

RC 構造物に生じる非弾性ねじれ挙動の推定手法の構築
(その 2) 3次元 FEM 解析による提案手法の検証

Development of Estimation Method of Inelastic Torsional Behavior of RC Structures
(Part 2) Verification of Estimation Method by 3-D FE Analysis

○橋本 拓¹, 横川 匠², 田嶋 和樹³, 白井 伸明³

*Taku Hashimoto¹, Sho Yokogawa², Kazuki Tajima³, Nobuaki Shirai³

Abstract : In Part1, the simple method for estimating inelastic torsional behaviors of RC Structures, and the single-story frame model including brittle as well as ductile vertical components to be investigated was described. In Part2, applicability of the present estimation method was verified by comparing the calculated results with the results obtained by 3-D finite element analysis.

1. はじめに

前報(その 1)では、非弾性ねじれ挙動を推定する簡便な手法の概要を示した。本報(その 2)では、耐力偏心を有する単層 RC 造骨組モデルにおける既往の 3次元 FEM 解析結果を用いて、提案手法の精度を検証する。

2. 単層 RC 造骨組モデル

仮想骨組の概要を Fig 1 に示す。これは、既往の研究¹⁾において構築したものであり、すでに 3次元 FEM 解析の結果が得られている。この仮想骨組は、既往の実大 3層 RC 骨組の実験²⁾から 1層部分のみを取り出したものである。さらに、既往の研究例が少ない、脆性部材を含む骨組のねじれ挙動について検討するため、骨組に腰壁、垂壁を設けたせん断構面を設け、曲げ降伏先行型柱(以下、曲げ柱)とせん断破壊先行型柱(以下、せん断柱)を作成している。

仮想骨組の変動因子は、加力直交方向の剛性と各柱の耐力差である。加力直交方向に加力方向と同じ腰壁、垂壁を有する Type1(偏心率:0.43)と壁を持たない Type2(偏心率:0.62)の2つの仮想骨組を想定し、これらの仮想骨組に対してそれぞれ、Table 1 に示すような3つのケースの耐力差を設定した。

本研究では、最も大きなねじれ挙動が生じた Type2 - Case3 の仮想骨組に対してねじれ変形推定手法を適用して検討を行う。

3. 復元力特性の設定

提案手法に用いる各柱の復元力特性の設定を行う。

Fig 2 に加力方向(以後、X 方向)及び加力直交方向(以下、Y 方向)の各柱の解析結果と仮定した復元力特性を示す。曲げ柱の復元力特性は、曲げひび割れ発生点、

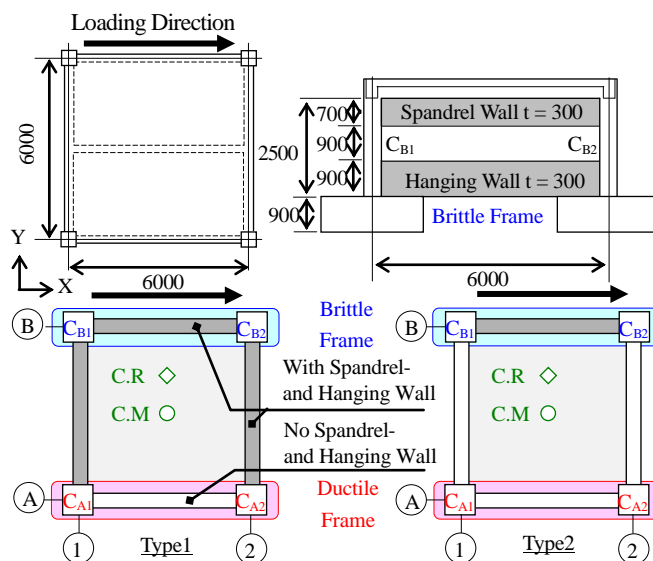


Figure 1 Framed Model

Table 1 Shear Resistance of Columns

Type of Column	Shear Resistance (kN)	Case1	Case2	Case3
Flexural	Q_{mu} (Shear at Flexural Yielding)	226	184	143
Shear	Q_{su} (Shear Strength)	258	300	342

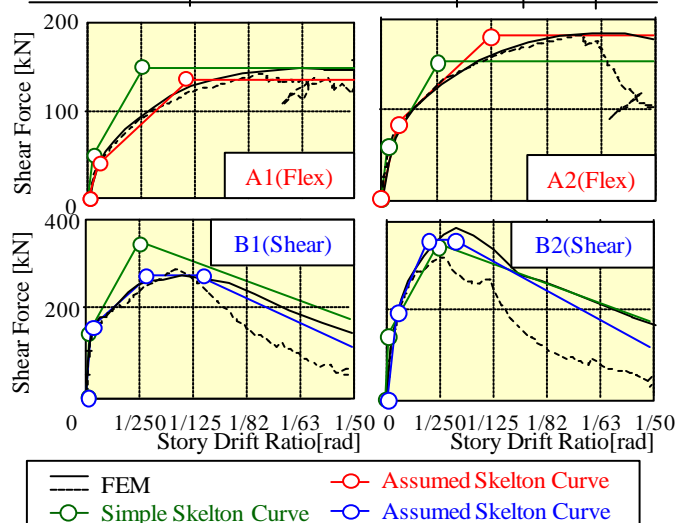


Figure 2 Analysis Results and Assumed Skelton Curve (X Direction)

1 : 日大理工・院・建築 2 : 日大理工・学部・建築 3 : 日大理工・教員・建築

曲げ降伏点を通り，曲げ降伏後を一定剛性とする 3 直線でモデル化した。なお，柱の曲げひび割れ発生時モーメントおよび降伏モーメントは RC 基準³⁾より算出した。せん断柱の復元力特性は，曲げひび割れ発生点，せん断破壊点，軸崩壊点を結ぶ 3 直線でモデル化した。せん断破壊点の層間変形角は，耐震診断規準⁴⁾におけるせん断柱の F 値に基づいて 1/250 とした。耐力低下挙動は，Elwood ら⁵⁾が提案する軸限界状態曲線に基づいて考慮した。しかし，Fig 2 より，仮定した計算復元力は，解析結果と良い対応を示しているとは言い難い。この原因として，解析では変動軸力が生じているために，圧縮側と引張側で耐力差が生じていることが考えられる。提案手法の検証を行うにあたっては，この問題を回避するために，解析結果を追随するような復元力特性を仮定する。そのため，各部材の復元力の設定方法を確立することは今後の課題となる。

Fig 3 に加力直交方向（以下，Y 方向）の各柱の解析結果と復元力特性を示す。Y 方向の復元力は，Y 方向载荷と仮定してモデル化した。そのため，X 方向载荷時は，せん断破壊先行型とした柱も曲げ降伏先行型の柱としてモデル化している。Y 方向も X 方向と同様に，既往の計算式から求めた復元力が解析結果と異なる結果となったため，FEM 解析結果に基づいて復元力を仮定する。

4. 提案手法の検証

Fig 4 に解析結果および提案手法によるねじれ角の計算結果を示す。なお，提案手法の反復計算においては収束判定を行い，収束せず最大反復回数を超えた場合は，最大反復回数時の計算結果を用いる。今回は，収束判定はねじれ角の変化率が 10%未滿，最大反復回数は 10 回とした。Fig 4 に示している計算結果は全目標併進変位ごとの収束値であるが，解析結果と良い対応を示した。以上より構造物の鉛直部材の復元力特性を適切に設定できれば，簡便な手法でその構造物に生じるであろう非弾性ねじれ挙動を概ね推定できる可能性を示した。

5. まとめ

提案した手法を用いてねじれ角を算出した結果，3 次元 FEM 解析結果と同等の結果を得られた。今後は，手法の精度向上のために，様々な偏心構造物に対して検討を行う。また，地震動を受ける偏心構造物に生じるねじれ変形の動的割増の影響を把握することが重要であると考えられる。

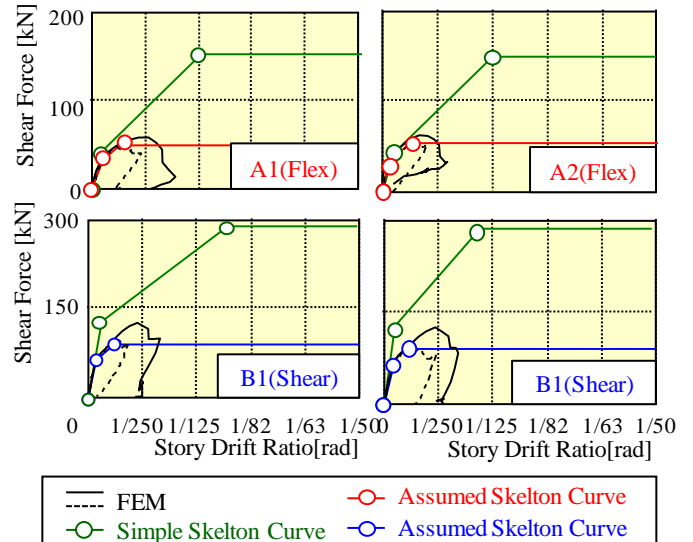


Figure 3 Analysis Result and Assumed Skelton Curve (Y Direction)

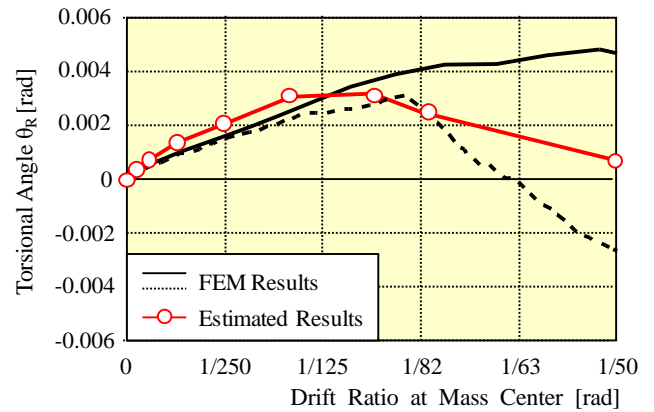


Figure 4 Torsional Angle - Drift Ratio at Mass Center Relationship

6. 参考文献

- [1] 安達 一喜, 橋本 拓, 田嶋 和樹, 白井 伸明: 非弾性ねじれ変形を考慮した偏心 RC 構造物の耐震性能評価, 日本地震工学シンポジウム論文集, pp1638~1645, 2010.11
- [2] 小野口雅美ほか: 「実大 3 層鉄筋コンクリート造骨組の振動台実験 (その 1~4)」, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, pp707-714, 1995
- [3] 日本建築学会, 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 1999
- [4] 日本建築防災協会: 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説, 2001
- [5] Kenneth John Elwood and Jack P. Moehle: Shake Table Tests and Analytical Studies on the Gravity Load Collapse of Reinforced Concrete Frames, PEER Report, University of California at Berkeley, 2003.11