

II-370

裏込めの滑動抵抗力に関する実験的研究

東洋建設(株) 正員 宮原和仁

東京電力(株) 正員 生方利明・矢口真光・柴田 学

東洋建設(株) 正員 藤原隆一

1. はじめに

防波堤の遮蔽効果があまり期待できない場合、その背後の埋立地の護岸は来襲波浪を直接受けることになる。したがって護岸の施工途中において波浪に対する安定性を確保する必要があり、護岸断面は完成後に必要とされるものより大きくなる場合がある。一方、混成防波堤の直立部背後に方塊あるいは割石を設置してその滑動の抵抗力を期待する考え方がある¹⁾、赤塚ら²⁾は堤体背後の割石を抵抗土圧的に考え暫定的な設計法を示している。本稿では護岸が防波堤と同じような状態にある場合について、その堤体の背後に設置した裏込めの滑動に対する抵抗力を調べ、その算定法について検討する。

2. 裏込めの抵抗力

(1) 滑動実験

実験は2次元造波水路(長さ60m、幅1m)を用いて行った。堤体設置位置における水深は19.0m(現地換算値、以下同じ)、海底勾配は1/100、波は周期が14.0sの規則波である。波は砕波限界波高(14.5m)から0.5mあるいは1.0mごとに堤体が滑動しなくなるまで小さくした。滑動限界波高は堤体が滑動する最も小さい波高と、滑動しない最も大きい波高の平均値と定義した。堤体および裏込めの断面を図1に示す。裏込めは法勾配を一定として、高さD、天端幅Bを変化させた。堤体は木製で、裏込めがある場合にも安定計算上は滑動すると推定される重量となるように鉛玉を詰めて調整した。また、その底面には硬質ゴムを貼り付けた(摩擦係数=0.62)。捨石マウンドには模型で粒径1.0~2.0cmの砕石を、裏込めには粒径0.5~1.0cmの砕石を用いた。滑動量はレーザ式変位計および摺動抵抗型変位計を用いて計測した。

(2) 裏込めの抵抗力の算定法

裏込めの抵抗力の算定には以下に示す2種類の方法を用いた。算定法①は図2に示すように堤体後端から θ なるすべり線を仮定し、すべり線より上側の裏込めの中重量を W_s 、裏込め石の内部摩擦角を ϕ として、抵抗力を $R = W_s \tan(\theta + \phi)$ としたものである²⁾。ここで R は θ を試行的に変えてその最小値を用いる。 ϕ は $\tan \phi = 0.8$ として算定した。算定法②では捨石マウンド上の裏込めの中重量 W と底面の摩擦係数 $\mu = 0.8$ の積を抵抗力($R = \mu W$)としている(図3参照)。

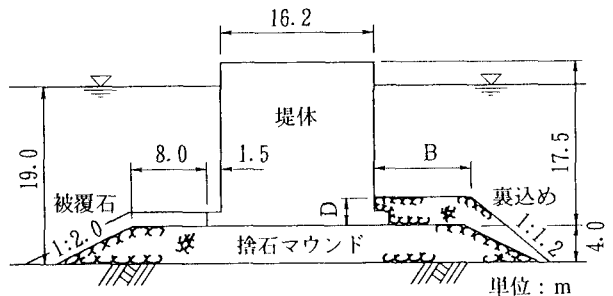


図1 堤体および裏込めの断面

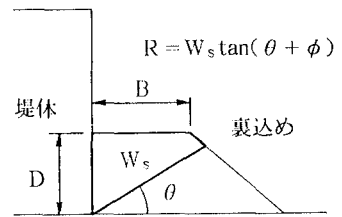


図2 算定法①

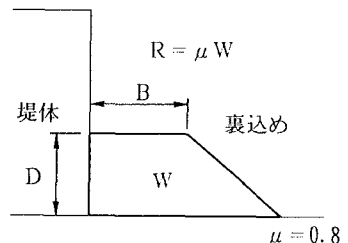


図3 算定法②

(3) 実験値と算定法の比較

表1に裏込めの断面に対する滑動限界波高を示す。裏込め断面が大きくなるにつれて滑動限界波高が大きくなっており、裏込めが滑動抵抗力に寄与しているのがわかる。裏込めの滑動抵抗力の実験値は、各断面の以下に示す有効合成滑動波力から堤体自体の抵抗力を差し引いたものとした。ここで、有効合成滑動波力は滑動限界波高から求まる合田式の波力に、実験から得られた波力低減係数 $\lambda=0.9$ を乗じたものと、以下に示す越波による影響を加味したものとした。堤体天端が低い場合波高が大きくなるにつれて越波が多くなり、堤体天端上への水塊の打ち込みが見られた。越波水の流下により天端上の水面と堤内側水面が連続して、堤体背後の水位が上昇したようになった。よって越波による影響として、越波水塊の落下による堤体天端の打ち込み圧、堤体背後の水位上昇による静水圧の増加（冲向き）と揚圧力あるいは浮力の増加を考慮した。裏込めの滑動抵抗について竹田ら³⁾が実験的に検討しており、波高水深比 $H/h=0.5\sim 2.0$ の範囲では $\mu=0.9+0.2(H/h-0.5)$ にとって抵抗力 $R=\mu W$ を算定すればよいとしている。竹田らあるいは算定法②にならって見かけの摩擦係数を $\mu=R/W$ のように定義し、実験値と算定法①、②および竹田らによる結果を比較したものが表2である。裏込め断面が小さい場合、算定法①において $\theta=0^\circ$ となり、算定法②によるものと同じとなり、それらによる値は実験値とほぼ同じとなる。裏込め断面が大きい場合、実験値は算定法①と算定法②の間の値となった。竹田らによる値は実験値より大きくなった。目視による観察では、裏込めの崩壊時のすべり線は図4中の破線で示すように算定法①($\theta=25.7^\circ$)と算定法②($\theta=0^\circ$)のその間にあり、抵抗力の大きさの傾向と定性的に同じであった。

表1 滑動限界波高

天端幅B	0.0	3.0	3.0	20.1	18.9
高さ D	0.0	2.0	3.0	2.0	3.0
滑動限界 波高	12.3	12.8	13.3	14.3	14.5 [*] 以上

*：実験では滑動せず 単位：m

表2 見かけの摩擦係数

天端幅 B	高さ D	$\mu = R/W$			
		算定法 ①	算定法 ②	竹田ら	実験値
3.0	2.0	0.80	0.80	0.93	0.85
3.0	3.0	0.80		0.94	0.97
20.1	2.0	0.20		0.95	0.68
18.9	3.0	0.31		0.95	0.52 [*] 以上

*：砕波限界波高に対する値

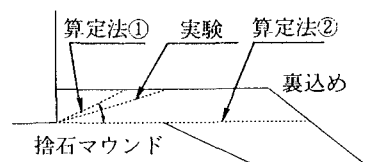


図4 算定法、実験におけるすべり線

3. おわりに

天端が低く断面の小さい堤体の安定性に対して、裏込めの寄与を期待できることがわかった。本稿で示した算定法①あるいは②によってその寄与の度合いを推定できると言える。本研究を行うにあたり埼玉大学の谷本勝利教授、電力中央研究所他関係各位の御指導および助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 伊藤・藤島・北谷(1966)：防波堤の安定性に関する研究，港湾技術研究所報告，第5巻14号，pp. 117～121.
- 2) 赤塚・竹田・蓮見(1975)：混成堤の堤体背後に設置したコンクリート方塊あるいは割石の滑動抵抗，第22回海岸工学講演会論文集，pp. 421～425.
- 3) 竹田・平野・佐々木(1976)：コンクリート方塊あるいは割石によるケーソン式混成堤の補強効果，第31回年次講演会講演概要集Ⅱ，pp. 110～111.