

杭の鉛直支持力とN値の関係

九州産業大学 正 ○浜村 信久

九州産業大学 正 石堂 稔

武智工務所 大神 英生

1. はじめに 最近の杭基礎工事では、杭の打ち込みによる公害防止対策として、削孔埋め込み杭が多用されるようになった。削孔を伴う杭の施工では、地盤の緩みを生じるので、地盤調査時と施工後の地盤の力学性状が異なってくる。支持力の算定にはN値を用いるのが通例となっており、各機関で実用算定式が示されているが、採用N値の問題、式の性質と支持機構の関連性等に検討を要する事項が残されている。特に節杭のような異形杭を用いる場合は、杭の諸元との関係を明確にしておく必要がある。節杭を用いたセメントミルク工法の支持力についてはいくつかの報告がみられるが、ここではそれら埋め込み杭に対する実物載荷試験結果(51件)をもとに、節杭セメントミルク工法の支持力算定式について検討を行ったものである。

2. 杭の支持力算定式の要点

現在ではN値を用いた算定式が普及しており、その原式はMeyerhofの提案式にあるが、種々の要因を考慮した修正式が用いられるようになった。建築基礎構造設計基準や建設省告示式などは、工法の違いにより先端支持力係数や摩擦力の大きさに配慮すべきことを示している。すなわち

$$q_p = a N \quad (t/m^2) \quad (1)$$

$$f_s = b N + C \quad (t/m^2) \quad (2)$$

とおき、特に先端支持力の係数aについては、杭の施工法により地盤性状が異なることを配慮した式となっている。f_sについても精度の高い値が求められるよう諸検討が続けられているが、未だ問題点を残している。

いま埋め込み杭の支持力を

$$R = a N A_p + (b_1 N_s L_s + b_2 N_o L_o) \psi \quad (3)$$

とおけば、載荷時の杭の挙動と対比していくつかの問題点を指摘することができる。

① 採用N値 削孔することによる地山の緩みが避けられないので、先端、周面を問わず調査時のN値より施工後のN値の方が小さくなるが、その低減度が不確実であるので、係数a、b₁、b₂の値を実物載荷試験等によりチェックする必要がある。すでに実用式においては、係数aについては打ち込み、埋め込み、場所打ちの各工法について数値が示されており、埋め込みの場合a=20とされている。しかしb₁、b₂については必ずしも確実とは言えない。したがって全体としての算定式の精度にもかかわってくることになる。

② 周面積の考え方 埋め込み工法の場合、削孔直径よりも小さな既製杭が設置され、周辺地盤との空隙をセメントミルクで充填している。杭頭に載荷して杭が下方へ貫入しようとするれば、せん断応力τが生ずるが、埋め込み杭の断面の各点におけるせん断抵抗fと比較して、τ ≥ fのところではせん断が生ずることになる。もし

$$\text{既製杭表面において} \quad \tau < f \quad (4)$$

$$\text{削孔面において} \quad \tau > f \quad (5)$$

であれば、せん断はセメントミルクと地山との接触面で生ずることになり、コンクリートやセメントミルクの性状から考えても(4)(5)の条件は妥当なものといえる。

また挿入杭が節杭の場合は、異形鉄筋の働きと同様に節部の効用として、セメントミルクと既製杭の相対変位を防止する効果が期待され、既製杭表面でのせん断の可能性は低くなる。

土とセメントミルクのせん断抵抗f_sは既製杭表面のせん断抵抗fより小さいと考えられるので、これらの総合結果としてせん断は地山とセメントミルク接触面で生ずると考えるほうが妥当であり、周面積はセメントミルク表面とすることができる。

③ 先端断面積 先端部の形状や性質の仕上がりが完全であれば、上記の理由から削孔断面を採用することができるが、現実的にはそれを期待することができないといえよう。したがって、先端断面積については、挿入既製杭の値をとる方が安全であろう。以下に載荷資料をもとに検討を試みる。

③ 資料の概要 節杭を用いたセメントミルク杭で、軸部直径 $d_1=30\text{cm}$ 、節部直径 $d_2=44\text{cm}$ および $d_1=40\text{cm}$ 、 $d_2=50\text{cm}$ の2種で、杭長4~24m、平均9.5mであった。杭先端N値は5~50であるが $N \leq 30$ が多く、試験法はA法多サイクルとし、降伏荷重 P_y の得られたものである。

④ 検討方法 算定式は許容支持力として

$$R_{ac} = (1/3) \{ 20N_A p + (N_B L_B / 5 + N_C L_C / 2) \psi \} \quad (6)$$

を用い、先端は節部直径D、周面抵抗はDを用いた場合と削孔直径(D+5cm)を用いた場合の2種について計算した。実測値は $R_{at} = P_y / 2$ とした。先端N値は、杭先下D、上方4Dの平均値 $\bar{N}$ の場合と杭先下Dの値 N_1 の2種について

	節部径	削孔径
検討した。その組合せ	$(N_1 + N_2) / 2$	ケース1 ケース3
により4ケースとなる。	N_1	ケース2 ケース4

⑤ 結果 実測値と計算値の関係を図1~4に示す。

各ケースについて $\beta = R_{at} / R_{ac}$ を求めると下表の

ようになり、削孔径を採用した方が算定値は実測値に近いことを示している。現実的にも節部径をもつ円筒面ですべるとすれば、地山

ケース	$\bar{\beta}$
1	1.206
2	1.203
3	1.163
4	1.157

とセメントミルク間の抵抗 f_s を考えるべきであるが既製杭表面における f_s を採用するなどの不合理な点がある。またケース1, 2や3, 4の間にほとんど差がみられないが、石堂が指摘するような杭周辺の地盤挙動からすれば¹⁾ N_1 を採用する方が妥当といえ、ケース4の考え方が合理的となり、 β の値もそのことを説明する傾向を示している。

⑥ おわりに 基本的には(1)、(2)式の相関性について詳細な検討が必要であるが、軸力測定などの資料がなかったためマクロな考え方に留まった。最後に資料整理に協力いただいた本学卒研究生田村康浩、森本真司の両氏に深甚の謝意を表する。

参考文献 1) 石堂「砂中の杭の鉛直支持力に関する基礎的研究」、1974、(学位論文)

2) 山肩、大杉「節杭の鉛直支持力」17回土質工学研究発表会、1982

3) 山肩、小椋、金井「節付円筒杭の周面抵抗に関する一実験結果」、同上

