図 — 1

ひし形金網の落石捕捉性能に関する重錘落下衝撃実験

土木研究所寒地土木研究所	正会員〇今	野久志	土木研究所寒地土木研究所	正会員	中村拓郎
土木研究所寒地土木研究所	正会員 葛	5西 聡	室蘭工業大学大学院	正会員	小室雅人
室蘭工業大学大学院	フェロー 岸	徳光			

1. 目的

落石防護施設の一つである従来型落石防護柵の設計は,落石対策便覧¹⁾に基づき,構成部材である H 形鋼支柱, ワイヤロープ,ひし形金網の可能吸収エネルギーの総和が落石エネルギーを上回ることを確認することで安全性の 照査が行われている.しかしながら,落石作用時には支柱基部の局部座屈による横倒れや金網の貫通など,設計で は想定していない損傷事例も報告されている.本研究では,従来型落石防護柵の金網貫通の損傷事例に着目し,ひ し形金網の落石捕捉性能の把握を目的に重錘落下衝撃実験を実施した.

2. 試験体概要

7.000 ロードセル L側 R側 H300 × 300 > 10 × 15 2@1,500=3,000 番号 ひし形金網 8.T 3,000 6@300=1 U字ボルト 間隔保持材 ターン バックル ヤローフ 3×7G/0 18φ 鋼製型枠 201 H200 × 100 × 5.5 × 8 (mm)

3. 実験方法

3.2, 4.0, 5.0mmの3種類とした.

写真-1には、重錘落下衝撃実験の状況を示している.実験は、トラ ッククレーンと着脱装置を用いた自由落下衝突方式により実施した.実 験に使用した鋼製重錘は、先端部が球状で上部が円筒状、直径はワイヤ ロープ間隔より若干小さい 267mm、質量は 113kg である.また、重錘中 央部には \$\$6mm の貫通孔を設け、ガイドロープを通すことで所定の載 荷位置に落下するように配慮している.なお、重錘はワイヤロープ間お よび H 形鋼支柱と間隔保持材の中間位置に落下衝突させている.

図-1には、試験体および試験体設置用の鋼製型枠(見下げ図)の形

状寸法を示している. 試験体は, 支柱間隔が 3m, 柵高さ 2m の従来型落

石防護柵の1スパン分の部分模型とし、2本のH形鋼支柱と300mm間隔

程度の初期張力を導入している.ひし形金網は、目合 50mm で素線径は

表-1には、実験ケース一覧を示している.表中には実験ケース名、 金網素線径(mm)、重錘質量(kg)、実験時の設定落下高(m)、高速度カメラ 映像より算定した実測衝突速度から自由落下として逆算した換算落下高 着脱装置 ← 重錘 ← ガイドロープ 鋼製型枠 ||比鋼支柱 ||形鋼支柱

試験体と鋼製型枠の形状寸法

写真-1 重錘落下衝撃実験の状況

(m),換算落下高と重錘質量より算定した重錘衝突エネルギー(kJ)および重錘の補足の有無を示す実験結果を示している.実験ケース名は、ひし形金網の素線径(N3.2:3.2mm,N4.0:4.0mm,N5.0:5.0mm),重錘衝突エネルギーの概略値(E+OkJ),重錘の衝突位置(図-1に示すLまたはR側+重錘直近のワイヤロープ番号)を示している.測定項目は、高速度カメラ(フレームレート 1,000fps)によって計測した重錘鉛直方向変位、ひずみゲージより算出したワイヤロープ張力、重錘に取り付けた加速度計から算出した重錘衝撃力である.

4. 実験結果

図-2には、一例として実験ケース N4.0E15.3L45 の重錘衝撃力、重錘鉛直方向変位、重錘衝突位置直近の2本の ワイヤロープ張力(T4, T5)の時刻歴応答波形を示している.重錘衝撃力は、重錘衝突後緩やかに立ち上がり、最 大変位発生時刻とほぼ対応して衝撃力も最大値を示している.その後、重錘のリバウンドとともに衝撃力は急速に

キーワード 従来型落石防護柵,ひし形金網,重錘落下衝撃実験,貫通,捕捉性能 連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3-1-34 土木研究所寒地土木研究所寒地構造チーム TEL 011-841-1698



表-1 実験ケース一覧および実験結果									
実験ケース名	金網 素線径	重錘 質量	設定 落下高	換算 落下高	重錘衝突 エネルギー	実験結果			
	(mm)	(kg)	(m)	(m)	(kJ)				
N3.2E1.8R34	3.2	113	2	1.65	1.8	捕捉			
N3.2E3.1L45	3.2	113	3	2.84	3.1	すり抜け			
N3.2E5.5L45	3.2	113	5	5.07	5.5	すり抜け			
N4.0E15.3L45	4.0	113	15	14.19	15.3	捕捉			
N4.0E21.9R56	4.0	113	20	20.35	21.9	すり抜け			
N4.0E23.4R23	4.0	113	25	21.67	23.4	すり抜け			
N5.0E14.4R56	5.0	113	15	13.37	14.4	捕捉			
N5.0E15.7R34	5.0	113	20	14.54	15.7	捕捉※			
N5.0E16.3L45	5.0	113	25	15.15	16.3	捕捉※			
N5.0E17.7R56	5.0	113	20	16.45	17.7	すり抜け			

/ <u>99扱い</u> ※一部金網破網



(a) N3. 2E1. 8R34 (捕捉)



(b) N3. 2E3. 1L45 (すり抜け)写真-2 実験後の試験体状況



減衰していることが分かる.ワイヤロープ張力については,重錘衝突位置直近の2本(T4,T5)で重錘衝撃力と類 似の応答波形が示されている.なお,それ以外のワイヤロープには張力はほとんど発生していなかった.他の実験 ケースに関しても最大値等に違いはあるものの同様の応答波形性状であることを確認している.

表-1の右欄には、重錘の捕捉状況に関する実験結果を示している.実験結果より、いずれの素線径においても 重錘の衝突エネルギーの増加に対応して重錘捕捉からすり抜けに移行していることが分かる.写真-2には、実験 後の試験体状況の一例を示している.(a)図には、素線径 3.2mm の実験において重錘が捕捉された実験後の試験体 状況を示している.ひし形金網は支柱と間隔保持材間で緩やかに変形し、重錘を捕捉していることが分かる.(b) 図には、素線径 3.2mm の実験において重錘がすり抜けた状況を示している.貫通孔はきれいな円形状となっており、 実構造物における被災状況と類似している.(c)図には、素線径 5.0mm の実験において重錘は捕捉されたものの一 部金網が破網した状況を示している.重錘とワイヤロープの接触によって素線が破断し、金網が大きく開口してい るものの、かろうじて重錘を捕捉している様子が確認される.

ここで、ワイヤロープ間隔(300mm)と同一径の球体落石(単位重量 26kN/m³)を想定し、落石防護柵等の性能 検証実験で標準とされる衝突速度 25m/s で衝突した場合の落石衝突エネルギーを計算すると E=11.5kJ となる. 表-1の実験結果から上記条件の落石を捕捉するためには、ひし形金網の素線径を 4.0mm 以上とすることが望ましいも のと考えられる.しかしながら、ひし形金網の落石捕捉性能については、落石の入射条件等が実験条件と実現象と では異なることから、今後は更なる実験や数値解析を実施しながら詳細に検討したいと考えている.

5. まとめ

本研究では、従来型落石防護柵の構成部材であるひし形金網の落石捕捉性能の把握を目的に、支柱間隔が 3m, 柵高さ 2m の従来型落石防護柵の1スパン分の部分模型を対象に、ワイヤロープ間隔よりも小さい重錘を用いた重 錘落下衝撃実験を実施した.その結果、実構造物の被災事例と同様のひし形金網の貫通状況を実験的に確認するこ とができた.また、素線径を4.0mm以上とすることによってワイヤロープ間隔と同程度の直径を有する落石をひし 形金網で捕捉できる可能性を示した.

参考文献

1) (公社)日本道路協会: 落石対策便覧、2017.12