

河渠边坡水泥改性膨胀土换填施工质量控制要点浅析

徐 鑫

(上海宏波工程咨询管理有限公司, 上海市 201707)

摘 要: 聚焦水利重大工程中膨胀土治理, 采用水泥固化的方法改性膨胀土, 着眼实际现场施工工序及质量控制的要点, 汲取多项重点工程中膨胀土治理与研究的宝贵实践经验, 为水泥改性膨胀土施工监理质量控制积累些许经验。

关键词: 膨胀土; 换填施工; 质量控制

中图分类号: TU4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)12-0118-04

0 引 言

膨胀土是一种具有特殊性质的土, 在我国 20 多个省、市均有不同范围的分布。膨胀土因其特性, 会对建设工程产生极大危害和巨大经济损失。对于膨胀土的工程治理, 通常采用物理、化学和生物方法进行改良。本文结合引江济淮工程江淮沟通段水泥改性土(无机化学改良)的施工质量控制经历, 从工程监理视角对水泥改性土换填施工质量控制做简要分析。

1 工程概况

引江济淮工程(安徽段)江淮沟通段 J009-1(河渠)标为汪前郢至东郢渠段 J48+000~J52+850, 输水渠道 4.85 km, 设计流量 290 m³/s, 全线采用明渠平底开挖布置, 渠道底宽 60 m, 底高程 13.40 m, 膨胀土处理渠段 4.85 km, 边坡全线防护, 采用掺入 4%水泥的重粉质壤土(改性土)进行换填处理, 河道防护段面如图 1 所示, 工程范围内自由膨胀率沿里程变化如图 2 所示。河渠工程边坡坡比 1:3。膨胀土出露渠坡坡面并外伸 3.0 m(水平距离), 膨胀土出露渠底坡脚附近 10 m(厚度 1.5 m), 膨胀土出露坡顶开口线以外 13 m(厚度 1.0 m)。

2 膨胀土的定义和危害

《膨胀土地区建筑技术规范》(GB 50112—2013)中, 定义膨胀土为: 土中黏粒成分主要由亲水性矿物组成, 同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩两种变

形特性的黏性土。判定是否为膨胀土主要依据为相关工程地质特征及建筑物的破坏形态, 关键指标为“黏性土的自由膨胀率 $\geq 40\%$ ”。

膨胀土在胀缩性(遇水膨胀、失水收缩)、裂隙性及超固结性“三性”复杂的共同作用下, 使得其工程性质极差。边坡工程中, 由于膨胀土的工程特性, 加之环境条件的影响, 极易导致地基位移, 产生滑坡、溜塌、塌滑及膨胀等工程病害, 致使边坡防护功能失效。地基工程中, 受胀缩特性及外界温度变化的影响, 引起基础不均匀沉降, 发生结构性破坏, 导致其上建筑物倾斜、开裂, 极易引发生产安全事故。

3 水泥改性土的作用机理

膨胀土中含有大量亲水性强的蒙脱石、伊利石和高岭土等活性黏土矿物, 土质中含有钙质或铁锰质结构。蒙脱石和伊利石相比表面积更大, 在低含水量时对水有巨大的吸力, 使得膨胀土具有很高的膨胀潜能。从微观结构分析, 膨胀土中的矿物成分在空间上呈现面与面连接的叠聚体结构形式, 这种结构形式比团粒结构具有更大的吸收膨胀和失水收缩的能力。

水泥作为改性无机固化材料, 通过其中硅、铝酸盐与膨胀土中的矿物离子发生化学交换反应、硬凝反应, 破坏亲水性矿物结构, 降低黏土的矿物含量, 产生纯水化石灰等新的弱膨胀性或无膨胀性胶凝物质, 提高土颗粒间的黏聚力, 减少土体内部孔隙率, 从而达到降低或消除膨胀土胀缩性的目的。

4 水泥改性土施工工艺流程

本工程渠道水泥改性土填筑按 100 m 一个单元(段)进行施工, 填筑由渠道底板(平台)向上分段分层

收稿日期: 2021-07-14

作者简介: 徐鑫(1989—), 男, 本科, 工程师, 从事建设监理工作。

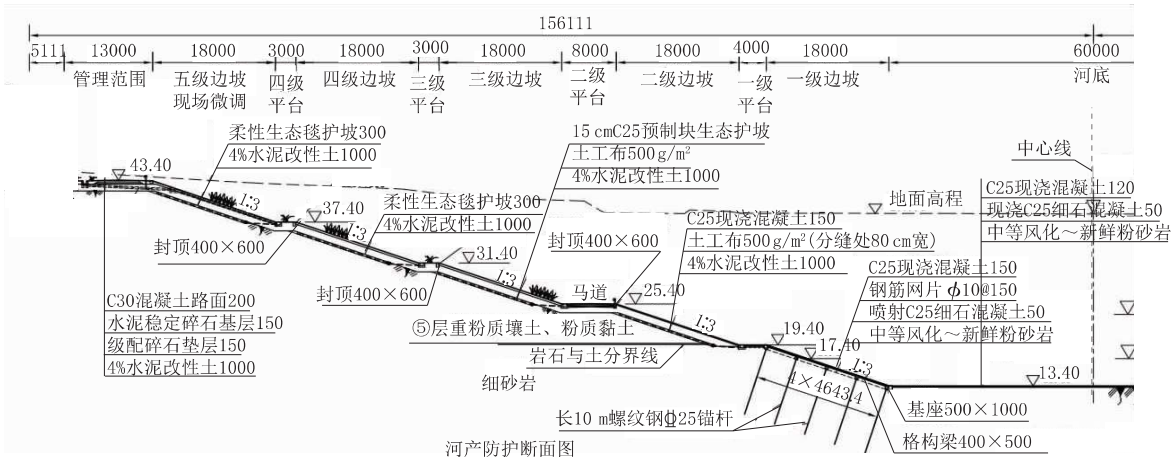


图 1 河道防护断面图(单位:mm)

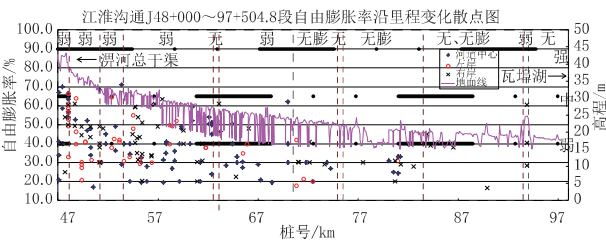


图 2 自由膨胀率沿里程变化散点图

进行施工。渠道水泥改性土填筑施工工艺流程如图 3 所示。

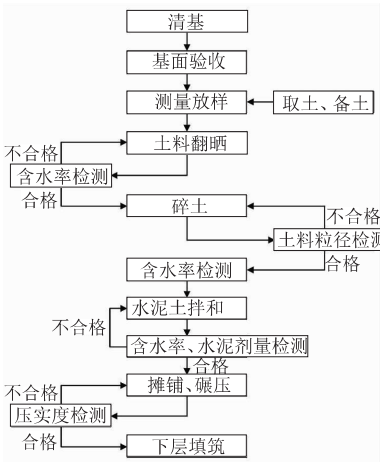


图 3 水泥改性土施工工艺流程图

5 水泥改性土施工工序质量控制要点

水泥改性土施工质量控制主要包括对原材料质量、水泥土制备质量以及水泥土填筑施工质量的控制。

5.1 原材料质量控制

水泥改性土的原料包含土料和水泥。

5.1.1 土料的要求包含储备和鉴别

土料储备应明确土料的来源和存储量,保证连续施工。土料的选用宜就近取材,尽量减少二次倒运,可合理选用经检测符合工程使用要求的原状开挖土;对于原状开挖土用作原土料的应测算方量,根据工程量的分布特点及施工条件,可采取“分段作

业”施工方案;对合格原土料应根据整体施工布置安排,选择合适的地点进行单独储存,明确供应工区和使用部段。土料鉴别则是开工前对拟选用的原土料依据《土工试验规程》(SL 237)进行土工试验,确定原状膨胀土的取土开挖范围、开挖条件、可开采厚度,获取土料自由膨胀率、天然含水量、颗粒级配、黏性土的液塑限等指标数值。

本工程对渠道沿线 49.5 km 的膨胀土分布进行了 517 组室内自由膨胀率试验,绘制出“自由膨胀率沿里程变化散点图”(如图 2 所示),得出本工程区段内原状膨胀土的自由膨胀率均值为 41.8%,根据“膨胀土的膨胀潜势分类”标准,确定本工程区段内的原状膨胀土属弱膨胀土,并同步确定本区段⑤层重粉质壤土、粉质黏土作为水泥改性土换填土料,该部位土料自由膨胀率 48%,试验确定 4%水泥参量改性土最优含水率为 17.4%,最大干密度 1.75 g/cm³,并测定了水泥改性土水泥剂量标准曲线。本工程改性土总方量根据测算需 120 万 m³,根据施工布置方案,划分为 6 个工区,6 处堆土场,3 个拌合站,改性土供料、拌和生产强度满足后续填筑施工要求。

5.1.2 水泥的要求包括水利品种和特性指标

根据设计要求,不应选用早强水泥,而应选用初凝时间长的水泥作为改性固化材料,以便于后期的拌和和压实工序施工。水泥的采购、运输及贮存满足质量保证要求。本工程选用巢湖海螺牌 P.O42.5 的普通硅酸盐水泥,在 3 个拌合站各配置了 2 个 100 t 的水泥贮存罐体。

5.2 水泥土制备质量控制

水泥土制备包含晒土、碎土、拌和、运输等施工工序。

5.2.1 土料翻晒

开挖出的原状膨胀土含水率一般较高,不能直

接作为拌合用土料,且原状膨胀土黏粒含量高,粒径较大,后续破碎工序的破碎效果不佳,即需对原土料进行初碎。本工程开挖出的原土料天然含水率平均值为25%左右,控制拌合用土料的含水率在18%以内。在布置的存土翻晒区内,采用推土机进行摊铺,采用旋耕机对原土料进行翻晒和初碎。试验检测土料翻晒至含水率接近最优含水率时,采用装载机进行打堆和回收。

5.2.2 土料破碎

为使土料能和水利固化料充分拌合,达到最佳效果,需要对土料进行破碎处理,设计及规范要求土料最大粒径 $\leq 10\text{ cm}$, $5\sim 10\text{ cm}$ 粒径含量 $\leq 5\%$, $1\sim 5\text{ cm}$ 粒径含量 $\leq 40\%$ 。采用碎土机对土料进行破碎处理,采用筛分法检测碎土粒径。本工程将土料场翻晒好的土料采用 2 m^3 挖掘机装 $20\sim 25\text{ t}$ 自卸汽车,运至改性土拌和站碎土机旁就近堆放。土料破碎时,用 3 m^3 装载机上料到碎土机料仓,采用碎土机对土料进行破碎。当改性土生产时,破碎土料皮带机直接送入改性土拌和站料仓进行拌和,不生产改性土时,破碎土料堆放于料场内,加以覆盖,做好防雨、防霜等措施。

5.2.3 水泥土拌合

拌合均匀性是拌合工序的质量控制指标,可用水泥含量标准差进行控制,改性土中水泥含量标准差 ≤ 0.8 ,采用室内EDTA滴定法测定水泥含量,平均值不得小于设计掺量。采用厂拌法施工的,应对拌合的水泥改性土进行试验,以此确定拌合机的运行控制参数。水泥改性土的含水量应控制在最佳含水率的 $\pm 2\%$ 范围内,必要时在厂拌设备拌和时将水成雾状均匀喷入改良土中拌和均匀。本工程采用厂拌法施工,使用WCB600型稳定土拌合机。稳定土拌合机由集料、计量传送、拌制、水泥罐体四部分系统组成。集料斗下部装有电子计量系统,通过控制液压斗门启闭来确定土料重量,土料经皮带机传送至拌合机内。拌合时,系统自动控制水泥、水添加。完成拌制后,经皮带机卸料。为保证土料质量,集料斗上口加工成带坡度的型式,并在上口设置筛网,每个小网格边长小于 10 cm ,以过滤掉粒径不合格的土料。充分拌合时间不少于 2 min 。施工初期按 $\leq 600\text{ m}^3$ 每一批次进行改性土抽样,抽样数量区间为 $5\sim 10$ 个样(样品重量 $\geq 300\text{ g}$ 每个),施工中、后期适当减少检测频次。

5.2.4 水泥土运输

拌和合格的水利改性土,考虑水泥强度作用的

时间变化,应及时运输至现场进行填筑施工。从加水拌合到完成碾压的时间周期,不宜超过 4 h 。本工程厂拌合格的水泥改性土由 $20\sim 25\text{ t}$ 自卸汽车在拌合站出料口直接装料,径直运输至施工现场进行换填作业。

5.3 水泥土填筑质量控制

水泥土填筑施工包含测量放样、清基、摊铺、碾压、结合面处理等工序。填筑前应进行碾压工艺试验。

5.3.1 现场碾压工艺试验

正式填筑施工前,应进行现场碾压工艺试验,核查改性土压实后的干密度、压实度等是否达到设计指标;检查检验压实机、拌合机的性能是否满足施工要求;确定合理的施工碾压参数,包含铺土厚度、碾压遍数、行进速度等;根据碾压试验调整求取最大干密度、最优含水率等控制性指标。同时,根据试验研究完善水泥改性土换填施工的工艺方法和施工措施。本工程水泥改性土换填设计压实度 ≤ 0.96 (轻型),击实标准按《土工试验规程》(SL 237)中击实试验执行。水泥改性土含水率控制在最优含水率的 $+1\%\sim +3\%$ 之间。根据换填土料试验结果和水泥改性土碾压试验调整的压实干密度为 1.75 g/cm^3 。

5.3.2 测量放样

严格按照设计图纸放样,做好边桩、填土高度、边坡坡比等控制。放样测点相对限值误差应符合规范和设计要求。本工程采用全站仪进行测量放线,放线内容主要包括控制点的设置、渠道轴线及平面位置放样、高程的控制。渠道断面放样、填筑轮廓间隔一定距离设立样架,样架设立是考虑了超填因素。

5.3.3 渠基清基

填筑施工前,应确保渠基基面清洁、干燥,无杂物、浮土,且无明显凹凸,同步做好降、排水和边坡防护。本工程按照设计图纸进行边坡开挖,清除了坡面及河底浮土,对地表积水进行了抽排,并对基层进行了平整、夯实处理,确保地表面平整度不超过 $\pm 5\text{ cm}$ 。

5.3.4 改性土摊铺

选择适宜的铺土方法和推土机械,控制铺土厚度(可采用钢筋钎插扎方法)、松铺厚度(根据碾压工艺试验确定)及摊铺表面平整度(不超过 $\pm 5\text{ cm}$);做好超填部分的边坡防护(超填宽度、坡比等);每层摊铺平整后的高程、边线控制以及已完工程应对天气变化的保证措施落实。本工程采用进占法铺土上料,使用SD16推土机进行摊铺作业,平地机平整,人工局部补料平整。虚铺厚度 35 cm ,允许偏差为

-5 ~ 0 cm, 压实厚度 25 cm, 采用钢筋钎插扎方法控制铺土厚度。超填部分顶部宽度 ≥ 30 cm, 坡比 1 : 1.5, 边坡开挖成小台阶状, 台阶高度 25 cm。

5.3.5 改性土碾压

根据碾压工艺试验确定碾压参数, 严格控制碾压遍数、行进速度、压实顺序、碾压搭接宽度以及现场环刀检测计算的含水率、干密度和压实度指标。本工程铺土完成后采用光面压路机按进退错距法于渠道方向静压 2 遍、振压 6 遍, 行车速度 2 ~ 3 km/h, 开始碾压是采用慢速。压实顺序先两侧后中间, 相邻碾压迹的搭接宽度不小于 1/10 碾宽, 对于边角部位、接头处采用打夯机夯实, 做到了无漏角、无死角, 确保了碾压均匀。碾压过程中根据天气和层面干燥情况, 进行了洒水湿润处理, 以确保含水率在最优含水率的 +1% ~ +3% 之间。碾压完成后, 在作业面上采用 100 cm³ 环刀均匀取样, 每层取样数量为 100 ~ 200 m³ 每点, 共取 3 点, 通过室内土工试验测定含水率并计算干密度及压实度。压实度检测合格后进行下一层改性土填筑施工。

5.3.6 结合面处理

为保证各土层间结合质量, 在各层碾压完成并检验合格后, 应对填筑表面进行刨毛处理, 并通过适当洒水湿润, 使含水率控制在规定的范围内。本工程上下层结合面采用刨毛机进行了刨毛处理, 刨毛深度 10 ~ 20 mm, 并对下层填筑表面进行了保洁清理, 为

上层改性土填筑提供了合格基础面。

5.4 水泥土维护养生质量控制

水泥土填筑施工完成后应及时进行洒水养生, 或在填料表面覆盖土工膜或塑料薄膜养生, 防止水泥土表面开裂, 影响施工质量。每层填筑施工间隔宜 < 6 h, 如填筑施工因故中断, 应做好填筑面和基础面的保湿处理。本工程填筑施工分多层进行, 不需单独进行养生维护, 用上层填筑的水泥土对下层进行养生维护。全部填筑施工完成并检测合格后, 配备了专用洒水车, 采用雾化喷洒方式, 进行补水养生, 养生周期为 7 d。

6 结 语

通过认识膨胀土的危害、作用机理以及引江济淮工程江淮沟通段 J009-1(河渠)标膨胀土成功治理的经验, 从各工序施工质量控制角度出发, 明确质量控制要点, 对应施工各项控制指标, 对专业监理人掌握膨胀土治理方法、明确过程质量控制要点、提升管控服务能力将起到很好的促进作用。

参考文献:

- [1] 林青芝. 简述膨胀土的危害及处理方法[J]. 科技创新导报, 2010(10): 44.
- [2] 梅川. 引江济汉渠道膨胀土换填施工及质量控制[J]. 工程建设管理, 2019(1): 42-44.
- [3] 赵春吉. 水泥改性强膨胀土的试验及改性机理研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2014.

(上接第 117 页)

在管道下水之前将浮体按照计算好的间距通过绳索布置在管道顶部。绳索长度应该与管道空管段的水位深度保持一致, 在管道下放过程中不断在管道顶部绑扎浮体。管道下沉至海底之后, 安排潜水员割除管道上绑扎的浮体, 通过运输船回收利用。

参考文献:

- [1] 黄璟. 长距离排海管道设计[J]. 珠江水运, 2018(10): 52-53.
- [2] 耿文泽. 排海管稳定性设计与施工方案[J]. 中国给水排水, 1998, 4: 30-31, 34.
- [3] 邢文文, 岳凤伟. 沿海旅游城市敷设排海管道的设计[J]. 中国给水排水, 2013, 29(14): 59-61.
- [4] 邓力禹, 张瑞玉. 某港区污水处理厂尾水深海排放管工艺设计[J]. 珠江水运, 2014(13): 56-57.