

東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫
 日本テトラポッド 正員 足立 有平
 東北大学大学院 学生員 ○宇賀神義宣

1 はじめに

津波防波堤のある湾の湾内流動に関する研究⁽¹⁾により、防波堤を設置することにより湾内には比較的流速の小さい静穏域が見られるようになる一方、防波堤開口部には強い流れが生じ、同時に1対の渦の発生することが明らかにされた。このような開口部付近の流れは、船舶等の海上の防災上、重要な問題と考えられる。そこで、本研究では、開口部付近の流れ、特に、開口部両端から発生する1対の渦に注目し、防災上の面から検討を加えたものである。

2 実験装置と実験方法

実験は、既報⁽²⁾の東北大学大型平面水槽と、その一端に設置されている釜石湾および釜石湾口直線防波堤模型を使用して行なった。(図1) 防波堤の開口幅は、50 cmであり、防波堤全体の長さの約1/7である。造波は、水槽の他の一端から行ない、津波は防波堤に対してほぼ直角に入射する。図1のR点で外海波高を測定し、開口部中央では波高およびプロペラ流速計を用いて流速を測定した。湾内の流速は、水面に浮かべた直径約5 mmの紙片の動きを16 mm²ネカメラで撮影し、フィルムを読み取って求めた。この値をさらにスプライン法によって補間し、細かい点の値を求めた。入射波の周期は、10分、16分、20分である。なお、湾内の複雑な振動が渦に影響を及ぼさないようにするため、計測は1波のみにして行なった。

3 実験結果と考察

図2から図4に、渦中心の軌跡(時間変化)を示す。防波堤に津波の先端が到達すると、開口部の両端から1対の渦が発生し、この渦は、後に続く流れによって湾内に押し流される。今回の実験の範囲では、この先端部の渦の他には顕著な渦は見られなかった。防波堤を離れた渦は、一度外側にふくらむが、後、互いに接近する方向に向う。最終的には、これら2つの渦は、陸岸に到達する前に合体して消滅する。図によれば、これら2つの渦の動きは、ほぼ対称である。また、開口部からの主流は、2つの渦の間を流れていること、つまり、

開口幅と同程度の比較的狭い幅のまま湾内に流れ込んでいることがわかる。図中、Hは開口部の波高(cm)であり、点と点の間の経過時間は、図2,3では1.0秒、図4では2.2秒である。これから、

- 1) 渦の軌跡の入射波の波高による変化はない。
- 2) 開口部を離れた渦は、ほぼ一定の速度で移動する。

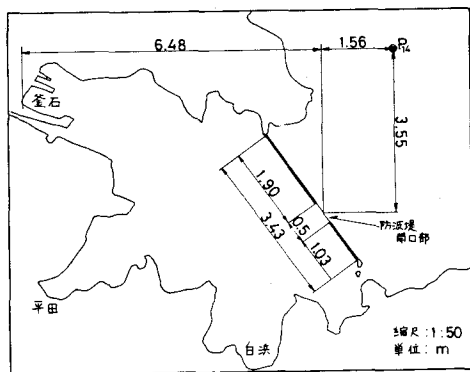


図1 実験施設

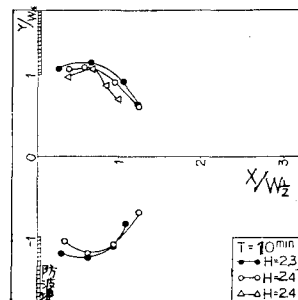


図2 周期10分

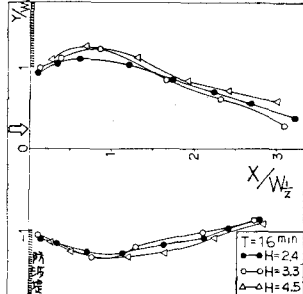


図3 周期16分

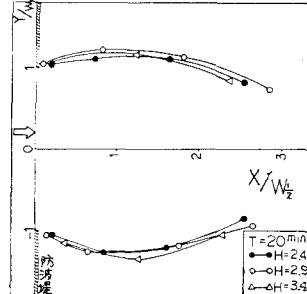


図4 周期20分

図5は 周期16分、 $H=3.3\text{m}$ の場合の渦の流速分布であり、 X, Y 方向の流速をそれぞれ、 U (白丸)、 V (黒丸)で表わしている。もは、波の先端が開口部に到達した時からの経過時間である。流速 U は、主流と渦の流速が重ね合わさったものであり、(1)、(2)とも上半面の U が大きいのは、主流が流れている為である。図5-(1)は、渦の発生直後の

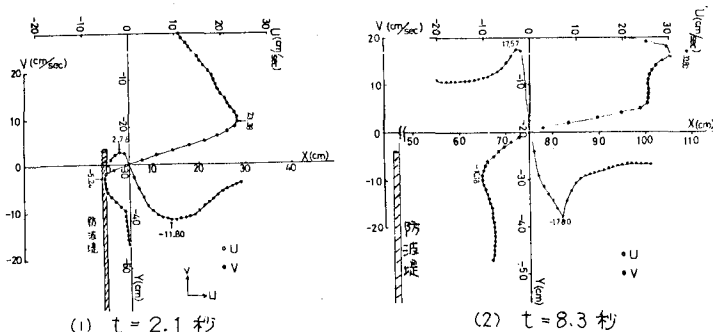


図5 渦の流速分布 (周期16分)

流速分布で、渦は防波堤近くにある。 V を見ると、開口部から内側に大きくまわり込む流れが生じており、渦が形成されてゆく段階にある。 U は、開口部端に近いところにピークがある。図5-(2)は、消滅する少し前の渦である。 U の分布はなだらかで、 V はいわゆるランキン渦に近い分布となっている。 V は、主流からの影響が小さく、渦の流速を代表すると考えられるから、 V を用いて、渦の直径 R 、最大流速 V_0 、エネルギーを表わす示標 $(RV_0)^2$ を求め、これらの時間変化を、周期16分について表わしたものが、図6である。 $W/2$ は開口幅の半幅(25cm)、 V_m は開口部最大流速である。黒丸は渦径、半白丸は流速、白丸はエネルギーに対応しており、横軸は開口部の波の位相である。いずれも、開口部での位相が $\pi/2 \sim 2\pi/3$ にピークが生じている。この結果は、他の周期についても同様であった。また、潮汐流により半島や突堤の周囲に発生する渦についても、 $\pi/2 \sim 7\pi/10$ でピークが生じると報告⁽³⁾されていて興味深い。

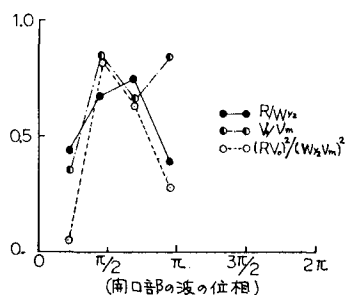


図6 渦の強さの時間変化

図7は、一般漁船の速力を5ノットと仮定した場合に、流速がこれより速くなる範囲を、危険水域と考え、この範囲が時間とともに広がる様子を、周期16分について示したものである。図中の、十字の実線は、渦の位置と範囲である。図によれば、渦の流速は概して大きいとは言えず、危険水域には含まれていないが、渦の性質として、船舶を巻き込み、急速流に押し込むことも考えられるので、渦を含めた領域で、危険水域を考えるのが妥当であると思われる。以上は、周期16分の場合であるが、他の周期(10分、20分)についても同様である。

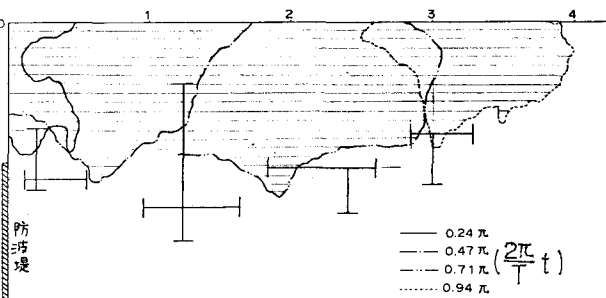


図7 危険領域

4 おわりに

開口部からの流れと渦について調べたところ次のことがわかった。1)開口部からの強い流れは、開口幅とほぼ同程度の幅で湾内に流れ込む。2)渦は、主流のすぐ外側を流れ、流下するに伴い成長し、最終的には合体して消滅する。3)船舶等にとって危険な領域は、主流と渦を合わせた領域を考えるべきであろう。最後に、本研究に協力された、紺野君(現 東北電力)、早川君(現 間組)に感謝致します。

《参考文献》

- (1)岩崎・田島・足立 「津波防波堤による湾内流動に関する研究」(第31回年次講演会)
- (2)岩崎・足立・宇賀神 「防波堤開口部から発生する渦に関する実験的研究」(昭52 東北支部)
- (3)橋本・宇多 「潮流の再現性に関する研究」(第24回 海岸工学講演会)