

V-209

三軸拘束を受けた膨張コンクリートの解析方法に関する提案

群馬大学大学院 学生会員 神戸 隆幸
 群馬大学工学部 正 会 員 辻 幸和
 群馬大学大学院 学生会員 村上 淳
 鹿島 関東支店 正 会 員 吉田 誠

1. まえがき

著者らはこれまでに、二重鋼管と鋼棒とを用いた膨張コンクリートの三軸拘束試験を行ってきた。この方法による、膨張コンクリートの半径方向に導入されるケミカルプレストレスの算定方法として、これまでにいくつかの方法（モデルA、B、C）が提案されてきた¹⁾。しかし、それらの方法には、実験的に証明が困難である仮定が含まれている。そのため本研究では、膨張コンクリートのケミカルプレストレスを、内圧・外圧を受けた厚肉円筒として導く方法（モデルD）を新たに提案し、これまでの解析方法とともに報告する。

2. 実験概要

実験に使用した多軸拘束器具を図-1に示す。膨張コンクリートの半径方向の拘束には、軸方向の付着を断つため、輪切りにした鋼管を6段積み重ね同心円上に二重に配置した。軸方向の拘束には鋼棒をナットで固定した両端版を配置した中空円筒型の拘束供試体を用いた。鋼管はJIS G 3444一般構造用炭素鋼管のものを用いた。図-1に示すように、鋼管表面に貼付した2軸ひずみゲージ、およびP C鋼棒の中央位置に貼付した1軸ひずみゲージにより、膨張ひずみを求めた。

3. ケミカルプレストレスの算定

鋼管表面に貼付したひずみゲージから求められる円周方向の膨張ひずみ $\varepsilon_{s\theta o}$ （外鋼管）、 $\varepsilon_{s\theta i}$ （内鋼管）と軸方向の膨張ひずみ ε_{slo} （外鋼管）、 ε_{sli} （内鋼管）より、薄肉円筒理論を用いて、コンクリートに作用する半径方向のケミカルプレストレス σ_{cr} は、次式より算定できる。

〈モデルA〉

図-2に示す状態における、鋼管と膨張コンクリートとの境界面での釣合から、膨張コンクリートに導入される半径方向のケミカルプレストレスは、次式のように与えられる。

$$\sigma_{cr} = \frac{E_s}{(r_{oi} - r_{io})(1 - \nu^2)} \left\{ (\varepsilon_{s\theta o} + \nu \varepsilon_{slo})(r_{oo} - r_{oi}) + (\varepsilon_{s\theta i} + \nu \varepsilon_{sli})(r_{io} - r_{ii}) \right\}$$

〈モデルB〉

図-3に示すように、半径方向のケミカルプレストレスの外鋼管側に働く応力 (σ_{cro}) と内鋼管に働く応力 (σ_{cri}) の平均が、ケミカルプレストレスに等しくなると仮定すると、膨張コンクリートに導入される半径方向のケミカルプレストレスは、次式のようになる。

$$\sigma_{cr} = \frac{E_s}{2(1 - \nu^2)} \left\{ \frac{(r_{oo} - r_{oi})}{r_{oi}} (\varepsilon_{s\theta o} + \nu \varepsilon_{slo}) + \frac{(r_{io} - r_{ii})}{r_{io}} (\varepsilon_{s\theta i} + \nu \varepsilon_{sli}) \right\}$$

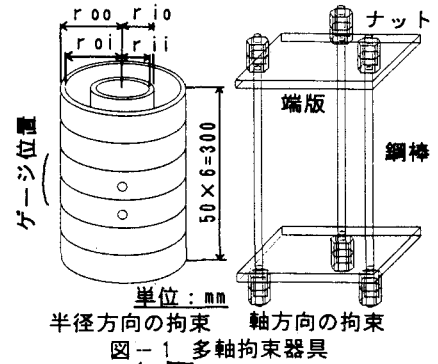


図-1 多軸拘束器具

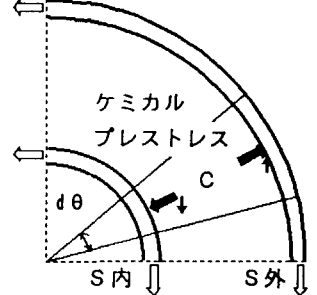


図-2 解析方法 モデルA

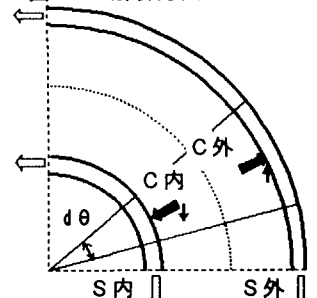


図-3 解析方法 モデルB

〈モデルC〉

図-4に示すように、半径方向のケミカルプレストレスが及ぼす外鋼管に働く力と内鋼管に働く力の平均が、半径方向のケミカルプレストレスが外鋼管の内半径（ r_{oi} ）と内鋼管の外半径（ r_{io} ）の中点に作用する力に等しくなると仮定すると、半径方向のケミカルプレストレスは次式ようになる。

$$\sigma_{cr} = \frac{E_s}{(r_{oi} + r_{io})(1 - \nu^2)} \{ (\varepsilon_{s\theta o} + \nu \varepsilon_{s\lambda o})(r_{oo} - r_{oi}) - (\varepsilon_{s\theta i} + \nu \varepsilon_{s\lambda i})(r_{io} - r_{ii}) \}$$

〈モデルD〉

薄肉円筒論を用いて、コンクリートが鋼管に及ぼす半径方向の応力 p_o および p_i は、次式で求まる。

$$p_o = \frac{(r_{oo} - r_{oi})}{R_o} \cdot \frac{E_s}{1 - \nu^2} (\varepsilon_{s\theta o} + \nu \varepsilon_{s\lambda o})$$

$$p_i = \frac{(r_{io} - r_{ii})}{R_i} \cdot \frac{E_s}{1 - \nu^2} (\varepsilon_{s\theta i} + \nu \varepsilon_{s\lambda i})$$

ケミカルプレストレスは、膨張コンクリートの膨張が、鋼管やP C鋼棒等により拘束されることによりコンクリートに導入される。そこで、図-5に示すように、膨張コンクリートを内圧（ p_i ）・外圧（ p_o ）を受ける厚肉円筒と仮定し、厚肉円筒論を用いてケミカルプレストレス σ_{cr} は、次式により求められる。

$$\sigma_{cr} = \frac{r_{io} p_i + r_{oi} p_o}{r_{io} + r_{oi}}$$

ここに $R_o = (r_{oi} + r_{oo}) / 2$: 外鋼管の平均半径、

$R_i = (r_{ii} + r_{io}) / 2$: 内鋼管の平均半径

4. ケミカルプレストレス

単位膨張材量が 100 kg/m^3 および 70 kg/m^3 の場合を例に取り、各解析方法により算出されるケミカルプレストレスを比較したものが図-6である。モデルB、C、Dについてはほぼ同じ値となるが、モデルAは、他のものに比べ大きく異なっている。特に、モデルC、Dについては非常によく一致している。現在まで、ケミカルプレストレスを算定する方法として、モデルCが最適であると考えてきたが、今回新に提案したモデルDを用いた場合においても、モデルCと同等にケミカルプレストレスを評価できる。

5. まとめ

二重鋼管と鋼棒を用いた膨張コンクリートの三軸拘束試験方法において、これまでに提案されてきた解析モデルには実験的に証明が困難である仮定が含まれていた。そこで今回、モデルDを提案した。この方法を用いた場合においても、これまでの解析方法と同様に導入されるケミカルプレストレスを適切に評価できることがわかった。

本研究は、文部省科学研究費補助金一般研究(C) (課題番号 04650418)によるものである。

参考文献

- 1) 吉田 誠：膨張コンクリートの膨張エネルギーとその持続効果に関する研究、群馬大学大学院修士論文、1992.2

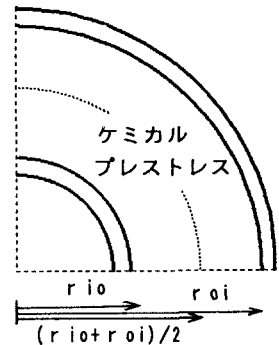


図-4 解析方法 モデルC

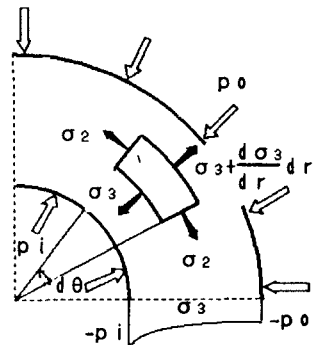


図-5 解析方法 モデルD

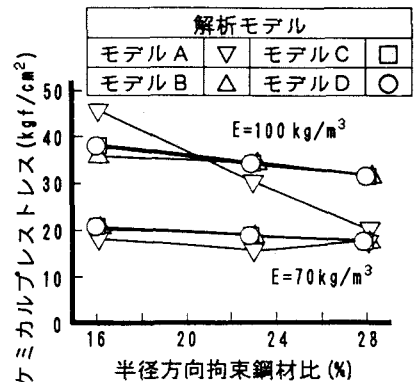


図-6 各解析方法の比較