

港湾構造物の設計法の性能規定化について

国土技術政策総合研究所 港湾施設研究室 正会員 長尾 毅 正会員○川名 太

1. はじめに

設計法に関する動向として、性能設計に向けた取り組みが各方面で行われている。また、政府調達協定やTBT協定などを背景に、ISO規格などの国際規格と国内規格の整合性・調和性が今後は強く求められるため、国際標準設計に対応した設計法の整備が早急に必要となっている。国内においても、土木・建築にかかる設計の基本¹⁾、包括設計コード²⁾、性能設計概念に基づいた基礎構造物等に関する設計原則³⁾などの個別の基準類に対する上位規格に対応する指針類が策定されており、港湾構造物についても、こうした性能設計体系への移行のための検討を行っているところである。本稿では現在検討している港湾構造物の性能設計体系の骨子を述べる。

2. 性能設計体系

港湾構造物の性能設計の基本的枠組みとしては、図-1に示されているように、基準として目的・要求性能・性能規定が規定され、性能照査手法の具体的仕様については基準の対象外となる。すなわち、法的な拘束力のかかる規定は、性能規定までであり、具体的な性能照査手法や許容される破壊確率、変形量等の限界値は設計者の判断に委ねられることになる。ただし、基準が設計者に正しく理解されるためには、性能照査方法の標準的な考え方や最低限度の限界値を例示する必要がある。法的な拘束力を有さない解説や附属書といった形式でこれらが示されることになる。

要求性能は、目的を達成するために構造物が保有しなければならない性能であり、「基本的要求性能」と「その他の要求性能」に整理される。「基本的要求性能」は、作用に対する施設の構造的な応答（変形、断面力等）に関する性能とし、さらに、施設の重要度や機能に応じて①安全性、②修復性、③使用性に分類される。これらの性能は、それぞれ①非常に大きな損傷が発生するものの、損傷の範囲が人命や背後圏の財産に甚大な影響を及ぼさないこと、②ある程度の修復が必要となるが、比較的短期間のうちに機能を再び発揮することが可能である

こと、③僅かな修復を行うことによりすみやかに機能が発揮できることとして定義される。損傷の程度は安全性、修復性、使用性の順に大きい。なお、「その他の要求性能」では、施設の供用および利便性の観点から必要とされる構造的な諸元等に関する性能が規定される。

性能規定は、要求性能が満たされるために必要な照査に関する規定であり、公共の福祉の観点から最低限度満足すべき規定として具体的に定められる。照査にあたり考慮すべき作用の組合せに対応する設計状態は、永続状態、変動状態（概ね年超過確率 0.01 程度以上の作用が主たる作用の状態）および偶発状態（概ね年超過確率 0.01 程度以下の作用が主たる作用の状態）とする。なお、作用の分類に用いる年超過確率の値は便宜的に定めたものであり、限定的なものではない。港湾構造物に求められる性能としては、基本的に永続状態と変動状態に対しては使用性、偶発状態に対しては、施設の機能や重要度に応じて、安全性、修復性、使用性のいずれかひとつの性能が要求される。ただし、施設の機能と重要度によっては偶発作用に対する性能が求められないこともありうる。上記の内容をまとめると、図-2のようになる。

3. 性能照査

上述の通り、基準では、施設の性能照査に用いられる手法に関する具体的な仕様の規定は行わない。基準の性質上、許容される性能照査手法としては、信頼性に基づく方法、施設的作用応答を適切に評価しうる数値解析手法、模型実験、あるいは過去の経験等の手法が考えられるが、設計者は、これらの手法を適宜選択し、適切に性能照査をすることになる。ここで、信頼性に基づく方法とは、設計にかかわる様々な不確定要因を適切に考慮し、性能規定を満足していることを定量的に示すことが可能な方法をいう。設計状態ごとの性能照査の標準的な手法については次の通りである。永続状態または波浪等を主たる作用とする変動状態に対する照査については、力の釣り合いに基づく信頼性設計法を用いることが推奨される。例えば、通常のケーソン式混成防波堤では再現

キーワード 性能設計、国際規格、技術基準、港湾構造物

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 TEL 046-844-5029 FAX 046-844-5081

期間 50 年程度の波浪（変動作用）に対して使用性が求められるが、この使用性に対する照査は、防波堤が滑動・転倒・支持力不足によって破壊する確率が許容限度以下であることを確認することにより行われる。実際には、力の釣り合いに基づくシステム破壊確率を 1% 程度以下の低い値に設定し、これに対応する部分係数を用いて性能照査することで使用性の確保が図られる。ただし、防波堤の滑動問題に対しては、力の釣り合いに基づく信頼性設計法が変形量の観点からは、必ずしも合理的であるとはいえず、碎波、重複波等の波浪の条件を考慮した滑動量の観点から部分係数を設定する信頼性設計法の適用を検討している。レベル 1 地震動を主たる作用とする変動状態については、波浪の場合と同様に、使用性の確保が求められる。なお、次期基準においては、レベル 1 地震動の作用は、工学的基盤における時刻歴波形で与えられることになる。設計においては、従来の確定的に求められる設計震度は使用せず、1 次元の地震応答解析より得られる地表面の最大加速度から構造物の変形に対応した設計震度を直接算出する方法の採用を検討している。また、偶発状態における照査については、施設の変形量や損傷程度などを適切に評価し得る手法を用いることが推奨される。具体的には、レベル 2 地震動に関する偶発状態に対しては、地盤と構造物の動的相互作用を考慮した非線形の地震応答解析を実施し、施設の変形量や部材の応力等が限界値以下となることを確認する。なお、この限界値は、施設の機能および求められる性能（安全性、修復性、使用性）毎に異なることになる。

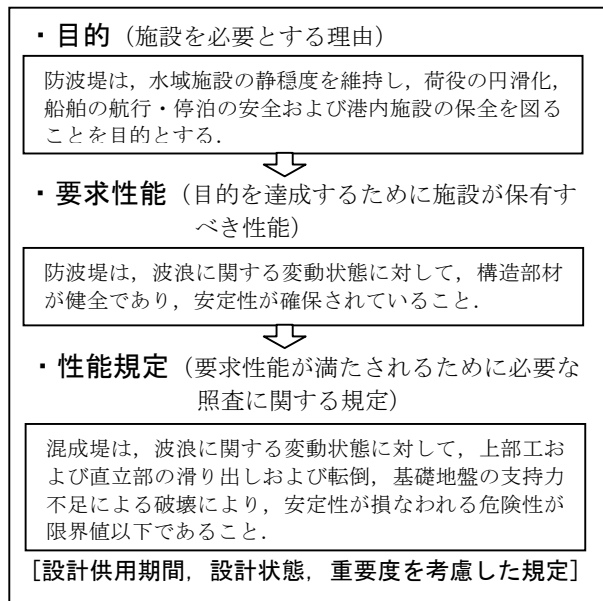
また、性能照査の考え方として、設計供用期間中に想定される様々な年超過確率に対応する作用による影響を可能な限り考慮して構造物の性能を照査する方法もある。例えば構造物のライフサイクルコストや、設計供用期間中の総変形量を考慮し、これらの指標を確率的に制御する方法等がこれにあたる。このような方法は、性能照査の合理性の観点から推奨されるべきものであり、この場合には求められる性能を設計者が適切に設定して照査することになる。

参考文献

- 1) 国土交通省：土木・建築にかかる設計の基本，2002。
- 2) 本城勇介他：「性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語（通称「code PLATFORM ver.1」）の開発，JCROSSAR2003，pp.881-888，2003

- 3) 地盤工学会：性能設計概念に基づいた基礎構造物等に関する設計原則，2004

基準（拘束力あり）



解説（拘束力なし）

[考慮すべき作用・許容される限界値]

- ・ 波浪に関する変動状態の照査において考慮すべき作用は、主たる作用を波浪、従たる作用を自重および水圧とする。
- ・ 波浪に関する変動状態における直立部の滑り出し、転倒および基礎地盤の支持力破壊に関する安定性が損なわれる危険性の限界値については、システム破壊確率の標準的な限界値を 8.7×10^{-3} とすることができる。これは、再現期間 50 年の極値波浪の作用に対する力の釣り合いに基づくシステム破壊確率である。

附属書（拘束力なし）

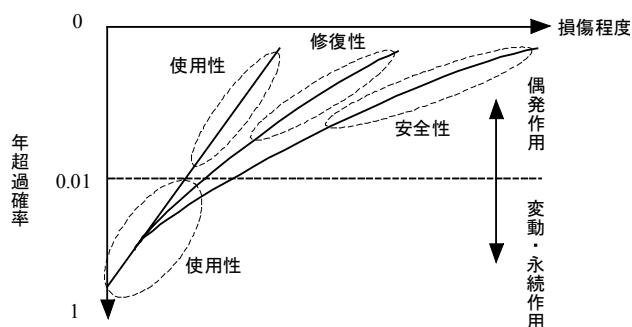
[計算式・係数の例示]

- ・ 滑り出しに対する安定の検討は、次式によって行うことができる。

$$\gamma_f f_k \left(\sum_i \gamma_{wi} W_{ik} - P_{Bd} - \gamma_{pu} P_{uk} \right) \geq \gamma_{pH} P_{Hk}$$

- ・ 混成堤の標準値なシステム破壊確率の限界値 8.7×10^{-3} に対する部分安全係数の値は、表一〇。〇の数値を用いてよい。防波堤の性能照査にあたっては、これらの数値を用いることができる。

図－1 新設計法の基本的枠組み（防波堤の例）



図－2 施設に要求される性能の概要