

地山補強材で強化された不飽和盛土の地震応答解析

徳島大学大学院 学生会員 ○中井雄太 正会員 渦岡良介
鉄道総合技術研究所 正会員 松丸貴樹

1. 研究の背景と目的

本研究では、地山補強を用いた既設盛土の振動台実験¹⁾を対象として、実験と同一条件下で背面からの浸透を与えた盛土の地震応答解析を実施し、地山補強材による盛土の変形抑制効果について検討を行った。

2. 実験概要¹⁾

実験は、対策工あり/なしについて行われた。地山補強材を用いた対策工は大径の地山補強材（モルタル）を想定し、長さ 400mm・径 40mm・設置角度を水平方向から 20 度下側とした。対策工あり/なしの模型盛土を図 1、図 2 に示す。振動台加振の前に盛土背面から浸透水を与え、水位を 200mm となるように保持しながら盛土のり先の間隙水圧計やマノメータの水位が上昇を始めた段階で加振を行った。入力動には正弦波と神戸波を用い最初の最大加速度振幅を 200gal 程度とし、その後振幅を 200gal 程度ずつ増加させて段階加振を行い、盛土が破壊に至るまで実験を行った。模型盛土の仕様ならびに計測器の配置は対策工あり/なしで同様である。

3. 解析条件

解析に用いた有限要素モデルを図 3 に示す。モデルは盛土体のみをモデル化し、支持地盤は考慮していない。節点数は対策工なしで 3439、ありで 3443 である。また、要素数は 1098、および 1096 である。

変位境界条件として、下端は全節点固定、右端については水平方向のみ固定、鉛直ローラとしている。水理境界条件としては、モデルの下端および右端は非排水境界とし、盛土の天端およびのり面では間隙水圧が負の値からゼロとなると排水が始まる流出境界を設定した。間隙空気に関する境界条件は、モデルの下端および右端を非排気境界、盛土の天端およびのり面については空気圧がゼロとなる条件を与えた。解析は入力加速度を変え、5 ケースを実施した。各ケースを表 1 に示す。

解析は、初期応力解析の後に盛土背面から浸透水を与える浸透流解析を実験に合わせた時間行い、その後地震応答解析を行った。浸透流解析では、計算時間増分を 60 秒とした。また、地震応答解析では高周波振動に対

表 1 各ケース 一覧

CASE	対策工	入力加速度
CASE1	なし	正弦波（373gal）
CASE2	なし	神戸波（505gal）
CASE3	あり	正弦波（373gal）
CASE4	あり	神戸波（556gal）
CASE5	あり	神戸波（823gal）

する減衰を確保するため、初期剛性比例型の Rayleigh 減衰を導入しその値を 0.002 とした。計算時間増分は 0.001 秒とし、Newmark の時間積分に用いる γ 、 β はそれぞれ 0.3025、0.6 を設定した。対策工はモルタルで構成されていることから弾性係数 $2.0 \times 10^7 \text{kPa}$ 、ポアソン比 0.3 とした。今回の解析は二次元解析のため弾性定数は図 2 に示すピッチに合わせ計算した。

4. 解析結果および考察

時刻歴応答の比較から、地山補強材による対策工が耐震性向上に寄与する要因について検討する。図 4 に加速度応答（図 2 に示す盛土のり肩 A04）、盛土内の過剰間隙水圧（盛土下部の PW06・のり面下部の PW13）、のり肩の変位（鉛直：DV02、水平：DH01）の時刻歴を示す。検討対象とした加振加速度は、盛土のり肩で変位が生じ始めた無対策の CASE2（505gal）、および対策工の CASE4 でのほぼ同程度の入力加速度による加振時（556gal）の結果である。実験結果と解析結果を比較すると、CASE4 の過剰間隙水圧が解析結果の法が実験結果よりも高くなっているが、他は概ね同程度の値となっている。無対策では加振中に変位が生じ、過剰間隙水圧の上昇も見られたが、対策工では変位の変動は小さく、過剰間隙水圧も無対策ほど上昇していないことがわかる。

次に、相当ひずみのコンターを図 5 に示す。無対策の CASE2 については、(c) において大きなひずみが円弧状で分布しており、盛土が円弧すべり状の破壊形態を示していることがわかる。一方で、対策工の CASE4 においては CASE2 と同程度の加振加速度であるにもかかわらずひずみがほとんど生じていないことがわかる。このことから、地山補強材を配置した補強領域にす

べり面が入りこめていないことがわかる。補強材の効果によって潜在的なすべり面の位置がより盛土深部へ移行するとともに、より大きな加振加速度まですべり面が発生しなかったものと思われる。

今回スペースの都合上実験結果を全ケース記載することができなかったが、解析結果と概ね同じ結果となった。

5. まとめ

解析結果から地山補強材を用いた対策工によって、浸透水を受ける盛土においての変形抑制効果の向上が確認された。また、盛土内での過剰間隙水圧の発生量が抑えられることがわかった。これは、補強材の設置により補強領域内のせん断耐力が増加することによるものと考えられる。

参考文献

- 1) 松丸 貴樹, 小島 謙一, 館山 勝: 浸透水の影響を受けた盛土の地震時挙動に関する基礎的研究, 土木学会論文集 C (印刷中), pp.1-9, 2013.



図 1 対策工なしの盛土模型¹⁾

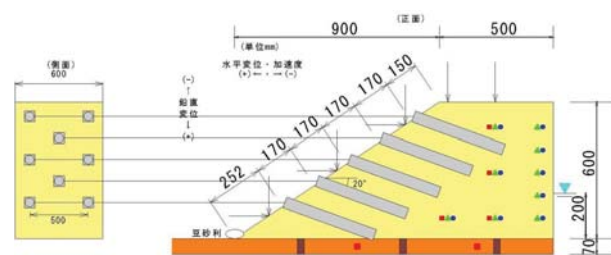


図 2 対策工ありの盛土模型¹⁾

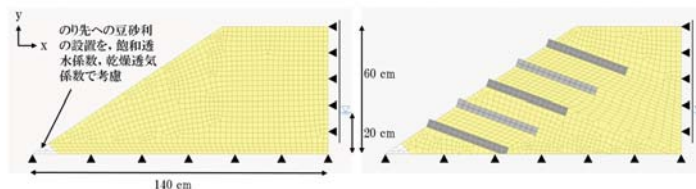


図 3 解析に用いた有限要素モデル

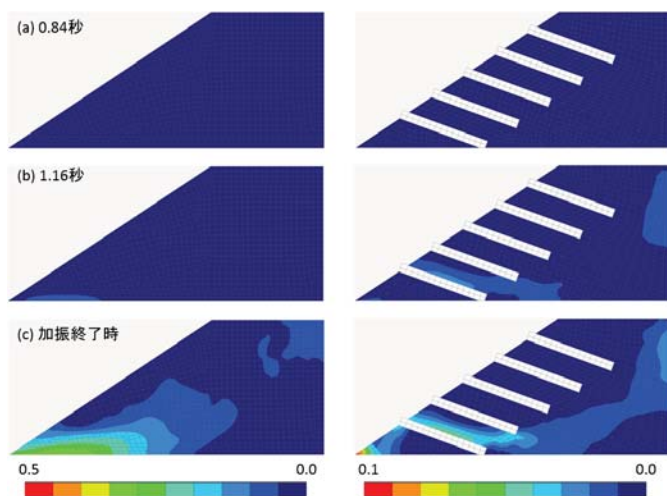


図 5 相当ひずみ分布 (CASE2,4)

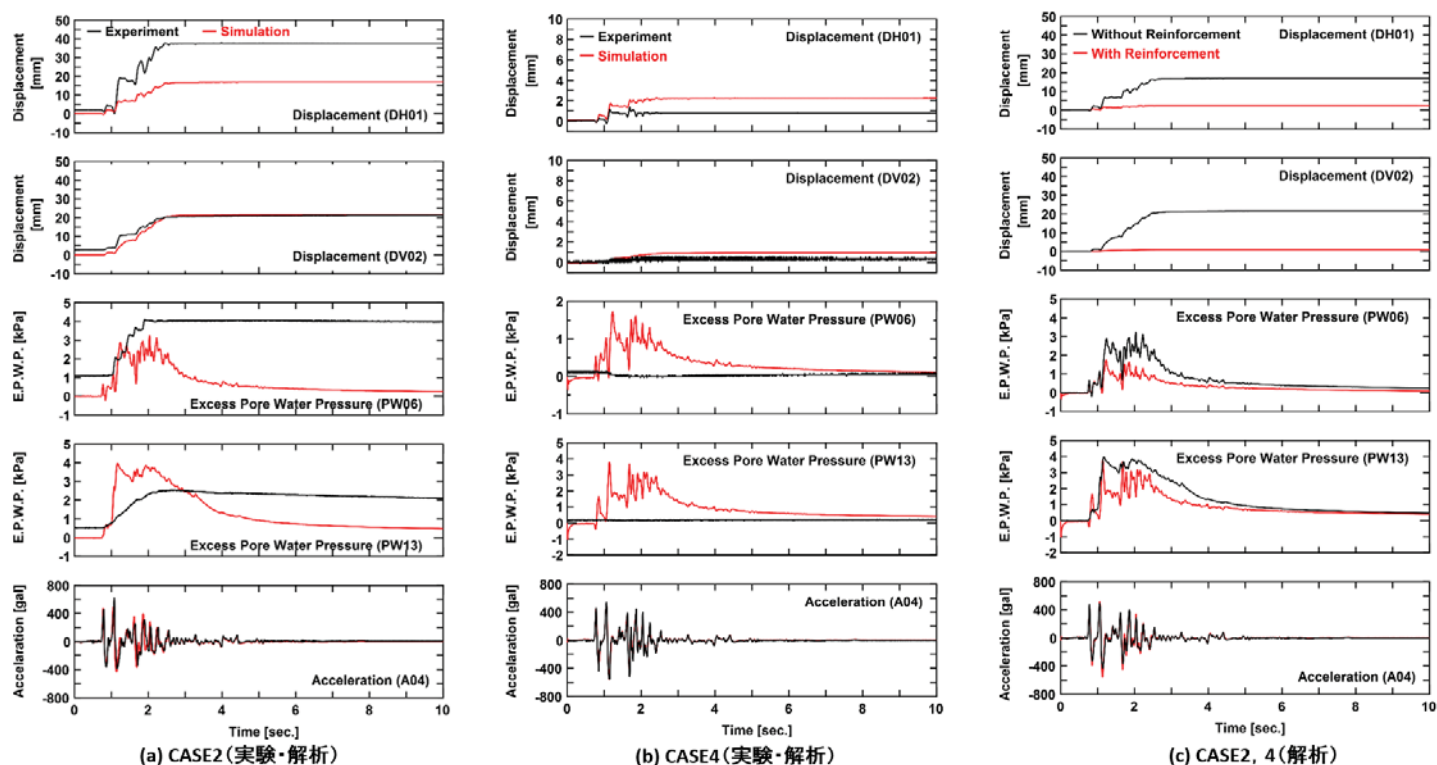


図 4 土のり肩の変位・過剰間隙水圧・加速度応答の時刻歴 (CASE2,4)