

MA/CA 法による土石流シミュレーション・ツールの拡張(その2)

— 土砂流動模型実験の再現解析 —

東電設計(株) 正会員○遠藤 秀祐, 北爪 貴史, 佐藤 恭兵
 (株)ユニック 正会員 阿部 峻大, 西村 聡
 山梨大学大学院 正会員 後藤 聡, 非会員 HAO CHUNRUI

1.はじめに

近年日本各地で豪雨による土砂災害が多発し, その被害は年を経るごとに甚大になっている¹⁾. そこで筆者らは, 流出区域や土砂堆積量などの予測に用いるための土石流シミュレーション・ツールを開発している²⁾. 開発している土石流シミュレーション・ツールは, セルラオートマトン法およびマルチエージェント法を用いたより軽量のシミュレーション・ツールである. 本シミュレーション・ツールは複雑な土砂流出現象の全体像が概ね再現可能であると考えているが, その適用性を検討するため, 土砂流動の模型実験結果³⁾の再現を試みた.

2.土砂流動の模型実験結果³⁾

図-1に土砂流路模型を, 図-4に実験結果を示す. 実験は含水比を様々に変化させた試料を流下させ, 堆積分布を計測している. 正規化含水比 w_n (=含水比 w /液性限界 w_L)の増加に伴い土砂の到達距離 L は増加, 堆積高さ M_h は減少, 堆積幅 W はほぼ一定値を示す結果となった. 含水量の増大によって土の流動性が大きくなったことを示している.

3.解析条件

図-2に解析モデルを示す. 解析モデルは縦10cm×横10cmの正方形のセルで構成され, 流路部は幅2セル, 長さ10セル, 平坦部は幅20セル, 長さ50セルでモデル化されている. 傾斜角は模型実験と同様 30° とした. 初期状態として流路上部に土エージェントと水エージェントを配置し模型実験試料を再現している. 本シミュレーション・ツールは入力パラメータに土エージェントの運動エネルギー損失係数が用意されている. これは運動エネルギーが摩擦等によって損失することを表現する, つまり土の流動性に影響するパラメータであり, 実験における含水比の変動と密接に関係すると考えられる. そこでこの運動エネルギー損失係数に着目し, パラメトリック・スタディによって土砂流路模型実験結果の再現を試みた. 実験ケースと解析ケースを表-1に, 図-3に今回解析を行った6つのケースの正規化含水比 w_n と運動エネルギー損失係数の関係を示す.

4.解析結果と実験結果の比較

図-5に各解析ケースの結果(Case1, 3, 6)を示す. 解析結果はすべて土砂流下後の堆積分布を示している. 図-5(a)~(c)の解析結果は図-4(a)~(c)に対応し, 到達距離 L は運動エネルギー損失係数の減少に応じて大きくなっていることがわかる. 堆積土砂の到達点は実験結果とほぼ整合しているものの, 図-5(c)のように, 堆積土砂が流路終点から離れてしまう挙動が見られた. 堆積高さ M_h は実験結果がよく再現され, 運動エネルギー損失係数の減少に伴い堆積高さ M_h が小さくなっていることがわかる. これは水を多く含んだ土砂が平坦に堆積する様子をよくあらわしている. 堆積幅 W は, 運動エネルギー損失係数の大小にかかわらず約40cmで推移しており, 土石流が直進する様子を再現できた.

5.今後の課題

- ・流下した土砂は流路終点付近で最も堆積すると考えられる. 図-5(c)に示したように土砂の堆積分布が実験結果と乖離するケースが見られたため, 土砂が流路終点付近に残るような挙動を目指す必要がある.
- ・正規化含水比1.5のケース(図-3:解析ケース1)は他のプロットと傾向が異なる. 含水比の小さい試料はその流動性が土本来の流動性に大きく影響されると考えられるため, 土固有の粘度をあらわすパラメータの導入を検討する.

謝辞

本研究の一部は, JSPS 科研費 JP17H03303 により実施した.

キーワード: 土石流シミュレーション, 土石流模型実験, 再現解析

連絡先: 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計(株) 03-6372-5595

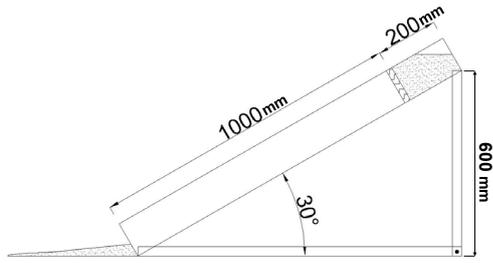


図-1 流路模型概念図³⁾

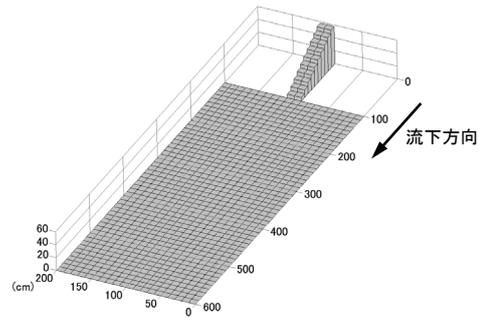


図-2 解析モデル図

表-1 実験ケースと解析ケース

実験ケース		解析ケース	
試料名	正規化含水比 $w_n = w/w_L$	Case No.	運動エネルギーの 損失係数
山王谷川	1.5	1	0.90
土石流堆積物	1.6	2	0.57
($w_L = 44.4\%$)	1.7	3	0.50
	1.8	4	0.45
w_L : 液性限界	1.9	5	0.40
	2.0	6	0.30

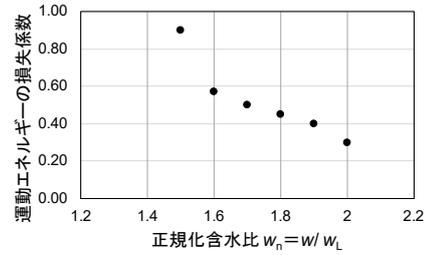


図-3 正規化含水比と運動エネルギー損失係数の関係

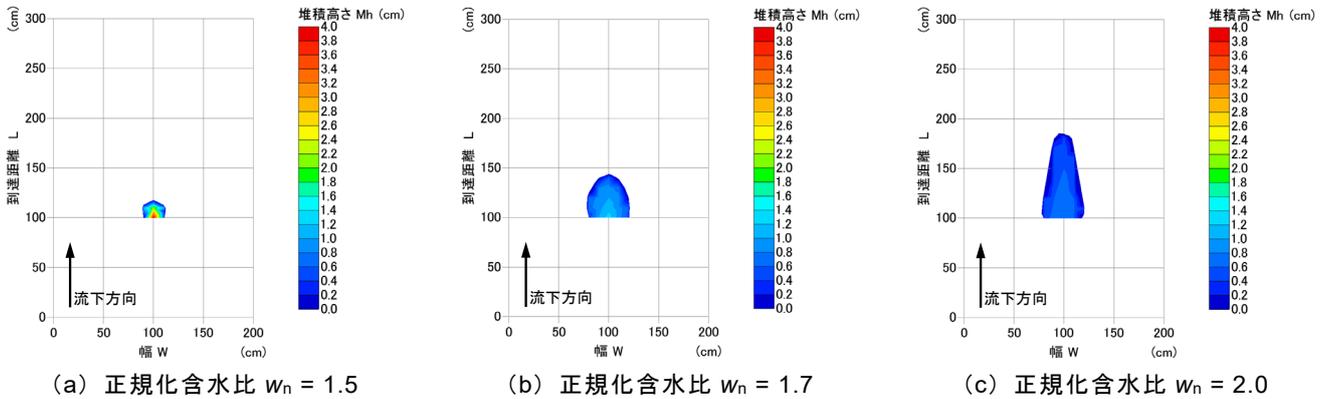


図-4 土砂流路模型実験による土砂流下後の堆積分布

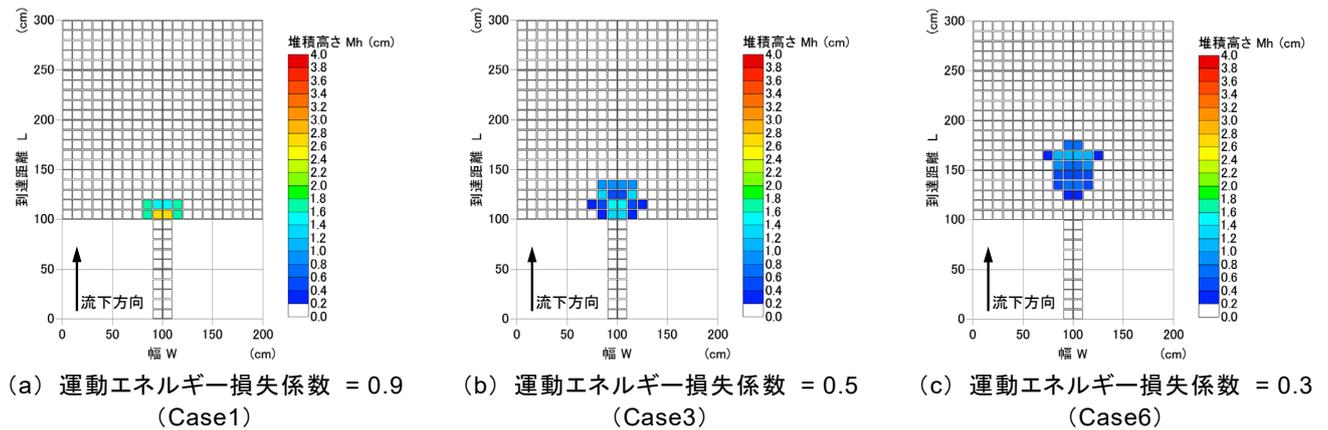


図-5 土石流シミュレーションによる土砂流下後の堆積分布

参考文献

- 鈴木素之, 荒木功平, 石田幸二, 岩佐直人, 宇次原雅之, 北爪貴史, 後藤聡, 橋口昭彦, 美馬健二, 吉川修一: 西日本豪雨災害における斜面災害の特徴と過去の災害との相違点, 第61回地盤工学シンポジウム, 2018.
- 阿部峻大, 西村聡, 北爪貴史, 佐藤恭兵, 遠藤秀祐, 後藤聡: CA/MA法による土石流シミュレーション・ツールの拡張(その1), 土木学会第74回年次学術講演会, 2019(投稿中).
- HAO CHUNRUI, 後藤聡, 北爪貴史: 室内小型模型実験による火山碎屑物の流動特性, 第54回地盤工学研究発表会講演集, 2019(投稿中).