

文章编号:1005-0523(2009)06-0001-05

某标段公路软土地基沉降观测及处置

徐建云¹,喻乐华²,杨建平¹,金理强¹

(1.上饶市公路管理局,江西 上饶 344000; 2.华东交通大学 土木建筑学院,江西 南昌 330013)

摘要:以地处沿海软土地地区公路某标段路基的 11 个代表性断面在路堤堆载期和预压期监测获得沉降观测数据为基础,用对数曲线方程进行拟合地基表层沉降预测方程并应用其预测各断面不同时期地基沉降,通过汇总该标段各断面资料综合分析地基的变形程度和路堤的稳定性,提出了在工后沉降超标段消减工后沉降措施和过渡路面结构替代永久性路面结构的施工改建优化方案。

关键词:软土地基;沉降;观测;预测;施工

中图分类号:U416;TU27

文献标识码:A

多年来国内外公路建设中的一个重大技术课题就是在软土地基上修筑公路进行加固处理,由于各地软土性质的差异,计算理论数学模型的不同,以及勘察手段、施工工艺的差别,使软土地基路堤问题更为复杂和突出。沿海发达地区从 80 年代开始,在二十几年的软土监测工程实践中,摸索了一些路基稳定性判别方法^[1-5]。本文对珠江三角洲软土地地区一级公路某个标段(K8+600-K13+600)路基选择 11 个典型断面堆载期和预压期地基沉降全过程、全方位的监测,用对数曲线方程拟合分析沉降观测数据得到地基表层各断面沉降预测方程并预测其各个时期的地基沉降结果,综合该标段各断面地基沉降和工后沉降资料分析地基的变形程度和路堤的稳定性,提出了在工后沉降超标段消减工后沉降措施和过渡路面结构替代永久性路面结构的施工改建优化方案。

1 工程概述

该公路地处珠江三角洲滨海相沉积区,平原微丘地形区;公路设计标准新建一级,全长 44.777 4 公里,全线采用双向四车道一级公路标准,路基宽度 25.5 m,桥涵与路基同宽,沥青混凝土路面,设计使用年限 15 年,设计弯沉值 0.227 mm。全线路基大都处于软弱土地之上,淤泥呈流型塑状、最大层厚深达 38 m,其具有含水量高、孔隙比大、压缩性高、力学性质差等特点。设计采用排水固结法、复合地基等方法进行软基处理。

2 路基典型断面沉降观测及预测

由于该一级公路路基绝大部分处于软土地基之上,为保证路基施工安全与工程质量,设计要求必须进行软基处治施工监测;并以这些观测数据为基础,用对数曲线方程进行拟合地基表层沉降预测方程;用该预测方程预测各断面在各时期的地基沉降结果。

2.1 路基典型断面的选定和监测

通过典型断面的监测结果来指导工程的施工,最大限度地保证软基的稳定,这就要求典型断面应该是该路段软基稳定性能最不理想的断面。我们选取了路段内含水量最高、孔隙比最大、承载力最低、预计沉降量最大、软土层相对最厚的地段作为典型断面。由于软基地区的软基特性变化比较大,因而该标段公路软基施工监测共选取了 11 个典型断面。

该一级公路软基监测实施过程中,监测人员在现场埋设了大量的观测仪器设施:表层沉降板 3 块分别

收稿日期:2009-05-25

作者简介:徐建云(1960-),男,江西铅山人,高级工程师。

位于路基中央和左、右幅侧,分层沉降标 3 块在路基中轴不同高程位,孔压计位于路基中央 2 只和左、右幅各 1 只,位移边桩 2 根位于路基左、右幅边侧,测斜管 2 孔(平均每孔以 26 m 计)位于路基左、右幅边侧。近 3 年来进行了总沉降、分层沉降、侧向位移、孔隙水压力等多项试验观测,取得了较为完整而丰富的观测资料。

2.2 典型断面沉降观测数据

本文以典型断面 K12+350 为例说明,其地基沉降观测结果代表数据列表 1。

表 1 K12+350 断面地基沉降观测结果

观测日期	时间 /d	本期 /mm	累计 /mm	沉降速率 /mm·d ⁻¹	观测日期	时间 /d	本期 /mm	累计 /mm	沉降速率 /mm·d ⁻¹
05-09-02	0	0	0	0.00	06-09-15	4	3	901	0.75
05-10-17	45	60	60	1.33	06-09-24	3	1	904	0.33
05-11-10	24	60	120	2.50	06-09-29	1	0	906	0.00
05-11-29	19	30	150	1.58	06-10-08	9	4	910	0.44
05-12-08	9	19	169	2.11	06-10-16	3	0	913	0.00
05-12-17	9	24	193	2.67	06-10-28	3	8	944	2.67
05-12-27	5	13	226	2.60	06-11-06	3	8	958	2.67
05-12-30	3	16	242	5.33	06-11-18	3	-2	966	0.67
06-01-07	2	10	256	5.00	06-11-27	3	1	975	0.33
06-01-17	5	3	263	0.60	06-12-06	3	0	979	0.00
06-02-25	6	19	366	3.17	06-12-12	3	1	980	0.33
06-03-03	6	13	379	2.17	06-12-22	3	3	993	1.00
06-03-12	6	11	399	1.83	06-12-28	3	-1	990	0.33
06-03-20	3	5	421	1.67	07-01-09	12	13	1 003	1.08
06-03-30	10	28	449	2.80	07-01-12	3	1	1 004	0.33
06-04-10	11	46	495	4.18	07-01-19	4	0	1 004	0.00
06-04-21	3	18	563	6.00	07-01-24	2	8	1 011	4.00
06-04-27	3	24	613	8.00	07-02-02	4	3	1 016	0.75
06-05-06	6	14	649	2.33	07-02-08	4	1	1 018	0.25
06-05-16	4	25	687	6.25	07-02-10	2	1	1 019	0.50
06-05-25	5	24	730	4.80	07-03-08	26	25	1 044	0.96
06-06-03	9	29	759	3.22	07-03-20	6	1	1 055	0.17
06-06-11	4	11	784	2.75	07-03-27	4	1	1 058	0.25
06-06-22	5	12	812	2.40	07-04-16	20	3	1 061	0.15
06-06-29	4	12	832	3.00	07-04-29	13	2	1 063	0.15
06-07-07	4	12	850	3.00	07-05-12	13	0	1 063	0.00
06-07-12	5	3	853	0.60	07-05-28	16	4	1 067	0.25
06-07-25	3	0	868	0.00	07-06-17	20	10	1 077	0.50
06-08-07	13	12	880	0.92	07-07-11	24	12	1 089	0.50
06-08-16	2	0	885	0.00	07-08-18	38	10	1 099	0.26
06-08-30	3	2	892	0.67	07-09-27	40	7	1 106	0.18

2.3 典型断面沉降曲线及预测结果

根据在软土地基路堤的堆载期和预压期对各典型断面进行了地表沉降的监测数据,即可对软土地基的沉降和工后沉降进行预测。以表 1 地基沉降观测数据用对数曲线法拟合方程做出典型断面 K12+350

地基沉降预测曲线如图 1,对应的沉降预测方程为式(1)。

$$S_t = 1\,265.787\,7(1 - 1.206\,9\,e^{-0.003\,662\,t})$$

(1)

式中: S_t 为 t (d)时间的沉降量,mm;相关系数 $R = 0.982\,1$ 。

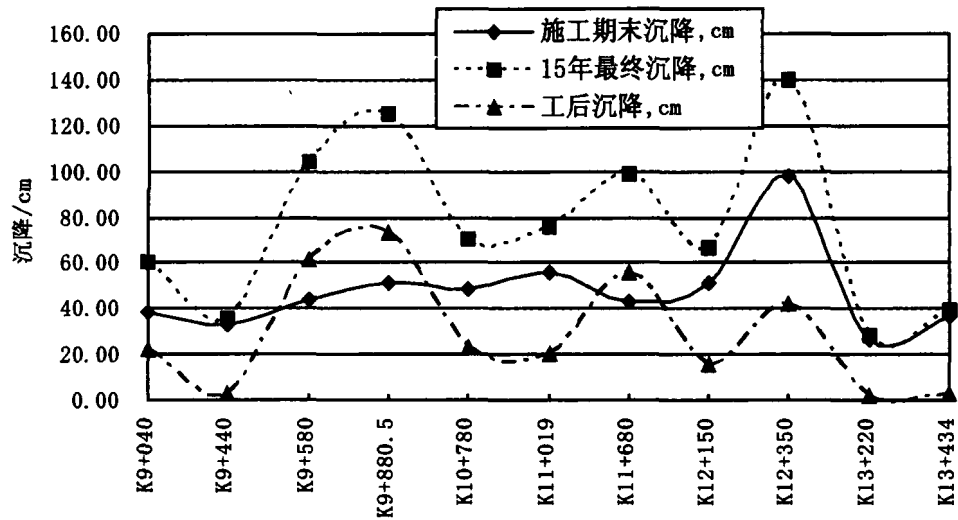


图 1 本标段各断面沉降分布曲线

表 2 各断面沉降汇总表

断 面	施工期末沉降/cm	15 年最终沉降/cm	工后沉降/cm
K9 + 040	38.24	60.14	21.90
K9 + 440	32.50	35.35	2.85
K9 + 580	43.66	104.58	60.91
K9 + 880.5	51.42	124.87	73.45
K10 + 780	48.07	70.58	22.51
K11 + 019	56.07	75.89	19.82
K11 + 680	42.51	98.39	55.87
K12 + 150	50.79	66.73	15.94
K12 + 350	97.61	139.68	42.07
K13 + 220	26.19	28.45	2.25
K13 + 434	36.84	39.66	2.82

可以看出,断面地表沉降的变化趋势符合对数曲线特性,相关系数 $R > 0.98$,该拟合方程精度可以满足工程要求。由此可得预测典型断面 K12 + 350 各期沉降值列入表 2 及图 1。根据沉降预测结果,该断面得到的工后沉降很大,超过了一般路段工后沉降小于 30 cm 的设计处理标准^[6,7],建议对该断面所控制的地基范围采取相应的施工处理措施。

3 标段路基沉降观测及预测

与上述典型断面 K12 + 350 沉降观测和预测类似,本标段其它 10 个断面沉降预测结果汇总于表 2 及图 1。从上述图表可知:该标段工后沉降推算值较大的路段在 K9 + 580 ~ K9 + 880 段以及 K11 + 680 和 K12 + 350 断面附近,分别为 60.91,73.45,55.87,42.07 cm 均已超过设计标准(< 30 cm);而 K9 + 440 断面附近路段及 K13 + 220 ~ K13 + 434 段的工后沉降相对较少。经统计得出本标段工后沉降超过规定值的路段见

表 3。

表 3 本标段各期沉降超标路段统计表

施工期末沉降超标段	长度/m	15 年沉降超标段	长度/m	工后沉降超标段	长度/m
k9+040~k13+220 k13+360~k13+434	4 254	k9+040~k13+220 k13+360~k13+434	4 254	k9+510~k10+630 k11+180~k11+970 k12+250~k12+650	2 310

4 路基沉降预测结果的应用

该标段软基尚处于不稳定状态,各路段的沉降差较大,可通过部分超载、局部修筑过渡路面等方式解决。

4.1 消减工后沉降措施

从上述路基的工后沉降预测结果看,标段 46% 的地基范围工后沉降严重不满足规范要求,工后沉降严重的地段软土地基处理在预压期内没有达到消除工后沉降的目的,为此采取以下技术措施:(1) 减小砂井的设计间距:本段有些路段软基很深厚,淤泥层厚 18~34 m,而该区间砂井的打设深度为 18~20 m,在砂井处理区以下还有比较厚的软土下卧层,下卧层固结速度慢,工后沉降自然较大。在如此深厚软土层、工后沉降大的区间,将原设计的砂井间距 1.5 m 减小到 1.2 m,软土地基的固结速度会有所加快,工后沉降也将随之减小;(2) 增加堆载预压时间或超载预压:本路段的软基处理预压时间为 12 个月,从沉降监测结果和工后沉降预测结果看,预压时间还不能满足工后沉降的要求,应该增加堆载预压时间,或考虑在软土厚、工后沉降大的区间进行超载预压,以缩短预压时间,减小工后沉降。

4.2 优化路面结构方案

本标段工后沉降超过标准要求的总长 2 310 m,占该标段长的 46%。原路面结构方案为设计使用年限 15 年的永久式路面,而面对全线如此多工后沉降超标路段,在工后沉降较大的情况下,所采用的半刚性基层路面结构对路基沉降和不均匀沉降的适应性差,对结构应力的消散能力差,容易使基层产生反射裂缝造成路面早期破坏,影响路面的使用寿命。因此,对全线全部采用永久路面是不合适的。本标段工后沉降超标地段要到 4.4 年后最终沉降才陆续趋于稳定,进一步说明如在这些路段修建永久路面,由局部路段过大的工后沉降将导致永久路面结构产生早期破坏,影响路面的行车安全性、舒适性和使用寿命,造成较大的投资损失和不良的社会影响。所以,建议在工后沉降超标路段修建适宜的临时过渡路面,为稳妥起见,临时过渡路面设计使用年限全线综合取为 4.4 年。作为控制设计,此时间也作为今后由过渡路面结构恢复为永久性路面结构的临界时间。

5 结论

综合上述分析讨论内容,可以总结得出以下结论。

软土地区一级公路路基施工典型断面在堆载期和预压期监测获得沉降观测数据,用对数曲线方程进行拟合得到地基表层沉降预测方程为 $S_t = 1\,265.787\,7(1 - 1.206\,9 e^{-0.000\,366\,2 t})$,应用该方程可预测断面各不同时期地基沉降结果。

本标段(k8+600~k13+600)11 个断面沉降预测结果表明:工后沉降推算值较大且超过设计标准(<30 cm)的三路段在 K9+580~K9+880 段(60.91,73.45 cm)以及断面 K11+680 附近(55.87 cm)和断面 K12+350 附近(42.07 cm)。经统计得出本标段 46% 的地基范围工后沉降严重不满足规范要求。

建议对工后沉降较大且超过设计标准的路段地基采取相应的施工处理措施:减小砂井的设计间距和增加堆载预压时间或超载预压以减小工后沉降;在工后沉降超标路段修建适宜的临时过渡路面。

参考文献:

- [1] 周焕云,黄晓明.高速公路软土地基沉降预测方法综述[J].交通运输工程学报,2002,(4):10-13.
- [2] 汪祖民.高速公路软土地基沉降变形监测分析与预报[J].苏州科技学院学报,2004,(2):37-43.
- [3] 王东耀,折学森,叶万军,王 琛.高速公路软基最终沉降预测的范例推理方法[J].长安大学学报(自然科学版),2006,26(1):20-23,42.
- [4] 张慧梅,李云鹏,毛 成.神经网络在软土地基路基沉降预测中的应用[J].长安大学学报(自然科学版),2002,22(4):20-22.
- [5] 叶观宝,司明强,赵建忠,等.高速公路沉降预测的新方法[J].同济大学学报(自然科学版),2003,31(5):540-543.
- [6] JTJ 017-1996.中华人民共和国行业标准.公路软土地基路堤设计与施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,1997.
- [7] JTG F10-2006.中华人民共和国行业标准.公路路基施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2006.

Observation and Disposal of Soft Ground Settlement in a Bid-section of Highway

XU Jian-yun¹, YU Le-hua², YANG Jian-ping¹, JIN Li-qiang¹

(1. Shangrao City Administration of Highways, Shangrao, 334000, China; 2. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang, 330013)

Abstract: Based on measuring data of settlement of 11 example sections of soft ground in the district of Highway located in coastal region during loading and pre-pressing period, the paper presents a better fitting-formula to calculate and predict settlement of soft ground. With application of the formula, total settlement of soft ground at any time has been calculated, and settlement of soft ground after construction has been predicted. Through a comprehensively analyzing all the deformation of the foundation and the stability of the embankment, the paper presents an optimizing plan that reducing settlement in area of excessive settlement and transitional road structure may take the place of construction of pavement road structure.

Key words: soft ground; settlement; observation; prediction; construction

(责任编辑:王全金)