

—ステンレス製ワイヤーリング仕様—

落石 / 崩壊対策

クラッシュネット工法

(特許第 4615203 号)



アンカーネット工法

(特開 2010-174598)



ワイヤーネット被覆工法

(NETIS 登録技術:CG-110030-A)



ワイヤーネット被覆工法実証試験

【転倒実験】ワイヤーネットで被覆されたコンクリート球は傾斜45°で一体的に転倒。高さ2m(重心位置)から転倒しても一体化を保っており、部材にも損傷は認められなかった。…実験仕様:コンクリート球4ヶ(φ1m, 総重量4.8t), ワイヤーリングφ35cm, ワイヤーロープ径8mm



①傾斜40°



②同左反対側



③傾斜45°で転倒

【滑動実験】コンクリート球3ヶをワイヤーネットで被覆し、重さ45kgのアンカー(土嚢)を取り付けた状態で実験台を徐々に傾けた結果、傾斜30°で滑動。コンクリート球と鋼板の摩擦角は約20°であり、わずかなアンカー力により傾斜10°分の安定度向上が確認できた。…実験仕様:コンクリート球3ヶ(総重量3.6t), ワイヤーリングは転倒実験に同じ。



①アンカー取り付け状況(土嚢45kg)



②傾斜30°で滑落

④最上部のものは3mの高さから落下

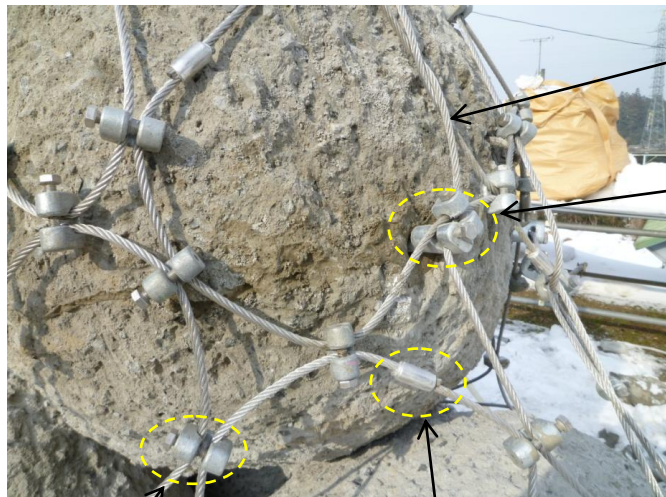
上記実験に続き、さらに吊り上げた結果(写真③)アンカーロープ(φ8mm)が破断しコンクリート球(3ヶ)が一体的に落下。

落下後も一体化を保っており、ワイヤーネットによる拘束力の高さ等が実証された。



③鋼板をさらに吊り上げた状態

【落下後の部材点検】



連結金具

ワイヤーリングを構築するスリーブ

ワイヤーリング
φ35cm
(ロープ径8mm)

アンカーピン

【ワイヤーネットの強度確認試験】

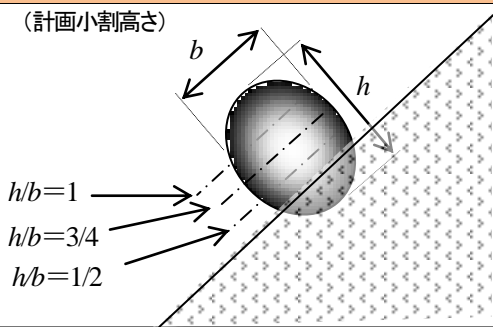


ワイヤーリング1ヶで3.6tを吊り上げた状態

クラッシュネット工法

【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



① 転石をネットで巾着状に被覆



② 転落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)



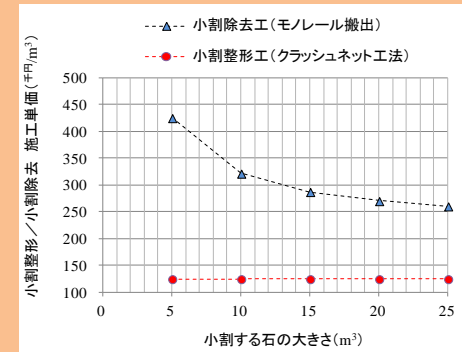
④ ネット内で安定形状に小割整形



⑤ 完了

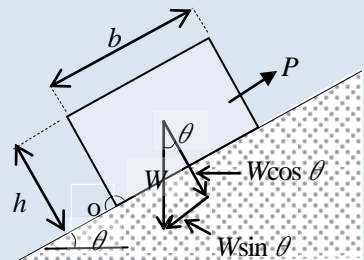
【経済性比較】

小規模な小割ほどクラッシュネット工法が安価
(比較条件: 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はモノレールなし, 深層アンカーによる固定有り)



ワイヤーネット被覆工法

【石の安定解析: 地震時の滑動および転倒に対して検討】
(目標安全率 $F_p=2.0$: ロープ掛工に準ずる)



W : 石の重量
 θ : 石が地山と接する面の傾斜角
 μ : 石と地山との摩擦係数
 k_h : 地震時水平震度
 b : 斜面傾斜方向の石の長さ
 h : 石の高さ
 P : アンカー力

○地震時滑動安全率

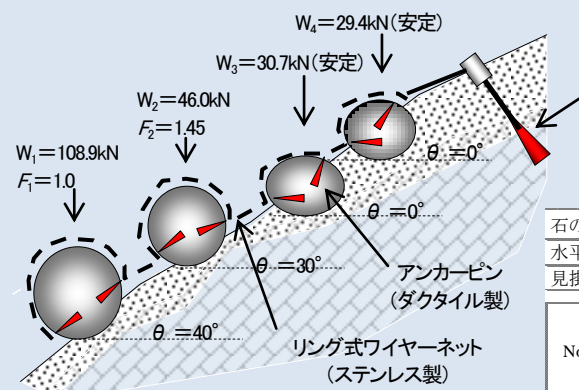
$$F_{SE} = \frac{(W \cos \theta - k_h \cdot W \sin \theta) \mu}{W \sin \theta + k_h \cdot W \cos \theta - P}$$

○地震時転倒安全率

$$F_{RE} = (W \cos \theta \cdot b/2 - k_h \cdot W \sin \theta \cdot b/2) / (W \sin \theta \cdot h/2 + k_h \cdot W \cos \theta \cdot h/2 - P \cdot h/2)$$

【設計計算例】

○不安定な転石 $W_1 \sim W_4$ をワイヤーネットで一体的に被覆した時の転石群全体の安全率は表より地震時滑動 $F=1.18$, 地震時転倒 $F=1.93$.
○目標安全率 ($F_p=2.0$) に対する所用抑止力は $P=16.1\text{kN}$ であり, 深層アンカーによりこれを与えれば転石群全体を安定化できる.



深層アンカー(抑止力 16.1kN)

- ・深層部にアンカー力を伝えることで, アンカー一体の剥離進行を防止する.
- ・部材全体を二重防錆とすることで耐久性を強化

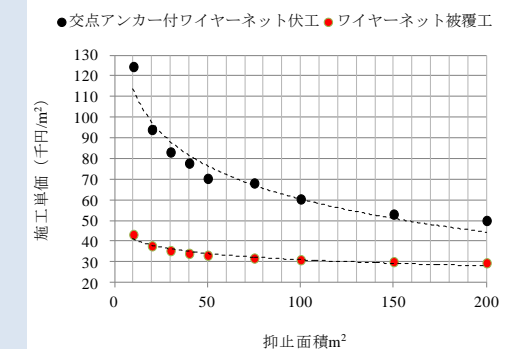
石の単位体積重量 $\gamma_t = 26$
水平震度 $k_h = 0.15$
見掛けの摩擦係数 $\mu = 0.8390$

No	石の直径と地山面傾斜角				重量 W (kN)	安全率と所用引張力					最大引張力 P (kN)	
	幅 a (m)	奥行 b (m)	高さ h (m)	角度 θ (°)		平常時	地震時滑動	地震時転倒				
						F_s	P_1 (kN)	F_{SE}	P_2 (kN)	F_{RE}		P_3 (kN)
W_1	2.0	2.0	2.0	40	108.9	1.000	35.0	0.741	21.3	0.884	9.6	35.0
W_2	1.5	1.5	1.5	30	46.0	1.453	6.3	1.053	0.0	1.256	0	6.3
W_3	1.0	1.5	1.5	0	30.7			5.596	0.0	6.667	0	
W_4	1.2	1.5	1.2	0	29.4			5.590	0.0	8.333	0	
Σ					215.02	1.655	16.1	1.179	0.0	1.929	0.0	16.1

(深層アンカーによるネット端部固定状況)



【ワイヤーネット被覆工の経済性比較】



(敷設面積が小さいほどワイヤーネット被覆工の方が有利)

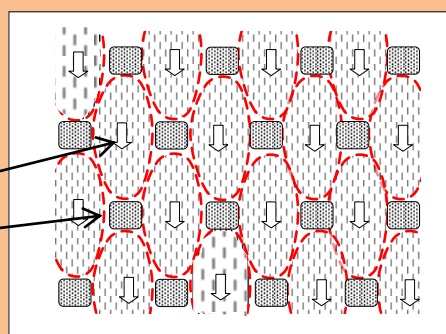
アンカーネット工法

【アンカーネット工による抑止の考え方】

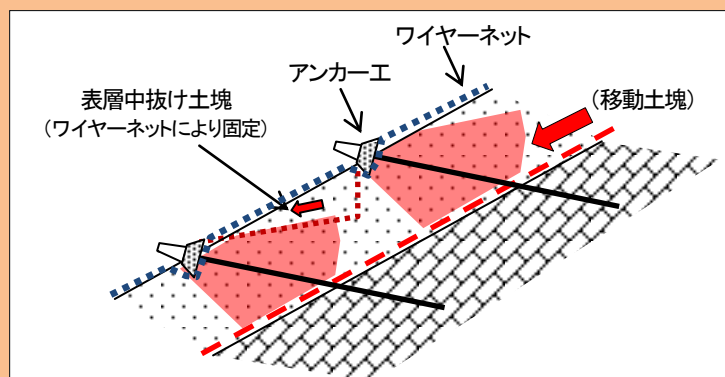
アンカー工に規制される表層中抜けブロック

アンカー工

- ・移動土塊の確実な抑止
- ・アンカー材の二重防錆による長期耐久性の確保



(アンカー工の配置とこれに規制される表層すべりブロック)

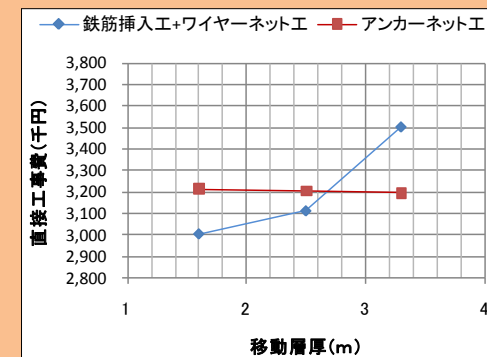


(アンカー受圧版による抑止範囲とワイヤーネットによる抑止土塊)



落石源も補助ネット併用により同時固定可

【経済性比較】



(層厚 2.5m 程度以上ではアンカーネット工の方が安価となる)

—主要資材—

【ワイヤーリング】

- ・材質:SUS(7×19)
- ・ワイヤー径:φ 8mm
- ・ワイヤーリング径:φ 35, 60, 85cm
- ・引張強度:35kN以上/本
- ・許容引張強度:17.5kN/本

3連
(基本形)



シングル
(間詰め用)



【連結金具】

- ・材質:FCMB31-08 溶融亜鉛メッキ
- ・許容引張強度 35kN, 0.3kg/ヶ

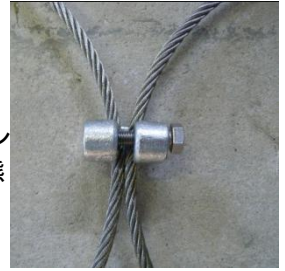
リング径 (cm)	1m ² 当たり リング数 (ヶ)	標準連結 金具数
35	9.43	19A
60	3.21	8A
85	1.60	3A

(A:敷設面積)

連結金具



ワイヤーリング
の連結状態



【アンカーピン】

- ・材質:FCD45(溶融亜鉛メッキ)
- ・許容引張強度 35kN, 1kg/本



【定着材】

セメントカプセル:C タイト



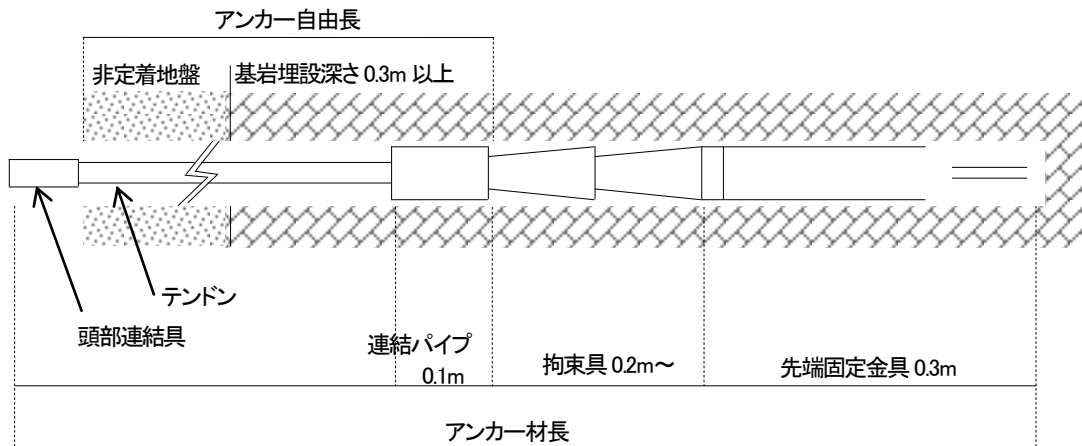
定着材可使時間 (20°C)

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

【深層用アンカー】

- ・頭部連結具 (S45C 溶融亜鉛メッキ)
- ・先端固定金具 (STK, SS400 三価クロムメッキ)
- ・拘束具 (FCMB31-08) 300Ws 型 (最大許容荷重 343.8kN)
- ・連結パイプ (STKM13A 三価クロムメッキ)
- ・PC 鋼より線: 超耐久性 SUPRO ストランド (熱可塑性樹脂被覆+アンボンドシース)

ケーブル径 mm	シースパイプ 外径 mm	許容荷重 kN (永久)	降伏荷重 kN	備 考
12.7	19.0	109.8	156	0.8kg/m



深層用アンカー構造図





ワイヤーリング1ヶ(ロープ径8mm)でコンクリート球(3ヶ, 3.6t)を吊り上げた状態
(ワイヤーネットの自在性を活用することで, よりバランスのとれた状態を確保できる)

