

切土抑止壁として用いた縦打ち地山補強土工法の動的解析

福島工業高等専門学校 学 ○金子友美 正 加村晃良

1. 研究背景と目的

国土の約 2/3 が山林である我が国では、効率的な土地利用が常に課題となる。平坦な土地をより多く確保する目的で斜面を急勾配で安定させるとき、補強土工法は選択肢の一つとなる。その中でも、複数段からなる斜面において、小段の上部から補強材を縦に打設する工法（縦打ち補強土工法、以下本工法）が適用できれば周辺の土地利用への影響が最小限で済む。

しかし、縦打ち補強土工法の先行事例はいくつかあるものの、現状では設計法が確立されていない¹⁾。特に地震時の検討では、変形モードや壊れ方を想定したものである必要がある。そこで本研究では、基礎的検討として地震時における縦打ち地山補強土工の動的解析を行い、実務的な設計を見据えて変形モードを明らかにすることを目的とする。

2. 解析の概要

本研究では解析コード PLAXIS を用いた。土は拘束圧依存性を表現できる双曲型の弾塑性モデル²⁾とし、土のせん断履歴は Masing 則に従うものとした。設定した解析パラメータを表-1 に示す。斜面形状は図-1 に示すとおり高さ 8m、2 段からなる形状を設定した。補強材はルートパイル工法を想定しており、長さ 8m、直径 115mm とした。補強材の配置は 0.5m 間隔で前後 2 列の千鳥配置とした。補強材の頭部キャッピングは厚さ 30cm の鉄筋コンクリートを板要素でモデル化し、頭部を剛結合とした。斜面の前面壁も同様の物性とした。

補強材は直径 115mm のセメントミルク外径に対して異形鉄筋 D29 の芯材を挿入するが、これらは弾性係数比に応じた等価剛性を与えて線形はり要素でモデル化した。

解析手順は、①2 段からなる緩勾配斜面（1:2.0）を自重解析して初期応力を決定する、②縦打ちの補強材を設置する、③下側の斜面を急勾配（1:0.5）で 2 段階掘削し、斜面の前面壁を設置する、④地震波による動的解析を行う、とした。入力した地震波形³⁾は図-2 に示すとおりである。

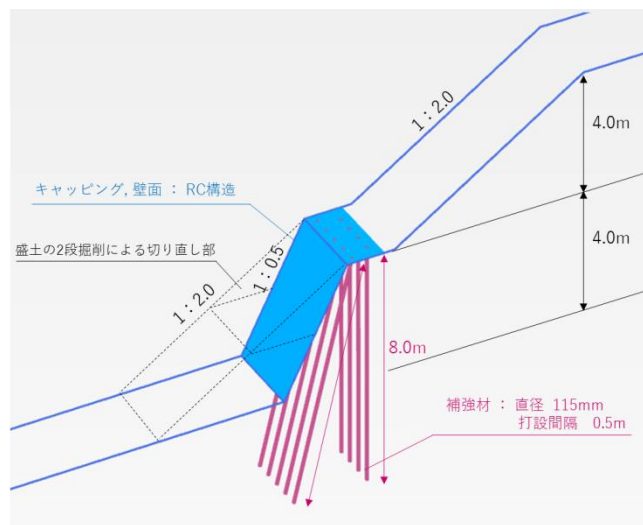
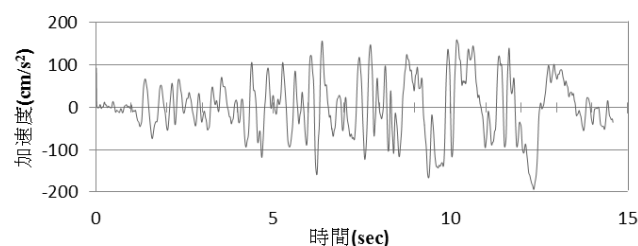


図-1 3次元解析モデルの概要

表-1 解析パラメータ一覧

土のパラメータ			
変形係数	E_{50}	(kN/m ²)	1.4×10^4
初期せん断弾性係数	G_0^{ref}	(kN/m ²)	1.0×10^5
規準ひずみ	$\gamma_{0.7}$	(-)	1.5×10^{-4}
ポアソン比	ν	(-)	0.2
粘着力	C	(kN/m ²)	10.0
内部摩擦角	Φ	(°)	30.0
単位体積重量	γ	(kN/m ³)	18.0
はり要素のパラメータ			
ヤング係数	E	(kN/m ²)	1.20×10^7
断面積	A	(m ²)	2.05×10^{-2}
断面2次モーメント	I_2, I_3	(m ⁴)	9.10×10^{-6}
極限周面摩擦力度	T_{skin}	(kN/m)	36.1
板要素のパラメータ			
ヤング係数	E	(kN/m ²)	2.5×10^7
せん断係数	G	(kN/m ²)	1.04×10^7

図-2 入力地震波³⁾

Key Word：補強土工法，有限要素法，動的解析

〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 建設環境工学科

3. 解析結果および考察

図-3 に地震終了後の鉛直方向の変位分布を示す。このコンターの分布より、補強体の背面を境界にして背後斜面が全体的に沈下していることがわかる。この傾向は地震前の解析結果では見られなかったものであり、既往の研究⁴⁾によれば、地震前は背面側の潜在的すべり面上で変位が増大する傾向を示していた。

図-4 (a)には、前面掘削終了後（常時）の偏差ひずみ、(b)には震動終了後の偏差ひずみ分布を示す。掘削終了後は、掘削に伴う床付け面のリバウンドを除き、背後斜面に潜在的すべり線が表れていることが分かる。これに対して(b)の地震終了後では、潜在的すべり線は確認できるものの、偏差ひずみは常時とは異なり補強体の背面側で局所化していることがわかる。一方、前後の補強体で囲まれた土塊内部には偏差ひずみの局所化が確認できない。

以上の結果を整理すると、常時では補強体の背面側に潜在的すべり線が表れ、そのすべり線は補強体内部を通ることから、設計においては斜面法尻付近での構造的な照査が重要になると考えられる。一方で、地震時には背後斜面全体が沈下していることから、設計における沈下量予測では地震時も含めた評価が重要になることを結果は示唆している。

本稿では地盤の変形・ひずみに着目して論じたが今後は補強材の発生断面力と耐力の関係などから、破壊モードに踏み込んだ議論が必要であり、研究課題である。特に補強材のように細長比が大きい部材では地盤とのインタラクション評価も重要であるため、その力学的なモデル化について検討する計画である。

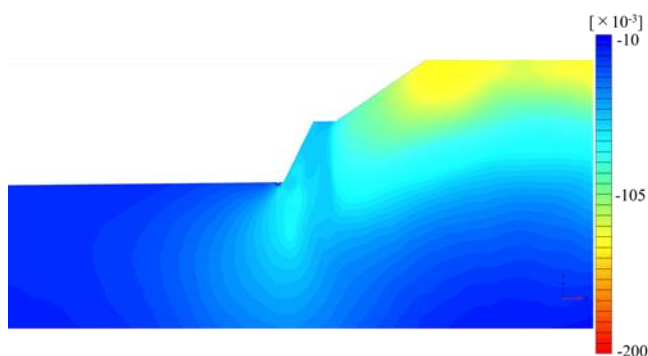
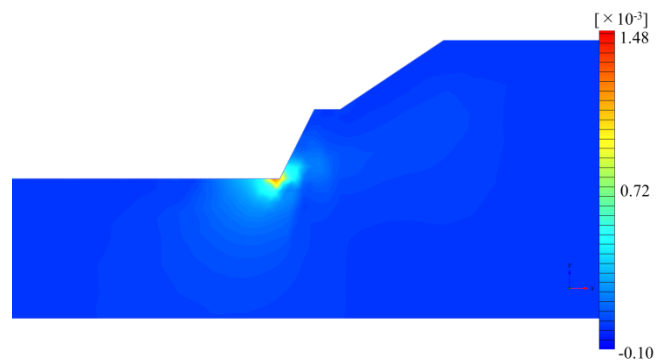
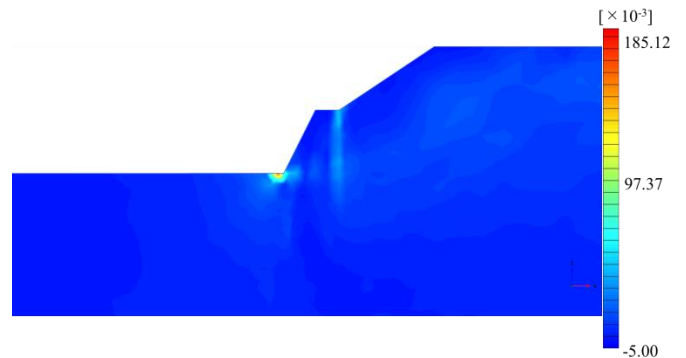


図-3 鉛直方向の変位分布



(a) 前面掘削終了後



(b) 地震終了後

図-4 偏差ひずみ分布

4. まとめ

本研究では、縦打ち地山補強土工法を適用した斜面を対象として動的解析を実施し、斜面の変形に着目した変形モードを評価した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 常時と地震時の変形モードは異なり、地震時には補強体を含む土塊と背後斜面の間でひずみの局所化が起こる。
- (2) このため、すべり破壊のようなモード以外にも、地震時には背後斜面の全体的な沈下とそれに対応した補強土塊の外的安定性が問題となる可能性がある。

参考文献

- 1) 地盤工学会:地山補強土工法 設計・施工マニュアル, 2011.
- 2) Schanz, T., Vermeer, P. A., Bonnier, P. G. (1999). The Hardening Soil Model: Formulation and Verification, Beyond 2000 in Computational Geotechnics. Balkema, Rotterdam, 281-296.
- 3) 気象庁ホームページ「強震波形（福島県浜通りの地震）」(http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/110411_fukushima-hamadori/data/L411E0E6.csv) より「福島県いわき市小名浜 EW 方向の加速度」(http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/110411_fukushima-hamadori/data/L411E0E6.csv) の20秒から34.58秒までを使用
- 4) 加村晃良, 風間基樹, 河井正, 金鍾官, 疋田信晴, 小西成治 (2016): 既存盛土の切土抑止壁として用いる圧縮補強土工法の打設ピッチに関する解析的検討, 第51回地盤工学研究発表会講演集, pp. 1549-1550 土のパラメータ