

潜堤背後小段による越波伝達波低減特性

Damping Characteristics of Transmitted Wave using Landward Step for Submerged Breakwaters

北日本港湾コンサルタント (株)	正 員	土井善和	(Yoshikazu Doi)
北日本港湾コンサルタント (株)		伊東雅規	(Masaki Ito)
北海道開発局 開発土木研究所	○ 正 員	早川哲也	(Tetsuya Hayakawa)
北海道開発局 開発土木研究所	正 員	梅沢信敏	(Nobutoshi Umezawa)
室蘭工業大学 建設システム工学科	正 員	木村克俊	(Katsutoshi Kimura)

1. まえがき

沿岸域に建設される潜堤は、海水交換を損なうことなく海浜を安定させることが可能(鈴木ら¹⁾)であり、また、天端が水面下であることから景観が阻害されないため、離岸堤としての適用例が多い。潜堤の水理特性については、高山ら²⁾が水理模型実験により検討しており、波浪および構造条件から伝達波高の推定が可能である。

一方、近年、防波堤港内側に小段を設け、海藻類の生息場として利用されており、明田ら³⁾の現地観測の結果では、実際に藻場の形成も確認されている。また、防波堤背後において小段を設けた場合、小段上の粗度や伝達波の碎波によりエネルギーの散逸が期待され、通常の潜堤よりも伝達波高が小さくなると考えられる。

そこで本研究は、背後小段付き潜堤の設計法の確立を目的とし、伝達波高に対する小段の効果について水理模型実験により明らかにする。

2. 実験方法

実験は長さ 26m、幅 0.8m、高さ 1.0m の二次元造波水路において行っており、1/30 勾配の水路床に図-1 に示すような異型ブロック (360g) を用いた背後小段付き潜堤を設置した。ただし、堤体背後の水位上昇を低減するために、水路を幅方向に 2 分割して実験を行った。

水深 h を 30.0cm、潜堤部の天端幅 B_1 を 23.5cm (ブロック 3 個並び) と一定にし、天端水深 h_{r1} を 2.2 および 5.0cm に変化させた。小段部については、天端幅 B_2 を 40、60、80、100 および 120cm に、天端水深 h_{r2} を 10.0、15.0 および 20.0cm に変化させた。

また、比較のため $B_2=0$ とした通常の潜堤における検討も行っており、天端幅 B_1 および天端水深 h_{r1} は背後小段付き潜堤と同じ条件とした。

実験波は不規則波を用いており、有義波高 $H_{1/3}=10.0$ 、12.5 および 15cm、有義波周期 $T_{1/3}=1.63$ 、2.31 および 2.83s である。

伝達波は堤体の港外側法尻から港内側に 250cm、300cm および 350cm の位置で測定し、これら 3 点での有義波高を平均した。以下においては、小段のない場合の

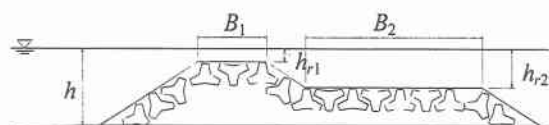


図-1 実験断面

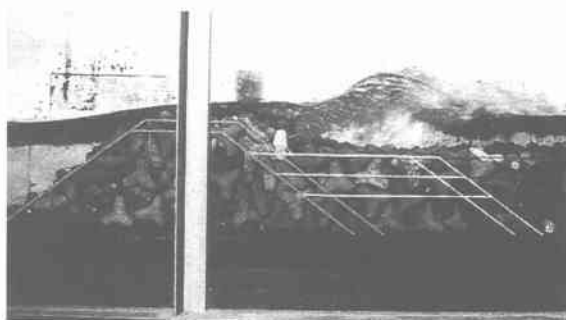


写真-1 波の作用状況

伝達波高 H_1 、小段付き潜堤の伝達波高 H_2 と定義する。

3. 波の作用状況

潜堤を越えた越波水塊は小段上に打ち込み、伝達波が形成され港内側へと伝播する。しかしながら、背後に小段がある場合、写真-1 に示すように伝達波が小段上で碎波する傾向にある。このため、伝達波高に対して小段天端水深が小さい場合、潜堤のみの条件と比較して、碎波により波浪のエネルギーが低減し、波高伝達率が減少すると考えられる。

4. 波高伝達率

図-2 は、 $H_{1/3}/h$ が 0.42 の条件においての背後小段による波高伝達率 K_{H2} と小段天端幅 B_2 を堤体入射波長 $L_{1/3}$ で無次元化した $B_2/L_{1/3}$ の関係を示したものであり、パラメータとして小段天端水深 h_{r2} を潜堤による伝達波高 H_1 で無次元化した h_{r2}/H_1 を用いている。ここで、背後小段

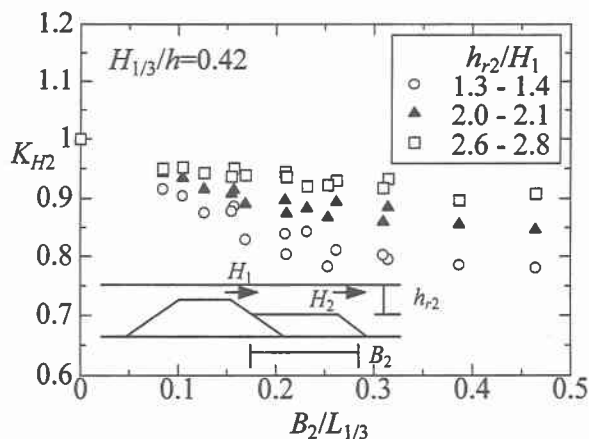


図-2 背後小段による波高伝達率

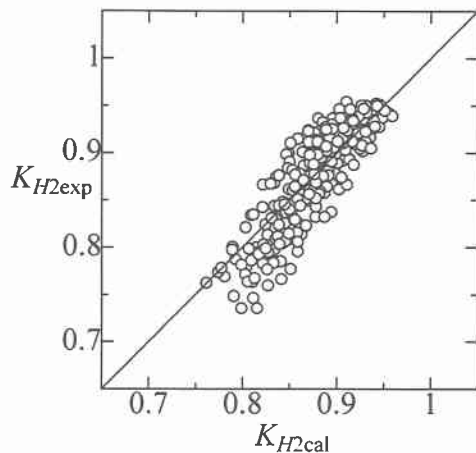


図-3 背後小段による伝達率の計算結果

による波高伝達率 K_{H2} は、背後小段のみによる伝達特性を検討するため、潜堤のみによる伝達波高 H_1 に対する背後小段付き潜堤の伝達波高 H_2 の比 H_2/H_1 である。

無次元小段天端水深 h_{r2}/H_1 に関わらず、無次元小段天端幅 $B_2/L_{1/3}$ の増加にともない、波高伝達率は減少する傾向にある。これは、波長に対して小段天端幅が十分に大きい場合、写真-1 で示したように、小段上での碎波により波高伝達率が減少するためである。また、天端幅が大きい場合は、小段上の粗度による波高減衰も同様に大きくなると考えられる。さらに、 h_{r2}/H_1 が小さい場合は、小段上の碎波が促進されるため波高伝達率が小さくなる。

このような傾向を全ての実験結果を用いて最小二乗法により近似し、 K_{H2} を $B_2/L_{1/3}$ および h_{r2}/H_1 の関数として以下のように定式化した。

$$\left. \begin{aligned} K_{H2} &= 1 - a \log(56.68 B_2/L_{1/3} + 1.0) \\ a &= 0.115 \exp(-0.489 h_{r2}/H_1) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

図-3 は、式(1)による K_{H2} の計算値と全ての実験値を比較したものである。多少のばらつきはあるものの、実験値は計算値に良く一致する傾向にある。

5. 通常潜堤との比較

高山ら²⁾は潜堤の波高伝達率 K_{H1} として次式のような算定法を提案している。

$$K_{H1} = -0.92 \frac{B}{L_0} + 0.42 \frac{h_{r1}}{H_0'} + 3.80 \frac{H_0'}{L_0} + 0.51 \quad (2)$$

ここに、 B_1 : 潜堤天端幅、 h_{r1} : 潜堤天端水深、 H_0' : 換算沖波波高、 L_0 : 沖波波長である。

ここでは、 $H_0'=6.0\text{m}$ 、 $L_0=99.8\text{m}$ の沖波条件で、水深 $h=6.0\text{m}$ の地点に背後小段付き潜堤を設置した場合について、通常の潜堤と比較しながら波高伝達率を検討する。

異型ブロックによる潜堤を考えると、波浪に対して安定するためのブロック所要質量はハドソン式により $M=5.2\text{t}$ と算出され、 6.3t 型のものを用いるとする。ここで、天端水深を 1.0m 、通常潜堤として天端 5 個並び ($B_1=9.7\text{m}$) および背後小段付き潜堤として潜堤部天端 3 個並び ($B_1=5.9\text{m}$) を仮定すると、波高伝達率は式(2)より、通常潜堤の場合 $K_{H1}=0.72$ および背後小段付き潜堤

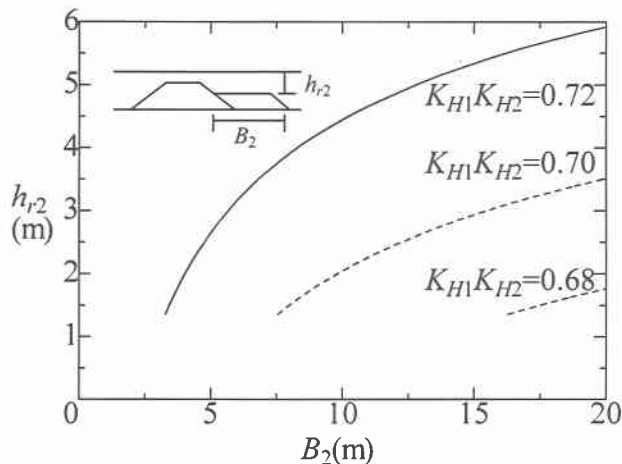


図-4 小段構造諸元と波高伝達率

の場合 $K_{H1}=0.75$ と算定される。また、背後小段付き潜堤における潜堤+背後小段の波高伝達率は式(1)と式(2)より $K_{H1} \cdot K_{H2}$ で計算することができる。

図-4 は、背後小段の構造諸元を変化させた場合の波高伝達率を示したものであり、横軸は小段天端幅 B_2 、縦軸は小段天端水深 h_{r2} である。実線は天端 5 個並びの通常潜堤と同じ波高伝達率 ($=0.72$) を有するための、潜堤部天端幅 3 個並びの所要小段構造諸元を示している。小段天端幅 $B_2=5.0\text{m}$ とした場合、小段天端水深 $h_{r2}=2.6\text{m}$ 、また、 $B_2=10.0\text{m}$ と大きくした場合は、 $h_{r2}=4.4\text{m}$ の背後小段の設置が必要である。

さらに、実線より右下部の領域の条件では、背後小段により、通常潜堤よりも波高伝達率を低くすることが可能である。例えば、破線で $K_{H1} \cdot K_{H2}=0.70$ および 0.68 となる所要小段構造諸元を示しており、適切な小段の天端幅 B_2 および背後天端水深 h_{r2} を用いることにより、所定の波高伝達率を得ることができる。

6. まとめ

本研究では水理模型実験により潜堤背後小段の波高伝達率算定法を提案するとともに、通常潜堤の伝達率と比較しながら、小段の所要構造条件の計算法を示した。

背後小段の天端水深を小さくすることにより波高伝達率を低減することが可能であるが、この場合波浪に対する背後小段の安定性が問題となる。こうした点を含めて今後も検討を行い、設計法の確立を目指したい。

参考文献

- 1) 鈴木康正・平石哲也・富樫宏次・高羽泰久・南将人・岩垣雄一：潜堤を用いた安定海浜工法に関する現地観測と模型実験、海講論文集、第 43 巻、pp.696-700、1995。
- 2) 高山知司・池田直太：広天端幅潜堤による波浪変形と護岸越波量の低減効果、港研報告、第 27 巻、第 4 号、pp.63-92、1998。
- 3) 明田定満・山本泰司・小野寺利治・鳴海日出人・斉藤二郎・谷野賢二：複断面構造を有する港湾構造物への海藻群落形成について、海講論文集、第 44 巻、pp.1131-1135、1997。