

## 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に関するアンケート調査

関谷千尋\*・金正富雄\*\*・小泉哲也\*\*\*

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* (財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\*\* 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾新技術研究官

『港湾の施設の技術上の基準・同解説』は、平成 19 年 4 月に改正施行され、これまでの仕様規定型の基準から、性能規定型の基準に移行するとともに、構造物の性能の照査には部分係数法を用いることが標準となった。これにより、国際規格との整合が図られるとともに、設計の自由度の大幅な拡大が期待されている。

本稿では、性能設計体系や部分係数法が正しく理解され、技術基準への適合性が確保されているかという観点から、港湾施設に係わる技術者へ実施したアンケート調査および学識経験者に実施したヒアリング調査についてまとめたものである。

キーワード：国際規格, ISO, 性能設計, 港湾基準

### 1. はじめに

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（以下、「港湾基準」という。）は、平成 19 年 4 月に改正され、土木分野で初めて全面的な「技術基準の性能規定化」が行われたことにより、国際規格との整合が図られた。このため、設計の自由度が大幅に拡大し、また、レベル 1 の信頼性設計法である部分係数法が標準となったことから、施設整備にかかるコスト縮減も期待されている。

しかし、新しく性能規定化された技術基準の運用面においては、施設の設置者、設計者等から課題が挙げられているところでもある。

本稿は、改訂された技術基準に対して、港湾施設に係わる技術者等に実施したアンケート調査や学識経験者に対して実施したヒアリング調査をまとめたものである。

### 2. アンケート調査

#### 2.1 アンケート調査対象

アンケート調査対象は表-1 に示すとおりである。地方整備局の港湾空港関連の事務所、港湾管理者（重要港湾以上）、設計コンサルタントや建設会社の設計部門および関係団体に対してアンケート調査を実施した。

#### 2.2 アンケート調査検討項目

導入された「性能規定」や「部分係数法」を中心に港湾基準全般に亘って、設計体系、計算手法、その他の課題等、港湾基準の運用面や設計の実施上において課題となりうるような事項を抽出した。調査項目を表-2 に示す。

表-1 アンケート調査対象

国	地方整備局の港湾空港関連事務所 東北地方整備局（約 8 カ所）、関東地方整備局（約 6 カ所）、北陸地方整備局（約 5 カ所）、中部地方整備局（約 5 カ所）、近畿地方整備局（約 5 カ所）、中国地方整備局（約 5 カ所）、四国地方整備局（約 5 カ所）、九州地方整備局（約 13 カ所）
	北海道開発局の港湾部局
	沖縄総合事務局の港湾部局
地方	港湾管理者（重要港湾以上）
民間	設計コンサルタント 建設会社
関係団体	日本鉄鋼連盟 (社) 港湾荷役機械システム協会

表-2 アンケート調査項目

港湾の施設の技術上の基準(省令・告示)に関する質問
港湾基準の全般に関する質問
実施事例について
港湾基準の内容について
個別の設計法に関する質問
性能設計について
信頼性設計法について
照査用震度について
数値計算に用いる土質データと
特性値の関係について
部分係数法と計算手法について

### 2.3 アンケート調査結果

アンケート調査は、2009年10月中旬から下旬にかけて実施した。その間、国：40通、地方：35通、民間：80通の回答を頂いた。

なお、アンケート調査は、国は事務所の代表意見、地方・民間は設計に携わった個人の意見である。

ここでは、記述式にある意見のうち、次回改訂時に検討することが望ましいと思われる意見について、表-3および表-4にまとめた。

表-3 港湾技術(省令・告示)に関するアンケート調査結果

問1 港湾法第2条第5項では、「港湾施設」について定められています。今後の港湾行政を進める上で、追加すべき「港湾施設」があればお答え下さい。	車両用可動橋(フェリーからの車両用) 環境保全施設: ①人工干潟(藻場を含む)、②珊瑚礁(事例:沖ノ鳥島) 海上発電施設(風力、波力、太陽光)
問2 港湾の施設の技術上の基準を定める省令では、港湾の施設に必要な「機能」と「要求性能」が定められています。今後の港湾行政を進める上で、追加すべき「機能」及び「要求性能」があればお答え下さい。	環境・景観 CO2削減に対する要求性能 老朽化構造物の維持管理に対する要求性能 防舷材:ゴム防舷材の安全係数
問3 建設関連産業の国際対応の観点から、港湾の施設の技術上の基準(省令・告示)に記述することが望ましい「事項」があればお答え下さい。	海外の技術者にも理解できるように、(ダイジェスト版でなく)フル英語版の発行をお願いしたい。 わが国の政府開発援助で、開発途上国において港湾の設計・建設を行う場合の「港湾の施設の技術上の基準の取り扱い」についての記述が必要。
問4 日常の業務で「港湾の施設の技術上の基準」について、改善の必要性を感じたことがあれば、どのような場合か具体的にお答えください。	信頼性設計法の最も簡易的な方法として推奨されている部分係数法は、計算の実施自体は可能なのですが、部分係数の値自体がどのような方法で算出されたものなのか不明であるため、結果の評価、解釈ができない。性能設計の肝になる部分で実務者に係数の選択権が全く無いのでは、何を性能設計しているのかさっぱりわかりません。部分係数の提示方法の改善を望む。 維持補修や補強に関する設計法についての記述があった方がよい。 重力式岸壁に摩擦増大マットを設置した場合の部分係数、ジャケット式岸壁の部分係数

表-4 港湾基準の全般に関するアンケート調査結果

問1 港湾基準について、設計法等の背景、根拠などに関する内容を充実させる必要性について。	根拠が詳細に明示されることで、性能評価の自由度が増加する。 根拠が詳細に明示されることで、類似構造物に適用を広げることが可能となる。 常に基準に適合したものばかりを設計する場合ばかりではないので、その背景、根拠などが明確になっていれば、実務担当者でもある程度の判断ができるように思う。 背景・根拠が分かることで、間違た使い方をする防止になると思う。
問2 他の基準と混同した「用語」についてお答え下さい。	コンクリート標準示方書：使用性、供用性、安全性 「レベル1、レベル2」：信頼性で使用する場合と耐震性能や高潮で使用する場合があります。
問3 レベルII、IIIの信頼性設計法(破壊確率 $P_f$ や安全性指標 $\beta$ による計算法)を適用する必要性について。	部分安全係数が設定されていない場合や、新構造の適用検討では必要と考えます。 設計の合理化や建設コスト削減のためには必要であるが、全ての施設に適用することを考えると費用(設計の煩雑さ)対効果に疑問を感じる。
問4 構造物の安定性の照査にあたっては、構造物ごとの部分係数を用いますが、このことについて不都合が生じたことがありますか？	重力式構造において、旧設計法では地震時の滑動や支持力で断面が決定していたが、新設計法では、永続状態(常時)の滑動で決定するケースが多く(摩擦係数の部分係数が0.6のため)実際の被災事例と整合がとれているか疑問である。 破壊モード(滑動、転倒等)ごとに設計値を設定するため、構造物の物理的な現象として把握しづらい(実際にどれくらいの力が作用しているのか等が分かりづらい)と感じます。 部分係数の設定が困難な場合がある。
問5 照査用震度は、港湾ごとの加速度波形、地盤特性を用いて算定することになっています。この照査用震度について。	照査用震度については、複雑な手順を踏んでおり、理解は容易では無いと考えます。 土質条件や地盤改良の有無によって、工区毎に照査用震度が異なるため、計算が煩雑になった。 ケーソンの設置水深(壁高)によって照査用震度が異なるため、護岸の断面検討において、マウンド高の経済比較を行う際に、マウンド高別に照査用震度が異なるため、計算が煩雑になった。
問6 数値計算に用いる土質データの設定について。	数値計算に用いる土質パラメータについて、ばらつきを考慮したものを使うべきかどうか迷った。 土質データのサンプル数が少ない場合、補正係数がかかって、土質定数が低減されるため、従来設計法に比べて断面が非常に大きくなる場合がある。
問7 設計法や技術基準等について、不明な場合や判断に迷うような場合、どこかに相談していますか？	国総研、港空研、港湾空港技術調査事務所、設計コンサルタント

### 3. 学識経験者へのヒアリング

#### 3.1 ヒアリング調査対象

波、地盤、構造などを専門とする学識経験者を対象にヒアリング調査を行った。

#### 3.2 ヒアリング調査項目の抽出

ヒアリング調査項目は、上記、2.1 アンケート調査項目に加え、他の土木分野・各種学会の指針などと港湾基準との比較や、港湾基準を適用する実際の設計、施工等への関与の有無などとした。ヒアリング調査項目を表-5に示す。

表-5 ヒアリング調査項目

一般	性能設計について
	信頼性設計について
	維持管理に関する資格制度や技術マニュアルについて
	新しい施策との関係について
	技術基準の性格について
専門	地震動について
	海岸工学における高度な数値計算による設計法と技術基準との関係について
	地盤工学における高度な数値計算による設計法と技術基準との関係について
	コンクリート分野の Eurocodes, ISO 規格について

#### 3.3 ヒアリング調査結果

ヒアリング調査結果を表-6に取りまとめる。

表-6 ヒアリング調査結果 (その1)

問1 港湾以外の分野での性能設計の採用動向について	
	排水機場や農道で、性能設計が採用されている。
	道路橋、鉄道では、性能設計法に転じている。
	地盤の分野では、国際的な論文でも日本の性能設計の考え方 (GeoCode-21) が取り組まれており、国際的な観点からも認められている。
問2 性能設計を導入したことによるメリットについて	
	防波堤が崩壊することで越波量が増すことから、天端高さについては50年に一度の、構造体については100年に一度の偶発状態に対応するような要求性能を設定する。そうすることで、設計の自由度が増すばかりではなく、経済的なメリットも生まれる。

表-6 ヒアリング調査結果 (その2)

問3 外国のDesign Codesの動向について	
	地盤工学の分野では、国際的に、部分係数法より荷重抵抗係数法 (LRFD, Load and Resistance Factor Design) が主流となっている。設計者が設計の最終段階まで、構造物の最もありえそうな挙動を追跡しながら設計を行うべきである。
	FORMやSORMによる部分係数法でなくてもよい。精密なモンテカルロシミュレーションが発達しているの、信頼性指標 $\beta$ や破壊確率 $P_f$ を直接計算の方が望ましい。
問4 日本のコンサルタント及び建設会社が海外進出をしていくために必要なこと	
	日本企業は、外国のシステムをよく理解しないで進出している。日本国内でのトレーニングが必要である。
	日本企業が海外に進出した場合、外国の設計ソフトを使用することから、設計ソフトの習熟度が重要となる。入力値の整理はさることながら、設計ソフトの扱い方が重要となる。
問5 港湾技術についての纏まった書物が少ないので、「解説」には原理等を記述すべきと考えていますが、この点についてご意見があればお聞かせ下さい。	
	Eurocodesでは、本文だけで、大部分を理解してもらえるようになっている。付属書では、本体部分の分かりにくい箇所を補足している。
	確率論的な設計法に慣れていないため、部分係数法を使用するのは理解できる。しかし、その内容については理解されていない。
問6 技術者に応用力が身につく技術基準のあり方について	
	構造物の実際の挙動を頭に思い描いて計算を行えば、技術力向上につながると思う。そのためには、難しい計算ではなく、構造物の挙動の傾向が掴みやすい設計法が望まれる。
	技術基準に関しても疑問を持つ事が大切。
	モンテカルロシミュレーションで破壊確率 $\beta$ や信頼性指標 $P_f$ を簡単に求められる『R』というフリーソフトがある。このソフトを用いることにより、技術者は応答曲面を定めることができ、技術力向上につながる。
問7 地震時の残留変形を制御する耐震設計法について	
	耐震設計法で被災時の残留変形を指標とする場合、構造様式が靱性を持ち、脆性破壊しないことが前提となる。今一度、構造形式ごとに、避けるべき破壊モードを明らかにして、地震力と被災量が相関する範囲内がどこにあるか、掴んでおく必要がある。

## 4. アンケートおよび

### ヒアリング調査結果の総括

港湾管理者等へのアンケート調査および学識経験者へのヒアリングをもとに、港湾基準について、さらに議論を深めることが必要な事項として、以下の点があげられる。

#### 4.1 港湾基準の構成・性格について

- ・設計法が高度になると、設計に用いる数値や設計結果の妥当性をチェックすることが困難になってきている。判断するための図表等の整備が望まれる。

#### 4.2 性能設計体系について

- ・自由な発想や新材料が生かされることが性能設計のメリットであるが、設計手法が高度化されると、かえって自由度が狭くなっている傾向がある。
- ・構造物が破壊する場合に、望ましい破壊形態に導くような部分係数になっていることが必要である。  
(例：RC 部材の設計では、せん断破壊よりも曲げ破壊先行)

#### 4.3 信頼性設計法について

- ・設計方法は、設計者が設計の最終段階まで、できる限り構造物の最もありそうな挙動を追跡しながら設計を行える方法であるべきである。その意味では、部分係数法よりも荷重抵抗係数法 LRFD の方が望ましい。
- ・FORM や SORM による部分係数法でなくてもよい。精密なモンテカルロシミュレーションが発達しているので、破壊確率や信頼性指標を直接計算する設計法も普及させるのがいいのではないか。
- ・部分係数について、例えば防波堤に関する 0.79, 1.12, 0.99 などの部分係数は、多少のコントロール精度は犠牲にしても 0.75, 1.10, 1.0 などに丸められないだろうか。

#### 4.4 設計手法について

- ・数値解析の進歩には目覚ましいものがあるが、数値計算では未知な部分を発見することはできない。模型実験、現地試験等を実施して設計するアプローチが活用されることが望まれる。

#### 4.5 耐波設計について

- ・偶発状態の波浪も含めて、防波堤の要求性能（例えば、滑動量）を定めて設計することが望まれる。
- ・検証済みの計算プログラムを使用することが前提であるが、数値シミュレーションを取り入れることで設計の自由度が増すと考えられる。

#### 4.6 耐震設計について

- ・照査用震度の算定は相当に複雑な手順を踏むので、算定された震度の妥当性の判断に迷うことがある。
- ・重力式岸壁、矢板岸壁、栈橋は、力の釣り合いだけで設計できるため、実際に作用する震度（従来の設計震度）に対して設計し、変形量の照査が必要な場合には適切な数値計算法を用いることが望ましい。

#### 4.7 地盤設計について

- ・杭の支持力の検討について、形式的な部分係数法から本来の部分係数法あるいは荷重抵抗係数法に移行することが望ましい。

#### 4.8 環境について

- ・港湾環境への配慮（基準省令第5条関係）が推進されるように、基準告示及び基準・同解説に必要な事項を追加する。

#### 4.9 数値計算手法について

- ・地盤解析の数値計算（支持力、圧密、せん断等）に用いる地盤定数は特性値なのか単純な平均値なのかという議論がある。
- ・CADMAS-SURF, CADMAS-FEM などの新しい数値解析を主体にした設計体系についても整理した方がよい。

#### 4.10 国際標準化対応について

- ・港湾基準の国際的な活用を目指すならば、ISO/IEC Directives, Rules for the structure and drafting of International Standards に準拠した構成も考えられる。また、Eurocodes のように規格本体と Designers' Guide に分けることも考えられる。
- ・海外の技術者に分かり易く、日本の港湾基準の使用を促すような内容、構成にする。

## 5. まとめ

港湾管理者等へのアンケート調査、学識経験者へのヒアリング調査をもとに、港湾基準について議論を要する点、改善を要する点などについて取りまとめた。今後の港湾基準のあり方を検討する際の基礎資料となれば幸いである。港湾関係の技術者に、港湾基準の内容がより理解され、国際的にも活用されるための検討が引き続きなされることを期待する。

### 参考文献

- 1) 国土交通省港湾局監修, 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 2007.