消波ブロックにおける被災度算定モデルの現地適用性について

株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北　　正会員　○久保田　謙作

1．まえがき

高波浪から海岸線や海岸構造物などを防護する消波ブロックは，被災を受けやすく，また，最近の異常気象により大規模化している．このため，現地からは，現場の視点に立った実務的な設計手法を示すよう求められている．

本研究は，北陸自動車道親不知海岸高架橋の波浪対策護岸工の事例を用い，被災した消波ブロックの被災度現地調査データと高橋ら(1998)による安定数算定式から導いた被災度計算値を比較・分析し，現場で既往の研究成果を活用する場合の留意点を明らかにするとともに，そこから導かれるライフサイクルコストの最小化に向けた被災度算定モデルの現地適用性について評価するものである．

2．親不知海岸高架橋消波護岸工の概要

図-1 は，消波護岸工の標準横断図であり，天端高 T.P.＋3.1m の擁壁工とその前面に天端 2 列配置された四肢放射型の 25t 型消波ブロックで構成されている．消波ブロックの重量は，ハドソン式を用い 50 年確率波(有義波高 6.05m)により 21.1t と算出され，25t 型消波ブロックを採用している．[1]しかしながら，消波ブロックは設計を上回る高波浪により施工後数年で被災した．

3．消波ブロックの安定性評価手法の留意点

設計段階における消波ブロックの安定性評価については，高橋ら(1998)[2]の研究に代表される安定数算定式を用いて被災度解析を行う手法が一般的である．高橋らは，ファン・デル・メーヤ式に砕波の効果を C_H=1.4/($H_{1/20}$/$H_{1/3}$)で与えることを提案するなど，信頼性設計の実用化を推進した．しかしながら，現地で活用する場合には，さらに海底勾配など現地状況を調査したうえで用いる必要がある．

表-1 は，実測した被災度データであり，施工年が異なる 4 つの工区に区分し，遭遇した波浪を正しく被災度解析に反映させた．図-2 は，工区ごとの被災度について，3 パターンの海底勾配(1/10，1/15，1/20)の違いによる計算値と実測値を比較したものである．このことから，1/15 および 1/20 については実測値に近い値を示すことが分かり，工区ごとの個々の実測データの最大値から最小値の幅にほぼ収まる良好な結果が得られた．一方で，海底勾配 1/10 では，すべての工区で計算値が実測値を上回るなど，砕波効果係数 C_H は海底勾配に敏感であることが確認された．特に，急勾配での活用においては，いくつかの海底勾配条件下で妥当性を評価する必要がある．[3]

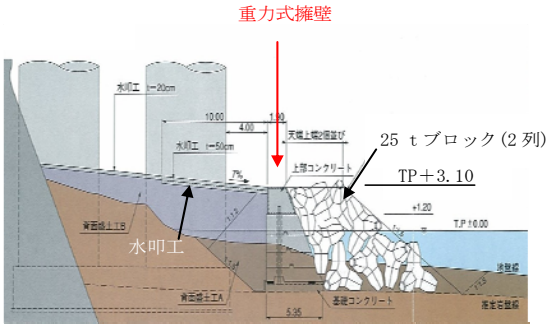

図-1 消波護岸工の標準横断図

表-1 工区別の被災度一覧表

工事区分	T工事	W工事	M工事	E工事	合計
延長　(m)	110.0	307.5	266.0	250.0	933.5
設置個数 (個)	363	1,007	851	815	3,036
被災個数 (個)	32	59	40	33	164
被害率　(%)	8.8	5.9	4.7	4.0	5.4
被災度	0.635	0.425	0.339	0.288	0.389

注）被災度　No=0.3×Np／4.16　　ここに、Np：被害率(%)

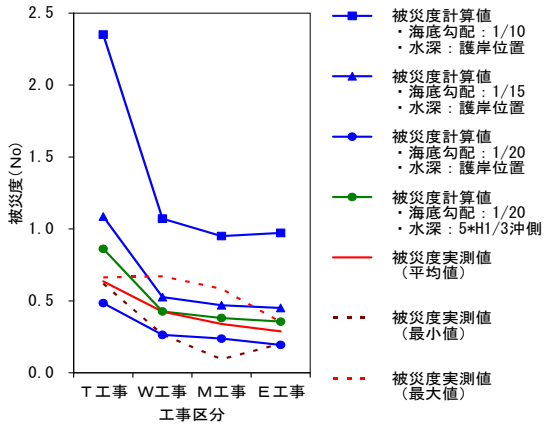

図-2 勾配別の実測値と計算値の比較(被災度)

キーワード　消波ブロック，安定式，被災度，ライフサイクルコスト

連絡先　〒980-0013　宮城県仙台市青葉区花京院 2-1-65　(株) ネクスコ・エンジニアリング東北　ＴＥＬ022-713-7318

4．被災度算定の予測モデル の概要

ライフサイクルコストの最小化を検討するうえで，累計被災度の予測モデルをどのように設定するかが問題となる．図-3 は，年数の経過に伴い直線的に増加する「直線予測モデル」と，波数の 1/2 乗に比例する「1/2 乗曲線モデル」のイメージについて示している．前者は，比較的簡単に算定できることから主に現場において用いられている．後者は，偶発的な波浪に対する被災規模を設定したうえで，供用期間中の期待被災度を算出するものであり，高橋ら(1998)により提案されている．この 2 つの予測モデルは，年数が経過するにつれて累計被災度の予測値の差が大きくなることから，実測被災度と比較・分析を行い現場への適用性を評価する必要がある．

5．予測モデルの比較結果

表-2 は，累計被災度の検討ケースを示したものである．2 つの予測モデルの比較は，直線又は曲線だけの視点だけでなく，砕波の効果や海底勾配の影響についても確認した．図-4 は，E 工事における被災度の実測値とケース別解析値の経過を比較したものである．ケース 1-1 は，砕波の効果を考慮した 1/2 乗曲線モデルであり，実測値を適度に上回り，実測値の傾向に最も適していることを示している．ケース 1-2 は，実測値を大きく上回るなど，砕波の効果を考慮しなかった影響が表れている．ケース 1-4 は，年数の経過とともに実測値から出過ぎる方向へ誤差が大きくなり，直線モデルの特徴が表れている．ケース 1-3 は，実測平均値とほぼ同じであるが，実務に適用するには誤差を見込める余地が少ない結果となった．

6．結論

親不知海岸高架橋の消波護岸工を対象とした累計被災度の実測値と，「直線モデル」又は「1/2 乗曲線モデル」を比較分析した結果，ケース 1-1 に示した「1/2 乗曲線モデル」が実測値と同様な傾向を示し，現地適用性について最も優れていることが明らかになった．このことから，ライフサイクルコストの最小化に向けての被災度予測モデルの検討については，「1/2 乗曲線モデル」により実施することが適切であるものと考えられる．一方で，現場の視点で使いやすい評価手法の研究が今後の課題であり，そのためには室内模型実験での研究成果を現地調査データに照らし合わせ確認することが重要である．

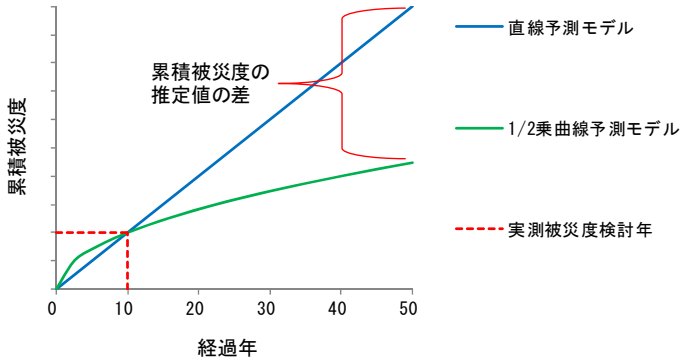

図-3 被災度算定モデル(イメージ)

表-2 予測モデルの検討ケース

ケース名	累積被災度の計算方法	砕波効果係数の設定方法		
		着目位置	海底勾配	水深
ケース1-1	1/2乗曲線モデル	5･H1/3沖側水深	1/10	算定
ケース1-2	1/2乗曲線モデル	砕波効果を考慮しない	1/10	−5.0m
ケース1-3	直線モデル	堤前水深	1/20	−5.0m
ケース1-4	直線モデル	堤前水深	1/15	−5.0m

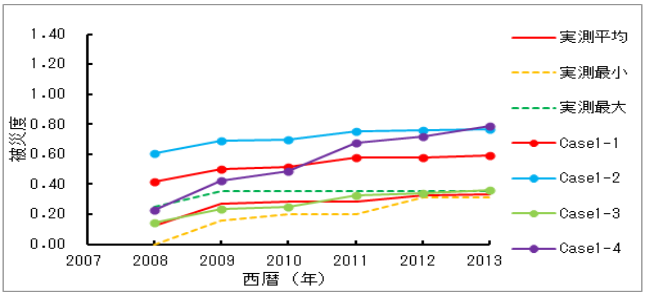

図-4 被災度の実測値と解析値の比較(E 工事)

参考文献

1)久保田謙作:親不知海岸高架橋の波浪対策消波護岸の磨耗現地調査とその対策法, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68,No.2p.l_504-l_509,2012.

2)高橋重雄, 半沢稔, 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: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 1 報―, 港湾技術研究所報告, 第 37 巻, 第 1 号, pp.3-32,1998.

3)久保田謙作, 高橋祐, 高橋隆男, 南雲一也, 伊藤正喜:親不知海岸高架橋における波浪対策消波ブロックの被災度現地調査と安定数算定式を用いた設計評価手法の提案, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.69,No.2p.l_227-l_232,2013.