



隅肉溶接による柱梁接合部に関する研究

白髪, 誠一

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2003-03-31

(Date of Publication)

2015-07-10

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲2858

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1002858>

※ 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。



【 2 8 8 】

氏 名 ・(本 籍) 白髪 誠一 (岡山県)

博士の専攻分野の名称 博士 (工学)

学 位 記 番 号 博い第305号

学位授与の 要 件 学位規則第4条第1項該当

学位授与の 日 付 平成15年3月31日

【 学位論文題目 】

隅肉溶接による柱梁接合部に関する研究

審 査 委 員

主 査 教 授 田 淵 基 嗣

教 授 三 谷 勲

教 授 河 村 廣

助 教 授 田 中 剛

(氏名： 白髪誠一 NO. 1)

鉄骨造における柱梁接合部は構造上最も重要な部位である。鉄骨造建物においては、主要な柱および梁のフランジの溶接には完全溶込み溶接を用いることが要求されており、隅肉溶接の使用は一般的に認知されていない。この理由として、隅肉溶接継目は応力状態が複雑で破壊機構が完全に把握されておらず、実験資料も十分ではないこと、また、溶接施工者の技術および施工状態によって結果にばらつきが生じることが指摘されている。一方、隅肉溶接は接合材に対して準備工作が不要という利点のため、多方面で使用されている利用価値の高い溶接である。

本研究は、中小規模の鉄骨造建物で使用されている比較的薄い板厚の梁材を使用した場合の柱梁接合部における接合部の溶接を全隅肉溶接により構成する場合の設計・施工指針を得ることを目的としている。

第1章では、既往の研究結果をまとめるとともに問題点を指摘した。

第2章では、最も基本的な接合要素として前面T字隅肉溶接継目の強度評価を実験的および解析的に行うとともに、極限解析に基づく強度評価式による耐力評価を試みた。

溶接部に対して行ったマクロ試験、ビッカース硬さ試験および溶着金属の引張試験によって、1パスで溶接される隅肉溶接継目では、隅肉サイズが大きくなると溶接の溶込み量は相対的に小さくなること、溶着金属の強度は母材のそれと比べ高く、オーバーマッチングとなっていることを示した。

溶接継目の引張実験では、脚長Sを母材板厚tの0.7~0.8倍とする一般的なサイズの隅肉溶接継目であっても母材の全強を伝達可能であり、最小のど断面で強度を評価する現行の設計式は、溶接継目の強度を過小評価していることが明らかとなった。溶接部の破断は、隅肉溶接の最小のど断面方向ではなく、溶接のルートと止端を結ぶ線上で生じることを示した。そのため、溶接の溶込み量が大きくなると溶接継目の強度は大きく上昇する。

弾塑性有限要素解析では、溶込み量が継目強度に与える影響について、溶込み量を変数とした数値解析を行い、隅肉サイズ6mmに対して溶込み量を2mmおよび4mmとした場合の最大耐力は、溶込みのない場合の約1.6倍および約2.0倍となることを示した。また、溶接部の相当応力の分布は溶接のルートと止端を結ぶ線上で最も大きくなり、引張実験における溶接部の破断面の位置と一致していることを明らかにした。

以上の結果を基に、母材と溶着金属の強度差、溶接の溶込み量の影響を適切に評価した強度評価式を極限解析の手法を用いて提案した。提案式は実験結果および数値解析結果に対して適切な評価を与えている。

第3章では、山形ラーメン架構の柱梁接合部の梁フランジと柱の溶接接合部を対象とし、この接合部の強度評価を行うために必要な基礎資料として前面斜交隅肉溶接継目の強度評価を実験的および解析的に行うとともに極限解析に基づく強度評価式による耐力評価を試みた。

(氏名： 白髪誠一 NO. 2)

溶接部に対して行ったマクロ試験では、斜交角度が小さくなると鈍角側溶接部では溶込み量は大きくなるがど厚の減少が見られ、鋭角側溶接部では溶込み量が減少し、斜交角度45°では溶接のルートに溶込み不足が生じやすいことを示した。

溶接継目の引張実験では、同じ隅肉サイズで溶接された場合、鈍角側溶接部の破断が先行する。このときの破断面は、溶込み量が大きい場合は溶接のルートと止端を結ぶ線上であり、溶込み量が小さい場合では溶着金属内部であることが明らかになった。ただし、溶着金属内部で破断した場合の破断角度は設計に用いられる最小のど断面方向とは一致しない。

弾塑性有限要素解析では、母材と溶着金属の強度差、斜交角度および溶込み量を変数とした数値解析を行い、斜交角度が小さくなるにしたがい、溶接継目の強度が低下すること、鈍角側溶接部の降伏が先行することを明らかにした。また、溶接部の降伏領域は、母材と溶着金属の強度が等しい場合には溶着金属内部を進展し、溶着金属強度が母材強度より高い場合は溶接のルートと止端を結ぶ線上となる母材と溶着金属の境界上を進展することが明らかとなった。

以上の結果を基に極限解析の手法を用いた強度評価式を提案した。この評価式により鈍角側溶接部の強度が鋭角側より低くなること、および鈍角側溶接部における溶着金属内部で降伏する場合と母材と溶着金属の境界で降伏する場合の破壊モードの違いを説明することが出来る。この提案式は実験結果および数値解析結果に対して適切な評価を与えている。

第4章では、隅肉溶接によるエンドプレート形式の柱梁接合部を対象とした実大実験を行い、繰返し荷重を受ける場合の接合部性能を調べるとともに、第2章で得られた強度評価式を用いて柱梁接合部の耐力評価を試みた。さらに、サブモデリングの手法を用いた弾塑性有限要素解析を行い、曲げを受ける梁端部の隅肉溶接と前面T字隅肉溶接継目の挙動の違いについて調べた。

実大実験の結果、隅肉サイズと梁フランジ厚の比 Sf/tf が0.56以上の接合部では、繰返し載荷された場合でも十分な強度と変形能力を有していること、 $Sf/tf=0.75$ が確保されている場合では、スカラップが設けられた完全溶込み溶接による接合部よりも変形能力が優れていることを示した。

有限要素解析の結果、曲げを受ける梁端部の隅肉溶接の弾塑性挙動は、引張を受ける前面T字隅肉溶接継目の挙動と概ね一致しており、第2章での提案式を適用できることを示唆している。

極限解析に基づく強度評価式は、溶込みを無視した場合には実験結果に対し安全側の評価を与えており両者の相関は良く、溶込みを考慮した場合には実験結果に対し精度の良い適切な評価を与えている。

第5章では隅肉溶接による山形ラーメン架構柱梁接合部を対象とした実大実験を行い、繰返し荷重を受ける場合の接合部性能を調べるとともに、第3章で得られた強度評価式を用いて柱梁接合部の耐力評価を試みた。

実大実験の結果、隅肉サイズと梁フランジ厚の比 sf/tf が0.42の場合であっても、斜交角度が90°~60°では十分な強度と変形能力を有している。 $Sf/tf=0.75$ が確保されている場合では、スカラップが設けられた完全溶込み溶接による接合部よりも変形能力が優れていることを示した。

(氏名： 白髪誠一 NO. 3)

極限解析に基づく強度評価式は、実験結果に対してやや過小評価する結果となったが、両者の相関は良い。

以上のように、本研究では隅肉溶接によるラーメン骨組の柱梁接合部の強度評価について、実験、数値解析および理論解析により検討し、斜交接合部を含めた鋼構造柱梁接合部の溶接に隅肉溶接を用いた場合の実用的な強度評価方法を提案した。

氏名	白髪 誠一		
論文 題目	隅肉溶接による柱梁接合部に関する研究		
審査委員	区 分	職 名	氏 名
	主 査	教授	田淵 基嗣
	副 査	教授	三谷 勲
	副 査	教授	河村 廣
	副 査	助教授	田中 剛
	副 査		

要 旨

鉄骨造における柱梁接合部は構造上最も重要な部位である。鉄骨造建物においては、主要な柱と梁のフランジの溶接には完全溶込み溶接を用いることが要求されており、隅肉溶接の使用は一般的に認知されていない。この理由として、隅肉溶接継目は応力状態が複雑で破壊機構が完全に把握されておらず、柱梁接合部についての実験資料も十分ではないこと、また、溶接施工者の技能および施工状態によって結果にばらつきが生じることが指摘されている。一方、隅肉溶接は接合材に対して開先およびスカラップ加工の準備工作が不要という利点があり、鉄骨製作上の優位性は高い。

本研究は、中小規模の鉄骨造建物で使用されている比較的薄い板厚の梁材を使用した場合の柱梁接合部における溶接を全周隅肉溶接により製作する場合の設計指針を得ることを目的としており、溶接部の合理的な耐力評価方法を提案している。

第1章では、既往の研究結果をまとめるとともに問題点を指摘している。
第2章では、最も基本的な接合要素として、前面T字隅肉溶接継目の破壊形式および強度を実験的および解析的に調べるとともに、極限解析に基づく耐力評価を試みている。

溶接継目の引張実験では、溶接継目の破断は隅肉溶接の最小のど断面ではなく、溶接のルートと止端を結ぶ線上で生じること、溶接の溶込み量が大きくなると溶接継目の強度が大きく上昇することを示している。したがって、脚長Sを母材板厚tの0.7~0.8倍とする一般的なサイズの隅肉溶接継目は母材の全強を伝達可能であり、最小のど断面での破壊形式に基づく現行の設計式は溶接継目の強度を著しく過小評価する。

弾塑性有限要素解析では、溶込み量が継目強度に与える影響について、溶込み量を変数とした数値解析を行い、隅肉サイズ6mmに対して溶込み量2mmおよび4mmとした場合の最大耐力は、溶込みのない場合の約1.6倍および約2.0倍となることを示している。また、溶接部の相当応力の分布は溶接のルートと止端を結ぶ線上で最も大きくなり、引張実験における溶接部の破断面の位置と一致していることを明らかにしている。

以上の結果を基に、母材と溶着金属の強度差、溶接の溶込み量の影響を適切に評価した強度評価式を極限解析の手法を用いて提案している。提案式は実験結果および数値解析結果に対して適切な評価を与えている。

第3章では、山形ラーメン架構柱梁接合部の柱と梁フランジ溶接接合部を対象とし、この接合部の強度評価を行うために必要な基礎資料として、前面斜交隅肉溶接継目の破壊形式および強度を実験的および解析的に調べるとともに極限解析に基づく耐力評価を試みている。

溶接継目の引張実験では、同じ隅肉サイズで溶接された場合、鈍角側溶接部の破断が先行すること、破断面は溶込み量が多い場合は溶接のルートと止端を結ぶ線上であり、溶込み量が少ない場合は溶着金属内部であることを明らかにしている。

弾塑性有限要素解析では、母材と溶着金属の強度差、斜交角度および溶込み量を変数とした数値解析を行い、鈍角側溶接部の降伏が先行すること、斜交角度が小さくなるにしたがい溶接継目の強度が低下すること、を明らかにしている。また、溶接部の降伏領域は、溶着金属強度が母材強度より高い場合は溶接のルートと止端を結ぶ線上となる母材と溶着金属の境界上を進展することを明らかにしている。

以上の結果を基に極限解析の手法を用いた強度評価式を提案している。この評価式により鈍角側溶接部の強度が鋭角側より低くなること、および、鈍角側溶接部における溶着金属内部で降伏する場合と母材と溶着金属の境界で降伏する場合の破壊モードの違いを説明することが出来る。この提案式は実験結果および数値解析結果に対して適切な評価を与えている。

氏名 白髪 誠一

第4章では、隅肉溶接によるエンドプレート形式の柱梁接合部を対象とした実大実験を行い、繰返し荷重を受ける場合の接合部性能を調べるとともに、第2章で得られた強度評価式を用いて柱梁接合部の耐力評価を試みている。さらに、サブモデリングの手法を用いた弾塑性有限要素解析を行い、曲げを受ける梁端部の隅肉溶接継目と前面T字隅肉溶接継目の挙動の違いについて調べている。

実大実験の結果、隅肉サイズと梁フランジ厚の比 S_f/t_f が 0.56 以上の接合部では、繰返し载荷された場合でも十分な強度と変形能力を有していること、 $S_f/t_f=0.75$ が確保されている場合では、スカラップが設けられた完全溶込み溶接による接合部よりも変形能力が優れていることが明らかにされている。

有限要素解析の結果、曲げを受ける梁端部の隅肉溶接の弾塑性挙動は、引張を受ける前面T字隅肉溶接継目の挙動と概ね一致しており、第2章の提案式を適用できることを明らかにしている。

極限解析に基づく強度評価式は、溶込みを無視した場合には実験結果に対し安全側の評価を与えており実験値と評価値の相関は良く、溶込みを考慮した場合には実験結果に対し精度の良い適切な評価を与えている。

第5章では、隅肉溶接による山形ラーメン架構柱梁接合部を対象とした実大実験を行い、繰返し荷重を受ける場合の接合部性能を調べるとともに、第3章で得られた強度評価式を用いて柱梁接合部の耐力評価を試みている。その結果、隅肉サイズと梁フランジ厚の比 S_f/t_f が 0.42 の場合であっても、斜交角度が $90^\circ\sim 60^\circ$ では十分な強度と変形能力を有していること、 $S_f/t_f=0.75$ が確保されている場合では、スカラップが設けられた完全溶込み溶接による接合部よりも変形能力が優れていることが明らかにされている。

極限解析に基づく強度評価式は、実験結果を若干過小評価する結果となったが、両者の相関は良い。

第6章は、本研究の総括で各章で得られた結論をまとめるとともに、溶接施工に対する監理・管理の考え方を示している。

本研究は隅肉溶接によるラーメン骨組の柱梁接合部の耐力評価について、実験、数値解析および極限解析により検討し、斜交接合部を含めた鉄骨造柱梁接合部の合理的な耐力評価方法を提案しており、鉄骨造建物の接合部の実用的な設計・施工方法について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者の白髪誠一は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。