

V-297

組紐状AFRPロッドで補強したコンクリート梁の曲げ疲労特性

(その1. 試験の概要および結果の一覧)

三井建設(株) 正会員 武富幸郎
 三井建設(株) 正会員 加藤正利
 三井建設(株) 正会員 田村富雄
 三井建設(株) 正会員 三上 浩

1. はじめに

最近、各種の新素材繊維を収束し、樹脂を含浸硬化させたFRPロッドを、コンクリートの補強材として用いる研究が盛んに行われている。筆者らも、FRPの連続繊維を組紐機で編み上げて成形した、組紐状AFRPロッドで補強したコンクリート梁の、曲げおよびせん断特性等の基礎的な研究を行ってきた。しかし、既往の研究は、その多くがコンクリート梁の静的特性に着目しており、変動荷重が作用する構造物で極めて重要な、繰返し疲労特性を研究した例は少ないように思われる。そこで本研究では、ロッドを曲げ補強筋やPC緊張材およびスパイラルせん断補強筋に用いたコンクリート梁の曲げ繰返し載荷試験を行い、ロッドで補強した梁の曲げ疲労特性の把握を試みた。本文では、その1として、試験の概要および結果の一覧を示す。

2. 試験の概要

試験体の種類は、表-1に示す5種類である。内訳は、補強筋の組合せを変えたRC梁2種類とPC梁2種類および繰返し荷重の大きさを変えたPC梁1種類である。補強筋の組合せを変えることや、繰返し荷重の大きさを変化させて、各試験体の疲労特性が比較できるように計画した。

試験体は、各々2体製作し、単調載荷試験と繰返し載荷試験を行った。PR-1、2、3は、ロッド1本を緊張材に用いたカテナンション方式のPC梁で、ロッドはコンクリート打設前に引張耐力(P_u)の約45%で初期緊張し、カテナンションは材令7日に導入した。繰返し荷重の上限値は、単調載荷試験の耐力の約30~90%とし、下限荷重は上限の約20%とした。ただし、PR-3は、試験機的能力の制約のため、下限荷重を上限の約50%とした。試験体の形状寸法を図-1に示す。加力は、せん断方向と梁の有効高さの比が3.0の2点載荷で行った。

表-1 試験体の種類

試験体名	曲げ補強材の材質と本数(本)	せん断補強筋の材質とピッチ(mm)	繰返し荷重(tf)		上限荷重の静的耐力との比
			上限	下限	
NR-1	異形鉄筋 D19 N=3	スパイラル K48 @100	9.8	2.0	0.50
NR-2	AFRPロッド K256S N=3	スターラップ D6 @200	2.5	0.5	0.26
PR-1	K256S N=1 (0.45 P_u)	スターラップ D6 @100	10.4	2.1	0.67
PR-2	K256S N=1 (0.45 P_u)	スパイラル K48 @100	11.0	2.2	0.67
PR-3	K256S N=1 (0.45 P_u)	スパイラル K48 @100	14.1	7.0	0.88

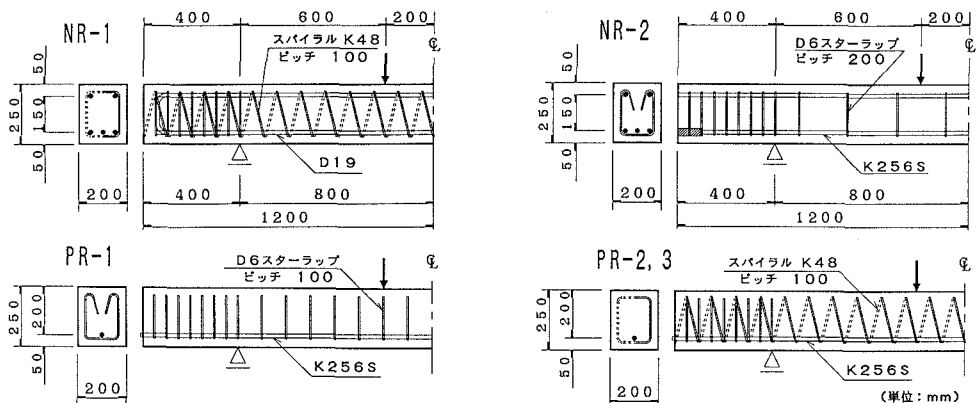


図-1 試験体の形状寸法

コンクリートの疲労試験中の材令における力学的特性を表-2に示す。なお、単調載荷試験の材令は、RC梁で13日と55日、PC梁で14~15日である。補強材の力学的特性を表-3に示す。主筋およびPC緊張材に用いたワッドの表面には5号珪砂を接着し、スライルせん断補強筋は無処理とした。

試験機は、荷重能力が50tfの油圧式試験機を使用した。載荷は、表-1に示す荷重を上下限值とする片振り繰返し載荷とした。繰返しは2サイクルまで静的に行い、以後の載荷速度を3Hzとして、最高200万回まで行った。途中、所定回数で試験機を止め、静的に2回載荷して計測とひびわれの観測を行った。たわみの測定は変位計にて行い、曲げひびわれ幅の測定は、梁側面の曲げ補強材位置でコンタクトゲージにて行った。

3. 結果の一覧

表-4に試験結果を要約した。PC梁の下縁応力度とコンプレッションモーメントは、スラストを導入した翌日のワッドの実測ひずみから求めた。曲げひびわれ発生モーメント M_{or} の実測値は、曲げモーメント-たわみ曲線の変曲点とした。 M_{or} の計算値は、RC梁は表-2に示す曲げ強度から、PC梁は曲げ強度とスラストによる梁下縁応力度を加算して求めた。両者は比較的良く一致する。

次に、表中の最大たわみは上限荷重におけるたわみである。異形鉄筋を主筋としたNR-1とワッドを緊張材にしたPR-1は、上限荷重がほぼ等しく、初載荷のたわみと100万回繰返し後のたわみの比は、NR-1が1.4でPR-1が1.3程度と大差がない。一方、ワッドを主筋としたNR-2は、上限荷重がNR-1やPR-1に比較して1/4程度と低いにも関わらず、初載荷のたわみと100万回のたわみの比は約2.3と両者に比べて大きい。

以上から、鋼材に比べて弾性係数が低いワッドでも、PC緊張材に用いることで、異形鉄筋と同等な割合で繰返しによるたわみの増加を抑制できる。なお、PR-3は約23万回の繰返しで、初載荷に生じたせん断ひびわれ位置でワッドが疲労破断して破壊したが、他は200万回でも破壊しなかった。

また、表には単調載荷試験における最大荷重と最大たわみを示した。ここで、()内に示すたわみは最大荷重におけるたわみである。RC梁の最大たわみは、最大荷重におけるたわみに比較して、50%程度以上も大きい。これに対し、ワッドを緊張材に用いたPC梁は、最大荷重におけるたわみと最大たわみがほぼ同様である。すなわち、塑性変形が少なく、破壊は脆性的であることが判る。

表-2 コンクリートの力学的特性

試験体名	材料 試験 材令	圧縮 強度	弾性 係数 $\times 10^4$	割裂 強度	曲げ 強度	疲 勞 試 験 材 令
	(日)	(kgf/cm ²)				(日)
NR-1	17	321	2.42	26.9	41.0	15~23
NR-2	45	223	1.85	14.0	38.7	45~54
PR-1						24~33
PR-2	41	393	2.58	26.0	57.9	35~48
PR-3						49~51

表-3 補強材の力学的特性

補 強 材 の 材 質	断面積 (cm ²)	弾性係数 $\times 10^4$ (kgf/cm ²)	引張耐力 (tf)
異形鉄筋 D19	2.87	2.00	15.2
異形鉄筋 D8	0.32	2.00	1.7
ワッド K25GS	2.00	0.65	23.3
スライルワッド K48	0.38	0.61	4.9

表-4 試験結果の一覧

試験体名	疲労試験								単調載荷試験	
	梁下縁 応力度	コンプレッ ションモー メント M_{DEC}	M_{or} の 実測値	M_{or} の 計算値	① 初載荷 最大たわみ	② 最 終 計 測 最大たわみ	最大たわ みの比	破 壊 形 式	最大 荷重	最 大 たわみ
	(kgf/cm ²)	(tf・m)	(tf・m)	(tf・m)	(mm)	(mm)	② / ①		(tf)	(mm)
NR-1	—	—	0.90	0.85	3.50	200万回 5.03 (100万回) 4.92	1.44 1.41	200万回で 破壊せず	19.5	(12.0) 22.9
NR-2	—	—	0.62	0.81	1.32	200万回 3.54 (100万回) 3.10	2.68 2.35	200万回で 破壊せず	9.6	(12.3) 18.0
PR-1	60.8	1.27	2.14	2.47	5.54	100万回 * 7.39	1.33	200万回で 破壊せず	15.5	(21.5) 24.4
PR-2	45.6	0.95	2.16	2.16	7.10	100回 * 9.03	1.27	200万回で 破壊せず	16.5	(27.9) 28.7
PR-3	55.2	1.15	2.40	2.36	12.62	10万回 19.50	1.55	229000回で ワッド 破断	16.0	(23.7) 26.0

*は変位計に繰返し途中で異常があり、以後のデータは採用していない。