

異種材料で補強されたRC構造物の3次元非線形FEM解析

長崎大学大学院生産科学研究科 学生会員 ○ 崎村 陽介 マテラス(株) 正会員 鶴田 健
 ショーボンド(株) 正会員 安東 祐樹 長崎大学工学部 正会員 松田 浩

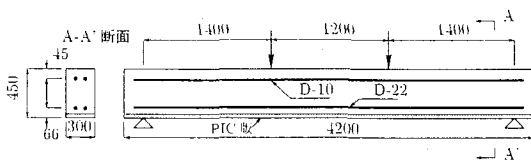
1. はじめに

コンクリート構造物の補修・補強工法として、高強度・高剛性材料を補強材としてRCはりに設置する工法がある。これらの工法は、実施工にも広く採用されており、その耐荷性能に関して多くの実験的研究が行われている。これらの補修・補強工法の中に、ポリマー含浸コンクリート(以後、PICと略)製埋設型枠工法により鉄筋の腐食性因子の侵入を防止したり、鋼板を接着補強し、不足鉄筋量を補う鋼板接着工法がある。筆者らはこれまで、PIC製埋設型枠、あるいは、鋼板で補強されたRCはりの付着領域を考慮した2次元非線形挙動を解析的にシミュレートする研究を行ってきた。

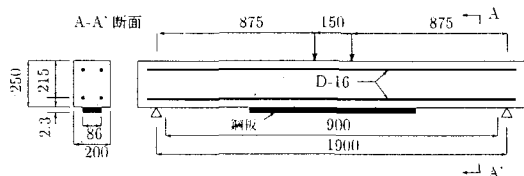
本報では、RCはりによるこれまでの2次元FEMで取り扱った理論を3次元FEMに拡張し、適応性の確認をするとともに、部分的に補強されたRCはりの場合に生じる剥離挙動についての検討を行ったものである。

2. 供試体概要

供試体は、PIC版と鋼板で補強された計2シリーズとした。実験①は、PIC製埋設型枠を設置したRCはりで、シリコン樹脂製の目地を300mm間隔で配置したもの、実験②は、厚さ2.3mmの鋼板をエポキシ樹脂で接着補強したRCはりである。これらの供試体には、比較用の無補強RCはりも含まれている。図-1、2に供試体の形状、表-1に供試体の諸元、表-2に使用材料の物性値を示す。以上の供試体で曲げ載荷実験が実施された¹⁾²⁾。



(a) PIC版設置RCはり(実験①)



(b) 鋼板設置RCはり(実験②)

図-1 供試体形状

表-1 供試体諸元

実験	供試体名	補強材	備考
①	P-1	PIC製埋設型枠	比較用RCはり
	P-2		PIC版設置RCはり
②	S-1	鋼板	比較用RCはり
	S-2		鋼板設置RCはり

表-2 使用材料物性値(単位 N/mm²)

実験	材料	弾性係数	圧縮強度	引張強度	降伏強度
①	コンクリート	2.7×10^4	24	2.238	—
	鉄筋(SD295 D22)	1.9×10^5	—	—	367
	PIC版	4.2×10^4	140	14	—
②	コンクリート	2.3×10^4	38.8	3.14	—
	鉄筋(SD295 D16)	1.76×10^5	—	—	337
	鋼板(t=2.3mm)	1.93×10^5	—	—	243

3. 解析概要

3-1. 解析モデル

本解析モデルは、安ら³⁾が提案したRC zoneとPL zoneを用いてモデルを作成した。この解析モデルは、RC zoneに、鉄筋の付着効果によって作用するコンクリートのテンションスティフニング効果を与え、PL zoneに、無筋コンクリートの引張特性を用いる。図-2に解析モデルの概略を示す。解析モデルは、コンクリート、エポキシ層、および、鋼板を8節点ソリッド要素、鉄筋を8節点ソリッドリバー要素でモデル化し、荷重は変位制御型の増分を作用させた。

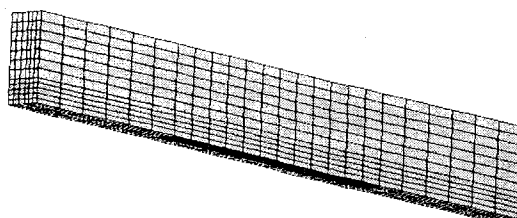


図-2 解析モデル図

3-2. 構成則

本解析において、RC zoneの鉄筋および、引張域コンクリートの構成則に、ひび割れたRC部材の一軸引張モデル⁴⁾から算出した鉄筋とコンクリートの平均応力-平均ひずみ関係を採用した。平均応力-平均ひずみ関係を算出する際、RC zone範囲の決定法が重要となる。

RC zone範囲は以下のように決定される。式(1)でRC zoneの最大高さを算出し、式(2)のコンクリート

かぶり厚さと鉄筋径で決定される補正係数を乗じるにより RC zone 範囲が決定される。

図-3には、RC zone の決定法に関する概略を示す。
(a) 図には無補強 RC はり、(b) 図には補強材が設置された RC はり、それぞれの場合の決定法を示している。
(b) 図に示すように、異種材料が設置された場合においては、補正係数を算定する際に、異種材料とコンクリートの弾性係数比、および、引張強度比を考慮してコンクリート断面積に換算し、コンクリートかぶり厚さの一部と仮定して決定した。

引張域コンクリートの PL zone の構成則は、破壊エネルギーをほぼ無視できるものとし、引張強度到達以降で急激に荷重が低下する特性を定義した。コンクリート圧縮域に関しては、要素寸法、および破壊エネルギーを考慮した軟化モデルを採用した。

$$h_{max} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot d_b \cdot \sqrt{\frac{f_y}{f_t}} \quad (1)$$

$$K = \sqrt{\frac{t_c - d_b}{5.5 \cdot d_b}} \quad (2)$$

ここで、 d_b ：鉄筋径、 f_y ：鉄筋降伏強度、
 f_t ：コンクリート引張強度、
 t_c ：コンクリートかぶり厚さ、

である。

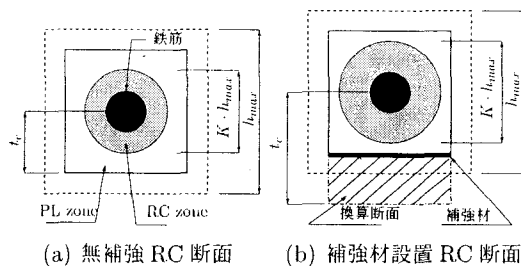


図-3 RC zone 決定法概略

4. 解析結果

本解析で得られた荷重とたわみの関係を図-4,5に示す。同図から、解析結果は実験結果をよくシミュレートしており、本解析の妥当性が確認できる。また、S-2は鋼板剥離の時点で急激な荷重低下を生じた。

鋼板剥離状態詳細図を図-6に示す。同図より、解析的に鋼板端部剥離をシミュレートできているのが確認できる。

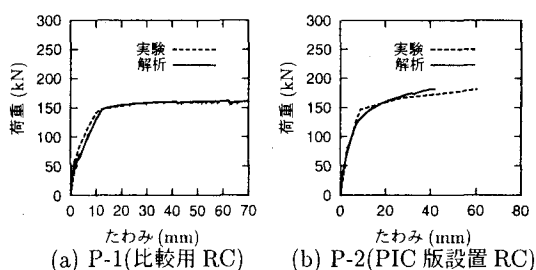


図-4 実験①の荷重とたわみの関係

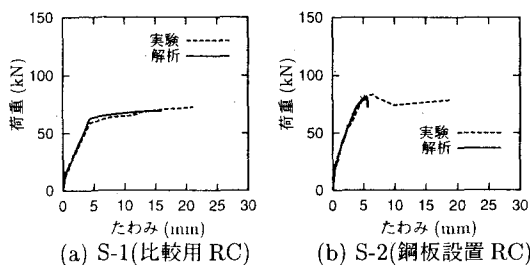


図-5 実験②の荷重とたわみの関係



図-6 鋼板剥離状態

5. まとめ

本研究において、異種材料で補強された RC はりの非線形挙動を解析的にシミュレートした。よって、3次元モデルにおける適応性を確認することができた。RC はりが部分的に補強された場合、部材耐力に大きく影響する瞬間的剥離を解析的にシミュレートを行うことができた。よって、今後この解析手法を RC 構造物に応用する予定である。

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
- 3) Xuehui AN, et-al: Numerical Simulation of Size Effect in Shear Strength of RC Beams, CONCRETE LIBRARY OF JSCE NO.31, 1998
- 4) 篠原ら：一軸鉄筋コンクリート部材におけるひびわれ発生過程および引張剛性の解析、コンクリート工学年次論文集, vol.11, No.2, pp.159 - 161, 1989