

鉄筋コンクリート部材の時間依存挙動に関する逆解析

東北学院大学工学部 学生会員 ○河合 慎介
東北学院大学工学部 学生会員 津田 正樹
東北学院大学工学部 正会員 遠藤 孝夫

1.はじめに

コンクリート構造物の重要度が増すに従い、コンクリートの乾燥収縮やクリープなどの時間依存挙動をより正確に予測することが大切になってきている。このような背景のもとに、ここでは既往の実験¹⁾からクリープ挙動を求め、このクリープ挙動を推定するためにコンクリートを粘弾性体と考え、逆解析によりこの粘弾性体の力学定数を推定することを試みる。

2.解析方法

本研究では、東北大学で行われた実験データ¹⁾を逆解析にデータとした。実験の概要は次の通りである。

まず、鉄筋コンクリート供試体を2種類造り、一方を乾燥収縮測定用供試体、他方をクリープ測定用供試体とし、これらに同じ温度を負荷している。これらの供試体概要を図-1に示す。

2つの供試体は断熱温度槽におかれて、雰囲気温度を0～15日目までは35℃に、15～20日目は20℃に保たれた。又、クリープ測定用供試体に関しては0～15日間だけ軸力を導入された。導入軸力は3tf、コンクリートの応力で約10kg/cm²である。

この際のひずみは供試体中央に埋め込んだひずみ計で測定された。クリープ測定用供試体から乾燥収縮測定用供試体のひずみを差し引いて求めたクリープひずみが図-2のように示されている。

このクリープひずみをもとに粘弾性4要素モデル(図-3)を決定することを試みる。

この実験をもとにした有限要素法による解析モデルを図-4に示す。モデルは、2次元の8節点要素で構成されて節点番号1,2,3は拘束条件を与えている。さらに、節点番号6,7,8には実験を模擬した軸力0～15日目の15日間載荷し、16～20日目の5日間は荷重を除荷している。

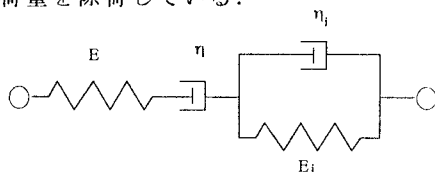


図-3 粘弾性4要素モデル

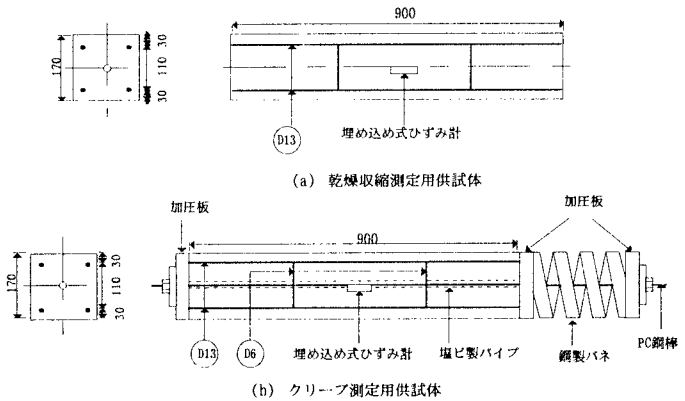


図-1 乾燥収縮及びクリープ測定用供試体

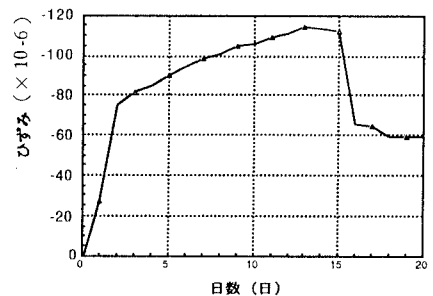


図-2 実験におけるクリープ挙動

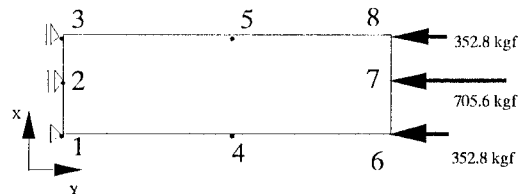


図-4 解析モデル

3.逆解析による力学定数の推定

クリープ挙動を推定するためには様々な方法があるが、ここでは粘弾性 4 要素モデルについての逆解析を考え、直接定式化法である Gauss-Newton 法を用いて推定した。逆解析において推定するパラメータを Maxwell モデルの弾性定数(E)、粘性定数(η)、および Voigt モデルの弾性定数(E_v)、粘性定数(η_v) の 4 つとした。この 4 つのパラメータをまとめると

$$\bar{X} = \{X_1 X_2 X_3 X_4\}^T \quad (1)$$

Gauss-Newton 法は、非線形最小自乗法的一种であり、測定ひずみ(u_i)と解析ひずみ(ϵ_i)の評価関数 F を(2)式のように設定する。

$$F = \int_0^t \sum_{i=1}^N \{u_i(t) - \epsilon_i(\bar{X}, t)\}^2 dt \quad (2)$$

又、Gauss-Newton法の定式化を(3)式に示す。

$$\sum_{j=1}^4 \left\{ \int_0^t \left(\sum_{i=1}^N \frac{\partial \epsilon_i}{\partial X_j} \frac{\partial \epsilon_i}{\partial X_k} \right) \right\} \Delta X_j = \int_0^t \sum_{i=1}^N \{u_i(t) - \epsilon_i(\bar{X}, t)\} \left(\frac{\partial \epsilon_i}{\partial X_j} \right) dt \quad (3)$$

この解析においては、初期値を表-1 のようにした。

表-1 初期値の値

Maxwell の弾性定数	1.0×10^5 (kgf/cm ²)
Maxwell の粘性定数	2.0×10^6 (kgf · s/cm ²)
Voigt の弾性定数	1.5×10^6 (kgf/cm ²)
Voigt の粘性定数	1.5×10^{11} (kgf · s/cm ²)

4.解析結果及び考察

逆解析をした結果、評価関数は急激に減少したが 0 には至らず一定値に収束した(図-5)。又、逆解析で推定された値は、表-2 のようになった。何れも数回の逆解析では収束せず、10 回目当たりから収束するようになった。

表-2 逆解析結果による推定値

Maxwell の弾性定数	1.8×10^5 (kgf/cm ²)
Maxwell の粘性定数	2.4×10^6 (kgf · s/cm ²)
Voigt の弾性定数	1.4×10^6 (kgf/cm ²)
Voigt の粘性定数	2.3×10^9 (kgf · s/cm ²)

この逆解析結果より算出した 4 つの力学定数を用いて解析した結果を図-6 に示す。これより、解析で得られたクリープひずみは実験から得られたものと良く近似しており、Gauss-Newton 法により粘弾性定数が求められることが確認された。

5.結論

既往の実験¹⁾からクリープ挙動を求め、コンクリートを粘弾性体と考え、逆解析によりこの粘弾性体の力学定数を推定することを試みた。この結果 Gauss-Newton 法により粘弾性定数が求められることが確認されコンクリートのクリープ問題に逆解析が適用可能であることが示された。

参考文献

- 1) 石田博樹：鉄筋コンクリートラーメン構造の時間依存に関する研究, 東北大学学位論文, 1994 年 2 月
- 2) 松井邦人, 西田徳行, 土橋吉輝, 潮田和司：逆解析手法によるマスコンクリートの熱特性値の推定, コンクリート工学会年次論文報告集, Vol.16, No.1, pp.1347-1352, 1994 年 6 月

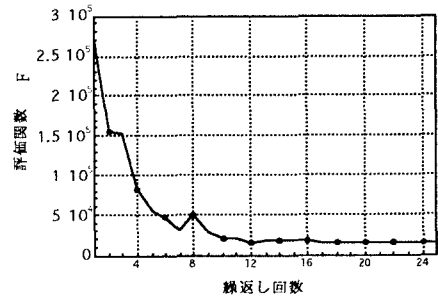


図-5 評価関数

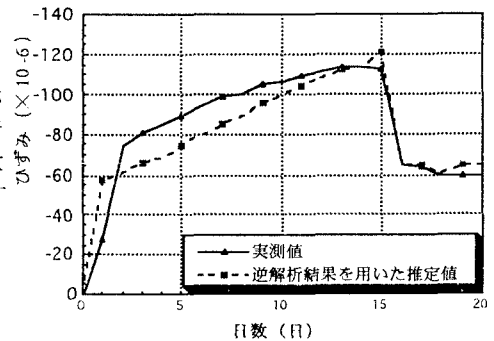


図-6 クリープ解析結果