

受圧板が地山補強土の補強材間隔に与える影響の評価

鉄道総合技術研究所 正会員 ○高柳 剛

東京工業大学

小井戸 菜海

東京工業大学

関 栄

東京工業大学 正会員

高橋 章浩

1. 目的

地山補強土工法はのり面の安定性向上を目的に実務で広く活用されている工法である。この地山補強土に関する各基準では、構造細目で補強材間隔の最大値に対して制限を加えており、1.5m までを目安としていることが多い。しかし本工法を補強材間隔 1.5m で想定すべり面が浅い切土のり面に適用すると安全率がやや過剰になることがある。その場合には、経済性の向上を目的に棒状補強材の設置本数の削減が望まれるが、棒状補強材の設置密度を過度に低減すると、設計上は十分な安全率が得られたとしても補強材間で表層崩壊が発生する懸念がある。一方で、棒状補強材に受圧板を組み合わせる場合には、受圧板がのり面表層を拘束することで表層の安定性が向上し、この効果によって補強材間隔を 1.5m より拡大できる可能性がある。

そこで本研究では、受圧板の有無が地山補強土工法の補強材間隔に与える影響を遠心模型実験によって検討した。

2. 実験方法

本研究では地山補強土が施工された切土のり面の表層の安定性に着目するため、模型地盤はすべり面より地表面側の表層をモデル化している。本実験で用いた模型地盤の寸法を図1に示す。本実験では遠心加速度 30G 場を基準に部材寸法を決定した。30G 場では模型地盤ののり高は 10m、表層厚さは 1.5m に相当する。土槽背面は基盤層にあたりサンドペーパーを貼付けて粗な状態にした。なお土槽側面にはテフロンシートを貼付けて平滑な状態とした。模型地盤は含水比を $w=13%$ に調整した江戸崎砂を用いて相対密度 $D_r=85%$ を目標に構築した。地盤材料および構築地盤の物性値を表1に示す。棒状補強材には $\phi 2.0\text{mm}$ のアクリル棒と $\phi 1.5\text{mm}$ のピアノ線を用いた。棒状補強材の物性値を表2に示す。受圧板には $26\text{mm} \times 26\text{mm}$ 四方のアクリル板を用いた。なお本実験では棒状補強材が基盤層に定着された状態を模擬して、棒状補強材を土槽の背面に直接固定した。実験条件は地山補強の有無、補強材間隔 S_m 、受圧板の有無をパラメータとしており、表3に示すようなケースで実験を実施した。

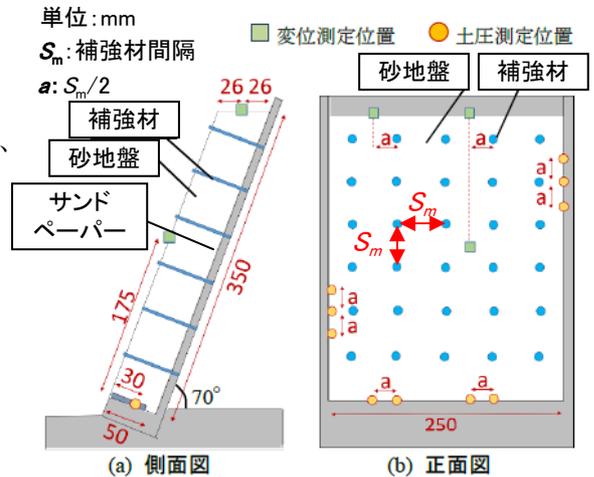


図1 模型地盤の寸法

表1 地盤材料, 構築地盤の物性値

地盤材料	試料名	江戸崎砂
地盤材料	土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	2.72
	50%粒径 D_{50} (mm)	0.219
	最小間隙比 e_{\min}	0.819
	最大間隙比 e_{\max}	1.408
構築地盤	乾燥密度 ρ_d (g/cm^3)	1.45
	含水比 w (%)	13
	相対密度 D_r (%)	85
	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	36.3
	粘着力 c (kN/m^2)	2.05

表2 棒状補強材の物性値

材料	アクリル	ピアノ線
補強材径 (mm)	2	1.5
補強材長 (mm)	50	50
受圧板幅 (mm)	26	26
ヤング率 (GPa)	5.24	205.8
曲げ剛性 ($\text{N}\cdot\text{m}^2$)	0.004	0.051
軸剛性 (kN)	16.4	363

表3 実験条件

	補強材材料	受圧板	補強材本数	補強材間隔 S_m (mm) [模型寸法]
Case1	無補強			
Case2	アクリル ($\phi 2.0\text{mm}$)	なし	30	50
Case3			20	62.5
Case4			15	83
Case5			30	50
Case6	アクリル ($\phi 2.0\text{mm}$)	あり	15	83
Case7			ピアノ線 ($\phi 1.5\text{mm}$)	なし
Case8	ピアノ線 ($\phi 1.5\text{mm}$)	あり	20	62.5

キーワード 地山補強土, ネイリング, 受圧板, 遠心模型実験, 土圧

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 防災技術研究部 地盤防災 TEL:042-573-7263

模型地盤に作用する遠心加速度 a の増加は想定する実物大の補強材間隔 S_p を拡大させることに相当し、表層の安定性は徐々に低下して最終的に崩壊に至る。そこで本実験では各実験ケースで模型地盤に作用する遠心加速度を増加させながら変位計および土圧計による計測を行い、さらにのり面の崩壊状況をカメラで撮影した。こののり面崩壊時の遠心加速度 a と模型の補強材間隔 S_m の関係から、崩壊発生時における実物大相当の補強材間隔 $S_p = a \times S_m$ を求め、受圧板の有無がこの補強材間隔 S_p に与える影響を検討した。

表4 実験結果まとめ

	受圧板	崩壊時遠心加速度 a (G)	補強材間隔 S_p (m) [実物大相当]
Case1	無補強	5	1.7
Case2	なし	34	
Case3		25	
Case4		22	
Case5	あり	44	2.2
Case6		26	2.2
Case7	なし	24	1.2
Case8	あり	48	3.0

3. 実験結果

各実験ケースにおけるのり面崩壊時の遠心加速度 a と、補強材間隔 S_p の関係を表4に示す。受圧板なしの Case2～Case4 に着目すると、無補強の地盤と比較してのり面表層は高い遠心加速度まで自立性を保持している。しかし遠心加速度が増加して実物大に相当する補強材間隔 S_p が 1.5m～1.8m を上回ると表層崩壊に至ることが分かる(写真1右上)。なおこの場合の破壊は、無補強の Case1 と同様にのり面全面で崩壊が発生するモードであった。一方で受圧板のある Case5 と Case6 に着目すると、実物大の打設間隔 S_p が 2.2m 程度から段階的に崩壊が進行した(写真1左下)。なお土槽底面で計測した土圧と遠心加速度の関係を代表的な実験ケースで比較すると、土圧の増加は受圧板を組み合わせたケースが最も小さい結果となった(図2)。これは受圧板を組み合わせた棒状補強材が表層を有効に拘束しているためであると考えられる。しかし Case5 および Case6 では実物の棒状補強材より強度が低いアクリルの補強材の破断をきっかけに崩壊が発生したため、地山補強の効果が実際より過小評価されていると考えられた。そこで Case7, Case8 では補強材を $\phi 1.5\text{mm}$ のピアノ鋼線に置き換えて実験を行った。その結果、Case7 では Case2 と同様に表層の中抜け崩壊が発生したが、Case8 ではより高い遠心加速度 a まで自立性を保持し、実物大の補強材間隔 S_p が 3.0m に相当する条件でのり面下部を中心に補強材間の小規模な崩壊が発生した(写真1右下)。

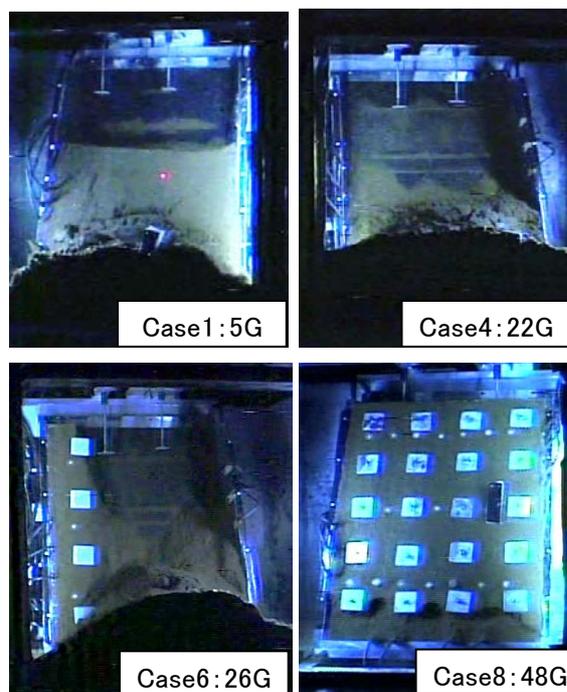


写真1 表層の崩壊モード比較

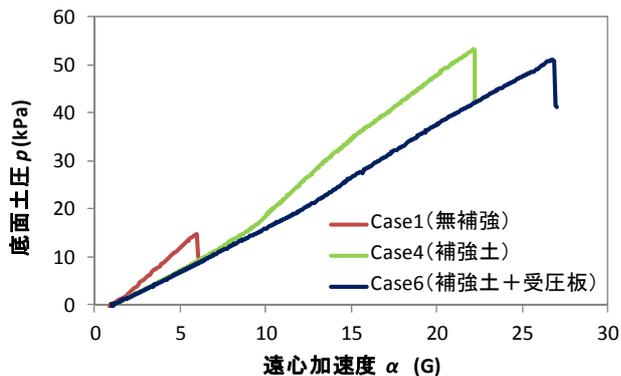


図2 代表ケースの底面土圧の比較

4. まとめ

本実験結果から受圧板による補強材間隔 S_p の拡大効果について、過小評価の可能性はあるが Case4 と Case6 の相対評価で考えた場合には 1.2 倍の拡大効果 (補強材間隔 $S=1.5\text{m} \times 1.2=1.8\text{m}$) があると考えられる。さらに Case8 では補強材間隔 S_p が 3.0m に相当する条件で補強材間の崩壊が発生するまで高い安定性を保ったことから、本実験の基準として想定した高さ 10m 程度の切土のり面に適用する条件では、道路基準で示される条件付きの最大補強材間隔 $S_p=2.0\text{m}$ ¹⁾までを目途に拡大することができると考えられる。

参考文献

1)(公社)地盤工学会：地山補強土工法設計・施工マニュアル，丸善出版，2011，p.82