

## 水戸芸術館タワーの構造について

金箱構造設計事務所 金箱温春

(水戸芸術館構造設計担当者：当時は横山建築構造設計事務所在籍)

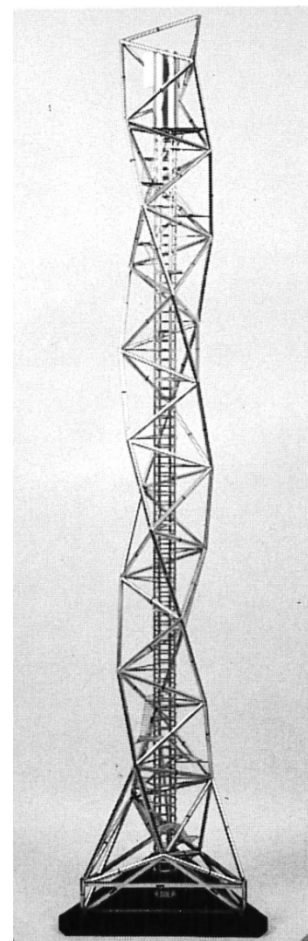
### <構造の概要>

この建物は、一辺 9.6m の正四面体を 28 個積み重ねた形態となっており、稜線が自動的にねじれたものとなっています。稜線の部分に、直径 500mm、厚さ 21~60mm の鉄骨のパイプ材が配置され、それらが 1 つの点に 6 本集まって一体化された構造体となっています。部材の集まる部分は特殊な接合部となるため、建設前に施工実験を行って品質確保については万全を期しました。

通常の建物では柱や梁によって構成される構造は四角形であり、建物によってはブレース（すじかい）を入れて三角形を構成することが行われますが、この建物では全てが三角形で構成されているため、効率のよい構造となっています。

内部のエレベーターのまわりにも柱が立ち並んでいますが、主要な骨格は外部の正四面体の構造となります。正四面体の最下部には 3 本の控え柱を設けており、横からの力を受けた時の安定を高める役割を持っています。

基壇部分は鉄骨鉄筋コンクリートの強固な構造となっており、さらに地下室では周囲の駐車場部分と一体となり、塔の重しとしての役割を果たしています。地下部分の構造体は地表面から 6m の深さがあり、水戸の台地部分に分布する十分に固い地層に支持されています。



### <地震や風に対する検討>

地震に対しては、過去の大きな地震動の波形をもとに最大級の地震動を想定して、時刻歴応答解析（地震を受けた時の塔の揺れの状態をシュミレーションする計算方法）により構造体の強度や変形の様子を検討しています。最大級の地震動（震度 6 強程度\*<sup>1</sup>）を受けた場合には、構造体の強度は十分にあり、塔の頂部で約 90cm（通常的位置から片側での変位）の大きな変位が生じ想定されています。

台風に対しては、風洞実験（模型をつくり、風を受けた時に受ける力の状態を調べる実験）を行い、また建設地の過去の気象データを参考にして風荷重を設定し、構造体の強度や変形の様子を検討しています。最大級の台風時（地上付近で、10 分間平均風速 37m/s、瞬間最大風速約 54m/s。塔の頂部での瞬間最大風速は 82m/s\*<sup>2</sup>）には塔の頂部では約 90cm の揺れとなることが想定されています。このタワーは通常の建物に比べると風による揺れが大きい構造となっていますが、強度は十分に確保されています。

#### <\*1の補足説明>

「震度階」という概念は、もともと大まかな揺れの状況を示す指標として決められ、昔は気象庁の担当官が自分の感覚と周囲の建築の被害状況で決めていたものである。現行の震度階は地震計によって測定された加速度を短周期と長周期領域をある程度カットし、水平動、上下動を合成した最大加速度の値によって決められているが、建物に与えるダメージとは直接結びついていないことが指摘されている。極めて短い周期で大きな加速度が生じても建物へのダメージは少なく、周期1秒以上の加速度や速度が建物にとっては影響が大きいものとなっている。「震度7」が計測される場合には、短周期領域の加速度によることが多く、建物に与えるダメージは少ない。今回の東北地方太平洋沖地震でも栗原市では震度7が観測されたが建物被害は少ない。したがって、一般的には想定される最大級の地震としては、「震度6強」程度（地動加速度で300～500ガル程度）を考えている。

#### <\*2の補足説明>

風は強く吹いたり弱く吹いたりするため、構造設計では10分間の平均風速とそこからの変動割増を考慮してとなっている。今回の設計では、水戸における100年再現期待値の平均風速として37m/sが用いられ、変動割増は建物の高さや地上付近の地形によって異なるが、今回の建物での割増率を考慮すると瞬間最大風速として54m/sとなる。台風時の気象庁から発表される風速は「地表面付近の瞬間最大風速」のことが多い。その意味では今回の設計は地上付近の瞬間最大風速54m/sの設計となっている。

#### <水戸芸術館・設計関係者>

建築設計 磯崎新アトリエ (協力) 三上建築事務所

構造設計 木村俊彦構造設計事務所 (協力) 横山建築構造設計事務所

設備設計 環境エンジニアリング