

日本海沿岸における波候特性を考慮した消波工のLCC算定

島根県庁 森田 未来
三省水工(株) 正会員 河村 裕之
鳥取大学 正会員 ○太田 隆夫, 松見 吉晴

1. はじめに

近年, 社会基盤施設の維持管理において, コスト削減の観点から供用期間中に必要となる総費用(ライフサイクルコスト; LCC)を予測することが求められている。波の作用を受ける海岸・港湾構造物においても, LCCを最小化する設計・維持管理方法が研究されている。従来の研究¹⁾²⁾では, 年間の発生回数が1~数回の高波を対象として, モンテカルロシミュレーションによりLCCを算定している。しかし, 構造物の供用期間中に来襲するすべての波浪を用いてLCCを算定すれば, より実際に近い条件での検討を行うことができると考えられる。本研究では, 消波ブロック被覆堤の消波工を対象とし, 日本海沿岸の4地点(秋田, 新潟, 鳥取, 浜田)において, 波候シミュレーションモデル³⁾により得られた有義波高の時系列データを用いてLCCを算定し, 従来の研究と比較する。

2. LCC算定法

本研究では, 消波工の初期建設費と被災に伴う補修費を費用として計上し, 初期建設費と期待補修費(供用期間中の総補修費の平均値)の和でLCCを与える。また, 初期建設費と補修費には直接工事費に加えて間接工事費も含める。期待補修費の計算においては, 消波ブロックの安定数算定式を用いて, 与えられた波浪条件(波高および周期)に対する被災度(消波ブロックの代表径幅の断面内での移動個数)を求める¹⁾。補修の基準は累積被災度により設定し, 累積被災度が断面内の全ブロック数の5%以上になれば補修するものとして, 補修費を計上する。補修は原形復旧で補修直後の被災度をゼロとする。これを供用年数分繰り返して, 総補修費を求める。対象とする消波ブロックは, 質量6~100t(代表径 $D_n=1.38\sim 3.51\text{m}$, 14種類)とし, ブロックの積み方は2層整積と乱積の2種類である。消波工については, 法先水深10.0m, 天端高5.5m, 法面勾配2:3, 天端幅をブロック2個並びとする。なお, ブロック単価は, 各地点での実務における製作費と据付費にもとづいて設定している。

波浪条件のうち, (有義)波高については, 以下の2通りの方法で与える。

①波候シミュレーションモデル³⁾により2時間ごとの有義波高を与える。このモデルは, 各地点で観測された有義波高の年間を通じた変動が, 一定のスペクトル特性を持つことにもとづいており, モデル化されたスペクトルにより有義波高の時系列データを与えることができる。

②合田⁴⁾により各地点に対して与えられている高波の平均発生率と波高の極値分布関数を用いて, 各年の高波発生回数と有義波高を与える。各年の高波発生回数は, 平均発生率を平均値とするポアソン分布により求める。

方法①, ②ともに, (有義波)周期は, 沖波波形勾配を設定して求めることとし, 沖波波形勾配は4地点とも0.03としている。なお, ①での計算においては, 10月1日から翌年3月31日の期間は, 累積被災度が補修基準を超えても補修できないものとしている。

消波工の供用期間は50年とし, ①(ケース1)では総補修費の計算を200回, ②では2000回繰り返して行い, 期待補修費を算定する。また, ②においては, 高波の継続時間を2時間とする場合(ケース2a)と, 鶴飼ら⁵⁾が提案しているワイブル分布によって与える場合(ケース2b)の2ケースで期待補修費を求める。

3. 計算結果

図-1に新潟と浜田における2層正積のLCC算定結果を示す。 D_n が小さいブロックでは, ケース2aがケース1よりも大きくなっているが, D_n が増すにつれて両ケースで期待補修費が急減し, 差は小さくなっていく。また, 図中の矢印はLCCの最小点を示しており, LCCを評価基準とした場合には, その D_n が最適なブロック径であると判定される。50年確率波高が大きい秋田では2.36m, その値に近い他の3地点では2.06mが最適径となっていて, その径でのLCCはケース1と2aでほぼ同じである。乱積の結果は図示していないが, 図-1と同様に D_n が小さいブロックでは, ケース1と2aで差が生じている。最適径は浜田のみが2.79m, 他の3地点は2.96mとなった。

キーワード 波候シミュレーション, LCC, 消波工

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学 大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 0857-31-5309

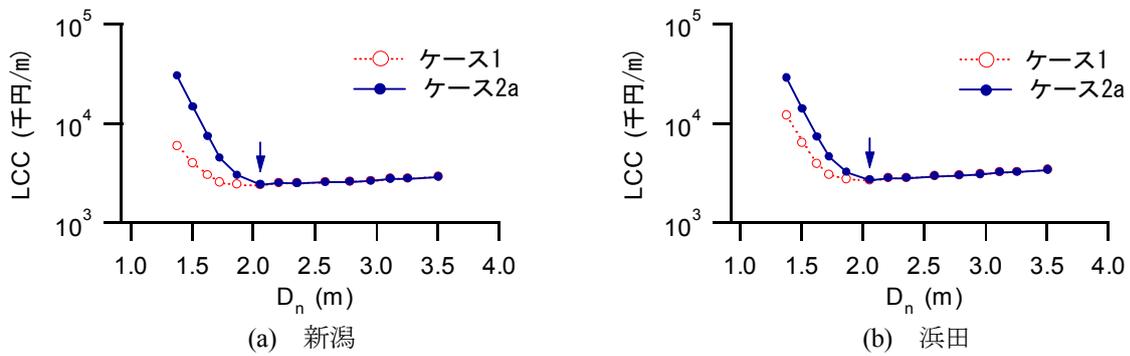


図-1 消波ブロックの代表径とLCCとの関係 (2層正積)

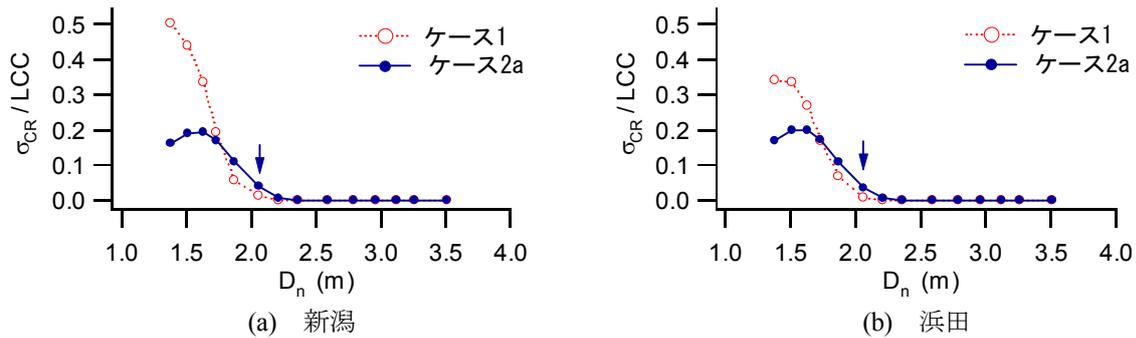


図-2 総補修費の標準偏差とLCCとの比 (2層正積)

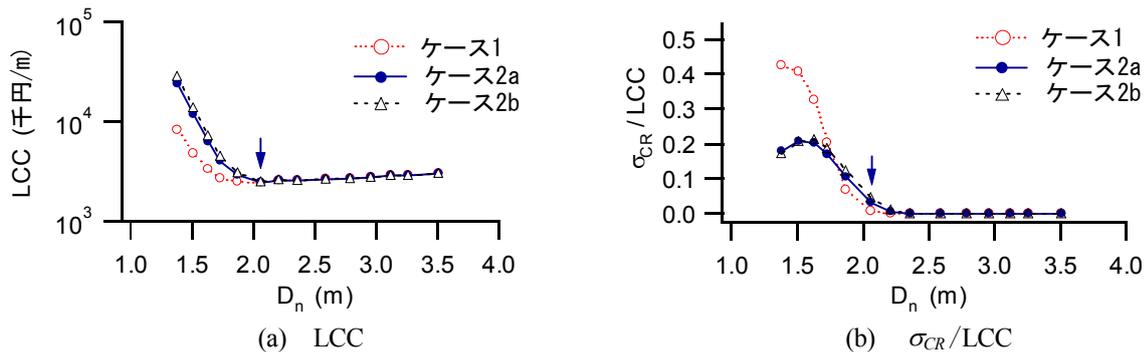


図-3 高波継続時間の影響 (鳥取, 2層正積)

図-2は、新潟と浜田の2層正積で、総補修費の標準偏差 σ_{CR} とLCCとの比を示したものである。 D_n が小さいブロックでケース1の比が大きくなっているが、 D_n が増加するとケース2aの比が上回る。図中の矢印は、図-1と同様に最適径を示しており、その点でのケース1と2aの比に差があることがわかる。すなわち、最適径が同じでLCCがほぼ同じでも、補修費の変動性(変動幅)は異なることを示している。乱積における比は図-2と同様の結果となっているが、最適径が大きく、その径での比はケース1, 2aともゼロである。

図-3には、鳥取の2層正積でのLCCと σ_{CR}/LCC を示す。高波継続時間をワイブル分布で与えたケース2bの結果は、LCCと σ_{CR}/LCC ともにケース2aよりもわずかに大きくなっているが、高波継続時間の違いはあまり影響を及ぼしていないことがわかる。他地点および乱積の場

合でも同様の結果が得られている。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 科研費 25420524 の助成を受けて実施したものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 高山知司, 安田誠宏 他：ライフサイクルコストの最小化による沿岸構造物被覆材の最適設計, 土木学会論文集 B, Vol.65, No.1, pp.15-30, 2009.
- 2) 太田隆夫, 平山隆幸 他：高波の発生回数を考慮した消波工のライフサイクルコスト算定, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.69, No.2, pp.173-178, 2013.
- 3) 木村晃, 太田隆夫：波候の統計学的特性とその応用について, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, pp.116~120, 2013.
- 4) 合田良実：耐波工学—港湾・海岸構造物の耐波設計—, 430p., 鹿島出版会, 2008.
- 5) 鶴飼 亮行, 清水 琢三 他：実測値に基づく高波の継続時間の確率的出現特性, 海岸工学論文集, 第 40 巻, pp.121-125, 1993.