

SRフェンスと落石

高知会館

平成30年7月10日



1

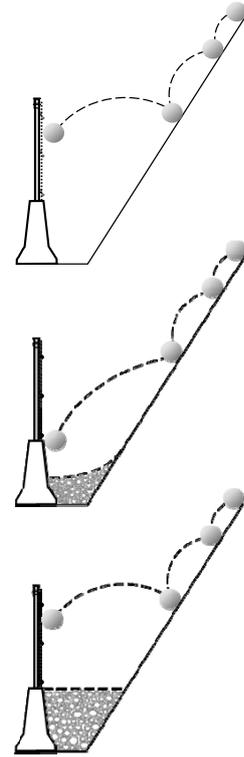
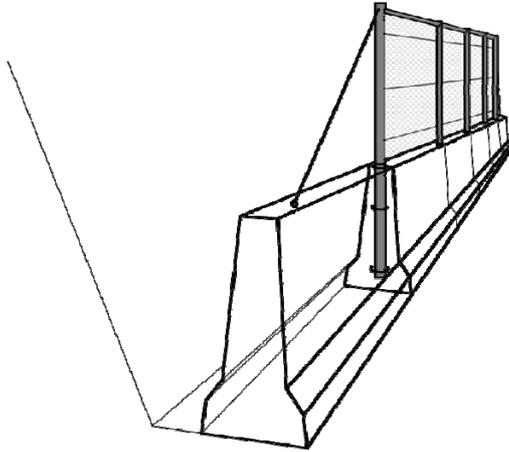
お話しする内容

- ◇SRフェンスの概要
- ◇島根県の落石状況と対策の進め方
- ◇小規模落石等の事例
- ◇小規模落石等の対策事例
- ◇実物実験による性能検証(振り子式実験・ネットの基礎実験)
- ◇落石の基礎知識(落石の重さ, 運動エネルギーなど)
- ◇SRフェンスの適用範囲・構造など
(後半に施工動画をご覧いただきます)

2

SRフェンス

Small Rockfall protection Fence
(PCa Foundation type)



落石状況と対策の進め方(島根県)

【落石状況】

年間1万箇所で落石が発生
(県西部に多い)

落石の大きさ
→96.5%は30cm未満
→ 3.5%が30cm以上

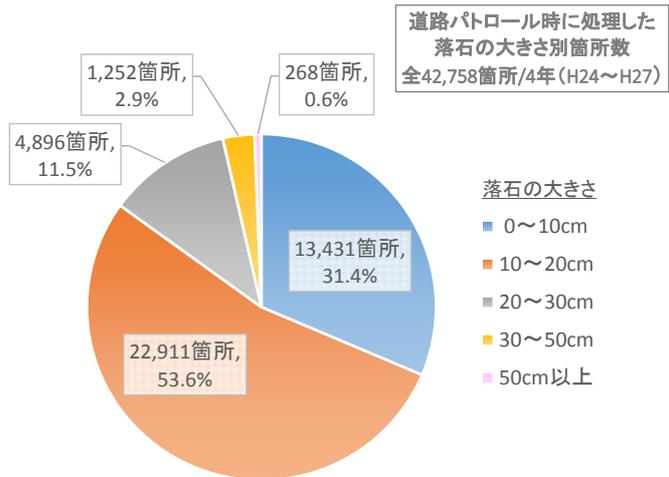
【対策】

ハード面(段階的対策)

- ①緊急対策
- ②第1段階→30cm未満を優先
- ③第2段階

ソフト面

- ◇道と川の相談ダイヤル, スマホアプリ等による県民協力
- ◇落石発生状況のDB化→点検・対策優先順位
- ◇技術力の向上・人材育成



小規模落石等の事例(1)



5

小規模落石等の事例(2)



6

小規模落石等の対策事例(1)

①大型土のうによる処置



②プラスチック製車両用防護柵による処置



業務発注



測量・設計



用地買収



現場施工

7

小規模落石等の対策事例(2)

③プレキャストコンクリート車両用防護柵による対策(宮崎県)



④プレキャストコンクリート車両用防護柵による対策(宮崎県)



⑤プレキャストコンクリート車両用防護柵による対策(宮崎県)

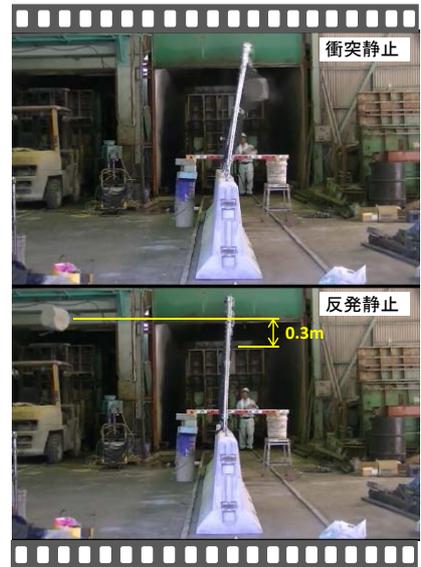
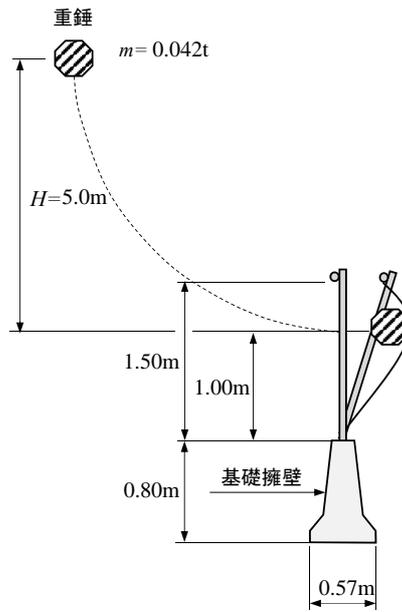


⑥コンクリート車両用防護柵+簡易柵による対策(宮崎県)

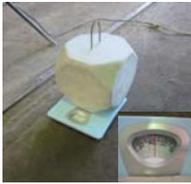


8

実物実験による性能検証(振り子式実験)



3回繰り返し同じ位置に衝突させた



スイス基準 SAEFL型の重錘(42kg)

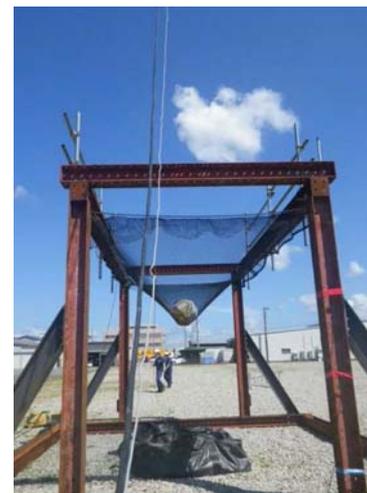
SRフェンスが吸収したエネルギー

$$E = m \cdot g \cdot h \cdot n$$

$$= 0.042 \times 9.8 \times 5.0 \times 3 = 6.2 \text{ kJ}$$

本実験は、落石研究の第一人者である右城 猛博士の監修のもとで行っています。

実物実験による性能検証(ネットの基礎実験)



重錘質量 $m = 60 \text{ kg}$
落下高さ $h = 20 \text{ m}$

ネット形状
幅 2.5m × 長さ 5.0m

ネットが吸収したエネルギー

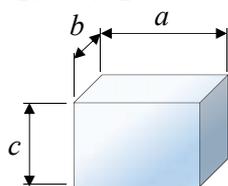
$$E = m \cdot g \cdot h$$

$$= 0.060 \times 9.8 \times 20.0 = 11.8 \text{ kJ}$$

参考1) 落石の基礎知識 : 落石の重さ

質量 (m) = 体積 (V) × 単位体積質量 (γ) $\gamma = 2.6 \text{ t/m}^3$
 [重量 (m) = 体積 (V) × 単位体積重量 (γ) $\gamma = 26 \text{ kN/m}^3$]

【直方体】



$$V = a \times b \times c$$

ex) □30cmの落石の場合(直方体)

$$m = 0.3 \times 0.3 \times 0.3 \times 2.6 = 0.070 \text{ t} = 70 \text{ kg}$$

【球体】

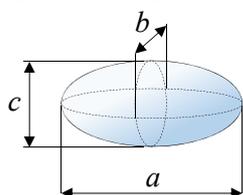


$$V = \frac{\pi}{6} \times a^3$$

ex) 直径30cmの落石の場合(球体)

$$m = \pi / 6 \times 0.3^3 \times 2.6 = 0.037 \text{ t} = 37 \text{ kg}$$

【楕円球体】



$$V = \frac{\pi}{6} \times a \times b \times c$$

注) 同じ30cmでも直方体と球体では
質量が大きく異なります!

参考2) 落石の基礎知識 : 運動エネルギー

位置エネルギー

$$E = m \cdot g \cdot h$$

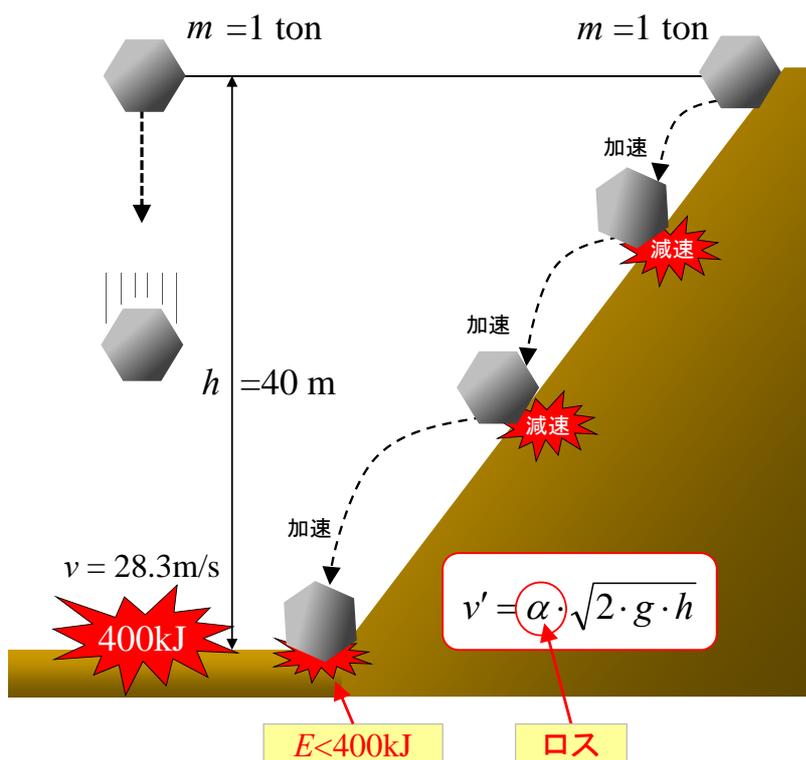
$g \doteq 10 \text{ m/s}^2$ と近似する

運動エネルギー

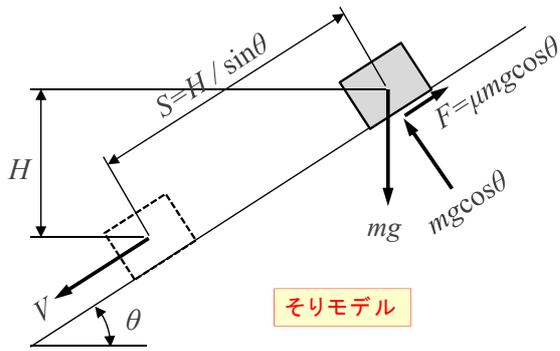
$$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

到達速度

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$



参考3) 落石の基礎知識 : 落石速度→落石エネルギー



傾斜角 θ の斜面上に静止している質量 m の物体が、摩擦係数 μ の斜面を滑りながら、高さ H だけ落下したとして力学的エネルギーを考えます。

位置エネルギー E_1 (静止しているときの力学的エネルギー)

$$E_1 = mgH \quad \text{----- (1)}$$

運動エネルギー E_2 (高さ H だけ落下した位置での力学的エネルギー)

$$E_2 = \frac{1}{2} mV^2 \quad \text{----- (2)}$$

仕事量 W (摩擦力 F の斜面を S だけ滑り落ちる間にした仕事量)

$$W = F \cdot S \quad \text{----- (3)}$$

力学的エネルギー保存則より,

$$E_1 - W = E_2 \quad \text{----- (4)}$$

ここで, $F = \mu mg \cos \theta$, $S = \frac{H}{\sin \theta}$

なので, 式(4)は,

$$mgH - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{H}{\sin \theta} = \frac{1}{2} mV^2 \quad \text{---- (5)}$$

式(5)を整理すると, 落石対策便覧の落石速度を求める式が得られます。

$$V = \sqrt{2gH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right)} \quad \text{----- (6)}$$

$$= \sqrt{1 - \frac{\mu}{\tan \theta}} \cdot \sqrt{2gH} \quad \text{ロス(残存係数): } \alpha$$

式(6)を運動エネルギーの式に代入して, 回転エネルギー分を1割増しすると, 落石エネルギーの式になります。

$$E = \frac{1}{2} m \left\{ \sqrt{2gH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right)} \right\}^2 \times (1 + \beta)$$

回転エネルギーの割増

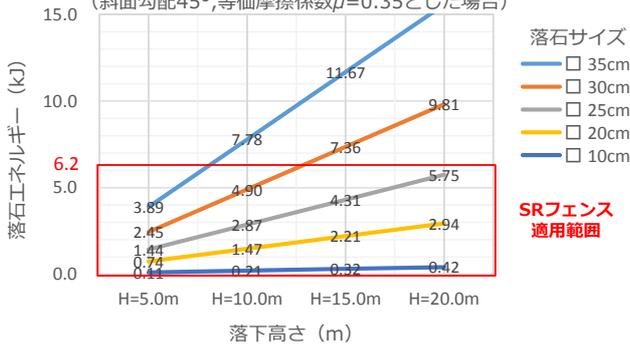
$$= mgH \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right) \times (1 + \beta)$$

参考文献

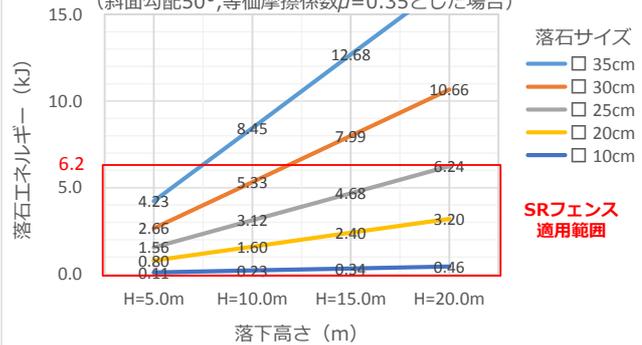
地盤工学会四国支部地盤災害研究委員会：落石対策Q&A,2009

SRフェンスの適用範囲

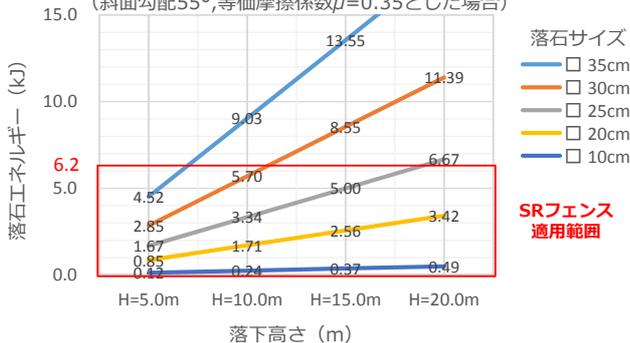
落石エネルギーの目安(落石サイズ・落下高別)
(斜面勾配45°,等価摩擦係数 $\mu=0.35$ とした場合)



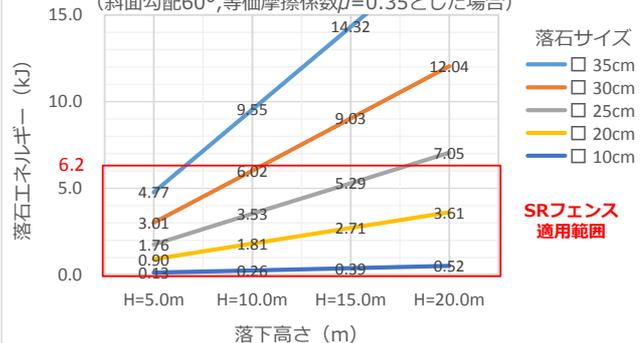
落石エネルギーの目安(落石サイズ・落下高別)
(斜面勾配50°,等価摩擦係数 $\mu=0.35$ とした場合)



落石エネルギーの目安(落石サイズ・落下高別)
(斜面勾配55°,等価摩擦係数 $\mu=0.35$ とした場合)

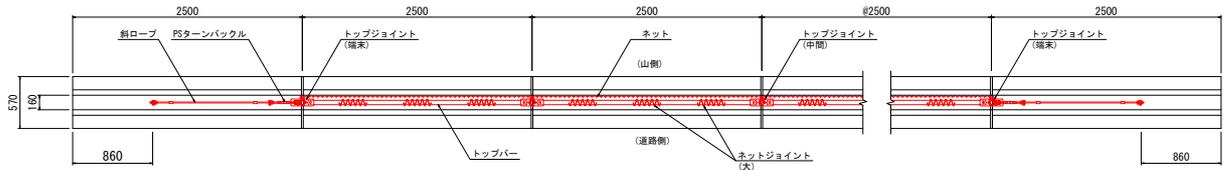


落石エネルギーの目安(落石サイズ・落下高別)
(斜面勾配60°,等価摩擦係数 $\mu=0.35$ とした場合)



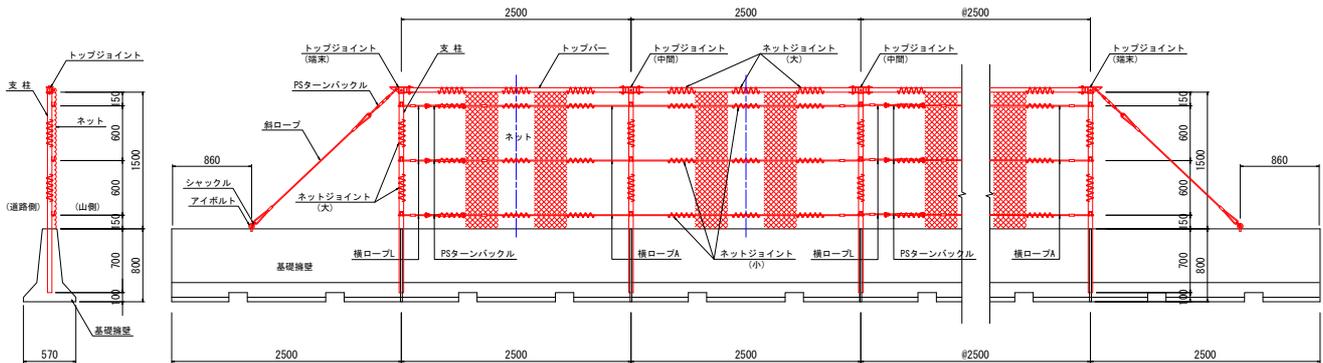
SRフェンス 一般図

平面図

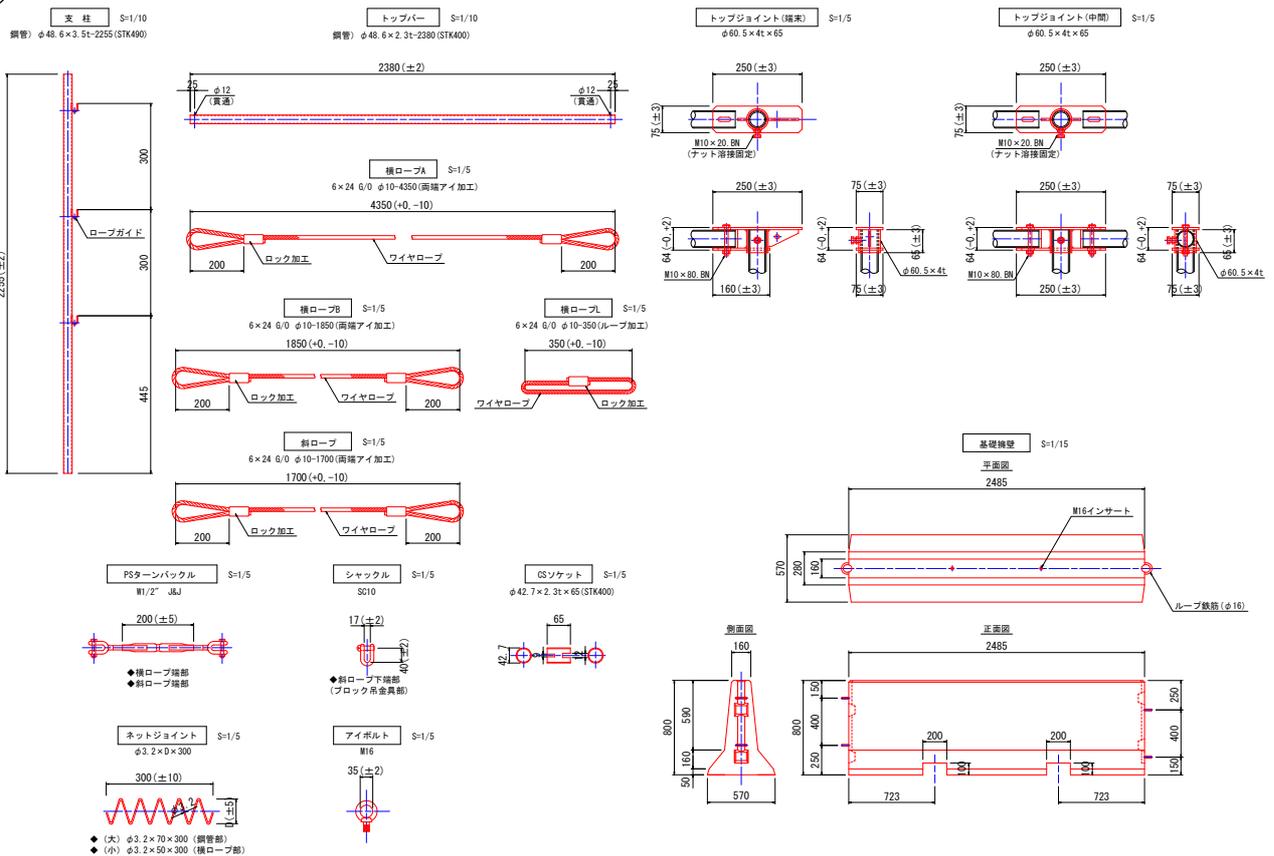


側面図

正面図



SRフェンス 構造図



基礎擁壁の連結構造

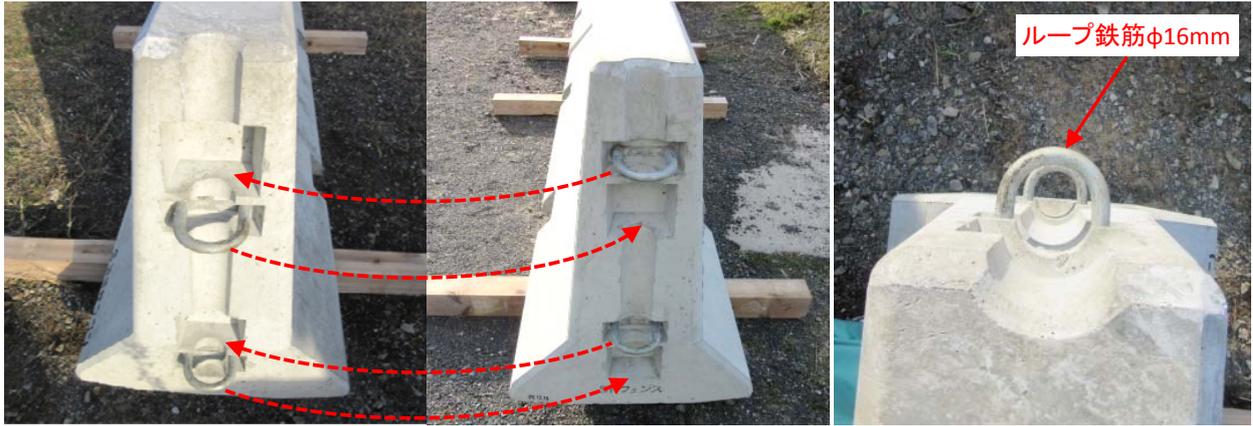
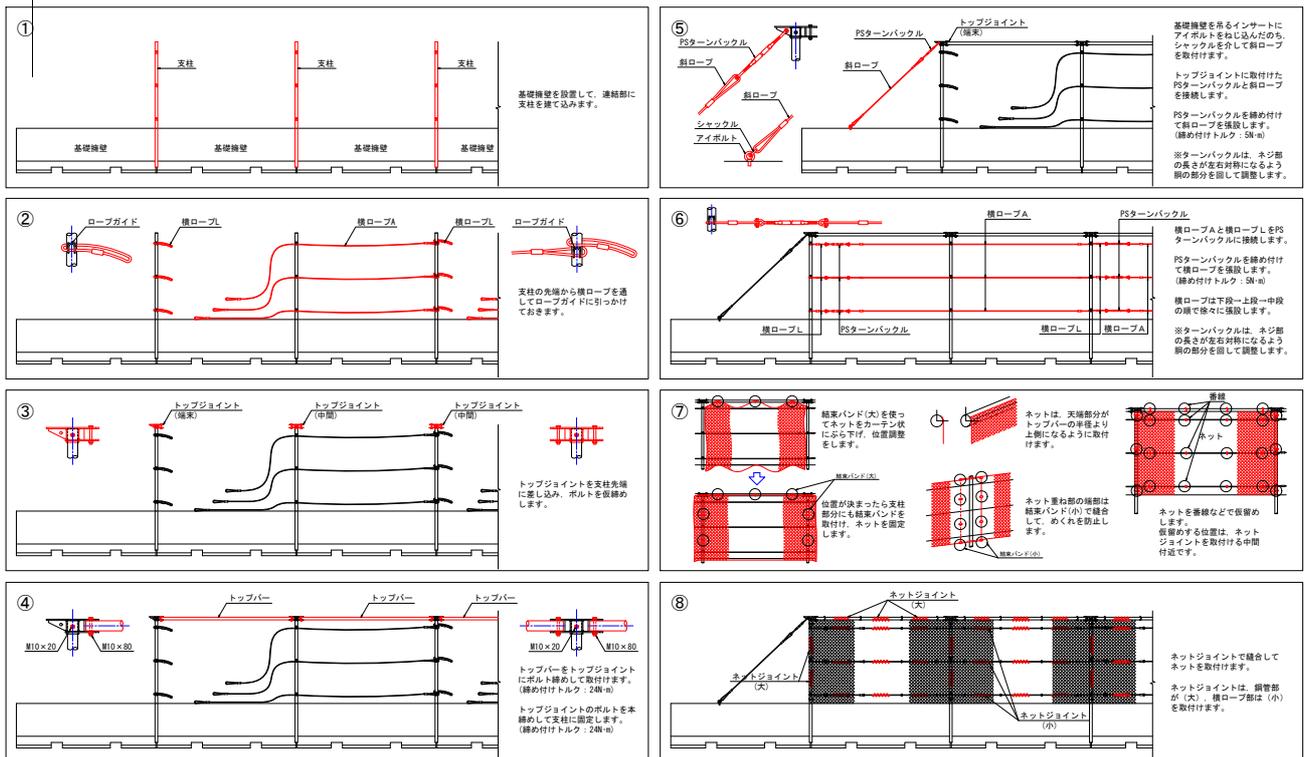


写真1 基礎擁壁の左右両端部
(段違いのループ鉄筋と凹部の状況)

写真2 上から見た連結部

基礎擁壁の左右端部を合わせると、擁壁の左右端部に上下段違いに取り付けたループ鉄筋(φ16mm)が凹部にそれぞれ入り込みます。この状態でできたループ鉄筋の輪の中に支柱を建て込んで、蝶番(チョウツガイ)のように連結します。

SRフェンス 組立図



材料単価

※材料の仕様および単価は、品質や性能の向上のため変更する場合があります。

SRフェンス 材料単価表(メーカーH30単価)					
名称	仕様	単位	数量	単価	金額
基礎擁壁	TPプレガードSR型	基	1	55,000	55,000
支柱	φ48.6×3.5t-2255(ロープガイド付)	基	1	9,460	9,460
トッパー	φ48.6×2.3t-2380	基	1	5,430	5,430
トップジョイント(端末)	φ60.5×4t-65	個	1	6,850	6,850
トップジョイント(中間)	φ60.5×4t-65	個	1	7,340	7,340
横ロープA	6×24 G/O φ10 L4350(両端アイ加工)	本	1	4,080	4,080
横ロープB	6×24 G/O φ10 L1850(両端アイ加工)	本	1	2,600	2,600
横ロープL	6×24 G/O φ10 L350(ループ加工)	本	1	1,680	1,680
斜ロープ	6×24 G/O φ10 L1700(両端アイ加工)	本	1	2,640	2,640
PSターンバックル	W1/2" J&J	本	1	3,680	3,680
ネット	NE-GM-25_W1600×L2700	m2	1	2,780	2,780
ネットジョイント(大)	φ3.2×70×300	個	1	260	260
ネットジョイント(小)	φ3.2×50×300	個	1	220	220
シャックル	SC10	個	1	790	790
アイボルト	M16	個	1	600	600
CSソケット	φ42.7×2.3t-65	個	1	650	650

Ex) 延長25m区間に設置した場合

材料費(39,800円/m)+設置費(4,300円/m)=直接工事費(44,100円/m)

END

ご静聴ありがとうございました