

潜堤背後の流れの特性

東北大学工学部 学生員 ○ 石井 義裕
東北大学工学部 正 員 真野 明

1: はじめに

潜堤背後では潜堤の天端上端から剝離した流れにより、潜堤背後のマウンド上では被覆材が移動する。マウンド上では後流域が形成されており、2秒から10秒程度の長周期で乱れの大きさが変化している。また、潜堤に狭窄部を設けた場合には被覆材は非常に動き易くなる。そこで、本研究では後流域の平均流れと乱れを詳しく調べ、後流域の乱れを定性的に捉えようとしたものである。

2: 実験装置及び実験方法

本実験で用いた水路は幅1.2m、長さ11.8m、高さ1.4mであり流況を見るために片側がガラスになっている。また、水路下流の可動堰で水位を、油圧バルブで流量を調整している。この水路の中央部に隔壁のない2次元模型、隔壁 $b=40$ cmを設けた3次元模型を製作した(図1)。

測定には、2方向が同時に測定できる電磁流速計を用いた。電磁流速計は高周波域で出力が減少するので、どの程度まで出力しているかを調べた。電磁流速計の検定を行うに際して基準とする測定器としてホット・フィルム流速計を用いた。パワー・スペクトルによると、ホット・フィルム流速計に比べて電磁流速計では10Hz以上ではパワーが低下している。

測定は、10Hz・180秒で行った。流速及び水位は、マウンド上の被覆材が移動を始めるものとした。流速は、潜堤中央で58cm/s、水位は、潜堤中央部で天端上で8.1cmとした。被覆材は、マウンドの全面に均等に敷き詰めた。

3: 実験結果及び考察

まず、2次元模型についてみる。図2に平均流速、図3に $-u'w'$ を、図4にマウンド表面から積分した流量が同じ点を結んだ流線を示す。潜堤天端の上流より剝離が生じており潜堤背後ではマウンド上に後流域が生じている。剝離流線は、流量が0の流線を考えた。レイノルズ応力の最大値の位置に剝離流線が位置している。図5には剝離流線の上方、図6には剝離流線の下方の、パワー・スペクトルを示す。X, Z方向ともに剝離流線の上方では、0.01Hz程度にピークをもち0.1Hz付近で急に減少して、高周波までその大きさはほぼ変わらない。剝離流線の下方では、0.03Hz付近にピークをもち高周波になるにつれ

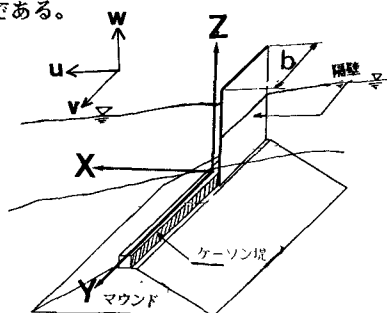


図1 模型

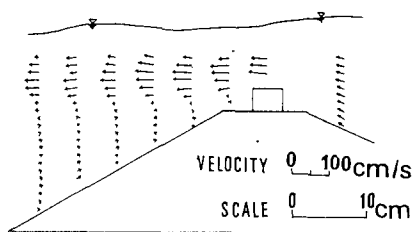


図2 平均流速

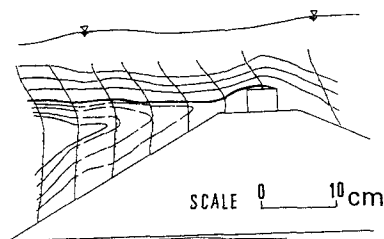


図3 流線

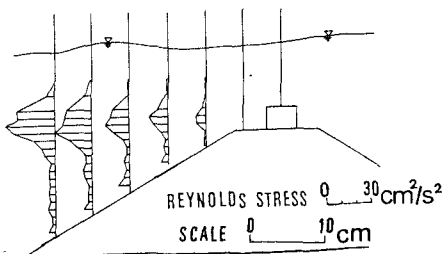


図4 $-u'w'$

てなだらかに減少しており、周波数の -2 乗程度でパワー・スペクトルが減少している。後流域の外側では短周期の渦が、後流域の中では、1秒から10秒程度の渦が存在していることがわかる。

次に、3次元模型について見る。図7には平均流速($\sqrt{u^2+w^2}$)を示す。 $Y=32$ では $X=10, 20, 30$ で逆流域が無くなっている。隔壁から十分に離れた所では2次元模型と同様にマウンド付近で逆流域が生じているが隔壁に近づくに従って逆流域が無くなってくる。図8, 9に $-\overline{u'w'}$ の分布を、図10に、 $-\overline{u'v'}$ の高さ方向の分布と可視化による隔壁からの剝離流線を示す。

流速分布の3次元模型における特徴は、2次元模型にあった逆流域が無くなる領域が存在することである。図8, 9より、この領域では $-\overline{u'w'}$ の最大は隔壁の影響でマウンド近くまで押し下げられており、これによって逆流域が存在しなくなったと考えられる。

$-\overline{u'v'}$ の最大の位置と可視化による隔壁からの剝離流線の位置とを比べてみたところと良く一致しているので $-\overline{u'v'}$ レイノルズ応力の最大の位置に隔壁からの剝離流線があると考えられる。そこで、図8, 9, 10をみると剝離面は、流下に伴いY方向に広がりながら、かつ鉛直方向に沈み込んでいることがわかる。図10において $-\overline{u'w'}$ の最大値(■)と $-\overline{u'v'}$ の最大値(▲)との位置は一致しておらず、 $-\overline{u'v'}$ 最大の位置に対して $-\overline{u'w'}$ 最大の位置はY方向に約12 cm、鉛直方向に約6 cm深い位置にある。2次元模型の場合と比較すると $-\overline{u'w'}$ の大きさは、最大値で約2倍、底面付近では約10倍になっている。2次元模型では底面で $-\overline{u'w'}$ がほぼ一定であるので一様に被覆材が移動する。3次元模型では、底面で $-\overline{u'w'}$ が最大になる位置で特に著しく洗掘が生じている。3次元模型では隔壁からの剝離流線の影響で $-\overline{u'w'}$ の分布に変化が生じたためであろう。

4：おわりに

潜堤に隔壁を設けたことにより隔壁からの剝離流線の影響で $-\overline{u'w'}$ の最大値の生じる位置がマウンドの近くまで押し下げられており、そのため被覆材が移動し易くなっていることがわかった。

<参考文献> 蓬田博, 真野明: 昭和60年度東北支部, pp. 59~60, 1986

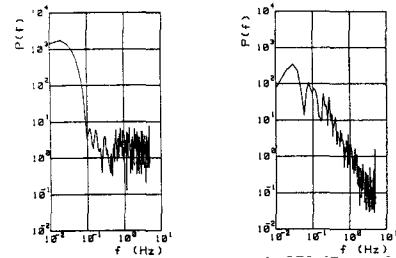


図5 剝離流線の上

図6 剝離流線の下

パワー・スペクトル

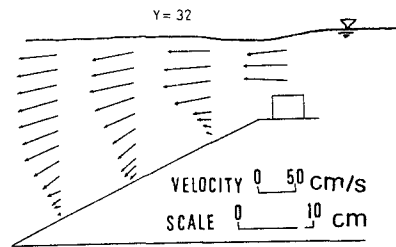


図7 平均流速 ($Y=32$)

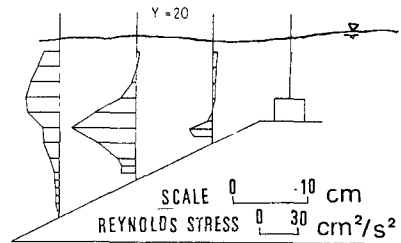


図8 $-\overline{u'w'}$ ($Y=20$)

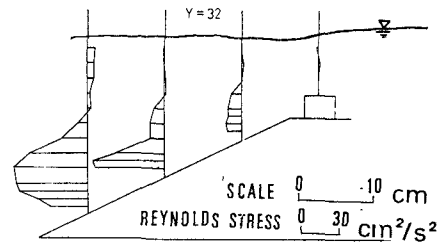


図9 $-\overline{u'w'}$ ($Y=32$)

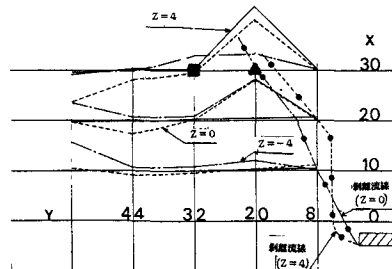


図10 $-\overline{u'v'}$ と剝離流線