

建設省新庄工事事務所 ○原 義文

建設省土木研究所 水山高久

パシフィックコンサルタンツ㈱ 平松晋也

1、はじめに

山腹斜面における表層崩壊の発生時刻、位置、規模を予測するためには、崩壊の誘因となる雨水の浸透、流下過程をより現実的に即した形で評価する必要がある。近年、計算機の精度向上にともない水文解析の分野において、土壌中における水の動きを不飽和領域に拡張したダルシー則を数値的に解くことによって追跡しようとする試みがなされている¹⁾。しかしながら、この方法を用いて大流域すべての斜面において、雨水の浸透流下を計算するには多大な時間がかかり、必ずしも実用的な方法であるとは言えない。これに対し、青木らは計算を簡易化する一つの方法として、地下水の鉛直涵養機構をタンクモデルで表すことを提案した²⁾。

本研究では山腹斜面における地下水の鉛直涵養量をタンクモデルで求める方法について、実際の降雨、実際の土質特性を用いて行った飽和不飽和浸透流解析結果と比較し、モデルを修正するとともに、そのモデルを用いて、実際の山腹斜面で採取した不攪乱資料による鉛直一次元浸透実験の結果の再現を試みただけで報告する。

2、飽和不飽和浸透流解析とタンクモデル

青木らは、降雨の鉛直涵養機構を図1に示すような直列二段のタンクモデルによって表現し、その鉛直涵養量を下段タンクからの流出量 q_{a2} で与えている²⁾。

ここに、

$$q_{a1} = \alpha_{a1} \times \beta_{a1}$$

$$q_{a2} = \alpha_{a2} \times \beta_{a2}$$

q_{a1} 、 q_{a2} ；各タンクからの流出量

α_{a1} 、 α_{a2} ；流出率

β_{a1} 、 β_{a2} ；貯留水深

である。

ここで、このモデルが表土層厚の相違による地下水涵養量の変化を表現し得るかどうかを確認するために、天竜川支川三峰川の右支川である小黒川流域内の森林土壌を対象とした飽和不飽和浸透流解析による数値シミュレーション結果を用いてモデルの妥当性の検討を行った。

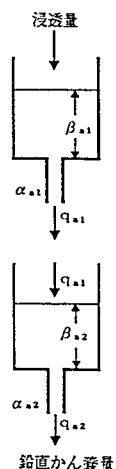


図1 側方流出孔をもたない直列二段タンクモデル

表土層が100cm, 150cmの時の地下水涵養量、すなわち雨水の基岩面への到達量の数値シミュレーション結果を図2、3の実線で示した。図4はこの時の入力条件として用いた降雨のハイトグラフである。側方流出孔を持たない直列二段のタンクモデルによる近似結果を図2、3の一点鎖線で示した。このときのタンク定数は試算により決定しており、値は表1のとおりである。

図2、3の実線と一点鎖線との比較から側方流出孔を持たない直列二段のタンクモデルでは不飽和状態にある土層中の地下水涵養の傾向を概略的に表しても、地下水涵養量は表土層厚の薄いほど降雨の影響を強く受け、表土層厚の厚いほど土壌中での雨水の貯留効果は大きい、といった変化までは表現できないことが分った。

表1 タンクモデルの定数(側方流出孔なし)

表土層厚 (cm)	タンク定数	
	α_1	α_2
100.0	0.50	0.19
150.0	0.23	0.35

そこで、図5に示すような二段タンクの下段に側方流出孔を設けた改良モデルを考え、このモデルの妥当性を検討した。ここに、

$$q_{b1} = \alpha_{b1} \times \beta_{b1}$$

$$q_{b2} = \alpha_{b2} \times \beta_{b2}$$

$$q_{b3} = \alpha_{b3} \times (\beta_{b2} - \beta_{b3})$$

q_{b1} 、 q_{b2} 、 q_{b3} ；各タンクからの流出量

α_{b1} 、 α_{b2} 、 α_{b3} ；流出率

β_{b1} 、 β_{b2} ；貯留水深

β_{b3} ；流出孔の底からの高さ

である。この場合の地下水涵養量(Σq_b)は次式で表される。

$$\Sigma q_b = q_{b2} + q_{b3}$$

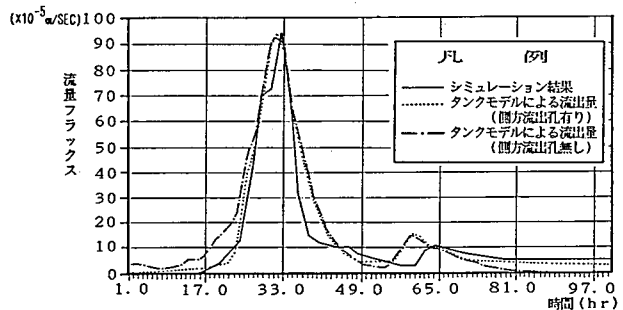


図2 タンクモデルによる解析結果(土層厚100cm)

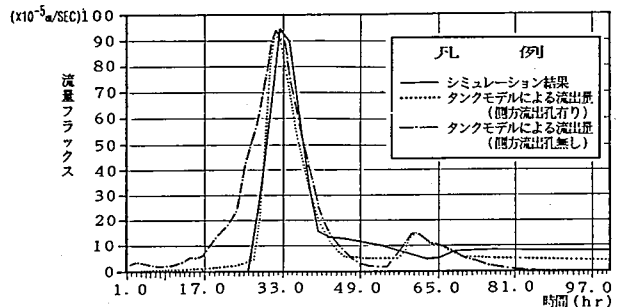


図3 タンクモデルによる解析結果(土層厚150cm)

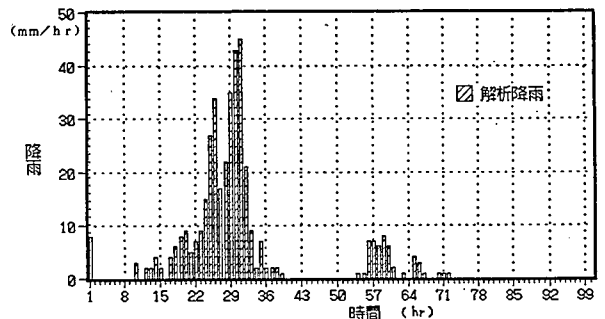


図4 降雨のハイトグラフ

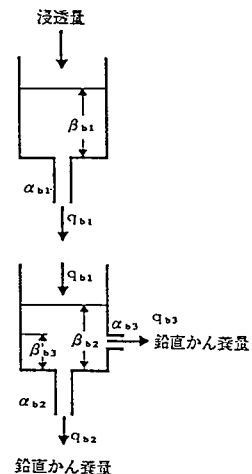


図5 側方流出孔をもつ直列2段タンクモデル

このモデルを用いて、飽和不飽和浸透流解析を近似した結果を図2、3の点線で示した。このときのタンク定数を表2に示す。図2、3より側方流出孔を有する場合の近似結果は、側方流出孔を持たない場合と比較して表土層厚の相違による地下水涵養量変化がよく現れており、再現精度も向上しているものと判断される。

3. 鉛直一次元浸透実験とタンクモデルの再現性

山形県温海町の庄内小国川支川の中野股川流域の山腹斜面で、直径20cm、高さ150cmの土砂を不攪乱状態で採取し、鉛直一次元限浸透実験を行った。実験装置概要を図6に示す。実験では地下水位を変化させることができるようになっており、様々な土層厚のデータを得ることができた。

50cm、90cm、150cmの表土層に、時間雨量20mmに相当する水をそれぞれ4時間、5時間、7時間与えた場合の土層下部からの流出量の変化を、図7～9に点線で示した。また、同じ図に側方流出孔を有するタンクモデルによって近似した流出量の変化を実線で示した。このときのタンク定数は表3のとおりである。これらの図から、側方流出孔を有する二段タンクモデルは鉛直一次元浸透による地下水涵養量を比較的良好に表現していると判断できる。

表2 タンクモデルの定数（側方流出孔有り）

表土層厚 (cm)	タンク定数			
	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$
100.0	0.50	0.02	0.18	60.0
150.0	0.23	0.01	0.46	130.0

表3 タンクモデルの定数（中野股流域）

表土層厚 (cm)	タンク定数			
	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	$\beta 3$
50.0	0.20	0.0030	0.30	500
90.0	0.10	0.0010	0.22	800
150.0	0.05	0.00005	0.20	1300

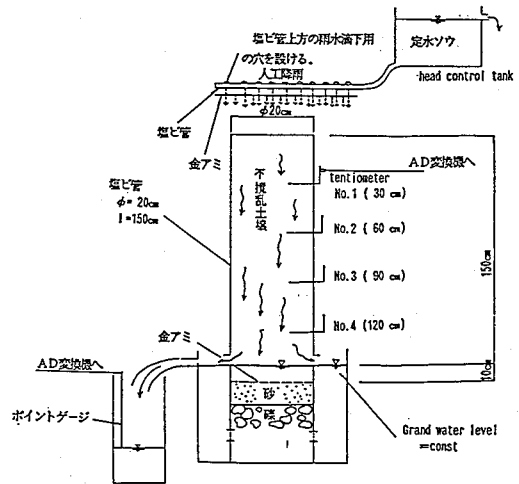


図6 地下水流出実験図

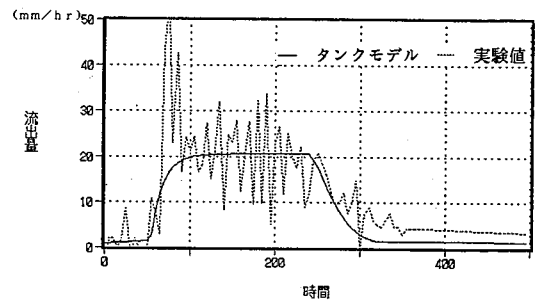


図7 雨水の基岩面への到達量変化 (表土層厚 50 cm)

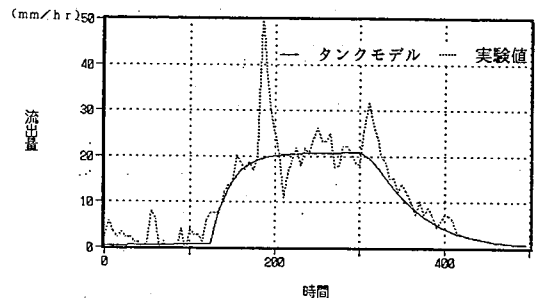


図8 雨水の基岩面への到達量変化 (表土層厚 90 cm)

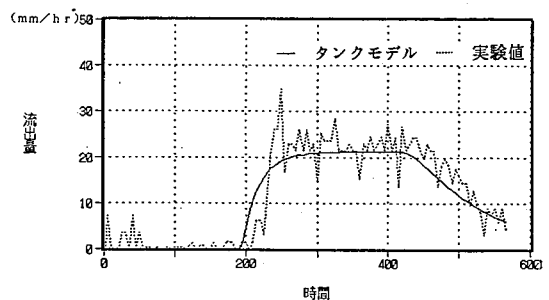


図9 雨水の基岩面への到達量変化 (表土層厚 150 cm)

4、まとめと今後の課題

150cm 程度の表土層での地下水涵養量は、側方流出孔を有する二段タンクモデルを用いれば、ある程度近似できることが分った。タンクモデルを使用することにより、計算時間は数十分の一から百分の一程度まで短縮することができるものと考えられる。この手法は、大量に鉛直一次元浸透量を計算する際に活用できる簡易的手法として、利用価値は高いものと考えられる。ただし、今回の検討では限られた例についてのみの検証であるため、全てのケースに対してこのモデルで近似ができるかは不明の部分もあり、今後検討してゆきたい。

参考文献

- 1) 例えば、岡 太郎，角屋 陸：裸地斜面域における雨水の侵入と地下水流出（2）－流出モデルへのアプローチ，京都大学防災研究所年報，第17号B，1979，PP523～533
- 2) 青木一男・嘉門雅史・村上公一：修正タンクモデルによる鉛直かん養機構のモデル化，第23回土質工学研究発表会，昭和63年度6月