

# 就地浅层固化技术稳定性与可靠性研究

吴连盛

(上海公路投资建设发展有限公司,上海市 200335)

**摘要:**就地浅层固化技术是一种环保、经济型加固处理软弱土体工艺,近年来虽然其已被大量应用于处理道路路基明浜和暗浜,但是关于该工艺的应用性研究成果并不多,稳定性与可靠性方面研究更少。因此,以昆阳路越江及配套道路工程和S3公路新建工程为载体,在采用相同工艺、材料和配合比条件下,开展该工艺技术固化稳定性和可靠性研究。研究结果表明:经就地浅层加固处理后,两个工程道路路基承载力均满足设计要求,而且最大沉降量、最大回弹量及回弹率等检测参数的数值大小与分布区间比较窄而稳定。

**关键词:**浅层;固化;昆阳路;S3公路;承载力;回弹

**中图分类号:**U416.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-7716(2022)02-0186-03

## 0 引言

作为一种利用强力搅拌头与固化剂对软土、围海造田吹填土、淤泥等软弱土进行就地固化处理的工艺,就地浅层固化技术不仅能使土体达到期望强度,而且相比道路工程领域常规的土体置换或换填法处理工艺,其经济性和社会效益更佳<sup>[1-5]</sup>。然而由于道路工程领域大规模研究、引入和应用该技术的时间不长,因而关于该技术应用性的研究案例、资料和成果不多,尤其稳定性与可靠性方面研究成果更少。

因此,课题组以公司在建的昆阳路越江及配套道路工程、S3公路(周邓公路-G1503公路两港大道立交)新建工程等工程为载体,在概要性梳理该工艺技术内容及流程等内容前提下,探索该技术在公路工程项目中应用的稳定性和可靠性,以期为该工艺技术推广应用提供客观可靠的数据支撑。

## 1 浅层固化实施设备与施工准备

### (1)就地浅层固化技术关键设备简介

关键设备为强力搅拌系统,主要由前部强力搅拌头、配套挖机、后台供料系统、固化剂混合添加控制系统等组成(见图1)。前部强力搅拌头是一种专业型的搅拌设备,能够将添加的固化剂均匀地拌和入土体内部。固化剂混合添加控制系统安装于后台供料系统中,能够实时控制固化剂的添加量,精确计

量,减少材料浪费。

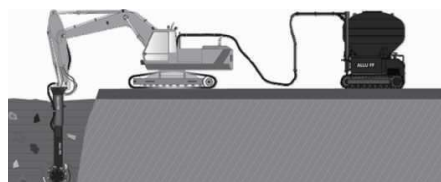


图1 就地浅层固化处理设备

### (2)施工准备

a. 现场核查。了解现场可利用的水源、电源、道路、堆场、临时设施搭建场地及施工通道等;核对与核查各类公用事业地下管线位置、数量、口径、深度及接头形式,核对各种架空线杆位、高度,落实管线搬迁或加固处理;了解施工期间现场交通对施工影响程度,落实施工期间交通组织。

b. 施工测量。抽干浜塘水,进行原始地貌测量,测量前沿上口边线一侧布设里程桩。断面宽度,采用钢尺丈量,高程用水准仪观测。为了确保土方计算准确性,设定纵向以10 m为一个断面进行测量。

### (3)固化准备

a. 筑坝、抽干明浜水,清除浜内杂物,回填浜塘土至路面结构层底面以下0.3 m,且不低于原地面,然后再对浜底淤泥进行就地固化处理。

b. 对于暗浜,清除表面0.3 m,清除建筑垃圾,平整场地,固化处理的顶标高为清除垃圾后原地面标高,且不低于设计路面标高 $H-(80+A)$ ,然后进行就地固化,处理至暗浜土底标高。若浜土表层土含水率较低,影响整体施工进度,则先对表层土进行分层翻松处理,然后进行就地固化,处理至暗浜土底标高。

收稿日期:2021-07-09

作者简介:吴连盛(1973—),男,本科,高级工程师,从事施工技术管理工作。

2 浅层固化施工技术工艺流程与关键点

2.1 施工工艺流程

工艺流程主要由施工测量、配合比、固化施工和养护等工序组成(见图 2)。

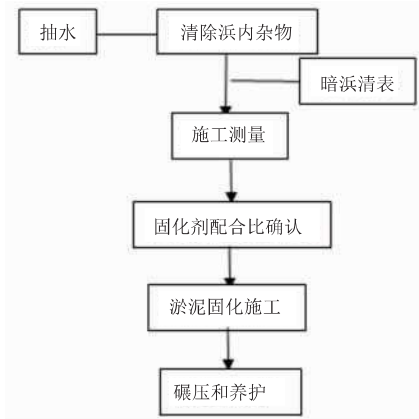


图 2 就地浅层固化施工流程图

2.2 施工方法

(1)划分施工区块

将待处理的浜塘区域进行放样并划分施工区块,一般区块划分尺寸为 5 m×5 m,并根据各处理区块的处理深度以及固化剂配比数据,利用固化剂自动定量供料系统设置固化剂含量。

(2)强力搅拌头就地搅拌

采用强力搅拌头对原位土进行均匀搅拌。根据现场淤泥土样含水率的高低以及固化剂形式,施工可采用垂直上下搅拌固化的方式(见图 3),搅拌设备直插式对原位土进行搅拌,搅拌设备正向运行逐渐深入搅拌并喷射固化剂,直至达到淤泥底标高,然后搅拌设备反向运行缓慢提升搅拌并喷固化剂,搅拌提升或下降的速率控制在 10~20 s/m,固化剂的喷料速率控制在 70~160 kg/min。

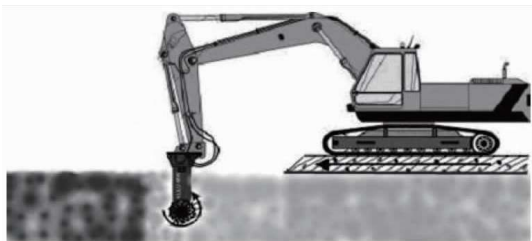


图 3 就地浅层固化搅拌方式 - 原位垂直上下固化式

(3)施工顺序

就地固化处理采用边固化、边推进的模式进行,应保证搅拌均匀,其强度满足指标要求,各区块之间应有不小于 5 cm 的搭接宽度,避免漏搅,见图 4。

固化处理底标高为至浜底淤泥以下良好土层至少 50 cm,处理深度至少 1.0 m 以上。宽度为坡脚外

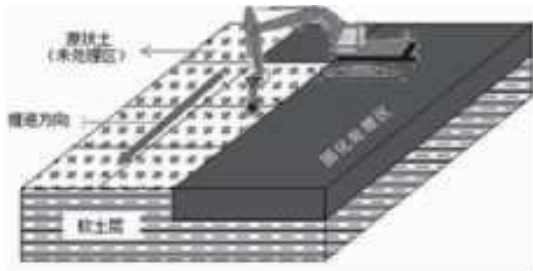


图 4 边固化边推进的施工顺序

延伸 1.0 m。浜塘需要设置围堰排水,固化后浜坡再开挖台阶。

(4)特殊区域固化施工要求

a. 已施工雨水管区域

固化施工时,搅拌头先从管道两侧呈 45°角斜插至管道基础底部完成固化,然后再补充垂直固化管道两侧的三角空白区,垂直固化距离管道基础约 0.3 m。

b. 承台区域

固化施工时,搅拌头贴近承台施工,并注意做好承台的成品保护工作,不得发生触碰而破坏承台混凝土。

c. 固化区域存在大面积建筑垃圾且靠近轨交线

施工单位应及时汇报现场监理、设计单位及业主,待设计单位根据现场实际情况重新调整处理方案后方可进行后续的施工。

(5)碾压和养护

固化搅拌完毕后,固化土体养护数天至一定强度(根据现场情况确定具体时间)后采用压路机或配套挖机碾压表面。

3 工程应用情况

3.1 应用载体与材料情况

(1)工程概况

昆阳路越江及配套道路工程全长 3.5 km,其中桥梁长 1.9 km,两侧接线道路长 1.6 km,是连接上海市闵行区和奉贤区的南北向重要干线公路之一。S3 公路(周邓公路-G1503 公路两港立交)新建工程,北起周邓公路,顺接 S3 公路先期实施段,沿线穿越上海市浦东新区和奉贤区,南接规划两港大道,全 26.64 km。两个项目场地内均存在大量的明浜、暗浜,需加固路基累计量超 100 万 m³。

(2)工程环境

由于昆阳路越江及配套道路工程和 S3 公路(周邓公路-G1503 公路两港大道立交)新建工程(见图 5(a)和图 5(b))等均位于上海市,因而两个项目地形地貌、水文地质和气候条件情况基本相同,即外在影

响因素基本相近。



(a)昆阳路越江及配套道路工程 (b)S3公路新建工程

图5 浅层固化技术工艺应用现场

### (3)工程材料

两项工程浅层固化的材料要求(含固化剂配比)基本相同:

#### a. 素土

耕植土、草皮土、有机土、淤泥、含有树根、腐朽物质及烧失量和易容盐含量超过允许含量的土,液限大于50%、塑性指数大于26的细粒土等,不得直接作为路基填料。外购土方作为填筑材料需经过野外取土实验方可使用。

#### b. 粉煤灰

应满足Ⅱ级粉煤灰的技术要求,烧失量宜小于20%;烧失量超过标准的粉煤灰应作对比试验,分析论证后采用。粉煤灰的粒径宜在0.001~1.18 mm之间,小于0.075 mm的颗粒含量宜大于45%。粉煤灰中不得含团块、腐殖质及其它杂质。

#### c. 水泥

采用强度等级P.O.42.5级及以上的普通硅酸盐水泥(不过期、不受潮、不结块),其性能必须符合《通用硅酸盐水泥》(GB175-2007)规定。水泥储存时间超过三个月时应重新取样试验,并按其检验结果使用,使用前报监理工程师批准。

#### d. 土工格栅

采用双向土工格栅,要求经纬向极限抗拉强度不小于80 kN/m,2%延伸率时的抗拉强度不小于20 MPa。

#### e. 配合比

两个工程的固化剂采用浆剂,每桶浆液的配合为:水:水泥:粉煤灰=900 kg:675 kg:225 kg,水灰比为1,掺量为8%(6%P.O.42.5水泥+2%粉煤灰)。

### 3.2 应用效果

在浅层固化作业完成28 d后,课题组委托第三方检测单位在昆阳路越江及配套道路工程和S3公路(周邓公路-G1503公路两港大道立交)新建工程各自浅层固化区域取10个检测点,并依据上海市工程建设规范《地基基础设计规范》(DGJ08-11-2010)进行地基静载试验,试验检测结果表明:经浅

层固化处理后,昆阳路悦江隧道工程浅层固化区28 d地基承载力超过设计要求值120 kPa,且达到设计要求的最大加载量240 kPa,也未发生破坏;S3公路(周邓公路-G1503公路两港大道立交)浅层固化区28 d地基承载力也超过设计要求值120 kPa,承载试验过程中各试验点地基均未发生破坏。

此外,通过对两个项目各点静载检测参数进一步分析(分别见图6和图7),发现两项工程浅层固化后的最大沉降量均未超过14 mm,回弹率在35%~50%之间、最大回弹量不足10 mm,充分表明该技术工艺在不同工程中的可靠与稳定。

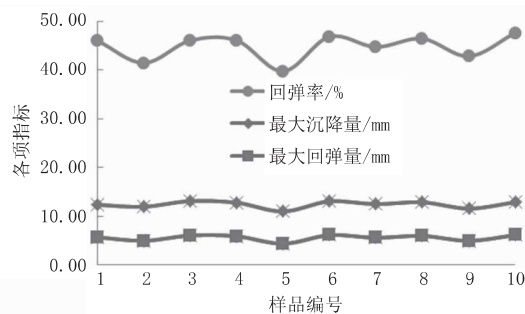


图6 昆阳路越江及配套道路工程浅层固化回弹与沉降

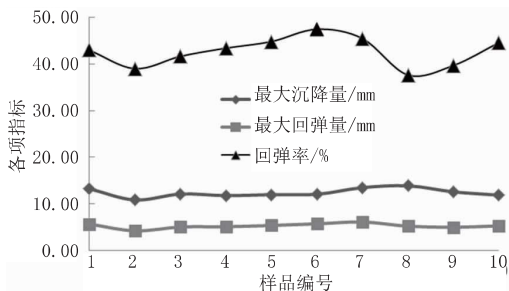


图7 S3公路(周邓公路-G1503公路两港大道立交)回弹与沉降

## 4 结论

在采用相同施工工艺、材料及配合比前提下,就地浅层固化技术工艺在两个不同公路工程的应用结果表明:

(1)该技术工艺所涉及材料、设备、流程及工序均简要方便。

(2)处理后的路基承载力能够满足设计要求。

(3)处理效果可靠、稳定。

因此,无论从经济角度,还是出于生态环保考虑,就地浅层固化技术工艺都不失为一种高性价比的土体处理工艺。

#### 参考文献:

- [1] 陈永辉,王颖,程潇,等.就地固化技术处理围海工程吹填土的试验研究[J].水利学报,2015(S1):64-69.
- [2] 王颖,陈永辉,程潇.就地固化技术处理道路浅层软基的试验研究[J].上海建设科技,2016(2):29-32.

(下转第192页)

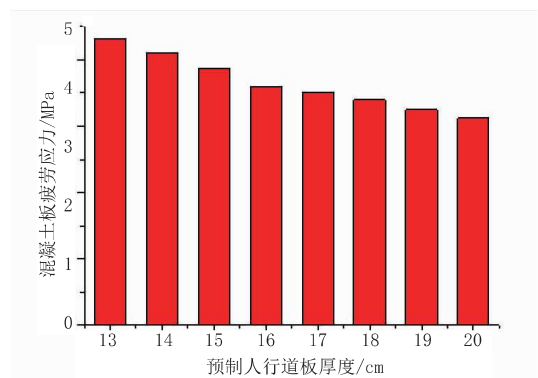


图3 板块厚度与临界位置荷载和温度荷载作用下的疲劳应力之关系

### 3 结 语

(1)工程应用中推荐采用配合比 C 和 D,其透水性能和混凝土强度均能满足使用要求。

(2)根据上海市的降雨强度,确定了人行道结构层厚度的计算方法,得出预制装配式透水混凝土面板厚度的取值区间为 13.11~21.3 cm。

(3)根据结构的强度要求以及透水性要求,推荐上海地区预制透水混凝土板用于人行道时的厚度按

15 cm 设计。

#### 参考文献:

- [1] CHAVEZ C, MCCULLOUGH B F, FOWLER D W. Design of a post-tensioned prestressed concrete pavement, construction guidelines, and monitoring plan[R]. Austin, TX: The University of Texas at Austin, Research Report No. FHWA/TX-04/O-4035-1, Center for Transportation Research, 2003.
- [2] 韩建国.透水混凝土的性能和应用现状综述[J].混凝土世界, 2014(10):46-52.
- [3] MAGUESVARI M U, NARASIMHA V L. Studies on characterization of pervious concrete for pavement applications [J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013, 104:198-207.
- [4] 田志昌, 孟亚楠, 韩育民, 等. 装配式水泥混凝土路面板荷载应力分析与接缝优化[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2016(5): 753-759.
- [5] 王唐斌.排水人行道结构与材料的优化设计[D].南京:东南大学, 2017.
- [6] 周泽民.装配式水泥混凝土路面的施工[J].中南公路工程, 1991(3): 20-23.
- [7] 冯志炫.应用于沙漠公路的装配式沥青路面力学分析[D].广州:华南理工大学, 2016.

(上接第 188 页)

- [3] 唐天华,石斌.六奉公路滨塘淤泥就地固化处理试验研究[J].市政设施管理, 2018(4):4-5.
- [4] 郑重.就地固化技术处理道路软基的施工研究[J].区域治理,

2019(10):215-216.

- [5] 徐亮,唐彤芝,白兰兰,等.就地固化技术处理浅层软土的应用及机理研究[J].水利水电工程学报, 2021(2):109-116.