

- 3 仮動的実験による建築物のねじれ振動性状に関する研究

Study on Torsional Vibration Behavior of Building Structures with Eccentricity by Pseudo Dynamic Test

(研究期間 平成 11～13 年度)

構造研究グループ

Dept. of Structural Engineering

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

加藤博人

Hiroto Kato

福田俊文

Toshibumi Fukuta

福山 洋

Hiroshi Fukuyama

小豆畑達哉

Tatsuya Azuhata

楠 浩一

Koichi Kusunoki

Synopsis- The main purpose of this study is to reproduce the torsional response by the pseudo dynamic test. One-span, one-bay and two-story steel structures that had different eccentric ratios were tested. It was confirmed that the pseudo dynamic test can adequately reproduce the response of structure with eccentricity; the eccentricity was not effective on the maximum horizontal displacement at the center of gravity, but the maximum rotational angle was increased according to its eccentricity.

【研究目的及び経過】 兵庫県南部地震を始めとして近年の地震では、ねじれ振動が原因で大破あるいは崩壊に到ったと考えられる建築物の被害が、多数観察されている。建築物の偏心を適切に評価し、必要な耐震性能をいかに合理的に確保するかが、設計において重要な課題である。建築物のねじれ振動性状に関しては、これまでも解析的な研究が多数行われており、それらの成果は既に設計規準や指針等に反映されているが、実験的な研究は少なく、偏心を有する建築物の崩壊に至るまでの破壊過程が十分に解明されているとは言いがたい¹⁾。

本研究では、仮動的実験によってねじれ振動を再現することにより、さまざまな偏心を有する建築物の基本的な地震応答性状を明らかにすることを目的としている。本研究においては、ねじれ振動を再現するための仮動的実験手法の開発を行ったが、その有効性を検証する目的で行った同一仕様試験体に対する振動台実験結果との比較についても報告する²⁾。

【研究内容】 試験体は 4 本の鉄骨造柱を用いた 2 層骨組架構で、1 層部にのみ偏心を持たせ、2 層部は無偏心となるように計画した(図 1)。柱材はすべて SS400 の H 形鋼で、1 層には H-125×125×6.5×9、2 層には H-100×100×6×8 を用い、その可撓長さは 1.5m である。

偏心率の定義は現行の建築基準法施行令によるもので、偏心率が 0.15 と 0.30、および比較の基準となる 0.00(無偏心)の 3 体の試験体を用意し、仮動的実験、並びに振動台実験を実施した。実験パラメータと試験体名の一覧を表 1 にまとめる。一般に、偏心率を変えるためには、部材を変えて剛性を調整する方法が考えられるが、その場合、試験体毎に周期が変わるばかりでなく耐力も変化することになり、実験結果の比較が難しくなる。そ

こで、本実験では柱位置をずらすことによって所定の偏心率を与え、それ以外の試験体特性を揃えることにした。実験では、試験体は実大の約 1/2 の縮尺モデルであると仮定した。したがって、相似則の関係は、長さの相似率が 1/2、応力度 1、時間 1/2、入力加速度振幅レベル 2 となる。

入力地震波としては、1995 年兵庫県南部地震での神戸海洋気象台における加速度記録の NS 波を用い、原則として加振ステップは試験体の基礎部分における最大加速度で 200, 450, 900, 1640, 2400gal の 5 段階(実大構造物換算で、それぞれ 100, 225, 450, 820, 1200gal に相当)である。

表 1 実験パラメータと試験体名

X 方向偏心率	Y 方向偏心率	
	0.00	0.15
0.00	S00, P00	
0.15	S1M15, P1M15	P2M1515
0.30	S1M30, P1M30	P2M3015

試験体名：S1Mxx, P1Mxx の S は振動台実験、P は仮動的実験を表す。xx は X 方向の偏心率の小数点以下を、P2Mxyy の yy は Y 方向の偏心率を表す。

【研究結果】 各試験体の固有周期一覧を表 2 に示す。振動台実験では、地震波入力に先立ってホワイトノイズ入力試験を行い、得られた加速度記録をフーリエ解析して試験体の卓越周期を求めた。仮動的実験では、初期状態の試験体に対して各層、各方向に単位加力を行って試験体柔性を測定し、固有値解析によって試験体の固有周期を求めた。無偏心、並びに一軸偏心試験体の周期は振動台実験、仮動的実験でほぼ対応しており、両者の試験体特性は同等であったことが分かる。ねじれの固有周期

は、いずれも偏心率が大きくなるほど長くなる傾向が見られる。二軸偏心試験体 P2M1515 と P2M3015 の各周期はほぼ対応している。

各試験体の加振ステップ 1640gal 入力(JMA 神戸波の実地震相当)における屋上階の X 方向応答変形時刻歴を 図 2 (a) に、2 階床位置での応答回転角時刻歴を 図 2 (b) に示す。図中、実線は仮動的実験の結果を、破線が振動台実験の結果を表す。X 方向変形は、回転の影響を考慮して算出した、並進方向の値である。図 2 (a) より、偏心のある試験体 P1M15 と S1M30、並びに P1M30 と S1M30 の応答変形はかなり良く一致している。また、図 2 (b) から仮動的実験は、振動台実験の結果をほぼ追従できていることが分かる。今回開発した仮動的実験手法によって、動的なねじれ振動をほぼ再現することができるものと判断される。ただし、偏心のない試験体では、P00 の応答変形が S00 のものよりもかなり大きくな

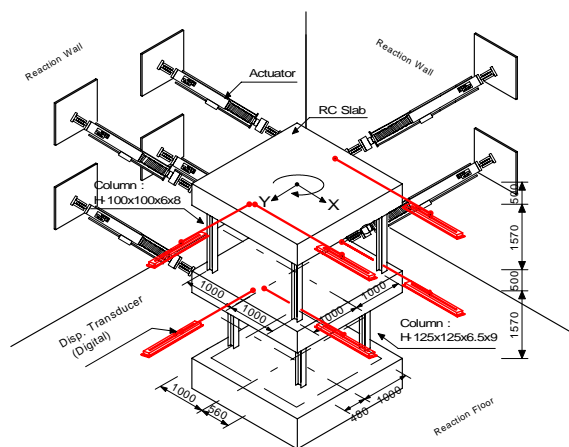
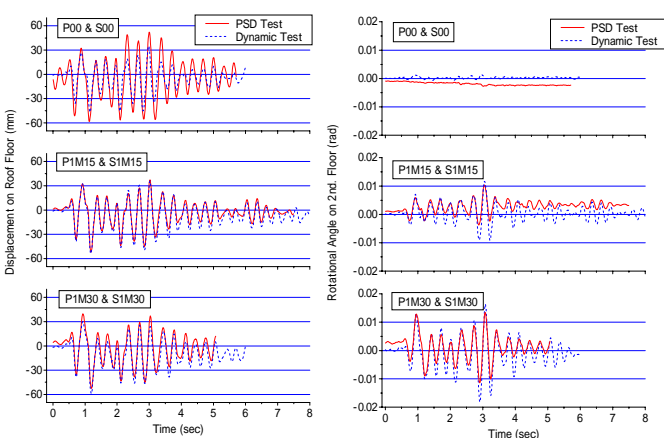


図 1 仮動的実験の加力状況 (P2M3015 試験体)



(a) 屋上階応答変形 (X 方向) (b) 2 階床応答回転角

図 2 試験体の応答時刻歴 (加振ステップ)

っており、1 秒付近からは周期のずれも見られる。図 2 (a) から、重心位置での X 方向応答変形の最大値は、試験体に係わらずほぼ同程度となっており、偏心率の違いによる差はさほど明確ではない。しかし、図 2 (b)からは、無偏心試験体 (P00 と S00) の回転角は非常に小さいのに対して、偏心率が大きくなるに従って応答回転角が増大する様子が明らかである。

図 3 は、これまで実施した一軸、並びに二軸偏心試験体全ての X 方向変位と回転角の最大値をプロットしたものである。各層の層間変位と層間回転角の最大値の関係を表すもので、偏心を与えていない 2 層部にも見かけ上、回転が生じている。ばらつきはあるものの、水平変形の増大に伴って最大回転角は、ほぼ線形的に大きくなる傾向が見られる。また、偏心率 0.30 の試験体は、0.15 のものに比べて傾きが大きくなっており、偏心率を介して変形量と回転角との間に何らかの相関関係があることが推測される。

- 【参考文献】 1) 例えば、山崎裕：「偏った剛性分布をもつ構造物のねじれ応答」、日本建築学会構造系論文報告集、第 369 号、pp.31～41、1986.11、
2) 隈澤、他：「偏心骨組の地震応答性状に関する研究 (その 1～7)」、日本建築学会大会梗概集、構造、2001.9、2002.8

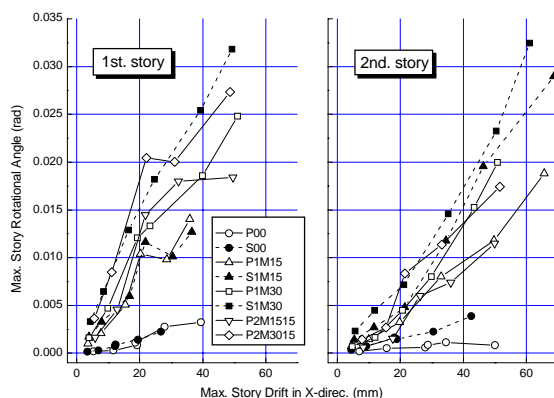


図 3 最大層間変位 - 最大層間回転角関係

表 2 試験体固有周期

試験体名	1 次固有周期 (sec)		
	X 方向	Y 方向	ねじれ
S00	0.260	0.410	0.220
S1M15	0.280	0.410	0.240
S1M30	0.280	0.410	0.250
P00	0.264	0.401	0.201
P1M15	0.264	0.390	0.217
P1M30	0.276	0.393	0.226
P2M1515	0.279	0.412	0.230
P2M3015	0.280	0.416	0.239