

ネイリングセンサの設置間隔の決定に向けた室内大型土槽実験による検証

(独) 防災科学技術研究所 (元立命館大学)	○檀上徹
立命館大学	藤本将光、深川良一
日鐵住金建材 (株)	岩佐直人、安富懸一
(独) 防災科学技術研究所	石澤友浩、酒井直樹
鹿児島大学	酒匂一成
東日本旅客鉄道 (株)	外狩麻子

1. はじめに

近年、降雨量・降雨強度の増大に伴う斜面表層崩壊が日本各地で発生し、甚大な被害を被っている。斜面表層崩壊の特徴として、斜面に変位が生じてから崩壊までの時間が非常に短いことが挙げられる。これまで、斜面表層崩壊の発生時刻予測に目指した計測は数多くなされているが、当然のことながらこれらはモニタリングのための手法であるため、斜面崩壊に対する抵抗力については考慮されていない。そこで、筆者らはこれまで斜面内の変位のモニタリングおよび斜面抑制力を持った新たな計測概念を持つネイリングセンサ (センサ付き杭) の開発を進めており、実際の 1/10 スケールの室内小型土槽実験により設置効果および設置間隔について検証してきた。本論文では、室内小型土槽実験で得られた結果を基に、大型土槽を作製し実際のスケールのネイリングセンサを 3.0m 間隔で設置した斜面と無設置斜面との比較を行うことで、地盤内の変位のモニタリングおよび斜面抑制力の検証を行った。

2. 実験概要

本実験の物性条件を表-1に示す。試料は、筑波産まさ土を用い、層厚が 1.0m になるように法先から 0.15m ずつ盛土を行い所定の密度になるよう人力で踏み固めた。なお、斜面密度の確認のためサンプリングを実施したが、大きなばらつきは見られなかった。実験条件および計測機器の設置位置を表-2、図-1 に示す。ネイリングセンサ設置斜面のみ、事前降雨として 30mm/h を約 3 時間与えた。本降雨開始時では、降雨強度 50mm/h を与えたが、表面侵食が発生する兆候があったため、開始約 7.5 分後に降雨強度 40mm/h に変更した。実験時間の制約があったため、開始 480 分後に法先を非排水に変えることで、地下水を上昇させ崩壊させた。一方、ネイリングセンサ無設置斜面では、事前降雨なしで本降雨は 40mm/h を一定に与えた。

設置機器として、各段 (上段、中段、下段) に伸縮計、水位計を設置し、ネイリングセンサを上段 2 本、中段 1 本、下段 2 本配置した。図-2 にネイリングセンサのひずみゲージの貼付位置を示す。既往の研究より、崩壊すべり面上部にひずみゲージを取り付けることで、斜面変位と同様の挙動を示すことから、本実験においては底面のモルタルと盛土の境界をすべり面と想定し、すべり面から 270mm 上側から 50mm ごとに 3 箇所設置した。ひずみゲージは、斜面上側と下側の 2 箇所に取り付け、曲げひずみの計測を行った。

3. 実験結果・考察

図-3 に両実験における地表面変位および地下水位の時系列変化を示す。地表面変位発生時刻に大きな差はないが、降雨開始 200 分後から実験 2 の地表面変位が 2 次曲線を描くように上昇した。最終的に、実験 1 は降雨開始 324 分後に、実験 2 は 269 分後に斜面崩壊が発生した。地下水位発生時刻には 100 分以上の大きな時間差がみられた。これは、事前降雨を行った実験 1 は降雨開始時の地盤内の含水量が高かったため、透水性が高くなったと考える。また、地下水位が実験 2 と同等の高さに到達しても崩壊しなかったこ

表-1 物性条件

実験		1	2
ネイリングセンサ設置		有	無
試料		筑波産まさ土	
初期含水比 w	%	4.8	7.2
湿潤密度 ρ_t	g/cm ³	1.697	1.727
乾燥密度 ρ_d	g/cm ³	1.619	1.612
透水係数 k	m/s	4.7×10^{-4}	
最大粒径	mm	9.5	
粘着力 c	kN/m ²	0.0	
内部摩擦角 ϕ	°	37.7	

表-2 実験条件

実験		1	2
境界条件	上面	透水	
	底面	非排水	
	法面	透水	
	法先	排水	
斜面勾配		40°	
降雨強度	事前降雨	30mm/h	なし
	本降雨	50→40→100 →40mm/h	40mm/h

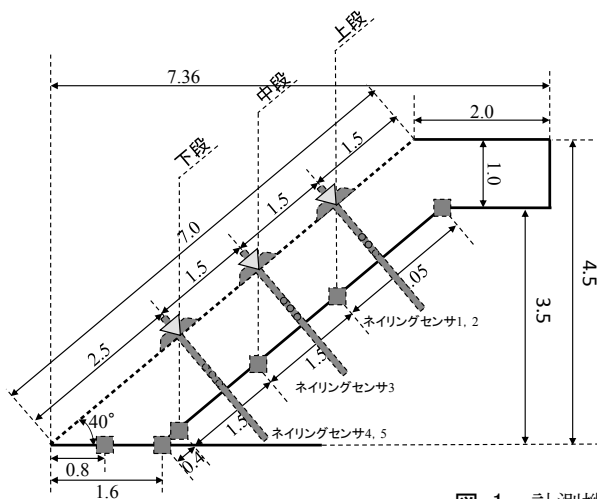


図-1 計測機器の設置位置

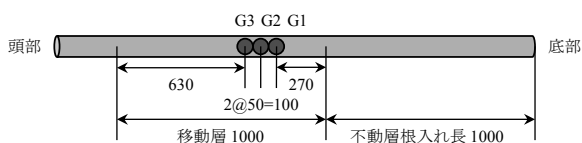
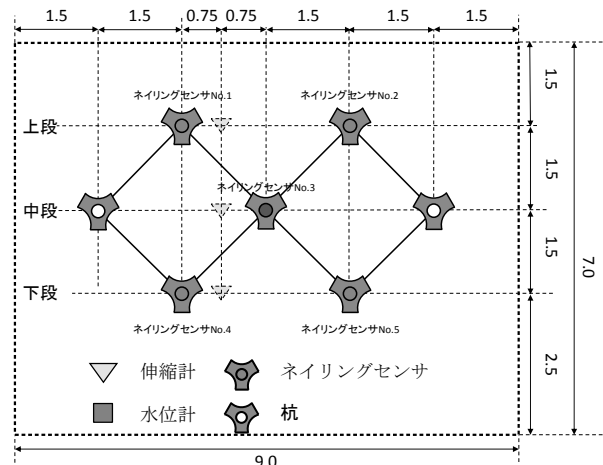


図-2 ひずみゲージの貼付位置

とから、ネイリングセンサの設置間隔 3.0m において、十分な抑制効果が発揮されたといえる。

図-4 に各ネイリングセンサの最もすべり面に近い G1 の曲げひずみと地表面変位との関係を示す。図より各センサの相関係数が高いことから、設置間隔 3.0m においても十分に斜面の変形量を計測することが可能であることが分かる。

4. おわりに

本研究では、既往の室内小型土槽実験の結果を基に実地盤を模擬した大型土槽を作製し、ネイリングセンサを 3.0m 間隔に設置することで、地盤内の変状のモニタリングおよび斜面抑制力について検証した。以下に得られた知見を示す。

1. ネイリングセンサの設置に伴い、崩壊発生時刻が延長され、地下水位の上昇に伴う変位の進行も抑制していることから、斜面崩壊に対する抑制効果は十分に発揮できた。
2. 地表面変位・曲げひずみの関係は相関係数が高いことを示したことから、地盤内の変状の計測は可能であるものと判断できる。

以上より、ネイリングセンサを 3.0m 間隔に設置することで、設置効果が十分に得られた。

謝辞：実験 2 を行うに当たり、神戸大学の芥川真一教授、新都市社会技術融合創造研究会より協力を頂いた。また、本研究を行うに当たり、平成 25 年度砂防学会若手研究助成を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 大村佳正, 檀上徹, 岩佐直人, 酒匂一成, 深川良一: NNS (ネイリングセンサネットワークシステム) の実用化に向けた模型降雨実験による一検討, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2012, pp.53-58, 2012.

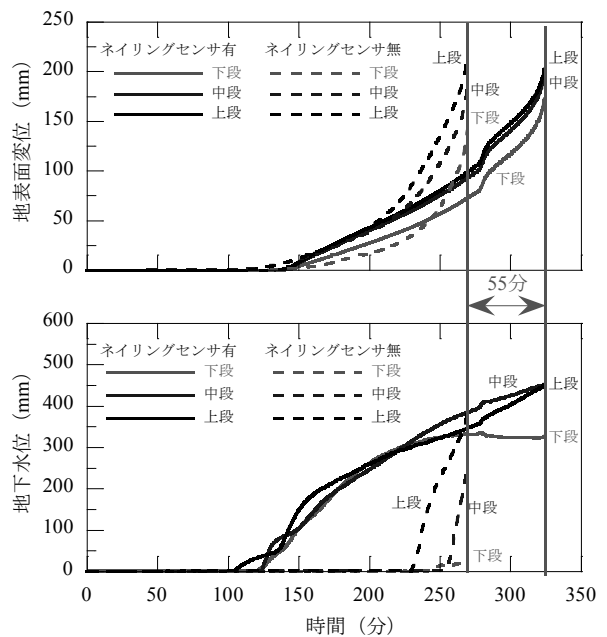


図-3 地表面変位、地下水位の時系列変化

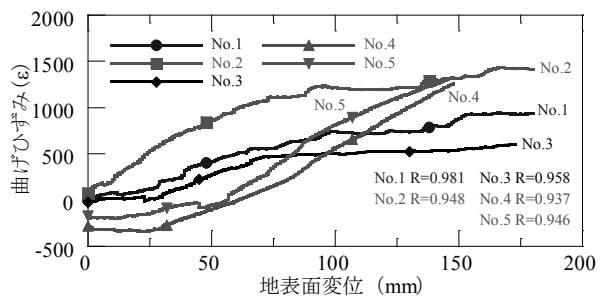


図-4 地表面変位・曲げひずみの関係