製粉ミュージアム本館(免震レトロフィット)

貞広　修　清水建設
有田　康正　同
坂中　玲子　同

1　はじめに

東武伊勢崎線館林駅のすぐ傍に、日清製粉グループの工場敷地が広がっており、その一角に木造の製粉ミュージアムがたたずんでいる。この建物は明治43年に建立された在来軸組工法による木造建築であるが、使用されている木材は、それまで旧工場で使われていた材料を再利用したものである。屋根はクイーンポストトラスの小屋組みから成り、さらに1階には無柱の大広間が形成されるなど、当時の構造計画としては非常に高度な技術が使われている。外観は杉板の下見板貼り仕上げ、内装には所々に漆喰の繊細なレリーフが施されている等、歴史的価値のある木造建築物である。

本計画では、既存建物の構造体および内外観をそのままの状態で保存するため、耐震上、最も有効な改修方法として免震レトロフィットを採用した。

本稿では、木造建築物の免震レトロフィットについて紹介する。

写真1　製粉ミュージアム外観（免震レトロフィット後）

2　建物概要

建 物 名 称：製粉ミュージアム本館
所　在　地：群馬県館林市栄町6番1号
主 要 用 途：展示館
建　築　主：株式会社日清製粉グループ本社
竣　工　年：明治43年
構 造 種 別：木造(在来軸組工法)
設　計　者：＜新築時＞不明
　　＜改修時＞清水建設株式会社
　　一級建築士事務所
施　工　者：清水建設株式会社

3　耐震改修計画

耐震改修計画として、木造建物の既存レンガ基礎の下部にRC造の床梁による人工地盤を新設し、その直下に免震材料を設置する基礎免震形式を採用した。上部構造が木造であることから、通常の免震建物よりも重量が軽い。従って、免震の効果を発揮させるために、人工地盤を新設することで重量を確保した。さらに免震材料には荷重を支持しない小径の天然ゴム系積層ゴム復元材を使用することで、目標固有周期を実現した(図5)。この他の免震材料として弾性すべり支承、オイルダンパーを採用している(図3)。弾性すべり支承は建物荷重支持用として、350 ϕ ×5基設置している。この弾性すべり支承は風荷重に対する変形抑制の役割も持ち、摩擦係数0.03のすべり材を採用した。

弾性すべり支承の摩擦力により、稀に発生する風荷重Q_{w1}に対しては残留変形が生じず、極めて稀に発生する風荷重Q_{w2}に対して残留変形δ＝121mmに抑え、免震層のクリアランス以下となるように設定した。この摩擦係数の設定に当たっては、地震時の

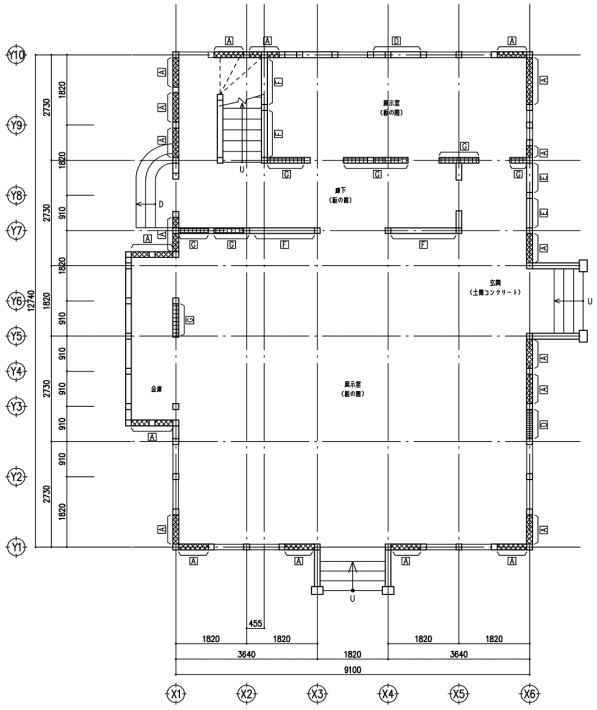


図1　1階平面図

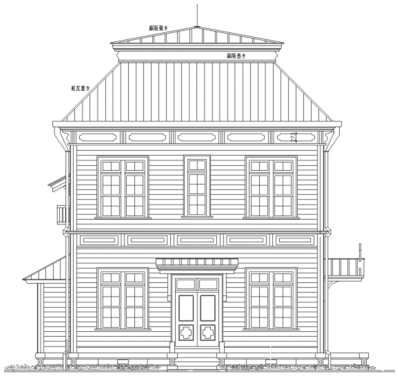


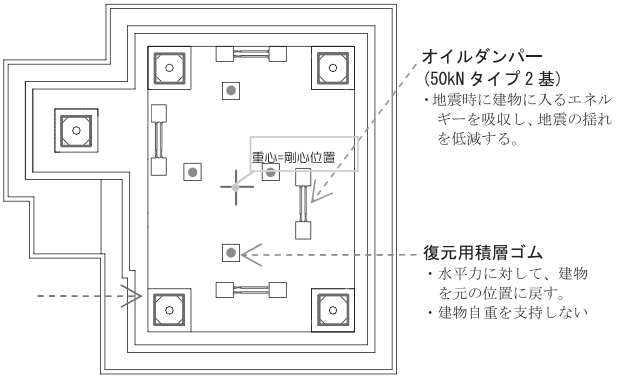
図2　南側立面図

応答加速度がクライテリアを満足しているかを確認するなど、木造建物を免震化する上で、地震と風の両方の影響を考慮している。さらに地震時の免震層変形に対してオイルダンパーをX方向およびY方向それぞれ2基(50kNタイプ×2)を2対(計8基)配置し、変形抑制効果を期待している。

4　地震応答解析概要

4.1　耐震性能目標

耐震性能目標を表1に示す。設計用地震動は、位相を変えた告示波3波と観測波3波(EL CENTRO 1940NS、TAFT 1952EW、HACHINOHE 1968NS)とした。サイト波(当該地周辺の地震環境を反映した想定関東平野北西縁地震、想定茨城県南部地震)を検討したところ応答スペクトルが告示波および観測波に比べ、十分に小さい地震動であるため、解析対



免震材料	記号	諸元	基数
復元用積層ゴム		300φ　H=200	4
弾性すべり支承		350φ　μ=0.03	5
オイルダンパー		C=500N・s/cm	各方向 4

図3　免震材料配置図

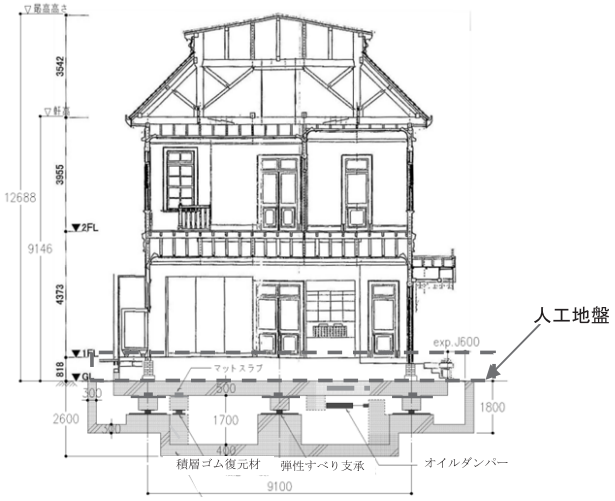


図4　免震ピット断面図

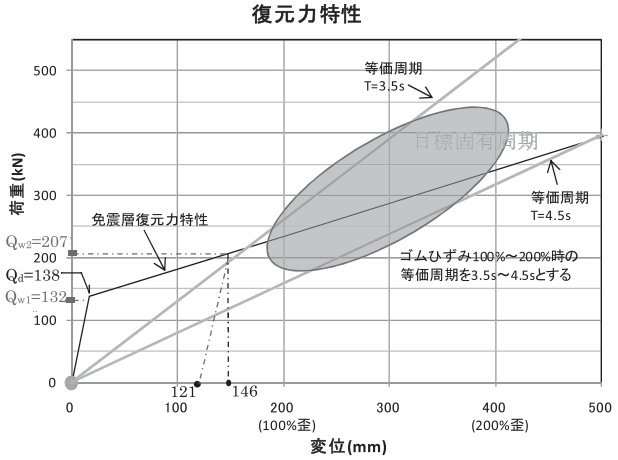


図5　目標固有周期と風荷重による免震層の変形性能設定

象から除外した。

表1　耐震性能目標

	レベル	レベル 1 (25cm/s)	レベル 2 (50cm/s)
上部構造	応答加速度	200cm/s²	250cm/s²
	層間変形角	1/200	1/150
	最下階層せん力係数	0.145	0.195
免震層	免震装置変形	安定変形以内 30cm	性能保証変形以内 45cm

表2　採用地震動

	入力地震動	最大加速度 (cm/s²)	最大速度 (cm/s)
極めて 稀に発生する 地震動	EL CENTORO 1940 NS	511	50.0
	TAFT 1952 EW	496	50.0
	HACHINOHE 1968 NS	337	50.0
	告示波(関東 1923EW)	221	51.8
	告示波(神戸 1995NS)	258	62.3
	告示波(一様乱数)	259	56.1

4.2　解析モデル

基本振動モデルは、3質点系の等価せん断バネモデルとした。上部木造部分の復元力特性は、壁倍率から五十田式[1]によりSlipとBiLinearの組み合わせモデルとしている。

免震材料の復元力特性として、弾性すべり支承はBiLinear、積層ゴム復元材はLinear、オイルダンパーはダッシュポットとしている。

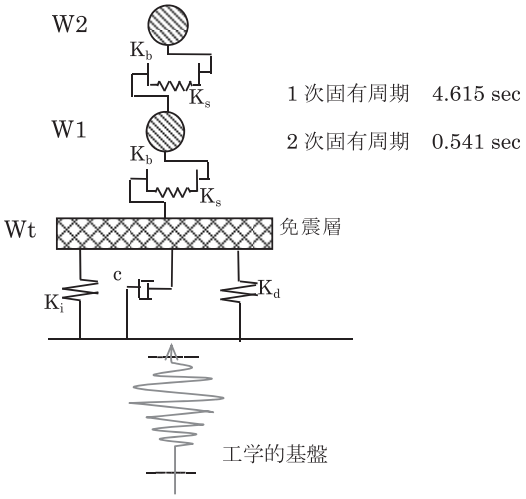


図6　解析モデル

表3　解析モデル諸元

階		質量 (kN)	質点高さ (m)	X方向 初期剛性 (kN/m)	Y方向 初期剛性 (kN/m)
RF	W2	285.5			
			4.0	7729	7575
2F	W1	319.3			
			5.2	9770	10117
1F	Wt	3999			
			2.2	8377	8377
免震層		–			

5　地震応答解析結果

免震材料のばらつきを考慮した時刻歴応答結果より、レベル2における最下階の最大応答層せん断力係数はC_0＝0.190であった。また、免震層の最大応答変位はX,Yともに35.7cmとなっており、いずれもクライテリアを満足していることを確認した。

表4　レベル2応答解析結果

	方向	X方向	Y方向
上部構造	応答加速度	249cm/s²	246cm/s²
	層間変形角	1/159	1/168
	最下階層せん力係数	0.190	0.187
免震層	免震装置変形	35.7cm	35.7cm

6　工事計画

建物の免震化に伴い、施工計画としては、建物の曳家工事をはじめ、既存レンガ基礎再利用のためのレンガ切り出し･一時保存など多くの工事工程が必要である。また、既存建物の外観を損なわない範囲で一部に構造用合板による木造耐力壁を新設するなど、上部木造の補強工事も並行して実施する。図7に施工計画を示す。

7　おわりに

これまで木造建物の免震レトロフィットの前例が数少なく、今回のプロジェクトにおいては、設計や工事計画に際して、多くの方々に技術提案や設計のご協力いただきました。関係者の皆様方には心より厚く御礼申し上げます。

参考文献

1）日本建築構造技術者協会,*木造建築構造の設計*,2004

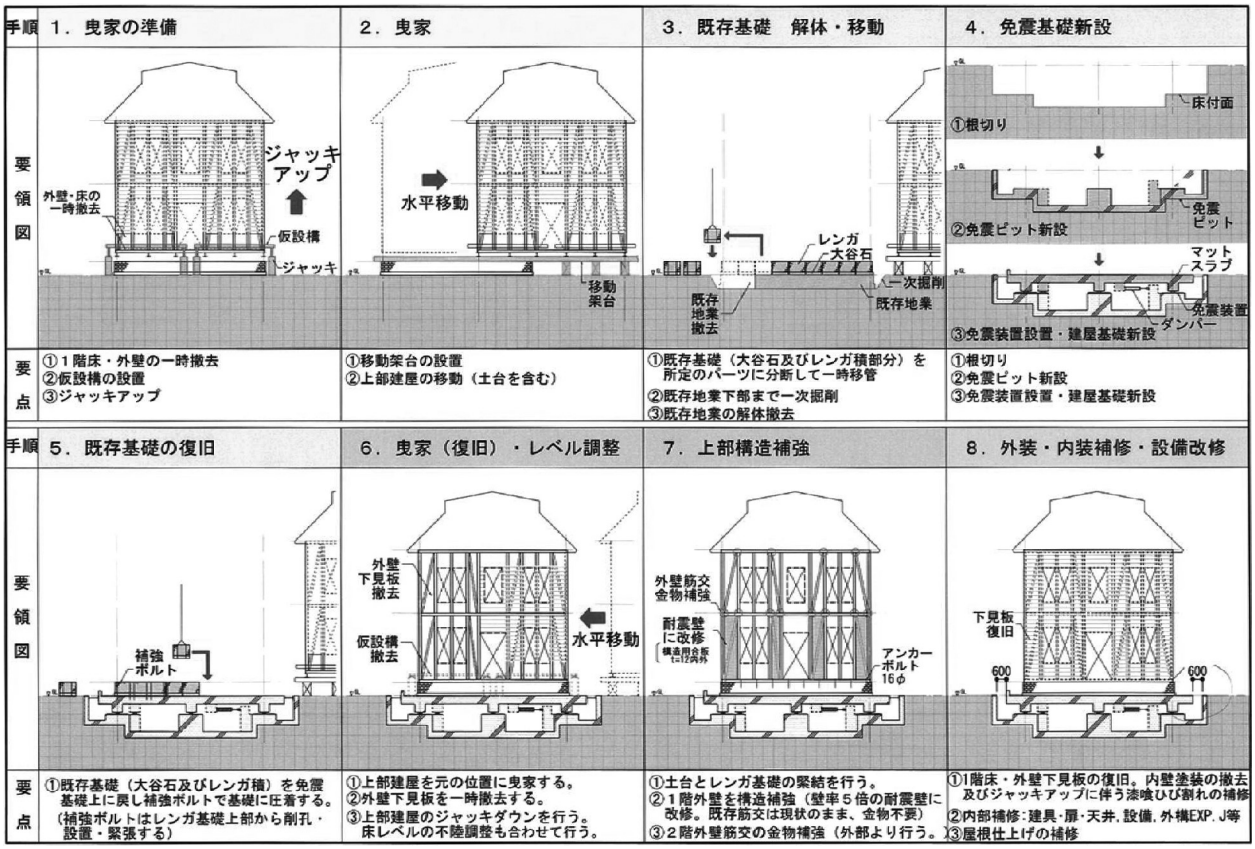


図7　工事ステップ図

写真2　曳家工事状況

写真3　既存れんが基礎

写真4　免震ピット施工状況

写真5　曳家（復旧）工事状況