

B-63

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 3) 雑壁付き補強試験体の解析結果と考察

Nonlinear FE Analysis on Retrofitting Effect of Steel Brace on Capacity of RC Frame Using Round Bars
 (Part3) Analytical Results and Discussion for Specimen RCWB

○石井晃¹, 佐藤亮介², 田嶋和樹³, 長沼一洋³, 白井伸明³

*Akira Ishi¹, Ryosuke Sato², Kazuki Tajima³, Kazuhiro Naganuma³, Nobuaki Shirai³

Abstract: In Part-3, the analytical model was established for the retrofitted specimen with spandrel and hanging walls, RCWB. The analytical model gave good predictions, especially on cyclic behavior. Lateral deformation of the right column was separated into the flexural and shear component. The results showed that the amount of deformation component roughly governed the failure mode of RCWB and RCB. Furthermore, the crack development along retrofitted joint of RCWB was compared with one of RCB. In order to simulate the fracture development along retrofitted joint, it is needed to investigate behavior along the retrofitted joint in detail.

1. はじめに

本報(その3)では,筆者ら¹⁾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 体のうち雑壁付き補強試験体(以下, RCWB 試験体)を対象に解析モデルの構築を試みる. また, RCB 試験体との比較を通じて, 柱の破壊形式について詳細な分析を行うとともに, 現状のモデル化の問題点について述べる.

2. 解析対象試験体

Fig.1 に試験体概要を示す. 前報(その1)で対象とした RCW 試験体の 1 スパンに対して, 間接接合で枠付き鉄骨ブレース補強を施した骨組である. Fig.2 に層せん断力(Q)-層間変形角(R)関係を示す. また, Fig.3 に実験の最終破壊状況を示す. 実験では, 8/1000rad において右柱にせん断ひび割れが発生し, 耐力低下に至った. さらに, 10/1000rad において中央柱にもせん断ひび割れが発生し, この頃から補強接合部のひび割れが顕著に表れた. その後は, 補強接合部の破壊が進行し, 16/1000rad において, 鉄骨ブレース上部のモルタルが剥落し, 急激な耐力低下に至った.

3. RCWB 試験体の FEM 解析

Fig.4 に試験体の要素分割図を示す. モデル化方法および使用する材料構成則は, 前報(その1, 2)と同様である. なお, 前報(その2)では, 鉄骨枠-モルタル間を離散化した改良モデルにおいて実験と良い対応を示したことから, 本試験体に対しては鉄骨枠-モルタル間を離散化した解析のみ実施する.

Fig.5 に層せん断力(Q)-層間変形角(R)関係を示す. また, Fig.6 に最大耐力時のひび割れパターンを示す. なお, 解析では+16/1000rad 以降に解が不安定となったため, この範囲までの解析結果を示す. 解析結果は,

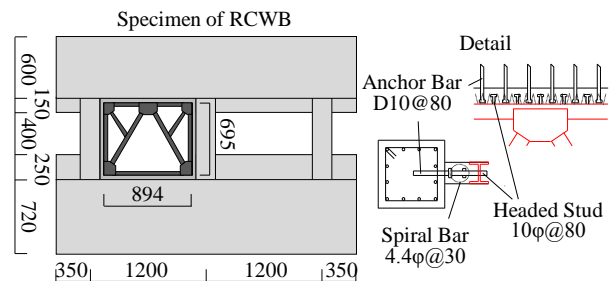


Fig.1 Geometry and Detail of Specimen RCWB

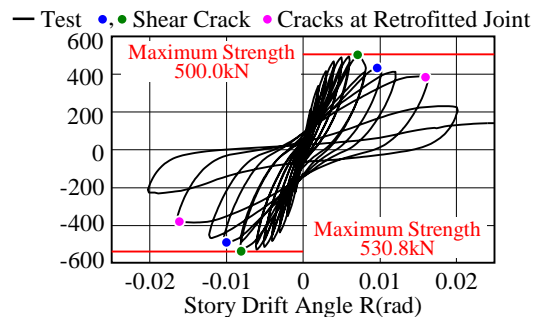


Fig.2 Observed Q-R Response of Specimen RCW

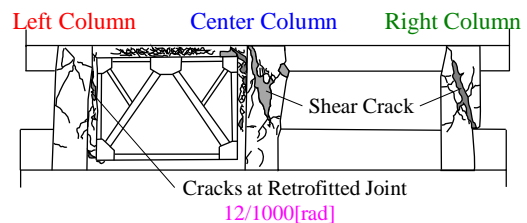


Fig.3 Final Failure Pattern of Specimen RCWB

負側の最大耐力を若干過小評価したものの, 実験の骨格曲線ならびに履歴形状を概ね良好に模擬した. また, 解析では 1/1000rad において全ての柱にせん断ひび割れが発生した. 実験に対して, 各柱にせん断ひび割れが生じるタイミングは早いものの, 柱の破壊形式に関しても良好な対応を示した.

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

4. RCWB 試験体と RCB 試験体の破壊性状の比較

両試験体の違いは、構造スリットの有無のみである。ここでは、破壊形式の異なった右柱に着目し、せん断変形成分の比較から柱の破壊形式について詳細な分析を行う。Fig.7 に正側加力時における各試験体右柱のせん断変形成分の推移を示す。なお、図中には実験結果を併せて示す。RCWB 試験体では、 $3/1000\text{rad}$ にかけてせん断変形成分の割合が急激に増大しており、実験結果と同様の傾向を示した。また、 $10/1000\text{rad}$ 近傍では全体変形に対するせん断変形成分の割合が 50% に達しており、右柱の破壊形式がせん断破壊であることが既往の研究²⁾からも裏付けられる。一方、曲げ破壊を示した RCB 試験体では $2/1000\text{rad}$ 以降、せん断変形成分の割合は減少しており、柱の破壊形式と一致した変形成成分離結果といえる。しかし、これは実験結果と異なる傾向であり、今後詳細な分析を行う必要がある。

次に、各試験体における補強接合部のひび割れ状況を比較する。Fig.8 に $1/1000\text{rad}$ における各試験体の補強接合部周辺のひび割れパターンを示す。柱際に着目すると、RCWB 試験体の方が RCB 試験体に対し、補強接合部に生じたひび割れが顕著である。これは実験の破壊状況と異なる傾向であり、現状の補強接合部のモデル化が原因であると考えられる。柱際に発生するひび割れは、柱と鉄骨ブレースの剛性差によって、両者に生じる変位差が起因となるものであると考えられる。現状の解析モデルでは、スタッドおよび施工アンカーを分散型の埋め込み鉄筋としている。このモデル化は、実際には線材である鉄筋が有限要素内に一様に分散して存在していると仮定したもので、鉄筋の抜け出し挙動などについては考慮できない。そのため、柱と鉄骨ブレースの剛性差を表現できても、変位差を過小評価した可能性がある。実験で観察された補強接合部の破壊の進行を模擬するためには、補強接合部のモデル化に関してより詳細な検討を行う必要がある。

5. まとめ

- (1) RCWB 試験体に対して 2 次元 FEM 解析を行った結果、実験の履歴形状ならびに破壊形式を概ね良好に模擬した。
- (2) 破壊の進行過程を模擬するためには、補強接合部のモデル化に関して詳細な検討を行う必要がある。

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

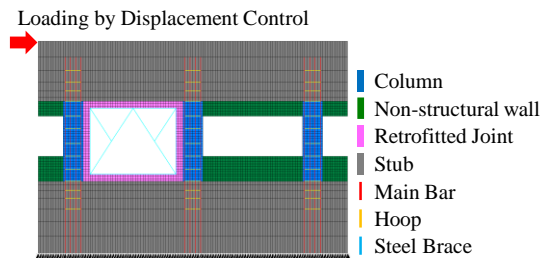


Fig.4 FE Mesh Division of Specimen RCWB

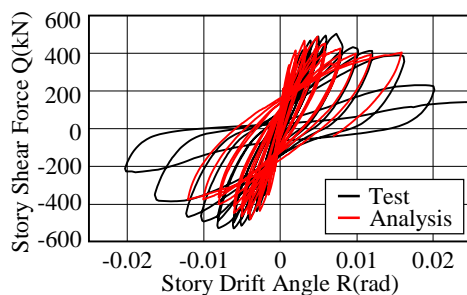


Fig.5 Cyclic Q-R Curves

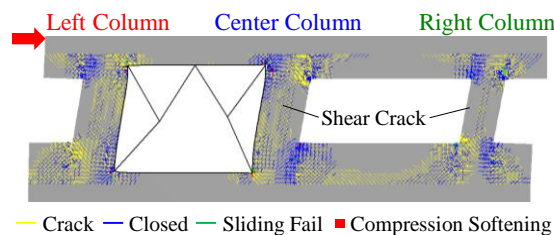


Fig.6 Calculated Crack Pattern at Maximum Load

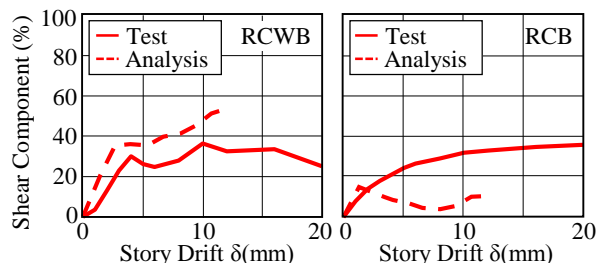
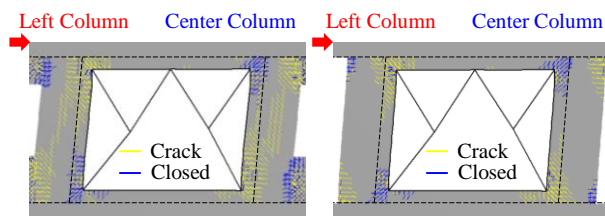


Fig.7 Contribution of Shear Component



(a) RWCB (b) RCB

Fig.8 Crack Development Along Retrofitted Joint

- [2] K. Tajima, N. Shirai, E. Ozaki, K. Imai : FE Modeling and Fiber Modeling for RC Column failing in Shear after Flexural Yielding, Computational Modelling of Concrete Structures, Proceedings of Euro-C 2010, pp. 737-748, 2010