

## 捨石潜堤の被覆材の初期移動に関する定常流実験

長崎大学工学部 正 員 ○中村 武弘  
長崎大学工学部 平山 康志

## 1. まえがき

津波防波堤開口部に構築される潜堤のような、流水の中に没した透水性の構造物に作用する流体力に関する研究は数少ない。本研究は、潜堤を捨石だけで築いた場合について、マウンド被覆材の初期移動に関する実験を行い、従来河川等で用いられている被覆材の所要重量算定式の潜堤への適用を検討するものである。著者のひとり、すでに岩崎ら<sup>1)</sup>と共に同様の実験を行っているが、その時は防波堤内外の津波の水位差を考慮するため、潜堤上に水門を設置していた。本実験は、水門は使用せず、もぐり堰と同様の開水路定常流実験である。

## 2. 実験概要

2.1 実験装置 実験水路は、巾30cm、深さ60cm、長さ5mの両面アクリル張りの鉄製水路で、下流端には水位調節のための可動堰が設置されている。潜堤は水路中央部に造られ、その形状は、高さ20cm、天端幅5cm、傾斜部の勾配1:3の左右対称形である。マウンドの材料は、中詰めに平均粒径0.20cm、比重2.51の砂を用い、被覆材には平均粒径0.41cm、比重2.67と平均粒径0.63cm、比重2.59の2種類の粗石を用いる。被覆材の厚さは、それぞれの粗石について2, 4, 8cmの3種類とし、潜堤の全表面に敷きつめる。

2.2 実験条件 全ケースについて、天端中央より下流側1.8mの地点での水深を30cmに設定する。

2.3 実験方法 下流側水深を一定に保ちつつ、流量を少しずつ増加させながら、粗石の初期移動の発生を目視により確認し、そのときの流量を求める。粗石のがみ合わせ、初動の見落し等による実験値のばらつきをなくするため、この流量設定のための実験を各ケースにつき3回以上行い、初動発生時の流量を決定する。

2.4 測定項目 天端中央を基準として、-60, -30, -2.5, 0, 2.5, 32.5, 62.5cmの7地点において、流速の鉛直分布を径5mmのプロペラ流速計で測定する。水面形はポイントゲージで測り、流量は三角堰で求める。また堤体内の浸透流の流況をウオーターブルーを用いて観察する。

## 3. 実験結果および考察

3.1 流速分布 流速分布の一例を図-1に示す。潜堤は透水性であるため、粗石表面での流速はゼロではなく、スリップ速度が存在している。天端上での流速分布は、流線の曲りの影響により、天端上流端より発達した後流域に到るまでは、水深が深くなるにしたがって流速が増し、最大流速になった後スリップ速度まで急速に減少している。しかし、後流域内の天端上においては、浸透層(被覆材)があるため、堤体内部からの吸い出しが起り、図体壁の場合のような逆流域は存在しない。

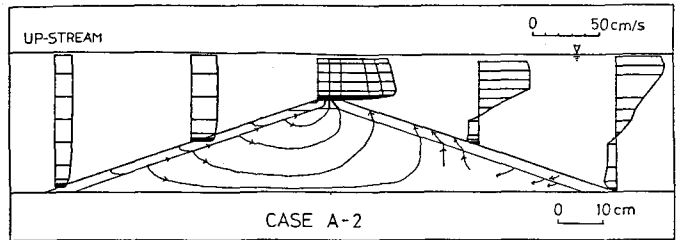


図-1.

3.2 初動の位置およびスリップ速度 粗石の初期移動は、全ケースとも天端上流端付近の水平床上で起った。そこで、-2.5cm地点の流速分布より、スリップ速度を算定した。その方法は、流速分布の粗石に近い3点(表面から、1, 3, 5mmの高さ)の流速値の最小二乗近似直線を求め、その直線より粗石表面位置の流速を算出し、その値をスリップ速度とするものである。求められた値を平均流速値とともに表-1に示す。

3.3 浸透流 ウオーターブルーを用いて観察した堤体内の浸透流の流況の一例を図-1中に示す。染料を追跡して流速測定を試みたが、内部に行くにしたがって急速に速度が減少するため、測定値のバラツキが大きかつ

た。天端付近の卵石層内の状況は非常に複雑であり、層の厚さによって大きく異なっていた。卵石の初動が発生する天端上流端付近では、浸透流は上流側斜面の上端付近から流入し、斜め上方の天端水平面へ流れていた。

3. 4 被覆材所要重量算定式の検討 まず、C.E.R.C.の算定式とStevensらの算定式との比較を行う。

(1) C.E.R.C.の算定式<sup>2)</sup>

$$W = \frac{\pi w U_0^6}{48 \gamma^6 g^3 (w/w_0 - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad \dots ①$$

W: 被覆材の所要重量  $U_0$ : 被覆材に当る流速  
w: 被覆材の単位体積重量  $w_0$ : 流体の単位体積重量  
g: 重力加速度  $\theta$ : マウンドの傾斜角

(1)式中の $\gamma$ はイスバッシュ定数と呼ばれる実験定数であり、被覆材が埋め込みでない場合0.86である。

(2) Stevensらの算定式<sup>3)</sup> 傾斜面上の被覆材に対しては、非常に複雑な式系を成しているが、水平床に対しては非常に簡単になり、次式で表わされる。

$$S = \frac{1}{\gamma}, \quad \gamma = \frac{0.60 U_0^2}{(S_s - 1) g k} \quad \dots ②$$

S: Factor of Safety  $\gamma$ : Stability Number  
k: 被覆材の直径  $S_s = w/w_0$

いま、①式を(2)の場合と同様に、水平床( $\theta=0$ )に適用し、粒径を用いて表示し直すと③式を得る。

$$\gamma = \frac{U_0^2}{2 \gamma^2 (S_s - 1) g k} \quad \dots ③$$

③式は、②式の移動限界の状態( $S=1$ , したがって $\gamma=1$ )における表示と全く同形である。そこで係数を比較すると、 $\gamma=0.91$ を得る。この値は、①式の埋め込みでない場合の0.86に近い値である。

他方、岩崎らの実験値は1.08である。このことは、①、②式の定数が、粗面上の流れから求められていることを考え合わせると、浸透流の存在が、 $\gamma$ の値を大きくし、被覆材に対して安全側に作用すると考えられる。

次に、本実験で得られた $\gamma$ の値を表-1に示す。 $\gamma$ の値は、

表-1

| 実験ケース | 被覆材             | 被覆層厚<br>cm | 平均流速<br>[2.5] cm/s | スリップ速度<br>$U_0$ cm/s | イスバッシュ定数<br>$\gamma$ |
|-------|-----------------|------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| A-2   | 平均粒径<br>0.41 cm | 2          | 35.5               | 30.8                 | 0.84                 |
| A-4   | 比重量<br>2.67     | 4          | 35.4               | 34.5                 | 0.95                 |
| A-8   |                 | 8          | 35.9               | 28.4                 | 0.78                 |
| B-2   | 平均粒径<br>0.63 cm | 2          | 46.6               | 36.8                 | 0.83                 |
| B-4   | 比重量<br>2.59     | 4          | 46.6               | 39.1                 | 0.88                 |
| B-8   |                 | 8          | 51.9               | 43.5                 | 0.98                 |

被覆層の厚さに比例して大きくなっている様にも見えるが、明確ではない。また粒径にも関係していない。全平均値は、0.88である。この値は、①式の0.86と②式の0.91の中間の値であり、岩崎らの実験値と比較すると小さい。岩崎らの実験では、

天端上流端上に水門を設置していたため、流れはもぐり流出の形態となり、流線は天端にほぼ平行であり、また被覆層内の浸透流はほぼ水平に流れている。そして、被覆材の初動は、収縮断面の発生する天端中央部付近の水平床上で起っている。これに対し、本実験で初動の起った天端上流端付近では、浸透流が斜め上方に流れ、より初動の発生しやすい状況にある。すなわち、本実験の $\gamma$ の値は、浸透流の存在によって①、②式の値よりも小さくなるべきところだが、その流向が斜め上方であるため、結局①、②式と同程度の値になったと考えられる。

#### 4. 結論

帯堤の模型を築き、被覆材の初期移動に関する定常流実験を行った。初動は、天端上流端付近の水平床上で発生した。C.E.R.C.の被覆材所要重量算定式を適用し、イスバッシュ定数を検討した結果、0.88を得た。本実験からも被覆材の初動に対して、浸透流の影響が無視できないことが明らかになった。

#### <参考文献>

- 1) 岩崎敏夫・奥野 明・中村武弘・堀越伸幸: 帯堤のマウンド材およびプレバックド堤に作用する定常流流体に関する実験的研究, 第31回海講演文集, pp. 527~531, 1984.
- 2) Coastal Engineering Research Center: Shore Protection Manual, Vol. II, 1973.
- 3) Stevens, M.A., Simons, D.B. and Lewis, G.L.: Safety Factors for Riprap Protection, ASCE, Vol. 102, No. HY5, pp. 639~655, 1976.