

## V-448

## 連続繊維棒材のコンクリートとの付着クリープについて

京都大学 正員○服部 篤史 中部電力 正員 窪塚 直亮

京都大学 正員 井上 晋 宮川 豊章 藤井 学

## 1.はじめに

コンクリート中の連続繊維棒材に持続引抜荷重が作用すると、マトリクス樹脂の性質によっては棒材とコンクリートとの間の付着クリープが鋼材と比べて過大となる可能性がある。本研究では、持続引抜荷重下における連続繊維棒材のコンクリートとの付着クリープ性状を付着クリープ試験により異形鉄筋と比較検討するとともに、RCはりの主筋として使用する際の付着クリープの長期挙動への影響を曲げクリープ試験により実験的に把握することを目的とした。

## 2. 実験概要

付着および曲げクリープ試験の持続荷重決定に際し、それらの試験で用いる2種類の連続繊維棒材(表1)および異形鉄筋D10について、10×10×10cmのコンクリート立方体による片引試験を行い、平均付着応力-自由端変位曲線を求めた。いずれの棒材も付着長は64mmとした。○**付着クリープ試験**: 付着クリープ試験は、片引試験において所定の引抜荷重を持続的に与えるものとした。供試体一覧を表2に示す。供試体は図1に示すような付着長を64mmとしたダンベル型とし、自由端変位および棒材のひずみを測定した。○**曲げクリープ試験**: 付着クリープ試験と同種の棒材1本を主筋とするRCはりに対し、対称2点荷重により持続荷重を与えた。供試体

一覧を表3に示す。鉄筋比はいずれもかなり小さいものとなっている。試験方法は、図2に示すようにはり2体を1組として、まず上下両方の供試体にひび割れが発生するまで載荷した後、目標の持続荷重に調整して固定した。載荷中は、コンクリート圧縮縁および主筋位置のひずみ、ならびに中央たわみを測定した。

各試験のそれぞれ引抜および曲げ持続荷重は、ともに、まず異形鉄筋に対して作用する引張応力が降伏強度の60%程度となる荷重としたうえで、付着クリープ試験で64mm区間に発生する平均付着応力が等しくなる引張応力がそれぞれの連続繊維棒材に作用する荷重に決定した。ただし、炭素より線の付着クリープ試験では、片引試験から得られた最大平均付着応力が小さいため、異形鉄筋と同じ付着応力比(平均付着応力/最大平均付着応力)となる荷重とした。すべての試験においてコンクリート強度は同一で、29.1MPaであった。

## 3. 実験結果および考察

○**付着クリープ試験**: 自由端変位の経時変化を図3に示す。同じ付着応力比とした炭素より線では自由端変位の増加率は異形鉄筋に比べて小さく、1,000時間後の増加量は約1/4となった。一方、同じ平均付着応力とし

表1 連続繊維棒材

|         | 呼び径<br>(mm) | マトリクス     | 形状  | 公称断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 周長<br>(mm) |
|---------|-------------|-----------|-----|-----------------------------|------------|
| 炭素より線   | Φ7.5        | エポキシ樹脂    | より線 | 30.4                        | 19.5       |
| アラミド異形棒 | Φ6          | ビニルエステル樹脂 | 異形  | 28.3                        | 18.8       |

表2 付着クリープ試験供試体

| 供試体<br>番号 | 棒材種類    | 引抜応力*<br>(MPa) (%) | 平均付着応力<br>(MPa) | 付着応力比<br>(%) | 供試体数  |
|-----------|---------|--------------------|-----------------|--------------|-------|
| C-P       | 炭素より線   | 67 (3.1)           | 1.6             | 68           | 2(×2) |
| A-P       | アラミド異形棒 | 311 (16.5)         | 7.3             | 65           | 1(×2) |
| S-P       | 異形鉄筋D10 | 196 (55.8)         |                 | 68           |       |

表3 曲げクリープ試験供試体

| 供試体<br>番号 | 棒材種類    | 曲げ荷重<br>(kN) | 主筋応力*<br>(MPa) (%) | 鉄筋比<br>(%) | 供試体数 |
|-----------|---------|--------------|--------------------|------------|------|
| C-B       | 炭素より線   | 4.9          | 300 (14.0)         | 0.20       | 2    |
| A-B       | アラミド異形棒 | 4.7          | 311 (16.5)         | 0.19       | 2    |
| S-B       | 異形鉄筋D10 | 7.7          | 196 (55.8)         | 0.48       | 2    |

\*( )内は降伏または引張強度に対する応力の比

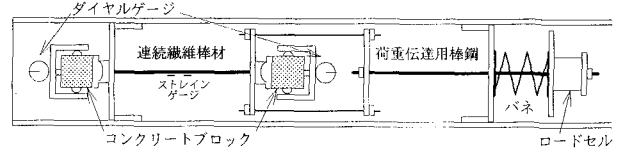


図1 付着クリープ試験

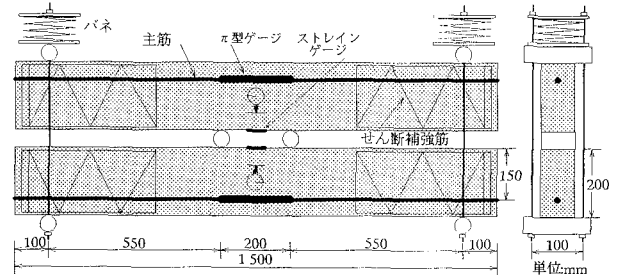


図2 曲げクリープ試験

たアラミド異形棒では載荷直後から自由端変位が大きく、初期段階(48時間程度)、その後の定常段階とも増加率が異形鉄筋よりも大きくなり、1,000時間後の増加量は大きくなった。なお、棒材の引張ひずみにはいずれも顕著な変化は見られなかった。○曲げクリープ試験：初期載荷時に、スパン中央または載荷点付近の検長区間にひび割れが1本発生した。はり圧縮縁のひずみおよび主筋位置の平均ひずみの経時変化を図4に示す。図中、比較のため両者のひずみの符号を同じにして示した。いずれの供試体においても、曲げ持続荷重の大きさの違いにしがって圧縮縁のひずみは時間の経過とともに増加した。一方、主筋位置の平均ひずみはいずれも若干減少する傾向にあるが、主筋位置の平均ひずみほどの変化は見られず、またその変化の様子には主筋の種類による大きな差は認められなかった。たわみの経時変化を図5に示す。連続繊維棒材を用いたはりではひび割れ幅は初期からかなり大きく、たわみも大きい。後者はひび割れ発生時の衝撃により棒材の引抜けが生じたためか計算値を大きく上回った。その後のたわみの進行については、図4に示す圧縮縁のひずみの増加に対応して増加しているものと思われる。

以上のように、はり圧縮縁のひずみと主筋位置の平均ひずみの比較から、本研究で用いたRCはりでは、異形鉄筋を主筋に用いたものと同様連続繊維棒材を用いた場合も、コンクリートの圧縮クリープが長期挙動に与える影響が主筋の付着クリープの影響よりかなり大きく、支配的であるといえる。付着クリープ試験と異なり部材レベルでこのような結果となったのは、はりでは付着応力が発生する区間が長く、局所的な付着応力が平均化により低下したためであり、かつ連続繊維棒材では異形鉄筋よりその低下の程度が大きいと考えられる。また、付着クリープの程度は主筋に作用する応力に依存すると考えられるが、ひび割れ幅やたわみの制限からは主筋応力は本研究のレベルより小さくすべきであり、付着クリープの影響はさらに小さくなるものと考えられる。しかし、ひび割れが複数本発生し、その間隔が比較的小さい場合はその区間での付着は長期的にはかなり低下することが予想され、その結果長期挙動に与える影響が大きくなると推察される。

#### 4. まとめ

(1)付着クリープ試験の結果、アラミド異形棒は64mm区間の同じ平均付着応力下で異形鉄筋より大きな付着クリープを示した。(2)曲げクリープ試験の結果、炭素より線、アラミド異形棒を主筋とするRCはりの長期挙動に与える付着クリープの影響は、異形鉄筋のものと同様コンクリートの圧縮クリープほど顕著ではなかった。

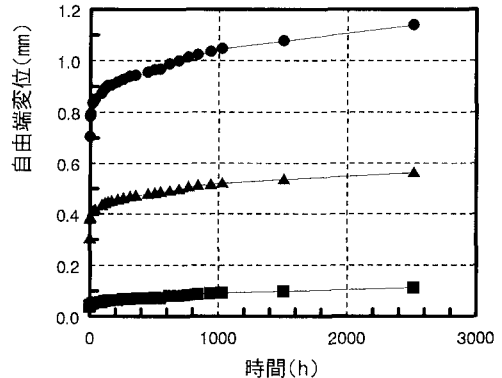


図3 自由端変位の経時変化

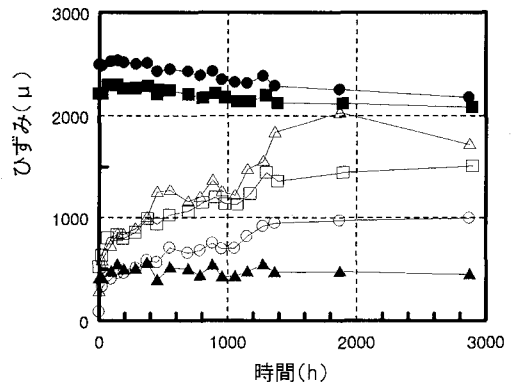


図4 圧縮縁のひずみ(白点) および主筋位置のひずみ(黒点)の経時変化  
异形鉄筋を用いた供試体の主筋位置の平均ひずみは、実験の不調により24時間以降の変化の様子についてのみ示した。

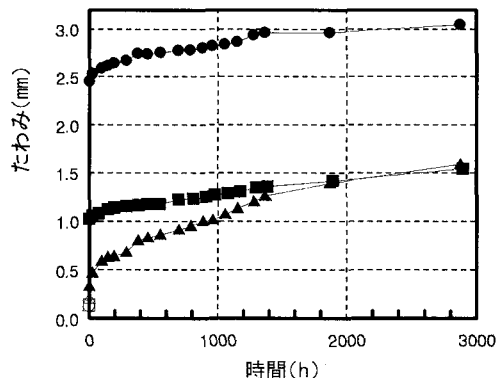


図5 たわみの経時変化(白点は計算値)

凡例  
■、□：炭素より線  
●、○：アラミド異形棒  
▲、△：异形鉄筋