

第II部門 信頼性解析による越波流量の許容値超過確率の評価に関する研究

京都大学大学院都市環境工学専攻	学生員	○高橋真弘
京都大学防災研究所	正会員	間瀬 肇
京都大学防災研究所	正会員	安田誠宏
(財)沿岸技術研究センター	フェロー	高山知司

1. 研究の目的

構造物を設計する際には、土木、建築、その他の分野を問わずすべての構造物に対して、それを使用する供用期間において、安全性と機能性を十分に確保することが基本である。安全性と機能性を十分に確保した構造物を建造するためには、荷重と構造系に介在するいろいろな不確定要因を合理的かつ定量的に取り扱う算定手法に基づいた設計法が必要である。このような背景から発展して現在に至った設計法が信頼性設計法と呼ばれるものであり、現在急速な勢いで各種設計法に導入されている。

本研究は、その信頼性設計法に基づいて、傾斜護岸および直立護岸の越波流量算定において許容値を超過する確率評価を行うものである。すなわち、供用年数間に対して、許容できる越波流量を設定し、その値を超える確率（被災確率、あるいは、破壊確率と呼ぶ）を算定する。ここでは、信頼性設計法における設計水準レベルⅡおよびレベルⅢの取り扱いをする。また、これらの手法により、不確定要因のうちどの要因の影響が大きいかを検討する。

2. 解析条件

解析条件として、英国リバプール湾の仮想の護岸を取り上げる。対象とする護岸は、勾配が1:2の傾斜護岸と直立護岸である。前面の海底勾配は1:30とする。傾斜護岸に対する越波流量の算定には、Hedges and Reis (1998)の算定式を用いる。直立護岸に対する越波流量算定式は、高山ら(1982)のそれを用いる。越波流量算定式には誤差が内在しているが、その分布を傾斜護岸と直立護岸に対してそれぞれ考慮した。

波高と周期に関して、下限値を有する Weibull 分布を採用した。波高と周期には相関があり、両者の相関係数を0.6とする。リバプールにおける潮位変化は非常に大きく、約10mである。潮位分布は、実測による分布形を与えた。高潮による潮位偏差分布としては、平均値 $\mu=0.019\text{m}$ および標準偏差 $\sigma=0.192\text{m}$ である Gumbel 分布を用いる。天文潮位と高潮による潮位偏差の相関はないとし、互いに独立として扱う。また、波高と潮位偏差の相関係数は0.7とする。

これらの条件に対し、信頼性設計法のレベルⅢ解析およびレベルⅡ解析により護岸の被災確率を算定した。本研究における越波による護岸の被災あるいは破壊とは、算定越波流量がある許容越波流量を越えることと同義であるとする。許容越波流量の値としては0.001, 0.01, 0.02, 0.04 および $0.1 \text{ m}^3/\text{s/m}$ を取り上げる。レベルⅢの解析方法にはモンテカルロ法、レベルⅡの解析方法には1次ガウス近似法を用いた。

レベルⅡ解析の1次ガウス近似法において、線形近似した性能関数の標準偏差に対する不確定要因 j の破壊点における標準偏差の割合に、性能関数を不確定要因 j の変数 x_j によって一回偏微分した関数の破壊点における微分係数を乗じたものを α_j と定義すると、各不確定要因の和は1になる。 α_j^2 の割合を用いて、被害要因の影響度が評価できる。

3. 主要な結果

設計水準レベルⅢおよびレベルⅡの解析結果を図-1に示す。横軸は天端高、縦軸は年被災確率、許容越波

流量がパラメータとなっている。直立護岸に対するレベルⅡの解析は、被災確率が計算できない場合が多かったため、今回は図示しない。計算結果が得られなかった理由としては、合田ら(1975)が作成した越波量算定図表を表せるように高山ら(1982)によって近似化された算定式が破壊関数として複雑すぎ、また、算定式関数の微分値が連続でないことが挙げられる。

図-1 上段2つの図の比較より、1:2の傾斜護岸においてレベルⅢとレベルⅡの解析ではほぼ等しい被災確率が得られていることがわかる。また、レベルⅢの解析による傾斜護岸と直立護岸の解析結果を比較すると、同じ許容越波流量および護岸天端高に対して、直立護岸の被災確率の方が傾斜護岸のそれに比して小さな値であることがわかる。

また、1:2の傾斜護岸において、レベルⅡの解析によって得られた、各不確定要因の α^2 の割合を護岸天端高に対して示したものが図-2である。左図は許容越波流量が $0.02 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ 、右図は $0.04 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ の場合である。天端高が大きくなると算定式の誤差分布の影響が大きく、また、潮位の影響が小さくなることがわかる。

参考文献

合田良実・岸良安治・神山豊 (1975) : 不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究, 港湾技術研究所報告, 第14巻, 第4号, pp.3-44.
 高山知司・永井紀彦・西田一彦 (1982) : 各種消波工による越波流量の減少効果: 港湾技術研究所報告第21巻, 第2号, pp.151-205.
 Hedges, T.S. and Reis, M.T. (1998) : Random wave overtopping of simple seawalls: a new regression model. Water, Maritime & Energy Journal, Proc. Inst. Civil Eng., UK, Vol. 130(1), pp. 1-10.

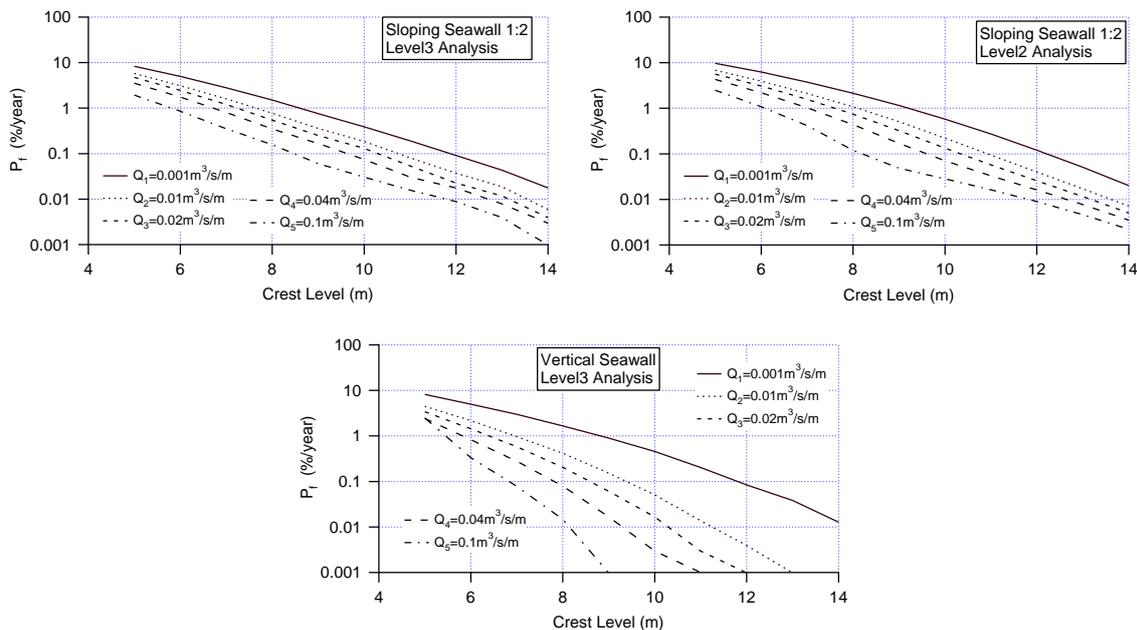


図-1 護岸天端高に対する護岸の年被災確率

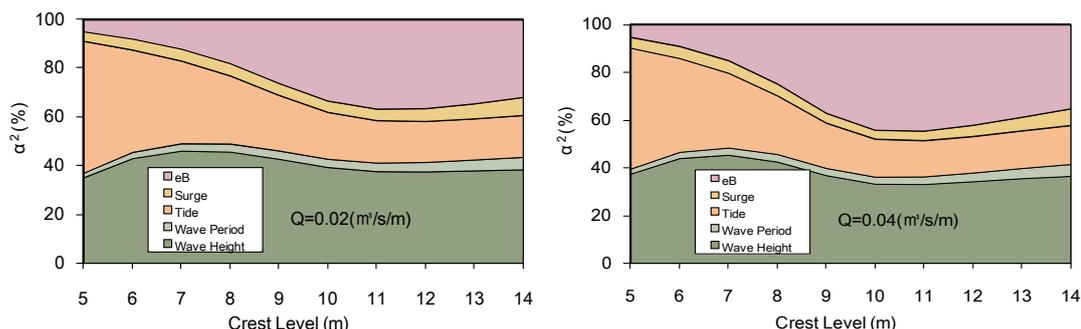


図-2 被災確率に及ぼす外力要因の影響度