

炭素繊維シートで補強した RC 梁の曲げ性能に関する実験

三菱重工パーキング建設㈱（明星大学大学院） 正会員 星野 光宣
明星大学土木工学科 正会員 丸山 武彦

1. はじめに

コンクリート構造物は、一般に半永久的なものと考えられてきた。しかし、早期に耐力の低下が生じているのが現状である。最近では構造物の補強を行うにあたり、その補強材に炭素繊維シートを用いる工法が注目されている。炭素繊維は軽量、高強度、非腐食性などの特徴を有することから、構造物の死荷重を増加させることなく所要の補強量を確保でき、さらに耐久性の向上が期待できる。本研究は、炭素繊維シート（以下、CF シート）で補強していない鉄筋コンクリート梁（以下、RC 梁）と CF シートで補強した RC 梁を用い、その補強において CF シートの接着面積や積層数を変えた場合の曲げ性能を調査した。

2. 実験概要

図-1 は試験体の形状寸法を示す。各梁は $150 \times 200 \times 2000\text{mm}$ とし、鉄筋に D16 (SD345) を 1 本用いた。CF シートは引張強度 4100Mpa、弾性係数 245000Mpa、破断伸び 1.7% の高強度タイプの繊維を用いている。表-1 は CF シートの補強方法を示す。軸方向長さ 1800mm 厚さ 0.167mm の CF シートを 1 層、その補強量を増加させた場合の Type3 および Type4 は CF シートを 1 層で、Type5 および Type6 は、それぞれ 2 層および 3 層として CF シートを分割して積層した。Type4 の隅角部は、半径 20mm の面取りを行い梁下面から側面部にかけて CF シートを巻き上げて補強した。試験は対称 2 点静的曲げ載荷を行った。また、補強を施す RC 梁は、予め終局荷重の 60% 程度を載荷して曲げひび割れを進行させた。

3. 破壊性状

表-2 は、静的曲げ試験の結果を示す。CF シートを 1 層で補強した試験体 Type2,3,4 の鉄筋が降伏するモーメントは CF シートの補強量の増加に伴って大きくなり、それぞれの計算値より 10% 程度の増加がみられ、安全側でほぼ一致していた。また、CF シートの破断を想定した終局モーメントの実験値は CF シートの補強量が増加すると大きくなるが、それぞれの計算値の 80% 程度となった。これは、CF シートの破断前に 1 層目のシートがコンクリートから剥離したためである。一方、CF シートを 2 層および 3 層に積層する方法で補強した Type5 および Type6 の場合は、鉄筋降伏時のモーメントの計算値と実験値はほぼ一致している。しかし、CF シートを 3 層で補強した Type6 の破壊モーメントの実験値は計算値の 50% 程度と大きく下回り、補強量が少なく 2 層で補強した Type5 の実験値とほぼ同等に留まる結果となった。これは CF シートの付着力の限界に起因していると考えられる。

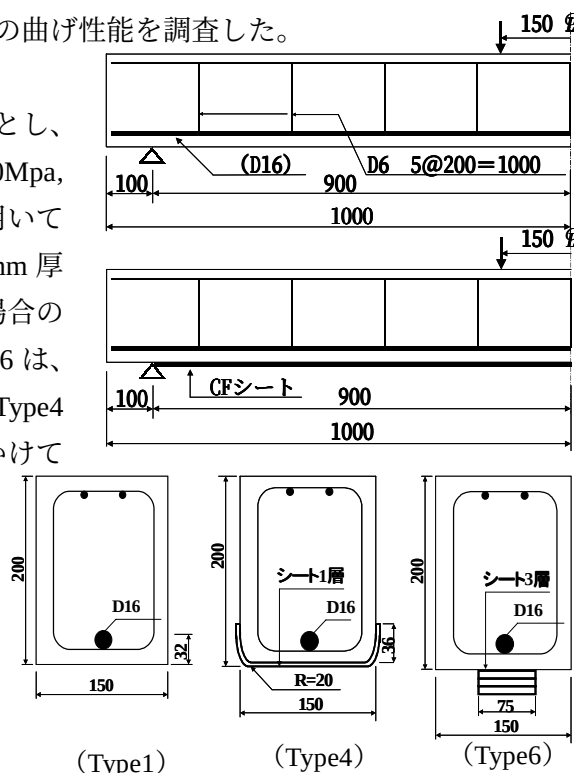


図-1 試験体形状寸法(単位 mm)

表-1 CF シートの補強方法

試験体の種類	CF シート		
	幅 (mm)	補強積層数	補強総断面積 (mm^2)
Type1	-	-	-
Type2	75	1	12.5
Type3	150	1	25.1
Type4	225	1	37.6
Type5	75	2	25.1
Type6	75	3	37.6

表-2 試験結果

試験体の種類	鉄筋降伏モーメント (KN・m)			破壊モーメント (KN・m)			破壊形式
	設計値	実験値	M _{sy} /M _{syd}	設計値	実験値	M _u /M _{ud}	
	M _{syd}	M _{sy}		M _{ud}	M _u		
Type1	11.6	11.2	0.97	12.3	12.9	1.04	曲げひび割れ
Type2	13	14.9	1.14	22.1	18.5	0.84	剥離
Type3	14.6	16.7	1.14	31.6	23.4	0.74	剥離
Type4	15.41	17.9	1.16	38.5	29.9	0.77	剥離
Type5	14.55	16.2	1.11	31.6	24.1	0.76	剥離
Type6	16.5	15.5	0.93	40.9	23	0.56	剥離

キーワード：補強 炭素繊維シート 曲げ性能 付着面積
連絡先：〒231-8715 神奈川県横浜市中区錦町 12 番地

4. 梁の変形

図-2 は、モーメントとたわみの関係を示す。CF シートを1層で補強した Type2,3,4 では、CF シートの補強量が増加するとそれに伴ってたわみは小さくなり、最大耐力は大きくなっている。特に、CF シートを巻き上げて補強した Type4 のたわみの低減効果は著しく高く、曲げ耐力も大幅に向上した。一方、CF シートの補強方法を積層とした場合では、その補強量が増加してもたわみ曲線に明瞭な相違は見られず、破壊耐力の向上も伴っていない。シートが剥離する直前の各試験体のたわみは、CF シート補強量が増加すると小さくなる傾向が見られ、CF シートの補強方法が異なっても、補強量が同じであればたわみはほぼ一致した。また、Type4 と Type6 のように CF シートの補強量が同一であっても、その補強方法が異なれば曲げ性能に差が生じることが確認された。

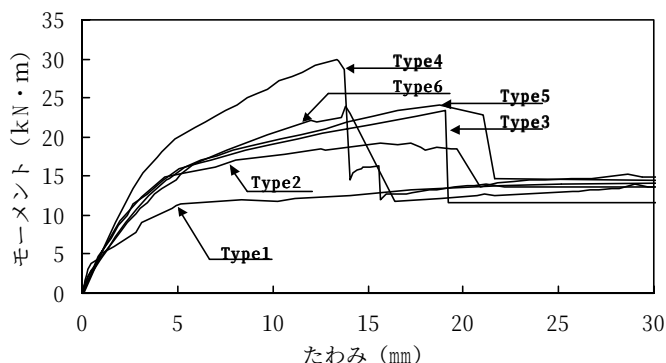


図-2 モーメントとたわみの関係

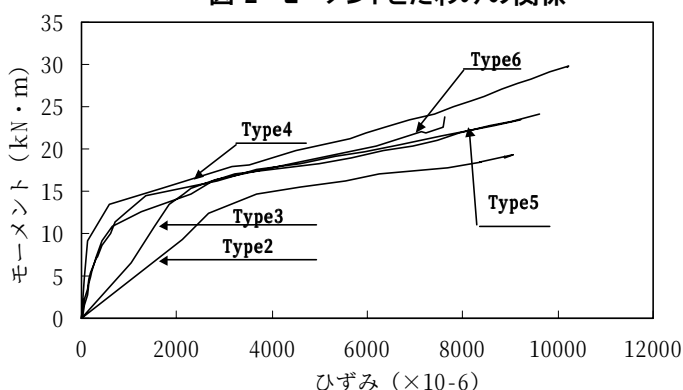


図-3 モーメントとCF シートのひずみの関係

5. CF シートのひずみ

図-3 は、モーメントと試験体下面中央部の CF シートひずみの関係を示す。補強方法で比較すると、CF シートの積層を2層とした Type5 と、それと同じ補強量を1層で補強した Type3 とでは、最大耐力時の CF シートひずみに差は殆ど見られない。また、CF シートを巻き上げた Type4 と、それと同じ補強量を3層で補強した Type6 とを比較すると、3層で補強した場合のほうが引張負担効率は高いが、最大耐力時には早期にシートが剥離してしまうことがわかる。CF シートを分割して積層とする補強方法は、その積層数が増えるにしたがって最大耐力時の CF シートのひずみが小さくなるといえる。この理由として、同じ補強量の CF シートの付着面積が小さくなると、接着面のせん断力が増加することが結果として最大耐力時の付着力に大きく影響していると思われる。一方、CF シートを巻き上げると、CF シートの引張負担が試験体の下面および側面に広く分担され、CF シートの付着面に作用するせん断力が軽減される。したがって、CF シートの補強方法が RC 梁の最大耐力に及ぼす影響は大きいといえる。しかし、CF シートで補強した全ての試験体はシートの付着長さをスパンの100%としているが、破壊形式はそれぞれ CF シートの剥離であったため、CF シート自身の性能は十分に発揮されていないことになる。よって、接着材とコンクリートとの界面の改善、および、接着材の材質の改善等を行って、CF シートの付着力の強化を十分に検討する必要がある。

6. まとめ

本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- 1) CF シートで RC 梁を補強すると、梁の鉄筋降伏モーメントが増加し、その実験値は計算値とよく一致する。しかし、最大曲げ耐力の実験値は計算値に対して著しく低下し、CF シートとコンクリートの間の付着力の大小が RC 梁の破壊形式を左右する。従って、CF シートの性能が十分発揮できるようにするためには、接着材やコンクリートの表面処理方法等の改善を検討する必要がある。
- 2) CF シートを1層で貼り付けた RC 梁で、CF シートの補強量を増加させると、積層数を増して補強した場合のような曲げ耐力の限界は見られない。なかでも、CF シートを RC 梁側面まで巻き上げて補強した場合は著しい曲げ性能の向上が見られ、試験体側面部の補強の有効性が確認できた。

〔参考文献〕 井上正一、西林新蔵、黒田保、小俣富士夫

「CFRP 板で補強した RC はりの疲労強度と変形性状」コンクリート工学年次学術論文報告集 1994