

【説明文】

次の【資料1】と【資料2】を参考に以下の【1】、【2】を完成させなさい。

【資料1】

地上波テレビ放送のデジタル化を契機とした新タワー建設構想は、2003年12月に NHK と在京の民放5社が将来600m級のタワーが必要であるとして「在京6社新タワー推進プロジェクト」を立ち上げたことから始まる。

用意されたのは、敷地面積は広いものの東西方向に細長い敷地で、安定感のあるタワーを造るために、建設予定地内どのような底面をとるか検討された。タワーは、足元の足場の幅が長いほど構造的に有利に働く。そこで、この敷地においてタワーの足場の幅を最大限確保できる平面形状を求めると、一辺の長さが約60mとなる正方形や同じく直径が60mとなる円形よりも、北に頂点をもつ正三角形と一辺の長さが約68mとれることが分かった。

今回の設計では、構造物が高いという理由だけでなく、底面の辺に対する高さの比率が大きいため、地震時や台風時に個々の部分に作用する力が大きくなる。そのため、高強度で断面積の大きな部材が必要となった。断面積あたりの強度を示す「降伏強度」という値で、東京タワーが240N（ニュートン）/mm<sup>2</sup>、東京スカイツリーでは規格によって400～630N/mm<sup>2</sup>のものを使用している。単線に言えば約2倍の強度を持つ材料となる。同様の理由で、その部材の接合方法も溶接が確実となっている。そうした結果、「高強度」で「閉（じ）性」（閉り強さ）が高いだけでなく、溶接性にも優れた部材を使用する必要があった。今回使用した、降伏強度が400N/mm<sup>2</sup>以上の部材は、これらの要求性能を満足するとともに、東京スカイツリー建設のために国土交通大臣の認定を取得して採用された部材である。

一方、風や地震による「揺れ」の対策では、大きな建物の足元には、一般的に柱の杭が打ち込まれる。背が高く揺れやすいと考えられる東京スカイツリーには、特にしっかりとした基礎が必要とされた。この要求に応える技術として採用されたのが「ナックルウォール」である。その名の通り表面に節（ナックル）を付けた壁状の基礎で、節によってスパイクシェーブの靴底のように地面との摩擦係数が大きくなっている。このようにすることで、揺れによって生じる「引き抜き力」や「押し込み力」に抵抗できる。

風の対策では、「ラジオゾンデ」というGPSのような発信機をつけた気象観測気球を飛ばし、上空の風の状況を調査した。その結果、高さ610mで想定した平均風速は79.1m/秒で、再現期間2000年に1度の強風にも倒壊・崩壊しないように設計されている。上部になるにつれて断面が狭みを帯び、高さ300mから円形になるのも、どの方向から吹いてくるかわからない強風にもバランスよく対応することができる構造面の理由がある。

さらに揺れを抑える制振システムには、「質量付加制振」という技術を応用している。この「質量付加制振」とは、「構造物本体」の揺れとはタイミングがずれて揺れる「おもり」を構造部に組み合わせることで、構造物全体の揺れを小さくするという原理である。タワー中央部に設置した直径8m、地下から高さ375mまでの鉄筋コンクリート管筒＝心柱（しんばしら）が「おもり」にあたり、その外側の鉄骨造部分が「構造物本体」となる。高さ125m以下は部材により塔体とつながり固定されているが、高さ125m～375mまでは塔体との間はオイルダンパーでつながれ、「おもり」の役割として揺れるように設計されている。これらを構造的に切り離し、別々の運動をさせることで、各々の部分に作用する地震力を相殺させることが可能となった。心柱という名称は、日本の伝統建築であり、地震による倒壊例がほとんどない五重塔から引用しており、五重塔にある心柱が、同じく、周囲の屋根を支える柱と梁（はり）<sup>①</sup>の構造部分から切り離されていることに由来している。心柱と現代の制振技術を融合させたのが、世界初の制振システムである「心柱制振」であり、心柱はタワー本体と構造的に分離されているので、地震の際にタワーとは異なる揺れを起こして全体の揺れを低減する。この「心柱制振」により、地震時のタワーの揺れを最大約50%低減することができる。

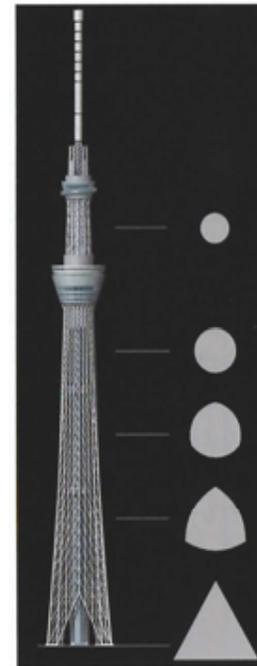
※1 老物の屋根や壁の重みを支える基礎の部分。

参考資料【ウェブサイト】

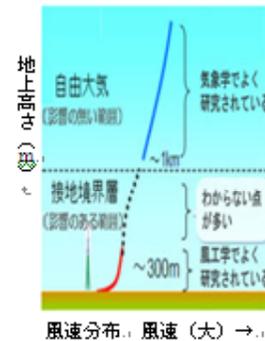
【東京スカイツリーの安全地】【日経BP社】

【資料2】

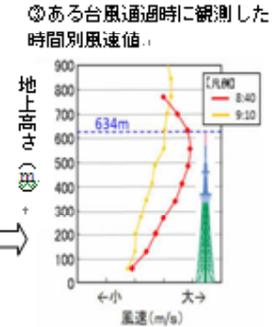
①東京スカイツリーの構造、（各階層断面図）



②高度別風速分布図、



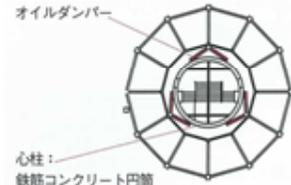
③ある台風通過時に観測した時間別風速値、



④ナックルウォールの仕組み、



⑤心柱の構造、



①、④、⑤【化学と工業】vol.63-11 2010、  
②、③【大林組 月刊】より引用・新改定。

【1】

世界一高い電塔である東京スカイツリーを建設する際に生じた問題を解題に3つ書きなさい。さらにそれぞれの解題に講じた解決策を解題に書きなさい。

【2】

あなたは今後建設する巨大高層ビルの構設計画責任者になりました。そのビルとは「東京スカイツリーと同じ条件の建設予定地で、同じ高さで上階まで居住性のあるオフィスビル」です。あなたはどのようなビルをつくりますか。東京スカイツリーのような電塔と高層ビルとの違いによって生じる課題の1つに着目し、その対策を含めた具体的なビルの設計計画を書きなさい。なお、図や絵などを用いてもかまいません。