

根固めブロックによる洗掘防止効果について

京都大学工学部	正員	中川 博次	京都大学工学部	正員	村上 正吾
京都大学工学部	正員	〇仙波 秀治	京都大学工学部	学生員	福島 卓也
島根県庁	正員	石原 淳			

1、近年の流砂の非平衡性を生む人為的な作用による河床低下と橋脚周辺の局所洗掘により、実際河川の橋脚には既に洗掘防護工が施工されている例が数多く見うけられ、橋脚が単独で存在する場合の局所洗掘特性だけでは、その洗掘特性を十分に記述することはできないものの、現象が複雑であるため、経験的な取り扱いあるいは工学的な検討も限られたケースの実験が行われたにすぎない。本研究では、写真-1に見られるように、元の橋脚の基礎周辺に矢板と中詰めコンクリートで固められた状況で設置された根固めブロックによる洗掘防護効果を実験的に検討しようとしたものである。ところで、根固めブロックの洗掘特性に与える影響は、ブロックの形状、施工範囲、積み方等により変化するものと考えられるが、防護工としての外円柱の高さとブロックの共存を念頭においているので、防護工の高さ Δh と積み方を変えるにとどめ、動的洗掘時に存在する河床波の移動によって、ブロック全体の構造が変化すること、及び洗掘特性を変化させることを避けるため、上流側よりの給砂のない clear water scour と対象とした。

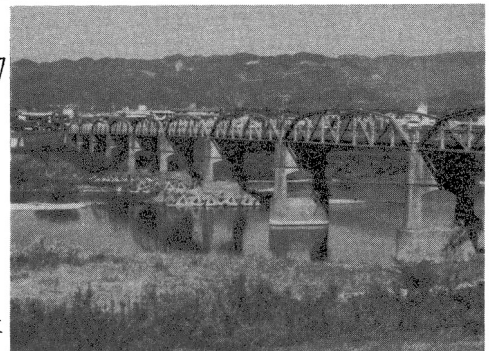


写真-1

2、実験的検討 実験は、長さ8.7m、幅74cmの可変勾配水路の中央部に約40cmの移動床部を設け、その中央部に直径 $D_1=6$ cmの内柱を、さらにその外周に所定の防護工高さ Δh に設定できるように上下方向に動かすことのできる径 $D_2=9$ cmの内柱を取り付けた。使用した砂は平均粒径 $d=0.078$ mm、比重 $\gamma_s=2.65$ のほぼ均一な砂である。この砂の無次元掃流力 τ_{*c} は、岩垣式を用いて算出すると、 $\tau_{*c} \approx 0.034$ であり、本実験の内柱の影響を受けない一様流部における無次元掃流力 τ_{*0} と比較すると、 $\eta = G_0/\tau_{*c} \approx 1$ 程度であった。一方、使用したブロックは中空の三角錐形式のものであり、一辺 l が約40cm、ブロック重量 W が70gである。単体のブロックの安定性を示す指標となる移動限界平均流速 U_{*c} は、48cm/s程度であった。実際の橋脚径が2~3m程度と考えると、本実験は原型の縮尺1/40程度のものであると判断され、Froudeの相似則を用いて、ブロックを原型表示すると、重量が約4t、また移動限界平均流速 U_{*c} は約3m/sとなり、単体としての U_{*c} に関する知見とほぼ一致している。ブロックの設置領域は、内柱とほぼ同心円状になるようにし、その直径はほぼ20cmであり、元の内柱からの敷設長さは水深程度であり、従来の実験によるとこれ以上敷設長さをとって効果は変わらない。まずブロック自体の防護工としての効果を検討するため、 $\Delta h=0$ とし、積み方を

変えた実験結果が図-1に示されており、これによると層積みの場合よりも乱積みの場合

の方が、洗掘領域の大きいことが示されている。実験の観測によると、外円柱の高さにかかわらず、ブロック周辺及びその下の河床の洗掘状況はほぼ同じであり、積み方の差による時間進行の違いだけであった。すなわち、通水初期においてはブロック群のよどみ面

より約45度下方部の洗掘が進行し、ブロック群の変状が進むとともに橋脚前面での砂粒の抜け出し現象による洗掘が進み、この洗掘孔内にブロックが沈下することにより、全体の変状の様子

が定まり、この状態になると全体の洗掘の進行もほぼ収まっている。乱積み形式の方が、現象の進行は早く、しかも顕著である。この差異は、積み出し形式によるブロック群の安定性の違いによって、変状ブロック群の広がり

の差及び特にブロック内部の流れの違いが、ブロック上の流れとの相互作用によって生じる砂粒の抜け出し現象の差を生むことによるものと考えられる。図-2は、今回の実験の概要図であり、その水理条件は表-1に示されている。図-3は防護工、ブロックが存在するときの最終洗掘深 z_{sfb} と、単一ピアにブロックがある場合のそれ z_{sfb0} とを比較したものであり、 $\Delta h/H$ によって、洗掘深の増加は見うけられるものの、最終的には、

根固めブロックの特性によって規定される洗掘深に落ち着くものと考えられる。一方、図-4は、 z_{sfb} と単一ピア時の洗掘深 z_{sfo} とを比較したものであり、図-3と同様、外円柱の防護工としての効果よりも、根固めブロック群の洗掘防護効果の方が大きいことがわかる。

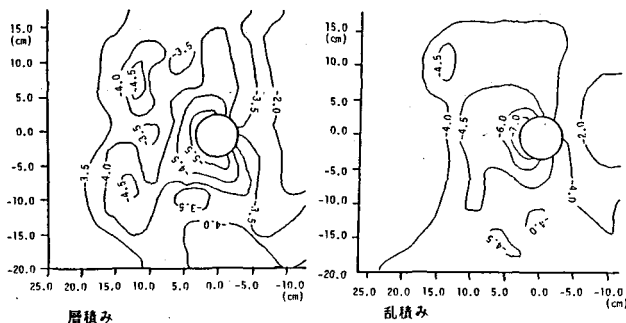


図-1 洗掘形状

表-1 実験条件表

RUN	I	η (1/2)	D_2/D_1	H (cm)	Δh (cm)	$\Delta h/H$	U (cm/s)	u_{*c} (cm/s)	Fr	τ_{*c}	η	d (cm)	積み方
1	1/2000	27.67	1.0	8.50	0.0	0.00	36.17	2.04	0.40	0.033	0.97	0.078	層積み
2	1/2000	27.67	1.0	8.50	0.0	0.00	36.17	2.04	0.40	0.033	0.97	0.078	乱積み
3	1/2000	27.67	1.0	8.50	0.0	0.00	36.17	2.04	0.40	0.033	0.97	0.078	中間
4	1/2000	27.67	1.5	8.50	4.3	0.50	36.17	2.04	0.40	0.033	0.97	0.078	層積み
5	1/2000	27.67	1.5	8.50	4.3	0.50	36.17	2.04	0.40	0.033	0.97	0.078	乱積み
6	1/2000	27.67	1.5	8.50	6.8	0.80	36.17	2.04	0.40	0.033	0.97	0.078	層積み
7	1/2000	27.67	1.5	8.50	6.8	0.80	36.17	2.04	0.40	0.033	0.97	0.078	乱積み

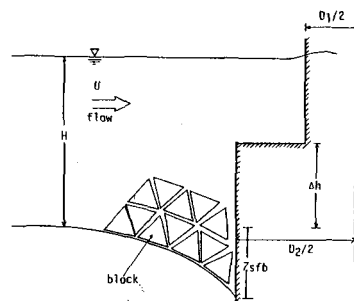


図-2 実験概念図

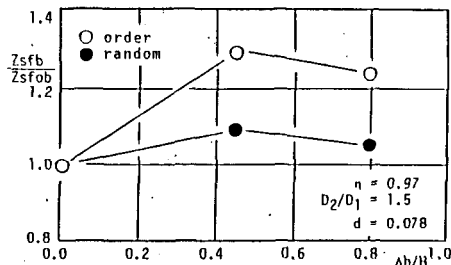


図-3 ブロックのある場合の洗掘深

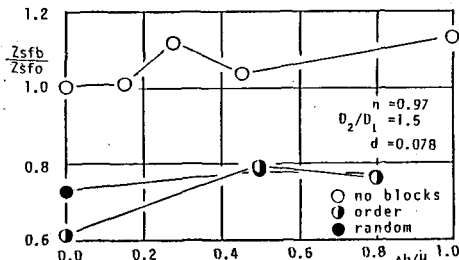


図-4 ブロックのある場合の洗掘深