

## 16. Ts-up 工法（高層鉄塔施工システム）

大成建設(株)：\*吉川 明男, 西村 正宏  
伊藤 幸次

### 1. はじめに

近年、膨大な情報伝達をつかさどるマイクロウェーブ通信の中継所として、アンテナ設備を屋上に備えた高層オフィスビルが増えてきている。

このようなアンテナ設備設置用の高層鉄塔を、従来のように狭い吊り足場と水平ネットを用いて施工した場合、超高層エリアであるため工事は風の影響を受けやすく、溶接などの施工品質の低下、工程の遅延などが懸念される。また、安定した作業環境が確保できないため鉄骨の建方精度の確保が難しいと予想される。

これらの問題を解決するために鉄塔の周りに作業ステージを配置し、工事の進捗に合わせてその作業ステージを昇降させ、高層鉄塔を建設する「Ts-Up 工法」（写真1）を開発し工事に適用した。Ts-Up 工法の「T」は「Taisei（大成建設）」と「Tower（塔状構造物）」、「s」は「stage（作業ステージ）」と「safe（安全）」を表し、「Up」は「上昇」の意である。本工法の適用により、超高層エリアの施工においても、安全に効率よく、高い施工品質を保ちながら鉄塔建設を進めることができる。

本報では、本工法を適用した工事の紹介を行ない、工法の概要とシステムを構成する技術を説明し、最後に工事への適用結果を報告する。

### 2. 適用工事の概要

本工法を適用した鉄塔は、横浜市みなとみらい地区の高層オフィスビル横浜 MM タワー（高さ約 105 m）の屋上に建設された通信用アンテナ設備設置用の高層鉄塔（高さ約 148 m）（図1）である。

鉄塔の構造は鉄骨造のブレース付きラーメン構造である。塔体の基本平面プランは、2 スパン × 3 スパンである（図2）。鉄塔の上層部には塔体から 5.5m 跳ね出したプラットフォーム（アンテナ設置床面）を5層有する（図1、3）。全ての鉄骨部材は防錆のため、溶融亜鉛メッキ処理されており、現場溶接部は亜鉛-アルミ溶射処理を施す。表1に高層鉄塔の建築概要を示す。



写真-1 Ts-Up 工法外観

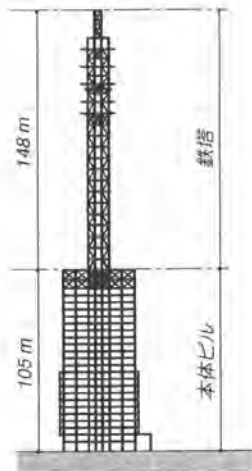
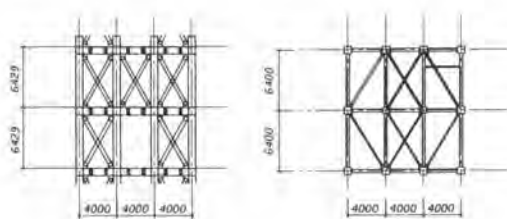


図-1 横浜MMタワー

表-1 MMタワービル鉄塔部の建築概要

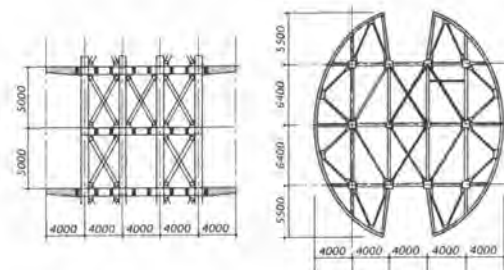
建設地	横浜市西区みなとみらい地区
工期	1998.9月～1999.9月(13ヶ月)
主要用途	通信用アンテナ設備設置用鉄塔
階層	塔体 23層 頂部小塔 2層
最高高さ	GL+253.0 m
構造	ブレース付ラーメン構造
	S造 溶融亜鉛メッキ
	鉄骨総重量 : 約 2600 t
	柱接合 : 溶接接合
	梁・ブレース接合 : ボルト接合



(a) 立面図

(b) 平面図

図-2 鉄塔の塔体部



(a) 立面図

(b) 平面図

図-3 プラットホーム

### 3. Ts-Up工法の概要

Ts-Up工法は、主にセルフクライム式に昇降する「ステージシステム」、鉄骨建方手順を工夫した「施工方法」、および鉄塔の鉛直性を管理するための「計測システム」により構成される。以下に各システムの説明を記す。

#### 3.1 ステージシステム

ステージシステムは、「外周作業ステージ」、「昇降システム」と「インナーステージ」で構成される。ステージシステム概念図を図4に示す。このステージシステムを採用することにより、作業員は、超高層エリアの施工であるにもかかわらず、その高さを意識することなく、作業を進めることができる。

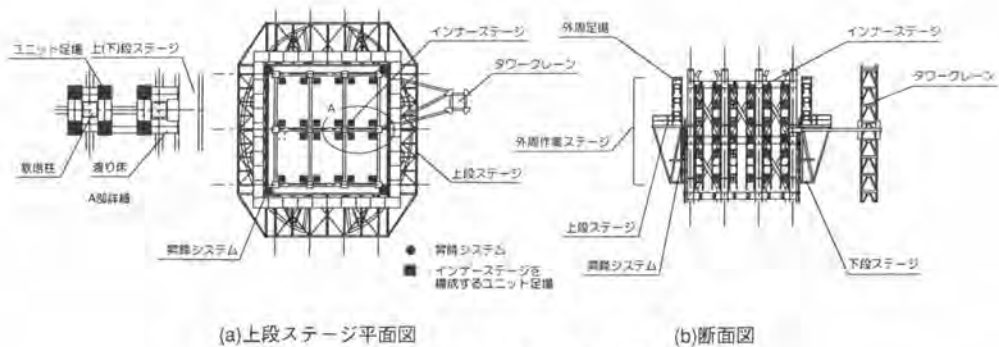


図-4 ステージシステム概念図

### 3.1.1 外周作業ステージ

外周作業ステージは工事の進捗に合わせて昇降システムにより昇降し、鉄塔外周の作業のための、安全で安定した作業床を提供する。

外周作業ステージは、「上段ステージ」、「下段ステージ」と上段ステージ上の「外周足場」

の3層構造である。表2に示すように外周作業ステージ上の作業は3層に分割し、混在作業を無くした。これにより複数の作業を同時に行なうことができ、効率的な施工が可能になる。

外周作業ステージという安全で安定した同一作業環境で、作業員は同じ作業を繰り返すので、習熟による作業効率の向上が期待でき、工期短縮が可能になる。

作業場所への風の吹き込みを防ぐため、外周作業ステージはメッシュシートで覆われているので、作業の安全性と溶接・溶射の施工品質を保つことができる。

外周作業ステージには作業に必要な溶接機や溶射機、昇降システムの油圧機器類を搭載してある。外周作業ステージの骨組み重量は約40tであり、搭載している資機材と外周足場を含めると全体重量は約80tである。

表-2 外周作業ステージ内の作業区分

ステージ	上昇時の作業	下降時の作業
外周足場	鉄骨建方	下降前撤去
上段ステージ	柱建方、溶接	プラットフォーム施工
下段ステージ	柱溶接部溶射	作業なし

### 3.1.2 昇降システム

外周作業ステージを昇降させるための昇降システムはセンターホールタイプの「油圧ジャッキ」と節付きの鋼棒「ステップロッド」とで構成される(写真2)。表3に油圧ジャッキとステップロッドの仕様を示す。

今回の適用工事では、外周作業ステージを昇降させるための油圧ジャッキを、図4に示すように鉄塔の四隅の柱の外側、上段ステージ梁下に固定した。ステップロッドは、鉄塔の四隅の柱の外側に本体ビル屋上の本設梁から立ち上げ、油圧ジャッキを貫通して上段ステージまで通っている。油圧ジャッキはステップロッドに沿って移動し、外周作業ステージを昇降させる。



写真-2 油圧ジャッキとステップロッド

表-3 油圧ジャッキとステップロッドの仕様

油圧ジャッキ	最大出力	75 ton
	最高圧力	170 kg/cm <sup>2</sup>
ステップロッド	最大径	85 φ mm
	最小径	52 φ mm
	材質	SCM435

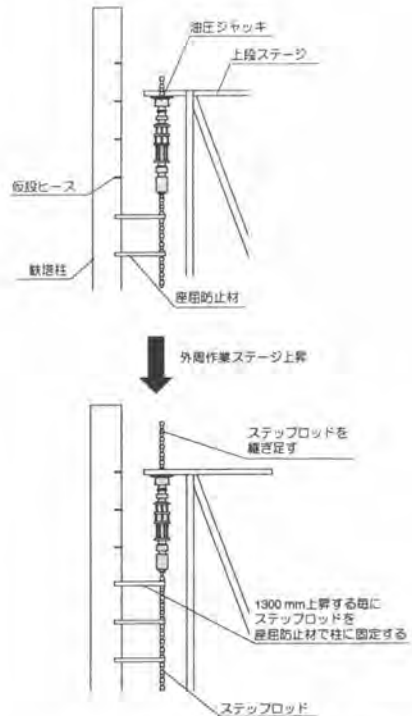


図-5 昇降システムの上昇手順

この昇降システムは、油圧ジャッキを任意の高さで停止・固定させることができるので、外周作業ステージを、作業を行なうのに最も適した位置に設置することが可能である。

外周作業ステージ全重量は、4本のステップロッドの軸力として鉄塔基部の鉄骨まで伝えられる。各々のステップロッドは約1300 mm 間隔でロッドキャッチャーにより鉄塔の四隅の柱と固定されている。これによりステップロッドは軸外方向を規制されると共に、ステップロッドが座屈することを防いでいる。図5に昇降システムの上昇手順を示す。

### 3.1.3 インナーステージ

鉄塔内部の作業用のインナーステージは、作業床を6段持つ「ユニット足場」で構成される。今回の適用工事では、図4に示すようにユニット足場を24基使用した。

柱の溶接と溶射作業を安全にかつ連続して施工するために、ユニット足場の3・6段目と、上・下ステージとを可倒式の渡り床で連結し、柱全周を囲む作業床を構成する(図4)。個々のユニット足場の盛替えはタワークレーンで行なう。

## 3.2 施工方法

ステージシステム上昇時に、塔体を1層ずつ施工し、下降時にプラットフォームを施工する方法を採用した。下降開始前に外周足場を撤去し、上段ステージ上をフラットな状態にし、この床面上でプラットフォームを安全に施工する。図6に施工方法を示す。

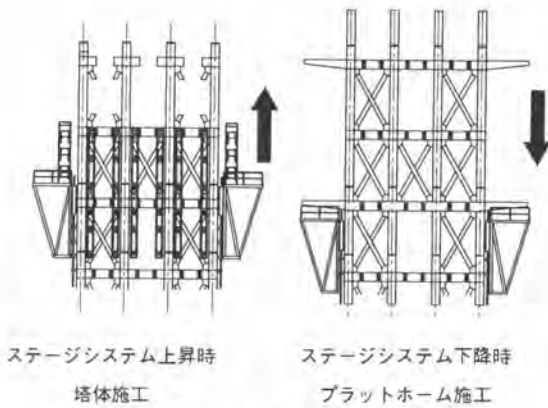


図-6 施工方法

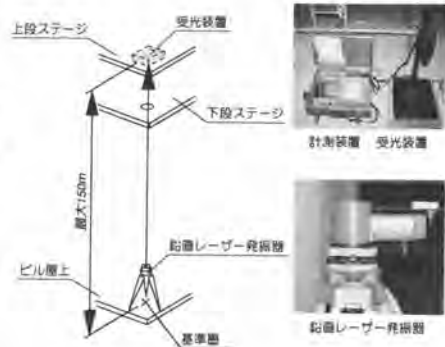


図-7 鉛直計測システム

### 3.3 計測システム

鉄塔の精度管理に関しては、ビル屋上に設けた基準位置から高精度（1 / 20000）の鉛直レーザ発振機で鉛直にレーザ光を発振し、そのレーザ光を上段ステージ上で受光して外周作業ステージの正確な位置を求める方式を採用した。受光には画像処理装置を用い、光が揺らいだり、建物が揺れていても正確に中心を把握できるようになっている（図7）。求めた外周作業ステージの位置を基に各鉄骨柱の建入れ調整を行い、精度よく鉄塔を建設する。

## 4. Ts-Up 工法の適用結果

### 4.1 基本サイクル

ステージシステム上昇時、塔体の施工は3層にわたって複数の作業を同時に進めていく。今回適用した工事では、1層を7日サイクルで施工する計画を立案した。図8に基本層（N層）の施工サイクルを示す。

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
外周足場	建方	歪み直し					
上段ステージ	建方				溶接		
下段ステージ	UT検査				溶射		
仮設						スライクミシク	TCクワイシク

図-8 サイクル工程表

	H10												H11								
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
仮設工事	タワークレーン撤去												タワークレーン解体								
本体ビル新築工事	本体鉄骨工事												本体内部仕上げ工事								
鉄塔工事	鉄塔本体建方												外周組立								
	Ts-Upシステム導入												Ts-Upシステム撤去								
	PCU取付												外周組立								

図-9 全体工程表

#### 4.2 全体工程

工事は、平成10年10月より開始した。鉄塔の2層目までを在来工法で建設した後、ステージシステムを本体ビル屋上に設置した。3層目からは、ステージシステムを上昇させながら塔体の施工を進め（写真-3）。平成11年5月中旬に頂部小塔を含めて塔体が上棟した。その後、プラットフォームを取付けながら、本体ビル屋上までステージシステムを下降させ、7月下旬に本システムを屋上より撤去した。本工法の運用期間は約9ヶ月間であった。その後、タワークレーンを最上部からクライムダウンさせ、屋上で解体・撤去し、工事を完了した。図9に鉄塔建設工事の全体工程表を示す。



写真-3 施工状況

#### 4.3 Ts-Up工法の導入による効果

以下に本工法を導入したことにより得られた効果をまとめる。

- ・ステージシステムにより、安定した作業足場を提供でき、超高層エリアにおける施工にもかかわらず、安全に工事を進めることができた。
- ・同じ環境の中での繰り返し作業としたことにより、習熟による作業効率の向上が得られた。習熟後は、計画より1日短縮した6日サイクルで施工が進み、工事全体の工期短縮ができた。
- ・安定した作業床があるので、施工監理者や元請け社員も施工場所に容易に行くことができ、十分な施工管理のもと、高い施工品質が確保できた。
- ・高精度レーザ鉛直機を用いた計測システムにより、高い精度で鉄塔を建設できた。
- ・外周がメッシュシートで覆われているため、ステージシステム内部では風に影響されない作業環境が得られ、溶接と溶射作業において高い品質の施工ができた。また強風による作業不能日を減らすことができ、工程の遅延を防ぐことができた。

#### 5. まとめ

本工法は鉄塔の階層が多いほど導入効果が大きいですが、今後は物件数が多い中規模の鉄塔に対しての工法のリファインと適用検討を行ないたい。

今後の計画において、プラットフォーム施工に続けてアンテナ設置工事も行なうようにすれば、アンテナを含む鉄塔全体の建設コストを低減することができ、また全体工期を短縮することができるので、アンテナ設置工事も本工法の所掌範囲に取り込みたいと考えている。