

连通管技术在单桩竖向静载荷试验中的应用

The application of the connecting pipe technique in vertical static load test of single pile

夏明诚 杨治平 李忠义 罗运珍
(中南电力设计院勘测处, 武汉, 430071) (中国地震局地震研究所, 武汉, 430071)

文 摘 说明了基准梁在单桩竖向静载荷试验中的局限性, 提出了连通管技术在单桩竖向静载试验中的应用原理和优点, 并以工程中的对比试验实例予以说明。

关键词 单桩, 竖向载荷试验, 静载荷试验, 连通管

中图法分类号 TU 473

作者简介 夏明诚, 男, 1954 年生, 1977 年毕业于长春地质学院, 现为中南电力设计院高级工程师。主要从事岩土工程试验和检测工作。

Xia Mingcheng Yang Zhiping Li Zhongyi Luo Yunzhen
(Central Southern China Electric Power Design Institute, Wuhan, 430071) (The Earthquake Department of China, Wuhan, 430071)

Abstract The limitation of the reference beam in vertical static load test of single pile is explained in this paper. Then the application principle and the merits of the connecting pipe technique in this test are pointed out, and explained on the basis of an example with contrast tests.

Key words single pile, vertical load test, static load test, connecting pipe

1 前 言*

单桩竖向静载荷试验是确定单桩极限承载能力和沉降特性的最重要的方法。为单桩静载试验提供反力方式一般可分为锚桩方式和堆载方式, 随着所采用的桩径不断增大, 目前, 这两种反力方式的单桩竖向静载荷试验都程度不同地遇到了基准梁的安装困难问题。在采用堆载法作为反力的情况下, 即使按照《建筑桩基技术规范》(JGJ94—94)^[1] 的要求, 由于堆载对地面的影响范围大, 基准也随着试验过程中堆载体对地面的影响的变化而变化。在采用锚桩法时, 情况也大体类似。从理论上来说, 可采用基准桩远离试桩、锚桩或堆载体支墩的方法来解决这一问题, 但事实上这样一来, 基准梁就会很长, 如日本采用长度达 10 m 的型钢作基准梁, 其防太阳直射、防风等方面的困难, 都是需要较大的代价才能解决的, 即使这样, 其基准也常常没有完全脱离试验影响范围。

2 连通管的测试原理

如图 1 所示, 因 A 容器和 B 容器中的水是连通的, 因此两容器的水面高程相同, 当初始状态为 0 时, $h_0 = (a_0 - b_0)$ 为基准桩上的 A 点对试桩上 B 点的相对高差。当试桩上作用一向下方向的力 N_1 时, 试桩向下产生了一位移。此时基准桩上的 A 点对试桩上 B 点的相对高差为 $h_1 = (a_1 - b_1)$, 取向下的方向为正

时, 荷载为 N_1 时的沉降量为 $h_0 - h_1$, 同理可求得荷载为 N_i 时的沉降量为 $h_0 - h_i$ 。称这种同时测桩和基准的方法为第一种方法。

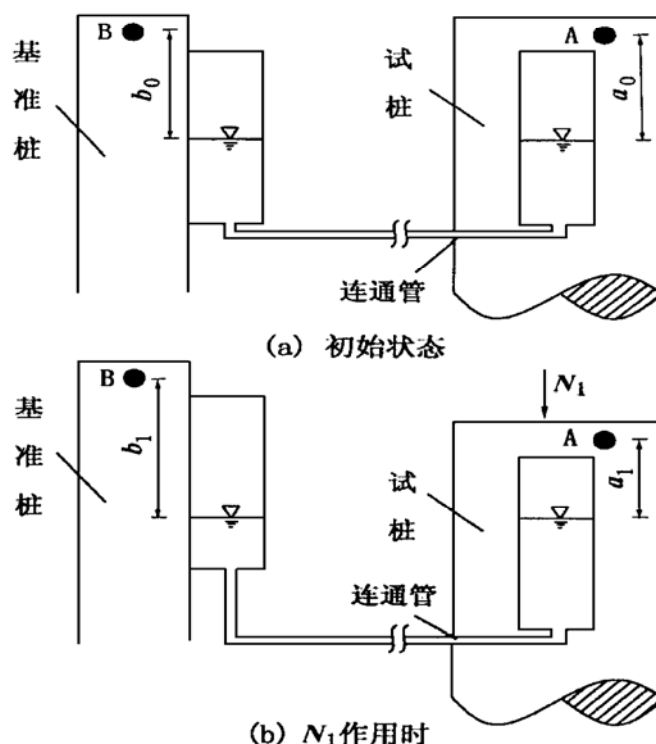


图 1 连通管原理示意图

Fig. 1 Principle of connecting pipe technique

当可以忽视温差对水及容器的影响时, 用连通管

测试沉降还可采用下述的第二种方法。设试桩上的几个容器是与桩中心对称布置的且水平截面积相等, 其水平截面积之和与基准桩上的容器相等。此时, 可只测量基准桩上容器内的水位变化, 如基准桩上容器内的水位下降了 S , 则桩下沉了 $H = 2S$ 。

水面的测量方法如图 2 所示, 在容器内水面上的浮子连结着一根铁芯, 由位于铁芯上部的高精度位移传感器测量水面位移。

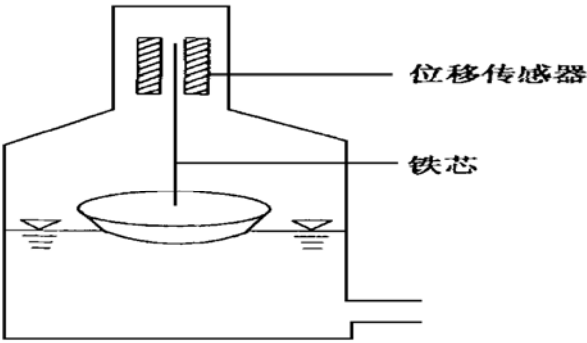


图 2 水位测量示意图
Fig. 2 Measurement of water level

3 工程实例

某火力发电厂 M1、M2 两根堆载试桩, 在试验过程中我们进行了基准梁和连通管的两种沉降观测方法的对比试验, 其桩型为振动沉管灌注桩, 桩径 0.5 m, 桩长 11.5 m, 桩位地层情况如表 1、表 2。M1、M2 试桩在堆载完成后开始安装基准梁和连通管。两根堆载试桩的堆载体重约 1.7 MN, 试桩、支墩、基准梁及连通管的基准之间的相对位置见图 3、图 4。

表 1 M1 试桩地层情况表

Table 1 Engineering geological condition for M1 pile				
深度范围/m	层号	土层名、状态或密度	时代和成因	
0.00~ 2.55	1	粉土, 稍密	Q_4^{al+1}	
2.55~ 6.85	2- 1	粘土, 软塑—可塑		
6.85~ 10.90	3- 1	粉土, 稍密		
10.90~ 15.50	3- 2	粉土, 中密		

表 2 M2 试桩地层情况表

Table 2 Engineering geological condition for M2 pile				
深度范围/m	层号	土层名、状态或密度	时代和成因	
0.00~ 2.75	1	粉土, 稍密	Q_4^{al+1}	
2.75~ 4.73	2- 1	粘土, 软塑—可塑		
4.73~ 5.80	3- 2	粉土, 中密		
5.80~ 10.28	3- 1	粉土, 稍密		
10.28~ 11.50	7- 1	粉土, 中密	Q_3^{al}	
11.50~ 15.50	8- 1	粉质粘土, 可塑		

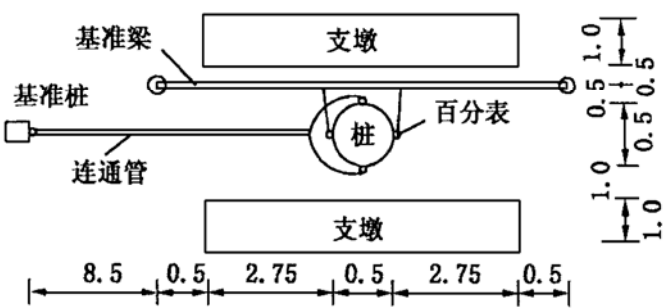


图 3 M1 平面位置示意图(单位: m)
Fig. 3 Plan of M1 pile (unit: m)

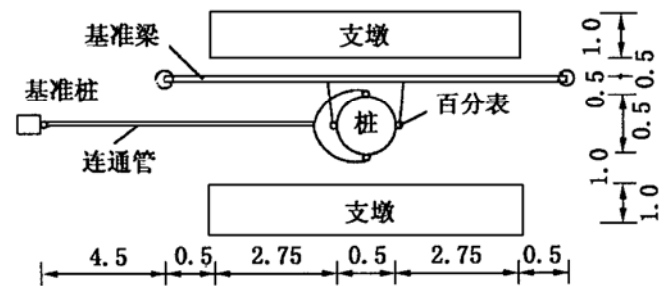


图 4 M2 平面位置示意图(单位: m)
Fig. 4 Plan of M2 pile (unit: m)

M1、M2 分别由安装在基准梁上的百分表和连通管两套独立的系统测量桩的垂直位移, 连通管的测量按两边测的方式进行, 其位移记录分别列于表 3、表 4, $Q-S$ 曲线见图 5、图 6, 由表 3、表 4, 图 5、图 6 可见, 当试桩开始加荷时, 随着由支墩传递的对地面的压力减小, 基准桩及基准梁向上逐步反弹, 所以固定在基准梁上的百分表所测得的垂直沉降较连通管所测得的垂直沉降逐渐偏大。反之, 卸载时由于支墩传递的对地面的压力加大, 百分表所测得的试桩残余沉降较连通管所测得的试桩残余沉降偏小。

表 3 M1 试桩沉降汇总表

Table 3 Settlement data for M1 pile						mm
荷载/kN (加载)	基准梁 (S1)	连通管 (S2)	荷载/kN (卸载)	基准梁 (S1)	连通管 (S2)	
197	0.69	0.34	1207	26.63	25.59	
298	1.42	0.68	1005	26.27	25.42	
399	1.83	0.93	803	25.72	25.18	
500	2.48	1.52	601	24.89	24.76	
601	3.44	2.42	399	23.62	24.22	
702	4.52	3.48	197	22.01	23.42	
803	5.94	4.70	0	18.32	22.14	
904	7.62	6.32				
1005	9.90	8.14				
1106	12.62	10.86				
1207	14.76	12.86				
1308	18.34	16.60				
1409	26.84	25.10				

由表 6、图 8 可见, M3 试桩对 M1, M2 试桩而言, 其加载过程时基准梁方式所测得的桩顶沉降偏大和卸载过程中的残余沉降偏小的现象仍然可见, 只是在量上较 M1, M2 偏小, 其原因在于 M3 试桩接近地面的地层较 M1, M2 试桩接近地面的地层硬, 所以 M3 试桩的地面对支墩所传递的荷载变化反应较小, 而 M3 的 $Q-S$ 曲线上(见图 8)的第 3 级至第 6 级曲线, 由基准梁所测得的曲线位于由连通管所测得的曲线之上, 这从理论上来说是不正常的, 经分析, 这几级荷载的试验是在夜里进行的, 其原因是夜里温度较白天低, 这是因水的体积收缩所造成的。

4 结 语

(1) 连通管是测量单桩静载试验垂直沉降的另一种有效方法, 其优点表现在安装简便、基准能远离试验影响范围、较为经济等。本文所列举的连通管测试资料所采用的基准和试桩间距如果改用基准梁的方式, 其基准梁就得采用 16~24 m 长的型钢。并且按照目前的情况, 我们很容易做到让基准离开试桩 20 余 m, 其成果相当于长度为 40 余 m 的基准梁的测试结果, 该方法的优越性在此是显而易见的。

(2) 由于连通管是地震测量中相当成熟的一项测

量垂直位移的技术, 其精度足以满足单桩静载试验的要求。

(3) 为避免温差的影响, 单桩静载试验中应采用桩和基准两边都测, 即上述的第一种方案进行。

(4) 在采用堆载作反力时, 由于堆载体引起的地表土体挤密使部分摩阻力增大, 以及试桩周围地表下沉使试桩在千斤顶开始加载前即有一定程度的下沉, 使得这种反力方式的试桩结果存在一定的误差。在堆载施工前先安装好连通管, 即可测出这个沉降量, 再配合桩身应力应变的测量, 可望解决堆载作反力的试桩结果误差问题。

(5) 当采用堆载作为大型平板荷载试验的反力时, 亦可采用连通管技术量测垂直沉降。

(6) 从理论上来说, 连通管和基准梁的垂直位移测量差值, 应该等于基准梁的垂直位移, 今后我们将通过试验来证实这一设想。

中南电力设计院勘测处的许多同事参与了本文所引用的这些试验工作, 在此深表谢意。

参 考 文 献

- 1 JGJ94-94 建筑桩基技术规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995