

## V-148 より線型CFRPロッドのリラクセーション特性

日本コンクリート工業㈱ 正会員 伊東幸雄 丸山武彦  
東京製鋼㈱ 正会員 白鳥信令 榎本 剛

## 1. まえがき

FRPロッドは一般に強度が高く弾性係数が小さいという性質があるので、これらをコンクリート部材の補強材として使用する場合は、プレストレストコンクリートの緊張材として使用することがより効果的と考えられ、PC部材への応用研究は積極的に進められている。しかし、緊張材として使用する場合は、ロッドのリラクセーションおよびクリープ特性に関する情報は非常に重要であるが、これらの研究報告<sup>1)</sup>は比較的少ないのが現状であり、特に炭素繊維FRPロッドのリラクセーションに関する報告はほとんどない。本報告は、PC緊張材として現時点で最も実用的であると思われる7本より線型炭素繊維FRPロッドを用いて、常温リラクセーション試験および蒸気養生を想定した高温リラクセーション試験を行い、CFRPロッドのリラクセーション特性を検討したものである。

表-1 ロッドの基本的特性

| 項 目                         | CFRPより線 | PC鋼より線 |
|-----------------------------|---------|--------|
| 呼び径 (mm)                    | 12.5    | 12.4   |
| 断面積 (mm <sup>2</sup> )      | 76.0    | 92.9   |
| 引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> ) | 216     | 182    |
| 弾性係数 (kgf/mm <sup>2</sup> ) | 14,000  | 20,300 |
| 破断伸び (%)                    | 1.57    | —      |

## 2. 実験概要

実験に用いたFRPロッドは、エポキシ樹脂をマトリクスとした7本より線型炭素繊維FRPロッドφ12.5であり、比較のためにPC鋼より線φ12.4も使用した。これらの基本物性を表-1に示す。実験は、ロッドの初期荷重および温度を変化させて行った。CFRPより線の初期荷重は、平均破断荷重から標準偏差の3倍を引いたいわゆる保証荷重の50, 65, 80%、PC鋼より線の場合は、JIS引張荷重の50, 65, 80%とした。常温の場合の温度条件は、全期間 $20 \pm 2$ ℃の一定温度に保って100時間のリラクセーション試験を行った。高温条件の場合はプレキャスト部材の蒸気養生を想定し、試験開始後2時間は常温で保ち、その後 $20^\circ\text{C}/\text{hr}$ の割合で昇温し、最高温度 $80 \pm 2$ ℃で10時間保持した後に5時間で常温まで降温させ、合計50時間のリラクセーション試験を行った。試験片の全長は1200mm、標点距離300mmとし、試験機は自動記録式送錘型20tリラクセーション試験機を使用し、加熱装置は縦形開閉式電気加熱炉を用いた。これらの装置および試験状況を写真-1に示す。

## 3. 実験結果および考察

## (1) 20℃常温環境におけるリラクセーション率

温度が $20 \pm 2$ ℃の常温一定条件下における、より線型炭素繊維FRPロッドの100時間のリラクセーション曲線を図-1(a)に示す。初期荷重が保証破断荷重( $P_{ua}$ )の50%および65%の場合のリラクセーション率は、時間の対数に関してほぼ直線の関係であると認められ一般のPC鋼材の場合と同様である。初期荷重が $0.8P_{ua}$ の場合は直線関係からずれている様子を示しているが縦軸のリラクセーション率の大きさが1%以下の範囲であることを考慮すれば、全体としては直線関係を示しているものと考えられる。また、CFRPロッドのリラクセーション率は初期荷重の大小によってほとんど左右されず100時間後の値は、初期荷重 $0.50P_{ua}$ の場合は約0.5%、 $0.65P_{ua}$ の場合は約0.8%、 $0.80P_{ua}$ の場合は約1%で相当小さい値であった。PC鋼より線の場合は図-2(a)に示すように時間の対数に対して直線関係であり、初期荷重がJIS引張荷重( $P_u$ )の50~65%の範囲では、100時間後のリラクセーション率は約1~2.5%程度であるのに対し、80%の初期荷重の場合では約8%と非常に大きな値を示すようになる。

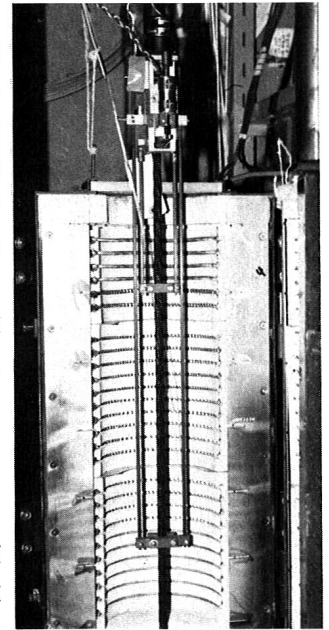
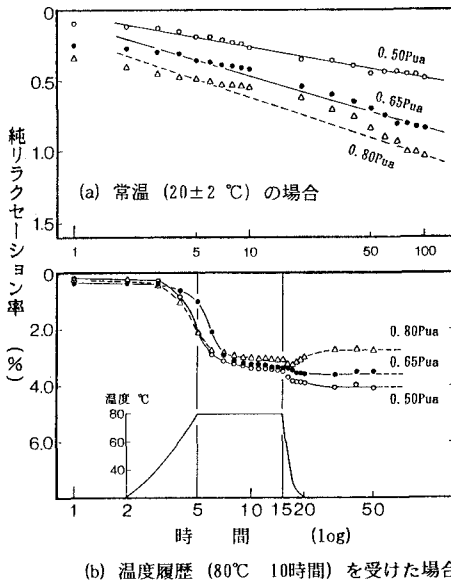


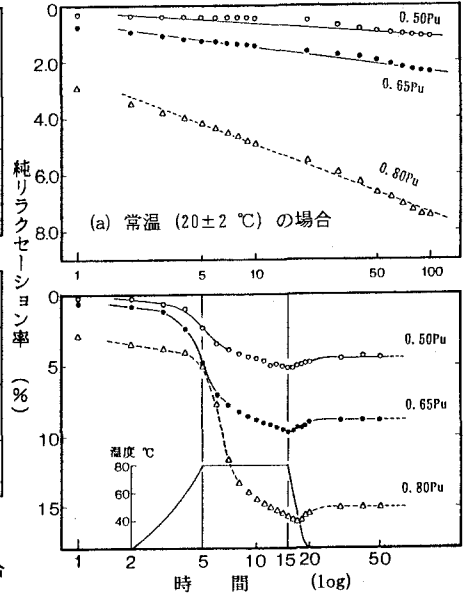
写真-1 高温リラクセーション試験装置

(2) 80℃の温度履歴を受けた場合のリラクセーション率

CFRPロッドが緊張期間中に80℃10時間の温度履歴を受けた場合のリラクセーションは、CFRPより線の場合を図-1(b)に、PC鋼より線の場合を図-2(b)に示す。CFRPより線およびPC鋼より線ともに、温度変化のある場合のリラクセーション曲線は時間の対数に関して直線関係は成立せず、温度が上昇し始めてから80℃の定温状態



(b) 温度履歴 (80℃ 10時間) を受けた場合  
平均破断荷重  $P_u = 16400\text{kgf}$   
保証破断荷重  $P_{ua} = 14500\text{kgf}$   
試験片 2～3 個の平均  
図-1 炭素繊維 FRP より線 (12.5φ) のリラクセーション曲線



(b) 温度履歴 (80℃ 10時間) を受けた場合  
JIS 引張強度  $P_u = 16300\text{kgf}$   
試験片 2～3 個の平均  
図-2 PC 鋼より線 (12.4φ) のリラクセーション曲線

での2時間経過までの間にリラクセーションは一気に進行する。温度の下降が始まると、CFRPより線のリラクセーション率は再び 0.5～1%程度変化するが、温度が常温にもどった以後の増加は観察されずほぼ一定の状態となる傾向を示す。一方、PC鋼より線の場合の温度下降時のリラクセーション率は、CFRPより線の場合と少し相違して 0.5～1%程度減少した後にほぼ一定の状態となる傾向を示す。初期荷重の相違によるCFRPより線のリラクセーション率にはほとんど差が見られず、初期荷重が0.50～0.80 $P_{ua}$ の範囲において、80℃で10時間の温度履歴を受けた場合の50時間後のリラクセーション率は約3～4%程度である。PC鋼より線の場合は、温度履歴を受けることによって初期荷重の相違によるリラクセーション率の差は大きくなり、さらにリラクセーション率そのものも増大する。すなわち、50時間後のリラクセーション率は、初期荷重0.50 $P_u$ の場合は約5%、0.65 $P_u$ の場合は約10%、そして0.80 $P_u$ の場合は約15%に増加する。

4. まとめ

- 1) CFRPより線の常温におけるリラクセーション率は時間の対数に関しほぼ直線関係であり、一般のPC鋼材の場合と同様である。
- 2) CFRPより線 100時間の純リラクセーション率は、初期荷重が0.50 $P_{ua}$ ～0.80 $P_{ua}$ の範囲では約0.4～1%と非常に小さく、初期荷重の大きさにも左右されずほぼ一定であった。
- 3) 高温履歴を受ける場合のリラクセーション曲線は、CFRPより線もPC鋼より線も時間の対数に関する直線関係は成立せず、高温時にリラクセーションは一気に進行し、また常温の場合よりもリラクセーション率は大きくなるが、常温にもどってからのリラクセーションはほとんど進行しない傾向が見られる。
- 4) 80℃10時間の高温履歴を受けるCFRPより線の50時間後におけるリラクセーション率は、初期荷重が0.50 $P_{ua}$ ～0.80 $P_{ua}$ の範囲では約3%～4%であった。

【参考文献】

- 1) 小林 他：繊維強化複合材料製 プラスチックコンクリート用緊張材の開発研究 (Ⅰ) (Ⅱ)、生産研究、36巻8号