

## 地山補強ネット工法の設計上の課題とその解決に向けた基礎的研究

ライト工業（株） ○歳藤 修一・九田 敬行  
 神戸大学大学院 澁谷 啓・丁 経凡  
 神鋼建材工業（株） 阿部 真也・正木 聡

## 1. はじめに

地山補強土工は、補強材を地山へ打設し、斜面の表層崩壊防止を図る構造物である。併用するのり面工は、従来より現場吹付のり砕工が多く用いられているが、近年では環境や景観への配慮からワイヤロープや金網を併用した工法も多くなっている（以下、地山補強ネット工法と称する）。

地山補強土工法は、頭部に併用するのり面構造物から得られる補強効果をのり面工低減係数（ $\mu$ ）と評価し設計<sup>1)</sup>される。地山補強ネット工法も同様に設計されるが、地盤条件によっては補強効果がほとんど得られない課題が生じている。このような背景を踏まえて、地山補強ネット工法による安定化効果や、支圧板による抜け出し防止効果のメカニズムを解明するための基礎的研究を行った。

## 2. 現状の課題

地山補強土工の補強材力は、「補強材の許容引張力(Tsa)」ならびに「補強材が移動土塊から受ける許容引抜き抵抗力(T1pa)」と「不動地山から受ける引抜き抵抗力(T2pa)」の3要素のうち、最も小さな抵抗力によって決まる。また、T1paはのり面工の補強効果を考慮し、各のり面工のタイプに伴う低減係数 $\mu$ を適用して設計している（表-1、式-1）<sup>1)</sup>。一方、地山補強ネット工法では、のり面工低減係数 $\mu=0.7$ 程度を採用<sup>2)</sup>している。

表-1 のり面工タイプと低減係数の目安

| のり面保護工タイプ | $\mu$   | 備考           |
|-----------|---------|--------------|
| 植生工のり面    | 0       |              |
| コンクリート吹付工 | 0.2~0.6 |              |
| のり砕工      | 0.7~1.0 |              |
| 擁壁類       | 1.0     | 連続した板タイプのり面工 |

$$T_{1pa} = (1/(1-\mu)) \times L_1 \times t_a \quad (\text{式-1})$$

ここで、

$\mu$  : のり面低減係数

$L_1$  : 移動土塊の有効定着長

$t_a$  : 引抜き抵抗力

出典：切土補強土工法設計・施工要領 NEXCO 東日本・中日本・西日本

上記の現設計手法で地山補強ネット工法の設計を行った場合には、設計対象地盤が極端に薄い場合や表層のN値が低い場合において、移動土塊からの抵抗力がほとんど得られないため、地山補強土工として必要な抑止力が大きくないにもかかわらず計画安全率を確保できないことがある。

## 3. 地山補強ネット工法の補強効果

補強材頭部に固定される支圧板とそれを連結するワイヤロープからなる地山補強ネット工法では、移動土塊の崩壊に対して、①ワイヤ連結による支圧効果、②支圧板による崩壊土塊の抑え効果の2つの補強効果を期待できると考えられる。①については小変形時に得られる効果で、これまでの $\mu=0.7$ 程度の使用が適当と考える。②については大変形時に得られる効果で、すべり面が深いケースより浅いケースで支圧効果が大きく期待できると考えられる。

現状の地山補強ネット工法の設計では、上記②の効果が見込まれていないため、すべり面が浅い場合の支圧板の抵抗力を評価し、設計計算に反映することが出来れば課題解決の可能性に繋がる。以上を踏まえて、実物大引抜き実験を実施し、支圧板による崩壊土塊の抑え効果を評価することとした。

#### 4. 実物大引抜き実験

のり面工として支圧板を併用する場合には、補強材の周面摩擦抵抗力に拘束力が加わり、表層の抜け出しを抑える効果が期待され、引抜き抵抗力が大きくなると推定される。この現象は、移動層厚が薄い場合ほど顕著に表れることが予想される。

以上のような観点から、移動層が薄い場合に引抜き抵抗力が大きくなる現象を、実物大引抜き実験により検証した。

##### 4. 1 実験条件

実験装置は、地山補強ネット工法の補強材の標準的な設置状況を実物大スケールで再現する。実験装置内に真砂土を締固め、補強材、グラウトを設置する。移動土塊と補強材の間での相対変位により抵抗力が発揮されるメカニズムを再現する為、装置下部から補強材をジャッキで引き抜き、引抜き荷重および変位を測定する。土層は予備実験と解析により、側壁からの拘束効果を受けない大きさ (2.0m×2.0m) とし、土層厚は 0.5m とした。土層の真砂土は含水率 11.0%程度、締固め度 78%程度で管理した。

実験は、支圧板無しのケース、支圧板有りのケースについて行い、どのように荷重が変化するか確認した。実験装置の概要を図-1 に示す。

##### 4. 2 実験結果

実物引抜き実験 (図-1) を行い、図-2 の結果を得た。支圧板無しの場合には、引抜きによる荷重の増加がほとんどみられなかった。支圧板を併用した場合には、引抜き変位に対して荷重が増加していることが確認された。頭部に支圧板を併用することにより、周面摩擦抵抗力に拘束力が加わり、引抜き抵抗力が大きくなるものと考えられる。

#### 5. まとめ

地山補強ネット工法の設計手法に関する課題と解決に向けての方向性について述べた。支圧板を設置することで、崩壊土塊の抑え効果があることが分かった。今後は、対象となる土質条件や移動層厚の変化に対して引抜き抵抗力がどのように変化するかをシミュレーション解析する予定である。

#### 参考文献

- 1) 東日本高速道路株式会社他：切土補強土設計・施工要領, 2007. 1
- 2) 九田ら：ES ネット工法ののり面補強効果に関する模型試験：土木学会第 69 回年次学術講演会, 2016. 9

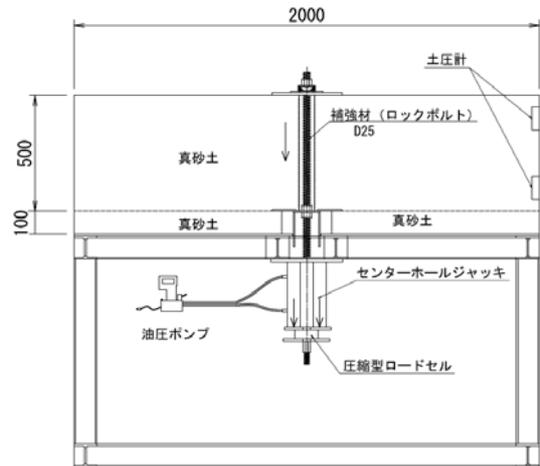


図-1 実験装置概要図

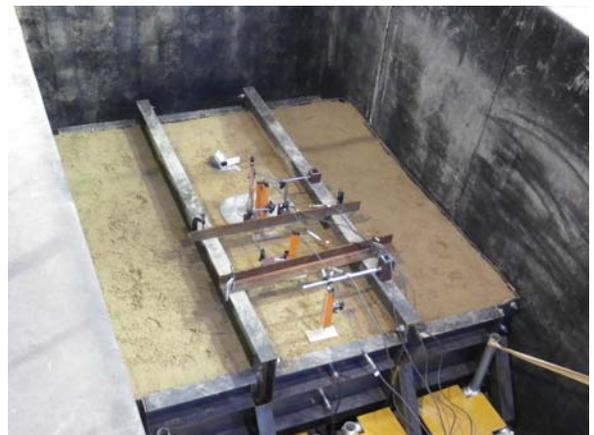


写真-1 実験状況

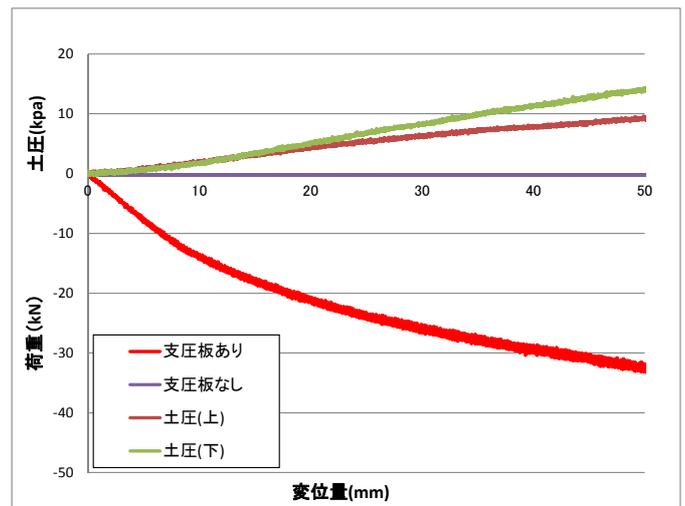


図-2 荷重-変位量曲線