

杭先端閉鎖と開放の比較について

京都大学工学部 正員 後藤尚男
立命館大学理工学部 正員 ○ 勝見 雅

1. まえがき

打込まれたままで先端が開放されている通常の鋼管杭に対しても、従来からその先端抵杭を發揮するのには有効な先端部分の面積は、杭の裏断面面積でなく管内の土の部分も含めた閉鎖全面積を採用している。かかる有効支持面積は地盤の性質、特に管内に押しこまれた土の性状、支持層への貫入深さ、杭径などによっても異なるとも考えられ、特に最近わが国においても実用化されている大口径の鋼管杭においても、杭先端における有効支持面積としてその全閉鎖面積そのままを採用することには若干の疑問がもたれている。われわれもかかる点に注目した理論的並びに実験的な研究に関して発表した¹⁾、今回は理論的な数式の簡易化と、模型実験に関しては砂質地盤に引続き粘土質地盤における実験を行ったので、あわせて報告する。

2. 理論的考察

杭先端閉鎖と開放との比較についての理論的な取扱いに際し、杭の先端のみに注目した場合の閉鎖と開放の両状態において、同一弾性沈下量を生ずる鉛直集中荷重 P_c と P_o の比率として、われわれは先につぎの結果を導いた¹⁾。

$$\frac{P_o}{P_c} = \frac{2(R_o^2 - R_i^2)^2}{R_o^4 I_1 - 3R_o R_i I_2} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 R_o, R_i : 杭の外・内半径で、 I_1, I_2 は次式で与えられている。

$$I_1 = \int_0^{\pi/2} \left\{ \frac{1}{\sin^2 \psi} \left(1 - \frac{R_i^2}{R_o^2} \sin^2 \psi \right)^{3/2} - \frac{\cos^3 \psi}{\sin^2 \psi} \right\} d\psi, \quad I_2 = \int_{R_i}^{R_o} \int_0^{\sin^{-1}(R_o/r)} r \left(1 - \frac{r^2}{R_i^2} \sin^2 \psi \right)^{1/2} d\psi dr \quad \text{-- (2)}$$

式(1)は $R_i/R_o = \xi$, $r/R_i = \eta$ (ξ, η : 無次元量) とおくことにより、次式のように無次元表示できる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_o}{P_c} &= \frac{2(1-\xi^2)^2}{I_1 - 3\xi^2 I_2'} \\ \text{ここに、} \quad I_2' &= \frac{I_2}{R_i^2} = \int_{\xi}^1 \int_0^{\sin^{-1}(1/\eta)} \eta (1 - \eta^2 \sin^2 \psi)^{1/2} d\psi d\eta \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (3)}$$

しかして、 ξ, I_1, I_2' はいうまでもなく無次元量であるので、杭径 $2R_o$ の大小にかかわらず、 R_i/R_o したがって杭径 $2R_o$ に対する肉厚 $t = R_o - R_i$ の比 ($t/2R_o$) が一定ならば式(3) すなわち式(1)は一定なる値を与える。

かくして式(3)のように導かれた同一沈下量を生ずる荷重の比率 P_o/P_c も $t/2R_o$

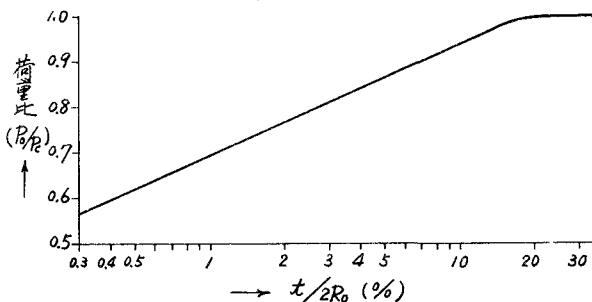


図-1 $t/2R_o$ - 荷重比の数値計算結果

に対して数値計算した結果が図-1である。これより式(1), 式(3)はつぎのような簡単な近似式で表わすことができる。

$$\frac{t}{2R_0} < 17.5\% : \frac{P_c}{P_0} \cong 0.243 \log\left(\frac{t}{2R_0}\right) + 1.184$$
$$\frac{t}{2R_0} \geq 17.5\% : \frac{P_c}{P_0} \cong 1.0$$

----- (4)

しかし鋼管杭では $t/2R_0 \geq 17.5\%$ なることはないので、鋼管杭の先端閉鎖と開放の両状態に対して同一沈下量を生ずる荷重比は当然式(4)の第1式を対象としてよいことになる。

3. 模型実験とその結果

模型実験に使用した杭は鋼管より作製した表-1に掲げた3種で、それぞれ杭先端を開放し杭内に土がない状態(杭内中空と略記)と同じく開放し杭内に土がある状態(杭内土と略記)、さらに先端を鋼板で閉鎖した合計8本(φ27.5の杭では杭内土を省略)を供試した。また模型地盤には粉末粘土(L.L.=45.5%, P.L.=24.8%)を用い、ソイルミキサーで含水比25.0%でおり混ぜ、土層内の約30cmの支持層に相当する部分を7層にわけ、約6kgの重鎮を高さ30cmから各層100回ずつ自然落下させて締め固めたものを用いた。さらに中間層は本研究では杭の先端に主眼点をおいているので、できるだけゆるくつめて固面摩擦の影響を極力なくすように努めた。

杭頭の鉛直荷重Pと沈下量yの繰返し曲線の一例を図示したのが図-2であり、同図にみるごとく弾性分配αからばね定数 $k_0 = \tan \alpha$ を求め、これらの結果を掲げたのが表-2(a)である。ついで先端開放と閉鎖におけるばね定数比(k_0/k_c)を求めた結果を同表の(b)に示した。しかして先端開放と閉鎖において同一弾性沈下量を生ずる荷重比はかかるばね定数比に等しいので、表-2(b)の値は結局同一弾性沈下量を生ずる荷重比を表わしている。したがってこの表-2の例の場合には、 $P_{01}/P_c \cong 75 \sim 85\%$, $P_{02}/P_c \cong 100\%$ 程度の値を示していることがわかる。同様にして各杭径におけるこれらの値を求めたのが表-3であり、同表中の最下欄には式(3)より求めた理論計算値をもあわせ記入した。これらの詳細と考察については講義時に述べる。

表-1 模型杭の諸元

項目	杭種	φ76.2	φ50.8	φ27.5
外径(mm)		76.2	50.8	27.5
内径(mm)		72.2	47.6	21.5
肉厚(mm)		2.0	1.6	3.0
杭長(mm)		300		
板長(mm)		280		
全重量(kg)		172, 1.82 ^a	119, 1.24 ^a	111, 1.13 ^a

* a 杭先端閉鎖

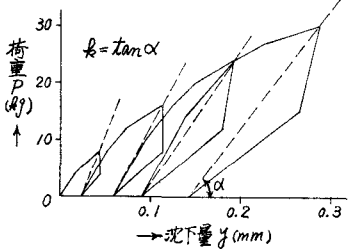


図-2 荷重-沈下量繰返し曲線の一例 (φ50.8; 先端閉鎖)

表-2 弾性沈下量と荷重関係の一例(φ50.8)
(a) 鉛直ばね定数 k_0 (kg/100mm)の値

荷重P(kg)	8	16	24	30
杭内中空 k_{01}	3.40	2.35	1.85	1.67
杭内土 k_{02}	4.21	3.14	2.33	2.09
先端閉鎖 k_c	4.2	2.99	2.39	2.13

(b) 同一沈下量を生ずる荷重比(ばね定数比)

荷重P(kg)	8	16	24	30
$P_{01}/P_c (=k_{01}/k_c)$	0.81	0.79	0.77	0.78
$P_{02}/P_c (=k_{02}/k_c)$	1.00	1.05	0.97	0.98

表-3 同一弾性沈下量に対する荷重比

杭種(mm)	φ76.2	φ50.8	φ27.5
実験値(P_{01}/P_c)	0.65~0.75	0.75~0.85	約1.0
実験値(P_{02}/P_c)	0.75~0.80	約1.0	-----
計算値(式(3))	0.801	0.819	0.950

1) 後藤尚男・梶見 雅: 大径鋼管杭の沈下に関する基礎的研究, 土木学会論文集, 第138号, 第1~10, 昭42.2.