

# 芝浦工業大学豊洲キャンパス

## －軟弱地盤に建つL字型免震建築物の構造設計－

日建設計  
大竹 透



同  
山脇克彦



同  
常木康弘



### 1. はじめに

本計画は、芝浦工業大学が東京都江東区豊洲に2006年4月開校を予定している、高さ約70mの高層棟を含む床面積約62,000㎡の免震構造の校舎である(図1、写真1)。

本報告では、以下の課題に対する構造計画上および免震部材設計上の配慮、そして振動応答解析結果の概要について記述する。

- ①軟弱地盤に建つ免震建物
- ②高層棟を含む長大L字型平面



図1 完成予想パース



写真1 工事中写真(2005年9月現在)

### 2. 建築計画概要

豊洲運河に面した敷地は東西方向が約230m、南北方向が約130mで、建物配置は敷地の特徴を生かし、また将来増築のスペースを確保するため、運河側に地上14階・塔屋1階(高さ67.5m)の運河棟を、運河棟にL字型に接続する位置に地下1階・地上7階(高さ31.4m)の街路棟A・Bを雁行して配置した。

運河棟の足元を大きく開いた門型のピロティとし、敷地中央の広場から運河へと連続する空間を構成し、豊洲再開発地区のランドマークとなるよう計画した。

- 名 称：芝浦工業大学豊洲キャンパス
- 建築場所：東京都江東区豊洲三丁目7番5号
- 室 用 途：(街路棟A) 食堂・購買施設・教室  
(街路棟B) 教室・大学事務室  
(運河棟) 研究室・実験室・図書館
- 建 築 主：学校法人芝浦工業大学
- 設 計：日建設計・NTTファシリティーズ設計JV
- 施 工：I工区：大成建設  
II工区：三井住友・大林JV  
III工区：戸田・飛鳥共同企業体(統括幹事会社)
- 敷地面積：30,000.26㎡
- 建築面積：8,401.73㎡
- 延床面積：61,934.86㎡
- 階 数：地下1階、地上14階、塔屋1階
- 軒 高：67.3m
- 最高高さ：67.5m
- 構造種別：鉄骨造(CFT柱)
- 骨組形式：ブレース付ラーメン構造
- 基礎構造：鋼管杭(先端翼付回転圧入工法)

### 3. 構造計画概要

運河棟と街路棟Bは平面計画上、一体的な使われ方をすること、外装デザイン、止水性を考慮して構造躯体を一体とした。街路棟Aと街路棟Bは機能的

にも異なり、通路でしか接続されないことから、免震層も含めた上部にて縁を切り、ブリッジにより接続した。(図2)

免震構造を採用した理由を以下に示す。

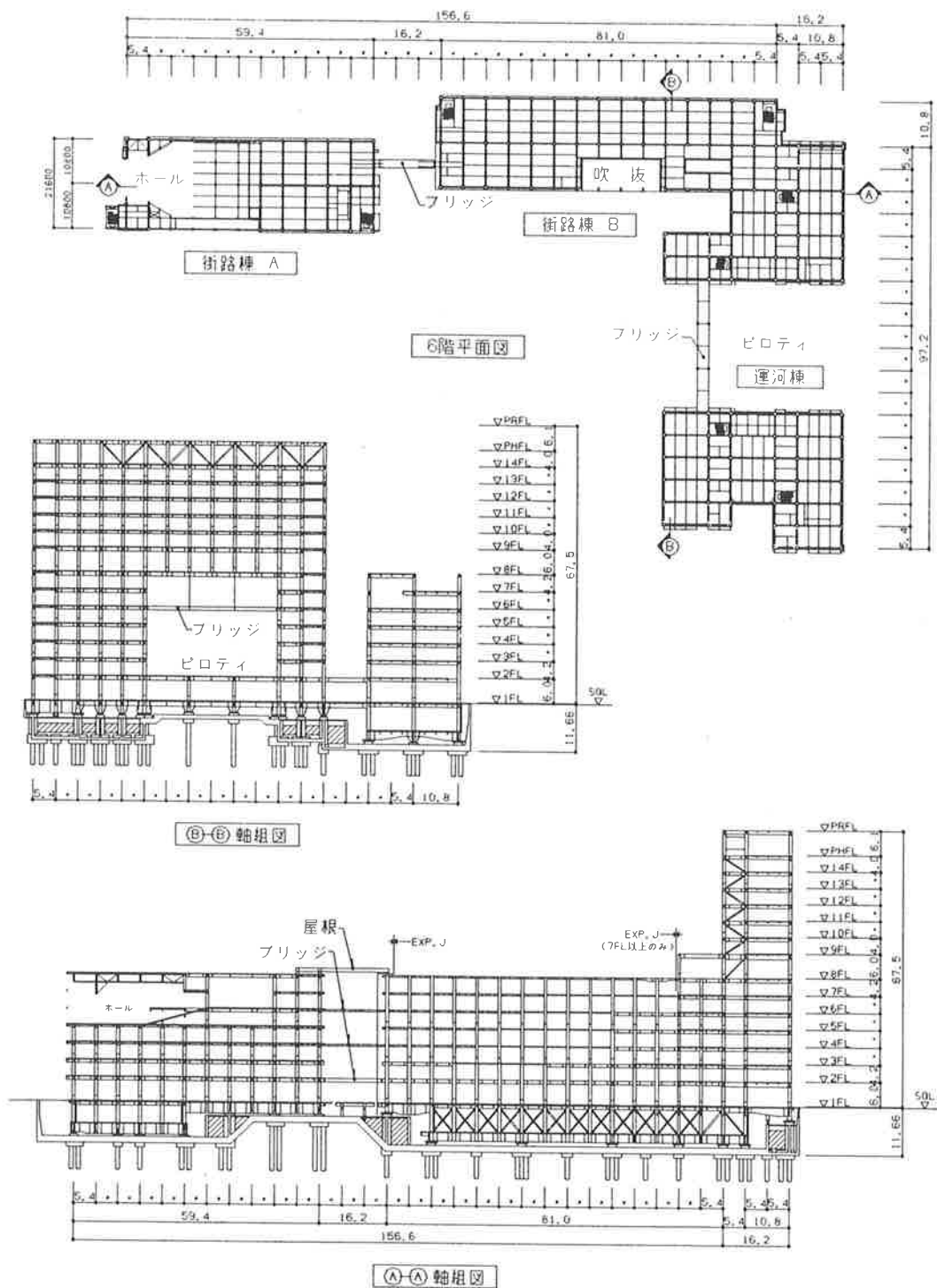


図2 構造概念図

- ①基礎底レベルでの表層地盤の卓越周期が1.2秒付近であり(図3)、耐震(制振)構造にて設計した場合の高層棟の固有周期とほぼ一致し、高い耐震性能を確保するためにはブレースが多数必要となり、建築計画上の制約になる。
- ②免震構造により、地盤の卓越周期よりさらに長周期にすることで建物への地震入力低減され、地震時に架構に生ずるちからとねじれ変形を制御することで高層棟(運河棟)と低層棟(街路棟B)を構造的にL字型に接続することが可能となり、建築計画上において利点が大きい。
- ③免震構造により高い耐震性能を確保し大地震後も建物機能を維持することが可能。

架構計画

上部構造はスパン、外装計画、工期、経済性等考慮して柱、梁ともに鉄骨造とした。柱は水平剛性確保とシャフト部の無耐火被覆化の目的からCFT柱とした。

運河棟2~7階の幅32m、高さ25mのピロティ上部架構の鉛直荷重は、最上階に設けた1層分のせいを有するトラス梁により吊る計画とした。トラス梁は上下動動的解析結果より、1Gを付加しても短期許容応力度以下となるよう設計した。

運河棟+街路棟Bの架構形式は、剛性確保を目的にピロティおよびコアまわりに耐震ブレースを配置したブレース付ラーメン架構とした。また免震支承部材に引抜き力が生ずることのないように、また建物のねじれが小さくなるようにブレース配置計画に留意した。

街路棟Aの架構形式は、地震時の免震支承部材への変動軸力の均一化と建築計画上の自由度を確保するため、純ラーメン構造とした。ただし5~7階のホール外周部はブレースを併用した。

免震層は基本的には1階床下に設けているが、街路棟A・Bで地下1階があるゾーンについては地下1階床下に設ける計画とした。

基礎構造および地業

地盤調査結果から表層の砂質土層が地震時に液状化する可能性が高いと判定されることから、基礎底は大地震時にも液状化しないGL-10m以深のシルト

層とした。

地業は鋼管杭(先端翼付回転圧入工法)として地震時の地盤の変形に対する追従性を高めた。支持層はGL-35m~44mの埋没段丘礫層とした。

免震部材設計概要

表層地盤の卓越周期が1.2秒付近の軟弱地盤においても免震効果を十分に発揮させるため、ダンパー降伏後の固有周期を下記①~③の手法によって一般的な免震建物よりも長周期化して「6秒免震」を、ほぼ実現し(表1)、免震層許容変形量増加による上部構造への地震入力低減を行った。

表1 建物固有周期

	運河棟+街路棟B			街路棟A		
	1次	2次	3次	1次	2次	3次
初期剛性時	2.02秒	1.98秒	1.57秒	1.41秒	1.40秒	1.30秒
周期	並進Y	並進X	ねじれ	並進Y	並進X	ねじれ
ダンパー	5.97秒	5.95秒	5.57秒	5.52秒	5.51秒	4.56秒
降伏後周期	並進Y	並進X	ねじれ	並進Y	並進X	ねじれ

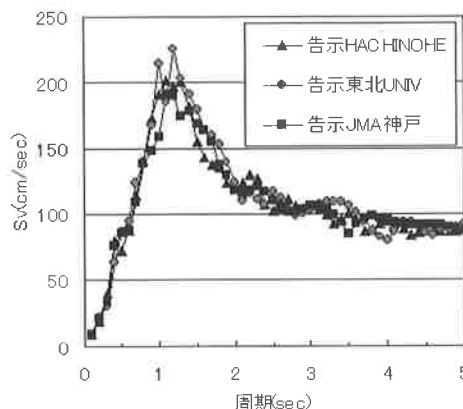


図3 表層地盤を考慮した告示波のレスポンススペクトル(極めて稀に発生する地震動、減衰5%)

- ①弾性すべり支承(低摩擦仕様)の採用による免震層復元力の低減
- ②低弾性仕様積層ゴムアイソレータの採用および梁せいの増加あるいはトラス梁を利用したアイソレータの集約
- ③大径アイソレータ採用による免震層許容変形量増加

免震部材一覧を表2に示す。図4に免震部材配置を示す。配置に際しては下記項目に留意した。

表2 免震部材一覧

免震部材	仕様、形状	台数	
		運河+街路棟B	街路棟A
積層ゴムアイソレータ	天然ゴム系、低弾性仕様 (G=0.29) ゴム系1000φ、1100φ	45台	13台
弾性すべり支承	低摩擦仕様 (摩擦係数=1.3%)	26台	8台
鉛ダンパー	降伏せん断力220kN	48台	24台
鋼棒U型ダンパー	積層ゴムアイソレーター一体型	33台 (156本)	6台 (24本)

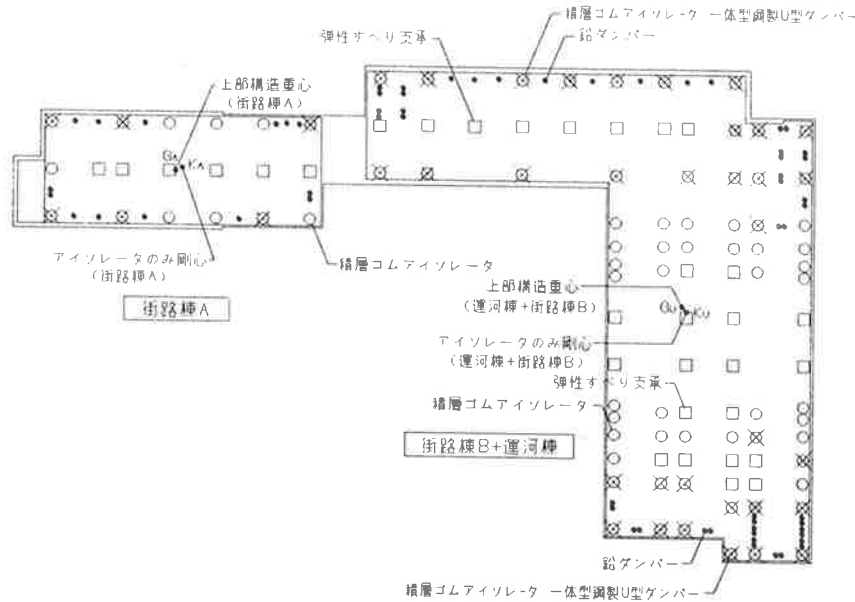


図4 免震部材配置

- ①上部構造重心と免震部材剛心を極力一致させる。
- ②ダンパーは建物外周に配置し、ねじれ剛性を高める。
- ③弾性すべり支承は建物内部に配置し、変動軸力を小さくする。

なお、ダンパー降伏せん断力合計値の建物上部重量に対する割合は、運河棟+街路棟Bは3.7%、街路棟Aは5.2%とした。

風荷重に対しては、運河棟+街路棟Bは再現期間500年の風荷重に対してダンパーが降伏しない設計とした。街路棟Aは再現期間500年の風荷重に対して鋼棒ダンパーは降伏せず、鉛ダンパーは再現期間100年の風荷重に対しては降伏せず再現期間500年の風荷重に対しては降伏を許容するがエネルギー吸収能力を失わない設計とした。

免震層の設計許容変形は49cm、設計限界変形は

69cm、免震クリアランスは85cmとした。街路棟A,B間のブリッジは免震建物2棟の変形の位相差を考慮して設計した。

#### 4. 振動応答解析概要

解析モデル概念を図5に示す。運河棟はピロティを有する3~7階は各階2質点とし、その他の階は各階1質点とした。街路棟は各階1質点とし、運河棟と街路棟の接続部は、梁および床スラブを等価なバネに置換した。

検討に用いた地震波は、告示波（位相特性：HACHINOHE EW, TOHOKU UNIV. NS, JMA KOBE NS）、最大速度50cm/sec<sup>2</sup>に基準化した観測波（EL CENTRO NS, TAFT EW, HACHINOHE NS）および模擬地震動（ART WAVE 474）の7波とした。

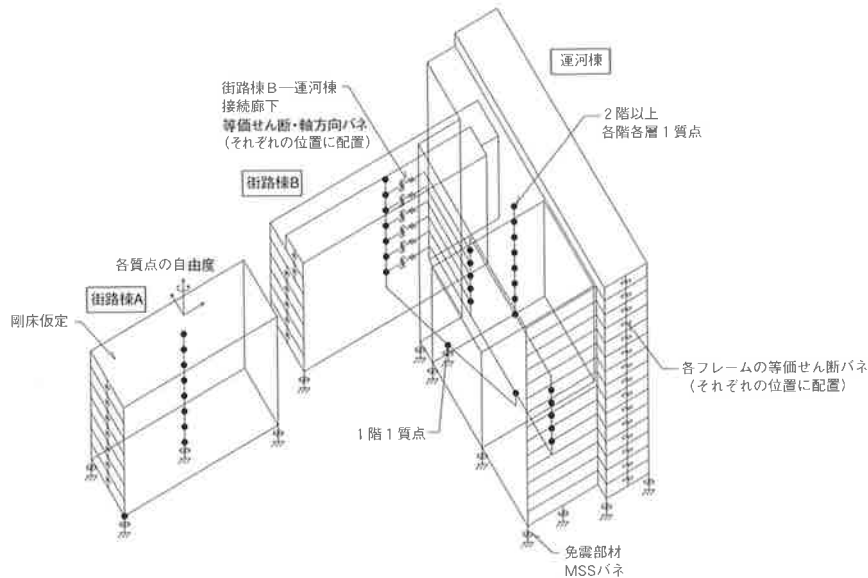


図5 解析モデル

表3 応答解析結果

	運河棟+街路棟B		街路棟A	
	X方向	Y方向	X方向	Y方向
最上階最大絶対加速度	390cm/sec <sup>2</sup>	488cm/sec <sup>2</sup>	478cm/sec <sup>2</sup>	512cm/sec <sup>2</sup>
上部構造最大層間変形角	1/209	1/210	1/204	1/198
1階最大層せん断力係数	0.092	0.106	0.163	0.163
免震層最大変形	38.5cm	34.8cm	33.8cm	33.0cm

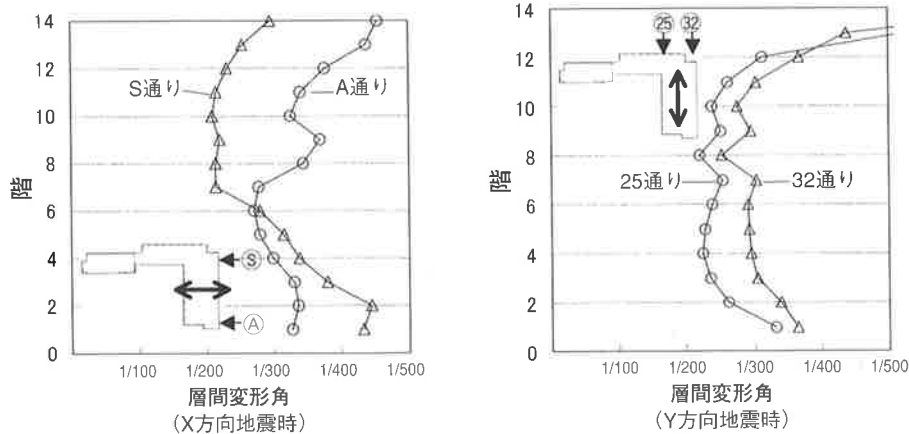


図6 最外周フレーム最大層間変形角(運河棟)

表3に応答解析結果一覧を示す。層間変形角は運河棟で1/209、街路棟Aで1/198と目標値の1/200を概ね満足している。図6に運河棟における最外周架構での各階の最大応答層間変形を示す。平面的なねじれにより最外周架構における変形は重心位置よりX方向で26%、Y方向で9%の増加が見られるが、クライテリアである1/200を満足している。なお、免震層での最外周フレーム位置での変形は重心位置と比較して最大4%の増加に留まり、免震層のねじれ変形は小さい。

その他、長辺173mの長大基礎への地震動の位相差入力によるねじれの検討、建物-杭-地盤の連成応答解析による検討を行い、建物の安全性を確認した。

## 5. おわりに

本建物の設計機会を与えていただいた芝浦工業大学様各位をはじめ、施工JV、免震部材製作会社および全ての工事関係者に、本紙面を借りて深く感謝の意を表す。