

B-67

鉄骨ブレース補強後 RC 造骨組の解析モデルの構築
(その 2)パンチングシア破壊の影響に関する検討

Establishing of analytical model for RC frame retrofitted with steel braces
(Part2) Effect of Punching Shear Failure in Column

○藤田有希子¹, 内野卓¹, 山根康孝², 伊東大地³, 田嶋和樹⁴, 白井伸明⁴
*Yukiko Fujita¹, Suguru Uchino¹, Yasutaka Yamane², Daichi Ito³, Kazuki Tajima⁴, Nobuaki Shirai⁴

Abstract: In Part 2, effect of the punching shear failure was investigated. Analytical models for RC frame retrofitted with steel braces consist of flexural column modeled by the fiber model and punching shear column including in the rigid body and the spring element, and they were analyzed under cyclic static loading. Restoring force characteristics of the spring element was determined from the skeleton curve presented by the authors and the hysteretic rule derived based on the test results. As a result, the analytical model gave a better prediction. Moreover, an alternate specimen failing in the punching shear was satisfactorily simulated the present analytical model.

1. はじめに

前報(その 1)では, ブレース座屈が生じる補強後 RC 造骨組を対象とした解析モデルを構築した. 本報(その 2)ではパンチングシア破壊が生じる補強後 RC 造骨組を対象とした解析モデルを構築する.

2. 解析モデルの構築

2.1. 対象実験概要

接着工法に関する金田らの実験^[1]より, パンチングシア破壊した S3 試験体を対象とする(Fig.1). 載荷は, 一定圧縮軸力下で正負繰返しの漸増水平載荷を行っている.

2.2. 解析モデル概要

解析モデルを Fig.2 に示す. 解析には, 数値解析コード OpenSees^[2]を用いた. 筆者らの研究^[3]によると, パンチングシア破壊が生じる補強後 RC 造骨組の復元力特性は側柱とパンチングシア柱の復元力特性の累加として推定できる. そこで, 側柱はファイバーモデル, パンチングシア柱は剛体とバネ要素(以下, PS バネ要素)によってモデル化した. なお, PS バネ要素は, 実験でパンチングシア破壊が観察された柱頭に導入した. 柱の断面は, 9×9 のファイバーに分割した. 梁および基礎は剛体でモデル化し, 柱梁接合部は剛域として扱った.

Fig.3 にコンクリート, Fig.4 に鉄筋の σ - ϵ 関係を示す. コンクリートと鉄筋には, OpenSees に組み込まれている Concrete01 および Steel02 Material を適用した. コアコンクリートに対しては Mander^[4]の拘束効果を適用した. また, 鉄筋の降伏後の二次勾配は初期剛性

の 1/1000 とした. PS バネ要素には, Hysteretic Material を適用した. 骨格曲線は筆者ら^[3]が構築したせん断力(Q)-せん断変形(δ_s)関係を Tri-Linear 型モデルとして用いた(Fig.5). Hysteretic Material は, 除荷時剛性低下および再負荷履歴の考慮が可能であり, Fig.6 に示すように定義される. 除荷時剛性低下係数 γ は, 解析対象実験のせん断力-変形関係より読み取った除荷時剛性 K_r と K_{qu} が一致する γ を各サイクルごとに算出し, それらの平均値($\gamma=0.55$)を採用した. 再負荷履歴係数 p_x, p_y は γ と同様に実験値から算出した値 ($p_x=0.73$, $p_y=0.27$)を用いた.

2.3. 解析結果

実験および解析におけるせん断力-層間変形角関係

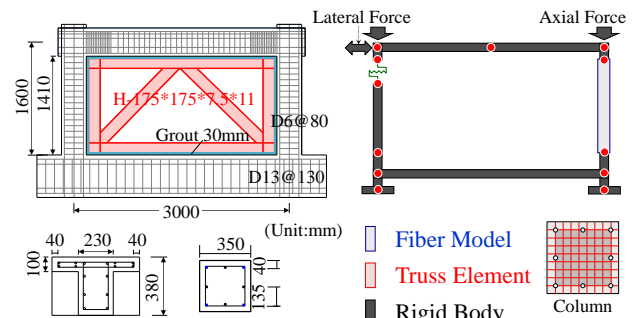


Fig.1 Geometry of Specimen

Fig.2 Modeling of Frame

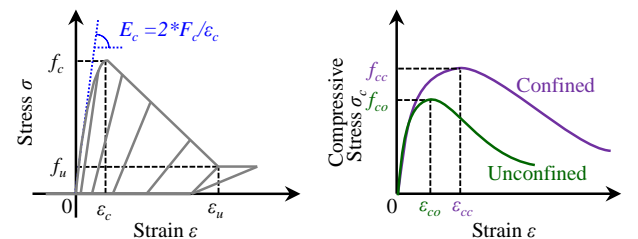


Fig.3 Stress-Strain Relationships of Concrete

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・院 (前)・建築 3 : 日大理工・研究生・建築 4 : 日大理工・教員・建築

を Fig.7 に示す. 解析結果は実験結果と良好な対応を示しており, 最大耐力およびポストピーク挙動が概ね一致している. また, 履歴挙動においても計算の除荷時剛性, 再負荷履歴は実験結果を模擬している.

3. 妥当性の確認

3.1. 解析対象実験

無アンカー工法で枠付き鉄骨ブレース補強した RC 架構の性能評価を行った神野らの実験^[5]においてパンチングシア破壊を生じた NO.3 試験体を対象とした (Fig.8). 加力は一定軸力下での正負交番繰返し載荷である.

3.2. 解析モデル概要

前節と同様のモデル化を行った. ただし, 既往の研究^[6]によると, せん断余裕度が 0.8 以下の柱はせん断破壊が生じると推定されるため, 側柱はファイバーモデルにせん断サブ要素を付与した.

3.3. 解析結果

実験および解析におけるせん断力-層間変形角関係を Fig.9 に示す. 解析は実験と良好な対応を示しており, 最大耐力およびポストピーク挙動が概ね一致している. しかし, 履歴挙動に若干の違いが見られる. これは, 除荷時剛性低下係数 γ と再負荷履歴係数 p_x, p_y を 1 体の試験体より算出したためと考えられ, 今後は複数の試験体より推定した値を用いる必要がある.

4. まとめ

- (1) パンチングシア破壊を伴う鉄骨ブレース補強後 RC 造骨組の解析モデルの構築を行った.
- (2) 側柱をファイバーモデル, パンチングシア柱を剛体とバネ要素によってモデル化した.
- (3) 実験値より推定した除荷時剛性低下係数 γ と再負荷履歴係数 p_x, p_y を用いることで実験を模擬した.
- (4) パンチングシア破壊が生じる別の試験体に本解析モデルを適用することで妥当性を確認した.

5. 参考文献

- [1] 金田和浩, 菊池憲一:「鋼-コンクリートの摩擦特性を利用した鉄骨ブレース耐震補強」, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, 2000.
- [2] Open System for Earthquake Engineering Simulation - HomePage, <http://opensees.berkeley.edu/>
- [3] 山根康孝, 白井伸明ほか:「破壊モードの異なる鉄骨ブレース補強後 RC 造骨組の復元力特性のモデル化 (その 2)」, 日本建築学会学術梗概集, pp.163-166, 2012.9

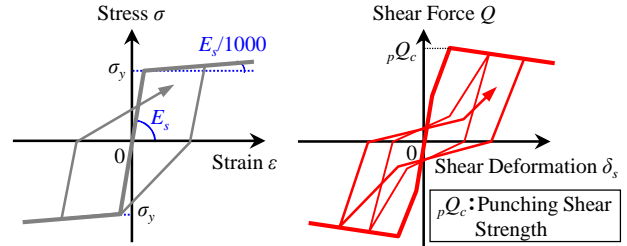


Fig.4 Stress-Strain Relationships of Steel

Fig.5 Restoring Force Characteristics for PS Spring

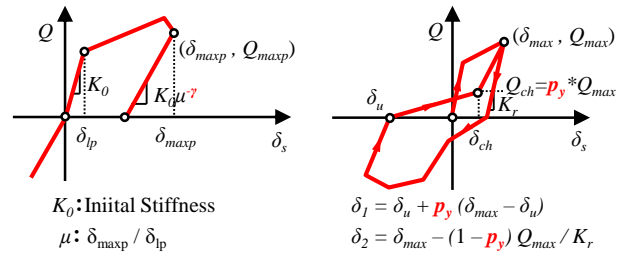


Fig.6 Definition of Unloading Stiffness and Pinching

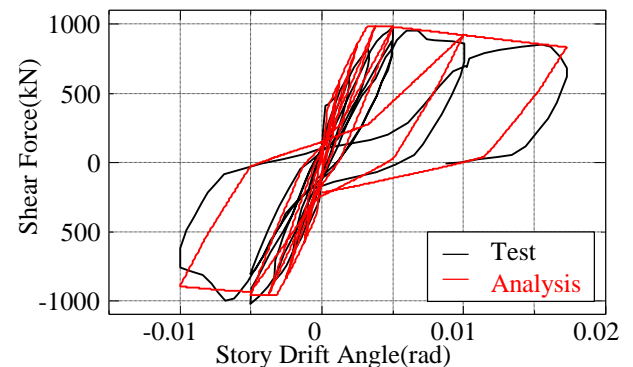


Fig.7 Cyclic Analysis Result

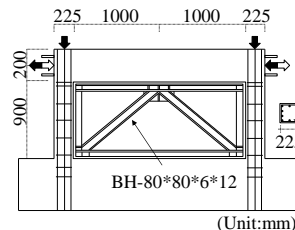


Fig.8 Geometry of Specimen

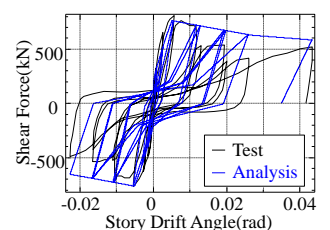


Fig.9 Cyclic Analysis Result

[4] J.B.Mander: “Teoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, Journal of Structural Engineering, Vol.114, No.8, pp.1804-1826, 1988.8

[5] 神野靖夫, 本多義人, 川端泰蔵:「無アンカー工法による枠付き鉄骨ブレース補強架構の構造性能に関する研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2007.8

[6] 田嶋和樹, 河井慎太郎, 白井伸明ほか:「脆性部材の破壊が RC 造骨組の耐震性能に及ぼす影響」, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.2, pp.337-342, 2012.

【謝辞】

本研究の一部は科学研究費補助金(基盤研究(C), 代表者: 白井伸明)の助成を受けて行われたものである.