

構造を変えずに疲労強度を向上

～50キ口級鋼面外ガセット継手部への低変態温度溶接材料の利用～

Improvement of Fatigue Strength by Using Low Transformation Temperature Welding Material

藤田 敏明
Toshiaki FUJITA

川田工業(株)生産本部溶接研究室

湯田 誠
Makoto YUDA

川田工業(株)生産本部溶接研究室係長

増井 利弘
Toshihiro MASUI

川田工業(株)生産本部四国工場長

吉家 賢吾
Kengo YOSHIIE

川田工業(株)技術開発本部構造物試験室

町田 文孝
Fumitaka MACHIDA

川田工業(株)技術開発本部技術研究室主幹

一般に鋼橋の面外ガセットまわし溶接部の疲労強度向上法には、応力集中の低減を目的としたフィレット加工による継手形状の改良や溶接後の作業としてグラインダーあるいはTIG処理による止端形状の改良が行われています。これに対し、近年、調質高張力鋼（HT590，HT780等）の面外ガセット継手の疲労強度向上を目的として開発された低変態温度溶接材料（10Cr-10Ni-Fe）¹⁾²⁾を用いた手法は、疲労強度低下の因子である引張残留応力を溶接材料の変態膨張特性を利用することにより低減して、疲労強度の向上をはかる方法で、溶接作業のみで疲労強度を改善させる方法です。

そこで今回、一般に鋼橋で多く使用されている50キ口級鋼に関しても同様の効果があるならば、疲労強度の向上において製作上、簡便な手法となり得ることが予想され、溶接性残留応力の低減効果および疲労強度改善効果の検討を行いました。

疲労試験は、油圧サーボ型疲労試験機を用いて周波数4～10Hz，応力比0，応力範囲100MPaの正弦波により行いました。また、従来の溶接材料については、溶接後、グラインダー処理または、付加溶接（軟鋼溶接棒）による止端改良を行った試験体を追加製作して試験を行いました。

供試材料の化学組成

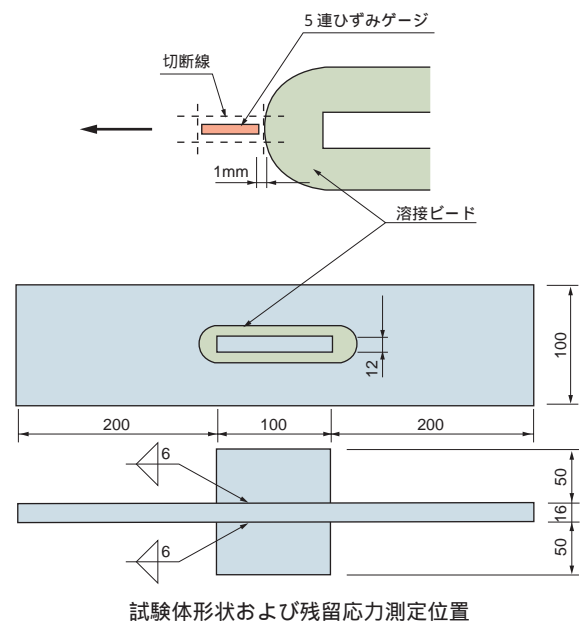
		化学成分 (mass%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
鋼材 (SM490A)	ガセット t = 12	0.17	0.33	1.47	0.013	0.002	-	-	-
	母材 t = 16	0.17	0.41	1.43	0.02	0.005	-	-	-
低変態温度溶接材料		0.025	0.32	0.70	-	-	10.0	10.0	0.13
マルテンサイト系ステンレス溶接材料		0.100	0.36	0.48	0.008	0.006	13.4	0.39	-
従来使用の溶接材料		0.1	0.52	1.11	0.017	0.011	-	-	-

検討概要

50キ口級鋼での疲労強度向上効果の確認に用いた供試鋼材はSM490A材です。また、溶接材料は開発された低変態温度溶接材料、開発された溶接材料と同様の性能が期待される市販のマルテンサイト系ステンレス溶接材料、および従来使用している溶接材料としました。表に、供試材料の化学組成を示します。試験体の製作は、右図に示す面外ガセット試験体を1パスの半自動溶接にて行い、予熱や後熱などの処理は行っていません。

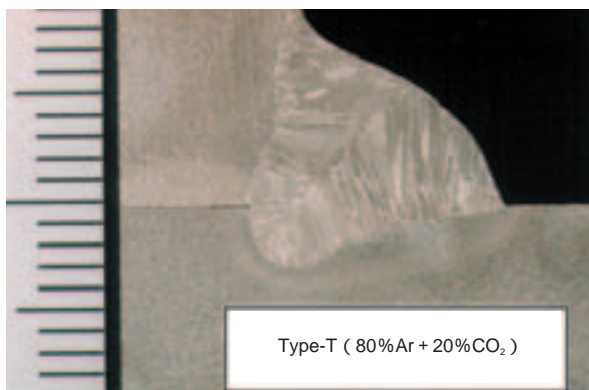
溶接性の確認は、隅肉溶接ビードのビード外観観察や止端形状の確認および断面マクロ観察によって行いました。

残留応力の測定は、試験体のまわし溶接止端部から1mmの位置に1軸の5連ひずみゲージを貼付して切断法により行いました。



溶接性の確認

シールドガス組成を100%CO₂、混合ガス80%Ar + 20%CO₂および100%Arを用いて、開発された低変態温度溶接材料の溶接性について比較しました。溶接中のアークが安定し、ビード外観や止端形状が良好であり、溶込みが最も得られたガス組成は、混合ガス80%Ar + 20%CO₂でした。また、市販のマルテンサイト系ステンレス溶接材料についても同様に混合ガスが最も良好な結果でした。混合ガス80%Ar + 20%CO₂での低変態温度溶接材料の断面マクロ写真を示します。

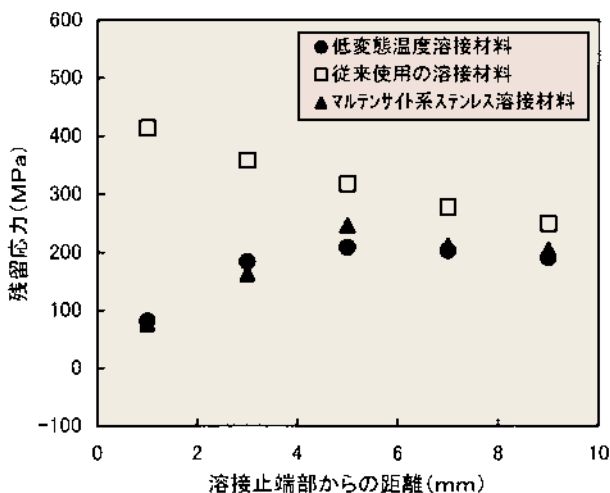


断面マクロ写真

残留応力の測定結果

残留応力の測定結果を図に示します。従来の溶接材料は溶接止端に近づくにつれ、引張残留応力が増加したのに対し、開発された低変態温度溶接材料および市販のマルテンサイト系ステンレス溶接材料を用いると、残留応力は、止端部に近づくにつれ引張の残留応力が低減していました。

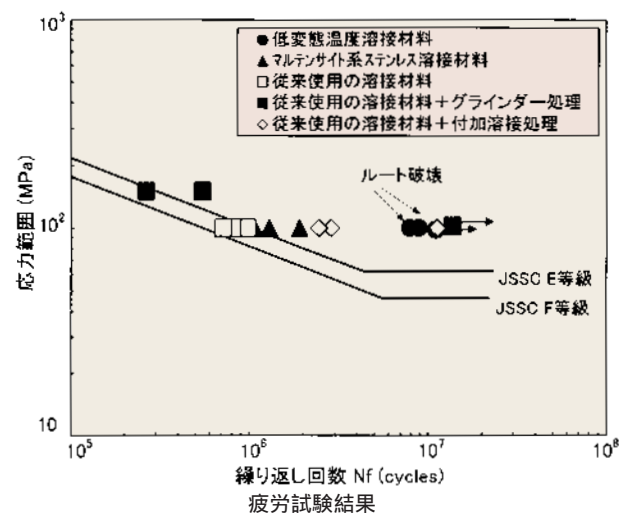
これらの結果より、50キ口級鋼に関しても開発された低変態温度溶接材料や市販のマルテンサイト系ステンレス溶接材料は、引張残留応力が低減することが確認できました。



残留応力測定結果

疲労試験の結果

疲労試験結果、および当該ディテールの疲労強度等級F等級と止端仕上げした場合の強度等級E等級の疲労設計曲線³⁾を図に示します。従来の溶接材料の疲労強度は、当該ディテールの疲労強度F等級とほぼ等しく、グラインダー処理および付加溶接処理は、E等級を満足していました。これに対し、開発された低変態温度溶接材料の疲労強度は、止端非仕上げ（溶接のまま）でありながら止端仕上げのE等級を十分に満足していました。比較に用いた市販のマルテンサイト系ステンレス溶接材料については、E等級をほぼ満足していましたが、開発された低変態温度溶接材料の疲労強度よりは劣っていました。



あとがき

低変態温度溶接材料を用いた50キ口級鋼の面外ガセット継手は、溶接のままでありながらJSSCのE等級（止端仕上げ）を十分に満足している結果を得ました。これにより、従来行っているグラインダー処理等の止端仕上げ作業が省略可能となり、製作工程上の簡便な手法であることが確認できました。

今後は、大型試験体を使用した検討とともに、実施工に向けた検討を行いたいと考えています。最後に、開発溶接材料についてご協力をいただきました川崎製鉄㈱の皆様様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 志賀・太田・平岡・塚本：フロンティア構造材料の溶接，溶接学会誌，第66巻（1997）第8号，pp.609-614．
- 2) Akihiko OHTA *et al.* : Fatigue Strength Improvement by Using Newly Developed Low Transformation Temperature Welding Material, IIW Document, XIII-1706-98.
- 3) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993．