

I-A274

静的荷重下における落石防護用ひし形金網の変形挙動特性

鉄道総研 正 安藤和幸 正 佐溝昌彦 正 杉山友康 正 村石 尚
日亜鋼業 長谷川真道 前田孝志

1. はじめに

落石対策は、落石から鉄道の安全・安定輸送を確保する上で非常に重要である。対策工の一つである落石止柵は斜面の最下端または中段に設置され、比較的小規模な落石に対して有効な工法であり、ワイヤロープ金網式が広く一般的に用いられている。ワイヤロープ金網式は、H鋼を支柱としてそれにワイヤロープと金網を取り付けたもので、金網と許容変位量内におけるワイヤロープ、H鋼の吸収エネルギーの総和、すなわち落石止柵の吸収エネルギーが想定する落石のエネルギーより大きくなるように設計されている。ここで金網の吸収エネルギーは、落石対策技術マニュアル¹⁾及び落石対策便覧²⁾によると、蘭原ダムの実験値より25kJとあるが、金網の吸収エネルギーを直接的な実験において定量的に評価したものではない。そこで今回、落石止柵に用いられているひし形金網について静的載荷実験を行い、その材質や寸法、形状をパラメータとした静的荷重下における変形挙動特性を把握した。

2. 載荷方法と実験ケース

ひし形金網は落石止柵として一般的に使用されている寸法とし、支柱間隔3m、高さ2mとした。基本となる実験ケース(表1中のCase1)に対して目あい、線径、材質をパラメータとしてCase2~6を設定し、同一条件で3回実験を実施した。実験方法は、鋼部材で井桁状に構成した実験架台の中心に油圧シリンダを設置し、架台上面に設置したひし形金網を半球の載荷体にて鉛直上向きに押し上げる載荷方法とし、載荷時の荷重と変位をひし形金網の破損および破断に伴う荷重低下が生じるまで計測した。

3. 破壊形態と荷重-変位挙動

変位量の増加とともに荷重も次第に増加する。荷重がピークに達したときの金網の破壊形態は、①金網の隅でナックルの外れ、および素線の破断、②支持辺中央付近でナックルの外れ、および素線の破断、の2通りに大別され、破壊形態①に分類されるのはCase1,4,5,6で、それ以外は破壊形態②に分類された。また、破壊形態①については荷重がピークに達してさらに載荷すると支持辺中央に向かって素線の破断が進行した。鉛直荷重と変位の関係は図1に示すように載荷初期は線形、それ以降は荷重が変位のべき乗に比例する非線形挙動を示すことがわかる。素線の応力状態について直接把握することが出来なかったが、格子点の変形に対する遊びがなくなり金網に引張力が作用し始める段階で非線形挙動を示すことが確認でき、金網の破壊時においては素線の引張強度までまだ余裕があると思われる。

キーワード：ひし形金網／破壊時強度／変形量／仕事量／落石

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL.042-573-7263 FAX.042-573-7398

表1 実験ケース

Case	目あい (mm)	線径 (mm)	材質	単位重量 (N/m ²)	目寸法(mm)		網寸法(m)	
					目幅	目長	支間	奥行
1	50	3.2	GS	27.0	70	80	2.87	2.00
2	100	3.2	GS	12.8	160	140	2.88	1.96
3	150	3.2	GS	8.6	240	205	2.88	2.05
4	50	2.0	GS	9.7	70	80	2.87	2.00
5	50	4.0	GS	39.4	74	74	2.89	2.00
6	50	2.0	GH	10.2	70	80	2.87	2.00

凡例 目あい: JIS G 3552ひし形金網に示される網目寸法
線径: JIS G 3547亜鉛めっき鉄線に示される線径
材質: // に示されるSWMGS(GS), SWMGH(GH)

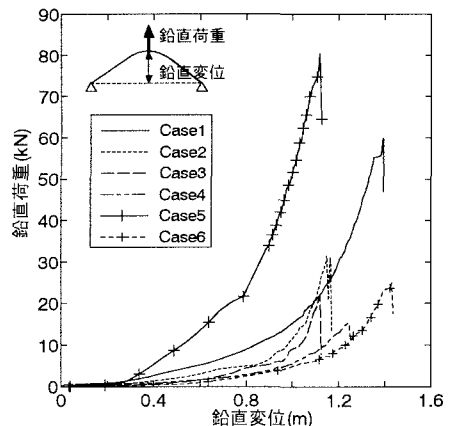


図1 荷重-変位曲線

4. 各パラメータの変化による挙動特性への影響

載荷時に作用する鉛直荷重の最大値である破壊時強度とその時の変位量、そして破壊時強度までの荷重と変位曲線で囲まれる面積で表される仕事量を縦軸にとり、ひし形金網のパラメータである目あいと線径をそれぞれ横軸にとった関係を図2（線径が同じ Case1,2,3）、図3（目あいが同じ Case4,1,5）に示す。図中の点線は、同一条件で実施した3回の実験結果の平均値をそれぞれ結んだ。同じ線径で目あいが異なる場合、目あいが小さいほど、強度、変位量そして仕事量は大きくなる。強度と変位量は目あいに対して直線近似できると仮定すると仕事量は載荷荷重と変位の積で求まることから任意の曲線にて近似することができる。一方、同じ目あい寸法で線径を変えたとき線径が太い場合の方が強度と仕事量は大きくなるが、変位量については顕著な相関が見られない。

次に本実験で実施した目あい、線径、材質が異なる全ての金網の挙動特性を把握するために、金網の単位面積あたりの重量を指標として、強度、変位量、そして仕事量の関係を図4に示す。以下、この指標を単位重量と呼ぶ。全ての実験ケースにおいて、強度と仕事量について正の相関があるといえる。つまり金網の単位重量が大きくなる程、強度と仕事量は重量に比例して大きくなるが、変位量についてはある程度の幅は持っているものの単位重量の変化に伴う顕著な差違は認められず、ほぼ一定と思われる。よって線径と目あいの組合せによって単位重量が決まることから、ひし形金網の力学的性質を検討する際は単位重量が一つの特性値と考えることができると思われる。

5. おわりに

ひし形金網の材質や寸法・形状等をパラメータとした静的荷重下における変形挙動特性実験を実施した。これまでひし形金網の静的荷重下における変形挙動について明らかにされていなかったが、本実験にて荷重－変位挙動を明確にし、さらに定量的に破壊時強度、変位量、そして仕事量等を把握することができた。最後に、一般に金網の吸収エネルギーは 25kJ と言われているが、本実験で得られた結果はそれを下回り、従来用いられているひし形金網である Case1 の仕事量は約 16.2～18.3kJ で、約 70%程度であった。しかし、本実験は特定の網サイズ、載荷体の寸法そして支持条件など限られた条件下における静的載荷であるため、一般に設計パラメータとして用いられている金網の吸収エネルギーを否定するものではないことを付記する。

なお、本実験は運輸省の補助金による「自然災害制御技術の開発」の一環として進められている。

参考文献 1) (財) 鉄道総合技術研究所：落石対策技術マニュアル，1999 年 3 月

2) (社) 日本道路協会：落石対策便覧，1983 年 7 月

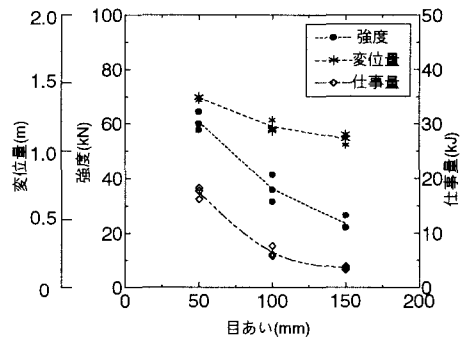


図2 目あいと強度、変位量、仕事量の関係

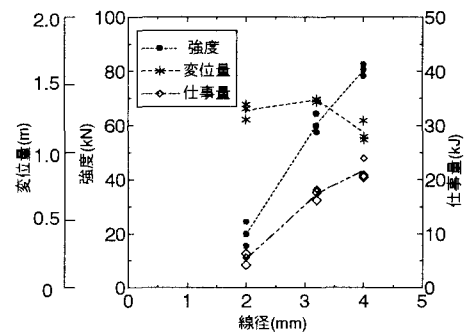


図3 線径と強度、変位量、仕事量の関係

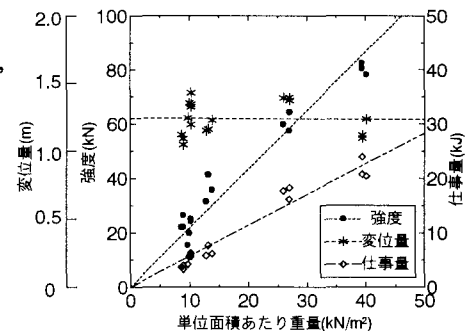


図4 単位重量と強度、変位量、仕事量の関係