

エアサイド連絡橋における曲面加工部材の現場溶接の施工管理

CONTROL AND INSPECTION ON FIELD WELDING WORK OF THE FABRICATION OF CURVED MEMBERS AT THE AIR-SIDE BRIDGE

早田 修一*・森 好生**・横田 弘***・三木 千寿****

By Shuichi SODA, Yoshio MORI, Hiroshi YOKOTA and Chitoshi MIKI

The expansion work of the Tokyo International Airport is now going forward which will increase its capacity. Nine bridges are being constructed there to link terminal buildings and car parks as well as main roads. The Air-Side Bridge is a 2-span continuous steel cable-stayed bridge with a center span of 88.5 m. This bridge has been designed taking its landscape into full consideration, particularly to match surrounding facilities, the characteristics of the airport itself, and so on. As the results, the bridge has been fabricated by all-welding work at every joint on the site. Since the bridge is the first all-welded one in Japan, the execution has been fully controlled. This report presents the structural features and the work control system of that bridge and its results.

Keywords: cable-stayed bridge, all-field-welding, work control inspection

1. まえがき

運輸省は、増大する首都圏の航空需要への対処とサービスの向上、航空機騒音問題の解消、廃棄物処理場の有効利用などを目的として、東京国際空港沖合展開事業¹⁾を現在鋭意実施している。当該事業の完成により、図-1に示すとおり、滑走路が従前の2本から3本に増加し、これに伴い発着回数も年間約16万回から約23万回となる。また、空港の処理能力の増大とともに道路、モノレール、鉄道などのアクセス施設の改善も実施される。

新空港の特徴の1つに、旅客ターミナル、管制塔、航空機の整備施設などの空港の中核機能を中央部のターミナル地区に集約し、その東西に新Aおよび新Cの2本の滑走路を同時離着陸が可能のように平行に配置することがある。また、ターミナル地区の中央部を東京湾岸道路が縦断し、この地区を東西に分断する。すでに述べたよ

うに、ターミナル地区は、空港の安全性、効率性および快適性を確保するうえでの中枢機能が集約されているため、分断された東西の地区を有機的に連携する必要がある。このため、図-2に示すとおり、東京湾岸道路を横断する7つの橋梁を含めて合計9つの橋梁が計画され、一部の橋梁は、すでに施工が行われている。

今回報告するエアサイド連絡橋は、東西の貨物地区を連絡する空港関係者のための橋梁となる。本橋梁では、新空港の特質を考慮して景観的な配慮を十分に行っており、冷間曲面加工(R加工)を施した部材を含めて外観

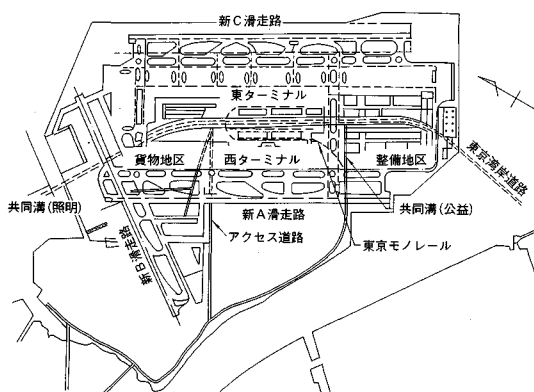


図-1 東京国際空港沖合展開事業の概要

- * 正会員 運輸省第二港湾建設局東京空港工事事務所所長
(〒144 大田区羽田空港 2-7-2)
- ** 正会員 前・運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所
所長(現・運輸省第二港湾建設局京浜港工事事務所所長)
(〒220 横浜市西区高島 1-2-5)
- *** 正会員 工修 運輸省第二港湾建設局横浜調査設計事務所
所次長(同上)
- **** 正会員 工博 東京工業大学助教授 工学部土木工学科
(〒152 目黒区大岡山 2-12-1)

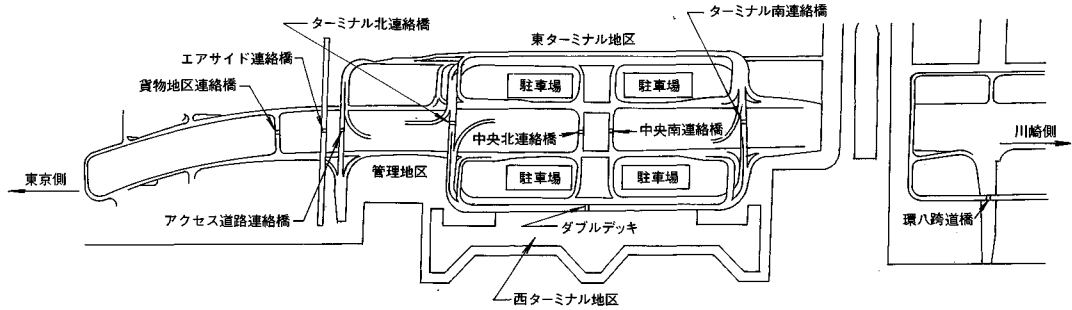


図-2 橋梁の位置

上みえるすべての接合部を現場溶接で接合する新しい技術が取り入れられている。本報告では、現場全溶接施工での施工管理手法とその結果の概要を述べる。

2. エアサイド連絡橋の概要

(1) 橋梁形式の決定

東京国際空港は日本を代表する空の玄関口であり、その機能、利便性、快適性はいうまでもなく、構造物自体についても美しさと調和が要求されている。エアサイド連絡橋についてもこの要求を満たすべく、空港施設全体との調和を考慮しつつ、経済性、安定性に最も優れた構造形式としなければならない。

当初、エアサイド連絡橋の構造形式としては、

- ① 鋼連続桁橋
- ② 鋼タイドアーチ橋
- ③ 鋼斜張橋
- ④ PC連続桁橋

の4案が検討された。これらの案の中から、構造上および景観上の要請として、

- i) 空への上昇志向などの空港らしさを強調する。
- ii) 東京側から東京湾岸道路によってアクセスする際に最初に遭遇する橋梁であるので、空港への歓迎表現などのゲート性、ランドマーク性が必要である。
- iii) 管制塔など現代的な印象をもつ機能施設が配置される地域であるので、ハイテク感を出す。
- iv) エアサイド連絡橋に隣接して架設されるアクセス道路連絡橋とデザインを統一し、一体的に知覚させる(ダブルシルエット)必要がある。

の4点が挙げられた。特にiv)のアクセス道路連絡橋に関しては、構内道路の建築限界(4.5m)を確保するために、桁高が約1.8m以下に制限されていると同時に、橋下を東京湾岸道路が通過するために吊り構造としなければならない。

以上の4点の理由により、最終的に③の鋼斜張橋案を選定した²⁾。すなわち、アクセス道路連絡橋を含めたこれら2橋のデザインは、ともにシャープさを基調とした

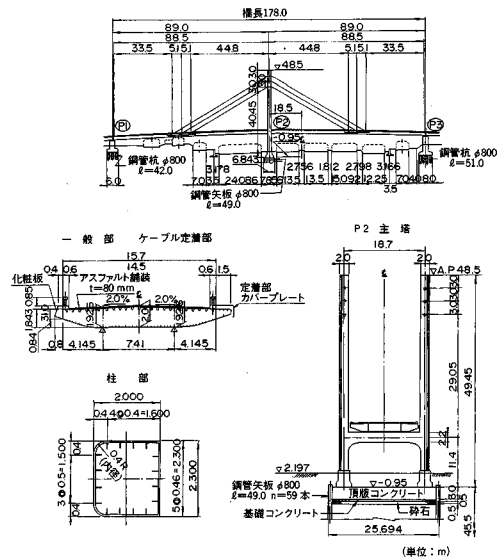


図-3 エアサイド橋の構造一般図

2面吊りの斜張橋とした。また、2橋のシルエットを美しくみせる観点から、ケーブルの配置・本数について比較・検討を行い、煩雑感の極力ない形として、3本のケーブルを集中して平行に配置することとした。

さらに、軽快さを基調とするため、主要部材のコーナー部にR加工を施し、現場全溶接施工を採用することでより一層の景観上の配慮を加えた。

(2) 橋梁概要

本橋梁の基本条件および構造諸元は以下のとおりである。なお、本橋梁の一般図を図-3に示す。

橋 名：エアサイド連絡橋

橋 梁 形 式：2径間連続箱桁斜張橋(2面吊り)および単純鋼床版箱桁橋

道 路 規 格：4種2級に準じる

規 格：1等橋

橋 梁 延 長：298 m

支 間 割 り：39.2+88.5+88.5+2@39.2 m

有 効 幅 員：14.5 m (2方向4車線、歩道なし)

主塔全高：49.45 m

設計活荷重：大型消防車荷重（TT-43 相当）

構造上の主な特徴は、以下のとおりである。

- ① 主塔および主桁などのコーナー部に丸みをつける R 加工を行った。
- ② 外観上みえる接合部については、景観上の観点から、すべて現場溶接で施工した。
- ③ 景観性を考慮して、主桁、主塔とも板厚変化を外面合わせで対応した。
- ④ 主桁の外面ウェブに化粧板を設けて、丸みを表現した。
- ⑤ 本空港内に建設されるすべての橋梁の高欄、照明灯などの細部デザインを極力統一した。

3. 施工方法

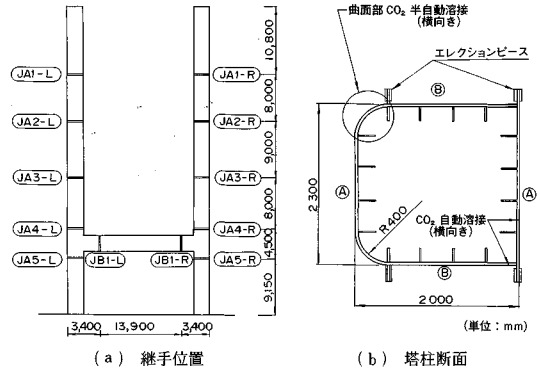
本橋梁の施工のうち、冷間曲げ加工および現場での溶接に関して以下に述べる。

(1) 冷間曲げ加工

主要部材のコーナー部は、冷間加工により R 加工を施した。主塔基部には最大板厚 36 mm の鋼板を用いているが、図-3 に示すように、内側曲げ半径を 400 mm とする曲げ加工を行った。この曲げ半径は、道路橋示方書³⁾で規定されている最小曲げ半径の規定値 $15t$ (t : 板厚) を下回っている。そのため、加工に当たっては、曲げ過ぎることのないように特に注意した。また、形状管理は、曲げ加工の各ステップごとに型板を用いて、誤差が ± 1 mm 以内になるように行った。加工の方法は、以下に示す一般的なプロセスを採用した。

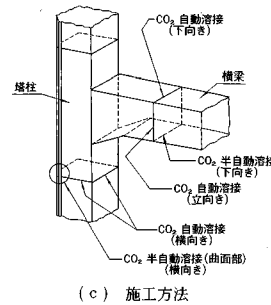
- ① 原寸ゲージを作成し、曲げ加工範囲などをマークする。
- ② 曲げ加工範囲の間を 50 mm 程度のピッチに罫書きする。
- ③ 罫書き位置で、プレスによる折り曲げ加工を行う。
- ④ 型板を合わせ、寸法・角度を確認する（部分的なチェックおよび完成後のチェック）。

規定値を下回る曲げ半径で加工を行った場合、材質的な劣化に伴う力学特性の低下が考えられるため、シャルピー試験および COD 試験により、ひずみ時効による力学特性の変化に関する検討を行った⁴⁾。その結果、予ひずみ・溶接によって鋼材の COD 値およびシャルピー値は低下したが、これらの値は問題となるレベルまでには達しなかった。また、COD 値より算定した許容欠陥寸法は、溶接継手部で十分管理が可能な値であると予想された。したがって、曲げ半径の小さい冷間曲げ加工による鋼材の材質変化は問題ないと結論した。また、冷間曲げ加工を行う鋼材の鋼種の選定に際しては、靱性値の保証がなされている SM 53B 材（板厚 36, 34 mm）もし



(a) 継手位置

(b) 塔柱断面



(c) 施工方法

図-4 主塔での溶接の位置と施工方法

くは SM 50 YB 材（板厚 19~28 mm）とした。

主桁下フランジのコーナー部では、曲げ半径を 3 888 mm とする R 加工を実施した。加工の方法および形状管理は主塔の場合と同様に実施した。

(2) 溶接位置および溶接方法

a) 主塔

主塔での溶接位置および溶接方法の概要を図-4 に示す。主塔では左側 (L) と右側 (R) でそれぞれ 5 か所、横はり部で 2 か所の接合を行うブロック割りとした。各ブロックの製作は、工場内の溶接施工により実施した。

主塔の組立は、図-4(a) に示す JA 5 から上方に行き、JA 4 が終了した時点で、横はりの接合 (JB 1) を行った。L と R はほぼ同時に施工した。

各ブロック間の接合は、図-4(b) に示すように、まず④で示す直線部を同時に CO₂ 自動溶接（横向き）で施工した。その後、R 加工を行った曲線部を CO₂ 半自動溶接（横向き）で施工した。最後に、②で示す直線部を同時に CO₂ 自動溶接で施工した。横はりの接合では、図-4(c) に示すように、まず上フランジを CO₂ 自動溶接（下向き）で施工し、次に、下フランジを CO₂ 半自動溶接（下向き）で施工した。最後にウェブを同時に CO₂ 自動溶接（立向き・上進）で施工した。

下フランジにはウェブや縦リブおよび横リブがあって施工しづらいことや、端部に勾配がついており内面から自動溶接が施工しづらいことから、CO₂ 半自動溶接を

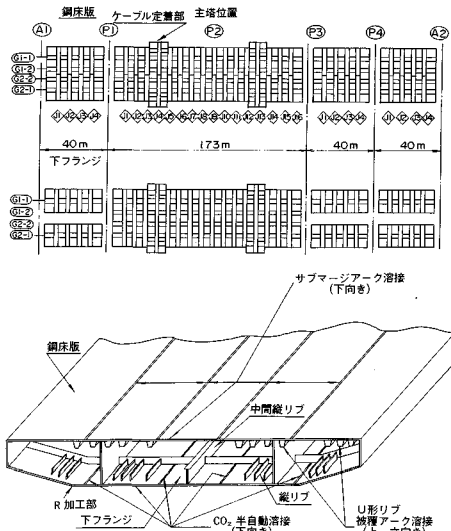


図-5 主桁の溶接位置と施工方法

採用した。また、上記の溶接方法はいずれも片面裏波溶接で、裏面には簡易裏当材を用いた。溶接始終端の処理、溶接のつなぎなどに関しては、一般の方法に従って行った。

b) 主 桁

主桁での溶接位置を図-5に示す。主桁では、鋼床版(上フランジ)の溶接終了後、下フランジの溶接を行い、非破壊検査で欠陥のないことを確認したのち、U形リブの溶接を行った。

鋼床版では、両端部および交差部でCO₂半自動溶接により拘束溶接を行った後、サブマージアーク自動溶接(下向き)を行った。下フランジでは、端部(R部)、交差部、直線部の順でそれぞれCO₂半自動溶接(下向き)を行った。また、主桁内のU形リブでは、被覆アーク溶接を行った。これは、U形リブの接合の際には、作業姿勢が立向き、上向きとなり、難しい溶接となるためである。

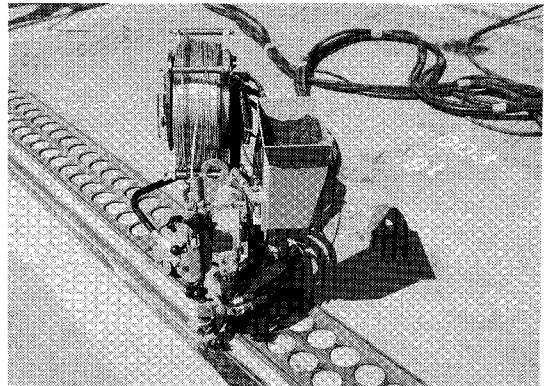
主桁の溶接方法は、U形リブを除いて主塔と同じ方法で行った。主桁の鋼床版の溶接および下フランジの溶接の状況を写真-1に示す。

(3) 開先形状の保持と管理

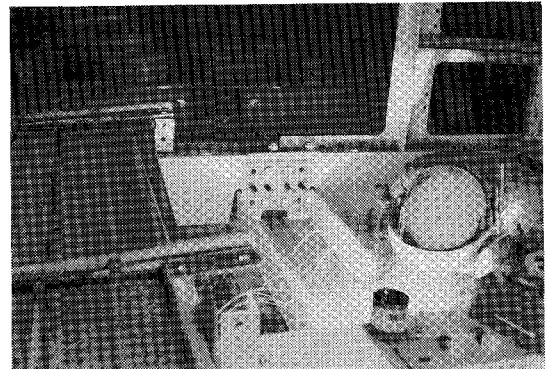
a) 主 塔

主塔での開先形状は、塔柱部でレ形グループ、横はり部でV形グループである。これらの開先の管理は、目違いが2mm以内に、ルートギャップが 7 ± 2 mmとした。

断面形状ならびに開先形状の保持は、エレクトロシムピースおよびリブの仮締めボルトおよびドリフトピンにより行った。塔柱部でのルートギャップについては、後述するが、特に大きな調整を必要としなかった。また、



(a) 鋼床版



(b) 下フランジ

写真-1 現場溶接の状況

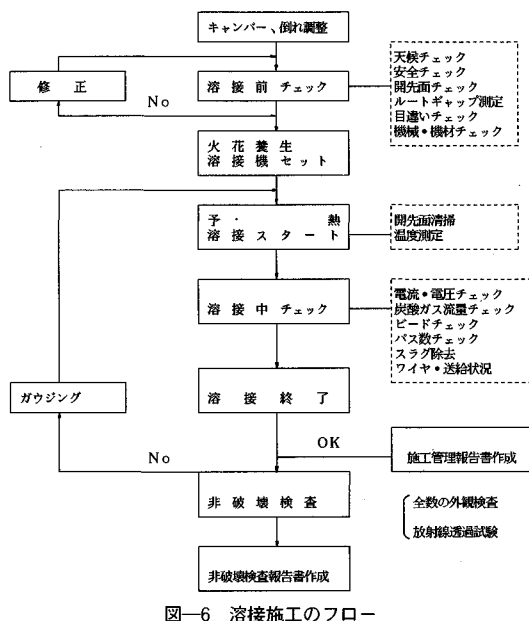
目違いの調整は、塔内部の縦リブの仮締めボルトをゆるめたのち、内側からみてへこみ側の鋼板を油圧ジャッキで弾性的に押し出し、縦リブの仮締めボルトを用いて締め付ける方法で行った。

横はり部でのルートギャップの調整は、R加工部がないので油圧ジャッキによる調整を必要とせず、エレクトロシムピースのピンを確実に取るにより行った。その際、所定のギャップより狭い場合には、ガウジングとグラインダーで開先加工をし直した。また、目違い調整は、塔柱部と同様にジャッキを用いて調整したが、必要に応じ局部的な加熱矯正などを行った。

b) 主 桁

主桁の鋼床版および下フランジでグループ溶接(V形グループ)、U形リブで隅肉溶接とした。開先形状の管理は、目違いが0~3mmに、ルートギャップが 8 ± 4 mm(鋼床版の一般部では3~8mm、U形リブでは0~2mm)とした。

開先形状の保持は、開先形状がこれらを満たさない場合には、一般的には加熱矯正法により整形することで行った。その際、鋼床版のエレクトロシムピース、ウェブの添接板とボルトおよび下フランジ縦リブの添接板とボ



図—6 溶接施工のフロー

ルトで行った。鋼床版溶接時に下フランジの開先が開かないように、ウェブおよび中間縦リブは下側のボルト約1/2を、縦リブは3個に1個程度の割合で強めに締め付けた。また、下フランジ溶接時もウェブと中間縦リブのボルトはそのまま締め付けておき、ある程度溶接するまでは解放しないこととした。

開先形状が上記の規定をはずれた場合には、加熱により矯正した。しかし、一部では、矯正しきれない箇所もあり、この場合には、後述のように溶接施工試験により溶接性能を確認した。

(4) 溶接施工の管理と検査

溶接施工の一般的なフローを図—6に示す。

a) 溶接前チェック

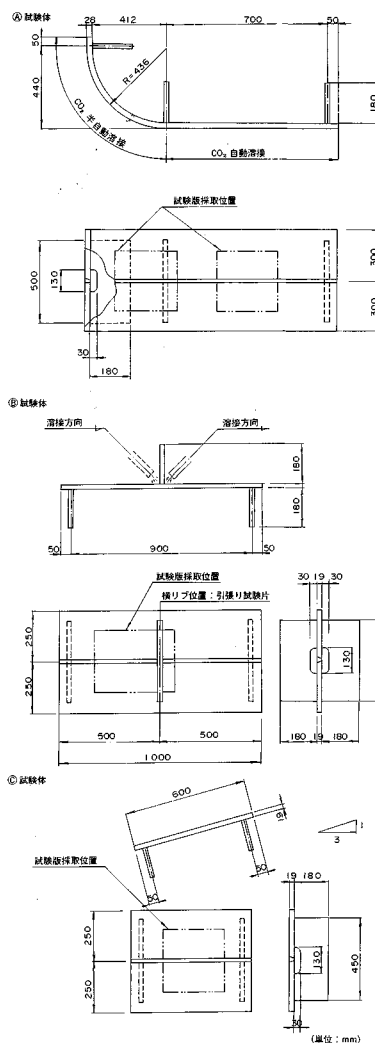
開先形状および断面形状に関して(3)に示した方法で管理・矯正を行った。

b) 天候管理

溶接施工にあたっては、天候の管理を行った。特に、今回の作業では風の影響を大きく受けるため、風速による作業限界をサブマージアーク溶接で10~12 m/s、手溶接で5 m/s、CO₂溶接で3 m/sに設定した。風速は、溶接開始直前に作業位置で手動風速計により測定し、風速がこれらの限界値を越えた場合には、風防設備(合板およびシート)を設けた。

c) 予熱管理

溶接に先立ち、板厚25 mm未満の鋼板(SM 50 YB, SM 50 YA, SM 41 A)では40~60°Cに、板厚25 mm以上の鋼板(SM 53 B, SM 50 YB)では80~100°Cに予熱した。予熱作業の際には、開先内を直接加熱するの



図—7 溶接施工試験の試験体

は避けて、溶接線をはさんだ両側100 mmの範囲を均一に行った。

d) 非破壊検査

非破壊検査は、外観検査、放射線透過検査および超音波探傷により行った。外観検査は全線、超音波探傷は主塔のコーナー部の位置で行った。

放射線透過検査は、溶接の終始端、交差部など重要な箇所を中心に行った。主塔に関しては全線、主桁に関しては鋼床版では1 mピッチに、下フランジでは、橋軸方向に1 mピッチで、橋軸直角方向に全線行った。フィルム1枚当たりの検査長は、300 mmとした。

工場での検査は、一般的に溶接が両面から行われることを想定して10%程度の割合で行われている。しかし、本橋では前述のように、現場での片面溶接となるため、主塔では100%、主桁の橋軸直角方向では鋼床版で

表—1 溶接施工試験体の一覧

試験体	試験体の形状(*)	継手名	材質 板厚	溶接方法 パス数	目違い(mm)		ルートギャップ(mm)	
					目標/実測	目標/実測	目標/実測	目標/実測
TP-1A	Ⓐ	主塔横継手	SM50YB/28mm	CO ₂ 自動/14	0/0.32	7/ 7.30		
TP-1B	Ⓐ	主塔横継手	SM50YB/28mm	CO ₂ 半自動/18	0/0.32	7/ 7.30		
TP-2	Ⓑ	主桁横継手	SM50YB/19mm	CO ₂ 半自動/3	0/0.33	7/ 7.23		
TP-3	Ⓒ	主塔横継手	SM50YB/28mm	CO ₂ 自動/14	2/1.77	9/ 8.83		
TP-4	Ⓒ	主塔横継手	SM50YB/28mm	CO ₂ 自動/11	2/2.27	5/ 5.07		
TP-5	Ⓒ	主塔横継手	SM50YB/28mm	CO ₂ 半自動/12	2/1.97	9/ 8.50		
TP-6	Ⓒ	主桁横継手	SM50YB/28mm	CO ₂ 半自動/9	2/2.03	5/ 5.10		
TP-7	Ⓒ	主桁下フランジ	SM50YB/19mm	CO ₂ 半自動/5	3/2.80	12/12.10		
TP-8	Ⓒ	主桁下フランジ	SM50YB/19mm	CO ₂ 半自動/3	3/2.40	4/ 4.57		
TP-9	Ⓒ	主桁下フランジ	SM50YB/19mm	CO ₂ 半自動/7	0/0.23	18/18.07		
TP-10	Ⓒ	主桁下フランジ	SM50YB/19mm	CO ₂ 半自動/11	0/0.13	18/18.10		
TP-11	Ⓑ	主桁下フランジ	SM50YB/19mm	CO ₂ 半自動/4~5	0/0.13	7/ 7.13		

*) 図-7 参照

**) TP-1Aは直線部, TP-1Bは曲線部(図-7参照)

***) TP-3~TP-6はⒸの形状で鉛直にして溶接したもの

39.4%, 下フランジでは100%, 橋軸方向では鋼床版で約20%, 下フランジで約34%というように非常に高い検査率となった。撮影したフィルムの枚数は、4382枚である。

(5) 主塔の倒れ

溶接による不均等な収縮によって主塔が倒れる現象が生じるので、以下の方法によって主塔の倒れの管理を行った。

- ① エレクションピースおよび縦リブにより、主塔頂部までブロックの架設を行う。
- ② 主塔頂部に設けたワイヤを緊張し、所定の位置に保持する。
- ③ ブロック間の継手の溶接を行う。
- ④ 溶接後、ワイヤの緊張力を解除する。
- ⑤ 施工管理のための変位の計測を行う。計測は、トランシットにより塔柱のすべての接合部で実施する。
- ⑥ ②に戻って、次の位置の溶接を行う。

4. 溶接施工試験

主塔本体横継手の曲線部(半自動溶接)と直線部(自動溶接)の併用継手、主桁フランジ橋軸方向の横リブ部で半自動溶接でアークを切らないで施工する継手、および主桁下フランジ橋軸直角方向の溶接で水平から桁端部に向かって勾配の付く継手については、溶接性能を確認するために、道路橋示方書に基づき施工試験を行うこととした。

(1) 試験項目

試験項目は、引張試験(JIS Z 2241)、曲げ試験(JIS

Z 3122)、衝撃試験(JIS Z 2242)、マクロ試験(JIS G 0553)および放射線透過試験(JIS Z 3104)とした。

(2) 試験体

試験体の形状および試験片の採取位置を図-7に示す。試験体の製作は、実構造物の溶接条件を想定して行った。Ⓐは主塔塔柱の横継手、Ⓑは主桁の軸方向の継手、およびⒸは主塔の横継手または主桁の軸直角方向の継手である。

各試験体の溶接方法、目違いおよびルートギャップの測定結果を表-1に示す。TP-9およびTP-10は、ルートギャップが許容値を越えた場合を想定した試験体である。

(3) 試験結果

引張試験および衝撃試験の結果をそれぞれ表-2および表-3に示す。

引張試験では、規格値が50~62 kgf/mm²に対していずれの試験体もこの値を満足していた。

表-2 引張試験の結果(判定基準:50~62 kgf/mm²)

試験体	試験片寸法			破断荷重 (tf)	引張強さ (kgf/mm ²)	破断位置
	厚さ(mm)	幅(mm)	断面積(mm ²)			
TP-1A	27.80	25.00	695.0	41.8	60	母材
	27.70	25.00	693.0	41.5	60	母材
TP-1B	27.30	24.80	677.0	39.8	59	溶接金属
	27.20	24.80	675.0	40.3	60	溶接金属
TP-2	18.60	39.80	740.0	42.9	58	溶接金属
	18.50	39.80	736.0	42.8	58	溶接金属
TP-7	18.30	39.90	730.0	44.3	61	溶接金属
	18.30	39.90	730.0	44.2	61	溶接金属
TP-9	19.29	25.06	483.4	26.4	55	溶接金属
	19.27	25.07	483.1	26.6	55	溶接金属
TP-10	18.79	25.09	471.4	24.4	52	溶接金属
	18.70	25.08	469.6	24.5	52	溶接金属
TP-11	18.77	25.06	469.6	28.0	60	溶接金属
	18.76	25.03	469.6	27.2	58	溶接金属

衝撃試験でも吸収エネルギーが基準値を大きく越えており、今回採用した溶接の方法に特に問題がないことを定量的に確認した。また、曲げ試験においても、割れ、ブローホールなどの欠陥は認められず、良好な結果を示した。

マクロ試験片の外観の状況の一例として目違いの大きい試験体 (TP-7) とルートギャップの大きい試験体 (TP-9) について写真-2 に示す。曲げ試験の結果と同様、いずれの試験片でも割れやブローホールなどの欠陥は認められなかった。

放射線透過試験においても他の試験結果と同様に、溶

接部の欠陥は認められなかった。

以上の試験の結果から、今回の溶接施工法については問題がないことが確認された。特にルートギャップが 18 mm と大きくなり規定値を超えた場合でも、欠陥と

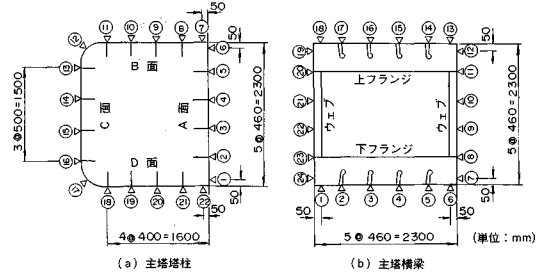


図-8 開先形状の測定位置

表-3 衝撃試験の結果

(判定基準：0℃-2.8kgf・m以上)

試験体	吸収エネルギー (0℃-kgf・m)	
	個々の値	平均値
TP-1A	16.5	13.6
	14.3	
	10.2	
TP-1B	16.0	16.2
	17.0	
	15.6	
TP-2	14.7	15.3
	16.6	
	15.4	
TP-7	16.6	16.9
	17.1	
	17.1	
TP-9	14.5	14.1
	12.6	
	15.1	
TP-10	14.5	15.2
	16.3	
	14.7	

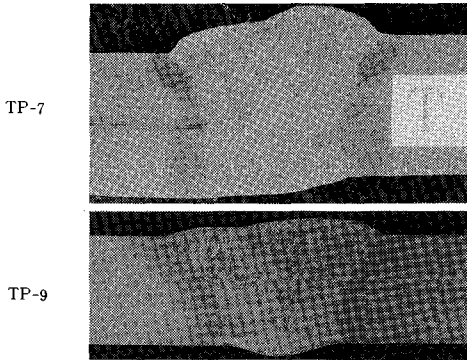


写真-2 マクロ試験の結果

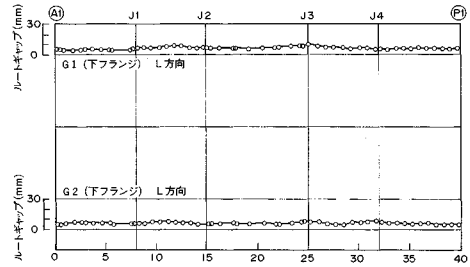


図-9 主桁の橋軸方向でのルートギャップの測定結果

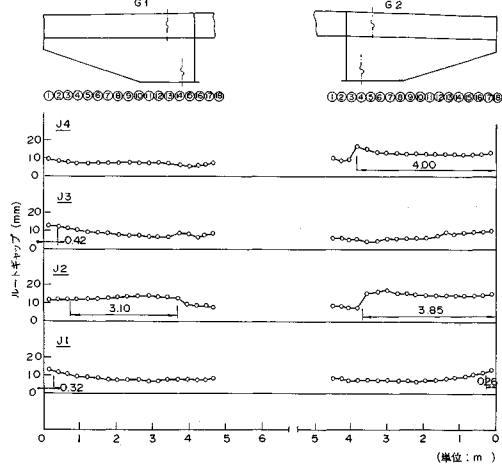


図-10 主桁の橋軸直角方向でのルートギャップの測定結果

表-4 ルートギャップおよび目違いの測定結果 (単位：mm)

(a) ルートギャップ	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓	㉔
JA5-L	7.9	7.7	7.1	6.8	6.8	7.5	6.0	5.5	5.6	6.0	7.6	7.0	7.3	7.2	7.7	7.8	7.6	7.6	7.2	6.8	6.2	7.6	-	-
JA5-R	6.1	6.0	6.2	6.6	7.0	7.0	7.5	7.5	8.0	8.2	9.0	8.6	8.3	8.0	9.0	6.7	6.8	6.1	5.6	5.2	5.5	6.9	-	-
JB1-R	7.0	7.0	7.0	6.7	7.3	7.4	6.6	6.7	6.7	5.5	5.8	6.0	7.8	7.5	8.0	6.9	7.0	6.5	8.0	6.3	6.0	5.7	6.5	6.5

(b) 目違い	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒	㉓	㉔
JA5-L	1.2	0	0	0	0	1.3	0.2	0	0	0	1.2	1.0	0	0	0	0	1.7	1.6	0	0	0	0.3	-	-
JA5-R	2.0	2.0	0	0	0.2	0.3	1.8	0	0	0	1.8	1.3	1.0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0.3	-	-
JB1-R	0	0	0.8	1.5	欠測	欠測	欠測	欠測	欠測	0	0	2.0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0.2	0	0	0

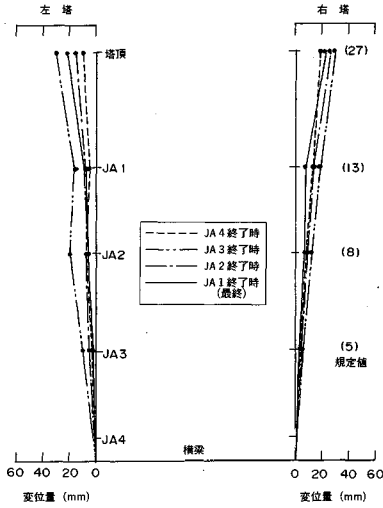
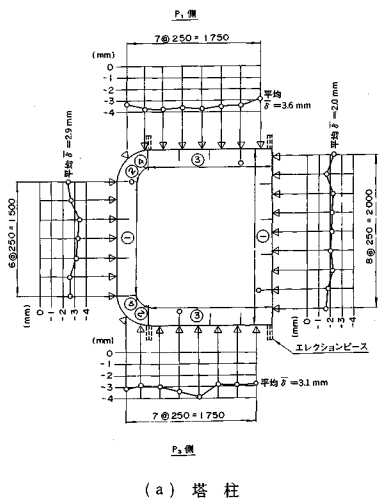
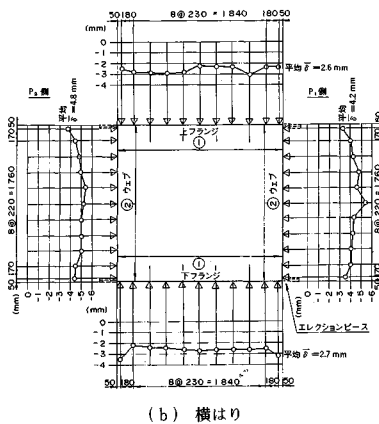


図-11 主塔塔柱の倒れ量の測定結果

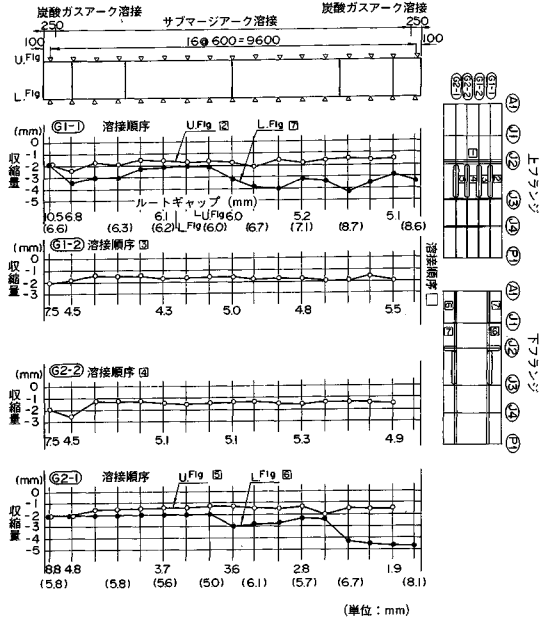


(a) 塔柱

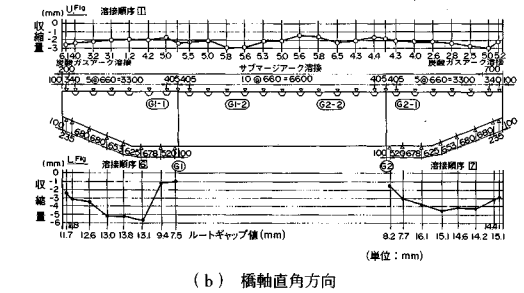


(b) 横はり

図-12 主塔での収縮量の測定結果



(a) 橋軸方向



(b) 橋軸直角方向

図-13 主桁での収縮量の測定結果

ならないことがわかった。

5. 施工管理の結果

エアサイド連絡橋の現場全溶接作業では、これまで述べたような施工管理が行われており、その結果の概要を述べる。

(1) 開先形状

a) 主塔

表-4に主塔塔柱のJA5-L, JA5-R および横梁のJB1-R位置での目違いとルートギャップの計測結果を示す。測定箇所は図-8に示す位置である。

すべての箇所でも両者とも事前に設定した規定値を満足していた。塔柱では曲線部を含めたコーナー部で若干値が大きくなっていた。

b) 主桁

図-9に主桁下フランジの橋軸方向のルートギャップの測定値を、図-10に橋軸直角方向のルートギャップ

の測定結果を示す。橋軸方向では特に問題がなかったが、橋軸直角方向では、規定値を超えて約 17 mm にも達した箇所があった。しかし、前述の溶接施工試験により、溶接速度を遅くして、溶接のパス数を増大させた場合には、特に問題がないことを確認することとした。その結果については、4. で述べたとおりである。

目違いの測定結果は、R加工部を含めたいずれの箇所でも規定値の範囲にあった。工場内の溶接では、目違いの許容値は 1 mm 程度であるが、本橋梁での現場溶接の目違いの大きさが溶接性能に与えた影響はほとんどなかった。

(2) 主塔の倒れ

各継手の溶接終了後に測定した主塔の倒れ状況を図-11 に示す。主塔頂部での目標値は 19 mm である。溶接箇所が上部に移るにつれて倒れ量は徐々に少なくなり、最上部の溶接が終了した時点で約 23 mm の倒れとなっていた。

(3) 収縮量

溶接によって生じる収縮量を測定した。測定の評点距離は、主塔塔柱で 100 mm、他の部材で 200 mm とした。測定は、各断面ですべての溶接が終了してから実施した。

a) 主塔

計測結果の一例を図-12 に示す。塔柱では収縮量の平均値が 2.0~3.6 mm で、後で溶接した直線部で若干大きな値を示した。一方、横梁では平均値が 2.6~4.2 mm となり、塔柱の場合とほぼ同じ傾向を示した。

b) 主桁

主桁での測定結果を図-13 に示す。下フランジでは収縮量が若干大きくなった。また、溶接を後から行った箇所は、若干大きな収縮量が測定された。しかし、溶接に支障のほど開先は開かなかった。

(4) 溶接検査

非破壊検査の結果、すべての箇所で溶接の状況は良好であることを確認した。

6. まとめ

本橋梁ではコーナー部を冷間曲げ加工し、この部分を含めてすべての接合を現場溶接で施工している。このような橋梁は、わが国の鋼斜張橋では初めてのもので、諸外国でもほとんど例をみないものである。既往の施工実績がないという点から、これまで述べたように、溶接施工にあたっては以下の点に特に留意した。

- ① 防風設備を十分に施したこと。
- ② 開先の管理を十分に行ったこと。
- ③ 溶接速度および電流、ガス流量を現地でモニターする等施工管理を十分に行ったこと。

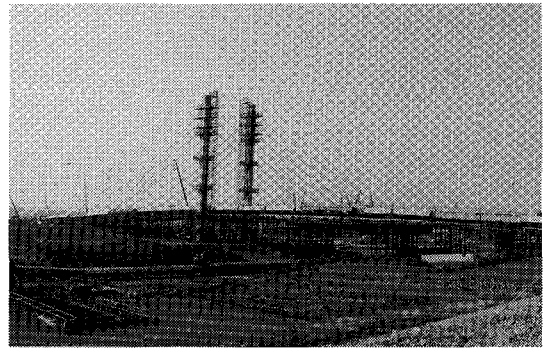


写真-3 エアサイド連絡橋の全貌

④ 溶接検査を厳しく行ったこと。

実施工では、ルートギャップが許容値を越えた箇所もあったが、大きな問題もなく橋梁の溶接施工は終了した(写真-3)。しかし、以下の点が今後の検討課題として残されている。

本橋では、開先管理の観点から、工場内の仮組み検査の際に想定した方法と異なる架設方法を取らざるを得なくなり、仮組の方法が現地で再現されない場合があった。工場内の仮組みは、現場での架設方法を十分に考慮して実施する必要がある。

また、主桁下フランジの溶接は内側から行われたが、内部のリップが多い箇所では、施工が非常に困難であった。設計では、施工の方法を十分に考慮する必要がある。

溶接継手をまたぐリップ等のスプライス用孔は、溶接後の収縮を考慮し、孔のクリアランスを通常のボルト継手用孔よりも大きくする必要がある。

東京国際空港では、他の橋梁でも同様の施工が行われる予定であるので、データの蓄積を図って、技術の確立をめざしてゆきたい。

最後に、本橋梁の計画・設計にあたり熱心なご審議とご指導をいただいた東京国際空港ターミナル景観検討会(東京工業大学教授・中村良夫座長)のメンバー各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 塩田精一・足立二雄・豊田奉節・田中洋行：軟弱地盤上の空港建設，土木学会論文集，第 409 号/VI-11，1989 年。
- 2) 森 好生・塩崎正孝・大里睦男・長尾 毅：東京国際空港沖合展開域の橋梁の景観設計，橋梁，Vol. 26，No. 1，1990 年。
- 3) 道路橋示方書・同解説，Ⅱ鋼橋編，日本道路協会，1980 年。
- 4) 森 好生・塩崎正孝・三木千寿・栗原正好：歪時効による鋼材の靱性変化の評価，構造工学論文集，Vol. 36 A，1990 年。

(1990. 5. 22・受付)