

フリープラン住宅を目指した構造計画

楠郷臺パークハウス

三菱地所 鵜田 隆

同 木村正人



1. はじめに

高齢化社会、社会的ストックとしての観点から、住宅のキーワードとして、「バリアフリー」や「100年住宅」などは日常的に聞かれるようになった。更に、近年は商品としての開発競争が厳しく行われており、顧客の様々なニーズに応えることが求められている。特に、中高層住宅の場合、供給戸数が多いことから、上階と下階の住戸プランを自由にレイアウトして、住戸プランのバリエーションを増やしたいという要求が強くなっている。いわゆる「フリープラン」が中高層住宅にも求められている。

また、最近マンションの顧客、発注者からも、耐震、遮音などの各性能について、厳しい目が向けられている。免震構造は、耐震性能を向上させる最も有効な手段の一つであるが、中高層の場合、上部構造の長周期化に伴う免震効果の低減や、以下に述べる建築計画の傾向から、構造計画のより一層の工夫が求められている。

以下では、中高層集合住宅のフリープラン化のための構造計画の考え方や、免震構造を利用した実施例を紹介する。

2. 中高層集合住宅の構造計画の傾向

建築計画において、フリープランを目指すために、まず住戸内に柱・梁がないことが要求されるのが一般的である。しかし、単純に柱・梁をなくしてしまうことは、建物の剛性が失われ、変形（損傷）制御の観点からは望ましくない。従って、必然的に耐震要素は建物のコア、または外周部に配置されることとなるが、一方で居住性の観点から、開口部の間口はなるべく大きく取りたいという要求もある。ダブルチューブ構造（図-1）は、住戸内に柱・梁は出ないが、間口が狭いという欠点を持つ。そこで、コア廻りのみチューブ構造とし、外周フレームとの間に梁が出てしまうことを許容する折衷案（図-2）やコアに連層壁を配置したコアウォール構造（図-3）などが考えられている。

ここでコアウォール構造は、連層壁を箱状に組み合わせることによって、従来の連層耐震壁に立体効果が加わり、非常に靱性のある性能が得られることが、建設省等の実験・研究で確認されている。また、ラーメン構造と併用することにより、それぞれ異なった振動モードをもつことから、純ラーメン構造の中高層建物

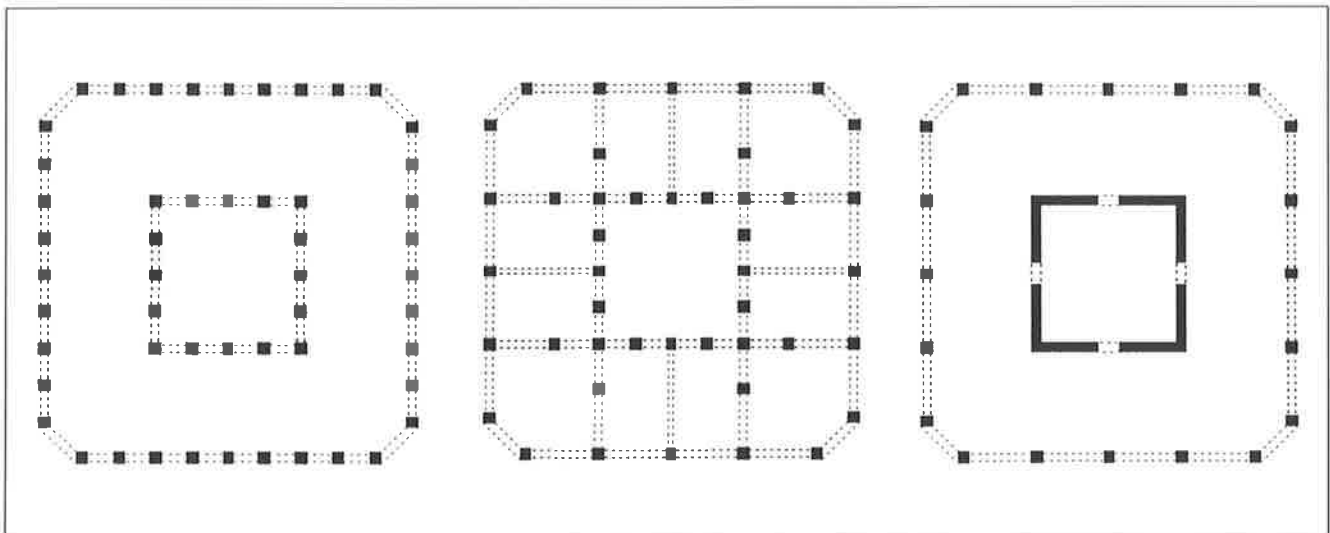


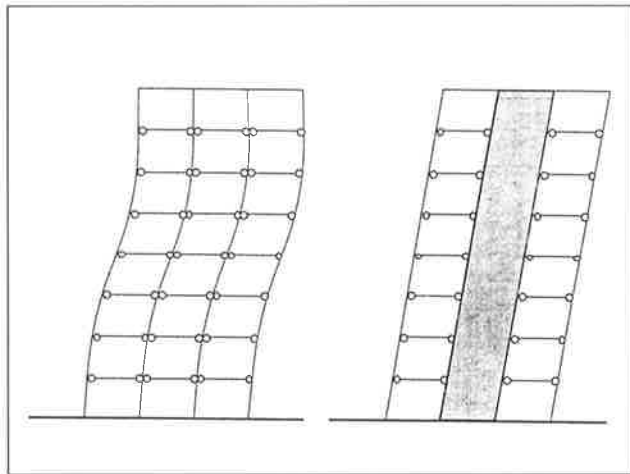
図-1 ダブルチューブ構造

図-2 コアチューブ構造

図-3 コアウォール構造

に見られる中間層に変形が大きく現れて生じる損傷集中の問題に対しても、コアウォールを採用することにより変形（損傷）を他の層に分散する、いわゆる芯柱的な働きがある。（図-4）ただし注意点として、コアウォール自体の性能が、壁に取り付く境界梁の断面性能や、最下層の引き抜きなどに大きく左右されることなどが考えられる。

こうした特徴を考慮して、大手建設会社においてはコアウォール構造に制震装置を併用した「スーパーRCフレーム工法」や「制震コアシステム」など、コアウォールを積極的に採用している例も見られるようになってきた。



純ラーメン構造

コアウォール構造

中間層の変形が大きい→損傷集中

変形が各層均一→損傷分散

図-4 純ラーメンとコアウォール構造



図-5 建物外観図

3. 「楠郷臺パークハウス」の構造計画

本建物は地上14階、塔屋1階、軒高44.27mの鉄筋コンクリート造集合住宅であり、1階はエントランス、店舗及び駐車場で、2階以上が住戸となっている。1階床梁下部と基礎構造の間に免震装置を設置している。

図-5に建物外観図、図-6に基準階平面図、図-7に断面図を示す。

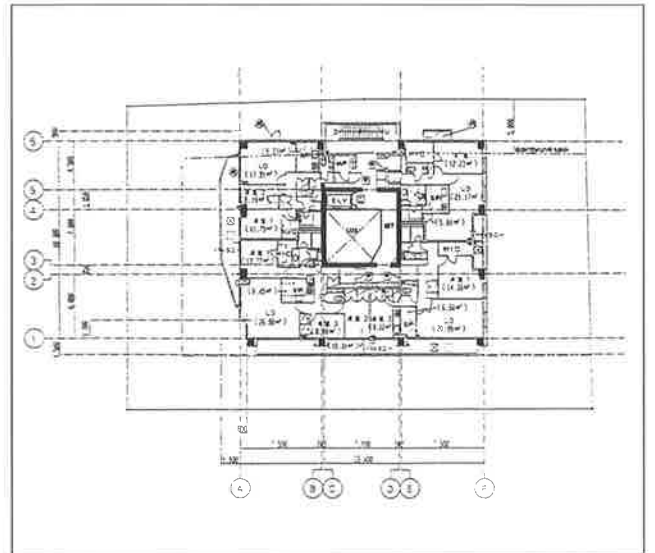


図-6 基準階平面図

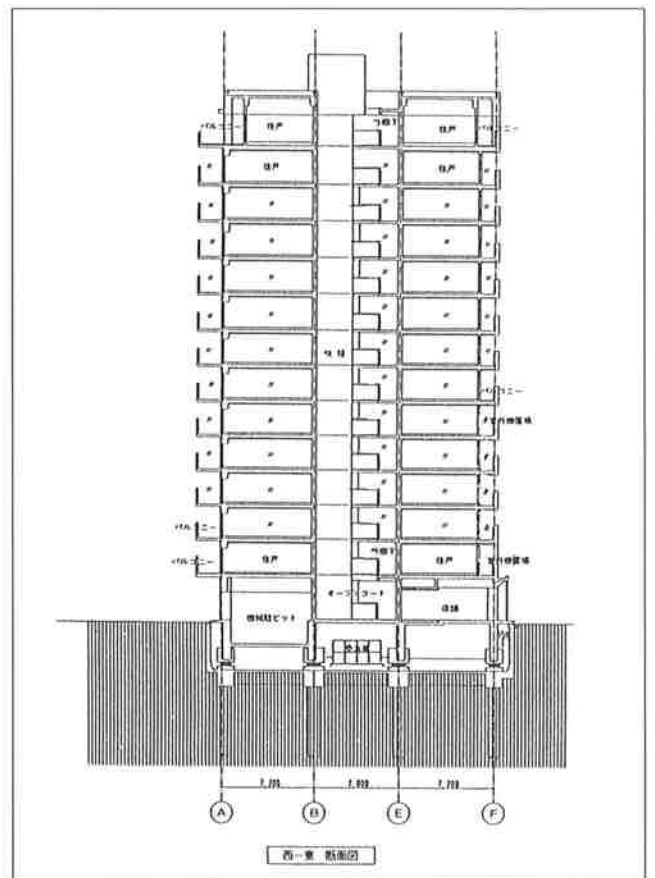


図-7 断面図

上部構造の架構形式は、建物外周部が柱、梁によって構成されるラーメン構造、また中心部のエレベーター、廊下、吹抜け等が配置されたサービスコアの周囲には箱状の壁厚40cmの連層耐震壁（コアウォール）が建ち、外周架構とコア壁の間には厚さ27.5cm、または35cmのボイドスラブが架けられている。このため室内には梁型がなく、間取りのフリープラン化を高めている。架構を構成する部材は全て場所打ち鉄筋コンクリート造である。写真-1にボイドスラブの配管割付、写真-2に躯体施工状況を示す。

計画当初は免震構造ではなく、コアウォールを利用した耐震構造でスタートしたが、検討の中で、建物の

動的応答がかなり大きいことと、床の壁際に損傷を生じる恐れがあることなどから、免震化の検討を平行して行った。その結果、免震にした場合、固有モードは一次が直線的で、高次はほとんど出現しない形となり（図-8）、コア壁が上部構造の剛性アップに大きく貢献し、非常に高い免震効果が得られる結果となった。これは、耐震構造としてコアウォールを利用する時とは動的性状が大きく異なるが、「コア壁+免震」という構造形式も、一つの有効な選択肢となると考えられる。

また、家具の転倒などで問題となる応答加速度も免震にすることにより大幅に低減された。（図-9）

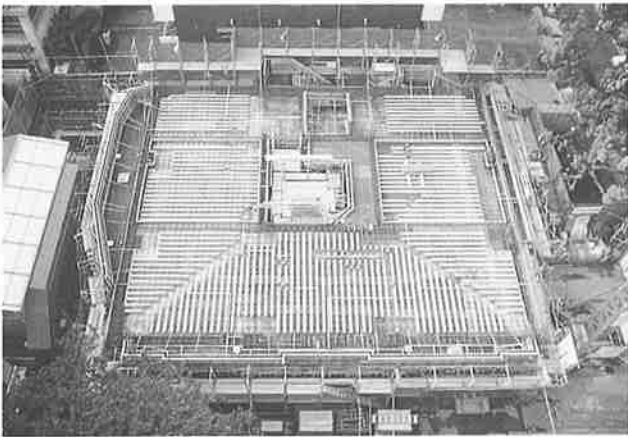


写真-1 ボイドスラブの配管割付状況



写真-2 躯体施工状況

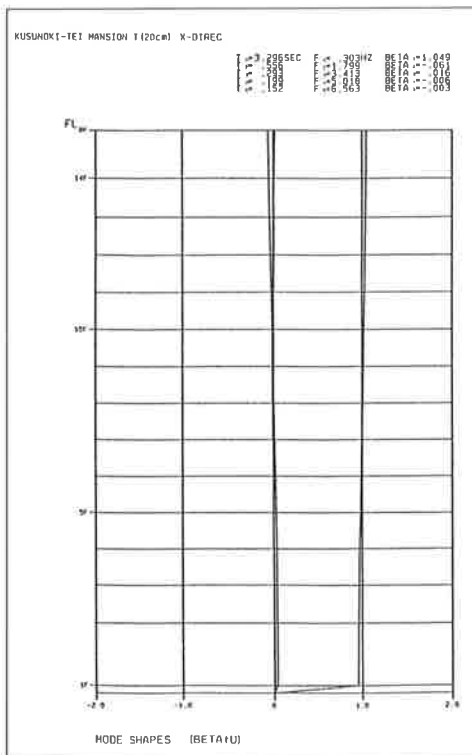


図-8 固有モード図（免震装置20cm変形時X方向）

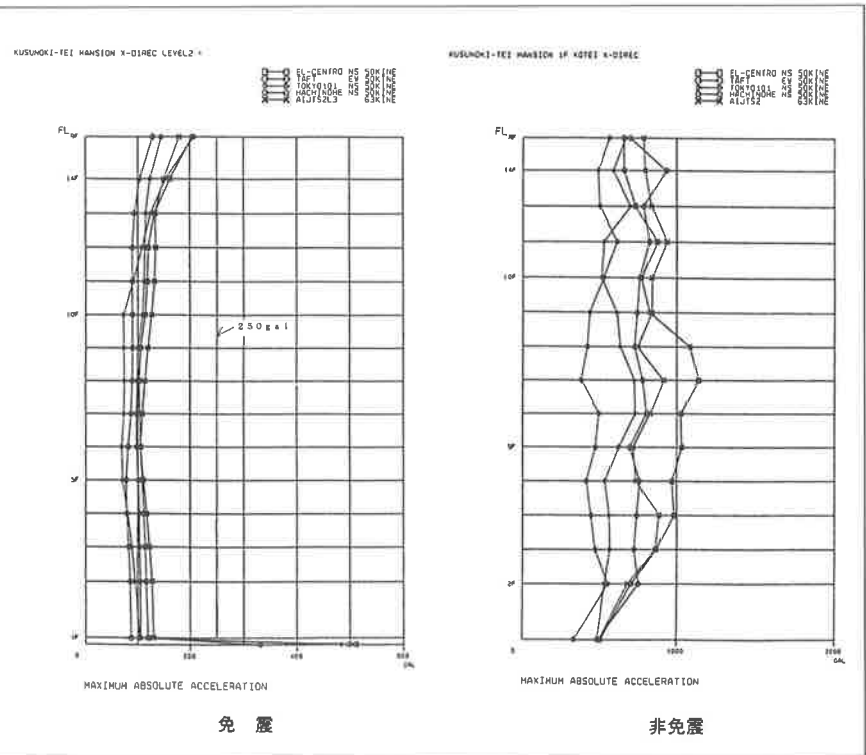


図-9 応答加速図（レベル2 X方向）

4. 耐震性能評価

本建物は建築センターにおける免震構造評定が現在的方式（地震動をカテゴリーで分類する方式）より以前の設計であったため、独自の方法で耐震性能の検証を行った。

その特徴として、

- ・耐震性を計る尺度として、従来の強度指向の設計法に替えて、建物の損傷量（変形量）に着目した設計方式を採用したこと。
- ・建築主の期待する耐震性能要求を明確化するための方式として、「要求性能マトリクス」を構造設計体系の基本要素として採用したこと。

が上げられる。

荷重レベル（地震力）としては以下の4レベルを設定している。

- L 1 : 10年間で発生確率30%の地震
再現期間28年（小地震）
- L 2 : 10年間で発生確率10%の地震
再現期間95年（中地震）
- L 3 : 50年間で発生確率10%の地震
再現期間475年（大地震）
- L 4 : 100年間で発生確率10%の地震
再現期間949年（巨大地震）

図-10に建設地に東京の第II種地盤を想定した時の設計用エネルギースペクトルを示す。

建物のグレードについては以下の5段階を設定している。

- Sランク（最高級）
- Aランク（高級）
- Bランク（推奨）
- Cランク（一般）
- Dランク（条件付）

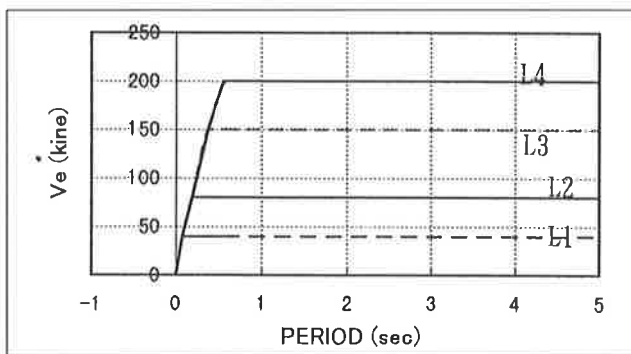


図-10 設計用エネルギースペクトル (h=10%, 東京都心部)

但し、免震建物のグレードとしてはSからCランクで、免震構造でDランクの建物は有り得ない。

建物の状態としては、以下の6段階を設定している。

- 無被害
- 軽微な損傷
- 小破
- 中波
- 大破
- 崩壊

以上の項目から構成される地震時の主要構造に関する要求性能マトリクスを、表-1に示す。主要構造の各荷重レベルに対応する状態の判定は、各荷重レベルの模擬地震波を作成し、それを入力とする地震応答解析を行い、各階の最大層間変形角を求め、損傷レベル定義表に基づいて、当該建物の状態を推定する方式としている。

検討の結果、本建物においては、X方向：Aランク、Y方向：Sランクの耐震性能を保有することを確認した。

5. まとめ

中高層集合住宅のフリープラン化は、限られた条件（階高など）の下では、従来の構造方式ではなかなか解決できない。構造計画上のより一層の工夫が必要とされていると言えるのではないだろうか。免震の上部構造への入力を低減する効果に加えて、その効果を高める上部構造の計画を行えば、さらにフリープランや居住性のよい建築計画につながるものと考えられる。

参考文献

- 1) 小室、鴫田、木村：免震構造建築物について〔(仮称) 本郷楠亭マンション〕、ビルディングレター 1996.10
- 2) 稲田、木村、金井他：性能型構造設計法についての考察（その1～3）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1997

荷重レベル	L1 (小地震)	L2 (中地震)	L3 (大地震)	L4 (巨大地震)	総合性能
発生確率	10年で30%	10年で10%	50年で10%	100年で10%	
再現期間	28年	95年	475年	949年	
主要構造のグレード	S 無被害 損傷レベル: 0 補修不要	無被害 損傷レベル: 0 補修不要	軽微な損傷 損傷レベル: 1以下 補修不要	小破 損傷レベル: 2以下 補修後使用可	損傷率: 0.15以下
	A 無被害 損傷レベル: 0 補修不要	軽微な損傷 損傷レベル: 1以下 補修不要	小破 損傷レベル: 2以下 補修後使用可	中破 損傷レベル: 3以下 補修後使用可	損傷率: 0.30以下
	B 軽微な損傷 損傷レベル: 1以下 補修不要	小破 損傷レベル: 2以下 補修後使用可	中破 損傷レベル: 3以下 補修後使用可	大破 損傷レベル: 4以下 再使用困難	損傷率: 0.50以下
	C 一般 小破 損傷レベル: 2以下 補修後使用可	中破 損傷レベル: 3以下 補修後使用可	大破 損傷レベル: 4以下 再使用困難	-----	損傷率: 0.70以下
D 条件付 中破 損傷レベル: 3以下 補修後使用可	大破 損傷レベル: 4以下 再使用困難	-----	-----	損傷率: 0.85以下	

表-1 地震時の主要構造に関する要求性能マトリクス