

平坦地による土石流流体力の低減効果を考慮した土石流対策工の設計について

(株)高速道路総合技術研究所
(株)高速道路総合技術研究所
西日本高速道路エンジニアリング中国（株）

正会員
正会員
正会員

○中村 淳
村上 豊和
柳迫 新吾

1. はじめに

近年、集中豪雨や局所的豪雨の増加により、地盤災害は毎年のように発生しており、防災・減災への取り組みが重要になっている。国土交通省によると、土石流や地すべり、がけ崩れが発生する件数については近年増加傾向¹⁾が見られるが、これは近年降水量が増加²⁾していることなどが理由として考えられる。

高速道路会社では、溪流調査を行い、高速道路に影響を与えると判断された溪流に対して、堰堤等、対策施設の設置を求める協議を地方自治体に対して行う。しかし、自治体にて全溪流に対して対策を行う事は困難であるため、対象から外れた溪流に対して自衛対策を行う場合もある。その際、高速道路用地内の利用可能な空間には制約があるため、限られた用地で、効率的な対策を行う必要がある。吉村ら³⁾は、高速道路に付随する側道のような平坦部の存在が土石流被害を低減するケースがあることに着目し、このような平坦地を考慮した土石流模型実験を行い、土石流流体力が低減されることを確認した。本論文では、吉村ら³⁾の実験結果を基に、土石流流体力の低減係数を算出し、その値を用いて土石流対策施設（以下、「対策施設という」）の設計計算を行った結果を述べる。

2. 平坦地による土石流流体力の低減効果

対策施設の設計では、外力は対策施設に対して最も危険な状態とし、堆砂地が土石流の水深 D_d だけ残して堆砂した状態で対策施設に直撃するように考える⁴⁾。そのため土石流流体力の設定が対策施設の設計に大きく影響しうると考えた。

吉村ら³⁾の実験結果を基に算出した、対策施設の位置と基準疑似流体力に対する疑似流体力の比の関係を図-2 に示す。疑似流体力とは、対策施設全面に土砂が堆積し始める直前の動的荷重の最大値で定義しており⁵⁾、基準疑似流体力とは、溪流出口からの対策施設位置が 0 の疑似流体力（実験結果の平均値）を指す。

対策施設の位置 2m 以降は疑似流体力に大きな低下がみられないことから、ばらつきを安全側に考慮し、2m 位置の最大値に誤差 α をさらに足した値 0.71 を対策施設設計に用いる土石流流体力の低減係数とした。

なお、この低減係数を適用することが可能な溪流諸元は、表-1 のとおりである。実験で再現した溪床勾配より適用できる溪流の勾配は 20° 以上 25° 以下とした。対策施設設置が溪流出口から 0m から 2m の間については、土石流流体力の減少傾向が不明なため適用外とした。

3. 維持管理段階における土石流対策施設

近年の気象条件の変化により、供用路線で地盤災害のリスクが高まっている箇所があり、そのような箇所では維持管理段階において、更なる安全性を確保する必要がある。この段階では、既に道路構造が定まっているため、路線のシフトやカルバートボックスの設置は難しい。高速道路用地外での対策についても、関係者との協議等が必要になり、対策がとられる場合は少ない。このような背景から、用地内に設置可能な対策施設が

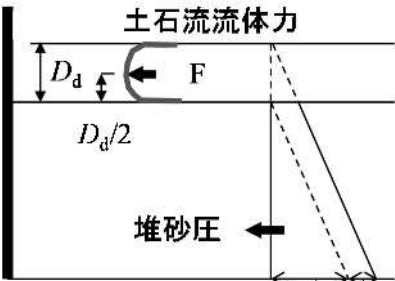


図-1 土石流対策施設に働く外力の例

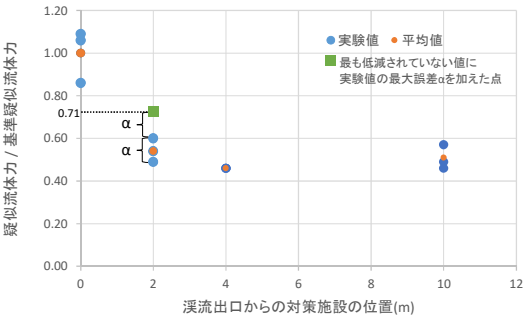


図-2 溪流出口からの対策施設の位置と疑似流体力/基準疑似流体力の関係

表-1 土石流流体力の低減係数

適用条件		低減係数
設置位置	溪床勾配 (θ)	
溪流出口から 2m 以上の平坦部を挟んだ地点	20° 以上	溪床勾配 θ $20^\circ \leq \theta \leq 25^\circ$
	25° 以下	

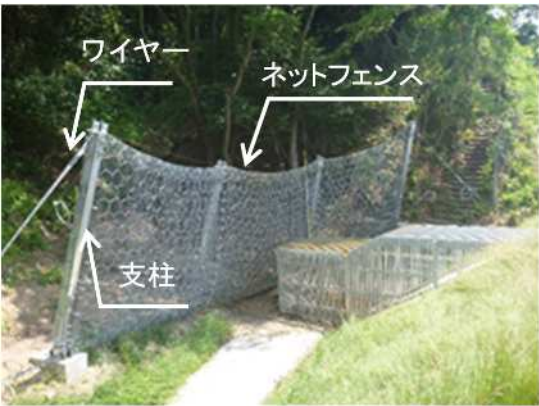


写真-1 高エネルギー吸収型防護柵

キーワード 土石流対策施設, 流体力, 低減係数
連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 (株)高速道路総合技術研究所 TEA:042-791-1624

求められている。その例として、写真-1に示す高エネルギー吸収型防護柵（以下、「高エネ柵」という）や写真-2に示す自立式フェンス防護柵（以下、「フェンス柵」という）などが高速道路事業で採用されてきた。

高エネ柵はたわみ構造であるため、対策施設として本線際に設置した際、ネットフェンスが土石流の衝撃でたわむ可能性を考慮する必要があるほか、ワイヤーやそれを固定するアンカーを施工するために広い用地を必要とする。そのため、用地の追加買収が建設段階に比べ、より困難である維持管理段階では、対策施設全体を用地内に収めることが可能なフェンス柵での対策が求められる。

4. 土石流対策施設の検討

フェンス柵および高エネ柵について、捕捉可能土砂量 1,000m³ で設計された対策施設が、土石流流体力の低減係数を考慮することで、捕捉可能土砂量が増加するか検討を行った。

表-2 に平坦地による土石流流体力の低減効果を考慮した捕捉土砂量の比較結果を示す。フェンス柵では、捕捉可能土砂量 1,000m³ で設計された対策施設が、低減係数を適用することによって、1,500 m³ までの土石流を捕捉することが可能となる結果が得られた。高エネ柵についても、フェンス柵と同様に、捕捉可能土砂量が 500 m³ 増加する結果となった。

表-2 土石流流体力への低減係数考慮の有無による土石流捕捉量の比較

対策施設	捕捉土砂量 (m ³)	構造計算結果		備考
		従来設計 (低減係数 = 1.00)	流体力の低減効果あり (低減係数 = 0.71)	
自立式フェンス防護柵	1,000	○	○	対策施設構造は下記の条件より決定し、捕捉土砂量を変化させ構造計算を行った。 ・土砂量 V : 1,000m ³ ・溪床勾配 θ : 20° ・岩級区分 : D _m ・施設有効高 : 4.0m
	1,500	×	○	
	2,000	×	×	
高エネルギー吸収型防護柵	1,000	○	○	
	1,500	○	○	
	2,000	×	○	
	2,500	×	×	

表-2 に示すとおり、今回検討を行った条件では、フェンス柵に低減係数を考慮することで、高エネ柵と同程度の土砂量を捕捉することが確認できた。この結果から、溪流出口と土石流対策施設の間に 2m 以上の平坦地が存在する場合、従来の考えでは、用地の制約により、高速道路用地内に対策施設の設置が困難であった現場においても、土石流対策が可能となる場合があるといえる。

5. まとめと今後の課題

- 1) 土石流流体力の低減効果を考慮することによって、対策施設の仕様を変えることなく、従来設計と比べて捕捉可能な土砂量を 500m³ 程度増加させることができる。
- 2) 対策施設の形式がフェンス柵を選択可能になることで、高速道路用地内での土石流対策が可能になる場合がある。

吉村らの土石流模型実験は、溪床勾配を 20°で固定して行った実験である。そのため、低減係数を適用できる溪流を制限している。溪床勾配を変化させた実験を行い、さらなる適用範囲の拡大を行うことが今後の課題である。

参考文献

1) 国土交通省 https://www1.mlit.go.jp/report/press/sabo02_hh_000126.html(参照:2023.3.24).

2) 気象庁 https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html(参照:2023.3.24).

3) 吉村翔ら：模型実験を用いた平坦部による土石流流体力の低減効果，第 57 回地盤工学研究発表会講演集，2022.

4) 国土技術施策総合研究所：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，平成 28 年 4 月．

5) 竹本ら：高速道路の沿線を想定した平坦部による土石流流体力の低減効果—模型実験による土石流の再現—，第 57 回地盤工学研究発表会講演集，2022.



写真-2 自立式フェンス防護柵