

東京国際フォーラムガラス棟における鉄骨の現場溶接

Field Welding Frameworks for the Glass Building
of Tokyo International Forum中野 一夫* 早川 昭**
Kazuo NAKANO Akira HAYAKAWA

Summary

The roof structure for the glass building of Tokyo International Forum is supported by two large columns. The roof has an overall length of 208 m and a maximum width of 31.7 m. It resembles the bottom of a ship because of its flat top and curved bottom.

The members of the roof structure were made with very thick steel pipes, super-thick steel sheets and steel castings, and were joined in the field by welding alone. Before construction of the building was begun, trials were conducted on full-scale models to secure ease, quality and economy of construction. During the course of these trials, welding methods and welders were selected and the welders were carefully evaluated for their skill in overhead welding.

This paper describes the results of the construction trials and the basic procedures of the field welding.

1. まえがき

ガラス棟ガラスホール鉄骨は、全長208m×最大幅31.7mの上面フラット、下面が船底形状した屋根と南北に2本（スパン124m）の大柱、および、外周部を構成するガラス壁面などの構造エレメントで成り立っている。

部材接合が、すべて現場溶接であり厚肉鋼管、極厚鋼板、鋳鋼との溶接、他に難しい上向きを伴う全姿勢溶接など特異性があった。

そのため、建方と同様に実施設計段階の設計事務所と製作会社との打合せに参画、事前に予想される溶接方法、溶接手順、開先形状、建方精度など慎重に検討し、①施工能率アップ、②溶接品質の確保、③コストダウンを図る方策を工場製作着手までに実物大試験体による、各種確証実験を現地、および、大林組技術研究所において行い、結果を製作・現場に反映した。

また、溶接工の技量についても現場溶接工技量試験、溶接姿勢上向き技量試験など独自の付加試験で溶接工の選抜を行い万全を期した。

なお、溶接箇所は大きく分けて屋根鉄骨・壁鉄骨・先端トラス鉄骨であり、大柱と大柱柱頭鞍型部の溶接は弊社施工外である。（図-1参照）

以上のほかに現場溶接工の基本的施工手順と要領を含めて、「建方工事（技報11号）」¹⁾に続き報告する。

2. 溶接概要

屋根鉄骨は、屋根の外周部分を形成するR材（Gコラムφ1000mm）、圧縮力を伝達するA材（φ1200mm）、助骨形状のリブフレーム材、並びに、リブフレームとA材などの溶接（図-2参照）である。

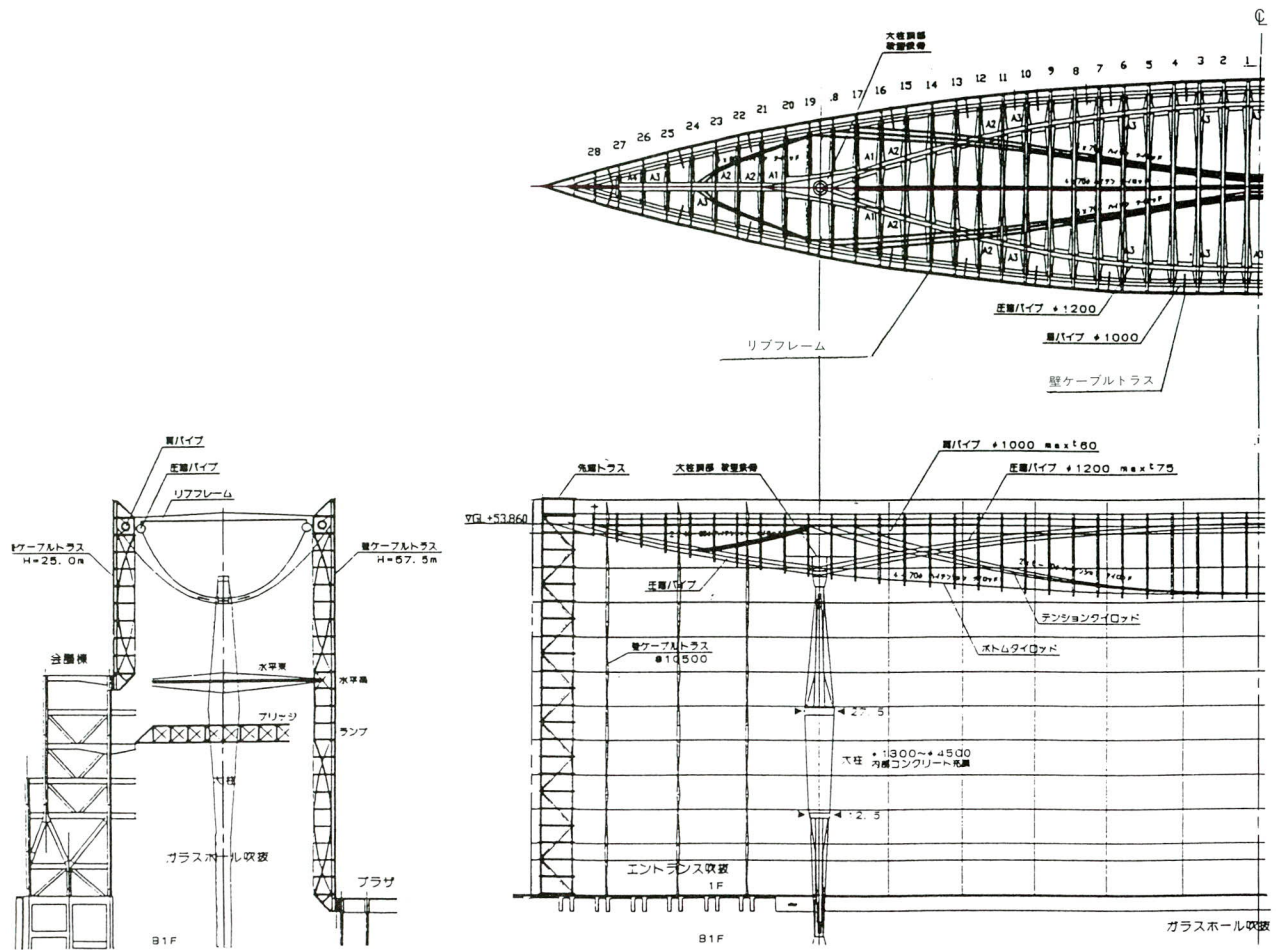
壁鉄骨は、ワイヤーロープと柱（方立と称する台形状）の組合せで一体となって構造材（以下ケーブルトラスという）として機能する、その方立は自立が不可能な部材でプラザ側4節、会議棟側2節から構成され、方立と水平方向に2.5mピッチで配置された胴縁（方立と同一形状）、方立と方立の中間位置に間柱パイプなどの溶接、プラザ側にはケーブルトラス内に組み込まれた極厚BH材の水平梁・ランプの溶接、また、ジャッキダウン後に屋根鉄骨（R材）と壁鉄骨を連結する星形部材の溶接である。（図-3参照）

先端トラスは、屋根鉄骨の両先端に位置した三角鉄塔形状構造物で、柱はφ350、t=90~35、φ250×t=70~30、斜材はφ250~150×t=60~35の極厚Gコラムであり、水平材は壁鉄骨胴縁と同一形状などで構成され、トラス格点は鋳鋼（SM490A-FR相当）との溶接である（図-4参照）。

以上の現場溶接箇所数、溶接長、溶接方法、姿勢など実績を表-1にまとめた。

* 宮地建設工業(株) 橋梁構造事業部工事部総括作業所長

** 宮地建設工業(株) 鉄構事業部プロジェクト推進部総括作業所長



(注)圧縮パイプをA材、肩パイプをR材と称す。

図-1 概要図

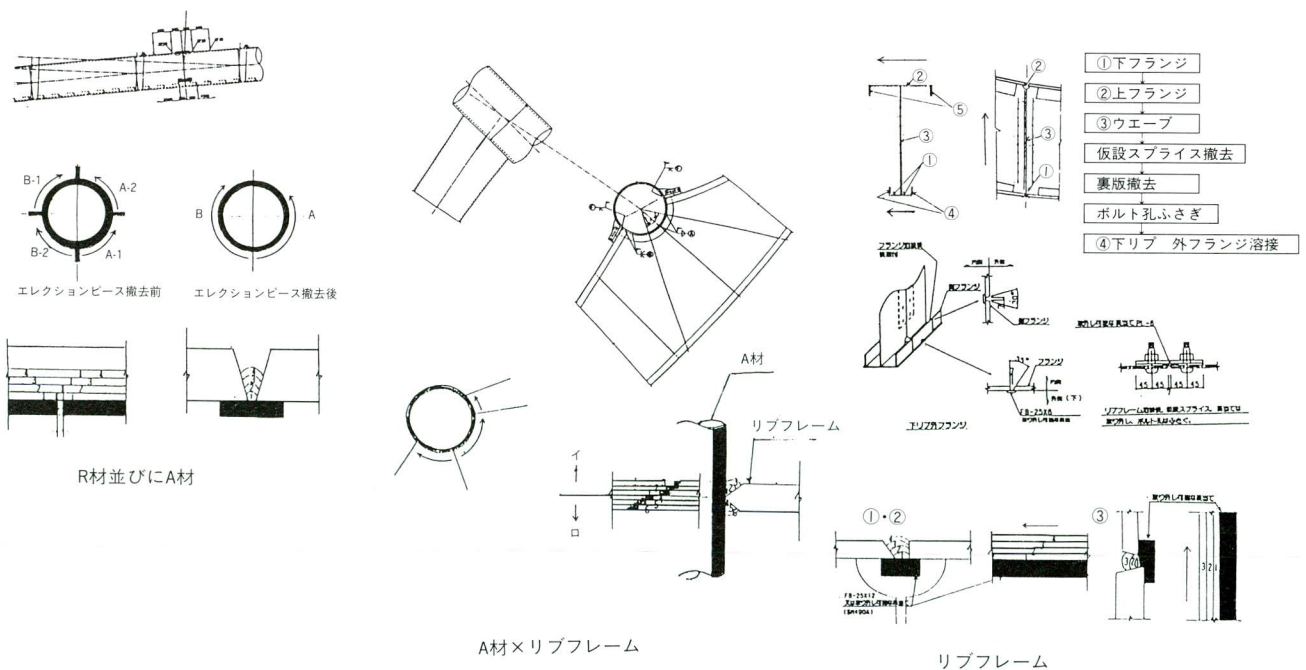
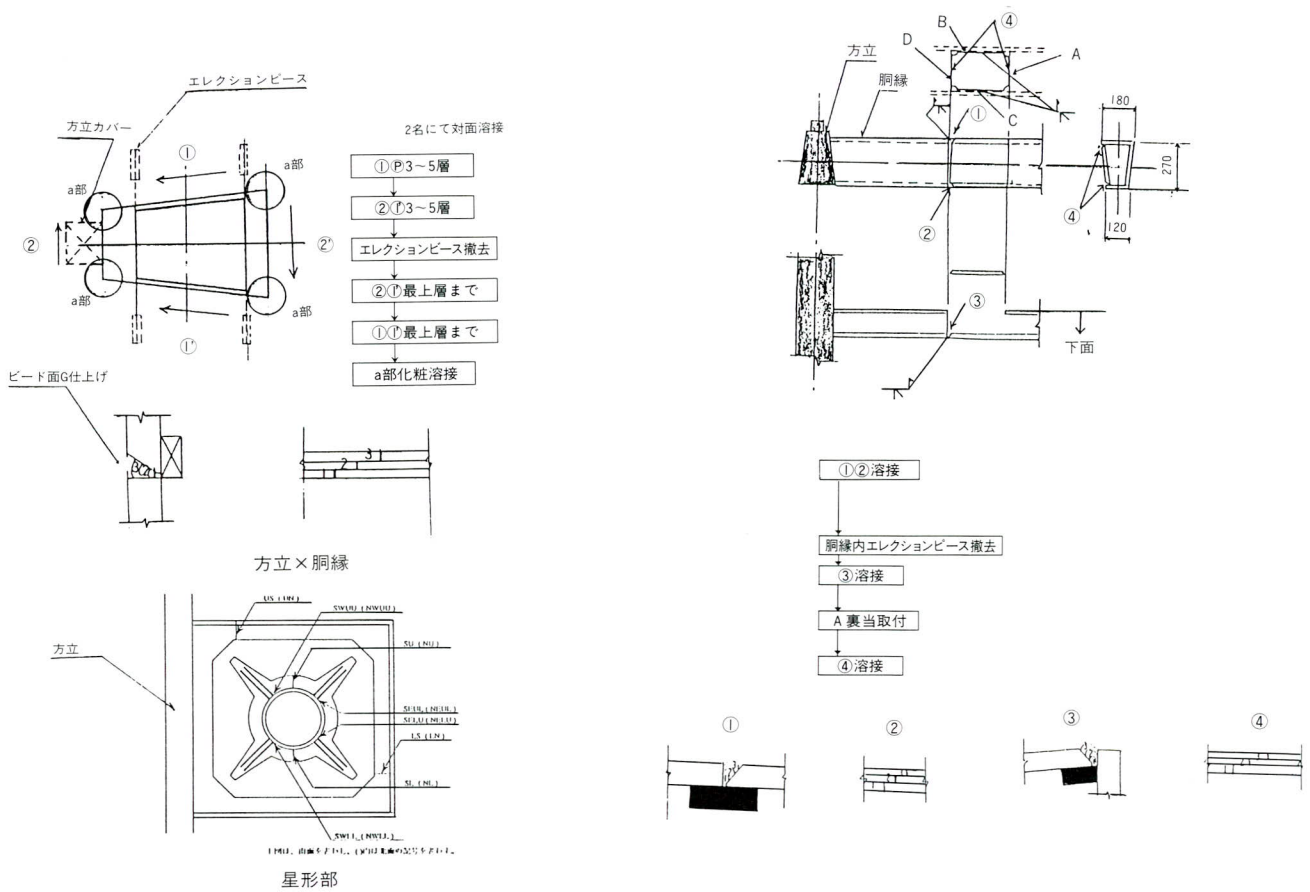
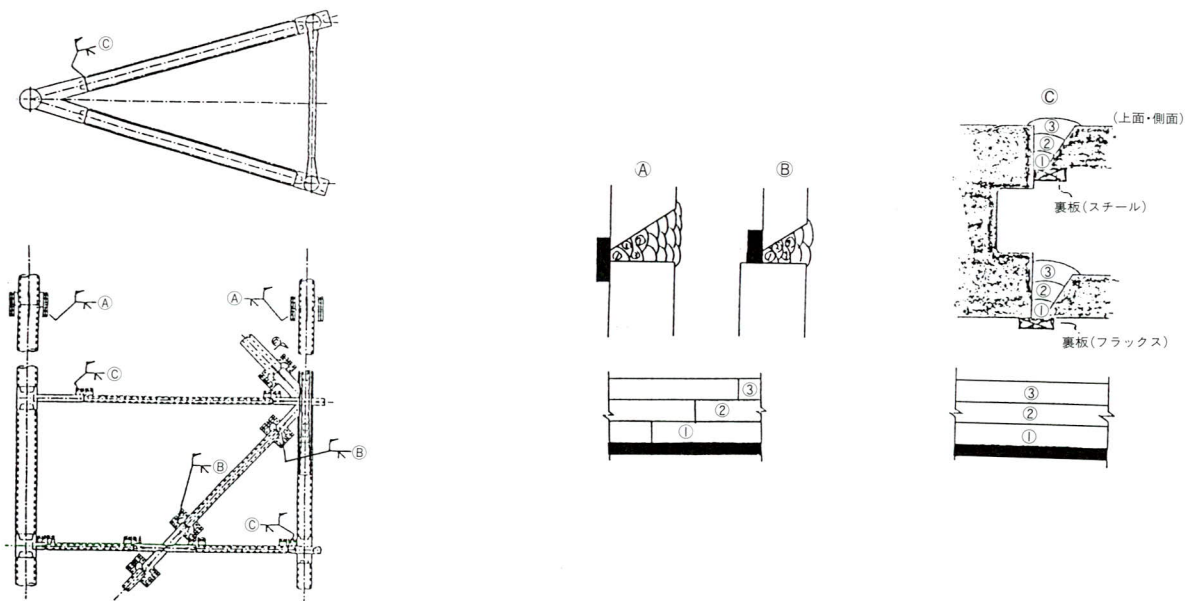


図-2 屋根鉄骨溶接要領



図一 3 壁鉄骨溶接要領



図一 4 先端トラス溶接要領

3. 溶接方法の比較実験

(1) ノンガス全自動とCO₂半自動

屋根鉄骨のR材、A材は、60mの高所で78箇所におよぶ全姿勢溶接であり、溶接期間短縮・品質に大きく影響することから、完全溶込み突合せ溶接の比較実験を現場

にて実施した。この結果を踏えて継手開先形状、並びに、エレクション金具の位置・形状を製作に反映させた。

米国リンカーン社が開発したフラックス入りワイヤーを使用する直流ノンガス自動溶接法と一般的に使用されているCO₂半自動溶接法で行った。使用機器は表一 2 の通りである。

表-1 現場溶接長数量一覧表

溶接箇所名		箇所数	溶接長 6%換算値	溶接姿勢他
屋根鉄骨	A・R材	78	10,900	{ G
	リブフレーム	364	11,273	{ ユラムパイプ
	A材×リブフレーム	64	4,680	F・H・O
	その他	—	1,037	F・H・O
	小計		27,890m	—
壁鉄骨	方立×方立	192	6,634	H
	方立×胴縁	2098	47,408	{ F・H
	ランプ・水平梁	212	8,395	{ 閉柱・胴縁アーク溶接F含む
	R材×方立取合 (星型)	38	10,250	F・H・O
	ブリッチ	72	300	F・H・O
	水平束	8	405	{ 裏当て金具、アーク溶接
	その他	513	32	{ F・H・O
小計		73,424	上記と同じ	
先端トラス 鉄骨	柱・水平材・斜材	318	15,061	{ 裏当て金具、アーク溶接
	屋根取合ピン受	2	375	{ F・H・O
	小計		15,436	F・H
計			116,750	

(注) 溶接姿勢他欄の溶接方法以外はCO₂半自動溶接で施した。
ブリッチ・水平束・先端トラスは、JISZ3801(溶接技術検定における試験及び判定基準)の鋼管構造A-3P資格者。

表-2 使用機器

溶接方法	製造会社	機器名称	容量
CO ₂ 半自動	松下電気産業(株)	インバータ オート500	Amp 500
自動	米国製 リンカーン社	DC-600 走行レール・セット治具 走行台車・治具	Amp 600

供試体は、GコラムSMK490(φ1217・t=60)を使用して、開先面100S以下表面粗・開先角度自動溶接40°・半自動30°、防錆塗装(日本油脂製のタセトシルバーS)を行った状態、および、作業条件(表-3参照)のもとに、並列に配置(図-5参照)した供試体を自動溶接は1台、半自動は2台の対面で同時に開始して、施工性・品質・仮設備・コストなどを評価し、表-4に示す結果を得た。

表-3 作業条件

溶接方法	溶接層数	溶接材料規格	溶接姿勢	ア-フ電圧	溶接電流
CO ₂ 半自動	自由	YGW-11 銘柄-MG50 ワイヤー径-φ1.2	F H	32V±4V	250A±30A
		YFW-24 銘柄-DW100 ワイヤー径-φ1.2	O	32V±4V	120~260A
自動溶接 ただし (1~3層) 半自動	自由	米国リンカーン製 NR232 ワイヤー径-φ1.7	全姿勢	13~46V	90~850A

(注) 予熱は、プロパンガスバーナー、50~75°Cの温度、溶接線より両端各々100mm範囲内、溶接線より50mmの位置で温度チョークによる測定。エレクションピース切断は、2~3層終了後とする。

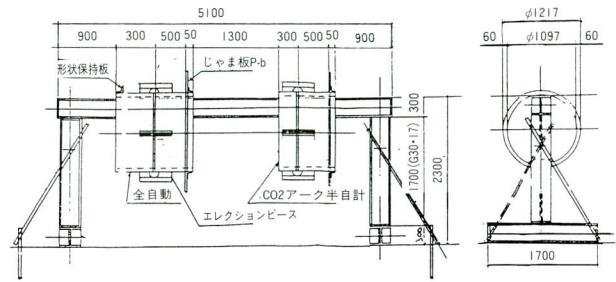


図-5 自動・CO₂半自動比較実験要領

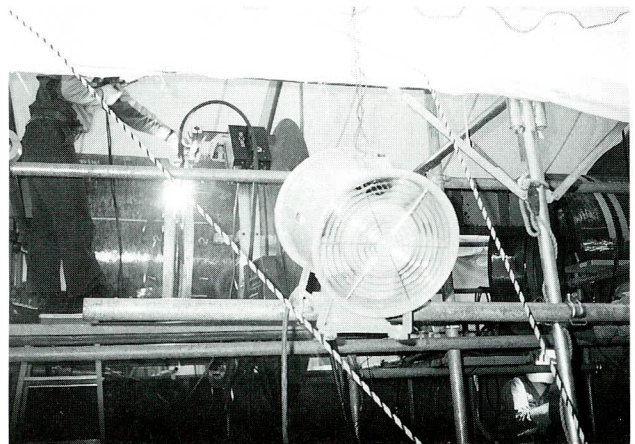


写真-1 ノンガス全自動実験状況

(2) ノンガス半自動とCO₂半自動

設計事務所は、リンカーン社直流ノンガス溶接が風による影響が少なく、米国で実績がある点に固守したため、再度、直流ノンガス半自動(今回変更)とCO₂半自動の比較実験を3-(1)と供試体を含めて同一状態で行った。この実験結果をまとめると、次のような問題がある。

- ①国内での鉄骨現場溶接法はほぼ100%、CO₂半自動であり、ノンガス半自動の国内の実績は鋼管杭現場継手の溶接工が唯一経験者との状況である。
- ②ノンガス半自動の公的資格取得に、訓練・受験が日程上から困難である。
- ③ノンガス半自動溶接は、アルミ系ヒュームを大量に発生し保護具着用しても防止が現状不可能であり、風に強い溶接法といっても実施工ではウォーニングをするために、安全対策法の検討に時間的余裕がない。
- ④ノンガス半自動溶接材料は、JIS(Z3313-YFW14)に準拠扱いの規格であり確証テストによる品質確認、また、今回の実験使用量も全国の在庫を確認して着手可能な状況であった。

表一 4 自動・CO₂半自動比較実験評価

		自動溶接(1台施工)	判定	CO ₂ 半自動溶接(2人施工)	判定	
施工性	(1) 溶接数量	溶接長	380m	×	303m	○
		バス数	12層30バス(40・開先)	×	10層13バス(30・開先)	○
	(2) 時間	総作業時間	36時間 8分/2 = 18時間 4分	×	9時間 14分	◎
		溶接時間	18時間 48分 12秒/2 = 9時間 24分 6秒	×	7時間 29分	◎
		段取り	4時間 16分 24秒/2 = 2時間 8分 12秒	×	1時間 45分	◎
		アークタイム率	52%	×	79.4%	◎
(3) 技 量	特別に訓練が必要	×	一般的な溶接であり、特別な訓練の必要はないが、全姿勢溶接施工の技量のある溶接工を必要とする	△		
品質	(1) 外 観 検 査	欠陥なし	◎	一部余盛不足とアンダーカット有	△	
	(2) U T 検 査	不合格2ヶ所(70°)全体的に初層で欠陥発生。又、片側の肌腹部に欠陥が目立つ	△	不合格3ヶ所(70°)	△	
	(3) 風 による 影響	風速3.5m/s特に影響なし	◎	風速3.5m/s特に影響なし(ガス流量を70→90l/min)	◎	
	(4) 塗装によめ影響	初層で塗装と反応を起こし、プロ-が多発しガウジングを行った	×	塗装による影響がみられなかった	○	
	(5) 施工後の縮み量	-4.4mm 平均	×	-2.25mm 平均	○	
	仮設設備	(1) 足 場	ガイドレール取付の為、及び溶接部監視用の比較的簡単な足場が必要	○	溶接姿勢に合わせた階段状、もしくは、可動式の足場が必要	△
(2) エレクションピース		レールの取付、機械の動作がある為、エレクションピース等の位置を検討する必要がある	×	エレクションピース等はある程度かわしながら溶接が出来る為、従来のままで、検討する必要はない	◎	
コスト	(1) 材 料 費	ワイヤー ワイヤー-NR232 1.7φ 76kg 使用 ¥49,248	◎	ワイヤー-DW-100 75kg 使用 ¥45,000	×	
	CO ₂	¥0	○	CO ₂ 120kg ¥15,600	○	
備 考	(2) 設 備 費	専用の溶接機、自動溶接装置、ガイドレールを必要台数用意しなければならない	×	従来のCO ₂ 溶接機を使用するので特別な費用はかからない	◎	
	(1) 事 前 検 討	一般建築物では、使用例が少なくJIS規格外の溶接ワイヤーを使用することや、機械本体の改良方法等、各種の検討が必要になる	×	一般的に使用される溶接方法である為、特別な検討は必要としない	◎	

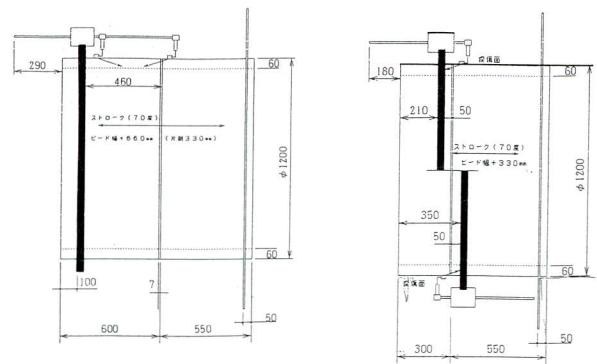
⑤CO₂半自動溶接の耐風性については、溶接面に直接送風器で風速3.5m/sを当て溶接を行ったが、ガス流量を70 l/minから90l/minに上げることにより影響はみられなかった。

以上、3-(1)の実験、3-(2)の実験から検討すると、良好な溶接部(特に上向き溶接)の品質確保については、耐風性のメリットに大きな差異がなかった。また、溶接工程の短縮は、ノンガス溶接の問題点が解決されても、時間的メリットがなかったことから、CO₂半自動溶接法を採用することにした。

4. 溶接部検査方法(全自動UTと手動UT)比較実験

溶接方法の比較実験時に、自動超音波探傷(以下全自動UT)と手動超音波探傷の比較実験を行った。

以下に示す機器、装置を使用した(図一6参照)。



ノンガス自動溶接の場合

Co2半自動溶接の場合

図一6 全自動UT取付要領

全自動UT

本体: αUT-2 (株)アスペクト製

探触子: 5 Z10×10A70+7 N (株)K G K 製

5 Z10×10A45+7 N 同上

その他: 探触子走査機, 制御装置 (株)アスペクト製

記録: パーソナルコンピュータ(PC-386LSR)

セイコーエプソン(株)製データ処理プログラム

(株)アスペクト製

手動UT

本体: クラウトクレーマー-USK7

実験結果を以下に考察する。



写真一2 全自動UT(ノンガス自動溶接の場合)実験状況

(1) 施工性

全自動UTは、検査対象部材に合せたレールの取付があるためエレクションピース取付に制約を受ける、装置・レールなどが多く、電源を必要とし機動性に問題がある。足場は全自動。

足場は全自動、手動とも同じ条件で作業が可能である。

(2) 検査時間

検査所用時間を表一5にまとめた。

比較すると全自動、手動に平均9分の差となる、この要因としてレール取付、探傷面ケレンによると推定するが、欠陥数・大きさなどの影響により差は大きくなる。

表一5 検査時間比較表

・全自動UT

溶接方法	自動溶接試験体		CO ₂ 半自動溶接試験体	
使用探触子	70度	45度	70度	45度
事前作業	22分	20分	18分	20分
自動探傷	35分	45分	40分	25分
合計	57分	65分	58分	45分
平均	56.25分			

・手動UT

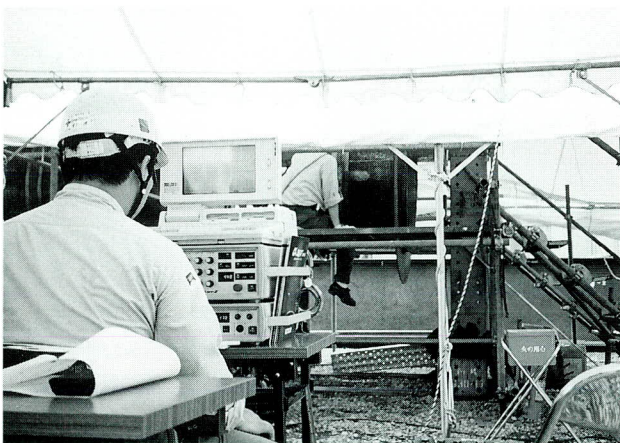
溶接方法	自動溶接試験体		CO ₂ 半自動溶接試験体	
使用探触子	70度	45度	70度	45度
事前作業	7分	5分	7分	8分
自動探傷	33分	45分	38分	47分
合計	40分	50分	45分	55分
平均	47.5分			

(注) 事前作業とは、探傷面ケレン、原点の卦書き、×軸レール×軸レールの設置、走査機取付など。

(3) 性能

実験当初に全自動と手動で結果の食い違いが発生したが、原因はキャリブレーションの段階で双方の感度の誤差によるもので同一条件でキャリブレーションしたところ結果は一致した。

どちらの方法でも正しい結果を得ることは分った。しかし、全自動では検査部材に対する初期設定条件(板厚・開先形状・裏当金具のすみ肉溶接の有無)などを設定入力し、UTの条件(音速・屈折角・感度)を設定して検査することになるが、実物ではキャリブレーションの時



写真一3 全自動UT実験モニター使用状況

点と異なる下記のような条件が頻繁に発生する。

- ・板厚の変化
- ・開先形状
- ・裏当金具の取付状態、すみ肉の有無と位置ズレ
- ・目違い量、および、変形量の変化
- ・温度変化による屈折角の変化、音速の変化
- ・表面粗さなどによる感度の変化

現状、全自動UTでは、この変化に対応して判断する能力がないため、検査員(手動UTの資格者で実績ある者)が対象部材、および、条件の変化に対応して解析し判断することになる。故に、操作員による全自動UTでは正確な検査結果が得られない場合もあるという問題がある。

(4) 品質管理

全自動UTは結果がモニターに写しだされる。また、欠陥の平面・断面・開先断面が原寸大でプリントアウトすることができ、記録保存が可能でありプリントされた結果はだれにでも良否の判断ができること、また、管理上の信憑性は得がたいものがある。

以上、検討した結果全自動UTは自動探傷装置類とは別に検査装置本体・コンピューター・プリンターを現地に設置して、そこで管理をしなければならない費用のコストアップはさけたいが当工事における現場溶接の重要性、および、将来自動化施工への一環として実用性をはかるためのデータ収集など考慮して屋根鉄骨のR材・A材に部分的に使用することにした。

5. その他の実験

- ① 壁鉄骨方立と方立継手部(3ヶ所)の縦収縮は、ケーブルトラスを構成するワイヤーロープ長・張力導入に影響する、鉛直度はガラスカーテンウォール金具調整量に影響するため、大林組技術研究所においてケーブル張力導入実物大実験の前に事前検討した継手抱束治具、鉛直度修正方法および溶接順序など行い確認した。
- ② 方立と胴縁継手部は下向き姿勢になるように設計されたが、小断面形状の極厚鋼板のため計画通り溶接可能か、また、横収縮は方立鉛直度およびカーテンウォール金具調整量に影響が大きいと現地で実物大実験をして、ルートギャップ量・スカーラップ形状、裏当て材選定など検討した結果を踏まえてカーテンウォール耐風・雨実物大実験(旭硝子中央研究

所)に使用する方立, 胴縁を利用して再確認した。

6. 溶接工の資格および現場溶接工技量付加試験

「建築工事標準仕様書・同解説」²⁾では、アーク手溶接および半自動溶接に従事できる溶接工はそれぞれの溶接方

法に熟達し、かつ作業姿勢・板厚に応じたJISZ3801またはJISZ3841の溶接技術検定試験に合格した有資格者を従事させることとしている。さらに、「有資格溶接工に対し、技量付加試験を行う場合は特記による」として、特殊な場合を除いて技量付加試験の必要はないとしているが、本工事においては図-7のように溶接工に従事させるための事前の手続き・試験など行ったが、今後、次のような点に留意することが必要である。



写真-4

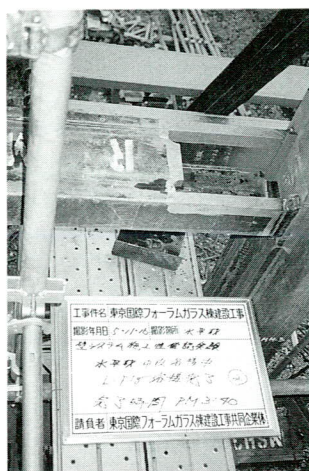
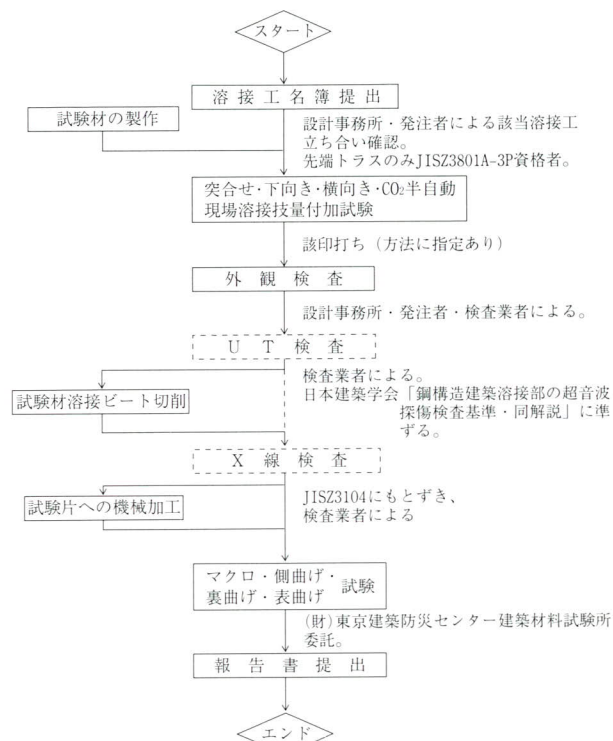


写真-5



写真-6



特記。

- (1). []は、発注者負担。
- (2). 屋根鉄骨R.A材溶接従事予定者に対して、上記合格者より選抜して「上向きCO2半自動現場溶接技量付加試験」を同じ要領で行った。

図-7 技量付加試験フローチャート

- ① 建築鉄骨パイプ現場溶接にA-3P有資格者の従事を求められないが、先端トラスのみ(パイプ径がφ500mm以下のため)求められた。しかし、所持者でも建築鉄骨に適応する者は東京地区に2~3名しかいないのが現実であり急遽公的試験を受験させた。
- ② 本工事において工程上から少なくとも38名必要で、58名受験させて確保したが合格率66%である。合格率アップには事前の練習が必要となる。
- ③ 技量付加試験は、現場溶接着手の約6ヶ月前から初める、弊社は製作工場がないために試験場の確保、他工事で就業溶接工の日程調整など詳細に計画して

おかないと発注者を含めた検査官の印象を悪くする。また、合格者に対する着手までの離散対策にも問題がある。

- ④ 試験材製作・加工・試験場借用・溶接器など機械・検査委託料などに費用が高む。(写真-7 参照)

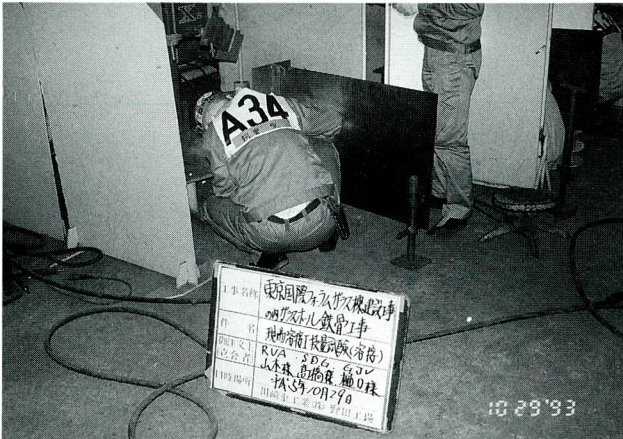


写真-7

7. 施工要領書の作成

施工要領書は実験結果を反映したもので屋根鉄骨・壁鉄骨・先端トラスに分割し、以下に示す目次の項目に従って作成した。

第1章 総則

- 1-1 適応範囲
- 1-2 準拠図書および基準
- 1-3 変更・疑義・協議
- 1-4 要領書の徹底

第2章 一般事項

- 2-1 工事概要
- 2-2 一般図
- 2-3 現場工事業務系統

第3章 溶接方法

- 3-1 溶接基準図
- 3-2 溶接管理技術者
- 3-3 溶接工
- 3-4 溶接材料
 - (1) 被覆アーク溶接
 - (2) CO₂半自動溶接
 - (3) シールドガス
- 3-5 標準溶接条件
 - (1) 手溶接

- (2) CO₂半自動溶接

3-6 使用溶接用工事機械・器具

- (1) 工事機械
- (2) 器具
- (3) 検査器具

3-7 施工管理

- (1) 溶接管理技術者
- (2) 溶接材料の管理
- (3) 溶接機の保守管理
- (4) 足場および風防装置
- (5) 天候管理
- (6) 開先管理
- (7) 予熱管理
- (8) 電力の供給方法、並びに管理
- (9) 炭酸ガスの供給方法
- (10) 施工管理の報告

3-8 溶接施工

- (1) 一般事項
- (2) 溶接作業上の注意
- (3) 溶接基準
- (4) 溶接順序
- (5) エンドタブ・裏当金の取付け
- (6) 施工上の注意

3-9 溶接箇所の検査

- (1) 外観検査
- (2) 超音波探傷検査

3-10 溶接部の補修

- (1) 補修溶接
- (2) 検査後の補修
- (3) 開先不良に対する補正

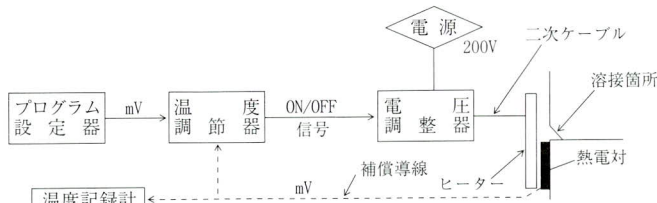
第4章 安全管理

- 4-1 安全管理組織表
- 4-2 一般事項
- 4-3 溶接作業

以上

このなかで先端トラスは、先行して溶接を行っている大柱継手部（弊社施工外）と同一材質で溶接方法などに問題が発生したことを踏えて、弊社が施工して実績のある水戸芸術館と同じ被覆アーク溶接棒、手溶接にて行うとともに通常予熱（プロパンバーナーによる加熱）のみの管理を、予熱と溶接完了後の後熱を自動制御で管理、記録する装置（ジェミックス株式会社製）を導入した。

装置のシステムを図-8に示す。



該当溶接1ヶ所に4枚のアルマイトヒーターを取付け、近傍に設置した熱電対で温度管理する。温度制御は熱電対起電力相当のmVを発生するプログラム設定器と温度調整器を組合せて二位置制御をする。操作端にサイリスタパワーレギュレーターを使用して自動制御し、温度を記録用紙に記録する。

図-8 予熱および後熱装置

8. 施工管理の結果

安全、品質、確保を効率的に行うため鳶工と鍛冶・溶接工の職域境をかえる対策を行った(図-9参照)。

全溶接箇所に自主検査および溶接前状態写真(写真-8参照)とUT検査を求められ、その結果を発注者経由で施主に記録を提出した。

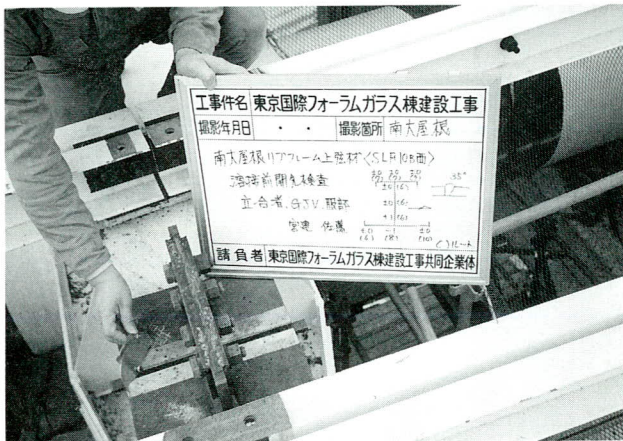


写真-8

① 溶接前、溶接中の自主検査

溶接前には、開先の角度・ルート間隔および目違い量を計測し、写真撮影の手順で行った。

溶接中の8時、13時、17時に天気・気温・湿度・風速の測定および予熱温度・電流・電圧と溶接後にパス数を計測して、所定の報告書用紙(図-10参照)へ記録した。

② UT検査

発注者がUT検査専門会社(日本超音波試験株式会社)に委託して行われた。

検査器は、探傷器(クラウトクレーマー-USK7)、斜角探触子(ジャンププローブ5C10×10A70)を使用した。

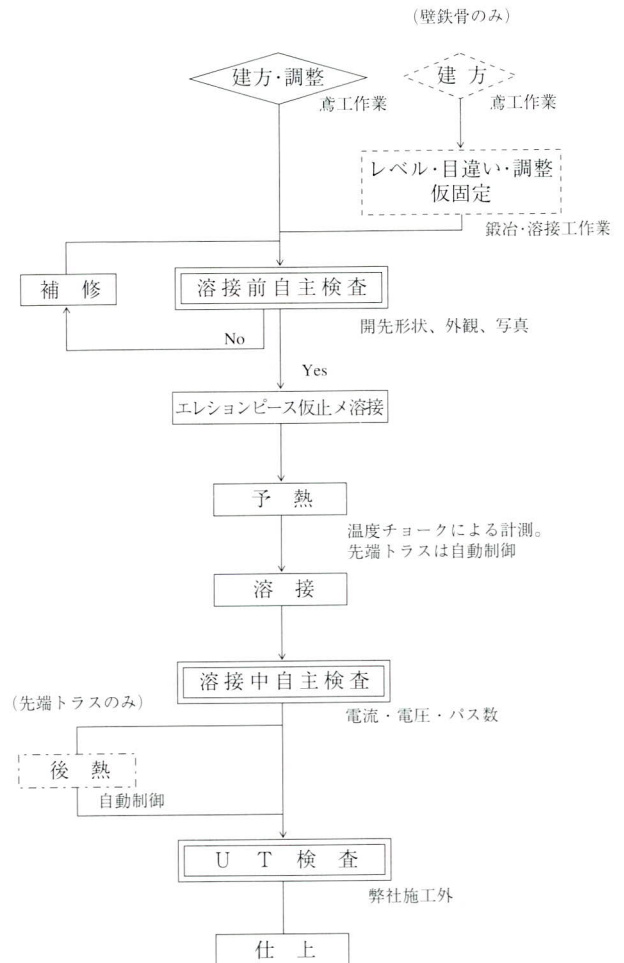


図-9 溶接順序(屋根鉄骨で示す)

また、検査基準の外観検査については「建築工事標準仕様書・同解説」²⁾付則6の鉄骨精度検査基準によって、UT検査は「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」³⁾第7章合否判定「引張応力が作用する溶接部」の項にもとづき検査を受けた。

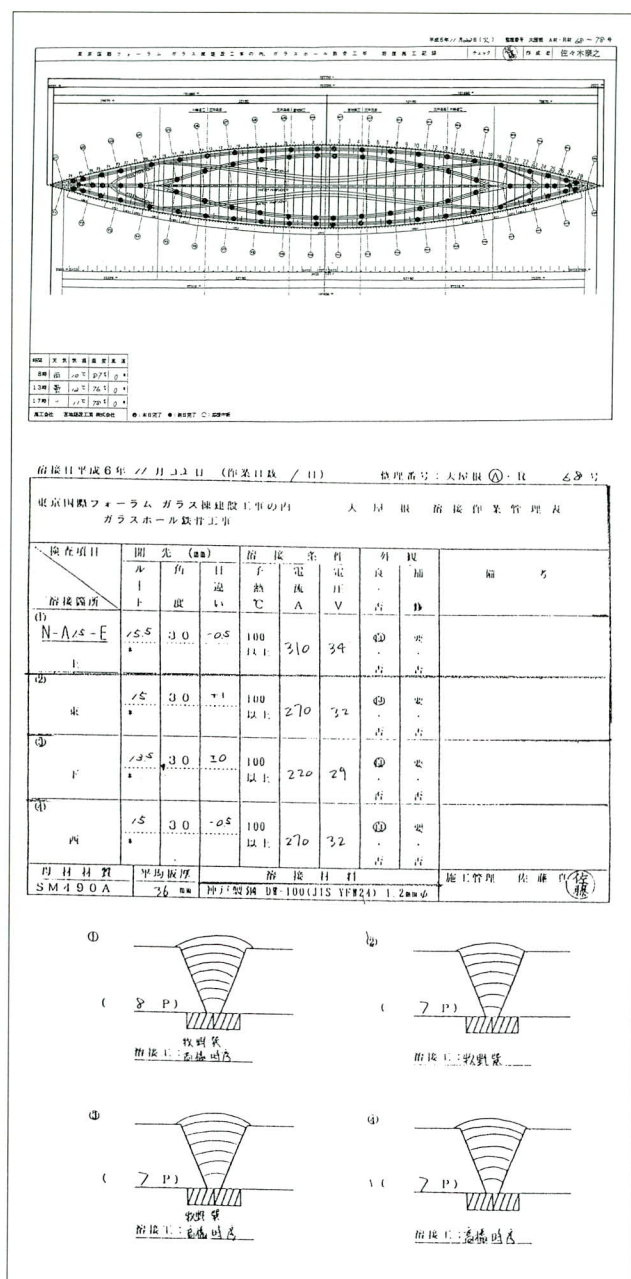
溶接完了後、結果を検査数と不良数および率(表-6参照)並びに欠陥種別による不良数および率(表-7参照)にまとめた。

表-6 検査数と不良数及び率

溶接箇所	検査数	検査率 (%)	外観検査		UT検査	
			不良数	%	不良数	%
屋根鉄骨 R・A材	920	100	26	3.9	18	1.0
リブフレーム	4090	—//—	629	15.3	36	0.8
壁鉄骨	20023	—//—	910	4.5	343	1.7
先端トラス	1568	—//—	128	8.1	15	0.9

表一七 欠陥種別による不良数及び率

欠陥種別	不良数及び率							
	屋根鉄骨 R・A材 リブフレーム				壁鉄骨		先端トラス	
割れ								
クレータ割れ								
アークストライク	1	3.8	2	0.3	27	3.0		
アングカット	12	46.2	385	61.2	357	39.2	76	59.4
ビード不整	6	23.1	6	1.0	26	2.9	3	2.3
余盛高さ			110	17.5	141	15.5	18	14.1
ピット			1	0.1	1	0.1		
食違い	2	7.7	53	8.4	22	2.4	1	0.8
仕口のずれ								
端部処理不良			52	8.3	144	15.8	23	18.0
まわし溶接不良								
不況すみ肉不足					24	2.6	4	3.1
その他	5	19.2	20	3.2	168	18.5	3	2.3
計	26		629		910		128	
割れ								
溶込み不良	8	44.4	31	86.1	168	49.0	15	100
融合不良	8	44.4	4	11.1	172	50.1		
スラブ巻き込み								
ブローホール					3	0.9		
その他	2	11.2	2	2.8				
計	18		36		343		15	



図一10 報告書用紙の例

9. むすび

建築における鉄骨工事の施工形態を述べると、九州地域を除き図一11のように発注者の直属下請である蔦工業者および鉄骨製作者と検査専門業者によって施工する。

このなかで鉄骨製作者は、エレクトロンボルト・ドリフトピンなど建方用器具を提供して、建方時の合番、ハダ合せ調整、高力ボルト本締、現場溶接を施工する。

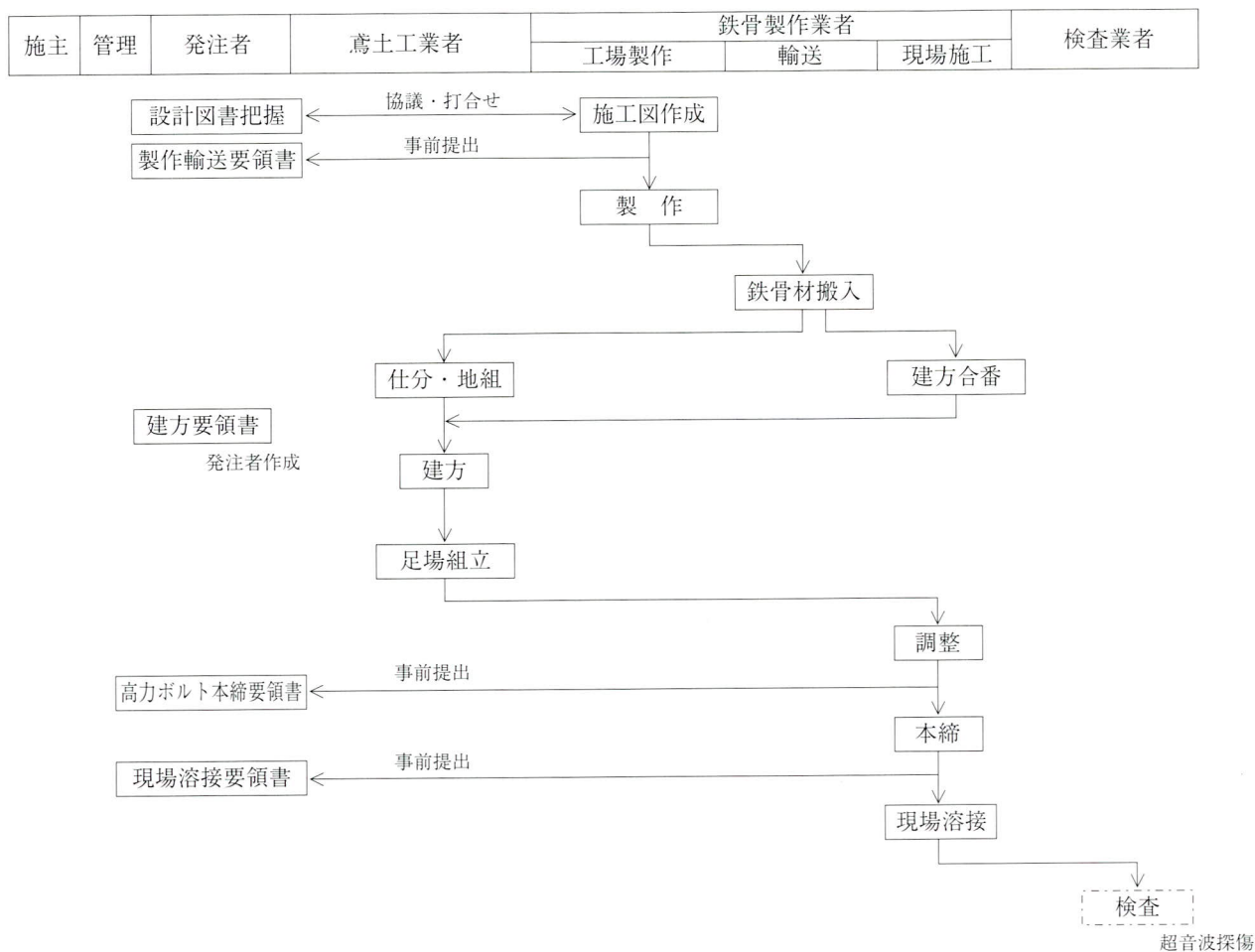
本工事のような特殊鉄骨構造物においては、弊社が自社専用および市販汎用の機材を準備し、建方・本締・溶

接など一貫施工と品質を含めた管理を行うケースが、最近は多くなっているが、橋梁工事と鉄骨工事では品質および施工の管理手法に違いがある。

ことに、このような特殊溶接については、事前の検討や実験等の要求度も高く、溶接専門業者の経験・ノウハウに依存するところが、大であった。

早急にノウハウの蓄積と運用方法の確立をいそがねばならないところである。

おわりに、計画と実施の資料を合せて整理保管しているので、類似工事へ活用していただければ幸いです。



図一〇 鉄骨工事体系図

＜参考文献＞

- 1) 中野、内藤；東京国際フォーラムガラス棟の鉄骨建方工事、宮地技報 NO.11
 - 2) 日本建築学会；建築工事標準仕様書・同解説、J A S S 6 鉄骨工事、1993年
 - 3) 日本建築学会；鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説、1989年
1996. 10. 31受付