

# 「港湾の施設の技術上の基準」の改訂に向けて



港湾研究部 港湾施設研究室 主任研究官 湯浅 楠勝

## 1. はじめに

港湾構造物の設計は、「港湾の施設の技術上の基準（以下、港湾基準）」に従って行われる。この港湾基準は1979年に策定された後、1989年、1995年、1999年の3度の改訂が行われた。過去の改訂のうち1999年の改訂においては、基本的には仕様規定型の基準ではあるが、鉄筋コンクリート構造物の限界状態設計法の導入、係留施設（岸壁）のレベル2地震動に対する性能照査の考え方の導入、および棧橋式岸壁の耐震性能照査など、性能照査型の設計に関する国内外の基準動向の一部が盛り込まれた。

性能設計と同じく最近のホットな話題として、設計法の国際標準化があげられる。ISO（国際標準化機構）では性能照査型の設計法を国際規格として制定しつつある。ISO規格などの国際規格との整合性・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形の港湾基準の改訂が早急に必要となっている。

## 2. 港湾基準の体系

現在「港湾基準」として認知されているものは、（社）日本港湾協会より発行されている「港湾の施設の技術上の基準・同解説」である。同書に記載されている内容は、港湾基準、その解説、およびその参考である。この内、強制力があるものは港湾基準のみであり、解説および参考は強制力を有するものではない。現在の港湾基準において、例えば耐震設計に関する部分については、震度法における地域別震度、地盤種別係数、重要度係数は港湾基準であるが、岸壁の設計法の詳細は強制力がある基準ではない。

## 3. 港湾基準改訂に向けた取り組み

### (1) 性能設計

性能設計という用語と信頼性設計という用語が港湾技術者の間で一体的に使われる場合が多いようで、技術者間に若干の混乱があるように見受けられる。

まず、性能設計とは、「構造物に要求する性能を明確にし、

その性能を達成する設計法」ということができる。ここで、基準に従った設計行為を考えた場合に、要求性能が基準（＝強制）であり、基準（要求性能）を達成する方法（設計法）は設計行為を行うものが独自の判断で選択できるスタイルを次期港湾基準では想定している。

その際に、強制力がかかるのは要求性能だけとなるため、この要求性能はできる限り明確に、定量的に示す必要があると考えられる。単に「～の荷重作用に対して安定であること」と示しただけでは、どのように安定であるのか不明であり、設計を行うことができないためである。要求性能としては、例えば、耐用期間中の荷重効果による構造物のシステム破壊確率を  $2 \times 10^{-2}$  以下にする、「ある特定の荷重効果により構造部材の幾つかは降伏するが、システム破壊は生じない」といった性能を示す必要があると考えられる。

次に要求性能を照査する際に、これを確定的に照査する方法と確率的に照査する方法の2通りが考えられる。後者が信頼性設計法である。

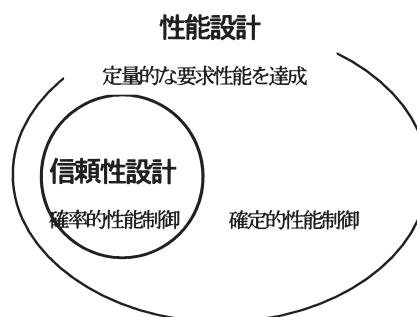


図 - 1 性能設計と信頼性設計

### (2) 信頼性設計

構造物の設計においては、耐力と荷重効果の値を何らかのモデルを用いて計算し、耐力が荷重効果を上回ることを確認する。従来の設計法では、耐力および荷重効果を構成する因子の値をある値に確定的に定めて、確定的な耐力設計用値  $R_d$  と荷重効果設計用値  $S_d$  の値を比較して安全性照査を行うが、 $R_d$  および  $S_d$  は、それぞれの確率分布における超過確率として定められたものではなかったため、設

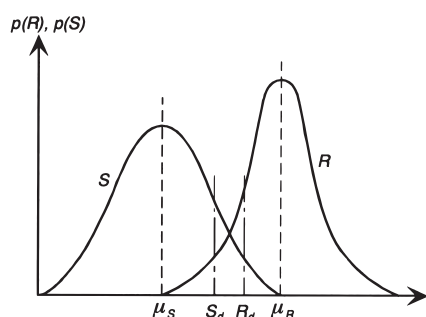


図 - 2 信頼性設計

計される構造物の破壊に対する安全性が定量的に明確ではなかった(図・2)。こうした従来型の設計法に替わり、確率論を援用して構造物の破壊(損傷)する可能性を定量的に制御する方法が信頼性設計法である。

### (3) 港湾基準改訂の基本的考え方

上述したように性能規定型設計法においては、要求性能のみが基準として強制される内容となり、基準達成の方法は設計者(ないしは発注者)に委ねられることとなる。ただし、方法を一切示さないことは設計者の便を考慮すると現実的とはいえないであろう。したがって、標準的と考えられる設計法を参考として記述しておくスタイルが現実的と考えている。このため、信頼性設計法のコードキャリブレーション\*の実施が必要である。\*部分安全係数を定めること。

その際に最も重要な点は、確率論に基づいたキャリブレーションを実施すること、およびキャリブレーションされた設計法により要求性能が満足されることを合理的な指標を用いて示すことであると考えられる。形式的に従来の設計法と同程度の断面になるように容易に部分安全係数を設定したのでは信頼性設計法の合理性が発揮されることは無く、単に設計者の手間を増やしただけになってしまうことが懸念される。信頼性設計法の導入の意義は構造物の安全性のばらつきを減少させることであるが、形式的なキャリブレーションを行ったのでは、設計される構造物の安全性はそれ以前の設計法による場合の安全性と同程度にばらつくと考えられる。

さらに、信頼性設計法は与えられた性能関数の枠内で合理的な方法を与えるものであることに注意が必要である。性能関数が必ずしも実際の破壊メカニズムと調和的でない場合には、信頼性設計法の適用により設計が合理化される可能性は低いであろう。

今後の設計法の展望として、設計を標準的なものと特殊

なものに大別して考える。ここでの特殊な設計とは、特に重要な構造物や特に安全性照査を綿密に行うことが、要求される構造物の設計のことを指す。技術基準およびマニュアルが対象とするのは、主に標準的な設計であり、標準的な設計は、部分安全係数を用いたレベル1信頼性設計法を中心とした性能設計に書き換えられることが期待される。特殊な設計については、模型実験や高度な数値解析による確定的な性能設計に加えて、安全性指標を用いたレベル2以上の信頼性設計法の採用が期待される。

## 4. 今後の課題

性能規定型・信頼性設計型の港湾基準策定のためのコードキャリブレーション実施にあたり解決すべき課題として以下があげられる。

### 目標安全性の設定

信頼性設計法においては目標安全性水準をどのように定めるかが最重要課題である。その際の最も有力な方法は、過去の設計法における平均的な安全性水準に一致させる方法である。しかしながら、実際のところ現行設計法の各施設の安全性水準はそれぞれ別個に工学的判断により定められてきた。このため、現行設計法の平均水準が妥当なものといえるのか、例えばライフサイクルコストなどの観点から検討を実施する必要があると考えている。

### 耐震設計における設計地震動

耐震設計において最も重要なパラメータは設計震度であるが、現行設計法の震度についてはハザードレベル(年超過確率)が明確でない、ハザード(加速度期待値)から震度への換算に関する相関が明確でないという非常に大きな問題がある。

### 力か変形か：設計体系の構築

これまでの設計法は力の釣合いに基づく性能関数を評価することが多かった。しかしながら、構造物の荷重応答は非線形であることが多いため、力の釣合いではなく、変形に基づく方向に設計の規範をシフトすべきだという議論が一般的になりつつある。しかしながら、一般的に変形の高率評価を行うことは困難である。そこで、設計計算は力を規範とした信頼性設計法とし、必要に応じて設計断面について変形などを確定的に照査するスタイルが妥当ではないかと考えている。