

波浪対策護岸における越波水塊・飛沫の 打ち上げ特性に関する実験的研究

新潟大学大学院 学生会員 ○中野 秀紀
新潟大学 正会員 泉宮 尊司
新潟大学 正会員 石橋 邦彦

1. はじめに

沿岸地域の道路において、越波水塊・飛沫が通行車両へ与える影響は無視できない問題である。しかしながら、そのような波の打ち上げ特性に関する検討は十分とはいえない。そこで本研究では、模型実験により年数回波浪程度以上の波浪に対する越波流量の測定と、衝撃砕波の状況及び飛沫の飛散状況をビデオ観察することにより、飛沫の打ち上げ特性を明らかにし、安全な護岸の設計の策定に資することを実験の目的とする。

*†

2. 実験概要

(1) 実験装置

本実験は、長さ 10m、幅 0.4m、高さ 0.8m の 2 次元造波水路において実施した。水路内に海底勾配 i が 1/15 の木製斜面を設置し、その延長上に直立式のコンクリート擁壁護岸模型（縮尺 1/40）を設置した。護岸前面に消波ブロックを現地換算 25t となるテトラポット模型（天端列数：2 列）を用い、ブロックの法先に小段を設けた場合と天端高 h_c を変えた場合を組み合わせ 3 ケース（Case I： $h_c=3.8$ m、小段無；Case II： $h_c=3.8$ m、小段有；Case III： $h_c=2.0$ m、小段有）を測定した。なお、以下の記述では実験条件および実験結果などの数値は全て現地換算量を用いることとする。

(2) 実験条件および実験方法

実験に用いた護岸前面水深は $h = 5.9$ m で一定とし、波浪は年数回波浪、5 年、10 年、30 年および 50 年確率波高を想定し、換算沖波波高 H_0 を 2.94 ~ 5.76m、波の周期を 10.0 ~ 12.9s に変化させた規則波で行った。表 1 に実験条件を示す。越波流量は護岸背後に設置した越波升の総越波量を造波時間で除した平均越波流量 q 求め、水塊、飛沫の打ち上げ高さは水槽側壁に格子線を描き、ビデオ撮影による目視観測で、水塊打ち上げ高さ R_w 、飛沫高さ R_s を読み取った。

測定結果はすべて換算沖波波高 H_0 を用いて無次元化し、越波流量は $q/\sqrt{2gH_0^3}$ の形に無次元化して考察した。

3. 実験結果ならびに考察

(1) 水塊の打ち上げ特性

図 1 に各ケースごとの波形勾配 H_0/L_0 を第 2 パラメータとした相対水塊打ち上げ高さ R_w/H_0 と相対護岸天端高

表 1 実験条件

換算沖波波高	H_0 (m)	2.94 ~ 5.76
有義波周期	T (s)	10.0 ~ 12.9
堤脚水深	h (m)	5.9
護岸天端高	h_c (m)	2.0, 3.8
波形勾配	H_0/L_0	0.013 ~ 0.037
相対護岸天端高	h_c/H_0	0.36 ~ 1.29
海底勾配	i	1/15

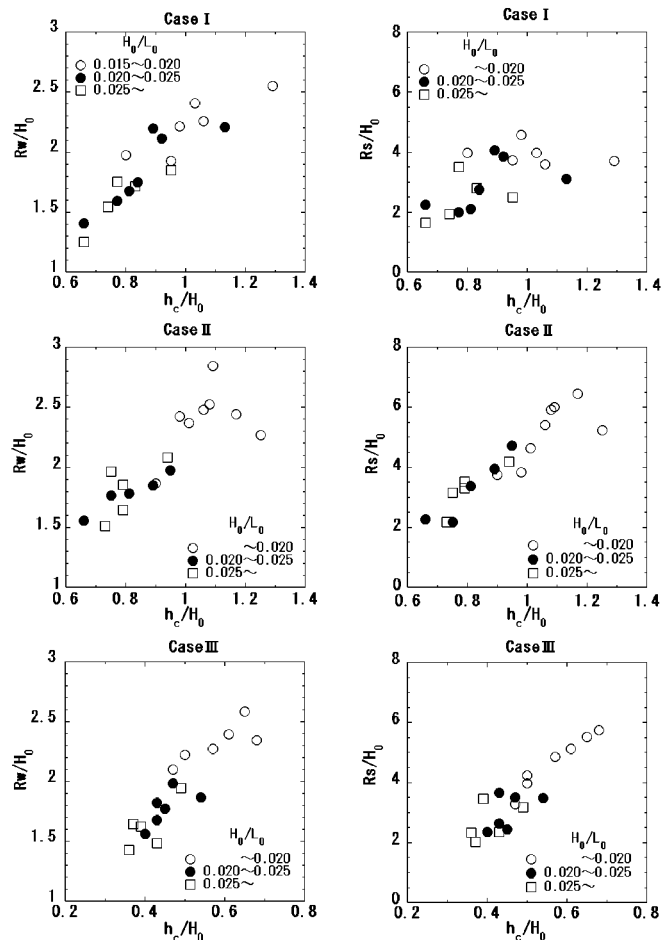


図-1 相対水塊打ち上げ高さと
相対護岸天端高との関係

図-2 相対飛沫打ち上げ高さと
相対護岸天端高との関係

h_c/H_0 の関係を示す。各ケースとも h_c/H_0 の増加と共に増大する傾向がわかる。また Case I, II を比較すると、Case II の場合、 H_0/L_0 が小さい波ほど水塊高さが大きいことがわかるが、これは小段により消波ブロック前面で砕波したため相対打ち上げ高が大きくなったと考えられる。また、Case II と III を比較すると顕著な差が見られないこ

とから、相対水塊打上げ高さはあまり天端高によらないと考えられる。

(2) 飛沫の打ち上げ特性

図-2 に H_0/L_0 をパラメータとした各ケースの相対飛沫高さ R_s/H_0 と相対護岸天端高 h_c/H_0 との関係を示す。Case I では、 H_0/L_0 の値がある程度小さくなると飛沫高さの増加は見られないが、Case II および Case III での小段を設けた場合では増加傾向が顕著に現れている。これは水塊の打上げ高さと同じように消波ブロック前面で砕波するときに高くなるためだと考えられる。また Case II, III を比較すると、これも水塊打上げ高さと同様に、飛沫高さは天端高による有意な影響は見られない。

(3) 越波流量の検討

H_0/L_0 をパラメータとした各ケースごとの越波流量 $q/\sqrt{2gH_0^3}$ と h_c/H_0 の関係を図-3 に示す。いずれのケースにおいても、既往の研究と同様に h_c/H_0 が小さくなるほど、また波形勾配の小さい波ほどその流量は増大する傾向が認められた。一方、Case II, III を比較して小段による越波流量の低減効果は、波形勾配の小さい波ほどその影響は顕著に現れている。

4. 水塊打上げ高算定式の提案

水塊打上げ高さを H_0/L_0 と h_c/H_0 を用いて、以下のよう

$$\frac{R_w}{H_0} = A \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^m \left(\frac{h_c}{H_0} \right)^n \quad (1)$$

これより求めた各ケースの係数 A 、指数 m 、 n の値を表-2 に示す。これより各ケースで、 H_0/L_0 と h_c/H_0 の指数の符号が逆になっているが、このことは、3.(1) の考察と一致している。なお、式 (1) の適用範囲は H_0/L_0 が $0.013 \sim 0.037$ 、 h_c/H_0 が $0.36 \sim 1.29$ である。次に、式 (1) より求めた推定値と実測値との比較を図-4 に示す。これらの図より、Case II に若干のばらつきが見られるが、各ケースとも良好な一致を示していると言える。

5. 結論

本研究で消波護岸模型を用いて種々の波浪条件および護岸天端高と越波流量並びに水塊・飛沫高さとの関係を整理した。得られた結論は以下のとおりである。

- 1) 消波ブロックに小段を設けると、波形勾配の小さいもののほど越波流量が減少するが、飛沫高さが増大する傾向にある。
- 2) 水塊・飛沫高さは、波形勾配が小さい場合でも消波ブロック上で強い砕波が生じるときに高くなる傾向にある。
- 3) 護岸の天端高さを低くすると越波流量はかなり増加するが、水塊・飛沫高さに対しては大きな変化は見られなかつ

た。

- 4) 水塊打上げ高さの算定式を波形勾配 H_0/L_0 と相対天端高 h_c/H_0 との関数として導き、それを用いて実測値と比較したところ、比較的良好に一致することが確かめられた。

参考文献

- 合田良実, 岸良安治, 神山豊 (1975): 不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究, 港湾技術研究所報告, 第4巻, 第4号, pp.3-44.
- 木村克俊, 藤池貴史, 上久保勝美, 安倍隆二, 石本敬志 (1998): 道路護岸における波の打ち上げ特性に関する現地観測, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.676-680.
- 平石哲也, 平山克也, 丸山晴広, 奥野光洋, 富田孝史 (2001): 小段を活用した越波低減型護岸の適用性に関する模型実験, 海岸工学論文集, 第48巻, pp.726-730.

表-2 係数および指数

	A	m	n
Case I	0.84032	-0.23611	0.75912
Case II	0.60569	-0.32874	0.57986
Case III	0.98360	-0.28205	0.56402

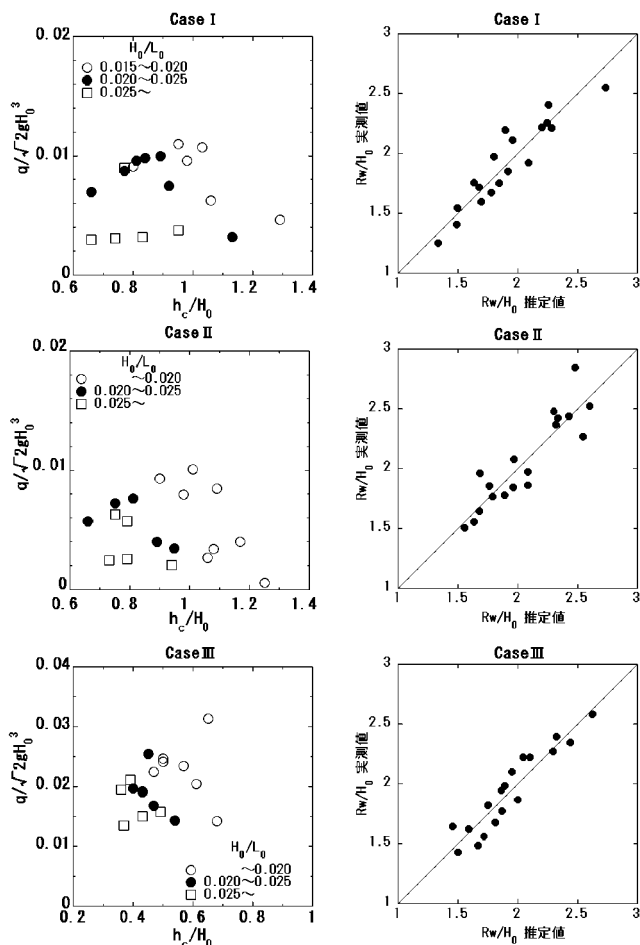


図-3 無次元越波流量と相対天端高との関係

図-4 相対水塊打上げ高さの推定値と実測値との比較