

摘要:结合 CFG 桩复合地基在轨道交通武清段的应用,对现场沉降板沉降数据进行了整理分析,并对其对应断面进行了双曲线预测分析,结果表明,预测的工后沉降小于 15 mm 的设计要求,武清段采用 CFG 桩复合地基方式是合理可行的。

关键词:CFG 桩,复合地基,轨道交通

客运专线高速化的同时,路基沉降问题也就成为线路不平顺、制约运行速度的关键因素[1-3]。客运专线的运行速度快,技术标准高,轨道结构多采用无砟形式,轨下基础受力十分复杂,对设计、施工、养护维修等各方面都提出了更高的要求,其中在松软土地基和软土地基上修建客运专线遇到的问题尤为突出[4-6]。

京津城际轨道交通工程是我国第一条开工建设的高等级客运专线,从北京南站到天津站,设计时速达 350 km,2008 年 8 月已投入运营。京津城际规范要求工后沉降控制在 15 mm 之内,路基采用了 CFG 桩复合地基处理形式。由于高速铁路对承载力要求高,但对抗剪能力要求不高,因此去掉桩中的配筋,掺入粉煤灰来改善混凝土的和易性,桩体强度可在 C5~C20 之间变化[7]。当基础承受垂直荷载时,桩和桩间土都要发生沉降变形。桩的变形模量远比土的变形模量大,因此桩比桩间土的沉降小,由于基础下面设置了一定厚度的褥垫层,保证在任一荷载下桩和桩间土始终参与工作。为了改善桩板复合地基造价相对较大和桩网复合地基加固效果相对较差的状况,提出了桩+水泥土复合地基形式[8,9],在桩和路堤之间设置水泥土作为过渡层,并在桩和水泥土之间设置调整桩土应力分配的碎石垫层。

1 工程条件概况

京津城际轨道交通武清段主要地层情况为:淤泥质粉质黏土,褐黄色~灰褐色,流塑~软塑,厚 3.5 m~7.5 m;粉质黏土,软塑,褐黄色,厚 0 m~1.5 m;粉土,密实,褐黄色,厚 1.0 m~2.3 m;淤泥质粉质黏土,褐黄色~深灰色,流塑,厚 2.8 m~8.5 m;粉质黏土,软塑~硬塑,褐灰色,局部夹砂层、粉土、黏土透镜体,地下水埋深 0.6 m~2.5 m。

随着沉降控制标准的提高,沉降控制措施加强,设置支挡结构可以缩小征地面积和地基加固范围。CFG 桩加固深度为 28 m,桩间距统一按 1.5 m×1.5 m 的正方形布置。

2 现场沉降分析

沉降板于预压土施工前设置,沉降板由钢板或钢筋混凝土底板、测杆和保护套组成(见图 1)。沉降板采用 C15 混凝土预制,底板尺寸为 50 cm×50 cm×3 cm,测杆采用 40 mm 的钢管,与底板固定在垂直位置上,保护管采用塑料套管,套管尺寸以能套住测杆并使标尺能进入为宜,随着填土的增高,测杆套管也相应接高,每节长度不超过 50 cm。接高后测杆顶面略高于套管上口,测杆顶用顶帽封住管口,避免填料落入管内而影响测杆下沉的自由度,顶帽高出碾压面的高度不大于 50 cm。本文取武清段 DK81+550 路基作为分析对象,见图 2。

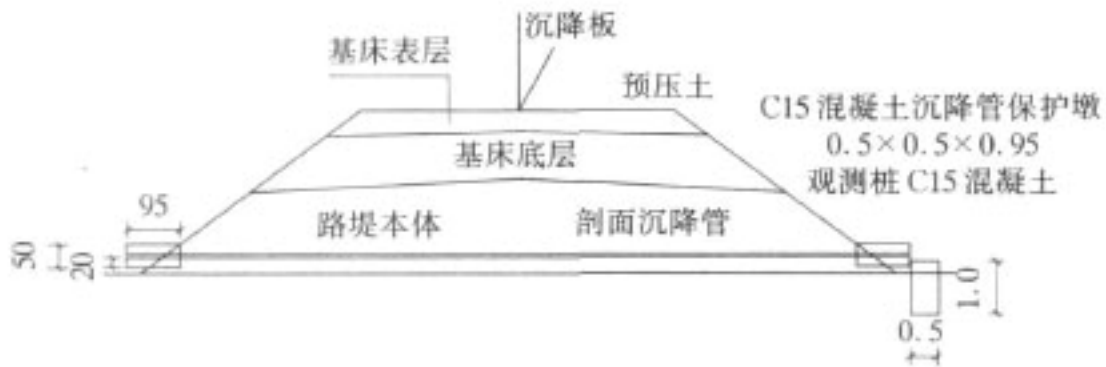


图 1 路基沉降管埋设示意图 1:100

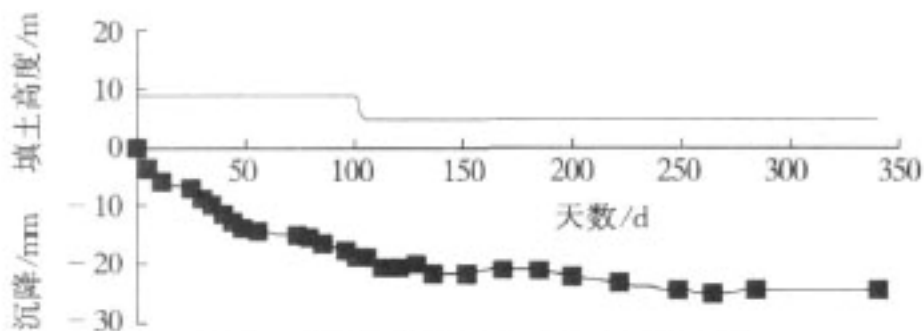


图 2 沉降板 DK81+550 沉降曲线

DK81+550 位于站场区内,观测数据时间为 2007.5.10~2008.6.12,其中,堆载期 2007.5.10~2007.9.25,铺轨完成时间 2007.10.7~2007.11.23。由图 2 可看出,断面的沉降主要出现在前 4 个月,卸载后沉降仍然持续了大概 1 个月。预压期该断面总沉降量为 18.6 mm,说明堆载时间短,软土固结沉降尚未完全真正达到稳定;预压前 1 个月,2 个月内沉降速率为 5 mm/月~6 mm/月,第 3 个月沉降速率为平均 2 mm/月~3 mm/月。而卸载后第 1 个月沉降速率为 2 mm/月;5 个月,6 个月后沉降达到稳定,沉降速率仅为 0.7 mm/月,卸载后沉降量占总沉降量的 87%。但沉降曲线逐渐平直,说明路基沉降趋于稳定。

3 沉降预测分析

根据工程实践经验,沉降预测要经过 3 个~6 个月恒载的观测才能建立。通过沉降观测资料的整理分析,并通过曲线回归,对其工后沉降进行预测,评判其卸载标准。根据国外高速铁路路基上无砟轨道建设经验,当回归曲线的相关系数不低于 0.92 时,所确定的沉降变形趋势是可靠的;当间隔一定时间的两次预测的偏差小于 8 mm 时,说明预测是稳定的[10]。本文主要采用双曲线法进行评估,如图 3,图 4 所示。

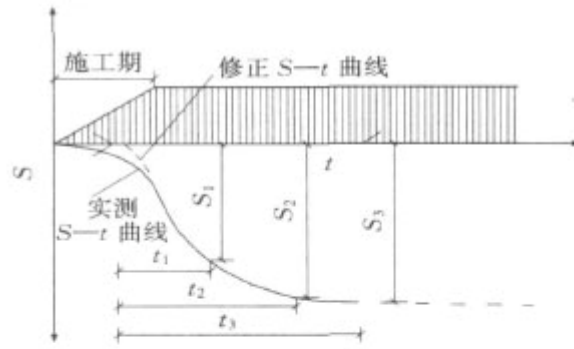


图3 路基累积沉降随时间变化曲线

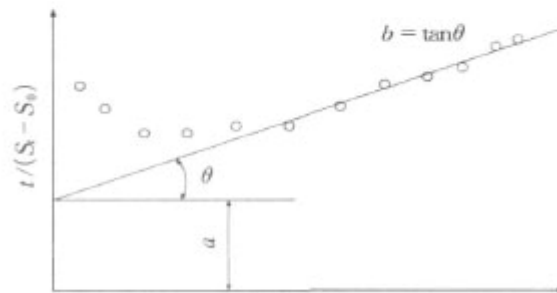


图4 双曲线预测法线性变换图

双曲线法方程为:

$$S_t = S_0 + t / (a + bt) \quad (1)$$

$$S_f = S_0 + 1/b \quad (2)$$

其中, S_t 为时间 t 时的沉降量; S_f 为最终沉降量, $t = \infty$; S_0 为初期沉降量, $t = 0$; a, b 分别为载荷不再变化后的实测数据经过回归求得的系数。

从图 5 可以看出, 对其测试数据进行回归分析, 以达到 75% 的最终沉降值作为判断依据。相关系数 0.97, 最终沉降 26.8 mm, 预计工后沉降 3.89 mm, 小于 15 mm 的工后沉降标准。

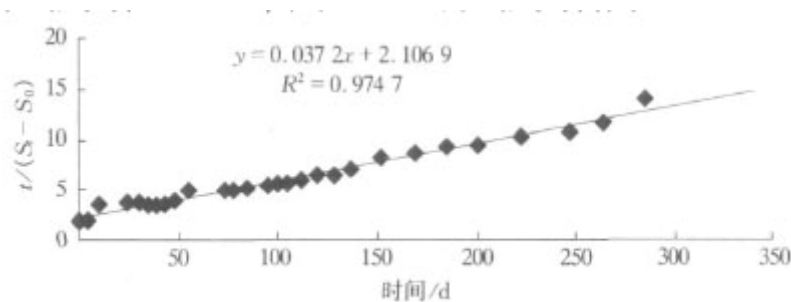


图5 DK81+550 双曲线法评估曲线

4 结语

本文对京津城际轨道交通武清段 CFG 桩复合地基的沉降进行了现场分析和沉降预测, 结果表明, 由于路基预压时间不足, 路基的沉降量主要出现在前 6 个月, 其沉降量占总沉降量的 87%; 双曲线预测的工后沉降为 3.89 mm, 小于 15 mm 工后沉降设计标准; CFG 桩复合地基在武清区深厚软土处理中为合理的处理形式。

参考文献:

- [1] 王其昌. 高速铁路土木工程[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1999.
- [2] 卢祖文. 解决关键技术发展无砟轨道[J]. 中国铁路, 2005(1): 16-19.
- [3] 卢祖文. 高速铁路基础设施的重大技术问题[J]. 中国铁路, 2004(8): 11-13.



- [4]胡 建.浅谈秦沈客运专线东段软土及松软土基底上修筑路基的施工实践[J].路基工程,2002(6):50-54.
- [5]顾湘生.客运专线路基工程几个问题的讨论[J].铁道工程学报,2005(1):31-38.
- [6]Josef Eisenmann.Railroad track structure for high-speed lines[J].Railroad Track Dynamics and Technology,2005(5):39-61.
- [7]闫明礼,张东刚.CFG 桩复合地基技术及工程实践[M].第 2 版.北京:中国水利水电出版社,2006.
- [8]冯海宁,龚晓南.刚性垫层复合地基的特性研究[J].浙江建筑,2002(2):26-28.
- [9]费 康,刘汉龙,高玉峰.路堤下现浇薄壁管桩复合地基工作特性分析[J].岩土力学,2004,25(9):1390-1396.
- [10]中华人民共和国铁道部.[2006]158 号客运专线铁路无碴轨道铺设条件评估技术指南[M].北京:中国铁道出版社,2006.

