

地震動の即時配信による能動型防災システムの構築

その 9 : 可変剛性建物に対する地震動観測データを利用した制振効果

正会員 ○折田 潤^{*1}
同 金久保 利之^{*2}
同 八十島 章^{*3}
同 境 有紀^{*2}

可変剛性 避共振 フィードフォワード ランニングスペクトル

1. はじめに

本報では、前報で報告した 2 つの地震動に関して、ランニングスペクトルの推移について考察を加えるとともに、著者らが提案したフィードフォワード制振の制御方法¹⁾を適用したシミュレーション結果について報告する。

2. ランニングスペクトルの推移

2.1 千葉県北東部地震 (2005 年 4 月 11 日)

前報の千葉県北東部地震に関して、南北ライン EW 成分のランニングスペクトルを、各測定点について図 1 に示す。主要動近傍の 23 秒から 27 秒までを表示しており、色の赤い方がその成分が大きいことを示している。南に位置する I 点から順次北の観測点にむかって、1Hz と 2Hz 付近に見られるピークが、ある程度の時間差のずれを伴って伝播している様子が確認できる。

2.2 宮城県沖地震 (2005 年 8 月 16 日)

前報の宮城県沖地震に関して、東西ライン EW 成分のランニングスペクトルを、各測定点について図 2 に示す。主要動近傍の 43 秒から 55 秒の範囲を表示しており、この間ほぼ同様の振動数特性であることが確認できる。

3. 可変剛性建物の制振シミュレーション

3.1 シミュレーション方法

観測された加速度データを基に、著者らが提案している制御手法¹⁾のうち、GFt 制御、ランニングスペクトル制御 (RSM 制御、RSP 制御) を用いて制御信号を作成する。そこで得られた制御信号を、未だ地震動の到達していない観測点に適用し、フィードフォワード制御を実施した。ランニングスペクトル制御については、ある一定時間のフー

リエスペクトルを算出するための時間が必要となる。従って、地震動の到達時間差 (前報表 2、表 3) が、ランニングスペクトル制御で設定した時間間隔以上ある観測点にのみフィードフォワード制御は適用できることになる。設定区間時間は、0.1、0.3、0.5 秒の 3 種とした。

3.2 千葉県北東部地震に対するシミュレーション

前報より、本地震動では南方の I 点から順に北の観測点に地震動が伝播していたため、任意の観測点で作成した制御信号をその点以北の観測点に適用した。可変剛性構造物の設定周期は高剛性 0.5 秒、低剛性 1.0 秒とした。これは、図 1 より、この地震動の振動数特性として 1Hz 及び 2Hz 近辺の周波数が卓越しており、設定周期を地震動の振動数特性に合わせることで、制御効果を容易に確認しやすいようにしたためである。なお、制御振動数 F_{tc} は 1.26Hz である。制御を開始するためのトリガー設定値は 5gal とした。RSM 制御 (制御間隔 0.3 秒) によるシミュレーション結果の例を図 3 に示す。これらの図は、A 点に対して H 点で作成した制御信号を適用した場合の応答加速度、応答変位、制御信号の切替の様子について示している。制御を行うことで応答加速度は高剛性時よりも低減され、応答変位は低剛性時よりも低減されるという

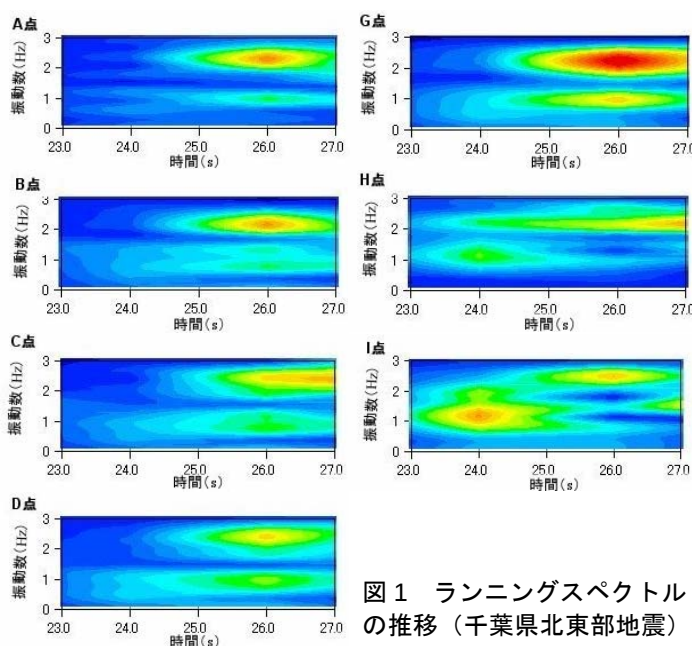


図 1 ランニングスペクトルの推移 (千葉県北東部地震)

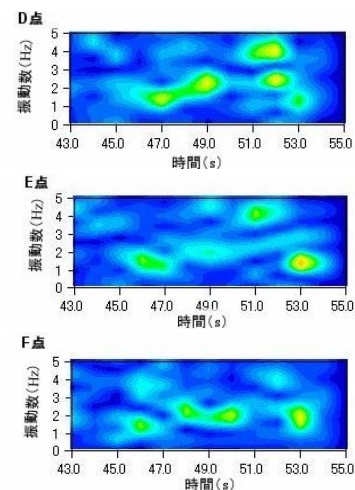


図 2 ランニングスペクトルの推移 (宮城県沖地震)

Active Disaster Prevention System using Real-Time Earthquake Motion Network

Part 9 : Control effect for variable stiffness building using observed earthquake motion

ORITA Jun, KANAKUBO Toshiyuki, YASOJIMA Akira and SAKAI Yuki

結果が読み取ることができ、制御効果の確認ができた。

3.3 宮城県沖地震に対するシミュレーション

前報より、本地震動では東方の F 点から順に西の観測点に地震動が伝播していたため、任意の観測点で作成した制御信号をその点以西の観測点にて適用した。可変剛性構造物の設定周期は、前節と同様の理由により高剛性 0.25 秒、低剛性 1.0 秒とした。制御振動数 F_{tc} は 1.37Hz である。制御を開始するためのトリガー設定値は 10gal とした。RSP 制御（制御間隔 0.1 秒）によるシミュレーション結果の例を図 4 に示す。この図は、D 点に対して F 点で作成した制御信号を適用した場合について示している。この地震動に対しても同様に制御効果の確認ができた。

3.4 制御効果の評価

千葉県北東部地震に対して行った、各観測点における制御シミュレーションの結果の一覧を表 1 に示す。応答加速度は制御による低減効果が確認できる。また、最も離れた地点の情報として、3200m 程度離れた地点（地震動到達時間差約 500ms）の地震動をもとに制御を行った場合においても、同様に応答低減効果が得られた。

4. まとめ

実際に観測された地震動に対してフィードフォワード避共振制御のシミュレーションを行った結果、制御を適用することで応答加速度、応答変位共に低減されており、制振効果を確認することができた。

謝辞 本研究の一部は 2004 年鹿島学術振興財団研究助成による。

参考文献 1) 折田 潤他：地震動の即時配信による能動型防災システムの構築，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-2 構造Ⅱ，pp.639～642，2005.9

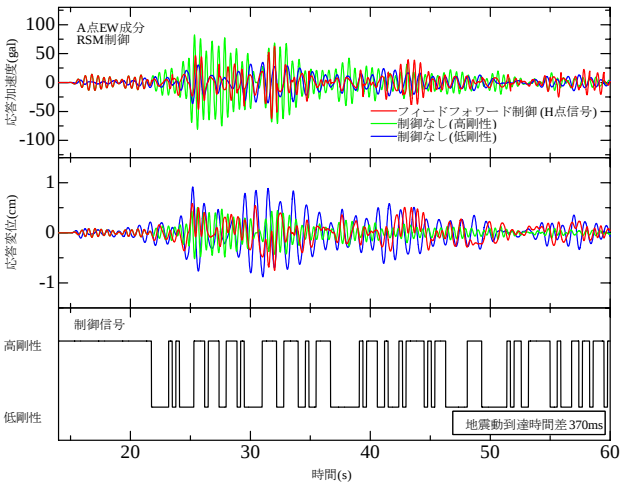


図 3 シミュレーション例（千葉県北東部地震：RSM 制御）

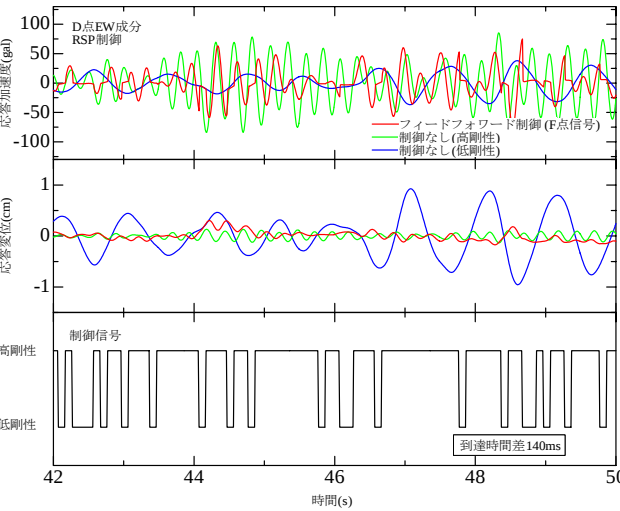


図 4 シミュレーション例（宮城県沖地震：RSP 制御）

表 1 応答値一覧（千葉県北東部地震・加速度、EW 成分）

対象点	制御信号 作成点	地震動到 達時間差 (ms)	観測点 間距離 (m)	最大応答加速度(gal)			Gft制御		RSM制御						RSP制御					
									時間間隔						時間間隔					
				0.1秒		0.3秒		0.5秒		0.1秒		0.3秒		0.5秒		0.1秒		0.3秒		0.5秒
高剛性	低剛性	最大 応答	制御	応答 倍率	制御	応答 倍率	制御	応答 倍率	制御	応答 倍率	制御	応答 倍率	制御	応答 倍率	制御	応答 倍率	制御	応答 倍率		
A	B	40	586	83	36	83	76	0.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	C	80	880	83	36	83	65	0.79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	D	140	1371	83	36	83	46	0.56	83	1.00	-	-	-	-	61	0.74	-	-	-	
	G	200	1712	83	36	83	45	0.54	83	1.00	-	-	-	-	58	0.70	-	-	-	
	H	370	2524	83	36	83	60	0.72	83	1.00	63	0.76	-	-	65	0.79	64	0.77	-	
B	I	510	3201	83	36	83	62	0.75	83	1.00	48	0.58	29	0.35	40	0.49	54	0.65	23	0.28
	C	40	294	121	66	121	63	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	D	100	785	121	66	121	86	0.71	121	1.00	-	-	-	-	88	0.72	-	-	-	
	G	160	1126	121	66	121	93	0.77	121	1.00	-	-	-	-	87	0.72	-	-	-	
	H	330	1938	121	66	121	85	0.70	121	1.00	88	0.73	-	-	76	0.63	91	0.75	-	
C	I	470	2615	121	66	121	86	0.71	121	1.00	87	0.72	-	-	77	0.63	88	0.73	-	
	D	60	491	134	51	134	80	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	G	120	832	134	51	134	46	0.34	134	1.00	-	-	-	-	75	0.56	-	-	-	
	H	290	1644	134	51	134	59	0.44	134	1.00	-	-	-	-	66	0.50	-	-	-	
D	I	430	2321	134	51	134	48	0.36	134	1.00	105	0.78	-	-	65	0.48	99	0.74	-	
	G	60	341	145	53	145	57	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	H	230	1018	145	53	145	56	0.38	145	1.00	-	-	-	-	86	0.59	-	-	-	
	I	370	1695	145	53	145	45	0.31	145	1.00	60	0.42	-	-	114	0.79	81	0.56	-	
G	H	170	812	156	62	156	92	0.59	156	1.00	-	-	-	-	106	0.68	-	-	-	
	I	310	1489	156	62	156	59	0.38	156	1.00	83	0.53	-	-	97	0.62	106	0.68	-	
H	I	140	677	117	56	117	62	0.53	117	1.00	-	-	-	-	81	0.69	-	-	-	

*1 積水ハウス

*2 筑波大学大学院システム情報工学研究科助教授

*3 筑波大学大学院博士課程システム情報工学研究科

*1 Sekisui House, Ltd.

*2 Assoc. Prof., Graduate Schl. of Systems and Inf. Eng., Univ. of Tsukuba

*3 Graduate Student, Univ. of Tsukuba