

京都大学 学生員○窪塚 直亮 正員 服部 篤史

正員 井上 晋 正員 宮川 豊章 正員 藤井 学

1. はじめに 連続繊維棒材のマトリクスに用いられる樹脂は、一般に持続荷重下においてクリープする傾向が強い。コンクリート補強用として連続繊維棒材を使用した場合、棒材に持続引抜荷重がかかると、このような樹脂の性質によって棒材がコンクリートとの間で付着クリープを起こす可能性が考えられる。本研究では、付着クリープ試験により、連続繊維棒材の持続引抜荷重下におけるコンクリートとの付着クリープ性状を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たわみ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

2.1 片引試験 まず、付着クリープ試験および曲げクリープ試験の持続荷重を決定するために、それらの試験で用いる3種類の棒材(表2.1)について片引試験を行い、平均付着応力-自由端曲線を求めた。なお、いずれの棒材もコンクリートとの付着長は64mmとした。

2.2 付着クリープ試験 付着クリープ試験は、2.1に示した片引試験において、所定の引抜荷重を持続的に与えるものとした。供試体一覧および持続荷重の決め方を表2.2に示す。供試体は、図2.1に示すようなダンベル型とし、いずれの棒材も付着長は64mmとした。持続荷重はバネによって補償し、自由端変位および棒材のひずみを測定した。

2.3 曲げクリープ試験 付着クリープ試験と同種の棒材を主筋とするRCはりに対して対称2点載荷により持続荷重を与えた。なお、せん断スパンには主筋と同材料のせん断補強筋を配置した。供試体一覧および持続荷重の決め方を表2.3に示す。試験方法は、図2.2に示すように、はり2体1組としてバネおよびPC鋼棒を介して、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。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。

すべての試験において、コンクリート強度は30MPaとした。

3. 実験結果および考察

3.1 片引試験 各棒材について5体づつ行った試験の結果を平均して図3.1に示す。炭素より線の最大平均付着応力が他の2種類の棒材に比べて極めて小さいため、後述する炭素より線の付着クリープ試験ではほかの2種類の棒材より小さな引抜荷重をかけることにした。

3.2 付着クリープ試験 棒材のひずみおよび自由端変位を時間に対してプロットしたものを、それぞれ図3.2および図3.3に

表2.1 本研究で使用する各種棒材の機械的性質

	使用繊維	マトリックス	形状	公称直径(mm)	公称断面積(mm ²)	降伏強度(N/mm ²)	引張強度(N/mm ²)	弾性係数	伸び(%)
アラミド異形ロッド	テクノーラEH50	ビニルエステル樹脂	異形丸棒	φ6	28.3	—	1.88	52.9	3.0
炭素より線	炭素繊維(PAN系)	エポキシ樹脂	より線	φ7.5	30.4	—	2.14	145.0	1.0
異形鉄筋	—	—	異形丸棒	D10	71.3	0.27	0.51	205.0	27.0

表2.2 付着クリープ試験 供試体一覧

供試体番号	棒材の種類	引抜荷重(kN/mm ²)	強度比(%)	平均付着応力(MPa)	付着応力比(%)	供試体数
C-P-1	炭素より線	0.087	3.1	1.8	68	2(x2)
A-P-1	アラミド異形ロッド	0.311	10.5	7.3	68	1(x2)
S-P-1	異形鉄筋	0.198	5.5.8	—	68	—

*A-P-1についてはS-P-1と同じ平均付着応力となるような引抜荷重をかけたが、C-P-1については片引試験による最大平均付着応力が小さいため、A-P-1と同条件の荷重がかけられないので、S-P-1と同じ付着応力比(平均付着応力/最大平均付着応力)となるような引抜荷重をかけることにした。

表2.3 曲げクリープ試験 供試体一覧

供試体番号	棒材の種類	荷重P(kN)	主筋負担応力(kN/mm ²)	強度比(%)	鉄筋比(%)	供試体数
C-B-1	炭素より線	4.9	0.300	14.0	0.20	2
A-B-1	アラミド異形ロッド	4.7	0.311	10.5	0.19	2
S-B-1	異形鉄筋	7.7	0.198	5.5.8	0.48	2

*A-B-1、S-B-1については付着クリープ試験における引抜荷重が主筋負担応力となるような荷重Pを、C-B-1については付着クリープ試験における付着長64mmの平均付着応力が他の1つと等しくなるような引抜荷重が主筋負担応力となるような荷重Pを、それぞれ曲げモーメント-曲率解析によって求めた。

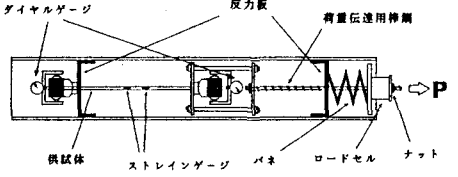


図2.1 付着クリープ試験 試験図

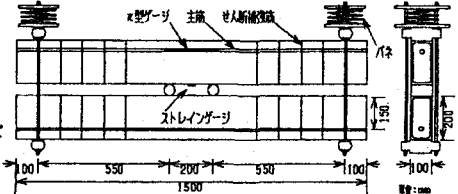


図2.2 曲げクリープ試験 試験図

示す。図3.2に示すように、炭素より線およびアラミド異形ロッドの引張クリープは異形鉄筋と大きな差はなく、ほとんど認められない。一方、図3.3に示すように、炭素より線のコンクリートとの付着クリープに関しては、付着クリープの増加率(曲線の傾き)は異形鉄筋の供試体に比べて小さく、1,000時間後の付着クリープ量は異形鉄筋の約1/4となっている。またアラミド異形ロッドに関しては、初期(48時間程度)の段階および定常状態における付着クリープの増加率が、いずれも異形鉄筋の供試体よりも大きい。その結果、1,000時間後の付着クリープ量は異形鉄筋の供試体に比べて大きくなっている。

3.3 曲げクリープ試験 図3.4に、コンクリートの圧縮縁のひずみおよび主筋位置の平均ひずみを時間に対してプロットしたものを示す。ここでは比較のため両者のひずみの符号を同じにして示した。この図より、主筋の種類にかかわらず、圧縮縁のひずみは同一時間でほぼおなじ値を示しており、いずれも時間の経過とともに増加し、増加率もほぼ同程度となっている。一方主筋位置の平均ひずみは、異形鉄筋を主筋としたRCはりではほとんど変化がないのに対し、連続繊維棒材を主筋としたRCはりでは若干減少している。

次に、各供試体のスパン中央たわみ-時間曲線を図3.5に示す。この図より、いずれの連続繊維棒材を主筋としたRCはりも、載荷直後のたわみは異形鉄筋の供試体よりも大きいものの、たわみが増加する速度は異形鉄筋の供試体よりも小さい。

以上の試験結果から、本研究におけるRCはりの曲げクリープ挙動に与える連続繊維棒材の付着クリープの影響については以下のように考えられる。すなわち、連続繊維棒材を主筋としたRCはりの主筋位置の平均ひずみは、先に述べたように若干減少しているが、これは主筋の引張クリープや付着クリープが発生した場合は逆の方向であり、よって両者とも発生していないと推定される。主筋の引張クリープについては、付着クリープ試験の結果からも、ほとんど発生していないと考えられる。付着クリープ試験と違いこのような結果となったのは、曲げクリープ試験におけるコンクリートと棒材の付着長(ひびわれを境としてはりの端まで)が付着クリープ試験における付着長に比べて大きく、そのため単位長さあたりのコンクリートとの界面が受け持つ主筋の引抜力が小さくなり、局部的に発生する付着応力が小さくなったためと思われる。

4. まとめ 本研究の持続荷重および載荷時間内で得られた結果を以下に記す。

①付着クリープ試験の結果、アラミド異形ロッドは異形鉄筋よりも同じ平均付着応力下で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、RCはりの持続荷重下における挙動に与える付着クリープの影響は顕著にはみられなかった。その理由としては、付着クリープ試験と曲げクリープ試験での、棒材の付着長の違いが考えられる。

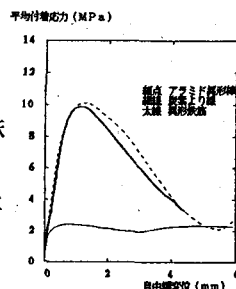


図3.1 片引試験 平均付着応力-自由端変位曲線

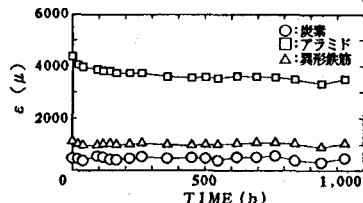


図3.2 付着クリープ試験 ひずみ-時間曲線

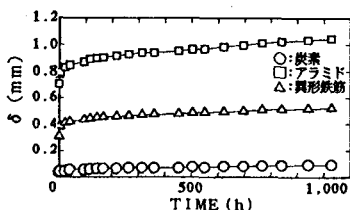
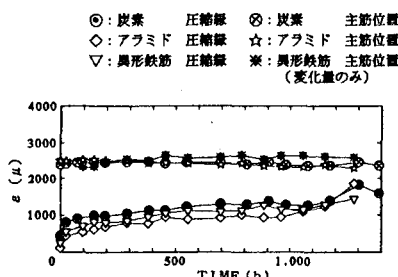


図3.3 付着クリープ試験 自由端変位-時間曲線



*異形鉄筋の主筋位置の平均ひずみについては載荷後24時間以内にX型ゲージに不調となり、再度その時点からやり直したため、そのひずみについては変化の様子についてのみを表示した

図3.4 曲げクリープ試験 ひずみ-時間曲線

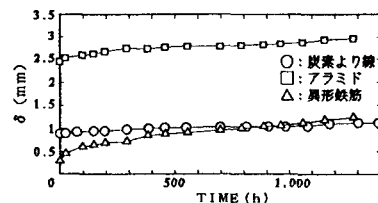


図3.5 曲げクリープ試験 たわみ-時間曲線