

軟弱なる基礎地盤(二)

井口眞造

杭の支持力

基礎工における、杭の役目は上部の荷重を、より一層安全なる下層地盤にて傳達又は分散傳達せしむるにある。而して杭は地層によりて其の働きが變つて来るが、先づ大別して二様に區別することが出来る。即ち基礎地盤に打込まれたる杭は、其の容積だけ基礎地盤を壓縮せしめ、又は人工杭の如き特別に抵抗の大なる杭は、其の容積以上に地盤を壓縮して地盤支持力を増大せしむるものであるが、此の用途は別として斯く打込みたる杭は、杭と土壤との摩擦抵抗及杭の少端抵抗とによりて荷重を支へる。而して其の支持力の大きさは、杭の長、直徑及其の摩擦係数に正比例するものである。

今一つの基礎杭は柱の如く働く場合にして、上層地盤は軟弱なるも杭の尖端は下層堅盤に打込まれ、杭の上部は單に柱として働き、下層堅盤が上部荷重に對して充分なる支持力を有する場合は、此等の基礎杭は荷重を支持すべき、單なる柱として、必要なる合計断面を有すれば好い譯である。

然し茲に説明せむとするは、前者即ち基礎杭が深き沈没層の如き地盤に打込まれ、摩擦杭として働くか又は地盤締め固

めの目的に使用せられたるかの場合、其れは軟弱なる基礎地盤に於て特に注意を要するのである。

従来杭打基礎の場合、試験杭に於て最後の打込み等入、又は數回の等入を、杭打公式に代用して、杭一本の支持力を計算し又試験荷重によりて杭の安全支持力を推定し此れにて總荷重を除し、基礎杭の所要数を求めて、基礎計画を了るものとした。而して杭の合理的間隔とか又は更に杭以下の下層地盤の支持力を考慮する場合は、極めて稀れであった。然し斯の如き習慣は、昔の工事が多くは小規模で、比較的輕重量の工事のみを扱つた古い技術者の誤れる習慣で、あつたものと思はれる。近來の土木建築の構造物は、總てに於て大きさと量に於て、昔日の比でない。従て基礎工の設計も之れを深く考へ、合理的計畫に依らねばならぬと思ふのである。

裏に阪神國道、尼崎擁壁の基礎杭は、末日7寸、長18尺の松杭であつて、錘の重量168貫、落下を24呎とし、最後の平均落尺4時であるから Eng. News' formulaによれば、杭一本の支持力は、約 6tons 位になる。

又其の杭は徐々に加へたる試験荷重によると、全支持力は約 12tons あつて、何れに據るが正であるか一寸迷ふのである。杭打公式の當てにならない、と云ふことを能く現場で耳にする事であるが、其れは地盤が公式の適用範囲外のものにして、公式に罪はないのである。能く公式の成り立を覗けば、直ちに了解出来る事柄で、今「テルザギー」氏の説を引證すること

$R = Wt$, of hammer,

$G = Wt$, of pile,

$L = \text{Length of pile}$,

$F \equiv$ Area of Cross Section of pipe,

$\mathbf{E} \cong \text{Mod}$, of elast., of the pile material,

h = Dist. of hammer drop,

S = Penetration produced one blow,

$m = \text{Coef. of elast. of the impact,}$

$m=0$ for perfectly nonelastic impact,

$m=1$ for perfectly elastic impact,

Q_d =Resistance against penetration of the pile under impact

Q_u = Ultimate bearing Capacity of the pile under static load;

e = Empirical Constant depending on the nature of the pile and the resistance against penetration $\frac{Q_{\text{ult}}}{\text{FTE}}$

弾性衝動の理論から

mの値は半弾性衝動にては0.5となり

in o となせば Redtenbacher's Formula となる

完全なる彈性衝動と考へれば $m=1$ として前式は

$$Q_d = \frac{R_h}{S + \frac{1}{2} \frac{Q_d}{F} - \frac{L}{E}} \quad \dots \dots \dots \quad (27)$$

となりて $\left[\frac{1}{2} - \frac{Qd}{F} - \frac{L}{E} \right]$ の項は、杭の性質と、穿入に對する抵抗とに關係するものにして、此の變數を實驗的常數 C として置き換えれば

となりて Eng, New's Formula になって來るのである。

故に此の式は繼續衝動が杭の抵抗に打勝つて杭が打込まれるのである、と云ふ物理的概念から生れ出了るもので、其の値が静止の試験荷重の値と差があるとも致方がない。つまり繼續衝動によりて杭の穿入に抵抗する力 Q_d と静止荷重による穿入に対する杭の抵抗 Q とは、性質に於て既に根底から相違するから杭打公式による値は、地質によりて差を生ずるは當然であると云ふことである。

尙杭の支持力となるべき杭の穿入に対する抵抗は二種ありて、杭の周圍に起る摩擦抵抗と、土を押しのけて穿入せるとする尖端抵抗との二つであるが、其れ等の大きさは地質によりて夫々大なる差を生ずるのである。

て杭の周りも多少膨れ上り、杭打して寧ろ、地盤は弛められたかの如き軟弱地盤では、徐々に加はる力に對する杭の抵抗と、繼續衝動による、力に對する杭の抵抗とに差のあるは明白な事實にして、此の事柄は例へば水中の「レール」上に或る物體を滑動せしむる場合、其の物體を徐々に、滑動せしめれば、其の摩擦抵抗は、物體と「レール」との摩擦であるが、其の物體を急激に滑動せしめれば物體と「レール」間に水の皮膜を挿みて、摩擦抵抗は非常に小となるものである。同理で、水分多き軟弱地盤杭は打込む毎に、先きの土中より水分を絞り出し、水は杭と土との間を通して滲み出るから、此れば滑動油の働きをなし、繼續衝動の間に打込みの摩擦を非常に輕減するのであるが、打込後或る時間を経過せば、其の水分は杭の周から滲逸して杭の周圍は直接土によりて堅く包囲さるが故に、靜力抵抗と衝動抵抗との間に、大なる差を生ずる様になるのである。

又杭の衝動抵抗も、靜力抵抗も、何れも杭の周圍の摩擦抵抗と、尖端抵抗との和であるが、尖端抵抗となるべき尖端の土から水を急速に絞り出す力は、同じ土を徐々に、壓搾する力より大なるが故に、杭を打込む最中は摩擦抵抗は上述の理由で小となるが、尖端抵抗は可なり大なるものである、又打込後の靜力抵抗の場合は、摩擦抵抗は大となるが、尖端抵抗は極めて小となる關係も心得らるべきことである。

然し良質地盤に於ける杭打は、衝動抵抗と靜力抵抗との間に大なる差なきを以て、杭打公式は相當の信頼を擱きて差支ないのである。故に杭打基礎に對しては公式を應用なし得る地盤と、然らざる地盤とに區別する必要がある。而してこれを見別ける方法は又頗る簡単で、杭打を途中で一時中止し、且つ杭打の狀態は同一として、其中止前後の穿入を精査すれば、大體判別なし得るものなり。其の穿入の大きさが殆ど同一であれば、先づ良質地盤の内で杭打公式も應用して差支な

く、中止前後の杭打穿入の大きさが相違すればする程、軟弱なる地盤として公式を應用なし得ざる地盤である。斯様なる軟弱地盤に於ける杭打の中止後、更に杭打を開始した場合、前の穿入に對し、最初は非常に大なる、抵抗を覺ゆるのであるが、漸く衝動を繼續すると亦元通り杭の周りに水分を浸潤せしめ、前通りの穿入をなす事は前段の説明によりて、首肯せらるゝ事柄であらう。

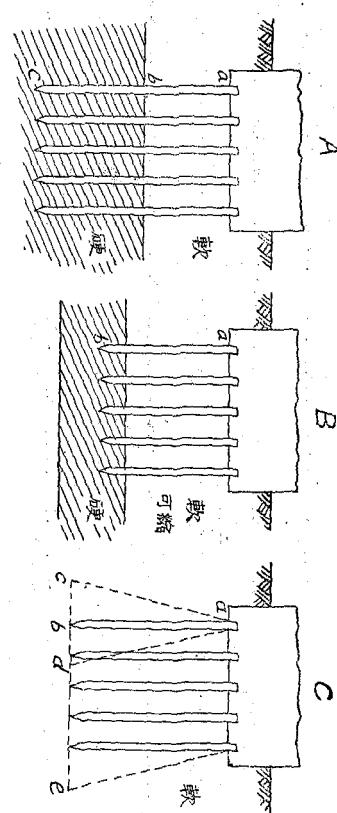
杭打基礎工

單に杭打基礎工と謂ふても廣き範囲を指すもので、杭の材質、形態、用法等によりて多種多様であるが、茲には最も多く採用せらるゝ木杭基礎の場合に限るのである。

前段の通り軟弱地盤に於ける單獨杭の性状は大體明瞭となりたるも、次に杭が基礎工として杭と地層及地質との關係を能く考察する必要があるのである。此の關係を考へること無くして施工した杭打基礎は、場所によりて合理的となり、又場所によりて不合理となる、即偶然の好果を得る場合もあれば、又大なる失敗を招く場合も起るのであるが故に、軟弱地盤に於て殊に單獨杭の性状と其の集團的杭打基礎との關係は、非常に重要な事柄でなければならぬ。

今此の關係を説明する爲めに、次の三つの場合を擧げる。第十一圖に於ける横範囲は何れも沈殿層、又は新たに埋立てたるが如き、基礎地盤として相當注意を拂ふべき軟弱地盤の場合である。

A—は沈殿層等に能くある上部軟弱にして、下層杭の達する範囲に相當硬き砂多き、又は砂利層等ある場合にして、且つ上部軟弱層は、壓縮不能の場合に杭は bc 間の摩擦抵抗及尖端抵抗との和が、杭一本の支持力と考へ、杭の ab 間は其



第十七圖

部荷重の支持に充分なる場合は、杭の合計支持力が荷重に等しければ好い譲で、杭は全長 a_b 間の摩擦とその尖端抵抗との合計支持力を有し、杭打公式も應用せられ、前の場合より余程經濟的に基礎を作り上げることができる。然し其の硬層が萬一荷重支持に關して薄き場合は、杭打基礎の支持力を杭一本の倍數に採ることは、危険なることあるを注意せねばならぬ。

C₁ は最悪の場合で、深き沈澱層の如き、全く軟弱地盤にして又下層の硬層も深くして、經濟的に硬層に基礎を造せること困難なる場合である。而して此の軟層が若し壓縮なし得るならば、能ふ限り多くの杭打によりて地盤支持力を増大を計るべきであるが、其の時杭は土壤壓縮の目的に使用せられたるが故に、杭基礎工の支持力は單隻杭支持力の、倍

の摩擦を考へに入れててもよいが、寧ろ單なる柱として働くものと考ふるがよい。此の場合の基礎杭の所要數は、下層硬盤の程度にもよるが、大抵荷重を杭一本の支持力にて、除したものでよいのである。

B₁ は上層軟弱地層が、壓縮なし得る時で、即ち杭打により土壤の空隙又は水隙は減少し、地盤支持力の増大を策し得る場合

にして、此の時杭尖端の硬層の厚さが、上

數とならぬは勿論である。然し茲に多く述べむとするものは、壓縮なし得ざる軟弱地盤の杭打基礎工を如何に扱ふべきかが大なる問題として、研究に倣するのである。

而して此の場合、基礎杭の支持力は、勿論杭打公式を應用なし得ざるも、前段述べし如く摩擦杭として、載荷試験の結果より相當の静的支持力を發揮するのであるが、地層深く軟弱なるが爲め杭以下地層支持力の缺陥より構造物全體が、杭打基礎諸共に沈下する例は、淀川、神崎川附近には夥しくある。

元來基礎限堀とか基礎杭の目的は、荷重を支持力小なる上層より一層安全なる下層地盤に廣く分散傳達すべきであるが、斯の如き地層にては下層に行くほど安定度大となり、即ち基礎を深くすればするほど支持力を増す、と謂ふ觀念は警戒を要することである。

此の事柄に關し、阪神國道尾崎に於て、-24.0 尺迄、井戸堀をなし、各沈没層の支持力を直徑 1.8 の圓板により載荷試験の結果によると（前號參照）

地層	試験點ノ深サ	載荷量 Ton/□	沈下量 尺	沈下量止ニ至ル迄ノ日数
B	-6.85	1.03	0.05	3
C	-8.09	1.05	0.01	1
E	-23.90	0.49	0.26	5
"	"	1.00	+0.15	+3

本表は深さに對する水壓を無視せるが故に、其れだけ壓力減少せるを考ふべきであるが、上層に於て約 1Ton/□' の荷

重に對して、沈下は一分乃至五分のものが下層 E に於て、同じ荷重に對して沈下は四寸一一分の沈下をなし、下層支持力の如何に貧弱なるかを知ることを得。(第五圖参照)

一般に基礎は其の深度を増して基礎としての安定度を増加すると云ふことは、良質地盤に於てのみ謂ふべきことで、斯の如き軟質地盤に於ては必ずしも眞理でなく、基礎の深さを増して却て安定度を減退せしむる事例は往々あるのである。故に武智式混凝土杭の如き、單獨杭として非常に大なる支持力を發揮する基礎杭は、地盤締め固め用としてはそれだけの價値はあるが、斯の如き軟弱地盤では基礎杭の抵抗如何に大なるも、下層地盤の支持力の均衡が保れない限り基礎杭は殆ど死物となる場合があるのである。

故に基礎杭によりて荷重を下層に分散しても、下層地盤との支持力の均衡保持困難なる場合、普通の杭打基礎工では、設計上不合理となるが故に、尾崎擁壁の場合に於ける如きは杭打を廢し B 層上に基礎を置き、該層の基礎の周圍に於ける剪断抵抗と下層支持力との合計を目標として基礎計畫をなすべきではないかと思ふ。其の場合 B なる砂層の剪断抵抗、即支持力を増大するには基礎混凝土を橋脚の如くして、其の「ペリメター」の増加を計れば 層好果を得るに違ひない。若し又頗るべき B 層の無き場合は、基礎として筏地盤の如き浮揚する構造を選ぶ外はないと思ふ。

然しながら例へ軟弱地盤なりしとも、構造物の荷重の如何により下層支持力との均衡が採れるならば、杭打基礎は最も好い工法であるから、やはり此の工法を推奨したい。今

$W = \text{Total load Considered}$,

$b = \text{Safe bearing at depth} l$,

$w =$ Unit wt. of earth,

l=Length of pile,

$d = D_{\text{ia}}$, of pile,

f = Frictional Coefficient of pile

Req, space of piles, P is

$$P = \sqrt{\frac{4fdL}{b - wL}}$$

軟弱層に於て、杭支持力の内、Point resistance は繩的支承を考ふる場合は非常に小であるから、此れは (1) 式に於て省略しても殆ど支障ないと思ふ。斯くして杭は杭の間隔、長及徑と下層地盤の支持力か、との間に一定の關係を有するもの如く、第十圖 C の如く荷重は P を直徑とする下層地盤に、分布せむとするが故に此の間隔を無視した杭打は不完全なる基礎にして、下層地盤の支持力に對し平衡を保ち得ないものと思ふ。故に壓縮を目的とする、基礎杭は別として摩擦杭として、計畫せる基礎が、上式により適當なる杭の間隔を算出し得ざる限りは、普通の杭打基礎としての計畫は更に考究を要すべき問題であると思はれるのである。(未了)