

# 遠心力PCパイルの切断

— ポストテンション工法で製作した場合 —

綾 亀 一\*  
中 田 重 夫\*\*

## 1. ま え が き

現在、杭基礎中コンクリート杭の占める割合はきわめて多い。しかし、その欠点であるひびわれ、曲げなどに抵抗するためにPCパイルが考えられるようになり、橋脚、港湾構造物その他構築物の基礎杭として多数使用されるようになった。

PCパイルも他の製品と同様、プレテンション工法と、ポストテンション工法の2種類があり、その優劣も大体同様で、後者は直径の大きい長いものに有利である。

しかしながら、その使用上異なる点が二、三あり、この点今後研究を必要とする問題であろうと考えられる。

その一つは、PCパイルを途中で切断しなければならないこと、他の一つは施工の場合に打撃を加えて打ち込むことである。

そもそもプレテンション工法では、プレストレスをPC鋼材とコンクリートの付着でもたせることが原則であって、最初の切断の場合の問題はすでに定着長の試験として各方面で研究され、その研究発表も文献に数多くみられる。しかしながらポストテンション工法は普通両端を定着具で定着し、そのまま埋め込んで使用するのが通例で、桁、枕木その他大多数のPC部材はすでに長さが決まっていて途中で切るなどという必要はなかったわけである。しかし現実には杭の場合では、地盤の高低、完全な地盤調査の困難さ、あるいは障害物などにより、設計長まで貫入しない場合がしばしばあり、どうしても残った長さは切断しなければならない状態になる。そこでポストテンション工法のPCパイルを切断した場合、そのプレストレスの影響はどうなるか、プレテンション工法に比較してどうかなどについて実験をした。以下この実験の結果を示すことにする。

なお、後者の打撃によるプレストレスの弛緩その他が生ずるか否かについては現在実験中で、その発表は後に

\* 正員 工博 大同コンクリート工業KK取締役技術部長

\*\* 正員 大同コンクリート工業KK静岡工場

1) 例えば Proceedings World Conference on Prestressed Concrete: "Prestressed Concrete Piling and marine Structures

ゆずるとして、外国の文献<sup>1)</sup>によればこのような現象は全然なく、安心して使用できることが発表されている。ただしその導入プレストレスには制限が加えられており、最低、最高値を決めているところもある。

## 2. PCパイルの製作

この場合のポストテンション工法のPCパイルは、2 m, 3 m の短

写真-1 単体の中央にPC鋼材を通すための孔をあけておく

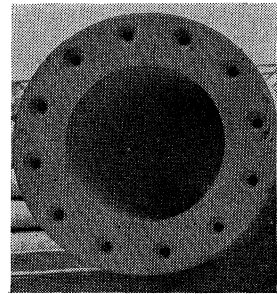


写真-2 単体の並列

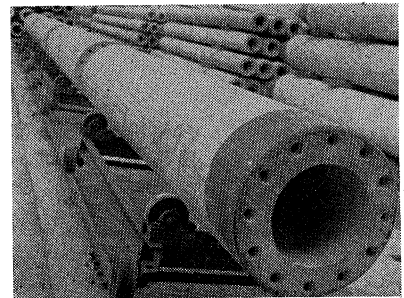


写真-3 単体端面に接着剤の塗布



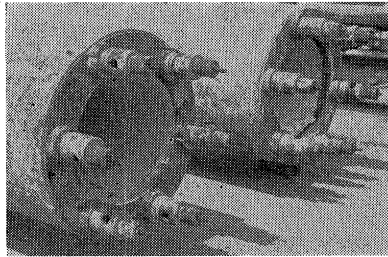
尺の単体をあらかじめ製作しておく。この単体には厚さの中央にPC鋼材をそう入するための孔をあけておく(写真-1)。この単体が硬化した後、必要長さの本数を並べ(写真-2)端面に接着剤を塗布して(写真-3)孔にPC鋼材を通し、プレストレスを導入して一時両端で定着する(写真-4)。

つぎに導孔内に行ない、その硬化後定着具を除去して完成すること

になる。

写真-4 仮定着

この製作方法は、長さの調節が自由なこと、応力導入も自由に変わること、長尺、大径のものも簡単に、現場で製作でき運搬に便利なことなどが特長としてあげられる。



### 3. 定着長の試験

最初に述べたように、ポストテンション工法のPCパイプを途中で切断した場合についての研究を行なった。この場合、プレテンション工法と同じく定着具を除去した場合のプレストレスはPC鋼材とグラウトとの付着力で伝えられることになる。したがって定着長はグラウトの品質、施工、PC鋼材の種類などにより決定されるようになる。

#### (1) グラウト

まず研究すべき点はグラウトの問題である。グラウトに関してはすでに各方面の研究があり、土木学会のPC設計施工指針中、特にPCグラウトに関して大量に紙面をさいてPCグラウト指針案、PCグラウト試験方法としてくわしく述べられている。

そこで本実験では諸文献を中心にして実際に最も施工しやすく、かつ品質も規定に合致するものを選び出した。その配合、性質およびPCグラウトの施工方法はつぎのとおりである。

表-1 PCグラウトの配合

C	W	P	Al	備考
100	36	0.25	0.01	P: ポゾリス Al: アルミ粉末

流下速度: 20~25 秒      圧縮強度:  $\sigma_1 = 430 \text{ kg/cm}^2$  (抑制)  
膨張率: 8~12%               $\sigma_{28} = 550 \text{ kg/cm}^2$  ( )

まずアルミ粉末を除いたもので8~10分間混練する。つぎにアルミ粉末を混入して、さらに2~3分混練後1.2mmフルイを通しグラウトポンプに流入し、4~6  $\text{kg/cm}^2$ の圧力で注入する。

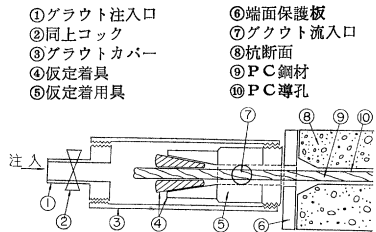
グラウトの注入に先だってPC導孔内を通水して導孔周辺のコクリートに十分吸水させておくため、このような濃いグラウトでも容易に注入できる。

注入口と同じ品質のグラウトが流出口から流出してきたら流出口のコックを閉じ、導孔内のすみずみまで4~6  $\text{kg/cm}^2$ の圧力をかけ注入口のコックを閉じて、加圧した状態においてグラウトを硬化させる。

この場合、流出口は注入口よりも高く配置し、なお杭

のPC導孔は、いずれも直線であるため、グラウトはいずれの断面においても割合簡単に密に充填される。

図-1 仮定着とグラウトのセット



#### (2) 供試体の定着長

まず予備実験として図-2のようなPC導孔を設けた供試体をつくり、PCグラウトの品質、施工方法、PC鋼材の種類および導入応力と定着長の関係を調べた。

図-2 供試体寸法とゲージ貼付位置



仮定着したのち、ストレインメーター(スターティック 24点)に

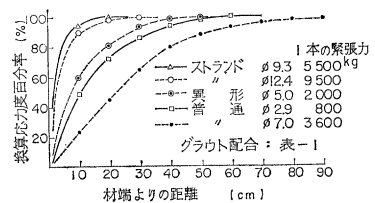
図-3 供試体におけるPC鋼材の仮定着

て導入プレストレスを測定しておく。グラウト後7日

で図-3のA-A'およびB-B'でPC鋼材を切断し、この場合のプレストレスの変化を測定し、定着長を求めた。

供試体におけるこれらの実験の結果を要約するとつぎのようになる。

図-4 鋼材の種類と定着長



グラウトの

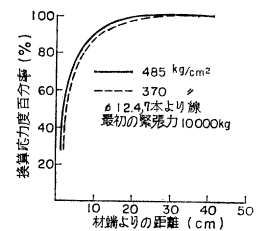
品質と施工については

図-5 グラウトペーストの強度と定着長

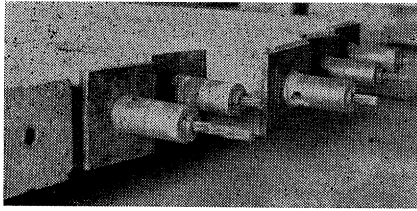
(1) グラウトのw/cが45%以上になると、フリージングによる空けきができやすくなる。

(2) グラウトの強度が300  $\text{kg/cm}^2$ 以上になると定着長に大きな変化はない。300  $\text{kg/cm}^2$ をこして50  $\text{kg/cm}^2$ ごとの強度の増加にもなう定着長の変化は明瞭ではないが、300  $\text{kg/cm}^2$ と500  $\text{kg/cm}^2$ の場合、前者は後者にくらべ3~8 cm程度定着長が長くなる。

(3) フリージングの少ない、いわゆるw/cの小さ



写真—5 供試体の仮定着  
 ストランドφ12.4-7 本より  
 導入ストレス 90~120 kg/cm<sup>2</sup>



いグラウトを施工する場合、P C導孔内の通水、発泡剤を用いるために変化するグラウトの性質、あるいは注入圧力のかけ方などをおろそかにすると、P C鋼材とそれをつつむグラウトとの付着力が十分でなく、最悪の場合定着長が無限大となるおそれがある。

P C鋼材については

(4) P C鋼材は普通線、異形線、より線の順で定着長は短縮される。

(5) P C鋼材 1本あたりの緊張力が定着長に大きな影響を与える。

表—2 緊張力と定着長

P C鋼材の種類、径	鋼材 1本あたりの緊張力	定着長
ストランド	9 500 kg	18~23 cm
φ12.4 7本より	5 000	11~15
普通線	800	55~70
φ2.9	400	35~48

(6) P C鋼材表面のさびは定着長を短かくする。すなわち、表面が完全さび状のものは、表面に光沢のあるものにくらべて 20% 以上定着長が短くなる。ただし浮きさびは効果がない。

(7) より線は、普通線および異形線にくらべて定着長が短かくプレストレスカーブの立上りが急である。

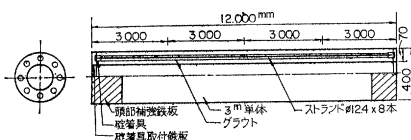
### (3) P Cパイルの定着長

予備実験の結果、グラウトの品質は  $w/c$  は小さいほうがよいこと、P C鋼材はより線を用いるのが定着長を短かくするのに有効であることが確認された。

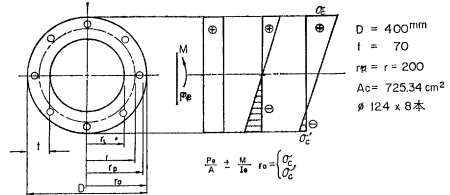
本実験ではグラウトの  $w/c=36\%$  (表—1) を用い、P C鋼材にはより線の中で最悪の条件としてストランドφ12.4(4.09-7 本より) を用い 1本あたりの緊張力を最高にかけた。

以下ここに述べる本実験(頭部切断による定着長、曲げ強さ試験および  $w/c=36\%$  のグラウト)は、東京都第五建設事務所および清水建設KK立会いのもとに行なわれた成績である。

図—6 P C パイル 供試体



図—7



### (4) 設 計

種 別: パーシャル プレストレッシング

応力導入方式: ポストテンション

設計曲げモーメント:  $M=8.1 \text{ t-m}$

コンクリート

圧縮強度:  $\sigma_{cs}=500 \text{ kg/cm}^2$

" (導入時):  $\sigma_{co}=350$  "

許容曲げ圧縮強度:  $\sigma_{ca}=250$  "

弾性係数:  $E_c'=400\,000$  "

" (導入時):  $E_c=325\,000$  "

許容圧縮応力度:  $30 \leq \sigma_{ct,a} \leq 100$  "

P C鋼材

ストランド: φ12.4 (4.09-7 本より)

引張強度:  $\sigma_{pu}=17\,650 \text{ kg}$

降伏強度:  $\sigma_{py}=15\,070$  "

弾性係数:  $E_p=2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$

弾性係数比:  $n=5$

" (導入時):  $n'=6.16$

$$I_e = \frac{\pi}{4} (r_o^4 - r_i^4) + \frac{1}{2} n A_p r_p^2 = 108\,238 \text{ cm}^4$$

導入応力を  $100 \text{ kg/cm}^2$  とする。

$$M = \frac{I_e}{r_o} \left( \frac{P_e}{A_c} - \sigma_{ca}' \right) = 8.1 \text{ t-m}$$

$$\therefore P_e = A_c \times 100 \times \frac{1}{8} = 9.067 \text{ t}$$

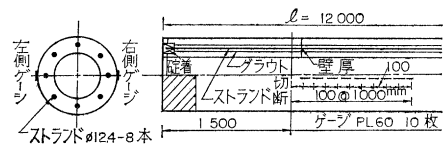
$$P = 9.067 \times (\sum a + 1) \approx 10.6 \text{ t}$$

ここに  $\sum a$ : 各種緊張力減少率総和  $= 0.175$

$P$ : P C鋼材 1本あたりの緊張力

### (5) パイルの切断

図—8 切断位置とゲージ貼付位置



切断の際、ゲージ貼

付側にひびわれが入ら

ぬようこわして応力の

変化を求めた。この実

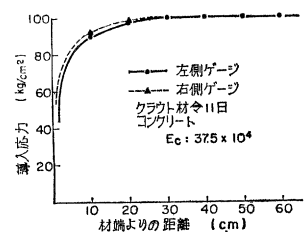
験結果は図—9 に示す

ように切断端より 10

cm では  $10 \text{ kg/cm}^2$ , 20

cm では  $3 \text{ kg/cm}^2$  の

図—9 導入応力の変化

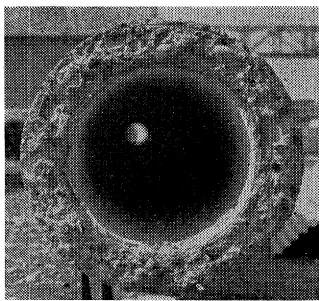


減少であり 30 cm では 0 であった。

この場合の定着長は 30 cm 以内におさまり図-9 から 23 cm 前後と推定される。

大きな径の鋼材に大きな緊張力を加えた悪条件にあっても、このようなよい成績をあげたことは、ポストテンション工法でも、定着長に関してよい品質のグラウトが完全に施工されたとき、プレテンション工法に劣らないことを実証している。

写真-6 PC パイルの切断面



#### 4. PC パイルの曲げ強さ試験

##### (1) PC パイル製品の曲げ強さ試験

定着長の実験をした残りの製品を用いて曲げ強さ試験を行なった。

一般にパイルの曲げ強さ試験では、各荷重段階におけるたわみ、ひびわれの発現(目視による)とその荷重、最終破壊などを調べる。ここでは、これらのほかPC鋼材の付着が切れないかどうかを同時に調べた。これはたわみが大きくなってきたとき、中立軸が逐次移動し、引張側のPC鋼材とグラウトの付着が切れ、プレストレスが0になることが心配されたからである。

図-10 曲げ強さ試験荷重状態

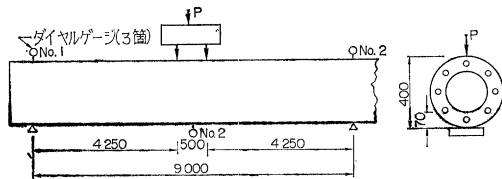


図-10 のように荷重を加え、表-3 の値が得られた。目視によるひびわれ発生荷重は 4350 kg であったが、荷重-たわみ曲線図から 3100 kg が真のひびわれ発生と想定される。いま、3100 kg をひびわれ荷重として計算してみると表-4 のようになり、設計値と実際値がよく一致し、設計時に仮定した値が正しいことが実証できた。

表-3 実験値

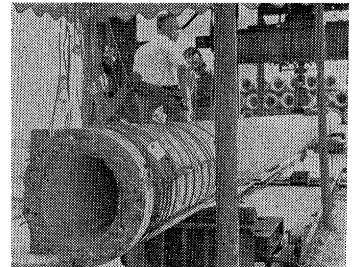
項目	実験値	備考
ひびわれ荷重	$P=4350 \text{ kg}$ $P'=3100 \text{ kg}$	目視発見 荷重-たわみ曲線図
破壊荷重	$P=6900 \text{ kg}$	圧縮側破壊
たわみ	$y=1.06 \text{ cm}$	ひびわれ時
付着縁の状況	PC鋼材との付着縁は切れない	

表-4 設計値と実験値

項目	設計値	実験値	備考
ひびわれモーメント(t-m)	8.1	8.4	図-11 より 荷重点付近発生 荷重点中央
破壊モーメント(t-m)	16.3	16.5	
たわみ(cm)	1.062	1.06	破壊/ひびわれ
安全率	2.06	2.01	

目視によるひびわれ発見は、荷重-たわみ曲線図で求めたひびわれ発生時よりもだいぶおけているが、ここで荷重を0にもどしたとき目視によるひびわれは完全に復元し眼では見えなくなった。このときのダイヤルゲージの残留たわみ量は  $1 \times 10^{-2}$  であった。

写真-7 曲げ強さ試験

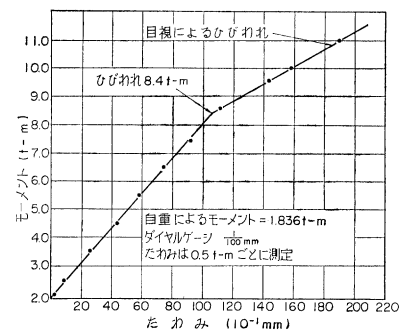


破壊はコンクリート側にみられ完全な圧縮破壊である。なおはじめに懸念されたPC鋼材とグラウトの付着は最後まで切れなかった。

図-11の荷重

図-11 荷重-たわみ曲線図

重-たわみ曲線図からわかるようにPCパイルのたわみは他のパイル(RCパイル、鋼管パイル)にくらべて少なく非常に優秀なものである。



##### (2) 単体間継ぎ目の曲げ強さ試験

2m, 3m の組み合わせによってできているこのPCパイルは、その継ぎ目は本体と同一あるいはそれ以上の強度を有していなければならぬ。

図-12 単体継ぎ目の曲げ強さ試験

この継ぎ目にはエポキシ樹脂を塗布(写真-3参照)、PC鋼材で緊張接着する。継ぎ目を中央にして曲げ強さ試験(図

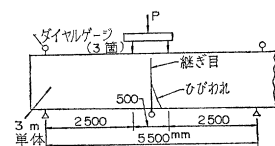


表-5 実験値

項目	実験値
ひびわれ荷重	6200 kg
破壊荷重	12500 kg
ひびわれ時のたわみ	5.6 mm

—12)を行なった結果は表—5 のようである。

実験値と設計値とをくらべてみると表—6 のようである。

表—6 設計値と実験値

項 目	設計値	実験値	備 考
ひびわれモーメント(t-m)	7.90	8.43	荷重点付近
破壊モーメント(t-m)	16.30	16.31	圧縮側破壊
た わ み (cm)	0.55	0.56	

このように本体部とほぼ同一であり、ひびわれ発生の状況から判断して接着面も良好であることが確認された。

以上のことから 2m, 3m の単体を組合せることによって、その継ぎ目が欠点となるようなことはない。

## 5. 結 び

ポストテンション工法によって製作したPCパイルを切断した場合、以上の実験を通じてつぎのようなことがいえる。

(1) グラウトの  $w/c$  は 42% 以下が好ましく、施

工に支障のない範囲で少なければ少ないほどよい。

(2) グラウトの施工は入念に行なう必要がある。

(3) PC鋼材はより線が最もよい付着力を持つ。

(4) PC鋼材表面のさびは付着力を増強するのに非常に有効である。

(5) PC鋼材1本あたりの緊張力が大きいほど定着を開放したときの定着長は長くなる。

(6) グラウトの強度がある値以上になると定着長にそう大きな変化はない。

(7) よい品質のグラウトを入念に施工した場合の定着長は、ポストテンション工法とプレテンション工法は同一と考えてよい。

(8) PCパイルは弾性体として設計値と実際値とがよく一致する。また単体継ぎ目部(エポキシ樹脂塗布部)の強度も本体部と同じである。

(9) たわみが非常に少ない。

(10) たわみによって引張側のPC鋼材とグラウトの付着が切れるようなことはない。

(1963.9.21・受付)

# 基礎とずい道の掘削

工 学 博 士 飯 吉 精 一 著

B 5 判・590 頁

定 価 2,500 円

—30 余年の理論と貴重なデーターによる施工法を詳述す—

	A. 基礎の掘削	B. ずい道の掘削
主 要 目 次	1. 函状基礎の掘削沈下作業について	1. 岩石ずい道の掘削方式について
	2. 送気潜函の掘削沈下作業の実施について	2. 岩石ずい道の掘削工法について
	3. 掘削作業における水平圧力について	3. 岩石ずい道の掘削作業について(I)
	4. 地下水位下の掘削作業に伴う特殊現象について	4. 岩石ずい道の掘削作業について(II)
	5. 基礎地盤の地耐力の決定について	5. 岩石ずい道の掘削計画について
	6. 載荷試験による基礎地盤の地耐力決定の実際について	6. 岩石ずい道の掘削に伴う湧水について
	7. 基礎構造材としての地盤について	7. 特殊現象を伴う岩石ずい道の掘削について
	8. 地盤工学について	8. 岩石ずい道掘削のための地質学について
	9. 掘削におけるベントナイトの利用	9. 岩石ずい道掘削に伴う盤圧について
	10. へどろ(テクトロピー性粘土懸濁液)の力学について	10. 岩石ずい道の支保工に働く荷重について

東京都港区赤坂溜池5 技報堂 振替東京10番