

愛媛大学大学院 学生員 ○池澤慎吾

愛媛大学工学部 フェロー 鈴木幸一

愛媛大学工学部 正会員 門田章宏

1. はじめに

橋脚の水衝部における局所洗掘は、橋脚周辺の問題として代表的なものである。河口から約 9.5km に位置する四万十川橋の右岸側では大きな局所洗掘が発生しており、様々な課題が挙げられている。本研究は、局所洗掘対策という目標のもと、水中ビデオロボットによる洗掘孔内の観察をはじめ、洗掘孔の全体像を把握するための河床横断面測量を行い、局所洗掘対策として、捨石による礫護床を行うことを挙げ、この施工法が妥当であるかどうかの検討を現地の洗掘孔を水路床に作成し、さらに実験の流速測定から求めた掃流力から様々な粒径を決定し、これを被覆することによって検証を行った。

2. 四万十川橋右岸側橋脚周辺における局所洗掘孔の形成原因の検討

四万十川橋右岸側橋脚周辺における洗掘孔の形成原因に関して、水中ビデオロボットによる現地観測や横断面測量を行ってきた。

水中ビデオロボットによる撮影では、水面上からの観測では見られなかった洗掘孔内の状況を観測することができた。当初予想されていた根固め工の崩壊は確認されず、設置時とほぼ同じ状態が保たれていた。また、洗掘孔最深部では表面砂礫は粗粒化し、河床高が高い領域に移るにしたがい河床材料は細かな粒径のものに変化していった。

横断面測量の結果から出水前後の変化は最深部付近の若干の堆積傾向にとどまり、全体として洗掘孔周辺は比較的大きな出水に対してもあまり影響を受けないことが分かった。自然的要因よりむしろ人工的要因として昭和 50 年までに行われた砂利採取による影響が発端で洗掘孔が拡大したものと考えられる。

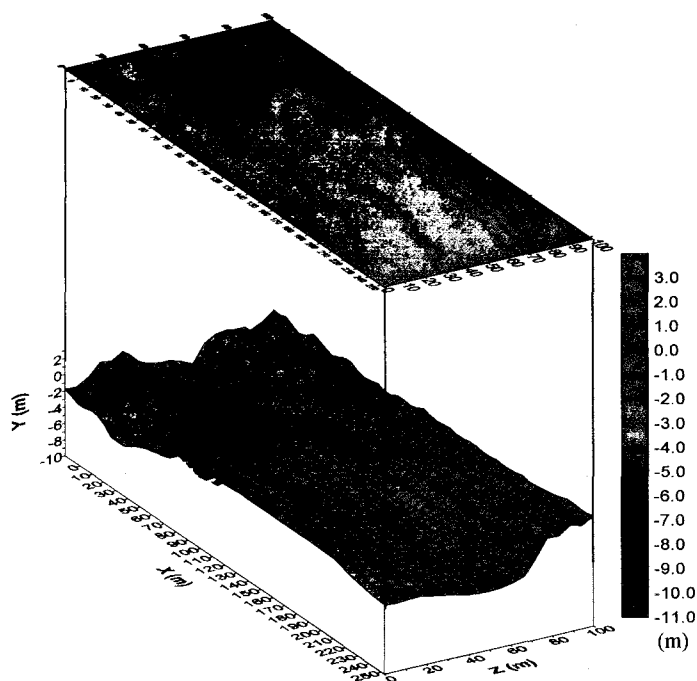


図 - 1 下流側の洗掘孔の様子（平成 15 年度）

3. 四万十川橋右岸側橋脚周辺における洗掘孔の洗掘防止対策の検討

石礫による河床の被覆層が長期的に安定して河床砂の局所洗掘を防止・軽減する機能を保持するためには、被覆する石礫が局所流によって動かされない程十分大きいという条件の他に、石礫層の空隙を通して河床砂の吸い出しがないことが必要である。河床砂の吸い出しを防ぐためには、石礫フィルター層厚が十分大きくフィルター層を通しての流れの吸い出し力が河床砂の限界掃流力以下であるか、掃流力が大きくてもフィルターを構成する石礫の粒径があまり大きくなくその空隙を河床砂が物理的に通過できないかのどちらかを満たせばよい。本研究では、この粒径の異なった石礫による二層石礫逆フィルターによる捨石洗掘防止工の設計法に基づき実験を行った。大まかな被覆範囲としては、洗掘孔周辺を保護することにより洗掘孔の安定と土砂の供給による埋め戻しが期待できることから洗掘孔周辺を対象とし、洗掘孔周辺の流速を参考にした。流速データより、対数分布則を用いて、洗掘孔周辺一様流部において摩擦速度が $u_* = 0.035 \text{ m/sec}$ という結果が

得られた。これにより、摩擦速度から限界被覆粒径の等高線図を求めた。

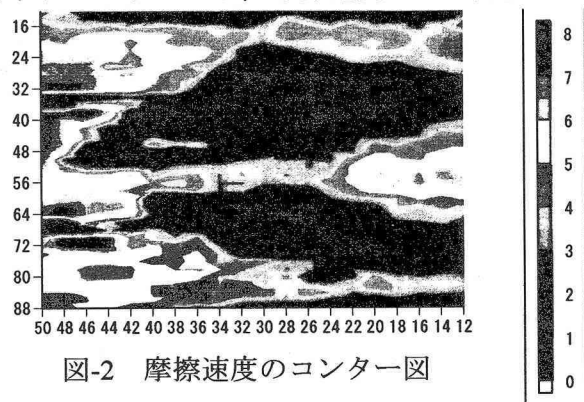


図-2 摩擦速度のコンター図

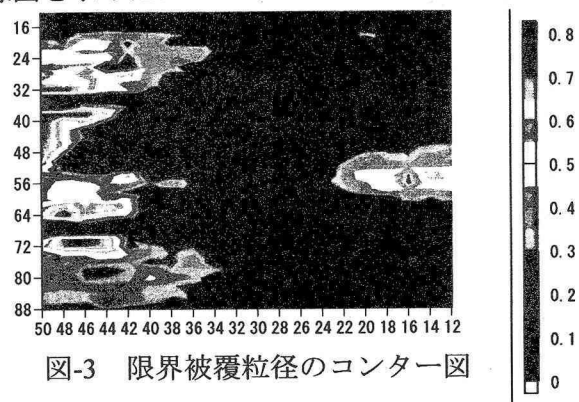


図-3 限界被覆粒径のコンター図

次に、橋脚周辺砂礫の最大粒径を参考にし、洗掘孔周辺を被覆する限界被覆粒径 D_c を決定し、水路実験による検討を行った。その結果、限界被覆粒径 $D_c=3\text{mm}$ に関しては部分的に保護しきれない箇所はあったもののほぼ洗掘孔周辺の河床を保護でき、この捨石洗掘防止対策法が有効であることを確認した。これは現地において約 45cm の粒径で、被覆面積は約 $1,800\text{m}^2$ である。この場合、3 万 3,953 個の石が必要で、 $\rho=2600\text{kg/m}^3$ を用いて計算すると、33,696 ton が必要であると算定できる。また、比較のために採用した限界被覆粒径 $D_c=2\text{mm}$ に関しては流量 10,000ton 規模の大きな出水に対しては捨石工としての効果は得られなかったが、流量 6,700ton ほどの中規模の出水に対しては有効性を示した。しかし、これらはあくまで実験結果からの判断であり、洪水の発生頻度などを考慮しどちらが最適な粒径であるか検討をする必要がある。また、実際の施工を行う場合の手順や、被覆粒径砂の採取や運搬方法など様々な課題が残されており、今後の検討すべき項目はいくつか残されている。



写真-1 $D_c=3\text{mm}$ の実験前の様子

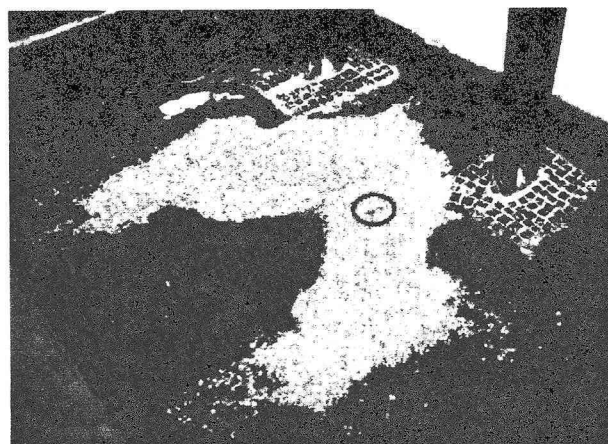


写真-2 $D_c=3\text{mm}$ の実験後の様子

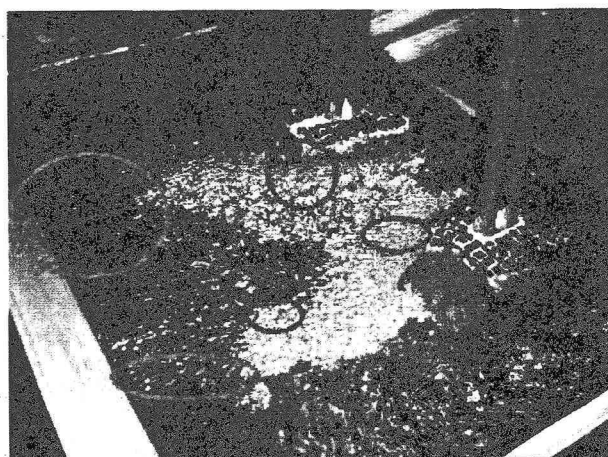


写真-3 $D_c=2\text{mm}$ の実験前の様子

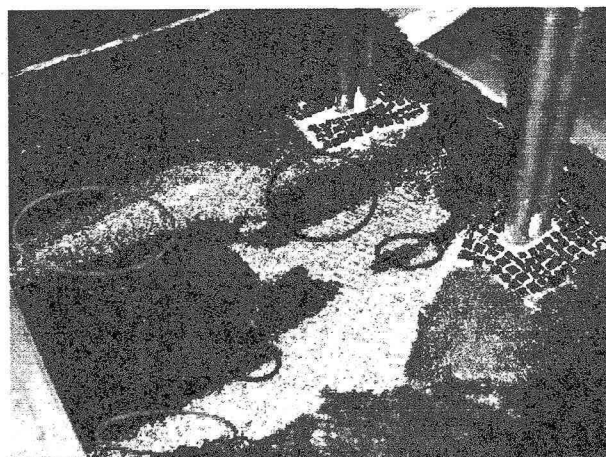


写真-4 $D_c=2\text{mm}$ の実験前の様子