

杭周面に働く抵抗力に就て (一)

小野竹之助

1. 序 論
2. 壓密による影響
3. 杭周面に沿ふて働く抵抗力
4. 杭の引抜試験

[1] 序 論

基礎杭の支持力算定に關しては従來より數多の實驗公式及び理論公式が發表されてゐる。然し乍ら之等多くの支持力公式なるものは何れも或る狀況を假定して誘導したものであつて、同一杭の支持力を求めるに當つても、A式によつて算出したものと、B式によつて算出したものとはその値を著しく異にする場合がある。最近に至り地質研究の進歩と共に杭の理論的研究も亦盛に行はれる様になつたが、未だ一般的に肯肯し得るものは殆どないと云つてもよいのである。

杭の支持力なるものは、茲に改めて云ふ迄もなく、杭の周面に沿ふて働く抵抗力及びその底面に於て働く耐支力とによつて決定される。現今に於ける一般的考察に従へば、

- (1) 杭全體が比較的軟弱な地層内にある場合。
- (2) 杭の先端が堅固な地盤に達してゐる場合。

の二つに分ける事が出来る。而して通常前者を摩擦杭と呼び、後者を支柱杭と呼んでゐる。が、然し乍ら之等は杭の周面に働く抵抗力を主とするか、或はその底面に働く耐支力を主とするかによつて、自らその名稱を異にするだけであつて、實際には之等兩者が或る割合で同時に働いてゐるのである。従つて摩擦杭と支柱杭との差は明確に別け難い。我々が最も屢々遭遇し、而も地盤内の力學的作用的不明瞭なのは摩擦杭として作用する場合である。本文に於ては杭の周面に沿ふて働く抵抗力に就いてのみ考へて見る事にする。

今杭周面の土の力學的諸性質が明確に判つてゐる場合に於ては、杭の周面に沿ふて働く抵抗力 F は計算上極めて簡単に求める事が出来る。即ち

(a) 杭と土との間の摩擦によるものを F_1

(b) 杭と土との間の粘着によるものを F_2

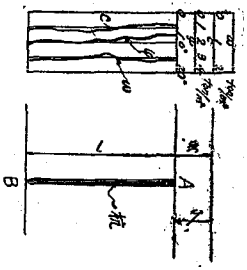
とせば、

$$F = F_1 + F_2 \dots\dots\dots(1)$$

なる關係がある。

(a) 杭と土との間の摩擦による抵抗力

摩擦抵抗なるものは、杭の周面に垂直の土壓力が作用して初めて生ずるのである。



第一圖

$$F_1 = \int_{\xi}^{\xi+h} \pi D q f_1 dy$$

D : 杭の直径

q : 杭の周面に垂直に働く土壓力

f_1 : 杭と土との間の摩擦係数

今土の單位重量を ω

土の土壓係数を λ_1

とせば、

$$q = \omega \lambda_1 y$$

Derr 氏の説によれば

$$\lambda_1 = 1 + \tan^2 \varphi$$

φ = 土の内部摩擦角

杭と土との間の摩擦係数 (f_1) は杭の周面の性質並びに土の内部摩擦角によつて異なる。今杭と土との間の摩擦係数は土の内部摩擦係数に比例するものとせば、

$$f_1 = f \tan \varphi$$

となる。但し

$$k \ll 1$$

故に

$$F_1 = \int_{\xi}^{\xi+h} \pi \cdot D \cdot \omega \cdot \tan \varphi \sec^2 \varphi \cdot f \cdot y \cdot dy$$

となる。

(b) 杭と土との間の粘着による抵抗力

一般に土は或る程度の凝集力を有してゐる。従つて杭の周面と土との間にもその影響を考へる事が出来る。

$$F_2 = \int_{\xi}^{\xi+h} \pi \cdot D \cdot K \cdot dy$$

K : 杭周面に沿ふて倒く粘着による強度

K の値も亦杭の周面の状態、並びに土質によつて異なる。今之を土の凝集強度 (O) に比例するものと考へれば、

$$K = k \cdot O$$

$$k \ll 1$$

故に

$$F_2 = \int_{\xi}^{\xi+h} \pi \cdot D \cdot k \cdot O \cdot dy$$

となる。

故に杭周面に働く抵抗力 F は次の如くなる。

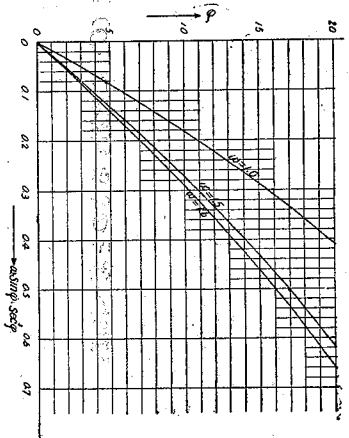
$$F = \int_{\xi}^{\xi+1} \pi \cdot D \cdot \omega \cdot \tan \varphi \sec^2 \varphi \cdot f \cdot y \cdot dy + \int_{\xi}^{\xi+1} \pi \cdot D \cdot k \cdot a \cdot dy \dots (2)$$

〔2〕 壓密による影響

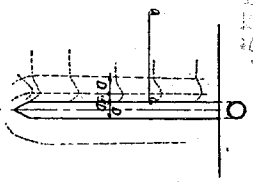
杭の周面に沿ふて働く抵抗力としては、以上述べた如く、杭と土との間の摩擦及び粘着によつて決定されるのであるが、杭を打込んだ後に於て、杭周面附近の土の力學的性質を調査すると云ふが如き事は實際問題として有り得

ない。我々は普通杭打を行ふ前に豫め杭打箇所地質試験を行つてゐるのである。故に斯る場合に於ては、杭打込前と打込後に於ける地質變化の關係を知らねばならない。

地中に杭を打込む場合、杭が穿入するに従つて、其の杭の穿入體積に等しい土量がその附近に排除される。Zimmermann 氏の實驗によれば、砂中に杭を打込む場合、杭打込時に時ける地盤内の密度の變化は第 2 圖に示すが如く、杭周面より $0.5 D$ の點に於てその比重が最大となり、それより離れるに従つて漸次減少し、 $1.5 D$ の點に於ては殆どその影響がなかつたと云ふ事である。尤もその壓密状態は土質の如何によつて相當の差異がある事は勿論であるが、兎に角杭の穿入により、杭周附近の土は壓密される事となる。

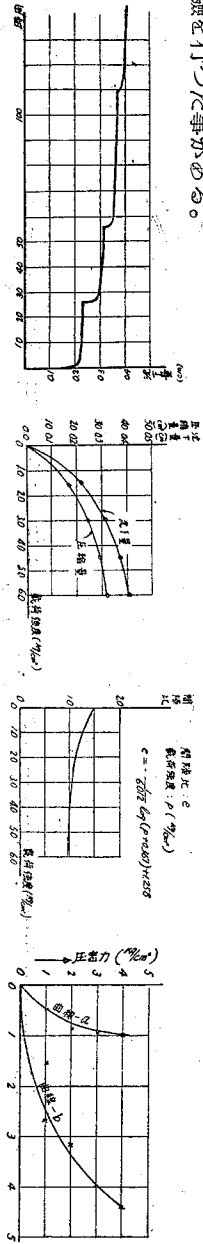


第一圖表



第二圖

一般に土は壓密作用を受けると、その力學的性質を著しく變化するものである。嘗つて大阪港海底の土に就いて壓密試験を行つた事がある。



第三圖

第四圖

第一表

載荷強度 kg/cm ²	ω ton/m ³	ϕ	c	載荷強度 kg/cm ²	ω ton/m ³	ϕ	c	a	b
0	1.509	3°47'	1.320	0	0.1002	1.320	0	0	0
1	1.548	5°29'	4.913	1	0.1500	4.913	0.497	2.722	
2	1.600	6°32'	5.651	2	0.1856	5.651	0.852	3.281	
3	1.647	6°39'	6.571	3	0.1947	6.571	0.943	3.978	
4	1.684	6°42'	7.180	4	0.2006	7.180	1.002	4.439	

又日本大學教授菅山道三氏も第一生命建築敷地に於ける、杭打込による地質變化を調査され、之の結果を基礎研究會誌に發表されてゐる。

斯様に壓密による土の力學的性質の變化は考へ得るのであるが、さて之の變化たるや如何様のものであるか、之を推知

含 水 率	貝掛の比重	摩 擦 角	凝集強度	備 考
A ₁ 41%	1.56	11°30'	3.7 ton/m ²	A ₁ A ₂ A ₃ A ₄ は杭周にある土
A ₂ 34	1.57	10°0'	3.7	B は杭基礎外にある土
A ₃ 39	1.64	9°0'	5.5	杭は目測未口約 24 cm
A ₄ 35	1.60	9°0'	3.7	長さ約 7 m
B 49	1.45	3°20'	3.7	心々 30 cm~40 cm である。

する事は極めて困難である。今壓密前の $\omega \tan \varphi \sec^2 \varphi$ の値を A 、凝集強度の値を C とし、壓密後の夫々の値を、 $(1+a)A$ 、 $(1+b)C$ とする。尙ほ茲に a 及び b の値は第四の如く a 曲線及び b 曲線によつて與へられるものとする。之の a 及び b なる曲線は各土質によつて皆各々異なる性質を示すものである。而して今多數の壓密試験を行った結果より、各土質に對する a 、及び b なる曲線を作り得たとしても、之等を直ちに壓密による杭穿入に對する抵抗の増加であると見做す事は出來ない。杭穿入による杭周圍附近の土の壓密作用の結果、杭の周圍に沿ふて動く抵抗力の増加を F_s とせぜ、

$$F_s = \int_{\xi}^{\xi+1} \pi D_j k_1 \omega \tan \varphi \sec^2 \varphi y dy + \int_{\xi}^{\xi+1} \pi D_k k_2 C dy \dots\dots\dots (3)$$

となる。

$$k_1 \leq |a|$$

$$k_2 \leq |b|$$

なる關係がある。と云ふのは杭の打込に對して、その打込力により實驗室に於て行ふか如く均一に壓密されるとは考へ

難い。又均一に壓密されたとしても、Zimmermann 氏の實驗より推量する事が出来る如く、或る範圍内に於てのみその壓密作用の影響が及ぶものであつて、杭周附近の土が壓密される事によつて生ずる抵抗力を考へる場合、 k_1 及び k_2 を如何程にとる可きや、之を決定する事は非常に困難な事である。斯様に杭穿入によつて、杭周面に作用する抵抗力を推知せんとする事は複雑であつて、之を精確に知る事は實際問題として不可能である。

尙ほ之の他に杭打込み時に於ては、地盤内の空隙水を壓せられて所謂動力學的應力を生じ、杭の穿入に對して可成大きな抵抗力を示す事がある。然し之の空隙水の動力學的應力なるものは、杭打込み時には生ずるが、時日の經過と共に再び消失するものである。本文に於て杭周面の抵抗力を求めんに當つては、之の空隙水の動力學的應力の影響は考へない事にする。