

炭素繊維シートによる RC 梁の付着割裂破壊抑止効果について

豊橋技術科学大学大学院建設工学専攻 正会員 ○田村 冬樹
 豊橋技術科学大学建設工学教授 正会員 角 徹三

1. はじめに 近年、連続繊維シートは軽量、かつ高強度という特性からコンクリート構造物の補強材として実用化が始まっている。それに伴い、連続繊維シートによる RC 部材のせん断補強効果に関する研究が盛んに行われてきた。しかし、その性能評価方法は未だ十分ではなく、同じ脆性破壊である付着割裂破壊に対する研究は少ないというのが現状である。

本研究は、炭素繊維シートを RC 部材表面に巻きつけて逆対称繰り返し載荷実験を行い、部材の付着割裂耐力及び靱性能に対する効果を実験的に検討した。

2. 実験概要 試験体詳細を表 1 に、試験体図を図 1 にそれぞれ示す。試験区間の有効スパンは 1200mm とし、その断面は 200mm×300mm とした。主筋には D19 を上端、下端に 4 本ずつ、横補強筋には D10 を 85mm 間隔に配した。試験区間の四隅はシートの早期損傷を避けるため R=20mm で面取りされている。炭素繊維シートは図に示すようにストライプ状に巻きつけ、継ぎ手長さを 200mm とした。C-08 では一重巻き、C-16 では継ぎ手部分が重ならないように二重巻きにしている。加力は N-1、C-08、C-16 では曲げ耐力計算値 Q_u (189kN) の 2/3 の荷重で正負交番の 2 サイクル、次に Q_u と同等の荷重で同じく正負交番の 2 サイクル、以降、変位制御とした。尚、変位制御は 2 サイクルごとに最大変位を 1.5 倍増加させて行った。

N-2 は Q_u の 1/3 から載荷を開始した。試験区間の部材変位、主筋・横補強筋及びシートのひずみ(F.G.S 使用)を測定した。

3. 実験結果

3. 1. シート補強量 シート補強のない試験体 N-1、N-2 は、主筋沿いに付着割裂ひび割れが発生し耐力が低下した。耐力低下時には主筋は引張降伏しておらず付着割裂破壊と判定された。一方、シート補強された試験体ではひび割れは試験体全域に渡って分布し、最終的には主筋が引張降伏し、曲げ破壊に至った。C-08 では一部シート破断が見られたが C-16 では見られなかった。各試験体の耐力一覧を表 2 に示す。同表の曲げ・せん断耐力計算値は終局強度型設計指針より、付着耐力は文献[1]により算出した。せん断力-変位関係を図 2 (a), (b)に示す。同図(a)はシート補強のない試験体

表 1 試験体詳細

試験体番号	No.1	No.2	No.3	No.4
試験体名	N-1	C-16	C-08	N-2
断面形状(幅×高さmm)	200×300			
主筋	本数-径			
	4-D19			
横補強筋	降伏応力度(N/mm ²)			
	436			
FRPシート	本数-径			
	2-D10			
コンクリート	横補強筋比(%)			
	0.8			
FRPシート	降伏応力度(N/mm ²)			
	383			
FRPシート	種類			
	— 炭素繊維 炭素繊維 —			
コンクリート	補強比(%)			
	0	0.16	0.08	0
コンクリート	圧縮強度(N/mm ²)			
	30.4			
コンクリート	引張強度(N/mm ²)			
	4.3			

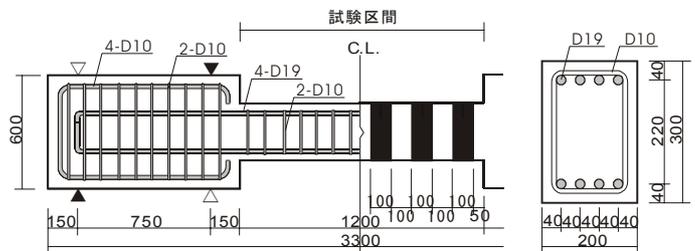


図 1 試験体図 (単位: mm)

表 2 計算結果及び実験結果 (単位: kN)

試験体名	計算値			実験値 最大耐力 $Q_{u,exp}$	破壊形式
	せん断耐力 $Q_{su,cal}$	曲げ耐力 $Q_{mu,cal}$	付着割裂 耐力 $Q_{pu,cal}$		
N-1	275	189	189	138	B
N-2			143	B	
C-08	430	189	213	186	M
C-16	589		230	198	M

B = 付着割裂破壊
M = 曲げ破壊

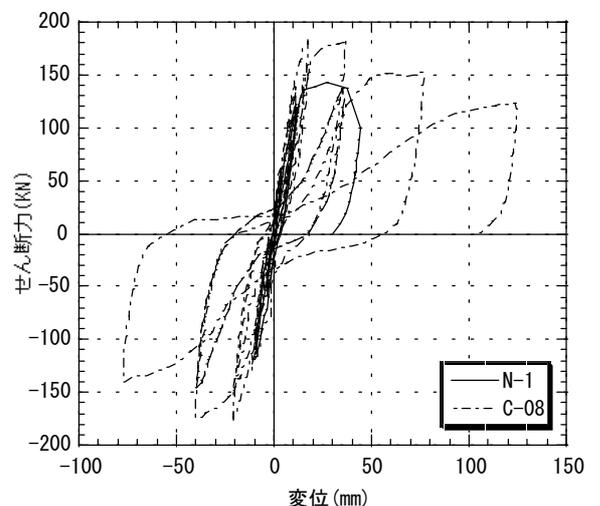


図 2 (a) せん断力-部材変位関係

N-2 とシート補強のある試験体 C-08 を比較したものである。図より、シート補強によって耐力、靱性能が著しく向上していることが分かる。同図(b)は、シート補強量の異なる試験体(C-08, C-16)を比較したものである。最大せん断力以降の変位 50mm 時のせん断力に注目してみると、C-16 では 180kN であるのに対し、C-08 では 150kN となっている。シート補強量の増加によって耐力低下が抑制され靱性能の向上に更に効果があるということが分かる。

3. 2. シート負担応力度 図3に炭素繊維シートのひずみ分布を示す。図上には正サイクルのピーク荷重時のひずみをプロットした。図より炭素繊維シート量の増加に従い、シートのひずみが減少しているのが分かる。このシートひずみを応力に換算してその負担率を見比べたものが表3である。同表より、炭素繊維シート量が半分になると負担率が約2倍となっている。しかし、シートの受け持つ荷重はその面積も関係してくるため、両試験体ともシートの負担する荷重は同じであると言える。C-08でも炭素繊維シートの負担率に余裕があることから、より少ない補強量においても実験・検討する必要があり、付着割裂耐力として部材に対して最適な補強量を算出できる事が推測される。

3. 3. 繰り返し载荷 繰り返し载荷によって無補強試験体では付着割裂耐力が大きく低下した。この現象を比較するために下田らの実験結果(文献[2])と共に表4に示す。同表よりシート補強のない試験体の最大耐力が付着割裂耐力計算値のおよそ 3/4 まで落ち込んでいるのが確認できる。今後は繰り返し载荷下での無補強試験体の付着割裂耐力の算定には低減係数の検討が必要であると考えられる。一方、シート補強された試験体では最大耐力が曲げ耐力で決まった。これから、シート補強によって付着割裂耐力の低減が抑制されたと言える。

4. まとめ RC 部材に炭素繊維シートで補強を行うことによって本実験では以下の知見が得られた。

- 1) シート補強によって付着割裂耐力は増大し、靱性能も向上する。
- 2) 繰り返し载荷においても、シート補強量の違いは最大耐力以降の靱性に大きく影響する。
- 3) 繰り返し载荷ではシート補強のない試験体の付着割裂耐力は大幅に減少するため、付着割裂耐力算定の際に低減係数を考慮する必要がある。

参考文献 [1]山崎敬子ほか；連続繊維シートで補強された RC 部材の付着割裂強度(その 4)，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造IV，pp. 3-4，2000.9 [2]下田和幸ほか；既存 RC 梁の靱性能に及ぼすアラミド繊維テープの巻き付け効果に関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 263-264，1998.9

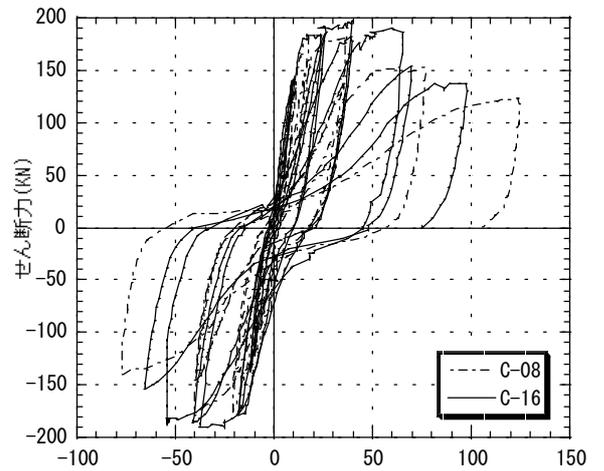


図2 (b) せん断力-部材変位関係

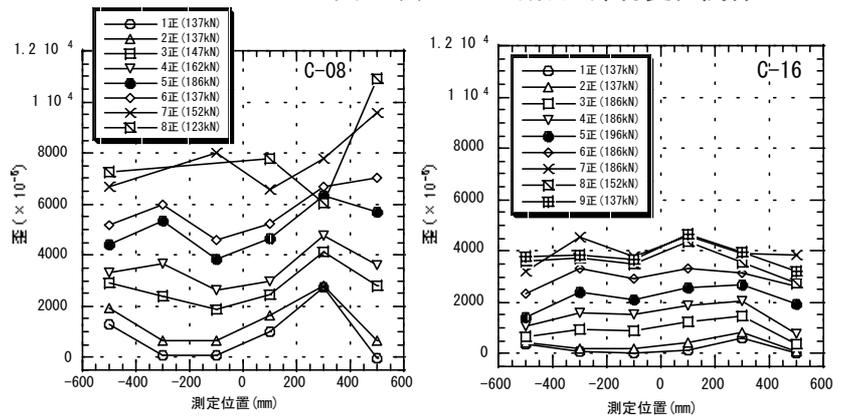


図3 炭素繊維シートひずみ分布

表3 シート応力負担率

試験体名	炭素繊維シート引張強度 (N/mm ²)	最大耐力時		終局時	
		シート応力 (N/mm ²)	負担率 (%)*	シート応力 (N/mm ²)	負担率 (%)*
C-08	3400	1162	34.2	1837	54.0
C-16		500	14.7	886	26.0

* 負担率=シート応力/シート引張強度

表4 繰り返し载荷による耐力低下率

試験体名	付着割裂耐力 Q _{bu.cal}	最大耐力 Q _{u.exp}	Q _{u.exp} /Q _{bu.cal}
N-1	189	138	0.73
N-2	189	143	0.75
文献[2]	185	138	0.75

(耐力単位：kN)