

# 汕头市北郊立交桥软弱地基处理方法的选择

林志文

(广东省地勘局 722 地质大队,广东 汕头 515021)

**摘要:**简要介绍了软弱地基处理的几种方法,结合汕头市北郊立交桥的工程实例,论述了选择深层搅拌法进行处理的可行性及其基本设计参数的确定方法。

**关键词:**立交桥;软弱地基处理;深层搅拌法

**中图分类号:**U445.55 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)04-0019-02

## 1 工程概况

汕头市北郊立交桥是一座 4 层环形立交桥,其南北直通车道为一地道,系采用钢筋混凝土“U”型结构,总长 289.85 m,净宽 17 m,施工开挖深度 4.8~7.5 m,该地道所处位置浅部有一层 4.2~11.3 m 厚的淤泥层,饱和流塑状态,高压缩性,孔隙比大,承载力极低,需对其进行处理。

该立交桥于 1994 年完成施工图设计,到 2006 年才着手施工建设。原设计选用强夯法加固处理该地道软弱地基,就当时情况而言,采用这一方法是合理可行的,但随着近年来城市建设的迅速发展,现场情况发生了很大的变化,原道路已成为一条主干道,在施工期间不允许长时间封闭,导致整座立交桥的施工工序、方法不得不进行调整,该地道原设计强夯法处理地基方案是否可行、是否有必要根据目前实际情况确定新方案成为首先要解决的问题。

## 2 方案的对比选择

软弱地基的特点是压缩性高,透水性差,承载力低,受荷载作用后沉降量大,而且沉降历时长,不易稳定,大量的工程实践证明,软弱地基处理是否恰当,关系到整个工程的质量、进度和投资,能否合理地选择处理方法是工程成败的关键。

目前常用的软弱地基处理方法主要有以下几种。

(1)强夯法。是利用夯锤的夯击能量,在土中产生很大的冲击波和应力,使土中孔隙压缩,土体局部液化,夯击点周围一定深度范围内产生裂隙,形成良好的排水通道,土中的孔隙水和气体顺利溢出,土体迅速固结,从而降低此范围内土的压缩性,提高承

载力。强夯法工艺简单,速度快,效果显著,费用低,适用土层范围广,但是施工噪声大,振动大,对邻近建筑物影响大。

(2)排水固结法。是在被处理土体中设立排水通道,然后在其上堆载预压,使孔隙中的水在预压荷载的作用下经排水通道慢慢排出,加速土体的排水固结,土的孔隙比减小,强度增加。排水固结法的关键是要有良好的排水通道和足够的预压时间,施工周期要求较长。

(3)垫层法。是将基底一定深度范围内的软土挖除,再换填分层夯实强度较高、稳定性较好的砂、石材料,使地基中较大的附加应力由垫层承担,传至软土中的附加应力显著减少,从而达到减小沉降的目的。这种方法的优点是直观、简单,不需要专门的技术和设备,施工质量容易控制。

(4)深层搅拌法。是利用水泥、石灰等材料作为固化剂,通过深层搅拌机械在地基深处将软土和固化剂强制拌和,固化剂和软土之间所产生的一系列物理-化学反应,使软土硬结成具有整体性、水稳性和一定强度的良好地基。这种方法在施工中无振动,低噪声,不排污,对邻近建筑物不会产生有害影响,而且效果好、速度快,后期沉降小。

单纯从软弱地基加固处理的角度上讲,上述几种方法虽然各有优点和不足,但都是可行的。问题的关键是如何从本工程的实际出发,因地、因时制宜选择出经济合理且能确保工程质量的处理方法。

就目前情况而言,以下原因将限制强夯法的使用:首先原道路随着城市建设的发展已成为一条主干道,交通十分繁忙,不允许长时间封闭,所以,地道的施工只能拖到立交桥钻孔桩基础施工结束后进

收稿日期:2006-12-07; 改回日期:2007-03-02

作者简介:林志文(1966-),男(汉族),广东汕头人,广东省地勘局 722 地质大队工程师、注册建造师,钻探工程专业,从事桩基础、地基处理及岩土工程勘察的施工与技术管理工作,广东省汕头市护堤路 30 号,13509885628, gddk722lw@163.com。

行,这给强夯造成极大的困难,钻孔桩附近的土体无法夯击,否则必然对桩基础造成不良影响;其次,立交桥范围内地下埋有通信、电力、给排水等各种管线,迁移管线涉及部门多,将增加许多费用,部分管线无法迁移,强夯时将对其造成不良影响。

采用排水固结法存在的最大问题是沒有足够的预压时间,若堆载预压时间不足,地基在短期内的沉降难以稳定,后期沉降一般都很大,往往给工程留下隐患。

垫层法主要是一种浅层处理方法,该地道中间一段基底埋深约 7.5 m,加上垫层厚需 2 m,故最大开挖深度为 9.5 m,这样给基坑开挖、支护,以及施工期间地下水和地面积水的排除、垫层的夯实碾压等带来许多困难。

相比之下,深层搅拌法较适合于该地道软弱地基的处理。一方面,与强夯法或垫层法相比,它可减少开挖宽度和深度,少挖土方可达 30000 m<sup>3</sup>,这在城市施工是个大问题;另一方面,它可以在不开挖的情况下进行加固处理,使施工不受季节的影响,而且大大减少了施工排水工作量,缩短了基坑开挖、支护和道路封闭的时间,有利于先箱梁后地道的施工顺序,减小支架高度,方便了上部结构及墩柱、盖梁的施工,最大限度地减少了其它工序和对周围环境的干扰。

从工程经济的角度上看,采用垫层法较省,深层搅拌法费用较高,但垫层法在本工程使用时,开挖深度较大,在基坑的挡土、支护、排水方面本身就要增加许多费用。从投资效益和长远利益综合考虑,深层搅拌法施工速度快,质量安全可靠,加固效果好,特别是它可以避免过大的后期沉降,消除了质量隐患,大大地节省修复费用,而且社会效益好,因此就本项目具体情况而言,该地道的地基处理采用深层搅拌法为宜。

### 3 方案的基本参数

根据该地道工程地质勘察资料提供的土层厚度及埋深、含水量、有机质含量及地下水侵蚀性分析和工程设计资料与要求,明确加固范围、加固要求达到的各项技术指标,通过对加固土的室内试验,选择合适的固化剂和掺入比。

深层搅拌法加固软土形成的桩体是具有一定压缩性的半刚性桩,其复合地基承载力特征值可通过现场复合地基载荷试验确定,或者按下式计算:

$$f_{spk} = mR_a/A_p + \beta(1-m)f_{sk} \quad (1)$$

式中: $f_{spk}$ ——复合地基承载力特征值; $m$ ——面积置换率; $A_p$ ——桩的截面积; $f_{sk}$ ——桩间土承载力特征值; $\beta$ ——桩间土承载力折减系数,当桩端为可压缩性软土时取 0.5~1.0,当桩端为不可压缩性硬土时取 0.1~0.4; $R_a$ ——单桩竖向承载力特征值,可通过现场载荷试验确定或者按以下两式计算取其中较小值:

$$R_a = q_s u_p L + \alpha q_p A_p \quad (\text{按土的抗力确定}) \quad (2)$$

$$R_a = \eta f_{cu} A_p \quad (\text{按桩材强度确定}) \quad (3)$$

式中: $u_p$ ——桩的周长; $q_s$ ——桩周土的平均侧阻力特征值,淤泥取 4~7 kPa,淤泥质土取 6~12 kPa,软塑状粘土取 10~15 kPa; $L$ ——搅拌桩桩长; $q_p$ ——桩端地基土未经修正的承载力特征值; $\alpha$ ——桩端天然地基土的承载力折减系数,一般取 0.4~0.6; $f_{cu}$ ——与搅拌桩桩身水泥石土配比相同的室内加固土试块在标准养护条件下 90 天龄期的立方体抗压强度平均值; $\eta$ ——桩身强度折减系数,可取 0.25~0.33。

布桩一般采用正方形或等边三角形栅格状布设,其桩数可按式计算:

$$n = mA/A_p$$

式中: $n$ ——搅拌桩数, $A$ ——基础底面积。

水泥的掺入比根据地质勘察和工程设计资料所提供的各项技术指标,通过室内试验确定,通常在 10%~15%之间,搅拌桩径可取 500 mm,深度要求穿透淤泥层,加固范围可取地道底面积,面积置换率取 20%~25%,经初步估算共需桩数约 6000 根,平均桩长为 8 m。

该方案经由业主和相关部门派员组成的专家组调研、论证一致通过。

### 4 处理结果

目前工程尚在施工中,根据对南面已施工完成的部分进行开挖检验的情况来看,桩体外观均匀平整,轮廓明显,桩身强度好,经处理后地基土的承载力有大幅度提高。

预计该项工程完成后将比原预算节约 35% 的投资,而工期只需原计划的 40%,为上部结构的施工节约了宝贵的时间,将取得较好的经济效益和社会效益。

### 5 结语

近年来,沿海城市发展速度加快,在包括码头、  
(下转第 25 页)

进行跟踪。同时在河堤上采用电子经纬仪对导向孔位置进行实时测量,若发现导向孔超出误差范围,要及时进行纠偏校正,保证导向孔符合设计轨迹要求。

在安全上,每位施工人员都穿红色工作服和救生衣,距工作船 100 m 处的上下游水面均放置了警示浮标,驳船上设专职人员拿旗帜提示过往船只,同时用船上固定电台对过往船只喊话以提醒注意。

为了保证航道的畅通,设定每 50 m 为一段。

事实证明,通过采取以上措施,测量船行进稳定,测量方便,数值可靠,人员安全,仅仅用了 12 h 就顺利地完成了导向孔的施工。

## 5.2 扩孔

在本次工程中导向孔成功后,因土质较软,泥浆配制合理,没有采用分级扩孔,直接使用  $\text{Ø}350$  mm 扩孔钻头扩孔。扩孔时注意孔口返浆状况,保证钻孔内泥浆流动,钻孔连通。

## 5.3 拖管

拖管是整个非开挖施工中重要的环节。在拖管前检查拖管头拉环及管材本身的焊接情况,确保在拖管过程中不会出现拉脱现象。检查一切合格后,利用  $\text{Ø}350$  mm 挤扩器连接万向节,带上管头进行拖管。整个拖管过程比较顺利,历时 5 h 拖管完成。

管道由经过专门培训的施工人员进行焊接,焊接过程严格按操作规程进行。并在焊接的同时将钢绳穿入管道内作为牵引线,待管道焊接完成后将硅芯管用钢绳牵引进入 PE 管中。

为防止硅芯管在施工过程中进水,用木塞和密封胶作好管端封堵。然后装好硅芯管拉管头,用钢

绳将其与 PE 管拉管头连接好,最后装好 PE 管拉管头。

## 5.4 泥浆控制

泥浆是钻井的血液,泥浆的合理使用对工程的影响十分重大。本次工程中用水为河水,有轻度污染。使用 pH 试纸检测有弱酸性,在配浆时加入纯碱( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )来中和水的弱酸性。施工地层为易坍塌地层,故选用了高效的防塌剂——植物胶,将植物胶水解浸泡 24 h 后,在进行泥浆搅拌时混入。本次工程主要使用高效膨润土作为造浆材料,同时加入化学泥浆(CMC)、钻井润滑液。按照泥浆粘度在 40~45 s 的范围配浆,取配好的泥浆 20 L,将钻孔地层的泥水 10 L 倒在泥浆中,充分搅拌,观察泥浆的悬浮能力,如果静置 30 min 后没有发生分层、沉淀现象,则配置的泥浆适合在此处地层中施工使用。另外应根据现场泥浆的循环情况要作及时调整。

## 6 结语

在定向钻进非开挖铺管施工中最重要 2 个环节就是导向孔成孔和泥浆配制。导向孔轨迹应尽可能平滑;泥浆配比要取土试验,做出最佳的泥浆配比方案。

此外,在非开挖铺管中,最后一级扩孔和拉管工序应该“一气呵成”,中途不应该有太多的中断或干扰,拉管时应尽量保持匀速,防止产生“吸空”和孔内泥浆激荡现象,以免导致钻孔坍塌。特别是在易坍塌地层中,一旦塌孔,会造成管端阻塞或“抱住”孔内管材的现象,造成穿越工程失败。

(上接第 20 页)

桥梁、道路、房产开发等的建设项目中,人们愈来愈多地遇到软弱地基的处理问题,合理选择软弱地基处理方法是降低工程造价、消除质量隐患的重要环节。经过多年的施工实践,人们对各种软弱地基处理方法的适用性和优缺点有了进一步的认识。为了避免在工程实际选用方法上出现的盲目性,就要求从业者能从实际出发,因地制宜,选用既切实可行又经济合理的处理方案,同时对有争议的问题也应采取科学的态度,注重调研、论证,并慎重地做出选择。

此外,软弱地基处理方法本身的设备、工艺技术也在不断改进,还出现了一些新的处理方法,通过在实践中不断地总结经验、吸取教训,使软弱地基的处理方法日臻完善。

## 参考文献:

- [1] JGJ 79 - 2002, 建筑地基处理技术规范[S].
- [2] GB 50007 - 2002, 建筑地基基础设计规范[S].
- [3] JGJ 94 - 94, 建筑桩基技术规范[S].
- [4] 叶书麟,叶观宝. 地基处理与托换技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.