

## 鉄骨ブレース補強された既存 RC 造骨組の耐震性能に関する検証実験 (その 2) 予備解析結果

### Verification Experiment on Seismic Capacity of Existing RC Frame Retrofitted with Steel Braces (Part2) Predictions by Preliminary Analysis

○佐藤亮介<sup>1</sup>, 内野卓<sup>1</sup>, 田嶋和樹<sup>2</sup>, 白井伸明<sup>2</sup>\* Ryosuke Sato<sup>1</sup>, Suguru Uchino<sup>1</sup>, Kazuki Tajima<sup>2</sup>, Nobuaki Shirai<sup>2</sup>

Abstract: In Part 2, the failure mode for RCW was investigated by both the FE and fiber analysis. Both methods predicted the shear failure mode, and the predicted maximum strength and corresponding deformation were similar to each other. Furthermore, the FE analysis considering the bond-slip behavior between concrete and steel was conducted. Consequently, significant difference in deformation behavior; especially near at the peak strength, can be observed.

#### 1. はじめに

前報(その 1)で設計した 3 体の試験体に対する正負繰り返し水平加力実験を実施するに際して、予備解析として、3 体の試験体に対するファイバー解析と FEM 解析を実施した。本報(その 2)では、RCW 試験体に対する予備解析結果を報告する。特に、FEM 解析においては、丸鋼の付着性能の低さを考慮して、付着すべりモデルに着目した検討を行った。

#### 2. 解析モデルの概要

##### 2.1. ファイバー解析

解析モデルの概要を Fig.1 に示す。なお、解析には、数値解析コード OpenSees を用いた。柱はファイバー要素でモデル化し、断面を 8×8 分割した。柱はせん断破壊が先行するように設計しているため、柱中央位置にはせん断サブ要素を組み込んだ。また、雑壁のフェイス位置に節点を設け、雑壁が取り付く範囲においては、柱の断面に雑壁の断面を加えたファイバー断面を作成した。また、上下のスタブは剛体とした。

Fig.2 にコンクリートの応力度( $\sigma$ )–ひずみ度( $\epsilon$ )関係を示す。コアコンクリートに対しては、Mander<sup>[1]</sup>の拘束効果を適用した。鉄筋は Bi-Linear 型とし、降伏後の二次勾配は初期剛性の 1/100 とした。せん断サブ要素に付与する復元力特性は、せん断破壊領域として柱内法スパン (400mm) 全体を想定し、この範囲が 1/250 変形した時にせん断破壊すると仮定してせん断破壊点を決定した。このとき、既往の研究<sup>[2]</sup>に基づいて、全体変形に対する 40%をせん断変形成分として仮定した。また、せん断破壊点におけるせん断力は、荒川 min 式より算出した (Fig.3)。

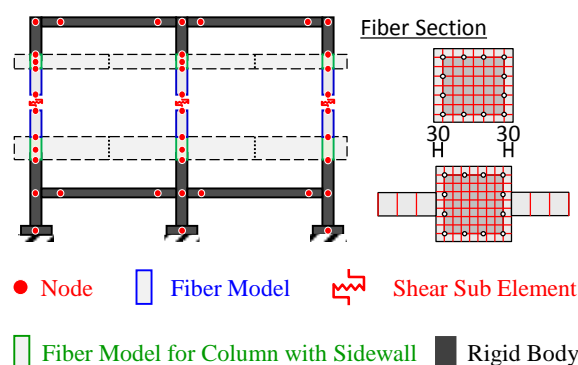


Fig1. Modeling of Frame by Fiber Elements

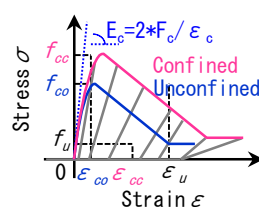


Fig2. Stress-Strain Relationship of Concrete

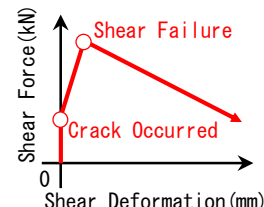


Fig3. Shear Force-Deformation Relation for Sub-Elements

##### 2.2. FEM 解析

解析モデルの概要を Fig.4 に示す。なお、解析には、汎用コード DIANA9.4 を用いた。コンクリートは平面応力要素でモデル化し、回転ひび割れモデルを採用した。鉄筋はトラス要素でモデル化した。ここでは、鉄筋–コンクリート間に完全付着を仮定した場合に加え、界面要素を設けて丸鋼の付着すべり挙動をモデル化した 2 パターンの解析を実施する。

Fig.5 にコンクリートと鉄筋の  $\sigma$ – $\epsilon$  関係および付着応力度( $\tau$ )–すべり量( $S$ )関係を示す。コンクリートの圧縮側は上昇域と下降域は異なる放物線で近似し、下降域は圧縮破壊エネルギー  $G_{fc}$  を考慮した軟化モデルと

した. 要素代表長さ  $L_c$  は要素面積  $A$  と等価な面積を持つ円の直径  $((A/\pi)^{1/2})$  と仮定した. 引張側の上昇域は引張強度  $f_t$  までを線形弾性と仮定し, 下降域は大岡らの 3 直線モデル<sup>[3]</sup>を採用した. 鉄筋はファイバー解析と同様のモデル化とした. また,  $\tau$ - $S$  関係には, CEB モデル (丸鋼)<sup>[4]</sup>を用いた.

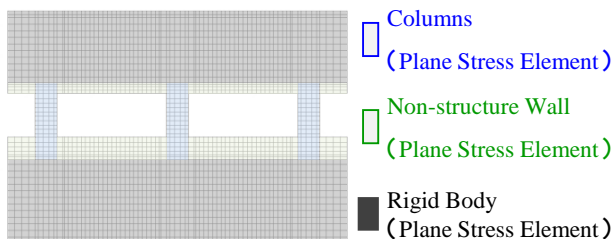


Fig.4 FE Mesh Division of Frame

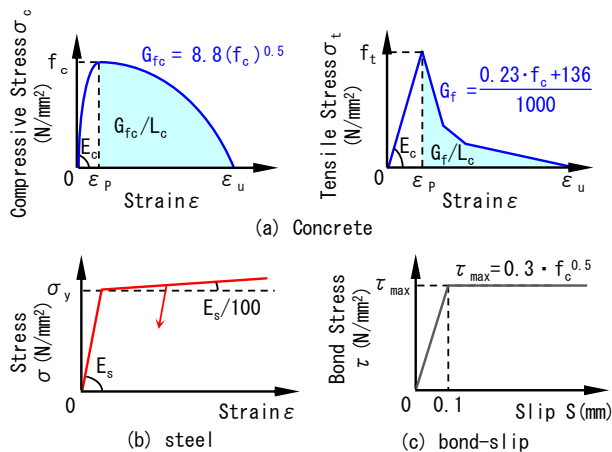


Fig.5  $\sigma$ - $\epsilon$  and  $\tau$ - $S$  Relationships

### 3. 解析結果

Fig.6 にファイバー解析および FEM 解析から得られた層せん断力(Q)–層間変形角(R)関係を示す. ファイバー解析では, 層間変形角 1/1000rad で最大耐力に達した. なお, 最大耐力 203kN は, 各柱のせん断終局強度の累加値と同程度であり, 3 本の柱がほぼ同時にせん断終局強度に達するという結果を示している. 一方, FEM 解析では, 完全付着を仮定した場合, 耐力値に違いはあるものの, ファイバー解析と同等の層間変形角 1/1000rad で最大耐力に達した. これに対し, 丸鋼の付着すべり挙動を考慮した場合, 最大耐力の値は変わらず, 層間変形角 1/200rad で最大耐力に達した. 完全付着を仮定した場合に比べ, 最大耐力時の変形が 5 倍に伸びていることから, 丸鋼の付着すべり挙動が骨組全体の挙動に及ぼす影響は大きいと考えられる. Fig.7 に FEM 解析 (付着すべり考慮) により得られた引張主ひずみ分布図を示す. 各柱はいずれもせん断破壊する傾向を示した.

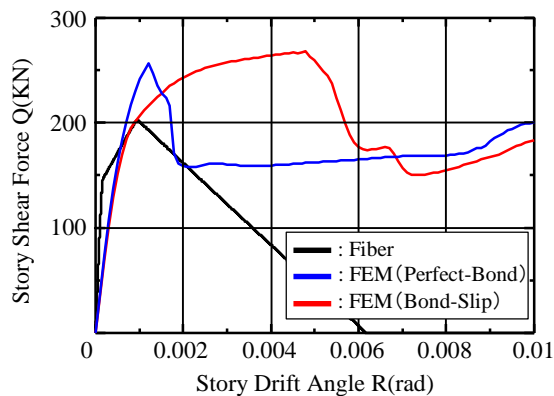


Fig.6 Pushover Analysis Result

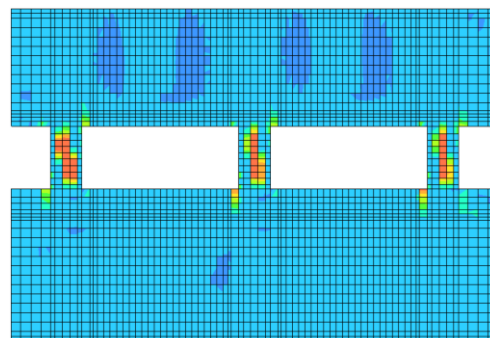


Fig.7 Pattern of Principal Tensile Strain

### 4. まとめ

RCW 試験体に対する予備解析の結果, 丸鋼の付着すべり挙動が最大耐力時変形の増大など骨組全体の挙動に影響を及ぼす可能性が高いことを確認した.

### 5. 参考文献

- [1] J.B.Mander: “Teoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, Journal of Structural Engineering, Vol.114, No.8, pp.1804-1826, 1988.8
- [2] 田嶋和樹, 河井慎太郎, 今井究, 白井伸明: 「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
- [3] 大岡啓尚ほか: コンクリートの破壊パラメータに及ぼす短繊維混入および材齢の影響, 日本建築学会構造系論文集, 第 529 号, pp.1-6, 2000.3
- [4] CEB: CEB-FIP MODEL CODE1990 DESIGN CODE, Thomas Telford Service Ltd, 1993

#### 【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. また, 本研究の実施にあたり, 海洋建築工学科の中西教授, 北嶋准教授ならびに中西・北嶋研究室から多大な協力を得た. さらに, 実験の実施にあたっては, 大型構造物試験棟の菊地氏の協力を得た. ここに謝意を示します.