

東日本建設業保証本社ビル改修工事

大成建設
小山 実



清水建設
猿田正明



三菱地所設計
加藤晋平



1. はじめに

免震構法には、基礎に免震部材を挿入する基礎免震と途中階に挿入する中間階免震があります。

中間階免震は、地下に免震ピットを構築する必要がないため、建物と隣地境界が狭い場合などに適していると言えます。

今回は、中間階免震構法による免震レトロフィットが行われている「東日本建設建設業保証本社ビル改修」を、株式会社松田平田設計の神林氏と田鎖氏の案内で、須賀川委員長及び出版委員のメンバーが訪問しました。

2. 建物概要

計画建物は、東京都中央区の中央卸売市場のそばに位置する1972年に竣工した地上12階、地下1階の建物です。地上部は鉄骨鉄筋コンクリート造（上層部一部鉄骨造梁）の耐震壁付きラーメン構造、地下部は鉄筋コンクリート造の耐震壁付きラーメン構造です。

図1に建物全景を示し、図2に基準階平面図及び断面図を示します。

耐震診断を含む、建物診断を実施し、建物の現状を把握した上で、「甦る建築」として、リニューアル計画が策定されました。

所在地：東京都中央区築地5丁目5番12号

用途：事務所

建物概要：敷地面積 2,533.65㎡

建築面積 1,445.75㎡

延べ床面積 13,868.23㎡

階数 地上12階 地下1階

軒高さ 35.95m

最高部高さ 42.55m

(施行令高さ35.95m)

構造 地上部：鉄骨鉄筋コンクリート造

(上層部一部鉄骨造梁)

地下部：鉄筋コンクリート造

基礎 深礎杭

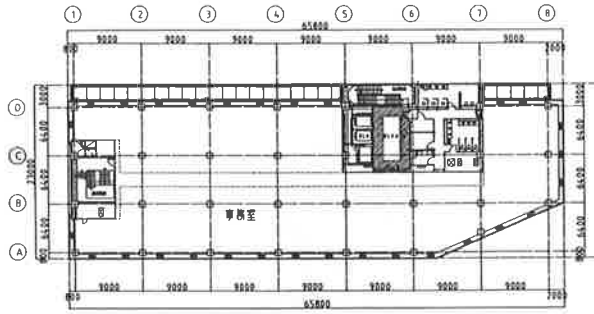
発注者：東日本建設業保証株式会社

設計・監理：株式会社 松田平田

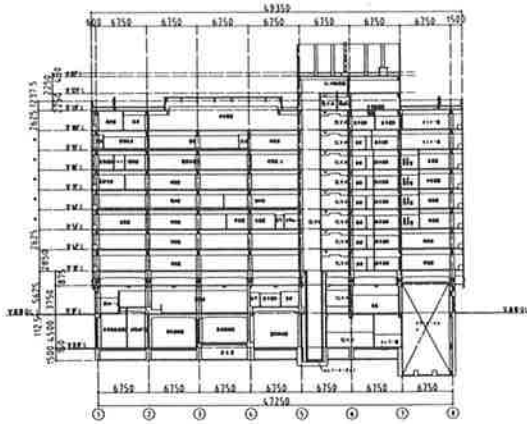
施工者：清水・鹿島・大成・戸田共同企業体



図1 建物全景



基準階平面図



断面図

図2 基準階平面図及び断面図

3. 構造計画概要

耐震診断結果では、建物の耐震性が不足するため、その耐震性能を改善するために、耐震要素の追加配置、制震構造の採用、そして免震構造と、種々の方法について検討が行われました。

その結果、オフィスとして利用する基準階に相当量の追加部材が必要となる耐震・制震工法に比べて、免震層部分にだけ工事が集中し、上部にはほとんど補強が不要となる免震工法が、耐震補強対策として最適であると判断されました。

建物2階部分の2/3程度の面積が吹き抜けになっている構造であったこと、外観が3階梁下部分で仕上げ材が変わるデザインであったことから、2階柱頭部に免震部材を設置する中間階免震レトロフィット工法が選択されました。

新たに全面的に2階床を設け、この床の上部で柱を切断し、免震部材を挿入することで、1階の

柱にも負担をかけず、柱を大きくするような補強を不要にしています。

また、中間階免震では、エレベータや階段などに変形追従のための特殊な納まりが必要となるものの、基礎工事や、大規模な掘削工事、さらには建物外周部のエキスパンションジョイントといった免震建物特有の問題を避けることが可能になるというメリットがあることも、中間階免震工法が採用された大きな理由です。

免震層の設計では、すべりと積層ゴムを組み合わせた弾性すべり支承と鉛プラグ入り積層ゴムとを併用しています。表1及び図3に免震部材の仕様と免震部材の配置を示し、図4に免震部材の概略図を示します。

表1 免震部材（免震装置）の仕様

鉛プラグ入り積層ゴム MLRB 8基	形状・寸法・数量	免震装置	1000φ×8基			
		2次形状係数	4.17			
		面圧 (N/mm ²)	3.27~8.47 (平均5.14)			
		有効ゴム径 (mm)	1,000			
		ゴム層	厚8.00mm×30層			
		内部鋼板 (SPCC)	厚3.10mm×29層			
		フランジプレート (SS400)	厚32mm			
		装置高さ (mm)	393.9			
		被覆ゴム	厚10mm			
		アンカープレート (SS400)	25mm×1,400 [□]			
アンカーボルト (SS400)	12×M30					
ゴム材料：天然ゴム						
ゴムの物性値			G4.0	G4.7	G5.5	
		せん断弾性率 (N/mm ²)	3.92±0.59	4.61±0.69	5.39±0.78	
		25%伸長応力 (N/mm ²)	-0.98~+2.94			
		破断伸び (%)	600以上			
		引張強度 (kN/cm ²)	1.47以上			
すべり積層ゴム複合型免震装置 SLR 23基	寸法・数量		450φ×2	600φ×11	750φ×9	1,000φ×1
		ゴム層	厚8.00mm×15層			
		内部鋼板 (SPCC)	厚3.10mm×14層			
		スライダー (PTFE)	430φ	580φ	730φ	980φ
		すべり板 (SUS)	1,050 [□]	1,200 [□]	1,350 [□]	1,600 [□]
		装置高さ (mm)	261.4			
		被覆ゴム	厚10mm			
すべり係数	0.08					
許容変形量	免震装置の許容水平変形量		水平方向 ±50cm			
	上部構造と下部構造の隙間		水平方向 50cm、鉛直方向 5cm			

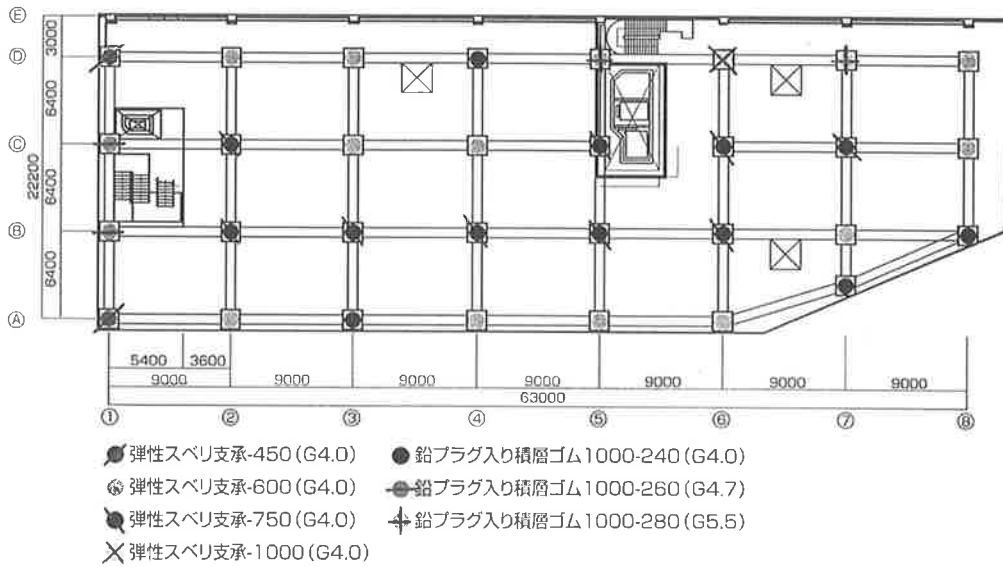


図3 免震部材の配置

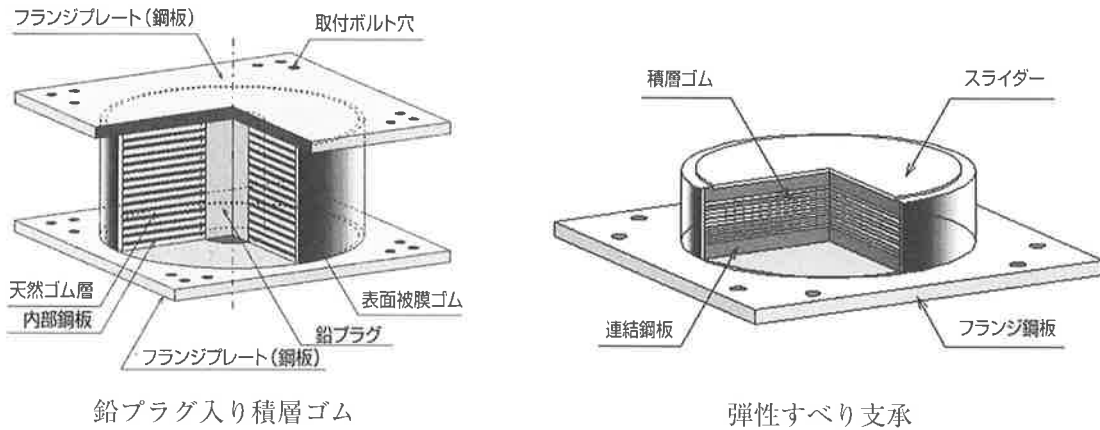


図4 免震部材の概略図

4. 構造設計概要

設定した耐震性能の目標を表2に示します。

地震応答解析では、基礎を固定とした11質点の等価せん断型弾塑性モデルを用い、上部構造の復元力特性は、静的弾塑性増分解析より得られた各層の荷重-層間変位曲線を近似したDegrading Tri-Linearにてモデル化しています。免震層につ

いては、鉛入り積層ゴムを鉛とゴムの非線形特性を考慮した「改良MLRBモデル」でモデル化し、弾性すべり支承をバイリニアモデルでモデル化しています。

上部・下部構造体の減衰定数は、構造体のみでの1次固有周期に対して $h = 2\%$ の剛性比例型減衰とし、免震部材については $h = 0\%$ としています。

表2 耐震性能目標

地震動レベル (地震カテゴリー)	下部構造	免震部材	上部構造
	構造体の状態 (層間変形角)	水平変形量 (せん断歪度)	応答層せん断力
レベル1 (C1)	許容応力度以下	50.0cm 以下 (208%以下)	許容応力度以下
レベル2 (C2)	基準層せん断力 以下	50.0cm 以下 (208%以下)	基準層せん断力 以下

入力地震には、実地震動記録波形4波（EL CENTRO1940NS, TAFT1952EW, HACHINOHE 1968NS 及び EW）と、模擬地震波形2波（TACHIKAWA AW、KANTO AW）を用いています。記録波での各入力レベルは最大速度値より設定し、レベル1、レベル2でそれぞれ25cm/sec、50cm/secとし、模擬地震動（最大速度38cm/sec及び92cm/sec）は地域特性を評価した地震動として南関東地震を想定し、小林・翠川の方法に基づいて、レベル2として作成されています。

表3に免震部材の応答解析結果及び上部構造の応答解析結果を示します。

これらの応答解析結果より、レベル2の耐震性

能が満足されていることが確認されています。

さらに、レベル2の地震動に対して、鉛プラグ入り積層ゴム支承の製品誤差、経年変化による剛性の変動（-10%、+16%）、降伏特性値の変動（-10%、+10%）及びすべり支承の製品誤差、経年変化による剛性変動（-10%、+16%）、製品誤差によるすべり摩擦係数の変動（0.06~0.10）を考慮した場合の地震応答解析を行い、耐震性能目標を満たしていることを確認しています。また、余裕度の検討として、レベル2の地震波を拡幅して応答解析を行い、模擬地震波KANTO AWの1.31倍にて免震部材の許容クリアランス50cmに到達することを確認しています。

表3 免震部材及び上部構造の応答解析結果

採用地震波			EL CENTRO NS1940	TAFT EW 1952	HACHI- NOHE NS1968	HACHI- NOHE EW1968	TACHI- KAWA AW	KANTO AW	
最大加速度 (cm/s ²) (最大速度 (cm/s))	レベル1		256 (25)	249 (25)	184 (25)	131 (25)	---	---	
	レベル2		511 (50)	497 (50)	367 (50)	252 (50)	285 (38)	413 (92)	
免震部材	最大相対変位 (cm)	レベル1	X方向	7.4	7.7	7.9	8.8	---	---
			Y方向	7.5	7.8	8.2	9.0	---	---
		レベル2	X方向	22.9	17.9	27.0	27.5	18.4	33.9
			Y方向	22.6	18.1	27.6	26.9	18.6	33.4
	最大せん断力係数	レベル1	X方向	0.060	0.060	0.062	0.066	---	---
			Y方向	0.061	0.061	0.064	0.067	---	---
		レベル2	X方向	0.112	0.101	0.116	0.117	0.100	0.123
			Y方向	0.109	0.102	0.117	0.116	0.104	0.123
上部構造	最上階最大絶対加速度 (cm/s ²)	レベル1	X方向	137.9	125.0	115.6	123.6	---	---
			Y方向	116.6	178.6	114.0	122.6	---	---
		レベル2	X方向	219.5	161.0	161.7	211.0	163.6	213.3
			Y方向	213.2	204.1	182.2	163.7	215.3	211.7
	上部構造体最下階の最大せん断力係数	レベル1	X方向	0.063	0.064	0.067	0.071	---	---
			Y方向	0.068	0.060	0.065	0.069	---	---
		レベル2	X方向	0.113	0.107	0.121	0.130	0.097	0.124
			Y方向	0.111	0.102	0.116	0.118	0.110	0.130
	上部構造体最大層間変形角	レベル1	X方向	1/1267	1/1230	1/1475	1/1432	---	---
			Y方向	1/1903	1/1357	1/2029	1/1832	---	---
		レベル2	X方向	1/690	1/975	1/776	1/611	1/936	1/708
			Y方向	1/1196	1/1176	1/1291	1/1338	1/1032	1/1039

5. 施工計画

免震層の施工手順を図5及び下記に示します。

STEP 1：既存3階大梁補強工事

3階床上に揚重設備を設置し、3階大梁補強鉄板を取り付けます(写真1)。躯体と鉄板の隙間をグラウトして補強工事を完了します。

STEP 2：2階(免震階)大梁取り付け

柱、大梁端部の鉄骨を取り付けた後、大梁を接合します。(写真2)

STEP 3：2階(免震階)床躯体工事

1階床上の型枠支保構台を仮設して床・小梁の躯体工事を行います。(写真3)

STEP 4：ジャッキアップ、既存柱切断

2,3階大梁間に油圧ジャッキを設置し、上階の荷重を受け、既存柱をワイヤーソーにより切断して撤去します(写真4)。2階柱の補強鉄板天端にベースプレートを取り付けます。

STEP 5：免震部材設置

免震部材を設置し、免震部材上下のグラウトを行います(写真5)。油圧ジャッキを除荷して荷重を免震部材に移行し、免震部材の水平拘束装置を施します(写真6)。すべての免震部材設置後、水平拘束装置を撤去し、免震化が完了します。

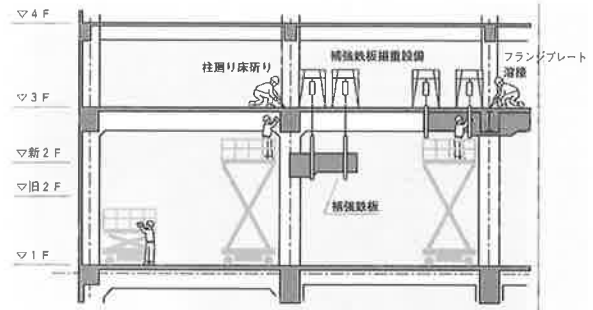


写真1 既存3階大梁補強状況

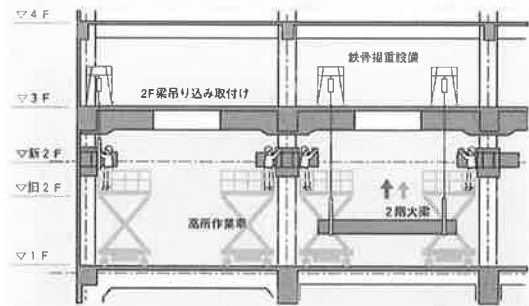


写真2 2階(免震階)大梁取り付け状況

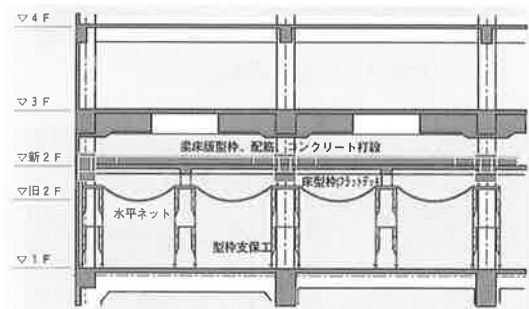
STEP 1：既存3階大梁補強工事



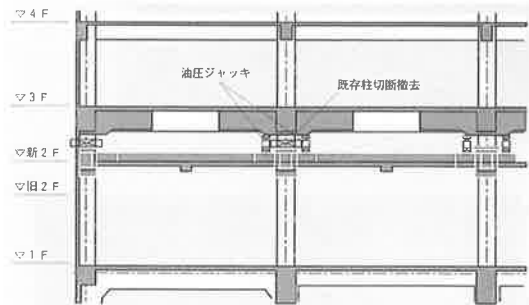
STEP 2：2階(免震階)大梁取り付け



STEP 3：2階(免震階)床躯体工事



STEP 4：ジャッキアップ、既存柱切断



STEP 5：免震部材設置

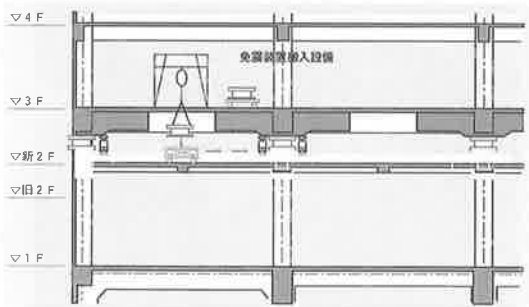


図5 施工手順



写真3 2階（免震階）床躯体新設状況

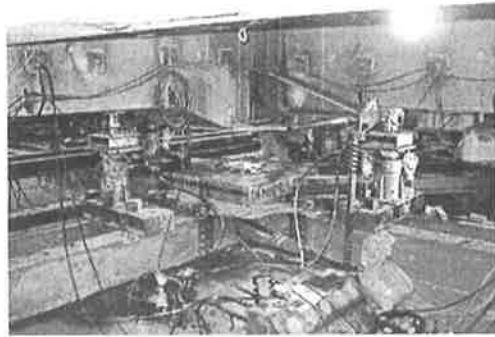


写真4 既存柱切断後の状況

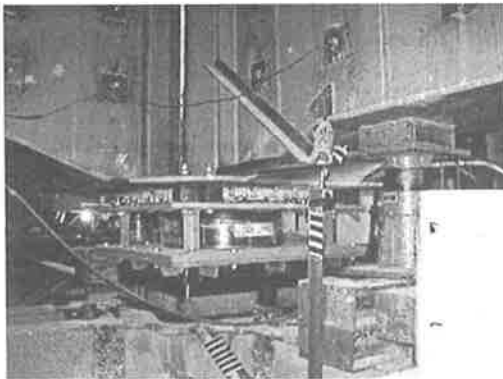


写真5 免震部材設置状況

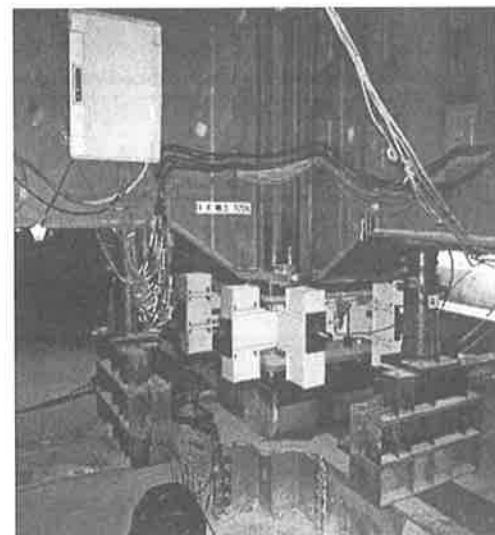


写真6 水平拘束装置設置状況

6. 見学記

現場見学の後、会議室での質疑の内容の一部を下記に示します。

Q：既存柱を切断するのにどの位の時間がかかりましたか？

A：1本の柱を切断するのに、セッティングを含め6時間程度です。

Q：弾性すべり支承と鉛プラグ入り積層ゴムとを併用した免震システムを採用した理由は何ですか？

A：長周期化を図るとともに、ゴムのせん断弾性係数の異なる鉛入り積層ゴムを使用して、偏心が生じないようにバランスをとっています。

Q：施工中における免震層の耐震安全性はどの程度確保していますか？

A：水平震度0.2を確保するとともに、既存建物以上の耐震性を有しています。

Q：技術的な面での工事上の留意点は何でしたか？

A：施工中における建物の水平力伝達機構の工夫と、免震層の鉛直精度の管理でした。

7. おわりに

中間階免震は、地下に免震ピットを構築する必要がなく、建物と隣地境界が狭い場合などに適しているため、今回のような都心のビルを免震化するのに適した構法であると言えます。

最後になりましたが、御忙しいところ、貴重なお話を聞かせて下さいました松田平田設計の神林氏と田鎖氏、現場をご案内頂くとともに施工中の写真を提供いただきました新谷工事長、大原所長ならびに関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献)

1) 「東日本建設業保証(株) 本社ビル改修工事」
ビルディングレター 2001年5月

2) 免震構造評定委員会「東日本建設業保証本社
ビル改修工事 評定報告書」

株式会社 松田平田

3) パンフレット「東日本建設業保証本社ビル改修
工事 中間階免震レトロフィット工法」