

Propagating behavior of seismic motion within base isolation building

正 [土] 那須 誠 (前橋工科大学)

○三村八一 (前橋工科大学)

Makoto NASU, Yaichi MIMURA (Maebashi Institute of Technology, 460-1, Kamisadori-cho, Maebashi-shi, Gunma)

In the Port Island, vertical component of an earthquake motion has increased and its horizontal components have decreased in the 1995 Hyogoken-nambu earthquake. In this time, propagating states of some earthquake motions in the base isolation buildings have been summarized. As a result, it has been found out that propagating states in the base isolation buildings are similar as in the Port Island. We have estimated that the propagating behaviors of seismic motion in the Port Island had occurred because it had the similar stiffness structure to base isolation building.

Keyword: Base isolation building, Port island, seismic motion, similar propagating behavior, similar stiffness structure

1. はじめに

わが国は地震発生確率が高い国であり、大地震によって様々な被害を受ける。兵庫県南部地震でポートアイランドでは液状化などの様々な被害を被った。そのポートアイランドにおいて地表付近で地震動の上下動成分が増幅するとともに水平動成分が減衰するという興味深い地震動が観測された。ポートアイランドの地盤構造と基礎免震工法建物の構造に類似性があることと、両者が類似の機構で発生することを推察して既に発表している¹⁾。ここではいくつかの基礎免震工法建物での地震動伝播状況をとりまとめることとした。

2. ポートアイランドでの地震動の記録の概要

図-1²⁾はポートアイランドにおいて観測された地震動の記録³⁾である。地表近くで上下動成分が急激に約3倍大きくなり、水平動成分が約0.6倍と小さくなっている。地震計設置地点の土層構成とN値分布と地震計設置状況を図-2⁴⁾に示す³⁾。N値分布を見ると、G.L-15m付近の埋立土層にN値が急激に低くなっている部分がある。この部分に軟弱な粘性土層が存在し、これが原因でこのような地震動が観測されたと推定される¹⁾。なぜなら後述の基礎免震工法で建てられた建物でよく観測される地震動と免震基礎の関係に似ているからである。

3. 対象構造物の概要

今回調査対象とした基礎免震工法建物は表-1に示すように、WESTビル、(株)松村組技術研究所研究棟、小金井社宅、東北大学構内実験棟、(株)奥村組筑波研究所管理棟の以上5つである。

3.1 WESTビル⁵⁾

延べ床面積が46,000m²を超える国内最大規模の免震建物(柱SRC造、はりS造6階建)であり、免震層を基礎と一階の間に設けている。この建物では、基礎と1階と6階に地震計が設置されている。

3.2 (株)松村組技術研究所研究棟⁵⁾

震源の北東35kmに位置するこの建物は、免震建物である研究棟と耐震建物である管理棟が隣接している。免震装置は基礎と1階の間にあり、地震計は基礎と1階に設置されている。

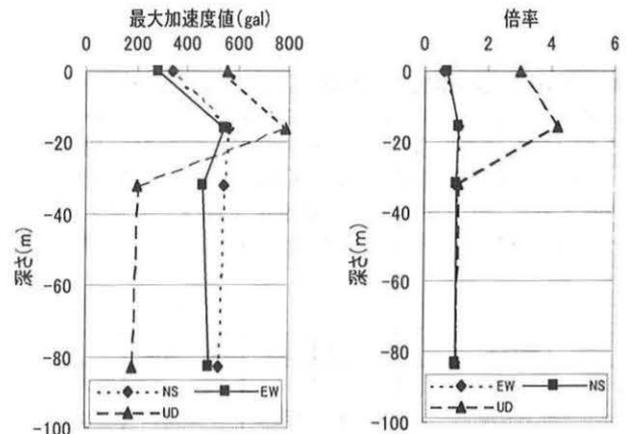
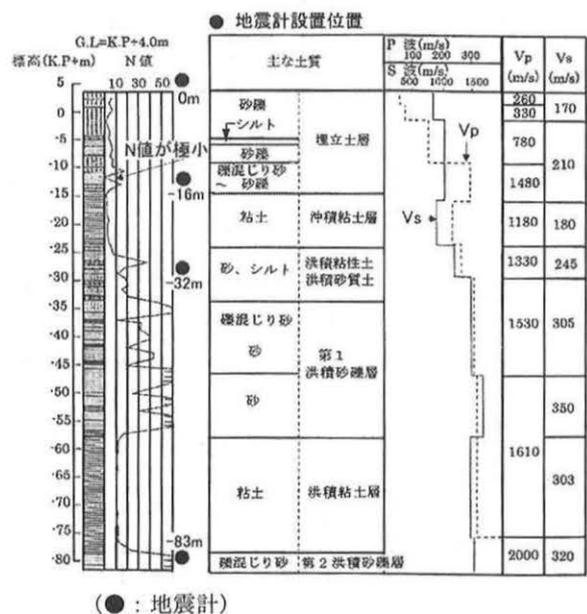


図-1 ポートアイランドの最大加速度分布と倍率²⁾



(●: 地震計)

図-2 地震計設置地点の土質柱状図⁴⁾

3.3 小金井社宅⁵⁾

この場合も前項と同じく、免震建物と耐震建物が隣接している。免震装置は基礎と1階の間にあり、地震計は基礎と1階と3階に設置されている。

3.4 東北大学構内実験棟⁶⁾

この実験棟は、同一形状・規模の建物を、並べて2棟建設し、比較のために免震工法と在来工法によって建設されている。免震装置は基礎と階の間、地震計は基礎と1階と4階に設置されている。

3.5 (株)奥村組筑波研究所管理棟⁵⁾

この建物(図-3)は、RC造4階建、軒高13.75m、平面形は一部階段室が突出しているが、長辺(東西)方向が20.4m、短辺(南北)方向が15.0mの長方形である。短辺方向は両側面にほぼ均質に耐震壁が設置され、壁量も比較的多い剛性の高い架構である。長辺方向は用途上の制約から壁が少なく、耐震壁も偏在しているが、柱幅を広げて偏心を少なくするように配慮されている。この建物では基礎地盤と1階床の間に免震装置が装着され、1階から上部の部分が免震装置によって支持されている。ここで用いられている免震装置は固有周期伸長機構としての積層ゴムと減衰機構としての弾塑性ダンパーを組み合わせたものである。地震計は基礎と1階と3階と屋上にある。

4. 各基礎免震建物とその増幅倍率と最大加速度

表-2の地震で観測された加速度については表-3に示す。WESTビルと(株)松村組技術研究所研究棟は兵庫県南部地震で観測されたものであり、2つとも震度5の地域であった。小金井社宅は浦賀水道を震源とするもので、震度5の地域であった。東北大学構内実験棟は福島県沖

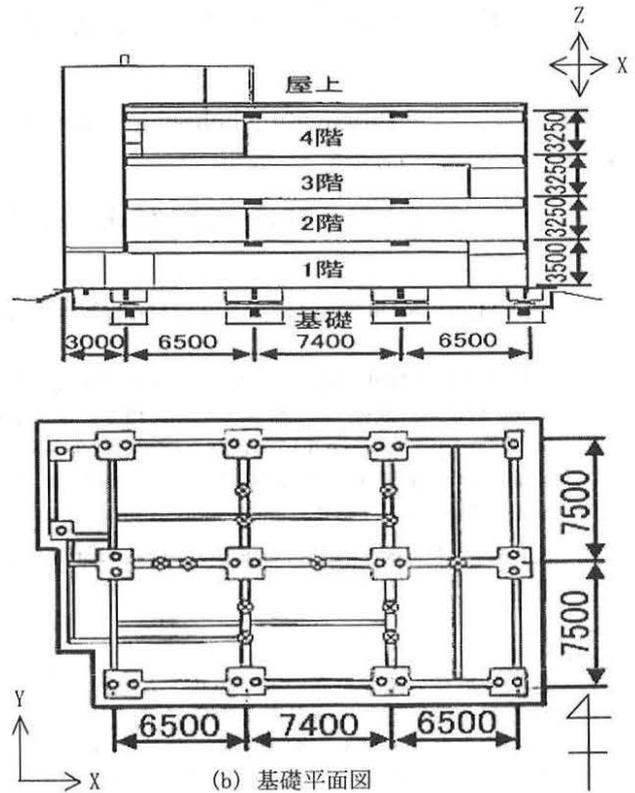


図-3 奥村組筑波研究所研究棟の概要図⁶⁾

地震で、震度4の地域であった。(株)奥村組筑波研究所管理棟は茨城県南西部地震で震度4の地域であった。

表-1 免震建物の概要及び固有周期

建物名	構造種別	階数	延床面積	免震部材	固有周期(s)
WESTビル ⁵⁾	SRC造	6階建	46823.09m ²	鉛プラグ入り積層ゴムアイソレータ54個 天然ゴム系積層ゴムアイソレータ66個 鋼棒ダンパー44個	3.3
(株)松村組技術研究所 研究棟 ⁵⁾	RC造	3階建	480.00m ²	高減衰型積層ゴムアイソレータ8個	
小金井社宅 ⁵⁾	RC造	3階建	714.3m ²	鉛プラグ入り積層ゴムアイソレータ16個 天然ゴム系積層ゴムアイソレータ4個	1.9
東北大学免震実証建屋 ⁵⁾	RC造	3階建	417.14m ²	天然ゴム系積層ゴムアイソレータ オイルダンパー	1.43 在来工法建物ではX方向:0.28, Y方向0.23
(株)奥村組筑波研究所 管理棟 ⁵⁾	RC造	4階建	1330.10m ²	天然ゴム系積層ゴムアイソレータ25個 鋼棒ダンパー12個	X方向:1.11~1.25, 0.13~0.17, 0.07~0.08 Y方向:1.11~1.25, 0.07~0.08 Z方向:0.08, 0.05~0.06

表-2 免震建物で地震動を観測した地震の諸元

建物名	階建	地震名	震度	発生年月日	規模	震央距離 (震源距離)
WESTビル ⁵⁾	地上6階 塔屋2階	兵庫県南部地震	V	1995年1月17日5時46分	M=7.2	30km (35km)
(株)松村組技術研究所 研究棟及び管理棟 ⁵⁾	研究棟:地上3階 管理棟:地上3階	兵庫県南部地震	V	1995年1月17日5時46分	M=7.2	30km (35km)
小金井社宅 免震建物・耐震建物 ⁵⁾	免震:地上3階 耐震:地上3階	浦賀水道地震	V	1992年2月2日4時4分	M=5.9	58km (110km)
東北大学免震実証建屋 免震建屋・在来建屋 ⁶⁾⁷⁾	免震:地上3階 在来:地上3階	福島県沖地震	IV	1987年2月6日22時16分	M=6.7	168km (171km)
(株)奥村組筑波研究所 管理棟 ⁶⁾	地上4階	茨城県南西部地震	IV	1987年6月30日18時17分	M=5.1	11km (56km)

表-3 免震建物における地震動観測結果

地震名	建物名	地震観測位置	最大加速度値 (gal) (カッコ内は倍率)		
			方向		
			東西(EW)	南北(NS)	上下(UD)
1995年1月17日 兵庫県南部地震 (神戸震度5)	WESTビル ⁵⁾	6階	103(0.34)	75(0.29)	377(1.77)
		1階	106(0.35)	57(0.22)	193(0.9)
		基礎	300(1.0)	263(1.0)	213(1.0)
1995年1月17日 兵庫県南部地震 (神戸震度5)	(株)松村組技術研究所 研究棟 ⁵⁾	屋上	273(1.03)	198(0.73)	334(1.44)
		1階	253(0.95)	148(0.54)	266(1.15)
		基礎	265(1.0)	272(1.0)	232(1.0)
1992年2月2日 震源：東京湾 (東京震度5)	小金井社宅 ⁵⁾	3階	24.51(0.45)	44.12(0.38)	—
		1階	24.11(0.42)	41.11(0.36)	24.69(1.25)
		基礎	57.46(1.0)	115.07(1.0)	20.24(1.0)
1987年2月6日 震源：福島県沖 (仙台震度4)	東北大学構内実験棟 ⁷⁾	4階	35.76(0.88)	31.84(0.71)	—
		1階	35.41(0.85)	27.51(0.62)	45.15(1.28)
		基礎	41(1.0)	45(1.0)	34.56(1.0)
1987年6月30日 震源：茨城県南西部 (柿岡震度4)	(株)奥村組筑波研究所 管理棟 ⁶⁾	屋上	25.8(0.43)	20.5(0.1)	38.8(1.08)
		3階	18.4(0.31)	12(0.06)	39.7(1.11)
		1階	29.4(0.50)	16.6(0.06)	42.1(1.17)
		基礎	59.3(1.0)	202.5(1.0)	35.9(1.0)

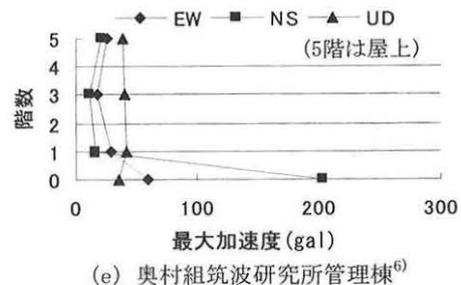
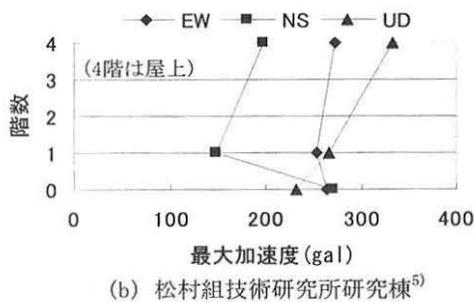
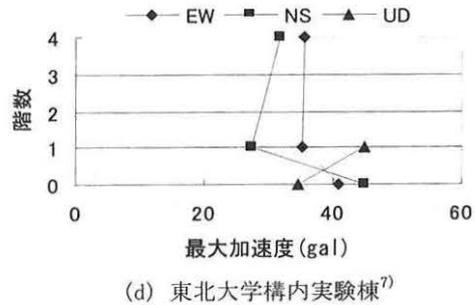
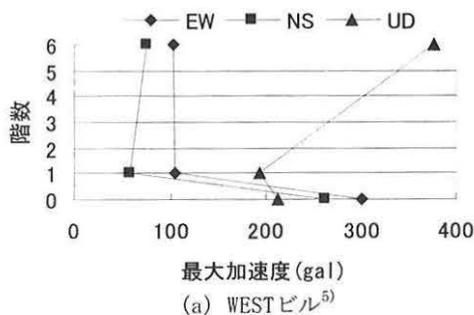


図-4 最大加速度の高さ方向分布

4.1 基礎免震建物における最大加速度の高さ方向分布

図-4(a)～(d)に基礎免震建物における加速度の高さ方向分布を示す。基礎部では5つの建物でUD成分が水

平成分(EW, NS)より小さいが、免震基礎の上の1階から上方ではその関係が逆転してUD成分が水平成分(EW, NS)より大きくなっており、しかも水平成分が減衰して、上下成分が増幅している。

4.2 基礎免震建物の各階の最大加速度の基礎の最大加速度に対する倍率

各建物の基礎部分とそれぞれの階の最大加速度EW成分、NS成分、UD成分の大きさの比較を行うため、倍率を求める。この倍率は各階の最大加速度を基礎の最大加速度で除したものであり、表-3のカッコ内と図-5(a)～(c)に示す。5つの建物に共通して次のことがいえる。

松村組技術研究所研究棟屋上のEW成分を除いて、いずれの建物でも1階から上方では水平成分(EW, NS)が1以下に減衰している。また、WESTビルの1階を除いて

いずれの建物でも上下(UD)成分が1以上に増幅している。なお、いずれの建物でも1階より上の階での倍率はNS成分が最も小さく、次にEW成分が大きく、UD成分が最も大きい。この傾向は建物の剛性の分布や地震の特性などに関係するのかもしれない。

WESTビルでは、基礎でUD成分の最大加速度が一番小さい値を示している。しかし、倍率をみると6階ではUD成分の倍率がかなり大きな値を示している。(株)松村組技術研究所研究棟では、基礎ではUD成分の加速度が最も小さいが、1階と屋上ではともにUD成分の倍率が大きな値を示している。小金井社宅では、全階でNS成分の加速度が大きい倍率ではUD成分が最も大きな値を示している。東北大学構内実験棟では、基礎でNS成分の加速度が最も大きい。上階ではUD成分の倍率が最も大きな値を示している。(株)奥村組筑波研究所管理棟では、基礎でUD成分の加速度が一番小さいが倍率は1階以上の階でUD成分が水平成分より大きな値を示している。

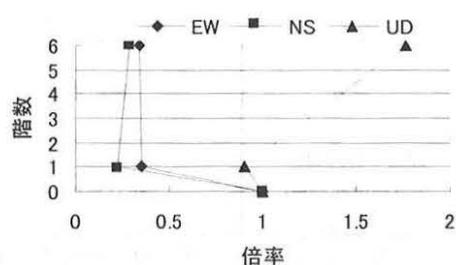
5. おわりに

以上に述べてきたように、免震工法建物では免震装置がある基礎を境にして上方に向かって上下動成分が大きくなるとともに、水平成分は小さくなる。ポートアイランドの場合は軟弱粘性土層より上方では上下成分が大きくなり、水平動成分が小さくなっている。基礎免震建物の地震動伝播挙動を参考にすると、ポートアイランドでは軟弱粘性土層が免震装置の役割を果たしたことが推測される。従って、ポートアイランドで観測された加速度の増幅特性は各基礎免震建物の増幅特性と類似であるとも言える。

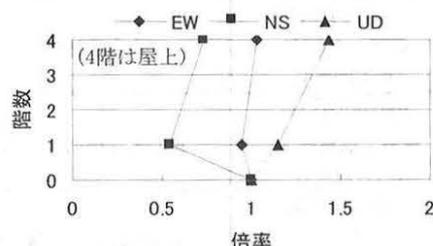
最後に、以上の調査でお世話になった本学卒業生の佐藤弦也君と貴重な資料を提供して頂いた(株)奥村組の関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

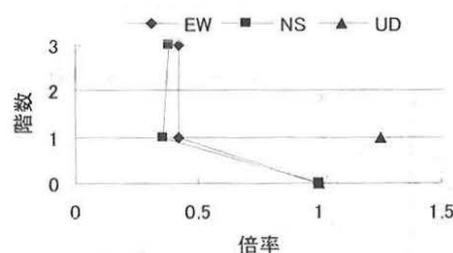
- 1) 那須誠:地震被害への地盤の影響と被害機構の推定(その2,地震動と盛土),前橋工科大学研究紀要,第3号,pp.9-16,2000.3.
- 2) 塚本登士,中島俊,山本正人,村田芳信:兵庫県南部地震における埋立地の液状化現象とS波速度を用いた液状化強度の評価例,応用地質技術年報,兵庫県南部地震特集号,pp.215-235,1997.10.
- 3) 鳥井原誠,伊藤浩二:兵庫県南部地震で被災した埋立地の地盤特性と液状化,大林組技術研究所報 特別号,阪神・淡路大震災 調査・分析/対応技術,pp.25-34,1996.
- 4) 運輸省港湾技術研究所編:港湾技研資料 1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告,pp.104,1997.3.
- 5) 日本免震構造協会編:免震構造入門,pp.115-139,1995.
- 6) (財)電力中央研究所(松田泰治,塩尻弘雄,青柳栄,沢田義博),(株)奥村組(原田治,川井伸泰,大塚将,安倍勇):免震ビルの信頼性実証に関する研究(その2)-地震観測および応答解析結果-(株)奥村組原子力室, TECHNICAL REPORT NO.101, 1988.6.
- 7) 大崎順彦監修,清水建設免震グループ編:わかりやすい免震建築,pp.56-62,pp.149-151,1990.



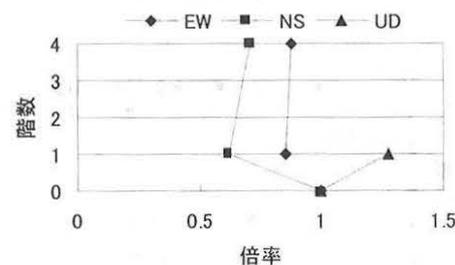
(a) WESTビル



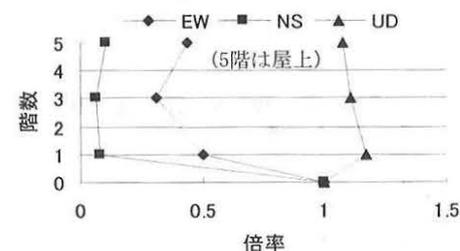
(b) 松村組技術研究所研究棟



(c) 小金井社宅



(d) 東北大学構内実験棟



(e) 奥村組筑波研究所管理棟⁶⁾

図-5 最大加速度の倍率の高さ方向分布