

変動応力下における若材齢コンクリートのクリープ推定に関する研究

岐阜大学 正会員 ○小澤 満津雄 非会員 細井 陽介 正会員 森本 博昭

1. 目的

本研究では、若材齢期からの変動応力下におけるクリープ評価法について検討を行った。特に、温度応力を模擬した応力パターンについて、圧縮応力の載荷、除荷過程に対するクリープ挙動の推定法を検討した。

2. 履歴応力低減法

本研究で提案するクリープ推定法の特徴は、圧縮除荷過程において先行載荷応力(以下、本論文では履歴応力という)を低減すること、および除荷過程において回復クリープを用いることにある。図-1にクリープ推定法の概要図を示す。載荷期間 $\tau_i \sim \tau_{i+1}$ では、従来の履歴理論¹⁾によるクリープの推定を行う。まず、載荷期間 $\tau_i \sim \tau_{i+1}$ で載荷された応力 $\Delta\sigma_i$ から $\Delta\sigma_i$ に対するクリープ $\varepsilon_{cr}(\tau_i, t_i)$ は式(1)で算定する。次に、除荷期間 $\tau'_i \sim \tau'_{n+1}$ では、除荷応力 $(\Delta\sigma_{re})_n$ を考慮して、履歴応力低減係数 k_n を載荷応力 $\Delta\sigma_i \sim \Delta\sigma_i$ に乘じることで、載荷期間 $\tau_i \sim \tau_{i+1}$ で載荷した応力を低減させる。本論文ではこの手法を履歴応力低減法という。 $\Delta\sigma_i$ に対する履歴応力低減係数を式(2)に示す。除荷期間のクリープ量は式(3)により算出する。次に、除荷時材齢 τ'_n において、回復クリープが発現するものとし、回復クリープ $\varepsilon_{re}(\tau'_n, t'_n)$ を式(4)で算出する。そして、除荷期間におけるクリープは式(5)により算出する。

$$\varepsilon_{cr}(\tau_i, t_i) = \sum_{i=1}^i \Delta\sigma_i \cdot \phi(\tau_i, t_i) \quad (1) \quad k_n = 1 - \left(\frac{\sum_{n=1}^n (\Delta\sigma_{re})_n}{\sum_{i=1}^i \Delta\sigma_i} \right) \quad (2) \quad \varepsilon_{cr}'(\tau'_n, t'_n) = k_n \cdot \Delta\sigma_i \cdot \phi(\tau_i, t_i) \quad (3)$$

$$\varepsilon_{re}(\tau'_n, t'_n) = \sum_{n=1}^n (\Delta\sigma_{re})_n \cdot \phi(\tau'_n, t'_n) \quad (4) \quad \varepsilon_c = \sum_{i=1}^i \varepsilon_{cr}(\tau_i, t_i) + \sum_{n=1}^n \varepsilon_{cr}'(\tau'_n, t'_n) + \sum_{n=1}^n \varepsilon_{re}(\tau'_n, t'_n) \quad (5)$$

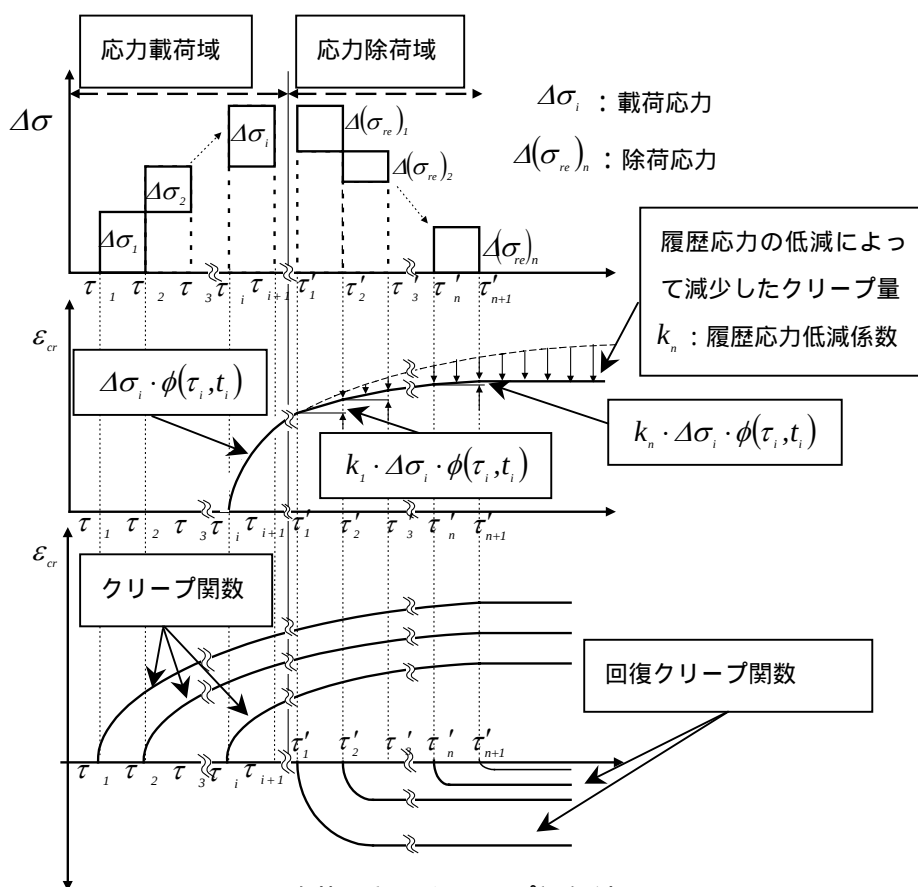


図-1 除荷過程のクリープ評価法

キーワード 若材齢，履歴理論，クリープ，回復クリープ，履歴応力低減法

連絡先

〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部 社会基盤工学科 Tel/Fax 058-293-2459

ここに， $\Delta\sigma_i$ ：載荷応力(N/mm²)， $(\Delta\sigma_{re})_n$ ：除荷応力(N/mm²)， τ_i ：載荷時材齢(日)， τ'_n ：除荷時材齢(日)， t_i ：載荷期間(日)， t'_n ：除荷期間(日)， $\varepsilon_{cr}(\tau_i, t_i)$ ：載荷時のクリープ($\times 10^{-6}$)， $\varepsilon_{re}(\tau'_n, t'_n)$ ：回復クリープ($\times 10^{-6}$)， $\phi(\tau_i, t_i)$ ：単位クリープ関数($\times 10^{-6}$ N/mm²)， $\phi_{re}(\tau'_n, t'_n)$ ：単位回復クリープ関数($\times 10^{-6}$ N/mm²)， τ_0 ：初期載荷時材齢(日)， $\varepsilon'_{cr}(\tau'_n, t'_n)$ ：除荷期間のクリープ($\times 10^{-6}$)， ε_c ：全クリープ量($\times 10^{-6}$)， k_n ：履歴応力低減係数

3. 本提案法の汎用性を検証

ここでは，本提案法の適用性を検証する．参考文献より引用した変動応力下のクリープ試験結果と本提案法との推定結果を比較した．図-2に後藤ら²⁾が実施した温度応力を模擬した応力パターンにおけるクリープ試験の実測値および履歴応力低減法によるクリープ推定結果を示す．後藤らは，W/C=55%の普通コンクリートを対象として，圧縮および引張クリープの構成式と圧縮の除荷クリープを構築し，履歴理論により変動応力下のクリープ挙動を推定している．計算では，実験から求められた圧縮と引張および圧縮の除荷クリープ構成式を用いた．図より，推定値は圧縮応力域と圧縮の除荷域および引張応力域ともに，実測値の挙動をよく捉えていることが分かる．次に，図-3に入矢ら³⁾が実施したW/C=55%で28日圧縮強度が35N/mm²の普通コンクリートを対象として，除荷過程のクリープ試験結果と本推定法による推定結果を示す．計算では，土木学会コンクリート標準示方書⁴⁾のクリープ推定式(圧縮強度55N/mm²以下)を用いた．除荷過程の回復クリープは，クリープ回復率を30%とし³⁾，これを載荷時材齢1.1日のクリープ推定式に乗ずることで求めた．図より，従来の履歴理論による推定値は，圧縮応力域で実測値をよく評価している．しかし，圧縮応力除荷域において，増加傾向を示している．これは，圧縮応力域のクリープ値が除荷域にも影響を及ぼしているためである．一方，本提案法による推定値は，除荷域においても実測値とよく合致していることがわかる．以上より，本提案法の適用性が検証できたと考える．

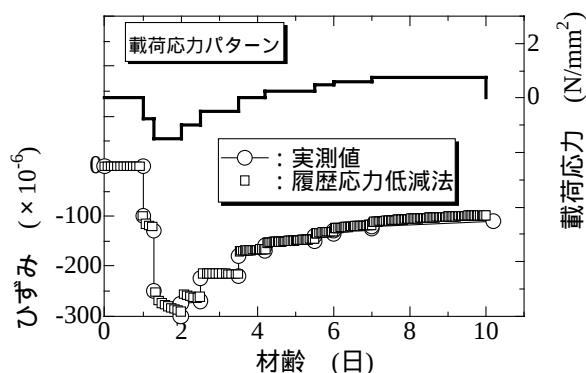


図-2 汎用性の検証 1(後藤ら²⁾)

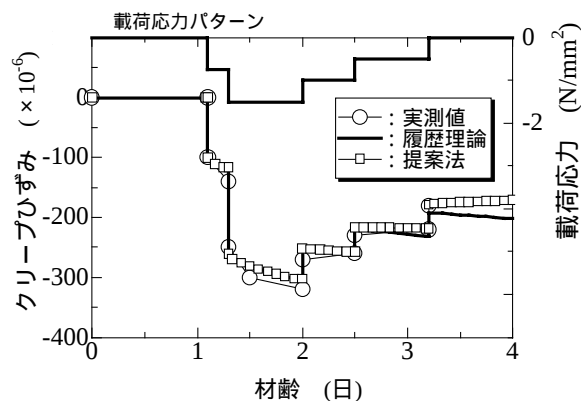


図-3 汎用性の検証 2 (入矢ら³⁾)

4. まとめ

本研究では，変動応力下のクリープ推定法として，除荷過程において履歴応力を低減させるとともに，回復クリープを考慮することにより，応力反転過程のクリープを精度よく推定することが可能な手法を提案した．土木学会のクリープ推定式を用いて，本提案法により除荷過程のクリープ挙動を推定した．その結果，本提案法は，十分なる適用性を有することが示された．

【参考文献】

- 1) CEB-FIP Model Code 1990:Comite Euro-International Du Beton,Thomas Telford,1990
- 2) 後藤忠広，上原匠，梅原秀哲：若材齢コンクリートのクリープ挙動に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17，No.1，pp.1133-1138，1995
- 3) 入矢桂史郎，服部達也，根木崇文，梅原秀哲：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.164-174，1999.2
- 4) 土木学会：コンクリート標準示方書，[構造設計編]，2002