

免震構造の地震応答解析

高知高専土木工学科
建設省四国地方建設局

正員

吉川正昭 竹内光生
○澤田英典

1) はじめに

1995年1月17日5時46分52秒、近畿地方を直撃した「兵庫県南部地震」は神戸市とその周辺都市、さらには淡路島を中心に、甚大な被害をもたらした。世界でも有数の人口密集地帯である阪神間では死者6,300人(行方不明者2人, 負傷者36,829人と家屋倒損壊(焼失を除く)245,238棟(去年5月22日現在))を出した。この時点では震源近くに免震建物はなかった。震六甲にある2棟の免震建物で地震観測結果が得られた。3階建て1棟の地表では247ガルであったのに対し、3階で197ガルであった。強地震動を受けたにもかかわらず地震の揺れを吸収する免震装置を備えた建物での応答加速度の観測値は非免震建物が970ガルであったのに比べて約1/5と小さいことがわかった¹⁾。本研究では典型的な建物を対象にとりあげ、免震装置を備えた構造物と非免震構造物の地震応答解析を行い応答加速度、変位、曲げモーメント、せん断力の各質点での最大値包絡線分布を比較検討した。その結果加速度を低減できることがわかったので報告する。

2) 方法

本研究では図-1(a)(b)で表した地上4層の免震、非免震構造物の地震応答解析を行い、免震部、地上4質点の応答加速度、変位、曲げモーメント、せん断力を求める。構造物の解析モデルはせん断バネを用いた質点系とした。構造物の質点間をバネ・ダッシュポット系で連結して、免震構造物の場合は最下層の部分にアイソレーターとダンパーの免震装置を用いている。アイソレーター、ダンパーとこれらを合成した復元力特性を図-2(a)(b)(c)に示す。各質点間のバネ特性は線形型復元力特性と、コンクリートのひび割れならびに鉄筋の降伏を考慮するトリリニア型武田モデルの非線型復元力特性の2通りとしている。表-1は上部構造がトリリニア型の場合の各質点の復元力特性を示しており、図-3はその1階の復元力特性を示している。本解析に用いた地震波は神戸海洋気象台(約20m盛り上がった第一種地盤)の観

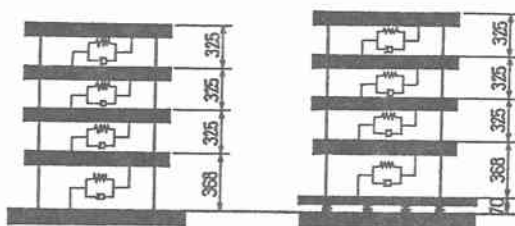
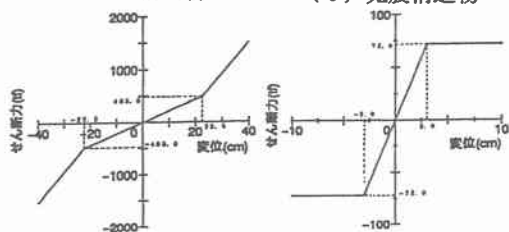


図-1 対象構造物

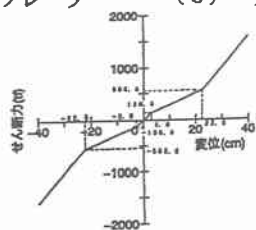
(a) 非免震構造物

(b) 免震構造物



(a) アイソレーター

(b) ダンパー



(c) (a)(b)の合成

図-2 復元力特性曲線

表-1 各階のトリリニアバネと降伏変位の関係

	k1	k2	k3	δc	δc
	(tf/cm)			(cm)	
4	350	88	35	0.177	1.600
3	550	138	55	0.253	2.280
2	700	175	70	0.253	2.280
1	868	217	86.8	0.272	2.450

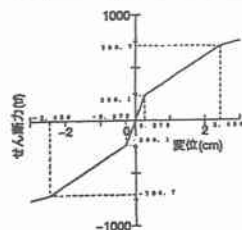


図-3 1階のトリリニア復元力特性

測波と八戸の観測波で最大400ガルに基準化して、地表から入力したものを図-4(a)(b)に示す。同図(a)の神戸観測波の卓越振動数は1次, 1.4 Hz, 2次, 2.1 Hz, 3次, 2.9 Hzで、八戸は1次, 1.7 Hz, 2次, 2.8 Hz, 3次, 3.5 Hzとある。予備解析で行った1次, 2次, 3次, の固有値は線形モデルで2.2 Hz, 5.8 Hz, 8.3 Hzである。

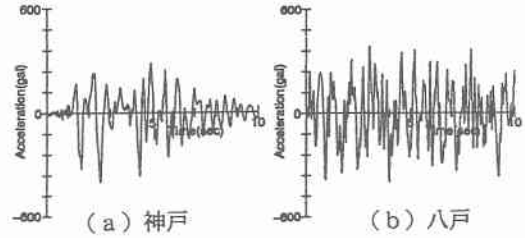


図-4 入力波形

3) 結果

上部構造がトリリニア型、線形型の場合の各質点の応答加速度、変位、モーメント、せん断力の最大値包絡線分布をそれぞれ図-5, 6(a)(b)(c)(d)に示す。同図から、非免震構造物に比べて免震構造物では応答最大加速度、モーメント、せん断力などが低減することがわかる。4階の応答加速度は約1/3(非線形)、約1/8(線形)となる。変位は、非免震構造物よりも免震構造物の方が大きくなる。しかしながら、非免震構造物は4階と地表の変位差が大きいのに対して、免震構造物は建物が剛体的な挙動を示し4階と1階の変位差がほとんどないことから、非免震構造物に比べて免震構造物では変位を感じないことがわかる。

次に線形とトリリニア型の比較をすると、非免震構造物では上部構造が線形より非線形の場合の方が応答最大加速度、曲げモーメント、せん断力が小さくなる。これは、トリリニア型による履歴減衰が図-7に示すように線形より大きくなるためである。なお、両者の上部構造変位は非線形の場合が線形の場合より大きくなっている。免震構造物の場合には免震装置が両者とも同程度に変形するため、上部構造の線形、非線形はあまり関係してこなかった。神戸と八戸の入力地震波による応答値の相違は両地震波の卓越周期が違うため、八戸の方が大きくなる。

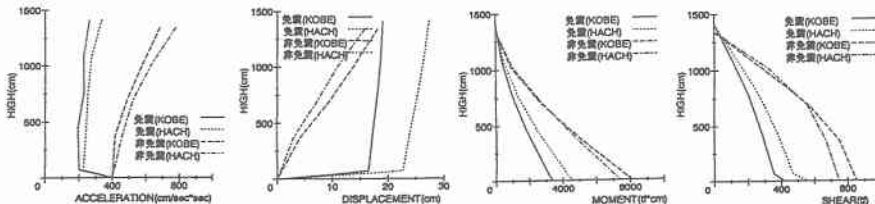


図-5 応答値の最大包絡線分布(トリリニア)



図-7 トリリニア型による履歴減衰

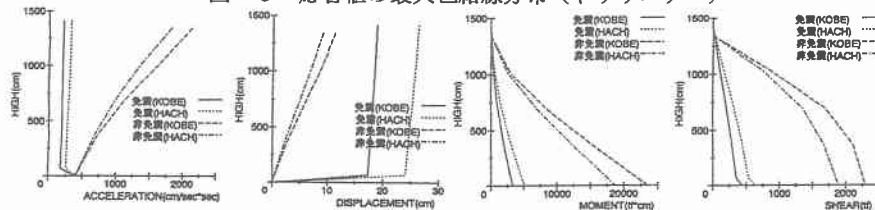


図-6 応答値の最大包絡線分布(線形)

4) まとめ

免震構造物は非免震構造物に比べて、地震に対して大きな加速度低減効果を発揮することがわかった。しかし、免震構造物は構造物を長周期化するため遠方地震で表面波が卓越する振動では、良く揺れるのことになるので、アイソレーターや減衰装置などの改善が必要となろう。

謝辞

本研究を行うにあたり、(株)奥村組筑波研究所の秦雅史主任研究員には多大な助言をいただいた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 吉川正昭他：兵庫県南部地震調査結果，1995. 4