

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 その2

(一財)砂防・地すべり技術センター ○高橋 健太、栢木 敏仁、池田 暁彦

1. はじめに

これまでに令和5年度末時点で全国の49火山で緊急減災対策砂防計画がとりまとめられているが、計画規模や施工期間について差異があり、緊急対策計画における設計外力に対する統一された考え方が示されていない等の課題が挙げられる。また、火山噴火を対象に計画・施工されている緊急対策工としての砂防堰堤は、コンクリート堰堤に対しコンクリート打設や養生等が不要で施工時間に優れており、撤去することも踏まえた施工性に優れていることから、コンクリートブロック堰堤が採用されている実績が多い。しかし、現状コンクリートブロック堰堤に対する安定性等について統一された考え方が示されていない。また、ブロックを積み重ねて構築するため、一体化が図れていないなどの課題がある。

既往研究¹⁾²⁾では、これらの課題に対して、緊急対策工の設計外力や安定性についての考え方を示すとともに、限られた時間で効率的・効果的に効果を発現する方法について整理した。また、コンクリートブロック砂防堰堤については、既往のブロックを用いて鉄筋等の挿入により簡易的に一体化する方法の素案について提案した。本研究では、主にこの鉄筋挿入によるコンクリートブロックの一体化の具体化に向けた検討結果について報告する。

2. 模型を使ったコンクリートブロックの孔の配置の確認

鉄筋挿入による一体化方法については、まず図面を作成して孔の配置を検討した(図1)。また、実際の仕上がりイメージしやすくし、孔の配置を正確に把握するため、既往のブロックの立体模型を使って3次元的に検討を行った。模型は砂防施設としても実績があり、最も汎用性の高い正方形(縦横の向は有)の平ブロック(Aブロック)を対象に、約1/28スケールの硬質ゴム製を用いた。この模型に $\phi 6\text{mm}$ (実寸で170mm)の孔を空けて、鉄筋に見立てた爪楊枝($\phi 5.4\text{mm}$)を差し込むことにより、孔の配置や個数等の確認を行った(図2)。



図2 立体模型の作成状況

この結果、図面だけでは確認出来なかったが、千鳥配置を想定した場合、少なくともブロック1個あたり3箇所(図6)に孔を空ける必要があること、この3つの孔により上下3段分まで鉄筋が挿入することが確認できた。また、上下段方向と横断方向に対しては一体化が図れるが、縦断方向に対しては一体化が図れないことが確認できた(図3)。

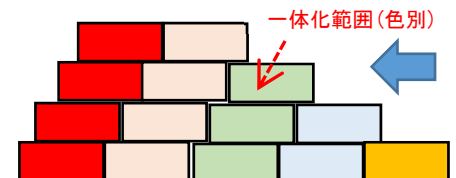


図3 一体化される範囲

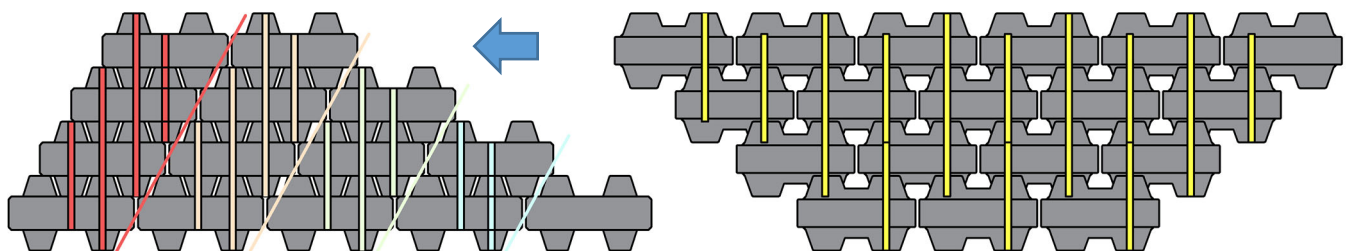


図1 孔を設けたコンクリートブロックの断面イメージ(左:側面図、右:正面図)

3. ブロックの噛合部のせん断強度を見込んだ場合の安定性の検討

これまでの設計・施工事例を踏まえると、ブロック積み堰堤はコンクリート堰堤の設計手法を準用して検討されている。このうち安定性の検討に関しては、無筋コンクリートで安定条件を満たす台形断面に近似する形状をコンクリートブロックにより構築し、堤体は一体とみなして行われている。ただし、ブロック間の空隙を考慮した単位体積重量を設定している。実際はブロック積み堰堤の一体化はその嵌合にのみ期待していることになるが、嵌合の仕方は使用するブロックタイプによって様々である。そこで、ブロックの上下方

向の一体化に着目し、嵌合部のせん断強度を仮想値として再設定した場合の安定性に対する検討を行った(図4)。荷重等の条件は土石流・流木対策設計技術指針解説(H28)」に従い表1とした。ブロックタイプは砂防施設

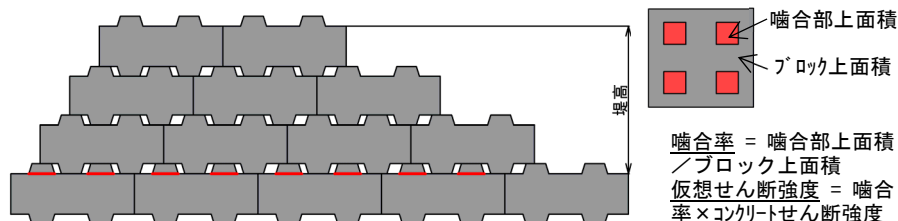


図4 せん断強度を期待出来る噛合部

として実績のあるブロックのうち、最も小さい噛合率となるブロックBを対象とすると、再設定した仮想せん断強度は139kN/m²となった。なお、仮想せん断強度は嵌合部の水平方向の断面積を評価したものであり、高さ方向や左右方向の嵌合部延長長さ等は考慮していない。次に、異形鉄筋を挿入した場合、せん断に対する許容応力度(345N/mm²)をもとに仮想せん断強度を再設定した。鉄筋の径をφ19とした場合、仮想せん断強度は218 kN/m²となった。なお、ブロック1個あたりの鉄筋の挿入本数は2本と想定した。

この仮想せん断強度を用いて、堤高を3～9mの1mピッチで安定計算を実施した結果、噛合のみよりも鉄筋を加えた場合の方が安全率は向上し、堤高9mの場合でも砂防堰堤の岩盤基礎の滑動安全率4を超える結果となった。(図5)

4. 施工誤差を踏まえた孔の大きさ

ブロック設置の際には施工誤差としてズレが生じる可能性があるため、孔の大きさについては、鉄筋径+ズレ幅で決定する必要がある。しかし、コンクリートブロックの施工の許容誤差が示されているものはない。ただし、ブロックの種類によるが、設置の際に隣り合うブロックとのクリアランス(隙間)が一般的に50mm程度が多い。このことから、前述の異形鉄筋φ19mmを1本挿入するのに必要な孔の大きさとして、仮に横断方向および縦断方向にクリアランス幅分ズレた場合でも挿入可能となるようφ100mm(図6)とした。

5. 基礎部に対する対策

前述のとおり鉄筋を挿入した場合でも、縦断方向に対する一体化は図れていない。また、基礎地盤とブロックの間には、噛み合わせがないため、滑動に対しては摩擦のみで抵抗することになる。さらに、ブロックの空隙部に入る水により基礎地盤が侵食され不等沈下が生じて不安定化を招く恐れがある。これらに対しては、基礎コンクリートの打設に加え下流端にズレ止めの突起をつける方法が考えられる³⁾。突起がつけられない場合は、基礎コンクリートに予め孔を開けておき、鉄筋を差し込むことにより滑動に対する安全性を高めるとともに、基礎を介して縦断方向の一体化を図る方法が考えられる。さらに基礎コンクリートの打設が出来ない場合は、堰堤上流面に盛土や遮水シート等による被覆により、水の浸入を防ぐ方法が考えられる。

6. おわりに

本報告では主にコンクリートブロックの一体化を図る方策について述べたが、今後は上記の検討結果を踏まえ、実寸のブロックを用いて、前施工・後施工の場合の孔の製作方法、孔の大きさや配置の精査、孔を設けた場合の強度、鉄筋挿入方法についても検討を行い、より効率的・効果的で安全度の高い緊急対策工について具体化していく予定である。

【参考文献】

- 1) 高橋ら(2022):火山噴火に伴う土砂移動現象に対する緊急対策工の外力に関する考察, R4 年度砂防学会概要集
- 2) 高橋ら(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, R5 年度砂防学会概要集
- 3) 池田ら(2023):ブロック積砂防堰堤の設計事例について(北海道胆振東部地震日高県内川下流砂防堰堤), R5 年度砂防学会概要集

表1 安定計算の条件

条件	項目	噛合のみ	鉄筋含む
断面条件	断面位置	越流部	同左
	堤高	3m～9m	同左
	水通天端	3m	同左
	法勾配	下流1:0.2、上流1:0.5	同左
	堤体の単位体積重量	18kN/m ³	17kN/m ³
安定条件	荷重ケース	洪水時のみ(静水圧)	同左
	摩擦係数	f=0.7	同左
	仮想せん断強度	τ=139kN/m ²	τ=218kN/m ²
外力条件	水通し高	2m	同左
	水の単位体積重量	11.77kN/m ³	同左

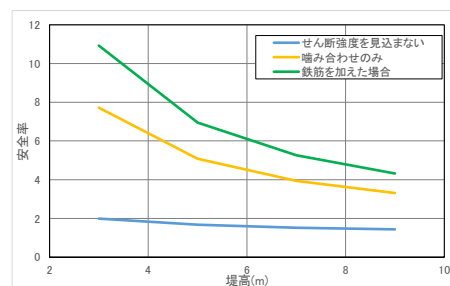


図5 堤高別の安全率

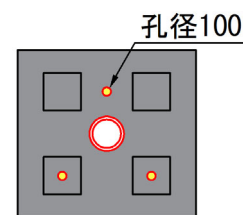


図6 孔の位置