

膨張コンクリートを用いた外圧PC管の ひびわれ強度

正員 川上 洵
学生員 ○ 高橋 功
学生員 村上 龍巳

1. まえがき

外圧PC管は水道用圧送管として実用化以来、工業用水道、農業用水道、さらに高速道路や空港などの排水用として広い分野に利用されている。それは、外圧PC管が内外圧に対し安全性が高く、優れた水密構造であり、そのうえ、材料としてコンクリートを用いているため高強度管としては非常に経済的になるためである。

本研究は、従来の外圧PC管がPC鋼緊張による機械的プレストレスを導入していたのに対し、膨張コンクリートを用いることによるケミカルプレストレスをも導入し、管のひびわれ強度の大幅なアップを計るために行ったものである。そこで、ひびわれ強度を求めるにあたり、管の外圧応力と機械的およびケミカル両プレストレスの評価を2次元弾性論から行い^{1), 2)}従来の外圧PC管と比較検討を行った。

2. 解析条件

図-1に示すφ1000mmの管に対し解析を行う。解析を行った管種は普通コンクリート管、全厚膨張コンクリート管、外層を普通コンクリートそして内層を膨張コンクリートとする膨張コンクリートライニング管の3種類である。PC鋼はφ4.5mmのPC鋼線を24mmピッチで巻き緊張を行うものとする。また、鉄筋はφ5.0mmをピッチ48mmで配筋し鉄筋比が0.5%となるようにする。そして、管のひびわれ強度を求める上で必要なコンクリートの曲げ引張強度を普通コンクリート、膨張コンクリートともに70kgf/cm²とする。以上の条件より外圧PC管のひびわれ強度を求める。

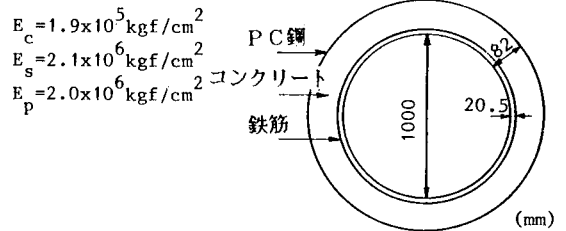


図-1 外圧PC管の断面寸法図

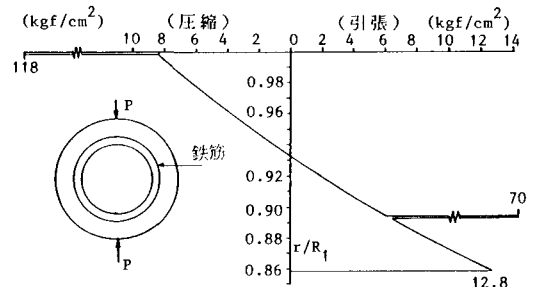


図-2 外圧荷重 $P=1.0$ tf/mによる応力分布

3. 解析および考察

図-2にφ1000mm管が外圧荷重 $P=1.0$ tf/mを受けたときの管上下点の応力分布図を示す。管底部内壁に外圧荷重と自重により、一番大きな引張応力が生じるため、ひびわれが最初に生じる点となるからである。

図-3にPC鋼の緊張応力を1000kgf/cm²~8000kgf/cm²としたときの機械的プレストレスの分布を示す。プレストレスは緊張力に比例して増加し、緊張応力1000kgf/cm²あたり約10kgf/cm²のプレストレスが導入される。図-2の外圧荷重 $P=1.0$ tf/mで生じる応力と比較すると管内壁で約0.8tf/m程度の荷重に相当する応力がプレストレスにより軽減される。

図-4に単位膨張材量を55kg/m³使用したときの全厚膨張コンクリート管そして膨張コンクリートライニング管のケミカルプレストレスを示す。なお、膨張コンクリートライニング管の膨張コンクリートの層厚は全管厚の1/2とする。これより、膨張コンクリートライニング管のケミカルプレストレスは全厚膨張コン

リート管のケミカルプレストレスより管内壁で約 3 倍のプレストレスが導入されることになる。それぞれのケミカルプレストレスを外圧荷重に換算すると、全厚膨張コンクリート管が1.2tf/m、膨張コンクリートライニング管が3.5tf/mに相当する。

以上の結果より外圧PC管のひびわれ強度を求める。このとき、外圧PC管のひびわれ強度 P_{cr} は以下の式で求められる。

$$P_{cr} = \frac{\text{（コンクリートの）} - \text{（管の自重によって）} + \text{（プレストレス）}}{\text{（外圧荷重 } P=1.0\text{tf/m で生じる応力）}}$$

ここで、管の自重によって生じる応力をわん曲シャイベの両端に自重による曲げモーメントが作用する解³⁾を用いて解くと、自重によって生じる管底部の応力は $\sigma_d=8.3\text{kgf/cm}^2$ となる。

図-5にそれぞれの外圧PC管のひびわれ強度を示す。全厚膨張コンクリート管の緊張していないときのひびわれ強度は普通コンクリート管を約1500kgf/cm²で緊張したときのひびわれ強度に相当する。また、膨張コンクリートライニング管は4300kgf/cm²緊張したときと等しい。以上より、外圧PC管のひびわれ強度は膨張コンクリートを用いることで、さらに飛躍的な増加が望まれることがわかる。そして、図-4を見ればわかるように膨張コンクリートライニング管は普通コンクリート層に生じる引張応力のため、管外壁にひびわれが生じることがある。これに対し外圧PC管の場合、PC鋼の緊張のため普通コンクリートの引張応力が減少し、ひびわれが生じにくくなる。

4. 結論

- (1) 外圧PC管に膨張コンクリートを用いることでひびわれ強度の大幅な増加が望まれる。
- (2) 解析で定めた条件によれば、全厚膨張コンクリート管および膨張コンクリートライニング管のケミカルプレストレスはPC鋼をそれぞれ1500kgf/cm²、4300kgf/cm²緊張したときの機械的プレストレスに相当する。
- (3) 膨張コンクリートライニング管の外壁に生じる引張応力はPC鋼緊張により減少し、管外壁にひびわれが生じにくくなる。

<参考文献>

- 1) 川上 洵他,「外圧荷重を受ける多層円柱の応力に関する研究」, 構造工学論文集 Vol 33A, 1987, pp.207~216.
- 2) 川上 洵他,「膨張コンクリート管のケミカルプレストレスに関する研究」, セメント技術年報, 1987 pp.433~436.
- 3) Timoshenko.S.P et al,'Theory of elasticity',McGrow-Hill,pp.71~75.

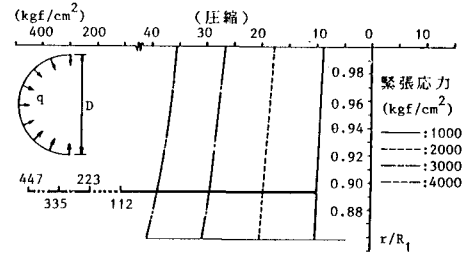


図-3 PC鋼緊張による応力分布

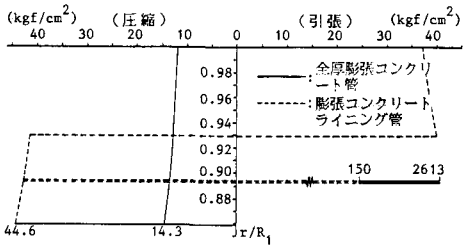


図-4 ケミカルプレストレスの分布

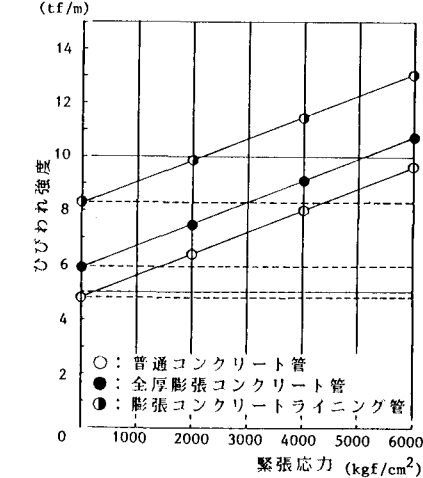


図-5 PC鋼緊張応力とひびわれ強度