

「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」 (平成16年度～平成18年度) 評価書 (事後)

平成20年6月25日(水)
建築研究所研究評価委員会
委員長 松尾 陽

1. 研究課題の概要

①背景及び目的・必要性

偏心によるねじれ振動が原因で大きな被害に至ったと思われる建築物が、阪神・淡路大震災を始めとする近年の大地震において度々観察されている。そのような被害を軽減していくためには、偏心が構造物のねじれ振動性状に及ぼす影響を適切に評価して、耐震設計に取り入れることが重要である。

これまで、構造物の偏心に関する研究は数多くなされており、剛性偏心に着目した研究(例えば、山崎)、耐力偏心に着目した研究(例えば、尾崎、小豆畑)、その他様々な要因を対象にした研究がある。しかし、現実のねじれ振動には多くの要因が複雑に関連しているため、それらの影響を十分に解明するまでは至っていない。

現行の耐震設計基準では、偏心率の計算とそれに基づく形状係数を算出して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。ただし、現在の設計法は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ものとはなっていない。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築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いかに適切に評価するかが今後の課題である。

平成11～13年度には、構造物のねじれ振動性状を実験的に研究するためのツールとして仮動的実験手法の改良を行い、ねじれを伴う構造物の地震時挙動を精度良く再現できることを確認した。また、現行規定による偏心率をパラメータとした数体の試験体を対象にした実験から基礎的データの収集を行い、重心における最大応答変形と最大応答回転角の間には、弾性域から弾塑性域に渡って何らかの相関関係が存在する可能性が得られた。

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について、特に応答水平変形と回転の関係に着目して検討し、耐震設計における偏心に関する影響評価法の開発を目的とする。

②研究開発の概要

中低層建築構造物の地震応答に及ぼす剛性、および耐力偏心の影響を解析的に検討し、耐震設計におけるねじれの影響評価法の提案を行う。本課題では剛性偏心、並びに耐力偏心、およびそれらの組み合わせによって生じる現象を検討範囲とし、通常の設計で扱われている中低層建築物で剛床仮定が成立するようなRC造建築物を当面の検討範囲とする。また、解析的検討を行ったモデルから代表的なものを選定し、仮動的実験を行って実現象との比較を行い、解析へのフィードバック、および提案する評価法の妥当性について検証する。

(1) 偏心構造物のねじれ応答性状に関する解析的検討

現実的な中低層建築物で剛床仮定が成立するような偏心建物モデルを設定して解析を行い、耐力偏心と剛性偏心の影響度合、応答水平変形と回転の関係に関する基礎的傾向を把握する。また、このような解析に使用する解析ツールの精度向上と精緻化に向けた研究を併せて行う。

(2) ねじれ仮動的実験による検証実験

解析的検討で得られた結果を検証するため、代表的な偏心モデル試験体を対象にしたねじれ仮動的実験を実施し、解析結果との比較検討を行い、偏心建物の構造解析精度の向上と精緻化を図る。

(3) 剛性および耐力偏心の影響評価法の提案

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について、特に応答水平変形と回転の関係に着目して評価法を提案する。

③達成すべき目標

- ・ 剛性および耐力偏心の影響評価法
- ・ 設計法への提案
- ・ 偏心建物の構造解析精度の向上

④達成状況

1) 剛性および耐力偏心の影響評価法

- ・ ねじれ仮動的実験

サブストラクチャねじれ仮動的実験を行い、RC造試験体においても偏心層の回転角応答が水平変形応答の増大とともに大きくなる傾向が観察され、過去の実験研究（鉄骨造試験体に対する実験）と同様の結果が得られた。応答変形と関係付けて応答回転角を評価することで、偏心構造物の耐震設計に反映できる可能性を確認した。

- ・ ねじれ応答性状把握のための地震応答解析

偏心構造物の立体静的漸増載荷解析および動的解析を行い、重心位置の水平変形と回転角の関係を明らかにすることによって、ねじれ応答による変形量を推定する方法を検討した。その結果、1次と2次（回転）の弾性振動モードを重ね合わせた外力分布を使った立体静的漸増載荷解析によって、動的解析と同等にねじれ応答を推定できることを示した。

2) 設計法への提案

偏心を有する建築物に対して、弾性振動の1次と2次（回転）モードを重ね合わせた外力分布を使った立体静的漸増載荷解析を行えば、偏心によるねじれの影響も含めた地震応答を評価することが可能である。提案した方法によれば、動的解析によらずに現行の限界耐力計算の枠組みの中でも、ねじれ応答の影響を加味した設計を行うことができる。偏心を有する建築物の応答変形を提案した方法によって評価し、部材設計に反映させる方法では、層毎に形状係数を設定して設計地震力を割り増す方法に比べて、必要となる構面（部材）の耐力だけを大きくすることも可能となる。

形状係数（ F_e ）とねじれ応答に関する検討より、偏心率0.15以下であれば無偏心の場合に比べて応答増大率は1.1倍程度であり、現行の建築基準法に定める設計地震力を割り増さない考え方は妥当である。一方、偏心率0.15を超える場合に形状係数によって設計地震力を割り増す方法は、地震応答の抑制に有効であるが、偏心率が大きくなると応答変形の増大を抑えることは難しく、必ずしも十分とはいえない。

3) 建物の構造解析精度の向上

ねじれ振動によって大きな地震被害を受けた建築物を対象にした解析的検討から、被害を精度良く再現するためには直交梁の影響なども考慮できる立体骨組プログラムが必須であり、既存のプログラムを改良し精度向上、精緻化を図った。実現象を再現するためには、腰壁やコンクリートブロック壁などの非構造壁の影響を考慮すること、耐力壁の基礎ばねを適切にモデル化すること等が重要である。また、結果をビジュアルに表示するなどインターフェースの改善も実施し、解析プログラムの機能向上を行った。

2. 研究評価委員会（分科会）の所見とその対応（担当分科会名：構造分科会）

①所見

- (1) テーマが基盤研究としては少し大き過ぎると思われる。同じテーマであっても限られた期間に行う点を明確にして、サブテーマにするなどの工夫によって、成果も出しやすく、評価もそれに絞ることができる。今回の結果から何をしようとしているか、わかりにくい気がする。
- (2) ねじれ振動を考慮した荷重分布を考えているようだが、 A_i 、 F_e で評価する現行の設計法との具体的な

比較を示して欲しい。

- (3) 剛性率、偏心率は構造設計において重要な事項である。特に、架構（壁）が塑性域状態でのねじれの影響をどう考えるか、具体的な考察が必要である。設計に反映するには、もっと多くのケーススタディが必要と思われる。
- (4) 剛性のみではなく耐力のアンバランスもパラメータとして考えるべきで、このような点を含め、もう一步進めたテーマの下での研究が期待される。
- (5) 設計では静的ねじれ補正でフレームへの入力を補正するが、動的ねじり補正係数のようなものを提案していただきたい。動的解析によらず、静的増分解析で重心位置でのねじれ応答が推定できる方法に興味がある。
- (6) 研究が限られたモデルの中で現状の設計手法を追認する内容にとどまっている。特に、ねじれ振動がどのような条件の場合に、建築物の破壊に結びつくのかが不明確である。
- (7) ねじり振動現象において、偏心率と建築物の平面的広がりがどのような影響を及ぼすかを、特に最外端フレームの振れを加味した層間変位に着目していただきたいと考える。その際に、地震動がX、Y二方向入力であることを前提にいただきたい。
- (8) 耐震設計を行う際の多く残されている問題や、決めごとの中に不確実な問題に関する研究に力を入れて欲しい。たとえば、構造物のモデル化、剛性評価、偏心問題、高さ方向の剛性分布、基礎の剛性、杭も含めた鉛直剛性、限界耐力計算による耐震設計を行う際の条件設定、特定層に変形が集中すること、この層に考慮すべきP- Δ 効果、これによる層の変形の偏りなど。

②対応内容

所見(1)に対して

偏心によるねじれの問題は影響要因が多様で、過去、非常に多くの研究が行われていることはご承知のとおりである。本課題では検討対象を絞ることを心掛けたが、絞り切れていない面もあったと考えている。偏心に関して、性能設計に適した合理的な評価法が構築されるよう、努めていきたい。

所見(2)、(3)に対して

限られた例ではあるが、本研究課題の中でも現行設計法と提案した手法との比較を示した。塑性域でのねじれの影響も、重要な課題であると認識している。今後、検討例を増やして実際の設計に反映できるように、データを蓄積していきたいと考える。

所見(4)に対して

耐力偏心がねじれに及ぼす影響評価については、十分に組み切れていないことも事実であり、今後の課題であると認識している。

所見(5)に対して

静的解析によっても、動的なねじれ振動の影響を加味できるような設計法を検討していきたいと考えている。また、本課題で使用した解析プログラムは、既に建研のホームページで公開しているが、より多くの方に使ってもらえるよう情報提供を行っていく。

所見(6)に対して

検討対象は多くはないが、現在の設計手法の延長線上で比較的簡便に精度向上を図る手法の提案と、現行規定を確認する検討を行った。振れ振動が建築物の破壊に及ぼす影響については、引き続き検討を進めていきたいと考えている。

所見(7)に対して

本課題でも、偏心によって大きく振られる側の変形に着目して検討を行っているが、さらに進めてきたいと考えている。二方向入力地震動につきましてはご指摘のとおりなので、検討パラメータとして考慮していく。

所見(8)に対して

耐震設計の基本に係わる重要な課題が数多く残されていることは、研究者個人としても理解しているし、建築研究所の共通認識でもある。今後も引き続き、そのような課題への取り組みを進めていきたいと考える。

3. 全体委員会における所見

耐震設計上、非常に重要であるが、コンピュータの解析において、非常に一個一個が特解となるような問題を個別に扱ったため、概ね目標を達成できたという分科会の評価を、全体委員会の評価とする。今後は、研究成果の解析プログラムが適切に使われるよう配慮されたい。また、一般の設計者にも簡単なチェックで剛性や耐力偏心が判断できる手法の開発を進めていただきたい。

4. 評価結果

- 1 本研究で目指した目標を達成できた。
- 2 本研究で目指した目標を概ね達成できた。
- 3 本研究で目指した目標を達成できなかった。