

第 部門 景観・樹木を保全した斜面安定工法の補強効果に及ぼす不動層の影響

関西大学工学部 学生員 矢坂 健太
 (株)ダイカ 寺岡 克己
 関西大学大学院 学生員 宅川 正洋

関西大学工学部 フェロー 楠見 晴重
 兵庫県 福政 俊浩

1. はじめに

近年、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二酸化炭素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、本研究では補強材に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、詳細な設計法を確立するまで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行うことで、ロックボルトとユニットネットを併用した場合の変形挙動及び補強効果を定量的に評価した¹⁾。そして今回はロックボルト底部固定状況に着目して、この工法の補強効果に及ぼす影響について検討した。

2. 模型せん断試験

図-1 に試験装置の概要を示す。本試験装置は、長さ 600mm、幅 500mm、砂層厚 350mm である 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られる構造となっている。せん断面の位置は自由に变化でき、地盤には飽和度 0%、粒径 0.3mm の豊浦珪砂を使用することで乾燥地盤を想定している。ロックボルト(2.5mm)、ユニットネット(2.0mm)はともにSS400 の鋼材で製作し、その表裏にひずみゲージを貼り付けて応力計算を行った。ロックボルト底部の固定条件は变化でき、頭部はステンレス製の 2 枚の支圧板(30mm)を用いてユニットネットと連結固定した。試験はユニットネットの敷設条件及びせん断面位置を变化させて行い、それぞれの補強効果を検討した。

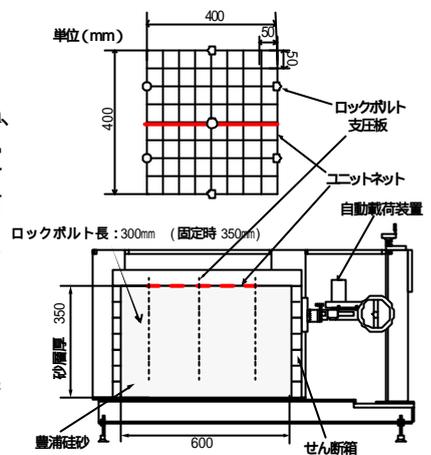


図-1 試験機概要(未固定時)

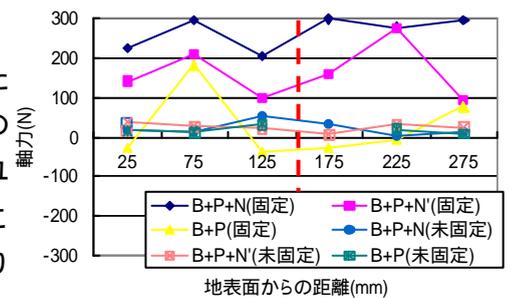


図-2 ロックボルトの軸力

3. 試験結果

図-2 はせん断面位置 150mm におけるロックボルトの軸力を比較したものである。ここで、図中の点線はせん断面位置を示しており、凡例の B、P、N、N'はそれぞれロックボルト、支圧板、地表面に接地させたユニットネット、地表面に接地させないユニットネットを示している。この図より、対策工に関わらず、ロックボルト底部を固定することでより引張力が作用し、引張抵抗が増すことが確認できる。

図-3 はせん断面位置 150mm における図-1 の赤線部分のユニットネットの曲げモーメントを比較したものである。ここで、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、ユニットネットを地表面に接地させ、ロックボルト底部を固定した場合が最も曲げモーメントが作用していることが確認できる。このことから、ユニットネットを地表面に接地させ、ロックボルト底部を固定することで、地盤をpush-in効果により強く発揮されることが認められる。

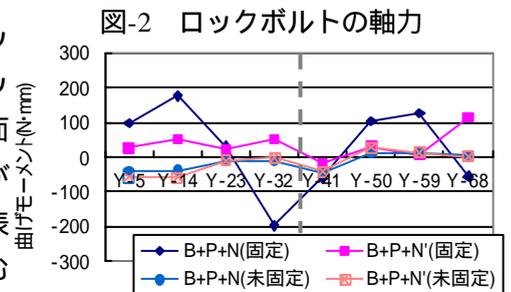


図-3 ユニットネットの曲げモーメント

ここで、ユニットネットの補強効果を定量的に評価するため式(1)、(2)、(3)を用いて算出した。

$$R_n = (t_{(B+P+N)} / t_{(B+P)} - 1) \times 100 \dots (1) \quad \Delta R_1 = (t_{(B+P+N)} / t_{(B+P+N')} - 1) \times 100 \dots (2) \quad \Delta R_2 = (t_{(B+P+N')} / t_{(B+P)} - 1) \times 100 \dots (3)$$

R_n : ユニットネットによる補強効果増加率(%)

R_1 : ユニットネットの地盤押さえ込みによる補強効果増加率(%)

R_2 : 補強材頭部連結による補強効果増加率(%)

$(B+P+N)$: 対策工 B+P+N のせん断応力(kN/m²)

$(B+P+N')$: 対策工 B+P+N' のせん断応力(kN/m²)

$(B+P)$: 対策工 B+P のせん断応力(kN/m²)

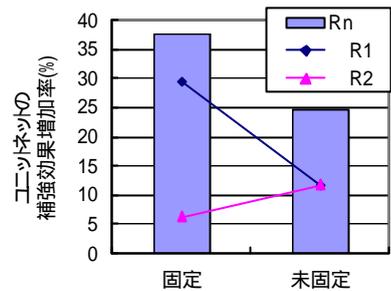


図-4 ユニットネットの補強効果

図-4 はせん断面 150mm におけるユニットネットの補強効果をロックボルト基盤状況別に比較したものである。この図より、ユニットネットの補強効果はロックボルト底部を固定することで約 12% 増加することが確認できる。これは、ロックボルト底部を固定した場合において、ユニットネットによる地盤押さえ込み効果が未固定の場合よりも高い割合を占めていることから、地盤押さえ込み効果の影響だと考えられる。

次に、ロックボルトの基盤状況の違いで、どれだけ補強効果が増加しているかをより定量的に評価するために、各対策工のせん断応力を無補強時のせん断応力で正規化した。式(4)、(5)、(6)は各対策工の補強比の算出式である。

$$R_{(B+P+N)} = t_{(B+P+N)} / t_s \cdots(4) \quad R_{(B+P+N')} = t_{(B+P+N')} / t_s \cdots(5) \quad R_{(B+P)} = t_{(B+P)} / t_s \cdots(6)$$

$R_{(B+P+N)}$: 対策工 B+P+N の補強比

$R_{(B+P)}$: 対策工 B+P の補強比

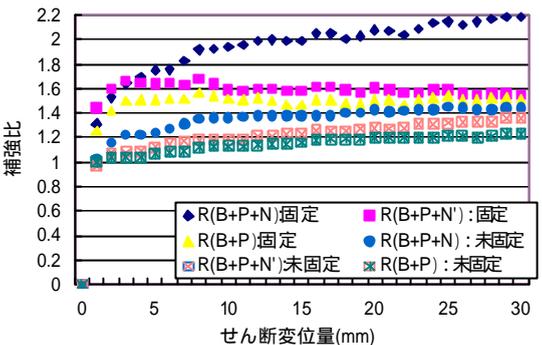


図-5 補強比

$R_{(B+P+N')}$: 対策工 B+P+N' の補強比

s : 無補強時のせん断応力(kN/m²)

図-5 はせん断面位置 150mm における各対策工の補強比をロックボルト底部固定状況別に比較したものである。この図より、全ての対策工においてロックボルト底部を固定することで補強効果が増加していることが確認できる。特に、ユニットネットを地表面に接地させた場合は他の対策工に比べてロックボルト底部の固定状況による補強比の差が大きく、このことからユニットネットを地表面に接地させた場合にはロックボルト底部を固定することで他の対策工に比べて補強効果がより増加すると言える。

補強材からユニットネットへの補強効果を検討するために、現行設計法では法面工に作用する補強材引張力に関わる法面工低減係数²⁾を導入することにする。ここで、式(7)は法面低減係数の算出式である。

$$m = T_0 / T_{max} \cdots(7)$$

T_0 : 法面工と補強材の結合部に作用する補強材引張力(kN/本)

T_{max} : 補強材引張力の最大値(kN/本)

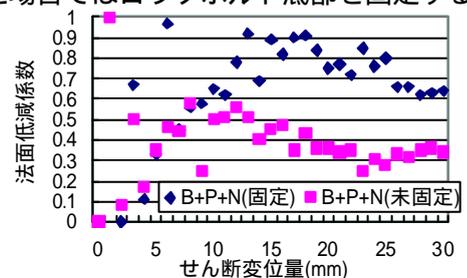


図-6 法面低減係数

図-6 はユニットネットを地表面に接地させた場合における法面低減係数をロックボルト底部固定状況別に示したものである。この図より、底部を固定した場合の法面低減係数は約 0.7、未固定の場合は約 0.4 となることから、底部を固定することでロックボルトの拔出しを防止でき、より表層部の補強ができることが確認できる。

4 . 結論

模型せん断試験の試験結果より、ロックボルト底部を固定することで、ロックボルト、ユニットネットともに補強効果が増加することが確認できた。また、補強比の式を用いることで、ユニットネットを地表面に接地させた場合には、ロックボルト底部を固定することで他の対策工に比べて補強効果がより増加することも確認できた。そして、法面低減係数より、ロックボルト底部を固定することでロックボルトの拔出しを防止でき、より表層部の補強ができることが確認できた。

参考文献 1) 宅川正洋, 楠見晴重, 岩井慎治, 寺岡克己: 樹木を保全した自然斜面の安定工法に関するユニットネットの補強効果, 平成 15 年度関西支部年次学術講演会講演概要, -5, 2003. 2) 日本道路公団: 切土補強土工法設計・施工指針, p.50, 2002.