

繰り返し衝撃作用を受ける落石防護柵の性能評価に関する実験的研究

株式会社プロテックエンジニアリング 正会員 西田 陽一 ○橋立 広隆 石井 太一
金沢大学 正会員 梶谷 浩 Ho Si Tam

1. はじめに

近年、我が国の構造物は、従来の仕様設計法から性能照査型設計法への移行が進んでおり、衝撃作用を受ける防護構造物の設計法においても、性能照査型設計法への移行に向けた研究が行われている。また、落石防護構造物の性能評価の一つとして、繰り返し発生する落石に対しても初期の性能を保持し、変形量の小さい防護構造の開発が望まれている。本研究では、実規模モデルの防護柵供試体に重錘を繰り返し载荷し、防護柵の衝撃吸収性能の評価を行った。

2. 実験供試体

写真-1 および図-1 は、実験に用いた供試体を示している。供試体は柵高 3m、主柱間隔 6m とした。防護面のワイヤネットは、交点をステンレス製の拘束金具で拘束し、亀甲金網(目あい 80mm×100mm、線径 2.7mm)を設置したもので、外辺のワイヤロープとワイヤネットの接続はワイヤネットの交点を縫うように設置した。実験に使用したワイヤロープは、一般用ワイヤロープ FC6×24 (引張強度 1470N/mm²) を用い、ワイヤネットに φ12mm、外辺ロープ、柱の横断方向の控えワイヤロープおよび延長方向の控えワイヤロープの上辺に φ22mm、下辺に φ18mm を用いた。主柱は、一般構造用炭素鋼管 STK400、φ114.3mm、肉厚 t=6mm を使用し、主柱基部の構造は、長さ 1m の自穿孔アンカーを配置した。また、主柱内部にはワイヤロープを通してあり、板バネとナットで定着している。アンカーは、長さ 6m、φ18mm のワイヤを 2 本束ねて組み立てたアンカーを削孔径 φ115mm で削孔し定着した。

3. 実験方法

図-2 は、実験の概要を示している。実験では、2 台のクレーンを用いて重錘を所定の位置まで吊り上げ、エア式の離脱装置を用いて離脱させ、振り子式に落下させた。表-1 は、実験ケースを示している。表中の実験ケース名の“-”の後の数字は入力エネルギーを表しており、最後の文字の“C”が中央スパンの载荷ケース、“E”が端部スパンに载荷させたケースである。衝突高さは全ケースとも地表面から 2m の位置としており、

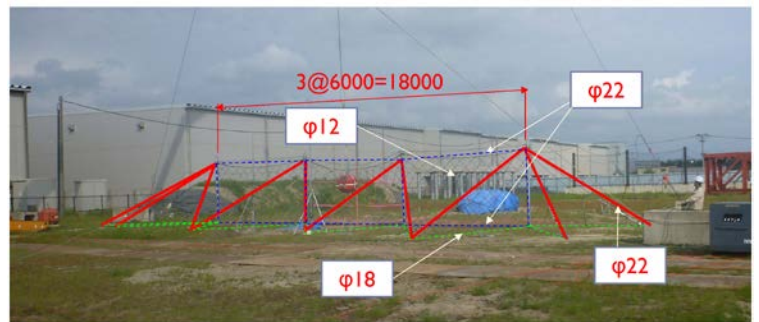


写真-1 実験供試体

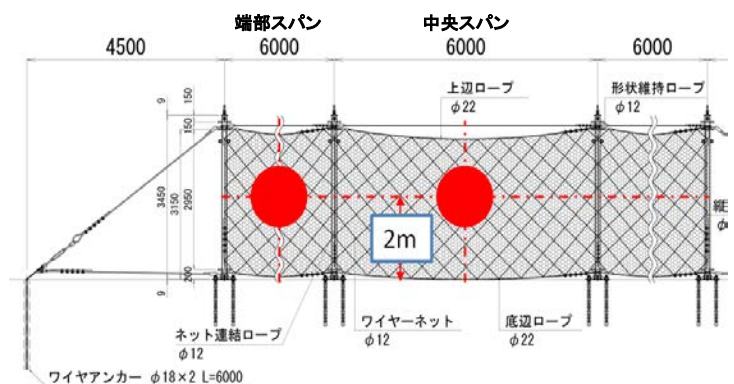


図-1 実験供試体

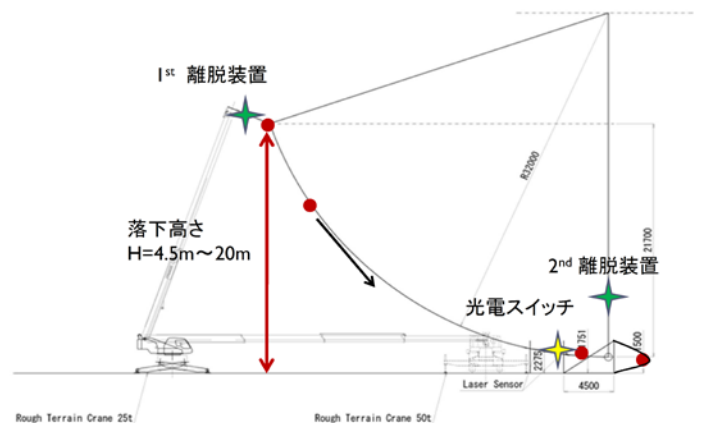


図-2 実験概要

キーワード 落石, 衝撃, 防護柵, 性能設計

連絡先 〒957-0106 新潟県北蒲原郡聖籠町大字蓮湯 5322-26 T E L 025-278-1551

種別として単一載荷したケースと繰り返し載荷したケースを示している。実験に用いた重錘は、6.8kNと10kNの多面体のものを用いた。計測項目は、重錘の中央に設置した3軸の加速度計(容量1000m/sec²:東京測器社製)による加速度、控えワイヤロープの張力(棒鋼にひずみゲージを貼り付けたもの)である。各センサーのデータは、5kHzでデジタルデータレコーダ(キーエンス社製:NR600)により計測を行った。また、変形状況を確認するために、高速ビデオカメラ(Vision Research社製)を用い、毎秒1000コマで撮影を行った。

4. 実験結果

図-3は、重錘衝撃力の経時変化を示している。時間軸は重錘が支柱位置を通過した時刻を零としていることから、ネットの緩み等で勾配の立ち上がり位置が異なっている。なお、重錘衝撃力は3軸の加速度計の合成重錘加速度に重錘重量を乗じて算出を行ったものである。最大重錘衝撃力は、Case-30Cで89kN、50Cで108kN、75Cで143kN、100Cで106kN、200Cで180kN、200Eで197kNであり、Case-100Cの最大重錘衝撃力はCase-50Cと同程度となっている。これはサイドロープのワイヤクリップが滑り衝撃力が低下したためであり、ピーク後に2段階の波形となっていることがわかる。次に、載荷スパン位置の異なるCase-200CとCase-200Eを比較すると、重錘衝撃力の波形に優位な違いは見られず、載荷スパンが異なっても衝撃吸収効果に違いはないものと考えられる。図-4は、吸収エネルギーと変位の関係を示したものである。なお、吸収エネルギーは、重錘衝撃力を変位で積分した重錘衝撃力と重錘変位の関係で囲まれる面積で表される。各ケースの吸収エネルギーと変位の関係の勾配は、初期勾配が緩く、その後勾配が急になっている。その波形は概ね同じ軌跡を示している。また、最大変位と最大エネルギーの関係をプロットすると概ね比例関係となっており、防護柵のエネルギー吸収性能の低下はみられないものといえる。表-2は、残存柵高を示したものである。残存柵高は、衝突前と衝突後の柵高を比較し、落石の補足性能の低下の目安とした。繰り返し載荷では、初期の柵高の80%~90%であり、繰り返し衝撃が作用しても防護柵の性能低下はみられないものといえる。

5. おわりに

本研究では、実規模モデルの防護柵供試体に重錘を繰り返し載荷し、防護柵の衝撃吸収性能の評価を行った。今回実験に用いた防護柵のエネルギー吸収性能は200kJであり、防護柵の損傷は少なく、繰り返し発生する落石に対しても十分な耐力を有しているものと考えられる。

表-1 実験ケース

実験ケース	重錘重量(kN)	落下高さ(m)	入力エネルギー(kJ)	衝突位置	載荷種別
Case-100C	6.8	14.800	100	中央スパン	初期載荷
Case-30C	6.8	4.500	30	中央スパン	繰返載荷
Case-50C	6.8	7.500	50	中央スパン	繰返載荷
Case-75C	6.8	11.200	75	中央スパン	繰返載荷
Case-200C	10.0	20.000	200	中央スパン	単載荷
Case-200E	10.0	20.000	200	端部スパン	単載荷

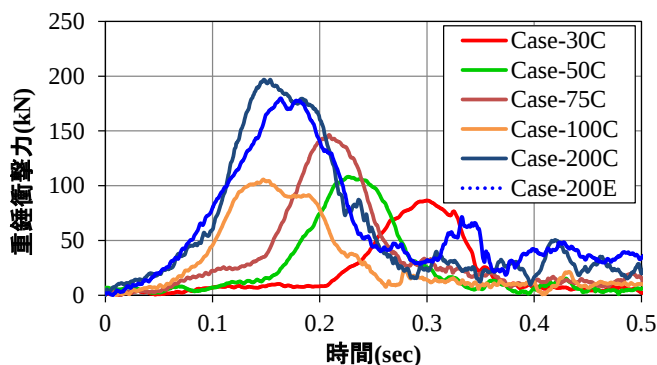


図-3 重錘衝撃力の経時変化

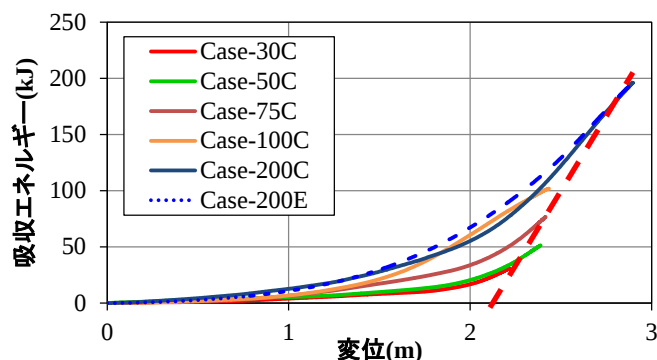


図-4 吸収エネルギーと変位の関係

表-2 各ケースの残存柵高

実験ケース	入力エネルギー(kJ)	載荷種別	初期の柵高a(m)	載荷後の柵高b(m)	柵高比b/a(%)
Case-100C	100	初期載荷	2.90	2.60	90%
Case-30C	30	繰返載荷	2.90	2.55	88%
Case-50C	50	繰返載荷	2.90	2.50	86%
Case-75C	75	繰返載荷	2.90	2.45	84%
Case-200C	200	単載荷	2.90	2.50	86%
Case-200E	200	単載荷	2.90	2.25	78%