

第Ⅲ部門

ロープネット・ロックボルト斜面安定工法における補強材の抑止挙動

関西大学環境都市工学部 学生員 ○金原 涼太  
 関西大学環境都市工学部 清水 惣太  
 関西大学環境都市工学部 フェロー 楠見 晴重  
 (株)ダイカ 寺岡 克己

1. はじめに

近年、異常な短時間集中豪雨の増加によって斜面災害が多く発生し、甚大な被害を被っている。本研究では、斜面安定工法としてロープネットとロックボルトを併用する工法を提案しており、この工法は極力樹木を伐採せずに斜面の安定化を図る。ここでは、ロープネットの材質を変化させるとともに、せん断位置や砂地盤の含水比を変化させることにより、異なったロープネット材を用いることによるせん断抑止効果について、模型せん断載荷試験を用いて検討を行った。

2. 試験概要

図-1 は模型せん断載荷試験装置の概要である。せん断箱は長さ 600mm、幅 500mm、層厚 350mm である。使用ロックボルトは長さ 350mm、直径 2.5mm、材質 SS400 の鋼材であり、せん断箱の底部に固定し 200mm 間隔の千鳥配置とした。また、中心配置のロックボルト表裏に貼り付けたひずみゲージより、ロックボルトに作用する応力の算出を行った。ロープネットは 50mm 間隔の格子状とし、材質は、直径 2.0mm の SS400 と直径 0.5mm の無酸素銅(MiDIP)、スーパーインバー(SIV)の3種類(表-1)を使用した。円形支圧板は直径 30mm のステンレス製を使用した。せん断変位は、毎分 2.0mm の速度で変位量 15mm までせん断載荷を行った。

また、本研究の実験条件は、せん断位置を地表面からの距離 150mm と 250mm の2種類を設定し、乾燥密度 1.40g/cm<sup>3</sup>、含水比 5%と 7%の豊浦砂を用いて、ロックボルト(B)と円形支圧板(P)とロープネット(N)の3つの補強部材を組み合わせて設置した4つの対策工パターン(図-2)によりそれぞれ行った。

さらに、地盤と補強材の一体化挙動を把握するため

に、高速度カメラを用いて地表面変位を写真計測した。

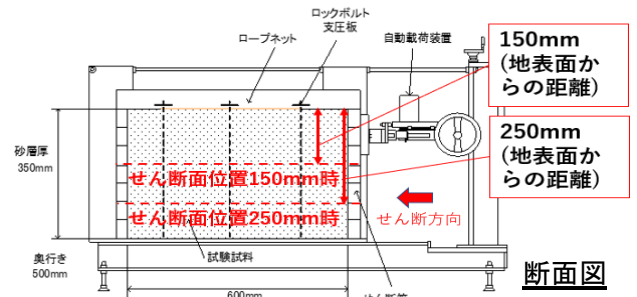


図-1 模型せん断載荷試験装置 概要

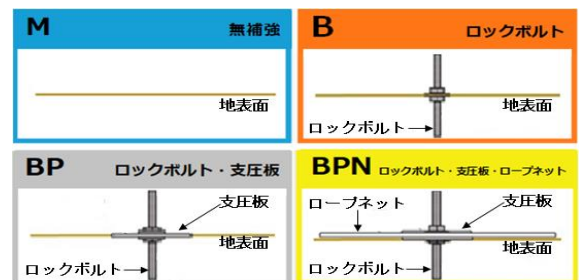


図-2 各対策工の概要

表-1 ロープネットの材質比較

材質	SS400	無酸素銅 (MiDIP)	スーパーインバー (SIV)
直径 (mm)	2.0	0.5	0.5
弾性係数 (GPa)	205	103~119	約140
引張強度 (MPa)	400~510	235~255	508

3. 本工法の補強機構が及ぼすせん断抑止挙動

図-3、図-4 はせん断位置 250mm、含水比 5%時における  $\tau/\sigma$ 、軸力、曲げモーメントを示している。ここで、 $\tau$  はせん断応力、 $\sigma$  は垂直応力である。この結果、補強部材を増やすごとにせん断抑止効果が大きくなる傾向にあり、3種のロープネット材を用いたときの対策工 BPN では SS400 材、スーパーインバー材、無酸素銅材の順にせん断抑止効果が大きいことを確認した。これはロープネット材質の違いによるものと考えられる。

また、高速度カメラを用いてせん断方向と同一に並んだ測点の挙動を解析した。ここで、本工法の補強効果を示す方法として地盤と補強材の一体化を、地盤拘束比  $R$  と定義し、以下の式(1)を算出した。

$$\text{地盤拘束比 } R = \frac{\text{測点の変位[mm]}}{\text{せん断変位[mm]}} \quad (1)$$

図-5 はせん断位置 150mm、含水比 5%時の地盤拘束比を示しており、補強部材を増やすごとに各対策工における地盤拘束比  $R$  の値が増加し、特に対策工 BPN は、どの測点でも、地盤拘束比  $R$  が高い値を示している。

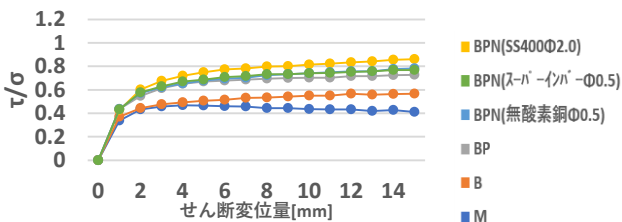


図-3  $\tau/\sigma$  とせん断変位量との関係

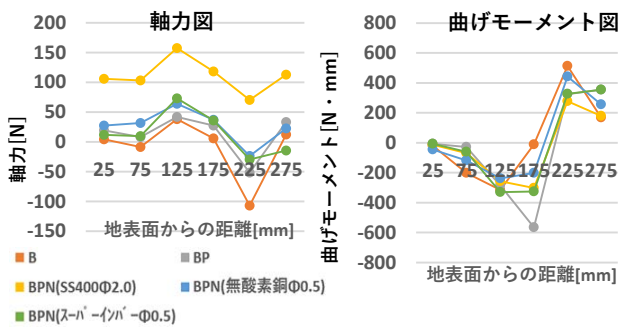


図-4 せん断変位 15mm 時の軸力・曲げモーメント図

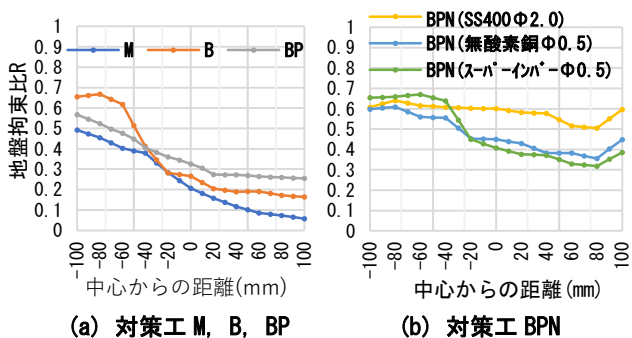


図-5 せん断変位 15mm 時の中心配置ロックボルトからの距離と地盤拘束比  $R$  の関係

#### 4. 異なったロープネット材が及ぼすせん断抑止効果

3 種のロープネット材 (N) が及ぼすせん断抑止効果を比較検討するために、式(2)を算出した。

図-6 は含水比 5% 固定、図-7 はせん断位置 250mm 固定で、それぞれせん断位置、含水比の変化によるロープネット材のせん断抑止効果を示している。その結果、

せん断位置や含水比の変化によりロープネット材のせん断抑止効果に影響を与えることが確認された。また、SS400 材よりも無酸素銅材、スーパーインバー材の方が、諸条件変化に対してせん断抑止効果の変化が小さいことが明らかになった。

$$\Delta(\tau/\sigma)_N = \frac{(\tau/\sigma)_{BPN} - (\tau/\sigma)_{BP}}{(\tau/\sigma)_{BP}} \times 100 \quad (2)$$

$\Delta(\tau/\sigma)_N$  : 対策工 BP に対するロープネット材 (N) のせん断抑止効果増加量 [%]

$(\tau/\sigma)_{BPN}$  : 対策工 BPN 時における  $\tau/\sigma$  値

$(\tau/\sigma)_{BP}$  : 対策工 BP 時における  $\tau/\sigma$  値

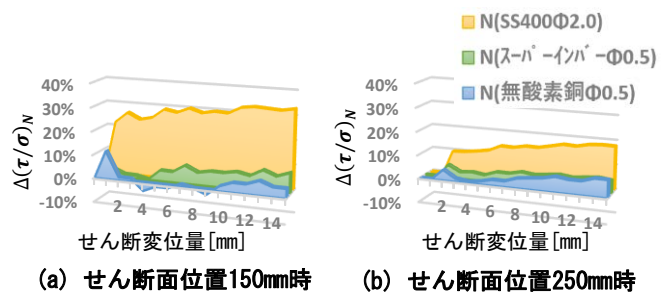


図-6 各せん断位置でのせん断抑止効果増加量

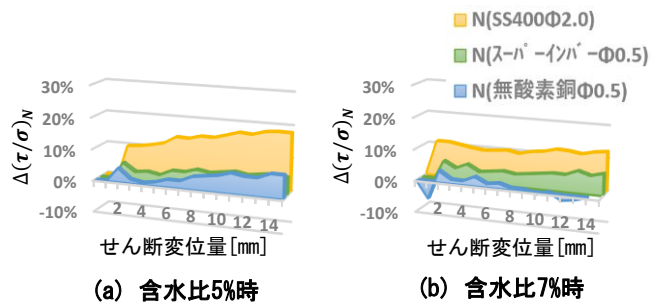


図-7 各含水比でのせん断抑止効果増加量

#### 5. おわりに

以上より、せん断位置や豊浦砂の含水比が変化する場合、ロープネット材のせん断抑止効果に影響を与えることが確認された。また、ロープネットの材質の違いに関しては、せん断位置や含水比によらず、SS400 材を用いたときにせん断抑止効果が大きくなる傾向が確認された。更には、高速度カメラによる写真計測から、本工法による地盤の一体化挙動が認められた。

#### 参考文献

1) 楠見晴重他：自然環境を保全した斜面安定工法に関する研究，地盤工学会誌「土と基礎」，vol. 53, No.9, pp. 6-8, 2005.