

埋入式激光沉降仪测量法及工程应用

吕聪儒¹, 楼云¹, 张鹏²

(1. 浙江省交通运输厅工程质量监督局, 浙江 杭州 311215; 2. 河海大学岩土工程科学研究所, 江苏 南京 210098)

摘要: 围绕路基沉降控制和沉降观测问题, 基于将路中沉降转换为路外观测管中液位差的沉降观测原理, 提出一种路基沉降测量方法——埋入式激光沉降仪测量法, 介绍了该测量仪的工作原理, 并通过室内试验验证了该测量仪测量沉降量的精确度。对浙江省 77 省道龙湾—洞头延伸线疏港公路拓宽工程进行现场试验, 并阐述了现场埋设测量仪过程中应注意的问题。最后与传统的沉降观测设备沉降板观测结果进行对比, 结果表明埋入式激光沉降仪和沉降板观测结果基本一致, 在实际应用中具有一定的优势和可靠性。

关键词: 埋入式激光沉降仪; 沉降监测; 观测方法

中图分类号: U416.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-7647(2014)S2-0042-03

近年来, 随着我国经济的高速发展, 高速公路工程建设规模大、发展速度快, 高速公路的沉降问题和地基处理问题得到了越来越多的重视, 投入也在逐步增加, 但从已通车高速公路的情况来看, 沉降控制问题依然是软土地区高速公路建设的最重要的问题之一^[1-2]。现代化的交通对沉降的要求尤其严格, 高速公路的不均匀沉降会引起跳车、翻车等事故, 高速铁路、磁悬浮铁路、机场跑道上的微小沉降差都会带来灾难性的后果。由于地基土的复杂性, 在设计阶段很难做出精确的沉降量计算, 这就需要在施工过程中进行现场的沉降观测, 以便验证计算结果, 更合理地估计工后沉降。目前, 沉降观测方法比较多, 常用的有沉降板^[3]、分层沉降仪^[4]、PVC 管剖面沉降仪^[5]、滑动式沉降仪^[6]、水平测斜仪^[7]等。然而如何在多种监测方法中选择精度高、使用方便、施工干扰小、受气候影响小的监测方法尤为重要。本文基于振弦式孔隙水压力计方法, 提出一种路基沉降测量方法——埋入式激光沉降仪测量法。通过对浙江省 77 省道龙湾—洞头延伸线疏港公路拓宽工程路基沉降量的监测, 并将结果与传统的沉降观测方法——沉降板观测结果进行对比分析, 表明埋入式激光沉降仪在实际应用中具有一定的优势。

1 埋入式激光沉降仪工作原理

设某一点作为基准点(一般选取竖直观测管的

底端), 基准点与观测管液面之间高度为 H_0 , 传感器与观测管液面之间高度为 H_i 。通过测量传感器处的水压力可以计算 H_i ; 用水位测距法可以测出 H_0 , $\Delta_i = H_i - H_0$ 可看作传感器相对于基准点的高度。随着沉降的发生, 传感器随土体一起沉降, Δ 的值也会发生相应的变化, Δ 值的差 $\Delta_{i+1} - \Delta_i$ 即为沉降量 S , 如图 1 所示。

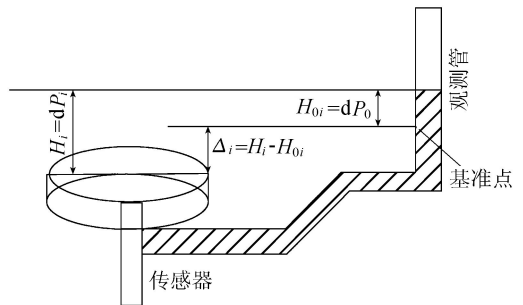


图1 埋入式激光沉降仪测量原理示意图

在室内试验中, H_i 测量采用高精度振弦式孔隙水压力计, 测出不同绝对高度的压力值 P_i , 通过水压力方程可以计算 H_i :

$$\rho g H_i = P_i \quad (1)$$

根据振弦式孔隙水压力计的测量原理^[8], 使用频率仪, 孔隙水压力值 P_i 可由下式计算:

$$P_i = K(f_0^2 - f_i^2) \quad (2)$$

式中: K 为孔隙水压力计的传感器系数; f_0 为钢弦的初始自振频率, Hz; f_i 为在孔隙水压力作用下的自振

频率,即第*i*次测得的频率仪读数,Hz。

对于*H*₀的测量,以观测管口为基准,利用手持式激光测距仪第*i*次测得液面到管口的距离记为*h_i*,则第*i*次测得的*H*₀为

$$H_{0i} = H - h_i \tag{3}$$

第*i*+1次测得的*H*₀为

$$H_{0i+1} = H - h_{i+1} \tag{4}$$

式中,*H*为观测管的长度,m。

第*i*次计算得到的Δ可表示为

$$\Delta_i = H_i - H_{0i} \tag{5}$$

第*i*+1次计算得到的Δ可表示为

$$\Delta_{i+1} = H_{i+1} - H_{0i+1} \tag{6}$$

则沉降值*S*为

$$S = \Delta_{i+1} - \Delta_i = H_{i+1} - H_i + h_{i+1} - h_i = \frac{K(f_i^2 - f_{i+1}^2)}{\rho g} + h_{i+1} - h_i \tag{7}$$

2 室内试验

2.1 试验仪器

试验仪器包括:振弦式孔隙水压力计;可控高度的升降平台;尼龙软管;储水筒、抽气筒、注水器;无气水;卷尺、剪刀、扳手、记录板等;手持式激光测距仪(含反射板);水管接头若干;观测管。

2.2 试验步骤

a. 检查仪器,包括激光测距仪、可升降平台、振弦式孔隙水压力计和频率仪的精确性,孔隙水压力计电缆的防水、绝缘性能,以及观测管和尼龙导管的气密性。

b. 连接好各部分仪器,截取一定长度直径为6 mm的尼龙导管,将其一端与观测管底部的接口相连,另一端与振弦式孔隙水压力计的承压端相连,并保证两接口段的气密性良好(见图2)。同时,将振弦式孔隙水压力计的电缆与频率仪端口连接好。

c. 向观测管和导管内慢慢地注入干净的无气水,同时排出导管内的空气,直至观测管内的水位达到一定高度,且保证整个导管内无气泡存在。

d. 布置好所有仪器设备:将振弦式孔隙水压力计固定在可升降平台上;将观测管竖直固定在墙上,其底部要高于孔隙水压力计的位置。

e. 旋转可升降平台的把手,使孔隙水压力计位于某一初始高度。打开频率仪电源,开始测量孔隙水压力计的初始读数*f*₁,并记录。同时用激光测距仪测量观测管内水面距管口的初始距离*h*₁,并记录。

f. 旋转把手,使孔隙水压力计随平台下降一定的距离*S*,并记录。稳定后,分别测量并记录频率仪和测距仪的读数,记为*f*₂和*h*₂。

g. 重复步骤6 *N*(*N*为重复步骤*f*的总次数,*N*=1,2,3,…)次,分别记为*f_i*与*h_i*,直至达到总沉降的要求为止。

h. 试验结束,拆除仪器,整理并归置完好。

2.3 数据处理与分析

室内试验中,分别单次下降1 mm、4 mm、8 mm、12 mm、16 mm、20 mm,测量前后两次的*f_i*与*h_i*并带入式(1)~(7)中,得出单次计算沉降值,将下降20次1 mm(4 mm、8 mm、12 mm、16 mm、20 mm)所计算的单次计算沉降值取平均值得到平均沉降计算值并与单次实际沉降值进行对比(见图3和表1)。本试验取*K*=5.27×10⁻² Pa/Hz²,*ρ*=1 000 kg/m³,*g*=9.8 m/s²。

图3 观测管内水面至管口的距离

表1 平均沉降计算值与单次沉降实际值的对比

单次沉降 实际值/ mm	平均沉降 计算值/ mm	方差	平均绝对 误差/ mm	平均单次 相对 误差/%	平均累积 相对 误差/%
1	1.10	1.49	0.1	1.29	1.75
4	3.96	1.05	-0.04	-0.61	-1.82
8	8.01	0.86	0.01	0.15	-0.32
12	12.03	1.24	0.03	0.22	-1.91
16	15.90	1.61	-0.10	-1.06	-2.37
20	19.80	2.92	-0.20	-2.04	-3.06

根据表1,可得单次沉降实际值和平均沉降计算值的平均绝对误差很小。产生误差的原因可能有:

a. 在测量过程中,观测管不可避免地会受外界

影响产生震动,造成管中反射板出现轻微的波动,从而导致激光测距仪前后两次读数不同,最终对计算沉降值产生影响。

b. 本试验用于模拟地基沉降可升降平台的自身误差,平台每次下降的距离不可能完全精确到理论要求的,其本身存在的误差也将直接影响最终的测量误差。

由于计算沉降值和实际沉降值差别很小,误差在可允许范围内,因此该埋入式激光沉降仪具有一定的可行性。

3 现场试验

浙江省 77 省道龙湾—洞头延伸线疏港公路工程灵霓海堤西段地貌属冲海积平原区,地形较为平坦,高程一般在 1.2 ~ 1.5 m。该地区浅部土层为海堤抛石体、淤泥或淤泥质粉质黏土,厚度约 35 m,具有高压缩性、高含水量、高灵敏度的特点。下部土层为黏性土,软塑状。

为进一步验证该埋入式激光沉降仪的可行性,选择 77 省道拓宽段 K14+300 断面,将埋入式激光沉降仪和沉降板同时埋入该断面下进行沉降观测。3 个月的沉降观测结果见图 4。

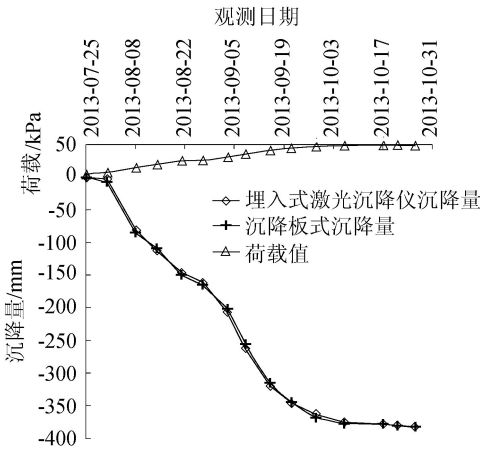


图 4 K14+300 时间-荷载-沉降曲线

通过图 4 可以看出,埋入式激光沉降仪和沉降板式观测设备观测的沉降-时间-荷载曲线基本吻合。

沉降板观测方法是目前工程中普遍采用的沉降观测方法,沉降板虽然构造、安装简单,成本相对低廉,但其存在以下缺点:①干扰施工;②量测时效率降低;③后期投入的人力物力较高;④后期工后沉降存在安全隐患。

而埋入式激光沉降仪观测方法不干扰施工,操作方便,只需要测量振弦式孔隙水压力计频率和观

测管水位两个参数即可,效率得到提高,还可以测量上台位移。由图 4 可知两种观测设备所观测的数据差别不大,埋入式激光沉降仪具有较好的应用前景。

4 结 论

a. 埋入式激光沉降仪是一种基于将路中沉降转换为路外观测管中液位差的沉降观测方法。其工作原理是通过测量振弦式孔隙水压力计频率和观测管水位,将其转换为振弦式孔隙水压力计与观测管的相对位移来计算其实际位移。

b. 由室内试验可知计算沉降量和实际沉降量之间差别很小,在可允许范围之内,该埋入式激光沉降仪装置测量沉降具有一定的可行性。

c. 埋入式激光沉降仪在人力和物力投入上相对于沉降板式沉降仪要小,而且观测方便,不受施工影响亦不影响施工。现场监测实践证明,埋入式激光沉降仪和沉降板式观测设备所观测的沉降结果基本一致,说明埋入式激光沉降仪精度可以满足设计要求。

d. 埋入式激光沉降仪不仅可以测量施工期间的沉降值,也可用于对工后沉降进行监测。

参考文献:

[1] JTJ 017—96 公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].

[2] MESRI G, LO D O K. Settlement of embankments on soft clays[M]//YEUNG A T, FELIO G Y. Vertical-horizontal deformations of foundations and embankments. New York: Geotechnical Special Publication, 1994: 8-56.

[3] 袁怀宇. 公路工程中沉降板的应用[J]. 东北公路, 2003, 26(3): 79-80.

[4] 卢忠, 黄良, 万明军. 路基层沉降观测的方法与应用[J]. 山西建筑, 2007, 33(16): 281-282.

[5] 张红春, 候建军. PVC 管剖面沉降仪在高速公路路基沉降观测中的应用[J]. 公路, 2007(8): 84-86.

[6] 薛晓辉, 周乔勇, 梁伟. 滑动式沉降仪观测路堤沉降试验研究[J]. 铁道建筑, 2007(11): 52-53.

[7] 冯怀平, 岳祖润, 赵玉成. 水平测斜仪在路基沉降测量中的误差处理[J]. 石家庄铁道学院学报, 2001, 14(6): 51-54.

[8] 薛永辉, 陈宇. 振弦式传感器在大坝安全监测中的应用[J]. 水利水文自动化, 2006, 12(4): 39-42.

(收稿日期: 2014-09-30 编辑: 胡新宇)