

バイメタルを使用した熱誘起相転移を示す格子構造の創製

Creation of Thermally induced phase transition lattice structure using bimetal

永山 隼¹, 鐘ヶ江 壮介¹, 奥川 将行¹, 小泉 雄一郎¹

Hayato NAGAYAMA¹, 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. Thermally Induced Phase Transforming Cellular Material (PXCM)

Phase Transforming Cellular Material (PXCM) は、一定以上の圧縮荷重が加わると曲り梁の部分が飛び移り座屈現象を発生させて大きく変位し、別の形状へ遷移する[1, 2]. また、圧縮後に除荷しても変形後の形状を維持し、かつ逆向きの変形で元の形状を回復する双安定性 (bistability) を示す. しかし、現状の PXCM は変形後に引張方向の応力を加えなければ、元の形状へと回復しない. 一方、熱膨張率の異なる 2 種類の金属を貼り合わせたバイメタルは、温度変化によって熱ひずみによる内部応力を発生し湾曲するという性質を持つ[3]. PXCM の一部にバイメタルを組み込めば、圧縮・引張荷重を加えたときに変形するだけでなく、加熱・冷却によっても形状が変化することが期待される. 本研究では、PXCM の曲がり梁にバイメタルを使用することで、圧縮変形後に温度変化によって形状を回復させ疑似的な形状記憶特性を発現する Thermally Induced PXCM (TIPXCM) を新たに作製した(図 1). TIPXCM は H 型梁, I 型梁, バイメタルの 3 つの要素で構成される. バイメタルは、たわんだ状態で H 型梁のノッチによって単純支持され、さらに I 型梁の一端のスリット部分にねじ止めされる. 本研究では、その TIPXCM の温度変化にともなう変形を高速カメラと画像解析ソフトを用いて測定し温度とひずみの関係を評価した.

2. 結果と結論

はじめに TIPXCM の 1/2 単位格子の加熱・冷却実験にて、温度とひずみの関係を求めた(図 2). 1/2 単位格子は、バイメタルのスナップにより、 -135°C で急速収縮、 167°C で急速膨張し、一般的な材料とは異なるメタマテリアルの特性を発現した. また、1/2 単位格子を多数繋げて TIPXCM として加熱すると、スナップスルーが段階的に発生した. 最初のスナップスルーをトリガーとして連鎖反動的に他の箇所が変形し、最終的に TIPXCM は 20% 以上のひずみを回復させた. これは Ti-Ni 形状記憶合金のひずみ回復量 7~8% の 2 倍以上と大きく、TIPXCM 特有の特性である.

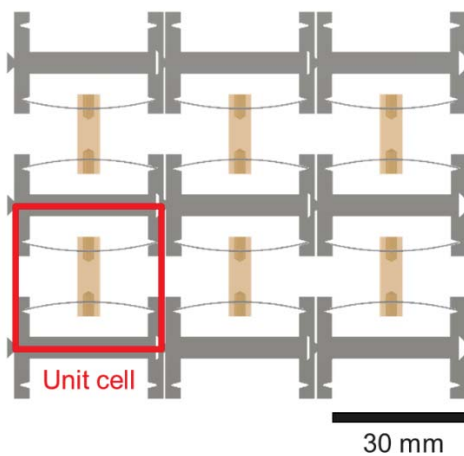


図 1. TIPXCM 模式図.

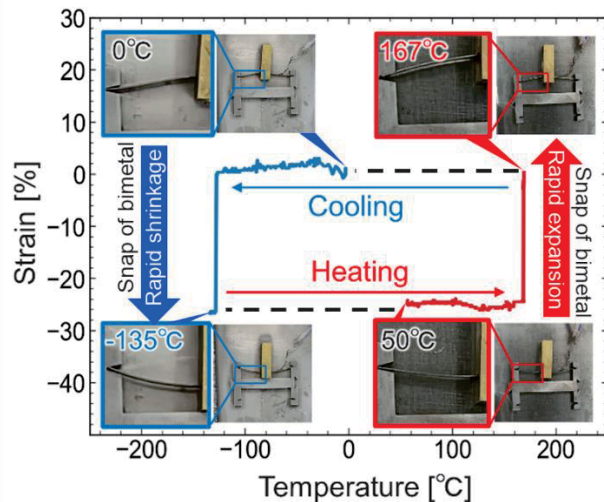


図 2. TIPXCM を加熱冷却した時の温度-ひずみ曲線.

参考文献

- [1] 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, **1**, pp.1-8 (2020).
- [2] D. Restrepo, N. D. Mankame, P. D. Zavattieri, “Phase transforming cellular materials”, Extreme Mechanics Letters, **4**, pp.52-60 (2015).
- [3] S. Timoshenko, “Analysis of Bi-Metal Thermostats”, Journal of the Optical Society of America, **11**, pp.233-255 (1925).