

落石防護柵の重錘衝突実験

株式会社第一コンサルタンツ 右城 猛
同 技術部設計二課 篠原 昌二
日本興業株式会社 開発部 松山 哲也

1. はじめに

わが国ではストーンガードやロックフェンスと呼ばれる落石防護柵が落石対策の標準的工法として採用されているが、設計法は確立されていない。そこで、合理的な設計法を検討する上での基礎的資料を得る目的で四国地方整備局四国技術事務所の委託を受けて重錘衝突実験を行った。本論文は、実験の方法と実験結果について述べたものである。

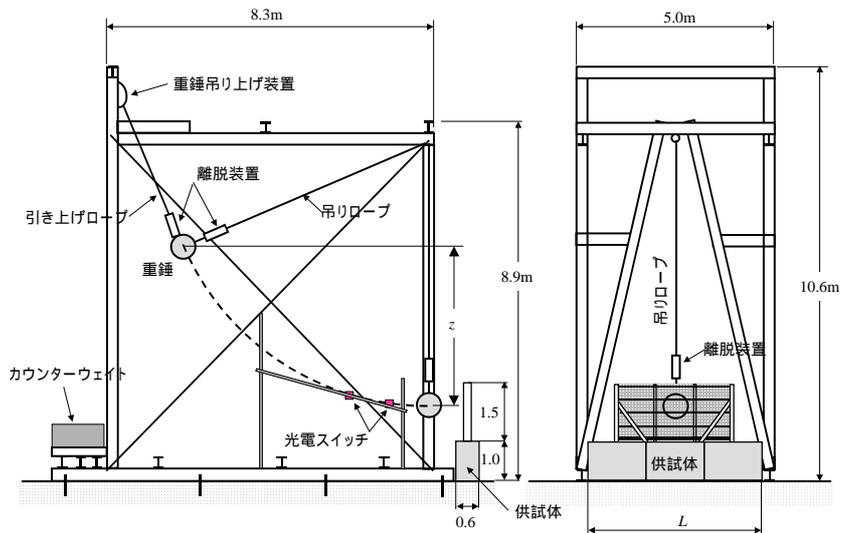


図 - 1 実験装置

2. 実験の方法

高さ 1.0m , 厚さ 0.6m , 長さ 1.5m

のコンクリートブロックを延長方向にボルトで連結して 4 タイプの基礎を製作し、高さ 1.5m 用の標準的な防護柵を設置した。Type1 と Type2 は基礎延長が 4.5m で柵長が 3m , Type3 は基礎延長が 7.5m で柵長が 3m , Type4 は基礎延長が 10.5m で柵長が 9m である。防護柵基礎はコンクリートで舗装した上に据え付けたが、Type2 だけは基礎の底面をアンカーボルトで舗装に固定した。

実験は図 - 1 のように重錘を架台からロープで吊り、所定の高さまで引き上げてから落下させ、ロープが鉛直になった時点で重錘を切り離して防護柵に衝突させた。重錘はコンクリートの表面を鋼板で覆ったもので、形状は球、直径は 72cm、質量は 0.47t である。重錘内部には加速度計を埋め込んだ。基礎の前面には加速度計を上・下端にそれぞれ 3 個貼り付けた。防護柵のワイヤーロープ引出棒、支柱、基礎コンクリート表面、アンカー筋には歪みゲージを貼り付けた。基礎の前面には、レーザー式変位計を 2 段に配置した。

3. 実験結果

(1) 基礎の応答

写真 - 1 は Type1 の防護柵に重錘を高さ $z=2.5m$ から落下させて衝突させたときのビデオ画像である。先

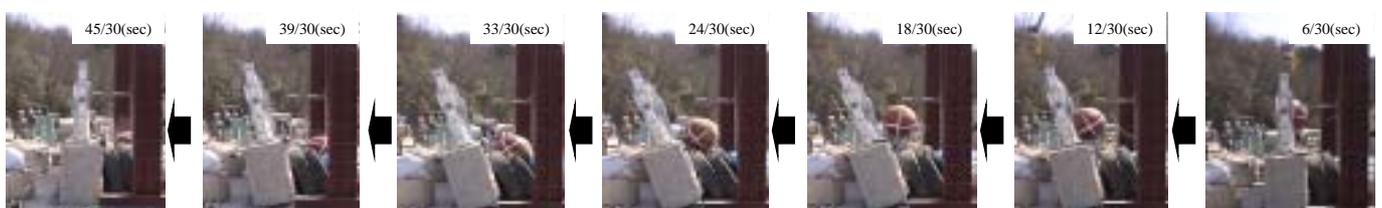


写真 - 1 重錘衝突後の基礎の応答を捉えたビデオ画像 (case-1, $z=2.5m$)

ず金網とワイヤーロープが孕みだし、約 0.04 秒遅れて基礎がつま先を中心に回転運動を始めた。基礎が回転運動を始めるのは、衝撃力による転倒モーメントが自重による抵抗モーメントを超える時である。重錘衝突から約 0.2 ~ 0.4 秒後に基礎の回転角は最大となった。基礎は回転しても重心がつま先より前方に出なければ転倒しない。ロッキング運動をして元の姿勢に戻る。衝撃力で基礎が破壊しなければ、基礎全体の質量が抵抗モーメントとして有効に寄与する。

基礎の応答はアンカーの有無によって異なる。アンカーのある Type2 の場合、重錘落下高 2m では、基礎はほとんど動かなかった。落下高 3m でアンカーが抜け出した。

(2) 重錘の加速度

重錘の加速度波形を図 - 2 に示す。落下高を高くするほど加速度も大きくなる。基礎を舗装上に据え付けただけよりアンカーで固定したときの加速度が大きくなる。加速度の作用時間は、衝突速度が速くなるほど短くなる傾向が見られるが、およそ 0.1 秒であった。

(3) 防護柵の破壊形態

防護柵の破壊形態は図 - 3 のようになった。case-1 と case-3 の実験で基礎が転倒した。重錘落下高 z は case-1 が 3m, case-3 が 2.5m であった。case-6 は $z=4m$ で基礎の連結部が破断した。その他のケースは $z=4 \sim 5m$ でワイヤーロープが破断したため以後の実験を中止した。

$z=1m$ で端末支柱のウェブプレートが局部変形し、ナットが緩んだ。 $z=2.5m$ でウェブプレートに亀裂が入ったので、座金を鋼板に取り替えて以後の実験を続けた。 $z=3m$ で金網の鉄線が部分的に破断し小さな穴が開いた。 $z=4m$ でロープが一部破損、 $z=5m$ で破断して金網を突き破った。

(4) 防護柵の吸収エネルギー

柵長 3m の防護柵の吸収エネルギーを落石対策便覧で算定すると、金網 25kJ, ロープ 7kJ, 合計 32kJ であるが、実験では 23kJ となった。防護柵の吸収エネルギーは従来考えられていた値よりも小さい可能性がある。この原因は、金網は上下に 30cm 間隔で張られたロープで拘束されていて 30cm 程度しか孕み出せない、ロープの歪みは図 - 4 のように重錘が衝突した 1 本に集中し延長方向にも一様でない、などが考えられる。

5. まとめ

防護柵の吸収エネルギーは、従来用いられていた値よりも小さい可能性がある。基礎は落石衝撃力による破壊の検討が必要である。落石の衝撃力の作用時間は約 0.1 秒と短く、転倒に対する安定性には力積モーメントの影響が大きいので、基礎の安定性は運動力学的に評価するのがよい。

[参考文献] 四国技術事務所技術課：落石防護柵基礎の合理的な設計法の検討実験，四国技報，第2巻3号，2002.7

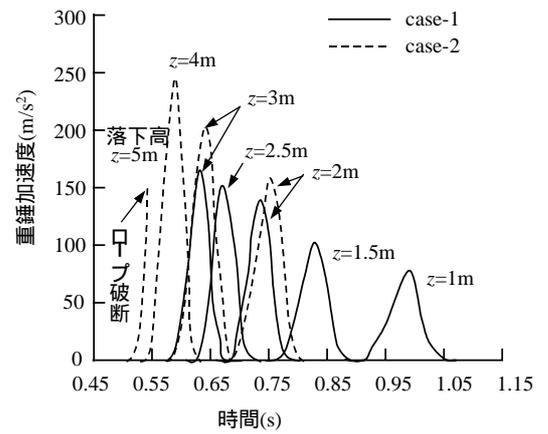


図 - 2 重錘の加速度波形

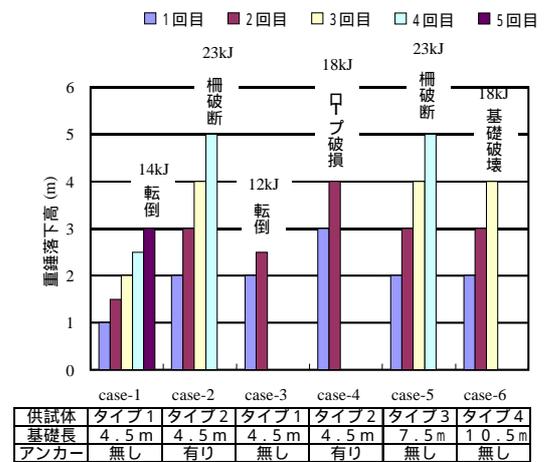


図 - 3 実験ケースと防護柵の破壊形態

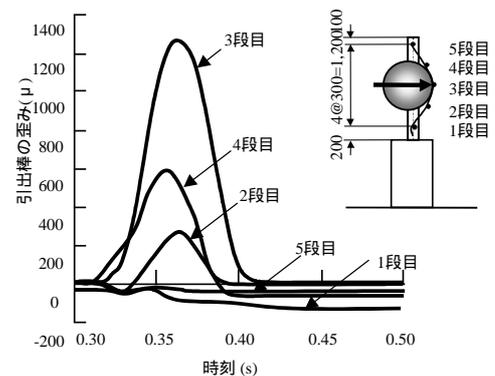


図 - 4 ロープ引出棒の歪み(case-6, $z=4m$)