

透過型砂防堰堤の巨礫捕捉効果に関する不確実性

中央大学大学院 学生会員 ○合田 明弘 中央大学大学院 学生会員 小石 一字
中央大学 正会員 柿沼 太貴 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. 緒言

透過型砂防堰堤(写真-1)は、土石流先端部に巨礫が集中する性質を利用して巨礫群を開口部で閉塞させ土石流全体を捕捉する施設であり、土石流・流木の対策施設として位置づけられている¹⁾。開口部の鋼管間隔を設計するために、実験²⁾や解析³⁾が数多く行われており、これらの既往研究から、鋼管間隔 l と土石流中の巨礫の最大粒径 d_{max} の比 $\beta(=l/d_{max})$ が1.5以下の場合に巨礫を高い確率で捕捉できることが明らかになっている。しかし、実現現象では、巨礫の到着タイミングのずれや最大粒径が想定した値と違うことなどの“不確実性”が内在しており、透過部分において土石流の閉塞が確率的に生じることが知られている。そこで本研究は、透過型砂防堰堤の巨礫捕捉解析において、鋼管間隔と最大粒径の比 β を変化させて、 β の条件ごとにアンサンブル計算を行い、透過型砂防堰堤の巨礫捕捉率(捕捉した巨礫数/全巨礫数)の傾向を明らかにすることを目的とする。

2. 解析概要

本研究では、2次元個別要素法⁴⁾を用いて巨礫捕捉解析を行う。図-1は解析モデルと解析に使用した解析基本値(①)および粒径加積曲線(②)である。解析に用いた斜面は、斜面長400m、勾配20°に設定されている。土石流の主部は巨礫群の移動のみとし、土石流の巨礫を球として表現している。巨礫群は、透過型砂防堰堤の上流側100m地点よりも上流側に配置されており、土石流は自重作用と水から受ける流体力によって流動するものとする。水の流速 u は、一様流速を仮定し、2.0 m/sを与えた。また、河床付近では流速

が小さくなることから、河床付近の流速 u' は0.5 m/sを与えた。なお土石流の観測⁶⁾から、巨礫が透過型砂防堰堤に到達してから約30秒間、流速 $u=2.0$ m/sを与えた。その後は後続流が続くことを想定して、流速 $u=1.0$ m/sに変化させた。また、細かい砂礫は巨礫群に比較して十分に小さいものと見なし、周囲の流水として表現している。表-1は透過型砂防堰堤の諸元である。設定した透過型砂防堰堤は、鋼管部分を通する2次元断面とし、鋼管間隔 l と最大粒径 d_{max} の比 $\beta(=l/d_{max})$ は透過型砂防堰堤の指針の変遷¹⁾を参考に、 $\beta=1.0, 1.5, 1.75, 2.0, 2.25, 2.5$ とパラメトリックに変化させるものとした。巨礫捕捉率の分布について

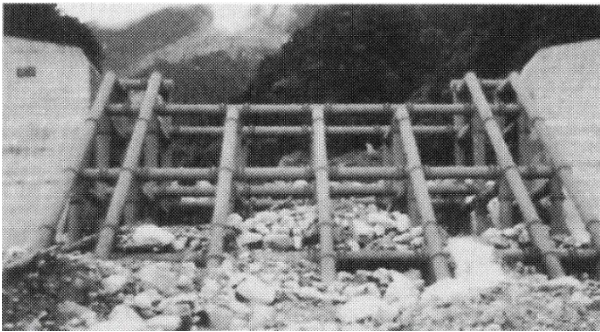


写真-1 透過型砂防堰堤³⁾

表-1 透過型砂防堰堤の諸元

ダムモデル	最上段の高さ [m]	鋼管間隔 l [m]	鋼管本数 [本]	鋼管直径 [m]	β (l / d_{max})	計算回数[回]
TYPE-1	11.20	1.30	6	0.6	1.00	100
TYPE-2	12.55	1.95	5	0.6	1.50	100
TYPE-3	11.30	2.28	4	0.6	1.75	1000
TYPE-4	12.60	2.60	4	0.6	2.00	1000
TYPE-5	10.38	2.93	3	0.6	2.25	1000
TYPE-6	11.35	3.25	3	0.6	2.50	500

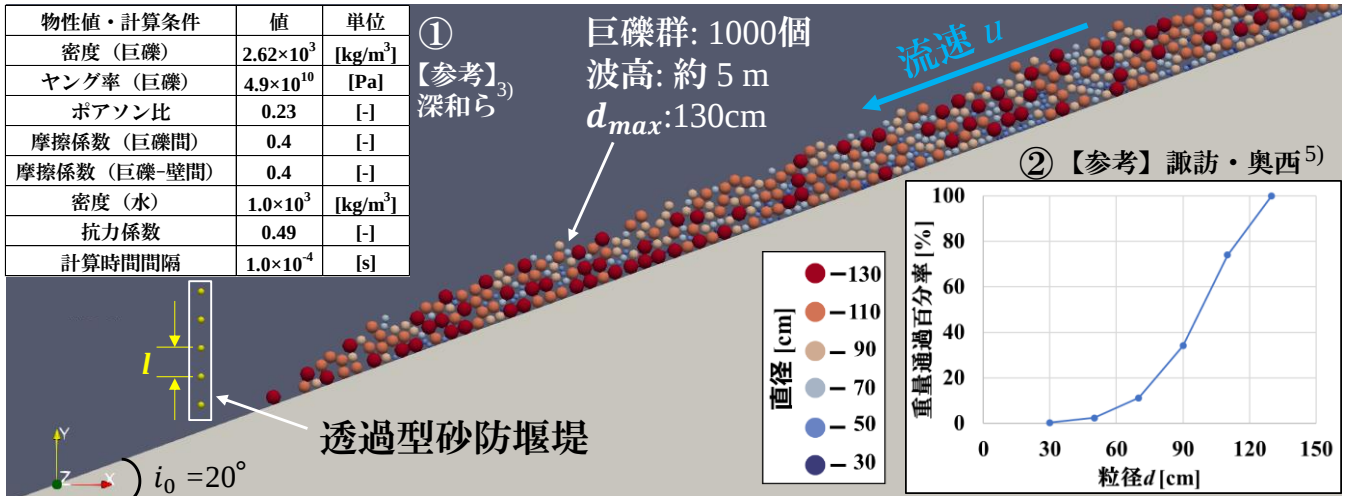


図-1 解析モデルと、解析に使用した解析基本値(①)および粒径加積曲線(②)

キーワード 土石流, 透過型砂防堰堤, 巨礫捕捉解析, 個別要素法, 捕捉率
連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 TEL : 03-3817-1805 E-mail : a14.nh6h@g.chuo-u.ac.jp

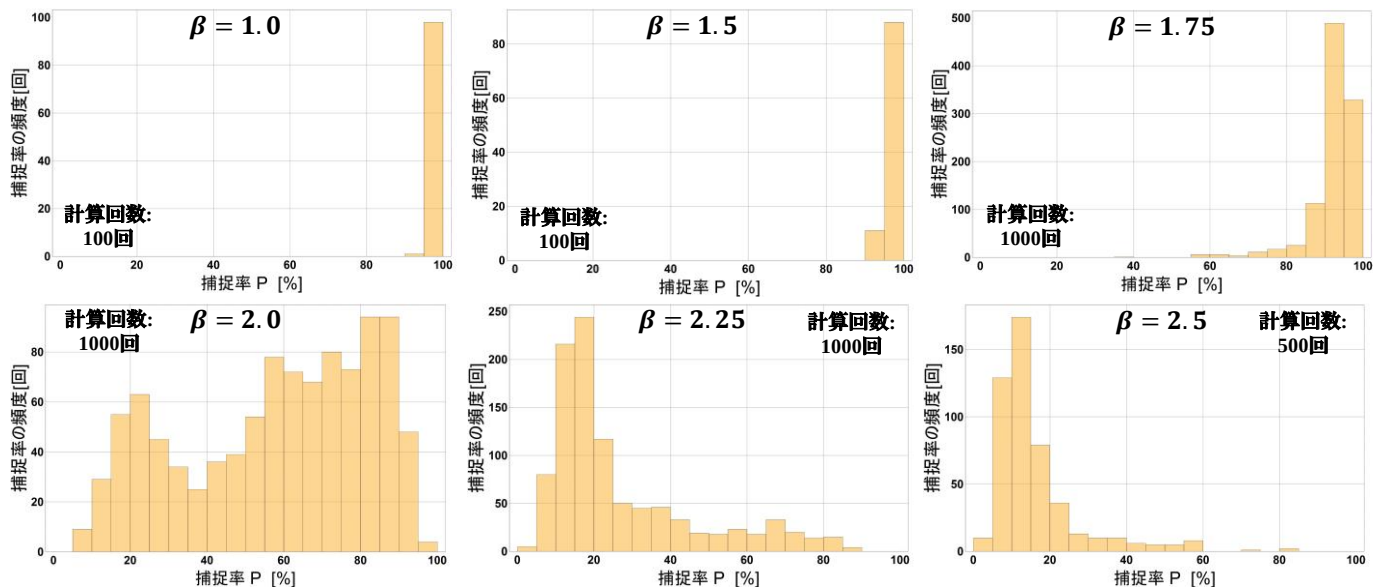


図-2 鋼管間隔 l と最大粒径 d_{max} の比 β ごとの捕捉率のヒストグラム
 $\beta=2.0$ を境に捕捉率が高い場合 ($\beta=1.75$ 以下) と低い場合 ($\beta=2.25$ 以上) に分類できる。
 $\beta=2.0$ では、確率的に閉塞する構造であるといえる。

考察するために、巨礫の初期配置をランダムに変更して、アンサンブル計算を行った。

3. 結果と考察

透過型砂防堰堤の巨礫捕捉効果の評価は、以下の(1)式で表される捕捉率 P で行う。

$$P = \frac{N_T - N_{pass}}{N_T} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 P : 捕捉率[%], N_T : 全巨礫数[個], N_{pass} : 通過した巨礫数[個]である。捕捉率が大きいほど、透過型砂防堰堤が巨礫を閉塞させて、土石流を捕捉できることを表している。図-2は、鋼管間隔 l と最大粒径 d_{max} の比 $\beta (=l/d_{max})$ ごとに作成した捕捉率のヒストグラムである。ヒストグラムの頻度は5%間隔ごとにカウントした。土石流の捕捉は、 $\beta=2.0$ を境に、「①捕捉率が高い場合 ($\beta=1.75$ 以下)」と「②捕捉率が低い場合 ($\beta=2.25$ 以上)」に分類することができる。①捕捉率が高い場合を見ると、 $\beta=1.5$ 以下の場合では、全ケースで捕捉率が90%以上であり、確実に土石流が捕捉されていることがわかる。 $\beta=1.75$ の場合では、捕捉率が分布しているが、捕捉率が80%以上の頻度が多いことがわかる。したがって、 $\beta=1.75$ 以下となる鋼管間隔では、巨礫捕捉効果が高く、土石流を閉塞できるといえる。また、②捕捉率が低くなる $\beta=2.25$ 以上を見ると、捕捉率が分布しているが、捕捉率が30%以下の頻度が多いことがわかる。したがって、 $\beta=2.25$ 以上の鋼管間隔では捕捉効果が低く、土石流が通過してしまうといえる。一方、 $\beta=2.0$ では、頻度が15~25%と60~90%の2箇所で頻度が多いことから、土石流が閉塞したりしなかったりする構造であることがわかる。また40%付近の頻度が少ないことから、土石流の先頭部が捕捉されない場合、後続流も捕捉されず、捕捉率が小さくなることが示唆される結果となっている。

4. まとめ

本研究では、透過型砂防堰堤の捕捉解析において、最大粒径と鋼管間隔の比 $\beta (=l/d_{max})$ を変化させ、その条件ごとにアンサンブル計算を行い、砂防堰堤の巨礫捕捉率の分布について考察を行った。本研究の知見を以下に挙げる。

- [1] $\beta=2.0$ を境に、「捕捉率が高い場合 ($\beta=1.75$ 以下)」と「捕捉率が低い場合 ($\beta=2.25$ 以上)」に分類することができる。
- [2] $\beta=2.0$ では、捕捉率の高い箇所と低い箇所の2カ所に頻度のピークがあることから、土石流を確率的に閉塞する構造であるといえる。

本研究では、2次元で解析を行っているため、3次元的な巨礫の絡み合いを考慮していない。したがって、今後は3次元解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 田畑茂清, 守山浩史: 鋼製透過型えん堤工法・設計法の変遷と課題, 砂防学会誌, Vol.64, No.6, p.47-51, 2010.
- 2) 例えば, 水山高久, 鈴木宏, 及川義朗, 森田明宏: 透過型砂防ダムに関する実験的研究, 砂防学会誌(新砂防), Vol.41, No. 2, pp. 21-25, 1988.
- 3) 例えば, 深和岳人, 香月智, 石川信隆, 山田正: オープン型鋼製砂防ダムの礫捕捉効果に関する個別要素法解析と確率的評価, 土木学会論文集, No.703/I-59, p.165-176, 2002.
- 4) Cundall, P. A. and Strack, O. D. L.: A discrete model for granular assemblies, Geotechnique, Vol.29, No.1, p.47-65, 1979.
- 5) 諏訪浩, 奥西一夫: 土石流の流動特性・材料特性と規模—焼岳上々堀沢の土石流—, 京都大学防災研究所年報, 第33号B-1, 1990.
- 6) 高橋保: 土石流の流れ学, ながれ 3, p.307-317, 1984.