

临沧车站高填方变形的实测分析

吴浩¹, 肖玉林¹, 张春龙¹, 邹华¹, 秦舒楨¹, 李国峰¹, 雷胜友²

(1. 中铁二十四局集团西南建设有限公司, 成都 610000; 2. 长安大学公路学院, 西安 710064)

摘要: 为了研究大临铁路站场的高填方变形, 选择典型断面, 在高填方体中埋设 4 排沉降板以及边坡观测桩, 在边坡坡脚部位的土工格栅上布设柔性位移计。通过两年多长期观测, 发现铁路站场高填方工程经过长达半年多的施工填筑以及竣工后超过 12 个月的静置, 高填方体的沉降趋于稳定。填筑期间所发生的沉降量占总沉降量的最大百分比为 69.05%。左、右边坡观测桩的测试结果显示, 高填方的边坡也是稳定的, 填土期间发生的沉降量占总沉降的最大比例为 99.77%。填土结束后, 土工格栅的变形基本稳定, 说明边坡是稳定的。建议填筑结束后 12 个月方可开展后续施工。

关键词: 高填方; 沉降量; 水平位移; 长期观测; 施工期; 时间效应

中图分类号: TU528.57 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)01-0030-07

随着铁路建设的大力发展, 越来越多的铁路修筑在山区, 需要穿越较深沟壑, 出现大的高填方^[1-4], 甚至有的站场建设在高填方上, 随即就需要解决以下问题: 大的高填方的变形如何? 高填方的变形何时能稳定? 施工期间的沉降占总沉降的百分比有多少? 高填方的坡脚变形能否稳定^[5-9]? 由于山区高填方大都是移挖做填形成的, 好多为土石混合料^[10-13], 其受力变形不同于一般的高填土^[14-16]。为此, 本文以在建大临铁路临沧车站填方为对象, 选择典型断面, 布设测试填方体变形的元器件, 得到高填方变形的规律性资料, 以期高填方的稳定评价提供理论支持, 为站后工作以及后期站场的安全运营提供保证。

1 现场变形元器件布设

在填土体中布设 4 排沉降板, 最底层的沉降板均布设在标高为 1 498.2 m 处, 第 1 排沉降板距左边坡脚 57.7 m, 沉降板的竖向间距分别为 2.5、9、9 m; 第 2 排沉降板距右边坡脚 70.9 m, 间距分别为 2.7、9、9 m; 第 3 排沉降板距右边坡脚 35 m, 间距分别为 2.1、9、9 m; 第 4 排沉降板距右边坡脚

35 m, 间距分别为 2.1、9、9 m。在边坡左边第 1 个坡脚处、第 2 个坡脚处及坡顶面各布设 1 个观测桩, 编号分别为 A、B、C, 在右边的坡脚处各布设 3 个观测桩, 坡顶面布设 1 个观测桩, 编号分别为 D、E、F、G。埋设柔性位移计是用来监测填土体的水平向变形, 在断面左、右半幅的土工格栅上布设柔性位移计, 第 1 层~第 5 层柔性位移计所在处的标高分别为 1 498.2、1 501.06、1 507.11、1 510.25、1 512.65 m, 具体布设情况如图 1 所示。沉降板[图 2(a)]所反映的沉降值是通过水准仪法测量获得, 土工格栅[图 2(b)]上位移计读数初期是通过综合测试仪[图 2(c)]人工读取, 后期所有电子元器件的导线均接入综合机箱[图 2(d)], 采取自动采集、无线传输方式获得数据, 然后在计算机上分析整理得到变化曲线。

另外, 进行了填土体土压力的实测与分析, 因篇幅所限, 本文仅介绍填土体变形的观测结果。

2 高填方变形规律分析

2.1 土工格栅变形规律

初期土工格栅的变形读数是通过综合测试仪读取。图 3 为现场人工读取柔性位移计的变形数据。

收稿日期: 2024-06-14

基金项目: 国家自然科学基金(59479017); 铁道部科技研究开发项目(2010G003-F); 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室开放基金(GZ2005-03); 中铁二十四局科技研发项目

作者简介: 吴浩(1984—), 男, 湖南岳阳人, 高级工程师, 研究方向为铁路工程建设的施工技术及管理; 肖玉林(1978—), 男, 湖南衡阳人, 高级工程师, 研究方向为土木工程; 张春龙(1985—), 男, 满族, 河北承德人, 高级工程师, 研究方向为土木工程; 邹华(1972—), 男, 江西新余人, 高级工程师, 研究方向为土木工程; 秦舒楨(1992—), 男, 重庆人, 工程师, 研究方向为土木工程; 李国峰(1985—), 男, 内蒙古赤峰人, 高级工程师, 研究方向为土木工程; 雷胜友(1965—), 男, 陕西渭南人, 博士, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为土木工程。

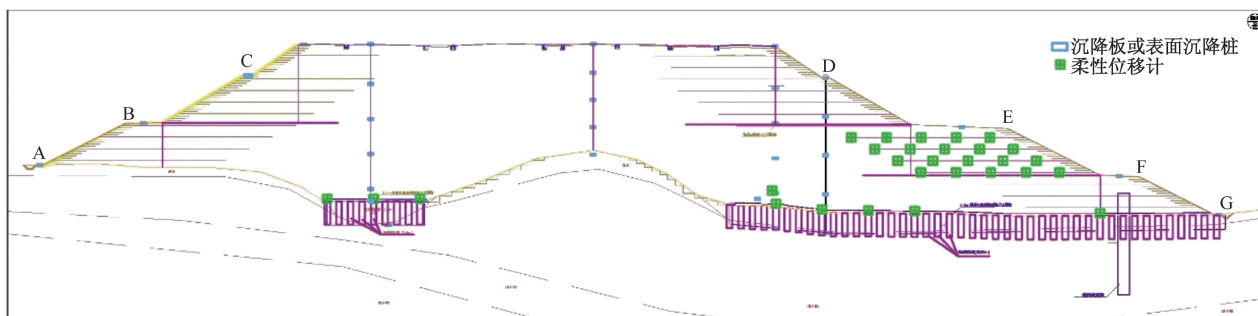


图1 测试元器件布置



图2 测试元器件及测试仪器



图3 现场测试柔性位移计的变形

表1 右幅第1层土工格栅变形情况

测试日期	变形/mm			
	测点1	测点2	测点3	测点4
2018-12-08	40.34	47.20	43.43	50.37
2019-01-09	40.08	47.55	43.53	50.77
2019-02-09	40.15	47.60	43.51	50.72
2019-03-08	40.04	47.57	43.46	50.61
2019-04-02	39.94	47.43	43.41	50.47
2019-05-08	39.82	47.38	43.27	50.22
2019-06-20	39.40	47.11	42.88	49.88
2019-06-28	39.33	47.09	42.93	49.81
2019-07-02	39.33	47.08	42.86	49.78
2019-07-29	39.30	47.10	42.92	49.78
2019-08-30	39.35	47.08	44.18	49.71
2019-09-30	39.34	47.06	44.36	49.65
2019-10-30	39.33	47.02	44.50	49.59
2019-11-03	39.30	47.03	44.52	49.59
2019-11-28	39.26	47.03	43.71	49.55
2019-12-28	39.28	47.01	43.53	49.50
2020-01-29	39.26	46.92	43.51	49.46
2020-02-21	39.26	46.95	43.51	49.46

填土中土工格栅的变形情况如图4及表1、表2所示,可以看出土工格栅的变形规律相似,即土工格栅最左端变形最大,右端变形最小。从图4(a)可知,土工格栅在9、18、27、36 m测点处土工格栅变形分别为50、43、45、40 mm;从图4(b)可知,土工格栅在7.3、16.3、25.3 m处的变形分别为54、49、10.8 mm。通过分析可知左幅第3层土工格栅18、30 m处的变形量分别为35.87、27.8 mm,右幅第3层格栅变形稳定后17.3、26.3 m处的变形量分别为35.87、23.76 mm,左幅第4层格栅变形稳定后,在11、20 m处的变形量分别为24.61、22.14 mm。

左半幅第2层土工格栅在8、17、26、35 m处的最终变形分别为7.7、37.15、5.8、76.1 mm,可知17 m

处的变形最大,26 m处的变形最小,变形呈波浪线分布。右半幅第2层土工格栅在8.7、17.7、26.7、35.7、44.7 m处最终变形分别为53.1、1.2、5.72、12.57、15.26 mm,8.7 m处的变形最大,17.7 m处的变形最小,变形呈喇叭口形分布。右幅第4层土工格栅的变形呈抛物线形式分布,变形为两头大、中间小,变形稳定后在8.7、17.7、26.7 m处的变形量分别为25.26、18.81、30.26 mm。

表 2 左幅第 1 层土工格栅变形情况

测试日期	变形/mm		
	测点 1	测点 2	测点 3
2018-12-08	54.23	47.35	11.46
2019-01-09	54.23	48.36	11.29
2019-02-03	54.23	48.43	11.25
2019-03-04	54.22	48.61	11.20
2019-04-02	54.21	49.11	11.24
2019-05-04	54.18	49.36	11.10
2019-05-27	54.13	49.25	10.96
2019-06-20	54.13	49.23	10.89
2019-06-28	54.12	49.22	10.87
2019-07-29	54.05	49.17	10.76
2019-08-30	54.05	49.13	10.73
2019-09-30	54.04	49.09	10.70
2019-10-30	49.88	49.07	10.60
2019-11-28	49.80	49.04	10.40
2019-12-28	49.69	49.00	10.25
2020-01-29	49.66	49.98	10.23
2020-02-21	49.66	49.98	10.23

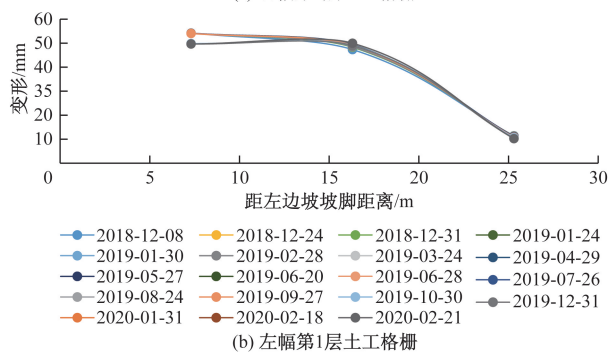
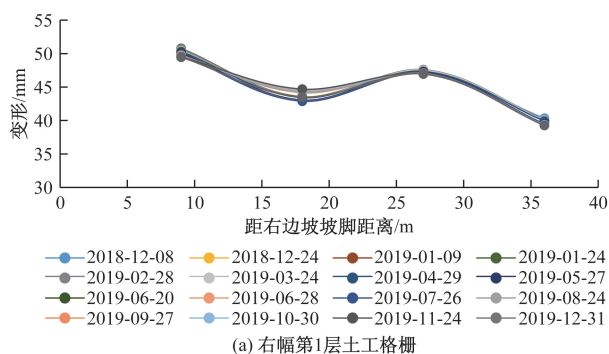


图 4 土工格栅的变形

2.2 沉降板所测横断沉降分布规律

第 1 批沉降板的埋设时间为 2019 年 3 月 15 日,沉降版编号分别为 1#、2#、3#;第 2 批沉降板的埋设时间为 2019 年 5 月 24 日,编号分别为 4#、5#、6#;第 3 批沉降板的埋设时间为 2019 年 6 月 17 日,编号分别为 7#、8#、9#;第 4 批沉降板的埋设时间为 2019 年 3 月 15 日,编号分别为 11#、12#、13#,这样形成 3 排沉降板,分别布设于 4 个不同的标高处,另外,在边坡的坡脚及坡顶还设置边坡观测桩。填土体沉降分布情况如图 5、图 6 所示。

从图 5 所示沉降随时间的变化曲线并结合表 3 中沉降量值可以看出,由 1# 沉降板所测沉降量在 2020 年 7 月 23 日已经稳定,最大沉降量为 33.9 cm,4# 沉降板所测沉降量在 2020 年 5 月 24 日已经稳定,最终沉降量为 24.9 cm,7# 沉降板所测沉降值在 2020 年 6 月 21 日稳定,最终沉降量为 19.4 cm,11# 沉降板所测数值在 2020 年 5 月 5 日稳定,最终值为 14.5 cm。通过详细分析可知,对于第 2 排沉降板,2# 沉降板所测沉降量在 2020 年 4 月 2 日已经稳定,最大沉降量为 34.9 cm,5# 沉降板所测沉降量在 2020 年 7 月 23 日,没有稳定,其沉降量为 29 cm,8# 沉降板所测沉降值在 2020 年 5 月 20 日稳定,最终沉降量为 17 cm,12# 沉降板所测数值在 2020 年 4 月 20 日稳定,最终值为 14.7 cm。对于第 3 排沉降板,3# 沉降板所测沉降量在 2020 年 6 月 8 日已经稳定,最大沉降量为 37.1 cm,6# 沉降板所测沉降量在 2020 年 7 月 23 日,没有稳定,其沉降量为 26.2 cm,9# 沉降板所测沉降值在 2020 年 6 月 19 日稳定,最终沉降量为 17.3 cm,13# 沉降板所测数值在 2020 年 5 月 20 日稳定,最终值为 15.3 cm。

边坡的沉降变形规律同填方土体相似,沉降最终都趋于稳定,如图 6、表 4 所示。

表 3 第 1 排沉降板所测得的沉降量

测试日期	沉降量/cm			
	1#	4#	7#	11#
2019-03-15	0			
2019-03-16	0.4			
2019-04-16	11.8			
2019-05-16	16.1			
2019-05-17	16.2			
2019-05-23	17.2			
2019-05-24	17.2	0.0		
2019-05-25	17.4	0.4		
2019-06-16	20.9	9.2		
2019-06-17	21.0	9.7	0	
2019-06-18	21.2	10.2	0.3	
2019-06-23	22.0	11.8	2.4	
2019-06-24	22.1	12.0	2.9	0
2019-06-25	22.1	12.0	3.4	0.5
2019-06-26	22.3	12.3	3.8	0.9
2019-07-27	25.1	16.1	13.3	11.4
2019-08-11	26.0	16.9	14.7	12.2
2019-12-06	32.1	22.3	18.2	13.8
2020-01-09	32.7	22.9	18.7	14.0
2020-01-16	32.7	23.1	18.7	14.1
2020-01-30	32.7	23.1	18.7	14.2
2020-02-20	32.9	23.7	18.8	14.2
2020-04-09	33.3	24.2	19.0	14.4
2020-04-24	33.5	24.4	19.1	14.4
2020-05-24	33.6	24.9	19.2	14.5
2020-06-23	33.8	24.9	19.4	14.5
2020-07-23	33.9	24.9	19.4	14.5

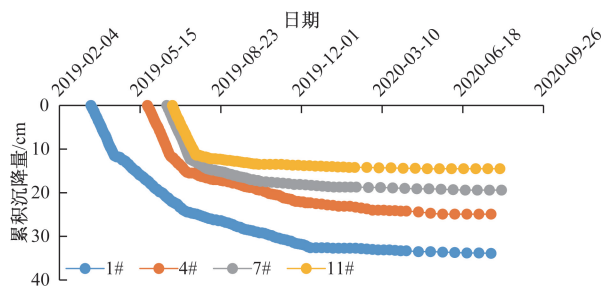


图5 第1排沉降版所测填土体沉降量随深度的变化曲线

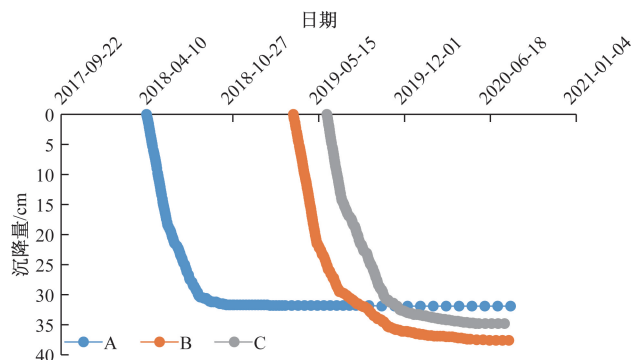


图6 观测桩所测左坡脚的沉降量

表4 观测桩所测左坡脚的沉降量

测试日期	沉降量/cm		
	A	B	C
2018-04-09	0		
2018-04-10	0.3		
2018-04-17	2.9		
2018-04-27	6.6		
2018-05-06	10.2		
2018-05-15	13.8		
2018-05-30	18.7		
2018-06-19	21.9		
2018-07-01	24.0		
2018-07-17	27.0		
2018-08-20	30.5		
2018-08-21	30.6		
2018-09-30	31.5		
2019-03-17	31.8	0	
2019-03-28	31.8	0.5	
2019-04-12	31.8	10.0	
2019-04-27	31.8	15.8	
2019-05-12	31.8	21.5	
2019-05-27	31.8	23.7	
2019-06-03	31.8	25.0	0
2019-06-26	31.8	28.6	9.7
2019-07-11	31.8	29.7	14.5
2019-07-26	31.8	30.4	16.9
2019-08-10	31.8	31.3	19.0
2019-09-09	31.8	32.5	24.1
2019-10-09	31.9	34.2	29.2
2019-11-08	31.9	35.7	31.7
2019-12-08	31.9	36.1	33.0
2020-01-07	31.9	36.6	33.4
2020-02-06	31.9	36.9	33.8
2020-03-07	31.9	37.0	34.2
2020-04-06	31.9	37.2	34.4
2020-05-06	31.9	37.4	34.7
2020-06-05	31.9	37.5	34.8
2020-07-05	31.9	37.6	34.8
2020-07-21	31.9	37.6	34.8

3 静置期间填土水平变形和沉降随时间的变化规律

为了更加清楚地了解填土体完成后静置期间

土体变形情况,将填筑完成的时间为节点,该节点以后的时间即为填方的静置期,整理出施工完成后柔性位移计、沉降板所测数据曲线,对比表1~表4中的数值,可一并了解填方土体静置期间变形的规律性。

3.1 土工格栅变形随时间的变化规律

填土静置期间,土工格栅的变形随时间的变化规律如图7所示。从图7(a)所示的右幅第1层土工格栅变形,填土结束后,9、18、27、36 m处格栅变形值分别为49.46、43.51~44.69、46.95、39.26 mm,除了18 m处的变形值稍有波动外,其他各点的值都稳定。进一步分析可知,左半幅第1层土工格栅,在测点7.3、16.3、25.3 m处变形值分别为49.66~54.04、48.98、10.23~10.30 mm,可以看出,除了7.3 m处的数值变化大外,其他两点处的变化都不大。左半幅第2层土工格栅在测点8、17、26、35 m处所测变形值分别7.6、34~37.30、4.63~4.65、5.71~6.63 mm,除了8 m处稍有变化外,其他各点处的值变化都不大,变形基本稳定,仍然呈波浪线分布。右半幅第2层土工格栅变形可以看出,在8.7~44.7 m的范围,所测各点变形值基本稳定。

从图7(b)可知,左幅第3层土工格栅的变形仍然呈直线分布,左端变形大,右端变形小。左端变形值为34.3~34.78 mm,右端变形值为28.1~28.25 mm。进一步分析可知,右幅第3层土工格栅变形为17.3 m处的变形量为39.5 mm,26.3 m处的变形量为23.76 mm,以上数值基本稳定。填土完成后,在静置期间,水平变形量都比较小。右幅第3层土工格栅的变形呈直线分布,仍然为左端变形大,右端变形小,稳定后17.3 m处的变形量为39.5 mm,26.3 m处的变形量为23.76 mm。

综合以上可以发现,填土完成后静置期间,土

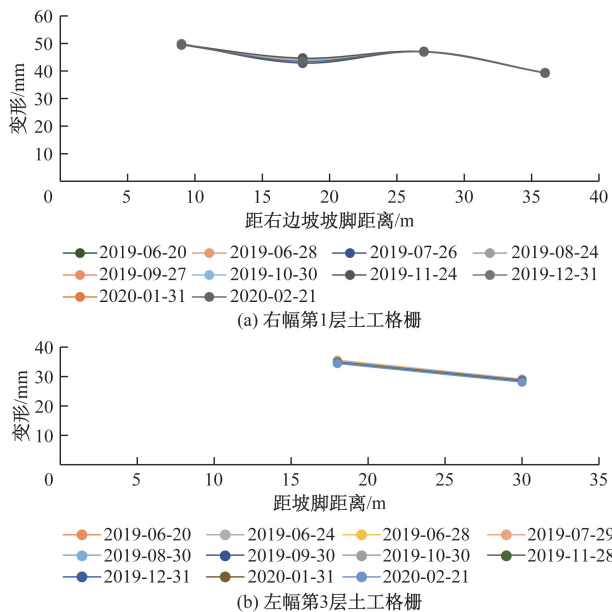


图 7 土工格栅变形随时间的变化关系曲线

工格栅的变形量都非常小,且趋于稳定,从而表明边坡是稳定的。

3.2 静置期间沉降随时间的变化规律

填筑结束后,高填方沉降量随时间关系曲线如图 8 所示,边坡观测桩沉降随时间关系如图 9 所示,填筑结束时沉降量所占总沉降量的比例关系如图 10 所示,边坡观测桩沉降量所占总沉降量的比例关系如图 11 所示。

从图 8 所示的第 1 排沉降版的各曲线可以发现,高填方填筑结束后,填筑体的沉降还在发展,大

约经过 11 个月后,才趋于稳定。从图 8 所示的各曲线可以发现,边坡沉降大约填方结束后 12 个月趋于稳定。

综合以上,对于临沧地区的高填方站场,建议填筑结束后 12 个月方可开展后续的建设。

从图 10 所示的第 1 排沉降板填筑期间沉降量占总沉降量的比例可以看出,1#、4#、7#、11# 沉降板所测填筑期间沉降总量约占总沉降量的百分比分别为 63.72%、45.78%、8.25%、3.45%。相应地,通过进一步分析可知,2#、5#、8#、12# 沉降板所占的百分比分别为 69.05%、38.28%、1.76%、2.04%;3#、6#、9#、13# 沉降板所占的百分比分别为 65.77%、41.22%、8.67%、1.96%。

从图 11 可知,A、B、C、D、E、F 边坡观测桩填筑期间沉降量约占总沉降量的百分比分别为 9.7%、69.9%、10. %、99.7%、99.7%、72.4%、96.2%。

修筑完工后的临沧站场高边坡如图 12 所示,2020 年通车后,该站场一直安全运营。

4 结论

(1)约 40 m 的铁路站场高填方工程,经过长达半年多的填筑施工以及填筑完成后 11 个月以上的静置,高填方体的沉降基本稳定。左、右边坡观测桩的测试结果显示,填筑完成后 12 个月,边坡沉降趋于稳定。填土结束后,土工格栅的变形基本稳定,说明其所处边坡也是稳定的。

(2)沉降板测试数据显示,填筑期间所发生的沉降量占总沉降量的百分比为 1.76%~69.05%,

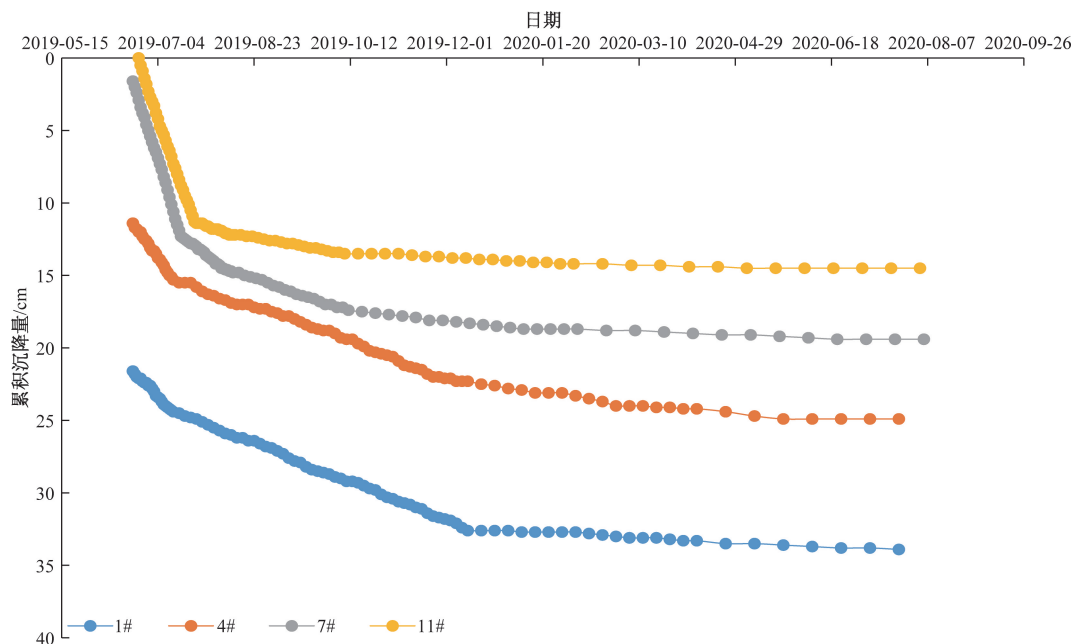


图 8 填土完成后第 1 排沉降版所测沉降量随时间的关系曲线

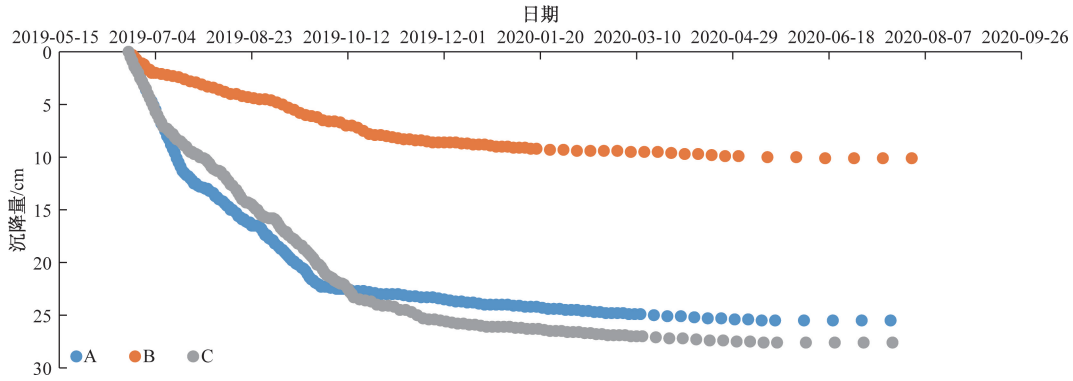


图9 填土完成后左边坡观测桩沉降量随时间的关系曲线

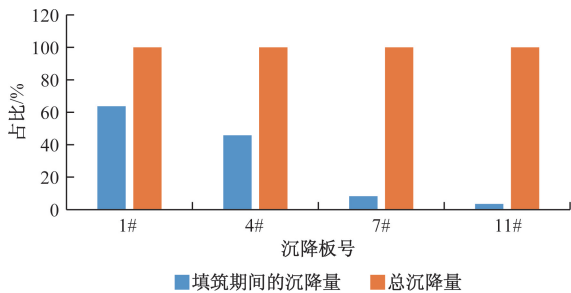


图10 填筑结束后第1排沉降板所测沉降量占总沉降量比例直方图

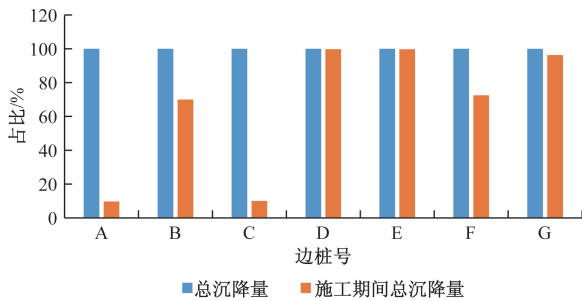


图11 填筑结束后观测桩所发生的沉降量占总沉降量比例直方图



图12 修筑完工后的临沧站场高边坡

观测桩数据显示,在填土期间发生的沉降量占总沉降的比例为9.7%~99.7%。

(3)对于临沧高填方铁路站场,建议填筑结束后12个月方可开展后续施工。

参考文献

- [1] 姚爱军, 薛廷河. 复杂边坡稳定性评价方法与工程实践[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [2] 海龙, 冯丽鑫, 谭世林, 等. 根土复合体加固露天矿山排土场边坡研究[J]. 黄金科学技术, 2023, 36(6): 911-917.
- [3] 杜以龙, 李庆林, 仲光军, 等. 泥岩填料路基边坡稳定性的影响因素[J]. 山东交通学院学报, 2023, 31(4): 109-115.
- [4] 雷胜友, 惠会清, 高攀, 等. 高填方下加筋土高挡墙实测变形分析[J]. 长江科学院院报, 2017, 34(2): 84-93.
- [5] 刘鹏君. 高速公路高边坡稳定性评价及加固措施对比分析[J]. 交通世界, 2024(10): 34-36.
- [6] 葛若鑫, 李嘉正, 段进睿. 不同降雨工况下滑坡稳定性数值模拟及破坏机理[J]. 科技和产业, 2024, 24(10): 246-251.
- [7] 成永亮, 袁坤彬, 卢渊, 等. 梯田式填筑-降雨时序作用下沟谷区高填方地基变形与边坡稳定性分析[J]. 科学技术与工程, 2024, 23(32): 13944-13952.
- [8] 郑争锋, 钟信林. 印尼某火电厂高填方边坡防治综合分析[J]. 科技和产业, 2024, 24(11): 289-294.
- [9] 吕琳, 李晨雁, 张永才, 等. 堆载位置对排土场边坡稳定性影响的模拟研究[J]. 地下水, 2024, 46(1): 185-186, 267.
- [10] 李巧学, 尚彦军, 孙涛, 等. 矿山排土场不同堆排方式下边坡稳定性研究[J]. 新疆地质, 2023, 41(3): 417-423.
- [11] 陈浩. 极限分析上限法在边坡稳定性问题中的应用[J]. 人民珠江, 2024(3): 67-70.
- [12] 吴雄. 土坡的蠕滑变形及其稳定性研究[D]. 福州: 福州大学, 2011.
- [13] 杭挺. 马钢新区土坡稳定性分析[J]. 中国水运, 2011, 11(2): 173-174.

- [14] 吴利. 某边坡采用 HDPE 格栅加固处理的侧限效应影响性分析[J]. 广东土木与建筑, 2013(9): 51-54.
- [15] 林金程. 宁德山区公路土坡失稳破坏与防治研究: 以上洋头边坡为例[D]. 福州: 福建农林福州大学, 2018.
- [16] 赵勇. 土石混填路基变形及稳定性研究[J]. 西部交通科技, 2023(11): 9-11.

Experimental Analysis on the Deformation of High Fill at Lincang Station

WU Hao¹, XIAO Yulin¹, ZHANG Chunlong¹, ZOU Hua¹, QIN Shuzhen¹, LI Guofeng¹, LEI Shengyou²

(1. China Railway Construction 24th Bureau Group Southwest Construction Co., Ltd., Chengdu 610000, China;

2. School of Highway, Changan University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to study the deformation of high fill in the Dalin Railway Station, a typical cross-section was selected. Four rows of settlement plates and slope observation piles were buried in the high fill, and flexible displacement meters were installed on the geogrid at the foot of the slope. After more than two years of observation, it was found that after more than half a year of construction and filling, as well as more than 12 months of standing after completion, the settlement of the high fill tended to stabilize. The maximum percentage of settlement during the filling period to the total settlement is 69.05%. The test results of the observation piles on the left and right slopes show that the high fill slope is also stable, and the maximum proportion of settlement during the filling period is 99.77% of the total settlement. After the filling is completed, the deformation of the geogrid is basically stable, indicating that the slope is also stable. It is recommended to carry out subsequent construction 12 months after the completion of filling.

Keywords: high fillings; settlement amount; horizontal displacement; long term observation; construction period; time effect