

Title	構造用鋼の高能率エレクトロスラグ溶接金属の靱性向上に関する研究
Author(s)	藤平, 正一郎
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39511
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	藤 平 正 一 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 0 2 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 7 年 5 月 3 1 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	構 造 用 鋼 の 高 能 率 エ レ ク ト ロ ス ラ グ 溶 接 金 属 の 靱 性 向 上 に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 松 田 福 久 教 授 向 井 喜 彦 教 授 堀 川 浩 甫 教 授 豊 田 政 男 教 授 牛 尾 誠 夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、構造用鋼エレクトロスラグ溶接金属（ESW）法による溶接金属部における切欠き靱性特性を明確化するとともに、その靱性向上を図ることを目的としている。特に、ESW溶接金属の中央部（Core部、略してC部、微細柱状晶域）と周辺部（Rim部、略してR部、粗大柱状晶域）の切欠き靱性特性に大きな差異があることに着目し、両者の組織と切欠き靱性に関して詳細な究明を加えるとともに、溶接金属のC部における靱性向上が組織の改善により可能であることを明らかにしている。対象とした鋼材は490N/mm²級鋼であり、溶接入熱は $Q = 10.1 \sim 126.7 \text{ kJ/mm}$ の範囲としている。

本論文は、緒論、本文6章および総括より成っている。

第1章は緒論であり、構造用鋼の高エネルギーESW溶接金属の靱性低下に関する従来の研究経緯とその問題点、ならびに本研究の必要性および目的を述べている。

第2章では、特異な衝撃特性を示すESW溶接金属について、低い衝撃値を示すESW溶接金属のC部と高い衝撃値を示すR部に着目し、衝撃値におよぼす切欠き方向、入熱の影響等を検討している。

第3章では、ESW施工パラメータに対する溶接金属のCおよびR部の衝撃特性の変化傾向を詳細に検討し、各種の施工パラメータの変化においてもC部の衝撃値が常にR部より低い値を示すことを明確にしている。

第4章では、溶接金属の衝撃破面のSEMによるフラクトグラフィ的検討を行い、初折フェライト（PF）である粒界フェライト（GBF）を選択的に伝播する脆性破面を明確に顕出し、C部における高密度のGBFの形成がその靱性低下と密接に関係することを明確にしている。

第5章では、ESW溶接金属の組織形成と靱性特性に関する金属学的検討を加えている。CおよびR部の両者の溶接金属において、介在物の分布と偏析、溶接金属の冷却特性、CCT図および凝固組織等に差異のないことを明確にしている。さらに、ESW溶接金属の常温マイクロ組織を検討し、溶接金属のC部が低靱性値を示す理由として、C部が微細な旧オーステナイト（ γ ）粒より成り、その粒界でのGBFの発生が多量となることに密接に関係していることを明確にしている。さらに、低靱性値である溶接金属C部における微細 γ 粒の形成機構について、 δ/γ 変態時における組成的過

冷現象による考察を行っている。

第6章では、溶接ワイヤ等の変化によりC部の衝撃特性の改善を試み、溶接金属の低Si化とNi添加が微細柱状晶域のC部を消滅させ、その結果、靱性の向上に極めて効果のあることを示している。

第7章では、溶接金属の低Si化によるESW溶接部に関して各種継手性能試験を行い、この種の溶接部は実施工への適用が十分可能であることを明確にしている。そして、実用的には継手強度が規格値を満足する範囲内で溶接金属の低Si化(0.18mass%程度)を図ることが、ESW溶接金属($Q = 32.0 \sim 126.7 \text{kJ/mm}$ の範囲)の靱性向上に対して、極めて効果的な施工方法であることを提案している。

第8章では、本研究で得られた諸結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

超高層ビル等で用いられる厚板鋼構造物のプレートボックス柱ダイヤフラム部の溶接等には、大入熱単層立向溶接工法である高能率エレクトロスラグ溶接(ESW)法が広く採用されている。

大入熱によるESW溶接金属の靱性特性に関する研究は、過去において多くなされているが、溶接金属の中央部(C部)と周辺部(R部)の切欠き靱性特性に大きな差異のあることに着目し、両者の靱性と組織に関して詳細な検討を加え、その靱性向上を目的とした系統的な研究はまだなされていない。

本論文は、これらのESW溶接金属の特異な靱性特性を明確にし、溶接金属C部における靱性の向上が形成組織の制御により十分可能であることを明らかにしたものであり、得られた結果を要約すると次のようになる。

- (1) 実用的に広く使用されている板厚40mmに対するESW標準溶接入熱条件($Q = 45.6 \text{kJ/mm}$)での溶接金属の衝撃値(vE_{273})は、溶接金属のC部においてR部のそれよりかなり低い値を示すが、それらのマクロ組織観察結果より、C部は微細なオーステナイト(γ)粒より成る微細柱状晶域、R部は粗大な γ 粒より成る粗大柱状晶域に相当することを明らかにしている。
- (2) 種々のESW施工パラメータ(入熱、鋼種、シールド雰囲気ガスおよびフラックス等)に対する溶接金属のCおよびR部の衝撃特性の変化傾向を明らかにし、一般に、C部の衝撃値がR部より常に低い値を示すことを確認している。また、ESW溶接金属の常温ミクロ組織観察により、CおよびR部におけるフェライトの形成組織形態に明確な差異のあることを示し、粗大な初折フェライト(PF)の占める割合が、C部はR部より著しく多いことを明らかにしている。
- (3) 溶接金属のC部における常温ミクロ組織と衝撃破面の同時SEM観察により、破壊の伝播は粗大なPF(特に粒界フェライト)において直線的に、それ以外の旧 γ 粒内ではジグザク状に進展していくことを確認し、C部における多量の粗大なPFの発生が靱性を極めて低くする主原因となっていることを明確にしている。
- (4) 溶接金属のCおよびR部において、両者の介在物の分布と偏析に大きな差異のないことを示すとともに、溶接金属の凝固組織についても、特に異常性がないことを明らかにしている。そして、凝固組織と常温組織の総合的観察結果よりESW溶接金属のマクロ組織の形成機構を説明するとともに、溶接金属のC部における微細な γ 粒の形成機構について、 δ/γ 変態界面前方での組成的過冷現象による考察を加えている。
- (5) 溶接金属のC部における衝撃特性の低下は、微細な γ 結晶粒の形成に伴う多量のPFの発生と関係したものであり、C部における微細な γ 粒を消滅させることにより、その衝撃値の向上が期待できることを提案している。
- (6) 溶接金属C部の微細 γ 粒域の消滅には、溶接金属の低Si化が好ましく、Si量の低下(0.18mass%程度)により微細 γ 粒域は消滅し、Ni成分の添加と同程度にまで、その衝撃値を向上させることが可能であることを明らかにしている。また、0.18mass%程度の溶接金属の低Si化によっても、溶接部の硬さ、引張、曲げおよび衝撃値等の溶接継手性能は、実施工上特に問題のないことを確認している。
- (7) 実用的には、母材および溶接ワイヤのSi含有量をそれぞれ約0.35および0.01mass%以下とし、規格値の継手強度を満足する範囲内での溶接金属の低Si化を図ることが、ESW溶接金属(入熱範囲: $32.0 \sim 126.7 \text{kJ/mm}$)の靱

性向上と、内部における靱性値の差異の減少に対してより効果的な施工方法であることを、実験的に確認することにより提案している。

以上のように、本論文は、構造用炭素鋼厚板のESW溶接金属の中央部と周辺部の切欠き靱性特性に差異のあることに着目し、この原因について金属組織学的解明を行い、これを明確にするとともに、これらのESW溶接金属中央部の靱性向上に対して溶接金属の低Si化を図ることを提案し、このようにして製作した実溶接継手性能の健全性をも確認しており、その成果は溶接工学ならびに生産加工技術の発展に貢献するところ大である。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。