

西松式 2次元床免震の施工 Construction of Sliding - Isolation Floor System

内海 伸樹*
Nobuki Utsumi

要 約

近年の高度情報化社会において、地震時における情報処理システムの機能維持管理は極めて重要である。このような状況を踏まえ、当社では2次元床免震構法（ADAGIO）を開発するとともに、警視庁新橋庁舎に採用したので、当建物における施工計画と性能検証について報告するものである。

施工に際しては、事前に協力会社である石川島播磨重工（株）と綿密な打ち合わせを行いながら、細部に至るまでの施工計画を立て、それに従って施工を行った。また、施工後、油圧ジャッキを用いた性能の検証を行い、すべて設定基準値をクリアーした。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 建物概要
- § 3. 免震床構法の概要
- § 4. 製作・施工概要
- § 5. 完成後の現地性能確認検査
- § 6. おわりに

§ 1. はじめに

近年の高度情報化社会において、電算機室等に収容された重要機器類の機能を地震時にも維持するための有効な手段として床免震構法がある。床免震構法は既存の建物への適用も容易であり、経済的でもある。当社が開発した2次元床免震構法は、すべり機構部の摩擦係数で免震床パネル上の加速度を定めることができるため免震効

果が事前に把握できるという特長がある。

本論文は、警視庁新橋庁舎に採用した西松式2次元床免震構法に関する施工計画と検証実験について報告するものである。

§ 2. 建物概要

西松式2次元床免震構法を適用した建屋の工事概要を下記に示す。

工事名称：警視庁新橋庁舎改築工事

建築主：東京都

工事場所：東京都港区新橋6丁目18番7号

建物用途：事務所，電算センター

規 模：階数 地下5階 地上12階

最高軒高+57.25m

構 造：主体構造 地下5・4階 鉄筋コンクリート造
地下3階～地下1階 鉄骨鉄筋コンクリート造

地上階 鉄骨造

* 東京建築(支)江戸川学園(出)副所長

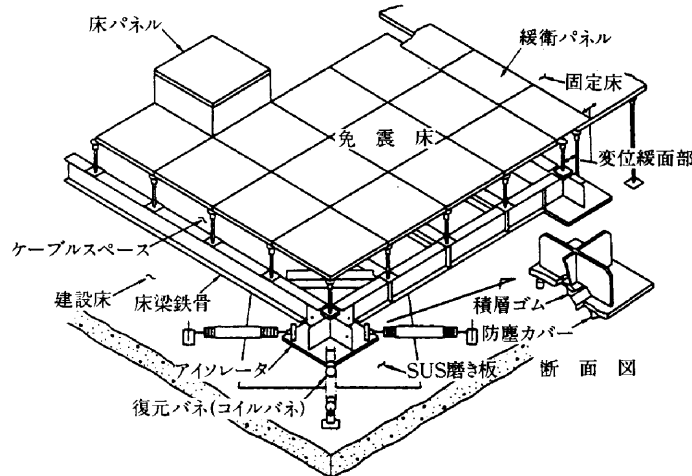


図-1 ADAGIO床免震システム概要図

工事種別	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	68
5階	鉄骨工事完了	床シロ敷き	立上りコンクリート	A/LC板搬入	建込	同左ガラスウール	同左グラスウール	シフト耐火遮断	外周を除く	機室	機室	機室	機室	機室
4階	鉄骨工事完了	床シロ敷き	立上りコンクリート	A/LC板搬入	建込	同左ガラスウール	同左グラスウール	シフト耐火遮断	外周を除く	機室	機室	機室	機室	機室

図-2 電算機室（基準階4・5階）工程

敷地面積：5,245.74㎡
 建築面積：3,048.32㎡
 延床面積：37,895.55㎡

上記建物のうち西松式2次元床免震構法を採用したのは4・5階の1,230㎡である。

§ 3. 床免震構法の概要

3-1 システムの構成

西松式2次元床免震システムは以下の部位で構成されている。

(1) すべり支承部

支承部は自重を支持し、すべり摩擦力以上の水平力を伝達しない機能を有する。

(2) 復元バネ

復元バネは、地震終了後に免震床を原位置に戻す復元能力と免震床の固有周期を調整する機能を持つ。バネは金属コイルで、90度ピッチで四方向に設置されている。

(3) 床梁鉄骨（床フレーム）

支承どうしを連結する鉄骨製構造体である。

(4) フリーアクセスフロア（床パネル）

床梁鉄骨上に設置され、床下に配線やダクトスペースを作りだす。

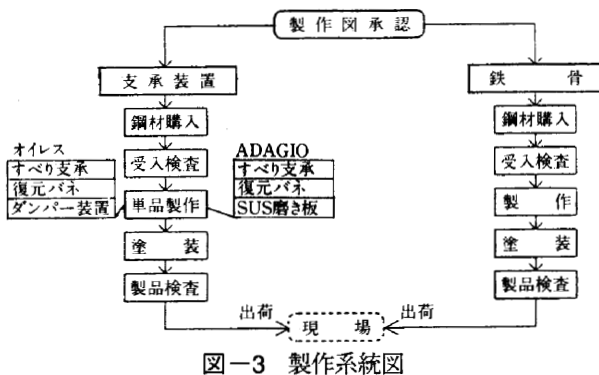
(5) 緩衝パネル

免震床と固定床との間に生じる相対変位をスライドすることによって吸収する機構。

免震床の概要を図-1に、各部材装置の性能を表-1に示す。

表一 各部材装置の性能比較表

ADAGIO西松免震床		
すべり支承部	耐荷重反力	6tf
	移動可能量	±250mm
	寸法	φ106×71
	材質	天然ゴム+SS400
	せん断バネ定数	500±75kg/cm
SUS磨き板	寸法	650×650×2
	材質	SUS 304
	表面粗さ	CP# 400
バネ装置部	材質	SUP 9
	線径	φ10mm
	有効径	φ90mm
	有効巻数	42巻
	自由長さ	578mm
	バネ定数	0.35 kgf/mm



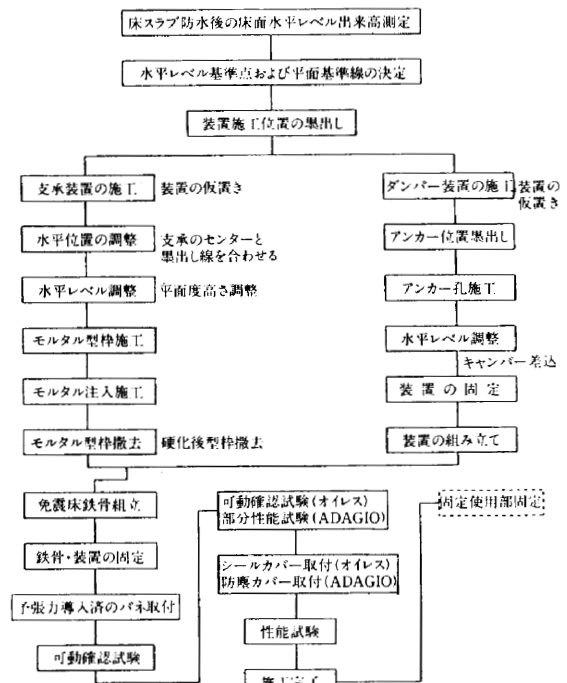
図一3 製作系統図

3-2 システムの性能

本システムでは、コンピュータ等の機器サイドから要求された所要性能と緩衝パネル加工上の限界を検討して、免震床パネル上での最大加速度を250gal以下、相対変位の最大値を25cm以下と設定されている。

§ 4. 製作・施工概要

- (1) 施工協力会社：石川島播磨重工業（株）
- (2) 工程表：電算室に関連する工事工程（図一2参照）
- (3) 製作系統図：免震床の現場納入までの製作フロー（図一3参照）
- (4) 施工工程：免震床組立現場作業のフロー（図一4参照）
- (6) 品質管理：床免震の品質管理項目と管理値（表一2参照）



図一4 施工フロー図

表一2 品質管理表

管理項目	設計値	管理値	管理器具
支承装置の施工	装置設計移動余裕量	基準墨出し線（逃げ墨）から施工誤差	メジャー
平面位置の調整	4F.5F (ADAGIO) ±20mm 6F.7F (オイレス) ±40mm 8F.9F (オイレス) ±30mm	±3mm	
アンカー位置墨出し	装置設計移動余裕量 ±30mm	施工誤差 ±2mm	メジャー ピッチプレート
水平レベル調整	1/300	施工誤差 1/300 以内	水準器
バネの予張力（工場管理）	予張力は各階とも1基当たり 柱A～C間 35.7kg 柱C～F間 35.0kg 柱F～H間 35.0kg	バネ有効長の変化量を測定 施工誤差 ±2mm (±2.0kg)	予張力管理治具 メジャー
支承+鉄骨組立高さ（スラブ面から）		施工誤差 ±5mm	メジャー

§ 5. 完成後の現地性能確認検査

工事完成後、2次元床免震システムの性能を確認するために実施した検査要領および検査結果を以下に示す。

5-1 検査項目

- ・摩擦係数；動的状態を静的状態に置き換えて用いる。
- ・固有周期；バネ定数を用いる。

5-2 検証の方法

4階（フリーアクセスフロアは含まず）と5階（フリーアクセスフロアを含む）の免震床全体を油圧ジャッキ等を用いて15cm引張り、そのときの荷重および変位の計測を行った。その結果から荷重-変位関係をグラフに表

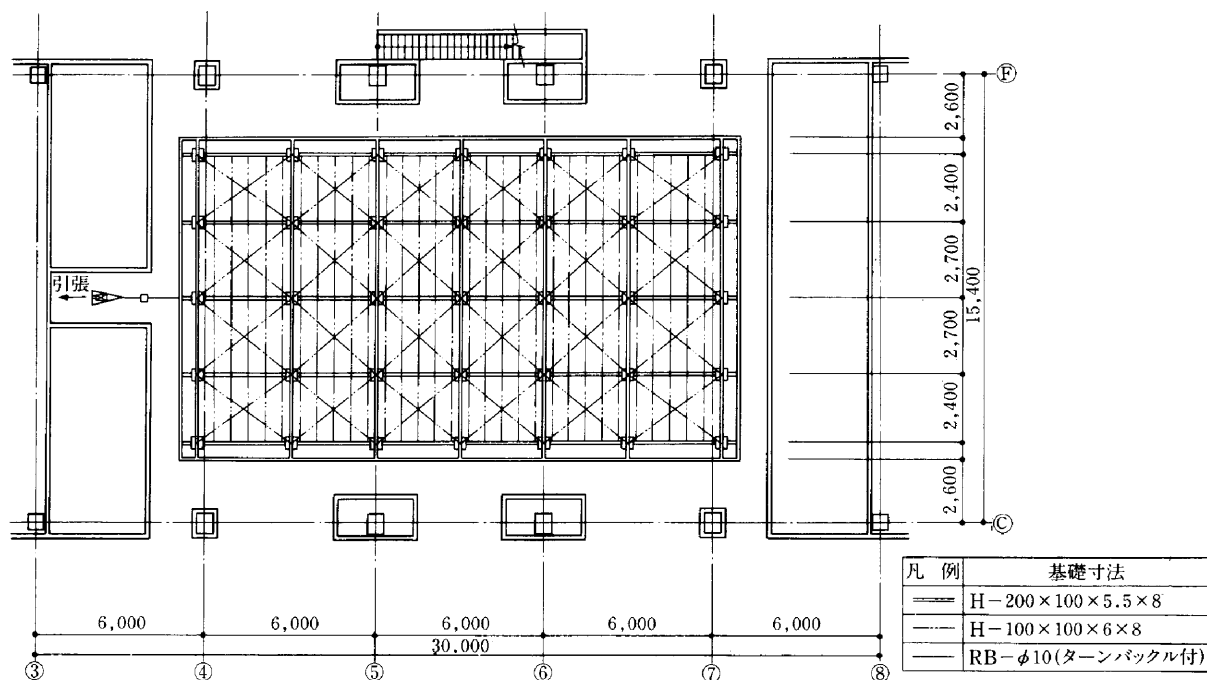


図-6 検査対象図

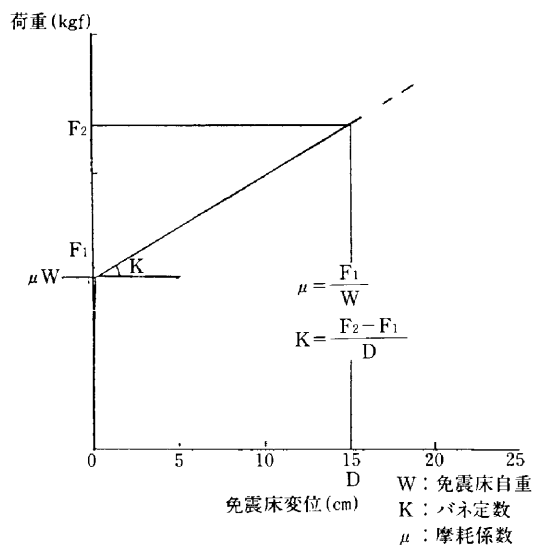


図-5 摩擦係数、バネ定数の算定方法

表-3 検査チェックリスト

項目	目標変位 D (cm)	計測値		備考
		変位	引張力	
F ₁	0		kgf	
	5		kgf	参考値
F ₂	10		kgf	参考値
	15		kgf	

$$\mu = \frac{F_1}{W} = \frac{1020 \text{ kgf}}{12000 \text{ kgf}} = 0.09$$

$$K = \frac{F_2 - F_1}{D} = \frac{3160 - 1020 \text{ kgf}}{15 \text{ cm}} = 143 \text{ kgf/cm}$$

ここに、

μ : 免震床摩擦係数

F₁ : 免震床が動き始める引張力 (kgf)

F₂ : 免震床が動き出してから15cm変位時の引張力 (kgf)

K : 免震床バネ定数

D : 変位 (cm)

W : ユニット自重 (kgf)

し、摩擦係数および復元バネのバネ定数を確認した。

復元バネのバネ定数を用いて、積載荷重150kgf/m²(1.47 KPa)(免震床設計仕様)時の固有周期を計算により算出し、免震床としての性能を確認した。

摩擦係数、バネ定数の算定方法を図-5に示す。さらに、検査方法詳細を図-6, 7に示す。

5-3 検査結果の評価

①判定基準

a. 摩擦係数

: 0.05~0.10の範囲内にあること。(引張検査時)

: 0.10~0.15の範囲内にあること。(地震時)

* 低摩擦材の摩擦係数には速度依存性があり、地震時(速度が大きい場合)と引張検査時(速度が小さい場合)とは異なる。設計仕様に表示してある摩擦係数0.10~0.15(地震時)を本検査方法(速度が小さい場合)の摩擦係数に換算すると0.05~0.10の範囲となる。

b. バネ定数

: 140~150kgf/cm(通り芯方向15cm引張時)の範囲内にあること。

* 免震床は、積載荷重150kgf/m²(1.47KPa)時に固有周期が3.80secとなるよう16セットの復元バネが取付けられている。バネ定数許容値は、JIS B 2702による。

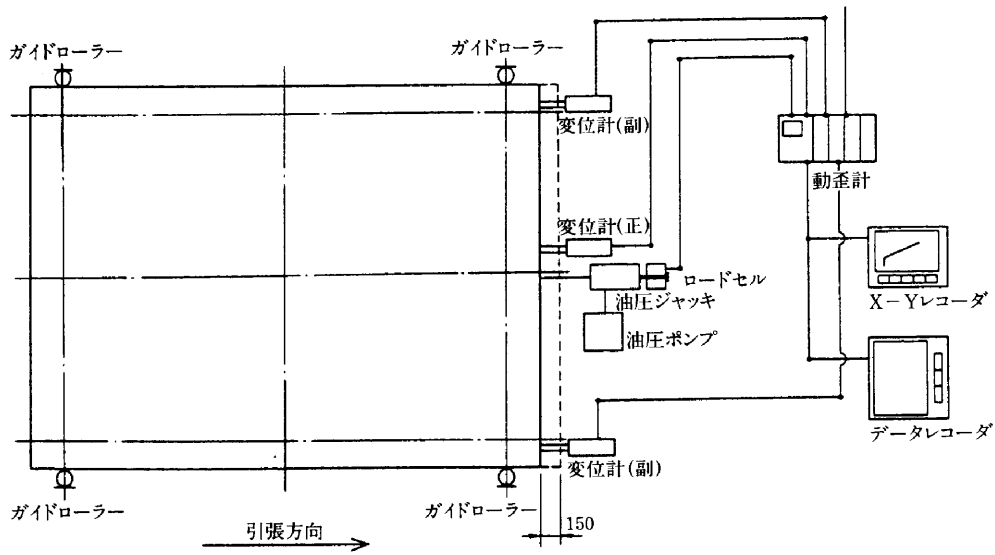


図-7 検査方法

表-4 現地性能確認検査チェックリスト(4-2ユニット)

項目	目標変位 D (cm)	計測値		備考
		変位	引張力	
F ₁	0	0 cm	1020 kgf	
	5	5 cm	1730 kgf	参考値
F ₂	10	10 cm	2450 kgf	参考値
	15	15 cm	3160 kgf	

表-5 検査結果一覧表(全体引張試験)

ユニット	試験No.	ばね定数 kgf/cm	許容値 kgf/cm	判定	摩擦係数	許容値	判定
4-2	1	143	130 ~160	合格	0.09 0.09 0.09	0.05 ~0.10	合格
	2	145		合格			合格
	3	140		合格			合格
5-2	1	148		合格	0.09 0.09 0.09		合格
	2	148		合格		合格	
	3	148		合格		合格	

②検査チェックリスト

性能確認検査のチェック要領を表-3に示す。
検査チェックリストを表-4に示す。

③免震床の固有周期の計算は次式によって行った。

$$K = \frac{F_2 - F_1}{D}$$

$$T = 2\pi\sqrt{m/k}$$

ここに、

- K : 免震床バネ定数 (1フロアあたり)
- F₁ : 免震床が動き始める引張力(kgf)
- F₂ : 免震床が動き出してから15cm変位時の引張力(kgf)
- D : 変位(cm)
- T : 免震床の固有周期 (sec)

5-4 検査結果

表-4に示すチェックリストに従って検査結果を整理

し、バネ定数および摩擦係数を求めた。その結果は表-5に示すとおりである。バネ定数および摩擦係数ともいづれも基準値内に納まった。

§ 6. おわりに

2次元床免震構法は、電算センター等がある建物においては今後全面的に採用されていくもの予想される。当建築物においても、本工事着手時は、機電研の認定を得ている工法がいくつか開発されていたが、西松建設では新しい発想に基づいて石川島播磨重工業(株)と共同で「2次元床免震構法ADAGIO」を開発し、初めて新橋庁舎に適用した。本床免震構法の施工に当たって警視庁および(株)日建設の皆様のご指導で、所定の性能を得ることができたことを深く感謝するしだいで。