

4 階建大型版組立家屋の耐震実験

中 川 中 夫※

斎 藤 辰 彦※※

ま え が き

前記報告に述べた大型版組立工法による4階建試作物の地震時耐力、剛性を調べるため静的水平加力、振動実験を行つたのでその結果を報告する。

建物敷地地盤は軟弱な埋立土であるが、建物規模を考慮してソイルセメントによる地盤改良(厚80mm)を施し、この上に布基礎を置いた。実験時には普通コンクリート棟、軽量コンクリート棟が別個になっており、その各々について実験したことになる。

試験順序は振動、静加力の順であるが、その詳細は各該当項に示す。

1. 振動実験

1.1 実験方法

振動実験は微振動、大振動の順に各棟について行うことを建前としたが、機械の都合で普通コンクリート棟についてはこの原則を適用できなかった。表-1の最後の2つは静加力試

表-1 振動実験日程

実験年(月・日)	実験内容
36.(8.31)(9.1)(9.5)	軽量コンクリート棟 微振動
36.(9.2)(9.4)	普通コンクリート棟 大振動
36.(9.6)	〃 〃 微振動
36.(9.7)	軽量コンクリート棟 大振動
36.(9.9)	同上
36.(9.27)	普通コンクリート棟 微振動
36.(9.28)	軽量コンクリート棟 〃

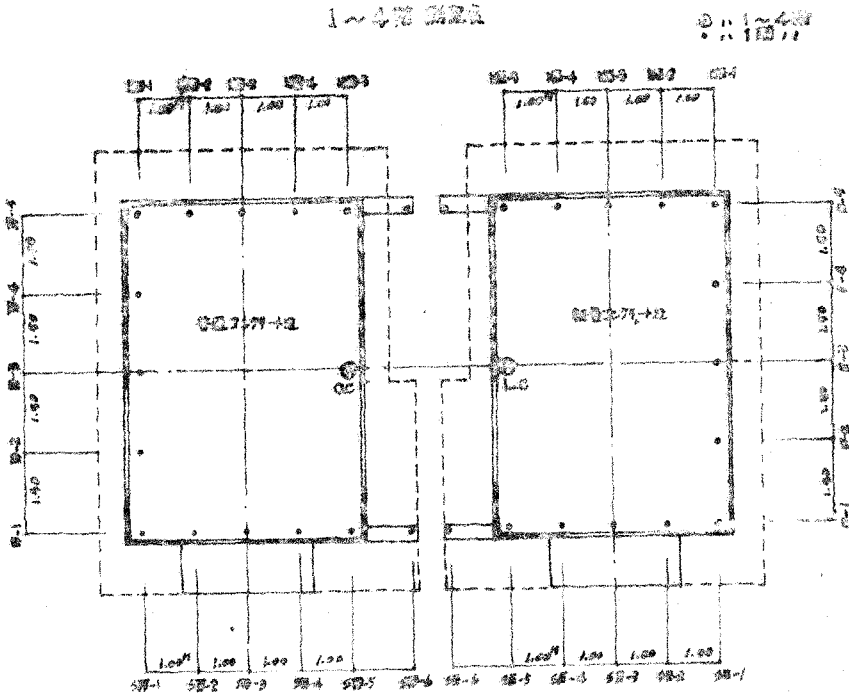
験後に行つたものである。

微振動には建研型2軸4輪2HP変速モーター付小型起振機を用いた。重錘の偏心は1cmで2軸合計偏心モーメントは45.7kg・cmである。大振動実験用起振機はTSI-49型1軸1

※ 大成建設技術研究部

※※ 〃 〃

腕水平回転10HP可変速モーター付で偏心モーメントは各実験経過表中に示す。加速度測定点は図-1の通りである。



1.2 (微振
動実験)

(a) 大振
動前微
振動、
転量コ
ンクリ
ート棟
のみに
ついて
行つた。
測定は
6成分
精密振
動計に
よる

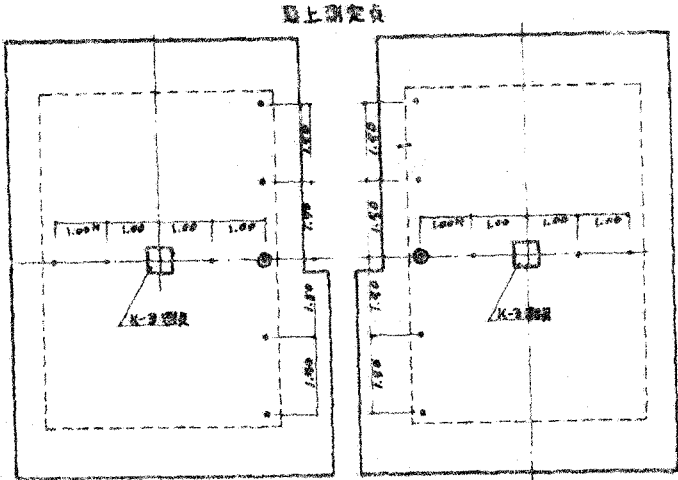


図-1 振 動 測 定 点

各部同時測定を建前としたが測定記録が良好でないものは補助計器（熱ペン記録計付振動計）の資料によった。

図-2の共振曲線で、
で実線が大振動前の
微振動共振曲線である。
測定点は4階床で変位
振巾で表してある。

(b) 大振動後微振動

この実験は普通コン
クリート棟、軽量コン
クリート棟の双方につ
いて行つた。図-2の
破線、鎖線が共振曲線
で測点は屋上で行つたの
で大振動前の微振動変
位より大きく表れている。

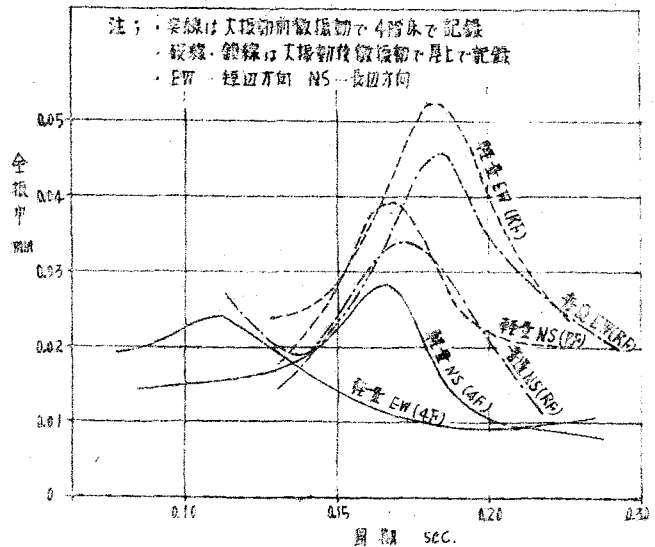


図-2 微振動実験共振曲線

表-2 に微振動実験の固有周期測定値をまとめた。軽量コンクリート棟の固有周期が大振

表-2 微振動実験固有周期 (sec)

	方向	大振動前	大振動後
軽量コンクリート棟	短 辺	0.117	0.178
	長 辺	0.158	0.163
普通コンクリート棟	短 辺		0.179
	長 辺		0.166

動前後で短辺、長辺方向逆転しているのは基礎のソイルコンクリート板の影響と思われる。
すなわち、ソイルコンクリートは当初両棟にまたがつて共通基礎として作られこのときには
各棟の短辺方向がソイルコンクリート版の長辺方向にあつていた。大振動、静加力実験に
より両棟間のソイルコンクリートに亀裂が入りその結果各棟の長短辺方向とソイルコンクリ
ート版のそれとが一致して固有周期に変化をもたらしたものであろう。

1.3 大振動実験

大振動実験では各階の加速度と1階短辺方向壁版対角線の伸縮を測定した。各階加速度測

定にはU-gauge 5ヶを、対角線伸縮測定には伸縮棒にスリップゲージを取付けたものを用いた。

(a) 普通コンクリート棟大振動 屋上の加速度記録から作つた共振曲線の一例の図-3に、各実験時最大加速度を表-3に示した。

(b) 軽量コンクリート棟大振動 普通コンクリート棟の共振曲線、各階加速度と同様にそれぞれ図-3、表-4に示した。長辺方向振動は短辺に比べればかなり小さい。大振動実験で発生させた最大加速度はTest No. 8の屋上0.458gであつた。軽量棟大振動実験中に両棟間ソイルコンクリートに亀裂が生じたが、実験を通して建物自体には2階南側開口壁隅角部にやつと見える程の毛細亀裂が生じたのみで他には全く異状がなかつた。普通棟の最大加速度は0.25gでとどめたが軽量コンクリート棟と同条件で振動させた場合、剛性、耐力とも上廻ることは推察される。

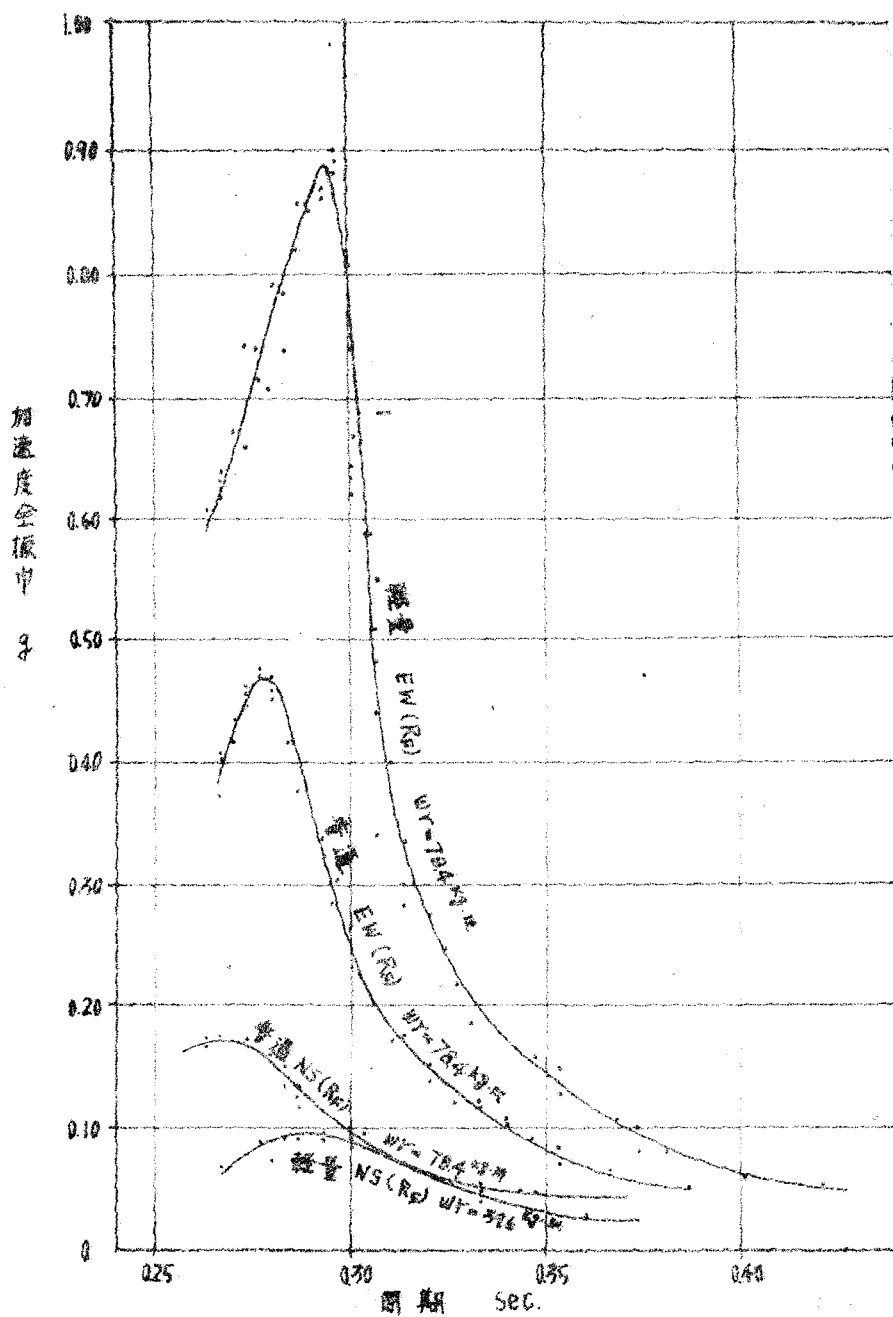


图-3 大振動実験共振曲線

表-3 大振動実験加速度(普通棟)

	Test No 重錘偏心モーメント	階	共振時加速度 α (g)	方向	固有周期 (sec)
普通 コ ン ク リ ト 棟	No. 4 39.6 kg・m	R	0.159	EW	0.264
		4	0.107		
		3	0.0737		
		2	0.0474		
		1	0.0117		
	No. 5 78.4 kg・m	R	0.232	EW	0.276
		4	0.180		
		3	0.134		
		2	0.0755		
		1	0.0203		
	No. 11 126 kg・m	R	0.250	EW	0.3
		4	0.214		
		3	0.0306		
		2	0.091		
		1	0.0273		
	No. 12 131.3 kg・m	R	0.228	EW	0.3
		4	0.218		
		3	0.0334		
		2	0.0937		
		1	0.0273		
	No. 7 78.4 kg・m	R	0.089	NS	
		4	0.066		
		3	0.00955		
		2	0.0318		
		1	0.0164		

表-4 大振動実験加速度(軽量棟)

	Test No 重錘偏心モーメント	階	共振時加速度 α (g)	方向	固有周期 (sec)
軽 量 コ ン ク リ ト 棟	No. 2 39.6 kg・m	R	0.27	EW	0.275
		4	0.193		
		3	0.122		
		2	0.0635		
		1	0.0182		
	No. 6 59.0 kg・m	R	0.376	EW	0.286
		4	0.238		
		3	0.173		
		2	0.0875		
		1	0.0251		
	No. 7 78.4 kg・m	R	0.455	EW	0.296
		4	0.272		
		3	0.207		
		2	0.109		
		1	0.032		
	No. 8 97.8 kg・m	R	0.458	EW	
		4	0.280		
		3	0.20		
		2	0.103		
		1	0.0296		
	No. 4 39.6 kg・m	R	0.0482	NS	0.29
		4	0.0274		
		3	0.0242		
		2	0.0119		
		1	0.00685		

2.1 実験方法

Technical drawing of a building's structural frame, showing a cross-section and a plan view. The cross-section on the left shows a multi-story building with a central core and side wings. The plan view on the right shows a rectangular layout with internal columns and beams. Japanese text labels are present throughout the drawing.

Labels in the drawing include:

- 断面 (Cross-section)
- 平面 (Plan)
- 大梁 (Main beam)
- 小梁 (Sub-beam)
- 柱 (Column)
- 梁 (Beam)
- 天井 (Ceiling)
- 床 (Floor)
- 壁 (Wall)
- 窓 (Window)
- 門 (Door)
- 階段 (Staircase)
- エレベーター (Elevator)
- トイレ (Toilet)
- 洗面所 (Washroom)
- 浴室 (Bathroom)
- キッチン (Kitchen)
- リビング (Living room)
- ダイニング (Dining room)
- 玄関 (Entrance)
- 駐車スペース (Parking space)
- 庭 (Garden)
- バルコニー (Balcony)
- テラス (Terrace)
- 屋根 (Roof)
- 基礎 (Foundation)
- 土留 (Soil retention)
- 止水 (Waterproofing)
- 排水 (Drainage)
- 換気 (Ventilation)
- 照明 (Lighting)
- 空調 (Air conditioning)
- 電気 (Electricity)
- ガス (Gas)
- 水道 (Water supply)
- 下水道 (Sewerage)
- 防火 (Fireproofing)
- 防音 (Soundproofing)
- 防振 (Vibration proofing)
- 防虫 (Insect proofing)
- 防湿 (Moisture proofing)
- 防錆 (Rust proofing)
- 防汚 (Stain proofing)
- 防臭 (Odor proofing)
- 防音 (Soundproofing)
- 防振 (Vibration proofing)
- 防虫 (Insect proofing)
- 防湿 (Moisture proofing)
- 防錆 (Rust proofing)
- 防汚 (Stain proofing)
- 防臭 (Odor proofing)

- 30 -

形分布、逆三角形分布の震度を取り各々について設計荷重に対する加力荷重の倍数を荷重階と名付け行つた。設計荷重を表-5に、実験日程を表6に示す。

表-5 設計用地震力 (矩形震度分布 $K=0.2$) ton

	普通コンクリート棟		軽量コンクリート棟	
	KW	Σ KW	KW	Σ KW
R	4.8 6	4.8 6	3.8 5	3.8 5
4	7.2 0	1 2.0 6	6.0 0	9.8 5
3	7.8 0	1 9.8 6	6.4 6	1 6.3 1
2	8.2 0	2 8.0 6	6.8 3	2 3.1 4

表-6 実 験 日 程

年 月 日	Test No.	震度分布	加力荷重階 (普通棟基準)
3 6. 9. 12	1	矩 形	0→1.0→0
"	2	"	0→1.0→0
"	3	"	0→2.0→0
9. 20	4	"	0→2.0→0
"	5	逆三角形	0→1.6→0
9. 21	6	"	0→1.6→0
"	7	矩 形	0→2.6→0
9. 22	8	"	0→2.0→0 (公開)

2.2 変位測定値

一例として各棟屋根、1階床における水平変位および基礎回転角を荷重階との関係で図-5に示す。

最大加力は矩形分布震度で荷重階2.6 (普通棟)、3.2 (軽量棟)であり、この際の基礎移動、回転の影響を除いた建物自体の撓み量は3.4 mm (普通棟)、5 mm (軽量棟)であつた。荷重階1.8~2.0から開口部周辺に亀裂が発生しはじめたがDry Joint部を含めて最大荷重時にもなお余力があることが認められた。

2.3 撓み計算値との

比較

荷重階1.0（設計荷重）のときの建物撓みを計算して実験値と比較してみた、接合部の変形に対する効果を検討する意味で架橋を種々仮定し剪断、曲げを考慮し壁式ラーメンとして計算したものが図-6である。これによると鉛直方向Wet Jointの効果が大きくあらわれており全接合部が剛でしかも直交壁のフランジ

効果を考えた撓み量に近い。

2.4 接合部の変形

各Dry Joint部の相対変位（ずれ）を測定したが荷重階2.0（矩形震度）で0.25mmが最高変位であり、仮定した各Joint負担剪力に対し荷重階1.5までいずれも弾性範囲にあると判断された。

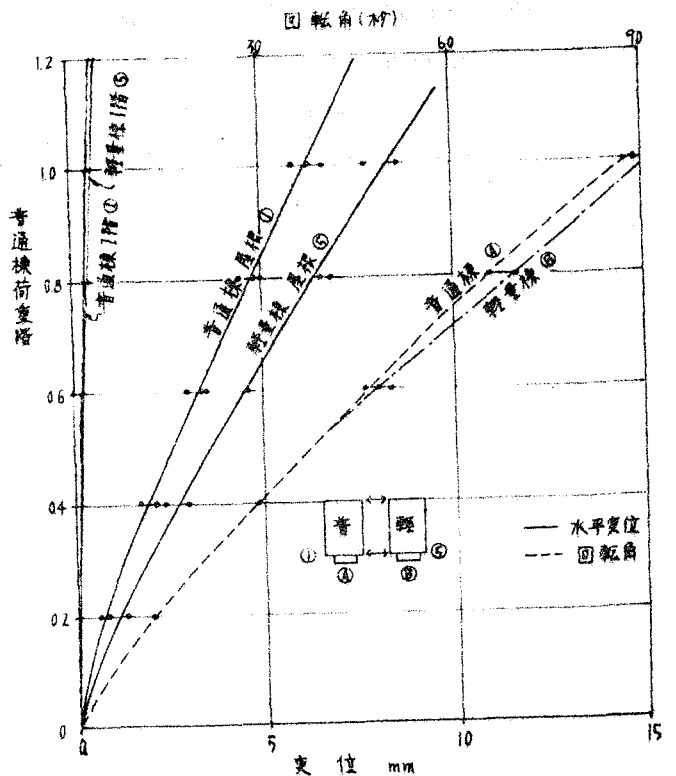


図-5 屋根、1階の水平変位と基礎回転数
(矩形分布震度)

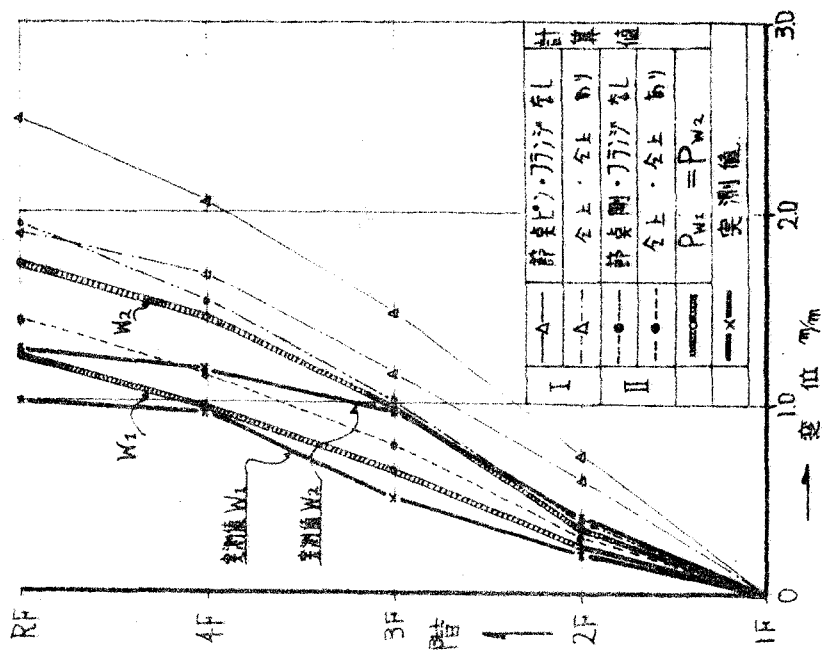


図-6 撓み計算値と実験値との比較 (普通棟)

4. 両実験結果の比較

振動実験時の慣性力に等しい静加力実験の加力を選び出しおのおのの変形量を比較してみる。静加力実験は逆三角形分布震度のものを考える。

図-7は慣性力、静加力のBase Shear が等しいとしたときの各階の力の分布状況と全体変位の一例である。このような条件で全体変位Rocking, Swaying の比率を求めたものを表-7に示した。基礎移動、回転の全変位に占める割合が普通棟で80~90%、軽量棟で60~80%で、全変位は静加力実験の方が大きくあらわれている。

またBase moment と Rocking Angle , Base Shear と Swaying の関係を求め図-8、9に示してみた、普通棟では振動実験による結果と静加力実験による結果がほぼ同一曲線上にならぶが、軽量棟では両者の傾向が異なる。この原因として大振動実験で軽

量棟には大きな加速度が
加えられ、部分的に塑性
状態に入つたことが考え
られる。

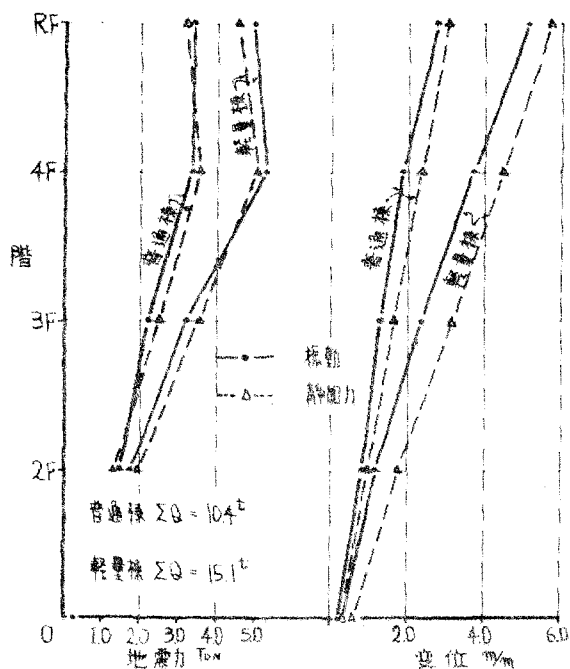


図-7 振動-静加力全変位比較

表-7 変位量の比較

Test No.	階	振 動			静 加 力			
		総変位 (T)	Rocking + Sway	$\frac{R+S}{T}$	総変位 T'	Rocking + Sway	$\frac{R'+S'}{T'}$	$\frac{T}{T'}$
4	R	2.76	2.36	0.85	3.05	2.74	0.90	0.90
	4	1.86	1.82	0.98	2.33	2.11	0.91	0.80
	3	1.28	1.28	1.00	1.67	1.49	0.89	0.77
	2	0.82	0.74	0.90	0.86	0.87	> 1	0.95
$T_0 = 0.264$								
5	R	4.41	3.85	0.89	5.30	4.48	0.85	0.83
	4	3.42	3.07	0.90	4.13	3.48	0.84	0.83

$T_0=0.276$	3	2.54	2.17	0.86	2.91	2.48	0.85	0.87	普通棟
	2	1.43	1.28	0.90	1.56	1.48	0.95	0.92	
11 $T_0=0.300$	R	5.60	5.36	0.96	5.71	4.70	0.82	0.98	普通棟
	4	4.79	4.17	0.87	4.50	3.66	0.81	1.06	
	3	3.14	3.09	0.98	3.17	2.60	0.82	0.99	
	2	2.04	1.70	0.84	1.73	1.55	0.90	1.18	
2 $T_0=0.275$	R	5.08	3.48	0.69	5.65	4.43	0.74	0.90	輕量棟
	4	3.63	2.69	0.74	4.48	3.35	0.75	0.81	
	3	2.30	1.91	0.83	3.13	2.48	0.79	0.73	
	2	1.20	1.12	0.93	1.70	1.50	0.88	0.71	
6 $T_0=0.286$	R	7.62	3.97	0.52	8.23	6.46	0.78	0.93	
	4	4.83	3.05	0.63	6.45	5.04	0.78	0.75	
	3	3.50	2.24	0.64	4.53	3.61	0.80	0.77	
	2	1.77	1.37	0.77	2.55	2.18	0.85	0.70	
7 $T_0=0.296$	R	9.95	5.55	0.56	10.50	8.02	0.76	0.95	輕量棟
	4	5.93	4.35	0.73	8.25	6.27	0.76	0.72	
	3	4.52	3.13	0.69	5.86	4.50	0.77	0.77	
	2	2.38	1.92	0.81	3.30	2.75	0.83	0.77	

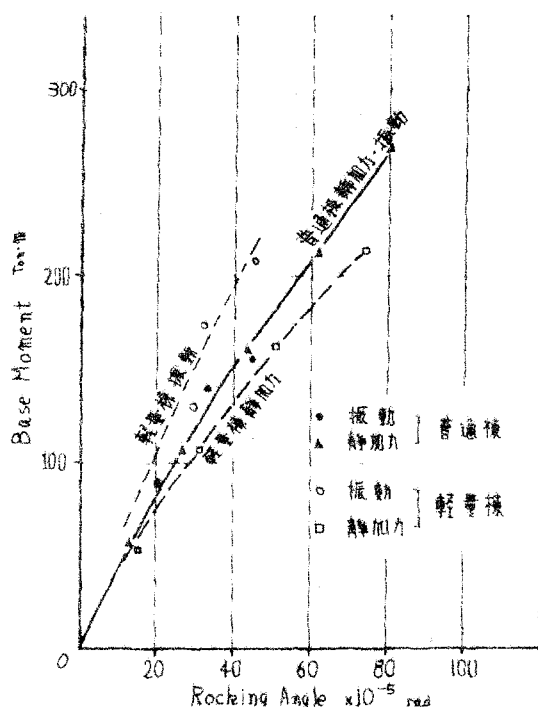


圖-8 Base Moment と Rocking Angle

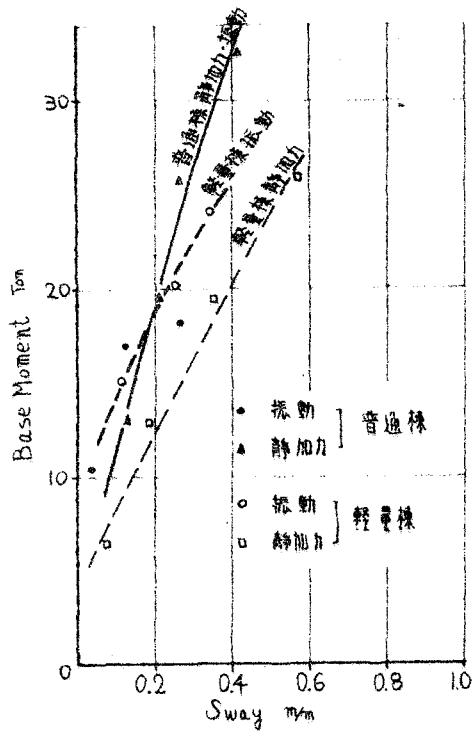


図-9 Base Shear と Swaying.

あ と が き

大型版組立工法による中層建物がわが国のような地震国でも可能かどうか。本実験結果は充分の耐震性を示しており、工法の将来に大きな光明を与えたといえよう。今後は耐力上重要な接合部の合理的設計、架構全般の設計方法標準化に努力したいと思つている。

おわりに振動実験を担当していただいた建築研究所中川恭次博士に厚く謝意を表する。

