

自然石積堰堤の破壊メカニズムに関する実験的研究

松江高専 正会員
 松江高専 正会員
 松江高専

大屋 誠
 柴田俊文
 原 誠治

松江高専
 松江高専専攻科
 正会員
 学生会員

浅田純作
 ○加藤 充

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。

このような背景から、例えば、前野・道奥ら^[1]は不透水性の堰の代用構造物として、自然石を用いた捨石堰の破壊メカニズムや水理特性に関する研究を行い、実用化に向けての取り組みを行っている。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、そのことに関する破壊過程、水理特性には未解明の部分が多い。また、自然石積の砂防堰堤としては、滋賀県のオランダ堰堤（図1参照）や岐阜県の羽根谷巨石堰堤（図2参照）など100有余年前に築堤され、現在も供用されているものもあるが、その設計指針は確立されていないのが現状である。

そこで本研究では、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い、自然石積堰堤の実用化に向けた検討を行う。

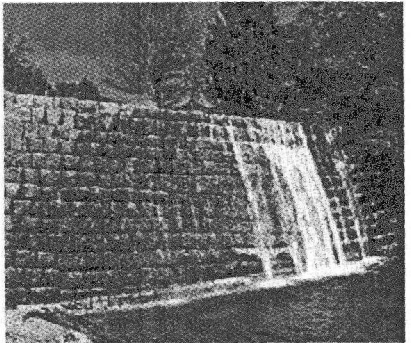


図1 オランダ堰堤
(滋賀県：明治22年頃)^[2]

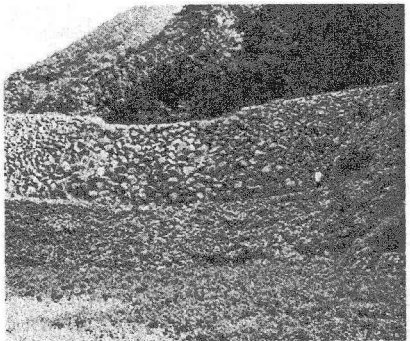


図2 羽根谷巨石堰堤
(岐阜県：明治24年)^[2]

2. 実験概要

本研究では、図3に示す水路長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の亚克力板と厚さ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。図4に示す堰堤モデルは、天端幅3cm、堰堤高10cmのものをガラス製の部分に設置し、堰堤材料には市販されている天然の玉砂利（粒形2.5～5.5cm）を用いた。実験では、静水をイメージするために、水はゲートをゆっくりと開け流水させた。破壊に到る模様をビデオカメラで撮影し、堰堤形状の条件による破壊の特性についての検討を行った。検討項目として、石のサイズによる破壊への影響、および堰堤の形状による影響に着目した。

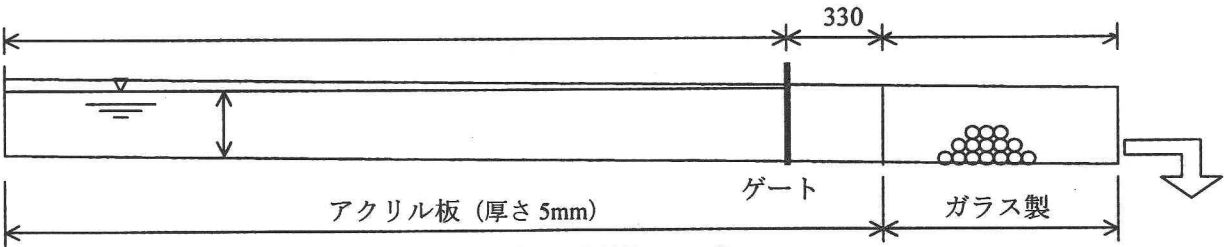


図3 実験装置概要 [単位：mm]

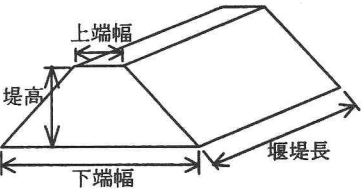


図4 堰堤モデル概略図

表1 異なる石のサイズによる実験形状と結果（上下流勾配 1:1.0）

分類	石サイズ [cm]	質量 [g]	上流側 流入高さ H1[cm]	下流側 流入高さ H2[cm]	H1-H2 [cm]
A	2.5～4.5	20～34	6.00	3.23	2.77
B	3.5～5.5	35～（最大73g）	7.09	5.16	1.93

表2 堰堤モデルの形状と実験結果一覧

	勾配		上流側 流入高さ H1[cm]	下流側 流入高さ H2[cm]	H1-H2 [cm]
	上流側	下流側			
Case1	1:0.50	1:0.50	5.84	3.25	2.59
Case2	1:0.85	1:0.85	6.18	3.24	2.94
Case3	1:1.00	1:1.00	6.00	3.23	2.77
Case4	1:1.15	1:0.85	6.27	3.13	3.14
Case5	1:0.85	1:1.15	6.21	3.33	2.88
Case6	1:1.15	1:0.50	6.12	3.13	2.99
Case7	1:0.50	1:1.15	6.42	3.13	3.29

※Case1～Case7の実験に用いた石のサイズは表1ー分類Aである。

3. 実験結果と考察

まず、石のサイズによる影響を検討した結果を表1に示す。これによると、堰堤の破壊が開始される水位は石のサイズにより異なり、石のサイズが大きくなると破壊開始時の上流側の流入高さならびに下流側の流出高さが高くなることからわかる。

次に、堰堤の形状による影響を検討するために、表2に示す堰堤の上下流勾配を変化させた7ケースにおいて同様の実験を行った。その結果を表2に示す。この表より、下流側流入高さについては、多少のばらつきはあるものの全てのケースがおよそ3.1～3.3cmの範囲となっている。

したがって、本実験結果によれば、下流側の流出高さは石のサイズによって異なるが、同じサイズの石を使用した実験においては堰堤の上下流勾配によらず、ほぼ一定の高さとなった。

最後に、堰堤の破壊形態について考察する。図5(a)～(d)は、事例として、堰堤勾配を上流、下流とも1:0.85としたCase2の堰堤が破壊に至る過程を示したものである。堰堤の破壊は、上流側の水位を上昇させた時に、堰堤モデルの出水付近において、浸潤線以下の部位(図5(b), 図6-X)が最初に崩壊したことにより、浸潤線より上部(図5(c))のバランスが崩れ、滑り破壊を起こして全体の崩壊へと発展していくケースが多く見られた。中には、図6-Xの部分抜け出るように崩壊する現象も見られた。また、どのケースにおいても図5(d)のように、破壊時において浸潤線以下の上流側(図6-Z)は、崩壊した石に塞ぎ止められたため、原形を維持し、破壊には至らなかった。

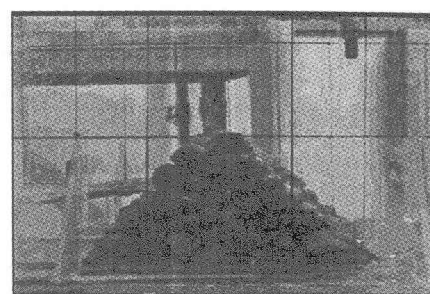
4. おわりに

本研究では、自然石積堰堤の破壊メカニズムを実験的に検討することを試みた。その結果、いくつかの特徴的な破壊形態を確認することができた。

本研究の今後の課題としては、流速等の水理特性と破壊形態の関係構造の明確化、堰堤の破壊に関する数値モデルの構築、などが考えられる。

参考文献

- [1] 例えば、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] 近畿地方の砂防 (<http://www.kkr.mlit.go.jp/river/sabo/index.html>)



(a) 破壊前の段階



(b) 破壊の第1段階



(c) 破壊の第2段階



(d) 破壊の第3段階

図5 破壊の進行過程

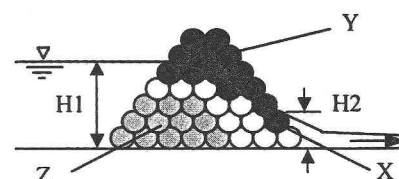


図6 堰堤の破壊メカニズム