

仙台一番町プロジェクト住宅棟



清水 隆
戸田建設



千田 啓吾
同

1 はじめに

当工事は、仙台市が制定している「都心地域」の中核となる工事である。また、本計画は高次な都市機能の集積を図り、人が交流し、定住する魅力ある空間の形成を目指す地域に29階建ての超高層免震住宅を建設するものである。建設地はJR「仙台駅」の南西500mの仙台市青葉区一番町に位置しており、建物は分譲および賃貸住宅の供給を中心として、安全で快適な歩行者オープンスペースを確保するとともに、周辺の都市景観と調和した計画としている。

ここでは、上部構造および下部構造の概要、免震構造概要、また、免震層工事の施工状況について紹介する。



図1 外観パース

2 工事概要

工事名称	仙台一番町プロジェクト 住宅棟
工事場所	宮城県仙台市青葉区一番町1-9
施主	森トラスト株式会社
監修	株式会社松田平田設計
設計・監理	戸田建設株式会社一級建築士事務所
施工	戸田建設株式会社 東北支店
用途	共同住宅(244戸)
敷地面積	3,099m ²
建築面積	1,178m ²
延床面積	30,360m ²
高さ	軒高 99.30m、最高高さ 105.64m
基準階階高	3.35～3.50m
構造規模	地上29階 地下1階 塔屋1階 免震構造(基礎免震：B1階床下) 構造種別 鉄筋コンクリート造
骨組形式	地上、地下：純ラーメン構造
基礎	直接基礎(べた基礎：GL-10.05m)
免震材料	天然ゴム系積層ゴム、弾性すべり支承、オイルダンパー
工期	2008年6月～2010年8月



写真1 作業所全景 (H21.11)

3 構造概要

3.1 地上階および地下階の構造概要

本建物は、地下1階、地上29階、塔屋1階であり、軒高99.30m、最高高さ105.64mの共同住宅である。2階から29階までが住戸階であり、地下階には駐輪場、設備諸室等、1階にはエントランスホール、ラウンジ、駐車場がある。住戸階では、住戸ゾーンがL字型に配置されており、中央部に階段、エレベーター等のコアを配置した形態となっている。また、北側には乗り入れレベルを1階とした26階までのタワーパーク(H=90m)が建物内に組み込まれている。階高は1階が4.10m、2階以上の基準階が3.35m~3.5mである。図2に基準階伏図、図3に軸組図および使用材料(コンクリート、鉄筋)を示す。

本建物は、建設地が東北地方で、近年地震が多発していることから、耐震安全性と機能性向上のために、B1階床下に免震層を設けた免震構造を採用している。X方向、Y方向はともに38.3mの5スパン(平均7.7mスパン)で北側コーナー部が隅切りとなるL型の不整形な平面形状となっており、塔上比(建物高さ/建物幅)は2.5程度である。

地上階および地下階の骨組形式は、鉄筋コンクリート造純ラーメン構造で、柱、梁部材のコンクリートには最大でFc60N/mm²、鉄筋は主筋が最大でSD490、せん断補強筋にはUSD685を採用している。

住戸ゾーンはプレストレスト合成床スラブにより、柱と大梁で囲まれた8.5m×8.5m程度のグリッド内を小梁のないフレキシブルな無梁空間としている。また、本建物の工法には、2階以上の柱、大梁および二次部材の小梁、床、バルコニー等にプレキャスト部材を用いたTO-HRPC工法(戸田式プレキャスト複合化工法)を採用している。

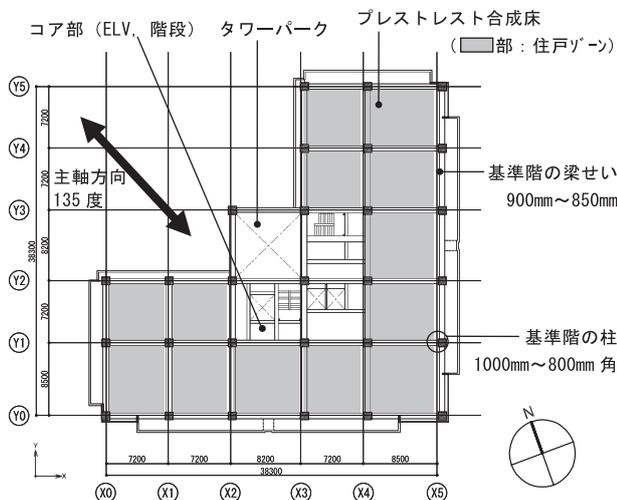


図2 基準階伏図

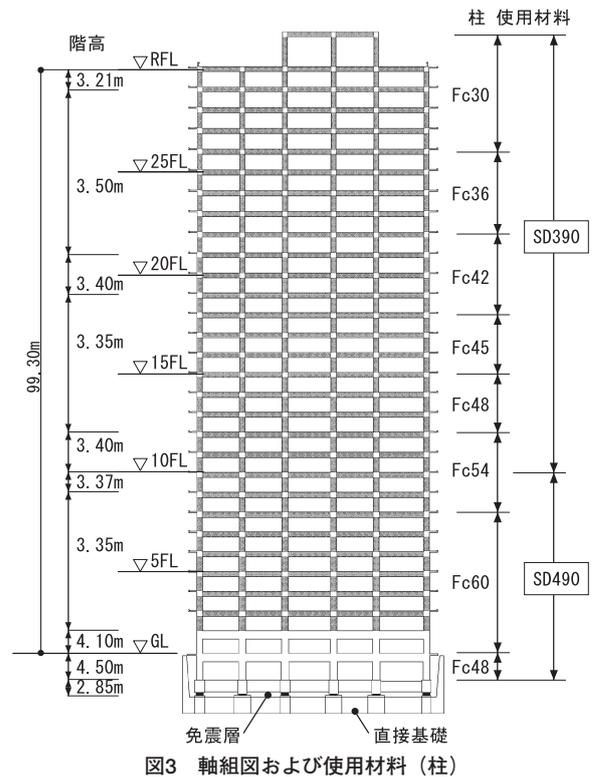


図3 軸組図および使用材料(柱)

3.2 免震構造概要

本建物は、地震が多発するという地域性から耐震安全性向上の目的で、免震建物としている。免震層は、天然ゴム系積層ゴム23基と建物の長周期化を目的として弾性すべり支承5基を採用すると共に、大地震時の免震層の変位を抑えるためにオイルダンパーを用いたTO-HIS構法(戸田式免震構法)としている。TO-HISは、超高層集合住宅や大規模超高層病院、中高層事務所ビル、ホテルなど様々な用途の建物に多くの実績がある構法である。減衰機構として弾性すべり支承の摩擦エネルギー吸収による履歴減衰とオイルダンパーによる粘性減衰を組み合わせることで免震層の変形が過大にならないようにしている。

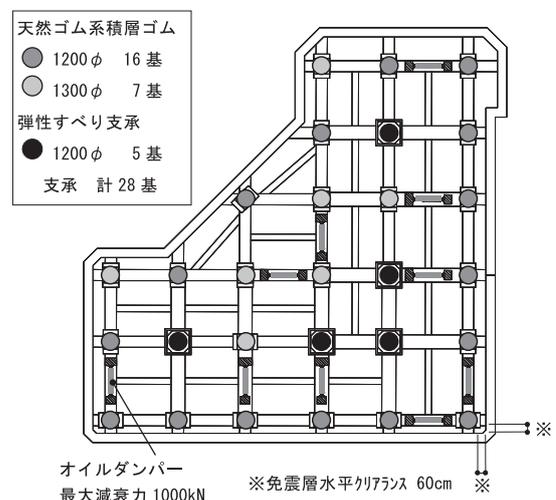


図4 免震層伏図

また、不整形な平面形状で、高さが100mという条件の下、免震材料をバランスよく配置して、耐震性を確保している。図4に免震層伏図を示す。

要求性能を満足させるため、免震材料の組み合わせや免震層の特性の設定は下記の方針に基づいている。

- 1) 免震層の特性は、応答解析結果に基づき、免震周期を5秒程度に設定し、天然ゴム系積層ゴムの材料は比較的低弾性の $G=0.39\text{N/mm}^2$ を採用し、弾性すべり支承を組み合わせる。弾性すべり支承の動摩擦係数は0.094程度で摩擦係数が安定しているものを選定する。
- 2) レベル1およびレベル2の地震動による免震材料の応答水平変形が安定変形および性能保証変形以内に収まるようにし、この時積層ゴムに有害な引抜きが生じないようにする。
- 3) 座屈に対する安定性を考慮し、天然ゴム系積層ゴムの2次形状係数は5前後のものを選定する。
- 4) ねじれ応答が大きくなるように、天然ゴム系積層ゴム、弾性すべり支承およびオイルダンパーの剛心が各変形レベルにおいて建物重心に対して偏心しないように設定する。
- 5) 免震材料に弾性すべり支承を用いているため、極めて稀に起こる風荷重(再現期間500年)に対して弾性すべり支承がすべり出さないように天然ゴム系積層ゴムとの組み合わせを設定する。

3.3 構造設計概要

3.3.1 上部構造

本建物における免震層を含んだ時刻歴応答解析による設計は、下記による。

耐震設計は、本敷地において「稀に発生する地震動(以下、レベル1の地震動)」、「極めて稀に発生する地震動(以下、レベル2の地震動)」の2つの強さの地震動を想定して行った。耐震設計の目標は、レベル1の地震動およびレベル2の地震動に対して、柱・梁部材の状態は軽微なひび割れは許容するが、短期許容応力度以内であることを確認する。上部構造および免震材料の耐震性能の目標値を表1に示す。また、耐震設計の検討方針は静的な地震力により設計された骨組の耐震安全性を地震応答解析により確認するものとした。静的な設計および地震応答解析は建物の平面形状がL型と不整形なため、すべて立体モデルにより、解析および詳細検討を行った。

本建物の主軸方向は、平面形態の関係上、135度方向であり(図2)、主軸直交が45度方向となっている。

そのため、主軸(135度)方向、主軸直交(45度)方向および主軸に対して斜め45度方向としてX、Y方向について静的・動的解析を行っている。

地震応答解析に用いる地震動は、観測波3波と本敷地の地盤特性を考慮して作成した模擬地震動(以下、告示波)3波とした。図5に本建築物の地震応答解析に用いたレベル2地震動の応答スペクトルを示す。レベル2地震動による変形レベルでの免震材料の等価剛性を考慮した建物の等価1次固有周期は5.4秒程度である。

図6にレベル2地震動による最大応答層間変形角を示す。最大応答値は、1/250程度(免震材料の特性変動考慮)であり、層間変形角の目標値1/200を十分満足している。また、免震層の最大変位は38cmであり、免震層のクリアランス60cm以内を満足している。

耐風設計においては、再現期間50年と500年の2つのレベルの風荷重を想定し、上部構造部材は短期許容応力度以内、免震層は残留変形を残さない(弾性すべり支承がすべり出さない)設計としている。

表1 耐震性能の目標値

地震動レベル		レベル1 (稀に起こる地震動)	レベル2 (極めて稀に起こる地震動)
入力	最大速度	25cm/s(観測波)	50cm/s(観測波)
上部構造	部材の状態	短期許容応力度以内	
	最大応答層間変形角	1/300以下	1/200以下
免震材料	水平変形	安定保証変形量以内 (ゴム層厚の200%以内) かつ、クリアランス以下	性能保証変形量以内 (ゴム層厚の300%以内) かつ、クリアランス以下

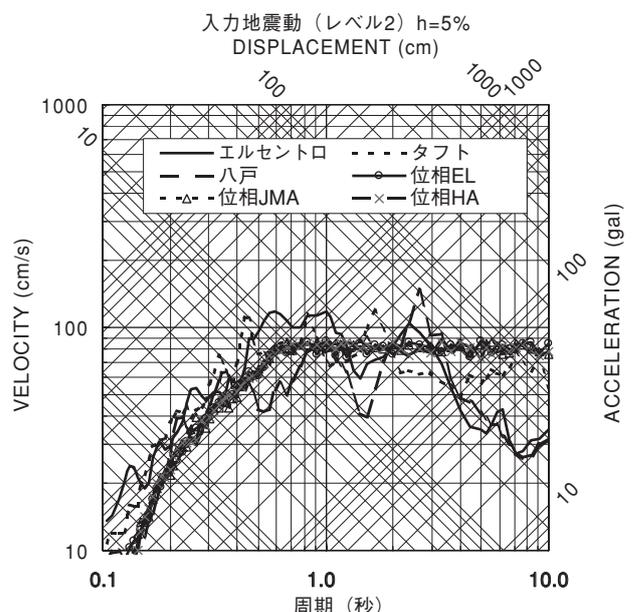


図5 入力地震動の応答スペクトル

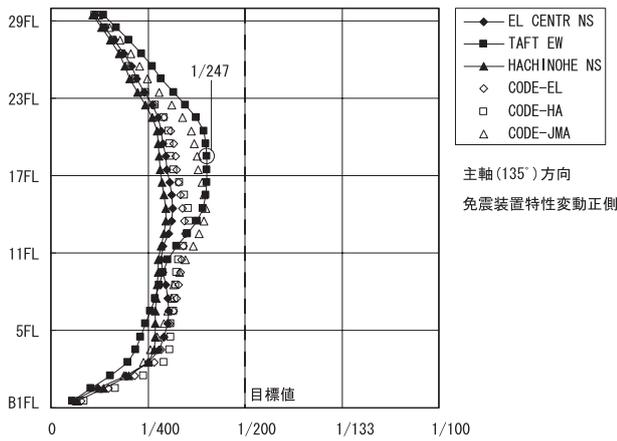


図6 最大応答層間変形角

3.3.2 下部構造

本建物の基礎は、GL-6m付近から出土する新第三期の強固な砂岩、凝灰質砂岩、シルト岩からなる竜の口層を支持層とする直接基礎(べた基礎)としている。地盤の許容支持力としては、長期で1000kN/m²、短期で2000kN/m²を採用している。

基礎の下端はGL-10.5mで、超高層建物の基部として十分な剛性と耐力を確保できるように、梁せい2.8m程度の基礎梁および基礎小梁を格子状に配置し、厚さ1.2m程度の耐圧版と一体化した剛強な構造としている。また、超高層部分からの荷重を地盤へスムーズに伝達し、免震層からの付加応力に十分耐えうる構造としている。

4 施工状況

基礎躯体の施工においては、マスコンクリートによる温度ひび割れ抑制のため、H=2800の基礎梁を4層に分けたコンクリート打設を行った。その際に免震装置のアンカーボルトと一体の下部ベースプレートを先行設置する必要があった。

超高層建築物における免震装置には地震時に引張力が生じる可能性がある。アンカーボルトの長さは免震装置の面圧が限界引張強度に達する際の引張力を想定して設定しており、基礎梁主筋下部へと定着されるため、基礎梁主筋位置を考慮したアンカーボルトの配置検討を行った。

免震層下部ベースプレートおよびアンカーボルトの固定方法の検討を行い、仮設のアンカーフレームの設置により、アンカーボルト位置の精度を保持しながら基礎梁の施工を行った。

写真2にアンカーフレーム設置状況、写真3に天然ゴム系積層ゴムの設置状況を示す。

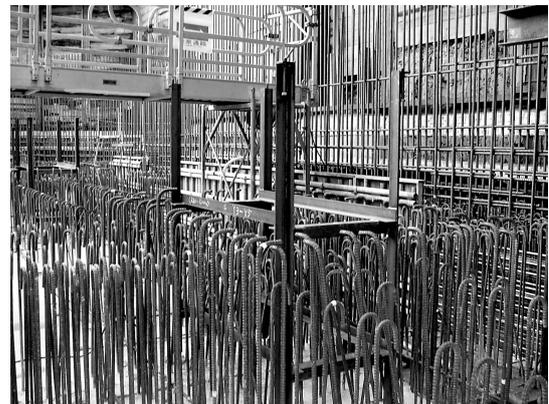
基礎躯体施工後、ベースプレート下部コンクリート充填、免震装置の設置、地下1階柱の順に施工を

行った。

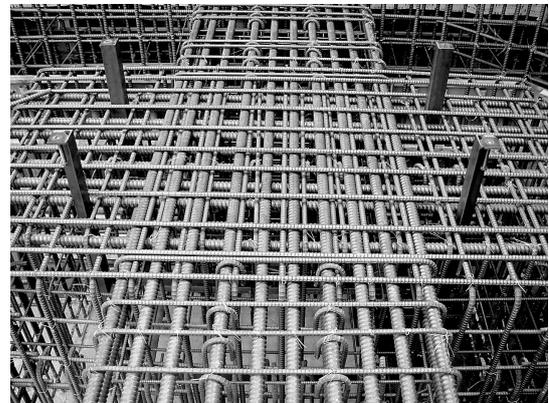
ベースプレート下部コンクリートについては、事前に充填実験を実施し、ベースプレート下の充填性の確認を行った。充填実験におけるコンクリートの充填率は99.75%(気泡0.25%)であった。

5 おわりに

本建物は現在上棟し、建物完成に向け仕上げ工事を行っている。平成22年8月には隣地に建設中のホテル・業務棟とともに仙台市のライフスタイル・ビジネススタイル・トレンドを発信していく拠点の一つとなる予定である。



基礎梁配筋中



基礎梁配筋後

写真2 アンカーフレーム設置状況



写真3 天然ゴム系積層ゴム設置状況