



Title	動的・大変形下での構造用鋼の破壊挙動に及ぼすミクロ組織形態の影響に関する研究
Author(s)	石川, 信行
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43193
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	石川信行
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16412 号
学位授与年月日	平成13年4月27日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	動的・大変形下での構造用鋼の破壊挙動に及ぼすマイクロ組織形態の影響に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 豊田 政男
	(副査) 教授 小林紘二郎 教授 座古 勝 教授 西本 和俊

論文内容の要旨

本論文は大規模地震に対する構造用鋼材の耐震安全性を高めるための材質設計指針を得ることを目的として、動的荷重下または大歪変形下での鋼材の破壊挙動を解明すると共に、望ましいマイクロ組織形態のあり方を検討したものである。研究の対象とする破壊現象として、大きな塑性歪を伴う動的・繰返し荷重による延性き裂の発生・成長、更には脆性破壊への遷移挙動に注目し、実験及び有限要素法を用いた応力・歪解析を行い、MnS 介在物やパーライト分率などの組織因子と破壊挙動との関連性を解明し、材料開発の方向性に関する基礎的知見を得ている。

本論文は全8章より構成されており、その内容は以下の通りである。

第1章は緒論であり、近年の地震被害で見られた構造用鋼材の脆性破壊の原因、更には動的負荷または大歪変形を受ける場合の構造用鋼材の変形・破壊挙動に関するこれまでの研究を概説し、構造用鋼材の耐震安全性を高めるための課題の抽出と本研究の目的を示している。

第2章では、鋼材の動的載荷における基本的材料特性を定量化する目的から、広範囲な強度範囲の構造用鋼材の引張特性に及ぼす動的負荷の影響を明らかにし、歪速度・温度パラメータ R を用い任意温度・任意歪速度での鋼材の応力-歪関係が簡易に評価できるような定式化を行っている。

第3章では、動的荷重下での構造用鋼材の延性脆性遷移挙動を調査し、切欠き延性の高い鋼材は動的荷重時の温度上昇のため延性脆性遷移温度が上昇しないことを明らかにし、鋼材の介在物量の低減が脆性破壊遷移温度の低下に有効であることを明らかにしている。

第4章では、切欠き付丸棒試験片を用いた単調及び繰返し載荷実験を行い、延性き裂発生は試験片内部発生型と表面発生型の二つがあり、そのき裂発生位置における応力・歪についての有限要素法による数値解析を実施して、単調載荷あるいは繰返し載荷での延性き裂の発生限界特性、更にそれに及ぼす鋼材組織の影響などについて検討を行っている。

第5章では、延性き裂発生後の繰返し負荷によるき裂進展挙動に着目し、各種マイクロ組織を持つ鋼材の切欠き付丸棒試験片を用いた繰返し載荷実験におけるき裂進展挙動の観察から、き裂進展特性へのマイクロ組織の影響を明確にしている。

第6章では、延性き裂発生限界が負荷過程におけるポイドの発生・成長との関係を明確にするために、ダメージメカニクスに基づく Gurson モデルを適用した数値解析を実施し、延性き裂発生条件をポイド体積率の観点から評価

し、限界ポイド率に基づく評価の妥当性を明らかにすると共に、その限界ポイド体積率に及ぼすき裂発生部の応力三軸度と MnS 介在物の影響を明らかにしている。

第7章では、鋼材のパーライト分率及び組織伸展度の異なるフェライト・パーライト鋼を用いた切欠丸棒試験により、延性き裂発生限界に及ぼす組織の影響を実験的に解明すると共に、マイクロ組織形態をモデル化した解析手法によりき裂発生部の応力・歪状態またはポイド体積率と組織形態の関係を詳細に解析し、パーライト間隔などの制御の有効性など、耐震性に優れた鋼材開発への基本的考え方について議論を加えている。

第8章は総括であり、本研究の成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

兵庫県南部地震などでの鋼構造物の破壊事例から見ても耐震性に優れた構造と共に、その構造設計が活きる構造用鋼材の開発が望まれる。建築鉄骨に代表される鋼構造物での地震時における脆性破壊事例の多くは、応力集中部からの延性き裂発生・成長後に脆性破壊に遷移している。このような観点から、鋼材の延性き裂発生特性を明らかにすること、更には、そのき裂発生特性が材料のどのような組織因子に支配されるかを明確にすることは、材料開発の観点から重要なことである。本研究は、特に激震時に構造物に発生する延性き裂に注目し、その破壊限界に及ぼす材料的要因を明らかにすることで、耐震性に優れた構造用鋼材のあり方についての基礎的知見を得ようとするものである。

本論文での主たる新しい着目点と得られた結論をまとめると、

- (1)鋼材の動的載荷における延性脆性遷移挙動は、鋼材が破壊するまでの変形レベルに応じた変形による温度上昇の影響が大きく、その挙動が温度・歪速度パラメーター R によって支配されることを広範囲な強度レベルを持つ鋼材を用いて実験的に示し、更に、その遷移挙動が鋼材の介在物量の影響を大きく受けることを明らかにし、材料開発に向けた基礎的知見を得ている。
- (2)応力集中源を持つ鋼材の延性き裂発生は、き裂が材料の内部から発生する場合と、材料の表面から発生するときの二つの場合があり、そのような場合の延性き裂発生限界評価には、従来から用いられている塑性歪と応力多軸度に注目した二パラメータクライテリオンを、単純に適用するには問題が生じることを明確にし、鋼材の変形によるポイドの成長や変形による新たな二次ポイド生成を考慮した評価の必要性を総合的に指摘している。
- (3)大変形下における応力・歪挙動の解析には、ポイドの発生・成長の評価できる Gurson モデルに基づく解析が重要であることを考察し、更に、試験片内部き裂発生支配型の破壊と表面き裂発生支配型の二つの場合は、それぞれポイド成長支配型及び新たなポイド発生支配型に対応することなどを、Gurson モデルを用いた解析によって明らかにするとともに、限界ポイド率を指標とすることで統一的に評価できることを新しく明確にしている。
- (4)更に、フェライト・パーライト二相組織鋼を取り上げ、MnS の形状、パーライトの分率と間隔の二次ポイドの発生挙動への影響について、Voronoi 型単位セルモデルを用いた数値解析手法を適用して考察し、マイクロ組織形態の変化がポイド発生限界に及ぼす影響についての基礎的知見と、それらを評価するための手法について明確にしている。

以上のように、本論文では、地震時のような大変形・動的・繰返し載荷を受けるときの、構造用鋼材の延性き裂発生限界評価と、延性き裂発生限界へのマイクロ組織形態の影響についての知見を得ている。更に、破壊特性評価へのマイクロ組織のモデル化手法とその注目すべき指標について明らかにすると共に、今後の鋼材開発に一つの指針を与えている。その成果は、材料生産工学、あるいは材料強度学などの発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。