

2016 年三重県南東沖の地震の建物観測記録に基づく東海地域の建物応答特性

名古屋大学工学部環境土木・建築学科建築学コース

飛田研究室 国松行

1.背景と目的

南海トラフでの M8~9 クラスの巨大地震の発生が懸念されている。2016 年 4 月 1 日に三重県南東沖で発生した地震の震源は内閣府が想定している南海トラフ巨大地震の破壊開始点近傍にあり、プレート境界型の地震である。そのためこの地震で得られた建物の強震観測記録を用いて建物応答特性について分析を行うことは、南海トラフ巨大地震での地盤と建物の応答を検討するうえで非常に有効な手段となる。以上より本研究は 2016 年三重県南東沖の地震の建物観測記録に基づき、各建物の応答特性を明らかにし、南海トラフ巨大地震における耐震的課題を抽出することを目的とする。

2.対象建物について

2016 年三重県南東沖の地震の中部圏における地震記録のデータ収集を行った。収集したデータの中で、建物内に 2 点以上の観測点を設けている複数の建物について分析を行った。図 1、表 1 に今回対象とした建物の分布と各建物の概要を示す。比較のため、大阪府咲洲庁舎の観測記録も併せて分析を行っている。表中の固有振動数及び減衰定数は、伝達関数のピーク振動数とその応答倍率から 1/2H 法を用いて推定している。

3.各種建物の分析結果

本節では免震建物、超高層建物、中低層建物の分析結果の一例をそれぞれ示す。

3.1.免震建物 (半田市役所庁舎)

免震建物の分析結果の一例として、半田市役所庁舎の各観測点 (RF,1F,基礎上,地盤) における加速度フーリエスペクトル及び伝達関数を図 2 に示す。伝達関数において、東西南北方向共に 1.2 Hz 付近でピークが現れている。この振動数では 1F/基礎上よりも RF/1F の振幅が大きくなっており、免震層での増幅よりも上部構造での増幅が大きくなっていることが分かる。また、竣工時の応答解析による固有周期は 4.47 s であり、今回の分析で推定された固有周期 0.8 s とは大きな差がある。これは応答解析で想定される免震層の変形よりも今回の地震による変形のほうが小さく、免震部材である鉛プラグが弾性の範囲にとどまり、免震層の剛性が高いままだったためと考えられる。

3.2.超高層建物 (金山南ビル)

金山南ビルの各観測点 (30F,22F,11F,B2F,地盤) の加速度フーリエスペクトル及び伝達関数を図 3 に示す。伝達関数を見ると長辺短辺方向共に 0.29 Hz 付近にピークが現れていることが分かる。減衰定数は長辺方向で 2.8%、短辺方向で 1.8%となっており、長辺方向が短辺より高い値を示している。伝達関数、加速度フーリエスペクトルはいずれも高次モードのピークまで顕著に表れている。

3.3.中層建物 (環境総合館)

環境総合館の各観測点 (RF,1F,地盤) の加速度フーリエスペクトル及び伝達関数を図 4 に示す。伝達関数では、東西南北方向それぞれで 2.7 Hz、2.3 Hz 付近にピークが現れている。減衰定数は東西南北方向で 1.3%、南北方向で 1.4%となっており、大きな差はないことが分かった。加速度フーリエスペクトルでは 0.3 Hz 付近に全観測点で明確なピークが現れており、この振動数では建物全体が一体となって揺れていることが分かる。

4.分析結果の利用

4.1.免震装置による応答特性の違い

半田市役所庁舎と分析を行ったその他 2 棟の免震建物の比較を行う。表 2、図 5 に免震建物 3 棟の免震装置と伝達関数を示す。減災館は半田市役所庁舎と比較して建物全体の固有振動数が上部構造の固有振動数と大きく離れている。建物全体の固有振動数における免震層の応答倍率は減災館のほうが大きく、なおかつ上部構造の応答倍率が小さい。減災館はほぼ弾性の免震性能を持つように設計されており、中小地震においてもその性能が発揮されやすいためと考えられる。A ビルは半田市役所庁舎同様、建物全体の固有振動数における免震層の応答倍率がほぼ 1 であり免震層での変形がほとんどないことが分かる。高減衰系積層ゴムが高い剛性を発揮していたと考えられる。

4.2.超高層建物の共振についての検討

金山南ビルの共振について、分析を行ったその他 2 棟の超高層建物と比較しつつ検討を行った。図 6 に超高層建物の周辺地盤の速度応答スペクトルと各建物の固有周期の関係を示す。金山南ビルでは、3.8 s 付近のスペクトルのピークと建物の固有周期が近接している。一方、スパイラルタワーはスペクトルの谷の位置で固有周期になっていることが分かる。大阪府咲洲庁舎では 6 s 付近のスペクトルのピークと固有周期が近接している。巨大地震では震源から放出される長周期成分が増えるため、金山南ビル、大阪府咲洲庁舎では応答が大きくなる可能性がある。

5.まとめ

2016 年三重県南東沖の地震の強震観測記録に基づき、各建物の応答特性を分析した。免震建物は中小地震では設計より短周期となり、免震装置の種類によって異なる応答特性を示すことが分かった。今回の地震の入力特性では、中低層建物は主に一次モードの揺れが支配的であり、超高層建物は高次モードの揺れも卓越していることが分かった。超高層建物では周辺地盤の速度応答スペクトルと観測記録から推定した建物の固有周期を用い、共振について検討を行い、巨大地震時に金山南ビル及び大阪府咲洲庁舎が共振する可能性が高いことを示した。

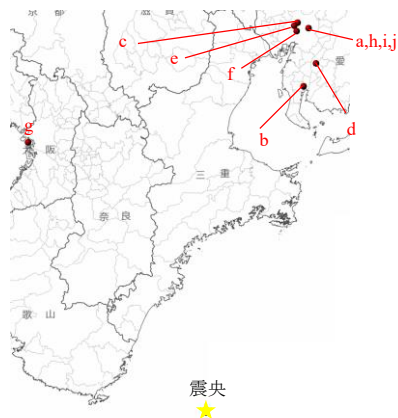


図1 建物の分布

表1 建物概要

建物種別	免震建物				超高層建物			中低層建物		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
階数[階]	地上 4 地下 -	5	6	15	36	31	55	7	10	6
高さ[m]	25.65	27.33	27	-	170	135	252	29.7	39.3	22.3
延床面積[m ²]	713	15,181	28,314	53,132	48,988	61,100	149,296	5,956	-	2,864
建築面積[m ²]	2,898	3,570	4,665	-	2,487	3,410	-	-	-	604
主要構造種別	RC	S	SRC	S	S	S	S	PCaPC	SRC	SRC
基礎種別	直接基礎	直接基礎	直接基礎	-	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎	杭基礎
震度	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
長周期地震動階級	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
固有振動数[Hz]	ew 1.2 ns 1.4	1.2	2.3	0.46	0.43	0.29	0.16	2.7	1.9	5.1
固有周期[s]	ew 0.8 ns 0.7	0.8	0.4	2.2	2.3	3.4	6.3	0.4	0.5	0.2
減衰定数[%]	ew 12 ns 17	6.6	1.0	2.8	1.2	2.8	6.2	1.3	1.9	2.1
		8.3	2.5	3.8	1.1	1.8	5.2	1.4	2.5	1.4

a:被災館 b:半田市役所庁舎 c:愛知県庁舎 d:Aビル e:スパイラルタワーズ f:金山南ビル
g:大阪府咲洲庁舎 h:環境総合館 i:工研研科新1号館 j:工研研科9号館西館

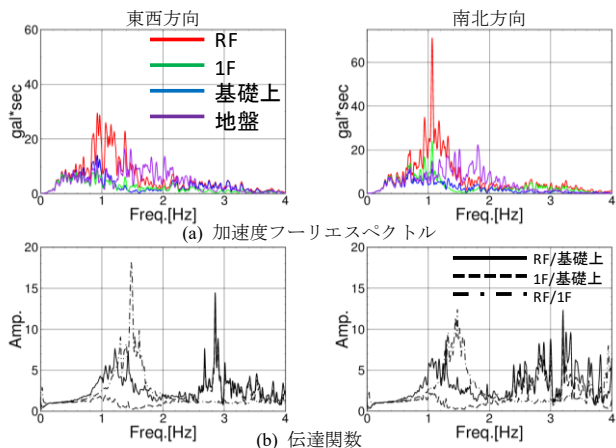


図2 半田市役所庁舎の加速度フーリエスペクトル及び伝達関数

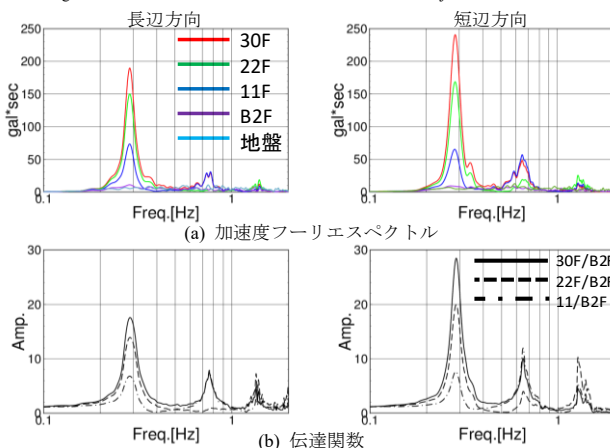


図3 金山南ビルの加速度フーリエスペクトル及び伝達関数
(※横軸対数表示)

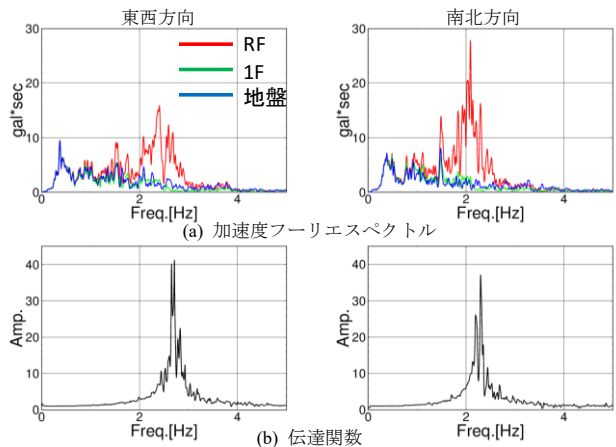


図4 環境総合館の加速度フーリエスペクトル及び伝達関数 (RF/1F)

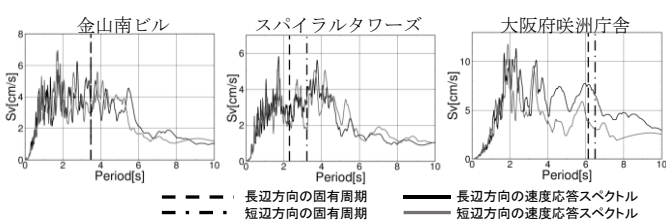


図6 超高層建物の周辺地盤の速度応答スペクトルと

各建物の固有周期との関係

表2 免震建物の免震部材

建物名称	半田市役所庁舎	被災館	Aビル
免震装置	天然ゴム系積層ゴム 鉛プラグ入り積層ゴム 直動転がり支承 オイルダンパー 接続型スイッチダンパー	天然ゴム系積層ゴム 直動転がり支承 オイルダンパー	高減衰系積層ゴム 弾性滑り支承

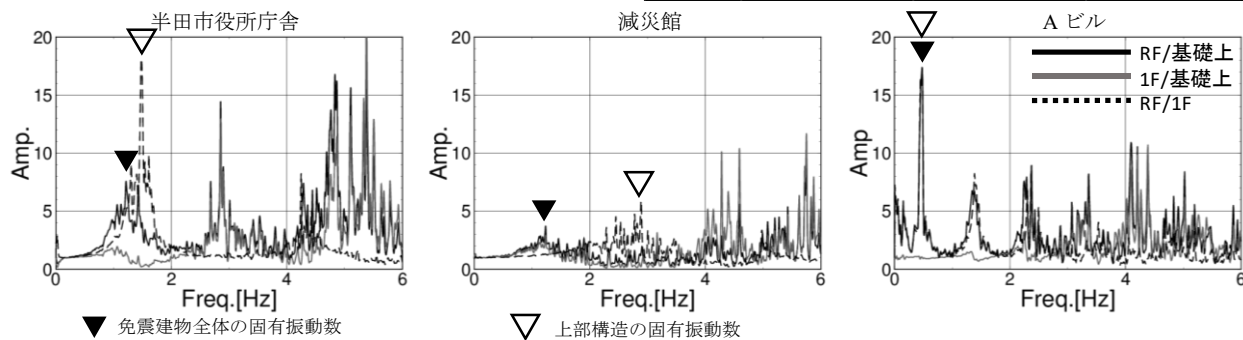


図5 免震建物3棟の伝達関数