

消波護岸における越波飛沫の打ち上げ特性に関する現地観測

Field Measurements of Wave Splash Height on Block Armored Seawall

室蘭工業大学 大学院

○ 学生員 浜口 正志 (Masashi Hamaguchi)

室蘭工業大学 建設システム工学科

正 員 木村 克俊 (Katsutoshi Kimura)

1. はじめに

護岸を設計する際には、背後地の利用形態に応じて適切な越波流量を設定する必要がある。護岸背後に道路がある場合には、自動車の安全な走行を確保するために、高波時の波の打ち上げを抑えることが必要である。しかしながら既設の道路護岸では、海域利用者との調整が難しく、適切な護岸改良を行えない場合が少なくない。こうした箇所において、管理者は現地の越波状況を把握し、通行車両に危険が及ぶ場合には、通行規制などの適切な道路管理を行わなければならない。そのためには、越波現象自体の解明と予測手法の確立が重要である。

本研究では、比較的水深の浅い消波護岸を対象として越波の現地観測を行い、越波飛沫の打ち上げ特性を明らかにする。

2. 越波飛沫の最大到達高さ

消波護岸における越波飛沫は、波面が消波ブロック法面に作用するタイミング (phase1) と、ブロックを透過した波面が直立部に作用するタイミング (phase2) の2種類に分けられる。このうち phase1 については、外力を重力に限定すると、質点の放物運動によって越波飛沫の軌跡が推定できる。

図-1に示すように、消波ブロック法面と静水面の交点を原点とし、水平方向岸向きにx軸、鉛直方向上向きにz軸をとる。飛沫が初速度 v_0 で水平方向から角度 β で飛散し、時間 t の間に水平方向に x 、鉛直方向に z だけ移動して、直立部天端に到達したとすれば、

$$x = v_0 \cos \beta \cdot t \quad (1)$$

$$z = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

となる。上の2式から t を消去すると、飛沫の発生初速度 v_0 は次のように表すことができる。

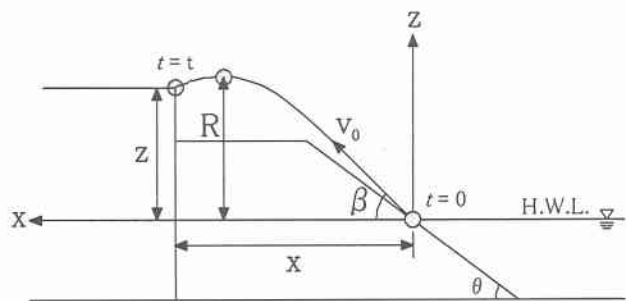


図-1 越波飛沫の軌跡

$$v_0 = \sqrt{\frac{gx^2}{2\cos^2 \beta (x \tan \beta - z)}} \quad (3)$$

また、越波飛沫の最大到達高さ R と v_0 の関係を次のように表すことができる。

$$v_0 = \frac{\sqrt{2gR}}{\sin \beta} \quad (4)$$

式(4)より、 β がわかれば R から v_0 を推定できる。

3. 現地の状況

北海道日高管内の一般国道336号、通称「黄金道路」は越波の多発地帯で、1年に数回程度越波による通行障害が発生している(木村ら¹⁾)。現地での越波飛沫の状況を把握するために、2002年9月にえりも町目黒地区で現地観測を行った。現地の平面地形を図-2に示す。護岸前面の海底勾配は1/30~1/100である。図-3に道路護岸の断面形状を示す。

観測対象とした護岸近傍にデジタルビデオカメラを設置し、越波状況を撮影した。1回の越波観測時間は20分とした。撮影したビデオ画像をもとに、一波ごとの打ち上げ高さを読み取った。静水面からの最大到達高さを R_s

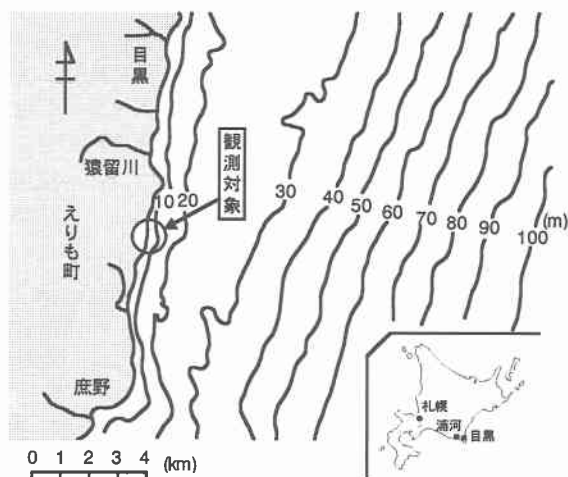


図-2 現地の地形

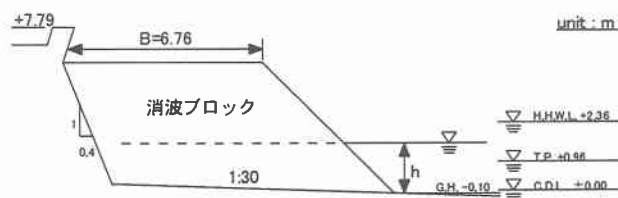
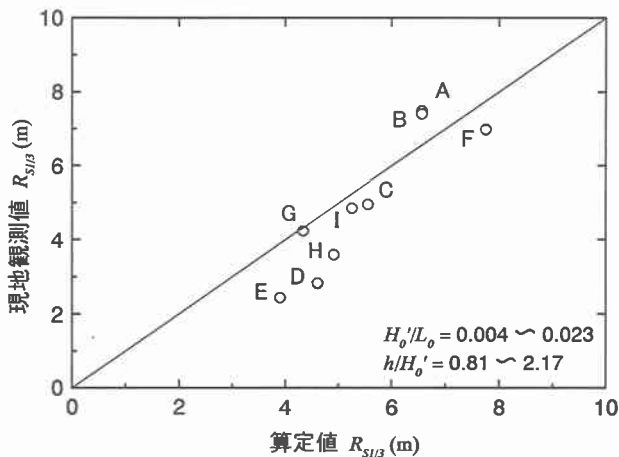


図-3 護岸の断面形状

表－1 現地観測結果

	年 月 日 時 刻	水深 h (m)	周期 T_0 (s)	波高 H_0' (m)	打ち上げ高さの 現地観測値 R_{SL} (m)	打ち上げ高さの 算定値 R_{SL} (m)
A	2002年9月6日 15:20～15:40	1.32	9.3	1.14	7.50	6.57
B	2002年9月10日 15:20～15:40	1.21	11.0	1.24	7.42	6.47
C	2002年9月11日 15:20～15:40	1.17	7.7	0.93	4.97	5.56
D	2002年9月12日 15:20～15:40	1.14	7.8	0.69	2.84	4.61
E	2002年9月13日 15:20～15:40	1.15	9.2	0.53	2.45	3.91
F	2002年9月18日 15:20～15:40	1.34	9.3	1.66	7.00	7.76
G	2002年9月19日 15:20～15:40	1.24	8.1	0.62	4.24	4.34
H	2002年9月20日 15:20～15:40	1.24	5.0	0.92	3.61	4.92
I	2002年9月23日 15:20～15:40	1.31	6.0	0.84	4.86	5.26



図－4 算定値と現地観測値の比較

とし、有義波諸元に相当する打ち上げ高さ $R_{SL/3}$ を求めた。現地では、合計9データが観測された。越波飛沫の打ち上げ高さと同津漁港沖における波浪諸元を表－1に示す。

4. 越波飛沫の打ち上げ特性

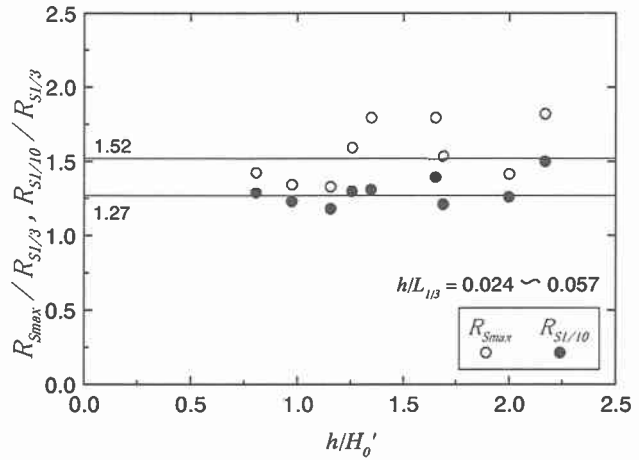
現地の構造条件では、波面が消波ブロック法面で衝突する $phase1$ での打ち上げ高さが卓越する。浜口ら²⁾は、水理模型実験結果に基づいて、以下に示す $phase1$ の打ち上げ高さの算定式を提案している。

$$\frac{R_{SL}}{H_{1/3}} = \begin{cases} 7.6 - 1.5 \left(\frac{h}{H_0'} \right) & \left(0 \leq \frac{h}{H_0'} \leq 4.5 \right) \\ 0.85 & \left(4.5 \geq \frac{h}{H_0'} \right) \end{cases} \quad (5)$$

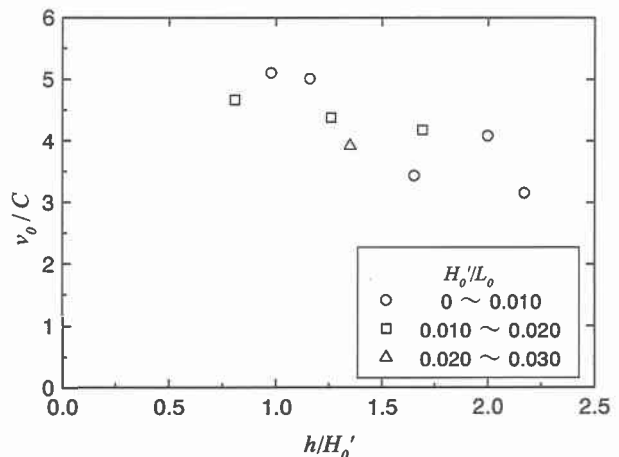
式(5)より求めた算定値と現地観測値を比較したところ、図－4に示すように両者は概ね一致しており、算定式により妥当な値が得られることを確認した。

図－5は、横軸に水深波高比 h/H_0' をとり、縦軸に打ち上げ高さの代表値間の比 $R_{Smax}/R_{SL/3}$ および $R_{SL10}/R_{SL/3}$ を示している。波高に対しては $H_{max}/H_{1/3}=1.52$ 、 $H_{1/10}/H_{1/3}=1.27$ という関係が導かれるが、越波飛沫の打ち上げ高さに対してはほぼ同様な関係が得られることがわかる。

これまでの実験により、一般的な消波護岸の場合、飛沫の打ち出し角度 β は約 50° となることが確認されている。図－6は、式(4)より求めた飛沫の初速度 v_0 を示している。



図－5 打ち上げ高さの代表値



図－6 飛沫の初速度と波速の比

水深波高比 h/H_0' が小さくなるにつれて v_0 は大きくなり、その値は波速 C の3～5倍程度となる。また、波形勾配 H_0'/L_0 の影響は小さいことがわかる。

5. まとめ

消波護岸を対象として越波飛沫の現地観測を行い、以下の結論を得た。

- ① $phase1$ が卓越する条件の消波護岸に対して、現地データを用いて、算定式の妥当性を示した。
- ② 飛沫の打ち上げ高さから初速度を推定し、波浪条件の影響を明らかにした。

越波飛沫の現地観測に関しては、北海道開発局浦河道路事務所の協力を得た。また、波浪および潮位データは北海道開発局十勝港湾建設事業所により提供いただいた。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 木村克俊・藤池貴史・上久保勝美・安部隆二・石本敬志：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, 1998.
- 2) 浜口正志・木村克俊・安田佳乃子・山本泰司・三船修司：消波護岸における越波飛沫の打ち上げ特性に関する研究，土木学会第57回年次学術講演会講演概要集 pp.91-92, 2002.