技術資料

テーマ特集

最近の建築・土木分野における溶接

巨大な風抜き穴を設けた超高層建築の構造計画と施工**

寺本 隆幸**, 木原 碩美**, 内田 三雄**, 常木 康弘**

The Structural Design, Fabrication and Construction of High-rise Building Employing a Large Wind Passage.*

by Takayuki Teramoto**, Hiromi Kihara**, Mitsuo Uchida**,
and Yasuhiro Tsuneki**キーワード：ビル風、風抜き穴、スーパーフレーム、組立柱、トラス梁、
自動溶接

1. はじめに

日本電気本社ビルは、その独特な形態からスペースシャトルなどと呼ばれ、ビルの真中に大きな風穴が吹き抜けていることで話題となっている。この形態は、企業の先進性を表現すると同時に、周辺地域へのビル風の影響を最小限にとどめるという目的をも満たしている。

この風穴を有するビルは、通常の柱や梁をブレースにより組柱、組梁とし、より大型の架構に組立てられたスーパーフレームと呼ばれる架構で支えられている。このスーパーフレームは、建物の自重や地震力を一括して支えるため部材は大型となり、このビルにはこれまで我が国の建築で例をみない 100 mm の極厚鋼板が採用されている。

本文は、日本電気本社ビルの構造設計の概要、施工に先立ち行われた試験の概要及び鉄骨の工場製作ならびに現場施工に関する特徴的な事項について述べたものである。

2. 日本電気本社ビルのスーパーフレーム構造

2.1 建築計画概要

日本電気本社ビルは、一見してそれとわかるアイデン

ティティを持つこと、オフィスの各用途に応じた各階床面積により構成されること、近隣の風環境に悪影響を及ぼさない形態となっていることなどから、12 層の低層基準階・24 層の中層基準階・4 層の高層基準階と徐々に面

図1 日本電気本社ビル全景

*原稿受付 平成2年7月4日

** 日建設計 Nikken Sekkei Ltd.

積が少ない基準階を順に積み上げた3段型の形態が採用されている。

また、低層部屋根上には幅42m×高さ15mの風抜き穴が設けられており、大きなセットバックとの相乗効果により周辺地域へのビル風の影響を最少限にとどめている。

2.2 建物概要

所在地 東京都港区芝5丁目7番15号

建築主 日本電気株式会社

主用途 事務所

建築面積 6,400.00 m²

延床面積 145,272.00 m²

階数 地下4階、地上43階、塔屋1階

建物高さ 軒高および最高高さ GL+180 m

基礎深さ GL-24.39 m

構造種別

基礎 鉄筋コンクリート造べた基礎(高層棟直下)

鉄筋コンクリート造ぎくりつ基礎場所打コンクリート杭地業(駐車場棟)

架構 高層棟地上 鉄骨造

〃 地下 鉄骨鉄筋コンクリート造

駐車場棟 鉄筋コンクリート造

外装仕上 鉄骨下地アルミパネルカーテンウォール

設計監理 日建設計・東京

施工(建築) 鹿島建設㈱、㈱大林組 共同企業体

工期 1986年10月～1990年1月

図3 南北断面図

2.3 構造計画概要

3段階にセットバックした形態をもち、低層部屋根に風抜き穴を設ける超高層ビルに対して、効果的に鉛直荷重と水平荷重を処理できる架構を見い出すことが、構造計画の目標となった。

検討の結果、エレベーターシャフトや階段室などのコアを利用したスーパーフレーム構造を採用した。コア部分に組立柱を配置し、設備機械室・会議室・アスレチックルーム等の特殊用途の部屋を利用することにより、トラス梁を高さ方向にほぼ均等に配置し、トラス階を地上に3層地下に1層の目の字フレームとした。

地下は、地上鉄骨造部と鉄筋コンクリート造基礎間の円滑な応力伝達をはかるため鉄骨鉄筋コンクリート造とし、地下1～2階にまたがるSRCトラスを配置して、スーパーフレームの基礎梁となるよう計画した。

高層棟直下はべた基礎とし、GL-24 m以深の上総層群(土丹層)を支持地盤とした。

2.4 部材設計

スーパーフレームに採用した鉄骨の形状は、組立柱の個材柱が1,000×1,000、組立柱のブレースが500×500、トラス梁の弦材・ラチス材が1,000×900～600のSM50級大型溶接H形断面としている。

組立柱の個材柱とトラス梁が取り合う部分の詳細を図7に示す。この図の左右方向はX方向を示し、Y方向は点線で示されている。スーパーフレームの部材は大型であるだけに、その形状・寸法いかんにより、部材集合部である仕口部の力の受け渡し効率ひいては安全性が左右

41階平面図

中層基準階平面図

低層基準階平面図

図2 平面図

図4 基準階構造略図

図6 Y方向軸組図

されることになる。スーパーフレームは、X方向45mスパンのトラス梁が大きな長期鉛直荷重を受けており、これが組立柱に大きな曲げ、せん断力として伝達される。この部分で柱とトラス梁弦材・ラチス材に、強軸を面外に向けた溶接H型断面部材とすることにより、部材力の大部分がフランジの面内で円滑に伝達できる効率が高い仕口を得ることができた。また、H型断面形の採用は、開断面であるため厚板の溶接工事が容易であり、溶接継手箇所を応力集中部を避けた位置に設けることができた。

3. 鋼材の仕様と鉄骨工事の施工管理

3.1 極厚鋼材の材質仕様と品質管理

使用鋼材及び材料の品質管理項目は板厚に応じ表1に示すものとした。

極厚鋼材は、H型断面という比較的製作しやすい部材に使用されること、100mmまではJIS規格の範囲内であること、日本で加工した海外物件及び海洋構造物には100mmを超える板厚の実績もあることなどからSM50B材を選定した。80mmを超える鋼板に対してはこのSM50Bの仕様に加え、完全溶込み溶接T継手部の性能確保のためWES規格のZ25の耐ラメラティア鋼の特性をもつものとした。さらに、連続鋳造法の厚板製

図5 X方向軸組図

造限界が 100 mm 程度といわれているので、造塊を分塊圧延法に限定し、Z 方向の強度特性を改善するため、熱間圧延後に水冷および空冷し再加熱後焼きならしを行う仕様とした。

図 7 スーパーフレームの詳細

また、使様鋼材は材質試験を行い、メーカーのミルシートと比較確認を行うこととした。各試験項目は、JIS 規格値を満足するものとしたが、特に強度特性として、L・C・Z の各方向共鋼材降伏点を JIS 規格値の 1.1 倍を満足（ただし板厚 70 mm 以上の Z 方向は目標値）することを合格の判定基準とした。

3.2 部材接合部の試製作と実験

鉄骨工事着手以前に、実際に使用する仕様の鋼材を用いて下記試験を行ない、施工方法の詳細を定めるとともに力学特性上の安全性を確認した。

これ等の試験計画・結果の評価は、「極厚鋼板性能検討委員会（委員長加前勉東大教授）」において進められた。（文献 1～4）

①極厚鋼板の基本性能確認試験

引張試験 曲げ試験 衝撃試験 化学成分

②十字形・斜十字形突き合わせ溶接性能試験

マクロ試験 引張試験 衝撃試験 硬さ試験 超音波探傷試験

③スーパーフレーム接合部試製作試験

溶接縮み量 各部のせい・フランジの折れ 予熱温度の確認 製作後の残留応力 溶接部の品質

④柱・梁溶接接合部試験

極厚鋼材の溶接部の耐力及び変形性状の確認

⑤ UT 適性試験

厚板鋼材の超音波探傷試験法の適性を確認、確定

3.3 工場製作における溶接施工と管理

鉄骨の工場製作にあたり、事前に製作方法・品質管理項目等を検討し、工場製作要領書に定めて加工することとした。また品質管理は、JASS6 鉄骨工事付則 6 鉄骨精度検査基準（以後精度基準と呼ぶ）に従って行うが、特

表 1 鋼材の品質管理項目

板厚 材種	試 験 項 目	抜き取り数	試料数	
PL 9-36 SM 50A	引張試験 (降伏点, 引張強さ, 伸び) 曲げ試験	製造メーカー毎板厚毎 に 1 ロット以上	引張 曲げ	2 体 2 体
PL 40-60 SM 50B	引張試験 (降伏点, 引張強さ, 伸び) 曲げ試験 衝撃試験 サルファプリント	製造メーカー毎板厚毎 に 1 ロット以上	引張 曲げ 衝撃 サルファ	2 体 2 体 3 個 2 個
PL 70-100 SM 50B PL 80-100 WES 3008 Z25	引張試験 (降伏点, 引張強さ, 伸び) (絞り, 応力度～歪度曲線) 曲げ試験 衝撃試験 サルファプリント 化学成分分析試験	製造メーカー毎板厚毎 に 1 ロット以上	引張(LCZ) 曲げ(LCZ) 衝撃(LCZ) サルファ(LC) C, Si, Mn, P, S	2 体 2 体 3 個 2 個

に以下の項目に配慮した。

a. 材料の寸法公差, 切断, 開先加工, 孔明け, 組み立て

本工事のような極厚鋼板使用の場合には, 組み立てた部材を精度基準レベルに加工するため, 寸法公差, 鋼板の切断精度, 開先加工, 孔明け精度の向上を計らねばならない。そのため, 板厚 40 mm 以上の鋼材の切断時の直角度の精度や高力ボルト接合用の孔明けの直角度の精度は精度基準の 1/2 以下とした。また, 鉄骨部材の組立て寸法精度は ± 2.0 mm 以内とした。(基準値 ± 3 mm)

b. 溶接施工と管理

溶接施工に対する管理は, 以下に掲げる項目を重点的に行うことにした。

①極厚鋼板の溶接を行うため, 本工事に従事する溶接工は, 技量付加試験を実施し, 技量の確認をしたうえで工事に従事させる。

②極厚鋼板の溶接時の予熱温度は, 極厚鋼板の基本性能確認試験結果により 100°C とする。

③極厚鋼板の完全溶込みの突合せ溶接にあたっては, 入熱量の減少を計るため狭開先 (J 開先, K 開先等) を採用する。

④溶接施工においては, 施工管理シートにより, 常に溶接欠陥へのフィードバックができるようにする。

⑤超音波探傷検査は, スーパーフレーム組立柱・トラス梁弦材の平継ぎと, 十字型完全溶込み突合せ溶接部および組立柱の応力度の大きな 1 階部分に採用している部分溶込み溶接については, 全数検査を行う。また, その他の完全突合せ溶接部については, 各節毎溶接タイプ別に層別し, ロットを構成の上, 溶接個数の 10% をランダムサンプリングにより抜き取り, ロットの合格率 95% 以上を合格ロットにする方法による。

c. トラス梁の仮組立て

スーパーフレームトラス梁は, 建方に先立ち工場内に

て地組仮組立てを行い, 組み上り寸法を確認し上階トラス梁へのフィードバックを行うこととした。

4.4 鉄骨建方と工事現場の管理

(1) 現場溶接施工と管理

スーパーフレーム個材柱のウェブ及びフランジ, スーパーフレームトラス梁で板厚 40 mm を超える部材及び, サブフレーム架構の箱型断面柱と H 型断面柱フランジの現場継手は現場溶接とした。

個材柱及びトラス梁の極厚フランジについては, 裏当材が現場で容易に取り付けられ, 欠陥発生時の補修もスチール製のものに比べ容易なため, セラミック系裏当材による裏波溶接を採用した。又, 品質・作業性の向上のため, CO₂ ガスアーク自動溶接を採用した。

以上の溶接の現場施工にあたって, 以下に掲げる項目を重点的に管理することとした。

①工場溶接と同様, 溶接工は技量付加試験により, 技量の確認をした上で, 工事に従事させる。

②溶接施工の準備として, 工場溶接と同様の品質確保を目的に溶接作業中の防風・防雨対策を完全実施する。

③自動溶接施工にあたっては, 現場施工に先立ち施工試験を行うこととする。(文献 5)

④工事現場溶接部は, 原則として全数超音波探傷検査を実施することとした。

(2) 建方の管理

①図 5 に示すトラス梁の建方に際し, 鉛直方向の建入れ誤差 (レベル) を測定し, 下段トラス梁にあつては 13 階の柱接合部のレベル, 中段トラス梁では 23 階の接合部のレベル, 上段トラス梁では 23 階の接合部のレベルで, 各々累積誤差を測定して次の節の柱にてレベル調整を行い, 各トラス梁の建方を行うこととした。

②下段トラス梁の建方は, 下層階が吹き抜部分のため, トラス梁の組立てのための仮設ステージ床を設けて建方を行った。

図 8 スーパーフレームトラス梁の地組仮組立て

図 9 個材柱の現場溶接

図 10 スーパーフレームトラス梁用仮設ステージ

③中・下段トラス梁には、建方・高力ボルト締め・溶接完了後、上段 10 層分のサブフレームの床荷重が作用し、鉛直方向の変形も大きいので、10 層分の床コンクリート打設終了時まで常時トラス梁の鉛直方向の変形を測定しながら施工することにした。

④上・中段トラス梁の建方は、直下階柱と仮接合の上実施するが、架構応力の管理のためトラス梁の高力ボルト接合・溶接完了後に仮接合を解除して下層の柱と縁切りを行い、トラス梁上部 10 層の床コンクリート打設後に、この柱の本接合を施工する方法とした。

以上の管理を行うことにより、極厚鋼材であるにもかかわらず、工場製作における製品の寸法精度及び溶接部の品質も十分要求精度を満足するものであった。また現場溶接も合格率約 98% という高水準を確保し、個材柱の建入精度は、各節においてほぼ $\pm 10 \text{ mm}$ 以内と高い精度が確保できた。

図 11 スーパーフレームトラス梁の建方

おわりに

本稿においては、日本電気本社ビルの主としてスーパーフレームの構造と品質管理・現場施工について述べた。今後は、都市部の建築物において、空間の多様化と機能の高度化および周辺環境に対する配慮がより一層求められることになると思われるが、これらに対する一つの解決手法として紹介させていただいた。

参 考 文 献

- 1) 寺本他：極厚鋼板 ($t=100$, $t=70$) の性能に関する実験的研究 (その 1 母材性能確認試験) 日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和 62 年 10 月
- 2) 寺本他：極厚鋼板 ($t=100$, $t=70$) の性能に関する実験的研究 (その 2 十字形溶接継手試験) 日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和 62 年 10 月
- 3) 寺本他：極厚鋼板を用いた柱はり溶接接合部の力学的性状に関する実験的研究 日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和 62 年 10 月
- 4) 内田他：極厚鋼材溶接部の超音波探傷検査方法に関する検討 (部分溶込み溶接部における不溶着幅の測定) 日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和 62 年 10 月
- 5) 寺本他：極厚鋼板の片面裏波自動溶接法に関する実験的研究 日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和 63 年 10 月