

橋梁への適用を目的としたハニカムパネルの座屈解析 Buckling Analysis of honeycomb panel for the application to bridges

○木原広士¹, 長谷部寛²
*Koshi Kihara¹, Hiroshi Hasebe²

Abstract: Recently, bridge damages caused by natural disasters have been increasing. Therefore, a new type of emergency bridge that is easy to move and rapid construction has been required. We should transport the emergency bridge to the site where the disaster occurred rapidly. It is necessary to reduce the bridge's weight. In our group, honeycomb panels have been proposed for the reduction of weight. In this study, buckling analysis of a honeycomb panel was performed. We did two load cases. One was the vertical direction, and the other was the horizontal direction. As a result, a partial buckling was observed in the vertical case. On the other hand, a whole buckling was observed in the horizontal case.

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橋梁や、可変スパンアーチのような新たな緊急仮設橋の提案がされている^[1]。災害が発生した現場まで仮設橋を運搬するには、軽量化する必要があり、既往の研究では、仮設橋のウェブ材にハニカムパネルを採用する提案がされている^[1]。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^[2]。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、軽量化した際の強度検討が不十分であるため、ハニカムパネルの構造解析を行う必要がある。

ハニカムパネルや、折り紙構造を利用した円筒のように、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、有限要素法等の数値シミュレーションを用いてハニカムパネルの構造解析を行う。

2. 解析手法

本研究の解析モデルとするハニカムパネルの寸法、材料諸元を table 1 に、パネルの図を figure 1 に示す。解析モデルは 3 次元モデリングツール Rhinoceros を用いる。ここでは、figure 2 で表される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。材料諸元は、後藤らの値を採用した^[2]。

解析ソフトは、有限要素解析ソフト Marc Student Edition を用いる^[3]。パネルの節点数は 14460、要素数は 60116 である。境界条件は figure 3 に示すように、一

端固定、他端自由の片持ち状態として、固定端側をパネルの上下面の板の全節点の x, y, z 方向変位を拘束する。自由端側は、既往の研究で実施されているパネルの上下面の板の全節点の鉛直(z)方向に等しい大きさの荷重を与える^[2]。また、本研究では、ハニカムパネルを橋梁のウェブ材として活用することを検討しているため、水平(y)方向に等しい大きさの荷重を与えた際の解析も行う。以上の 2 種類の線形座屈解析を行い、比較する。

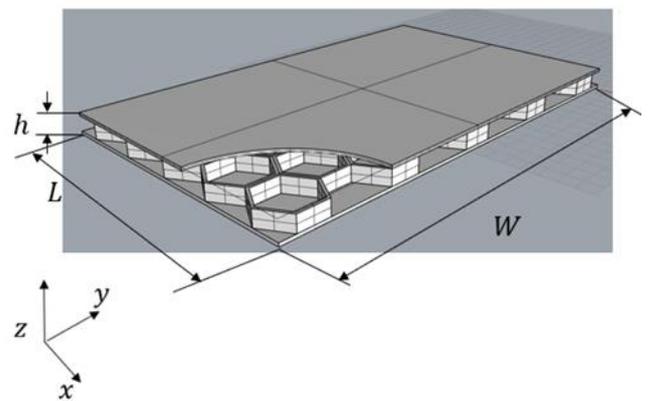


Figure 1 Honeycomb panel

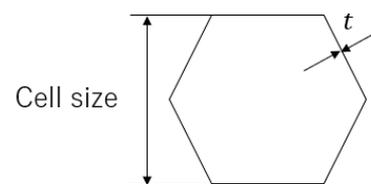


Figure 2 Honeycomb cell

1 : 日大理工・学部・土木 2 : 日大理工・教員・土木

Table 1 Specifications of honeycomb panel

Cell size	$20\sqrt{3}$ mm
L: x-direction dimension	$100\sqrt{3}$ mm(For 5 cells)
W: y-direction dimension	$180\sqrt{3}$ mm(For 9 cells)
Plate thickness t	1 mm
Height h	5 mm
Young's modulus E	70 GPa
Poisson's ratio	0.3

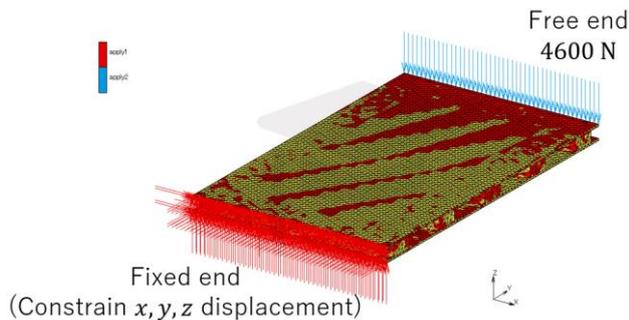


Figure 3 Computational model and boundary condition

3. 解析結果

鉛直方向，水平方向に载荷した際の座屈モードを figure 4, figure 5 に示す. また，そのときの座屈荷重を table 2 に示す. 鉛直方向に载荷した際は，固定端付近で局部座屈が発生した. これは，後藤らの結果^[2]と一致している. 続いて，ハニカムパネルをウェブ材として用いることを想定した，水平方向に载荷した際は，片持ち状態で支持したため，長柱のオイラー座屈のように全体座屈が発生した.

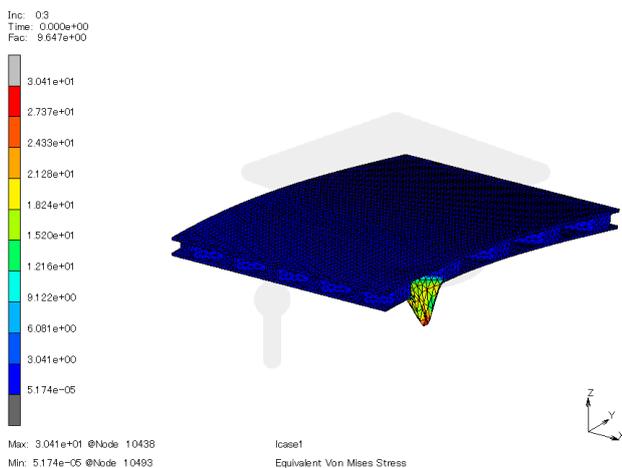


Figure 4 Buckling mode (loaded in the z direction)

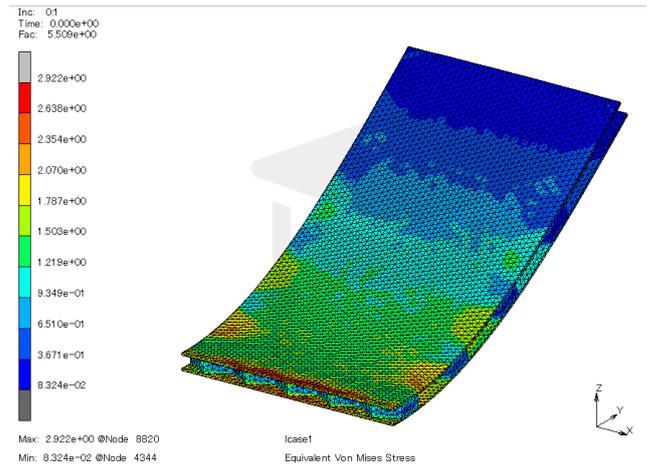


Figure 5 Buckling mode (loaded in the y direction)

Table 2 Buckling load

	Buckling load (N)
z-direction loading	9.647
y-direction loading	5.509

4. まとめ

今回の研究は，既往の研究で実施されているパネルの鉛直方向に载荷した際の解析と，本研究で検討しているハニカムパネルを橋梁のウェブとして想定した水平方向に载荷した際の解析を実施した. その結果，鉛直方向载荷では局部座屈，水平方向载荷では全体座屈が発生した. 座屈荷重は鉛直方向载荷の方が大きい値となった.

以上の結果を踏まえて，今後は橋梁のウェブの条件に近づけるために，今回の解析モデルの自由端側の z 軸方向を拘束して解析を実施する. また，その際のハニカムセルの個数，大きさなどの最適なパラメータを探る.

参考文献

- [1] 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
- [2] 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
- [3] 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，p11，pp155-163，2020