

单桩沉降计算的荷载传递法讨论

阳吉宝

(上海市民防地基勘察院, 上海 200232)

【摘要】 在对现有的单桩沉降计算的荷载传递法进行了详细讨论的基础上, 着重对荷载传递法在桩-土滑移、桩端沉降计算等问题处理上, 提出了新的看法, 并对荷载传递法进行了改进。

【关键词】 单桩 沉降计算 荷载传递法 桩-土滑移

【Abstract】 Based on the discussion for the present methods to calculate the displacement of pile top with load transfer method, some views to correct some confusing viewpoints are presented, and the load transfer method is improved.

【Key words】 individual pile calculation of displacement load transfer method slippage between pile and soil

0 前言

荷载传递法也称传递函数分析法。它是由西得(Seed)和里斯(Reese)于1957年首先提出的。至今, 荷载传递法的研究已有40年的历史。由于该法概念明确, 适应性强, 计算简便而深受工程界的喜爱和重视。

荷载传递法在理论上有两个缺陷: 一是利用桩身某点的荷载-传递曲线时, 只考虑了点剪应力的影响, 未考虑桩身各单元间的相互影响; 二是未考虑土体的连续性, 因而荷载传递法不适用于分析群桩的荷载-沉降特性。

在认真分析荷载传递法假定条件和实际计算过程的基础上, 对荷载传递法的桩-土滑移处理、桩端沉降计算以及如何将其应用于群桩基础的沉降计算等问题作详细的讨论。

1 单桩桩顶沉降的组成

单桩桩顶在受到轴向受压荷载时, 其桩顶沉降量由下述三部分组成:

(1) 桩本身的弹性压缩量;

(2) 由于桩侧摩阻力向下传递, 引起桩端下土体压缩所产生的桩端沉降;

(3) 由于桩端荷载引起桩端下土体压缩所产生的桩端沉降。

目前, 利用荷载传递法计算单桩桩顶沉降, 由于受方法的限制, 上述第二项沉降量没有考虑, 但这不足可通过改进桩顶沉降计算来弥补, 这将在后面作进一步介绍。

2 桩-土滑移处理

荷载传递法是把桩划分为许多弹性单元, 每一单元与土体之间用非线性弹簧联系, 以模拟桩-土间的荷载传递关系, 表示桩侧摩阻力与剪切位移间的关系。

很多人认为: 既然桩土间用非线性弹簧联系, 该法是一种纯粹地考虑桩-土相对滑移的计算方法。这种认识是错误的。桩土间用非线性弹簧联系起来, 只能说明桩土界面的应力-应变关系为非线性, 而不能说成是桩土间已发生滑移。桩土间是否发生了滑移有两种判断方法: 一是极限摩阻力, 若桩侧摩阻力大于或等于其极限摩阻力, 则认为桩土间

已发生相对滑移；二是临界位移，若桩体某单元的位移量大于或等于临界位移量，则认为该部位桩土间已发生相对滑移。

若只考虑单桩桩顶沉降计算，则没有必要考虑桩土滑移问题。因为桩土滑移与否，并不影响单桩计算的精度，只有在需要计算桩侧土体的位移时，才有必要考虑桩土滑移问题。

桩土界面处于弹性阶段时，桩土位移协调，未发生相对滑移。当桩顶荷载超过某值时，桩土间发生相对滑移。据此，桩身位移可用下面两式表示：

(1)弹性阶段(桩土间未发生滑移)

$$S = S_w \quad (1)$$

(2)塑性阶段(桩土间已发生相对滑移)

$$S = S_w + \Delta S \quad (2)$$

式中： S ——桩体位移，mm；

S_w ——桩侧土体竖向位移，mm；

ΔS ——桩土间相对位移，mm。

其实，用临界位移和用极限剪切力来判断桩土间是否发生滑移的效果应该是一致的。因为在荷载传递函数确定的情况下，桩侧摩阻力与桩身位移是一一对应的。

$$\tau_u = \frac{aS_u}{b + S_u} \quad (3)$$

式中： τ_u ——桩侧极限摩阻力，kPa；

S_u ——达到桩侧极限摩阻力时的桩体位移，即临界位移，mm；

a ——土体参数，kPa；

b ——土体参数，mm。

在式(3)中，桩侧极限摩阻力与其临界位移是对应的。在桩侧摩阻力或桩体位移达到其临界值后，桩体只发生桩土间的相对位移，此时，桩侧摩阻力还可增大，但增大的幅度很小；桩侧土体位移可认为不变，而桩体位移在不断增大，这样还涉及一个土体连续性问题。所以，用剪切位移理论考虑群桩沉降计算，在对那些达到单桩极限承载力的桩的处理上比较棘手。

3 桩端沉降计算

目前，桩端沉降计算主要有以下两种方法：

(1)桩端传递函数法

$$\tau_u = \frac{aS_b}{b + S_b} \quad (4)$$

式中： τ_u ——桩端阻力，kPa；

S_b ——桩端位移，mm；

a, b ——同式(3)。

(2)分层沉降总和法

$$S_b = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_n}{E_i} H_i$$

式中： σ_n ——桩端竖向应力，kPa；

E_i ——桩端下第 i 土层的压缩模量，kPa；

H_i ——桩端下附加应力是土体自重应力的 0.1 倍范围内第 i 压缩土层的厚度，mm。

式(4)中， S_b 只是桩端荷载引起的位移，不包括桩侧摩阻力引起的桩端位移。在式(5)中，若 σ_n 只是由桩端阻力引起的竖向应力，则计算出来的桩顶沉降仍未考虑桩侧土体摩阻力对桩端沉降的贡献。

式(4)、(5)中的桩端土体位移均可考虑桩侧土体摩阻力对其贡献，也即可通过迭代的方法来考虑桩侧土体摩阻力在桩端所引起的桩端沉降。具体计算过程是：

(1)首先不考虑桩侧摩阻力对桩端沉降的贡献，按荷载传递法计算出桩顶位移、桩顶荷载；

(2)根据计算所得到的桩顶荷载与实际的桩顶荷载差值调整桩端的位移、阻力，直到它们近似相等为止；

(3)根据计算所得到的桩侧摩阻力用 Geddes 解求桩侧摩阻力在桩端所引起的沉降；

(4)将第(3)步计算的桩侧摩阻力引起的桩端沉降加到第(2)步所计算的桩端沉降中去，再求桩顶荷载；

(5) 根据假定的桩顶荷载不断调整由桩端自身荷载所引起的桩端沉降,重复(1)~(4)步计算,直到计算所得到的荷载与假定的桩顶荷载近似相等为止。

这样,则可弥补现有荷载传递法未考虑桩侧摩阻力对桩端沉降的贡献之不足,不管用式(4)或式(5)来计算桩端沉降。这是本文对现有荷载传递法的改进。

4 传递函数的形式

现有多种传递函数形式;笔者在研究过程中发现有一种错误的说法,现以下式为例说明。

$$\tau = \frac{aS}{b+S} \quad (6)$$

式中: τ ——桩侧摩阻力,kPa;

S ——桩身位移,mm;

a, b ——同式(3)。

式(6)中的 S 应为桩体位移,而有的文献将其作为桩体的压缩量,或把它说成是桩体与桩侧土体相对位移等。这样在桩土滑移、计算参数确定等问题上易引起混乱,最主要的是与单桩荷载传递规律不符。这是因为在桩顶荷载向下传递过程中应有一个位移协调相等阶段。

5 荷载传递法计算过程

许多参考文献都给出了荷载传递法的详细计算步骤,这里不再叙述。下面主要谈谈计算过程与计算假定条件的内涵。

现在常用位移协调计算方法来考虑求解荷载传递函数,这样,荷载传递法有如下特征:

(1)考虑了桩体自身的可压缩性;

(2)虽然未考虑桩体单元之间的相互影响,但这种影响所引起的计算误差应该说是较小的,可忽略不计的;

(3)桩土界面的关系为非线性,较线弹性更能反映桩土共同作用特征;

(4)根据 Geddes 解可较方便地弥补荷载

传递法未考虑桩侧摩阻力对桩端沉降的贡献,可对荷载传递法进行改进。

6 计算参数的选取

目前,对荷载传递法的计算参数选取的研究还比较少。笔者认为:式(6)中的岩土计算参数可通过室内土工试验或工程地质野外勘察的原位测试获取(如静力触探等),最好能与土层的压缩模量、内摩擦角等联系起来。这样,可方便计算者使用该法进行计算,同时相互之间有可比性,减少不同计算者因参数选取不同所产生的人为误差。

7 群桩沉降计算

现已有多种途径可将荷载传递法推广到群桩沉降计算中去。显然,这些方法都是混合法。主要是利用荷载传递法计算单桩沉降,用 Mindlin 解、剪切位移理论等计算桩-桩、桩-土之间的相互影响。从理论上说,若处理好桩土滑移和桩端沉降计算等问题后,这些方法应该说是可行的、合理的,但它们都是通过位移迭加来进行计算的,所以不可能是真正的非线性计算方法。

8 结论

本文就运用荷载传递法计算单桩沉降等问题作了详细的讨论,旨在澄清人们对荷载传递法的某些模糊认识,对如何运用和深入研究荷载传递法提出了若干建议,供大家参考。

参 考 文 献

- 1 《桩基工程手册》编写委员会.《桩基工程手册》.北京:中国建筑工业出版社,1995,142~143
- 2 刘金砺.《桩基础设计与计算》.北京:中国建筑工业出版社,1990,102~104
- 3 朱百里,沈珠江.计算土力学.上海:上海科技出版社,1990,223~250
- 4 陆培俊.关于土的变形计算.同济大学学报,1997,25(1):39~45

收稿日期:1998-05-10