

東大生研 小林一輔
 ○読売東京理工専 趙力糸
 東大生研 西村次男

1. はしがき

筆者らは、近年問題となっている海洋環境下のプレストレストコンクリート構造物の緊張材(高張力鋼)の塩分腐食による劣化の抜本的な防食策として、高張力鋼とほぼ同等の引張耐力を有するFRP緊張材に置き換える方法をとらあげ、これを実用化するための種々の検討を行って来ている。

既にFRPロッド用の緊張及び定着用チャックを開発し、FRPロッドの引張特性や常温でのリラクセーション率などを明らかにしており、さらにFRPロッドの引張疲労特性及び高温時のリラクセーション率ならびに見掛けのリラクセーション率やポストテンション構造部材の諸特性を検討している。本報告では、高温時のリラクセーション率及び見掛けのリラクセーション率を求めた結果について報告する。

2. 高温時におけるリラクセーション

2.1 実験方法

本実験で使用したFRPロッドは表-1に示す諸元の、アラミド繊維を容積百分率で63.5%と70%使用した直径が約6mmのAFRPロッドである。また、PC鋼線は直径が約5mmで、降伏応力度が 176 kg/mm^2 、10hourリラクセーション値が1.3%のものである。リラクセーション試験は環境温度を $60 \pm 2^\circ\text{C}$ とし、AFRPロッドの初期荷重は表-1に示す2種の繊維量で、それぞれ 60°C における最大引張荷重の70、80及び90%に相当する荷重として、各2本ずつ実施した。

2.2 試験結果

図-1の上図及び下図は、それぞれ 60°C 条件下におけるAFRPの約3ヶ月間のリラクセーション試験から得られた引張荷重と時間(対数表示)及び純リラクセーション率と時間との関係である。これらの図から、 60°C の場合でも引張荷重と時間との関係はいずれも直線関係であり、この関係が30年後までも成立すると仮定した場合の純リラクセーション率の推定値は約17%であることがわかる。また、AFRPロッドの場合、純リラクセーション率が 20°C では14%であるのに対して、 60°C では17%と大きく、繊維量が小さいほどリラクセーション率が大きくなることがわかる。以上のように、AFRPロッドの場合、引張特性と同様に、リラクセーション特性も温度依存性を有しているのに対して、PC鋼線の 60°C におけるリラクセーション値は約6%と小さい値である。

表-1. AFRPロッドとPC鋼線の諸元

種 別	直径 (mm)	引張強度(kg/mm^2)		ヤング率 (kg/mm^2)
		20℃	60℃	
AFRP	5.51	152	132	4100
		173	150	
PC 鋼 線	4.97	192		20000

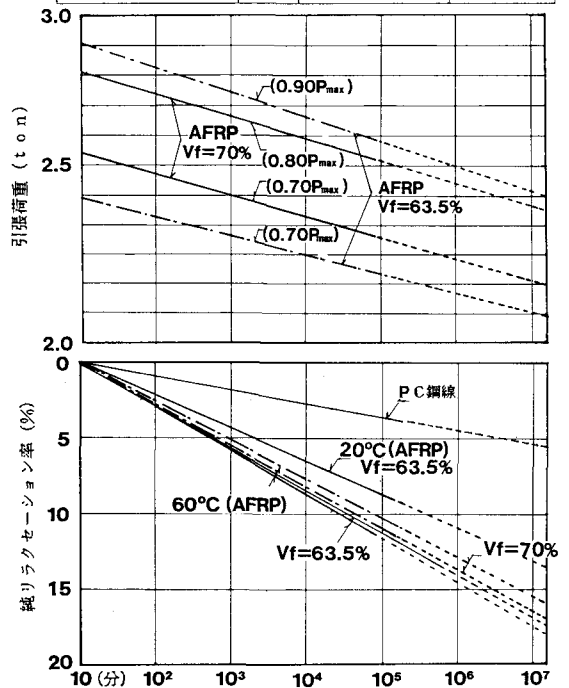
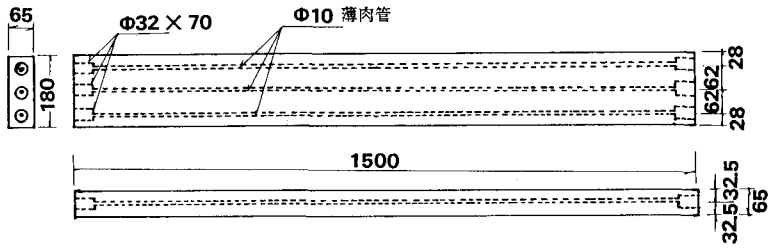


図-1. AFRPロッドの純リラクセーション試験結果

3. FRPロッドの見掛けのリラクセーション率

3.1 実験方法

FRPロッドの見掛けのリラクセーション率を求めるため、表-1に示す諸元のAFRPロッドとPC鋼線を用いて、図-2に示すようなコンクリート試験体に応力導入



を行った。プレストレスの導入は 図-2. 実験に用いたポストテンション方式用コンクリート供試体

、材令28日で圧縮強度が440kg/cm²、ヤング率が2.5×10⁴ kg/cm²の時点で、プレストレスによるコンクリートの応力度が70～80 kg/cm²の範囲に入ることを目標として実施した。緊張材の引張荷重の変化は、各緊張材端部に取付けたセンターホール型ロードセルによって、一定時間ごとに測定した。

3.2 試験結果

図-3はプレストレス導入後7ヶ月間の結果に基づくAFRPロッド及びPC鋼線を緊張材として用いたポストテンションPC試験体における緊張材引張力の減少を示したものである。この図から明らかなように、AFRPロッド及びPC鋼線のいずれの場合にも、緊張材の引張荷重と対数表示の時間とをほぼ直線と近似することができる。この関係が30年後まで成立すると仮定した場合の緊張材及びコンクリートのプレストレスの値を表-2に示す。

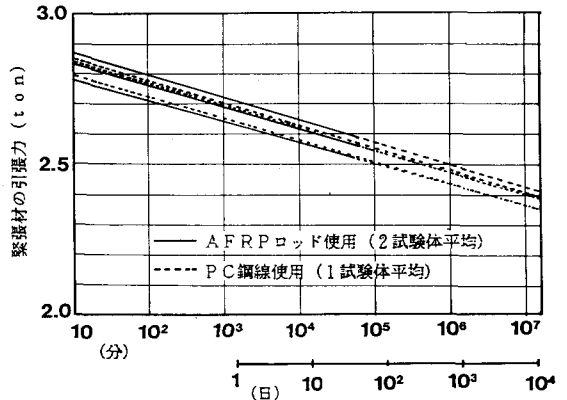


図-3. AFRPロッド及びPC鋼線を用いた場合の緊張材引張荷重と時間との関係

表-2. 図-3の結果から求めた緊張材とコンクリートの応力度

種 別	緊張材引張応力度 (kg/mm ²)		コンクリートプレストレス (kg/cm ²)		有効比
	初 期	30年後	初 期	30年後	
PC鋼線	144	121	74.5	62.3	0.84
AFRP ロッド	119	100	74.3	62.3	0.84

$$\Delta \sigma_p = \Delta \sigma_{pc} + \gamma \cdot \sigma_{pt} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{なお、} \quad \Delta \sigma_{pc} = \frac{n \phi (\sigma_{cd} + \sigma_{cpt}) + E_p \cdot \epsilon_{cs}}{1 + n (\sigma_{cpt} / \sigma_{pt}) \cdot (1 + \phi / 2)}$$

ただし、 $\Delta \sigma_p$: 緊張材引張力の減少量

$\Delta \sigma_{pc}$: コンクリートのクリープ及び乾燥収縮による緊張材引張応力の減少量

γ : 緊張材の見掛けのリラクセーション率

表-2に示すように、30年後に残留するプレストレスと初期プレストレスとの比、即ち有効比は、PC鋼線及びAFRPロッドを用いたいずれの場合も0.84である。一般にPC鋼材を用いた場合、有効比はポストテンション方式で0.85程度であるが、AFRPロッドの場合にもPC鋼線と同等の有効比となることが明らかである。

一方、本実験では、試験体のワリーブ及び乾燥による変形を別途求めてはいないので、この結果だけではAFRPロッドの見掛けのリラクセーション率を求めることができない。そこで土木学会「プレストレスコンクリート標準示方書」に示されている(1)式を用いて見掛けのリラクセーション率を求めた。その結果、AFRPロッドの場合、 $\gamma = 13.3\%$ 、PC鋼線の場合は $\gamma = 5.9\%$ が得られた。

以上の結果から明らかなように、PC鋼線にくらべAFRPロッドのようにヤング率の小さいFRPロッドを用いた場合、プレストレスコンクリート構造物を設計する場合の見掛けのリラクセーション率を総リラクセーション率と考えても良いと思われる。

最後に、FRPロッドの資料を提供して頂いた帝人(株)ならびに緊張・定着装置の設計製作に御尽力頂いた東大生研試作工場の方々、特に古屋七郎氏に深謝致します。