

V-374 温度応力を模擬したクリープ実験へのモデルの適用性に関する研究

名古屋工業大学 学生員 根木 崇文

名古屋工業大学 正会員 入矢桂史郎

名古屋工業大学 正会員 梅原 秀哲

1. まえがき

セメントの水和熱による温度応力を予測するには、若材齢時におけるクリープ挙動の解明が重要である。これまでに若材齢コンクリートのクリープ挙動に着目して研究を進め、圧縮、引張、除荷のそれぞれの過程についてクリープひずみモデルを提案した^[1]。温度応力は応力が変化するため、それに応じたモデル化が重要である。筆者らは、この応力に対して重ね合わせ法を適用することについて検討してきたが、本研究では、温度応力を想定した圧縮、除荷、引張と応力を変化させたクリープ試験を行い、このような過程にも重ね合わせ法が適用可能かどうか検討した。

表-1

Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m ³)				
				W	C	S	G	AD
8.0	4.0	55	44.6	172	313	787	1015	1.16

2. 配合

コンクリートは目標強度 35N/mm²(材齢 28 日)の一般の鉄筋コンクリートに使用されているものを用いた。使用材料は、普通ポルトランドセメント、山砂、碎石とした。表-1 に対象としたコンクリートの示方配合を示す。

3. クリープ試験

クリープ試験にはφ10×20cmの円柱供試体を用い、側面をアルミテープで被覆し、水分の蒸発を防止した。コンクリート打設後24時間は、温度20℃、湿度60℃の恒温室内に静置し、材齢1日以降は温度30℃、湿度98%に制御した恒温恒湿器を有するてこ式圧縮・引張クリープ試験機を用いて応力を载荷した。試験は、応力過程が異なる2ケースについて行った。case1は、圧縮载荷、除荷、引張载荷が各々の応力状態内では変化しないケースとし、case2は圧縮2段階、除荷3段階、引張4段階の载荷を行う多段階载荷とした。それぞれの载荷パターンと測定した全ひずみを図-1、2に示す。また、自己収縮等のクリープひずみ以外のひずみは、同一環境内にセットした無载荷供試体より測定されたひずみを、载荷供試体から差し引いて補正した。

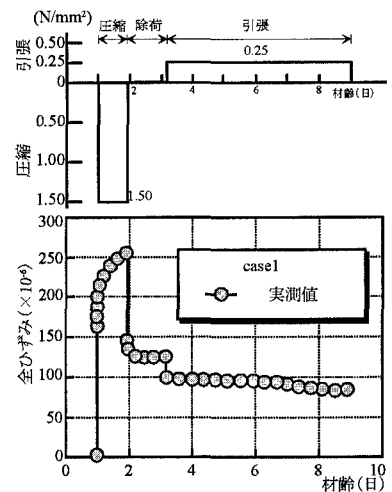


図-1 case1の試験結果

4. クリープ関数による重ね合わせ

過去の実験において求められた圧縮、除荷、引張のそれぞれのひずみ関数を用いて、重ね合わせを行った。解析に使用した関数を以下にそれを示す。

①圧縮クリープひずみ関数

$$\varepsilon_{cr} = F_{S/S}(S/S, \tau) \cdot F_L(\tau) \{ 28.502 (1 - e^{-206.08\tau}) + 47.442 (1 - e^{-1.747\tau}) + 9.144\tau \}$$

応力強度比に関する補正関数

0 ≤ S/S ≤ 20 の場合

$$F_{S/S}(S/S, \tau) = C(\tau) S/S$$

$$1 \leq \tau \leq 3 \quad C(\tau) = 0.007(\tau - 1) + 0.036$$

20 ≤ S/S の場合

$$F_{S/S}(S/S, \tau) = D(\tau) S/S \text{ EXP}(0.0035 S/S)$$

$$1 \leq \tau \leq 3 \quad D(\tau) = 0.069(\tau - 1) + 0.359$$

Key word 若材齢、クリープ、温度応力、重ね合わせ法

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学社会開発工学科 Tel 052-735-5502 Fax 052-735-5503

$$\begin{aligned} 3 \leq \tau \leq 5 & \quad C(\tau) = 0.0014(\tau - 1) + 0.050 \\ 5 \leq \tau & \quad C(\tau) = 0.0527 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \leq \tau \leq 5 & \quad D(\tau) = 0.014(\tau - 1) + 0.499 \\ 5 \leq \tau & \quad D(\tau) = 0.524 \end{aligned}$$

載荷材齢関数

$$F_1(\tau) = 1.082(1 - e^{-0.861\tau})$$

ε_{cr} : 圧縮クリープひずみ (μ) S/S: 応力強度比 (%) τ : 載荷材齢 (日)
tc: 有効材齢 (日)

② 除荷クリープひずみ関数

$$\varepsilon_r(t) = F_{S/S}(S/S) \{ 25.077(1 - e^{-0.609t}) + 16.736(1 - e^{-13.929t}) + 1.622t \}$$

応力強度比に関する補正関数

$$F_{S/S}(S/S) = 0.038S/S$$

ε_r : 回復ひずみ (μ) t: 除荷期間 (日) S/S: 応力強度比 (%)

③ 引張クリープひずみ関数

$$\varepsilon'_{cr}(t) = F'_{S/S}(S/S) \{ 1.335(1 - e^{-26.271t}) + 5.0028(1 - e^{-1.1525t}) + 2.3635t \}$$

応力強度比に関する補正関数

$$F'_{S/S}(S/S) = 0.0005S/S^2 + 0.0044S/S \quad (0 \leq S/S \leq 60)$$

ε'_{cr} : 引張クリープひずみ (μ) t: 載荷期間 (日)

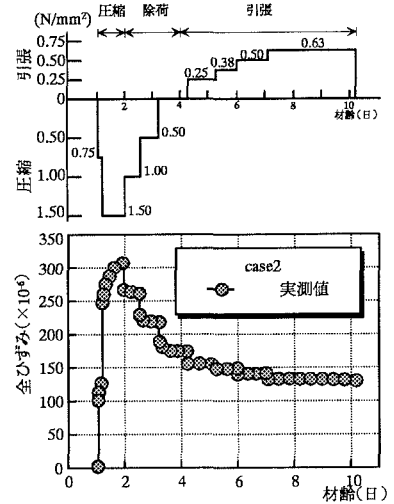


図-2 case2 の試験結果

5. 解析値と実測値の比較

5. 1. 一段階載荷

単純な変化応力を想定した case1 の実測値と解析値の結果を比較したものを図-3 に示す。図より、圧縮、除荷、引張過程において、よく一致しているといえる。このことより、一段階載荷においては、各々の応力状態で予測可能な関数の重ね合わせでモデル化することができる。

5. 2. 温度応力を想定した多段階載荷

実際の温度応力に近づけた case2 の実測値と解析値の結果を比較したものを図-4 に示す。図より、単純な応力変動と同様に全ての過程においてよく一致していることがわかる。このことより、温度応力状態を想定した多段階載荷においても、重ね合わせ法が適用できることがわかる。

6. まとめ

本研究より得られた結果を以下にまとめる。

温度応力を想定した応力状態についても、上記の関数を用いた重ね合わせ法が十分に適用することができることが明らかになった。また、今後の課題として次のものがある。

- 1) 本研究では、引張の応力強度比が小さいので、ひび割れ発生限界付近の高応力強度比で比較検討する必要がある。
- 2) 本実験は 30℃一定で行っているので、温度変化の影響を考慮していくことが重要である。

参考文献

- 1) 平本、入矢、S. Gupta、梅原：若材齢コンクリートのクリープの材齢および載荷応力依存性：コンクリート工学年次論文報告集 Vol.19,

No.1 1997

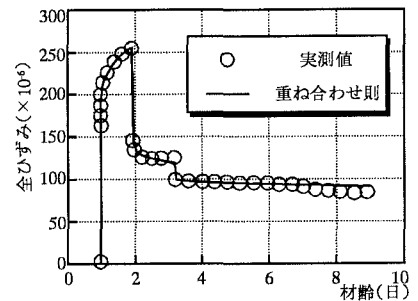


図-3 case1 の実測値と解析値の比較

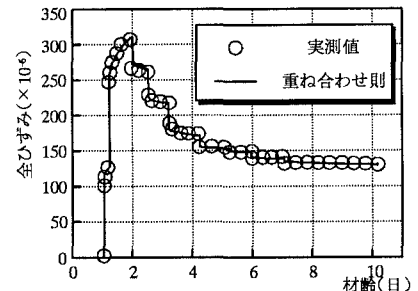


図-4 case2 の実測値と解析値の比較