UFC パネル接着による RC 部材のせん断補強効果に関する解析的評価

神戸大学大学院　学生員　○王　健
神戸大学大学院　正会員　森川　英典
太平洋セメント(株)　正会員　川口　哲生

1. はじめに

UFC（超高強度繊維補強コンクリート）パネル接着により補強した RC はりのせん断耐荷性状や破壊挙動を適切に評価可能な数値解析手法の確立を目的として，FEM 数値解析手法の適用を行い，実験結果と比較する形で有効性の検討を行った．

2. 解析概要

瀬戸らが行った UFC パネルによりせん断補強した低強度 RC はりの載荷実験 [1]を対象とし，解析的に実験結果を再現することとした．供試体寸法を**図-1** に示す．無補強供試体(RN)と UFC パネル補強した供試体(RD)を解析の対象とした．低強度 RC はりのせん断挙動解析には FEM 解析コード「DIANA」を用いて 2 次元と 3 次元数値解析を行い，実験結果と比較する形で検討を行った．本研究で使用した解析モデルを**図-2**，**図-3** に示す．また，解析モデルは左右対象形のため，片側のみについてモデル化し，スパン中央断面をはり軸方向に拘束した．

鉄筋については，2 次元解析ではトラス要素，3 次元解析では梁要素とし，Von Mises の降伏基準を適用した．コンクリートと鉄筋の間に設けた付着バネ要素は CEB-FIP コードを採用した．コンクリートと UFC 要素について，2 次元解析には 4 節点平面応力要素，3 次元解析にはソリッド要素とした．分散ひび割れモデルとし，全ひずみ理論に基づく，回転ひび割れモデルを適用した．UFC パネル要素の応力-ひずみ関係については，超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)に従った．既往実験の考察により，UFC パネルとコンクリートの剥離は確認されず，ほぼ完全付着であるから，本研究では，UFC パネル要素はコンクリート要素の接点に剛結した．**表-1** に材料特性を示す．

3. 無補強供試体 RN の解析結果

図-4 の実験結果と解析結果の荷重－たわみ関係比較図より，3 次元 FEM 解析の場合，最初 2 次元解析の結果と比較して初期剛性に差は生じたが，60kN 前後から両者

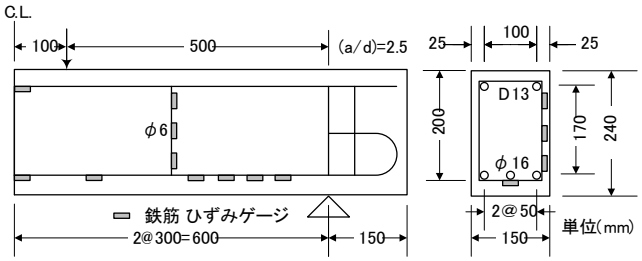


図-1　供試体寸法

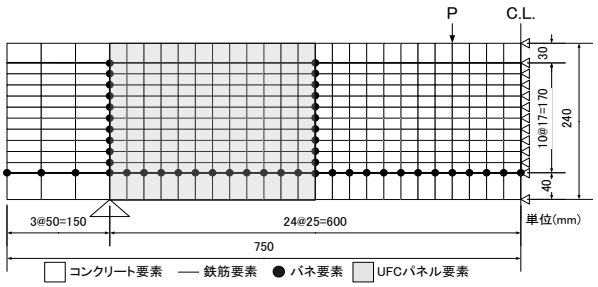


図-2　2 次元解析モデル

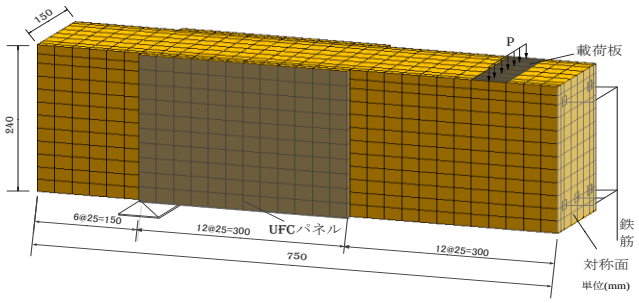


図-3　3 次元解析モデル図

表-1　材料特性

コンクリート要素	圧縮強度		(N/mm^2)	19.2
	引張強度		(N/mm^2)	3.3
	静弾性係数		(kN/mm^2)	26.5
	引張限界ひずみ		(μ)	126.0
鉄筋要素	引張鉄筋	鉄筋の種類	(-)	φ16
		降伏強度	(N/mm^2)	316.0
		弾性係数	(kN/mm^2)	200.0
		降伏ひずみ	(μ)	1580
	スターラップ	鉄筋の種類	(-)	φ6
		降伏強度	(N/mm^2)	324.0
		弾性係数	(kN/mm^2)	200.0
		降伏ひずみ	(μ)	1620
UFCパネル要素	圧縮強度		(N/mm^2)	210.0
	引張強度		(N/mm^2)	10.8
	静弾性係数		(kN/mm^2)	54.0
	引張限界ひずみ		(μ)	200

キーワード　UFC（超高強度繊維補強コンクリート），せん断，補強，FEM 解析，RC 部材
連絡先　〒657-8501　兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1　神戸大学大学院工学研究科　TEL 078-881-1212.

がほぼ一致しており，最後に 2 次元解析結果をやや上回った様子が見られる．実験結果と比べ，3 次元解析と 2 次元解析のいずれの場合も，実験結果とよく一致していることを確認された．

4. UFC パネル補強供試体 RD の解析結果

図-5 に示す UFC 補強供試体 RDN における比較図を見てみると，FEM 解析改良前の場合は実験結果と類似した挙動傾向であるが，それでも剛性の変化点などで解析と実験にはずれが生じている．その違いが生じる原因を調べると，解析改良前の入力データにおける鉄筋の付着特性は無補強供試体と同じ付着特性を用いたことが考えられた．解析精度を向上させるためには，UFC パネル補強が鉄筋付着への影響を検討しなければならないと考えられる．そこで，載荷実験結果を考察すると，荷重 80kN 時において，無補強供試体 RN では引張鉄筋端部で付着破壊が生じているのに対し，パネル補強供試体(RD)では付着破壊が生じていなかった．付着破壊の抑制とともに，パネル補強したものでは引張鉄筋端部において高い荷重段階までひずみを抑制していることが分かった．それにより，鉄筋の付着特性を再検討し，鉄筋の付着強度をパラメトリックに変化させて解析を行い，鉄筋ひずみの解析結果と実験結果を比較し，実験の引張鉄筋ひずみ分布に合う付着特性を検討すると，2 次元解析の場合は圧縮鉄筋が完全付着であり，3 次元解析の場合は圧縮鉄筋が完全付着，引張鉄筋の付着強度が無補強の 4 倍になることが分かった．このことについては，今後，実験的に検討する必要がある．引張鉄筋の付着特性を図-6 に示す．FEM 解析改良後の結果を見ると，実験結果とよく一致している．図-7 のひび割れ性状については，実験結果における斜めひび割れの伸びる傾向と位置を再現できている．

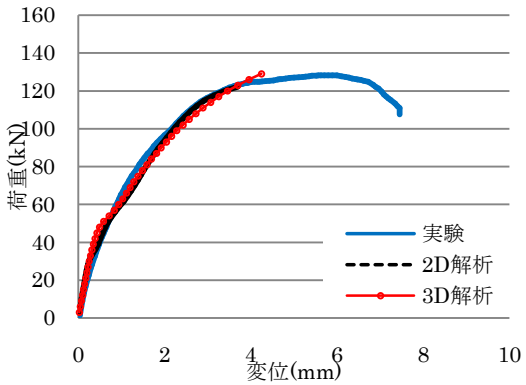


図-4 荷重-たわみ関係(RN)

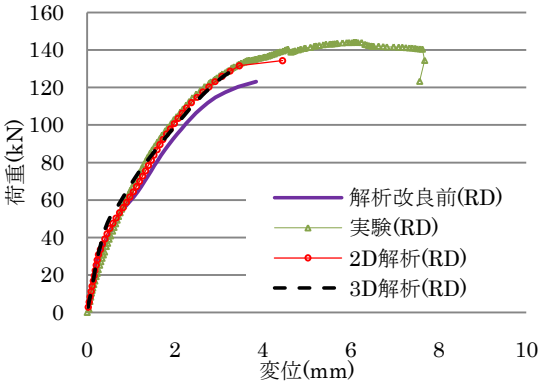


図-5 荷重-たわみ関係(RD)

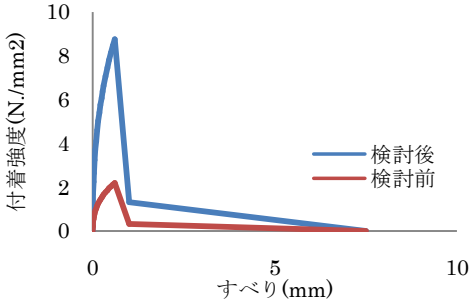
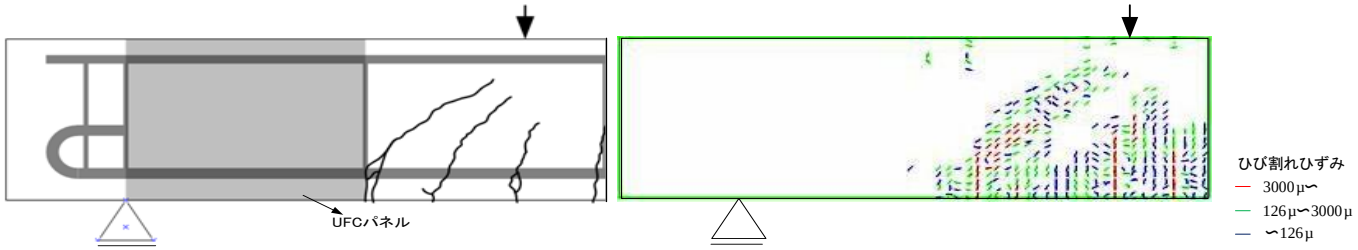


図-6 鉄筋付着特性(RD)

5. まとめ

本解析は，UFC パネル接着補強において，UFC パネルが鉄筋付着特性への影響を考慮し，適切な付着特性を用いて FEM 解析を行った．その結果，実験結果を再現でき，UFC パネル補強により，鉄筋の付着すべりへの抑制効果や，高い荷重段階まで供試体の剛性低下を抑制した効果が期待できることが数値解析的にも明らかになった．

【参考文献】瀬戸亮太，森川英典，藤永亜里沙，友村圭祐，川口哲生：UFC パネル接着および CFRP シート接着による RC 部材のせん断補強効果, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 10 巻, pp.371-378, 2010.10.



(a)実験結果　　(b)解析結果

図-7 ひび割れ性状(荷重 100kN 時)