OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	付加溶接による溶接構造物の疲労強度向上に関する研究
Author(s)	小谷, 祐樹
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85397
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　小　谷　祐　樹　）	
論文題名	付加溶接による溶接構造物の疲労強度向上に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、インフラ構造物である鋼橋の高齢化が進む中で問題視されている疲労き裂の発生を抑制するための耐疲労技術として、従来の止端処理技術であるグラインダー仕上げと付加溶接法に着目し、それらを精緻に制御した新たな寿命延伸技術を提案するとともに、溶接余盛形状と疲労性能の関係を実験的および解析的アプローチから明らかにしたものである。従来の付加溶接は特殊な溶接材料を使用した残留応力軽減の効果を期待した手法が主流であるのに対し、提案する付加溶接法は通常のすみ肉溶接と同じ溶接材料を使用し、溶接条件の適正化により止端部形状改善に伴う応力集中軽減の効果を期待したものであり、グラインダー仕上げの併用による効果も含めて、面外ガセット溶接継手における疲労性能を検証した。

第1章は序論であり、鋼構造物の疲労に関する現状と課題と、止端仕上げの関連研究について整理するとともに、本研究の目的および構成について述べた。

第2章では、付加溶接法に関して付加溶接の狙い位置の変化に応じて、止端半径が大きくかつフランク角が小さい止端形状に改善できることを形状計測によって示し、従来のすみ肉溶接継手に対して疲労強度は最大で2.9倍に向上することを実験的に検証した。さらには、その疲労強度向上の効果は、止端部形状改善による局所的なひずみの低下が要因であることを明らかにした。

第3章では、付加溶接に止端グラインダーを併用する手法に関して、疲労寿命は従来のすみ肉溶接継手に対して応力範囲175MPaで12.6倍以上（250万回打切り）向上することを実験的に検証した。加えて、止端グラインダーを併用したとき、付加溶接の狙い位置によってはすみ肉溶接と付加溶接ビードが重なる境界部に生じる凹凸が応力集中部として疲労き裂の発生位置となりうることから、止端部および境界部の形状を制御・管理した付加溶接施工が疲労性能向上には重要であることを示した。さらには、形状の実測データを基に構築した有限要素モデルを用いた弾性解析により、止端部および境界部の応力集中係数（以下、K_t）を算出し、止端部と境界部の応力集中の大小およびその差異がき裂の発生寿命および発生位置に影響することを示した。

第4章では、2章で述べた付加溶接法に関して、付加溶接形状の適正化と疲労性能に及ぼす試験体サイズの影響について実験的に検証した。その結果、付加溶接条件のアーク電圧を変化させることで付加溶接形状に変化が生じる一方で、その溶接余盛形状から算出されたK_tが最も低い値を示す継手と2章で形成した継手の疲労強度は、日本鋼構造協会の定める同じ疲労等級を示すことを明らかにした。このことから同等の疲労等級を満足する付加溶接形状に裕度があることを確認し、その形状の裕度を示す指標としてK_tの有用性を示した。また、面外ガセット溶接継手の一軸引張荷重下において、主板幅の増加に伴い疲労き裂発生寿命が低下することを確認し、付加溶接法の実適用においては対象とする継手形状および実物大相当のサイズを想定した検討の重要性を示した。

第5章では、実測の形状データを反映した有限要素モデルを用いることにより、面外ガセット溶接継手の廻し溶接部の応力集中の増減に寄与する形状因子を明らかにするとともに、引張および曲げ荷重下における片側および両側ガセット溶接継手のK_t簡易評価式を提案し、その評価式が付加溶接形状にも拡張適用できることを有限要素解析で確認した。さらには、K_tに依存する疲労き裂発生寿命予測手法を提案するとともに、本手法により様々なK_tを有する溶接ままおよび付加溶接継手のき裂発生寿命を簡易かつ高精度に評価できることを示した。

第6章では、付加溶接継手および付加溶接と止端グラインダーの併用継手の疲労寿命について、弾塑性有限要素法を用いた疲労き裂発生寿命評価およびXFEMを用いた疲労き裂伝播寿命評価を行った。その結果、発生および伝播寿命の和で表される疲労寿命が実験による疲労試験結果とよく一致することを確認し、面外ガセット溶接継手における溶接形状データから疲労寿命を予測できる疲労性能設計支援ツールとしての有効性を示した。

第7章では、本研究で得られた各章の知見を総括し、結論を述べた。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　小谷　祐樹　）		
	（職）	氏　名
論文審査担当者	主 査　准教授　堤　成一郎 副 査　教授　鎌田　敏郎 副 査　教授　大沢　直樹 副 査　教授　麻　寧緒	

論文審査の結果の要旨

本論文は、インフラ構造物である鋼橋の高齢化が進む中で問題視されている疲労き裂の発生を抑制するための耐疲労技術として、従来の止端処理技術であるグラインダー仕上げと付加溶接法に着目し、それらを精緻に制御した新たな寿命延伸技術を提案するとともに、溶接余盛形状と疲労性能の関係を実験的および解析的アプローチから明らかにするものである。従来の付加溶接は特殊な溶接材料を使用した残留応力軽減の効果を期待した手法が主流であるのに対し、提案する付加溶接法は通常のすみ肉溶接と同じ溶接材料を使用し、溶接条件の適正化により止端部形状改善に伴う応力集中軽減の効果を期待したものであり、グラインダー仕上げの併用による効果も含めて、面外ガセット溶接継手における疲労性能を検証している。

第 1 章は序論であり、鋼構造物の疲労に関する現状と課題と、止端仕上げの関連研究について整理するとともに、本研究の目的および構成について述べている。

第 2 章では、付加溶接法に関して付加溶接の狙い位置の変化に応じて、止端半径が大きくかつフランク角が小さい止端形状に改善できることを形状計測によって示し、従来のすみ肉溶接継手に対して疲労強度は最大で 2.9 倍に向上することを実験的に検証している。さらには、その疲労強度向上の効果は、止端部形状改善による局所的なひずみの低下が要因であることを明らかにしている。

第 3 章では、付加溶接に止端グラインダーを併用する手法に関して、疲労寿命は従来のすみ肉溶接継手に対して応力範囲 175MPa で 12.6 倍以上（250 万回打切り）向上することを実験的に検証している。加えて、止端グラインダーを併用したとき、付加溶接の狙い位置によってはすみ肉溶接と付加溶接ビードが重なる境界部に生じる凹凸が応力集中部として疲労き裂の発生位置となりうることから、止端部および境界部の形状を制御・管理した付加溶接施工が疲労性能向上には重要であることを示している。さらには、形状の実測データを基に構築した有限要素モデルを用いた弾性解析により、止端部および境界部の応力集中係数（以下、Kt）を算出し、止端部と境界部の応力集中の大小およびその差異がき裂の発生寿命および発生位置に影響することを示している。

第 4 章では、2 章で述べた付加溶接法に関して、付加溶接形状の適正化と疲労性能に及ぼす試験体サイズの影響について実験的に検証している。その結果、付加溶接条件のアーク電圧を変化させることで付加溶接形状に変化が生じる一方で、その溶接余盛形状から算出された Kt が最も低い値を示す継手と 2 章で形成した継手の疲労強度は、日本鋼構造協会の定める同じ疲労等級を示すことを明らかにしている。このことから同等の疲労等級を満足する付加溶接形状に裕度があることを確認し、その形状の裕度を示す指標として Kt の有用性を示している。また、面外ガセット溶接継手の一軸引張荷重下において、主板幅の増加に伴い疲労き裂発生寿命が低下することを確認し、付加溶接法の実適用においては対象とする継手形状および実物大相当のサイズを想定した検討の重要性を示している。

第 5 章では、実測の形状データを反映した有限要素モデルを用いることにより、面外ガセット溶接継手の廻し溶接部の応力集中の増減に寄与する形状因子を明らかにするとともに、引張および曲げ荷重下における片側および両側ガセット溶接継手の Kt 簡易評価式を提案し、その評価式が付加溶接形状にも拡張適用できることを有限要素解析で確認している。さらには、Kt に依存する疲労き裂発生寿命予測手法を提案するとともに、本手法により様々な Kt を有する溶接ままおよび付加溶接継手のき裂発生寿命を簡易かつ高精度に評価できることを示している。

第 6 章では、付加溶接継手および付加溶接と止端グラインダーの併用継手の疲労寿命について、弾塑性有限要素法を用いた疲労き裂発生寿命評価および XFEM を用いた疲労き裂伝播寿命評価を行っている。その結果、発生および伝播寿命の和で表される疲労寿命が実験による疲労試験結果とよく一致することを確認し、面外ガセット溶接継手における溶接形状データから疲労寿命を予測できる疲労性能設計支援ツールとしての有効性を示している。

第 7 章では、本研究で得られた各章の知見を総括し、結論を述べている。

以上のように、本論文は止端処理技術である付加溶接法に着目し、グラインダー仕上げの併用による効果も含めて、それらを精緻に制御する寿命延伸技術を提案するとともに、面外ガセット溶接継手における疲労性能の向上効果を実験的に検証している。さらに解析的アプローチからそのメカニズムを考察するとともに、疲労き裂発生および伝播寿命評価手法の適用性の高さを示しており、溶接構造物の高機能化および性能設計技術の高度化に資するものであると評価できる。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。