

# 盛土材料の飽和度を考慮した谷埋め高盛土の地震時の変形に関する解析手法の検討

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○東 拓生 正会員 佐々木直也  
 正会員 佐々木哲也 正会員 加藤 俊二

## 1. 目的

近年の大地震において、谷部の集水地を横断する道路盛土が大規模崩壊し、震後の道路交通機能の確保に支障となる事例が報告されており、特に既設盛土の耐震性の定量的な評価が可能な手法が求められている。

過年度から2次元自重解析「ALID」<sup>1)</sup>を用いて遠心力載荷実験を模擬した解析を行ってきた<sup>2)</sup>が、盛土材料の繰返しせん断強度比を割り増さない実験と解析の変位量が整合しない問題が確認されている。その要因として、遠心力載荷実験における盛土材料の飽和度に着目し、これを考慮した解析を行うことで、解析手法の適用性等について検討を行った。

## 2. 解析対象とした遠心力載荷実験の概要及び結果

解析対象とした遠心力載荷実験模型を図-1に示す。実験は幅1500mm、高さ500mm、奥行300mmの土槽内に、高さ300mm(実寸15m)の片盛りで天端幅300mm(実寸15m)及び450mm(実寸22.5m)の2種類の盛土模型を作成し、盛土材料が不飽和の状態

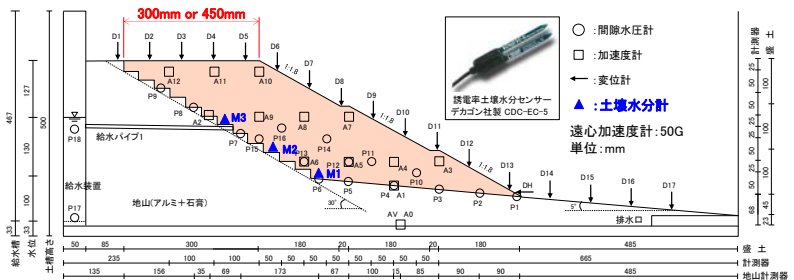


図-1 解析対象とする実験模型

図-1に示す3か所に誘電率から体積含水率

を計測する土壌水分計(デカゴン社製 CDC-EC-5)を埋設し、その計測値である体積含水率 $\theta$ と飽和度 $S_r$ の関係をあらかじめ検定しておき、浸透水通水中の盛土材料の飽和度の変化を計測した。

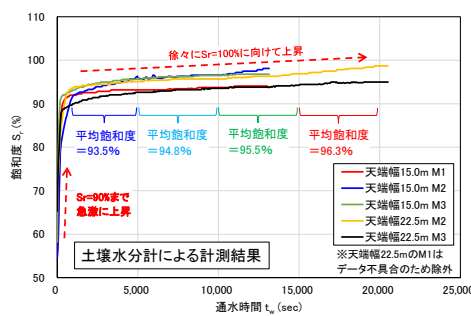


図-2 浸透水通水中の飽和度の変化

図-2に遠心力載荷実験の

浸透水通水中の飽和度の時刻歴を示す。通水を開始し土壌水分計が浸透水に接触することで、初期の飽和度(約57%)から90%程度まで飽和度が急激に上昇する。その後、浸透水の通水を継続すると飽和度は徐々に上昇し、透水時間が長くなるほど飽和度が100%に向かって概ね線形的に上昇している。浸透水通水中の間隙水圧の変化から盛土各部の透水時間が算出できることから、透水時間と平均的な飽和度の関係から、天端幅22.5mの場合、盛土内の飽和度の分布を図-3のとおり推定できる。一方、既往の研究結果<sup>6)7)8)9)</sup>から、飽和度の低下に伴う繰返しせん断強度比 $R_L$ の増加を図-4のとおり設定し、図-3の飽和度分布にこの $R_L$ を設定して解析モデルを構築した。

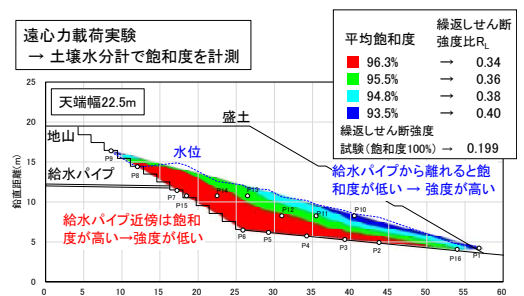


図-3 盛土模型の推定飽和度分布

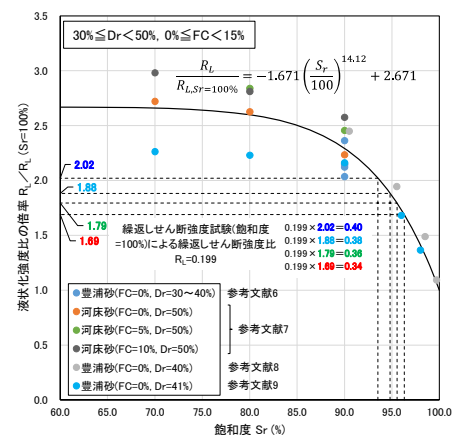


図-4 飽和度と繰返しせん断強度比の関係

キーワード 道路盛土, 耐震設計, 2次元自重解析, 遠心力載荷実験, 飽和度

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 TEL 029-879-6771

### 3. 解析方法及び結果

前項の遠心力載荷実験結果を模擬した ALID による 2 次元自重解析を行った。解析は、地震時の剛性低下を考慮しない盛土内水位以浅については、「改良 MC/DP モデル<sup>1)</sup>」に基づく弾・完全塑性モデルで表現し、盛土内水位以深の盛土層については、2 で検討した飽和度に基づく繰返しせん断強度比  $R_L$  を設定し、遠心力載荷実験の加振時に地山で計測された最大加速度(タイプ II 地震動として盛土内全域に均一に設定)との関係から液状化に対する抵抗率  $F_L$  を計算し、この  $F_L$  に基づきせん断剛性を低下させ<sup>4)5)</sup>自重解析を行った(解析手法の詳細は参考文献 2 を参照)。

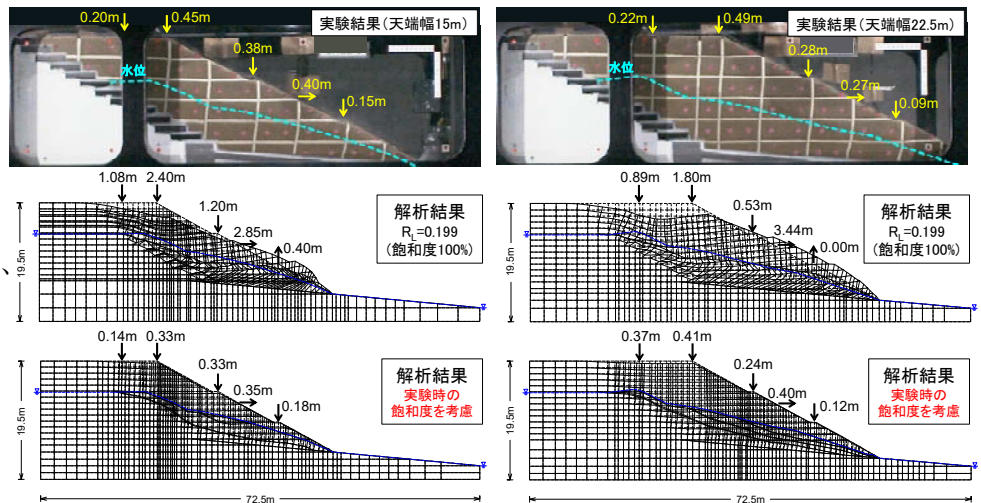


図-5 実験時の変形状況と解析結果

図-5 に遠心力載荷実験の変形状況写真及び解析による変形図を示す。解析結果の変形図については、飽和度 100%で行った繰返しせん断強度試験による  $R_L (=0.199)$  を設定したモデルと、遠心力載荷実験における盛土材料の飽和度を考慮して  $R_L$  を設定したモデルの両方について示している。実験での沈下量は天端で 0.2~0.22m、法肩で 0.45~0.49m となっている。これに対して、飽和度 100%で行った繰返しせん断強度試験による  $R_L$  を設定した解析では、法肩沈下量が 1.8m 以上と過大な結果となったが、実験時の飽和度を考慮した解析による沈下量は、天端で 0.14~0.37m、法肩で 0.33~0.41m と概ね整合する結果となった。ただし、実験では盛土内水位付近のせん断変形が卓越するが、解析では飽和度が高い地山境界付近に変形が卓越しており、変形状態は必ずしも整合していない。

### 4. まとめ

谷埋め高盛土の地震時変状に関する遠心力載荷実験において盛土材料の飽和度を測定し、これを考慮した 2 次元自重解析を行った結果、実験と解析で変形が卓越する領域が異なっているものの、変形量は概ね整合した。

今後は、解析での地震外力の設定方法及び地形の 3 次元的な影響を考慮した解析手法について検討を行う。

### 参考文献

- 1) (株)地盤ソフト工房：ALID/Win 地盤土の構成則(第 3 版), 2016.5.
- 2) 東拓生, 佐々木哲也, 加藤俊二：谷埋め高盛土の地震時変形挙動に関する解析手法の検討, 土木技術資料 Vol.62 No.12, pp16-19, 2020.12.
- 3) 佐々木直也, 東拓生, 佐々木哲也, 加藤俊二：谷埋め高盛土の地震時変状に及ぼす盛土幅の影響に関する遠心力載荷実験, 第 57 回地盤工学研究発表会, 2022.7 (投稿中)
- 4) 安田進, 稲垣太浩, 長尾和之, 山田真一, 石川敬祐：液状化を含む繰返し軟化時における種々の土の変形特性, 第 40 回地盤工学研究発表会, pp.525~526, 2005.7.
- 5) 豊田耕一, 杉田秀樹, 石原雅規：河川堤防の地震被害事例に基づく液状化地盤の剛性に関する検討, 第 4 回日本地震工学会大会— 2005 梗概集, pp.226~227, 2005.11.
- 6) 畑中宗憲, 増田剛美：砂質土の P 波速度と液状化強度に及ぼす飽和度の影響, 日本建築学会構造系論文集 第 74 巻 第 645 号, 2029-2037, 2009.11.
- 7) 國生剛治, 原忠, 山本純也, 古地祐規：不飽和砂質土の非排水繰返しせん断強度におよぼす非塑性細粒分の影響, 第 35 回土木学会関東支部技術研究発表会, III-023, 2008.5.
- 8) K. Ishihara, Y. Huang, H. Tsuchiya : Liquefaction resistance of nearly saturated sand as correlated with longitudinal wave velocity, Poromechanics, 583-586 1998.
- 9) M. Okamura, Y. Soga : Effects of pore fluid compressibility on liquefaction resistance of partially saturated sand, Soils and foundations Vol.46, No.5, 695-700, 2006.10.