OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	大変形繰返し荷重を受ける鋼製橋脚隅角部の延性破壊発生限界評価に関する研究
Author(s)	安田, 修
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1804
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【50】

氏名	安田（やすだ） 修（おさむ）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 18165 号
学位授与年月日	平成15年9月30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	**大変形繰返し荷重を受ける鋼製橋脚隅角部の延性破壊発生限界評価に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教授 豊田 政男 （副査） 教授 塵古 勝　教授 南 二三吉　教授 金 裕哲

論文内容の要旨

激震時に社会基盤構造物の破損・破壊が生じないようにすることは、安心・安全な生活環境確保にとって必要不可欠な課題である。本論文では、鋼製橋脚を取り上げ、兵庫県南部地震などでの破壊事例に鑑みて、橋脚にとって重要な部位の隅角部を対象として取り上げ、その実例における破壊機構からみた破壊防止を目指したものである。特に、地震時に繰り返し載荷をうける構造部位からの延性亀裂発生特性の重要性に注目し、延性亀裂発生限界評価の新しい概念に基づくクライテリオンの提案とそれを適用した小型試験片による結果を用いた定量的評価手法の確立を目的とした検討を行っている。

本論文は8章から構成されている。

第1章は緒言であり、本研究の背景および研究目的について述べている。

第2章では、大地震時に鋼製橋脚隅角部が受ける大変形繰返し荷重によって、構造用鋼およびその溶接部の材質特性の変化を実験によって確認し、予歪を受けた鋼材の硬さ、耐力、エネルギー遷移温度などは鋼材の初期特性値から変化すること、また、日本溶接協会基準 WES2808 などですでに明らかにされている予歪による材質特性予測式が、繰り返し載荷においても適用できることを示している。

第3章では、実構造部材ではこれまで検討が不十分であった応力・歪集中部表面からの延性亀裂発生挙動を明確にするため、円周切欠き付き丸棒引張試験片により、亀裂発生部の応力・歪場が延性亀裂に及ぼす影響について実験・観察を行い、延性亀裂の発生部位が同じであれば、鋼素材と予歪材とにおいて、延性亀裂発生挙動も同じであることなどを明らかにしている。

第4章では、繰り返し載荷を受ける場合には、バウシンガー効果を考慮することが重要であることを指摘し、それを考慮した材料構成式を導入するための複合硬化則の決定手法を提案し、それに基づいた弾塑性 FEM 解析を実施している。その結果を用いて、延性亀裂発生領域における相当塑性歪と応力多軸度の2パラメータにより延性亀裂発生限界評価を行っている。この複合硬化則に基づいた解析のより、複数回の繰返し荷重下での部材の応力・歪挙動も精度よく評価でき、提案する構成式の適用性を検証するとともに、その解析を適用しても、予歪材の延性亀裂発生限界評価には、繰り返し載荷過程での全塑性歪の累積が延性亀裂発生に寄与するとした単純な損傷概念では適切ではないことを明らかにし、新しい概念の導入が必要であることを指摘している。

第5章では、前章の基本試験に加えて、実構造の応力・歪集中部を模した三点曲げを受ける小型十字型試験片を対象として取り上げ、この場合にも、複合硬化則を適用した FEM 解析によって、その応力・歪挙動は精度よく評価で

きるものの、４章と同様に、繰返し載荷過程での累積全塑性歪が延性亀裂発生をもたらす材料損傷には必ずしも寄与しないことを明らかにしている。

第６章では、繰り返し載荷を受ける材料の延性亀裂発生限界条件を新しく検討することを目的として行った、砂時計型試験片および小型十字型試験片を用いた実験結果に対して、繰り返し過程での延性亀裂発生限界に寄与する歪についての考察から、有効損傷概念に基づいて決定される有効相当塑性歪を用いる評価手法を新しく提案し、繰返し歪付与材に対して適用可能な延性亀裂発生クライテリオンとなることを実証している。

第７章では、実構造を模した比較的大型の隅角部摸擬試験体を用いた実験と、それに対して複合硬化則を用いた繰返し載荷 FEM 角晰を実施し、前章で新しく有効損傷概念に基づいて提案した拡張２パラメータ延性亀裂発生クライテリオンを適用することにより、摸擬試験体の延性亀裂発生時の載荷サイクルだけでなく限界変位もよい精度で予測できることを実証している。更に、隅角部ウェブにフィレットを設けるなどの構造設計条件を変えた場合にも、拡張２パラメータ延性亀裂発生クライテリオンを適用し、従来のフィレット無しの構造に比べて大幅に延性亀裂発生抵抗の向上が図れることなど工業的応用の可能性をも考察している。

第８章では、本研究で得られた結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

大地震時においても生活基盤構造である橋梁が大きな損傷を受けないようにすることは重要である。そのような観点から本論文では鋼製橋脚を取り上げ、その不安定損傷防止のための基礎的な検討を行っている。橋梁橋脚隅角部のような構造的不連続では、激震時に大きな塑性歪の繰り返しを受けるため、その場合の破壊特性の評価の重要性を指摘するとともに、繰り返し大変形を受ける場合の延性亀裂発生限界評価には従来提案手法では評価できないことを示し、新しい損傷概念の導入の必要性を明らかにしている。そのような考察のもと、本論文では、繰り返し載荷での応力・歪の解析手法の検討とそれを用いた延性亀裂発生限界に寄与する損傷歪の考え方を新しく提案し、その工学的適用について新しい知見を得ている。

本論文での主たる着目点と得られた結論をまとめると、

⑴繰り返し載荷、特に正負交番の繰り返しを受ける場合の構造的応力・歪集中部からの変形挙動の評価には、繰り返し載荷による鋼材のバウシンガー効果を考慮することが不可欠であり、大きな塑性歪の繰り返しを受ける場合のバウシンガー効果を考慮した材料構成式を導入するための複合硬化則の決定手法を提案して、それに基づいた弾塑性 FEM 解析を実施するとともに、その適用性について正負交番の大歪繰り返し試験によって実証している。

⑵延性亀裂発生限界評価は従来から亀裂発生位置での全相当塑性歪量とその位置での応力多軸度の２つのパラメータを用いた評価手法が提案されているが、繰り返し載荷を受ける場合の延性亀裂発生限界評価には、繰り返し載荷過程での全塑性歪の累積値が延性亀裂発生に寄与するとした単純な損傷概念は適切ではないことを実験とその応力・歪場の数値解析により明らかにし、新しい概念の導入が必要であることを明らかにしている。

⑶応力・歪集中場から繰り返し載荷による延性亀裂発生限界挙動の詳細な実験検討と転位挙動に基づく材料学的な検討から、繰り返し過程での延性亀裂発生に寄与する歪量について考察して新しく有効損傷概念を提案し、それに基づいて決定される有効相当塑性歪の累積値を用いる評価手法を適用すれば、繰返し大歪付与材に対しても適用可能な一般化された延性亀裂発生クライテリオンとなることを実証している。

⑷有効損傷概念を用いて一般化された２パラメータ延性亀裂発生クライテリオンが、実構造を模した比較的大型の隅角部模擬試験体に対する実験での延性亀裂発生限界評価にも適用できることを示すとともに、破壊抵抗を大きくするための橋脚隅角部の詳細構造設計に適用できることを実証し、提案手法の工業的応用の可能性を示している。

以上のように、本論文では、橋梁隅角部からの延性亀裂発生限界評価を取り上げ、地震時のように繰り返し載荷を受ける場合の限界評価に、新しい概念に基づく限界評価基準を提案しているが、ここで提案された新しい評価基準に基づく基本概念は鋼構造の耐震性向上のための詳細設計などにも適用できるなど、その成果は、構造工学あるいは構造生産工学などの発展に寄与するところが大である。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。