

アラミド繊維を用いたFRPロッド緊張材のリラクセーション特性

Relaxation Properties of Aramid Fiber Reinforced Prastics Rod Tendon

小林 一 輔*・趙 力 采*・西 村 次 男*・中 井 裕 司*

Kazusuke KOBAYASHI, Ryokche CHO, Tsugio NISHIMURA and Hiroshi NAKAI

1. は し が き

この数年来、海洋環境下に設けられたプレストレストコンクリート構造物の抜本的な防食対策として、緊張材であるPC鋼材を繊維強化プラスチック製緊張材 (FRPロッド) に置き換えようとする研究が活発に進められている。一昨年には、西独においてガラス繊維を素材としたFRPロッドを用いた実橋が建設され、日本では実大レベルの桁試験の段階に至っている。しかし、いずれも低応力レベルの応力導入に留まっており、PC鋼材と同等以上のFRPロッドの引張強度を十分に利用していないのが実状である。このことは、FRPロッドの強度特性や疲労特性に加えてリラクセーション特性に関する実用的な資料が少ないことも一因となっている。

筆者らは、既報¹⁾²⁾においてアラミド繊維を素材としたFRPロッド (AFRPロッド) の純リラクセーション率がPC鋼材に比して相当に大きい値となることを報告している。

本研究では、AFRPロッドの純リラクセーション率を減少しうる緊張方法を検討し、有効な方法が得られたので報告する。

2. 実 験 概 要

使用したAFRPロッドは表-1に示す諸元を有するアラミド繊維を体積含有率で65%用いて、プルトルージュ

表-1 素材繊維とAFRPロッドの諸元

種別	アラミド繊維	FRPロッド
諸元		
直径	12μm	φ 6 mm
引張強度 (kg/mm ²)	310	201
弾性係数 (kg/mm ²)	7100	4800
体積含有率V' (%)	—	65

*東京大学生産技術研究所 第5部

ン法により製造したものである。なお、AFRPロッドの径はすべて6mmとし、理論耐力は繊維の強度を310kg/mm²として複合則により算出した。

AFRPロッドの純リラクセーション試験は、試験区間の距離が200mmになるように両端に緊張用チャックを取付けた試験装置により実施した。緊張はリラクセーション装置を写真-1に示す油圧載荷装置にセットして行い、定着はリラクセーション装置の上部円型ナットを締付けた後、油圧を解放して行った。

緊張時および定着後におけるAFRPロッドの引張力の経時変化は試験装置に内蔵されたロードセルからのひず

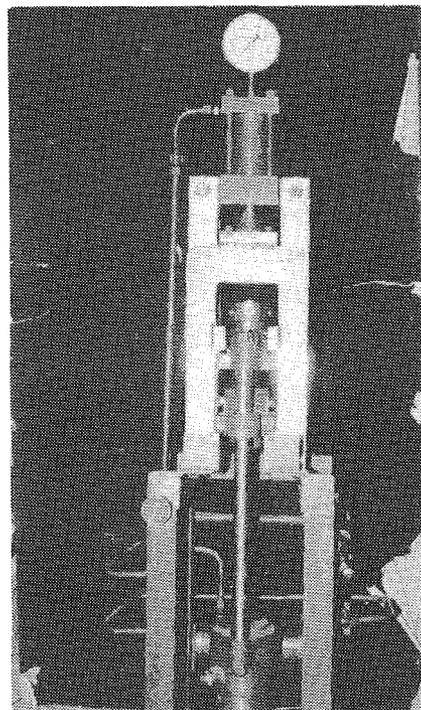


写真-1 リラクセーション試験用油圧載荷装置

研 究 速 報

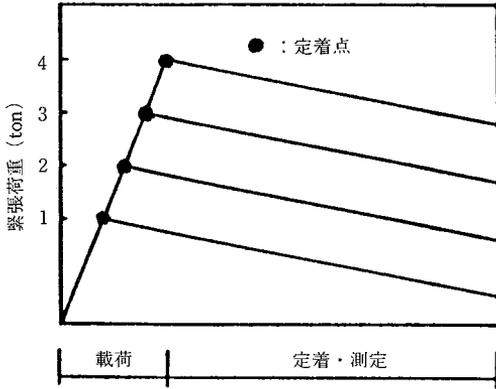


図-1 荷重方法A

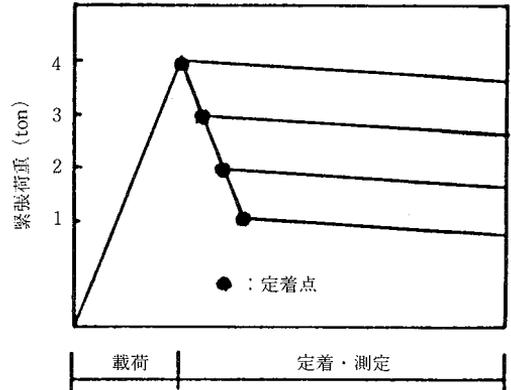


図-2 荷重方法B

みを自動デジタルひずみ測定器により検出した。

AFRPロッドの荷重方法および定着条件は次に示す2種類とした。

1) 荷重方法A

図-1に示すように、従来のPC鋼材における場合と同様に所定の初期荷重まで緊張した後、直ちに定着する方法である。初期荷重はロッドの理論耐力の70%、52%、35%および17%として定着した。

2) 荷重方法B

図-2に示すように、初期荷重まで緊張した後、所定の荷重まで除荷し定着する方法である。初期荷重はすべてロッドの理論耐力の70%とし、定着は荷重方法Aにおける初期荷重の値、それぞれ70%、52%、35%および17%まで除荷した後実施した。

なお、荷重方法Bに関しては、定着荷重をロッドの理論耐力のそれぞれ61%、44%および26%の値とした追加実験も実施した。以上の実験はAFRPロッドの温度依存性の影響を考慮し、いずれも温度が $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $52 \pm 3\%$ の恒温恒湿室内で実施した。写真-2はリラクセーション試験状況を示したものである。

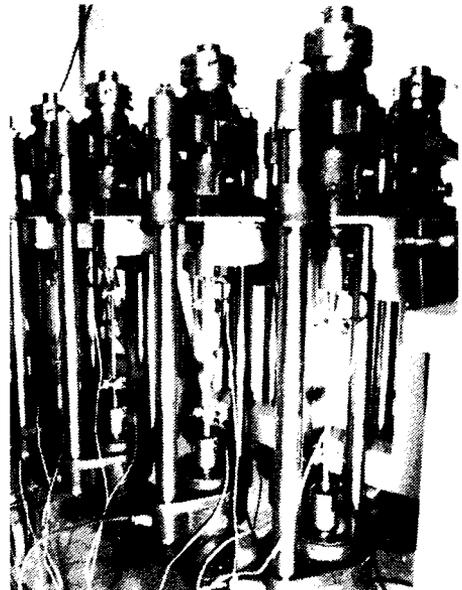


写真-2 リラクセーション試験状況

一方、AFRPロッドのリラクセーション特性を検討するために、変位制御型引張試験機(10t)によりAFRPロッドの引張応力-ひずみ曲線ならびに荷重方法Bによる載荷荷重と保持時間との関係を求めた。

3. 実験結果と考察

図-3は荷重方法Aによって得られた測定期間7日間までのAFRPロッドの純リラクセーション率と時間との関係を示したものである。この図より、初期荷重が52%および70%の場合においては、既往の結果と同様に純リラクセーション率と時間との関係は直線関係となることがわかる。また荷重レベル17%および35%ではやや下

に凸の放物線状の純リラクセーション特性がえられている。

また、図-4および図-5はそれぞれ荷重方法Bによってえられた測定期間24日と14日までのAFRPロッドの純リラクセーション率と時間との関係を示したものである。これらの図より明らかなことは、1) 荷重方法Bにおいても導入荷重レベルが50%以上では荷重方法Aと同様に、純リラクセーション率と時間との関係はほぼ直線関係となる、2) 導入荷重が44%以下の領域においては上に凸の純リラクセーション率と時間との関係を示す、3) 荷重レベルが44%以下においては荷重方法Aの結果とは逆に純リラクセーション率の値は荷重レベルが低くなるに

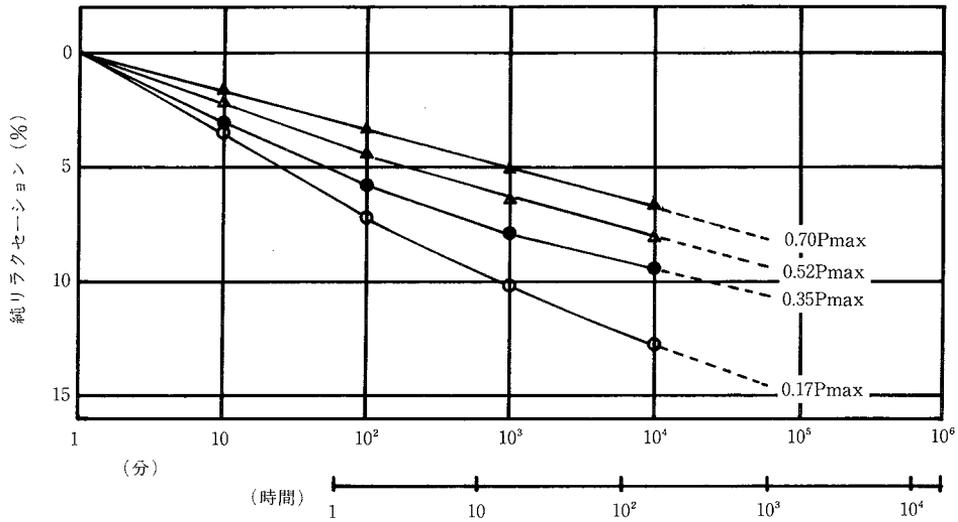


図-3 純リラクセーション率と時間との関係 (載荷方法A)

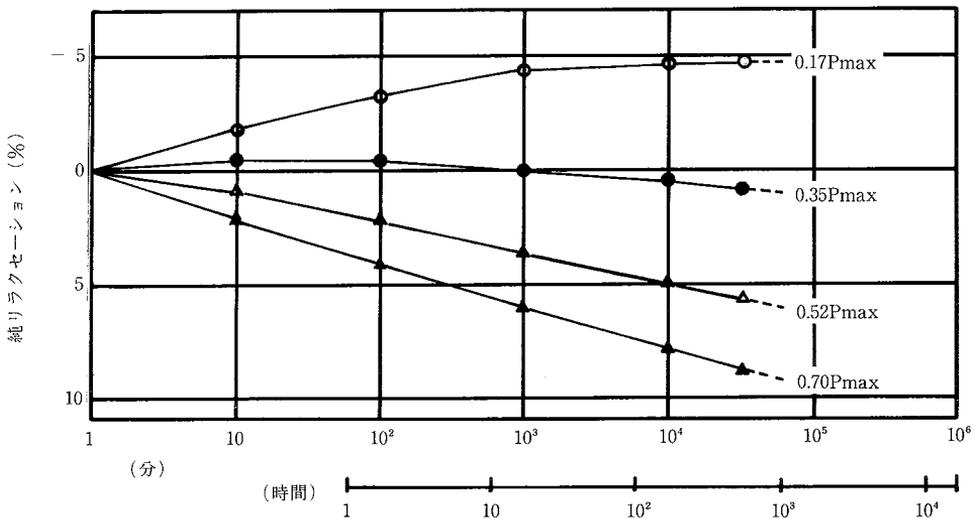


図-4 純リラクセーション率と時間との関係 (載荷方法B)

つれてリラクセーションが打ち消される傾向となる、ことなどである。なお、荷重レベル70%の場合は載荷方法Aの場合と同様な載荷方法となるため、ほぼ同一のリラクセーション特性を示すことになる。

載荷方法Aの結果(図-3参照)において、定着荷重が低いものほど純リラクセーション率が大きくなることは、従来指摘された結果⁹⁾と同様であり、荷重レベル1tonにおける約30年後の推定値は約22%と大きい値となる。しかしFRPロッドの緊張材としての実用的な荷重レベルと考えられる50%前後の領域においては、既往の結果¹⁾と同様に約14%前後の純リラクセーション率になるとみ

てよいと思われる。

一方、高木、内藤⁹⁾らの載荷方法に関する実験では、初期荷重保持時間を10分とすることにより、純リラクセーション率は保持時間無しの場合の17~25%の値から12~15%までに減少させると報告している。本実験における載荷方法Bでは、まだ定量的には指摘できないが、直線関係が得られている荷重レベル50%の場合における推定値は約12% (従来の方では15%) となり、荷重レベルが低くなるにつれさらにリラクセーション率を減少させることができる。以上より、本実験による載荷方法はFRPロッドの純リラクセーション率を減少させる有

研究速報

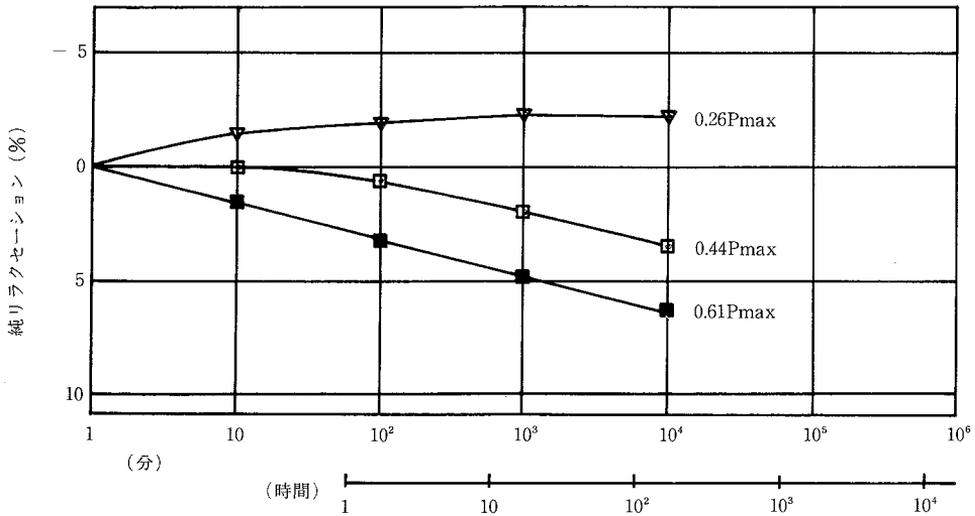


図-5 純リラクセーション率と時間との関係 (载荷方法B)

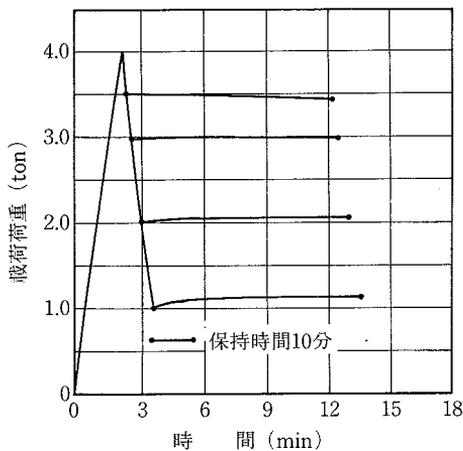


図-6 単軸引張試験による载荷荷重と保持時間との関係

効な方法であることが確かめられた。

また、図-6 は引張試験機によって载荷方法Bと同様な試験を行ってえられた载荷荷重の時間による変化を示したものである。所定荷重 (4 ton) まで载荷した後の保持荷重 (●印) からの時間の経過に伴い、リラクセーション試験の結果とほぼ同様に荷重レベルが低くなるにつれて荷重が回復する傾向が大きくなることが明らかである。一方、図-7 は 3 ton まで载荷した後、1 ton まで除荷してえられたAFRPロッドの典型的な荷重-ひずみ曲線を示したものであるが、除荷領域においては粘弾性的な挙動を示していることがわかる。以上の結果は、除荷時の荷重が低い時点で荷重を保持したもののほど遅れ弾性回復分のひずみあるいは荷重の量が多いことを示唆している。

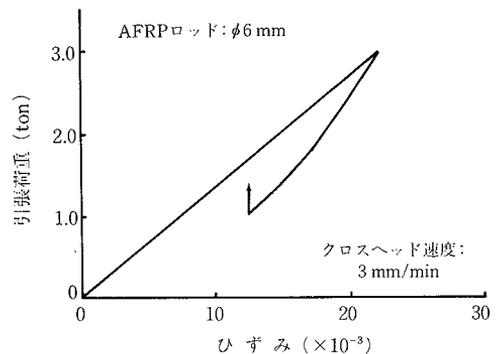


図-7 AFRPロッドの引張荷重-ひずみ曲線

すなわち、これらの傾向は、繊維素材およびFRPロッドの応力-ひずみ履歴特性に起因するものであって、粘弾性材料と同様な遅れ弾性回復分のひずみを拘束することにより、結果的に定着後の応力が増大することになったものと考えられる。 (1988年5月30日受理)

参考文献

- 1) 小林, 趙: 繊維強化複合材料製プレストレストコンクリート用緊張材の開発研究 (そのI), 生産研究, Vol. 36, No. 8, 1984.
- 2) 小林, 趙, 西村: 繊維強化複合材料製プレストレストコンクリート用緊張材の開発研究 (そのII), 生産研究, Vol. 37, No. 6, 1985.
- 3) 高木, 内藤: FRPロッドを用いたプレストレストコンクリートの開発研究 (その3), 五洋建設技術研究所年報, Vol. 16, 1987.