

鋼板接着補強した RC 梁の弾塑性挙動解析

長崎大学大学院 生産科学研究科 学生員 ○ 平嶋 健太郎
長崎大学工学部 正会員 松田 浩

ショーボンド建設(株) 正会員 佐野 正
長崎大学大学院 生産科学研究科 学生員 林山 豊

1. はじめに

劣化した RC 構造物の補修・補強方法として、鋼板、CF シート、PIC 版などを用いた多くの工法が開発され、その耐荷性能が検討されている。その一つとして、筆者らは PIC 版を設置した RC 梁の載荷試験の解析的なシミュレートを行ってきた。本研究では、接合面が完全付着状態と想定できる PIC 版で補強した RC 梁、および剥離破壊が生じるような鋼板接着補強 RC 梁の実験結果を汎用コード MARC を用いて非線形 2 次元 FEM 解析によりシミュレートを行った。

2. PIC 版を設置した RC 梁¹⁾

2.1. 実験概要

PIC 版を RC 梁の引張縁に設置した場合、PIC 版の目地間隔と供試体断面の有効高さの関係から、設計荷重より低い荷重でひびわれが発生することも考えられる。したがって、PIC 版を引張縁に設置した RC 梁の弾塑性挙動を明らかにするために、曲げ載荷試験を実施した。供試体は表-1 に示すように PIC 版の目地間隔と断面高さ比を変化させた。一例として、図-1 に TH450 の供試体概略図を示す。

表-1 供試体の種類

供試体	断面高さ (mm)	目地間隔 (mm)	主鉄筋	降伏強度 (N/mm ²)
TH450	450	300, 600, 900	SD295 D22	367
TH617	617	450/600	SD345 D22	407
TH250	250	1000	SD345 D22	383

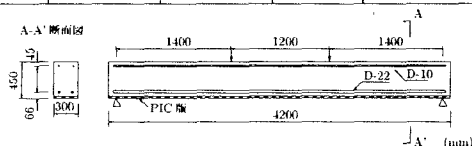


図-1 供試体概略図 (TH450)

2.2. 解析概要

図-2 に TH450 のメッシュ分割図を示す。構造系および載荷条件が左右対称であることから 1/2 モデルを採用した。要素としては、コンクリートと PIC 版、目地部を 8 節点平面ひずみ要素で、鉄筋を 8 節点平面ひずみリバー要素でモデル化し、PIC 版は完全付着するものとして解析を行った。

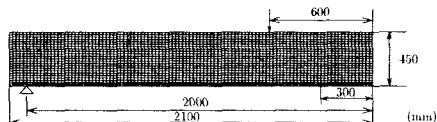


図-2 メッシュ分割図 (TH450)

2.3. 構成則

RC 梁の曲げ変形挙動を非線形 FEM 解析する場合、各部材の構成則を適切に定める必要があり、引張応力下でコンクリートにひびわれが発生した状態での鉄筋とコンクリートの付着を考慮した鉄筋の応力-ひずみのモデル化が重要となってくる。本解析では、鉄筋とコンクリートの平均応力-平均ひずみ関係を算定した上で解析を行った。一例として、図-3 に

TH450 における鉄筋およびコンクリートの構成則を示す。他の供試体についても同様の方法により解析を行った。

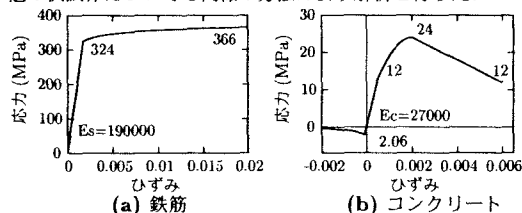


図-3 構成則 (TH450)

2.4. 解析結果

図-4 に実験および解析結果における荷重-たわみ関係を示す。同図より、本解析結果は断面や鉄筋比が異なる場合においても実験結果とよく一致していることがわかる。

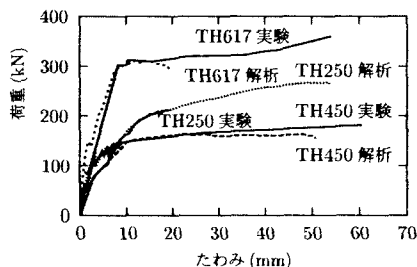


図-4 荷重とたわみの関係

3. 鋼板を接着した RC 梁²⁾

3.1. 実験概要

既設のコンクリート構造物の補強工法として鋼板接着工法が広く採用されている。そこで、鋼板接着により補強された RC 梁の性質を明らかにするために、曲げ載荷試験を実施した。実験では表-2 に示すように鋼板の有無、厚さおよび接着長を変化させた。図-5 に供試体概略図を示す。鋼板とコンクリート間の平均樹脂厚は 2mm であった。

表-2 供試体要因

供試体 呼び名	鋼板 (SS400) l, t, f _y	主鉄筋 SD295 f _y	コンクリート f _c	備考
N 1		3D16		無補強
N 2				RC 梁
P 1	1800, 2.3	337	38.8	鋼板の
P 2	1800, 4.5	2D16		剥離なし
PS 1	900, 2.3			鋼板の
PS 2	900, 4.5			剥離あり

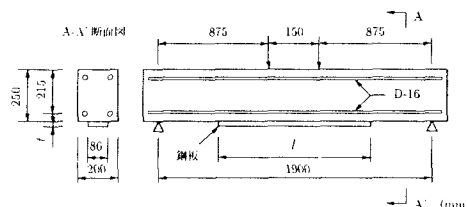


図-5 供試体概略図

3.2. 解析概要

図-6にPS-2のメッシュ分割図を示す。供試体N-1,N-2,P-1,P-2では構造系および載荷条件が左右対称であることから1/2モデルを採用し、供試体PS-1,PS-2に関しては鋼板の剥離を考慮するため全体モデルを採用した。要素としては、コンクリートを8節点平面ひずみ要素で、鉄筋を8節点平面ひずみリバー要素で、鋼板およびエポキシ樹脂層を8節点平面応力要素でモデル化した。

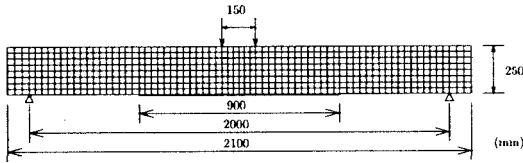


図-6 メッシュ分割図 (PS-2)

3.3. 構成則

本解析では先述と同様に、鉄筋とコンクリートの平均応力-平均ひずみ関係を算定した上で解析を行った。鋼板は弾-完全塑性モデルとし、エポキシ樹脂は材料試験を参考にして引張せん断強度を15N/mm²、ポアソン比を0.4とした。

3.4. 解析結果

図-7に実験および解析結果における荷重-たわみ関係を示す。(a),(b),(c),(d)より、無補強RC梁および鋼板の剥離がない場合において、本解析結果は実験結果とほぼ一致していることがわかる。また、(e),(f)に鋼板の剥離がある場合を供試体ごとに示す。実験では、鉄筋降伏とほぼ同時に鋼板の剥離が起こった。解析①は鋼板とコンクリートを完全付着として、鋼板が剥離しないと仮定した場合の解析結果である。同図より、鋼板が剥離するまでの実験結果を追跡していることがわかる。解析②は鋼板の剥離を考慮した場合の解析結果である。同図より、樹脂層をモデル化することによって鋼板の剥離は表現していることがわかる。しかし、解析では剥離が急速に進展して計算が終了した。

次に、図-8に鋼板剥離時におけるPS-2の解析結果の変形状況図を示す。同図より、樹脂層では一様なせん断変形が、先端付近では鋼板に曲げ変形が生じていることがわかる。

最後に、図-9に終局荷重の5割程度の荷重におけるPS-2の解析結果のひびわれ分布図を示す。同図より、鋼板の剥離に先立って、鋼板先端のRC梁下縁に曲げせん断ひびわれが発生していることがわかる。

4. まとめ

本研究では、PIC版および鋼板を設置したRC梁の力学的挙動特性を調べるために実施された実験を解析により検討した。解析においては、RC部材の一軸引張モデルから算出した構成則を用いて2次元FEM解析を行った。その結果、実験結果をよくシミュレートすることがわかった。今後は、CF/GFシートを接着したRC梁の解析を行う予定である。

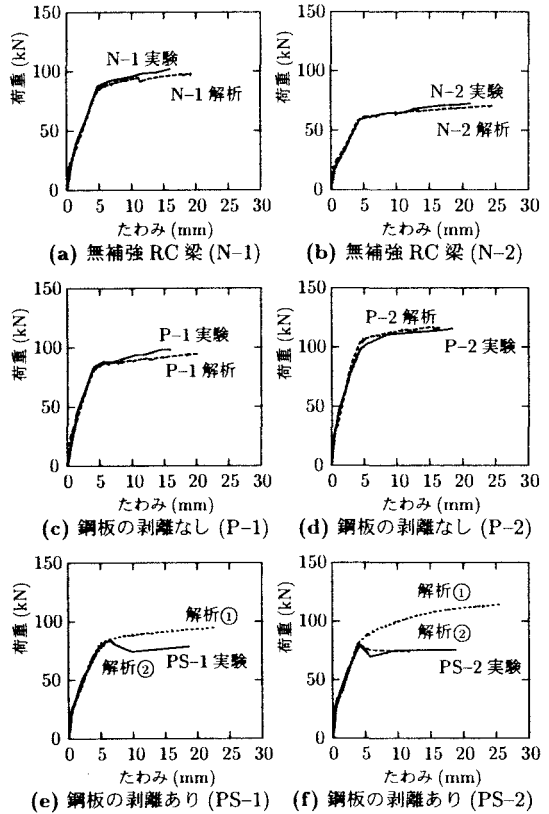
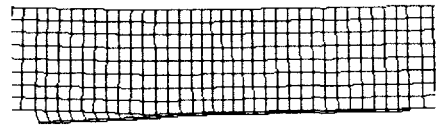
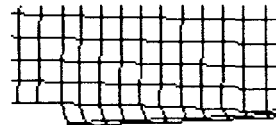


図-7 荷重とたわみの関係



(a) 鋼板接着部



(b) 鋼板先端部

図-8 変形状況図 (変形量は2倍に拡大)

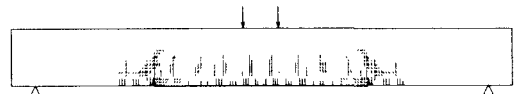


図-9 ひびわれ分布図 (PS-2)

参考文献

- 1) 鶴田 健: ポリマー含浸コンクリート製高耐久性埋設型枠を用いた鉄筋コンクリート部材の力学的特性に関する研究, 九州工業大学学位論文, 2001.
- 2) 佐野 正: 鋼板接着によるコンクリート構造物の補強設計法に関する研究, 東北大学学位論文, 1996.