

锚索抗滑桩的设计计算

邹兴普

(铁道部第二勘测设计院贵阳分院)

1 前言

在铁路、公路及房建设计中,常常会遇到高填深挖或深基坑的处理问题。在以往的设计中,抗滑桩作为一种有效的治理手段经常被用于处理这类问题。但是,当边坡较高时,用单纯的抗滑桩处理则由于截面大、埋深长而使造价昂贵。随着工程技术的发展,锚索的应用,锚索桩应运而生;这种新型支挡结构从根本上改善了桩的悬臂式受力状态,使桩截面变小、埋深变浅,从而节省了造价。

2 计算模式

土压力:土压力按最常用的三角形及矩形两种考虑。

锚索拉力:锚索拉力按弹性支座考虑。

3 计算假定

锚索与桩协调变形,即锚索伸长量等于锚索作用点处桩的位移。

4 计算公式的推导

计算图式如图1。

设桩上作用有 n 根锚索,当桩与锚索的协调变形完成后,锚索拉力分别为 $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$, 并设 $e_i = h - s - (i-1) \times m$, 则有:

N_i 对 O 点的弯矩为: $M_i = N_i \times e_i$

锚索拉力对 O 点产生的弯矩总和为:

$$M = M_1 + M_2 + \dots + M_n = \sum N_i \times e_i$$

土压力 Q 对 O 点的弯矩为 $M_q = Q \times h_1$,

则 O 点的总弯矩为 $M_o = M_q - M$

O 点的总剪力为 $Q_o = Q - N_1 - N_2 - \dots$

$$- N_n = Q - \sum N_i$$

变形协调方程为:

$$\Delta_i = F_i \quad (1)$$

式中: F_i ——桩上第 i 根锚索作用点的水平位移;

Δ_i ——第 i 根锚索的水平伸长量。

根据材料力学有:

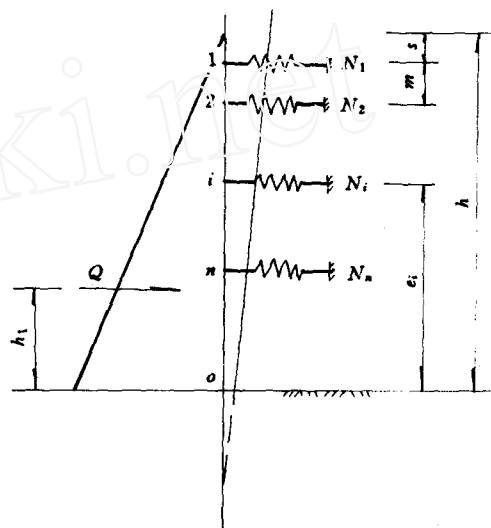


图1 桩计算图示

$$\Delta_i = N_i \times L_i / (E_g \times A_i)$$

式中: L_i ——第 i 根锚索的长度;

A_i ——第 i 根锚索的截面面积;

E_g ——锚索的弹性模量,取 $1.8 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ 。

$$\text{令 } c_i = L_i / (E_g \times A_i), \text{ 则 } \Delta_i = c_i \times N_i \quad (2)$$

$$F_i = X_o + \phi_o \times l_i + \Delta_{iq} - \Delta_{iN} \quad (3)$$

式中: l_i ——第 i 根锚索作用点距 O 点的高度;

Δ_{iq} ——第 i 根锚索作用点在土压力作用下的水平位移;

Δ_{iN} ——第 i 根锚索作用点在锚索拉力作用下的水平位移;

X_o ——在锚索拉力与土压力共同作用下 O 点的水平位移;

ϕ_o ——在锚索拉力与土压力共同作用下 O 点的转角。

求 Δ_{iq} :

在第 i 根锚索作用点施加单位力,则在单位力作用下桩身弯矩为

$$\bar{M} = X - (h - e_i)$$

当土压力为三角形时土压力在桩上产生的弯矩为

$$\begin{aligned} M_{qx} &= Q \times X^3 / (3 \times h^2) \\ \Delta_{iq} &= \int_{h-e_i}^h \frac{1}{EI} M_{qx} dx \\ &= \frac{Q}{15h^2EI} [h^5 - (h-e_i)^5] - \\ &\quad \frac{Q(h-e_i)}{12h^2EI} [h^4 - (h-e_i)^4] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{令 } d_{1i} &= \frac{Q [h^5 - (h-e_i)^5]}{15 \times h^2 \times E \times I}, \\ d_{2i} &= \frac{Q (h-e_i) [h^4 - (h-e_i)^4]}{12 \times h^2 \times E \times I} \\ \text{则 } \Delta_{iq} &= d_{1i} - d_{2i} \end{aligned} \quad (4)$$

同理可求出当土压力为矩形时

$$\begin{aligned} d_{1i} &= \frac{Q [h^4 - (h-e_i)^4]}{8 \times h \times E \times I}, \\ d_{2i} &= \frac{Q (h-e_i) [h^3 - (h-e_i)^3]}{6 \times h \times E \times I} \end{aligned}$$

求 Δ_{in} :

与求 Δ_{iq} 相同, 设 $N_j=1$, 则 N_j 使第 i 根锚索作用点产生的位移为

$$\delta_{ij} = \frac{e_j^2 \times e_i}{2} - \frac{e_j^3}{6}$$

N_j 使第 i 根锚索作用点产生的位移为

$$\text{则 } \Delta_{in} = \sum \delta_{ij} \times N_j \quad (5)$$

求 X_0 、 ϕ_0 :

无论用 m 法或 k 法, 也无论桩底为自由端、固定端或铰支端, 都有:

$$X_0 = \delta_{HM} M_0 + \delta_{HH} Q_0 \quad (6)$$

$$\phi_0 = \delta_{MM} M_0 + \delta_{MH} Q_0 \quad (7)$$

关于 δ_{HM} 、 δ_{HH} 、 δ_{MM} 、 δ_{MH} 的意义与计算请参考铁二院编《抗滑桩设计与计算》。

把式 (4)、(5)、(6)、(7) 代入式 (3) 有

$$\begin{aligned} F_i &= \delta_{HM} M_0 + \delta_{HH} Q_0 - (\delta_{MM} M_0 + \delta_{MH} Q_0) \times \\ &\quad e_i + d_{1i} - d_{2i} - \sum \delta_{ij} \times N_j \\ &= \{M_q - (h-s) \times N_1 - (h-s-m) \times \\ &\quad N_2 - \dots - [h-s-(n-1)m] \times N_n\} \times \\ &\quad (\delta_{HM} + \delta_{MM} \times e_i) + (Q - N_1 - N_2 - \dots - \\ &\quad N_n)(\delta_{HH} + \delta_{MH} \times e_i) + d_{1i} - d_{2i} - \\ &\quad (\delta_{i1} N_1 + \delta_{i2} N_2 + \dots + \delta_{in} N_n) \\ &= (\delta_{HM} + \delta_{MM} \times e_i) M_q + (\delta_{HH} + \delta_{MH} \times e_i) Q + \\ &\quad d_{1i} - d_{2i} - [(\delta_{HM} + \delta_{MM} \times e_i)(h-s) + \\ &\quad (\delta_{HH} + \delta_{MH} \times e_i) + \delta_{i1}] \times N_1 - \\ &\quad [(\delta_{HM} + \delta_{MM} \times e_i)(h-s-m) + \end{aligned}$$

$$(\delta_{HH} + \delta_{MH} \times e_i) + \delta_{i2}] \times N_2$$

.....

$$- \{(\delta_{HM} + \delta_{MM} \times e_i)(h-s-(n-1)m] + (\delta_{HH} + \delta_{MH} \times e_i) + \delta_{in}\} \times N_n$$

$$\text{令 } a_{ij} = (\delta_{HM} + \delta_{MM} \times e_i)[h-s-(j-1)m] + (\delta_{HH} + \delta_{MH} \times e_i) + \delta_{ij}$$

$$b_i = (\delta_{HM} + \delta_{MM} \times e_i) \times M_q +$$

$$(\delta_{HH} + \delta_{MH} \times e_i) \times Q + d_{1i} - d_{2i}$$

$$\text{则 } F_i = b_i - a_{i1} \times N_1 - a_{i2} \times N_2 - \dots - a_{in} \times N_n \quad (8)$$

把式 (8) 代入式 (1) 有

$$\begin{aligned} a_{11} \times N_1 - a_{12} \times N_2 - \dots - (a_{1i} + c_i) \times \\ N_i - \dots - a_{1n} \times N_n = b_1 \end{aligned} \quad (9)$$

对每一根锚索均有同式 (9) 相似的方程, 形成一方程组如下:

$$\begin{aligned} (a_{11} + c_1) \times N_1 - a_{12} \times N_2 - \dots - \\ a_{1j} \times N_j - \dots - a_{1n} \times N_n = b_1 \\ a_{21} \times N_1 - (a_{22} + c_2) \times N_2 - \dots - \\ a_{2j} \times N_j - \dots - a_{2n} \times N_n = b_2 \\ \dots \dots \dots \\ a_{i1} \times N_1 - a_{i2} \times N_2 - \dots - \\ (a_{ii} + c_i) \times N_i - \dots - a_{in} \times N_n = b_i \\ \dots \dots \dots \\ a_{n1} \times N_1 - a_{n2} \times N_2 - \dots - \\ a_{nj} \times N_j - \dots - (a_{nn} + c_n) \times N_n = b_n \end{aligned} \quad (10)$$

解此方程组, 即可求出 N_1 、 N_2 、 \dots 、 N_n 。

在实际工作中, 可先求出使桩的正负弯矩大致相等时锚索所承担的总拉力 N , 则每根锚索所需施加的预应力为 $N - N_i$ 。

5 注意事项

在计算 ϕ_0 时, 计算结果为负, 这是因为在推导桩的计算公式时所规定的符号所致。而在方程 (3) 中要求的 ϕ_0 为正, 因此在利用方程 (7) 计算 ϕ_0 时, 所得结果应取绝对值。

在利用计算机解方程组 (10) 时, 最好采用高斯列主元素消去法, 尽量不要采用简单消去法, 因简单消去法容易造成其它元素数量级的巨大增长和舍入误差的扩散。

6 举例

设有一截面为 $2.0 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$ 的桩, 滑面以下桩长为 7 m , 滑面以上桩长为 15 m , 桩后每延米土压力为 651 kN , 桩间距 6 m 。桩上设三根锚索, 锚索间距 3 m , 最上一根距桩顶 1 m , 则当桩的正负弯

清连公路路堑边坡坡面冲刷影响因素分析

罗 斌

(西安公路交通大学公路工程学院)

胡厚田

(西南交通大学土木工程学院)

黄少强

(广东清远公路局)

摘 要 对清连公路沿线花岗岩残积层路堑边坡坡面冲刷的影响因素,包括残积物特性及其抗冲蚀性、降雨特征、坡面特征等三个方面进行了分析。

关键词 坡面冲刷 花岗岩残积层 影响因素

1 前言

107国道清(远)连(洲)一级公路位于广东省北部,沿线花岗岩残积层、石炭系炭质泥质页岩风化层、寒武系粉砂质页岩风化层都存在不同程度的坡面冲刷问题,其中以前者最为严重。由于坡面冲刷,从1996年底通车至1998年两年多时间,路堑坡面护坡工程大都部分或完全失效,这不仅直接增加养护维修费用,从坡面冲刷下来的大量泥土还会影响运营、增加清方量、堵塞排水沟、恶化生态环境、造成水土流失等不良后果,并使边坡后退和变陡。进一步发展,还可能导致路堑边坡崩塌和滑坡。坡面冲刷及由此带来的问题,已成为这类边坡的主要工程问题。

2 花岗岩残积物特征及其抗冲刷性

坡面固体物特征及其抗冲刷性决定了发生冲刷的物质条件。冲刷的强弱,归根到底与边坡的岩土条件有关。研究区花岗岩母岩多为早白垩世燕山第四期钠长石化细粒、中粒或中粗粒黑云母花岗岩,也可见晚侏罗世燕山第三期细粒、中粒、粗粒或斑状黑云母花岗岩、小斑状二长云母花岗岩。岩体中富含易风化的长石,同时,节理裂隙发育,在高温多雨的条件下,岩体风化迅速,形成厚层风化残积层。

2.1 花岗岩残积层垂直分带性

公路沿线花岗岩风化残积层与其它华南花岗岩风化壳一样,有明显的垂直分带特征。见表1。自上而下分为土壤层、红土层、砂土层、碎屑层及球状风化层,往下为基岩。

其中土壤层和红土层抗冲刷性较强,被工程剥离后,砂土层直接出露,冲刷强度大大增加,且很

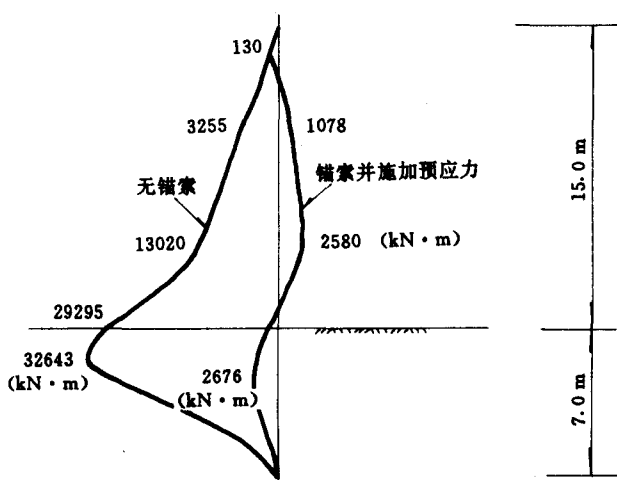


图2 弯矩对比图

矩基本一致时,桩身最大弯矩为2 676 kN·m,锚索拉力为870 kN。如锚索不施加预应力,锚索随桩协调变形而产生的拉力从上至下分别为367 kN、302 kN、232 kN,则每根锚索应施加的预应力分别为503 kN、568 kN、638 kN。

图2为桩加锚索并施加预应力与不加锚索时的弯矩对比图,从图上可以看出,弯矩明显减小,且桩身受力更为合理。

7 结束语

锚索桩是一种新型支挡结构,其用途越来越广泛,并在国民经济建设中发挥着越来越重要的作用,不仅经济实用,而且设计合理,外形也极为美观,应推广使用。

收稿日期:1999-03-10