

TIG 現場溶接による鋼製橋脚横梁支点部直下の疲労き裂補修

高田機工(株) 正会員 ○鷹羽 新二
 高田機工(株) 正会員 安田 修
 首都高速道路(株) 正会員 梶原 仁

1. はじめに

供用開始から約30年経過し、大型車通行量が大きい鋼製橋脚横梁支点部直下において、疲労き裂の発生が報告されている。疲労き裂の発生原因は、橋軸方向に分離された支承構造に起因する横梁上フランジの板曲げ応力の発生、スカラップ部の断面欠損による局部変形、支点ダイヤフラムと横梁上フランジとのすみ肉溶接、であると考えられている。今回、鋼製橋脚補強工事の一環として、疲労き裂の切削除去を行い、その補修としてTIG溶接を実施した。

本報告では、①疲労き裂発生状況の概要、②補修溶接時に問題となる被溶接箇所の振動計測および溶接可否考察、③TIG溶接施工試験・当該工事補修溶接結果について記す。

2. 疲労き裂発生状況の概要

図-1 に疲労き裂発生箇所の一例として位置および、き裂の詳細を示す。き裂は橋脚横梁支点部で、橋軸方向に直列配置されている2つの支承ベース板間直下の上フランジとダイヤフラム部材のすみ肉溶接部に発生している。溶接ビード横断面で見るとすみ肉ルート部から、溶着金属中央部にき裂が進展しているものが多い。これは、回し溶接止端部からルート部へ進展する縦リブのスカラップ部溶接ビード止端部に発生する疲労き裂とは発生形態が異なる。¹⁾

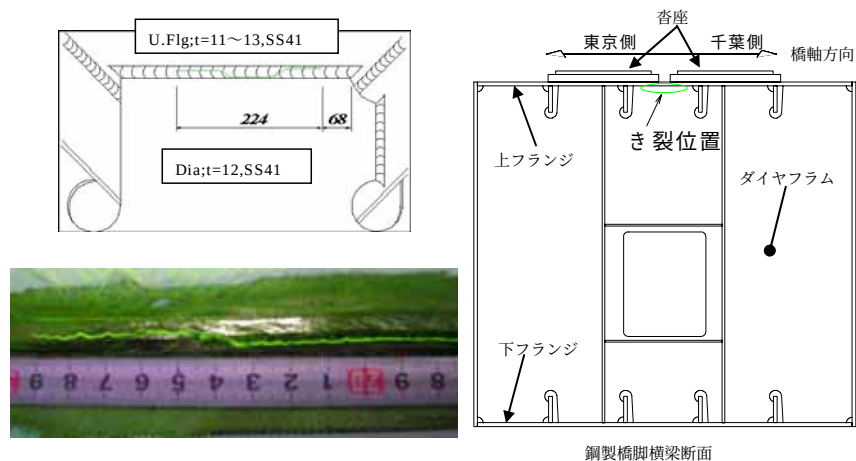


図-1 疲労き裂発生状況

3. 溶接箇所の振動計測と溶接可否判断

疲労き裂に対して切削・除去実施後、TIG 補修溶接を道路供用中に行う計画とした。供用中であるがゆえ、溶接部への振動が溶接品質に影響を及ぼすことが懸念される。文献²⁾によると、①振動による運棒の乱れからくる溶接欠陥の発生と②変動荷重下の高温割れに対する判定が必要であると明記している。

そこで、き裂が存在している溶接部の振動測定を実施し、①については当該溶接部の橋軸方向・橋軸直角方向・鉛直方向の振動加速度と溶接欠陥が生じない管理限界値

②を比較・評価し、②はルートギャップの開口変位について振幅と周波数を測定し、数種類の溶接材料における高温割れ発生限界ルートギャップ開口変位 $\Delta \delta_{cr}^{(2)}$ と比較することにより溶接施工可否を事前に評価した。振動測定結果とそれぞれの限界値の関係を図-2,3 に示す。振動計測は12箇所を設定し、その内、振動加速度は12箇所全量、開口変位については9箇所を測定した。

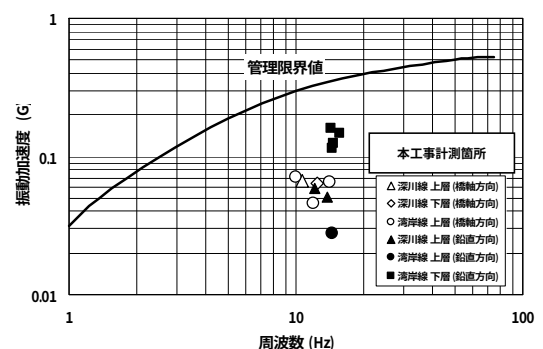


図-2 周波数と振動加速度、管理限界値の関係

キーワード；疲労き裂，供用下補修溶接，TIG 溶接，振動加速度，開口変位

連絡先； 〒649-0111 和歌山県海南市下津方 1375-1 高田機工(株) 技術研究所 TEL073-492-4971

溶接欠陥発生に関する周波数と振動加速度の関係 (図-2) において計測値は全て管理限界値以下であり、溶接施工可能と判断した。

次に、拘束度 R_p と最大開口変位 $\Delta \delta_{cr}$ の関係 (図-3) において文献²⁾の $\Delta \delta_{cr}$ は溶接材料により異なり、溶接金属中の Mn/S および、Mn/Si 値が高いほど、高温割れが発生しにくい。

図-3 は、これらの値が大きい溶接材料 (表-1 参照) では任意の R_p における $\Delta \delta_{cr}$ が大となり、割れにくいことを示している。本工事使用の TIG 溶接金属 (TGS-50) を文献²⁾と比較した結果、TIG 溶接金属の Mn/S および Mn/Si は D4316 よりも大きく、D5816 より小さい値となった。したがって、本工事で計測した開口変位は高温割れ危険側である D4316 の $\Delta \delta_{cr}$ 以下であるので、溶接施工可能と判断した。

4. 補修溶接手順および溶接施工試験

本工事計画時における補修溶接手順を図-4 に示す。き裂の除去はディスクグラインダーおよび超硬バーグラインダー等を使用することとした。き裂除去確認は、表・裏ビード共に目視および磁粉探傷検査による。き裂除去に引き続き TIG 溶接用開先作成をき裂が存在する縦リブ間全長にわたって行い、図-4 に示す完全溶け込み溶接を実施した。この理由としては、溶接ビード表面に観察されるき裂のみならず、ルート部に存在する小さなき裂も完全に除去し、補修するためである。工事着手前に上述と同様の手順にて当該継手を想定した現場溶接施工試験を実施した。溶接施工試験における積層要領(マクロ試験)・溶接条件を表-2 に、衝撃試験結果を表-3 に示す。その他、溶接品質確認として、超音波・磁粉探傷試験、溶接部の硬さ試験を実施し、全ての試験結果は規格値を満足しており、良好であった。実工事施工に関しては溶接線全線に対する非破壊検査を実施し、高温割れの発生は確認されず、良好な結果であった。

5. まとめ

道路供用中の鋼製橋梁の補修溶接に関して、溶接品質を十分に満足させる施工管理を実践した。今後の補修溶接施工方法の参考となれば幸いである。
参考文献:1) 安田ら、鋼製橋脚支点直下における疲労き裂観察、第 61 回年講 2) 供用下にある鋼構造物の溶接施工指針 (案), JSSC テクニカルレポート, 平成 5 年 2 月

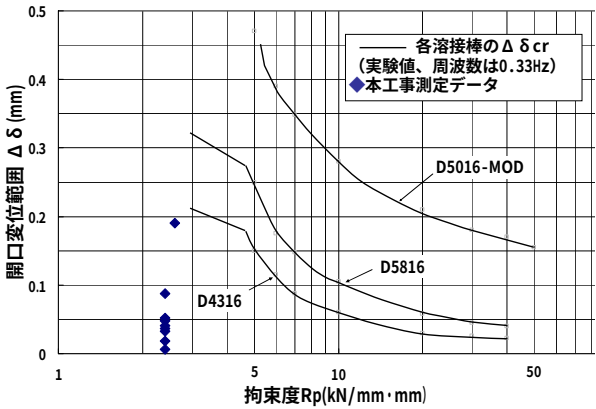


図-3 拘束度と最大開口変位, $\Delta \delta_{cr}$ の関係

表-1 各溶接金属の化学組成と S, Si に対する Mn 比

溶接材料	溶接金属化学組成 (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	B	Mn/S	Mn/Si
* D4316	0.04	0.43	0.06	0.008	0.005	0.02	0.0003	12	0.1
* D5816	0.06	0.52	1.10	0.014	0.007	0.62	-	157	2.1
○ TGS-50	0.09	0.71	1.38	0.012	0.012	0.01	0.0003	115	1.9

* 文献データ
○ 本工事使用TIG溶接ワイヤ

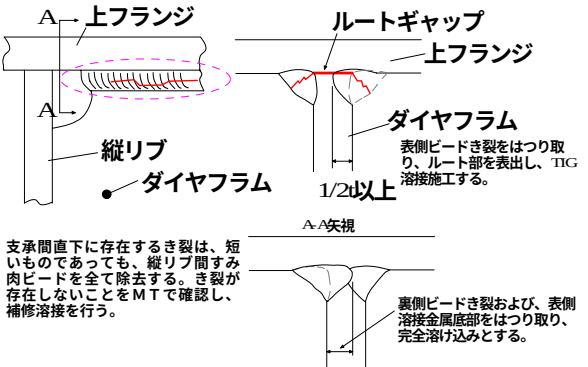


図-4 上フランジとダイヤフラムの補修溶接手順

表-2 TIG 溶接 積層要領および溶接条件

材質	SM400A	溶接積層図	
板厚	12mm (ウェブ) 16mm (フランジ)		
溶接長	357mm		
溶接方法	TIG溶接		
溶接機器	PANA-TIG 500		
溶接姿勢	上向き		
溶接材料	TGS-50 φ2.4mm		
シールドガス	Arガス (100%)		
ガス流量	17L/min		
開先R寸法	5mmR		
予熱温度	50℃		
パス間温度	72~180℃		
表側パス数	11パス		
裏側パス数	12パス		

	パス No.	電流 (A)	電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	入熱量 (kJ/cm)
条件範囲	1~23	190	13~14	3.8~13.3	12.0~41.7

表-3 TIG 溶着金属衝撃吸収エネルギー

マーク	ノッチ位置	試験片形状	試験温度 (℃)	平均吸収エネルギー 参考規格値試験値平均 (J)	判定
AS1	溶接金属部	JIS Z 2242 Vノッチ試験片	0	148	合格
AS2				171	
AS3				166	
BS1				194	
BS2				187	
BS3				211	