

安心・快適・ダイナミックな空間 — 「PCによる箱構造」 + 「免震独立柱」 —

日建設計
多賀謙蔵



同
陶器浩一



同
小松慎二



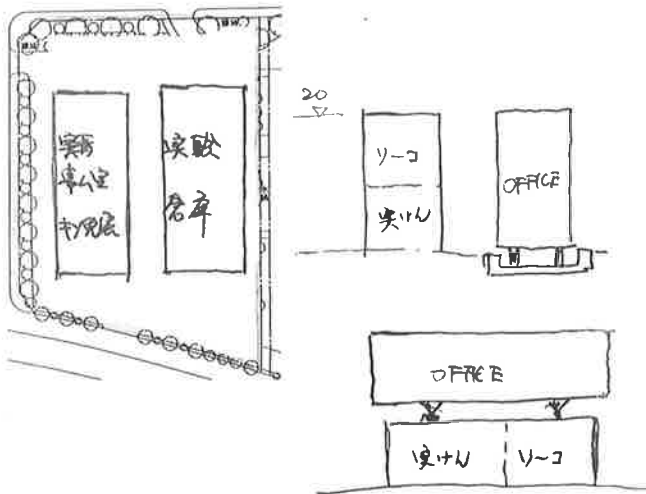
1. 空間構成のコンセプト

・ 免震構造を象徴的にアピール

この施設はタイヤの性能を調べる実験諸室と、研究者のオフィスからなる。当初の与条件は、基礎免震構造のオフィス棟と、実験室・倉庫棟の2棟を計画すること、であった。与条件をそのまま満足させるとそれぞれ高さ20m近くの建物を近接して並べなければならない。特に実験室・倉庫棟は機能上ほとんどが壁の建物であり、視覚的に圧迫感がある。

そこで、免震建物の安全性をより象徴的に表現しながら敷地に余裕を持たせてゆとりのある外部空間を生み出すことを主目的として、実験室・倉庫棟の上に免震構造のオフィス棟を載せる中間層免震建物とすることを計画した。

中間層免震の建物の事例は多いが、積極的に免震層をアピールしている例はまれである。



図一 中間層免震の提案

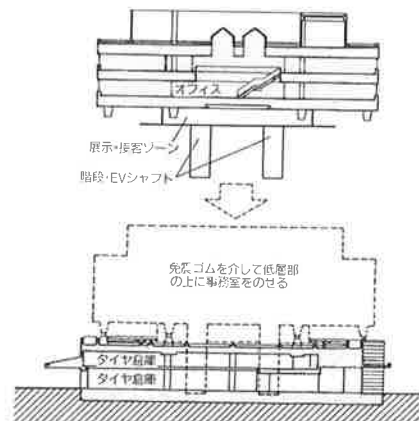
この建物では、ちょうど上部建物のピロティになる免震層をショールームとして特徴ある空間として、免震建物であることの安全性を積極的にアピールする事をコンセプトとした。

2. 空間構成のための架構の選択

実験室・倉庫は機能的に壁の多い大空間である。これらを平面的にワンフロアに配置し、建物の基壇と見立てて、この上に免震支承に支えられた2層のオフィス棟を載せる。免震支承をアピールし、象徴的な建物とするべく、独立柱でオフィス棟の箱を支えるような形態とした。

オフィス棟の平面形状は47m×47mの正方形で四方とも正面性のある形をしている。ちょうど、将棋盤のような安定した形状である。

これを、各面にバランス良く2本ずつ、および内部に4本、計12本の独立した免震支承柱で支えた。



図二 中間層免震の概念

2.1 オフィス棟の外殻構造

—「箱構造」による象徴的な外観—

オフィス棟を支える独立柱は、一辺47mの外壁のちょうど1/4ずつの位置に対象に配置した。建物は柱間で約25mスパン、そしてコーナー部で約12m跳ね出すことになる。通常の梁でこれを支えるとかなり大きな梁せいとなってしまう。

そこで、外壁面全体を規則正しく穴（窓）のあいた一つの構造体、つまり、一つの箱として計画とした。

開口部が切り取られたあとの構造体のプロポーションは、短スパンの柱・梁でもあるが、免震構造として地震の力を低減しているのので、せん断破壊に対しても充分余力のある設計が可能となっている。外壁面の架構は柱・梁の出っ張りが無く、スッキリした窓周りとしている。

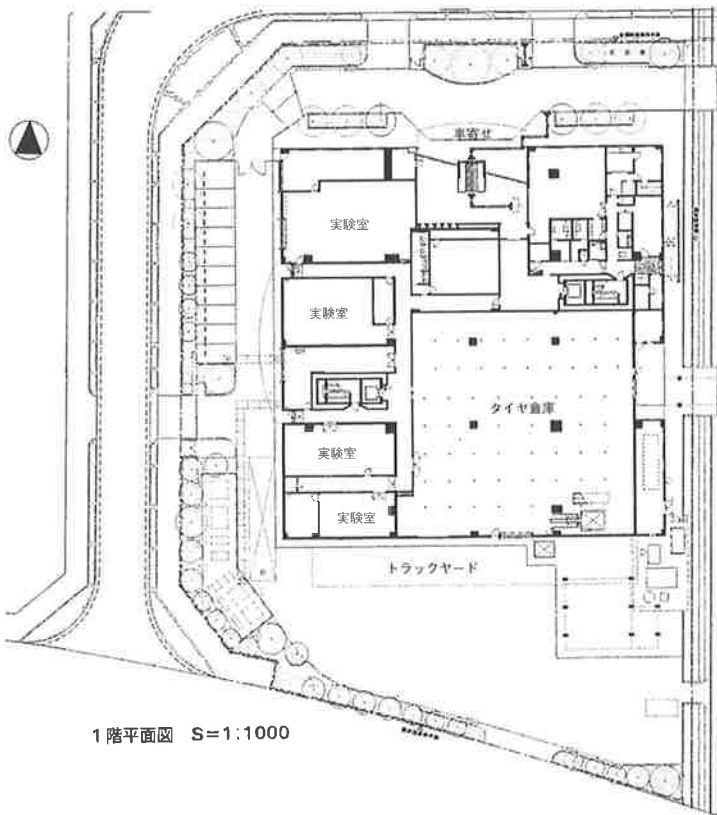
RC構造ではひび割れのおそれがあるので、プレストレスを導入することによりひび割れを抑える設計とした。片持ちフィーレンデルのような断面力をうち消すため、独特の鋼線配置としている。



5階平面図



3階平面図



1階平面図 S=1:1000

図-3 平面図



図-4 面的な構造体

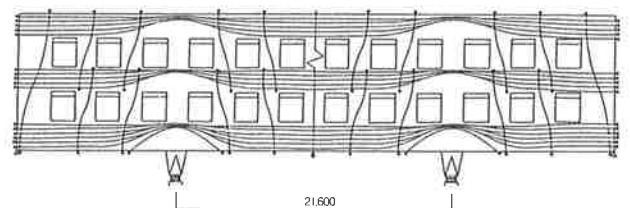


図-5 独特のPC鋼線配置

2.2 PC構造の箱+鉄骨フレームの組み合わせによる内部空間の構成

免震建物の上部架構として必要な剛性は外周を「頑丈な箱」で固めることで確保できているので、建物の内部はフレキシブルな空間を追求する事が出来る。

47m×47mの大きな平面をより開放的な空間とするため、床梁は鉄骨造とし、内部に4本の柱を設けて床を支持することにした。これらの架構は鉛直力を支持するだけである。これにより建物の中央に大きな吹き抜けを設け、上下階が一体となった開放的で気持ちの良い執務空間としている。

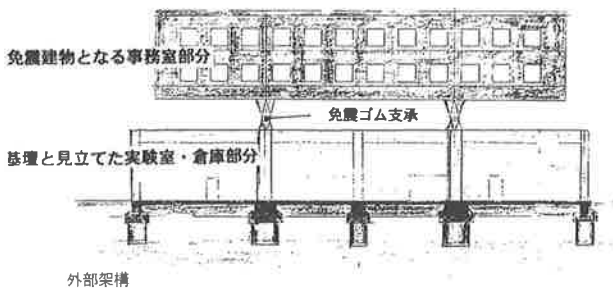


図-6 外側で建物を固める

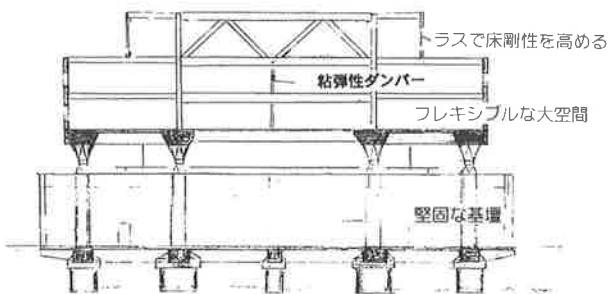


図-7 内側は開放的な大空間



図-8 内部空間

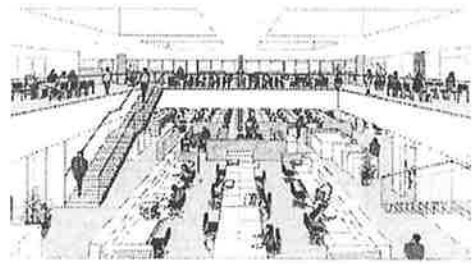


図-9 イメージパース

3. 免震システム

独立柱、すべり支承、鋼棒ダンパー

この建物の免震システムは独立柱中央の免震支承と、3階床下に配置した鋼棒ダンパー、および3階床を支持する弾性滑り支承で構成している。

3.1 免震層の構成

上部建物を支えている12本の独立した柱は中央に免震支承を挟み込んで、象徴的にショールーム内・外にたっている。免震支承を中間に挟んだ独立柱の形状はオブジェとなるべく検討を重ねた。地震時には、独立柱のちょうど中央の部分が水平に動くことになる。



図-10 免震独立柱イメージ



図-11 免震層外部



図-12 免震層内部

上下の動線である階段室、エレベーターシャフトは上部免震建物から吊り下げて、下部建物とはその乗り入れ口にエキスパンションジョイントを介してつないでいる。

3階ショールームフロアの床は上部建物より全面セットバックさせて約5mピッチに配した弾性滑り支承を介して低層部の上に載せている。東西両サイドのコアは上階から吊り下げ、RC造として剛性を高めることにより、このフロアの地震時の動きを上部建物と同じ動きになるようにした。低層部の屋根にあたる周辺部を不動の庭に見立てれば、相対的に“縁側”より内側が地震時に動くことになる。鋼棒ダンパーもこの床下に設置している。

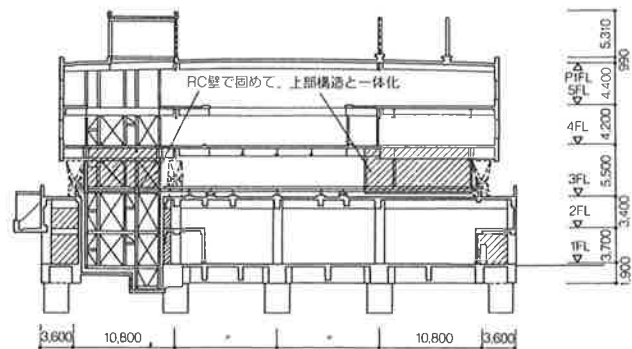


図-15 軸組図

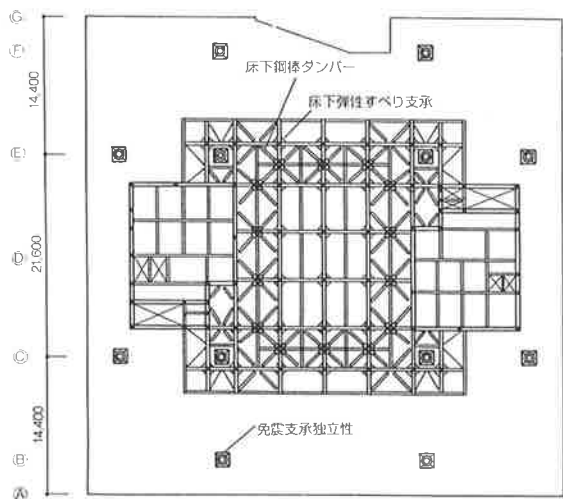


図-13 免震階(3階)架構平面図 S=1:800

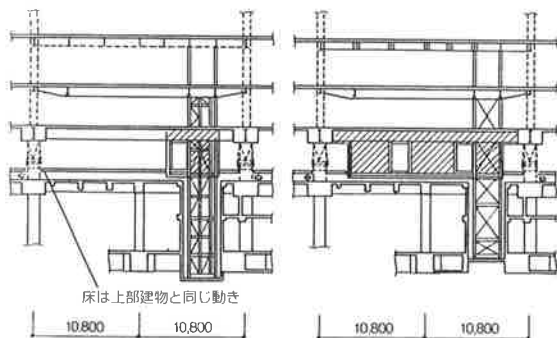


図-14 EVシャフト軸組図 S=1:1200

床下に設置したダンパーの水平力は床面に配したブレースおよび、東西両サイドのコア壁により上部架構に伝えている。また、弾性滑り支承の復元力を組み合わせることにより、地震後の後揺れを早期に抑えることが出来る。

このフロアの床は将来、ダンパーおよび支承の取り替えが可能なように乾式工法(ALC版)としている。床下免震システム図を示す。

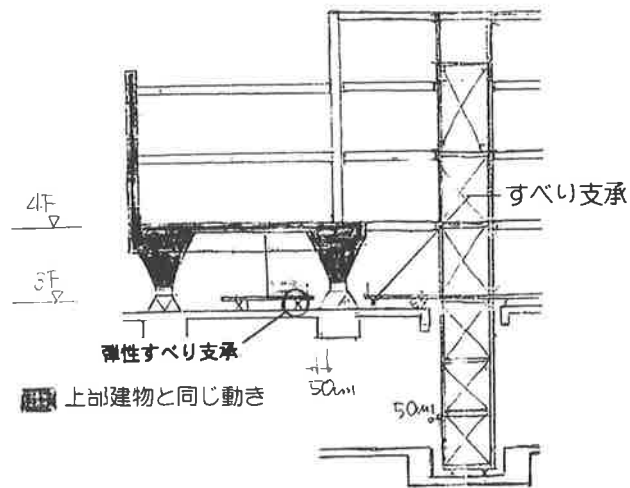


図-16 免震層の構成

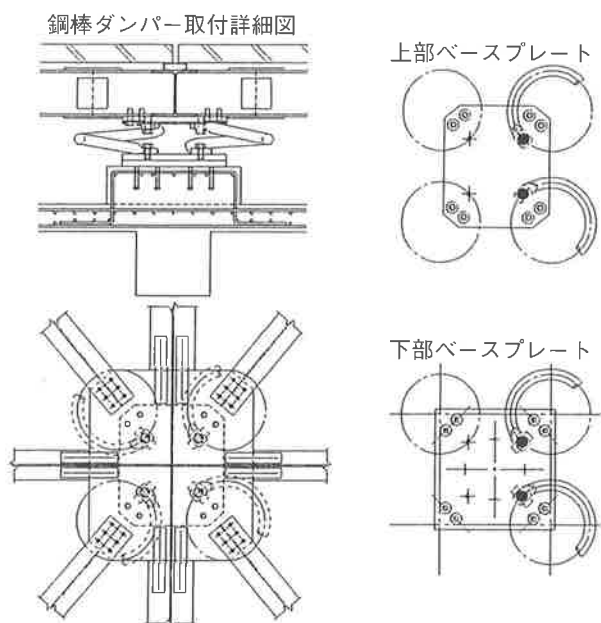


図-17 鋼棒ダンパー平面・断面図

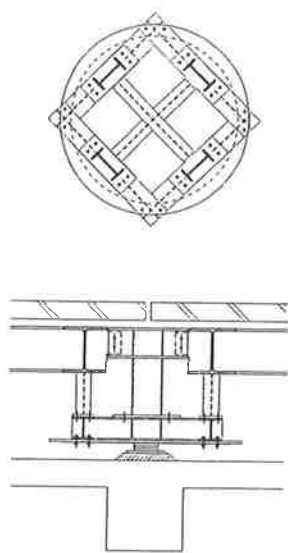


図-18 弾性すべり支承平面・断面図

3.2 弾性すべり支承

免震層である3階床は弾性すべり支承を介して下部構造に支持させている。図-18にすべり支承の詳細を示す。前述したように、この建物に使用している主たるエネルギー吸収部材は鋼棒ダンパーである。鉛ダンパーを併用した場合と比較すると、鋼棒ダンパーのみの場合は初期剛性が低いという利点がある反面、降伏変位が大きく(約3cm)、地震後の後揺れが収まりにくくなる。この後揺れを早期に抑える手段として、今回はすべり支承の摩擦力を用いている。後揺れの抑制効果を確認するために行った振動応答解析の結果を以下に示す。入力地震動は、EL CENTRO NS(最大速度は25kine)とし、20秒の地震動入力後自由振動させた。応答解析結果を図-19に示す。解析上は免震層の内部粘性減衰を0%としているため、鋼棒ダンパーのみの場合ではその弾性域内での後揺れが続くのに対し、すべり支承を用いた場合には地震直後にあと揺れが収まっていることが分かる。

3.3 無被覆免震支承

免震支承は、このプロジェクトと平行して東洋ゴム工業㈱が開発を進めていた天然ゴム支承を用いている。

室内にある4本の柱は、あたかも展示品の一部であるように存在する。室内柱の支承部は免震支承用耐火被覆材で保護している。室外にある各辺2本、計8本の柱は、室内からは縁側越しに眺望できる。また、外部には上部の“箱”を象徴的に支える様を表す。

室外柱の支承は、劣化防止の保護材のみで覆っている。この建物は準耐火構造ではあるが、行政の指導もあり、ゴム支承を無耐火被覆とするに当たっては、日本建築センターの防災評価を得た。

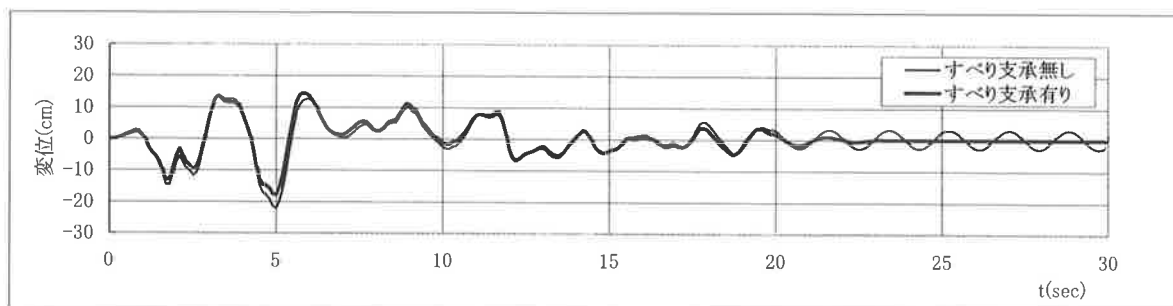


図-19 弾性すべり支承によるあと揺れ低減効果

評価項目は大きく分けて以下の3点である。

- 1) 外部、下階火災からの受害性
- 2) 火気管理
- 3) 内部火災に対する安全性

1) については敷地境界線までの離隔も大きく延焼のおそれが無いこと、また、下階開口部から免震ゴムまでの離隔距離が充分であることを示した。
 2) については可燃物の設置場所を指定し、テラスガーデンは一般の利用を制限することとした。
 3) については、テラスガーデンに面した開口部は甲種防火ガラス入りとした。3階内部の火災継続時間に関するシミュレーション結果により、打ち合わせロビーで出火時に盛期火災となった場合でも甲種防火戸の耐火時間(60分)内であり、また、温度シミュレーション結果からも、免震ゴム付近の温度は61℃であり、免震ゴムの耐力低下温度(150℃)以下であるため、内部火災からの受害性はないと判断された。

上記の検討結果により、防火安全上支障がないと判断された。耐火被覆を施さずに外部に象徴的に免震支承が存在する、おそらく日本で例のない中間層免震建物である。

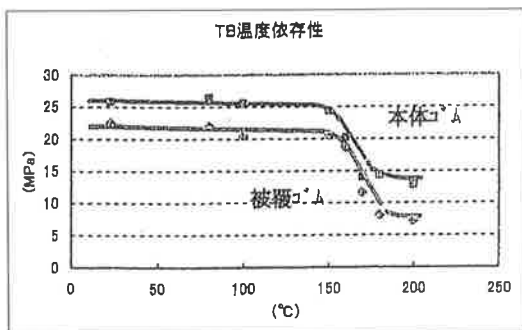


図-20 引張強度温度依存度

4. 粘弾性ダンパーによるロングスパン床の居住性能の向上

内部鉄骨架構のスパンは12.6m, 21.6m, 12.6mである。ロングスパンとなる中央スパンの梁はBH-1050×400×19×32の合成梁として床剛性を確保しているが、居住性能のさらなる向上を目的として、屋上部を1層分のトラス梁として剛性を高めたい

で、梁中央部に粘弾性ダンパーを組み込んだポストを設置して上下階の梁をつないだ。このダンパーは平面寸法は約8cm角とコンパクトなものである。図-21に事務室部分の床梁伏図を示す。

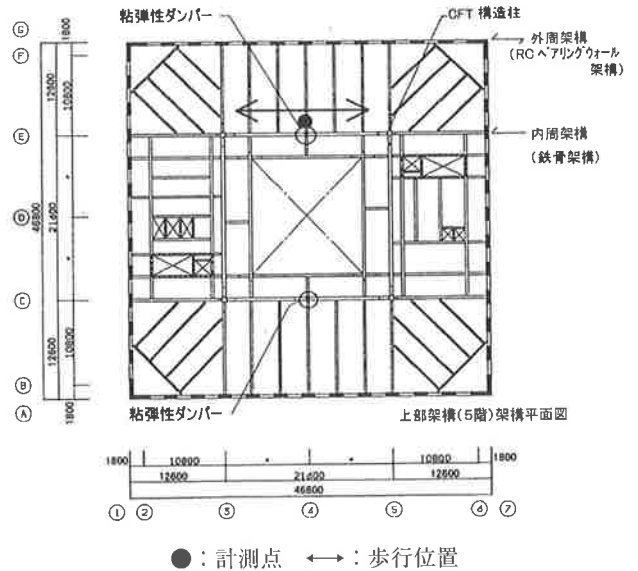


図-21 事務室床梁伏図

4.1 歩行時の振動予測

図-24には2人歩行を想定して応答解析を行なった結果を示す。最大加速度はダンパー無しの場合4.5galであったのに対し、ダンパー有りの場合は1.5galとなっており、粘弾性ダンパーにより1/3程度の低減効果が期待できる。

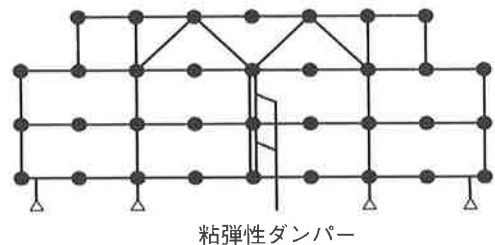


図-22 上下振動解析モデル

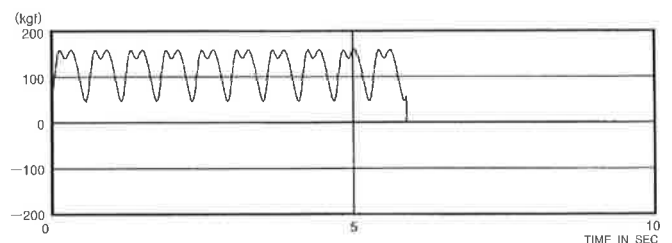


図-23 二人歩行を想定した入力波形

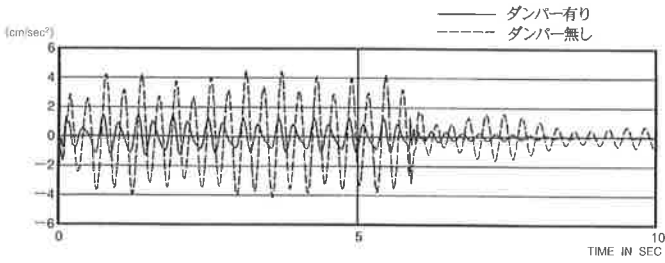


図-24 応答解析結果

4.2 歩行時の加振試験

設計時に意図した性能が確保出来ている事を確認する目的で振動測定を行った。加振方法としては、一人歩行並びに二人歩行とした。なお、測定時は躯体工事が完成した時点で、内装工事は未施工の状態であった。

一人歩行時及び二人歩行時の加速度波形を図-25に示す。一人歩行時及び二人歩行時とも最大振

幅付近の応答値が6割程度に低減されており、ダンパーによる減衰の効果が確認できる。

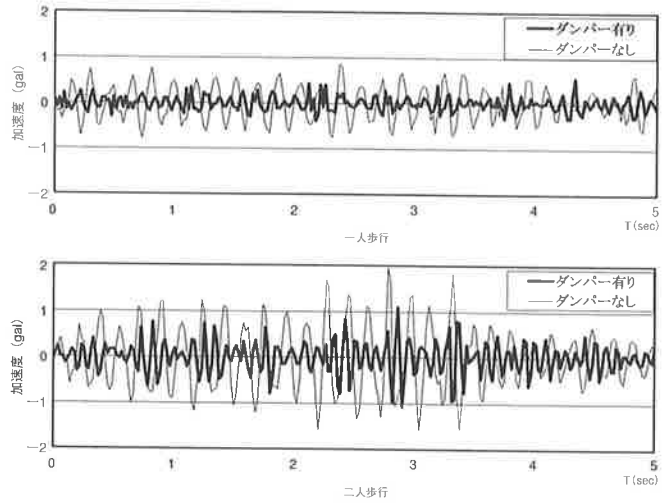


図-25 実測結果

5. おわりに

この建物では、機能上剛強な構造となる実験室を基壇として、その上に「箱構造」の免震建物を載せる計画を行なった。

免震建物の持つ安心感を、「箱構造」+「独立免震柱」で宙に浮いたダイナミックな外観で表現し、RCの箱構造で周囲をかためてこれと鉄骨フレームを組み合わせることによって開放的で一体となっ

た内部空間の創出をねらった。

この建物では、建築主である東洋ゴム工業㈱の技術開発と連携を図りながら設計を進めていった。

私どもの提案にご理解を示していただき共に建物を創りあげていった東洋ゴム工業の皆様、また、その実現にあたり常に前向きに取り組んでいただいた現場工事関係の皆様はこの場を借りまして感謝いたします。