

〔1〕概説：橋脚前面の洗掘現象において水平軸をもつ渦が重要な役割を果たすことが以前から指摘されている。この渦のスケールは一般に橋脚のスケールと橋脚の流れに対する抵抗形状に支配され、渦の強さは主流の上流側における流速分布による様である。本報告は上の予測の下に、渦の強さと上流側流速分布の関係を実験的に調べようとするものである。く形橋脚を用いたのは渦のスケールを大きくして測定を容易にするためである。また流体としては水を用いたフッセンと水の混合液を用い、層流状態（平均流速と水深を用いた Re 数 ≈ 10 ）で実験を行なった。これは、層流の場合と上流側の流速分布および橋脚前面の渦が安定なと考えたためであり、ひいては水素気泡法による流線なすりの流速の測定も容易になるからである。実験水路は幅 20 cm の透明アクリル製であり、側面および底面から写真観測ができるようにした。橋脚は前面幅 5 cm のものを水路幅の中心に設置した。流れの深さは橋脚の近傍で 4.63 cm でほぼ一定であった。

〔2〕実験結果について：橋脚前面の渦の機構は三次元的で複雑であるため、ここでは研究の第一歩として対象面内（ $Y=0$ ）の流況について実験を行なった。すなわちこの平面上の各点で流速ベクトルはこの平面内に含まれるので、流速については二次元的に測定でき、現象の三次元的な効果については後に述べる H の変化により考慮した。

対象面内の流線を図示したものが Fig. 1 である。流線上的点は上流側（ $X = -25$ cm）で 0.2 秒毎に注入された水素気泡の流下位置を示している。この図から、対象面内で渦を構成する流線は上流側で $Z = 1.0 \sim 3.5$ cm に位置するものであり、上流側で $Z = 0 \sim 1.0$ cm の流線は渦による逆流に押されて渦の外側を横（ Y ）方向に流れ去ることが明らかである。

Fig. 2 は Fig. 1 から算出した流速の絶対値の分布である。本図から明らかなのは、渦軸の中心に近づくほど流速が小さくなっていることである。したがってこの場合の渦状の運動は自由渦の仮定が近似としても妥当でないことがわかる。そこで渦を n が対象面内でのように分布しているかを計算し図示したものが Fig. 3 である。この値は Fig. 1 から算出した流線の曲率半径 R と Fig. 2 の流速分布 V から $n = \frac{V}{R} + 2V \frac{\partial V}{\partial R}$ の式を用いて算出したものである。 R

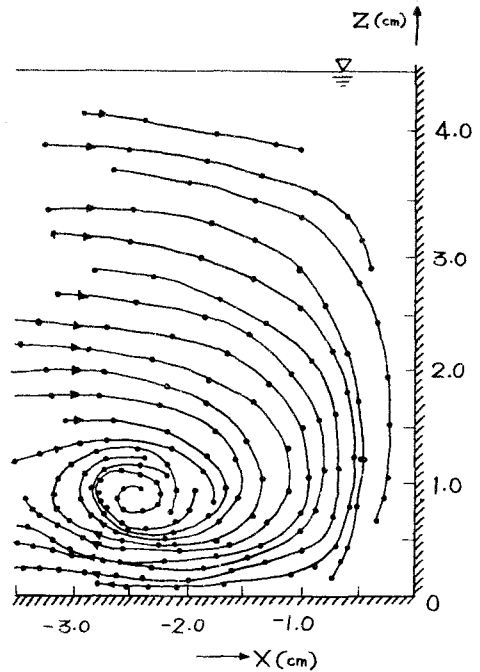


Fig. 1 流線の形状

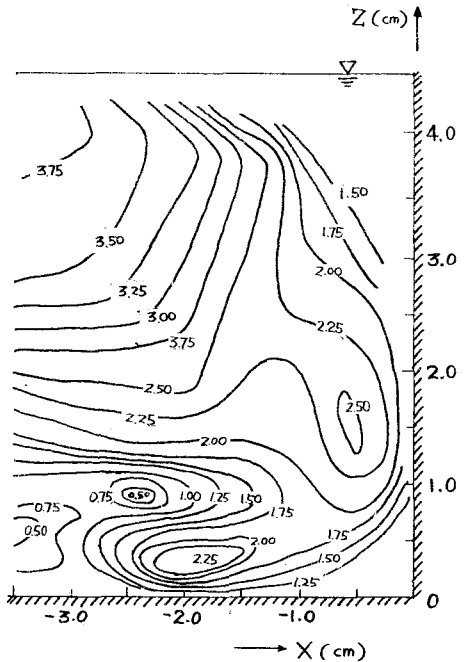


Fig. 2 絶対流速の分布

と $\partial \eta / \partial t$ の値に含まれる誤差はかなり大きいので η の値はかならずしも正確とはいえないが、傾向として渦軸に近い程 η も増大していることがわかる。

つぎに現象の三次元的な振る舞いを調べるため、本実験においては上流側の主流の流速分布が $x = -7.5 \text{ cm}$ の箇所を以て代表されうと考えると、そこで $z = 1.0 \sim 3.5 \text{ cm}$ の範囲について対象面に垂直方向に単位長をもち流体実質部分が流下するにつれて z 長さを H で表わし、 H の流下にもともなう時間的変化を Fig. 4 に示した。本図から $\frac{d(\log H)}{dt}$ は近似的に一定であり、一方対象面内の流速ベクトルを ∇ とするとき、 $\frac{d(\log H)}{dt} \doteq \text{div } \nabla$ (ただし $\text{div } \nabla$ は二次元場での発散の値) であるから、 $\text{div } \nabla$ は渦の近傍についてはほぼ一定とみなしうることがわかる。

先に測定した η と H を用いて、 η/H を図示したものが Fig. 5 である。厳密には粘性の効果は無視しえないため Helmholtz の渦度保存則が前提としている完全流体の仮定は成立たないが、Fig. 5 で η/H の等高線が Fig. 1 に示した流線にほぼ平行であることから、近似的には Helmholtz の渦度保存則が成立つといえよう。

[3] 結論: 橋脚前面の水平軸をもつ渦については今までに境界面上での応力分布などは測定されていたが、本実験で渦の内部の流速分布までかなり詳細に測定できた。測定は対象面内に限られており、測定精度についても改良の余地はあるが、層流状態の測定結果から次のことが明らかになった。(1) 対象面内の流速分布については自由渦の仮定は妥当でない。(2) 対象面内で渦の近傍の領域では $\text{div } \nabla$ が一定値になる。(3) 渦の強さは上流側の流速分布に支配されており、両者の間には Helmholtz の渦度保存則が近似的に成立っている。

本章にたりませんが、本報告作成にあたり石原安雄防災研究所教授の御助言をうけたことに謝意を表します。

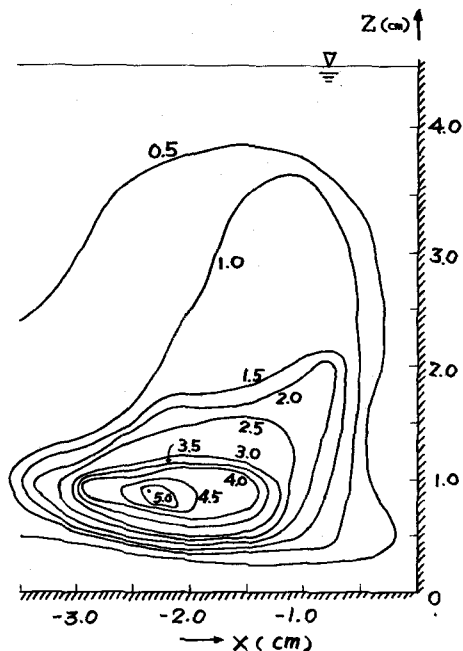
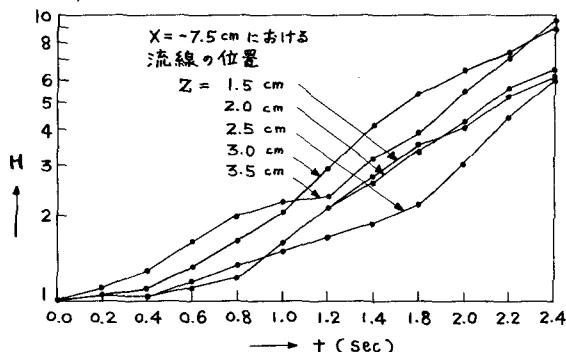


Fig. 3 渦度の分布

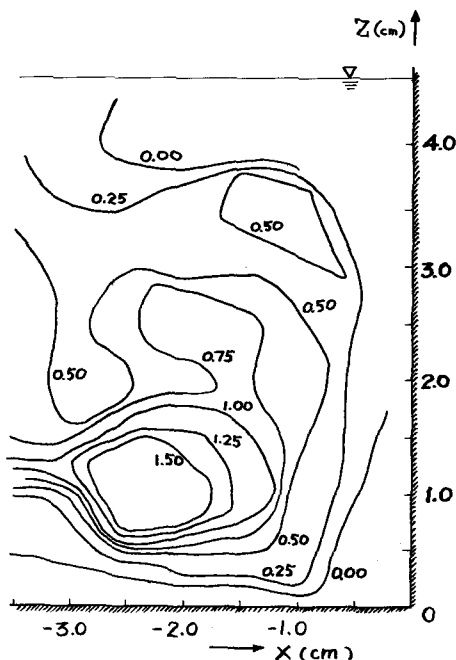


Fig. 5 η/H の分布

← Fig. 4 H の流下にもともなう時間的変化