

館-三浦の多面体の 3D プリンティングによる造形と座屈変形の可視化

Modeling by 3D Printing of Tachi-Miura Polyhedron and Visualization of Buckling Deformation

嶋貫 研人¹, 富田 直¹, 梅本 和彦¹

Kento SHIMANUKI, Sunao TOMITA and Kazuhiko UMEMOTO

¹株式会社豊田中央研究所

Toyota Central R&D Labs., Inc.

【Extended Abstract】

1. 館-三浦の多面体の造形と衝撃試験による座屈変形の可視化

衝撃エネルギー吸収構造による物体の保護では、最大荷重の制約下で、より大きなエネルギー吸収量を得ることが重要となる。初期ピーク荷重を低減してフラットな荷重特性を実現できる衝撃エネルギー吸収構造として、折紙の幾何学を利用した研究がある。例えば、館-三浦の多面体 (Tachi-Miura Polyhedron: TMP)⁽¹⁾は、3次元空間を充填できる、幾何学形状の設計によって安定な運動が分岐する折畳み角が存在して耐荷重性が変化する、衝撃エネルギーを加えたときに初期ピーク荷重が発生しないという特長がある。本研究では、これらの特長を利用して、マルチセル構造の衝撃エネルギー吸収特性を制御できることを衝撃試験により検証する。

試験片として、館-三浦の多面体の幾何学形状に基づくマルチセル構造を3Dプリンティングで作製する。マテリアライズ社のソフトウェアMagics (ver. 24.01)の「ラッピング」機能を用いて、3次元形状データ(STL)の面に1.5 mmの厚み付けを行い、3DプリンタにMarkforged社のOnyx Pro, 材料に同社のNylonを使用してマルチセル構造体を造形する(図1)。また、造形後の材料の脆性的な性質を改質するため、造形物を真空乾燥機にて80℃で12時間乾燥させた後、恒温水槽を用いて50℃の湯に約20時間沈めて吸水させたものを試験片として用いる。

上記試験片に衝撃試験を実施し、ロードセルと高速度カメラを用いて座屈変形および荷重-変位曲線を計測した結果を図2に示す。結果として、見かけのポアソン比が正または負となる座屈変形や圧潰中に発生する全体座屈の様子を可視化できた。また、荷重-変位線図より、見かけのポアソン比が正の試験片は広がるように座屈変形が起きるために、圧潰中に約3 kNの荷重値を維持して衝撃エネルギーを吸収し、見かけのポアソン比が負の試験片は構造が凝集するために、約9 kNの荷重値でエネルギー吸収することを検証できた。



図 1. 3D プリンタによるマルチセル構造の造形

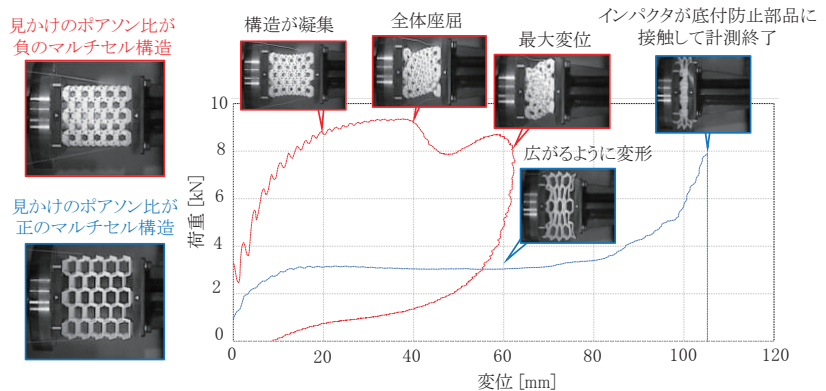


図 2. 衝撃試験による座屈変形と荷重-変位線図

2. 結論

本研究では、TMPの幾何に基づいて変形モードが異なるように折畳み角を変えて空間充填したマルチセル構造体を3Dプリンタで造形し、衝撃試験によって圧潰することで、座屈変形の差異とエネルギー吸収特性の変化を検証した。結果として、折畳み角により構造体の見かけのポアソン比を正または負に制御でき、変形モードとエネルギー吸収特性を可変にできることを示した。

参考文献

(1)Miura, K., Tachi, T., "Synthesis of rigid-foldable cylindrical polyhedra", *Symmetry: Art and Science*, Vol. (2010), pp. 204-213.