

自然石積堰堤の形状と破壊過程の関係

松江高専 専攻科

学生会員 ○加藤 充

松江高専 環境・建設工学科 正会員

大屋 誠, 浅田純作, 柴田俊文

松江高専 技術室

原 誠治

1. はじめに

昭和以降、コンクリートや鋼などの不透水性の構造物が河川構造物として多く採用されてきた。この不透水性構造物は、我々の生活の安全性や利便性を向上させた一方で、河川を縦断方向に分断するため、河川本来が持っている自然環境への様々な効果を低下させてきたように思われる。近年、この本来の効果を見直し、河川環境や景観を考慮して、自然石あるいはそれらを模擬した材料を用いた多自然型の川づくりが盛んに進められるようになってきた。

しかし、砂防堰堤などの構造物への自然石の適用に関する研究は少なく^[1,2]、破壊過程、水理特性には未解明の部分が多い。そこで、こうした問題を解決する一つ的手段として、著者ら^[3]は自然石積堰堤の静水時における破壊メカニズムの解明を目的としたモデル実験を行っている。本研究では、これまでの実験結果を踏まえ、自然石積堰堤の実用化に向けた更なる検討を行うことを目的とする。

2. 実験概要

これまでの実験^[3]では堰堤材料に天然の玉砂利（粒形 2.5～5.5cm）を使用し、静水圧において堰堤形状が破壊過程に与える影響について研究を試みてきたが、堰堤材料の形状が複雑で、積方による影響が大きいため、堰堤形状による破壊過程への影響について十分な検討を行うことができなかった。そこで、本研究では特に「堰堤形状による破壊への影響」の検討に特化した実験を行うため、堰堤材料の形状を統一することにした。新たな堰堤材料には写真 1 に示す人工的に作成したコンクリート製の 2cm 角の立方体ブロックを採用した。

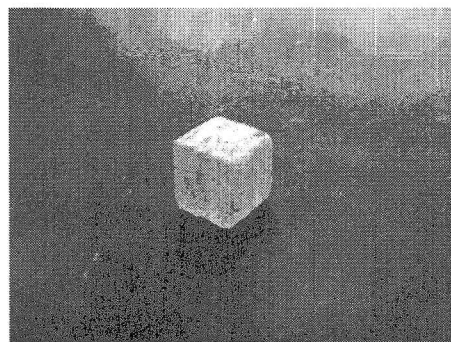


写真 1 立方体ブロック

図 1 に実験装置を示す。水路長 3.56m、水路幅 0.35m、水路高 0.25m の水路を用いて実験を行った。水路は厚さ 5mm のアクリル板と厚さ 10mm のガラス製の水路を連結させ、現象が可視化できるような構造とした。また、本研究では実験精度の向上を図る目的でこれまでの実験装置を以下のように改良した。

改良点：従来の実験では、堰堤モデルをガラス製水路上に直接設置したが、現実の条件と比較し、堰堤と地面との摩擦や抵抗が著しく低下することを考慮し、水路底部に砂利を敷き詰めて実験を行った。これは水勢の抑制にも役立った。また、ゲート部を工夫したことにより静水圧に近い状態を作り出すことができた。本実験装置は、ポンプを用いて水の循環を作り出し、連続して実験が行えるようにした。

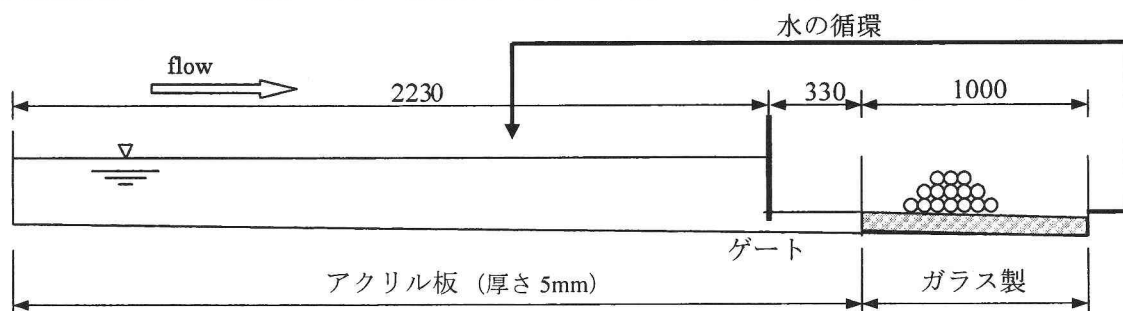


図 1 実験装置概要 [単位：mm]

3. 水路底部に敷き詰める砂利について

異なる 3 通りの砂利について同じ条件のもとで実験を行い、比較検討した。今回、砂利はサイズについて変化させ、性質についてまでは言及しなかった。砂利を $a \cdot b \cdot c$ と分類し、粒径 a ：約 8mm、 b ：約 4mm、 c ：1mm 前後の砂を用いた。実験の結果、砂利を敷き詰めていなかった従来の実験と比較した際、破壊傾向に顕著な違いが現れ、堰堤底部の状態が実験における堰堤の破壊メカニズムに大きく影響を与えていることが確認できた。

砂利の分類別に比較した際、砂利 a・b については注目すべき異なる特徴は現れなかったが、砂利 c については、堰堤下流側底部を支える砂利において次第に流砂が発生し始め、やがて堰堤下流側底部が沈下し、バランスが崩れ破壊に至るといった興味深い特徴が観察できた。

4. 実験結果および考察

堰堤の諸元を表 1 に示す。堰堤モデル作成のための立方体ブロック使用数は 680 個（1 断面 40 個、堰堤高 10cm）で統一し、水路底部に敷き詰める砂利については b（粒径約 4 mm）を用いた。

4. 1 水位および流況

従来の実験と比較した際、破壊開始時の水位が階段に上昇した。要因として、（1）水路底部に砂利を敷き詰めたことによる破壊過程の変化、（2）玉砂利に対し、立方体ブロックはブロック同士の接地面積が広く、玉砂利より大きな摩擦力を持っている、（3）実験方法が改良され水圧がより静水圧に近い状態となったことなどが挙げられる。水位は全ケースで堰堤高まで上昇し、その後、崩れ始めた。破壊が起こる時点の越流状態に違いが現れた。結果を表 1 に併記する。流況には越流型・遷移型・非越流型がある。

特筆すべき点として、Case1 の上端幅は 4cm、Case4 は 16cm となっており、幅の違いも破壊過程に何らかの影響を与えているものと考えられる。

4. 2 砂防としての効果

石積堰堤の破壊過程として、徐々にバランスを崩し、ある点で一気に大部分が崩壊し、その後、破壊は収束していくという特徴が前報^[3]に続き本実験においても確認できた。この破壊が収束した状態で初期形状を維持している部分及び破壊収束後の堰堤形状について観察し、破壊後の砂防効果について検討した。その結果、破壊収束後の堰堤形状に次のような共通した傾向が確認できた。（1）上流側底部のブロックは全ケースにおいて初期形状を維持した。（2）各ケースの性質により下流側もしくは高さ方向にかけて初期形状を維持する割合が変化した。（3）崩壊後も堰止め効果が期待できることが確認できた（写真 2、3）。

4. 3 破壊傾向の特徴

崩壊の仕方には大別して 2 通りが確認できた。（1）上端のブロック間隙に水が流れ込み、その量が多ければブロック間が徐々に広がり堰堤全体が下流側にスライドし、ある点でバランスが崩れ崩壊に至る。（2）下流側法面を流れる水の勢いが強く、その水勢とともに下流側外面を形成するブロックが崩れていく。前者は上端幅が長い場合や下流側勾配が緩やかな場合に見られる。一方、後者は上端幅が短い場合や下流側勾配が急な場合に見られた。自然石積堰堤においては、先に崩壊した堰堤材料がいかに残りの部分を堰き止めるかが鍵となる。（1）と（2）の大きな違いとして、（1）は大部分が一気に崩壊するものだが、（2）は大部分の崩壊前に崩れた堰堤材料が残りの部分の堰堤の急激な崩壊を食い止める役割を担っていることが観察された。

表 1 堰堤諸元及び破壊形態

	勾配		堰高 (cm)	上端幅 (cm)	下端幅 (cm)	破壊形態
	上流側	下流側				
Case1	1:1.5	1:1.5	10	4	28	遷移型
Case2	1:1.0	1:1.0	10	8	24	遷移型
Case3	1:0.50	1:0.50	10	12	20	越流型
Case4	垂直	垂直	10	16	16	越流型
Case5	1:2.0	1:1.0	10	4	28	非越流型
Case6	1:1.0	1:2.0	10	4	28	越流型
Case7	1:1.0	垂直	10	12	20	遷移型
Case8	垂直	1:1.0	10	12	20	遷移型

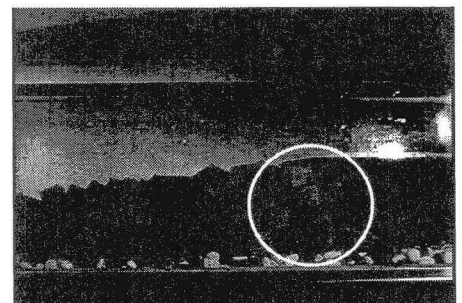


写真2 破壊形態 (Case1の場合:側面)



写真3 破壊形態 (Case1の場合:上面)

参考文献

- [1] 前野詩朗, 道奥康治, 森永智, 大西利典: 自然石を用いた石の水理特性、水工学論文集, 第 46 巻, pp.493-498, 2002
- [2] 道奥康治, 福岡達信, 吉澤孝明: 捨石堰における通過流量特性, 水工学論文集, pp391-396, 2001
- [3] 大屋誠, 柴田俊文, 浅田純作, 加藤充, 原誠治: 自然石積堰堤の破壊メカニズムに関する実験的研究, 第 55 回土木学会中国支部研究発表会概要集, pp139-140, 2003