

## 消波工断面のライフサイクルコスト最適化について

東北電力(株) 正会員 ○ 齊藤 知秀  
 東北電力(株) 正会員 内海 博  
 五洋建設(株) 生島 俊昭

## 1. はじめに

信頼性設計法の消波ブロックへの適用に関する研究については、これまでも高橋らにおいて行われており、「安定数算定式」や「モンテカルロ法を用いた消波ブロックの期待被災度の計算法」が提案されている。しかしながら、信頼性設計法を用いれば、消波工の最適断面を設計する際に、ライフサイクルコストの概念を導入することができるが、これまでの研究において行われた事例は少ない。そこで本研究では、高橋らの研究成果をベースとした信頼性設計法を導入することにより、供用年間の累積被災度を推定し、消波工断面のライフサイクルコストの最適化を図ることを目的とする。

## 2. 信頼性設計法の適用

本研究においては、太平洋側A港消波ブロック被覆ケーソン堤を対象とした。供用年間を50年間とし、消波ブロックに作用する外力条件としては、最も厳しい波向の高波浪が毎年発生すると仮定する。また高橋らの研究においては、許容被災度として0.3を推奨しており、最大でも1.5とすべきであるとしているが、本研究においては、消波ブロックの設置理由が反射波対策であることを考慮して、上限値である許容被災度 $N_0 = 1.5$ を採用した。累積被災度が、この許容被災度を超えた場合は消波ブロックを補充することとし、今回選定する最適な消波ブロックは、イニシャルコスト(IC)と供用年間におけるランニングコスト(RC)を加えたトータルコスト(TC)が最小となるブロック重量とする。検討ケースは以下のとおりである。

ブロック重量：6種類(4.0m<sup>3</sup>, 6.3m<sup>3</sup>, 9.0m<sup>3</sup>, 12.0m<sup>3</sup>, 14.0m<sup>3</sup>, 16.0m<sup>3</sup>)

ブロック比重：2種類(2.1および2.3)

## 3. 波高・ブロック被災状況の履歴例

信頼性設計法の確率計算においては、乱数を発生させ現象を繰り返し試行し、確率分布を求めるモンテカルロ法を用いた。図-1は、外力条件として入力される年最大波高であり、試行回数5,000回のうちの1回分を任意に抽出したものである。この波浪による消波ブロックの安定性の評価には、高橋らの安定数算定式を用いるが、本研究においては、消波ブロックをアクロポッドとしたため、水理模型実験により係数を新たに算出した( $a=9.11$ ,  $b=2.24$ ,  $c=0.6$ )。これらを用いて計算を行った一例として、図-1の波浪条件における消波ブロック(比重2.3)の被災履歴を図-2に示す。図-1、図-2より27年目に堤体位置で11mを超える有義波高が来襲しており、すべてのブロックにおいて被災が

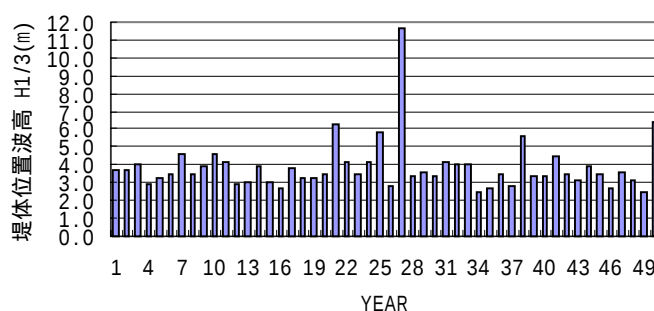


図-1 波浪条件の一例

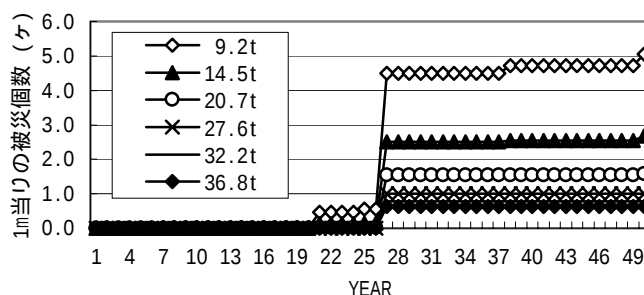


図-2 比重2.3の場合の被災例

キーワード：ライフサイクルコスト，信頼性設計法，消波工

連絡先：〒980-8550 仙台市青葉区一番町三丁目7番1号， 022-225-3628, E-mail W960719@tohoku-epco.co.jp

発生していることがわかる。最終的には、5,000 回の計算結果を平均した値が期待被災度として算出されることとなるが、今回計算結果として得られた供用年間(50 年)における被災個数は表 - 1 (比重 2.3 の場合)のとおりである。ただし、被災個数は奥行き 1 m あたりの値である。

#### 4. 経済比較および最適断面

経済比較する際、据付方法の選定が重要となるが、本研究においては、クローラクレーンの性能から据付可能な範囲については陸上据付、それ以外の範囲を海上据付とした。なお、陸上据付において使用するクローラクレーンは 150t と 300t のいずれかとした。経済比較した結果の一例を図 - 3 (比重 2.3)、図 - 4 (比重 2.1) に示す。図中縦軸のコストは、9.0 m<sup>3</sup>型ブロック (比重 2.3; 20.7t) の陸上据付費を 1.0 として算定した値である。ランニングコスト(RC)の算定方法は、ある年の時化により、許容被災度  $N_0 = 1.5$  を超えた時点で補修することとし、表 - 1 のような被災個数に製作費・据付費を掛け合わせることで算出した。検討の結果、比重 2.3 (図 - 3)、比重 2.1 (図 - 4) ともに 4.0 m<sup>3</sup>型ブロックの場合、ランニングコスト(RC)が増大し、6.3 m<sup>3</sup>型ブロックでトータルコスト(TC)が最小になった。またコンクリート比重の影響は図 - 3、図 - 4 よりブロック製作費が安価となる低比重ブロック(2.1)がイニシャルコスト(IC)では有利となるが、ブロック重量が小さいため比重 2.3 のブロックと比較し、補修費が高くなり、トータルコスト(TC)で比べると比重 2.3 のブロックの方が有利となった。以上から得られた最適断面を図 - 5 に示す。

#### 5. おわりに

消波ブロックの設計法においては、ハドソン式を用いた確定論的な手法において求めるのが、これまで一般的であったが、本研究においては、高橋らの研究成果をベースとした、確率論的な手法である信頼性設計法を用いて、ある程度の被災を許容した断面設計を行い、以下のような結論を得た。

- ・ランニングコストを定量的に評価することが可能と

なり、消波工断面のライフサイクルコストの最適化を図ることができた。

- ・従来の設計法によれば、重量 20.7t のブロックが選定されることとなるが、信頼性設計法を用いることにより、イニシャルコスト(IC)で約 9 %、トータルコスト(TC)で約 7 %の設計合理化につながった。

参考文献：高橋重雄・半澤稔・佐藤弘和・五明美智男・下迫健一郎・寺内潔・高山知司・谷本勝利(1998)：期待被災度を考慮した消波ブロックの安定重量 - 消波ブロック被覆堤の設計法の再検討, 第一報—港湾技術研究所報告, 第 37 巻, 第 1 号, pp.3-32

表 - 1 供用年間(50 年間)におけるブロック被災個数 (比重 2.3)

| ブロック体積 (m <sup>3</sup> ) | 4.0  | 6.3  | 9.0  | 12.0 | 14.0 | 16.0 |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| ブロック重量 (t)               | 9.2  | 14.5 | 20.7 | 27.6 | 32.2 | 36.8 |
| 被災個数                     | 1.64 | 0.60 | 0.27 | 0.13 | 0.09 | 0.06 |

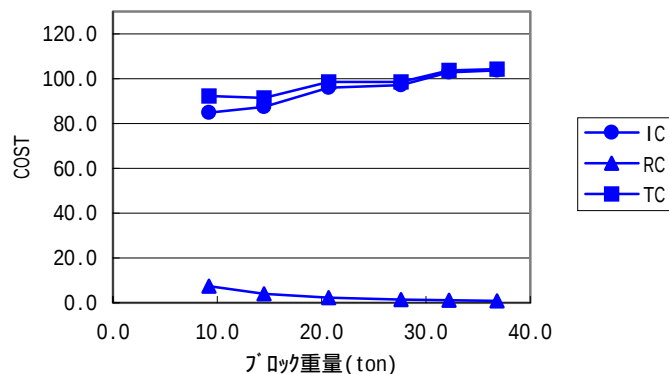


図 - 3 経済比較結果 (比重 2.3)

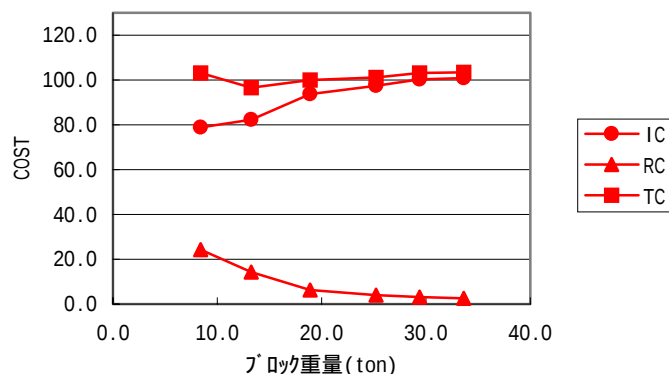


図 - 4 経済比較結果 (比重 2.1)

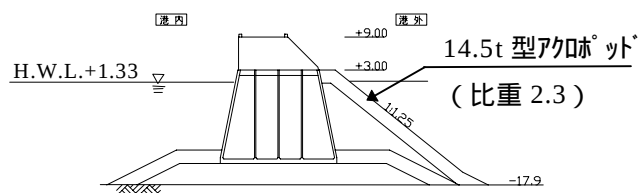


図 - 5 最適断面