

炭素繊維シートによる付着割裂補強効果に関する実験的研究

豊橋技術科学大学大学院 正会員 ○稲積真志
豊橋技術科学大学 正会員 角 徹三

1. はじめに

近年、土木・建築分野において新素材（FRP）の建設用構造材料としての利用が進められている。特に1995年1月の阪神・淡路大震災以降、早急な既存RC構造物の補強・補修が要求されるようになり、炭素繊維シート（以下CFRPシート）を用いた補強・補修工法は注目されている。これらの工法は、1) 材料が軽く施工が簡単。2) 材料費は高いが施工の際の仮設が大掛りにならずトータルコストが安価になる。といった利点を有しており、その補強効果については様々な研究が行われている。しかし、付着割裂に対する補強効果については定量的な把握に至っていない。

そこで本研究では、CFRPシートを用いたRC梁の、付着割裂破壊に対する補強効果の確認を目的として実験を行った。

2. 実験概要

2-1 試験体

表-1,2,3に使用材料の機械的性質、表-4に試験体一覧を示す。また、図-1,2に試験体形状を示す。横補強筋はせん断補強として2段筋位置に $p_{wi}=0.8\%$ 配筋し、上端筋位置には付着割裂破壊を誘発させる目的で $p_{wo}=0.2\%$ と少なめに配筋した。試験区間の寸法は、断面が $200\text{mm} \times 300\text{mm}$ 、せん断スパン長を 1300mm とした。実験変数はCFRPシート補強量（ $p_f=0\%, 0.0848\%, 0.167\%$ ）とし、CFRPシートの貼付には常温硬化型の樹脂を用いた。

2-2 実験方法

図-3に荷重装置を示す。荷重方法は逆対称荷重法を採用し、変位制御の単純荷重とした。測定項目は部材の層間変形角、主筋ひずみ、横補強筋ひずみとした。

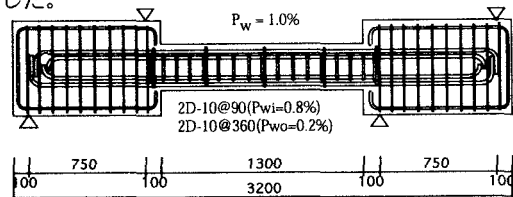


図-1. 試験体配筋図

表-1. コンクリートの機械的性質

試験体	材令(日)	圧縮強度 (kgf/cm^2)	引張強度 (kgf/cm^2)
BSN、BSF.1、BSH	53	306	33.2
BSF.2	50	294	28.4

表-2. 鉄筋の機械的性質

			降伏応力度 (kgf/cm^2)	最大強度 (kgf/cm^2)	弾性係数 ($\times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$)
試験 区間	主筋	D19	7424	9747	2.09
	横補強筋	D10	3469	5094	1.86
スタ プ	主筋	D19	7424	9747	2.09
	横補強筋	D10	3469	5094	1.86

表-3. 炭素繊維シートの機械的性質

項目	単位	試験結果	規格値
繊維目付	g/m^2	300	150以上
繊維比重	g/cm^3	1.80	—
設計厚さ	mm	0.167	—
引張強度	kg/cm^2	35,000	20,000以上
引張弾性率	kg/cm^2	2.24×10^5	2.00×10^5
破断伸度	%	1.5	—

表-4. 試験体一覧

試験体名	断面形状	主筋	横補強筋	目標コン クリート強度	CFRPシート 補強量 p_f
BSN	$200\text{mm} \times 300\text{mm}$	6-D19 $P_t=P_c=3.5\%$	2-D10@90 $P_{wi}=0.8\%$ 2-D10@360 $P_{wo}=0.2\%$ ($P_w=1.0\%$)	310(kgf/cm^2)	0
BSH					0.0848 (%)
BSF.1					0.167 (%)
BSF.2					0.167 (%)

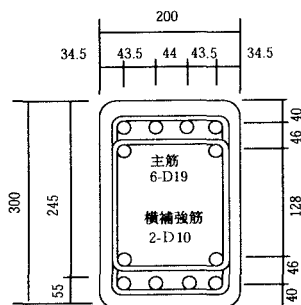


図-2. 試験区間断面図

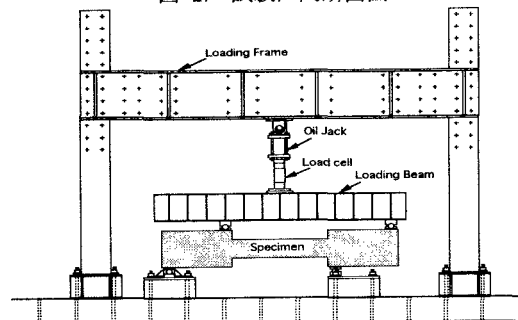


図-3. 荷重装置

3. 実験結果

3-1 最大耐力及び、破壊モード

表-5に実験結果一覧を示す。無補強試験体（以下BSN）は付着割裂破壊モードを呈した。CFRPシートで補強した試験体（以下BSH,BSF.1,BSF.2）においては、BSH（ $p_f=0.848\%$ ）は明確なせん断破壊モードを呈した。BSF.1（ $p_f=0.167\%$ ）は試験区間以外での破壊、BSF.2（ $p_f=0.167\%$ ）はシート貼付状況の不備により最終的な破壊モードは確認されなかった。しかしいずれの試験体においてもBSNと比較して約4～6割の耐力上昇が見られ、CFRPシートによる付着割裂耐力に対する補強効果が確認される。

また、BSHとBSF.1を比較した場合、BSF.1の方が確実に耐力は上昇しており、CFRPシート補強量が多いほど耐力上昇効果が高くなると考えられる。

3-2 変形状

図-4にせん断力-層間変形角関係を示す。BSNは $R=0.008\text{rad}$ 付近で主筋の付着割裂破壊で最大耐力に達した。しかし、スタブ部分で主筋の定着が十分に確保されているため急激な耐力の低下は見られず、 $R=0.04\text{rad}$ 付近まで変形が進み破壊した。BSHは $R=0.03\text{rad}$ 付近でせん断破壊により最大耐力に達し、その後は急激な耐力低下は見られず、BSNと同様 $R=0.04\text{rad}$ まで変形し破壊した。以上の結果から、付着割裂破壊先行型の梁では、その変形状が主筋の定着による部分が大きいと、CFRPシートで補強しても変形性能に対する補強効果は少ないと考えられる。しかし、せん断による脆性破壊に対する補強効果は確認される。また、BSHの破壊はCFRPシートの重ね継ぎ手の剥離が原因であり、重ね継ぎ手部分を長くすればこれ以上の変形状が期待される。

3-3 ひび割れ性状

図-5(a)(b)にBSN及び、BSHにおける最大耐力時のひび割れ状況を示す。BSNは主筋に沿った付着割裂ひび割れが明確に確認される。一方、BSHではスパン中央を横切るようにせん断ひび割れが発生しているが、比較的ひび割れは少なく、ひび割れ幅も小さくなっている。これはCFRPシートによってひび割れが拘束されているためであると考えられる。

表-5. 実験結果一覧

	BSN	BSH	BSF.1	BSF.2
横補強筋比 $P_w (=p_{wo}+p_{wi})$ (%)	1.0 (=0.2+0.8)			
CFRPシート補強量 P_f (%) ※1)	0	0.0848	0.167	0.167
コンクリート圧縮強度 σ_B (kgf/cm ²)	306			294
最大耐力 Q_{exp} (tonf)	14.0	25.4	28.7	22.3
破壊モード	付着割裂	せん断 (シート継ぎ 手部分剥離)	スタブ部分の コンクリート局 部圧縮破壊	せん断 (樹脂不足)

※1) A_f/A_c A_f : せん断スパン内材軸直方向繊維シート断面積

$A_c=B \times L$

B : 梁幅 (200mm)、 L : せん断スパン長 (1300mm)

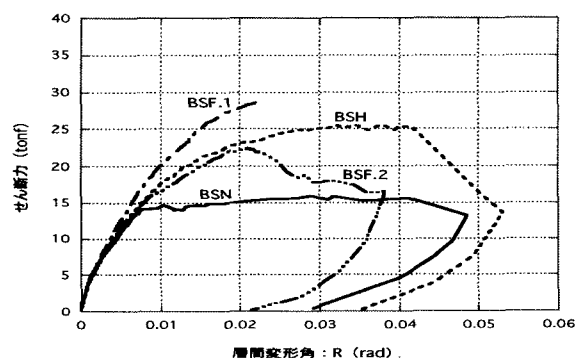


図-4. せん断力-層間変形角関係

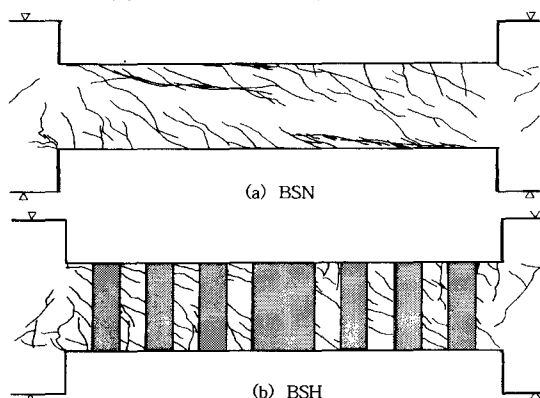


図-5. ひび割れ状況

4. まとめ

RC梁をCFRPシートで補強することにより、以下に示す補強効果が確認された。

- (1) 付着割裂耐力の上昇
- (2) せん断による脆性破壊の防止
- (3) ひび割れに対する拘束効果