

Steel Landscape

鉄の点景

新たな情報インフラとなる電波塔として2008年7月14日に着工した東京スカイツリー（完成予想図）。2011年12月に竣工、翌12年春に開業の予定となっている。

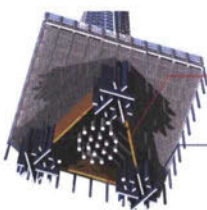
東京スカイツリー

東京都墨田区において、2011年12月の竣工を目指して建設が進められている東京スカイツリー®は、完成時には634mの、自立式電波塔としては世界一の高さとなる予定である。東京タワーの倍近い高さの塔を実現するための技術と、そこに使われる鉄鋼材料について解説する。

■「世界一の高さ」を実現する技術

東京スカイツリーの敷地は東西方向約400m、南北方向約100mと細長い。こうした制限のある敷地に600m級のタワーを建てるため、幅高さ比が非常に大きなものになっている。また、建設地は隅田川と荒川に挟まれた土地で、表層約35mを軟弱な沖積層が覆っているため、建設にあたっては、深い杭基礎が前提となる。

主に以上のような条件から、上部構造の軽量化が可能で、受風面積が小さく、意匠上も開放的な外観が造りやすい鉄骨造を基本とすることとなった。ただし実際には、鉄骨造のタワー中央部分に心柱と呼ばれる鉄筋コンクリート造の円筒を備えているので、ハイブリッド構造物であるとも言える。



連続地中壁杭
(鉄筋コンクリート造) GL-35m

節付き連続地中壁杭
(鉄骨鉄筋コンクリート造) GL-50m

●東京スカイツリーの基礎杭概要

基礎杭は板状のものを基本とする。特にツリーの脚にあたる三角の頂点部分の基礎は、地下50mの深さを持ち、節を設けることで引き抜き力と押し込み力への抵抗を増している。



底面三角形の頂点部分の基礎杭と柱とを接続する部分。



▼上部形状

スカイツリーは高さ634mに対し、正三角形の底面の一辺は約68mで、約9.3:1という非常に細いプロポーションをもつ。平面形は上部に行くほど徐々に円に近付き、高さ約300mの部分で円（正確には正24角形）となる。このように連続的に平面形が変化する点はスカイツリーの外観上の大きな特徴となっている。

また、この正三角形から円形への平面変化は、縦方向に「そり」（凹状）と「むくり」（凸状）という、古来日本建築に見られる緩やかなカーブを描く効果も生み出している。

▼基礎構造

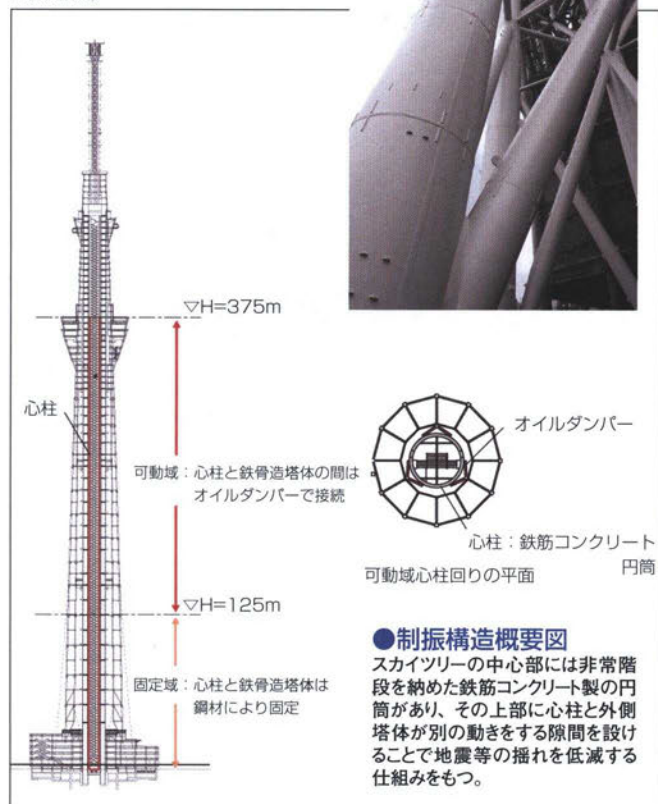
細長いスカイツリーの基礎には、地震時や強風時に特に大きな押し込み力／引き抜き力が掛かる。このため基礎は、鉄筋コンクリート造の壁杭（連続地中壁杭）を地中に張り巡らせた形を基本とする。特に底面の三角形の頂点にあたる部分の壁杭は引張耐力を大きくするためH形鋼を内蔵した鉄骨鉄筋コンクリート造で、建物全体の支持地層となる段丘礫層よりさらに深く、地下50m程度の深さをもつ。さらに壁面部には摩擦抵抗を大きくする節が設けられている。



地上部塔体の三角形平面の頂点の元にあたる鉄骨の取付工事（2009年4月6日）。この鉄骨は高さ約4m、幹部分の直径は2.3m、厚さ10cmで、重さは約29tある。

●トラス構造と分岐継手

塔体は主材、水平材、斜材からなるトラス構造。プレートなどを介さず、鋼管同士を直接、溶接接合する分岐継手はシンプルな外観をもつだけでなく、防錆性能上もメリットがある。



▼心柱制振

最近の超高層ビルでは最上部に設置した錘（おもり）によって揺れを減衰させる仕組みをもつものがあるが、細長いタワーでは頂部に全体の揺れに効果をもつ錘を設置することは不合理である。東京スカイツリーでは、塔の中心に本体と別の周期で揺れる心柱を設置し揺れを抑える「心柱制振」が採用された。

タワー中心部の非常階段を内包した鉄筋コンクリートの筒は直径約 8m、40～60cm の厚みをもつ。低層では心柱は外側部分に固定されているが、高さ 125m 以上ではタワー外周部とオイルダンパーで接続し、独立して揺れることで本体の揺れを相殺する。これにより、大地震に際して掛かる力（応答せん断力）を最大で約 40%減衰させる効果が期待できるという。

これに加え、先端のゲイン塔には頂部制振錘も設置されている。

■鉄鋼材料

世界で最大規模の鉄骨構造物であるスカイツリーは、部材にもさまざまな工夫がなされている。

タワー本体は鋼管トラス構造だが、その細長い形状から地震や強風時に掛かる力も大きく、部材は高強度で断面積の大きなものが必要となる。三次元的に部材が連結される設計のため、接合角度の自由度が高い円形鋼管が使用されるとともに接合部は分岐継手が採用され、強度、防錆等の理由で接合は溶接となっている。これらの理由から、鋼材は高強度で靱性が高く、溶接性にも優れたものが求められた。

一般建築物で使用される JIS 規格鋼管の設計基準強度（降伏強度）が 325N/mm^2 であるのに対し、スカイツリーで使用する鋼管は高強度の 400N/mm^2 級～ 500N/mm^2 級を基本としている。さらにアンテナを取り付ける塔頂部の「ゲイン塔」部分では、設計基準強度 630N/mm^2 級の超高強度鋼管が使用される。これら 400N/mm^2 級以上の鋼材は、スカイツリー建設のために特に国土交通大臣の認定を取得したものもある。

■2011 年 12 月の竣工を目指して

2010 年 3 月 29 日 10 時 17 分、建設途中のスカイツリーは東京タワーの 333m を超え、この時点で日本一の高さの建築物となった。今後、2011 年 12 月に竣工、2012 年春に開業を予定している。

設計コンセプトにある「時空を超えたランドスケープ」の言葉通り、スカイツリーは将来にわたり首都東京を象徴する建造物としてそびえることになろう。

〔取材・文＝川畑英毅〕

取材協力・画像提供＝株式会社日建設計

画像提供＝東武鉄道株式会社・東武タワースカイツリー株式会社



●鋼管の製作

スカイツリーの超高強度鋼管は、国内最大級の 15000t 級プレス機などを用いて製作されている。写真は上部ゲイン塔部分に用いられる 90cm 径の鋼管の製作風景。



●鋼管部品の検査

製作された鋼管は、切断・溶接され、10m の長さあたり 3mm の誤差で所定の部品形状に仕上げられる。