

立命館大学理工学部 正会員 児島孝之 正会員 高木宣章
(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 水田崇志 立命館大学大学院 学生員○松尾真紀

1. はじめに

高強度、耐腐食性等に優れた連続繊維棒材の有効な利用法の一つとして、環境条件の厳しい海洋構造物のPC緊張材への適用が考えられる。本研究は、連続繊維棒材を緊張材としたPCはりの疲労寿命に及ぼす水の影響について検討を行ったものである。

2. 実験概要

実験計画を表-1に、補強材の機械的性質を表-2に示す。緊張材として呼び径8mmの組紐状アラミド繊維棒材 (AFRP) と、呼び径7.5mmのより線状炭素繊維棒材 (CFRP) を使用した。下側棒材の初期緊張力は、棒材引張耐力 (Pu) の50%とし、上側棒材の緊張力は、下側棒材の初期緊張力の60%としたプレテンション方式のPCはりである。

せん断補強筋には呼び径5mmのCFRPをピッチ35mmのフープ状に配置した。供試体寸法および荷重条件を図-1に示す。緊張材はかぶり (緊張材中心までの距離) 3cmの位置に上下2本ずつ配置した。支持スパン180cm、曲げスパン30cm、せん断スパン有効高さ比 (a/d) は3.6とした。コンクリートには早強ポルトランドセメントを使用し、試験時の圧縮強度は約500~600kgf/cm²であった。静的荷重試験により、ひびわれ発生荷重、静的破壊耐力を確認した後、疲労試験を行った。疲労試験は下限荷重をいずれも0.5tfとした部分片振り荷重で、荷重速度は2~6Hzとした。200万回の繰返し荷重に耐えた供試体は、静的荷重により破壊させた。

3. 実験結果および考察

疲労試験結果を表-3、上限荷重比 (S) と破壊までの繰返し回数 (N) の関係を図-2に示す。図-2中には、矩形断面はりの試験結果 [1] も合わせて表示している。気中では、すべてのはり曲げスパン内の引張側棒材の疲労破断によって破壊した。疲労寿命を上限荷重比で表す場合、はりの断面形状、初期緊張力、緊張材の径の相違が疲労寿命に与える影響は見られないが、緊張材の種類による影響が観察された。AFRPおよびCFRPを緊張材として用いたはり、PC鋼線を緊張材として用いたはりよりも200万回疲労強度が大きくなり、PC鋼線と同等以上の疲労性状を有するものと考えられる。

矩形断面はりのA6-6シリーズのように、水中においても棒材の疲労破断により破壊するはりでは、疲労寿命に及ぼす試験環境の影響は観察されず、200万回疲労強度は気中、水中とも約70%であった。

表-1 実験計画

断面形状	緊張材	径	下側棒材の初期緊張力	プレストレスト	試験環境
T形	AFRP	8mm	0.5Pu	53.0	気中
	CFRP	8mm	0.5Pu	51.1	水中

Pu: 棒材引張耐力
上限荷重比: 静的耐力に対する比
プレストレスト量: 初期緊張力により算定し、コンクリート下縁の値

表-2 補強材の機械的性質

種類	AFRP	CFRP
呼び径(mm)	8	5
破断荷重(kgf)	7060	2020
引張強度(kgf/cm ²)	17300	20000
弾性係数(kgf/cm ²)	740000	1380000
伸び(%)	2.3	1.6

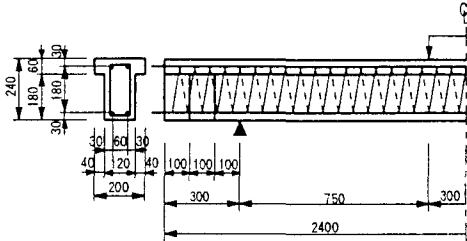
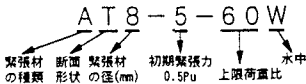


図-1 供試体寸法および荷重方法 (単位: mm)

表-3 疲労試験結果

断面形状	環境	供試体名	上限荷重(比)	Pcr (tf)	破壊回数	破壊形式
T型断面	気中	AT8-5-70	5.32tf(70%)	4.50	2,000,000	S(B)
		-75	5.70tf(75%)	3.75	443,300	F(B)
		CT8-5-80	5.95tf(80%)	4.25	1,400,000	F(B)
		-85	6.32tf(85%)	4.50	2,000,000	S(B)
		-90	6.70tf(90%)	4.25	2,000,000	S(B)
		AT8-5-50W	3.80tf(50%)	4.50	2,000,000	S(B)
	水中	-55W	4.18tf(55%)	4.50	1,249,700	F(C)
		-60W	4.56tf(60%)	4.56	461,200	F(C)
		CT8-5-60W	4.46tf(60%)	4.50	1,920,000	F(C)
		-65W	4.84tf(65%)	4.75	2,000,000	S(B)
		-70W	5.20tf(70%)	4.25	399,180	F(C)
		-80W	5.95tf(80%)	4.50	45,420	F(C)
-85W	6.32tf(85%)	4.50	40,000	F(C)		

Pcr: ひびわれ発生荷重
F: 疲労破壊
S: 200万回後の静的破壊
B: 棒材破断
C: 剥離破壊



しかし、矩形断面はりのA8-4シリーズおよびT形断面はりでは、試験環境が疲労寿命に大きな影響を及ぼした。これらのはりでは、気中では曲げスパン内の棒材破断により破壊したが、水中ではコンクリートの剥離によって破壊した。気中と水中で破壊形式が異なるはりでは、水中での200万回疲労強度が気中より著しく低下した。水中では、T形断面はりではすべてコンクリートの剥離によって破壊したのに対し、矩形断面はりでは棒材の疲労破断とコンクリートの剥離による破壊に分かれた。これは、コンクリートの圧縮強度が矩形断面はりで約700～800kgf/cm²、T形断面はりで約500～600kgf/cm²であり、矩形断面はりの方がかなり大きいことが影響しているものと考えられる。また、疲労寿命を上限荷重比で表す場合、気中同様にAFRPより、CFRPを緊張材として用いたはりの方が200万回疲労強度が大きい結果となった。

水中疲労試験時の代表的なひびわれ状況図を図-3に示す。上限荷重比が高い場合には、せん断スパンにもひびわれが生じたが、繰返し載荷によるひびわれの進展は見られず、プレストレスがせん断ひびわれの進展防止に有効に作用したものと考えられる。矩形断面はりでは、曲げひびわれが圧縮棒材に沿うように進展し、この軸方向ひびわれが水の作用によって加速され、その後、はり上縁に達すると比較的早い段階にコンクリートの圧縮部が浮き上がるようにして破壊した。T形断面はりでは、曲げひびわれがフランジ付近で水の作用により多数に分岐し、このひびわれがはり上縁に達しても数万回の繰返し載荷に耐えるものの、圧縮部コンクリートの骨材がモルタルと分離し、粉々になるようにして破壊した。矩形、T形断面はりとも、ひびわれの進展は同じ傾向にある。しかし、T形断面はりの圧縮部コンクリートの損傷が著しいのは、圧縮部コンクリートに作用する応力が小さいために、軸方向ひびわれがはり上縁に達した後、比較的長い期間水の作用を受けるためと考えられる。

4. 結論

- (1) 緊張材にAFRPおよびCFRPを用いたはりでは、PC鋼線を用いたはりと同様以上の疲労性状を有するものと考えられる。
- (2) 気中では棒材破断によって破壊するが、水中ではコンクリートの剥離によって破壊するはりでは、水中疲労寿命が気中に比べて著しく低下する。
- (3) プレストレスがせん断ひびわれの進展防止に有効に作用している。しかし、曲げスパン内の圧縮部に生じるひびわれの進展は、水の作用によって加速される。

謝辞：本実験の供試体作製にあたって、ピーシー橋梁（株）竹内正喜氏に多大な協力を頂きましたことを付記し、御礼申し上げます。

<参考文献>

- [1] 崎山・児島・高木・水田：アラミド繊維棒材を緊張材としたPCはりの疲労性状に及ぼす水の影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.16，No.2，pp.1039～1044，1994

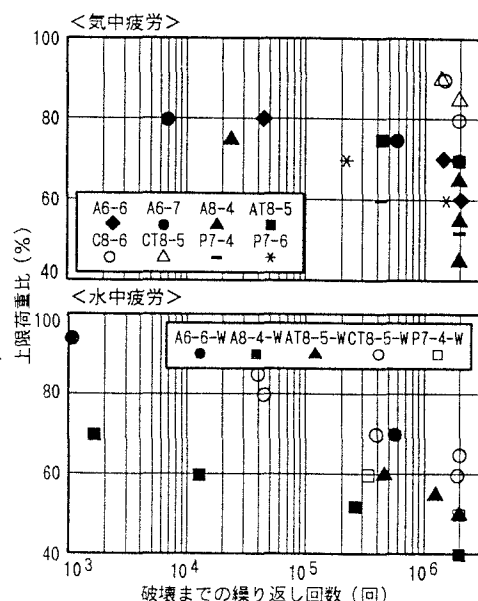


図-2 上限荷重比と破壊までの繰返し回数の関係

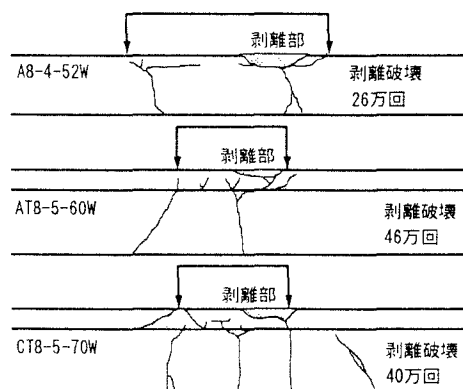


図-3 ひびわれ状況図