

アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの疲労寿命

立命館大学理工学部 正員 児島孝之 正員 高木宣章
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
立命館大学大学院 学生員 ○崎山義之

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。本研究では、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棒材使用を標準として、引張側棒材の初期緊張力を棒材引張耐力の60%、70%の2種とし、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%のはりも作製した。圧縮側棒材の緊張力は引張側棒材の約60%とした。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、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载荷条件を図-1に示す。供試体の形状寸法は15×15×210cmである。セメントには早強ボ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。载荷は支持スパン150cm、曲げスパン50cmの3等分点载荷で、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。

3. 実験結果および考察

静的試験結果を表-3に、疲労試験結果を表-4に示す。200万回までに破壊したはりはずべて棒材破断により疲労破壊した。200万回の繰り返し载荷に耐えたはりも、その後の静的载荷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。ひびわれ状況は、PCシリーズと

表-1 供試体の名称・要因

供試体名	緊張材の種類	下側棒材の 初期緊張力	下縁プレス トレス量	上限荷重比
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 Pu		0.7
KB6-7-2				0.8
KB6-7-3				0.75
KB8-4-1	アラミドφ8	0.41Pu	56.5kgf/cm ²	0.45
KB8-4-2				0.55
PC7-4-1	P C鋼線φ7	0.44Pu	74.6kgf/cm ²	0.52
PC7-4-2				0.6
PC7-6-1		0.6 Pu		0.6
PC7-6-2				0.7

Pu; 棒材引張耐力

Pu:棒材引張耐力

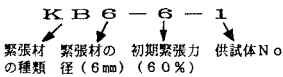


表-2 棒材の物性値

種類	アラミド		PC鋼線
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	6.6×10 ⁵	20.0×10 ⁵
伸び (%)	2.4	1.9	8.0

PC鋼線の降伏点は13900kgf/cm²

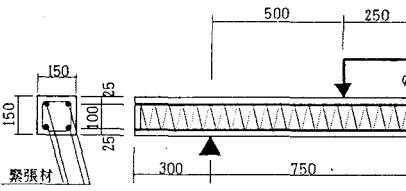


図-1 供試体の形状寸法および载荷条件

表-3 静的試験結果

供試体	ひびわれ発生荷重	破壊荷重	破壊形式
KB6-7-3	2.54tf	4.06tf	棒材破断
KB8-4-3	2.72tf	6.43tf	せん断圧縮
PC7-4-3	2.64tf	5.82tf	圧壊

KB 8シリーズでは、5～8本のひびわれが発生し分散もよいが、KB 6シリーズはひびわれ本数は3～5本と少なかった。

棒材の応力振幅と疲労寿命との関係を図-2に示す。応力振幅は、曲げスパン内の引張側棒材に貼付したひずみゲージより求めたものであり、棒ひずみの値が繰返し回数やひびわれ発生状況により変化するため、Nilsonの近似解法(Ⅲ種PC断面と仮定)によって求めた理論値に比較的近い処女載荷から繰返し載荷5万回までの値を用いた。棒ひずみの値は特に径6mmのアラミド繊維棒材を緊張材として用いると、径8mmのアラミド繊維棒材やPC鋼線を用いたはりと比較して大きくばらつく傾向がみられた。これはひびわれ本数が少ないことに起因していると考えられる。

ひびわれ発生荷重付近で繰返しを受けたNo.1供試体は、PC7-6-1供試体(155万回)を除き、いずれも200万回の繰返し載荷に耐え、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。次にNo.2供試体について着目する。ひびわれ発生荷重より18%大きな繰返し載荷を受けたKB6-6-2供試体(初期緊張力0.6Pu)は約155万回で破壊し、K

B6-7-2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。同様の傾向がKB6-7-3、KB8-4-1にもみられた。このように、ひびわれ発生荷重を上回る繰返し載荷を受けると、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長くなった。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供試体については、いずれも200万回の繰返し載荷に耐えたものの、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たことが考えられるが、全体的にみると、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。

4. まとめ

(1) アラミド繊維棒材を使用したはりは、ひびわれ発生荷重付近での繰返し載荷を受けてもPC鋼線を使用したはり同様十分な疲労寿命を示し、それを上回る繰返し載荷を受けた場合もPC鋼線を用いたはりと同等であった。

(2) 初期緊張力を高めると、ひびわれ発生荷重を上回る繰返し載荷を受けた場合、上限荷重のひびわれ荷重からの増加分が疲労寿命に及ぼす影響が大きくなった。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。

表-4 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	155万3,440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	58万6,330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	9万7,280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	22万5,480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

() 残存静的強度比

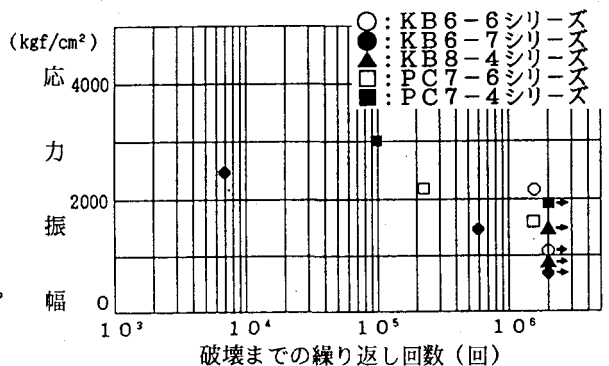


図-2 棒材の応力振幅と疲労寿命の関係