

損傷した RC 部材の補修後の力学挙動に関する解析的研究

名古屋大学大学院 学生会員 ○河合 真樹

名古屋大学大学院 正会員 上田 尚史, 中村 光, 国枝 稔

1. はじめに

地震や経時劣化による損傷を受けた RC 構造物の補修・補強後の性能評価手法が確立されれば, LCC を考慮した性能設計体系の高度化を可能にするとともに, 補修材料に要求される力学性能を明確にすることができると考えられる. そこで本研究では, 曲げ破壊する RC 部材の圧縮損傷領域の簡易な推定方法を検討し, さらに, 圧縮損傷領域の断面修復後の力学挙動の評価を解析的に行った. また, 断面修復材の特性が補修後の部材の力学挙動に与える影響について検討した.

2. 解析手法

本研究では, 4 節点アイソパラメトリック要素を用いた非線形 2 次元有限要素解析を行った. RC 構成則には, 格子等価連続体モデルを用いた. 圧縮を受けるコンクリートの応力-ひずみ関係は, 圧縮強度までは Saenz の式を用い, 圧縮強度以降は, 応力が直線的に減少するものとした. なお, 軟化域には圧縮破壊エネルギーを考慮した.

3. 平均化ひずみによる損傷領域の評価

コンクリートのようなひずみ軟化材料を用いた有限要素解析では, 終局域においてひずみの局所化が生じ, 解析上のひずみ分布やひずみの絶対値が実挙動と大きく異なるという問題が存在する. したがって, 補修後の力学挙動を評価するためには, まず, 実挙動と同様に損傷領域を評価し, 補修領域を解析上決定する必要がある. そこで本研究では, 図-1 に示すように, 局所ひずみを要素寸法とは別の寸法により領域平均して算定される平均化ひずみを用いる方法により, 損傷領域を評価した¹⁾. なお平均化領域は, 既往の研究²⁾を参考にして, 軸方向に長軸 250mm, 高さ方向に短軸 50mm の楕円を仮定した.

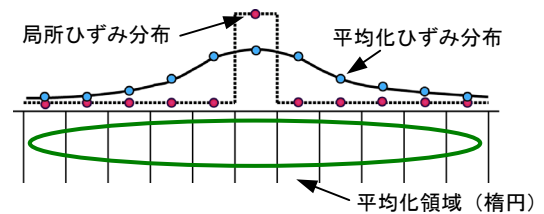


図-1 平均化ひずみ算出の模式図

4. 供試体概要および解析概要

解析の対象とした実験供試体の諸元を図-2 に示す. 供試体は伊藤らにより実験された曲げ破壊する RC はりである³⁾. 解析に用いた材料特性は, コンクリートの圧縮強度 34.1MPa, 鉄筋の降伏強度は, 引張鉄筋 403.7MPa, 圧縮鉄筋 353.1MPa, スターラップ 290.2MPa である. 断面修復材は, 弾性係数 5.7GPa, ポアソン比 0.34 の弾性材料とした. 軸方向鉄筋はトラス要素, スターラップは RC 要素によりモデル化した. 実験は, 供試体中央変位約 20mm まで載荷した後, 除荷し, 断面修復を行い, その後再載荷を行っている. 解析は実験同様の載荷履歴, 補修手順で行い, 除荷後, 解析結果により評価された損傷領域を断面修復材に置き換え, 再載荷を行った. ただし, 実験では補修時にひび割れ注入を行っているが, 本研究ではこの影響は考慮していない.

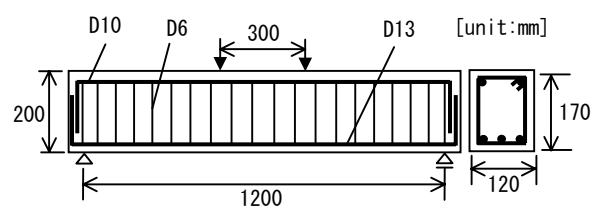


図-2 供試体諸元

5. 解析結果

5. 1 平均化ひずみによる損傷領域の評価

図-3 に補修直前の実験供試体の圧縮損傷領域の概略図(斜線部)と, 解析より得られた除荷直前の時点での局所ひずみおよび平均化ひずみの分布を示す. ただし, それぞれ等曲げ区間近傍の供試体上半分のみを示した. また,

キーワード 補修後挙動, 損傷度評価, 損傷領域, 平均化ひずみ

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 工学部 9 号館 526 号室 TEL 052-789-4484

ひずみ分布は 2000μ を超える圧縮ひずみのみを表示した。図より、局所ひずみ分布は、載荷点近傍において部分的なひずみの局所化領域が存在し、実験結果の損傷状況を捉えられていない。一方、平均化ひずみ分布は、実験での損傷領域の広がりをごね妥当に表している。したがって、本研究では、平均化圧縮ひずみが 2000μ を超える領域を損傷領域とし、以降の解析ではこの領域において補修の影響を考慮した。

5. 2 補修後の力学挙動

図-4 に実験結果および解析より得られた荷重-変位関係を示す。図中、○印は実験値を、実線は補修しない場合の解析結果を、点線は補修した場合の解析結果を表している。補修しない場合は、変位が 20mm を超えた辺りから荷重が低下し始めるのに対して、補修をした場合は再載荷後耐力が上昇し、変形能の向上も認められる。ただし、実験と比較して耐力・変形量ともに小さな値が得られたが、これは実験で行われているひび割れ注入補修の影響を考慮していないためであると考えられる。

6. 補修材料の特性と補修効果

補修材料の特性が補修後の力学挙動に与える影響を評価するために、補修材の弾性係数をパラメータとした検討を行った。図-5 に異なる補修材の弾性係数に対する荷重-変位関係を示す。図中点線は弾性係数が 1GPa 、一点鎖線は 5GPa 、実線は 20GPa 、の場合を表している。図より補修材の弾性係数が大きい程、部材の曲げ剛性は大きく、また、補修材の弾性係数が小さい程、変形能が大きいことが分かる。図-6 に、図-5 の●印で示す荷重が低下し始めた時点での、等曲げ区間近傍における圧縮ひずみ分布を示す。図より、補修材の弾性係数が小さい場合には、補修材部分でひずみが大きくなっているのに対して、補修材の弾性係数が大きい場合には、補修材以外の部分でひずみが大きくなっている。補修材の弾性係数の違いによってひずみが大きくなる領域が異なり、これにより部材の破壊形態も異なるため、荷重-変位関係に違いが表れるものと考えられる。以上の様に、補修後の供試体の破壊形態は補修材料の特性に影響を受けるため、適切な補修材料の選択・設計が必要である。

7. 結論

RC 部材の圧縮損傷領域の広がり、有限要素法で直接得られる局所ひずみでは再現することができず、平均化ひずみの概念を使う必要があることを示した。今回の検討の範囲では、損傷領域を平均化圧縮ひずみが 2000μ を超える領域とすることで、実験での損傷の広がりを概ね妥当に評価できた。また、補修材料の力学特性により補修後の部材の損傷挙動が異なることを解析的に示した。このことは、補修後の部材の力学挙動を考慮した適切な補修材料の選択・設計が重要となることを意味する。

参考文献

- 1) 上田尚史ら：非線形有限要素解析による曲げ破壊する RC 部材の損傷指標の検討，構造工学論文集，Vol.52A，2006
- 2) 権庸吉ら：積分型非局所構成則の 2 次元 RC 部材への適用に関する基礎的研究，応用力学論文集，Vol.8，2005
- 3) 伊藤睦ら：曲げ破壊する RC はり部材の復旧性能評価に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.2，2006

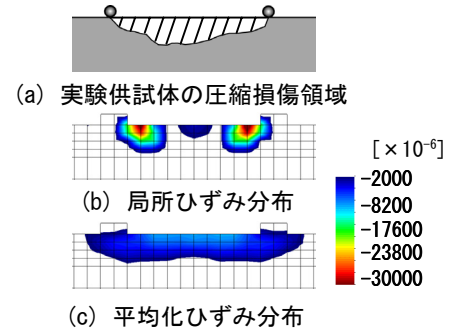


図-3 供試体の損傷領域およびひずみ分布

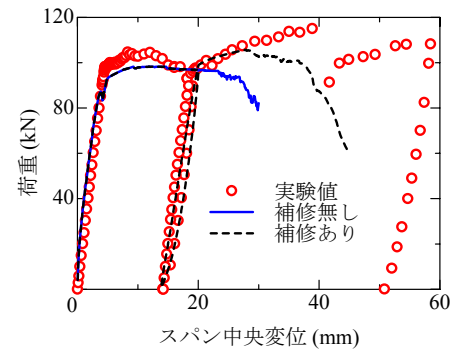


図-4 荷重-変位関係

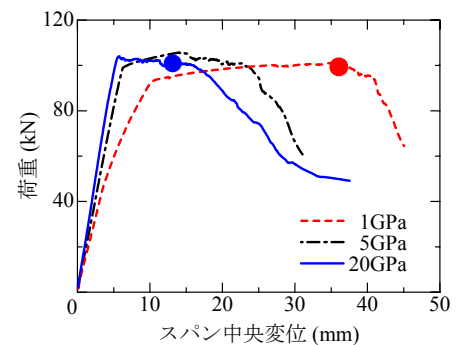


図-5 補修後の荷重-変位関係 (再載荷点を原点として表示)

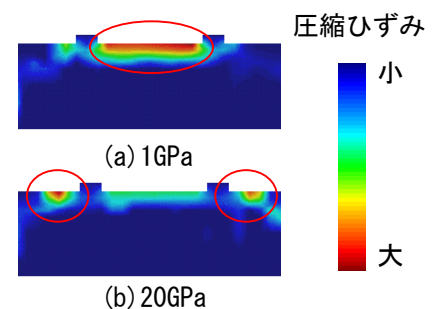


図-6 圧縮ひずみ分布