

中超长钻孔灌注桩的沉降计算

管 雯¹, 史海兵², 李志成²

(1. 江苏省建筑设计研究院, 江苏 南京 210029; 2. 解放军理工大学工程兵工程学院, 江苏 南京 210007)

摘 要 针对现有的桩基沉降计算理论不仅难以完整地描述桩—土系统的复杂程度, 在应用上也难以满足各方面的要求, 根据中超长钻孔灌注桩的实际情况, 采取一些合理的简化措施后, 提出了一种实用的桩基沉降计算方法, 实例分析表明, 该方法可较好地预测桩的沉降量。

关键词 中超长钻孔灌注桩 沉降计算 侧阻力 端阻力

中图分类号 :TU473.1+4 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-3746(2002)02-0011-03

Settlement Calculation of Medium to Super-long Bored Piles/GUAN Wen¹, SHI Hai-bing², LI Zhi-cheng² (1. Jiangsu Architecture Design and Research Institute, Nanjing Jiangsu 210020, China; 2. Engineering Institute of Engineering Corps of PLA University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210007, China)

Abstract : The present calculation theory of pile settlement can neither describe the complexity of the pile-soil system nor meet demands in all aspects of application. To solve this problem, this paper presented a practical calculation method of piles settlement after reasonable simplifications made to the present calculation theory according to the actual facts of medium to super-long bored piles. The case study shows that the method can better forecast piles settlement.

Key words : medium to super-long bored piles; settlement calculation; lateral resistance; end resistance

在各种基础类型中, 桩基的沉降量相对来说是较小的, 但这并不意味着桩基的沉降量就肯定不会超过允许值。从以往工程实例来看, 桩的沉降变形过大引起的有关桩基的工程事故很多。因此, 在工程设计中需对桩基沉降进行验算。

桩的沉降计算, 不仅受桩端、桩侧土层土性的影响, 而且与桩的长径比、桩的排列、桩数、荷载大小、成桩工艺等因素有关, 远比天然地基础上的基础复杂。本文主要针对中超长钻孔灌注桩, 对常用的沉降计算方法加以讨论, 并考虑影响桩基沉降的一些主要因素, 采取一些合理的简化措施后, 为桩基的沉降计算提供一种实用的方法, 供工程设计人员参考。

1 常用沉降计算方法

桩基受力过程是桩—土系统相互作用的过程, 桩—土系统是一个非常复杂的非线性力学系统, 其工程设计方法仍处于半理论半经验的状态。描述桩在轴向荷载作用下的特性是桩轴向荷载—沉降曲线。目前, 计算桩轴向荷载—沉降曲线的方法主要有 3 种 (1) 弹性理论法 (2) 数值模拟法 (有限元法、

边界元法等); (3) 简化模型法 (传递函数法等)^[1~3]。

弹性理论法是利用集中力作用下的 Mindlin 解进行的, 由于弹性理论法不可能解决桩—土系统的非线性问题, 且难以考虑成层土问题, 故该法在使用上受到了极大的限制, 在工程实践中应用不多。

数值计算方法是随着计算机的发展而迅速发展起来的一种计算工具, 工程应用最多的是有限元法, 其它的方法如边界元法、耦合方法等也得到了较广泛地应用。在使用数值方法时, 最重要也是理论研究最多的是桩土边界模型的选择。但是有限元法在计算时需要进行大量的数据准备工作, 同时此法较为费时, 因此在实际工程设计中还难以得到很广泛地应用。数值计算方法主要用于理论研究, 讨论土特性参数对桩土系统的影响, 另外由于土特性参数的复杂性和不确定性, 也使数值方法的应用受到一定的限制。

为了深入了解和把握桩—土系统共同工作的全貌以及简化桩轴向荷载—沉降曲线的计算, 文献 [2] 提出了传递函数法。该法根据桩—土系统的静力实验, 实测桩在轴向荷载作用下, 桩轴线上各点的应变

收稿日期 2001-09-25; 改回日期 2002-01-15

作者简介 管雯 (1967-), 女 (汉族), 江苏姜堰人, 江苏省建筑设计研究院工程师, 工民建专业, 从事工民建设计工作, 江苏省南京市 (025) 4729774、13851437029; 史海兵 (1980-), 男 (汉族), 湖南望城人, 解放军理工大学工程兵工程学院硕士在读, 岩土工程专业, 江苏省南京市解放军理工大学工程兵工程学院研究生二队 (025) 4876268-64408、13851451326。

及桩底反力,反算桩的轴向荷载分布及桩侧摩阻力的分布,而后假设桩侧摩阻力的分布规律和桩底反力的分布规律,用实验数据进行曲线拟合,给出桩侧摩阻力和桩底反力与桩轴线位移间的规律。其实质是将土简化为一系列弹簧,组成桩弹簧系统的一维简化模型。其关键是确定桩侧摩阻力的表示方式。为此不同学者提出了不同形式的表示桩侧摩阻力与桩轴向位移关系的曲线($q-u$ 曲线)形式,如双曲线、抛物线、双折线等。应该注意到, $q-u$ 曲线的本质也不过是试验数据的不同拟合曲线形式而已,只要达到预先给定的精度,任意曲线形式一般说来均是可接受的。由此可见荷载传递函数从本质上讲也只是一种经验方法,而不是一种理论方法,即不能从理论上直接给出 $q-u$ 曲线的形式。事实上 $q-u$ 曲线不仅与自身的特性有关,还和埋置深度、桩径等因素有关,目前尚无一个统一的方法来选择 $q-u$ 曲线的形式,它只能依靠大量的试验数据及相关的经验来选择,且区域性经验不可推广应用。

2 本文提出的沉降计算方法

上述3种方法不但在理论上难以完整地描述桩-土系统的复杂性,且在应用上都存在着各自明显的缺陷^[4]。本文根据钻孔灌注桩的一些具体特性,考虑有关的一些主要因素,为中超长钻孔灌注桩的沉降计算提供一种实用的方法。

2.1 桩的受力分析

桩在荷载作用下,上部桩身首先发生压缩而产生向下位移,与桩周土颗粒产生了相对位移,于是桩周土对桩侧就产生了一个向上的摩擦力,即桩侧摩阻力。荷载在向下传递的过程中不断克服摩阻力,因而桩身轴向力也随着深度的增加而逐渐减小。随着荷载的增大,桩身侧面与桩周土的摩阻力逐渐被调动出来,直到整个桩身的摩阻力全部达到极限,继续增加的荷载全部由桩端土承受,最后桩端荷载也达到桩端土的极限承载力,桩便发生急剧的、不停滞的下沉而破坏。这时桩所受的荷载就是桩的极限荷载^[5]。

桩身各点摩阻力极限值的大小主要取决于相应各点的土质。无论哪一点,其极限摩阻力的发挥主要决定于桩-土相对位移。对于中超长的钻孔灌注桩来说,其端阻力所占桩顶荷载的比例较小,而且现有的施工工艺不可能将桩底完全清除干净,要使桩端阻力发挥作用,需要很大的位移^[6]。这样就可假定群桩中各单桩在极限工作状态下,侧阻力已全部

发挥,近似矩形状态分布。若桩端进入良好持力层,在桩端土还未达到极限承载力时而破坏,且桩端平面处岩层的附加应力较小时,就可以忽略桩端土的变形,而认为桩的沉降全部由桩身压缩所引起。而对于桩端阻力占桩顶荷载比例较大的、长径比(l/D)较小的桩,则可采用规范所提供的等代实体深基础法计算其沉降^[7]。

2.2 桩沉降量的计量

设桩的极限承载力为 P ,桩间土分为 n 层,桩顶到第 i 层土底端的距离为 l_i ,第 i 层土极限摩阻力为 f_i ,如图1所示。桩身直径为 D ,桩身平均弹性模量为 E ,桩身截面积为 A ,桩身平均重度为 γ ,则桩身任一截面处(设此处距桩顶距离为 x)轴力为:

$$N = P + \gamma Ax - f\pi D \quad (1)$$

第 i 层土对应桩身部分沉降量为^[8]:

$$\Delta l_i = \frac{1}{EA} \int_{l_{i-1}}^{l_i} \{P + \gamma Ax - \pi D [\sum_{j=1}^{i-1} f_j (l_j - l_{j-1}) + f_i (x - l_{i-1})]\} dx \quad (2)$$

桩身总压缩量为:

$$\Delta l_1 = \sum_{i=1}^n \Delta l_i \quad (3)$$

由(1)式可求得桩端阻力,然后由规范介绍的等代实体深基础法可计算得桩端以下土(岩)层压缩量 Δl_2 ,最后桩的总沉降量即为:

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 \quad (4)$$

3 工程实例分析

南京市国税局建邺分局综合办公楼工程地上7层,地下1层,采用钻孔灌注桩,桩总数量80根,基坑开挖深度为5 m,桩直径为600 mm,桩长38 m,桩的极限承载力为2900 kN,桩端持力层为中等风化基岩,桩端土承载力极限值为2400 kPa。地基土按土质可分为11层,桩身砼为C25,平均弹性模量取为28 GPa,详细地质情况见表1。

采用自编程序计算,按前述方法输入所需原始数据,可算得桩身的总压缩量为10.68 mm。

同样由程序计算可知,桩端平面处岩层附加应力为29.53 kPa,而此处岩层的自重应力就达356 kPa。由此可知,此处岩层的附加应力已小于自重应力的20%,这样即可认为桩基的沉降量主要是桩



图1 桩身应力分布图

表 1 试验所得有关地质情况

岩土层名称	厚度 /m	桩端极限 端阻力/kPa	桩端极限 侧阻力/kPa
①杂填土	2.0~3.6	—	—
②素填土	0.6~2.5	—	22
③粉土	0~2.1	—	20
④粉砂夹粉土	0.8~2.5	—	20
⑤淤泥质粉质粘土	12.8~15.2	—	18
⑥含淤泥粉质粘土	3.5~6.7	—	20
⑦粉土夹粉质粘土	3.9~8.8	—	24
⑧中细砂	1.2~3.7	—	45
⑨卵石	0.7~1.3	—	85
⑩强风化泥岩	4.6~5.4	1000	80
⑪中风化泥岩	未揭穿	2400	160

身的压缩量 ,而忽略桩端平面以下岩层的压缩量。
实测此工程桩基沉降为 9.65 mm ,与计算结果基本吻合。

但是需要说明的是 ,这种计算方法只能适用于中超长的钻孔灌注桩 ,且桩端需进入较好的持力层。同时由此算例也可看出 ,在各种类型的基础中 ,桩基础的沉降量相对来说是很小的 ,对于高层建筑或重大建筑来说 ,使用桩基础是相对比较安全的。

4 结语

本文在现有桩轴向荷载—沉降计算方法在理论

上仍存在各自的缺陷、在应用上又难以满足各方面的要求的情况下 ,根据钻孔灌注桩的具体特性 ,考虑影响其沉降的一些主要因素 ,在常用的计算理论上予以简化 ,为钻孔灌注桩的沉降计算提供了一种实用的方法 ,方便设计人员运用 ,桩基沉降计算结果与实际结果基本吻合。

参考文献 :

[1] 袁建新 ,等. 桩荷载与变位的数值模拟分析[J]. 岩土力学 , 1991 ,12(1).
[2] 潘时声 .用分层积分法分析桩的荷载传递[J]. 建筑结构学报 , 1991 ,12(5).
[3] 陈龙珠 ,等. 桩轴向荷载—沉降曲线的一种解析算法[J]. 岩土工程学报 ,1994 ,16(6).
[4] 刘兴远 ,郑颖人. 桩轴向荷载—沉降计算方法讨论[A]. 刘金励 ,李大展 ,史佩栋 ,等. 桩基工程技术[C]. 北京 :中国建材工业出版社 ,1996 .
[5] 徐顺兴. 桩在垂直荷载作用下的变化规律[A]. 刘金励 ,李大展 ,史佩栋 ,等. 桩基工程技术[C]. 北京 :中国建材工业出版社 ,1996 .
[6] 王志玲 ,勤中华. 钻孔灌注桩的垂直承载性状试验研究[A]. 刘金励 ,李大展 ,史佩栋 ,等. 桩基工程技术[C]. 北京 :中国建材工业出版社 ,1996 .
[7] JGJ 94—94 ,建筑桩基技术规范[S].
[8] 孙训方 ,胡增强 ,金心全. 材料力学[M]. 北京 :高等教育出版社 ,1982 .



“ 四川省地质学会探矿、岩土钻掘工程专业委员会 第 23 次学术交流年会 ”在成都召开

“ 四川省地质学会探矿、岩土钻掘工程专业委员会第 23 次学术交流年会 ”于 2001 年 12 月 17~19 日在成都市召开。除论文作者和委员单位代表外 ,还邀请了部分已退休的第六届委员会副主任委员和委员、重庆探矿机械厂、西安探矿机械厂、成都探矿机械厂、无锡探矿机械厂以及有关方面的代表到会并指导工作。参加会议的人员达 104 人 ,正式代表 94 人。中国地质学会探矿工程专业委员会、《探矿工程(岩土钻掘工程)》编辑部发来了贺电。

第六届专委会主任委员余雨之教授级高级工程师对 1997 年以来第六届专委会工作做了总结发言。

四川省地质学会副秘书长秦刚代表四川省地质学会宣布了第七届探工专委会组成名单。第七届探工专委会由 70 人组成 ,专委会挂靠单位为四川省地矿局 ,省地矿局范崇荣副局长、余雨之教授级高级工程师任名誉主任委员 ,四川省地矿局经营管理处主任工程师向世格高级工程师任主任委员、蔡跃云高级工程师任秘书长。

会议中 ,四川省地矿局范崇荣副局长、四川省煤田地质局任胜副局长、重庆市地勘总公司汪小昆副总经理、四川省冶金地勘局何兴江副局长、中国地质科学院探矿工艺研究所胡时友所长等领导对专委会工作作了肯定 ,并发表了热情洋溢的讲话。

会议共收到论文 35 篇 ,大会宣读论文 18 篇 ,胡时友同志作了“ 香港地质灾害监测防治技术 ”专题报告。会议还评选出了 6 篇优秀论文 ,分别是 (1)中国地质科学院探矿工艺研究所李长明、季伟峰同志撰写的“ 滚压法成孔(桩)施工技术的生产试验情况 ”(2)四川省煤田地质局胡勋茂同志撰写的“ 攀枝花矿区绳索取心深孔施工中的几个问题 ”(3)成都理工大学刘建风、曾裕平、胥建华同志撰写的“ 岩层产状复位测量系统软件的研究 ”(4)水电成都勘测设计院四川准达岩土工程公司扬俊志、冯杨文同志撰写的“ 自由式拉压复合防腐型预应力锚索的研制与应用 ”(5)冶金地勘局何平同志撰写的“ 微型贯入仪在工程中的应用 ”(6)四川省地矿局张杰、高路同志撰写的“ 忠县长江穿越隧道工程 P3 技术和应用 ”。

会议决定 2002 年第 24 次学术交流会由四川省冶金地勘局承办 ,年中各小型专业活动将视具体情况再作安排。

会议结束时 ,四川省地矿局范崇荣副局长、专委会主任委员向世格高级工程师作了总结发言 ,并希望专委会活动更进一步加强探矿工程、岩土钻掘工程专业的密切联系 ,共同推进技术的发展 ,为西部大开发做出贡献 !

(四川省地质学会探矿、岩土钻掘工程专业委员会 供稿)