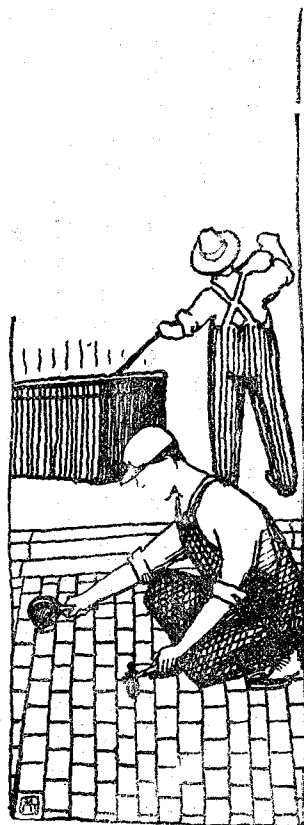


研

究

鐵筋混凝土螺旋杭に就て

内務技師 宮本武之輔



螺旋杭

地盤が比較的軟弱なる場合に長さの大なる杭を使用する
 事の代りに、短かい杭を用ひて而も相當の支持力を有せし
 めんがためには、杭の尖端に所謂螺旋刃を取り付けて杭を

扭込みその尖端に於ける底面支持力を増大せしめる工法は
 可なり古くから行はれた所であつて河川の橋梁又は港の棧
 橋の橋脚などにその例が多い。

所で近來鐵筋混凝土の應用範圍が殆んど無限に擴張せら
 れた結果として螺旋杭の杭本體、即ち從來、鋼や鑄鐵で作

られてあつた部分を鐵筋混凝土で作る試みが現はれるに至つたのは、鐵筋混凝土全盛の趨勢に鑑みて敢て異とするに足りない。

私が先年紐育のレイモンド杭株式會社で聞いた所によると此の種の杭は歐洲では英國や白耳義にその施工例があると言ふ事であつたが、わが國では東京府が荒川放水路に架設した江北橋、堀切橋、四ツ木橋、小松川橋、船堀橋などの橋脚に全部、鐵筋混凝土螺旋杭を使用したのが先づ世界的に著しい特例であらう。

之に關聯して私は鐵筋混凝土の扭力と言ふ問題に興味を持ち歐米の文獻を涉讀すると共に昨年内務省土木試験所に於て可なり大規模の扭力試験を行つたのであるが、今後と雖鐵筋混凝土で螺旋杭を設計せんとする人がある事と思はれるので、それらの人の參考にもと自分の研究の結果の一端を此處に記すと共に螺旋杭の設計公式を與へたいと思ふのである。

前記の實驗の結果は土木學會誌第十三卷第一號（昭和二

年二月）及び土木試驗所報第六號に詳細に報告してあるので、茲にはその結論だけを記す。

混 凝 土 と 扭 力

螺旋杭はその扭込みに際して扭力を蒙る事は分り切つた事であつて、杭の横断面には次の如き法則に従つて應裁力が起る。即ち圓形断面の場合には

- 一 應裁力の方向は凡ての半徑に對して垂直である。
- 一 彈體に於ける應裁力は軸心に於て零、周邊に於て最大なる三角形等變分布の法則に従ふ。

従つて材料が金屬である場合にはその彈性限度以内の應力度に對しては前記の二法則がそのままに成立するから

$$Md = 2\pi r^3 \rho \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\sin^2 \theta) \dots \dots \dots (1)$$

が施計公式として使用せられるのである。茲にMdは扭力率、rは杭断面の半徑、ρは最大應裁力度であつて、之を材料の許容抗裁強度以下に取る。

然るに混凝土の場合には應力度と應變率との間にフックの正比例の法則が成立せず、兩者の間には曲線法則の成立する事が實驗上確められて居り、此の曲線は私の研究によれば之を二次の拋物線と見做し得るが故に、混凝土に對しては次の關係がある。

$$Md = 2\tau \left(\rho \cdot l_0 = \frac{\pi \cdot r^2}{1} \int_0^b \rho \cdot r^2 \cdot dr = \frac{4\pi r^3 b^3}{7} \right) \dots \dots \dots (2)$$

之は横斷面に於ける應裁力に就て言つたのであるけれども裁力の性質から縱斷面に於ても之と同一應力度の裁力が存在しなくてはならず、互に直交する此等二組の應裁力の結果として四十五度の斜面に沿つて所謂主應張力と、之に直交して同じく四十五度の斜面に沿つて主應壓力が働くことになり、此主應張力度はポアソンの法則に従つて

$$\sigma_z = \frac{1+m}{m} \tau \dots \dots \dots (3)$$

で表はされるのである。茲に m はポアソン比の逆數を表はし多くの金屬材料に就て m は三と四との間に變化してゐるが、混凝土に就ては二から一〇位の間に變化する様である。何れにしても σ_z は τ よりは大きく、而も混凝土の抗張強度はその抗裁強度よりも遙かに小さいから、混凝土抗扭材は此の主應張力のために四十五度の方向に趨る螺旋面に従つて破壊する事になり、従つて抗扭材の鐵筋は四十五度の方向に——扭力の結果應張力を受ける様に——挿入せられた螺旋筋が最も有効である事は上記の理論の上から言つても亦實驗の上から言つても立派に立證せられるのである。

螺旋杭の設計

私の實驗は主として螺旋筋の効率に就て研究するのが目的で螺旋筋の角度(中心軸となす角度)を種々に變じて同一鐵筋量に對して之が比較を試みたのであつたが、螺旋杭に對しては次の理由から六十度螺旋筋に縱鐵筋を配したのが適當してゐると思はれる。

一 六十度螺旋筋は四十五度螺旋筋の如く有効ではないが之に縱鐵筋を配すれば著しくその杭扭力を高める。

一 杭運搬中の彎曲應力及扭込後の應壓力に對してはど
うしても縦鐵筋が必要である。

一 應壓力に對しては螺旋筋が扁平であればある程有効
であつて、此點から言へば四十五度より六十度螺旋筋の方
が有効である。

鐵筋混凝土螺旋杭の設計にあつては全部の應張力を鐵
筋が支へ、且つ鐵筋の應力度がその許容強度以下になけれ
ばならないと言ふ原則の上に立つ。而して靜力學上次の公
式が誘導できるのである。

螺旋角が四十五度より大きく、之に縦鐵筋を配する場合
には

$$Ml = 2s \sin \alpha r_1 \sum e_i f_i$$

$$Md = \frac{2s r_1 \sum e_i f_i}{1 - \cos \alpha} \left\{ \beta \approx \frac{\pi}{4} \dots \dots \dots (4) \right.$$

z は螺旋筋負數、 z_1 は縦鐵筋同上、 e は螺旋筋應力度、
 e_1 は縦鐵筋同上、 f_e は螺旋筋斷面積、 f_1 は縦鐵筋同上であ
つて r_1 は軸心から鐵筋列の重心線に至る距離である。

β が六十度の時は上記の公式は

$Ml = 1.732 \pi r_1 \sum e_i f_i$
 $Md = 4.739 \pi r_1 \sum f_i$ (5)

となる。 e_1 は鐵筋の許容強度 k_e 以内でなくてはならない
のは勿論である。

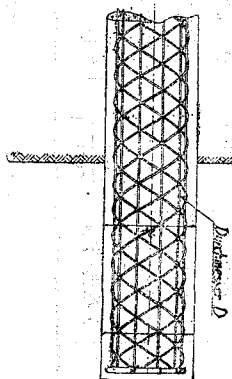
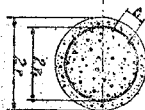
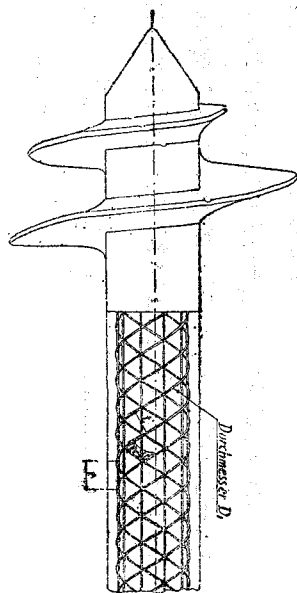
所で杭扭込の時の扭力率はランキンの土壓理論によれば

$$Md = \pi r^2 f_e \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} \dots \dots \dots (6)$$

r は杭の半径、 l はその扭込長、 g は土の單位重量、
 α はその息角、 f は土に對する混凝土の摩擦係數であつて
 g を一立方米に付一、六〇〇 砵とし。や f に就ては次の如
き數値を採用する。

土 砂	息 角 α	$\frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha}$	摩擦係數 f	$\frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha}$
粘 土	25°—30°	0.383	0.30	0.11
砂	30°—40°	0.286	0.45	0.13
砂 利	35°—50°	0.256	0.60	0.15

此等の値を用ひ Md を糶、 r を糶、 l を米で表はすと



$$M_1 = C \cdot r^2$$

$C = 3.5$ 粘土

6.5 砂

7.5 砂利

..... (7)

縦鐵筋量は(6)式の第二式から算出せられるが、之は扭力
率だけから出したのであるから、縦鐵筋は(6)式の第二式を
満足する範圍内に於て彎曲應力又は應壓力から之を定めな
ければならない。次表は圖に示すが如き螺旋杭に對し鐵筋
の許容強度を $k_e = 1,000 \text{ kg/cm}^2$ として算出したもので
縦鐵筋は(6)式の第二式の要求するものよりは遙かに大きく
してある。

土	長 l (米)	半 r (厘米)	徑 r ₁ (厘米)	六十度螺旋筋		縱		鐵		筋	
				D (厘米)	f (厘米 ²)	t (厘米)	D ₁ (厘米)	f ₁ (厘米 ²)	z ₁		t ₁ (厘米)
土	5	15	12	0.95	0.712	3	4.5	1.905	2.850	6	12.6
砂	6	17.5	14.5	0.95	0.712	4	13.1	1.905	2.850	8	11.4
砂	7	20	17	0.95	0.712	5	12.3	1.905	2.850	10	10.7
砂	8	22.5	19.5	1.7	1.267	5	14.1	1.905	2.850	12	10.1
砂	5	15	12	0.9	0.712	3	19.5	1.705	2.850	6	12.6
砂	6	17.5	14.5	0.95	0.712	4	13.1	1.905	2.850	8	11.4
砂	7	20	17	0.5	0.712	6	10.3	1.905	2.850	10	10.1
砂	8	22.5	19.5	1.57	1.267	5	14.1	1.995	2.850	12	10.1
砂	5	15	12	0.96	0.712	3	14.5	1.905	2.850	6	12.6
砂	6	17.5	14.5	0.95	0.712	5	10.5	1.905	2.850	8	11.4
砂	7	20	17	0.95	0.712	7	8.8	.905	2.850	10	10.7
砂	8	22.5	19.5	1.27	1.267	6	11.5	1.405	2.850	12	10.1