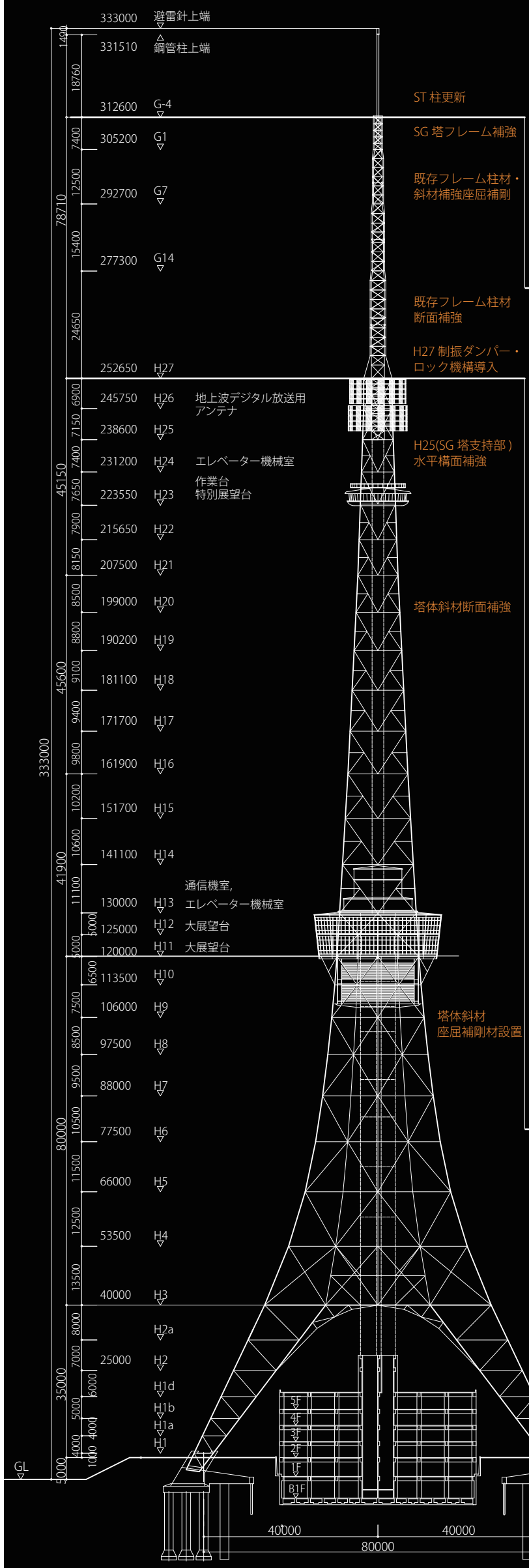
JSCA賞業績賞　（ブレイブ）木原碩美、（日建設計）山野祐司、國津博昭、樫本信隆

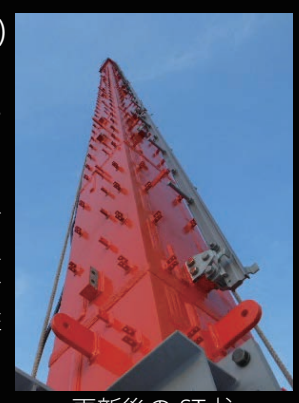
東京タワーの耐震レトロフィット



ST 柱（アンテナ支柱）

165φ～435φの鋼管柱。嵌合接合で構成されていた。

東北地方太平洋沖地震で被災したため、第二期工事において、SA440 材を使用した溶接箱型断面柱へと更新した。



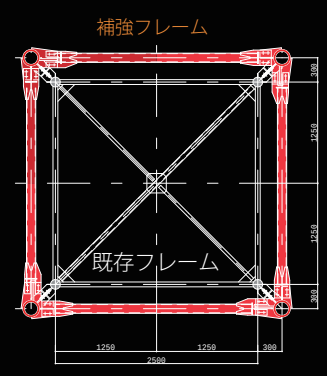
更新後の ST 柱
（写真：竹中工務店）

SG 塔

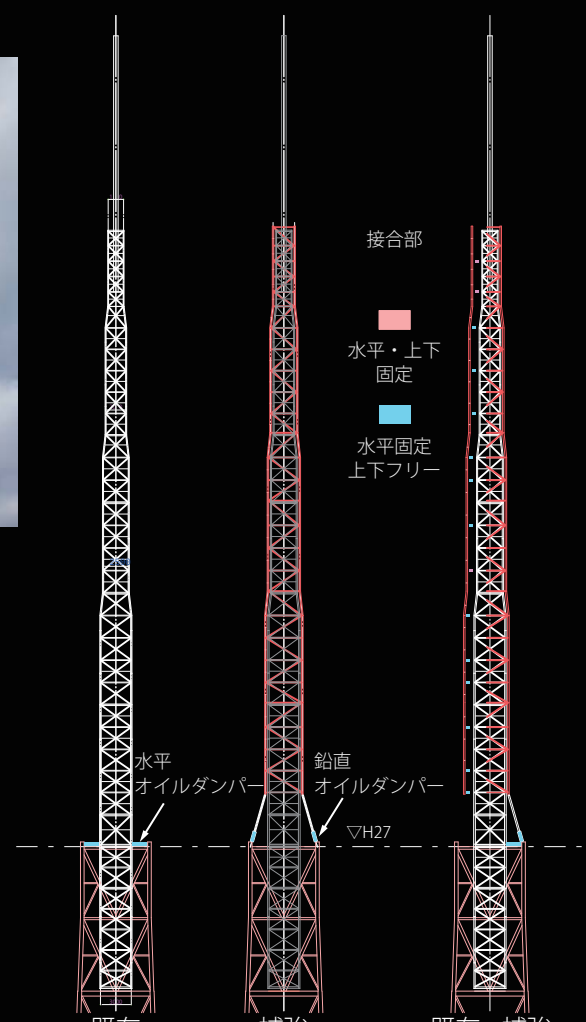
丸鋼（28φ～170φ）のトラス構造。鋼材は東京タワー用に開発された、溶接性を考慮した 50kg/mm² 級鋼材を使用（50～170φ）。ユニット内接合は溶接接合、ユニット間はフランジ継手により接合されている。

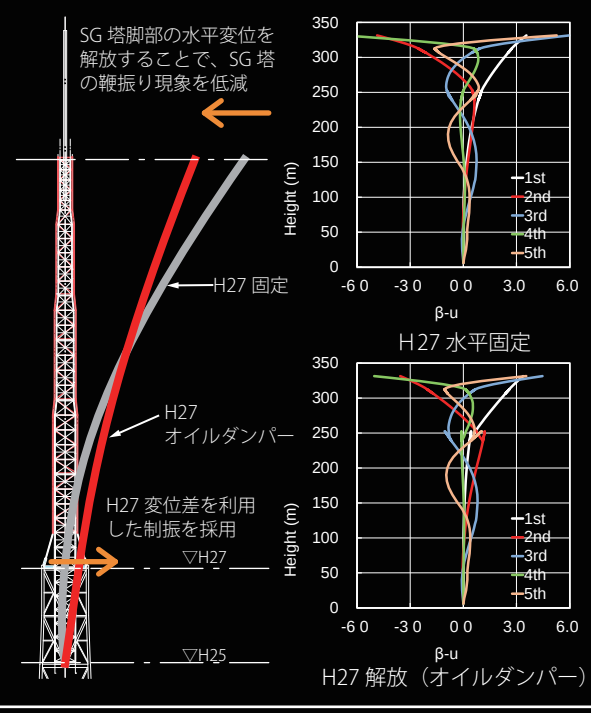
SG 塔補強

地震時の鞭振り現象により耐力が不足する SG 塔の補強として、既存フレームの外周に補強フレームを新設し、応力の一部を補強フレームに負担させる手法を採用。



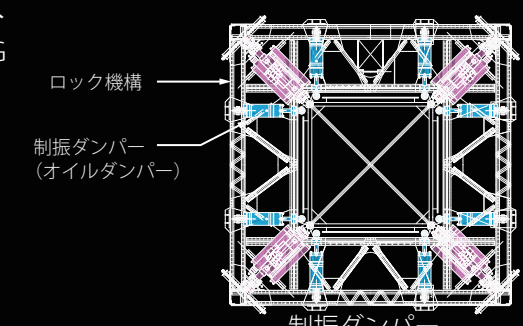
SG 塔平面





制振システムの導入

H27 レベルで塔体と SG 塔を緊結する水平固定材を撤去し、オイルダンパーで繋ぐことにより、鞭振り現象を低減するとともに、オイルダンパーによる地震時エネルギー吸収効果が得られる。



制振ダンパー、
ロック機構配置図
（H27 レベル）

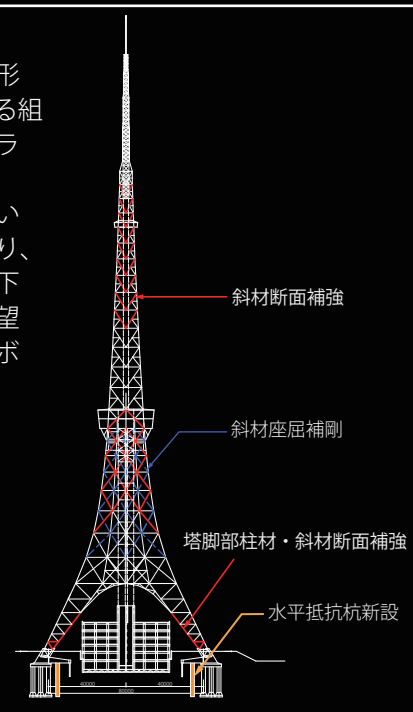
ロック機構

油圧制御を用いたロック機構により、SG 塔脚部を、常時・強風時は H27 レベルで塔体に緊結し、地震時のみ開放する。

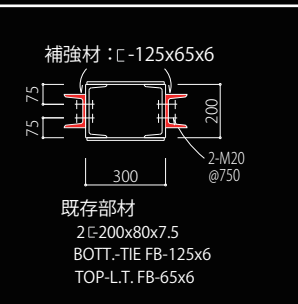
（写真：竹中工務店）

塔体

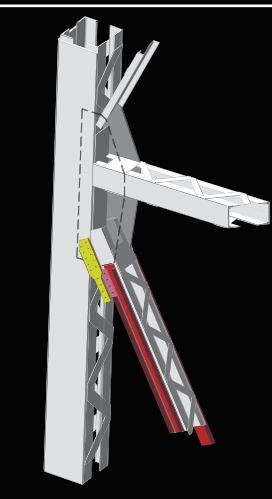
アングル、溝形鋼、形鋼（SS400 材）による組立材で構成されるトラス構造。
部材はリベットを用いて組み立てられており、接合部は大展望台以下ではリベット、大展望台より上部では普通ボルトを使用。



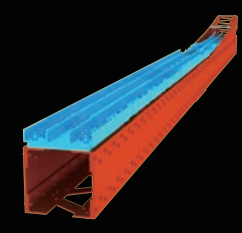
塔体補強範囲



斜材断面補強



塔脚部柱材断面補強



（写真：竹中工務店）

建物概要

対象建物	東京タワー（耐震レトロフィット）	
所在地	東京都港区芝公園４丁目２番８号	
建築主	日本電波塔株式会社	
設計監理	株式会社日建設計	
施工	株式会社竹中工務店	
建物規模	階数	地上１３階地下２階
	建築面積	４，１２０．３４m²
	延床面積	２４，０８８．３９m²
	最高高さ	３３３m
主要用途	送信用電波塔および観光施設	
主要構造	鉄骨造	

東京タワーは昭和３３年に完成した高さ３３３mの自立鉄塔であり、関東圏を網羅する電波塔かつ東京のシンボルとして親しまれてきた。２００３年開始の地上波デジタルＴＶ放送用施設の受入を契機に、超高層建築物同等の耐震性能を実現すべく、延べ約１５年に渡る２回の大規模な耐震補強のを実施した。
タワー頂部ＳＧ塔の、設計時には想定されていなかった鞭振現象により耐力が不足するものの、第１期改修ではアナログＴＶ放送が継続中であり、ＳＧ塔自体の補強が不可能であった。この解決方法として、ＳＧ塔脚部を塔体と緊結している水平固定材を制振ダンパーに置換することで、ＳＧ塔の鞭振り現象を抑制するとともに、ＳＧ塔と塔体間の水平変位差を利用して地震時エネルギー吸収を図る、制振改修を行った。
２０１１年東北地方太平洋沖地震では制振効果を発揮し、ＳＧ塔を弾性に保てたが、第１期工事で補強できなかったタワー最頂部のＳＴアンテナ柱に塑性変形が生じた。
同年７月のアナログＴＶ放送終了を受けて実施した第２期改修では、被災したＳＴ柱の高強度鋼材ＢＯＸ柱への交換、ＳＧ塔への外郭補強用トラス架構の新設、ＳＧ塔脚部の制振ダンパーの更新・ロック機構の導入等を実施することで、耐震性能の更なる向上を実現した。

（写真：竹中工務店）