

自然環境を保全した斜面安定工法のネット敷設効果

関西大学大学院 学生会員 ○矢坂 健太
 関西大学工学部 フェロー 楠見 晴重
 (株)ダイカ 寺岡 克己
 環境総合テクノス 正会員 片山 辰雄

1. はじめに

近年、地震や豪雨が原因で斜面災害、特に表層崩壊が多発しており多大な被害を被っている。また、地球温暖化等の環境問題の観点から環境や景観に対しての意識が年々高まっており、地球温暖化の原因である CO₂ の排出量を減少させるために、斜面安定工法において既存の自然を残したまま斜面の安定化を図ることのできる新しい工法の開発が望まれている。そこで、本研究では鉄筋挿入補強土工法と落石防止ネットを応用し、ロックボルトとユニットネットを併用することで自然斜面上の既存の樹木を保全できる斜面安定工法を提案している。しかし、詳細な設計法の確立には至っていないことから、本研究では模型せん断試験を実施することで本工法の補強機構及び効果を定量的に解明し、実用化に向けて設計手法の確立を試みている。

2. 模型せん断試験概要

本工法による補強効果は、ロックボルトとユニットネット、支圧板の相互作用によって発揮される。そこで、各補強部材の変形挙動及び力学的特性を把握し、本工法の補強機構及び効果を解明するため、要素試験として模型せん断試験を実施した。図-1 に模型せん断試験の概要を示す。せん断面の位置は自由に变化できる構造となっている。本試験は 1/10 スケールの模型に自動荷重装置によって一定の速度(2.0mm/min)でせん断変形を与え、ロックボルトとユニットネットの表裏にひずみゲージを貼り付けて応力計算を行うものである。ロックボルトの底部は試験装置に固定し、頭部はステンレス製の2枚の支圧板を用いてユニットネットと連結固定した。今回はネットの敷設条件及びせん断面位置を変化させて行い、それぞれの補強機構及び効果を検討した。

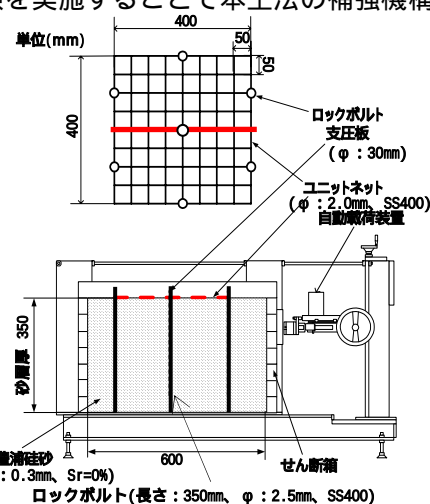


図-1 試験装置概要

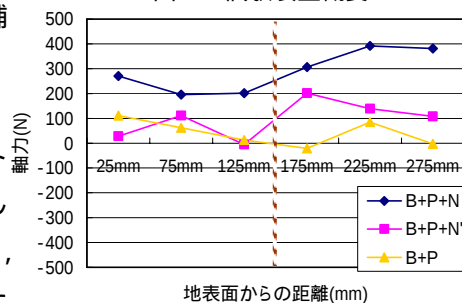


図-2 ロックボルトの軸力

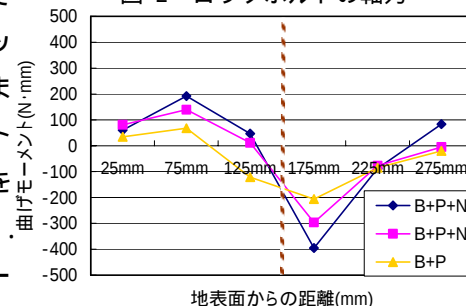


図-3 ロックボルトの曲げモーメント

3. ロックボルト、ユニットネットの挙動

図-2, 3 にせん断面位置 150mm におけるネット敷設条件別ロックボルトの軸力図及び曲げモーメント図を示す。図中の点線はせん断面位置を示している。また、凡例内の B, P, N, N' はそれぞれロックボルト、支圧板、地表面に接するように敷設したユニットネット、地表面から若干浮かした状態で敷設したユニットネットを示しており、本工法は B+P+N で表している。これらの図より、ネットを地表面に接地させて敷設することでロックボルトに引張力、曲げモーメントが最も作用することが確認できる。また、本工法はせん断が進行してロックボルトに引張力及び曲げモーメントが作用することで締付け・引止め効果が発揮されと考えられ、ネットを地表面に接地させることでそれらの効果が最大限に発揮できると言える。

図-4 に図-1 の赤線部分のネット敷設条件別ユニットネットの曲げモーメント図を示す。図中の点線はロックボルト挿入位置を示している。この

図より、ネットを地表面に接地させることでユニットネットの曲げモーメントが接地させない場合よりも作用することが確認できる。このことからネットを地表面に接地させて敷設することで、より地盤がユニットネットによって押さえ込まれ、崩壊を抑制していると言える。

4. 本工法の補強効果

図-5 は、せん断面 150mm におけるせん断荷重(崩壊抑止力)とせん断変位量との関係を対策工別に示したものである。この図より、対策を施すごとに抑止効果は高まり、ネットを地表面に接地させて敷設した場合で最も補強効果が得られることが確認できる。次に、図-6 はネットの敷設条件の違いによる補強効果の変化をせん断面位置別に比較したものである。ここで、補強比 R は次式によって算出した。

$$R = \tau_{\max} / \tau_{0\max} \quad \dots (1)$$

$\tau_{\max}$: 各対策工の最大せん断応力 (kN/m^2)

$\tau_{0\max}$: 無補強時の最大せん断応力 (kN/m^2)

この図より、せん断面がロックボルトの中央付近に位置したとき補強効果が卓越することが確認できる。また、せん断面位置に関わらず、ネットを地表面に接地させることで最も補強効果が得られ、ネットを地表面に接地させない場合よりも補強効果が約 15～30% 増加することも確認できる。

本工法における抑止効果は補強材頭部連結効果とユニットネットによる地表面押さえ込み効果であると考えられ¹⁾、それぞれの効果がユニットネットによる補強効果全体に占める割合を求める。図-7 はユニットネットの補強効果と各補強効果の分担割合をせん断面位置別に示したものである。ここで、ユニットネットの補強効果 R_N は式(2)を用いて算出した。また、各補強効果の増加率は式(2)にならって算出する。つまり、補強材頭部連結効果は対策工 B+P+N' と B+P の比、地表面押さえ込み効果は B+P+N と B+P+N' の比で表すことができる。

$$R_N = (\tau_{(B+P+N)} / \tau_{(B+P)} - 1.0) \times 100 \quad \dots (2)$$

$\tau_{(B+P+N)}$: 対策工 B+P+N におけるせん断応力 (kN/m^2)

$\tau_{(B+P)}$: 対策工 B+P におけるせん断応力 (kN/m^2)

この図より、ユニットネットの補強効果はせん断面 150mm, 200mm で約 35% となり、せん断面 100mm, 250mm と比べて高くなることが確認できる。よって、せん断面がロックボルトの中央付近に位置した場合、ユニットネットの補強効果が卓越すると言える。また、補強材頭部連結効果と地表面押さえ込み効果のユニットネットの補強効果全体に占める割合は、せん断面位置に関わらず、地表面押さえ込み効果の方が得られることも確認できる。

5. まとめ

- ・ ロックボルトとユニットネットの挙動及びせん断荷重とせん断変位量の関係より、ネットを地表面に接地させて敷設することで崩壊抑止効果が最大限に発揮され、ネットを地表面に接地させることの有用性が確認できた。
- ・ せん断面位置別に本工法の補強効果をみると、せん断面がロックボルトの中央付近に位置するときに補強効果が卓越し、補強材頭部連結効果と地表面押さえ込み効果のユニットネットの補強効果全体に占める割合は、せん断面位置に関わらず、地表面押さえ込み効果の方が得られることも確認できた。

参考文献

- 1) 楠見晴重, 岩井慎治, 宅川正洋, 寺岡克己: 樹木を保全した斜面安定工法におけるロックボルト頭部連結ネットの補強効果, 第 38 回地盤工学研究発表会, CD-ROM, 2003

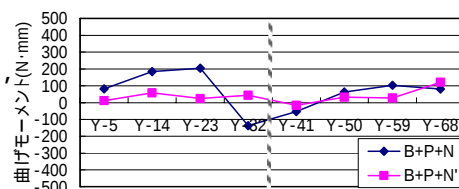


図-4 ユニットネットの曲げモーメント

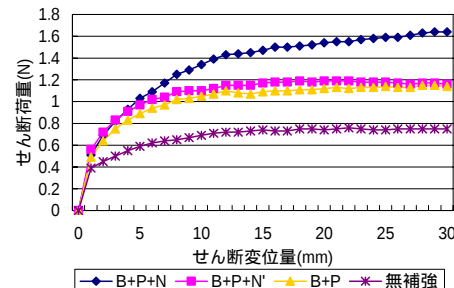


図-5 せん断荷重とせん断変位量の関係

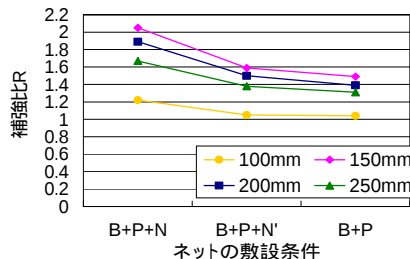


図-6 ネットの敷設条件の違いによる補強効果の変化

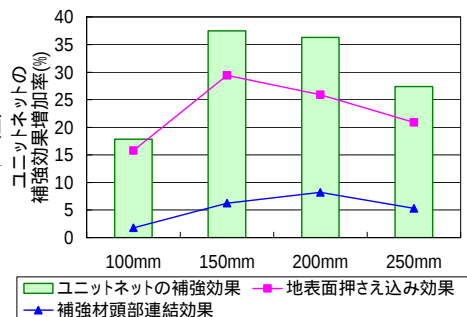


図-7 ユニットネットの補強効果