

防波堤開口部から発生する渦に関する実験的研究

東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫
 東北大学大学院 学生員 足立 有平
 東北大学大学院 学生員 宇賀神 義宣

1. まえがき

津波防波堤の設置による湾内津波の変化については、波高および流動の両面から研究されており、とくに流動の面からは、防波堤開口部から流速の非常に大きい流れが生じ、それとともに渦が発生することが報告されている⁽¹⁾。また、開口部におけるエネルギー損失の大部分は渦によるものと考えられ、湾の振動問題を扱う場合にも渦の性質を知ることは大切である。そこで、本研究では、開口部から発生する渦に注目し、その挙動・流速等について、実験的に検討した。

2. 実験方法

実験は、東北大学大型平面水槽(長さ60m、幅17.7m、側壁高0.9m)の片端に設置されている釜石湾および釜石湾口防波堤模型を用いて行なった。防波堤の大きさ、位置を図-1に、開口部形状を図-2に示す。図-1のB地点で、外海波高を抵抗線式波高計により測定し、開口部中央には容量式波高計とアペラ流速計を設置して、開口部の波高と流速を測定した。また渦の流速を次のように求めた。あらかじめ、開口部周辺の水面上にアルミ粉末と小紙片(径約5mm)を浮かべておき、造波開始とともに、湾の奥上約5mから、16mmカメラで撮影する。なお、16mmフィルムのコマ送り速度を検定し、波高及び流速の記録紙との対応をつけるために、撮影範囲内に2メ電球を点滅させ、同時に、この点滅信号を記録紙上に記録した。撮影後、16mmフィルムを方眼紙上に投影し、アルミ粉末、紙片の位置および移動距離と、フィルムのコマ送り速度から流速を求めた。この値をさらにスプライン法によって補間した。一例を図-3に示す。なお、湾内の複雑な振動・流動が渦に影響を与えるのを避けるため、測定は第1波のみについて行なっている。周期は、11sec, 17.6sec, 22secの3種類について、波高を変えて数ケースずつ実験した。

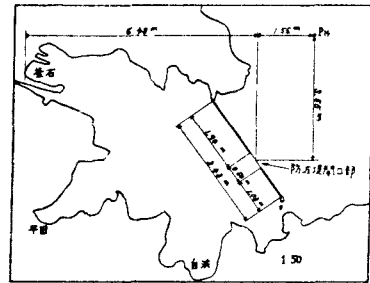


図-1 防波堤配置位置

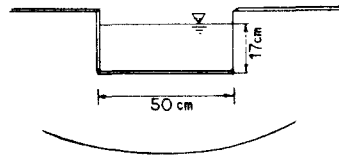


図-2 開口部形状

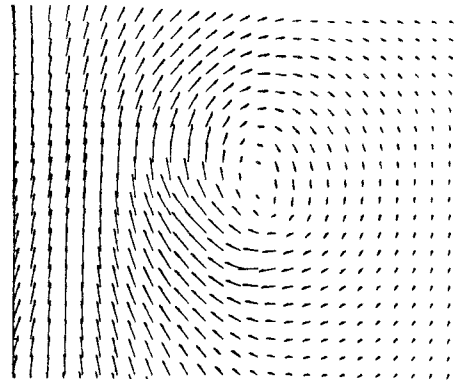


図-3 渦の一例
 (メッシュ間隔: 2 cm)

3. 実験結果および考察

防波堤開口部を波が通過する際に、開口部を過ぎると、流れは急激状態になるため、はく離が生じ、渦が形成される。発生した渦は、後に続く主流によって追し流され移

動する。図-4に各周期に対する代表的な渦中心の時間変化の例を示す。主流の方向をx軸、防波堤軸の方向をy軸としている。開口部の両端に発生する2つの渦は、各周期とも流下するにつれて、いったん遠ざかり、のち接近する方向に向う。渦の進路が急変する位置は、周期の増大とともに開口部から離れていく。周期11 secの場合には主流の流速時間が短いため、開口部の近くで停止し、消滅する。周期17.6 secと22 secの軌跡はこのグラフの範囲内でほとんど同一である。

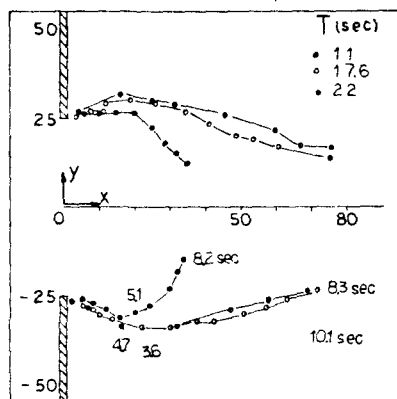


図-4 渦の軌跡

次に、渦断面の流速分布をみる。以下、開口部で発生する2つの渦は、x軸に準じて対称であるとし、片方(yが負の側)の渦のみを考える。図-5に、周期22 secの場合について渦断面のx方向流速分布U、およびy方向流速Vの時間変化を示す。U、Vともに、流下とともに発達し、この例では $t=90$ secで最大となっている。Uの分布をみると、主流の幅は防波堤開口幅と同程度であり、開口部からの高速な流れの領域は、渦中心の軌跡に対応してy方向に比較的せまい範囲に存在している。Uの流速分布は、主流と渦の流速成分が重ね合わさっており、渦そのものの流速を識別することは困難である。一方Vは最も発達していると思われる $t=90$ secにおいて、ランキン渦に近い分布を示している。

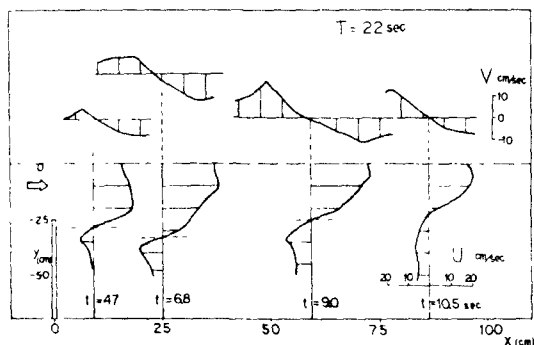


図-5 渦の流速分布

次に、図-6は横軸に $\frac{2\pi}{T}$ 、縦軸に $\frac{R}{W/2}$ ととり、渦径の時間変化を無次元化して示したものである。ここでTは波の周期、 $W/2$ は開口幅の半幅25 cm、Rはx軸で渦を切断した断面の渦径とy軸で切断した断面の渦径の平均である。A、B、Cはそれぞれ周期が11 sec、17.6 sec、22 secであることを示す。B、Cは、時間の位相が $\frac{2\pi}{3}$ で渦径が最大となっている。

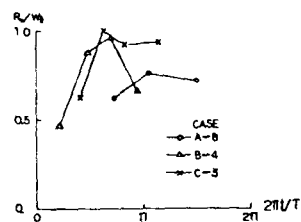


図-6 渦径の時間変化

4. おわりに

今回は、湾口津波防波堤から発生する渦について、軌跡と流速の面から実験的に考察を加えたが、できればエネルギーの面からも検討したいと思っている。最後に、実験および解析協力して頂いた、東北大学工学部土木工学科学生、紺野孝博君、早川雅彦君に感謝の意を表します。

《参考文献》

- 1) 岩崎・田島・足立：津波防波堤による湾内流動の変化に関する研究(オ31回年講)
- 2) 日野・山崎：波による鉛直板よりの渦の形成とエネルギー逸散(オ18回海講)