

大阪大林ビルにおける地震観測について

角 田 智 彦 泉 定 一
瀬 尾 和 大 高 木 正 敏

(本社建築本部設計部主査)

Observation of Earthquake Motions at the Osaka Ohbayashi Building

Tomohiko Tsunoda Teiichi Izumi
Kazuoh Seo Masatoshi Takagi

Abstract

Observations of earthquake motions have been carried out continuously at the Osaka Ohbayashi Building in the city of Osaka. The observation work has been accompanied by many difficulties because of the relatively few occurrences of earthquakes in the Osaka district. Therefore, a number of improvements were made in the observation system after some while, and further, through observation of micro-earthquakes, a fair amount of records have been accumulated. These include the two earthquakes of intensity III on November 25, 1973. First of all in this paper, the observation system for earthquake motions and existing records are introduced. Furthermore, using typical records, frequency analyses and simulation analyses of earthquake response for the dynamical model of the building are performed.

概 要

大阪大林ビルにおいて地震観測を長期に亘り継続してきたが、元来、大阪地方には地震が少なく、観測する上で種々の困難を伴ってきた。途中、観測システムの改良を重ね、また極微小地震の強化観測を行なう等の試みによって、最近、漸く地震記録の数も揃うようになった。これらの記録の中には大阪震度Ⅲの2個の記録(1973.11.25)も含まれている。

ここではまず地震観測システムと観測記録の紹介を行ない、更にそれらの観測記録のうち代表的なものについて、波形の周波数解析と本建物モデルを用いた地震応答シミュレーション解析を行なった結果について述べた。

1. まえがき

大阪大林ビルが未だ計画の段階にあった昭和44年、siteにおける地盤の動的試験と共に本地震観測が開始された。以来、工事の進行とともに観測点の増設を重ね、昭和48年春、同ビルの竣工と同時に本観測システムもほぼ完成されて今日に至っている。ところが元来、大阪地方には地震が少ない上に、観測点周辺の noise level が高いことも加わって観測は困難を極めた。

同ビル竣工後は計器類の維持管理も容易になり、スターターの改良、極微小地震の強化観測等を通じて、急速に観測記録の蓄積をみた。

本報は主に本地震観測システムの紹介と観測記録のリストアップに重点を置き、それらの解析については若干の検討例を示すに止まったが、より詳細な解析については逐次報告を続けてゆく所存である。

尚、本建物の概要および強制振動実験結果について

は既に報告がなされている^{1),2)}。

2. 地震観測システム

本観測システムは図-1のブロック図に示すごとく大・中規模地震を対象としたSMAC強震計と、それ以下の地震を対象とした加速度・変位型地震計の2系列より成っている。各地震計の配置は図-2に示すごとくであるが、本システムでは特に長周期変位計(水平、上下各成分)、基礎底面土圧計等を用いて、建物の挙動を総合的に把握することに努めた。これらの地震計は図-3にその特性を示す2種のスターターのいづれかが作動することによって記録が開始される。記録は3台のオシログラフに分割されるが、clock pulseによって相互間の時刻は統一されている。尚、SMAC強震計も3台を同期させることにより、そのいづれかでスターターが働けば他の2台も同時に作動するようになっている。

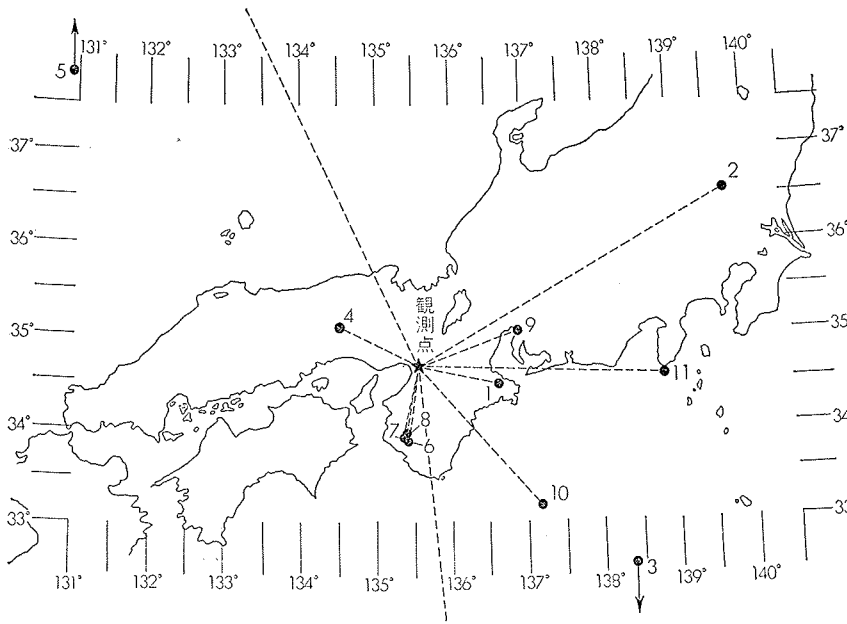


図-4 観測地震動の震央分布

タ・レコーダーに収録し、同時に再成モニターによる地震の監視を行なったものである。図-5に強化観測スケジュールと地震発生の状況を示した。

地震番号4以降は自動スター方式の常時観測より得られた記録であるが、特に昭和48年11月25日に得られた震度Ⅲの2個の記録は貴重である。

これまでの観測によって、一応震度0から震度Ⅲに至る各レベルの地震記録を得たことになるが、これらの観測結果から現在の地震観測システムを検討すれば次の様な事柄があげられよう。

まず長周期変位計については、

地震番号	発生年月日時	震源	マグニチュード	深度 (km)	震央距離 (km)	震源距離 (km)	大阪震度	大阪大林ビル観測記録			備考
								5秒変位計	加速度計	SMAC強震計	
1	48.8.23. 14:52	三重県東岸 34°30'N 136°42'E	3.9	338	108	355	0	○	×	×	データ・レコーダーによる極微小地震の強化観測
2	8.21. 04:17	栃木県南部 36°31'N 139°45'E	4.9	110	439	453	0	○	×	×	
3	8.25. 12:49	カロリン諸島西部 10°36'N 138°24'E	5.8	33	2,650	2,680	0	○	×	×	
4	9.21. 11:21	兵庫県西部 35°06'N 134°31'E	5.1	10	106	106	II	○	○	×	● 解析済 ○ 解析可能(未解析)
5	9.29. 09:46	ウラジオストク付近 42°11'N 139°58'E	7.4	600	934	1,110	I	○	—	×	
6	11.25. 13:25	和歌山県西部 33°51'N 135°25'E	5.9	60	91.8	110	III	△	●	—	△ スケールオーバー — 読取不能 × 起動せず観測せず
7	11.25. 18:19	和歌山県中部 33°53'N 135°23'E	5.8	60	89.0	107	III	△	●	—	
8	11.26. 17:25	和歌山県中部 33°57'N 135°24'E	4.3	50	81.1	95.3	0	○	—	×	
9	49.2.10. 17:52	愛知県西部伊勢湾 35°05'N 136°55'E		20	134	135	I	○	○	×	
10	2.22. 09:37	東海道はるか沖 33°12'N 137°12'E		400	223	458	I	○	—	×	

表-1 観測地震記録リスト

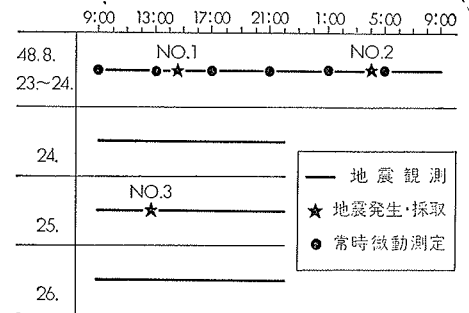


図-5 極微小地震の強化観測スケジュール

現在の設定倍率でもって震度Ⅰ及至震度Ⅱ以下の地震動を確実に記録できるとわかった。但し、No. 6, No. 7のような震度Ⅲの地震動に対しては波形の乱れが著しく、殆ど読取りは不可能である。

一方加速度計については、図-6に観測波形の例を示すように、震度Ⅰ, Ⅱ程度では使用に耐え得る資料とはなり得ないが、震度Ⅲでは大変興味のある記録が得られている。

更に震度Ⅳ以上の地震動はSMAC強震計の記録範囲に属するので、結局、本観測システム全体から見れば、いかなる大きさの地震動に対してもいづれかの地震計が良好な記録を採取してくれるであろうとの期待を充分持つことができる。

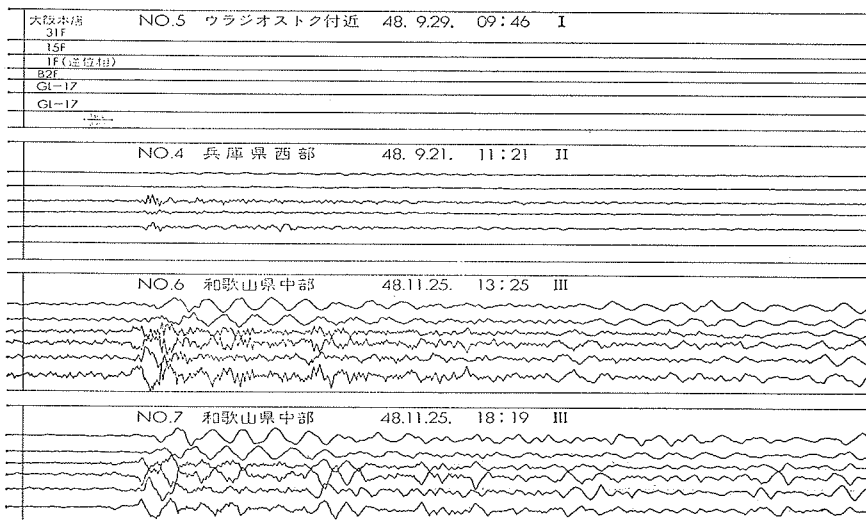


図-6 観測波形の例(加速度波形)

4. 記録波形の解析例

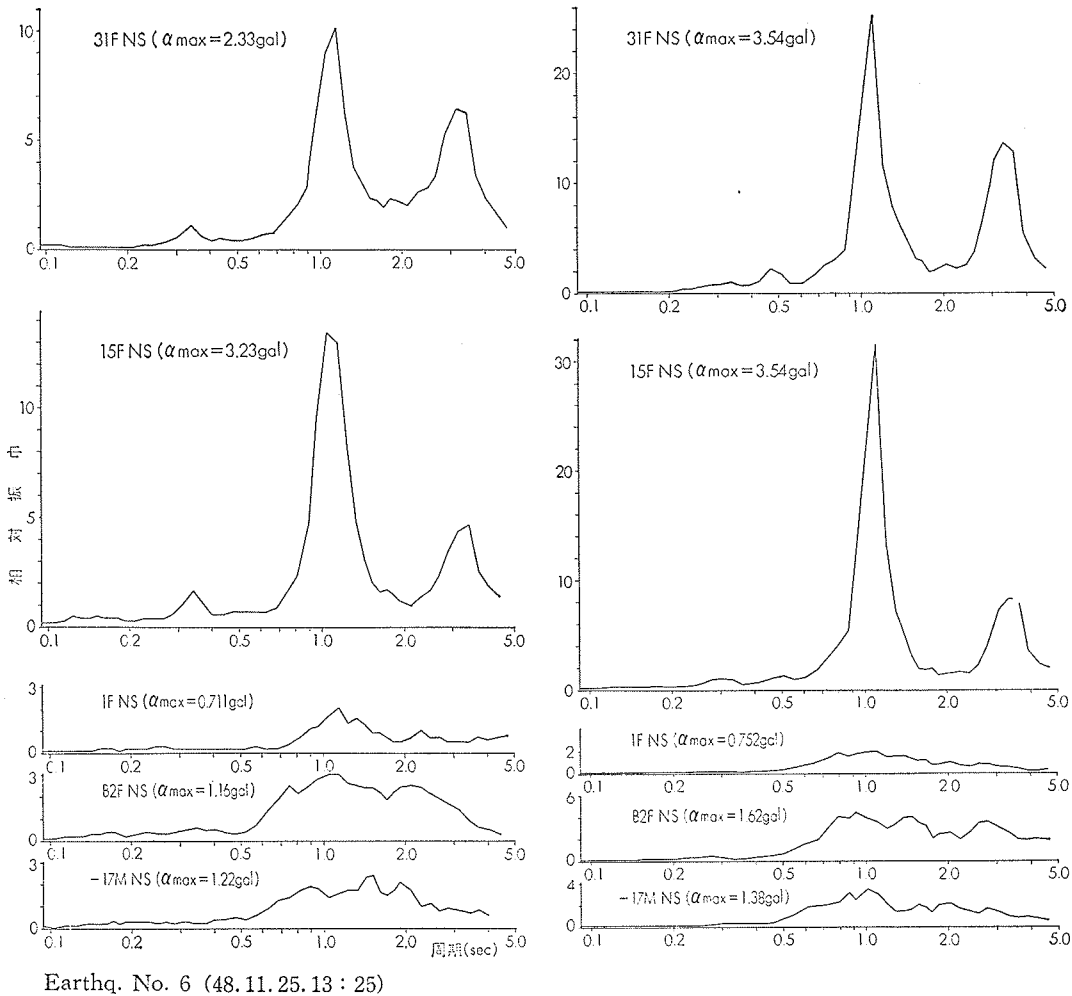
前述の観測記録中、代表的な2つの地震動(No. 6, No. 7)について、各観測点(図-2: A1~A5)の加速度波形の周波数解析を試みた。尚、解析に先立ち各波形とも継続時間を2分間として、1/30sec. 刻みの

デジタル化を行なった。

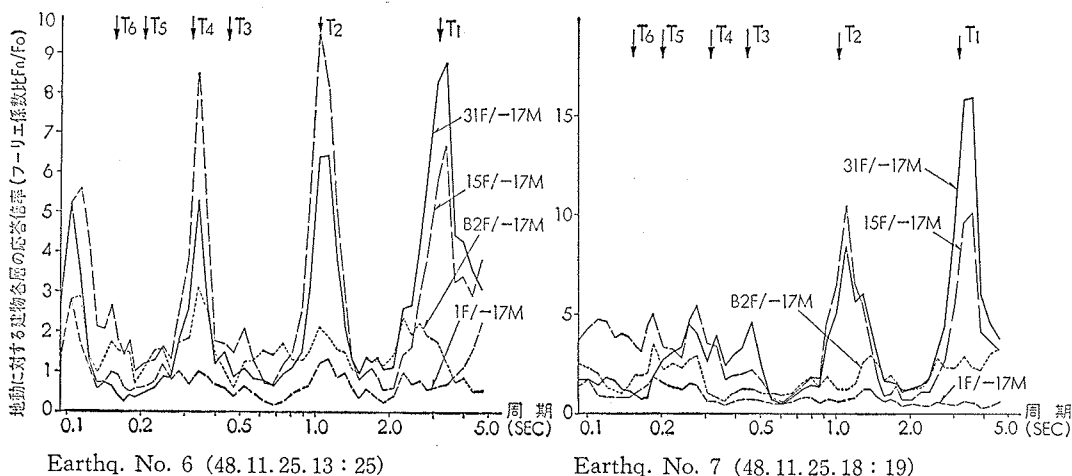
図-7は各観測点における記録波形のフーリエ・スペクトルを示したものであるが、当然のことながら、31F, 15Fの高層部と1F以下の基礎部分とでは、波形の周期特性に顕著な差異が見られる。高層部に

見られる3.2sec および1.1secの顕著な卓越周期は、本建物の振動実験^{1),2)}より得られた短辺方向(NS)の1次, 2次の固有周期に夫々対応している。この2次の固有周期(1.1sec)は図-6の31Fと15Fの波形が完全に逆位相であることから容易に判別できる。基礎部分の波形の形状および周期特性に関しては、この様な単純な周波数解析のみによって解釈を加えることには無理が生ずる。今後の課題として、より詳細な周波数分析と波動論的立場に基づいた検討が是非とも必要であろう。

図-8には、図-7の各スペクトルを-17Mのスペクトルで除したスペクトル比を参考までに掲げた。



Earthq. No. 6 (48.11.25.13:25) Earthq. No. 7 (48.11.25.18:19)
 図-7 観測波形のフーリエ・スペクトル



Earthq. No. 6 (48.11.25.13:25) Earthq. No. 7 (48.11.25.18:19)
 図-8 各観測波形の地震に対するフーリエ・スペクトル比

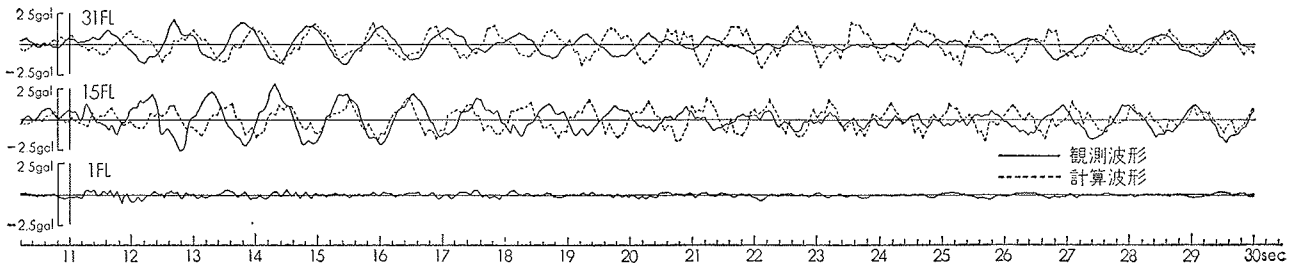


図-9 No. 6 1FL 記録波に対する建物モデルの応答 ($h=0\%$, $\Delta t=0.0629\text{sec}$)

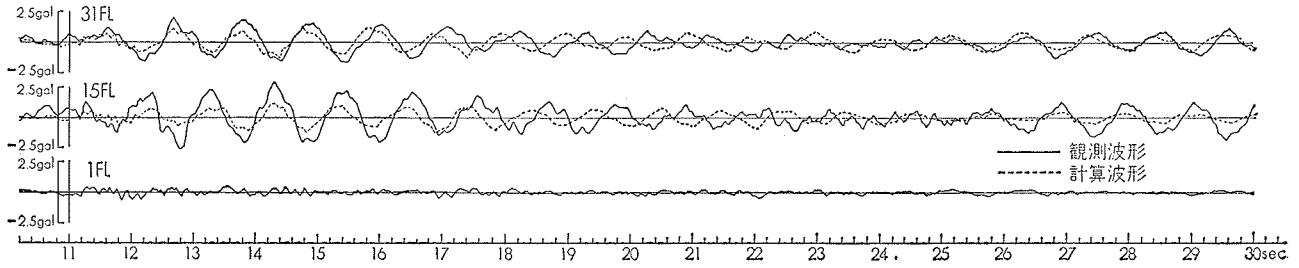


図-10 No. 6 1FL 記録波に対する建物モデルの応答 ($h_1=0.4\%$, $\Delta t=0.0629\text{sec}$)

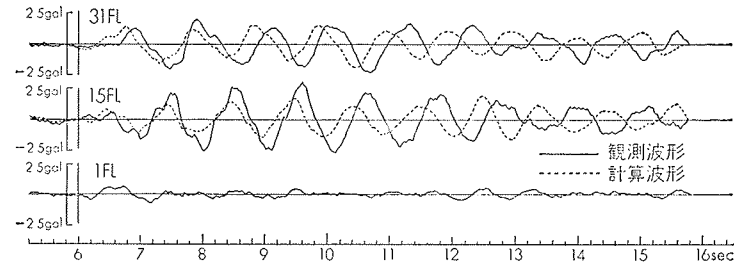


図-11 No. 7 1FL 記録波に対する建物モデルの応答 ($h_1=0.4\%$, $\Delta t=0.0308\text{sec}$)

5. 本建物モデルの地震応答に関する検討例

本建物を1階床固定としたモデルに置換し、前述の2つの地震動(No. 6, 7)の1FLにおける観測波形を入力させた時の本建物の応答をSTEP-05(当社保有の高層ビル耐震設計汎用プログラム)によって求めた。

解析モデルは、本建物の設計時に用いた32質点のモデルに各階一様なせん断剛性を付加することによってその固有周期を振動実験結果^{1),2)}に近似させた。減衰定数は周期に逆比例するものと仮定したが、観測波形が2次周期で卓越していることより、2次周期において振動実験結果との値の統一をはかった。以上の結果を表-2に示した。

図-9～11に観測波形と本解析より得られた応答波形を対比して示した。まず周期に関して両者を比較す

	1 次		2 次		3 次		4 次	
	周期	減衰定数	周期	減衰定数	周期	減衰定数	周期	減衰定数
解析モデル	3.21sec	0.40%	1.03sec	1.24%	0.47sec	2.73%	0.33sec	3.89%
振動実験	3.20	0.90	1.04	1.22	0.45	2.89	0.32	0.90

表-2 本解析モデルと振動実験時の定数比較

ると、No. 6の地震動については観測波形と計算波形との対応は良好であるが、No. 7の地震動については観測波の方が10%程度周期が長い。振巾に関してはいずれの場合にも31階ではほぼ一致し、15階では観測波形の方がやや大きな値を示している。図-9は参考までに非減衰の場合の応答結果を示したものである。

6. まとめ

これまで、本テーマの主目標はいかに地震記録を採取するかと云う点にあって、地震観測に大きな比重をかけてきた訳であるが、今後は、観測結果に基づいて特に建物の基礎周辺の挙動に注目した検討を加えてゆく所存である。尚、本テーマの遂行に当っては実に多くの方々のお世話になった。当研究所の中川恭次・寺沢一夫両次長東京本社建築本部設計部の木田幸夫次長、大阪本店建築本部設計部の樋口元一次長、尾路義一主査の方々に深く謝意を表したい。また同ビル施工中には工事事務所の新開信之所長、高木嗣郎主任および本店設計部の金沢正明氏の御援助を賜った。ここに厚く感謝の意を表する。最後に地震計の管理に当ってはナショナル電設の小林俊司氏に、波形解析に当っては当研究所振動研究室諸氏に負う所が多大であった。ここに深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 中川・渡辺・島口・寺村“大阪大林ビル振動実験”本報 No. 7, 1973
- 2) 中川・渡辺・島口・寺村“大阪大林ビル振動実験(その1, その2)”日本建築学会大会梗概集, p. 885～8, 1973