

面外方向載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」<sup>1)</sup>において、その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が、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、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垂直方向（以下、面外方向）の静的載荷実験を実施し、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

実験に使用するひし形金網は JIS G 3552 に規定される亜鉛めっき鉄線製ひし形金網とした。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 タイプ行っており、タイプ 1 は左右の上下 4 点を固定具によりピン支点として面外方向に載荷した。タイプ 2 は左右対称に 5 点ずつ計 10 点を固定具によりピン支点として面外方向に載荷した。載荷部形状は実規模でφ200mm の半球、模型は縮尺 1/2 としてφ100 の半球を用いて載荷した。載荷には油圧ジャッキを用い、ジャッキと載荷治具間に設置したセンターホールロードセルで荷重を計測した。各タイプの実規模、模型ともに各 3 回実験を実施した。

3. 実験結果

実験状況を写真-1、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<sup>2)</sup>で実規模換算している。レプリカ則は実規模と同じ材料を使用した模型実験に用いられる相似則である。加速度の相似比が 1 ではないため、加速度の影響の大きい実験では調整が必要となるが、本実験

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 <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	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

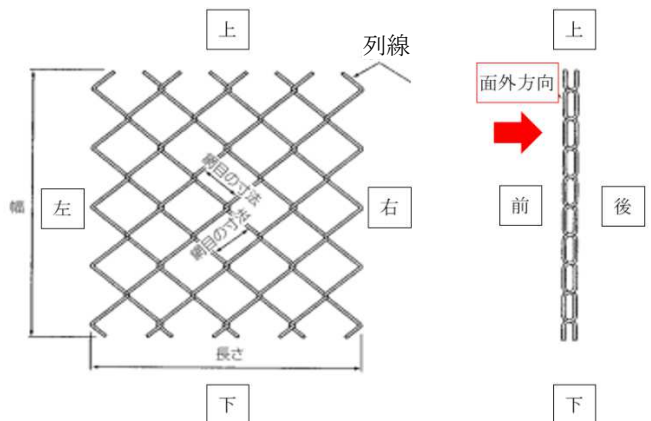
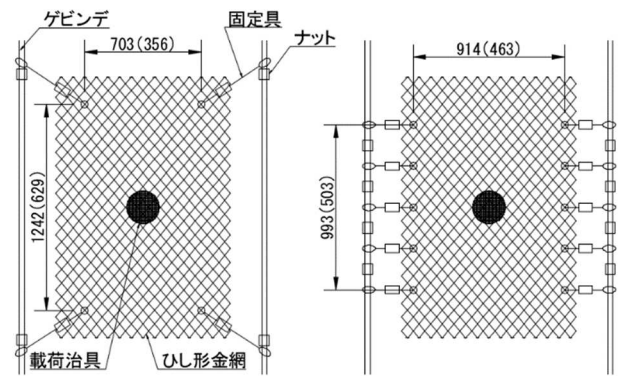
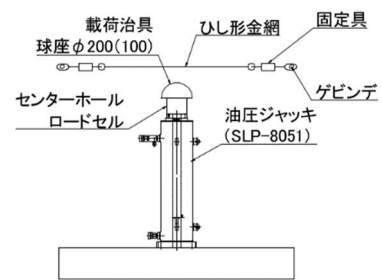


図-1 ひし形金網の形状および各部名称



1) タイプ 1 2) タイプ 2

(a) 平面図 (括弧内は模型寸法)



(b) 側面図

図-2 試験体の概要

キーワード ひし形金網, 相似, 荷重－変位関係, 塑性加工, レプリカ則



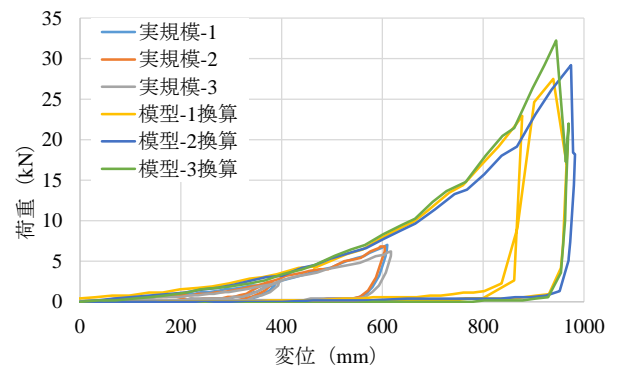
(a) 実規模



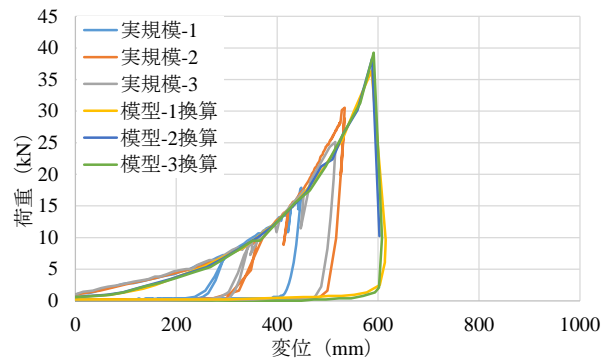
(b) 模型

写真-1 タイプ2 実験最大変位時状況

のように加速度の影響が少ない静的載荷実験では適用性が高い。本実験は縮尺  $S=1/2$  の模型実験であるため、レプリカ則に則って変位と荷重にはそれぞれ  $1/S=2$ ,  $1/S^2=4$  を乗じて実規模換算している。タイプ1では模型のひし形金網は1000mm程度変位した後、載荷治具接触部で破断したが、実規模は破断していない。実規模および実規模換算した模型の荷重-変位関係はほぼ一致しており、ともに降伏点は見られず、変位の増加に対して荷重が非線形的に増加していることから、レプリカ則による相似が成立していると考えられる。降伏点が見られない原因は主たる変形が塑性加工された列線の曲がり部で発生しているためと考えられる。実規模実験では実験途中および実験終了時に除荷中に変位の減少が発生している。これは、列線の加工されていない部分が弾性変形しており、除荷により収縮したと推測される。タイプ2では模型のひし形金網は600mm程度変位した後、載荷治具接触部で破断したが、実規模では破断していない。また、実規模と実規模換算した模型の荷重-変位関係はほぼ一致しており、降伏点は見られず、変位の増加に対して荷重が非線形的に増加していることから、レプリカ則による相似が成立していると考えられる。降伏点が見られない原因や実規模実験の除荷中に変位の減少が見られる理由はタイプ1と



(a) タイプ1



(b) タイプ2

図-3 荷重-変位関係

同じだと考えられる。タイプ2の方が模型の破断までの変位量が小さい理由は、タイプ1の支点が4点に対して、タイプ2の支点は10点と多く、金網の固定度が大きかったため、塑性加工部において変形しにくくなったことが原因と考えられる。

#### 4. 結言

本研究では、スケールの異なるひし形金網の面外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。

- ・面外方向載荷した縮尺が異なるひし形金網において、荷重-変位曲線はレプリカ則による相似がほぼ成り立つことが分かった。
- ・面外方向載荷したひし形金網の変形において降伏点は発生しないが、除荷時には弾性的な変位の減少が発生する。

#### 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