

ハニカムパネルの座屈解析における境界条件の影響  
Boundary Conditions on Buckling Analysis of Honeycomb Panels

○平田麟太郎<sup>1</sup>, 長谷部寛<sup>2</sup>

\*Rintaro Hirata<sup>1</sup>, Hiroshi Hasebe<sup>2</sup>

Abstract: An emergency bridge using honeycomb panels as webs has been proposed. In response to this proposal, buckling analysis of honeycomb panels has been carried out. However, various boundary conditions have not been sufficiently evaluated. Therefore, in the present study, we evaluated the buckling load by changing the boundary conditions based on the buckling analysis conducted by Kihara et al. Furthermore, we estimated an I-section panel with comparable performance.

1. はじめに

自然災害に起因する橋梁の破損や崩落などの被害が生じている。そのような緊急事態に対処するため、早期復旧を目的とした伸縮運搬可能な緊急仮設橋が考案されている [1]。仮設橋を災害発生箇所まで運搬する場合を想定すると、コンパクトかつ軽量であることが望まれる。著者の一人は、上記の観点からウェブ材にアルミ製のハニカムパネルを採用した仮設橋を提案している [2]。

ハニカムパネルを橋梁ウェブ材に用いることを想定すると、座屈強度の評価が重要になる。木原らは、ハニカム解析モデルをパラメトリックに作成できるツールを構築し、その座屈強度を評価した [3]。しかし、単純支持の境界条件の検討に留まり、他の境界条件における座屈強度の評価は十分に行われていない。

本研究では、木原らが構築したパラメトリックモデルを活用し、複数の境界条件下におけるハニカムパネルの座屈強度を評価したので報告する。

2. 解析手法

本研究の解析モデルとするハニカムパネルを figure 1 に、パネルの寸法、材料諸元を table 1 に示す。解析モデルは 3 次元モデリングツール Rhinoceros を用いて作成した。ハニカムパネルの構成要素、および材料諸元は木原らの条件 [3] を採用し、ハニカムセルは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。

座屈解析には、汎用有限要素解析ソフト Marc Student Edition を用いた。パネルの節点数は 33414、要素数は 106992 である。比較対象として中実平板、I 型パネル（ウェブ 5 本、厚さ 2mm）を解析した。設定した境界条件は table 2 に示す 4 ケースであり、それぞれ両端固定、一端固定他端回転、両端回転、一端固定他端自由とした。外力は figure 1 の y 方向に載荷した。

ここで、case3 の境界条件のハニカムパネル解析モデルを figure 2 に示す。

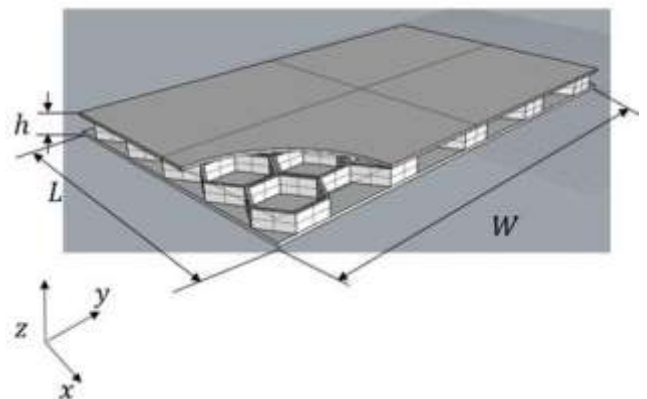


Figure 1. Honeycomb Panel Model

Table 1. Parameters of a Honeycomb Panel

Cell size	15√3 mm
Cell thickness	1 mm
Height of a honeycomb : h	5 mm
Length of a panel : L	90√3 mm
Width of a panel : W	180 mm
Plate thickness	1 mm
Young's modules	70 GPa
Poisson's ratio	0.3

Table 2. Boundary conditions

Case	Boundary condition
1	Fixed – Fixed (F-F)
2	Fixed – Roller (F-R)
3	Pinned -Roller (P-R)
4	Fixed – Free (F-Fr)

1 : 日大理工・学部・土木 2 : 日大理工・教員・土木

### 3. 解析結果

ハニカムパネル各ケースの座屈モードを figure 3 および figure 4 に示す。Figure 3 は case3 の座屈モードである。Figure 4 は左から case1~4 であり、長柱の1次の座屈モードと同様の変形が確認された。

中実平板, I型パネルを含めた各境界条件における座屈荷重の大きさを figure 5 にまとめる。ハニカムパネルの座屈荷重は各ケースにおいて、中実平板と I 型パネルの間に位置していることが示された。

続いて、ハニカムパネルと座屈荷重および材料体積がほぼ同程度となる I 型パネルを模索した。Table 3 に示すようにウェブ厚を  $t = 18 \text{ mm}$  とした際に同程度の座屈荷重を持つことが示された。なお、I型ウェブはハニカムコアと同数の 9 本とした。I型パネルとハニカムパネルの性能はほぼ同等に見えるが、境界条件によっては I 型パネルに局部座屈が発生した。ハニカムパネルは局部座屈を防止できる利点があると分かった。

### 4. まとめ

本研究は、既往研究で提案された橋梁ウェブ材へのハニカムパネルの適用を想定し、各境界条件での座屈解析を行った。その結果、中実平板と I 型ウェブを有するパネルとの中間的な強度を有することが示された。

今後は、メッシュ分割の影響、四方の境界条件の影響を検討する予定である。

### 謝辞

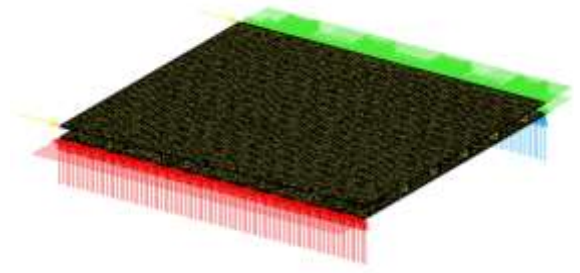
本研究は戸田育成財団の研究助成を受けた。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

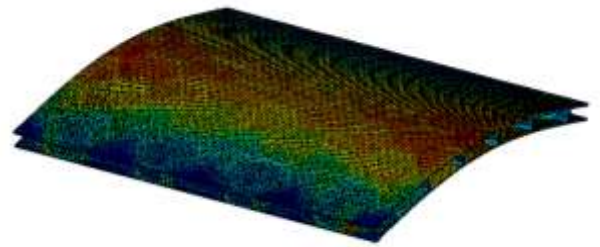
- [1] 小野秀一, 「急速架設を実現するための構造を有する緊急仮設橋」, 構造工学論文集, Vol.62A, pp.1272-1281, 2016.
- [2] 加藤颯, 小野慎治, 長谷部寛, 長澤大次郎: 「災害時における種々のスパンに適用可能な移動式可変アーチ橋の提案」 土木学会第 75 回年次学術講演会講演概要集, I-318, 2020.
- [3] 木原広士, 長谷部寛: 「橋梁ウェブ材への活用を目的としたハニカムパネルの座屈解析」, 第 49 回土木学会関東支部技術研究発表会概要集, I-38, 2022.

**Table 3.** An I-section Model Equivalent to a Honeycomb Panel (Case 3, Pinned-Roller)

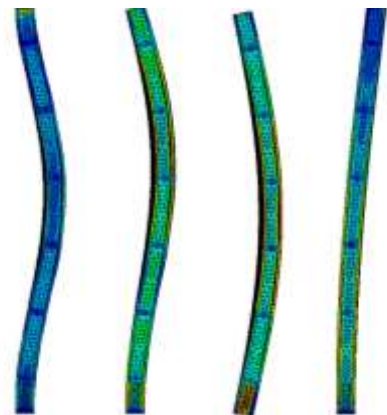
	Buckling load	Volume
Honeycomb panel	98394 N	76581 mm <sup>3</sup>
I-section panel (t=18)	99860 N	69936 mm <sup>3</sup>



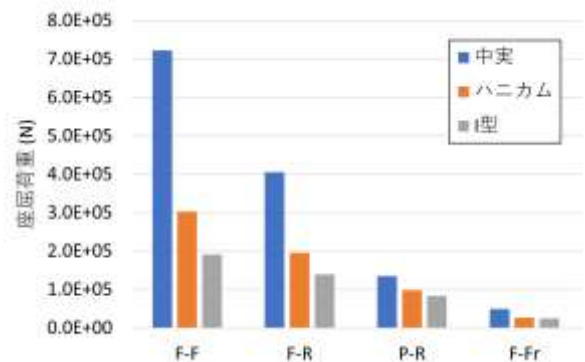
**Figure 2.** Honeycomb panel model (case 3)



**Figure 3.** Bird view of a buckling mode (case3)



**Figure 4.** Side view of buckling modes



**Figure 5.** Buckling Loads