

特 集

4. 各種構造物および機器モデルの地震応答観測

Observation of Earthquake Response of Weak Model Building Structures and Equipments

UDC 550.34.03:624.012.45

4.1 鉄筋コンクリート造弱小モデルによる地震応答観測

Observation of Earthquake Response of Reinforced Concrete Weak Model Building Structures

田 村 良 一*・関 松太郎*・岡 田 恒 男*

Ryoichi TAMURA, Matsutarō SEKI and Tsuneo OKADA

1. は し が き

『自然地震による地盤・構造物系の応答および破壊機構に関する研究』の一環として行われている、鉄筋コンクリート造弱小モデルによる地震応答観測に関し、試験体の設計、および、観測計画について報告する。

既存構造物を利用して自然地震時の応答観測を試みた例はすでにある。鉄筋コンクリート建造物を対象としたものとしてはたとえば、文献1), 2)などである。しかしながら、これらは既存の一般構造物を利用している関係上、構造物に損傷が生じるような大変形領域までの観測はなかなか困難であった。そこで気象庁震度階IV程度で損傷が生じるような鉄筋コンクリート造弱小モデルを製作し、多点同時観測による地震応答観測を試みた。

2. 試験体の設計

弱小モデルは実物の約1/4~1/5の5層建物2体で、図1にその写真を、図2に試験体の形状および断面寸法をそれぞれ示した。写真に示したように、各層床には柱が破壊しても床が約10cm以上は落下しないように崩壊防止用鉄骨フレームを設置してある。2体のうち、1体は地震時に柱に曲げ降伏ヒンジが発生する、いわゆる柱崩壊形となるよう、また、他の1体は梁崩壊形となるように設計した。梁・柱とも、せん断破壊が曲げ降伏に先行しないようにし、降伏耐力は可能な限り低くなるように配慮した。すなわち、基礎固定での部材の弾塑性性状に基づいた逆三角形外力分布での漸増解析、および、部材の弾塑性性状に基づいた地震応答解析などを行い、地動100gal程度で曲げ亀裂が生じるように設計した。配筋詳細は通常の建物に採用されている方式によった。

3. 解析方法および結果

解析に用いた部材モデルは図3に示すように、材端塑

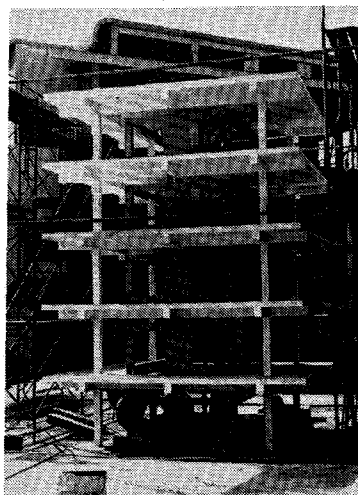
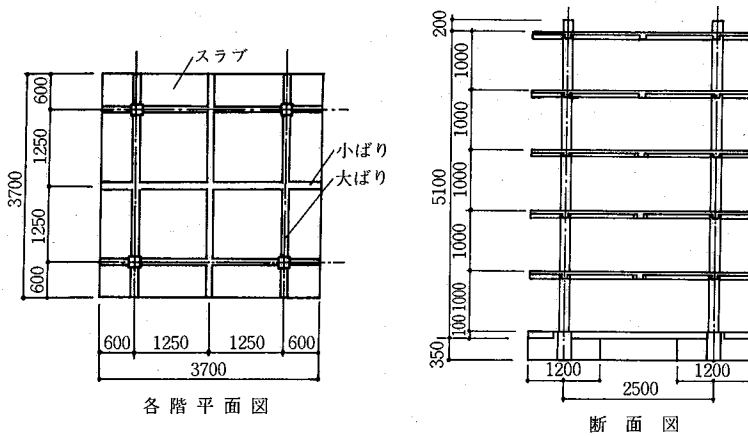


図1 柱崩壊形試験体の写真

性回転ばね、材中央の弾性曲げばねおよび弾塑性せん断ばねとが直列結合したもので、繰返しルールは曲げに対しては Degrading Tri-linear 型とし、せん断は原点指向型とした。復元力を決定する諸量は曲げには終局強度式を、せん断には荒川式を用いて求めた(文献3)。その他の主な計算仮定は、①はりの耐力には建築学会鉄筋コンクリート構造計算規程で定めるスラブ有効幅を考慮する、②はりの長期荷重による材端曲げモーメントを考慮する、③柱の耐力計算用軸力は長期軸力とし、柱の長期荷重による曲げモーメントは無視する、などである。

解析結果を次に示す。図4に漸増解析による崩壊メカニズム時の曲げ降伏ヒンジと曲げ亀裂の位置を示した。この図より2体の試験体のうち一方は柱崩壊形、他方ははり崩壊形であることが確認された。また、図5は崩壊メカニズム時の変形モードを示したものである。表1には各試験体の弾性1次固有周期、保有耐力(ベースシア係数)および、100gal, 150gal, 200galにそ

* 東京大学生産技術研究所 第1部



柱、はり断面寸法と配筋

	柱 断 面	は り 断 面
柱 崩 壊 形	<p>●主筋：4-D6(SD30) フープ：2φ@30(SR24)</p>	<p>○主筋：4-D10(SD30) スターラップ：2φ@30(SR24)</p>
は り 崩 壊 形	<p>○主筋：4-D10(SD30) フープ：2φ@30(SR24)</p>	<p>●主筋：4-D6(SD30) スターラップ：2φ@30(SR24)</p>

使用材料：コンクリート、 $F_c=210\text{kg/cm}^2$ 、鉄筋、SD30、SR24

図 2 試験体の形状および部材断面寸法

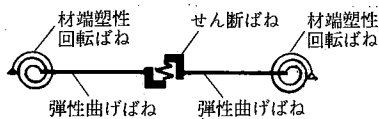
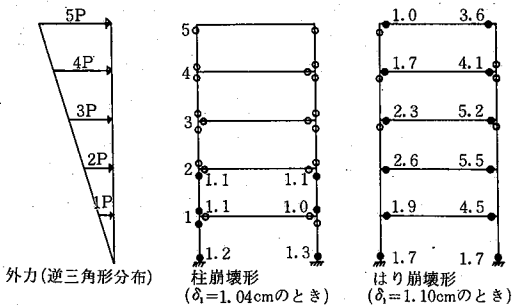


図 3 部材モデル



●：曲げ降伏ヒンジ、○：曲げ亀裂、数字：最大材端接線角/降伏材端接線角

図 4 崩壊メカニズム時の降伏ヒンジの位置

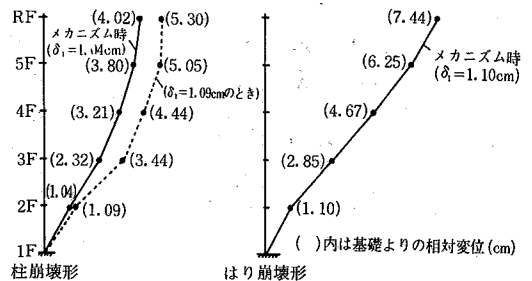


図 5 崩壊メカニズム時の変形モード図

れぞれ規準化した八戸 NS 波を用いた地震応答計算による各階での最大応答層間変位を示した。さらに、図 6 は漸増解析による各層の $Q-\delta$ 図に 100 gal および 200 gal に対する各層の最大層間変位を記入したものである。両試験体とも 100 gal 程度の地動で亀裂が生じること、地動が 200 gal になると柱崩壊形試験体では降伏現象を生じるが、はり降伏形試験体の応答はこれより小さ

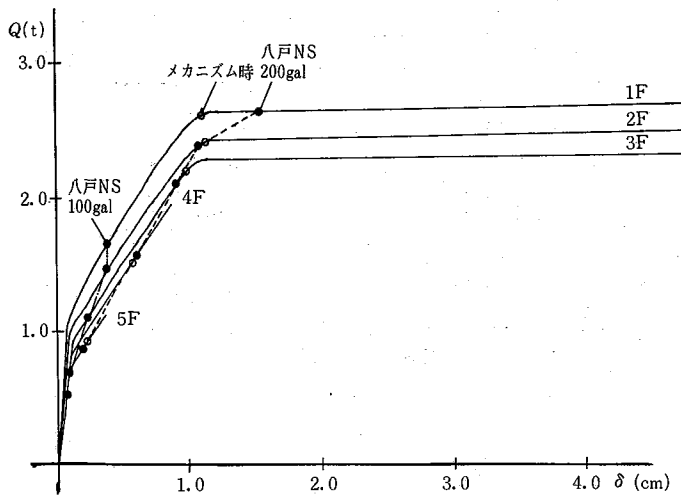


図 6-1 柱崩壊形試験体の各層 Q-δ 図

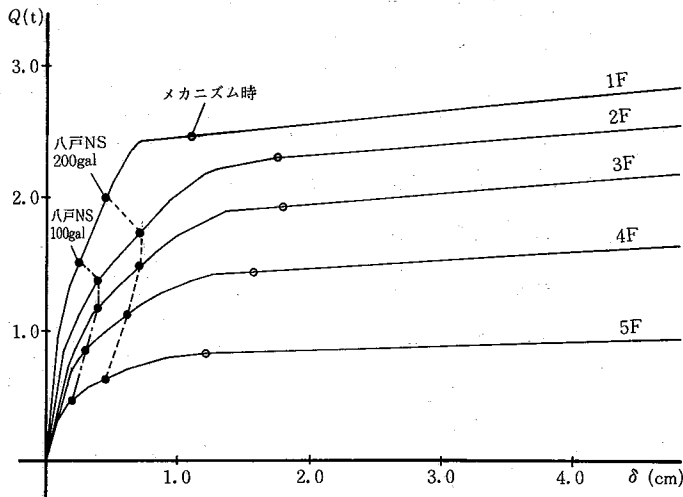


図 6-2 はり崩壊形試験体の各層 Q-δ 図

表 1 試験体の耐力と地震応答計算結果

試験体	弾性固有一次周期 (秒)	保有耐力*1 (ベースシア係数)	八戸 NS 波			
			層	100gal	150gal	200gal
柱崩壊形	0.40	0.16		1.57*2	1.05	0.79
			5	0.04*3 (1/2500)**4	0.07 (1/1428)	0.20 (1/500)
			4	0.09 (1/1111)	0.28 (1/357)	0.63 (1/158)
			3	0.25 (1/400)	0.53 (1/188)	0.93 (1/107)
			2	0.42 (1/238)	0.71 (1/140)	1.10 (1/91)
1	0.43 (1/261)	0.77 (1/146)	1.56 (1/72)			
梁崩壊形	0.40	0.19		1.86*2	1.24	0.93
			5	0.15 (1/666)**3	0.20 (1/500)	0.43 (1/232)
			4	0.24 (1/416)	0.36 (1/277)	0.61 (1/163)
			3	0.32 (1/312)	0.46 (1/217)	0.73 (1/136)
			2	0.33 (1/303)	0.48 (1/208)	0.73 (1/136)
1	0.21 (1/535)	0.30 (1/375)	0.46 (1/244)			

*1 逆三角形外力分布による保有耐力 *3 最大応答層間変位 (cm)
 *2 建物のベースシア係数/入力地震波震度 *4 部材角

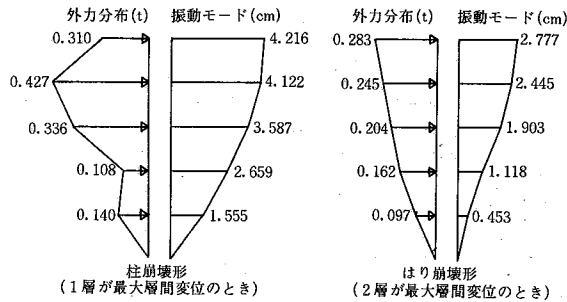
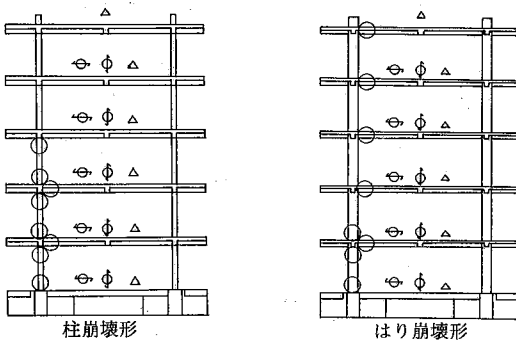


図7 柱崩壊形（1層が最大のとき），はり崩壊形（2層が最大のとき）の振動モードと外力分布

表2 計器の仕様

種類(会社名, 製品名)	仕様
加速度計	3方向ピックアップ(RION, PV-20) 測定範囲: ±1G 感度: 5V/G ±3%
変位計	可変抵抗型(緑測器, LP-50F) 直線変位計 有効ストローク: 50mm 全低抗値: 0.5kΩ
ひずみゲージ	箔ゲージ(東京測器, FLE-1) 寸法: 1×1.2(mm) 抵抗値: 120±0.3Ω



○: 水平方向層間変位計, ⊕: 鉛直方向層間変位計
△: 3方向加速度計, ⊙: ひずみゲージ

図8 観測位置

いことなどが予想される。

柱崩壊形試験体は漸増解析の結果では2層で層崩壊形になっており、引きつづいて外力を漸増させると、さらに2層に変形が集中することが、図5の点線よりわかる。しかし、表1に示すように、応答計算の結果は1層の変位が最も大きく漸増解析の場合とく違っている。このことは図6-1によく表れている。この理由としては図7に示したように振動時の外力分布が逆三角形分布とはいく分違っていたためと思われる。一方、はり崩壊形試験体では2層、3層の変位が大きい、これは漸増解析の結果と応答計算の結果とで一致している。これは、図7に示したように振動時の外力分布が逆三角形に近いためであったからだと思う。

4. 観測計画

試験体の各階には、図8に示したように3方向加速度計、水平方向変位計(2方向)、鉛直方向変位計が設置されており、また要所の鉄筋にはひずみゲージを貼っており、各階の加速度、層間変位等を測定できるようにしてある。これらの計器は別に地中に設置されている加速度計があるレベル以上の加速度を感知すると同時にスタートするようになっている。計器の仕様の概要は、表2に示したとおりである。

5. 今後の方針

実データを蓄積し、自然地震の際の地盤-建造物の連成作用、材料またはフレームとしての非線形性状などが建造物の破壊にどのように影響するかを直接的に観測し、さらに、解析、実験とも比較、検討を行ってゆく予定である。
(1983年7月14日受理)

参考文献

- 1) 石田勝彦ほか、「地震同時観測にもとづく地盤-建物系の伝達特性」日本建築学会論文集、第249号他関連論文。
- 2) 大澤、村上ほか、「地震研究所本館における地震時建物歪の測定」地震研究所 報 Vol.44, 1966. 他関連論文。
- 3) 勅使川原正臣、「変形モード制御型鉄筋コンクリート建造物の耐震性に関する研究」東大学位論文 1983-3.