

B-65

非線形 FEM 解析による RC 部材の損傷評価
 (その 4) 鉄骨ブレース補強を施した RC 架構に対する損傷指標の適用例

Damage Evaluation of RC Members by Non-Linear Finite Element Analysis

(Part 4) Application Example of Damage Indices to RC Frame with Steel Brace Seismic Retrofit

○ 赤井冬来¹, 田嶋和樹², 長沼一洋², 佐藤裕一³

*Fuyuki Akai¹, Kazuki Tajima², Kazuhiro Naganuma², Yuichi Sato³

Abstract: In Part 4, non-linear finite element analysis was performed on the reinforced concrete frame with steel brace and the damage indices proposed in Part 3 were calculated. The calculated relationship between load and drift angle agrees well with the experiment. It is observed that the increasing tendencies of the proposed damage indices during the loading correspond to the failure process, the maximum load and the failure mode.

1. はじめに

本報では, (その 3)で提案した損傷指標を鉄骨ブレース補強を施した鉄筋コンクリート造(以下、RC)架構に対して適用した例を示す。

2. 解析対象試験体

試験体は 1960 年代に建てられた既存の学校建築を想定し, 1/3 スケールに縮尺した 1 層 2 スパン骨組である^[1]。Fig.1 に試験体諸元を示す。試験体は雑壁付き補強試験体である。RC 躯体で使用されるコンクリートの圧縮強度は 20N/mm²で, 架構とブレース間の接合用モルタルの圧縮強度は 37 N/mm²である。鋼材の降伏強度は 268~367 N/mm²である。一定軸力下 (540kN) における正負交番繰返し载荷が行われた。

Fig.2 に最終破壊性状を示す。実験では右柱がせん断破壊することで, 耐力が最大耐力の 8 割程度まで低下した。さらに, 中柱および補強接合部の破壊が進展したことで最大耐力の 4 割程度まで低下した。

3. 解析モデル

Fig.3 に試験体の要素分割図を示す。平面応力状態を仮定し, コンクリートは四辺形要素でモデル化した。鉄筋は柱主筋および帯筋をトラス要素とし, 壁筋とスタブの鉄筋を分散型の埋込み鉄筋としてモデル化した。なお, 丸鋼を用いた柱主筋ではコンクリート-鉄筋間の付着すべりを考慮した。また, 実験早期に観察された柱と雑壁の境界部分の離間を表現するため, 柱-雑壁間に離散ひび割れモデルを採用した。架構とブレース間の接合部のモデル化として, モルタルは四辺形要素, スタッドおよびアンカーは分散型の埋込み鉄筋と

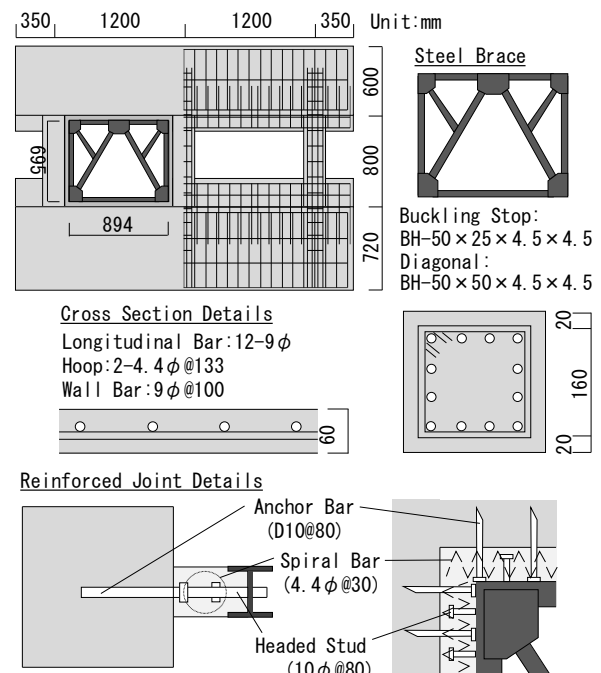


Fig. 1 Specimen Configuration

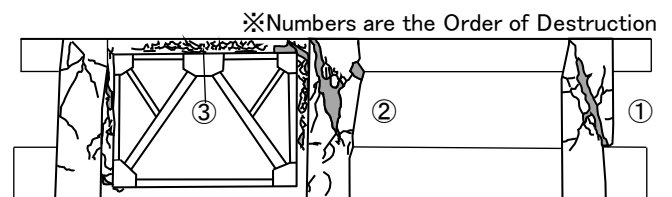


Fig. 2 Final Crack Pattern in Experiment

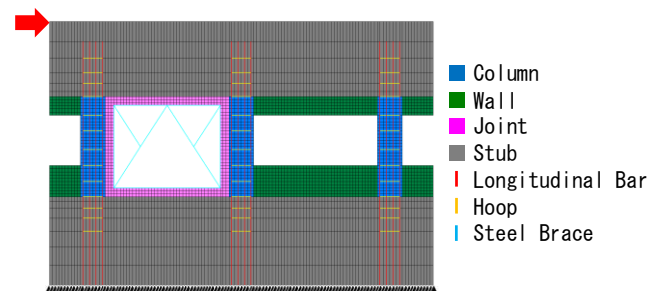


Fig. 3 Finite Element Mesh

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築 3 : 京都大学工学・助教・建築

してモデル化した。また、鉄骨枠および鉄骨ブレースは梁要素によってモデル化した。なお、実験で観察された架構とブレース間の接合部の破壊に伴う、鉄骨ブレースに対するせん断伝達機構の劣化を表現すべく、鉄骨枠-モルタル間には接合要素を配置し、離間とすべりを考慮した。なお、解析では損傷指標の基本的な挙動を把握するため、単調載荷とした。

4. 解析結果

Fig.4 に最大耐力時における破壊性状図を示す。解析では柱全てにせん断ひび割れが生じており、実験と同様のひび割れ性状である。しかし、雑壁や柱において圧壊が進展している点の実験と異なる。

Fig.5 に荷重および損傷指標と変形角の関係上にイベント発生点をプロットしたものを示す。実験と解析の荷重～変形角関係を比較すると、解析結果は単調載荷であるため、耐力をやや高めに評価するものの、実験結果を良好に模擬している。荷重 500kN 程度までは雑壁や柱のひび割れおよび雑壁の圧壊が進展することにより剛性が低下し、帯筋の降伏後は緩やかに耐力が増大した。変形角 $0.65 \times 10^{-3} \text{rad}$ におけるブレースの圧縮および引張降伏とそれに伴う柱圧壊の進展により、

耐力が低下した。

コンクリートの損傷指標 $Di(c)$ は雑壁が圧壊後、増大し始め、柱の圧壊直後の変形角 $0.4 \times 10^{-3} \text{rad}$ で限界値 1.0 に達した。鋼材の損傷指標 $Di(s)$ に先行して増大しており、圧壊が卓越した結果に対応している。また、 $Di(c)$ が最大耐力点を評価するための限界値 1.0 に到達する点は実験および解析の最大耐力に概ね対応した。

$Di(s)$ は帯筋降伏後に増大し始め、帯筋降伏の進展により変形角 $0.5 \times 10^{-3} \text{rad}$ において限界値 1.0 に達した。

5. まとめ

(その 3) で提案した損傷指標をブレース補強を施した RC 架構に適用した結果、コンクリートの損傷指標 $Di(c)$ が 1.0 に到達する点および鋼材の損傷指標 $Di(s)$ が 1.0 に到達する点は架構の最大耐力に概ね対応した。

6. 参考文献

- [1] 内野卓, 佐藤亮介, 田嶋和樹, 白井伸明: 「主筋に丸鋼を用いた腰壁・垂壁付き連スパン RC 造骨組に対する鉄骨ブレース補強効果」, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No. 2, pp. 841-846, 2015

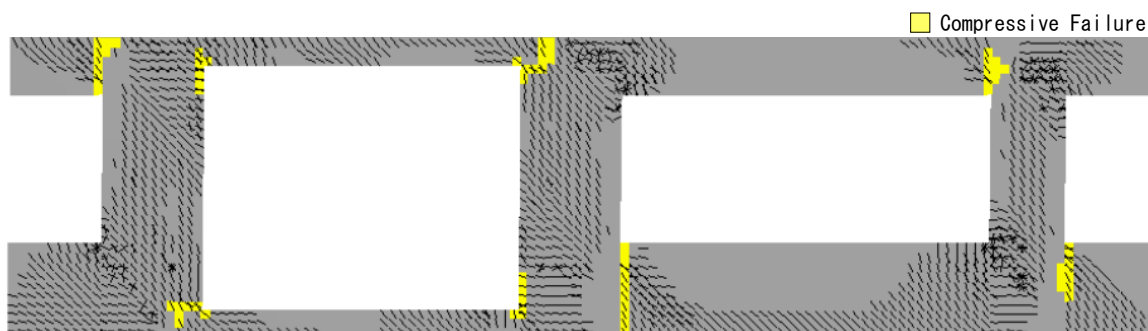


Fig. 4 Crack Pattern of Analysis at Maximum Strength

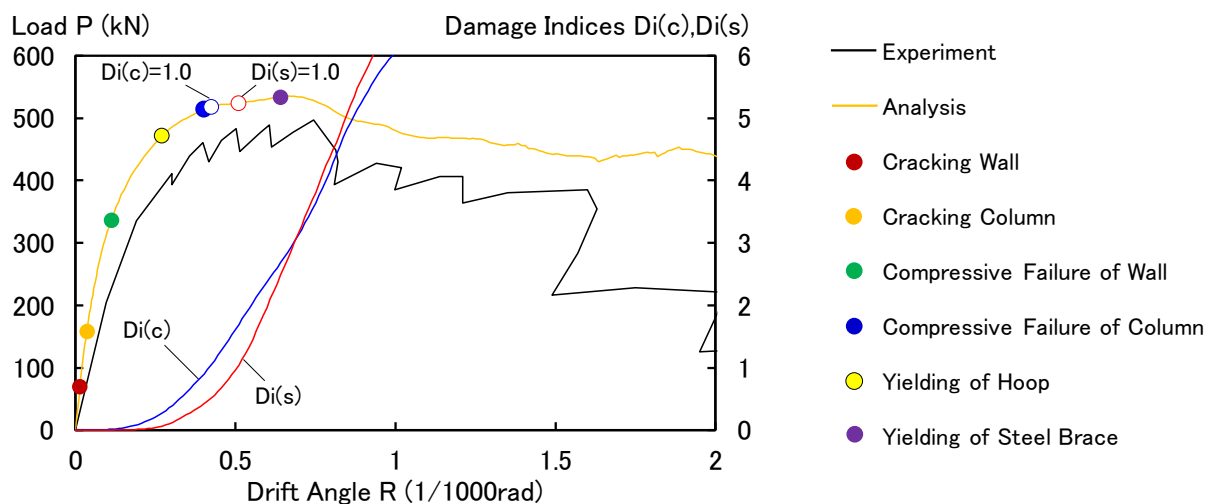


Fig. 5 Load and Damage Indices - Drift Angle Relationship