

V-118 アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの疲労性状

立命館大学大学院 学生員 崎山義之
 関西電力 正員 打田靖夫 近畿コンクリート工業 正員 岩本 勲
 立命館大学理工学部 正員 児島孝之 正員 高木宣章

1. はじめに

近年、コンクリートの補強材として鋼材の代わりに繊維棒材を用いる研究が多く報告されている。繊維棒材の諸特性ならびにコンクリート部材の静的耐力に関する研究は多いものの、疲労に関する研究は少ないのが現状である。本研究は、アラミド繊維棒材を緊張材としたプレテンション部材の疲労寿命および変形状態に及ぼす棒材径、初期緊張力、上限荷重の影響について検討し、PC鋼線を用いたはりと比較検討を行った。

2. 実験概要

使用した供試体の名称・要因を表-1に、棒材の物性値を表-2に示す。緊張材として、アラミド繊維棒材φ6、φ8、PC鋼線φ7の3種類を使用した。本実験ではアラミドφ6棒材の使用を標準とし、引張側棒材の初期緊張力を棒材引張耐力の60%、70%の2水準とした。アラミドφ8およびPC鋼線φ7を使用したはりでは、アラミドφ6の70%時と同等のプレストレス量となるように初期緊張力を40%とした。また、PC鋼線については通常よく使用される初期緊張力60%のほりも作製した。圧縮側棒材の緊張力は引張側棒材の約60%とした。せん断補強筋は、径2mmのアラミド繊維棒材で、ピッチ35mmのフープ状とした。上限荷重は各シリーズともNo.1供試体はひびわれ発生荷重付近とし、No.2供試体は上限荷重比でNo.1供試体よりも10%上回る荷重とした。下限荷重はいずれも0.5tfとした。供試体の形状寸法および荷重条件を図-1に示す。供試体寸法は15×15×210cmである。早強ポルトランドセメントを使用し、コンクリートの配合は水セメント比44%、単位水量172kg/m³、試験時の圧縮強度は約800kgf/cm²である。荷重は支持スパン150cm、曲げスパン50cmの3等分点荷重で、疲労試験に先立ち各棒材の種類ごとに1体ずつ静的試験を行い、ひびわれ発生荷重および破壊荷重を確認した。疲労試験は、上限荷重を表-1に示すように設定し、繰り返し速度は4Hzとした。200万回の繰り返し荷重をしても破壊しなかったはりは、静的荷重により破壊に至らした。

3. 実験結果および考察

疲労試験結果を表-3に示す。200万回までに破壊したはりはすべて棒材の疲労破断により破壊した。200万回の繰り返し荷重に耐えたはりも、その後の静的荷重で棒材破断により破壊した。KBシリーズの破壊形式はすべて脆性的な破壊であり、特にKB6-6シリーズとKB6-7-3供試体は引張側棒材破断の衝撃により圧縮側棒材も破断した。ひびわれ状況を図-2に示す。200万回までの繰り返し荷重によるひびわれ本数は、KB6シリーズは3~5本、KB8シリーズは5,6本、PCシリーズでは5本であり、KBシリーズにおいては、径による影響がみられるが、全体的にみて、PC鋼線とアラミド繊維棒材の付着性能に大差はないと考えられる。

表-1 供試体の名称・要因

区分	供試体名	緊張材の種類	下側棒材初期緊張力	下線プレストレス量	上限荷重比
繰り返	KB6-6-1	アラミドφ6	0.6 Pu	46.5kgf/cm ²	0.6
	KB6-6-2				0.7
	KB6-7-1				0.7
	KB6-7-2	0.7 Pu	56.5kgf/cm ²	0.8	
	KB6-7-3			0.75	
	KB8-4-1			0.45	
載荷	KB8-4-2	アラミドφ8	0.41Pu	56.5kgf/cm ²	0.55
	PC7-4-1				0.52
	PC7-4-2	PC鋼線φ7	0.44Pu	74.6kgf/cm ²	0.6
	PC7-6-1				0.6
	PC7-6-2				0.7
	PC7-6-2				0.6 Pu

Pu:棒材引張耐力 上限荷重比:静的耐力に対する比

静的	供試体名	緊張材の種類	静的耐力	破壊形式
載	KB6-7-5	アラミドφ6	4.08tf	棒材破断
荷	KB8-4-5	アラミドφ8	6.43tf	せん断圧縮
	PC7-4-5	PC鋼線φ7	5.82tf	圧壊

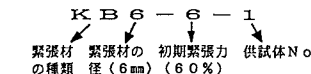


表-2 棒材の物性値

種類	アラミド		PC鋼線
	6	8	7
呼び径 (mm)	6	8	7
引張耐力 (tf)	3.8	6.4	6.1
引張強度 (kgf/cm ²)	15200	12800	15850
弾性係数 (kgf/cm ²)	6.4×10 ⁵	6.8×10 ⁵	20.0×10 ⁵
伸び (%)	2.4	1.9	8.0

PC鋼線の降伏点は13900kgf/cm²

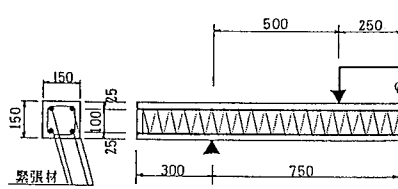


図-1 供試体の形状寸法および荷重条件

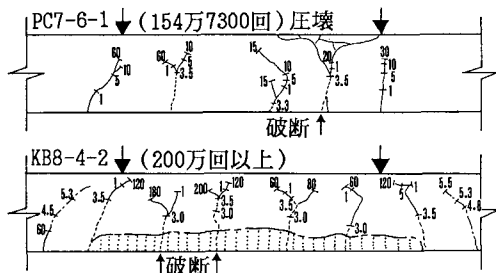
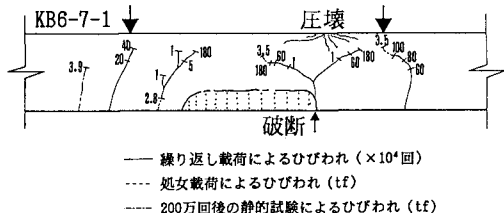


図-2 ひびわれ状況図

表-3 疲労試験結果

供試体名	上限荷重(比)	ひびわれ荷重	破壊回数	破壊荷重(比)	破壊形式
KB6-6-1	2.44tf (0.6) [1.00]	2.43tf	200万回以上	3.7tf (0.90)	棒材破断
KB6-6-2	2.84tf (0.7) [1.18]	2.41tf	155万73,440回	—	棒材疲労破断
KB6-7-1	2.84tf (0.7) [1.00]	2.84tf	200万回以上	4.0tf (0.98)	棒材破断
KB6-7-2	3.25tf (0.8) [1.18]	2.75tf	6,950回	—	棒材疲労破断
KB6-7-3	3.05tf (0.75) [1.07]	2.85tf	59万6,330回	—	棒材疲労破断
KB8-4-1	2.89tf (0.45) [1.07]	2.70tf	200万回以上	6.9tf (1.08)	棒材破断
KB8-4-2	3.54tf (0.55) [1.29]	2.75tf	200万回以上	6.9tf (1.08)	棒材破断
PC7-4-1	3.00tf (0.52) [1.00]	3.00tf	200万回以上	6.19tf (1.07)	棒材破断
PC7-4-2	3.50tf (0.6) [1.20]	2.92tf	9万7,260回	—	棒材疲労破断
PC7-6-1	3.50tf (0.6) [1.08]	3.25tf	154万7,300回	—	棒材疲労破断
PC7-6-2	4.07tf (0.7) [1.25]	3.24tf	22万5,490回	—	棒材疲労破断

() 静的耐力に対する比
 [] ひびわれ発生荷重に対する比

ひびわれ発生荷重付近で繰り返しを受けたNo.1供試体は、PC7-6-1供試体(約155万回)を除き、いずれも200万回の繰り返し载荷に耐え、残存静的強度比はいずれも0.9~1.08となり、十分な疲労寿命を示した。ひびわれ発生荷重より18%大きな繰り返し载荷を受けたKB6-6-2供試体(初期緊張力0.6Pu)は約155万回で破壊し、KB6-7-2供試体(初期緊張力0.7Pu)は寿命が非常に小さく約7000回で破壊した。このように、ひびわれ発生荷重を上回る繰り返し载荷を受けると、初期緊張力が疲労寿命に及ぼす影響が大きくなるものと考えられる。初期緊張力、上限荷重比の等しいKB6-6シリーズとPC7-6シリーズを比較すると、No.1、No.2供試体ともにKB6-6シリーズの方が疲労寿命は大きくなった。下縁プレストレス量の等しいPC7-4-1供試体とKB8-4-1、KB8-4-2供試体は、いずれも200万回の繰り返し载荷に耐えたものの、PC7-4-2供試体の疲労寿命は約10万回と小さくなった。この原因としてPC7-4-2供試体の応力振幅が大きいことが考えられるが、アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの疲労寿命は、PC鋼線を用いたものと同等と考えられる。

たわみと繰り返し回数との関係を図-3に示す。たわみは上限荷重時での値である。上限荷重がひびわれ発生荷重付近(1)図であると、PCシリーズは直線的に緩やかに増加するが、KBシリーズでは10万回~50万回あたりでたわみが急増する。これは繰り返し载荷によるKBシリーズの剛性低下が、PCシリーズより大きいことが原因と考えられる。更に、KBシリーズのたわみの増加率は、KB8シリーズよりもKB6シリーズのほうが大きい。これは、KB6シリーズの疲労による付着の劣化が大きく、棒材径の影響が考えられる。上限荷重を上限荷重比で5~10%高める(2)図と、著しい差は少ないものの、同様の傾向が観察される。また、処女载荷時のたわみが、上限荷重比を5~10%大きくすることにより、KB6-7シリーズ(上限荷重比5%増)で3.1mm、KB8-4シリーズ(10%増)で3.6mm、PC7-6シリーズ(10%増)で0.6mm増加した。このように、アラミド繊維棒材を緊張材として使用すると、高荷重域での曲げ剛性低下が大きい傾向にある。

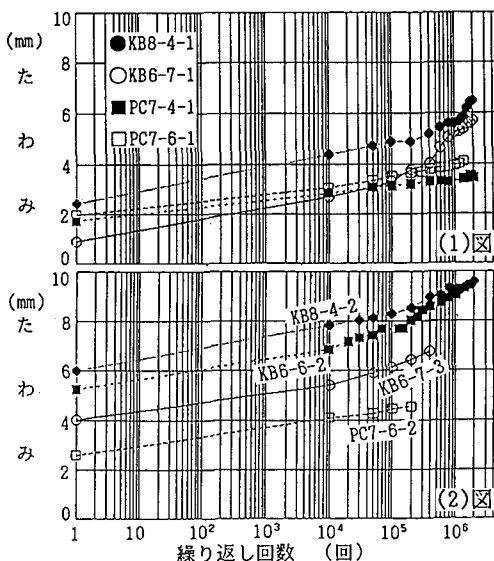


図-3 たわみと繰り返し回数との関係

アラミド繊維棒材を緊張材として用いたはりの疲労寿命はPC鋼線を用いたはりと同等であり、付着性能に関しても大差はない。しかし、アラミド繊維棒材を用いた場合、ひびわれ発生後のはり剛性等の性状がPC鋼線を用いる場合とではかなり異なるため、設計上においても注意が必要と考えられる。