

1. まえがき

ケミカルレストレストコンクリート部材に導入される応力や膨張量の推定をおこなう場合には、次の3点が重要であると考えられる。まず第1に製造および測定が容易な膨張管理供試体を準備し、これによって使用したコンクリートが実際に膨張していることを確認できること。第2にこの管理供試体の膨張量を基にして部材の導入応力を推定する方法を確立すること。第3に推定計算において必要となるコンクリートの弾性的性質を拘束条件下で明確にすること。以上に関連しておこなった膨張コンクリートの1軸拘束実験について報告する。

2. 膨張量の定義と理論式

コンクリートの有効膨張量(ε)は、拘束下で膨張する拘束膨張量(ε_0)、ケミカルレストレストによる弾性歪(ε_e)、および拘束度に応じて発生するフレクリーフによる消失膨張量(ε_p)の和として定義する。フレクリーフによって消失する膨張量は弾性歪に比例すると仮定し、その比例定数(ξ)は異なる数種類の拘束鉄筋比の膨張量測定値から最小自乗法によってKとともに決定される。以上を式によって表現すると

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{0i} + \varepsilon_{ei} + \varepsilon_{pi} = \varepsilon_{0i} + \varepsilon_{ei}(1 + \xi_i) \quad (1)$$

$$K_i = \varepsilon_i \sigma_{pi} = \varepsilon_{0i} E_s \rho \{1 + n_i \rho(1 + \xi_i)\} \quad (2)$$

材令 $t = i-1$ から $t = i$ の間における鉄筋コンクリート部材の膨張量増分は次のように示される。

$$\Delta K_i = K_i - K_{i-1} = \Delta \varepsilon_i \sigma_{pi} + \varepsilon_{i-1} \Delta \sigma_{pi} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_i &= \varepsilon_i - \varepsilon_{i-1} \\ &= \Delta \varepsilon_{0i} + (\varepsilon_{ei} - \varepsilon_{e(i-1)})(1 + \xi_i) + \varepsilon_{e(i-1)} \Delta \xi_i \end{aligned} \quad (4)$$

$$\Delta \varepsilon_{0i} = \frac{\Delta K_i}{\sigma_{pi-1} + \Delta \sigma_{pi}} - \frac{\varepsilon_{i-1} \Delta \sigma_{pi}}{\sigma_{pi-1} + \Delta \sigma_{pi}} - \left(\frac{\sigma_{pi-1} + \Delta \sigma_{pi}}{E_{ci}} - \frac{\sigma_{pi-1}}{E_{ci-1}} \right) (1 + \xi_i) - \frac{\sigma_{pi-1}}{E_{ci-1}} \Delta \xi_i \quad (5)$$

$$\text{但し } \varepsilon_{0i} = \varepsilon_{0(i-1)} + \Delta \varepsilon_{0i}, \quad \sigma_{pi} = \sigma_{pi-1} + \Delta \sigma_{pi} \quad (6)$$

膨張管理供試体によってK, ξ を決定し、推定対象部材をバネ系でモデル化して解析をおこなった。⁽¹⁾

3. 実験方法

膨張管理供試体は図3に示す角柱 ($10 \times 10 \times 30 \text{ cm}$) とし厚さ 9 mm の端板にPC 鋼棒をナットで固定した。使用したPC 鋼棒は $\phi 2$ 11, 13 および 15 mm の4種類である。膨張量の測定は鋼棒の伸びとダイヤルゲージによって測定した。拘束下におけるコンクリートのヤング率とポアソン比は、シースを配置した同寸法の角柱によって軸方向の変形はダイヤルゲージで、横方向の変形は電気抵抗線歪ゲージによって測定した。膨張量の推定をおこなう鉄筋コンクリート板状部材は $85 \times 40 \times 10 \text{ cm}$ で、鉄筋は10, 13, 16 および 19 mm の異形鉄筋を対称位置に2段に配置した。膨張量の測定は鉄筋は電気抵抗線歪ゲージで、コンクリート部材は埋込み型の抵抗線歪ゲージ ($E = 800 \text{ kg/cm}^2$) によっておこなった。

4. 結果および考察

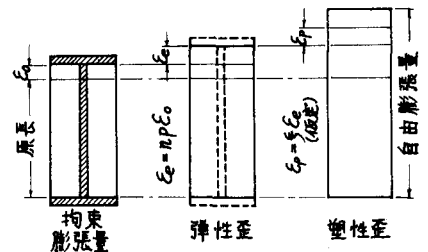


図1 膨張量の定義

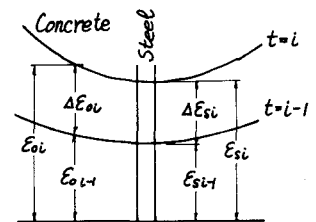


図2 部材の膨張量

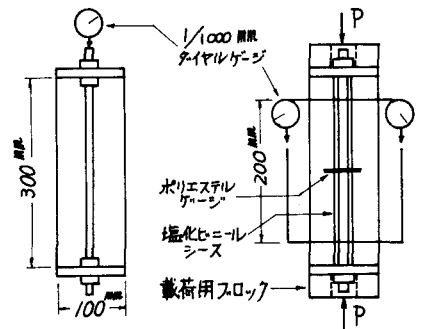


図3 供試体と測定方法

ヤング率は $E_c = (P - E F_p A_p) / \epsilon A_c$ によって求め、図4に示すように歪 (ϵ) に対するヤング率 (E_c) が示されている。ここに F_p , A_p はシースに使用した塩化ビニルパイプのヤング率と断面積である。一般に歪が0近傍において大きな値となっているが直線部分を延長してヤング率を定めた。この値を対応する拘束度の膨張量との関連で示したものが図5である。これより膨張コンクリートのヤング率は膨張量の増大とともに低下することが認められる。膨張量とヤング率との関係は $E_c = E_{c0} \cdot \text{sech } \epsilon / 1500 \times 10^{-6}$ によって近似的に表現できると考えられる。すなわち膨張量 700×10^{-6} のときヤング率の低下は膨張量0のときの約10%, 1000×10^{-6} のとき約20%, 1650×10^{-6} のとき約40%減少することになる。 E_{c0} は膨張量0あるいは普通コンクリートのヤング率であり、ここでは $E_{c0} = t / (0.35 + 0.25 t)$ を使用した。ポアソン比には膨張量による明瞭な差は認められなかったので $\nu = 0.18 + 0.24 / (t + 0.75)$ を使用した。

管理供試体の拘束膨張量より式(2)によって得られた K および ϵ は図6に示すとおりであった。 K 値の材令進行にともなう増大は膨張量の変化と同様であるが、 ϵ は材令の進行によって減少する傾向が認められた。実験をおこなった範囲では材令1日において4~6程度、14日には2~4に低下しこれを双曲線で近似すると $t = \infty$ において1~2に減少すると思われる。 ϵ は同一配合および同一養生条件のもとでの膨張コンクリートのケミカルプレストレスと膨張量との積 (K) が拘束度にかかわらず一定と仮定したことに基いて導入したものであり、今後実験的に検討する必要がある。

以上のことをもとにして板状供試体の膨張量解析をおこなった。図7は10mmと13mmの異形鉄筋がそれぞれの位置に2本ずつ配筋されている供試体の膨張量実測値が示されている。D10-D13, D10-D16, D10-D19の鉄筋を一对として配置した供試体の膨張量実測値に対する計算値の比較をおこなうと、D19 88%, D16 87%, D13 82%, D10では57~70%であり計算値は一般に小さく求められた。

本研究について指導をいただいた都立大学・村田教授、実験に協力いただいた長岡高等技術専門学校に謝意を表します。

オ30回年度大会
(1) 膨張コンクリートと鉄筋との複合効果に関する研究 講演要旨集

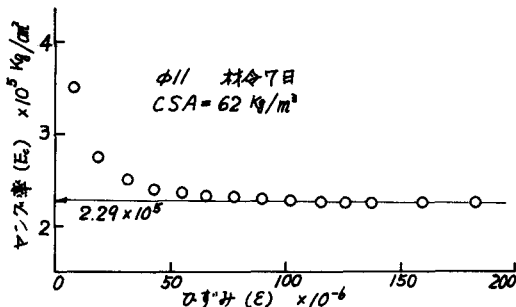


図4 ヤング率の決定方法

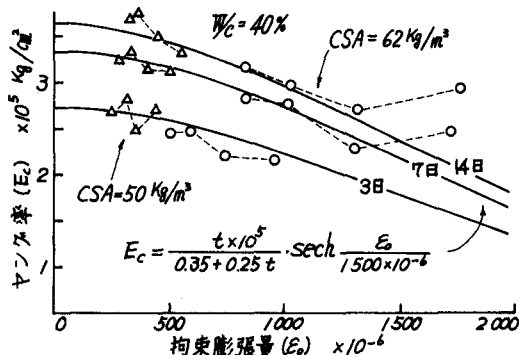


図5 ヤング率に対する膨張量の影響

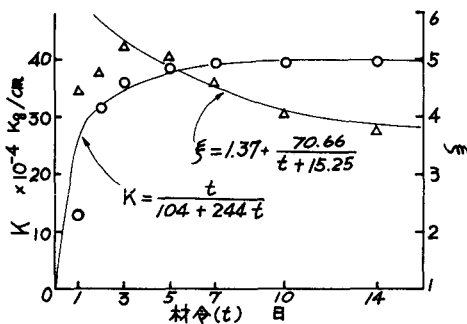


図6 膨張量基礎から K , ϵ

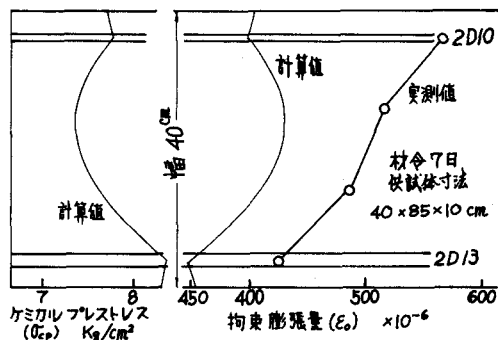


図7 膨張量計算例