

(I-32) ミグトレイン溶接の鋼鉄道橋への適用に関する一考察

東京鐵骨橋梁製作所 正会員 星川正明
 " " 中村賢造
 日本鐵道建設公団 " 谷相理嗣

1 はじめに

鋼鉄道橋では、近年、跨座式モノレールの合成軌道桁や低床式トラス（床組を下弦材に直結したタイプ）の下弦材等、面内・外の曲げモーメントを受ける狭あいな箱型断面部材の適用が増加している。

これらの部材断面は、機能性や経済性を意識した合理的なものであるが、溶接工の高齢化・人材不足が進んでいる昨今の状況下で、製作に際して作業環境の確保や衛生管理等いくつかの課題が指摘されている。特に、軌道としての機能を要求される跨座式モノレールの主桁部材は、腹板中心間隔が 600mm に限定されることから、主桁内面の溶接作業は厳しい作業環境下で行わざるを得ない状況となっている。

このような作業環境下での人力施工を軽減する一法として、桁内面のすみ肉溶接を自動的に行うミグトレイン（小型自動溶接機）の適用が考えられる。ミグトレインを実橋の製作に適用する場合、①ダイヤフラムに設けられるスカーラップ形状が手溶接に比べ大きくなる。②目視による溶接品質の確認ができない。等の課題が挙げられ、スカーラップ近傍の応力性状や品質管理方法を確認する必要がある。

本報告は、これらの課題に対して行った数値解析及び施工試験の検討結果を報告するものである。

2 スカーラップ近傍の応力解析

ミグトレインを適用する場合、箱桁内面のダイヤフラムに設けられるスカーラップ形状は、溶接機の走行に支障を与えないよう 160mm × 160mm 程度を確保する必要がある。この形状は一般的なスカーラップ形状（R=40mm）に比べ相当大きな切欠き形状となることから、スカーラップ近傍の腹板・フランジ・ダイヤフラムの応力状態を（タイプ 1）スカーラップ形状を R=40mm としたタイプ、（タイプ 2）スカーラップ形状を 160mm × 160mm としたタイプ、の 2 タイプについて FEM 解析し、比較検討した。

表-1 は、3 次元板要素を用いて桁の全体系をモデル化した解析モデルに 1t/m の等分布荷重（case1）と活荷重（case2・片線載荷、case3・両線載荷）を載荷し、算出されたウェブ・上フランジ・ダイヤフラムの最大応力度を示したものである。

全体系の解析結果として

- ① ウェブの応力度は、鉛直方向（ S_y ）・水平方向（ S_x ）とも顕著な差は見られない。
- ② 上フランジの応力度は、スカーラップ形状の大きいタイプ 2 の橋軸直角方向（ S_x ）応力がタイプ 1 に比べて増加する傾向を示しているが応力の変動値としては橋軸方向（ S_y ）・橋軸直角方向（ S_x ）とも問題となるほど大きな値となっていない。
- ③ ダイヤフラムの応力度は、スカーラップ近傍に於て水平方向（ S_y ）の応力成分が引張域から圧縮域に変動する等、主応力方向に変動が見られる。全体系の解析結果から、スカーラップの形状効果

図-1 合成軌道桁概要図

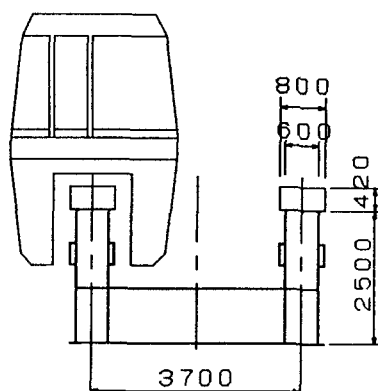


表-1 全体系モデルの最大応力度一覧表

解析タイプ		type 1 (kg/cm ²)		type 2 (kg/cm ²)	
		S_y max	S_x max	S_y max	S_x max
ウェブ	case1	-59.09	-374.34	-27.11	-365.28
	case2	-174.03	-832.01	-163.00	-822.97
	case3	-197.95	-954.82	-170.55	-933.75
上フランジ	case1	-416.60	-28.83	-395.91	-55.21
	case2	-817.00	-76.01	-1010.00	-111.29
	case3	-1000.80	-74.00	-960.49	-150.04
ダイヤフラ	case1	167.36	-150.51	-147.39	-569.62
	case2	283.02	-291.53	-231.64	-939.90
	case3	372.82	-387.07	-355.77	-1441.00

がフランジ・ウェブ等の主要部材に与える影響は小さいものと判断されたが、スカーラップ近傍のダイヤフラムの局部応力は増加傾向にあるため、この部分について詳細な解析モデルによる検討を行うこととした。

表－2は、ダイヤフラムのスカーラップ近傍で発生する局部応力について、図－2に示す詳細解析モデルにより検討した結果を整理したものである。

- ・ (type 1) はスカーラップ形状をR=40mm
- ・ (type 2) はスカーラップ形状を160mm×160mm
- ・ (type 3) は (type 2) のスカーラップ近傍に補剛リブをつけたタイプ

で、前述の解析結果から得られた節点変位量を強制変位量として与え解析した。

この結果、スカーラップ周辺部で発生する応力は切欠き形状が大きくなることにともない増加傾向を示すが、応力レベルは鋼板の許容応力度内であり、局部応力はスカーラップ近傍に補剛リブを設けることにより低減可能であることが確認できた。

3 施工試験

ミグトレインの施工試験は、写－1に示す試験体により溶接機の走行状況を観察し、溶接品質を外観・マクロ・破面・超音波探傷試験により確認する目的で実施した。

試験体の溶接は、溶接姿勢が下向きとなるよう試験体を45° 方向に回転セットし、脚長 9mmのすみ肉溶接をミグトレインにより1パスで施工した。ミグトレイン溶接は、溶接速度が22cm/minの安定した状態で進行し、良好なビード外観を示していた。また、マクロ試験・破面試験による検査結果も良好なものとなっており、十分な溶接品質を有することが確認できた。

今回の施工試験では、溶接品質の確認方法として、溶接部の溶込み状況を超音波探傷試験により測定し、この測定精度を同一箇所から採取したマクロ試験により確認する方法を試みた。マクロ試験から得られた脚長・のど厚・溶込み深さ等の測定結果と超音波探傷試験から得られた溶込み深さの測定結果を表－3に示す。溶込み深さは、マクロ試験片を測定した実測値に比べ、超音波探傷試験の測定値が0.8mm～1.5mm程度大きい値を示している。

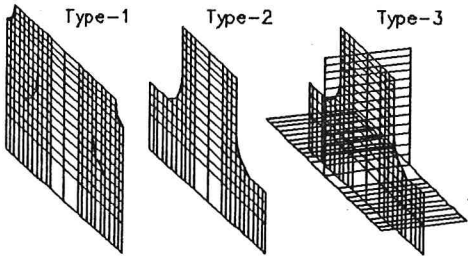
4 まとめ

今回、狭あいな箱型断面部材の組立に小形すみ肉自動溶接機の一つであるミグトレイン溶接を適用する場合の課題として、スカーラップ形状の拡大が部材応力に与える影響並びに溶接品質の確認方法を挙げ、稲葉設計室長（日本鉄道建設公団）の御指導のもとに種々検討した。この結果、スカーラップ形状の拡大にともなう周辺部材の応力変動は局部的なものであり、ダイヤフラムのスカーラップ近傍で発生する局部応力はこの部分をリブで補剛することで応力軽減可能であることを確認した。また、溶接部の品質は、施工試験の結果十分良好なものであり、溶接部の溶込み状況を非破壊検査により確認する方法として、超音波探傷試験により測定した値を同一条件で施工した試験片の実測値でキャリブレーションする手法が有用であると判断された。

表－2 詳細解析結果一覧表 (kg/cm²)

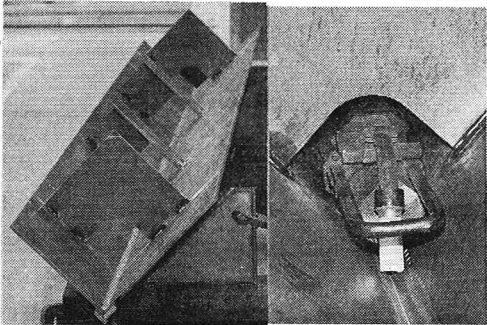
	スカーラップ近傍の 応力集中部		一般部の 発生応力レベル	
	S _{xmax}	S _{ymax}	S _{xx}	S _{yy}
type1	-884.6	-565.4	-490 ～ 498	-606 ～ 376
type2	- 1521	- 1823	-917 ～ 509	-1302 ～ 679
type3	- 1533	- 1442	-755 ～ 392	-1078 ～ 637

図－2 詳細解析モデル図



写－1 試験体

写－2 ミグトレイン溶接機



表－3 溶接部の測定結果一覧表 (mm)

測 点 番 号	マクロ試験片測定の結果(実測値)				超音波 溶込み 測定値
	脚長 ①	脚長 ②	のど厚	溶込み	
設計値	9	9	6.4	----	----
測点1	10.0	10.0	7.5	1.5	2.7
測点2	10.5	10.0	7.0	2.0	3.5
測点3	10.0	10.5	7.3	3.0	3.8