

落石防護網に使用するひし形金網の重錘落下衝撃実験

土木研究所寒地土木研究所 正会員○今野久志
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 西 弘明
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 山澤文雄

土木研究所つくば中央研究所 正会員 加藤俊二
 名古屋工業大学 学生会員 内藤直人
 室蘭工業大学大学院 正会員 小室雅人

1. はじめに

ポケット式落石防護網は、規模の比較的小さい落石に対して適用される落石対策工の一つであり、ワイヤロープや金網、支柱等の部材で構成される。筆者らはそのエネルギー吸収メカニズムの解明という観点から実規模載荷実験を実施してきている¹⁾。本稿では、落石防護網の構成部材の一つであるひし形金網に着目し、素線径の異なる金網に対する重錘落下衝撃実験を実施して、重錘の入力エネルギーを変化させた場合や回転エネルギーの有無による耐衝撃挙動について検討を行った。

2. 実験概要

図1には、実験装置および試験体の形状寸法を、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、6m 四方の鋼製枠内に 3m 間隔で縦横それぞれ 2本のワイヤロープを設置し、ワイヤロープで囲まれる 3m 四方の領域にひし形金網を設置して、金網中央部に重量 3kN のコンクリート製の多面体重錘をトラッククレーンにより自由落下衝突させることにより行っている。表1には、試験体に使用した部材の諸元を示している。ひし形金網には素線径の異なる 3種類を、ワイヤロープには 18φを用いている。金網とワイヤロープとの接続は、25cm ピッチで配置した U 字ボルトを用いて固定している。また、ワイヤロープの交点はクロスクリップで固定した。ワイヤロープは両端アルミロックとし、ターンバックルとシャックルを介して鋼製枠にピン接合に近い状態で固定されている。表2には、実験ケース一覧を示している。実験では、入力エネルギーが異なる場合および重錘の回転エネルギーの影響を検討している。重錘に回転を与える実験は、多面体重錘に荷吊り用の帯を巻き付け自由落下時に回転を与えている。計測項目は、ターンバックルに貼付したひずみゲージによるロープ張力、高速度カメラ撮影による金網の載荷点直下の鉛直変位量である。なお、表2に示す回転エネルギーは、高速度カメラ映像により算定した値であり、回転エネルギーは全エネルギーの 11~13%であった。

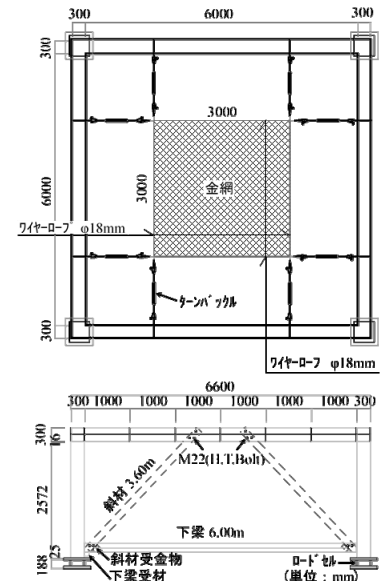


図1 実験装置の形状寸法



写真1 衝撃実験状況

表1 部材の諸元

部材名	諸元 部材耐力(規格値)
ひし形金網	3.2φ × 50 × 50mm 引張強さ: 386(290~540)N/mm ²
	4.0φ × 50 × 50mm 引張強さ: 389(290~540)N/mm ²
	5.0φ × 50 × 50mm 引張強さ: 387(290~540)N/mm ²
	18φ 3 × 7G/O 両端アルミロック 破断荷重: 206(≥160)kN
ターンバックル	両A型 1 × 12 ねじ径W=1 公称破断荷重: 222(-)kN

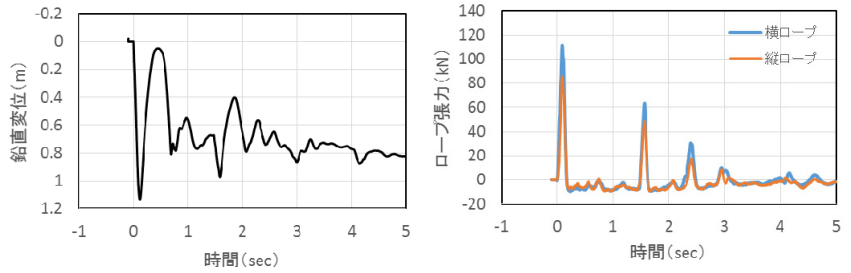
図2 (a), (b)には、一例として実験ケース D5.0W3H10 における金網の載荷点変位およびロープ張力の時刻歴応答波形を示している。ここで、ロープ張力に関しては金網の設置方向を考慮し、実斜面での設置状況に合わせて便宜的にワイヤロープを縦ロープおよび横ロープと区別して記述する。(a)図より、載荷点変位は重錘衝突後急激に増加し 0.11sec 後に最大変位 1.12m に達した後、リバウンドしながら上下動を繰り返し、最終的に 0.8m 程度の残留変位が発生している。(b)図より、ロープ張力は、金網の載荷点変位波形に対応した波形性状を示しており、

キーワード ポケット式落石防護網, ひし形金網, 重錘落下衝撃実験, 回転エネルギー

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目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2 実験ケース一覧

実験ケース名	金網 (mm)	重錘 (kN)	落下高 (m)	衝突エネルギー(kJ)		合計
				並進	回転	
D3.2W3H5	3.2	3	5.0	14.7	—	14.7
D3.2W3H7.5			7.5	22.1	—	22.1
D3.2W3H10			10.0	29.4	—	29.4
D4.0W3H5	4.0	3	5.0	14.7	—	14.7
D4.0W3H7.5			7.5	22.1	—	22.1
D4.0W3H10			10.0	29.4	—	29.4
D5.0W3H5	5.0	3	5.0	14.7	—	14.7
D5.0W3H7.5			7.5	22.1	—	22.1
D5.0W3H10			10.0	29.4	—	29.4
D3.2W3H10R	3.2	3	10.0	25.6	3.8	29.4
D4.0W3H10R	4.0			26.1	3.3	29.4
D5.0W3H10R	5.0			26.1	3.3	29.4



(a) 荷点変位 (b) ロープ張力
図2 金網の荷点変位およびロープ張力の時刻歴応答波形

荷点変位のピーク発生時点において各ロープ張力においてもピーク値が示されている。最大張力に関しては、横ロープが縦ロープに比較して 30%程度大きな値を示している。これは、ひし形金網の異方性により、重錘衝突時における金網の変形に伴い、横ロープの方がより大きく荷点側に引き寄せられるためと推察される。

3.2 入力エネルギーと金網の最大変位、ワイヤロープの最大張力の関係

図3には、重錘落下高と金網の荷点変位の関係を示している。素線径 4.0mm の落下高 7.5m における変位量が若干大きく示されているがその他の実験ケースでは落下高の増加に対応して荷点変位も増加する傾向が示されている。また、素線径で比較すると、素線径が小さくなるに従って変位量は大きくなる傾向が示されている。回転有りの実験では、素線径 3.2mm の実験において、重錘が角部より衝突したことから素線が破断し重錘が貫通したために、回転無しの変位量よりも 25%程度小さく示されている。素線径が 4.0mm, 5.0mm では、回転有りの場合は並進エネルギーが減少するためか無しに比較してそれぞれ 8%および 14%程度変位量が小さい。図4には、重錘落下高とロープ張力の関係を示している。ロープ張力は、重錘衝突位置の誤差等を考慮し、縦・横ロープそれぞれの平均値を採用した。いずれの素線径においても落下高の増加に対応して張力が増加している。また、横ロープの張力が縦ロープに比較して 20~30%程度大きくなっている。重錘の回転の影響に関しては、3.2mm では重錘が貫通したため回転させた場合が小さく示されているが、それ以外の実験ケースについては両者ほぼ同程度の張力となっている。

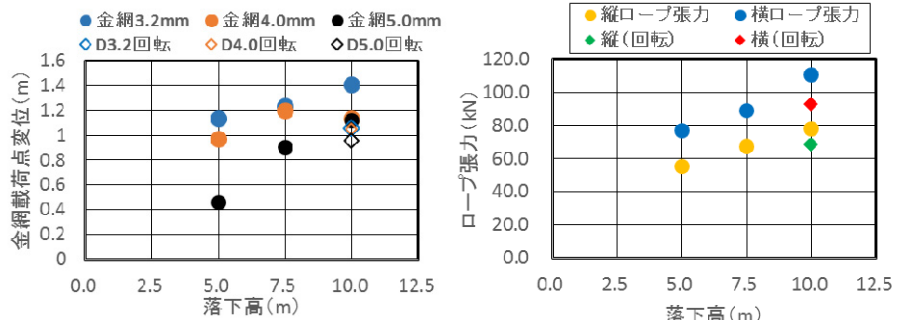


図3 落下高と荷点変位の関係

図4には、重錘落下高とロープ張力の関係を示している。ロープ張力は、重錘衝突位置の誤差等を考慮し、縦・横ロープそれぞれの平均値を採用した。いずれの素線径においても落下高の増加に対応して張力が増加している。また、横ロープの張力が縦ロープに比較して 20~30%程度大きくなっている。重錘の回転の影響に関しては、3.2mm では重錘が貫通したため回転させた場合が小さく示されているが、それ以外の実験ケースについては両者ほぼ同程度の張力となっている。

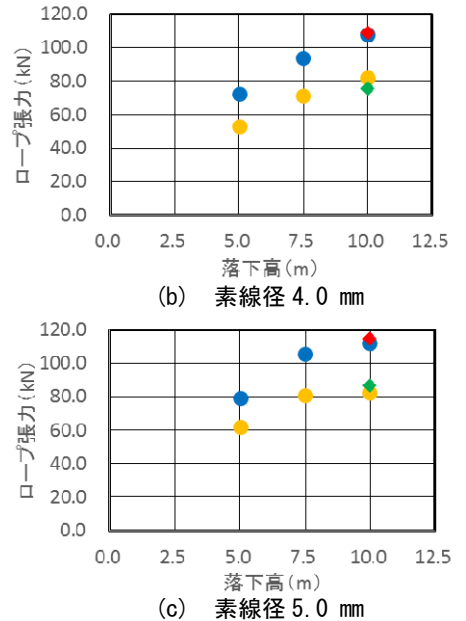


図4 落下高とロープ張力の関係

4. まとめ

- 1)金網の荷点変位およびロープ張力は、落下高の増加に対応して大きくなり、素線径が小さいほど変位量は大きくなる。また、ロープ張力は横ロープの方が縦ロープよりも大きい。
- 2)全衝突エネルギーが同一の場合、重錘の回転が有る場合は、並進エネルギーが減少するためか回転無しに比較して荷点変位は小さく示される傾向にあるが、ロープ張力に関しては明瞭な違いは見られなかった。

今後は、全衝突エネルギーに対する回転エネルギーの割合がさらに大きな場合について実験を実施し、回転の有無による影響について詳細に検討したいと考えている。

参考文献

1)山口悟, 今野久志, 西弘明, 加藤俊二, 小室雅人: 落石防護網の実規模模型実験, 鋼構造年次論文報告集, Vol.22, pp.137-143, 2014.11