

袋装砂井、砂垫层和土工格栅加固软土地基施工技术

李桂全,董景霞

(中铁十六局集团路桥工程有限公司,北京 101500)

摘要:结合新长铁路二期工程的施工实践,介绍采用袋装砂井、砂垫层、土工格栅综合加固软土地基的原理、施工工艺、质量检查以及几点体会。

关键词:袋装砂井;砂垫层;土工格栅;软土地基加固

中图分类号:U213.1⁺5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)02-0028-03

1 工程概述

1.1 工程地质和水文地质情况

新(沂)长(兴)铁路二期工程 DK135+000~626 段为软土路基段,地处湖积平原区,地形平坦,多垦为农田。地层表层为砂粘土,软~硬塑,厚 0.6~2.6 m;其下为淤泥质砂粘土,褐灰色,软~流塑,厚 2.2~23.0 m;底部砂粘土,褐灰色,硬塑,局部夹粉砂。地下水为孔隙潜水,埋深 0.4~2.5 m。

1.2 工程措施

经稳定和沉降检算,决定采用如下工程措施进行处理:

DK135+000~150 段采用砂垫层和两层土工格栅加固地基,DK135+150~257.1 段采用砂井和砂垫层加固,DK135+257.1~321.25 段采用砂井和砂垫层加固,DK135+321.25~480 段采用砂井加一层土工格栅加固地基,DK135+480~509 段采用砂垫层加两层土工格栅加固。

2 袋装砂井、砂垫层、土工格栅加固地基的原理

袋装砂井是使用套管(端口不封闭)下沉到设计标高后,将已装好的 $\varnothing 7.0$ cm 的砂袋放入井孔,砂袋高出地面 40 cm,再铺一层 30 cm 厚的砂垫层,最后铺土工格栅。

地基加载后,使地下孔隙水就近流入砂井,并通过砂井作为排水通道排出地面,顶部砂垫层与砂井连通,从而将从各砂井流出的水排到路基外的排水沟,缩短排水时间,增强处理效果。

3 施工工艺

3.1 施工机具

打设机械为砂井打设机,门架轨道行进,打设动力为振动锤,整机重 180 kN,接地面积 8.0 m^2 ,接地压力 23 kN/m^2 ,打设深度 10~15 m,打设效率 1000 m/台班,置入砂袋直径为 7.0 cm。

3.2 袋装砂井的施工工艺和操作要点

- (1) 施工前应先清除种植土中草根,整平地面。
- (2) 振动沉管时,应先稍抬卷扬机钢丝绳,压入时应先松后振。
- (3) 套管压入时,任何情况下都不得起管再放下。
- (4) 将钢套管打入到土中设计标高,管径较砂袋直径稍大,导管采用 $\varnothing 89 \text{ mm}/\varnothing 45 \text{ mm}$ 无缝钢管。
- (5) 砂袋加工长度应考虑孔口外露长度 L_3 ,袋口扎结长度 L_2 ,设计孔深 L_1 和孔内弯度的影响。计算公式一般采用下式:

$$L = 1.02L_1 + 2L_2 + L_3 \quad (1)$$

式中: L ——砂袋长度, m; L_1 ——孔深, m; L_2 ——袋口扎结长度, m; L_3 ——袋口外露长度,一般为 50 cm。

(6) 预先在砂袋里(聚丙烯编织布)装满洁净的中砂,并将上口扎结牢固,弯成圆形堆放现场。

(7) 已灌制好的砂袋,在搬运施工中不得有破损,凡受损的砂袋应及时修补,否则不得使用。

(8) 套管成孔后,随即将预制砂袋投放孔内后拔管,拔管时,应先启动微振器,后提升套管,拔管时先振后拔。

(9) 拔管时若出现带砂袋现象应分析原因,当带出长度大于 0.5 m 时,要重新补打。

(10) 砂袋高出井 0.5 m 时符合设计要求。

(11) 对已施放的袋装砂井应及时往袋内补砂,

收稿日期:2006-05-10

作者简介:李桂全(1971-),男(汉族),吉林榆树人,中铁十六局集团路桥工程有限公司高级工程师,交通土建工程专业,从事工程技术工作,北京市密云县新北路 29 号,(010)69061071、13801055629。

一般要补2~3次。

(12)由拔管带出地面的粘土应清除干净。

3.3 砂垫层施工工艺和操作要点

(1)砂垫层铺设厚度设计为0.3 m,可一次铺设完成。

(2)由于袋装砂井细而密,不宜以机械铺设砂垫层,应以人工铺设。

(3)砂垫层铺设应先铺两边后铺中间,最后挂线使用木刮板整平砂面。人工铺设砂垫层宜分段进行,每段长30~50 m。

(4)为保证砂垫层铺设厚度,并达到一定的密实度,其密实度要求一方面有利于排水,另一方面有利于减少后期沉降,宜“中密”作为控制指标。采用超过设计厚度10%~20%作为实铺厚度,也可以预留压缩量。用下式计算:

$$\Delta t = (1 - r_0/r_r) \times t \quad (2)$$

式中: Δt ——压缩量,cm; r_0 ——实测该层砂干容重, kN/m^3 , r_r ——砂达到“中密”的密实度, kN/m^3 , t ——该层砂垫层设计厚度,cm。

(5)一般情况下,砂垫层在施工过程中不需要洒水和碾压。特殊情况下,若铺设砂垫层过程无软土地基孔隙,水排出时,可以考虑洒水、碾压,代替预留填土压密的厚度。

(6)砂垫层底部经上部路堤预压,呈锅底状,当横向宽度不大($B < 20 \sim 25 \text{ m}$),且地表有硬壳时,可以在场地整平(有横向排水坡)的前提下,进行袋装砂井、砂垫层作业。当横向宽度大或无地表硬壳时,需要在场地整平后,先铺砂垫层0.3 m,并经轻型机械压实,再进行袋装砂井和砂垫层作业,为了减少砂垫层陷入软土地基过大而增大用砂量,场地平整时,应预留一定拱度3%~5%。为了控制砂垫层厚度,纵向每10 m、横向每10~15 m施测控制桩。

3.4 土工格栅施工工艺

(1)铺设底层砂垫层,按设计要求厚度铺设,测设层面控制桩。

(2)铺土工格栅必须使其长幅方向沿线路横断面方向铺设。

(3)每层土工格栅皆应另段铺设,每段长度不宜超过30 m。

(4)铺设前先按设计的铺设宽度和内错叠头长度在地面测定出土工格栅展开后的起讫点,然后将卷成筒状的土工格栅用人工沿线路的横断面方向推滚展开。一般是从底层砂的一端开始铺设,一幅接一幅向前推进。幅与幅(指4~4.5 m宽的一幅)之

间重叠搭接不小于0.5 m。土工格栅多于一层时,应使各层的接头位置均匀错开。每幅皆应拉平、拉直,不得左右歪扭,不允许有变形皱纹和局部浮翘。铺好后用砂压实,以免被风吹动或铺后一幅时带动。

(5)待全段土工格栅铺完后,再在土工格栅上测出的交错叠头的折线位置,按叠头设计形状和尺寸作业,铺叠头砂用刮板仔细整平。最后逐幅折回叠头并用砂压定。

(6)铺间隔层和面层砂时,为了使已铺好的土工格栅保持平整状态。间隔层和面层砂面皆不直接进行压实,采用上覆填筑自然压实。因此铺设砂厚度仍应预留压实下沉量 T 。间隔砂层和面层施工方法也适宜人工作业。

4 质量控制

4.1 袋装砂井施工检验和质量控制

(1)每天检查当天施工记录,并对质量进行自检,将已打井位填入施工平面图,对不符合前述工艺要求的应于第二天补打。

(2)分段施工完毕后,对砂料、袋料质量、布置形式、井距、数量、直径、外露长度、灌砂率等进行全面检查,并做好软土地基隐蔽工程记录和分项工程质量检验记录。

(3)在检验时间可抽取3%~5%的袋装砂井进行拉拔试验,检查是否有假接和缩颈现象。一般在饱和软粘土地层中,从砂井内均可见到地下水,效果好的还会溢出地表。

4.2 砂垫层施工检查和质量控制

(1)应采用质地坚硬级配良好的中粗砂。

(2)砂料的质量检验,除在采砂前需取样检验外,在采砂过程中也应根据砂层变化情况和砂量增加检验次数。一般每采1万 m^3 至少需作一次检验。每次检验取有代表性的砂样3个,作级配分析和含泥量测定,评定质量是否合格,提出检验报告。

(3)砂垫层的密实度和砂的含水量,可用环刀法、湿度密度计法和核子密度仪法中的一种测定。取样位置应在该层表面以下的2/3处。使用核子密度仪器时,应勿使探头超过该层底面。

(4)砂垫层密度检验,人工铺设的每50 m抽查不少于6点,即2个横断面、中心桩及左右和边缘1 m各一处。每个点作2个平行测点,其误差不超过0.02 g/cm^3 时取平均值。

(5)砂垫层密实度评定,在砂垫层的施工分段内,每一层全部测点中,密实度比中密小0.04 g/cm^3

的点数不超过总点数的10%时,该层密实度评为合格,否则不合格。各层都合格时,将该分段砂垫层评为合格。

4.3 土工格栅施工检验和质量控制

(1)加固软土地基使用的土工格栅应具有抗拉强度高、延伸率低、水稳性好、耐碱和耐老化等性能,以上指标由设计单位确定。一般采用丙纶、涤纶、维纶等合成纤维制成的纺织物。

(2)土工格栅宜按设计需要的长度、幅度要求向工厂订货,以利于保证加工质量和尺寸。订购土工格栅时应向厂方索取性能试验报告及合格证,其项目由设计单位指定。

(3)土工格栅和砂层铺设完后,请监理工程师检查验收签证。

4.4 填筑反压护道和路堤土时必须注意的事项

(1)填筑一层时,不得扰动砂垫层和土工格栅,一般有2种方法:一是采用人工填土,小型机具压实;另一种是机械从两端(或一端)填土,使土徐徐落在砂上。若用推土机从两端(或一端)填土,每次推土量不宜太大,第一层填土厚度一般在0.5~0.7 m,以免扰动砂垫层和土工格栅。第二层及以上各层填土可以随压实机械不同,确定填土厚度,并随填筑随平整随压实。施工时先从两边开始顺序向中间,先轻后重,先慢后快。采用碾压法压实时,机械可按圈套压实进退错行法运行。行与行的轮迹应重叠15~20 cm,同一层的端部接头处应重叠0.4~0.5 cm,前后两段接头应重叠0.8~1.0 m。行驶速度一般不得超过4 km/h,对碾压不到之处,应用人工夯实或小型夯实机具配合压实。

(2)土工格栅加固的软土地基路堤虽可适当加快填土速度,但仍需控制填筑速度,以防止在土工格栅未充分发挥作用时,土体先破坏和软土侧向剪切挤出破坏。可以按照下列3个条件予以控制:

- ①坡脚观测桩水平位移 ≥ 20 mm/d, 竖直位移 ≥ 15 mm/d;
- ②每天填筑厚度 ≥ 0.5 m;
- ③满足固结度要求的固结时间。

5 变形观测方法及内容

5.1 布设观测点

由于本软土地基段地处湖积平原区,地形平坦,原地地面高程变化很小,路基纵坡设计为平坡,因此,在路基两处坡脚线外2 m和10 m处(横向)分别布设了观测桩(见图1),路基方向每20 m设一个断

面,观测桩用直径约100 mm、长1000 mm的圆木做成,按前述布置打入土中外露2~3 cm,桩顶中心钉小铁钉,并且将水平位移和垂直位移的观测标志放在同一观测点上,每排以一个稳定的固定点(埋设预制砼桩)为水准基点。

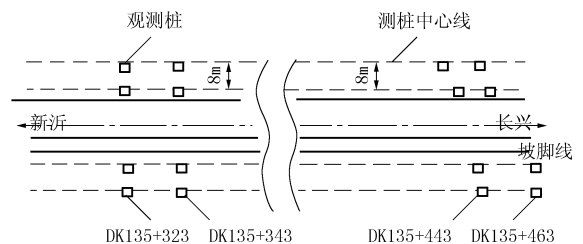


图1 观测桩布置示意图

5.2 观测桩水平位移观测

观测桩的位移量应用经纬仪进行观测,水平位移观测的目的是判断地基稳定性,决定安全的加载速率,水平位移 ≥ 15 mm,测量精度准确到 ± 1 mm,路堤高度低于临界高度时,每两天观测1次;接近或超过临界高度后,每天观测1次。在位移量变化较大时,每天观测2~3次,观测后资料见图2。随时分析研究路堤在填筑期间的稳定情况,借以指导施工。

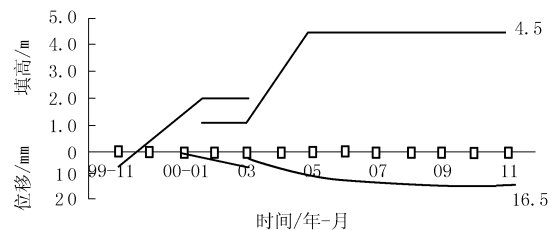


图2 填土高度-时间-位移量关系曲线图

5.3 地面沉降观测

地面沉降观测的目的,是测得地基表面的点沉降量及沉降量随填土增高和时间的变化情况,从而了解和判断地基在填筑中的稳定性。地面沉降量用水平仪观测,路堤填高低于临界高度时,每2天测1次,接近或超过临界高度时,每天测1次。在沉降量变化较大时,每天观测2~3次,测量精度准确到 ± 1 mm,观测后资料见图3。根据图3随时分析研究路堤在填筑期间的稳定情况,借以指导施工。

6 几点体会

(1)袋装砂井能适应软土固结产生的地基复位,承受力时能与地基变形相协调,故砂井的连续性不会受到砂柱错位、断颈等的影响。

(下转第34页)

坡面径流引入截水沟,防止地表水渗入填土区内。

3.2 土钉墙

该挡土墙高 14 m,纯粹用悬臂式抗滑桩,桩截面大,不经济;桩锚结构,由于填土很厚,填土的握裹力很小,需要的锚杆长度长,施工难度大。在挡土墙上部 7.5 m,采用削坡土钉墙护面,放坡坡度 1:0.3,分 2 级放坡,第一级放坡至 -4.0 m,留 2.0 m 平台,第二级放坡至 -7.5 m。坡面采用喷射混凝土加土钉护面。土钉设置 2 排:第一排土钉长 6.0 m,第二排土钉长 4.0 m,土钉水平间距 2.0 m,垂直间距 1.5 m;,入射角 15° ,土钉为直径 22 mm 的 II 级钢筋,锚固体直径 150 mm;喷射混凝土为 C20 厚度 80 ~ 100 mm,钢筋网片为 $\text{Ø}8@200 \times 200$ 。见图 2。

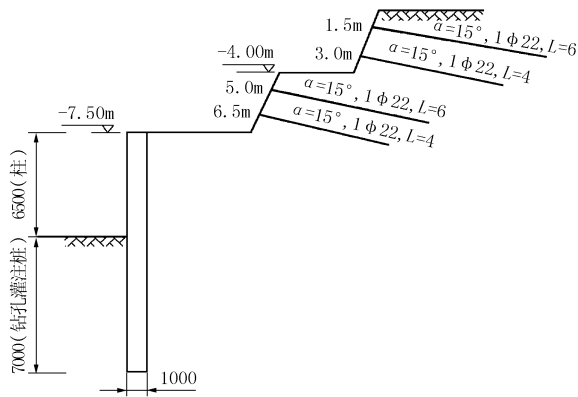


图 2 土钉墙、悬臂式板桩墙示意图

3.3 悬臂式板桩墙

在挡土墙基础外边沿设置排桩,桩径 1000 mm,嵌固深度 7.0m,桩端进入中风化泥岩 2.0m,高出

地面柱高 6.5 m,桩间距 4.0 m;采用钻孔灌注桩,柱与柱之间是 300 mm 厚的混凝土墙体连接。桩柱配筋:主筋 18 $\text{Ø}22$ 、加强筋 $\text{Ø}16@2000$ 、箍筋 $\text{Ø}8@150$ 。

4 整治效果与体会

抗滑桩与削坡工程于 2004 年 12 月全部施工完毕,随后每月进行一次观测,至 2005 年雨季考验,经观测主滑面上挡土墙沿滑动方向位移量 1.2 cm,并趋于稳定。说明该处理方案对挡土墙滑移整治效果好,方案设计是成功的。

经过此次挡土墙滑移事故的整治,我们体会如下:

(1)对于高填土的挡土墙,防止地表水渗入土体非常重要,在墙顶地面和填涂区四周设置排水沟可阻止地表水的下渗。

(2)处理方法应以正确的勘察为基础,通过精心勘察,提供正确的地层参数,才能进行相应的设计。

(3)多种方案进行比较,选择经济、安全、实用的处理方案。

参考文献:

- [1] GB 50330 - 2002, 建筑边坡工程技术规范[S].
- [2] 铁二院. 抗滑桩设计与计算[M]. 北京:中国铁道出版社, 1983.
- [3] 林宗元. 岩土工程治理手册[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 1993.

(上接第 30 页)

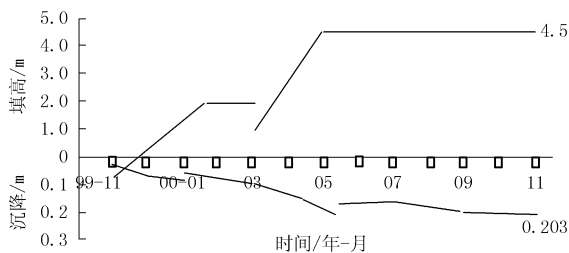


图 3 填土高度 - 时间 - 沉降量关系曲线图

(2)袋装砂井打设时,排泥量小,对土扰动较小,施工比较便捷,对周围影响很小。

(3)袋装砂井施工机具轻便简单,效率高,一般每个台班可打 1000 m 左右。

(4)袋装砂井直径小(多采用 $\text{Ø}7.0\text{cm}$),加固

同样面积的土同其它加固措施相比费用要节省得多。

(5)砂井和砂垫层连通,作为良好的排水通道,将地下水排出地面,缩短排水固结时间,增强处理效果。

(6)从图 2 和图 3 可以看出填土时,位移值和沉降量变化较小,填土较稳定,地基加固效果很好。

7 结语

在新长铁路二期工程软土地基处理中,共有袋装砂井 10000 多米,直径为 7.0 cm,袋装砂井长 9 ~ 12 m,经沉降和位移值检测符合设计要求,加固效果显著。这是一项值得推广的软土地基加固技术。