

文章编号: 1009-6825(2005)14-0088-02

## 水泥搅拌桩沉降计算方法探讨

李沛远 王险峰 贺国辉

**摘 要:**阐述了水泥土搅拌桩的诸多优点,介绍了水泥土搅拌桩的变形计算方法可以分为两类即双层地基法和三层地基法,对其计算方法作了详细探讨,并提出了基础沉降控制应注意的问题。

**关键词:**水泥搅拌桩,沉降,基础设计

**中图分类号:**TU472.36

**文献标识码:**A

## 引言

水泥土搅拌桩是近年常采用的一种地基处理方式,它具有造价低,施工简单,应用范围广等优点,但通过工程实践发现其基础沉降较大,以下提出了两类水泥搅拌桩沉降计算方法,以供借鉴。

## 1 双层地基法

双层地基法即将搅拌桩复合地基的变形  $S$  等于复合土层的压缩变形  $S_1$  和桩端以下未处理土层的压缩变形  $S_2$  之和。

1.1  $S_1$  的计算方法

1) 复合模量法:将复合地基加固区增强体连同地基土看作一整体,采用置换率加权模量作为复合模量,复合模量也可以根据试验确定,并以此作为参数采用分层总和法求  $S_1$ 。

2) 应力修正法:根据桩土模量比求出桩土各自分担的荷载,忽略增强体的存在,用弹性理论求出土中应力,再用分层总和法求出加固区土体的变形,并以此作为  $S_1$ 。

3) 桩身压缩量法:假定桩体不会产生刺入式变形,通过模量比求出桩承担的荷载,再假定桩侧摩阻力的分布形式,则可通过材料力学中求压杆变形的积分方法求出桩体的变形,将此作为  $S_1$ 。

4) 应变修正法:在实际应用中,先把加固区分层,计算每层未加固时土的竖向应变  $\epsilon_{i0}$  及应变折减系数  $R_p$  和  $R_c$  值,然后比较  $R_p$  和  $R_c$  值,取其中大值得到复合地基竖向应变值  $\epsilon_v = \epsilon_{i0\max}$  ( $R_p, R_c$ )。由每层的应变值可计算出每层的压缩量,累加各层的压缩量可得整个加固区的压缩量  $S_1$ 。

5) 经验值法:复合土层的压缩变形值可根据上部荷载、桩长、桩身强度等按经验取 10 mm~30 mm,或 20 mm~40 mm。

6) 叠加因子法:最早由 Poulos(1968 年)提出,应用也较多,但传统桩间的叠加因子是运用象边界元等数值计算手段来分析两根桩间的情况而估计得到的。根据 Randolph 和 Wroth(1978 年)对于压入土体中的柔性桩的荷载与位移关系提出桩体位移表达式,以及沉降与位移的半径关系即单桩沉降引起土体的位移场,从而得到桩间的相互叠加因子(相互作用因子)。通过叠加桩体在自身荷载作用下的位移和其余桩体位移引起的附加位移从而计算加固区的沉降。这种方法公式虽然简单,但计算比较繁琐<sup>[1]</sup>。

1.2  $S_2$  的计算方法

1) 应力扩散法:此法实际上是地基规范中验算下卧层承载力的借用,即将复合地基视为双层地基,通过应力扩散角简单地求得未加固区顶面应力的数值,再按弹性理论求得整个下卧层的

应力分布,然后分层总和求  $S_2$ 。

这种方法有如下局限性,首先地基加固范围有限,一般仅在基础轮廓内设置深层搅拌桩加固土体,这与非均质地基坚硬土层无限大的假定是有区别的。实际应用中也有在基础外围加布一排搅拌桩,加大上层坚硬土层范围的例子。其次,在设计中比较难确定的是应力扩散角度的大小。

2) 等效实体法:即地基基础规范中群桩(刚性桩)沉降的计算方法。假设加固体四周受均布摩阻力,上部的压力扣除摩阻力后即得到未加固区顶面应力的数值,再按弹性理论求得整个下卧层的应力分布,用分层总和法求  $S_2$ 。在这种模式中考虑了桩群体通过摩阻力将部分荷载扩散至假想实体基础范围以外,但此时土对桩的摩阻力  $q$  的确定存在着极大的不确定性,也限制了其应用。

3) Mindlin-Geddes 方法:按照模量比将上部荷载分配给桩土,假定桩侧摩阻力的分布形式,按 Mindlin 基本解积分求出桩对未加固区形成的应力分布,按弹性理论求得土分担的荷载对未加固区的应力,再与前面积分求得的未加固区应力叠加,以此应力按分层总和法求  $S_2$ 。该法所得到的复合地基竖向附加应力解,考虑了桩身及桩土共同承担荷载、协调变形,能反映水泥土搅拌桩复合地基的工作特性。但该方法的计算公式较繁冗,计算量大,在实际设计计算中应加以简化。另外,它是建立在把地基假设为半无限空间弹性体的基础上,然而由于桩的嵌入,加固区成了一个有竖向加筋体的土体,其应力的传递与各向均匀的弹性会有较大的不同,如何对这种应力状态进行修正需要进一步研究。

以上这些方法都有一个共同的问题,即当桩长大于有效桩长时,大于有效桩长部分的桩体是如何工作的或者在这种情况下上部荷载又是如何通过加固体传到下卧层的。在分析这种情况下桩体的工作状态时,提出了三层地基法。

## 2 三层地基法

水泥土搅拌桩介于刚性桩与柔性桩之间,桩身将发生一定的变形,而且沿桩长的侧摩阻力不是均匀的,呈现出上部摩阻力较大,下部较小的规律。实际计算应将水泥土桩身长度分为两个工作区,上段( $L_c$ )为桩土塑性共同工作区,在该区内,桩土结点(桩侧面与土接触面)已经屈服,桩与土非同步压缩,压缩量取决于桩体压缩模量,可将此段视为一层,计算时采用桩体压缩模量  $E_p$ ;在桩体弹性工作区( $L-L_c$ ),桩与土几乎同步压缩,则( $L-L_c$ )深度范围内可视为第二层,计算时采用复合地基模量  $E_{cp}$ ;桩尖以下看作第三层,采用桩尖下土的压缩模量  $E_c$ 。各层采用不同的计算公式进行求解,然后把各层的计算结果相加即得复合地基的总沉

收稿日期:2005-04-02

作者简介:李沛远(1970-),男,1992年毕业于郑州工学院工民建专业,工程师,周口市规划建筑设计院,河南 周口 466000

王险峰(1970-),男,同济大学土木工程学院在职工程硕士,工程师,周口市规划建筑设计院,河南 周口 466000

贺国辉(1970-),男,1996年毕业于郑州工业大学工民建专业,工程师,周口市水利建筑工程局,河南 周口 466000

文章编号:1009-6825(2005)14-0089-02

# 太原市西山虎峪沟泥石流形成条件及防治

高艳玲 李斌昌 杨继荣

**摘要:**通过对太原市西山虎峪沟泥石流形成的地形、地理、地层、构造及人工堆积及植被等关系的分析,对虎峪沟的形成原因及特征进行了详细的阐述,并提出了虎峪沟泥石流的防治及预防对策。

**关键词:**西山,虎峪沟,泥石流

**中图分类号:**TU478

**文献标识码:**A

## 引言

虎峪河是位于太原西山中部的一条较大的季节性河流,发源于庙前山东北侧、石干峰东南侧,由西南向北东流出山后折向东穿越西城区汇入汾河,是汾河的一级支流。虎峪沟是一条老泥石流沟,历史上多有记载,均为山洪暴发引起。

1996年8月上旬,太原地区连续降水,以庙前山、石干峰为中心降了特大暴雨。8月4日虎峪河发生了特大泥石流。据初步统计,灾害造成直接经济损失累计达8.16亿元。这次泥石流是历史上危害最大、损失最重的一次。为此,研究泥石流形成的条件并制定合理的治理措施显得至关重要。

降。三层模量法的计算理论也比较符合水泥土搅拌桩复合地基的工作特性,提出的公式也比较简单,但桩土体的弹塑性工作区的划分、计算的表达式等问题有待进一步完善。

## 3 基础沉降控制

水泥土搅拌桩对控制沉降的作用主要表现在两个方面:一是由于桩体的存在使加固区刚度提高,使压缩区沉降 $S_1$ 减少;二是由于加固区中的桩土协调变形如同一复合体,起到了双层地基上覆硬层对下卧层扩散应力和均匀应力的作用,使下卧层变形 $S_2$ 减少。对于这两个方面应该综合考虑。

因此,在水泥土搅拌桩的设计中,从控制沉降的角度出发应注意以下几点:

1)在加固软土中夹有硬层的地基时,有可能的前提下,首先使桩长达到相对硬层,然后再选择合理的置换率,一般情况下,当有相对硬层存在,则桩长达到硬层时复合地基的承载力最大,变形最小,短于或长于此桩长,加固效果均不佳。

2)对于深厚软土的地基处理,合理选择桩身强度至关重要。因为在置换率相同时,桩身强度越大,则桩土应力比也越大,复合地基越接近于桩基础,应力扩散越不明显,桩端产生高应力区,下卧层受到较大的附加应力,使下卧层沉降有增大的可能。某工程实例采用粉喷桩加固,其实测桩土应力比 $n=34$ ,尽管加固层本

## 1 泥石流形成条件

太原西山地势陡峭,主峰庙前山、石干峰海拔分别为1865.6 m和1776 m,虎峪河源头海拔高度多在1430 m左右,沟口海拔898 m,高差532 m,山坡坡度一般 $20^\circ \sim 30^\circ$ ,局部达 $40^\circ$ 以上。源头沟床比降为14%左右,上游段主沟宽10 m~30 m,沟床比降为56%,中上游沟谷宽约30 m~50 m,沟床比降37%;中下游~下游段沟谷宽50 m~350 m,沟床比降20%。虎峪沟深而长,主沟至出口口长12.3 km,流域面积39.1 km<sup>2</sup>,沟床平均比降27%,支沟深长不一,均很陡,为泥石流的运动提供了良好的地形条件。

虎峪河断裂构造发育,两条规模较大的断层(鸭崖底断层、杜

身减少压缩量的效果很明显,但实测总沉降只减少了30%,说明由于应力扩散不明显,下卧层沉降仍然很大。另外在深厚软土中一般采用“短而密”的布桩方式比“长而稀”的加固效果好,沉降小。

3)目前对于深层搅拌桩刺入式破坏的变形研究不多,也没有相应较好的沉降计算方法,而且在这种情况下一般沉降较大,加固的效果不明显,因此在设计过程中应严格控制桩体刚度,避免桩体刚度过大而引起刺入式破坏。

4)对于深厚软土的地基加固,采用水泥土搅拌桩复合地基时,建议采用下列设计思路:以沉降计算来确定加固深度;计算单桩和复合地基承载力时桩长取有效桩长;选取有效桩长时以桩身强度来控制;桩身强度以土质条件和固化剂掺量来控制。

## 4 结语

实际上,在具体工程设计时遇到的情况是各种各样、千变万化的,为了保证工程的长期安全性,沉降计算是十分必要的。设计时应结合每一个工程的具体情况,具体分析这两种方法的利弊,经过权衡后选择一种适合的方法。

## 参考文献:

- [1] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [2] 深层搅拌法设计及施工[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1993.
- [3] GB 50007-2002, 建筑地基基础设计规范[S].

## Calculation of settlement for concrete mixing pile

LI Pei-yuan WANG Xian-feng HE Guo-hui

**Abstract:** It introduces the merits of concrete mixing pile, the deformation counting ways of it are including double-foundation and three-ply foundation, researches the counting way and puts forward the problems should be noticed in settlement control of foundation.

**Key words:** concrete mixing pile, settlement, foundation design

收稿日期:2005-04-12

作者简介:高艳玲(1971-),女,1990年毕业于长春地质学校水文工程专业,助工,山西省第三地质工程勘察院,山西 晋中 030620

李斌昌(1968-),男,2005年毕业于中国地质大学资源勘察专业,助工,山西省第三地质工程勘察院,山西 晋中 030620

杨继荣(1963-),女,1983年毕业于长春地质学校水文工程专业,工程师,山西省第三地质工程勘察院,山西 晋中 030620