

# 慶應義塾大学(三田)南館



藤波 健剛  
前田建設工業



世良 信次  
CERA建築構造設計



小澤 義和  
横浜ゴム

## 1 はじめに

今回は、第7回日本免震構造協会賞作品賞を受賞した慶應義塾大学三田キャンパス南館を訪問致しました。本建物は、写真1に示すように、開放的なキャンパスエントランスを有し、三田から世界への情報発信だけでなく、塾外からの新たな刺激を受け入れる、世界へ開かれた三田の新しいゲートとして位置づけられています。コンペ形式で企画され、大成建設が提案した4つのコンセプトが評価され、採用されました。特に、本建物では、セミアクティブ方式の免震構造が採用されています。

慶應義塾管財部工務課の山代昌彦氏、設計者である大成建設(株)の篠崎洋三氏、藤山淳司氏に案内していただきました。出版部会からは加藤委員長、世良、小澤、藤波の4名が訪問しました。



写真1 建物外観

## 2 建物のコンセプトと概要

本建物のコンセプトは、以下の4つで構成されています。

① 丘の復元：三田キャンパスは、白金・高輪から

イタリア大使館に至る緑の台地の軸線上に位置しており、この連続性を回復する。

② 三田の新しいゲートの創造：社会へ情報を発信するだけでなく、塾外からの新たな刺激を受けることにより義塾を活性化させるための実業の世界へ開かれたゲートを創造する。

③ 継承する「萬來舎」の精神：イサム・ノグチと谷口吉郎のコラボレーションによる「萬來舎」の精神を継承し、人の出会いの場、対話を誘発する多様な場を提供する。

④ 長寿命化を支えるフレキシビリティ：研究スタイルの違いによる個性化や、将来における施設への要求の変化にもフレキシブルに対応できる。以上の設計コンセプトを受けて、建築計画のポイントを次のように決定しました(図1)。

① 高層部：教員個室の利用空間を最大限確保し、居住性を高める。

② 低層部：教室を無柱空間とし、フレキシビリティを高める。

③ アトリウム：低層部と高層部を連結し、学生たちの対話空間としての開放性を高める。

これらの要求性能を実現させるために、免震構造が採用されました。

本建物の概要を以下に示します。

建築場所	：東京港区三田2-15-45
用途	：学校(大学)
建築面積	：2,125.38m <sup>2</sup>
延床面積	：18,174.26m <sup>2</sup>
階数	：地上13階、地下3階、塔屋1階
最高高さ	：48.3m
構造	：鉄筋コンクリート造
基礎	：直接基礎
設計監理	：大成建設一級建築士事務所
施工	：大成建設株式会社



図1 建築計画のポイント

### 3 構造計画概要

建築計画を受けて、図2に示す構造計画を行いました。高層部と低層部を繋ぐアトリウム部の設計を考えた場合、応答性状の違いによって大きなねじれが生じます。これらの応答解析を実施し、連結部に生じるせん断力を1/5以下に低減でき、エキスパンションジョイント無しに設計可能とできる免震構造が採用されました。

免震構造の採用に際して、基礎免震あるいは中間層免震のどちらにするかを検討し、特に擁壁の設計が困難である等の理由も踏まえて総合的に判断し、地下3階レベルで免震層を設けることにしています。

高層部の教員個室の利用空間を最大限確保するために、H型連層耐震壁をコア部に配置し、外周部分を鉛直荷重のみを負担する壁柱とすることで、室内の柱型をなくしています。さらに、天井をリブ付コンクリートスラブとし、設備機器をリブ内に収めることで、階高3.3m中3m近い天井高を確保し、自由度の高い空間を作り出しています。

本建物では、免震構造により優れた免震性能を付加させる目的で、図3に示す概念のセミアクティブ方式の免震構造を採用しています。ここでは、応答加速度を通常の免震構造よりもさらに低減させることを目的として導入しました。電磁弁を切り替えることで、減衰係数を高低2段階選択できる可変減衰ダンパーを、大成建設・慶應義塾大学・日立製作所の3社で共同開発し、大臣認定を取得しています。センサーで計測された建物の揺れの情

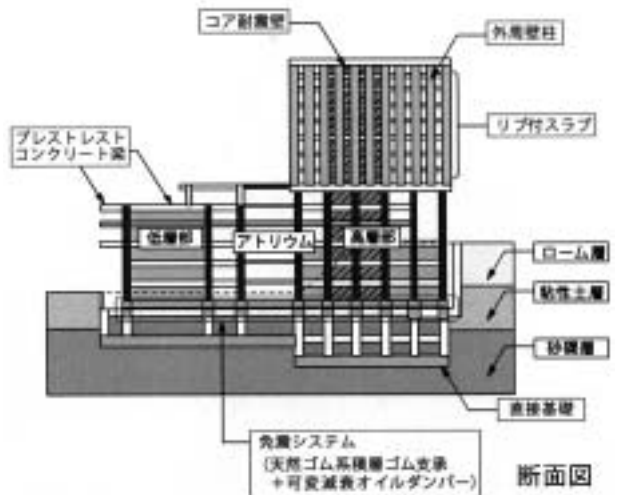
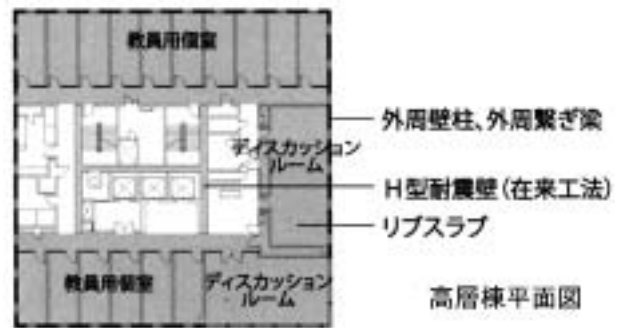


図2 構造計画のポイント

報を元に、建物の応答加速度を低減させるには、ダンパーのどちらの減衰係数を選択すれば良いかをある制御則の元で計算し、切り替えます。万一の停電やコンピュータの異常時には、パッシブ型のダンパーとして作動するようになっています。

免震部材としては、天然系積層ゴム支承φ700を4台、φ800を2台、φ900を16台、φ1,000を3台、φ1,100を5台、φ1,300を4台、パッシブ型オイルダンパーをX、Y方向各5台、可変減衰型のオイルダ

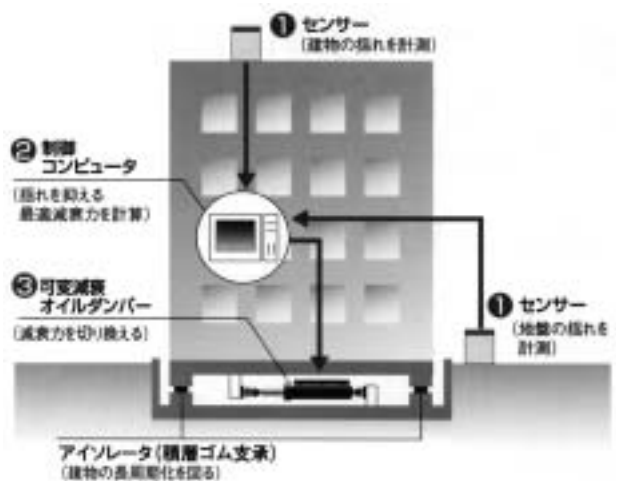


図3 セミアクティブ免震構造概念

ンパーをX、Y方向各5台が設置されています。免震層の配置図を図4に、免震部材の諸元を表1に示します。

地震時の本免震建物の耐震性能として、既往波3波、告示模擬波4波に加え、サイトの特性を考慮した模擬地震波3波に対してその目標(表2)が設定され、地震応答解析によって目標が満足されることが確認されています。

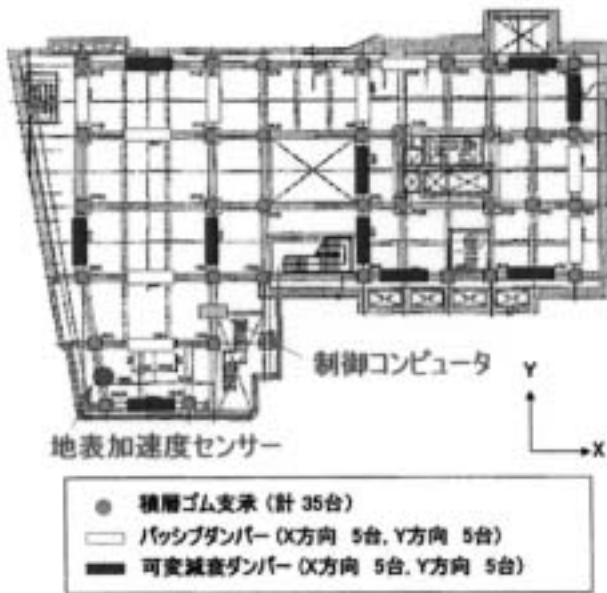


図4 免震層配置

#### 4 見学記

3階会議室をお借りして、説明をしていただきました。写真2にその状況を示します。



写真2 建物説明状況

その後建物内を見学させていただきました。ここでは、写真を用いてその様子を説明します。

写真3はシースルーエレベータの様子です。背後

**表1 免震部材諸元**

天然ゴム系積層ゴム	積層ゴム径(台数)	φ700(1)	φ700(3)	φ800(2)	
	1次形状係数	36.4	36.4	36.1	
	2次形状係数	5	5	4.9	
	長期最大面圧(N/mm <sup>2</sup> )	6.7	10.8	7.8	
	せん断弾性率(N/mm <sup>2</sup> )	0.29	0.39	0.29	
	積層ゴム径(台数)	φ900(16)	φ1,000(3)	φ1,100(5)	
	1次形状係数	36.7	36.4	36.3	
	2次形状係数	5	5	5.5	
	長期面圧(N/mm <sup>2</sup> )	11.7	10.4	11	
	せん断弾性率(N/mm <sup>2</sup> )	0.39			
	積層ゴム径(台数)	φ1,300(4)			
	1次形状係数	36.5			
	2次形状係数	6.5			
	長期面圧(N/mm <sup>2</sup> )	11.6			
せん断弾性率(N/mm <sup>2</sup> )	0.39				
オイルダンパー	種類(台数)	通常型(10)	可変減衰型(10)		
	減衰力(kN)	最大	1,000	1,000	
	速度(m/s)	限界	1.5	1.5	
		降伏	0.32	H:0.213 L:1,230	
	減衰係数(kN·s/m)	1次	2,500	H:3,680 L:1,230	
		2次	169.5	H:167 L:167	
変形限界(cm)	積層ゴムの変形限界:56 オイルダンパーのストローク限界:55 上部構造と擁壁のクリアランス:50				

表2 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
上部構造	耐力	短期許容応力度以内	弾性限耐力以内
	層間変形角	1/300以内	1/200以内
免震層	せん断歪み	積層ゴム300%歪み	積層ゴム300%歪み
	層間変形	42cm	42cm
	引張応力(歪)	許容しない	引張1.0N/mm <sup>2</sup> 以下
下部構造	耐力	短期許容応力度以内	短期許容応力度以内
全体系の実効周期		4.2秒	4.2秒



写真3 エレベータ部

も含めてシースルーとなっており、裏側にあるアトリウムも見渡せます。写真4は、エレベータ裏のアトリウム部からエレベータを見上げたところです。天井をガラス張りにすることで光を取り込み、コミュニティ空間であるアトリウム部を明るくしています。



写真4 アトリウム

写真5は教員個室です。柱型が室内に現れず、プレキャストリブスラブを直天とすることで、快適な執務空間が確保されています。



写真5 教員個室

写真6は積層ゴム、写真7は可変減衰型のダンパーを示します。パッシブダンパーとは色分けされており、可変減衰型は赤、パッシブ型は黄色で塗装されています。

写真8はセミアクティブコントロールのための制御盤です。常時振動をモニタリングし、地震時にはダンパーの電磁弁を制御して切り替えます。



写真6 積層ゴム



写真7 可変減衰型ダンパー



写真8 制御盤

写真9はアトリウムに面している図書室上部の小物落下よけです。明るさを落とさない工夫がされています。



写真9 アトリウム小物落下防止シート

写真10はアトリウム部で高層階と低層階を繋ぐスパン11mのダクトブリッジです。超高強度繊維補強コンクリートを用いて床厚を薄くし、アトリウム空間を開放的にする役割も担っています。中央部にはTMDを設置し、床揺れも制御しています。

写真11は低層部屋上に移築再生された「萬來舎継承空間」です。周辺には緑の軸線を回復するための屋上緑化庭園が設けられています。



写真10 ダクトブリッジ



写真11 屋上に移築された「萬來舎継承空間」

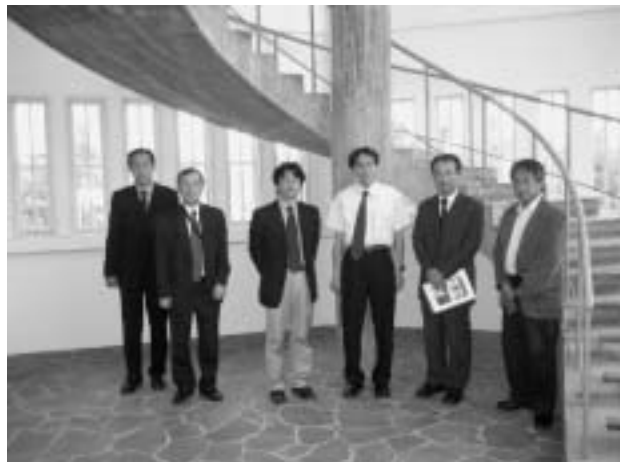


写真12 移築されたらせん階段での集合写真

## 5 訪問談義

訪問見学中の質疑や談義の一部を以下に示します。

Q：評定の流れはどうなっていますか。

A：建築センターの評定を受けましたが、当初はパッシブダンパーのみで評価を受けました。その後システム等の検討を行い、セミアクティブ方式として再評価を受けています。

Q：セミアクティブ機構が作動しない場合をどのように考えていますか。

A：建築センターの評価でも、バックアップ方法に関して重要なポイントとなりました。停電、センサーの故障などの想定される5種類のリスクに対して、可変ダンパーへの通電をOFFとなる様にし、パッシブダンパーとして作用させることにしました。パッシブダンパー時でも問題ないことを確認しました。

Q：通電がOFFの場合には、減衰係数は高低どちらになりますか。

- A：通電OFF時には電磁弁が閉じるようになっていきます。この場合減衰係数は高い方になります。同様に常時は減衰係数が高い方になっています。
- Q：セミアクティブ方式の主な目的は何ですか。
- A：変位は同じくらいでも加速度を落とすことを主に考えています。
- Q：パッシブダンパーと可変減衰ダンパーの減衰係数はどの様な値ですか。
- A：パッシブダンパーは、可変減衰ダンパーの高低の減衰係数のちょうど中間の値となっています。
- Q：常時制御部は稼働しているのですか。
- A：センサーで計測した振動は常時モニタリングしています。加速度が3galを越えると制御状態に入ります。

## 6 おわりに

今回は、セミアクティブ免震構造という、建築に制御を取り込んだ建物ですが、これ以外にも、多くの新技術が盛り込まれた建物でした。高層棟と低層棟を繋ぐアトリウムが明るく開放的で、学生にとって安心して学べる空間が創り出されていると思いました。この南館では、模擬法廷教室、ディスタンスラーニングルームなど、対話による実践的な授業に使用される部屋の他にも、内部に多様な人が集い対話するスペースが作られています。人と人との対話から新たな知的価値が創造される、世界に開かれた三田の新しいゲートを象徴する建物であると感じました。

最後になりましたが、お忙しい中、貴重なお話をお聞かせ頂きました関係者の方々に、厚く御礼申し上げます。