

路基沉降观测期对评估结果的影响及其合理控制

宋 剑¹, 李明领¹, 周全能², 秦尚林³, 许锡昌³

(1. 武广铁路客运专线有限责任公司, 武汉 430060 2 中铁第四勘察设计院集团有限公司工程承包公司, 武汉 430063
3 中国科学院武汉岩土力学研究所岩土力学与工程国家重点实验室, 武汉 430071)

摘要: 沉降观测期的合理控制是涉及工程质量、进度与造价的关键技术难题。结合武广铁路客运专线路基沉降实测数据, 对路基沉降特征进行了深入研究。根据沉降的发展趋势, 将沉降-时间曲线可分为 3 种类型, 并提出了相应的观测期控制标准。第 I 类, 路基填筑完成 6 个月内沉降已基本趋于稳定, 沉降时程曲线表现为较平滑、规律的收敛曲线, 对于该类观测数据, 沉降观测期可适当缩短。第 II 类, 路基填筑完成后, 沉降快速趋于稳定, 却在中途出现突然增长, 而后又逐步趋于稳定, 对于该类观测数据, 应在沉降突变后继续观测不少于 2~3 个月, 待沉降稳定后, 方能进行评估。第 III 类, 路基填筑完成后, 沉降继续发展, 沉降速率未明显减小, 未见稳定趋势, 该类观测断面应引起观测单位和建设单位的重视, 延长观测期, 必要时采取工程处理措施。

关键词: 武广铁路客运专线; 路基; 沉降评估; 观测期

中图分类号: U238 U213.1⁺57 文献标识码: A

文章编号: 1004-2954(2010)02-0004-03

1 概述

要实现铁路客运专线快速、舒适和安全的运营, 需要平顺且稳定的线路, 这就要求严格控制线下结构的沉降变形。由于设计计算还无法有效地控制轨道的工后沉降和变形。因此, 在铺设无砟轨道前, 应对线下构筑物变形作系统的评估^[1~3]。

为掌握路基沉降发展趋势, 反馈控制路基工后沉降, 《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》提出了较为严格的沉降观测期要求, 较长的观测期成为影响工程进度的拦路虎。因此, 急需弄清路基沉降观测期对评估结果的影响, 进而探讨其合理控制问题。

为解决此问题, 结合武广铁路客运专线路基沉降实测数据, 对路基沉降变形的稳定时间进行系统研究, 进而探讨路基沉降观测期合理控制标准, 以解决建设进度与高技术要求之间的矛盾。

2 路基沉降规律及其分类

结合大量铁路客运专线路基沉降实测数据, 对路基沉降变形的稳定时间进行系统的分类和研究。根据沉降发展趋势, 其沉降-时间曲线可分为 3 种类型。

收稿日期: 2009-12-30

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向性项目 (kzcx2-yw-150)

岩土力学与工程国家重点实验室重点项目 (SKL08032)。

作者简介: 宋 剑 (1963-) 男, 高级工程师。

(1) 第 I 类曲线

主要特征为, 路基填筑期间, 沉降变形明显增长, 填筑完成后, 沉降速率逐步减小, 沉降变形在 6 个月内已基本趋于稳定。沉降过程表现为较平滑、规律的收敛曲线。其典型曲线见图 1。

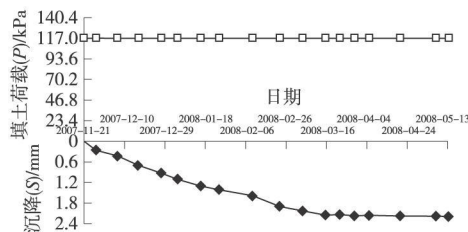


图 1 第 I 类典型曲线 (DK1 608+623 路基 P-T-S 曲线)

(2) 第 II 类曲线

主要特征为, 路基填筑完成, 沉降逐步趋于稳定的过程中, 却在中途出现突然增长, 沉降速率明显变大, 尔后又逐步趋于稳定。沉降过程表现为具有明显拐点、呈台阶状发展的收敛曲线。其典型曲线见图 2。

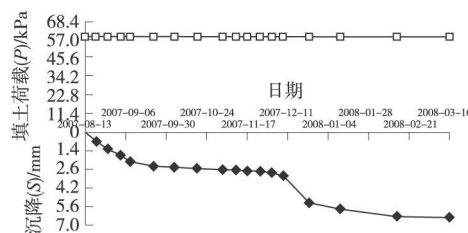


图 2 第 II 类典型曲线 (DK1 803+475 路基 P-T-S 曲线)

(3) 第 III 类曲线

主要特征为, 路基填筑期间, 沉降变形开始增长, 填筑完成后, 沉降变形继续发展, 沉降速率未明显减小, 在填筑完成 6 个月后未见稳定趋势。其典型曲线见图 3。

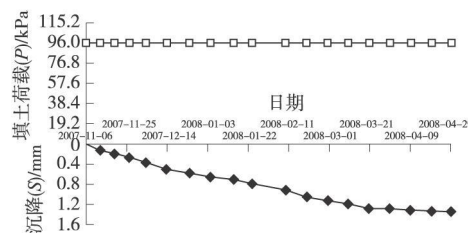


图 3 第 III 类典型曲线 (DK1 639+628 路基 P-T-S 曲线)

3 观测期对评估结果的影响及其合理控制

以下针对 3 种类型的沉降过程曲线, 选择具有代

代表性的观测断面, 分别以填筑完成后 3、4、5、6 个月的观测数据进行分析预测, 对比其稳定趋势和分析预测结果的可靠性、准确性, 探讨路基沉降变形的稳定规律和合理观测期。

3.1 第 I 类

客运专线路基沉降-时间曲线绝大多数为第 I 类曲线, 其中代表性观测断面的分析计算结果列于表 1。

表 1 第 I 类曲线代表性断面预测分析成果

观测断面里程	观测时间 / 月	当前观测沉降量 / mm	稳定性趋势	$S_x / S(\infty)$	计算工后沉降量 / mm
DK1 803+999	3	4.30	×	0.64	1.80
	4	4.90	×	0.79	1.67
	5	5.30	○	0.84	1.76
	≥6	6.20	○	0.95	1.85
DK1 804+100	3	3.90	×	0.58	1.76
	4	4.40	×	0.81	1.38
	5	4.70	○	0.85	1.41
	≥6	5.55	○	0.96	1.47
DK1 608+504.58	3	1.76	×	—	—
	4	1.99	×	0.42	3.75
	5	2.03	○	0.82	0.70
	≥6	2.04	○	0.94	0.48
DK1 608+530	3	2.40	×	0.66	0.98
	4	2.41	○	0.91	0.51
	5	2.40	○	0.98	0.44
	≥6	2.43	○	1.00	0.42
DK1 608+623	3	1.90	×	0.56	0.98
	4	2.14	×	0.67	0.89
	5	2.18	○	0.82	0.61
	≥6	2.19	○	0.93	0.41
DK1 608+780	3	1.73	×	0.72	0.74
	4	1.87	×	0.82	0.69
	5	1.92	○	0.92	0.58
	≥6	1.92	○	0.97	0.52
DK1 608+988	3	1.73	×	0.54	1.85
	4	1.82	×	0.68	1.42
	5	1.85	○	0.82	1.03
	≥6	1.86	○	0.95	0.77
DK1 609+227	3	1.83	×	0.54	1.53
	4	2.03	×	0.64	1.40
	5	2.08	○	0.87	0.78
	≥6	2.10	○	0.95	0.65

注: ○—稳定; ×—不稳定(下同)。

从图 1 可以看出, 第 I 类曲线主要表现在前期沉降发展较快, 尔后沉降逐步趋缓, 并在填筑完成 6 个月已基本趋于稳定。从表 1 的计算结果可以看出:

(1) 路基主体填筑完成 3 个月内: 沉降变形趋势不稳定, 处于继续发展阶段;

(2) 路基主体填筑完成 3~4 个月内: 部分断面沉降变形逐步趋于稳定, 但分析预测结果很难满足《评估技术指南》的要求, 表明预测结果不可靠和不准确, 隐含着较大的风险;

(3) 路基主体填筑完成 4~6 个月内: 沉降速率明

显减小, 沉降趋势逐步趋于稳定, 分析预测结果显示, 评估核心指标一般能满足《评估技术指南》的要求, 但部分断面控制性指标与《评估技术指南》的要求相差较大, 表明预测分析成果不一定可靠, 存在一定的风险。

(4) 路基主体填筑完成 6 个月以上: 沉降变形趋势已基本稳定, 分析预测的结果较好, 一般均能满足《评估技术指南》的各项要求。

鉴于以上研究成果, 建议对严重影响整体施工进度等特殊工点, 在沉降变形趋势已基本稳定的条件下, 路基沉降观测期可放宽至 4 个月以上, 容许其提前进行沉降评估, 并在后续施工阶段中继续加强观测。

3.2 第 II 类

第 II 类曲线所占比重较小, 但比较典型, 相应的分析计算结果列于表 2。

表 2 第 II 类曲线代表性断面预测分析成果

观测断面里程	观测时间 / 月	当前观测沉降量 / mm	稳定性趋势	$S_x / S(\infty)$	计算工后沉降量 / mm
DK1 803+380	3	3.60	○	0.69	1.46
	4	3.75	○	0.75	1.27
	5	5.45	×	0.72	1.88
	≥6	5.75	○	0.79	2.65
DK1 803+475	3	2.80	○	0.99	0.75
	4	3.20	○	0.87	1.26
	5	5.70	×	—	—
	≥6	6.30	○	0.89	1.97
DK1 804+100	3	3.33	○	1.00	0.85
	4	3.43	○	1.00	0.92
	5	4.43	×	—	—
	≥6	5.93	○	0.90	2.10
DK1 343+389.75	3	1.27	○	0.95	0.19
	4	1.64	○	0.78	0.37
	5	1.85	×	0.54	1.38
	≥6	1.90	○	0.75	0.89
DK1 262+028	3	1.60	○	0.84	1.07
	4	1.90	×	0.85	1.29
	5	2.10	×	0.65	2.42
	≥6	2.40	×	0.69	2.71
DK1 262+854	3	1.50	○	0.98	0.84
	4	1.80	○	0.88	1.18
	5	2.10	×	0.73	2.02
	≥6	2.30	×	0.64	2.98
DK1 265+207	3	1.60	○	0.90	0.98
	4	1.80	×	0.47	3.36
	5	2.20	×	0.56	3.49
	≥6	2.60	×	0.61	3.88
DK1 2620+432	3	2.10	○	0.91	1.28
	4	2.50	×	0.74	2.56
	5	2.80	×	0.73	2.76
	≥6	2.80	○	0.88	2.05

从图 2 可以看出, 路基填筑完成后, 沉降很快趋于稳定, 但在主体填筑完成 4~5 个月期间, 沉降变形出现突然增长, 沉降速率明显变大, 尔后又逐步趋于稳定。沉降过程表现为具有明显拐点、呈台阶状发展的

收敛曲线。从表 2 的分析结果可以看出:

(1) 沉降变形突变以前, 沉降趋势表现为逐步趋于稳定, 且能够进行预测分析, 分析成果基本能满足《评估技术指南》的要求, 但该分析预测结果是不真实的;

(2) 沉降变形发生突变后 1~2 个月内 (即主体填筑完成 4~5 个月期间) 沉降变形处于发展阶段, 变形趋势明显不稳定, 分析预测结果一般不能满足《评估技术指南》的要求;

(3) 沉降变形发生突变 2~3 个月以后: 沉降速率明显减小, 沉降趋势又逐步趋于稳定, 以拐点以后的观测数据进行预测分析, 评估技术指标一般能满足《评估技术指南》的要求。

第 II 类沉降曲线的分析结果反映, 部分断面在主体填筑完成 4~5 个月内存在沉降突变的现象, 若采用较短的观测期 (<4 个月) 数据, 其分析预测结果是不真实的; 为了准确的进行分析预测, 需要对沉降突变后继续观测 2~3 个月, 待沉降趋势基本稳定后, 才能进行有效的评估。

3.3 第 III 类

第 II 类沉降曲线虽较少, 但属于需要引起重视的一种类型, 其中代表性观测断面的分析计算结果列于表 3

表 3 第 III 类曲线代表性断面预测分析成果

观测断面里程	观测时间/月	当前观测沉降量/mm	稳定性趋势	$S(x)/S(\infty)$	计算工后沉降量/mm
DK1 639+628	3	0.91	×	—	—
	4	1.19	×	0.45	1.57
	5	1.31	×	0.45	1.83
	≥6	1.35	○	0.91	0.32
DK1 639+550	3	0.94	×	—	—
	4	1.32	×	0.34	3.29
	5	1.59	×	0.36	3.63
	≥6	1.62	○	0.89	0.66
DK1 639+875	3	0.58	×	0.37	0.91
	4	0.83	×	0.21	3.62
	5	1.28	×	0.98	0.31
	≥6	1.30	○	0.99	0.32
DK1 261+450	3	1.70	×	0.70	1.77
	4	2.00	×	0.71	2.18
	5	2.20	×	0.69	2.55
	≥6	2.50	×	0.73	2.56
DK1 261+650	3	1.60	×	0.70	1.69
	4	1.80	×	0.71	1.93
	5	2.10	×	0.69	2.31
	≥6	2.40	×	0.73	2.76
DK1 262+192.15	3	1.70	×	0.63	2.00
	4	2.00	×	0.67	2.29
	5	2.30	×	0.69	2.67
	≥6	2.50	×	0.70	2.94

从图 3 可以看出, 路基填筑期间, 沉降变形开始增长, 填筑完成后, 沉降变形继续发展, 沉降速率未明显减小, 在填筑完成 6 个月未见稳定趋势。这种类型

的观测断面应引起观测单位和建设单位的重视, 应延长观测期并加强后期观测, 以判断其沉降变化趋势, 必要时采取工程处理措施以满足铺轨的要求。

4 结论

为掌握路基沉降发展趋势, 反馈控制路基工后沉降, 《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》提出了较为严格的沉降观测期要求, 较长的观测期成为影响工程进度的拦路虎。因此, 急需弄清路基沉降观测期对评估结果的影响, 进而探讨其合理控制。

结合武广铁路客运专线路基沉降实测数据, 对路基沉降变形的稳定时间进行系统的分类和研究。根据沉降变形的发展趋势, 其沉降—时间曲线可分为 3 种类型:

第 I 类, 路基填筑期间, 沉降变形明显增长, 填筑完成后, 沉降速率逐步减小, 沉降变形在 6 个月内已基本趋于稳定。沉降过程表现为较平滑、规律的收敛曲线。对于该类观测数据, 建议对严重影响整体施工进度等特殊工点, 在沉降变形趋势已基本稳定的条件下, 路基沉降观测期可放宽至 4 个月以上, 容许其提前进行沉降评估, 并在后续施工阶段中继续加强观测。

第 II 类, 路基填筑完成, 沉降逐步趋于稳定的过程中, 沉降变形出现突然增长, 沉降速率明显变大, 尔后又逐步趋于稳定。沉降过程表现为具有明显拐点、呈台阶状发展的收敛曲线。对于该类观测数据, 需要在沉降突变后继续观测不少于 2~3 个月, 待沉降趋势基本稳定后, 方能进行评估。

第 III 类, 路基填筑期间, 沉降变形开始增长, 填筑完成后, 沉降变形继续发展, 沉降速率未明显减小, 在填筑完成 6 个月未见稳定趋势。该类的观测断面应引起观测单位和建设单位的重视, 应延长观测期并加强后期观测, 以判断其沉降变化趋势, 必要时采取工程处理措施以满足铺轨的要求。

参考文献:

- [1] 铁建设[2006]158号, 客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南[9].
- [2] 吴明友, 客运专线无砟轨道铁路工程测量和铺设条件评估关键技术[J]. 中国铁路, 2006(10): 28-32.
- [3] 尤昌龙, 无砟轨道工后沉降变形观测、评估的集成理念[J]. 铁道科学与工程学报, 2007, 102(3): 25-28.
- [4] 李明领, 周全能, 陈善雄, 等. 试论铁路客运专线沉降变形观测评估工作模式[J]. 铁道标准设计, 2010(2): 7-10.

更正

本刊 2010 年第 1 期第 155 页右栏第 21 行“坍方也没有避免”应为“避免了坍方”, 特向读者致歉。

本刊编辑部