

Eurocodes と港湾基準の比較設計

Comparative Study of Design Standards between Eurocodes and Technical Standards for Port and Harbor Facilities in Japan

立田実*・鶴谷広一**・窪田太***・山本修司****

TATSUTA, Minoru , TSURUYA, Hiroichi , KUBOTA, Futoshi and YAMAMOTO, Syuji

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 主任研究員

** 東海大学 海洋研究所 教授 (前 (財) 沿岸開発技術研究センター 理事)

*** (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 主任研究員

**** 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 部長

This paper presents the comparative study of design standards between Eurocodes and Technical Standards for Port and Harbor Facilities in Japan to make the difference clear between the two. Item of comparison design are geotechnical design, seismic design and resistive design against wave action.

Key Words :Eurocodes, ISO, partial safety factor, Technical Standards, comparison design

1. はじめに

近年、諸外国では国際標準化機構 (ISO) を中心とする国際規格の制定の動きが急速に進みつつあり、その範囲も製品規格にとどまらず、構造物の設計・施工に関する規格へと広がっている。また、ヨーロッパの地域規格を制定する機関であり、ISOに強い影響を持つ欧州規格委員会 CEN (European Committee For Standardization) においては、土木構造物も含めた構造物全体を対象とした規格 (構造物ユーロコード : Structural Eurocodes) の策定が進んでいる。

現在策定作業中の Eurocodes は、2005 年までには順次 EN (欧州規格) となる予定であり、これらはウィーン協定によって早期に ISO 規格の最終原案として取り込まれることが決まっている。

一方、世界貿易機関 (WTO) における「政府調達協定」及び「貿易の技術的障害に関する協定」(TBT 協定) により、加盟国の国内規格の基礎として国際規格を遵守することが義務づけられており、我が国の土木事業に使用される仕様および技術基準もこの ISO 規格との整合が求められることになる。

港湾分野に関しても、これらの国際規格原案に適切に対処するための体制の整備を図り、ISO2394 をはじめとする国際規格と整合性のとれた「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (以下、港湾基準 : TSPH)」のあり方について適切な対応が迫られている。

国土交通省では、平成 11 年度に (財) 沿岸開発技術研究センターを事務局として「技術基準国際化委員会 (委員長 : 上田 茂鳥取大学教授)」を設置し、Eurocodes を日本の港湾に適用した場合の問題点の抽出とその対応を中心に検討を行なった。平成 12 年度以降は、平成 11 年度

に抽出された課題を整理したうえで、Eurocodes が国際規格として採用された場合の影響度が大きいと考えられる内容について、Eurocodes と港湾基準との比較設計を実施して、定量的に課題を明確化し、港湾基準が国際的な基準の 1 つとして認識されるための具備すべき項目について基礎的検討を行なっている。

本稿では、平成 11 年度の調査で課題として挙げられた項目の概要を紹介するとともに、平成 12 年度以降の主な検討概要の一部について述べる。

2. 平成 11 年度の検討概要

平成 11 年度は、Eurocodes (以下、EC) のなかで、港湾構造物に関係の深い EC 1 Basis of design and actions on structures, EC 7 Geotechnical Design, EC 8 Design provisions for earthquake resistance of structures を中心に検討した。今後検討が必要と考えられる主な課題を列挙すると以下の通りである。

(1) EC 1 に関する事項

- ①設計供用期間の考え方 : 構造物の運用、維持管理および更新の計画には設計供用期間の明確化が必要。
- ②要求性能 : 個々の構造物の目的および機能に応じて要求性能レベルの設定が必要。
- ③作用の分類と組合せ : 永久荷重、変動荷重の明確化および組み合わせ係数の妥当性の検証が必要。
- ④作用・材料の特性値 : 荷重および材料の変動係数による特性値の妥当性の検証が必要。
- ⑤部分係数法による照査 : 部分係数を用いた設計法の妥当性の検証が必要。
- ⑥ISO に働きかけるべき日本の技術 : 地盤改良、耐震、

耐波に関する設計法の国際規格としての提案。

⑦技術者資格：「適切な資格」に対応した資格の明確化。

(2) EC 7に関する事項

- ①杭の設計：载荷試験に基づいた設計法の充実。
- ②限界状態：使用限界状態に対する変位の規制値や変位予測法の確立。
- ③土圧の考え方：全応力（EC）と有効応力（港湾基準）の違い。
- ④浸透力：浸透圧を考慮した土圧、残留水圧の算定。

(3) EC 8に関する事項

- ①地盤分類：地盤種別の分類の違い。
- ②設計震度：設計震度の算定手法の違い。
- ③鉛直慣性力：鉛直震度を考慮した比較設計による影響度の把握。
- ④地震時土圧：排水条件を考慮した地震時土圧算定式の比較。

3. Eurocodes と港湾基準の比較設計

平成 11 年度の抽出課題の中から、港湾基準の国際化に対する影響度が懸念される事項について、具体的な例題を作成し、Eurocodes と港湾基準との定量的な比較設計を行なった。比較設計を行なった事項を整理すると次の通りである。

①地盤設計に関する事項

- ・ 斜面の安定：地盤別荷重別の円弧すべり
- ・ 杭の支持力：地盤別杭径別の杭の根入れ長
- ・ 直接基礎の支持力：地盤別荷重別の支持力
- ・ 重力式岸壁の検討（常時）：摩擦係数
- ・ 矢板式岸壁の検討（常時）：矢板の必要根入れ長

②耐震設計に関する事項

- ・ 設計震度の算定法：基盤加速度別設計水平震度
- ・ 重力式岸壁の検討（地震時）：水平震度別水深別ケーソン幅、地震時土圧
- ・ 矢板式岸壁の検討（地震時）：矢板の必要根入れ長

③耐波設計に関する事項

- ・ 混成式防波堤の安定性検討
- ・ レベル 1,2 の信頼性設計法¹⁾による検討
- ・ 期待滑動量による信頼性設計法²⁾による検討

以下に、検討結果の概要³⁾の一例を示す。

(1) 斜面の安定

粘性土地盤、砂質土地盤の斜面の安定性に関して、港湾基準による場合と EC 7 の部分安全係数を適用した場合について、修正フェレニウス法を用いた円弧滑り計算による比較を行った。

粘性土地盤における検討断面の一例を図-1 に、斜面の

円弧滑りの起動モーメントと抵抗モーメントの比（安全度）を検討結果として表-1 に示す。同じ計算手法を用いたため港湾基準と EC の相違点は部分係数と安全率の値の違いである。

砂質土地盤の場合、EC の部分係数は 1.25、港湾基準の安全率 1.1~1.2、粘性土地盤の場合、EC の部分係数は 1.4、港湾基準の安全率 1.3 であり、この部分係数と安全率の値の比が、EC と港湾基準により評価される安全性の程度の違い（0.9~1.1 倍）となる。

EC では部分係数を推奨値として示しており、部分係数の値は各国で適切に定めるよう明記されているため、EC がそのまま国際規格になった場合でも同じ計算手法を用いる場合には、適切に部分係数を設定すれば、その影響度は小さいと考えられる。

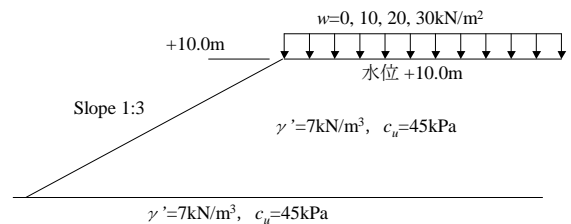


図-1 斜面形状と検討条件の例（粘性土地盤）

表-1 検討結果の安全度の例（粘性土地盤）

c_u (kPa)	w (kN/m ²)	F_s ①		F_s ②		①/②	
		TSPH	CaseB	CaseC	CaseB	CaseC	
45.0	0.0	1.466	1.086	1.047	1.350	1.400	
45.0	10.0	1.383	1.018	0.971	1.359	1.424	
45.0	20.0	1.309	0.958	0.906	1.366	1.445	
45.0	30.0	1.242	0.905	0.848	1.372	1.465	

Case B：作用の不確定性

Case C：地盤特性の不確定性

粘性土地盤

TSPH：安全率：1.3

EC：荷重係数：1.35, 材料係数 1.4

安全性の程度の比 (EC/TSPH) 0.9~1.1

(2) 杭の支持力

杭（コンクリート）の鉛直支持力に関して、粘性土地盤、砂質土地盤について港湾基準による方法と EC 7 による方法（部分係数法）で杭の必要根入れ長を比較した。

砂質土地盤における検討断面の一例を図-2 に、杭径をパラメータとした場合の杭の必要根入れ長の算定結果を図-3 に示す。港湾基準と EC では杭の支持力算定公式が異なる。

粘性土地盤においては、支持力算定式に違いがあるもののほとんど同じ結果となる。一方、砂質土地盤の場合、港湾基準は N 値を用いた支持力算定式であるのに対して、EC は内部摩擦角 ϕ を用いた支持力算定式であり、上載圧を考慮している。従って、支持力算定式の違いにより結果は大きく異なり、検討した条件で砂質土地盤の杭径が 0.8m の場合には、港湾基準による必要根入れ長は EC による必要根入れ長の 2.7 倍にもなる。

押し込み荷重: $G_k 1,000\text{kN} + Q_k 1,000\text{kN}$

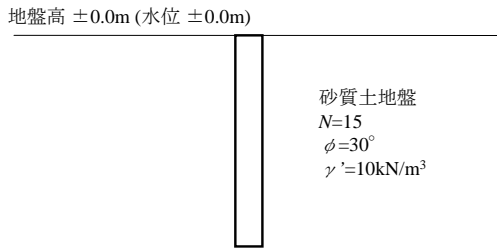
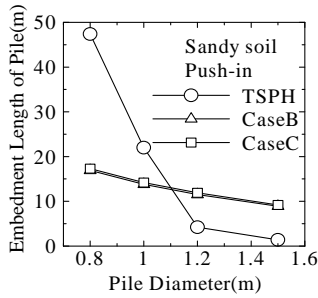


図-2 杭基礎の模式図と検討条件の例 (砂質土地盤)



必要根入れ長の比 (TSPH/EC) : 2.7

(砂質土地盤, 押し込み, 杭径 0.8m)

図-3 杭基礎の必要根入れ長 (砂質土地盤, 押し込み)

(3) 直接基礎の支持力

直接基礎の支持力に関して、粘性土および砂質土地盤について港湾基準と EC 7 の方法 (部分係数法) により基礎の必要幅を計算し、支持力の比較を行った。

砂質土地盤における検討断面の一例を図-4 に、EC に従って算定した基礎幅に対して、その設計荷重に対する設計抵抗の比 (安全度) を港湾基準と EC に従って評価した結果を図-5 に示す。

粘性土地盤の場合は港湾基準と EC で支持力係数、算定式は同じであるが、砂質土地盤の場合、港湾基準はテルツァギの支持力公式を用いて、地盤の破壊モードの変化を考慮して支持力係数を算定し、EC は Prandtl の解に基づく式により、地盤の破壊モードを部分せん断破壊であると仮定して、支持力係数を算定している。従って、港湾基準と EC により評価した安全度 (作用と耐力の比) は、砂質土地盤の場合、支持力係数の算定法の違いのために大きく異なる。検討した条件 (内部摩擦角 $\phi=30^\circ$) では、港湾基準による必要基礎幅は EC による必要基礎幅の 2.3 倍にもなる。

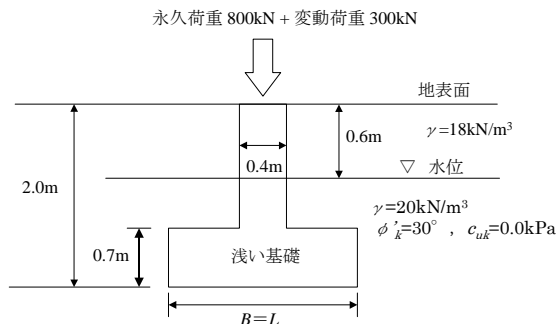


図-4 浅い基礎の模式図と検討条件の例 (砂質土地盤)

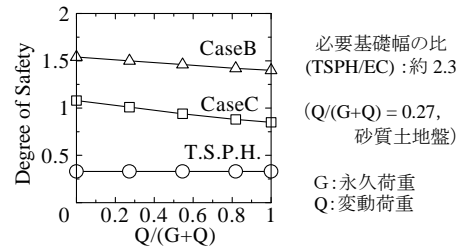


図-5 変動荷重と永久荷重の比に対する安全度 (砂質土地盤)

(4) 重力式岸壁の安定性

重力式岸壁の滑動に対する必要堤体幅に関して、港湾基準と EC 8 の方法により比較を行った。EC では港湾基準で考慮していない鉛直震度と地盤の透水性を考慮する。ただし、地震時の材料係数は 1.0 を用いた。

検討断面の一例を図-6 に、必要堤体幅の比較結果を図-7 に示す。鉛直震度と地震時の地盤の透水性を考慮することの影響により、検討した条件では、EC による必要堤体幅は港湾基準による必要堤体幅の 1.4~1.5 倍になる。

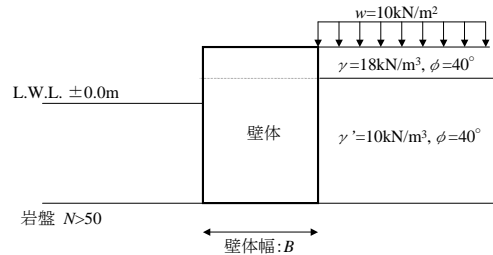


図-6 重力式岸壁の模式図と検討条件

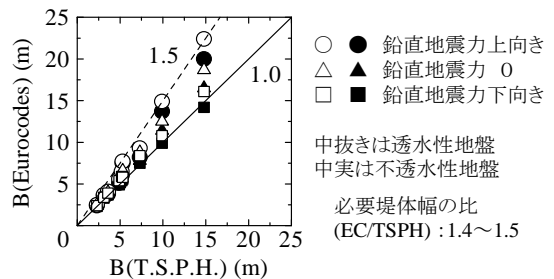


図-7 港湾基準(TSPH)と EC の必要堤体幅

(5) 矢板式岸壁の安定性

矢板式岸壁の矢板の必要根入れ長に関して、港湾基準と EC 8 の方法により比較を行った。EC では鉛直震度と地震時の地盤の透水性を考慮している。また、港湾基準と EC では地下水面下の震度および壁面摩擦角の取り方も異なる。ただし、地震時の材料係数は 1.0 を用いた。

検討断面の一例を図-8、比較結果を図-9 に示す。EC による必要根入れ長は、受働壁面摩擦角 0° を用いるため港湾基準より長くなる。検討した条件では、その比は鋼矢板の場合 (水深 5.0, 10.0m) で約 1.4 倍、鋼管矢板の場合 (水深 15.0m) で約 1.1 倍になる。

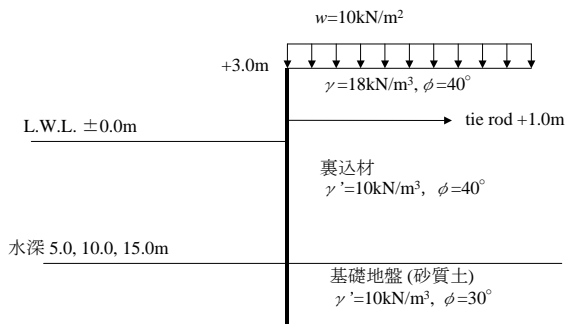


図-8 矢板式岸壁の模式図と検討条件の例

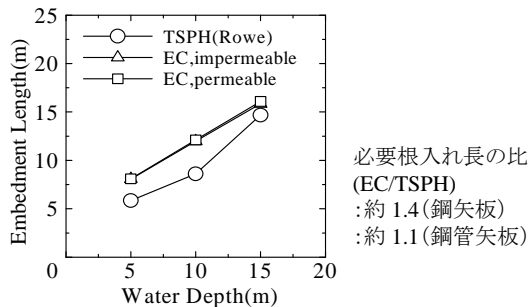
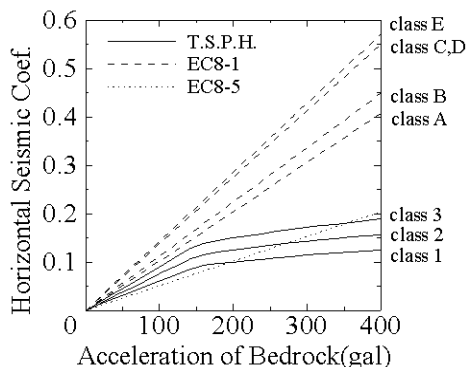


図-9 矢板の必要根入れ長

(6) 設計震度の算定法

同一の基盤加速度から算定される設計震度に関して、港湾基準と EC 8 の方法により比較を行った。EC では設計震度は加速度に比例して大きくなるが、港湾基準では地表面加速度が 200gal 以上の強震時については設計震度は加速度の 1/3 乗に比例する。また、EC においても EC 8-1 (耐震設計一般) と EC 8-5 (抗土圧構造物の耐震設計) では、設計震度の算定方法が異なる。

EC 8-1 は港湾基準に比べ強震時で非常に大きな設計水平震度を与える。非常に良い地盤(港湾基準の Class1, EC の ClassA) で基盤加速度が 350gal の場合に設計水平震度は、EC 8-1 では 0.36 となるのに対して、港湾基準では 0.12 となる。また、EC 8-5 では、構造物の変位を許容して設計震度を評価するため、上記の条件では、設計水平震度は 0.18 となる。



基盤加速度 350 gal の場合、
設計水平震度 0.36 (EC8-1), 0.12 (TSPH), 0.18 (EC8-5)

図-10 基盤加速度に対する設計水平震度

4. おわりに

今後、構造物の設計法に関わる国際規格化の動きがますます活発化してくると考えられるなかで、Eurocodes が国際規格として適用された場合にそれらが与える影響度を再整理し、具体的な対応策を検討していかなければならない。その一つとして、国際情勢に対応した港湾基準についての改正当案、基準の構成案さらに体系の整備に向けた調査・検討が急務となってくる。

このような状況のなか、港湾分野に関する基準の国際化について情報を一元的に把握し、戦略的検討を支援するための組織を構築する必要があることから、平成 12 年度から沿岸開発技術研究センター内に「技術基準国際化懇談会 (座長: 合田 良実技術顧問)」を設置している。

さらに、土木学会、地盤工学会、ISO 国内審議団体、国際会議出席者等との情報交換を密にするために、連絡調整の窓口として当センターに事務局が設置され、情報交換の他、各国のコードライターとの意見交換や国際会議への人材選定、派遣を行うこととしている。

平成 13 年度は、平成 12 年度の検討結果を基に、さらに海外の最新の国際基準案と港湾基準との具体的な比較設計を実施して、基準の国際化対応の検討を行っている。

当センターでは、これからも基準関連の国際機関の動向に関する情報を注意深く収集・把握するとともに、機会のあるごとに日本の意見を強く外へ表明していくことが大切と考え、基準の国際化対応の検討に積極的に関わって行きたいと考えている。

おわりに、本稿が我が国の土木・港湾分野における ISO 対応の状況を知る上での一助となれば幸いである。なお、Eurocodes と港湾基準との比較検討にあたっては、「技術基準国際化委員会 (委員長: 上田 茂鳥取大学教授)」の下に各 WG [地盤設計 (座長: 土田 孝土質研究室長)・耐震設計 (座長: 井合 進 前特別研究官)・耐波設計 (座長: 高橋 重雄 海洋・水工部長)・係留施設 (座長: 山本 修司 港湾研究部長)] が設置され、国土交通省国土技術政策総合研究所港湾研究部港湾施設研究室をはじめ、(独)港湾空港技術研究所の各研究室等の多くの関係各位より、ご助言及びご指導をいただいている。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 長尾 毅, 吉波康行, 佐貫哲朗, 嘉門雅史: ケーソン式岸壁の外的安定に関する信頼性設計法の適用, 土木学会構造工学論文集, Vol. 47A, 2001.
- 2) 下迫健一郎, 高橋重雄: 期待滑動量を用いた混成防波堤直立部の信頼性設計法, 港湾技術研究所報告, 第 37 巻, 第 3 号, pp. 3-30, 1998.
- 3) 森屋陽一, 松本英雄, 田邊俊郎, 山本修司: Comparative Study for Structural Design between Technical Standards for Port Facilities in JAPAN and Eurocodes, 国土技術政策総合研究所資料, 第 7 号, 27p., 2001.