

# 漁港施設へ性能設計を導入する際の留意事項

## Notable Matters When Introducing Performance Based Design to Fishing Port Facilities

田島 憲一\*・石本 健治\*\*

Kenichi TAJIMA and Kenji ISHIMOTO

\* (財) 漁港漁場漁村技術研究所 第2 調査研究部 主任研究員

\*\* (財) 漁港漁場漁村技術研究所 専門技術員

Since “Deregulation Promotion 3 Years Plan” decided by the Cabinet in 2001, performance specified type or so called “performance based design” has been introduced in the civil structures.

Moreover, in compliance with the transition to performance based design for international structures such as response to ISO2394:1998 “General Principle on reliabilities of structures,” etc., the examination for the introduction to “Performance Based Design” has been required for the design system of the facilities for fishing ports and fishing ground.

This study has arranged the factors as notable matters for revision of the “handbook for designing facilities for fishing ports and fishing ground” through problems and technical verifications considered in introduction.

*Key words: performance requirement, performance criterion, reliability based design, design working life*

### 1. はじめに

近年、我が国の土木技術に関する各種基準書は、WTO/TBT 協定により、その技術（設計）標準が国際規格と齟齬を生じないように ISO2394:1998「構造物の信頼性に関する一般原則」で推奨されている性能設計への移行が進められている。土木学会でも“包括設計コード（案）”<sup>2)</sup>を公表し性能設計の導入及び普及に努めている。

一方、漁港及び漁場施設の設計に関する現行の技術解説書は「漁港・漁場の施設の設計の手引き（2003年版）」<sup>3)</sup>（通称、黒本：以降、「黒本」と記す）であるが現在は性能設計が導入されておらず、水産庁等において性能設計導入に関する検討が進められているところである。

本研究は、平成21年度に行った水産基盤整備調査委託事業 漁港漁場施設の設計基準等検討調査〔事例分析・基準見直し〕をもとに漁港・漁場施設の設計に性能設計を導入する際の技術的な課題を中心に留意事項を整理したものである。

### 2. 現行の漁港・漁場施設の設計法

現在の黒本は、漁港漁場整備法 第6条の2において農林水産大臣が定める「漁港漁場整備事業の推進に関する基本方針」（以下、「基本方針」と記す）に記載された“漁港漁場整備事業の施行上必要とされる技術的指針に関する事項”について詳細に記載したものである。

前述のように WTO に加盟している我が国の土木事業に

適用される仕様及び技術基準は、国際規格と整合する事が求められるが、現在の技術方針に記載されている漁港・漁場に関する技術的指針は要求性能や性能規定に関する明確な記述がなく、また法的な拘束力を持つものでもない。ただし、“包括設計コード（案）”がそうであるように必ずしも固有基本設計コードや固有設計コードが法的な拘束力を持つ必要はない。

### 3. 他設計基準における性能設計

#### 3.1 港湾の施設の技術上の基準

漁港施設と類似する“港湾の施設”においては、港湾法の中で技術基準（港湾の施設の技術上の基準：以下、港湾基準と記す）<sup>4)</sup>が定められており、その中で技術基準が適用される施設、それらの目的及び要求性能（省令）、性能規定（告示）が明確に示されている。

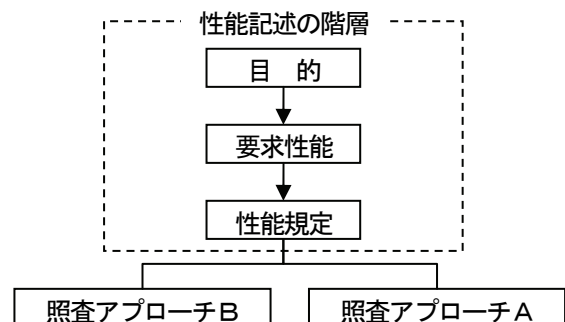


図-1 設計コードのフォーマット概念<sup>2)</sup>

また、付属書として、具体的な個々の技術標準（性能

照査方法：照査アプローチB) が示され、設計された施設の適合性を確認する審査（照査アプローチAを含む）についても明示されている。これらは“包括設計コード（案）”の規定を基本的に網羅するものである。

なお、防波堤や岸壁等の施設設計に用いる基本的な照査方法は、後述する部分係数 $\gamma$ を用いたレベル1信頼性設計法となっており、現行の黒本で用いられている安全率法（仕様規定による設計法）との差異がある。

### 3.2 コンクリート標準示方書

コンクリート標準示方書は、土木構造物、建築物など多くの施設設計に適用されている最も基本的な技術基準の一つである。

主に鉄筋コンクリート構造の設計に関する技術基準が定められているが、版あるいは梁構造の設計に関しては限界状態設計法が適用されている。

しかし、現行の黒本では旧来の設計法である許容応力度法が記載されており、国内基準の上でも技術的な齟齬が生じている。

### 3.3 その他

その他、漁港・漁場の施設の設計にも関係が深い「道路橋示方書」「道路土工指針」等の各種基準書も性能設計の考え方に準じた記載に順次更新されており、我が国の土木・建築構造物の多くに性能設計が導入されている状況にある。

## 4. 漁港・漁場施設への性能設計導入に向けて

### 4.1 性能設計の体系

我が国の構造物の設計コード体系の最上位となる“包括設計コード（案）”では、性能記述の階層を目的、要求性能、性能規定の3段階としており、これらを遡及できる照査方法を示すことを求めている。（図-1 参照）

ただし、照査方法には照査方法を指定しない照査アプローチAと照査方法を指定する照査アプローチB（港湾基準の付属書に相当）を設け、時代変化や技術革新に即時追従可能なものとするのが重要としている。

漁港・漁場の施設においては、構造物の目的・要求性能に類するものが「基本方針」に一部記載されているほか、現行の黒本が、性能記述の階層でいうところの照査アプローチBを補完するものとなっている。

したがって、現行の漁港・漁場施設の設計においては性能規定に関する記載が無く、性能記述の階層も明確でない状態である。実際の性能照査では、この性能規定に準じた照査を行うこととなるため、現状では性能設計への移行が困難である。

## 4.2 要求性能と性能規定

### (1) 要求性能

要求性能は、構造物がその目的を達成するために保有する必要がある性能を一般的な言葉で説明したものである。港湾基準を参考とすれば、防波堤は、静穏性の維持と船舶の安全な航行、係留、荷役作業などが可能であること、防潮堤は背後地の防護を要求性能に挙げており、それぞれ所定の外力（自重、土圧、変動波浪、レベル1地震動等）の作用により機能を損なわずに継続して使用できることとしている。

漁港・漁場の施設においては、現行の「基本方針」で漁港・漁場施設の構造に関する事項として外郭施設、係留施設、水域施設といった大分で記述しているが、外郭施設だけでも防波堤、防砂堤、防潮堤、導流堤、水門、閘門、護岸、堤防、突堤及び胸壁（漁港漁場整備法第3条の分類）があり、個々の施設で要求性能が異なる。

漁港・漁場の施設でも、港湾基準の様に施設毎での要求性能の設定・記載が必要となる。

なお、要求性能には“包括設計コード（案）”にも示されているように使用性、安全性、環境性、施工性、経済性（維持管理性を含む）などがあり、施設毎に適切に勘案して記載する必要がある。

### (2) 性能規定

性能規定は、要求性能から選択した性能について適切な手法で照査可能なように具体的かつ技術的に記載したものである。

ここで問題となるのが「限界状態」「作用」及び「時間」である。このうち「限界状態」については4.4 限界状態設計法の導入に記載する。

#### ① 作用

安全性の性能照査では、考慮する時間（次項参照）に生じる全ての作用に対して行う必要があり、“包括設計コード（案）”では、作用の時間的特性によって、永続作用、変動作用、偶発作用に分類している。また、これらの作用が主たる作用となる単一または組み合わせの状態を永続状態、変動状態、偶発状態としている。

構造物の自重や土圧など時間によって変化しない作用が永続作用、波圧、風圧や地震動、接岸力など時間変化が大きなものが変動作用、津波や巨大地震、船舶の衝突など性能照査の期間中に生じる可能性が低いものが偶発状態となっている。

漁港・漁場の施設の設計では、設計外力として波圧や土圧その他の力学的特性を記載しているものの、作用や状態としては規定していない。

性能設計では、これらの作用と限界状態によって性能

規定を記述することから、これまでの技術的体系を永続作用や変動作用に分類して記載する必要がある。

ただし、レベル2地震動に代表される偶発作用については、これまでの黒本では明確に記載されておらず、水産土木分野では十分な知見、情報も無いのが実情である。

したがって、現時点で偶発作用を漁港施設の技術体系に取り込むことは困難と思われるが、性能設計導入においては、照査アプローチAとして偶発作用の適用についても配慮する必要がある。

## ② 時間

性能設計においては、性能照査を行う場合、その期間の長さを定めるものとしている。これを“包括設計コード(案)”では「設計供用期間」としている。

表-1 ISO2394:1998における設計供用期間の概念<sup>4)</sup>

クラス	設計供用期間	適用例
1	1~5年	仮設構造物
2	25年	交換構造要素
3	50年	一般的な構造物、建築物
4	100年(以上)	記念的建物、重要構造物

ISO2394:1998では、表-1のように設計供用期間の概念を例示しており、漁港施設や港湾施設はクラス3の50年が標準とされている。注意すべき点は、この設計供用期間は作用の大きさを考える際の再現期間あるいは年超過確率とは異なることである。

すなわち、港湾の施設では、再現期間50年(年超過確率 $1/50=0.02$ )の作用が設計供用期間50年間に遭遇する確率は $1-(1-0.02)^{50}=0.64$ となるが、漁港施設のように再現期間30年(年超過確率0.033)の作用で計算すれば遭遇確率は0.82まで上昇することになる。

このように漁港施設と港湾の施設とでは遭遇確率が異なるため、性能設計で取り扱う諸係数も異なってくる。逆に港湾同様の係数を準用して求めた漁港の構造物は、遭遇確率の差に準じて被災率も上がることとなる。

また、港湾基準においては、偶発作用を規定する「しきい値」を年超過確率0.01としている。今後は、偶発状態の明確化及び取り扱いと共に、この「しきい値」についても技術的な検討及び議論が必要となる。

## 4.3 信頼性設計法の導入

信頼性設計法は、施設が破壊する可能性を確率論に基づいて評価する方法であり、その評価方法に応じて表-2に示すような3つの設計水準があり、高位より破壊確率 $P_f$ を直接評価するレベル3、信頼性指標 $\beta$ を評価するレベル2、部分係数 $\gamma$ を用いて耐力の設計用値 $R_d$ 及び作用の設計用値 $S_d$ から評価するレベル1(港湾基準で用いられている部分係数法)となる。

表-2 信頼性設計法の3つのレベル<sup>4)</sup>

設計水準	性能照査式	評価パラメータ
レベル3	$P_f \leq P_f$	破壊確率
レベル2	$\beta_T \leq \beta$	信頼性指標
レベル1	$R_d \leq S_d$	設計用値

部分係数法は、ISO2394:1998や「土木・建築にかかる設計の基本」<sup>1)</sup>において標準的な性能照査方法として推奨されていることから、漁港・漁場の施設の設計でも部分係数法(レベル1信頼性設計法)の導入が想定される。

部分係数を用いたレベル1信頼性設計法では、式(1)より求められる部分係数 $\gamma$ と設計用値から構造物の安全性を照査することになる。

$$\gamma_X = (1 - \alpha_X \beta_T V_X) \frac{\mu_X}{X_k} \quad (1)$$

ここに、 $\beta_T$  : 目標信頼性指標  
 $V_X$  : 確率変数 $X$ の変動係数  
 $\mu_X$  : 確率変数 $X$ の平均値  
 $X_k$  : 確率変数 $X$ の特性値

しかし、前述のように確率論でいえば港湾の施設と漁港施設は遭遇確率が異なり、構造物として同様の信頼性を得るためには、目標信頼性指標 $\beta_T$ やシステム破壊確率 $P_f$ も漁港施設で独自に検討しなければならない。部分係数は過去に現行の設計基準に対して試算が行われているが、砕波帯近傍での波圧分布の不連続性が課題となり、水産工学研究所にて適用波圧式の見直しを行っているところであり、改めて部分係数の設定が必要となる。

また、漁場施設においては、設計供用期間が10年と短いものもあり、さらに魚礁や着底基質など港湾の施設には存在しない施設・設備も多くあることから漁港・漁場の施設の設計の独自性を鑑みた性能設計(要求性能・性能規定)の考え方について検討を進める必要がある。

## 4.4 限界状態設計法の導入

RCケーソンやL型ブロックなどの部材設計は、これまで許容応力度法に依ってきたが、部材にも性能規定を適用することで部材設計も「限界状態設計法」に移行することになる。

現在の限界状態の考え方は、国土交通省から平成14年10月に公表された「土木・建築にかかる設計の基本について」<sup>1)</sup>で定められたものが基本となっている。この規定は、国際標準に準拠したものでありながら、ISO改定時(およそ5年ごと)に地震国である我が国の特性を反映させることも意識されており、ISO2394:1998で規定されている「終局限界状態」と「使用限界状態」に「修復限界状態」を加えた3つの限界状態が示されている。

また、使用限界状態、終局限界状態をそれぞれ「疲労



限界状態」「耐久限界状態」及び「耐火限界状態」に分類し、環境作用などにも配慮したものとなっており、例えば、港湾基準の部材設計においては、変動作用（波浪）に対する断面体力（終局限界状態）の照査とは別に、繰り返し波浪による疲労破壊（疲労限界状態）の照査も行うこととなっている。

このような具体的な照査方法を性能設計として導入することは比較的容易であると判断される。

## 4.5 その他

### (1) 維持管理

性能設計では、設計供用期間における要求性能を維持することが求められており、すなわち、施工及び維持管理についても言及する必要がある。

漁港施設においては、平成20年度より新規事業化された「水産物供給基盤機能保全事業」（ストマネ事業）が進められ、今後は「機能保全計画書」による漁港施設の維持管理を行うよう義務付けられている。

一方、港湾基準においては、施設の設計段階において維持管理計画書を策定することが義務付けられており、施設の重要度に応じてレベルⅠ～Ⅲの損傷劣化の考え方を示している。各レベルの考え方は、レベルⅠが変状を認めない予防保全、レベルⅡが一定の変状を管理する予防保全、レベルⅢが変状の限界状態で対処する事後保全となっており、機能保全の考え方に大きな齟齬は生じないものと判断される。しかし、漁港施設の機能保全計画が既設構造物を対象としているのに対して、港湾基準では基本的に新設構造物を対照している点で異なっている。

性能設計の導入にあたっては、このような既存事業との整合性も図りつつ、適切な構造物設計、施工及び維持管理が可能となるように検討する必要がある。

### (2) 適合性審査

性能設計では、基本的に設計者の意図を尊重し、目的達成の方法は問わないこととなっている。一般には、照査アプローチBに示された標準的な性能照査方法（信頼性設計法：部分係数法など）による場合が多いものと想定されるが、技術基準に記載されない照査アプローチAによる性能照査を妨げてはならない。

しかし、照査アプローチAによる場合、その設計プロセスが適切で目標とする信頼性が確保されているかを審査する必要がある。“包括設計コード（案）”では、この審査を中立的な第三者が行うことが望ましいとしており、港湾基準においても、これを遵守し「登録確認機関」を認可し、確認業務に当たらせている。

これは“包括設計コード（案）”の規定分類では要求[REQ]ではなく推薦[REC]となっており、必要不可欠なも

のではないものの、健全な性能設計の技術的体系を維持するためには設置することを前提に検討を進めるべきであると判断される。

### (3) 国際化対応

現在の各種基準の性能設計導入の契機は、WTO/TBT協定によりISO2394:1998などの国際規格との齟齬を生じないようにすることが大きな目的の一つである。つまり、国際競争の妨げにならないような基準の公表（WTO事務局への通報義務）が原則となっており、港湾基準をはじめ、複数の技術基準書が英訳文書を公表している。

現在のところ、漁港・漁場の施設の設計、施工及び維持管理においてWTO/TBT協定に関係するような事態は想定されにくい。究極的には国際化対応を念頭とした英訳基準書の公表も望まれるところである。

## 5. 結語

以上のように、漁港・漁場の施設の設計に対して性能設計を導入する際に想定される主な留意事項として以下に列記するものが考えられる。

- ①性能記述の階層（目的、要求性能、性能規定及び照査方法）を明確に区分、設定する必要がある。
- ②施設毎の要求性能を明示する必要がある。
- ③永続作用、変動作用を区分した技術的体系の改定が必要である。
- ④偶発作用は技術的に検討段階であるが、照査アプローチAとしての適用は想定する必要がある。
- ⑤設計供用期間の明示と再現期間（年超過確率）との違いを明確化する必要がある。
- ⑥偶発状態の明確化及びしきい値（港湾0.01）についての技術的な検討、議論が必要である。
- ⑦部材設計に適用する限界状態設計法など、性能設計導入が比較的容易なものもある。
- ⑧機能保全計画（事業）との整合性を持った維持管理の考え方を整理する必要がある。
- ⑨性能照査の信頼性（適合性）を確認する第三者機関の設置等を想定していく必要がある。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：土木・建築にかかわる設計の基本、2002.10
- 2) 土木学会、包括設計コード策定基礎調査委員会：包括設計コード（案）Ver.1.0 2003.3.
- 3) 社）全国漁港漁場協会：漁港・漁場の施設の設計の手引き 2003年版、2003.10
- 4) 社）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年、2007.7