

プロロジスパーク横浜

— プロロジス規格倉庫設計システムによる設計例 —



川合 廣樹
ABSコンサルティング



福田 豊
T・R・A

1 はじめに

本建物は、神奈川県横浜市鶴見区に建設された地上5階、軒高27.4m、延床面積119,856m²の倉庫を主用途とした基礎免震建物である。

本建物で用いた‘プロロジス規格倉庫設計システム’(特許権申請中)とは、杭頭免震とPC圧着工法の組み合わせにより、①地震推定最大損額(PML)を低く、②耐久性の高い躯体の安定的資産の確保と③現場作業の簡素化により工期・工事費の短縮を計る事が出来る倉庫建物設計システムである。ここでは、プロロジスパーク横浜を事例にこの設計システムの特徴を紹介する。又、筆者らがこのシステムですでに設計が終了した、プロロジスパーク大阪(地上7階、延べ床面積15.7万m²)、プロロジスパーク大阪Ⅱ(地上8階、延べ床面積16.9万m²)の概要も合わせて紹介する。

2 建築物概要

建築場所：神奈川県横浜市鶴見区生麦

建築主：プロロジス

設計者：ABSコンサルティング

：株式会社T・R・A(設計協力)

施工者：株式会社 フジタ

敷地面積：51,096m²

建築面積：30,643m²

延べ面積：119,856m²

階数：地上5階

最高部：33.4m

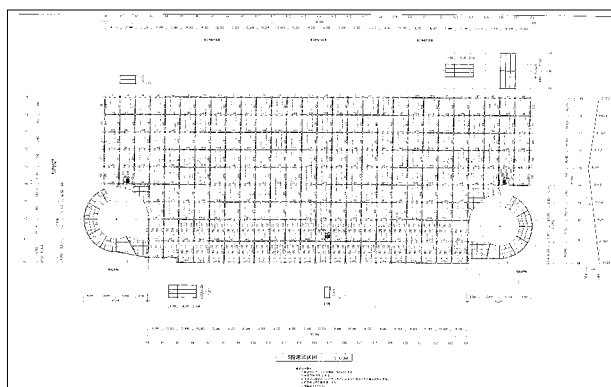
基準階階高：6.6m

構造種別：PC造

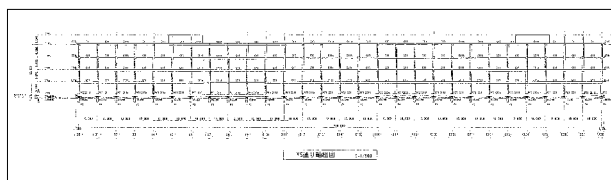
基礎形式：回転圧入鋼管杭



■図1 概観パース



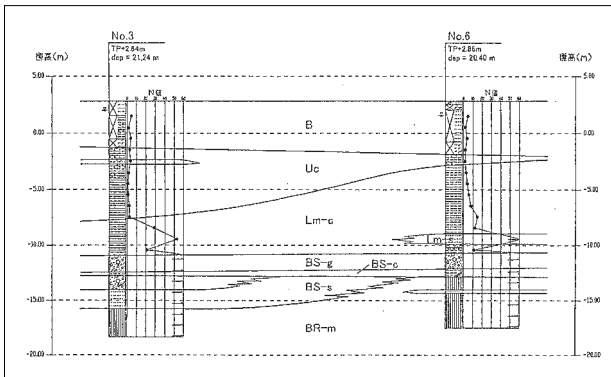
■図2 基準階伏図



■図3 軸組み図

3 基礎構造

建設地は、東京湾に面する京葉工業地帯にあり1867年から1945年にかけて埋立造成された区域である。地層構成は、13m以深にN値60以上の洪積層



■図4 地層推定断面図

相模層群があり、その上部にN値20程度の洪積層成田層群、N値5以下の沖積層及び埋土の層序である。

杭は残土発生がほとんど無い回転圧入鋼管杭を採用し、支持層はGL-13m前後から始る洪積層相模層群とした。杭頭での杭芯施工精度は50mm以内で施工された。

4 鋼管杭と杭頭免震

本建物に用いた免震材料は、天然ゴム系積層ゴム支承及び鉛プラグ挿入型積層ゴム支承の計292基(750φ~1,000φG4)である。

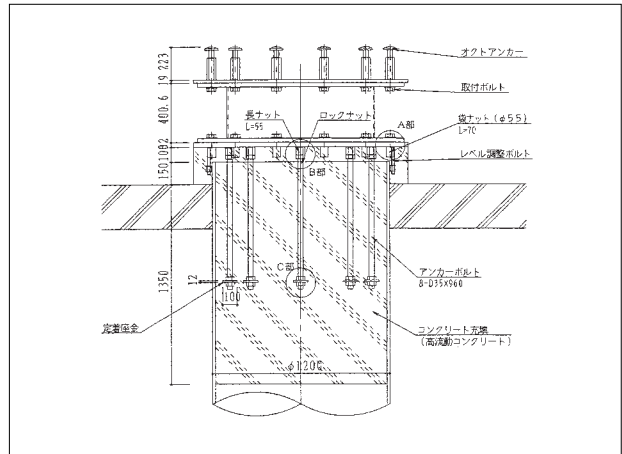
各免震材料は、鋼管杭の杭頭に設置され、免震材料からの応力を基礎梁を介さず充填コンクリートとアンカーボルトによって直接鋼管杭に伝達させている。免震材料に働く曲げモーメントは杭頭の曲げ剛性と上部建物の層せん断剛性で分配され、本建物の場合は上部1/2に対し杭1/2である。

杭の設計応力は、免震材料からの応力に地盤建物連成応答解析結果得られた杭応力を加算して求め、耐震設計目標を満足する様に断面を決めた。

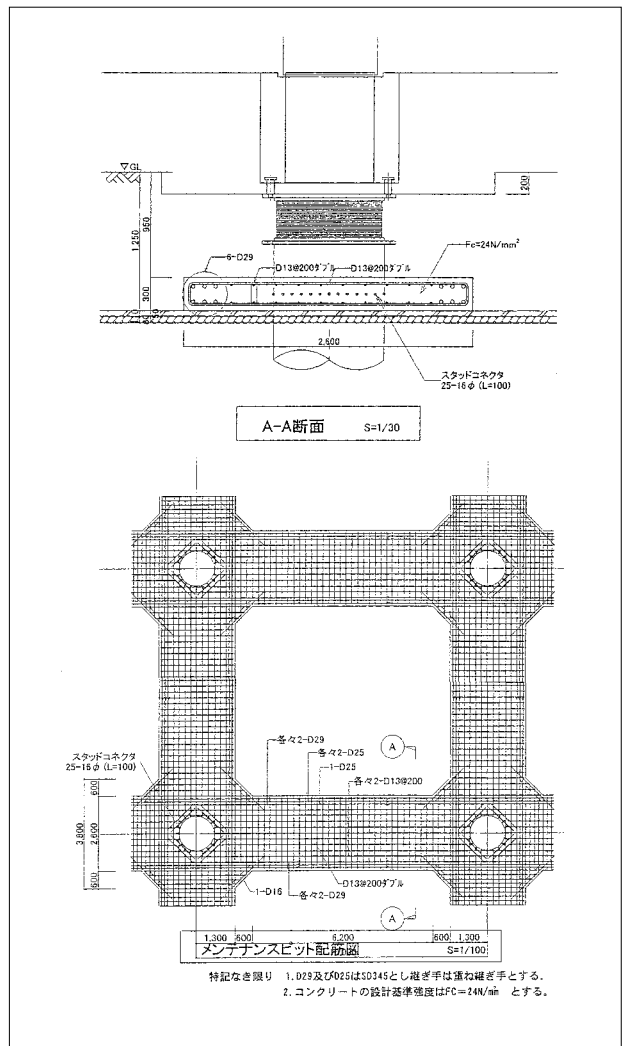
鋼管杭と上部架構の精度の差は、免震材料のアンカーを直接鋼管と接続させるのではなく、杭頭部分の鋼管内コンクリートに定着させる事により処理している。(図5参照)

免震材料の点検及び搬出入は、杭頭間に格子状に設けた幅2.6mのスラブを使用して行う。(図6参照)免震材料の取り外しは、免震材料種類毎2箇所は、この点検スラブがリフトジャッキの支点として取り外し出来る様に地盤改良を行っている。その他は杭頭にブラケットを後付けしリフトジャッキの支点として取り外し出来る様に計画している。この点検スラブは、杭頭間の水平移動を拘束する役割もしている。

これらの結果、1階床スラブから点検通路スラブ下端まで1.95m、砂利地業下端までの掘削深さは1.38mとなり工事費の低減と工期の短縮を計る事が出来た。



■図5 免震材料のアンカー形状



■図6 点検スラブ納まり図

5 PC圧着工法の採用

上部架構の平面形状は、外形寸法280m×108mの上下同形で、建物両側には鉄骨造の円形のランプウェーが取り付けられている。基準スパンは10m及び11.45mで階高は6.6mである。

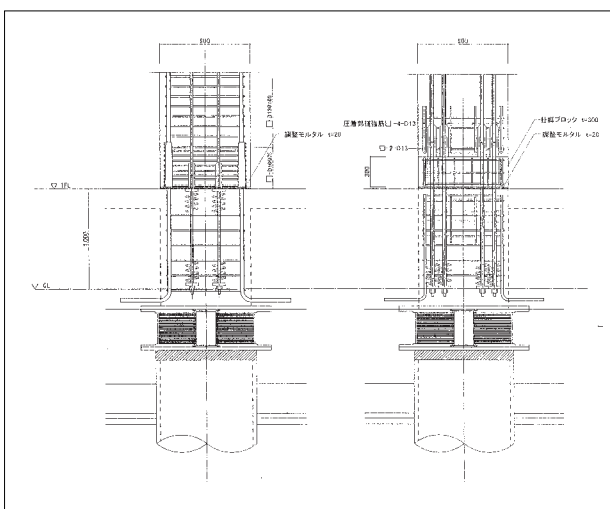
上部架構の構造種別及び構法は、プレテンション+ポストテンションのPSコンクリート造純ラーメン構造である。仕口及びスラブは場所打ちコンクリートとし、梁端部の曲げ耐力には普通鉄筋を付加している所謂セミ圧着工法を採用している。

柱梁部材の代表的な断面形を表1に示すが、スパン長と階高等を統一することにより外形寸法の種類を増やさない様に設計している。

プレストレスの導入(柱梁共300N/cm²程度)により大規模なコンクリート構造物の乾燥収縮応力による障害も回避出来ている。これらの収縮は免震

■表1 柱梁基本断面表(mm)

柱	1-2階	3-4階
大梁	1階	2-R階



■図7 柱脚納まり図

層で吸収しているが、免震性能に影響が出る変動値では無い。

6 設計の流れ

本設計システムでは、上部架構はL2時の地震力に対して層間変形角が1/300以下、その1.25倍の地震力に対しても弾性域に収める事が出来る。これは倉庫の様に過大な鉛直荷重を受ける免震+PCaPC圧着構造の特徴として長期設計のみで達成される事による。

設計の手順として、設計用せん断力(C_B=0.12、A_i分布でL2時最大応答に相当)に対し各部材が許容耐力に収まる様に断面を決める。その後地震応答解析により、応答結果が表2に示す耐震設計目標を満足している事を確認する。本設計システムが通常の免震建物と異なるのは主に以下の3項目である。

- ①杭頭回転角の確認—縮小モデル実験及び解析により杭頭の回転角の制限を1/100radとし、それを超える場合は杭頭の回転剛性を下げる納まりとする。回転角は地盤建物連成応答解析等で確認する。
- ②点検スラブの杭頭拘束の確認—点検スラブは点検通路の役割と共に、入力位相差等により発生する杭頭間の自由な移動を拘束させている。スラブ耐力は杭頭せん断力を杭頭間で逆位相にかけた応力で確認する。
- ③免震材料に働く断面力の分配率の確認—免震材料に働く曲げモーメントは、杭の曲げ剛性と1階のせん断剛性により分配される。魚骨モ

■表2 耐震設計目標

目標性能	レベル1	レベル2
上部構造	主要構造体は許容応力度以内 応答加速度 ≤ 300cm/s ² 層間変形角 ≤ 1/300rad	
免震材料	<ul style="list-style-type: none"> • γ ≤ 200% (36cm) • 安定変形以内 (限界×0.5) 	<ul style="list-style-type: none"> • γ ≤ 260% (47cm) • 保証変形以内 (限界×0.75)
	<ul style="list-style-type: none"> • -1.0N/mm² ≤ 面圧 ≤ 30.0N/mm² 	
基礎構造	許容応力度以内	終局耐力以内

デル等を用いて適切な方法で分配率を確認する。

7 地震応答解析結果

基準モデル(入力を1階床位置とした直列多質点型等価せん断モデル)での応答結果を表3に示す。このモデルの固有周期は4.27秒($\gamma = 2.25-2.5$)である。

地盤の動的効果の影響を検討するため、ペンジェン型モデルを用い地盤建物連成振動解析を行った。その結果上記モデルと比べ、①1階の応答せん断力が89%、②免震層の応答変位は55%と減少した。

■表3 応答結果一覧(L2時)

上部	最大層間変形角 (rad)	長辺	1/415	告示波 2F
		短辺	1/398	告示波 2F
構造	最大応答加速度 (cm/s ²)	長辺	185	EL CENTO NS 5F
		短辺	185	EL CENTO NS 5F
免震材料	最大相対変位 (cm)	長辺	42.9	告示波
		短辺	41.9	告示波
	最大せん断力係数	長辺	0.100	告示波
		短辺	0.099	告示波
	最大面圧 (N/mm ²)		19.5	告示波

杭に働く最大せん断力は、杭頭-7m~-8mで発生した。これは杭頭軸力の0.32倍で杭許容せん断力の約1/2である。最大曲げモーメントは、杭頭ではなく杭頭-10mで発生した。杭頭-杭脚間の最大応答変位は8.7cmで平均部材角で1/160ラジアン、杭頭回転角の最大値は1/138ラジアンである。

立体モデルで免震層の偏心によるねじれの影響を検討した結果、回転角の最大値は1/35,000ラジアンと微小である事を確認した。但し、入力位相差や偏荷重による影響も考慮し免震層と擁壁のクリアーを最大応答値43cmの1.4倍の60cmとした。

倉庫の積載荷重の変動に対し、積載荷重を半減しても免震層の変形及び上部建物の層せん断力は1~2割低減し安全性は保たれる事を確認した。

8 おわりに

最近、物流関係に限らず土地の購入から竣工までの期間が短く、設計はもとより施工期間の短縮が求められる事例が多くなった。本プロジェクトは延べ床面積約12万m²の基礎免震建物にもかかわらず工期は11ヶ月で竣工し、地震推定最大損額(PML)も所要値に収まっていた。

免震建物で施工期間を短縮する解決策の一つとして、本設計システムは有効な手段の一つであると考えている。

■表4 本設計システム設計例概要一覧

項目	プロロジスパーク 横浜	プロロジスパーク 大阪	プロロジスパーク 大阪II
延べ床面積	119,856m ²	157,643m ²	169,125m ²
階数	5階	7階	8階
施工期間	11ヶ月	12ヶ月	12ヶ月
免震材料	750-1000φ 292基	900-1200φ 268基	850-1300φ 236基
Tf	4.54秒	4.56秒	5.16秒
αs	0.017	0.021	0.019
設計用CB	0.12	0.13	0.10
応答CB	0.100	0.106	0.091
応答免震層変形	42.9cm	44.0cm	47.5cm
応答杭頭回転角	1/138	1/490	1/246
地盤種別	II	III	III

Tf:アイソレータ群のみの水平剛性による固有周期
 αs:ダンパー群の降伏せん断力係数
 応答値:L2時最大値を示す