

論文要旨

区分	甲	氏名 赤星拓哉
<p>論文題名 混合モードの影響を考慮した梁端溶接部の脆性破壊予測に関する研究</p> <p>論文の要旨 1995 年の兵庫県南部地震で建築構造物の脆性破壊が認識されて以降、有効な解決策が提示されないまま、わが国は毎年のように発生する大地震に晒されている。数々の技術が発展した現代においても、都市直下型の地震によって脆性破壊が発生する危険性は排除されていない。鋼構造建築物の設計は塑性変形によるエネルギー吸収能力に期待するものであり、主架構部材の靱性の確保が設計の大前提である。発生した瞬間に部材の耐力が零となる脆性破壊が起きてしまえば、構造設計による安全性の検討は根底から覆されることとなる。</p> <p>鋼構造建築物の破壊を対象としたものとして、長周期地震動を想定した繰り返し荷重下の疲労き裂進展に関する検証実験や評価法の提案がなされている。接合部の破壊防止については、溶接欠陥そのものの排除を目指した研究が行われ、一部実用化もされている。しかし、直下型地震を想定した建築物の大変形による脆性破壊を対象とした研究は、大きく進展したとは言い難い。溶接欠陥やスカラップ底から進展する延性き裂から転じる脆性破壊を防止するためには、適切な破壊評価手法が必要不可欠である。</p> <p>脆性破壊の評価についての知見は破壊力学の分野で蓄積されており、古くからの評価指標として J 積分値などが存在する。しかし破壊力学的手法によるパラメータは、大規模降伏状態以降の破壊を的確に評価することができない。要因として、大変形に伴う延性き裂の進展、材料試験片と実構造物の欠陥との塑性拘束の違いなどが挙げられる。Beremin は、破壊力学的手法に代わる破壊評価指標としてワイブル応力を提案した。ワイブル応力は塑性拘束の影響を受けないパラメータとされ、脆性破壊予測精度の向上が期待されている。建築構造に限らず脆性破壊は様々な分野で問題視されており、ワイブル応力を指標として用いることで、従来よりも精度よく破壊発生を予測できることが明らかとなってきた。</p> <p>一方、脆性破壊の発生はき裂先端の変形状態に影響されることも指摘されている。き裂の変形は、開口型のモード I、面内せん断型のモード II、面外せん断型のモード III の 3 種に分類される。脆性破壊の評価に使われる J 積分値やワイブル応力はモード I を対象とした指標であり、モード II や III の影響は考慮されていない。建築構造物の欠陥先端は複雑な変形状態にあり、き裂にはモード I、II、III が同時に作用する。加えて建築用鋼材は、十分に塑性変形し大変形に至るまで破壊を生じさせないという高い性能を要求される。複雑な応力状態となる鋼構造建築物の接合部を対象とする場合、混合モードの影響を考慮する必要があるが、有効な方法は見つかっていない。</p> <p>本論文では、モードの違いによる破壊予測困難性の解決のため、モード I とモード II の割合を定量化してワイブル応力による破壊予測を補正する、より適切な破壊予測手法を提案する。建築構造物において破壊の起点となる延性き裂は、モード I のみではなくモード II が卓越する状況下での進展も起こりうる。実際に著者らが行った実験では、モード II が強く作用するスカラップ底から延性き裂が進展</p>		

後に破断に至った例がある。このような破壊に従来のワイブル応力による破壊予測を行うと、大きく精度が低下することが分かった。

そこで本論文では、き裂のごく初期の変形から比較的簡便にモードの違いを定量化する手法として混合モード比を提案し、ワイブル応力による破壊予測の改良を試みた。混合モード比を用いた補正の結果予測精度は向上し、ほぼ全ての試験体で予測値は実験値から±20%以内の範囲に収斂した。微視的な破壊機構や複雑な変形の分析に踏み込まず比較的簡便に算出できる混合モード比を用いることで、実用上十分に有用な補正が可能であることが明らかとなった。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章は序論であり、鋼構造建築物の脆性破壊とその要因を説明し、脆性破壊の温度依存性や塑性拘束の影響を解決可能なワイブル応力の有効性と、モードの違いが加味できない問題について述べる。

第2章では破壊力学からローカルアプローチに至る脆性破壊に関する研究の流れを概観する。

第3章では破壊予測の対象とする角型鋼管柱-H型鋼梁の通しダイアフラム形式柱梁接合部を模擬した試験体の破断実験について整理する。多数の異なる予き裂を持つ試験体と2種類のスカラップを持つ試験体を作成し、大変形後の破壊を実験室で再現した。

第4章では試験体の有限要素解析による分析を行う。予き裂を持つ試験体についてはき裂先端に高いひずみ集中が見られ、既往の論文で示される延性き裂発生条件を満足していた。一方でスカラップ底からの破壊については、延性き裂の起点となりうる顕著な応力集中、ひずみ集中は見られなかった。特徴的な点としてスカラップ底の延性き裂発生個所にはせん断応力の集中が見られたことから、モード II の影響が卓越した状態で延性き裂が進展したものと考えられる。

第5章ではワイブル応力を用いた破壊予測の精度を検証する。高い精度の破壊予測結果となった試験体がある一方、モード II の影響が大きいと考えられる試験体については低い予測精度であった。

第6章では、混合モード比によりモードの違いを定量化する手法を提案し、より高い精度での破壊予測を試みる。モードの違いを加味した結果、破壊予測の精度が向上した。

第7章において全体を総括し、残る課題について言及する。