

I - 2 剛性・耐力偏心が構造物の応答に及ぼす影響評価手法の開発 Study on Evaluation Method for Effects of Eccentricity of Structural Stiffness and Capacity on Seismic Response of Building

(研究期間 平成 16~18 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

飯場正紀 中澤和崇
Masanori Iiba Kazutaka Nakazawa

国際地震工学センター
International Institute for Seismology and Earthquake Engineering

齊藤大樹
Taiki Saito

In order to investigate effects of eccentricity of structural stiffness and capacity on seismic response of building, a pseudo dynamic test and numerical calculation of eccentric model buildings are carried out. In the pseudo dynamic test, behaviors of a specimen with eccentric stiffness and capacity is clarified. In the numerical simulation, seismic responses of eccentric building models are conducted. The models with eccentricity have superposed responses of translation and torsional modes. The torsional responses are able to be evaluated through the appropriate superposition of translation and torsional effects

[研究目的及び経過]

現行の耐震設計基準では、偏心率に基づき、設計地震力を割り増す形でねじれの影響を考慮している。しかし剛性だけに着目したものとなっており、その他の要因、例えば耐力偏心の影響を考慮する必要がある。一方、限界耐力計算法の導入に見られるように性能設計においては建物の変形を直接評価することがより重要であり、静的設計においても偏心の影響を考慮して応答変形を適切に評価する必要がある。

本研究では、剛性および耐力に起因する偏心が建築構造物の地震応答に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。偏心建物の地震時における水平変形応答と回転応答の関係に着目し、仮動的実験及び数値計算により、ねじれ応答への剛性および耐力偏心の影響評価法を検討した。

[研究内容]

本課題において、以下の項目の検討を行った。

a) ねじれ仮動的実験によるねじれ応答

ねじれ仮動的実験用の架構モデルとして、はり間、桁行方向とも1スパンで6層のRC構造建物を設計した。ねじれ仮動的実験用建物の予備応答解析を実施し、6層の連層壁モデルと等価な4本柱の純ラーメンモデルの応答結果を比較し、モデルの妥当性について検討した。プロトタイプ建物を約1/2に縮小して実験用試験体(6層建物の下部2層のみを加力対象)を製作し、上部4層については、コンピュータ内の数値計算により上部構造全体の地震時応答を再現するサブストラクチャねじれ仮動的実験を行った¹⁾。

b) 偏心構造物のねじれ応答に関する解析的検討

剛性・耐力の偏心がねじれ応答性状に与える影響を把握するため、建物モデルの偏心率をパラメータとした解析を行った。建物は、1×6 スパン、6 層の鉄筋コンクリート造建物とし、張間方向の 2 構面に連層壁を有する「連層耐震壁モデル」と、張間方向の 2 階以上は連層壁で、1 階の 2 構面にのみ壁を有する「ピロティモデル」の 2 種類を設定し、壁の位置をずらすことで偏心率を変えて解析を行った。

c) 立体解析ツールの精度向上と精緻化に向けた研究

過去の地震被害建物のうち、明らかにねじれ振動により被害が発生したと考えられる建物を解析することで、被害を忠実に再現するために必要な立体解析ツールの機能や精度向上と精緻化について検討した。建物は、「丸吉産業事務所(1978 年宮城県沖地震)」、「倉吉市庁舎東館(1983 年鳥取県中部地震)」および「八戸市庁舎旧館(1994 年三陸はるか沖地震)」の 3 棟である。

d) 剛性および耐力偏心の影響評価法の提案

ねじれ仮動的実験結果と偏心構造物のねじれ応答に関する解析結果に基づき、重心位置の水平変形と回転角の関係を明らかにするとともに、ねじれにより影響の評価法を検討した。

[研究結果]

各項目の研究結果は、以下のようにまとめられる。

a) ねじれ仮動的実験によるねじれ応答

4 本柱モデルと連層壁モデル応答結果の比較を行うと、定性的には同様の応答特性を示すが、応答量に違いがみられ、壁の特性を等価な柱で置き換えることの問題点が確認された。

サブストラクチャねじれ仮動的実験では、試験体のねじれ剛性が大きく適切に制御することが難しかったため、2層モデルを1質点に置換して、最終的に5層建物に対するねじれ応答実験を行った。1995年兵庫県南部地震の神戸海洋気象台 NS 波を用い、最大速度を 10、25、50cm/sec に基準化した波と原波を入力した。水平変位応答および回転角応答は1層部分に集中し、図 1 に示すように、偏心層の回転角応答が水平変位応答の増大とともに大きくなる結果が確認された。

b) 偏心構造物のねじれ応答に関する解析的検討

建物モデルの偏心率は、「連層耐震壁モデル」で最大 0.78、「ピロティモデル」で最大 1.69 であった。建物モデルの立体地震応答解析と立体静的漸増载荷解析を行い、図 2 に示すように、各層の重心位置における水平変位とねじれ回転角の関係を比較した。その結果、図 3 に示すように、静的漸増载荷解析によって生じるねじれ回転角は、地震応答解析のねじれ回転角を過小評価することが明らかになった。

c) 立体解析ツールの精度向上と精緻化に向けた研究

地震応答解析結果から、被害の再現には、耐震壁直下の基礎ばね、腰壁やコンクリートブロック壁などの雑壁等の適切なモデル化が重要であることが明らかになった。

d) 剛性および耐力偏心の影響評価法の提案

RC造試験体を用いた仮動的実験では、偏心層の応答回転角が応答変位の増大とともに大きくなる傾向が確認され、入力加速度の大きさに対して、水平変位応答と回転角応答は同程度に大きくなる傾向を示した。本研究課題以前に行った鉄骨造を用いた実験研究でも同様の傾向が見られており²⁾⁻³⁾、限られた試験体の範囲ではあるが、応答変位量に関係づけて応答回転角を予測できることが確認できた。

偏心のある建物の重心位置の水平変形と回転角の関係を検討し、ねじれ振動の影響による最外縁の構面の変形量を求めた。各層の重心位置に A_i 分布の水平力を加える静的漸増载荷解析では、地震応答解析結果と比較して、ねじれ応答が過小評価されたことから、新たに、弾性振動モードの 1 次と 2 次の慣性力分布を外力分布に採用した静的漸増载荷解析を行ったところ、地震応答解析結果とよい整合が得られた。

これらの検討により、1 次と 2 次のねじれ振動モードを重ね合わせた外力分布による立体架構の静的漸増载荷解析により、地震時のねじれ応答がある程度推定でき、静的なねじれの問題と動的な応答結果の関係が明らかになった。

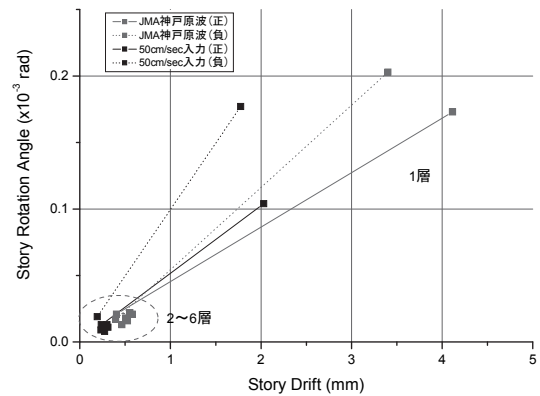


図 1 各層の最大応答値 (50cm/sec～原波入力)

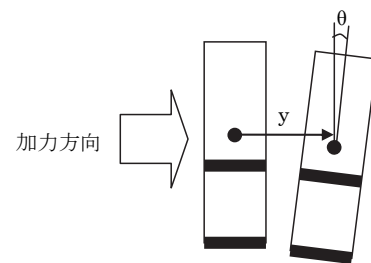


図 2 水平変形と回転角の関係

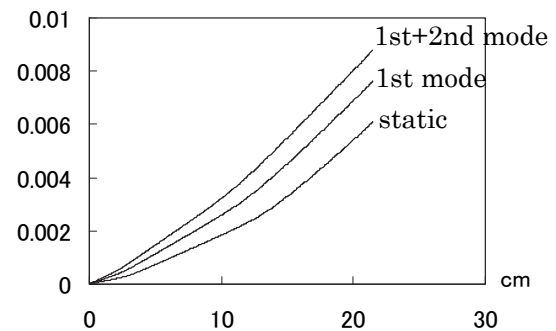


図 3 モード外力分布による静的漸増解析による

[参考文献]

- 1) 加藤博人：偏心を有する RC 造架構試験体の仮動的実験、建築研究所春期講演会資料、2006.5
- 2) 隈澤文俊、大森健晃、廣崎裕一、楠浩一、加藤博人、福田俊文：偏心骨組の地震応答性状に関する研究(その 7、その 8)、日本建築学会大会梗概集、2006.9
- 3) 大森健晃、隈澤文俊、加藤博人、楠浩一：鉄骨造偏心骨組のねじれ地震応答性状に関する解析的研究、鋼構造年次論文報告集、第 14 巻、2006.11