

动力参数法在基桩检测中的体会

韦艺灵

(广西一建公司中心试验室 广西南宁 530001)

摘 要 本文介绍了动力参数法在基桩检测中的应用情况,并浅谈了应用动力参数法来检测基桩的一些体会。

关键词 桩基础 动力参数 抗压刚度 桩基检测 无损检验

1 引言

建筑结构常因地基软弱层过厚而使用基桩来提高上部结构的抗震能力和承载力,因此基桩的质量检测对上部结构的安全性起着决定性的作用。而基桩属隐蔽工程,与上部结构不同的是其质量检测比上部要困难得多。对基桩的检测过去只采用静载荷试桩法,它是一种比较合理的检测手段,能较合理地确定基桩的单桩实际承载力。但这种方法费力、费时,而且费用较高,检测数量甚少,只占桩数的1%~2%,对整个基桩难以作出较客观的综合评价。随着检测技术的发展,对基桩的检测手段发展到动测试桩法。采用动力检测的方法对基桩的混凝土质量、桩身完整性和承载力进行测试,其检测方法简便、快速,可以大大提高检测的数量,节省费用,而且能对整个基桩质量进行综合性的评价,因而已被广泛地运用于建筑物的基桩检测等领域中。动力检测法又分为低应变法和高应变法。在低应变法中,动力参数法是一种建立在测取桩—土体系的动刚度,以动、静对比资料或较准确的地质土工试验资料参数为依

据,推算出不同工艺成桩的单桩竖向承载力的检测方法。

2 基本原理及理论依据和计算方法

2.1 基本原理

按不同成桩工艺的桩的设计承载力,通过一定高度、一定重量的穿心锤自由落下,给桩顶施加一冲击力,激起桩—土体系的纵向振动。利用桩顶上安装的传感器记录的振动信号进行分析,得到基本自振频率或同时得到基本自振频率和初速度,从而计算抗压刚度和承载力。现场测试原理如图1所示。

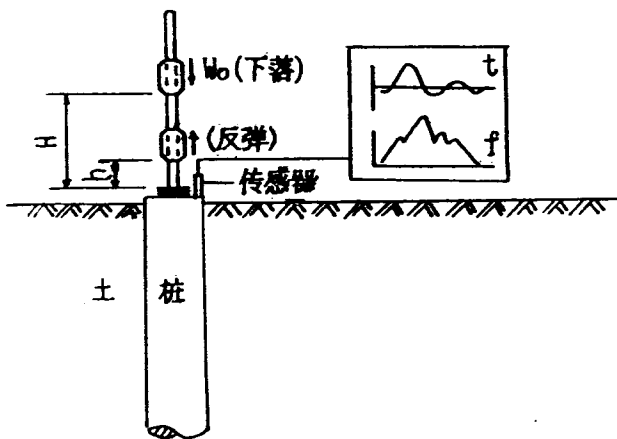


图1 动力参数法测试示意图

2.2 理论依据和计算方法

2.2.1 计算模型假设 将桩认为是单自由度的质量—弹簧系统,如图2所示。则关系式为:

$$W = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

式中, $m = \frac{G_p + G_e}{g}$ 。其中, G_p 为桩的折算重量; G_e 为参振土体折算重量; g 为重力加速度。

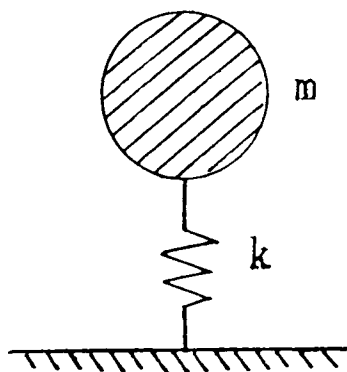


图2 假设质—弹模型

2.2.2 参振桩重 G_p 计算 根据振动理论,将均质弹性杆折算为单自由体系,取其 $1/3$ 总重量为集中重量,即

$$G_p = 1/3 A L \gamma_p \quad (2)$$

式中, A 为桩截面积; L 为桩身全长; γ_p 为桩材重度。

2.2.3 参振土重 G_e 计算 参振土是按我国动力机器基础设计规程提供的半经验公式根据图3所示的参振土体来计算集中重量的。即:

$$G_e = \frac{1}{3} \left[\frac{\pi}{9} r_e^2 (L_e + 16r_e) - \frac{L_e}{3} A \right] \gamma_e \quad (3)$$

$$\text{其中: } r_e = \frac{1}{2} D_e = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{3} L_e \tan \frac{\varphi}{2} + d \right) \quad (4)$$

式中, r_e 为参振土体扩散半径; L_e 为桩入土深度; γ_e 为参振体内的土的容重; φ 为参振体内土的内摩擦角; d 为桩的直径。

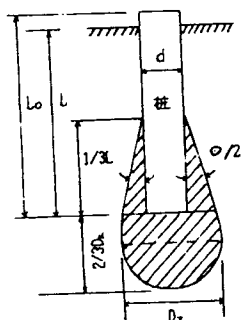


图3 参振土体计算模型

2.2.4 单桩抗压刚度 K_d 的计算 由式(1)可得:

$$K_d = \frac{(2\pi f_0)^2 (G_p + G_e)}{2.365 \cdot g} \quad (5)$$

式中, 2.365 为单桩抗压刚度修正系数, 为使动测 K_d 值与动力设计中习惯取值接近。

f_0 为实测桩—土体系竖向自振频率, 式(5)即为“频率法”的重要公式。

2.2.5 单桩临界荷载 R_C 及单桩竖向承载力推算值 R 的计算

$$R_C = 0.004 K_d \quad (6)$$

$$R = \frac{0.004 K_d}{K} = \frac{0.004 (2\pi f_0)^2 (G_p + G_e)}{2.365 \times 9.81 K} \beta_f \quad (7)$$

式中, K 为安全系数, 一般取 2; β_f 为调整系数; 其它符号同前。

当无准确地质土工参数资料为依据时, 也能将参加振动的桩和土体的折算重量 $G = G_p + G_e = m \cdot g$ 计算出来, 用以换算桩的其他参数。这就是在频率法的基础上发展起来的方法, 称“频率—初速法”。

根据碰撞理论, 参加振动的桩和土体的折算质量 m 可按下式计算。

$$m = \frac{(G_p + G_e)}{g} = 0.452 \frac{(1 + \epsilon) W_0 \sqrt{H}}{u_0} \quad (8)$$

式中, W_0 为穿心锤的质量(kN); H 为穿心锤落距(m); ϵ 为穿心锤对桩头的碰撞系数; u_0 为撞击后桩头初速度(m/s); β_v 为调整系数。

根据物理学, $\epsilon = \sqrt{\frac{h}{H}}$ 。其中, h 为回弹

高度, $\sqrt{\frac{h}{H}}$ 可按第一次碰撞后的波幅与经过回跳第一次碰撞后的波幅之比计算。由于第二波幅不易量准, 可在振波图上量取第一波至第二波经历的时间 t , 按 $h = \frac{g}{2} \times (\frac{t}{2})^2$ 计算 h , 再代入 ϵ 的算式计算 ϵ 值。

桩振动初速度 $v_0 = aA_d$ 。其中, a 为与 f_0 相应的测试系统灵敏系数 ($m/s/mm$); A_d 为第一次冲击振动波初动相位的最大峰——峰值 (mm)。

将 m 及实测频率 f_0 代入式 (5), 即可算出单桩抗压刚度。

$$K_d = \frac{(2\pi f_0)^2 m}{2.365} \quad (9)$$

表 1 动静测结果对比表

工程名称	桩号	桩长 (m)	桩径 (mm)	设计荷载 (kN)	实测主频 (Hz)	承载力标准值 (kN)		动测相对误差 (%)
						动测推算	静测	
区直机关	94 #	14.2	450	609	54.69	385	427	-10.9
工会住宅	34 #	12.6	450	609	68.36	374	427	-14.1
楼	15 #	13.0	450	609	46.88	761	737.4	-3.2
南宁市公安局	5 #	14.2	400	350	26.79	450	490	-8.9
特警楼	90 #	13.6	400	350	31.58	500	560	-12.0
区党校	试 1	11.4	400	400	41.02	593	600	-1.2
住宅楼	试 2	11.3	400	400	39.06	538	560	-4.1
市委机关	92 #	19.7	400	400	51.785	617	640	-3.7
住宅楼	48 #	19.2	400	500	62.5	815	750	+13.5
南宁市环保研究所	试 1	11.9	500	850	56.64	873	935	-7.1
试验监测综合楼	试 2	10.7	500	850	60.55	764	765	-0.1
	试 3	13.0	500	850	48.83	972	1020	-4.9
南宁市公安局防暴支队 95-1 # 住宅楼	16 #	13.5	400	500	64.45	670	750	-11.9
	69 #	13.5	400	500	64.45	635	700	-7.2
	108 #	13.4	400	500	62.5	601	550	9.3

(下转第 45 页)

单桩临界荷载 R_c 及单桩竖向承载力的推算值 R 可由下式计算。

$$R_c = 0.004K_d \quad (10)$$

$$R = \frac{R_c}{K} = \frac{f_0^2(1+\epsilon)W_0\sqrt{H}}{Ku_0}\beta_v \quad (11)$$

式中, K 为安全系数, 一般取 2; β_v 为调整系数。

3 工程实例动静对比结果

根据上述测试原理、理论依据及设计方法, 我们用由现场测试采集到的参数, 利用动力参数法分析软件对有静测对比的 15 根桩进行计算, 结果对比如下表。

模糊数学毕竟才诞生不久,还是一门年轻的学科,总的来说乃处在初期发展阶段,还缺乏象概率、统计等研究事物的随机性那样严谨的理论体系。模糊数学在地基基础方面的应用更是处于起步阶段;对具体研究对象中隐含的种种模糊概念的描述,对具体工程问题中各影响因素的隶属函数的确定;在考虑种种模糊因素后相应的一套数学处理;模糊性与随机性的综合考虑等等,都有待今后进一步研究解决。但地基基础中存在的模糊性以及应用模糊数学所带来的技术进步和经济效益无疑是一种巨大的推动力,它将鼓励广大岩土工程师们去进行艰苦的探索和不懈的努力。

参考文献

- 1 张界明. 用模糊数学方法确定平基埋置深度.《岩土工程学报》,1988 年第 1 期
- 2 关文章,宋献华. 黄土地基湿陷等级的模糊综合评判方法.《勘察科学技术》,1993 年第 1 期
- 3 翁焕学. 砂土地震液化模糊综合评判实用方法.《岩土工程学报》,1993 年第 2 期
- 4 贺仲雄.《模糊数学及其应用》. 天津科技出版社,1983 年
- 5 Zadeh, L. A. Fuzzy Sets and Information Granularity.《Advances in Fuzzy Set Theory and Applications》, North - Holland, 3 - 25, 1979

(上接第 52 页)通过对 15 根桩的动静测试对比,可以看到,动力参数法所测得的单桩承载力推算值与静测相对误差为 $-14.1\% \sim +13.5\%$, 相关系数为 0.965。所以,低应变动力测桩法,除了能够较准确地测出桩身混凝土质量,查出桩身完整性外,还可以较为准确地测出单桩承载力的推算值。

4 几点体会

(1)动力参数法的原理及所依据的理论模式已为我国动力机器设计规范所采用,因而其理论模式是可靠的、成熟的。

(2)可根据工程的特点及成桩工艺和所具备的施工、地质资料情况,选用适合的测试方法。笔者认为频率法或频率—初速法是一种值得推广使用的动测试桩方法。

(3)必须根据不同的工程实际情况,严格按照规范的技术要求施测,以求所测得的参数实际、可靠。

(4)为提高测试计算结果的精度,还必须进行静、动对比测试。尽可能将所计算的单桩竖向承载力推算值误差控制在 $\pm 15\%$ 之内。