

大型鋼構造物の建造工程導入に向けたレーザー・アー クハイブリッド溶接技術の適応範囲拡張に関する検 討

上村, 崇杜

<https://hdl.handle.net/2324/4784562>

出版情報 : Kyushu University, 2021, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 上 村 崇 杜

論 文 名 : 大型鋼構造物の建造工程導入に向けたレーザ・アークハイブリッド溶接技術の適応範囲拡張に関する検討

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

国際社会における大陸間の外交手段として、資源の調達および輸送のみならず海洋の安全を保つことを目的とした船舶の需要は増加傾向にある。一方で、昨今の環境問題に対する警鐘は造船や海運産業も例外ではなく、さらなる温室効果ガス排出規制や大気汚染の防止が求められる。例えば、燃費効率の高い船舶の建造は温室効果ガスの排出や大気汚染の防止に繋がるため、船体建造に使用される鋼板の薄板化や船体工作精度の向上は喫緊なる課題とされる。現在、大型鋼構造物においてはアーク溶接を用いた建造法が主流であり、薄板鋼板ではひずみが発生する一方で厚板鋼板では過大入熱による溶接継手強度の低下が問題として挙げられる。そこで、これらの溶接施工に関する問題を解決する溶接技術としてレーザ溶接とアーク溶接を組み合わせたレーザ・アークハイブリッド溶接（以降ではハイブリッド溶接と称する）法が国際的に注目されつつある。ハイブリッド溶接法はレーザ溶接法による深溶込みな溶接を達成可能とするため、母材同士の間には溝（溶接開先）は I 形に近い形状で良く、板厚方向に対する入熱量は溶接開先を溶融させる領域のみで十分となるため、必然的に母材全体に対する入熱量は抑制可能となる。また、ハイブリッド溶接法はレーザ溶接法に比べて適用可能な溶接開先幅の裕度が広いため、融合不良や未溶着部を残存させることなく溶接可能な溶接技術である。

ハイブリッド溶接法は主に欧州をはじめとする造船所において、客船や艦艇に対する適用事例が存在する。これらの建造工程では溶接開先面を機械的に仕上げしており、高い部材配置精度を確保することで数十メートルに及ぶ長尺な溶接施工が達成可能となる。また、下向姿勢に限らず横向や立向などに対するハイブリッド溶接法の研究成果が世界各国から報告されることに加えて、レーザ装置に関する市場価格も年々と低価格化の傾向にあり、ハイブリッド溶接法実用化への準備が着実に進む状況下にある。

一方で、一般商船を取扱う造船所ではガス切断法やプラズマ切断法が主流であり、切断後には少なからず熱ひずみが生じる。生産工程が確立された切断工程において、ハイブリッド溶接法導入と同時に機械加工が可能な生産設備へ改修することは費用対効果の観点から非現実的であるため、プラズマ切断等により加工された母材に対するハイブリッド溶接法の適用性に関する検討が賢明である。しかしながら、この熱ひずみの影響は鋼板の長さが長尺になるほど顕著に表れるため、ハイブリッド溶接法を機械加工でなく熱切断により加工された母材同士の接合へ適用する実用的な検討に際しては、短尺ではなくメートル単位の長尺溶接施工による検討が必要である。また、大型鋼構造物の建造工程では様々な溶接姿勢や使用板厚が混在しており、ハイブリッド溶接法の研究においても溶接姿勢や適用板厚に対する汎用性が求められる。

本論文は高出力な 20 kW 級のファイバレーザと炭酸ガスアーク溶接を組み合わせたハイブリッド

溶接法について、大型鋼構造物の建造工程へ向けた技術導入を促進するため、本溶接法の高い汎用性、実用性ならびに溶接性の提示を主たる目的とした内容により構成される。

第1章では、ハイブリッド溶接法の特徴と最新の研究動向について整理し、本論文に関連する先行研究の成果報告を挙げつつ、本論文において目標とすべき要点を示した。

第2章では、突合せ継手を対象とした鋼板同士の仮付溶接施工において適用され得る溶加材未使用のレーザ溶接法による仮付溶接について、その仮付溶接部の強度評価を試みた。また、仮付溶接施工の段階における初期の溶接開先間隔に対して有効な仮付溶接施工法のひとつであるハイブリッド仮付溶接施工法について検討した。

第3章では、ハイブリッド溶接法における溶接姿勢の拡張性について、横向および立向姿勢を対象とした溶接長 1,000 mm の突合せ継手製作を試みた。追加検討として横向姿勢では溶接条件に関する施工裕度検討および 20 mm 級への板厚拡張を試み、さらなる溶接性の安定化を目的とした摺動型表当て銅板を提案した。立向姿勢では裏当て材の使用に対する危険性および鋼板表面において頻発する溶融池の垂下現象について原因追及と考察を試みた。

第4章では、先行研究で製作された 1,000 mm の片側貫通完全溶込み T 継手について、異なる板厚かつ溶接長 3,000 mm を超える長尺溶接施工を試みた。製作した溶接継手は疲労試験が実施され、先行研究ならびに設計曲線で示される疲労強度と比較しながら結果を整理した。また、T 継手製作における A 形開先（逆レ形開先）の適用による、レーザ出力の抑制および裏面ウェブ付き溶接止端部の止端形状緩和を試みた。

第5章はハイブリッド溶接施工における課題のひとつであるルートギャップの変動と制御法の検討にあたり、基礎的知見の蓄積を目的とした複数の実験と数値解析を用いたルートギャップ挙動の傾向について整理した。

第6章では、本論文において検討された内容を結論として述べ、ハイブリッド溶接法の導入において期待される要求項について整理した。