

盛土本体への耐震補強工法に関する解析的検討

株式会社大林組 正会員 ○佐藤 清

株式会社大林組 フェロー会員 松田 隆

1. はじめに

盛土構造物の耐震性能は、盛土本体と下部地盤の地震時挙動に依存する。下部地盤の地震時挙動が問題となる場合（例えば液状化地盤や軟弱粘性土地盤など）、盛土本体に甚大な被害生じる可能性があり、地盤改良などの対策工法が提案されている。一方、下部地盤が健全であっても、盛土そのものが脆弱な場合や、地震力が非常に強い場合は、盛土本体に円弧滑りや天端クラックなどの被害発生が予想される。このようなケースでは盛土本体への耐震補強が必要であり、その1つの例としてアースネイリング工法を挙げることができる。筆者らはアースネイリング工法の耐震効果を調べるために逐次非線形型の動的応答解析を実施し、ネイリングの長さによる効果の違いやのり面工との組合せによる効果の変化などを評価した。

2. 解析モデル

検討対象とした盛土を図-1に示す。盛土は高さ6m、天端幅10.8m、法面勾配1:1.5とし、表層付近では中央部よりも小さなせん断波速度を与えた。対策工はアースネイリング工であり、図-3に示すように未対策のほか、ネイリング長さやのり枠工との組合せにより4ケースの対策案について計算を実施した。アースネイリング工は地盤に鋼製あるいはFRP製の心材を打ち込み、周囲にグラウトを充填することで地盤との付着を得る工法であり、補強材の引っ張り抵抗により盛土の安定性を向上させる。今回の検討ではD19異形鉄筋を、奥行き方向に2mピッチで打設するものとした。のり枠工はピッチ2mのコンクリート製格子枠を想定した。解析モデルは盛土本体のみとし、盛土底面は固定条件とした。また、解析には逐次非線形型の動的解析コード（EFFECT）を使用し、盛土の非線形性を考慮した。対策工はアースネイリング工、のり枠工ともに線形梁要素とした。対策工と盛土との境界は、本来、JOINT要素や非線形ばねなどを設定すべきであるが、今回は基礎的な検討であることから、アースネイリング工と盛土は拘束条件（節点共有）とし、のり枠工と盛土は水平方向の変位は拘束し、鉛直方向には別々に変位するよう（水平方向のみMPC拘束）設定した。

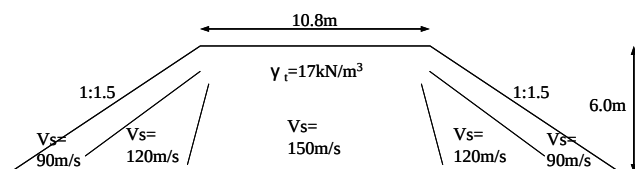


図-1 検討モデル（盛土の形状と土質）

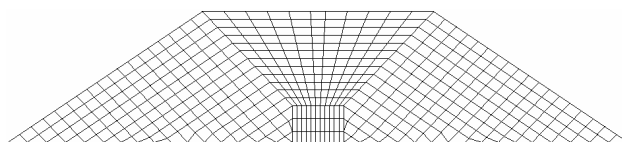
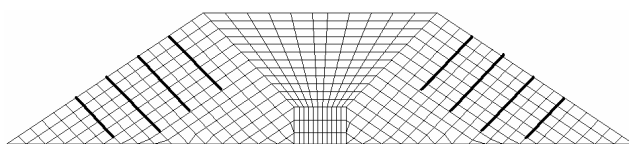
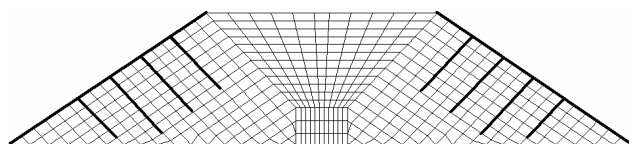


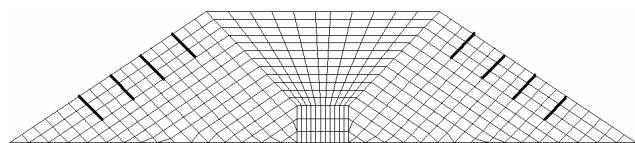
図-2 未対策モデル



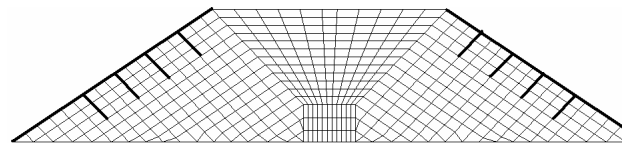
【case1：アースネイリング工(L=3.5m)】



【case2：アースネイリング工(L=3.5m) + のり枠】



【case3：アースネイリング工(L=1.5m)】



【case4：アースネイリング工(L=1.5m) + のり枠】

図-3 対策モデル

キーワード 盛土，耐震補強，動的応答解析，アースネイリング工法

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL:0424-95-1285

3. 解析結果

図-5 に解析に用いた入力地震波を示す．入力地震波は道路橋示方書に示される 種地盤上のタイプ 地震動（ - -1）とした¹⁾．図-6 に対策ケース（case1～4）における，盛土のり肩の水平方向の広がり量を示す．図では未対策（case0）におけるのり肩の最大広がり量を 1.0 としたときの相対値を示した．また，図-7 には対策ケース（case1～4）における，最終変形図およびせん断ひずみ分布を示す．case1 と case2，あるいは case3 と case4 を比較すると，アースネイリングによってのり枠工を盛土に固定した場合，アースネイリングのみのケースよりものり肩の広がりや堤体ひずみの抑制に効果があることがわかる．このような効果は，アースネイリングの長さに関わらず発揮されている．ただし，case1 と case3，あるいは case2 と case4 を比較すると，ネイリングが短い場合は，のり肩の広がりや堤体内のひずみの抑制効果が低下している．図-7 に示すせん断ひずみ分布を見ると，case3 および case4 ではネイリングの下端に沿ってひずみの大きな領域が存在し，のり面付近のひずみが抑制されても，より深い位置で滑り破壊が発生する可能性も考えられる．また，case1 と case4 を比較すると case1 の方がのり肩の広がりや堤体内のひずみが小さく，盛土の変状抑制についてはのり枠の有無よりもアースネイリングの長さが支配的である．case1 および case2 では中心部の Vs が大きなエリアにアースネイリングが到達しているのに対して，case3 および case4 では表層の Vs が小さいエリア（Vs=90m/s）のみに打設されているに過ぎない．そのため，十分な耐震効果が得られていないと考えられる．

4. まとめ

アースネイリング工法によって盛土本体の耐震補強を実施する場合，ネイリングを単体で使用するよりものり枠工と組合せた方が効果的であることが示された．また，盛土の変状抑制にはのり枠工の有無よりもアースネイリングの長さが支配的であることが示された．アースネイリングの長さに対策効果の関係は，盛土本体の剛性分布に依存すると考えられ，アースネイリングによる補強を実施する場合は，盛土本体の物性値をできるだけ正確に把握し，動的応答解析などによって合理的に長さを決めることが望ましい．

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書（ 耐震設計編），平成 14 年 3 月，pp304-310．

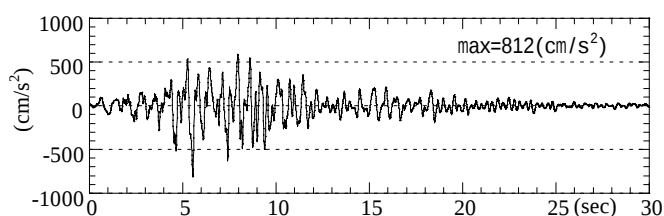


図-5 入力地震波

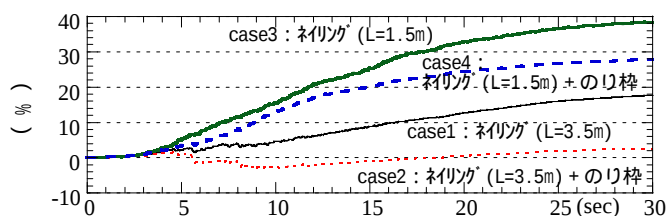
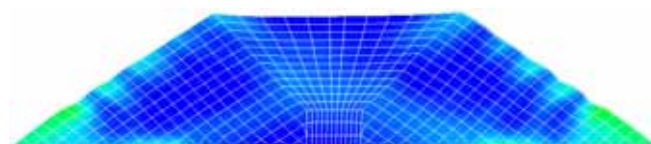
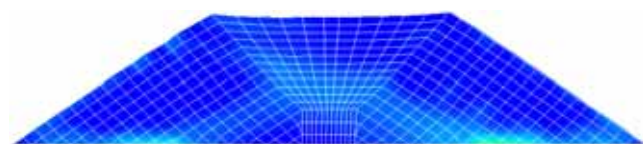


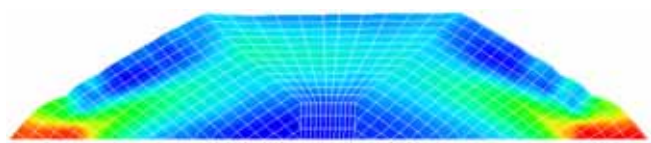
図-6 のり肩の広がり量（相対値）



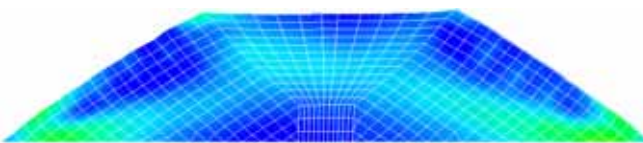
【case1：アースネイリング工(L=3.5m)】



【case2：アースネイリング工(L=3.5m) + のり枠】



【case3：アースネイリング工(L=1.5m)】



【case4：アースネイリング工(L=1.5m) + のり枠】



図-7 残留変形および残留せん断ひずみ