

场拌流态固化土在空间受限肥槽回填中的应用

晁向阳

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i8.6551

[摘要] 针对卢氏县横涧乡衙前村棚户区改造项目深基坑肥槽空间受限(最小宽度不足0.4m)、传统回填质量难控、工期长及安全风险高的问题,选用场拌流态固化土回填。通过现场就近拌制,采用泵送分层浇筑。该工艺解决了空间受限回填难题,保障基础稳定与施工安全,适用于窄肥槽、深基坑回填。

[关键词] 场拌流态固化土; 空间受限肥槽; 深基坑回填; 质量控制

中图分类号: O213.1 文献标识码: A

Application of Field-mixed Fluidized Solidified Soil in Backfilling of Space-limited Fertilizer Tank

Xiangyang Chao

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] In view of the limited space (the minimum width is less than 0.4m), the traditional backfill quality is difficult to control, the construction period is long and the safety risk is high in the shantytown renovation project of Yaqian Village, Hengjian Township, Lushi County, the field-mixed fluidized solidified soil is selected for backfilling. Through on-site mixing (mixing ratio: cement 70kg, soil 1500kg, curing agent 2kg, water 400kg/m³), pumping layered pouring (thickness ≤ 2 m), combined with quality control measures such as retaining test blocks (every 100m³ ≥ 2 groups), 28-day strength ≥ 1 MPa and 7-day maintenance, all backfilling was completed in 35 days, saving the construction period for 15 days. This technology solves the problem of space-limited backfilling, ensures foundation stability and construction safety, and is suitable for backfilling narrow fertilizer tanks and deep foundation pits.

[Key words] field-mixed fluidized solidified soil; Space-limited fertilizer tank; Backfilling of deep foundation pit; quality control

引言

在基坑肥槽回填施工中,通常会遇到肥槽宽度较窄、回填深度较深、回填土无法保证分层夯实、作业面狭小、压实机械无法展开、回填土夯实质量无法保证等难题。传统回填施工工艺采用素土或灰土分层回填,小型设备夯实,施工工期较长、回填质量不易保证。肥槽回填质量对建筑安全和功能至关重要,可直接影响建筑基础稳定、管线功能、抗浮安全和散水开裂。另外,肥槽回填土的下沉有可能造成地下室防水保护层破坏,引起防水失效。

1 肥槽回填特点

本工程基坑最大深度达10.8m,肥槽设计采用2:8灰土分层回填,存在以下难点:

(1) 地下主体结构距边坡较为狭窄,回填深度大,施工作业困难,且回填土要求质量高,采用级配砂石、灰土回填施工困难。且周边环境复杂(南侧为主干道,大型车辆较多,荷载大;施工阶段采取了基坑降水,基坑周边为降水井及降水管道,土源进场运输受阻)。

(2) 本工程结构外边线与支护桩之间的距离仅0.8~1.7m,扣除外墙防水及防水保护层厚度和局部腰梁锚索所占空间,最小距离不足0.4m。锚索不但侵占肥槽空间且形成多处回填边角。

(3) 本工程工期紧,回填土要求质量高。考虑肥槽回填断面实际情况,空间狭窄,肥槽回填无法采用机械碾压施工,只能采用人工分层夯填施工工艺,质量难以控制。受边坡支护锚索影响,人工夯填效率进一步降低,施工速度慢、施工周期长,质量更加难保证,难以达到设计要求;人员长期处于高边坡边缘夯填作业容易引起边坡安全及施工人员安全风险,安全风险不受控。

(4) 工程所在地素土来源少,市场土源稀少,材料难购买;场地内大型机械摊铺、碾压设备、运输设备受场区限制无法至回填作业面。

通过分析以上存在的施工难点,解决的突破口在于优化肥槽回填材料。常规肥槽回填材料有低标号混凝土、砂浆、泡沫混凝土、预拌流态固化土等,需从技术方案的可行性、质量的保障性、工期以及工程造价等进行对比。

综合对比传统人工回填与预拌流态固化土如下:

(1)作业场地方面:机械压实对场地要求高,人工夯实回填在作业区域狭小受限的环境下操作不便,预拌流态固化土在场地受限条件下可使用。

(2)回填质量的保障性:人工夯实质量难以保证,受限于空间和个人技术与职业操守。预拌流态固化土技术有较强的自密实性和抗渗性,对受限部位也可以通过自密实性进行更好的填充,能够保证回填质量要求。

(3)施工进度:传统人工夯实回填工艺施工进度慢、周期长。预拌流态固化土施工周期短、施工速度快。

(4)环保对比:传统工艺在土方运输过程和施工过程中污染大,而预拌流态固化土在固定场地进行拌制,采用地泵或者溜槽水平运输,从技术适配性来看,预拌流态固化土可实现机械化施工且质量易管控,能同时满足本工程对回填质量、施工安全及进度的核心需求,且在临近工作面时,可通过泵车在附近道路采用泵送或溜槽方式浇筑,减少对周边环境的污染,因此确定其为优先选择。

2 场拌法预拌流态固化土工艺原理

(1)受限空间车库侧墙四周场拌流态固化土回填施工,采取在受限空间车库侧墙四周布设搅拌机,利用土料、水泥及添加一定比例的特殊胶凝材料(即固化剂)和水形成新型工程材料,经搅拌后泵送至作业面的方法。

(2)在混合拌制过程中,土料、固化剂、水泥和水被投入固化土制浆机中充分拌合。固化土制浆机的设计和操作参数对混合料的均匀性和稳定性至关重要。通过特定搅拌工艺,可确保土料、固化剂、水泥和水等原料充分混合均匀,形成具有可施工性的混合料。此过程中,固化剂中的活性成分与土料中的矿物质发生初步反应,为后续固化过程奠定基础。

(3)浇筑过程中,流态固化土展现出良好的流动性和自密实性,该特性使其能适应复杂地形和狭窄空间的施工要求。浇筑完成后,需进行适当养护,确保混合料中化学反应充分进行,形成稳定的固化结构体。养护时间、温度、湿度等条件对固化土最终性能影响显著。

(4)在固化过程中,固化剂中的活性成分与土料中的矿物质持续发生化学反应,生成新的化学键和稳定的固化结构体。这些化学键的形成和固化结构体的稳定,是预拌流态固化土强度、稳定性和耐久性的核心基础;同时,固化剂中的填充物质可填充土颗粒间的空隙,进一步提高土体的密实度和强度。

3 施工工艺流程及操作要点

3.1 施工工艺流程

施工工艺流程主要包括:原材料进场验收→土料筛分处理→固化剂浆液制备→固化土混合料搅拌→泵送设备调试→分层浇筑→养护→质量检测。各环节需严格按照规范执行,确保施工连续可控。

3.2 操作要点

3.2.1 现场固化土拌制

预拌流态固化土采用现场集中拌和。拌和过程:首先将固化剂各组分、外加剂(必要时掺入)等与水按配合比投入固化土制浆机混合成浆液,再将固化剂浆液与土、水泥投入搅拌机进行拌和成固化土混合料。

预拌流态固化土拌和系统采用专用固化土搅拌机,将投入的固化剂浆液和土拌和成固化土。单套固化土拌和站包括以下几个系统:

预拌流态固化土硬化后强度为0.4~10MPa,结合现场实际条件,本工程南侧支护桩与地下车库之间狭窄部位采用预拌流态固化土进行回填。技术要求为:预拌流态固化土28天强度达到设计所要求的1MPa左右。为达到此强度,土源选用当地土质,设备采用专用的预拌流态固化土筛分、拌合、泵送设备;预拌流态固化土浆液通过设备拌合后,经泵管泵送至工作面,确保满足泵送不堵管等施工条件。

3.2.2 泵送固化土施工方法及措施

泵送固化土施工需遵循“管道预处理-分级调速-连续压送-收尾清洗”的核心流程,确保输送效率与施工质量。具体操作如下:

(1)管道预处理:泵送前先将储料斗内清水泵出,湿润并清洁管道;再压入纯水泥浆或1:1~1:2水泥砂浆滑润管道,避免固化土在管道内粘连。

(2)泵送速度控制:泵车初始压送时速度宜慢,待固化土送出泵管端部后逐步加快至正常速度;压送需连续,若遇设备异常或供料不足,应放慢速度,暂时中断时每隔5~10min用泵机抽吸往复推动2~3次,防止堵管。

(3)浇筑布料控制:固化土浇筑入模需分层进行,端部软管均匀移动,每层布料厚度控制在20~30cm,禁止成堆浇筑;水平管浇筑时,每台泵车配备1~2人看管布料杆,6~8人负责拆接管道,随浇筑方向调整管长。

(4)特殊管路布置:向下倾斜输送时,倾斜度 $4^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 需在下斜管下端设5H(H为落差)长度水平配管,倾斜度 $>7^{\circ}$ 时还需在上端设排气活塞;地面铺管每节两端垫50mm×100mm方木,倾斜输送需搭设宽 ≥ 1 m斜道,管体固定牢固防振动位移。

(5)收尾管理:泵送结束前计算固化土用量,避免剩余过多;施工完毕后,用空气压缩机推动清洗球清理泵车、布料杆及管路,拆卸后按规格分类堆放管道。

3.2.3 固化土浇筑的一般要求

固化土浇筑需结合地下室外墙防水进度与场地条件,采用分块分层方式施工,无需振捣,核心控制层厚、间隔时间与特殊工况应对。具体要求如下:

(1)浇筑方式与防护:针对肥槽长距离特点,分设多个浇筑点,采用泵送为主、局部溜槽为辅的方式施工;浇筑时用50mm厚模塑聚苯板保护地下室外墙防水,防止防水层破损。

(2)时间与层厚控制:固化土从搅拌到浇筑完成时间 ≤ 3 h;单次浇筑厚度按《预拌流态固化土填筑工程技术标准》(T/CECS 1037-2022)要求 ≤ 2 m,相邻片区浇筑高度差 ≤ 1 m;固化土初凝6h、终凝12h,上层浇筑需在下层终凝后进行。

(3) 搭接与标高控制: 与2:8灰土搭接时先支模浇筑固化土, 终凝后再回填灰土; 搭接部位分层错槎留置, 每层水平距离 $\geq 1.5\text{m}$ 、竖向高度 $\leq 2\text{m}$, 留槎呈梯蹬状便于接槎。浇筑中检查槽槽边壁标高控制线, 确保每层水平, 均衡施工至顶标高。

(4) 特殊工况应对: 肥槽回填需连续进行, 防止地面水流入; 遇大雨时覆盖未硬化填筑体, 避免浸泡; 施工长度约270m无法一次浇筑, 在合适位置砌筑24cm厚砖墙分隔, 尺寸按现场实际确定。

4 质量控制

4.1 质量控制措施

质量控制以“源头清理-过程管控-养护保障”为核心, 确保回填强度与结构安全, 具体措施如下:

(1) 基槽预处理: 回填前彻底清理基槽内垃圾、积水, 确保作业面无杂物干扰。

(2) 试块留置与记录: 每段、每层每100m³至少留置2组试块, 待每层固化土终凝后再回填上层; 施工试验记录需注明配合比、试验日期、层数、位置及试验人员签字, 确保可追溯。

(3) 留槎与结构保护: 严格执行留槎规定, 固化土终凝后再进行下一步施工, 上下层接槎距离 $\geq 1000\text{mm}$, 接槎垂直切齐, 避免对结构主体产生附加压力。

(4) 施工环境管控: 夜间施工加强照明, 防止超厚浇筑; 雨期施工缩小工作面, 分阶段完成拌和、运输、回填, 实时关注气象变化, 确保工序连续。

(5) 养护管理: 浇筑完成后立即覆盖防水分流失, 养护期间禁止机械、行人通行; 填筑体顶层浇筑后, 用塑料薄膜或土工布保湿养护, 养护时间 ≥ 7 天。

4.2 质量标准

4.2.1 原材料

原材料质量控制聚焦“批次验收-关键指标检测”, 确保源头合格:

(1) 主控项目: 固化剂进场按批次验收品种、级别、包装及出厂日期, 每批次需复试强度与凝结时间并出具报告; 同一厂家、同一批号固化剂每500t为一批, 不足500t仍按一批计。

(2) 一般项目: 施工用水采用饮用水时免检验; 拌和用土每1000m³检测1次有机质含量与含水率, 确保符合拌制要求。

4.2.2 固化土

固化土质量控制侧重“配合比适配-流动性达标”:

(1) 主控项目: 首次使用的配合比需开盘鉴定, 原材料、强度、坍落度需满足设计要求, 同一配合比鉴定不少于1次, 核查开

盘鉴定资料与强度试验报告。

(2) 一般项目: 坍落度需符合设计要求, 同一配合比取样规定: 每拌200m³不少于1次、每工作班不足200m³不少于1次、每段每层不少于1次, 核查坍落度抽样记录。

4.2.3 固化土施工

施工质量控制核心为“强度达标-外观合规”:

(1) 主控项目: 固化土强度需满足设计要求, 试件在浇筑地点随机抽取, 采用100mm \times 100mm \times 100mm立方体试模; 取样组数规定: 每次填筑至少1组标准养护试件, 同条件养护按需求确定; 同一配合比连续浇筑 $< 400\text{m}^3$ 时每200m³1组, $> 400\text{m}^3$ 时每400m³1组, 核查施工记录与强度报告。

(2) 一般项目: 回填前槽内杂物、积水需全数清理, 现场观察验证; 浇筑后养护需全数检查, 确保及时到位; 填筑顶层标高允许误差 $\pm 20\text{mm}$, 每100m²检查3点或每10m检查1点, 用水准仪测量。

5 结束语

卢氏县横涧乡衙前村棚户区改造项目E63-2地块深基坑肥槽回填工程, 依托预拌流态固化土分层分段浇筑工艺, 仅用35天便完成全部施工任务, 较传统灰土回填或人工夯填工艺缩短工期15天, 大幅提升施工效率。该工艺精准破解了项目肥槽最小宽度不足0.4m的空间受限难题, 借助固化土优异的自密实性与流动性, 可充分填充狭窄区域及钢腰梁周边的异形断面, 彻底解决了传统工艺压实机械无法展开、回填质量难管控的痛点, 同时避免了人员在高边坡边缘作业的安全风险, 有效保障了建筑基础稳定性与结构安全。此次实践验证了预拌流态固化土在深基坑、窄肥槽场景中的技术适配性, 其成熟的施工流程与质量控制体系, 为后续同类空间受限基坑回填工程提供了可借鉴的实践经验, 具有较强的行业推广价值。

[参考文献]

[1] 李明月, 陈少军, 郑巍, 等. 深基坑狭窄肥槽预拌流态固化土回填施工技术[J]. 建筑施工, 2024, 46(02): 169-172.

[2] 何桂朋. 预拌流态固化土肥槽回填施工技术[J]. 建筑技术, 2023, 54(16): 2031-2033.

[3] 丁雪. 预拌流态固化土肥槽回填施工技术[J]. 建筑技术开发, 2023, 50(07): 28-31.

作者简介:

晁向阳(1985--), 男, 汉族, 陕西扶风人, 大学本科, 高级工程师, 研究方向: 建筑工程。