

慶應義塾日吉キャンパス 協生館



根津 定満
三菱地所設計



東 和彦
同



石橋 洋二
同



永山 憲二
同

1 はじめに

慶應義塾日吉キャンパス 協生館は、慶應義塾創立150周年記念事業のひとつとして、綱島街道と陸上競技場に挟まれた日吉キャンパス南西部に計画された施設である。施設内容は、大学院施設のほか、50m公認プールと飛び込みプールを配した水泳場、500人収容の音楽ホールとして利用できる講堂、研修宿泊施設、多目的ホール、開放型体育施設や各種支援施設など、さまざまな施設から構成されている。

特徴的なのは、地下1階のプールであり、その上部にはデッキテラスや段床が陸上競技場に面して配置されている。また、建物の一部はセットバックする形状を有してプール上部に配置され、その両翼には講堂、多目的ホールの大空間が配置されている。陸上競技場側からのセットバックを重ねる外観が本建物を印象的なものとしている。

2 建物概要

建築主	学校法人慶應義塾
建設地	神奈川県横浜市港北区日吉
建築面積	7,363.10m ²
延床面積	38,207.37m ²
規模	地上7階 地下2階
高さ	最高高さ 30.279m 軒高 29.479m

設計監理

環境デザイン研究所(金箱構造設計事務所)
三菱地所設計

施工

(建築・空調衛生設備) 東急建設株式会社
(電気設備) 東光電気工事株式会社



図1 全景パース

3 構造形式

免震層：1階床下(中間層免震)
構造種別：S造(地上)、SRC造(地下)
架構形式：純ラーメン構造(地上)
耐震壁付ラーメン構造(地下)
基礎形式：直接基礎(べた基礎)

4 構造概要

1階で長辺約130m、短辺約50mの平面形状を有し、グラウンド側から階段状にセットバックする形状が外観上の大きな特徴である。建物内部、中央付近に、建物を長辺方向に貫通する吹抜通路を設けており、階段状の低層部分と高層部分とが分断された空間構成となっている。

また、地下1階の50mプールは、免震層及び1階床を貫く吹抜を有する大空間であり、その上部のデッキテラスと建物の一部(セットバック部分)をスパン約30mのトラス架構により支持している。

これらの構造計画上の条件を満足し、かつ高い耐震安全性を同時に実現するためには、免震構造が合理的であると判断し、採用を決定した。

免震支承は天然ゴム系積層ゴム支承を基本とし、一部に弾性滑り支承を採用している。減衰要素にはオイルダンパーを採用しており、その半数は一次減衰係数が二段階に切り替え可能な可変減衰タイプとしている。

以下に、本建物の特徴のうち構造計画上重要な点と、その対応を記載する。



図2 ホール内部

■ 複雑な建物形状

建物中央付近は短辺方向に徐々にセットバックしていること、また、グラウンド側は、プール、多目的ホール、講堂などが配置された低層部分であり重量が小さいことから、偏心が生じやすい建築計画である。これに対し、一部に弾性滑り支承を設け、また天然ゴム系積層ゴム支承には2種類のゴム剛性(G3、G4)を併用するなど、免震支承の配置を工夫してバランスの良い免震層とした。

■ 吹抜通路

建物を貫通する吹抜により、上部構造(2階以上)は長辺方向に2つに分断され、通路のスラブのみで接続されている。また、免震層床および1階床は、2つのプールの上部吹抜により短辺方向に分断され、部分的なスラブでのみ接続されている。

これらの吹抜で分断される各階床について、接続部スラブの変形や多剛床的な挙動を考慮した静的、動的の検討を行い、地震時における接続部分の健全性を確認している。



図3 吹き抜け空間

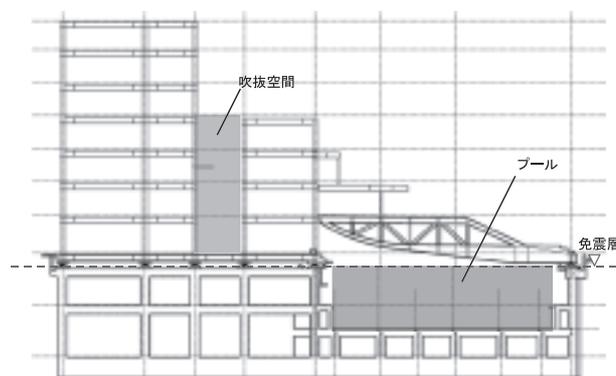


図4 建物中央軸組図

また、セットバックの最上部となる部分の床版には鋼板補強を施し、1階床には極厚のスラブを配置するなど、接続部の剛性、耐力を確保することで、各階床が一体的な挙動となる計画を実現した。

■ プール上部トラス

立体トラスにより形成したプール上部トラスは、グラウンド側の建物形状に合わせて、1階と2階に跨って配置されている。層を跨いで配置されるトラスと純ラーメン構造が併用される本建物の地震時の挙動を明快にするため、トラス架構と1階床とは分離し、2階床と一体的な挙動となる構造計画とした。

具体的には、1階床レベルにおいて、支点到低摩擦系の弾性滑り支承($\mu = 0.01$)を用い、また、トラス架構部分と本体部分の間に層間変形に追従可能なエキスパンジョイントを配置した。

これにより、トラス架構も含めた上部構造全体を免震化し、かつ、全体の挙動に追従可能な計画として、地震時の大きな応力から開放された合理的なトラス架構とした。



図5 50mプール

■ 可変減衰オイルダンパー

本建物には、中小地震動時の居住性、耐震性の向上を目的として、オイルダンパーの減衰係数を地震レベルに応じて切り替えるセミアクティブ免震システムを採用している。

切り替えは地震ごとに2回とし、地震動が比較的小さい段階においては一次減衰係数を低い側に設定して応答加速度低減を図り、地動加速度が一定以上となった場合には一次減衰係数を高い側に設定し、地震に対する安全性を高めることとしている。図6に切り替えのフローを示す。

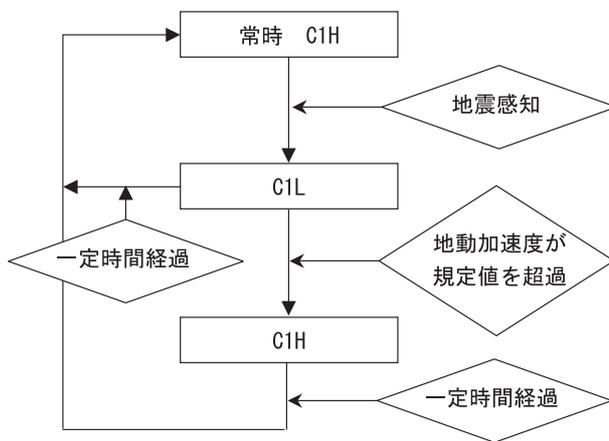


図6 可変減衰ダンパー切り替えフロー

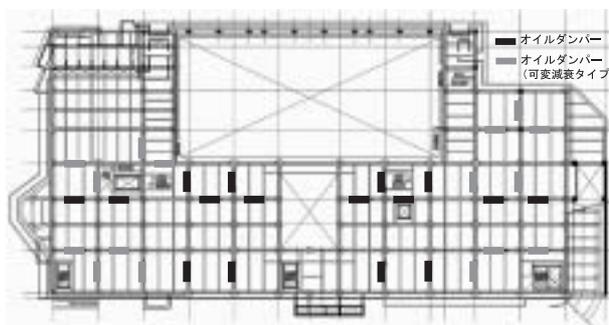


図7 免震層伏図

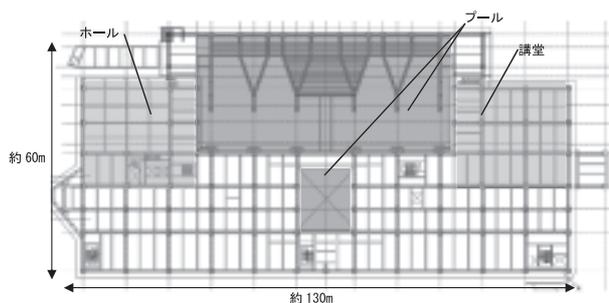


図8 1階伏図

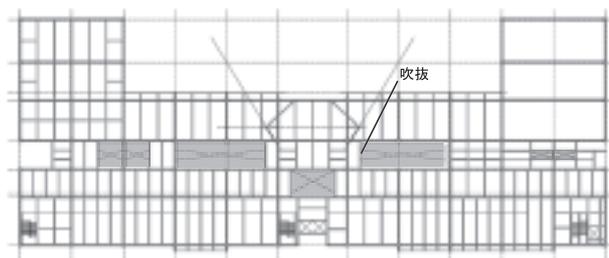


図9 5階伏図

■ 中間層免震

本建物は1階床下に免震層を設けた中間層免震である。地下へのEVや階段等のシャフトは、鉄骨架構により1階床から吊り下げ、上部構造と一体的な挙動となる計画とした。

また、各プール上部の吹抜は免震層を貫通しており、免震層はプールに面する部分が多く存在する。プールから進入する空気中の塩素により、免震装置が損傷を受けることが無いよう、プールに面する部分には変形に追従可能な目地材を設けると共に、その部分を気密ライン（躯体壁と目地材により構成）で囲み、換気を行うことで、プールからの空気が進入した場合でも塩素濃度が高まらないように配慮した計画とした。

■ クライテリア

複雑な形状を有する建物であるため、クライテリアは上部構造・下部構造共に極めて稀に発生する地震動時においても短期許容応力度以下として高い安全性を確保することとした。免震層については、最大変形を250%以内とし、また、上下動を考慮した場合においても引張面圧を生じさせない計画としている。

5 応答解析概要

5.1 採用地震波

採用地震波は、既往波3波（EL CENTRO NS、TAFT EW、HACHINOHE NS）、告示波3波（一様乱数、八戸位相、神戸位相）とした。

5.2 固有値解析結果

表1に固有周期を示す。本建物の減衰要素はオイルダンパーのみであるため、免震層の変形状態に関らず固有周期は一定となる。

表1 固有周期一覧

	方向	1次(sec)	2次(sec)	3次(sec)
上部構造	X方向	1.240	0.549	0.344
	Y方向	1.278	0.571	0.356
免震構造	X方向	4.247	0.836	0.467
	Y方向	4.253	0.868	0.486

5.3 応答解析結果

極めて稀に発生する地震動時の短辺方向の応答解析結果（可変減衰ダンパーは1次減衰係数を高い側に固定）を図10に示す。

最上階の応答加速度は、両方向とも、稀に発生する地震動時に約140gal、極めて稀に発生する地震動時に約250galであり、鉄骨造、純ラーメン構造である比較的剛性の低い上部構造にも関わらず、高い免震効果を実現している。

また、可変減衰ダンパーの一次減衰係数を低い側に固定し、かつ免震材料の特性変動を考慮した場合の免震層の変形も確認している。その最大値は約360mmであり、クリアランスの500mmに対して十分な余裕のある設計としている。

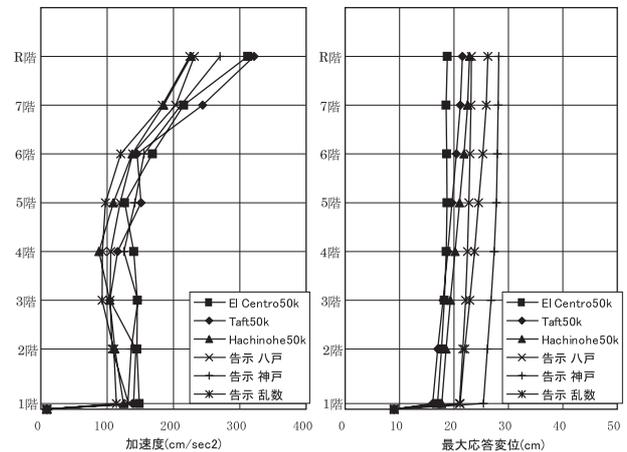


図10 応答解析結果

先述のセミアクティブ免震システムの導入により、稀に発生する地震動時において、最大で17%程度の応答低減効果（最上層加速度応答）を実現している。なお、本システムは慶應義塾 故 吉田和夫 元常任理事、西村秀和 教授による発案、設計である。

6 まとめ

本計画には、複雑な建物形状や数多くの大きな吹抜の配置、更に2層に跨るトラス架構など、構造設計上の条件が数多く課せられた。

これに対して、免震構造を採用することにより、地震応答の低減を図り、複雑な構造計画を実現すると共に、高い耐震安全性を確保する設計が可能となった。