

海面上昇時の転倒被災率増加を考慮した防波堤の信頼性設計法

柏木 一宏（環境テクノロジー学、指導教員：岡安 章夫）

1. 本研究の目的

現在、地球温暖化に伴う海面上昇が予測されている。この海面上昇の影響により、防波堤の水没部分の増加に伴う浮力増大や防波堤設置位置における波高増大などから、防波堤の安定性が低下し、被災の可能性が大きくなると考えられる。しかし、今後の防波堤設計法の主流になると考えられている信頼性設計法について多くの研究が行われているものの（例えば、河合ら、1997）、海面上昇による影響はほとんど考慮されておらず、酒井（2003）が防波堤の滑動について、信頼性設計法を用いてこれらの影響を考慮した研究を行ったぐらいである。

本研究では海面上昇時の転倒被災率増加を考慮し、海面上昇後においてもその機能を維持できるような防波堤を信頼性設計法に基づき提案する。

2. 最適断面の設計手法

1) 信頼性設計法の概略

今回取り上げる信頼性設計法とは、これまでの防波堤の設計では考慮されていなかった波浪変形計算や波力の算定誤差などの不確定要因を確率論的に扱い、「供用年間数における被災遭遇確率」によって防波堤の安全性を照査するものである。

2) 設計の方針

本研究では混成防波堤を対象として、まず、防波堤の供用期間を 50 年と設定し、従来の信頼性設計法と同様な方法を用いて海面上昇予測シナリオに従う各年の予測水位に対応した防波堤断面を設計する。このとき、供用期間中の基準水位は予測水位で一定であると仮定しておく。次に、予測水位に対応した各防波堤断面に対して、供用期間中の水位を海面上昇予測シナリ

オに従って変化させたときの転倒遭遇確率を算出し、その値が許容値である 0.0064 以下となった防波堤断面の中で最も若い年の水位（つまり最も低い水位）で設計したものを海面上昇に対応した最適断面とする。

3) 設定条件

計算条件は、海底勾配は 1/100 で一定とし、防波堤設置水深については 5.0m および 10.0m の 2 通り、設計沖波波高については 8.0m および 12.0m の 2 通り、海面上昇予測シナリオ（図-1）については IPCC の第 3 次評価報告書に従い、50 年間の海面予測上昇量が 16.5cm となる中位シナリオおよび 27.7cm となる上位シナリオの 2 通り、あわせて計 8 通りとした（表-1）。

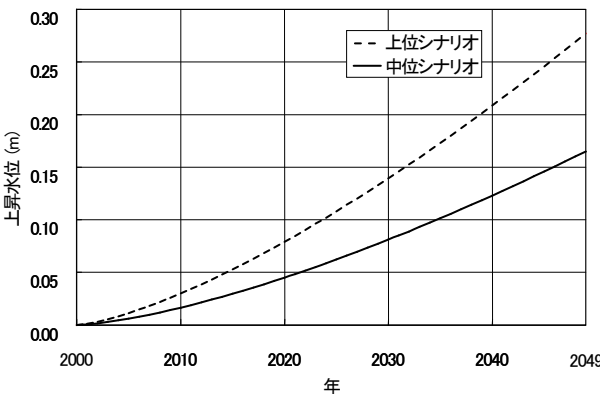


図-1 海面上昇予測シナリオ

表 - 1 設定条件

CASE	沖波波高	設置水深	予測シナリオ
1-1	12.0m	10.0m	上位シナリオ
1-2	Weibull分布		中位シナリオ
2-1	A=2.1,B=7.85,k=2.0	5.0m	上位シナリオ
2-2			中位シナリオ
3-1	8.0m	10.0m	上位シナリオ
3-2	Weibull分布		中位シナリオ
4-1	A=2.5,B=3.05,k=2.0	5.0m	上位シナリオ
4-2			中位シナリオ

3. 結果

1) 各基準年でのケーソン断面の変化

以上の方法に従い、各年の予測水位に対応した防波堤断面の計算を行ったところ、すべてのケースにおいて、ケーソンの高さ、幅および断面積は海面上昇の進行に伴って大きくなることが分かった（図-2）。

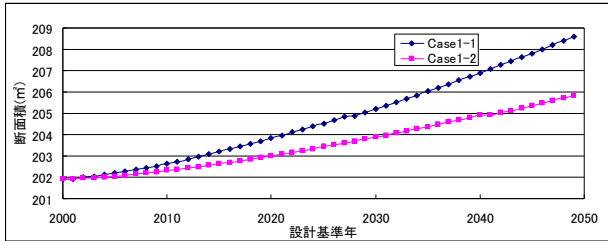


図-2 各年の予測水位に対応した防波堤断面の断面積 (CASE1)

2) 最適設計水位

海面上昇に対応した防波堤の最適断面は防波堤設置水深、設計沖波波高、海面上昇予測シナリオにより若干の相違はあるものの、最大でも 32 年目の水位に対応したものが最適断面となった（図-3）。

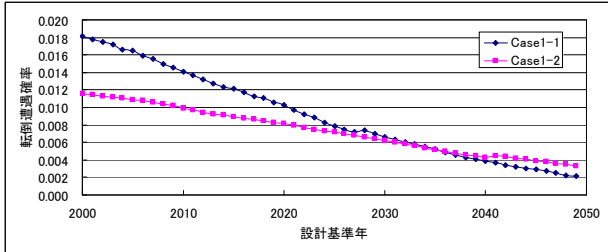


図-3 各年の予測水位に対応した防波堤の供用期間中の水位を海面上昇予測シナリオに従って変化させたときの転倒遭遇確率 (CSAE1)

3) 転倒遭遇確率

現状水位で設計した場合の供用期間中の転倒遭遇確率は上位シナリオでは最大 0.0182、中位シナリオでは最大 0.0119 となることが分かった（表-2）。

4) 最適防波堤断面の比率

海面上昇に対応した防波堤断面と海面上昇を考慮しない防波堤の断面、すなわち 1 年目の予測水位

に対応した防波堤断面を比較した結果、上位シナリオの場合、ケーソンの高さは 0.47%～1.35%大きくなり、幅は 0.49%～0.72%大きくなり、断面積は 1.32%～1.84%大きくなることが分かった。中位シナリオの場合、ケーソンの高さは 0.14%～0.69%大きくなり、幅は 0.11%～0.43%大きくなり、断面積は 0.35%～0.99%大きくなることが分かった。

一方で、最大海面上昇時、すなわち 50 年目の予測水位に対応した防波堤断面を比較した結果、上位シナリオの場合、ケーソンの高さは 0.79%～1.59%小さくなり、幅は 0.47%～0.95%小さくなり、断面積は 1.54%～2.23%小さくなることが分かった。中位シナリオの場合、ケーソンの高さは 0.56%～1.41%小さくなり、幅は 0.35%～0.73%小さくなり、断面積は 0.95%～1.88%小さくなることが分かった（表-3）。

表-2 現状水位で設計した場合の転倒遭遇確率

CASE	予測シナリオ	現状水位で設計した場合の転倒遭遇確率
1-1	上位シナリオ	0.0182
2-1		0.0154
3-1		0.0143
4-1		0.0155
1-2	中位シナリオ	0.0116
2-2		0.0096
3-2		0.0090
4-2		0.0119

表-3 最適防波堤断面積の比率

CASE	予測シナリオ	現状水位対応の防波堤断面積	50年後水位対応の防波堤断面積
1-1	上位シナリオ	1.71%	-1.54%
2-1		1.84%	-2.23%
3-1		1.32%	-2.21%
4-1		1.75%	-2.06%
1-2	中位シナリオ	0.98%	-0.95%
2-2		0.35%	-1.88%
3-2		0.38%	-1.73%
4-2		0.99%	-1.37%

参考文献

河合弘泰・高山知司・鈴木康正・平石哲也(1997)：潮位変化を考慮した防波堤堤体の被災遭遇確率、湾技術研究所報告、第 36 巻第 4 号、pp.3-41
酒井和彦(2003)：地球温暖化に伴う海面上昇を考慮した防波堤の信頼性設計法に関する研究、東京水産大学修士学位論文、89p.