

信頼性設計法によるケーソン式岸壁の全体系安全性

復建調査設計（株）
運輸省港湾技術研究所
復建調査設計（株）

正会員
正会員
フェロー会員

○佐貫哲朗
長尾 毅
吉浪康行

1. はじめに

重力式港湾構造物の全体系安全性を安全率で評価する従来の設計手法に比べ、構造物の破壊確率を定量的に評価出来る信頼性設計法は合理的な手法である。すでに筆者らの1人は防波堤に対する信頼性設計の適用性評価を行っている¹⁾が、本研究では岸壁など土圧を受ける港湾構造物に信頼性設計法を適用する場合に問題となる、地震時荷重の確率分布形状の設定に関する基礎資料を得るため、現行設計法により設計されたケーソン式岸壁を例にとり、同型式の最も一般的な破壊モードである地震時の滑動の安全性指標の値が、地震時土圧、動水圧及び慣性力にどのように影響されるかを検討した。

2. 検討概要

従来の設計手法に準じて次式のように性能関数を設定し、平均値周りのテラー展開による一次近似二次モーメント法を用い安全性指標（ β ）を算出した。

$$Z=g(X_1,X_2,X_3,X_4,X_5,X_6,X_7,X_8,X_9,X_{10},X_{11})=(X_1+X_2+X_3+X_4+X_5-X_6)X_7-(X_8+X_9+X_{10}+X_{11})$$

ここに

- X_1 : 自重の鉄筋コンクリート成分

X_2 : 自重の無筋コンクリート成分

X_3 : 自重のケーソン中詰材成分

X_4 : 自重の裏込材成分

X_5 : 鉛直土圧

X_6 : 浮力
- X_7 : 摩擦係数

X_8 : 水平土圧

X_9 : 残留水圧

X_{10} : 動水圧

X_{11} : 慣性力

表-1 対象岸壁の主な条件

天 端 高	+ 3.50
ケーソン掘付高	-13.10
ケーソン天端高	+ 1.90
ケー ソ ン 幅	11.00
潮 位	H.W.L. + 1.50
	L.W.L. ± 0.00
残 留 水 位	+ 0.50
設 計 震 度	0.10

なお、 X_i は $N(\mu_i, \sigma_i)$ と表す互いに独立な正規確率変数と仮定する。

検討対象として取り上げた岸壁の設計時の主な条件及び断面図を表-1と図-1に示す。

岸壁に作用する荷重の設計用値は平成11年に改訂された港湾の技術基準²⁾に準じ算定した。

各パラメータのばらつきは表-2に示すように、真値の平均値(μ)と設計用値の比 α と、変動係数 $V(V=\sigma/\mu)$ により表す。自重及び摩擦係数のばらつきは文献1)を参考とした。

土圧のばらつきについては資料が少なく明確な根拠は付けがたいが、ここでは $\alpha=1.0$ 、 $V=0.1$ と設定した。動水圧と慣性力のばらつきは設計震度のばらつきに等しいと考え同じ値を用いた。設計震度のばらつきは文献3)を参考とし、50年最大水平震度の平均値と設計震度の比を α 、同じく50年最大水平震度の変動係数を V とした。浮力及び残留水圧のばらつきは安全性指標の値に与える影響は小さいと判断し $\alpha=1.0$ 、 $V=0$ とした。

以上の条件で算定した安全性指標を表-3に示す。また土圧、動

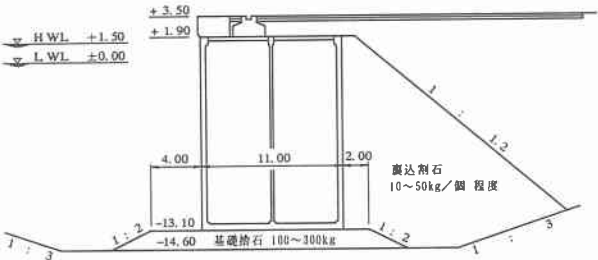


図-1 対象岸壁の断面図

表-2 自重及び摩擦係数のばらつき

		α	V
	自重		
	鉄筋コンクリート	0.98	0.02
	無筋コンクリート	1.02	0.02
	中 詰 材	1.02	0.04
	裏 込 材	1.00	0.03
	摩 擦 係 数	1.06	0.15
	土 圧	1.00	0.10
	動水圧・慣性力	1.038	0.31
	浮力・残留水圧	1.00	0.00

水圧及び慣性力の α と V を変え安全性指標の感度分析を行った結果を図-2及び図-3に示す。

3. 検討結果

対象岸壁は改訂前の技術基準により設計されているが、新基準では地震時荷重の算定に最も影響のある設計震度が引き上げられ、さらに岸壁前面に動水圧を考慮している。そのため従来設計法による安全率は1.45から1.13に低下し、安全性指標も0.84(破壊確率では0.20)と非常に小さな値となった。文献1)に示された防波堤の滑動の目標安全性指標などからも、安全性指標としては2.0前後が常識的であると考えられるが、この安全性指標となる地震時荷重の α は図-2及び図-3からは0.6~0.8程度である。

表-3 安全率及び安全性指標

安全率		安全性指標 (0.13)
旧基準 (0.10)	新基準 (0.13)	
1.45	1.13	0.84

()内の値は設計震度

図-2 安全性指標の感度分析(1)

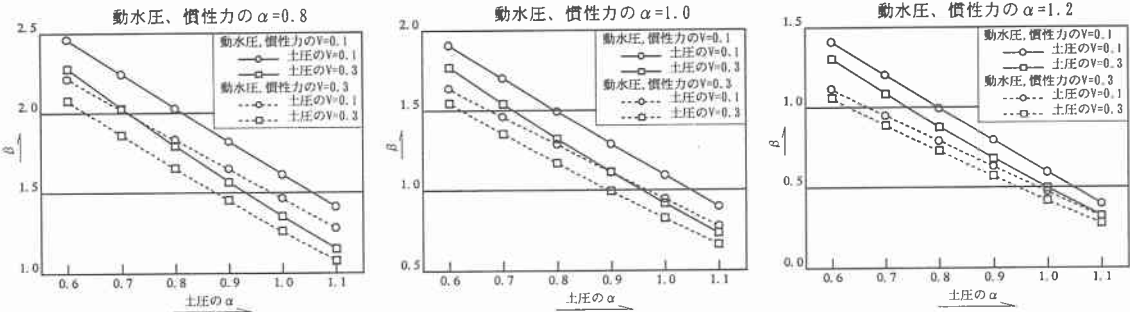
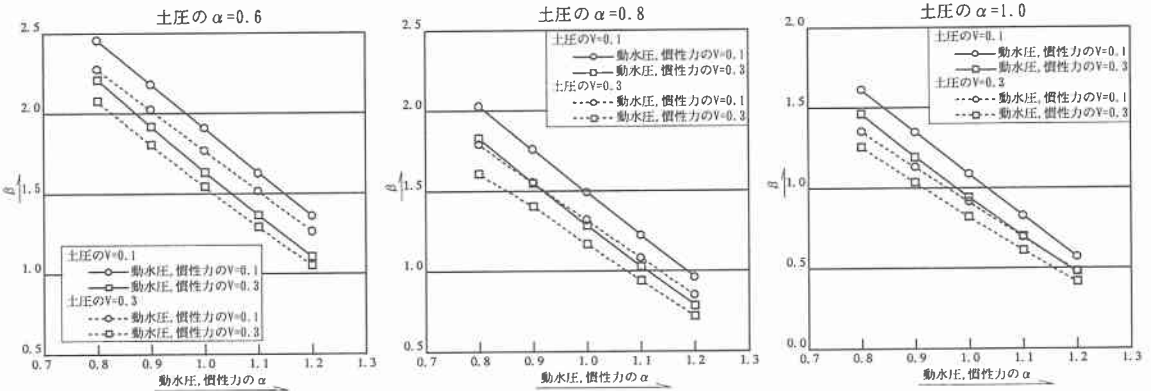


図-3 安全性指標の感度分析(2)



4. まとめ

本研究において算定したケーソン式岸壁の安全性指標は比較的小さめであった。これは現行設計法における岸壁の地震時滑動の許容安全率が1.0であることも一因であると考えられるが、設計震度の設定について再度考察が必要であろう。今後は、検討ケースを増し地震時荷重の確率分布の設定を行うとともに、浮力及び残留水圧の確率分布についても考察を行う必要がある。

参考文献

- 1) 長尾毅, 大久保昇, 川崎進, 林由木夫: 信頼性設計法による防波堤の全体系安全性(第3報)~レベル1, 2の設計法の適用性総括~, 港湾技術研究所報告, vol.37, No.2, 1998, pp131~176.
- 2) 運輸省港湾局監修, 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 1999.
- 3) 米山治男, 白石悟, 上部達生: 最新の基盤加速度データに基づいた地震荷重の変動係数の地域特性, 第54回土木学会年次学術講演会講演概要集.