地盤のせん断変形を考慮した杭の解析法について

- (株)ニュー・シビル 正会員 長谷 寿晃
- 日本道路公団 名古屋技術事務所 正会員 篠田 雅男
 - (株)ニュー・シビル 正会員 佐伯 満寛
 - 東海大学 正会員 冬木 衛

正会員 宇都 一馬

1.目的

林・Changによる「弾性支床上の梁」の式は,杭の実用解析法として一般に利用されている。この式で 用いられる k値は,多くの杭の水平載荷試験を行いながら,載荷幅やひずみ依存性等を考慮して種々の補正が 行われ現在に至っている。筆者らは,k値に代わる新たな解析手法として,地盤のせん断変形に着目した解析 手法の提案¹⁾²⁾³⁾⁴⁾を行っている。杭頭に荷重が作用する杭の水平抵抗の場合は,極限状態で地盤がせん断 破壊することが確認されている¹⁾。本手法は,土圧,地すべり抑止杭,深礎杭の水平抵抗,土留め壁等,多く の支持力問題への適用が考えられる。

本報文は,上述した地盤のせん断変形を考慮した杭の水平抵抗に関する基礎式についてとりまとめたもので ある。

2.基礎式について

2 - 1 モデルについて

杭頭に水平荷重が作用する場合の模式図を,図-1に示す。杭y ← の支持力に関して,地盤のせん断変形が卓越する層を第1層にとり,従来通りのk値が支配する層を第2層とする。ここで,地盤 は均一,すべり面は直線で2次元(平面ひずみ条件)を仮定する。

筆者らは,よう壁の場合において,地盤のせん断変形を考慮した釣り合いを提案している。(式(1))⁴⁾外力項が, 杭頭の水平荷重のみである場合(図-1),式(1)は,式 (2)として表すことができる。式(3)は,弾性支床上の 梁である。ここで,式(1)は奥行き方向が単位幅1m当り としているが,式(2)では,杭幅D当りとした。

極限状態で生じるすべり面上の土塊(11以浅)は,すべ り面で生じる変形とともに移動し,深度が浅くなるに従い抵 抗力が減少すると考えられる。

$$EI\frac{d^{3}y}{dx^{3}} - \frac{G}{\sin^{3}a\cos a}x\frac{dy}{dx} - S_{H} - \int_{0}^{x}(p+qx)dx = 0 \cdot \cdot \cdot (1) \begin{array}{c} l_{2} : 92f\\ G : 92f\\ F : 100f\\ F$$



図 - 1 解析モデル

x	:	杭頭からの深さ	D	:	杭径
а	:	すべり面の傾斜角度	EI	:	杭の曲げ剛性
l_1	:	第1層の深さ	Р	:	水平荷重
l_2	:	第2層の深さ	<i>y</i> ₁ , <i>y</i> ₂	:	変位
G	:	地盤のせん断弾性係数	1, 2	:	たわみ角
ß	:	杭の特性値	M_1, M_2	:	曲げモーメント
k	:	地盤反力係数	S_{1}, S_{2}	:	せん断力
F.s	•	地盤の弾性係数			

 $EI\frac{d^{4}y_{1}}{dx^{4}} - \frac{G \cdot D}{\sin^{3} a \cos a} x \frac{d^{2}y_{1}}{dx^{2}} - \frac{G \cdot D}{\sin^{3} a \cos a} \cdot \frac{dy_{1}}{dx} = 0 \quad \cdot \quad \cdot \quad (2), \quad EI\frac{d^{4}y_{2}}{dx^{4}} + kDy_{2} = 0 \quad \cdot \quad \cdot \quad (3)$

キーワード 杭,水平支持力,せん断変形

連絡先 〒228-0803 神奈川県相模原市相模大野 3-18-10 アリスビル 6F (株)ニュー・シビル TEL042-767-2330

2-2 一般解について

式(2)の一般解を式(4)に示す。 a_0 , a_1 , a_2 , a_3 は, 杭頭及びすべり面での境界条件により決ま る積分定数である。また,式(4)は杭及び地盤の定数により決まる定数である。

式(3)の「弾性支床上の梁」の一般解を式(5)に示す。A, B, C, Dは, すべり面及び杭先端の条件 により決まる積分定数である。

ここで,
$$L = \frac{G \cdot D}{EI \sin^3 \mathbf{a} \cos \mathbf{a}}$$
 として, 一般解は式(4)となる。
 $y_1 = a_0 + a_1 x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\prod_{i=1}^n (3i-2)L^n a_1}{(3n+1)!} x^{3n+1} + a_2 x^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2\prod_{i=1}^n (3i-1)L^n a_2}{(3n+2)!} x^{3n+2} + a_3 x^3 + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{6\prod_{i=2}^n (3i-3)L^n a_3}{(3n)!} x^{3n}$
 $y_2 = e^{bx} (A \cos bx + B \sin bx) + e^{-bx} (C \cos bx + D \sin bx) \cdots (5)$

2 - 3 境界条件について

境界条件は,式(4)で8個必要である。図 1に示す場合の杭頭及び境界層面での境界条件を式(6)か ら式(11)に示す。

式(5)に示す弾性支床上の梁としている杭が半無限長とみなせる場合は,A=B=0であるから,杭先端の固定条件が省略されるため,式(5)の境界条件が2個となる。有限長とみなせる場合は,杭先端での境界 条件は,杭先端の固定条件により表 1に示すとおりとなる。

式(4),(5)は,上述した境界条件により解くことになるが,式(12)に示す行列から容易に数値解を 求めることが可能である。

 $A \mathbf{t} = \mathbf{f} \cdot \cdot \cdot (12)$

ここで, A:係数行列, t:積分定数(
$$a_0$$
, a_1 , a_2 , a_3 , A, B, C, D)の列ベクトル
f:荷重項等(既知)の列ベクトル

係数行列は,境界層面以深の杭長が半無限長とみなせる場合は6×6の行列,境界層面以深の杭長が有限長の場合は8×8の行列となる。ここでは,紙面の都合上,個々の要素を表示することは省略した。

3. おわりに

今後は,実測値等を含めた解析を行いたいと考えている。また,本報文では,地盤を2層系としているが, 今後は多層系へ拡張していく予定である。

4. 参考文献

1) 宇都一馬他;たわみ性よう壁に関する基礎実験,第5回土質工学研究発表会,1970.

2) 宇都一馬他; 土のせん断変形特性に着目した深礎杭の水平挙動,第 19 回土質工学研究発表会,1984.

3) 宇都一馬他;斜面地盤における調査・設計上の問題点,土と基礎, Vol.33 No.2, 1985.

- 4) 原,宇都,冬木,佐藤; 地盤のせん断変形を考慮した土留め壁の解析(1,2),第25回土質工学研究発表会,1990.
- 5)原,宇都,冬木,佐藤;地盤のせん断変形を考慮した土留め壁の解析(3),第26回土質工学研究発表会,1991.
- 6)原,宇都,冬木,佐藤;地盤のせん断変形を考慮した土留め壁設計法,第 19 回日本道路会議,1991.
- 7) 宇都,冬木,佐藤,桜井;「せん断弾性支床上の梁」の基礎式について(その2),土木学会第44回年次学術 講演会,1989.