

面内方向载荷を受けるひし形金網の力学的相似に関する縮小模型実験

防衛大学校 正会員 ○手嶋 良祐

防衛大学校 正会員 別府万寿博

防衛大学校 正会員 市野 宏嘉

1. 緒言

豪雨や地震などで引き起こされる落石災害への対策工の一つとしてひし形金網を用いた落石防護柵が用いられる。落石防護柵は設計指針である「落石対策便覧」¹⁾において、捕捉性能や安全性能を実規模実験で検証することが求められている。しかし、実規模実験は実験施設が限定されており経済的な負担が大きいため、縮小模型（模型）実験による性能検証ができれば有用である。本研究は実規模および模型のひし形金網について金網面に対して面内方向の静的载荷実験を実施し、荷重－変位関係の相似性について検討したものである。

2. 実験の概要

実験にはひし形金網は JIS G 3552 に規定される亜鉛めっき鉄線製ひし形金網を使用した。列線の材質および寸法を表-1 に示す。また、ひし形金網の形状および各部名称を図-1 に示す。なお、材料の違いはめっき付着量の違いであり、機械的性質の基準は同じである。試験体の概要を図-2 に示す。実験は2種類行っており、タイプ1は固定治具を用いてひし形金網上下11点ずつ固定している。タイプ2は固定治具を用いてひし形金網上下11点ずつ固定し、固定具を用いて左右方向に5点ずつ拘束した。上下方向は可動としている。ひし形金網下側の固定治具は枠体に固定し、上側の固定治具に設置したPC鋼棒を、枠体を反力にしてジャッキで上方向に移動させることにより金網を引張载荷した。計測項目はジャッキとアンカープレート間のセンターホールロードセルで荷重を計測し、上部固定治具から枠体に糸式変位計を設置し変位を計測した。模型は縮尺 $S=1/2$ とし、各タイプの実規模、模型に対して3回ずつ実験した。

3. 実験結果

実験で得られた荷重－変位関係を図-3 に示す。模型の荷重－変位関係はレプリカ則²⁾により、変位と

表-1 ひし形金網の材質と形状寸法

項目	列線材質	引張強さ	ヤング係数	線径	網目寸法
単位	-	N/mm ²	N/mm ²	mm	mm
実規模	SWMGS-3	421.3	141,317	3.96	50
模型	SWMGS-2	426.1	124,505	1.98	25

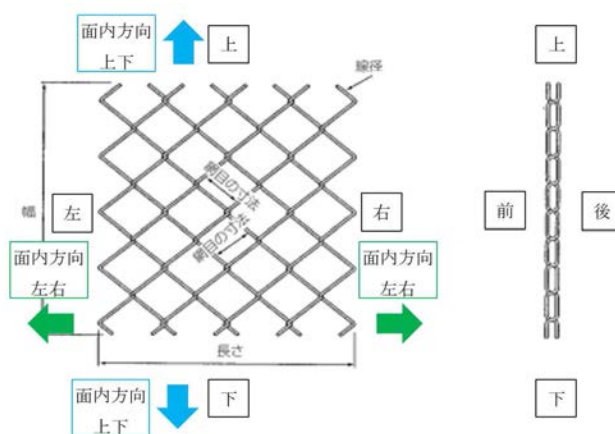


図-1 ひし形金網の形状および各部名称

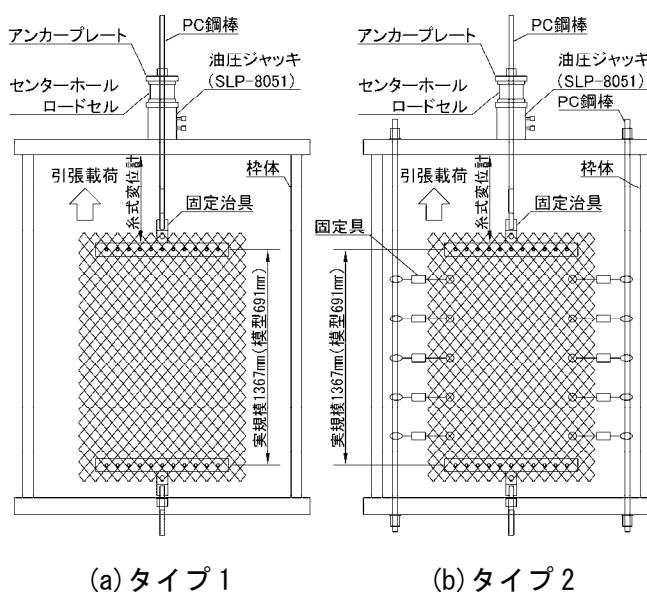


図-2 試験体の概要(カッコ内寸法は模型寸法)

キーワード ひし形金網、塑性加工、落石防護柵、レプリカ則、相似、弾塑性

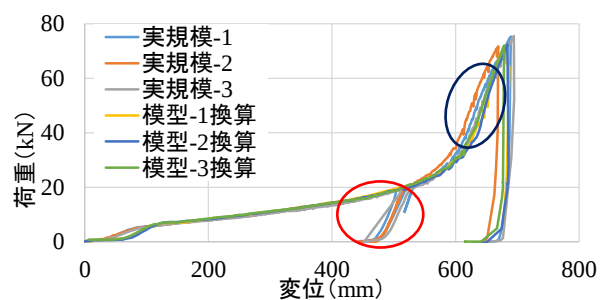
連絡先 〒102-0083 東京都千代田区麹町 5-7-2 ベルテクス株式会社 TEL : 03-3556-0470 E-mail : ry-teshima@vertex-grp.co.jp

荷重にそれぞれ $1/S=2$, $1/S^2=4$ を乗じて実規模換算している。レプリカ則は模型実験に実規模と同じ材料を用いる場合の相似則である。加速度の相似比が 1 ではないため加速度の調整が必要となるが、本実験は加速度の影響が少ない静的載荷実験のため適用性が高いことが予想される。タイプ 1、タイプ 2 とともに実規模および模型の荷重－変位関係はほぼ一致しており、ともに降伏点は見られない。タイプ 1 では実規模で約 75kN、模型は約 70kN で破断しており、発生応力が一致するレプリカ則に整合した結果を示した。タイプ 2 の破断荷重は実規模で約 65kN、模型は 80kN 付近と 23% の誤差はあるが、写真-1 に示したタイプ 2 の破断個所は一致していることから、レプリカ則による相似がほぼ成立していると考えられる。荷重－変位関係は両タイプとも前半においては剛性が小さく、後半になると荷重が急増している。ここで、タイプ 1 の実規模の除荷勾配（図-3(a) 赤丸）と 40～60kN の平均的な剛性（図-3(a) 黒丸）は、それぞれ 440.8N/mm と 571.5N/mm であった。すなわち、除荷勾配は弾性剛性とほぼ等しいと考えられることから、40kN 以降では塑性変形よりも弾性変形が支配的になっていたと考えられる。なお、荷重 40～60kN の平均的な剛性が除荷勾配より大きい理由は、除荷時点での列線は角度を持っていたのに対して、40～60kN 付近では写真-2 に示すとおり、金網中腹部の列線が直線的になり荷重と変形の向きが一致したことが原因と考える。タイプ 2 は左右方向を拘束されているため、塑性加工部が変形しにくく、タイプ 1 と比較して全体的に荷重に対して変位が小さい。実規模の 50kN 付近の剛性（図-3(b) 黒丸）は 411.7N/mm であり、タイプ 1 の除荷勾配に近いことから、タイプ 1 と同様に前半は塑性変形が中心であるが、後半は弾性変形へ応答が変化したと考えられる。

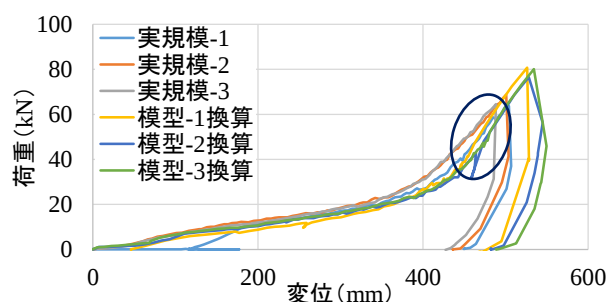
4. 結言

本研究では、スケールの異なるひし形金網の面内方向載荷実験を行い、荷重－変位関係の相似性について検討した。得られた内容は下記のとおりである。

- ・面内方向載荷した縮尺が異なるひし形金網において、荷重－変位関係はレプリカ則による相似がほぼ成り立つことがわかった。
- ・面内方向載荷したひし形金網の変形は前半では塑性変形が、後半では弾性変形が支配的と考えられる。



(a) タイプ 1

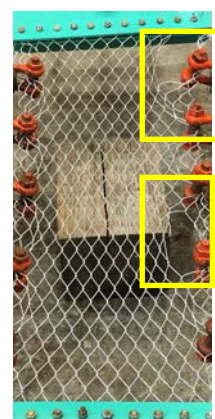


(b) タイプ 2

図-3 荷重－変位関係



(a) 実規模



(b) 模型

写真-1 タイプ 2 実験金網破断時状況



(a) 実規模



(b) 模型

写真-2 タイプ 1 実験状況

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，平成 29 年 12 月
- 2) 手嶋良祐ほか：重力場における縮小模型実験に対する相似則の提案と検証，構造工学論文集 67A 巻，pp.826-837，2021 年