

N-7

鉛直荷重に対する杭先端および周面反力係数について

九州大学工学部 正員 小坪 清真

正員 〇島野 清

学生員 荒牧 肇治

I. 予えがき

鋼管杭を基礎とした構造物が多いため、どうしても杭の働き、挙動を調べる事が必要となつてきている。しかし、その計算を行うために、付着重量、摩擦など、どうしても仮定しなければならない。

そこで杭の深さ方向の歪、変位、周面摩擦力、摩擦の変化の状態、杭の先端支持力、先端摩擦を求める事により、今までの仮定でよいか、あるいは別の仮定法があるのではないかを調べ、計算をより正確にするために利用しようとするものである。

計算に使用した実験データは、昭和41年博多港須崎埠頭10m半壁に於いて行なわれた、杭10本の単杭鉛直載荷試験のものである。

II. 実験概要

第4港湾建設局博多港工事事務所の出した『博多港須崎埠頭-10M岸壁鋼管杭試験報告 オ3報 資料編 1966年 7月』を参照

1. 試験杭の諸元

試験杭は日本鋼管製CUP-TENとし、これにゲージプロテクターを溶接、この中にゲージを貼付防水保護を行った。又、打ち込み打撃によるリード線保護の為リードプロテクターを溶接した。

イ. 鋼管断面形状

外径 65.0cm 内径 62.8cm 厚さ 1.1cm

ロ. 杭の深さ

地上部分の高さ 1.10m 地中部分の深さ 13.0m

ハ. ゲージ(呉和電業)

防湿処理

- P.C. 12接着材にて貼付
- リゴナラック(セメント接着材)
- ハモタイト(ゴム製接着材)
- マイクロクリスタリンク(パラフィン材)
- ゲージプロテクターに溝を付け、これにゴム製パッキンをつめて、ガス付鉄製を締めつける。

2. 実験測定方法

1. 杭に貼付したゲージの位置

杭下端から、0.5, 2.0, 4.0, 6.0, 7.0, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 11.0, 11.5, 12.0,

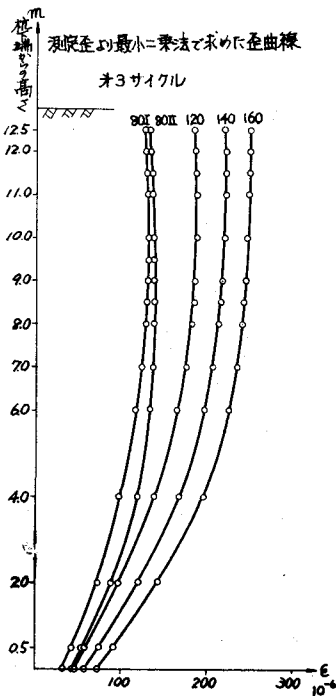


図-1

12.5, 13.0mの長を海側と陸側の両方で測定する。

ロ、載荷は緩速載荷を5サイクル、急速載荷を1サイクルの2通りで載荷量は次の通り

- a. オ1サイクル 60-80-60^t
- b. オ2サイクル 60-80-100-120-60^t
- c. オ3サイクル 80-120-140-160-80^t
- d. オ4サイクル 80-160-180-200-80^t
- e. オ5サイクル 120-200-220-240-120^t
- f. 急速載荷 250-300^t

ニ、杭頭の沈下量

ダイヤルゲージで、載荷経過時間ごとに、各サイクルごとに4回測定し2ある。その平均をとった。

三、実験データ整理及び計算

イ、歪曲線

各測定の陸側と海側の歪の平均をとり、歪(ϵ)

$$\epsilon = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3$$

x : 杭下端からの距離

と仮定して最小二乗法より求める。

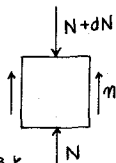
歪曲線の例が図-1である。

ロ、単位長さ当り周面摩擦係力

N : 軸力

m : 単位長さ当り周面摩擦係力

x : 杭下端からの高さ



$$m dx = dN$$

$$m = \frac{dN}{dx} = \frac{dN}{dz} \cdot \frac{dz}{dx} = \frac{dN}{dz} \cdot \frac{1}{h} = \frac{EA}{h} \cdot \frac{d\epsilon}{dz}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} z = \frac{x}{h} \text{ より } \frac{dz}{dx} = \frac{1}{h} \\ N = EA \epsilon \text{ より } dN = EA d\epsilon \end{array} \right.$$

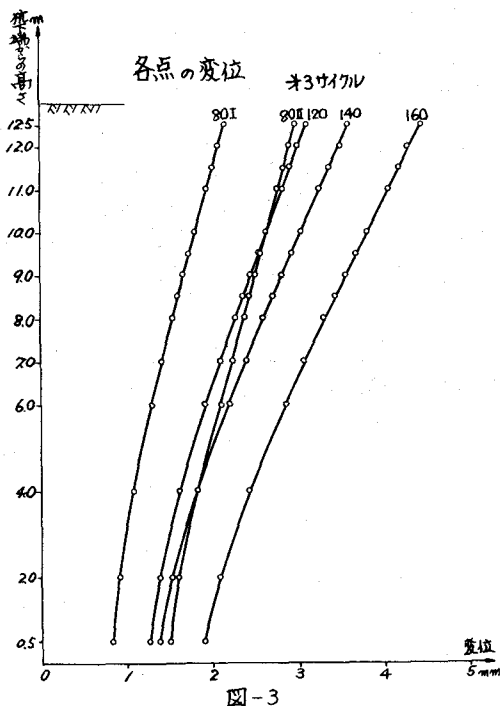
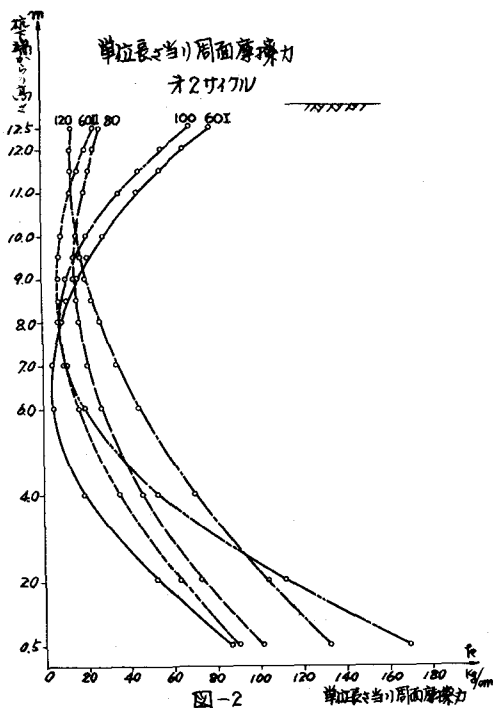
ϵ は分ったのから周面摩擦係力曲線が求められる。

$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$$A = \frac{\pi}{4} \{ 65^2 - (65 - 2.2)^2 \} = 220.82 \text{ cm}^2$$

$$h = 12.5 \text{ m} \quad 0 \leq z \leq 1$$

これを代入して、各測定の周面摩擦係力を求めたものが図-2である。



ハ. 杭の変位

杭の変位 = 杭頭沈下量 - 杭の縮み

杭の地上部の縮みは $x = 12.5m$ の点の歪 ($\epsilon_{12.5}$) を地上部でもとってこれを u とし、計算する。又、地下部の縮み (u) は、

$$u = \int_0^{12.5} \epsilon dx = h \int_0^1 \epsilon dz \quad \text{である。}$$

杭先変位 = 杭頭沈下量 - $\{h \int_0^1 \epsilon dz + h \epsilon_{12.5}\}$

杭の各点の変位 = 杭先変位 + 杭先からその点までの杭の縮み

$h = 12.5m$ $h' = 11.5m$ を代入して求め、各点の杭の変位の例が図-3 である。

又、杭先端軸力 $\{N = EAE\}$ 、歪曲線より

求めた杭先歪 ($x=0$ より求める) と杭先変位との関係のグラフが図-4 である。

ニ. 検証

ア. 杭先端変位 / 杭先端軸力

イ. 杭の各点に於ける変位 / その点に於ける周面摩擦力

これを単位面積当りに換算して表わしたものが図-5 である。

Ⅲ. 計算結果と考察

1. 歪曲線

杭先から6~7m までの歪曲線が大きく、それ以上はほぼ一定で、少し増加しているか少し減少している程度である。地上部はほぼ一定とみなしてよい。又、各サイクルで載荷重を増加した後減少させると、(5~20) % の残留歪が残っている。

2. 単位長さ当り周面摩擦力
杭先の歪が大きく、それから地上に近いところが増えている。一部に杭先から10m ほどのところから地表までの周面摩擦力が激しいというのがあるが、実験誤差と思われる。

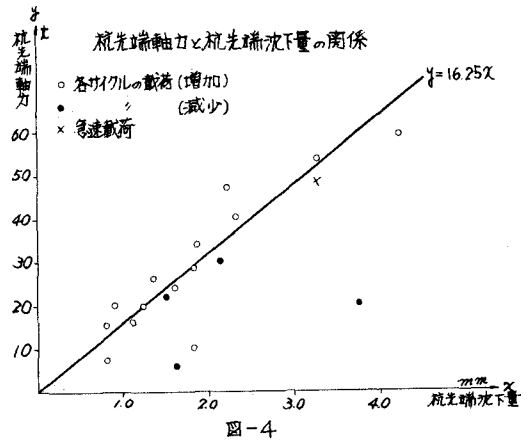
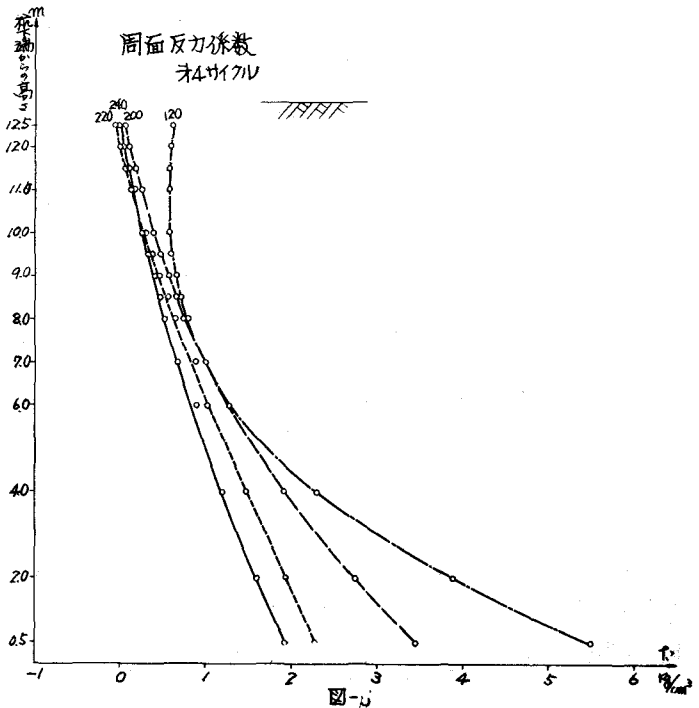


図-4 杭先端軸力と杭先端沈下量の関係



3. 変位

杭先から6mまで上部にいくにつれて、変位が大きくなり6mから地表まで、ほぼ直線的に増加している。又、載荷重を減少させた時は0.7~2.4mm程度の変位が残っている。載荷重が重い程、ほぼ規則的に変位が増加している。

4. 定値(反力係数)

a. 杭先反力係数

図-4から、杭先端軸力と杭先端沈下量がほぼ比例しているから、この値は、ほぼ一定値である。表-1をみると、オ1, オ4, オ5サイクルが一定であり、その値の平均は $1.7 \times 10^8 \text{ } \mu\text{m}$ である。計算には土質の違いもあろうが、 $1.5 \sim 2.0 \times 10^8 \text{ } \mu\text{m}$ の値でよいと思われる。

b. 周面反力係数

図-6でも分る如く、下に大きく“台形”に近い形になる。この理由としては、地盤が下にいく程、堅くになっているのと、地表面付近は変位が大きく、杭先付近は変位が小さいことから、非線型の影響があらわれているものと思う。今まで、深さに関係なく一定値をとっていたけれども深さ方向の函数にあべきであろう。この実験からだけではその値の大きさを求める誤にはいかぬが、割合、堅い砂には、この値は役に立つと思う。

5. 杭先端軸力と周面摩擦力和杭頭軸力について

地上部の歪は、ほぼ一定であるから、 $\{e_{125}(\text{歪曲線より } x=125\text{mの点の歪を求めたもの}) \times EA = N_1(\text{杭頭軸力})$ と各サイクルの載荷重は等しくなるはずであるが、約2/3になっている。そこで、この N_1 と杭先端軸力を比べ2みると、前者は前者の1~3割程度で、残りの9~7割を周面摩擦力が受けもっている誤になる。普通、計算を行う時、載荷重の半分を杭先端の支持で受けもにせるのが普通であるが、一考を要するようである。

Ⅳ. 結び

今まで、周面反力係数を深さに関係のない一定値として計算してきたが、台形程度に仮定した方が現実に即するようである。鋼管杭を特に深く必要とする時は、特に考えるべきである。

今まで考えられているより、鋼管杭は周面摩擦力によって、支持を受けもっているようであるから支持力計算する時、先端支持力の負担を軽くみつめるかど出来るのではないだろうか。

土質的に現場は、上部に砂交りシルト、下部が砂、とびつており、大体、砂質の土では、上の結果を応用出来ると思われる。今後、いろいろの土質の所で実験すれば、単に分布状態だけでなく、数値的にも結論が出来ると思う。

サイクル	杭先端 沈下量 単位 mm	杭先端 軸力 N(t)	周面 摩擦力 No(t)	$\mu = \frac{N}{N_1}$ %	$e_{125} \times EA$ N(t)
第 一	0.83	62	41.0	0.74	47.2
	1.79	10.0	55.6	0.56	65.6
	1.60	8.6	42.7	0.41	49.3
第 二		12.1	41.0		53.1
		17.3	50.0		66.9
		16.6	67.7		84.4
		27.9	67.3		95.2
第 三		14.7	38.8		53.5
	0.81	15.5	42.4	1.92	52.0
	1.24	20.4	64.6	1.65	85.0
	1.35	26.5	74.9	1.96	101.4
	1.85	34.0	81.1	1.84	115.1
第 四		14.8	21.9	38.5	60.5
	0.91	20.1	30.7	2.21	50.8
	1.60	24.3	92.6	1.52	116.9
	1.82	28.7	104.0	1.58	132.7
	2.33	39.9	104.8	1.71	144.7
第 五		21.3	29.9	28.5	140
	1.12	16.2	72.5	1.45	88.7
	2.21	47.0	105.6	2.13	152.6
	3.26	53.5	107.3	1.64	160.7
	4.20	59.0	111.8	1.40	170.8
急速	3.47	20.4	23.8	0.59	84.1
	3.26	45.7	132.6	1.40	178.3
		92.4	120.8		213.3

表-1