

高強度ネットで斜面・のり面を安定「クモの巣ネット工法」 — 「人間」と「自然」にやさしい工法をめざして —

門 間 敬 一

クモの巣ネット工法（以降、「本工法」と記す）は、崩壊が予測される自然斜面やのり面を二重防食された高強度ネットで覆い、不動地山で定着させたねじ節異形棒鋼（補強材）と専用プレートで結合させる、強靱なネット面と長杭による立体構造の斜面安定工で、既存の植生を利用あるいは緑化工を併用する工法である。

従来技術として、モルタル・コンクリートの吹付法砕工等とアンカー工・鉄筋挿入工の併用が主であったが、軽量で粘り強い性質の高強度ネットを代りに用いることで、従来技術に比較して工期の短縮や経済性、施工性などの向上が期待できるほか、環境や景観をほとんど損なうことなく施工が可能であり、CO₂削減にも貢献することができる。本稿では、斜面安定技術としての優位性や経済性等の観点のみではなく、自然環境や景観に対する適応性等の観点を主にして本工法の基本的事項と内容を紹介する。

キーワード：自然斜面、のり面、崩壊、安定、環境、景観、植生、ネット、構造、クモの巣ネット工法

1. はじめに

環境に関する法律や条例が次々に制定、改定されるなか、近年、建設関係事業の特記仕様書等に新たに変わった事項がある。「環境負荷の低減」、「景観・生態系の保全」、「地球温暖化への対応」などである。

環境に関する最近の主な法律

- ◇環境基本法（平成5年11月19日）
- ◇地球温暖化対策の推進に関する法律（平成10年10月9日）
- ◇景観緑三法（平成16年6月18日）
 - ・景観法
 - ・景観法の施行に伴う関係法律の整備等に関する法律
 - ・都市緑地保全法等の一部を改正する法律

関係業界ではこれらに鑑み、「環境負荷の低減」等をキーワードに掲げ、行動計画を策定している。例えば建設業の3団体（社）日本建設業団体連合会、（社）日本土木工業協会、（社）建築業協会が策定した「建設業の自主行動計画第4版」（2007年06月11日）によれば、地球温暖化対策、生態系保全、建設副産物対策などの目標やスローガンが挙げられ、環境に配慮する技術として環境配慮設計の推進が挙げられている。

このように建設業を取り巻く情勢は、今や環境抜きには語れず、コスト削減が声高に叫ばれるなか、環境

負荷の低減という新たな潮流ができており、建設技術はまさしくその流れに沿うものが求められている。

建設業の環境自主行動計画第4版（一部抜粋）

【地球温暖化対策】

- ◇施工段階におけるCO₂の排出抑制
- ◇目標⇒CO₂排出量を2010年度までに12%削減（1990年度基準・原単位）

【生態系保全】

- ◇施工段階における生態系保全の推進

【建設副産物対策】

- ◇建設混合廃棄物排出量削減を2010年度までに50%（200年度基準）

【環境配慮設計の推進】

- ◇土木部門における環境配慮技術の提案の推進

本工法は、京都議定書（1997年12月11日）が決議された、約3年後に三重県で初めて施工された。

元来はスイス連邦で開発された工法で、環境に関心の高いヨーロッパを中心に、北米、アジアなどで実績を積み上げ、これを日本向けに改良を重ねてきた。

国内の環境保全に対する関心の高まりに伴い、施工実績も増える傾向にあり、ニーズに合致していることの現れと考えられ、評価も高まるものと考えられる。

2008年2月現在までの施工実績は、全国で188件延べ約17万m²である。また、国土交通省のNETISにおいても「施工実績は少ないものの、優れた技術で

ある」(同ホームページ参照)と評価されている。

2. 本工法の特長

(1) 構成部材の特長

本工法は、「高強度ネット斜面安定工」であり、①高強度ネット(法面工に相当する)、②補強材(鉄筋挿入工に相当する)、③クモ用プレート(支圧板)、④ざぶとん材(支圧板とネットを密着させる裏込め材)が主な構成部材である(写真—1)。そのうち、高強度ネットはスイス連邦からの輸入品であったが、現在では素線のみを輸入し、国内において専用機械(特許取得済)で製造している。



写真—1 高強度ネット、クモ用プレート、補強材頭部ネット、ざぶとん材

ネットに用いられている鋼線の強度は $1,770 \text{ N/mm}^2$ で (High Grade Steel Wire: ドイツ DIN 2078-90), JIS 規格の硬鋼線 (JIS G 3521 SW-C) に相当する。この鋼線を曲げ加工し、ネットに組み上げるのが国内にはない特殊技術で、強靱なネットに仕上がりに、この性質はのり面の安定に極めて有効である。そして国内向けに亜鉛アルミ合金めっき (Zn/Al) と飽和ポリエステル樹脂 (PET) コーティングの二重防食を施し、現場吹付法砕工(以降、「従来技術」と記す)などと同程度の耐用年数(一般には30~50年程度)を実現して、充実した品質管理のもとに提供している。

(2) 工法の特長

本工法の本来的な特長は、

- ①斜面全体を覆う高強度ネットと補強材が結合された構造で、従来技術と同規模の斜面において同様な必要抑止力の形成ができる。
- ②従来技術に比較して、長寿命の植生基盤材として機能し、その導入が容易で構造体は目立たない。
- ③従来技術に比較して、構成部材が軽量で二次製品で

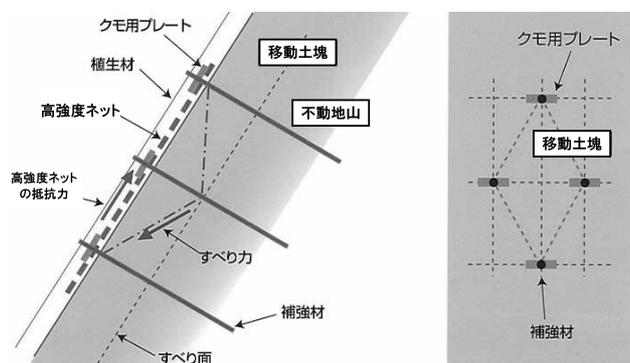
あることから現場養生が少なく、工期が短い。などが挙げられる。

これらは環境への配慮に有用で、例えば②の特長は景観などの環境保全に効果的である。③の特長は施工時の CO_2 排出量削減へ貢献することができる。これら環境への配慮を行うとともに、①の特長である、従来技術と同程度の対策を講ずることが可能である。

3. 設計の考え方

本工法の設計は、①ネットを介した補強材の引き留め効果、締め付け効果による斜面全体の安定、②斜面全体を覆う高強度ネットによる、補強材間の中抜けに対する抵抗力のそれぞれについて検討する(図—1)。

このうち高強度ネットと補強材は、クモ用プレートを介して結合されている構造であることから、補強材辺荷重が結合部の耐力を超えないことを確認する。



図—1 クモの巣ネット工法の設計モデル

4. 施工事例の紹介

本工法の特長が生かされた施工事例を紹介する。

(1) 切土法面の緑化事例

本工事は、九州地方の幹線道路バイパス工事における切土法面安定工である。

手前に従来技術が施工されており、奥の植生の繁茂しているのり面が本工法である(写真—2)。

当初は、従来技術を連続して施工する予定であったが、①道路交通への支障が少ない。②工期が短い。などの理由により、本工法が採用され、結果的に緑豊かな法面が形成された。

のり面勾配が $1:0.5$ を超える急勾配で、かつ地質が風化岩であることから、通常の植生基盤材吹付工では、基盤材の剥離が懸念された。このため、植生には植生土のうを使用した。



写真一2 アンカー（鉄筋挿入工）併用現場吹付法砕工（手前）とクモの巣ネット工法を施工した法面（奥の植生が繁茂した法面）

急勾配にもかかわらず、高強度ネットがのり面全体を押さえることにより、植生土のうの安定が保たれ、植生が繁茂して良好な道路景観が形成されている（写真一3～5）。



写真一3 植生土のうを積み上げて植生基盤を造成した



写真一4 木本類と草本類が混在し、自然に近い法面が形成された



写真一5 植生の間隙から頭を見せるクモ用プレート

(2) 従来の地形や植生を保全した事例

本工事は、東海地方のある寺社における庫裡（クリ）背面の斜面崩壊復旧工事である。

現場は、建物と斜面の離隔が狭く、重機の進入が困難な場所である。また寺の境内であるため、施工中の騒音や振動、粉じんなどが少なく、従来の景観を復元するという目的から本工法が採用された。

のり肩には業平竹（ナリヒラダケ）が繁茂している（写真一6）。この竹は直径2～4cmの小型種で、高強度ネットの網目径（φ65mm）以下なので、竹の繁茂に支障はないと判断した。また、斜面上には冬枯れの下草があったが、これも肥料となるのでそのまま放置し、のり肩まで高強度ネットを張った。



写真一6 冬枯れた下草の上に高強度ネットを張った

植生が繁茂し始め、従来の植生である小隈笹や業平竹が芽吹いている。

本工事では、一切の切土と下草等の除去を行わなかったため、崩壊した箇所を除き、従来の植生と自然の

地形がそのまま残された。その結果、本工法によって斜面の安全率が向上しただけでなく、崩壊前の斜面状態に復元することができた（写真—7～9）。



写真—7 地形の切り取りをせずに高強度ネットを張った。植生に必要な土壌が流失している箇所は、植生基盤材を人力で貼り付けた。



写真—8 施工した全景



写真—9 施工後約半年経過
植生が繁茂し始め、従来の植生である小隈笹や業平竹が芽吹いている。

(3) 老朽化したモルタル吹付工の補修事例

本工事は、近畿地方のある主要地方道の老朽化したモルタル吹付面の補修工事である。劣化したモルタルが剥離して崩落する恐れがあると同時に、背面地山の崩壊も予測されることから、本工法が採用された。

現場は狭隘な山間道路で、片側車線を閉塞し交互通行とした（写真—10, 11）。



写真—10 施工前の現場全景



写真—11 施工後の状況 全面には落石防護網が架けられている。

本来こうした補修は、モルタルを全面除去した後に再度吹付けを行うのが一般的であるが、当現場では本工法を採用することにより、大量の産業廃棄物処理、施工時の粉じんや騒音が回避された。さらに、施工期間が短縮されるため道路の早期開放が実現でき、車両滞留時の排ガスによる周辺環境への負荷が軽減された。

(4) 樹木を残した事例

本工事は、関東地方の社宅隣接斜面に対する急傾斜地崩壊対策である。

住環境保全の観点から、周辺の植生を残しつつ対策を講ずる必要があることから、本工法が採用された。また、施工においては下草をある程度刈り取ったもの

の切土整形は一切行わず、植生に必要な土壌を残して工事が進められた(写真—12, 13)。

施工後約半年経過の状況(写真—14, 15)でもわかるように下草が繁茂し、高強度ネットを覆い隠している。また、土壌がそのまま残っているため、従来の



写真—12 ざぶとん材設置状況



写真—13 高強度ネット張工状況



写真—14 施工後半年経過の現場状況
(写真—13と同位置)



写真—15 施工後半年経過の現場状況
(写真—12と同位置)

植生が復元され、住環境を損なうことなく対策することができた。

5. 「人間」と「自然」にやさしい工法をめざして

本工法の目的は、あくまで斜面を安定させることであって、景観・環境の保全ではない。しかし、結果として植生の維持あるいは緑化などによって、それらがもたらされる。それには、①草本などの植生を妨げない網目構造、②小地形に追随することのできる柔軟な構造、③すべり力に抵抗することができるのり面工と補強材との立体構造などが三位一体となった構造は新技術の要諦であり、強靱なネットをのり面工に採用した本工法は、これらの目的を十分に達成している。

斜面やのり面は、表面の姿や形が変わっても、私たちの生活空間に必ずといってよいほど存在するものである。ある日、安全対策を講じて別の構造(もの)に変わったとすれば、それは環境が変化したことを意味する。しかし、従来の環境をほぼ保全したまま為されたらどうであろうか。環境がほとんど変化せずに、安全性だけが向上し、すなわちそれは「人間」と「自然」にやさしいと言えるのではないだろうか。

6. おわりに

ここまで、本工法がいかに環境に配慮した技術として優れているかを述べてきたが、従来技術に僅かであるが及ばぬ課題もある。一つは、網目構造であるために風化浸食防止については、植生による地被に頼らざるを得ない点、あるいは高木の育成に手間を要する点、また斜面の形状や起伏への追従性をさらに高める工夫

が必要な点などである。

本工法に用いる高強度ネットは幅 3.5 m のロール状の仕様で、これを斜面に垂らしながら張ることから、張り方の工夫に加え数量の割り増しが必要である。

したがって、地形が複雑で起伏が激しいほど、工夫と数量増が要求され、割り増しが大きくなり、実際との乖離が大きければ適正を欠く。現在、これらをより実状に近づけるため新たな割増率を提案している。

このように、私たちはより良い工法に改善するための努力を重ね、社会貢献の手間を惜しむことはない。

JCMMA

【参考文献】

- (社)日本建設業団体連合会監修：建設工事の環境保全法令集平成 19 年度版、(株)富士経済
 (社)日本建設業団体連合会・(社)日本土木工業会・(社)建築業協会：建設業の環境自主行動計画第 4 版、2007 年 6 月 11 日
 (社)土木学会：吹付けコンクリート指針(案)[のり面編]、2005 年 6 月
 (社)全国特定法面保護協会：のり面保護工施工管理技術テキスト(改訂版)、平成 19 年 5 月
 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)：切土補強土工法設計・施工要領、平成 19 年 1 月
 斜面受圧板協会：クモの巣ネット工法設計・施工マニュアル、平成 18 年 4 月
 (財)建設物価調査会：建設工事標準歩掛、改定 44 版

【筆者紹介】

門間 敬一(もんま けいいち)
 東亜グラウト工業(株)
 技術顧問



「建設機械施工ハンドブック」改訂 3 版

近年、環境問題や構造物の品質確保をはじめとする様々な社会的問題、並びに IT 技術の進展等を受けて、建設機械と施工法も研究開発・改良改善が重ねられています。また、騒音振動・排出ガス規制、地球温暖化対策など、建設機械施工に関連する政策も大きく変化しています。

今回の改訂では、このような最新の技術情報や関連施策情報を加え、建設機械及び施工技術に係わる幅広い内容をとりまとめました。

「基礎知識編」

1. 概要
2. 土木工学一般
3. 建設機械一般
4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令

「掘削・運搬・基礎工事機械編」

1. トラクタ系機械
2. ショベル系機械
3. 運搬機械
4. 基礎工事機械

「整地・締固め・舗装機械編」

1. モータグレーダ
 2. 締固め機械
 3. 舗装機械
- A4 版/約 900 ページ
 ● 定 価
 非 会 員：6,300 円(本体 6,000 円)
 会 員：5,300 円(本体 5,048 円)
 特別価格：4,800 円(本体 4,572 円)
 【但し特別価格は下記○の場合】

◎学校教材販売

〔学校等教育機関で 20 冊以上を一括購入申込みされる場合〕

- ※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。
 ※送料は会員・非会員とも沖縄県以外 700 円、沖縄県 1,050 円

※なお送料について、複数又は他の発刊本と同時申込みの場合は別途とさせていただきます。

●発刊 平成 18 年 2 月

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>