

慶應義塾大学（日吉）新研究室棟（仮称）

清水建設
北村佳久

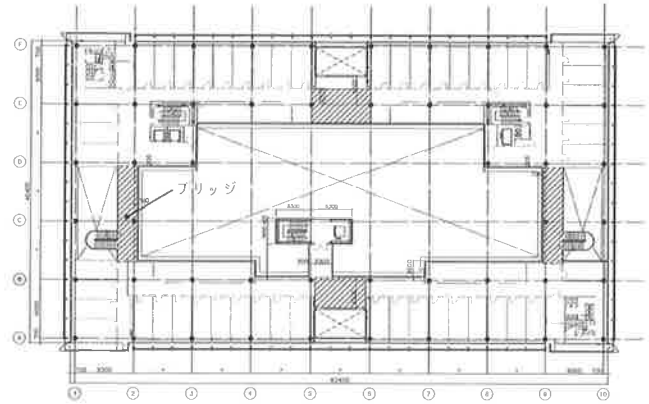
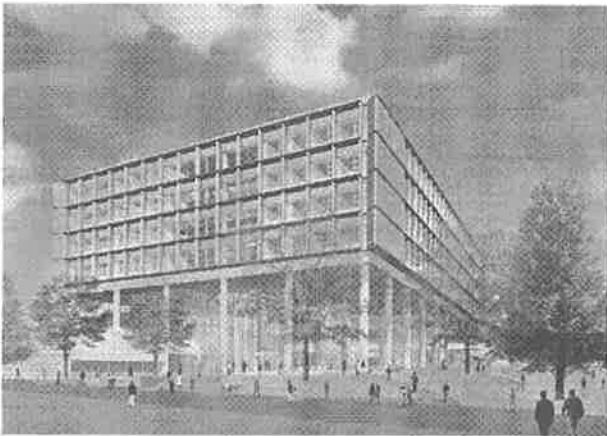


同
中川健太郎

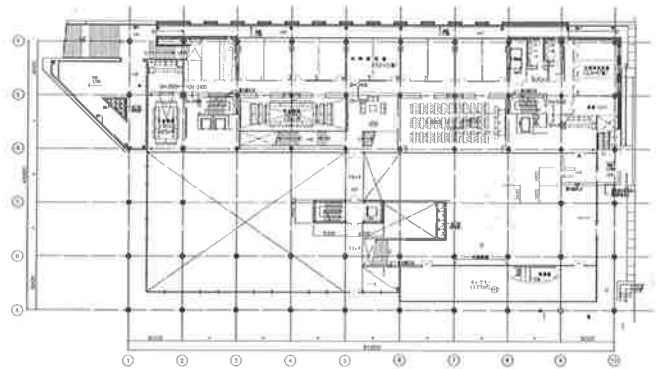
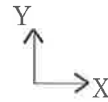


1. はじめに

本建物は慶應義塾大学日吉キャンパス全体の将来像を見据えた「21世紀キャンパス日吉」なるビジョンのもと、その第一段階として「交流と協働のシンボルづくり」をテーマに計画された。



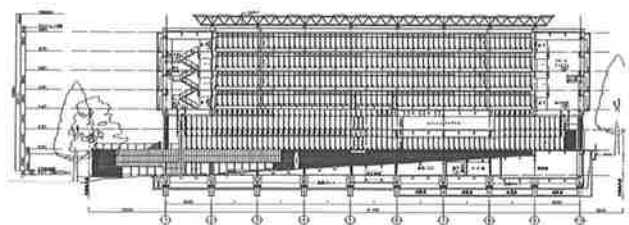
基準階平面図



2階平面図

2. 建築概要

建設地	神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1
建築主	慶應義塾
設計	清水建設株式会社一級建築士事務所
施工	清水建設株式会社
主要用途	大学研究室
建築面積	4,286 m ²
延床面積	18,606 m ²
階数	地下0階 地上7階 塔屋0階
軒高	27.51 m
最高高さ	30.95 m
基準階	階高3.8 m 床面積2,462 m ²



断面図

3. 構造計画概要

計画建物は、1階床梁と基礎の間に免震装置を設けた免震構造としている。

建物中央部には7層吹き抜けのアトリウムがあり、その周辺を建物を取り囲んでいる。上部4層は4つのブロックに分かれておりそれぞれをブリッジでつないでいる。建物南西部は下部3層が吹き抜けのピロティ形式になっており、アトリウム上部は立体トラスの屋根で覆われている。

上述のように本建物は吹き抜けやピロティ形式があり、構造的に偏心（ねじれ）を生じやすい架構となっている。そこで、免震構造を採用することにより上部架構の偏心をどの程度許容できるかをシミュレーションし、その結果を本建物に反映させた。

解析モデルは当該建物と同規模の6×7スパン、7階とし、解析ケースとしては下記の①～③の組合せで行った。入力地震動としては建築センター波（レベル2）を用いた。

- ① 免震層偏心なし、上部架構の偏心率を変化(図1)
- ② 上部架構偏心なし、免震層の偏心率を変化(図1)
- ③ 上部架構が偏心している建物で免震構造とした場合と非免震構造の場合の比較(図2)

免震層に偏心がないと上部架構に大きな偏心があっても応答ねじれ角としては小さく、逆に免震層が偏心すると大きなねじれ角が生じる（図1）。また、上部架構が偏心していても免震構造とすることによりねじれを約1/2程度に抑えることができる（図2）。これらのスタディー結果をもとに本建物を免震構造とし、構造計画を行った。

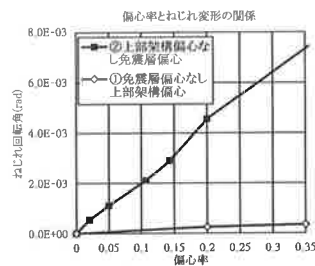


図1 偏心率とねじれ角

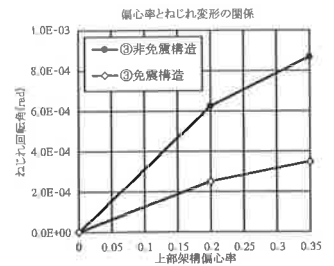
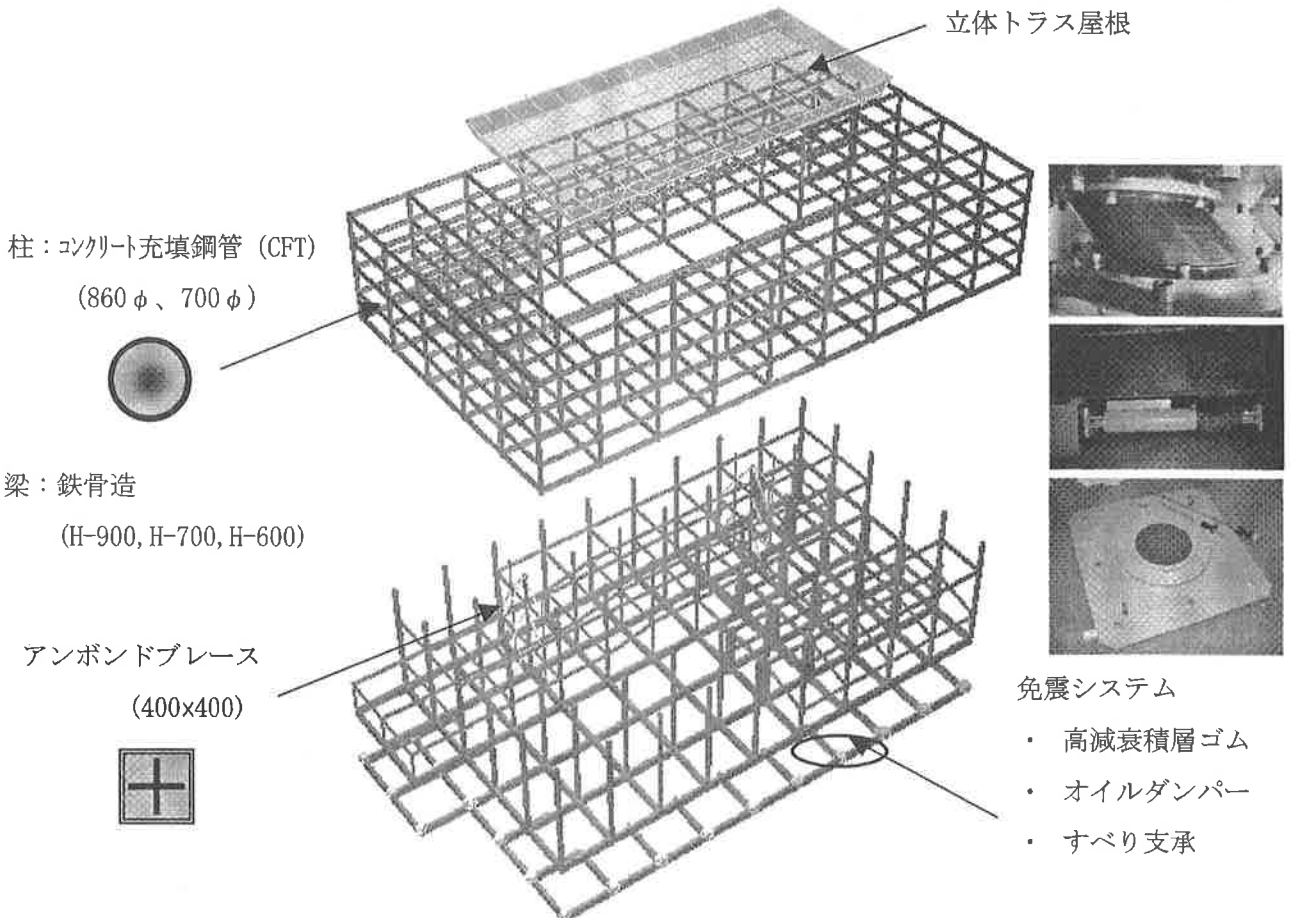
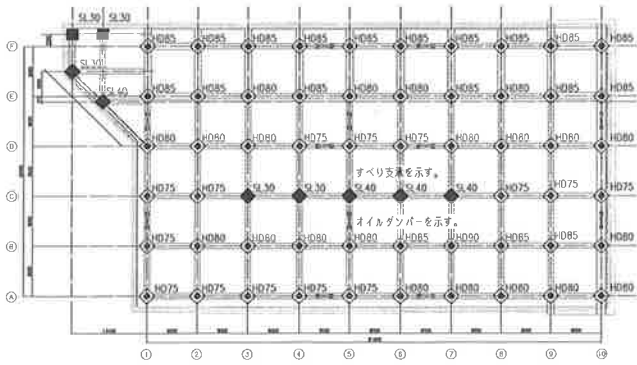


図2 免震・非免震比較



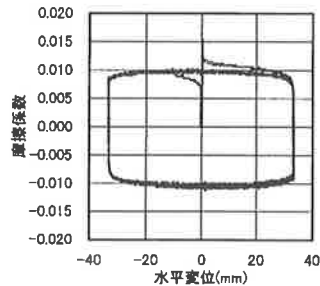
構造種別は柱にコンクリート充填鋼管柱を用いた鉄骨造としている。1階～3階にはX, Y両方向に水平剛性を確保することを目的にアンボンドブレースを用いている。1階床梁は鉄骨鉄筋コンクリート造としている。免震装置には高減衰積層ゴムを各柱下に1台ずつ配置しており、軸力の小さい場所にはPTFE（四フッ化エチレン樹脂）を用いたすべり支承（摩擦係数0.02の低摩擦タイプ）を用いている。また、減衰性能を向上させ建物の変形を抑えるためオイルダンパーをX, Y両方向に各6台用いている。



高減衰積層ゴム		すべり支承		オイルダンパー		
符号	ゴム径	符号	台数	符号	台数	
HD90	900φ	SL40	4	BM200	12	
HD85	850φ					19
HD80	800φ					21
HD75	750φ					14
		SL30	5			

免震装置配置図

鉛直荷重	154kN
面圧	19.6MPa
振動数	0.5Hz
加振速度	10cm/s
振幅	31.8mm
試験波数	5波



すべり支承加振試験結果

4. 入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動としては、レベル1地震動はカテゴリ-C1に入るように振幅を定めた観測波を用いた。レベル2地震動はカテゴリ-C2に入るように振幅を定めた観測波および南関東地震を想定して横浜の開放基盤上の地震動とし

て作成された模擬地震動（横浜基盤波）を建設地の工学的基盤に入力し一次元波動伝搬解析（SHAKE）により地表面へ立ち上げた地震動（横浜波と称する。）を用いている。余裕度検討レベルは観測波のレベル2地震動の約2倍としている。

表1 入力地震動

レベル	地震動	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	継続時間 (sec)
1	EL CENTRO 1940 NS	267.9	26.2	40.0
	TAFT 1952 EW	271.3	27.3	40.0
	HACHINOHE 1968 NS	208.3	31.6	36.0
2	EL CENTRO 1940 NS	535.7	52.4	40.0
	TAFT 1952 EW	518.2	52.2	40.0
	HACHINOHE 1968 NS	367.6	55.7	36.0
	横浜波	461.0	70.7	80.0
余裕度検討	EL CENTRO 1940 NS	991.0	96.9	40.0
	TAFT 1952 EW	1036.4	104.4	40.0
	HACHINOHE 1968 NS	680.1	103.0	36.0

5. 耐震性能目標

当該免震建物について、レベル1（建物耐用年数中に一度以上受ける可能性が大きい地震動）、レベル2（建設地において想定される最強の地震動）、余裕度検討レベル（免震建物としての安全余裕度を確認するための地震動）の地震動に対して、表2のような耐震性能目標を設定している。

表2 耐震性能目標

入力レベル	レベル1	レベル2	余裕度検討レベル
上部構造	許容応力度以下	弾性限耐力以下	終局耐力以下
基礎構造	許容応力度以下	許容応力度以下	弾性限耐力以下
免震装置	安定変形以下 積層ゴムに引張り生じない	性能保証変形以下 積層ゴムに引張り生じない	終局保証変形以下 積層ゴムの引張り面圧 -1N/mm ² 以下

6. 地震応答解析

6-1 質点系モデルによる応答解析

免震装置下レベルを固定とした免震装置上部の各階床位置に質量を集中させた質点系モデルとする。免震層の水平バネは、高減衰積層ゴム、すべり支承の並列バネとする。オイルダンパーはダッシュポットとしてバネに並列で設ける。また、免震層の回転剛性として、高減衰積層ゴムアイソレータの鉛直方向の剛性から算出されるロッキングバネを考慮する。

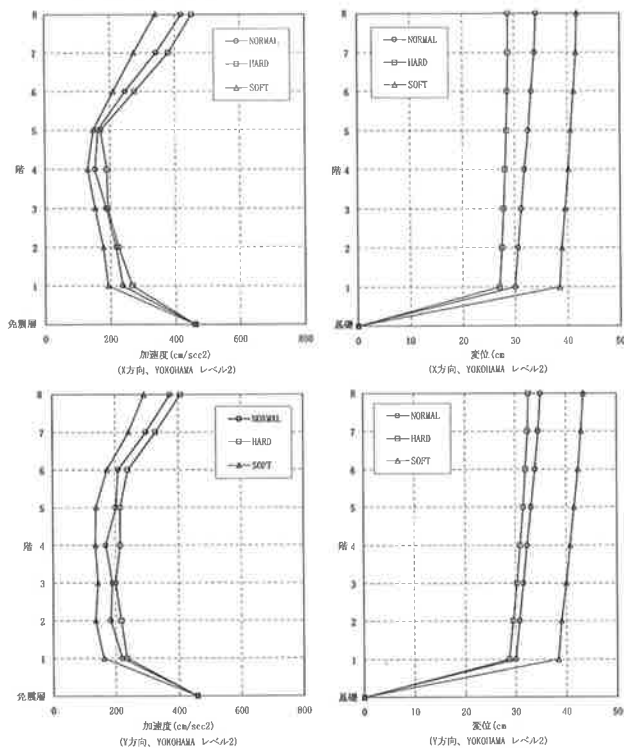


図3 応答解析結果

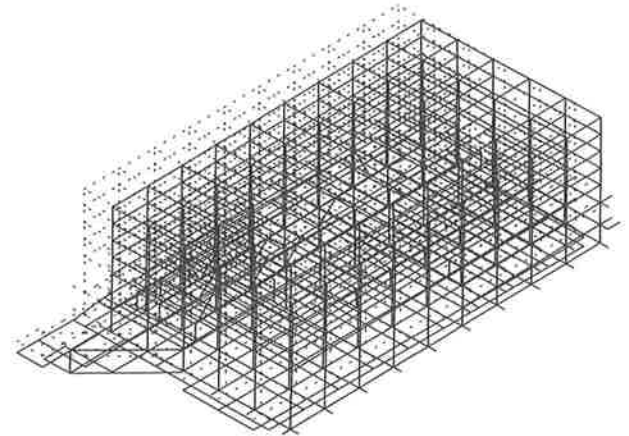
図3に横浜波を入力地震動とした時の応答加速度および応答変位を示す。解析ケースとしては免震装置の剛性および減衰のばらつきを考慮しNORMAL、HARD、SOFTの3ケースを示している。

頂部最大加速度がX方向で453cm/s²、Y方向で410cm/s²、免震層の最大相対変位がX方向で38.4cm、Y方向で38.3cm、また、免震層の最大せん断力係数がX方向で0.120、Y方向で0.124となっている。

余裕度検討レベルでは免震層の最大相対変位がX方向で48.9cm、Y方向で49.5cmとなっており、この結果から免震ピットクリアランスを50cmとしている。

6-2 立体モデルによる応答解析

前述の解析スタディーをもとに免震装置及びオイルダンパーを組み込んだ立体骨組モデルにて弾塑性応答解析を行い、ねじれの影響を検討した。



地震時応答変形図

本建物は上部架構の偏心率が最大で0.19(X方向)となっているが、免震層の偏心率を0.004と極めて小さくしている。これにより地震時の応答変形では上部架構はねじれを生じず、ねじれの回転角として約1/4000程度と小さな値となっている。これは、解析スタディーの結果とも対応している。

質点系応答モデルと立体骨組応答モデルの応答結果(レベル2 横浜波)の比較を加速度及び変位について図4に示す。良い対応を示しており、それぞれのモデルにおける解析の妥当性が確認された。

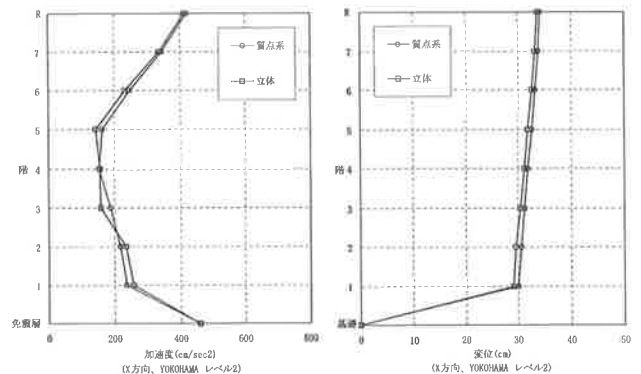


図4 質点系モデルと立体モデルの比較(横浜波X方向)

7. モニタリング計画

本建物の竣工後における構造性能（主に地震時の挙動）を把握し、建物の健全性を常時確認するためにモニタリングシステムを導入することを計画している。

これは、構造性能評価に必要な建物各所に加速度計や変位計などのセンサ（光ファイバセンサ等）を設置し、センサから得た情報を学内LANを通じてデータ管理サーバーへ転送し、インターネットを通じて施主・建物管理者及び設計者・施工者が必要に応じて情報を入手することが出来るシステムである。

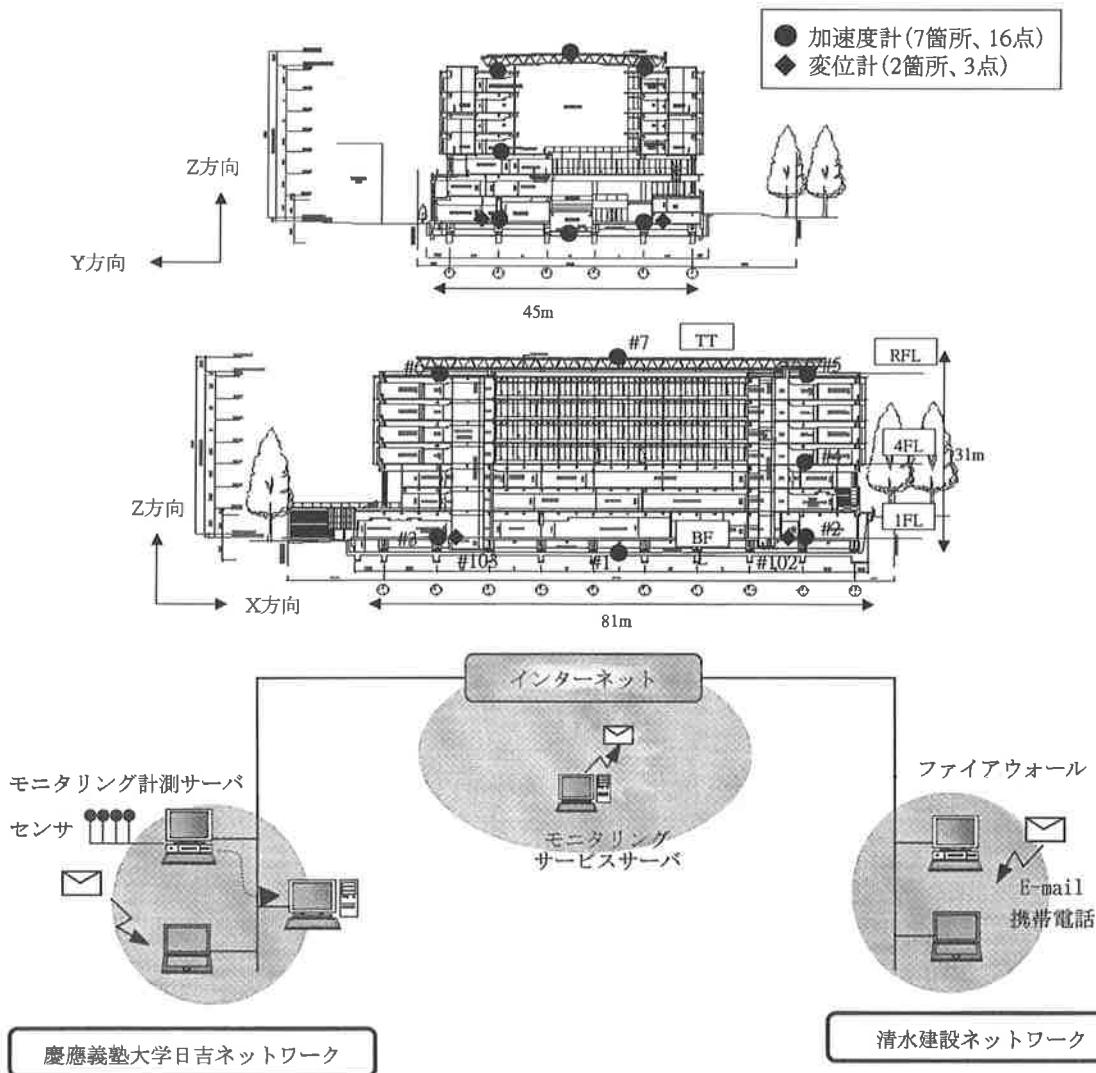
センサは下図に示す位置に設置する予定である。

8. おわりに

免震構造を採用することにより地震力を低減することが出来るため、柱梁の断面を小さくすることが出来る。また、上部架構の偏心が大きく、ねじれを生じやすい建物であっても免震構造とすることによりねじれを低減でき、設計の自由度を高めることができる。

本建物はこの免震構造のメリットを最大限に活用することにより、開放感の高い魅力ある空間を実現することができた。今後は、モニタリングシステムにより、地震時における建物の挙動を継続的に観測してゆく予定である。

センサ配置（立面図）



ネットワーク接続図