

流速法による引張クリープの定式化に対する一検討

野 中 資 博*

A Study on the Determination of a Tensile Creep by the
Rate of Flow Method
Tsuguhiro NONAKA

The rate of flow method is one of the creep theories that are used in analysing thermal stress within concrete structure. The characteristic of this method is the capability to determine a creep by an arbitrary experimental result. This paper describes the examination result of the characteristic in tension experimentally.

The tests were carried out to the fly-ash cement concrete of type C with changing the loaded age and the stress level; the loaded ages were 5th, 15th and 25th day; the stress levels were 40% and 60% of the tensile strength. Only the long period test results were used to determine the creep by the rate of flow method. In case of the 40% stress level, the creep that was gained at the loaded age 15th day, is as same as the creep at the loaded age 25th day. In case of the 60% stress level, however, the creep at the loaded age 5th day is different from those.

Considering the above mentioned, the determination of a creep by an arbitrary experimental result, that is the characteristic of the rate of flow method, is capable if creep is stationary creep. On the other hand, if creep is non-stationary creep, which is generated at high stress level, the result need not be used.

Anyway, the characteristic of the rate of flow method can be proved by the stationary creep at low stress level.

1. はじめに

F. E. M. によりクリープを考慮したコンクリート構造物の温度応力の解析を行なう場合、クリープの導入法として、状態方程式法と流速法が最も用い易い事は以前¹⁾に述べた。しかしそこで示した様にそれら各々には長所と短所が存在している。たとえば状態方程式法ではクリープポアソン比の仮定が定性的には疑問である事であり、流速法では実験結果の定式化にやや難点がある事である。また流速法は疑似時間を導入する事により任意の一本の実験結果より定式化が可能である事になっているが、本当に載荷材令が定式化の結果に影響を及ぼさないのか未確認の点もある。よってここでは流速法のそれらの点の確認を行なう事にするが、特に温度応力という事で引張クリープを対象にすることにしたものである。

2. 引張クリープ試験

使用したセメントコンクリートはフライアッシュC種

セメントコンクリートである。配合は目標強度 260kg/cm²、スランプ 10cm、空気量 2%であった。基礎試験結果とその配合表を Table 1, 2 に示す。また載荷材令は 5, 15, 25日であり、載荷応力レベルは直接引張強度の40%であった。実験結果の詳細は別に報告しているが、²⁾流速法の定式化に関しては試験結果のうち、長期測定のできた15, 25日のものを使用している。それらの測定結果を Fig. 1, 2 に示す。

また同様な条件ではあるが、配合が若干異なるものについて、応力強度比60%で得られた材令5日の測定結果を Fig. 3 に示しておく。

3. 流速法とは

流速法とはイングランドとイルストンによって提唱されたコンクリートのクリープ理論であり、その概念はクリープを回復性クリープ(遅れ弾性成分)と非回復性³⁾クリープ(流動成分)とに分離して考えるものである。また次の様な仮定がある。

仮定1: 非回復性クリープのひずみ速度は載荷材令に

* 農業施設工学研究室

無関係である。

仮定2：回復性クリープは載荷材令に無関係な一定の値に収束する。

仮定3：除荷時の回復クリープ曲線は載荷時の回復クリープ曲線と一致する。

仮定4：回復、非回復クリープ成分は応力に比例するものとし、各々クリープコンプライアンスを定義できる。

さらに実時間に対し疑似時間を導入し、非回復クリー

Table 1 Physical properties

Cement						
Specific gravity	Fineness cm ² /g	Setting				
		Initial	Final			
2.79	3152	4h 47'	5h 37'			
Cement						
Soundness	Comp. strength kg/cm ²					
	1 day	3 day	7 day	28 day		
good		79	110	217		
Fine aggregate			Coarse aggregate			
Specific gravity	Absorption %	F. M.	Specific gravity	Absorption %	F. M.	
2.59	2.31	2.88	2.63	1.80	6.75	

Table 2 Mix proportion

Slump cm	Air %	W/C %	s/a %	W kg/m ³	C kg/m ³	S kg/m ³	G kg/m ³
10	2	46	48.0	169	368	863	949

プコンプライアンスを載荷材令に無関係な傾き1の直線で表わすものである。また回復成分のコンプライアンスはn個の kelvin 単位を使用すればよい。

すなわち式で表わせば、非回復成分と回復成分は、

$$\epsilon_f = J_f(t - \tau)\sigma_0 \quad (1)$$

$$\epsilon_a = J_a(t - \tau)\sigma_0 \quad (2)$$

疑似時間は、

$$t' = a \log t \quad (3)$$

よって各々のクリープコンプライアンスは次の様になる。

$$J_f = t' - \tau' \quad (4)$$

$$J_a = \sum J_{ai} (1 - e^{-J_i/Q_i}) \quad (5)$$

4. クリープコンプライアンスの実験値による決定

回復成分はある一定値に比較的早く収束する。よって

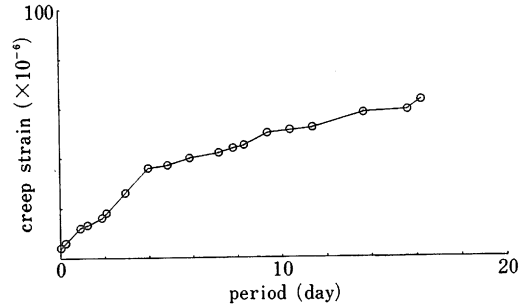


Fig. 1 Creep strain (age 15)

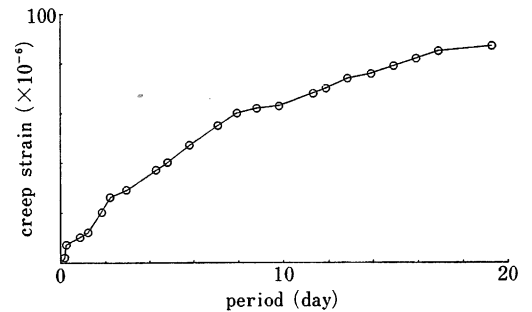


Fig. 2 Creep strain (age 25)

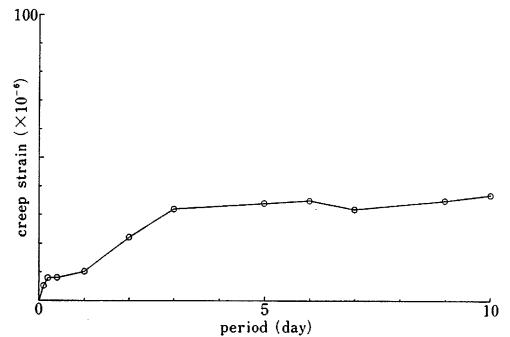


Fig. 3 Creep strain (age 5)

載荷後長期ではクリープの大部分が非回復成分である。すなわちまずこの事より非回復成分を決定し、その後全クリープから非回復成分を引けば回復成分が求まることになる。ここでは回復成分は一個の kelvin 単位で表わした。前述の試験結果を整理したものを Fig. 4, 5, 6 に示す。ここで測定終了日からのクリープはクリープ関数より外挿したものである。

次に応力強度比40%の載荷材令15, 25日のクリープを Fig. 4, 5 をもとに回復成分、非回復成分に分離したものを Fig. 7, 8 に示す。

その結果は多少の違いはあるもののほとんど同一であった。

ところで、Fig. 6 の応力強度比 60% のものによる分離結果である Fig. 9 は少し挙動が異なっているが、それについては次の考察で触れたい。

5. 考 察

応力強度比が40%の载荷材令が異なる二つの試験結果から求めたクリープコンプライアンスはほぼ同じであった。すなわち流速法は载荷材令の影響を考えなくてよいことが確認されたわけである。ただしそのためには非回復成分のみの区間をうまく取らなければならない。逆に言えば非回復成分のみの区間をうまく取らなくては、偽りのクリープコンプライアンスが得られる危険性があるのである。

一方応力強度比が60%のものが前二者と大きく異なっているのはすでに定常クリープではないからである。なぜならこの応力レベルで一部クリープ破壊が観測されているからである。

流速法は定常クリープを対象にすべきであり、60%の応力レベルは流速法の定式化には不適切であったと思われる。よって従来どおりの応力レベル40%あたりが最適であろう。

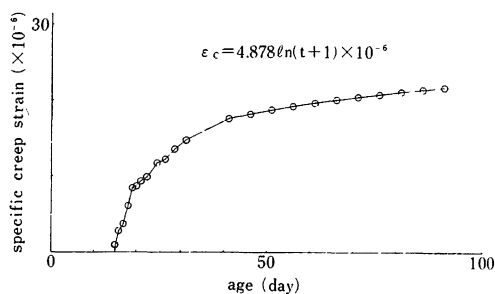


Fig. 4 Specific creep strain (age 15)

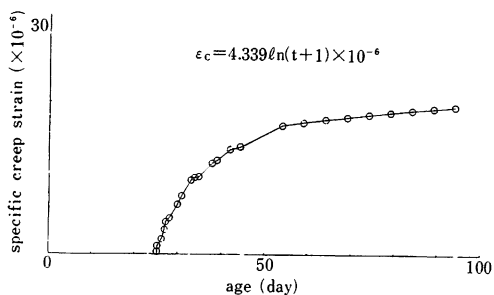


Fig. 5 Specific creep strain (age 25)

6. おわりに

以上が流速法に関する概略の説明であるが、実際の

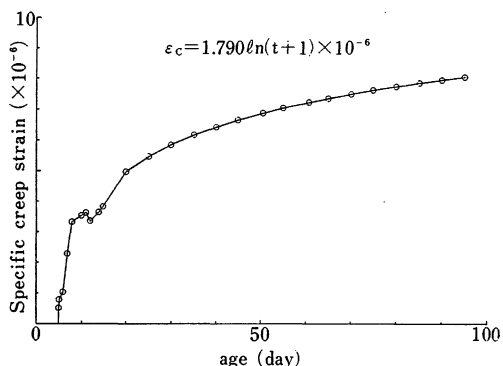


Fig. 6 Specific creep strain (age 5)

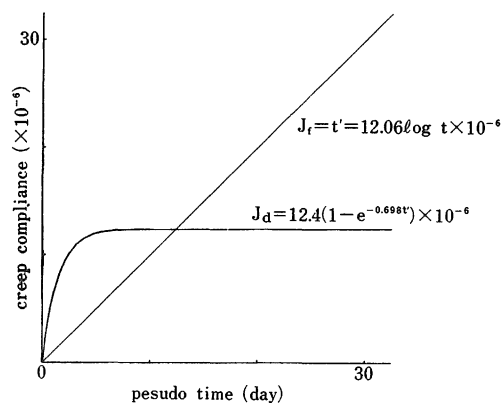


Fig. 7 Creep compliance (age 15)

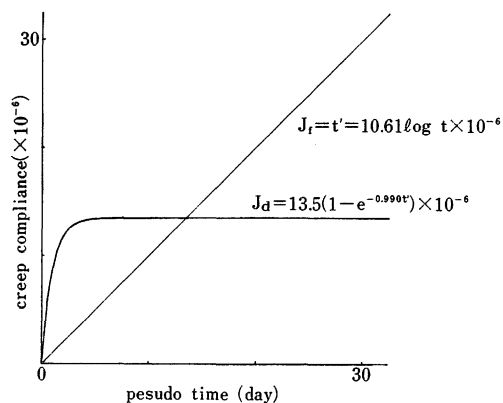


Fig. 8 Creep compliance (age 25)

F. E. M. によるクリープ解析においてはまず多軸場へ拡張しなければならない。そのためにはクリープポアソン比を用いる。さらにクリープは温度の影響を受けるが、非回復成分のみが温度に関係するものとする。またここでは回復成分を簡単のために一個の kelvin 要素で

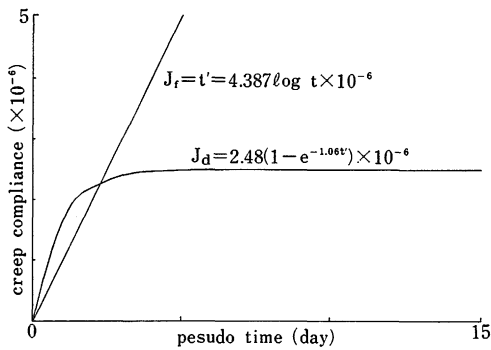


Fig. 9 Creep compliance (age 5)

表わしたが、通常は kelvin 要素として二個程度を考えればよい。この流速法をレオロジー的に考えれば一個の maxwell 要素と一個以上の kelvin 要素によるモデル

化とみなせる。このうちバネが瞬間弾性応答を、ダッシュポットが流動である非回復成分を、kelvin 要素が遅れ弾性である回復成分を表わすものである。このように流速法は物理的には理解し易い理論であるが前述のように実験値からの定式化に一部注意しなければならない。それさえうまく処理すればここで述べた様に一本のクリープ曲線で事足りるのである。

最後にこれらの実験の協力者である木村、成相、鈴木、兼久の四氏に深謝いたします。

引用文献

1. 野中：農士学会大会講演会昭和59年度要旨集：552-553, 1984.
2. 野中：農士学会大会講演会昭和60年度要旨集：374-375, 1985.
3. 羽山他：間組研究年報1982：101-113, 1982.