

立命館大学理工学部 正員 児島孝之 立命館大学理工学部 正員 高木宣章
 側ビーエス 正員 崎山義之 立命館大学大学院 学生員 水田崇志

1. はじめに

連続繊維補強材の効果的利用法として、橋梁、海洋構造物等のPC緊張材として使用することが考えられている。海洋構造物では、常時、湿润状態において繰り返し荷重を受けることになるが、この方面の研究が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PCはりの水中疲労試験を行い、疲労性状に及ぼす水の影響について検討した。

2. 実験概要

疲労試験の実験計画を表-1に示す。緊張材として、組紐状アラミド繊維棒材(径6、8mm)とPC鋼線(径7mm)を使用し、機械的性質を表-2に示す。下側棒材の初期緊張力は、アラミド繊維棒材では棒材の引張耐力の60%と40%、PC鋼線では引張耐力の40%とし、上側棒材の緊張力は下側棒材の60%としたプレテンション方式のPCはりである。せん断補強筋は径3mmのアラミド繊維棒材で、ピッチ35mmのフープ状とした。超早強ポルトランドセメントを使用し、水セメント比を40%とし、圧縮強度は約800kgf/cm²であった。供試体の寸法を図-1に示す。供試体は15×15×210cmとし、かぶり(緊張材中心までの距離)2.5cmの位置に緊張材を上下2本ずつ配置した。支持スパン150cm、曲げスパン50cmの3等分点荷重で、a/dは4.0である。疲労試験前に静的荷重試験を実施し、ひびわれ発生荷重、静的破壊荷重を確認した。疲労試験における下限荷重はいずれも0.5tfとし、荷重速度は2~4Hzである。200万回繰返し荷重しても破壊しなかったのは、静的荷重により破壊させた。なお、同条件で行った気中疲労の試験結果[1]とともに、比較検討を行った。

3. 実験結果と考察

破壊状況：疲労試験結果を表-3に、ひびわれ状況図を図-2に示す。水中疲労試験におけるひびわれは、すべて曲げスパン内で発生した。処女荷重時に曲げひびわれは圧縮棒材付近まで達し、その後、水平に向きを変え、圧縮棒材に沿ってはり軸方向に発達した。この軸方向に沿うひびわれの発達は気中においても見られたが、水中の方が著しく進展した。繰返し荷重の初期の段階(数千回程度)では、

表-1 実験計画

供試体名	緊張材種類	下側棒材の初期緊張力	下縁プレストレス量	上限荷重比
KB6-6-70W	アラミド6mm	0.60Pu	45kgf/cm ²	70%
-92W				92%
KB8-4-40W				40%
-52W	アラミド8mm	0.40Pu	59kgf/cm ²	52%
-60W				60%
-70W				70%
PC7-4-50W	PC鋼線7mm	0.43Pu	57kgf/cm ²	50%
-60W				60%

上限荷重比: 静的耐力に対する比
 Pu : 緊張材の引張耐力

表-2 緊張材の機械的性質

種類	アラミド		PC鋼線
呼び径 (mm)	6	8	7
弾性係数(kgf/cm ²)	7.4×10 ⁵	7.4×10 ⁵	20.0×10 ⁵
引張耐力(tf)	3.62	7.06	6.10
伸び率 (%)	2.24	2.33	8.00

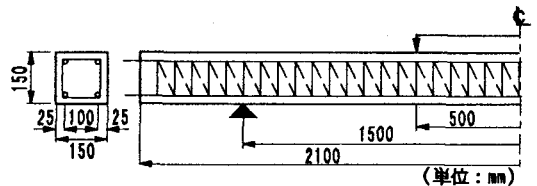


図-1 供試体寸法

表-3 疲労試験結果

供試体名	上限荷重	Pcr	破壊回数	Pu(比)	破壊形式
KB6-6-70W	2.52tf	3.42tf	569,230		F(B)
KB6-6-92W	3.40tf	3.40tf	1,080		F(B)
KB8-4-40W	2.92tf	3.60tf	2,000,000	6.7tf(0.92)	S(B)
KB8-4-52W	3.80tf	3.78tf	261,770		F(C)
KB8-4-60W	4.37tf	3.65tf	12,800		F(C)
KB8-4-70W	5.10tf	3.65tf	1,670		F(B)
PC7-4-50W	2.91tf	3.78tf	2,000,000	3.8tf(0.64)	F(B)
PC7-4-60W	3.50tf	3.88tf	337,400		F(B)

Pcr: ひびわれ発生荷重

F: 疲労破壊

Pu: 残存静的強度

S: 200万回後の静的破壊

(): 静的耐力に対する比

B: 棒材破断

C: コンクリートの剥離による破壊

Takayuki Kojima,

Nobuaki Takagi,

Yoshiyuki Sakiyama,

Takashi Mizuta

ひびわれ先端付近から乳白色の微粒子の噴出が見られ、繰り返し载荷につれて、微粒子の噴出範囲が狭くなっていくのが観察された。これは、鉄筋コンクリートはりの水中疲労時のせん断ひびわれの進展状況と同様の傾向であった[2][3]。曲げひびわれはひびわれ面の単なる開閉と考えられるが、圧縮棒材に沿う軸方向のひびわれは微粒子の噴出を伴うことから、ひびわれ先端部に何らかの‘ずれ応力’が作用しているものと推察される。ひびわれ面のこのずれ部分に水が影響し、ひびわれの進展が加速されたものと考えられる。

疲労寿命： 上限荷重比(S)と破壊までの繰り返し回数(N)の関係を図-3に示す。アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの気中疲労性状は、PC鋼線を用いたはりと大差なく、同等以上の疲労性状を有することを確認している[1]。気中疲労では、すべて棒材破断で破壊に至ったが、水中疲労では、棒材破断およびコンクリートの剥離による破壊の2つの形式に分かれた。ここでのコンクリートの剥離による破壊は、圧縮棒材に沿うひびわれの進展が水の作用により加速されて、コンクリートの圧縮部が剥離して‘浮き上がり’、抵抗力を失う破壊である。

KB8-4シリーズの200万回疲労強度は、気中では上限荷重比で約65%、水中では約40%であり、水中の方が著しく低下した。これは、気中ではすべて棒材破断による破壊であったのに対し、水中ではコンクリートの剥離により破壊したためである。コンクリートの剥離により破壊するはりは、水中疲労寿命が著しく低下する結果となった。KB6-6シリーズ・上限荷重比70%での気中、水中疲労寿命は、各々約155万回、56万回であり、水中疲労寿命が気中よりやや低下したが、はりはともに棒材の疲労破断で破壊した。S-N曲線から判断して、KB6-6、PC7-4シリーズの様に、気中と水中の破壊形式が同じ棒材破断であれば、疲労寿命に及ぼす試験環境の影響は少なく、水中においても気中疲労と同等の疲労性状を有するものと考えられる。

4. 結論

- ① アラミド繊維棒材を緊張材としたプレテンションPCはりは、気中ではすべて棒材破断で破壊したが、水中では、棒材破断とコンクリートの剥離による破壊に分かれた。
- ② コンクリートの剥離により破壊するはりは、疲労寿命が気中よりも著しく低下した。
- ③ 水中において棒材破断で破壊するはりは、気中とほぼ同等の疲労性状を有し、200万回水中疲労強度は、気中と同様に、アラミド繊維棒材を使用したはりの方がPC鋼線を用いたはりより大きくなる。

【参考文献】

- [1] 岩本・児島・高木・崎山：アラミド繊維緊張材を用いたPCはりの疲労特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.15，No2，pp.817-822，1993
- [2] 前岡・今井・児島：鉄筋コンクリートはりの疲労寿命に及ぼす水の影響に関する研究，土木学会第38回年次学術講演会講演概要集，第5部 1983
- [3] N,Takagi・M,Ikeda・T,Kojima：Fatigue of Reinforced Silica Fume Concrete Beam under the Environment of Water or Chloride Solution, ACI SP-123, Vol.2, pp.1229-1249, 1992

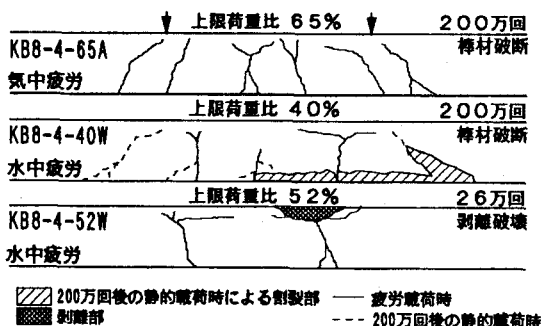


図-2 ひびわれ状況図

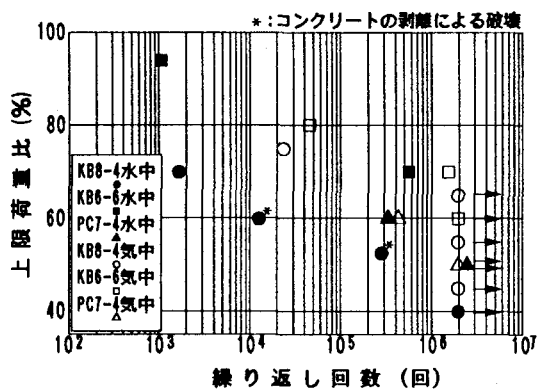


図-3 S-N図