

低天端護岸前面の被災ブロックの補修が安定性に及ぼす影響について

関西電力株式会社 正会員 ○有光 剛  
 関西電力株式会社 正会員 大東 秀光

1. 目的

埋立地隅角部付近の低天端護岸において、ハドソン式による所要重量を満足する消波ブロックが被災し、安定性向上のために原設計より大きな重量のブロックを用いて補修している事例がある。補修には所要重量の2倍程度にまで重量を割増したブロックが用いられたにも関わらず、隅角部を中心に数年確率波の波によってブロックの移動が生じ、多額の補修費用が必要となっている。このような被災に対して、有光・尾西(2008)は、平面水槽を用いた水理模型実験を行い、ブロック重量の不連続部が静水面付近に位置することが被災の原因であると推察した。しかしながら、現地の埋立地を再現した平面実験であったため、隅角部付近の影響や入射角の影響を受けており、重量割増の効果と重量不連続の影響については明確になっていない。本研究では、重量割増と重量不連続がブロック安定性に及ぼす影響の把握を目的として、2次元造波水路を用いた実験を行った。

2. 検討対象護岸と被災の概要

検討対象の護岸の断面図を図-1に示す。ケーソンの天端は低く、その前面および護岸上部に消波ブロックが設置されている。ケーソン前面の消波ブロックは天端3個並びで法勾配は1:4/3である。護岸上部の消波ブロックは水平2層積みである。原設計では設計波高 $H_{1/3}=5.3\text{m}$ に対してハドソン式から算定される所要重量16.6tを上回る20t型の消波ブロックが用いられている。図-1に示した護岸の実構造物では、数年確率波程度の波が作用したときに、ケーソン前面部の天端付近の消波ブロックが沖側へ転落している。補修工事では、天端下の消波ブロック2層分程度の範囲に残った不安定な20t型ブロックを撤去し、新たに32t型ブロックが据え付けられている。しかしながら補修後も天端ブロックの移動が生じ、その都度32t型のブロックによる補修工事が繰り返されている。

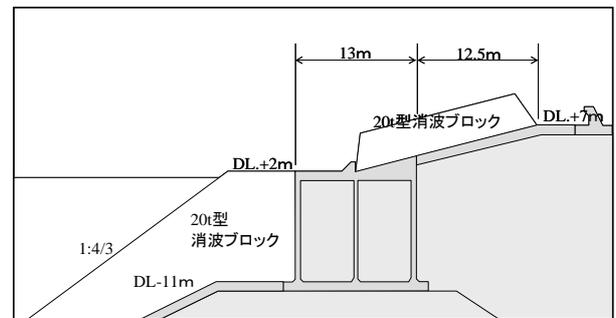


図-1 検討対象の護岸の概要図

図-1に示した護岸の実構造物では、数年確率波程度の波が作用したときに、ケーソン前面部の天端付近の消波ブロックが沖側へ転落している。補修工事では、天端下の消波ブロック2層分程度の範囲に残った不安定な20t型ブロックを撤去し、新たに32t型ブロックが据え付けられている。しかしながら補修後も天端ブロックの移動が生じ、その都度32t型のブロックによる補修工事が繰り返されている。

3. 水理実験

水理模型実験には、長さ50m、幅1.2m、高さ2mの2次元造波水路の、造波板から32mの範囲を用いた。模型縮尺は1/65とした。表-1に波浪条件(実物値)を示す。24時間(実物値)作用させて、1時間毎にブロックの移動個数を確認した。表-2にブロックの設置条件を示す。Type1(原設計)はすべて20t型ブロックで被覆した状態であり、Type2~Type4では天端下の2~4層の20t型ブロックを32t型ブロックに置き換えた。Type1'~Type4'は、それぞれType1~Type4の天端上にさらに2層のブロックを据え付けたものである。

表-1 波浪条件

	$H_{1/3}(\text{m})$	$T_{1/3}(\text{s})$
Case1	4.7	11.9
Case2	5.0	12.2
Case3	5.3	12.6
Case4	5.6	13.0
Case5	5.9	13.3

表-2 ブロックの設置条件

重量割増範囲	天端高	
	原設計と同じ	原設計+2層※
すべて20t	Type1	Type1'
天端下2層(DL-2.8mまで)を32tに置換	Type2	Type2'
天端下3層(DL-3.9mまで)を32tに置換	Type3	Type3'
天端下4層(DL-5.1mまで)を32tに置換	Type4	Type4'

※: Case5のみ

キーワード 消波ブロック, 重量割増, 安定性, 水理模型実験

連絡先 〒160-0004 兵庫県尼崎市若王寺3-11-20 (株) 関西電力株式会社電力技術研究所 TEL050-7104-2513

4. 実験結果

不規則波を24時間作用させた後の消波ブロックの被害率を図-2に示す。天端下の数層を原設計より重量が大きな32t型に置換したType2~Type4では20t型ブロックの移動はほとんどみられない。しかしながら、天端近くに据付けた32t型の消波ブロックでは、重量割増したにもかかわらず、比較的大きな被害が生じている。32t型ブロックの被害率は重量不連続部が深いほど小さいことから、重量不連続部ではブロックの噛み合わせが十分でないために著に低下していると考えられる。また、重量不連続部の下方に位置する20t型ブロックや、天端高を増加させたケースの32t型ブロックでは顕著な被災が見られないことから、下方のブロックとの噛み合わせと上方からの負荷の両方が不十分な条件で安定性が低下するといえる。

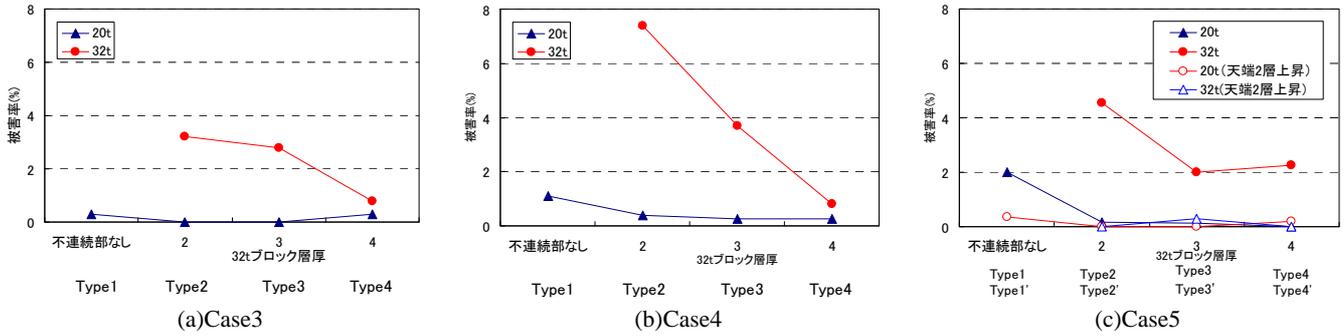


図-2 24時間後の消波ブロック被害率

高橋ら(1998)は、直立壁前面の全断面を被覆した消波ブロックの安定数  $N_s$  の算定式として次式を提案している。

$$N_s = H_{1/3} / (S_r - 1) D_n = C_H \left[ a (N_0 / N^{0.5})^{0.2} + b \right]$$

ここに、 $N_s$ : 安定数、 $H_{1/3}$ : 有義波高、 $S_r$ : ブロックの比重、 $D_n$ : ブロック代表径、 $C_H$ : 碎波影響係数、 $N_0$ : 幅  $D_n$  の断面内におけるブロック移動個数、 $N$ : 波数、 $a, b$ : ブロック形状や斜面勾配によって決まる係数。図-3に、実験で得られた  $N_0 / N^{0.5}$  と、 $H_{1/3} / (S_r - 1) D_n$  の関係を示す。図には、高橋らによる  $K_D$  値が8.3の消波ブロックで1:4/3勾配のときの値もあわせて示している。図-4に被災度  $N_0$  を0.3とし、波数  $N$  を1000波として計算した  $N_s$  の値を示す。本検討の対象が低天端護岸であるために、原設計のType1の安定性は高橋らより低い。一方、被災後の修復として32t型ブロックを用いた条件では、重量割増ブロックへの置換が天端下4層程度までであれば、20tブロックのみのType1よりも安定性が低いことが確認された。

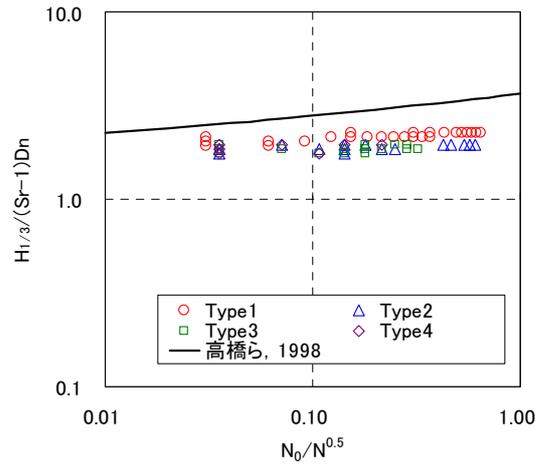


図-3  $N_0 / N^{0.5}$  と、 $H_{1/3} / (S_r - 1) D_n$  の関係

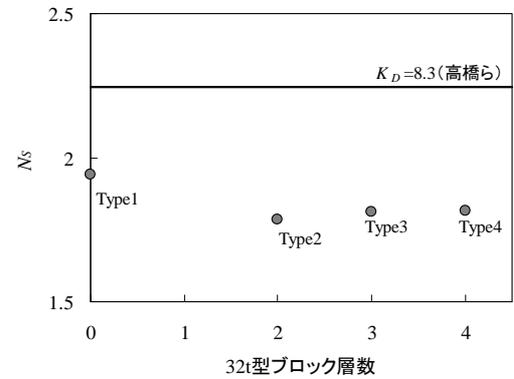


図-4  $N_s$  の値の比較

5. 結論

本検討では、2次元造波水路を用いた水理模型実験を行い、重量割増と重量不連続がブロック安定性に及ぼす影響を検討した。補修に重量割増をしたブロックを用いた場合、下方ブロックとの噛み合わせが不十分となるため、上方からの負荷も小さい条件では、原設計のブロックよりも安定性が低下することが確認された。

参考文献

有光・尾西(2008): 補修時の重量増加による低天端護岸消波ブロックの安定性の変化, 海岸工学論文集, 第55巻, pp.926-930.  
 高橋ら(1998): 期待被災度を考慮した消波ブロックの安定重量, 港湾技術研究所報告, 第37巻, 第1号, pp.3-32.