

河床低下河川にある橋脚洗掘防護工の効果について

京都大学工学部 正 員 中川 博次

京都大学工学部 正 員 村上 正吾

京都大学大学院 学生員 福島 卓也

島 根 県 正 員 〇石原 淳

1、まえがき 河床低下河川において、橋脚周辺の局所洗掘が進行して基礎が露出してくると、その周りに矢板を打ち、コンクリートを流し込む防護工が施工されるが、今のところ、この防護工は水理学的検討がなされておらず、安全上の観点から洗掘特性を明らかにする必要がある。そこで、本研究は、防護工の効果を実験的に検討した。

2、実験方法 全長8.7m、幅0.94mの長方形断面水路に、径が6cmの内部円柱に対し径が3種の外部円柱を組み合せ、その高さを変化できるものを設置した。水深は8cm, 8.5cm 勾配は1/1000, 1/2000とし、円柱前面のよどみ面上で流速分布、および円柱前面の洗掘深を測定した。なお、平均粒径 $d=0.078, 0.200\text{mm}$ の砂を用い、実験はすべて静的洗掘である。

3、円柱前面に形成される渦についての考察 洗掘の原因となるのは円柱前面に形成されるいわゆる馬蹄型渦であるから、この渦に着目して渦のスケール、渦領域での外縁流速の評価を行った。よどみ面内で流速を測定し、逆流域の限界点を渦の鉛直スケール H_2/D_1 、水平スケール L_2/D_1 とし、それによって決まる三角形の内接円の半径を渦の大きさ $\omega_2 = r_2/D_1$ とした(図-1)。図-2、図-3、図-4より、渦のスケールは、外部円柱の高さ $\Delta h/H$ に対して一次的に増加するが($H_2/D_1, L_2/D_1=0.8 \Delta h/H, \omega_2=0.4 \Delta h/H$)、 $\Delta h/H=0.5 \sim 0.6$ 付近で渦のスケールが、 $\Delta h/H$ から水深で支配されるスケールに移行し、その後、一定値となり($H_2/D_1, L_2/D_1=0.6, \omega_2=0.2$)、今回の実験条件では水深に比べて外部円柱の径が大きいので、渦の大きさは、水深によって決まると考えられる。逆流域内の最大流速 v_{bmax} を示したものが図-5である。これによると v_{bmax} は、ほぼ一定値($v_{bmax}/U_{0m}=0.4$)を示している。また、外部円柱の高さのよどみ面上の流速を測定し、それによって得られる循環の差 $\Delta \Gamma_2$ を求め、 $\Delta \Gamma_2$ と渦外縁流速との関係 $\Delta \Gamma_2=2\pi r_2 \times v_{bmax}$ より v_{bmax} を求めたものと、測定値を比較したものが図-6である。計算値は、ばらつきがあるものの両者はほぼ一致し、さらに鈴木ら¹⁾の結果($v_{bmax}/U_{0m}=0.5$)を満足しているものと考えられる。つまり、外部円柱の存在によって生じる循環が、円柱前面に集約されて渦が形成される。また、連続式より、洗掘の初期段階では渦スケールがほぼ保たれているので洗掘深の時間的変化は、 $Z_s/D_1=A_1(d/D)p_s \cdot t_* \dots (1)$ で与えられ、ここに $p_s=F_0 \tau_{*v}(1-k_2 \tau_{*c}/\tau_{*v})^3 \dots (2)$ 但し、 $k_2=0.7, F_0=0.03$ であるから、洗掘実験より得られた $Z_s \sim t_*$ の関係より、 dZ_s/dt_* を求め式(1),(2)より渦による掃流力 τ_{*v} を求めた。さらに、渦による摩擦抵抗係数 $\phi_v=v_{bmax}/U_{*v}$ 、但し $U_{*v}=\sqrt{\tau_{*v}/(\sigma/\rho-1)gd}$ により、 v_{bmax} を求めることができるが、ここで単一ピア D_1 の v_{bmax}/U_{0m} の値を鈴木らの結果を用いて0.5となるように ϕ_v を決めると $\phi_v=4$ となり辻本ら²⁾の値より小さいが、辻本らは $\gamma_0=\tau_{*v}/\tau_{*0}$ を1.5としているが、今回の実験より $\gamma_0=2.0$ 程度の値が得られて

おり、妥当なものとしてこれを採用し、 v_{bmax} を評価したものが図-7 であり、これについても上記と同様の結果が得られた。

4、洗掘過程に関する考察 洗掘深の時間的变化を示すと図-8 のようになる。初期洗掘過程では、内部円柱のみの単一円柱より、外部円柱が存在する方が、洗掘進行速度が大きく、遷移洗掘深付近で両者が逆転する。これは、 $\Delta h/H$ によって渦の大きさは制限されるが、それに比べて掃流力が大きいため洗掘進行速度が速く、さらに洗掘が進行すると、洗掘孔形状によって $\Delta h/H$ の効果が弱まり、洗掘孔付近の流れが変化するため、初期の渦が保存されず、渦が外部円柱の径で決まるものと考えられる。最終的には、単一ピアの最終洗掘深より大きくなると考えられる。

5、あとがき 本研究では、防護工がある場合に外部円柱前面に形成される渦の大きさと、それに伴う掃流力が定量的に評価できた。さらに、この渦に着目して、洗掘過程に対する定性的な結果が得られた。

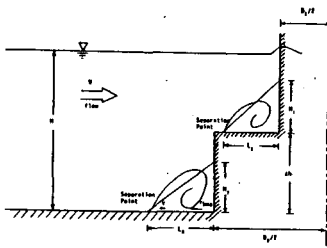


図-1 定義図

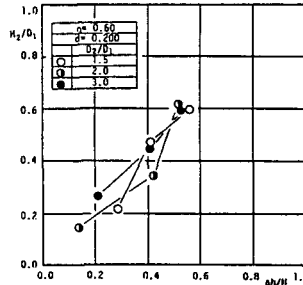


図-2 渦の鉛直スケール

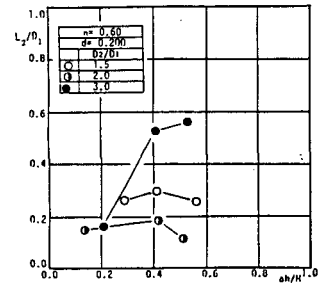


図-3 渦の水平スケール

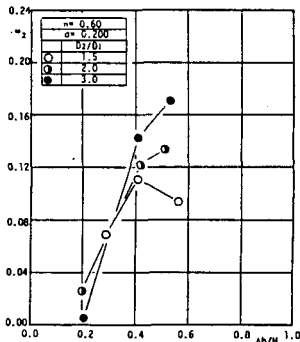


図-4 渦の大きさ

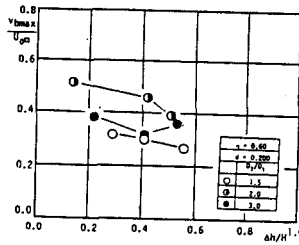


図-5 渦外縁流速

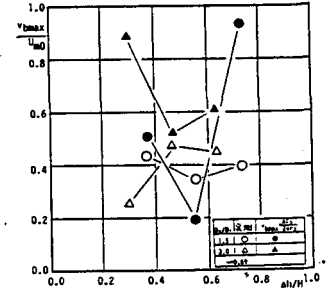


図-6 渦外縁流速実測値と計算値の比較

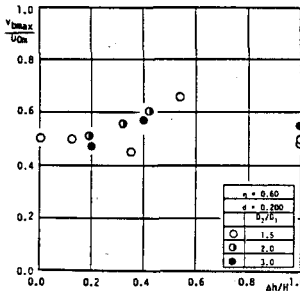


図-7 初期洗掘過程より得られる渦外縁流速

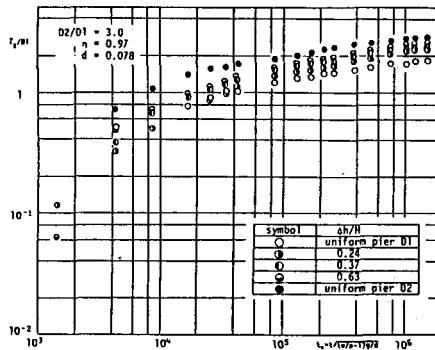


図-8 洗掘深の時間的变化

参考文献

- 1) 中川、鈴木
京都大学防災研年報 197
- 2) Tsujimoto; Memoire
Fac. of Tech. Kanazawa Uni
1984