

多軸繊維シートによる RC 梁部材のせん断補強に関する解析的検討

金沢工業大学 正会員 ○村崎 通彦
倉敷紡績 正会員 堀本 歴

金沢工業大学 正会員 宮里 心一
弘前大学 正会員 上原子 品久

1. はじめに

FRP によるコンクリート構造物の補修・補強に関する検討の一つとして、筆者らは多軸繊維シートによる RC 梁部材のせん断補強についての実験的研究を行ってきた。今回、多軸繊維シートでせん断補強した RC 梁の載荷実験結果を有限要素解析で再現することを目的に検討を行った。

2. 解析概要

図-1 に解析に使用した各材料の応力-ひずみ関係を示す。また、各材料の特性値を表-1, 2 に示す。コンクリート、鉄筋は材料試験で得られた値を使用し、繊維は公称値を使用した。なお、コンクリートについては、要素寸法によらず一定の破壊エネルギーが消費されるように考慮した。

本検討は、2 次元解析にて実施した。コンクリートについては、要素の 1 辺が概ね 15mm 程度となるように平面応力要素、鉄筋は埋込み鉄筋要素でモデル化した。一方、繊維シートはコンクリート部の平面応力要素の接点間を結ぶトラス要素でモデル化し、コンクリートと繊維とで共有する接点については、付着応力-すべり関係を有する付着ばねに相当する 1 次元境界要素を挿入し、コンクリートとシートのはく離挙動を考慮した。ただし、多軸繊維シートの付着応力-すべり関係については現在検討中であり、本解析では既往の研究¹⁾による関係を用いた。また、コンクリートに導入されるひび割れについては、多方向固定ひび割れモデルとし、せん断伝達係数は無補強の基準供試体で 5%、繊維シートによる補強供試体では 25%とした²⁾。

3. 実験概要

解析および実験に供した梁部材は幅 150mm、高さ 300mm の矩形断面であり、スパン 1200mm の 3 点曲げとした。また、片側半スパンにはせん断補強筋を設けず、本スパン側を試験区間とした。

4. 解析ケース

解析ケースを表-3 に示す。ここでは、炭素繊維を梁軸直交方向に 1 層編成したタイプ(CF0)と、CF0 にポリエチレン繊維を斜め 45° (+45 及び-45)に配した 3 層

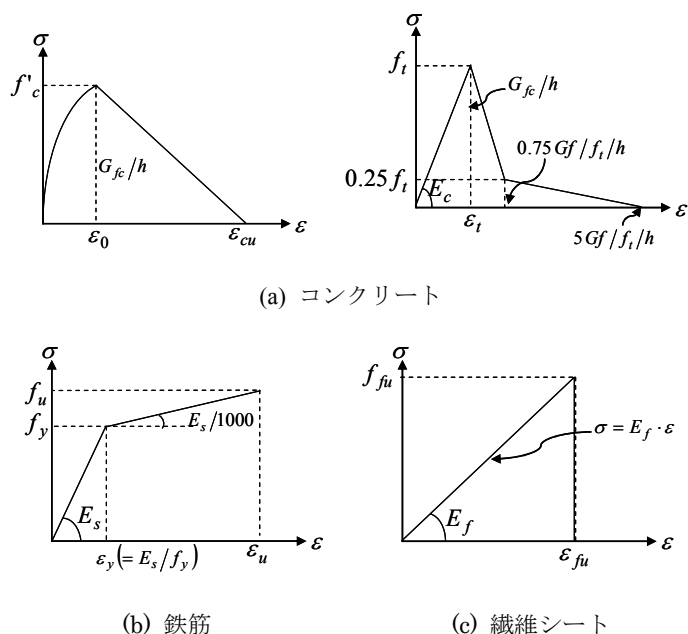


図-1 各材料の応力-ひずみ関係

表-1 コンクリート、鉄筋の材料特性値

コンクリート		鉄筋	
圧縮強度 f'_c	42N/mm ²	降伏強度 f_y	385N/mm ²
引張強度 f_t	2.8N/mm ²	引張強度 f_u	580N/mm ²
弾性係数 E_c	298kN/mm ²	弾性係数 E_s	200kN/mm ²

表-2 繊維の材料特性値

	炭素繊維	ポリエチレン繊維
引張強度 f_{fu}	4900N/mm ²	2700N/mm ²
弾性係数 E_f	240kN/mm ²	88kN/mm ²
破断ひずみ ϵ_{fu}	2.0%	4.0%
密度 ρ_f	1.8g/cm ³	0.97g/cm ³

キーワード 繊維シート, 補修・補強, 解析, せん断

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八東穂 3-1 金沢工業大学 地域防災環境科学研究所 TEL 076-248-1305

タイプ(CF0/PeF45)について検討した。

5. 解析結果と実験結果

荷重－中央変位関係について、解析結果と実験結果を図-2に示す。これによると、本解析は実験の傾向を概ね再現できていると言える。解析では主筋降伏以降の耐荷力を若干過小に評価しているが、支点や載荷点の境界条件と実験条件に若干の相違があるためと思われる。なお、CF0/PeF45の実験は鉛直方向変形が大きく圧縮破壊の様相が見られたため終局を確認せず載荷を中止している。

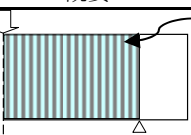
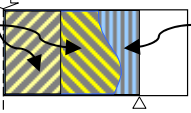
次に鉛直方向繊維と 45° 方向繊維が耐荷性状にどのように影響しているのかを検討する。図-3にCF0/PeF45の最大荷重時における各繊維方向のシートのひずみ分布を示す。本解析によると、鉛直方向繊維はせん断ひび割れに沿ってひずみが増加しており、せん断ひび割れの開口に対して抵抗している。一方、左上がり 45° 方向繊維は鉛直方向に比べてせん断ひび割れの開口に抵抗しておらず、スパン中央部の曲げひび割れに対して抵抗していることが伺える。右上がり 45° 方向繊維については、せん断ひび割れと交差しておらず、せん断耐力の向上には寄与していないと言える。

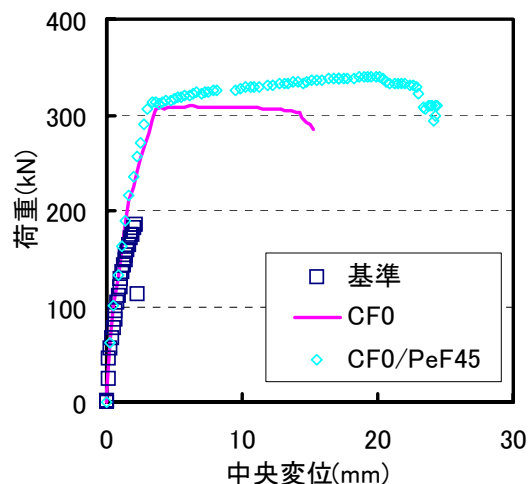
図-3に示した梁側面の反対面では、右上がり 45° 繊維がせん断ひび割れに交差することになるが、本検討は2次元解析であり、反対面の影響を考慮できていない。また、繊維シートがコンクリートからはく離する際の面外への変形挙動も考慮できていない。上述のように、荷重－中央変位関係の解析は実験を概ね再現できているが、コンクリートとの付着性状の検討や3次元解析による詳細な検証を行なう必要があると考えられる。

参考文献

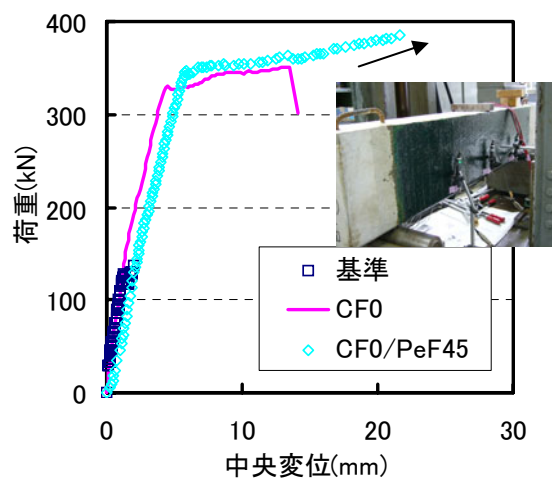
- 1) 金久保利之, 中場和正, 古田智基, 吉澤弘之: 連続繊維シートとコンクリートの局所付着応力－すべり量関係の提案, コンクリート工学論文集, Vol.12, No.1, pp.33-43, 2001
- 2) Xin XUE, 関博, 広森紳太郎: 鉄筋が腐食したRCはりのせん断耐荷挙動に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.65, No.2, pp.161-177, 2009

表-3 コンクリート, 鉄筋の材料特性値

Case	概要
CF0	 CF(220g/m ²)
CF0/PeF45	 PeF(145g/m ²) CF(220g/m ²)



(a) 解析



(b) 実験

図-2 荷重－中央変位関係

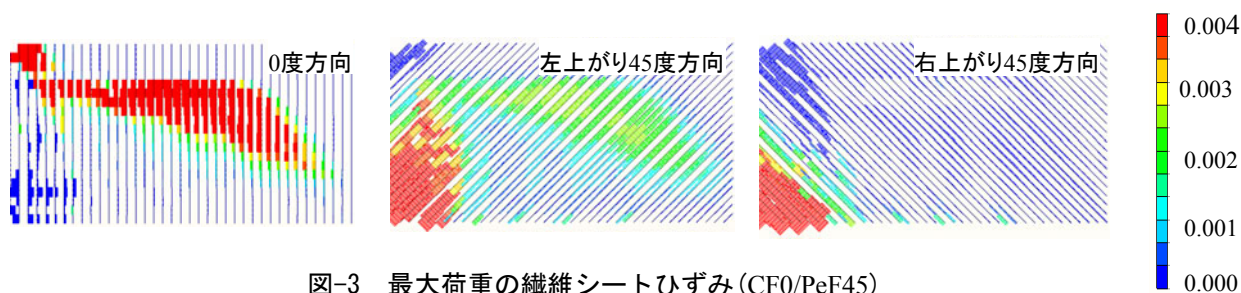


図-3 最大荷重の繊維シートひずみ(CF0/PeF45)