【防災を読み解くキーワード】

■「心柱（しんばしら）制振」――東京スカイツリーと防災

電波塔として世界最高となる高さ634mの「東京スカイツリー」（以下「スカイツリー」または「タワー」）が去る5月22日開業した。スカイツリーは首都圏における放送・通信事業用鉄塔としての役割に加えて、東京の新たな観光拠点として期待されているが、同時に、最先端防災・環境技術の結集、地域防災の拠点としても注目される。

まずスカイツリー本体の耐震・耐風性能について。私たち“一般人”の心配は当然のことながら「地震や強風で倒れることはないの？」だ。とくに長周期地震動が超高層ビルなど長大構造物に与える影響について本格的な研究は緒についたばかりだけに気になるところだ。

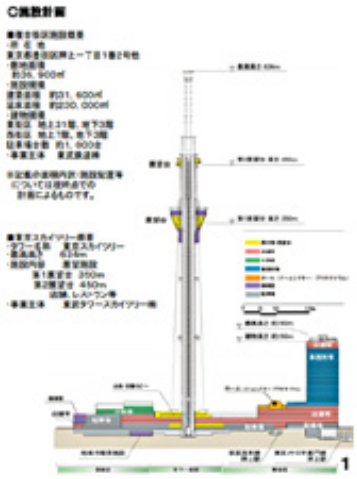
タワーの基本設計（株式会社日建設計が担当）を決定したのはほぼ5年前で、当然、その構造設計の課題解決からスタートした。計画地（東京都墨田区）は隅田川河畔にあり、直下の弾性地盤周期は約8.0秒程度と予想され、タワー本体の縦横比が「9.3：1」ということから、タワーの固有周期は10秒程度と、国内の高層建築では経験のない長い周期になることが基本構想段階で判明。関東平野内における焦眉の課題、長周期地震動に正面から向き合うことになった。この解決策としてスカイツリーの基礎部では、立地する周囲の堆積層から壁状の杭で囲うことで長周期地震動が堆積層を伝わる際の増幅作用の影響を低減する設計とした。

また地震や強風による揺れで、タワーの足元部分に大きな力が加わるが、仮にタワーが右に傾くときは、右の足元に「押し込み力」がかかり、その反対側の足元では「引き抜き力」がかかる。そこで基礎の杭の設計にナックル・ウォール（節付き壁杭）を採用することで地盤との摩擦抵抗を大きくして横方向だけでなく縦方向にも抵抗力を強化した。

スカイツリーは防災施設として100年の供用期間を想定、また、重要構造物である原子力施設などの設計手法にならって「想定外の自然災害」への“余力”の検証も行っている。ちなみに立地直下には活断層がないことが確認されているが、仮に未知の活断層が近傍にあってそれが動いた（M6.9を想定）としても、あるいは2000年に1回の強風に襲われても、変形は生じても「倒壊・崩壊しない」。

地震の揺れを抑える設計としては、タワー制振は、橋梁の設計に採用される制振システムにならって「多モード制振システム」を採用。タワー本体の強風と地震応答に対しては、中央コア内に設置した「心柱（しんばしら）」（スカイツリー中央の非常階段の入った円筒部分）を質量付加機構（“質量＝おもり”との組み合わせ）として利用する「心柱制振」を採用、高さ500m以上のアンテナ設置部分である「ゲイン塔」の揺れ対策には、頂部に「おもり」を置いた制振システムも併用している。

なお「心柱制振」は、日本の伝統的木造建築物「五重塔」の心柱の技術にならったものではなく、あくまで現代の制震技術だが、「五重塔」の心柱にちなんで命名された。「五重塔」が地震動に強い理由については諸説があるが、心柱が全体の安定化に何らかのかたちで寄与していることは推測されている。スカイツリーの「心柱制振」も塔であり、構造的に独立した柱を持つことから、現代の技術と先人の知恵に一脈通じることは確か。



「東京スカイツリー」は国家的なプロジェクトともなっている。国土交通省は、タワー建設の基礎的条件の整備（鉄道の相互直通運転に伴う用地の調整）や立地する押上・業平橋駅周辺地区の土地区画整備事業の支援、周辺市街地整備の支援、先導的な省エネルギー対策（住宅・建築物省CO2先導事業）の支援、東京駅など主要拠点からの直通バスの運行、墨田区内循環バス、スカイバス・水陸両用バスのアクセス改善、旅行者の受け入れ環境の向上、東京スカイツリーの耐震・制震技術などの海外へのアピールなどの支援を行なっている。国土交通省資料「東京スカイツリーの概要」より。

スカイツリーの整備に合わせ、先進的な地域冷暖房システムの採用や自然エネルギーの活用、また周辺地域での省エネ、省CO2の取り組み、さらに地域防災施設（防災倉庫、防災行政無線、吾妻橋防災船着場整備など）の整備も行われている。防災の観点からは「洪水対策」がある。立地する墨田区はかつては河川氾濫による水害常襲地域だった。近年は治水事業が進むいっぽう都市化が進み、今度は都市水害（コンクリートで覆われた街路で雨が地下に染み込まず溢れて洪水を起こす）に悩まされていた。そこで墨田区では都市水害対策として、国技館や江戸東京博物館など、公共施設や民間企業の建物で地下タンクに雨水を貯め、洪水を防止しながら植木への散水やトイレの洗浄水などに利用、あるいは時間差をつけて川に流す対策を進めている。スカイツリーに隣接する水族館や商業施設などの地下にも約2600トン（学校プール約7つ分）ほどの地下雨水タンクが設置され、国内最大規模の雨水利用施設としてトイレの洗浄水や周辺の緑地への散水に使われる。

スカイツリーのタワー本体にも、都内で最高所となる260mの高さに設置される防災カメラで火災の状況や災害時の状況を確認できる。またスカイツリーの4階部分は地震や洪水時の避難場所となり、3000人分の毛布などの備蓄がされている。

いっぽう、本年1月の降雪時に工事中のスカイツリーから雪氷片の落雪があり、一般住宅の屋根などに軽度の被害が出て、本格的な降雪時の落雪対策が大きな課題となっている。また、開業日に強風で「天望デッキ」と「天望回廊」間のエレベータ運行停止が話題となったが、世界最高という未踏のフロンティアでは、今後も大小の“想定外”が起こり得ることは想定しておかなければならない。

>>東京スカイツリー