

三次元非線形 FEM 解析による偏心 RC 造骨組のねじれ応答評価

(その 1) 解析対象試験体の概要

Evaluation of Torsional Responses of RC Frame with Eccentricity Using Nonlinear 3D FE Analysis (Part1 Outline of Analysis Objective Specimens)

○吉野木綿子¹, 河野圭一郎², 田嶋和樹³, 長沼一洋³

Yuko Yoshino, Keiichiro Kono, Kazuki Tajima, Kazuhiro Naganuma

Abstract: The objective of this study is to verify the resisting mechanism and the dynamic eccentric behavior of RC frames by the nonlinear 3D FE analysis. In Part-1, outline of the torsional loading tests on R/C framed specimens by Shiga et al were explained. It was confirmed that the torsional rigidity of R/C frame was calculated using total of torsional rigidity based on bi-directional horizontal rigidities of frame and torsional rigidities of columns according to these tests.

1. はじめに

鉄筋コンクリート (以下, RC) 造建物では, 偏心率が 0.15 以下に規定され, ねじれによる損傷が生じないように設計される. しかし, 偏心率は部材の弾性剛性から求められており, 部材の塑性化に伴う剛性変化は考慮されていない. さらに, 部材の塑性化に伴う剛性変化は, 骨組の剛心位置を逐次変化させる. 特に, ポストピーク領域において複雑な挙動を示す RC 造建物では, 剛心位置の変化が顕著であると推測される.

このような背景において, 横川¹⁾は単層単スパン RC 造骨組に対するファイバー解析を通じて, 骨組のねじれ抵抗機構の解明を試みている. また, 矢吹²⁾は骨組中の部材の塑性化に伴う剛心位置の変化を追跡するアルゴリズムを提案している. しかし, これらはファイバー解析に基づく簡易な検討に留まっている. 一方, 志賀ら³⁾は, 単層単スパンの RC 造骨組を用いたねじれ振動実験を通じて, 骨組のねじれ剛性や動的荷重下におけるねじれ破壊性状について検討している.

以上より, 本研究では, 志賀らの一連のねじれ振動実験に着目し, それに対する非線形三次元 FEM 解析を実施することにより, RC 造骨組のねじれ抵抗機構ならびに部材の剛性低下に伴う剛心位置の移動について検証する. 本報 (その 1) では, 解析対象である志賀らのねじれ振動実験の概要について述べる.

2. 実験概要

2. 1. 試験体

Fig.1 に試験体概要を示す. 試験体は床版, 柱, 基礎版からなる 4 本柱の RC 造骨組である. 無偏心骨組と偏心骨組の 2 種類があり, 無偏心骨組は柱断面がすべて Type A と同一断面, 偏心骨組は手前の二本が Type A, 奥側の二本が Type B であり, X 方向に偏心してい

る. 偏心率は 0.38 であり, 現行の設計基準を大きく超えている. Table 1 に各種材料強度を示す. 柱コンクリートは 16.7 (N/mm²) と低強度であり, 鉄筋は全て丸鋼が使用されている.

2. 2. 加力方法

Fig.2 に無偏心および偏心骨組の加力方法を示す. 加力は床版上で行われ, 重心を S とし, 重心より回転半径 i となる地点を i_L, i_L' とする. 無偏心骨組に対する加力方法は, ①重心 S に対して X 方向に水平加力, ②重心 S に対し Y 方向に水平加力, ③ i_L, i_L' に偶力を作用させた純ねじれ加力の 3 種類である. 加力目標は変形量で 1mm, 3mm, 6mm および 13mm であり, 各方向に対して正負 2 回ずつ繰り返し加力した.

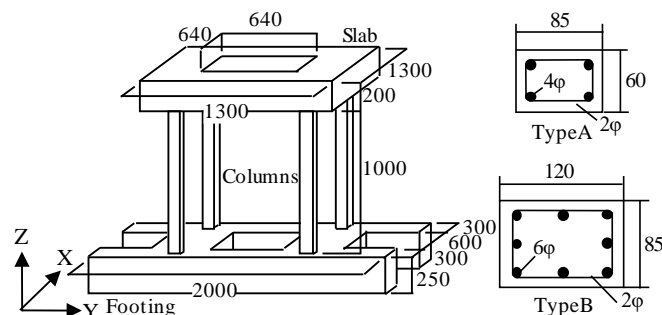


Fig.1 Geometry of Specimen

Table 1 Mechanical Properties of Materials

Concrete		Steel		
Compressive Strength (N/mm ²)		Yield Strength (N/mm ²)		
Columns	Footing, Slab	6φ	4φ	2φ
16.7	22.5	288	225	305

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

一方、偏心骨組に対する加力方法は、X 方向に偏心を有するため、2 点加力としてねじれが生じないようにしている。加力目標は変形量で 3mm, 7mm, 15mm および 30mm であり、無偏心骨組と同様に各方向に対して正負 2 回ずつ繰り返し加力した。

3. 実験結果および考察

Fig.3 に実験結果の一例を示す。無偏心骨組においては、加力目標 3mm 時点および 13mm 時点のねじれ加力により得られたねじれモーメント(m)—ねじれ角(θ)関係である。同様に、偏心骨組においては、加力目標 3mm 時点および 30mm 時点の m — θ 関係を示している。また、志賀らは、骨組のねじれ抵抗について考察するため、骨組の水平 2 方向の剛性から求められるねじれ剛性と柱自体のねじれ剛性に着目して考察をしている。図中には、水平 2 方向の Q — δ 関係から計算した m — θ 曲線 (m_1) とそれに柱のねじれ復元力特性の計算値 (m_2) を加算した履歴曲線 (m_1+m_2) をそれぞれ示している。なお、柱のねじれ復元力特性は、弾性剛性をサン・ヴナンの理論より、降伏ねじれモーメントをマトックの提案式より求めている。

無偏心骨組と偏心骨組で同様の傾向を示していることから、ここでは無偏心骨組の実験結果に着目する。加力段階 3mm では実験結果と骨組の水平 2 方向の Q — δ 関係から計算した m — θ 曲線 (m_1) は一致せず、ねじれモーメントを過少評価している。一方、柱のねじれ復元力特性の計算値 (m_2) を考慮した履歴曲線 (m_1+m_2) は実験結果と概ね一致する。一方、加力目標 13mm 時点においては、柱のねじれ剛性が低下するため、水平 2 方向の Q — δ 関係から計算した m — θ 曲線 (m_1) のみ示すが、実験結果と m_1 は全体的に一致している。このことから、骨組全体のねじれ剛性は、骨組の水平 2 方向の剛性より求めたねじれ剛性と柱自体のねじれ剛性の和で表され、ねじれ角の増大に伴い、柱自体のねじれ剛性が大きく低下すると、骨組全体のねじれ剛性は骨組の水平 2 方向の剛性より求めたねじれ剛性と一致することが確認できる。なお、これらの志賀らの考察に対し、横川¹⁾はファイバー解析を通じて同様の結論を得ており、矢吹²⁾は柱に劣化型のねじれ復元力特性を与えることにより、それが骨組全体のねじれ抵抗に及ぼす影響を確認している。

4. まとめ

本報(その 1)では、志賀らによるねじれ振動実験の概要を述べるとともに、骨組のねじれ剛性が骨組の水平 2 方向の剛性より求めたねじれ剛性と柱自体のねじれ剛性の和で表されることを実験的に確認している。次報(その 2)では、志賀らのねじれ振動実験を対象として、三次元非線形 FEM 解析を実施する。

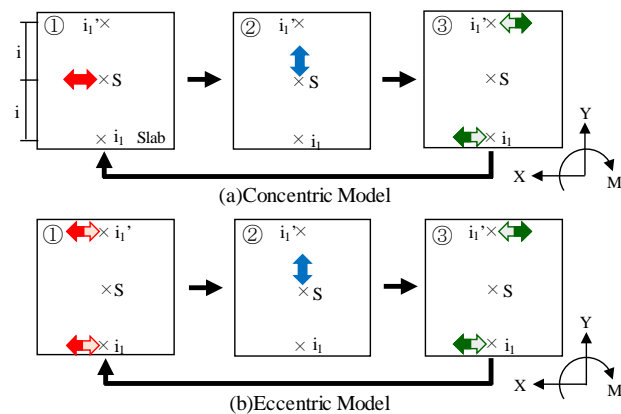


Fig.2 Loading Methods for Framed Specimens

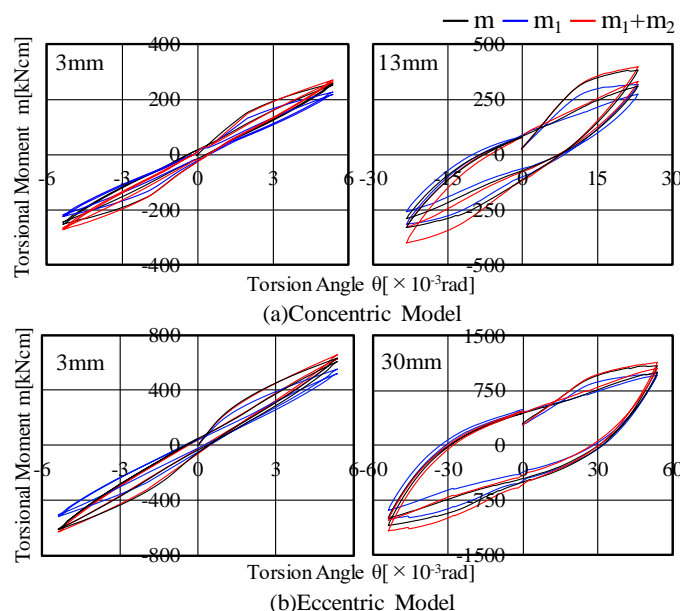


Fig.3 Total Torsional Rigidity of Framed Specimens

6. 参考文献

- [1] 横川匠:ねじれ抵抗機構に基づく偏心 RC 造骨組のねじれ応答評価(その 1),日本建築学会大会学術講演会梗概集,一般社団法人日本建築学会,pp. 41-42,2014-9
- [2] 矢吹雅斗:動的偏心率を考慮した偏心 RC 造骨組のねじれ応答評価,日本建築学会大会学術講演会梗概集,一般社団法人日本建築学会,pp.229-230,2015-9
- [3] 志賀敏男:鉄筋コンクリート造立体骨組のねじれ振動実験(その 1),(その 2),日本建築学会東北支部研究報告集(11),一般社団法人日本建築学会,pp.138-145, 1968-9
- [4] 志賀敏男:鉄筋コンクリート造立体骨組のねじれ振動実験(その 4),(その 5),日本建築学会東北支部研究報告集(12),一般社団法人日本建築学会,pp.1-8, 1968-12
- [5] 矢吹雅斗:ねじれ復元力特性が偏心 RC 造骨組のねじれ挙動に及ぼす影響,日本大学理工学部学術講演会論文集,日本大学理工学部,2014-12