

立命館大学理工学部 正員 児島孝之 正員 高木宣章  
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○嶋山義之

1. はじめに

繊維棒材単独の疲労強度は、従来のPC鋼線のものと同様以上であることが報告されている。しかし、繊維棒材を補強材として用いた部材の静的挙動については明らかになりつつあるが、動的挙動については研究例が少ないのが現状である。本研究は、繊維棒材を緊張材として用いたプレテンション部材の疲労寿命に及ぼす初期緊張力、上限荷重の影響をPC鋼線を用いたはりと比較検討を行ったものである。

2. 実験概要

使用した供試体の名称・要因を表-1に、棒材の機械的性質を表-2に示す。緊張材として、φ6、φ8のアラミド棒材とφ7のPC鋼線を使用した。引張側棒材の初期緊張力は、アラミド棒材を使用した供試体においては0.4Pu、0.6Pu、0.7Puの3水準、PC鋼線を使用した供試体は0.4Pu、0.6Puの2水準とした(Pu：棒材引張耐力)。本実験では、アラミドφ6棒材の使用を標準とし、コンクリート下縁の導入プレストレス量が同等程度となるように棒材径、初期緊張力を決定した。上限荷重は各シリーズともNo.1供試体については、ひびわれ発生荷重付近とし、No.2~4供試体については、No.1供試体よりも上限荷重比(静的耐力に対する)で5~30%上回る荷重とした。下限荷重はいずれも0.5tfとした。早強ボルトランドセメントを使用し、試験時の圧縮強度は約700~800kgf/cm<sup>2</sup>である。供試体の形状寸法及び

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 |
|----------|--------|------------|-------------------------|-------|
| KB 6-6-1 | アラミドφ6 | 0.6 Pu     | 46.5kgf/cm <sup>2</sup> | 0.6   |
| KB 6-6-2 |        |            |                         | 0.7   |
| KB 6-6-3 |        |            |                         | 0.8   |
| KB 6-7-1 | アラミドφ6 | 0.7 Pu     | 56.5kgf/cm <sup>2</sup> | 0.7   |
| KB 6-7-2 |        |            |                         | 0.75  |
| KB 6-7-3 |        |            |                         | 0.8   |
| KB 8-4-1 | アラミドφ8 | 0.41Pu     | 56.5kgf/cm <sup>2</sup> | 0.45  |
| KB 8-4-2 |        |            |                         | 0.55  |
| KB 8-4-3 |        |            |                         | 0.65  |
| KB 8-4-4 |        |            |                         | 0.75  |
| PC 7-4-1 | PC鋼線φ7 | 0.44Pu     | 56.5kgf/cm <sup>2</sup> | 0.52  |
| PC 7-4-2 |        |            |                         | 0.6   |
| PC 7-6-1 | PC鋼線φ7 | 0.6 Pu     | 74.6kgf/cm <sup>2</sup> | 0.6   |
| PC 7-6-2 |        |            |                         | 0.7   |

Pu：棒材引張耐力 上限荷重比：静的耐力に対する比

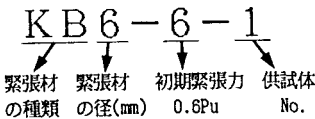


図-1に示す。供試体の形状寸法は15×15×210cmである。載荷は支持スパン150cm、曲げスパン50cmの3等分点載荷で、疲労試験に先立ち各棒材ごとに一体の静的試験を行い破壊荷重を確認した。疲労試験時の載荷速度は2~4Hzで正弦波による部分片振り載荷とした。なお、200万回の繰返し載荷に耐えた供試体は、その後静的載荷により破壊させた。

3. 結果及び考察

疲労試験結果を表-3に、得られたS-N図を図-2に示す。本実験では、棒ひずみの測定値にばらつきがみられ、応力振幅による整理が困難であったため、S-N図の縦軸を上限荷重比(静的耐力に対する)で表示した。横軸は破壊までの繰返し回数である。200万回までに破壊した供試体はいずれも棒材疲労破断により破壊した。200万回の繰返し載荷に耐えた供試体についても、

表-2 棒材の機械的性質

| 種類                         | アラミド                | PC鋼線                |
|----------------------------|---------------------|---------------------|
| 呼び径(mm)                    | 6                   | 7                   |
| 引張耐力(tf)                   | 3.8                 | 6.4                 |
| 引張強度(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 15200               | 12800               |
| 弾性係数(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 6.4×10 <sup>5</sup> | 6.6×10 <sup>5</sup> |
| 伸び(%)                      | 2.4                 | 1.9                 |

PC鋼線の降伏点は13900kgf/cm<sup>2</sup>

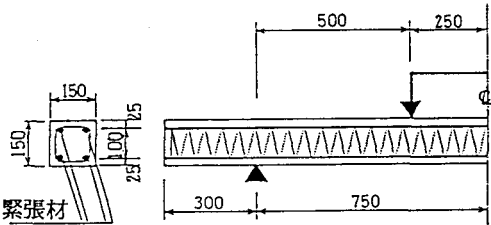


図-1 供試体の形状寸法および載荷条件

その後の静的荷重により棒材破断で破壊した。ひびわれ発生荷重付近で繰返し荷重を行った供試体は、PC7-6-1供試体（約155万回）を除き、いずれも200万回の繰返し荷重に耐え、残存静的強度比も0.9～1.08となり、十分な疲労寿命を示した。アラミド棒材を使用した供試体は、S-N図の勾配がP C鋼線を使用した供試体と比較して緩やかになる傾向が見られた。上限荷重比で200万回疲労強度を表すと、アラミド棒材を使用し、初期緊張力0.6Pu, 0.7Puとした供試体は約70%、初期緊張力0.4Puとした供試体は約65%であり、初期緊張力に関係なくほぼ同程度であった。P C鋼線を使用した供試体の疲労強度は、データが少ないので一概には言えないが約55～60%であった。アラミド棒材を使用した供試体の200万回疲労強度は、P C鋼線を使用した供試体と同等以上であると考えられる。

200万回近傍までの繰返し荷重に耐えた供試体の荷重比（静的耐力に対する）－たわみ曲線の一例を図-3に示す。アラミド棒材を使用した供試体は、P C鋼線を使用した供試体と比較し、ひびわれ発生後の剛性低下が大きく、変形が大きくなる。初期緊張力が0.4Pu～0.7Puの範囲内では、疲労寿命に及ぼす影響は小さいので、変形を小さくするために、初期緊張力を大きくする方が効果的であると考えられる。

表-3 疲労試験結果

| 供試体名     | 上限荷重(比)      | Pcr    | 破壊回数      | Pu(比)       | 破壊形式   |
|----------|--------------|--------|-----------|-------------|--------|
| KB 6-6-1 | 2.44tf (0.6) | 2.43tf | 200万回以上   | 3.7tf(0.90) | 棒材破断   |
| KB 6-6-2 | 2.84tf (0.7) | 2.41tf | 155万3440回 | —           | 棒材疲労破断 |
| KB 6-6-3 | 3.25tf (0.8) | 2.54tf | 4万6000回   | —           | 棒材疲労破断 |
| KB 6-7-1 | 2.84tf (0.7) | 2.84tf | 200万回以上   | 4.0tf(0.98) | 棒材破断   |
| KB 6-7-2 | 3.05tf(0.75) | 2.85tf | 59万6330回  | —           | 棒材疲労破断 |
| KB 6-7-3 | 3.25tf (0.8) | 2.75tf | 6950回     | —           | 棒材疲労破断 |
| KB 8-4-1 | 2.89tf(0.45) | 2.70tf | 200万回以上   | 6.9tf(1.08) | 棒材破断   |
| KB 8-4-2 | 3.54tf(0.55) | 2.75tf | 200万回以上   | 6.9tf(1.08) | 棒材破断   |
| KB 8-4-3 | 4.18tf(0.65) | 2.75tf | 200万回以上   | 6.3tf(0.98) | 棒材破断   |
| KB 8-4-4 | 4.82tf(0.75) | 2.75tf | 2万3630回   | —           | 棒材疲労破断 |
| PC 7-4-1 | 3.00tf(0.52) | 3.00tf | 200万回以上   | 6.2tf(1.07) | 棒材破断   |
| PC 7-4-2 | 3.50tf (0.6) | 2.92tf | 9万7260回   | —           | 棒材疲労破断 |
| PC 7-6-1 | 3.50tf (0.6) | 3.25tf | 154万7300回 | —           | 棒材疲労破断 |
| PC 7-6-2 | 4.07tf (0.7) | 3.24tf | 22万5460回  | —           | 棒材疲労破断 |

Pcr: ひびわれ発生荷重 ( ) 静的耐力に対する比  
Pu: 残存静的強度

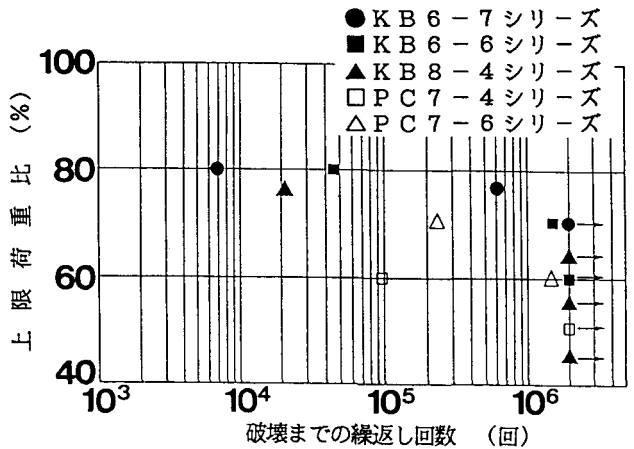


図-2 S-N図

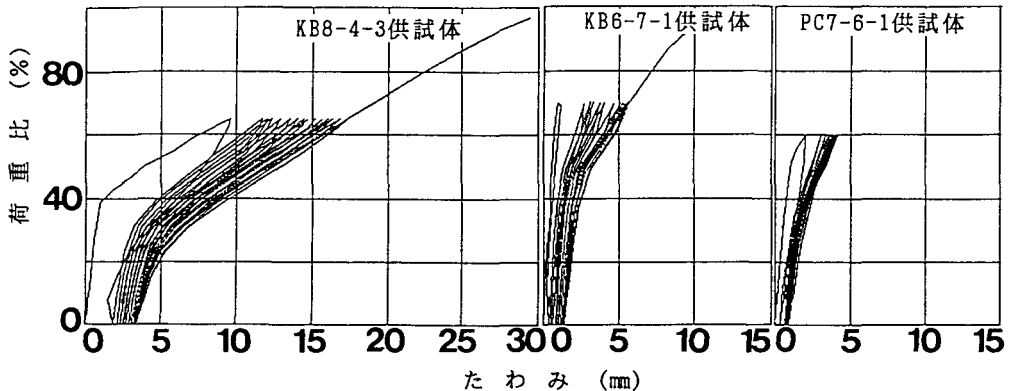


図-3 荷重比-たわみ曲線

#### 4. まとめ

本実験で得られた結論を以下に述べる。

- ①アラミド棒材を使用した供試体の疲労寿命は、P C鋼線を使用したものと同等以上である。
- ②実用的な初期緊張力の範囲内では、疲労寿命は上限荷重比で決まる。