

棒状補強材による補強盛土の対策効果に関する解析的検討

盛土補強 動的解析 安定解析 八千代エンジニアリング 正会員 ○吉川修一 正会員 加茂由紀彦
正会員 佐々木直也
高速道路総合技術研究所 国際会員 中村洋丈 正会員 藤岡一頼
正会員 細田寿臣

1. はじめに

高速道路における既設盛土の補強対策として、筆者らは棒状補強材による盛土補強土工の設計法を検討してきた。しかし、補強材配置はレベル 2 地震時の安定性照査で決まり、かなり密な配置になることがわかった。一方、動的遠心実験¹⁾や補強材引抜き試験²⁾等より、補強材間隔を広くし、補強材量を削減できる可能性も見えてきた。

本研究は、盛土補強土工の二次元 FEM 逐次非線形解析により、補強材間隔や法枠の有無を変えたケーススタディを行い、補強材、法枠の補強効果を数値解析的に評価するとともに、現設計で用いているニューマーク法の解析結果との比較を行い、補強材量の削減の可能性について考察するものである。

2. 解析条件

(1) 解析モデル

盛土補強土工の諸元を表 1、解析モデルを図 1 に示す。盛土材は脆弱岩、盛土高 21m、法面勾配 1:1.8、水位は盛土高の 1/3 とした。基礎地盤は盛土相当の弾性地盤で崩壊しないようにした。補強材はφ90(鉄筋 D32 + グラウト)、長さ 20m、打設角度 30° とした。解析コードは FLIP、盛土の τ - γ モデルは多方向のせん断変形の非線形挙動が解析できるマルチスプリング・モデルを使用した。解析定数を表 2 に示す。せん断強度は飽和土($c=30\text{kN/m}^2$, $\phi=20^\circ$)、不飽和土($c=14\text{kN/m}^2$, $\phi=25^\circ$) とした。動的変形特性は東名牧之原の盛土材の試験値³⁾、レイリー減衰 $\alpha=0$, $\beta=0.005$ とした。構造部材は全て弾性とし、定数は奥行 1m 当りに換算した。盛土と補強材、盛土と法枠の間には剥離・ずれを考慮する接触要素を用いた。入力波は道示のレベル 2 地震動タイプ 2 (II-II-2) をモデル底面に与え、側面は粘性減衰とした。

表 1 盛土補強土工の諸元

項目	解析条件
盛土	盛土材:脆弱岩 寸法:高さ21m,勾配1:1.8 水位:盛土高の1/3
補強材	径:φ90(D32・ σ 24N/mm ²) 長さ:20m 打設角度:30° 打設間隔:1.8m,3.0m,4.2m
法枠	断面:300×300mm 材料: σ 18N/mm ² ・D16
入力波	道示,レベル2(II-II-2)

表 2 解析定数

湿潤密度	kN/m ²	19
間隙率	-	0.366
ポアソン比	-	0.45~0.49
粘着力	kN/m ²	20,25
内部摩擦角	°	30,14

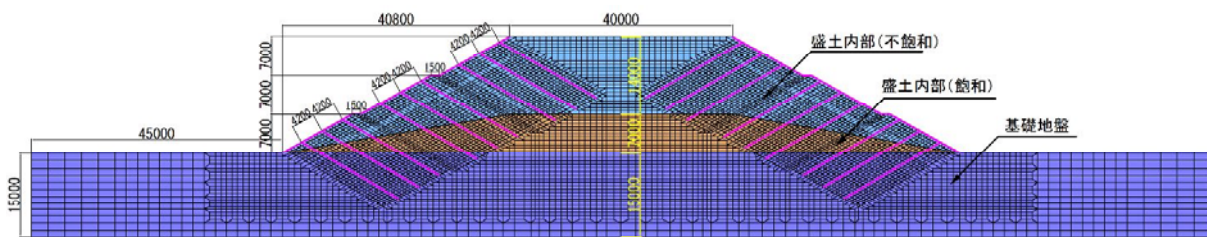


図 1 解析モデル (Case2-3 の場合)

表 3 解析ケース

(2) 解析ケース

解析ケースを表 3 に示す。無補強(Case1), 補強材 + 法枠(Case2), 補強材のみ(Case3)とした。Case2 は補強材間隔の違いによる効果, Case3 は法枠の有無による効果を調べた。現計画の間隔 1.8m である。

No.	補強間隔	法枠	モデル概要図
1	-	-	
2-1	1.8m	有	
2-2	3.0m		
2-3	4.2m		
3-1	3.0m	無	
3-2	4.2m		

Analytical study on the effect of reinforced embankment by rod reinforcement

Shuichi YOSHIKAWA, Yukiiko KAMO, Naoya SASAKI (Yachiyo Engineering Co.Ltd)
Hirotake NAKAMURA, Hiroomi/HOSODA, Kazunori FUJIOKA (Nippon Expressway Research Institute Co.Ltd)

3. 解析結果

(1) 補強材間隔の違いによる補強効果

各ケースの加振後の最大せん断ひずみ分布を図 2 に示す。最大せん断ひずみは多重せん断ばねの最大値を表す。天端沈下量を見ると、補強材無は法肩、補強材有は中央付近で最大となる傾向がある。Case1,2-1 より補強により高ひずみ範囲が大幅に小さくなっていることがわかる。Case2-1,2-3 より密な配置(1.8m)にすると補強領域内にひずみが全く発生していないのに対し、粗い配置(4.2m)にすると法面付近と飽和領域で若干ひずみが大きくなっているが、崩壊するまでには至っていない。補強材の変形を見ると Case2-3 は盛土の変形に補強材が追従していることがわかる。以上より、補強材本数を少なくすると補強領域内の変形、天端の沈下量が大きくなる傾向が見られるが、粗い配置にしても崩壊には至っていない。

(2) 法枠の有無による補強効果

Case2-3, 3-2 を比べると、法面付近のせん断ひずみは小さいが、盛土下方ではらみ出しが生じている。また、飽和領域のひずみが高まり、補強材の変形も大きくなっている。せん断ひずみ 10%以上の範囲が盛土天端に達しており崩壊に近い状態にあると考えられる。以上より、法枠は法面形状を保持する効果と補強領域の安定性向上に寄与していると考えられる。

(3) ニューマーク法の残留変位量との比較

ニューマーク法による残留沈下量の解析結果を表 3 に示す。解析条件は動的解析と極力同じにしている。動的解析(枠有)では補強材間隔を変えても沈下量に差が現れず、4.2m まで拡大しても残留沈下量 1m 以内に収まる結果となった。ニューマーク法では間隔に応じて沈下量も大きくなっている。以上より、解析手法によって残留沈下量の評価結果に相当の違いがあることがわかった。これまでニューマーク法を用いて残留沈下量の算出、補強材配置の設定を行ってきたことから、解析手法を適切に選定することにより、合理的な補強材配置を行うことができる可能性がある。

(4) 補強材による補強効果の考え方

本工法の特徴は、通常よりも長い補強材(20m 相当)を用いていることである。長尺補強材を打設することにより、盛土と補強材の複合地盤が形成され、地震時のせん断変形を抑制している。補強材本数を少なくすると補強領域が徐々に不安定化し、天端沈下量も増加する。補強領域の安定性と補強材密度のバランスが設計法のポイントになると思われる。

4. まとめ

動的解析結果より、補強材間隔を広げても補強領域の安定性が得られ、補強材量を大幅に削減できる可能性があることがわかった。また、法枠も盛土の安定性に一定の効果があることもわかった。しかしながら、解析手法によって、盛土の残留沈下量の評価に大きな差があることも明らかになったことから、今後動的解析方法の妥当性を検証するとともに、合理的な補強材配置の設計手法について検討していく。

参考文献 1) 中村ら：棒状補強材による補強盛土の対策効果に関する振動台実験，第 52 回地盤工学発表講演集，pp.1059-1060，2017。 2) 藤原ら：盛土補強に用いる棒状補強材の引抜き抵抗力に関する評価，第 51 回地盤工学発表講演集。 3) 駿河湾の地震における高速道路被災盛土材の強度および変形特性，地盤工学会第 45 回地盤工学発表講演集，2010。

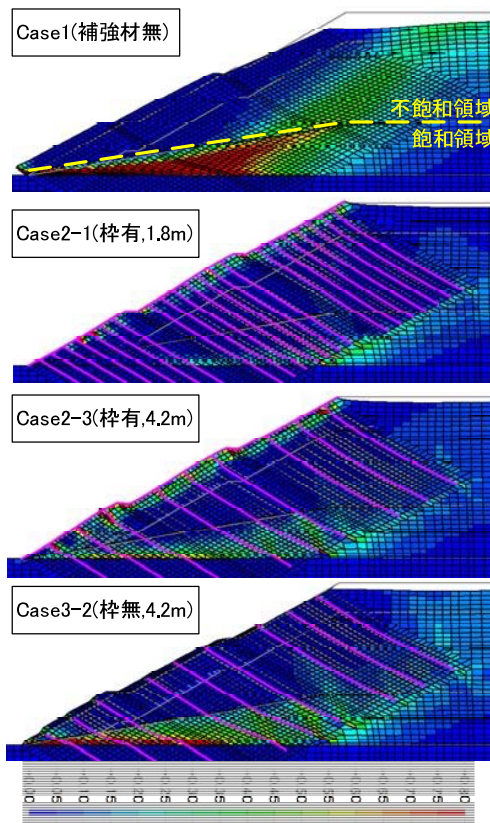


図 2 加振後の最大せん断ひずみ分布図

表 3 動的解析とニューマーク法の残留沈下量

補強材間隔	1.8m	3.0m	4.2m
動的解析(枠有)	0.63m	0.68m	0.75m
動的解析(枠無)	—	1.03m	1.07m
ニューマーク法	1.04m	2.09m	2.72m

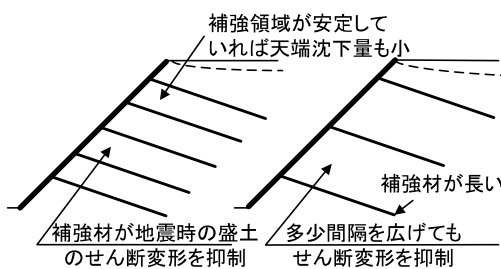


図 3 長尺補強材による補強効果の考え方