

審査の結果の要旨

氏 名 周 志 光

本論文は、鉄骨柱—梁溶接接合部の破壊性能を主として破壊までの塑性変形能力の観点から考究したもので、地震時のランダムな変形履歴での破断変形能力を定量化した点に耐震工学上の重要な成果がある。本論文は、本文 10 章と付録から構成されている。

第 1 章では、本研究の目的と既往の研究が整理されている。1995 年兵庫県南部地震で鉄骨の脆性破壊が我が国の工学史上初めて報告されて以来、この問題について多くの実験的研究が行われてきたが、地震時のランダム振幅過程を含め、変形履歴が破断に及ぼす影響については未知のままであることが指摘されている。その大きな理由は、溶接を伴う接合部の破壊現象の実験的再現において非常に大きなばらつきが内在するためであると分析している。

第 2 章では、ノッチを有する鋼材の弾塑性状態、特に、破壊に大きな影響を与える応力三軸度と塑性ひずみの関係曲線に対して、マイクロボイドの影響を数値的に検討している。マイクロボイドを考慮する解析では Gurson - Tvergaard - Needleman モデル (GTN モデル) が使用されている。その結果、破壊が起動する最大耐力点までは、マイクロボイドの成長は応力三軸度—塑性ひずみ曲線にほとんど影響を与えないことが明らかとなった。このことは、従来から行われてきたボイドを考慮しない解析が十分有用であることを示したと同時に、本論文で行う鉄骨柱—梁溶接接合部においてもボイドを考慮しない解析が通用することを予め明らかにした。

第 3 章では、鉄骨柱—梁溶接接合部の実態調査の方法と結果が述べられている。実機の溶接接合部からサンプルを採取し、そこに存在する幾何学的不連続性 (形状ノッチ) および材質的不連続性 (材質ノッチ) をそれぞれ光学顕微鏡およびビッカース硬さ計で計測した。

第 4 章では、第 3 章で得た実機接合部の形状ノッチと材質ノッチの測定データを用いてノッチ部の応力解析を行い、ノッチ周辺の応力三軸度と塑性ひずみの関係が類型化されている。

第5章では、第4章で明らかとなった実機の鉄骨溶接接合部の応力ひずみ状態を再現しうる相似試験体の設計について記述されている。相似試験体は母材から製作するもので、溶接を伴わないため、溶接に起因する不確定要因を排除することができる。ただし、相似試験体に設ける人工ノッチの先端周辺の応力ひずみ状態は、実機溶接接合部のそれと同等にする必要がある。数値的な試行錯誤により、3種類の相似試験体を設計することができた。

第6章では、相似試験体のうちV型ノッチ曲げ試験体およびU型ノッチ曲げ試験体の破壊実験の結果がまとめられている。与えた変形履歴は、単調載荷、一定振幅載荷、振幅を規則的に変化させた載荷、および地震時の建物応答から模擬したランダム載荷である。

第7章では、相似試験体のうちU型ノッチ丸棒軸力材の破壊実験の結果がまとめられている。ここでは試験温度を変化させた実験も行っている。

第8章では、第6章および第7章の相似試験体の実験結果に基づいて破断変形能力の考察が行われている。まず、一定振幅の場合には従来から知られている破断履歴の相似則が成立することを確認している。次に、振幅が一定の傾向で変化する場合、および地震時の応答変位を模擬したランダム振幅の場合について種々の評価方法の適用性を検討し、もっとも精度の高い評価方法として、正側と負側の塑性ひずみエネルギー率の大きいほうをもって累積損傷とすることを提案している。

第9章では、相似試験体の実験結果のうち、破断面の考察が行われている。破断面は延性破面と脆性破面に区分され、また延性亀裂の深さを調査している。これにより、延性破面率と破断変形能力には正の相関があることを確認している。

第10章では、本研究の結論と今後の課題が述べられている。

本論文には5つの付録が付されている。付録Aでは本文第2章で行ったマイクロボイドの影響に関する詳細な数値解析結果、付録Bでは本文第3および第4章で行った実機溶接接合部の実態調査結果とその数値解析モデル、付録Cでは相似試験体の設計図、付録Dでは曲げ相似試験体の実験データ、付録Eでは丸棒相似試験体の実験データが整理されている。

以上のように、本論文では鉄骨構造物の耐震設計において今まで明らかにされていなかった破断変形能力に対する変形履歴の影響を定量的に評価する手法を確立した点が高く評価される。また、鉄骨柱—梁溶接接合部の実態に基づく相似試験体の破壊実験と数値解析による現象分析など今まで試みられなかった研究手法で成果を生み出したことも特筆に値する。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。