

戸建免震住宅「普及への挑戦」

— 一条ハイブリッド免震構法 —

(株)一条工務店 岡村 光裕 同 吉井 邦章



同 落合 誠



同 高橋 武宏



1. 耐震構法から免震構法へ

(株)一条工務店は今から約20年前に静岡県浜松市で産声をあげ、創業以来東海大地震に備えた「強い家づくり」を第一の目標として、各種研究に取り組んできた在来木造軸組構法の住宅メーカーです。

1995年の阪神・淡路大震災では、建物の倒壊により多くの圧死者が出ました。とても残念なことです。

震災当時、阪神地区に一条工務店の住宅1288棟を供給しておりましたが、綿密な被害調査の結果、全半壊がゼロであったことを確認しました。創業以来取り組んできた耐震構法は大地震に有効であることが証明されましたが、建物内部の安全性においては、まだまだ課題を残していることに気づきました。

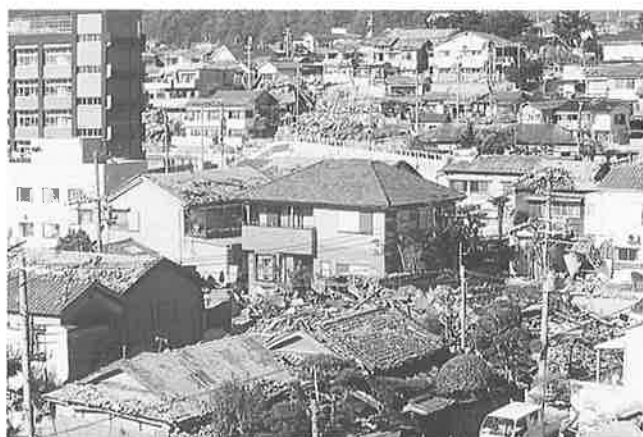


写真-1 震災直後の一条工務店の住宅

2. 木造戸建て住宅の特徴

建築物の中で最も免震化件数が少ない分類の一つに「戸建住宅」があります。これは、戸建住宅の種々の特徴が免震化を困難にしているためと考えられます。そこで、戸建住宅、その中でも特に「木造軸組構法による住宅」の免震化に対する問題点を整理したいと思います。尚、本文中で使用した数値は一条工務店の免震住宅（BCJ免-560）から引用しています。

問題点①：軽い

現在のほとんどの免震装置はビル用に開発されているため、軽量の住宅に従来の積層ゴムを使用すると硬すぎて周期を伸ばすことができず、免震効果が得にくいのです。

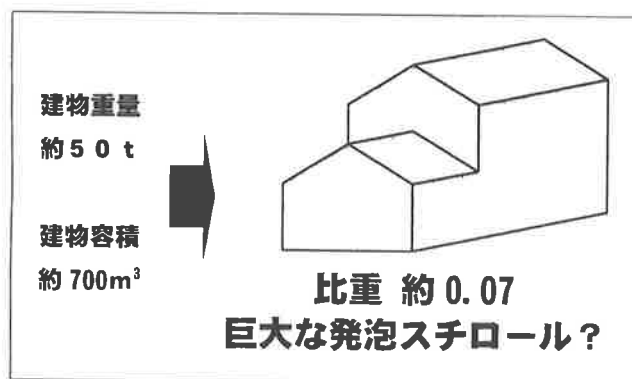


図-1 木造軸組み住宅の重量

対策：柔らかいゴム単体、水平剛性の小さい積層ゴム
支承の開発及び摩擦係数の低いすべり支承の開発。

問題点②：柱が多い

木造軸組み構法では壁内に柱が数多く存在します。さらに、ビル等に比べると配置の規則性に欠けており、コスト的、場所的にも柱直下に一つの免震装置を置くことはできません。

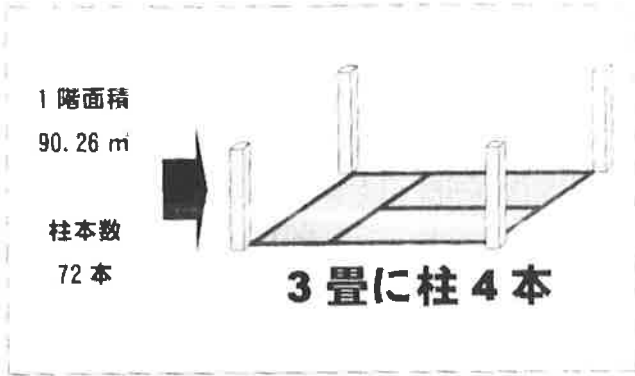


図-2 木造軸組み住宅の柱

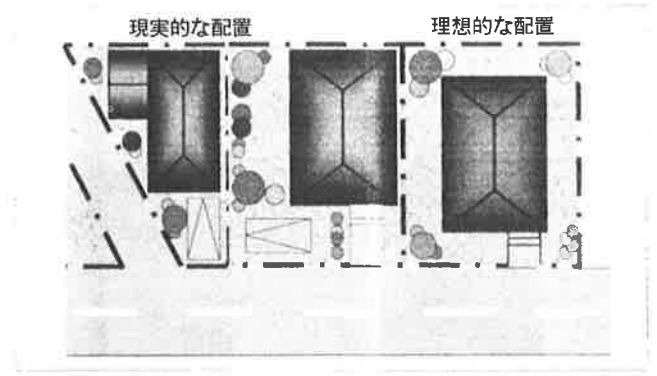


図-4 住宅と敷地

対策：木製土台下の鉄骨フレームによって多数の柱軸力を受け、一定のスパン毎にすべり支承を配置して個数を減らす。

問題点③：風VS地震

軽量なため地震力に対する風圧力の比率が大きい場合もあり、免震性能を追求して免震層を柔らかくしすぎるとちょっとした季節風でも建物が動いてしまう可能性があります。また、大掛かりな風揺れ固定装置を付随させるとコストアップにつながります。

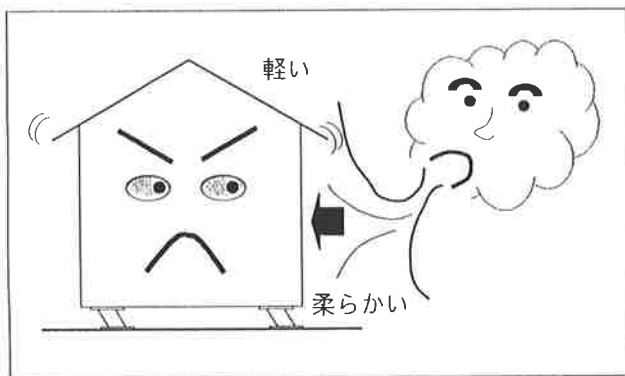


図-3 木造軸組み住宅と風

対策：特別な免震層固定装置を用いず、すべり支承に適切な摩擦係数を与え、免震性能（免震層の変形量、上部構造の入力加速度等）と耐風性能（すべり支承の摩擦力による建物固定機能）をバランスよく満足させる。

問題点④：敷地余裕

免震化すると建物の全周に免震層変形のための空間（クリアランス）が必要であり、一般的に敷地に余裕が少ない戸建住宅ではあまりに大きな変形を許容できません。特に住宅密集地では隣地環境線と建物の軒先に大きなクリアランスを確保するのは困難です。

対策：極端な長周期化の設計をしない。設計変形量に合わせて適切な装置の剛性を定める。

問題点⑤：メンテナンス

戸建住宅はビル等と違い、専門の建物管理会社にメンテナンスを委託するわけではないので、何十年にもわたる定期点検や補修は困難です。

対策：機械部品を極力使わない。

メンテナンスフリーを目指して60年の装置耐久性試験を行い、設計で考慮する。

問題点⑥：相対コスト

大きなネックになっていると思われるのがコストの問題です。建築面積に対する免震装置の個数はビル等に比べ増える場合が多く、ボーリング調査や設計、評定費用を加えると総工費に対する免震化費用が著しく増加し、普及への大きな障害となります。

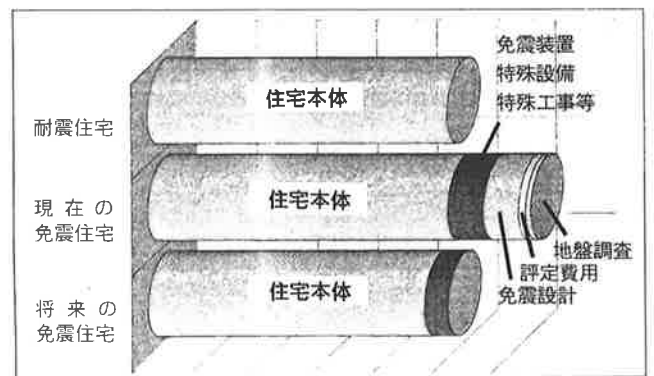


図-5 一条ハイブリッド免震構法のコスト

対策：上部構造を含め、基礎・鉄骨・免震装置・特殊設備の徹底したコストダウンを図る。

地盤情報をデータベース化して、地盤調査を簡略化する。

設計手法のマニュアル化等で、設計費用を削減する。

3. 実大振動実験

本構法の安全性の確認と発展のため、坂本功東京大学教授指導のもと、XYZ 3軸の振動台による実大建物の加振実験を行いました。図-6のように、実験建物は一条工務店が施工する住宅の平均的な規模で、内外装の仕上げ及び家具什器を配置して生活空間の動的な挙動も確認しました。

図-7はすべり摩擦係数 $\mu 0.04$ で全荷重をすべり支承に負担させた場合の応答結果です。横軸の入力加速度(地震レベル)が大きくなるにつれて、免震層の変形も大きくなっていきますが、最大入力においても家具や什器の転倒もなく、上部応答はせん断力係数0.2前後と高い免震効果を表しています。

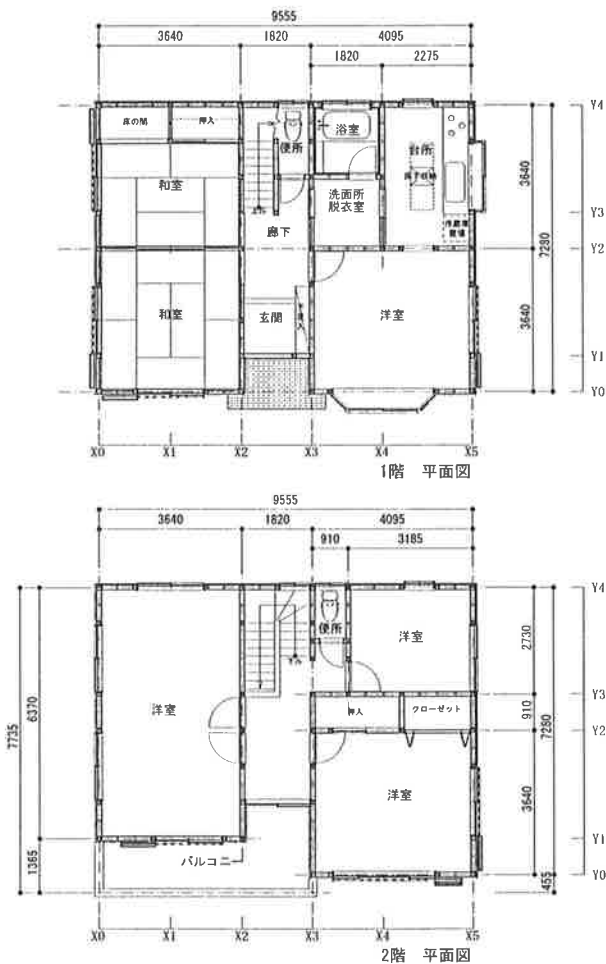


図-6 実験棟平面図

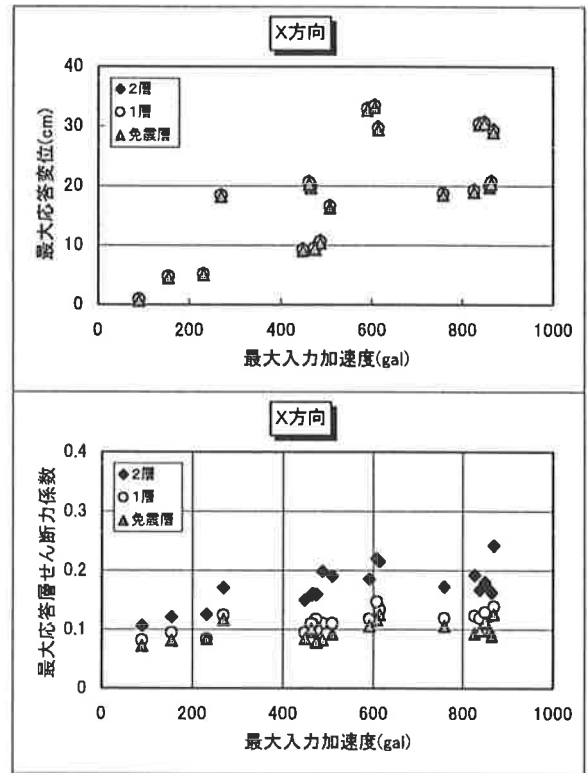


図-7 振動実験応答値

すべり支承の摩擦抵抗力は鉛直荷重に比例するため、上下動による荷重変動の影響が危惧されます。図-8は上下動の有無による加振時の応答を比較したもので、上下動により大きな履歴ループの中に小刻みな水平力の変動が混在していますが、最大値への影響はないことが分かります。

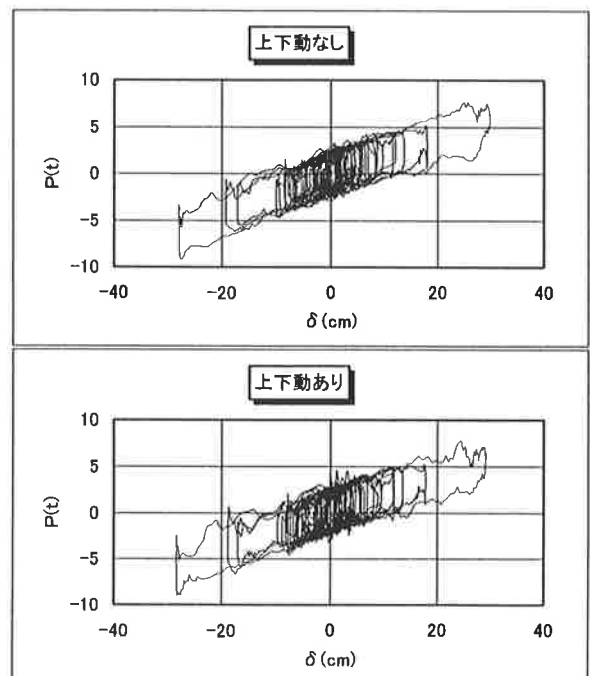


図-8 上下動考慮比較 (実験値からの免震層履歴)

4. 施工実例

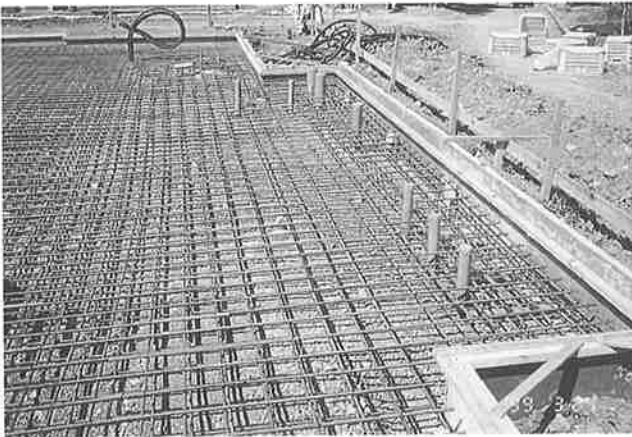
免震住宅を建設していくにあたり、給水管や排水管、ガス管、電気線等、設備関連の設計・施工が問題になってきますが、免震装置以外は市販されているものを利用することで対応できます。

免震装置部分の水平精度をきっちり出すことが施工上の最大の問題点です。また、地震時に建物が動くということを職人さん達に説明し理解してもらうのにかかるの努力が必要です。

以下に施工実例を紹介します。御紹介できなかった部分で施工上問題となるプロパンガス、エアコンは建物より鉄骨の持出し部分を設け、そこに載せることで、地震時には上部構造と共に動きます。また、電気線と電話線は電信柱から建物までに余長を取って対応しています。

a) 基礎

ダブル配筋のベタ基礎

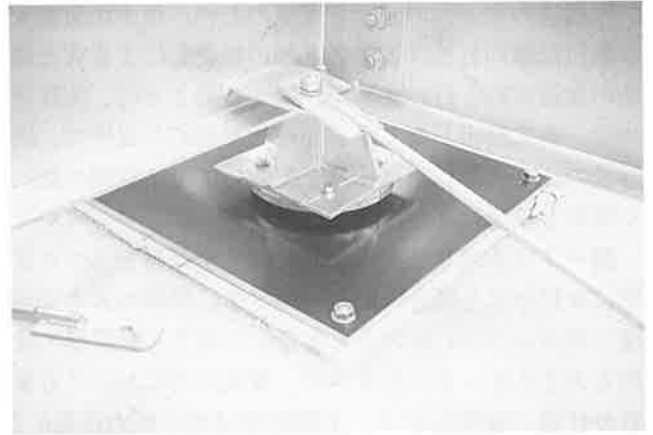


b) 鉄骨土台

H250のH鋼をメインに使う



c) すべり支承



d) 積層ゴム



e) 給水設備

さや管ヘッダー方式

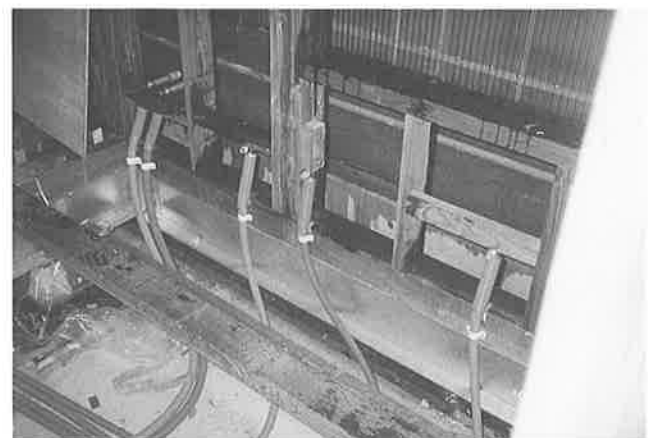
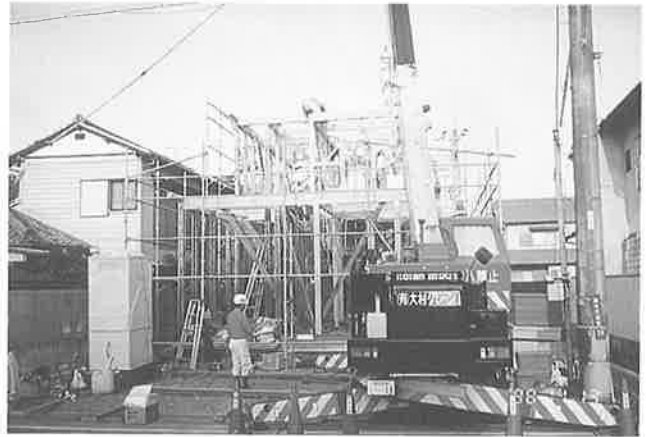


図-9(1) 施工実例

f) 排水設備



i) 上棟風景

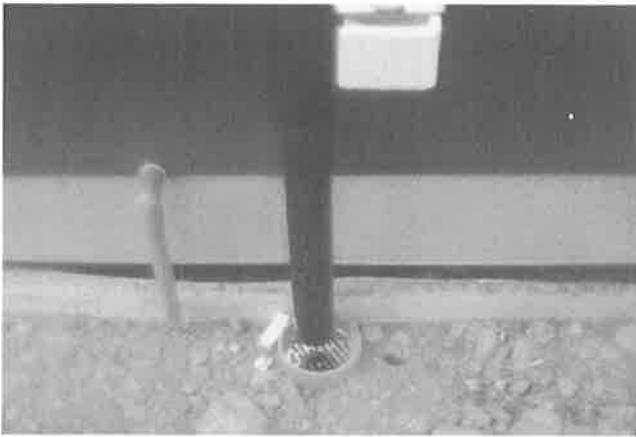


j) 一条工務店 免震一号棟



図-9(2) 施工実例

g) 雨どい



h) 基礎立ち上げ部分



5. まとめ

やはりまだまだ免震構法のPR不足なのでしょうか、建築主が免震構法と耐震構法との区別がつかなかったり、地震の恐ろしさや家族の安全を軽視している方の何と多いことでしょうか…。そして何よりも住宅のような小規模建築物では技術的・経済的制約が厳しいことが戸建免震住宅の普及を阻害する主な要因に

なっています。

筆者らは実大振動実験、検討をふまえて簡易な応答の評価手法を確立し、個々の敷地、施主の要望に即座に対応できるよう設計システムを構築、現在6件の個別免震評定を終了していますが、さらに実績を増やすとともに多方面に簡略化、合理化を進めています。また、免震構法の安全性や耐震構法では困難であった壁量を抑えた自由で開放的な住空間のPRを今後盛んに行うことにより、戸建免震住宅を広く普及させていきたいと考えています。

一条工務店では昨年9月に免震住宅の発売を開始しています。発表当時は同業他社の御質問も多くありました。多くの住宅メーカーや装置メーカーが免震構法を採用することは、社会環境の耐震性向上に寄与するところが大きいと思います。今後さらに性能のよい免震装置や簡易でより正確な設計手法が考えられていくことでしょうか。21世紀は免震構法の時代になるよう努力していこうではありませんか。

今回の資料が少しでも皆様の参考になれば幸いです。う次第であります。