

免震建物における上部構造塑性化の傾向
履歴則及びバイリニア係数が応答に及ぼす影響

Tendency of Plasticity on Superstructure of Base isolated building

The influence of the historical low and the biliner coefficient on the response

○野村大輔², 古橋剛¹

* Daisuke Nomura², Takeshi Furuhashi¹

In this paper, the influence of the historical low and the bi liner coefficient on the response when the superstructures of base isolated building and earthquake-resistant building become plastic is analytically examined. Also, the base isolated building and the earthquake-resistant building are compared from the viewpoints of the plasticity.

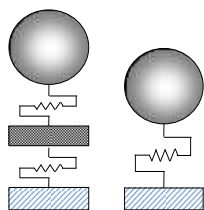
1. はじめに

免震建物は、応答加速度の低減による構造被害のみならず建物内部被害の防止など設計範囲内であれば、一般の耐震建物と比較して優れた地震に対する性能(以下、対地震性能¹⁾)を発揮する。しかし、その対地震性能が免震層一箇所に集中するため、設計想定外に対する冗長性の低さが危惧される。こういった背景の下、田村²⁾や高山³⁾らにより設計想定外の入力に対し上部構造が塑性化した際の危険性が明らかとなっている。

そこで本研究では、免震・耐震構造の上部構造が塑性化した際、履歴則及びバイリニア係数が応答に及ぼす影響を把握することを目的とし、変形エネルギー一定則を基準に塑性率の観点から両構造の比較を行う。

2. 検討モデル

Figure1 a)に免震モデル, b)に耐震モデルを示す。両モデル上部構造は固有周期 0.5[s]のモデルを用いる。上部構造は弾性限変形を除く諸元を同一とし、減衰は剛性比例型で 1%付与、解析パラメータとして、バイリニア係数 Pd を 1/1000 から 1/10 までの値をとる。履歴則は Figure2 に示すようにノーマルバイリニア型, 原点指向型を用いる。弾性限変形は 4 節の検討方法で設定する。免震層諸元は塑性周期 4[s], 初期剛性は 2 次剛性の 10 倍とし、降伏せん断力は建物重量の 3%とする。なお免震層の粘性減衰は無いものとする。各諸元を Table1 に示す。



a)免震 b)耐震
Figure 1 Model

Table 1 Model parameter

a)免震・耐震モデル上部構造			
固有周期	質量	減衰係	初期剛性
[s]	[ton]	[kN・s/m]	[kN/m]
0.5	500	125.66	78956.84

b)免震層			
塑性周期	質量	減衰係	初期剛性
[s]	[ton]	[kN・s/m]	[kN/m]
4.0	100	0	14804.41

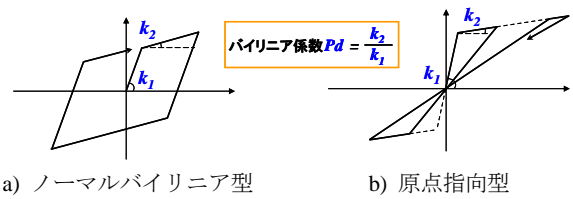


Figure 2 History Low

3. 入力地震動

入力地震動は, El Centro 1940 NS, Hachinohe 1968 NS, TAFT 1952 EW, JMA KOBE 1995 NS, BCJ-L2 及び柏崎で 2007 年に観測された新潟県中越沖地震の K-NET 波形(以下 Kashiwazaki 2007 NS)の 6 波を用いる。Figure3 に各地震動の応答スペクトルを示す。本研究では 2 節検討モデルで設定した免震モデルに対して上部構造を弾性と仮定し地震動を入力した際、免震層変位が 40cm となるように倍率を基準化する。これは、各地震動をレベル 2 と同程度の規模に基準化することを目的としている。基準化した倍率を Table2 に示す。

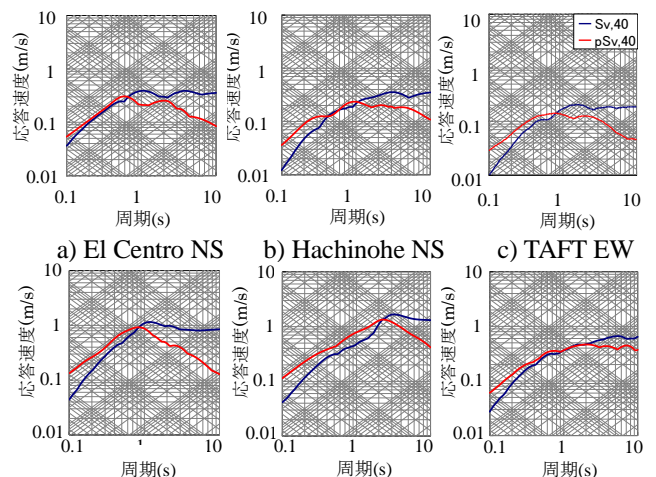


Figure 3 Response Spectra

Table 2 Magnifications of ground motion waveform

El Centro NS	Hachinohe NS	JMA KOBE NS	TAFT EW	Kashiwazaki NS	BCJ-L2
2.14	2.19	1.57	5.20	0.40	1.07

4. 検討方法

想定以上の地震動入力時の免震・耐震上部構造の塑性後の応答を以下の3つの手順により検討する。

- ①前節で設定したレベル2地震動規模の規準化地震動を入力し免震・耐震モデルの上部構造塑性率が1となる様に弾性限変形を設定する。結果をTable3に示す。
- ②設定したモデルに対し規準化地震動の1倍～2倍の入力を0.1倍刻みで加え、塑性率の変動を確認する。
- ③変形エネルギー一定則により求まる地震動倍率と塑性率の関係に対し、下側の領域を安全側、上側の領域を危険側とし、免震・耐震構造の解析結果を比較する。

Table 3 Elastic limit deformation

免震モデル[m]			耐震モデル[m]		
El Centro NS	Hachinohe NS	JMA KOBE NS	El Centro NS	Hachinohe NS	JMA KOBE NS
0.009	0.009	0.010	0.145	0.060	0.300
TAFT EW	Kashiwazaki NS	BCJ-L2	TAFT EW	Kashiwazaki NS	BCJ-L2
0.010	0.009	0.009	0.157	0.043	0.160

5. 解析結果

地震動倍率と塑性率の関係をFigure4に示す。

耐震建物は、ノーマルバイリニア型と比較して原点指向型では応答が大きく危険側の応答を示した。また、バイリニア係数の違いによる応答差は少ない。

免震建物は、耐震建物以上に原点指向型の応答が大きく進行している。また、両履歴則においてもバイリニア係数の違いによる応答差が大きく、塑性化の進行に降伏後の耐力が大きく影響していることがわかる。以上から脆性的な建物はより危険側に働くとと言える。

6. まとめ

免震・耐震構造ともに、履歴面積の小さい原点指向型においては応答が大きく、特に免震建物ではその傾向が顕著であった。また、耐震建物の応答はバイリニア係数により応答に余り変化は見られなかったが、免震構造は大きく影響しているが分かった。以上から、免震上部構造は塑性化をし始めると脆性的な建物であるほど応答が伸びやすく危険である。よって、耐力に余裕をもった設計を行う必要がある。

【参考文献】

- 1)石丸辰治: 応答性能に基づく「対震設計」入門,彰国社,2004
- 2)田村和夫,菊池優: 免震RC造骨組の弾塑性応答特性,日本建築学会大会学術梗概集,1990.10
- 3)高山峯夫,森田慶子: 免震建物に求められる安全余裕度に関する一考察,日本建築学会九州支部研究報告,2011.3

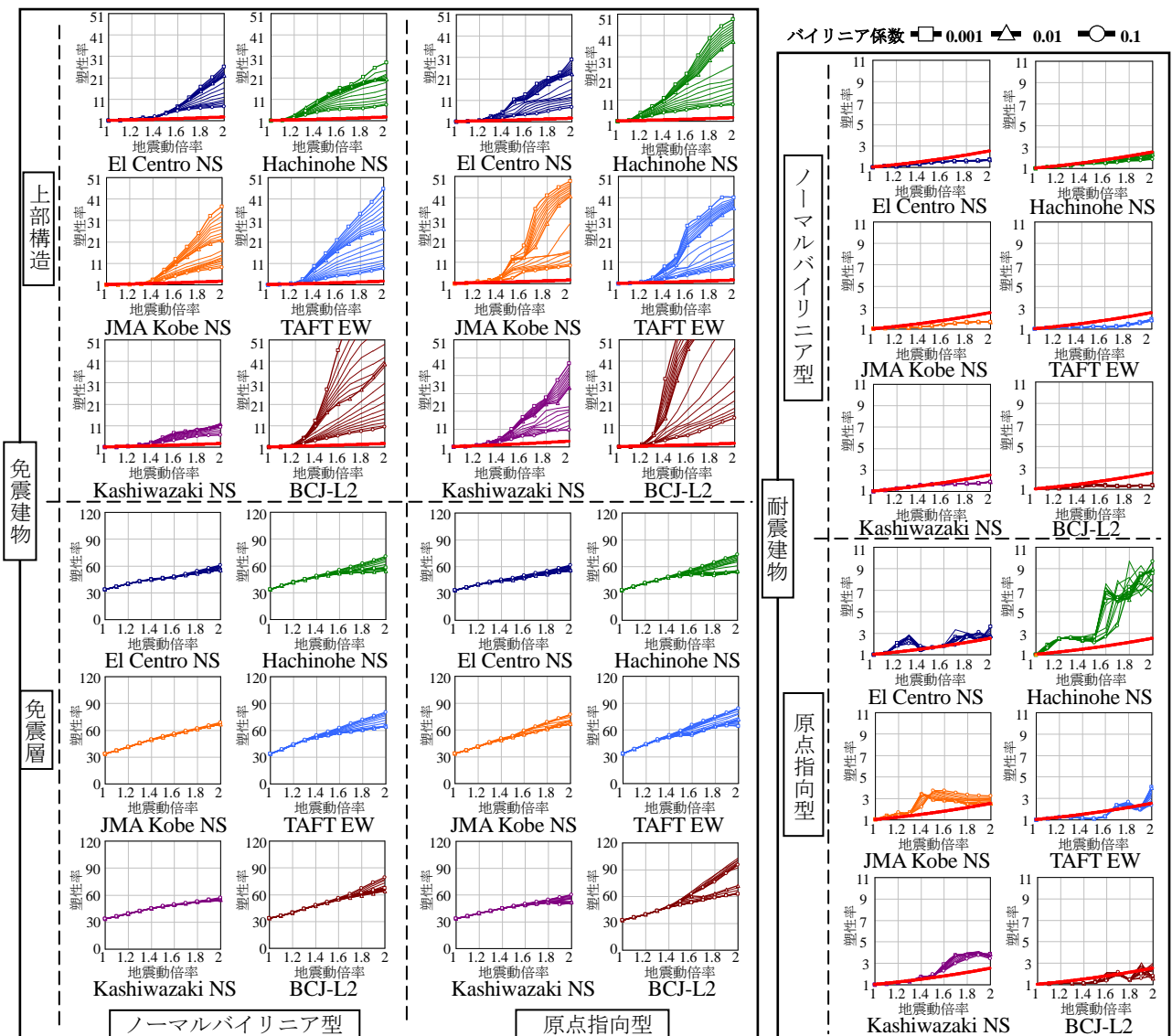


Figure 4 Relations between magnifications of grand motion waveform and plasticity rate