

新時代の高エネルギー吸収型落石防護網

HIGH-ENERGY ABSORPTION TYPE PROTECTION NET FOR NEW GENERATION

国土交通省
NETIS
登録申請中

きょう じん ぼう ご あ み
強靱防護網

ロープタイプ | ネットタイプ

PAT 6130092

PAT 6355291

性能設計ソリューション・マニュアル

斜面の安全・安心研究会

実験による性能検証の様子

性能設計が
丸わかり!

<http://s-spm.jp/movie>



二次元コードをCHECK!

皆さまが安心して性能設計をするために
 私たちは最善の実験検証をもって、安全な製品を提供します。



- ◆本工法は、第491号 共同研究報告書「高エネルギー吸収型落石防護工等の性能照査手法に関する研究」(平成29年3月)→「実験による性能照査手法編」および、落石対策便覧(平成29年12月)→「実験による性能検証」を基に、厳密な性能検証を行っています。
- ◆実験装置、左右両端のコンクリート反力体(上部写真参照)に設置したアンカーは、強固なH形鋼に固定されており、アンカー及び周辺の変形・変位によるエネルギー吸収はなく、部材(ロープ、緩衝装置等)にとって厳しい条件の実験となります。

構造・特徴・ラインアップ	2～8
施工手順	9～10
施工事例	11～12
性能設計の概要	13～16
性能照査事例	17～18
性能照査の見るべきポイント	19～26
性能照査に関するQ & A	27～30

ネットタイプ NET TYPE CONSTRUCTION 構造・特徴

～性能・コスト・施工性のバランスを追求した構造～
 阻止面(金網部)から縦ワイヤロープを排した、特徴的な構造です。
 各型式毎に、ロックアンカー・横ロープ・緩衝装置の配置数を最適化し、コストパフォーマンスに優れています。



施工事例 KB-NH4.0-1型

強靱金網・高強度金網・硬厚金網 高強度ロープ・ワイヤロープ・ストップフック

金網と横ロープの接続は、専用部材のストップフックを隙間なく配置することで一体化させます。



ロックアンカー + 緩衝装置

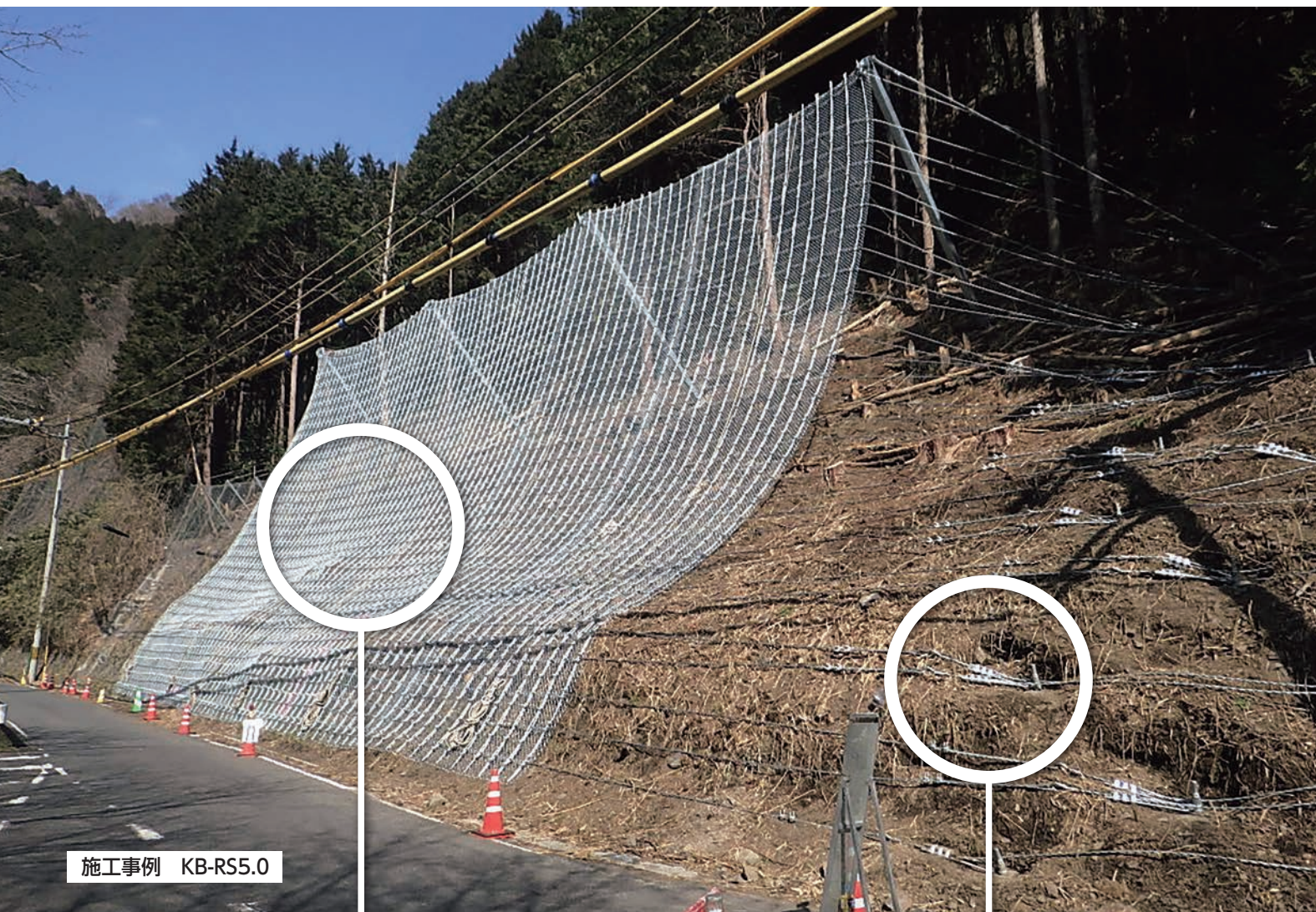


緩衝装置の配置数によって、横ロープに加わる張力を調整し、金網の損傷、ロックアンカーの引抜け・せん断破壊を防止します。

- 金網(強靱金網・高強度金網・硬厚金網)、横ロープ(高強度ロープ・ワイヤロープ)の種類や規格は、各型式毎に異なります。
- 景観着色(金網・支柱等)や、高い防錆性能を持たせた、特殊メッキ仕様も選択可能です。
- 【ポケット式】を標準としていますが、支柱を設置しない、いわゆる【覆式】での検討も可能です。
- 【覆式】であっても、落石を斜面下端まで安全に誘導することが主目的であり、一般的な覆式落石防護網の様に落石予防工としての検討はできません。

～ワイヤロープ主体の重厚感ある構造～

高強度なワイヤロープを縦・横、格子状に配置した外観が特徴です。
ネットタイプとは、形状・規格の異なる緩衝装置を使用しています。



施工事例 KB-RS5.0

ひし形金網 (φ5.0mm) 高強度ロープ (φ18mm) + 結合コイル

高強度ロープは
縦40cm×2本、
横50cm×1本
間隔で配置します。



ロックアンカー + 端末緩衝金具



端末緩衝金具によって、横ロープに加わる
張力を調整しロックアンカーの引抜け・せ
ん断破壊を防止します。

■端末緩衝金具は、横ロープとロックアンカーの接続に使用します。

■景観着色(金網・支柱等)や、高い防錆性能を持たせた、特殊メッキ仕様も選択可能です。

■【ポケット式】を標準としていますが、支柱を設置しない、いわゆる【覆式】での検討も可能です。

■【覆式】であっても、落石を斜面下端まで安全に誘導することが主目的であり、一般的な覆式落石防護網の様に落石予防工としての検討はできません。



実験装置 ※1

タイプ	型式名	性能 ※2・3	高さ (SL)	延長 (W) ※4	支柱間隔
ネットタイプ	KB-NH3.2-1 型	～ 200kJ	10 m～	10 ～ 40 m (1 工区当り)	10 ～ 19 m (10m を標準)
	KB-NH3.2-2 型	～ 400kJ			
	KB-NH4.0-1 型	～ 700kJ	11 m～		
	KB-NH4.0-2 型	～ 1,000kJ	14 m～		
	KB-NH5.0-1 型	～ 1,400kJ	12 m～		
	KB-NF5.0-1 型	～ 2,500kJ	13.5 m～		
	KB-NF5.0-2 型	～ 5,000kJ	15 m～		
ロープタイプ	KB-RS5.0	～ 2,700kJ	15 m～		

型式名の見方

KB - NH 4.0 - 1 型

①

①工法名

②

②タイプ名

③

③金網規格

H = 硬厚金網
F = 高強度金網
強靱金網※5
S = ひし形金網

④

④金網素線径

3.2 = φ 3.2mm
4.0 = φ 4.0mm
5.0 = φ 5.0mm

⑤

⑤枝番

※1 左右両端のコンクリート反力体に設置したアンカーは強固なH形鋼に固定されており、アンカー及び周辺の変形・変位によるエネルギー吸収はなく、部材(ロープ、緩衝装置等)にとって厳しい条件の実験となります。

※2 表記の対応可能落石エネルギーは、左右両端にコンクリート反力体を設置した実験装置で確認した実験値です。

なお、本工法を実際の現場に設置する場合は、支柱及びアンカーを直接、地盤に設置します。

※3 実際に現地に設置するアンカーの設計荷重は、実験時に計測した荷重から決定されます。

アンカー長は引抜試験の結果や地盤データを基に決定し、設置後は確認試験で所定の耐力を確認します。

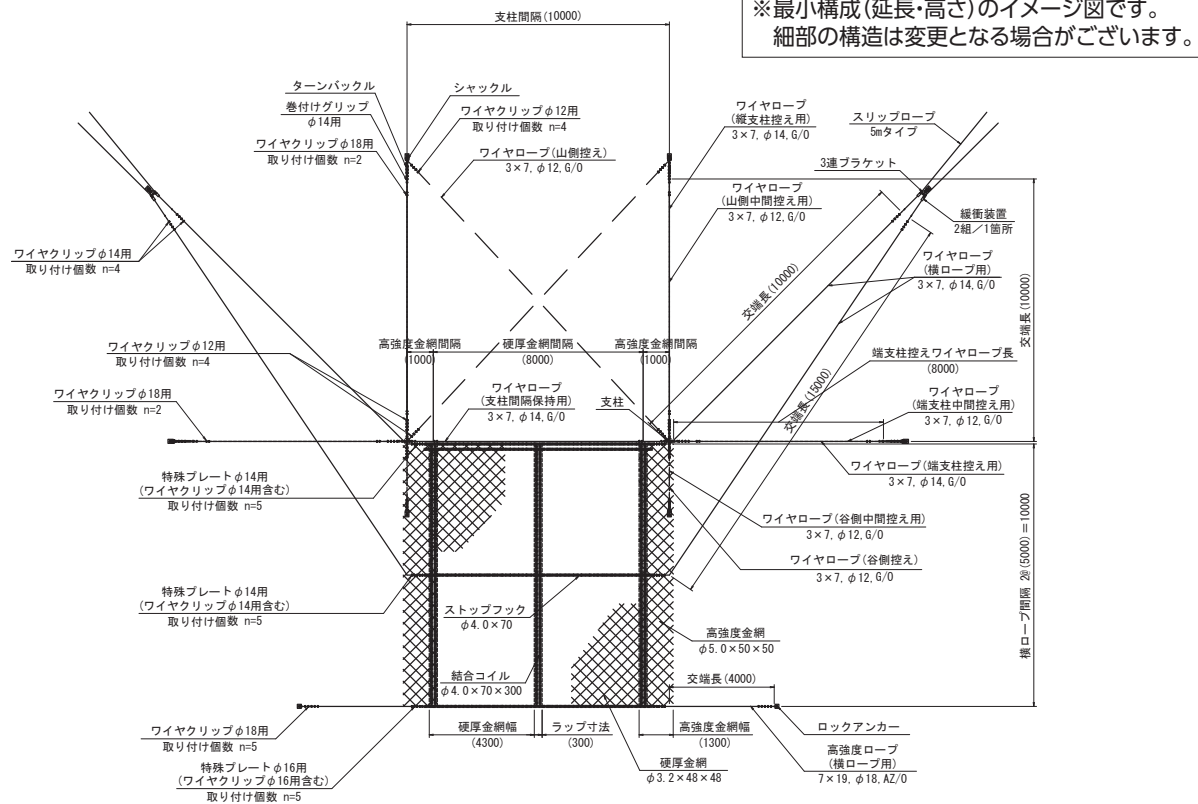
※4 延長が40mを超える場合は、工区を分割し、重ね部を設けます。

※5 KB-NF5.0-2型に適用します。

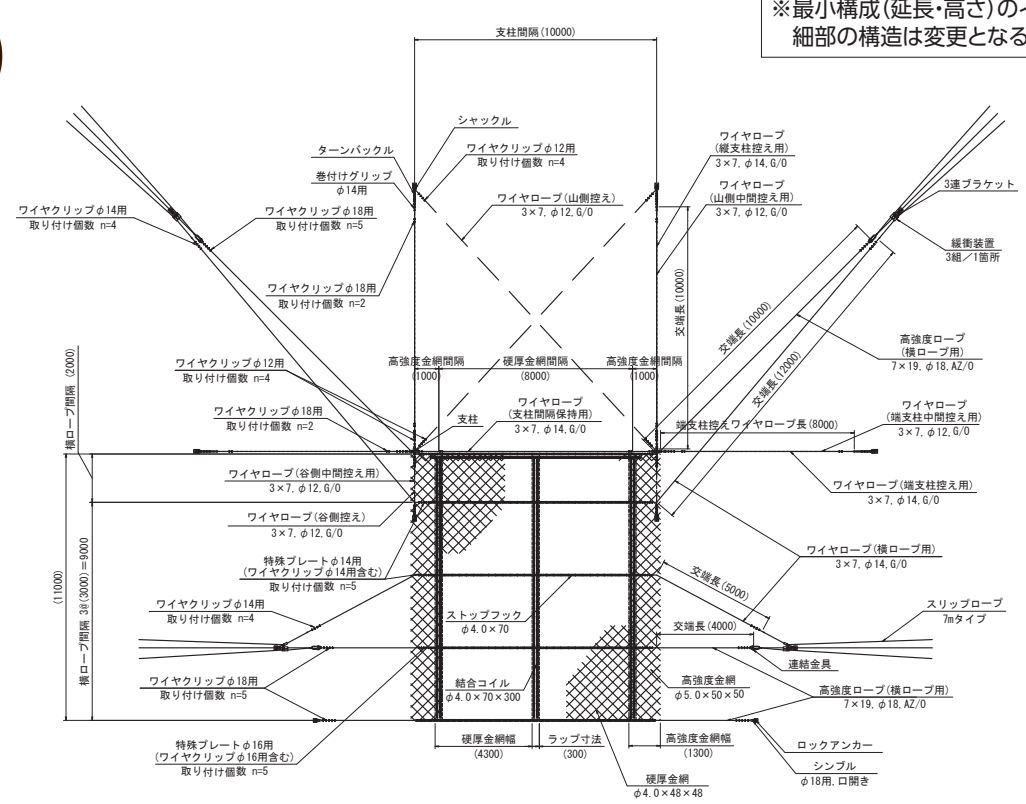
KB-NH3.2-1型

KB-NH4.0-1型

展開
イメージ図



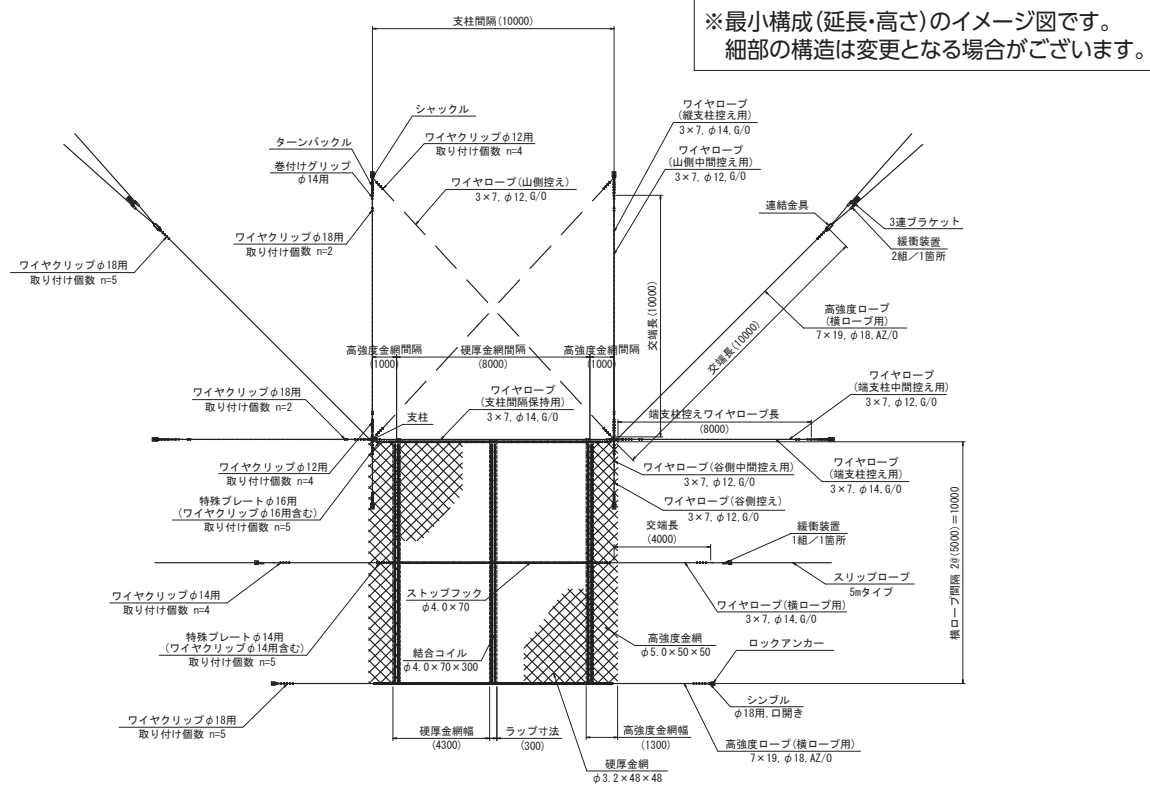
展開
イメージ図



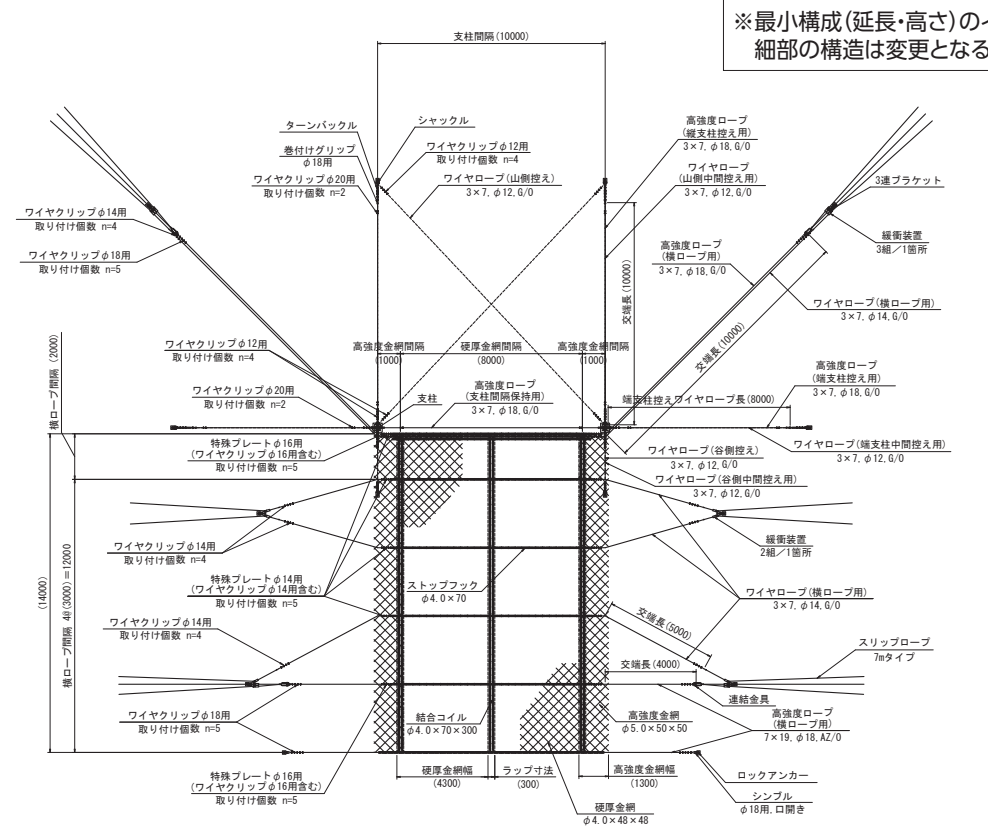
KB-NH3.2-2型

KB-NH4.0-2型

展開
イメージ図



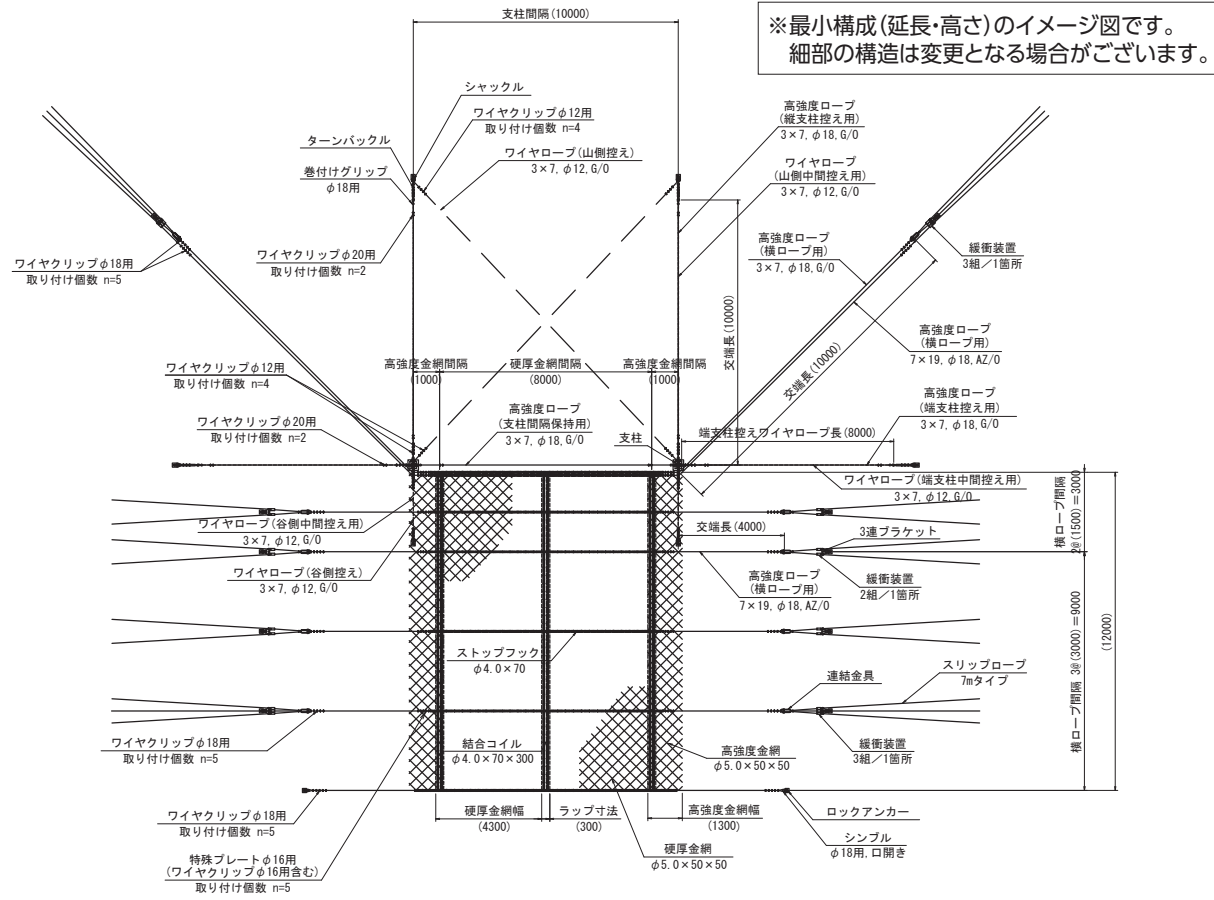
展開
イメージ図



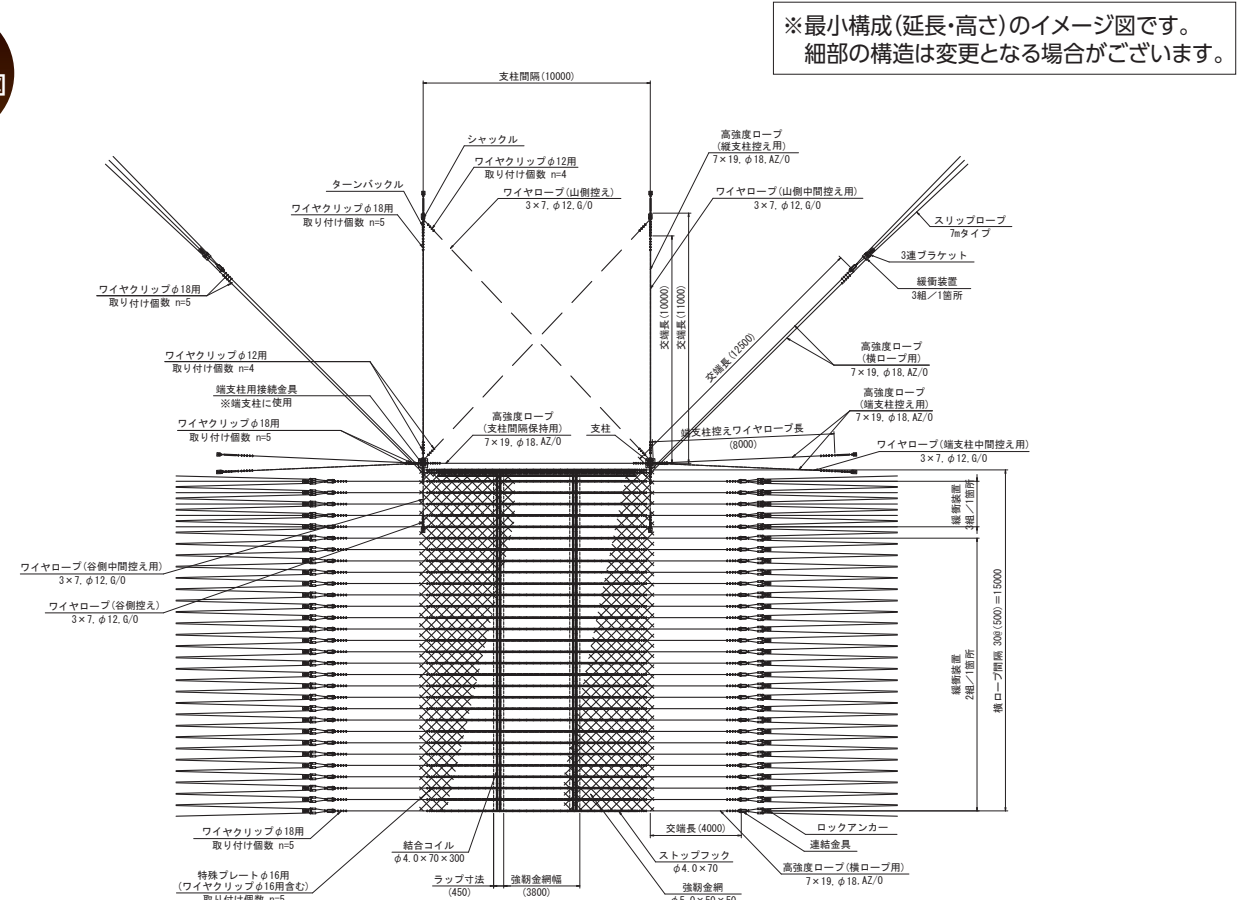
KB-NH5.0-1型

KB-NF5.0-2型

展開
イメージ図



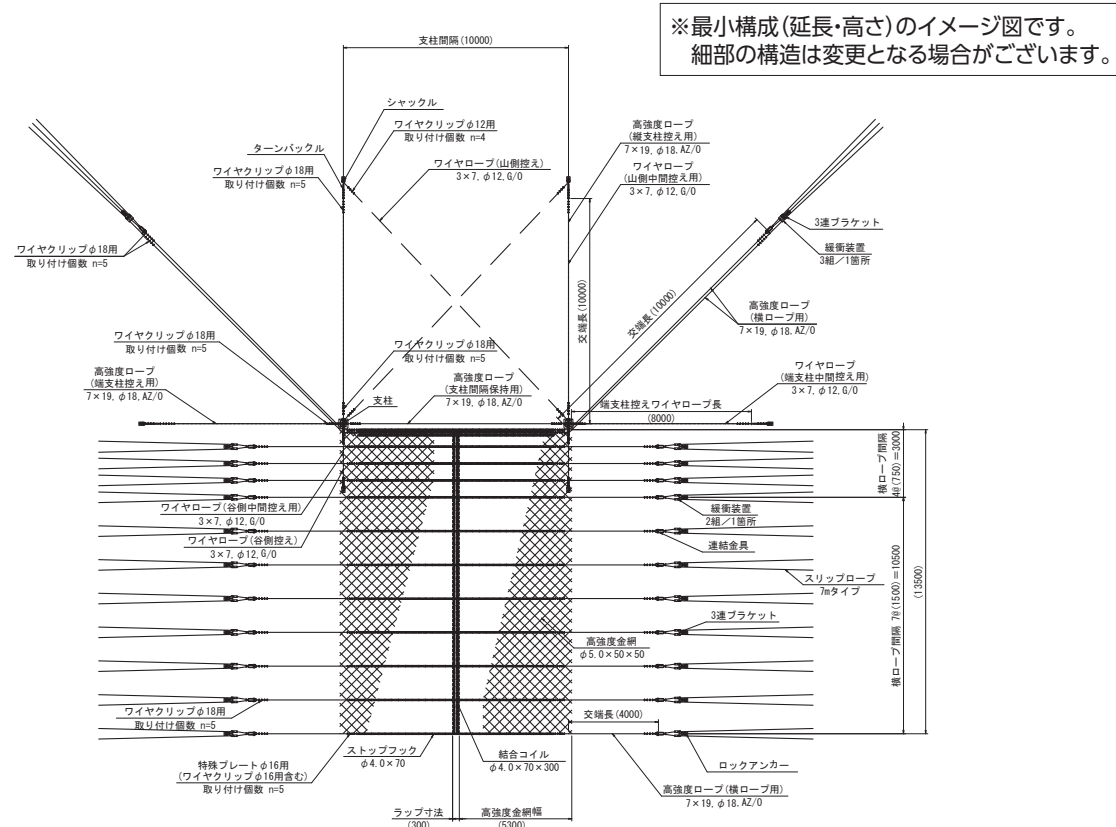
展開
イメージ図



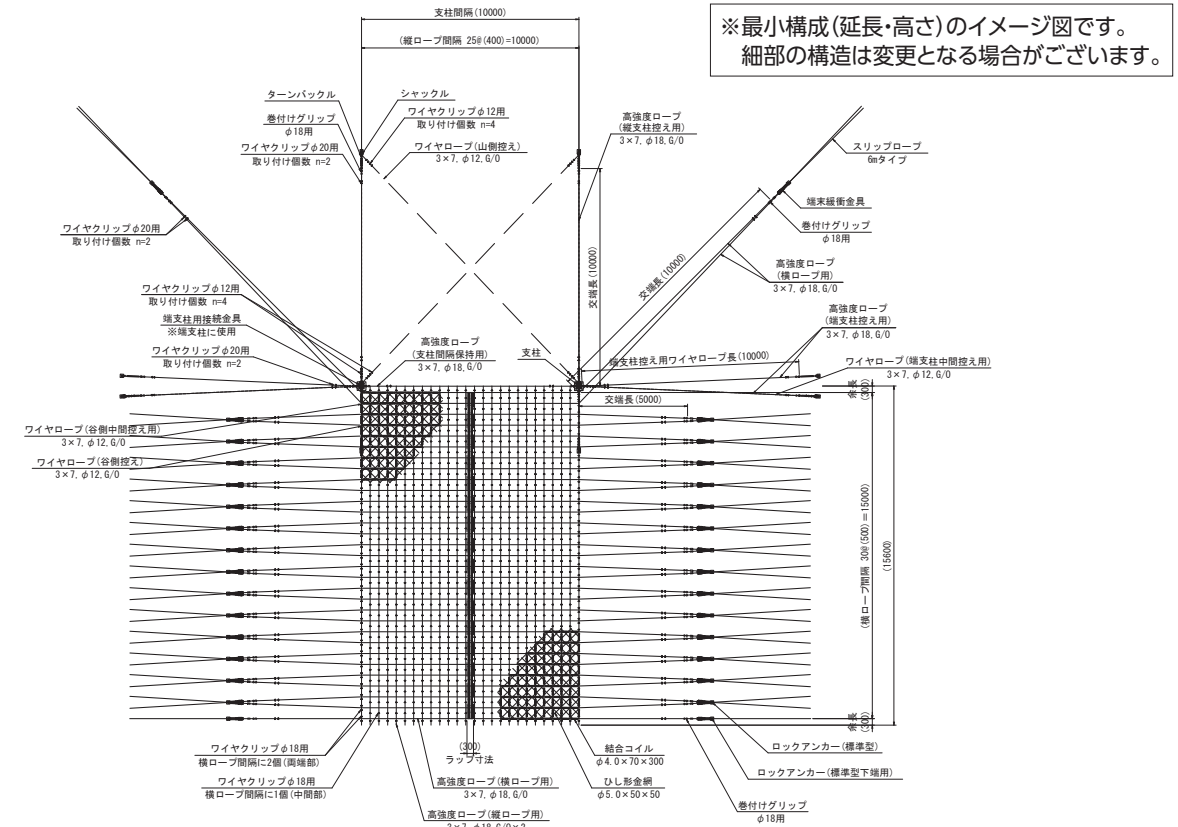
KB-NF5.0-1型

KB-RS5.0

展開
イメージ図



展開
イメージ図



施工の流れ



仮設備について

強靱防護網は主にトラッククレーンを用いて施工が行われますが、現場条件により簡易ケーブルクレーンやモノレールを用いて施工する場合があります。



ケーブルクレーン



トラッククレーン



モノレール

Step 1 準備工



施工範囲の支障木を伐採後、設計図面を基に起工測量を行います。

Step 2 アンカー組立



削岩機を用いて人力削孔し、グラウト注入、ロックアンカー挿入～養生期間の後、確認試験を経て、ロックアンカー定着工を行います。

Step 3 支柱設置



支柱を運搬し建込を行います。その際、転倒防止として荷締めロープ・レバブロック等を用います。その後、支柱間隔保持ワイヤロープ・支柱控えワイヤロープ等の取付けを行います。

Step 4 金網組立



金網(ロープタイプ:ひし形金網、ネットタイプ:高強度金網と硬厚金網)の設置を行います。

Step 5 緩衝装置設置



ロックアンカーの頭部に、緩衝装置(ロープタイプは端末緩衝金具)を取付けます。

Step 6 ワイヤロープ組立



ネットタイプは横ロープのみ、ロープタイプは縦(二重)・横に組立てます。横ロープの両端は、緩衝装置を介してロックアンカーに接続します。

Step 7 ストップフック・結合コイル設置



ネットタイプは、横ロープと金網をストップフック、金網重ね部は結合コイルを使用し、ロープタイプは、結合コイルのみを使用します。

Step 8 完成



事例 ネットタイプ

■KB-NH3.2-1型



工事名：国道306号 補助道路修繕工事
発注者：滋賀県湖東土木事務所



工事名：公共防災・安全交付金(災害防除)
【翌償】(主)金山明宝線
発注者：岐阜県下呂土木事務所

■KB-NH3.2-2型



工事名：令和2年度明許繰越 社会資本整備総合交付金事業
(災害防除)町道三島三谷線工事
発注者：川本町(島根県)



工事名：令和3年度 市道木落線落石対策工事
発注者：豊後大野市(大分県)

■KB-NH4.0-1型



工事名：令和元年度・令和2年度 防災・安全交付金(安全安心)災害防除
工事
発注者：長野県千曲建設事務所



工事名：令和2年度 緊急国法第52-8-1号
国道327号 枝の崎工区 道路防災工事
発注者：宮崎県日向土木事務所

■KB-NH5.0-1型



工事名：(一)佐田八神線 大呂工区道路災害関連
(災害対策推進)工事その1
発注者：島根県出雲県土整備事務所

■KB-NF5.0-1型



工事名：道路災害防除工事(2奥の6)
発注者：東京都西多摩建設事務所

■KB-RS5.0



工事名：令和元年度(債務)道路防災国交付金事業
(防災・安全交)(国)152号道路防災工事(大井A040)
発注者：浜松市天竜土木整備事務所



工事名：R2農保対大野川上流地区法面改修工事
発注者：竹田市(大分県)



工事名：国道187号(大野原工区)防安交付金(交通安全)工事
発注者：島根県益田県土整備事務所



工事名：管内一円(和束井手線)
平成30年発生土災害復旧工事
発注者：京都府山城北土木事務所

タイプ	型式名	重錘エネルギー※		重錘質量	衝突角度	衝突速度	安全性	修復性
ネットタイプ	KB-NH3.2-1 型	1 回目	192kJ	0.615t	82°	25.25m/s	○	－
		2 回目	201kJ		84°	25.68m/s	○	○
	KB-NH3.2-2 型	1 回目	407kJ	1.251t	85°	25.61 m/s	○	－
		2 回目	429kJ		86°	26.25m/s	○	○
	KB-NH4.0-1 型	1 回目	721kJ	1.833t	87°	28.09m/s	○	－
		2 回目	719kJ		86°	28.07 m/s	○	○
	KB-NH4.0-2 型	1 回目	1,094kJ	3.276t	88°	25.86 m/s	○	－
		2 回目	1,212kJ		86°	27.27m/s	○	○
	KB-NH5.0-1 型	1 回目	1,401kJ	3.904t	85°	28.09m/s	○	－
		2 回目	1,414kJ		85°	28.06 m/s	○	○
	KB-NF5.0-1 型	1 回目	2,576kJ	7.425t	85°	26.41 m/s	○	－
		2 回目	2,570kJ		86°	26.41 m/s	○	○
ロープタイプ	KB-RS5.0	1 回目	2,785kJ	8.350t	81°	26.15m/s	○	－
		2 回目	2,751kJ		81°	25.99m/s	○	○

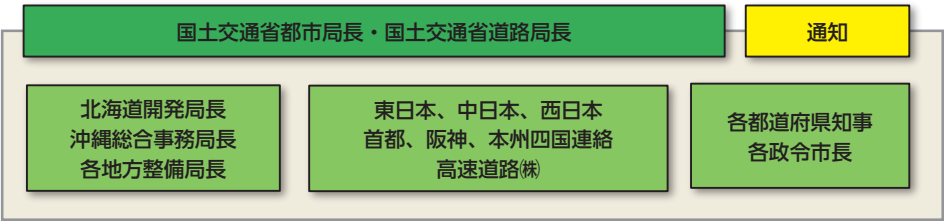
※ 重錘エネルギーは、阻止面垂直成分に補正した数値です。
2 回目は、1 回目の供試体を部分修復し、再载荷したものです。



道路土工構造物技術基準の制定



近年、道路土工に関わる様々な技術が進歩し、大規模かつ技術的に高度な道路土工構造物が建設されるようになりました。それに伴い、道路土工構造物が道路構造物としての重要な要素と認識されるようになり、安全性に関する明確な基準の必要性が高まってきたことを背景とし、平成27年3月31日に**道路土工構造物技術基準**が定められ、通知されました。この基準は、**平成27年度以降の設計・計画に適用**されることになりました。



要求性能における3つの観点 (安全性、使用性、修復性)

性能照査設計では、**要求性能** (構造物が持つべき性能) を設定します。**要求性能** (性能1、性能2、性能3) は、**安全性、使用性、修復性の3つの観点**から定められるものです。

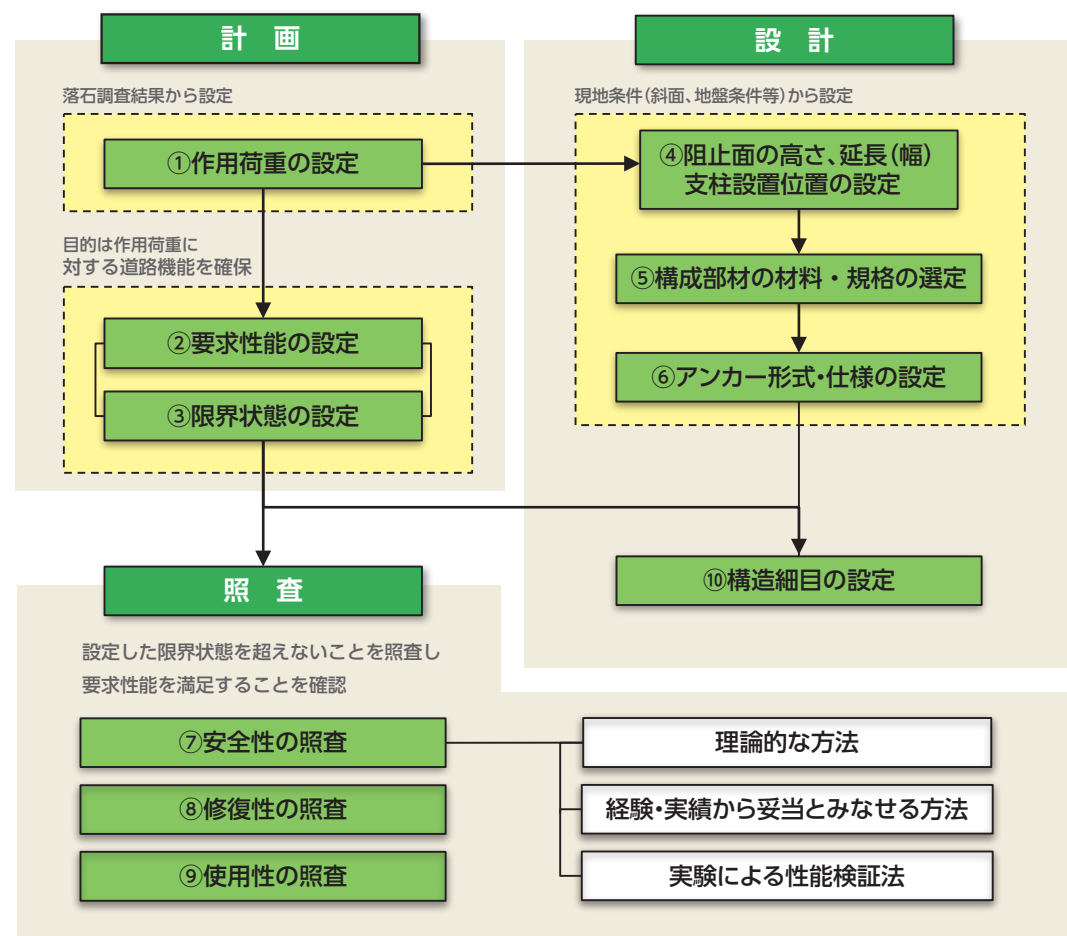
安全性	使用性	修復性
想定する作用による道路土工構造物の崩壊によって道路交通等に致命的な影響を及ぼすことのないようにするための性能	想定する作用による軽微な変形や損傷に対して道路土工構造物が本来有すべき通行機能、避難路や救助・救急・医療・消火活動・緊急物資の輸送路としての機能を維持できる性能	想定する作用によって生じた損傷を容易に修復できる性能
落石防護施設における 捕捉性能 を意味しています。	実験後の変形・損傷状況を評価することで、 交通規制の有無等 を判断します。	「容易に」 修復できること、修復後に 性能が回復 しているかに着目します。

落石防護網の要求性能と損傷イメージ				
性能1	SPECIFICATION 道路土工構造物は健全である、又は、 道路土工構造物は損傷するが 、当該道路土工構造物の存する区間の 道路としての機能に支障を及ぼさない性能	損傷イメージ 	落石防護網が発生した落石を捕捉。道路の通行機能には支障なし 落石防護網の補修は基本的に不要	落石を捕捉 安全性 ○ 道路機能に支障なし 使用性 ○ 修復不要 修復性 ○
	SPECIFICATION 道路土工構造物の 損傷が限定的なものにとどまり 、当該道路土工構造物の存する区間の 道路の機能の一部に支障を及ぼすが、すみやかに回復できる性能	損傷イメージ 	片側交互規制は行うが、道路の通行機能は確保。簡易な復旧により通行機能を回復 落石防護網の一部修復	落石を捕捉 安全性 ○ 道路機能に軽微な支障 使用性 × すみやかに修復可能 修復性 ○
	SPECIFICATION 道路土工構造物の 損傷が 、当該道路土工構造物の存する区間の 道路の機能に支障を及ぼすが 、当該支障が 致命的なものとならない性能	損傷イメージ 	全面通行止めは行うが、復旧工事により通行機能が回復 落石防護網の修復は困難	落石を捕捉 安全性 ○ 道路機能に重大な支障 使用性 × 修復不能 修復性 ×

性能照査設計

性能照査設計の手順

道路土工構造物技術基準の制定を背景に、平成29年3月に**共同研究報告書（国立研究開発法人 土木研究所、道路土工構造物技術基準・同解説（日本道路協会）**が発刊、平成29年12月に**落石対策便覧（日本道路協会）**が改訂され、**落石防護施設においても性能照査設計が導入**されることになりました。ポケット式落石防護網の一般的な設計手順を下図に示します。

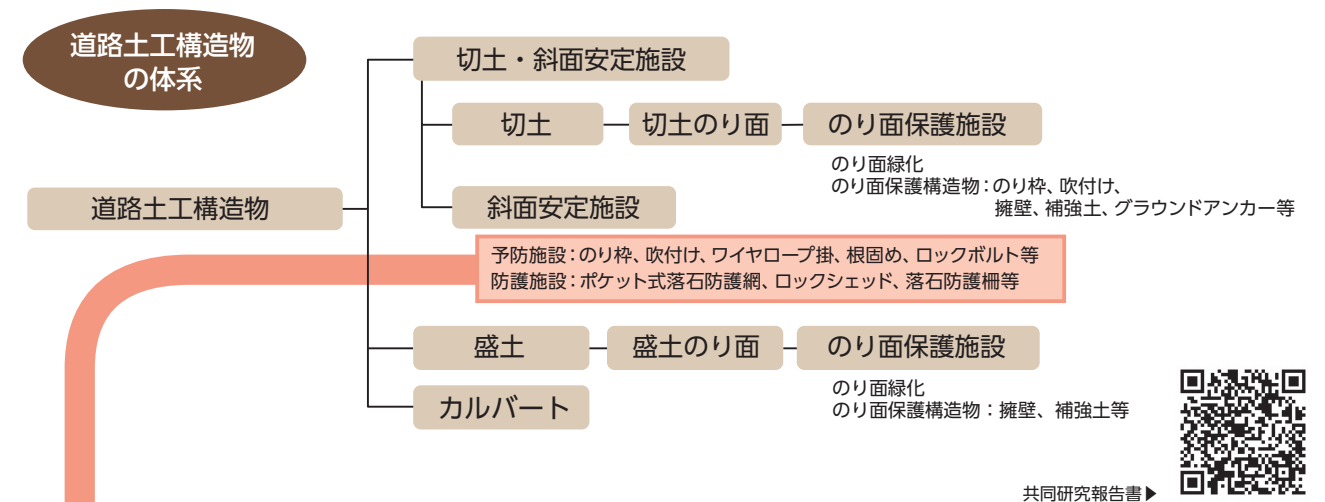


① 作用荷重の設定 (便覧 p.157, 5-5-3)	同時に作用する可能性が高い荷重の組み合わせのうち、ポケット式落石防護網に最も不利となる条件を考慮して行います。
② 要求性能の設定 (便覧 p.142, 5-1-3)	想定する作用に対して道路機能を確保することを目的に、施設の重要度、斜面の特性等の現地条件に応じて設定します。一般的には落石の作用に対しては性能 2 を要求する場合がありますが、現地状況によっては性能 1 または性能 3 を要求するのが合理的な場合があるとされています。
③ 限界状態の設定 (便覧 p.158, 5-5-4)	部材の損傷、変形・変位の観点から、設定した要求性能を満足するために許容できる構造物の限界の状態を設定します。便覧 (p.159, 表5-4) には、ポケット式落石防護網の主要構成部材の一般的な限界状態(例)が示されています。
④～⑥、⑩ 構造形式等の選定 (便覧 p.168～, 5-5-7～8)	現地条件(斜面、地盤条件等)に対して、構造物の目的に沿った配置や構造形式を施工性・経済性を考慮して選定します。
⑦～⑨ 限界状態に対する照査 (便覧 p.158～, 5-5-4～8)	安全性の照査は、「理論的な方法」「経験・実績から妥当とみなせる方法」「実験による性能検証法」により行います。修復性、使用性の照査に規定はなく、安全性と同様の方法で照査することが望ましいと考えられます。

落石対策便覧と共同研究報告書

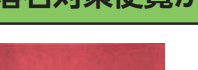
対象となる道路土工構造物

対象となる道路土工構造物の体系図を下図に示します。道路土工構造物技術基準は、これらの道路土工構造物を新築又は改築する場合における一般的技術基準として定められたものであり、道路土工構造物の設計において考慮すべき作用、要求性能とともに、設計及び施工に関する事項が義務づけられています。

[illegible]

便覧

落石対策便覧が改訂・発刊（平成29年12月）日本道路協会



道路土工構造物技術基準や維持管理分野での新たな法令が制定され、調査技術や対策技術の面で様々な技術開発が行われ、新たな法令等への対応や技術水準の向上や新技術の導入への対応が必要となった。

「まえがき」より 主な改訂点

- ① **性能設計の枠組みの導入**
- ② 従来型構造物の慣用設計法の適用範囲の明確化
- ③ 落石防護施設の性能照査としての**実験的検証法の記述**
- ④ 新しい知見等を踏まえた設計法の導入
- ⑤ 維持管理の記述の充実

性能照查事例

実験による性能検証と性能照査例

求める性能	項目	参考文献	要 旨	判 定 (例)		
要求性能	性能水準	便覧 p.142 使用性	安全性 S1 ~ S10 使用性 U1 ~ U2	安全性 10/10 ○ 使用性 1 / 2 ×	性能 2	
		便覧 p.147 修復性	R1 ~ R3	修復性 3 / 3 ○		
		便覧 p.159	高さは実験値以上 幅は実験値以上	11m (実験) ≤ 15m (現地) 10m (実験) ≤ 30m (現地)		S1 ○
安全 性 S	供試体	便覧 p.160	落石エネルギーレベル毎に 1 つの供試体	KB-NH4.0-1 型		
		便覧 p.159 便覧 p.160	本数は実験以上 間隔は実験値以上	2 本 (実験) ≤ 4 本 (現地) 10m ≤ 10m	S2 ○	
	重錘	便覧 p.160 共研 p.155 共研 p.156	多面体、コンクリート基本 密度 2.3 ~ 3.0 (t/m ³) を基本 質量計測値	EOTA 準拠、内部コンクリート 2.653 (t/m ³) 1.833 (t)	S3 ○	
		衝突速度	便覧 p.160 便覧 p.161 共研 p.155 共研 p.156	25.0 (m/s) 以上を標準 25.0 (m/s) 未満は適用限界速度 精度よく計測することが重要 A) レーザー計測間隔 B) 高速度カメラフレームレート	28.07 (m/s) A) 100μs B) 1000fps	S4 ○
	入射角度		便覧 p.160 共研 p.155 共研 p.156	垂直を基本 角度補正E=1/2m・(v・sinθ) ² 精度よく計測することが重要 A) 傾斜計 B) 高速度カメラ	86° E=719 (kJ) A) 86° + B) 0.252° ≒ 86°	S5 ○
		回転	便覧 p.157 共研 p.156	回転エネルギーは考慮せず	考慮せず (S5 参照)	S6 ○
	載荷位置	便覧 p.160 共研 p.157	水平方向はスパン中央が基本 鉛直方向は設計位置	スパン中央に載荷 上端より 2.7m に載荷	S7 ○	
		構造細目	便覧 p.156	A) 落石の直撃を受けない支柱の配置 もしくは、 B) 支柱が 1、2 本破損しても全体的な崩壊につながらない構造にすること	重錘が支柱に衝突しても全体系が崩壊しないことを別途の実験で確認	S8 ○
	使用 性 U		道路空間の 安全性	便覧 p.155	衝突時) 落石衝突時に防護網の突出が道路空間の安全性を損なわないことを確認する	捕捉位置の変更、数値解析等により安全性を確認できる
		便覧 p.142 便覧 p.143		衝突後) 停止後の落石が道路機能に支障を及ぼし、除去するために交通規制が必要か？	防護網を路肩に設置する場合は、落石除去時に交通規制が必要	U1 ×
衝突データ		便覧 p.160 共研 p.157	衝突前) S1 、 S2 、 S3 、ミルシート等 衝突時) S4 、 S5 、最大変形量、その他 ロープ張力、設計データ、動画等 衝突後) 阻止面高さ、供試体の損傷状況 (補修量の目安)、 緩衝装置の動作状況等	S1 ~ S8 を参照 実験報告書を参照 評価シートを参照 実験報告書を参照 評価シートを参照	S10 ○ U2 ○ R1 ○ R2	
		限界状態	便覧 p.159 共研 p.154 土研 HP *	落石が支柱を直撃したときに損傷や変形が生じるのはやむを得ないが、 支柱の損傷が全体系の崩壊につながらないとともに、比較的容易に修復可能でなければならない。 支柱基礎がヒンジの場合は、有意な傾斜を生じないこと (Q&A) 有意な傾斜とは補修しなければ性能に影響を及ぼす傾斜 (p.28 参照)	重錘が支柱に衝突しても全体系が崩壊しないことを別途の実験で確認 有意な傾斜が生じないことを実験で確認	○
修復性	便覧 p.142 便覧 p.143		補修はすみやか (容易) か？ 性能が回復するか？	補修は概ね 4 日 初載荷は捕捉・誘導。 補修後に再載荷し捕捉・誘導。性能回復を 実験で実証。 (評価シートを参照)	R3 ○	
	その他 (耐久性)	便覧 p.170 共研 p.158	緩衝装置等は、所定の性能を供用期間内に安定して発揮できることが 確認されたものを使用する 緩衝装置等を含む構成部材は、錆やクリープなどの経時変化に対する 安全性を有する必要がある	緩衝装置の安定性に関する報告書を参照 緩衝装置の安定性に関する報告書を参照	○	

※土研=土木研究所 寒地土木研究所

求める性能(要求性能)		設計時 確認事項		実証実験 確認事項		求める性能(要求性能)		設計時 確認事項		実証実験 確認事項							
安全性 S	想定する作用による道路土工構造物の崩壊によって道路交通等に致命的な影響を及ぼすことのないようにするための性能	S1 S2 ☐設置高さが供試体以上か ☐設置延長が供試体以上か ☐支柱本数、間隔が供試体以上か	S8 ☐落石が支柱を直撃しても全体系は崩壊しないか	S9 ☐防護網の突出(短期)が道路空間に対して安全か	S3 ☐重錘は多面体 ☐材質はコンクリートを基本 ☐密度は2,300~3,000kg/m³ ☐重錘質量の測定データがある	S4 S5 S6 S7 ☐重錘速度は25m/s以上 ☐重錘入射角度は阻止面垂直 ☐速度、角度の測定精度が明確 ☐回転エネルギーを考慮していない ☐載荷位置はスパン中央	使用性 U	想定する作用による軽微な変形や損傷に対して道路土工構造物が本来有すべき機能(通行機能、避難路や救助・救急・医療・消火活動等)を維持できる性能	POINT 撤去、復旧時に規制が必要か	U1 ☐停止後の落石が道路機能にどのような影響を及ぼすか ☐復旧時にはどのような道路規制が必要か	U2 ☐主要部材の変形、変位等が分かる	修復性 R	想定する作用によって生じた損傷を容易に修復できる性能	POINT すみやかに修復可能かつ修復後の性能が担保されているか	R3 ☐修復が容易か ☐修復方法が明確か ☐修復後に性能が回復しているか	R1 ☐金網・ロープ・支柱等、主要部材の損傷状況が分かる	R2 ☐支柱基礎がヒンジの場合、有意な傾斜が生じていない

性能照查事例

従来型ポケット式落石防護網 (150kJ)		強靱防護網 (試作段階での事例①)		強靱防護網 (試作段階での事例②)	
落石対策便覧、実規模実験より		判 定 (例)		判 定 (例)	
安全性 ○	性能 2	安全性 6 / 6 ○	性能 3	安全性 6 / 6 ○	道路管理者 の判断 (土研HPより)
使用性 ×		使用性 1 / 2 ×		使用性 1 / 2 ×	
修復性 ○	経験・実績から慣用設計法を用いることができる	修復性 2 / 3 ×		修復性 2 / 3 ×	
高さ 10m		15m (実験) ≤ — (現地)		15m (実験) ≤ — (現地)	
幅 15m		10m (実験) ≤ — (現地)	—	10m (実験) ≤ — (現地)	—
150kJ タイプ		2,000kJ 以上で計画・実施		1,000kJ 以上で計画・実施	
支柱 6 本		2 本 (実験) ≤ — (現地)	—	2 本 (実験) ≤ — (現地)	—
間隔 3 m		10m (実験) ≤ — (現地)	—	10m (実験) ≤ — (現地)	—
		EOTA 準拠、内部コンクリート		EOTA 準拠、内部コンクリート	
		2.659 (t/m ²)	○	2.716 (t/m ²)	○
1.0 (1)		7.425 (1)		3.904 (1)	
16.85 (m/s)		26.34 (m/s)	○	25.06 (m/s)	○
			○		○
90° E=142 (kJ)		86° E=2,563 (kJ)	○	88° E=1,224 (kJ)	○
		A) 86°		A) 88°	
考慮せず		考慮せず	○	考慮せず	○
スパン中央に載荷	スパン中央に載荷	○	スパン中央に載荷	○	
上端より 4.3m に載荷	上端より 3.7m に載荷	○	上端より 3.7m に載荷	○	
支柱が密に配置されており、全体系が崩壊に至らない事例が確認されている	○	試作段階につき省略	—	試作段階につき省略	—
二次元挙動計測写真より道路空間の安全性が確保できると思われる	○	試作段階につき省略	—	試作段階につき省略	—
防護網を路肩に設置する場合は、落石除去時に交通規制が必要	×	防護網を路肩に設置する場合は、落石除去時に交通規制が必要	×	防護網を路肩に設置する場合は、落石除去時に交通規制が必要	×
「従来型ポケット式落石防護網の実規模性能実証実験」を参照	○	実験結果をまとめ	○	実験結果をまとめ	○
		実験結果をまとめ	○	実験結果をまとめ	○
有意な傾斜が生じないことを実験で確認	○	重錘が支柱に衝突しても全体系が崩壊しないことを別途の実験で確認 有意な傾斜が生じないことを実験で確認	○	重錘が支柱に衝突しなくとも、支柱に有意な傾斜が発生	×
金網・支柱・ロープは再使用可能、アンカーは破損 初載荷、補修、再載荷を行い捕捉・誘導完了。 性能回復を実験で実証。(150kJ のケース)	○	補修は概ね 9 日 初載荷は捕捉・誘導。 補修後に再載荷し突破。 性能回復せず。	×	初載荷は捕捉・誘導。 補修、再載荷は省略。	—
——		省略		省略	
——		省略		省略	

S1 S2 実験供試体

✓ POINT

- ✓ (便覧p.148) 供試体は、検証対象の構造体の標準的外形寸法の実物大を原則とする。
- ✓ (便覧p.159) 供試体の支柱本数、支柱間隔、阻止面高さ等は任意としてよいが、それらを現地に適用する場合の最低構成とする。
- ✓ (便覧p.160) 落石エネルギーレベルに応じて、構造体の仕様が複数用意されているような場合には、原則としてそれぞれに対して性能検証実験を実施する。
- ✓ (便覧p.160) 供試体の個数は、1体以上とする。

□ CHECK

- 現地における設置高さ、設置延長は実験供試体以上か。
- 現地における支柱間隔、支柱本数は実験供試体以上か。
- 落石に加え、積雪等の作用に対応する仕様で、主要部材の配置（ロープ本数および間隔、緩衝装置設置個数等）が実験供試体と異なる場合、性能が担保されることを実証実験で確認しているか。



KB-NH4.0-1型実験供試体
 ・設置高さは11m ・設置延長は10m
 ・支柱間隔は10m ・支柱本数は2本



KB-NH4.0-1型 施工事例（2スパン）
 ・設置高さは①18m②18m ・設置延長は①30m②34m
 ・支柱間隔は①10m②11m×2,12m ・支柱本数は①3本②3本

S3 重錘

✓ POINT

- ✓ (便覧p.148) 形状は多面体を基本とする。
- ✓ (便覧p.160) 材料はコンクリートを基本（密度2,300～3,000kg/m³であること）とする。

□ CHECK

- 重錘は多面体で、形状寸法および材料が明示されているか。
- 質量および密度が正確に測定され、測定データを確認することができるか。



質量測定に用いる荷重計



質量測定状況



質量確認

S4 衝突速度

✓ POINT

- ✓ (便覧p.160) 重錘の阻止面への衝突速度は25m/sec以上を標準とする。
- ✓ (便覧p.161) 実験実施上の制約から25m/secより遅い衝突速度でしか実験できない場合も想定される。この場合には、その速度を適用現場における落石の適用最大速度とする。

□ CHECK

- 衝突速度は正確に測定され、測定データを確認することができるか。
- 衝突速度が25m/s未満で実験した場合、適用現場における対象落石の速度が実験時の衝突速度を超えていないか。

重錘速度の測定は精度よく！(共研p.155, 156)

重錘速度は、実験時の重錘エネルギー算出に必要なため、精度よく測定することが重要です。測定方法は任意ですが、十分な精度を得られる機器を選定する必要があります。

斜面転落方式等で重錘が複雑な挙動をとっている場合には、特に精度よく重錘速度を測定することが困難であると考えられます。落石防護柵でよく用いられる自由落下方式では、落下高から重錘速度を算出することができます。



レーザーによる測定

▼高速カメラの動画



高速カメラによる測定

S5 入射角度

✓ POINT

- ✓ (便覧p.160) 阻止面に対して垂直を基本とする。
- ✓ (共研p.156) 斜めに衝突した場合、垂直成分を入力エネルギーとして評価する。

□ CHECK

- 入射角度は正確に測定され、測定データを確認することができるか。
- 阻止面に対して斜めに入射した場合、速度を阻止面垂直成分に換算し、実験時の重錘エネルギーを算出しているか。

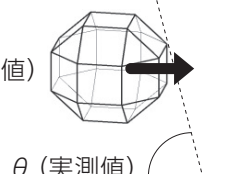
入射角度の測定は精度よく！(共研p.155, 156)

阻止面への重錘入射角度は、実験時の重錘エネルギー算出に必要なため、精度よく測定することが重要です。測定方法は任意ですが、実験方式に合致した測定を行うことが望ましく、供試体の設置条件によって阻止面に傾斜が発生する場合は、これを考慮する必要があります。高速カメラの画像解析から算出する方法があります。

W: 重錘質量 (t)
 V: 重錘速度 (m/s)
 θ: 入射角度 (°)

阻止面
 W (実測値)

V (実測値)



θ (実測値)

重錘エネルギー算出式

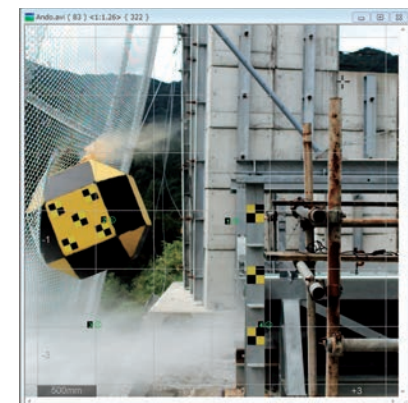
$$E = \frac{1}{2} W (v \sin \theta)^2$$

速度の阻止面垂直成分

計算例

W=1.0t, V=25.0m/s, θ=45° の場合

$$E = \frac{1}{2} \cdot 1.0 \cdot (25.0 \cdot \sin 45^\circ)^2 = 156 \text{ kJ}$$



高速カメラによる重錘入射角度の確認

実験場概要の動画▶



S6 回転

✓ POINT

- ✓（共研p.156）回転エネルギーは考慮しない。

□ CHECK

- 実験時の重錘エネルギーに回転エネルギーが含まれていないか。

①回転エネルギーが防護工に与える影響が不明

斜面転落方式等の実験方式を採用した場合、重錘が回転しながら供試体に衝突します。しかしながら、回転エネルギーの大きさが防護工の耐衝撃挙動にどのような影響を及ぼすかの知見が十分でないことから、実験時に重錘が回転しながら供試体に衝突しても、その際の回転エネルギーについては考慮しないということになりました。

②設計時も回転エネルギーを考慮する必要はない？

設計に用いる落石エネルギーは、一般的には下式が用いられています。

$$E = (1 + \beta) \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta} \right) m \cdot g \cdot H$$

E：落石の全運動エネルギー

β ：回転エネルギー係数（0.1としてよい）、 μ ：等価摩擦係数

θ ：斜面勾配、m：落石の質量、g：重力加速度、H：落石の落下高さ

β ＝回転エネルギー係数（0.1としてよい）であり、落石対策便覧p.157 5-5-3 作用荷重において、回転エネルギーは考慮しなくてもよいと記載されていますが、実際には安全を考慮して回転エネルギー係数を用いることがあるようです。

S7 載荷位置

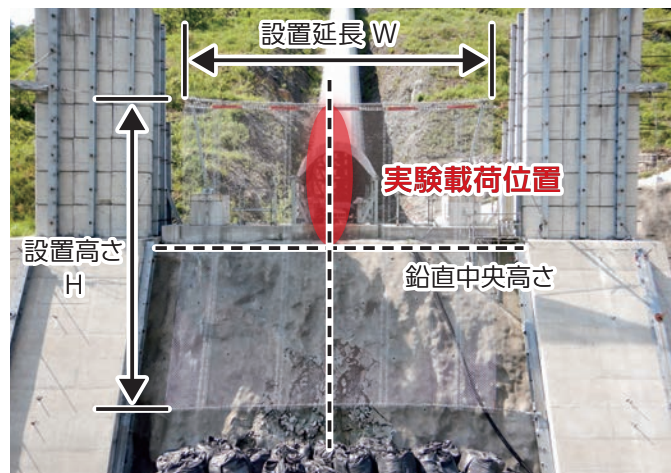
✓ POINT

- ✓（便覧p.160）重錘の載荷位置は水平方向にはスパン中央
- ✓（便覧p.160）鉛直方向には設計上の落石衝突位置（ただし、鉛直中央高さ～設計落石作用位置の間で設定）

□ CHECK

- 設計落石作用位置は、実験時の重錘載荷位置を考慮して決定しているか。
- 設計落石作用位置が、実験時の重錘載荷位置と異なる場合、性能が担保されることを適切な手法で示せるか。

設計時には、実験での衝突位置に実際の落石が衝突するよう支柱・阻止面を配置する必要があります。実験の衝突位置と設計における衝突位置が異なる場合は、設計条件において性能が担保されることを、数値解析的手法を適切に示す必要があります。その場合、複数（2つ以上）の実験結果との比較検討により、信頼が担保されていることが必要です。（共研p.159）



重錘載荷位置



載荷位置測定状況

S8 支柱破損の想定

✓ POINT

- ✓（便覧p.156）落石の直撃を受けて支柱が破損することが考えられることから、落石の直撃を受けないような支柱の配置とするなど、何らかの防護対策を行うか、または支柱が1本ないし2本破損したとしても全体的な崩壊につながらないような構造とすることが必要である。

□ CHECK

- 支柱が破損した場合、全体系が崩壊しない構造となっているか。

高エネルギー吸収型落石防護網は支柱衝突の影響が大きい

支柱を密に配置する従来型のポケット式落石防護網に対して、高エネルギー吸収型ポケット式落石防護網は、支柱間隔を広くとって構造全体で落石運動エネルギーを吸収する特徴があります。従来型のポケット式落石防護網では、支柱および横ロープが密に配置されていることもあり、仮に落石が支柱に衝突して破損した場合でも全体的な崩壊には至っていない事例が確認されているようです。

高エネルギー吸収型落石防護網は支柱間隔が広く本数も少ないため、落石が支柱に衝突する可能性は小さいですが、衝突して破損した場合には安全性に大きく影響を及ぼすことが懸念されます。万一支柱に落石が衝突して破損した場合でも、全体的な崩壊につながらないことを、適切な手法で示す必要があります。



従来型ポケット式落石防護網（支柱間隔が狭い）



高エネルギー吸収型ポケット式落石防護網（支柱間隔が広い）

重錘を支柱に衝突させる実験

強靱防護網では、落石が支柱に衝突して破損した場合でも、全体的な崩壊につながらないことを実験により確認しています。重錘が直撃した支柱は変形し、下端が払われたことで中に浮きますが、重錘が直撃した支柱とその両側の支柱は、支柱間隔保持ワイヤロープで連結されているため、支柱が破損した場合でも全体的な崩壊にはつながりませんでした。このような実験から、仮に支柱が落石の直撃を受けて破損した場合でも、全体的な崩壊にはつながないことを確認しています。



支柱に重錘を衝突させる実験



支柱破損状況

支柱衝突実験の動画▼



S9 U1 道路空間の安全性

✓ POINT

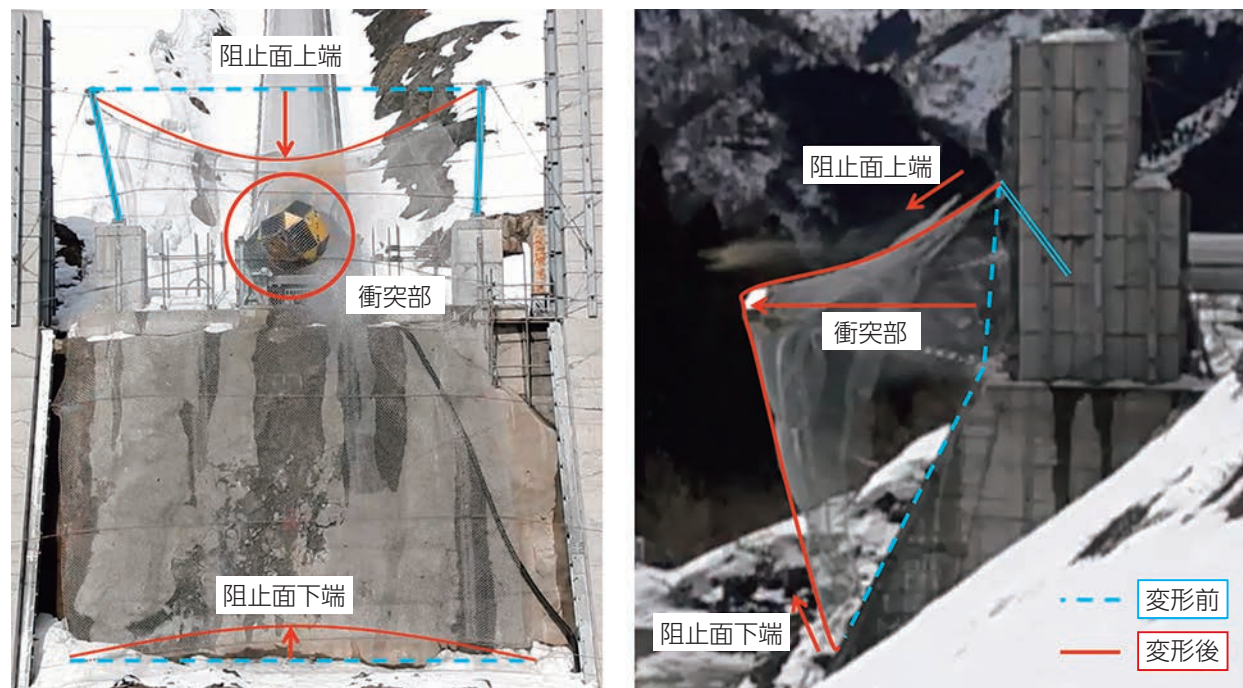
- ✓ (便覧p.92) 落石の衝突時に防護網が変形して道路空間の安全性を侵さないようにしなければならない。
- ✓ (便覧p.155) 路肩に設置する場合には、落石衝突時に防護網の突出が道路空間の安全性を損なわないことを確認する。(他、道路空間に関する記載多数)

□ CHECK

- 実験時の変形、主要部材の変形等、道路空間への安全性を検討するための実験データが明示されているか。

複数の実験結果をもとにした数値解析手法で、道路空間の安全性を検討する

ポケット式落石防護網は、落石の衝突に対して大きく変形することでエネルギーを吸収します。ポケット式落石防護網の主な変形箇所は、阻止面上端と衝突部付近、阻止面下端部です。特に、衝突部付近、阻止面下端部が大きく変形した場合、道路空間や通行車両、歩行者に悪影響を及ぼす可能性があります。



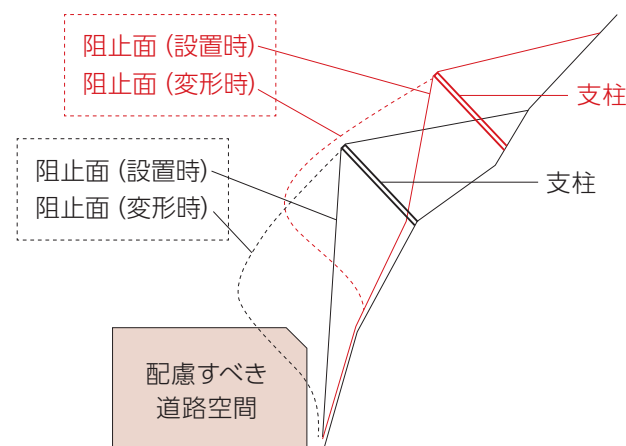
ポケット式落石防護網の主要な変形箇所

実験での変形量は、構造体における最小構成および対応可能な最大落石運動エネルギー時のものです。現地設置条件と実験条件が一致しない場合、実験で実証した性能が現地でも担保できることを適切な手法で示す必要があります。

道路空間の安全性を確保するための設計上の配慮

右図に示すケースのように、落石作用時の変形が道路空間に影響しないよう捕捉位置を計画することは可能です。しかし、対策が必要ない範囲までポケット式落石防護網を拡張しなければならないことや、アンカー施工のために用地の買収範囲が広がり不経済となるなどの問題が挙げられます。

いずれにしても、設置条件により防護網の変形が道路空間に大きな影響を与えと考えられる場合は、道路空間に近い箇所の変形量を可能な限り抑制する構造が望ましいと考えられます。



道路空間への影響抑制策

S10 U2 R1 衝突前、衝突時、衝突後データ

✓ POINT

- (便覧p.160) (共研p.157)
- ✓ 【衝突前】重錘重量、阻止面高さ、防護網の形状寸法、使用材料のミルシート等
- ✓ 【衝突時】衝突直前の重錘速度、阻止面への重錘入射角度、阻止面の最大変形量(突出量)等、設計に必要な項目、画像データ
- ✓ 【衝突後】阻止面高さ、供試体の損傷状況(補修量の目安)、緩衝装置類の動作状況等

□ CHECK

- 実験報告書には、【衝突前】【衝突時】【衝突後】のデータが明示されているか。

衝突前のデータ

実験による性能検証法で定められた、実験条件に関する測定は必須であり、加えて実験供試体の使用材料規格が分かるような品質証明書(ミルシート)も必要となります。



実験供試体寸法確認



速度計測システム(レーザー)



阻止面設置角度確認

衝突時のデータ

重錘エネルギーの算出に必要な重錘衝突速度や重錘入射角度は、精度よく測定する必要があります。重錘衝突時における阻止面の最大変形量や、各部材の材料選定根拠となる作用荷重も大切な測定項目です。



最大変形量確認



張力測定用計測器設置状況



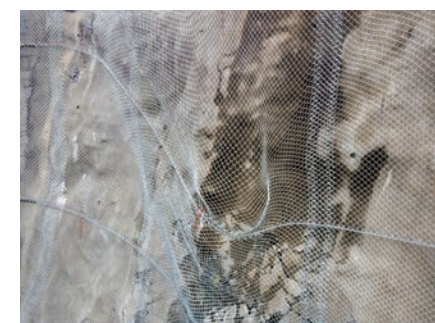
レーザーによる重錘衝突速度測定結果

衝突後のデータ

衝突後の変形量、損傷状況に関するデータは、要求性能における修復性や使用性を満たすか否かの判断材料となります。実験後の供試体の状態を評価し、現実的に修復可能な状態であるか、道路の通行機能に対する支障の有無を判断します。



阻止面高さの変化測定状況



重錘衝突部阻止面変形状況



緩衝装置動作状況

R2 限界状態の設定と照査

✓ POINT

- ✓ (便覧p.159) 限界状態に対する照査は、「実験による性能検証法」等の適切な根拠により構成部材の挙動、変形、破損状況等を評価することにより行う。

□ CHECK

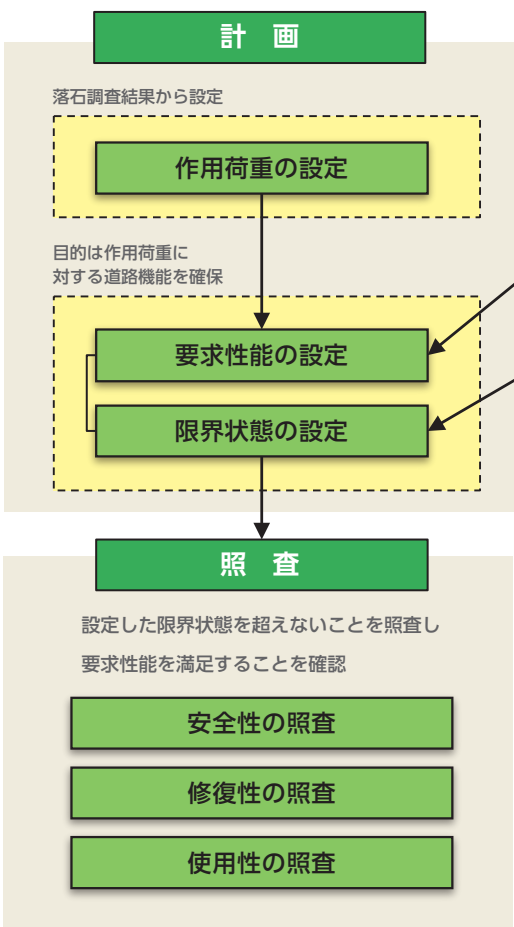
- 主要部材毎に限界状態を設定する場合、照査の項目が明確に設定されているか。
- 実験時の挙動、変形、破損状況等を評価することにより、限界状態を超えないことを第三者が照査できるか。

一般的な限界状態 (例)

落石対策便覧に記載されている、ポケット式落石防護網の主要構成部材の一般的な限界状態 (例) を以下に示します。

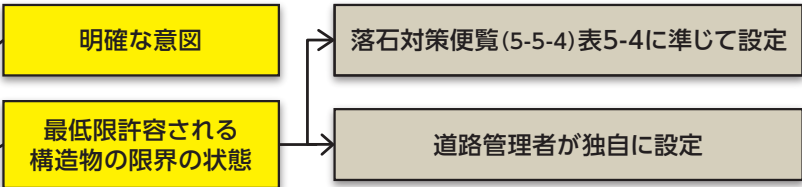
性能水準	阻止面	支柱	ワイヤロープ* 2	支柱基礎、アンカー
性能 1	損傷が生じない。もしくは部材交換を要しない限界の状態	力学特性が弾性域を超えない限界の状態 * 1	力学特性が弾性域を超えない限界の状態	力学特性が弾性域を超えることなく、支柱基礎またはアンカーを支持する地盤の力学特性に大きな変化が生じない限界の状態
性能 2	損傷の修復を容易に行いうる限界の状態	力学特性が弾性域を超えない限界の状態 * 1	損傷の修復を容易に行いうる限界の状態 * 3	副次的な塑性化に留まる限界の状態

*1: 落石が支柱を直撃したときに損傷や変形が生じるのはやむを得ないが、支柱の損傷が全体系の崩壊等につながらないとともに、比較的容易に修復が可能でなければならない。支柱基礎がヒンジの場合には、有意な傾斜を生じないこと。
*2: 緩衝装置を装着した防護網においては、各性能水準に対して各緩衝装置に設定されている変形量・移動量以内であること。
*3: 例えば、ワイヤロープの締め直し等で復旧が可能な状態であること。



限界状態を超えないことを照査する

要求性能とは構造物が有すべき性能であり、想定する作用荷重に対して道路機能を確保するという明確な「意図」があります。限界状態とは、その「意図」を達成するために最低限許容される構造物の限界の状態を表すものであり、設定方法は様々です。



性能 1 の限界状態

道路空間の安全性を確保できる範囲で、落石による変形・損傷が軽微なものにとどまり構成部材の交換が必要でない限界の状態を設定すればよく、部材の力学特性が弾性域を超えない限界の状態、もしくは許容する軽微な塑性変形の範囲を設定すればよい。

性能 2 の限界状態

道路空間の安全性を確保できる範囲で、塑性化等を許容する部材にのみ塑性変形等が生じ、その塑性変形等の修復を容易に行い得る限界の状態として設定すればよい。この際、部材の交換等を含めた損傷に対する修復方法を考慮して設定する必要がある。

性能 3 の限界状態

道路空間の安全性を確保できる範囲で部材の耐力が大きく低下し始める限界の状態として設定すればよい。

R3 修復性の照査

✓ POINT

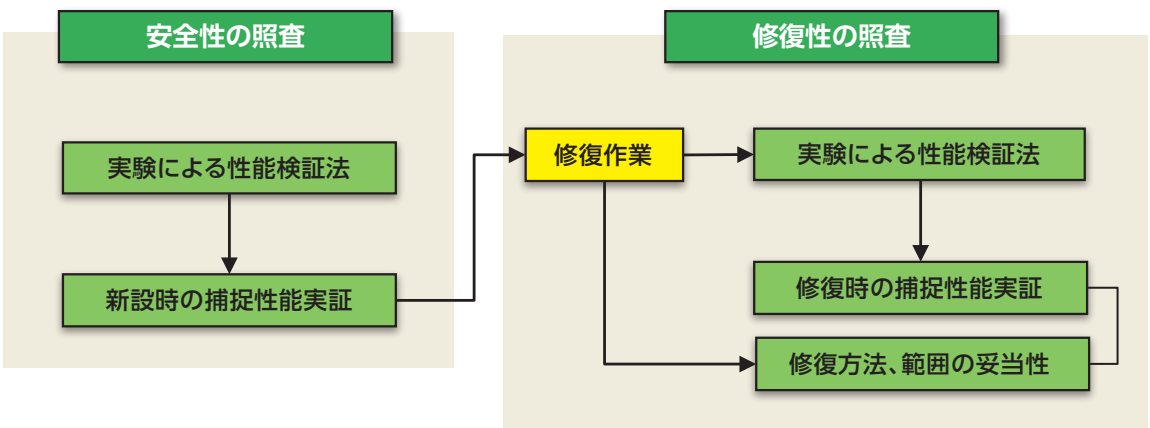
- ✓ (便覧p.142, 143) 性能 2 は安全性および修復性を満たすものであり、道路および落石防護施設の機能が応急復旧程度の作業によりすみやかに回復できることを意図している。

□ CHECK

- 想定する作用によって生じた損傷の修復方法が明確で、修復は「容易」かつ「すみやか」か。
- 修復後の構造物が、新設時と同等の性能を有することを、適切な手法で示すことができるか。

修復性の照査

落石の作用に対して一般的に要求される性能 2 とは、安全性と修復性を満たすものです。安全性の実証については、落石対策便覧で実験による性能検証法が明記されましたが、修復性の実証については規定がありません。想定する作用によって損傷した構造物を修復する場合、過去の経験や実績に基づいた修復方法を適用することで、性能が担保されているといえるでしょうか。修復＝機能の回復と捉えた場合、従来型以外の構造形式を有する構造物では、安全性と同様、修復性についても実験による性能検証法を用いて実証することが、最も確実な方法であると考えています。



修復＝性能の回復と捉え、修復供試体での実験は必須！

強靱防護網では、複数回の実験を行う中で、修復後の供試体が新設時の性能を発揮できない（突破される）ケースがありました。修復することで見た目が元通りになっていれば、新設時の性能を再び発揮できると考えてしまいがちですが、修復方法や修復範囲に不備があれば、性能を回復できない場合があるということが分かりました。

強靱防護網では、修復後の性能が担保されていることは勿論、修復作業を通じて修復方法や範囲に妥当性があるかを、実験による検証法で確認しています。



修復状況

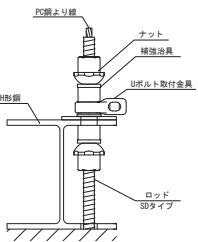


修復供試体での実験



修復実験の動画▼

Q1. 実規模実験時のアンカー反力体はどのようなになっていますか？

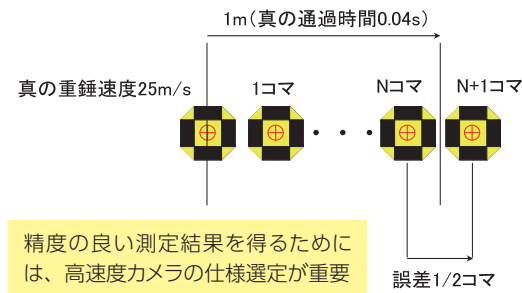


A 強靱防護網の実験では、アンカー反力体をコンクリート擁壁およびコンクリートブロック積としています。それらと一体化したH形鋼のフランジ面を地盤と想定し、製品と同様の規格のアンカー体を構築しています。実験の目的は、供試体の捕捉性能や変形量およびエネルギー吸収量を正確に評価することであり、アンカー体の変動や移動、支持地盤の崩壊によるエネルギーロスが発生してはならないと考えています。

Q2. 実験において、衝突速度や衝突角度の測定は「精度よく」とありますが、精度についてどう考えていますか？

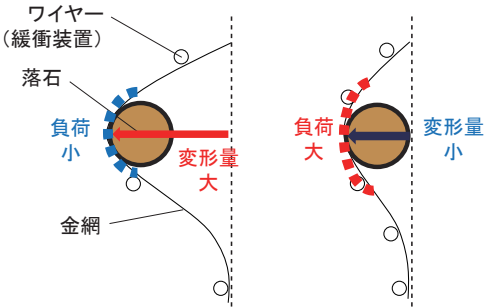
A 実験データを「精度よく」測定するためには、測定機器の選定が重要となります。特に重錘衝突速度、重錘入射角度、重錘質量等、実験時の重錘エネルギー算出に必要な項目の測定には「精度」が求められると考えています。以下に、高速度カメラにより任意の距離を移動する物体の速度を測定する場合の、精度の検討事例を示します。

高速度カメラ設定 (fps:コマ数/秒)	通過距離 (m)	真の通過速度 (m / s)	1コマ当たりの時間 (s / コマ)	誤差	測定速度の 範囲	精度
300fps (300コマ/秒)	1.000m	25.00m/s	1/300s=0.003s	±0.003/2s	24.10m/s ~25.97m/s	±3.7%
1000fps (1000コマ/秒)	1.000m	25.00m/s	1/1000s=0.001s	±0.001/2s	24.69m/s ~25.32m/s	±1.3%



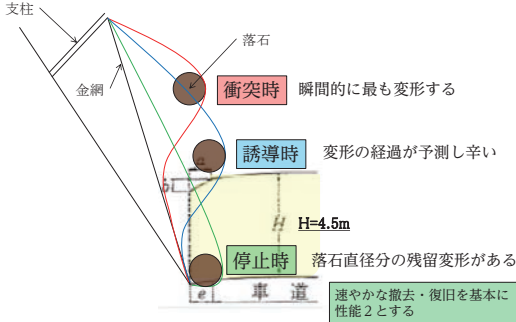
ex) 重錘質量3.2t、真の重錘速度25/s、真の重錘エネルギー1000kJの場合
300fpsで画像解析した場合
速度誤差 = $1\text{m} / (0.04 \pm 0.003/2) = 24.10\text{m/s} \sim 25.97\text{m/s}$
エネルギー誤差 = $929\text{kJ} \sim 1079\text{kJ} (150\text{kJ} \pm 7.5\% \text{程度の誤差})$
1000fpsで画像解析した場合
速度誤差 = $1\text{m} / (0.04 \pm 0.001/2) = 24.69\text{m/s} \sim 25.32\text{m/s}$
1000fpsでのエネルギー誤差 = $975\text{kJ} \sim 1026\text{kJ} (51\text{kJ} \pm 2.5\% \text{程度の誤差})$

Q3. 仕様毎に実験とのことですが、ロープや緩衝装置が増えると構造物の強度が上がるので、実験は不要なのでは？



A 強靱防護網における複数回の実験結果から、ロープや緩衝装置を増やして重錘作用時の変形を抑制すると、阻止面の負荷が大きくなり、場合によっては重錘が阻止面を突破する要因となることが分かっています。特に注意が必要なのは、積雪タイプ等、計算によりロープや緩衝装置の配置変更を行っている場合で、設置後の落石の作用に対する挙動が実験時の供試体と異なることが予想されます。これより、部材の配置変更を行うような仕様においても、実験による性能検証が必要と考えます。

Q4. 道路空間とありますが、建築限界のことでしょうか？



A 落石対策便覧には、道路空間の安全性に関する記述が多数ありますが、道路空間そのものの範囲は明確にされておらず、「道路空間の安全性が確保されている状態」の定義は、道路管理者の判断次第と考えられます。多くの落石防護工(網・柵)は、大なり小なり変形することで落石のエネルギーを吸収・散逸しますので、変形を全く許容しないのは非現実的です。道路空間に対する影響を検討する場合は、建築限界と限定せず、道路周辺の空間全般を示す広義的な意味で捉えるほうが一般的でしょう。

Q5. 支柱の有意な傾斜とはどのような状態でしょうか？

A 「支柱の有意な傾斜」とは補修しなければ性能に影響を及ぼす傾斜です。(土研HP参照)
落石対策便覧で示されている 表5-4 ポケット式落石防護網の主要構成部材の一般的な限界状態(例)では、支柱の性能水準について、性能1、性能2のいずれも「力学特性が弾性域を超えない限界の状態」とされており、これは、支柱部材の材料特性に関することだと考えられます。開口部を確保するという役割に着目した場合の支柱の変形(山谷方向への傾斜)については、落石が支柱を直撃した場合においても、全体系の崩壊等につながらないこと、比較的容易に修復が可能であることを前提に、支柱基礎がヒンジの場合には有意な傾斜を生じないこととされています。

性能水準	支柱
性能1	力学特性が弾性域を超えない限界の状態(*1)
性能2	力学特性が弾性域を超えない限界の状態(*1)

支柱部材の材料特性に関すること

*1: 落石が支柱を直撃したときに損傷や変形が生じるのはやむを得ないが、支柱の損傷が全体系の崩壊等につながらないとともに、比較的容易に修復が可能でなければならない。
(支柱基礎がヒンジの場合には、有意な傾斜を生じないこと。)



支柱に有意な傾斜が発生した事例

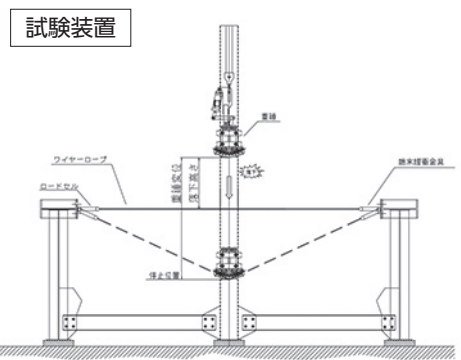


補修しなければ性能(捕捉性能)に影響を及ぼす

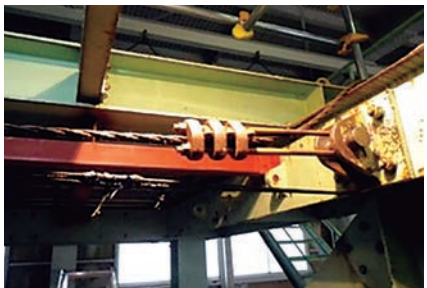
支柱に傾斜が生じた動画

Q6. 緩衝装置の性能、供用期間中の錆に対する安定性はどのように確認していますか？

A 緩衝装置は右図のような試験装置で定期的に室内試験を行い、一定数の試験結果から性能のバラつきを求め、性能の安定性や製造上の問題等の有無を確認しています。また、緩衝機能を構成する部材を屋外で長期間使用することで錆が発生した場合、性能の安定性にどの程度の影響を与えるかを検証し、部材が安定性を維持できる(安全に使用できる)期間を予測することを目的とし、メッキを脱膜した供試体で試験を行い性能がどのように変化するかを確認しています。



供試体(メッキ脱膜品)



供試体設置完了



供試体性能確認

Q7. 「Q1」で、実験場のアンカー反力体は、コンクリート擁壁とコンクリートブロック積とありますが、なぜ、この構造としたのですか？

A 実物大で衝突エネルギーを作用させて、捕捉性能、変形量、エネルギー吸収性能を評価するにあたっては、極力エネルギーロスの発生がないよう、固定点が不動である必要がありました。加えて、アンカー設置位置や、阻止面外のワイヤロープ長など、地形に左右されて現地毎に異なる要素を排除し、重錘衝突位置に対して実験供試体が左右対称となるよう、反力体をコンクリート擁壁および重力式コンクリートブロック積としました。

強靱防護網の実験供試体は、標準的外形(高さ、延長)寸法の実物大であり、実験に用いた緩衝装置、金網、ワイヤロープ、支柱、アンカー等構成部材は、現地に設置されるものと同じ規格です。故に、現地においても、実験で検証した捕捉性能を発揮するものであります。



重錘衝突時の変形状況
KB-NF5.0-2型 実験供試体

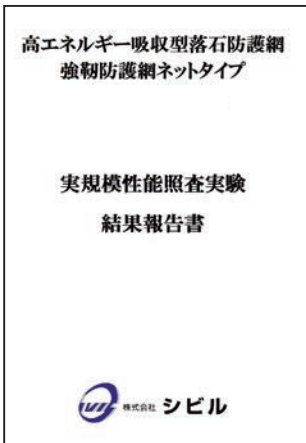


左写真の実験終了後アンカー部
(変形・破損等は無し)

Q8. 実験による性能検証の結果や、実験状況の動画は公開されていますか？

A 強靱防護網は、皆様が安心してご検討を頂けるよう、全型式の評価シートおよび実験動画を斜面の安全・安心研究会や(株)シビルのホームページ上で公開しています。

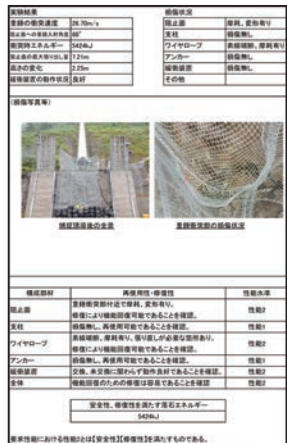
落石対策便覧 p.149には「性能検証結果に関しては、客観性・信頼性確保のため、公平な第三者機関の認証、確認を得ることが望ましい。」と記述されています。定期的に公開実験を行うことで実験の透明性確保に努めながら、将来的に第三者機関の認証、確認を得ることを目指しています。



実験報告書 一例



評価シート 一例



Q9. 強靱防護網ネットタイプは、一般的な落石防護網工にある、縦ロープが阻止面に配置されていませんが、金網重ね部の接続方法は、どのようになっているのですか？

A 一般的なポケット式落石防護網工の場合、阻止面に縦ロープが1.5m間隔で入り、結合コイルは縦ロープ部に1m間隔で配置されています。

強靱防護網ネットタイプでは、阻止面に縦ロープを排した構造が特徴で、金網の重ね部には縦方向に、結合コイルを隙間なく2列配置しています。

実験による性能検証において、このような構造で十分な強度を発揮することを確認しています。



重錘衝突時の阻止面
KB-NF5.0-2型 実験供試体

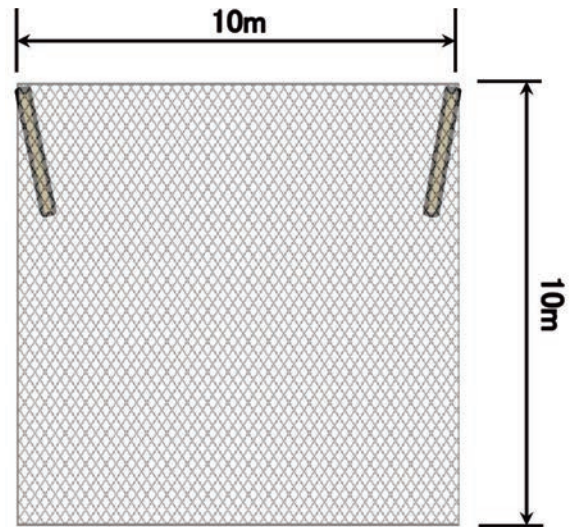


金網重ね部の結合コイル配置
(ネットタイプ共通)

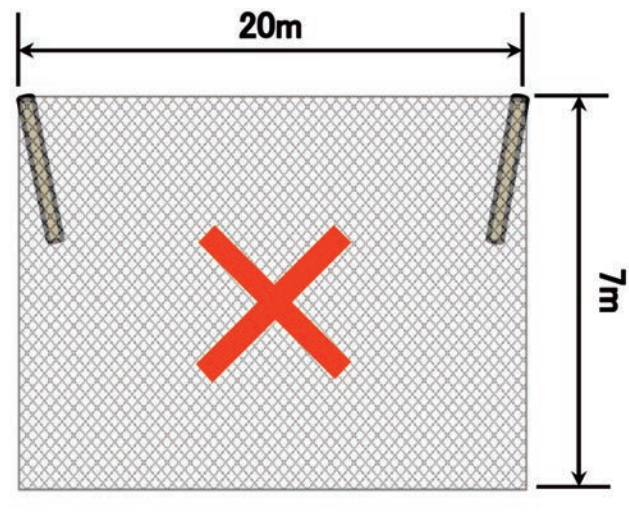
Q10. 強靱防護網の設計、現地での施工に際し、最低構成に関する留意点を教えてください。

A 落石対策便覧 p.161には「ポケット式落石防護網の場合、標準供試体に対して阻止面の高さおよび幅を大きくしたり、スパン数(支柱数)を多くするなど、阻止面面積が標準供試体より大きくなる場合には標準供試体の捕捉性能を満足するものとみなしてよい。」と記述されています。

強靱防護網の最低構成もこの考え方に準じており、現地に設置する際の高さおよび延長は、実験時の標準供試体より大きくなるように留意します。高さ・延長のそれぞれが、実験時の標準供試体よりも大きくなるように設計、施工します。



実験供試体「延長10m×高さ10m」
(現地に適用可能な最低構成の寸法)



実設計・施工「延長20m×高さ7m」
(高さが実験供試体以下)

斜面の安全・安心研究会

正会員

株式会社 アイビック
アサヒ産業 株式会社
アサヒ防災工事 株式会社
アマノ企業 株式会社
アルコ 株式会社
イワミテクノ 株式会社
株式会社OKS
川鉄産業 株式会社
株式会社 興和
株式会社 ゴダイ

栄商事 株式会社
株式会社 三友
株式会社 三洋マテック
株式会社 シビル
シビル安全心 株式会社
株式会社 シビル防災
ベルテクス建設 株式会社
株式会社 拓コーポレーション
筑豊金網工業 株式会社
中部川崎 株式会社

トライアン 株式会社
日本サミコン 株式会社
株式会社 ヒノデ開発
北陽建設 株式会社
丸ス産業 株式会社
株式会社 水戸グリーンサービス
南日本ライナー 株式会社
株式会社 明商

五十音順

賛助会員

株式会社 扇土建
株式会社 金井組
株式会社 ジオテク
株式会社 島根三友

第二建設 株式会社
東京戸張 株式会社
ナス工業 株式会社
株式会社 西日本グリーンメンテナンス

日光産業 株式会社
フジ建商事 株式会社
防災テクノプラン 株式会社
有限会社 ルート工業

五十音順

事務局

〒950-0954 新潟県新潟市中央区美咲町1丁目8番1号
株式会社シビル内
TEL.025-283-3450 FAX.025-282-5058
URL : <http://s-spm.jp>