

落石防護工による土石流の捕捉事例に関する検討

(株)高速道路総合技術研究所	正会員	○久田 裕史
西日本高速道路エンジニアリング中国(株)	正会員	柳迫 新吾
(株)高速道路総合技術研究所	正会員	村上 豊和
(株)高速道路総合技術研究所	正会員	竹本 将

1. はじめに

近年、豪雨や台風により毎年のように土砂災害が発生しており、高速道路においても、土石流などに伴う道路区域外からの土砂流入により道路構造物が被災する事例が発生している。区域外からの土石流に対して砂防えん堤等の大規模な対策が考えられるが、対策工の施工に加えて用地取得手続き等なども必要となり、費用と時間を要するという課題がある。そのような中、平成30年7月豪雨でも区域外からの土石流による土砂流入災害が発生したが、その一方で、落石対策として高速道路の側道際に設置されたコンクリート擁壁が、区域外からの土石流を堰き止め、本線内への流入を防いだ事案(写真-1)が確認された。本事案のように自立式の構造で土石流の捕捉が可能であれば、高速道路区域の山側境界付近に設置でき、前述の課題に対応できる可能性がある。そこで、本事案の落石防護工について耐力度照査を行い、捕捉可能な土石流の条件等について検討した結果を報告する。

2. 検討概要

現地に設置されている落石防護工が、土石流で変形を生じずに捕捉可能な条件を検討するため、図-1に示す落石防護工に複数の土砂量と溪床勾配ケースで算出した土石流外力を作用させることで検証を行った。落石防護工は、高さ1mのコンクリート擁壁と長さ2.3mの杭基礎からなり、高速道路沿いの側道部ののり肩に設置されている。地盤条件は災害後に実施されたボーリング結果よりCM級花崗岩とし、耐力度照査は杭基礎工とコンクリート擁壁工について、許容応力度法にて行った。

3. 土石流外力の算出

検証する土石流外力は、砂防基本計画策定指針¹⁾より式(1)で表される流体力として、1波の土石流により流出すると想定される土砂量 V_{dap} を1000 m^3 から5000 m^3 まで1000 m^3 ずつ変化させた5ケースと、溪床勾配 θ を5°~30°まで5°ずつ変化させた6ケースを組み合わせた全30ケースで実施した。表-1に代表として溪床勾配20°の時の算出結果を示す。溪床勾配が同じ場合、土砂量が大きくなるほど、水深と流速が大きくなり、水深と流速から求められる流体力も同様に大きくなる。次に、図-2に全30ケースの溪床勾配ごとの土砂量と流速および流体力の関係



写真-1 土石流の捕捉の様子

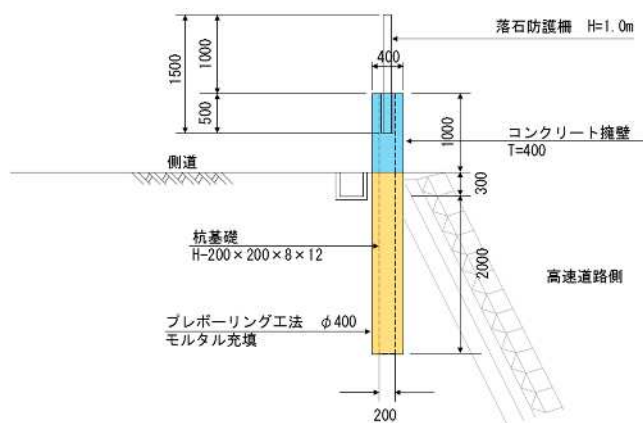


図-1 落石防護工の概要

$$F = K_h \cdot \frac{\gamma_d}{g} \cdot D_d \cdot U^2 \quad \dots \quad (1)$$

ここに、 F ：単位幅当りの土石流流体力（ kN/m ）， K_h ：係数（1.0とする）， g ：重力加速度（ 9.81m/s^2 ）， γ_d ：土石流の単位体積重量（ kN/m^3 ）， D_d ：土石流の水深（ m ）， U ：土石流の流速（ m/s ）

キーワード 土石流，防災，減災，落石防護工

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 TEL 042-791-1624

を示す。この図から、土砂量が同じ場合、概ね溪床勾配
が大きいほど流体力が大きくなること、また溪床勾配
が同じ場合、土砂量が多いほど流体力が大きくなるこ
とがわかる。

4. 耐力度照査の結果

表－2 に全 30 ケースの耐力度照査の判定結果一覧を
示す。溪床勾配 5°では全ての土砂量で「OK」となった
が、10° 以上から土砂量の多いケースで「NG」が見ら
れる結果となった。また「NG」となるのは土砂量 3000m³
以上のケースであるため、本検討と同じ構造および地
盤条件で、溪床勾配 25° 以下かつ、土砂量 3000m³ 以下
であれば、構造上の安全性に問題なく土石流を捕捉で
きるという結果となった。竹本²⁾は、昭和 57 年から平
成 24 年までの高速道路の土石流被害 48 件の内の 8 割
は、発生土砂量が 3000m³ 未満であることを報告してお
り、本対策でも十分な対策効果を得ることができると
考えられる。

溪床勾配 20° のケースの耐力度照査結果を表－3 に
示す。コンクリート擁壁工の照査は土砂量の違いによ
らず全て許容値を満足しているが、杭基礎工の照査に
おいて土砂量 4000m³, 5000m³ のケース
で許容値を上回る結果となった。杭基
礎とコンクリート擁壁において耐力度
照査を行ったが、「OK」の全ケースでコ
ンクリート擁壁はかなりの余裕をもっ
て許容値を満足することを確認してお
り、安全性に問題がない結果となった。
一方、「NG」ケースにおいても、コンク
リート擁壁の照査では「OK」ケースと

同様に余裕をもって許容値を満足したものの、杭基礎において圧縮応力度が許容応力度を超える結果となった。これは溪床勾配 20° のケースに限らず、表－2 で「NG」となった全てのケースで同じ結果となり、本検討における落石防護工の安全性は杭基礎により決まることがわかった。

5. まとめ

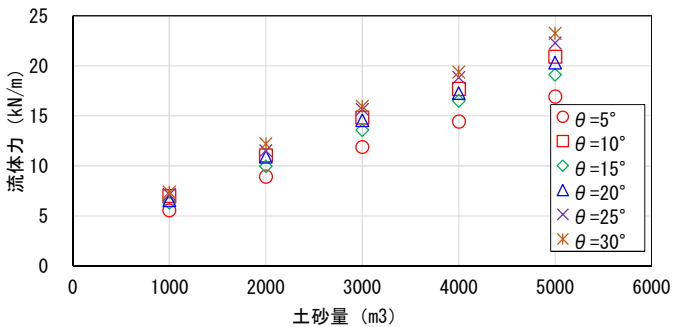
土石流を捕捉した落石防護工の構造をもとに、土石流の諸条件を変えた照査を行ったところ、CM 級岩盤で溪床勾配 25°以下かつ土砂量 3000m³ 以下であれば、構造上の安全性に問題なく土石流を捕捉できるという結果となった。また、照査結果が NG となるケースは全て、杭基礎において許容値を上回る結果となった。本事案の土石流は谷出口から落石防護工に達するまでに高低差および勾配差があり、この間に流体力が減勢することが考えられる。この減勢を加味することで捕捉可能な土石流のケースが増える可能性があることから、今後は、谷出口から対象構造物までの形状に着目した検討を行いたいと考えている。

参考文献

1)国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害部砂防研究室：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説，2016
2)竹本将：高速道路における土石流被害とその対策，地盤工学会誌，Vol68，No5，pp.1-4，2020

表－1 溪床勾配 20° における流体力の算出結果

土砂量 V_{dap} (m^3)	溪床勾配 θ ($^{\circ}$)	流下幅 B (m)	水深 D_d (m)	流速 U (m/s)	流体力 F (kN/m)
1000	20	10.0	0.37	3.01	6.56
2000	20	14.1	0.46	3.48	10.90
3000	20	17.3	0.52	3.78	14.54
4000	20	20.0	0.56	3.97	17.27
5000	20	22.4	0.60	4.16	20.31



図－2 土砂量と流体力の関係

表－2 全 30 ケースの判定結果

計算 結果		土砂量 V_{dap} (m^3)				
		1, 000	2, 000	3, 000	4, 000	5, 000
溪 床 勾 配 ($^{\circ}$)	5	OK	OK	OK	OK	OK
	10	OK	OK	OK	OK	NG
	15	OK	OK	OK	OK	NG
	20	OK	OK	OK	NG	NG
	25	OK	OK	OK	NG	NG
	30	OK	OK	NG	NG	NG

表－3 溪床勾配 20° における耐力度照査結果

土砂量 V_{dap} (m^3)	溪床勾配 θ ($^{\circ}$)	コンクリート擁壁工の照査			杭基礎工の照査		
		コンクリート		鉄筋	転倒に対す る安全率	曲げ圧縮 応力度	局部座屈 に対する 圧縮応力度
		圧縮 応力度	せん断 応力度	引張り 応力度			
1000	20	0.82	0.06	43	13.16	121	124
2000	20	1.19	0.08	71	9.92	160	163
3000	20	1.48	0.09	95	8.23	192	195
4000	20	1.69	0.10	112	7.30	216	219
5000	20	1.90	0.11	132	6.49	242	246
許容値		12.00	0.39	270	1.00	210	210

許容値を上回る箇所 単位: N/mm^2 (安全率以外)