

第Ⅲ部門

不透水性基盤を有する傾斜地盤内の降雨時間隙空気挙動

近畿大学大学院総合理工学研究科 学生員 ○寺岡 歩美

近畿大学理工学部 正会員 河井 克之

1. 研究目的

近年の発生する集中豪雨は、降雨規模が極めて局所化しているため被害予測が難しい状況にある。その中で土砂災害の前兆現象を把握することが減災に有効とされてきたが、前兆現象のひとつである災害前の異音・異臭の発生について地盤工学の枠組みで十分に説明されていない。これらは空気を介して伝達されるものであり、地盤内への降雨浸透が地盤内の空気挙動に影響を及ぼし、その結果生じるものと予想される。本研究では、降雨時の地盤構造物内の空気圧分布に注目し、基盤面を有する傾斜地盤への降雨浸透を、土/水/空気連成有限要素解析コード DACSAR-MP を用いて表現し、降雨強度の影響について検討を行った。

2. 解析方法

本研究では変形と浸透を同時に表現できる土/水/空気連成有限要素解析コード DACSAR-MP を用いる。基盤相を有する斜面や腹つけ盛土への降雨浸透を模擬するため、図-1 に示す解析領域を設定した。図-2 に水理境界条件を示す。降雨は天端、法面への流速変化と流量境界で与えた。このとき、天端へは降雨強度相当の流速を、法面には水平面積で降雨強度を満たすように、斜面傾斜角の余弦を乗じて与えた。法尻は排水境界とし-0.1mの全水頭を与えた。図-3 は空気境界を示しており、地盤内空気は天端、法面からのみ排出されるものとする。表-1 に、解析で用いた入力パラメータを示す。ここでは、実際の山間宅地造成現場の建設発生土から得られた土質定数を参考に設定した。成層地盤では一般的に透水係数に異方性があるため、鉛直方向の透水係数の値は水平方向透水係数の半分として与えた。解析手順として、全要素で初期飽和度を 0.8 とし、天端、法面を非排水境界として 10 日間放置し、降雨初期状態を作成する。その後、天端と法面に、強度 10mm/h、30mm/h、60mm/h の降雨を与えた。また、これらの降雨継続時間を 12 時間としている。

3. 解析結果

図-4, 5 では降雨強度 10mm/h、30mm/h、60mm/h 時の飽和度分布、水圧分布の計時変化を示す。これらの結果より降雨強度によって浸透挙動が異なることが分かる。この差は不飽和透水係数と地盤の浸透能から説明できる。不飽和状態の地盤透水係数は、飽和度の低下とともに急激に低下する。また、浸透面の水圧が上昇しゼロに達すると、それ以上雨水は浸透できない。実際の斜面では、浸透できなかった雨水は表面流として法面を流下する。図-4 の飽和度分布から、降雨強度 10mm/h は浸透能以下であり、雨水はすべて浸透するが、30、60mm/h では降雨初期に天端で飽和度が 1.0 に達しており、天端からは浸透できない状態に達している。降雨強度 30mm/h の方が

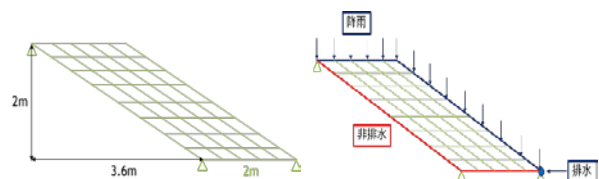


図-1 解析メッシュ

図-2 水理境界条件

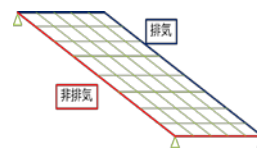
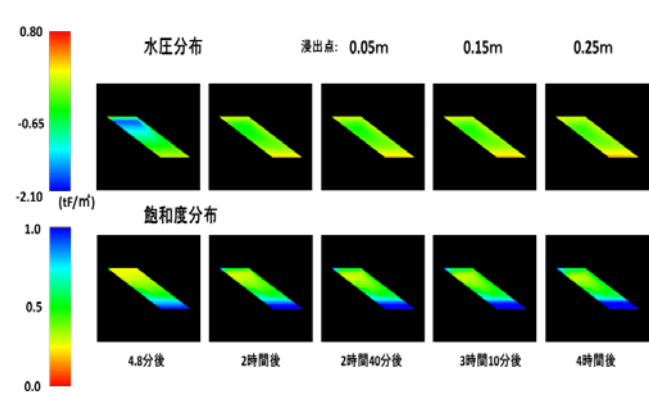
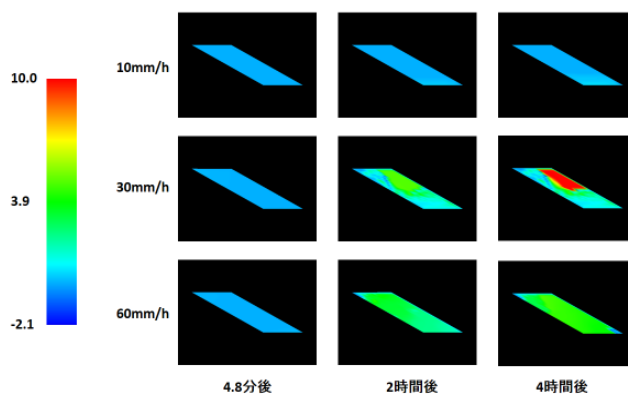
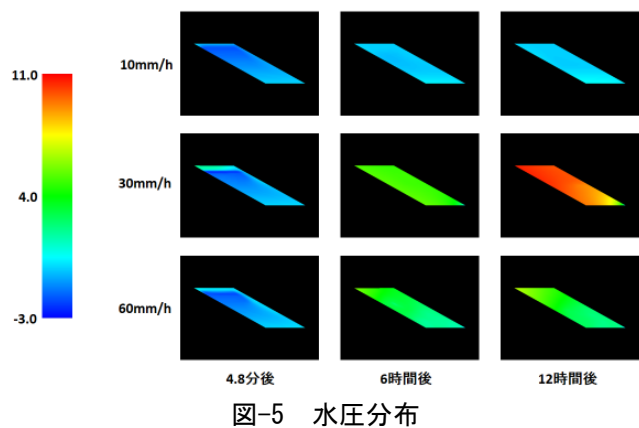
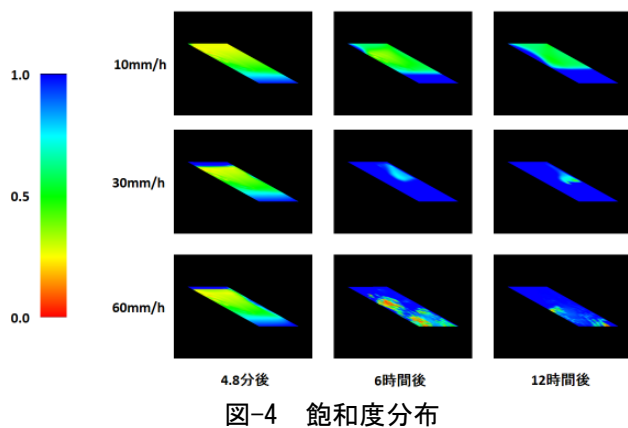


図-3 空気境界条件

表-1 解析入力パラメータ

λ	κ	M	ν'	m	k_x	k_{ax}
0.0087	0.009	1.375	0.33	0.80	3.283	328.30
e_i	a	n	n_E	S_{r0}	k_y	k_{ay}
0.70	10.0	1.0	1.0	0.80	1.641	164.16

透水係数、透気係数の単位(cm/sec)



深部まで飽和度が高まっているのは、天端面が飽和に達するのが 60mm/h よりも遅いため、浸透量の累積が大きくなるからである。6,12 時間後の飽和度分布から、降雨強度 10mm/h では浸透能に達することなく、浸透水は地盤構造物内を流下する。基盤面に達すると、基盤面に沿って下方へ水分が移動し構造物内に浸潤線を形成しているのが分かる。一方、降雨強度 60mm/h では、天端に続き、法面でも浸透能に達することから、以降の雨水浸透が抑制され、内部に不飽和領域が残留している。降雨強度 30mm/h では、基盤面に沿って浸潤面が形成されながら天端と法尻近傍では浸透能に達しており、不飽和領域が上方の法面に残留している。その結果、図-5 の様な水圧分布となっており、雨水浸透量と法尻からの排水量に差のない 10mm/h では全体的に水圧が低く、最も浸透量の累積の大きな 30mm/h では水圧が高い状態になっている。図-6 に空気圧の分布を示す。浸透能に達していない降雨強度 10mm/h では空気は天端、法面から排出されるので空気封入が生じず圧力は低いが、降雨強度の大きいケースでは、地盤構造物の表面の飽和度が高まり透気係数が低減し、地盤内空気が排出されず、封入されるので空気圧が高まる結果となった。

降雨強度が小さい場合、浸潤線が形成されることが分かったが、実際にはこの浸潤線が法面に達すると、その部分から地中水が浸出する。ここでは、浸出点を明らかにするために、降雨浸透シミュレーションとともに法面上で水圧ゼロに達した点で降雨流量境界から排水境界に切り替え、その位置を法面上方へ移動することを試みた。このときの水圧分布と飽和度分布を図-7 に示す。この結果、排水範囲が上方に拡大するにしたがって、浸潤線の上昇速度が落ち、0.25m で定常状態に達した。また、飽和度分布より浸出点を変更後、飽和度は高さ 0.25m で安定して飽和している。つまりこの斜面形状、降雨条件での浸出点が高さ 0.25m であることが分かる。

4. 結論

傾斜地盤における降雨浸透解析を行った。その結果、降雨強度によって浸透挙動が異なるとともに、それが空気圧挙動の変化となって表れることが分かった。また、地中水の浸出点の求め方について検討を行った。