

# CFRP シート補強した ASR 劣化 RC 部材のせん断耐荷機構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

## 1. はじめに

CFRP シート補強した ASR 劣化 RC 部材を対象とし、ASR 劣化によって生じる影響を考慮した FEM 解析を行い、コンクリート膨張が RC はり部材のせん断耐荷機構に及ぼす影響を検討した。

## 2. 実験概要

松田らが行った ASR 劣化した RC はりの載荷実験<sup>1)</sup>を対象とし、解析的に実験結果を再現することとした。実験で用いられた供試体の概要は図-1 に示すとおりで、断面は幅 150mm、高さ 240mm、有効高さ 200mm の矩形断面を持つ、せん断スパン比が 2.0 の RC はりである。配筋は圧縮鉄筋に D13 を 2 本、引張鉄筋に D16 を 3 本、スターラップには D6 を用い 150mm 間隔で配置した。今回、ASR 劣化のない健全な供試体(RB1)と、ASR 劣化した供試体(RB2)の 2 種類を、解析の対象とした。反応性骨材を用いて同条件で作製、屋外曝露環境下にて 65 週間の劣化促進を行った。また、供試体下面には CFRP シート(幅×長さ=130×900mm)を接着樹脂により含浸・接着し、脱泡ローラーで脱泡した後、上塗りを施した。その上に離型シートをかぶせ、表面を均一に整え養生を行った。

## 3. 解析概要

ASR 劣化した RC はりのせん断挙動解析には非線形 FEM 解析プログラム「DIANA」を用いた。鉄筋は、2 節点トラス要素を用いて表現し、Von Mises の降伏基準を適用した。付着要素をコンクリートと鉄筋の間に設けた。CFRP シートとコンクリートの付着バネ構成則<sup>2)</sup>は図-2 に示す。

コンクリートは 4 節点平面応力要素を使用し、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。また、圧縮軟化域には Parabol 型の応力-ひずみ曲線を、引張軟化域には Hordyk 型を適用し、それぞれ破壊エネルギーを考慮した。ASR 劣化が生じたコンクリートは、シリンダーのような無拘束状態の供試体と RC はりのような鉄筋による拘束を受ける状態の供試体とでは劣化程度が異なるため、シリンダーの材料試験結果から構成則を定義するのは ASR 劣化供試体を解析するうえで適切ではない。本研究では、供試体において測定した超音波伝播速度から推定することとした。解析対象供試体の材料特性を表-1 に示す。以下に圧縮強度の推定式を示す。

$$f_c \approx 0.5494 \exp(0.9873 Vu) \quad (1)$$

ここに、 $f_c'$ :コンクリート圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)、 $Vu$ :超音波伝播速度(km/sec)

また、以下に弾性係数の推定式を示す。

$$Ec \approx 0.097 \exp(0.814 Vu) \quad (2)$$

ここに、 $Ec$ :コンクリート弾性係数(×10<sup>5</sup>kgf/cm<sup>2</sup>)、 $Vu$ :超音波伝播速度(km/sec)

ASR による膨張により各鉄筋に生じるプレストレインを測定するため、図-3 に示す位置において鉄筋ひずみの

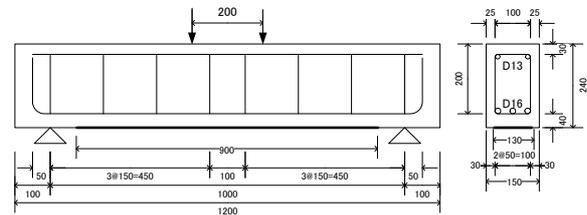


図-1 供試体の側面図および断面図

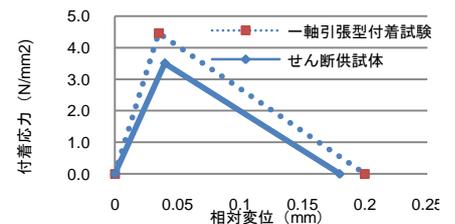


図-2 CFRP シート付着バネ構成則

表-1 材料特性

供試体種類		RB1	RB2	
コンクリート要素	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	46.9	33.4	
	引張強度(N/mm <sup>2</sup> )	3.3	2.3	
	静弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> )	37.2	28.1	
	引張限界ひずみ(μ)	85	113	
鉄筋要素	主鉄筋(D16)	降伏強度(N/mm <sup>2</sup> )	348	348
		弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> )	200	200
		降伏ひずみ(μ)	1742	1742
	スターラップ(D6)	降伏強度(N/mm <sup>2</sup> )	325	325
		弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> )	200	200
		降伏ひずみ(μ)	1625	1625
CFRPシート要素	引張弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> )	262	262	

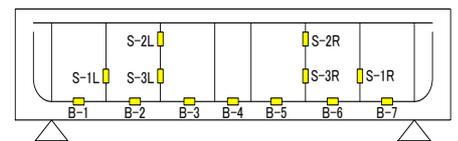


図-3 鉄筋ひずみゲージ貼付位置

キーワード ASR FEM 解析 せん断 CFRP シート 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.

測定を行った。コンクリート構造物の ASR 劣化の膨張作用に対し、本検討はプレストレスとして熱ひずみで導入し、コンクリート要素材料特性に温度線膨張係数を入力して ASR 劣化の模擬を行った。

既往の研究において、コンクリート構造物は ASR の膨張作用のため、荷重試験する前にも、鉄筋ひずみが生じることが分かった。まず、熱ひずみ解析を行い、鉄筋ひずみの解析結果が実験結果と比較し、ASR 劣化程度に合う熱ひずみに対応するプレストレスを検討した。その後、荷重を加えて耐荷力解析を行った。

4. 解析結果

せん断力-変位関係について、図-4, 5 に示す。ASR 劣化供試体(RB2)の場合は、コンクリート膨張考慮なしの結果と比較して 50kN 前後から両者に差が生じ始め、コンクリート膨張を考慮することで供試体の剛性が増加する結果となった。この理由は、時間の経過とともに ASR 劣化進展が部材表面部のみならず内部においてもひび割れが発生しており、コンクリート強度および弾性係数が著しく低下し、コンクリート膨張を考慮しないと解析結果の剛性が低くなった。劣化を考慮した方が実験結果と概ね追従できているが、実験値に比べ早い荷重段階で終局したことが分かる。また、健全供試体(RB1)は、荷重-変位曲線は概ね追従できている。

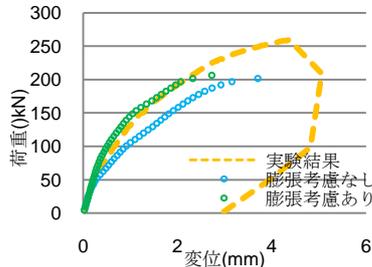


図-4 せん断力-変位関係 (ASR 劣化供試体)

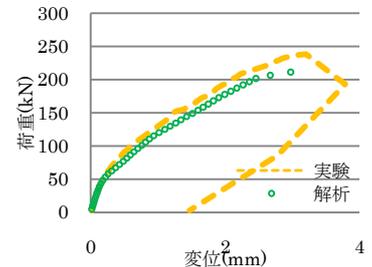


図-5 せん断力-変位関係 (健全供試体)

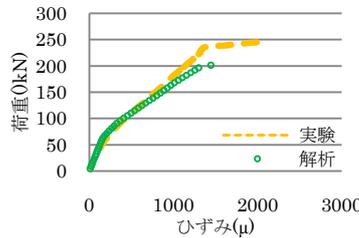


図-6 荷重-鉄筋ひずみ関係 (ASR 劣化供試体)

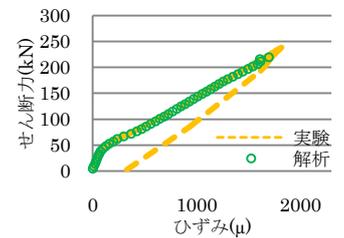


図-7 荷重-鉄筋ひずみ関係 (健全供試体)

せん断力-引張鉄筋ひずみ関係について、図-6, 7 に示す。健全供試体(RB1)の場合は比較的良い精度が得られているが、ASR 劣化供試体の場合、解析と実験にはややずれが生じている。

図-8, 9 に実験および解析結果におけるひび割れ図を示す。解析による荷重ひび割れは健全供試体と劣化供試体ともに斜めひび割れの伸びる傾向と位置を再現できているといえる。

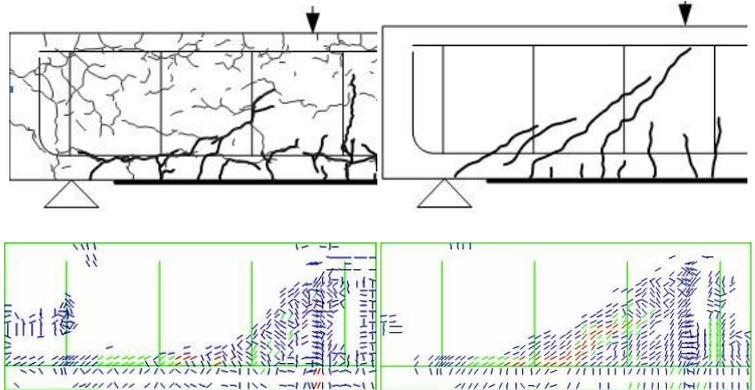


図-8 ひび割れ図 (ASR 劣化供試体)

図-9 ひび割れ図 (健全供試体)

5. まとめ

(1)ASR 劣化した RC 部材のせん断挙動解析を行う場合には、ASR 劣化程度に対し、荷重試験する前の鉄筋ひずみを判断基準とし、温度プレストレスの解析方法を考慮することで、実験で得られた荷重-変位関係やひび割れ状況を表現することができることが分かった。

(2)ASR 劣化した RC 部材は鉄筋による拘束を受ける状態の供試体は劣化程度が異なることで、コンクリートの圧縮強度と弾性係数は超音波伝播速度により推定する妥当性を検証し、ASR 劣化した実構造物の補強評価の精度を向上させることができる可能性を示せた。

【参考文献】

1) 松田豊樹, 森川英典, 岩田卓, 淵靖文: ASR が生じたコンクリート部材の劣化状態およびせん断耐荷性能に関する検討, 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9巻, pp.381-388, 2009.10.  
 2) 森川英典, 鴨谷知繁, 彭丰; CFRP シート接着により曲げ補強された大型 RC はりの補強性能とシート付着特性の評価, 建設工学研究所論文報告集, Vol.52, pp.23-32, 2010.11.