

# 溶接金網を用いた鋼製組立網の力学特性に関する基礎的研究

新潟大学大学院自然科学研究科 学生員 松岡 隆博  
 新潟大学工学部建設学科 正会員 阿部 和久  
 共和ハーモテック (株) 小関 徹

## 1. はじめに

これまで当研究グループでは、実験と解析を通して鋼製組立網の研究を行ってきた<sup>1)2)</sup>。これにより当該構造物の力学特性が把握でき、適切な設計手法が構築されてきている。しかし近年、これまでの鋼製組立網とは形式の異なるもの(溶接金網)が考案された。この構造形式については、まだ力学特性が十分に把握されておらず、また有効な解析手法も確立されていない。そこで本研究では、新しい鋼製組立網の基本的な力学特性の把握を試みる。具体的には、鋼製組立網の圧縮载荷試験を実施し、外枠と中詰材それぞれを考慮した有限要素連成解析を行い、実験結果と解析結果の比較を通して、力学特性に関する考察を行う。

## 2. 鋼製組立網の概要

従来の鋼製組立網は、図1(a)に示すような棒鋼で作った骨組に菱形金網を網枠として取り付けたパネルを組み立て、できたかごの中に石材を充填したものである。外力への抵抗は主に中詰材が受け持っており、網枠は中詰材を拘束することで強度を発現させる事が主な役割となる。また、中詰材の粒径が鋼製枠のサイズと比較して決して小さくないので中詰材のせん断変形に伴う強度低下は起きにくい。

一方、新しい鋼製組立網は、図1(b)に示すような棒鋼同士を溶接して作った格子状の外枠を組み立て、かごの内面にシートを張り、内部に砂や現地の土を充填したものである。従来の鋼製組立網に比べ外枠の剛性が高く、鋼製枠単体での強度が比較的高いものと考えられる。また、中詰材の粒径が鋼製枠のサイズと比較して十分に小さいので、外枠が座屈した場合等に中詰材内部に局所せん断帯が発生し、急激に強度低下する恐れがある。

## 3. 実験概要

中詰材の主な役割は、せん断変形時の強度保持にあると考えられる。しかし、今回は解析手法の適用性の検討および鋼製組立網全体の基本的な力学特性の把握を目的として、図2(a)に示すような圧縮载荷試験を行い、载荷重と変位を測定する。また、供試体側面は横方向変位が出ないように拘束し、準二次元的な条件としている。

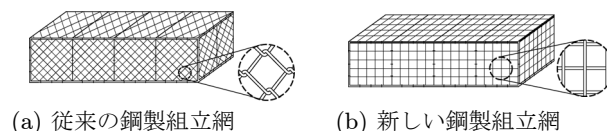


図1 鋼製組立網

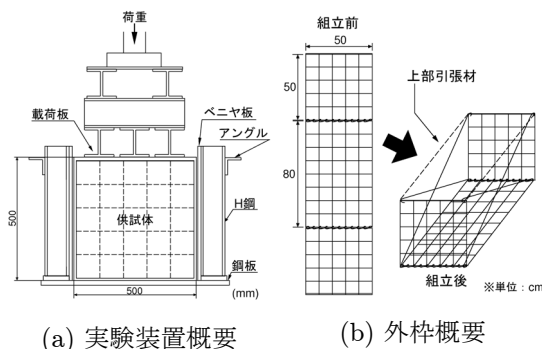


図2 実験概要

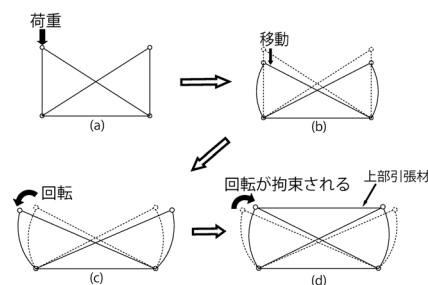


図3 外枠上端部の载荷による移動図

供試体の外枠格子を構成する棒鋼の直径は約6mm、格子幅は縦横共に100mmである。このような格子を持つ溶接金網の一边が50cmの正方形のパネル2枚を前・背面に取り付け、50cm×80cmのパネルを底面に用いて図2(b)左のような状態で、らせん状に成形された棒鋼で連結する。また、両端がフック状の部材を図2(b)右の様に掛けることで、自立できるようにしている。この組み立てた箱の内部にシートを敷き、ゆる詰め状態で砂を充填している。また、砂はパネルの高さより1~2cmほど高く盛るように充填し、载荷時に砂に拘束圧が発生する様にした。このため、载荷初期は、中詰材のみに荷重が作用する。なお、約12kNの荷重段階で外枠にも载荷している。

通常は図2(b)右の様に、上部引張材が取り付けられている。ここでは、その役割を把握する目的で、当該部材を

keywords : 鋼製組立網, 溶接金網  
 連絡先 : 950-2181 新潟市西区五十嵐二の町 8050 番地  
 TEL 025 (262) 7028 FAX 025 (262) 7021

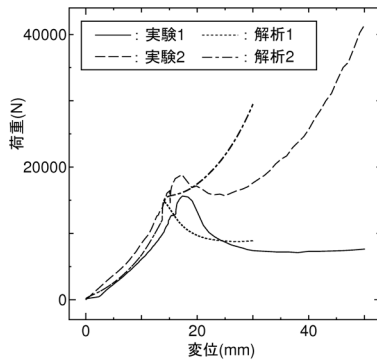


図 4 鋼製組立網の実験と解析の荷重 - 変位曲線

取り付けないもの(実験 1)と、取り付けしたもの(実験 2)の 2 ケースを設定した。

#### 4. 鋼製組立網のモデル化

##### (1) 外枠のモデル化

外枠は鉛直丸棒を弾塑性骨組要素でモデル化する。その際、ひずみは微小、変位は有限と仮定した有限変位理論で定式化する。また、弾塑性解析では Prandtl-Reuss の式を用い剛性方程式を作成する。

##### (2) 中詰材のモデル化

中詰材として用いた砂は、弾塑性連続体とし、一般化塑性論に基づく Pastor の非関連流動則<sup>3)</sup>を用いてモデル化する。その際、外枠が座屈することで中詰材が局部的に大きく変形する可能性があるので大変形問題として定式化する。なおモデルの諸パラメータは三軸試験結果より求めた。

##### (3) 連成解析手法

中詰材と棒材の間には引張に抵抗しない非線形バネを導入し、接触を表現する。

#### 5. 実験と解析の結果の比較

##### (1) 解析条件

二次元平面ひずみ条件下で、問題の対称性より供試体の 1/2 を要素分割した。なお中詰材は、1 辺 2.5cm の 4 節点要素で離散化している。

##### (2) 載荷試験と解析結果の比較

実験 1 では、パネル座屈に伴い斜材が回転するため、パネル上部が水平に変位する(図 3)。当該条件下では、本来鉛直変位の 5/8 倍の水平変位を生ずる。しかし、実際の供試体には様々な不整が内在するので、その影響を考慮し、複数のケースを解析した。図 4 中の解析 1 は水平変位を鉛直変位の 2 倍に設定した場合を示している。一方、解析 2 では、実験 2 に対応し、パネル上端の水平変位を完全拘束した。

図 4 中、実験 1 と 2 において最初に現れる極大荷重は、パネル座屈に対応している。何れの実験でも座屈発生直後に荷重低下を生じている。実験 1 では、その後の変位増加過程において、荷重は概ね一定のまま推移している。一方、

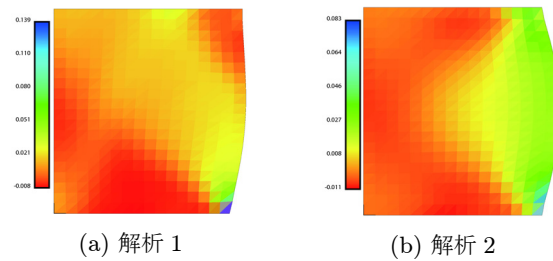


図 5 体積ひずみの分布

実験 2 では、荷重が座屈後再び変位と共に増加し始める。なお、後者の実験では、5cm までの押込みにおいて終局強度に達しなかった。この差異は、供試体上部の引張材の有無のみによりもたらされたものである。

一方、解析 1, 2 での荷重-変位曲線は、それぞれ実験 1, 2 と同様の傾向を示し、これらが各実験に対応した力学状態を反映しているものと考えられる。そこで、両解析における中詰材の体積ひずみ(膨張を正)分布について調べた。結果を図 5 に示す。なお、図は 3cm の鉛直変位時に対応する。体積膨張を伴う箇所では塑性変形が進行しているものと考えられる。図より、そのような箇所の分布が両解析において異なっている様子が窺える。パネル上端の水平変位を模擬した解析 1 では、中詰材中央上端からパネル下端に至る帯状の領域で大きく変形し、その上部が滑動するような破壊モードを呈している。一方、解析 2 ではパネルの座屈に伴う前面の変位に追従するように楔状の領域内に変形が集中している。このような破壊モードの違いが、後座屈域における中詰材の強度発現の差異につながったものと考えられる。なお、解析においてパネルが分担している荷重は弾塑性座屈後、一様に低下しており、何れのケースにおいても最終的には 2kN 程度であり、大差ない。よって、実験 1 と 2 での顕著な違いは、専ら供試体上部の引張材の有無が中詰材の破壊モードに影響を及ぼした結果によるものと考えられる。

#### 6. おわりに

パネル自体の耐力は最大で 5kN 程度と決して大きくなく、その役割は中詰材の拘束にあることがわかった。また、供試体寸法に比べ中詰材の粒径が非常に小さいため、本来パネル座屈後の強度低下は比較的顕著なものとなる。ただし、上部引張材の導入により中詰材の破壊モードを制御することで、座屈後の耐力を大幅に向上させることが可能となることが明らかとなった。

##### 参考文献

- 1) 阿部和久, 深谷克幸: 鋼製組立網に用いられる金網の弾塑性解析, 土木学会論文集, No.633/I-49, 205-206, 1999.
- 2) 阿部和久, 田嶋史人, 小関徹: 鋼製組立網の三次元弾塑性解析, 構造工学論文集, Vol.49A, 145-148, 2003.
- 3) M.Pastor, 'Generalized plasticity and the modelling of soil behaviour', International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.14, 151-190, 1990.