

G0.35 高減衰ゴム系積層ゴム支承の特性変化の地震動解析への影響
—その2 地震応答解析—

正会員 ○國松 要介*1
正会員 山崎 久雄*2
正会員 佐々木 頼孝*3

高減衰積層ゴム 繰り返し変形 特性変化
地震応答解析

はじめに

その1では、高減衰ゴム系積層ゴムの変形時の繰り返し依存性の性能実験を600φの高減衰積層ゴムの実大実験により行い、その実験結果を示した。その結果、累積変位に依存して高減衰積層ゴムの等価剛性が低下することが確認された。

本報告においては、その1で得られた高減衰ゴム系積層ゴムの累積変位依存性を考慮した免震層の地震応答解析を実施し、免震層の応答への影響を確認することを目的とする。

解析条件

解析モデルは、高減衰ゴム系積層ゴムのせん断歪が200%時の等価剛性による周期を4秒、5秒、6秒とした3ケースを対象とする。免震層は600φの高減衰ゴム系積層ゴム支承のみにより構成されているものとする。

地震応答解析に用いる入力地震動は、BCJ-L2波、既往観測波として50kineに基準化したEL CENTRO NS、TAFT EW、HACHINOHE NS波、長周期地震動として「超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について」(平成22年12月21日 国土交通省 住宅局建築指導課)の設計用長周期地震動の作成手法に基づき作成された地震波のうち、比較的大きいパワーを持つ区域7の地震波、東北地方太平洋沖地震(2011/3/11)の日立における観測記録(K-Net)を採用する。

地震応答解析に用いる入力地震動を表1に示す。入力地震動の加速度応答スペクトル(減衰5%)を図1に示す。

表1 入力地震動

No.	地震波名称	データ点数	時間刻み(s)	継続時間(s)
1	EL CENTRO NS	2,688	0.02	53.76
2	TAFT EW	2,720	0.02	54.40
3	HACHINOHE NS	23,400	0.01	234.00
4	BCJ-L2	12,000	0.01	120.00
5	長周期地震動	65,536	0.02	1310.72
6	日立NS	30,000	0.01	300.00

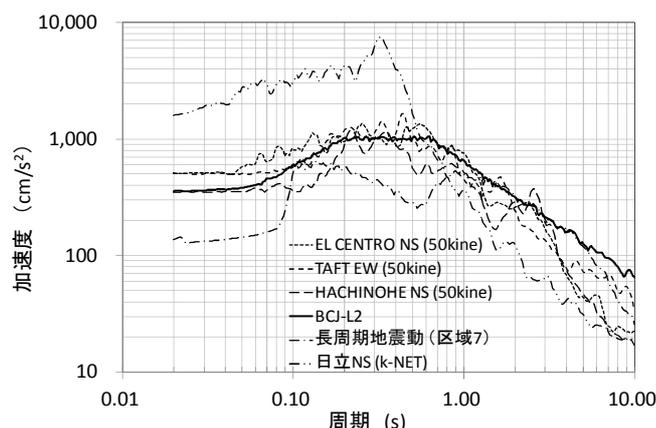


図1 入力地震動の加速度応答スペクトル(減衰5%)

高減衰ゴム系積層ゴムの累積変位依存性による劣化については、累積変位により高減衰ゴム系積層ゴムの等価剛性を低下させることで解析に考慮する。

累積変位を対数軸として直線補間した勾配を劣化勾配とし、等価剛性の低下係数を決める。解析に用いた等価剛性低下率を図2に示す。累積変位1.2mまでは剛性低下は無く、累積変位80mで剛性低下率0.8となるように設定する。80m以降はそのまま外挿するものとする。

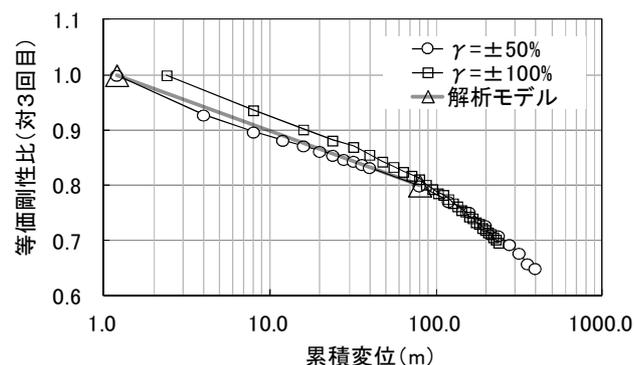


図2 解析に用いた等価剛性低下率

解析結果

表2に応答解析結果を、表3に等価剛性低下の影響評価を、図3にBCJ-L2(T=5.0秒モデル)の履歴曲線を示す。図4~6に各応答の累積変位との関係を示す。

表 2 応答解析結果 (1)

地震波名称	周期 (s)	等価剛性低下考慮無し			等価剛性低下考慮有り			等価剛性低下率
		最大応答変位 (cm)	累積変位 (cm)	ベースシアー係数	最大応答変位 (cm)	累積変位 (cm)	ベースシアー係数	
EL CENTRO NS	4.0	25	434	0.07	26	429	0.06	0.81
	5.0	23	418	0.04	24	406	0.04	0.81
	6.0	25	393	0.03	26	405	0.03	0.80
TAFT EW	4.0	24	501	0.07	24	526	0.06	0.79
	5.0	26	521	0.05	27	533	0.04	0.78
	6.0	34	589	0.04	49	712	0.04	0.76
HACHINOHE NS	4.0	27	1,369	0.07	29	1,398	0.07	0.76
	5.0	30	1,372	0.05	30	1,327	0.04	0.76
	6.0	28	1,254	0.03	28	1,165	0.03	0.77
BCJ-L2	4.0	44	1,257	0.11	46	1,374	0.10	0.73
	5.0	54	1,383	0.09	56	1,546	0.08	0.71
	6.0	63	1,711	0.08	82	1,704	0.08	0.70
長周期地震動	4.0	33	5,224	0.09	35	3,733	0.07	0.75
	5.0	41	4,163	0.07	40	3,032	0.05	0.74
	6.0	36	3,885	0.04	38	3,398	0.03	0.74
日立 NS	4.0	10	868	0.04	11	729	0.04	0.87
	5.0	14	695	0.03	15	703	0.03	0.86
	6.0	16	721	0.02	17	802	0.02	0.85

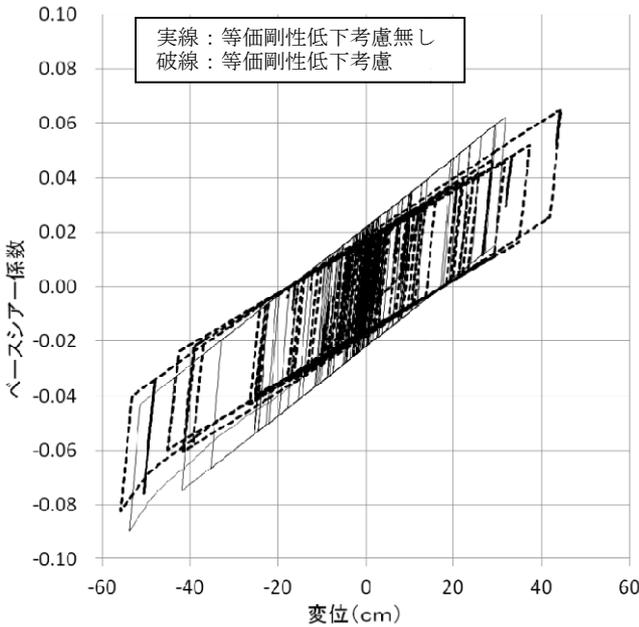


図 3 履歴曲線 (BCJ-L2、T=5.0 秒)

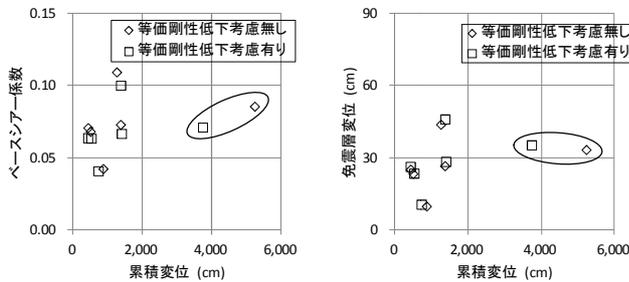


図 4 各応答の累積変位との関係 (T=4.0 秒)

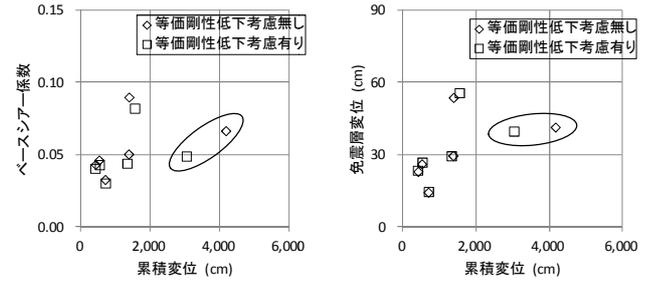


図 5 各応答の累積変位との関係 (T=5.0 秒)

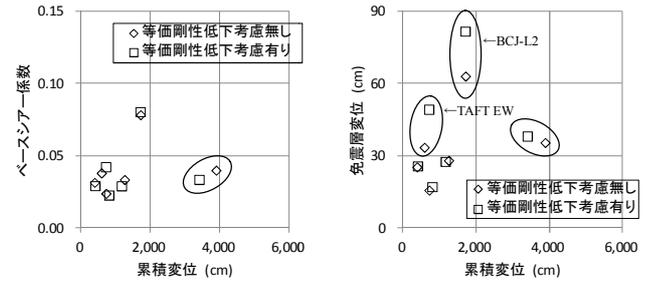


図 6 各応答の累積変位との関係 (T=6.0 秒)

表 3 等価剛性低下の影響評価 (1)

地震波名称	周期 (s)	比 (低下考慮/低下考慮無し)		
		最大応答変位	累積変位	ベースシアー係数
EL CENTRO NS	4.0	1.04	0.99	0.90
	5.0	1.02	0.97	0.94
	6.0	1.02	1.03	0.93
TAFT EW	4.0	1.01	1.05	0.93
	5.0	1.03	1.02	0.93
	6.0	1.47	1.21	1.11
HACHINOHE NS	4.0	1.07	1.02	0.91
	5.0	1.00	0.97	0.87
	6.0	0.98	0.93	0.87
BCJ-L2	4.0	1.05	1.09	0.92
	5.0	1.04	1.12	0.91
	6.0	1.30	1.00	1.03
長周期地震動	4.0	1.06	0.71	0.83
	5.0	0.96	0.73	0.74
	6.0	1.08	0.87	0.84
日立 NS	4.0	1.07	0.84	0.96
	5.0	1.02	1.01	0.93
	6.0	1.09	1.11	0.95
平均		1.07	0.98	0.92

考察およびまとめ

表 3 より、G0.35 高減衰ゴム系積層ゴム支承は繰り返し変形により最大応答変位は概ね 1 割程度伸び、ベースシアー係数は概ね 1 割程度小さくなることが分かった。

また、図 4~6 より、ベースシアー係数および免震層変位の累積変位に対する関係から、一部、T=6.0 秒モデルの TAFT と BCJ-L2 の結果を除けば、累積変位が概ね 20m より小さい場合、繰り返し変形の免震層の応答への影響は小さく、累積変位が 40m 程度になるとベースシアーおよび累積変位が小さくなる傾向にあることが分かった。

*株式会社構造計画研究所 防災ソリューション部 建築構造室
 **ユニオンシステム株式会社 振動解析総合推進室
 ***東洋ゴム化工品株式会社 品質技術部 営業技術室

*Kozo Keikaku Engineering Inc.
 **UNION SYSTEM INC.Dynamic Analysis Research Complex
 ***Toyo Chemical Industrial Products Co.,Ltd.