

## 小規模落石の防止を目的とした SR フェンスの開発

第一コンサルタント 正会員 片山直道  
第一コンサルタント 正会員 右城猛  
日本プロテクト 正会員 加賀山肇

### 1. 概要

国土の約 70%を山地が占める日本の道路は、山肌を縫うように整備されてきたため切土斜面が多い。切土斜面において生じる落石の多くは、人の頭ほどの小規模サイズである。これらの小規模落石の除去作業は、路面への落下が確認されるたびに、道路維持工事によって行われているのが現状である。

そこで著者らは、工期短縮・コスト削減・早期整備といった効果を期待することのできる「SR フェンス」の開発を行った。

本論文では、SR フェンスの実物大実験及び実用性について報告する。



写真-1 小規模落石の状況

### 2. 構造概要

SR フェンスは、プレキャストコンクリート製の車両用防護壁と落石防護柵を組み合わせたものである。基礎擁壁のヒンジ連結部に鋼管（ $\phi 48.6 \times t 3.5$  STK490）を差し込み固定し、その鋼管が防護柵の支柱として機能する。阻止面は、軽量合成繊維網（複合ポリエステル製ラッシュェル網）とワイヤロープ（ $6 \times 24$  G/O  $\phi 10$ ）を 3 段に配置した構造である。

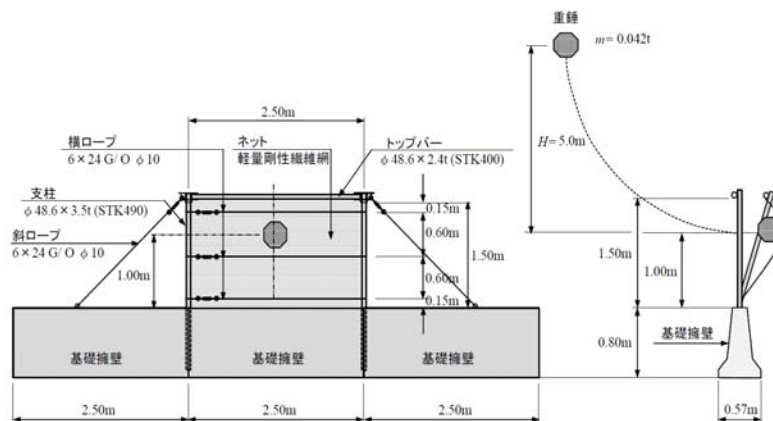


図-1 実験装置の概要図

### 3. 実験概要

実証実験は、図-1 に示す装置を用いて天井クレーンを利用した振り子方式により SR フェンスに重錘を衝突させて挙動を観測するものである。実験に用いた重錘は、SAEFL<sup>3)</sup> が落石防護柵の認証試験に規定している多面形状のコンクリートである。衝突位置より高さ 5m から振り子方式により、重錘を阻止面中央の下端から 1.0m の高さの位置へ垂直に衝突させた。

基礎擁壁は、コンクリート底面に直置きした状態でアンカー等による固定はしていない。重錘衝突時の挙動は、左右側面各 1 台、正面 1 台、合計 3 台のビデオカメラで撮影した。

### 4. 実験結果

重錘を衝突させた SR フェンスは、①支柱の変形②基礎擁壁の移動③重錘の跳ね返りの 3 つの現象が生じた。これらに関して考察を行った。

#### (1) 吸収エネルギー

本実験では、供試体を修復せず計 3 回同一条件にて繰り返し同じ場所に重錘を衝突させた。3 回の実験で SR フェンスに重錘が持ち込んだエネルギーの合計は  $E_k = m \cdot g \cdot H \cdot n = 0.042 \times 9.8 \times 5.0 \times 3 = 6.2 \text{ kJ}$  である。衝突実験終了後、目視にて阻止面を確認したが阻止面の破断等重大な損傷は見られなかった。

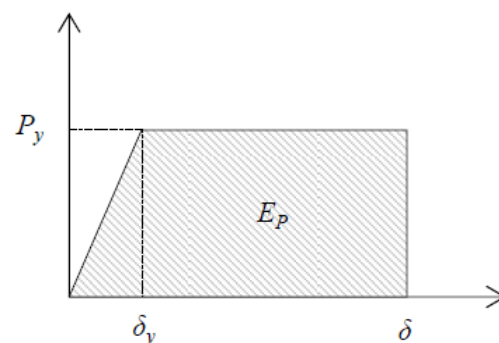


図-2 支柱の吸収エネルギー

## (2) エネルギーの収支

衝突時に重錘が SR フェンスに作用した運動エネルギーは、支柱の変形・阻止面の変形・及びこれら部材の振動、基礎擁壁の重心上昇などに变化したと考えられる。支柱は降伏変位である  $\sigma_y=21.6\text{mm}$  を大きく超える変形が生じた。荷重・変形関係を図-2 のように仮定して吸収エネルギーを算出すると、左右支柱合計で 0.5kJ であることが確認できた。このことから、SR フェンスが吸収した 6.2kJ の内 5.7kJ は阻止面の変形及び振動・基礎擁壁の重心上昇などに变化したと考えられる。

## (3) 基礎擁壁の有効ブロック数

重錘の衝突により基礎擁壁の転倒安全率  $F_s$  が 1 を下回ると、表-1 基礎擁壁の有効本数に対する変化  
基礎擁壁はつま先を中心に回転運動を始める。本実験では、重錘衝突時に基礎擁壁がわずかに前方へ回転した。このことから重錘が衝突した瞬間転倒の安全率がわずかに 1 を下回ったと推定される。そこで表-1 のように、基礎擁壁の有効本数を変化させ転倒の安全率及び回転角を算出した。表-1 の結果から本実験で重錘が衝突した瞬間、約 1.5 本の基礎擁壁が有効に抵抗したと考えられる。

| 基礎擁壁の有効本数 | 転倒の安全率     | 回転角                |
|-----------|------------|--------------------|
| N=1.0本    | $F_s=0.66$ | $\theta=8.6^\circ$ |
| N=1.5本    | $F_s=0.99$ | $\theta=4.5^\circ$ |
| N=2.0本    | $F_s=1.32$ | $\theta=0^\circ$   |
| N=3.0本    | $F_s=1.97$ | $\theta=0^\circ$   |

## 5. 試験結果考察

今回の実験結果より、次のような知見が得られた。

- ① 支柱は1回目の衝突で降伏する。その後2回連続で衝突させると変形は生じたが、破断には至らなかった。
- ② 阻止面は3回繰り返し同じ場所に衝突させても塑性変形は見られなかった。
- ③ 基礎擁壁は、転倒に対して十分な余裕があることが確認された。

これらのことから SR フェンスは小規模落石対策に有効であるということが確認された。

## 6. 施工性の向上

山間部の幅員の狭い道路では、交通規制の関係から従来型落石防護柵（ストーンガード）は適用が見送られざるを得なかったこともあった。

従来工法では、表-2 に示すように場所打ちコンクリート基礎の設置に時間が割かれていた。SR フェンスは、基礎擁壁をプレキャスト化することで、施工工程において一番の課題であった工期短縮を可能とすることができた。標準的な山間部の道路 100m あたりの施工日数は、従来工法が約 22 日間の交通規制が必要であるのに対して、SR フェンスは約 6 日間で施工が可能である。また、SR フェンスの基礎は幅約 570mm と小さく、設置後も通行幅員に与える影響はきわめて小さくすることが可能である。

表-2 施工日数の比較

| 100mあたり |     |        |
|---------|-----|--------|
| 施工工程    | 従来  | SRフェンス |
| 基礎擁壁設置工 | 17日 | 2日     |
| 防護柵設置工  | 5日  | 4日     |
| 交通規制期間  | 22日 | 6日     |

## 7. 結言

SR フェンスは、基礎構造をプレキャスト化することにより従来工法と比べて施工期間を大幅に短縮することができ、小規模落石に特化した要求性能を満たす工法である。本工法は、山間部の幅員が狭い道路においても、適用でき実用性が高いと考えられる。今後は施工実績を積み上げると共に、継続的な改善を図っていきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) SR フェンス 設計・施工・積算マニュアル，平成 29 年 12 月，有限会社 創友
- 2) 落石対策工の設計法と計算例，公益社団法人 地盤工学会
- 3) SAEFL : Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape