

パシフィック・C 正員 松井 弘
 宇都宮大学工学部 " 須賀 堯三
 株式会社 白石 " 藤田 宏一
 " " 小田 章一

1. はじめに

著者らは、昭和60年水理講演会において橋脚周辺洗堀の軽減工法として橋脚前面への杭の設置を提案し clear water scour で杭の配列と洗堀軽減効果（30分洗堀深で比較）の関係を調べた。又、昭和61年同会では、平坦固定床上で円橋前面に杭を置いた場合に円柱周辺流、特に馬蹄型渦に注目しその強さ、範囲及び、上流の流れが馬蹄型渦に巻き込まれる頻度等を調べた。ここでは、円柱側面で加速されて橋脚洗堀の一因となっている側方流の軽減に与える杭の効果を実験により求め、clear water scour での洗堀軽減効果（一部既発表）と合わせて杭による橋脚周辺流の変化と洗堀軽減について考察を行なったものである。

2. 実験概要

実験水路は、長さ25m、幅 1.2m、深さ 0.8m の二次元鋼製水路である。橋脚模型は、直径D=9.0 cm、杭は直径d=1.2 cmのそれぞれ円柱を用いた。円柱周辺流の流速測定は、平坦固定床上に円柱及び杭を設置して、直径 5mm の小型プロベラ流速計を用いて行なった（図1）。又、洗堀実験は、平均粒径 d_{50} = 1.2mm の一様砂を用いて行なった。実験条件については参考文献 1を参照。

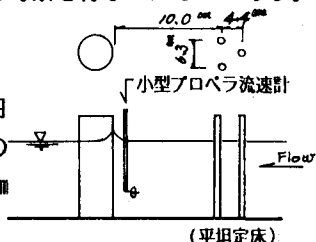


図1 流速測定模式図

3. 橋脚前面の洗堀

橋脚前面の洗堀は、主に馬蹄型渦によるものと考えられるが、この渦の発生原因は従来より接近流の平均流速と鉛直方向の流速分布によるものと言われている。いま円柱前面 5cm (L/D= 0.56) の流れの対称軸上で円柱前面に杭を設置した場合とそうでない場合（円柱単独）の流速分布の変化を図 2に示す。これによると流速分布の勾配は、対称軸上の杭の影響により小さくなっている事がわかる。これは、杭後流のはく離渦により円柱前面で流れの混合拡散が激しく行なわれ流れが一様化されるためと考えられる。又、杭がない場合に比べ杭 3本または 1本の場合は、平均流速が約40% 低下している。流速測定を流れの対称軸上で行っているために中心杭の位置が同じである杭 1本の場合と 3本の場合では、流速分布の差異は小さかった。馬蹄型渦内に入っていると考えられる円柱前面 1cm、2cm の流速測定結果を見ると杭を設置すると円柱前面の

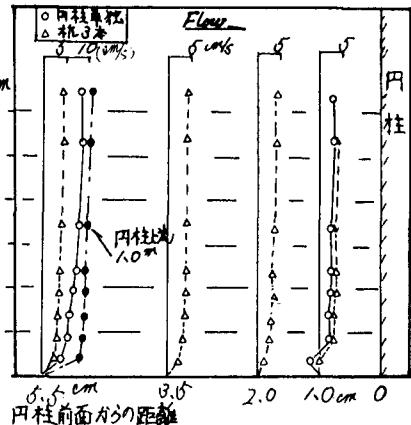


図2 杭による円柱前面の流速分布変化

逆流とその範囲が小さくなっている事がわかる。

次に、上記の様な杭による馬蹄型渦の縮小を円柱前面の洗堀深の軽減という形で見るために clear water で洗堀実験を行なった。図 3に示した時間～洗堀深の関係から、まず、洗堀開始直後すなわち平坦固定床に近い状態での洗堀速度について調べる。図 3中で洗堀深が $L=2$ cm（円柱単独の場合は通水後約70秒）に達するまでの洗堀速度で比べると円柱単独の場合の 1.71 cm/min に対し、杭 3本の場合の

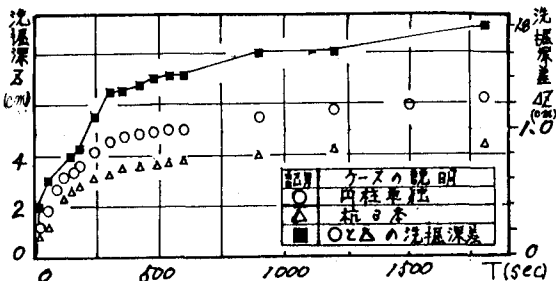


図3 杭による時間～洗堀深の変化

1.09 cm^3/min となり約36%洗堀速度が低下している。次に、洗堀の進行率が非常にゆるやかになっている通水後 900秒~1800秒の洗堀速度を比べると円柱単独の場合が 0.047 cm^3/min に対し、杭 3本の場合が 0.027 cm^3/min と約43% 洗堀速度が低下している。この実験では、通水を30分で止め洗堀深の比較を行なったが、各測定時間での杭 3本を設置した場合と円柱単独の場合の洗堀深の差 (Δz)の時間変化を図 3に示す。洗堀深の差の時間変化率は、通水後 300秒までは大きくそれ以降は小さくなっていく。しかし、通水後30分経過後もなお $\frac{\Delta z}{\Delta t} > 0$ 、すなわち円柱単独と杭を 3本設置した場合の洗堀深の差は拡大する方向にあり、最終洗堀深で比較する場合には、30分通後の洗堀深より求めた差より大きくなると考えられる。又、円柱前面に設置する杭本数が 1本と 3本とでは、円柱前面の30分洗堀深及び時間~洗堀深には大きな差異は認められなかった。これは、馬蹄型渦の発生に関しては、対称軸上付近の流れが最も影響を及ぼしているためである。しかしながら、杭 1本の場合は、最大洗堀深は円柱側方50° 付近に発生しており最大洗堀深としては、杭 3本の場合よりも大きい事が図 4よりわかる。

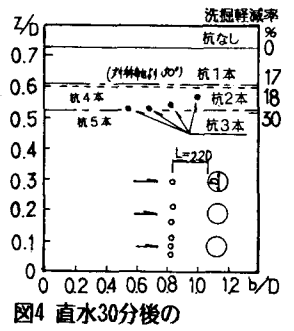


図4 直水30分後の洗堀深による比較

洗堀深による比較
洗堀深及び時間~洗堀深には大きな差異は認められなかった。これは、馬蹄型渦の発生に関しては、対称軸上付近の流れが最も影響を及ぼしているためである。しかしながら、杭 1本の場合は、最大洗堀深は円柱側方50° 付近に発生しており最大洗堀深としては、杭 3本の場合よりも大きい事が図 4よりわかる。

4. 橋脚側面の洗堀

渦なしの理想流体の場合には、ポテンシャル流理論より流れに対して直角方向の円柱側面で流速は最大 ($u=2 \cdot u_0$ ここに u_0 は接近流速)となるが、実際の流れの場合には鉛直方向の流速分布のために、流れの対称軸より40° ~50° 側方で掃流力が最大となる事が知られている。この事はclear water scourの実験で円柱前面の対称軸上に杭 1本を設置した場合の最大洗堀深が円柱側方50° で発生しており、円柱前面の馬蹄型渦が対称軸上の杭の効果により弱まって、掃流力の最も大きい円柱側方50° 付近の所で最大洗堀深が生じると

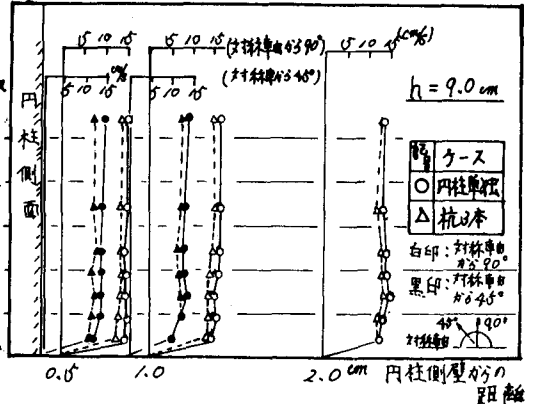


図5 杭による円柱側方の流速分布の変化

いう事からも理解できる。この円柱側面で増大する掃流力の低減をはかるために杭 3本の内対称軸より離れた 2本の杭を円柱側方50° をカバーするように配置して円柱側方での流速低減効果を調べる。図 5によると円柱側面45° 及び90° の平均流速(プロベラ流速計のプロープは、いずれも円柱表面と平行になっている)は、単独円柱の場合に比べ杭 3本の場合の方が流速の低減が見られる。また、杭 1本の場合は、円柱側方に対する影響が小さいため、流速分布は円柱単独の場合と変わっていない。よって、円柱の全面的洗堀の洗堀を軽減するには杭は 3本必要である事がわかる。

5. まとめ

以上、杭による円柱周辺流の変化と洗堀軽減効果を合わせて考察した結果、次の事がわかった。

- (1) 円柱前面に杭 3本を設置した場合の各杭の役割りは、○対称軸上の杭は主として馬蹄型渦による洗堀の軽減に有効であり、○対称軸より離れた 2本の杭は、円柱の側方流を弱め洗堀軽減に有効である。
- (2) clear water scourでの杭 3本設置した場合と、円柱単独の場合の最終洗堀深の差は通水30分後の洗堀深の差より大きくなる。

今回は、洗堀前すなわち平坦固定床上で杭による円柱周辺流の変化を議論したが、今後は、刻々変化する洗堀形状に対し、洗堀途中での杭による流れの変化についての研究を課題としたい。

(参考文献)

- (1) 須賀、松井：橋脚周辺洗堀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
- (2) 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 " 1986年 2月PP679 ~ 684