

持続引張荷重下における RC 部材の長期挙動に関する基礎的研究

片山ストラテック(株) 正会員 ○橋本果耶*

片山ストラテック(株) 正会員 坂本純男*

片山ストラテック(株) 正会員 大山 理*

大阪工業大学工学部 正会員 栗田章光**

1. はじめに

鋼・コンクリートの合成断面が引張力を受ける場合、ひび割れを考慮して橋軸方向鉄筋と鋼桁のみを抵抗断面として設計が行われている。しかし、実挙動を考えると、ひび割れ間におけるコンクリートの引張剛性(テンションスティフニング)を考慮する必要がある。すなわち、このひび割れ間のコンクリートには、常時引張力が作用するため、引張応力下におけるクリープならびに時間の経過に伴うコンクリートと鉄筋間のすべり(付着クリープ¹⁾)が発生する。合成アーチ橋や合成トラス橋など、常時引張力が作用している合成断面においては、特にその挙動を正確に把握する必要がある。そこで、本文では、鉄筋比およびコンクリートの引張強度をパラメータとし、持続引張荷重下におけるひび割れ間隔内のひずみ変化を把握するために行った一軸長期引張実験の概要ならびに測定値と解析値の比較・検討結果を報告する。

2. 引張クリープの解析方法

コンクリートの圧縮クリープに関しては、過去から数多くの研究がなされているが、引張クリープに関しては、いまだに統一した知見が得られていないのが現状である。そこで、本研究では、Davis-Glanville²⁾の法則に従って、応力とクリープは比例し、圧縮と引張の単位クリープひずみは等しいと仮定して、解析を行うことにする。式(1)は圧縮応力下におけるコンクリートのクリープに関する応力-ひずみ関係式を示している。

$$\Delta \varepsilon_{t-t_1} = \frac{\sigma_{t_1}}{E_c} \phi(t-t_1) + \frac{\Delta \sigma_{t-t_1}}{E_c} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \phi(t-t_1) \right\} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta \varepsilon_{t-t_1}$ は載荷材齢 t_1 から任意材齢 t に至るまでに変化するクリープによるコンクリートのひずみの変化量、 E_c はコンクリートのヤング係数、 σ_{t_1} は載荷材齢 t_1 におけるコンクリート応力度、 $\Delta \sigma_{t-t_1}$ は、載荷材齢 t_1 から任意材齢 t に至るまでに変化するコンクリート応力度、 $\phi(t-t_1)$ は載荷材齢 t_1 から任意材齢 t に至るまでに変化するクリープ係数である。

3. 実験概要

本実験は、持続引張荷重下におけるひび割れ間隔内のひずみ変化を把握するために、コンクリート中に鉄筋を埋め込んだ供試体(120mm×120mm×250mm)を製作し、鉄筋にのみ引張力を作用させた。また、同供試体を用いて、純粋な引張クリープひずみを得るために、乾燥収縮量の測定も同時に行った。供試体の種類を表-1に示す。実験に使用した鉄筋は、D19 および D22 の 2 種類で、載荷荷重は 30kN である。鉄筋ひずみは、供試体中央位置に埋め込んだ鉄筋計を用いて測定を行った。

表-1 供試体の種類

f_c \ 鉄筋比	$\rho = 2.0\%(D19)$	$\rho = 2.7\%(D22)$
2.6N/mm ² (呼び強度 25)	○[25D19]	
3.2N/mm ² (呼び強度 35)	○[35D19]	○[35D22]
3.8N/mm ² (呼び強度 45)	○[45D19]	

(f_c : コンクリートの引張強度の目標値 ρ : 鉄筋比 []: 供試体呼名)

Keywords: 一軸長期引張実験, 引張クリープ, 付着クリープ, 内部ひび割れ

連絡先: * 〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 6 丁目 2 番 21 号 TEL:06(6552)1235 FAX:06(6551)5648

** 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番地 1 号 TEL:06(6954)4141 FAX:06(6957)2131

4. 測定値と解析値の比較

供試体中央位置に埋め込んだ鉄筋計より得られた、ひずみの測定結果を図-1に示す。同図は、測定された全ひずみより乾燥収縮ひずみを差し引いた、つまり、純粋な引張クリープひずみのみを示している(+：引張、－：圧縮)。

実験より得られたひずみより、載荷材齢 $t_1=0$ から $t=1279$ に至るまでのコンクリート部の有効範囲を算出し、コンクリート部の有効範囲の減少メカニズムについて検討を行った³⁾。その結果を図-2に示す。ここで、コンクリート部の有効範囲とは、コンクリートが引張応力を分担している範囲⁴⁾を意味している。

図-2に示すように、コンクリート部の有効範囲の減少は以下の3つの要素に分けて考えることができる。

- ① 荷重載荷直後に異形鉄筋の節により発生する内部ひび割れにより減少する。
- ② 荷重載荷直後から約600時間は、引張クリープおよび新しい内部ひび割れの発生や、節前面のコンクリートの圧壊の進行などが原因(付着クリープ¹⁾)で、減少する。
- ③ 引張クリープのみによる影響

このコンクリート部の有効範囲の減少メカニズムを考慮し解析を行った。なお、クリープの進行は指数関数で近似し、その進行を表す無次元係数 k の値は、回帰分析を行い決定した。測定値と解析値の比較を図-3に示す。

図-3から、コンクリートの有効範囲の減少を考慮した場合、測定値と解析値は、比較的良く一致することがわかった。

5. まとめ

持続引張荷重下におけるひび割れ間隔内のひずみ変化を把握するために行った一軸長期引張実験の結果、コンクリートの有効範囲の減少を考慮した場合、測定値と解析値は比較的良く一致することがわかった。これより、持続引張荷重下の異形鉄筋周辺では、引張クリープだけでなく新しい内部ひび割れの発生や、節前面のコンクリート圧壊の進行などが要因でひずみが増大すると考えられる。また、引張クリープは、圧縮クリープと同様の応力-ひずみ関係式を適用し、さらに、圧縮クリープ係数と同様の値 $\phi(\infty)=2.0$ で評価できる可能性が見出された。

【参考文献】

- 1) 大野義照, 李 振宝, 鈴木計夫: 持続荷重下における異形鉄筋とコンクリート間の付着応力～すべり関係, 日本建築学会構造系論文集, 第459号, pp.111~120, 1994年5月。
- 2) W. H. Glanville and F. G. Thomas: Building Research Technical Paper, No.21, p.41, 1939.
- 3) 橋本果耶: 連続合成桁におけるテンションスティフニング効果と引張クリープとに関する研究, 大阪工業大学修士学位論文, 2004年1月。
- 4) 後藤幸正, 大塚浩司: 引張を受ける異形鉄筋周辺のコンクリートに発生するひび割れに関する実験的研究, 土木学会論文集 第294号, pp.85~100, 1980年2月。

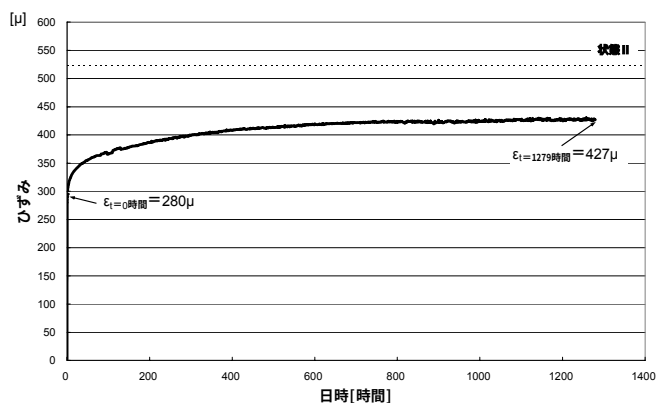


図-1 材令-引張クリープひずみ関係(35D19)

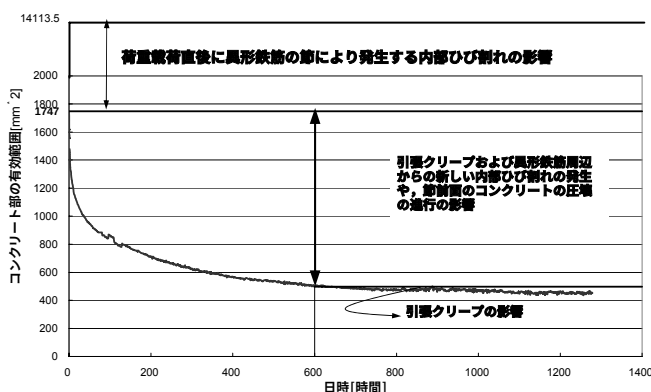


図-2 コンクリートの有効範囲(35D19)

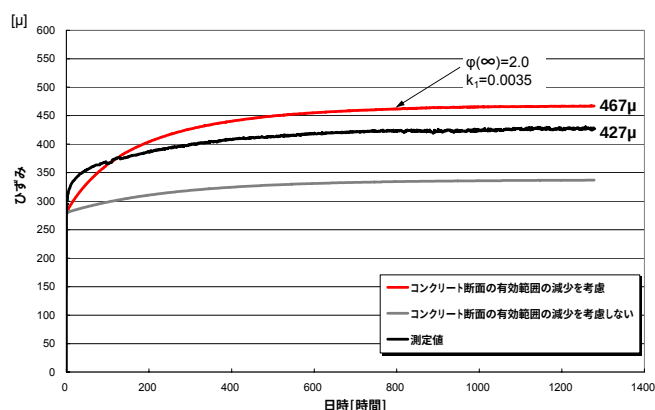


図-3 材令-引張クリープひずみ関係(35D19)