

タンクからの流出量が浸透過程及び土砂移動量に及ぼす影響

国立研究開発法人土木研究所
国土交通省中国地方整備局
中電技術コンサルタント（株）

○木下篤彦・野池耕平
篠原仙充
荒木義則・杉原成満

1. はじめに

2014 年 8 月に広島市の広範囲において、表層崩壊・土石流が発生している¹⁾³⁾。この時、八木・緑井地区では、同様の降雨ながら、花崗岩と泥岩のエリアで崩壊密度や平均崩壊面積に倍程度の違いがあり、地質の違いが崩壊規模に及ぼす影響が示唆された²⁾³⁾。本研究では、鈴木ら⁴⁾のタンクモデルを用いた表層崩壊予測手法を参考にして、地質の違いによる崩壊規模や土砂流出規模への影響について検討する。まず、八木・緑井地区の花崗岩・泥岩エリアのそれぞれ 1 流域で水文観測を行うとともに、タンクモデルを用いて災害時の浸透過程の再現計算を行う。

2. 2014 年 8 月の広島市の災害について

2.1. 災害の概要

災害時の総雨量は 247mm、継続時間は 10 時間、最大 1 時間雨量は 87mm/h であったが、70mm/h 以上の雨が降ったのは 2 時間であり、短時間豪雨による災害と言える。表-1 に広島市八木・緑井地区における花崗岩・泥岩エリアの崩壊規模・土砂流出規模を示す。崩壊規模について、崩壊密度は花崗岩の方が多い。土砂流出規模について、崩壊地の土砂侵食量・流下区間の土砂侵食量はいずれも泥岩エリアの方が大きかったことが分かった。

2.2. 土質特性の違い

花崗岩・泥岩エリアの崩壊斜面の粒度分布について、花崗岩エリアは 50% 粒径で 0.1~0.8mm 程度、泥岩エリアは 0.01~0.02mm 程度であり、泥岩エリアの粒径の方が小さかった。内部摩擦角は同程度で $\phi' = 35 \sim 40^\circ$ 程度であったが、粘着力は花崗岩が 0~6kN/m²(平均 3.35kN/m²)、泥岩が 1~14kN/m²(平均 8.47kN/m²)で、泥岩の方が大きいことが分かった。透水係数については、花崗岩・泥岩共大きく外れている材料もあるもののおおむね $10^{-6} \sim 10^{-7}$ (m/s) であり、透水係数については両者の差は小さいと考えられる。以上から、花崗岩エリアと泥岩エリアの土質特性の違いとしては、粘着力の違いが挙げられることが分かった。

表-1 八木・緑井地区の花崗岩・泥岩エリアの崩壊規模・土砂流出規模

地質		花崗岩	泥岩
崩壊規模	流域面積 (km ²)	1.7	1.8
	崩壊個数 (個)	111	64
	崩壊面積 (km ²)	0.06	0.06
	平均崩壊面積 (m ² /個)	541	938
	崩壊密度 (個/km ²)	65	35
	崩壊面積率 (%)	3.5	3.6
	平均崩壊深 (m)	1.1	1.2
土砂流出規模	崩壊地の土砂侵食量 (×10 ⁴ m ³)	2.5	3.1
	流下区間の土砂侵食量 (×10 ⁴ m ³)	5.4	9.0
	崩壊地・流下区間の土砂侵食量の合計 (×10 ⁴ m ³)	7.9	12.1
	単位面積当たりの土砂侵食量 (×10 ⁴ m ³ /km ²)	4.6	6.7

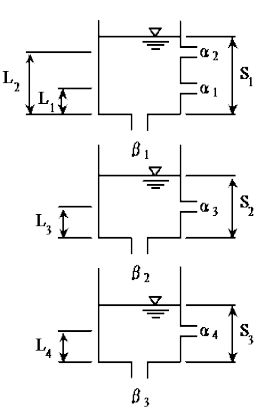
3. タンクモデルのパラメータフィッティングについて

災害時の花崗岩・泥岩エリアのそれぞれの水文特性を把握するため、2016 年 4 月より八木・緑井地区の花崗岩・泥岩のエリアで流量観測や斜面での水文観測を実施するとともに、既往研究²⁾³⁾⁵⁾⁶⁾を参考にタンクモデルのパラメータフィッティングを行った。流量は流域末端に四角堰を設置し、水位を 1 時間間隔で計測した。タンクモデルのパラメータについて、既往研究同様²⁾³⁾、大域的探索手法としてその有効性が示されている最適化手法の一つである SCE-UA 法⁵⁾⁶⁾を用いてタンクモデルを構築した。図-1 に決定した花崗岩タンクモデルのパラメータを示す。パラメータの結果を花崗岩エリアと泥岩エリアで比較すると、 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ がすべて泥岩エリアの方が大きい。このことは、泥岩エリアの方が降った雨が斜面に沿って流出しやすいことを意味する。また、 $\beta_2 \cdot \beta_3$ は花崗岩エリアの方が大きい。このことは花崗岩エリアの方が鉛直浸透しやすいことを意味する。

4. 2014 年広島災害の再現計算

4.1 タンクモデルによる再現計算結果

タンクモデルを用いて広島災害時の花崗岩・泥岩エリアの水文過程の再現計算を行った。図-2 に花崗岩エリアの、図-3 に泥岩エリアの再現計算結果を示す。図-2 から、花崗岩エリアでは、流出量が合計で 5mm/h 程度でほとんどが 1 段目タンクからの流出であった。また、タンク貯留高は 1 段目から 3 段目にかけて順に増加すること、浸透量は 1 段目から 2 段目への浸透が多く、3 段目から下方へはほとんど浸透していないことが分かった。図-3 から、泥岩エリア



	花崗岩 エリア	泥岩 エリア
L1	13.389	1.890
L2	58.779	29.525
L3	0.001	44.991
L4	32.788	0.010
α_1	0.021	0.076
α_2	0.014	0.050
α_3	0.009	0.021
α_4	0.002	0.030
β_1	0.329	0.360
β_2	0.135	0.014
β_3	0.007	0.001

図-1 SCE-UA 法により同定したタンクモデルのパラメータ

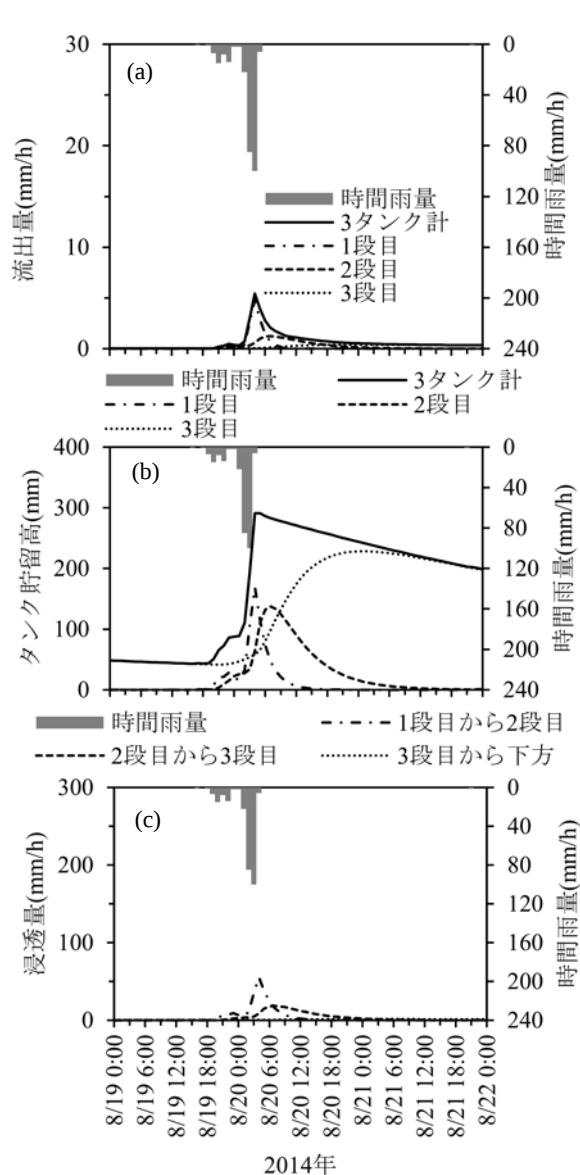


図-2 2014 年広島災害時のタンクモデルによる花崗岩エリアの再現計算結果. (a) タンクからの流出量, (b) タンク貯留高, (c) タンクからの浸透量.

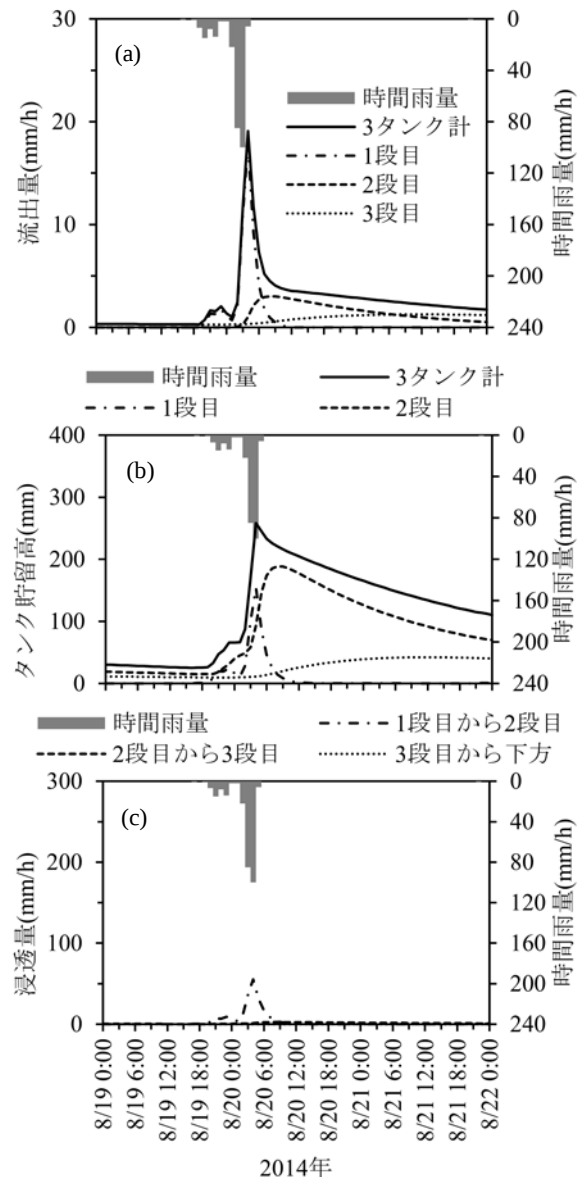


図-3 2014 年広島災害時のタンクモデルによる泥岩エリアの再現計算結果. (a) タンクからの流出量, (b) タンク貯留高, (c) タンクからの浸透量.

では、流出量が 20mm/h 程度と花崗岩に比べて多く、そのほとんどが 1 段目からの流出であることが分かった。また、タンクの貯留高は 1 段目、遅れて 2 段目が急激に上昇していること、タンクからの浸透について、1 段目から 2 段目へは浸透しているものの、2 段目から 3 段目、3 段目から下方へはほとんど浸透していないことが分かった。

4.2 花崗岩・泥岩エリアの崩壊規模・土砂流出規模の違いについての検討

表-1 のうち、土砂流出規模については、水の流出量そのまま侵食量に直結すると考えられ、図-2・3 より泥岩の方が水の流出量が多くなっており、計算結果は妥当と考えられる。一方、花崗岩エリアは崩壊密度が大きい点については水の流出特性からは説明できない。理由の一つとして粘着力の違いがあると考えられるが、この点については、今後、地形・地質の観点から十分検証する必要がある。

5. おわりに

本研究では、タンクモデルを用いて地質の違いによる透水過程及び災害時の土砂流出規模の違いについて検討した。今後はパラメータの精度をさらに向上させるとともに、より精度の高い災害予測につなげていきたい。

参考文献 1)海堀ら：2014 年 8 月 20 日に広島市で発生した集中豪雨に伴う土砂災害，砂防学会誌，Vol.67，No.4，pp.49-59，2014. 2)木下ら：近年発生した表層崩壊の発生規模と降雨・地質特性との関係に関する研究，河川技術論文集，第 22 巻，pp.279-284，2016. 3)木下ら：雨の降り方の違いが斜面の水文過程と表層崩壊規模に及ぼす影響，第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.31-36，2016. 4)鈴木ら：土砂災害発生危険雨量，砂防学会誌，Vol.31，No.3，pp.1-7，1979. 5)杉原ら：SCE-UA 法を用いたタンクモデルの構築とそれを用いた土砂災害発生危険基準線の設定，土木学会論文集 F6(安全問題)，Vol.67，No.1，pp.1-13，2011. 6)杉原ら：SCE-UA 法を用いたタンクモデルの最適構造構築に関する一考察，土木学会論文集 F3(土木情報学)，Vol.70，No.1，pp.12-17，2014.