

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。

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 6m 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

重錘の加速度波形を図 - 2 に示す。重錘の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。

実験結果は図 - 3 となった。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局部破断したため以後の実験を中止した。

写真 - 1 は実験 case-2 の防護柵の変状である。重錘落下高 $z=1m$ 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、左端の写真のように鋼板で補強した。 $z=3m$ で金網の鉄線が部分的に破断し小さな穴が開いた。 $z=4m$ でロープが破損し、 $z=5m$ でロープが完全に破断して、重錘は写真 - 1 に示されているように金網を突き破って飛び出した。

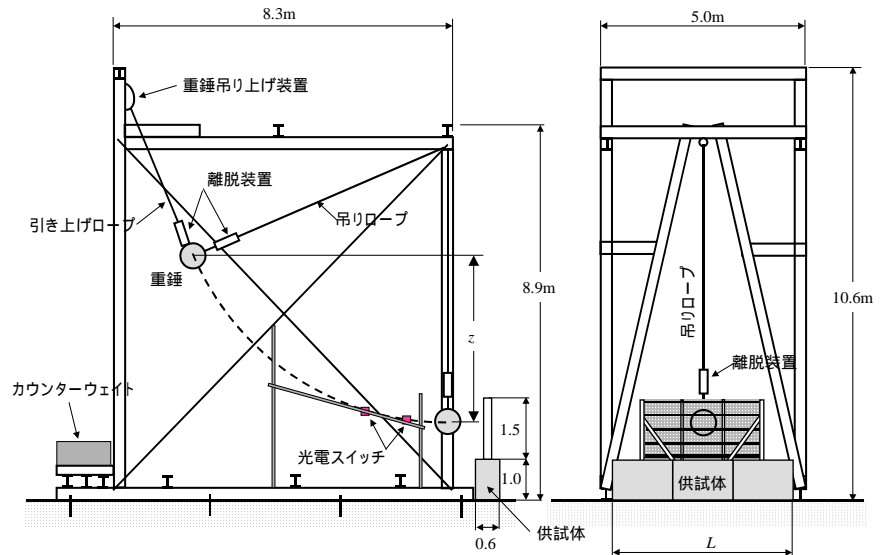


図 - 1 実験装置

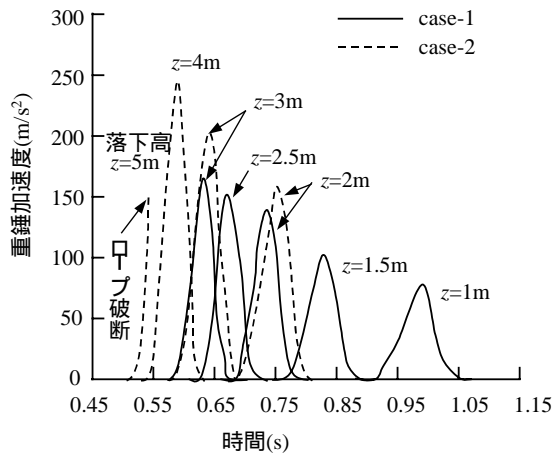


図 - 2 重錘の加速度波形

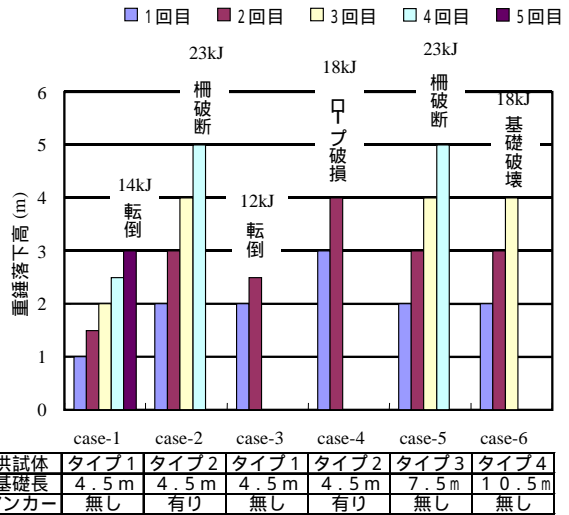


図 - 3 実験ケースと実験結果

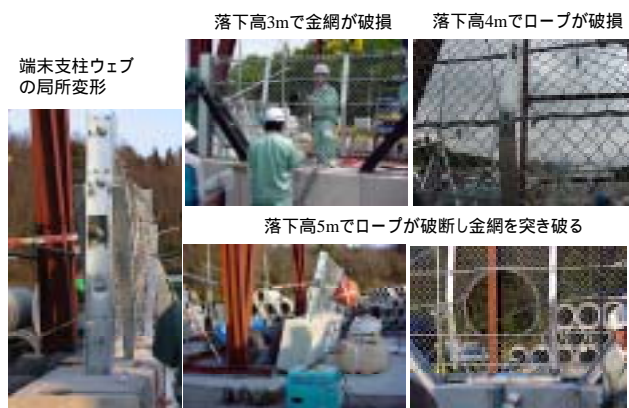


写真 - 1 防護柵の変状 (case-2)

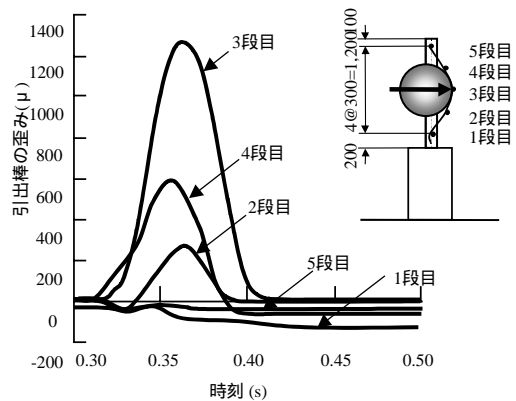


図 - 4 ロープ引出棒の歪み(case-6, z=4m)



写真 - 2 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)

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。この原因として、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。

基礎の応答はアンカーの有無によって異なる。アンカーがない場合、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た時点で、基礎は写真 - 2に示すようにつま先を中心に回転を始める。回転によって基礎の重心がつま先より前方に出ると転倒するが、前方へ出なければロッキング運動をして元の姿勢に戻る。基礎が衝撃力で破壊しなければ、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。アンカーがあると基礎は回転しない。実験では、基礎はz=2mまでほとんど動かず、z=3mでアンカーが抜け出した。

4. まとめ

標準的に使用されている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高い。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。基礎の安定性は運動力学的に評価するのが合理的である。