

高应变动测和静载荷试验对比检测单桩承载力*

单海银¹ 李 飞¹ 郝子进² 程鹏环¹ 杨伟伟¹

(1. 盐城工学院 建筑工程系, 江苏 盐城 224003 2. 江苏省盐城市建筑设计研究院, 江苏 盐城 224001)

摘 要:介绍了高应变与静载荷对比检测单桩承载力的发展概况,对盐城市大直径钻孔灌注桩,利用高应变动测与静载荷试验相结合检测承载力,并对检测结果进行对比分析,为在本地地区推广应用高应变动测新技术提供依据。

关键词:高应变动测;静载荷试验;对比分析;钻孔灌注桩承载力

中图分类号: TU311.1

文献标识码: A

文章编号: 1671-532X(2002)03-0054-04

桩的承载力与加荷速率有关,静载荷试验可分为慢加荷和快加荷两种,两者的区别在于后者是在每级加荷后没有达到规定的相对稳定标准,就加下一级荷载。因而,快加荷的试验结果只能提供极限荷载 P_u 的参考值。一般情况下,加荷速率愈慢,桩的沉降 S 愈大,承载力愈低。由于静载荷试验与任何动荷载试验相比,所施加的荷载速率最慢,也最接近于实际工程的加荷速率。因此,国内外的桩基规范均以慢加荷(即慢速维持荷载法)为标准来确定桩的承载力,其它包括各种动测法在内的快加荷载方法都不可能直接得到正确的 $P \sim S$ 曲线。

传统的静载荷试验成本高、耗时长,检测数量少,缺乏代表性。近 20 年来新发展起来的桩基检测新技术,成本低,耗时少,检测的覆盖面大,使检测结果更具代表性,并已在国内外桩基工程中得到应用。其中高应变动测就是一种技术含量较高的新型检测方法。

高应变法,简称 HST 法,即利用高能量的冲击力产生沿桩身纵向传播的波动检测桩承载力和桩身完整性。根据分析方法不同又分为 2 种:一是凯司法,在简化的桩土条件下根据波动方程的闭合解计算桩周土阻力的一种快捷的分析方法;二是实测波形拟合法,能够适应各种复杂的桩土条件的一种分析方法。其中有些国家经过多年的发展和工程实践的考验,已经将高应变动测列

入常规检测方法并为之编制相应的技术文件^[1~2](标准、规范、规程、准则、建议或手册)。当然,由于高应变动测理论还不够完善,桩土数学模型描述存在局限性,加上测试条件受人为及环境因素影响等,各国在推广应用 HST 方法的过程中,普遍采取了积极而谨慎的态度。

1 高应变动测与静载荷试验对比检测单桩承载力的发展状况

早在 1975 年美国在 102 个动静对比实验的基础上讨论了凯司法的可靠性,并提出了利用拟合法确定土阻力分布的可能性,随后,研制了相应的硬件和软件,陆续发表了大量关于拟合法的成果,并使得 PDA 打桩分析仪和 CAPWAP 拟合分析软件成为世界著名的专业产品。目前西方各国的一个共同趋向是把桩基的设计安全度和其检测方法及数量相联系(见表 1)。具体的做法有两种:一是在设计时对岩土强度作不同程度的折减;二是在设计时规定不同的总安全系数及分项安全系数。

从表 1 中可以看出,采用不同系数就代表了不同检测方法的可靠性。以科学的对比方法弄清检测方法的可靠程度,这是合理推广应用新技术的前提。对于承载力的检测,则势必作相同条件下的静载试验。从美国的统计资料来看,采用高应变拟合法和静载试验的差别只能保证不超过 $\pm(15\% \sim 20\%)$,而静载试验结果的误差一般估

* 收稿日期:2002-04-12

作者简介:单海银(1965-),男,江苏大丰市人,盐城工学院工程师。

计不超过 $\pm(10\% \sim 15\%)$, 动测结果的可靠性还略低于静载试验^[3~4]。

表 1 桩基设计安全系数与检测方法 & 数量之间的关系

国家 (处理方法)	检测方法		
	高应变检测拟合法分析	静荷载试验	高应变 + 静载
澳大利亚 (岩土强度折减系数)	抽检 15% - 0.85 ,最低 - 0.65	抽检 9% - 0.9 ,最低 - 0.7	
加拿大 (岩土强度折减系数)	0.5	0.5	0.6
挪威 (分项安全系数)	1.5	1.4	
美国(1992 桥梁) (总安全系数)	2.25	2.0	1.9
美国(新桥梁规程) (岩土强度折减系数)	抽检 2% ~ 5% - 1.0	1.0	
德国 (岩土强度折减系数)	有静动对比的验证 ,对 长期的沉降有把握 - 1.0	1.0	

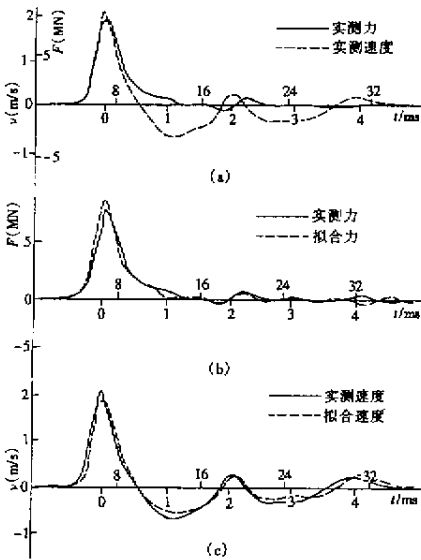
2 盐城地区钻孔灌注桩高应变与静载荷对比试验的工程实例

盐城地区近年来兴建了一批 20 层左右的高层建筑 ,由于天然地基软土层厚 ,承载力低 ,沉降变形大 ,因此普遍采用桩径为 800 mm、桩长为 40 ~ 50 m 左右的钻孔灌注桩。为了在本地区推广应用高应变桩基检测新技术 ,分别在甲、乙、丙 3 项工程中 ,将高应变动测与静载荷试验结合起来 ,以期收集、积累和整理对比结果 ,为今后的工程桩的检测提供必要的依据。

静载荷试验按照《建筑桩基技术规范》JGJ94-94 规范进行 ,采用分级加荷慢速维持荷载法。高应变动测是在重锤击桩顶后 ,由对称安装在桩侧两边的力传感器和加速度传感器分别测得力波和速度波 ,根据实测的 $F-V$ 曲线 ,利用 CAPWAPC 软件程序 ,以实测的速度为边界条件 ,进行拟合计算 ,得出单桩极限承载力。图 1 为某试验桩的实测力和实测速度波形及拟合曲线图。

根据拟合结果 ,得到桩身轴力如图 2 左部 ,桩侧阻力分布见图 2 右部。将拟合后所得的 $P \sim S$ 曲线与静荷载试验所得的 $P \sim S$ 曲线进行对比。结果如图 3 所示 ,可以看出 ,两者极限承载力 P_u 的相对误差仅为 2.9%。

表 2、表 3、表 4 分别为该地区 3 项工程钻孔灌注桩高应变、静载荷试验成果表。



(a) 实测力和实测速度时程曲线 ;
(b) 力拟合曲线 (c) 速度拟合曲线
图 1 某试验桩波形拟合结果

Fig.1 The wave shape imitating result of a test pile

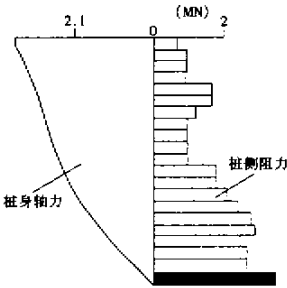


图 2 桩身轴力及桩侧阻力分布图

Fig.2 The distribution of the axial force of the Pile Shaft And the Resistance Beside the Pile

表 2 甲工程高应变、静载荷试验成果表
Table 2 The testing results of project A

桩号	设计参数			静载荷试验						高应变动载试验			单桩极限承载力/kN		
	桩径 /mm	桩长 /mm	单桩极限承载力标准值/kN	终止荷载 /kN	累计沉降量 /mm	回弹率 %	<i>P-S</i>	<i>I</i> _{gp-s}	<i>I</i> _{gt-s}	测点下桩长	极限土阻力/kN		静载	高应变	相对误差 %
							曲线法	曲线法	曲线法		桩侧	桩端			
5	800	45.8	4200	4960	13.4	54	无明显第二拐点	无明显陡降直线段	无明显下弯	44.8	4964	373	5000	5337	6.7
10	800	45.8	4200	4960	10.44	53	无明显第二拐点	无明显陡降直线段	无明显下弯	44.8	5118	441	5000	5559	11.2
15	800	45.8	4200	4960	11.72	54	无明显第二拐点	无明显陡降直线段	无明显下弯	44.8	5028	382	5000	5410	8.2

表 3 乙工程高应变、静载荷试验成果表
Table 3 The testing results of project B

设计参数				静载荷试验						变应变动载试验			单桩极限承载力/kN		
桩号	桩径 /mm	桩长 /mm	单桩极限承载力标准值/kN	终止荷载 /kN	累计沉降量 /mm	回弹率 %	P-S 曲线法	Igp-s 曲线法	Igt-s 曲线法	测点下桩长	极限土阻力/kN		静载	高应变	相对误差 %
											桩侧	桩端			
3	800	50.8	6000	6480	31.81	40	无明显第二拐点	无明显陡降直线段	无明显下弯	50.08	5626	412	6480	6038	- 6.8
8	800	51.0	6000	6480	25.71	44.6	无明显第二拐点	无明显陡降直线段	无明显下弯	50.8	5640	442	6480	6082	- 6.1
13	800	51.0	6000	6480	13.84	35.6	无明显第二拐点	无明显陡降直线段	无明显下弯	50.8	5787	424	6480	6211	- 4.2

表 4 丙工程高应变、静载荷试验成果表
Table 4 The testing results of project C

设计参数				静载荷试验						变应变动载试验			单桩极限承载力/kN		
桩号	桩径 /mm	桩长 /mm	单桩极限承载力标准值/kN	终止荷载 /kN	累计沉降量 /mm	回弹率 %	<i>P-S</i>	<i>I</i> _{gp-s}	<i>I</i> _{gt-s}	测点下桩长	极限土阻力/kN		静载	高应变	相对误差 %
							曲线法	曲线法	曲线法		桩侧	桩端			
2	800	38.0	4600	4830	69.70	48.5	按 0.06 <i>D</i> = 48 mm 取 <i>P_u</i> = 4610 kN		加载至 4830 kN 时有下弯	36.3	4715.4	300.5	4610	5015.9	8.1
51	800	38.0	4600	4600	24.18	24.1	4600 kN	无明显陡降直线段	无明显下弯	36.4	4431.5	350.7	4600	4782.2	3.8
104	800	38.0	4600	4830	67.15	42.1	按 0.06 <i>D</i> = 48 mm 取 <i>P_u</i> = 4610 kN		加载至 4830 kN 时有下弯	36.3	4665.1	313.0	4650	4978.1	6.7

根据以上 3 项工程 9 根桩的动静荷载对比试验可以看出,两者相对误差最大仅为 ± 11.2% ,完全可以满足工程的需要。

3 结束语

影响高应变检测结果定量精度的因素较多,包括了从理论原理、力学模型、计算公式、分析流

万方数据

程到仪器设备的精度、对桩土材料的认识等各方面,同时很大程度上受现场环境条件和从业人员水平制约。为了提高检测的定量精度,需要从各个环节着手去做。

确定一种检测方法的可靠性,必须立足于大量的、可靠的、全面的对比材料,然后再把这些对比结果放在一起做科学的统计分析,得出定量的

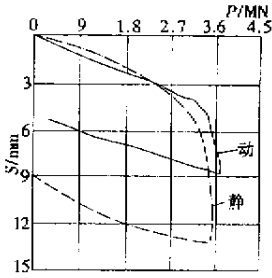


图 3 静载试验与动测试验结果比较

Fig.3 Contrasting results of the dynamic test and the static test

总体评定指标。虽然大量工程实践表明 ,高应变动测承载力和静载结果有一定的相关性 ,在掌握了高应变动测的基本理论、相关知识 ,对波形有正确的判断经验 ,掌握丰富的动静对比、参数的取值经验的情况下 ,高应变动测和静载结果有较好的一致性。但在本地区高应变动测试验还不多。本文 9 根工程桩作为试验桩的静载试验未达极限承载力 ,因此高应变动测一般高于静载试验结果。因此 ,本文的对比分析和统计也只是初步的。

参考文献 :

[1] JGJ 106 - 97 ,基桩高应变动力检测规程 [S] .
[2] JGJ 94 - 94 ,建筑桩基技术规范 [S] .
[3] 李德庆 .在我国桩基工程中应用近代新检测技术的几点认识 [J] .工程物探 ,1996 (1) 23 - 24 .
[4] 徐攸在 .桩基检验手册 [M] .北京 :中国水利水电出版社 ,1999 .

Comparing the High Strain Dynamic Test with the Static Test to Survey the Ultimate Bearing Capacity of Single Pile

SHAN Hai-yin¹ ,LI Fei¹ ,HAO Zi-jin² ,CHENG Peng-huan¹ ,YANG Wei-wei¹

(1 .Department of Constroction Engineering of Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224003 ,China ;2 .The Institute of Construction Designing of Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224002 ,China)

Abstract :The general conditions of comparing the high strain dynamic test with static test to survey the ultimate bearing capacity of single pile are introduced . To the big diameter piles in prebored holes of Yancheng City ,combining the high strain dynamic test and static loading test ,measure the bearing capacity of them ,then the test results are discussed . This paper provides a ground of spreading the technology of high strain dynamic test in Yancheng area .

Keywords :high strain dynamic test ; static loading test ; contrasting analyses ; bearing capacity of piles in pre-bored holes