

V-327

炭素繊維シート補強RC梁の曲げ強度研究

東 燃（株） 正員 小松 憲一

東 燃（株） 井上 和夫

東 燃（株） 明星 徹

1. はじめに

RC構造物の梁やスラブには、設計時に予測できなかった外力の作用、築造後の積載荷重変更、コンクリートおよび鉄筋の経年劣化等によって曲げ耐力が不足し、補強を必要とする場合がある。これに対し筆者らは、軽量で引張強度が高く、腐食現象がないという特徴を持つ炭素繊維シートを曲げ耐力補強材として利用することを試みている。炭素繊維シートの剛性、積層枚数、定着方法を変化させて補強効果について検討した。

2. 試験概要

試験体は高さ400mm、幅300mmのRC梁で形状及び構造を図一に示す。コンクリートは普通ポルトランドセメント（ $F_c=240\text{kgf/cm}^2$ ）を使用し、主筋にSD30のD13を、スターラップに $\phi 9$ を使用した。

コンクリート、鉄筋、各種補強材の機械的性質を表一に示す。尚、炭素繊維シートは高強度タイプと高弾性タイプの2種類を使用した。

試験は2回に分けて行い、コンクリートの強度のバラツキが予想されたため、それぞれ補強しないケースを各1体ずつ試験した。補強ケースは鋼板、炭素繊維シートの種類・積層枚数・端部定着の有無を変えて行い、比較した。試験ケースを表2に示す。

載荷は、主鉄筋歪みが降伏歪みの1、2、3倍まで3回繰返しその都度除荷し、4回目に最終破壊まで載荷を行った。加圧はジャッキで段階的（0.5 t 毎）に行い、各段階毎にたわみ・歪の測定を行っている。但し、実際は鉄筋歪みの測定値がコンクリートひび割れ部で一気に降伏歪の数十倍と極端な動きを見せたため補強ケースでは補強材の歪で制御した。

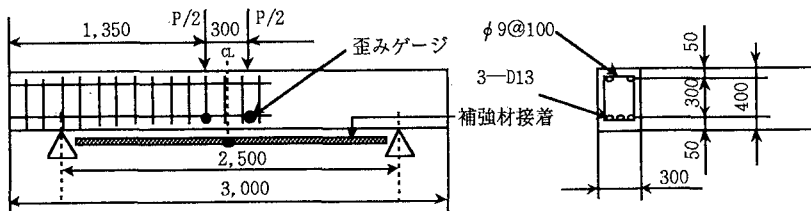
表一 材料強度特性表

	降伏強度 (kgf/cm^2)	破断強度 (kgf/cm^2)	弾性率 $\times 10^6 \text{kgf/cm}^2$
コン クリート	-----	σ_c (Comp.) =280~310	-----
鉄筋 SD30	$\sigma_y=3,500$ Spec. 3,000	$\sigma_t=5,300$ Spec. 4,500	$E_s=2.1$
鋼板 SS41	$\sigma_y=2,800$ Spec. 2,400	----- Spec. 4,100	$E_s=2.1$
炭素繊維 高強度	-----	$\sigma_{cf}=46,300$ Spec. 35,500	$E_s=2.65$ Spec. 2.35
炭素繊維 高弾性	-----	$\sigma_{cf}=43,200$ Spec. 30,000	$E_s=4.01$ Spec. 3.8

炭素繊維 シート目付300g/m² 設計厚さ0.165mm

表二 RC梁曲げ実験ケース

No.	補強ケース	補強材	厚み/枚数	定着方法
第1回目				
1	無補強1	—	—	無し
2	鋼板接着	SS41	t=2.6mm	
3	高強度1		1層	
4	高強度2	FTS-	1.3層	
5	高強度3	C1-30	3層	
第2回目				
6	無補強2	—	—	無し
7	高弾性1	FTS- C5-30	1層	
8	高弾性2		3層	
9	高弾性3			
10	高弾性4			
				周方向1層巻 端部アンカー



図一 試験体形状

3. 試験結果と考察

各ケースの降伏荷重及び最大荷重を表—3に示す。この結果、すべての炭素繊維シートによる補強が無補強の試験体に対し降伏荷重を上昇させていることから炭素繊維による剛性の向上が認められる。主鉄筋の降伏荷重 P_y は、2.6mmの鋼板を接着したものが最大となり、高弾性トウシートを3層貼り付けたケース（No.8～10）がほぼ近い耐力を示している。しかし、同時に打設したコンクリート毎に無補強ケースとの比較で P_y の増加比率から見ると、鋼板補強と高弾性炭素繊維シート3層補強ではほぼ同等の効果を示していると言える。破壊はNo.9のケースを除き鋼板補強、シート補強とも剥離が起こっている。鋼板補強ケースでは降伏荷重が高いものの、降伏荷重と最大荷重に大きな差は見られない。鋼板

（SS41）の降伏が鉄筋（SD30）より早いことから、鋼板降伏後はほぼ荷重一定のままで変形が進んでいる。最大荷重は高強度タイプの3層および高弾性タイプでは1層でも鋼板補強ケースと同等以上の耐力を示した。これは、鋼板が0.16%程度の降伏歪み以降は荷重増加分を受け持つことができないのに対し、炭素繊維シートは1.5%の破断歪みまで降伏することなく直線的に荷重を受け持つためである。

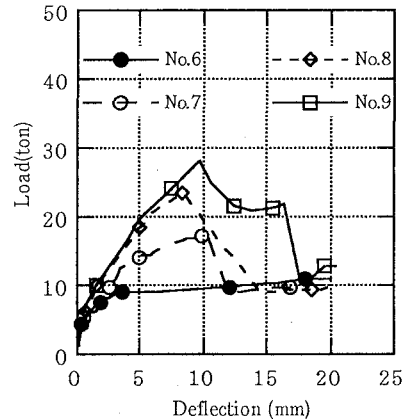
図—2に試験No.6～9の梁中央点のたわみと荷重の関係を示す（除荷重を省略）。無補強ケースでは、鉄筋の応力歪み曲線と同様に降伏後は荷重の増加を伴わずに変形が進む傾向であるのに対し、トウシート補強ケースでは、鉄筋降伏後も荷重が増加している。図—3に試験体下面中央でのケース6、9補強材の歪みと荷重の関係を示す（無補強のNo.6は鉄筋歪みである）。図中の破線は引張側コンクリートを無視した通常のはり理論によるケース9のシート歪みの計算値で、コンクリートのひび割れ発生後は実測値とよい一致を見ている。

定着法の違いに着目すると、接着のみのものはすべて破壊モードが剥離であるのに対し、ケース9の周方向にシートを接着したものでは、シートの剥離が生じず破壊はコンクリートのせん断によって起こり、最大荷重が最も高くなっている。アンカーボルトで固定したものは、剥離荷重の増加は見られない。

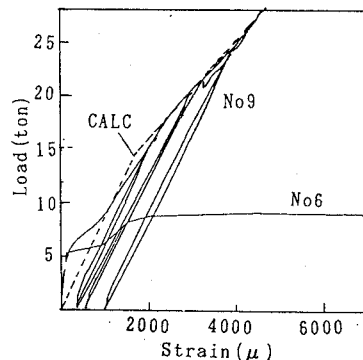
表—3 曲げ荷重試験結果

No.	降伏荷重	増加比	最大荷重	増加比	破壊モード
第1回目					
1	9.2	1	9.5	1	
2	17	1.85	18.4	1.94	鋼板剥離
3	10	1.09	13.2	1.39	シート剥離
4	13.5	1.47	16	1.68	シート剥離
5	13.5	1.47	20.1	2.11	シート剥離
第2回目					
6	8.4	1	9	1	
7	11	1.31	17.2	1.91	シート剥離
8	15	1.79	23.2	2.58	シート剥離
9	16.7	1.99	27.6	3.07	コンクリート剪断
10	15	1.79	24.2	2.69	ボルト剪断

荷重の単位はすべてton



図—2 梁中央点たわみ図



図—3 補強材歪と荷重の関係

4. あとがき

今回の実験で炭素繊維補強をしたRC部材の補強効果が確認された。鋼板接着による補強に比べ最大荷重が降伏荷重に比べ大きな補強効果を示している。また、一方向のみでなく周方向に炭素繊維を貼ることにより定着効果が高いことがわかった。炭素繊維シート補強梁についても、鋼板接着と同様な梁としての計算が可能であることがわかった。