ESネット工法ののり面補強効果に関する模型試験

ライト工業(株)　正会員　○九田　敬行
東京農工大学大学院　正会員　石川　芳治
ライト工業(株)　正会員　荒木　豪
神鋼建材工業(株)　正会員　阿部　真也

１．はじめに

地山補強土工に位置づけられるESネット工法（以下、本工法とする）は、不安定土塊層を貫いてロックボルト（鉄筋棒鋼型、または自穿孔式アンカー）を打設し、格子状に張設されたワイヤロープの交点部をプレートで押さえつけることにより､表層崩壊を防止する工法である(図1)。本工法は、以下の特徴がある。

①自然斜面でも立木を残した施工が可能である。
②地山補強効果を有するロックボルトにより、表層崩壊を抑止できる。
③地表面の引張材（ワイヤロープ）は互いに緊張することで、地山のゆるみを抑える（緊縛効果)。
④部材構成が簡易なため経済的である。

本工法は立木がある斜面の安定対策工事に有用なものであるが、これまでにロックボルトの設計に必要なのり面工低減係数[1)]の評価が不十分であった。そこで、室内模型試験を行い、本工法ののり面補強効果を明らかにするとともに、のり面工低減係数μを求めた。

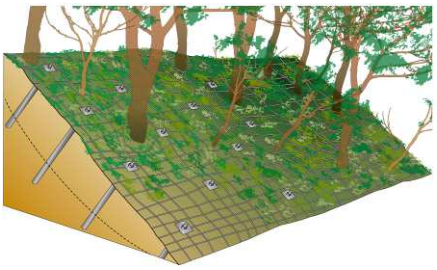

図１　ESネット工法概要図

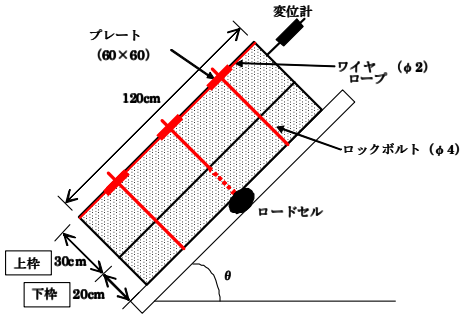

図２　試験装置概要図

２．試験概要

2.1 試験装置

本工法の仕様に基づき、斜面・のり面に施工する実物の1/5スケールで室内模型試験装置を製作した（幅90cm、長さ120cm、高さ50cm)。図2に試験装置の概要を示す。既往研究[2)]の試験装置を参考とし、ロックボルトにかかる引張り荷重を直接測定できる特徴がある。

2.2 試験条件

試験条件を表1に示す。試験は、のり面工が無い条件(RB1)とワイヤロープ（φ2mm）とプレート（60mm×60mm）を設置した条件(ES1)について実施した。また、ワイヤロープの効果を確認するためにプレートのみ設置した（PL1）の試験もあわせて実施した。

2.3 試験手順

試験土層の下枠および、上枠内に実験用の土（1.55kg/L）を詰め、厚さ10 cmごとに締め固めた（ポータブルコーン貫入試験 q_c=300kN/m^2 程度)。

上枠内の土を移動土塊、下枠内の土を不動地山、上枠と下枠の間を仮想せん断面とみなし、ロックボルトを40cm間隔の千鳥格子状に設置した。

写真１　試験状況

表１　試験条件および試験結果

実験ケース	組合せパターン			実験結果	備考
	ロックボルト	プレート(mm)	ワイヤロープ	崩壊角度	
RB1	○	無し	無し	42.5°	のり面工無し（Tt算出）
ES1	○	60×60	有り	48.5°	
PL1	○	60×60	無し	44.0°	支圧板効果検証

キーワード　土層試験，のり面工低減係数，ワイヤー連結工，斜面安定工，地山補強土工
連絡先　〒102-8236　東京都千代田区五番町６－２ライト工業株式会社　ＴＥＬ03-3265-2454

対象とするのり面工を設置した後、試験装置を徐々に傾斜させて土の自重によりせん断破壊を起こさせた（写真 1)。このとき、のり面全体を代表して 2 本のロックボルトに作用する引張り荷重を引張り型ロードセルで測定した。また、上枠の上方に設置した変位計でせん断面と平行な方向のせん断変位量を、下枠側面の傾斜計でせん断時の斜面勾配を測定した。

３．試験結果

3.1 せん断変位量と引張り荷重の関係

実験ケースごとのせん断変位量と引張り荷重の関係を図 3 に示す。ワイヤロープの無いケース（RB1, PL1）と比較して、ワイヤロープを設置したケース（ES1）は、大きな引張り力が発生している。崩壊の形状は、ワイヤロープが無いケースでは試験中に中抜け崩壊が発生したが、ワイヤロープを設置したことで中抜け崩壊が起こらず、上枠内の土砂は一体となって滑動した。

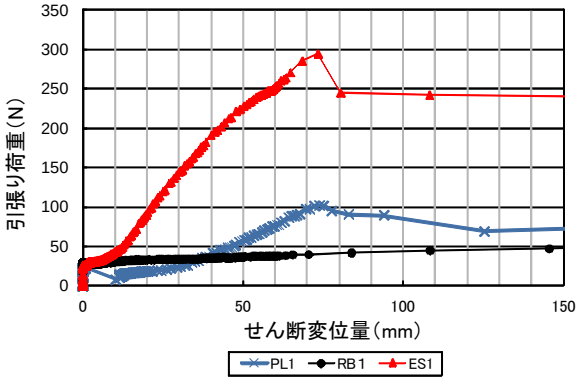

図 3　せん断変位量と引張り荷重

また、各試験の崩壊角度の比較では、ワイヤロープを設置したケースの崩壊角度が大きく、滑動に対してより抵抗していることが確認された（表 1)。

これらのことから、ロックボルトからプレートへ伝達した引張り力がワイヤロープを介して表土層を拘束し、大きな補強効果を発揮していることが分かった。

3.2 のり面工低減係数 μ についての考察

のり面工低減係数 μ を次式にて算出した[2)]。

$$\mu = T_0 / T_{1pa}$$

$$= (T_{1pa} - T_t) / T_{1pa}$$

ここで、T_t：のり面工（ワイヤロープやプレート）が無い場合の引張り力

T_{1pa}：のり面工がある場合の引張り力

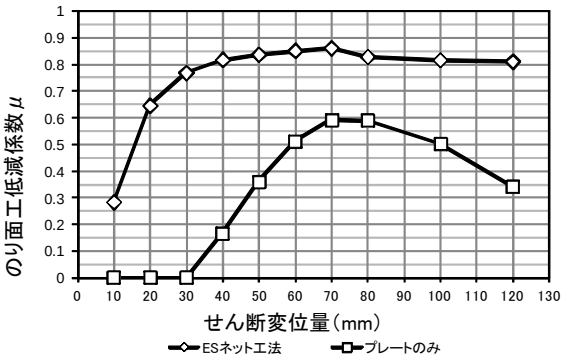

図 4　せん断変位量とのり面工低減係数 μ

各変位時点でののり面工低減係数 μ の値を図 4 に示す。本工法を設置した試験結果では、変位速度が急激に増加した変位量 70mm までのり面工低減係数 μ が増加してその後減少している。変位速度が急激に増加した 70mm 付近がのり面保護工の効果が最も発揮されていると考えられることから、本試験から得られた本工法ののり面工低減係数 μ は 0.86 であった。一方、のり面保護工をプレートのみとした場合ののり面工低減係数 μ は、最大で 0.6 程度であり、ワイヤロープがある場合と比較して小さい値となった。

４．まとめ

模擬的な表層すべりを再現した一連の室内土層試験結果により、以下の知見を得た。

①のり面保護工としてワイヤロープを格子状に張ることにより、ワイヤロープが無い場合と比較して補強効果が向上することが分かった。

②本試験から得られた ES ネット工法ののり面工低減係数 μ は、0.86 であった。この結果は、切土補強土設計・施工要領におけるのり枠工ののり面工低減係数 μ =0.7～1.0 に該当した。

③予備試験等の結果を考慮し、本工法の設計に用いるのり面工低減係数 μ は 0.7 程度とするのが妥当である。

参考文献

1) 東日本高速道路株式会社他：切土補強土工設計・施工要領, 2009.1

2) 高橋ら：長繊維混入補強土一体緑化工法においてアンカーバーの設置間隔および土質が補強効果に与える影響：土木学会第 63 会年次学術講演会, 3-082, 2010.9