

堆積盆地における地盤と超高層建物との共振現象に関する研究  
その2 仮想超高層建物モデルを用いた応答解析

正会員 ○高橋広人<sup>\*1</sup> 同 寺島芳洋<sup>\*2</sup>  
同 福和伸夫<sup>\*2</sup> 同 護 雅史<sup>\*2</sup>

大阪平野 長周期地震動 超高層建物  
地震応答解析 東北地方太平洋沖地震 東海・東南海・南海地震

### 1.はじめに

その2では、仮想超高層建物を設定し、その1で作成した想定東海・東南海・南海地震のサイト波及び東北地方太平洋沖地震の地震記録を入力として建物の地震応答解析を行い、地点間及び地震による差異を検討した。

### 2.検討用解析モデル

表1に仮想建物の解析モデル諸元を示す。仮想建物は、東北地方太平洋沖地震において地盤との共振により大きな応答を記録<sup>8)</sup>した咲洲庁舎を想定した。建物高さや階数は文献<sup>9)</sup>より設定し、1階床レベルを固定とした多質点系せん断モデルとした。内部減衰は1次固有周期に対して  $h=0.01$  の瞬間剛性比例型、復元力特性は完全弾塑性のバイリニア型とした。初期剛性は、台形分布を仮定した上で1次固有周期が6.5秒となるように設定した後、後述する地震応答解析により、最上階の応答波形が観測記録<sup>8)</sup>と整合するように設定した。各層の降伏耐力は、層間変形が1/75となる時点とした。なお、OSKH02に対しては、建物高さを1/2及び2/3に減築した場合についても検討した。1次固有周期は、1/2に減築した場合（以降、OSKH02(1/2)と示す）が3.04秒、2/3に減築した場合（以降、OSKH02(2/3)と示す）が4.09秒である。

表1 解析モデルの諸元

MODEL	超高層建物
高さ H[m]	227.90m
質点数	53
振動型	1階床固定の53質点系せん断モデル
復元力特性	バイリニア型(完全弾塑性型)
減衰定数	剛性比例型(1次に対して1%)
固有周期	T <sub>1</sub> 6.50
	T <sub>2</sub> 2.38

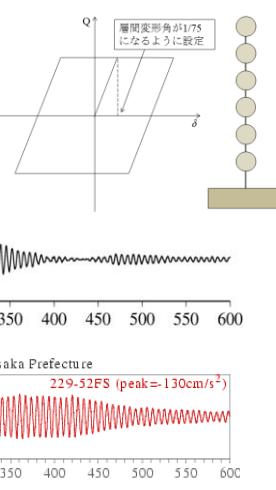


図1 加速度波形における観測記録と応答解析結果の比較  
上：応答解析結果 下：観測記録<sup>8)</sup>

Study of Resonance between High-rise Buildings on Sedimentary Plain and Long-period Ground Motions

Part.2 Dynamic Response Analysis of High-Rise Buildings

図1に設定した仮想建物の応答解析結果と観測記録を比較して示す。解析モデルは100秒から350秒までは観測波形と概ね整合していることが分かる。

### 3.地震応答解析

入力地震動には、その1で作成したサイト波に加え、東北地方太平洋沖地震の観測記録を採用した。

#### (1) 変位応答時刻歴

図2に、東北地方太平洋沖地震の地震記録による仮想建物の変位応答時刻歴を、図3に、想定東海・東南海・南海地震による仮想建物の変位応答時刻歴を示す。図3には減築した場合の波形を並べて示した。

図2より、東北地方太平洋沖地震による仮想建物の変位応答は、咲洲庁舎に近いOSKH02が他の7地点と比較して顕著に振幅が大きくなっている。図3より、想定東海・東南海・南海地震による仮想建物の変位応答は、その1の擬似速度応答スペクトルにおいて周期約6秒付近に卓越が見られるOSK004, OSKH02で振幅が大きく長く継続している。仮想建物が共振したためと考えられる。

#### (2) 最大応答分布

図4に、NS成分の最大応答加速度、最大応答変位、最大応答層間変形角の高さ方向の分布を示す。応答加速度分布は、入力地震動の最大加速度で基準化している。

#### 1) 基準化最大応答加速度

東北地方太平洋沖地震では、OSKH02では入力地震動の最大加速度に比べて最上階における最大応答加速度は約12倍、他の7地点は3~5倍である。一方、想定東海・東南海・南海地震では、OSKH02は約3.3倍、他の7地点は0.5~1.5倍である。

#### 2) 最大応答変位

最大応答変位は、OSKH02は想定東海・東南海・南海地震では東北地方太平洋沖地震の約2.6倍の412cmである。他の7地点に比べて2倍以上大きい。

#### 3) 最大応答層間変形角

最大応答層間変形角は、東北地方太平洋沖地震では全地点で1/100を下回っている。想定東海・東南海・南海地震ではOSKH02以外の地点はOSK004で1/100を超える層が見られるが、概ね1/100以内に収まっている。

TAKAHASHI Hirohito, TERASHIMA Yoshihiro  
FUKUWA Nobuo, MORI Masafumi

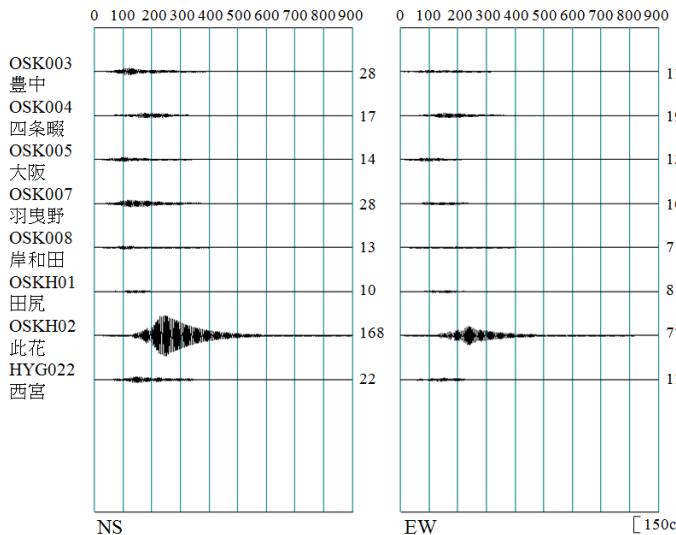


図2 東北地方太平洋沖地震による相対変位応答時刻歴  
※波形横の数値は最大振幅 (cm) を示す

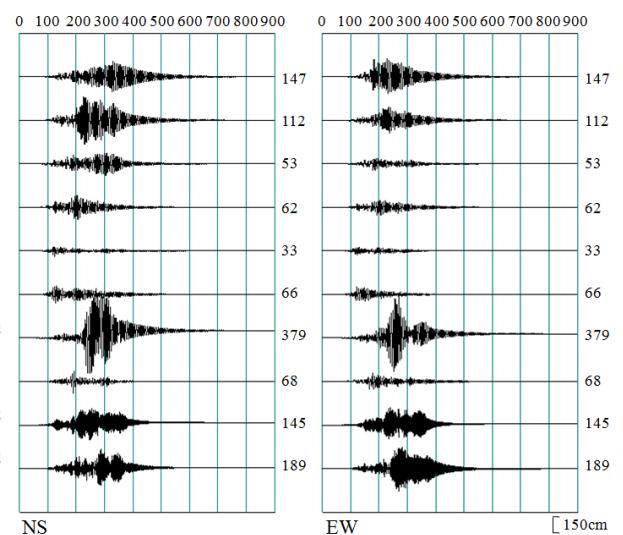


図3 想定東海・東南海・南海地震による相対変位応答時刻歴  
※波形横の数値は最大振幅 (cm) を示す

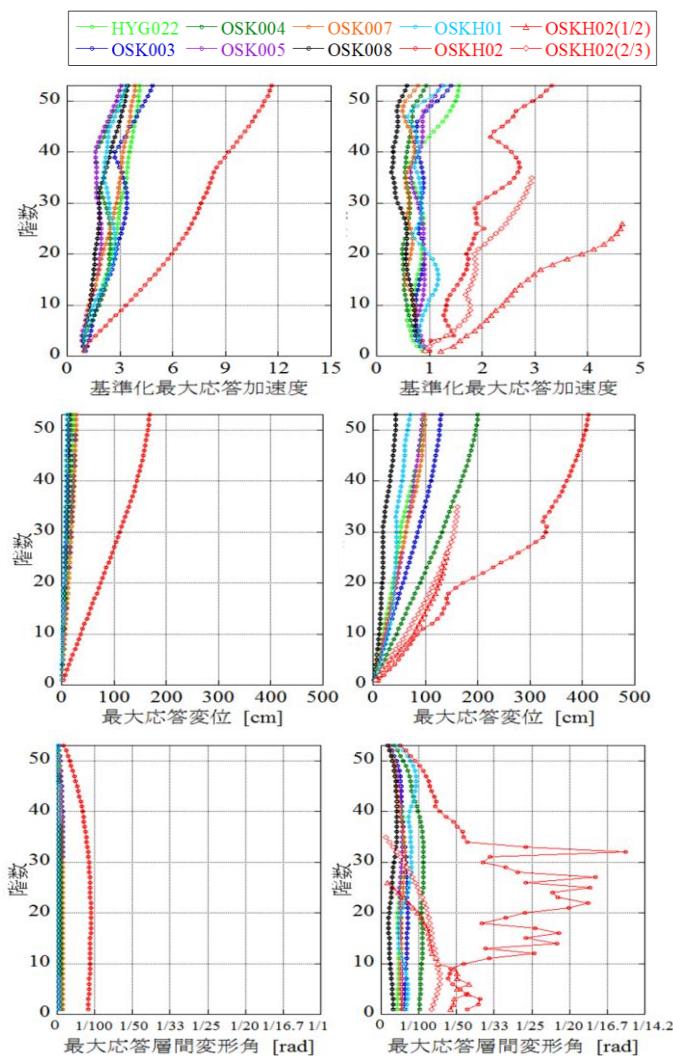


図4 高さ方向の最大応答分布図 (NS 方向)  
左: 東北地方太平洋沖地震, 右: 想定東海・東南海・南海地震

一方, OSKH02 では, 1~40 階までのすべての層で 1/75 を上回っている。また, 最大応答層間変形角を 1/75 以下に抑えるためには,  $h=0.08$  まで内部減衰を増やす必要があることを確認した。さらに, 減築対策 (1/2, 及び 2/3) を施した場合では, 両ケースとも低層部で 1/75 を超え, 特に 1/2 の応答の方が大きいことが分かる。OSKH02 の地震動は, その 1 の擬似速度応答スペクトルで周期 3 秒にも卓越が確認でき, これが 1/2 の応答の方が大きくなる要因と考えられる。

#### 4.まとめ

仮想超高層建物を設定し, 建物の地震応答解析を行った。OSKH02 では, 共振により他の地点に比べて建物応答が大きくなつた。また想定東海・東南海・南海地震による OSKH02 における, 仮想建物の最大応答変位は, 東北地方太平洋沖地震に比べて約 2.6 倍となつた。

#### 謝辞

本検討を進めるにあたつて K-NET, KiK-net の地震観測記録を使用しました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 堀川晴央・他:断層による不連続構造を考慮した大阪堆積盆地の3次元地盤構造モデル, 活断層・古地震研究報告, No. 3, pp225-259, 2003.
- 2) 中央防災会議: 東南海, 南海地震等に関する専門調査会 参考資料, 2008.
- 3) 中央防災会議: 東南海, 南海地震等に関する専門調査会(第9回), 2003.
- 4) 岩田友孝・入倉孝次郎: 観測された地震波から震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み, 地震第2輯, 39, pp.151-156, 1986.
- 5) 三宅弘恵・岩田知孝・入倉孝次郎: 経験的グリーン関数法を用いた1997年3月26日(M6.5)及び5月13日(M6.3)鹿児島県北西部地震の強震動シミュレーションと震源モデル, 地震第2輯, 51, pp.431-442, 1999.
- 6) 壇一男・佐藤俊明: 断層の非一様すべり破壊を考慮した半経験的波形合成法による強震動予測, 日本建築学会構造系論文集, No.509, pp.49-60, 1998.
- 7) 川瀬博・松尾秀典: K-NET, KiK-net, JMA 震度計観測網による強震動波形を用いた震源・パス・サイト各特性の分離解析, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第1号, pp.33-52, 2004
- 8) 鹿嶋俊英・小山信・大川出: 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震における建物の強震観測記録, 建築研究資料, No.135号, 2012.3
- 9) (財)日本建築センター: ビルディングレター, 1991.1

\*<sup>1</sup>応用地質株式会社

\*<sup>2</sup>名古屋大学

\*<sup>1</sup> OYO Corporation

\*<sup>2</sup> Nagoya University