



柱梁接合部の弾塑性性状が鋼骨組の応答に及ぼす効果に関する研究

山成, 實

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1994-03-16

(Date of Publication)

2008-03-19

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1811

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3097034>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001811>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



| | | |
|----------------|--------------------------------|-------|
| 氏名・（本籍） | やま なり みのる 山 成 實 | （熊本県） |
| 博士の専攻 分野の名称 | 博 士（工 学） | |
| 学位記番号 | 博ろ第90号 | |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第2項該当 | |
| 学位授与の日付 | 平成6年3月16日 | |
| 学位論文題目 | 柱梁接合部の弾塑性性状が鋼骨組の応答に及ぼす効果に関する研究 | |

| | | | | |
|---------|-------------|----------|--|--|
| 審 査 委 員 | 主査 教授 金 谷 弘 | | | |
| | 教授 日下部 馨 | 教授 辻 文 三 | | |
| | 助教授 田 淵 基 嗣 | | | |

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、一般構造設計ではラーメン骨組の柱や梁部材を線材に抽象化しそれらの交差部は点として扱われるのに対し、実際の部材断面には広がりがあるために柱梁接合部の存在が無視できないことに焦点を当て、剛接合されないもしくは現行の接合部設計規準を満足しない接合部の剛性および強度が骨組の弾塑性挙動に及ぼす影響について実験的ならび解析的に検討し、より広い自由度をもつ接合部設計の可能性に関する研究を行なったものである。

本論文は9章で構成されている。

第1章では、接合部変形を考慮した骨組の解析方法の開発に関する歴史的背景を顧みて、本研究の目的および概要を述べた。

第2章では、鋼骨組中の接合部の変形ないし剛性および降伏耐力が骨組の静および動学的性能に及ぼす効果に関する既往の研究成果を総括し、今後の接合部設計法の方向性について述べた。

第3章では、ラーメン骨組における柱梁接合部の変形の本質を明確にし、接合部の変形を考慮した平面骨組の解析法を古典的解法の一つであるたわみ角法を発展させた拡張たわみ角法として提示した。

ラーメン骨組の柱梁接合部では十分な補鋼材を梁フランジ高さに配置しない限り、梁端力によって柱梁仕口には何らかの変形が生じることは避けられない。この変形を仕口の局部変形と呼ぶことにする。局部変形は主に梁材端の曲げモーメントによって生じ、外力が作用することで作用前の柱材と梁材の交角（通常は直角）が変化する。特に地震力などの水平外力の下では骨組の層変位を増大させる効果を生む。

また、柱材および梁材の交わる領域を接合部パネルと呼ぶ。接合部パネルは周辺の部材の曲げモーメントおよびせん断力によりせん断変形（形状変形）を生じる。この変形も局部変形と同様に水平外

力下の骨組の層間変位を増大させる。

以上の二つの接合部変形成分を接合部変形と捉え、現実的な部材断面を用いた外ダイアフラム接合部をもつラーメン骨組の解析を行ない、弾性範囲内での接合部変形が骨組の変形に及ぼす効果を明らかにした。

第4章では、局部変形が重要な変形要素になる柱に円形鋼管もしくは角形鋼管、梁にH形鋼を用いた外ダイアフラム補剛を施した接合部をもつ平面骨組の繰返し水平加力実験を行ない、接合部変形の骨組全体の変形挙動に及ぼす効果を実験によって検討した。

それぞれの実験骨組は実大骨組のおよそ二分の一の模型であり、柱梁接合部は主構造部材である柱材および梁材の全塑性曲げ耐力と同等以下とした。

実験結果から、弱く設計された接合部であるにも拘わらず、接合部は過大な繰返し塑性変形を受けても十分な変形性能をもつことが実証され、設計規準を満たさない接合部でも設計可能であることが示唆された。

第5章では、接合部パネルだけに着目し、第3章で述べた骨組の解析、角形鋼管接合部パネルの加力実験および非線形有限要素解析からパネルの非線形挙動および設計耐力について検討した。

接合部パネルの加力実験は角形鋼管を用いた作用力の方向を変化させた一方向単調載荷実験である。実在の骨組は立体構造物であるから接合部周りには直交梁の存在によって地震力下ではパネル断面には任意方向の曲げモーメントおよびせん断力が作用する。既往の研究では作用力が専らウェブ面に平行である場合のみを想定したものであり、面外力を受けた場合のパネルの力学的性能を検討した例は他に見当たらない。ここで述べた実験はその空白を埋める一助となるものである。実験から作用力の方向性がパネルの塑性耐力には敏感には影響しないことと、作用方向によってはパネルの崩壊モードの差異はあるものの十分な変形性能をもつことを実証した。

以上のパネルの優秀な変形性能あるいはエネルギー吸収能力を利用した骨組設計の道を開く可能性を述べ、接合部パネルの設計強度の適用範囲を静的骨組解析プログラムによる数値実験から求めた。

第6章では、柱梁仕口の変形挙動を有限要素法に基づく汎用構造解析プログラムを用いて実験結果を精度良く追跡できるモデリングについて検討した後に、実用の範囲を包含する広範な領域に亘る数値解析を行ない、外ダイアフラム接合部荷重-変形関係を線形域および非線形域の2本の直線で近似し、接合部変形を考慮した骨組の解析プログラムに組入れ易い表現で得た。

第7章では、柱梁仕口が最も苛酷な条件下に置かれる状態を実現できる直交梁をもつ隅柱部分骨組の繰返し加力実験を行ない、接合部の力学的性能を調べた。

実験骨組は角形鋼管柱接合部の補剛が外ダイアフラムおよび内ダイアフラム形式のそれぞれ1本ずつである。内ダイアフラム形式の骨組では互いに直交する梁部材のせいを同一とせず、せいの低い梁部材の下フランジ位置には内ダイアフラムを省いた弱くかつ柔らかい接合部を製作した。

外ダイアフラム接合部をもつ骨組の場合、過大な繰返し変形履歴にも早期崩壊は見られないことが得られた。ただし、損傷箇所が一箇所に集中することで平面骨組の場合より変形性能は劣ることが明らかになった。

内ダイアフラム接合部をもつ骨組の場合では、ダイアフラムを省いた仕口部に損傷が集中し降伏耐

力は劇的に低下するが、変形性能が劣ることはないことが明らかになった。

第8章では、接合部パネルのせん断変形および柱梁仕口の回転変形を考慮した重層骨組の地震応答解析法について述べ、接合部の強度および剛性を变化させた数多くのパラメトリックスタディを行ない、動的応答性状を調べた。

解析は建物の層数、地震波の種類を变化させると共に、骨組の接合部パネルおよび仕口それぞれの強度および剛性を広範囲に変化させて行なった。

接合部パネルの強度が柱および梁部材より低い場合がむしろ骨組の変位応答量が低下する結果を得た。このことより、静的解析で示した接合部パネルの設計用強度を支持することを明らかにした。

柱梁仕口を弱くすることで骨組は梁降伏型に似た応答性状を示し、保有耐力接合されない仕口でも動的応答結果から見れば設計可能であることを見出した。

第9章では、各章で得た結論を纏めた。

論文審査の結果の要旨

建築鋼構造物に多用されるラーメン骨組の耐震性能を評価するためには、柱・梁接合部の弾塑性挙動が骨組の応答性状に及ぼす影響を十分な精度で把握する必要がある。しかし、現在一般の構造設計では、骨組を線材架構にモデル化し、接合部は柱と梁が交差する点（剛節点あるいはピン節点）として解析され、その部分の剛性・耐力が骨組全体の弾塑性挙動に与える影響は無視されているので、骨組の力学的性状、とくに耐震性能について精密に評価されていない。

本論文は、この点に着目して、ラーメン骨組の柱・梁接合部の弾塑性挙動が骨組の応答性状に及ぼす影響について実験的ならびに解析的に検討するとともに、その検討結果を敷衍して、現行設計規準に規定されている保有耐力接合条件を満足しない接合部で構成された骨組でも十分な耐震性能をもちえる可能性を探ることを試みている。

論文は9章で構成されている。

第1章は序論で、接合部変形を考慮した骨組の解析方法の開発に関する歴史的背景をレビューして、研究の目的とその概要を述べている。

第2章では、接合部の剛性及び耐力が骨組の静的及び動的挙動に及ぼす効果に関する既往の研究成果を総括し、今後の接合部設計法の展開について述べ、本論文の位置付けを明らかにしている。

第3章では、ラーメン骨組における柱・梁接合部の変形要素を明確に分析して、接合部変形を考慮した平面骨組の解析法を古典的解法の一つであるたわみ角法を発展させ拡張たわみ角法として提示している。

すなわち、接合部変形を仕口の局部変形と接合部パネルのせん断変形に分離し、それぞれが柱あるいは梁部材端部の回転剛性に与える効果を定式化して、修正・拡張したたわみ角法の基本式を誘導している。そして、得られた解法を用いて現実的なラーメン骨組の弾性解析を行ない接合部変形が骨組全体の剛性に及ぼす効果を明らかにしている。

第4章では、接合部の局部変形が重要な変形要素になる鋼管柱を外ダイアフラムで補剛したラーメン骨組について、実構造物の約1/2サイズの接合部降伏先行型モデルによる静的繰返し加力実験を行なって、接合部が過大な繰返し塑性変形をうけても安定した復元力特性を示すことを実証し、現行

設計規準を満足しない接合部でも安全な設計が可能であることを示唆している。

第5章では、接合部パネルの変形に着目し、第3章で述べた骨組解析、角形鋼管柱接合部パネルの加力実験及び非線形有限要素解析を行ない、接合部パネルの弾塑性挙動及び設計耐力について検討している。

本章の加力実験では、実構造物が立体架構であることに着目して、接合部パネルが任意方向の曲げモーメントとせん断力をうける場合を想定したモデルについても実験がなされている。このタイプの加力実験は全く新しい形式の実験である。

これらの実験及び解析結果から、接合部パネルが優れたエネルギー吸収能力をもつことを明らかにするとともに、その性能を利用した骨組設計法の可能性が示されている。

第6章では、仕口の局部変形について有限要素法に基づく汎用構造解析プログラムで実験結果を精度良く追跡できるモデリングを検討し、それをを用いて広範な領域に亘る数値解析を行ない、仕口の荷重・変形関係を骨組解析プログラムに組み入れ易いバイリニヤー型で近似できることを示している。

第7章では、仕口が最も苛酷な条件下に置かれる隅柱接合部の部分架構実験を行ない、仕口の補剛形式と変形能力及び破壊モードの関係を明らかにしている。

第8章では、接合部変形を考慮した重層骨組の地震応答解析法について述べ、骨組の層数及び部材と接合部の剛性・強度比ならびに入力地震波の種類を変化させたパラメトリックスタディを行なって骨組の動的応答性状に与える接合部変形の影響を調べている。

その結果、接合部パネル強度比が低い場合のほうが骨組の応答変位が低下することを示し、第5章の静的解析で得られた結論が動的解析でも適用できることを明らかにしている。また、仕口の局部耐力を低くすることによって骨組は梁降伏型に似た応答性状を示すことが知られ、現行設計規準が規定しているような保有耐力接合となっていない仕口でも動的応答結果から観れば設計可能であることを見出している。

第9章では各章で得られた結論を纏めている。

本研究は、建築鋼構造物の設計上重要な課題であるラーメン骨組の静的及び動的応答性状に与える柱・梁接合部の弾塑性挙動の影響について、新しい解析手法を提案するとともに、実験による検証を行なって工学的に貴重な知見を提示しており価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者山成 實は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。

なお、学位に付記する専攻分野の名称は工学が適当と判断する。