

正員 久保 弘一

正員 井田 康夫

1. はじめに わが国の防波堤の大部分を占める混成堤の安定性については $P \leq W/F$ (P : 波力, W : 直立部と捨石マウンドの摩擦係数, W : 直立部水中重量, F : 安全率) の関係で滑動をチェックするほか, 転倒や耐支力を検討している。しかし摩擦係数については静的状態における $\mu = 0.6$ を画一的に用いることは現地における防波堤の複雑な挙動から見て説得性に欠けるきらいがある。そこで, この報告では砕波を対象にして波力, マウンドの材質や締固め状態, 直立部重量等の諸要素が直立部の挙動特性に与える影響を調べると共に, 動的状態における摩擦係数についても言及しようとするものである。

2. 実験方法 実験は二次元波浪水槽 ($0.8^m \times 0.9^m \times 3.5^m$) を用いて典型的な砕波が起るように図-1の装置に, 表-1の波を作用させた。直立部 (40 cm 角, 高さ 55 cm) は底面が厚さ 5 cm のモルタル構造になっている中空アクリル板製で, 滑動限界重量を求めるため, 4.3 ~ 6.9 kgf まで 1 kgf ずつ, 内部の砂を増量した。またマウンドはタイプⅠ (モルタル), タイプⅡ (20 ~ 30 mm の砂利を固定), タイプⅢ (20 ~ 30 mm の砂利による移動床) の3タイプを用いた。滑動量は変位計2台を直立部中央後部の上, 下端に配し, 堤体前面の水位

図-1 実験装置

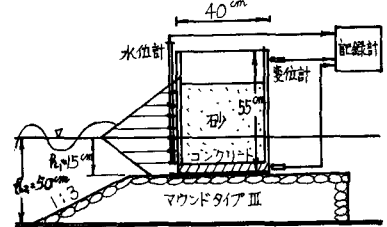


表-1 実験波の諸元

波	水深 R_1	水深 R_2	周期 T [sec]	波高 H [cm]	波長 L [cm]	波形勾配 H/L	R_1/H
①	15 cm	50 cm	1.8	17.2	358	0.048	0.87
②			2.3	15.2	477	0.032	0.99
③			1.5	14.7	282	0.052	1.02
④			1.8	13.7	358	0.038	1.09
⑤			2.3	12.6	477	0.026	1.19

3. 実験の結果

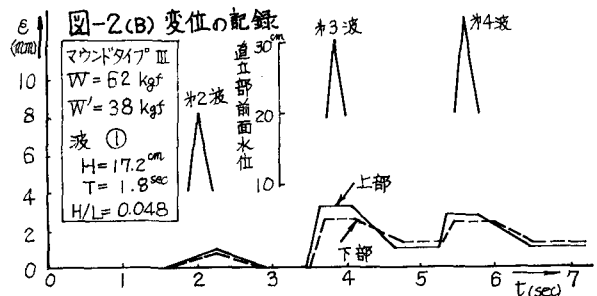
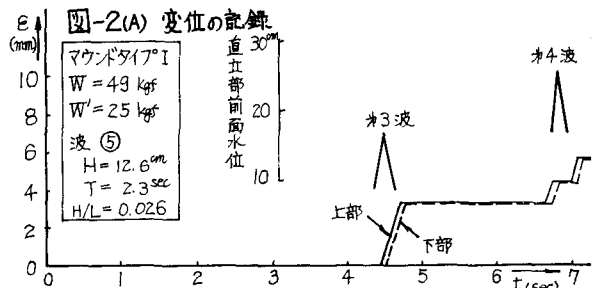
(1) 直立部の挙動とそのパターン

直立部の挙動はスライディングとロッキング現象を呈し, 非常に複雑である。第1波の波峰が直立部にあたる時刻を $t=0$ として整理したものが図-2(A)(B)である。

(A)はスライディング現象のみが起る例で, 第3波のピークが到達する直前から滑動を始め, 上, 下部の変位がほとんど同量で, 以後, ほぼ同じ傾向で滑動を繰返す。

(B)はスライディングおよびロッキング現象が混在する例で, 上部の変位が下部より大きく, 両者が同方向に変位した後, 下部の変位が上部より大きくなって, その関係が逆転している。これは捨石マウンドの変形や弾性によるもののほか, 直立部底面の揚圧力に起因するものである。各種の実験条件における直立部の挙動を分類すると図-3のようになる。

(2) 摩擦係数 実験により求めた各条件における限界堤体重量 (水中) $\bar{W}$ と合田式による波力 P の関



係から摩擦係数 μ を求めたものが表-2である。

表-2より次のことが判明した。

- 1) コンクリートとコンクリートの摩擦係数は平均 0.45 である。
(タイプⅠ)
- 2) コンクリートと固定捨石の摩擦係数は平均 0.50 である。(タイプⅡ)
- 3) コンクリートと捨石の摩擦係数は平均 0.46 である。(タイプⅢ)
- 4) 3)で揚圧力を考慮すると摩擦係数は平均 0.62 である。

すなわち、動的負荷を受ける場合の摩擦係数は一般に用いられている静止摩擦係数 0.5~0.6 より 0.05~0.10 小さい。またタイプⅠ、Ⅱ、Ⅲの摩擦係数から見て、捨石マウンド(移動床)において揚圧力を 100% 評価することは過大な摩擦係数を与えるようである。

(3) 波力と最大滑動量(1波当り)の関係

波力と水中堤体重量の比 $P/W (= \mu)$ と 1 波当りの最大滑動量と波高の比 ϵ/H の関係を示したものが図-4 である。図のように移動床(マウンドタイプⅢ)では各波とも P/W の増加にともなって、 ϵ/H は少し大きくなる傾向を示

表-2 摩擦係数

すがその勾配はあまり大きくない。また固定床(マウンドタイプⅠ、Ⅱ)ではさらに勾配は小さく、 P/W のバラツキもあまりない。

4. むすび

(1) 波力による直立部の挙動

はマウンドタイプⅠ、Ⅱの

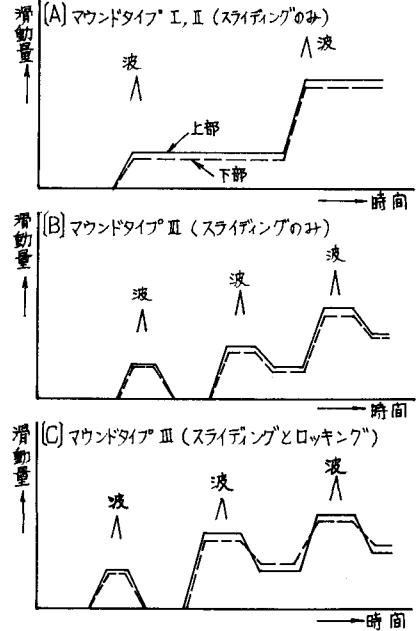
固定床ではすべてスライディング現象のみであるが、タイプⅢの移動床ではほとんどスライディングとロッキング現象が同時に繰返される。

(2) 砕波の波力が働く動的状態において、算定波力に台田式を用いて摩擦係数を求めるとコンクリートと捨石(移動床)では平均 0.46 となり、一般に用いられている 0.6 よりかなり小さくなる。

以上のように砕波を対象にして直立部とマウン

ドの摩擦係数を調べたが弾性基礎である捨石マウンド上のスライディングおよびロッキング現象は直立部底面に働く揚圧力と密接な関係にあり、揚圧力の大きさと作用時間について実験的に正確に把握する必要がある。

図-3 滑動のパターン



波	波高 H cm	波力 P ktf	浮力 Q ktf	マウンド							
				タイプⅠ		タイプⅡ		タイプⅢ			
				W' ktf	μ	W' ktf	μ	W' ktf	μ	Q ktf	μ'
①	17.2	21	24	37	0.57	36	0.58	42	0.50	10	0.66
②	15.2	18		36	0.39	43	0.42	39	0.46	10	0.62
③	14.7	14		35	0.40	27	0.52	31	0.45	7	0.58
④	13.7	13		29	0.45	26	0.50	27	0.48	8	0.68
⑤	12.6	13		28	0.46	27	0.48	31	0.42	8	0.57
				$\bar{\mu} = 0.45$		$\bar{\mu} = 0.50$		$\bar{\mu} = 0.46$		$\bar{\mu} = 0.62$	

(W' : 水中堤体重量, Q : 揚圧力, μ' : 揚圧力を考慮した摩擦係数)

図-4 P/W と ϵ/H の関係

