

文章编号: 1002-0268 (2004) 01-0033-03

路基沉降监测方法应用研究

刘尧军, 赵玉成, 冯怀平

(石家庄铁道学院土木工程分院, 河北 石家庄 050043)

摘要: 介绍路基断面沉降监测常用的几种测试方法和测试原理, 并对它们各自的优缺点进行了对比研究, 指出采用水平测斜仪监测路基全断面沉降更为有效, 它具有不影响施工, 不受气候影响、操作方便、精度高等优点, 且数据处理简捷方便, 结果直观。文中结合具体工程, 重点介绍水平测斜仪的工作原理、测试过程 and 数据处理等内容, 并给出测试断面不同时期的沉降曲线和某一次测试的全断面沉降曲线。

关键词: 路基; 沉降监测; 水平测斜仪

中图分类号: U416.1

文献标识码: A

Research on Roadbed Settlement Monitoring Method

LIU Yao-jun, ZHAO Yu-cheng, FENG Huai-pin

(School of Civil Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, Hebei Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: The virtues and drawbacks of several general subgrade settlement monitoring methods are presented in this paper. Compared with other methods, the horizontal inclinometer is an efficient method, with advantage of no influence on construction, simply operation, high accuracy and easy for data processing. Based on practice, the principle, operation rules and the data processing of the horizontal inclinometer are emphasized.

Key words: Roadbed; Monitoring on settlement; Horizontal inclinometer

地基和路堤的沉降监测是软土路基施工中必不可少的重要一环。监测数据一方面可监视填土施工过程中地基的稳定性, 从而控制填土速率; 另一方面可据此推测地基的沉降变形规律, 控制路堤的工后沉降, 满足设计要求。目前, 沉降监测有多种方法, 常用的有: 监测桩、沉降杯、沉降板、磁环沉降仪、水压式剖面沉降仪和水平测斜仪等。如何在多种监测方法中选择具有精度高、使用方便、施工干扰小、受气候影响小的监测方法, 显得尤为重要。

1 沉降监测方法的比较

1.1 监测桩

用木桩和钢钎钉入土中, 用水准仪抄平, 即可测量土体表面的沉降量。此方法最简便, 但只能测定建筑物表面的沉降值, 无法测试土体内部某一位置的沉降, 对填土施工有干扰。

1.2 沉降杯

将盛水密闭容器置于土中, 容器上接出进水管、排水管和排气管至填土以外。进水管外部与观测量杯相连。容器灌水以后, 容器内部的水位与外部观测量杯的水位一致, 则可通过观测量杯中的水位得到容器的沉降。其优点是构造简单, 造价低廉, 缺点是 3 根管的埋设要求比较高, 如果埋设不平顺, 容易形成气泡阻塞水管, 使测试无法进行, 此方法比较少用。

1.3 沉降板

由底板和测杆、护套组成。底板为边长约 50cm、厚度 3cm 的钢筋混凝土板。测杆为直径 40mm 左右的钢管, 第一段垂直固定于钢筋混凝土板的中央, 随着填土高度的增加, 分段以丝扣接长测杆。测杆外套接塑料管保护, 以免测杆受外来扰动变形。

沉降板是目前沉降观测最常用的手段。其优点是造价低廉, 操作简便, 易于测试。但其弱点也很明

收稿日期: 2002-11-12

作者简介: 刘尧军 (1965 -), 男, 江苏人, 硕士研究生, 副教授, 主要从事岩土工程教学和科研工作。

显,主要是影响填土压实施工,压实机械经过时必须绕道而行,极为不便,机械经常撞坏沉降杆,且形成压实死角,降低压实质量。其次是一个沉降板只能测量路堤中一点的沉降。一个断面上多放几个沉降板影响压实施工的矛盾更突出。另外一个缺点是损坏后的补救非常困难。

1.4 磁环沉降仪

磁环沉降仪由分层沉降管、磁环、波纹管 and 分层沉降仪组成。在路基中间用钻机打孔至持力层,根据地质情况在相应深度处安装磁环,下好沉降管后,用膨胀土封孔,以便磁环和地层同步沉降,用分层沉降仪测量各磁环的位置,分别计算各地层的沉降量。其优点是操作简便,易于测试。其弱点同沉降板相似,主要是影响填土压实施工,机械容易撞坏沉降管,且形成压实死角,降低压实质量。

1.5 水压式剖面沉降仪

由沉降管和二次测试仪器组成。沉降管为一般的 PVC 管,二次测试仪器由探头、注水管、注水架组成,其工作原理见图 1。

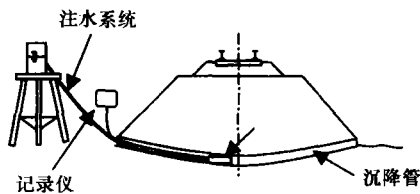


图 1 剖面沉降仪的工作示意图

探头内的主要元件是静水压力传感器。由于地基沉降的原因,探头处于不同位置时,静水压力传感器所受到的静水压力是不同的,记录不同的静水压力,据此可得到不同位置的高程,从而得到沉降值。剖面沉降仪测试的优点如下:(1)能够测定任意一点的沉降值,甚至可以测试整个剖面的连续沉降曲线,配置自动记录仪即可实现。(2)测试成本低。除了一次性投入二次仪器约 2 万元外,每次使用只需购买廉价每米 5 元左右的 PVC 管即可。(3)对填土施工无干扰。

剖面沉降仪测试除具有上述优点外,其缺点也比较突出。首先精度比较低。若要提高精度,需根据待测沉降的范围大小,配置若干不同灵敏度的探头,增加了二次仪器的造价。第二个缺点是测试操作比较复杂。整个系统不能方便携带,测试时需取水和注水。第三个缺点是受气候干扰大,寒冷地区无法使用;另外,温差大改变了水的密度,影响精度。

1.6 水平测斜仪

与水压式剖面沉降仪相似,水平测斜仪也由沉降管和二次测试仪器组成。不同的是水平测斜仪无需注

水系统,其沉降管是特制的 PVC 管。工作原理见图 2。

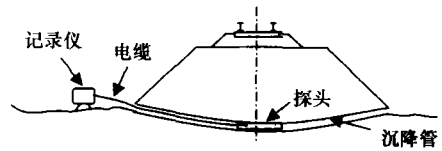


图 2 水平测斜仪的工作示意图

探头内的主要元件是伺服加速度传感器。由于地基沉降,探头处于倾斜方向,通过重力加速度在敏感水平轴上的投影,可精确测量探头的倾角,再根据探头长度得到探头两端的高程差,从而得到沉降值。其优点如下:(1)精度高。每次读数的误差小于 0.1mm,36m 长剖面测试的累计误差小于 2mm。(2)操作方便。整个测试系统可由一个人携带,移动非常方便。测试操作仅需两个人即可,一个人记录,一个人拉线。(3)可得到整个剖面的沉降曲线,测点间距最小为 0.5m。(4)对填土施工无干扰。(5)不受气候影响。二次仪器一次性投资约 2 万元。

水平测斜仪的不足主要是特制的 PVC 管造价比较高,每米 25 元左右,约为普通 PVC 管的 5 倍。

2 水平测斜仪沉降管的埋设、测试和数据处理

2.1 水平测斜仪沉降管的埋设与测试

在路基填筑过程中,当路堤填筑高度高于埋管位置 30cm 的填土压实以后,在垂直线路方向上开挖深和宽各 20cm 的矩形槽,整平槽底,将沉降管连接好后放入槽内,整理平整。沉降管埋设时,必须使管内十字凹槽对准水平和竖直方向,然后在沉降管两端放入护管,人工回填土夯实。护管埋设时,以使沉降管头在护管腔中居中为宜,切忌沉降管与护管的底部贴近,影响沉降管变形。

测试时,用普通绳索将探头及电缆拉至沉降管的起始端,然后拉导线,每 0.5m 刻度线处读数一次,直至沉降管的终止端。然后将测斜仪掉转 180 度进行第二次测试,读数。采用上述双向拉测法,可以消除仪器的系统误差,使测试精度得以保证。

用水准仪和现场的水准基点抄平,得到沉降管起始端的标高,从而根据沉降差可得到各读数点的标高。

2.2 数据处理

测试数据主要利用 Excel 及相应的处理程序对数据进行现场数据录入及室内数据整理。下面结合具体工程实例加以说明。

采用 ZCX 型土体测斜仪对某一软(下转第 50 页)

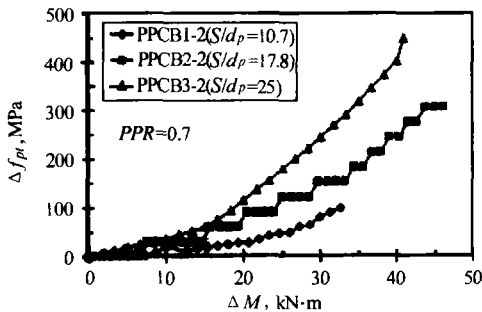


图 4 跨高比与应力增量间的关系

况。但由于各公式的各种限制条件，都无法直接用于体外 FRP 的应力计算。然而，这些限制条件均源于公式建立过程中大量试验数据和材料选择范围的局限性，而非公式本身的理论缺陷。当用 FRP 代替钢材时，全面考虑材料的各种性能，并在相关试验研究的基础上应不难得出用于体外 FRP 应力计算的公式。最后，从表 3 可知，端锚和转向块间体外束偏心距损失引起的早期破坏使得应力增量随跨高比增加而减少的结论不再成立。

(上接第 34 页) 土地基路堤进行沉降观测，地基为 3m 厚的粘砂土及 3.5m 淤泥质砂粘土，采用袋装砂井处理地基。在路堤的底层铺设沉降管，从 2000 年 9 月 8 日起对其进行施工监测。本次测试采用了双向拉测法，解决了现场标定测头安置误差不精确、繁琐的问题，及时、方便地测量了路基施工期间的沉降数据，取得了较好的测试效果。利用 Excel 及专门处理程序完成现场数据录入及数据整理。通过处理得到测试结果如图 3、图 4。图 3 示出了 2000 年 9 月 8 日、12 月 6 日及 2001 年 5 月 20 日 3 次测量的沉降管高程曲线图；图 4 为断面的沉降曲线图。从沉降曲线上可以看出路基沉降基本上是中间大、两侧小，但从断面的沉降图上看并不是对称沉降，沉降的最大点发生在距离管头 20m 处，这是其它测试方法无法测试的。

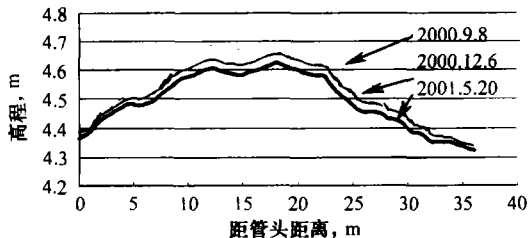


图 3 不同观测时期的沉降管曲线图

参考文献:

- [1] Naaman A E, Alkhairi F M. Stress at Ultimate in Unbonded Post-Tensioning Tendons: Part2-Proposed Methodology [J]. ACI Structural Journal, 1991, 88 (6): 683 - 692.
- [2] Harajli M H, Hijazi S A. Evaluation of the Ultimate Steel Stress in Partially Prestressed Concrete Members [J]. PCI Journal, 1991, 36 (1): 62 - 82.
- [3] Mutsuyoshi H, etc. Flexural Behavior and Proposal of Design Equation for Flexural Strength of Externally Prestressed Concrete Members [J]. Concrete Library of JSCE, No. 28: 65 - 77.
- [4] Tsuchida K, Mutsuyoshi H. Researches on Flexural Characteristics of Prestressing Beams with External Cables [J]. JCI 1994, 16 (2): 1009 - 1014.
- [5] Mutsuyoshi H, Machida A. Behavior of Prestressed Concrete Beams Using FRP as External Cable [J]. ACI SP - 138 - 25, 1993: 401 - 417.
- [6] EL-Hacha R, Elbadry M. Strengthening Concrete Beams with Externally Prestressed Carbon Fiber Composite Cables [C]. London FRPRCS-5, Thomas Telford, 2001: 699 - 708.
- [7] Debernardi P G, Taliano M. On Evaluation of Rotation Capacity for Reinforced Concrete Beams [J]. ACI Structural Journal, 2002, 99 (3): 360 - 368.

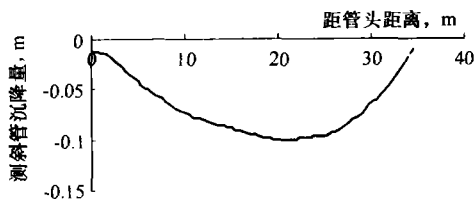


图 4 路基在 2001 年 5 月 20 日的全断面沉降曲线

3 结束语

路基沉降监测用于控制施工速度、预测路基工后沉降具有重要意义。通过对路基沉降多种监测方法的比较，水平测斜仪是一种观测路基全断面沉降的有效方法，它具有不影响施工、不受天气影响、操作方便、轻捷、灵活、精度高等优点。现有数据处理方法及程序满足现场数据的录入及后期的数据整理工作，数据处理简捷方便，是路基沉降监测方法中较为理想的方法。

参考文献:

- [1] 黎增丰, 等. 佛开高速公路软土路基沉降观测分析 [J]. 广东公路交通, 1999 (2): 26 - 30.
- [2] 刘少义, 李艳军. 软土地基施工检测方法 [J]. 公路, 2000 (1): 9 - 12.
- [3] 冯怀平, 等. 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, 2002, 14 (4): 51 - 54.