

自然斜面適用地山補強土工法の降雨時挙動に関する実験的検討

東京電機大学理工学部 安田 進 ○赤羽 馨 石井 千明 渡邊 貴之
日鐵住金建材（株） 岩佐 直人、Nghiem Minh Quang

1 はじめに

自然斜面に適用した鉄筋挿入工法の一つにノンフレーム工法がある。この工法は樹木根系を人工的にイメーしたもので自然環境を損なうことなく斜面を安定化する工法として着目されてきている。筆者等は、この工法の地震時における効果について、模型斜面による振動台実験を主体とした研究を行っている¹⁾。一方近年は、地震だけでなく台風や局地的な豪雨等により、地すべりや斜面崩壊、土石流が日本各地で発生し、甚大な被害をもたらしている。そこで降雨時におけるノンフレーム工法の安定効果を把握する事を目的として、模型スケール 1/10 程度の降雨実験を行ったので、その結果について報告する。

2 実験概要

実験で使用した土槽は、その底部が鋼板であり、この鋼板を基盤に見立てて補強材を固定させ、土砂を詰めることができる構造となっている。地盤作成時に地盤の締め固めが容易になるように土槽全体を水平に保てる構造とし、また実験時に内部の観察ができるように側面はアクリル板とした。なお、土と土槽の摩擦条件として、のり尻部底面には乾燥した同じ試料砂(2mm～425 μ m)を、斜面部底面には#180 紙やすりを設置した。また、側面にはグリスを塗布してメンブレンを貼り付け側面の摩擦を少なくした。

次に、実験手順を説明する。土槽が水平な状態で補強材を設置し、含水比と湿潤密度を調整した鹿沼産まさ土(2mm ふり通過のみ、細粒分含有率 14.2%)を用いて厚さ 15cm の地盤を作製した。その後、補強材頭部にアルミ製の支圧板(50mm×50mm×5mm)、ワイヤー（径 0.81mm、SUS304、初期張力 3N）を設置し、計測機器類を設置した。なお補強材はりん青銅（直径 3mm）である。補強材と計測器の配置を図 1 に示す。計測器設置後チェンブブロックにて、土槽全体を傾斜角 45 度に傾けて固定し、土壌水分計を所定の位置に設置した。その後底面部分に厚さ 15cm の地盤を作製して降雨装置を設置した後、実験を開始した。降雨強度は、降雨装置の最大でかつ安定した値である 50～55mm/h とした。実験条件を表 1 に示す。なお、土壌水分計と巻き取り式変位計の設置位置を図 2 に示す。

3 実験結果

(1) 斜面崩壊挙動について

図 3 に各ケースにおけるのり方沈下量と降雨開始からの経過時間の関係を示す。なお図中の垂線は斜面のり尻が崩壊した時間を示す。斜面のり尻部が崩れ始めてから全崩壊に至るまでの時間を比べてみると、Case.1 では降雨開始 32 分後にのり尻部分が崩れ始めると、その後全体が一気に崩壊した。これに対して、Case.2 で

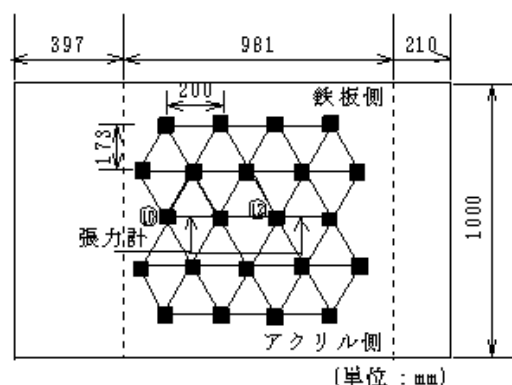


図 1 補強材と計測器の設置

表 1 実験条件

実験ケース	地盤条件		対策工	
			補強材+支圧板	ワイヤー
Case.1	緩い地盤	$\rho_d=1.5(\text{g}/\text{cm}^3)$ $W=11.5(\%)$	-	-
Case.2	緩い地盤	$\rho_d=1.5(\text{g}/\text{cm}^3)$ $W=11.5(\%)$	○	-
Case.3	緩い地盤	$\rho_d=1.5(\text{g}/\text{cm}^3)$ $W=11.5(\%)$	○	○
Case.4	固い地盤	$\rho_d=1.6(\text{g}/\text{cm}^3)$ $W=5(\%)$	-	-

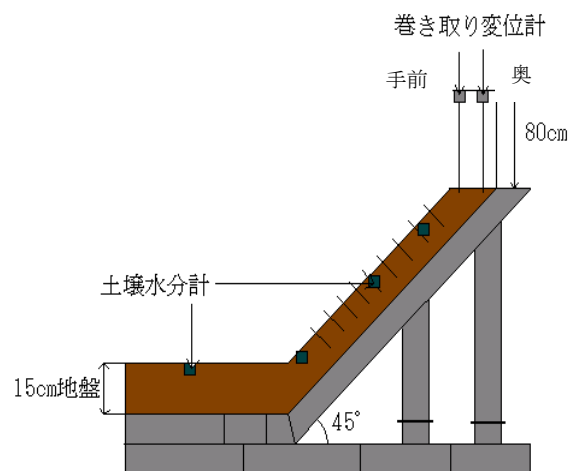


図 2 土壌水分計と巻き取り式変位計の設置位置

は降雨開始24分後にのり尻部分が崩れ始め、徐々に崩れが広がっていくとともに、その部分から水が流出し32分後に崩壊した。なお Case.2 は雨の不均一性により斜面の右側が崩壊したため計測値は一定となったが、崩れた箇所のすべり量は約 6cm であった。Case.3 では降雨開始 28 分後にのり尻付近が崩れ、その後斜面の一部が崩れ始めたが、補強材、支圧板、ワイヤーによって局所的崩壊の拡大には至らないまま 36 分後に全体が崩壊した。このように、対策工を施すことでのり尻部分が崩れ始めてから崩壊に至るまでの時間が無対策に比べて長くなること、崩壊後の変位量が小さくなることが分かった。また地盤が固い Case.4 では、土塊全体が少しずつすべり、降雨開始から 45 分後にのり肩部分に亀裂がはいった後、63 分後に表層 5cm がすべり、66 分後にのり尻部分が崩れ始め、73 分後に全体が崩壊した。このように地盤が固い場合、地盤が緩い条件に比べるとすべり量は極端に小さく、崩壊形態も異なった。

(2) 体積含水率について

図 4 に各ケースにおける土壌水分計から得た体積含水率の同様の関係を示す。各ケースとも降雨開始後 5~10 分で計測器が一気に反応しその後一定となる。また斜面下段の体積含水率が大きくなった時点でのり尻部分が崩れ、各ケースとも体積含水率が 25~30% になると崩壊した。これは地盤が飽和したことで斜面内の土塊重量の増加やサクシンの消失、間隙水圧の増加等が起こり崩壊に至ったものと考えられる。なお地盤が固い場合の体積含水率の値は地盤が緩い条件より小さいことから、地盤が固い場合は、水が地盤内に浸透する前に表層が耐えられなくなり崩壊すると思われる。

(3) 補強材ひずみについて

図 5、図 6 に補強材 12 番の曲げひずみと軸ひずみの同様の関係を示す。図 5、図 6 より、斜面のり尻が崩壊した時点から補強材のひずみが大きくなるが、Case.2 よりも Case.3 の方のひずみが大きく、特に Case.2 では軸ひずみより曲げひずみの上昇が大きく補強材の剛性の影響が現れていることが分かる。一方 Case.3 では曲げひずみ・軸ひずみとも大きく変化しており、これはワイヤーによって局所崩壊が抑制された結果、地盤が一体化し、補強材に大きなひずみが生じたためと考えられる。

4 まとめ

- (1) 緩い地盤ではのり尻部分が崩れ出し一気に全体崩壊に至るが、固い地盤では表層部分がすべった後、徐々にすべり量が大きくなってのり尻部分が崩れた後崩壊する。また、崩壊までの時間は長くなりすべり量は小さくなる。
- (2) 対策工を施すことでのり尻崩壊後から崩壊までの時間を遅くする事ができ、すべり量も大きく抑制する事ができる。また、ワイヤーによる地盤の一体化効果により補強材の効果をより大きくする事ができる。

《参考文献》1) 安田・石井・山田・岩佐・樋口：自然斜面鉄筋挿入工法における地震時の定着部の影響とのり面工の効果に関する模型実験 ,第 41 回地盤工学研究会,2006 年 2) 安田・石井・安楽・田代・岩佐・Nghiem Minh Quang：定着層を設けた斜面モデルに対する鉄筋挿入工法の耐震性に関する実験 ,第 42 回地盤工学研究会,2007 年

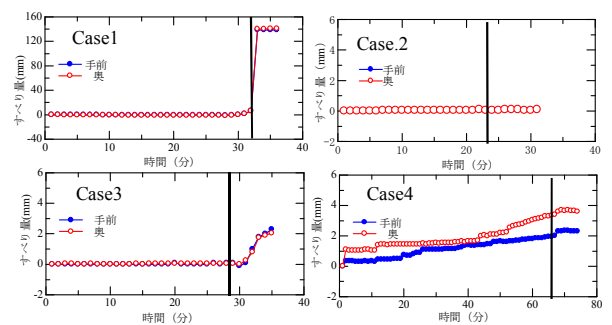


図 3 各ケースにおけるすべり量と時間との関係

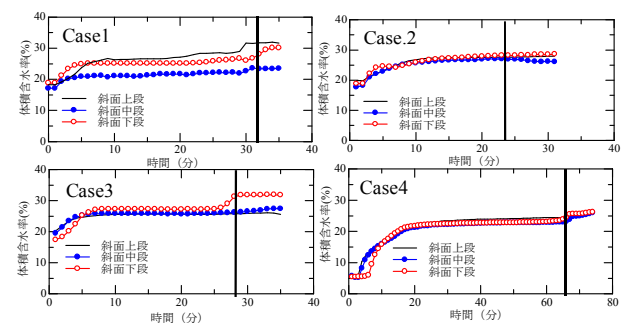


図 4 各ケースにおける体積含水率変化

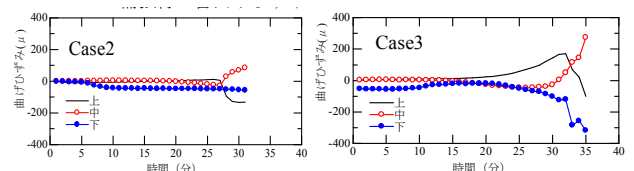


図 5 Case2、Case3 補強材 (12 番) 曲げひずみ

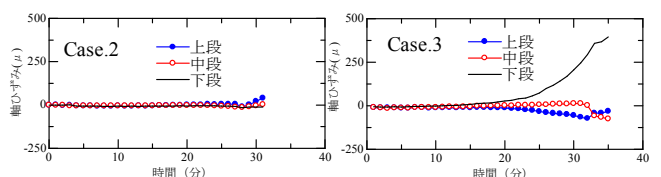


図 6 Case2、Case3 補強材 (12 番) 軸ひずみ