

滑動量を用いた信頼性設計法の現地への適用

国土交通省 高松港湾空港技術調査事務所
独立行政法人港湾空港技術研究所

正会員 ○中川恵美子・下元幸夫
正会員 下迫健一郎

1. はじめに

現行の防波堤設計法では、基本的に変形を許容せず、波力には耐用期間中において最も厳しいものを考え安定性の照査を行っている。しかしながら、ある程度の滑動なら防波堤の機能は妨げられる事はないことから、変形を考慮した性能照査型設計法の導入が進められ、数多くの研究が行われている。たとえば、混成堤の耐波設計においては、下迫・高橋(1998)は、直立部の滑動安全性に関して、数値シミュレーションにより算定した供用期間中の期待滑動量を指標とする設計法を提案した。下迫・多田(2003)は、複数の滑動量に対する超過確率を設定し、構造物の重要度に応じてその許容値を変える設計法を提案している。また、下迫ら(2006)は、消波ブロック被覆堤の滑動モデルを提案している。

この変形を考慮した設計法(以下、滑動量法)は、合理的な反面、種々の条件設定等が複雑なため、これまで実際の設計に適用されるにはいたっていなかった。本報告では、直轄施設において初めて現地適用とした設計事例を紹介する。

2. 設計概要

設計対象施設位置を図-1に示す。高知港(三里地区)東第一防波堤、全長1,100mのうち区間延長350mである。

主要設計条件は、設計沖波 $H_{1/3}: 10.1\text{m}$ 、 $H_{\max}=13.2$ 、 $T_0: 16.1\text{s}$ 、設計潮位は、 $H.H.W.L.=+3.5\text{m}$ 、 $H.W.L.=+1.9\text{m}$ 、 $L.W.L.=+0.1\text{m}$ 、設計震度 0.16、現地盤高-14.3m である。



図-1 対象施設位置

3. 滑動量法による基本設計

滑動量を用いた信頼性設計法は、滑動をモデル化し(図-2)、運動方程式(式1)で捉え、式中の加速度を積分することにより滑動量を計算し、信頼性理論により耐用期間中の総滑動量を求め、平均値を算定し、滑動量(平均値)を許容値として設計する方法である。使用する沖波は、現地の波浪出現特性をもとに耐用期間50年間の波を1ケースとして、数値シミュレーションを用いて5000ケース設定した。滑動量の計算に用いた水平波力の時系列モデルには、谷本ら(1996)による波力時間変化モデル(図-3)のサインカーブ部をゼロとした消波ブロック被覆堤の波力モデル(下迫ら(2006))を使用した。設計因子のうち、沖波・高潮潮位・波浪変形・摩擦係数・波力・自重については、確率分布(正規分布のばらつき)を考慮した。

$$(W/g + M_a) \ddot{x} = P - F_R - F_D \text{ (式1)}$$

W : ケーソンの空中重量
 M_a : 付加質量
 F_R : 摩擦抵抗力 ($= \mu(W - U)$)
 F_D : 造波抵抗力

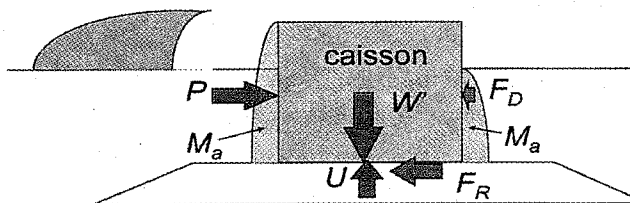


図-2 滑動モデル

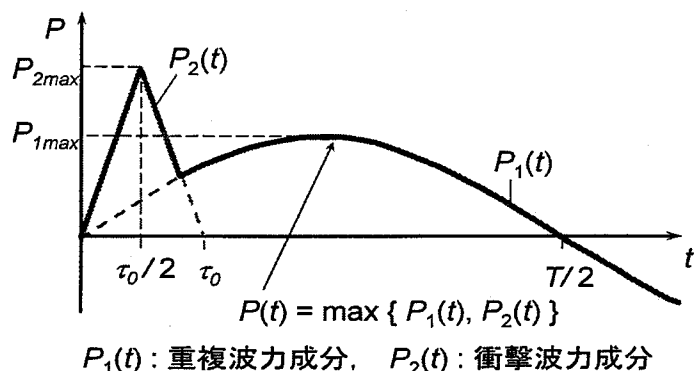
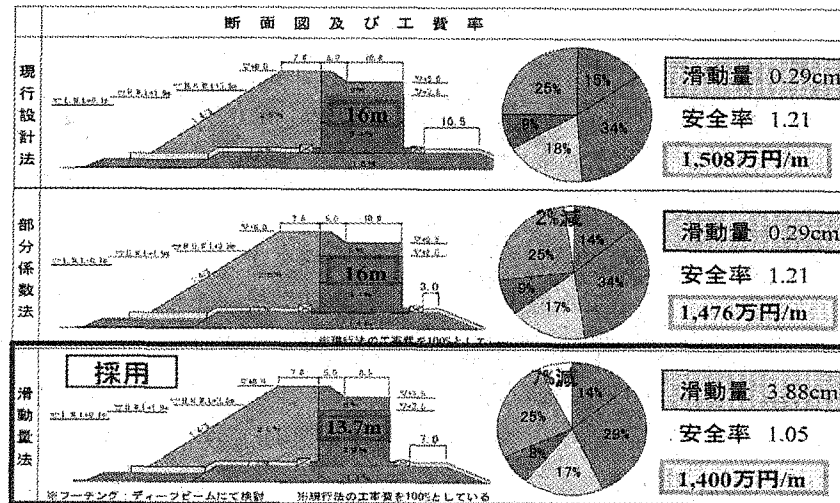


図-3 波力の時系列モデル

4. 計算結果

現行基準に記載のある信頼性設計法（滑動量法）、信頼性設計法（部分係数法）の効果をみるため試設計を行った結果を図－5に示す。現行法、部分係数法を用いた場合、ケーソン幅 16.0m、滑動量（50 年）0.29cm と同値となったが、港内側の捨石天端幅が現行法では、10.5m、部分係数法では 3.0m という結果となり、部分係数法を使用することで、捨石肩幅を縮小でき、全体工事費は 2 % のコスト縮減効果となった。

また、滑動量法を用いた場合、ケーソン幅 13.7m、滑動量（50 年）3.88cm という結果になり、現行法と比較するとケーソン幅は 14 % 縮小できた。全体工事費は約 7 % の縮減効果があり、そのうち 5 % がケーソン幅縮小による効果、残り 2 % は捨石天端幅の検討に部分係数法を用いた効果である。本体工費のみを比較すると、約 16 % のコスト縮減となった。



図－4 設計法の比較

5. まとめ

滑動量を考慮した防波堤直立部の性能照査型設計法を、現地適用することの効果をみることを目的として種々の検討を行った結果は以下のとおりである。

- 1) 現行設計法と滑動量を考慮した性能設計法を比較した結果、滑動のみを考慮した場合、堤体幅は約 2 割縮小できた。端趾圧から決まる断面でも約 14 % 縮小できた。
- 2) 一般に、潮位偏差が大きく、断面が H.H.W.L で決まる防波堤では、現行法を用いた場合には滑動安定性が高くなっているため、変形を考慮した設計法を用いることにより建設コストの縮減が可能となる。

なお今回は、滑動量法を新規施設の設計に使用したが、この設計法は実際の施工期間に合わせた波を想定できるため、施工途中の断面の検討や被災した既設防波堤の検証、潮位・沖波などの設計条件の見直しによる現状断面の評価にも利用可能である。また今後、既設防波堤の維持管理を進めるなかで、防波堤の性能評価が必要になってくる。既設構造物は安全率を使って設計されているため、性能という面では表現が不明確であるが、この方法を用いることで、耐用期間中の滑動量で性能評価ができると考えている。

参 考 文 献

- 下迫健一郎・高橋重雄 (1998) : 期待滑動量を用いた防波堤の信頼性設計法, 港研報告, 第 37 巻, 第 3 号, pp.3-30
- 下迫健一郎・多田清富 (2003) : 混成堤の性能照査型設計法における滑動量の許容値設定に関する検討, 海岸工学論文集, 第 50 巻, pp.766-770
- 下迫健一郎・富本正・中川恵美子・大寄菜々子・中野史丈 (2006) : 消波ブロック被覆堤の滑動量予測を用いた性能照査型設計法の現地への適用, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp.896-900
- 谷本勝利・古川浩司・中村廣昭 (1996) : 混成堤直立部の活動時の流体抵抗力と滑動量算定モデル, 海岸工学論文集, 第 43 巻, pp.846-850