

氏名	LIDYANA BINTI ROSLAN
授与学位	博士(工学)
学位記番号	博甲第156号
学位授与年月日	平成29年3月17日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
学位論文題目	Elasto-plastic deformation analyses of the interaction of colony structures in the microstructure of pearlite steels (パーライト鋼の微視組織におけるコロニー間の相互作用に関する弾塑性変形解析)
論文審査委員	主査 教授 大橋 鉄也 教授 柴野 純一 教授 南 尚嗣 准教授 ウラ シャリフ 准教授 佐藤 満弘

学位論文内容の要旨

パーライト鋼は強度と靱性に優れるため、橋梁のケーブルワイヤなどの構造材料として広く利用されている。その優れた性質はパーライト鋼の微視組織に由来する。パーライト鋼の微視組織は、高強度であるが脆いセメンタイトと低強度であるが延性を持つフェライトが交互に積層した構造である。セメンタイト層の配向方向が同じ領域をコロニーと言い、パーライト鋼の微視組織は多数のコロニーで構成されている。パーライト鋼の強度が積層構造に影響され、延性がコロニー構造に影響されることが実験により知られてきた。すなわち、サブミクロン寸法のフェライトが高い応力を担う一方、コロニー中のセメンタイトは塑性変形していることが観察された。しかし、このようなことが生ずる具体的なメカニズムはまだ十分に解明されていない。本研究では、積層構造を持つコロニーの弾塑性変形の詳細を検討する。

パーライト鋼の弾塑性変形は古典的な弾塑性論に基づいた有限要素法を用いて解析した。これまでの研究では、単体セメンタイトがフェライトに積層すると、セメンタイト層内に生ずるひずみ・応力の集中が抑制され、セメンタイトの塑性変形が安定化することが分かった。フェライト層の寸法がサブミクロンオーダーであることもセメンタイトの塑性変形の安定化に貢献する。コロニー構造では、隣接しているコロニー内の積層の配向方向の組み合わせによって、コロニーの界面近傍やコロニー内に生ずるひずみが異なることが分かった。実験ではコロニー配向方向は表面でしか観察できないため、同じような配向方向を持つコロニーでもひずみ分布が異なる場合もある理由は十分に説明できない。近年、コロニーの三次元的な構造が観察され、奥行き方向に傾いているセメンタイト層が確認できた。本研究では、二次元・三次元のコロニーモデルを構築し、その変形を解析した。その結果、フェライトの加工硬化能と塑性流動応力が高くなるとセメンタイトの塑性変形を安定化することが分かった。また、積層方向が引張方向に平行であると、コロニーの塑性流動応力は最も高くなり、引張方向に45°傾くと、塑性流動応力は最も低くなる。すなわち、積層の配向方向は単体コロニーの変形特性に大きく影響する。また積層の配向方向によって、コロニーの変形の異方性の生じ方が大きく異なる。隣接しているコロニーの塑性流動応力の差が高い場合もしくは変形の異方性の違いによってコロニー界面にひずみ・応力集中が生ずることが確認できた。つまり、コロニー構造の集合体であるパーライト鋼微視組織の弾塑性変形はコロニー間の相互作用にも影響されることが分かった。(1082文字)

論文審査結果の要旨

パーライト鋼は高い強度と延性を併せ持つため産業界で広く利用されている。このような力学特性は、極めて高強度であるが脆いセメンタイトと、低強度ながら延性に富むフェライトがnmオーダーで積層するパーライト鋼の微視組織に由来する。微視組織にはさらに、フェライト・セメンタイトの積層方向が揃ったコロニーおよびブロックと呼ばれる領域からなる、より大きな寸法を持つ構造があり、パーライト鋼の強度特性の発現機構を理解するためにはマルチスケールに渡る構造に生ずる塑性変形挙動を解明する必要があった。

本論文は上述の微視組織に生ずる変形挙動を古典的弾塑性変形理論を用いて数値的に検討したものである。本論文の前半では、単体では脆く塑性変形しないセメンタイトが微細な積層構造中で安定して塑性変形が可能となる条件が検討され、その条件は軟質層であるフェライトの加工硬化能が十分高いことであることが示された。積層構造中でフェライトの加工硬化能が上昇する機構は、本論文とは別に最近詳細な検討が加えられた。本論文の後半では単体コロニーの積層配向と力学応答特性の関係、コロニー間の力学的相互作用とコロニー界面近傍における変形集中の様相などが検討されており、その結果は共同研究機関において実験的に観察された結果と概ね良く一致していた。

すなわち本論文はこれまで実験観察的な検討がほとんどであったパーライト鋼微視組織における変形機構の幾つかを数値的な手法を用いて明らかにしたもので、学術的価値は高く博士後期課程学位論文としての価値が十分であると認められる。