

第 22 回 国土技術開発賞 創意開発技術賞 受賞

既設落石防護柵のかさ上げ 及び補強工法 ストロンガー工法

〔受賞者〕 株式会社ビーセーフ

〔本稿執筆者〕 松嶋 秀士

以下に、第 22 回 国土技術開発賞で創意開発技術賞を受賞した「既設落石防護柵のかさ上げ及び補強工法」を紹介します。

1. はじめに

1950 年代以降のわが国の高度経済成長と 1956 年から始まった道路整備 5 カ年計画によって、道路の新設及び改良が進み、山間部で路側が斜面の場所などには、落石対策用のひし形金網、ワイヤロープ及び H 形鋼の支柱で構成された落石防護柵（以下、「従来型落石防護柵」という）が設置されてきた。また、治山事業、急傾斜地崩壊対策事業、林道事業なども同様である。

その総延長は膨大な距離に達しているが、これらの従来型落石防護柵は、耐用年数（施工後 30 ～ 50 年）に近いものもあり、今後 5 年から 10 年の間に修繕を余儀なくされることが想定される。従来は既設の落石防護柵を撤去し新たに再設置をしていたが、コストアップと長い施工期間が必要であった。

既設落石防護柵を利用したかさ上げ技術においては、既設の支柱に単管でつなぎ合わせるなど（写真－1）、応急処置的な対応しかできていなかったが、今回既設の落石防護柵をそのまま利用し、かさ上げや強度アップを図れる工法（以下、



写真－1 既設落石防護柵の応急処置例

「ストロンガー工法」という）を実際に実験にて検証し開発した。

開発コンセプトを要約すると、

- ・吸収可能エネルギーの向上
 - ・既設落石防護柵をそのまま利用し柵高をかさ上げする
 - ・簡単施工（現地での加工不要）・工期短縮
- となり、落石防護柵における強靱化、長寿命化への課題にチャレンジした。

2. 既設落石防護柵の問題点

補強前の従来型落石防護柵の現状を把握するため実物実験を行い、検証した。

重錘の衝突時のエネルギーは、『落石対策便覧』の計算で求められる落石吸収エネルギーの 50 kJ

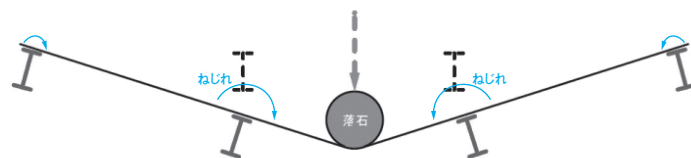


図-1 支柱の変形イメージ



写真-2 従来型落石防護柵の実験状況 (50 kJ)



写真-3 金網の損傷状況

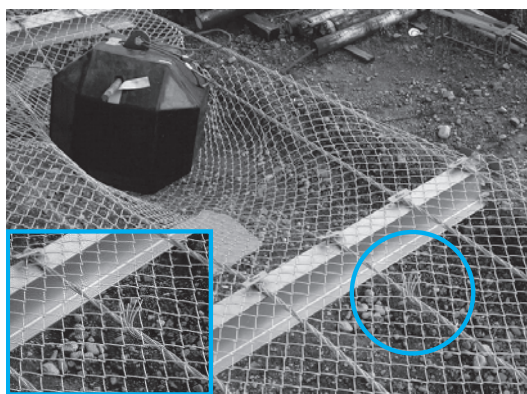


写真-4 ワイヤロープの損傷状況

とした(写真-2)。

実験の結果、『落石対策便覧』では、支柱が15°道路側にまっすぐ変形することとなっているが、道路側(写真-2では下側)への変形途中で、ねじれ座屈が発生し耐力を失っていることが分かった。図-1は支柱の変形イメージを示す。

また、実験では金網の破れやワイヤロープの破断も見受けられた(写真-3, 4)。

3. 補強方法について

(1) 支柱の補強

従来型落石防護柵の実験結果より、支柱のねじれ座屈に着目し、ねじれを抑えることにより耐力を向上させることを試みた。

支柱下端の局部座屈を防止し(写真-5a)、支柱頭部間を2本の鋼材で連結することにより(写真-5b)、支柱の横変位とねじれ剛性を向上させることによって、支柱は防護柵の延長方向に対し直角方向(面外方向)のみに変位することでねじれ変形を拘束し、衝撃吸収能力を向上させることができる考えた(図-2)。

また、実際に設置した現場状況を写真-6に示す。

(2) 金網の補強

金網の突き抜け対策とエネルギー吸収能力を向上させるため、高強度ワイヤ金網(3本よりφ2.6mm)を用いた(写真-5c)。

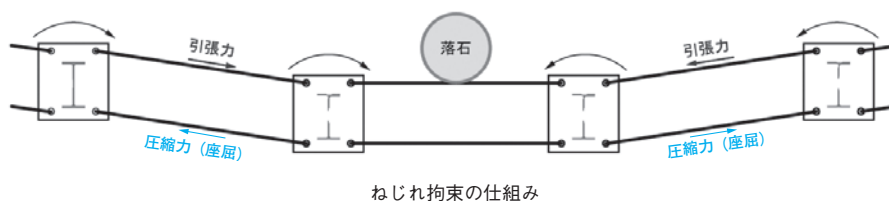
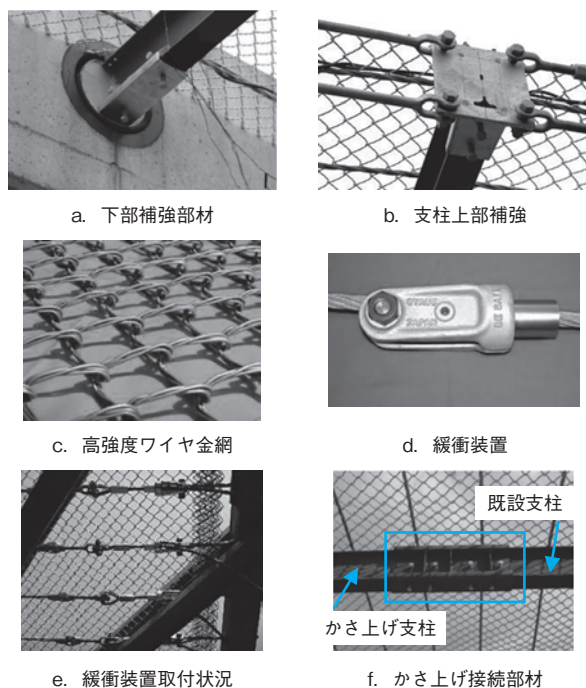


図-2 支柱のねじれ補強イメージ



写真－５ 補強に使用する部材



写真－６ 支柱上部及び下部の補強設置状況

(3) ワイヤロープの張力低減とエネルギー吸収

端末支柱の変形要因であるワイヤにかかる張力を低減させるために、一定の張力でワイヤをスリップさせエネルギーを吸収する緩衝装置を用いて対応することとした（写真－5d, e）。

(4) 柵高のかさ上げ

落石の飛び越えに対応するため、既存支柱に支柱を継ぎ足し、柵高をかさ上げできる接続部材を用いることとした（写真－5f）。

これらの部材は、現地での作業を軽減するために、現地加工することなく、既設の落石防護柵にはめ込み、ボルトで締め込むだけの構造とした。

4. 実規模実験による検証

補強方法の検証を行うため、実規模実験を行った（写真－7）。

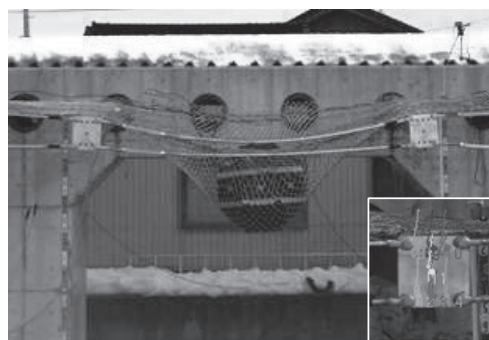
実験ケースは、 $H=2.0\text{ m}$ 及びかさ上げ $H=3.5\text{ m}$ にて重錘衝突エネルギーを 120 kJ とするなど、合計 18 回行った。

支柱のねじれ状況を把握するため、高速度カメラにて重錘衝突スパンの支柱の軌跡を表すと、支柱頭部のねじれが抑えられていることが分かった（写真－8）。

また、金網の強化及び緩衝装置（写真－9）の効果により、既設落石防護柵の落石吸収可能エネルギーを約 2 倍の 120 kJ まで吸収可能であることを実証した。



写真－７ 実規模実験状況



写真－８ 支柱の変形状況

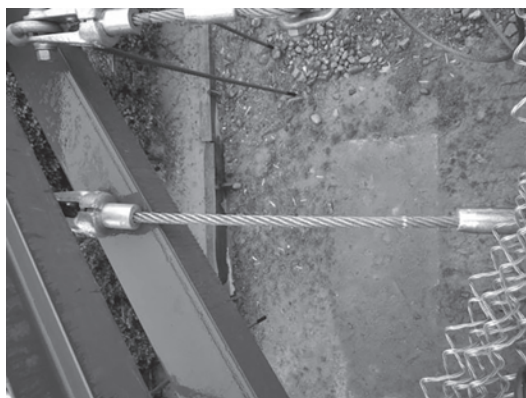


写真-9 緩衝装置のスリップ状況

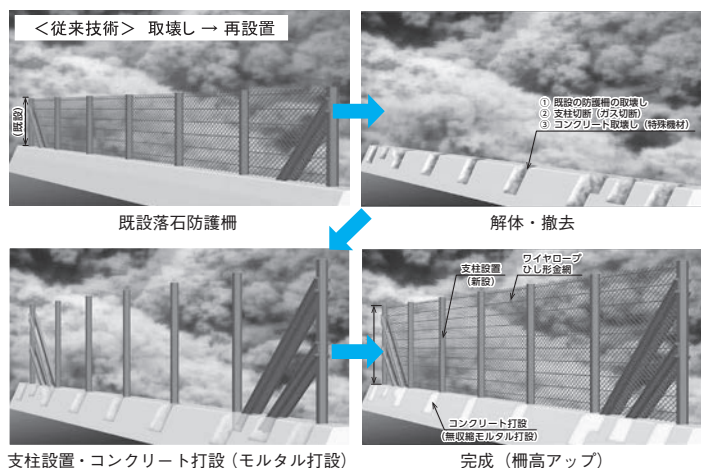


図-3 今までの落石防護柵のかさ上げ方法

5. 施工方法

今までエネルギー吸収量をアップする場合は、一般的に高エネルギー吸収柵を既設落石防護柵の背面や斜面上に設置していたが、新たな用地の取得や重機を使用するなど、コストと工期がかかる。

柵高を上げる場合は、いったん既設落石防護柵を撤去し、新たな落石防護柵の設置が必要である（図－3）。

その際、支柱をガス切断するための火災予防対策や、擁壁のはつりや取壊し時の騒音や粉塵対策などが必要となる。

ストロンガー工法では、既設落石防護柵をそのまま利用するため、新たな用地の取得や火災・騒音・粉塵等の対策が不要である（図－4）。

また、既設落石防護柵に加工することなく、特殊な技能を必要としないため、他の工法のような協会員による施工ではなく、地元の普通作業員で施工可能である。

また、部材が軽量であるため、足場まで部材を荷揚げすれば、後は人力で施工が可能であり、部材の接続はボルトを締め込むだけである（図－５）。

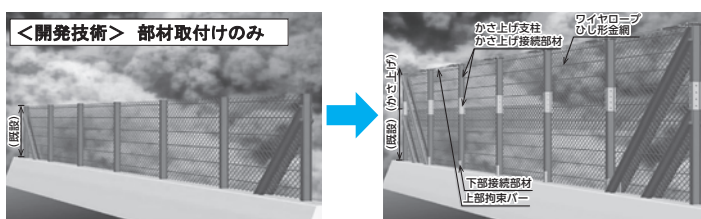


図-4 スترونガー工法の施工方法

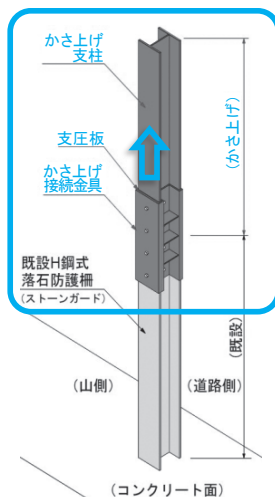


図-5 スترونガー工法の施工状況

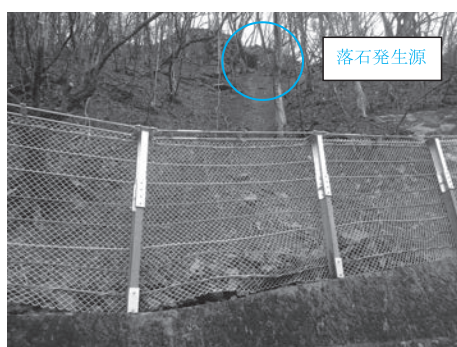
6. 落石捕捉事例

ストロンガー工法かさ上げ及び 120 kJ タイプの施工後、実際に落石が発生した。

落石発生源は、落石防護柵設置位置から高さ 30 m で表層崩壊と多数の落石があり、一番大きい岩で落石エネルギーは 200 kJ を超えていた（写真－10, 11）。

しかしながら、金網とワイヤロープの損傷のみであり、2 日で原状回復した。

緩衝装置のスリップも確認され、効果的にエネルギーが吸収されていることが分かった。



写真－10 落石捕捉状況



写真－11 捕捉した最大落石



施工前

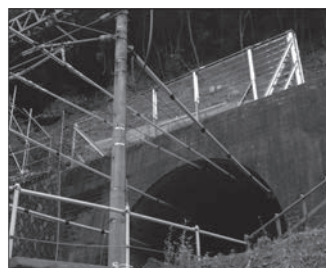


施工後（かさ上げ）

写真－12 急傾斜地の施工事例



施工前



施工後（かさ上げ補強）

写真－13 鉄道における施工事例

7. おわりに

ストロンガー工法の効果をまとめると、以下のとおりになる。

- ① 既存ストックをそのまま利用し、かさ上げ及び補強が可能
- ② 現地での加工がなく工期が短い
- ③ 擁壁や既存の支柱の解体が不要
- ④ 交通規制期間の大幅な減少
- ⑤ 既設の落石防護柵を撤去しないため、従来技術で必要であった仮設の落石対策が不要

これらの特徴を生かし、道路以外の重機等が入れない急傾斜地や鉄道での採用も増えている（写真－12, 13）。