

氏名(本籍・生年月日) 鈴木励一(神奈川県 昭和43年2月6日)
学位の種類 博士(工学)
学位記番号 乙 第 237号
学位授与の日付 平成27年3月20日
学位授与の要件 信州大学学位規程 第5条第2項該当
学位論文題目 鉄骨梁端現場接合部の性能向上をはかる溶接施工法と
溶接材料に関する実験的研究
論文審査委員 主査 教授 金子洋文 准教授 田守伸一郎
教授 高木直樹
教授 大上俊之
教授 竹内 徹(東京工業大学)

論文内容の要旨

鉄骨構造物の耐震性向上は我が国にとって永遠のテーマである。多くの鉄骨構造は、柱材と梁材の直交部をアーク溶接あるいはさらにボルト接合を組み合わせて接合している。その柱と梁の接合部は地震時に受ける応力の伝達において、巨視的な応力集中箇所となることから、その品質確保は最も大事な耐震性確保因子となる。

この形式の問題は、(a)巨視的直交性だけでなく、梁端溶接を行うために必要となるスカラップ、裏当て金、エンドタブなど複数の幾何学的な不連続性に伴う応力集中源の存在と、(b)アーク溶接の熱によって溶接金属や溶接熱影響部が形成される材質的な性能低下の重畳にある。したがって、塑性変形能を向上するには、(a)形状と(b)材質の両面から改善をはかる必要がある。

これらの問題が共に大きいのが現場接合である。工場製作では製作自由度が高いために応力集中の少ない設計と、施工管理の徹底、ロボット溶接の普及などによって、製作構造物の性能は向上している。しかし、現場接合では姿勢的制限、外環境に伴う風の影響、ロボット適用困難等、複数の制約が存在し、相対的に接合品質と塑性変形能力の低さに対する懸念が問題視されている。

このような情勢を鑑みて、現場溶接の問題を焦点として、現場で対応しうる溶接接合部の(a)形状的改善と(b)材質的改善を共に図るための提案を行うこと、そして具体的な手段として、大掛かりな装置や材料コスト増を要せず、簡便な工法であるアーク溶接の機能を積極的に利用することを本論文のテーマとした。

本論前半(2章～5章)は、現場溶接特有の幾何学的応力集中問題に対し、アーク溶接の持つ自由曲面の造形機能を利用して応力集中を緩和、あるいは材質的に脆性破壊防止に有利な箇所に移動させることを狙った「スカラップ底肉盛工法」「バックングレス上向肉盛工

法」の開発である。梁のスカラップ(くり抜き穴)とフランジとの接点は最大の応力集中部、脆性破壊の原因として周知されているが、現場施工では下フランジ側をノンスカラップ形式とすることが困難である。この問題に対し、スカラップ底周囲を適度な脚長と長さを管理してアーク溶接で肉盛する事により、スカラップはそのままに、従来工程に影響を及ぼすことなく、塑性変形能力を向上させる事が出来る事を見出した。その改善機構は、(1)応力集中の分散、(2)梁中央部の板厚増効果による歪み低下、(3)梁幅中央部と梁幅端の歪みバランスの改善であることを明らかにした。

もう一つの現場施工特有の応力集中源が溶接用裏当て金である。現場溶接では天地反転が困難なため、裏当て金が不可避免的に梁外側に設けられるが、外側は地震時に引張応力が作用するので応力集中によって脆性破壊の起点となることが問題視されている。当問題に対しては、技量負荷が高いとされている上向姿勢の作業性に優れた溶接材料を開発し、裏当て金無しで施工できるようにしたのみならず、上向姿勢の特長を活かして、開先外側に肉盛を施すことによって、応力集中の緩和に加え、場所移動させる工法とした。応力集中箇所を移動させる目的は、従来亀裂が発生、伝播する箇所が溶接金属や熱影響部といった脆性的性質となる箇所であるのに対し、高靱性で延性的特性を有する母材非熱影響とする材質的改善を図るためである。

さらに、現場接合工法として、上フランジをノンスカラップ形式、下フランジにこれら両工法を適用した上下非対象ディテールを提案し、その塑性変形能力が十分に優れていることを柱梁形式の実大モデルの載荷実験にて確認した。

本論後半(6章～7章)は、現場施工溶接金属の材質的塑性変形能力向上を目指す取り組みである。柱と梁をつなぐ溶接金属には脆性的破壊を防ぐために高靱性が益々求められているが、靱性の最大劣化要因は風による大気混入である。慣例として環境風速は2.0m/sec以下の管理基準が設けられているが、これは鉄骨建築に必須な多層溶接についての基準ではなく、適切な指針となる研究が無かった。そこで、風速とシールドガス流量、多層溶接金属の性能の関係を、ガスの流れの可視化手法も加えて検討し、新たな指針を作成した。その結果、許容される風速上限は一般的機器では高々0.5m/sec、大流量用の特別な機器を用いても1.0～1.5m/secしか許容出来ず、現場溶接の防風養生基準を強化する必要があるとした。

最後に、靱性向上を目指す手段として溶接断面積を小さくする、狭開先化による熱影響の軽減を目指し、狭開先化の障害となる溶接凝固割れ問題を新たな溶接材料開発にて克服することとした。梁特有の端部凝固割れの評価手段が無かったことから、定量化手法を開発し、本試験法を用いて、凝固割れが起きにくい高性能溶接材料を開発した。本溶接材料に狭開先ディテールを組み合わせると、高靱性が達成されるだけでなく、施工能率をも高まり、現場建築の短納期対応にも貢献できる。

以上のアーク溶接を用いた応力集中緩和策、新たな溶接材料、溶接時の防風管理やガス流量の基準を組合せて現場溶接に適用することで、柱梁接合部の品質と変形性能が向上し、鉄骨構造物の安全性向上に寄与すると提案するものである。