

II-45

急勾配条件下の混成堤直立部の滑動特性

北海道開発局 開発土木研究所 ○正会員 上久保勝美・木村 克俊・林 忠志
 北海道東海大学海洋開発工学科 正会員 竹田 英章
 日本データサービス(株) 遠藤 強

1. まえがき

離島を始めとして海底勾配が急な条件下では、防波堤の設計において衝撃波圧の発生を考慮する必要がある。急勾配条件下の直立壁に作用する衝撃波圧に関しては、Mitsuyasu(1962)、合田ら(1967)、高橋ら(1983)の研究により発生機構が解明されているが、マウンド形状の影響を含めた混成堤直立部の滑動特性を調べた事例は少ない。現在、混成堤の設計に用いられている合田式は、海底勾配が 1/30 程度より緩やかな条件に対する適用性が確認されているが、これより勾配が急な条件に対しては系統的な検討が行われていない。本研究では、海底勾配が 1/10 の条件を対象として、断面実験により混成堤直立部の滑動特性を明らかにするとともに、平面実験を行って波の入射角の影響に関する検討を行った。

2. 断面実験による検討

(1) 実験の方法

実験は図-1 に示す不規則波発生装置を備えた 2 次元造波水路(長さ 28.0m、幅 0.6m、深さ 1.2m)で行った。水路内に勾配 1/10 のモルタル床を設け、図-2 に示す堤体模型を設置した。堤体の構造条件は設置水深 h を 20、25 および 30cm の 3 種類、天端高さ h_c を 5 ~ 15cm に変化させた。またマウンド前肩幅 B_M は 12.5cm で一定とし、マウンド厚 h_M を 5 ~ 13cm に変化させた。

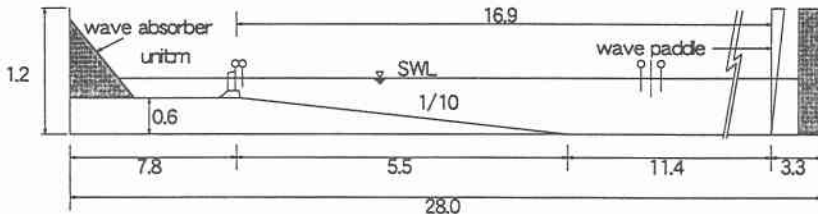


図-1 実験水路

実験波は Bretschneider・光易型のスペクトルを有する不規則波を用いた。波浪条件は周期を $T_{1/3}=1.58, 1.90$ および 2.21sec の 3 種類、波高を $H_{1/3}=7.5 \sim 17.5\text{cm}$ とした。実験波は 1 波群の作用波数は 210 ~ 270 波とし、堤体背後に設置した変位計により滑動量を測定した。

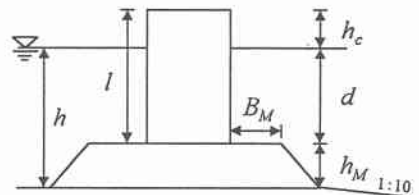


図-2 堤体模型

ケーソン模型はアクリル板で作成し、内部に詰める鉛塊の量によりケーソン重量を調整した。ケーソン下面にはモルタル版を取り付けてあり、予め静的載荷試験を行

Sliding Characteristics of Composite Breakwaters on Steep Slope Condition

by Katsumi KAMIKUBO, Katsutoshi KIMURA, Tadashi HAYASHI, Hideaki TAKEDA and Tsutomu ENDOU

って捨石マウンドとの摩擦係数を確認している。各条件に対してケーソン重量を5～8種類に変化させて滑動実験を行い、滑動限界重量を求めた。さらに滑動限界重量を全水平波力に換算し、これを直立部の高さ l で除した平均波圧強度 p を用いて実験結果を整理した。

(2) 衝撃波圧の特性

写真-1 はマウンド比水深 d/h が 0.6 で $H_{1/3}=15\text{cm}$ 、 $T_{1/3}=1.58\text{s}$ の最高波に相当する波の作用状況を示している。直立部に衝撃波圧が作用している状況を示している。マウンド上で巻き波砕波が生じ、気泡を含んだ波面が直立部に衝突している。

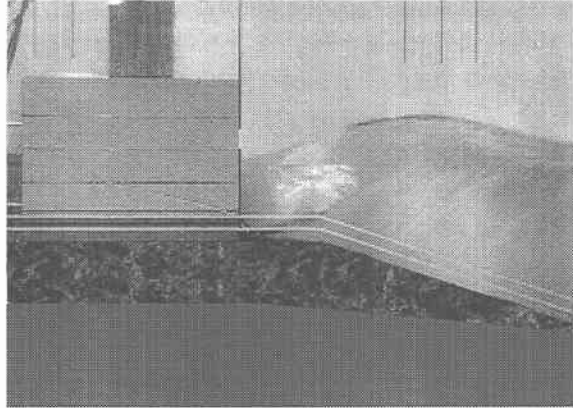


写真-1 実験断面

図-3 は、 $d/h=0.6$ の条件に対して、 H_{\max}/h と無次元波圧強度 p/w_0H_{\max} の関係を示している。 H_{\max}/h が大きくなるとともに波圧が増大し、 H_{\max}/h が 0.7 以上では無次元波圧強度が 2.0 を上回る衝撃波圧が発生している。Mitsuyasu (1962) が実験で示したように、波形勾配 H_0/L_0 が小さいほど波圧が大きい傾向を示している。

図-4 は、 H_{\max}/h が 0.8～1.0 の条件に対して、マウンド比水深 d/h と p/w_0H_{\max} の関係を示している。 d/h が 0.6 のときに波圧は極大となり、無次元前肩幅 $B_M/L_{1/3}$ が小さいほど波圧が大きい傾向がある。図中の実線は海底勾配が 1/100 の実験結果に基づいて高橋ら (1992) が提案した計算曲線を示している。急勾配条件では、1/100 勾配の計算値に比べて p/w_0H_{\max} が 2.0 を越える d/h の範囲が広がるとともに作用波圧が大きくなっている。

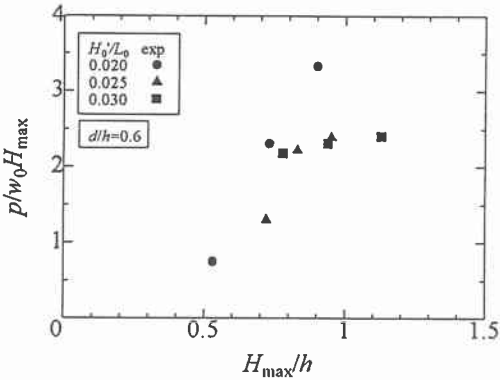


図-3 波高による波圧の変化

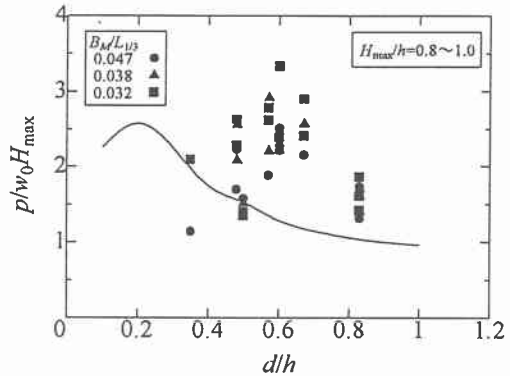


図-4 マウンド高さによる波圧の変化

3. 平面実験による検討

(1) 実験の方法

平面実験は図-5 に示す平面水槽(長さ 20.0m、幅 33.0m、深さ 3.0m)において実施した。この水槽の長辺側にはサーペント型造波装置が備えられており、斜め入射波を発生できる。堤体模型は全長 5.2m の島堤とし、法線方向の長さが 26cm のケーソン模型を 20 函設置した。水槽内には造波装置前から 1/10 勾配のモルタル斜面が設けてあり、水深 h が 35.4cm の地点に堤体模型を設置した。模型の断面形状は、直立部の天端高さ h_c を 12cm、マウンド水深 d を 24.8cm、前肩幅 B_M を 12.5cm とした。

実験波は一方向不規則波とし、波向き β を 0° 、 15° および 30° の 3 種類に変化させた。なお $\beta = 0$ の場合は防波堤法線に沿う波高分布が左右対象となることから、堤体中央から左半分を測定対象とした。波浪条件は $T_{1/3}=2.21\text{sec}$ 、 $H_{1/3}=15.0\text{cm}$ の 1 種類とし、1 波群 200 波作用後の滑動量を求め、断面実験と同様の方法で平均波圧強度に換算した。

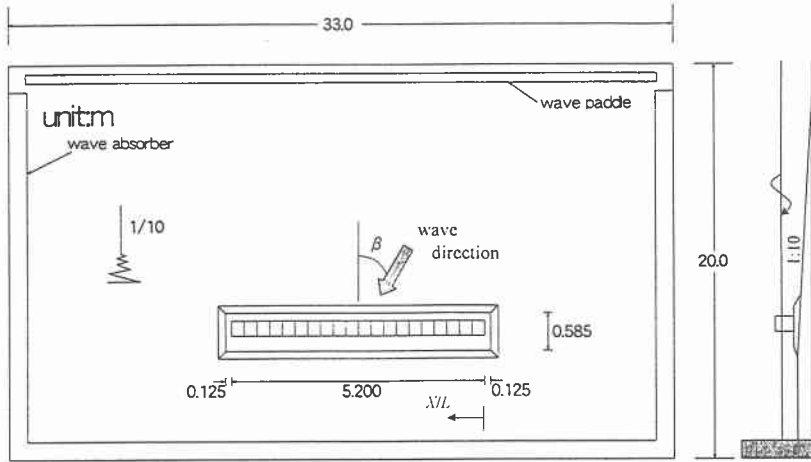


図-5 模型の平面配置

(2) 波向きの影響

図-6 は堤体重量を合田式による必要重量とした場合(安全率が 1.0 に相当)の滑動量と堤体前面における重複波高の計算値を示している。直角入射では斜め入射の場合に比べて滑動量が大きい。斜め入射の場合にはケーソンの法線に沿って波圧に位相差が生じるが、衝撃波圧では作用時間が短くなり位相差の影響が顕著となることから滑動量が減少したと考えられる。いずれの波向きに対しても重複

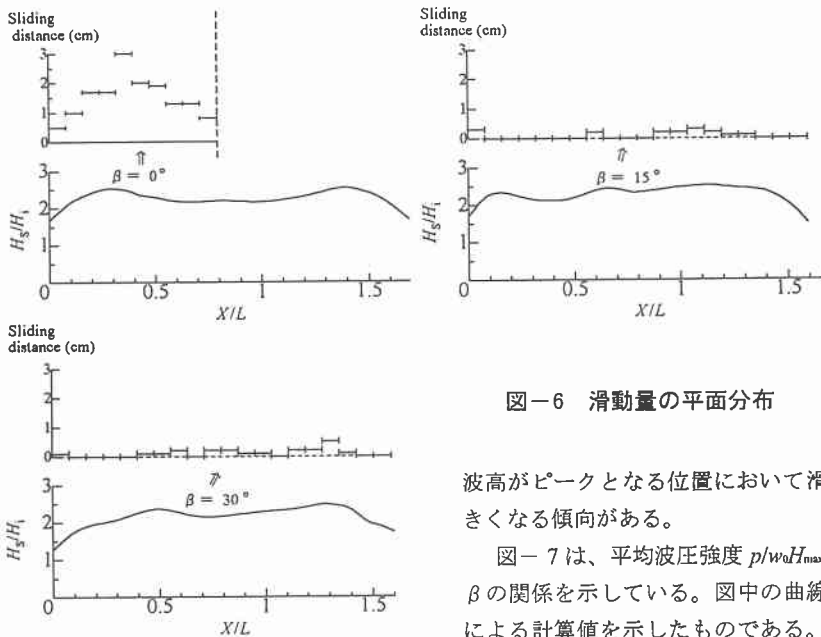


図-6 滑動量の平面分布

波高がピークとなる位置において滑動量も大きくなる傾向がある。

図-7 は、平均波圧強度 p/w_0H_{max} と波向き β の関係を示している。図中の曲線は合田式による計算値を示したものである。 $\beta = 0^\circ$ で

は計算値の 1.6 倍程度の衝撃波圧が生じている。
 β が 15° 、 30° となるにつれて波圧は減少し、
 計算値にほぼ一致している。

4. まとめ

急勾配条件での混成堤直立部に働く波圧特性
 に関して、得られた主な結論は以下のとおりで
 ある。

- ① 衝撃波圧は波高水深比 H_{max}/h が 0.7 以上の条
 件で発生する。波形勾配 H'/L_0 が小さいほど
 波圧が増大する。(図-3)
- ② マウンド比水深 d/h が 0.6 で衝撃波圧が最大
 となる。急勾配条件では 1/100 勾配の場合に
 比べて作用波圧が大きい。(図-4)
- ③ 入射角 β が 15° 以上の斜め入射条件においては、衝撃波圧が発生しない。(図-7)

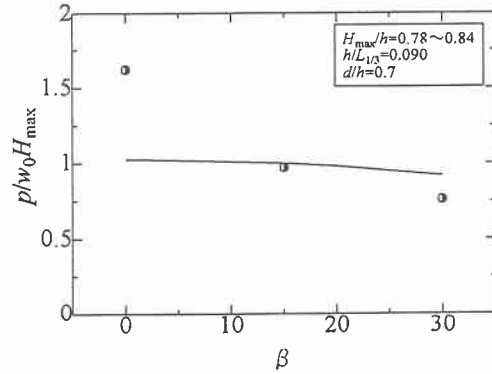


図-7 波向きの影響

5. あとがき

今回の検討では、一般的な結論を得るまでには至っていないが、急勾配条件における衝撃波圧の特性が明らかになった。今後は、海底勾配をパラメーターにして、波圧増大を定量的に評価するための検討を行う予定である。

実験の実施にあたっては、北海道東海大学工学部海洋開発工学科 4 年生の須合盛君、東藤和典君の協力をいただいた。ここに記して、感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 合田良実・原中祐人(1967)：衝撃波圧に関する一実験、港湾技研資料、No.32、18p。
 高橋重雄・谷本勝利・鈴木諭司(1983)：直立壁に作用する衝撃波圧の発生機構に関する一考察、
 港湾技術研究所報告、第 22 巻、第 4 号、pp.3 ~ 31
 高橋重雄・谷本勝利・下迫健一郎・細山田得三(1992)：混成防波堤のマウンド形状による衝撃碎
 波力係数の提案、海岸工学論文集、第 39 巻、pp.676 ~ 680
 Hisashi Mitsuyasu(1962)：Experimental Study on Wave Force Against a Wall, Coastal Engineering in
 Japan, Vol. 5, 1962