

付加溶接で性能向上

～ 面外ガセットまわし溶接部における低変態温度溶接材料の利用～

Improvement of Fatigue Strength with Low Transformation Temperature Welding Material at Additional Welding

竹内 健二
Kenji TAKEUCHI

川田工業(株)橋梁事業部
生産企画部溶接研究室

湯田 誠
Makoto YUDA

川田工業(株)橋梁事業部
生産企画部溶接研究室係長

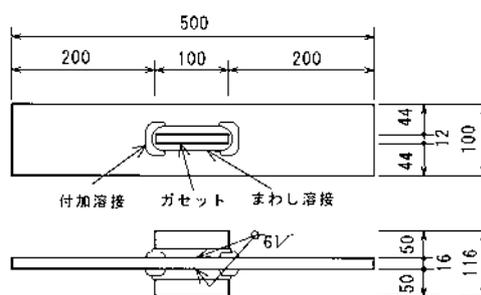
吉家 賢吾
Kengo YOSHIIE

川田工業(株)技術研究本部
構造物試験室係長

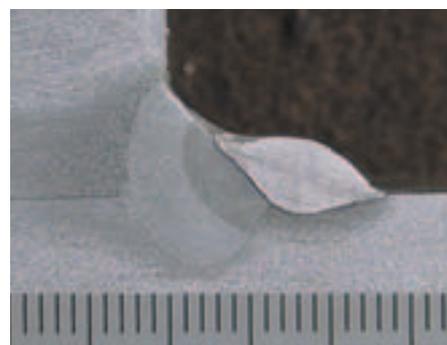
町田 文孝
Fumitaka MACHIDA

川田工業(株)技術研究本部
技術研究室主幹

近年、面外ガセットまわし溶接部の疲労強度向上対策として、マルテンサイト変態点の温度を下げ、溶接止端部に圧縮残留応力を導入する低変態温度溶接棒の適用が試みられ、その効果が確認されています^{1), 2)}。しかし、これらの研究では570 N/mm²級鋼以上の調質高張力鋼を対象としており、鋼橋に主として用いられている400, 490 N/mm²級の非調質鋼についての検討はほとんどなされておられません。著者らは、SM490材を用いた面外ガセット継手に低変態温度溶接材料を適用した場合の効果を確認しています³⁾が、SM400材、SM490Y材など他の鋼種への効果については検討していませんでした。また、この検討における溶接施工方法は本溶接に用いた方法であり、既存構造物への適用を考えると、まわし溶接部への付加溶接による方法が望ましいと考えられます。そこで、400, 490, 570 N/mm²級の非調質鋼を対象として、低変態温度溶接材料を付加溶接することによる疲労強度改善効果について検討しましたので、その結果を報告します。



試験体形状



断面マクロ写真

検討内容

鋼材は、鋼橋でよく用いられているSS400, SM400A, SM490A, SM490YA, SM570TMC, SM570Q鋼の6種類としました。試験体の製作にあたっては、右上図に示すガセットを炭酸ガスアーク溶接にてまわし溶接(YM-26)した後、低変態温度溶接棒(4mm)にて付加溶接を行いま

した。試験は、溶接残留応力測定、疲労試験を実施しました。溶接残留応力は、付加溶接止端部から1mmの位置に1軸5連歪みゲージを貼付し切断法により測定しました。疲労試験は、油圧サーボ型疲労試験機にて周波数10Hz、応力比ほぼ0、応力範囲100, 150MPaの正弦波により行い

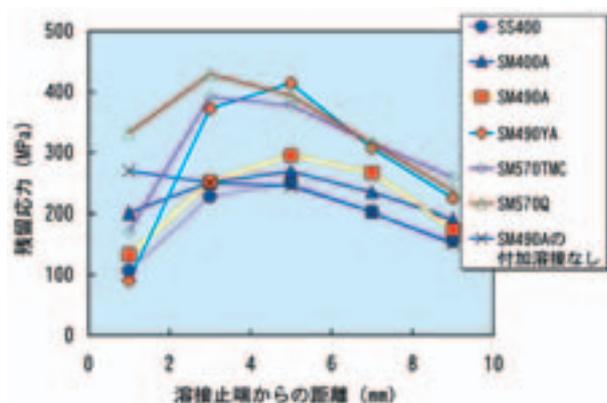
引張特性および化学組成

供試材料	降伏点 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)	化学成分 (mass%)								
				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	
SS400	ガセット	282	422	31	0.14	0.19	0.62	0.010	0.003	-	-	-
	母材	289	429	36	0.11	0.17	0.92	0.009	0.003	-	-	-
SM400A	ガセット	281	426	33	0.16	0.10	0.69	0.009	0.003	0.01	-	-
	母材	306	442	31	0.11	0.25	1.28	0.016	0.004	0.01	-	-
SM490A	ガセット	468	575	23	0.17	0.33	1.24	0.016	0.004	-	-	-
	母材	382	520	27	0.17	0.33	1.23	0.012	0.002	-	-	-
SM490YA	ガセット	432	550	23	0.17	0.34	1.25	0.009	0.002	-	-	-
	母材	446	562	24	0.17	0.34	1.25	0.009	0.002	-	-	-
SM570TMC	ガセット	519	674	28	0.02	0.27	1.54	0.014	0.005	0.24	0.25	-
	母材	498	670	31	0.02	0.27	1.54	0.014	0.005	0.24	0.25	-
SM570Q	ガセット	596	638	30	0.13	0.25	1.34	0.011	0.003	0.01	0.03	0.05
	母材	626	666	31	0.12	0.23	1.34	0.015	0.004	0.02	0.03	0.05
低変態温度溶接材料	443	869	4	0.04	0.20	0.70	0.011	0.003	9.78	11.02	0.28	
イルミナイト系溶接材料	417	500	30	0.09	0.11	0.57	0.022	0.011	-	-	-	

ました。供試鋼材および供試溶接材料の化学組成を表に示します。また、付加溶接部の断面マクロ写真を示します。

残留応力測定結果

下図に残留応力測定結果を示します。図中には比較のため、まわし溶接のみで付加溶接を施していないSM490鋼継手の残留応力測定結果も示します。付加溶接していないSM490鋼継手とSM490鋼継手を含めた6種類の付加溶接した鋼材の引張残留応力を比較してみると、付加溶接していないSM490鋼継手では溶接止端に近づくにつれ残留応力は増加しているのに対し、6種類の鋼材は溶接止端に近づくにつれ差はありますが残留応力は低減しています。このことから、低変態温度溶接材料の引張残留応力低減効果を確認することができました。



残留応力測定結果

疲労試験結果

右図に疲労試験結果を示します。図中には日本鋼構造協会「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」⁴⁾の疲労強度C, D, E, F等級の疲労設計曲線を示します。なお比較のため、まわし溶接のみで付加溶接を施していないSM490鋼継手とSM490, SM490A, SM570TMCの各鋼にイルミナイト系の溶接材料で付加溶接を施した試験体の疲労試験結果も示します。付加溶接していない試験体の疲労強度は当該ディテールのJSSC疲労強度F等級を満足していました。イルミナイト系で付加溶接した試験体は、止端形状が改良されたためF等級より疲労強度が1等級向上しています。それに対して低変態温度溶接材料で付加溶接した試験体は、付加溶接しない試験体より疲労強度が2等級も向上しD等級となりました。付加溶接を施すことにより疲労強度が向上した原因は、上述したように残留応力が低減し、かつ付加溶接することにより脚長が長くなり応力集中が低減した⁵⁾ためと考えられます。以上により、低変態温度溶接材料を

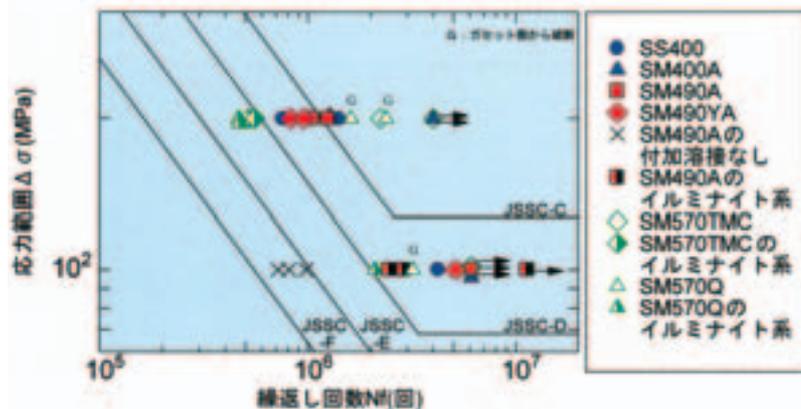
付加溶接することによって疲労強度がより向上することを確認しました。なお、各試験体の残留応力と疲労強度の関係は、必ずしも1対1に対応していません。その原因としては、残留応力の板厚方向の分布の違い、特に板表面止端部での残留応力の大きさの違い、および止端形状による応力集中の違い、などが考えられます。

おわりに

疲労強度の向上を目的として面外ガセットまわし溶接部に低変態温度溶接材料を付加溶接として使用する施工方法について、SS400, SM400A, SM490A, SM490YA, SM570TMC, SM570Q鋼を対象に検討を行いました。その結果、まわし溶接そのままよりも低変態温度溶接材料にて付加溶接することにより、溶接部近傍において引張残留応力が低減し、かつ疲労強度をより向上させることができることを確認しました。以上により、グラインダー等に代表される止端仕上げをすることなく、製作工程上、簡便な手法で疲労強度を向上できるものと考えられます。最後に、低変態温度溶接材料をご提供いただきました川崎製鉄㈱および独立行政法人物質・材料研究機構の皆様へ厚く感謝致します。

参考文献

- 1) A. OHTA et al. : Fatigue Strength Improvement by Using Newly Developed Low Transformation Temperature Welding Material, IIW Document XIII-1706-98
- 2) 水ノ上, 樋口, 穴見, 三木 : 土木学会第54回年次学術講演会, pp.52-53, 1999.
- 3) 藤田, 湯田, 増井, 吉家, 町田 : 川田技報, Vol.19, pp.88-89, 2000.
- 4) 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.
- 5) 穴見, 三木 : 第5回超鉄鋼ワークショップ, pp.240-241, 2001.



疲労試験結果