

运用验桩和打桩数据对不同承台桩基的单桩承载力进行分组概率评价

李永敏 苗建民

(核工业第七研究设计院,太原 030012)

【摘要】 通过工程实例,论述了充分利用验桩和打桩数据对不同承台桩的单桩承载力进行了分组概率评价。

【关键词】 验桩数据;打桩数据;桩承载力;离散性;概率评价

【中图分类号】 TU 473.1+1

【Abstract】 Based on the pile testing and pile data collected from actual engineering projects, probability method is used to assess the bearing capacity of single pile under different bearing plates.

【Key words】 pile testing data; pile data; bearing capacity of piles; discreteness; probability assessment

0 引言

预制混凝土桩是地基处理家族中重要的一员,但桩承载力的合理确定却是一个难题,在现行常用的确定方法中存在较多的不合理因素。理论公式、经验公式和土体原位测试法只能用于桩设计阶段的预先估计;作为桩的最终承载力验证的动力和静力测试法在实际评价中也存在诸多问题。较为准确的静载荷试验由于耗资费时,一般只能作总桩数的1%左右(桩总数小于100时,一般只作3根)。要用1%的桩来评价所有桩显然不合理。动测试验虽相对快速经济一些,但也只能对部分(约30%)桩进行测试,况且在用动测法评价桩承载力时常需要现场获得动、静对比系数,在静载荷数据极少的情况下,这个系数常有较大误差。动测法本身是桩的外围测试法,它并不能象静载荷试验那样模拟桩的实际工作环境,再加上测试中仪器误差、操作误差不可避免,所以大量依靠动测数据也不合理,甚至会引起严重后果。笔者认为,把

验桩数据和打桩施工记录数据同时用于桩承载力的计算,并最终以概率的形式给出桩的承载力值是一种充分利用资料且较合理的方法。

1 充分利用打桩资料并对不同承台桩分组进行概率评价的合理性

首先打桩记录数据(最后三击的各自沉降量)的运用弥补了验桩数据量的不足;其次打桩本身就是一种测试方法,它比动测法更接近于桩的实际工作情况。因此把验桩数据和打桩数据同时应用于桩承载力的计算对消除误差是有意义的。在验桩时,经常会发现桩承载力的离散性很大,带有概率中的随机性,现在有越来越多的岩土工程专业的同行认为桩承载力的分布特征近似正态分布,所以对桩的承载力最终进行概率评价是合理的。用概率评价法对承台桩按台下桩数不同进行分组整体评价,可以降低承载力的离散性,因为在同一承台下工作时各桩之间的承载力可以互补,这和直接对单桩承载力

作者简介:李永敏,1971年生,男,汉族,山西人,工程师。1992年毕业于中国地质大学。中国地质大学在职硕士,主要从事环境工程和岩土工程方面的工作。

进行评价相比,在一定的保证率下可以提高桩的评价承载力(不至于过保守)或在一定承载力下提高保证率。笔者试图在本文中通过某一工程实例来阐述这一方法的意义。

2 评价实例

上海某一7层科研楼,钢筋混凝土现浇框架结构,钢筋混凝土群桩承台基础,柱下承台桩数为5根、15根和20根不等。工程总共打桩298根,预制桩截面为400mm×400mm,长13.5m。地层情况由上而下为:①

可塑状粉质粘土,厚1.6m;②软塑状淤泥质粘土,厚10.2~11.0m;③硬塑状粉质粘土,厚4.8~4.9m;④硬塑状粉质粘土,厚2.5~4.9m;⑤可塑状粉质粘土,未钻穿。场地西部局部含水量较大,场地土偏软。

2.1 验桩数据

本工程中共验桩103根,其中3根为静载荷测试,其余为应力波浅层反射法测试,桩的动测承载力极限值是用动、静对比系数法得到的,其结果见表1。

表1 应力波浅层反射法与静荷载法对比所得单桩极限承载力统计表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
承载力分组	140~	240~	300~	480~	560~	580~	600~	620~	640~	660~	680~	760~	880~	940~
单桩极限承载力	140~	240~	300~	480~	560~	580~	600~	620~	640~	660~	680~	760~	880~	940~
p_u/kN	160	260	320	500	580	600	620	640	660	680	700	780	900	960
频数/ n	2	2	1	2	8	5	8	8	18	26	8	10	3	2
频率/(%)	1.9	1.9	1.0	1.9	7.8	4.9	7.8	7.8	17.5	25.2	7.8	9.7	2.8	1.9
统计结果	均值 645.0 kN			方差 15 430.8 kN ²			标准差 124.2 kN			变异系数 0.19				

从中可以看出,桩的承载力离散性很大,最大可达820kN,要想从中得出一个合适的承载力评价是比较困难的。

2.2 打桩数据

在打桩施工中,记录了桩最后三击各自的沉降量,特别是最后一击时效后的沉降量。我们从未作动测的桩中选取了50根(包括3根静载荷测试桩)记录数据较好、测量中未受外界较大影响的桩,用能量守恒的方法和与静载荷试验对比的方法算出极限承载力值,来弥补动测数据的不足和局限性。极限承载力是用下式(Hiley打桩公式)计算的

$$p_u = [\xi w_r h / (e + c / 2)] \times \eta \quad (1)$$

$$\eta = \frac{w_r + n^2 w_p}{w_r + w_p} \quad (2)$$

式中: p_u —单桩极限承载力,kN; ξ —落锤效应折减系数; w_r —锤重,kN; w_p —桩重,kN(包括桩帽、锤垫等); h —锤落距,cm; n —撞击恢复系数; c —桩土体系弹性变形值,cm; e —锤击贯入度,cm/击

其中, ξ 、 n 、 c 都可按打桩机械、桩身和桩帽材料等查表获知,本工程中采用查表和与静载荷实验对照方法确定了这些参数,而 e 取最后三击的平均值。计算结果见表2。

表2 用打桩数据计算所得单桩极限承载力统计表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
承载力分组	360-	440-	540-	560-	580-	600-	620-	640-	660-	680-	700-	740-	760-	800-	880-	940-
单桩极限承载力	360-	440-	540-	560-	580-	600-	620-	640-	660-	680-	700-	740-	760-	800-	880-	940-
p_u/kN	380	460	560	580	600	620	640	660	680	700	720	760	780	820	900	960
频数 n	1	2	3	1	2	1	4	6	3	3	5	4	2	8	3	2
频率/(%)	2.0	4.0	6.0	2.0	4.0	2.0	8.0	12.0	6.0	6.0	10.0	8.0	4.0	16.0	6.0	4.0
统计结果	均值 674.4 kN			方差 15 108.6 kN ²			标准差 122.9 kN			变异系数 0.18						

2.3 不同承台桩基的单桩极限承载力值概率分布

本工程按设计要求,单桩极限承载力检验值要达到 580 kN。从表 1 和表 2 中可看出,在 153 根检验和计算桩中,有 23 根未达到设计检验要求。以此比例计算,在全部 298 根桩中约有 45 根要重新处理,重新处理不仅耗费资金而且延误工期。更麻烦的是在没有检验且打桩记录又不完整的其余 145 根桩中,很难确定哪些要从新处理。鉴于这种情况,运用已有的数据,对不同承台下的单桩承载力作概率(保证率)评价就显示出其有效性。

本场地中的桩都是不少于 5 根的承台桩,桩承载力的离散性是由全局全过程都可能出现的随机因素引起的,对其分组作出概率评价是合理的。用表 1 和表 2 的数据,按承台桩数的不同,分别以 5、15 和 20 根桩三种组合各自的极限承载力平均值进行统计。具体作法是针对承台取相应的桩数 n ,在所有得到的单桩极限承载力数据 m 个中求组合数 C_m^n ,并计算每一个组合的单桩极限承载力平均值,把这些平均值按其累积频率绘制成图,得到以下不同组合的单桩极限承载力检验值概率(保证率)分布曲线图(见图 1)。

本建筑安全等级为 II 级,所以取保证率为 90%。从图 1 中可以看出,在此保证率下,

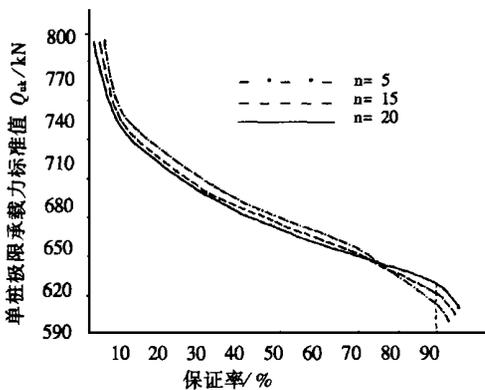


图 1 不同承台(台下桩数为 n)
单桩极限承载力标准值保证率曲线

5 根、15 根和 20 根桩的承台单桩极限承载力检验值分别为 583 kN、592 kN 和 598 kN,所有桩均达到了 580 kN 的检验标准,无需重新处理。在实际工程中,只有场地西部的少数几根桩进行了重处理,因为此处由于人工原因导致局部含水量极高,致使低承载力桩集中分布于同一承台下,其余桩都未作二次处理,节约了资金,保证了工期。

3 结论与建议

本工程实例说明,充分利用基本上不需要花费的打桩数据不仅节约资金提高统计精度,而且弥补了动测桩这种和桩的实际工作情况相差较大的外部测试的不足,使数据多样化。对桩数相同的承台桩进行整体评价,可充分利用桩的承载性能,不至于每有一根坏桩就要重新处理;而对桩数相同的承台的单桩极限承载力作概率性评价,能较好地反应实际情况。只有用概率的方法才能刻划实际中难以消除的承载力离散性,以保证率的形式给出的单桩极限承载力是有实际意义的。在运用本法的过程中需要注意的是要保证打桩记录的精确性和测量方法的一致性,在用打桩记录计算单桩极限承载力时对一些参数(与静载荷试验的对比系数或动能公式中的一些参数)的选取要慎重。运用概率评价法时,桩承载力的离散性必须是由全局全过程都可能出现的随机因素引起的,对由某一局部因素导致的局部承载力异常用概率评价是不合适的。具体应用中,不合格桩占多大比例及分布情况如何本法才实用,并没有明确的规定。笔者认为不合格桩超过 20% 不宜用此法。如果不合格桩在某一局部集中出现并明显超过其他区的出现频率,应将此区剔除。在具体评价时,一定要结合施工、场地和外界影响等条件,及时预测分析不合格桩可能集中出现的位置,以便特殊对待。这一点很重要。