代々木ゼミナール本部校　代ゼミタワー

篠崎　洋三
大成建設

藤山　淳司
同

1　はじめに

本建物は、渋谷区代々木に建設された地上26階建ての超高層タワー校舎である（2008年2月竣工）。

新校舎は次のような特徴を有している。15～16階の建物側面に南北に抜ける大きな開口を有しており、空中キャンパスとして学生たちの憩いのスペースを提供する。この空中キャンパスを境に上下で用途が分けられ、地下1階～14階の低層階が教室・事務所、17階～26階までの高層階が住宅となっている。さらに、住宅階の中央部は空中キャンパスから屋上までの吹抜けとなり、内部まで光を取り入れる計画となっている。

このように上下階で全くモデュールが異なる空間の実現という課題に対して、内部空間の自由度を最大限高めるため連層耐震壁を外周部に配置し、更に免震構造との組み合わせによって壁厚を極力薄くし、建築デザインとの融合を図った。

ここでは、架構計画および免震計画の概要について紹介する。

写真1　全景写真（南面）

2　建築概要

建物名称：代々木ゼミナール本部校　代ゼミタワー
建 築 主：学校法人　高宮学園
用　　途：専修学校・共同住宅
建 設 地：東京都渋谷区代々木2-25-1
設計監理：大成建設株式会社　一級建築士事務所
施　　工：大成建設株式会社　東京支店
建築面積：　1,160.71m²
延床面積：27,175.10m²
階　　数：地上26階/地下3階
最高高さ：134.0m
基　　礎：直接基礎（支持層　東京礫層）
構造種別：地上RC造S造（一部CFT）
　　地下RC造SRC造、B1F床下免震（セミアクティブ）

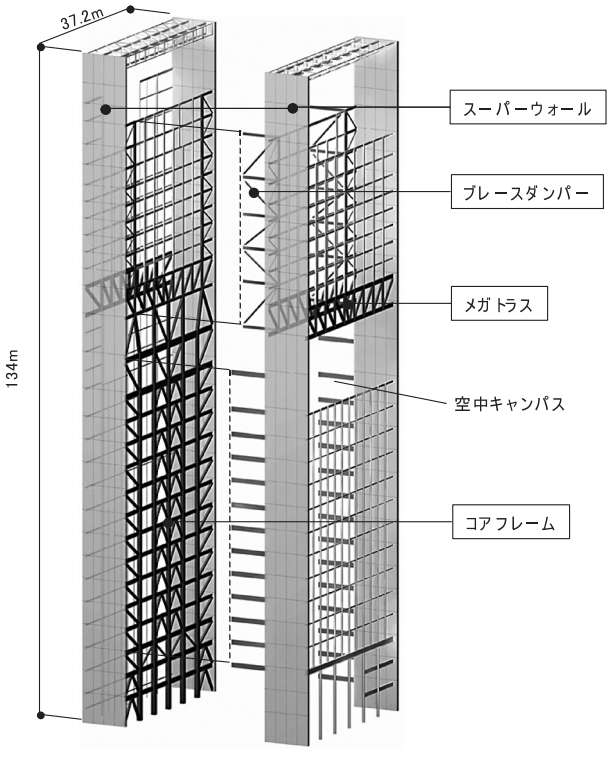

図1　構造パース

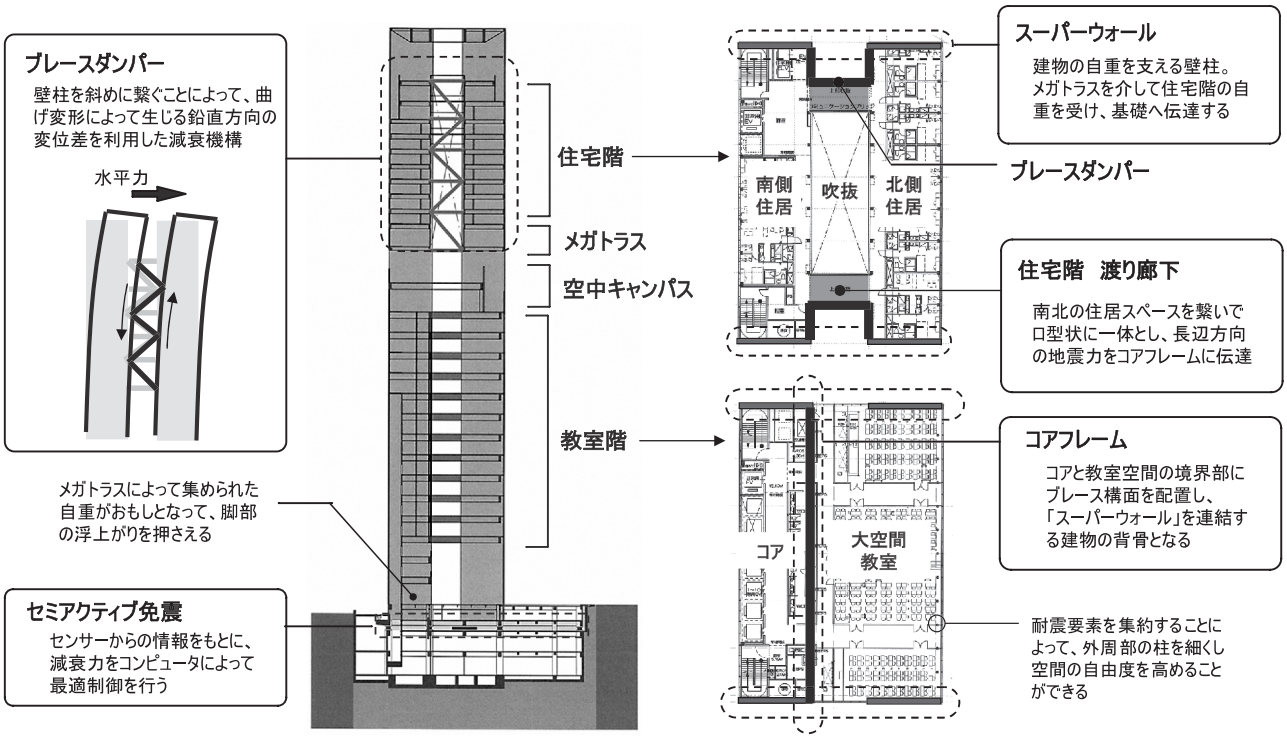

図2　スーパーウォール構造システムの概要

3　構造計画概要

図1に構造フレームを、図2に構造システムの概要を示す。連層耐震壁として境界梁で連結されたRC造壁柱（壁厚640mm、幅約9m、以下スーパーウォール）を両妻面全層にわたって配置し短辺方向の耐震要素を集約している。長辺方向は、南側コアと北側教室空間との境界部を利用して鉄骨ブレース架構（以下、コアフレーム）を構成している。両妻面のスーパーウォールをコアフレームで繋ぐことによって、平面的に大きなH型状のストラクチャーを形成し、建物としての剛性と耐震性を高めている。教室内やEVシャフト内の柱（径φ350mm、φ200mm）は水平力を負担する必要が無く、フレキシブルな空間を実現した。スーパーウォール以外の構造は鉄骨造とし、コアフレームの柱にはCFT構造を採用している。高層階は中央吹抜けをはさんで住居スペースとなっており、低層階とは柱配置が異なる。そこで、17階の設備専用フロアを利用してメガトラス架構を構築し、住宅階の荷重を両妻面のスーパーウォールに流している。これにより、低層階の大空間教室を可能とするとともに、中間の空中キャンパスを無柱として開放性の高い空間を実現した。

4　免震計画（セミアクティブ免震システム）

敷地が東西方向に傾斜しているため東側の正面エントランスは1階、西側の住宅用エントランスは地下1階となっている。また、地下2、3階は主に駐車場であることから免震層は地下1階床下とした。なお、地上階と異なり、地下階は敷地形状に合わせて計画されている（図3）。免震範囲については、高層範囲に限定する案と地下1階全体とする案の比較を行い、EXP.Jを外周部に限定し居室内への漏水の危険性を排除できる後者案を採用した。

免震システムは、天然ゴム系積層ゴム支承とオイルダンパーからなり、オイルダンパーの半数を可変減衰型とするセミアクティブ免震システムを採用した。本システムは建物の応答性状に応じて可変減衰

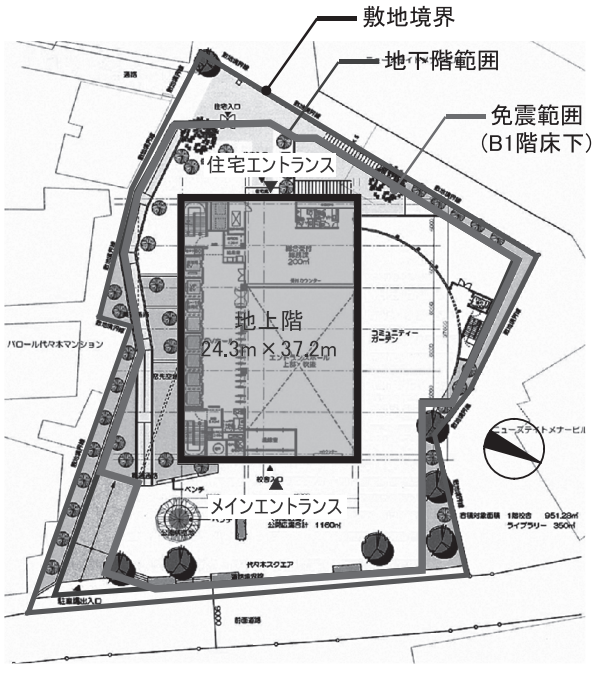

図3　配置図（免震範囲）

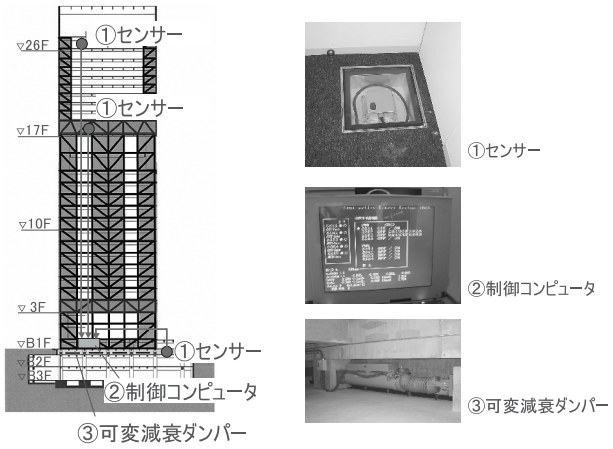

図4　セミアクティブ免震システム

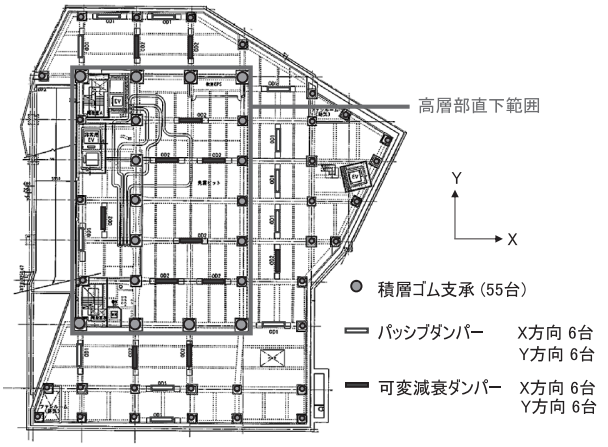

図5　免震層配置計画

表1　耐震性能目標

		稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
設計用入力地震動		告示波1（ランダム位相） 告示波2（ランダム位相） 告示波3（実位相：八戸NS）	告示波1（ランダム位相） 告示波2（ランダム位相） 告示波3（実位相：八戸NS）
		ー	想定南関東地震
		EI Centro NS 25 cm/s Taft EW 25 cm/s Hachinohe NS 25cm/s	EI Centro NS 50 cm/s Taft EW 50 cm/s Hachinohe NS 50cm/s
上部	応力	許容応力度以内	弾性限耐力以内
	変形	層間変形角1/300以下	層間変形角1/200以下
免震支承	応力	短期許容面圧以内 引張限界強度(1.0N/mm^2)以内	短期許容面圧以内 引張限界強度(1.0N/mm^2)以内
	変形	短期許容面圧時の歪み相当変形以下 （上部構造と周辺擁壁とのクリアランスは50cm以上とする）	
地下構造		短期許容応力度以内	短期許容応力度以内
基礎		短期許容応力度以内	短期許容応力度以内

ダンパーの減衰係数を適時に切り替えるセミアクティブ制御によって免震層の変形を小さく抑え、かつ上部構造の加速度応答を低減できるシステムである。本建物では、パッシブダンパーのみで構成される場合に比べて、約20％程度の加速度低減効果を得ることができた。

可変減衰ダンパーの減衰係数はCH（高）とCL（低）の2値をとり、コンピュータからの指令により切り替えられる。建物の応答は各所に配置したセンサーにて計測し制御コンピュータで管理している。コンピュータを使用するにあたり、常時モニタリングによる異常検知システムを取り入れて、信頼性の高いシステムとした。また、常時は可変減衰ダンパーの減衰係数はCHに設定されており、異常時には減衰係数が固定されて万一の場合にも免震層の変形が過大とならないように配慮している。

5　目標耐震性能と設計用入力地震動

表1に目標耐震性能を示す。設計用入力地震動は標準3波、告示波3波および模擬地震動1波とした。模擬地震動は、過去の代表的な歴史地震である1923年の南関東地震（M7.9）を対象として震源の断層モデルを想定し、計画地までの伝播経路を考慮して作成した。なお、基礎底レベルでVs＝430cm/secを示しており、基礎直下を工学的基盤とした。

6　地震応答解析結果

解析モデルは動的挙動を忠実に再現できる曲げせん断型の擬似立体モデルとした。図6にレベル2入力地震動による短辺方向の応答結果を示す。応答加速度は頂部付近を除き100gal程度以下となっており、最大層間変形角は1/400程度以下に抑えられている。免震層変位は最大で35.7cmである。スーパーウォール直下の免震支承の長期軸力に対する引抜き力の比率は最大でN_E/N_L＝0.75、最小面圧は3.1N/mm^{2}であり引抜きは生じていない。最大応答せん断力係数は最下層で8％であり、弾性限耐力に対して十分な余裕を有している。なお、長辺方向についても概ね同等の応答結果が確認されている。以上のように、本建物は高い剛性と耐力を有するメガストラクチャーと免震構造を組み合わせることによって、変形耐力ともクライテリアに対して十分に余裕が有り、高い耐震安全性を有する建物となっている。

7　高層階の地震力伝達

前述のように、高層階北側の直下は吹抜け空間となっているため、長辺方向に生じる地震力は高層階の隔階に設けられた連絡ブリッジを介してコアフレームに伝達する計画としている。図7に静的モデルの長辺方向加力によって求めた各階ブリッジが負担するせん断力を示す。

図7に示すように北側からコアフレームに伝達される地震力のうち8割を17階で負担している。そこで17階床面については吹抜けを囲むように水平ブレース

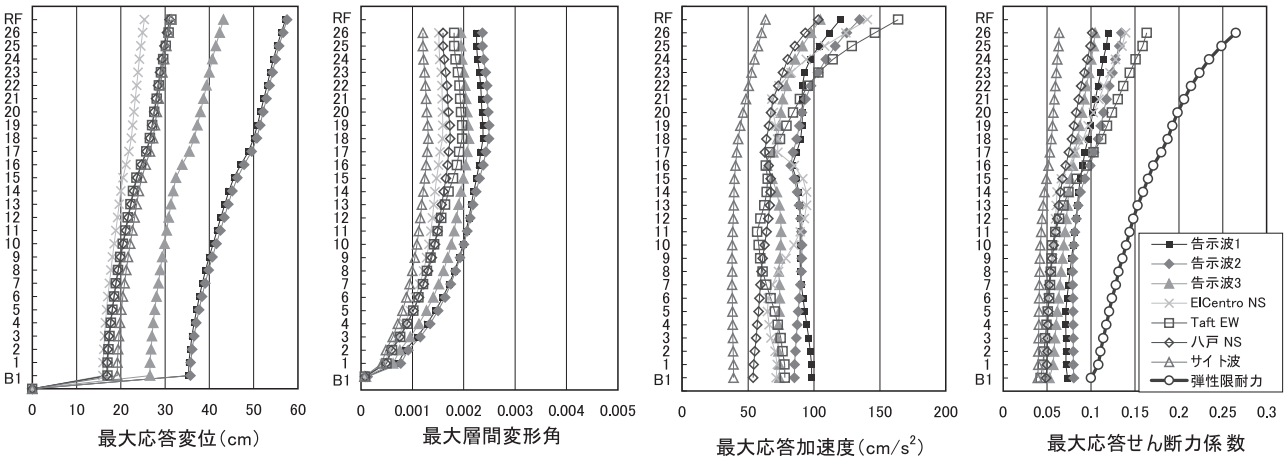

図6　地震応答解析結果

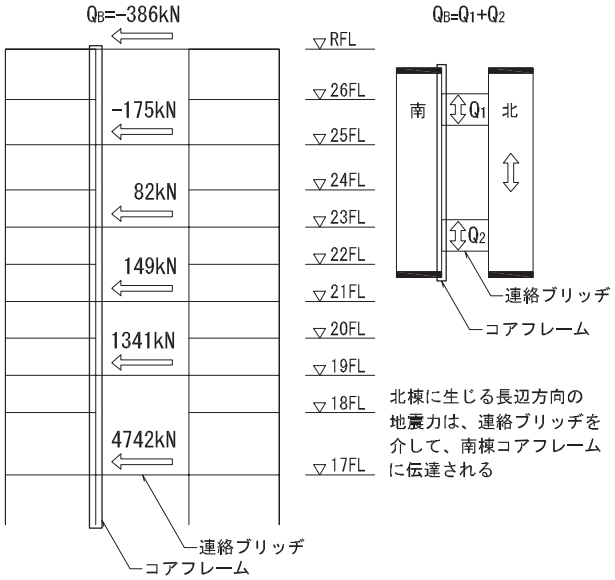

図7　高層階連絡ブリッジの地震力伝達

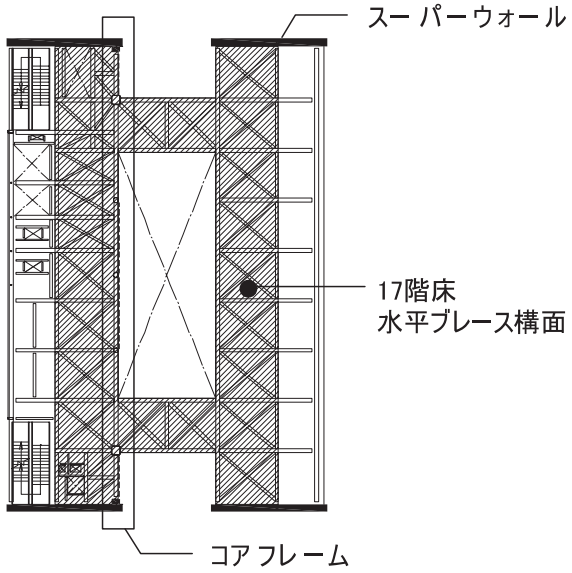

図8　17階床伏図

を配置してスーパーウォールおよびコアフレームと一体化し、十分な剛性と耐力を確保する計画とした(図8)。なお、高層階の地震応答では高次モードの影響を考慮する必要がある。そこで、時刻歴応答解析によってブリッジに生じる最大応力を求め、図6に示す静的モデルによる値以下であることを確認した。

8　まとめ

中間に吹抜け空間を有する連層耐震壁で構成された超高層免震建物の耐震性能および高層階の居住性能について報告した。剛性と耐力に優れたメガストラクチャーと免震構造を組み合わせることで、高い耐震性能を有する自由度の高い建物空間を構築することができた。