

ステンレス製 ワイヤーリング仕様

# 落石発生源対策

特許 第4615203号



**ワイヤーネット被覆工法**

NETIS 登録技術 : CG-110030-A



**クラッシュネット工法**

## ワイヤーネット被覆工法

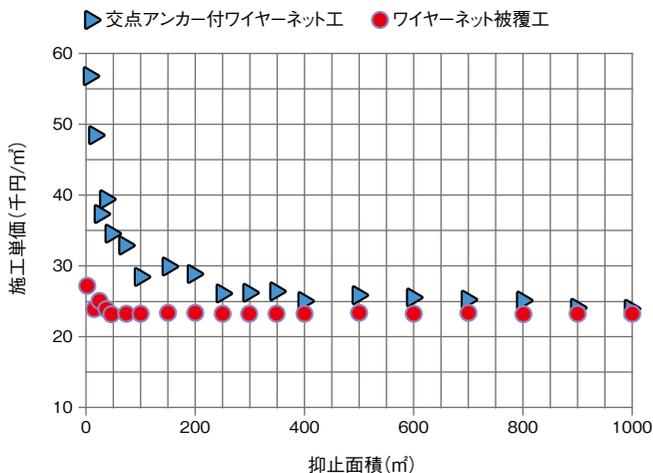
自在性の高いワイヤーネットとアンカーピンを用いて、あらゆる形状の不安定岩塊／群を巾着状に被覆し、アンカーで固定する工法です。個々の岩塊の安定度を踏まえ、これらをワイヤーネットで一体化せしめた後の安全率に基づいて設計するため、所要抑止力を合理的に求めることができます。

二次製品を現地組立する方式のため、施工性向上によるコスト削減を図ることができます。



- 使用部材は防食性に優れたステンレスやダクタイルを使用しています。
- ワイヤーネットの敷設領域は固定対象のみのため、工事数量を削減できます。
- 固定用アンカーは所要抑止力に応じて必要な本数を設置するため、工期短縮とコスト削減を図ることができます。
- 逆巻き施工が可能のため、落下物等に対する作業の安全性を高めることができます。
- 落石の実態に即して、滑動および転倒計算（地震力を含む）に基づく設計としています。  
上記地震力には“倒木による落石の多発”といった実態に対処するため、その外力をこれに含めるものとしています。
- 落石現象は瞬時であること、および目視判定を主体とする設計のため、目標安全率は平常時2.0と高めに設定しています（地震時1.0）。

### 経済性比較



ワイヤーネットとアンカーピンだけで転石群の安定が保たれない場合は、安定した岩盤に定着させる深層アンカーを用います。

敷設面積が小さいほどワイヤーネット被覆工法の方が有利

# 被覆式による効果

不安定な岩塊群をワイヤーネットで一体的に被覆することで、全体の安定度を高めることができます。

## 工法の特徴

### 覆式



ワイヤーネットを用いた落石発生源対策の多くは覆式落石防護網工に準じた設計手法であり、不安定な岩塊/群を格子状のワイヤーネットで“覆う”ことにより固定するものです。

### 被覆式



ワイヤーネット被覆工法は不安定な岩塊/群を自在性の高いワイヤーネットで巾着(密着)状に“被覆”することで、ワイヤーネット自体の抑止力を高めようとするものです。

## 覆式と被覆式の違い

“覆う”と“被覆”の違いを明らかにするため5cmメッシュを記した板材の上にモルタル球を並べ、板を傾けた後のそれぞれの変位状況を比較します。

### 覆式落石防護網工

針金からなる格子状のネットでモルタル球を覆い、端部を釘で固定



傾斜状態

●:ピン固定



初期状態



傾斜後の石の状態

ネットの抑止力が作用しにくい  
小径の石の変位が大きい

### 被覆式落石防護網工

リング(針金)からなる自在性のネットでモルタル球を一つずつ包むように被覆し、ネット上部(1カ所)に釘で固定



傾斜状態

●:ピン固定



初期状態



傾斜後の石の状態

ほとんど変位していない

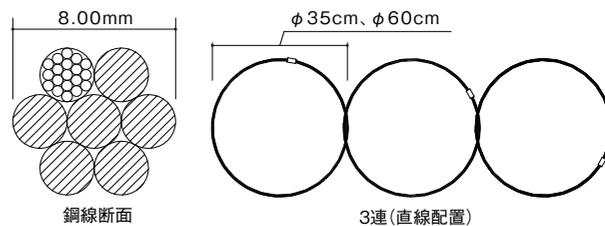
被覆式は覆式に比べ個々の石の拘束度が高く、全体の変位を抑制する機能に優れている

# 基本構造

## 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。



連結金具でのネット固定



アンカーピン設置

## 固定用アンカーの使用

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。



深層アンカーと連結補助ワイヤー取り付け状況

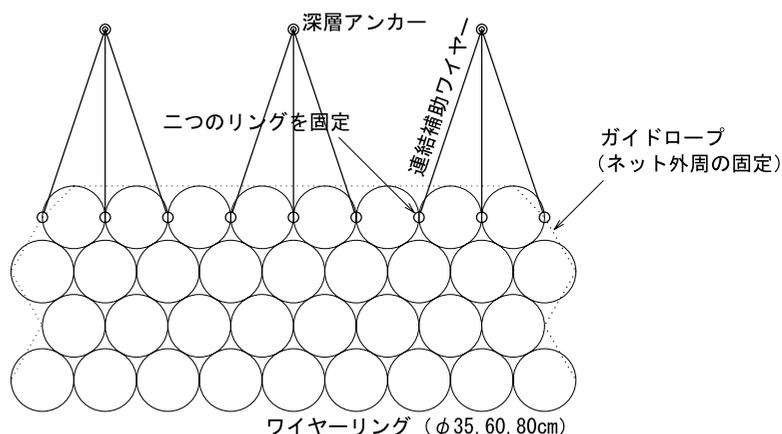
**アンカーは岩盤に定着させる  
アンカー形式は定着地盤の剥離を抑制できるくさび形式とする**

## 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)



海岸沿いに設置した  
H形鋼の腐食

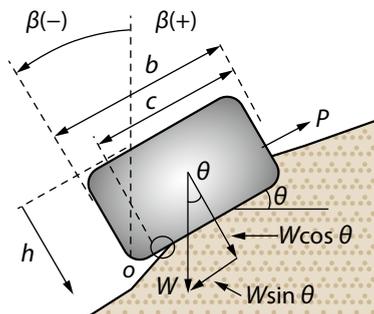


鉄筋の腐食  
(山間部道路路面)

# ワイヤーネット被覆工法(設計方法)

## 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  $F=1.0$  ロープ掛工に準ずる)



$W$ : 石の重量 ( $\gamma_r=26\text{kN}/\text{m}^3$ )       $\theta$ : 石が地山と接する面の傾斜角  
 $b$ : 石の奥行(斜面傾斜方向)       $\beta$ : 石の谷側壁面の鉛直線とのなす角  
 $o$ : 転倒支点       $\mu$ : 石と地山との摩擦係数  
 $c$ : 転倒支点からの奥行長さ       $k_h$ : 地震時水平震度0.20  
 $h$ : 石の高さ       $P$ : 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 ( $F=2.0$ )

滑動目標安全率  $F_S = \frac{W \cos \theta \cdot \mu}{W \sin \theta - P} = 2.0$

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

#### 地震時 ( $F=1.0$ )

滑動目標安全率  $F_{SE} = \frac{(W \cos \theta - k_h \cdot W \sin \theta) \mu}{W \sin \theta + k_h \cdot W \cos \theta - P} = 1.0$

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

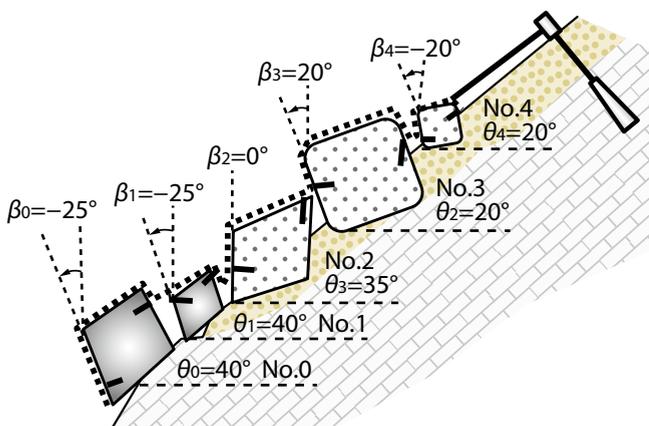
### (2) 摩擦係数 $\mu$ の決定方法

各ブロックで最も不安定な石の現状滑動安全率を  $F_S=1.0$  とし、これを満たす摩擦係数  $\mu$  を決定。(ただし、 $\mu \geq 0.5$ )

### (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 $\theta$ (°)	前面角 $\beta$ (°)	体積 $V$ (m³)	等価径 (m)	重量 $W$ (kN)	$T$ $W \sin \theta$ (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
$\Sigma$									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		
	$F_S$	$P_1$ (kN)	$F_{SE}$	$P_2$ (kN)	$F_P$	$P_3$ (kN)	$F_{PE}$	$P_4$ (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  $F=1.0$  ( $\mu=0.8391$ ) 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 ( $F_S=1.67$ ) 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。

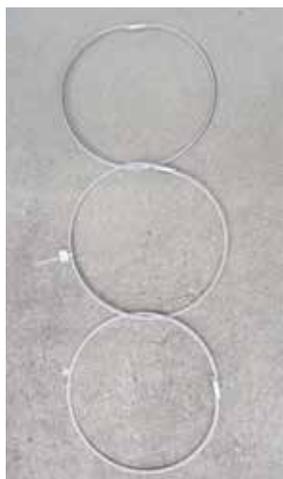
# 主要資材

## 【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)

## 【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	可使用時間	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

## 【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



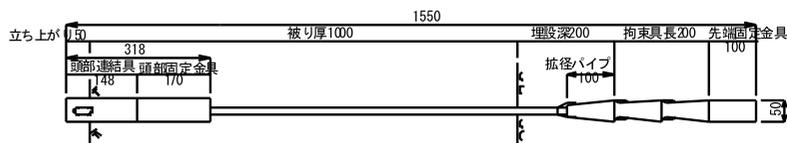
## 【ショートアンカー(SA1300)】

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



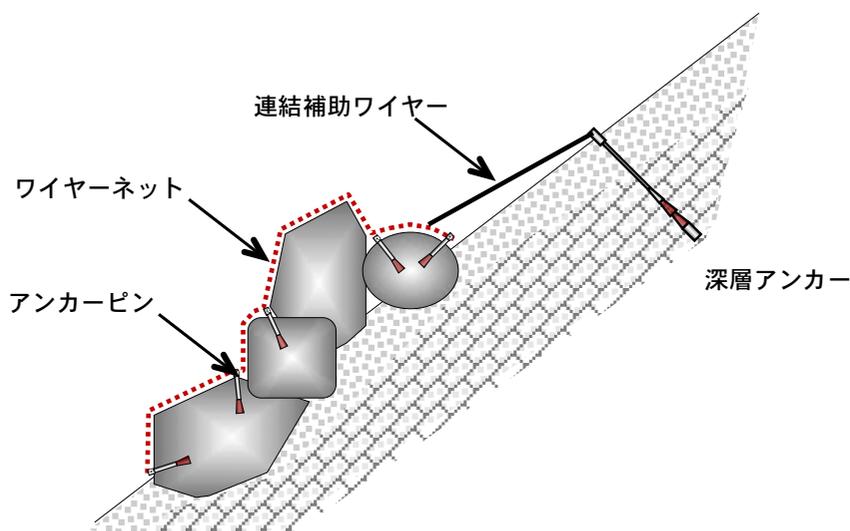
## 【深層アンカー(F-40-20型)】

- 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



### 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) <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">永 久</span>	降伏荷重 (kN)
12.7	16.8 (max)	109.8	156



## ワイヤーネット被覆工法

三重県津農林水産事務所

津市美里町桂畑地内



福井県敦賀土木事務所

美浜町地内



長崎県杵岐振興局

杵岐市石田町地内



兵庫森林管理署

芦屋市城山地内



奈良県吉野土木事務所

天川村地内



長野建設事務所

坂城町苅屋原地内



- ◆本資料に記載された内容の無断記載や複製はご遠慮下さい。
- ◆本資料に記載された内容の不適切な使用などによって生じた損害につきましては責任を負いかねますのでご了承下さい。
- ◆本資料に記載された内容は、製品改良のため仕様、外観等は予告なく変更される場合がありますので、予めご了承下さい。  
なお、最新情報につきましては、当研究協会までお問い合わせ下さい。

## 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 **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 **URL** <http://www.shamen-taisaku.com/>