

若材齢コンクリートの極短期的な時間依存挙動に関する実験的検討

名城大学 正会員 ○石川 靖晃
 名城大学 学生会員 三堀 崇
 名城大学 森川 幸彦

1. はじめに

コンクリートの初期応力問題を正確に予測するためには、ある程度材齢が経過したコンクリートはもちろんのこと練り混ぜ直後からの半流動体状態を含めたコンクリートの材料特性を厳密に把握しておく必要がある。現在まで、若材齢コンクリートの時間依存挙動に関する研究¹⁾²⁾が各所で行われているが、多くは載荷後の試験期間が1週間以上であり、特に、除荷数時間後の極短期的な挙動には適用できないと思われる。

そこで本研究では、若材齢コンクリートの除荷直後のクリープおよび弾性係数を評価することを目的とした。なお、本研究では普通コンクリートで、かつ圧縮域の挙動のみを検討対象とした。

2. 実験概要

本研究では、変位速度を常に任意に変更できる万能試験機を用いて、コンクリート供試体に一軸圧縮載荷を実施することにより、除荷時のクリープ係数および弾性係数を測定することを試みた。

手順としては、まず、図-1に示すようにコンクリート供試体を万能試験機に設置し、供試体軸ひずみおよび横ひずみを測定するコンプレッソメータを取り付けた。そして、一定の変位速度で載荷を実施し、所定の載荷ひずみレベルに達したとき変位速度を0とした。さらに所定時間(以降 Hold 時間と呼ぶ)経過した後、再度変位速度を与えることにより再載荷を実施した。このとき、供試体の軸応力および軸ひずみ履歴は模式的に図-2のように示される。用いたコンクリートの配合として、単位水量、セメント量、細骨材量および粗骨材量はそれぞれ 193,351,870 および 896kg/m³であり、最大骨材寸法は 15mm である。なお実験ケースとして、載荷材齢 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 および 28 日の 5 種類、載荷ひずみレベルは図-3に示すような 6 種類を考えた。

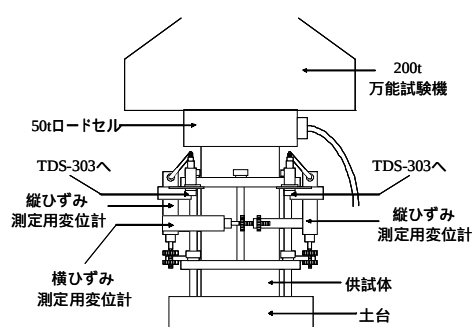


図-1 試験装置

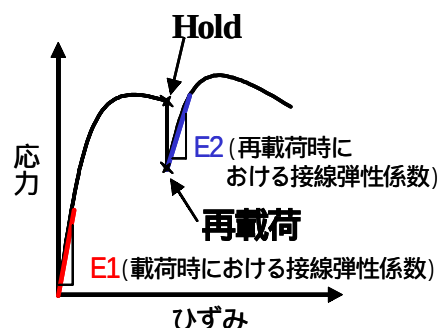


図-2 軸応力軸ひずみの模式図

3. 除荷時のクリープに対する検討

最初に、応力緩和率からクリープを評価する方法をまず述べる。

まず、クリープ係数と Hold 時間との関係を次式で近似する。

$$c(t, t') = 1 + a(1 - \exp(-bt)) \quad (1)$$

ここで、 $c(t, t')$ は Hold 時間 t 、載荷材齢 t' におけるクリープ関数である。また、式(1)から、 $c(t, t')$ のラプラス変換 $C(s)$ は次式で表される。

$$C(s) = (1+a)/s - a/(s+b) \quad (2)$$

一方、応力緩和率 $r(t, t')$ のラプラス変換 $R(s)$ と $C(s)$ との間には次式の関係が成立する³⁾。

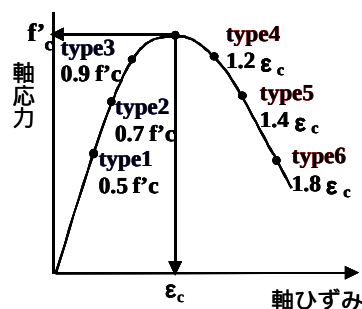


図-3 載荷ひずみレベル

キーワード：若材齢コンクリート、応力緩和率、クリープ係数、弾性係数、載荷ひずみレベル

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部建設システム工学科 TEL052-832-1151

$$C(s)R(s) = 1/s^2 \quad (3)$$

式(2)を式(3)に代入し、ラプラス逆変換を施すことにより、次式のような応力緩和率と Hold 時間との関係が、クリープ関数の近似式中の材料定数 a および b を含んだ形で得られる。

$$r(t, t') = 1/(1+a) + b \exp(-(1+a)bt)/(1+a) \quad (4)$$

さらに式(4)を上述の実験により得られた実測値に当てはめることにより、式(1)中の材料定数を得ることができる。さらに式(1)を次式のような一般的に用いられている Power 則の関数

$$c(t, t') = c_0(t')(t - t')^n \quad (5)$$

で最小二乗近似することにより、 $c_0(t')$ および n を評価する。

上述の手法を全ての実験ケースに対して行った。 $c_0(t')$ と荷重ひずみレベルとの関係を図-4 に示す。ただし、全ての実験ケースに対して、 n は 0.3 と固定し評価している。荷重材齢 0.5 日を除いては、どの荷重材齢においても、荷重ひずみレベルが大きくなるほど、 $c_0(t')$ は大きくなる傾向にあることがわかる。特に荷重ひずみレベル 6 での値は荷重ひずみレベル 1 のそれに比べ、大体 3~4 倍程度となっている。応力緩和現象は、言い換えれば除荷時のクリープ挙動であり、除荷時のクリープ係数は大きく荷重ひずみレベルに依存するといえる。ただし、本研究では応力緩和測定は高々 3 時間程度の経過時間下でなされており、極めて短期的な範囲内でしか成立しないことを付記しておく。

4. 再荷重時の弾性係数に対する検討

図-5 に、荷重ひずみレベル 5 における、初期接線弾性係数 E1 および再荷重時の弾性係数 E2 と材齢との関係を示す。E1 と E2 を比較すると、材齢が 28 日では E1 と E2 はほぼ同じ値となる一方で、特に材齢 1~2 日の間では E2 は E1 に比べ約 50% となっていることがわかる。

5. おわりに

本研究の範囲内で以下の結論を得る。

- ・ ポストピーク時に除荷した場合での若材齢コンクリートのクリープ係数は弾性除荷時のクリープ係数に比べ 3~4 倍程度となる。
- ・ 一軸圧縮強度付近で除荷した直後の弾性係数は、若材齢時においては初期接線弾性係数に比べ半減する。

参考文献

- 1) 入矢桂四郎 他：若材齢コンクリートの除荷過程におけるクリープ挙動のモデル化に関する研究，土木学会論文集，No.613/V-42，pp.165-174，1999 年 2 月
- 2) 細井陽介，小澤満津雄，森本博昭：変動応力下における若材齢コンクリートのクリープ評価について，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，V-27，pp.575-576，2003 年 3 月
- 3) 山田嘉昭：塑性・粘弾性，培風館，1972 年

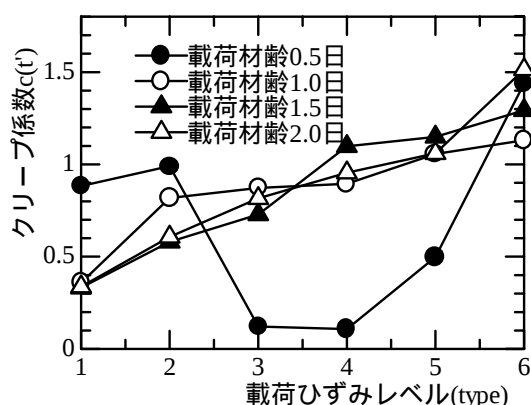


図-4 クリープ係数—荷重ひずみレベル関係

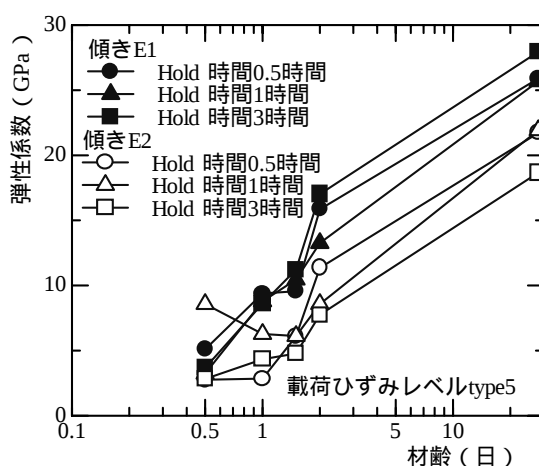


図-5 弾性係数—材齢関係