を進めていく必要がある。また、今後はこれまで以上に港湾での災害対応力の向上が求められるが、単体施設の性能照査だけではなく、港湾全体をシステムとして捉えて性能・機能を照査できる設計体系に関する研究も進める必要がある。さらに、気候変動による海面上昇や波浪等の極端化への対応方法も大きな課題である。各種の技術革新（船舶の自律航行や自動係留装置、水素エネルギーへの変換等）に対する港湾施設側の速やかな対応も必要である。これら各種の課題に対して研究を行い、その成果を設計実務に反映することができるように引き続き検討を行っていく必要がある。