

せんだいメディアテークの施工報告

佐々木君吉* 村越武蔵* 村岡憲司** 本波英樹***

せんだいメディアテークは鉄とガラスで作られた建物といっても過言ではない。施工にあたっては、溶接により接合された鉄骨のフラットスラブと、柱を構成するチューブの精度をいかに確保するか、また、内部、外装合わせて 2000 枚以上のガラスの施工をいかに行うかが最大の問題であった。鉄骨精度は、溶接歪を抑えるためにストロングバックを使用すること、更に、加熱修正により歪を修正することにより、確保した。また、チューブガラスは、精度の高い計測を事前に行うことにより品質の高い精度を確保し、外装ガラスにおいては、機械施工により精度を確保した。

キーワード：プレート、チューブ、歪、ガラス、機械施工

1. はじめに

せんだいメディアテークは、仙台市の中心部に建設され、アートギャラリー、図書館、視聴覚障害情報サービスセンター、映像メディアセンターといった複合された施設である。

この建築は〈プレート〉、〈チューブ〉、〈スキン〉という3つの大きな特徴があり、特に〈プレート〉と呼ばれる鉄骨造のフラットスラブと、〈チューブ〉と呼ばれる鋼管を組み合わせ構成された13本の樹状の柱は、他に類を見ない構造となっている。

〈スキン〉は、この建築の内外を隔てるエレメントであるが、特に西側以外の外装は、ガラス（一部アルミパネル）で構成され透明感の高い建築となっており、中でも南側のメインストリートに面したダブルスキンのファサードは、この建築の大きな特徴となっている。

本報告では、本建物の特徴的なチューブとプレートの鉄骨工事とスキンのガラス工事について報告する。

2. 工事概要

工事名 (仮称) せんだいメディアテーク新築工事
 所在地 宮城県仙台市青葉区春日町2-1他
 発注者 仙台市
 設計 株式会社伊東豊雄建築設計事務所
 構造設計 佐々木睦朗構造計画研究所
 施工 熊谷組・竹中工務店・安藤建設・橋本 共同企業体
 工期 平成9年12月17日～平成12年7月31日

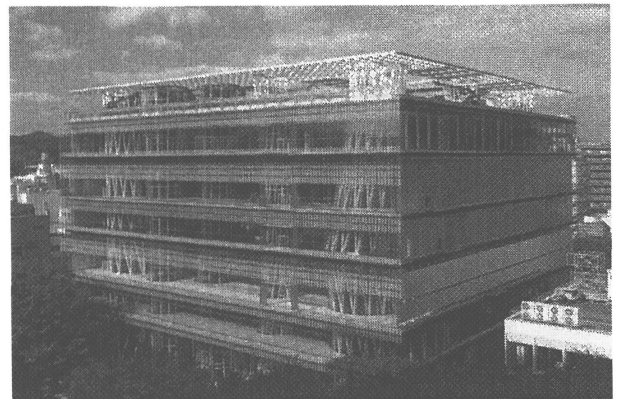


Photo. 1 建物全景

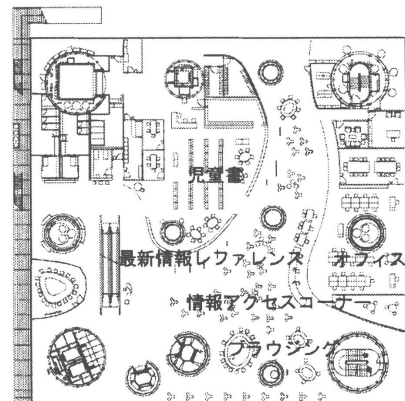


Fig. 1 平面図

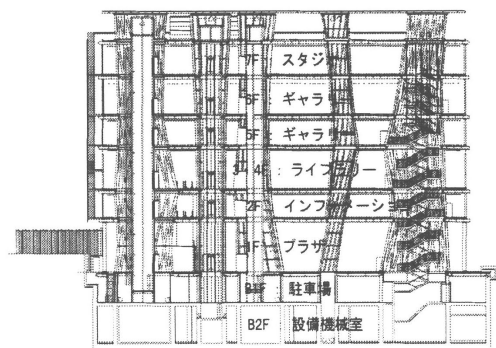


Fig. 2 断面図

* 東北支店 東北大学（青葉山2）総合研究棟作業所
 ** 東北支店 建築部
 *** 首都圏支社建築統括部 設計部構造設計グループ

敷地面積	3948.72 m ²
建築面積	2933.12 m ²
延床面積	21682.15 m ²
規模	地下2階地上8階
最高高さ	36.49 m
構造	地下2階 鉄筋コンクリート造 地下1階～8階 鉄骨造

3. 構造の概要及びガラスの概要

本建物は地上8階地下2階建てで地下2階が鉄筋コンクリート造であり、地下1階より上部は鉄骨造である（地下1階外周壁は鉄筋コンクリート造）。地下1階より立ち上がっている鉄骨は、チューブと呼ばれる鉄骨の鋼管を組み合わせた柱と、プレートと呼ばれる鉄骨のサンドイッチ状のフラットスラブで構成されている。

上部構造のチューブは大小あわせて13本の独立シャフトで構成され、各チューブは海藻のように揺らいだ形状をしており、その構成部材は細径厚肉鋼管である。建物四隅のチューブ（TA柱）は床を支えると同時に耐震構造体として主体構造を形成している。更に、地下1階には、地震エネルギーを吸収できる免震的な機構により、地震時の安全性を高めている。その他の9本の小径チューブ（TB, TC柱）は水平力にはほとんど寄せ与えず主として鉛直荷重を支持する支柱として作用している。

プレートは上下の鋼板の間に1m間隔にウェブが配置されたサンドイッチ構造であり、厚さは40cm、上下の鋼板の厚さは6～25mmとなっている。プレートは50m角の鋼板のフラットスラブでありその応力分布に応じて、チューブまわりのディスクゾーンとチューブどうしをつなぐ柱列ゾーン、柱間ゾーンの3つに分かれている（Fig. 4）。プレートの接合は、ウェブを除いて、すべて溶接にて接合されている。

せんだいメディアテークの3大要素の1つであるスキンを形成する1要素が、ガラスである。

ガラスは、建物の南、北、東側の外装を形成するガラスとチューブ回りの防火区画を形成するチューブガラスの2種類に大きく分けることができる。

外装を形成するガラスのなかで、南側の建物正面のけやき並木に面した2枚のガラス（ダブルスキン）は、本建物の代表的なファサードを形成し、更にダブルスキン内を断熱性の高い空気層とすることにより、冷暖房負荷の軽減をしている。

北、東側のガラスは、大型のフロートガラスとプロフィットガラスを用いている。

チューブ廻りガラスは、防火区画を形成しているため、耐火性能上、遮熱ガラス、耐熱強化ガラス、網入りガラスの3種類のガラスを使い分けている。

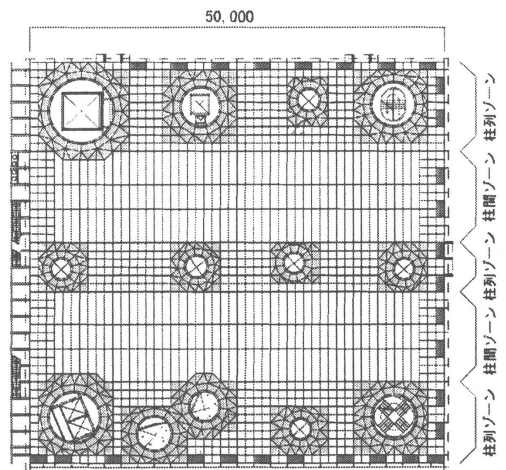


Fig. 4 基準階伏図

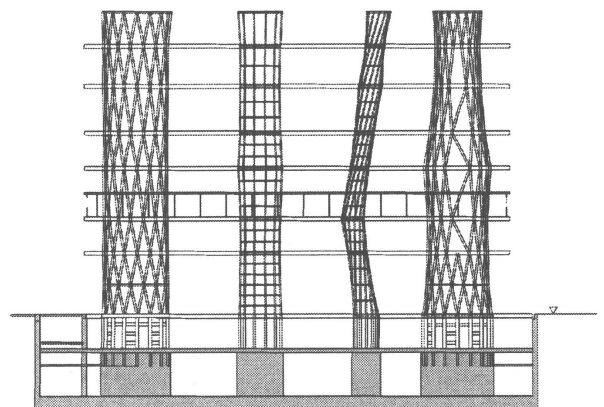


Fig. 5 軸組図

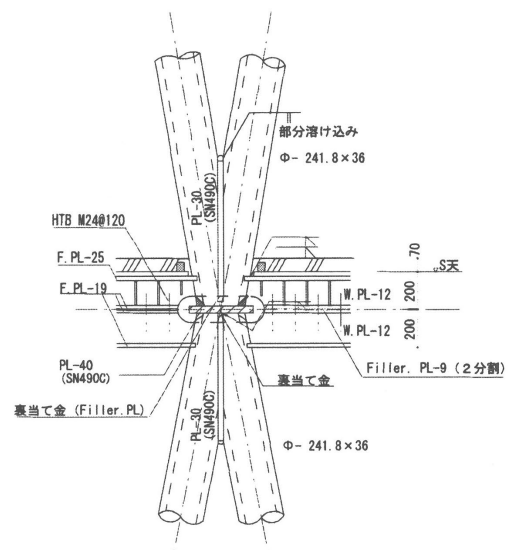


Fig. 6 一般接合部鉄骨詳細図

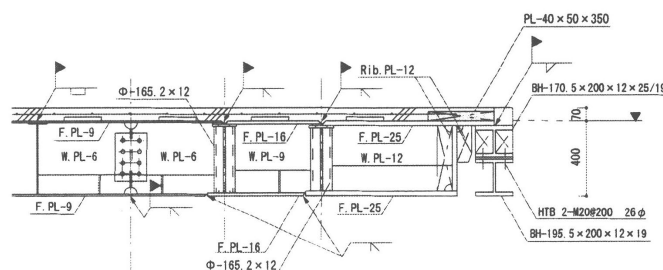


Fig. 7 プレート詳細図

4. 鉄骨工事

4.1 要求性能

施工にあたって、チューブとプレートの接合がボルト接合（後溶接接合に変更）となっている等の構造的な要求と、チューブ内のエレベーター、階段等の建築的な納まり上の要求より、チューブの施工精度の許容値は水平で $\pm 5\text{mm}$ と設定された。しかし、製品精度、建方精度、現場溶接歪による誤差等を考慮すると、 $\pm 5\text{mm}$ の精度は非常に難しいため、最終的には、T A柱で $\pm 15\text{mm}$ 、T B、T C柱で $\pm 10\text{mm}$ となった。

プレートの精度は外周の外装材（ガラス、サッシュ等）との取り合いより、建物外周部のレベル精度を確保することが最重要課題であり、その許容値は、 $-5\text{mm}\sim+15\text{mm}$ と設定された。

4.2 鉄骨製作

製作工場の選定には、チューブ柱・プレート共、通常の建築鉄骨では施工例がほとんど皆無であり、膨大な溶接による歪の発生が懸念されたことから、通常の建築鉄骨製作工場にとらわれず、特にプレートの製作については板構造の製作のノウハウを有していることに重点をおいて、建築鉄骨工場、造船工場、製罐工場を選定した。

チューブ柱・プレート共、製品精度規準は JASS6 に規定されていない部分が多かったため、精度規準の見直しを図り、新たに規準を設定した。特にプレートは、今回の構造方式が船に近いことから、日本鋼船工作法精度標準（J S Q S）を参考にして、精度規準を設定した。

また、チューブ柱、プレート（特にディスクゾーン）共、運搬上の制約から、各節または各ブロックを分割しなければならなかったため、工場にて仮組立を行い、ピース間の取り合い部分の確認と、仮組立精度の確認を事前に行った。溶接による歪の発生は、工場製作においても最大の問題となり、特にプレートのディスクゾーンは、溶接量が非常に多いため、ピースの周辺を拘束することと、加熱修正によって精度を確保した。

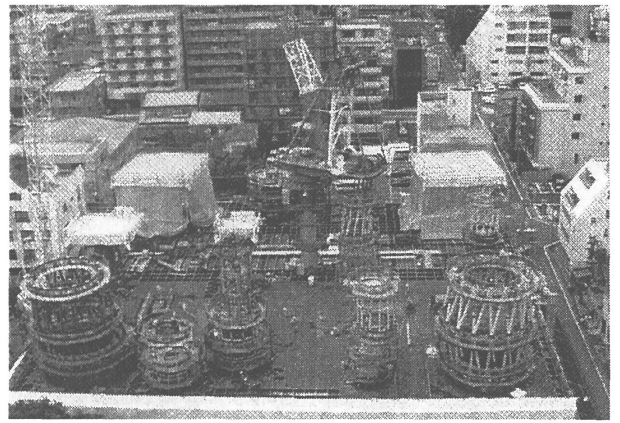


Photo. 2 鉄骨工事全景



Photo. 3 チューブ建方完了

4.3 鉄骨建方手順

施工手順は、柱の節割が各階毎であり、プレートはチューブのリング梁に接合された納まりであることから、Fig. 8 に示すように 2 節分のチューブ柱を先行して建方を行い、その後にプレートの建て方を行う計画とした。

溶接は建方に合わせて順次行う計画としたが、溶接技術者は構造の特殊性から、板構造のノウハウを有している造船技術者を採用し、溶接作業が工程上のクリティカルとなることから、雨風養生用のテントをチューブ回りに設置し、極力天候に左右されないようにした。

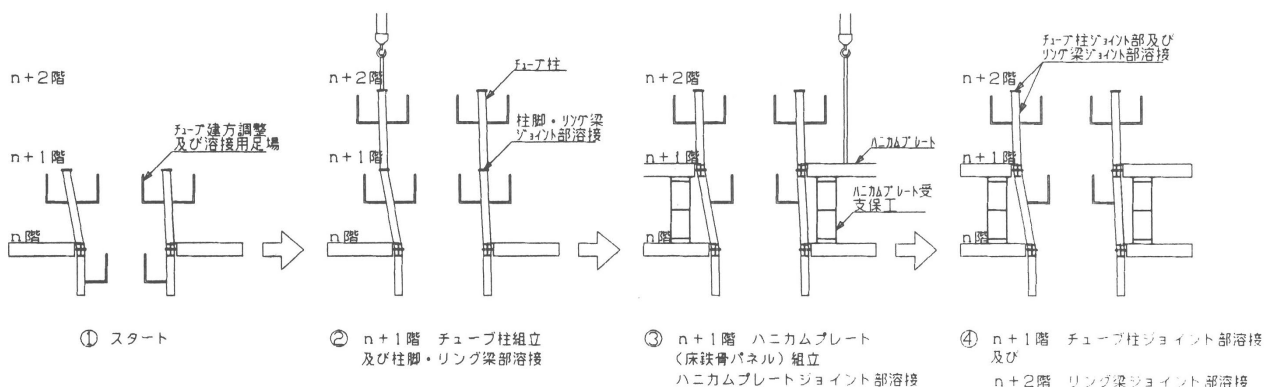


Fig. 8 鉄骨建方手順

4.4 チューブの施工

チューブの鉄骨建方は上下節の納まりがリング梁のボルト接合となっていることから、まず6~8ピースに分割されているチューブリング梁の円弧の精度を確保し、その後チューブ柱全体の水平及び、鉛直精度の調整を行った。調整完了後リング梁ボルトの本締め、柱脚部溶接、リング梁の溶接を行い、さらに、ピース間の鋼管の溶接を行った。ピース間の鋼管溶接時には、溶接歪を拘束すること、構造体が仕上げとして表われてくることから、通常であれば、エレクションピースを用いるところを現場にて平板を仮付けして拘束材（ストロングバック）として使用した。溶接方法は、柱脚・ピース間の鋼管・リング梁共、チューブの芯に対して対称となるように行った。

また、建方精度計測は、3次元光波測量機を用いてリング梁ボルト穴位置を座標管理することによって行い、各節の各チューブ柱に対して、3~15箇所程度の計測点を建方完了時と溶接完了時に計測を行った。計測方法は、既知点法、または後方公会法に依った。

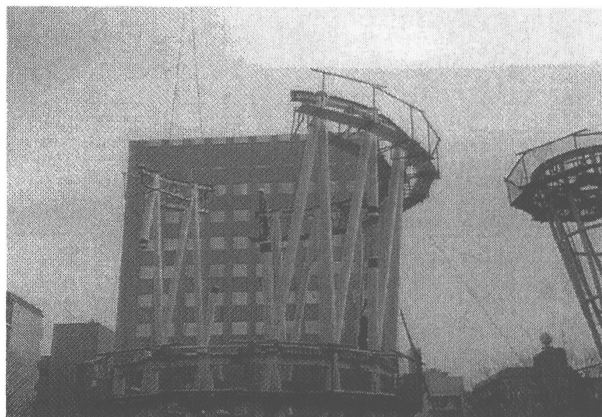


Photo. 4 チューブ建方

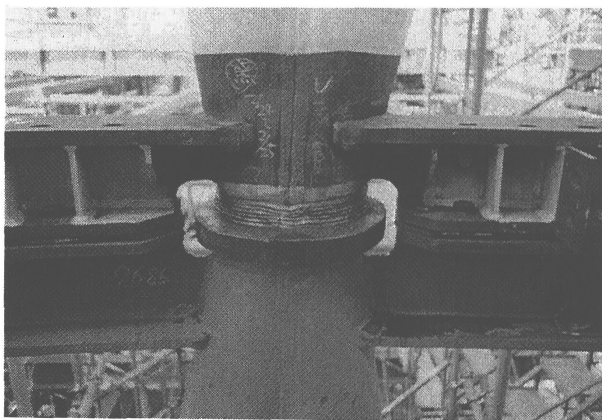


Photo. 5 柱脚部溶接状況



Photo. 6 ピース間の鋼管溶接

チューブの施工精度の一例をFig. 7に示す。建方時と溶接完了時を比較すると明らかにチューブ全体に溶接による円周方向のねじれが発生しているのが見られる。これは、ピース間の鋼管溶接部が一方方向に向いているため、鋼管溶接部の縮みがチューブ全体のねじれを発生させているためである。溶接完了時の施工精度の許容誤差は水平で±15mmであるが、それを納めるため、建方時に±8mm程度の誤差に納めることを目標にチューブをセットした。最終精度は、T A柱で±10mm程度、T B・T C柱で±8mm程度、鉛直精度で±5mmとなった。

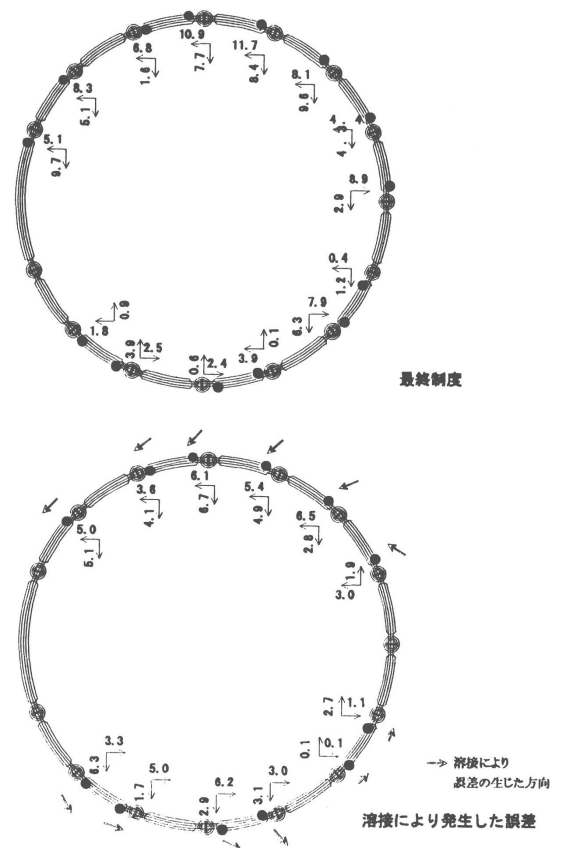


Fig. 9 チューブ施工精度

4.5 プレートの施工

プレートの建方手順は Fig. 10 に示すように、プレートを受けるための支保工を事前に組立て、その後プレート建方を行った。支保工は、プレートを支えるためと、下プレートの作業用足場、プレートの溶接によるたわみ防止の3つの目的のためにフロア全面に組立てを行った。プレートの建方はディスクゾーンを先行し、その後柱列ゾーン、柱間ゾーンの建方を行った。プレート溶接時には、板の目違いを修正後、柱と同様のストロングバックを、溶接歪防止のため約300~500mmピッチに取付けた。

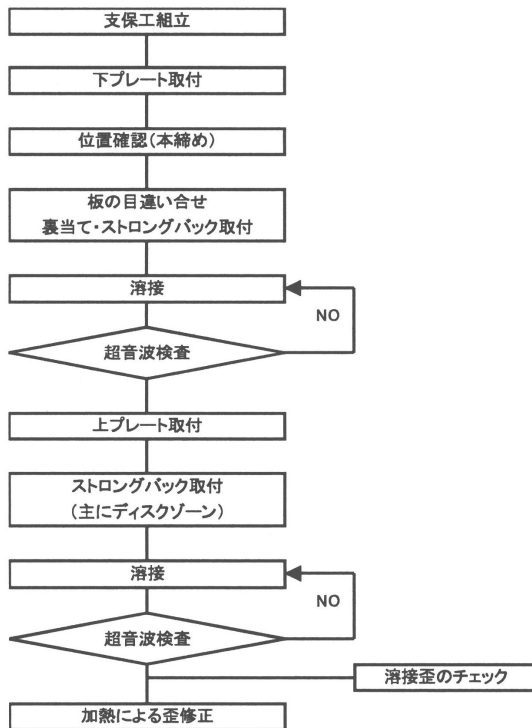


Fig. 10 プレート施工手順

プレートの溶接歪の施工精度を Table. 1 に示す。取付後から下プレート溶接時にはプレートのレベルが一度下がる傾向にある。これは、溶接による下プレートの縮みによるものであり、上プレートがまだ施工されていないため、ウェブとストロングバックによる拘束だけとなり拘束度合いが小さいために、下プレートの縮みそのままレベルの誤差となって表れたものである。また、上プレートの溶接により、取付時よりもレベルは更上がる傾向となる。上プレートは下プレートに比較して溶接量が多いため、拘束度合いが大きくても、レベル誤差は大きくなったものと思われる。特にプレートの隅角部の自由端となっている部分に大きく、プレートにて周辺を拘束されている部分は自由端と比べると小さい。

上記を考慮して、取付時には、-5mmのレベル精度で取り付けを行い、溶接によるはね上がりの精度誤差の吸収を行った。

また、溶接歪を抑える目的で、ストロングバックを用いることに加え、カウンターウェイトをプレート上部におくこと、または、ワイヤーにて、下部より荷重を加える等の対策を行った。

しかし、プレートのはね上がりはそれでも生じ、特にディスクゾーンの四隅で約25mmのはね上がりが生じた所があった。このようなはね上がり部分は、溶接後下プレートを加熱することによって修正した。

柱列ゾーン・柱間ゾーンはプレート厚が薄いことまた、上プレートはスロット溶接により、溶接量を低減していることにより溶接時の歪は大きく出ることにはなかった。

建物全体の水平方向の精度調整は、建物外周部分のプレートのピースを最後に取り付けることにより、内側のプレートの溶接による縮み分を外周ピースとのルートギャップにて調整した。

結果としてプレートの精度誤差は、水平方向で、-15mm程度(50m角の外周位置の誤差)、鉛直方法で15mm程度の誤差に納まった。

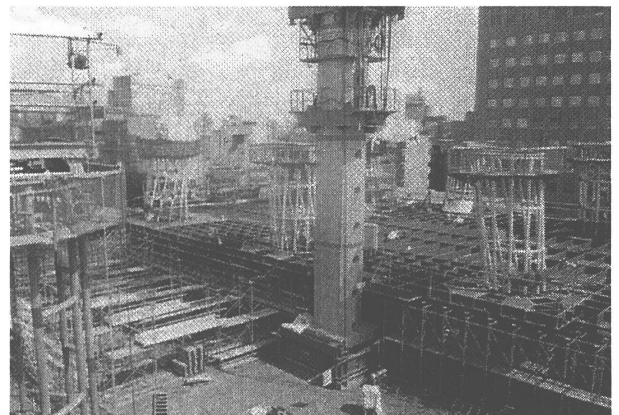


Photo. 7 プレート建方



Photo. 8 プレート溶接

Table.1 プレート施工精度

ハニカムプレートレベル測定記録(6階TA1) 単位:mm

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
組立後	-7	-5	-5	-5	-2	-4	3	-2	3	8
下プレート溶接後	-19	-16	-12	-7	-13	-8	-1	-5	-7	-8
上プレート溶接後	29	12	6	7	9	26	12	5	2	12

	11	12	13	14	15	16	17	18	19
組立後	4	0	-3	-1	-4	2	-1	0	-5
下プレート溶接後	-6	-13	-19	-7	-7	-9	-14	-6	-15
上プレート溶接後	1	-3	-9	8	9	16	0	3	9

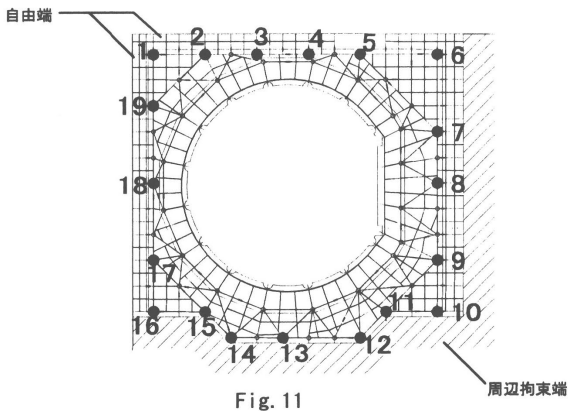


Fig. 11

4. 6 溶接部検査

チューブ柱、ハニカムプレート共、突合わせ溶接部の超音波検査は、工場・現場共第三者検査を100%実施しその品質を確認している。その総数は概ね75,000箇所であった。その内、現場溶接部の不合格欠陥発生率はチューブで2.6%、プレートで3.3%であった。雨風養生を行っても、雨の進入等が防ぎきれなかったことを考慮すると、大きな値ではないと考えられる。

尚、チューブ柱の柱脚部は、鉄骨の納まり上、探触子の走査距離が短いことにより起こる探傷不能領域が発生するため、屈折角40°の探触子を作成し、探傷不能領域の解消を図った。

5. ガラス工事

5. 1 チューブ廻りのガラスの施工

構造体でありながら、光・空気・設備・動線を内包しているチューブ廻りのガラスは、チューブの形状がすべて異なることから、総枚数1,568枚のすべてが形状の異なるの四角形となっている。ガラスの種類は遮熱ガラス、耐熱強化ガラス、網入りガラスの3種類使用しているが、その内、耐火性能の高い遮熱ガラスはドイツで製作される為に、計測管理を間違えると、全体工程に及ぼす影響は多大なものとなる。計画当初より、すべて形状の異なるガラスの計測管理が問題となっていた。従来の型板取りの方法では、計測誤差が大きく、面ひずみの検証ができない事から、パソコンによる計測管理を取り入れた。

計測方法は、チューブガラスのサッシュを施工後、サ

ッシュの4辺の長さ、2つの対角の長さを計測し、計測の誤差、面ひずみの検証後、許容誤差範囲であることを確認後、ガラスの発注を行った。尚、許容誤差は、計測から求められた角度と計算より求められた角度の差が0.03°以下、かつ、計測と計算により求めた四角形の上辺の誤差が2mm以下とした。

この結果、製作不良のガラスは遮熱ガラスで0枚、耐熱強化ガラスで3枚(不良率0.2%、全て工場製作ミス)と、良好な結果が得られた。



Photo. 9 チューブガラス取付



Photo. 10 チューブガラス

5. 2 ダブルスキンの施工

ダブルスキンは、幅52m、高さ27.7mで内外のガラスの間隔は1mである。ガラスの総枚数454枚で主要ガラスの大きさは4m×2mで重量は約380kgである。

ダブルスキンの施工は、敷地条件によりクレーン車が設置できないことや、ダブルスキンの形状により外部足場の組立が困難なことから、無足場工法にて計画し、専用の施工機械を開発した。

施工機械は、鉄骨によって組み上げられた足場にガラスハンドリングマシーンを組み込んだ自走式の移動足場とし、足場の両端に、上下に動く作業台2基づつを設置した。

移動足場は、地盤面に設置したレールと屋上の本設のゴンドラレールにより水平移動可能とし、上下についても鉄骨骨組をガイドレールとして移動可能とした。ガラスハンドリングマシーンは、内部フェイスガラス・リブ

ガラス・外部フェイスガラスと、大きさ・向き・取付位置の違いに対応できるよう前後の移動・上下左右回転の動きをもたせたものとした。ガラスハンドリングマシンは、実施工にあたり事前に試験を行い、その動きと安全性の検証を行った。上下に動く作業台は、前後にスライド出来るようにすることで、ガラス・MPG金物の取付や、シーリング作業にも対応可能とした。

施工手順を Fig.11 に示す。

移動足場とマシンによるガラス取付を行うことにより、ガラス取付面に壁つなぎ等の仮設物が無くなり、高精度の施工を行なうことができたことや、作業の一連の流れにより安全性も高まったことが利点として上げられる。

従来の足場とクレーンを併用した方法の対比では、仮設において約 20%、ガラスの取付において約 30%のコスト削減が図られ、工期においても 30%の短縮が図られた。これは結果的に難しい鉄骨工事が、当初の工程より延びてしまったことから、工期的にも非常に有効なものとなった。また、南面を無足場としたことにより、工事の進捗状況が外部からもよく見えることとなり、市民にアピールすることができた。



Photo. 11 移動足場

ガラスハンドリング
マシン

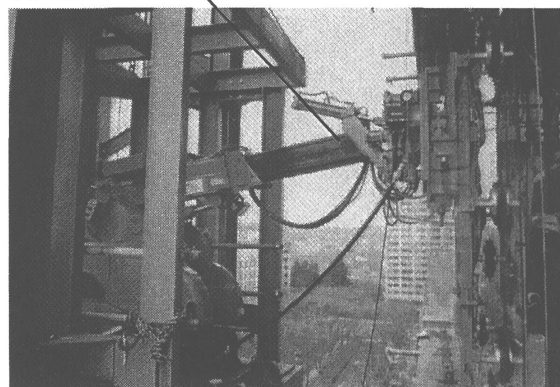


Photo. 12 ガラスハンドリングマシン



Fig. 12 ダブルスキン取付フロー

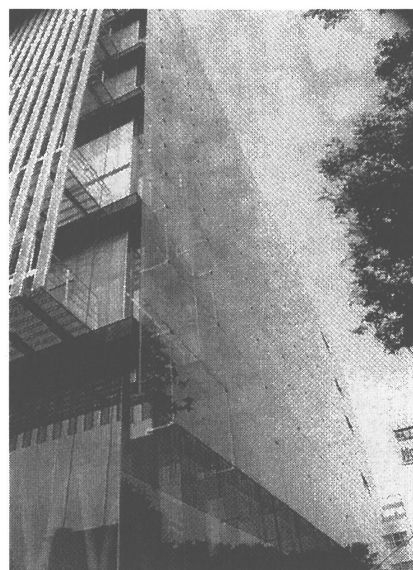


Photo. 13 ダブルスキン

5.3 東・北面ガラスの施工

東・北面の大型ガラスもダブルスキンと同様にクレーン車の設置が出来ない状況から、メディアテーク独自の仮設・取付方法を考案した。屋上のゴンドラレールに自走式の揚重機を設置し、各面で揚重場所を固定し、地上で枠に組み込んだガラスを所定の階に揚重した。揚重したガラスは枠ごと外部にはね出た底の上下に取り付けたレールのうえを水平移動させ、所定の位置に取り付ける計画を採用した。

この結果、外部足場を盛り変えることもなく、約 130 枚の大型ガラスを 20 日間で、安全に施工を行うことができた。

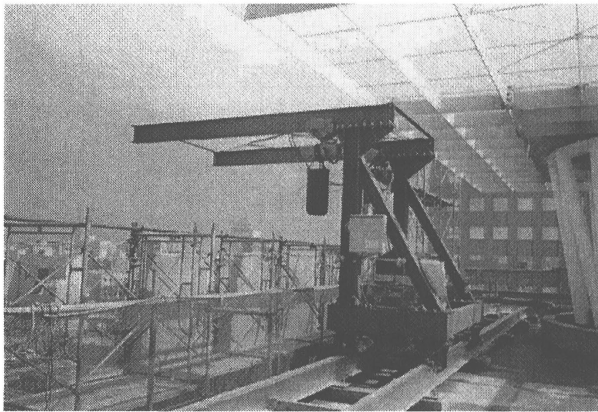


Photo. 14 揚重機

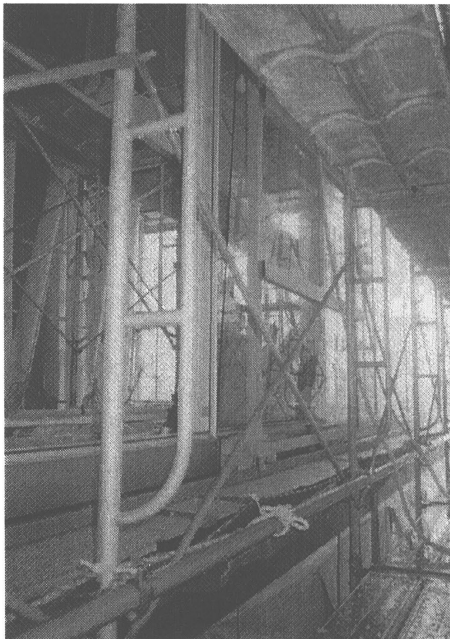


Photo. 15 取付状況

6. まとめ

本工事におけるような特殊な鉄骨工事は、建築鉄骨においては今後数多くあるものではないが、溶接に対するひずみの予測、及びその対処方法は、鉄骨全般に共通のものであり、参考にできるものと思われる。

ガラス工事においては、建物の特殊性、施工条件の特殊性により採用したものであるが、機械施工の施工精度、コスト、工期短縮及び安全性において、十分効果があったと考えている。

謝辞

本工事は、非常に特殊な建築物であったが、工事にご協力いただいた仙台市、伊東豊雄建築事務所、佐々木睦朗構造計画研究所、熊谷組旧建築本部建築技術部、ならびに、施工に携わった協力会社の皆様に心より感謝をいたします。

参考文献

- 1) 佐々木睦朗：せんだいメディアテークの構造，GA DETAIL 2 2001年4月

The Report on Construction of Sendai mediatheque

Kimiyoshi SASAKI, Takezou MURAKOSHI, Kenji MURAOKA, and Hideki HONNAMI

Abstract

It is not overstatement that Sendai mediatheque is made with steel and glazing.

Major points for construction are as follows: -

1. How to ensure the accuracy of flat slabs, which consist of weld-jointed steel panels
2. How to ensure the accuracy of steel tubes, which compose structural columns
3. How to install over 2000 glasses for interior and exterior finish

In order to ensure accuracy of steel flat slab and steel tube construction, strong back method is adopted to minimize welding distortion and additional adjustment of welding distortion by heating is applied.

In order to ensure accuracy of glass tube, which consists of flat deformed glasses, shop drawings are well checked and dimensions of glass are confirmed prior to order.

For exterior glass construction, machines are used for installation of glass in order to ensure the accuracy of installation.

Keywords: plate, tube, distortion, glass, machine
