

V-42 C P P C 管のひびわれ強度に関する研究

秋田大学 正 員 川上 洵
 " 学生員 ○ 嵯峨 正己
 " 学生員 松田 直樹

1. まえがき

C P P C 管は、膨張コンクリートによるケミカルプレストレスを導入し、さらに P C 鋼を外壁に巻き引張して、機械的プレストレスを加えた管のことで、外圧 P C 管に比べ、ケミカルプレストレスの導入分によりひびわれ強度の増加が期待できる。さらに、外圧 P C 管が適用できないような、大深度地下の水道管や排水管等に用いることができ、将来の地下空間利用で、使用頻度が高くなるものと思われる。

本研究では、C P P C 管のひびわれ強度解析を行い、外圧実験を行うことによって、ひびわれ強度の値やひずみ等を測定し、理論値と実測値の比較検討を行った。

2. 管の種類及び設計条件

管種は普通コンクリート管、膨張コンクリート管の2種類で、P C 鋼の緊張応力を 5200 kgf/cm^2 と 10400 kgf/cm^2 の2種類を選んで、合計4種類の $\phi 1000 \text{ mm}$ 管に対し、2次元弾性解析及び実験を行った（図-1）。設計条件は次の通りである。

- ・ P C 鋼 $\phi 5 \text{ mm}$ 30mmピッチ $E_p = 2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
- ・ 鉄 筋 $\phi 4 \text{ mm}$ 51mmピッチ $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
- ・ コンクリート $E_c = 3.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

（曲げ引張強度）

普通コンクリート 55 kgf/cm^2

膨張コンクリート 80 kgf/cm^2

- ・ 膨張コンクリートの単位膨張材量 50 kg/m^3

以上よりひびわれ強度を求める。

3. 管の解析

外圧荷重 $P = 1.0 \text{ tf/m}$ による管上下点の応力分布¹⁾（図-2）をみると、内壁に一番大きな引張応力が生じている。次に、ケミカルプレストレス²⁾と機械的プレストレス（図-3、4）とを合計すると、膨張コンクリート管は、内壁で緊張応力 $\sigma_{pt} = 5200 \text{ kgf/cm}^2$ の時 47 kgf/cm^2 、 $\sigma_{pt} = 10400 \text{ kgf/cm}^2$ の時 84 kgf/cm^2 であり、普通コンクリート管の 34 kgf/cm^2 、 71 kgf/cm^2 に比べて、1.1~1.3倍とプレストレス増加が見られる。従ってひびわれ強度を計算すると、両プレストレスにより、膨張コンクリート管は普通コンクリート管に比べ強度の増加は期待できる。最後にひびわれ強度の計算式は次のとおりである。

$$P_{cr} = \frac{\left(\begin{array}{c} \text{コンクリート} \\ \text{曲げ引張強度} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{管自重で生} \\ \text{じる応力} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{プレス} \\ \text{トレス} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{c} \text{外圧荷重 } P=1.0 \text{ tf/m} \\ \text{で生じる応力} \end{array} \right)}$$

ここで、管の自重による応力は、わん曲シャイベの解³⁾を用いて、 8.5 kgf/cm^2 とする。

また、機械的プレストレスを得る時、試験時の材令を考慮して、乾燥収縮 $s = 150 \times 10^{-6}$ 、クリープ $\phi = 1.0$ 、P C 鋼のレラクゼーション $R = 0.03$ としている。

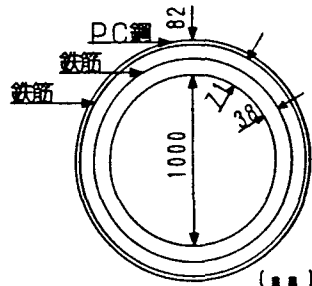


図-1 C P P C 管の断面寸法図

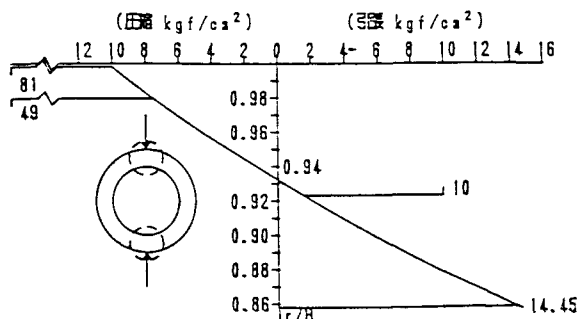


図-2 外圧荷重 $P = 1.0 \text{ tf/m}$ による応力分布

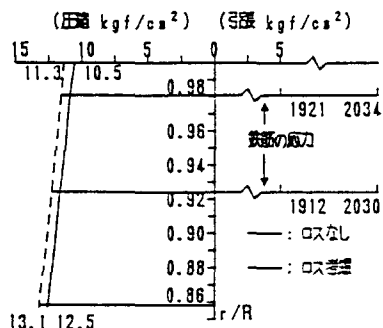


図-3 ケミカルプレストレス分布

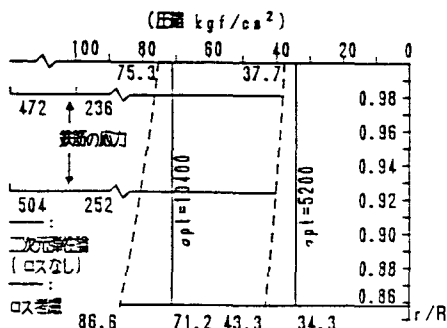


図-4 機械的プレストレス分布

4. 実験結果及び考察

図-5は、外圧荷重作用による膨張コンクリート管（緊張応力 $\sigma_{pt}=5200\text{kgf/cm}^2$ ）上下点内壁のひずみの関係で、実測値は 3.00×10^{-6} 前後の箇所に変化し、この時の荷重は 9tf/m 付近となっている。

膨張コンクリート管のひびわれ強度は（図-6）、普通コンクリート管に比べて大であり、両プレストレスによる効果は、確実に表われている。

解析結果を見ると（図-6）、膨張コンクリート管はケミカルプレストレスにより、ひびわれ強度は 2.5tf/m の上昇が考えられ、そして、機械的プレストレスにより緊張応力 $\sigma_{pt}=1000\text{kgf/cm}^2$ 当り、 0.47tf/m のひびわれ強度の上昇が期待できる。このことは、緊張応力 $\sigma_{pt}=5200\text{kgf/cm}^2$ 以下の実測値で検証されていると考えられる。

5. 結論

- (1) 外圧PC管に比べて、膨張コンクリートを用いたC P P C管は、緊張応力 $\sigma_{pt}=5200\text{kgf/cm}^2$ の時を挙げると、約1.5倍ものひびわれ強度増加がある（図-6）。
- (2) 外圧実験で測定したひびわれ強度は、ほぼ理論値と一致しており、理論式による強度推定の精度は良い（図-6）。

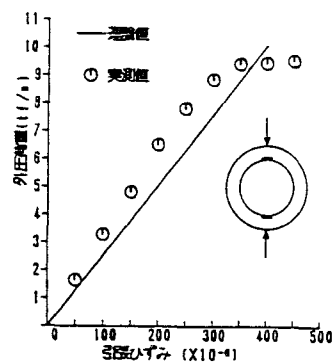


図-5 外圧荷重とひずみの関係

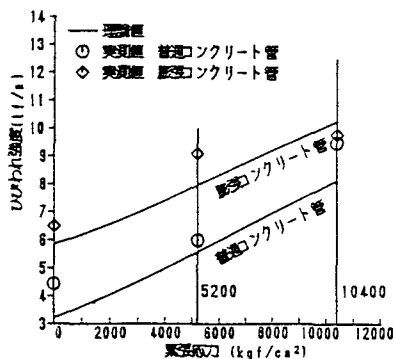


図-6 ひびわれ強度と緊張応力の関係

<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 Vol.41，1987，pp.433～436.
- 3)Timoshenko, S. P. et al, "Theory of elasticity," McGraw-Hill, pp.71～75.