

高知県自治会館

中間層免震構造を採用したRC造と木造の立面混構造6階建オフィスビル



佐藤 孝浩

桜設計集団一級建築士事務所



1 建物概要

所在地：高知県高知市本町4丁目1-35
意匠設計：細木建築研究所
構造設計：桜設計集団一級建築士事務所
+ 樫建築事務所
用途：事務所
建築面積：646.06m²
軒高：30.1m
階数：地上6階建
基礎：杭基礎（場所打ちコンクリート杭）
着工：2015年6月
延床面積：3648.59m²
最高高さ：30.995m
構造種別：RC造、木造、免震構造
施工：竹中工務店四国支店
竣工：2016年9月

高知市の中心部、高知城址公園の堀に面した通りにある中間層免震構造による鉄筋コンクリート造と木造の立面混構造、6階建のオフィスビルである。2013年6月に公募型プロポーザルが実施され我々の設計チームが選定された。プロポーザルの条件は、約3600m²の床面積と、高知県産材を用いた積極的な木造・木質化、近い将来発生が懸念されているM9クラスの南海トラフ巨大地震に対応した高い耐震性能であった。我々のチームの提案は、既存の技術を用い高知県産材を最大限に使用する案とし、木造1時間耐火構造でありながら、構造体である木材を効果的に見せる意匠と、CLT（直交集成板）等最新の建材を用いた積極的な内装木質化によって、高知県産材をアピールできる、都市型の中高層木造オフィスビルのスタンダードを目指す提案であった。

2 構造計画

間口27.4m奥行き22.86m 1フロア約600m²の整形な平面形状の6階建、最高高さは31mである。1階を駐車場スペースとし、2、3階を大会議室、4～6階を執務空間としている。大きな無柱空間を必要とする1階～4階床までを鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）とし、比較的スパンを小さくできる4階より上部を木造としている。防火地域に建てる6階建は、1、2階を2時間耐火構造、3階より上部を1時間耐火構造が求められる。設計当時、木造で可能なのは1時間耐火構造迄であり、木造階をH12建設省告示第1399号および日本木造住宅産業協会（木住協）の大臣認定仕様による木造1時間耐火構造としている。

木造階は、高知県産材の木材を十分に活用する事が求められたことから、入手がしやすい210mm幅のラミナを用いたスギ集成材（E65～E75）を基本とした、柱210mm角、梁210×750mmの架構としている。スパンは、X方向4.2m、Y方向5.6m。木造に最適なグリッドとして、低層階よりも細かく分割されたスパン割りで柱梁や、CLT耐力壁を含む、各耐震要素を配置した。X方向の耐震要素は、ヒノキ製材90mm角、スギ製材150mm角を使用した木材現しのブレース構造、Y方向は構造用合板（24mm厚）及び5層5プライ・スギCLT（150mm厚）による耐力壁構造を方向別に採用している。告示及び木住協の1時間耐火仕様は、被覆型であることから木材は石膏ボードによる耐火被覆によって覆われてしまう。X方向は、鉛直力を負担する部材と、耐火被覆用件のない水平抵抗要素であるブレースを明確に分離し、意匠として木ブレースを現しにする計画とした。建物の南北面に計画した150mm角のスギ製材によるブレース構造は、この建物の特徴づけるファサードをつくり、街並みに新鮮な表情を与えている。使用した木材は約474m³。一部バイマツ集成材を用いた部分があるが、9割以上を高知県産のスギ・ヒノキを使用している。

基礎は、GL-30m付近の砂岩層を支持層とする、直径2mの場所打ちコンクリート杭を採用した。鉄筋コンクリート造の低層階（1～4階床）の主架構は、敷地周辺の状況に呼応して、東西方向では敷地が接するメインストリートに対して室内空間を開放的に開くため、純ラーメン架構を採用。両隣の敷地に接する南北方向は、基本的に閉じた耐震壁付剛接フレームを配置した。

1階の駐車場や、2階～3階には一室空間の研修室など、低層階に約17m×21mの無柱空間が要求され、

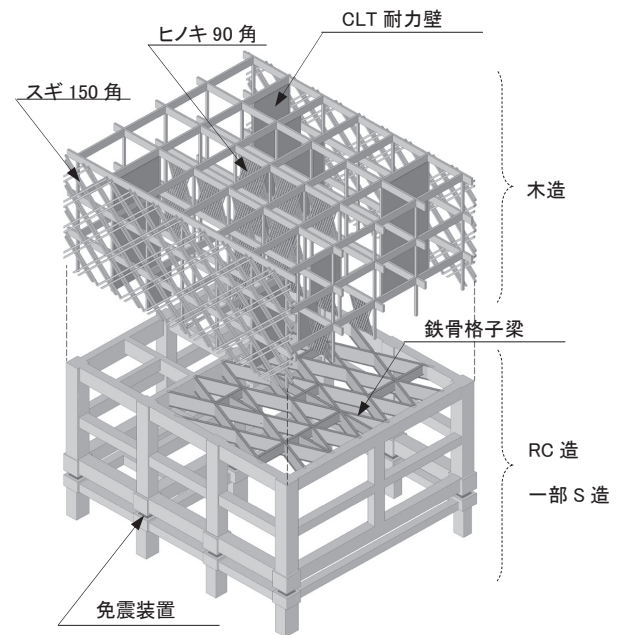


図1 構造アイソメ

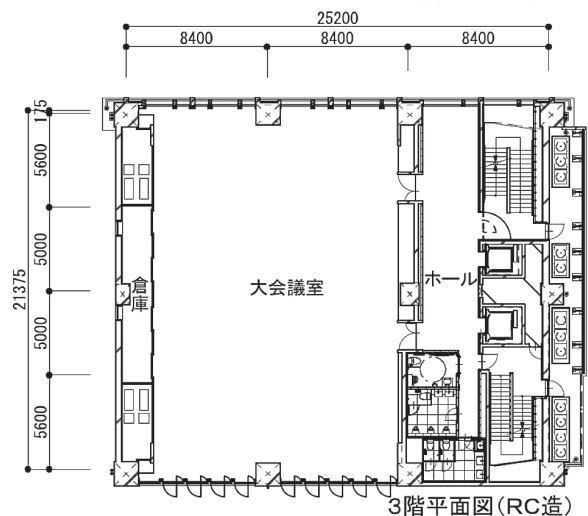
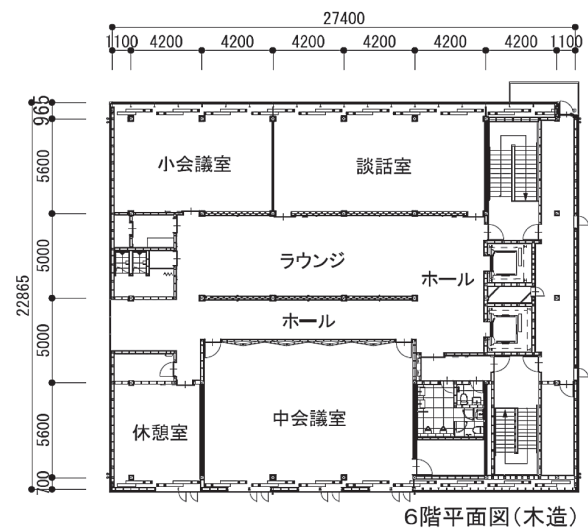


図2 平面図（3階、6階）

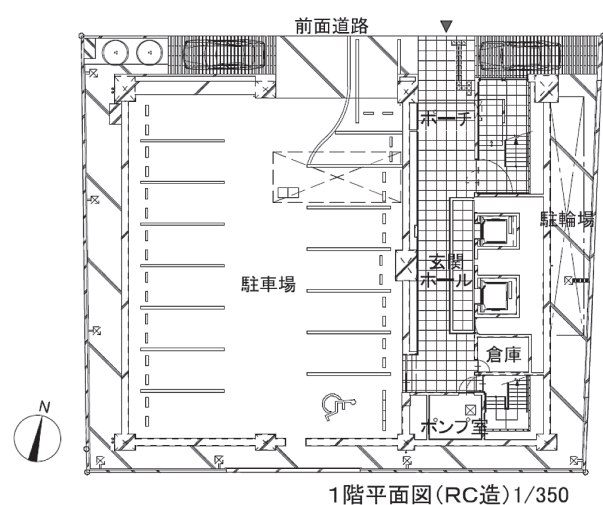
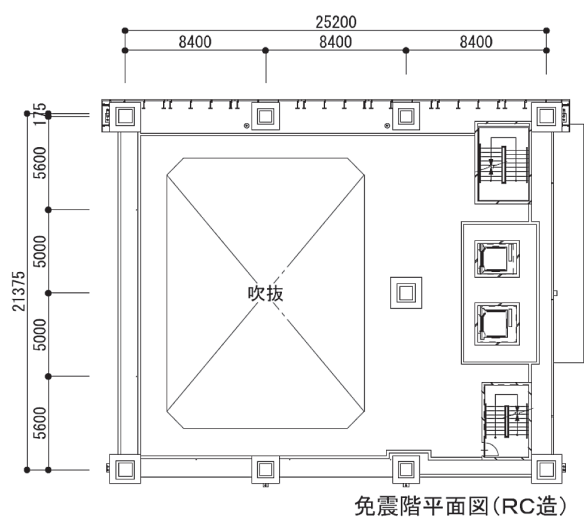


図3 平面図 (1階、免震階)

かつ上部の木造階では細分されたグリッド上に事務室等の諸室が配置されていることから、RC階から木造階に切り替わる4階床には、斜め格子グリッドを導入して上下階のグリッドの共有点を見つけ、それらを基準に東西方向を8.4m×3スパンのラーメン架構で計画している。4階床の斜め格子グリッド上にはH-1500×250のH鋼梁で組んだ鉄骨格子梁でスパンを飛ばし、木造階の柱やCLT耐力壁等からの軸力を受けて、下階に流す計画とした。2階及び3階では、650mm厚の中空ボイドスラブを採用し、無柱空間を実現した。

3 立面混構造と免震

M9クラスの南海トラフ巨大地震に対応した耐震性能を満足させるため、免震構造の採用は必然的であった。上階の応答を考えると基礎免震が有効であったが、建設地は、南海トラフ巨大地震で最大

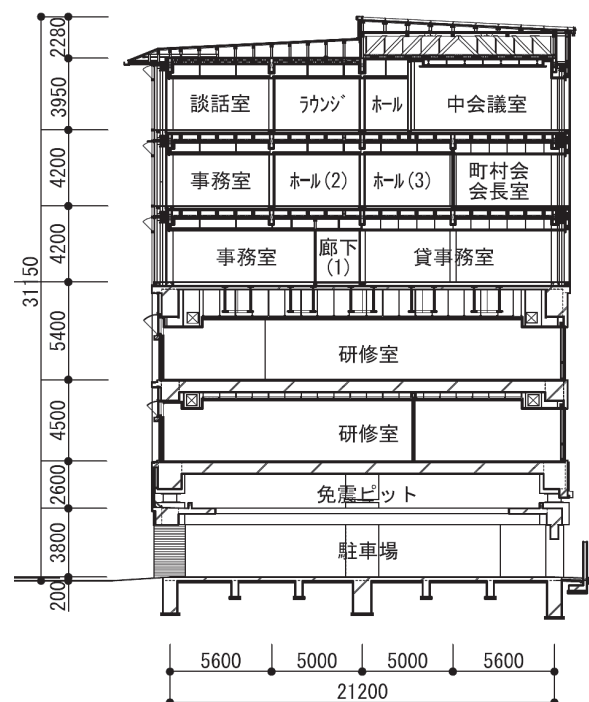
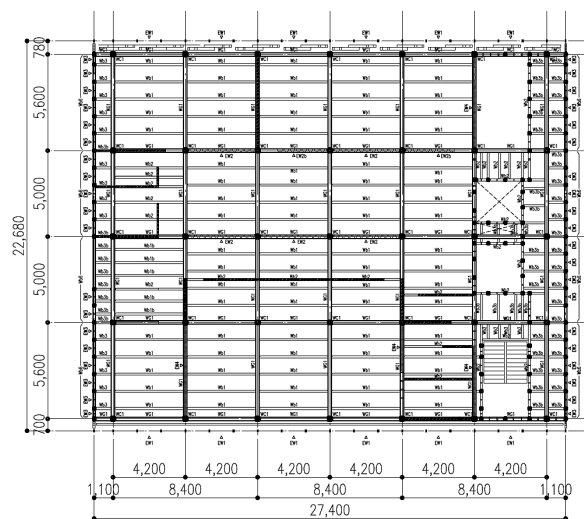


図4 南北断面図

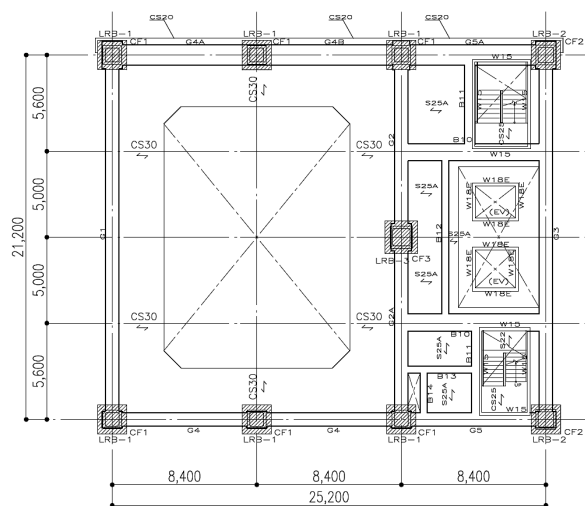
2mの津波が予測されていたことから、中間層免震を採用する事で津波による免震層の浸水を防ぎ、津波非難ビルとしても機能する計画とした。

RC造と木造の立面混構造では、上層の木造階の応答が大きくなることが予想され、免震の採用で無理の無い木架構となることを期待したが、上層階の応答はやはり大きくなる傾向となり、木造階の剛性の調整及び免震層の長周期化を工夫した。木造階が乗る4階床はスパンが21m飛んでいる上に、耐力壁が乗る事から、耐力壁のロッキングによる変形を抑えるため面外剛性を上げる必要もあり、梁せい1500mmの鉄骨格子梁構造としている。木造階の耐震要素である木ブレースの端部接合をボルト2本の鋼板挿入接合としたり、構造用合板による耐力壁の釘配列等を2列打ちにする等、剛性を上げる処置をしている。何れも耐力の上昇もあるが、応答を下げるための層剛性の向上を狙った工夫である。結果、

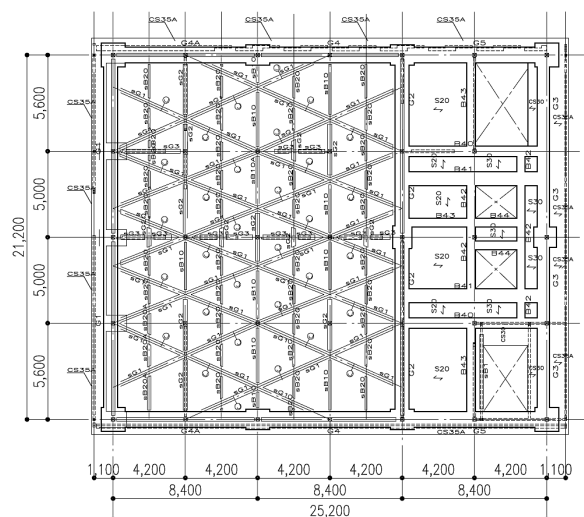
木造階は耐力的には余裕のある構造となっている。免震装置は、角型の鉛プラグ入り積層ゴム（LRB）支承を合計9基（800角：6基、900角：2基、1000角：1基）使用している。免震層より上階が5層の建物であるが、重量的には上部木造が軽いいためRC造3層程度の重量しかない。免震層の長周期化のほか、免震装置1基あたりの負担軸力を増やすため、免震層は、東西面の耐震壁を利用した約21mスパンのウォールガーダー（壁梁）によって、建物の南北ファサード間を支持点無しで飛ばす計画により、免震装置の台数を減らし、建物の長周期化を図った。



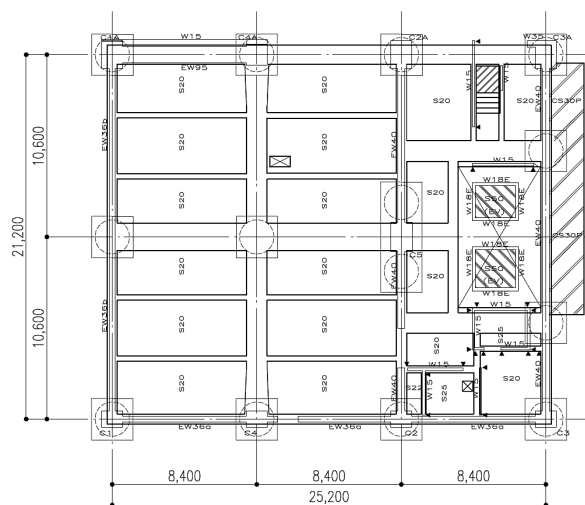
▲ 5階伏図：木造に最適なグリッドとして、低層階よりも細かく分割されたスパン割りで柱梁や、CLT 耐力壁を含む、各耐震要素を配置。



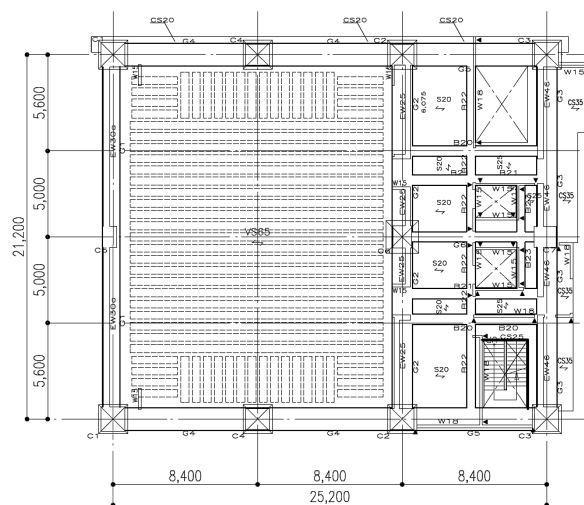
▲免震階伏図：一辺 800～1000mm の角型鉛プラグ入り積層ゴム支承を全 9 基地配置。極力、装置の台数を減らして建物の固有周期を伸ばし、免震の効果を上させた。免震階床は、外周部の片持ちフラットスラブで水平剛性を確保して、中央部を吹抜けにすることで、駐車場の閉塞感を減じた。



▲ 4階床伏図：低層階よりも細かいグリッドで計画された木造階の柱・耐力壁からの軸力を下層に流すため、斜め格子グリッド上に H-1500×250 の H 型钢による鉄骨格子梁を配置して、上階と下階のグリッドの整合を保った。



▲基礎・1階伏図：GL 約 30m の砂岩層を支持層とする、直径 2m の場所打ちコンクリート杭を採用。建築計画のゾーニングに呼応して、建物外周部やホールと駐車場の境界に耐力壁を集約した。

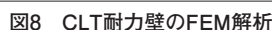


▲ 2階、3階伏図：約 17m×21m の無柱空間の床に厚 650mm の中空ボイドスラブを採用。特に免震装置の数を減らす工夫として、両妻構面を 21m スパンのウォールガーダーとして計画した。

木造による耐震要素は、その接合方法によって塑性変形能力に違いがあり、混在して計画する場合は注意が必要になる。しかし、免震構造を採用した場合は、その心配はなくなり、靱性性能の低い接合方法も比較的安心して使用する事ができる。木ブレース端部における太径のボルト接合や、塑性変形能力を無視したCLT耐力壁などを今回は採用している。

CLTは、当初非構造壁として使う予定であったが、効率的に耐力と剛性を上げられる可能性があったことから耐力壁として採用し、応答を小さくさせる解決策となった。設計当時CLTはまだ告示化されていなく、設計に必要なデータは十分では無かったことから、実験によってその性能を確認している。実験は、工学院大学建築学部 河合直人教授に協力をお願いしている。費用の都合で最も幅の広い、幅2.67mの試験体で、脚部がコンクリートの4階想定と、脚部が集成材の梁である5、6階想定のもの各1体、2体のみの実験とした。実験は、加力機の限界を超えたため、途中で終了している。脚部がコンクリート想定の実験はほぼ弾性域で終了し、集成材想定の上の脚部のめり込みで耐力が決まった。CLTに損傷は全く見られなかった。幅の違うその他の耐力壁については、FEMによる解析で検討を行った。解析モデルの妥当性を確認するため、実験をFEMモデルで再現し検証を行っている。免震構造を採用したことで、耐力壁の降伏耐力と初期剛性のみが必要であったことから、FEMでの検証も弾性範囲でよく、解析結果は実験結果にほぼ一致した。使用した構造用木材は約474m³。一部ベイマツ集成材を使用した部位があるが、9割以上を高知県産のスギ・ヒノキとしている。

応答解析モデルは、1層1質点の質点系モデルと、部材レベルの3次元詳細モデルの2種類を作成、検討を行った(図9)。詳細モデルでは、木造耐力壁はブレース置換とし、木ブレースは、接合部バネを考慮



した等価な材料特性を入力してモデル化している。また、木造階の構造用合板による水平構面もブレース置換でモデル化し剛床を解除している。各構造部材は弾性とし、免震装置のみ非線形特性を与えている。設定した長期鉛直荷重から解析ソフトの自動計算により各節点に質量を振り分け質量分布を節点数と同じにしている。鉛プラグ入り積層ゴムはBi-Linear型の履歴特性とし、XY方向、45度方向それぞれに復元力特性を設定した。減衰特性は、上部構造、下部構造それぞれの一次固有周期に対して3%の剛性比例型粘性減衰を設定している。設計当時、CLTを用いた構造の減衰特性に関して資料が少なかったこともあり安全側に設定をしている。建物の固有周期は、3.16秒（免震層100%ひずみ時）、免震層固定時で0.436秒（X方向）、0.654秒（Y方向）であった。

入力地震波は、Level2地震時に液状化の可能性があったため、液状化の有無も考慮した9種類の地震波（既往波、告示波、サイト波：南海トラフ巨大地震（NS,EW））で検討を行っている。また、比較的大きなスパンの床・屋根がある事から、上下方向の地震波を2種類作成し検討を行った。質点系モデルの層剛性は、詳細モデルで静的な解析を行い求めている。質点系モデルでは全ての地震波による応答解析の他、免震装置及び、木造階の剛性のばらつきを想定した幅解析も行っている。その結果、応答が最も大きい波を用いて詳細モデルでも応答解析を行っている。詳細モデルと、質点系モデルでの応答結果には大きな違いは見られなかったが、屋根の突出部の応答や、木造の水平構面の検証なども含めて、詳細モデルでの応答解析の結果から全部材の検討も行っている。設計クライテリアは、木造部分でL1地震時に短期許容耐力以下、L2地震時に降伏耐力以下、RC造部分はL2地震時に短期許容耐力以下としている。

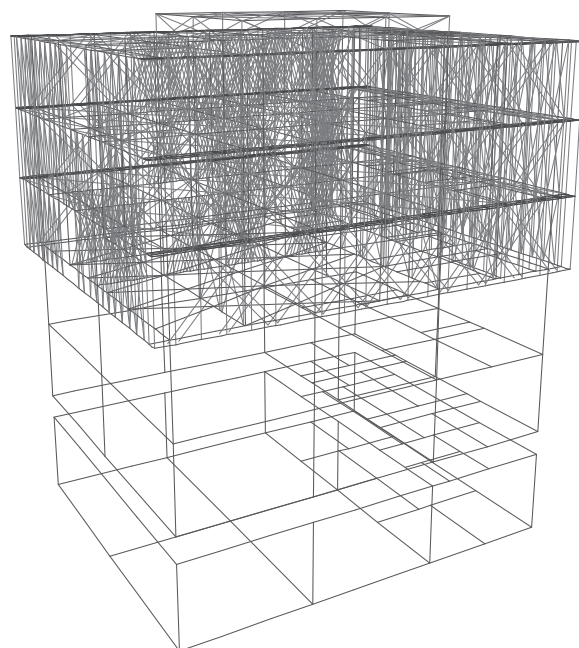


図9 3次元詳細モデル

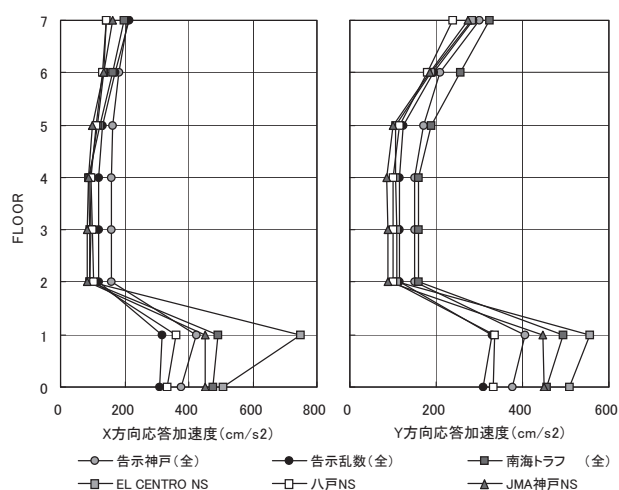


図10 最大応答加速度

