

鉄骨柱の現場横向き溶接ロボットの施工報告

Robots for Horizontal Field Welding of Steel Columns

櫻井 謙次*¹ 鳴沢 明雄*² 大月 真一*³
Kenji SAKURAI Akio NARUSAWA Shinichi OTSUKI

Summary

This paper reports on horizontal welding performed by robots in the field. The robots were operated for two experimental properties: to improve the operation rate of robots when more than one (two units in this case) is used; and to extend the application of robots to welding external columns.

キーワード：溶接ロボット，鉄骨柱

1. まえがき

前報(宮地技報No. 11号)では、ロボットの実工事への初めての導入結果および問題点と、その改善について報告した。今回は改良ロボットを用いて以下に述べる2点を主目的として実工事でのデータ採取を行った。

施工目的は、前回の施工がロボット動作確認およびソフト改良のためのデータ収集を主目的としたのに対し、今回は複数台数(2台)を用いて、ロボット稼働率向上に対する問題点の把握と、ロボット溶接の外周柱への適用拡大とした。

2. 溶接施工

(1) 作業期間および施工対象

現場での溶接施工は、1997年2月の11日間で行った。表-1に準備から片付けまでの作業工程表を示す。

施工対象は図-1の平面図に■印で示された内柱3本、外周柱2本の合計5本である。また、現場作業は、炭酸ガス半自動溶接の有資格者で、かつロボットオペレーター教育を受けた2名で行い、内1名が溶接ロボット操作、他の1名が補助作業を行った。

表-1 作業工程表

日程	準備	柱記号					片付
		X19Y0	X18Y1	X18Y2	X19Y3	X16Y2	
1日目	—						
2日目	—						
3日目		1					
4日目		1					
5日目		1					
6日目		UT	2				
7日目			2	1			
8日目			UT	1	2		
9日目				UT	2	1	
10日目					UT	1	
11日目						UT	—

注：表中の1は1号機ロボット、2は2号機ロボットを示す。
 UTは超音波探傷検査を示す。

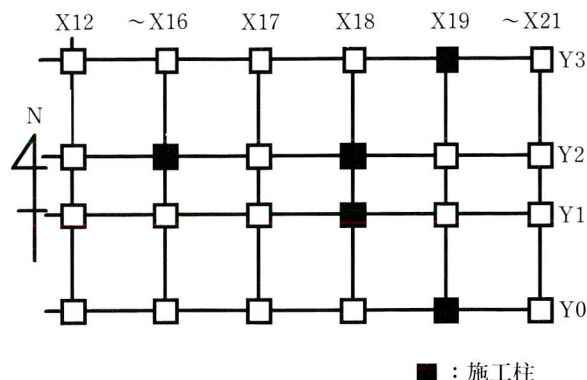


図-1 平面図

*¹松本工場製造部生産技術課
 *²松本工場製造部長

*³松本工場製造部製造課

(2) 開先形状および実測値

現場溶接部の開先形状を図-2に示す。柱主材の板厚およびルート間隔実測値を表-2に、上下柱の柱角部での目違いの実測値を表-3に示す。目違いについては溶接ソフトの必要入力箇所数が4点であるので1溶接線の両端を測定し、隣接する測定箇所の平均を入力値とした。なお、表-3中の+寸法は上柱出寸法、-は上柱入寸法を示す。

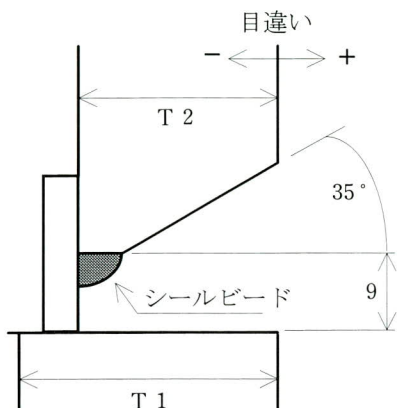


図-2 開先形状図

表-2 板厚及びルート間隔実測値

柱記号	下柱 (T1)	上柱 (T2)	ルート間隔
X16Y2	28 mm	25 mm	12.5 mm
X18Y1	28 mm	25 mm	11.5 mm
X18Y2	28 mm	25 mm	12.5 mm
X19Y0	32 mm	28 mm	12.5 mm
X19Y3	32 mm	28 mm	12.0 mm

表-3 目違い実測値

柱記号	目 違 い (mm)			
	東北・東南	西北・西南	北東・北西	南東・南西
X16Y2	-1.5, -0.5	-0.5, -1.5	+2.0, +0.5	-3.0, -0.5
X18Y1	-1.5, -2.0	-1.0, -0.5	-1.5, 0.0	0.0, -1.0
X18Y2	-1.0, -0.5	0.0, -1.0	-2.5, -3.0	+1.0, +2.5
X19Y0	-1.0, -1.5	+0.5, -1.0	-1.5, -1.0	-0.5, 0.0
X19Y3	-1.5, -1.5	0.0, 0.0	-1.5, -2.0	0.0, -0.5

(3) 作業工程

現場への溶接機器搬入後の外部装置との接続～溶接作業～片付けまでの一連の作業の流れを図-3に示す。

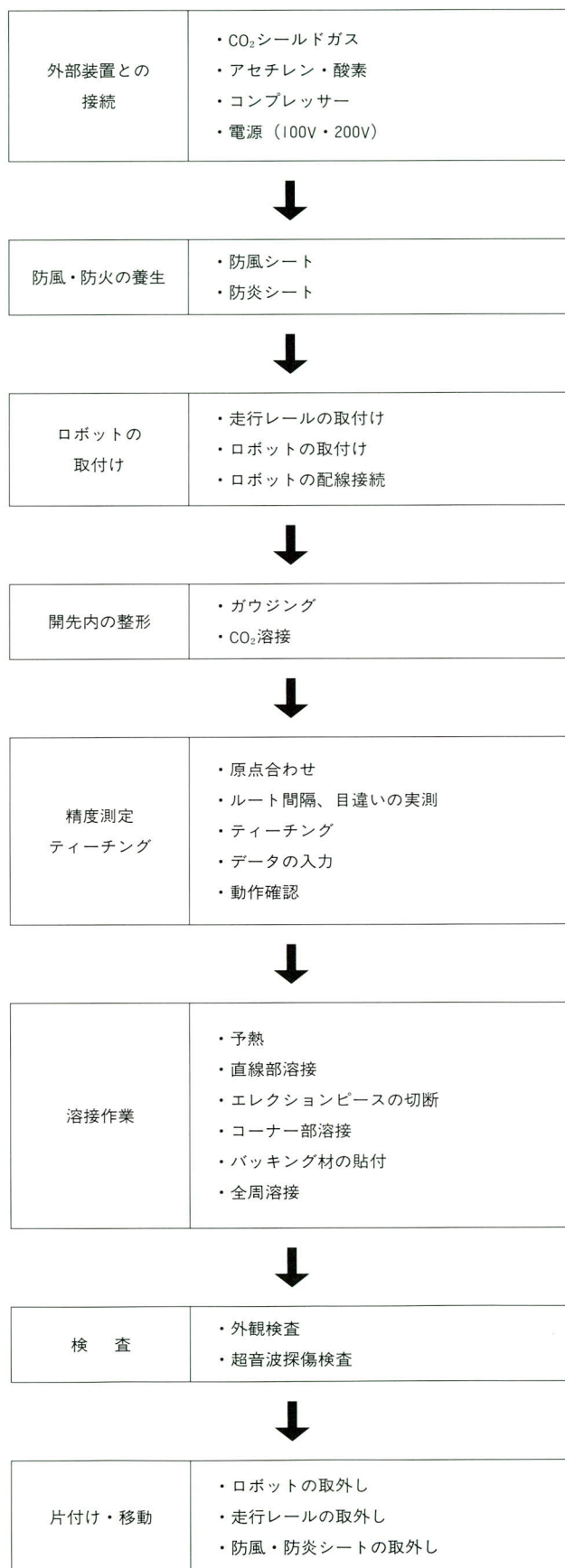


図-3 工程チャート

3. 施工結果

(1) 積層結果

積層形状及び各パスの内容について表-4に示す。積層数は、内柱25パス、外周柱32パスである。また、上柱面が下柱面より2mm以上出ている部位においては、全周溶接のワイヤー狙い位置および溶接速度入力値のデータ変更を行った。

表-4 積層形状及び各パスの内容

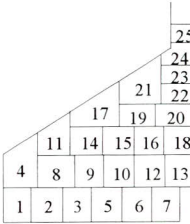
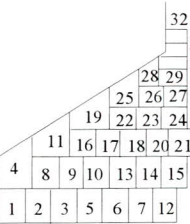
柱記号	積層形状	各パスの内容
X16Y2 X18Y1 X18Y2 (内部柱)		①1~4 (カスケード溶接) ②5~12, 14~19, 21 (全周溶接(自動)) ③13, 20, 22~25 (全周溶接(データ変更))
X19Y0 X19Y3 (外周柱)		①1~4 (カスケード溶接) ②5~14, 16~19, 22~26 (全周溶接(自動)) ③15, 21, 27~32 (全周溶接(データ変更))



写真-1 ティーチング作業

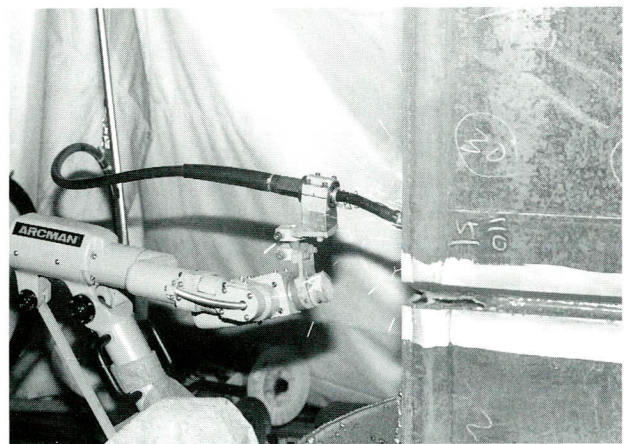


写真-2 溶接中

(2) 外観検査・超音波探傷検査

ティーチング作業を写真-1に、溶接作業を写真-2に示す。また、積層途中の写真を写真-3に、外観写真を写真-4, 5に示す。表-5に示したようにいずれも外観および超音波探傷検査の結果は良好であった。

(3) ロボット稼働率向上のための考慮点

ロボット2台を使用しての前準備~溶接~検査~移動までの1サイクルを図-4に示す。図からロボットによる溶接作業時間は全体の25%であり、また溶接作業時間内のアークタイムは約250分であったことから、1サイクル中のアークタイム率は17%となり、必ずしも良好とは言えず改善が必要である。アークタイム率向上のために以下のような改善策が考えられる。

1) 溶接前準備作業の簡略化による時間短縮

(a)防風養生の簡略化

写真-6に示した防風養生から分かる通り、ロボットアーム稼働範囲全体を覆う必要から、約4m×4m、高さ約2.5mと広範囲になるため養生に時間を要している。簡便な着脱方法を考案する必要がある。

(b)開先内の整形の簡略化

建て方後の溶接までの期間における、開先内への自然吸湿は避けたい問題である。これに起因した初層溶接部の欠陥、とりわけブローホールの発生防止策は幾つかの方法が提案されているが、未だに決定策の無いのが現状である。人による炭酸ガス半自動溶接がそうであるように、ロボット溶接においても初層溶接部のブローホールの防止は大きな課題である。開先内の整形の簡略化については、今後、開先形状・裏板形状および積層方法等の改善を行うための試験が必要である。

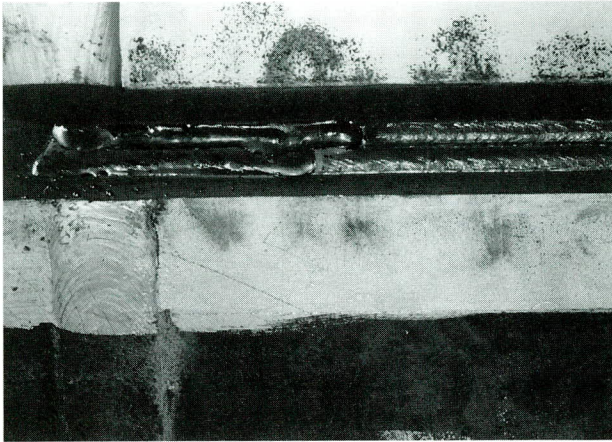


写真-3 外観写真(カスケード溶接)

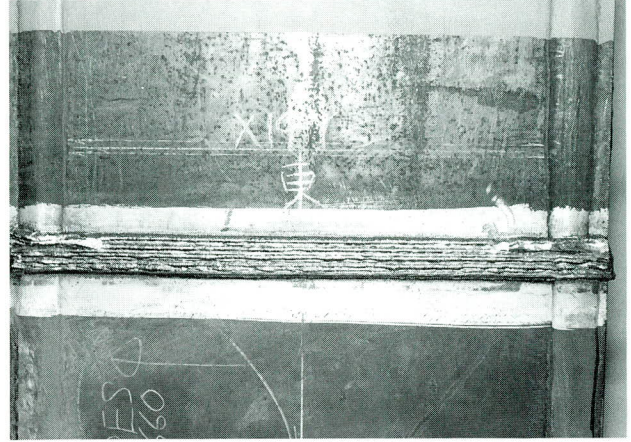


写真-4 外観写真(X19Y3東)

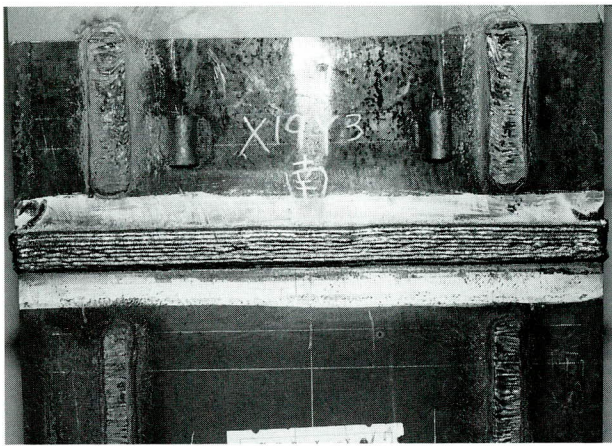


写真-5 外観写真(X19Y3南)

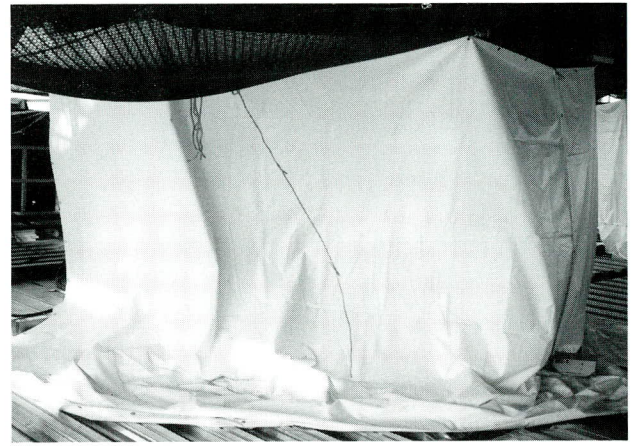


写真-6 防風養生

表-5 検査結果一覧表

柱記号	外観検査	超音波探傷検査
X16Y2	合格	合格
X18Y1	合格	合格
X18Y2	合格	合格
X19Y0	合格	合格
X19Y3	合格	合格

2) 溶接作業の効率化

(a) ロボット稼働中の無監視化

ロボットが稼働中にトラブルが発生した場合のアラーム機能の改善等を検討し、無監視化することにより、アークタイム率向上が図れると思われる。また通常、柱現場溶接時の床はデッキプレートの状態であり、ケーブルの円滑な旋回のため、前回同様に作業用の平板敷きを行っ

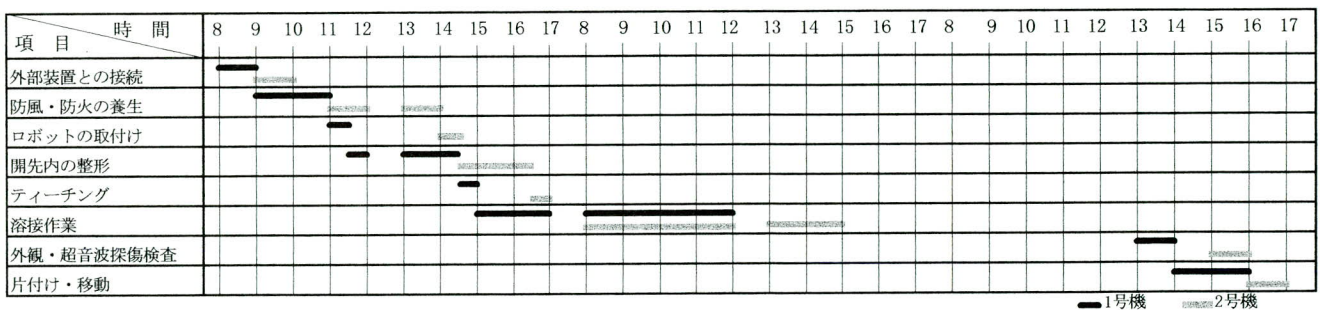


図-4 稼働サイクル

たが、更に改善が必要と思われる。

(b) 仕上げ層の完全自動化

良好な仕上げ外観を確保するため、上柱面が下柱面より2mm以上出ている部位においては、場合によって一部マニュアル操作が必要となり監視が必要であった。今後、目違い寸法を考慮したソフト改良が求められる。

3) 溶接後の超音波探傷検査の時期

今回はロボットの移動を超音波探傷検査後としたため、本検査が溶接工程上クリティカルになっている。レールを1セット増やすことで、超音波探傷検査前に次の柱へロボットの移動が可能となり、今回の検査結果が良好であることから、今後は超音波探傷検査前に移動しても問題ないと思われる。また、稼働率向上のために、万一の欠陥発生における補修作業は、人による炭酸ガス半自動溶接とする等の考えも必要と思われる。

4) 適用板厚の検討

柱板厚の大小による溶接前後の段取り時間に差異は無く、柱板厚が薄い程、溶接稼働率は低下する傾向にある。今回の柱板厚が25mmあるいは28mmと薄かったことも、アークタイム率の低かった一因である。自動溶接には概ね40mm以上が適していると思われる。

(4) 外周柱溶接に対する考慮点

外周柱の溶接も施工に必要な足場が確保できれば、内柱と同様に溶接施工できることが確認できた。しかし、内柱に比べ外周柱では、上下からの風の吹き込みが強いため防風養生には特に注意が必要であった。

本ロボットを使用するためには、**図-5**に示すようにロボットの旋回スペースを確保するため、柱外面より約1600mm×3800mmの跳ね出しステージが要求される。

また、本体鉄骨から若干の取り合いピースを要するので現場担当者との事前の打ち合わせが必要である。また、外周梁には通常、建物の外壁取り付け下地材(PCファスナー)が取り付けられ、ロボットの作動範囲と干渉する。従って、溶接完了後に現場取り付けとする必要がある。

(5) 現場でのロボット使用の考慮点

今回のロボット使用で、人による炭酸ガス半自動溶接と比較して、特に考慮すべき事柄として以下のことが分かった。

- ①ロボットの制御機器およびケーブル搬送のため、機器置場は出来るだけ溶接作業箇所に近い場所に設置することが必要であり、結果的に溶接稼働率の向上に結びつく。設置場所が遠距離になった場合、他の作業場との交錯によるケーブルの損傷が懸念される。また、特にフロアが異なる場合はケーブルの引き回しによるロス時間も大きくなる。制御ケーブルの軽量化を計る必要があると思われる。
- ②ロボット機器のトラブル発生は直ちに稼働率を低下させ、しいては工事全体の工程に影響するので、ロボットの取り付けおよび移動作業に際しては、ロボットアームの軸ずれ等には特に注意する必要がある。
- ③外周柱溶接用の足場ステージの移動については、溶接稼働率向上のため、溶接工程に見合ったタイミングでの移動が大切であり、安全かつ出来るだけ着脱の容易な方法を考案する必要がある。
- ④建て方精度については、上下柱面の目違いを2mm以下にすることで、良好な仕上げ外観を確保すると共に、ロボットの監視を不要とし、アークタイム率の向上に結びつくと思われる。

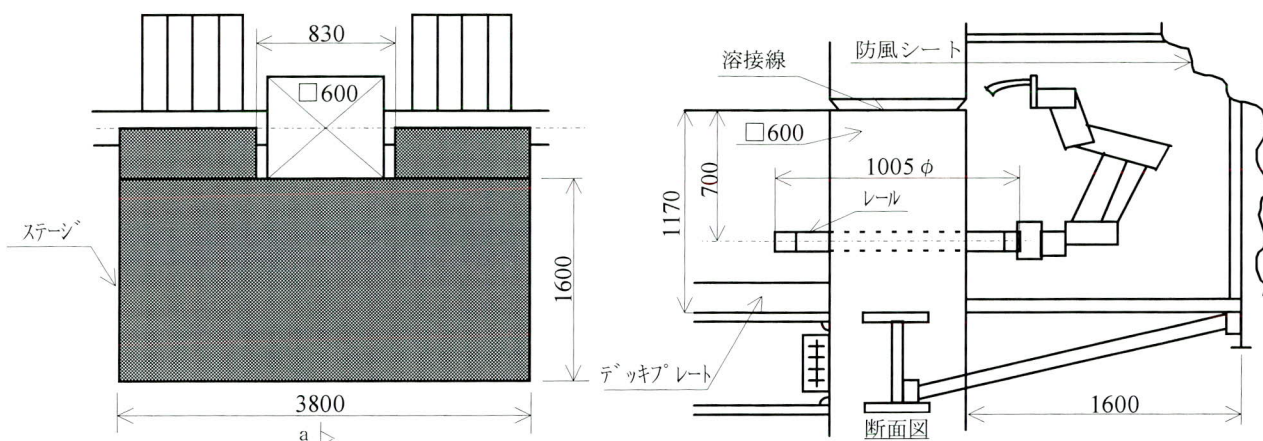


図-5 外周柱施工足場図

4. まとめ

今回の施工により溶接部の品質は、外観および内部品質いずれも良好な結果であり、溶接電流・速度・積層方法等の溶接条件は適切であることが分かった。

また、今回の施工目的の一つである、外周柱へのロボット溶接の適用拡大は達成されたと思われる。

反面、複数台使用による溶接稼働率の向上のためには、以下に述べる問題点が明らかになった。

- ①溶接前の準備作業の時間短縮
- ②アークタイム率の向上
- ③溶接後のロボット移動時期の改善
- ④ロボット溶接施工のための建方精度の確保
- ⑤ロボット溶接施工のための周辺環境の整備

- ・機器置場
- ・外足場の移動時期

今後これらの改善を行っていく必要があると考えられる。以上で、現場横向き溶接ロボットの現場導入における第2報の報告を終了する。

最後に本施工を実施するに際し、御協力頂いた(株)フジタの工事作業所、研究所および(株)神戸製鋼所の関係各位に深く感謝致します。

〈参考文献〉

- 1) 大月真一，鳴沢明雄：鉄骨柱の現場横向き溶接ロボットの開発，宮地技報No. 11，1995
1997. 10. 31 受付

グラビア写真説明

西浦和跨線橋架設工事

本工事は、高速5号線と東京外環自動車道が交差する美女木ジャンクションの起点から大宮バイパスを北上してJR東日本武蔵野線を跨ぐ位置に、5径間連続鋼床版箱桁の内1径間（スパン70m）の桁架設、壁高欄コンクリート並びに防音壁の設置等の施工を行いました。

桁架設については、クレーン・ベンド架設、手延機による送り出し架設、縦移動・横取り架設の3つの工法にて行いました。

なお、高速大宮線は平成10年5月に与野ジャンクションまで暫定開通される予定です。

(中野)

多々羅大橋

平成9年9月に桁の閉合を終えた世界一の超大斜張橋、多々羅大橋は平成11年春の開通に向け、現在急ピッチで工事が進んでいます。

桁高2.7mのスレンダーな断面形状、高さ220mのスマートな逆Y字主塔、21段の繊細なケーブル形式で瀬戸内の美しい島々の中にその華麗で雄大な姿を誇っています。

中央径間世界最長（890m）である本橋は設計・製作・架設各々に様々な工夫がこらされており、中央径間に対して側径間が短い点は、側径間端部にPC桁を配し、死荷重のアンバランスをカバーしています。ケーブルはレインバイブレーション対策としてディンプル形式を用い、架設についても斜ベント、balancing架設、主桁直下吊り架設など高度な技術を採用しています。

主桁の製作においては、特に鋼床版の疲労対策のため、各種実験に基づいて強度を増した溶接方法が採られています。

(藤田)