

都立大学 工学部 正 村田 二郎
日本コンクリート工業 正 奥山 勝也
セメント協会研究所 正〇 国府 勝郎

1. まえがき

プレキャストコンクリート杭の新しい利用方法として、パイルベント構造が検討されているが、この場合構造がスレンダーとなり、斜橋において大きなねじりを受けることが予想される。また杭打ちにともなう騒音と震動を防止するため、プレボーリング後に杭をねじり貫入定着する方法が考えられる。このような目的のため大きなねじり抵抗を有する杭の開発研究を行った。

2. 試験杭の製造と試験方法

試験杭は外径298mm 長さ2,350mmであり、鋼管の内側に膨張コンクリートを充填したものであり、軸方向に線径7mmのPC鋼線(SWPR1)6本を配置し、プレテンション方式により約45kg/cm²のプレストレスを導入した。鋼管は板厚1.2, 1.6および3.2mmの構造用鋼材(SS41)を溶接して製作した。コンクリートの配合は、水セメント比37%, 単位セメント量420kg/m³, 膨張材量45kg/m³であり、高性能減水剤を混和してスランプ12cmとした。試験杭は遠心力締固めにより成形し、蒸気養生後に脱型してからさらにオートクレーブ養生を行った。

3. 結果および考察

表1はねじり試験結果を示したものである。肉厚1.6mm鋼管を使用した杭で蒸気養生だけを行ったものとオートクレーブ養生まで行ったものでは、前者のひびわれ強度は4.5tm, 後者は平均8.22tmとなり、このひびわれ強度の増大は、オートクレーブ養生によるコンクリート強度の増大とケミカルプレストレスの増大によるものと考えられる。鋼管の肉厚1.2, 1.6および3.2mmのオートクレーブ養生した杭のひびわれ強度は、それぞれ7.42, 8.22および9.98tmとなり、1.2mmの場合ひびわれ後に耐力の低下を示し、1.6mmではひびわれ強度を終局時まで維持し、3.2mmでは13.43tmまで増大した。

ひびわれ発生までのM-θ曲線はほぼ直線であり、弾性体と仮定するとねじり剛性は

$$K = \frac{\pi}{32} [G_s(D^4 - d^4) + G_c(d^4 - d'^4)]$$

で導かれる。これらの杭のねじり剛性から杭コンクリートのせん断弾性係数は $1.38 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ となった。

鋼管中に充填された膨張コンクリートが等方的に膨張のエネルギーを発現するものと仮定し、ひびわれ強度からそれぞれの杭のケミカルプレストレスを試算した。その結果は図4の中に示すように円周方向と軸方向に52~70kg/cm²のケミカルプレストレスが求められた。3.2mmの鋼管を使用した杭に軸方向プレストレス45kg/cm²だけが導入されている場合のひびわれ強度計算値は5.31tmであり、本試験では膨張コンクリートの二方向プレストレスにより軸プレストレスの約2倍に耐力が増大している。なおプレストレスが存在しない場合には4.00tmと推定される。

試験杭の終局強度を既応の試験結果とともに図3に示した。らせん鉄筋を使用した杭も鋼管を使用した杭も、その終局強度は円周方向の鋼材量と鋼材の降伏点の積に比例することが認められる。また軸方向の機械的なプレストレスの大きさが終局強度に影響す

表1 ねじり試験結果

記号	軸筋 mm-本	機械的 プレ スト レス kg/cm ²	鋼管		ねじりモーメント		圧縮 強度 kg/cm ²	養生
			外径 mm	肉厚 mm	鋼材比 %	ひびわれ M _{tc} tm	終局 M _{tu} tm	
SC4	7φ6	46	298	1.6	3.48	4.50	7.25	830 オートクレーブ
SC3 SC6						8.58 7.85	7.25 7.65	
SC5		47	298	1.2	2.59	7.42	6.32	
SC7		40	298	3.2	7.17	9.98	13.43	

ることが分る。 図中の破線はらせん鉄筋あるいは鋼管が引張降伏すると仮定して求めた計算値であり、プレストレスの影響を無視した場合、終局強度の推定が可能であると思われる。

断面が相違しても拘束鋼材比が同一の場合に導入されるケミカルプレストレスが同じであると仮定し、本実験結果を基にして異なる外径の杭の強度を試算した。そして養生中に発生する応力度と必要とされる鋼管の肉厚とともに図4に示した。これはケミカルプレストレスを鋼材比に比例させ、終局強度に対するプレストレスの効果を無視して計算したものである。図中のA領域は養生中の膨張力により鋼管が降伏し、B領域はひびわれ発生後の耐力減少をともなう区間であり、C領域ではひびわれ後にさらに耐力が増大する。パイルベントに使用する杭としては、終局強度がひびわれ強度より増大する鋼材比約5.5%以上で設計されるのが適当と思われる。

参考文献

- MURATA, OKUYAMA, KOKUBU : Studies on Prestressed Concrete Pile with High Torsional Strength, IABSE (10th Congress) 1976, 9
- 村田, 奥山, 国府 : ねじりを受けるPC杭のひびわれ強度, コンクリート工学協会 ひびわれに関するシンポジウム, 1977.3

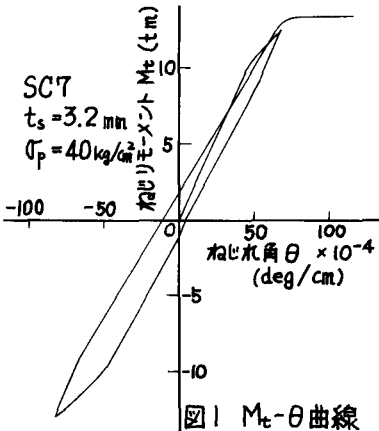


図1 M_t-θ曲線

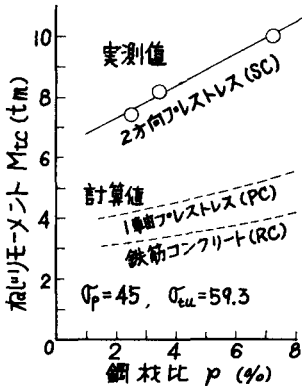


図2 ひびわれ強度

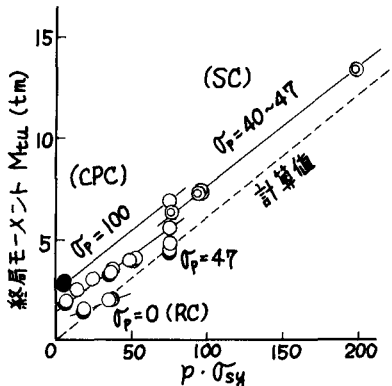


図3 終局強度

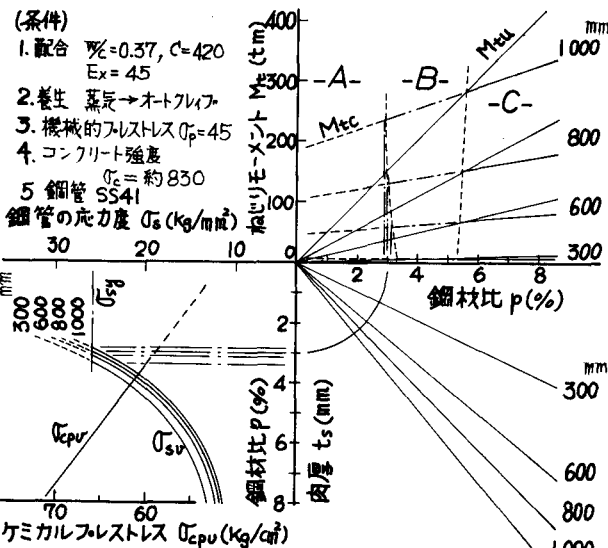


図4 鋼管を使用したねじり抵抗杭の設計図表

[計算式]

膨張性状

$$K = \sigma_{cpv} \cdot \epsilon_{ov} = (\sigma_{cpl} + \sigma_p) \cdot \epsilon_{ol} = \text{一定}$$

膨張による鋼管応力度

$$\sigma_{sv} = \frac{r_m}{t_s} \frac{d^2 - d'^2}{d^2 + d'^2} (\sigma_{cpv}), \quad \sigma_{sl} = \frac{-\sigma_{cpl}}{p + p'}$$

ひびわれ発生時のせん断応力度

$$\tau_c = \sigma_{tu} \sqrt{1 + \frac{(\sigma_{cpl} + \sigma_p) + \sigma_{cpv}}{\sigma_{tu}} + \frac{(\sigma_{cpl} + \sigma_p) \sigma_{cpv}}{\sigma_{tu}^2}}$$

以上4式より

$$\tau_c^4 = X \left\{ X \left\{ \frac{1}{p_k} \sigma_{cpl} (X - \sigma_{tu}) - \sigma_{tu}^2 \right\} + 2 \tau_c^2 \sigma_{tu} \right\}$$

ただし $p_0 = p + p'$

$$X = \sigma_{tu} + \sigma_{cpl} + \sigma_p$$

$$k = \frac{r_m}{t_s} \frac{d^2 - d'^2}{d^2 + d'^2}$$

これにより実験値から σ_{cpl} を求められる。