

横浜市立市民病院



周防 尚
佐藤総合計画



野本 圭祐
同



北岡 拓也
同

1 はじめに

横浜市立市民病院は、隣接する三ツ沢公園と一体となる次世代型「パークホスピタル」を設計主旨とし、公園と一体になったロータリーや利便施設、多目的活動スペースを計画し、大規模災害時には公園側に配置した救命救急センターとも連携が図れる計画としている。また、ニッパツ三ツ沢球技場の声援や照明に対する患者の環境確保のため、1フロア3看護単位のすべての病棟を南向きに並列配置した病棟を計画している。全体ゾーニングは「サービスコアゾーン」、「病棟・外来ゾーン」、「スタッフ・診療ゾーン」の3つの明快なゾーンにより構成する分かりやすい計画としている。

2 建物概要

建築場所：神奈川県横浜市神奈川区三ツ沢西町34番10ほか、神奈川県横浜市西区宮ヶ谷25番6

建物用途：病院

設計者：株式会社 佐藤総合計画

監理者：同上

施工者：戸田・松尾・馬淵建設共同企業体
(建築工事)

建築面積：8,741.09m²

延べ面積：61,767.01m²

階数：地下2階、地上7階、塔屋1階

建物高さ：30.98m

構造種別：鉄骨造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造)

基礎構造：杭基礎、直接基礎

(場所打ちコンクリート杭)

免震位置：地下柱頭免震

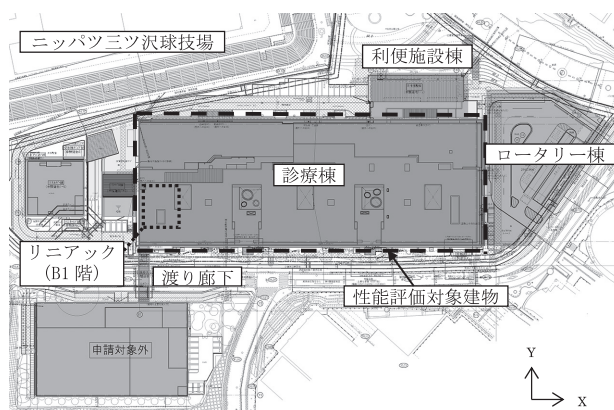


図1 建物配置図



図2 建物外観パース

3 構造計画概要

性能評価対象である診療棟(図1)の上部構造形式は剛性を確保するため、X方向は耐震ブレースを配置したブレース付きラーメン構造、Y方向は純ラーメン構造としている(図3)。地下1階および1階は、鉄骨鉄筋コンクリート造としている。鉄筋コンクリートの壁で覆われた剛性の高いリニアック部は、応力の集中をさけるため、EXP.Jを設ける計画としている。スパン割は、X方向12.4m~14.5m、Y

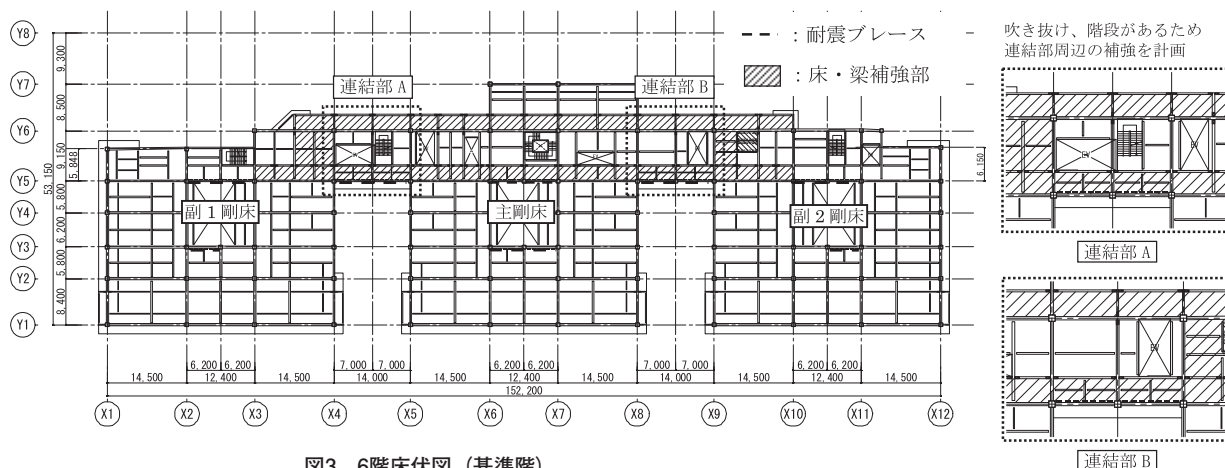


図3 6階床伏図（基準階）

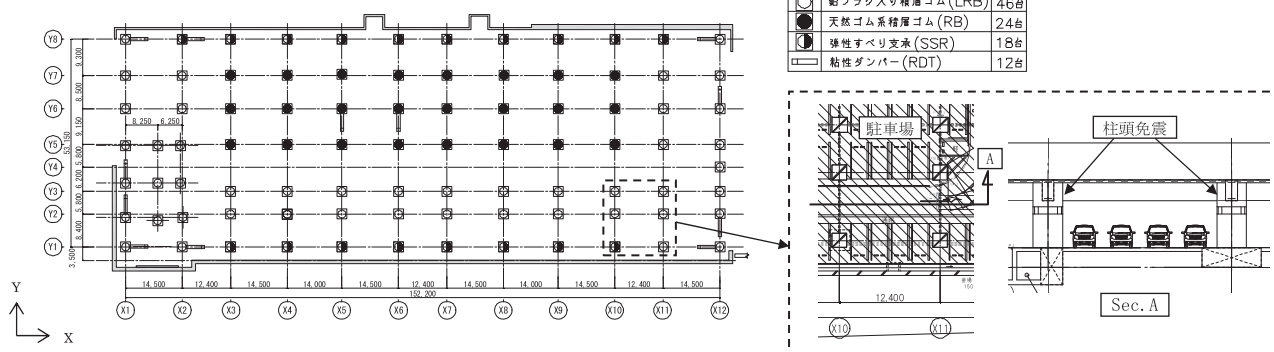


図4 免震装置配置図

方向5.8m～9.3mとしており、上部の病棟計画、下部の駐車台数確保に対し、合理的なスパン割とすることで、平面計画の自由度に配慮し、経済的かつ合理的な架構としている。なお、本建物は病棟階から大きく3棟に分割され、コア部の床・梁で繋ぐ形状としているため、3棟をそれぞれ剛床として振動解析し、各々の相対変位から求めた応力により、当該範囲（図3：連結部）の梁およびスラブを補強する計画としている。

4 地盤及び基礎概要

建設地の地盤は、TP+35m前後にN値60以上のシルト層（Km1）が出現するが、層厚が一定せず、一部含水低下によるN値の低下が認められる。よって、

基礎の形式は、N値50以上の泥岩（Km2）（一部、Ks：細砂層）を支持層とした場所打ちコンクリート杭とし、高い支持力を得るために先端を拡底している。また、一部埋土層の厚い箇所や敷地南東側に斜面が存在するため、8章で不整形地盤による地震波の検証を示す。

5 免震設計概要

免震装置には天然ゴム系積層ゴム支承（RB）と鉛プラグ挿入型積層ゴム支承（LRB）の他に周期を延ばすために弾性すべり支承（SSR）を採用している。また、建物形状が長辺で150m以上あるため、最外端の変形が過大にならないよう粘性ダンパー（RDT）を外周に配置している（図4）。

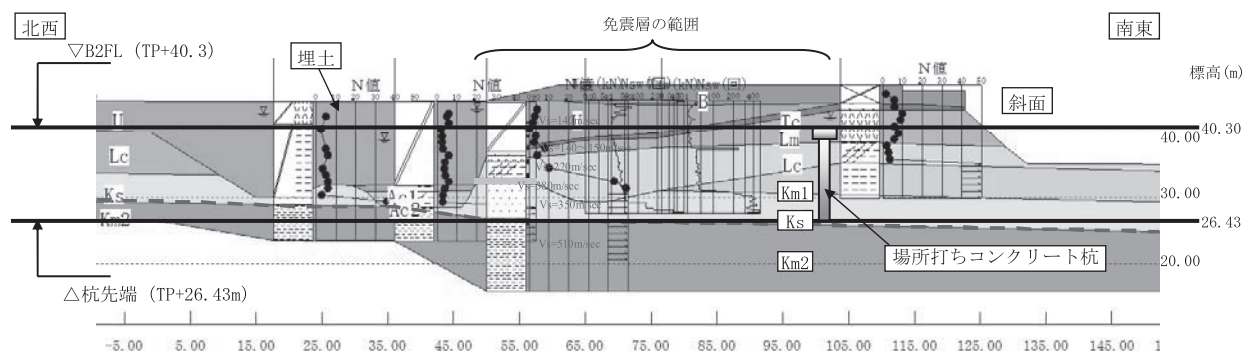


図5 建設地の地盤概要と基礎計画

6 地震応答解析

耐震性能は、解析結果の最大応答値が表1に示す耐震判定基準を満足することで確認している。解析ケースは表2に示す4ケースを考え、免震層を含む3つの剛床に分けた基礎固定の質点系等価せん断型モデル（図6）を基本とし、4階～R階床の連結スラブを考慮したモデルや免震層を平面としたモデルも構築している。ここでは代表してCase①の質点系モデルについて結果を示す。なお、本建物は構造上以下の特徴があるため、振動モデルにこれらを反映している。

- ・B2階の柱頭免震構造であるが、B2階柱の剛性は免震層のそれと比較して十分大きいため、免震層を含むB1階から上の架構をモデル化する。
- ・4階床レベルで主剛床と副1剛床、6階床レベルで主剛床と副2剛床に分ける（図7）。
- ・7階上部（構造上屋上相当）のPH架構が複数存在しているため、PHの水平震度は $K=1.0$ とし、重量のみ考慮する。

復元力特性は、静的弾塑性解析の荷重変形曲線より等価せん断型にモデル化し、上部構造の履歴特性は表3としている。

鉛プラグ挿入型積層ゴム支承のバネは歪み依存型Bi-Linearとし、粘性ダンパーは速度依存型の非線形モデルとする。免震材料の減衰は、履歴減衰のみとする。表4に入力地震動を示す。

表1 耐震判定基準

項目	設計対象		参考検討
	レベル1地震動	レベル2地震動	余裕度検討レベル
上部構造	部材の状態	短期許容耐力以下	
	層間変形角	$\leq 1/300$	$\leq 1/200$
	床加速度（目安）	病棟階（3～7階）： $\leq 300\text{cm/sec}^2$ 診療階（B1～2階）： $\leq 250\text{cm/sec}^2$	$\leq 300\text{cm/sec}^2$
免震層	最大変位	$\leq 24\text{cm}$ （ $\gamma=150\%$ ）	$\leq 40\text{cm}$ （ $\gamma=250\%$ ）
	圧縮	$\leq$ 短期許容面圧	$\leq$ 短期許容面圧
	引張	発生させない	LRB： $\leq 1.0\text{N/mm}^2$ RB： $\leq 1.0\text{N/mm}^2$ SSR：発生させない
	RDT許容層間速度	100cm/sec 以下	
基礎	部材の状態	短期許容耐力以下	

表2 解析ケース

Case	解析条件	自由度	備考
①	質点系モデルー連結部なし	TX (X方向) TY (Y方向)	基本モデル*
②	質点系モデルー連結部あり	TX (X方向) TY (Y方向)	連結部剛性：計算値
③	免震層平面 質点系モデルー連結部あり 回転慣性質量と重心位置を入力	TX, TY, RZ	上部建物と免震層のねじれを考慮 連結部剛性：計算値
④	③と同様のモデル	TX, TY, RZ	長辺方向の位相差 入力の影響を考慮

*設計用層せん断力係数は、Case①の時刻歴応答解析結果（最大層せん断力係数）を包絡する値として設定している。

表3 上部構造の履歴特性

階	X 方向	Y 方向
7F	線形	標準型 (ラーメン構造)
1F～6F	原点指向型 (ブレース付きラーメン構造)	
B1F	剛性適減型トリリニア	

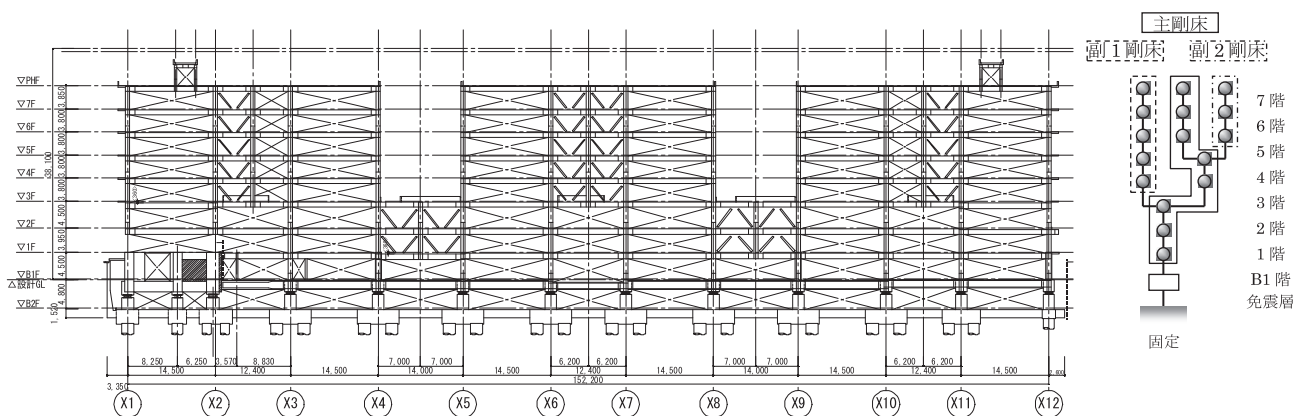
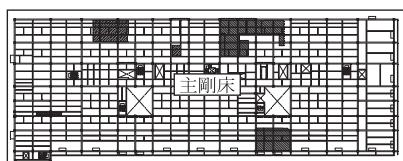
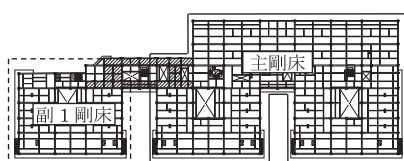


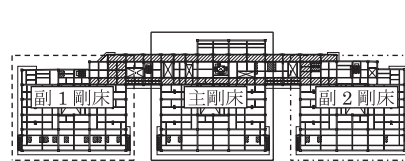
図6 軸組図および解析モデル（Case①）



(a) B1階～3階



(b) 4階～5階

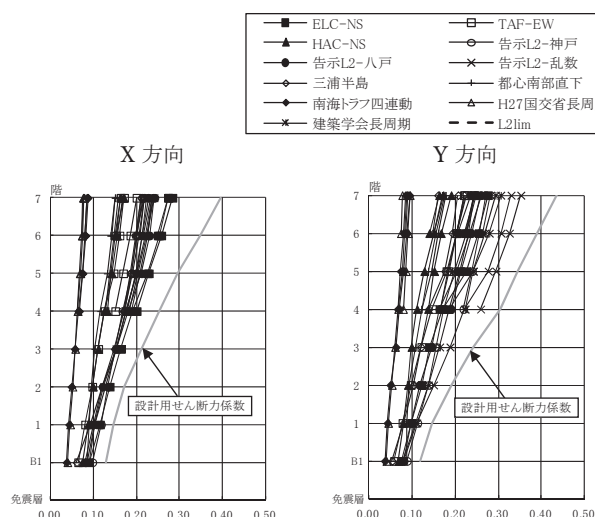


(c) 6階～R階

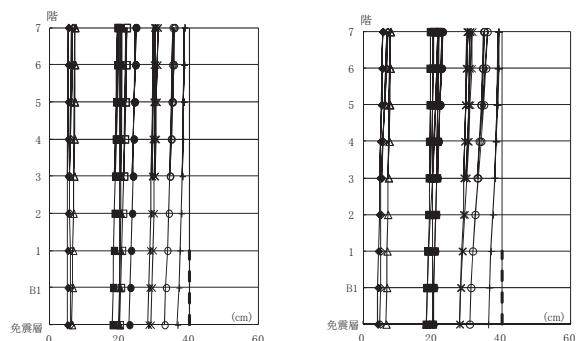
図7 剛床の設定

表4 入力地震動の設定

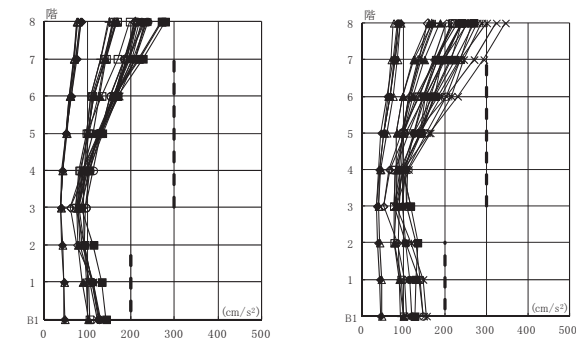
地震波の種類	地震波の定義
告示波	平12建告第1461号に定められた解放工学的基盤における加速度応答スペクトルをもち、建設地の表層地盤による増幅を適切に考慮して作成した地震波
サイト波	活断層地震 建設地近傍の活断層を震源域とした地震
	南海トラフ地震 南海トラフの連動型地震（駿河湾～日向灘）
	プレート内地震 フィリピン海プレートで発生する地震
観測波	過去の強震記録による観測地震波
参考波	元禄型関東地震、防災対策用の横浜市直下地震 横浜市作成波 YOKOROCC



(a) 最大層せん断力係数



(b) 最大相対変位



(c) 最大加速度

図8 地震応答解析結果

極めて稀に発生する地震動に対する地震応答解析結果を図8に示す。

7 連結部の補強検討

地震時において3つに分かれた各剛床は異なる挙動をすると考えられる。そのため、X方向について各剛床の重心位置と連結部が偏心していることから軸応力および曲げ応力が、Y方向にはせん断力および曲げ応力が連結部に生じる。また、連結部は階段および吹き抜けがあるため、吹き抜け周辺の大梁、小梁およびスラブに集中して補強する計画とした。

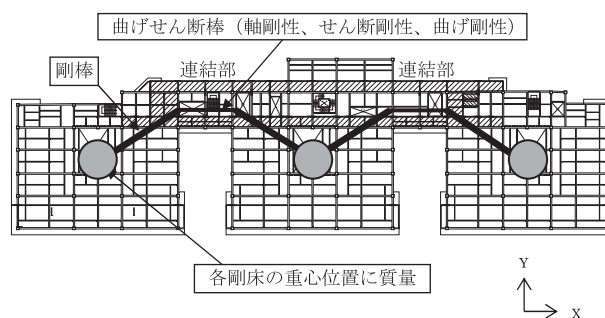


図9 3タワーモデル

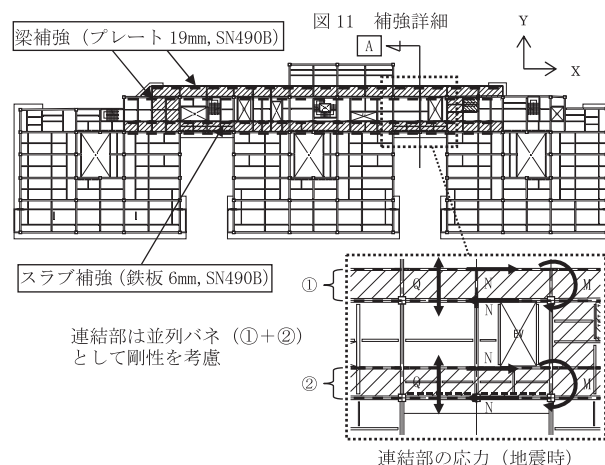


図10 連結部の補強配置 伏図 (6階)

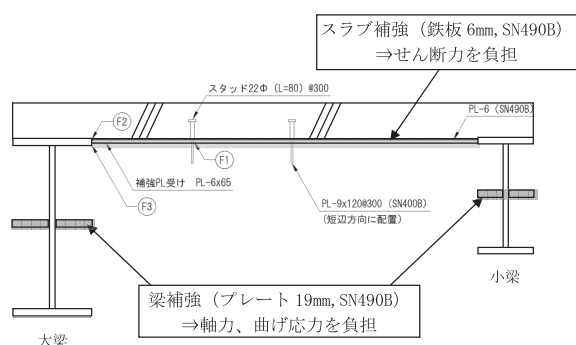
(1) 補強部の検討

解析モデルは、図9に示すような3タワーモデルを作成し、解析条件は表2のCase③とした。連結部には軸剛性、せん断剛性、曲げ剛性を考慮した曲げせん断棒を配置し、質点と連結部は剛棒により接続した。連結部の剛性要素については表5のとおりとし、大梁および小梁に補強プレート、RCスラブに鉄板を補強する (図11)。前述のとおり、連結部には階段および吹き抜けが多数存在するため、連結部に生じる応力は梁の補強プレートおよび鉄板のみで負担させる。検討の結果、Y方向はX方向より各剛床の位相差が大きい、連結部に大きな応力が生じた。したがって、Y方向地震時の応力により補強部の検討を行い、連結部に問題ないことを確認した。

(2) 連結部が各剛床の挙動に及ぼす影響

Case③の連結部による偏心を考慮したモデルとCase①の連結部なしのモデルを用いて、レベル2地震時の最大層せん断力係数の比較検討を行う。免震層のばらつきは+変動時とする。

図12に示すように、Case③の最大層せん断力係数はCase①より小さい値となっている。これは連結部が各剛床の挙動を拘束しているためだと考えられる。設計用せん断力係数は、Case①の最大層せん断力係数を包絡する値として設定していることから、設計方針に問題がないことを確認した。



小さいと考えられ、短辺方向は、工学的基盤以浅の表層地盤層厚の急変はないが、免震棟の北西側に埋土層が厚くなっている箇所が分布すること、建物南東側に斜面があることから、二次元有限要素法により、不整形地盤における地震応答を評価している。ここでは、代表して告示極稀波（八戸位相波）入力時の結果を示す。なお、その他の地震波入力時も同様の傾向であることを確認している。

(1) 水平動スペクトル比較

有限要素解析から得られた水平動の加速度分布を図15、基礎スラブ下端の通り芯位置での水平動地震波のスペクトルを図16に示す。これらの結果より、最大加速度はY7、Y8通り側が大きい値となった。これは解析モデルの左側で埋土層が厚いことが影響しているものと考えられる。また、応答スペクトルは周期0.2～0.3秒付近で二次元解析の方が大きい、周期0.5秒以上は一次元解析SHAKEの応答が大きく、レベル2地震動時の等価周期約4.4秒の本建物にとってはSHAKEによる地震波の方が安全側であることを確認した。

(2) 上下動スペクトル比較

有限要素解析から得られた上下動の結果より、上下動の応答スペクトルは周期0.3秒以下において、一次元解析SHAKEで算定された地震動よりも二次元解析で得られた地震動の方が大きい値となった（図17）。これは、地層や地形が傾斜していることで、水平成分が鉛直成分に変換され、本来の成層地盤の鉛直応答に上乗せされたことが原因と考えられる。ただし、建物中央付近のY5通りのスペクトルは、上下方向の一次固有周期0.13秒ではほぼ同じ値となるため、SHAKEによる地震波で応答解析を行っても問題ないと判断した。

9 おわりに

本建物は平成29年9月に着工し、平成32年1月に竣工予定である。ここに、建築主である横浜市様をはじめ関係者の皆様に多大なご協力をいただいていることを深く御礼申し上げます。

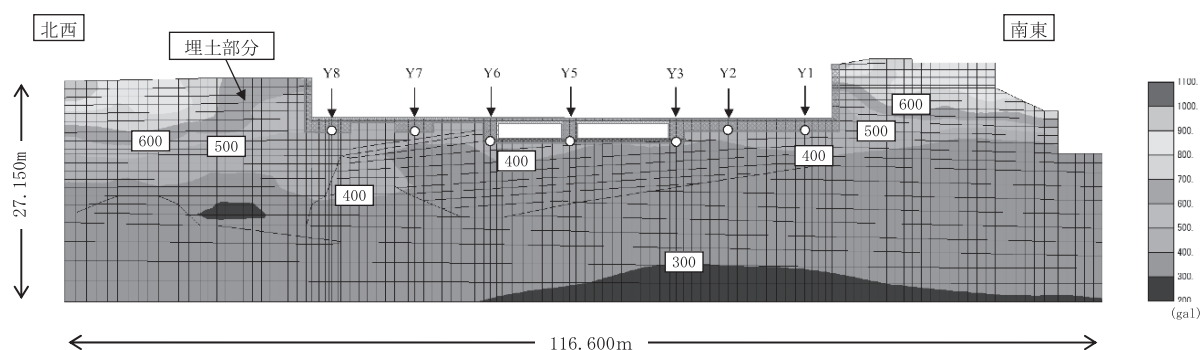


図15 水平動加速度分布図（免震層の短辺方向）

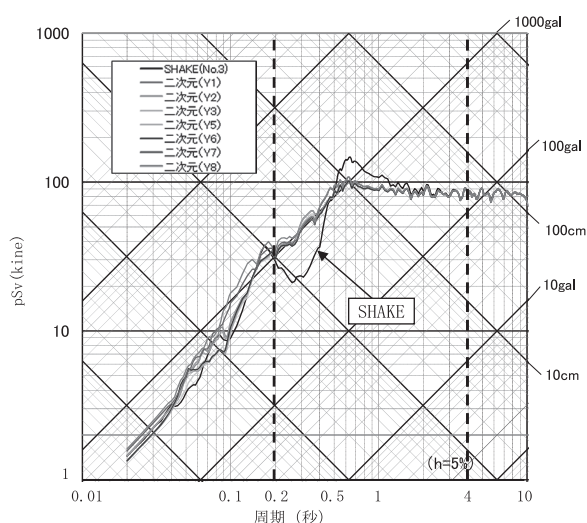


図16 水平動スペクトル比較

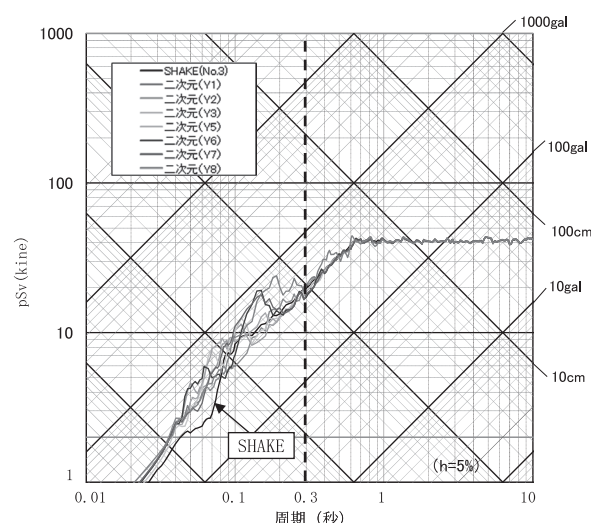


図17 上下動スペクトル比較