

京大防災研究所 正員 宇民 正

I 概説

円柱前面で水路床近傍の流れは三次元的でかつ時間的に変動する特異な流速パターンを示す。このような流れの局所的な機構が橋脚周辺の洗掘に及ぼす影響は大きいと予想される。本報告では現象を Flow Visualization 法などにより三次元的に把握し、それに基づいて得られた流れの特性に従って流れの領域区分を行ない、流況のモデル化を試みる。

2 実験結果について

実験水路は幅40cmであり、その中央に直径10cmの円柱を設置した。水路壁は透明アクリル製で、それを通して水路の外側から観測できようになっている。流量は590 l/s、水深は円柱周辺ではほぼ一定で12.05 cm、主流平均流速は12.2 cm/sである。

(1) Flow Visualization法による流況観測 粒径1~2mmのトレーサーをストロボ照明の下に写真撮影し、円柱前面水路床近傍で直径数mm~数cmの水平軸をもつ渦が観測された。図-1は渦の直径 $2r$ と円柱の直径 d との比を渦の回転周期 T に関係つけたものである。図中○印は円柱と底面に接してかつ円柱をとりまく幅2~3cmの領域(以後A領域とよぶ)における渦を示し、●印はその領域の外側(B領域とよぶ)における渦を示す。図からA領域では渦中の流体実質部分の回転半径はその

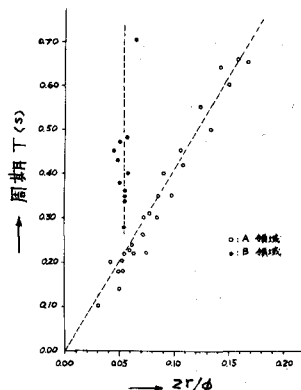


図-1 渦内トレーサーの回転直径と回転周期との関係

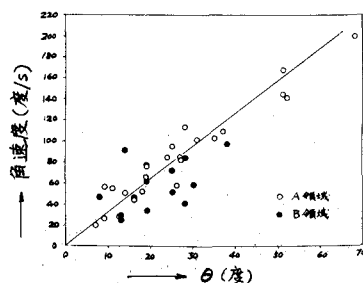


図-2 円柱の軸のまわりの回転角 θ と円柱の軸のまわりの角速度(度/s)の関係

はほぼ一定で、平均5.2mm程度であることがわかる。つぎに図-2は渦内の流体実質部分が円柱の中心軸の周囲をまわる角速度 ω と、円柱前面から測った回転角度 θ との関係を示す。この図からA領域の渦の角速度は角度 θ の増加と共に増加することが認められるが、B領域では円柱の軸のまわりの回転角速度はかなりばらついたものとなっている。図-3は多くの写真で観測されたこれらの渦中の流体実質部分の流向のうち、底面の近く近傍のものを同一紙面上に描いたものであり、また図中の点線は円柱前面の水路床近傍に染料を注入したときそれが拡散す

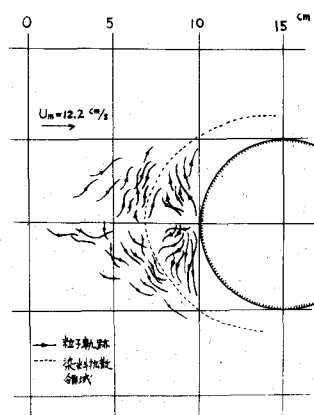


図-3 底面近傍の流向分布

る領域を示している。これより、染料の拡散領域が上述のA領域に相当することが明らかであり、A領域とB領域とでは渦軸の方向およびその規則性、および渦の大きさにおいて明確な相異が認められる。またA領域の渦の実質部分は円柱前面の流れのどの部分から供給されるかという問題が提出される。つぎに図-4は発生した渦中の実質部分の回転直径と θ との関係であり、これからA領域内の渦の最大直径は円柱前面($\theta=0$)で約2~3cmであり、そこから流下するにつれて減少することがわかる。つぎに染料を円柱の上流側から注入してその拡散の状態を観測した。図-5における座標系において $x=-10\text{cm}$, $y=0\text{cm}$ の地点で染料注入口を水路床の高さから徐々に上げて行くと、注入口が河床に近いときは染料はかならずA領域内の渦にまきこまれることが認められるが、河床から2~3cmの高さでは染料は渦にまきこまれることもあり、また注入口とほぼ同じ高さのまま流下したり、あるいは円柱表面に沿って上の方へ拡散したりすることが認められた。これからA領域の上限は河床から2~3cmであると考えられる。また $x=-10\text{cm}$, $y=-1\text{cm}$ の点に注入口をおくと、河床近傍1cm以内では染料は円柱に近づくが、図-3に示される点線の外側を流れることが認められた。しかし注入口が約1.5cmになると、染料の拡散域が円柱に接することが認められた。これらのことからA領域内の渦の流体実質部分の供給源は円柱の直前面の一定の限られた部分であると推察される。

(2) 細糸による流向測定 細い針金の先に木綿糸をつけて流向を測定した。図-5にその結果を示す。河床近傍では流向の変動がいろいろしく、糸による流向測定はかなり不正確なものであるが、それでもA領域とB領域とでは上下方向の流向の増減の様相に明らかな差異が認められる。Perryらは円柱に近づく流れの上下方向の流向変化は河床ごく近くを除いて線型であるとしているが、これは本報告で示したA・B領域の区分および渦の存在による流向増減を無視した結果になっている。

3 結語

実験的事実に基づき、円柱前面の流れはその特性に従って三つの領域に区分されることを示した。A領域は円柱をとりかこむ幅2~3cm、高さも同程度のものであり、ここでは水平軸をもつ最大直径2cm程度の渦が発生し、その回転は水路床近傍では円柱から遠ざかる方向である。この領域の流体実質部分は円柱の直上流の限られた部分から供給される。また渦中における流体実質部分の回転方向速度成分は一定である。オのB領域はA領域より上流側の河床近傍であり、ここでは渦の直径は約5mmで一定であるが、その軸の方向はかなりばらついている。この領域の厚さは1cm程度である。オのC領域はAおよびB領域の上側であり、ここでは流れはほぼ二次元的である。

参考文献 Perry A.E. and Toubert R.N.; Journal of Fluid Mechanics, vol.22, part 2, p285, 1965.

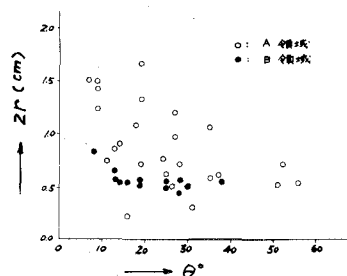


図-4 渦内実質部分の回転直径 $Zr(\text{cm})$ と円柱軸のまわりの回転角 $\theta(\text{度})$ との関係

