

散水時の盛土内水位に与える亀裂の影響

鉄道総合技術研究所

鉄道総合技術研究所

鉄道総合技術研究所

ジェイアール総研エンジニアリング

正会員 ○川尻峻三

正会員 布川 修

正会員 太田直之

非会員 犬塚 清

1. はじめに

乾燥収縮・地震・クリープ変形等によって土構造物には亀裂が発生する．このような亀裂の発生は，土構造物の安定性を低下させると考えられる．ここで，土構造物に亀裂を発生させる誘因の一つとなる地震に着目する．1995年の兵庫県南部地震や1999年に台湾で発生した集集地震では，地震時に崩壊が多発した地域で，その後の降雨によって崩壊箇所が増加したとの報告がある¹⁾²⁾．また，東北地方太平洋沖地震では火山性丘陵地が地震発生後の降雨によって崩壊した³⁾．この崩壊箇所付近の斜面内では亀裂の発生が確認でき，降雨時に地下水が亀裂内に流入し間隙水圧が高まったことが崩壊の要因の一つであると報告している．しかし，散水時の土構造物内の水位上昇に与える亀裂の影響について検討している例は少ない⁴⁾．亀裂を有する土構造物の散水時の水位上昇や崩壊メカニズムが明らかとなれば，精度の高い崩壊予測手法や効率的な対策工を提案できると考えられる．そこで本稿では，人工亀裂を有する模型盛土への散水実験における散水時の水位上昇挙動について報告する．

2. 実験に用いた模型盛土および実験方法

図1に模型盛土の概略図を示す．模型盛土はのり面勾配1:1.5，盛土高さ750mm，天端幅500mmの諸元を有する単純鉄道盛土の半断面2次元模型である．縮尺は1/10を想定している．模型盛土の底面には盛土内水位を把握するためにマノメーターを設置した．また，体積含水率 θ および間隙水圧 u_w を把握するために土壌水分計と間隙水圧計を配置した．のり面およびのり肩部には変位計を設置して鉛直変位を計測した．なお，のり尻の急速な侵食崩壊を防止する目的で，のり尻部には碎石土のうを設置した．この碎石土のうは，鉄道盛土に多く施工されている排水工を有する腰土留に相当する．人工亀裂は，模型盛土作製時に図2に示すようなアクリル板を図3のようにあらかじめ模型盛土内に設置し，模型盛土構築完了時に慎重に引き抜くことで作製した．

盛土構築に使用した地盤材料は稲城砂である．模型盛土は乾燥密度 ρ_d が $\rho_d = 1.30\text{g/cm}^3$ 程度となるように締固めて作製した．なお，模型盛土作製中に採取した乱れの少ない供試体を用いて行った簡易飽和透水試験の結果，模型盛土の ρ_d は $\rho_d = 1.33\text{g/cm}^3$ ，飽和透水係数 k_{sat} は $k_{\text{sat}} = 2.17 \times 10^{-5}\text{m/s}$ であった．

実験ケースは，模型盛土内に人工亀裂が無いCase1と，図1に示すようにのり面とのり肩部に2本ずつ亀裂を配置したCase2である．

Case1は降雨強度 $r = 30\text{mm/h}$ で模型盛土の崩壊を確認するまで散水を行った．Case2は，降雨履歴が人工亀裂の状況と水位上昇に与える影響を検討するため，繰り返し散水を行った．Case2の実験手順を図4に示す．具体的には，Case1の実験において水位上昇に伴う初期変状を確認した盛土内水位まで $r = 30\text{mm/h}$

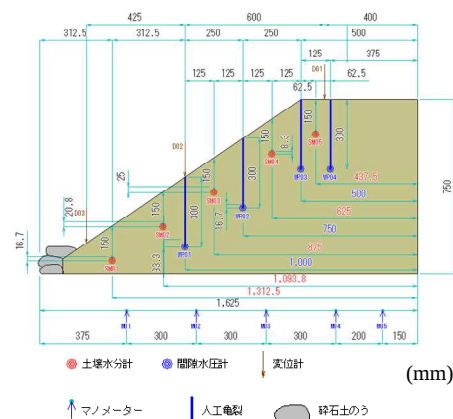


図1 実験に用いた模型盛土 (Case2)

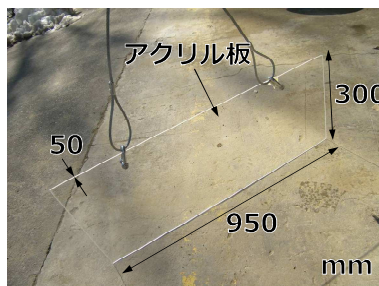


図2 人工亀裂作製用のアクリル板

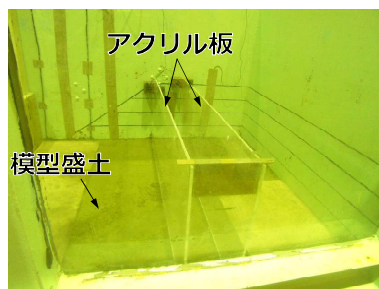


図3 人工亀裂の設置状況

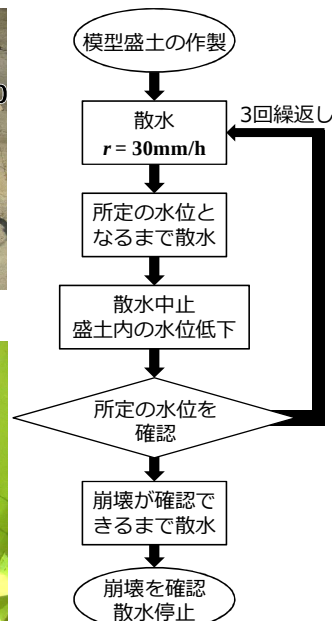


図4 実験手順 (Case2)

キーワード
連絡先

散水，模型盛土，亀裂
〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 防災技術研究部 地盤防災 Tel.(042)573-7263

で散水し、その後、散水を停止して12時間程度盛土内の水位を排水させる。模型盛土内の水位が定常状態まで低下していることを確認後、再度、散水を行う。なお、繰返し散水回数は3回とし、3回目の散水時には最終的に模型盛土が崩壊に至るまで散水を継続した。また、Case2では1回目の散水時にのり尻部に変状が発生した。

3. 実験結果および考察

図5a), b)は、それぞれCase1, Case2の散水中のマノメーター高さ h_m の経時変化である。散水に伴い実験ケースに依らず h_m は概ねM1からM5の順番で上昇する傾向にあり、散水によってのり尻から盛土内の水位が上昇している状況が伺える。盛土内水位が上昇し始める時間に着目すると、Case1では経過時間 $t=150$ 分程度、Case2では $t=75$ 分程度からのり尻部のマノメーター(M1)が上昇している。その他のマノメーターについてもCase2のほうがCase1よりも早い時間帯でマノメーターの上昇を確認できる。このことから、人工亀裂を有する場合は、雨水が浸透し易い状態であると考えられる。また、M4とM5のマノメーターに着目すると、Case1ではM3のマノメーターの上昇後にM4とM5が上昇する傾向にある。一方、Case2ではM3, M4, M5のマノメーターの上昇がほぼ同時である。このことから、Case2では急速に雨水が浸透し、浸潤前線が模型盛土下面の不透水層に到達して急激に盛土内の水位が上昇したと考えられる。

図6a), b)は、図5に示した h_m を単位時間当たりの上昇量(dh_m/dt)で整理した結果である。Case1よりもCase2の場合に早い時間帯で dh_m/dt が最大値を示すことがわかる。1回目の散水時の dh_m/dt の最大値(dh_m/dt)_{max}を比較すると人工亀裂が設定されているCase2で(dh_m/dt)_{max} = 20mm/min程度、Case1で(dh_m/dt)_{max} = 15mm/min程度であり、人工亀裂を有する場合には水位が上昇し易い状態にあると推察される。また、Case2では散水を繰り返すに従い(dh_m/dt)_{max}が減少する傾向にあり、散水を経験することによって水位上昇が抑制されるような現象が発生しているといえる。今後、降雨履歴が浸透特性に与える影響についてさらに検討する予定である。

4. まとめ

人工亀裂を有する場合には無い場合と比較してマノメーターの上昇する時間帯が早くなり、人工亀裂の有無によって浸透特性が変化することが明らかとなった。また、人工亀裂を有する模型盛土への繰返し散水の結果、散水を繰り返すにより単位時間あたりのマノメーター上昇量が減少することが確認できた。

参考文献

- 1) 田結庄良昭ら：兵庫県南部地震とその後の降雨による斜面崩壊，応用地質，Vol.37, No.3, pp.174-184, 1996.
- 2) 千木良雅弘：1999年集集地震による山地災害とその後，自然災害科学，Vol.28, No.2, pp.161-166, 1996.
- 3) 池田友浩ら：地震後の降雨により崩壊した火山性丘陵地の崩壊機構，関東地域の火山由来地盤の災害事例と地域特性に関するシンポジウム論文集，pp.47-52, 2012.
- 4) G. Zhang et al.: Effect study of cracks on behavior of soil slope under rainfall conditions, *Soils and Foundations*, Vol.52, No.4, pp. 634-643, 2012.

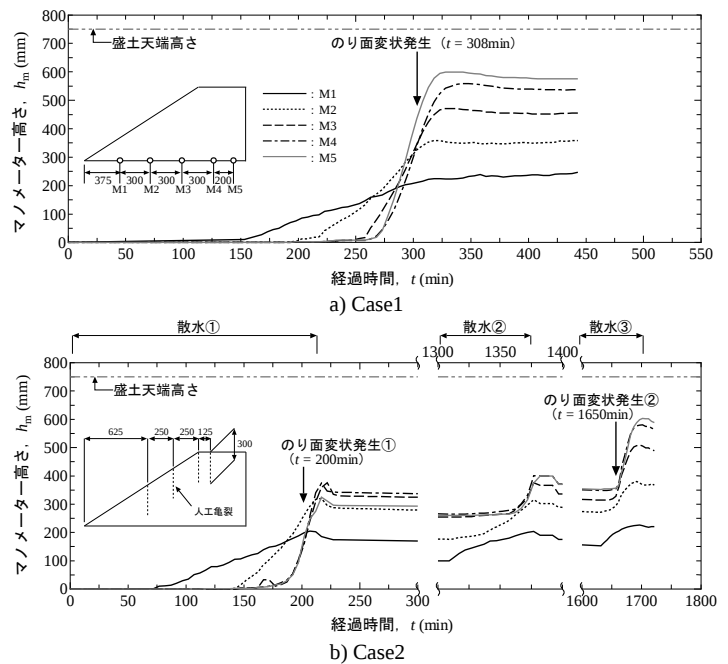


図5 マノメーター高さの経時変化の比較

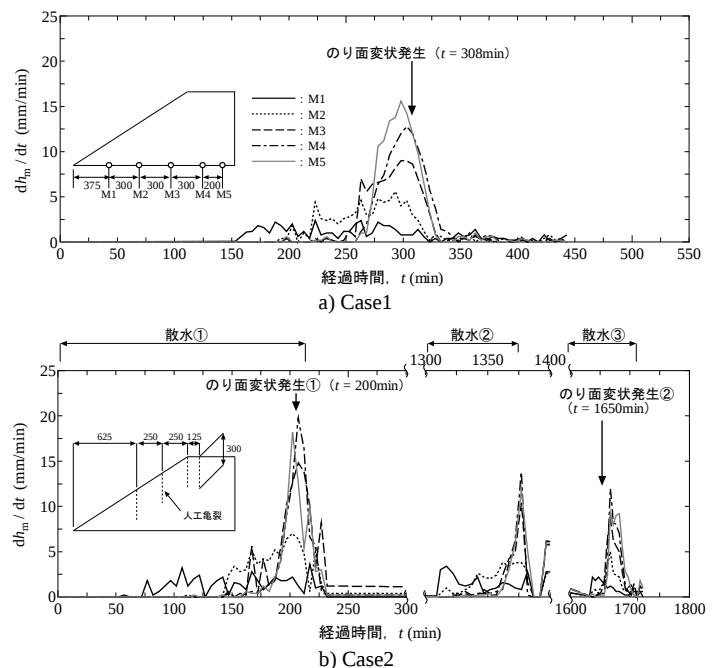


図6 単位時間あたりのマノメーター上昇量の経時変化の比較