

地山補強土工法の補強効果に関する模型実験

九州産業大学大学院	学生会員	永島 亮彦
九州産業大学工学部	正会員	奥園 誠之
同 上	正会員	松尾 雄治
(株)千代田コンサルタント	正会員	三橋 晃司

1.はじめに

近年、地山斜面の安定化や土留め等の方法として、地山補強土工法が多用されている。その一つであるソイルネイリング工法（以下S工法と記す）は、地山にグラウト方式で補強材を挿入することで地山と補強材との摩擦力で地山を安定させる工法である。この場合、削孔に多くの時間と労力が費やされる。そこで短期間で施工を可能にし、経済性を向上させる工法として補強材を直接地山に打込む方式（以下N工法と記す）が考えられている。しかし、施工実績が少ないことから、地山との摩擦特性について未解明な点が多いのが現状である。本研究は、室内模型実験により従来工法（S工法）と打込み工法（N工法）の補強効果について検討を行ったものである。

2.実験試料および方法

実験試料は、本学近郊から採取した粘性土で、2.0 mmふるい通過分を使用した。表-1に試料の物理的性質を示す。実験地盤は、図-1に示す土槽で初期含水比 $W=60\%$ 、湿潤密度 $\rho_t=1.638 \text{ g/cm}^3$ で密度管理を行いながら作成する。載荷重4.67kpaで養生し、その後ベンゼン断試験で粘着力を確認して実験を行った。実験では前面反力を段階的に除去（切土）することにより生じる変位を測定した。

実験はまず無補強（以下U-R工法と記す）から始め、その結果と補強を施した各実験との比較を行った。地盤、斜面、形状、補強材長およびその他の条件は同一で行う。補強は直径2.5 mmのステンレスワイヤーを補強材とし、打設間隔（以下ピッチと記す）は6, 8, 12 cmの正方形配置とする。S工法は、あらかじめ削孔した穴に石膏を注入圧9.81 kpaで充填し、補強材を挿入し、N工法は直接地山に打込んだ。

3.実験結果および考察

図-2~4に実験結果の例として8 cmピッチの場合の、のり肩水平変位 D_H 、同鉛直変位 D_V 、載荷面の沈下（鉛直）変位 S の累計時間変化を示す。なお、図中の階段状の変位変化は、前面反力を段階的に除去（切土）して行ったために現れた変化である。解析方法としてU-R工法での最終変位量を1とした場合の補強効果を補強効果率 A として次式より求めた。

表-1 試料の物理的性質

土粒子の密度 ρ_s	2.723 g/cm ³
最適含水比 W_{opt}	29.4 %
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	1.42 g/cm ³

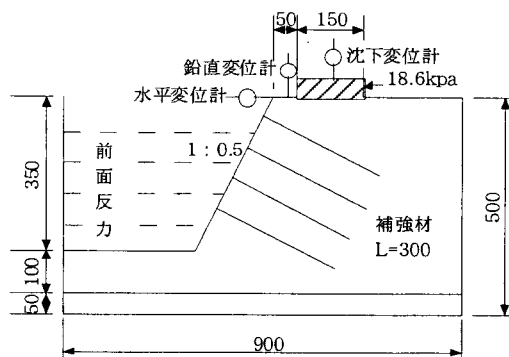


図-1 土槽概略図（ピッチ8 cm 単位：mm）

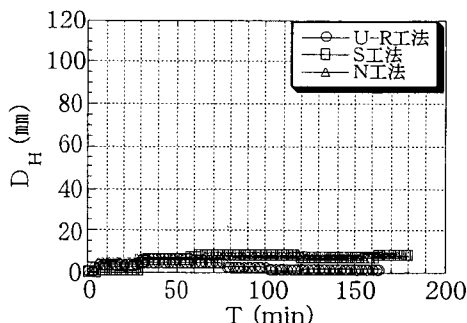


図-2 累計水平変位量の時間変化

$$\text{補強効果率 } A = \left(1 - \frac{D_{S,N}}{D_{U-R}} \right) \times 100 \quad (\%)$$

ここで、 D_{U-R} はU-R工法での最終変位量、 $D_{S,N}$ はS工法およびN工法での最終変位量である。水平変位は全体的に小さく顕著な差は認められなかった。次に鉛直変位の補強効果率Aは、6 cmピッチのS工法で約61%、N工法で約87%となった。以下同じ順序で示すと、8 cmピッチで約73%と約68%、12 cmピッチで約49%と約29%であった。これから、ピッチが狭い場合ではN工法、ピッチが広い場合はS工法において補強効果があった。沈下変位の補強効果率Aは6 cmピッチで約39%と約33%、8 cmピッチで約39%と約27%、12 cmピッチで約47%と約35%となった。これより、6 cmピッチにおいてS工法とN工法で補強効果率に差がでず、8 cmピッチ以上の間隔で補強効果率の差が開いている。

図-5、6に各実験において深さ35 cmまで切土した時点の変位量(D_V 、 S)をU-R工法の変位量(D_{VU-R} 、 S_{U-R})で割った値と打設ピッチとの関係を示す。鉛直変位は、N工法でピッチが広がるにつれ補強効果が減少し、S工法では8 cmピッチを境にして補強効果は増加から減少へと変化した。つまり、鉛直変位の抑制にはピッチを密に打設することで補強効果を得ることができると思われる。次に沈下変位は、鉛直変位とは異なる傾向を示した。また、ピッチ間隔による顕著な変化は認められなかった。

4. まとめ

S工法（従来工法）とN工法（打込み工法）とを比較すると、鉛直変位および沈下変位においては、S工法での補強による有効性が得られた。だが、N工法も無補強と比較すると鉛直変位で約29~87%、沈下変位では27~35%抑止する効果があり、条件次第では施工可能な工法といえる。

今回の実験結果では、水平変位は予想した結果とは大きく異なっていた。今後はさらにデータを揃えとともに、この原因を究明する予定である。

おわりに、本研究で実験およびデータ整理に協力してくれた卒業研究生の安藤 仁人、岩本 知信、宮川 大の諸氏に感謝の意を表す。

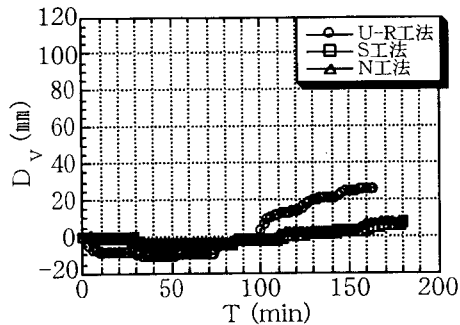


図-3 累計鉛直変位量の時間変化

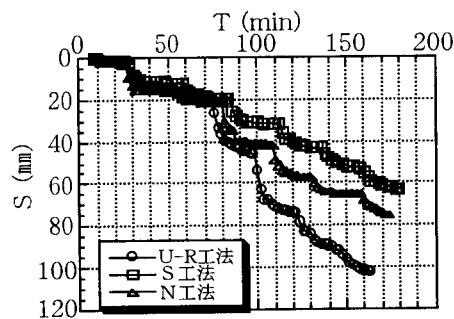


図-4 累計沈下変位量の時間変化

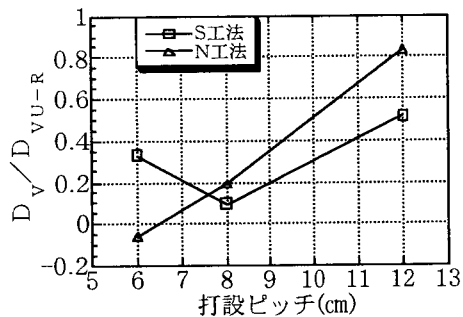


図-5 鉛直変位と打設ピッチの関係

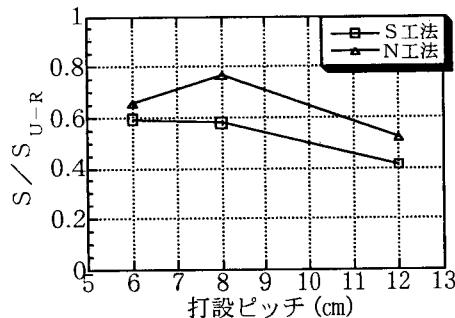


図-6 沈下変位と打設ピッチの関係