

Analysis of Influence of Freezing and Thawing on Surface Subsidence Monitoring in Alpine Region

Cungen Zhang

CCCC Highway Consultants Co., Ltd, Beijing, 100088, China

Abstract

In recent years, China's urban subway construction has entered a high-speed development period. The winter subway construction in the northeast cold area is affected by the seasonal temperature change, and the surface subsidence monitoring data shows the fluctuation of upward and downward. Based on the second phase project of Harbin Metro Line 3, this paper qualitatively analyzes the change rule of surface settlement affected by freezing and thawing, and sums up four characteristic stages of the process of frost heave and thawing settlement; at the same time, it also compares and analyzes the floating amount and distribution rule of surface settlement monitoring points in different water content regions. It can be used for reference for similar project construction and later operation settlement monitoring in alpine area in the future.

Keywords

temperature variation; frost heaving and thawing; moisture content; settlement monitoring

高寒地区冻融对地表沉降监测的影响分析

张存根

中交公路规划设计院有限公司, 中国·北京 100088

摘要

近年来, 中国城市地铁建设进入高速发展期, 东北高寒地区冬季地铁施工受季节性温度变化影响, 地表沉降监测数据呈现出上浮下沉波动变化。论文以哈尔滨地铁3号线二期项目为依托, 定性分析了受冻融影响的地表沉降变化规律, 归纳出冻胀融沉过程的4个特征阶段, 同时也对比分析了含水率不同区域内地表沉降监测点上浮量大小及分布规律, 为今后高寒地区类似项目施工及后期运营沉降监测提供借鉴。

关键词

温度变化; 冻胀融沉; 含水率; 沉降监测

1 引言

目前中国科研人员对土体冻融特性做了不少的研究。“冻土的力学性质及研究现状”^[1]中采用融化固结大变形理论分析冻土的力学性质。“冻融循环对软土力学性质的影响分析”^[2]中开展室内三轴试验, 研究结果表明循环冻融过程中软土体积随着冻融次数增加而增大。“冻土蠕变的非线性模型研究”^[3]中结合试验数据分析了冻土蠕变的非线性模型。针对寒冷地区季节性冻土对工程施工及运营影响的相关问题, 工程技术人员做了大量关于季节性冻胀引起路基沉降、地表冻融变形的工程研究分析^[4-11]。

哈尔滨市处于中国东北边疆, 冬天漫长干燥寒冷, 有历史记录最低气温达到零下41.4℃, 结冻期190d左右。季节性

冻土发育, 冻结深度最大达到2.05m。哈尔滨地铁3号线二期工程线路全长32.18km, 沿线设置车站30座。由于地铁施工工序复杂, 建设周期长, 一个车站、区间隧道建造往往会跨越多个冬季, 地铁施工沉降监测点随着温度变化而发生上下波动, 导致地表沉降监测数据异常。因此, 分析研究冬季冻融对地表沉降监测的影响显得非常有必要。

2 项目概述

2.1 项目概况

哈尔滨地铁3号线二期线路呈环形布置, 线路东南环段地势较高, 地下水位较深, 西北环段靠近松花江流域, 地下水位浅。查阅相关勘察设计资料, 征仪路站区域地下水位埋深33.7m~37.9m, 表层土体天然含水率约19%。太平桥站区域

地下水埋深 1.9m~6.0m, 表层土体天然含水率约 30%。

2.2 监测点及基准点布置

(1) 每个车站主体基坑周边的地表监测点埋设深度 0.8m, 测点埋设于原状土体中, 埋设质量标准满足《城市轨道交通工程监测技术规范》^[12] 相关技术要求。

(2) 为防止雨水和冰雪融化的积水直接流进测点孔内, 造成土体含水率局部差异较大, 在测点顶端采用不透水材料进行封堵。

(3) 基准点的稳定与否关系到沉降监测数据可靠性。每个车站场地设置 3 个基准点, 基准点选择布置在远离施工影响范围的高层建筑物承重柱上, 高层建筑物桩基础深度大于 10m, 且建筑物自身沉降已稳定。

2.3 沉降监测要求

(1) 监测周期: 根据相关监测规范要求, 自基坑开挖施工时开始观测, 支护结构监测结束后, 且周围岩土体和周边环境变形趋于稳定时, 可结束监测工作。

(2) 监测频率: 施工开挖过程中监测频率满足《城市轨道交通工程监测技术规范》相关要求, 开挖深度小于 15m 时, 监测频率为 1 次 /1d; 开挖深度大于 15m 时, 监测频率为 (1 次~2 次) /1d。底板浇筑后可根据监测数据变化情况调整监测频率。

(3) 观测精度: 采用天宝 dini03 电子水准仪进行数据采集, 同时要求仪器检定合格, 监测精度每公里往返中误差为 0.3mm, 满足监测规范要求。

(4) 观测方法: 利用项目现有的二等水准网成果, 建立基准网, 各监测点与水准基准点组成闭合环路, 按照国家二等水准测量的技术要求施测, 并每 3 个月定期复核基准点的稳定性。

3 冻融影响规律分析

选取 2018 年 9 月至 2019 年 6 月时间段内征仪路站和太平桥站基坑周边 502 个地表沉降监测数据进行统计分析, 其中征仪路站地表沉降测点 265 个, 太平桥站地表沉降测点 237 个。

3.1 哈市地区温度变化情况分析

2018 年 9 月至 2019 年 6 月哈尔滨地区平均温度变化如

图 1 所示。从图 1 可以看出, 2018 年 10 月至 11 月, 哈尔滨地区温度由零上降至零下。2018 年 12 月初温度急剧下降, 持续到 2019 年 2 月中旬, 期间平均温度几乎都在零下 10℃ 以下。2019 年 2 月下旬至 3 月末期间温度出现了小幅度的波动, 温度变化范围在 -5℃ ~5℃。4 月初起温度进一步升高。关于地层冻融发生的临界温度条件, 可重点关注两个节点时间, 一个是 2018 年 10 月到 11 月, 另一个节点是 3 月到 4 月。

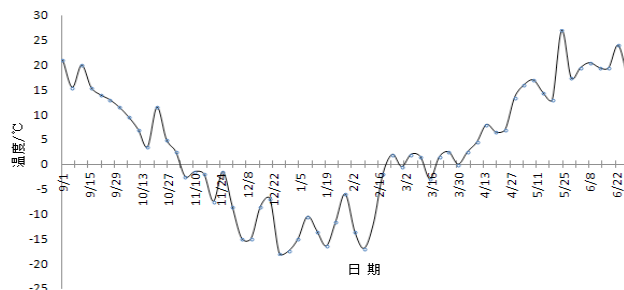


图 1 哈尔滨地区温度变化曲线图

3.2 地表冻融影响因素分析

(1) 沉降监测变化曲线汇总分析

以哈尔滨地铁 3 号线二期工程在 2018 年 9 月至 2019 年 6 月期间现场实际观测数据为基础, 来研究分析哈尔滨地区冬季冻融对地表沉降监测的影响。通过将征仪路站、太平桥站的地表沉降监测数据进行梳理归纳, 选取部分测点地表沉降累计变化曲线图如 2、图 3 所示, 由此图可得出冻融影响下地表沉降的变化大小及趋势。

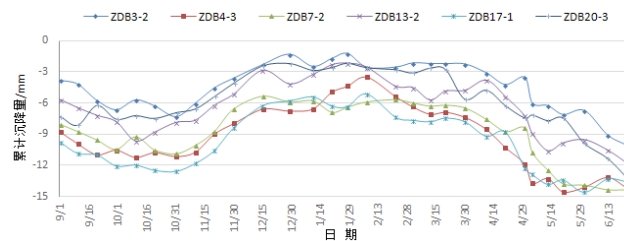


图 2 征仪路站地表沉降累计变化曲线图

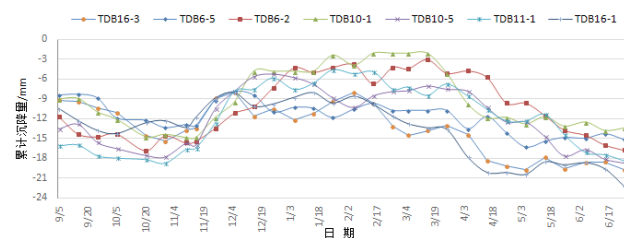


图 3 太平桥站地表沉降累计变化曲线图

由图 2、图 3 可发现, 2018 年 9 月到 11 月中旬, 地表沉

降监测数据是持续下降的,虽然 11 月初气温达到零下,但此时土体并没有发生冻结现象。2018 年 11 月下旬开始,地表沉降监测点出现上浮的趋势,此时土体开始冻结变形导致监测点上浮,并一直延续到 12 月末,在此期间地表沉降监测点上升最为明显。2019 年 1 月初至 3 月下旬,土体处于完全被冻结状态,土体不再随温度变化而继续胀大,地表沉降监测数据基本处于平稳状态。从 2019 年 4 月初,随着温度进一步升高,地表沉降监测点出现显著的下降,可判定地表发生了融沉变化,并且发现地表的融沉量明显超过了其上浮量。

综上所述,并结合哈尔滨地区温度变化,可将地表冻胀融沉过程归纳为 4 个阶段,分别为冻胀前阶段、冻胀发展阶段、冻胀稳定持续阶段、融沉回落阶段。

(2) 监测点上浮变化量统计分析

依据定性分析得出的地表沉降冻融影响变化规律,计算出在 2018 年 9 月至 2019 年 6 月期间征仪路站 265 个地表沉降监测点和太平桥站 237 个地表沉降监测点的上浮变化量,梳理统计了两个含水率不同车站监测点上浮量大小的分布范围,统计结果见表 1、表 2。

表 1 征仪路站监测点上浮量分布范围

监测点上浮变化量 /mm	数量 / 个	监测点所占百分比 /%
0~5	37	13.96
5~10	217	82.89
10~15	11	4.15

从表 1 可得出,征仪路站地表土体含水率为 19% 时,上浮量在 0~5mm 区间内的监测点占比为 13.96%;上浮量在 5~10mm 区间内的监测点比例为 82.89%,故可得出地表冻胀引起的监测点上浮量主要分布在 5~10mm;部分监测点可能因封堵不密实导致雨水渗入,以致监测点上浮量较大,达到 10~15mm。

表 2 太平桥站监测点上浮量分布范围

监测点上浮变化量 /mm	数量 / 个	监测点所占百分比 /%
0~5	5	2.11
5~10	28	11.81
10~15	191	80.59
20 以上	13	5.49

从表 2 可得出,太平桥站地表土体含水率为 30% 时,上

浮量在 0~5mm 区间内的监测点占比为 2.11%,存在局部地表含水率较低,导致上浮量偏小;上浮量在 5~10mm 区间内的监测点比例为 11.81%;上浮量在 10~15mm 区间内的监测点比例为 80.59%,可知地表冻胀引起的监测点上浮量主要分布在 10~15mm;部分监测点上浮量达到 20mm 以上,可能因雨水渗入导致上浮量过大。

综上对比分析含水率不同的两个车站地表沉降上浮量的分布特征,可得出哈尔滨地区土体含水率为 19% 时,冬季冻胀引起的地表监测点上浮量主要集中在 5~10mm 范围;土体含水率为 30% 时,冬季冻胀引起的地表监测点上浮量主要集中在 10~15mm 范围。

4 结语

(1) 高东北寒地区冬季随着温度变化,引起地表产生冻胀融沉变化,且地表融沉量明显大于其上浮量。

(2) 冬季地表冻胀融沉过程中呈现出 4 个特征阶段,可归纳总结为冻胀前阶段、冻胀发展阶段、冻胀稳定持续阶段及融沉回落阶段。

(3) 含水率较高区域的土体,其冬季冻胀效果更加显著。当土体含水率为 30% 时,冻胀引起的地表监测点上浮量主要分布在 10~15mm 范围;而土体含水率为 19% 时,地表监测点上浮量主要分布在 5~10mm 范围。

参考文献

- [1] 齐吉琳,马巍.冻土的力学性质及研究现状[J].岩土力学,2010,31(01):133-143.
- [2] 王平,郭伟杰,李洪峰,等.冻融循环对软土力学性质的影响分析[J].长江科学院院报,2018,35(07):79-83.
- [3] 曹伟,项蒙佳,赵少飞.冻土蠕变的非线性模型研究[J].华北科技学院学报,2015,12(03):82-86,100.
- [4] 马争锋,王青志.非等时距灰色模型在冻土路基沉降预测中的应用[J].广西大学学报(自然科学版),2019,44(05):1341-1347.
- [5] 邵博文,岳祖润.深季节冻土区哈齐客专路基现场试验[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2015,28(01):66-70.
- [6] 杨晓光.漠北公路冻土段路基沉降及地温观测方法[J].黑龙江交通科技,2012,(02):1-3.
- [7] 伍绍红.地铁施工冻胀融沉对于地表变形的影响规律[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2018,31(增刊):62-65.

- [8] 石刚强. 季节性冻土地区高铁路基冻胀规律及防治对策研究 [J]. 路基工程, 2019, (3): 99-103.
- [9] 刘洪渊, 岳立言, 刘强强. 广深港客运专线联络通道冻结温度场监测系统的开发 [J]. 华北科技学院学报, 2016, 13(05): 100-105.
- [10] 席志龙, 张健, 董武钟. 季节性冻土对沉降监测网工作基点稳定性影响 [J]. 地理空间信息, 2015, 13(01): 157-158.
- [11] 马巍, 刘端, 吴青柏. 青藏铁路冻土路基变形监测与分析 [J]. 岩土力学, 2008, 29(03): 571-579.
- [12] GB50911-2013 城市轨道交通工程监测技术规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.