

長周期地震動を受ける超高層建物と免震建物の床応答特性に関する研究 その4 地震応答解析結果に基づく超高層建物と免震建物の床応答特性

長周期地震動 超高層建物 免震建物
床応答特性

正会員	○片山 貴裕 ^{*1}	同	千葉 大輔 ^{*1}
同	吉田 献一 ^{*1}	同	土肥 博 ^{*2}
同	中野 時衛 ^{*3}	同	高橋 広人 ^{*4}
同	鶴ヶ野 翔平 ^{*5}	同	福和 伸夫 ^{*5}
同	護 雅史 ^{*5}		

1はじめに

本稿（その4）では、（その3）で得られた地震波を入力とした建物モデルの地震応答解析結果から、長周期地震動を受ける超高層建物と免震建物の床応答の特徴を抽出する。

2検討用解析モデル

表1(a)、(b)に解析モデルの諸元を示す。

超高層建物は高さ H をパラメータとして、 $H=100m$ (25階)、 $150m$ (37階)、 $200m$ (49階) の3モデルとした。S造のプレース付ラーメン構造を想定し、設計事例を参考に建物モデルを作成した。一次固有周期 T_1 と階数 N の関係は $T_1=0.097\sim0.108N$ で、既往の研究¹⁾に整合している。内部減衰は1次周期に対して $h=0.02$ の初期剛性比例型、復元力特性はノーマルトリリニアとした。

免震構造は免震層の等価固有周期 T_{eq} ($\delta=40cm$) をパラメータとして、 $T_{eq}=3.0$ 秒、4.0 秒、5.0 秒の3モデルとした。上部構造は SRC 造の耐震壁付きラーメン構造を想定し、設計事例を参考に 14 階建 (高さ 54m) の建物モデルを作成した。上部構造の内部減衰は1次周期に対して $h=0.03$ の瞬間剛性比例型、復元力特性は剛性逓減型トリリニアとした。免震層の復元力特性はノーマルバイリニアとし、等価減衰定数 h_{eq} ($\delta=40cm$) が 20% となるよう減衰材の降伏荷重 Q_d を調整した。 Q_d の上部構造総重量 W に対する割合は 0.021~0.058 となっている。

解析モデルは超高層建物、免震建物ともに多質点系の等価曲げせん断モデルとし、曲げ剛性は弾性とした。

3応答解析結果

入力地震動には、新宿サイト（以下 SJK）、名古屋サイト（以下 NGY）の NS 成分波に加え、既往の設計用入力地震動として BCJ-L2²⁾ 波を採用した。

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、超高層建物 (HR) と免震建物 (IB) に分けて図1に示す。縦軸は、各階の地盤面からの高さ Hi を建物高さ H で基準化して示す。また、応答加速度分布は各階の最大応答値を入力地震動の最大加速度

で基準化している。最上階及び中間階の床応答から求めた加速度応答スペクトルを図2に示す。応答スペクトルはその床応答の最大加速度で基準化を行っている。図3には、HR100、IB30 モデルでの変位応答時刻歴を示す。

4長周期構造物の床応答特性

応答解析結果に基づく長周期地震動を受ける長周期構造物の床応答の特徴を、以下にまとめる。

・最大応答加速度 超高層建物では HR100 の上層階で 2 倍程度增幅されているが、それ以外では各階での增幅率の変化も小さく、增幅率は 0.62~1.7 程度である。免震建物では免震層で応答値が低減されるが、IB30 ではほとんど低減が見られない場合があり、IB30 での入力加速度に対する比率は、0.75~0.95 程度となっている。

・最大応答変位 超高層建物の頂部では HR100 で約 90cm、HR150 で約 100cm、HR200 で約 160cm となっている。免震層の最大応答変位は NGY 波で大きく、最大で 46cm 程度となっている。通常の免震クリアランスを大きく超越する可能性は小さいが、初期の免震建物等でクリアランスが小さい場合は注意が必要である。

・最大応答層間変形角 超高層建物では、HR100 モデルで NGY 波に対して最大 1/75 を超える変形が生じる層が存在するものの、概ね通常の設計クライテリアである 1/100 程度となっている。免震建物では、IB30 モデルで最大 1/500 程度の変形が生じる層が存在するものの、他のケースでは概ね 1/1000 程度となっている。

・床応答スペクトル 超高層建物では入力地震動による違いが小さく、建物の固有周期帯が卓越する傾向が見られる。中間階では 2 次のピークが顕著となる場合がある。免震建物では、長周期領域で入力地震動による違いが大きく、免震層の等価固有周期付近での明確なピークは見られない。特に、最上階では、上部構造の1次周期（全体系の2次）付近の卓越が顕著となる場合がある。

・変位応答時刻歴 高層建物と免震建物ではその特徴が顕著に異なり、減衰の小さい高層建物では固有周期付近での揺れが長時間継続する。

参考文献

1) 市村将太、福島東陽、寺本隆幸：超高層鋼構造物の弾性設計用パラメータに関する研究（その1）各パラメータの定式化、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp.867-868、2000。2) 建設省建築研究所、日本建築センター：設計用入力地震動作手法技術指針（案）、1992.3。

■ BCJ-L2(HR100 or IB30) ▲ NGY-NS(HR100 or IB30) △ SJK-NS(HR100 or IB30)
 □ BCJ-L2(HR150 or IB40) △ NGY-NS(HR150 or IB40) △ SJK-NS(HR150 or IB40)
 ▨ BCJ-L2(HR200 or IB50) ▲ NGY-NS(HR200 or IB50) ▨ SJK-NS(HR200 or IB50)

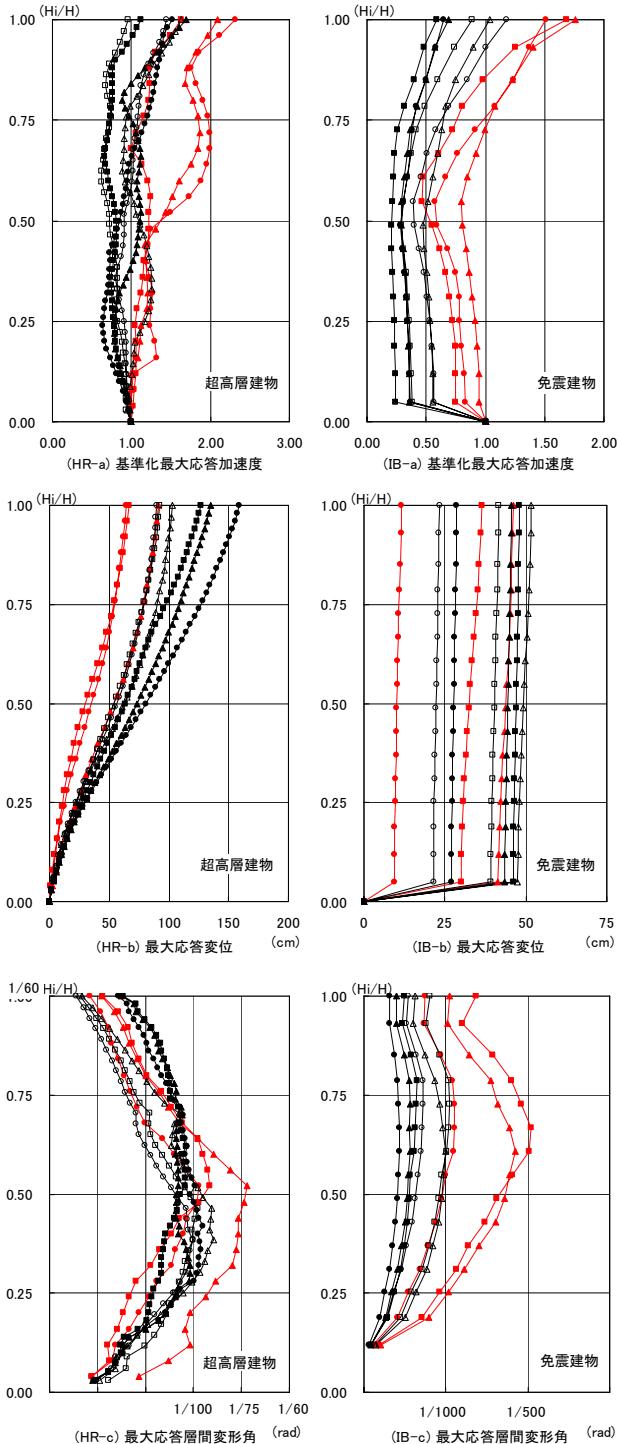


図1 高さ方向の最大応答分布図

表1(a) 解析モデル諸元(超高层建物)

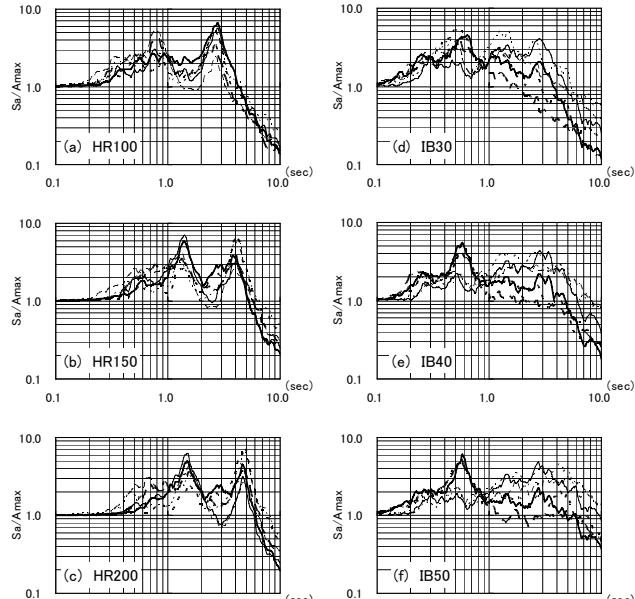
MODEL	HR100	HR150	HR200
高さ H(m)	100	150	200
階数 N	25	37	49
固有周期 T ₁ (sec)	2.50	4.01	4.74
T ₂ (sec)	0.83	1.35	1.60
T ₁ /N	0.100	0.108	0.097

表1(b) 解析モデル諸元(免震建物)

MODEL	IB30	IB40	IB50
高さ H(m)	54		
階数 N	14		
固有周期 T ₁ (sec)		0.81	
T ₂ (sec)		0.29	
T ₁ /H		0.015	
免震層	K1(kN/cm)	20765	11646
	K2(kN/cm)	1402	790
	Qd(kN)	27,109	15,199
	Qd/W	0.058	0.033
	Tr(sec)	3.65	4.87
	T _{eq} (sec)	3.0	4.0
	h _{eq} (%)	20.0	20.0

K1: 一次剛性
 K2: 二次剛性
 Qd: 減衰材の降伏荷重
 W: 上部構造総重量
 Tr: 接線周期
 T_{eq}: δ = 40cm時の等価固有周期
 h_{eq}: δ = 40cm時の等価減衰定数

— BCJ-L2(最上階) — NGY-NS(最上階) - - - SJK-NS(最上階)
 - - BCJ-L2(中間階) — NGY-NS(中間階) - - - SJK-NS(中間階)



※中間階: 12階(HR100)、18階(HR150)、24階(HR200)、8階(免震建物)

図2 床応答の基準化加速度応答スペクトル(h=5%)

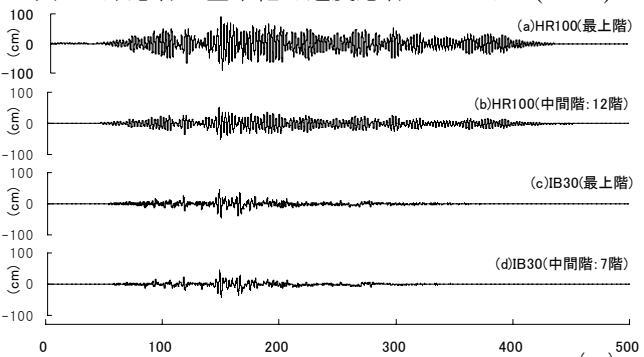


図3 変位応答時刻歴

*¹ 株式会社 NTT ファシリティーズ

*² 日本電信電話株式会社

*³ 株式会社 NTT ファシリティーズ総合研究所

*⁴ 応用地質株式会社

*⁵ 名古屋大学大学院環境学研究科

*¹ NTT FACILITIES, INC.

*² NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION

*³ NTT FACILITIES RESEARCH INSTITUTE Inc.

*⁴ OYO Corporation

*⁵ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ.