

# 株式会社 潤工社 KOC 第2期工事



片山 和夫  
フジ総合企画設計



高山 清孝  
エス・イー・アイ構造設計事務所



上野 敏範  
同



木本幸一郎  
同



春元 英典  
同



野瀬 智也  
同

## 1 はじめに

本建物<sup>1)</sup>は、フッ素ポリマーの応用製品を生産する施設で、稼働中の工場建物と同規模の工場建物を隣接位置に増築する計画である。既存建物及び増築建物とも、地震時の建物全体の安全性確保と機能維持を目的として免震構造を採用した基礎免震建物である。構造的特徴として、併用基礎を採用している。

今回の増築建物と旧38条の認定を受けた既存建物<sup>2)</sup>は、基礎も含めて構造的には独立した建物であるが、各階2箇所のExp.J渡り廊下で繋がっており、一の建築物である。

性能評価機関の性能評価委員会において、既存建物への現行法の遡及適用に関しても、国土交通省へ幾度か問合せをいただいた結果、旧38条認定取得建物であることの提示、および既認定の評価時に審査されていない告示波による検証を補足し、既存建物と増築建物をあわせて評価が行われた。

## 2 建物概要

建設地：茨城県笠間市

設計監理：株式会社フジ総合企画設計（建築）  
株式会社エス・イー・アイ構造設計事務所（構造）

施工者：清水建設株式会社

用途：工場

階数：地上7階

建物高さ：32.7m

構造種別：鉄筋コンクリート造

構造形式：純ラーメン構造（基礎免震）

免震部材：高減衰積層ゴム支承、オイルダンパー

基礎形式：直接基礎（一部深礎杭）



図1 建物外観パース（手前が増築建物）

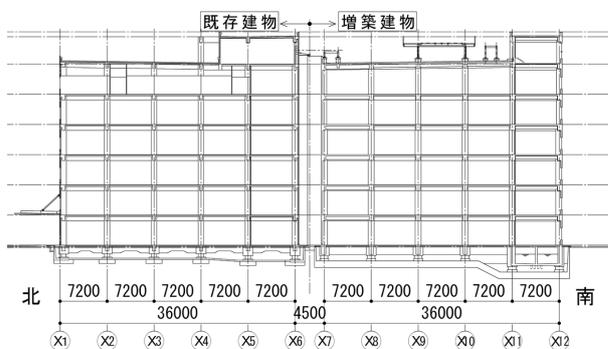


図2 建物断面図（全体）

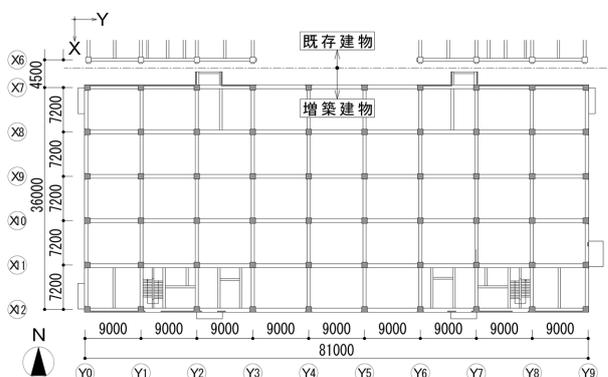


図3 基準階伏図（増築建物）

### 3 地盤及び基礎概要

本計画地は、支持層が傾斜した不整形地盤である。支持層傾斜の概要を示す地層断面図(西-東方向)を図4に示す。この図のように、建物の中央から東側の地盤は、基礎底レベルにて支持層となる硬質地盤( $V_s = 1000\text{m/sec.}$ )である一方、旧谷部で支持層が窪んだ建物の西側は、盛土地盤( $V_s=130\sim 300\text{m/sec.}$ )であり、支持層深度は建物西側端部でGL-15m付近である。

これより、本計画の基礎形式は、支持層の浅い建物中央から東側を直接基礎、支持層の深い建物西側を杭基礎(深礎杭)とする併用基礎とした(図5)。また、直接基礎部と杭基礎部を一体化するために剛性と耐力を高めたマットスラブ基礎としている。基礎の設計においては、地震時のねじれによる応力割増を考慮している。

### 4 免震設計概要

免震部材は、1階の床下と基礎の間に高減衰積層ゴム支承を計60基と、オイルダンパーを6基とを組み合わせ配置している(図5)。高減衰ゴム支承はブリヂストン製、HL-X6シリーズを平均面圧 $12\text{N/mm}^2$ で用い、オイルダンパーは、最大減衰力 $F_{\text{max}} = 1000\text{kN}$ 、降伏速度 $V_y=32\text{cm/s}$ の非線形タイプで、不整形地盤による地震時のねじれ振動の影響が懸念される建物短辺方向に4基、長辺方向に2基を平面外周近くに配置した。免震部材については、製造バラツキ・経年変化・温度変化による性能変動を考慮した。

既存建物、増築建物の免震層変位最大値を $40\text{cm}$ と設定し、渡り廊下のExp.J可動範囲を $80\text{cm}$ 、増築建物の免震層クリアランスは、 $50\text{cm}$ とした。

### 5 設計方針及び地震応答解析

表1に耐震性能目標を示す。上部構造の設計用地震力は、極めて稀に発生する地震動時の応答値をほぼ包絡する $CB=0.10$ ,  $A_i$ 分布とし、許容応力度設計を行った。

設計用入力地震動は、表2に示す観測波3波、告示波3波(建物西側の支持層深度が深い部分の地盤特性を考慮して作成)の計6波とした。

告示波はJSSIの指針<sup>3)</sup>に従って工学的基盤の時刻歴加速度を作成し、SHAKEにより入力加速度時刻歴を求めた。

基本振動系モデルは、8質点等価せん断型モデル、上部構造の復元力特性はTri-linear型(履歴特性を剛性逓減型)、免震層の復元力特性は、高減衰積層ゴム

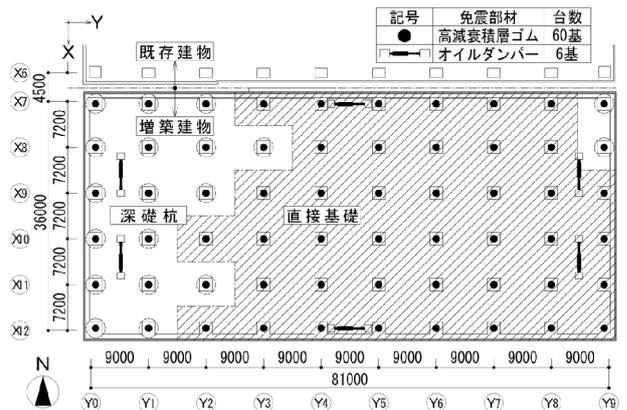
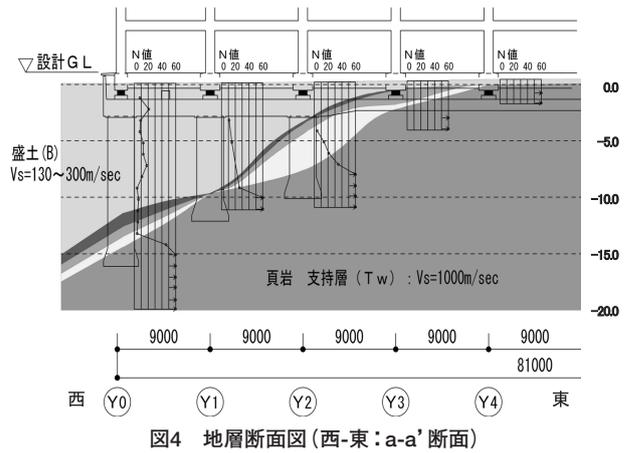


表1 耐震性能目標

項目	稀に発生する地震動時		極めて稀に発生する地震動時	
	短期許容応力度以下	弾性耐力以下	弾性耐力以下	弾性耐力以下
上部構造	耐力	短期許容応力度以下	弾性耐力以下	弾性耐力以下
	層間変形角	1/400以下	1/200以下	1/200以下
免震部材	応答変位	Exp.J位置において、ねじれ増分を加味して、変位400mm以内		
	変形せん断歪	安定変形以内 $\delta=320\text{mm}$ 200%以内	性能保証変形以内 $\delta=400\text{mm}$ 250%以内	
基礎構造	面圧引張応力	30N/mm <sup>2</sup> 以内 生じさせない	材料強度の90%以下 1N/mm <sup>2</sup> 以内	
	耐力	短期許容応力度以下	短期許容応力度以下	

表2 設計用入力地震動

地震動	稀に発生する地震動		極めて稀に発生する地震動		解析時間(秒)	
	最大加速度(cm/s <sup>2</sup> )	最大速度(cm/s)	最大加速度(cm/s <sup>2</sup> )	最大速度(cm/s)		
告示波	KOKUJI-H HACHINOHE1968NS位相	77.0	11.3	385	56.7	119
	KOKUJI-K JMA KOBE1995NS位相	78.8	14.1	394	70.5	120
	KOKUJI-R 乱數位相	67.8	12.1	339	60.6	120
観測波	EL CENTRO 1940 NS	255	25.0	511	50.0	53
	TAFT 1952 EW	248	25.0	497	50.0	54
	HACHINOHE 1968 NS	167	25.0	334	50.0	51

を修正Bi-linear型、オイルダンパーを、減衰力と速度関係がBi-linear型のダッシュポットとした。減衰定数は、免震層固定時1次固有振動数に対して上部構造2%、免震部材0%とし、瞬間剛性比例型とした。

図6に、極めて稀に発生する地震動時の応答結果の代表例を示す。全ての検討ケースにおいて表1に示す耐震性能目標を満足している。

## 6 地盤FEM—基礎—建物連成解析<sup>1)</sup>

不整形地盤による地震時のねじれ振動をより詳細に検討するために、地盤FEM—基礎—建物連成解析を行った。

### (1) 解析モデル

検討方向をX方向とし、各部を表3にモデル化する。地盤は等断面がX方向に連続すると仮定し、建物幅を切り出したモデルである。上部建物は各階に剛床を導入する。系の自由度は、X並進およびRZ(鉛直軸まわり回転)の2自由度とする。(図7)。

入力地震動は極めて稀に発生する地震・KOKUJI-K(開放的工学基盤)・継続時間60秒をモデル底部に与えた。

### (2) 地震応答解析結果

本解析のモデルと5章の質点系せん断モデルの最大応答値を比較し、2次モードの影響と見られる差異が認められるものの、両モデルの結果はほぼ対応していることを確認した。免震層端部の変位増分(表4)は、連成を考慮すると若干、増加するが、その値自体は非常に小さい。

図8に最大変位分布図を示す。免震層のみで大きく変形をしている。地盤については盛土地盤部の変形が大きくなっている。図9に地盤の最大ひずみ分布図を示す。基礎構造により盛土地盤部が拘束され、基礎下の盛土地盤部の変形は小さい。基礎から離れた盛土地盤部の最大せん断歪みは0.6%であった。

表3 地盤-基礎-建物連成解析各部のモデル化

部位	モデル化
地盤	3次元ソリッド要素 硬質地盤は線形、盛土地盤は非線形
杭	梁要素、線形
マットスラブ	板要素、線形
高減衰積層ゴム支承	線材バネ・固定バイリニア
オイルダンパー	6台をまとめて各Y通りに配置 ダッシュポット、線形
上部建物	2台をまとめて、Y1,Y8に配置 偏心考慮のバネ・マスモデル、線形

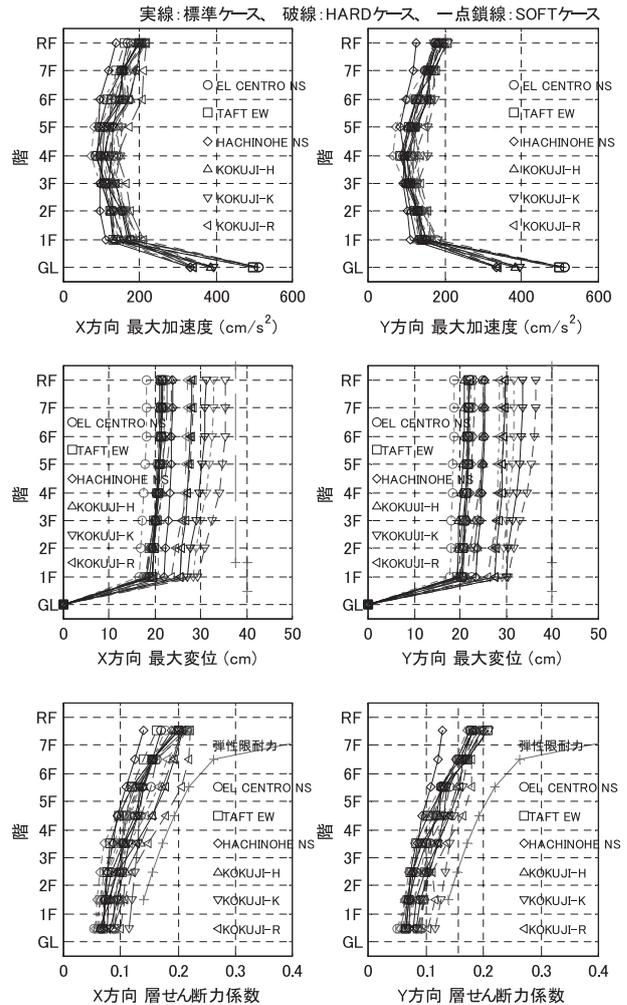


図6 地震応答解析結果

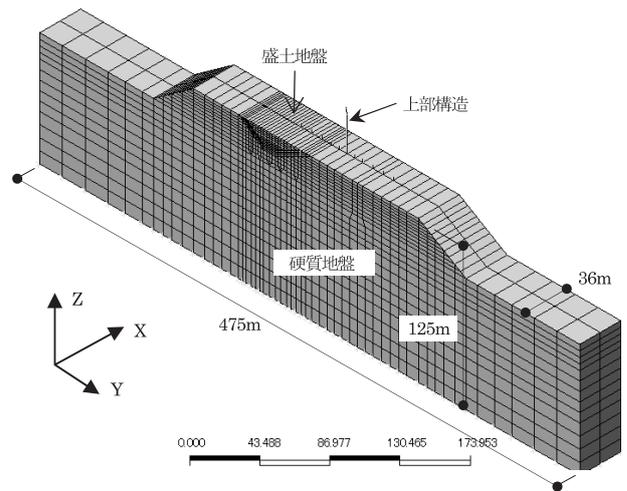


図7(a) モデル図(全景)

(3) 「基礎脆弱モデル」

基礎構造による盛土地盤変形の拘束効果を確認するため、基礎の断面性能を1/10000とした「基礎脆弱モデル」について同様に解析を行った。その結果、基礎脆弱モデルでは、端部変形増分が1.2cmとなり(表4、図10)、剛強な基礎構造が盛土地盤変形を拘束する効果を確認した。

(4) 検討結果

不整形地盤に建つ併用基礎の本建物について、地盤FEM-基礎-免震建物の連成振動解析を行い、地震時のねじれ振動をより詳細に検討した。

その結果、免震層のねじれに及ぼす影響はわずかで、特に、剛強な基礎構造によるねじれ振動の抑止効果が高いこともわかった。

7 まとめ

本件は2009年10月に着工し、現在工事中です。設計にあたり、多くの皆様からご指導とご助言を頂きました。深く御礼申し上げます。今後は、所定の性能を有する高品質の建物となるよう、工事監理に取り組む所存です。

<参考文献>

- 1) 野瀬、木本ほか「直接基礎と深礎杭とを併用した免震建物の構造設計(その1、2)」日本建築学会大会学術講演梗概集、2009年
- 2) 日本建築センター「ビルディングレター、1999.09、BCJ-免586」
- 3) 日本免震構造協会「免震建築物のための設計用入力地震動作成ガイドライン」2005年11月

表4 ねじれによる免震層端部の変位増分

モデル	端部変形増分 (cm)
上部構造のみ (免震層直下入力)	$3.4 \times 10^{-4}$
地盤 FEM-基礎 - 建物連成系	$4.0 \times 10^{-4}$
基礎脆弱モデル	1.2

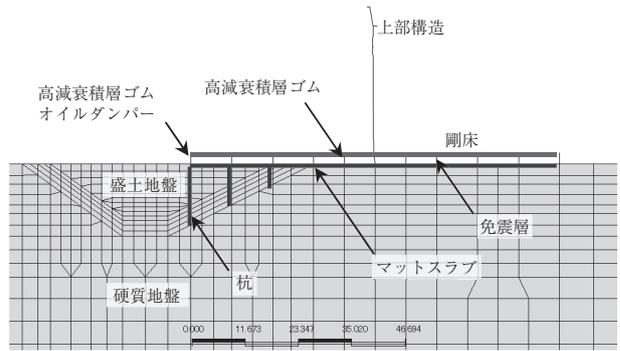


図7(b) モデル図(立面、拡大)

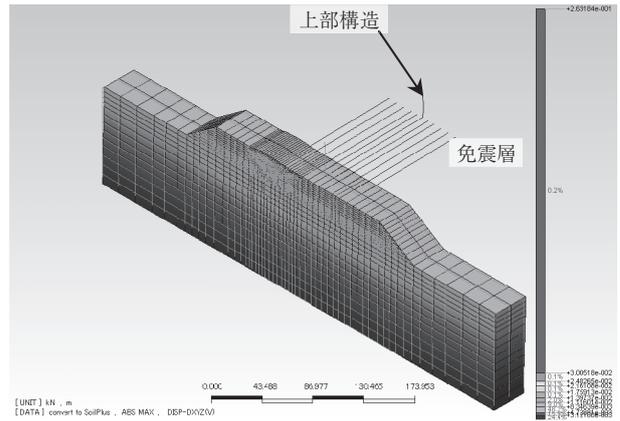


図8 最大変位分布図

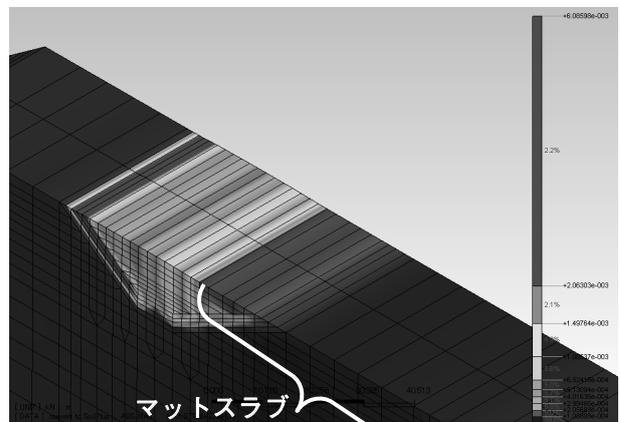


図9 地盤の最大ひずみ分布図

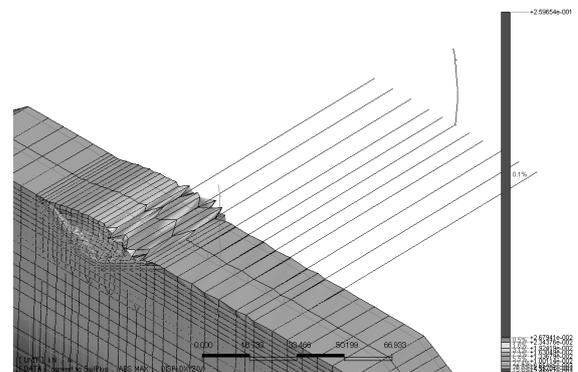


図10 基礎脆弱モデルの最大応答変位分布図