

静岡新聞制作センター

大成建設 富島誠司



同 勝田庄二



同 久野雅祥



1. はじめに

計画建物は、JR静岡駅の南東約2kmに位置し近くには登呂遺跡がある。建物内には編集局に始まり印刷、梱包、発送まで新聞制作に関わる一切の機能がある。静岡市は東海地震による大きな被害が予測されており、今回の計画の目標は「地震直後に新聞が発行できること」にある。そのため各種設備の耐震性の入念な検討や非常用の電源および紙・水等の必要資材の備蓄に至るまで総合的な対策がとられている。建家免震はその対策の一環である。以下に免震構造を中心に構造設計の概要を紹介する。

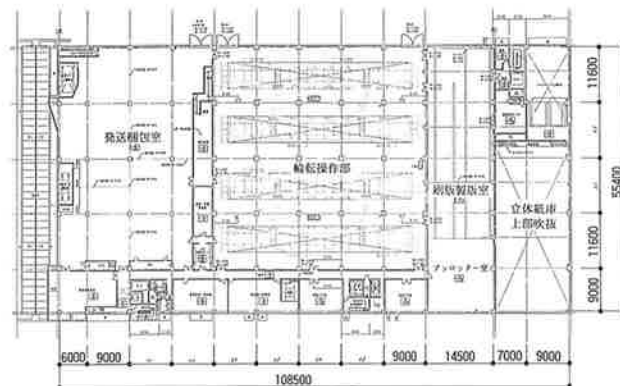


図-1 平面図

2. 建築概要

建築場所	静岡県静岡市登呂3
建築主	株式会社 静岡新聞社
設計者	大成建設(株)一級建築士事務所
施工者	大成・鹿島・住友共同企業体
建物用途	新聞印刷工場・事務所
建築面積	6,872.42m ²
延べ面積	21,920.00m ²
階数	地上5階 塔屋2階
高さ	建物高さ 23.596m 最高高さ 33.596m
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート造
構造形式	耐震壁付ラーメン構造
基礎形式	場所打コンクリート杭(上部鋼管巻き)
工期	1995.5~1997.4(23ヶ月)

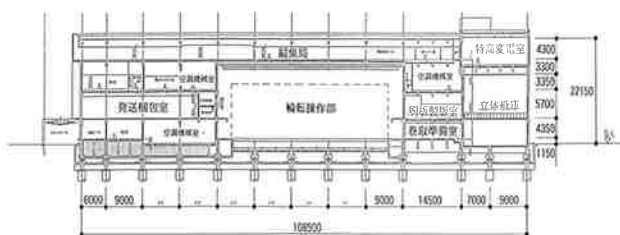


図-2 立面図

3. 構造計画概要

上部構造は、用途上のスパン・荷重を考え鉄骨鉄筋コンクリート造とした。設計剪断力係数は全層一律0.12とし、レベル2においても許容応力度以下となっている。免震層は弾性すべり支承と天然ゴム系積層ゴム支承を組み合わせて用いている。基礎構造は場所打コンクリート拡底杭とし杭頭を鋼管巻きで補強し、耐震性能は上部構造と同程度となるようにしている。

表-1 目標耐震性能

		レベル1	レベル2
免震部材	相対変位	12.5cm以下	25cm以下
	層剪断力係数	0.06以下	0.12以下
上部建物	加速度	100gal以下	150gal以下
	状態	許容応力度以下	保有水平耐力に達しない
	基礎	許容応力度以下	弾性限耐力以下

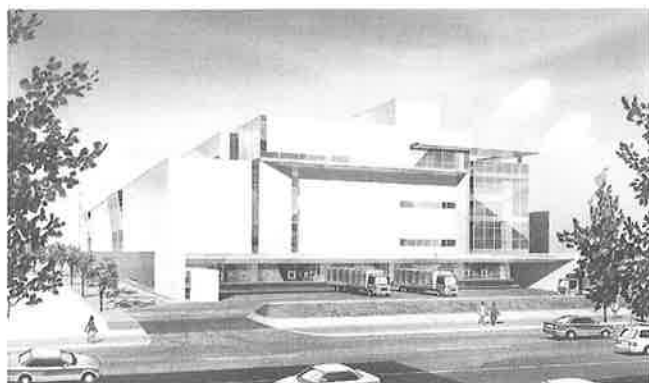


写真-1 建築パース

4. 基礎の設計

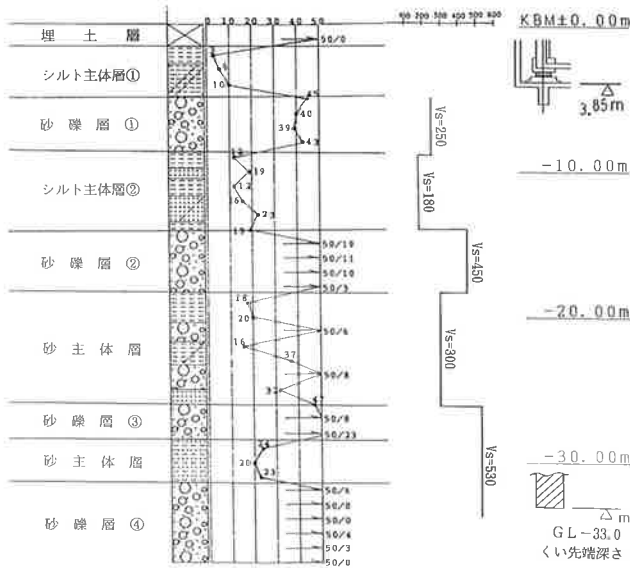


図-3 地盤概要

図-3に地盤概要を示す。図中GL-12m付近のシルト主体層が敷地の一部で地震時に軟化することが予想されたので、地盤の塑性化時の周期と地盤の変形状態を調べるために等価線形応答解析を行っている。表-2に表層地盤の伝達関数から求めた一次固有周期の変化を示す。塑性化後の周期は約0.7秒程度であり本免震建物に対して問題となる程ではない。

杭については抗体と自由地盤の間を相互作用ばねで連結し、上記の地盤の変形を強制変形として自由地盤に与える応答変位法を用いて検討している。結果を図-4の杭のM-φ曲線上にプロットして示す。図には参考として、地盤の有効応力解析結果にもとづく地盤の変形を用いた結果も示す。杭は上部構造と同程度の安全性を有している。

表-2 地盤周期

	塑性化前 (線形計算)	塑性化後 (等価線形計算)	固有周期の伸び 塑性化後/前
東海応答波 (TOKAI-B1)	0.42秒	0.56秒	1.33
センター応答波 (CENTER-B1)		0.67秒	1.60

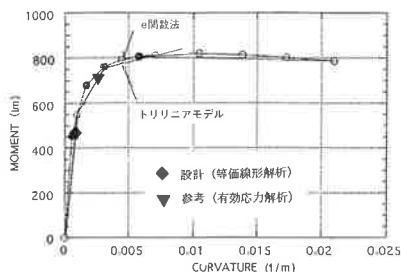


図-4 杭頭のモーメント-曲率関係

5. 免震層の設計

本計画に用いている弾性すべり支承の構造を図-5に示す。すべり材のテフロン(四フッ化エチレン)は化学的に非常に安定した不活性な材料で、20年の暴露試験にも殆んど劣化しないすぐれた耐候性を示す。また、摩擦係数は全プラスチック系材料の中で最低の摩擦係数をもつ材料であり、本計画では設計値として0.12としている。採用している免震システムは弾性すべり支承と天然ゴム系積層ゴム支承を併用するもので、前者は地震時にすべりを生じアイソレータとして働き、その時のすべり摩擦はダンパーの役割を果たす。後者はアイソレータとしての役割をするが、とくにすべり発生時には弾性すべり支承の剛性が0となるので、水平剛性は積層ゴム支承のみとなり容易に長周期化できる特徴がある。

弾性すべり支承はゴム総厚の大小によりA、B2種類とし、表-3に示す支持重量の負担割合にすることにより、すべり支承Aは剪断力係数2.4%で支承Bは同5.5%ですべり始める。支承Aは小地震にもダンパーとして有効に働くようにしている。支承の配置図を図-6に示す。剛性の大きく異なる弾性すべり支承と積層ゴム支承を併用するにあたり各すべり段階で偏心しない配置としている。

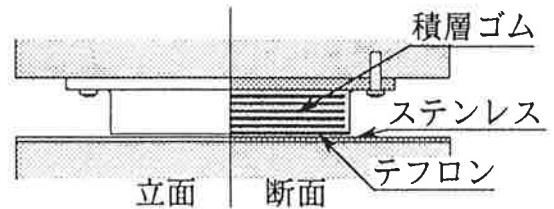


図-5 弾性すべり支承

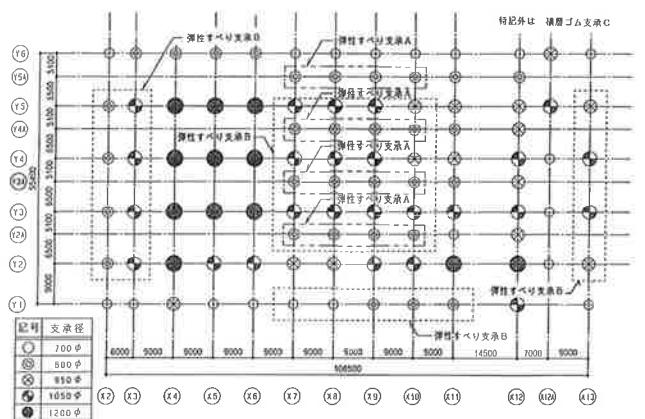


図-6 支承配置図

表-3 重量負担割合

	弾性すべり 支承A	弾性すべり 支承B	積層ゴム 支承C	計
負担重量 (ton)	6155	19438	36155	61708
負担割合 (%)	10.0	31.5	58.5	100.0

6. 地震応答解析

応答解析のモデルは5質点系等価剪断ばねとしている。免震層の復元力特性は図-7に示すように、すべり支承A、B各々のバイリニアのばねと積層ゴム支承の線型ばねの並列となるためトリリニアとなる。上部構造の復元力特性はノーマルトリリニアとした。減衰は剛性比例型とし上部構造 $h=0.03$ 、免震層のクロプロレングム $h=0.07$ としている。

応答解析に用いた地震波を表-4に示す。文献1の東海地震のターゲットスペクトルのうち平均的レベルを用いたものをTOKAI-B1、上限に近いものをTOKAI-B2としている。CENTER-B1は文献2に従いやや長周期成分を考慮した波である。

- 文献1)「地震荷重-地震動の予測と建築物の応答」
1992 建築学会
- 文献2)「設計用入力地震動作手法技術指針(案)」
1992 建設省建築研究所 日本建築センター

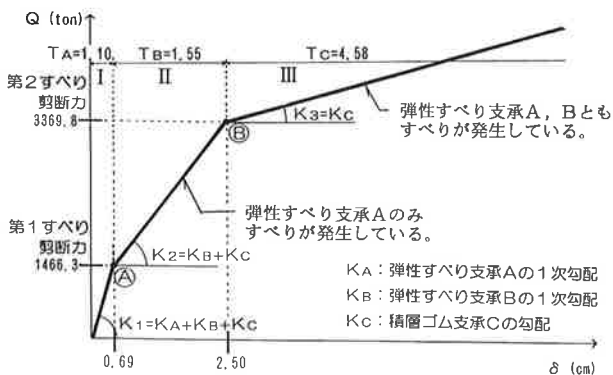


図-7 復元力特性

表-4 設計用入力地震動

地震波名称	最大加速度 (gal)	最大速度 (kine)	継続時間 (秒)
EL.CENTRO 40NS	510.8	50.0	53.7
TAFT 52EW	496.6	50.0	54.4
HACHINOHE 68NS	330.2	50.0	36.0
TOKAI-B1	386.0	34.2	81.9
TOKAI-B2	504.3	50.1	81.9
CENTER-B1	503.1	61.6	81.9

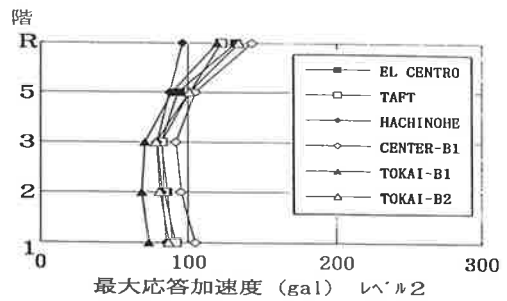


図-8 最大応答加速度 (gal)

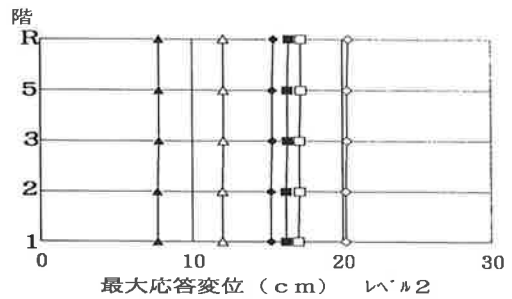


図-9 最大応答変位 (cm)

図-8~図-9に各々レベル2の最大応答変位、最大応答加速度を示す。応答変位の最大は約20cmであり、この時の積層ゴム支承の剪断ひずみは100%となり十分な余裕がある。また応答加速度は最上階において143galであり、耐震設計目標150gal以内を満足している。

図-10に弾性すべり支承A、Bのエルセントロ波(レベル2)に対するすべり変位波形を示す。地震の主要動の後半から入力レベルが下がるにつれて、すべり支承Aが頻繁にすべりダンパーの役割を果たしていることがわかる。支承A、Bの総すべり距離を求めると各々160cm、120cm、エネルギーの消費割合は2:3であり、支承の個数から考えて支承Aの有効性が確認できた。

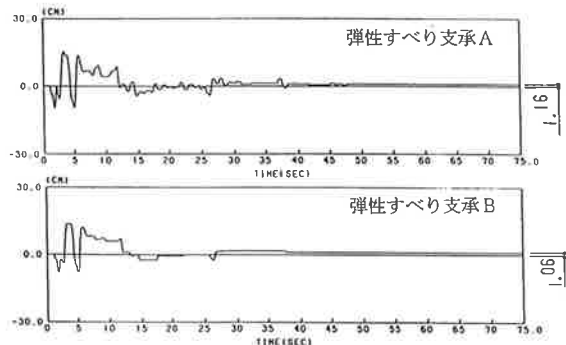


図-10 すべり変位波形 (EL CENTRO)

7. 免震部材の品質管理

免震部材の性能検査の検査項目と判定基準を表-5に示す。性能検査は全数検査とした。

図-11に水平剛性について検査結果を示す。いずれも判定基準内にある。

表-5 性能検査表

検査項目	検査内容	判定基準
圧縮剛性	設計面圧 σ 加力後、 $\sigma \pm 30\%$ の荷重振幅を与える	設計値 $\pm 30\%$ 以内
水平剛性	設計面圧 σ 加力後、せん断ひずみ $\pm 100\%$ の変形を与える	設計値 $-20\% \sim +15\%$ 以内
変形性能	設計面圧 σ 加力後、せん断ひずみ $\pm 200\%$ の変形を与える	異常がないこと
摩擦係数	設計面圧 σ 加力後、すべり開始まで水平力を準静的に与える	異常がないこと 0.1以下

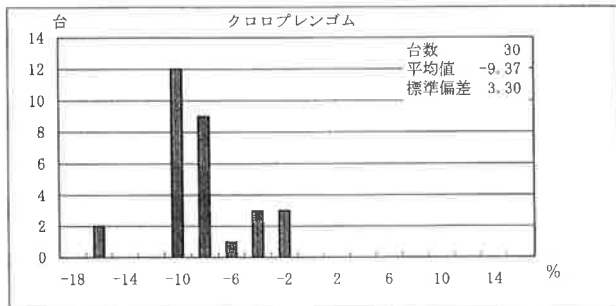
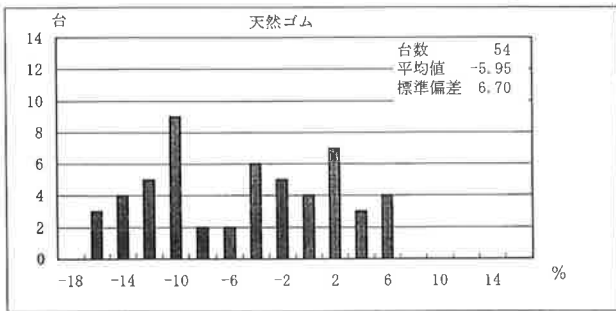
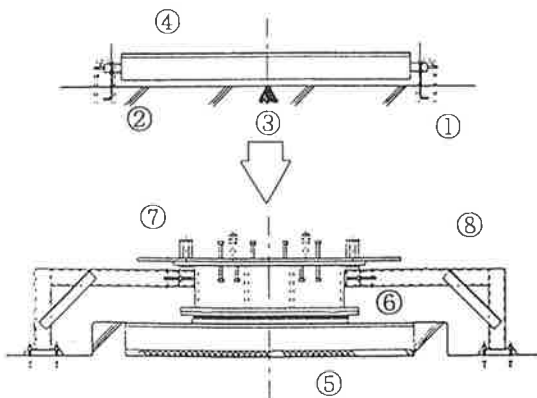


図-11 水平剛性検査結果



- ①埋込み金物打込み ⑤グラウト注入
- ②基礎スラブ打設 ⑥外周り立上がり打設
- ③墨出し ⑦すべり支承セット
- ④すべりPC板セット ⑧仮固定

図-12 弾性すべり支承の取付

8. 免震部材の取付工事

表-6に免震部材の取付精度の管理値を示す。

図-12に弾性すべり支承の取付手順を示す。

表-6 取付精度

	平面位置X、Y 取付精度	上下レベルZ 取付精度	傾斜精度
弾性すべり支承 (すべり板)	$\pm 3\text{mm}$ 以内	$\pm 3\text{mm}$ 以内	1/1000以内
積層ゴム支承 (下部プレート)	$\pm 3\text{mm}$ 以内	$\pm 3\text{mm}$ 以内	1/500以内

すべり板を取付けたPC版の下側は外周からグラウトすることになるので充填性を確認するため施工実験を行った。その結果、空隙率(空隙面積/グラウト面積)は2%であり良好な充填性が確認できた。

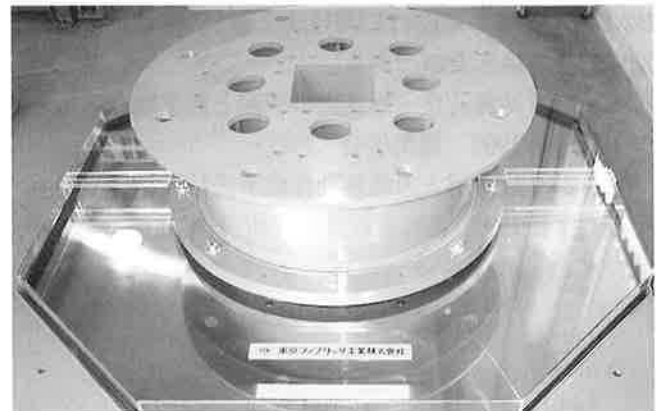


写真-2 弾性すべり支承

9. おわりに

阪神震災以来、この一年の間に免震建物は一般的な建物にも広がりを見せており、日本独自の発達の道を歩み始めています。時代のほうが現行設計法の二次設計の「大地震時に崩壊はしない」という考え方よりも先んじつつあるように感じます。

さらなる免震建物の普及に少しでも役にたてればと思います。