

通天閣

26-008-2017 作成
種別 耐震改修
建物用途 その他

発注者 通天閣観光株式会社
改修設計 株式会社 竹中工務店
改修施工 株式会社 竹中工務店

所在地 大阪府大阪市
竣工年 1956 年（昭和 31 年）
改修竣工 2015 年（平成 27 年）

展望塔の営業を一日も休まず免震化

●建物概要

建物規模 地下1階／地上6階／塔屋2階

敷地面積 1,256 m²， 建築面積 881 m²， 延床面積 3,063 m²

構造種別 地下：鉄筋コンクリート造

地上：鉄骨造／免震改修後：鉄骨造、免震下基壇部 SRC 造

●改修経緯

計画の契機となったのは、「通天閣は1995年の阪神大震災では大きな損傷は発生しなかったが、今後発生が予想される南海・東南海地震レベルのものに対しては、塔頂部を中心に大きな損傷を受ける可能性がある」とする、大阪大学大学院工学研究科・宮本裕司教授の指摘によるものだった。これを受け、2013年に耐震改修コンペが行われ、「通天閣免震レトロフィット」をコンセプトとする案が採用された。最先端の技術を駆使しながら今あるものを次の世に継承することを目的に基壇部免震構造の採用による耐震改修を実施した。

●免震改修計画

耐震改修を実施するにあたり、耐震補強／制震改修／免震改修の3パターンを比較検討した（図1）。耐震補強の場合、新規部材の追加や既存部材の入れ替えによる大断面化が必要になり、登録有形文化財としての外観への影響が発生する。また、地震時においても、改修前と変わらない激しい揺れが発生する。制震改修の場合、鞭のようにしなる建物であることから、制振ダンパーは建物の外部に鉛直方向に取り付ける形態となり、耐震補強に増して外観への影響が大きくなる。また、制震効果は変形することが前提であるため、展望台の揺れは大きい。これらに対し、免震改修は脚部のみの工事とすることができ、展望塔上部には手を加える必要がない。また、免震上部は全体がゆっくり大きく揺れるため、展望室の地震動に対する安心感も向上する。加えて、高所作業を必要としない点が有利である。以上の理由から免震改修を採用することとなった。

免震化にあたり、建物のどの高さレベルに免震層を設けるかを検討した。通天閣は高さ100mの展望塔と28mのEV塔が地下と地上18mで連結されている。来館者は、地下よりEV塔を経由して展望塔を昇降する。これを念頭に免震層位置を比較した（図2）。Aの下部展望室上に設定した場合、展望塔のEVシャフトを横切ることが最大の課題となる。また、下部展望室は耐震構造のままである。Cの地下に設定した場合、架構計画的には最もシンプルとなるが、道路面と地下階にスラスト補強材が必要となることで店舗スペースとしての利用が不可能となることと、免震 Exp. J が地盤面（公道上）に現れることが問題となる。そこで、下部展望室を含め免震化が可能であり、来館者の動線、EVシャフトとの干渉が少なく、工事中も営業が継続できるBの中間階基壇部（地上約10m）案を採用した。

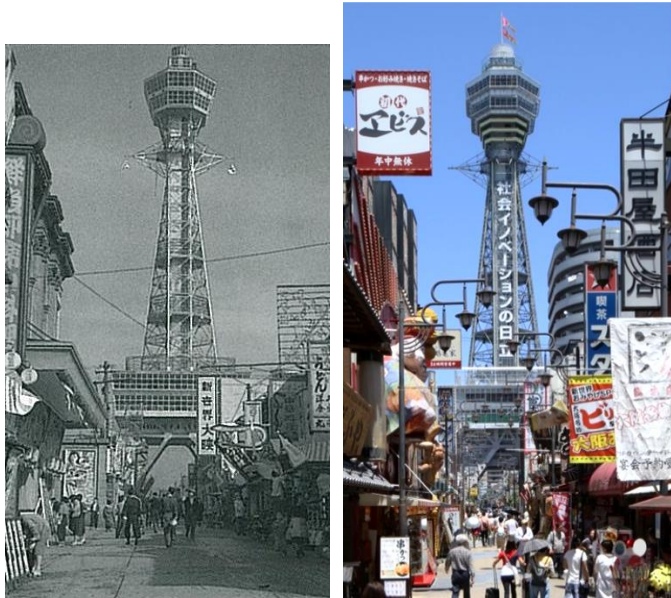


写真1 通天閣竣工時（1956年） 写真2 現在の通天閣（2017年）

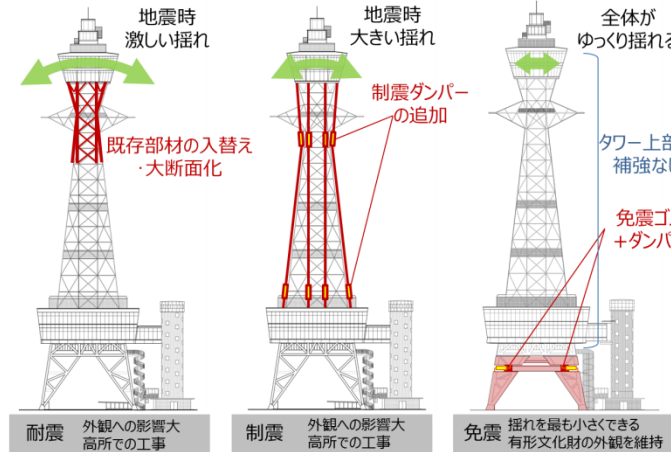


図1 耐震改修工法の比較

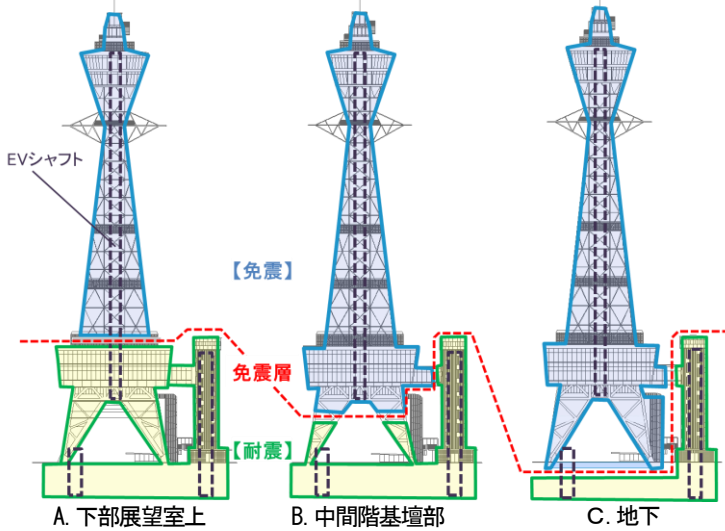


図2 免震層位置の比較

【要約】 通天閣は、大阪のミナミ「新世界」の観光名所として、国内外から年間100万人の観光客が訪れている。地上100mの鉄塔の免震化にあたり、基壇部での中間階免震を採用することで営業を一日も休止せずに免震化を実現した。公道を跨ぐ特殊な立地条件に対して、仮設構台により工事範囲を完全に分離することで、無事故無災害で工事を完了した。

【耐震改修の特徴】 営業しながらの補強、施工中の安全性確保、登録有形文化財としてデザインの継承、天井画の復刻

【耐震改修の方法】 強度向上 靱性向上 免震改修 制震改修 仕上げ改修 天井改修 設備改修 液状化対策 基礎の耐震改修 その他

●改修技術の説明

免震化とは、いまある柱を免震ゴムに置き換えることである。通天閣は非常に高い鉄塔であるため、柱切断時でも不安定にならないよう、綿密な工事計画を行った。基本的な考え方は、(1)すべての補強工事を先に完了させる(2)補強は下から順番に行うことの2点である。図3,4に免震化工事の手順と免震機構の概要図を示す。

①補強前の脚部は、鉄骨造の柱を鉄筋コンクリートで耐火被覆した状態であった。②脚部をさらに鉄筋コンクリートで被覆補強し、4つの脚を強固につなぐ鉄骨梁（コンプレッションガーダ）を設置する。③補強された脚に免震ゴムを設置する。免震デバイスは、天然ゴム系積層ゴム 1000×900と、速度比例型のオイルダンパー（最大減衰力1,000kN）を採用した。オイルダンパーは地震時以外を電磁ロックすることで風対策を講じることができるジャッキ&ロックダンパー®とした。④下部躯体と同様、免震ゴム上部の既存躯体も鉄筋コンクリートとつなぎ梁（テンションガーダ）で補強する。ここまでで、免震化に要するすべての補強工事の完了である。続いて、⑤免震化で不要となる既存柱および渡り廊下を切断して、構造的な免震切り替え工事は完了となる。⑥免震 Exp. J. に意匠パネルを取り付け、構造体フォルムを復活させる。展望塔とEV塔をつなぐ渡り廊下にはじゃばらエキスパンションを採用し、大地震時の大変形に追従できる機構とした。このように免震化工事を基壇部および渡り廊下だけで完結させることで、展望塔としての営業を1日も休止することなく、登録有形文化財としての外観を保持したまま、安全に免震化工事を終えることができた。（写真1,2参照）

●免震改修の効果

免震改修の効果を確認するために第三者機関による任意の構造性能評価を取得した。詳細な立体モデルによる地震応答解析により、上町断層帯地震・南海トラフ地震レベルの巨大地震に対しても、展望室の揺れの強さを1/2から1/3程度に抑えることができ、いままで以上の安心・安全を実現できていることが確認された。

●設計者・施工者コメント

100mの鉄塔を免震化するという挑戦的なプロジェクトであった。営業を継続しながら耐震改修工事を行う方策として、地上7mの高さに工事エリアを包括する堅固な作業構台を設置し、地域の生活動線や来館者の動線と工事機材・作業員の動線を上下に完全分離する工法を採用した。免震構造への切替えは10日間にわたる夜間作業とし、緻密な計測管理で塔の安全性を確認することで、日々の通常営業を完遂することができた。

●発注者コメント

1912年の初代通天閣誕生から100年、この10年間で力を蓄え次の100年の発展を目指すNext210(ワテン)プロジェクトの目玉として、世界初の免震タワーになりました。ご来場をお待ちしております。

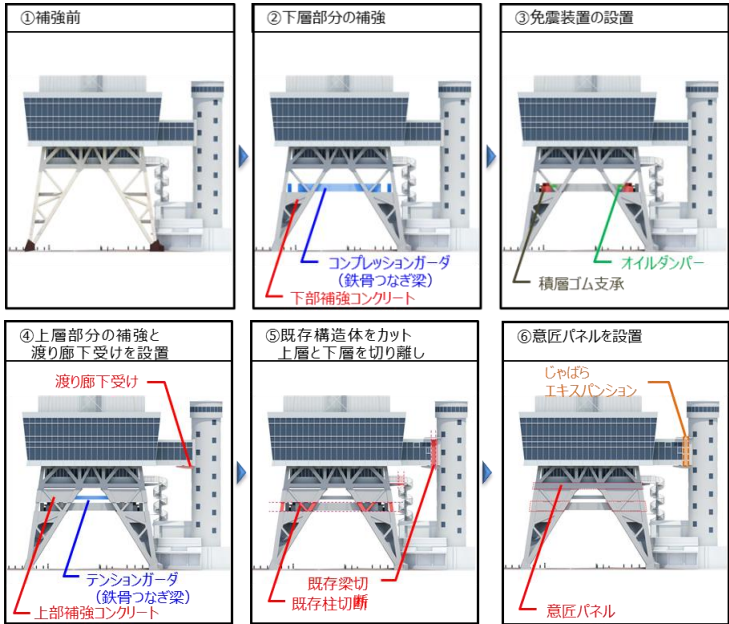


図3 免震化工事の手順

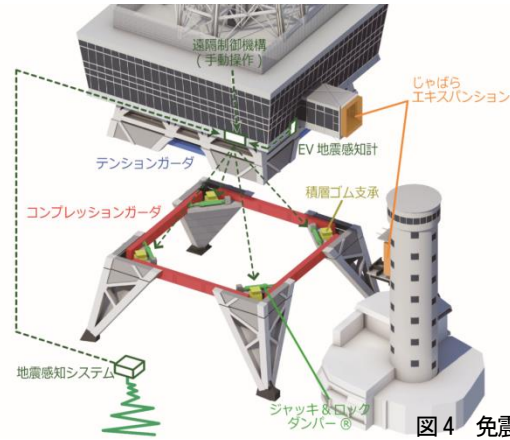


図4 免震機構概要図



写真3 作業エリア内での工事状況

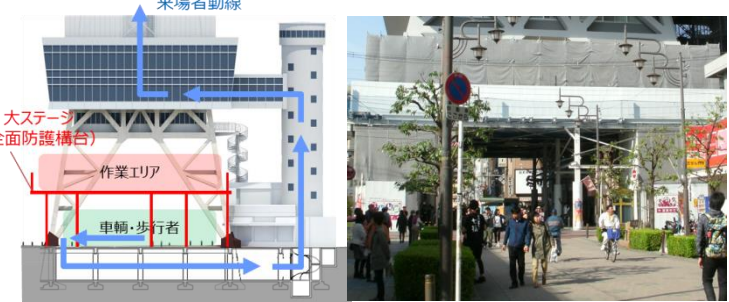


図5 作業エリアの分離

写真4 公道の通行は確保