

B-64

## 主筋に丸鋼を用いた RC 造骨組の鉄骨ブレース補強効果に関する非線形 FEM 解析 (その 4) 破壊性状および抵抗機構に関する考察

### Nonlinear FE Analysis on Retrofitting Effect of Steel Brace on Capacity of RC Frame Using Round Bars (Part4) Discussion on Failure Development and Resisting Mechanism

○佐藤亮介<sup>1</sup>, 田嶋和樹<sup>2</sup>, 長沼一洋<sup>2</sup>, 白井伸明<sup>2</sup>\*Ryosuke Sato<sup>1</sup>, Kazuki Tajima<sup>2</sup>, Kazuhiro Naganuma<sup>2</sup>, Nobuaki Shirai<sup>2</sup>

Abstract: In Part-4, differences among the failure mechanisms of three specimens were investigated by comparing variation in the resisting forces of members with phased column failures. Also, the strength degradation mechanism with fracture development along the retrofitted joint was investigated for the retrofitted specimens. Consequently, for simulating the failure progress correctly, it must be needed to develop the analytical model that can simulate the deterioration process of compatibility between RC frame and steel brace due to the failure of retrofitted joint.

#### 1. はじめに

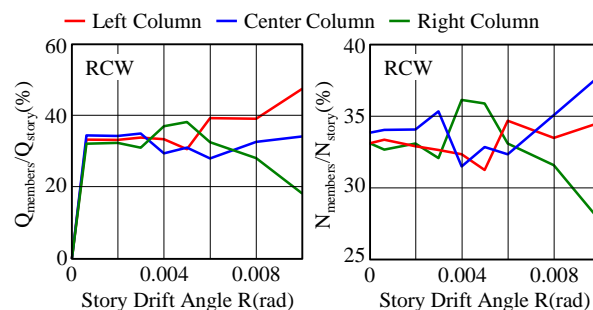
前報では、筆者ら<sup>1)</sup>が実施した耐震補強効果の検証実験における 1/3 縮小試験体 3 体に対し、2 次元 FEM 解析モデルの構築を行った。本報(その 4)では、解析結果を通じて、各部材に生じる応力の推移に着目し、各試験体の破壊メカニズムならびに補強試験体 2 体の補強接合部破壊に伴う耐力低下機構について把握する。

#### 2. 各試験体の破壊メカニズム

##### 2.1. 各部材の負担せん断力

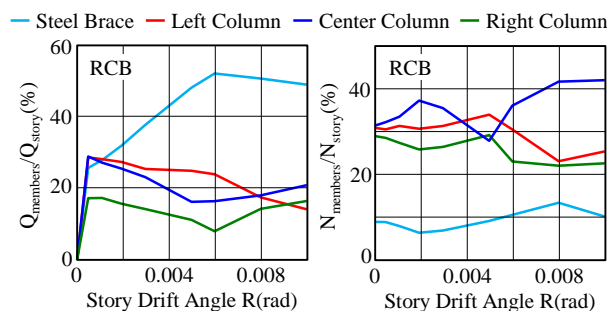
Fig.1(a), Fig2(a)および Fig3(a)に各試験体の正側加力時における各部材の負担せん断力の割合一層間変形角(R)関係を示す。なお、補強試験体における圧入モルタルの負担分については、それぞれ圧入モルタルが取り付く柱(左柱および中央柱)に加算する。RCW 試験体では、3/1000rad まで各柱がほぼ同等のせん断力を負担した。しかし、4/1000rad において、中央柱の負担せん断力の割合が減少するとともに、右柱の負担せん断力の割合が上昇した。これは、中央柱のせん断破壊に伴い、中央柱が負担していたせん断力が右柱に分配されたものであると考えられる。その後も、各柱が負担するせん断力の割合には大きな変動が見られ、柱間で応力の再分配が行われていることを示唆する結果を示した。

一方、2 体の補強試験体では 2/1000rad 以降、鉄骨ブレースが最もせん断力を負担した。また、6/1000rad においては、層せん断力の 50%程度を負担しており、鉄骨ブレースによる補強効果が十分発揮されたといえる。ここで、両試験体において、破壊形式が異なった右柱に着目すると、曲げ破壊を示した RCB 試験体では最大で層せん断力の 17%を負担したのに対し、せん断破壊



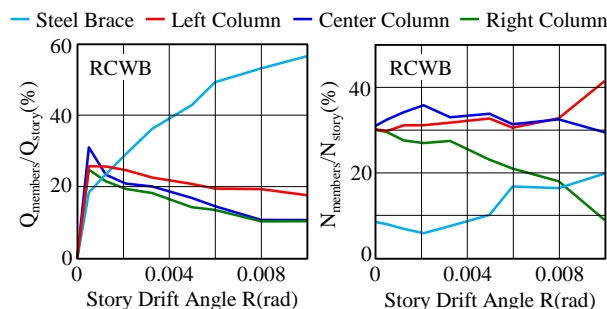
(a) Q-R Relationship (b) N-R Relationship

Fig.1 Variation of N & Q in Resisting Members with R



(a) Q-R Relationship (b) N-R Relationship

Fig.2 Variation of N & Q in Resisting Members with R



(a) Q-R Relationship (b) N-R Relationship

Fig.3 Variation of N & Q in Resisting Members with R

1 : 日大理工・院 (前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

を示した RCWB 試験体では 25%のせん断力を負担した。解析的分析により、柱の破壊形式の違いが、負担せん断力の割合に影響を与える可能性を示した。

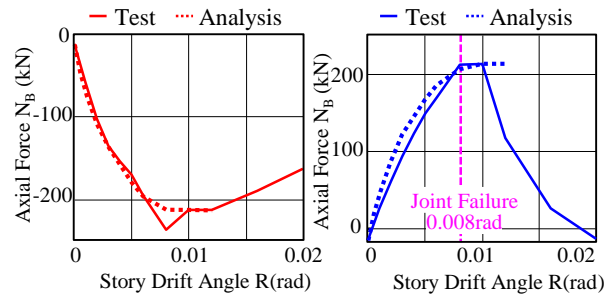
### 2.2. 各部材の負担軸力

Fig.1(b), Fig2(b)および Fig3(b)に各試験体の正側加力時における各部材の負担軸力の割合—層間変形角(R)関係を示す。なお、圧入モルタルの負担分については、それぞれ圧入モルタルが取り付く柱（左柱および中央柱）に加算する。解析では、実験と同様、一定軸力(540kN)とし、正負交番繰返し载荷を行った。そのため、各部材の負担軸力の合計は常に一定(540kN)である。RCW 試験体では、負担せん断力と同様、柱間で負担する軸力の割合が大きく変動していることが確認できる。ここで、4/1000radにおいて顕著に負担せん断力が低下した中央柱に着目すると、同一変形角で負担軸力も大幅に低下しており、柱のせん断破壊に伴う軸支持能力の喪失が確認できる。また、中央柱の負担軸力の低下に伴い、右柱の負担軸力が上昇しており、柱間で軸力の再分配が行われたと考えられる。

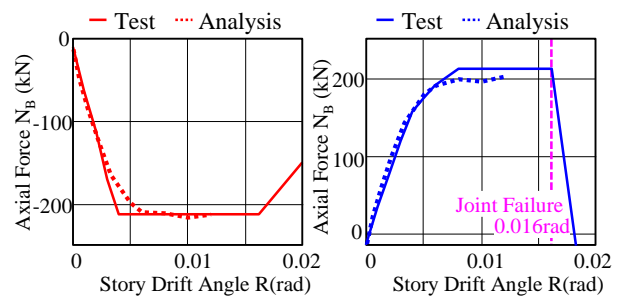
一方、2体の補強試験体においても、負担せん断力と同様、部材間で負担軸力の割合が大きく変動する結果を示した。ただし、RCB 試験体では、鉄骨ブレースの負担軸力の割合に大きな変動はなく、3本の柱において軸力の再分配が行われたものと考えられる。これに対し RCWB 試験体では、せん断破壊による右柱の著しい負担軸力の低下に伴い、鉄骨ブレースが負担する軸力の割合が上昇した。これは、補強スパンに隣接する柱の破壊形式によって応力の分配過程が異なる可能性を示しており、今後さらなる分析を行う必要がある。

### 3. 補強接合部破壊に伴う耐力低下機構

筆者らは、補強接合部破壊に伴う鉄骨ブレースの抵抗機構について実験的分析を行った。その結果、補強接合部の破壊メカニズムは、鉄骨ブレースに作用する軸力の増大に伴う鉄骨ブレース斜材の引張軸力の減少に起因する知見が得られた。ここでは、解析結果を通じてこれらの挙動について把握する。Fig.4 および Fig.5 に RCB 試験体および RCWB 試験体の正側加力時における鉄骨ブレースの負担軸力( $N_B$ )—層間変形角(R)関係を示す。なお、図中には実験結果を併せて示す。前述の通り、実験結果は補強接合部破壊と同時に引張軸力が著しい低下を示した。一方、12/1000radの範囲における解析結果は、圧縮側・引張側ともに実験結果を良好に模擬した。しかし、解析では鉄骨ブレースが降伏強度に達した212kN(=334N/mm<sup>2</sup>×634.5mm<sup>2</sup>)以降、軸力はほぼ一定を保っており、引張軸力の低下挙動はみられ



(a) Brace under Compression (b) Brace under Tension  
Fig.4 Variation in  $N_B$  of Compressive and Tensile Brace with R of Specimen RCB



(a) Brace under Compression (b) Brace under Tension  
Fig.5 Variation in  $N_B$  of Compressive and Tensile Brace with R of Specimen RCWB

ない。これは、解析において補強接合部破壊に伴う RC 架構と鉄骨ブレースとの分離挙動を表現できていないことが原因であると考えられる。実験では、補強接合部の破壊によって RC 架構と鉄骨ブレースとの一体化が損なわれ、RC 架構の鉛直変位の増大に伴い、鉄骨ブレースに作用する軸力が増大し、鉄骨ブレース斜材の引張軸力が減少したと考えられる。つまり、解析において引張軸力の低下挙動を表現するためには、補強接合部破壊に伴う RC 架構と鉄骨ブレースとの分離挙動を再現可能なモデル化が必要である。

### 4. まとめ

- (1) 各試験体に対する解析的分析から、柱間における応力の再分配と柱のせん断破壊に伴う軸支持能力の喪失を確認した。
- (2) 鉄骨ブレース斜材の引張軸力の低下挙動を表現するためには、補強接合部破壊に伴う RC 架構と鉄骨ブレースとの分離挙動を再現可能なモデル化が必要がある。

### 5. 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