

V-354

CFRP 及び超高強度コンクリートを用いた

PC はりの曲げ圧縮疲労強度の向上に関する実験

明星大学大学院 学生会員 北沢宏和

明星大学土木工学科 正会員 丸山武彦

1.はじめに

CFRP を緊張材として用いた PC はりは、引張疲労による影響を受けないことが分かっている。一方、コンクリートは圧縮疲労による影響を受けるため、CFRP 量が多い PC はりが繰り返し荷重を受ける場合の寿命は、超高強度コンクリートの疲労強度に左右される。本研究では CFRP と超高強度コンクリートを用いた PC はりを圧縮破壊形式とし、はりの疲労強度の向上を目的として 280 万回の繰り返し載荷を行った。

2.実験概要

プレテンション方式 PC はりに使用したシリカフェームコンクリートの目標強度を 1000kgf/cm^2 とし、配合は水セメント比 30%，単位水量 126kg/m^3 ，シリカフェームの混入率を 15%とした。試験体の形状は図-1 に示すように $150 \times 120 \times 2000\text{mm}$ とし、緊張材として $\phi 12.5$ の 7 本より線型の CFRP ロッドを 3 本使用した。また、PC はりの圧縮ゾーンには $\phi 3$ の鉄筋を直径 40mm，ピッチ 15mm でスパイラル状に配置し、圧縮部コンクリートの拘束を行った。載荷方法は 2 点載荷とし、スパイラル補強をしない場合の破壊荷重の計算値を第 1 ステージから第 6 ステージの 6 段階に分け、それぞれのステージで繰り返し載荷を行った。

第 1 ステージでは、ひび割れ発生荷重を上限荷重として 10 万回の繰り返し載荷を行った。第 2 ステージでは上限荷重を破壊計算値の 70%程度として 50 万回の繰り返し載荷を行った。第 3 ステージでは上限荷重を破壊計算値の 80%程度として 100 万回の繰り返し載荷を行った。第 4 ステージは、はりの上縁側コンクリートのひずみに注目し、上縁ひずみが 3600μ となる荷重を上限荷重と定め、50 万回の繰り返し載荷試験を行った。第 5 ステージでは、超高強度コンクリートの終局ひずみと考えられるはりの上縁ひずみ 4000μ 時の荷重を上限荷重と定め、70 万回の繰り返し載荷試験を行った。最終ステージでは、はりの上縁ひずみが 4400μ となる荷重を上限荷重と定め、繰り返し載荷試験を行った。下限荷重は第 2 ステージ以降、上限荷重との差が 1500kgf となるように定めた。なお、繰り返し載荷の速度は毎秒 1~2 回とした。

キーワード：CFRP，超高強度コンクリート，曲げ疲労強度

連絡先：〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 TEL042-591-5111

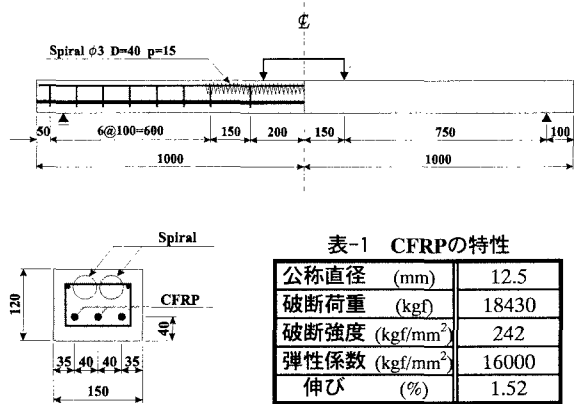


図-1 試験体形状(単位: mm)

表-1 CFRPの特性

公称直径 (mm)	12.5
破断荷重 (kgf)	18430
破断強度 (kgf/mm^2)	242
弾性係数 (kgf/mm^2)	16000
伸び (%)	1.52

表-2 試験結果

スパイラル鉄筋の配置の有無	圧縮強度 (kgf/cm^2)	有効プレ (kgf/cm^2)	ひび割れ(kgf)		破壊荷重(kgf)	
			計算値 Pcrd	実験値 Pcr	計算値 Pud	実験値 Pu
有	1173	201.7	3100	3160	7100	7070
無	1215	203.7	2900	3360	7300	7270

表-3 載荷方法

ステージ	ステージを表す記号	荷重		設計耐力に対する比	静的耐力に対する比	累積回数 (万回)
		上限 (kgf)	下限 (kgf)			
第1	I	3160	2000	0.45	0.45	10
第2	II	4900	3400	0.69	0.69	60
第3	III	5600	4100	0.83	0.83	160
第4	IV	6200	4700	0.88	0.87	210
第5	V	6600	5100	0.93	0.93	280
第6	VI	7000	5500	0.99	0.99	280.3

第 2 ステージでは上限荷重を破壊計算値の 70%程度として 50 万回の繰り返し載荷を行った。第 3 ステージでは上限荷重を破壊計算値の 80%程度として 100 万回の繰り返し載荷を行った。第 4 ステージは、はりの上縁側コンクリートのひずみに注目し、上縁ひずみが 3600μ となる荷重を上限荷重と定め、50 万回の繰り返し載荷試験を行った。第 5 ステージでは、超高強度コンクリートの終局ひずみと考えられるはりの上縁ひずみ 4000μ 時の荷重を上限荷重と定め、70 万回の繰り返し載荷試験を行った。最終ステージでは、はりの上縁ひずみが 4400μ となる荷重を上限荷重と定め、繰り返し載荷試験を行った。下限荷重は第 2 ステージ以降、上限荷重との差が 1500kgf となるように定めた。なお、繰り返し載荷の速度は毎秒 1~2 回とした。

3. 実験結果及び考察

3.1 はりの変形

図-2 は、上限荷重作用時の PC はりの中央点におけるたわみと繰返し回数との関係を示す。第 1 ステージでは、コンクリートに影響を与えるほどの上限荷重ではないために変化は全く認められない。第 2 ステージでは、上限荷重を静的破壊の 70%程度まで上げたために、初期段階でたわみの変化は認められるものの、それ以降では変化はない。この傾向は以降のステージにおいても同様であって、上限荷重を上げた初期の繰返しでは PC はりのたわみは増加するが、それ以降のたわみ増分は主として残留たわみが増加することによるもので、繰返し荷重が弾性変形に及ぼす影響はほとんどないと判断できる。第 3 ステージの上限荷重は静的破壊の 80%であり、従来より疲労試験の必要回数とされてきた 100 万回載荷を行った。PC はりに大きな変化があったのは初期段階のみで、それ以降はたわみ量の大きな変化は認められなかった。これらの様子は残留たわみにも観察され、残留たわみは繰返し回数が 100 万回を越えてもほとんど増加していない。これは、PC はりが繰返し荷重による疲労の影響を受けないことを意味している。

上限荷重をさらに上げて 6200kgf とした第 4 ステージ、及び、上限荷重時の圧縮ひずみを $4000\ \mu$ とする第 5 ステージの場合でも、前ステージとほぼ同様の挙動であった。以上の結果、炭素繊維 FRP ロッドと超高強度コンクリートを用いてスパイラル拘束した PC はりは、ほとんど曲げ疲労の影響を受けないと判断できる。

3.2 圧縮ひずみ

上縁コンクリートの圧縮ひずみと繰返し回数の関係を図-4 に示す。図の第 5 ステージの段階で、静的載荷の場合の超高強度コンクリートの終局ひずみと考えられる $4000\ \mu$ に達していることが分かる。シリカフェウムを用いた超高強度コンクリートの疲労強度は破壊強度の 70% 程度であると考えれば、PC はりの圧縮疲労破壊はすでに生じているはずである。しかし実際には PC はりはまだ健在であり、スパイラル鉄筋の配置による超高強度コンクリートの拘束が、曲げ疲労強度の改善効果に寄与したものと考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲内で次の知見が得られた。

- (1) 超高強度コンクリートを無拘束とする場合の終局ひずみは約 $4000\ \mu$ であった。
- (2) 圧縮部の超高強度コンクリートをスパイラル鉄筋で拘束した場合の終局ひずみは約 $4000\ \mu$ であった。
- (3) 圧縮部の超高強度コンクリートをスパイラル鉄筋で拘束した場合は、圧縮縁ひずみを $4000\ \mu$ とする上限荷重で 70 万回の繰返し載荷となっても疲労破壊を生じなかった。

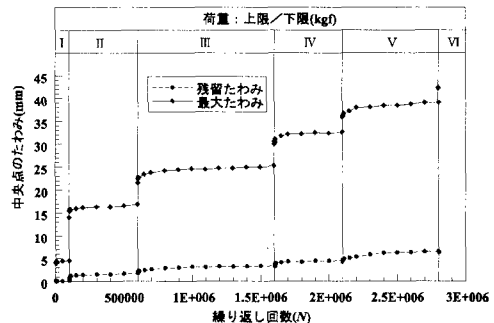


図-2 たわみと繰返し回数の関係

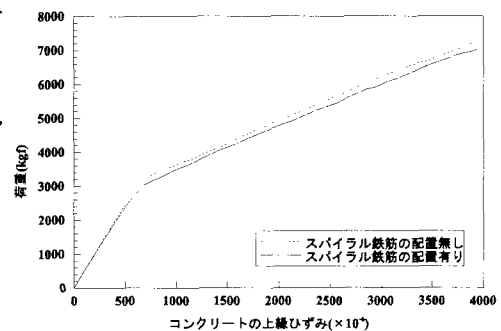


図-3 静的荷重と上縁ひずみの関係

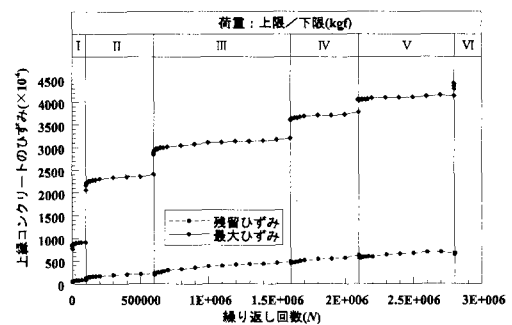


図-4 上縁ひずみと繰返し回数の関係