

水天宮御造替 ―境内まるごと免震―



麻生 直木
竹中工務店



中根 一臣
同



飯田 智裕
同

1 はじめに

本計画は、安産・子授け・水難除けなどのご利益で知られる東京日本橋の神社「水天宮」の、江戸鎮座200年記念事業の一環として境内を一新した御造替（ごぞうたい：建替工事）である。

戌の日（12日に一度）や休祝日には多くの人が安産祈願に訪れ、祈祷を待つ人々が列を成すのがこの神社の特徴で、一人でも多くの参拝者が安心・安全・快適に過ごせるようにとの建築主の想いから、新社殿では設備・構造・建築の各分野において様々な工夫を施している。本稿では、他に例を見ない「境内全体に渡る免震構造」を採用した神社である水天宮御造替の計画概要を紹介する。

2 建築計画概要

図1に外観写真、図2に2階平面図、図3に断面概要を示す。新しい水天宮は、地下1階および1階は自走式駐車場となっており、2階以上に規模の異なる3つの棟（社殿、待合、参集殿）が境内を囲むように配置されている。また、1階には建物を囲むように廻廊が配置されている。本敷地は市街地であるため、

耐火建築物とする必要があり、構造体は鉄筋コンクリート造とし、内外に宮大工の伝統技術を活かして、木割に基づいた白木の美しい伝統木造様式を表現した。

建築概要

所在地：東京都中央区日本橋蛸殻町2丁目4番1

設計・監理：(株)竹中工務店

施工：(株)竹中工務店

敷地面積：約2,400m²

建築面積：約2,000m²

延床面積：約5,000m²

階数：地下1階、地上6階

構造形式：RC造（基礎免震構造）

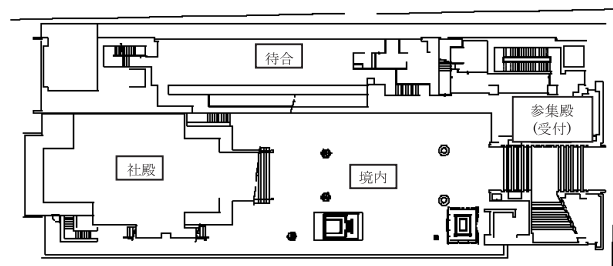
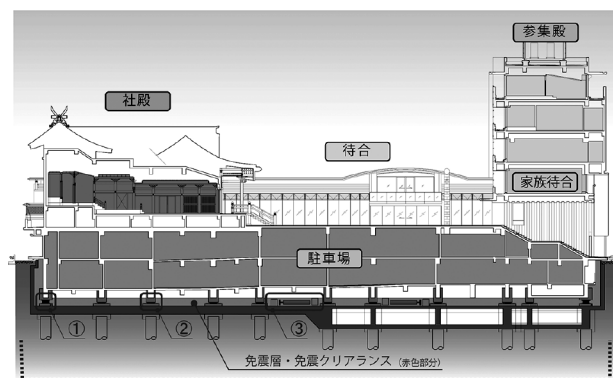


図2 2階平面図



図1 外観写真（手前：社殿 奥：参集殿）



境内全体を免震化

図3 断面概要

表3 耐震性能の目標値および検証結果

地震動の概要	レベル1：稀に発生する地震動		レベル2：極めて稀に発生する地震動	
	目標値	結果	目標値	結果 (装置のばらつき考慮)
最大層間変形角	2.5×10^{-3} rad以下	0.50×10^{-3} rad	5.0×10^{-3} rad以下	0.81×10^{-3} rad
部材応力	層せん断力によって部材に生じる応力が短期許容応力度以下	目標値を満足	層せん断力によって部材に生じる応力が短期許容応力度以下	目標値を満足
積層ゴム水平変位	面圧を考慮した限界せん断歪みの1/2以下	目標値を満足 (7.1cm、 $\gamma=36.0\%$)	面圧を考慮した限界せん断歪みの2/3以下	目標値を満足 (46.6cm、 $\gamma=233.0\%$)
積層ゴム支承	圧縮面圧	基準面圧以下	基準面圧の2.0倍以下	目標値を満足 (最大14.08N/mm ² 最小1.73N/mm ²)
	引張面圧	生じない		
弾性滑り支承	圧縮面圧	基準面圧以下	基準面圧の2.0倍以下	
	引張面圧	生じない	生じない	
オイルダンパー	速度	限界速度(150cm/s)の1/3以下	限界速度(150cm/s)の0.9倍以下	102.6cm/s

ダンパーを建物外周部に配置して、捩れに対しても減衰性能を発揮させる計画とした。

表2に固有周期一覧表を示す。免震建物としての一次固有周期はX方向、Y方向とも約3.1秒（免震装置歪レベル200%）である。

4 設計目標値と解析モデル、応答結果

4.1 解析モデル

地震応答解析に用いるモデルを図5に示す。各床の重心位置に質量を集中させた、X・Y方向に自由度を持つ等価せん断型モデルとしている。本建物は、社殿・待合・参集殿の3棟が駐車場の上部である2階床レベルに配置されるトリプルタワー構造となっている。そのため、2階から下階を1本棒、上階を3本棒としてモデル化している。待合と参集殿は3階および4階の床レベルでスラブと梁により接続しているため、接続部の質点間に連結ばねを設けた。また、免震装置をそれぞれの座標位置に配置し、直上階の床を剛床としてモデル化し、免震層の捩れが建物に及ぼす影響を評価した。

4.2 入力地震動

応答解析に用いた入力地震動は、国土交通省告示第1461号に基づく告示波3波（八戸、神戸、乱数）、観測波3波、およびサイト波（関東地震）とした。

4.3 応答解析結果

地震応答解析に対する設計目標値、検証結果を表3に示す。目標値はレベル1（稀に発生する地震動レベル）およびレベル2（極めて稀に発生する地震動レベル）の2つに対して設定した。上部構造、基礎構造の部材応力はレベル1、レベル2共に短期許容応力度以内としている。積層ゴムの水平変位は、面圧を考慮した限界せん断歪みに対し、レベル1で1/2以下、レベル2で2/3以下と設定した。

図6に地震応答解析の結果を示す。応答結果は各設計目標値を満足している。また、参拝者が主に使用する3階以下の最大応答加速度を、目標の200cm/s²

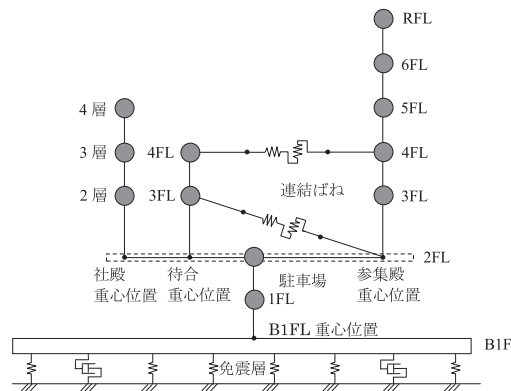
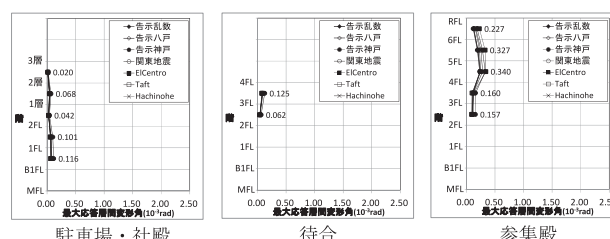
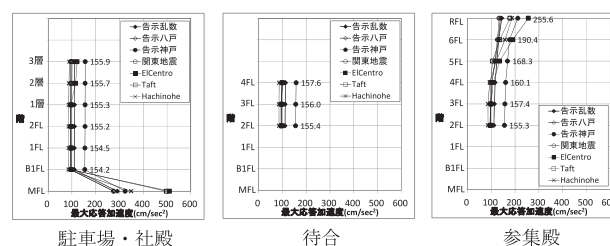


図5 解析モデル図



(a)最大応答層間変形角



(b)最大応答加速度

図6 応答解析結果

に対して150cm/s²程度に抑えており、大地震時においても人や家具の転倒の危険性が小さくなるよう配慮した。

図7に、地震波として告示波（神戸位相）を入力した際の、建物のエネルギー吸収量の時刻歴変化を示す。鉛プラグ入り積層ゴムによる吸収割合が約54%、オイルダンパーのエネルギー吸収割合が約35%となっており、本建物は建物全入力エネルギーの約9割を免震層が吸収するという、極めて高い免震効果を有しているといえる。

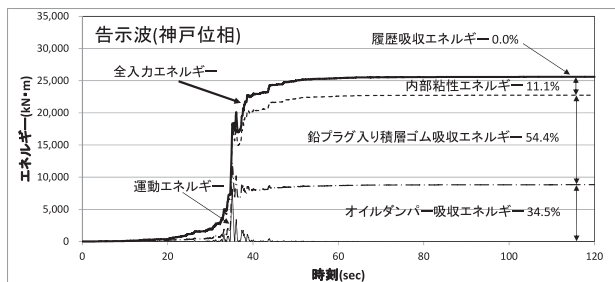


図7 建物のエネルギー吸収量の時刻歴変化

5 施工概要

本工事では、宮大工工事を早期に着手させるため、地下工事と地上工事の同時進行を可能にする逆打ち工法を社殿の範囲において採用した。また、免震装置の取付けプレートを分割して構真柱（逆打ち支柱）に後付けするという、逆打ちにおける免震装置の施工法「プレートスプリット工法」を新たに開発し、全体工期を大幅に短縮することに成功している。

図8に本工法の概要を、図9に施工手順を示す。まず、構真柱に上部ベースプレートを取り付け、上階コンクリートを打設する。次に、周囲をジャッキアップした状態で構真柱を切断し、位置合わせの為免震装置を挿入した後で下部のコンクリート基礎を構築する。最後に、上下基礎と免震装置の隙間にグラウトを充填して、設置完了となる。

6 高強度八角形スリム柱の開発

免震構造の採用により大地震時における地震力が低減されるメリットを生かして、構造体の柱径が250mm（建築基準法上、二時間耐火性能を持つ柱としては最小径）の「高強度八角形スリム柱」を開発し、広い空間が求められる待合等に採用した。

図10に、柱断面図および外観写真を示す。材料には超高強度コンクリート（ $F_c=120\text{N/mm}^2$ ）と特殊なポリプロピレン繊維を組み合わせ、高い構造性能と耐火性能を両立させている。また、前述のように断面を極小かつ正八角形とし、コンクリート表面に杉板の模様を転写させた「杉板本実打放し仕上げ」とすることにより、社殿の木造柱に調和する意匠性も実現している。

7 おわりに

蛸蛸町に新たな歴史を刻むランドマークたる水天宮に、免震化による安心・安全・快適性をご提供出来たのを大変光栄に思います。

設計から竣工に至るまで、ご理解と多大なる協力を頂きました、水天宮の皆様をはじめ、工事・施工に関わった皆様に心より御礼申し上げます。

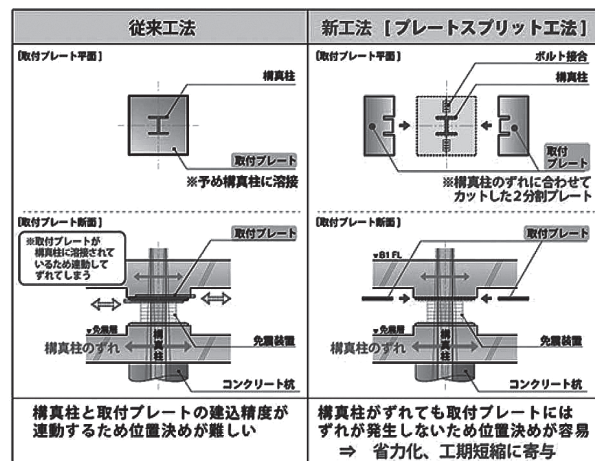


図8 プレートスプリット工法 工法概要

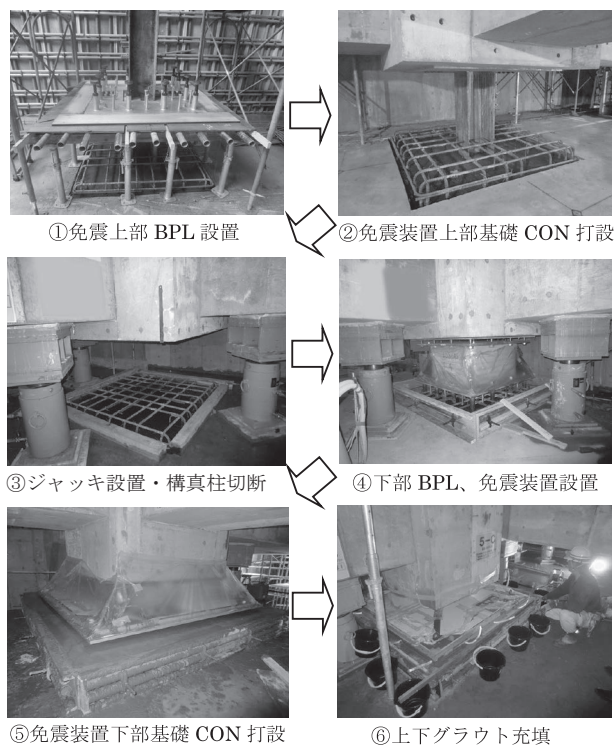


図9 プレートスプリット工法 施工手順

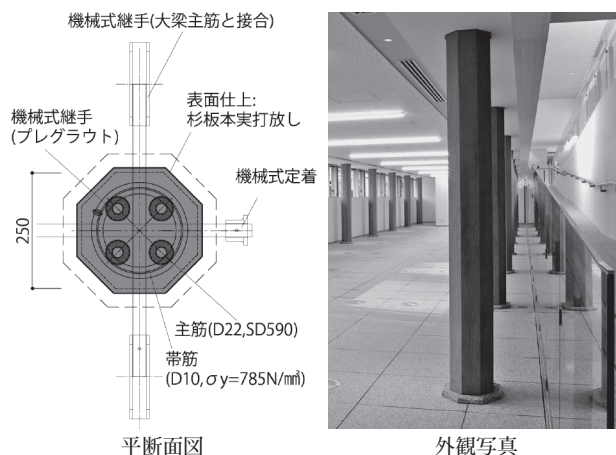


図10 高強度八角形スリム柱