

## サザンロック・ブロックを用いた砂防堰堤の安定性評価手法の開発

○九州大学大学院農学研究院 水野秀明

日建工学株式会社 相田和也、山本浩喜、吉村俊一、俣熊公子

## 1. はじめに

近年、新潟県中越地震により引き起こされた河道閉塞や土砂災害の対策や、火山噴火緊急減災対策として、コンクリートブロックを積んで、砂防堰堤を建設するようになった。加えて、鹿児島県垂水市を流れる深港川における事例のように、土石流が頻発している状況の中で、緊急対策としてコンクリートブロックを用いた導流堤を建設するようになってきた。

コンクリートブロックを用いた砂防堰堤の安定性に関する既往研究は、例えば高橋ら(2023)や佐々木ら(2024)によって報告されている。また、原田ら(2023)は、水路勾配5度で給砂した場合の実験結果より、満砂後に本体上部からの顕著な越流によってコンクリートブロックが滑動し、砂防堰堤が変形したことを報告した。その原因として、コンクリートブロックが越流に伴う揚圧力を受けたり、砂防堰堤へ作用した側面からの水圧や土圧を受けたりするためと指摘した。水野ら(2025)は3次元数値計算により1つのサザンロック・ブロックの表面に作用する圧力とせん断応力を解析し、流れの圧力がブロックの上流側において正圧、下流側において負圧になるとともに、ブロックと固定床で挟まれた空間において負圧になることを明らかにした。

しかしながら、個々のコンクリートブロックとコンクリートブロックを用いた砂防堰堤が安定性を失う過程はいまだ十分に明らかにされていない。

そこで、本研究は、コンクリートブロックの一つであるサザンロック・ブロックに着目して、砂防堰堤の安定性を評価する手法の開発を目標として、まずコンクリートブロックを用いた砂防堰堤が安定性を失う際のコンクリートブロックの挙動を、水路実験により明らかにすることを目的とする。なお、土石流が発生する可能性のある勾配を対象とする。

## 2. 水路実験の概要

## 2.1 装置

実験に用いた水路は九州大学森林保全実験棟に設置してあるもので、幅0.6m、長さ9.0m、高さ0.5mで、勾配を0度から20度程度まで設定できる。側面はガラスで、底面はステンレスである。水路の上流端と下流端に貯水槽を設置し、それらを2台の水中ポンプで接続する。なお、水路幅を0.195mに狭める。

## 2.2 実験に用いた土砂

図-1は実験に用いた土砂(以後、「実験砂」と呼ぶ)の粒度分布である。土砂は川砂と石礫を体積比で1:0.3の割合で混合した。簡易的に計測したところ、川砂の密度は2528kg/m<sup>3</sup>、砂礫は2688kg/m<sup>3</sup>であった。

実験砂は前述の混合比より2565 kg/m<sup>3</sup>であった。

## 2.3 模型と実験ケース

サザンロック・コンクリートブロックの実際の大きさは長さ1550mm、幅1200mm、高さ842mmである。

図-2は水路実験で用いたブロックの配置である。図の右側が上流側である。ブロックは実寸の1/20とした。上流側は断面Aで傾斜、断面Bで直である。同一の並べ方を横断方向で3列設定した。なお、コンクリートブロックは横断方向で隣の列に跨らない。

表-1は実験ケースを示したものである。水路は17度に設定した。表中の実験砂の欄が有の場合、実験砂を模型の上流側から水路床に沿って8.0m上流の区間までに厚さ0.1mで敷いた。また、模型を設置する区間には、水平になるように木製の台を設置した。なお、給水量は実験の間で表中の数値で一定とした。

## 2.4 実験結果

図-3は土石流の場合の流量、流砂量、土砂容積濃度の時間変化である。流量、流砂量、土砂容積濃度の最大値はそれぞれ7914cm<sup>3</sup>/s、3659cm<sup>3</sup>/s、0.462となった。土砂容積濃度から見ると、土砂移動形態は土石流であったと考えられる。

Run1からRun4までの場合、流れは模型によって捕

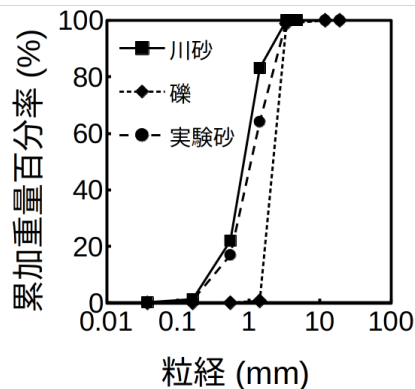


図-1 粒度分布

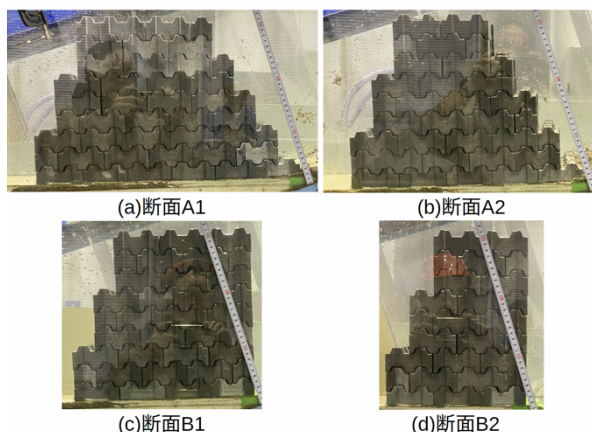


図-2 模型の配置

表-1 実験ケースと実験結果

	勾配(度)	給水量 (cm <sup>3</sup> /s)	実験砂	模型タイプ	実験結果
Run1	17	2,249	有	断面 A1	安定
Run2	17	2,249	有	断面 A2	安定
Run3	17	2,249	有	断面 B1	安定
Run4	17	2,249	有	断面 B2	滑動
Run5	17	2,249	無	断面 A1	安定
Run6	17	2,249	無	断面 A2	安定
Run7	17	2,249	無	断面 B1	安定
Run8	17	2,249	無	断面 B2	安定
Run9	17	2,477	無	断面 A1	滑動
Run10	17	2,477	無	断面 A2	滑動
Run11	17	2,477	無	断面 B1	滑動
Run12	17	2,477	無	断面 B2	滑動

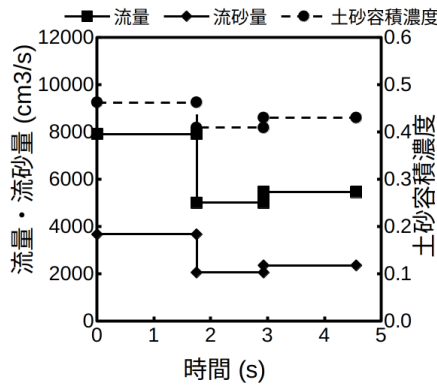
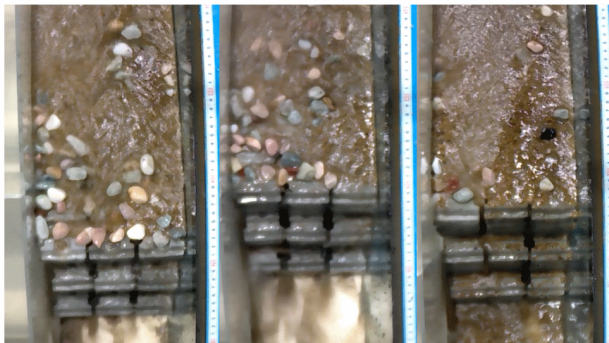


図-3 流量・流砂量・土砂容積濃度の時間変化



(a)Run1 (b)Run2 (c)Run3

図-4 礫によるブロック間の閉塞

捉され、実験砂が堆積した。Run1 から Run3 まで、実験砂が模型の天端まで堆積した後、土石流は堰堤を越流して流下した。Run4 の場合、実験砂が天端まで堆積するとほぼ同時に、模型が滑動し、水路下流端まで移動した。横断方向の3列は同時に滑動し始めた。

Run5 から Run8 までの場合、流水は模型を越流せず、模型内の空隙を浸透して流れ下った。4 ケース共に、模型は滑動しなかった。

Run9 から Run12 までの場合、流水は模型を越流した。流水の一部は模型内の空隙を浸透して流れ下った。Run9 と Run11 の場合、流水が模型を越流し始め

ると、模型は滑動した。Run10 と Run12 の場合、流水が模型を越流し始める前に、模型は滑動した。いずれの場合も、横断方向の3列が同時に滑動し始めることなく、いずれかの一列が滑動し始めたのち、残りが滑動した。なお、模型は水路下流端まで到達せず、途中で停止した。

### 3. 考察

水路実験の結果より、断面 A1、断面 A2、断面 B1 の模型は実験砂がある場合に安定であった一方、実験砂がない場合に滑動した。特に、断面 A1 と断面 B1 の場合、実験砂の有無に関わらず、流水は模型を越流するとともに、ブロックの間隙も流れた。また、実験砂がある場合の越流水深は、実験砂がない場合よりも3から6cm程度高かった。このことから、実験砂がある場合に作用する静水圧は、実験砂がない場合よりも大きかったといえる。一方、図-4に示すように、実験砂はブロックの間隙に挟まり閉塞した。このように、実験砂がある場合では、ブロック間に礫が挟まることで、ブロックの受ける摩擦力が増加し、滑動しなかったと推察される。この点は今後、個々のブロックの運動を力学的に解析する予定である。

### 4. おわりに

本研究は、サザンロック・ブロックを用いた砂防堰堤の安定性の評価手法を開発することを目標に、急勾配の条件下で、そのような砂防堰堤が安定性を失う際のコンクリートブロックの挙動を、水路実験により明らかにすることを目的として実施した。その結果、砂防堰堤が土石流時に安定を保つ一方、流水のみの場合に安定性を保てなくなる場合があることが分かった。このような違いが生じた理由は、ブロックの間隙に礫が挟まることによって、ブロック間に作用する摩擦力が大きくなったためと推測された。また、ブロックの間隙空間での砂礫の閉塞が堰堤の安定性を向上させる可能性がある。これらの点は今後解析していく予定である。

### 引用文献

- 原田紹臣、藤本将光、中村達也、里深好文、水山高久 (2023) : 透過性を有するブロック積砂防堰堤の捕捉機能に関する基礎的な研究、砂防学会誌 Vol. 76、No. 2、p. 11-18
- 水野秀明、相田和也、山本浩喜、吉村俊一、俣熊公子 (2025) : サザンロック・コンクリートブロック周辺の流水の挙動に関する数値解析、令和7年度砂防学会研究発表会概要集、p. 557-558
- 佐々木司、伊藤仁志、鷺見直樹 (2024) : 応急的に設置するコンクリートブロック積砂防堰堤の安定性に関する一考察、令和6年度砂防学会研究発表会概要集、p. 117-118
- 高橋健太、柘木敏仁、池田 暁彦 (2023) : 火山噴火に伴う土砂移動現象に対するコンクリートブロックを用いた緊急対策工の考え方について、令和5年度砂防学会研究発表会概要集、p. 415-416