

膨張コンクリート管のケミカルプレストレス

秋田大学 正 員 川上 洵
 学生員 ○ 高橋 功
 学生員 清水 俊一

1. まえがき

ひびわれ強度の大きな鉄筋コンクリート管を製造するためには、材料及び構造の両面から検討を要する。材料面から、管の製造工程を変えずに経済的にひびわれ強度を増加させる方法として、膨張コンクリートを用いて管にケミカルプレストレスを導入する方法がある。

この膨張コンクリートに関して、一軸拘束供試体を用いて、膨張材率、拘束鉄筋量、養生条件、セメントの種類などが膨張ひずみ及び強度へ及ぼす影響、そしてコンクリートに導入されたケミカルプレストレスの評価方法など数多くの研究がなされてきている。^{1), 2)} しかし、膨張コンクリート管のケミカルプレストレスについては多々不明な点が残っている。本研究は、膨張コンクリート管に導入されるケミカルプレストレスの検討、さらに、外層が普通コンクリート、そして内層に膨張コンクリートをライニングした管のケミカルプレストレスについて、その大きさ及び応力分布を明らかにしたものである。

2. 拘束膨張ひずみと膨張ひずみ

膨張コンクリートを一軸拘束した場合のケミカルプレストレスの原理は、図-1に示すとおりである。これから導かれる式は次のようである。

$$P_c = (\epsilon_f - \epsilon_s) E_c A_c, \quad P_s = \epsilon_s E_s A_s$$

$$P_c = P_s \text{ より}$$

$$\epsilon_f = \frac{(1+np)}{p} \epsilon_s \quad (1)$$

$$\sigma_p = \frac{p E_s \epsilon_f}{(1+np)} \quad (2)$$

ここで、式(1)は膨張ひずみと拘束膨張ひずみの関係、そして式(2)は膨張ひずみとケミカルプレストレスの関係を示す。

図-2は実測した拘束膨張ひずみと鉄筋比の関係である。膨張量は鉄筋比が大きくなるにしたがって減少している。ここで、式(2)からケミカルプレストレスを求めるときは、それぞれの鉄筋比に対する拘束膨張ひずみを式(1)に代入しそこから得られた膨張ひずみを用いる。

3. 膨張ひずみとケミカルプレストレス

図-3に示す膨張コンクリート管を対象としてケミカルプレストレスを求めた。管のケミカルプレストレスは半径のみの関数であり、同一円周上では一定である。また、管のひびわれ強度に影響するのは円周方向の応力である。以上の理由により、図-4は、図-2における鉄筋比 $p=1.0\%$ の拘束膨張ひずみを用いて円周方向のケミカルプレストレスを求め示したものである。実線は著者の誘導による解析³⁾により得られた。このとき、鉄筋は鉄筋比に相当する厚さの円筒とモデル化した。破線は式(2)より得られる一軸拘束供試体のケミカルプレストレスである。鉄筋位置で実線の解析値は破線のそれと比較す

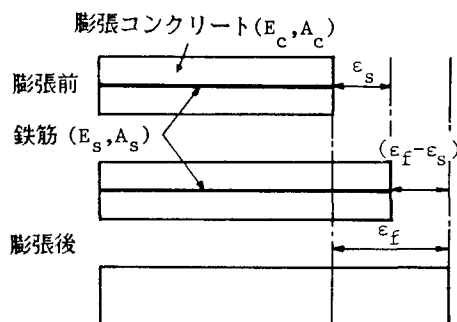


図-1 ケミカルプレストレスの原理

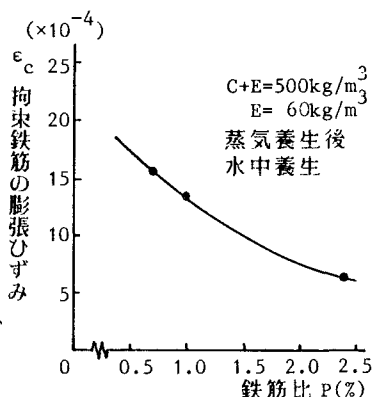


図-2 拘束鉄筋比と膨張ひずみ

ると約1.30倍である。

管の内面におけるケミカルプレストレスの大きさとらせん鉄筋比の関係を図-5に示す。内面のケミカルプレストレスは鉄筋比が約1.0%まで線形に増加する。しかし、それ以上の鉄筋を使用してもケミカルプレストレスの増加は期待できない。このことから、鉄筋のみによる拘束でケミカルプレストレスを生じさせる時に、使用する鉄筋には限界があることがわかる。

$$\begin{aligned} E_c &= 3.75 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2 \\ E_s &= 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \\ R_1 &= 862 \text{ mm} \\ R_4 &= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

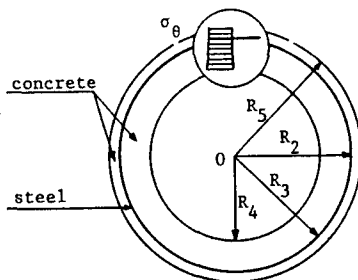


図-3 $\phi 1500\text{mm}$ 膨張コンクリート管

そこで、有効に大きなケミカルプレストレスを得る方法としてライニング管が考えられる。ライニング管は、外層の普通コンクリート全体で膨張力を拘束するため、らせん鉄筋の付着による拘束より拘束量が大きくなる。よって、普通コンクリートの層厚が最も拘束に対し重要となる。そこで、図-6に管厚 t を一定とし、膨張コンクリートの層厚を $1/4t \sim 3/4t$ と変化させた場合のケミカルプレストレスを示した。普通コンクリートの層厚が厚くなると拘束量が増し、ケミカルプレストレスは大きくなる。また、普通コンクリートに生じる引張応力も小さくなる。応力分布は膨張コンクリートと普通コンクリートの境界で圧縮から引張に変化し最大引張応力を示す。その最大引張応力が普通コンクリートの引張強度以内であるように層厚を決定する必要がある。

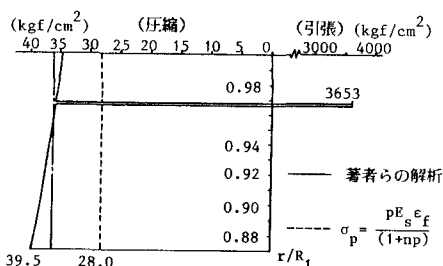


図-4 鉄筋比とケミカルプレストレス

4. 結論

- (1) 膨張コンクリート管のケミカルプレストレスは、管の鉄筋比、拘束膨張ひずみを対応させた一軸拘束供試体のケミカルプレストレスより鉄筋位置で約1.30倍大きくなる。
- (2) 拘束鉄筋によりケミカルプレストレスを生じさせるとき、使用する鉄筋量には限界がある。
- (3) ライニング管のケミカルプレストレスは拘束鉄筋のみによるものより大きくなるが、膨張コンクリートの層厚で変化する。そこで、使用した膨張コンクリートに対し、適した層厚が決定する。

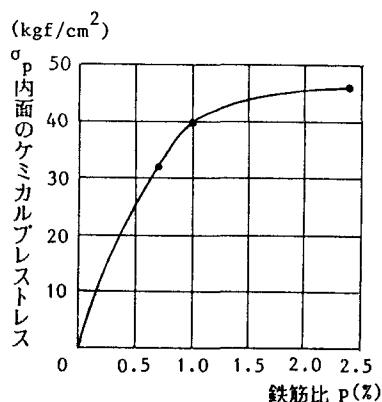


図-5 鉄筋比とケミカルプレストレス

本研究の遂行にあたりご協力を頂いた小野田セメント（株）に深く感謝致します。

<参考文献>

- 1)大塩 明 他,「一軸拘束を受けた高強度セメントコンクリートの基礎実験」セメント技術年報 XXVII, p320-325.
- 2)辻 幸和 他,「コンクリートにおける膨張混和材の複合機構」日科技連・第7回複合材料シンポジウム, 1974, p115-119.
- 3)川上 洵 他,「多層コンクリート円柱の熱応力」セメント技術年報 40, 1986, p251-254.

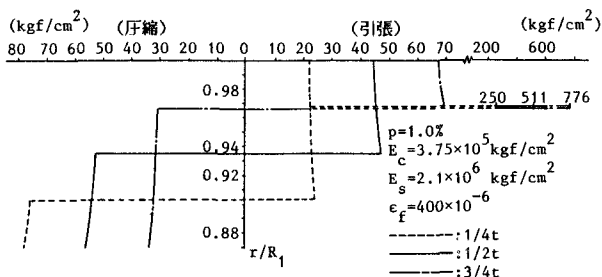


図-6 ライニング管のケミカルプレストレス