

明星大学大学院
明星大学土木工学科

学生会員 ○星野 光宣
正会員 丸山 武彦

1.はじめに

コンクリート構造物は、立地条件や環境などの多様化により、早期の劣化が生じている現状がある。従来、構造物の補強は、鋼板接着、部材の増設、断面増加等の工法で補強された。最近になって、補強材料に炭素繊維シート（以下 CF シート）を用いる工法が注目されており、構造物の死荷重を増加させることなく所要の補強量の確保が可能となる。本実験では、CF シート補強のない RC 梁（以下 Type1）と、曲げひび割れが進行した状態で CF シートを貼付けた RC 梁（以下 Type2）を用いて、静的および繰り返し載荷試験を行って、RC 梁の曲げ性能を比較検討した。

2.実験概要

図-1 に示すように、Type1 と Type2 の試験体は、 $150 \times 200 \times 2000\text{mm}$ とし、鉄筋に D19 (SD345) を 2 本配置した。CF シートは、引張強度 4100N/mm^2 、弾性係数 245000N/mm^2 の高強度タイプの繊維を用いている。補強は、幅 40mm 厚さ 0.167mm の CF シートを 3 層に分けて RC 梁に貼り付けた。試験は対称 2 点載荷とし、静的および繰り返し載荷を行った。

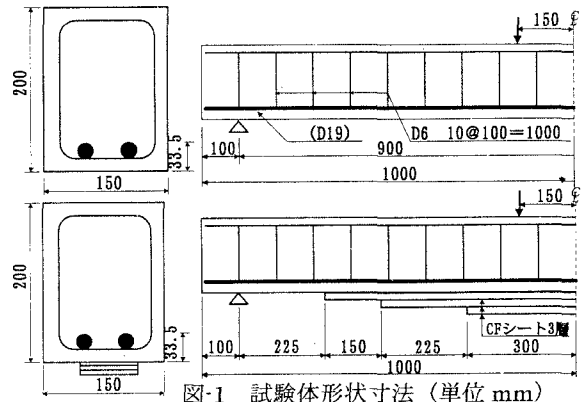


図-1 試験体形状寸法（単位 mm）

表-1 試験結果（静的曲げ試験）

試験体の種類	鉄筋降伏時 (kN・m)			終局時 (kN・m)			破壊形式
	設計値 M _{syd}	実験値 M _{sy}	M _{sy} /M _{syd}	設計値 M _{ud}	実験値 M _u	M _u /M _{ud}	
Type1	32.9	31.8	0.97	34.5	32	0.93	曲げ引張
Type2	35.6	36.7	1.03	51.1	40.9	0.8	剥離

表-2 載荷方法（繰り返し曲げ試験）

試験体	段階	段階を表す記号	荷重		上限荷重時の鉄筋ひずみ (μ)	設計耐力に対する比	静的耐力に対する比	累積載荷回数 (万回)
			上限 (KN)	下限 (KN)				
Type1 (無補強)	第1	I	35	30	1100	0.37	0.41	50
	第2	II	46	30	1300	0.49	0.53	100
	第3	III	57	30	1600	0.62	0.67	200
	第4	IV	67	30	1900	0.73	0.79	250
Type2 (シート補強)	第1	I	60	30	1100	0.52	0.55	40
	第2	II	75	30	1600	0.65	0.68	100
	第3	III	94	30	1900	0.82	0.86	136

Type1 の繰り返し載荷は破壊計算値を 4 段階に分け、第 1 段階の上限荷重は鉄筋のひずみが 1100μ となる荷重とし、50 万回の繰り返し載荷を行った。第 2、第 3 段階の上限荷重は、鉄筋ひずみが 1300μ 、 1600μ となった荷重とし、50 万回および 100 万回の繰り返しを行い、第 4 段階は鉄筋ひずみが 1900μ となった荷重を上限とし、50 万回繰り返した。下限荷重は鉄筋のひずみが 800μ となる荷重で一定とした。Type2 の載荷は破壊計算値を 3 段階に分け、各段階の上限荷重は鉄筋のひずみが 1100μ 、 1600μ および 1900μ とし、繰り返し回数はそれぞれ 40 万回、60 万回および 40 万回で、累計して 140 万回である。下限荷重は Type1 と同一とした。

3.実験結果および考察

3.1 静的曲げ試験結果

表-1 は静的曲げ試験結果を示す。Type2 の鉄筋降伏荷重は、CF シートが引張力を負担するため増加しているが、その計算値とよく一致している。Type2 の終局荷重は、Type1 と比べて著しく増加した。しかし、

キーワード：曲げ補強、炭素繊維、シート補強、曲げ性能、曲げ疲労

連絡先：東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学土木工学科

その値は計算値の 80%程度であり、CF シートの能力を十分に発揮できていない。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り、今後はこの点の検討を要する。

3.2 繰り返し載荷による梁の変形

図-2 および図-3 は、Type1 および Type2 の梁中央部のたわみと繰り返し回数の関係を示す。両試験体とも、鉄筋ひずみが 1600μ となる荷重（それぞれ図中のⅢとⅡ）では、疲労の影響は殆ど認められない。鉄筋ひずみが約 1900μ となる図-2 のⅣの荷重の繰り返しで、Type1 は、たわみの増加がみられた。Type2 のⅢ（設計耐力の 82%）の初期繰り返し段階でのたわみの増加はみられるものの、その後の繰り返しでは変化はあまり認められない。すなわち、CF シートで補強した梁は高荷重の繰り返しでも疲労の影響はあまり認められないといえる。したがって、シートの付着が十分であれば曲げ疲労性の向上が期待できる。

3.3 繰り返し載荷による CF シートのひずみ

図-4 は Type1 の鉄筋のひずみ、図-5 は Type2 の CF シートのひずみと繰り返し回数の関係を示す。Type1 のⅢの段階での鉄筋ひずみは、たわみと同様に、疲労の影響は殆ど認められないが、鉄筋ひずみが約 1900μ となるⅣの段階では、ひずみの増加がみられた。Type2 の CF シートは、初期の繰り返しでひずみは増加するが、それ以降では、変化は殆どないか或いは減少する傾向がある。この理由として繰り返し載荷によって CF シートとコンクリートの接着力が低下し始めていることが考えられる。

3.4 CF シートの付着破壊

シート補強した Type2 の梁は、累計 136 万回の繰り返しの後、CF シートがコンクリート表面のモルタル層を薄く引き剥がすように剥離して破壊した。今回の実験では 1 層目の軸方向の CF シート付着長さをスパンの 75% としているが、繰り返しによる付着破壊を生じたのでこれを防止するための対策を行う必要がある。

4. まとめ

本研究の範囲内で次の知見が得られた。

- (1) CF シートの破断ひずみの約 17000μ に対し、疲労試験体では、そのひずみがおよそ 4000μ となる荷重で、約 40 万回の繰り返しを受けた後に CF シートがコンクリートから剥離して破壊した。
- (2) CF シート補強の梁の破壊は剥離であることから接着材の材質、シートの付着長さ、その他の方法等によりこの破壊形式を改善する必要がある。

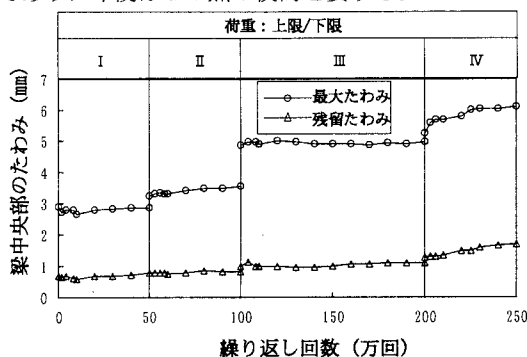


図-2 たわみと繰り返し回数の関係 (Type1)

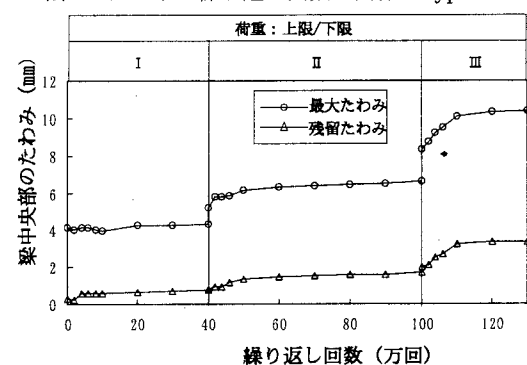


図-3 たわみ繰り返し回数との関係 (Type2)

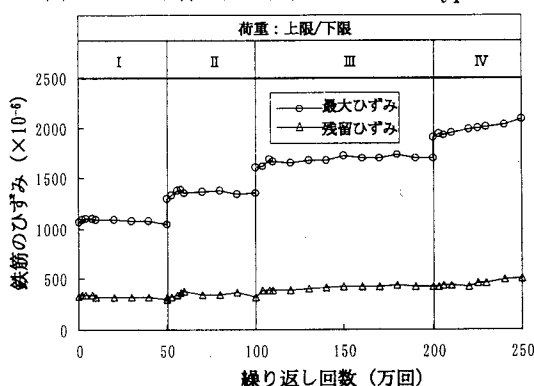


図-4 鉄筋ひずみと繰り返し回数の関係 (Type1)

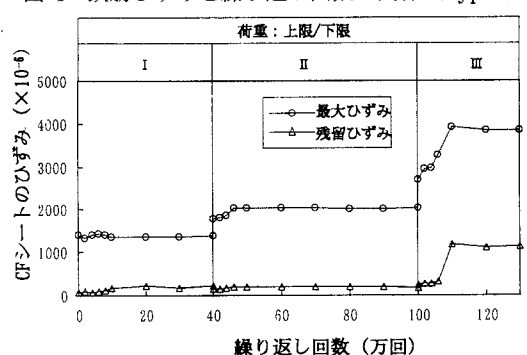


図-5 鉄筋ひずみと繰り返し回数の関係 (Type2)