

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

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○佐々木 司 伊藤 仁志 鷲見 直樹※
(※ 現所属 大日コンサルタント(株))

1. はじめに

コンクリートブロック積砂防堰堤(以下、ブロック積堰堤という)は、一般的な砂防堰堤の設計手法¹⁾を準用し、堤体を一体とみなして安定性を照査する。このとき、安定条件はコンクリート堰堤と同様に設定することがほとんどだが、通常の砂防堰堤が、根入れ・袖嵌入・前庭保護などの付随する設計要素によって安定性が向上しているのに対し、ブロック積堰堤を応急的に設置する際はこれらの措置を行わないことも多い。このような場合、一般的な設計手法や安定条件に準拠しているとしても、通常の砂防堰堤と同等の安定性が確保されているとは言い難い。また、発災直後の不安定土砂が多く堆積した条件下であれば、外力条件や地盤条件が厳しくなることが推測され、応急対策といえども留意しなければいけない項目は多くなると考えられる。

これらの課題に対し、ブロック積堰堤の特性を踏まえた安定計算を行うことにより、応急的に設置するブロック積堰堤の安定性について検討した。

2. 堰堤形状と単位体積重量の関係

本検討では 4 つの異なるブロックタイプについて、4m,7m,10m の堤高で土石流時の安定計算を行い、堰堤(断面)形状を決定した。応急対策のため、使用するブロックは重量 3 トン相当の 1 種類に限定した。設計諸元及び安定条件を表 1 に、堰堤形状と単位体積重量の関係を図 1 に示す。ブロック積堰堤はコンクリート堰堤と比べて単位体積重量が小さいため、堰堤形状が大きくなる。また、ブロック積堰堤は使用するブロックタイプによって堰堤形状や単位体積重量が異なる。本検討では、特にブロック A がブロック B,C,D と比べて単位体積重量が小さく、堰堤形状が大きくなった。ブロック A は内部空隙が多い構造と考えられ、透水性や屈とう性の性能が異なる可能性が示唆される。

なお、本検討では堰堤形状の検討に際して各ブロックメーカーの協力を得た。ブロック積堰堤の底版幅の考え方は、3 つのタイプがブロック最下部合わせであったのに対し、1 つのタイプはブロック頂部合わせであった(図 2)。安定性の評価に影響するため、比較検討時は堰堤形状の設定条件を統一することが望ましいと考える。

表 1 設計諸元及び安定条件

項目	値	単位
土石流の水深	2.0	m
土石流の流速	5.0	m/s
土石流の流体力	81.0	kN/m
衝突する礫の直径	1.0	m
コンクリートのせん断強度: τ_c	2,760	kN/m ²
コンクリートの摩擦係数: f	0.6	
滑動の照査: 滑動安全率が 1.2 以上		
転倒の照査: 合力作用点が底面中央の底面幅 1/3 以内		

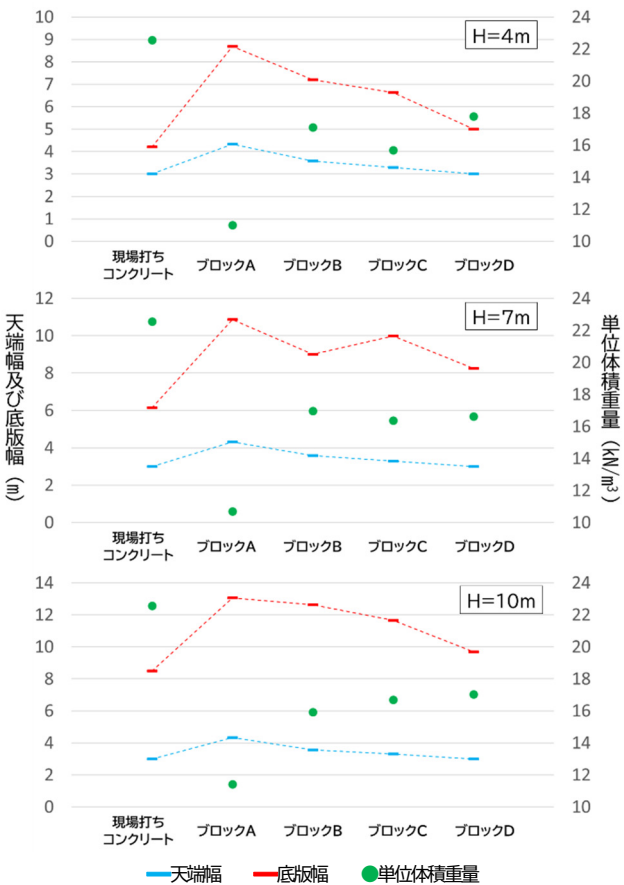


図 1 堰堤形状と単位体積重量の関係

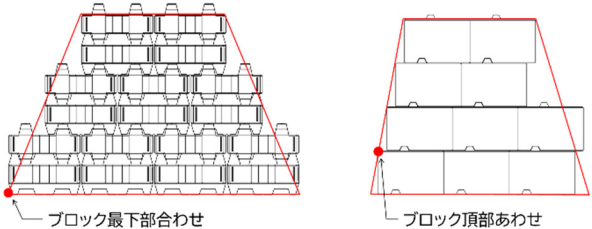


図 2 ブロック積堰堤の底版幅の考え方

3. ブロック積堰堤の特性を考慮した安定性の検討

3.1 浮力を考慮した場合の安定性

ブロック積堰堤を根入れや嵌入をせずに設置する場合、浮力の影響を受けやすくなる。本節では、浮力の影響を考慮した場合の滑動安定性・転倒安定性について検証した。

3.1.1 検討条件

2 章で決定した堰堤形状に対し、浮力を考慮した場合の堤体の安定性について検討した。浮力が安定性に与える影響として、以下の 2 つの外力要素を見込んだ。

- ① 湛水範囲に作用する浮力
- ② 下流側から堤体に作用する水重及び静水圧

3.1.2 検討結果及び考察

検討モデル及び検討結果(H=10m)を図 3 に示す。全ての堤高において下流側の水位が上昇するにつれて堤体の抵抗力が低下し、堤高の約半分程度まで湛水している状態が

最も滑動・転倒安全率が低くなる傾向となった。さらに水位が上昇すると下流側からの水重及び水圧の影響比率が増し、安全率が増加した。ただし、実態としては浮力によってブロック単体の浮き上がりや嵌合（かんごう）部の緩みが生じ、水平方向の抵抗力が著しく低下することが推測される。

検討結果を踏まえたブロック積堰堤の安定性に浮力が影響するケースの考え方を図4に示す。

a) ブロックの透水性が影響するケース

ブロックの透水性により、水圧の消散効果や流木の捕捉性能向上効果が期待できる²⁾。一方で、堤体内部に流水が浸入することで浮力の影響を受けやすくなる。

b) 河道閉塞等の影響を受けるケース

下流側における河道閉塞等の影響でブロック積堰堤の一部が湛水すると、抵抗力が低下する恐れがある。このような条件下に設置する際は特に留意が必要と考えられる。

3.2 嵌合部のせん断強度を考慮した場合の安定性

ブロック積堰堤は嵌合により一体性を確保するが、嵌合の仕方はブロックのタイプによって様々である。本節では、嵌合部が安定性に与える影響について検証した。

3.2.1 検討条件

2章で決定した堰堤形状に対し、図5に示す検討モデルのもとで嵌合部のせん断破壊に対する検討を行った。本検討では、コンクリートのせん断強度 τ_c (2,760kN/m²)を嵌合部のみに期待した仮想値（仮想せん断強度）として再設定した。なお、仮想せん断強度は嵌合部水平方向の断面面積のみを評価し、嵌合の高さや形状は考慮していない。

3.2.2 検討結果及び考察

検討結果のうち、ブロック A,D のせん断摩擦安全率と堤高の関係（H=10m）を図6に示す。コンクリート堰堤と同等のせん断強度を期待する場合（100%強度）、せん断破壊に対する安全率は必要安全率（せん断摩擦安全率が4以上）に比べて非常に大きい値となる。しかし、仮想せん断強度を期待する場合、ブロック D は必要安全率を満たさない結果となった。さらに、外力等によりブロック間の嵌合が外れてせん断強度が期待できない場合（0%強度）は、ブロック A,D ともに必要安全率を満たさない結果となった。このため、流体力や礫衝突の影響を受ける可能性が高い箇所にブロック積堰堤を設置する場合は、ブロック相互の嵌合を考慮してブロックタイプを選定することが望ましいといえる。

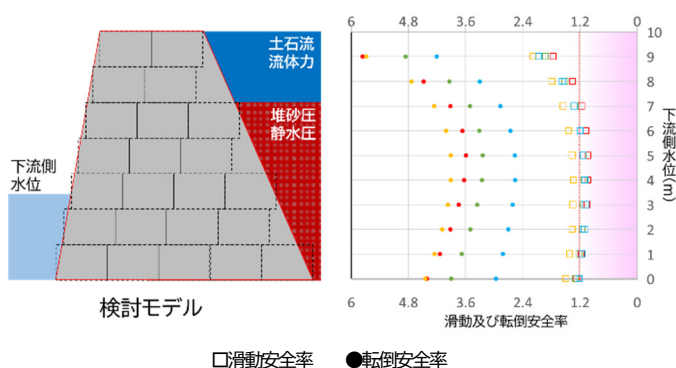
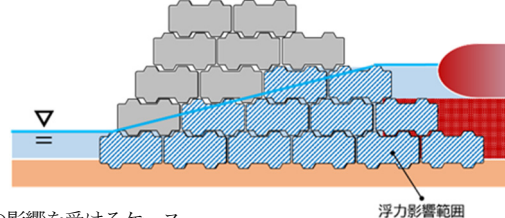


図3 浮力を考慮した場合の検討モデル及び検討結果(H=10m)

a) ブロックの透水性が影響するケース



b) 河道閉塞等の影響を受けるケース

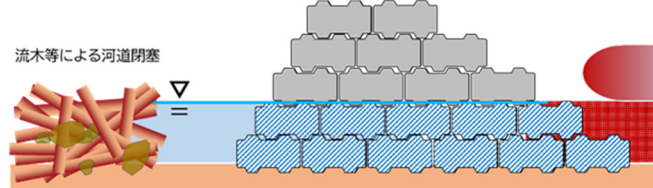


図4 安定性に浮力が影響するケース

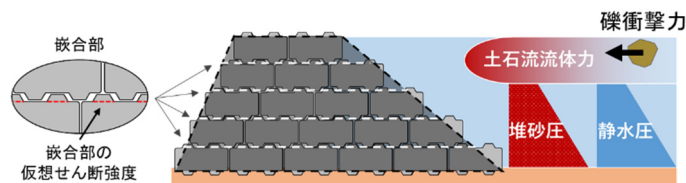


図5 嵌合部のせん断強度を考慮した検討モデル

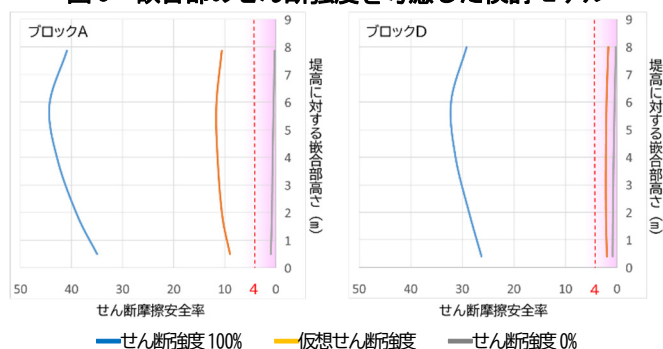


図6 せん断強度を考慮した検討の検討結果(H=10m)

4. おわりに

本検討は応急的に設置するブロック積堰堤を対象としたものであり、同様の検証が全ての条件下で求められるわけではない。ただし、既往の指針や基準に捉われず、設置条件を考慮した検討を適宜行うことが望ましいと考える。

また、ブロック相互の一体性や土石流衝撃力の伝達メカニズム等については未解明な部分が多く残されている。ブロック積堰堤の更なる活用・普及を図るには、ブロック積堰堤独自の設計手法や、ブロックの特性（透水性・屈とう性・作業性）を定量的に示す指標の確立が必須であると考え。今後、業務や研究活動を通じてこのような課題に対して検討していきたい。

謝辞

本検討で堰堤形状を決定するにあたり、技研興業(株) 杉浦氏、共和コンクリート工業(株) 佐藤氏、日本コーケン(株) 鈴木氏、(株)不動テトラ 竹内氏にご協力いただいた。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 国土交通省国土技術政策総合研究所：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，土石流・流木対策設計技術指針解説，2016.4.
- 原田ら：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，No2，2023.