

地山補強材を打設した模型斜面における遠心模型実験の有限要素シミュレーション

東京都市大学大学院 学生会員○渡田洋介

東京都市大学 正会員 伊藤和也 正会員 末政直晃

日鐵住金建材 正会員 副田尚輝 正会員 笠原 啓 正会員 岩佐直人

1. はじめに

地山補強土工法とは自然斜面，切土のり面及び既設盛土などを対象に，地山内に補強材を構築し補強土構造体を形成する工法である．地山補強土工法の補強効果に関して，副田ら¹⁾は補強材の有無，打設角度などによる影響を検討するため，遠心模型実験を行っている．本報告ではこの実験のシミュレーション解析を行うと共に，その妥当性について検討した．

2. 遠心模型実験の概要¹⁾

副田らが行った遠心模型実験では土槽内に移動層厚さ 5.0m，高さ 9.6m，勾配 50°，奥行 8.0m の斜面を縮尺 1/40 で再現し，遠心加速度を 1G から 40G（40G において実規模を再現）まで 10G ずつ上げ，斜面の挙動を調べている．移動層の試料は豊浦砂と藤森粘土を 2:1 の割合で使用し，湿潤密度は 1.6g/cm³ である．補強材は直径 2mm のアルミ材(EI を実規模に再現)，支圧板は正方形で実規模 0.7m×0.7m を縮尺 1/40 で再現した．補強材の配置間隔と方法については図-1 に示すような全ケース 75mm(実規模で 3.0m) 間隔の千鳥配置とした．計測項目は移動層の法肩法尻中央の水平，鉛直変位，補強材の軸力，支圧板の土圧とした．

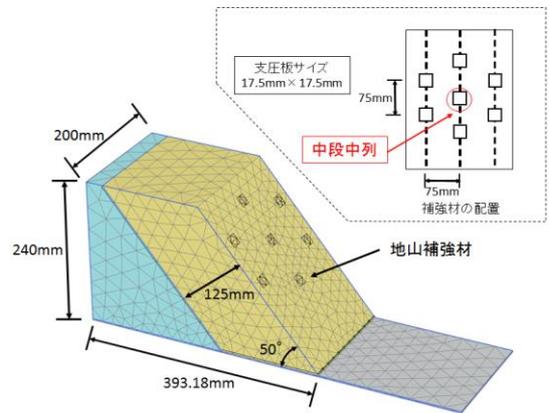


図-1 解析モデルと補強材配置

3. 解析概要

本解析で用いた解析ソフトウェアは PLAXIS 3D であり，遠心模型実験の模型地盤を再現したモデルで，重力加速度を 40G まで 10G ごとに上昇させ解析を実施した．図-1 に解析モデルの概略図を示す．このときの節点数は 39514，土要素数は 24299 である．移動層は遠心模型実験の試料の物理試験，力学試験の結果から Mohr-Coulomb モデルの各種パラメータを算出している．単位体積重量 γ_t は遠心模型実験の湿潤密度と同様にした．ダイレイタンシー角 ψ は文献²⁾の式である

$$\psi = \phi - 30^\circ \quad (1)$$

より求めた．不動層については線形弾性モデルであり，解析パラメータは岩盤を想定してヤング係数の高いものとした．補強材はビーム要素，支圧板はシェル要素で遠心模型実験と同様の大きさとした．補強材の配置間隔と方法については遠心模型実験と同様の配置とした．表-2 に解析ケースを示す．なおこのケースは遠心模型実験に対応したものになっている．

表-1 解析パラメータ

	移動層	不動層
単位体積重量 γ_t (N/mm ²)	15.68×10^{-6}	11.90×10^{-6}
ヤング係数 E (N/mm ²)	0.50	3140
ポアソン比 ν	0.45	0.35
粘着力 c (N/mm ²)	0.012	-
内部摩擦角 ϕ (°)	37.0	-
ダイレイタンシー角 ψ (°)	7.0	-

表-2 解析ケース
(遠心模型実験の実験ケース)

	補強材	打設角度
CASE1	無	-
CASE2	有	90°
CASE3	有	70°

キーワード 地山補強土工法，有限要素法，遠心模型実験

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 地盤環境工学研究室 TEL. 03-5707-2202 E-mail: g1581718@tcu.ac.jp

4. 解析結果

4.1. 法肩変位

図-2 に法肩中央における水平鉛直変位の有限要素法による解析結果, 遠心模型実験の結果と遠心加速度を示す. 図-3 に遠心模型実験と有限要素解析における法肩水平変位及び鉛直変位を示す.

図-2, 図-3 より法肩変位は CASE2 のとき, 無補強(CASE1)と比較すると大きな変化が見られなかった. 一方, CASE3 の場合の法肩水平変位, 鉛直変位は遠心模型実験, 解析共に小さくなり, 打設角度の変更により法肩変位を抑制することができた. これらの傾向は遠心模型実験, 解析共に同じであった.

また 40G の法肩変位において, 法肩水平鉛直変位における解析及び遠心模型実験の結果は近い値になった. しかし 10~30G のときは大きく異なっていた. 解析結果は遠心加速度に対して比例的に変位が上昇している. 一方, 遠心模型実験結果は遠心加速度の増加と共に徐々に増加していた. これは遠心模型実験での土槽側面の境界条件などの違いによるものと考えられる.

4.2. 補強材軸力

図-1 で示した中段中列の補強材軸力を抽出し, 遠心模型実験の軸力と比較した. 図-4 に中段中列の補強材軸力 N と模型表面からの層厚 L を示す. 図-4 より CASE2 では L が深くなるほど N が小さくなっており, 補強材に圧縮の力が働く傾向を示した. しかし CASE3 では解析, 遠心模型実験共に N は常に正になり, 補強材に引張力が働いている. よって打設角度 70° の CASE3 では補強材の引張抵抗力による補強効果が高かったと考えられる. また遠心模型実験と解析における N の傾向は CASE2, CASE3 共に類似していた.

5. まとめ

既往の遠心模型実験における模型斜面モデルの重力加速度を増加させ, 有限要素解析により遠心模型実験をシミュレーションした. 法肩水平鉛直変位は打設角度 70° のときが最も小さくなり, 変形抑制効果が見られた. 補強材軸力は打設角度 70° のとき, 引張力が大きくなり, 引張抵抗力による補強効果が高くなったと考えられる. 全体の挙動として, 解析と遠心模型実験は共にその傾向が類似した傾向が類似しており, 遠心模型実験にて未実施の項目等も含めて, 今後, 地山補強土工法の補強効果について検討する予定である.

<参考文献>

1)副田尚輝,岩佐直人,笠原啓,伊藤和也:補強材打設角度と頭部連結が斜面安定化に与える影響に関する遠心模型実験,第 50 回地盤工学研究発表会,DVD-ROM,2015. 2)社団法人地盤工学会:地盤技術者のための FEM シリーズ② 弾塑性有限要素法がわかる,社団法人地盤工学会,pp.189-195,2004.

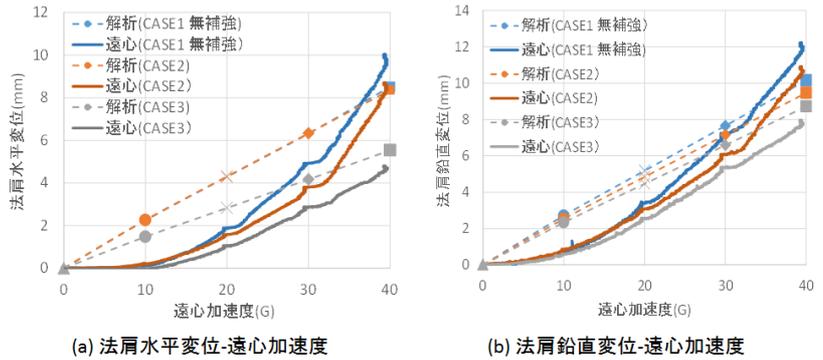


図-2 法肩変位-遠心加速度

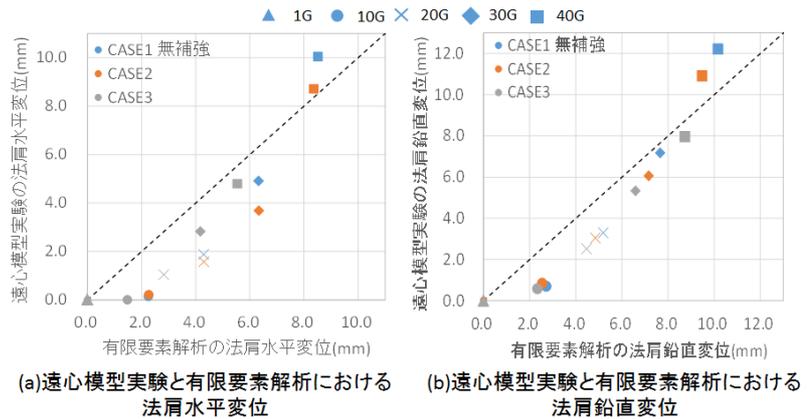


図-3 遠心模型実験と有限要素解析における法肩変位

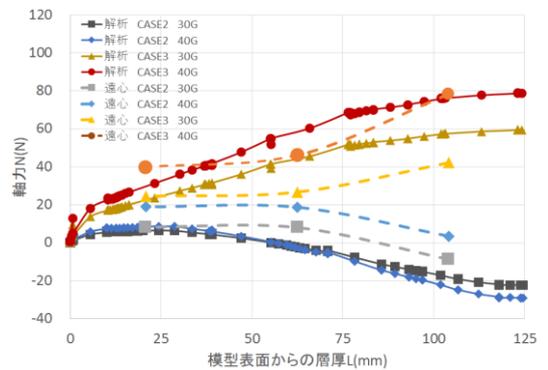


図-4 中段中列の補強材軸力-模型表面からの層厚 (引張+, 圧縮-)