

## 4.2 建築研究所の強震観測結果

### 4.2.1 強震観測結果の概要

東北地方太平洋沖地震において、建築研究所の強震観測網では、79 か所中 60 か所の強震計が作動した。建築研究所の強震観測網で得られた強震記録の最大加速度等を震央距離の近い順に表 4.2-1 に、強震記録が得られた観測地点の位置(●)を震央位置(★)とともに図 4.2-1 に示す。また関東地方の観測地点の位置を図 4.2-2 に示す。観測地点の位置の記号(○)は、震度によって色分けしている。震度は、地表に加速度計を有する観測地点ではその加速度記録から、地表に加速度計を有しない観測地点では建物内の地表に最も近い位置で得られた加速度記録から算出したものである。なお、塩竈市立玉川中学校(TAMA2)及び仙台市立宮城野小学校(MIYA2)では地盤に加速度計を設置しているが、地震直後の停電により 60 秒間の記録しか得られておらず、計測震度、最大加速度とも 60 秒間の記録から得られた参考値である。建築研究所の強震観測ネットワークの中では、震度に換算して、震度 6 弱の観測地点が 1 地点、震度 5 強の観測地点が 17 地点(TAMA2 と MIYA2 を含む)、震度 5 弱の観測地点が 17 地点となっている。なお、東北地方太平洋沖地震で得られた建築研究所の強震観測については建築研究資料 No. 135 で詳細に報告しており<sup>4.2-1)</sup>、本節はその抜粋版となっている。

4.2.2 項に、主な強震記録について、加速度波形、地盤あるいは建物基礎部の記録の減衰定数 5% の擬似速度応答スペクトル、建物の頂部と基礎部にセンサーがある場合は、頂部の記録の基礎部の記録に対するフーリエ振幅スペクトル比を示す。さらに地表に加速度計がある場合は建物基礎部の地表に対するフーリエ振幅スペクトル比を、免震建物などでは免震効果の確認のためのフーリエ振幅スペクトル比を追加している。加速度波形の描画時間を 300 秒間に統一しており、フーリエ振幅スペクトル比の算出も、その 300 秒間を用いて行っている。一方、擬似速度応答スペクトルはすべての記録時間を用いて算出している。また、フーリエ振幅スペクトル比は、幅 0.1Hz の Parzen Window によって平滑化したパワースペクトルから算出しており、横軸に振動数の逆数の周期を採って描画している。

各加速度計は、互いに直交する水平 2 成分と上下 1 成分の加速度を計測することができる。つまり、1 台の加速度計で 3 つの加速度記録が得られる。各加速度記録には、計測方向と加速度計の設置場所を表す記号を組み合わせたラベルを付している。例を挙げれば、“074-B1F” のような形式で、“074” が計測方向に、“B1F” が設置場所に対応する。この場合は、B1F(地下 1 階)に設置してある加速度計の N074°E(北から東回りに 074°の方位)方向の加速度記録となる。以下、ラベルの付け方を概説する。

建物の場合、加速度計は観測対象建物の軸に合わせて設置しているため、加速度計の設置方位は観測地点ごとに異なり、必ずしも東西南北とは一致しない。このため、計測方向は、水平成分の場合は方位を北から東回りの角度(単位は度)として 3 桁の数値で表し、上下成分の場合は“UP”と表記している。例えば、北は“000”、東は“090”、南は“180”、西は“270”となる。いずれも、その方向に加速度が生じたとき正の値が記録される。

加速度計の設置場所は最大 4 桁の記号で表され、建物内の場合は設置階を表す数値に“F”を加え、地下階の場合は頭に“B”を付す。例えば、“08F”は建物 8 階、“B2F”は建物の地下 2 階を表す。また、塔屋に加速度計が設置してある場合は 1 階からの通算階数で表す。例えば、7 階建ての建物の塔屋 1 階は“08F”となる。更に、同じ階に複数の加速度計を有する場合は、設置場所を区別する英字を適宜末尾に加える。例えば“8FE”と“8FW”があれば、8 階の東側と西側の加速度計となる。

地盤上(地表)に加速度計が設置されている場合は記号を“GL”とし、地中に加速度計が埋設されている場合は“G”に深さを表す数字を加えて表している。例えば、“G30”は地中深さ 30m に埋設された加速度計を表す。

なお、設置場所の表し方にはいくつか例外があり、その場合は表中の備考欄に説明を加えている。

表 4.2-1 強震記録一覧(1/4)

記号	観測地点	$\Delta$ (km)	$I_{JMA}$	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			備考
						H1	H2	V	
TAMA2	塩竈市立玉川中学校	164	5.0 <sup>#1</sup>	000°	GL*	257 <sup>#1</sup>	451 <sup>#1</sup>	172 <sup>#1</sup>	
MIYA2	仙台市立宮城野小学校	171	5.4 <sup>#1</sup>	000°	GL*	365 <sup>#1</sup>	270 <sup>#1</sup>	19 <sup>#1</sup> 3	
SND	仙台第2合同庁舎	175	5.2	074°	B2F*	163	259	147	
					15F	361	346	543	
THU	東北大学人間環境系研究棟	177	5.6	192°	01F*	333	330	257	
					09F	908	728	640	
MYK	宮古市庁舎	188	4.8	167°	01F	138	122	277	
					07F	246	197	359	
					GL*	174	174	240	
IWK	いわき市庁舎	210	5.3	180°	B1F*	175	176	147	
					09F	579	449	260	
TRO	鶴岡合同庁舎	275	3.9	182°	01F*	34	36	14	
					04F	37	39	15	
HCN2	八戸市庁舎別館 (免震)	292	5.2	164°	GL*	286	210	61	
					G30	86	89	49	地中 30 m
					G105	36	46	32	地中 105 m
					10F	120	123	206	
					01F	91	122	73	
HCN	八戸市庁舎本館	292	4.6	164°	B1F*	97	110	55	
					06F	348	335	78	
AKT	秋田県庁	299	4.3	087°	08F	175	192	44	
					B1F*	50	47	24	
NCTD	教員研修センター	330	5.4	350°	GL*	373	375	376	
					01FE	296	374	191	1階東
					08FE	798	593	263	8階東
ANX	建築研究所	330	5.3	180°	A01*	279	227	248	地表 A 点
					A89	142	153	102	地中 89 m
					BFE	194	191	136	新館 B1F
					8FE	597	506	344	新館 8F
					MBC	203	206	152	本館 B1F
					M8C	682	585	311	本館 8F
BRI	建築研究所地震観測研修棟	330	5.4	180°	01F*	281	273	165	
TKC	つくば市庁舎(免震)	334	5.2	004°	B1F*	327	233	122	
					01F	92	76	198	
					06F	126	91	243	
NIG	新潟市庁舎分館	335	3.9	061°	B1F*	28	40	14	
					07F	39	55	14	

注)  $\Delta$ : 震央距離,  $I_{JMA}$ : 計測震度(\*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度  
<sup>#1</sup> 停電のため記録が60秒間で終了しており、参考値。

表 4.2-1 強震記録一覧(2/4)

記号	観測地点	$\Delta$ (km)	$I_{JMA}$	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			備考
						H1	H2	V	
MTK	国土交通省下館河川事務所水海道出張所	344	5.3	090°	01F*	261	257	183	
HRH	弘前法務合同庁舎	346	3.4	195°	01F*	28	25	15	
TUS	東京理科大学野田キャンパス	357	5.1	000°	01F*	269	263	151	
YCY	八千代市庁舎新館	361	5.3	302°	B1F	140	135	92	
					GL*	312	306	171	
					07F	486	359	145	
NIT	日本工業大学	362	5.1	288°	GL*	230	197	79	
					01F	150	119	63	
					06F	283	322	131	
MST	三郷市庁舎	367	4.9	258°	01F	72	104	71	
					GL*	130	127	73	
					07F	219	190	106	
FNB	船橋市総合教育センター	368	4.7	357°	01F	144	147	63	
					GL*	133	145	105	
					08F	359	339	141	
CHB	千葉第2地方合同庁舎	369	4.9	346°	B1F	152	122	51	
					08F	375	283	117	
					GL*	168	175	100	
ICK	市川市行徳図書館	375	5.2	321°	01F*	164	163	71	
					02F	178	186	80	
					05F	240	300	104	
EDG	江戸川区庁舎	377	4.8	003°	01F*	112	112	69	
					05F	256	299	77	
ADC	足立地方合同庁舎	377	4.8	012°	01F*	118	103	71	
					04F	266	146	95	
SIT2	さいたま新都心合同庁舎2号館	378	4.4	340°	B3F*	74	63	42	
					10FS	119	138	62	10階南
					27FS	248	503	107	27階南
SITA	さいたま新都心合同庁舎厚生棟	378	4.5	313°	01F*	90	105	47	
TDS	戸田市庁舎	380	5.0	354°	GL*	203	206	53	
					B1F	140	173	65	
					08F	425	531	160	
AKB	北区赤羽会館	380	4.6	354°	B1F*	85	139	59	
					06F	180	250	86	
SMD	墨田区庁舎	380	4.3	000°	20F	385	290	81	
					08F	263	197	46	
					B1F*	69	66	34	

注)  $\Delta$ : 震央距離,  $I_{JMA}$ : 計測震度(\*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

表 4.2-1 強震記録一覧(3/4)

記号	観測地点	$\Delta$ (km)	$I_{JMA}$	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			備考
						H1	H2	V	
NMW	国立西洋美術館 (免震)	382	4.8	218°	GL*	265	194	150	
					B1FW	100	79	84	B1 階西
					01FW	76	89	87	1 階西
					04F	100	77	90	
UTK	東京大学工学部 11 号館	383	4.7	348°	7FN	181	212	58	7 階北
					7FS	201	360	160	7 階南
					01F	73	151	49	
					GL*	197	218	79	
TKD	コーシャタワー佃	385	4.4	180°	01F*	87	98	41	
					18F	118	141	64	
					37F	162	198	108	
CGC	中央合同庁舎 6 号館	386	4.4	208°	01F*	90	86	45	
					20B	208	148	173	B 棟 20F
					19C	179	133	130	C 棟 19F
CG2	中央合同庁舎 2 号館	386	4.2	208°	B4F*	75	71	49	
					13F	137	113	72	
					21F	121	131	104	
CG3	中央合同庁舎 3 号館 (免震)	386	4.5	208°	B2F*	104	91	58	
					B1F	55	41	62	
					12F	94	82	104	
NDLG	国立国会図書館地盤	387	5.0	345°	G35	72	71	51	
					G24	95	116	54	
					GL*	224	201	93	
NDLM	国立国会図書館本館	387	4.5	345°	01S*	70	94	60	書庫 1 層
					17S	458	489	111	書庫 17 層
NDLA	国立国会図書館新館	387	4.5	345°	B8F	61	88	53	
					B4F	68	101	56	
					01F*	76	104	84	
					04F	125	192	94	
NKN	東京法務局中野出張所	390	4.8	359°	06F	172	375	56	
					01F*	126	158	54	
TUF	東京海洋大学品川国際 交流会館	390	5.0	000°	01F	174	169	60	
					GL*	181	189	71	
					07F	316	223	66	
KDI	国土交通大学校	401	4.6	090°	03F	129	329	55	
					01F	110	136	53	
					GL*	167	143	50	
KWS	川崎南労働基準監督署	401	4.7	045°	01F*	107	77	30	
					02F	133	123	49	
					07F	366	304	76	
YKH	横浜第 2 合同庁舎	412	- <sup>#2</sup>	213°	23F	162	-	72	
					B2F	60	-	30	

注)  $\Delta$ : 震央距離,  $I_{JMA}$ : 計測震度(\*印のセンサーの 3 成分の加速度記録から気象庁の方法で算出), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平 1(設置方位), 水平 2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

<sup>#2</sup> N303°E(H2)成分の記録異常のため、算出せず。

表 4.2-1 強震記録一覧(4/4)

記号	観測地点	$\Delta$ (km)	$I_{JMA}$	設置 方位	位置	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			備考
						H1	H2	V	
NGN	長野県庁	444	2.7	157°	B1F*	8	7	8	
					11F	35	27	9	
HKD	北海道開発局函館開発建設部	447	3.5	180°	GL*	25	28	13	
HRO	広尾町役場	466	2.7	140°	01F*	17	20	8	
YMN	山梨県庁(免震)	468	3.9	006°	B1F	47	39	18	
					GL*	51	44	20	
					01F	37	52	20	
					08F	41	51	25	
SMS	静岡県下田総合庁舎	517	2.9	225°	GL*	12	19	10	
SMZ	清水合同庁舎	520	4.2	165°	01F*	28	40	15	
					11F	81	56	18	
KSO	長野県木曾合同庁舎	524	2.6	292°	B1F*	9	10	8	
					6F	32	31	10	
KGC	釧路合同庁舎(免震)	558	2.6	167°	GL*	12	14	6	
					G10	10	10	4	地中 10 m
					G34	5	5	3	地中 134 m
					B1F	8	12	4	
					01F	10	16	6	
					09F	16	19	12	
HKU	北海道大学工学部	567	2.7	172°	GL*	10	9	5	
ISK	石川県広坂庁舎	574	2.0	174°	05F	6	4	3	
					B2F*	5	4	3	
NGY	名古屋合同庁舎 1号館	623	3.2 <sup>#3</sup>	174°	GL*	8	15	-	
					B2F	9	14	7	
					12F	25	46	7	
MTS	三重県松阪庁舎	688	2.3	216°	07F	16	8	4	
					01F*	6	5	3	
MIZ	舞鶴市庁舎	726	0.9	085°	01F	1	2	2	
					05F*	1	1	2	
OSK	大阪合同庁舎 3号館	759	2.9	189°	18F	65	38	7	
					B3F*	11	9	5	
SKS	大阪府咲洲庁舎	770	3.0	229°	01F*	35	33	80	
					18F	41	38	61	
					38F	85	57	18	
					52FN	127	88	13	52階北
					52FS	129	85	12	52階南

注)  $\Delta$ : 震央距離,  $I_{JMA}$ : 計測震度(\*印のセンサーの3成分の加速度記録から気象庁の方法で算出), 設置方位: 北から東回りに測った方位, H1, H2, V: 水平1(設置方位), 水平2(設置方位に直交)及び鉛直方向の最大加速度

<sup>#3</sup> 地盤上(GL)の加速度計の上下(V)成分の記録異常(無信号)のため、地下2階(B2F)の加速度記録から算出

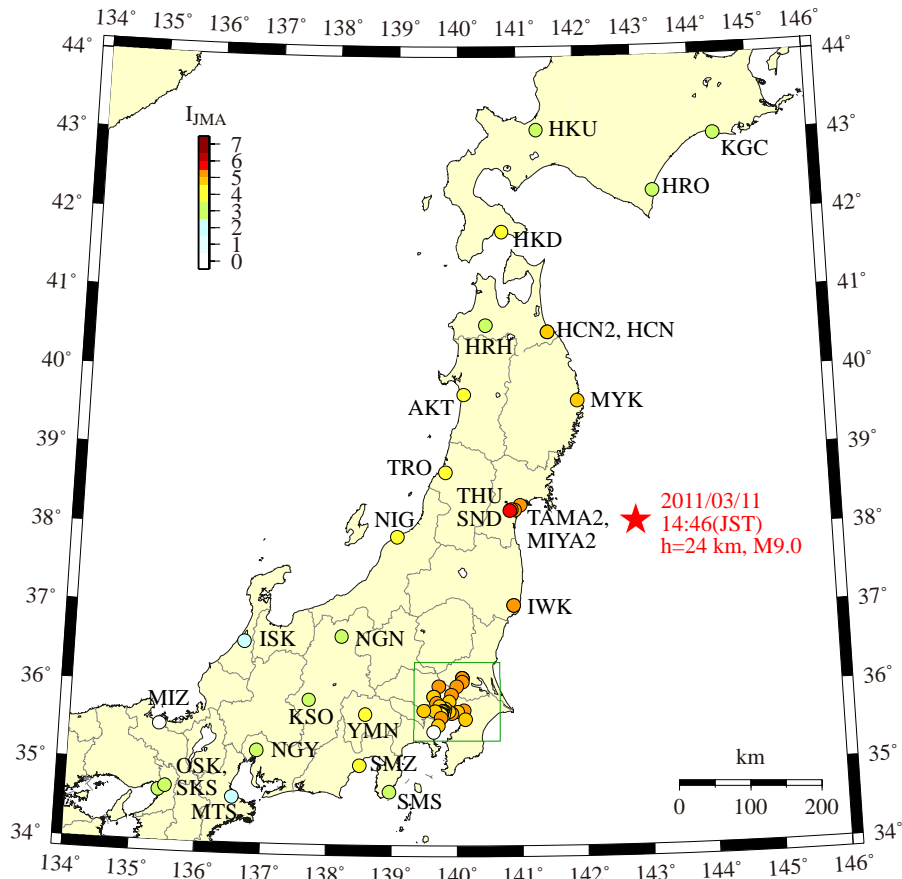


図 4.2-1 震央位置(★)と強震記録が得られた建築研究所の観測地点

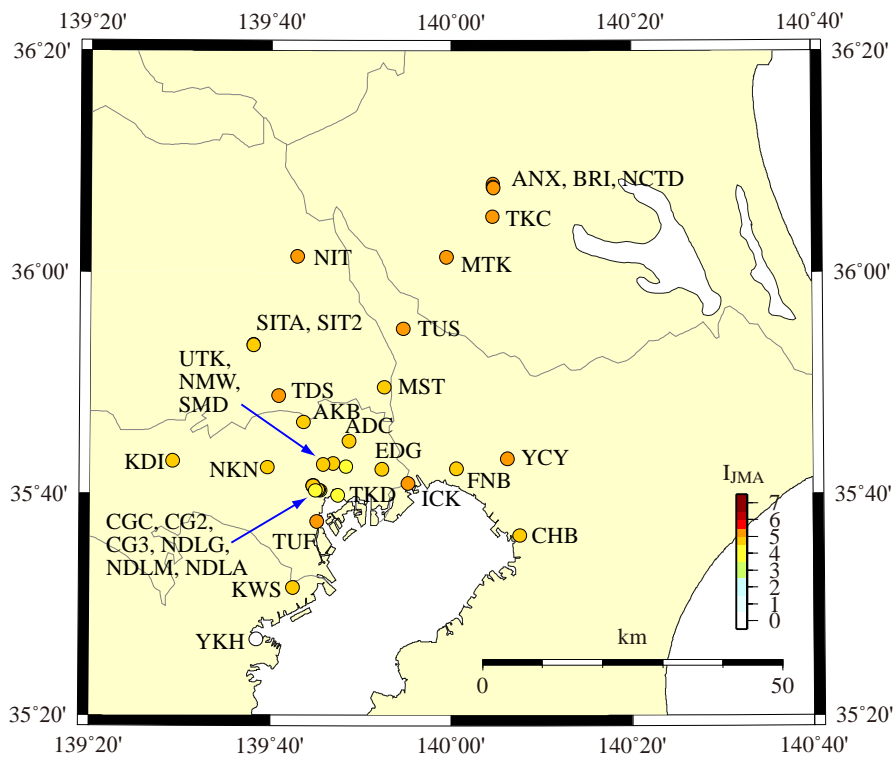


図 4.2-2 関東地方の強震記録が得られた観測地点(図 4.2-1 の緑色の四角の部分)

## 4.2.2 主な強震観測記録

### (1) 東北大学人間環境系研究棟 (THU) の強震記録

東北大学人間環境系研究棟は、仙台市青葉区の東北大学青葉山キャンパスに位置する、地上9階建ての鉄骨鉄筋コンクリート造建物である。この建物は東北地方太平洋沖地震で、連層耐震壁が曲げ破壊するなど大破した<sup>4.2-2)</sup>。強震計は、建物の1階と9階に設置してある。図4.2-3 および図4.2-4に、1階(01F)および9階(09F)で得られた加速度記録を示す。1階(01F)のN192°E成分の最大加速度は333 cm/s<sup>2</sup>となっており、1階(01F)の記録から算出した計測震度は5.6(震度6弱)であった。

1階(01F)の記録の減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルを図4.2-5に示す。実線がN192°E方向、破線がN282°E方向、点線がUP(上)方向に対応する。N192°E成分の擬似速度応答スペクトルは、周期1秒辺りピークが特徴的となっており、速度応答値は180 cm/sに達する。

図4.2-6は9階(09F)の1階(01F)に対するフーリエ振幅スペクトル比である。フーリエ振幅スペクトル比をみると、N192°E方向で1.3秒、N282°E方向で1.2秒に1次固有周期に対応するピークが現れるが、その形状には幅があり、建物が損傷を受け、地震の継続中に固有周期が変化した影響と考えられる。

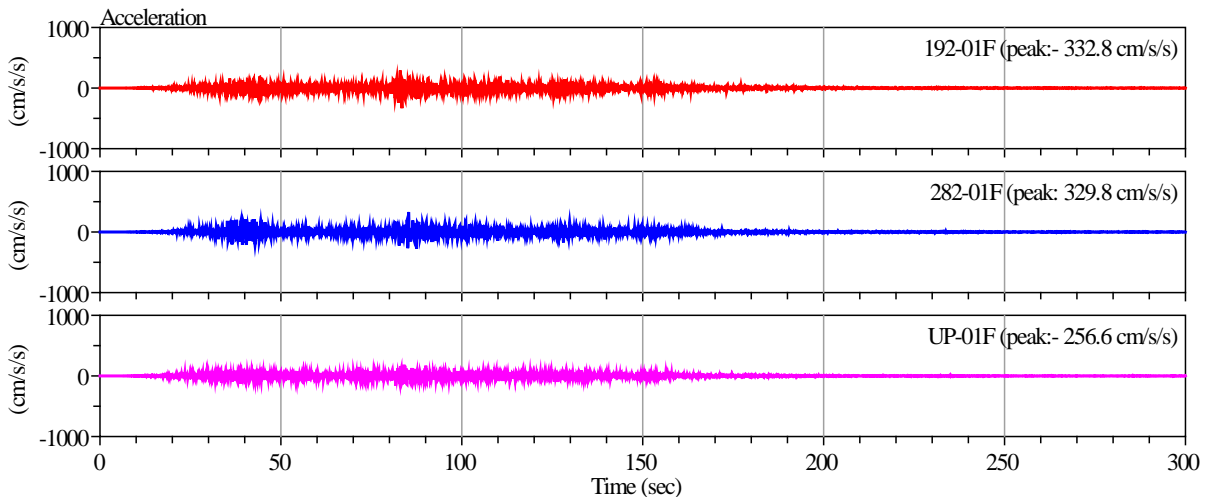


図 4.2-3 1階(01F)の加速度記録

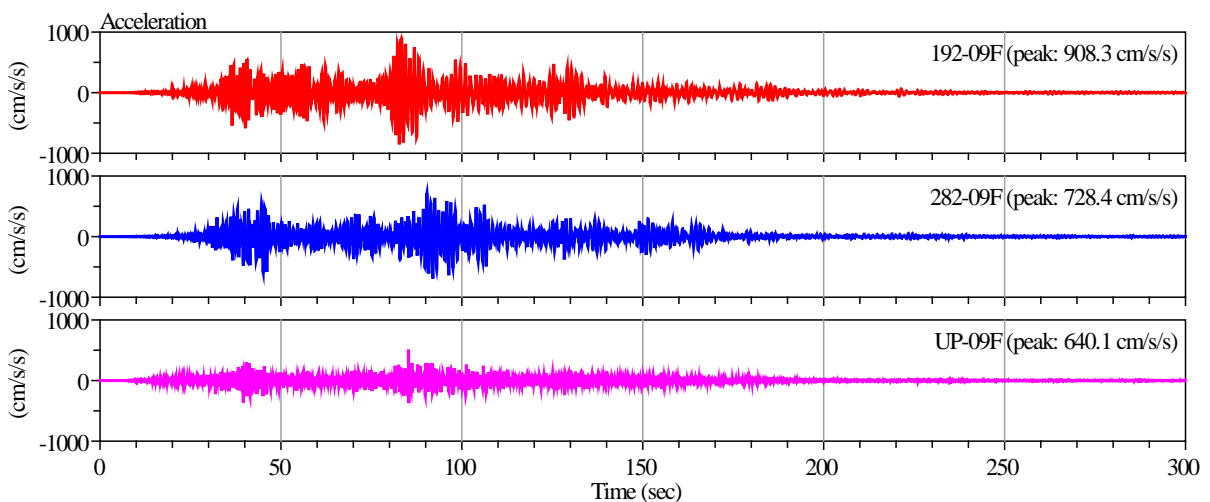


図 4.2-4 9階(09F)の加速度記録

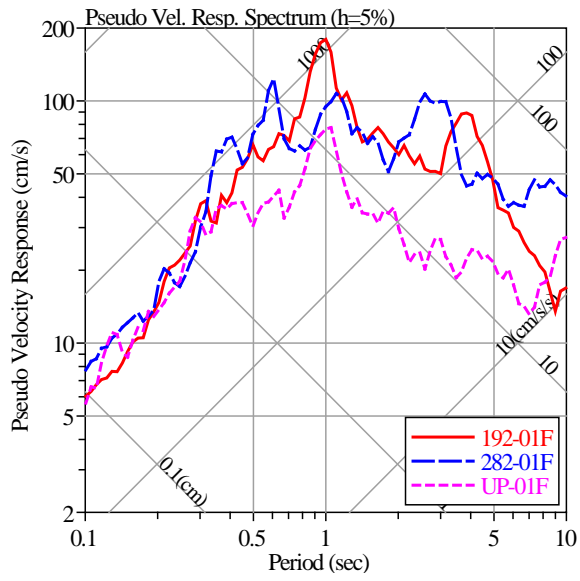


図 4.2-5 1 階(01F)の記録の擬似速度応答スペクトル(h=5%)

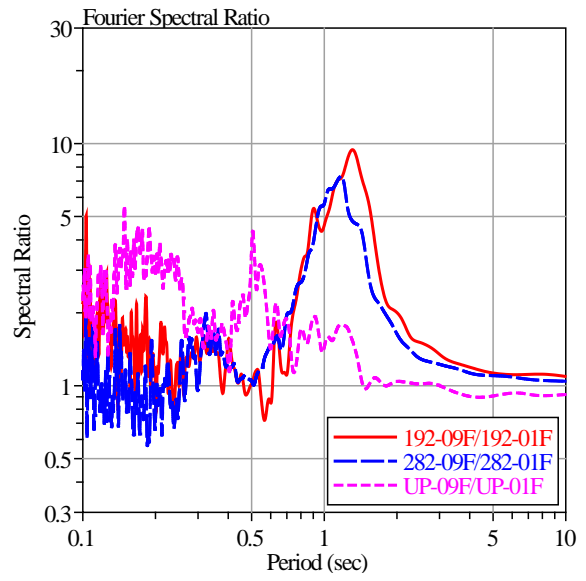


図 4.2-6 9階(09F)の1階(01F)に対するフーリエ振幅スペクトル比



## (2) いわき市庁舎 (IWK) の強震記録

いわき市庁舎は福島県いわき市に立地する、地上8階、地下1階の鉄骨鉄筋コンクリート造建物である。東北地方太平洋沖地震によって、この庁舎はコンクリート壁の亀裂や仕上げ材の損傷などの被害を受けた<sup>4.2-3)</sup>。強震計は、地下1階(B1F)と塔屋1階(09F)に設置してある。図4.2-7および図4.2-8に、地下1階(B1F)および塔屋1階(09F)で得られた加速度記録を示す。地下1階のN270°E方向の最大加速度は $176\text{ cm/s}^2$ となっており、地下1階(B1F)の記録から算出した計測震度は5.3(震度5強)であった。

図4.2-9に、地下1階(B1F)の記録の減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルを示す。実線がN180°E方向、破線がN270°E方向、点線がUP(上)方向に対応する。1秒から3秒の周期領域が優勢な形状をしており、応答速度の最大値は周期2秒付近で $100\text{ cm/s}$ を超えている。

塔屋1階(09F)の記録の地下1階(B1F)に対するフーリエ振幅スペクトル比を図4.2-10に示す。N180°E方向で0.88秒、N270°E方向で0.60秒に1次固有周期に対応するピークが表れており、低く幅の広い形状をしている。

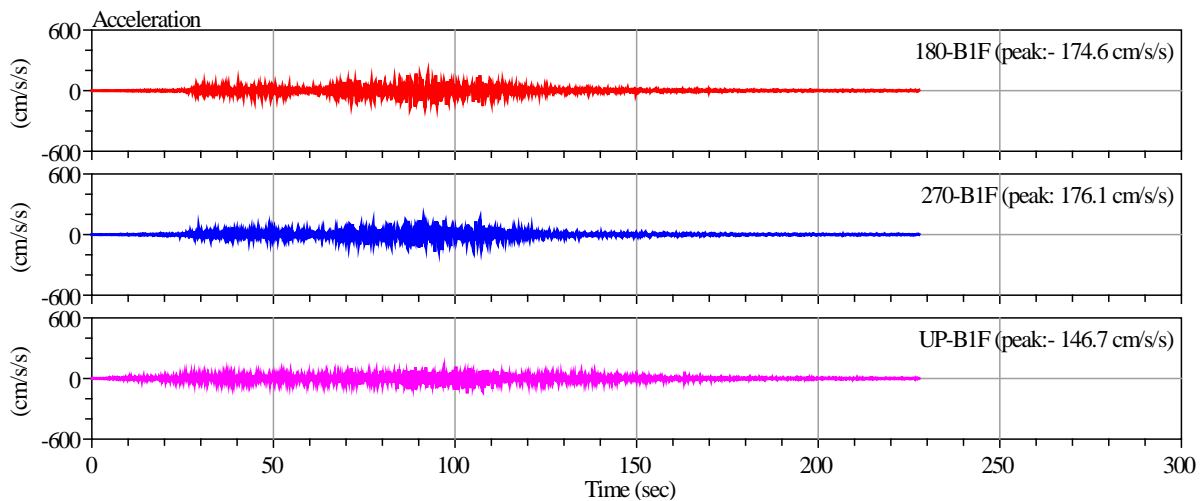


図4.2-7 地下1階(B1F)の加速度記録

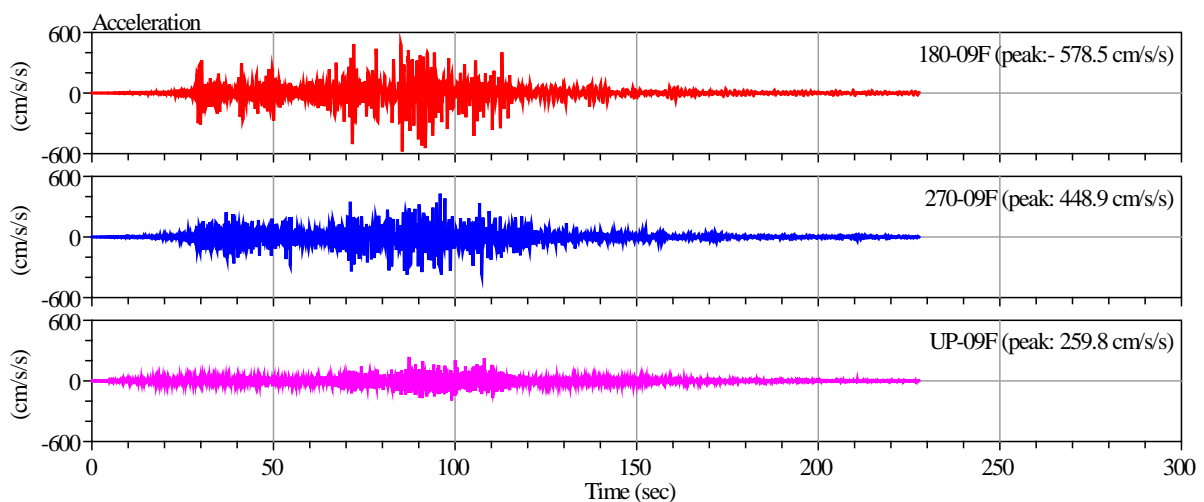


図4.2-8 塔屋1階(09F)の加速度記録

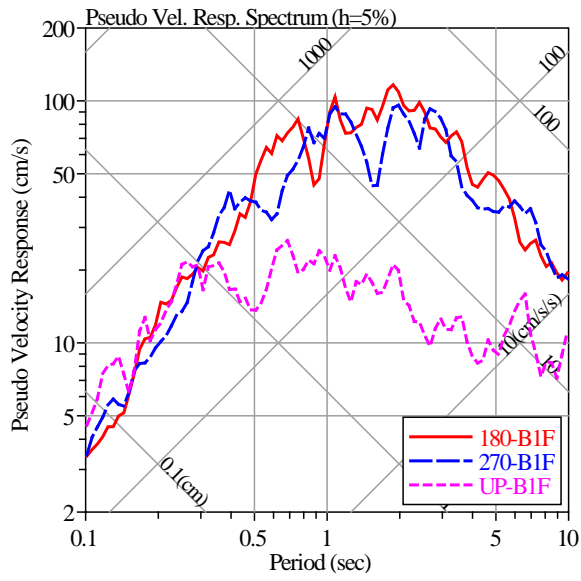


図 4.2-9 地下1階(B1F)の記録の擬似速度応答スペクトル(h=5%)

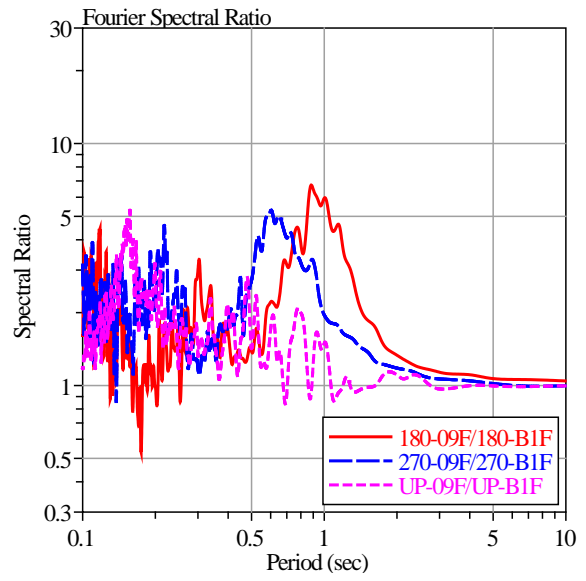


図 4.2-10 塔屋1階(09F)の地下1階(B1F)に対するフーリエ振幅スペクトル比

### (3) 八戸市庁舎別館 (HCN2) の強震記録

八戸市庁舎別館は、青森県八戸市にある、地上 10 階建ての鉄骨鉄筋コンクリート造の免震建物である。強震計は、地表 (GL)、地中深さ 30 m (G30)、地中深さ 105 m (G105)、建物の基礎 (免震層の下側、B1F)、1 階床梁下 (免震層の上側、01F)、および 10 階 (10F) に計 6 台が設置してある<sup>4.2-4)</sup>。図 4.2-11 から図 4.2-14 に地表 (GL)、建物基礎 (B1F)、1 階 (01F)、および 10 階 (10F) で得られた加速度記録を示す。地表 (GL) の水平方向の N164°E 方向で 286 cm/s<sup>2</sup>、N254°E 方向で 210 cm/s<sup>2</sup> であるのに対し、建物基礎 (B1F) ではそれぞれ 61 cm/s<sup>2</sup> および 100 cm/s<sup>2</sup> と 1/5 から 1/2 に大きく減少しており、入力地震動の損失効果が表れている。地表 (GL) の記録から算出した計測震度は 5.2 (震度 5 強) であった。

図 4.2-15 に、地表 (GL) と基礎 (B1F) の記録の減衰定数 5% の擬似速度応答スペクトルを示す。太線が地表 (GL) に、細線が 1 階 (01F) に対応し、実線が N164°E 方向、破線が N254°E 方向、点線が UP (上) 方向を表す。両者の擬似速度応答スペクトルは、周期 0.8 秒から 0.9 秒に共通のピークを有しており、地表 (GL) の速度応答値は 100 cm/s 近くに達する。しかしながら、基礎 (B1F) の擬似速度応答スペクトルは、1.5 秒以下の周期領域で地表 (GL) を下回り、0.4 秒前後の周期領域の差が特に顕著である。

図 4.2-16 に、基礎 (B1F) の記録の地表 (GL) に対するフーリエ振幅スペクトル比を示す。水平方向のスペクトル比は 0.4 秒から 0.5 秒の間に深い谷が表れている。

図 4.2-17 は 1 階 (01F) の基礎 (B1F) に対するフーリエスペクトル比で、免震層の上下の記録を比較したものである。1 秒から 4 秒の間が若干盛り上がり、0.5 秒から 1 秒の周期領域が谷となっている。

図 4.2-18 は 10 階 (10F) の 1 階 (01F) に対するフーリエスペクトル比で、上部構造の特性を反映したものである。0.7 秒辺りにピークが表れ、上部構造の 1 次固有周期と判断できる。図 4.2-19 は 10 階 (10F) の基礎 (B1F) に対するフーリエスペクトル比で、免震建物として全体の特性を見たものである。0.7 秒から 0.9 秒の周期に緩やかなピークがあり、全体系の 1 次固有振動と考えられる。

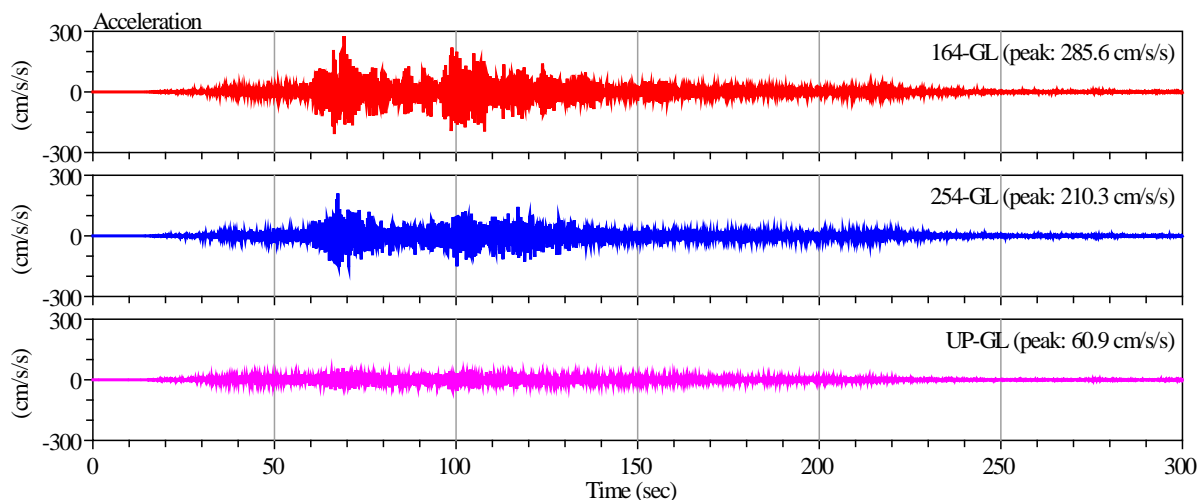


図 4.2-11 地表 (GL) の加速度記録

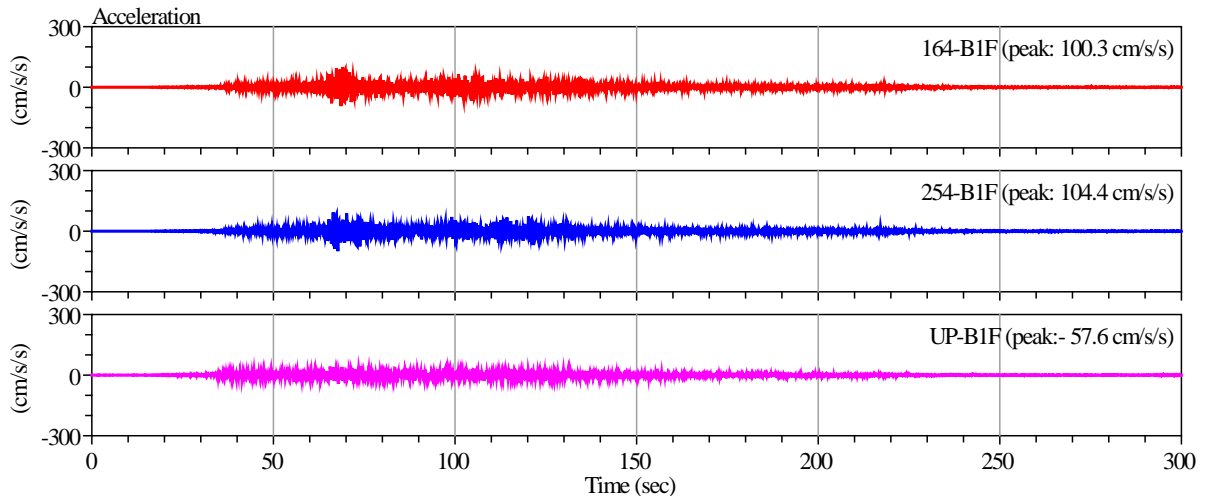


図 4.2-12 基礎上(B1F)の加速度記録

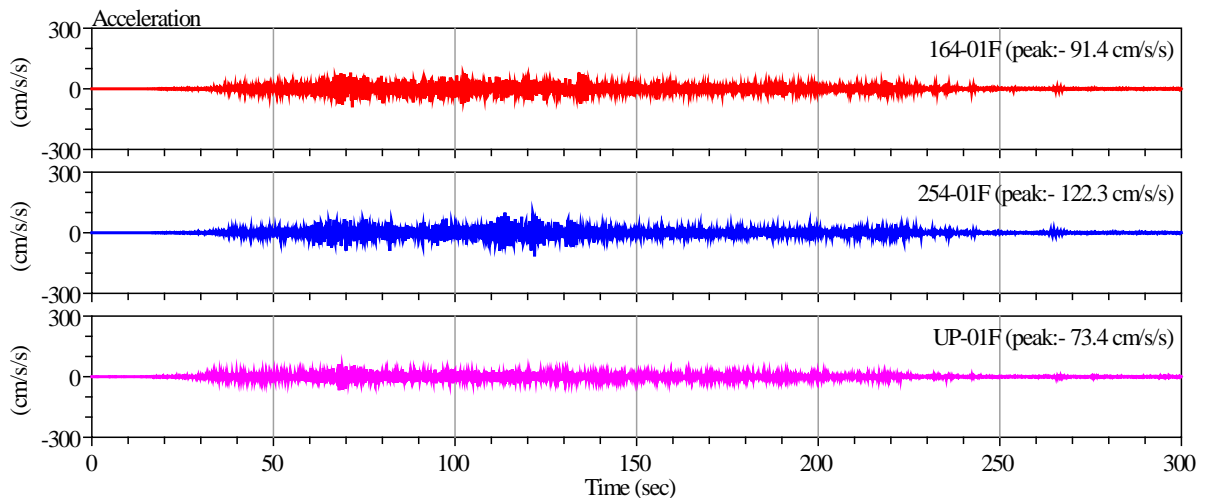


図 4.2-13 1階(01F)の加速度記録

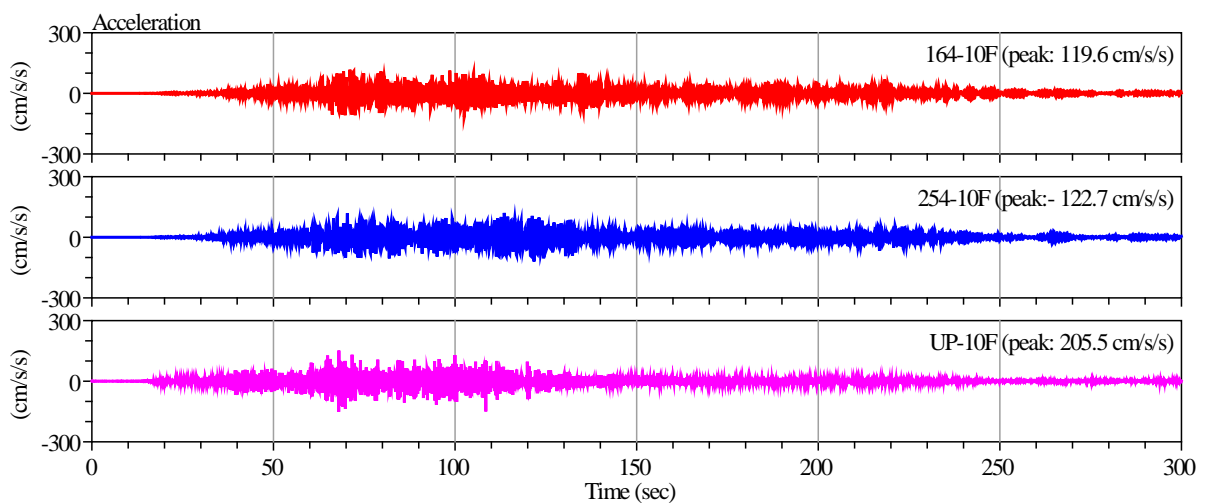


図 4.2-14 10階(10F)の加速度記録

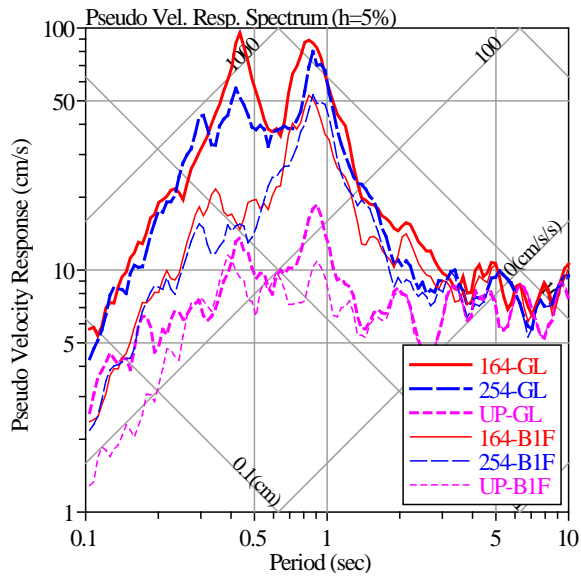


図 4.2-15 地表(GL)と基礎上(B1F)の記録の擬似速度応答スペクトル(h=5%)

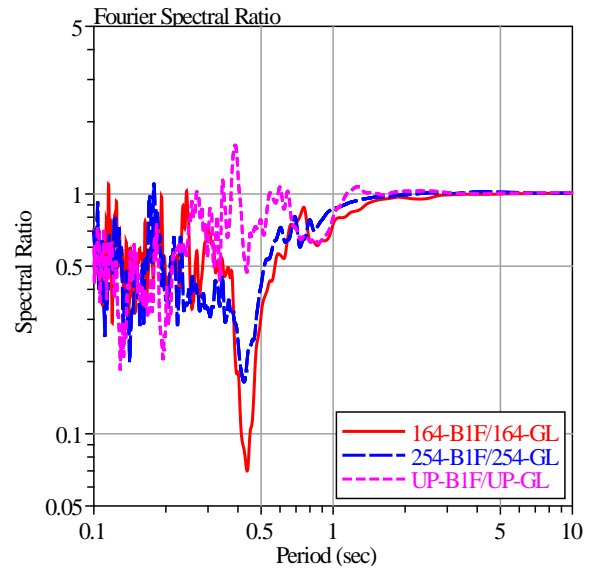


図 4.2-16 基礎上(B1F)の地表(GL)に対するフーリエ振幅スペクトル比

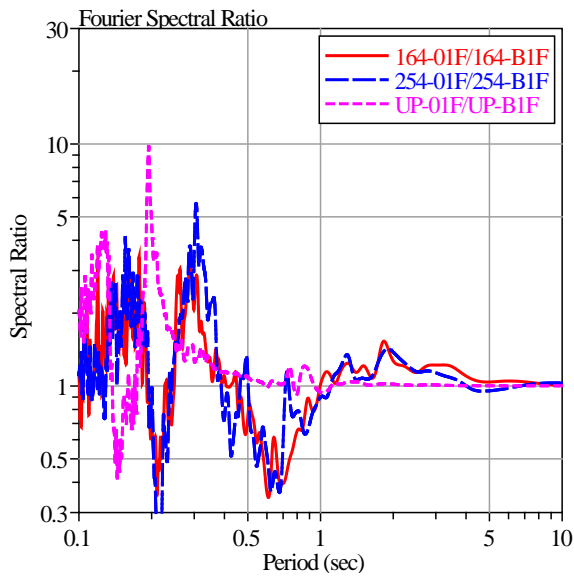


図 4.2-17 1階(01F)の基礎上(B1F)に対するフーリエスペクトル比

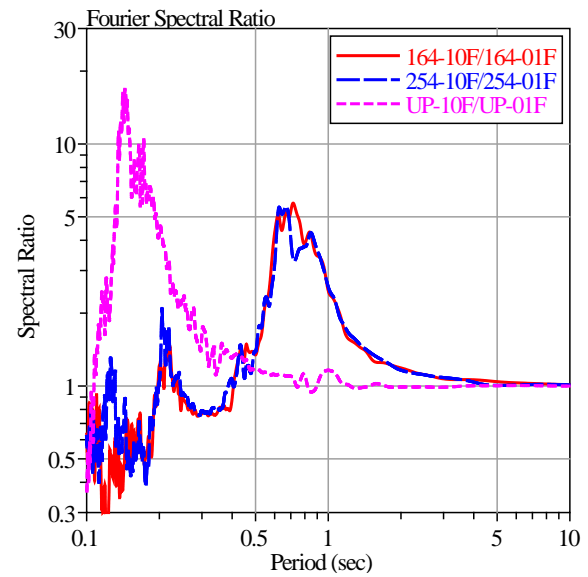


図 4.2-18 10階(10F)の1階(01F)に対するフーリエスペクトル比

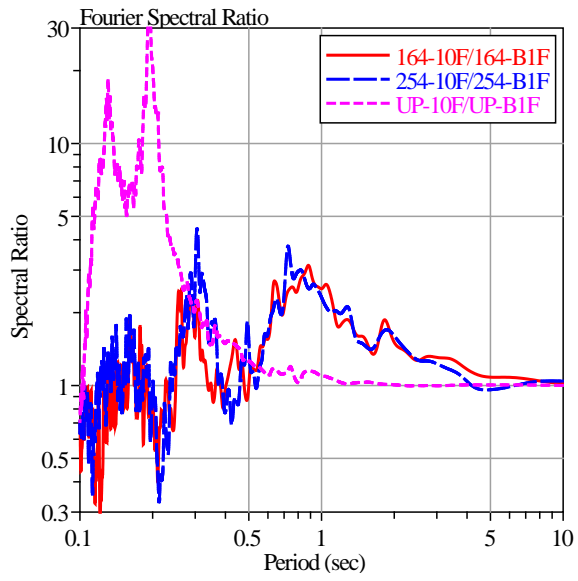


図 4. 2-19 10 階 (10F) の基礎 (B1F) に対するフーリエスペクトル比

#### (4) 建築研究所 (ANX) の強震記録

茨城県つくば市の建築研究所での強震観測は、管理研究本館(以下本館と呼ぶ)と都市防災研究センター棟(以下新館と呼ぶ)の2棟の建物と敷地地盤を対象としている。本館は地上7階、地下1階の鉄骨鉄筋コンクリート造、新館は地上8階、地下1階の鉄骨鉄筋コンクリート造建物で、エキスパンションジョイントを有する渡り廊下で接続されている。東北地方太平洋沖地震では、新館・本館とも、コンクリート壁の亀裂や、仕上げ材の亀裂や損傷、渡り廊下の天井材の落下など、非構造部材を中心に少なからぬ損傷を受けている<sup>4.2-5)</sup>。強震計は、地盤上と地中に7台、新館建物内に11台、本館建物内に4台、設置してある。図4.2-20から図4.2-22に地表(A01)、新館地下1階(BFE)、および新館8階(8FE)で得られた加速度記録を示す。地表(A01)の水平方向の最大加速度はN180°E方向で279 cm/s<sup>2</sup>となっており、地下1階(BFE)のN180°E方向では194 cm/s<sup>2</sup>と地表に比べ7割ほどに減少している。地表の記録から算出した計測震度は5.3(震度5強)であった。

図4.2-23に、地表(A01)と地下1階(BFE)の記録の減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルを示す。太線が地表(GL)に、細線が地下1階(BFE)に対応し、実線がN180°E方向、破線がN270°E方向、点線がUP(上)方向を表す。擬似速度応答スペクトルは、やはり周期1.3秒と3秒に顕著なピークを有しており、周期1.3秒の応答速度は両水平方向で100 cm/sを超えている。また3秒のピークはN270°E方向で特に顕著で、応答速度はやはり100 cm/sを超える。

地下1階(BFE)の地表(A01)に対するフーリエ振幅スペクトル比を図4.2-24に示す。0.8秒より低い周期領域で、スペクトル比は緩やかに低下しており、地表に比べて地下1階で地震動入力が減衰している様子が窺える。

図4.2-25および図4.2-26に、8階(8FE)の記録の地表(A01)および地下1階(BFE)に対するフーリエ振幅スペクトル比を示す。8階(8FE)/地表(A01)の1次のピークの高さは、8階(8FE)/地下1階(BFE)より若干低くなっているが、その周期はほとんど変わらない。この場合、地盤と建物の相互作用の影響は、大きくないと考えられる。

なお、新館と本館をつなぐエキスパンションジョイント部の挙動については、余震観測によって詳細な検討を行っており、その結果は4.3.1項で述べる。

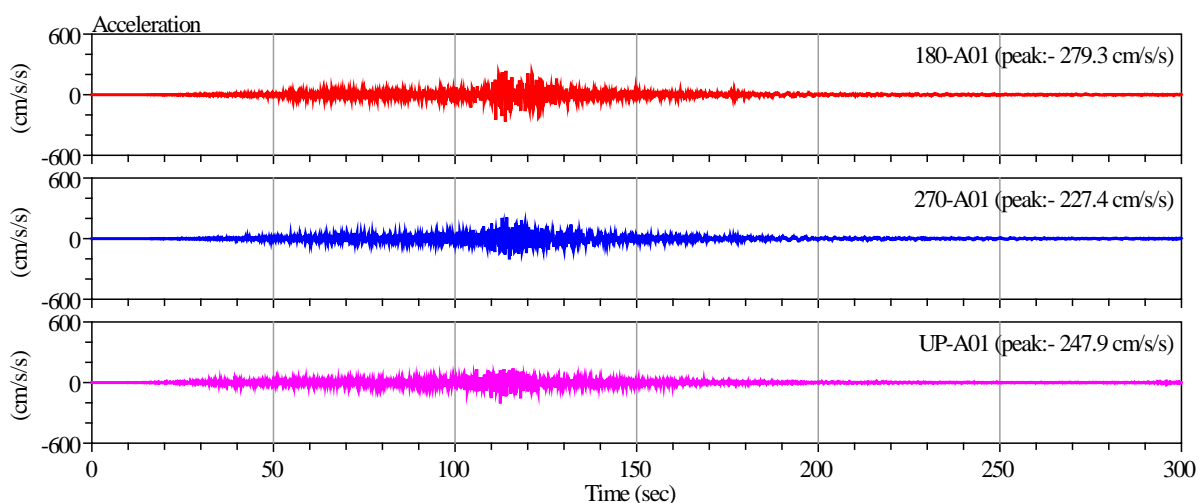


図4.2-20 地表(A01)の加速度記録

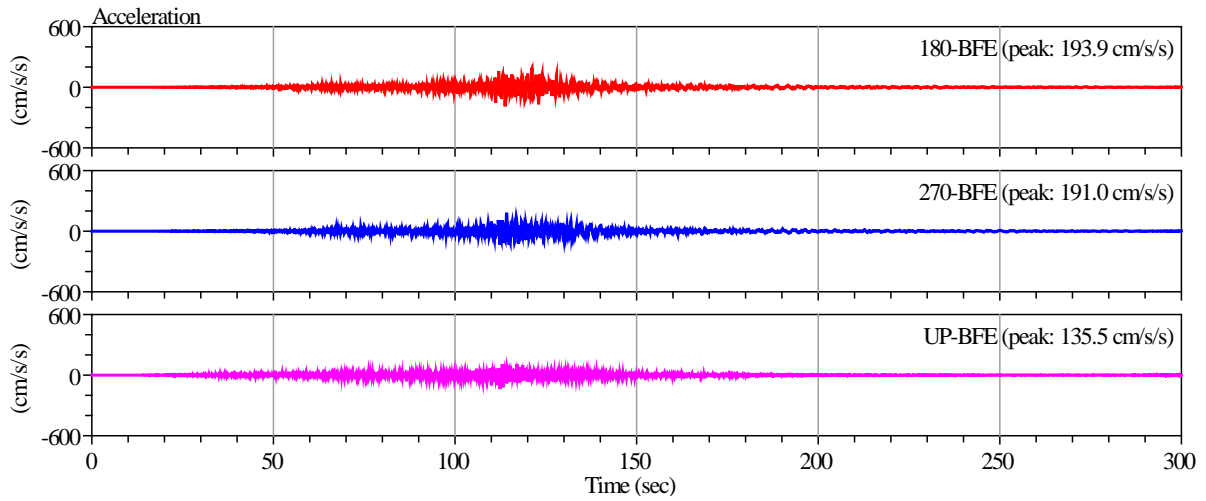


図 4.2-21 地下 1 階 (BFE) の加速度記録

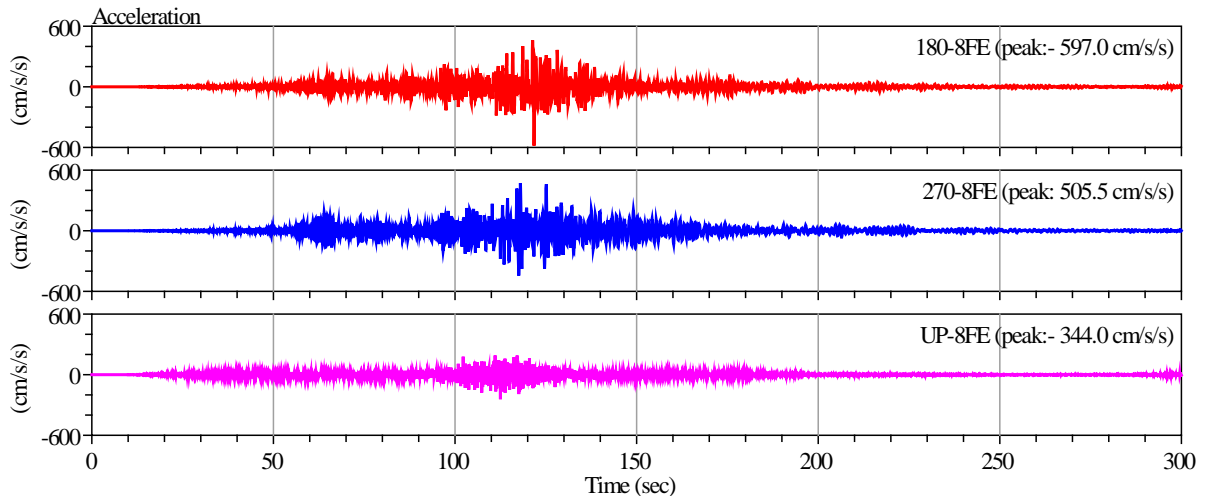


図 4.2-22 8 階 (8FE) の加速度記録

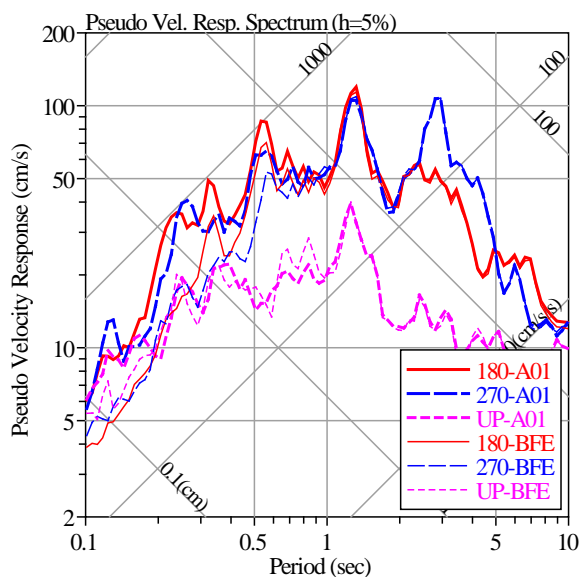


図 4.2-23 地表 (A01) と地下 1 階 (BFE) の記録の擬似速度応答スペクトル ( $h=5\%$ )

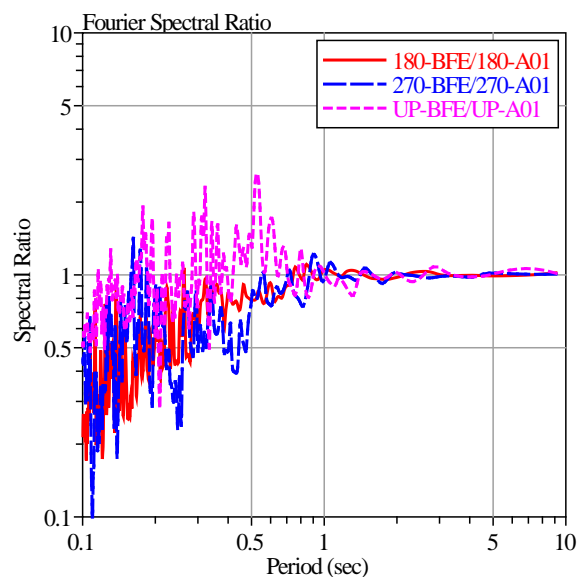


図 4.2-24 地下 1 階 (BFE) の地表 (A01) に対するフーリエ振幅スペクトル比



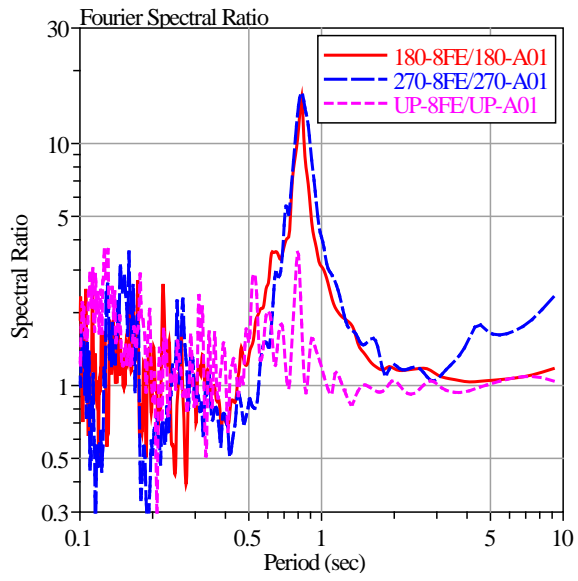


図 4.2-25 8階(8FE)の地表(GL)に対するフーリエ振幅スペクトル比

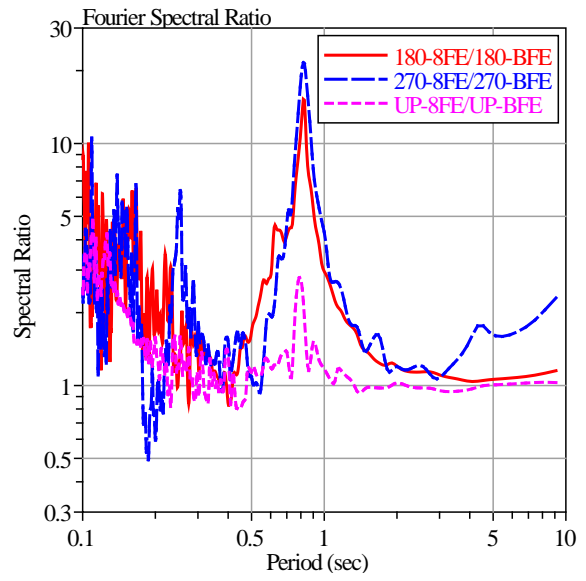


図 4.2-26 8階(8FE)の地下1階(BFE)に対するフーリエ振幅スペクトル比

### (5) つくば市庁舎 (TKC) の強震記録

つくば市庁舎は、茨城県つくば市に建つ、地上7階建てのプレキャストプレストレストコンクリート造の免震建物である。強震計は、建物基礎(免震層下部、B1F)、1階(免震層上部、01F)、および6階(06F)に、計3台が設置してある。図4.2-27から図4.2-29に、基礎( B1F)、1階(01F)、および6階(06F)で得られた加速度記録を示す。基礎( B1F)の記録から算出した計測震度は5.2(震度5強)であった。

図4.2-30に、基礎( B1F)の記録の減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルを示す。実線がN004°E方向、破線がN094°E方向、点線がUP(上)方向に対応する。3.5秒辺りの周期にピークが表れ、また、0.5秒から1.5秒の周期領域で応答速度が50 cm/sを超えている。同じつくば市内の、教員研修センターや建築研究所の記録とは少々様相が異なる。

図4.2-31は1階(01F)の基礎( B1F)に対するフーリエスペクトル比で、免震層の上下の記録を比較したものである。2秒辺りで若干盛り上がり、0.5秒付近が深い谷となっている。図4.2-32は6階(06F)の1階(01F)に対するフーリエスペクトル比で、上部構造の特性を反映したものである。0.45秒辺りに両方向とも明瞭なピークを有し、上部構造の1次固有周期と判断できる。図4.2-33は6階(06F)の基礎( B1F)に対するフーリエスペクトル比で、免震建物として全体の特性を見たものである。2秒前後に周期に緩やかな山があり、全体系の1次固有振動と考えられる。上部構造の応答はほとんど増幅されていない。

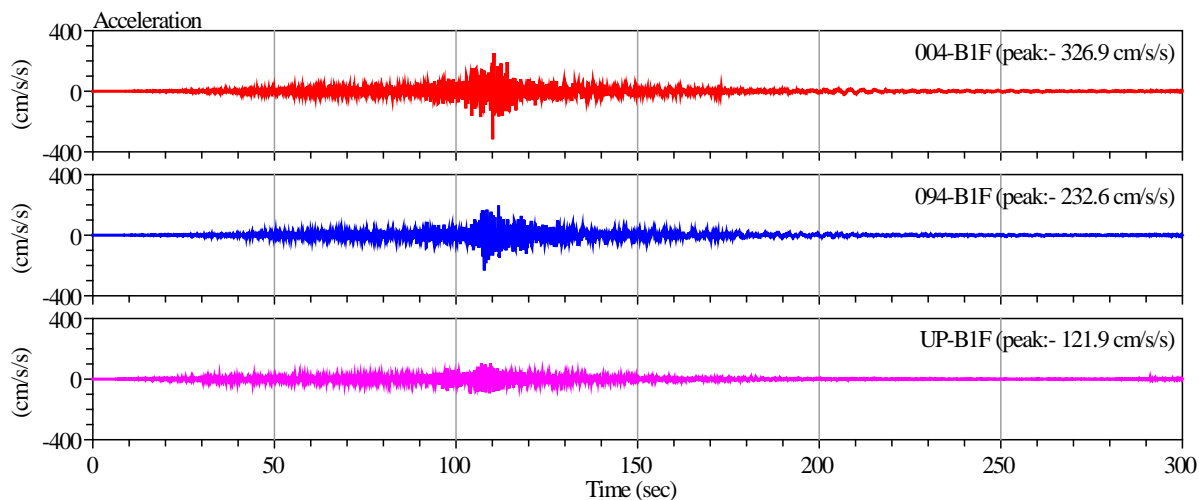


図4.2-27 基礎( B1F)の加速度記録

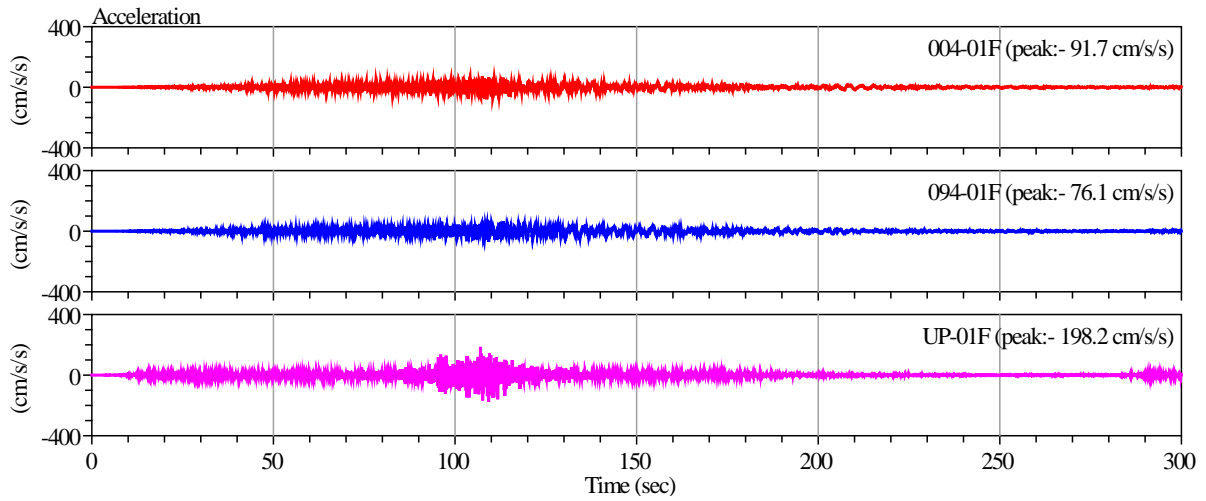


図 4.2-28 1 階(01F)の加速度記録

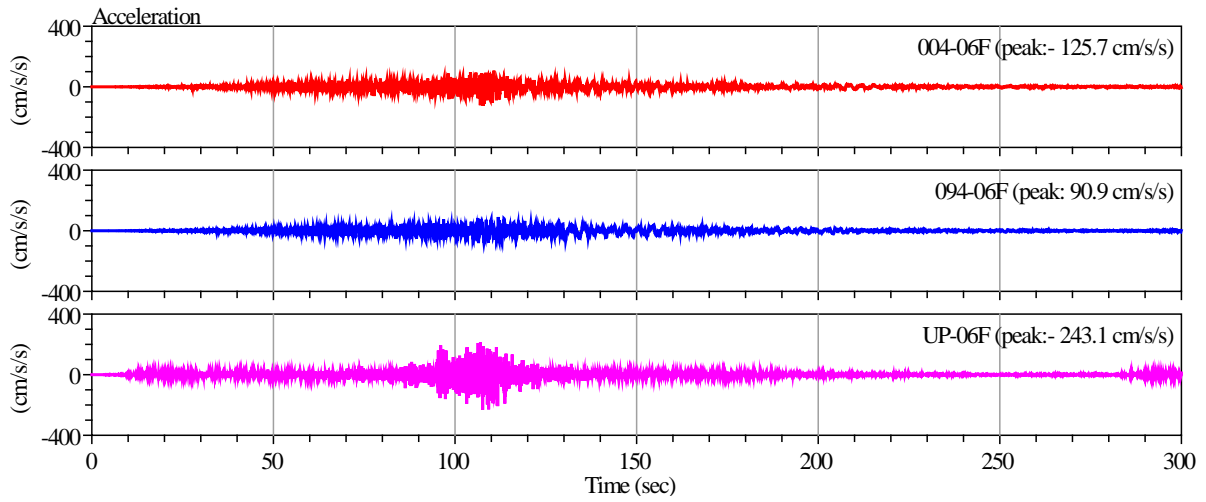


図 4.2-29 6 階(06F)の加速度記録

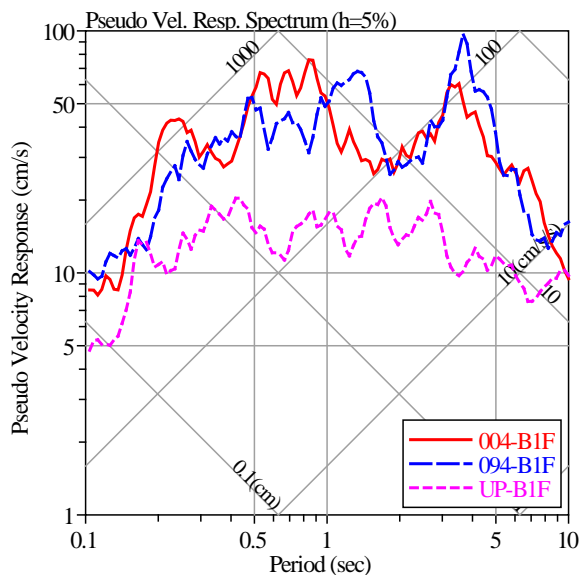


図 4.2-30 基礎上(B1F)の記録の擬似速度応答スペクトル(h=5%)

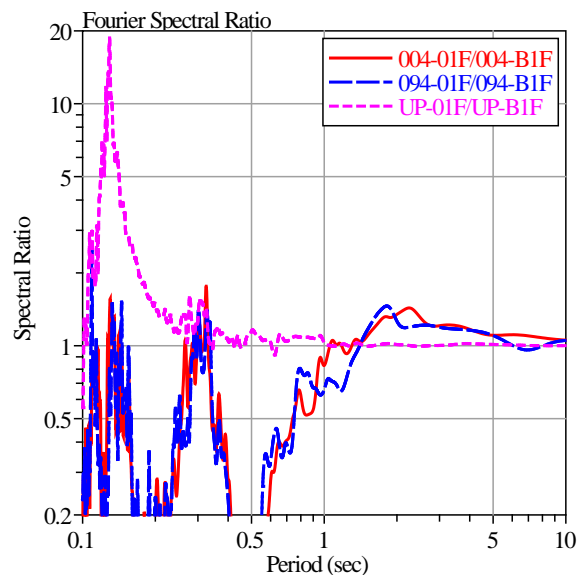


図 4.2-31 1 階(01F)の基礎上(B1F)に対するフーリエスペクトル比

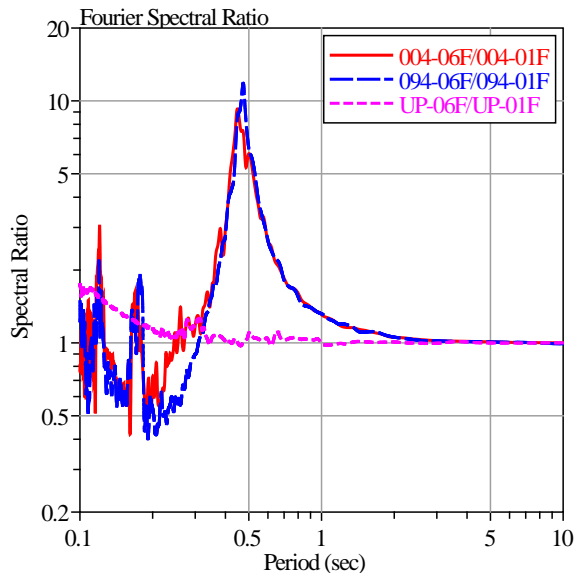


図 4.2-32 6階(06F)の1階(01F)に対するフーリエスペクトル比

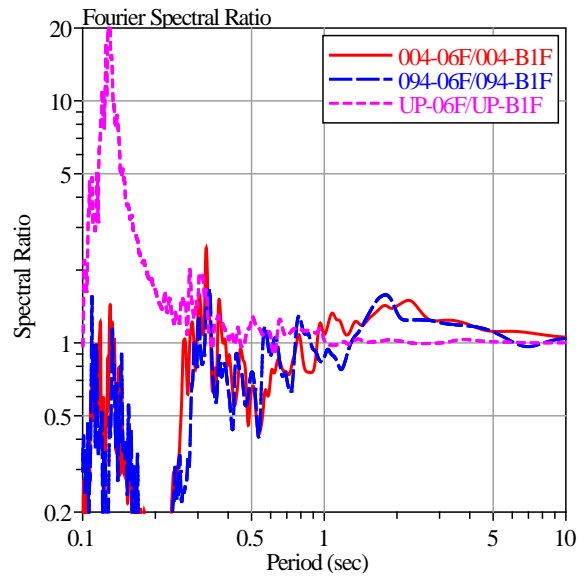


図 4.2-33 6階(06F)の基礎上(B1F)に対するフーリエスペクトル比

## (6) 八千代市庁舎新館 (YCY) の強震記録

千葉県八千代市の八千代市庁舎新館は、地上 6 階地下 1 階の鉄筋コンクリート造建物である。強震計は、地表 (GL)、建物の地下 1 階 (B1F)、および塔屋 1 階 (07F) に設置してある<sup>4.2-6)</sup>。図 4.2-34 から図 4.2-36 に地表 (GL)、地下 1 階 (B1F)、および塔屋 1 階 (07F) で得られた加速度記録を示す。地表 (GL) の水平方向で  $279 \text{ cm/s}^2$  を超えていた最大加速度は、建物地下 1 階 (B1F) では半分以下に減少している。地表 (GL) の記録から算出した計測震度は 5.3 (震度 5 強) であった。

図 4.2-37 に、地表 (GL) と建物地下 1 階 (B1F) の記録の減衰定数 5% の擬似速度応答スペクトルを示す。太線が地表 (GL) に、細線が地下 1 階 (B1F) に対応し、実線が N302°E 方向、破線が N032°E 方向、点線が UP (上) 方向を表す。擬似速度応答スペクトルは、多少の起伏あるものの、0.3 秒より長い周期領域で比較的平坦な形状をしている。N032°E 方向の擬似速度応答スペクトルは、周期 0.35 秒で最大となり、速度応答値は  $80 \text{ cm/s}$  を超えている。

地下 1 階 (B1F) の地表 (GL) に対するフーリエ振幅スペクトル比を図 4.2-38 に示す。0.5 秒より長い周期領域ではスペクトル比は概ね 1 となっているが、0.5 秒より短い周期領域ではスペクトル比は急激に低下し、地震動入力の低減効果が窺える。

図 4.2-39 および図 4.2-40 に、塔屋 1 階 (07F) の記録の地表 (GL) および地下 1 階 (B1F) に対するフーリエ振幅スペクトル比を示す。0.5 秒から 0.6 秒の周期に、1 次固有振動は表れているが、ピークの形状は幅を持ち、地震の間の振動特性の変動が疑われる。

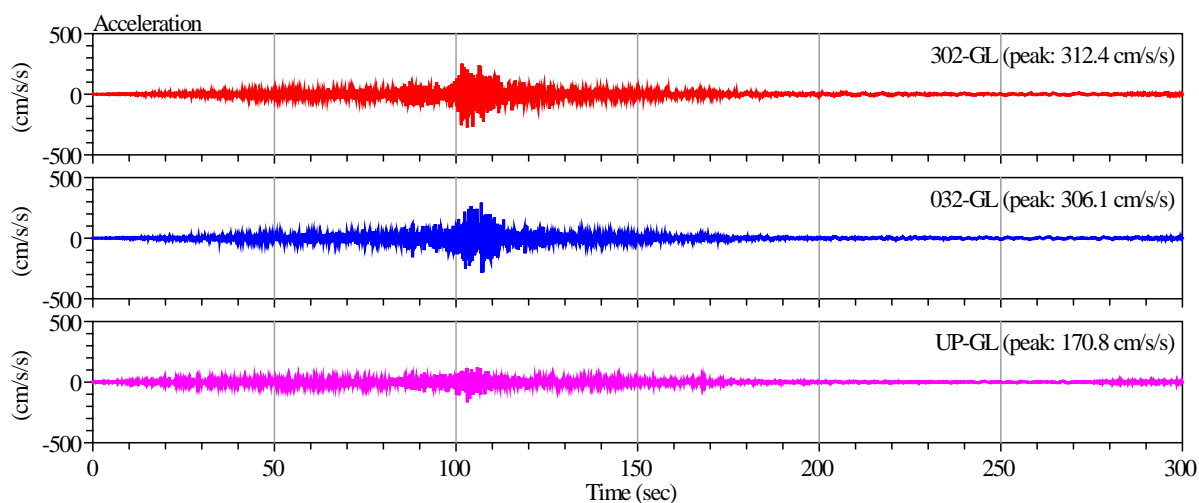


図 4.2-34 地表 (GL) の加速度記録

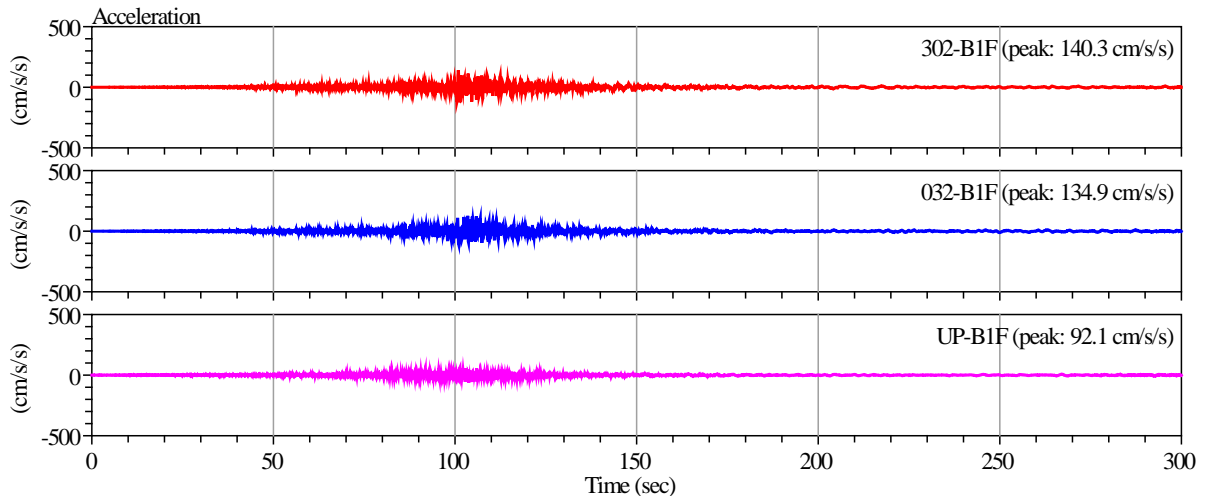


図 4.2-35 地下1階(B1F)の加速度記録

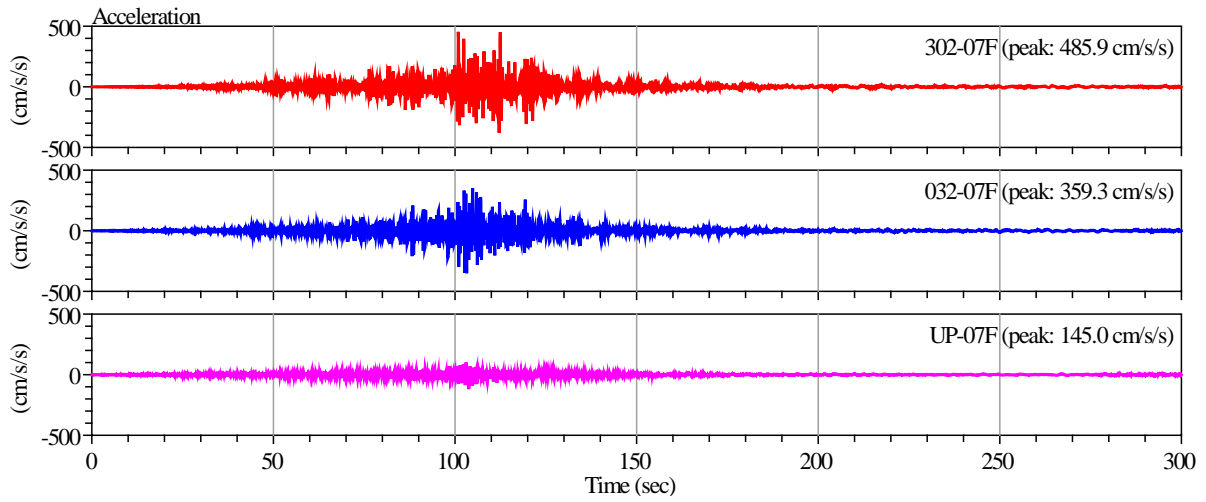


図 4.2-36 塔屋1階(07F)の加速度記録

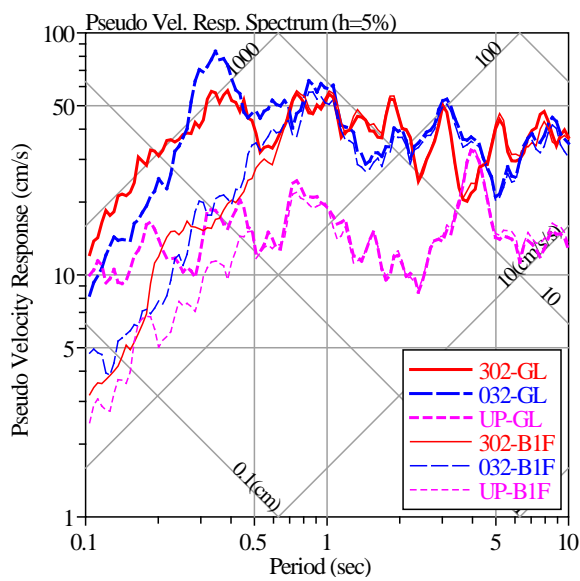


図 4.2-37 地表(GL)と地下1階(B1F)の記録の擬似速度応答スペクトル(h=5%)

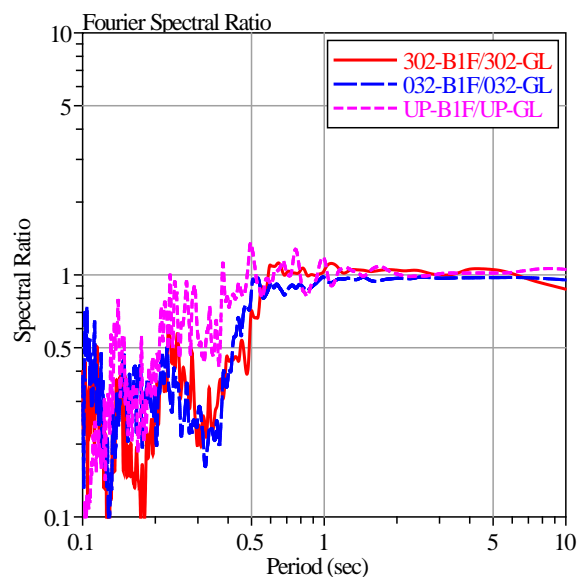


図 4.2-38 地下1階(B1F)の地表(GL)に対するフーリエ振幅スペクトル比

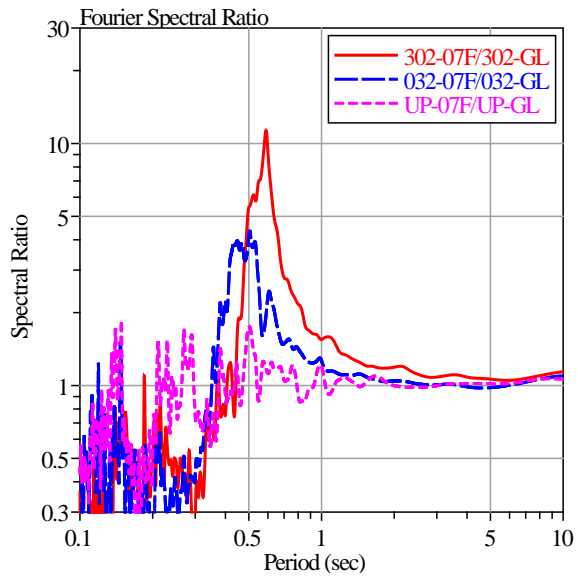


図 4.2-39 塔屋1階(07F)の地表(GL)に対するフーリエ振幅スペクトル比

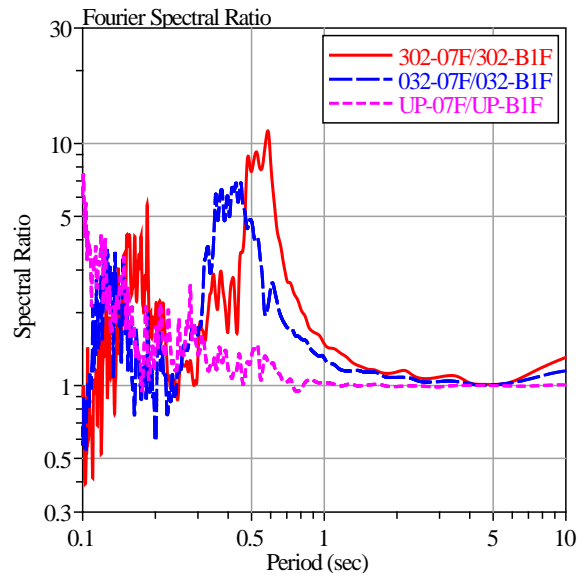


図 4.2-40 塔屋1階(07F)の地下1階(B1F)に対するフーリエ振幅スペクトル比

## (7) 国立西洋美術館(NMW)の強震記録

国立西洋美術館は、東京都台東区に位置する、地上3階地下1階の鉄筋コンクリート造の免震建物である。強震計は、地表(GL)1台、建物の基礎上に2台(B1FWとB1FE)、1階床梁下に2台(O1FWとO1FE)、および屋上階(O4F)1台の、計6台が設置してある<sup>4.2-7)</sup>。図4.2-41から図4.2-44に地表(GL)、建物基礎(B1FW)、1階(O1FW)、および屋上階(O4F)で得られた加速度記録を示す。地表(GL)のN218°E方向で $265\text{ cm/s}^2$ 、N308°E方向で $194\text{ cm/s}^2$ であるのに対し、建物基礎上(B1FW)ではそれぞれ $100\text{ cm/s}^2$ および $79\text{ cm/s}^2$ となっており、4割ほどに減少している。地表(GL)の記録から算出した計測震度は4.8(震度5弱)であった。

図4.2-45に、地表(GL)と基礎上(B1FW)の記録の減衰定数5%の擬似速度応答スペクトルを示す。太線が地表(GL)に、細線が基礎上(B1FW)に対応し、実線がN218°E方向、破線がN308°E方向、点線がUP(上)方向に対応する。地表(GL)の擬似速度応答スペクトルは、周期0.2秒から10秒にかけての広い周期範囲で平坦な形状を示しており、平均的な速度応答値は $30\text{ cm/s}$ 程度である。

図4.2-46に、基礎上(B1FW)の記録の地表(GL)に対するフーリエ振幅スペクトル比を示す。1秒から周期が短くなるにつれてスペクトル比は低下し、0.2秒から0.3秒で谷となっている。

図4.2-47は1階(O1FW)の基礎上(B1FW)に対するフーリエスペクトル比で、免震層の上下の記録を比較したものである。1.4秒付近に山があり、0.3秒から0.5秒の周期領域が深い谷となっている。図4.2-48は屋上階(O4F)の1階(O1FW)に対するフーリエスペクトル比で、上部構造の特性を反映したものである。ピークの形状は少々複雑だが、0.3秒から0.4秒に上部構造の1次固有周期があると考えられる。図4.2-49は屋上階(O4F)の基礎上(B1FW)に対するフーリエスペクトル比で、免震建物として全体の特性を見たものである。両水平方向ともスペクトル比の1.4秒付近に山があり、全体系の1次固有振動と考えられる。

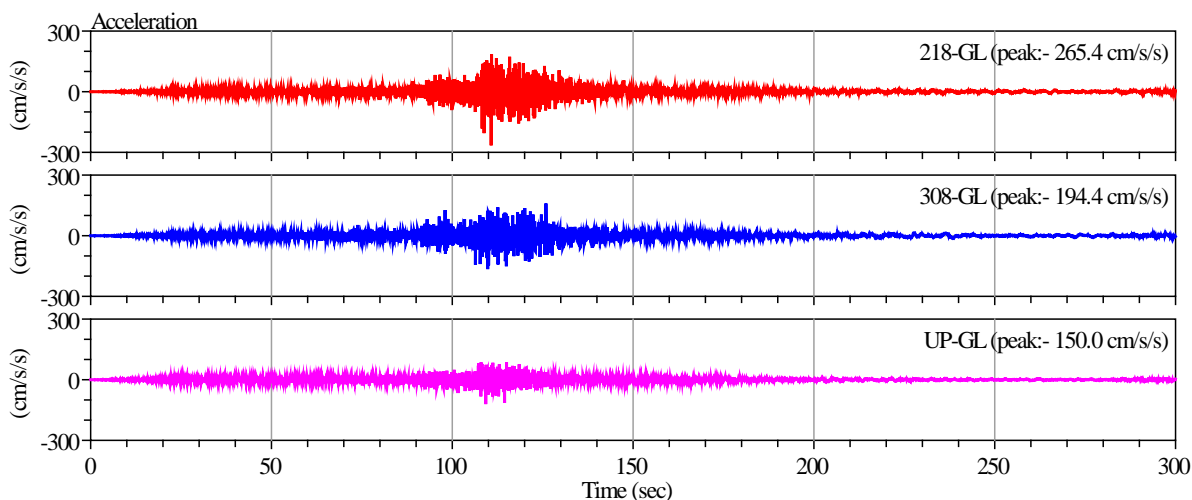


図 4.2-41 地表(GL)の加速度記録



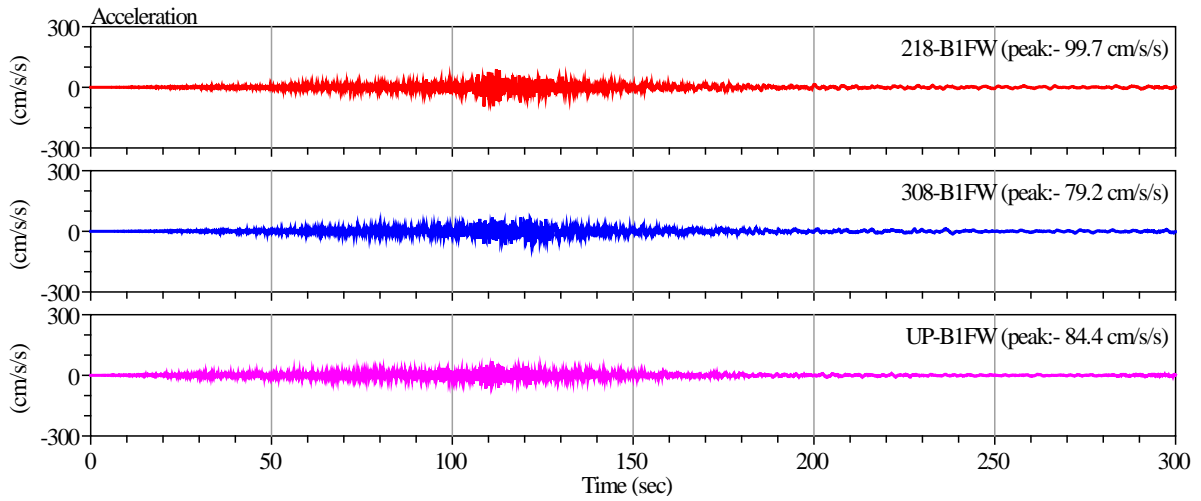


図 4. 2-42 基礎上 (B1FW) の加速度記録

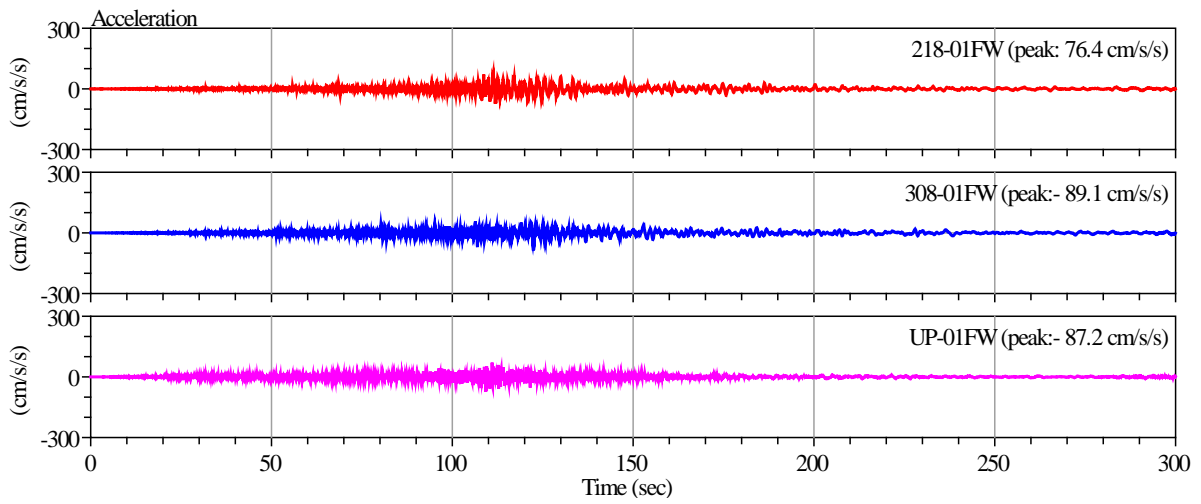


図 4. 2-43 1 階 (01FW) の加速度記録

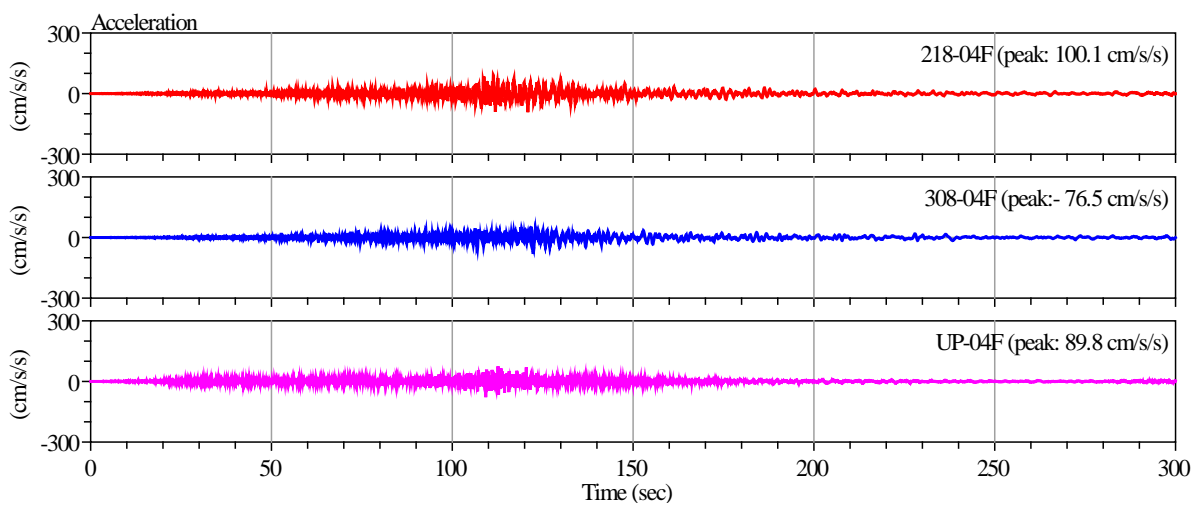


図 4. 2-44 屋上階 (04F) の加速度記録

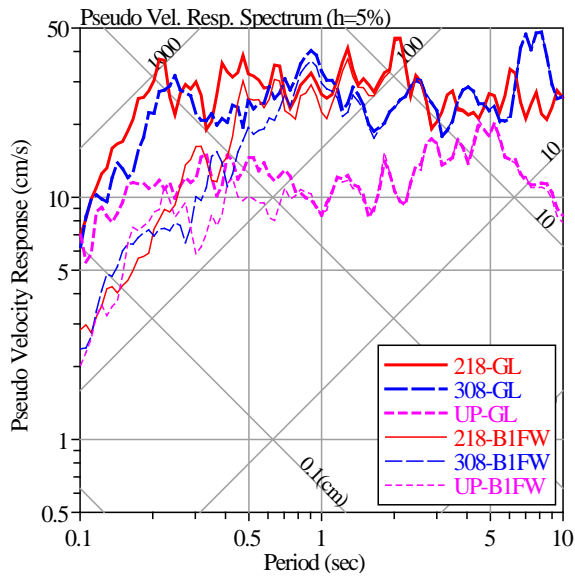


図 4.2-45 地表(GL)と基礎上(B1FW)の記録の擬似速度応答スペクトル(h=5%)

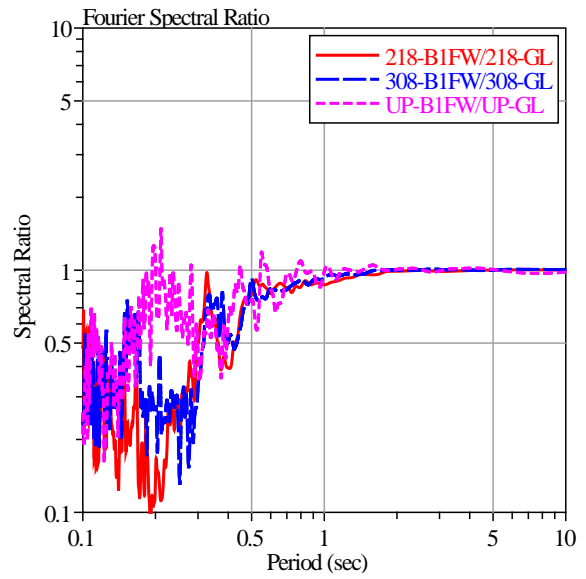


図 4.2-46 基礎上(B1FW)の地表(GL)に対するフーリエ振幅スペクトル比

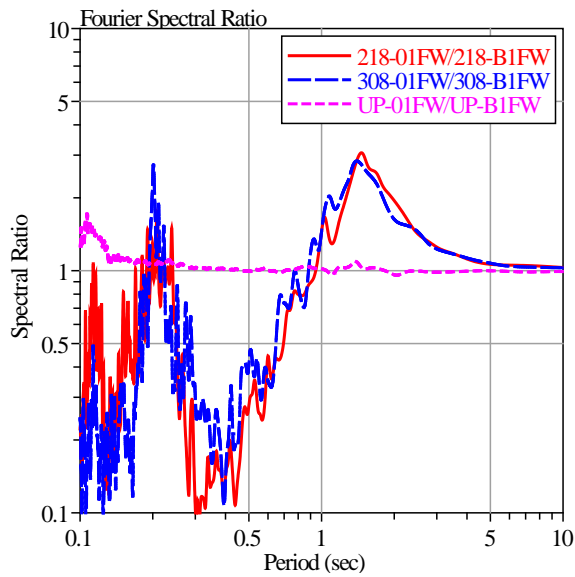


図 4.2-47 1階(01FW)の基礎上(B1FW)に対するフーリエスペクトル比

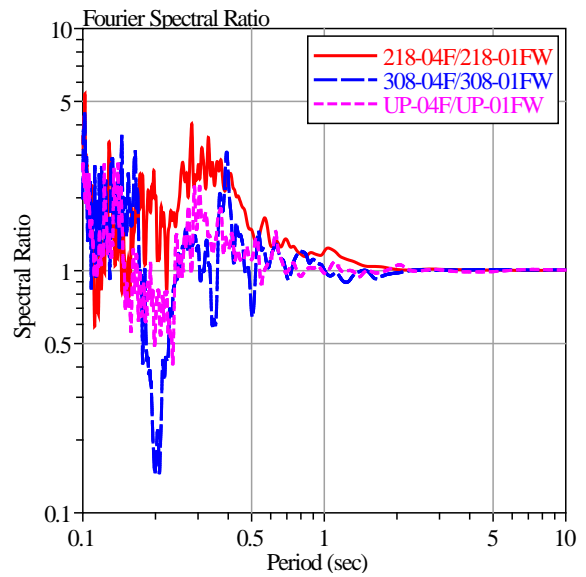


図 4.2-48 屋上階(04F)の1階(01FW)に対するフーリエスペクトル比

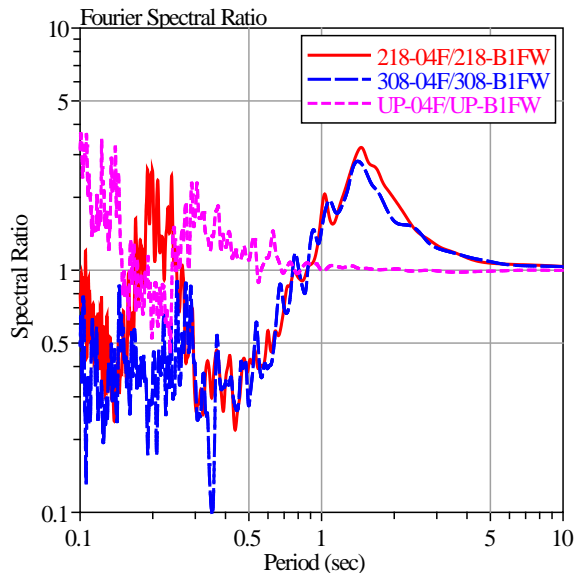


図 4.2-49 屋上階(04F)の基礎上(B1FW)に対するフーリエスペクトル比

## 参考文献

4. 2-1) 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, 独立行政法人建築研究所, 2012 年 3 月
4. 2-2) 源栄正人, 三辻和弥, 田中匠子, 鹿嶋俊英, 大野晋: 2011 年東北地方太平洋沖地震における被害建物の地震前後の振動特性の変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2 分冊, pp. 45-46, 2011 年 8 月
4. 2-3) 鹿嶋俊英, 小山信, 石原直, 飯場正紀: いわき市庁舎における 2011 年東北地方太平洋沖地震の強震記録と余震観測, 日本地震工学会大会-2011 梗概集, pp. 294-295, 2011 年 11 月
4. 2-4) 鹿嶋俊英, 小山信, 飯場正紀, 大川出: 八戸市庁舎における強震観測, 第 13 回日本地震工学シンポジウム, pp. 3998-4005, 2010 年 11 月
4. 2-5) 鹿嶋俊英: 2011 年東北地方太平洋沖地震の建築研究所建物の強震記録, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2 分冊, pp. 319-320, 2011 年 8 月
4. 2-6) 飯場正紀, 小山信, 鹿嶋俊英: 八千代市内建物における 2011 年東北地方太平洋沖地震前の卓越振動数の変化, 日本地震工学会大会-2011 梗概集, pp. 136-137, 2011 年 11 月
4. 2-7) 鹿嶋俊英, 大川出, 小山信, 飯場正紀: 免震耐震改修された国立西洋美術館本館の地震時挙動, 第 12 回日本地震工学シンポジウム(12JEES)論文集, pp. 1194-1197, 2006 年 11 月