

II-169

二段円柱周辺の洗掘軽減工法について

パシフィック・C 正員○松井 弘

宇都宮大学工学部 正員 須賀 堯三

1. はじめに

河川を横断する橋脚の中には、河床低下等の影響により橋脚基礎が露出している場合や、橋脚の根入れ不足を補うために周囲を鋼矢板や連続地中壁で囲ういわゆる根継ぎ工法を施工した場合には、橋脚の形状が一樣形状と見なせないものがあり、従来の一様形状での研究がそのまま適用できないこともある。

また、橋脚周辺の洗掘対策としては、従来より、○橋脚周辺にコンクリートブロックやふとん籠を敷設する根固め工法や、○見かけの根入れ深さを確保する根継ぎ工法等が施工されているが、これらの工法にもさまざまな問題がある。

ここでは、二段円柱を研究対象として円柱周辺の、洗掘軽減工法としてコンクリートブロック敷設工法と洗掘軽減杭工法（著者らが提案している工法^{1), 2)}で、円柱前面に杭を設置することにより洗掘軽減を図る工法）の効果について、水理実験をもとに考察を行なったものである。

2. 実験の概要

実験は、長さ25m、幅1.2mの直線水路で行い、使用した実験砂は、平均粒径 $d_m=1.2\text{mm}$ のものをを用いた。水理条件は、水深 $h=10.0\text{cm}$ 、 $Fr=0.36$ 、 $\tau_b=0.05$ であり、クリアー・ウォーターで洗掘実験を行なった。クリアー・ウォーターで実験を行なう場合には、最終洗掘深が現われるまでに長時間を要するために、ここでは、通水初期に比べ洗掘速度が低下する通水後60分で各工法の洗掘深の比較を行なった。（図1）

3. 二段円柱周辺の流れの特徴と洗掘特性

二段円柱の場合には、上部円柱と下部円柱の各々の前面に馬蹄型渦が発生する。洗掘は主に、下部円柱の馬蹄型渦により行なわれると考えられる。この渦に着目して、水深方向の大きさを調べると実験条件下では $\Delta Z/D' < 0.4$ の場合には、 $H_v > \Delta Z$ （ここに、 H_v ：下部円柱の馬蹄型渦の高さ）となる。これは、上部円柱の馬蹄型渦の逆流域が流れに対して壁の役割を果たすためと考えられる。

最大洗掘深は、 ΔZ が増すに従い増加する傾向にあり、 $\Delta Z/D'=0.2$ で、 D' の一様円柱の90%の洗掘深が現われる。また、下部円柱が通水前に河床下にあっても、上部円柱の馬蹄型渦により洗掘が進行し、下部円柱が露出するまで洗掘が拡大すると下部円柱にも馬蹄型渦が発生し洗掘速度は大きくなる。例えば、 $\Delta Z/D'=0.2$ の場合には、 D' 径の一様円柱に比べ70%の洗掘深が発生する。また、洗掘孔の形状は、一様円柱と同様に一様な逆円錐となる。（図2）

4. 実験結果

1) 最大洗掘深の軽減効果

馬蹄型渦は、水深によりその規模が変化し洗掘深にもその影響が現れるものと考えられるが、本文では水深 $h=10\text{cm}$ と一定のもとに実験を行なった。

最大洗掘深に着目し、ブロック工法、杭工法、両者の併用工法について、洗掘軽減効果の比較を図3に示す。

橋脚前面に洗掘軽減杭を施工すると $D'/D=1.5$ の二段円柱の場合には、無対策の場合と比べ ΔZ にかかわらず、最大洗掘深を約20%程度軽減する事ができる。また、直径 D の一様円柱の洗掘深（図中……線）に比べ $D'/D=1.5$ の根継ぎ工法を施工した場合でも各 ΔZ で洗掘深を軽減することができる。したがって実験の範囲では杭を施工すると根継ぎ工を行なった事による洗掘深の増大をカバーすることができる。

ブロック工法は、洗掘軽減効果は最も大きいという結果になっているが、ブロックが掃流力以上の流れに対し流失するという問題点がある。杭とブロックの併用工法では、各 ΔZ ともブロック工法より約40%程度の洗掘軽減効果がある。

また、杭工法は流速分布の一樣化と平均流速の低減により、洗掘軽減を図るものであり、杭を施工すると平均流速が低減するために、ブロックは流失しにくくなるものと考えられる。

2) 洗掘範囲の軽減効果

各工法について、橋脚前面の洗掘幅（ L_1 ）縮小効果の比較（図4）を行なう。根継ぎ工法を行なった場合には、根継ぎ工の突出量 $\Delta Z/D' \geq 0.1 \sim 0.2$ で根継ぎ工施工前と同程度の洗掘範囲が生じる。

洗掘軽減杭を施工すると $\Delta Z/D'$ により異なる無対策に比べ、約10%の洗掘幅の軽減を図る事ができる。また、ブロック工法では、約50%の洗掘範囲の縮小効果が現われる。また、杭とブロックの併用工法の場合については、無対策の場合の約60%、ブロック工法を施工した場合に比べて約20%の洗掘範囲軽減効果がある。また、洗掘軽減杭を施工すると $\Delta Z/D' = 1.5$ の場合には、最大洗掘深と同様に根継ぎ工の施工による洗掘範囲の拡大を防ぐ事ができ、根継ぎ工施工前と同程度の洗掘範囲とする事ができる。

3) 洗掘速度の低減効果

橋脚前面の（時間～洗掘深）を測定する事により各工法の洗掘速度の比較を行なった。図5に $\Delta Z/D' = 0.3$ の各工法の時間洗掘深を示す。

通水後30～60分の比較的洗掘速度が遅い所で比較すると、無対策の場合には $V_{30 \sim 60} = 0.41 \text{ mm/分}$ で杭工法を行なうと、 $V_{30 \sim 60} = 0.18 \text{ mm/分}$ 、ブロック工法では $V_{30 \sim 60} = 0.18 \text{ mm/分}$ となっている。

また、洗掘速度が非常に早い通水初期0～3分で洗掘速度を比べると、無対策の場合には $V_{0 \sim 3} = 11.7 \text{ mm/分}$ で杭工法を行なうと、 $V_{0 \sim 3} = 9.9 \text{ mm/分}$ 、ブロック工法では $V_{0 \sim 3} = 4.0 \text{ mm/分}$ となっている。これより、洗掘軽減杭は、洗掘現象の初期から洗掘がある程度進行した段階でも洗掘速度の低減に効果があることがわかる。

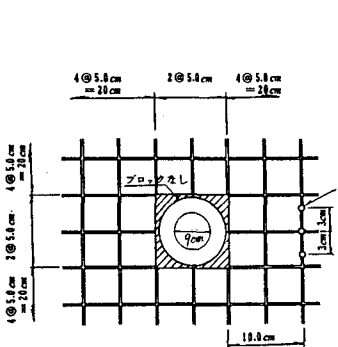


図1 実験条件模式図

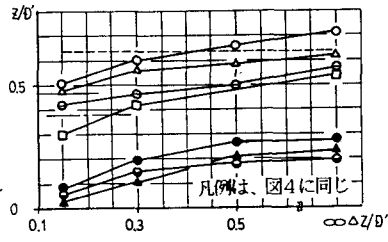


図3 対策工による洗掘軽減効果の違い

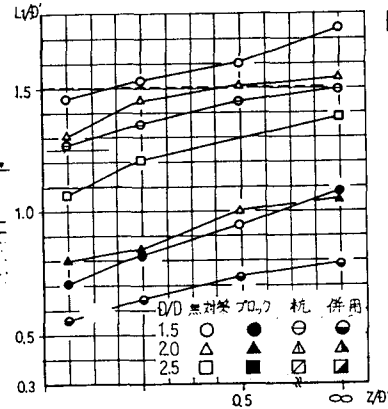


図4 対策工による洗掘範囲の違い

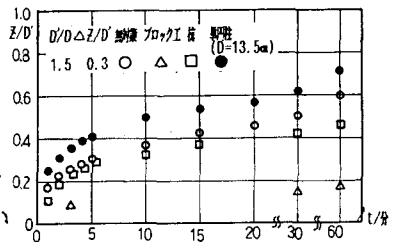


図5 対策工による時間 洗掘深の違い

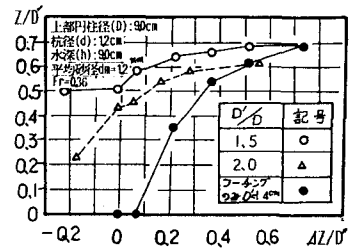


図2 杭の洗掘軽減効果

（参考文献）

- (1) 須賀，松井：橋脚周辺洗掘の低減に関する杭の効果、第29回水理講演会論文集1985年2月PP 597～602
- (1) 須賀，松井：円橋周辺流の大規模乱れに与える杭の効果、第30回講演会1986年2月PP 679～684