

# 味の素グループ高輪研修センター

－地下鉄上部に建設する基礎免震建物－

久米設計  
嵐山正樹



同  
依田博基



同  
渡瀬利則



## 1. はじめに

本建物は、味の素グループの全世界的な人材育成の場として、味の素創業者自邸である「旧鈴木三郎助邸」の跡地に建設する研修センターである。地震災害時には免震構造を採用することにより、味の素グループの災害活動の中核としても機能する。旧鈴木三郎邸は、歴史的建築要素が多く、塀や内装材の一部を保存移築することにより伝統を継承する意匠計画とした。

本敷地は、都心住宅地における高さ制限などの条件に加え、敷地内を地下鉄トンネルが横断するという条件がある。この厳しい敷地条件の中、施設計画の要求を満たす免震構造の1つの回答としてここで紹介する。

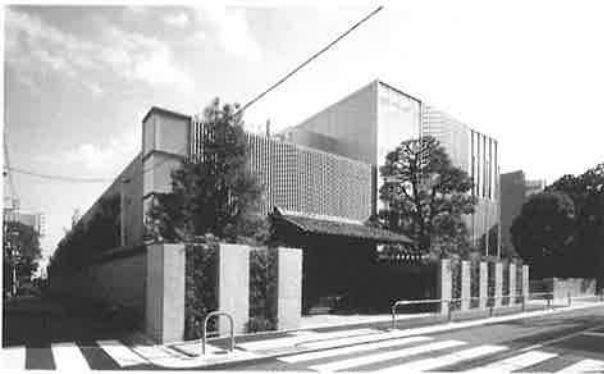


写真1 建物外観

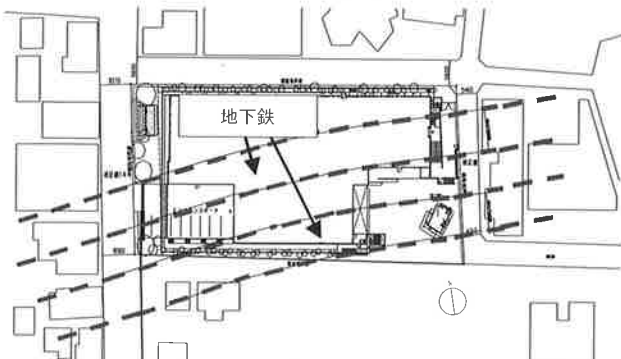


図1 敷地と地下鉄の横断位置図

## 2. 建築計画概要

本敷地は、JR品川駅から西に1kmほど離れた高台に位置し、直下に地下鉄が横断するため地上権設定がされている。この設定条件の主な内容は、地下の掘削深さ9m（仮設材を含む）、上載荷重90kN/m<sup>2</sup>以下とすることである。また、この条件とは別に地上部は、住宅に囲まれた第1種中高層住宅専用地域であり厳しい高さ制限が課せられている。

施設の主な構成は、地下階に高い天井高を必要とする大講義室（平面16.6m×29.4m、階高さ5.6m）、待合ロビー、機械室、地上階に研修室、食堂等を配置している。

建設場所：東京都港区

用途：研修センター

設計：株式会社久米設計

施工：大成建設株式会社

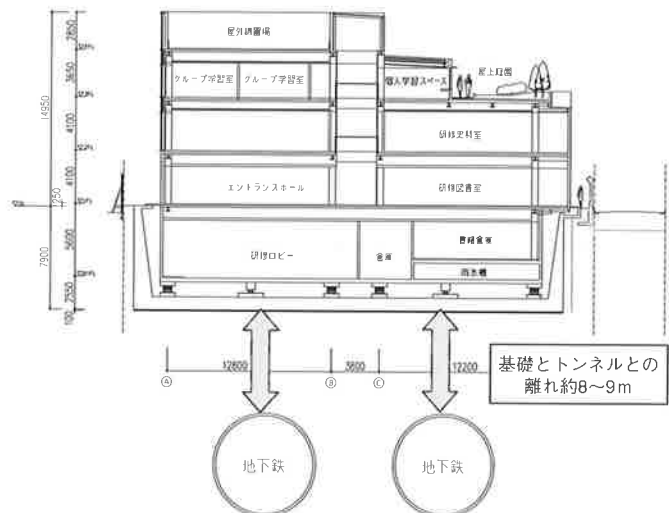


図2 建物と地下鉄との断面関係図

敷地面積：3,228m<sup>2</sup>  
 建築面積：1,925m<sup>2</sup>（付属棟を除く）  
 延床面積：6,210m<sup>2</sup>（付属棟を除く）  
 階数：地下1階、地上3階  
 建物高さ：16.0m  
 構造種別：地上、地下ともに 鉄骨造  
 基礎構造：直接基礎（マットスラブ）  
 免震部材：鉛プラグ入り積層ゴム支承700φ  
           弾性すべり支承400φ～600φ  
           直動型転がり支承  
 工期：2003年12月～2004年10月

### 3. 構造計画概要

構造計画は、建物重量の制限と要求される空間を考慮して地下躯体から鉄骨構造とすることで進めた。また、地下階は、厳しい制約のなかで必要な階高さを確保するために免震層高さを最小限に抑える計画とした。

#### 3-1 基礎計画

敷地地盤は、表層に厚さ3m程度の関東ローム層が分布し、その直下は洪積層であるシルト、粘土、砂地盤が互層をなして分布している。約GL-16mには、地下鉄上下線のトンネルが横断している。

基礎形式は、鉄骨造の採用と躯体を最小化することで建物全体重量が90kN/m<sup>2</sup>以下であることが確認できたので、凝灰質シルトを支持層とするマットスラブによる直接基礎とした。

マットスラブ基礎底レベルは、山留を1m根入れする計画としてGL-8.0mに設定した。

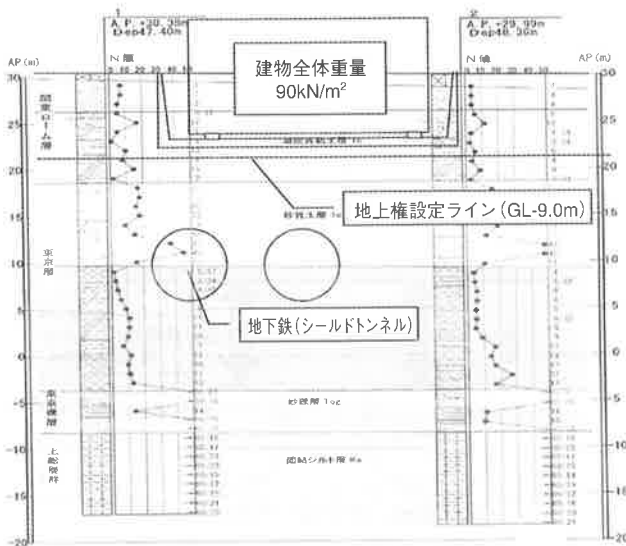


図3 建物全体断面図と地層断面図

#### 3-2 免震ピット計画

免震層は、地下1階高さ5.6mを確保するために、高さを最小限に抑える計画とした。

マットスラブ厚は、擁壁からの応力を受けるための必要厚さと地下鉄からの振動騒音を考慮して1000mmに設定した。16.6mの長スパンからマットスラブ厚さを決めた場合1500mmとなるので、この差分500mmの厚さを低減するためにプレストレストを導入している。

また、免震ピット上部床版は、免震層高さを最小限に抑えた上でメンテナンスのやりやすさを考え、無梁床版となるフラットスラブ構造とした。フラットスラブは、免震基礎をキャピタル（2000mm×2000mm）に利用することで厚さ300mmと薄くしている。

以上の結果から、スラブ上端からマットスラブ下端までを2550mmまで縮小している。

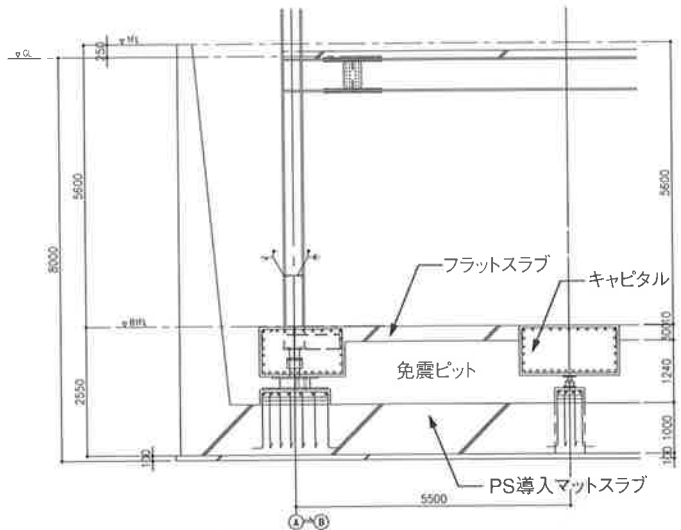


図4 地下1階-免震ピット断面図

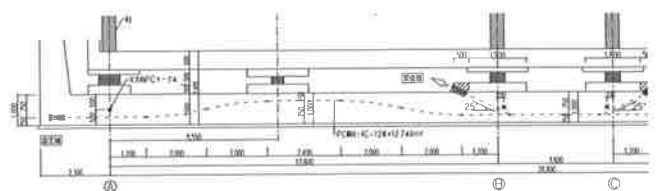


図5 マットスラブPS配線図

### 3.3 免震部材の計画

上部構造が鉄骨造で建物重量が比較的小さいので、長周期化を図るために鉛プラグ入り積層ゴム+すべり支承を組み合わせた免震システムを採用した。外周部に鉛プラグ入り積層ゴム支承を配置することによりねじれ剛性を高め、中央部の高軸力となる柱直下には弾性すべり支承を配置した。16.6m、12.2m スパンのフラットスラブについては、構造支点となるように上下方向に支点拘束できる直動型転がり支承を配置し、フラットスラブに発生する応力を軽減している。

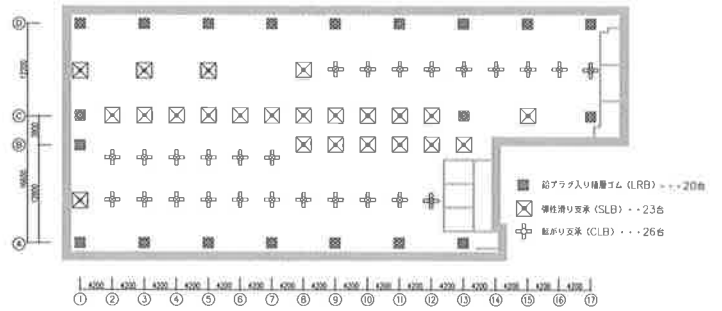


図6 免震装置配置図

### 3.4 上部架構計画

鉄骨架構は、経済性を向上させるために規格材によるH鋼柱を採用した。H鋼柱は、強軸をスパン方向とし、弱軸を桁行き方向とした。桁行方向のスパン割は、4.2mとすることでスパン方向(約12m)の剛性とほぼ同一となるように設定した。

地下1階架構外周フレームにはブレースを組み込み、1層階高分のトラス梁を構築することで建物剛性を確保しつつ、長スパン化を図り免震部材台数を軽減することで経済性を高めた。

地下階ロビーは、擁壁からの圧迫感を解消するために、擁壁を利用して日本庭園池から流れる滝を計画することにより開放的な空間としている。



写真2 擁壁を利用した滝

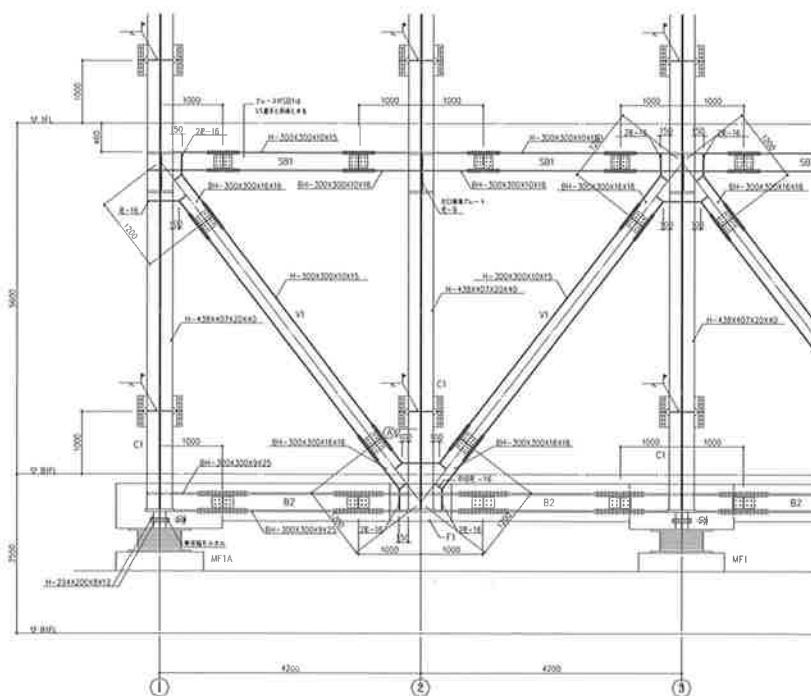


図7 地下1階外周フレーム詳細図

## 4. 地下鉄への影響検討

### 4-1 検討モデル

地下鉄上部に建設するにあたって、地下鉄トンネルへの影響について検討を行った。検討は、掘削時のリバウンドによるトンネルの浮き上がり、建物完成時のトンネルの沈み込みに着眼点をおき、FEM弾性二次元および三次元地盤解析モデルにて行った。

### 4-2 解析結果

最大リバウンド量は、GL-8.0m掘削時に最大となり、二次元解析結果、三次元解析結果とも約16mm程度であった。建物建設後については、建物重量の抑え込みにより浮き上がり変位が概ね現状に戻ることを確認した。

施工管理値については、この解析結果に対して地下鉄管理者と協議し設定した。

### 4-3 施工結果

工事は、敷地が狭いことに加え11ヶ月と短工期であることから、地下の掘削をすべて行った上で擁壁を含む基礎工事を行い、鉄骨建方に屏風建工法を採用した。

工事中の地下鉄軌道への影響については、トンネル内部に自動計測器を上下20ポイント合計40ポイント設置し、リアルタイム自動計測を行なうことで地下鉄への影響を観測しながら工事を進めた。

計測結果は、地下の掘削がすべて完了した段階でリバウンド量が最大値を示し、その変形量は解析結果に比べて小さく4.5mmであった。また、建物の建設後には、発生したリバウンド量はほぼ建設前の状態に戻っていることを確認した。

実測値が解析値に比べて約1/3の値となった理由として、解析時に土質定数を安全側に設定したこと起因すると思われる。

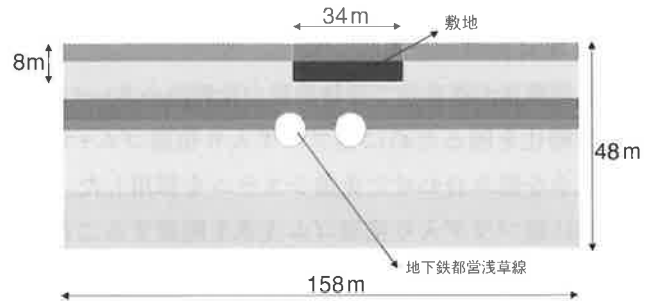


図8 FEM弾性二次元解析モデル

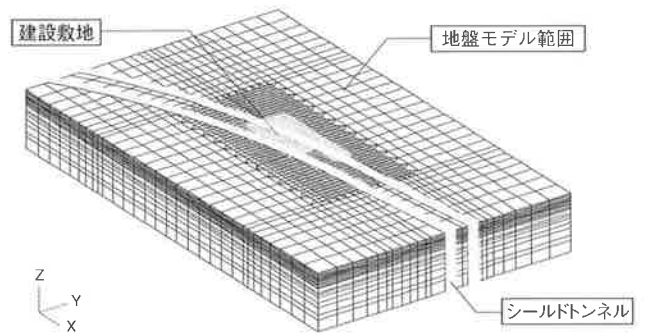


図9 FEM弾性三次元解析モデル

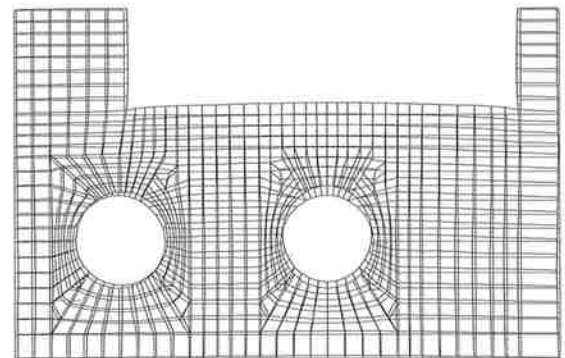


図10 FEM2次元解析結果による変位図 (最大値15.9mm)

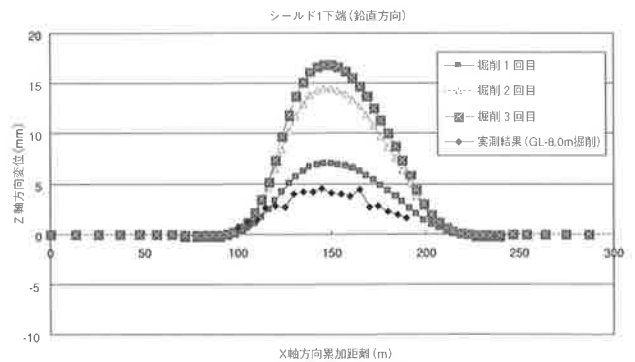


図11 FEM3次元解析結果による変位図と実測値

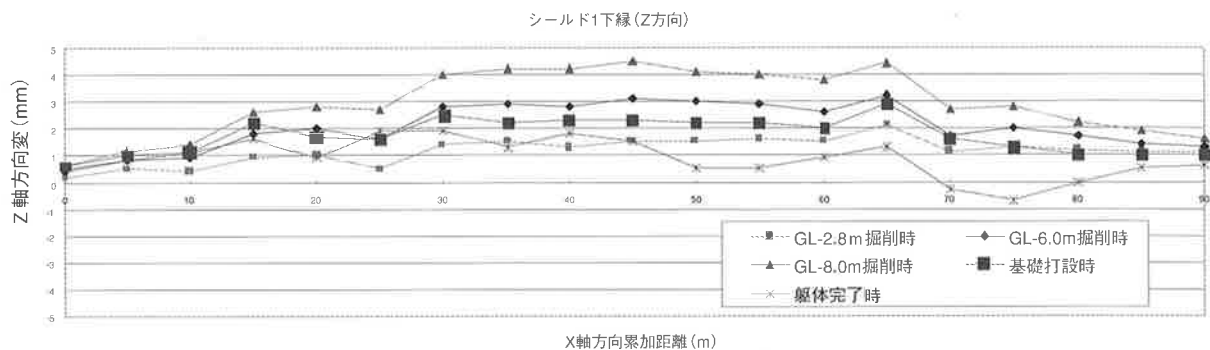


図12 各段階ごとのシールド実測変位図

## 5. 告示解析および時刻歴応答解析

### 5-1 告示免震

免震設計は、告示2009号第6号による告示免震によって行なっている。以下にその検討結果を示す。

表1 告示免震解析結果

平成12年建設省告示第2009号第6による構造計算			
設計限界変位 $\delta s$	$\delta s$		0.40 (m)
特性値	k1		380910 (kN/m)
	k2		21850 (kN/m)
	Qd		4049 (kN)
上部構造体総質量	M		8282 (ton)
免震層の等価剛性	K		31702.5 (kN/m)
設計限界固有値	Ts	$2\pi\sqrt{\quad}$ (M/K)	3.21 (sec)
基準変位	$\delta$		0.282 (m)
ばらつきに関する係数	a		1.20
代表変位	$\delta r'$	$\delta \times 1.2$	0.339 (m)
応答変位の確認	$\delta r$	$\delta r' \times 1.1$	0.373 (m)
クリアランスの確認		Max (1.25 $\delta r$ , $\delta r + 0.20$ )	0.573 (m)
			<=0.40m <=0.6m
せん断力負担率の確認	$\mu$		0.050
			>=0.03 OK
基準変位の接線剛性	Kt		21850 (kN/m)
接線周期の確認	Tt	$2\pi\sqrt{\quad}$ (M/Kt)	3.87 (sec)
			>=2.5 OK
ばらつきに関する係数	$\gamma$		1.26
最下層層せん断力係数	Cro		0.159

### 5-2 時刻歴応答解析

告示免震で計画した建物の性能を時刻歴応答解析によって確認した。解析モデルは、免震装置下部を固定とした各階1質点の5質点系等価せん断型モデルとした。入力地震波は、告示免震に使用したスペクトルとほぼ同一で位相の異なる3波を採用している。

地震応答解析結果は、床の最大応答加速度で250gal (3階床)、免震層の最大変位量は20cm程度となっている。

告示免震と時刻歴応答解析による検討結果には多少の違いはあるが、いずれも建物の安全性能について問題ないことを確認している。

## 6. おわりに

敷地条件に制約は付き物だが、本建物の場合には特に厳しい条件が与えられている。その中で、免震構造計画のひとつの回答を見つけ出したと考えている。

プレストレスト導入マットスラブ+フラットスラブ工法による免震ピット高さの最小化は、維持管理面では必ずしも望まれる空間ではないだろう。しかし、写真に見るようにピット内は整然とし、高さこそ小さいがその窮屈さは感じられない。現場で作ったコロに座ってピット内をすべることで、腰の痛みを少し和らげる効果はあると考えている。

最後に、本建物の計画、設計、施工にあたりご協力頂きました関係者の方々にこの場をかりて御礼申し上げます。



写真3 免震ピット内観



写真4 免震ピットメンテナンス状況

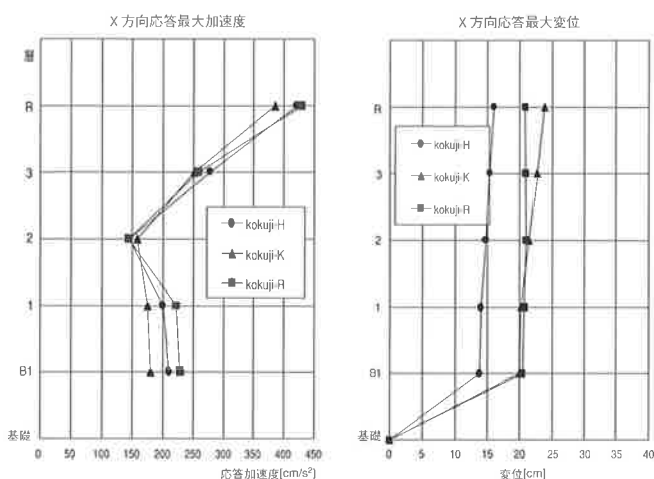


図13 応答解析結果 (極めて稀に発生する地震動)