

被災した鋼製透過型砂防堰堤に作用した土石流シミュレーション

防衛大学校 学生会員 ○辻 佳成 正会員 堀口俊行
立石 龍平 香月 智

1 緒言

近年、土石流対策工として、格子型の鋼製透過型砂防堰堤が建設されている。本構造は、破壊事例がなく、鋼製透過型砂防堰堤の中でも頑強であり、冗長性を有する構造物であるとされていた。しかし、長野県南木曽における土石流災害で梨子沢第1砂防堰堤の上部が損壊した。これは土石流の流速や礫径が設計値を超えていたためであるが、どのような荷重が、破壊に結びついたかについて、不明な点が残されている。

そこで本研究は、礫衝突時の鋼製透過型砂防堰堤の作用力の基礎的検討を行うために、個別要素法を用いて、堰堤の各部材に働く荷重をシミュレーションし、各部材に生起している荷重を考察するものである。

2 個別要素法

P.A.Cundall により考案された個別要素法は、まず各要素が接触状態にあることを判定する。接触したならば、要素間に設定した要素間ばねの接触力を算定し、時々刻々、運動方程式を解くことにより変位を求め、個々の要素の運動を追跡するものである。このため、巨礫の衝突荷重の評価に適している。

3 梨子沢第1砂防堰堤被災状況

平成26年7月9日、長野県木曽郡南木曽町の梨子沢で、台風8号に伴う集中豪雨により土石流が発生し、梨子沢の下流では多数の人家やJR中央本線、国道19号



(a) 正面図

(b) 水平部材圧縮状況

写真-1 梨子沢第1砂防堰堤被災状況

線が被災し、死傷者を伴う災害となった。流域に設置された3基の砂防堰堤では、巨礫を捕捉したが、写真-1(a)に示すように、鋼製透過型砂防堰堤である梨子沢第1砂防堰堤の上部が損傷した。写真-1(b)に示すように、残存する1~2列目の水平部材は押し込まれてほぼ均一に変形している。

ところで、事後の分析では、この損傷メカニズムは、梨子沢第1砂防堰堤の天端上を礫が流下することにより、天端付近の損傷が生じ、天端水平部材が外れ、最上部が倒れたと推定されている¹⁾。

4 解析結果

4.1 解析の概要

解析は、図-1に示す鋼製透過型砂防堰堤を河川をモデル化した水路に設置し、土石流モデル²⁾を流下衝突させ、堰堤の水平部材に生じる圧縮荷重を計算するものである。図-2に初期位置を示す。初期位置は、衛星観測結果から、直線的に堆積した距離を求め決定した。水路の勾配は1/5である。また、図-3に底面粗度を示す。

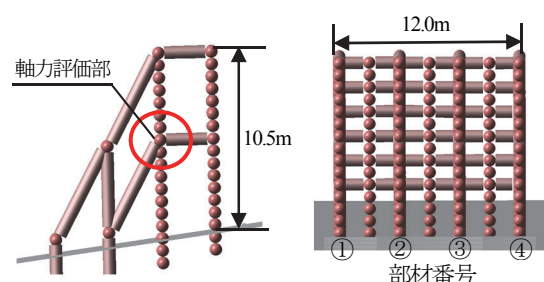


図-1 解析モデル (右: 正面, 左: 側面)

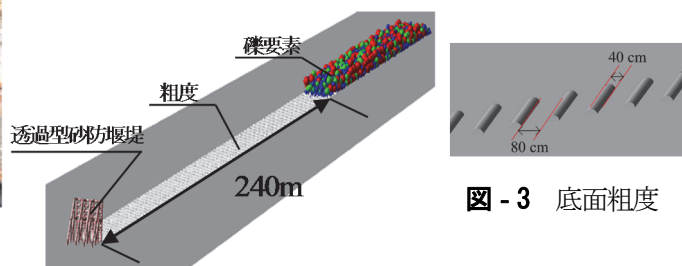


図-2 初期位置

図-3 底面粗度

キーワード 土石流、鋼製透過型砂防堰堤、個別要素法

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校 建設環境工学科 TEL:046-841-3810 FAX:046-844-5913

表-1 解析パラメータ¹⁾

項目	単位	発生後パラメータ	解析パラメータ
堰堤形式	—	格子型 - 2000C	
堰堤高／有効高	m	12.5/10.5	12.5/10.5
河床勾配	—	1/5	1/5
土石流流速	m/sec	9.3	5.6
土石流水深	m	3.3	3.3
底面粗度係数	—	0.1	0.1

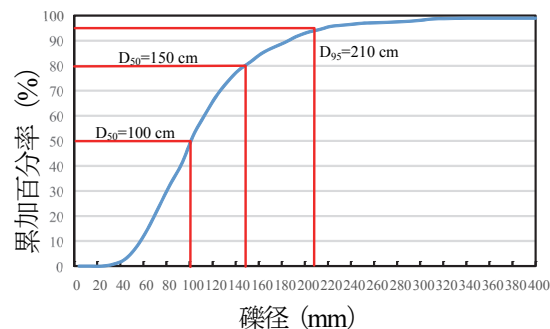
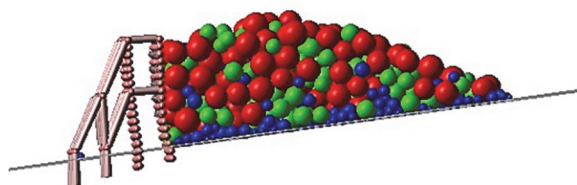
図-4 礫径累加百分率¹⁾

図-5 最終堆積形状

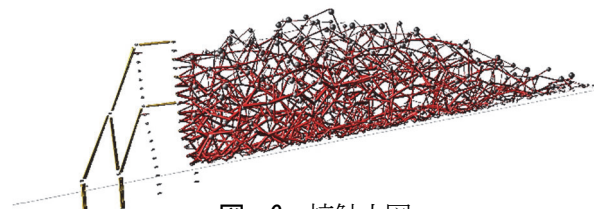


図-6 接触力図

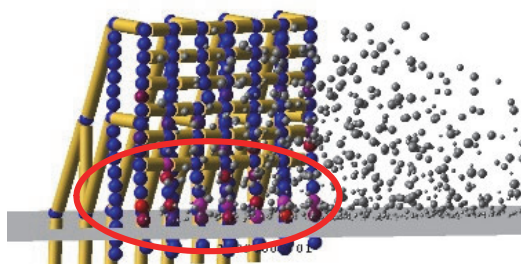


図-7 各部材の荷重

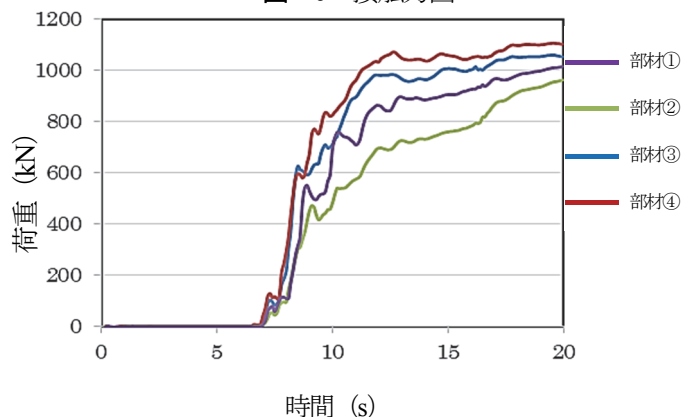


図-8 水平部材における軸力 - 時間関係

4.2 土石流モデル

図-4に土石流モデルの礫径累加関係を示す。礫は球形要素を用いてモデル化した礫径分布は、文献1)の調査結果と同じになるよう調整した。

4.3 透過型堰砂防堤モデル

図-1に示す透過型砂防堰堤モデルは、有効高 10.5m、堰堤幅 12.0m である。鋼管は、円柱形および球形要素により再現した。

4.4 解析結果

図-5に、解析における最終堆積形状を、図-6にモデル要素の接触力図を示す。堰堤背面において礫要素が水平に堆積しており、被災状況を再現できている。図-7に各部材に働く荷重を示す。図-8に1～2列目を接続する水平材に働く軸力を示す。各部材に働く荷重は左右で概ね均一になっている。また、礫が堰堤を越流している様子を見ると、天端を越える礫数や落下する礫の水平部材衝突数は、左右で均一になっていない。つまり、被災した堰堤の1～2列目の水平部材は、均一に損傷しているこ

とから、越流する礫の衝突ではなく、土石流先頭の礫が衝突することによって生じる押し込みの荷重の作用も無視し難い大きさであったことが判る。

5 結 言

本研究は、礫衝突時の格子型鋼製透過型砂防堰堤の作用力の基礎的検討を行うために、個別要素法を用いて、各部材に働く荷重を評価することとし、土石流荷重による影響を検討した。

個別要素法を用いて求めた各部材に作用する最大衝撃荷重は、実堰堤に生じた変形状況と良く対応している。

参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所: 梨子沢流域砂防堰堤に関する検討会, 2014.
- 2) 渋谷一, 香月智, 大隅久, 石川信隆: 3D-DEM による流木捕捉工の捕捉シミュレーション解析, 砂防学会誌, Vol.63, No.6, p.13-72, 2011.