

急変流における河川内横断構造物の破壊過程の把握

新潟大学工学部建設学科社会基盤コース
 新潟大学災害・復興科学研究所
 新潟大学災害・復興科学研究所
 新潟大学大学院自然科学研究科

○梅木 康太郎
 正会員 安田 浩保
 正会員 五十嵐 拓実
 学生会員 齋藤 選

表-1 模擬床止工の各水理条件と実験条件

	平均年最大	既往最大	計画高水
流量 Q (m^3/sec)	1200	2400	6500
川幅 B (m)	100		
河床勾配 I_b	1/350		
粗度係数 n	0.02		
ブロック重量 M (t)	55		
等流水深 h_0 (m)	2.46	3.71	6.78
無次元掃流力 τ_*	0.054	0.079	0.136
模型川幅 B_m (cm)	19		
模型流量 Q_m (L/sec)	0.21	0.43	1.16
ブロック重量 M_m (g)	13.5		

1 はじめに

富山県東部を流れる黒部川の河口から 13.0km 地点に昭和 48 年に設置された愛本床止工が平成 23 年 6 月 25 日の出水により護床ブロックが流出する被害を受けた。この愛本床止は、国内有数の急流河川である黒部川の扇頂部に位置し、黒部川下流区間の治水において非常に重要な構造物である。平成 23 年には、愛本地点の計画高水流量 $6500\text{m}^3/\text{sec}$ に対して極端に少ない流量で被災が発生している。このように、計画高水流量に対して低流量時に床止工が被災した原因は明らかにされていない。

三輪ら¹⁾や鈴木ら²⁾は河川内横断構造物の急変流における破壊に関する模型実験を実施し、洗掘の防止策やその軽減効果について検討を行った。しかし、成果として防止策や軽減効果は得られたものの、破壊の力学機構やその破壊過程は明らかにされていない。

黒部川だけに限らず、国内の人口居住地周辺には急流河川が多く流れている。今日では、横断構造物における頻発かつ甚大化する局所降水による大規模な洪水と老朽時の安全性の把握の 2 点が極めて重要である。

本研究では、急変流による河川内横断構造物の破壊過程を明らかにすることを目的に模型実験を実施した。

2 横断構造物の破壊実験

2.1 実験条件

本研究の模型実験に用いた水路は、全長 12.0m、流路幅 19.0cm、水路勾配 1/66 の矩形断面水路である。上流端から 2.4m の助走区間を設け、そこから下流側へ平均粒径 0.76mm の 4 号珪砂を河床高 3.5cm に敷き詰めた。水理条件は、現況値における平均年最大規模、既往最大規模、計画流量規模を想定した 3 ケースの流量とした。各水理条件と実験条件を表-1 に示す。通水時間は、低流量で底面形状の変化が見られなくなった 20 分間とした。

2.2 構造物の概要

上流端から 2.4m 地点に設置した簡易床止工の概略図を図-1 に示す。ブロック間は砂で埋め、ブロック下流端と河床は段差が生じないように滑らかに接続した。加えて、床

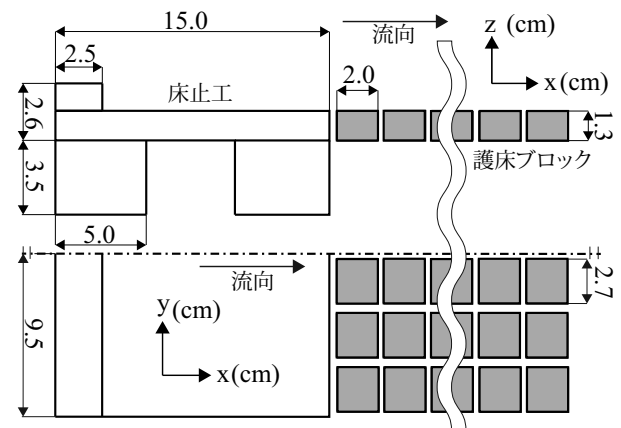


図-1 床止工および護床ブロックの概略図 (上図:断面図 下図:平面図)

止工上流側の河床の影響が床止工下流へと及ばないように、床止の上流端に幅 19.0cm、長さ 2.5cm、高さ 1.3cm の板を取り付けた。さらに、床止工下部の浸透が護床ブロックの破壊に影響を及ぼさないように、床止工下部に幅 19.0cm、長さ 5.0cm、高さ 3.5cm の板を取り付け、水路床との漏水がないように止水を行なった。

2.3 計測方法

破壊過程の計測には、護床ブロック全体の動きが捉えられるように上流から 3.3m 地点に真上からの撮影が可能ないようにカメラを固定した。撮影の間隔は、20 秒間隔に 1 枚の写真を撮影し、これを 20 分間継続して行った。

2.4 実験結果

真上から撮影した平面写真を用いて構造物の破壊過程の把握を行った。平面写真を図-1, 2, 3 に示す。図中の水路横断方向に示す破線は護床ブロックの初期位置を示して

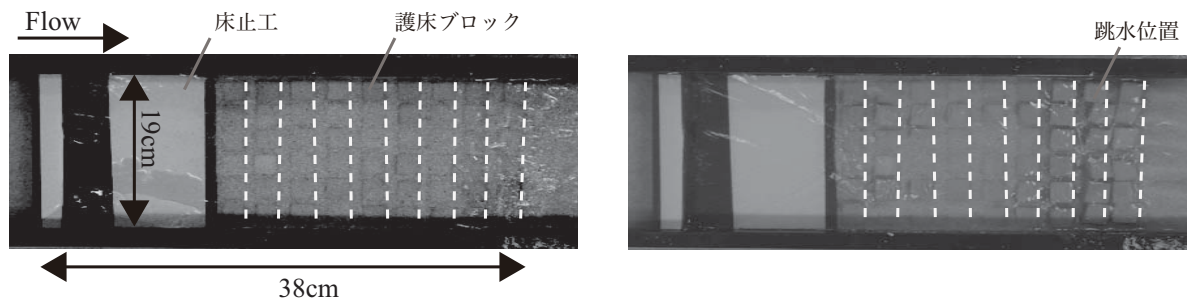


図-2 $Q=0.21$ L/sec (平均年最大規模) 左図:通水開始直後 右図:通水開始から 20 分経過

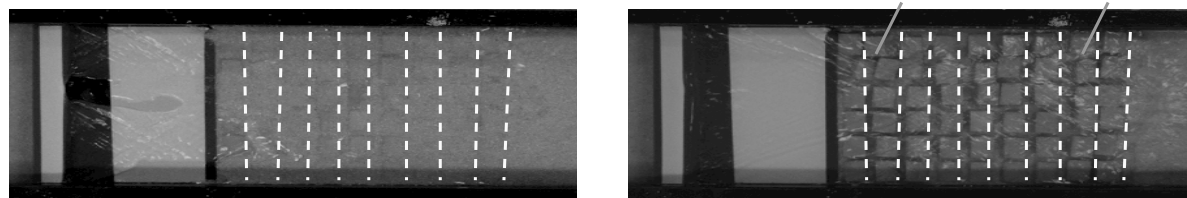


図-3 $Q=0.43$ L/sec (既往最大規模) 左図:通水開始直後 右図:通水開始から 20 分経過

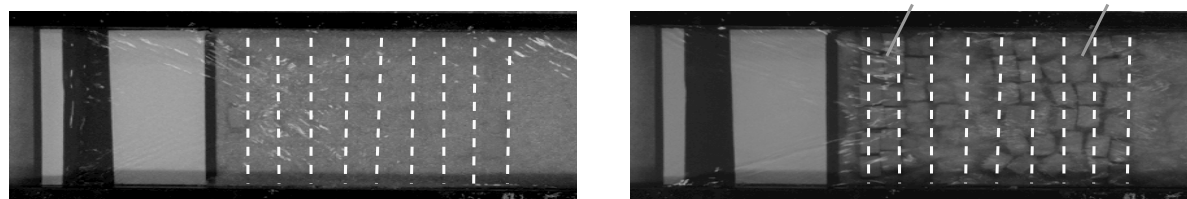


図-4 $Q=1.12$ L/sec (計画高水規模) 左図:通水開始直後 右図:通水開始から 20 分経過

いる。実験結果は以下の通りである。

2.4.1 $Q=0.21$ L/sec (平均年最大規模)

図-2 で示すように通水開始から上流端から下流に向かって 36cm 位置で跳水が発生し、跳水位置で洗掘が生じた。洗掘が進行した結果、通水開始から 20 分経過後には跳水位置の護床ブロックが沈下した。

2.4.2 $Q=0.43$ L/sec (既往最大規模)

平均年最大規模とは異なり、通水初期では 図-3 に示すように上流端から下流に向かって 16cm 位置で跳水が発生した。その後、時間経過とともに上流端から 16cm 位置での跳水が穏やかになり、それに伴い上流端から 36cm 位置での跳水が次第に大きくなった。洗掘も同様に、通水初期では護床ブロック上流の洗掘が発生し、徐々に下流側に向かって洗掘が進行した。

2.4.3 $Q=1.12$ L/sec (計画高水規模)

既往最大規模の条件と同じように、通水初期では 図-4 で示すように上流端から下流に向かって 16cm 位置で跳水が発生し、時間経過とともに下流側へと進行していく様子が見て取れた。既往最大規模の条件よりも激しい跳水が生じた。跳水に伴う洗掘も激しく発生し、通水開始から 20 分後には護床ブロック全体の沈下が見られた。

2.5 流量条件毎の破壊過程の比較

以上の実験結果より、いずれの流量でも跳水の発生箇所と河床の洗掘箇所が一致する共通点があった。このことから、構造物の破壊過程は跳水の発生に伴う河床材料の吸出

しと関係することが推察される。また、平均年最大規模の流量と既往最大規模および計画高水規模の流量では跳水の発生位置が異なっていた。このことから、急変流による横断構造物破壊には流量毎に異なる跳水の位置の把握が重要となることが示唆された。なお、どの流量においてもブロックは河床に埋没することになり、流出に至ることはなかった。

3 おわりに

本研究では、河川内横断構造物の急変流における破壊過程の把握を行うために、規模の異なる 3 つの流量条件で模型実験を行った。実験の結果、横断構造物の破壊過程は跳水の発生に伴う河床材料の吸出しと関係していることが示唆された。また、横断構造物の破壊過程は流量の変化に伴う跳水位置に影響されることが明らかになった。

参考文献

- 1) 三輪 式, 高井 和彦: 堰下流護床工による河床洗掘軽減効果に関する実験的研究, 農業農村工学会論文集, Vol.271, pp.17 UTF201323, 2011.
- 2) 鈴木 幸一, 山本 裕規, 栗原 崇: 局所洗掘に有効な石礫護床工の条件, 水工学論文集, 第 39 巻, 1995.