

高耐久性埋設型枠を設置した RC 梁の弾塑性挙動解析

長崎大学大学院 学生員 平嶋健太郎

長崎大学工学部 正会員 松田浩, 崎山毅, 森田千尋, 非会員 古賀掲維

九州工業大学 正会員 出光隆, 小沢コンクリート工業(株) 正会員 鶴田健

1 はじめに

筆者らは、ポリマー含浸コンクリート (PIC) を設置した RC 梁の載荷実験結果を解析的にシミュレーションするために、鉄筋とコンクリートのすべりを考慮できる付着リンク要素を導入した非線形 FEM 解析によりひび割れ解析を行い、良好な結果を得た [1]。鉄筋コンクリート部材の非線形 FEM 解析を行う際、引張応力下でのひび割れたコンクリートのモデル化とひび割れたコンクリート中における鉄筋のモデル化が重要となってくる。岡村・前川は、コンクリートと鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係を用いて、鉄筋コンクリートの引張剛性を表現している [2]。さらに、一軸引張部材での実験結果より、鉄筋のマクロ的な平均応力-平均ひずみ関係もひび割れたコンクリートの引張剛性も、鉄筋コンクリートのひび割れ面でのミクロ的な挙動特性に基づき予見できることを示している [3]。本研究では、文献 [2],[3] と同様の解析モデルを用いて、RC 梁の圧縮側および引張側に PIC 版を設置した場合の実験を解析的にシミュレートするために、汎用 FEM コード (MARC) を用いて解析を行ったものである。解析結果は実験結果を十分シミュレートできることが確認された。

2 解析概要

【解析目的】梁構造物の曲げ靱性の評価は、終局耐力のみならず変形能まで求める必要があり、載荷試験の結果より評価されることが多かった。変形能を解析的に追跡できれば、実験を行うことなく曲げ靱性を推定することが可能となる。本解析では、解析対象として PIC 版を曲げ圧縮側に設置した RC 梁の曲げ載荷試験を採用した [4]。

また、PIC 版を RC 梁の曲げ引張側に設置する場合、連続的に設置すると PIC 版自体にひび割れが発生する可能性があり、完全な防食効果を期待することができなくなり、RC 構造物の耐久性上好ましくない。筆者らは、これまでに PIC 版を曲げ引張側に設置した場合の PIC 版の設置間隔に関する研究を行ってきた [1]。その結果、PIC 版を適切な間隔で設置することにより PIC 版自体にひび割れが生じにくくなることが確認された。本研究においては、ジョイント部のひび割れ誘発目地としての機能性を考慮して、使用限界状態での PIC 版自体にひび割れが発生しないようなジョイント間隔を解析的に追跡することも目的の一つである。

【解析モデル】表 1 に解析対象とした PIC 版を曲げ圧縮側に設置した RC 梁の載荷実験試験体を示す。図 1 は PIC 版を圧縮側に設置した場合のメッシュ分割図 (1/2 モデル) を示したものである。試験体寸法は 42×25×300cm である。図 2 は PIC 版を引張側に設置した場合のメッシュ分割図 (1/2 モデル) を示したものである。試験体寸法は 30×62×450cm であり、PIC 版のジョイント間隔を 30,45,60,90,360cm とした。PIC 版の設置位置によりメッシュ分割が違ふのは、圧縮側では終局耐力と変形能、引張側では使用限界状態付近のひび割れ発生・進展に注目した解析を行うためである。

コンクリート、PIC 版およびジョイントには 8 節点平面ひずみ要素 (38×8, 105×31)、鉄筋には 8 節点平面ひずみ要素 (38×2, 105×1) を用いてモデル化した。ただし、鉄筋とコンクリートの間は完全付着とした。

表 1 実験 I の試験体の種類

case1	通常の RC 梁
case2	PIC 版を曲げ圧縮側に設置した RC 梁
case3	case2 の主鉄筋量を 2 倍にした RC 梁

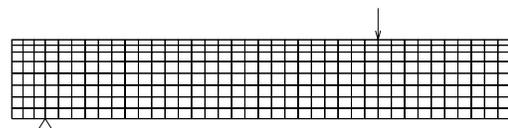


図 1 実験 I のメッシュ分割図 (PIC 版上縁設置)

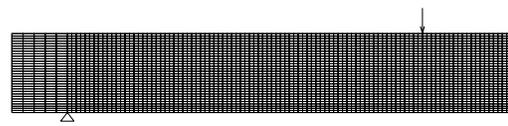


図 2 実験 II のメッシュ分割図 (PIC 版下縁設置)

キーワード：RC 梁・平均応力-平均ひずみ関係・FEM 弾塑性解析・ポリマー含浸コンクリート (PIC)

〒 852-8521 長崎市文教町 1-14 TEL:095-847-1111(2701) FAX:095-843-7204

【構成則】図3～図5に本解析で用いた材料の構成則を示す。鉄筋の構成則にはひび割れたコンクリート中の平均応力 - 平均ひずみ関係を用いた。この関係は、単体鉄筋のような塑性棚はなく降伏後直ちにひずみ硬化域に入り、一定のひずみ硬化率とひずみ硬化開始点をもつバイリニア型を用いた。なお、一定のひずみ硬化率とひずみ硬化開始点は、載荷試験結果から推定した。コンクリートおよび PIC の構成則はテストピース試験体の結果を用いた。

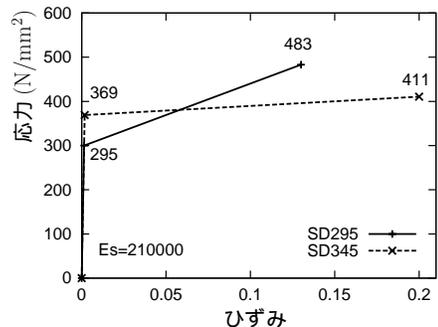


図3 鉄筋の構成則

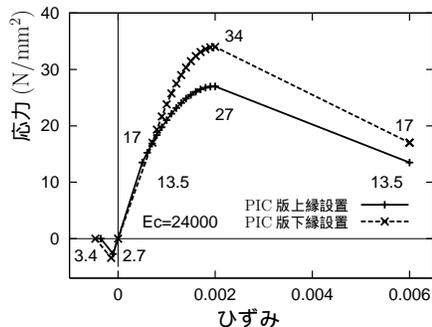


図4 コンクリートの構成則

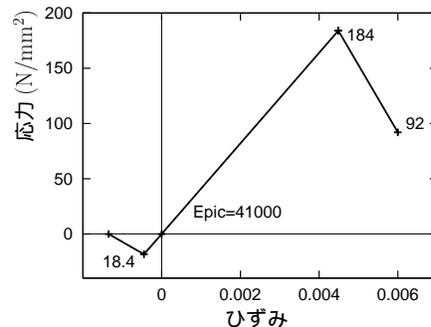


図5 PICの構成則

3 解析結果および考察

図6に case1～3の実験および解析結果における荷重と梁中央部のたわみの関係を示す。解析結果は実験結果とよく一致している。case1,2の結果から、PIC版を圧縮側に設置することにより、終局耐力も変形能も増大し、曲げ剛性が大幅に増加することがわかる。また、case3では鉄筋量の増加分だけ終局耐力が増大するが変形能はそれ程増大しない。

図7に PIC 版のジョイント間隔を変化させた場合の PIC 版および RC 部 (誘発目地部) へのひび割れ発生荷重を示す。PIC 版のジョイント間隔を小さくすると、PIC 版自体へのひび割れ発生荷重は大きくなり、ジョイント間隔を大きくすると、ほぼ一定荷重でひび割れが発生している。

過去の研究でも、PIC 版の引張側設置の場合には使用状態でのひび割れ制御に有効であり、圧縮側設置の場合には終局状態における耐力が向上することを指摘した [1]。本実験および解析から、適切な鉄筋量であれば、PIC 版を圧縮側に設置して、PIC 版の高強度特性を有効に利用することにより、終局強度のみならず変形能も高めることができることが確認された。また、文献 [2],[3] の一軸引張部材における解析モデルと同等のものを用いることにより、RC 梁のひび割れ解析に対しても有効であると考えられる。

【謝辞】最後に解析にご協力載きました日立造船 (株) 高崎憲太郎氏 (当時九州工大大学院生)、川田工業 (株) 上野信一郎氏 (当時長崎大学 4 年生) に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 鶴田ほか: 高耐久性埋設型枠接合部をひび割れ誘発目地とした RC はりの 2 次元 FEM 解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.1 pp.587-592, 1998.
- [2] 岡村甫・前川宏一: 鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則, 技報堂, 1991.
- [3] H.Salem, K.Maekawa: Spatially Averaged Tensile Mechanics for Cracked Concrete and Reinforcement under Highly Inelastic Range, J.Materials, Conc.Struct, Pavements, JSCE, No.613/V-42, 1999.
- [4] 高崎憲太郎: 高耐久性埋設型枠使用 RC 複合部材の曲げ性状に関する研究, 九州工業大学大学院修士論文, 2000.

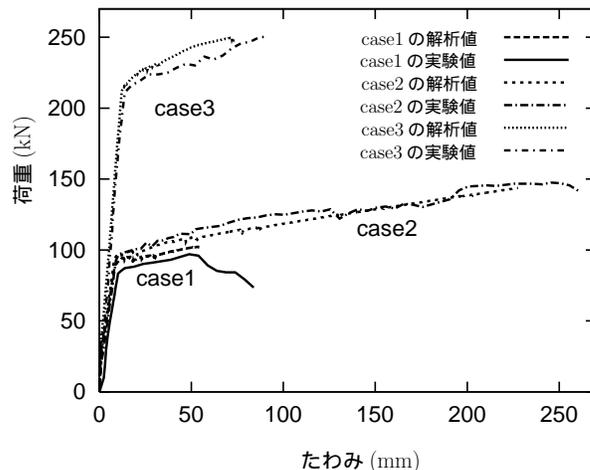


図6 荷重とたわみの関係

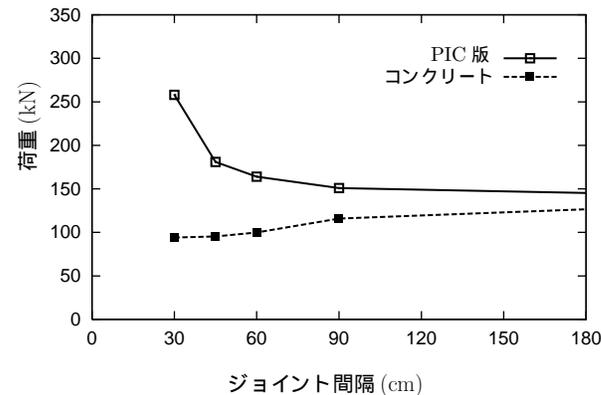


図7 ジョイント間隔によるひび割れ発生荷重