

鉄道橋における全断面現場溶接桁の施工(呉服橋・常磐橋)

Erection of Railway Bridge by Full Section Welding of Girders in the Field (Gofukubashi and Tokiwabashi Bridges)

安中 順策*¹ 菅井 衛*² 松本 博樹*³ 佐直 信次*⁴ 森下 統一*⁵
Junsaku ANNAKA Mamoru SUGAI Hiroki MATSUMOTO Nobutugu SAJIKI Touichi MORISHITA

Summary

The Gofukubashi and the Tokiwabashi are railway bridges over a national and district road, respectively. The bridges were built in an effort to secure the space required to extend Hokuriku Shinkansen service into Tokyo. Because both locations are next to office districts, design emphasis was placed on appearance and full section welding of girders in the field was applied to erecting them though this technique had never been used for a railway bridge.

This paper outlines the erection of the railway bridges by full sectional welding of girders in the field.

1. まえがき

ここに報告する中央線東京駅付近重層化呉服橋、常磐橋架設工事は、東日本旅客鉄道株式会社 東京工事事務所の設計・施工管理の元に施工され、平成6年12月に無事竣工をむかえたものである。

本工事は平成10年開業予定である北陸新幹線の東京駅乗り入れに伴い、必要となるスペースを確保するために在来のレンガアーチ高架橋上にある中央線をこの上層に上げるための工事であり、東京～神田間の高架橋のうち、国道1号線(永代通り)上に架かる呉服橋と区道104号上に架かる常磐橋の2橋梁をほぼ同時進行で架設を行

った。この2橋梁は赤レンガの駅舎に代表され首都東京の表玄関である東京駅へのアプローチ部であり、丸の内オフィスビル街に隣接しているため景観を重視した設計がなされ、鉄道橋としては初めての全断面現場溶接を採用している。

本文は、鉄道橋における全断面現場溶接桁の架設を中心に工事の概要を報告するものである。

2. 計画及び設計概要

呉服橋は国道1号線永代通り上、常磐橋は区道104号線上に架かり、共に前後のアプローチ PC 桁と形状を揃

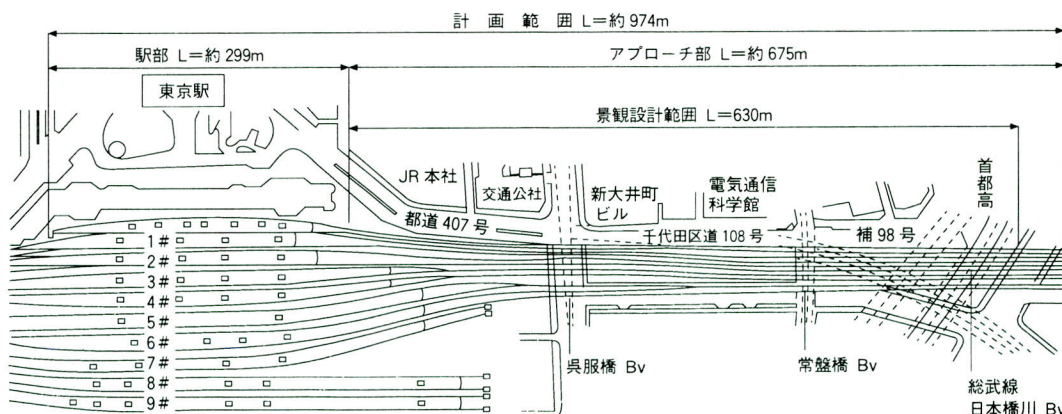


図-1 中央線重層化位置平面図

*1 宮地建設工業(株)橋梁構造事業部工事事務課長 *2 宮地建設工業(株)橋梁構造事業部工事事務課長
 *3 宮地建設工業(株)橋梁構造事業部工事事務課係長 *4 宮地建設工業(株)橋梁構造事業部工事事務課係長
 *5 (株)宮地鐵工所千葉工場製造部品質管理課長

えるため逆台形断面で、桁高が低く抑えられており、常磐橋は下フランジ面が前後のアプローチに合わせてアーチ形状を有している。

表-1 橋梁概要

	呉服橋	常磐橋
線路等級	I級線	I級線
型式	上路プレートガーダー 複線3室箱桁 道床式 鋼床版	上路プレートガーダー 複線3室箱桁 道床式 鋼床版
橋長	57,790m	39,000m
支間長	55,000m	37,750m
幅員	10,405~10,582m	10,400m
列車荷重	EA-17	EA-17
腹板高	1,936~1,983m	1,400~2,077m
腹板間隔	1,550~2,350m	1,901~2,800m
鋼重	492t	244t

3. 現場環境

架設地点周辺の状況は下記に示す通りである。

(1) 呉服橋

- ・桁下全幅に国道1号線がほぼ直角に通っており、国道1号線は片側3車線の全6車線で両側に歩道があり、交通量は約64,000台/日と非常に多い。
- ・架設地点の丸の内側は、都道407号線（有楽町方）と区道108号線（神田方）が並行しており、国道1号線と交差している。
- ・架設地点の八重洲側は、在来線（中央線・京浜東北線・山手線等）及び新幹線の高架が近接して並行しており、作業ヤードとしての利用は不可能である。
- ・架設地点に隣接する側径間はPC桁が施工済で、上部はヤードとして使用可能であるが、断面形状は逆台形の中空構造で荷重載荷量及び位置は限定される。
- ・本橋梁付近は曲線区間である。

(2) 常磐橋

- ・桁下に区道104号がほぼ直角に通っており、104号は片側1車線の2車線で両側に歩道がある。
- ・架設地点の丸の内側は、区道108号線（有楽町方）と都道407号線（神田方）が並行しており、区道104

号と交差している。

- ・架設地点の八重洲側は、在来線（中央線・京浜東北線・山手線等）及び新幹線の高架が近接して並行しており、作業ヤードとしての利用は不可能である。
- ・架設地点に隣接する側径間はPC桁が施工済で、上部はヤードとして使用可能であるが、断面形状は逆台形の中空構造で荷重載荷量及び位置は限定される。

4. 呉服橋架設

(1) 工法概要

架設工法は有楽町方PC桁上を組立ヤードとして、手延式送り出し架設にて行った。但し本橋の場合、工法選定には下記の条件を満足させることが必要であった。

- ①現場溶接に当たっては桁全体を組み立てた状態で溶接することが形状管理上必須条件であった。
- ②桁下の国道1号線の交通規制を必要最小限に抑える必要があった。（但し、国道上で桁を動かす場合は全て交通規制を行うことが協議の上で決定している。）
- ③本区間は曲線区間であり、組立ヤード長が約90mに限られた。
- ④PC桁への送り出し反力の低減を図る必要がある。等の理由により、まず鋼重の小さい手延機・手延工事桁を単独で引き出し架設して国道上を渡し、次に本桁を組立連結後、送り出し架設を行った。

(2) 手延機・手延工事桁引き出し架設

初めの手延機・手延工事桁の引き出し架設は、国道上を1夜間（8時間）で到達させ、且つ桁が安定した状態まで引き続き引き出しを行う必要があるため、速度の比較的速い自走台車と駆動式送りローラーを併用して行った。

(3) 桁送り出し架設

手延工事桁につなげて図-2の断面形状の本桁を全長組み立て、現場溶接を行い完成形に仕上げた後、送り出し架設を行った。

本桁は逆台形断面で外ウェブが傾斜しており、送り出し時の反力に対するウェブ補強が難しいため、横桁位置（@2.5m）に支点補強を施しこれを受ける様、送り出

し装置は滑り沓と水平ジャッキを使用して行った。

送り出し完了後、桁据付ラインに合わせるため旋回を行い、降下機を使用して降下・据付を行った。



写真-1 呉服橋架設状況

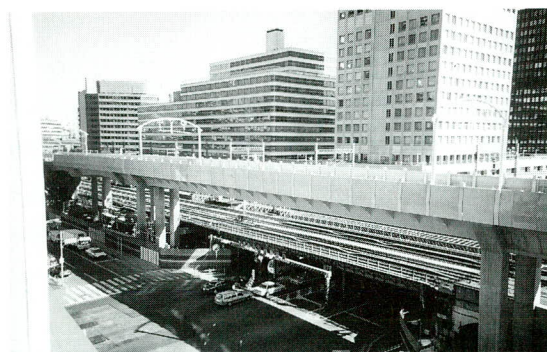


写真-2 呉服橋架設完了

5. 常磐橋架設

(1) 工法概要

本橋梁は呉服橋に比べて小規模であり、下フランジ

面がアーチ形状を有しており手延式送り出し架設には向かないことにより、神田方 PC 桁上を組立ヤードとして桁組立後、工事桁上を自走台車により縦移動架設し、降下機により据え付ける工法とした。

(2) 工事桁架設

架設地点への工事桁架設は、周辺道路を夜間全面通行止めして交差点内で工事桁を地組立てし、200t 吊油圧クレーンの相吊作業で架設した。

(3) 桁縦移動・降下架設

神田方 PC 桁上に組立ヤードを設け、図-3 の断面形状の桁を全長組み立て、現場溶接を行い完成形に仕上げた。

桁の縦移動は先に架設した工事桁上を自走台車にて約39m、昼間通行止め無しで行った。

桁の据付はまず、降下装置にて桁を吊り上げ、桁下の工事桁を横取りして160t 吊油圧クレーンの相吊作業で交差点内へ取り降ろして解体、搬出した。引き続き桁を降下装置で約5m降下して据え付けた。作業は周辺道路を全面通行止めして1夜間で行った。

6. 全断面現場溶接

この2橋梁は鉄道橋としては初めて全断面溶接を採用しており、外観形状を重視すると共に疲労強度を考慮した構造であり難易度が高く、高い精度管理が要求された。

溶接箇所を図-2, 3に示す。

呉服橋は全断面溶接と上下フランジに各々2本の縦継手

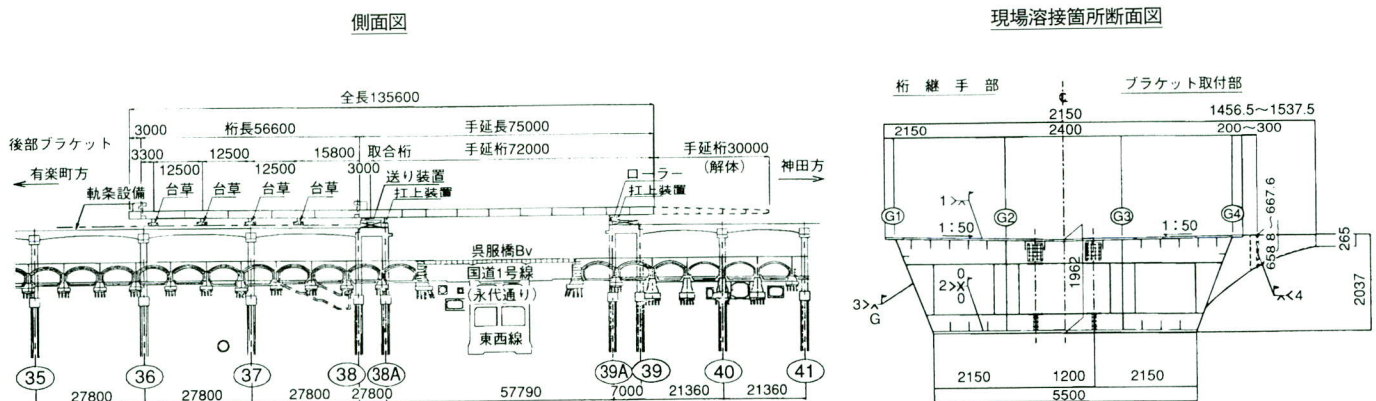


図-2 呉服橋架設計画図

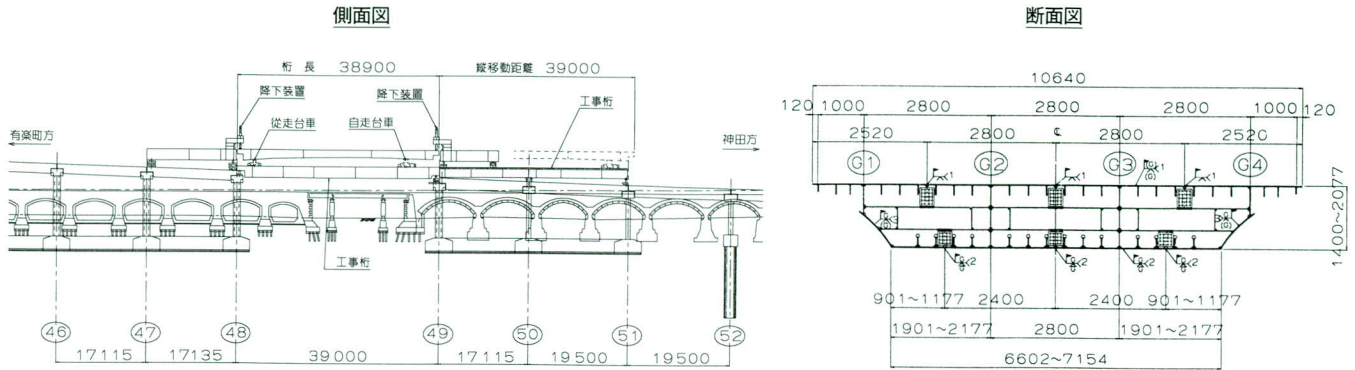


図-3 常磐橋架設計画図

を有するが、上フランジは工程短縮のため高力ボルト継手を採用し、下フランジは景観設計上継手が外面から見えない様、過去に例のない縦リブの綴じ合わせ方式となっている。

一方、常磐橋は全断面溶接と上下フランジに各々3本の縦継手を有するが、いずれも現場溶接継手である。

(1) 開先形状及び溶接方法

各溶接箇所の開先形状及び溶接方法を表-2, 3に示す。開先形状決定に当たっては出来る限り自動溶接を採用することを前提とした。また、箱桁内面からの溶接では桁高が低く、中間ウェブ、縦リブ等により溶接機器の

表-2 呉服橋 開先形状及び溶接施工法一覧表

溶接部材名	溶接姿勢	開先形状	開先基準値 (標準)				溶接施工法	溶接装置	溶接材料		
			開先角度 (θ)	ルートギャップ (G)	ルートフェイス (R)	目違い (M)			ワイヤ	裏当材	シールドガス
U.Flг (SMA570) R22・28・40 耐候性P	下向	外面	50° ± 5'	8mm ± 2mm	1mm ± 1mm	0mm 局部2mm	CO ₂ 片面裏波 自動溶接法 のど厚12mm以上	PICOMAX-2	ワイヤ	裏当材	シールドガス
		内面	同上	同上	同上	同上	サブマージアーク 片面自動溶接法		SW-24 オールメルト	ワイヤ	フラックス
L.Flг (SM570) R28・40・52	下向	内面	50° ± 5'	6mm ± 2mm	1mm ± 1mm	0mm 局部2mm	CO ₂ 半自動溶接法 裏当材	メルオート	ワイヤ	裏当材	シールドガス
	上向	外面	50° ± 5'	6mm ± 2mm	1mm ± 1mm	0mm 局部2mm	成形 MAG片面裏波 自動溶接法		OH-AUTO	ワイヤ	
Web (SM570) R12	斜立向	内面	50° ± 5'	8mm ± 2mm	1mm ± 1mm	0mm 局部2mm	CO ₂ 片面裏波 自動溶接法	PICOMAX-2	ワイヤ	裏当材	シールドガス
		外面							ワイヤ	裏当材	シールドガス
Bracket (SM490A) RF=14, W=9	全断面	外面	50° ± 5'	7mm ± 2mm	1mm ± 1mm	0mm 局部2mm	縦波アーク手溶接 及び CO ₂ 半自動溶接	交流アーク溶接機 メルオート	ワイヤ		シールドガス
		内面							ワイヤ		シールドガス

表—3 常磐橋 開先形状及び溶接施工法一覧表

溶接部材名	溶接姿勢	開先形状	開先基準値 (標準)				溶接施工法	溶接装置	溶接材料		
			開先角度 (θ)	ルートギャップ (G)	ルートフェイス (R)	目違い (M)			ワイヤ	裏当材	シールドガス
U.Flг (SMA490A) R.16・19 (耐候性P)	下向		50° ± 5°	8 mm ± 2 mm	1 mm ± 1 mm	0 mm 局部 2 mm	CO ₂ 片面膜波自動溶接法 12mm以上 のど厚12mm以上	PICOMAX-2	ワイヤ 1.2φ YM-26	裏当材 SB-41P	シールドガス CO ₂ 100%
			同上	同上	同上	同上	サブマージアーク片面膜波自動溶接法	SW-24 オールメルト	ワイヤ 4.8φ Y-D	フラックス YF-15	
Web (SM490YB) R.12	上向		50° ± 5°	7mm ± 2mm	1mm ± 1mm	0 mm 局部 2 mm	MAG片面膜波自動溶接法	OH-AUTO	ワイヤ 1.2φ DWA-60	裏当材 SB-41P	シールドガス Ar80% + CO ₂ 20%
	斜立向		50° ± 5°	8mm ± 2mm	1mm ± 1mm	0 mm 局部 2 mm	CO ₂ 半自動溶接法	メルオート	ワイヤ 1.2φ SF-1	裏当材 SB-41	シールドガス CO ₂ 100%

設置が困難なため外面からの溶接に主眼を置いた。

しかし呉服橋下フランジは最大板厚52mmと極めて厚く片開先の外面溶接では溶接後の歪みが懸念されるため、X開先とし外面は上向きMAG片面膜波自動溶接、内面はCO₂半自動溶接で行った。現場継手に当たって継手ルートギャップを0とする事が困難であり、且つ先行初層溶接時の抜け落ちを防止するため、丸形セラミック裏当て材を外側開先内に装着し、内面溶接を先行させた。

また、下フランジ横継手と縦継手(リブ縦じ合わせ)の交差部は強度上弱点となり亀裂が生じやすいため、縦継手側も100mmの範囲を完全溶け込み、その先は1:5テーパの開先遷移区間を設けた。

(2) スカーラップ形状

スカーラップ形状についても疲労強度を考慮し下フランジ側(引張り側)は

- ①ウェブ、縦リブの溶接ビードをスカーラップ部で切らない。
- ②ウェブ直下を横継手ビードの継ぎ目とせずに通過させる。
- ③縦リブ部は自動溶接機を通過させる。

ことを考慮し、中間ウェブには図-4に示すφ200mmの円形スカーラップを設けてウェブ直下で横継手ビードを

切らないようにし、縦リブには図-5に示す幅200mmのU字形スカーラップを設け溶接機が通過可能な様にして、横継手溶接後ウェブ、縦リブの溶接ビードを肉盛り溶接してつなげる事とした。

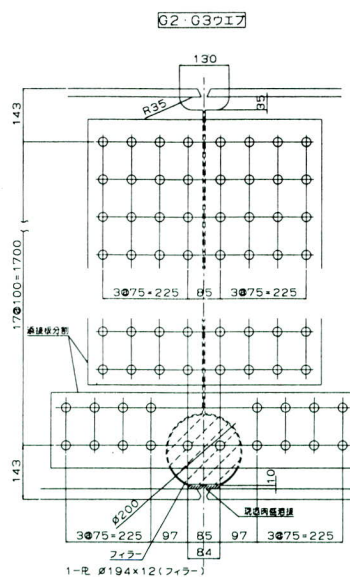


図-4 中間ウェブスカーラップ

また、溶接施工時の拘束治具は現場での取付は厳禁されているため工場製作時に取り付けし、出来る限り既設の添接板を用いる様必要最小限にとどめた。

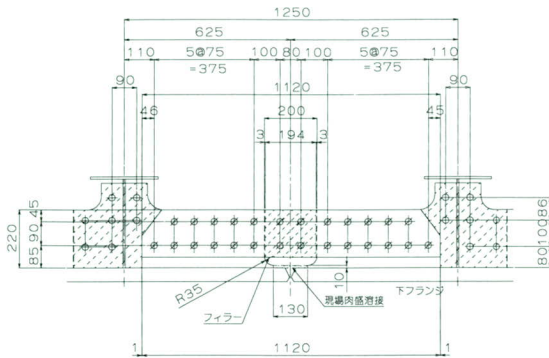


図-5 下フランジ縦リブスカーラップ

(3) 現場溶接施工試験

実際の現場溶接に先立ち、溶接施工性、溶接継手の性能及び品質の健全性を確認するため現場溶接施工試験を行った。

試験体は実橋を再現するため、一部立体型の試験体を製作し、溶接部の非破壊検査として超音波自動探傷試験及び放射線透過試験を行い、現場溶接部への適用性を確認した。

本試験では特に次の項目について検討・確認を行った。

- ①上フランジの溶接施工法の確認
- ②下フランジ縦継手（リブ縦じ合わせ方式のボルト接合）と横継手（現場溶接）交差部の処理方法
- ③下フランジ両面溶接の確認

- ④下フランジ溶接のウェブ・縦リブとの交差部の溶接施工法
- ⑤ウェブ立て向き CO₂ 自動溶接の適用性
- ⑥スカーラップ補強溶接の施工法
- ⑦溶接による収縮と変形

試験項目及び試験結果を表-4に示す。いずれも判定基準を満足する結果が得られ、溶接施工方法及び溶接材料の適合性について確認が得られた。

特に②の下フランジ縦継手と横継手交差部の処理方法は先に縦継手の完全溶け込み溶接を行った後、ガウジングとグラインダーで横継手の開先を成形し横継手の溶接を通過させる方法で行い、施工性に問題はなかった。なお縦継手の先行溶接時は、クロス部に裏当て材と開先塞ぎ板（銅板）を当てて溶接を行った。

また、⑥のスカーラップ補強溶接はリブもしくはウェブの工場溶接ビードを前もって削り取り、板厚に合わせて銅板を添えて被覆アーク溶接でスカーラップ下端を肉盛溶接してつなげた後、銅板をはずしてリブ及びウェブのすみ肉溶接を行う要領が、形状を整えやすい方法であることが分かった。

また溶接施工試験体を用いて溶接収縮及び変形測定を行った。その結果溶接収縮量は2.5~3.5mm、面外変形量は板厚の薄い常磐橋のウェブでやや大きな膨らみが生じたが、試験体と実橋では拘束状態が異なることを考慮すると、問題がないと判断した。

表-4 溶接施工試験結果

橋梁名	呉 服 橋					
	ウェブ		上フランジ		下フランジ	
対象箇所	ウェブ		上フランジ		下フランジ	
試験項目	試験結果					
放射線透過試験	欠陥なし Ⅰ級		欠陥なし Ⅰ級		Ⅰフィルムのみ2級 その他 Ⅰ級	
自動超音波 深傷試験	欠陥なし Ⅰ級		欠陥なし Ⅰ級		欠陥なしⅠ級	
引張試験	引張強さ (N/mm ²)		引張強さ (N/mm ²)		引張強さ (N/mm ²)	
	605	602	628	629	681	685
型曲げ試験	欠陥なし	欠陥なし	欠陥なし	欠陥なし	欠陥なし	欠陥なし
衝撃試験	衝撃値 (J) - 5℃		衝撃値 (J) - 5℃		衝撃値 (J) - 5℃	
	66, 73, 70Av = 70		70, 70, 79 = Av = 73		90, 84, 96Av = 90	
マクロ試験	欠陥なし		欠陥なし		欠陥なし	
硬さ試験	最高硬さ		最高硬さ		最高硬さ	
	Hvmax = 228		Hvmax = 249		Hvmax = 336	

橋梁名	常 磐 橋			
	ウェブ		下フランジ	
対象箇所	ウェブ		下フランジ	
試験項目	試験結果			
放射線透過試験	欠陥なし Ⅰ級		Ⅰフィルムのみ2級 その他 Ⅰ級	
自動超音波 深傷試験	欠陥なし Ⅰ級		欠陥なし Ⅰ級	
引張試験	引張強さ (N/mm ²)		引張強さ (N/mm ²)	
	564	564	628	629
型曲げ試験	欠陥なし	欠陥なし	欠陥なし	欠陥なし
衝撃試験	衝撃値 (J) - 5℃		衝撃値 (J) - 5℃	
	81, 77, 76Av = 78		140, 76, 114Av = 114	
マクロ試験	欠陥なし		欠陥なし	
硬さ試験	最高硬さ		最高硬さ	
	Hvmax = 187		Hvmax = 245	

(4) 現場溶接

溶接施工試験の結果を受けて、現場溶接を行った。現場溶接に先立ち、防風設備を溶接継手部を覆う形で設置した。特に常磐橋は上下フランジとも縦横継手が溶接のため桁全体を覆う形で防風設備を設けた。

また両橋とも、下フランジ溶接は外面からの上向きMAG自動溶接法を採用しているが、溶接器の走行レールを支持する仮付けピースの溶接が疲労強度上好ましくないので、走行レールの直角方向に溝型鋼を取り付け、それを床面からジャッキサポートで支持する方法を採った。溶接順序を図-6、7に示す。

常磐橋では単部桁は桁幅方向に一体であるが中間桁は縦継手で分割されており、縦継手溶接による収縮を見込

んで幅広く製作されているので、T字状交差部は縦継手溶接を先行し幅方向の収縮をおこさせた後、横継手の溶接を行った。なお十字に交差する中間の継手は面外変形を考慮して横継手溶接を先行した。また、呉服橋上フランジ横継手J1部の縦方向ボルト継手とのT字交差部は溶接ビードに亀裂が生じやすいため、溶接後φ50mmのストップホールを設けた。尚このストップホールは、縦継手添接板端部を延長して覆う構造とした。

溶接完了後、自動と手動を併用して超音波探傷検査を行った結果、いずれも判定基準を満足する結果が得られた。

また、溶接による収縮量もほぼ設計値通りの結果となり、全体の橋長、支間長への影響は見られなかった。

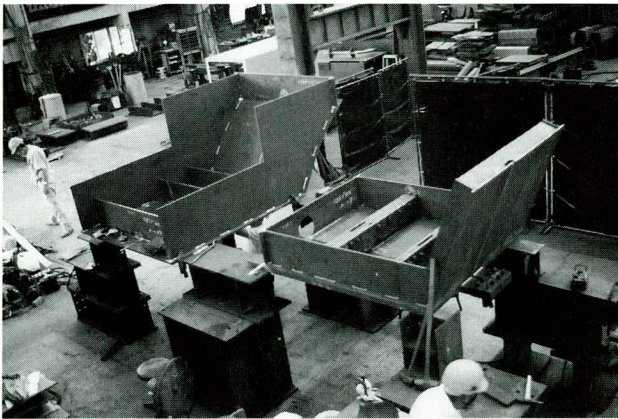


写真-3 試験体形状



写真-5 縦リブスカーラップ補強溶接

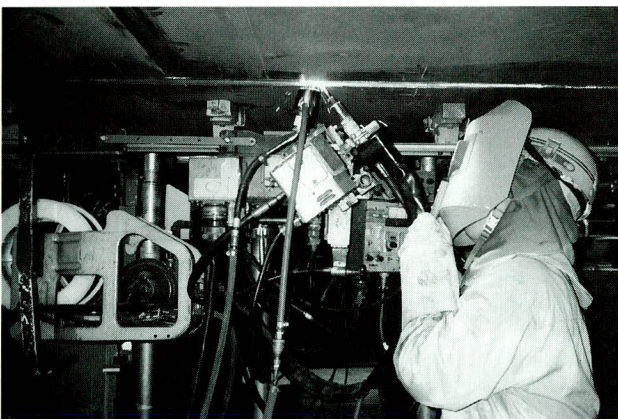


写真-4 上向き MAG 自動溶接状況

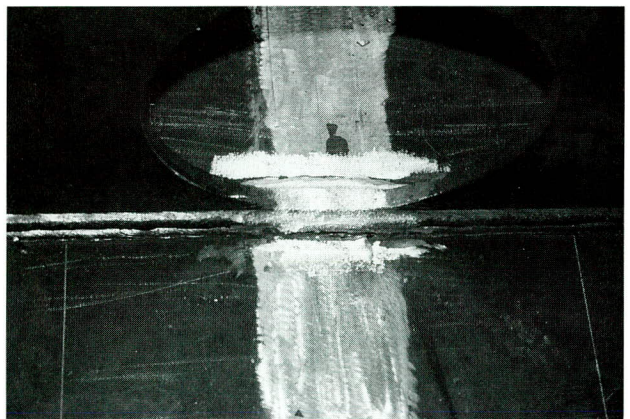


写真-6 中間ウェブスカーラップ補強溶接

7. あとがき

本工事は、都心の丸の内オフィスビル街の真っ直中で、左右が道路と鉄道の営業線に挟まれた非常に厳しい作業環境下で、且つ工程的にも厳しい中、鉄道橋として初めての全断面溶接桁を架設するという大変難易度の高い工事でありましたが、無事竣工を迎える事が出来ました。

本工事で得られた経験や各種データを今後にフィード

バックする事が我々の使命であると感じております。

最後に本工事の計画、施工に当たり監督御指導頂いた田島橋梁構造研究所 田島二郎先生、JR 東日本東京工事事務所 ターミナル第三、同工事管理室、JR 東日本建設工事部 構造技術 PT の皆様、並びに鉄建建設㈱、清水建設㈱の関係各皆様方に深く感謝し、紙上を借りて御礼申し上げます。

1995. 10. 16受付

グラビア写真説明

鳴瀬奥松島大橋

本橋梁は、三陸縦貫自動車道路（仙台市から岩手県宮古市まで220km）の中で、矢本石巻区間の起点に位置する鳴瀬川、吉田川の両川を横架する延長415mの橋梁です。

そのうち当社が施工した部分は、中央部に架かる140mのニールセン系ローゼ桁で、重量2100tになります。東北地方建設局が今までに発注した最大の重量です。

ニールセン系ローゼ桁は、アーチ状の上弦材と下弦材を結ぶ吊材にケーブルを使用することにより、鋼重を軽減でき経済的でまた美観に優れた形式の橋梁です。

架設はベント併用トラッククレーン工法で行い、一渴水中に完了させなければならず、冬期毎日吹く強風に悩ませられながら、なんとか無事完成させる事ができたのは、工事関係者の卓越した技術のおかげです。

東北地方最大の東北地方建設局初のニールセン系ローゼ桁という事で、架設現場には県内外からの見学者が多くみえました。

アーチ締結の際は締結式典を行い、地元住民の方々と共に連結を祝いました。また、工事終了近くには、地元小学校を対象に「橋の役割」「橋の出来るまで」をテーマに見学会を開き、溶接、ボルト締め、塗装作業の実演を行い、イメージアップに努めました。

橋名の「鳴瀬奥松島大橋」は、鳴瀬町民全員からの募集により決定された橋名です。

(佐々木)