

— 落岩発生源対策 —  
**ワイヤーネット被覆工法**

(NETIS登録技術:CG-110030-A, 特許第4615203号)

**クラッシュネット工法**

(特許第4615203号)

**圧入マット式根固工法**

(特許第5800765号)

— 表層崩壊(土砂・岩盤)対策 —

**アンカーネット工法**

(特許第4615203号)

**設計・施工マニュアル**



松江高専名誉教授  
工学博士 **浜野 浩幹** 監修

平成30年4月

**斜面对策研究協会**



# 巻頭言

落石対策に関する文献に「落石対策便覧：社団法人日本道路協会」があり、関連技術を詳細に網羅したものとしては、ほぼ唯一のものとなっている。その初版（1983年）のまえがきに“本書は、指針、要綱とは異なる位置づけである便覧として…設計方法などを事例も含めてとりまとめたものである”と記されている。改訂版（2006年）でも“…本便覧の内容は決して「基準」ではないことを理解し…”とし、落石対策の体系化や取り扱いの困難さを強調したうえで、いっそうの技術開発を促している。

落石対策には、静止した岩塊を固定する発生源対策と転落する岩塊を受け止める待ち受け対策がある。前者では、落石の危険性とその規模を予測することは比較的可能であり、所要の抑止力等を合理的計算に基づいて求めることが、一応できる。後者では、転落ルートや跳躍量等の予測が困難であるため、より安全側の視点に立つ必要があり、その分工事費も増大しやすい。以上の観点から、落石対策の基本は発生源対策におくべきであり、待ち受け対策は小規模でかつ予測困難な落石に対して、面的に幅広く受け持つといった手法が適当と思われる。

一方、諸問題を解決する過程において、その不都合な現象を招く原因究明が第一である。落石の場合、不安定な岩塊の脚部侵食、凍結による剥離、表層すべりや地震、倒木による外力等がその要因としてあげられる。発生源対策では、これらを踏まえた設計がなされなければならないが、現状では必ずしも一貫した設計手法が確立されているわけではない。

今回開発されたワイヤーネット被覆工法およびクラッシュネット工法は、いずれも発生源対策であり、特に“ワイヤーネットで不安定な転石群を、一体化するように包むことで安定化を図る”といった、従来工法にない概念を採り入れている。これらは、ともに地震時の滑動や転倒に対する安定度を求め、必要に応じてアンカーによる抑止を行うものである。

本マニュアルは、先人たちが築きあげた諸技術を踏まえたものであり、落石対策の一助となるとともに、落石対策技術全般のさらなる飛躍を願うものである。

平成 24 年 9 月

松江工業高等専門学校名誉教授  
工学博士 浜野 浩幹



## はじめに

我が国は世界有数の変動帯にあり、これまで斜面災害を克服するための多くの施設が構築されてきた。しかし、依然として地震や倒木による落石が頻発し、今後も国土保全に持続的投資を必要としている。既往施設の更新が本格化することなども踏まえ、品質や施工の安全性を確保した上で、いっそう効率的な事業展開を行うことも喫緊の課題となっている。

落石対策では、発生源対策と待ち受け対策をセットで行うことが基本である。本マニュアルで取り扱う発生源対策では、足場条件等の悪い環境でも軽微な設備で施工できること、作業の安全性を高めるための“逆巻き施工”が可能なことなどが重要と考える。

取り扱う工法の特徴として、ワイヤーネット被覆工法は、不安定な岩塊（群）をワイヤーネットで密着状に被覆（一体化）し、安定化を図るものである。上記逆巻き施工を可能とするほか、安定計算に基づく合理的な設計や“工場製品の現地組立て”による作業負担の軽減等を狙いとしている。クラッシュネット工法は、“小割整形による安定化”という新しい概念を採り入れている。圧入マット式根固工法は、コンクリートマットを利用した間詰工であり、基礎地盤を確保するための床堀やコンクリート打設型枠を不要とする。

使用する部材はステンレスおよびダクタイル製とし、防食性をいっそう高めている。固定用アンカーの定着は岩用のみとし、長期耐久性に優れたくさび方式を採用している。

設計は、近年活発化する地震力を考慮した“滑動および転倒”計算に基づいている。倒木等による外力を考慮すべきという立場から、これらも一律地震力に含めることや、面的に広がる落石源では、地すべり対策と同様の安定解析断面に基づく設計手法を採り入れ、調査・設計の簡便化を図るようにしている。

今回、現場実態を踏まえ、一部設計・施工基準の改訂を行った。特に、表層すべりや崩壊による落石に対し、新たに抑止力の大きいアンカーネット工法を加え、対応できるようにした。

これらの工法が、永久構造物としての耐久性や高齢化社会における作業負担軽減といった時代の要請に応えると共に、斜面災害防止にいっそう貢献できるよう、さらに改良を加えていきたい。

平成 30 年 4 月

斜面对策研協会 スタッフ一同

# 目 次

(はじめに)

1. 総 説	
1.1 工法概要	1
1.2 適用範囲	2
1.3 用語・記号	2
2. 材 料	
2.1 ワイヤーリング(共通)	3
2.2 連結金具(共通)	4
2.3 ワイヤーロープ端止具(共通)	5
2.4 アンカーピン, ショートアンカー(共通)	6
2.5 深層アンカー(共通)	7
2.6 根固マット(根固工)	8
2.7 頭部固定金具(アンカーネット工)	9
2.8 簡易受圧版(アンカーネット工)	10
2.9 不陸調整マット(アンカーネット工)	10
3. 調 査	
3.1 ブロック区分	11
3.2 落石要因の特定	12
3.3 落石の危険度判定方法	16
3.4 岩塊諸元の測定方法	17
3.5 安定解析断面の設定方法	18
3.6 簡易測量(調査平面図, 対策工検討断面図)	18
4. 設 計	
4.1 ワイヤーネット被覆工法	
4.1.1 工法の考え方	19
4.1.2 設計手順	19
4.1.3 設計条件	20
(1)安定計算, (2)ワイヤーネット, (3)アンカーピン, (4)固定用アンカー, (5)連結補助ワイヤー	
4.1.4 設計計算	
(1) 安定解析式	34
(2) 所要引張り力 P	35
(3) 設計設計例	
【設計例1:単体の岩塊】	37
【設計例2:複数の岩塊】	42
4.2 クラッシュネット工法(小割整形工)	
4.2.1 ワイヤーネットを用いた小割の考え方	47
4.2.2 小割による安定化の目安	47
4.2.3 小割後の安定化対策	48
4.2.4 小割時の仮設用アンカー	49
4.3 アンカーネット工法	
4.3.1 工法の考え方	50
4.3.2 設計手順	50
4.3.3 設計計算例	51

5. 施工	
5.1 ワイヤーネット被覆工法	
5.1.1 施工手順	57
5.1.2 ワイヤーネット敷設	57
(1)目的, (2)ワイヤーリングの種類とネットの組み方, (3)ガイドロープの取り付け方, (4)立木等の障害物の処理方法, (5)特殊地形での敷設方法, (6)ワイヤーネットの弛み, (7)小岩塊対策	
5.1.3 アンカーピンの設置	61
(1)目的, (2)設置場所の選定, (3)設置方向, (4)定着手順, (5)穿孔器具, (6)グラウト材, (7)アンカーピンの所要埋設深さ	
5.1.4 固定用アンカー(深層アンカー/ショートアンカー/アンカーピン)の設置	63
(1)目的, (2)構造と仕様, (3)削孔径, (4)グラウト材, (5)定着地盤と削孔方向, (6)アンカー材(深層アンカー)の延長方法, (7)定着部のグラウト方法と漏出する場合の対策, (8)固定用アンカー頭部設置方法, (9)固定用アンカーとワイヤーネットの連結方法, (10)固定用アンカーの設置間隔について, (11)穿孔システム	
5.2 圧入式根固マット工法	70
5.3 クラッシュネット工法(小割整形工・小割除去工)	
5.3.1 施工手順	71
5.3.2 ネットの組み方	71
5.3.3 アンカーピンの目的と取り付け位置	72
5.3.4 小割整形要領	72
5.3.5 小割除去要領	72
5.4 アンカーネット工	
5.4.1 施工手順	73
5.4.2 アンカー地点の選定	74
5.4.3 ワイヤーネット敷設	75
5.4.4 アンカー設置	75
5.4.5 簡易受圧版設置	76
6. 施工管理	
6.1 出来形管理	77
6.2 品質管理	78
6.3 写真管理	78
7. 試験工	
7.1 基本調査試験	
7.1.1 試験概要	79
7.1.2 実施例(解析例)	80
7.2 確認試験	83

## (参考資料)

参 1. 落石発生源対策の選定と現状における課題	
参 1.1 工種分類と選定方法	
参 1.1.1 工種分類.....	85
参 1.1.2 工種別経済性比較.....	86
参 1.1.3 発生源対策と待ち受け対策の組み合わせ.....	86
参 1.2 ワイヤロープ掛工の留意点.....	87
参 1.3 落石対策用アンカーの留意点.....	88
参 1.4 部材の防食について.....	89
参 1.5 目標安全率について.....	89
参 1.6 安定計算の検討項目について.....	91
参 1.7 根固工について.....	92
参 2. 開発工法の考え方	
参 2.1 ワイヤネット被覆工法	
参 2.1.1 落石の初動現象.....	93
参 2.1.2 発生源対策における所要抑止力.....	93
参 2.1.3 ワイヤネット被覆工法による抑止の考え方.....	93
参 2.1.4 ワイヤネットで一体的に被覆された岩塊の挙動.....	94
参 2.1.5 滑動に対する岩塊の連結効果.....	94
参 2.1.6 転倒に対するネットの抑止効果.....	94
参 2.1.7 覆式と被覆式の違い.....	94
参 2.1.8 固定対象の大きさ(目安).....	96
参 2.2 クラッシュネット工法(小割整形工)	
参 2.2.1 小割除去工の問題点.....	97
参 2.2.2 小割整形工.....	98
参 2.3 クラッシュネット工法(小割除去工).....	99
参 2.4 圧入マット式根固工法.....	100
参 2.5 アンカーネット工法	
参 2.5.1 適用範囲.....	101
参 2.5.2 鉄筋挿入工との違い.....	101
参 2.5.3 アンカーネット工の考え方.....	103
参 2.5.4 模型実験による確認.....	104
参 3 施工事例	
参 3.1 ワイヤネット被覆工法.....	107
参 3.2 クラッシュネット工法(整形工).....	109
参 3.3 クラッシュネット工法(除去工).....	110
参 3.4 圧入マット式根固め工法.....	112
参 3.5 アンカーネット工法.....	113
参 4 実証実験	
参 4.1 ワイヤネット被覆工法.....	114
(1)滑動実験, (2)転倒実験, (3)吊り上げ試験, (4)落下試験	
参 4.2 アンカー材引張曲げ実験(深層アンカー).....	121
参 4.3 アンカーピンの所要埋設深さ.....	126
参 4.4 深層アンカー等のくさび式定着実験.....	129



参 5 経済性比較のポイント	
参 5.1 ワイヤーネット被覆工法 .....	131
参 5.2 クラッシュネット工法 .....	133
参 5.3 圧入マット式根固工法 .....	133
参 5.4 アンカーネット工法 .....	134
参 6. 落石の危険度判定方法(案)	
参 6.1 落石の危険度判定と課題 .....	135
参 6.2 転倒計算による危険度判定方法(案) .....	136
参 7. 設計基準値(資料による基準値または設計例から抜粋) .....	139

(巻末貼付図)

ワイヤーネット被覆工法標準構造図

補強用アンカー標準構造図(アンカーネット工法)

## 【参考資料】



### 参.3 施工事例

#### 参 3.1 ワイヤーネット被覆工法



写真-参 3.1.1 層厚 3m, 斜面長 25m の巨岩 (スランプ状態) の固定



写真-参 3.1.2 同左, 巨岩周囲に設置した深層アンカー (削孔長 1.8m, 削孔径 65mm, 定着長 0.4m, 人力施工)



写真-参 3.1.3 オーバーハング箇所の固定例 (樹脂製ネット併用)



写真-参 3.1.4 小岩塊の固定例



写真-参 3.1.5 剥離性露岩を面的に被覆した例 (立木はすべて残している)



写真-参 3.1.6 小岩塊対策として金網併用例





写真-参 3.1.7 浮石の固定 (緊急対策)



写真-参 3.1.8 小溪流の不安定岩塊



写真-参 3.1.9 バックリング状態の露岩



写真-参 3.1.10 凹凸の激しい転石群を被覆



写真-参 3.1.11 垂直壁の固定 (根固工併用)



写真-参 3.1.12 文化財 (城の岩塊垣) の補強 (景観保持のため、ネット着色)



### 参 3.2 クラッシュネット工法(整形工)

#### ①複数の転石をまとめて小割り整形した例



#### ②φ3m 大の転石

転石上位 (1/2 程度) を小割りした結果、写真のように緩斜面に乗り上げるように仕上がったことから、安定度を確認した上でそのまま残置.



小割り前 (等価径 3m) .

同左, 小割後 (上部 1/2 を小割)  
 ...小割ネットのワイヤーリング径 35cm



### 参 3.3 クラッシュネット工法(除去工)

- ①高さ 11m の巨岩 (座掘状態)
- 巨大な柱状の剥離岩塊をワイヤーネット (φ60cm) で被覆し、斜面上部に設けた転倒防止用アンカーで仮固定.
- 座掘状態のため、巨岩脚部 (内部が空洞) をモルタル吹付 (空洞の充填) で補強後、岩塊上位 1/3 を小割除去 (転倒安全率確保、除去領域は金網併用).



柱状の浮岩塊脚部は座掘状態 (円内)



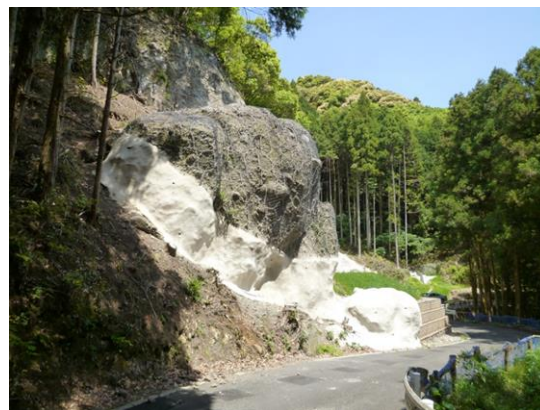
ワイヤーネットで被覆し、深層アンカーで頭部を固定 (転倒防止)

岩塊をすべて除去した場合、高さ 15m 程度の壁面が形成されるため、あえて岩塊下位 2/3 を残し、滑動安全率を補うための固定用アンカーを設置.

斜面中腹にステップが形成され、上部斜面からの落石に対する防護機能が期待される.



小割完了 (転倒安全率確保)



竣工

②ポケット式落石防護網工を直撃した半宙ぶり状態の転石

破損したネットを含め、転石をワイヤーリングで上下から挟むように被覆（ワイヤーリングの連結部のみ防護ネットを局部的に切断）し、小割処理した例.



写真-参 3.3.1 落石防護網を直撃、破損せしめた転石



写真-参 3.3.2 被災した防護ネットごと、ワイヤーネットでも巾着状に包む



写真-参 3.3.3 アンカーロープで固定



写真-参 3.3.4 ネット (φ35cm) 内での小割



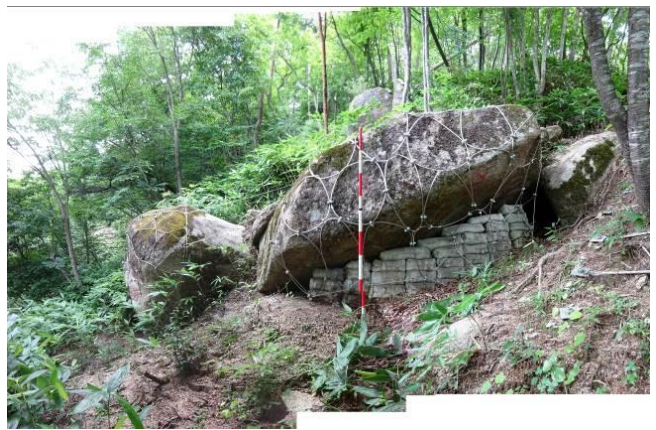
参 3.4 圧入マット式根固工法



浮石脚部侵食部への充填例



崖錐上の転石を根固めした例



巨岩の根固め



### 参 3.5 アンカーネット工法

#### ① 「ワイヤーネット+補強用アンカー」による固定例



岩盤崩落（斜面長 20m, 傾斜 70~75°）  
…アンカーはスカイドリル工法にて施工



#### ② 「ワイヤーネット+グラウンドアンカー」による固定例



層厚 3~5m の表層すべり（中腹部押し出し）

