

II-49 防波堤隅角部より生ずる渦の特性

東北大学工学部 学生員 ○ 武田 光弘

東北大学工学部 正 員 真野 明

1: はじめに

津波防波堤開口部では、船舶の出入りのため潜堤構造が多用される。そのため複雑な縮流が生じ、海面に達する本堤からは縦渦が、また潜堤からはスパン方向に軸を持つ横渦が発生し、隅角部では、これらの影響によりマウンド表面近くで、大きなレイノルズ応力が発生することが知られている。本研究では、点計測、及び流れの可視化により、このなかの縦渦の水理特性を調べたものである。

2: 実験装置及び方法

図-1に実験模型、及び (x, y, z) 座標系を示す。本実験で用いた水路は、幅1.2m、長さ11.8m、高さ1.4mの矩型水路で、片側がガラス張りになっている。可視化には白のポスターカラーを用い、本堤隅角部より表層に注入した。点計測は、2方向電磁流速計及び容量式波高計を用い、サンプリング周波数20HzでA/D変換しパソコンで処理した。縦渦により点計測にも大きな変動が現われると考えられるので、可視化のVTRと点計測とを同時に行い、発光ダイオードとパルス信号を記録することにより時間合わせを行えるようにした。可視化により平均的な渦中心の流下経路を決め、その y 座標を Y_v で表わすことにする。

3: 結果及び考察

図-2に、30cmにおける Y_v 上での水位変化を示す。同時録画したVTR画像より、渦中心が波高計の位置を通過したものについては、波形を黒く塗りつぶしてある。これらの波形を集め位相平均して求めたものを図-3に示す。この図より水面形は、最も水位の下がった位置（以後渦の中心と呼ぶ）に関してほぼ上下流対称であることが分かる。この横軸（時間）を、可視化で得た渦の移流速度 $U=53.1\text{cm/s}$ を使って距離に換算し（渦中心からの距離を r とする）、水面勾配は r 方向にだけついていると仮定し、圧力勾配と遠心力の釣合より渦の接線方向流速を計算で求め、図-4に示した。この図より、中心付近（ $r < 3.3\text{cm}$ ）では渦は剛体的な回転を行っており、その外側では r の増加に対して減少している。図-5に、渦度の分布を示す。ここで、接線方向の流速成分が無いとして、円筒座標の渦度の定義式より r 軸方向の渦度 ω_z を計算で求めた。図より中心で大きな値を持ち、周辺で小さくなる分布となっており、Rankin渦のモデルと異なっている。この渦度分布から、 $\omega_z > 0$ の部分について同心円上に ω_z が分布しているものとして積分し循環を求めたところ、 $\Gamma = 1611\text{cm}^2/\text{s}$ となった。図-6は、各 x 座標での y 軸方向の平均流速分布を示す。 y 軸方向の流速勾配は流下する渦にしたがって小さくなっており、混合層と同様の傾向を示す。図-7に、縮流部の平均流速 U_0 の2乗で無次元化したレイノルズ応力の分布を示す。レイノルズ応力は、いずれも $y = Y_v$ で最大値を示し、その値は下流に行くほど大きくなっている。Liepmann & Lauferの実験値を使ったGoertlerの解では、最大値は約0.008となっており、本実験では $x = 20\text{cm}$ 弱でこの値がでている。また、 $x = 30\text{cm}$ より下流では、レイノルズ応力は不規則な変化を示すが、これは、座標原点以外を通る渦があることと、 $x = 30\text{cm}$ 付近から渦の合併が起きているためだと考えられる。

4: おわりに

本実験より、水面付近でのレイノルズ応力の分布、渦度の分布が分かった。しかし、マウンド被覆石に対する外力を求めるためには、底付近のこれらの量を合わせて求める必要があり、潜堤からの剝離によるスパン方向に軸を持つ渦の挙動とも併せて今後さらに計測を続ける必要がある。

《参考文献》

石井義裕・真野明：津波防波堤開口部の流れの特性，第34回海岸工学講演会論文集，p.182-186, 1987。

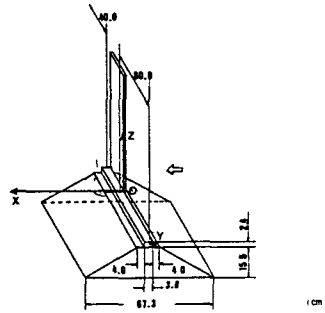


図-1 堤防模型

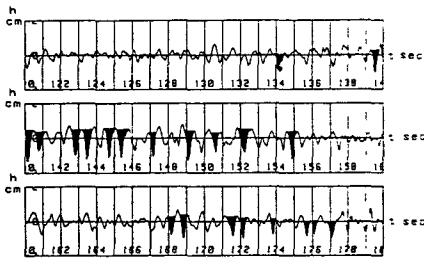


図-2 水位の経時変化

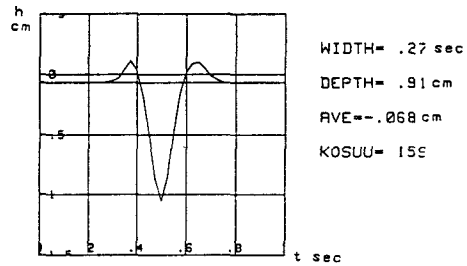


図-3 渦のモデル

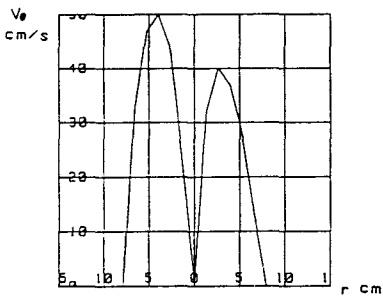


図-4 接線方向流速分布

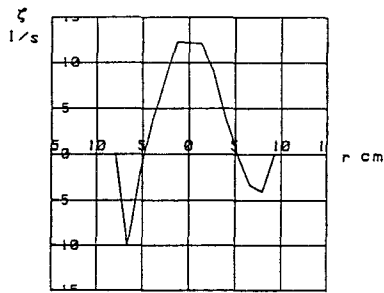


図-5 渦度の分布

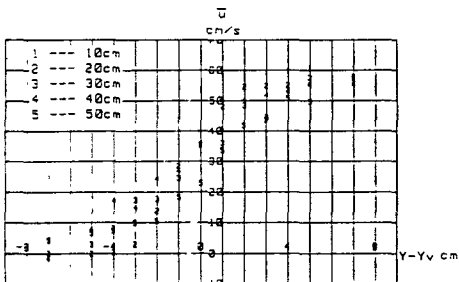


図-6 平均流速の分布

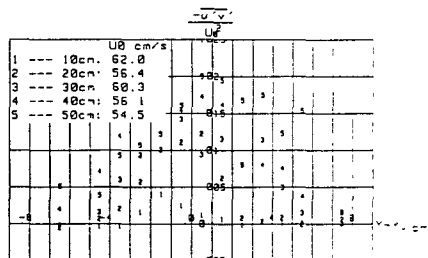


図-7 レイノルズ応力の分布