

# 鉄骨鉄筋コンクリート造内部柱梁接合部の 終局せん断耐力に関する研究

## 学位論文内容の要旨

本研究は、合成構造、特に鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造の内部柱梁接合部を対象として、精度の高い接合部せん断耐力設計式の提案を目的に実験的および統計的に検討を行ったものである。

SRC 造柱梁接合部の設計法は既に日本建築学会 SRC 規準に示されているが、「接合部の構成要素の応力分担が明確になっていない。」「応力伝達メカニズムが十分に解明されていない」等の問題点が挙げられている。さらに、1995 年の兵庫県南部地震において SRC 造柱梁接合部の被害が初めて報告され、改めて SRC 造柱梁接合部の性能評価の重要性が認識された。以上のことから、本研究では接合部構成要素の負担せん断力の明確化、応力伝達機構の明確化を検討し、これに基づき精度の高い接合部終局せん断耐力評価式の提案を行った。

本論文は全 6 章からなり、その内容は以下に示す通りである。

第 1 章「緒論」では、研究の背景として合成構造および SRC 構造における柱梁接合部の設計法の歴史と特徴を概観し、コンクリート系合成構造 (SRC 造を含む) 柱梁接合部における応力伝達が極めて複雑であり、未だ応力伝達機構が明らかにされていないことを述べた。さらに、提案されている多種多様な接合部のディテールや設計手法について比較検討し、現時点での設計法における問題点を整理することにより、本論文の研究の目的と意義を示した。

第 2 章「SRC 造および合成構造柱梁接合部のせん断耐力に関するデータベースを用いた統計的検討」では、公表されている合成構造柱梁接合部の実験的研究論文から試験体のデータベースを作成し、既往の提案式や接合部構成要素の接合部せん断耐力に及ぼす影響について統計的な分析を行った。その結果、柱梁とも SRC 造および柱 SRC 梁 S 造については、SRC 規準式によるせん断耐力計算値は実験値を過小に評価する傾向があること、柱 RC 梁 S 造の場合、ふさぎ板のない接合部形式を対象とした設計式は、接合部鉄骨ウェブの形式の違いによって、実験値と計算値の対応に差が生じること、ふさぎ板の有る接合部を対象とした設計式およびふさぎ板の有無にかかわらず全形式を対象とした設計式については、計算値は実験値を過小に評価する傾向があることを明らかにした。さらに、柱梁接合部の終局せん断耐力に影響を及ぼすと思われる接合部構成要素と接合部終局せん断耐力との相関性の有無を明らかにした。最後に、重回帰分析法を用いて、接合部終局せん断耐力評価式を統計的に検討を行い、提案式を導いた。

第 3 章「SRC 造柱梁接合部の実験的検討」では、SRC 造柱梁接合部の構成要素の負担分や影響を明確にするために、SRC 造内部柱梁接合部を対象に縮小模型による加力実験を行い、破壊性状、復元力特性、接合部せん断耐力、変形性能について検討を行った。

接合部せん断破壊で終局に至るように計画した全ての試験体を用いて、接合部終局せん断耐力について、日本建築学会 SRC 規準式による計算値と実験値を比較すると、本実験

で用いた試験体のように H 形鋼を直交に組み合わせた十字形鉄骨断面を柱に用いた場合、計算値は実験値を過小に評価することを明らかにした。

第 4 章「SRC 造柱梁接合部の構成要素の負担せん断力に関する検討」では、SRC 造柱梁接合部における鉄骨構成要素のせん断力負担割合を明確にするために、第 3 章で実験的検討に用いた試験体のひずみゲージ計測データを用いて、分析を行った。まず、SRC 造柱梁接合部における鉄骨せん断抵抗要素を鉄骨ウェブ、直交フランジ、枠効果の 3 つと仮定して、各鉄骨構成要素の負担せん断力を算出するための分析用弾塑性力学モデルの検討を行った。各要素の負担せん断力は、SRC 試験体及びこれとは別に行った SRC 試験体に内蔵した鉄骨と同形状の純鉄骨試験体のそれぞれの鉄骨に貼付したひずみゲージの値を、上記の力学モデルに代入して算出した。次に、SRC 試験体における鉄骨構成要素の各負担分分析値を累加した鉄骨負担せん断力分析値と、純鉄骨試験体の接合部せん断力実験値、純鉄骨試験体における鉄骨構成要素の各負担分分析値を累加した鉄骨接合部せん断力分析値の 3 つを比較することにより、分析方法の妥当性を検討した。その結果、SRC 試験体における分析値と純鉄骨試験体の実験値および分析値の推移にほとんど差はみられないため、分析値の妥当性と SRC 造における接合部せん断力の鉄骨負担分は、接合部ウェブ、直交フランジ、鉄骨フランジによる枠効果の 3 要素で評価できることを明らかにした。

第 5 章「SRC 造柱梁接合部終局せん断耐力時の応力伝達機構の推定およびせん断耐力評価式の提案」では、第 3 章における実験結果および第 4 章における鉄骨部の各構成要素負担せん断力算出の結果から、SRC 造柱梁接合部の終局せん断耐力時における、精度の高い柱梁接合部の終局せん断耐力評価法を提案することを目的に、柱梁接合部の応力伝達機構について検討を行った。まず、鉄骨部に関し、第 4 章で求められた分析データを用いて、SRC 造柱梁接合部の終局せん断耐力時における各構成要素の応力伝達機構の検討を行い、各耐力評価式の提案を行った。鉄骨部は、接合部鉄骨ウェブ、直交フランジ、枠効果の 3 つで評価できることから、それぞれのせん断耐力式を提案した。さらに、それらの提案式を累加することによって鉄骨部の負担せん断力評価式の提案を行った。実験値と提案式による計算値との対応は、日本建築学会 SRC 規準式の鉄骨負担項による計算値と比べ平均値、ばらつきも改善された。

次に、SRC 造柱梁接合部試験体の最大耐力から、耐力時の接合部鉄骨せん断変形角と同じせん断変形角時の純鉄骨試験体の耐力を差し引いた値を、RC 負担分とし、終局せん断耐力時における RC 部の応力伝達機構の推定とせん断耐力評価式を検討した。その結果、RC 負担分はコンクリート強度と線形の関係があることを明らかにした。さらに、RC 部の応力伝達機構を仮定し、ストラット幅、ストラット角度、接合部有効幅、コンクリートせん断強度有効係数を提案し、それらを用いて耐力式を提案した。以上の結果から、SRC 造柱梁接合部の終局せん断耐力時における RC 負担せん断耐力評価式を提案した。実験値と提案式による計算値との対応は、日本建築学会 SRC 規準式の RC 負担項における計算値に比べ、平均、ばらつきとも改善された。最後に、鉄骨部の提案式と RC 部の提案式を累加することにより、SRC 造柱梁接合部のせん断抵抗要素の応力伝達を考慮した SRC 造柱梁接合部の終局せん断耐力評価式を提案した。日本建築学会 SRC 規準よりも、提案式による計算値の方が実験値との対応は、平均、ばらつきにおいて大幅に改善される事を明らかにした。

第 6 章「結論」では各章で得られた研究成果を要約し本論文の結論を述べ、今後の研究課題について言及している。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 城 攻  
副 査 教 授 石 山 祐 二  
副 査 教 授 上 田 正 生  
副 査 助 教 授 後 藤 康 明

学 位 論 文 題 名

## 鉄骨鉄筋コンクリート造内部柱梁接合部の 終局せん断耐力に関する研究

本論文は、コンクリート系合成構造に関して、特に鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造の内部柱梁接合部を対象として、実験的および統計的な検討に基づき精度の高い接合部せん断耐力設計式の提案を行っている。

SRC 造柱梁接合部の設計法は既に日本建築学会 SRC 構造計算規準に示されているが、接合部構成要素の応力分担や応力伝達機構が不明確である等の問題点が挙げられている。さらに、1995 年の兵庫県南部地震において建築構造物における SRC 造柱梁接合部の被害が初めて報告され、改めて SRC 造柱梁接合部の性能評価の重要性が認識されている。以上のことから本論文は、SRC 造内部柱梁接合部構成要素の負担せん断力の明確化および応力伝達機構の明確化を行い、これに基づき精度の高い柱梁接合部終局せん断耐力評価式の提案を行っている。

第 1 章では、コンクリート系合成構造 (SRC 造を含む) 柱梁接合部におけるせん断応力伝達が極めて複雑であり、未だ応力伝達機構が明らかにされていないことを述べ、提案されている多種多様な接合部のディテールや設計手法について比較検討し、現時点での設計法における問題点を整理することにより、本論文の研究の目的と意義を示している。

第 2 章では、公表されている合成構造柱梁接合部の実験的研究論文から約 120 体の内部柱梁接合部試験結果に関するデータベースを作成し、既往の接合部せん断耐力評価式や接合部構成要素の接合部せん断耐力に及ぼす影響について統計的な分析を行っている。

この結果、柱梁とも SRC 造および柱 SRC 梁 S 造の接合部については、SRC 構造計算規準式によるせん断耐力計算値は実験値を過小に評価する傾向があることを、柱 RC 梁 S 造の場合には、計算値は実験値を過大に評価する傾向があることを明らかにしている。さらに、接合部構成要素と接合部終局せん断耐力との相関性を検討し、相関性の高い接合部構成要素を抽出している。さらに、重回帰分析法を用いて、接合部終局せん断耐力評価式

を統計的に検討を行い、新たな提案式を導いている。

第3章では、SRC造内部柱梁接合部を対象に縮小模型による多数の加力実験を行い、破壊性状、復元力特性、接合部せん断耐力、変形性能について検討を行っている。この結果、接合部終局せん断耐力については、SRC構造計算規準式による計算値と実験値を比較し、計算値は実験値を過小に評価することを明らかにしている。

第4章では、第3章の実験的検討に用いた試験体内部の鉄骨ひずみゲージ計測データを用いて、SRC造柱梁接合部における鉄骨せん断抵抗要素の負担せん断力を算出して分析値として位置づけ、鉄骨構成要素のせん断力負担割合を明確にしている。算出した鉄骨構成要素の分析値と実験値を比較し、分析法の妥当性とSRC造における接合部せん断力の鉄骨負担分は、接合部ウェブ、直交フランジ、鉄骨フランジによる枠効果の3要素で評価できることを明らかにしている。

第5章では、第3章における実験結果および第4章において算出した鉄骨部の各構成要素負担せん断力の結果をもちいて、SRC造柱梁接合部の終局せん断耐力時における応力伝達機構について検討を行い、精度の高い柱梁接合部の終局せん断耐力評価法を以下の手順で提案している。

まず、第4章で求められた分析データを用いて、SRC造柱梁接合部の終局せん断耐力時における、鉄骨部の各構成要素の応力伝達機構について検討を行い、鉄骨部せん断耐力評価式の提案を行っている。実験値と提案式による計算値との対応は、SRC構造計算規準式の鉄骨負担項による計算値と比べて、平均値及びばらつき共に改善される事を明らかにしている。

次に、SRC造柱梁接合部試験体の最大耐力から、純鉄骨試験体の最大耐力を差し引いた値をRC負担せん断耐力とし、終局せん断耐力時におけるRC部の応力伝達機構の推定とせん断耐力評価式を提案している。その結果、RC負担分はコンクリート強度と線形の関係があることを明らかにしている。実験値と提案式による計算値との対応は、SRC造計算規準式のRC負担項における計算値に比べて、平均値及びばらつき共に改善される事を明らかにしている。

最後に、鉄骨部の提案式とRC部の提案式を累加することにより、SRC造柱梁接合部のせん断抵抗要素の応力伝達を考慮したSRC造柱梁接合部の終局せん断耐力式を提案している。SRC構造計算規準式よりも、提案式による計算値の方が実験値との対応は、平均値及びばらつきにおいて大幅に改善される事を明らかにしている。

これを要するに、著者は、コンクリート系合成構造について、特にSRC造の内部柱梁接合部の終局せん断耐力に関し、接合部構成要素のせん断応力負担および応力伝達機構についての新知見を得たものであり、建築構造学、コンクリート工学に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。