

角型鋼橋脚の現場裏波自動溶接施工記録

山下 文武¹⁾ 宮前 馨³⁾
 工藤 憲 二²⁾

鋼橋脚の水平継手に対する現場溶接の適用が近年急激に増加しつつある。現段階はその都度さまざまな溶接法が試みられていて、各溶接法の比較・検討が行われている。今回、首都高速道路の鋼橋脚を表題の溶接法により施工し完了した。本報は、現場溶接施工結果の概要を紹介したものである。

まえがき

施工した首都高速道路の路線は葛飾江戸川線で、これは湾岸線から葛西沖で分岐し、荒川の背割堤を利用して北上し、6号線(2期)に接続する11.2km区間である。このように河川の堤防上を連続的に、しかも長区間(約7km)にわたって高速道路が建設されることは、我が国においては初めてのことと思われる。したがってこの区間における構造形式は、河川管理上、景観上からも統一性を考慮すべく、基礎は鋼管ウェル基礎、橋脚は角型鋼橋脚とし、上部工は3径間連続鋼箱桁橋を中心とする連続橋となっている。

1. 現場溶接工事概要

(1) 工事名称

K E 52工区(その2)、K E 53工区(その1)高架橋橋脚構造新設工事

(2) 路線名称

首都高速葛飾江戸川線

(3) 工事場所

東京都江戸川区南船堀町

(4) 施工範囲

本工区は、荒川と中川放水路の背割堤に位置し、P121~P130の2本柱鋼製脚である。架設現場の全景を写真-1に示す。

(5) 溶接工事内容

溶接部位は橋脚水平継手(全継手数38)で、溶接延長は380mとなった。橋脚の材質はS M 58 QとS M 50 Yの2種類で、板厚は13~36mmの範囲であった。溶接継手概要図を図-1に示す。



写真-1

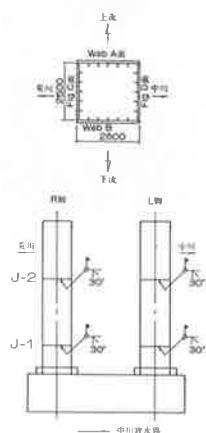


図-1 溶接継手概要図

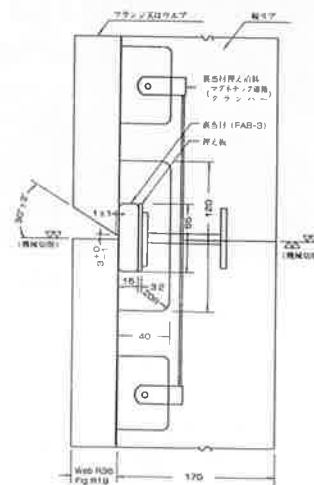


図-2 開先形状

溶接芯線	使用区分	母材	銘柄	規格	芯線径・棒径	シールドガス
本溶接 (CO ₂ 自動溶接)		SM58Q	MG60	(神戸製鋼所)	1.2φ	CO ₂ ガス100% JIS-K-1106 3種
		SM50Y	MG50	(神戸製鋼所)		
裏当材	使用区分	銘柄	構造			
	本溶接 (CO ₂ 自動溶接)	FAB-3 (神戸製鋼所)				

表-1 使用溶接材料

1) 技術部技術課課長

2) 技術部技術課係長

3) 技術部技術課

2. 溶接施工

(1) 溶接方法

溶接方法は、炭酸ガスシールドによる自動溶接機を用い、芯線はソリッドワイヤ、裏当材はソフトバック材を使用し、裏波溶接法により行った。なお、シールド効果が高めるため二重シールド方式を採用した。溶接材料を表-1に、開先形状を図-2に示す。また、溶接装置を図-3と写真-2に示す。

(2) 溶接足場・風防設備

溶接する橋脚の全周にビティ足場を組み上げ、溶接線から約1.3m下がった位置に足場板を敷きつめた。

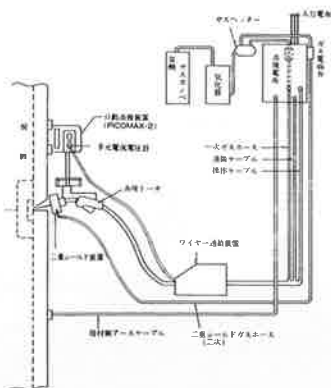


図-3 溶接装置概略図



写真-2

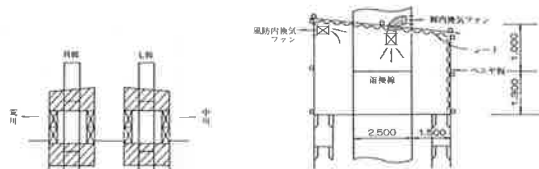


図-4 足場風防設備

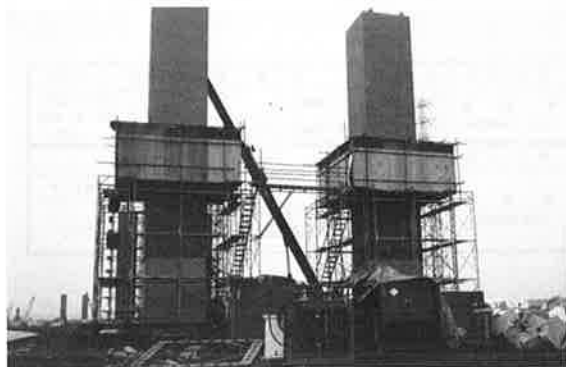


写真-3

また、防火上の配慮から石綿シートを足場板全面にかぶせ、さらに、2本柱の橋脚間の移動を自由に行う目的で渡り歩廊を取りつけた。

風防設備は、側面と天井にベニヤ板を、その内面に防災シートを張って風防を完全に施した。風速測定結果は風防外部で10m/sの時でも内部では約0~0.5m/sであり、溶接におよぼす風の影響は完全に除外できた。図-4と写真-3に足場、風防設備を示す。

(3) 溶接施工手順

溶接施工手順のフローチャートを図-5に示す。

また、1継手の溶接順序は溶接ひずみの低減から、

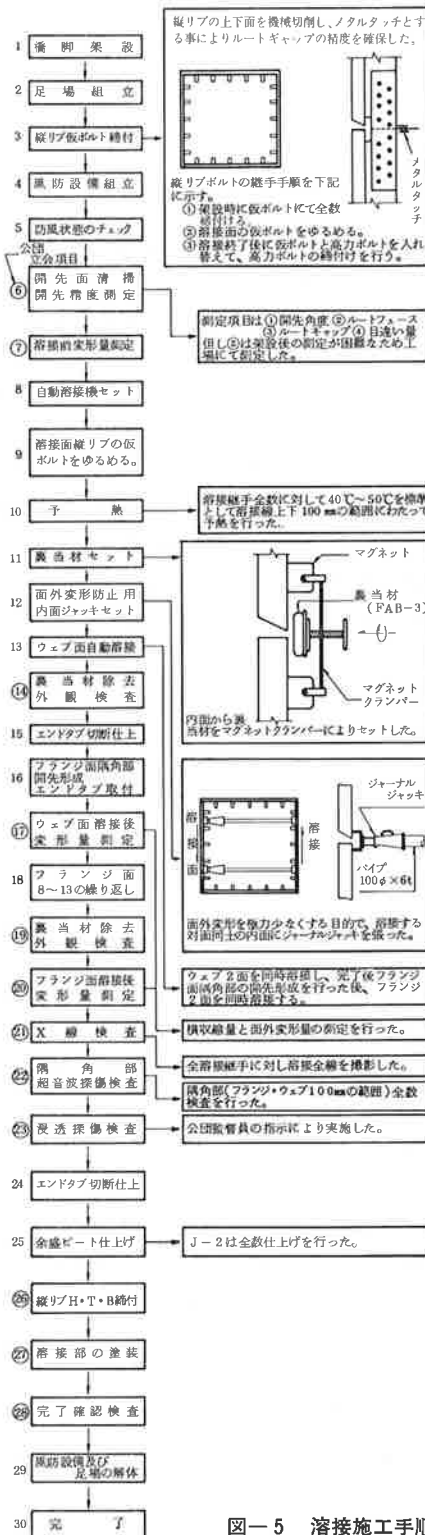


図-5 溶接施工手順

対面を同時に対称方向に行った。図-6に示したとおり、溶接は主材の通っているウェブ面から行い、隅角部処理の後、フランジ面を行った。

(4) 積層法

積層法は全パスともウィーピングせず、ストリングビードにより行った。図-7に板厚とパス数の集計結果を示す。

(5) 溶接管理

溶接の管理は管理シートに基づき次の項目に対して行った。

- ①溶接作業者
- ②気象条件
- ③予熱温度・パス間温度
- ④溶接条件

上記項目のうち溶接条件を集計した結果を表-2に示す。裏波ビード外観を写真-4に示す。



写真-4

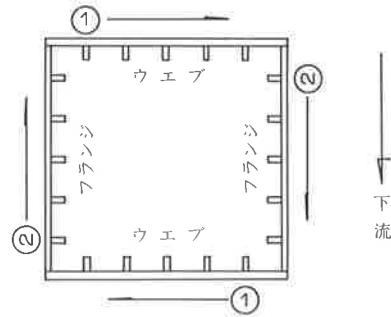


図-6 継手1断面の溶接順序

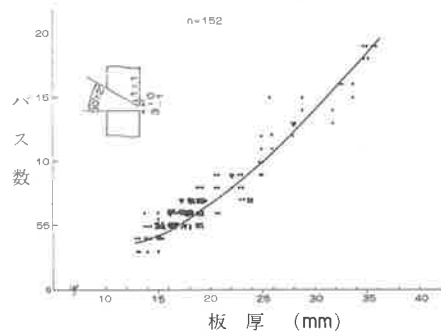


図-7 板厚とパス数

表-2 溶接条件表

溶接条件 層区分	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/sec)	入熱量 (Kj/cm)	ガス流量(1/min)	
					一次	二次
初層	200~250	20~26	11~25	11.9~25.2	100	80
中間層	230~280	21~28	20~34	8.0~23.0	100	80
件上層	230~260	21~28	25~60	6.9~19.0	100	80

3. 開先精度測定結果

現場溶接前に開先精度の測定を行った。その測定項目は

- ①開先角度
- ②ルートフェース
- ③ルートギャップ
- ④目違い量

とした。測定数は1溶接線につき9箇所ずつ全継手(1,368箇所)に対して行った。

以上4項目の管理目標値は、前報¹⁾に発表した施工試験の結果に基づいて定めた。上記測定項目中、初層の裏波溶接に対して影響の大きいルートギャップの測定結果を図-8に示す。図-8より、管理目標値に入っている割合は全継手の98.8%という高い値を示した。他の測定項目に対しても、ほぼ管理目標値を満足しており、良好な開先精度を保持できた。写真-5に裏面のルートギャップ状況を示す。

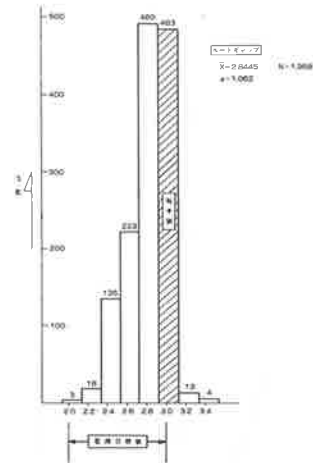


図-8 全継手のルートギャップ

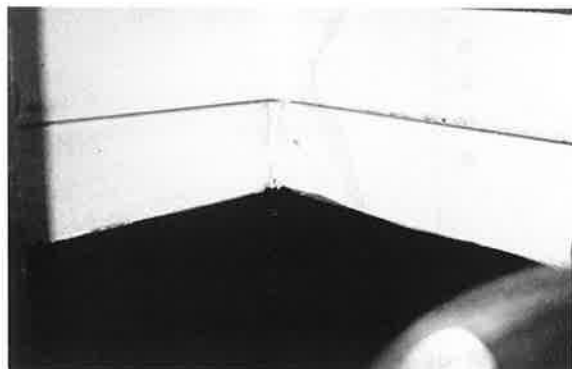


写真-5

4. 非破壊検査結果

溶接部の欠陥検査にX線透過検査(RT)、隅角部に超音波探傷検査(UT)を適用した。RTは1溶接線につき9枚ずつ全溶接線を撮影した。合否判定基準はJIS Z3104の2級以上であり、その結果を表-3に示す。表-3によると、全撮影枚数1,368枚のうちに1級が99.5% 2級が0.5%で、全数合格で

あった。なお2級7枚の欠陥種別は、第1種ブローホールが4枚、第2種スラグ巻込みが3枚であった。

UTは隅角部100mmの範囲に対して全継手に適用した。合否判定基準はJIS Z3060の2級以上であり、結果は全箇所1級合格であった。

非破壊検査の結果から、溶接品質は良好に保たれていることがわかる。

表-3 X線透過試験結果

継手区分	P121 LJ-1 J-2	P121 RJ-1 J-2	P122 LJ-1 J-2	P122 RJ-1 J-2	P123 LJ-1 J-2	P123 RJ-1 J-2	P124 LJ-1 J-2	P124 RJ-1 J-2	P125 LJ-1 J-2	P125 RJ-1 J-2	P126 LJ-1 J-2	P126 RJ-1 J-2	P127 LJ-1 J-2	P127 RJ-1 J-2	P128 LJ-1 J-2	P128 RJ-1 J-2	P129 LJ-1 J-2	P129 RJ-1 J-2	P130 LJ-1 J-2	P130 RJ-1 J-2
判定結果																				
1級枚数	72	72	72	72	72	71	71	71	72	72	71	72	36	71	72	71	72	72	36	71
2級枚数	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
1級率	100	100	100	100	100	99	99	99	100	100	99	100	100	99	100	99	100	100	100	99
2級率	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1

5. 溶接ひずみの測定結果

溶接ひずみの測定項目は、横収縮量と面外変形量とし、測定した橋脚は全体の傾向が把握できる3脚とした。横収縮の測定は1溶接線につき、60mmと250mmスパンについて9箇所ずつ測定を行った。その結果を図-9に示す。図-9を見る限り、板厚による有意差が認められないほど値がばらついている。これは面外変形の影響、同一板厚でもパス数が異なること(開先精度、ルートギャップ、溶接業者)、拘束度の差(縦リブおよび隅角部のメタルタッチ面の隙間の有無)が要因として考えられる。全継手の横収縮量の平均値は、60mmスパンで1.46mm、250mmスパンで1.44mmで両者の差はほとんど認められなかった。このことから、横収縮は溶接部のごく近傍で発生し、その量は1.5mmであることがわかった。また、最大量は3.5mmであった。面外変形量の測定は1溶接線につき9箇所、縦方向に溶接線をはさん

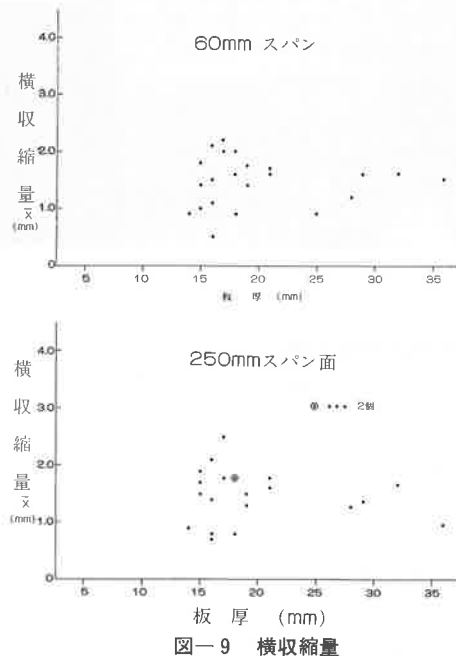


図-9 横収縮量

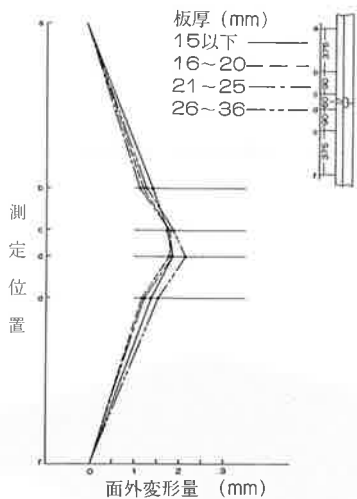


図-10 面外変形量 (板厚別の平均値) (鉛直方向)

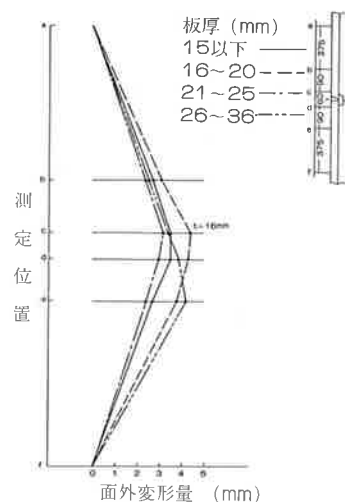


図-11 面外変形量 (板厚別の最大値) (鉛直方向)

で3箇所ずつ行った。溶接線に対し鉛直方向に測定した結果を図-10、11に示す。また水平方向に測定した結果を図-12、13に示す。板厚による面外変形量の違いは、平均値では鉛直方向、水平方向とも認められなかった。鉛直方向の面外変形量は、図-10よりd点の平均値を100%と設定した場合、c点、e点およびb点ではそれぞれ95%、71%、68%という比率であった。図-11は板厚別の最大値をまとめたものである。水平方向の面外変形量の平均値は、図-12に示したとおり、各板厚とも両端以外は1.9~2.5mmの範囲に入っていて、測定位置による差はほとんどなかった。最大値は図-13をみると板厚によりかなり差がある。最大値は板厚16mmに発生し、4.4mmであった。写真-6、7に横収縮と面外変形の計測状況を示す。

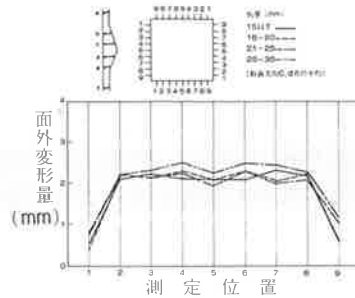


図-12 面外変形量 (板厚別の平均値) 水平方向

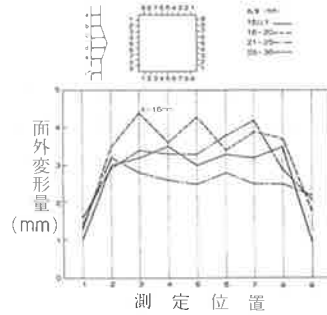


図-13 面外変形量 (板厚別の最大値) 水平方向



写真-6



写真-7

6. まとめ

橋脚10脚 (20本) に対して、水平継手に対する片面自動溶接施工を58年3月初旬から同年6月初旬までの約3ヶ月にわたって行い、その間、厳重な溶接施工管理、品質管理、出来形管理を経て同年8月竣工した。

管理記録結果から、以下のことが判明した。

片面自動溶接は、初層の良否によってその継手の品質がほぼ決定され、その適正溶接条件範囲はかなり限定されている。さらに、初層の良否は開先精度、特にルートギャップと目違い量に依存するといえる。今回、X線透過検査が1級99.5%という良好な品質を確保できたのは、特にルートギャップの精度が良かったことによると確信している。またルートギャップの精度を確保し、横収縮を防止する目的で、工場製作時に下部橋脚と縦りブ、さらに隅角部をメタルタッチにすべくフェーシングマシンにて機械切削を行った。これは今回の溶接結果と横収縮防止には大きなプラスとして作用した反面、コスト上からは今後課題を残した点でもあった。今後、全



写真-8



写真-9

周を機械切削せずに縦リブ間に支圧板を設け、その面だけ機械切削するなどの工夫が必要と思われる。

溶接ひずみについては、横収縮量と面外変形量の2項目の測定を行った結果、横収縮量の最大値と平均値がそれぞれ3.5mmと1.5mmであった。その発生位置は、溶接部のごく近傍に限られることがわかった。面外変形量は平均値で見ると、板厚区分による違い

はほとんど無く、その値は橋脚コーナー部で約0.3～1.3mm、コーナー部以外では約2～2.5mmを示し、最大値は4.4mmであった。面外変形を防止する処置として、写真-8に示すように、溶接する対面にジャッキを張って施工した。

写真-9に竣工時の全景を示す。

あとがき

橋脚の現場溶接は約3ヶ月間にわたって行い完了した。その前段階として、あらかじめ架設現場にて実物大の施工試験を経て溶接法を決定し、事前に溶接ひずみ量の確認およびその対策を決め、適正溶接条件を設定し、施工に着手した。本報は、ガスシールド片面自動溶接法の一方法により施工した結果を

まとめたものであるが、今後さらに溶接品質および能率の向上、溶接ひずみ、残留応力の低減等、残された課題も多く、なおいっそうの研究・開発に努力したい。

終わりにあたり、本工事の着手当初から御指導いただいた首都高速道路公団第一建設部ならびに同西葛西工事事務所の方々に謝意を表す。

参考文献

- 1) 駒井技報VoL.2
- 2) 妹島：高張力鋼構造物の溶接施工、溶接学会第14回講習会テキスト
- 3) 大貫、山下、工藤：角型鋼橋脚の現場自動溶接について、土木学会第38回年次大会講演