

粒子法を用いた補強土壁の変形解析に関する研究

防衛大学校 正 ○野々山栄人
防衛大学校 正 宮田 喜壽

1. はじめに

地盤の崩壊挙動までを追跡する数値解析法として様々な方法が提案されている。本研究では、大変形まで解析可能な粒子法（SPH法）を用いて地盤の崩壊挙動を予測し、対策の有効性を検討するための解析法の確立を目指している。これまでに、粒子法を地盤-補強材系の問題に適用し、ジオグリッド補強土壁の大型載荷実験¹⁾の再現解析を行い、概ね実験結果を再現することができた²⁾。本稿では、再現解析に用いた地盤定数を用い、解析条件を変化させた計算を実施し、その結果を報告する。

2. 数値解析の概要

粒子法（SPH法）とは、解析対象を多数の粒子（計算点）の集合と考える Lagrange 型のメッシュフリー解析手法である。今回の解析では、離散化された運動方程式と連続の式を相互に段階的に解く方法を用い^{3,4)}、平面ひずみ条件下で解析を実施した。土の構成モデルとして、非関連流れ則に基づく Drucker-Prager モデルを用いた。壁面パネルについては、剛体でモデル化した。計算点の解像度と計算時間の関係で、補強材を直接モデルすることは現実的ではないので、土-補強材系を Drucker-Prager モデルと線形弾性モデルによる複合材料モデルで表現した。解析パラメータは体積割合を考慮して算定した。また、土要素-壁面パネル要素間、土要素-基礎要素間には、剛性の大きな差に起因する計算の破たんを防ぐために、両要素の平均的な剛性を有する平滑化層を配置した。

今回実施した解析モデルおよび境界条件を図1に示す。解析に用いた地盤定数や解析条件は参考文献²⁾と同様とし、補強材なし（壁面パネルのみ）、補強材あり（補強材長さが1mと3m）の計3ケースの解析を実施した。擁壁の築堤過程は考慮せず、擁壁が築堤された状態を初期状態とした。つまり初期応力は、鉛直方向は土被り圧、水平方向はそれに静止土圧係数 ($K_0=0.5$) をかけたものとした。その後、載荷実験¹⁾と同じ上載圧 (12, 20, 30, 40, 50, 60, 70kPa) を補強土壁天端に作用させて、変形の進展を解析した。作用荷重については、所定の上載圧に相当する土塊を補強土壁の天端に盛ることで再現し、変位が収束した後に次の載荷段階へ進んだ。

3. 結果と考察

各載荷段階における壁面パネルの推移を図2~4に示す。補強材なしのケースでは、上載圧が小さい段階から変形が進行する。補強材を敷設したケースは、補強材なしに比べ変形量は小さく、補強材が長いケースではほとんど変形しなかった。上載圧70kPaの時の各ケースの最大せん断ひずみ分布を図5に示す。図中のオレンジ色の線が基礎、壁面パネル、補強材を表している。補強材なしのケースでは、上載圧の影響で壁面パネル付近にせん断ひずみが卓越している。一方、補強材が短いケースでは表層付近および補強領域端部にせん断ひずみが発現し、補強材が長いケースでは有意なせん断ひずみが発現しない結果となった。

4. まとめ

今後は、土構造物の破壊形態推定や制御に関する検討を行うことを目的として、破壊シナリオを想定したシミュレーションを実施してゆく。

キーワード 補強土, 粒子法, 変形解析

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL046-841-3810

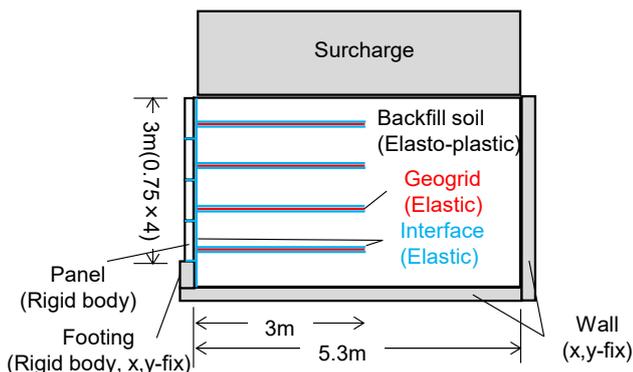


図1 解析モデル（補強材：3m）の概要

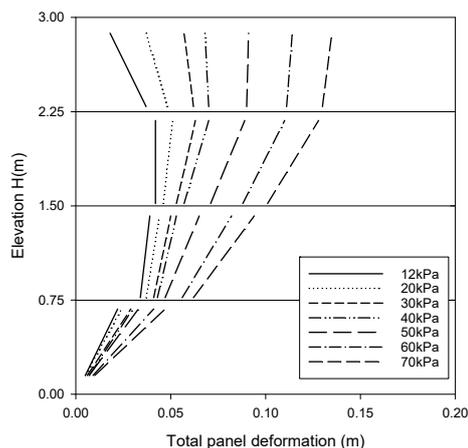


図2 各载荷段階における壁面パネルの推移（補強材：なし）

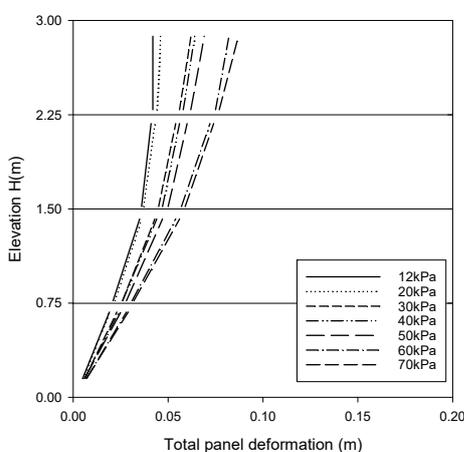


図3 各载荷段階における壁面パネルの推移（補強材：1m）

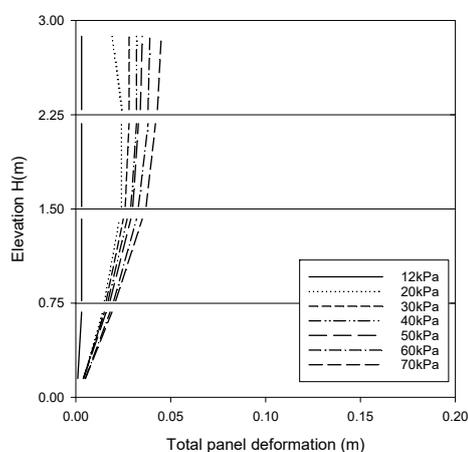
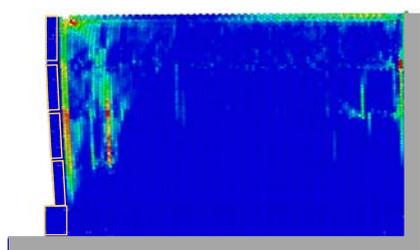
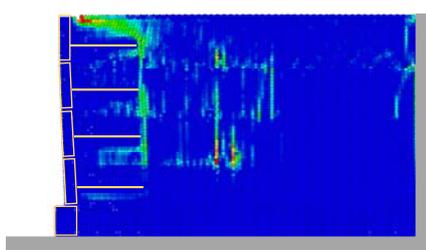


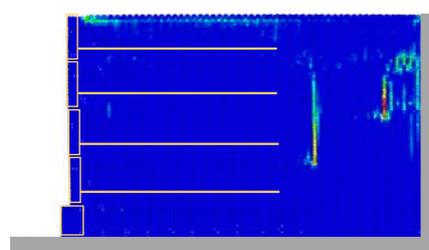
図4 各载荷段階における壁面パネルの推移（補強材：3m）



(a)補強材なし



(b)補強材長さ：1m



(c)補強材長さ：3m

0% 30%

図5 最大せん断ひずみ（上載圧:70kPa）

参考文献:

- 1) Bathurst, R.J., Jarrett, P.M. and Benjamin, D.J.R.S., A Database of results from an incrementally constructed geogrid-reinforced soil wall test. Proceedings of Soil Reinforcement: Full Scale Experiments of the 80's, ISSMFE/ENPC, 401-430, 1993.
- 2) 野々山, 宮田, Bathurst: 補強土壁の損傷設計を見据えた SPH を用いた数値シミュレーション. 第23回応用力学シンポジウム, 2020 (投稿中).
- 3) Bui, H.H., Fukagawa, R., Sako, K. and Wells, J. C.: Slope stability analysis and discontinuous slope failure simulation by elasto-plastic smoothed particle hydrodynamics (SPH). Geotechnique, 61(7) 565-574, 2011.
- 4) Nonoyama, H., Moriguchi, S., Sawada, K. and Yashima, A.: Slope stability analysis using smoothed particle hydrodynamics (SPH) method. Soils and Foundations, 55(2) 458-470, 2015.

謝辞: 本研究は科学研究費補助金(17H03309)による助成を受け実施したものであり,ここに謝意を表します。