

水泥土搅拌桩加固河堤的破坏模式研究

林邦郁

韶关市建邦建筑工程有限公司

DOI:10.12238/hwr.v7i12.5105

[摘要] 水泥土搅拌桩是对软土地基常用的加固方法,河道周边的河堤由于地基较为松软易导致河堤失稳,威胁人们的生命财产损失,因此必须对河堤进行加固处理。基于此,本文以实际工程为例,采用离心试验模型,对水泥土搅拌桩加固软土地基进行系统研究,试验结果表明随着地基受压力增大,桩体出现剪切、倾斜、弯曲等现象。

[关键词] 河堤; 水泥土搅拌桩; 软土; 破坏

中图分类号: TV **文献标识码:** A

Research on the Failure Mode of Cement Soil Mixing Pile for Strengthening River Embankments

Bangyu Lin

Shaoguan Jianbang Construction Engineering Co., Ltd

[Abstract] Cement soil mixing pile is a commonly used reinforcement method for soft soil foundation. Due to the relatively soft foundation, the riverbanks around the river are prone to instability, threatening people's lives and property losses. Therefore, it is necessary to reinforce the riverbanks. Based on this, this article takes practical engineering as an example and uses a centrifugal test model to systematically study the reinforcement of soft soil foundation with cement soil mixing piles. The test results show that as the pressure on the foundation increases, the pile body exhibits phenomena such as shear, tilt, and bending.

[Key words] riverbank; Cement soil mixing pile; Soft soil; destroy

河道在我国东南沿海和内陆河湖流域等地方的分布非常广泛,同时河道两岸也出现了更多的河堤边坡等特殊路堤边坡。当工程沿线软土分布广泛时,工程结构需要在软弱土地基上修建。然而,由于软土地基的承载力不足,建成的建筑物容易出现不均匀沉降,从而影响建筑物的正常使用。更严重的情况下,还可能导致路堤、河堤的破坏失稳,进而影响道路、水运、船闸的运营畅通和安全。这对经济建设和人民生命财产都造成了巨大的损失。由于软土具有高孔隙率、高含水率、低强度、低稳定性、高压缩性的特点,软土地基处理一直是工程建设中面临的难题。然而,水泥土搅拌桩具有施工设备简单、施工速度快、造价成本低、水稳性较好等优点。因此,水泥土搅拌桩被广泛应用于软土地基的公路路基、铁路路基、河堤地基加固等工程中。这种技术的应用能够有效地提高地基的承载力和稳定性,减少地基的不均匀沉降,从而保证建筑物的正常使用和安全。

1 水泥搅拌桩加固堤坡破坏模式

水泥搅拌桩在我国被广泛应用于河堤工程软土地基加固中,其主要的功效在于降低堤坡的沉降变形并提高其稳定性。然而,目前对于搅拌桩加固堤坡稳定性的计算方法研究

尚不够深入,通常仅考虑堤坡的剪切破坏进行整体稳定性计算。在实际工程中,搅拌桩的破坏模式并非单一,而是受到多种因素的影响,包括荷载条件、桩体强度以及桩体位置等,也可能发生桩身弯曲破坏、整体滑移破坏、旋转倾斜破坏等多种破坏模式。

因此,现有的研究成果和工程实践经验可能不足以有效地指导搅拌桩复合地基的稳定性计算与设计。为了更好地理解和应用搅拌桩加固堤坡技术,需要进一步深入研究搅拌桩的破坏模式、影响因素以及与堤坡稳定性的关系。

2 室内模型试验

2.1 试验方案

P. 042. 5普通硅酸盐水泥被用作搅拌桩的固化剂,水泥的掺量比为15%。实验中使用的软土样本来自于研究区域上、下游引航道边坡及拟疏浚地区,土样的采集深度位于地表下4~5米处。

研究区域航道河堤采用水泥搅拌桩尺寸为13m,半径为0.5m,桩间距为1.2m,因试验所用离心机尺寸大小,因此室内试验采用1:50的比例对原场景进行缩小还原。试验各物理参数如表1所示。试验参数表明除模型采用50g的加速度外,复刻与现场相同的应力条件。

表1 室内试验各项物理参数表

物理量	质量	长度	面积	变形模量	时间	粘聚力
比例	1:125000	1:50	1:2500	1:1	1:2500	1:1
物理量	速度	加速度	应力	力	应变	弯矩
比例	1:1	1:50	1:1	1:2500	1:1	1:50

按照工程实地情况,河堤地基土分为上下两层,下层为软黏土层,厚度设置为260mm,下层为砂土垫层,设置厚度为100mm。软黏土采用试验区域上下游航道边坡土,将土样烘干后碾碎,去掉较粗颗粒,加水配置饱和泥浆。将泥浆分5次倒入模型箱,搅拌去除气泡,采用杠杆千斤顶固结,直到土地沉降稳定。采用PVC水泥管预制水泥土桩,含水量为70%,水泥掺量为15%,养护28天后脱模,强度约为1MPa。

河堤模拟采用河道旁地下2m处粉质黏土,控制河堤土重度为20.3KN/m³,含水率为20.5%。主要的物理参数如表2所示。采用二级放坡的方式进行填土,一级边坡坡度为1:3,路面宽度为60mm,二级为1:4,路面宽度为160mm,依比例制作成河堤形状。

2.2 试验步骤

在1g重力场下进行试验模型的插桩,为了与实际应力水平相符,需要在插桩过程中尽量减少对周围土体地应力的影响。为此,在平整地基土体后,本试验采用孔径稍大于水泥土模型桩径1~2mm的导向模具。在保证垂直度的情况下,将薄壁取土器引孔插入取土,然后将脱模后的水泥土桩通过导向模具压至设计位置。重复以上操作直至模型桩全部插入。

在水泥土桩完全插入地基后,为了确保桩周土体与桩身紧密接触,并消除插桩对地基孔压的影响,我们将模型箱在50g重力场下进行预固结处理,持续1小时。然后在地基上部进行路堤填土并注入航道水位。

试验模型模拟了河堤的分层填筑和地基工后使用过程。为了在离心试验中模拟河堤填土的分层填筑过程,采用了变加速加载法。首先在1g加速度条件下完全填筑河堤,然后通过离心机的分级加速模拟河堤的分层填筑过程。试验分为6级进行加载,每次增加10g直至达到50g的标准状态。在达到50g加速度后,采用每级10g线性提高离心加速度的方式,分5次加载,直至河堤发生失稳。加载结束模型的开挖结果如图1所示。



图1 模型的开挖结果

2.3 结果分析

各阶加速度稳定期间,河堤边坡表面各位置的沉降曲线如图2所示。

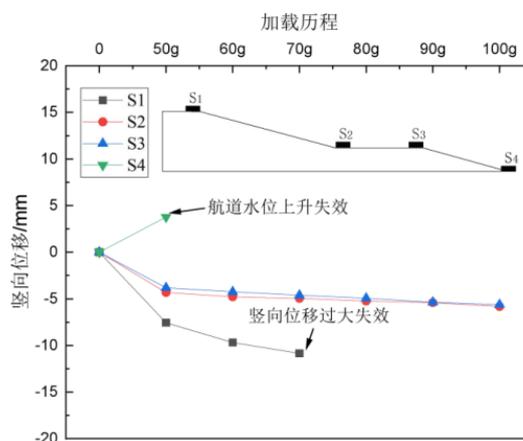


图2 河堤边坡表面各位置沉降曲线图

根据图2所示的沉降曲线,在各阶加速度稳定期间,河堤边坡表面各位置的沉降情况如下:

- (1) 当离心加速度为50g时,坡顶S1位置的沉降最大,约为7.56mm,而S2和S3的结果较为接近,表明地基整体较为稳定。
- (2) 当离心加速度持续增大到70g前,随着离心加速度的增加,S1、S2、S3点位的沉降逐渐增大,其中S1点位的沉降增加速率不断变大。
- (3) S4监测点结果表明二级坡脚发生隆起,这验证了河堤失稳破坏的宏观现象。然而,该测距装置是在水位注入且恒定后进行的调零,因此不能获得航道水位带来的实际沉降。
- (4) 在离心加速度达到60g时,航道水位上升淹没了激光测距点,导致S4监测点失效。
- (5) 离心加速度达到80g时,S1监测点沉降超过量程失效,这表明在离心加速度达到70~80g时,边坡产生了滑动失稳。

综上所述,根据沉降曲线的变化趋势和监测点的失效情况,可以判断在离心加速度达到70~80g时,河堤边坡发生了滑动失稳。

根据图3,在沿有机玻璃面纵深方向进行的地基逐层开挖中,不同位置的搅拌桩发生了不同的破坏模式。在第一阶坡顶下方,桩发生了压剪破坏,其破坏形态主要表现为竖向变形。在桩身上部,发生了剪切破坏,而桩身没有出现水平变形,且桩与土之间没有相对错动。在第二阶坡顶,桩的破坏形态较为相似。这些桩都表现出明显的水平变形,上下部桩身存在明显的错动迹象。同时,出现了两个塑性破坏面。接近滑动面位置的塑性较破坏面内侧张开,外侧闭合,呈现出由坡外侧向内侧发展的趋势,且有贯通的潜在迹象。而桩身上部的塑性较破坏面外侧张开,内侧闭合,这显示出它正在阻碍堤坝边坡向外侧滑动。由此推断,其滑动面应该是较深的深层滑动。在填土坡脚下方的端部位置,存在弯剪破坏,其破坏面随着桩身与二级坡脚距离的增加有逐渐向上发展的趋势。根据桩的破坏形态,可以将这些区域划分为压剪区、直剪区和弯剪区。

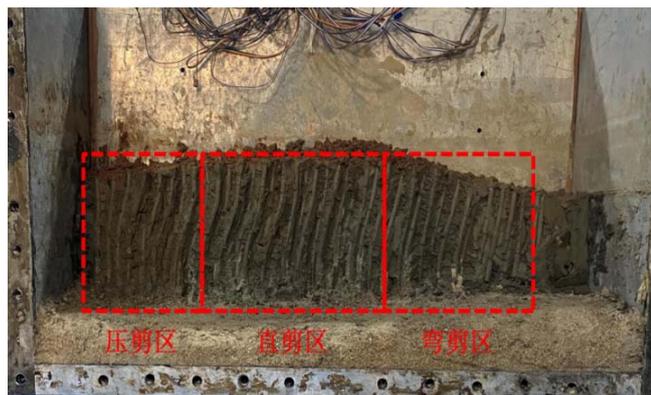


图3 桩土破坏形态

3 水泥搅拌桩加固河堤稳定性评价

水泥搅拌桩在河堤加固中的稳定性和计算方法对于工程设计和质量保障至关重要。当前,国内主要采用圆弧滑动法来评估搅拌桩加固河堤的稳定性,但这种方法仅考虑了剪切破坏模式,可能导致计算结果偏大,甚至误判破坏模式。为了更全面地分析搅拌桩加固河堤的稳定性,结合前文研究结果和相关领域的成果,对多种破坏模式进行了定量分析。

本文采用了简化模型来研究水泥土在受剪状态下的塑性累积和软化特性。然而,对于刚性桩的弯曲模拟,这个简化模型并不够精确。因此引入了混凝土材料的塑性损伤模型,以更准确地模拟刚性桩的弯曲破坏。塑性损伤模型各项参数如表2所示。

表2 塑性损伤模型各项参数

项目	偏心率	剪胀角	K	粘滞系数
参数	0.1	40°	0.667	0.005

在河堤工程试验中,选取的最大荷载是工程中最大荷载的

1.5倍,即180kPa。随着桩体刚度的增加,其抗剪能力也在逐渐增强。然而,通过增加刚度来提高抗剪能力是有限的。当刚度过高时,剪力发挥系数的减小不再明显。当桩体的弹性模量 E 小于50MPa时,剪力发挥系数为1,这意味着桩体发生了剪切破坏。因此,在选取桩体时,我们需要确保其弹性模量 E 大于等于80MPa,以防止桩体发生过大的剪切破坏。

4 结论

本文依托某河堤软土地基加固工程,设计进行了水泥加固河堤的离心模型试验,对水泥加固桩的河堤进行受力变化研究,试验结果表明,水泥加固桩试验中河堤在离心速度达到70-80g时就会产生明显的滑动体和裂缝,破坏模式主要以剪切破坏为主。根据室内试验结果,对水泥搅拌桩加固河堤的稳定性进行评价。

[参考文献]

- [1]郑刚,郭知一,杨新煜,等.桩体刚度对复合地基支承压路堤失稳破坏模式的影响研究[J].岩土工程学报,2019,41(S1):49-52.
- [2]谢新宇,冯香,吴晓明.应变软土土坡渐进破坏的可靠度分析[J].岩土力学,2015,36(S2):679-684.
- [3]张坤勇,李广山,杜伟,等.土质边坡渐进破坏过程的近似模拟[J].天津大学学报(自然科学与工程技术版),2019,52(S1):99-105.
- [4]俞建霖,李俊圆,王传伟,等.考虑桩体破坏模式差异的路堤下刚性桩复合地基稳定分析方法研究[J].岩土工程学报,2017,39(S2):37-40.
- [5]顾行文,谭祥韶,黄炜旺,等.倾斜软土CFG桩复合地基上的路堤破坏模式研究[J].岩土工程学报,2017,39(S1):111-115.

作者简介:

林邦郁(1981--),男,汉族,广东省汕头市潮阳区人,大学本科,工程师,毕业于汕头大学,从事水利水电和建筑类工作。