

## ニッケル系高耐候性鋼を用いた Z 形断面継手を有する現場溶接

日本橋梁(株) 正会員 川岡 靖司 鉄道・運輸機構 正会員 藤原 良恵  
 (株)レールエイジング・アライヴ 正会員 保坂 鐵矢 鉄道・運輸機構 正会員 鈴木 喜弥  
 日本橋梁(株) 藤本 巧宏

## 1. はじめに

北陸新幹線 森本 BvGc は、橋長 60.0m (支間長 58.4m) の合成開断面箱桁である。

溶接継手部 (外側腹板) は、図-1 に示すように断面方向のフランジとウェブとの溶接線が橋軸方向に 100mm 離れた「Z 形断面継手<sup>1)</sup>」(以下 Z 継手) が採用されている。Z 継手は拘束溶接が少なくなる継手構造で残留応力が小さく、大きな作用力が負荷されても溶接部破壊の伝播を最小限に抑える継手であることが特長である。また、鋼材はニッケル系高耐候性鋼が使用されている。

以上の条件の基に、工場製作から現場溶接まで一貫した溶接品質を実現するため、施工試験および現場溶接施工に関して報告する。

## 2. 溶接施工試験

工場製作に先立ち実物大断面を有する試験体を製作し各種の施工試験を実施した。工場製作に関する項目は、板厚 5 0 mm の板継ぎ溶接施工試験、下フランジと腹板のかど溶接部溶け込み確認試験、下フランジの角部 R 加工方法および下フランジの冷間曲げ加工部の性能確認試験、である。現場溶接に関しては、開先形状確認試験、

下フランジ十字交差部の施工要領確認試験、Z 継手の施工要領確認試験、中腹板の下フランジとの併用継ぎ手部に設けたスカラップサイズ確認試験、収縮・変形の確認、である。

ここでは現場溶接に着目して報告する。

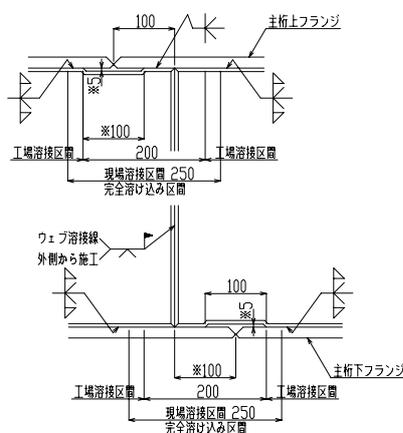


図-1 Z 形断面継手

## 1) 現場溶接施工試験

現場溶接施工の成否に影響する開先精度、特にルートギャップの許容値については、従来、適用する溶接方法や溶接姿勢の基で健全な溶接が得られる条件として決定されていたが、今回は工場製作精度と現場組立精度がルートギャップに影響すると考えて決定し、その許容値が妥当であるかどうかを施工試験で確認した。また、最終出来形に影響を及ぼす収縮量についても確認した。

さらに、現場溶接の使用溶接材料として、当初は現場における準備の簡便さを考慮し、溶接ワイヤはフラックス入りワイヤ SF-60WN (日鉄住金溶接工業製) を、シールドガスには 100%炭酸ガスという種類の溶接ワイヤとシールドガスで施工する計画を立てていた。

## 2) 現場溶接試験の結果

規定値 8 mm 許容範囲  $\pm 4$  mm のルートギャップを有する開先形状で健全な溶接部が得られるかどうかを確認するためにさらに上下に 1 mm ずつ外れたルートギャップ 3 mm と 13 mm で試験を行った。その結果、継手性能は満足できることが判ったため、ルートギャップの許容範囲を 4 ~ 12 mm とした。

収縮量については、Z 継手一線あたり約 3 mm であった。

溶接継手部の機械試験において、厚板フランジから採取した側曲げ試験片に微小なキズが発見された。この微小なキズの破面を現出し、走査型電子顕微鏡で調べたところ高温割れであることが確認できた。原因として、フラックス入りワイヤの特性と施工時の溶接電流が推奨条件より 20 ~ 40 A 程度高めであったことが考えられた。そこで、溶接ワイヤをソリッドワイヤ YM-3N に変更し、小型試験体による再試験を行なった。その結果、微小な割れは発生せず、満足できる継手性能が得られたので実橋の厚板フランジには溶接ワイヤ YM-3N とシールドガスアルゴン 80%炭酸ガス 20%の混合ガスを用いることとした。

現場溶接施工試験で決定した開先形状・溶接条件・溶接材料を表-1 ~ 3 に示す。

キーワード ニッケル系高耐候性鋼、Z 形断面継手、厚板、フラックス入りワイヤ、収縮量

〒 675-0164 兵庫県加古郡播磨町東新島 3 番地 日本橋梁(株) 技術開発部 TEL 078-941-3750 FAX 078-949-2119

表 - 1 開先形状（突合せ継手）

適用箇所	溶接方法	標準開先形状と許容値				開先形状
		°	G mm	f mm	a mm	
上下フランジ	CO <sub>2</sub> 片面 半自動溶接	40±5°	8±4	1±1	0±2	
ウェブ	CO <sub>2</sub> 片面 自動溶接	45±5°	8±4 (10±4)	1±1	0±2	

表 - 2 溶接条件

適用箇所	材質	最大板厚 t (mm)	溶接方法	種類	溶接条件			入熱 kJ/cm	溶接姿勢
					電流 A	電圧 V	速度 cpm		
上フランジ(外)	SMA570W-H	50	CO <sub>2</sub> 片面 半自動溶接	初層	180~200	22~23	8~10	34.5	下向
					その他	280	30~33	15~30	
下フランジ(外)	SMA570W-H	48	CO <sub>2</sub> 片面	初層	180~200	22~23	8~10	34.5	下向
					その他	280	30~33	15~30	
下フランジ(内)	SMA570W-H-7C	14	CO <sub>2</sub> 片面 自動溶接	初層及び 2パス	175~185	21~24	4~8	66.6	立向
ウェブ(外)	SMA570W				175~185	21~24	4~8	66.6	

表 - 3 溶接材料

高耐候性鋼材部（外側の上下フランジ、下フランジ、外側のウェブ）

対象継手	溶接方法	ワイヤー (径)	シールドガス 又はフラックス	裏当材	製造者
上フランジ(外)	CO <sub>2</sub> 片面 半自動溶接	YM-3N (1.2)	Ar80%+ CO <sub>2</sub> 20%	S B - 41	日鐵住金溶接工業(株)
下フランジ	CO <sub>2</sub> 片面 半自動溶接	YM-3N (1.2)	同上	S B - 41	日鐵住金溶接工業(株)
ウェブ(外)	CO <sub>2</sub> 片面 半自動溶接	SF-60WN (1.2)	CO <sub>2</sub> 100%	S B - 41	日鐵住金溶接工業(株)

### 3. 実橋のブロック製作への適用

3セルに分割された開断面箱桁のルートギャップ精度を実現するため、単ブロックの溶接歪み取り後に3セルを一体とし、両端の機械切削を行い、その後に開先加工の工程に移る製作方法を採用した（写真-1）。通常の製作方法である、単材時の先行仕上げ・開先先行工法に比べ工程・工数とも増加するが開先精度を重視した。

Z継手の収縮代3mmは、原寸段階で各ブロックの長さを3mm長くすることにより反映した。

その他施工試験により得られた施工要領はすべて実橋の製作に適用した。

溶接施工試験に従事する溶接工は、Z継手および同鋼材の経験を有する溶接工を選定し、現場溶接においても施工を行い一貫した現場溶接管理を行なった。

### 4. 現場溶接

現場溶接は、8月4日より現地入りし、開先調整および開先清掃を行い8日より溶接を開始した。全体の溶接順序は箱桁中央部ブロックより箱桁両端部方向に2組2方向に進めた。また、断面方向の溶接順序は、L-Flg シーム方向 L-Flg パット方向 U-Flg パット方向 Web パット方向 L-FlgZ 継手部 U-FlgZ 継手部 余盛りビード研削仕上げとした。U・L-Flgの現場溶接は、一般的な片面裏波溶接法であるが、厚板の高耐候性鋼板であることを踏まえ、溶接管理は溶

接施工試験の溶接条件の確認、層間温度の確認、予熱温度の確認、溶接収縮・変形量・ルートギャップの変化を確認した。溶接作業では、スカーラップおよびエンドタブが無いため溶接始末端部溶接は慎重な作業となった。Web-PL と Flg-PL の完全溶け込みが要求される部位のZ継手は、溶接始末端部が集中する部位でもある。エアガウジングによる研り作業後の健全性を管理者が確認しながらの作業とした。溶接はCO<sub>2</sub>半自動溶接機（SF-60WN）で溶接を行った。Web-PL は、フラックス入りワイヤ SF-60WN を使用したCO<sub>2</sub>自動溶接機（ピコマックス）法で施工した。真夏の高温下での溶接ではあったが、作業は順調に進み9月21日に非破壊試験を終了し全ての現場溶接工程を完了することができた。

### 5. 施工試験と現場溶接の収縮量に関する比較検討

前述したように施工試験で得られた収縮量3mmが妥当であったかどうかを実橋で確認した。仮組立状態ですべての現場継手部の上フランジ、腹板、下フランジおよび縦リブにマーキングをし、現場で地組を行なった時、溶接前の状態として初期値を計測、さらに溶接完了後に計測を行なうことにより、溶接収縮のデータを採取した。

結果、1.5mm~3.8mmのばらつきはあったものの、平均収縮量は2.8mmであり、施工試験で得られた3mmは正しいことが実証された。また、溶接収縮によりキャンパーは-1mm~+5mmと変化したが、規格値には収まっていた。

### 6. おわりに

Z継手全断面溶接は輪切り断面現場溶接に比べ、溶接始末端が多く作業工数がかかる溶接法であると感じていたが、事前の大型試験体による溶接施工試験により現場と同じ環境で行った試験の経験が現場での実作業に反映でき、トラブルもなく円滑に溶接作業ができ、高品質溶接を確保して完了できた。これは施工試験で得られた要領および結果を実橋に確実に適用したこと、現場溶接工には経験者を採用し、施工試験での再確認を行なったこと、現場溶接管理を確実にしたことなどの結果であり、ニッケル系高耐候性鋼の厚板溶接部を有する本橋梁の現場溶接工事を無事終了することができた。



写真 - 1 溶接施工試験体

参考文献1) 保坂、柳沼他：全断面現場溶接 Z 継手の合理的な一手法と施工性確認試験（構造工学論文集、Vol.48A、2002.3）