

鋼鉄道橋 2 主鈑桁橋の現場溶接施工試験

鉄道・運輸機構 南 邦明 横山秀喜
日立・日橋 J V 谷 和彦 藤岡正彦

1. はじめに

東北新幹線(八戸-新青森間)に建設中の砂土路川橋りょうは、新幹線で初めて採用された鋼2主鈑桁橋である。これまで、当機構では箱桁橋の現場溶接施工試験報告は数多くあるが、2主鈑桁橋の現場溶接施工試験報告は少ない。そこで、本橋の建設にあたり、JIS耐候性鋼材の溶接性および溶接による収縮量を明確にするため、実物大現場溶接施工試験を実施した。また、溶接材料の衝撃値を確認するため、平板試験体を用いた溶接施工試験も行った。

ボルト接合と溶接接合が混在する併用継手では、ボルト締付け後、溶接を行えば溶接収縮によりボルト接合面ではすべりが懸念される。そこで、実物大試験体では、ボルト接合部のすべり挙動を調べた。

2. 溶接施工試験の説明

(1) 試験体の説明 表-1に使用鋼材を示し、図-1には実物大試験体形状を示す。試験体は、砂土路川橋りょうにおいて、最も板厚が厚い部位における実物大の試験体である。フランジとウェブ交差部の溶接継手はZ継手を用い(図-2)、水平補剛材およびエレクションピースはボルト継手(片側6本)とした。フランジおよびウェブの突合せ溶接継手では、開先形状をV形開先の片面裏波溶接とした。溶接はガスシールドアーク溶接を用い、100% CO₂ガスを用いた。表-2に溶接作業条件を示す。Depo部では衝撃値の低下が懸念されるため、本工事では衝撃特性を改善した試作の溶接材料(表-2, 3の溶材B(改良))を適用し、平板試験体(500mm×500mm)を用いて溶接施工を行った。

(2) 試験項目 機械試験として、引張試験(JIS Z3121:各2体)およびシャルピー衝撃試験(JIS Z3128:各3体)を実施した。衝撃試験片の採取は、図-3に示すように、溶接金属部(Depo)では表面および裏面から2mm位置、鋼材熱影響部(HAZ)では表面2mm位置からそれぞれ採取した。

(3) 溶接収縮量の計測およびすべり挙動の観察 施工手順を図-4に示す。ボルトはS10T-M22を用い、設計軸力で締付けた。溶接は、上フランジ、下フランジ、ウェブの順に行った。収縮量の計測は、溶接終了後およびボルト開放後に行った。計測位置を図-5に示す。計測は溶接線を挟んで鋼板表面と裏面の300mm間を計測した。すべり挙動を観察するため、ボルト継手部の母板と添接板に罫書き線を入れ、また、ボルト開放後は接触面を観察した。

3. 溶接施工試験結果

(1) 引張試験結果 引張試験結果を表-4に示す。ソリッドワイヤである溶材Aを用いたフランジ溶接部ではDepoで破断した(表-3に示す溶材の引張強度とほぼ一致)。これは、溶材より鋼材の方が強度は高く、HAZ部での軟化の影響もなかったからと考えられる。一方、フラックス入りワイヤである溶材Bを用いたウェブ溶接部は、HAZ部で破断した。これは、溶材Bは鋼材より強度が高いからである。同様に溶材B(改良)も鋼材より強度が高く、HAZで破断した。なお、何れの試験体とも引張強度はすべて規格値(570N/mm²)を満足した。

(2) シャルピー衝撃試験結果 シャルピー衝撃試験結果を表-5に示す。実物大試験体において、HAZでは入熱量が高いウェブは100Jを若干下回るものの、フランジ部では180J程度と良好な結果が得られた。Depoでは下フランジにおいては100Jを超える値であったが、上フランジおよびウェブでは50J程度と非常に低く、ソリッド(溶材A)およびフラックス入りワイヤ(溶材B)両者ともに低い衝撃値を示した。なお、フラックス入りワイヤでは、表-3で示した衝撃値とほぼ同じであるが、ソリッドワイヤで上フランジのみ表-3の値より低い結果となった。この理由として、パス数が少なく再熱効果が得られにくい。あるいは、ノッチ位置がビード中央に近かったなど理由が考えられるが、その詳細は不明である。一方、溶材B(改良)を用いた平板試験体では、試験片採取位置および溶接姿勢(入熱量)に関わらず100J程度の衝撃値が得られ、試作材料の衝撃特性改善効果は認められた。

(3) 収縮量の計測結果 収縮量計測結果を表-6に示す。これらの結果は、表面と裏面の和の平均値である。収縮量の分布状態は、各溶接線ともに溶接線中央部の収縮量が大きくなる傾向が示されたが、収縮量は部位によって若干異なった。また、収縮量の大半は溶接終了後であるが、ボルト開放後も若干であるが収縮している。特に、エレクションピース近くのフランジの端部(①④⑨⑫)では、収縮量がボルト開放後も比較的大きいことが判る。最終的な収縮量は、平均すれば上フランジで約2.1mm、下フランジで約3.1mm、ウェブで約3.7mmあった。

(4) すべり挙動の観察結果 溶接終了後において、溶接収縮によりボルトがすべった箇所は発生しなかった(写真-1)。しかし、エレクションピースや水平補剛材のボルト開放途中、ボルトが残り数本になった時にすべりが生じた。すべり面の一例を写真-2に示す。この部位では、残り1本目のボルト開放時にすべりが生じたケースである。

キーワード：耐候性鋼材、溶接性、衝撃特性、併用継手、収縮量

連絡先：〒231-8315 横浜市中区本町6-50-1 TEL 045-222-9082 FAX 045-222-9102

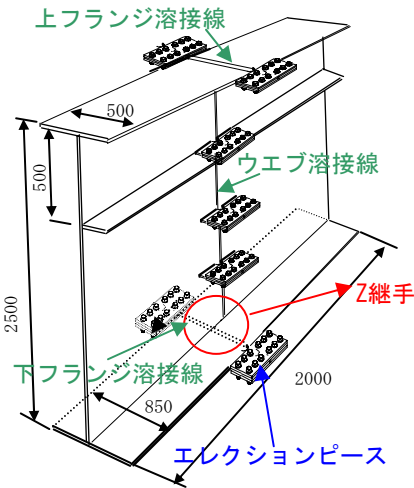


図-1 実物大試験体

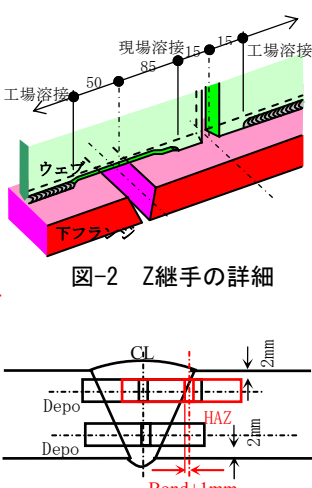


図-2 Z継手の詳細

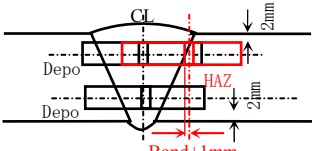


図-3 衝撃試験採取位置

表-1 鋼材(SMA570QW)の機械的性質および化学成分

部位	板厚 (mm)	機械的性質				化学成分(%)								
		降伏	引張	伸び	衝撃値	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	
		(N/mm ²)	(%)	(%)	(J)	×100			×1000			×100		
実物大	U.Fl.g	30	592	661	42	315	12	38	101	12	2	32	18	50
	L.Fl.g	50	540	646	30	269	12	38	101	12	2	32	18	50
	Web	16	597	638	37	340	12	38	90	11	2	31	18	50
平板		19	546	628	41	333	12	38	90	11	2	31	18	50

表-2 溶接条件および施工条件

部位		溶接条件					施工条件	
		電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cpm)	入熱量 (kJ/cm)	パス 数	溶接 姿勢	使用 溶材
実物大	U.Fl.g	220～320	26～35	14～28	19.8～48.0	7	下向き	溶材A
	L.Fl.g	180～310	23～35	10～35	18.6～50.1	21		
	Web	180～200	23～27	8～12	27.0～36.0	3	立向き	溶材B
	平板(下向)	200～280	25～28	18～31	14.6～17.2	6	下向き	溶材B
平板(立向)	190～200	22～23	7～11	24.5～35.4	4	立向き	溶材B (改良)	

表-3 溶材の機械的性質および化学成分(検査証明書より)

使用 溶材	種類	機械的性質				化学成分(%)							
		降伏 (N/mm ²)	引張 (%)	伸び (%)	衝撃値 (J)	C ×100	Si ×1000	Mn ×1000	P ×1000	S ×1000	Cu ×100	Ni ×100	Cr ×100
溶材A	YGA-58W	544	636	26	112	6	66	135	12	10	49	47	53
溶材B	YFA-58W	581	656	24	49	7	49	119	12	10	38	45	47
溶材B (改良)	YFA-58W	630	685	22	113	5	50	118	12	5	42	61	51

YGA-58Wはソリッドワイヤ、YFA-58Wはフラックス入りワイヤ

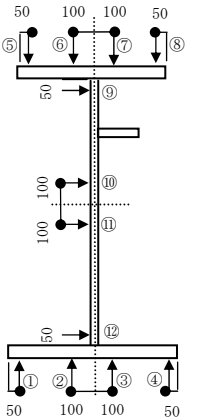


図-4 施工手順

表-4 引張試験結果

部位		強度(N/mm ²)		破断位置
		No.1	No.2	
実物大	U.Fl.g	641	636	Depo
	L.Fl.g	613	623	Depo
	Web	631	619	HAZ
平板(下向)		668	662	HAZ
平板(立向)		617	623	HAZ

表-5 シャルピー衝撃試験結果

部位	Depo(表面2mm) (J)				Depo(裏面2mm) (J)				HAZ(表面2mm) (J)			
	No.1	No.2	No.3	平均	No.1	No.2	No.3	平均	No.1	No.2	No.3	平均
実物大	U.Fl.g	45	53	71	56	-	-	-	160	209	180	183
	L.Fl.g	114	108	89	104	116	99	97	151	171	223	182
	Web	53	46	52	50	-	-	-	112	99	72	94
	平板(下向)	98	92	99	96	105	104	108	105	120	174	207
平板(立向)	114	111	111	112	66	106	100	90	25	205	180	200

図-5 収縮量計測位置

表-6 収縮量計測結果

位置	計測時	
	溶接後	開放後
下フランジ	①	2.60 3.05
	②	3.10 3.20
	③	3.15 3.10
	④	2.45 2.85
	平均	2.83 3.05
上フランジ	⑤	1.75 2.05
	⑥	2.05 2.25
	⑦	2.05 2.15
	⑧	1.35 1.90
	平均	1.80 2.09
ウェブ	⑨	2.65 2.90
	⑩	3.60 3.65
	⑪	4.20 4.15
	⑫	3.90 4.00
	平均	3.59 3.68

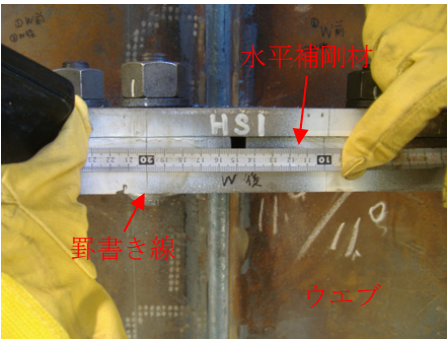


写真-1 溶接後のすべり状況の観察

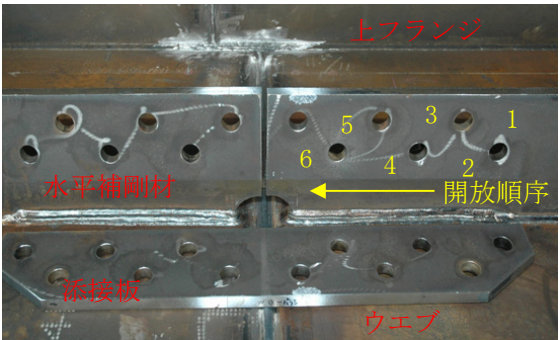


写真-2 ボルト開放後のすべり状況の観察

4. まとめ

本橋梁で使用するSMA570QWの溶接部において、引張強度は規格値(570N/mm²)に対し十分な強度を有していた。一方、衝撃値は、鋼材熱影響部では高い衝撃特性であるが、溶接金属部において、従来の溶接材料では基準値(47J)を満足しているが低い値となった。なお、改良溶接材料では100J程度と良好な結果が得られた。ボルトを締め付けてから溶接を行なった場合、溶接作業後のすべりは見られないが、ボルト開放時にすべりが見られた。

以上の溶接施工試験結果から、砂土路川橋りょうの施工においては、溶接材料は従来材を使用せず、改良溶接材料を適用した。また、溶接による収縮量は、フランジで3mm、ウェブで4mmとして部材の製作を行った。現場溶接時の拘束は、エレクトロニクスピースのみとし、水平補剛材のボルト継手は、溶接時にはボルトを締め付けず、溶接終了後締め付けを行った。