

# 周辺環境に配慮したワイヤー連結工の 施工事例について

木村 智宏

ライト工業株式会社 西日本支社 施工技術部 (〒564-0063大阪府吹田市江坂町1-16-8)

大手町地区斜面对策（その2）工事は、神戸市須磨区大手町地先において六甲山系グリーンベルト事業により、山腹斜面の土砂災害防止を行うものであり、斜面の浸食防止、表層崩壊防止として、吹付のり砕工、鉄筋挿入工、ワイヤー連結工の施工を行った。なかでもワイヤー連結工には、新技術であるESネット工法（NETIS登録 No.KK-120057-A）を採用し、既存樹木の伐採を最小限に抑え、根系による土壌緊縛作用を生かしつつ、斜面の安定性を向上させることができた。本稿では、ESネット工法（以下、本工法と略す）を施工するに当たり現場で工夫した点やその施工事例を紹介する。

キーワード 斜面安定工，自然地山，ロックボルト，環境

## 1. はじめに

我が国は国土の7割が山地であり、台風をはじめとする豪雨が発生しやすい気象条件と相まって、斜面災害が頻繁に発生する。これらを防止する斜面安定工は、豪雨や地震等の自然災害より道路や建築物を保護するために行われるが、近年では周辺環境や景観に配慮して、樹木の伐採が好ましくない箇所が増加しており、ワイヤロープを使用したのり面保護工の重要性が高まっている。

現場周辺の地質は、強風化した六甲花崗岩であり、風化が進むとマサ化し、表層崩壊が発生しやすい状況にあった。当該工事についても、表層崩壊の防止を目的としている。図-1に工事位置を示す。



図-1 現場位置図

## 2. ESネット工法の機能

### (1) 工法概要

本工法は、ワイヤロープを主材としたコンクリートを使用しないのり面保護工で、ワイヤロープとロックボルトを相互に結合することで斜面の表層崩壊を防止する効果がある。また、ワイヤロープを現地で加工しながら施工を行うため、既存木を残した施工が可能である。図-2に本工法の概要図を示す。

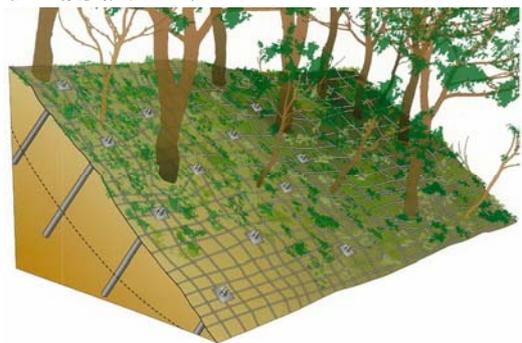


図-2 概要図

### (2) 構成と機能

本工法は次のような部材で構成される。φ10mmのワイヤロープを0.5m間隔に斜面へ配し、各交点をクロスクリップで固定する。鉄筋挿入工の頭部にはESプレートを設置し、ES-Uボルトを使用してワイヤロープとESプレートを連結している。このような相互連結により、ロックボルトの応力を地山へロス無く伝達することができる。また、補強材締付け時にESプレートを地山へ押し込

むことで、連結されたワイヤロープが地山を緊縛し、土塊を主導的に押さえ込むため崩壊を防止する効果が高い。

**(3) 実物大載荷試験による検証**

本工法に使用する部材は、作用荷重に対して十分な強度を有する必要があるため、工法開発時に部材の単体強度試験に加え、実物大載荷試験を実施し、部材及び工法としての機能を確認している。

実験は、実際に使用する材料を組立て設置した実物大の架台に斜面崩壊土砂に模した錘を載荷する方法で行った。写真-2.1に実物大載荷試験状況を示す。



写真-2.1 実物大載荷試験状況

実験では、補強材から作用すると想定される最大荷重においても、部材の変形や移動など、工法の機能が損なわれる変状が生じないことが確認された。

**(4) のり面工低減係数**

開発時には、設計に必要なのり面工低減係数についても確認している。のり面工低減係数は、室内模型試験を行って求めている。実験は、試験土層を徐々に傾斜させてせん断破壊を起こさせる方法(写真-2.2)で行い、予め配置したロックボルトに作用する引張り荷重を測定した。ワイヤロープの有無による比較を行ったところ、ワイヤロープにより抵抗力が増加し、ワイヤロープの補強効果が確認された。



写真-2.2 土層試験状況

また、試験から得られた本工法ののり面工低減係数は0.86であった。したがって本工法の設計に用いるのり面工低減係数は0.7程度とすることが妥当であることが確

認された。

**3. 現場での工夫**

大手町地区斜面对策(その2)工事では、ESネット工法を施工するに当たり、次のような工夫を行っている。

**(1) 工事概要**

表-1に本工事の工事概要を示す。

表-1 工事概要

工事名称		大手町地区斜面对策(その2)工事	
工期	2014年8月~2015年3月		
施工場所	兵庫県神戸市須磨区大手町地先		
工事内容	砂防土工(掘削・埋め戻し)	20m <sup>3</sup>	
	吹付のり砕工(F300 2.0m×2.0m)	1555m <sup>2</sup>	
	アンカー工(鉄筋挿入A)	511本	
	足場工	1.0式	
	ワイヤー連結工	649m <sup>2</sup>	
	アンカー工(鉄筋挿入B)	192本	

本工事では、斜面崩壊防止対策として、急勾配範囲を吹付のり砕工、緩斜面をワイヤー連結工にて施工を行う計画であった。工事着手後に現地踏査を行ったところ、吹付のり砕工を施工する急勾配範囲は、寺院裏での施工となるため、安全性を考慮し吹付のり砕工を先行して施工する必要が生じた。

そこで、ワイヤー連結工と吹付のり砕工の施工境界においては、当初と異なる方法で連結することとなった。

**(2) 吹付のり砕工との連結**

設計時に計画されていたワイヤー連結工と吹付のり砕工との連結方法は、のり砕工下部にワイヤーを巻き込むこととなっていた。

前述の理由から吹付のり砕工が先行施工されるため、以下の連結方法を検討した。

- ①のり砕組立て時(モルタル吹付け前)に連結金具を梁内部に@0.5mにて設置しておき、ワイヤーとの連結を行う。
- ②吹付のり砕工の施工後(モルタル吹付け後)に、あと施工アンカーを削削・設置し、ワイヤーとの連結を行う。

協議の結果、事前の連結金具の出シロがばらつく可能性が高いことや出来映えを考慮し、②のあと施工アンカーによる連結を選定した。

**(3) 連結箇所の検証**

あと施工アンカー方式にて連結を行うに当たり、作用荷重より必要なアンカーの間隔、埋込み長を計算し、あと施工アンカーの仕様を表-2のように決定した。なお、定着はセメントカプセルによる。

表-2 あと施工アンカーの仕様

材質	D19 SD345 HDZ-35
全長	200mm
埋込み長	170mm
設置間隔	500mm

これまで、あと施工アンカーによる連結を行った実績がなかったため、吹付にて水切りモルタル同様の試験体を作成し、実際に引抜き試験を実施した。



写真-3.1 試験体作成



写真-3.2 引抜き試験状況

引抜き試験では、計画荷重の約5倍まで荷重を載荷したが、引き抜けは起こらなかった。



写真-3.3 連結状況

以上より、あと施工アンカーによる連結部の品質を確認することができた。

#### 4. 施工方法

本工法を適応する箇所は、既存木を極力伐採しないことが求められる斜面である。樹木を伐採した場合には、クレーン式ドリルや足場を使用した軽量型ボーリングマシンなどの施工機械が使用される。本件のように樹木の伐採せずに施工する場合には、無足場による削孔機を使用して施工を実施する。以上を踏まえて、本工法の施工手順について述べる。

##### (1) 芯出し工

施工の支障となる必要最低限の草本を伐採し、補強材打設位置の芯出しを行い、ワイヤロープの設置位置をナイロンロープ等で現地に明示する。

##### (2) 削孔工

削孔位置に削孔機を据え付け、所定の深度まで削孔を行う。(写真-4.1)



写真-4.1 削孔状況

##### (3) ケーブル設置工

ケーブルは縦に張ることを基本とし、過度に張りすぎることなく、地山になじむように設置する。

##### (4) ESプレート設置、頭部締付工

ロックボルト打設位置にESプレートを設置し、プレート上下左右にES-Uボルトとワイヤロープを結束する。(写真-4.2) 押えパイプの凹部をワイヤロープに合わせて設置し、ロックボルトのナットを締付けることで、押えパイプを地山に押し付ける。(写真-4.3)



写真-4.2 ES-Uボルトの取付け



写真-4.3 押えパイプの取付け

(5) SKクロスクリップ設置工

ワイヤロープを0.5m間隔に配して、緩むことがないようにその交点をSKクロスクリップで固定する。(写真-4.4)



写真-4.4 SKクロスクリップ設置

(6) 頭部処理工

防錆油入りの頭部キャップを取りつける。

(7) 完了



写真-4.5 施工完了

5. 施工事例の紹介

六甲山系のグリーンベルト事業では、同様な表層崩壊防止対策として、本工法の施工を行っている。

(1) 事例1

工事名：角石地区斜面对策（その2）工事  
施工場所：兵庫県西宮市  
発注者：近畿地方整備局六甲砂防事務所  
工期：平成25年7月～平成26年2月



写真-5.1 施工後6ヶ月

(2) 事例2

工事名：渦ヶ森地区斜面对策（その2）工事  
施工場所：兵庫県神戸市東灘区  
発注者：近畿地方整備局六甲砂防事務所  
工期：平成25年9月～平成26年2月



写真-5.2 施工直後

(3) 事例3

工事名：葺合地区斜面对策（その2）工事  
施工場所：兵庫県神戸市中央区  
発注者：近畿地方整備局六甲砂防事務所  
工期：平成26年8月～平成27年3月



写真-5.3 施工直後

6. まとめ

既存木を残したまま斜面補強を行うことができる新しいのり面保護工の施工事例について紹介した。コンクリートを使用しない環境にやさしい工法であり、今後の活用が期待される。また、本工法には耐久性の高い材料が使用されているが、構造物の長寿命化が求められる中、劣化度合いに応じた維持管理手法の確立及びマニュアル化が今後の課題であると考えます。

謝辞：本工事に際して、国土交通省 近畿地方整備局六甲砂防事務所 西六甲出張所には多大なご指導をいただき、ここに記して謝辞を申し上げます。

参考文献

- 1) 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，III-259，20149
- 2) 歳藤ら：実物大実験によるES ネット工法の機能確認と施工事例土木学会第69回年次学術講演会，III-260，20149
- 3) 西日本ES ネット工法研究会：ES ネット工法技術資料，2015