

分散ひび割れ型 FEM によるひび割れ幅の予測 (その 6 : 正負繰り返し載荷への拡張)

正会員 ○佐藤 裕一*
正会員 長沼 一洋**

鉄筋コンクリート ひび割れ幅 性能評価
有限要素法 分散ひび割れモデル 付着

1. はじめに

繰り返し荷重下で漸増するひび割れ幅を予測するため、鉄筋とコンクリート間の付着挙動と応力再配分を分散ひび割れ型 FEM により計算する既報の手法¹⁾を、3次元正負繰り返し載荷に拡張し、その解析精度を検証した。

2. 解析手法の概要

回転固定型の分散ひび割れモデルにより、直交ひび割れ座標 1 個を導入し、1 要素あたり、互いに直交するひび割れを 3 面まで許容する。図 1 に、ひび割れ判定と応力再配分の流れを示す。基本的なひび割れ判定の手順は既報¹⁾と同じであるが、(1) 要素を第 1 主応力の大きさの順でひび割れ判定を実施する点、および (2) 1 つの要素で 1 回ひび割れ判定するごとに応力再配分を繰り返す点、が異なる。既往手順に新たに付加した処理は、図 1 の太枠で示している。

3. 正負繰り返し載荷を受ける RC 梁の解析例

提案手法を検証するため、正負繰り返し載荷を受ける RC 梁試験体 2 体 (B3, B6) を解析する²⁾。断面は 320 mm × 470 mm、スパン 2,350 mm (L/D = 5)、主筋 5-D22(SD345)、コンクリート強度 36.4 MPa である。実験変数はせん断補強筋 (SD295) 量であり、B3 は 2-D10@140 ($p_w = 0.32\%$)、B6 は 2-D10@70 (0.64%) である。

試験体は対称性を考慮して試験区間の 1/4 部分をモデル化する (図 2)。使用する材料モデルは既報¹⁾と同じである。実験における載荷は変位制御とし、回転角 = ±0.0025 を 1 回、±0.005, ±0.01, ±0.02, ±0.03 をそれぞれ 2 回ずつ繰り返し、さらに ±0.04 を 1 回繰り返した後、+0.05 まで押し切っている。

図 3 に解析によるせん断力～回転角関係を示す。解析結果は、実験の履歴ループに見られるピンチングを再現できず、破壊も早期に生じている (B3 は 0.03 rad., B6 は 0.04 rad. で計算が不安定となり終了)。破壊に至るまでの解析精度については今後の課題である。

図 4 に 0.01 rad. 最終時、および 0.03 rad. 最終時 (B6 のみ) のひび割れ分布解析結果を示す。正負載荷によるひび割れの交差がある程度再現されている半面、実験よりもややひび割れ本数が多い。

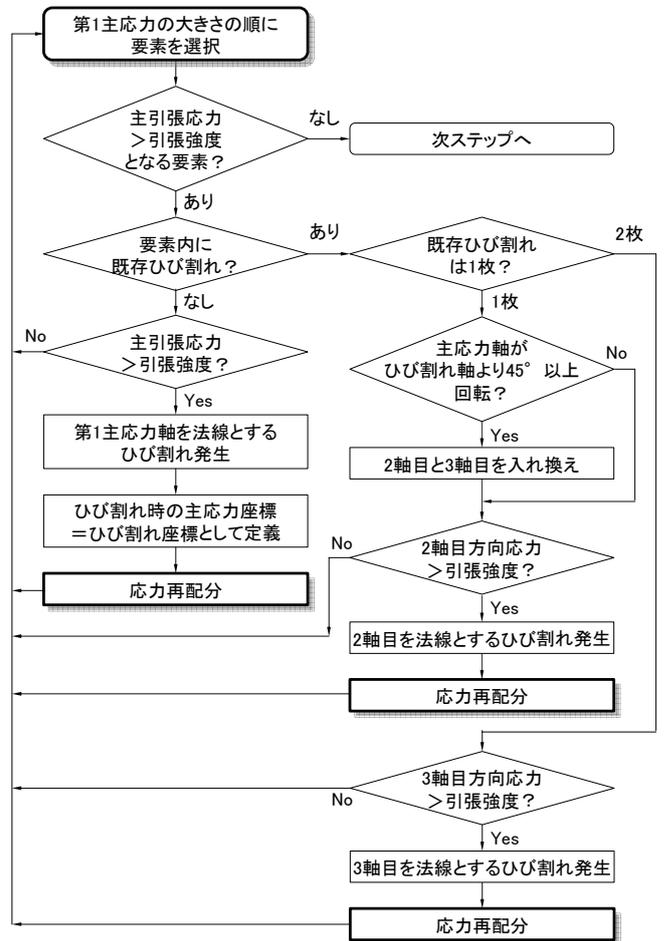


図 1 ひび割れ判定と応力再配分の流れ

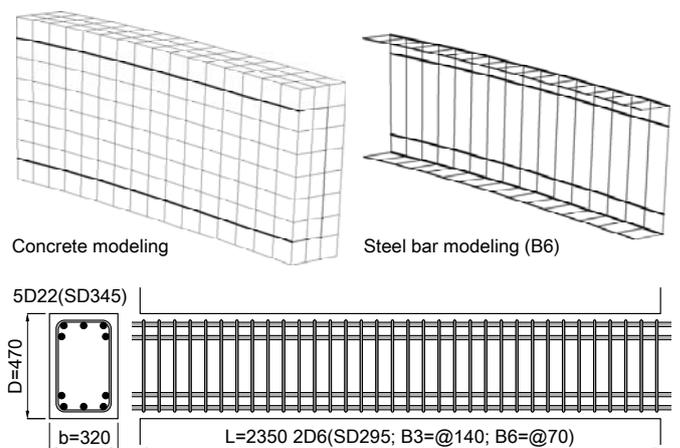


図 2 試験体のモデル化 (要素分割図は変形した状態)

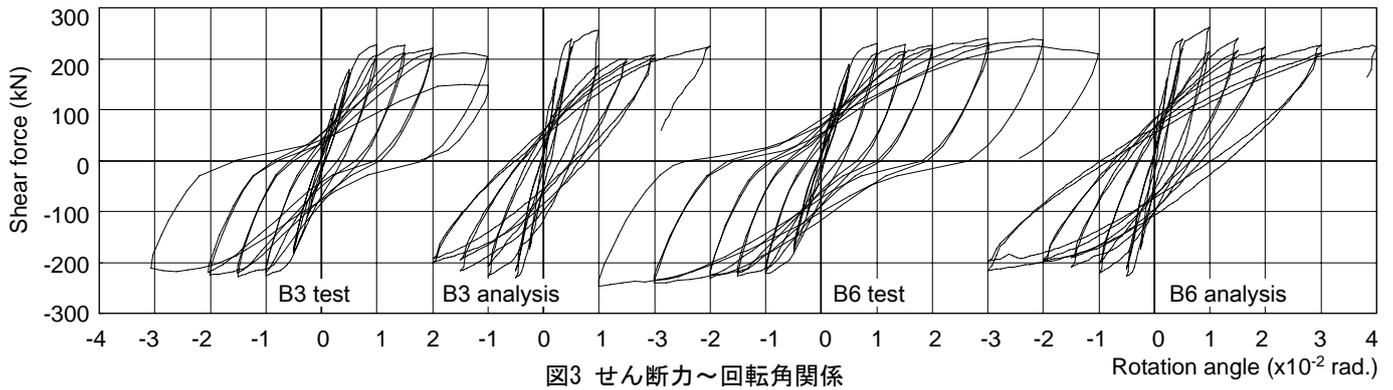


図3 せん断力～回転角関係

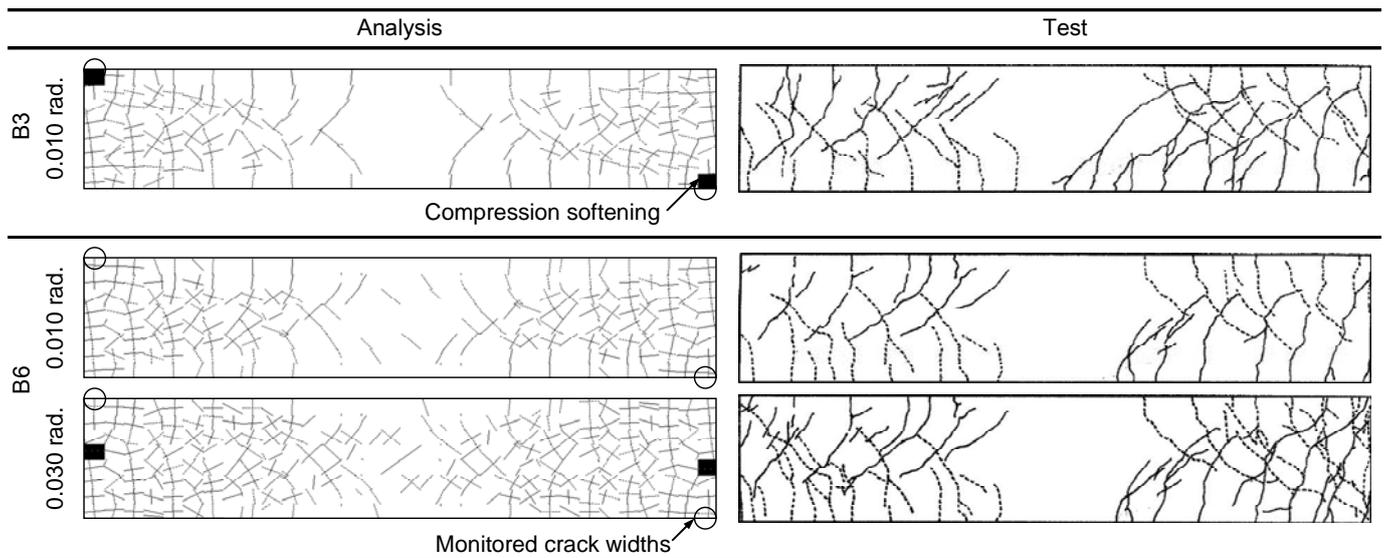


図4 ひび割れ分布図（解析結果は1/4モデルを対称複写）

図5には解析と実験による曲げひび割れ幅（図4に丸印で表示した位置）を比較する。実験値には、スタブ部分からの主筋抜け出し量も含まれると推定され、単純な比較はできない。ただし提案手法により、正負繰り返し条件下のひび割れ幅増加傾向をある程度把握できる可能性が示されている。

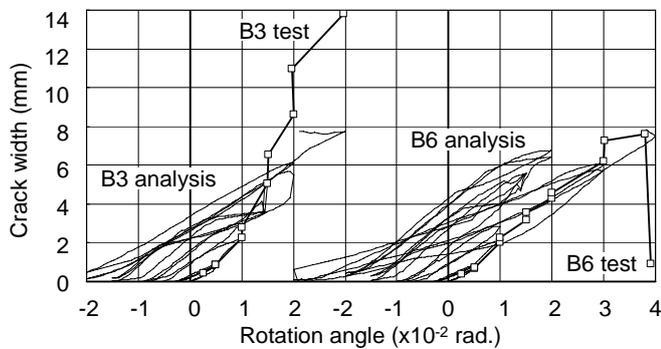


図5 ひび割れ幅～回転角関係

4. まとめ

分散ひび割れ型 FEM によるひび割れ幅予測手法を正負繰り返し載荷に拡張した結果、ひび割れの交差や、変位増大によるひび割れ幅の漸増傾向をある程度再現できた。ただし現状では、直交ひび割れしか許容していないため、今後、非直交ひび割れモデルを導入して、時刻歴応答解析への拡張をはかる予定である。

謝辞

貴重な実験データを提供して戴いた榊大林組 高見信嗣氏に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 佐藤裕一ほか：分散ひび割れ型 FEM によるひび割れ幅の予測（その1）～（その5），AIJ 大会梗概集 C-2, 2005 (pp.341-344), 2006 (pp. 667-668), 2007 (pp. 143-144), 2008 (pp. 491-492)
- 2) 杉本訓祥ほか：鉄筋コンクリート造建物の性能評価手法に関する研究（その2）AIJ 大会梗概集 C-2, 2003, pp.143-144

* 京都大学大学院 工学研究科・博士(工学)

** 榊大林組技術研究所・博士(工学)

* Dr. Eng., Graduate School of Engineering, Kyoto University

** Dr. Eng., Technical Research Institute, Obayashi Corporation