

II-141

杭とブロックによる橋脚周辺洗掘の低減効果

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
 " 小田章二

1. はじめに

橋脚周辺洗掘に対する防護工としては、橋脚周辺にコンクリートブロックを敷くブロック布設工法、基礎部分をシートパイルで囲いコンクリートで固める根継ぎ工法等がある。ブロック布設工法は、施工が手軽であり、当面の工費も比較的安い事、施工事例が多い事、比較的その効果を期待されている事等により従来より多くの箇所で施工がなされている。しかし、洪水時の砂の吸出しによるブロックの沈下、ブロック流出等の被害が生じ、ひいては橋脚の倒壊に結びつく事例も少なくない。

本報では、一様円柱を研究対象として、既報^{1) 2)}の洗掘軽減杭をブロックと併用して施工した場合の洗掘軽減効果及び洗掘範囲の縮小効果をClear Water Condition での実験により確認してその効果を述べる。

2. 実験概要

橋脚模型は、直径 $D=9.0\text{cm}$ 、杭として直径 $d=1.2\text{cm}$ のそれぞれ円柱である。実験砂は、平均粒径 $d_m=1.2\text{mm}$ の一樣砂を用いた。水理条件は平均水深： $h=10\text{cm}$ ， $Fr=0.36$ ， $\tau_*=0.05$ である。

3. 橋梁周辺にブロックを布設したときの洗掘特性

①Clear Water Condition の条件の下での洗掘

流れの観察によると、防護工を施さない円柱周辺の洗掘形態は馬蹄型渦により砂粒が橋脚の側方に掃流され、橋脚側方で集中した流れによって流下する。一方、円柱周辺にブロックを布設した場合には、ブロックの上に馬蹄型渦が発生する為に砂面には直接とどかないと考えられるが、橋脚周辺のブロックは、砂の吸い出しにより沈下が生じる。従って防護工がない場合の洗掘深は、馬蹄型渦の強さに対応するが、ブロックを布設しても同様に馬蹄型渦の強さに対応した吸出しによる沈下が生じるものと考えられる。

②Continuous sediment motionの条件の下での洗掘

橋脚周辺のブロックに一樣に沈下が進行している状態では、平型ブロックの場合には直接受ける掃流力は小さい為にブロックは流出しにくい。河床状態の不均一等によりブロックに不等沈下が生じる又は、布設が乱積み状態では、橋脚周辺の早い掃流力によりブロックの流下が始まり、それが下流へ伝播していく。

以上のように、ブロック工法の問題点としては、①ブロック下面の砂の吸出しによる沈下、②橋脚周辺の大きい掃流力によるブロックの流出及びその下流への伝播などがあげられる。

4. 杭による洗掘軽減効果

円柱前面に発生する馬蹄型渦は、接近流の流速分布に起因する流れの渦度が円柱前面で集積したものとされている。著者らは、円柱前面に杭を設置するとその後流では、①流れの混合拡散が激しくなる為に流速分布が一様化する②平均流速が低減する等の変化が生じ、馬蹄型渦の強さが弱くなり、その範囲が縮小する事を固定床実験及び移動床実験で確認した。

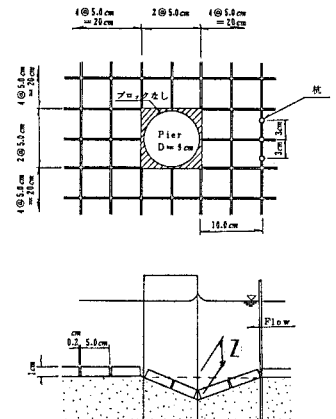


図1 実験条件の模式図

5. 各工法による洗掘軽減比較

①各防護工の洗掘深比較

円柱前面の洗掘深(L)に着目(図2参照)すると無対策の場合には $L=7.8\text{cm}$ であるのに比べ、ブロック工法を行なうと、 $L=1.2\text{cm}$ (無対策の84%低減)、杭工法を行なうと、 $L=4.5\text{cm}$ (無対策の42%低減)、またブロックと杭の併用工法を行なうと $L=0.8\text{cm}$ となり、無対策の90%、ブロック工法の33%の洗掘深が低減している。図2により洗掘深形状の特徴を比較すると、

①無対策の場合には、最大洗掘深が円柱前面に発生し側面へ向うに従って小さくなっている。②杭工法を行なうと、やはり最大洗掘深は円柱前面に発生するが、円柱側方 45° との洗掘深差は、無対策の場合より小さい。③ブロック工法や併用工法では、最大洗掘深は、円柱側方 $45^\circ \sim 90^\circ$ 付近に発生している。①と②の違いは、馬蹄型渦の発生が流れの対象軸上付近の流れに最も影響されており、円柱側面に杭を設置すると、前述の杭後流の作用により、円柱前面の洗掘深が主に軽減される事で説明できる。①と③の違いは、ブロックの布設状態が図1に示すように円柱前面とブロックは近接しているが、円柱 45° とブロックとの間にはすき間ができ、この箇所が円柱側方で加速された流れにより掃流されるものである。従って、ブロックを布設する場合には、ブロックと橋脚のすき間、特に掃流力の大きい側方のすき間を小さくするよう施工する必要があると考えられる。

④併用工法では、最大洗掘深は、円柱側方 $45^\circ \sim 90^\circ$ 付近に発生している。①と②の違いは、馬蹄型渦の発生が流れの対象軸上付近の流れに最も影響されており、円柱側面に杭を設置すると、前述の杭後流の作用により、円柱前面の洗掘深が主に軽減される事で説明できる。①と③の違いは、ブロックの布設状態が図1に示すように円柱前面とブロックは近接しているが、円柱 45° とブロックとの間にはすき間ができ、この箇所が円柱側方で加速された流れにより掃流されるものである。従って、ブロックを布設する場合には、ブロックと橋脚のすき間、特に掃流力の大きい側方のすき間を小さくするよう施工する必要があると考えられる。

②各工法の洗掘範囲比較

洗掘孔の形状は各工法により若干の違いはあるものの概ね、円柱沿いが深く砂の水中息角をもって安定している逆円錐形となっている。

防護工法による洗掘範囲の違いを図4に示す。円柱前面での洗掘範囲

(L)を比較すると、無対策の場合には $L=12.0\text{cm}$ 、ブロック工法を行なうと $L=5.5\text{cm}$ 、杭工法を行なうと $L=6.5\text{cm}$ 、さらに併用工法の場合には $L=3.5\text{cm}$ と減少する。円柱前面から側方 90° までの洗掘平面形状を半円と仮定し、各工法の洗掘範囲縮小効果を面積(A)で比較すると、無対策 $A=400\text{cm}^2$ 、ブロック工法 $A=125\text{cm}^2$ 、杭工法 $A=160\text{cm}^2$ 、併用工法 $A=70\text{cm}^2$ となり、ブロック工法と比較すると、併用工法では、洗掘面積を約40%の洗掘範囲を軽減させる事ができる。従って、併用工法を行なうと、ブロックの布設範囲の低減が期待できる。

6. 結 論

杭を設置する事により、この実験条件下では、次の効果がある。

①ブロック工法によると最大洗掘深が無対策の場合の84%が低減し、それに杭を設置すると無対策の90%の洗掘軽減効果が得られる。

②併用工法を行なうとブロック工法に比べ吸出しによる洗掘範囲を約40%縮小させる事ができ、ブロックの布設範囲縮小が期待できる。今後は、杭を用いた場合の定量的な洗掘軽減効果の把握を行なう必要がある。

参考文献

1)須賀, 松井ら: 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 PP597~602

2) " : 円柱周辺流の大規模乱れに与える杭の効果, 第30回水理講演会論文集 PP679~684

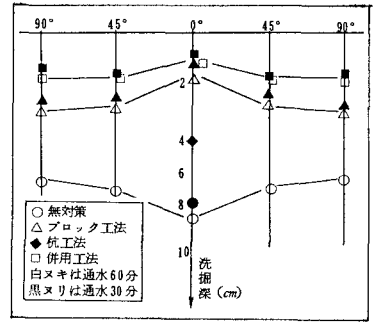


図2 円柱周辺の洗掘深

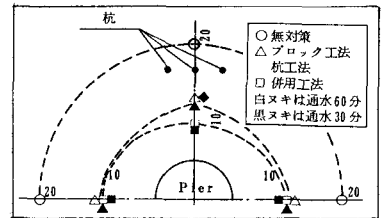


図3 洗掘範囲の比較