

太陽の塔内部再生プロジェクトにおける塔本体の構造補強設計について



株式会社昭和設計
浅野 康弘

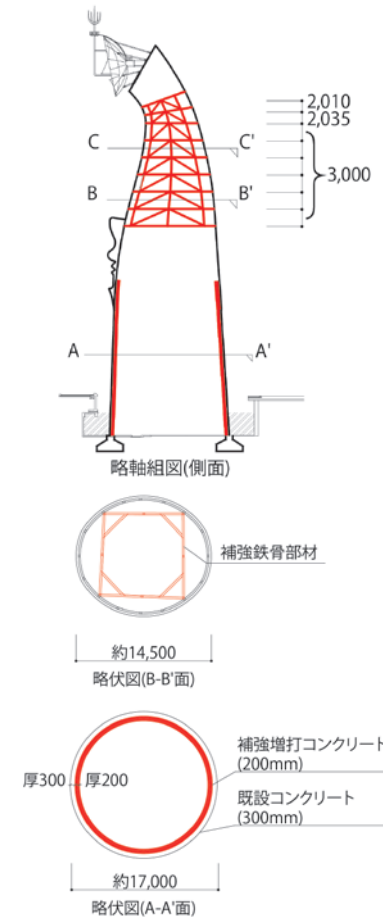
当建物(塔本体)は1970年大阪万博において内外観覧を目的とし仮設建築物として建てられた。デザイナーは岡本太郎、実施設計は集団製作建築事務所(構造:坪井研究室)、施工は大林組・竹中工務店・藤田組である。その後は取り壊す予定であったが保存運動により、1975年に内部に一般人の立ち入りを許可しない工作物として保存されたものである。

2012年に内部公開をするため、改修計画が提起された。本稿は紙面の都合上、耐震診断結果や周囲の増築部等は割愛し、塔本体の構造補強設計について解説する。

まず、塔本体の概要であるが、平面形状はほぼ円形(腕直交軸に長径を持つ楕円)であり、立面形状は最下部の直径が約20m、徐々に直径を絞って最上部で約9mとなる円筒形である。またGLから約30mの位置に跳ね出し長さ20m、基端部の直径6.5mの両腕があり、建物高さは約64mである。なお、申請上は腕レベルに2階床がある地上2階建て(地下1階)の建物としている。

構造種別・架構形式は、地下1階から腕がある地上2階まで(胴部)が壁厚30cmの円筒形RCシェル構造、腕から上部(頂部)と腕は鋼管φ-114.3~267.4で構成された円筒形鉄骨トラス構造+コンクリート吹付(ショットクリート)仕上げ、胴部と頂部と繋ぎ、両腕が取り付け胴体部分は鋼管柱とH型钢の梁を内蔵した壁厚30cmの鉄骨鉄筋コンクリートシェル構造である。なお、腕を支持するために胴部最上層と頂部最下層には、鋼板を内蔵したRCリングが設けられている。

求められた計画は、外観はもちろんのこと、最上層まで吹き抜ける内観も極力変えないという条件があり、補強は外周に沿って、しかも内側のみに限定された。結果、胴部内側に厚さ20cmの増打ち壁による補強、頂部の円筒形鉄骨トラスに内接する鉄骨ブレース補強を採用した。基礎・両腕・両腕が取り付け部分は検討の結果、無補強とした。



大地震時において、胴部については最下部直径約20mの円筒にかかる曲げモーメントによる引張力を主に20cmの増打ち部縦筋D19@150ダブルで負担し、せん断力を30cm+20cmのコンクリート断面で負担する計画としている。当初の施工時期毎に採取したコンクリートコアの圧縮試験結果

によると平均は $F_c=27.8\text{N/mm}^2$ と良好であり、増打ち部コンクリートは $F_c=24\text{N/mm}^2$ を採用した。頂部については、胴部RCシェルの剛性が高いため上層に上がるに従って増幅される地震力の分担において7割程度を既存の円筒形鉄骨トラスから補強鉄骨に移すため、補強鉄骨の剛性を高くする必要があった。よって、柱φ-267.4×9、梁H-200×200×8×12、ブレース□-200×200×9で構成された4本柱の四角形補強フレームを既存円筒形に内接するよう挿入した。なお、四角形補強フレームによって補強部材数を減らす結果となり、前述の地震力分担を可能にただけでなく、施工時の煩雑さ解消やハンドリングの良さも同時に実現した。

解析モデルは弾塑性性を考慮した全体立体モデルとし、二段階の地震レベルを設定した時刻歴応答解析(水平動と上下動の組み合わせ)を行い、既存鉄骨及び補強鉄骨の塑性率を3.0以下、RC増打ち部縦筋は若干弾性を超えるが、せん断に対しては終局強度以下となっていることを確認した。

最大応答値表示項目	Y方向振動
RCシェル壁の軸方向塑性率	1.12 < 3.0
RCシェル壁の面内曲げ塑性率	2.33 < 3.0
RCシェル壁のせん断塑性率(終局せん断耐力以下)	0.91 < 1.0
既設鉄骨部材の軸方向塑性率	1.10 < 3.0
補強鉄骨部材の軸方向塑性率	1.13 < 3.0
リング部SRC部材の軸力(kN)	1526 kN (OCA'引張) < 2696 kN
リング部壁(W30+内蔵PL)の最大主応力(kN/m)	2522 kN/m < 2932 kN/m

右腕にあるエスカレーターは荷重軽減のため撤去、胴部にあるエスカレーターは鉄骨階段に撤去・交換した。

