

京都大学	博士（工学）	氏名	澤本 佳和
論文題目	繰り返し変位履歴を受ける梁端溶接接合部の延性破断を考慮した変形能力評価		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、建築骨組構造で用いられる鋼材料と鋼部材を対象として、陽解法に基づく弾塑性有限要素解析により、延性き裂発生に起因する鋼材破断に関する変形能力を、ひずみ速度や破壊靱性の影響を考慮して評価する方法と、正負交番繰り返し荷重を受ける場合での局部座屈と延性破壊を考慮した変形能力評価手法を提案したものであり、7章からなっている。各章の要旨は以下のとおりである。</p> <p>第1章は序論であり、鋼材の延性破断と鋼部材の変形能力評価に関するこれまでの研究と、現状での問題点をまとめるとともに、本論文の目的と構成を示している。</p> <p>第2章では、応力集中係数、ひずみ速度および破壊靱性（シャルピー衝撃値）への依存性を考慮した応力・ひずみ関係のモデルを提案し、衝撃荷重や単調載荷荷重の下での鋼材の延性き裂発生に起因する破断現象の弾塑性有限要素解析を行い、提案モデルを用いた変形能力評価手法の妥当性を検証している。応力集中に関しては、応力集中係数と破断時断面収縮率の近似関係式を評価して、破断ひずみを低減し、ひずみ速度に関しては、降伏点や引張強度等の鋼素材特性とひずみ速度との近似関係式を評価して、既往実験結果の破断伸びに関する傾向をシミュレート可能としている。さらに、破壊靱性に関しては、エネルギー塑性率を定義することにより、計装化シャルピー試験から得られるシャルピー衝撃値とエネルギー塑性率との間に線形関係が成立することを明らかにし、シャルピー衝撃値を表現できる物理量として局所破断塑性率を新しく定義して、シャルピー衝撃値が局所破断塑性率の2次関数として表現できることを弾塑性有限要素解析によって示している。以上の検討結果を用いて、ノッチ付き梁の静的および衝撃載荷実験の解析を実施し、実験結果を良好にシミュレートできることを確認することにより、提案した評価手法の妥当性を検証している。</p> <p>第3章では、第2章で提案した評価手法を用いて、工場溶接形式（梁ウェブ溶接形式）の角形鋼管柱とH形梁接合部における変形能力を簡易に評価できる手法を提案し、既往の実験結果と比較することで提案手法の妥当性を検証している。まず、弾塑性有限要素解析により、工場溶接形式の角形鋼管柱とH形梁接合部のスカラップ底からき裂が入り、梁フランジが破断する終局状態までの挙動を再現できることを確認している。次に、変形能力に影響を及ぼす因子として、梁のせん断スパン比、梁フランジの降伏比と幅厚比を想定してパラメータスタディを行い、最大荷重時の骨格曲線における塑性変形倍率および梁の最大変形能力を発揮する必要シャルピー値の評価式を導出している。さらに、既往の実験での塑性変形倍率との比較により、提案した評価式を用いて変形能力を概ね評価でき、評価式に2/3を乗じることで溶接管理を行っている実験結果を安全側に評価できることを示している。</p> <p>第4章では、低サイクル疲労から単調載荷までを考慮した損傷モデルと、それに基づく弾塑性有限要素解析による梁端溶接部の変形能力を評価する手法を提案し、実験のシミュレーションにより提案した手法の妥当性を検証している。まず、梁フランジ・ウェブの一部を模擬した一定振幅繰り返し荷重を含む要素実験および正負交番漸増繰り返し荷重を受ける部分骨組実験のシミュレーションを実施し、提案した損傷モデルを用いて、延性破壊が支配的な状況でのき裂発生および進展と、それにとまなう荷重低下を高精度で模擬できることを示している。次に、部分骨組実験の解析結果から、局部座屈と破断が併発するような状況も表現可能であり、シェル要素を用いた解析によって、</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	澤本 佳和
<p>ソリッド要素と同様にき裂の発生、進展と荷重低下を模擬できることを示している。さらに、部分骨組モデルの一定振幅繰り返し載荷の解析を行い、梁ウェブの曲げモーメント伝達効率が低いケースについて、既往の評価曲線と適合する性能曲線を得ている。</p> <p>第5章では、第4章で提案した損傷モデルを拡張して、梁端フランジ破断後の再接触も考慮したモデルを提案し、要素実験と部分骨組実験の解析により提案したモデルの妥当性を検証している。まず、要素実験での単調載荷および一定振幅繰り返し載荷の解析をシェル要素とソリッド要素を用いて実施した結果、シェル要素の方がき裂の発生と進展を精度良く模擬できることを明らかにしている。また、シェル要素を用いた解析において、第4章で提案した損傷モデルに破断後の再接触を考慮したモデルを加えて、き裂の発生と進展を高精度で模擬し、部分骨組において局部座屈と破断が併発するような状況を再現可能であることを示している。さらに、部分骨組の一定振幅繰り返し載荷のシミュレーションを行った結果、提案した評価手法により、スカラップ形状等の梁端ディテールの影響も含めた性能を評価できることを明らかにしている。</p> <p>第6章では、梁端破断により決定される繰り返し載荷性能への局部座屈の影響について、第5章で提案した評価手法を用いてパラメータスタディを実施し、ウェブが薄い鉄骨梁を設計する上での新たな知見を得ている。梁ウェブ厚をパラメータとした部分骨組の定振幅繰り返し載荷の解析により急激な荷重低下を再現し、とくに梁ウェブが薄く塑性率振幅が大きい場合には、梁端破断が発生する前に局部座屈によって急激に荷重が低下するため、変形能力評価において局部座屈とき裂進展の複合的な影響を考慮する必要があることを明らかにしている。</p> <p>第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

氏名	澤本 佳和
----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本論文では、建築骨組構造で用いられる鋼材料と鋼部材を対象として、陽解法に基づく弾塑性有限要素解析により、延性き裂発生に起因する鋼材破断に関する変形能力を評価する方法と、繰り返し荷重を受ける場合での局部座屈と延性破壊を考慮した変形能力評価手法を提案している。以下、その内容と得られた結果を記す。

(1) 衝撃荷重や単調載荷荷重を受ける場合のように、主としてひずみが単調に増加する場合を想定し、鋼材破断に対する応力集中係数、ひずみ速度および破壊靱性の影響に関する簡易評価法を提案した。また、延性き裂発生に起因する鋼材の破断現象を詳細な弾塑性有限要素法を用いてシミュレートすることにより、提案した評価法の妥当性を検証した。

(2) 上記(1)で提案した評価法を用い、鋼材の変形能力に影響を及ぼすと考えられる因子として、梁フランジ材の降伏比、梁フランジの幅厚比、溶接部のシャルピー衝撃値および梁部材のせん断スパン比を選定し、部材の破断解析をパラメトリックに実施した。得られた解析結果から変形能力評価の近似式を提案するとともに、既往の実験から得られた変形能力と比較して評価式の妥当性を検証した。

(3) 梁端接合部の変形能力を評価するため、低サイクル疲労から単調載荷まで適用可能な損傷モデルを提案した。また、梁端フランジ溶接部に特有な材料特性を与えて延性破壊を再現する解析に、梁の局部座屈の併発を考慮することで、梁端接合部の変形能力評価法を提案し、その妥当性を、既往の多数回繰り返し載荷実験のシミュレーションで検証した。

(4) 上記(3)のモデルに梁端フランジ溶接部破断後の再接触も考慮できるモデルを加えて、既往の多数回繰り返し実験のシミュレーションにより、その妥当性を検証した。また、梁ウェブが薄く局部座屈性状が梁端破断により決定される条件下での梁端接合部の多数回繰り返し性能について、パラメータスタディにより検討した。その結果、局部座屈と梁端フランジ溶接部の破断が併発するような状況を含めて、スカラップ形状などの梁端ディテールの影響を考慮して梁ウェブが薄い鉄骨梁を設計する上での新たな知見を得た。

本論文は、建築の鋼構造を対象として、局部座屈と延性破壊を考慮した変形能力評価法を提案したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年8月11日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。