

消波型高基混成堤の水理特性に及ぼす断面形状の影響について

Effects of caisson and mound shape for hydraulic performances of high mound composite seawalls

室蘭工業大学大学院 ○学生員 田端恵士(Keiji Tabata)
 室蘭工業大学建設システム工学科 正員 木村克俊(Katsutoshi Kimura)
 (独法) 北海道開発土木研究所 正員 山本泰司(Yasuji Yamamoto)

1. まえがき

近年、防波護岸や埋立護岸の建設に際しては、建設コストの縮減と環境との共生が強く求められている。著者らはこうした要請に応えることを目的として、**図-1**に示す消波型高基混成堤の開発を進めてきた。この構造は、高いマウンドとスリット式上部工により高い消波性能を実現するとともに、マウンド面の藻場としての活用を期待するものである。

本研究では、消波型高基混成堤の標準的な設計法を確立することを目的として、系統的な水理模型実験を実施した。ここではマウンド及び直立部の形状が反射及び越波特性に及ぼす影響について取りまとめる。

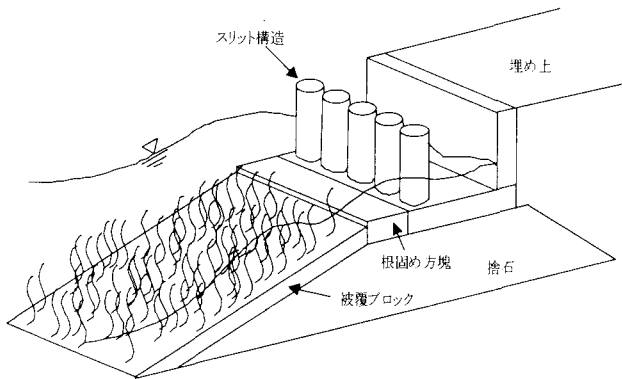


図-1 消波型高基混成堤

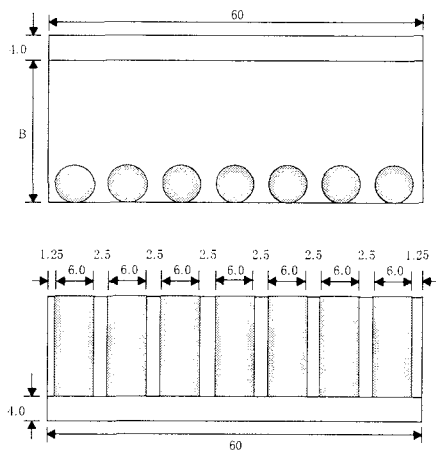


図-2 直立部の形状(unit:cm)

2. 実験方法

本実験は、長さ27m、幅0.6m、高さ1.2mの二次元造波水路に海底勾配1/30の水路床を設置して行った。堤体設置水深 h は40.8cmで一定とした。直立部は、**図-2**に示すような開口率30%の円筒形スリット構造とした。

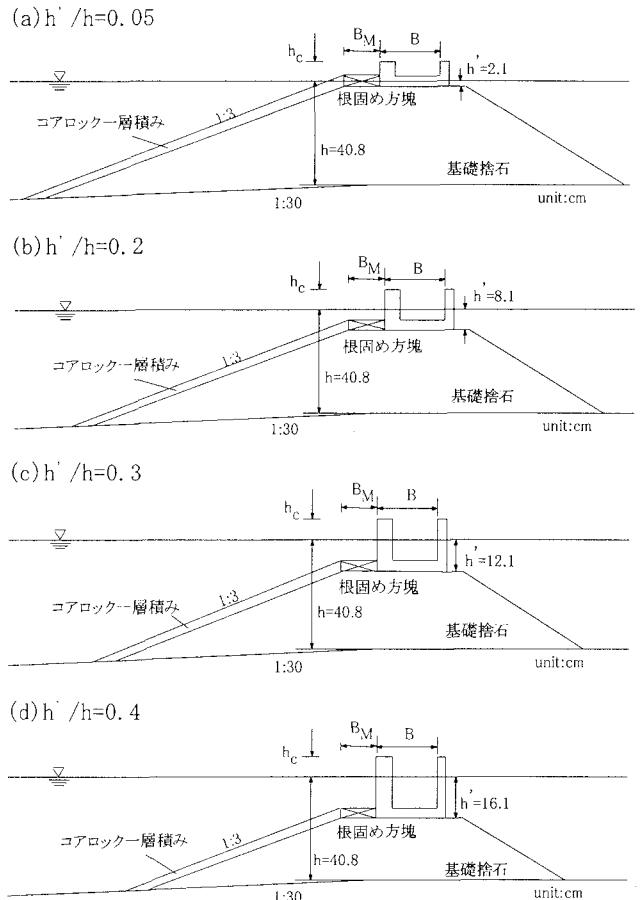


図-3 実験模型の断面形状

堤体の断面形状は、**図-3**に示すようにマウンド上水深 h' を2.1~16.1cmの範囲で4種類に変化させた。さらに遊水室幅 $B=15\sim70$ cm、天端高さ $h_c=1.9\sim27.9$ cm、マウンド前肩幅 $B_M=14\sim95$ cmの範囲で変化させた。なお、模型縮尺は1/26を想定している。実験波は、ブレードシュナイダー・光易型周波数スペクトルを有する不規則波を用い、波数を150~250程度とし、有義波高 $H_{1/3}=3.4\sim20$ cm、周期 $T_{1/3}=1.41\sim2.75$ sの範囲で変化させた。

測定項目は、反射率、越波水塊および飛沫の打ち上げ高さ、越波流量とした。反射実験では、沖側に常設した2本の波高計を用いて、入反射分離法より反射率を求めた。打ち上げ実験については、堤体側面に設置したデジタルビデオカメラを用いて越波状況を撮影し、静水面からの高さを1波ずつ読み取り、水塊および飛沫の有義波諸元に相当する打ち上げ高さを求めた。越波実験では、堤体天端に導水樋を設置し、越波水を堤体背後の取水容器に集め、その流量を測定した。

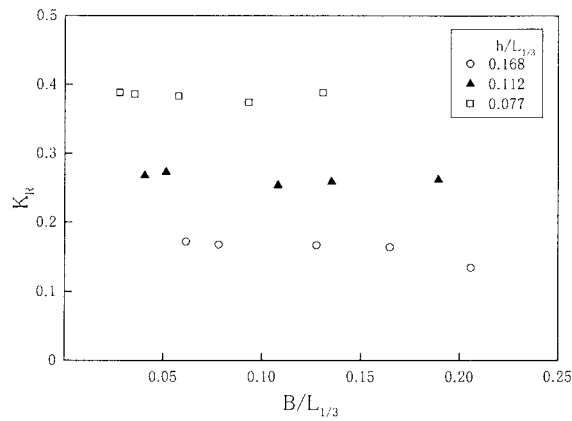
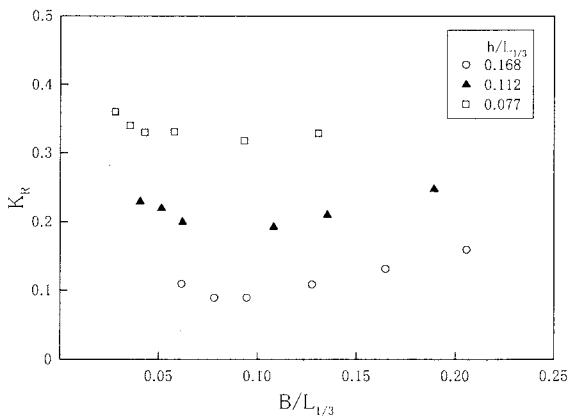
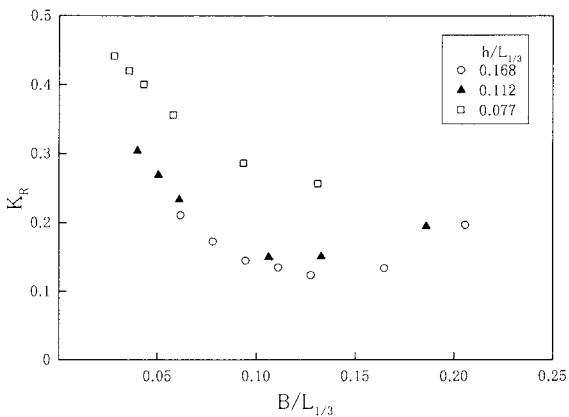
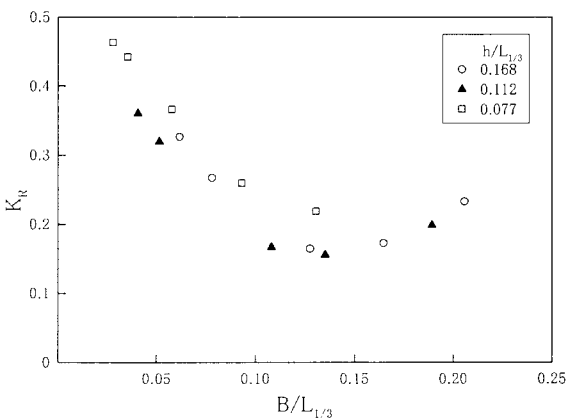
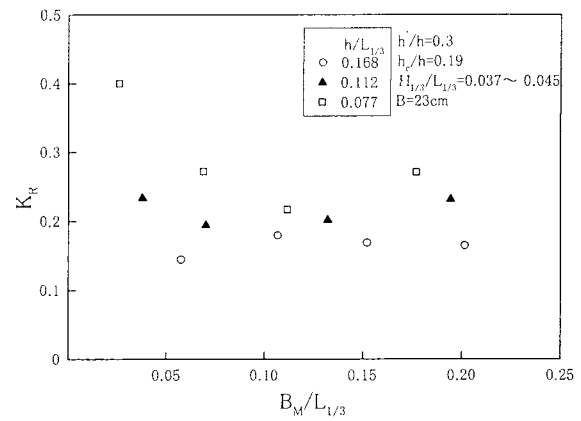
(a) $h'/h=0.05$ (b) $h'/h=0.2$ (c) $h'/h=0.3$ (d) $h'/h=0.4$ 図-4 反射率 ($h_c/h=0.19$, $B_M=14\text{cm}$)

図-5 マウンド前肩幅の影響

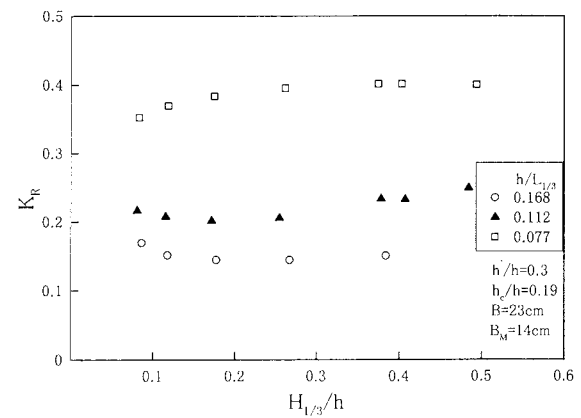


図-6 波高水深比の影響

3. 反射特性

まず波形勾配 $H_{1/3}/L_{1/3}=0.037 \sim 0.045$ の範囲に限定して、堤体断面形状の影響を検討する。図-4は、相対遊水室幅 $B/L_{1/3}$ と反射率 K_R の関係を h'/h ごとに示している。 $h'/h=0.05$ の条件では反射率 K_R に対する $B/L_{1/3}$ の影響は小さく、相対水深 $h/L_{1/3}$ が小さいほど K_R は大きい傾向がある。 h'/h が大きくなるにつれて、 $B/L_{1/3}$ に対して K_R が極小値を持つようになる。 $h'/h=0.4$ では一般的な直立消波ケーソンと同様に $B/L_{1/3}=0.13$ 付近で極小となり、 $h/L_{1/3}$ の影響が小さくなる。

図-5は、無次元前肩幅 $B_M/L_{1/3}$ と反射率 K_R の関係を示している。周期の短い $h/L_{1/3}=0.168$ の場合は B_M の影響は見られないが、 $h/L_{1/3}=0.112$ および 0.077 の場合は $B_M/L_{1/3}=0.1$ 付近で極小値をもつ傾向がある。

次に $h'/h=0.3$ 、 $B=23\text{cm}$ の堤体に対し、波高の影響を検討する。図-6は、波高水深比 $H_{1/3}/h$ と反射率 K_R の関係を示している。 K_R は周期の影響は大きい、波高による影響は小さい傾向がある。

4. 越波水塊および飛沫の打ち上げ特性

写真-1は、 $h'/h=0.3$ 、 $B=23\text{cm}$ 、 $B_M=14\text{cm}$ 、 $h_c=7.9\text{cm}$ の堤体に、 $T_{1/3}=1.41\text{s}$ 、 $H_{1/3}=10.8\text{cm}$ の波が作用している状況である。ここでは、波面がスリット部への衝突時 (phase I)、直立部後壁への衝突時 (phase II) の2つのタイミングに分けて越波状況を観察した。図-7は、越波状況を正面から見た状況であり、波の実質部分を「水

塊」、水脈が分離した部分を「飛沫」と定義した。

周期の短い波が作用した場合には、水塊や飛沫の打ち上げが顕著となる。ここでは $h/L_{1/3}=0.168$ の条件に限定して、 $h'/h=0.3$ の堤体への水塊及び飛沫の打ち上げ特性を調べた。図-8は相対遊水室幅 $B/L_{1/3}$ と無次元打ち上げ高さ $R_{1/3}/H_{1/3}$ の関係を示している。遊水室が広いほど後壁への波圧が小さいため、飛沫の打ち上げ高さが小さくなるものと考えられる。

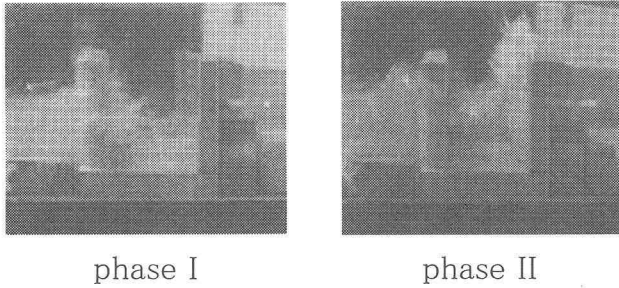


写真-1 堤体への波の作用状況

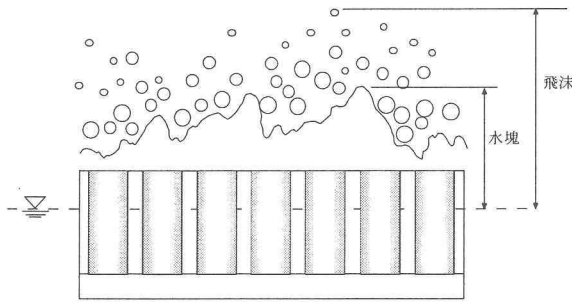


図-7 水塊・飛沫の定義

5. 越波流量

(1) 遊水室幅の効果

図-9は、相対遊水室幅 $B/L_{1/3}$ と無次元越波流量 $q/(gH_{1/3}^3)^{1/2}$ の関係を示している。 $h/L_{1/3}=0.168$ では、 $q/(gH_{1/3}^3)^{1/2}$ は $B/L_{1/3}$ による影響は小さい。これに対し、 $h/L_{1/3}=0.112$ および 0.077 では $B/L_{1/3}$ の影響が現れ、反射特性と同様に $B/L_{1/3}$ が 0.1 程度のときに、越波流量は極小値が得られる結果となった。

(2) 必要天端高さ

越波流量の測定結果を再整理して、現地換算した越波流量 q ($m^3/m/s$)が 0.02 となるための必要天端高さ h_c を求めた。図-10は水深波高比 $H_{1/3}/h$ と相対天端高さ $h_c/H_{1/3}$ の関係を示している。 $h/L_{1/3}=0.168$ では $h_c/H_{1/3}$ がほぼ一定となるのに対して、 $h/L_{1/3}=0.112$ および 0.077 では $h_c/H_{1/3}$ の増大傾向が顕著となる。

図-11は、従来型の消波護岸を対象として、合田²⁾による算定図表を用いて求めた天端高さと、消波型高基混成堤の天端高さと比較したものである。 $h/L_{1/3}=0.112$ ではほぼ同程度の必要天端高さとなる。また、周期の短い $h/L_{1/3}=0.168$ では消波型高基混成堤、周期の長い $h/L_{1/3}=0.077$ では従来型の消波護岸のほうが必要天端高さを低くできることがわかる。

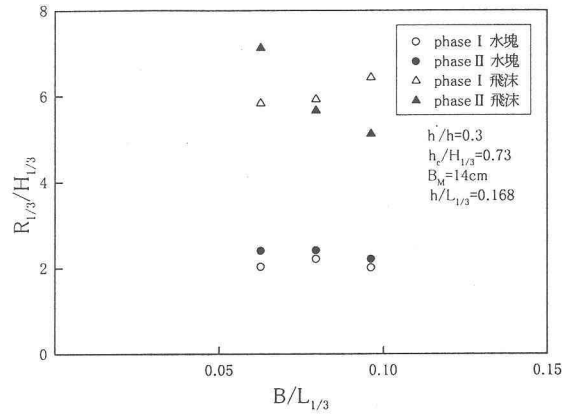


図-8 相対遊水室幅と無次元打ち上げ高さの関係

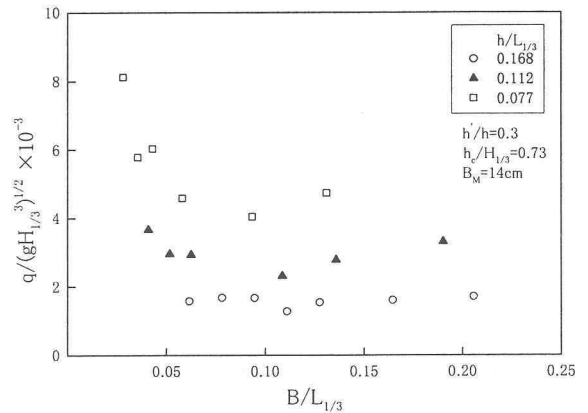


図-9 相対遊水室幅と無次元越波流量の関係

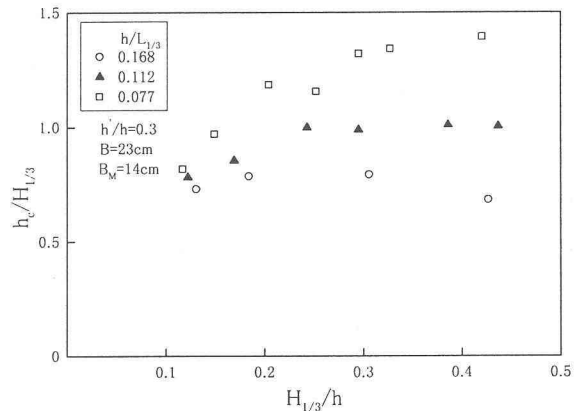


図-10 波高水深比と必要天端高さの関係

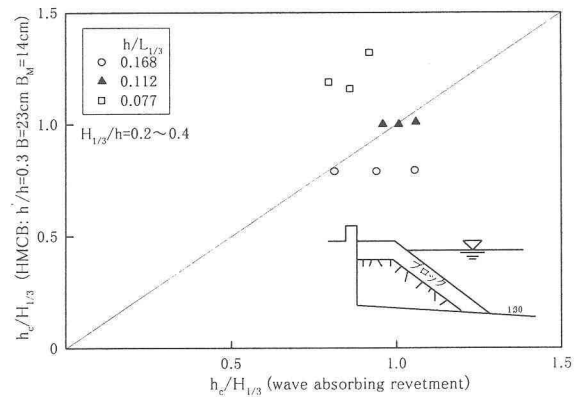


図-11 消波護岸と消波型高基混成堤の比較

(3) マウンド前肩幅の効果

図-12は、 $h/L_{1/3}=0.077$ の条件に対して、無次元前肩幅 $B_w/L_{1/3}$ の影響を示している。マウンド前肩幅を広げることによって越波流量が低減するため、天端高さを小さくできることがわかる。

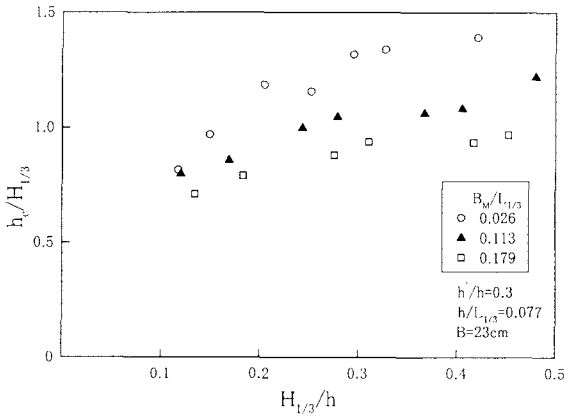


図-12 マウンド前肩幅の影響

6. まとめ

本研究で得られた主要な結論を以下に示す。

- ① 反射率に及ぼすマウンド比水深、遊水室幅およびマウンド前肩幅の影響を示した。
- ② 越波水塊および飛沫の打ち上げ高さに及ぼす遊水室幅の影響を明らかにした。
- ③ 越波流量に及ぼす遊水室幅、天端高さおよびマウンド前肩幅の効果を示すとともに、従来型の消波護岸との性能比較を行った。

本研究の実施に際しては、室蘭工業大学4年生長谷川高之君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 木村克俊、早川哲也、高橋重雄、下迫健一郎、H. Oumeraci: 消波型高基混成堤の越波特性に関する大型模型実験、海岸工学論文集、第46巻、pp. 756-760、1999.
- 2) 合田良實、岸良安治、神山豊: 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14巻第4号、pp. 3-44、1975.