

ドコモ大阪第二ビル（仮称）新築工事の内 鉄塔建方工事報告

Erection of a Steel Tower during Construction of the DoCoMo Osaka No.2 Building

秦 孝*¹ 松田 和人*² 小林 学*² 西垣 登*³ 広瀬 崇*⁴
 Takashi HATA Kazuto MATUDA Manabu KOBAYASHI Noboru NISHIGAKI Takashi HIROSE

Summary

A 150-m tall steel tower was erected on the top of a 50-m-high building in the Osaka-Nanko Cosmo-Square district. This district is a very important business and amusement district of Kansai where the most distinguished network infrastructures are concentrated, and thus the area is a modern data center that can satisfy the needs of the next-generation mobile telecommunication system. The building has 12 stories above ground, and the steel tower on it is the cable type, the first of its kind in the world.

キーワード：ケーブル鉄塔，ケーブル（PWS）

1. はじめに

本鉄塔は、次世代移動通信対応の最先端データセンターの一環としての建物であり地上12階、軒高54.115mの建物上部に鉄塔150mのケーブル式鉄塔からなる建築物である。（参照：図-1全体図）

建物は、埋立地であるため免震建物の基礎として地中連続壁を格子上に配置した剛強な基礎に免震装置を用いてCFT柱を基本とした構造となっている。また、1F～5Fを早期に引き渡す中間引渡しのために屋上防水、インフラ引込み等の早期完成が必要不可欠であった。鉄塔部は、ケーブル構造からなる鉄塔であり世界でも類を見ない鉄塔である。

鉄塔の構造形式は、1本のマスト（φ1700）を8本のステイケーブルによって支持したケーブル構造でマストは軽量かつ高剛性とするため、ケーブル立体トラス（マスト軸芯・弦材・ストラット・鉛直ブレースによってシステムを構築）を採用した。ケーブルは、被覆パラレルワイヤーストランド（PWS）とし、7mmの160kg/mm²級の垂鉛メッキ鋼線を397～499本束ね、ポリエチレン被覆をしたものを採用しケーブル定着部のノーズピース・ケーブルリンク・スティ脚部・サドル部・マスト脚部のピボット支承・各プラットホームのブレース端部に鋳鋼品を用いた接合部を採用した。また、風に対する振動を

制御する制震装置としてPLOに多段積層ゴム制震装置

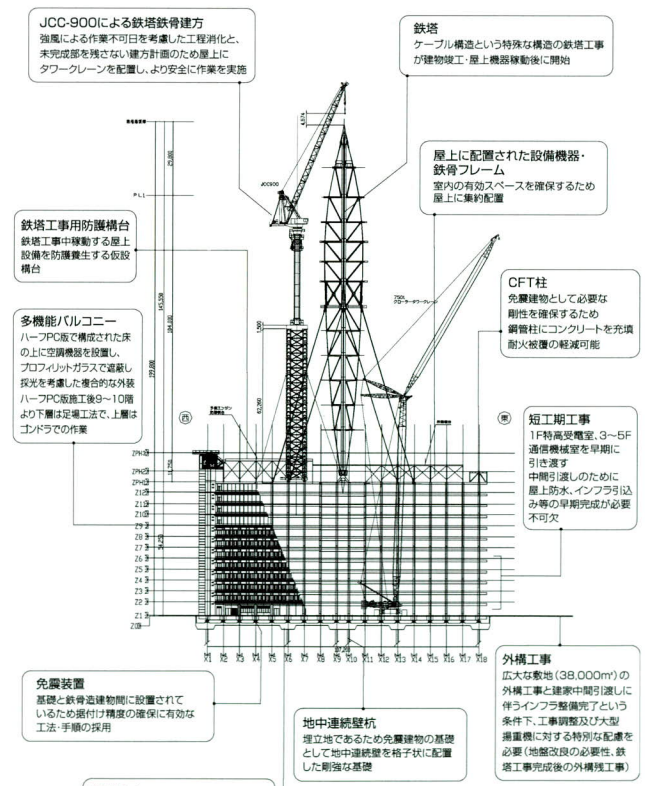


図-1 全体図

*¹宮地建設工業(株)建設事業部工事部建築・土木G. 所長
 *²宮地建設工業(株)建設事業部工事部建築・土木G.

*³宮地建設工業(株)建設事業部計画部建築・土木G. リーダー
 *⁴宮地建設工業(株)建設事業部計画部建築・土木G.

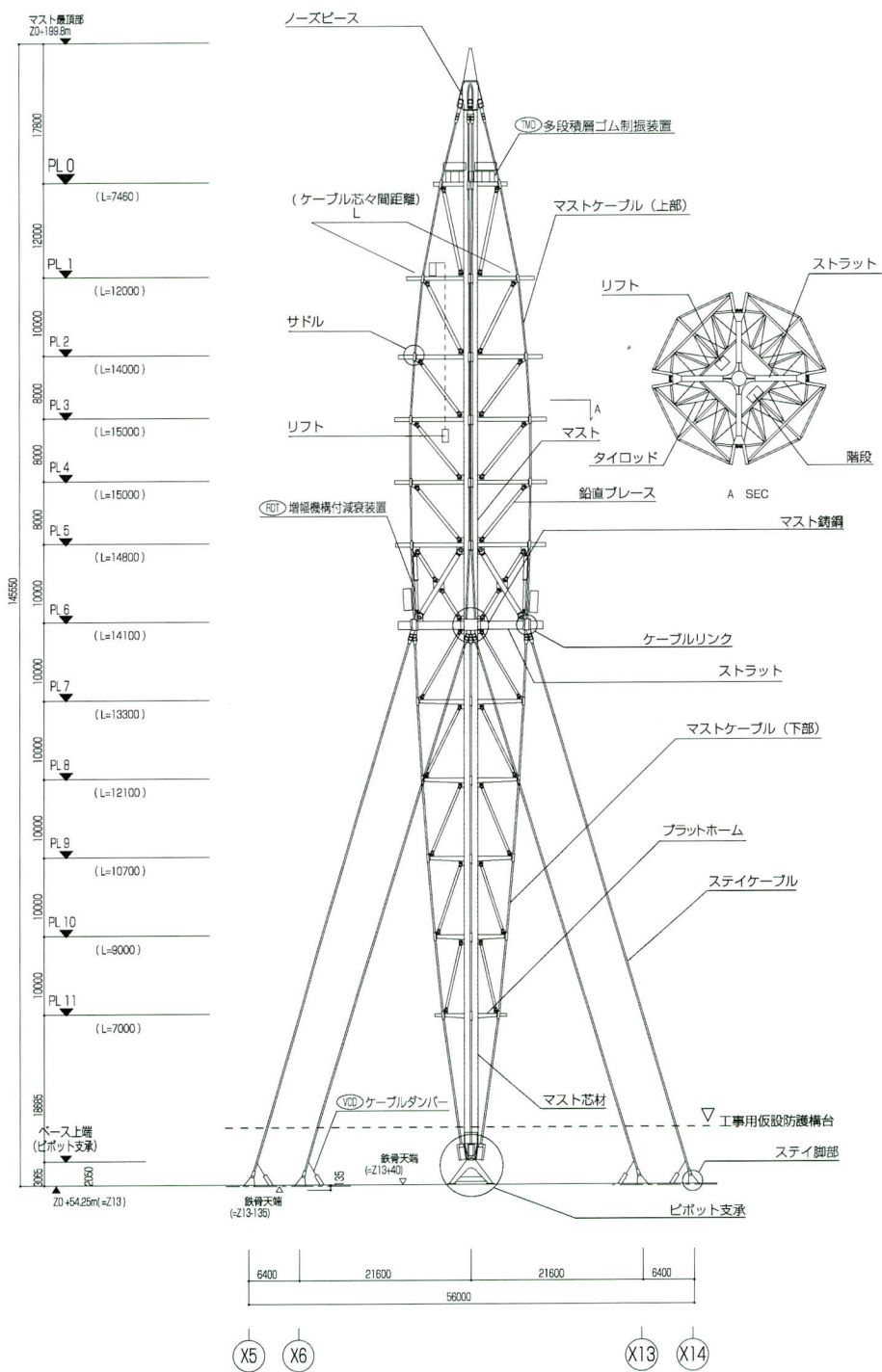
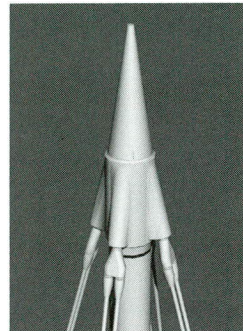
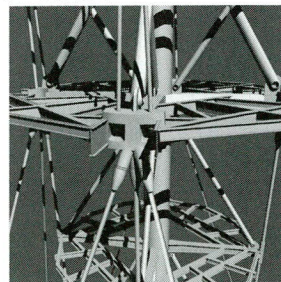


図-2 鉄塔概要図

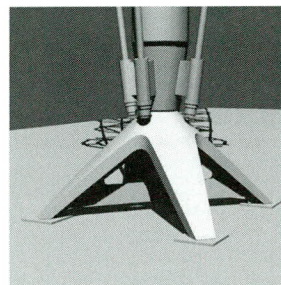
ノーズピース



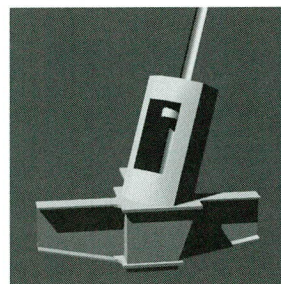
ケーブルリンク



ピボット支承



スティ脚部



(TMD)、PL6に増幅機構付減衰装置 (RDT)、スティ脚部にケーブルダンパー (VCD) を設置している。

そして、建物上部に建設することもあり鉄塔工事中稼動する屋上設備を防護養生するための防護構台を仮設で設置した。(参照：図-2鉄塔概要図)

本文は、ケーブル鉄塔建方の工事概要を報告するものである。

2. 工事概要

(1) 構造物概要

建物名称：ドコモ大阪第二ビル (仮称)

所在地：大阪府大阪市住之江区南港北1丁目29番1

建築主：株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ関西

用途
設計
管理
工期

：第一種電機通信事業所用建物

計：株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ 一級建築士事務所

理：株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ 一級建築士事務所

期：(建物) 平成13年10月2日～

平成15年10月2日

(鉄塔・外構全般) ～平成16年10月4日
中間引渡し

(1階特高受電室) 平成15年1月末

(3～5階部分) 平成15年5月末

(鉄塔) 平成16年6月2日

構造・規模：建物 鉄骨造 (免震構造)

地上12階、塔屋2階

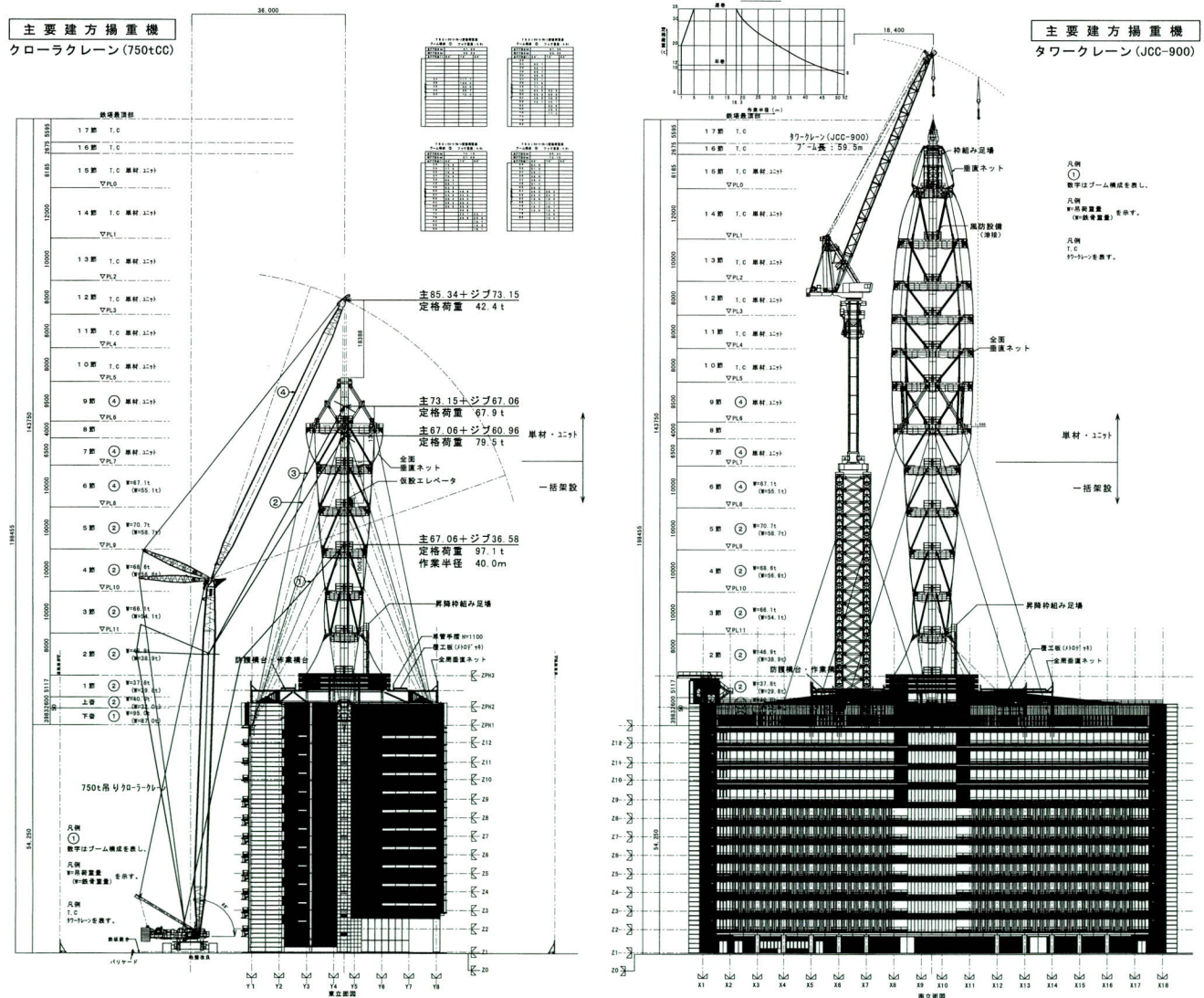


図-3 使用重機配置図

鉄塔 鉄骨造（ケーブル構造）

高さ：建物 最高の高さ GL + 55.100m
（設計GL = Z0 = OP + 7.65m）

最高の軒の高さ GL + 54.115m

棟屋の最高高さ GL + 64.190m

鉄塔 GL + 170.0m（最上段プラットフォーム）
GL + 199.8m（最頂部）

(2) 施工概要

1) 使用重機

主要建方揚重機は、PL - 11 ~ 6までを地上より750t吊りクローラクレーン1台にてブーム構成を変更しながら施工し、地上より施工できなる範囲（PL - 5 ~ 0まで）を屋上に設置したタワークレーン（JCC - 900）1台にて施工した。

(図-3 使用重機配置図)

2) 各プラットフォームの施工

各プラットフォームは、全部で12層に別れており各プラットフォーム間の高さが約10mで直径は各プラットフォームで異なるが約7m ~ 19mとなっている。

プラットフォームの構成は、マスト1本に大梁・斜材・床ユニットが各4ピース取付けられ円形状に構成されている。

二次鉄骨として導波管ラック・本設階段・本設エレベーターがマスト円周部分に取付けられている。

(図-4 プラットホーム部材名称)

a) PL - 11 ~ 7の施工

マスト鉄骨建方形状は、PL - 11 ~ 7までについては

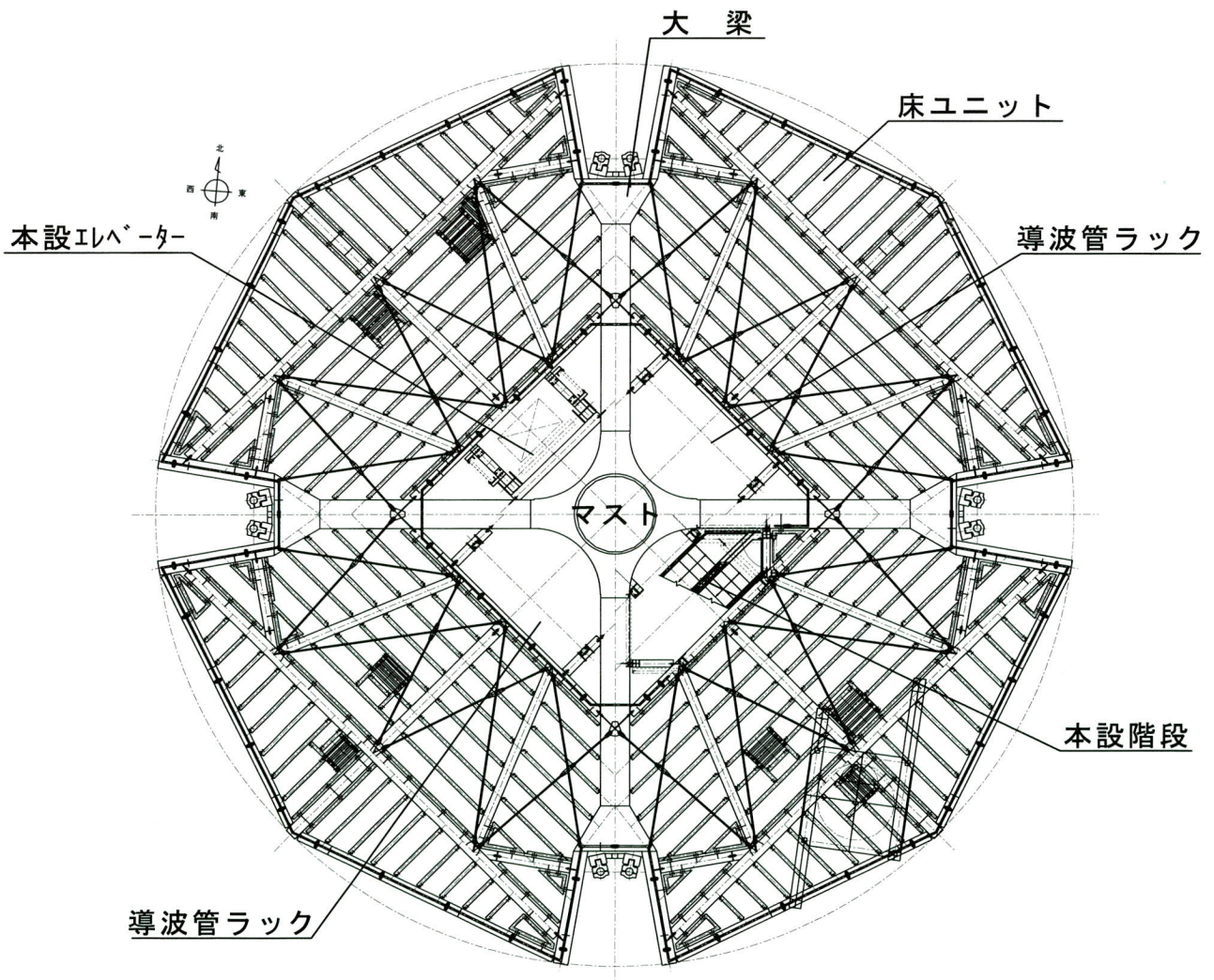


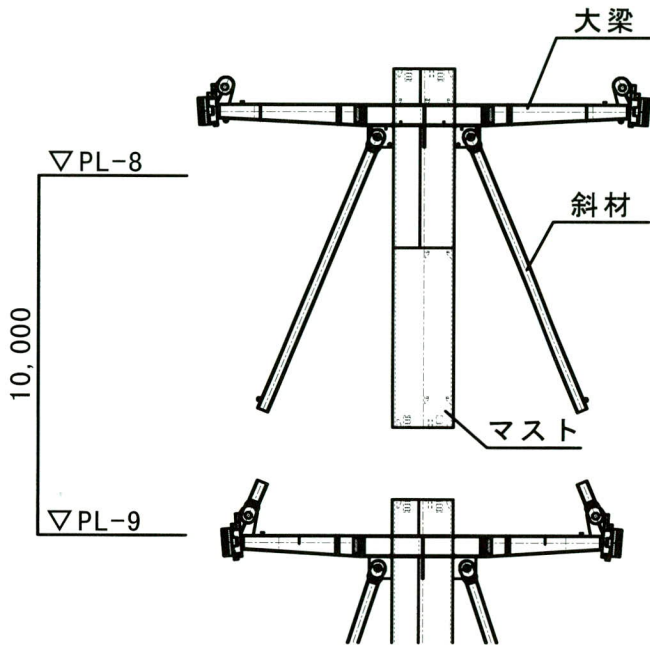
図-4 プラットホーム部材名称

大ブロックにて架設する。大ブロック形状として、マスト・大梁・斜材・床ユニットを地上で地組立し溶接・本締め・溶射まで行った形状とする。(最大ブロック重量 58.7t)

(図-5 施工形状①)

b) PL-6の施工

PL-6は、本設ケーブルがまとまるため鉄骨重量が非



常に重い。よって単材(ユニット)による架設を行った。特にマスト及び大梁先端部については、鉄骨重量が約30t以上になるため、仮受支柱を設けて建方を行なった。(図-6 施工形状②)

c) PL-5の施工

PL-5は、第1回ケーブル工事を行うのに必要となる部材(マスト・斜材)を単材にて架設してケーブル工事

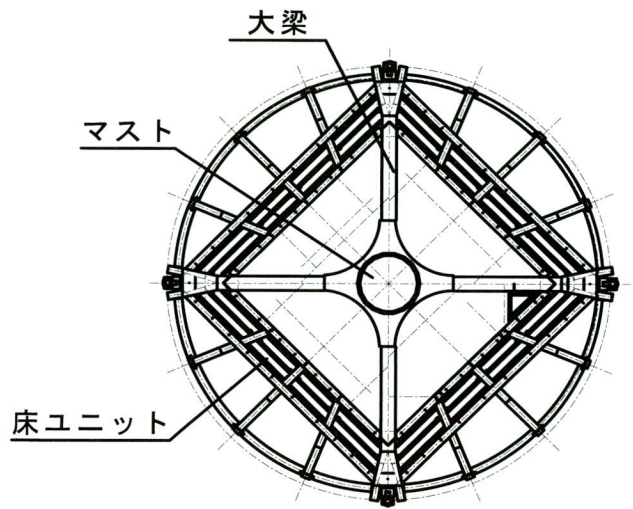


図-5 施工形状①

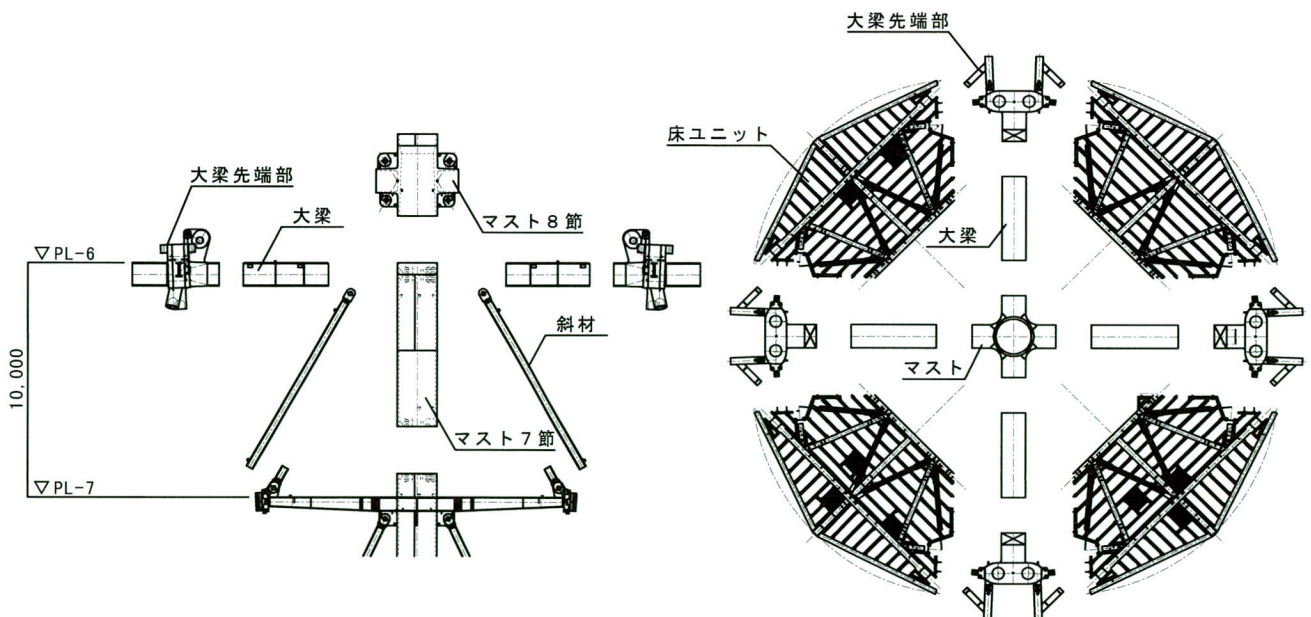


図-6 施工形状②

を行った。その後にPL-5の残りの部材を大梁と斜材は地組してブロックにし床ユニット鉄骨の順番で架設を行った。(図-7施工形状③)

d) PL-4~0の施工

PL-4~0は、クレーン能力からマスト・大梁斜材・床ユニット鉄骨を中ブロックにして架設を行った。

(図-8施工形状④)

3. 施工説明

(1) 建方フローチャート

図-9に鉄塔工事の全体建方フローチャートを示す。

(2) 敷きプレート・ゴム支承据付け

建物とマスト脚部ピボット支承の間には、敷きプレート

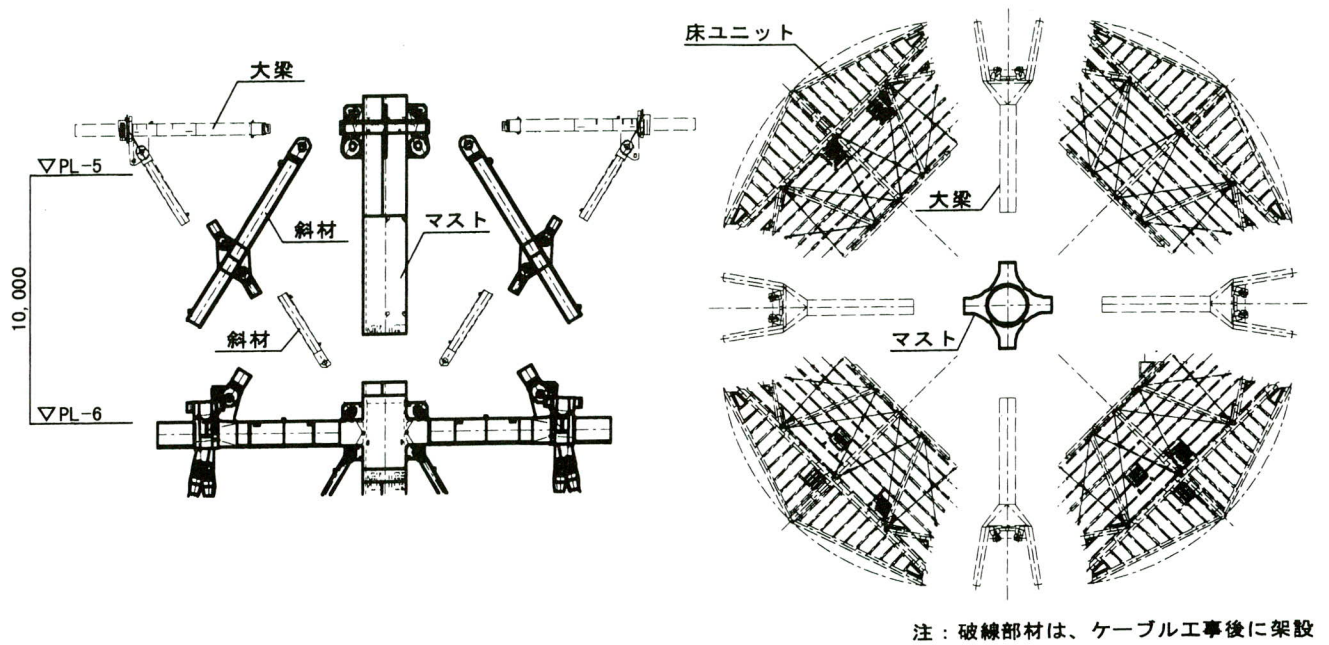


図-7 施工形状③

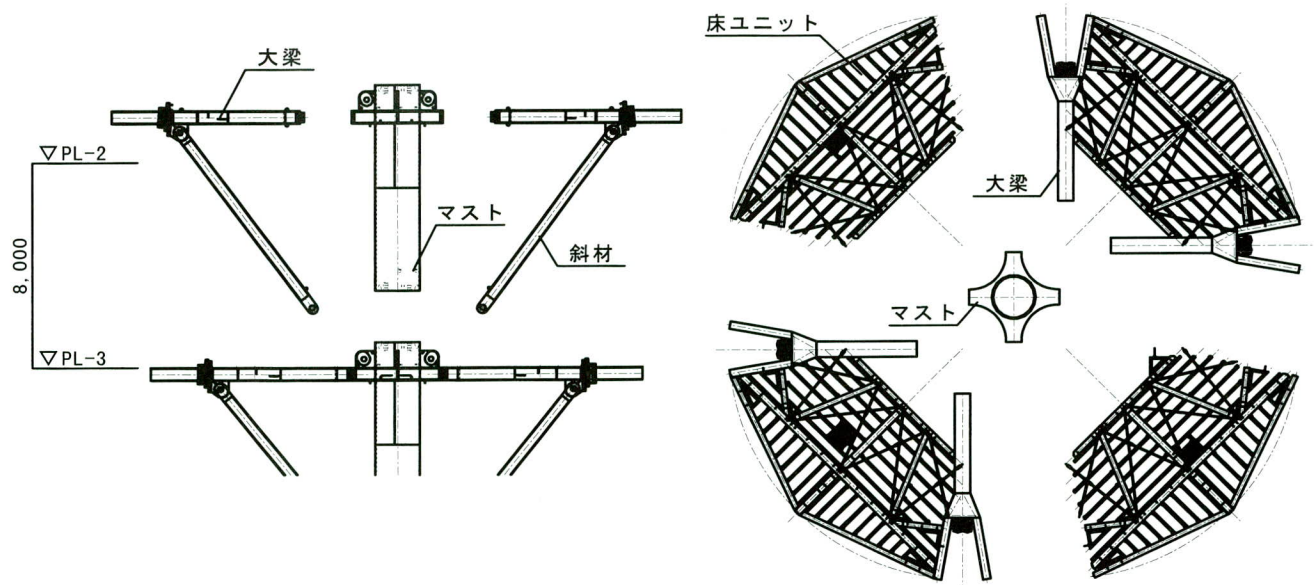


図-8 施工形状④

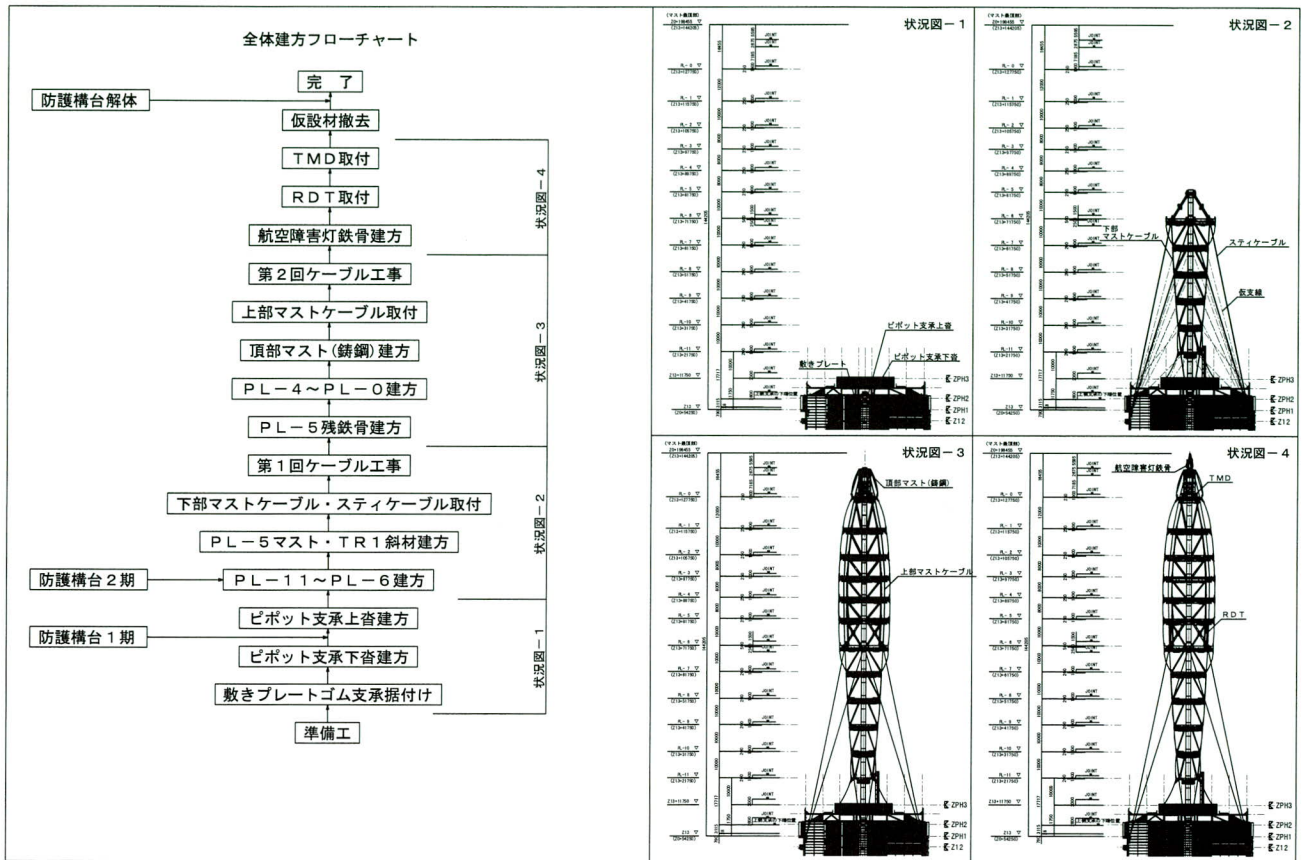


図-9 全体建方フローチャート

ト・ゴム支承を取付ける。敷きプレートは、建物の建入れ誤差を吸収して完全なレベルに調整する必要があり事前に三次元計測結果をもとに敷きプレートを工場にてフェイシング加工した物を据付けた。

(参照：写真-1 敷きプレート・ゴム支承据付け状況)

(3) ピボット支承下沓

ピボット支承下沓は、約□4.8m×高さ約3.3m・重量約83tあり陸上輸送できないため北九州より大阪港まで海上輸送し水切り後大阪港から現場までの約2kmをユニットキャリアで夜間搬送し翌朝750tCCにて建方を行なった。

(参照：写真-2 水切り 写真-3 夜間搬送)

(4) プラットホームの施工

PL-11~7までは、できる限り上空での作業を減らすために地上でマストに取り付く大梁・斜材・床ユニットを地組立して垂直ネットまで取付けた形状で一括架設を行なった。これにより上空での溶接作業を大幅に減

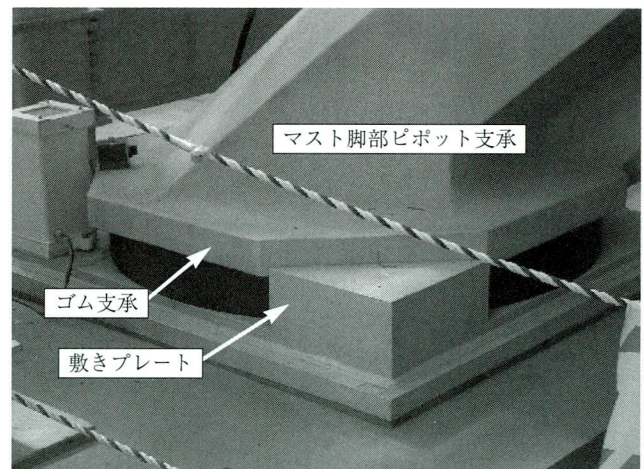


写真-1 敷きプレート・ゴム支承据付け状況

らす事ができた。また、各節建方時には、仮支線を設けて安定させて施工を行なった。

(参照：写真-4 地組立架台 写真-5 一括架設状況)

(5) ケーブル工事

本工事の特徴であるケーブル工事は、ケーブルドラム

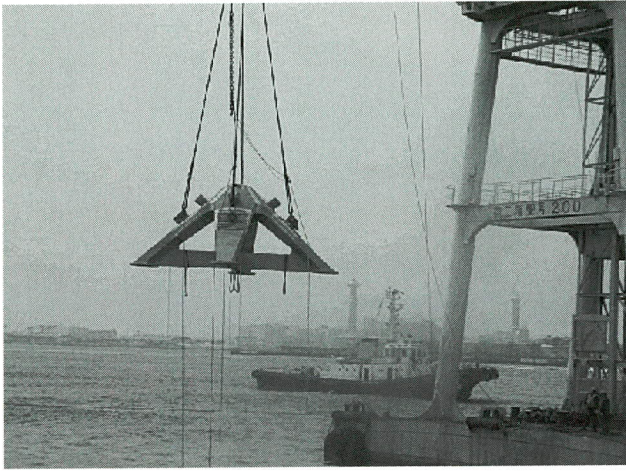


写真-2 水切り



写真-3 夜間搬送

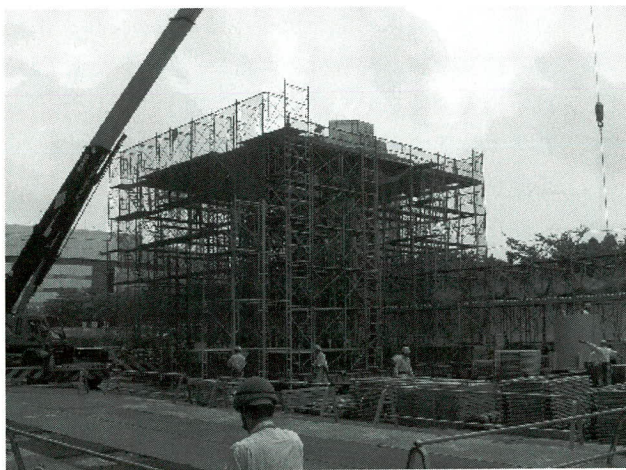


写真-4 地組立架台

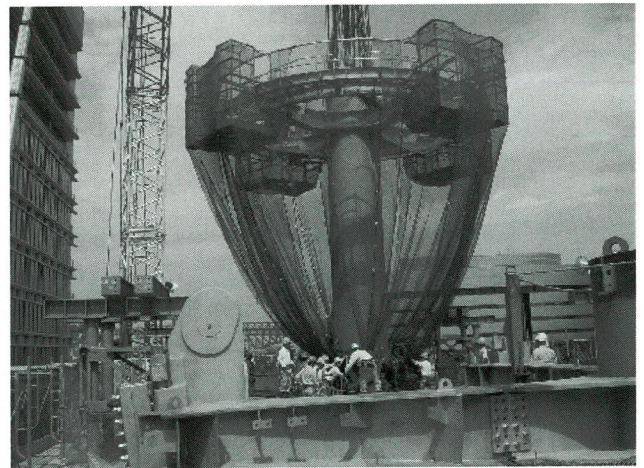


写真-5 一括架設状況

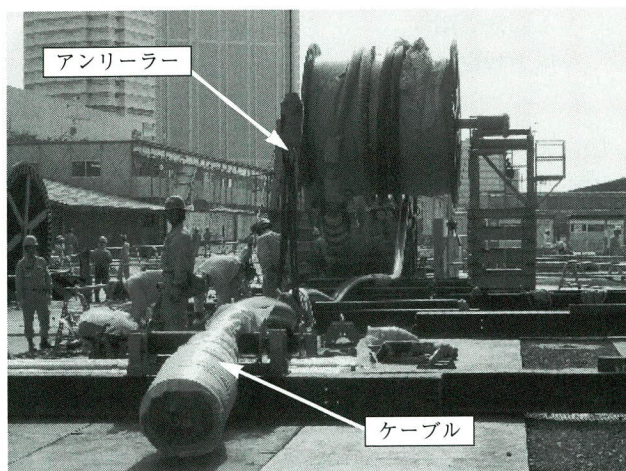


写真-6 ケーブル引出し

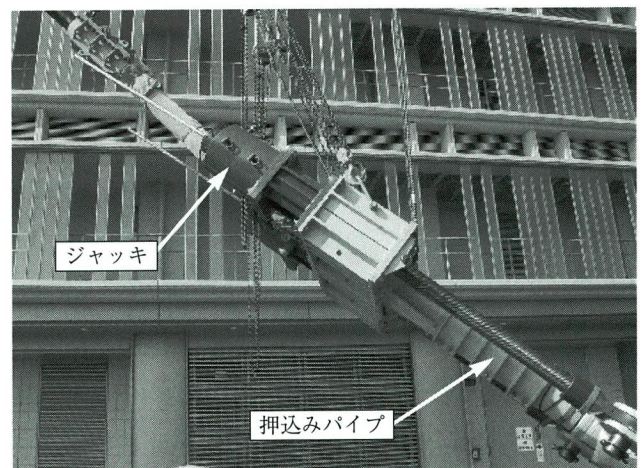


写真-7 押し込み設備

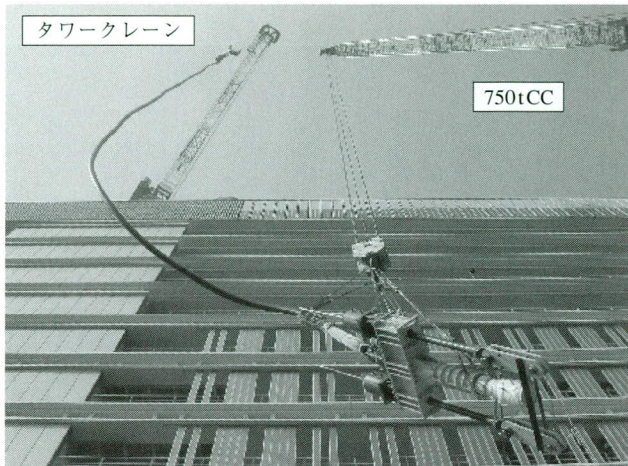


写真-8 ケーブル合吊り状況

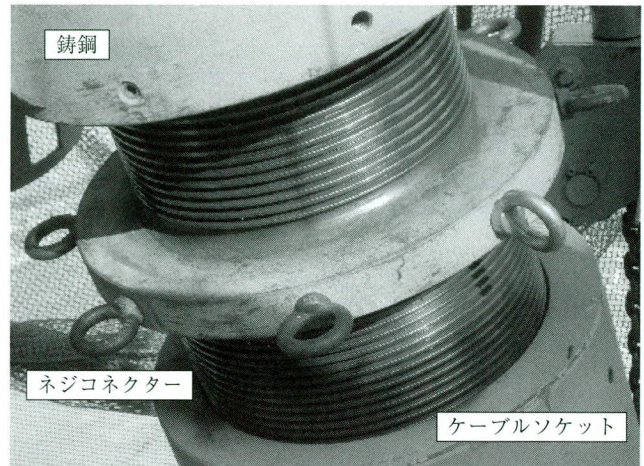


写真-9 ネジコネクター部

(直径約3.7m)に巻かれたケーブルを専用のアンリローにセットしてクレーンを使用して引き出す。(参照：写真-6 ケーブル引出し) 今回のケーブル端部形状は、一方が支圧板形式で他方がネジコネクターによる形状であったのとケーブルの納まりの関係でケーブル後方より引き込む事ができないためケーブルを押し込む方法を採用した。そのジャッキ設備は、1本あたり合計3t以上の設備となってしまう地上にて地組取付け後ケーブル取付け作業に入る。(参照：写真-7 ケーブル押し込み設備)

その後ケーブル取付け作業に入るがケーブル自重と押し込み設備で合わせて約17tにもなりケーブル長も約74mと非常に長いためにクレーンの合吊りで行なった。(参照：写真-8 ケーブル合吊り状況)

また、ケーブル一方のネジコネクター部の締込みは、逆ネジとなっているため鋳鋼側を50mm先行で差込みケーブル側ソケットをネジコネクター部分に当ててネジコネクターを回して接続する。この作業は、鋳鋼・ネジコネクター・ケーブルソケットが同一直線状にないとネジが噛んでしまいネジコネクターが回らないという非常に繊細な工事であった。

(参照：写真-9 ネジコネクター部)

(6) ケーブル緊張工事

本鉄塔の架構は、マストと称する鋼管柱(径φ1700mm)とプラットホームと称する床と、その部材を連結し下部鉄骨へ力を流し、構造物として自立するための20本のケーブルで成立する構造である。

また、本鉄塔は、地上54mのビルの屋上より自立して

おり、最頂部で地上198mである。

このため、張力導入手順を決めるにあたっては、下記の要因を考慮した施工時解析を実施し、本鉄塔の施工時、及び完成時の安全性を十分に検証し手順を決定した。

- ・鉄塔本体建て方ステップによる施工時応力
- ・下記を考慮した最終鉄塔重量
 - 鉄塔本体重量 床パネル、階段、ラック、付属鉄骨重量
 - 鉄塔鋳鋼重量
 - ケーブル重量
 - 安全設備重量
 - 仮設ベント重量
 - 仮設補強材重量
 - 各種ダンパー重量
 - エレベーター重量
- ・下部鉄骨剛性
- ・施工時解析荷重(自重、風、地震、温度応力)

張力導入の手順として、大きく2ステージに分割して、張力を導入する。

第1回張力導入は、PL-6建て方後から頂部鋳鋼建て方完了までの、施工時検討用水平力に対して、PCB2、3そして4の張力が抜けない程度の張力を導入する。

第2回張力導入は、鉄塔完成系に必要なケーブル張力の導入である。

1) 第1回ケーブル張力導入工事

第1回ケーブル張力導入として、PL-6までの建て方完了後、マストケーブル(PCB2)、スティケーブル

(PCB3、PCB4) のケーブルに張力を導入した。

導入ステップとしては、10ステップに分割し、下記張力まで緊張した。

PCB2 2,986kN (305ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

PCB3 1,118kN (114ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

PCB4 903kN (92ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

今回使用したケーブル押込み設備 (PCB2・3・4) の写真を以下に示す。

(参照：写真-10, 11 ケーブル押込み設備部 (1), (2))

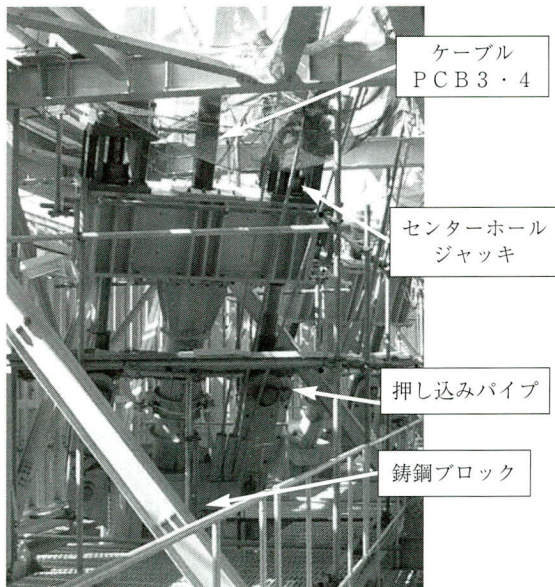


写真-10 ケーブル押込み設備部 (1)

2) 第2回ケーブル張力導入工事

第2回ケーブル張力導入として、頂部鋳鋼建て方完了後、マストケーブル (PCB1、PCB2) ステイケーブル (PCB3、PCB4) を順次導入した。

導入ステップとしては、第1回ケーブル張力導入後の荷重より10ステップに分割し、下記張力まで緊張した。

PCB1 5,500kN (562ton) × 2本 × 1個所 8本同時緊張

PCB2 5,000kN (510ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

PCB3 7,500kN (766ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

PCB4 6,000kN (612ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

今回使用したケーブル押込み設備 (PCB1) の写真を以下に示す。

(参照：写真-12 ケーブル押込み設備部 (3))

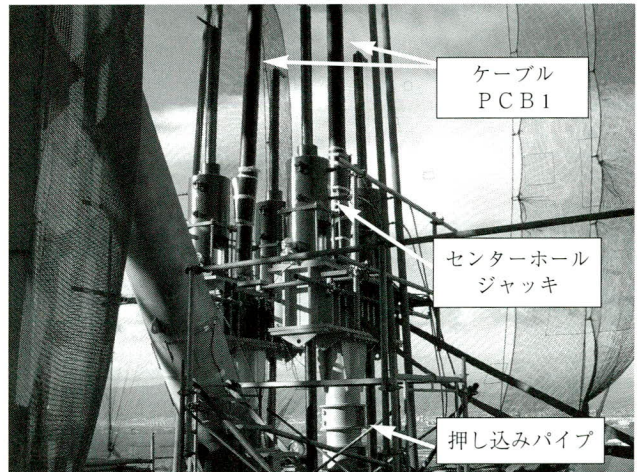


写真-12 ケーブル押込み設備部 (3)

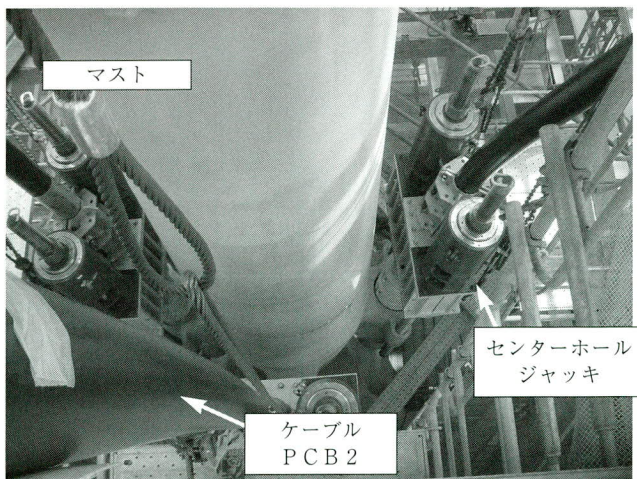
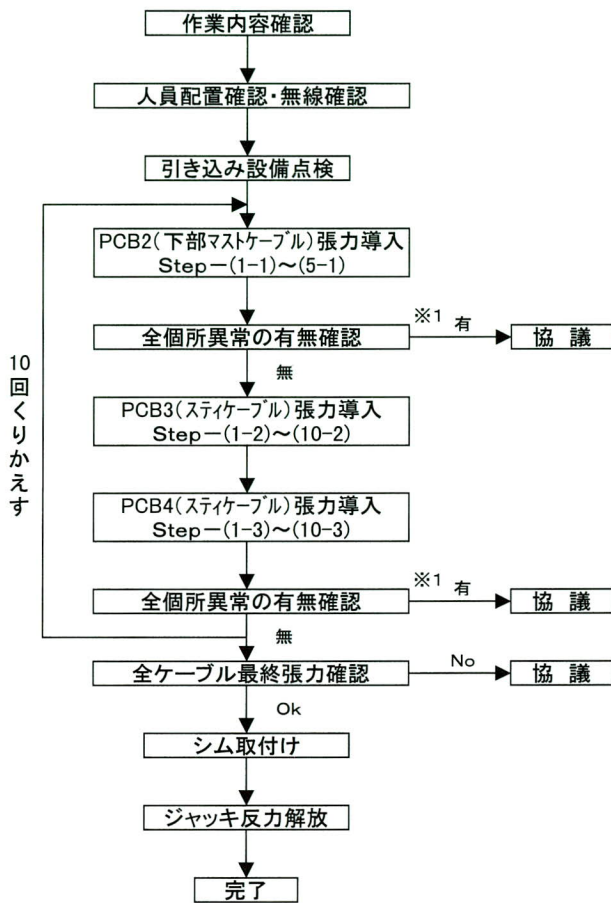


写真-11 ケーブル押込み設備部 (2)

尚、以下にケーブル工事施工フローチャートを示す。

第1回ケーブル張力導入工事フローチャート



第2回ケーブル張力導入工事フローチャート

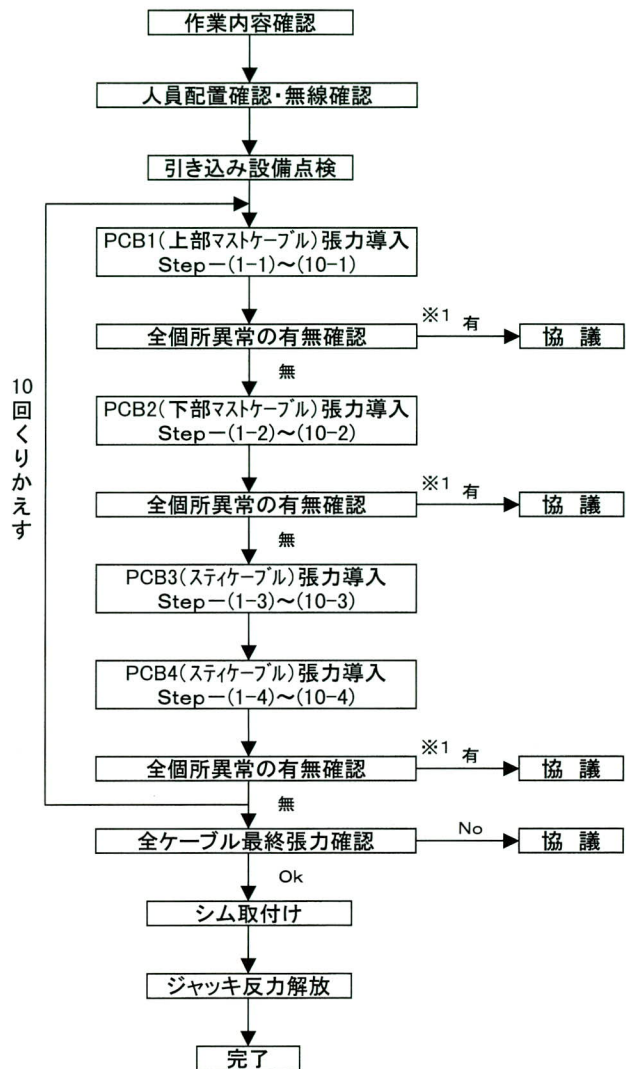


図-10 ケーブル工事施工フローチャート

(7) 精度管理

精度管理目標値として鉄塔建入れ精度を 1/1500 以下としケーブル張力を ±5% 以内とした。建入れは、鉄塔高さ H=150m なので頂部で 100mm 以下となるがケーブル鉄塔という特殊な建物でケーブル張力により容易に鉄塔が傾くためケーブル張力のばらつきが大きくなる可能性があった。

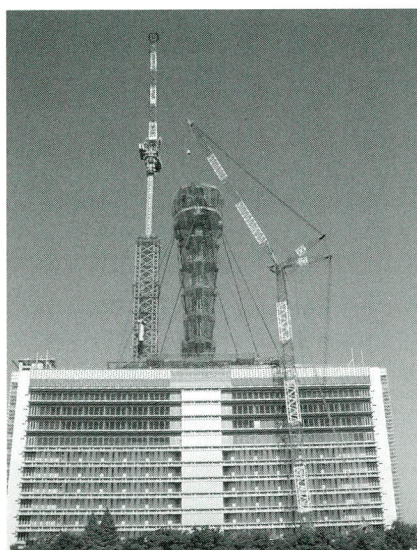
そのため、計測装置を各所に取付けデジタル的計測とアナログ的計測の両方を採用して各ステップ毎に計測を行なうことにより随時傾向と対策をして行なった。

計測装置として建入れ計測には、主として三次元計測器 (マンモス) を使用し、補助的に、トランジット・レーザー鉛直器・ピアノ線を取付けてのコンボックス計測を行なった。また、ケーブル張力は、油圧ジャッキの圧力をデジタル変換した数値を使用し補助的に、斜材・ST 梁・マストにひずみゲージを取付け設計荷重との比較により精度の確認を行なった。

その結果建入れ精度を ±10mm に納めながらケーブル張力を ±3% 以内に納める事ができた。これには、鉄塔自体の建方精度が非常に良かった面と各プラットホーム毎に工場では組検査を行なった成果と言える。

4. 施工状況写真

各段階での施工状況を写真－13～15に示す。



写真－13 建方途中



写真－14 建方完了



写真－15 完成

5. 施工数量

鉄塔施工数量を表－1に示す。

表－1 数量総括表

名称	形状	単位	数量
マスト	Pipe-φ1700	ton	1,000
大 梁	Box-□1000		
	H600X400		
	H500X600		
小 梁	H500X250		
	H400X200		
	H294X200		
ブレース	Pipe-φ300X22		
	Pipe-φ400X22		
	Pipe-φ600X32		
床ユニット		m ²	1,200
鋳鋼		ton	550
ケーブル		本	20
ケーブルダンパー		台	8
RDT		セット	4
TMD		台	2

6. あとがき

大阪南港コスモスクエア地区の一角に建設されたドコモ大阪第二ビル（仮称）は、次世代移動通信対応の最先端データセンターとして今後注目される施設である。建物の先行引渡しに伴い高所作業並びに大型重機での作業での安全作業が大重要視される工事であったが、長期にわたる検討により施工性、安全性を大幅に向上することができた。これもひとえに建築JV他、工事関係者の方々のご指導によるものと深く感謝する次第である。

2003.11.7 受付