

災害に強い森林づくりを補強する工法の開発 ～高強度鋼製ネットと鋼製リングを用いた地山補強土工法（ウッズネット工法）～

東亜グラウト工業株式会社 ○木村 佳嗣

国土防災技術株式会社 田中 賢治, 飯田 毅, 秋山 菜々子

1. はじめに

近年の土砂災害の激甚化や広域化に伴い、その多くの発生源である森林に対して適正な管理が課題となっている中、林野庁からは住宅地・公共施設を守る「土砂流出防止機能の高い森林づくり指針」が示された。

しかし、森林管理が行き届いてない場所ではガリー浸食や（図-1）浸食による倒木により土砂・流木災害の発生源となる。土石流と共に流下する流木の多くは土石流先頭部を塊となって流下するため、橋梁の閉塞の原因等となり、被害が拡大している。



図-1 ガリー浸食による倒木（静岡県）

一方で森林環境税と森林環境譲与税の導入により森林を保全する制度が導入された中で、如何に長期的な視点で効率的な保全を行っていくかが重要となってきている。

従来から森林保全工法は間伐材を使用した丸太柵等人力で施工可能な工法が多くを占め、近年では補強材間をワイヤーロープ等で接続する地山補強土工法が導入されてきている。しかしこれらの工法は、樹木の根茎が寄与する斜面安定への効果が発揮できなく、樹木と地山補強は独立した構造として考えられている。

森林や樹木の根系は地山補強土工法の表面材や補強材と同様の働きがあることは定性的には理解されてきたが、不明確な部分が多いことから設計上は反映されていないのが現状である。

その中で、下記の課題を解決すべく、高強度鋼製ネットとリングを用いた地山補強土工法を開発した。

- ① 樹木の根茎の緊縛力を有効に使えること。
- ② 表面浸食を抑制できること。
- ③ 人力施工が可能で経済性に優れること。
- ④ 森林育成と施業の支障とならないこと。

2. ウッズネット工法の開発コンセプト

森林の有する3つの機能（崩壊防止、土砂流下緩衝、土砂捕捉）に着目し、森林の持つ根系の緊縛力による土砂流出防止機能では抑制できない山腹の上部斜面（0字谷等）に発生する崩壊や間伐後で根系の伸長が不十分な状態で災害が発生しやすい森林、また森林の下流域

で林帯幅が十分に形成されていない場所に対して、引張強度の高いネットを設置することで、森林の土砂流出防止機能が強化できるものと考えた。（図-2）

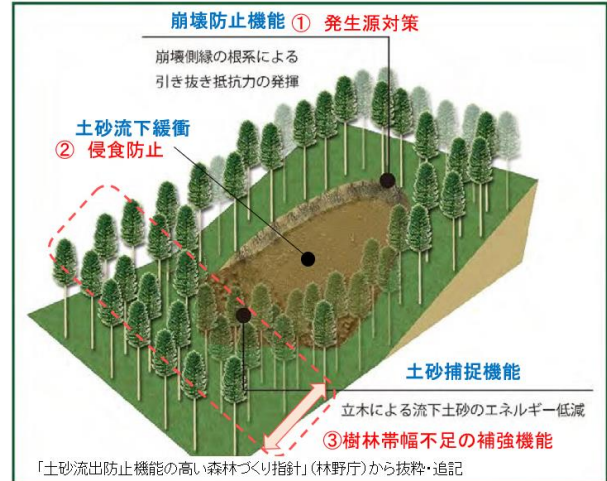


図-2 ウッズネット工法の機能

3. 用途に応じた設計の考え方

構造上は斜面安定勾配が確保でき表層の浸食防止を目的とする場合は、表層保護工法として用い、安定勾配が確保できない場合は、地山補強土工法として補強材を地山に打ち込み、所定のすべりに対する安全率を確保することとした。

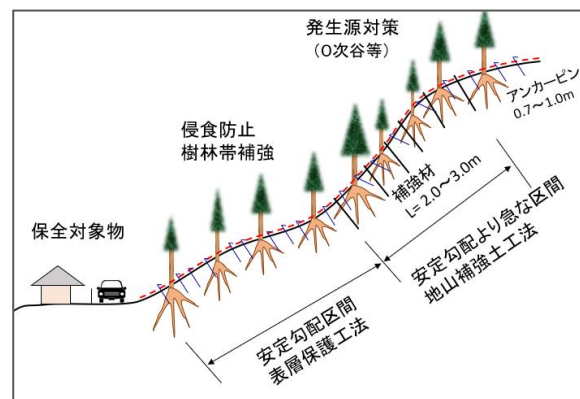


図-3 地形・条件に対応した使い分け

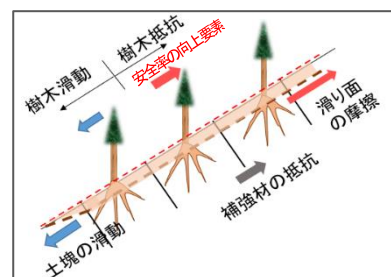


図-4 設計モデル

また、地山補強土工法としての設計にあたっては土塊・樹木の滑動力に対して、滑り面の摩擦および補強材の抵抗のみで斜面安

定ができることを前提にして、樹木の抵抗は $+ \alpha$ の安全率の向上要素と考えることとした。(図-4)

設計のケースワークを行った結果、滑り層厚が0.5～1.0m, 斜面角度が $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 樹木の胸高直径が30cmで3mの間隔で配置している場合、滑りに対する安全率を1.2として補強材を配置した後、樹木の抵抗を考慮すると、1.4以上に増加できる結果となった。

4. 使用材料と施工方法

従来から高強度鋼製ネットを使用した工法(素線径3.0mm)は斜面崩壊現場の復旧や崩壊予防工として用いられてきたが、以下の理由により、森林の中で施工することが困難であった。

- ① ネットの荷姿がロール状で森林内への搬入が困難であること。
- ② 搬入ができる場所でも、立木間を取り巻くようにロール状のネットを地山に張設することが困難であること。

品名・規格	歪動めっき鉄線鋼製菱形金網 JIS3352 Z-G54 $\phi 4.0\text{mm} \times 50$	高強度ネット(DELTAネット) $\phi 2.0\text{mm}$	高強度ネット(TECCOネット) $\phi 3.0\text{mm}$
形状			
単位体積重量	4.50 kg/m ² ※メーカーカタログ	0.67 kg/m ² ※メーカーカタログ	1.77 kg/m ² ※メーカーカタログ
ロールあたり		幅 3.8m×30m: 76.4kg 幅 3.8m×15m: 38.2kg 幅 3.8m×10m: 25.5kg	幅 3.8m×30m: 201.8kg 幅 3.8m×15m: 100.9kg 幅 3.8m×10m: 67.3kg
破断強度	52.8 kN/m (目標方向) ※土木学会第4版 平均張力係数 ≥ 0.97 より取極引用	53 kN/m (目標方向) ※メーカー試験値	150 kN/m (目標方向) ※メーカー試験値
典拠引張強度	290~540 N/mm ² ※ JIS G 3547	1,770N/mm ² ※EN10264-2/EN 10016-1,-2	1,770N/mm ² ※EN10264-2/EN 10016-1,-2
めっき仕様(標準耐用年数)	環状歪動めっき 232g/m ² 以上 ※JIS3352 40.4年 ※(社)日本防錆協会協賛資料、都市工業地域の腐蝕速度を用いて試算した値	5%アルミ亜鉛合金メッキ 115g/m ² 以上 ※EN10244-2 49.3年 ※同左	5%アルミ亜鉛合金メッキ 150g/m ² 以上 ※EN10244-2 49.3年 ※同左

図-5 鋼製ネット比

そこで、高強度鋼製ネットの中でも最も軽量である素線径2.0mmのネットを用いることで、以下の特徴を有し森林の中でも施工が可能なることを確認した。

- ① 同等強度(引張破断強度 53kN/m)のJIS規格ひし形金網と比較して、単位面積あたり質量が約1/7と軽量である。(図-5)



図-6 森林内でのネット設置状況

- ② ロールの芯が折れ曲がる構造とすることで、樹木間を通過できるうえ、樹木の位置でネットの素線を1箇所切断するだけで、ネットの切り開きおよび樹木の挟み込み

が容易にできる。その後、再度抜き取った素線を挿入するか、鋼製クリップを使用するかの手法で容易に接続ができること。(図-6)

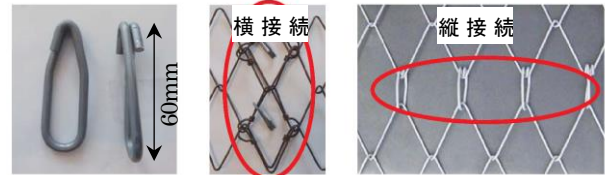


図-7 鋼製クリップでの接続方法

5. 高強度鋼製ネットと樹木の接続方法

本工法の特徴である根茎の緊縛力を利用するためには補強材と高強度鋼製ネットが有効に接続され以下の条件を満たす必要があった。

- ① すべり等による荷重や倒木しようとする荷重が高強度鋼製ネットと樹木間で伝搬できる構造であること。
- ② 樹木の成長に合わせて広がる構造であること。



そこで、筆者らは高エネルギー落石防護柵に使用されている、変形を許容しながら大きな荷重に耐えることができる鋼製リングに

着目し、これを樹木に巻き付けることで、上記の条件に適合できるか、リングの素線巻き数と束ね方法を変えて数多くの試験を実施した。①の条件に対しては滑車を使用した引張試験(図-9)を、②の条件に対しては

拡張試験機(図-10)を用いた。

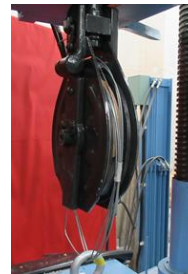


図-9 引張試験状況



図-10 拡張試験機

その結果、リング素線の接続手法として特殊なパイプにリングの素線を挿通することで、上記の条件に適合する素線の巻き数を見出すことができた。

6. まとめ

ウッズネット工法は新しい発想の元で、防災・減災に有効かつ、広範囲の森林で施工が可能であることを目標として開発した。今後は施工実績を重ね、様々な現地条件に適合できるよう改良を重ねる予定である。

参考文献

- 1) 公益社団法人地盤工学会: 地山補強土工法設計・施工マニュアル, 平成28年3月
- 2) 土砂流出防止機能の高い森林づくり指針: 林野庁森林整備部, 平成27年3月