

縦打ち補強土工法の適用斜面高さに関する数値解析的研究

福島工業高等専門学校 学 〇仲村 誉 正 加村 晃良

1. 研究背景と目的

住宅地や道路等に近接している斜面を補強する場合、一般的な補強土工法では斜面前面から補強材を打設するため、施工ヤード面での制約を受ける．このため、法肩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、この問題を解決することができる．

本工法は補強材の打設方向が地盤内の最大主応力方向に近くなるため、補強材には圧縮力が作用する¹⁾．最小主応力方向に補強材を打設する一般的な補強土工法とは異なり、力学挙動が未解明であり、設計法が確立されていない．そこで、本研究では、本工法を適用した斜面の高さを解析パラメータとし、斜面の力学挙動や補強材の断面力および破壊モード等を評価し、設計上の留意点を考察する．

2. 解析の概要

図 1、表 1および表 2に 3 次元弾塑性有限要素解析に用いた解析モデルの概要を示す．解析コードには PLAXIS を用いた．本工法を適用した斜面モデルの背後に荷重 50kN/m² を載荷し、解析した．解析モデルの斜面高さ h は 4m、6m とし、さらに前面壁の有無による比較も行い、4 ケースを対象に斜面の力学挙動と補強材の各断面力について評価した．

土の物性は、斜面部が N 値 10 相当、支持地盤が N 値 20 相当とし、応力依存型である双曲型の弾塑性モデル²⁾を用いた．斜面勾配 1:1.5 の斜面を 2m ごとの段階掘削で 1:0.5 の勾配で切り直した．補強材の配置は打設間隔が 1.0m で、千鳥配置となるように法肩から打設した．補強材は直径 115mm のセメントミルクと D29 の異形鉄筋から構成しており、これらの弾性係数比に応じた等価な剛性とした線形はり要素モデル³⁾を用いた．キャッピングプレートは補強材頭部に厚さ 30cm の RC 床板を板要素でモデル化した．斜面の前面壁も同様の物性とした．

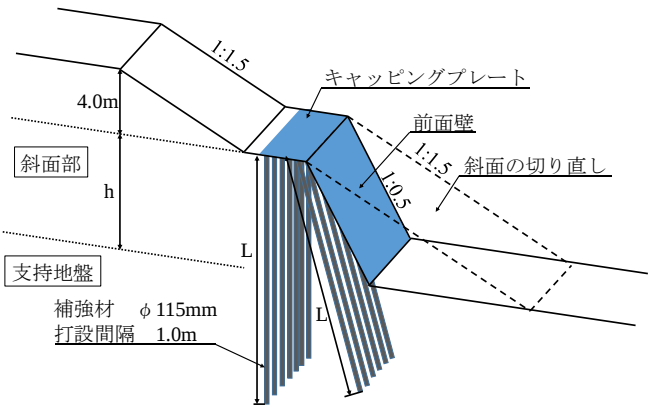


図 1 3次元解析モデルの概要

表 1 解析モデルの基本特性

斜面高さ h	補強材長さ L	前面壁	モデル
4m	8m	あり	Case1
		なし	Case2
6m	12m	あり	Case3
		なし	Case4

表 2 解析パラメーター一覧

		斜面部	支持地盤	
変形係数	E_{50}	7.0×10^3	14.0×10^3	(kN/m ²)
ポアソン比	ν	0.33	0.33	(-)
粘着力	c	10.0	15.0	(kN/m ²)
内部摩擦角	ϕ	30.0	35.0	(°)
単位体積重量	γ	18.0	19.0	(kN/m ³)
はり要素				
ヤング係数	E	2.40×10^7		(kN/m ²)
断面積	A	2.05×10^{-2}		(m ²)
断面2次モーメント	I_2, I_3	1.20×10^{-6}		(m ⁴)
極限周面摩擦力度	T_{skin}	36.1		(kN/m)
板要素				
ヤング係数	E	2.5×10^7		(kN/m ²)
単位体積重量	γ	24.5		(kN/m ³)

3. 解析結果および考察

荷重載荷後の解析結果について、斜面高さ 4m と比べて変位が大きかった斜面高さ 6m の変位の分布を図 2に示す．Case3 と Case4（前面壁ありなし）を比較すると、どちらも荷重載荷面で変位が大きくなっているが、特に Case4 の方が変位の値が大きく、荷

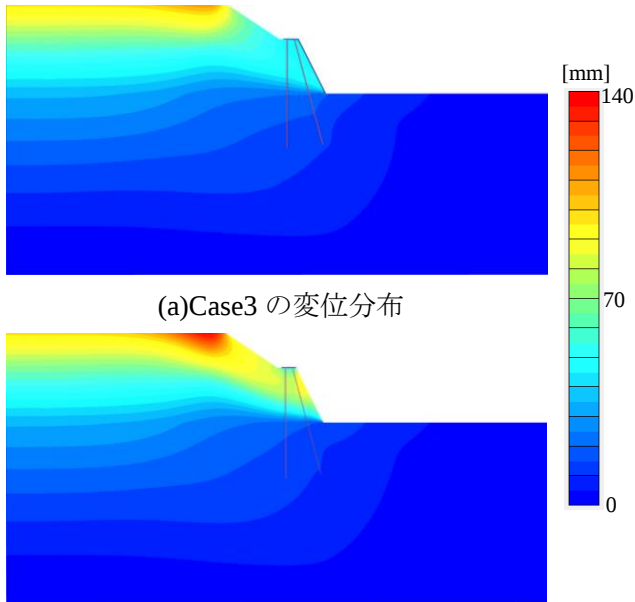
キーワード 補強土工法、マイクロパイル、有限要素解析

〒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

重載荷面から斜面前面側にかけて全体的に変形している。これは前面壁がある場合、斜面の変形が抑えられる一方で、前面壁がない場合、荷重の作用を受けた土が斜面側に変形していると解釈できる。

補強材の各断面力による破壊判定について、表 3 に示す。このうち、斜面高さ 4m, 6m の斜面側の補強材の軸力分布をそれぞれ図 3, 図 4 に、曲げモーメント分布を図 5, 図 6 に示す。斜面高さが高くなると軸力、曲げモーメントともに値が大きくなっていることが分かる。斜面高さ 4m では軸力、曲げによる補強材の破壊はなかった。しかし、6m のケースでは前面壁がある場合、補強材が土圧を軸力で受け持っているため、座屈で壊れている。前面壁がない場合、斜面側にはらみだす変形が大きいため、補強材は曲げで壊れていることが分かる。

以上の解析結果より、本工法の適用斜面高さが高い場合、地盤の変形や補強材の断面力が大きくなることが分かった。また、前面壁は斜面の変位を抑えられる一方で、前面壁の自重が補強材の軸力等の増加の一要因となっていることが分かった。



(a)Case3 の変位分布

(b)Case4 の変位分布

図 2 斜面高さ 6m の変位分布

表 3 補強材の破壊判定

	軸力		曲げ		周面摩擦力	
	背面側	斜面側	背面側	斜面側	背面側	斜面側
Case1	○	○	○	○	○	×
Case2	○	○	○	○	○	○
Case3	○	×	○	○	○	×
Case4	○	○	○	×	○	○

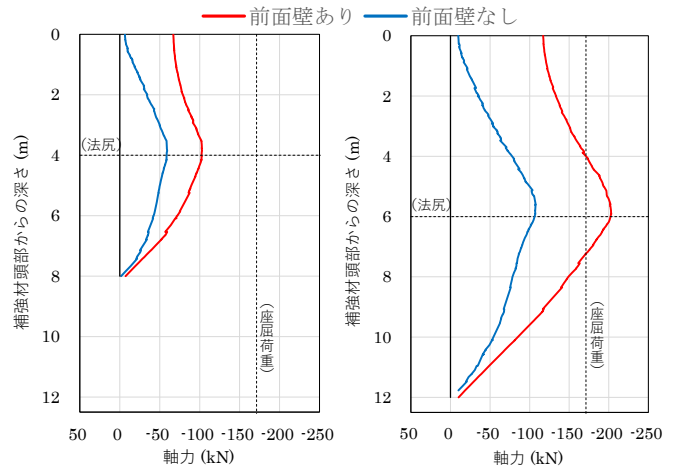


図 3 軸力 (h=4m)

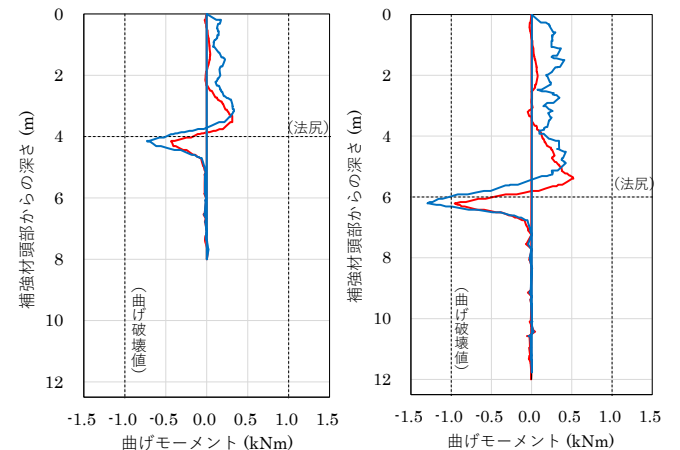


図 5 曲げ (h=4m)

図 6 曲げ (h=6m)

4. まとめ

本研究では、斜面高さと前面壁の有無により本工法適用斜面 4 ケースを対象に力学特性と破壊モードを評価した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 斜面高さが高い場合、斜面の変形が大きくなり、補強材の断面力が大きくなる。
- (2) 前面壁があると、変位が抑えられる一方で、補強材の軸力が大きくなる。前面壁がない場合、斜面の変形が大きくなり、曲げモーメントが大きくなる。

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, pp.281-290.
- 3)A.Kamura, J.Kim, T.Kawai, M.Kazama, N.Hikita and S.Konishi (2017) .Numerical Study on the Design of Reinforced Soil by Vertical Micropiles, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA Vol.48(No.4), pp.10-18.