

水溶性物質含有盛土の降雨浸透シミュレーション

近畿大学 学生会員 ○有西 海飛
 近畿大学 正会員 河井 克之
 神戸大学 正会員 片岡沙都紀

1. はじめに

低品質地盤材料にセメントや製鋼スラグなどを混合することで、土粒子間の固化による剛性の増加や粒度改善効果による締固め度の向上が期待できる。近年、このような混合土で盛土を造成し、土量バランスの調整や産業廃棄物であるスラグの減容化が図られている。しかしながら、自然物である土に化学物質が混入するため、化学物質の外環境への漏出も懸念されている。本研究では、移流拡散方程式を適用し、土中水に含まれる物質の移動を表現できる土/水/空気連成解析コード DACSAR-MP_ad(野村ら)を用いて、水溶性物質含有土で構築された盛土の降雨浸透シミュレーションを行い、物質の移動挙動について検討する。

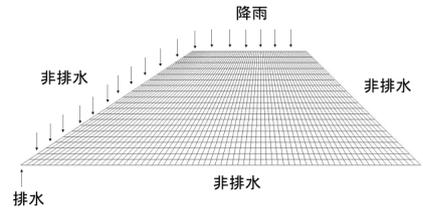


図-1 解析メッシュ及び水理境界条件

表-1 解析入力パラメーター

λ	K	M	V	m
0.087	0.009	1.375	0.33	0.8
A	n	$e \cdot$	Sr_0	D_E
10.0	1.0	0.70	0.650	1.0
γ	D_x	D_y		
0.17	2.4E-3	2.4E-3		

2. 解析方法

ここでは、神戸大学構内に造られた製鋼スラグ混合盛土(天端幅 1m, 底部幅 3.5m, 延長 4m, 法面勾配 1:1.5 および 1.1)を解析対象として降雨浸透シミュレーションを行う。この盛土は、屋外に設置されており、降雨、蒸発といった自然の乾湿条件下にある。急勾配法面はブルーシートで覆われており、雨水浸透は天端と緩勾配法面で生じる。図-1 に解析メッシュ及び水理境界条件、表-1 に設定材料定数を示す。盛土からの排水は緩勾配(左)側法尻からのみ生じるものとし、法尻に圧力水頭-0.1m の圧力水頭境界を設定している。透水係数は締固めによる段階施工で生じる透水係数の異方性を考慮して、 $(k_x, k_y) = (0.0864, 0.0432), (0.864, 0.432), (1.728, 0.864)$ (m/day) の 3 ケースを設定した。解析初期条件として、全要素で飽和度 0.8, 圧力水頭-0.1m, 比濃度 0.01 を設定し、1 日間放置して降雨初期条件を作成した。降雨は、降雨強度相当の流量境界として表現し、実物盛土と同じように天端と緩勾配側法面のみ与えた。ただし、法面に対しては要素の水平距離で降雨強度を表現できるように、降雨強度に法面勾配の余弦を乗じた流量を与えた。解析コードに適用した物質輸送方程式は、土中水によって運搬され、土中水の中で拡散する水溶性物質を対象としているため、盛土を構成する地盤材料から新たに生じる溶解物質や、土粒子への吸着は考慮していない。また、解析領域外への物質の漏出もここでは考慮していない。降雨強度は 10mm/h, 25mm/h の 2 ケース設定し、それぞれ総雨量が同じになるように降雨継続時間を 10 時間, 4 時間とした。さらに降雨後の消散挙動検討するために、1 日間放置している。

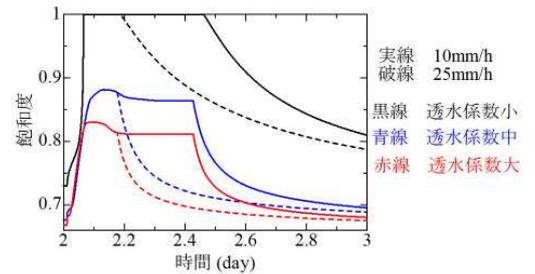


図-2 天端中央部の飽和度変化

3. 解析結果

図-2 に降雨開始後からの時間と天端中央要素の飽和度変化を示す。この結果、透水係数が小さい盛土ではキーワード 浸透解析, 物質移動, 不飽和, 盛土

連絡先 〒577-8502 東大阪市小若江 3-4-1 近畿大学理工学部社会環境工学科 河井克之 TEL 06(4307)4360

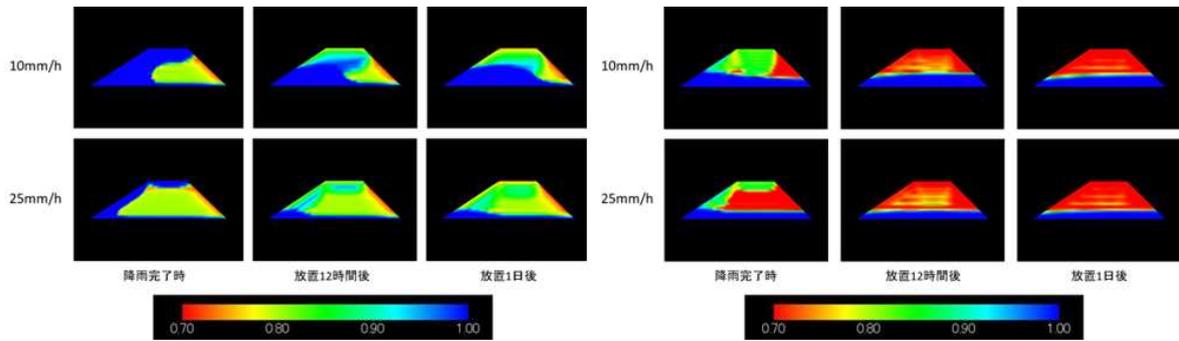


図-3 降雨後の飽和度分布(透水係数小)

図-4 降雨後の飽和度分布(透水係数大)

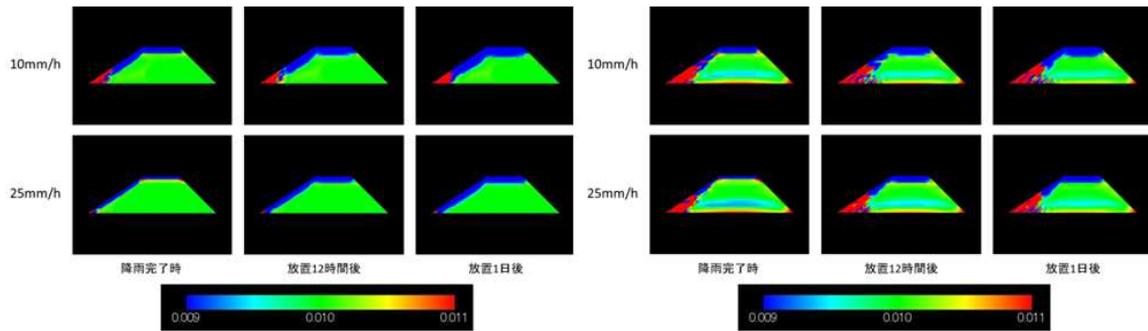


図-5 降雨後の比濃度分布(透水係数小)

図-6 降雨後の比濃度分布(透水係数大)

降雨強度に関わらず飽和に達していることが分かる。また、透水係数が大きくなっても降雨時の飽和度変化は降雨強度に関わらず一致しており、天端からの雨水浸透は飽和度に応じた浸透能に達した状態で生じているのが分かる。図-3, 4に、それぞれ $(k_x, k_y) = (0.0864, 0.0432), (1.728, 0.864)$ (m/day)における解析から得られた結果を示す。降雨終了時、放置12時間後、放置1日後の飽和度分布を示しており、上段が降雨強度10mm/h、下段が降雨強度25mm/hである。図-2で示した様に、降雨強度に関わらず浸透能力に達しているため、降雨終了時の飽和度分布の違いは降雨継続時間による差である。透水係数の小さい図-2における降雨完了時を見ると、天端、法面近傍ともに飽和しており、浸透雨水は鉛直に盛土深部に流下するものと、法面方向に誘導されるものがあるのが分かる。これは、法面近傍の飽和度が高まることで、法面と平行に不飽和透水係数の大きい領域が形成されるため、浸透水が法面平行方向に誘導されるからであると言える。透水係数の大きな図-4では、天端、法面とも飽和には至らず、雨水が法面平行方向に誘導される挙動は比較的小さく、鉛直方向の流下が顕著である。図-5, 6に比濃度分布の経時変化を示す。溶解物質は浸透水によって運搬されるため、浸透水の流下方向下流に物質濃度が局所化することになる。盛土に浸透した雨水は法面近傍を流れ法尻から排水される雨水と底部に達して浸潤線を形成してから左側法尻より排水される雨水に分類されるが、法面近傍を流れる雨水の方が多いため、法面上部から法尻への物質移動が顕著となり、法面上部の比濃度が低く、法尻部の比濃度が高くなっているのが分かる。透水係数が高い場合には底部に達する雨水も多いため、法面近傍だけでなく盛土底部の比濃度も低下している。

4. まとめ

物質移動を考慮した降雨浸透シミュレーションにより、水溶性物質含有材料でできた盛土内の物質移動を表現できた。今後は、実現象との比較により解析結果の妥当性を検証したいと考える。

参考文献

野村瞬, 河井克之, 角井駿祐, 橘伸也, 金澤伸一, 飯塚敦: 飽和/不飽和地盤内における水溶性物質移動モデルの構築, 土木学会論文集 A-2(応用力学), Vol.67, No.2, pp.231-240, 2011.