

V-131

アラミド繊維製FRPロッドを緊張材としたPC構造物の疲労特性

住友建設(株) 技術研究所 正会員 中井 裕司
住友建設(株) 技術研究所 正会員 迎 邦博
住友建設(株) 土木部 正会員 本間 秀世

1. まえがき

近年、繊維強化プラスチックロッド（FRPロッド）を緊張材としてプレストレストコンクリート構造物に適用する研究が進められている。ところで、従来FRPロッドは一般のPC鋼材より弾性係数が低く明確な降伏点を有さないためにプレストレストコンクリート構造物としてのひび割れ発生以降の挙動に問題があるとされてきた。又、一方向強化材であるために定着部に種々の問題があり大容量化が困難とされてきた。

著者等は、80tonの耐力を有するアラミド繊維製FRPロッド（AFRPロッド）を緊張材とするテンドンを用いてポストテンション桁を製作し、これに対し、ひび割れモーメントを上回る上限曲げモーメントを与えて曲げ疲労試験を行っている。本報告は、その一連の実験の中間報告である。

2. 実験概要

本実験に使用したポストテンション桁は、桁長10.5m、桁高0.60mの矩形断面単純支持桁である。その形状寸法を図-1に示す。緊張材は、ひび割れが試験桁中央1/2スパンに均一に発生するように配置した。使用したテンドンは、 $\phi 6\text{mm}$ のAFRPロッドを19本収束し鋼製定着具の中に付着定着したものである。AFRPロッドは、付着性状を改善するために、引抜成形の過程にアラミド繊維を巻き付けることにより、異形化してある。AFRPロッドの諸元を表-1に示す。使用コンクリートは実験時圧縮強度が 650kg/cm^2 の早強コンクリートである。試験体は、6体製作した。

曲げ疲労試験は、緊張力を50tonに調整し、シース内にグラウトを充填した上で、実施した。中央断面の有効プレストレスによる桁応力度は、桁下縁で 93.3kg/cm^2 、桁上縁で -26.7kg/cm^2 である。実験に使用した疲労試験機は動的50ton、静的80tonの能力を有する。荷重載荷方法は、スパン長10.0mに対し荷重載荷スパン1.7mで、荷重制御とした。実験状況を写真-1に示す。この試験桁の計算上の破壊曲げモーメント(M_u)は $4.2\text{ton}\cdot\text{m}$ であり、破壊曲げモーメントの35%の曲げモーメントで試験体下縁に引張応力が発生し、45%でひび割れが発生する。実験は、下限曲げモーメントを $0.25M_u$ 、上限曲げモーメントを $0.65M_u$ 、および、 $0.55M_u$ として疲労載荷した。疲労載荷速度は上限曲げモーメント、 $0.65M_u$ で2Hz、 $0.55M_u$ で1.5Hzであった。更に、所定の回数まで載荷を繰り返した後に除荷し、静的に上限曲げモーメントまで荷重載荷し、たわみ量、歪分布、ひび割れの進展を測定した。あわせて静的破壊試験も行った。

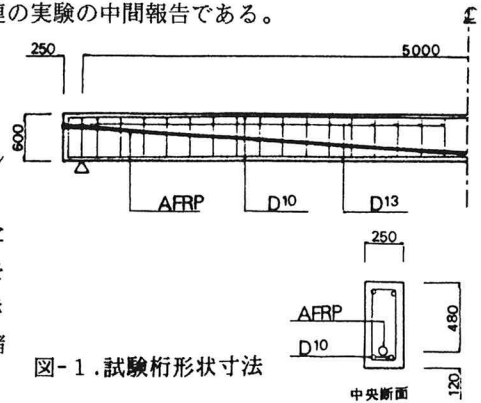


図-1. 試験桁形状寸法

表-1. AFRPロッドの諸元

項目	諸元
繊維名	テクノーラ
繊維体積混入率	65%
公称径	6mm
理論引張力	5700kg
弾性率	5400kg/mm ²

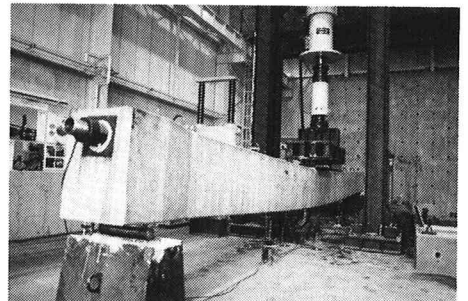


写真-1. 実験状況

3. 実験結果及び考察

試験桁の静的荷重試験の結果を図-2に示す。実験より得られた曲げモーメントたわみ曲線はほぼ計算値と一致しており、桁の破壊曲げモーメントは.95Muで、破壊形式はコンクリートの圧縮破壊であった。ひび割れは、試験桁中央1/2スパンに均一に発生した。各曲げモーメント荷重に対する桁の各構成材、すなわち、FRPロッド、コンクリート、鉄筋の応力度を表-2に示す。

疲労試験の結果、破壊形式は上限曲げモーメント.65Muの場合2400回の疲労荷重で圧縮破壊し、.55Muの場合200万回の疲労荷重では破壊せず、続いての静的荷重により圧縮破壊した。両ケースの曲げモーメントたわみ曲線を図-3、4に示す。

上限曲げモーメント.65Muの疲労試験では、1000回の疲労荷重で、ひび割れの進展、鉄筋の破断が起こり、たわみ量が約2倍に増加した。しかし、曲げモーメント.35Muまでは、全断面有効としたたわみ勾配に等しい。

上限曲げモーメント.55Muの疲労試験では、10万回の疲労荷重では桁の劣化はほとんど見られず、50万回荷重時にひび割れ進展がみられ、たわみが増加した。疲労試験後の静的荷重では、破壊曲げモーメントは.84Muであり、たわみ勾配が静的破壊試験より得られたたわみ勾配とほぼ等しく、同程度のたわみ量を示した。

AFRPロッドの弾性率が低いために、一般のPC鋼材を用いたプレストレスト構造物に比較して、ひび割れ発生以降、コンクリートに作用する応力は大きくなり、疲労破壊形式はコンクリートの圧縮破壊が先行しやすくなる。2例の疲労荷重試験結果では、AFRPロッドを緊張材としたポストテンション単純支持桁において、フルプレストレス状態を設計曲げモーメントとすると動的安全係数は1.6、疲労強度は.58となり、一般のプレストレストコンクリート構造物と同程度であった。又、疲労試験中、定着端でのプレストレス力の変化は認められなかった。

3. まとめ

AFRPロッドを緊張材としたPC構造物は、過大な曲げモーメントの履歴に対しても十分な耐力、変形性能を有すると考えられる。実験に使用したAFRPロッドは、東京大学生産技術研究所小林・魚本研究室、帝人㈱と共同開発したものである。

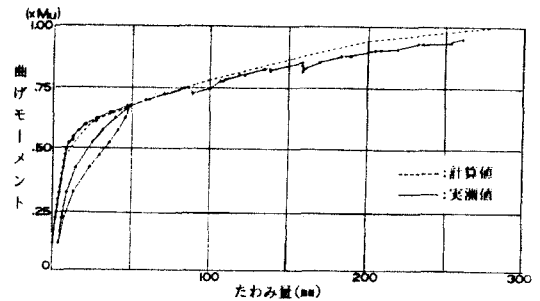


図-2. 静的荷重試験

表-2. 曲げモーメント荷重に対する構成材の応力

モーメント	AFRPロッド	上縁コンクリート	下段鉄筋
.25Mu	-9360	41	149
.55Mu	-9590	200	-1434
.65Mu	-10230	321	-3000
Mu	-17670	555	-3000

単位 (kg/cm²) + : 圧縮

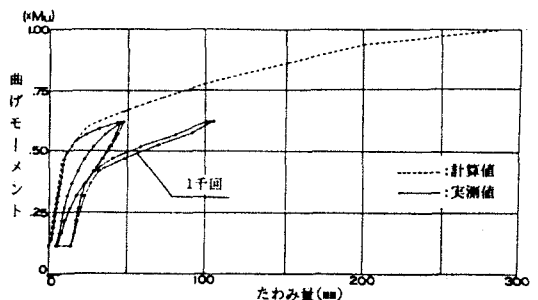


図-3. $M_{max} = .65Mu$ 疲労荷重

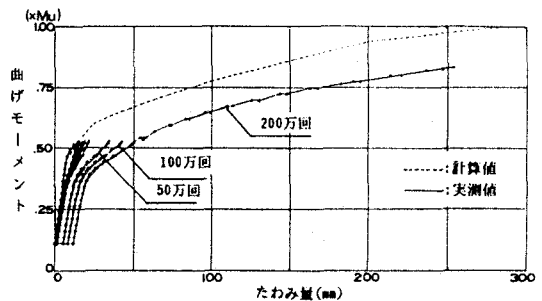


図-4. $M_{max} = .55Mu$ 疲労荷重