

# 橋梁ウェブ材への活用を目的としたハニカムパネルの座屈解析

日本大学 学生会員 ○木原 広士 日本大学 正会員 長谷部 寛

## 1. はじめに

昨今、自然災害により、多くの橋梁被害が生じている。そこで、早期復旧を目的とした伸縮運搬可能な新たな緊急仮設橋の提案がされている<sup>1)</sup>。加藤らの提案した仮設橋は複数ブロックから成る伸縮可変スパンアーチ橋であり、ウェブ材にハニカムパネルが採用されている<sup>2)</sup>。

ハニカム構造は、近年、様々な分野で応用され、建設分野での利用も期待されている<sup>3)</sup>。ハニカム構造の利用が期待されている理由の一つとして、単位重量当たりの強度・剛性が大きいということが挙げられる。しかし、ウェブ材として用いた際の座屈強度の検討が不十分であるため、ハニカムパネルの座屈解析を行う必要がある。ハニカムパネルのような幾何学的に複雑な構造物は、板や円筒のように単純化して剛性を評価することができない。そのため、本研究では、有限要素法を用いてハニカムパネルの座屈解析を行う。

## 2. 解析モデルと手法

本研究で解析対象とするハニカムパネルの解析モデルは3次元モデリングツール Rhinoceros と、そのプラグイン Grasshopper を用いて作成した。Grasshopper 上でグラフィカルなスクリプトを組むことで、パラメトリックに多量の CAD モデルを生成することができる。図 1に、Grasshopper を用いて作成した解析モデルの一例を示す。ハニカムの構成要素をハニカムセルと呼び、正六角形の上底から下底までの長さをセルサイズとする。解析モデル諸元を表 1に示す。ハニカムパネルの寸法は後藤らの値<sup>3)</sup>を採用した case1, セルサイズを半分に小さくしたパネルを case2, 高さを2倍に大きくしたパネルを case3 とする。材料諸元も後藤らの値<sup>3)</sup>を採用した。

解析ソフトは、有限要素解析ソフト Marc Student Edition を使い、線形座屈解析を行った<sup>4)</sup>。メッシュ分割はすべてのケースで要素サイズを Marc の節点数の上限(50000 節点)を考慮して 3.2 mm に統一する。ハニカム内部のメッシュ分割を図 2に示す。本研究では、ハニカムパネルを橋梁のウェブ材としての採用を検討するため、両端支持での解析を実施し、境界条件は、片側ピン支持、片側ローラー支持とし、ローラー支持側から-y方向に荷重载荷をする。拘束方法は、ピン支持側をパネルの下端の全節点の y,z 方向変位を拘束し、ローラー支持側をパネルの下端の全節点の z 方向変位を拘束した両端支持とする。荷重は、上下の板のローラー支持側全要素の水平 (y) 方向に等しい大きさの荷重を与える。境界条件の図を図 3に示す。これらの線形座屈解析を行い、比較する。

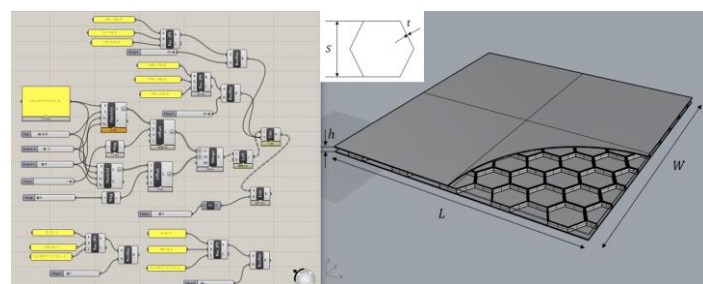


図 1 ハニカムパネル

表 1 解析モデルの諸元

|           | Case1                       | Case2                        | Case3                       |
|-----------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| S: セルサイズ  | $20\sqrt{3}$ mm             | $10\sqrt{3}$ mm              | $20\sqrt{3}$ mm             |
| L: x方向寸法  | 300 mm<br>(セル5個分)           | 300 mm<br>(セル10個分)           | 300 mm<br>(セル5個分)           |
| W: y方向寸法  | $180\sqrt{3}$ mm<br>(セル9個分) | $180\sqrt{3}$ mm<br>(セル18個分) | $180\sqrt{3}$ mm<br>(セル9個分) |
| h: パネルの高さ | 5 mm + 板厚                   | 5 mm + 板厚                    | 10 mm + 板厚                  |
| t: 板厚     | 1 mm                        | 1 mm                         | 1 mm                        |
| ヤング率E     | 70 GPa                      | 70 GPa                       | 70 GPa                      |
| ポアソン比     | 0.3                         | 0.3                          | 0.3                         |

キーワード ハニカムパネル, 有限要素法, 座屈解析, パラメトリックモデリング

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 E-mail : csko18063@g.nihon-u.ac.jp

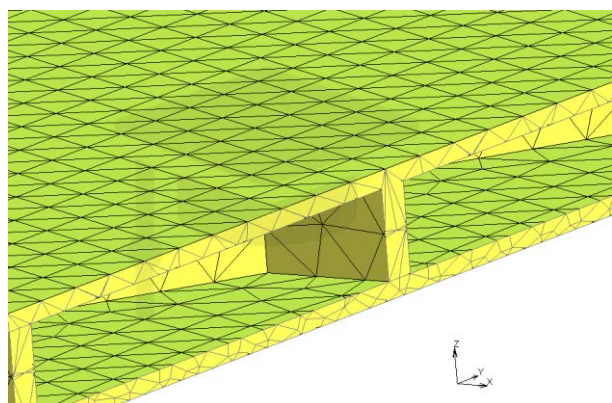


図 2 ハニカム内部のメッシュ分割

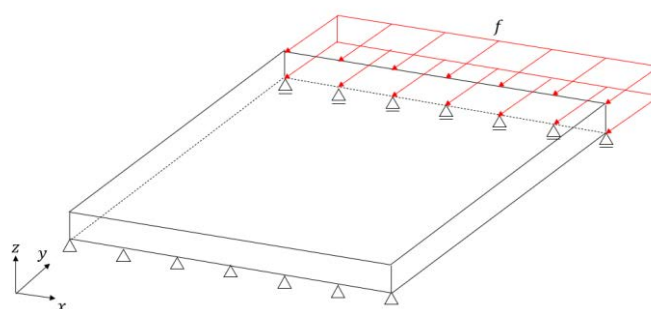


図 3 境界条件

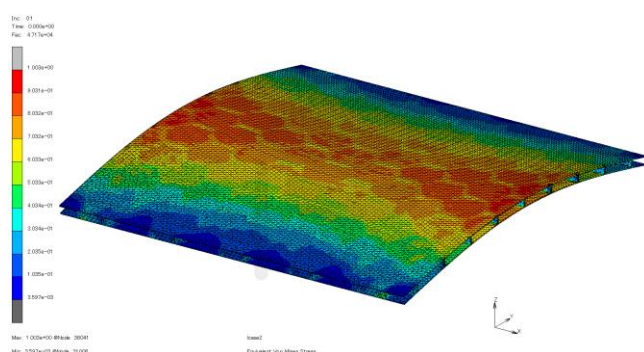


図 4 座屈モード

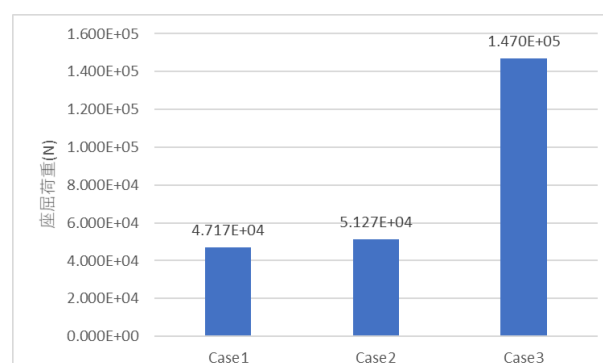


図 5 座屈荷重

### 3. 解析結果

すべてのケースで座屈モードは、図 4 に示すように、長柱のオイラー座屈のように全体座屈が発生した。また、座屈荷重は、図 5 に示すように、case1 に対して、セルサイズを半分の大きさにした case2 の方が座屈荷重が大きく、高さを 2 倍にした case3 では座屈荷重がさらに大きくなった。セルサイズを半分にすると、上下の板に挟まれた空間の空隙率が低下し、断面二次モーメントが増加し、座屈荷重が増加した。それ以上にセル高さを増やすと、断面二次モーメントの変化は大きく、それに応じて座屈荷重が大幅に増加したと考えられる。

### 4. まとめ

本研究は、橋梁のウェブ材としての採用を想定しているハニカムパネルの座屈荷重が、寸法の変更によりどの程度変化するかを検討する解析を実施した。その結果、セルサイズを小さくし、ハニカムセルを密集させたり、ハニカムセルの高さを大きくさせたりすることで座屈荷重が大きくなることが分かった。

以上の結果を踏まえて、今後は最適なパネルの寸法を探り、実用化に耐えうるパネルサイズの検討を行う。

### 参考文献

- 1) 小野秀一：「急速架設を実現するための構造を有する緊急仮設橋」構造工学論文集, Vol.62A, pp.1272-1281, 2016
- 2) 加藤颯, 小野慎治, 長谷部寛, 長澤大次郎：「災害時における種々のスパンに適用可能な移動式可変アーチ橋の提案」土木学会第 75 回年次学術講演会講演概要集, I-318, 2020
- 3) 後藤文彦, 田部井香月, 吹附茜, 大竹壯弥, 野田龍：「FEM と 3D プリンタを用いたハニカムパネルの挙動解析」構造工学論文集, Vol.63A, pp.28-35, 2017
- 4) 渡邊浩志：「例題で極める非線形有限要素法 CAE で正しい結果を導くための理論トレーニング」丸善出版, 2020