

(1 阪大・基礎工、2 阪大・基礎工(院)) ○垂水竜一¹、小林舜典²

軟質相と硬質相が層状構造をとった物質群を、洋菓子になぞらえてミルフィーユ構造(MF 構造)と呼ぶ。MF 構造の代表例として、LPSO 相を強化相とした Mg 合金が挙げられる。この合金は、圧縮応力下においてキンク変形と呼ばれる特異な塑性変形モードを示し、それに伴って材料強化が実現すると考えられている。このことは、キンク変形の導入による材料強化は必ずしも LPSO 型 Mg 合金に限られてはおらず、広く MF 構造を持つ他の物質群についても有効であることを示唆している。そのため、現在は MF 構造を持つ金属材料の探索とその力学特性評価に加えて、解析対象を高分子材料やセラミックス材料にまで広げた精力的な研究・開発が進められている。著者等の研究グループでは、これまで連続体力学を用いて金属材料中に生じるキンク変形の力学解析を進めてきた。金属材料におけるキンク形成モデルとしては、転位論を基にした Hess-Barrett モデルが知られている。このモデルは、正負の刃状転位対を二列に並べることで回転角の異なる小傾角粒界対を作り、その間をキンクバンドとして捉えたものである。Hess-Barrett モデルは定性的かつ現象論的にキンク変形の形態を説明するものの、キンクバンドを中心として生じる内部応力場や、それが後続の転位運動に与える力学的な影響については議論が進んでいない。そこで本研究では、Hess-Barrett モデルを解析対象として設定し、刃状転位対の形成する力学場を連続体力学に基づいて数値解析することによって、キンク変形の形態と力学場を明らかにすることを目的とする。金属材料中の転位はすべり変形の境界線上に存在する原子レベルの格子欠陥である。そのため、連続体力学を用いて転位のモデリングを行う際には、バーガースベクトルを基準としたすべり変形の不連続性を考慮する必要がある。本研究では XIGA (eXtended IsoGeometric Analysis) と呼ばれる手法を用いて転位のモデリングと解析を行った。XIGA は弾性体の応力平衡方程式に対する数値計算法の一つであり、NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) 関数を基底関数とした Galerkin 法による弱形式解析を行うものである。数値計算に用いた基底関数の数は約 2,000 万であり、計算は阪大・サイバーメディアセンター設置のスーパーコンピュータ OCTOPUS を用いて行った。Fig. 1 にこの解析により得られたキンク変形の形態と、刃状転位対によって生じる内部応力場を示す。図より明らかなように、弾性体中に挿入した 4 本の刃状転位対の周辺には大きな局所応力場が生じているが、弾性体全体としての形状変化を見ると転位列の位置には折れ曲がり、すなわちキンク変形が誘導されている様子が確認できる。この結果は、Hess-Barrett モデルが定性的・現象論的な議論に留まらず、キンク変形の形態や力学場を定量的に説明する上で有効であることを示唆している。

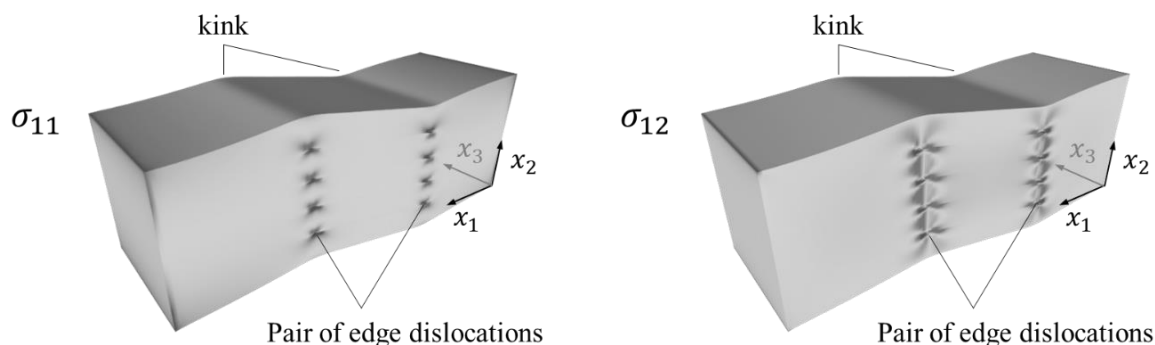


Fig. 1: Stress distribution obtained from the numerical analysis. Four pairs of dislocations are inserted into the middle part of elastic medium. Localized stress field around the dislocations generates macroscopic kink deformation.