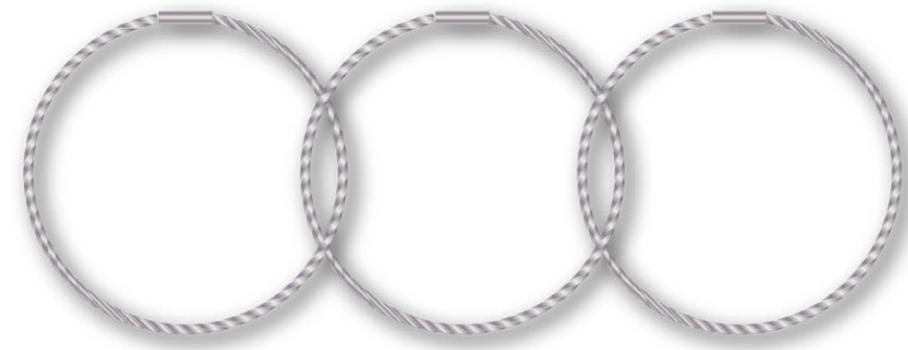


ステンレス製ワイヤーリング仕様

# 落石発生源対策



## 斜面对策研究協会



### 事務局

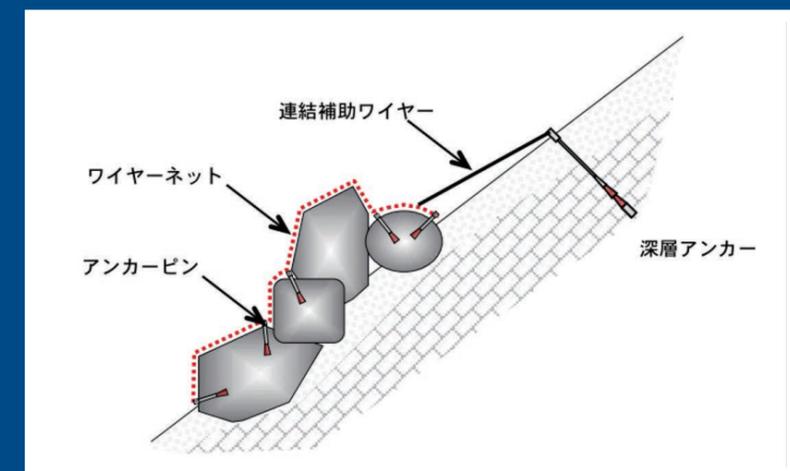
〒514-0815 三重県津市藤方2254番地1 アルコ (株) 内  
TEL.059-213-8811 FAX.(059) 213-8880

E-mail [info@alcoinc.co.jp](mailto:info@alcoinc.co.jp) URL <http://www.alcoinc.co.jp>

### 研究室

〒699-0555 島根県出雲市斐川町坂田1300 (株) 斜面对策研究所  
TEL.050-3386-8175 TEL.090-7121-9206 FAX.(0853) 63-0656

E-mail [qqsr5329@coffee.ocn.ne.jp](mailto:qqsr5329@coffee.ocn.ne.jp) URL <http://www.shamen-taisaku.com/>



斜面对策研究協会

落石発生源対策(特許第4615203号)

# ワイヤーネット被覆工法

ワイヤーネットと短いアンカーピンを用いて、不安定な転石あるいは転石群を一体的に被覆することによって、転倒や滑動に対する安定度を向上させます。コストの縮減や施工性の向上を図ることが可能です。



- ステンレス製ワイヤーロープを使用しており耐久性に優れています。
- 不安定な転石に対しピンポイントで対策を施すことが出来るため、施工数量を低減できます。
- 抑止用アンカーの打設本数が少ないため、コストの縮減とともに施工性の向上が図れます。
- 個々の部品が軽量で人力での運搬も容易なため、施工時の安全性が向上します。
- **目標安全率を平常時で2.0とします。**
- **設計検討時に地震力を考慮した設計を行います。**

表層すべり、崩壊(土砂、岩盤)、落石対策(特許第5283014号)

# アンカーネット工法

アンカーネット工は、補強材により斜面全体のすべりを抑止し、補強材間の局所的な表層すべりをワイヤーネットで固定します。

落石発生源において表層すべりなどによる変状が認められる斜面を面的に固定する事が出来ます。

現地状況に合わせて補強材位置を選定できるため、施工性が良く、凹凸のある斜面で特に有効です。



- 初期緊張を与えるため、不安定層の変位を許容しません。
- 補強材による引止効果が発揮しやすいように低角度で設置します。
- アンカー体は、長期耐久性に優れたくさび方式(荷重分散一支圧型)を採用しています。
- 受圧版設置地盤がルーズな場合は、安全側として締め付け効果を無視します。

落石発生源対策(特許第4615203号)

# クラッシュネット工法

急峻な斜面からの石の搬出は、過酷で危険な作業です。「クラッシュネット工法」では、石を移動させずにその場で被覆したワイヤーネット内で小割りし、そのまま斜面に残置します。

したがって危険な搬出作業は不要となり、工事費の縮減や安全性の向上を図ることができます。



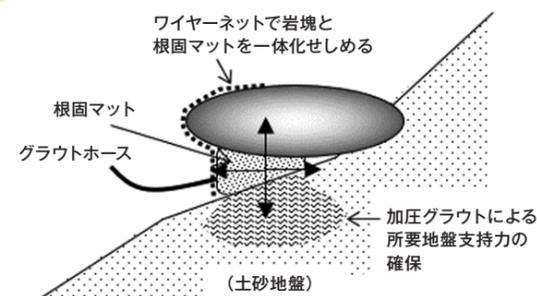
- ワイヤーネットはステンレス製で耐久性に優れているため、小割整形後、そのまま斜面に残置することができます。
- 小割した石の搬出作業を行わないため、施工時の安全性が向上します。
- 個々の部材が軽量なため、ワイヤーネットの敷設に際し大がかりな仮設等は必要ありません。
- 搬出作業に伴うモノレール等の設置も不要のため、コストの縮減や工期の短縮を図ることもできます。
- **小割除去工の仮設ネットとして使用する場合は、目標安全率1.5とした設計を行います。**

落石発生源対策、基礎補強対策(特許第5800765号)

# 圧入マット式根固工法

岩塊の転倒安全率を恒久的に確保するには、根固工が最も適当です。

従来の擁壁タイプでは、不安定岩塊の脚部を床掘する必要があるため、採用しにくい面がありましたが、間詰め空間をコンクリートマットを用いて加圧充填する当工法は、作業者の負担軽減と作用時の安全確保が両立できます。特に、生コンが打てない様な厳しい環境で効果を発揮します。



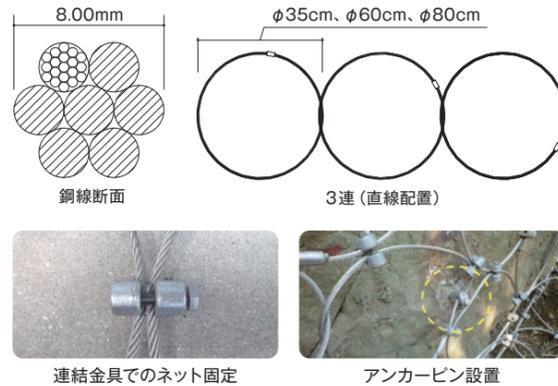


落石発生源対策 **ワイヤーネット被覆工法** 基本構造

設計方法

部材の特徴

ワイヤーネットを構成するワイヤーリングは自在性が高く、多様な形状のものを密着状に被覆することができます。敷設作業は3連のものを主とし、すり付け(間詰め)部はシングルを使用します。各部材はステンレスやダクタイルを使用することで防食性を高めるようにしています。



固定用アンカーの使用

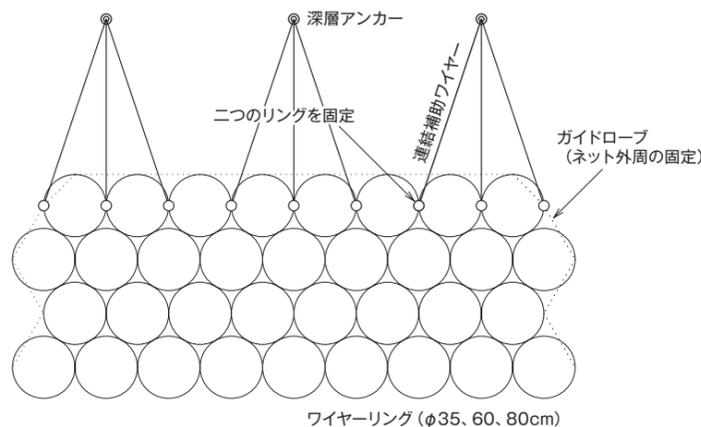
固定用アンカーには深層アンカー(最大設計荷重109.8kN/本:PC鋼より線、二重防錆加工)、ショートアンカー(最大設計荷重17.5kN/本ダクタイル)があり、設計荷重に応じて使い分けます。定着地盤は岩盤とし、露岩する場合でもシーティング節理等による剥離を避けるため、被り厚1mを確保します。定着方式は、定着長が短く、長期耐久性に優れたくさび方式を採用しています。表層地盤の変位が予想される場合は撓曲性にすぐれた深層アンカーを採用します。



**アンカーは岩盤に定着させる  
アンカー形式は定着地盤の剥離を抑制できるくさび形式とする**

基本配置図

固定対象をワイヤーネットで巾着状に被覆し、ネット外周をガイドロープで巾着状に縛ります。固定用アンカーのヘッドから連結補助ワイヤーを引き出し、ワイヤーネット端部を連結固定します。



| リング径 | 標準リング数               | 標準連結金具数    |
|------|----------------------|------------|
| 35cm | 9.43ヶ/m <sup>2</sup> | リング数量×2.35 |
| 60cm | 3.21ヶ/m <sup>2</sup> |            |
| 80cm | 1.80ヶ/m <sup>2</sup> |            |

部材の防食性

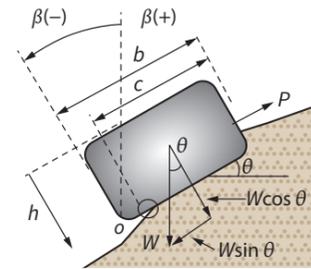
施工後20年程度経過した土木構造物では著しく腐食したものがあり、部材の防食性向上が喫緊の課題となっています。当工法では以下のような防食性の高い材料を採用しています。

- ワイヤーリング：ステンレス鋼ワイヤーロープ(SUS304)
- 連結金具：鋳造品
- アンカーピン：亜鉛めっき処理(HDZ35)
- 深層アンカー：頭部連結具 亜鉛めっき処理(HDZ55) PC鋼より線(φ12.7mm:アンボンド仕様)



石の安定解析 平常時・地震時の滑動および転倒に対して検討

(目標安全率：平常時F=2.0、地震時F=1.0 ロープ掛りに準ずる)



W : 石の重量  
b : 石の奥行(斜面傾斜方向)  
o : 転倒支点  
c : 転倒支点からの奥行長さ  
h : 石の高さ  
θ : 石が地山と接する面の傾斜角  
β : 石の谷側壁面の鉛直線とのなす角  
μ : 石と地山との摩擦係数  
k<sub>h</sub> : 地震時水平震度  
P : アンカー力

1. 目標安全率と所要アンカー力の関係

平常時 (F = 2.0)

$$F_s = \frac{W \cos \theta \cdot \mu}{W \sin \theta - P} = 2.0$$

$$F_P = \frac{W \cos \theta (c - b/2 + h/2 \tan(\theta + \beta))}{W \sin \theta \cdot h/2 - P \cdot h/2} = 2.0$$

地震時 (F = 1.0)

$$F_{SE} = \frac{(W \cos \theta - k_h \cdot W \sin \theta) \mu}{W \sin \theta + k_h \cdot W \cos \theta - P} = 1.0$$

$$F_{PE} = \frac{W \cos \theta (c - b/2 + h/2 \cdot \tan(\theta + \beta)) - k_h \cdot W \sin \theta \cdot (c - b/2 + h/2 \cdot \tan(\theta + \beta))}{W \sin \theta \cdot h/2 + k_h \cdot W \cos \theta \cdot h/2 - P \cdot h/2} = 1.0$$

2. 摩擦係数μの決定方法

各ブロックで最も不安定な石の現状滑動安全率をF<sub>s</sub>=1.0とし、これを満たす摩擦係数μを決定。(ただし、μ≥0.5)

3. 所要アンカー力の決定方法

上記摩擦係数を基に各ブロック内の石を一体化せしめた場合の安全率を求め、目標安全率に対する所要アンカー力を決定。

設計計算例  
複数の転石を対象とする場合

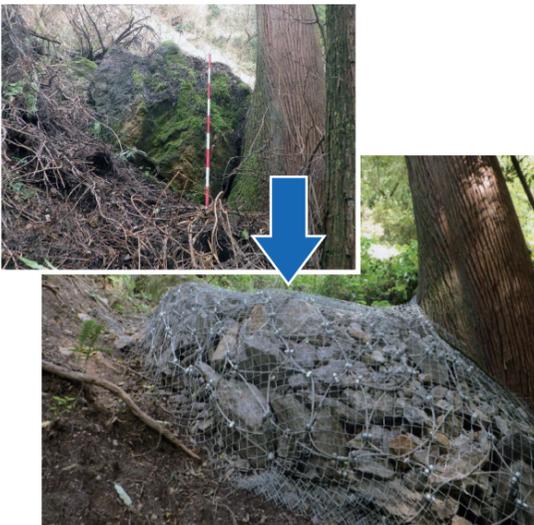
| No | 石の寸法と傾斜角 |          |          |          |           |           | 安定解析諸元                 |         |           |              |
|----|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------------------------|---------|-----------|--------------|
|    | 幅 a (m)  | 奥行 b (m) | 高さ h (m) | 底長 c (m) | 底面角 θ (°) | 前面角 β (°) | 体積 V (m <sup>3</sup> ) | 等価径 (m) | 重量 W (kN) | T Wsinθ (kN) |
| 0  | 2.0      | 2.0      | 2.0      | 1.6      | 40        | -25       | 8.0                    | 2.5     | 208.0     | 133.70       |
| 1  | 1.0      | 1.0      | 1.0      | 0.8      | 40        | -25       | 1.0                    | 1.2     | 26.0      | 16.71        |
| 2  | 2.0      | 2.0      | 2.0      | 2.0      | 35        | 0         | 8.0                    | 2.5     | 208.0     | 119.30       |
| 3  | 3.0      | 3.0      | 3.0      | 3.0      | 20        | -20       | 27.0                   | 3.7     | 702.0     | 240.10       |
| 4  | 1.0      | 1.0      | 1.0      | 1.0      | 20        | -20       | 1.0                    | 1.2     | 26.0      | 8.89         |
| Σ  |          |          |          |          |           |           |                        |         | 1170.0    | 518.70       |

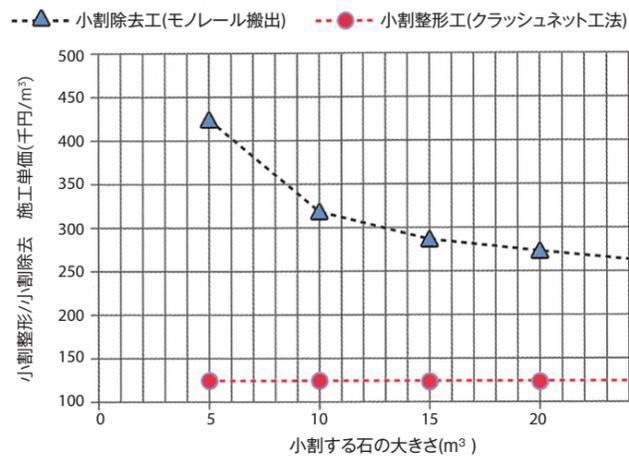
| No | 滑動計算           |                     |                 |                     | 転倒計算           |                     |                 |                     | 最大引張力 P (kN) |
|----|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|--------------|
|    | 平常時            |                     | 地震時             |                     | 平常時            |                     | 地震時             |                     |              |
|    | F <sub>s</sub> | P <sub>1</sub> (kN) | F <sub>SE</sub> | P <sub>2</sub> (kN) | F <sub>P</sub> | P <sub>3</sub> (kN) | F <sub>PE</sub> | P <sub>4</sub> (kN) |              |
| 0  | 1.00           | 66.8                | 0.74            | 40.7                | 1.02           | 65.3                | 0.76            | 38.0                | 66.8         |
| 1  | 1.00           | 8.4                 | 0.74            | 5.1                 | 1.02           | 8.2                 | 0.76            | 4.7                 | 8.4          |
| 2  | 1.20           | 47.8                | 0.88            | 16.9                | 2.25           | 0.0                 | 1.66            | 0.0                 | 47.8         |
| 3  | 2.31           | 0.0                 | 1.54            | 0.0                 | 2.75           | 0.0                 | 1.84            | 0.0                 | 0.0          |
| 4  | 2.31           | 0.0                 | 1.54            | 0.0                 | 2.75           | 0.0                 | 1.84            | 0.0                 | 0.0          |
| 全体 | 1.67           | 85.0                | 1.19            | 0.0                 | 2.26           | 0.0                 | 1.59            | 0.0                 | 85.00        |

- 最も不安定な石No.0、No.1の現状滑動安全率をF=1.0(μ=0.8391)とした時、No.0~No.3で地震時において不安定(F<1.0)となる。
- 全体をワイヤーネットで一体化するように被覆すれば、地震時目標安全率をクリアするが、平常時滑動安全率(F<sub>s</sub>=1.67)は目標に達しない。
- 上記に対する所要引張力は85kNであり、深層アンカーによりこれを補強することで安定を確保できる。

整形工と除去工の比較(案)

|                 | 小割整形工   | 小割除去工   |            |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
|-----------------|---|---|------------|----|----|--------------|--|-----|------------|---------|--|-----|------------|-----|--|-----|----|----|--|--|------------|--|----|----|----|----|--------------|--|-----|------------|---------|--|-----|------------|-----------------|--------|------|------------|----|--|--|------------|
| 参考写真            |    |                         |            |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 概要              | 岩塊をワイヤーネットで巾着状に包み、アンカーで固定した上で削岩機により表面から小割する。全体が扁平状となるように小割整形し、そのまま残置する。小割の大きさは防護工で捕獲できる大きさ以下とする。  | 岩塊をワイヤーネットで巾着状に包み、アンカーで固定した上で削岩機により表面から小割する。φ20~30cm程度以下に小割し、順次リングメッシュから取り出し搬出。ネットに衝撃荷重が発生しないよう適宜弛みを取除する。 |            |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 施工性             | 岩塊は固定されているので安全に作業が行える。小割後の岩塊は残置するので、搬出作業が無く、作業性が非常に良い。複数かたまる岩塊をまとめて整形することも可。  | 岩塊は固定されているので安全に作業が行える。モノレールでの搬出等、人力での作業負担が重くなるほか、施工日数が長くなることによる機材等の管理費用がかさむ。                              |            |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 経済比較<br>(イメージ)  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>単価</th> <th>数量</th> <th>金額</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>材料費(φ350リング)</td> <td></td> <td>24㎡</td> <td>1,843,490円</td> </tr> <tr> <td>工事費(硬岩)</td> <td></td> <td>24㎡</td> <td>2,036,956円</td> </tr> <tr> <td>運搬費</td> <td></td> <td>0 t</td> <td>0円</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td></td> <td></td> <td>3,880,446円</td> </tr> </tbody> </table> | 工種  | 単価         | 数量 | 金額 | 材料費(φ350リング) |  | 24㎡ | 1,843,490円 | 工事費(硬岩) |  | 24㎡ | 2,036,956円 | 運搬費 |  | 0 t | 0円 | 合計 |  |  | 3,880,446円 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>単価</th> <th>数量</th> <th>金額</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>材料費(φ350リング)</td> <td></td> <td>24㎡</td> <td>1,946,520円</td> </tr> <tr> <td>工事費(硬岩)</td> <td></td> <td>24㎡</td> <td>2,960,312円</td> </tr> <tr> <td>運搬工(モノレール~200m)</td> <td>25,300</td> <td>64 t</td> <td>1,619,200円</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td></td> <td></td> <td>6,526,032円</td> </tr> </tbody> </table> | 工種 | 単価 | 数量 | 金額 | 材料費(φ350リング) |  | 24㎡ | 1,946,520円 | 工事費(硬岩) |  | 24㎡ | 2,960,312円 | 運搬工(モノレール~200m) | 25,300 | 64 t | 1,619,200円 | 合計 |  |  | 6,526,032円 |
|                 | 工種  | 単価  | 数量         | 金額 |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 材料費(φ350リング)    |   | 24㎡   | 1,843,490円 |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 工事費(硬岩)         |   | 24㎡   | 2,036,956円 |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 運搬費             |   | 0 t   | 0円         |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 合計              |   |   | 3,880,446円 |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 工種              | 単価  | 数量  | 金額         |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 材料費(φ350リング)    |   | 24㎡   | 1,946,520円 |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 工事費(硬岩)         |   | 24㎡   | 2,960,312円 |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 運搬工(モノレール~200m) | 25,300  | 64 t  | 1,619,200円 |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |
| 合計              |   |   | 6,526,032円 |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |     |  |     |    |    |  |  |            |  |    |    |    |    |              |  |     |            |         |  |     |            |                 |        |      |            |    |  |  |            |

経済性比較



比較条件

従来工法

- モノレール平均運搬距離200m
- 供用日数90日

クラッシュネット工法

- モノレールなし
- アンカーピンによる固定有り

施工手順(整形工)

① 転石をネットで巾着状に被覆



② 転石防止用アンカー取り付け



③ 転石とワイヤーネットを一体化するためのアンカーピンを打設(非小割領域)



④ ネット内で安定形状に小割整形

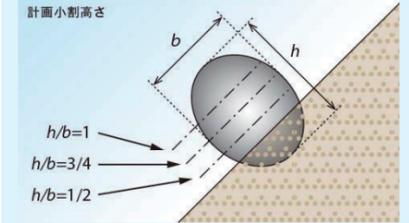


⑤ 完了



小割の目安

高さhの半分以上をはつすることで地震時転倒安全率“F>1.0”を確保できる



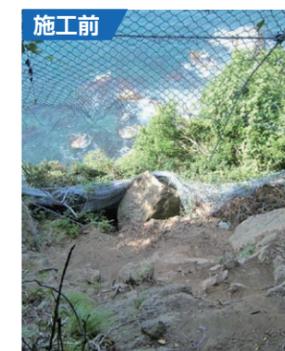
はつり高さ地震時転倒安全率

| θ(°) | h/b  |      |      |
|------|------|------|------|
|      | 1    | 3/4  | 1/2  |
| 30   | 1.26 | 1.67 | 2.51 |
| 35   | 1.05 | 1.40 | 2.11 |
| 40   | 0.88 | 1.18 | 1.77 |
| 45   | 0.74 | 0.99 | 1.48 |
| 50   | 0.61 | 0.82 | 1.22 |

施工実績例



概要 被覆面積: 5.5㎡ リング径: 35cm

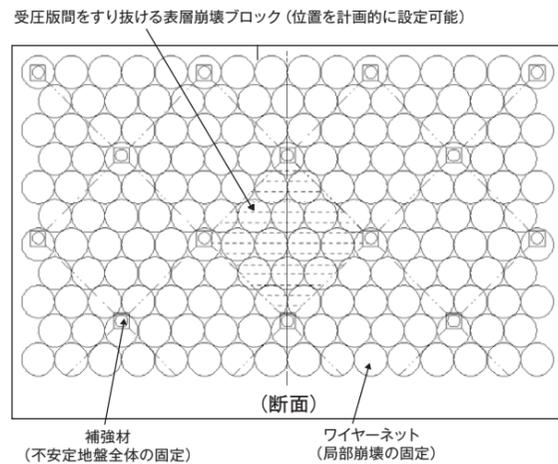
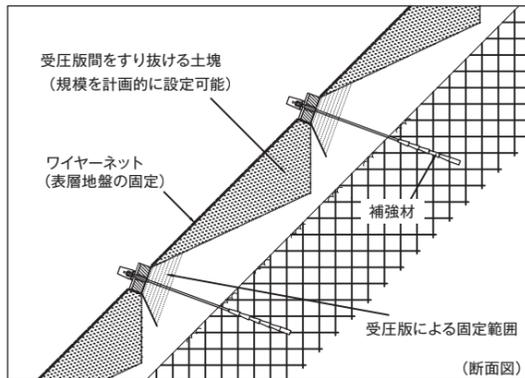


概要 落石防護網に落下した転石の安定化

▶ 小規模な小割ほどクラッシュネット工法が安価

表層すべり、崩壊(土砂、岩盤)、落石対策 **アンカーネット工法** NETIS CB-210003-A

地山補強土工



1. 抑止機構

- ① 不安定地盤を千鳥状に配置した受圧版と補強材(引張力主体)で固定
- ② 受圧版間をすり抜ける表層崩壊はワイヤーネットで固定  
… 受圧版ピッチを調整することで表層崩壊の規模を計画的に設定

2. 工法の特徴

- ① 簡易受圧版とワイヤーネットによる固定方法のため、立木を残すことが可能
- ② 凸凹の激しい斜面でも、自在性の高いワイヤーネットで容易に被覆固定できる
- ③ はじめにワイヤーネットを逆巻きで敷設することで、作業の安全性を確保しやすい
- ④ グラウンドアンカーを使用すれば、規模の大きい地すべり対策も可能

3. 深層アンカーの特徴

- ① くさびによるアンカー孔壁の支圧強度を利用する方式のため、大きな支持力を得られやすい(定着長を短くできる)
- ② アンカー孔壁は拘束度が高く、長期耐久性を確保しやすい
- ③ グラウンドアンカーに準じた二重防性(テンドンはPC鋼より線仕様)

補強材頭部 (簡易受圧版)

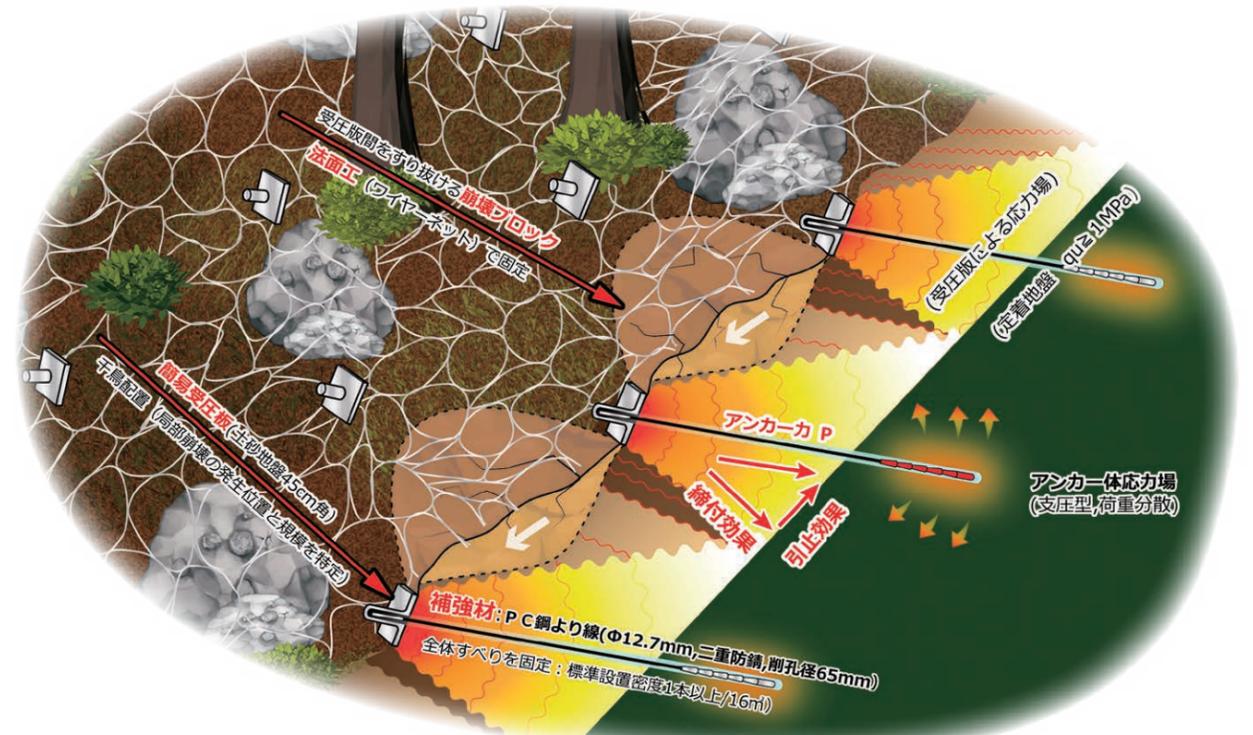


工法比較

| 工法                           | アンカーネット工  | 鉄筋挿入工  |
|------------------------------|---|--|
| 標準施工図<br>(斜面長16m、層厚2m、傾斜50°) |   |  |
| 抑止機構                         | 全体すべりを補強材(主に引張力)で、受圧版間をすり抜ける局部的表層崩壊をワイヤーネット(引張力)で固定                       | 主に補強材の引張力によって斜面を補強(JH切土補強強度工法設計・施工指針P2)  |
| 適用範囲                         | ○特に制約なし(規模の大きい場合はグラウンドアンカー仕様とする)<br>○斜面に対して低角度で補強材を打設するため、変状の大きい斜面でも適用可能。 | ○崩壊予測斜面長30m以下、崩壊深3m程度以下(JH指針)<br>○移動土塊に対して引張力が働きにくい構造のため、地盤の緩み等、変状の大きい斜面の適用は難しい。 |
| アンカー<br>(上記モデル図対応)           | 深層アンカー(アンポイントPC網より線φ12.7mm)(削孔径65mm、削孔長3m/本、定着長0.2m)                      | 異形棒鋼(SD345、D19~D25)(削孔径65mm、削孔長3m/本、定着長1m)                                       |
| アンカーの緊張力と抑止土塊の変位             | 適度な初期荷重を与えるため、施工後の土塊の変位を防ぐことができる。   | 緊張しないため、土塊の変位を許容しやすい   |
| 400㎡当たりアンカー標準密度              | 33本(16㎡に1本)   | 221本(2㎡に1本)  |
| 地表構造物                        | ワイヤーネット400㎡(φ80cmリング)簡易受圧版33基   | 400㎡(金網、ワイヤーネット、支圧板等)  |

工法概要

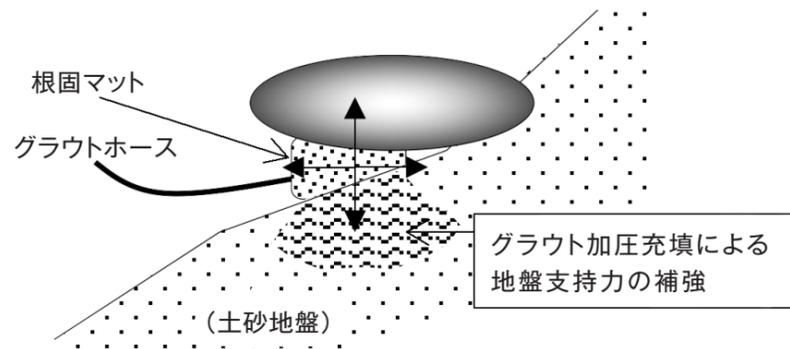
- ① 不安定斜面を固定するための補強材を千鳥状に配置 → 補強材間をすり抜ける局部崩壊の位置を特定
- ② 局部崩壊は、受圧版による荷重分散範囲上面に規制されるものとし、その間隔を調整することで崩壊規模を特定 → ワイヤーネットで固定



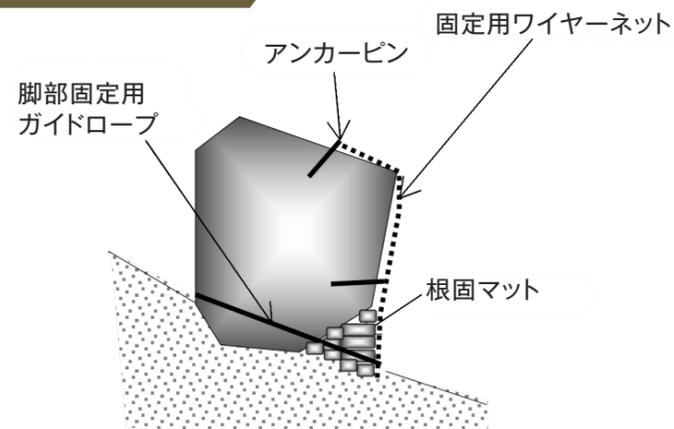
落石発生源対策、基礎補強対策 **圧入マット式根固工法** (急斜面・高所での画期的な根固め工法)



根固マットにより地盤支持力を増強する仕組み



傾斜地での根固方法



圧入マット式根固工法は、基礎地盤を確保するための床掘や、コンクリート用型枠を不要とするために開発されたものです。施工時にマット内にグラウト(加圧)して、これを積み重ねながら所要箇所の間詰めを行います。マットの寸法は長さ0.5m、幅0.3m、高さ0.15mで、内部には、それぞれの方向に寸法調整具を備え、マット表面に計画的に凹凸を形成させることで、間詰箇所の排水が可能な構造としています。生コンを打設できない様な現場、岩塊脚部の床掘が困難な現場などでも、作業の安全と岩塊の安定が同時に確保可能です。

主要資材

【ワイヤーリング】

- 材 質: SUS (7×19)
- ワイヤー径: φ8mm
- ワイヤーリング径: φ35,60,80cm
- リング許容引張強度: 35kN以上
- ロープ許容引張強度: 17.5kN以上



シングル(間詰め用)



3連(基本形)

【アンカーピン】

- 材 質: FCD450-10
- 表面処理: 熔融亜鉛メッキ
- 参考重量: 1.0kg/本



【ショートアンカー(SA600)】

- 材 質: FCD450-10
- 表面処理: 熔融亜鉛メッキ
- 参考重量: 2.5kg/本



【ショートアンカー(SA1300)】

- 材 質: FCD450-10
- 表面処理: 熔融亜鉛メッキ
- 参考重量: 4.7kg/本



【深層アンカー(F-40-20型)】

- テ ン ド ン: PC鋼より線φ12.7mm
- 頭 部 連 結 具・拘 束 具: FCD450 亜鉛メッキ
- 先 端 固 定 金 具・頭 部 固 定 金 具: STKM13 亜鉛メッキ
- 参 考 重 量: 6.6kg(L=1.55m)、7.7kg(L=1.75m)



PC鋼より線許容荷重

| ケーブル径 (mm) | シースパイプ外径 (mm) | 許容荷重 (kN) <input type="checkbox"/> 永久 | 降伏荷重 (kN) | 備 考     |
|------------|---------------|---------------------------------------|-----------|---------|
| 12.7       | 16.8 (max)    | 109.8                                 | 156       | 0.8kg/m |

【連結金具】

- 材 質: FCMB31-08
- 表面処理: 熔融亜鉛メッキ
- 許容引張強度: 35kN
- 参考重量: 0.3kg/個



| リング径 | 標準リング数               | 標準連結金具数    |
|------|----------------------|------------|
| 35cm | 9.43ヶ/m <sup>2</sup> | リング数量×2.35 |
| 60cm | 3.21ヶ/m <sup>2</sup> |            |
| 80cm | 1.80ヶ/m <sup>2</sup> |            |

【定着材】

- セメントカプセル: Cタイト



| 品 種    | 可使時間 | 強度(10MPa)発現時間 |
|--------|------|---------------|
| 早強型(Q) | 15分  | 3時間           |
| 標準型(S) | 40分  | 24時間          |
| 湧水型(W) | 20分  | 5時間           |

【ワイヤーロープ端止具】

- 材 質: FCMB27-05
- 表面処理: 熔融亜鉛メッキ
- 参考重量: 1.4kg/個



【根固めマット】

- 材 質: ポリエステル2000N(縦・横)
- 規 格: 500×300×150mm



# 落石発生源対策の事例

面的な利用



小割除去・整形(残置)への利用



巨石への利用



圧入マット式根固工



複数岩塊への利用



アンカーネット工(抑止工)



落石発生源対策・表層崩壊（土砂・岩盤）対策  
**設計・施工マニュアル**  
 2021年1月

—落石発生源対策—  
 ワイヤーネット被覆工法  
 (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5283014号)

松江工業高等専門学校客員教授 工学博士 浜野 浩伸 監修

斜面対策研究協会

4.1.4 設計計算

(1) 安定解析式

落石の多くは、地震や倒木時に発生しており、本マニュアルでは、地震力（便宜的に倒木の外力を含む）を考慮した、滑動および転倒計算に基づく設計を行う。

—記号—  
 ○体積  $V=abh$   
 ○表面積  $A=2(ab+ah+hb)$   
 ○単位体積重量  $\gamma$   
 ○岩塊と斜面の摩擦係数  $\mu$  ( $\mu=\tan\theta$ , ただし  $\mu \geq 0.5$ )  
 ○岩塊の幅  $a$   
 ○奥行（斜面最大傾斜方向の長さ）  $b$   
 ○転倒支点からの奥行長さ  $c$   
 ○高さ（奥行面に垂直）  $h$   
 ○岩塊の底面と地山面との傾斜角  $\theta$   
 ○岩塊の前面（谷側）の、距離線からの傾斜角（前面角）  $\beta$ : (山側+, 谷側-)  
 ○目標安全率: 平常時  $F_s=1.0$ , 地震時  $F_{se}=1.0$   
 ○目標安全率に対する所要引張り力  $P$   
 ○すべろうとする力, すべりに対する抵抗力  $S$

図-4.1.18 岩塊の力の釣り合い

図-3.4.1 岩塊の測定位置（再掲）

①滑動（斜面に平行する力の釣り合い）

（平常時）  
 $F_s = W \cos \theta - \mu W \sin \theta = \mu / \tan \theta$  (4.1.1)  
 ここに、 $F_s$ : 平常時安全率  
 $W$ : 岩塊の重量  
 $\theta$ : 岩塊が地山と接する面の傾斜角  
 $\mu$ : 岩塊と地山との摩擦係数

現状安全率  $F_s=1.0$  とすれば、摩擦係数  $\mu$  は式 (4.1.1) より  
 $\mu = \tan \theta$  (4.1.2)

（地震時）  
 $F_{se} = \frac{(W \cos \theta - k_h \cdot W \sin \theta) \mu}{W \sin \theta + k_h \cdot W \cos \theta} = \frac{(\cos \theta - k_h \cdot \sin \theta) \mu}{\sin \theta + k_h \cdot \cos \theta}$  (4.1.3)  
 ここに、 $F_{se}$ : 地震時安全率、 $k_h$ : 地震時水平震度

5.4 アンカーネット工

5.4.1 施工手順  
 施工手順をフロー図に示す。施工の段取りとして、ワイヤーネット敷設前にアンカーを設置することが適当であるが、施工時の落石等が懸念される場合は斜面上部からの逆巻き施工とする。

図-5.4.1 アンカーネット工施工フロー図

図-2.7.1 アンカーネット標準構造図（受圧版：土砂地盤用）（再掲）

参4 実証実験  
 参4.1 ワイヤーネット被覆工法

コンクリート球（ $\phi 1m$ ）を用いて、ワイヤーネット被覆工法の抑止機能に関する実証実験を行った。

(1) 滑動実験  
 コンクリート球3個を鋼板上に1列に並べ（写真-参4.1.1）、ワイヤーネットで被覆（アンカーピンでコンクリート球と一体化）した状態で鋼板を徐々に傾け、滑動に対する挙動を確認した。

○実験仕様  
 ・コンクリート球： $\phi 1m$ （1.2 $\times$ 3個=3.6 $t$ ）  
 ・ワイヤーリング： $\phi 350mm$ （64リング、ローブ径8mm）  
 ・連結金具120個・アンカーピン設置本数16本・傾斜式実験台（鋼板）

写真-参4.1.1 実験前のワイヤーネット被覆状況（ワイヤーリング径350mm、ローブ径8mm、コンクリート球1.2 $t$ /個）

写真-参4.1.2 アンカー用土嚢袋（45kg）の取り付け状況

図-4.1.1 アンカーピン取り付け図

○実験結果  
 写真-参4.1.2のように、クレーンにより鋼板端部を吊り上げながら、傾斜5°毎にコンクリート球およびワイヤーネットの変位を観察した。その結果傾斜15°でやや変位し、傾斜25°でネット全体が膨張するほどの変位をきたした。傾斜30°で滑動した。実験は2回行い、いずれも同様な結果となったことから、傾斜20°前後がコンクリート球と鋼板の摩擦角と考えられる。さらに写真-4.1.3のように土嚢アンカー（45kg）を連結することで、傾斜30°まで滑動を抑制できた。およそ傾斜10°分が、土嚢アンカーの抑止効果である。

— 落石発生源対策 —

ワイヤーネット被覆工法  
 クラッシュネット工法  
 圧入マット式根固工法  
 アンカーネット工法

— 標準積算資料 —

令和2年6月  
 斜面対策研究協会

納入実績表

斜面対策研究協会

■各種資料のお問い合わせは、お近くの協会員までお問い合わせください。