

立命館大学 正会員 児島孝之 正会員 高木宣章
立命館大学大学院 学生員 ○松尾真紀
同 上 正会員 岩本 勲（近畿コンクリート工業）

1. はじめに

高強度、耐腐食性等に優れた連続繊維補強材の有効な利用方法の一つとして、環境条件の厳しい海洋構造物のPC緊張材としての利用が考えられる。連続繊維補強材を用いると、このような苛酷な環境でも部材にひびわれを許容することも可能である。しかしそのような場合には、フルプレストレスでは問題とならなかった部材の「疲労」を考慮する必要がある可能性もある。本研究は、アラミドと炭素繊維棒材を緊張材としたプレテンションPCはりの疲労試験を実施し、はりのせん断スパン有効高さ比と環境としての水が、疲労性状におよぼす影響について検討したものである。

2. 実験概要

緊張材として呼び径8mmの組紐状アラミド繊維棒材と、呼び径7.5mmのより線状炭素繊維棒材を使用した。連続繊維補強材の力学的特性を表-1に示す。下側棒材の初期緊張力は、棒材引張耐力の50%とし、その時のコンクリート下縁のプレストレス量は、約50kgf/cm²である。はりの形状はT型はりであり、図-1にはりの形状寸法と載荷方法とを示す。

せん断補強には呼び径5mmのより線状炭素繊維棒材を、ピッチ35mmでフープ状に配置した。支持スパンは180cmで、せん断スパンを75cmと57.5cmの2種類とした。この時のせん断スパン有効高さ比(a/d)は、それぞれ3.6と2.7である。コンクリートは、水セメント比が45%で、疲労試験時の圧縮強度は500~600kgf/cm²であった。疲労試験は、下限荷重をいずれも0.5tfとした部分片振り載荷で、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. 実験結果および考察

上限荷重比と破壊までの繰返し回数との関係を図-2に示す。図中、Tの記号を付したものはa/dが2.7のはりで、無印はa/dが3.6のはりである。

〔疲労性状におよぼす水の影響〕はりは、静的に棒材引張破断型で設計し、静的試験と気中疲労試験では引張側棒材の（疲労）破断によって破壊した。その場合はりの疲労寿命は、主に連続繊維補強材の疲労強度によって決定され、炭素繊維棒材を緊張材としたはりの200万回疲労強度は、はりの静的強度に対する上限荷重比で約90%、アラミド繊維棒材を緊張材としたはりでは約70%となった。水中で疲労破壊したはりは、総てコンクリートの圧縮疲労破壊となり、炭素繊維棒材を緊張材としたはりの200万回疲労強度は約65%、アラミド繊維棒材を緊張材としたはりでは約50%となった。疲労性状におよぼす水の影響は、疲労破壊形式を棒材疲労破断型からコンクリート圧縮疲労破壊型へと変化させ、疲労寿命も上限荷重

表-1 連続繊維補強材

種 類	AFRP	CFRP
呼 び 径 (mm)	8	7.5
引張強度(kgf/cm ²)	17300	23500
弾性係数(kgf/cm ²)	740000	1420000
伸 び (%)	2.3	1.7

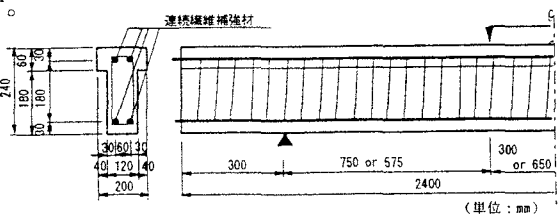


図-1 供試体の形状寸法および載荷方法

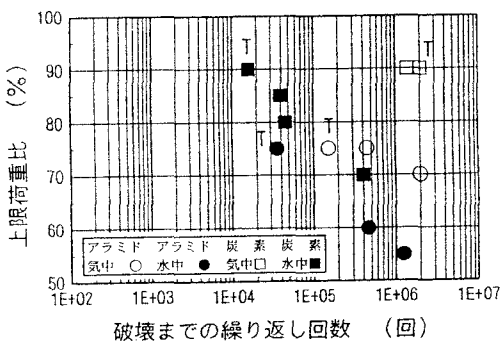


図-2 上限荷重比と破壊回数との関係

比で気中の場合よりも約30%低下した。コンクリートの水中における疲労強度の絶対値は、気中の疲労強度の約65～70%程度となることが報告されており¹⁾、はりのように応力勾配を持ったコンクリート圧縮部では、より顕著にこの兆候が生じる可能性がある。従って、海洋構造物のように、常に湿潤状態にある部材においては、棒材引張破断型で設計していても、コンクリートの圧縮疲労破壊となり疲労強度が気中よりも大幅に低下することがあるので、注意が必要である。

コンクリートの圧縮ひずみと繰返し回数との関係を図-3に示す。水中でコンクリートが圧縮疲労破壊したはりと、気中で棒材が疲労破断したはりと、間に、圧縮ひずみの明確な差は認められない。圧縮ひずみの大幅な増大は認められないのに、水中では圧縮疲労破壊した理由として、コンクリートの水中疲労時の破壊ひずみは、気中疲労時の破壊ひずみよりも20%以上低下する²⁾ことによると考えられる。緊張材がアラミド繊維棒材と炭素繊維棒材とでは、アラミド繊維棒材の方が弾性係数が小さいので、同じ上限荷重比では、アラミド繊維棒材を緊張材としたはりのコンクリート圧縮ひずみが大きくなる。そのために、水中ではアラミド繊維棒材を緊張材としたはりの方が炭素繊維棒材を緊張材としたはりよりも、疲労寿命が短くなると考えられる。

〔せん断スパン比が疲労性状におよぼす影響〕図-2中には、2種類の a/d のはりの試験結果を示している。同じ上限荷重比でも a/d が小さいはりの方が、上限荷重（絶対値）が大きくなるが、疲労寿命に両者の差は認め難く、気中においても水中においても、 a/d によって疲労寿命が大幅に変化することはないと思われる。また、本試験の範囲内では、破壊形式も変化しなかった。

せん断スパン内の載荷点から $a/4$ 点における、主引張ひずみと繰返し回数との関係を図-4に示す。何れの供試体も、繰返し回数が増加してもひずみはあまり変化していない。上限荷重比が70%以上の供試体には、何れもせん断スパン内にひびわれが発生し、このことはほぼ計算値に一致した。しかし、それらのひびわれは、繰返し載荷によってあまり進展しなかった。水中疲労試験におけるRCはりでは、斜めひびわれが水の作用により著しく進展し、コンクリートのせん断破壊に移行することがある³⁾。しかしPCはりでは、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するので、通常の設計におけるはりでは、せん断疲労破壊の可能性は少ないものと思われる。

4. まとめ

RCはりの疲労試験では、気中では曲げ引張破壊を起こすはりであっても、水中ではせん断破壊を生じやすいことが指摘されているが、連続繊維補強材を緊張材としたPCはりでは、せん断破壊は生じず、総てコンクリートの圧縮疲労破壊となった。これは、コンクリートの水中圧縮疲労強度が低下することによるもので、海洋構造物等湿潤状態にあるPC部材の設計には、注意が必要である。

〔参考文献〕1)井岡隆雄、大即信明：コンクリートの水中における疲労試験、土木学会第37回年次学術講演会概要集、第5部、pp. 303～304、1982

2)田政範、島田静雄：水で飽和されたモルタルの圧縮破壊および疲労特性に関する基礎的研究、土木学会論文報告集、第245号、pp. 65～76、1976

3)前岡隆顕、今井宏典、児島孝之：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、第5部、pp. 307～308、1983

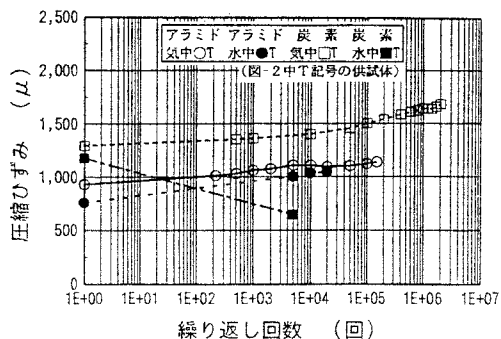


図-3 コンクリートの圧縮ひずみ

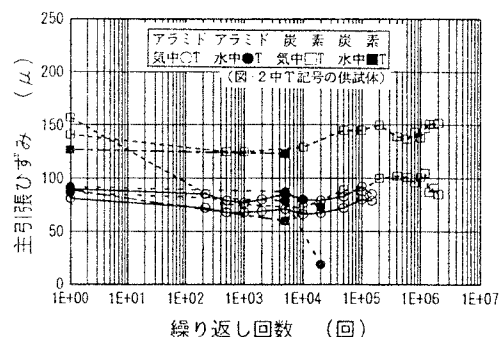


図-4 せん断スパン内の主引張ひずみ