

Research on the Construction Technology of Natural Freezing Method for Treating Soft and Rich Water Foundation Pit

Min Tan Bin Sun Haijun Lu Rongxian Liu Li Xia Zhijun Cao

Xinjiang Yurong Construction Engineering Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract

The paper analyzes and discusses the advantages and disadvantages of the natural freezing method for treating weak foundation pits with rich water, as well as the technical key and difficult points. It provides a practical, feasible, safe and economical construction method for weak foundation pits with rich water in cold regions. Natural freezing method of rich water soft foundation pit technology has the advantages of good water closure, high strength, safety and environmental protection, strong adaptability, low cost and short construction period. Through the publication of this paper, the professionals in the field of construction and construction involving foundation pit treatment can further study and discuss, and further explore its potential economic and social effects.

Keywords

natural freezing method; rich in water and weak geology; foundation pit construction technology

自然冻结法处理富水软弱基坑施工技术研究

谭敏 孙斌 陆海军 刘荣贤 夏莉 曹之君

新疆禹荣建设工程股份有限公司, 中国·新疆 克拉玛依 834000

摘 要

论文通过自然冻结法处理富水软弱基坑施工技术原理, 分析探讨该方法优缺点, 以及技术关键及难点分析, 为严寒地区富水软弱基坑施工提供了一条切实可行并且安全经济的施工方法。自然冻结法处理富水软弱基坑技术具有闭水性好、强度高、安全环保、适应性强、成本低、工期短等优点。通过论文发表从而引起涉及基坑处理的建设、施工领域的专业人士更进一步研究、探讨, 深入挖掘其潜在经济和社会效应。

关键词

自然冻结法; 富水软弱地质; 基坑施工技术

1 引言

随着中国社会主义现代化进程进一步加快和新型城镇化飞速发展, 城市开发涉及的土地资源愈来愈变得日益紧张和炙手可热。由此产生的“富水软弱基坑施工技术”也自然而然地成为摆在每一位建设者在投资决策中重点考虑因素之一。

2 富水软弱地质概述

富水软弱地质通常是指含水量丰富且岩土体强度低、压缩性高、稳定性差的地质条件。富水软弱地质对基坑施工的危害影响主要包括以下方面:

①坍塌: 岩土体强度低, 在工程施工或自然作用下容易发生坍塌, 威胁人员和工程安全。②滑坡: 丰富的地下水可能降低岩土体的抗剪强度, 增加滑坡的风险。③地基沉降:

软弱地质容易产生较大的地基沉降, 影响建筑物或基础设施的稳定性和正常使用。④涌水突泥: 施工过程中, 可能会突然出现大量地下水涌出以及泥沙混入, 造成施工困难和安全事故。⑤影响边坡稳定性: 使边坡容易失稳, 发生滑坡等灾害。⑥降低工程耐久性: 长期处于富水软弱地质条件下, 工程结构容易受到侵蚀和损坏, 降低其耐久性和使用寿命^[1]。

3 冬季施工的挑战与机遇

根据 JGJ/T 104—2011《建筑工程冬期施工规程》规定, 冬期施工是指当室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃的天气气候施工。

3.1 冬季施工面临的挑战

①低温影响: 气温降低会导致混凝土、砂浆等建筑材料的凝结和硬化速度变慢, 影响施工进度和质量。低温还可能使建筑材料发生冻害, 降低其强度和耐久性。②施工条件恶劣: 寒冷的天气使得工人操作不便, 工作效率降低, 同时也增加了工人患病和受伤的风险。③冰雪天气: 降雪、结冰等天气状况会影响施工现场的交通和运输, 增加施工安全风险。

【作者简介】谭敏 (1976—), 男, 中国湖南湘乡人, 本科, 高级工程师, 注册一级建造师, 从事建筑、市政、水利、公路研究。

险。④能源消耗增加：为了保持施工环境的温度，需要消耗更多的能源来加热和保暖，增加了施工成本^[2]。⑤土方施工困难：冻土增加了土方挖掘和回填的难度，可能需要采取特殊的解冻措施。⑥材料存储和保护：冬季需要特别注意建筑材料的存储和保护，防止材料受潮、受冻和损坏。

3.2 冬季施工面临的机遇

①地下水位明显降低，导致地下排水成本降低。中国严寒地区一般进入冬季后，城市河流也随即进入枯水期，绿化灌溉等用水量也大幅降低；并且进入冬季后，降雨量相对较少，地表水对地下水的补给量随之减少，最终导致地下水位随之明显降低。②人力资源竞争减少：由于冬季施工条件艰苦，一些竞争对手可能会减少施工活动，从而为您的项目在人力招聘和调配方面提供更多机会。③缩短总工期：对于一些工期紧张的项目，冬季施工可以增加有效施工时间，有助于提前完成项目，尽早交付使用。④材料价格优势：在冬季，建筑材料的需求相对减少，市场价格会有一定的下浮，有助于降低材料成本。

4 自然冻结法施工技术原理、优点及适用性分析

自然冻结法源于天然冻结现象。1880年德国工程师F.H.Poetch首先提出了人工冻结法原理，并于1883在德国阿尔巴里煤矿成功地采用冻结法建造井筒。从此，这项地层加固特殊技术被广泛地应运到世界许多国家的矿井、隧道、基坑及其他岩土工程建设中，成为岩土工程，尤其是地下工程施工的重要方法之一。论文主要探讨自然冻结法在基坑处理上的应用^[3]。

4.1 自然冻结法施工基本原理

利用冬季自然冷冻的方法，把待开挖地下空间周围土体中水冻结为冰，并与土体胶结在一起，增加其强度和稳定性，隔绝地下水，以便在基坑四周形成一个按设计轮廓的冻土挡墙或密闭的冻土体；用以抵抗土体侧压力，隔绝地下水，并在冻土墙的保护下，进行基坑施工。它是土层的物理加固方法，是一种临时基坑护坡加固技术。当遇到富水软弱土层较难处理时，充分利用严寒地区冬季气候自然条件使基坑冻土壁具有可靠强度；当工程施工完成后，再利用春季气温自然回升后，又可使其解冻、融化恢复土层原状。

4.2 自然冻结法施工优点及适用性分析

4.2.1 优点

①闭水性好：在自由水充足情况下冻结成冻土墙，可以阻隔、封闭地下水侵入，形成干燥的施工环境。②强度高：冻土是一种黏弹塑性材料，其强度同土质、容重、含水率、含盐量及温度等因素有关，一般可达2~10MPa，远大于恒温状态土强度，从而起到结构支撑墙的作用。③安全环保性好：可以安全有效地隔绝地下水影响，保证边坡稳定，不污染大气及周边环境，无有害物质排放，不会地下水污染。在环保要求高的工程中，其优越性尤其明显。④适应性强：适用于严寒地区冬季任何含有一定水量的松散岩土层以及复杂水文地质，包括如软土、含水量不稳定土层、流砂、高水

压地层等。⑤复原性强：施工结束、气温回升解冻后，土体恢复原状，对土层破坏性较小。这是其他施工方法无法比拟的。⑥经济性好：无边坡支撑、无固定拉锚，可进行室外敞开式施工，不需要进行基坑排水，可避免因抽水引起的地基沉降造成对周围建筑物的不利影响。经工程应用案例实际测算，并对比基坑喷锚支护、排桩支护、地下连续墙等常规基坑处理方法：可有效降低基坑处理总费用50%~80%的经济效应指标。⑦工期短：充分利用严寒地区冬歇期进行施工，不占用常温施工状态下的合理有效工期。

4.2.2 适用范围及适用时间

①适用地区及范围有限：适用于东北、内蒙古和新疆北部、西藏北部、青海等（累年最冷月平均温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 或日平均 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数，一般在145天以上）严寒地区，且基坑周边具有自然放坡条件、地质为富水软弱的严寒地区。②施工时间特殊：施工时间一般在冬季12月下旬至次年3月上旬、室外平均气温已稳定处于 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 的时间段。

5 技术关键和难点分析

①掌握气温变化对土壤水分的动态影响，合理安排基坑施工计划。

采用冬季自然解冻法施工，首先应掌握冻土的变化与冬春两季的气温变化的密切关系，该冻土与气温变化内容大致可分为两个阶段：

结冻期。严寒地区一般从当年11月上旬到次年的3月下旬土壤水分由表层逐渐向深层冻结实验区最大冻深在1.60m左右，此时的土壤冻结速度与累积负气温有关。图1为冻结深度与累计负气温曲线图。

解冻期。由春季气温转正开始土壤水分即开始解冻一般从3月下旬到5月上旬。解冻分上下两层同时进行，上层从土壤表层向下解冻，下层由土壤冻层底部向上解冻。上层解冻速度快于下层解冻速度，且与累积正气温有关。图2为解冻深度与累计负气温曲线图。

综上所述，严寒地区采用冬季自然冻结法处理富水软弱地质条件下的基坑施工计划时，一是利用冬季严寒天气，在当年的12月下旬至次年3月上旬完成冻土结壁和土方开挖；二是春季自然气温回升，在满足混凝土浇筑气温，利用地基冻土解冻较晚的时间差（不超过20~30天为宜），在3月下旬前完成地下水位深度以下的建筑垫层及基础施工，以避免气温回升、冻土解冻后不利影响，最终保证其基坑后续施工内容的正常进行。

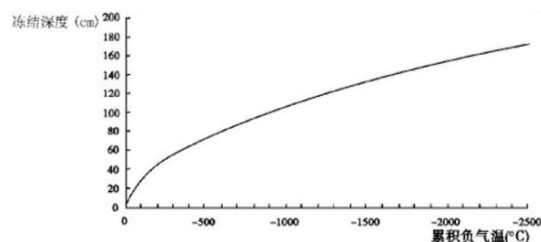


图1 冻结深度与累计负气温曲线图

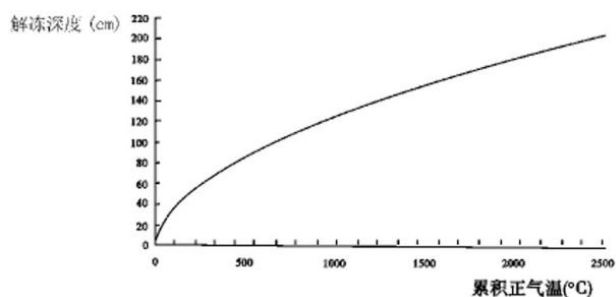


图2 解冻深度与累计负气温曲线图

②依据图1,获得对基坑施工有用的参考数据。

当冻土厚度达到100cm,需要累计负气温-1000℃。假设按日平均气温-20℃测算,需要50天方能实现累计负气温-1000℃。计算结果:当冻土厚度达到100cm,需要日平均气温-20℃连续50天方能实现。

当冻土厚度达到160cm,需要累计负气温-2000℃。假设按日平均气温-20℃测算,需要100天以上方能实现累计负气温-1000℃。计算结果:当冻土厚度达到160cm,需要日平均气温-20℃连续100天以上方能实现。

③根据土壤冻结速度—累积负气温关系曲线图中获得的数据,结合基坑现场实际情况,制定基坑处理施工方法。

第一,严寒地区采用冬季自然冻结法处理富水软弱地质条件下的基坑施工工艺流程:施工准备→测量定位→冬季土层自然冷冻→冻土深度检测→基坑土方开挖→基坑降水处理→基础工程施工→春季土层自然解冻→土方回填→验收检测→施工结束。

第二,采用自然冻结法,依据《建筑施工手册》第五版第二分册8.2.2.2第一节的规定,基坑开挖放坡要求如下:

当挖土深度在1m以内时,无需考虑放坡。

当挖土深度在1.01~2.00m时,按照1:0.5的坡度进

行放坡。

当挖土深度在2.01~4.00m时,按照1:0.7的坡度进行放坡。

当挖土深度在4.01~5.00m时,按照1:1的坡度进行放坡。

当挖土深度超过5m时,需要根据土体稳定理论计算后的边坡进行放坡。

当场地放坡宽度不满足周围建筑安全距离及施工红线限制要求时,应采用水平分台逐层开挖施工法。每一台开挖深度≤1.50m,按照1:0.5的坡度进行放坡;每台开挖完成后,坡脚设置≥1.2m马道。开挖第一台后,需待第二台地层自然冷冻深度满足设计深度要求后,再开挖第二台……依次分台开挖至设计深度。自然冻结法基坑处理断面如图3所示。

第三,自然冻结法处理富水软弱基坑施工时,需要特别注意的事项:

基坑开挖前应注意实测现场冻土层厚度,并根据JGJ 120—2012《建筑基坑支护技术规程》第3.3.6条验算边坡的滑动稳定性。

为防止建筑地基冻胀,应在气温解除冬施前,基底应保证预留足够的覆土深度,剩余土方则应在气温解除冬歇后一次开挖完成。

为防止基坑冻土壁在施工时因外界原因导致气温回升较快产生裂缝、滑坡、塌方等安全隐患及事故,基坑四周冻土壁应设置温度监测点并做好监测记录。如冻土壁温度回升至-5℃及以上时,应停止基坑施工、撤出人员,并根据周围环境及施工条件,重新修订和审批基坑施工方案。

为保证春季冻土解冻后,不致影响基坑施工的正常进行,应在开挖最后一层冻土时,在基坑四周同步布设明沟+集水坑排水。

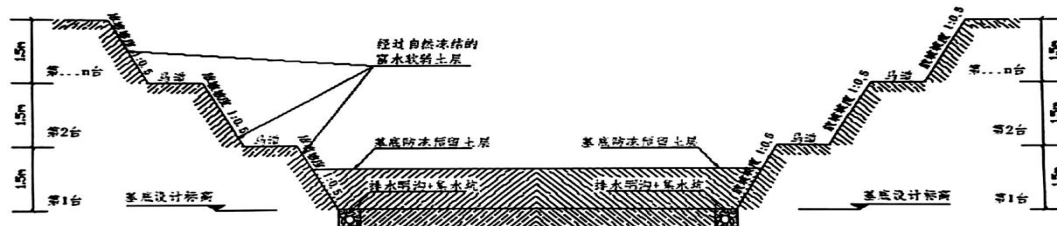


图3 自然冻结法基坑处理断面示意图

6 结语

自然冻结法处理富水软弱基坑施工技术,是充分利用严寒地区特有的气候条件,针对富水软弱特殊地质,通过自然冷冻使富水软弱土层形成冻土挡墙,最终实现降低成本和基坑支护效果的施工方法。

当前,创新驱动是新时代、新时期的主旋律。依托现有资源、自然条件,制定出科学合理、行之有效的创新方法又是工程建设领域产业升级的主要方向。相信通过广大建设

行业有识之士的不懈努力下,在严寒地区冬季采用自然冻结法处理富水软弱基坑方面,能有更进一步的探索和提高。

参考文献

- [1] 刘海昆,黄树祥,王慧.论冻土对土壤水分动态的影响[J].黑龙江水利科技,2002(3):87.
- [2] 腾凯,柳宝田,李益新,等.季节性冻土区地下水的变化规律及开发利用[J].地下水,1996(1):35-37.
- [3] 郭会.季节性冻土冻结深度的估算方法[J].农家科技旬刊,2014(2):277+322.