

## 第Ⅲ部門

## 鉄鋼スラグ混合盛土における降雨浸透シミュレーション

近畿大学大学院総合理工学研究科 学生会員 ○有西 海飛  
近畿大学理工学部 正会員 河井 克之

## 1. はじめに

鉄鋼スラグは鉄を生成する際にできる副産物で、再利用されなければ産業廃棄物となるが、自然土と混合させると、粒度改善が見込めるなどの優れた改良効果を持つことが明らかとなってきた。減容化を図るため、同じく産業廃棄物である低品質の建設残土と混合させて、鉄鋼スラグ混合盛土として再利用される試みが行われている。しかし、スラグを大量消費する盛土材としての利用は、スラグに含まれるアルカリ成分の漏出が懸念されている。そのため、アルカリ成分の移流拡散に影響を及ぼす可能性のある雨水などの外水侵入の浸透挙動を明らかにする。

本研究では、鉄鋼スラグと建設発生土の混合土で造られた試験盛土を対象として、土/水/空気/溶解物質連成解析コード DACSAR-MP<sub>ad</sub><sup>1)</sup>を用いて、雨水浸透シミュレーションを行う。

## 2. 解析方法

本研究では、変形と浸透を同時に表現でき、かつ土中水溶解物質の移流拡散挙動を表現可能な土/水/空気/溶解物質連成有限要素解析を用い、神戸大学内で行われている試験盛土(高さ 1m, 天端幅 1m, 法面勾配 1:1.5 および 1:1, 延長 4m)を模擬する。盛土は天端と緩勾配法面のみ雨水浸透を許す構造となっている。図-1 に解析メッシュおよび水理境界条件、表-1 に設定材料定数を示す。盛土内部からの排水は緩勾配の左側法尻部のみとし、圧力水頭-0.1m の圧力水頭を与

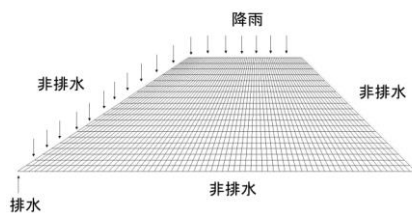


図-1 解析メッシュ及び水理境界条件

えている。透水係数については、盛土の締固め度による影響を考慮して、水平方向透水係数、鉛直方向透水係数が、 $(k_x, k_y) = (0.0864, 0.0432), (0.864, 0.432), (1.728, 0.864) \text{ (m/day)}$  の 3 ケースを設定した。

表-1 解析入力パラメーター

| $\lambda$ | $\kappa$       | M              | $\nu$           | m              |
|-----------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 0.087     | 0.009          | 1.375          | 0.33            | 0.8            |
| A         | n              | $e_i$          | S <sub>ro</sub> | n <sub>F</sub> |
| 10.0      | 1.0            | 0.70           | 0.650           | 1.0            |
| $\gamma$  | D <sub>x</sub> | D <sub>y</sub> |                 |                |
| 0.17      | 2.4E-3         | 2.4E-3         |                 |                |

全要素で初期条件として飽和度 0.8, 圧力水頭-0.1m, 比濃度 0.01 とし、1 日間放置して降雨初期条件を作成した。降雨は天端、左側法面に鉛直下向き流量として与え、降雨強度は 10mm/h と 25mm/h の 2 ケースで行った。法面には水平面積で天端と同様の降雨強度となるように、斜面傾斜角の余弦を乗じて与えた。降雨時間はそれぞれ 10 時間と 4 時間とし、ともに総雨量が 100mm となるよう設定した。さらに降雨後の消散挙動を模擬するため、1 日間放置を行った。

## 3. 解析結果

図-2,3 に、それぞれ透水係数が $(k_x, k_y) = (0.0864, 0.0432), (1.728, 0.864) \text{ (m/day)}$ の時の降雨中の飽和度分布を示す。上段が降雨強度 10mm/h, 下段が降雨強度 25mm/h であり、初期状態、総雨量 50mm 到達時、総雨量 100mm 到達時の飽和度分布を示す。透水係数が小さい図-2 における総雨量 50mm, 総雨量 100mm 時を見ると、天端、法面近傍ともに飽和している。天端から侵入した雨水は、通常は水頭差により鉛直下向きに流れるが、降雨により法面近傍の飽和度が高くなっており、飽和度が高い部分は透水係数が大きくなるため、天端付近の浸透水は法面方向に誘導されるように流れていることがわかる。透水係数の大きい図-3 を見ると、こちらは天端、法面近傍ともに

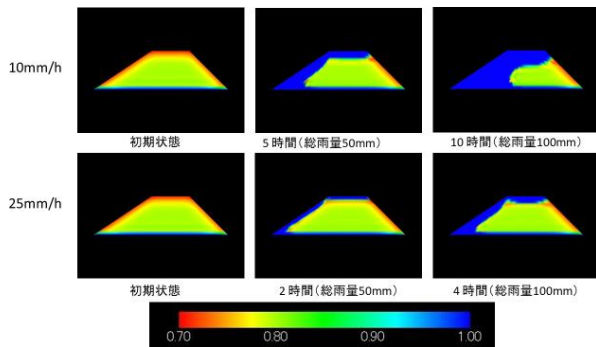


図-2 降雨時の飽和度分布(透水係数小)

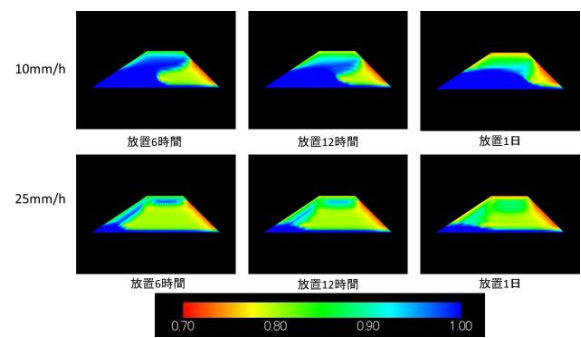


図-4 降雨後の飽和度分布(透水係数小)

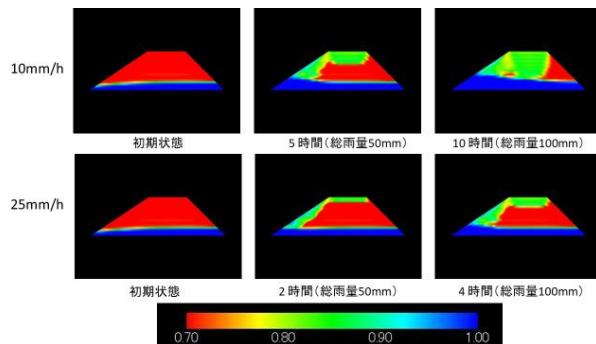


図-3 降雨時の飽和度分布(透水係数大)

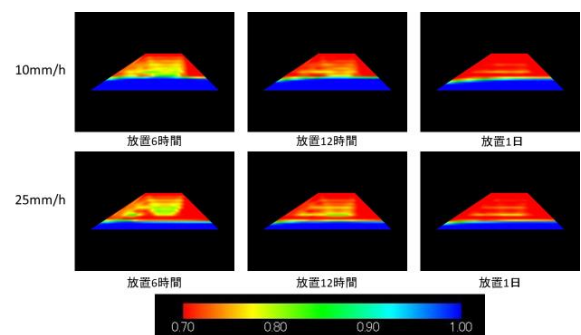


図-5 降雨後の飽和度分布(透水係数大)

飽和に至っていないものの様な飽和度の浸潤線が形成されていることがわかる。次に降雨強度による違いを見ていくと、降雨で与えた総雨量は同じだが、飽和度が増加している領域の大きさから盛土への浸透量を比較すると、降雨強度 10mm/h の方が降雨強度 25mm/h よりも多いことが確認できる。透水係数が小さい図-2 での比較からは天端、法面近傍が飽和していることから、降雨強度の大きい 25mm/h のケースでより早く浸透能に達するからだと考えられる。しかし図-2 の透水係数が小さい方を見ると降雨強度 10mm/h と 25mm/h は、降雨終了時まで飽和度は同じ値を示している。このことから、いずれの降雨強度でも降雨開始時から浸透能に達しており、浸透雨量は降雨継続時間による違いから生じていることがわかる。図-4,5 に、それぞれ透水係数が $(k_x, k_y) = (0.0864, 0.0432), (1.728, 0.864)$  (m/day)における降雨後の放置 6 時間後、放置 12 時間後、放置 1 日後の飽和度分布を示す。透水係数が小さいケースでは浸透した雨水は降雨時と同様に法面と平行に流下する傾向が見られる。天端から浸透した雨水は降雨後に時間をかけて底部に到達していく様子もうかがえる。透水係数が大きいケースでは浸透した雨水のほとんどが 1 日以内に底部に達しており地下水位を形成している。この様に、盛土に浸透した雨水は、法面近傍を

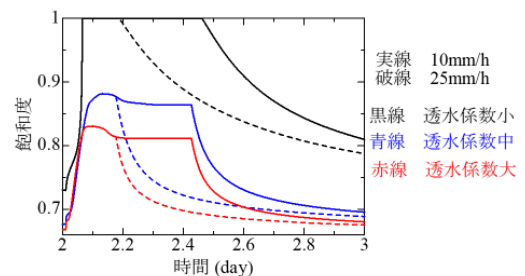


図-6 天端中央部の飽和度変化

流下する浸透流と底部に到達する鉛直浸透流に分かれることが分かる。それぞれの割合については、法面形状や透水係数に依存することが分かった。

図-6 に、降雨開始時からの放置に至るまでの天端中央部の飽和度変化を示す。いずれの透水係数でも設定降雨強度では浸透能に達するため、降雨強度による差は現れていない。

#### 4. まとめ

スラグ混合土で造られた試験盛土への降雨浸透シミュレーションを行い、浸透水の挙動について検討を行った。得られた結果は実際の観測挙動とよい一致を見せた。

#### 参考文献

- 1) 野村瞬ら：土木学会論文集 A-2(応用力学), Vol.67, No.2, pp.231-240, 2011.