

II-16 橋脚周辺における出水時の最大洗掘深の実測と河床変動状況

愛媛大学大学院

学生員

○村上忠司

愛媛大学大学院

学生員

池澤慎吾

愛媛大学工学部

正会員

門田章宏

愛媛大学工学部

フェロー

鈴木幸一

1. はじめに

河川構造物付近に発生する洗掘など、出水時の橋脚周辺に発生する最大洗掘深の実測については、出水時の水位上昇による計測の困難さや出水後に起きる埋め戻しの影響により、実際どの程度の最大洗掘深が発生しているかを把握することは困難とされてきた。

本研究では出水中に発生している最大洗掘深を実測する目的で、橋脚周辺にレンガ敷設を行い、出水後に埋め戻された河床を掘り起こし、残ったレンガの数と飛散したものを確認することによって最大洗掘深の実測を試みてきた。本研究では、レンガ敷設および出水による飛散状況の結果を述べ、さらに洗掘孔と橋脚周辺の河床状態の変化を述べることとする。

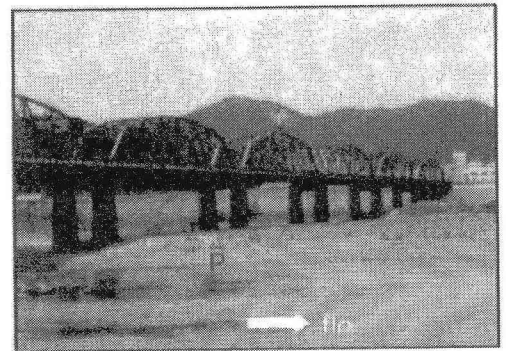


写真-1 四万十川橋左岸側の橋脚

2. レンガ敷設および出水による飛散状況

2. 1 橋脚周辺における河床のレンガ敷設

出水が発生したときに、どの程度の最大洗掘深が生ずるかを実測する目的で、左岸側のやや平坦な箇所をP4およびP5の二つの橋脚(写真-1)の上流側および左岸側にレンガ敷設を行った(図-1)。

橋脚周辺は根固め工が施されており、その位置まで掘り進め番号を付けたレンガを底部から周辺の河床の高さまで積み上げ、その後埋め戻しを行い周辺の河床高と合わせるようにならした。レンガ敷設箇所は、橋脚の縦断・横断中心線上を通り、かつ橋脚上流端部から上流側2m、橋脚コンクリート面から左岸側4mの位置とした。

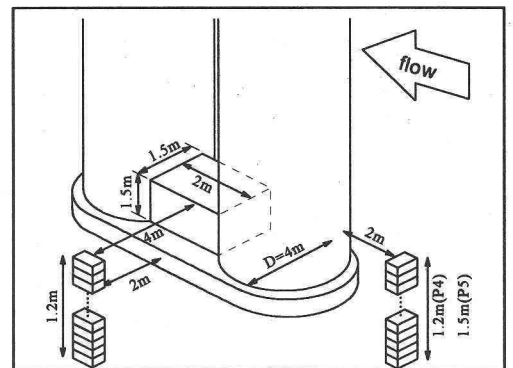


図-1 レンガ敷設の概略図

2. 2 出水におけるレンガ飛散状況

平成13年7月にレンガ敷設を実施後、平成15年5月末の時点までの間に主な出水が計4度発生した。これあ
の出水に関する洗掘状況をまとめたものを表-1に示している。はじめの出水は平成13年9月14日に出水が発生し水位約4.0(TP.m)、最大約2700m³/sの流量を記録しP5左岸側のレンガが1個消失した。また、平成14年9月1日に出水が発生し水位約4.9(TP.m)、最大約3100m³/sを記録し、P5上流に埋設したレンガが全部で7個流出した。これらの出水後行った観測では、洗掘箇所周辺からの洗掘孔の深さは64cmであり、レンガ設置当初からの変化は約76cmと算定された。さらに、平成15年5月15日に発生した出水では水位約6.1(TP.m)、最大約5700m³/sもの流量が流れ、5月31日には水位約6.1(TP.m)、最大約6700m³/sを記録し、P5周辺のレンガは、ほとんどのレンガが飛散していた。レンガ敷設した地点の洗掘深は、橋脚前面から2mほど離れているため約1.5mとされているが、橋脚の付近で実際に起きている洗掘は約3.5mにまで至っていた。

表-1 レンガ敷設地点における各出水の最大洗掘深

出水 発生日	2001.7.17 (レンガ敷設 時)	2001.9.14	2002.9.1	2003.5.15	2004.5.31
最大流 量		2,700m ³ /s	3,100m ³ /s	5,700m ³ /s	6,700m ³ /s
最大水 位		4.00T.P.m	4.90T.P.m	6.07T.P.m	6.98T.P.m
P4	上流側 (20 bricks)	0 brick	0 brick	10 bricks	11 bricks
	左岸側 (20 bricks)	0 brick	1 brick	17 bricks	18 bricks
	最大洗掘深	~3cm	~9 cm	105 cm	111 cm
P5	上流側 (25 bricks)	1 brick	7 bricks	19 bricks	19 bricks
	左岸側 (20 bricks)	0 brick	1 bricks	20 bricks	20 bricks
	最大洗掘深	40cm	76cm	148 cm	148 cm

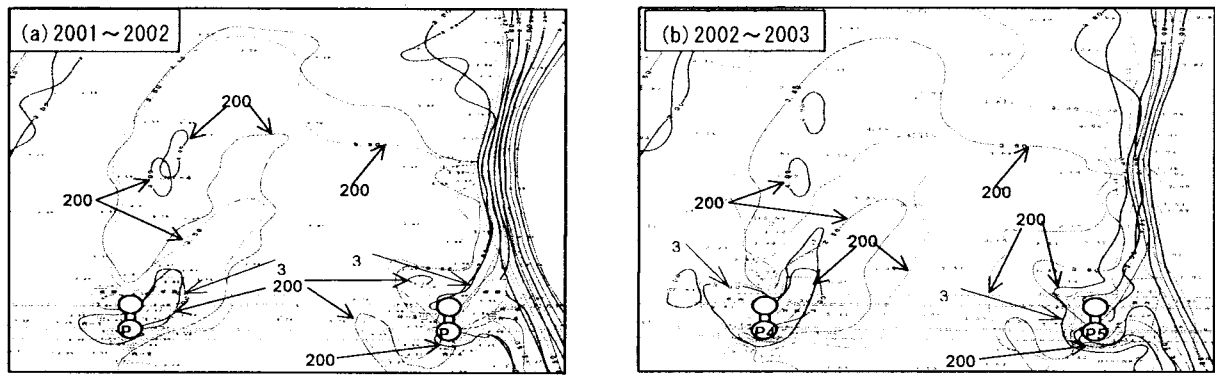


図-2 レンガ敷設地点の河床平面図の変化

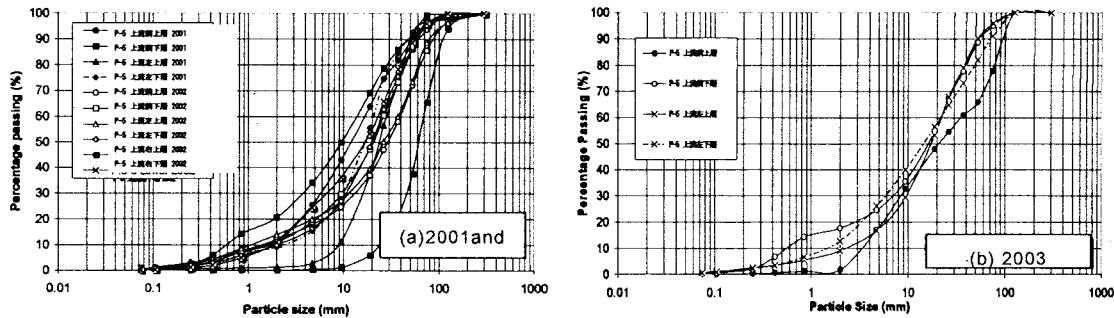


図-3 P5 周辺の粒度分布の変化

3. 洗掘孔内と橋脚周辺の局所洗掘の変化

図-2(a)および(b)は、前節で述べた橋脚周辺でレンガ敷設地点付近の出水前後の河床平面図について、それぞれ平成13から14年、平成14から15年の変化を示したものである。出水の規模が小さい平成13から14年の場合は流路形態による流れの偏りが生じ橋脚極周辺のみ局所洗掘が起きるが、平成14から15年の大きい場合は橋脚周辺河床の大きな変動に加えて、橋脚極付近の局所洗掘にも大きく影響を及ぼすことが分かる。

粒度分布調査より得られた通過重量百分率に関する結果の一例として、平成14年9月出水後の変化に関しては図-3(a)、P5周辺で出水による河床表層の粗粒化が起きていることから細砂のみが礫間の隙間を抜け移動する静的洗掘状態であったことが窺える。一方、さらに大規模な出水が発生した平成15年5月の調査時点では図-3(b)、前回の出水後と比較してほとんど変化が見られ、上流側からの砂礫の移動に加えて、洗掘孔内の細砂および礫の交換が活発に行われた動的洗掘状態であったためと推察される。以上の出水前後の平面測量および粒度分布の調査結果より、レンガ敷設時当初より予想していたものと同様、静的・動的洗掘状態下における出水規模がどの程度のものかが明らかにできたといえる。

4. 模型水路実験による最大洗掘深との比較

図-4には土砂数 N_s と最大洗掘深 z_s/D の関係について、実験結果と現地のレンガ飛散状況の結果を、水深比 h/D の値を添えて示している。特に現地の状態に近い混合砂の結果と良好に一致していることが分かる。 N_s が1.3付近で洗掘が開始され洗掘孔内の土砂のみが流送される、いわゆる静的洗掘状態になる。 N_s がある程度大きくなった時点で上流からの砂礫の流入が始まり動的洗掘状態になり、洗掘深は小さな変動を繰り返しながら一定の値を示す。これらの傾向を考慮すると、現地で発生した平成13年および14年に発生した二つの比較的小規模な出水では静的洗掘状態であり、平成15年に発生した二つの出水下では橋脚周辺は動的洗掘状態であったことが判断できる。

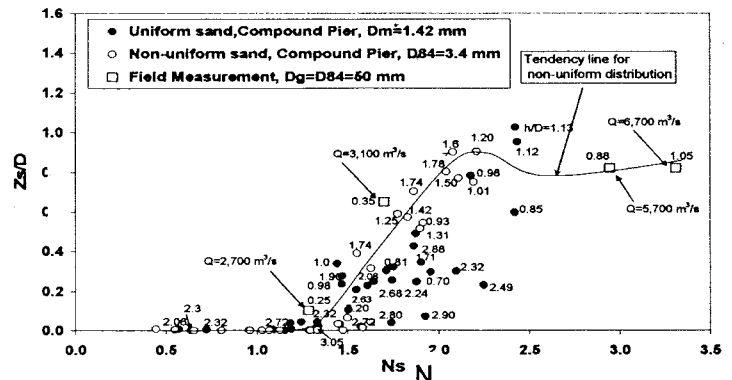


図-4 最大洗掘深 z_s の実験値と計算値との比較

の傾向を考慮すると、現地で発生した平成13年および14年に発生した二つの比較的小規模な出水では静的洗掘状態であり、平成15年に発生した二つの出水下では橋脚周辺は動的洗掘状態であったことが判断できる。