

原子配列を模倣した双安定構造の有限要素法による力学特性最適化

Mechanical property optimization of atom-mimetic bistable metamaterial by finite element method

鐘ヶ江 壮介¹, 奥川 将行¹, 小泉 雄一郎¹

Sosuke KANEGAE¹, Masayuki OKUGAWA¹, Yuichiro KOIZUMI¹

¹大阪大学 大学院工学研究科

¹Graduate school of engineering, Osaka University

【Extended Abstract】

1. 多軸双安定メタマテリアル

本来発現しない特性を、格子構造の制御によって発現するメタマテリアルの研究が盛んに行われている。中でも安定な二つの状態間を可逆的に遷移可能なメタマテリアルは双安定 (Bistable) 構造と呼ばれ、形状記憶特性や超弾性を発現するため注目を集めている。これまでに多くの双安定構造が開発されているが、それらの多くが一方向の荷重にのみ双安定性を発揮する[1]。複雑な形状や複数方向からの荷重には適用できない。そこで、近年、多方向の荷重に対応できるような双安定構造が多く開発されている[2]。これまでに我々は、双安定構造を複数方向へ対応する構造として、結晶構造の対称性に着目した面心立方構造と双安定構造を組み合わせた構造を提案した[3]。図 1 に結晶構造の原子モデルおよび粉末床溶融結合により作製した多軸双安定構造を示す。この構造では、原子を模擬した球が面心立方構造の原子位置に配置され、原子間結合を模擬した梁が最近接球同士を結ぶ。図 2 に示される梁の太さ t 、球の半径 R 、最近接球間距離 a 、球面-梁間接触角度 ϕ 、四面体重心-梁中心間距離 k の 5 つの設計変数を用いて形状が決定される。本研究では、構造と力学特性の関係を明らかにすることを目的に、 R 、 a 、 ϕ および k を変数とした 1225 種類の構造体の飛び移り座屈 (スナップスルー) 挙動、双安定性、弾性率および臨界強度を有限要素シミュレーションによって調べた。また、機械学習モデルを用いて設計変数からの力学特性予測を行った。

2. 結論

多軸双安定構造の有限要素シミュレーションを行い、設計変数と力学特性との関係性を明らかにした。飛び移り座屈性は R と k に依存し、双安定性は a と k に依存した。球の半径 R が小さく、梁が真っ直ぐに近いほど飛び移り座屈しやすい。一方、最近接球間距離 a が小さく、梁が真っ直ぐに近いほど双安定になりやすい。弾性率および臨界強度は、 R および a とは負の相関、 ϕ とは非常に弱い相関、 k とは正の相関を持った。また、機械学習によって力学特性予測を行うと、決定係数 0.99 の精度で設計変数から力学特性を予測できた。

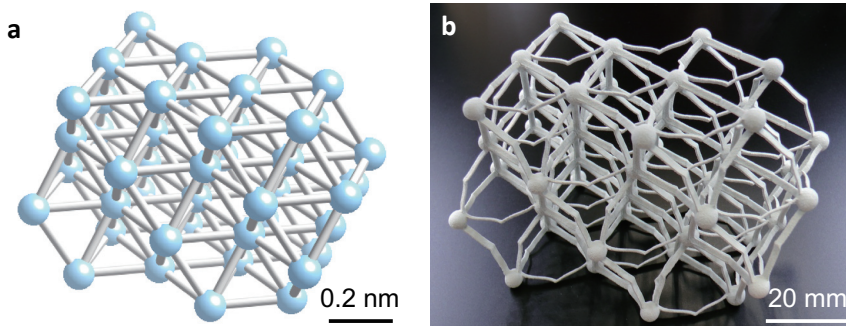


図 1 (a) 結晶構造の原子モデルおよび (b) 粉末床溶融結合により作製した多軸双安定構造。

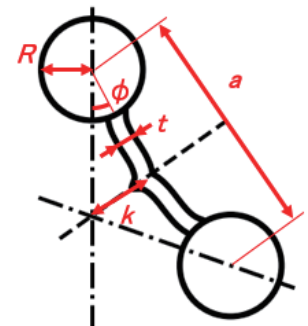


図 2 基本構造の設計パラメータ。

参考文献

- [1] D. Restrepo, N. D. Mankame, P. D. Zavattieri, "Phase transforming cellular materials", *Extreme Mechanics Letters*, **4**, pp.52-60 (2015).
- [2] C. S. Ha, R. S. Lakes, M. E. Plesha, "Cubic negative stiffness lattice structure for energy absorption: Numerical and experimental studies", *International Journal of Solids and Structures*, **178-179**, pp.127-135 (2019).
- [3] 鐘ヶ江壮介, 奥川将行, 小泉雄一郎, "3D プリントを活用した形状記憶・衝撃吸収メタマテリアル開発", *The Journal of 4D and Functional Fabrication*, **1**, pp.1-8 (2020).

