

文章编号: 1002-0268 (2000) 04-0032-03

桥梁桩基桩身荷载量测 与应力波法测试中的参数

季 鹏, 刘松玉, 石名磊, 黄 卫
(东南大学, 江苏 南京 210096)

摘要: 通过某高速公路桥梁桩基试桩测试, 分析了静载荷试验中的桩身内力、荷载传递规律、土阻力的发挥等, 与应力波法高应变测试结果进行对比分析, 进一步说明动力测试中各种参数只有通过静载荷试验检验后, 才能应用于工程的大规模检测。
关键词: 应力波; 荷载传递规律; 高应变测试
中图分类号: U443.15 **文献标识码:** A

Static Load Test on Pile of Bridge and Interrelated Parameters in Stress Wave Test

Ji Peng, Liu Song-Yu, Shi Ming-Lei, Huang Wei
(Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

Abstract: In recent twenty years, dynamic load tests using stress-wave theory have been used rapidly in pile foundation. Based on the static load test on the foundation of bridge in one highway, the load along pile, the load transfer law and the side friction resistance of some piles in two typical locations is discussed in this paper. The results show that the parameters in high strain test must be detected by static load test before the application in the highway.
Key words: Stress wave; Load transfer law; High strain test

0 引言

在公路桥梁的建设中, 大直径的桩基已得到广泛应用, 很多梁柱直接由单根桩基支承, 因而对桩基的检测要求随之提高。Mattes (1960), Poulos (1971) 从理论上分析了桩土体系荷载传递性随有关因素变化的一般规律, 单桩极限承载力所对应的某特定土层的极限侧摩阻力和极限端承力, 由桩的长度与直径之比不同, 桩端、桩周土刚度各异或土层、分布位置变化等原因, 其发挥是不同的。传统的静载试验费时费力, 经过 Goble 等人在美国克利夫兰 (Cleveland) 的凯斯 (Case) 学院多年的研究, 于 1970 年开始做常规应力波动力试验。

国外新近开发了几种新的测试方法: 荷兰 Fundex 公司开发了准静态桩至载荷试验仪; 加拿大 Beming

Hammer 公司研究开发了利用快速物体的反作用力向桩施加加载荷的静动载荷试验, 以及在桩身中预制类似千斤顶的载荷箱 (Osterberg Cell) 来进行静载荷的 Osterberg 法, 此方法最大特点不需要锚桩或压重平台等传统的反力装置。

本文主要介绍传统静载荷试验中的桩身荷载测量与相关应力波测试中参数的确定, 对在公路建设过程中大量进行的应力波测试提供一些建议。

1 试验过程

试桩为江阴长江大桥引桥两个典型地质条件 (图 1, 图 2) 下的 4 根钻孔灌注试桩。为量测不同截面处的内力, 每根桩在浇注混凝土前在钢筋笼上设置了 10 个测试断面, 正交对称共布置了 40 只双弦式钢筋计 (图 3), 141-1、141-2 桩长 40.8m, 29-3、29-4 桩

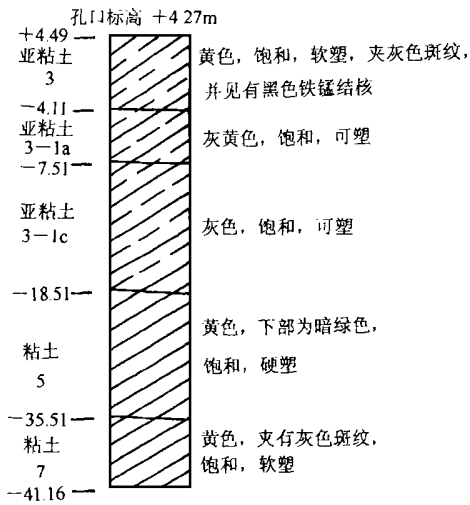


图 1 141 号墩工程地质柱状图

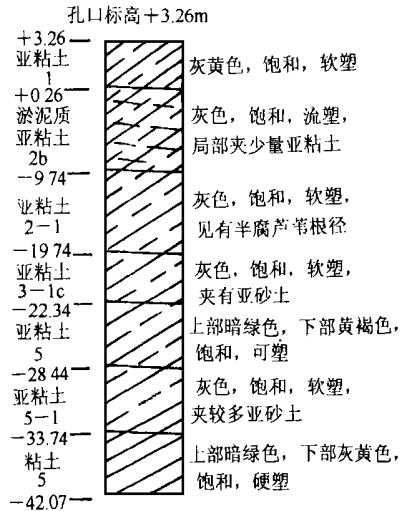


图 2 29 号墩工程地质柱状图

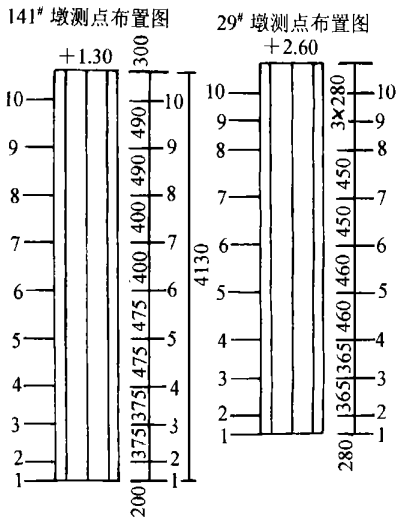


图 3 141 号墩和 29 号墩测点布置图

注：本图标高以米计，截面间距以厘米为单位

长 36.1m，桩径 1m。本试验所有使用的 160 只钢筋计先进行荷载率定，并通过了 0.6MPa 水压防渗透试验。

试桩成桩后即在桩顶浇注高标号混凝土桩帽，在桩身砼达到一定强度且满足桩土体系间歇恢复期后即进行高应变桩身动力测试。桩头装有传感器(2 个应变传感器和 2 个加速度计)监测动力试验时的应力波，测试设备用美国 PDI 公司的 PAK 型打桩分析仪，4 个测点的信号经放大后直接记录到计算机的硬盘上。

试桩静载荷试验反力装置采用锚桩型式，在高应变无损检测休止期满，且试桩、锚桩桩身混凝土达到设计强度后进行。

荷载试验中，为确定侧壁阻力，试验中通过钢筋计记录了不同截面处的静态内力，荷载试验按《公路桥涵地基基础设计规范》(JTJ024-85)中慢速维持荷载法进行，分 9~11 级加载至估计最大荷载，每级荷载作用下沉降稳定标准为桩顶沉降在每小时小于 0.1mm，并连续出现两次，且每级荷载维持时间不少于 2 小时，即视为稳定，终止加载条件如下：

- (1) 第 i 级荷载的沉降增量大于第 $i-1$ 级等量荷载沉降增量的 5 倍。
- (2) 第 i 级荷载的沉降增量大于第 $i-1$ 级等量荷载沉降增量的 2 倍，且 24 小时的沉降仍不稳定。
- (3) 已达到锚桩的最大抗桩力。

2 桩身荷载传递规律

根据钢筋计的测试值分析，可得实测的各断面处内力和桩侧壁摩阻力值，另根据高应变动力测试，信号经 CAPWAP[®] 程序分析也可得内力分析。

2.1 桩侧摩阻力

图 4 表示 29-4 号桩在静载试验时的桩身实测桩侧摩阻力的分布资料与高应变动力测试信号通过 CAPWAP[®] 分析结果及地质勘察值的对比情况。

2.2 桩身轴向内力

表 1 中给出每根桩自桩顶向下 10 个截面的内力静载量测值与动载测试计算内力的比值。

试桩静载实测内力与动测计算内力之比 表 1

桩 号	141-1	141-2	29-3	29-4
截面 1-1	1.13	1.11	0.87	0.80
截面 2-2	1.17	1.16	0.87	0.73
截面 3-3	1.19	1.01	0.67	0.64
截面 4-4	1.18	0.65	0.56	0.54
截面 5-5	0.86	0.60	0.60	0.55
截面 6-6	0.85	0.60	0.55	0.70
截面 7-7	0.83	0.62	0.60	0.77
截面 8-8	0.80	0.70	0.70	0.75
截面 9-9	0.75	0.70	0.74	0.78
截面 10-10	0.72	0.86	0.79	0.86

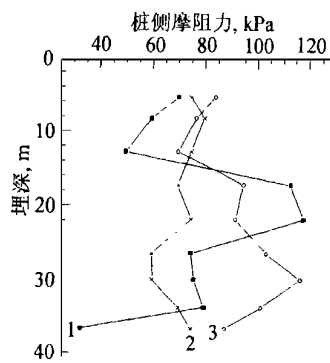


图4 29-4桩摩阻力CAPWAPC分析值
与静荷载实测值及地质勘察值

图中: 1 CAPWAPC 值 2 地质勘察值 3 实测值

2.3 桩基承载力

静荷载试验4个试桩Q-S曲线见图5, 根据慢速维持荷载法破坏标准确定的实测承载力、应力波测试信号经CAPWAP[®]C分析得出的计算承载力以及由规范(JTJ024 85)得出的承载力对比于表2中。

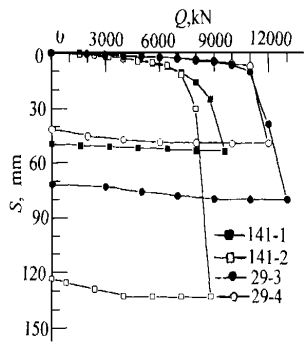


图5 静荷载试验Q-S曲线

静载、应力波动测、规范法承载力计算结果表2

桩号	静载法 (kN)	应力波动测法 (kN)	规范法 (kN)
141-1	8800	6319	6600
141-2	8000	6702	6600
29-3	11000	8947	8600
29-4	11000	9408	8600

2.4 分析

CAPWAP[®]C分析计算先于静荷载测量工作进行, 并且是由两组工程师独立完成。由上述图表分析如下:

- (1) 桩体上部(15m以内)各土层静荷载测试所得极限摩阻力与地质勘察情况及规范值基本吻合;
- (2) 桩体中下部各土层静荷载测试极限摩阻力比地质勘察情况及规范值偏大;
- (3) 应力波测试桩身内力与静荷载测试值, 在桩体上部较为接近, 而中部明显低于静荷载测试值;
- (4) 应力波测试单桩承载力与规范(JTJ024 85)法接近, 但低于静荷载法确定的单桩承载力值。

原因有以下几点:

- (1) 上部(15m以内)土层极限摩阻力发挥只需要较小的桩顶位移, 大约5~7mm已充分发挥;
- (2) 中下部各土层摩阻力发挥随桩顶位移的增加呈不断增加的趋势;
- (3) 应力波测试中桩身内力、单桩承载力比静荷载测试值低, 首先是应力波测试中锤击能量激发不够充分, 试验分析偏于保守; 其次是应力波测试在分析中易受地质勘察情况和设计规范的影响。

3 结束语

传统的静荷载试验虽然结果直观、精度也相对较高, 但装置复杂、费用昂贵, 大量推广不现实, 同时当今公路建设场地特殊性也大大限制其应用。应力波测试与之相比有经济、快速等优点, 但试验中以瞬时动荷载预测长期荷载, 精度受测试电子设备和分析人员经验的影响, 且结果不太直观。本文通过对几根试桩的分析, 进一步表明应力波测试分析的各种参数需经过静荷载试验加以验证才能用于工程中大规模的成桩检测。

参考文献:

[1] Proceedings of the 3rd 4th 5th International Conference on Application of Stress wave Theory to Piles. 1988 1992, 1996.

[2] Poulos H G. Pile Behavior theory and Application. Geotechnique, 1989, 39 (3): 365-415.

[3] Poulos H G, Davis E H. 桩基础的分析和计算 (1991-12 译).

[4] 方磊, 刘松玉, 杜延军, 季鹏. 桥梁桩基承载力性状的测试新技术研究. 东南大学学报, 1998, 28 (6): 129-133.