

1. はじめに

神奈川県足柄郡箱根町の椿沢右支川は、平成3年8月、台風12号の影響による集中豪雨で土石流が発生した。そのため、砂防堰堤5基によって土石流対策計画が立案されている。当初、透過型(単スリット)の堰堤を上流側に4基、最下流部に不透過型を1基、計画されていた。現在、1号・2号・3号堰堤は竣工しており、5号は施工中、4号は計画中である。この椿沢では、平成14年7月10日、台風6号により、再び土石流が発生した。この時、1号堰堤は、スリット底面から5mの高さまで巨礫によるスリット部の閉塞が生じ、土砂補足効果を発揮した¹⁾。しかし、礫径の小さな土砂は補足していなかった。このため2号堰堤に礫径の小さな土砂が到達したが、2号堰堤は、礫によるスリット部の閉塞が生じず、土砂を補足できなかった。現在、この問題への対策として、スリット部分に水平な鋼製の棧(横部材)を設置が計画されている。

本解析は、3次元粒状体 DDA (不連続変形法)²⁾によるシミュレーションを用いてスリット部分から岩塊が通過する現象を把握すると共に、鋼製の棧を設置した場合の効果を確認する目的で実施した。

2. 解析条件

1号堰堤は、提高14.5m(有効高11.5m)、堤長29m、水通し幅6.0m、スリット幅1.6m、スリット深さ11.5mの単スリット砂防堰堤である。椿沢の地質は、箱根火山の安山岩質溶岩と火山砕屑物が流域の大半をしめる。

土石流流下岩塊の大きさについては現地調査に基づき設定した。礫径を測定し、巨礫と中・小礫の2種類に区分した。スリット堰堤の効果を確認するためには巨礫の挙動を把握することが重要であると考え、巨礫に区分した岩塊で解析を行った。巨礫の礫径分布を図1に示す。流下岩塊の大きさは、長径・中径・短径を測定しており、解析ではこの体積に相当する球体を岩塊の大きさとした。換算された岩塊の最大直径は1.4m、最小は0.6mとなった。解析には397の球要素を使用した。

流下痕跡調査と粒径調査から推定した土石流の速度は7.3m/sである。実際には堰堤手前で流速が落ち、岩塊が停止しやすい状態になると考えられる。しかし、堰堤付近の流速の変化については把握することが困難である。そこで解析では安全側で考慮して、堰堤手前で流速を落とさずに解析した。岩塊の単位体積重量は25kN/m³とした。土石流の単位体積重量は19.17kN/m³とした。

一般に、土石流は巨礫の先端集積がおこると言われている。この巨礫の先端集積がおこると、スリット部で大きな岩塊が捕捉されやすくなり、後続の小さな岩塊を堰き止める効果が大きくなる。しかし、実際にはスリット部からある程度の礫が流れ出している。この事を考えると巨礫の隙間に小さな岩塊が混合されている可能性も考えられる。そこで、岩塊の配置は、巨礫の先端集積モデル(図2)と混合モデル(図3)の2種類を設定した。

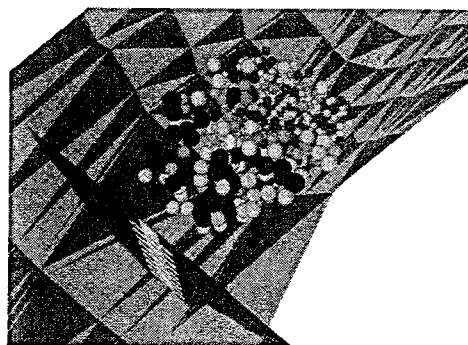


図2 巨礫の先端集積モデル

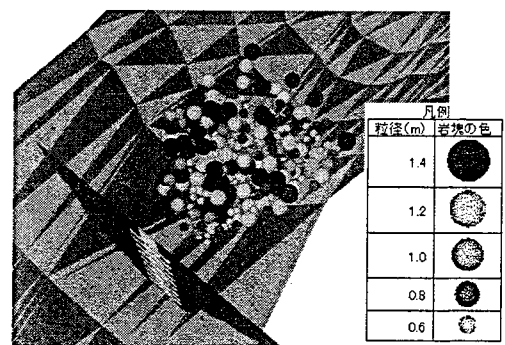


図3 混合モデル

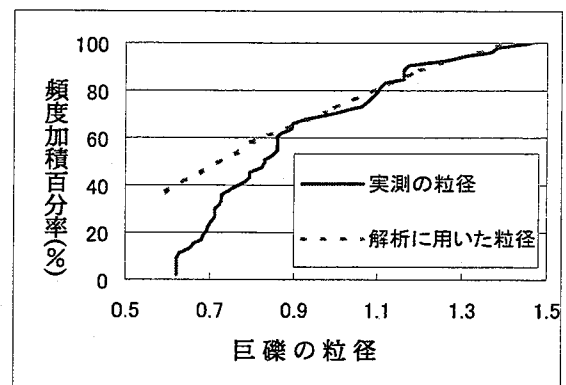


図1 巨礫の粒径分布

棧の間隔 D は対象と

する溪流の最大礫径 (d_{95}) から決まる。椿沢の場合、対象粒径 D は1.0mとなる。

本解析では棧の間隔を2種類設定した。一つは基本間隔のケース(図4)、もう一つは間隔を広げ、棧を少なくしたケース(図5)である。間隔を広げた棧は全ての間隔を1.0Dとした。これらの条件を組み合わせると表-1

表-1 解析ケース

ケース	岩塊のモデル	棧の間隔
1	巨礫の先端集積	棧なし
2	巨礫の先端集積	基本間隔 (1.0D、0.5D、0.5D...)
3	混合	基本間隔 (1.0D、0.5D、0.5D...)
4	混合	間隔変更 (1.0D 等間隔)

に示す合計 4 ケースの解析を行った。

3. 解析結果および考察

3.1 棧設置有無の比較

棧を設置していないケース 1 (図 6 a・b) と、棧を設置したケース 2、3、4 (図 6 c・d・e・f・g・h) では、明らかにスリット部からの岩塊のすり抜けの違いが現れた。

3.2 先端集積と混合モデルの比較

棧の間隔を同じにした、先端集積モデルのケース 2 (図 6 c・d) と混合モデルのケース 3 (図 6 e・f) を比較すると、ケース 3 では、棧の隙間からわずかに岩塊がすり抜けた。これは、混合モデルの方が岩塊のすり抜けがおきやすい事を示している。しかし、わずかな違いはあるものの、両モデルとも岩塊が閉塞した。これは、現在予定されている鋼製の棧の間隔で、岩塊をほぼ閉塞させる事ができることを示している。

3.3 棧の間隔を変えたモデルの比較

岩塊を混合モデルにした、基本間隔のケース 3 (図 6 e・f) と間隔を広げたケース 4 を比較すると、ケース 4 (図 6 g・h) よりケース 3 (図 6 e・f) の方が岩塊のすり抜けが少ないことがわかる。しかし、岩塊のすり抜けがおきたケース 4 であっても、時間の経過と共に大きな岩塊によってスリットと棧の間が埋まり、閉塞状態になった。

4. 今後の課題

本解析では流速を一定にした。しかし、実現象においては、流速の変化が土石流の補足に大きく影響すると考えられる。そのため、今後は、堰堤周辺での流速変化や流速の時間変化を考慮しなければならない。

参考文献

- 1) 吉田典夫、小更亨、吉田圭佐、2003、神奈川県箱根町椿沢で発生した土石流の実態報告、平成 15 年度 砂防学会研究発表会概要集
- 2) 大西有三、西山哲、三木茂、2003、3 次元粒状体 DDA とその応用、計算工学講演会論文集、Vol.8、pp.171-174

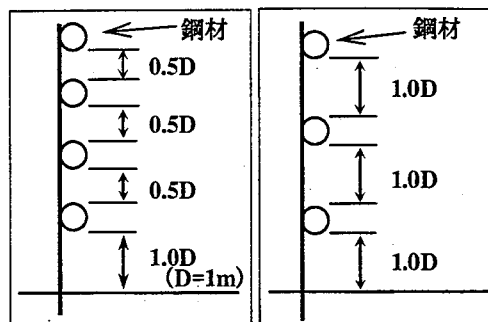


図 4 ケース 2・3 の 棧間隔 図 5 ケース 4 の 棧の間隔

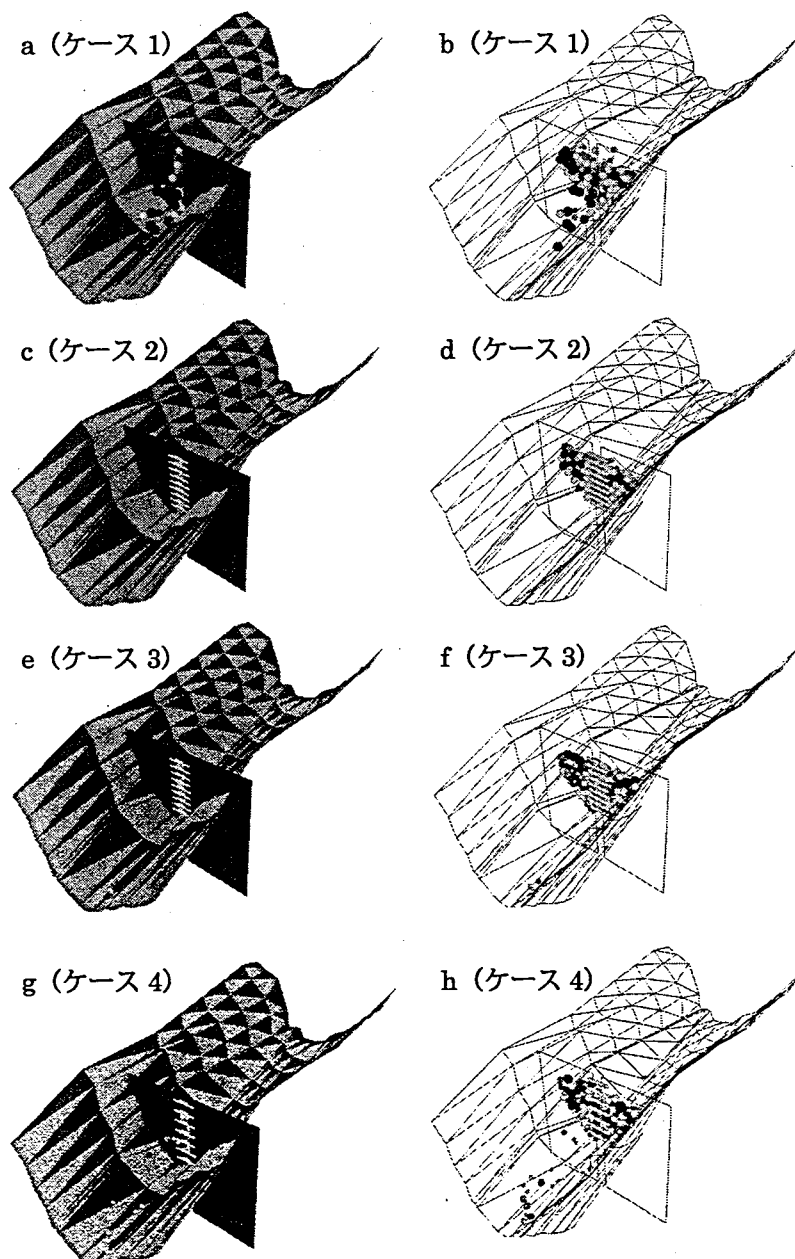


図 6 解析結果。a・c・e・g はサーフェイス表示、b・d・f・h はワイヤフレーム表示。