

高層祈念塔の補修工事 (PLランド大平和祈念塔)

長谷川 宜宏*
秦 孝**

1. はじめに

PLランド大平和祈念塔は、16年前、万国戦争犠牲者の慰霊塔として、超宗派の宗教法人 PL教団が大阪の南の玄関である天王寺より南へ約20km、近鉄南大阪線富田林駅に程近い所に位置する、二上山、葛城山、金剛山を望む丘陵地に建設された、高さ180mの塔である。塔の基部には大ホールがあり、地上73.7~88.9m、および134.0~151.7mには、会議室、貴賓室、展望室等の諸室を含む建屋がある。

塔全体は、トラス式自立鉄塔の外面をラス張りのうえ、厚さ約70mmのモルタル塗りによって外装が施されている。この外観は、2代目御木徳近教祖のデザインによるもので(設計は日建設計)、塔の主体構造は、シンメトリー



写真-1 化粧工事着工前の全景

のパイプトラス構造であるが、外観は、人間が天を指さし全世界に平和を呼びかけているモチーフで極めて凹凸の激しい、複雑かつ独創的な形態によって祈念塔としてのイメージを図ったデザインとなっている。図-1に骨組図を示す。

しかしながらこのユニークな白亜の塔も、さすがに16年の年月には打ち勝てず、風雨と大気汚染により壁面のよごれと風化がひどく、またひび割れによる雨漏りのため建屋の使用にも支障を来たす状態になってきた。そこでこの度、外壁の補修と化粧直しをすることになった次第である。

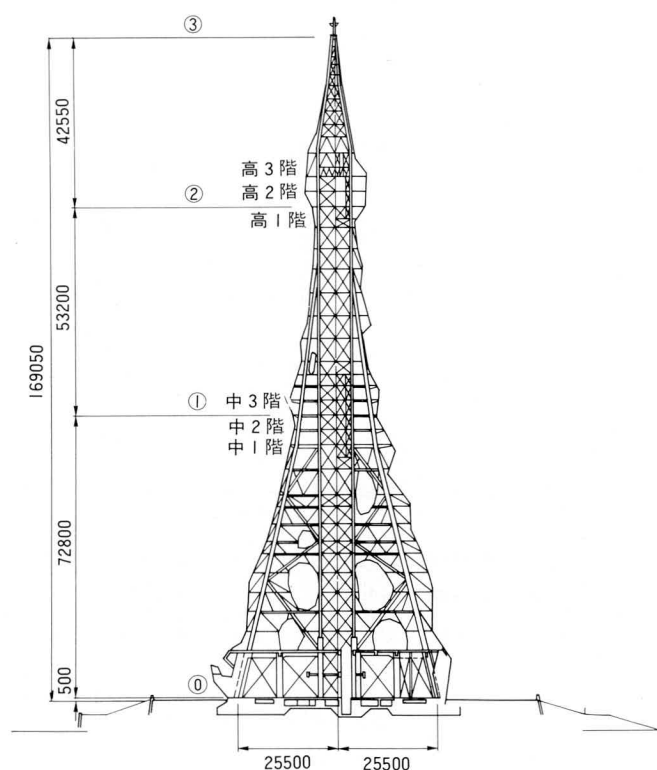


図-1 骨組図

* 宮地建設工業株式会社 技術部技術第二課長

** 宮地建設工業株式会社 工事部

一口に、外壁の補修と化粧直しとは言っても、鉄塔のように足掛りのないモルタル仕上げのため、作業用の足場が全面に必要となる。しかしながら、高さ180 mという新宿の超高層ビル並みの高さに加えて、前述のごとく、途中のくびれや凹凸面を持つ複雑な壁面に、本体を損傷することなく工事用の足場を設ける作業は、過去の施工例もほとんどなく、きわめて難度の高い作業である。

このため、足場の組立て計画にあたっては、ヘリコプターの使用も含めて、あらゆる角度から検討を加え工法を決定し、安全でしかも能率の良い作業足場を施工することができた。

本文は、この化粧工事用の足場工事を中心に報告するものである。

2. 工事概要

施 主：宗教法人 ピーエル教団
 工事件名：大平和祈念塔化粧工事
 工事場所：大阪府富田林市大字甘山289
 敷地面積：約250,000m²
 高 さ（地盤面より）
 最 高 部：180.0m
 高層建屋（4層）：134.0～151.75m

中層建屋（4層）：73.7～88.9m

低層建屋：8.5～20.5m

構 造

低 層 部：鉄骨鉄筋コンクリート造

主 体 軸：鉄骨造

外 壁（ショット クリート）

面 積：14,000m² 厚さ70mm

面 積（低層部）：2,500m² 厚さ20mm

3. 作業足場（構台）の選定

塔の外壁を補修・化粧するための作業足場としては、パイプ・丸太等による枠組足場、ステージおよびゴンドラ等が考えられる。建設時の架設足場は、塔体の外周全面に足場を組み立て、塔体に緊結した枠組足場であったが、今回の工事は、壁面を損傷することなく、かつ複雑な形状をしている壁面のどの部分にも人の手が届くことが必要である。工法については、経済性、安全性、施工性および工期等を勘案して、表-1に示す6つの案について検討をした。その結果、塔の中層建屋①と高層建屋②の位置の外周に円形状の鉄骨構台を設け、これを利用

表-1 作業足場（構台）比較表

	第1案 吊足場	第2案 全面足場	第3案 枠組+ゴンドラ	第4案 ゴンドラ	第5案 鉄塔+ゴンドラ	第6案 鉄骨+ゴンドラ
作業用足場形式						
長所・短所	1.建設時に取付けられた吊ビースを利用した吊足場であるが、間隔（縦、横の間隔）が広すぎる。 2.足場の施工が困難である。 3.壁面が一定な形状でない為、リング吊足場の直径を変化させるのが困難である。	1.壁面の凹凸が一樣でなくかなり複雑な構造となり手間がかかる。 2.枠組足場を利用すると組立最高高さ45.0mが限度である。したがって32.4mごとに、枠組足場を組み立てる構台が必要である。 3.枠組足場の壁つなぎを取る為、本体に孔を明けなければならない。	1.中層階までは、第2案と同様。 2.中層～高層間は、ゴンドラ作業で、塗面の凹凸があり、壁面へ引き寄せ、引き離しの設備が必要。 3.高層～頂部の足場は、ワイヤーを利用した吊り足場のワイヤー解体時壁面に油等で汚し補修が困難である。	1.第3案の2、3項と同様。	1.鋼重が多くなり、工費が増える。 2.敷地条件から鉄塔の建方が困難である。 3.鉄塔の内側に枠組足場、単管足場が必要になる。 4.本体の壁面に孔を明けなければならない。	1.第5案と同様
工期	0.9	1.1	0.9	1.0	1.5	1.4
経済性	○	△	△	○	×	×
評価	×	×	△	○	×	×
備考	1.足場の組立時に不安全行動が多い。	1.塔本体に孔を明ける。	1.塔本体に孔を明ける。 2.ワイヤーの油等の処理方法が必要。	1.ワイヤーの油等の処理方法が必要。	1.塔本体に孔を明ける。	1.塔本体に孔を明ける。

してそれぞれ頂部③～②間、②～①間及び①～①（地上）間にゴンドラを架設して壁面作業を行う第4案を採用することとした。構台の設置位置を高層と中層の建屋部分に設けたのは、後述のように建屋の開口部（窓）を利用することによって外壁を損傷することなく骨組を塔の構造体に接続できるためである。また、構台面によって分けられる塔体の高さ方向の3つのブロックは、それぞれ形状が異なるため、壁面作業用のゴンドラ形式・作業方法も塔体の形状に応じた方法をとることとした。

4. 構台の形状と支持方法

前述のごとく構台は、塔体の外壁を損傷することなく設置するために、建屋の窓を貫通して構台梁を設けることとした。即ち、建屋中心部にある鉄塔の4本の主柱を結んだ横梁から構台用の梁を、建屋の窓を貫通して放射状に架け、円形状にした。梁は、片持梁構造にするのは、不可能なため、梁の他端は、頂部からの吊ロープによって支持する。高層構台の大きさは、構台円周と頂部から傘形状に吊るロープが外壁に接触しないようにするため、その大きさを直径26メートルの円形構台とした。同様の考えから中層構台は、直径28メートルとした。また、頂部には、傘形状の吊りロープを張るための頂冠リングを設けた。これは、塔頂から地上に張った、1.0 t吊キャリヤの主索が、作業の進行に従って塔周りを移動する際のガイドを兼ねるものとし、主索がリングの周りをスムーズに移動でき、かつ、損傷しないように、リングは、直径216.3φの鋼管を用い、これに吊ワイヤー固定用の吊ピース24個を取付け、頂冠リングから張った24本の吊りワイヤーによって高層構台、及び、中層構台の外周を支持するようにした。なお、強風などの不慮の外力に対して安定させるために、中層構台の外周を地上のアンカーブロックにワイヤーで固定した。

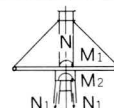
吊ワイヤーは、構台解体時ワイヤーの油等で化粧の完了した壁面を汚すため、ビニールコーティングを行って使用した。

5. 頂冠設備及び高層・中層構台の施工

高・中層の構台を吊るための頂冠には、吊りワイヤーからの荷重、構台組立時の部材吊り上げの片荷重、ゴンドラによる片荷重等により、頂冠を支持するための頂冠中心部の柱基部には、表-2に示す作用力が生ずる。こ

表-2 鉄塔頂部の作用力

	柱1本 当り N ₁ (t)	頭部作用力			
		M ₁ (t・m)	M ₂ (t・m)	Q(t)	N(t)
均等時(ゴンドラを対称に吊った時)	17.5 t	0	0	—	69.86 ^t
不均等時(片側にゴンドラ6台を使用した時)	31.12	14.23	14.92	1.38	64.17
不均等時(片側にゴンドラ3台を使用した時)	22.86	7.10	7.45	0.70	61.32
架設時(構台1面とキャリヤ作業および空キャリヤ)	22.25	15.50	16.84	2.68	20.86
架設時(構台1面と空キャリヤ)	35.56	31.77	30.58	4.00	18.71
架設時(構台1面と3面および空キャリヤ)	27.49	21.72	22.50	0.78	19.04



の応力は、鉄塔頂部に伝達して支持することになるので、その接合については、鉄塔頂部の外装を除去して鉄骨を露出し、鉄塔主柱が、頂冠から付加される曲げ応力に耐えるように柱間にリブプレートを溶接して補強をした。

(1) 頂冠の架設

図-2に示す直径5メートルの頂冠リング等を、塔頂部で組立てるためには、本来なら塔頂部に組立て用足場、及び、安全設備を設けなければならない。しかし高さ170mの場所でスペースが極めて狭く、しかも、外装を損傷しないで足場を設けることは、至難の業である。そこで頂部の足場は、最小限のものとし、頂冠部は、可能な

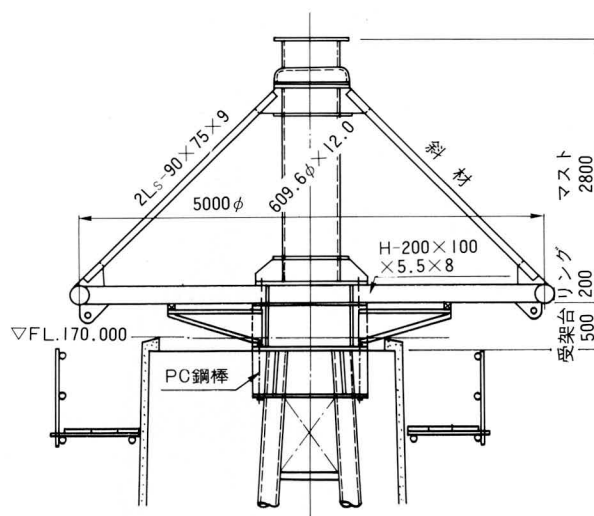


図-2 頂冠構造図

限り地上で組み立て、これをヘリコプターで吊り上げることにした。しかし、ヘリコプターによる作業は、かなりの危険を伴うもので、慎重な対策を要求された。

まず、直径5メートルのリングをヘリコプターで吊り上げ設置する際に、安定を図るため、最初に受架台を取り付けた。ヘリコプターは最大搭載量2.9tのため、頂冠設備はリングの自重2.0tを最大に5ブロックに分け、受架台(1.2t)→リング(2.0t)→マスト(1.0t)→斜材(0.5t)→足場すの子(0.5t)の順に吊り上げ設置した。塔頂部での作業手順を図-3に示す。

(2) ケーブルクレーン設備

高層及び中層構台の架設は、頂冠マスト頂部から張ったケーブルクレーンによることとした。

ケーブルクレーンは、運搬部材の最大重量1.0tとし、



写真-2 頂冠リング



写真-3 ヘリコプターによる頂冠リング吊上げ

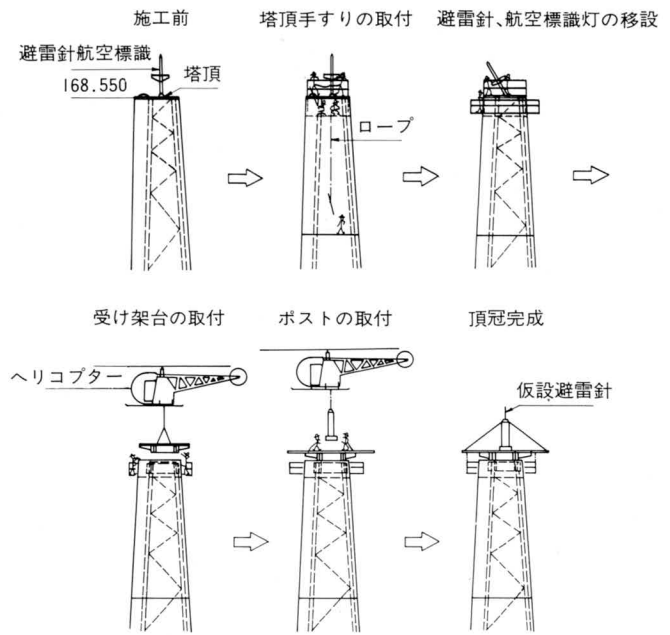


図-3 塔頂部での作業手順図

塔中心に対して対称に2系統設置した。軌索は、25φ (JIS第6号 6×37 A種)を、頂冠マストの先端より地上面のコンクリートアンカー(高低差180m)間に斜キヤリヤーとして張り渡した。

ケーブルクレーンの設置要領は、図-4のように、塔頂に9φのワイヤー(長さ200m)2本を人力で上げ、2

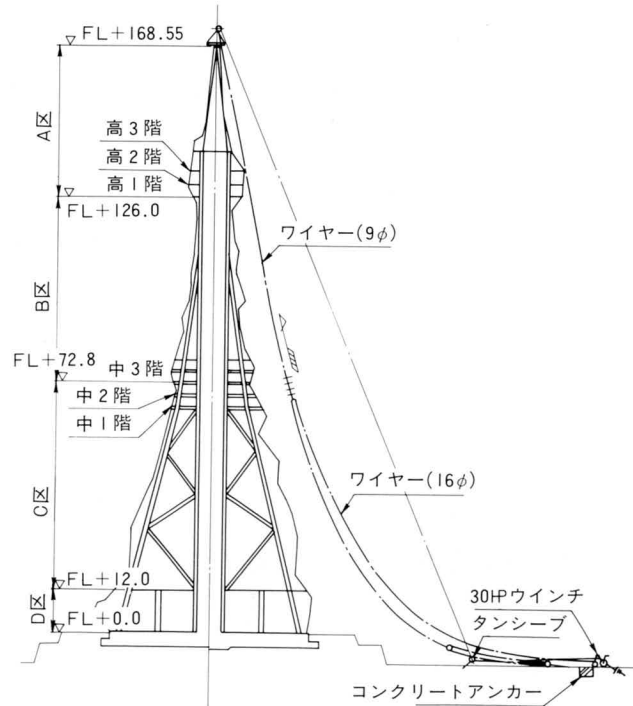


図-4 キャリヤー仕込み要領図

本のワイヤーを継ぎ合せて両尻手を地上に降す。地上に降されたワイヤーの片方の尻手をウインチに仕込み、片方の尻手はキャリアの軌索、横行索および巻上索の尻手から15m前後の所に結びつけ、ウインチで塔頂に巻き上げキャリアに仕込んだ。

部材の巻き上げ高さが高いため、巻き上げワイヤーが、からみ合ったり振ったりしない非自転性ロープであるユ

ニロープ F39形16φを使用した。

(3) 高層・中層構台の取付

高層・中層建屋の位置に設ける構台の取付けは、建屋内部の4本の鉄塔主柱に構台受梁を取り付け、これに構台梁(支持梁)の内端を載せ、建屋の窓を通して放射状に張り出し、外端は吊りワイヤーで支持する構造である。高層構台の平面図を図-5に、中層構台を図-6に示す。架設の能率化を図るため、2本の構台梁で構成する構台床ブロックを地上で面組みし、グレーチング、手摺を取り付け、ユニットとしてケーブルクレーンで吊り上げる。

面材と面材の間は、繁ぎ材を人力で取り付ける。構台を吊る吊りワイヤーは、面材が水平になるよう調整しながら固定した。また、取付ける面材が塔に対して片荷荷重にならないよう、塔中心に対して対称位置の部材を同時に組み立てるように、2方向にケーブルクレーンを設置して取付けを行なった。構台外面部の取付手順を図-7に示す。

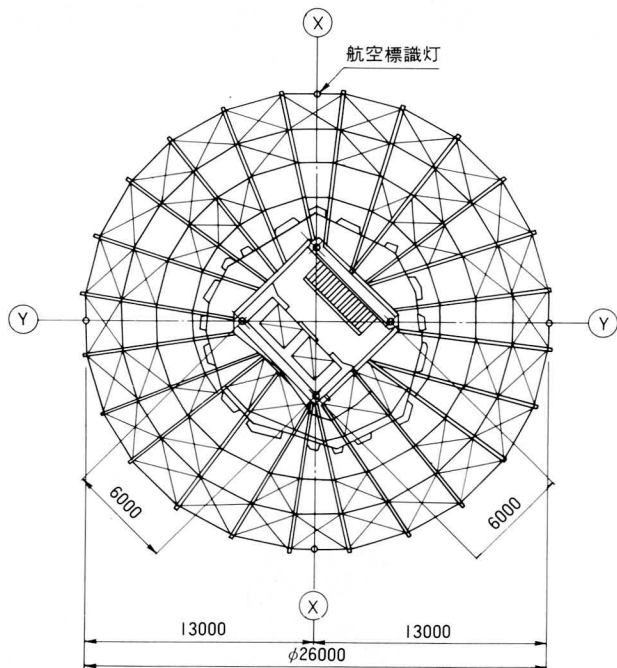


図-5 高層構台平面図

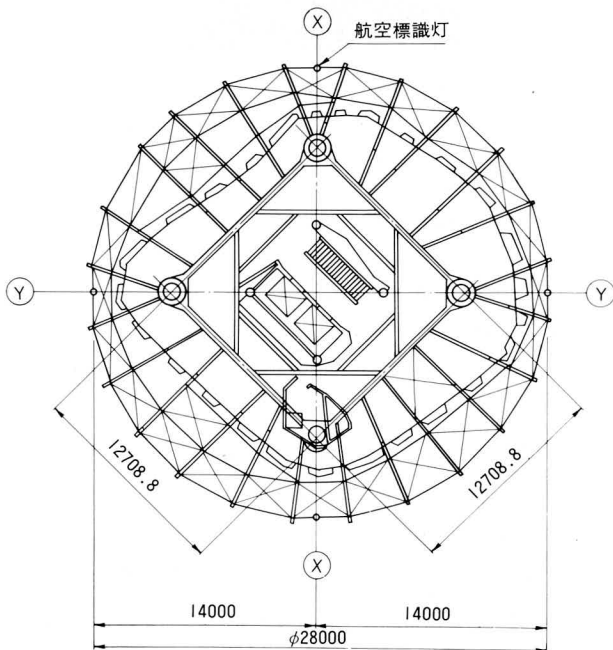
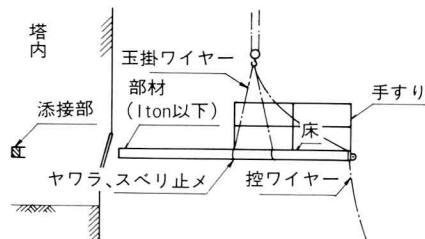
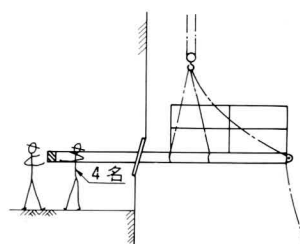


図-6 中層構台平面図

①部材を塔に近づける。



②内に入れ添接する。



③吊ワイヤーの取り付け。

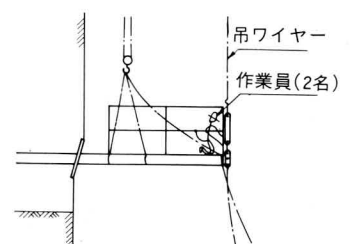


図-7 構台外面部の取付手順(支持梁)

キャリアの移動回数を少なくするため、高層・中層の上下構台の面材の取付けを行なった。

なお、構台受梁の鉄塔主柱への取付けは、3つ割のバンド形式の接合金物を、高力ボルトで鉄塔主柱に締め付け、バンドの内面には、樹脂接着剤を注入してすべり防止の安全を期した。取り合い金物と主柱との接合方法としては、溶接によることも検討したが、高層部主柱には203t、中層部主柱には347tの圧縮力がかかっているため、加圧下での溶接には局部座屈も危惧され、前述のバ

ンド形式を採用したものである。図-8に取合バンドの要領図を示す。

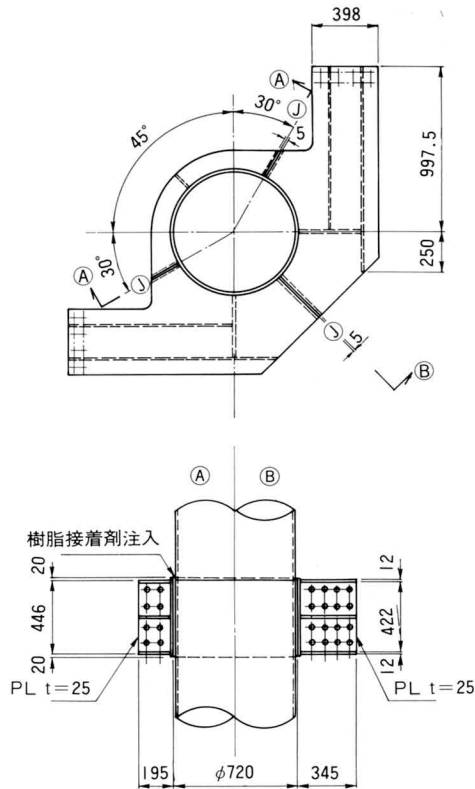


図-8 主柱材取合バンド要領図

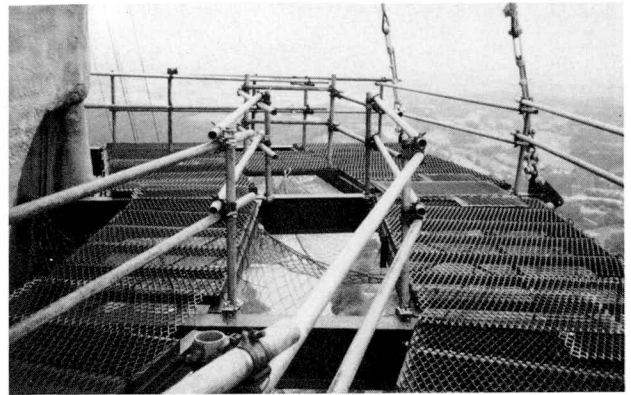


写真-5 組立て完了した構台



写真-6 作業足場外観



写真-4 キャリヤーによる構台の組立て

6. 各工区の塗装作業要領

塗装作業は、図-9の作業要領図に示すごとく、塔全体を4工区に分け、各工区別に作業要領を作成した。

(1) A工区

鉄塔本体の頂部に設置された頂部リングの梁より台付ワイヤーを利用し、1人乗り用ゴンドラ（スカイチェア）を吊り下げる。このスカイチェアに乗り本体壁面を上部から水洗い、塗装作業を行うものである。壁面との作業間隔は、作業員の足の反動と壁面間隔補助ワイヤーを手巻きウインチにより巻き取りながら作業を行う。

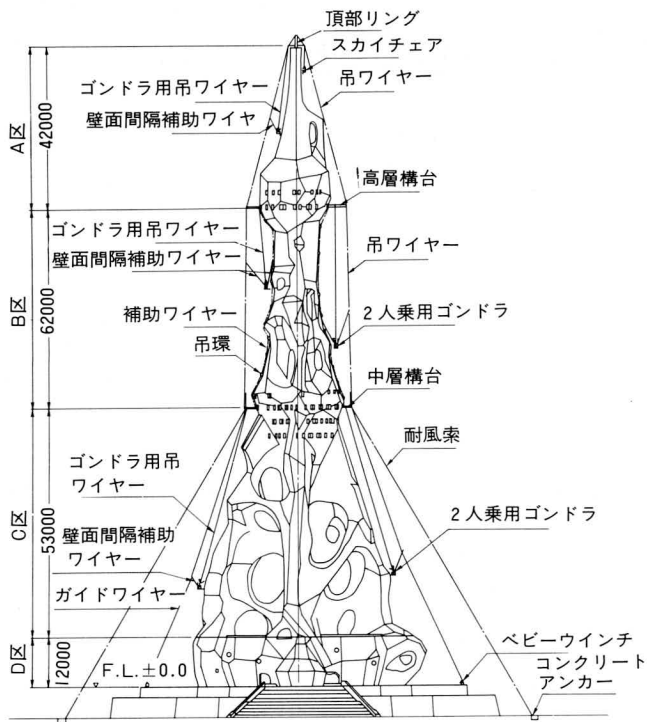


図-9 塗装工事業業要領図

(2) B工区

高層構台の支持梁を利用し、2人乗り用ゴンドラを吊り下げ、上部より下部に水洗いと塗装作業を行う。本体壁面がかなり複雑な凹凸があるため、壁面とゴンドラとの間隔を一定に保つことが難しい。その解決方法としては、本体に建設当初取付けられたステンレス製の吊環を利用して、張り渡したワイヤーと、構台を吊っている吊ワイヤーとを利用し、ゴンドラに設置されている2台の手巻きウインチの操作で壁面間隔補助ワイヤーを張ったり、弛めたりしながら一定の間隔を保持しながら作業を行う。

(3) C工区

中層構台の支持梁を利用し、B工区と同型のゴンドラを吊り下げ、上部より下部に水洗いと塗装作業を行う。

壁面とゴンドラとの間隔を一定に保持させる方法は、ガイドワイヤーと壁面間隔補助ワイヤーをウインチで調整をする。

(4) D工区

D工区の作業は、基壇にスカイマスターを据付け、全面のショットクリートをはつり取り、新しくショットクリートを吹き付け、その上に塗装作業を行う。

スカイマスターは、対称に2台据付け、作業を行った。

7. 化粧工事

塔の化粧工事は、外壁全面の汚れを高圧水洗によって除去することにした。ノズル先端の水圧が $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上の水を 40cm の距離から噴射し、 1m^2 当り約2分間で水洗いするのを基準として作業を行なった。水洗いに要する水量は、1分間に 10l を基準とした。全体の水洗い完了後、壁面のひび割れ箇所をコーキング材で補修をした。

高さ12メートルまでの鉄骨鉄筋コンクリート構造部分の外壁は、表面を約 5cm 砥り取り、その上にセメント・砂の混合材を吹き付けた。

塔全体は、水洗い清掃後塗装を実施した。塗装工程は、①プライマー塗布 1回 ②下塗り・中塗り・上塗りの順に3回塗りとした。

プライマーは、アクリル樹脂溶液を $0.3\text{kg}/\text{m}^2$ の使用基準で下地に均一にウールローラーで塗布し、下地を強化し塔体外装材との接着性を均質にした。

下塗りは、アクリルゴム系の防水材（アクリトーンWS）で -20°C の厳寒下でも柔軟で下地クラックからの漏水を防止できるもので塗布量は $1.5\text{kg}/\text{m}^2$ 以上とし、マスチックローラーでむらなく塗布した。

中塗りは、アクリル樹脂系塗料（アクリトーンWS）で塗布量は $1.3\text{kg}/\text{m}^2$ とし、下塗りと同じ法法で塗布した。

上塗りは、アクリル樹脂系で弾性があり防水性能の良いものを使用した。塗布量は、 $0.7\text{kg}/\text{m}^2$ を基準としてマスチックローラーでむらなく塗装を行なった。

8. あとがき

塔の外装を補修・化粧し直すことが本工事の目的であったが、塔の形状の複雑さのために、工事用足場として作業用構台を塔頂部からの吊りワイヤーによって支持する特殊な工法を採用した。本工事の中では、この構台を設置する工事が最も困難、かつ危険を伴うものであった。

特に部材を吊り上げる際の塔本体に対する力の釣り合い、ヘリコプターによる塔頂部リングの取り付けをはじめとして、何れも細心の注意を、疎かにできない作業ばかりであった。

これらの工事が、1度の事故もなく終ることができたのも、関係者一同の細心の注意と、東急建設株式会社の御指導をはじめ、日本ビソー株式会社、東興建設株式会社の多大の御協力の賜であり、誌上を借りて感謝する次第である。