

盛土補強土工法における法面工の補強効果に関する解析的検討

八千代エンジニアリング(株)	正会員	○加茂	由紀彦
八千代エンジニアリング(株)	正会員	吉川	修一
(株)高速道路総合技術研究所	正会員	中村	洋丈
(株)高速道路総合技術研究所	正会員	細田	寿臣
(株)高速道路総合技術研究所	正会員	藤岡	一頼

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と法枠工による盛土補強土工の設計法を検討してきた。標準モデルとして、盛土高 21m の脆弱岩盛土で安定計算を行ったところ、補強材配置はレベル 2 地震時の安定性照査で決まり、補強材間隔 1.8m、補強材長 20m とかなり密な配置になることがわかった。法面工は法枠を標準としているが、一般に補強材間隔が狭いほど、補強材長が長いほど、法面工は柔なもので良いとされることから、法面工の断面、構造について検討が必要と考えられる。

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、補強材間隔と法枠の有無を変えたケーススタディを行い、法枠の補強効果に着目した検討を行う。

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 $\phi 90$ (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 (全応力解析)、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。不飽和領域のせん断強度は、既設盛土の再構成・不飽和圧密非排水 (CUbar) 三軸圧縮試験結果から求めた下限値の 0.9 倍 (地震時) とし、 $c=30\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=20^\circ$ とした。飽和領域のせん断強度は設計要領¹⁾の方法で求められるせん断強度 (法尻で $\tau=25\text{ kN/m}^2$ 、層中心で $\tau=94\text{ kN/m}^2$) となるように、 $c=25\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=14^\circ$ とした。動的変形特性は東名牧之原の盛土材の試験値²⁾、レイリー減衰 $\alpha=0$ 、 $\beta=0.005$ とした。補強材、法枠は全て弾性とし、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、側面は粘性境界とした。

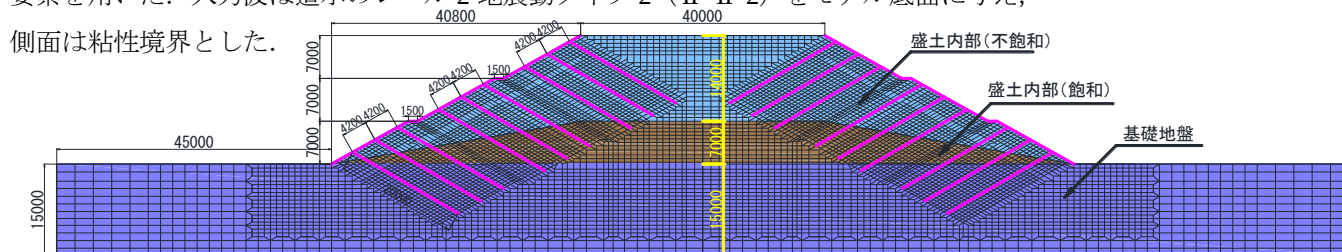
図 1 盛土補強土工の諸元と解析モデル

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: $\phi 90(D32 \cdot \sigma 24N/mm^2)$ 長さ:20m 打設角度:30° 打設間隔:3.0m,4.2m
法枠	格子形状(格子交点に補強材) 断面:300×300mm ² 材料: $\sigma 18N/mm^2 \cdot D16$
入力波	道示レール2(Ⅱ-Ⅱ-9)

表 2 解析定数

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



(2) 解析ケース

図1 解析モデル (Case2 の場合)

表 3 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。3 ケースの結果を比較し、法枠の有無による補強効果を調べた。

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

キーワード 盛土補強土，耐震検討，動的FEM解析

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8

八千代エンジニアリング株式会社 総合事業本部 地質・地盤部 TEL 03-5822-2385 FAX 03-5822-2799

3. 解析結果

【Case2 (法枠有)】

位置	水平変位 (m)	鉛直変位 (m)
法肩	-0.43	-0.12
法面中央	-0.45	-0.45
法尻	-0.08	-0.03

【Case3 (法枠無)】

位置	水平変位 (m)	鉛直変位 (m)
法肩	-1.01	-0.81
法面中央	-1.75	-0.07
法尻	-0.02	0.00

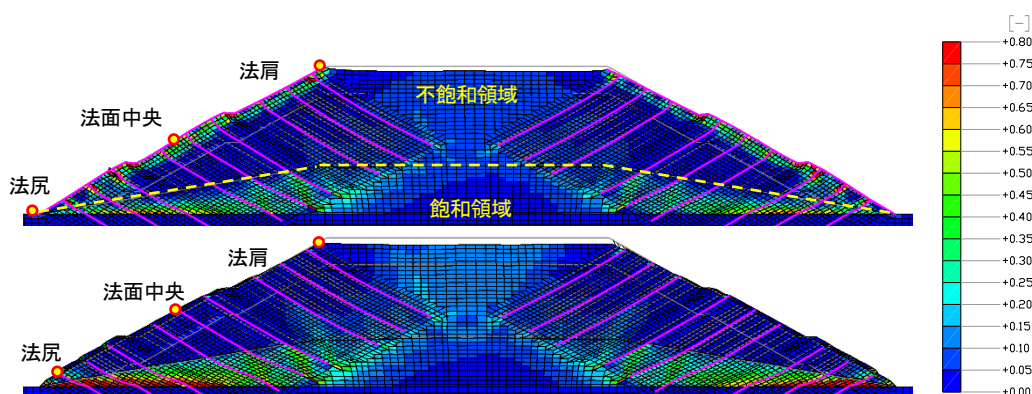


図2 加振後の変形+最大せん断ひずみ分布

(1) 法枠による盛土の変形抑制効果

Case2, 3 の加振後の変形図および最大せん断ひずみ分布図を図2に示す。法面の変状を見ると、法枠が無い場合は盛土下方や補強材間で盛土材のはらみ出しが生じていることから法枠は法面形状を保持する効果がある。盛土内部のせん断ひずみを見ると、法枠無の方が盛土法尻から盛土天端まで進展していることから、法枠は盛土全体のせん断変形を抑える働きがあると考えられる。次に加振後の盛土天端の沈下量を図3に示す。Case1は法肩付近、Case2, 3は中央付近で沈下が卓越する。天端中央の沈下量は、Case2で65cm, Case3で98cmと30cm程度の差が見られる。以上より、法枠の盛土の変形抑制効果として、法面形状の保持、盛土天端の沈下量抑制、深いすべり破壊の抑制があることが示された。

(2) 法枠の有無による補強材引張軸力の比較

Case2, 3における加振中の補強材軸力(引張力経験最大)の分布図を図4に示す。法枠有(Case2)では、上段・中段・下段で分布の傾向が異なる。盛土下段で最大値を示し、補強材頭部から10m程度まで200~500kN/本の引張力が発生する。一方、法枠無(Case3)では、軸力分布は上段・中段・下段でほとんど変わらず、頭部から12m程度の位置で400kN/本の引張力が生じる。法枠有では補強材頭部で引張力が卓越することから、盛土を押え付ける効果が生じ、法面形状の維持や表層崩壊の抑制効果に寄与していると考えられる。ただし、補強材を弾性部材としているため、一時的に降伏応力を超過している箇所があり、補強材の効果を過大に評価している可能性があるため、今後は非線形部材での評価が必要である。

4. まとめ

本検討より、補強材に法枠を組み合わせることで、盛土の変形を抑制する効果があることが分かった。今後は、補強材配置と法面工の合理的な組み合わせの検討のほか、補強材や法枠、補強材と法枠の接合部の非線形性に着目した照査方法を検討し、盛土補強土工の合理的な設計法について検討していく。

参考文献

- 1) 東日本高速道路株式会社 中日本高速道路株式会社 西日本高速道路株式会社：設計要領第一集土工編，平成28年8月，p4-19.
- 2) 中村ら：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.
- 3) 吉川ら：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，地盤工学会第53回地盤工学発表会（投稿中），2018.

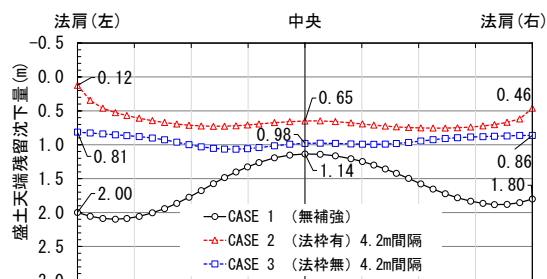


図3 盛土天端の残留沈下量

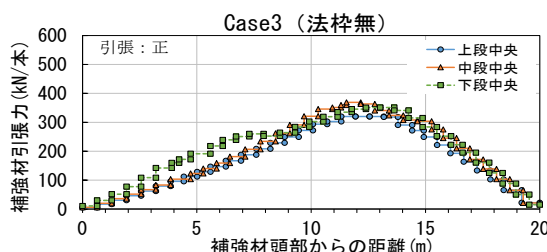
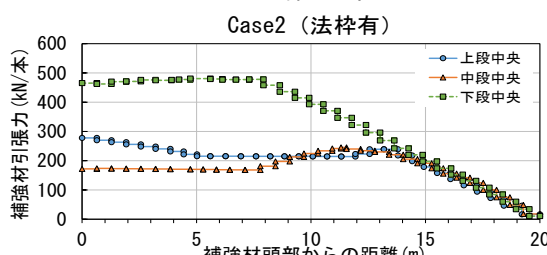


図4 補強材軸力分布(引張力経験最大)

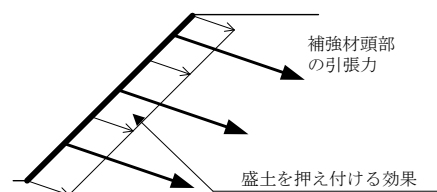


図5 補強材頭部引張力発生時の法枠の効果