

水泥改良土填筑质量控制

吴剑峰, 汤婷

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:水泥改良土是土方填筑中普遍采用的一种土的改良方法,被广泛应用于各种工程的土方填筑中。结合石济客专二标水泥改良土填筑,介绍了在水泥改良土试验、施工方面采用的质量控制方法。

关键词:水泥改良土;质量控制;试验检测

中图分类号:TV4;TV541;TV523

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)03-0031-04

1 工程概述

新建石家庄至济南铁路客运专线工程 SJZ - 2 标段线路位于河北省境内,起点位于晋州市,向东南方向延伸至辛集市,设置辛集南站,标段起始里程为 DK51 + 213.36 ~ DK79 + 555.99,正线长度为 28 342.63 m,路基长度为 2 004.54 m,路基段主要经过冲积平原,其地形平坦开阔且大部分被辟为耕地,所处地层以粉土、粉质粘土及砂土层为主,地基承载力在 100 ~ 450 kPa 之间,地层较软弱。设计方案均为填方路基,填高为 6.5 ~ 9 m。该段路基基床底层及基床以下路堤采用水泥改良土作为路基填料。

2 水泥改良土原理

水泥改良土原理:水泥中的矿物与土中的水发生水解和水化反应后在土中形成骨架,约束土颗粒进而提高了土体的稳定性,同时提高了土抵抗外部荷载变形的能力。水泥改良土是在土中掺入一定剂量的水泥、用以改善土体性能的方法,其目的为提升土体的稳定性和强度。

3 对水泥改良土中原材料质量的控制

3.1 原土料质量控制要求及检测结果

根据设计图纸及规范要求,采用水泥改良时,原土料中的有机质含量不应大于 2%,硫酸盐含量(折算成 SO_4^{2-})不应大于 0.25%,检测指标见表 1。

大量的室内试验结果表明:在低掺量条件下,对于塑性指数 $I_p < 12$ 的粉土、粉质粘土采用水泥改良其物理、力学性能相对较好,效果最好的为砂性土,其次为粉状土、粘性土。依据表 1 中的

液限、塑性指数可以判断出该土为粉质粘土。

表 1 原土料检测指标表

检验项目	技术要求	检验结果
有机质含量	$\leq 2\%$	0.51
SO_4^{2-} 含量	$\leq 0.25\%$	0.17
液限		22.5
塑性指数		10.9

3.2 水泥质量控制要求及检测结果

规范要求水泥应采用普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥,不应采用快硬水泥和早强水泥。设计要求采用普通硅酸盐水泥(P. O42.5),其技术要求指标见表 2。

表 2 水泥技术指标表

检验项目	技术要求	检验结果	
凝结时间	初凝 ≥ 180 min	238	
	终凝 ≥ 360 min	423	
安定性	合格	合格	
强度	3 d	抗折 ≥ 3.5 MPa	5.2
		抗压 ≥ 17 MPa	25.6
	28 d	抗折 ≥ 6.5 MPa	8.9
		抗压 ≥ 42.5 MPa	48.3

考虑到现场施工和天气原因,建议应与水泥生产厂家协商适当的延长水泥凝结时间。

4 水泥改良土试验

4.1 水泥改良土技术要求

水泥改良土技术要求见表 3。

表 3 水泥改良土技术要求表

指标	标准值
压实系数 K	基床以下 ≥ 0.92 基床表层 ≥ 0.95
7 d 饱和和无侧限抗压强度 /kPa	基床以下 ≥ 250 基床表层 ≥ 350

收稿日期:2016-04-06

4.2 水泥改良土试验前应注意事项

水泥改良土填筑与素土具有本质的区别。水泥改良土具有延时效应,强度和干密度随时间延长发生明显的变化;而对于素土而言,压实质量的控制指标与延迟时间无关,故在进行室内击实试验确定改良土最大干密度和无侧限抗压强度时,一定要考虑水泥改良土的延时效应。试验证明:水泥改良土强度和干密度是随着时间的延长慢慢减小的。为了准确地控制现场的填筑质量,在进行标准击实时应考虑现场的填筑时间。现场水泥改良土从拌合、运输、摊铺、整平、碾压成型再到取样试验通常需要3~4h(受限于搅拌能力、协调方面等因素,填筑时间可能更长)。以浸润土加水泥拌合后1h内得到的最大干密度和无侧限抗压强度控制现场填筑压实质量明显与实际不相符,是不科学的,数据偏差太大,没有代表性,不能反映填筑的真实质量。为了更准确地控制现场压实质量,应该进行水泥改良土延时2h、3h、4h、5

h、6h的最大干密度和7d无侧限抗压强度试验,建立延时时间和最大干密度、延时时间和强度的关系曲线;亦可根据现场实际填筑情况(拌制到试验检测的时间)仅测定3~4h或4~5h延时时间对应的最大干密度和无侧限抗压强度,以供进行水泥改良土工艺试验和正式填筑时控制质量选用。

4.3 水泥改良土室内标准试验

按设计要求,基床以下填筑3%的水泥改良土,原土留在通过5mm筛上的质量占总质量的3.8%,依据规范选用重型击实仪中的Z1(分5层击实,每层25下)。采用电动击实仪,为降低试验误差,每层土样需称量一致,将最后一层击实面超出击实筒高度严格控制在6mm以内。制备延时时间为2h、3h、4h、5h、6h的土样试验得出最大干密度后,重新制备土样进行无侧限抗压强度试验。试验结果见表3;所绘制的延时时间和最大干密度、7d饱和和无侧限抗压强度关系见图1、2。

表3 试验结果统计表

检验项目	延时时间				
	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h
最大干密度 /g·cm ⁻³	1.87	1.86	1.84	1.83	1.83
最优含水率 /%	14.6	14.6	14.4	14.2	13.9
7 d 饱和和无侧限抗压强度 /kPa	550	532	486	425	357

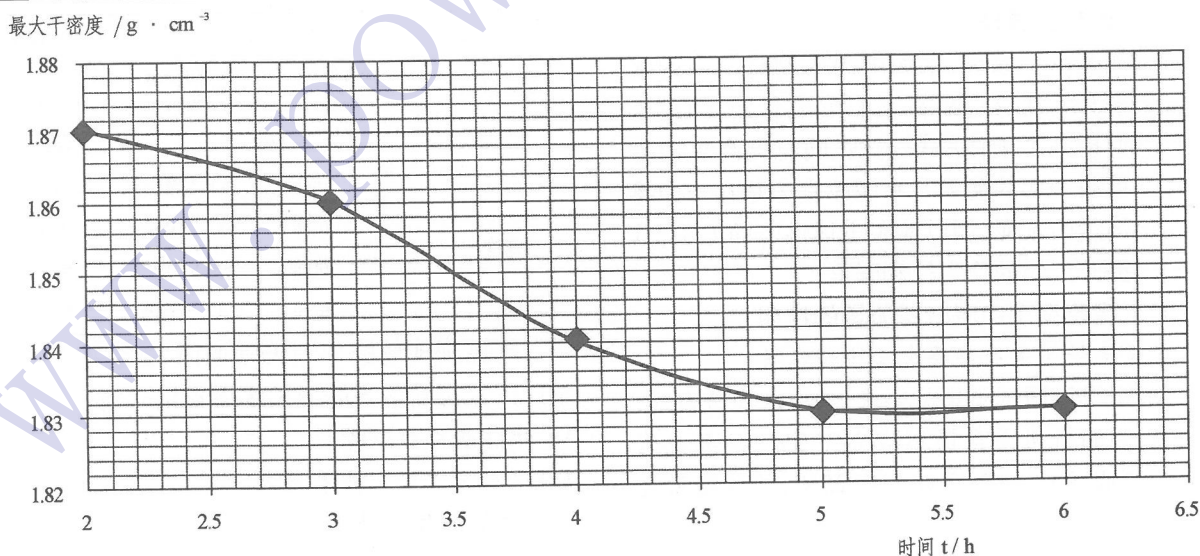


图1 延时时间与最大干密度关系图

从图1中可以看出试验结果是符合改良土延时效应的,1~6h无侧限抗压强度都能满足要求,但5~6h最大干密度已没有明显的变化,说

明水泥在土中的改良作用已经不明显,水泥和土中的水水化反应骨架作用开始形成,已慢慢产生强度。若碾压过程超过5h将会破坏水化反应骨

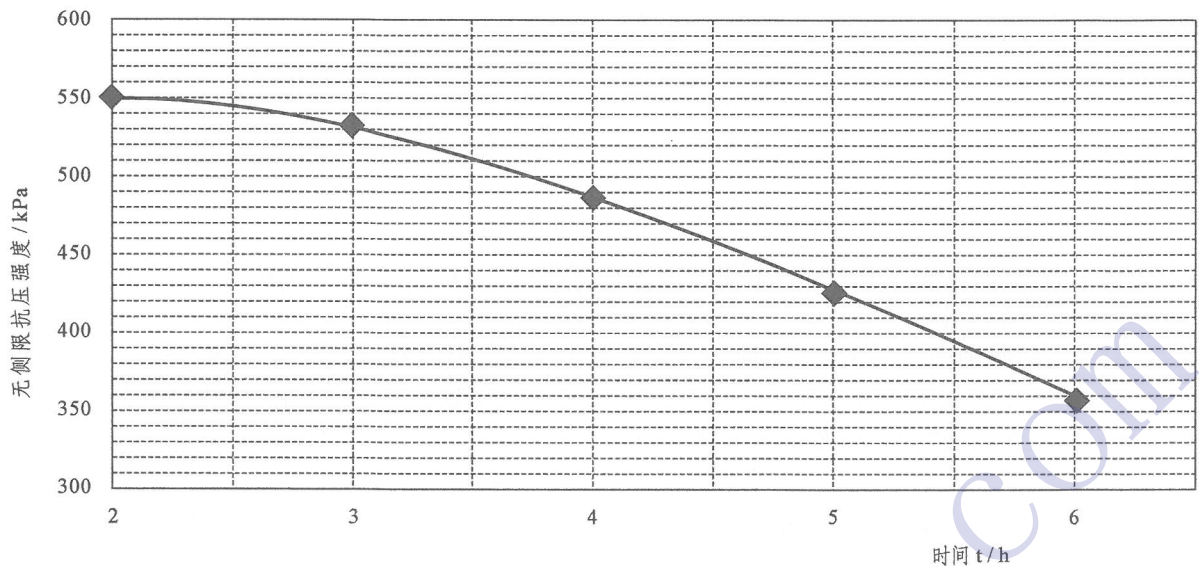


图 2 延时时间和 7 天饱和和无侧线抗压强度关系图

架的形成,从而造成水泥改良达不到预期效果。为了达到理想的改良效果,应将填筑时间控制在 4 h 而不宜超过 5 h,这也与水泥初凝时间相符。施工中的具体填筑时间可以直接以试验得到的水泥凝结时间来控制。

5 施工拌和中的质量控制

(1) 该工程水泥改良土的拌和方法采用集中场拌法。拌和前,试验室在对原土含水率进行检测的同时观察土质有无明显的变化,如变化明显则应重新进行击实试验。改良土含水率控制与最优含水率相差 $-1 \sim +2\%$,若外界气温较高,应考虑水分损失,含水率可根据具体的现场填筑情况适当增加。

(2) 拌和过程中,所掺入的水泥不仅要与土搅拌均匀,土粒之间亦应均匀,不能出现土粒集中

现象。试验人员在水泥改良土拌和过程中需抽检有代表性的土样测定水泥剂量,水泥剂量采用 EDTA 标准溶液滴定法(滴定曲线见图 3),水泥剂量的控制应比室内试验确定的掺量大 $0.5\% \sim 1\%$,采用集中场拌法时可增加 0.5% 。在改良土拌和站测定水泥剂量满足要求后,还应在填筑现场随机抽查 3 点检测水泥剂量,如现场不能满足要求,应在拌和站内调整拌和机水泥流量,直至现场水泥剂量满足要求为止。在日常施工过程中,应通过大量的检测总结出现场水泥剂量与拌和站水泥剂量之间的变化关系,以便更为高效的为水泥改良土填筑质量服务。资料中的水泥剂量应以现场测定结果为准,拌和站水泥剂量的测定只能作为过程控制资料。需要注意的是:改良土在达到水泥初凝时间检测水泥剂量是不正确的,这时

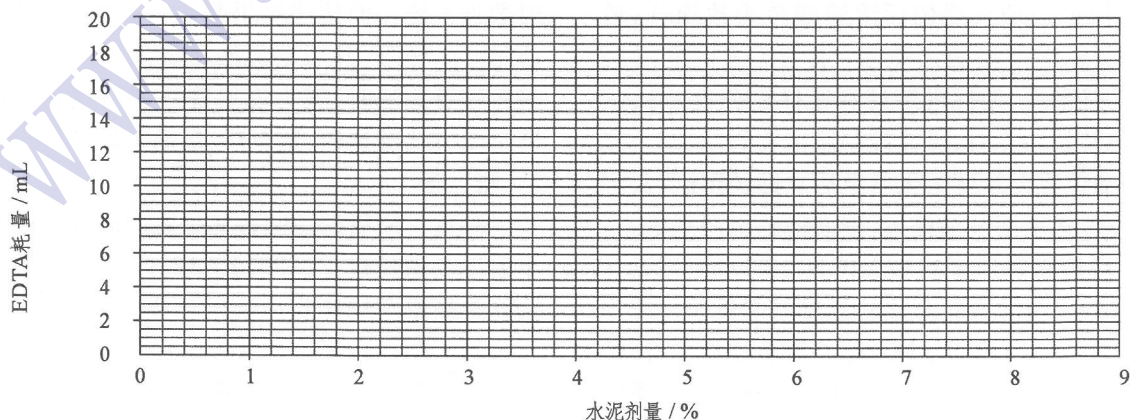


图 3 水泥剂量标注曲线图

水泥已开始和土粒中的水发生反应,检测结果会偏低。

(3)水泥改良土在其拌和运输过程中应加盖遮阳布以避免表层水分损失过快;其摊铺整平过程要流畅衔接,碾压完成时间最好控制在水泥初凝时间内,以求达到最好的改良效果。水泥凝结时间以试验室出具的数据为准,现场管理人员应严格把控时间,根据机具生产填筑能力合理安排填筑面积,避免因摊铺面积过大而影响填筑质量甚至导致改良土失效,亦可与水泥生产厂家协商,适当的延长水泥凝结的时间,使改良土填筑时间增长。

(4)水泥改良土与素土压实有很大的不同,应根据碾压试验得到的参数一次性碾压到位,碾压完成后不能进行二次碾压,以免造成破坏。碾压检测合格后应注意对其表面洒水养护。如在工序衔接合理的情况下,应尽快进行下一层填筑。如时间太长,洒水养生不到位时填筑层表面极易开裂,其表面会因失水发生掉层现象。

6 填筑碾压前、后的质量控制

现场试验检测分为碾压前检测和碾压完成后检测两个部分。检测过程严格依据规范规定的检测频率取样检测,填筑开始到检测完成最迟不能超过6 h。检测时需要注意以下几点:

(1)改良土摊铺碾压前水泥剂量测试时的注意要点:首先,土样需过2 mm筛(现场最容易忽略此步骤),应保证NH₄CL溶液新鲜、未挥发,在满足使用的前提下尽量少配置;其次,准确称量,搅拌时间和速度严格按照规范执行;第三,应注意试样的PH值,钙指示剂加入前应用精密试纸测量,钙指示剂加入摇匀后溶液颜色为玫瑰红;最后,控制标准溶液滴入速度(溶液流入的同时轻轻晃动锥形瓶,使标准溶液和试样充分反应),试样颜色开始转变时,迅速控制滴定管阀门、减小流速,当颜色完全转变为天蓝色后立即关闭阀门,记录EDTA标准溶液消耗量,查表得出水泥剂量。

(2)应将碾压现场水泥改良土的水泥剂量允许偏差与室内试验配合比的外掺料剂量偏差控制在-0.5%~+1%。水泥剂量检测合格后,应按规范要求已在摊铺好填料的现场取无侧限抗压强度试样,在室内按要求的压实密度成型,并按规定进行养护和无侧限抗压强度试验。必须在摊铺好的

现场取样,成型试验和碾压完成时间应大致相同。

(3)记录从搅拌开始到填筑完成试验所需的时间,以便通过延时时间对应的最大干密度关系图(图1)查找相应时间段对应的最大干密度,用于控制现场压实系数。对搅拌开始时间和试验时间应准确记录,并在试验记录中标明。

(4)改良土压实后采用环刀法检测时应环刀体积进行校验。检测压实系数时,应在土厚度1/2处取样。过深,会造成数据偏小;过浅,可能会造成数据偏大。在中部取样检测更能真实反映填筑质量。

(5)灌砂法检测时,应标定标准砂密度。标定时,砂在进入容器时要匀速,避免震动容器。现场检测时,试验坑要按标准规定的直径深度成型,周围平整,深度至本层与下层的结合面。挖坑前,先定位放好基板,校准检测面,挖坑过程中,避免土样散失。为保证标准砂匀速流入试坑,在灌砂过程中避免震动。

(6)现场压实系数检测方法的选择应符合规范要求,其原则为简单、准确、高效。现场采用的具体方法需根据设计或业主要求决定。如无要求时则遵循上述原则。每个方法之间亦有不同的差别。目前工地试验室改良土压实系数普遍采用的方法为环刀法和灌砂法。考虑到第三方检测单位对改良土填筑压实系数所采用的检测方法与施工单位不一致的情况,施工单位工地试验室应对不同方法检测得到的压实结果进行汇总并比较分析,统计出固有的规律。在实际质量控制中应做到所得到的结果都能保证满足不同的试验方法。这样做的目的就是为了避免在出现两个检测方法时数据不统一而造成结果判定完全不同,对施工质量产生怀疑,甚至造成质量事故。在没有明确采用哪种方法时,施工现场检测中切记要进行不同试验方法的比较,要以严、以高为较准。

7 结语

改良土质量的控制首先是延时时间对应最大干密度关系的建立,相应延时时间对应的最大干密度是衡量现场压实系数的依据,施工拌和中的质量控制要点在于含水率必须满足填筑要求、水泥剂量准确、填筑时间合理。施工过程的质量控制是现场试验能否满足要求的保证,必须有可靠

(下转第49页)

位置图一并载入到 Goole Earth 平面中,对比兰勃特坐标系下的建筑物位置,与 Goole Earth 平面中建筑物的位置进行对比并量取偏移的距离、方向与轴线偏移角度,返回 KML 文件的制作步骤进行修正,即可获取一个全新并能与 Goole Earth 平面吻合较好的 KML 文件。

表 1 精度分析表

与中点 相对 方向	与中点 相对位置 /m	与实物 偏差距离 /m	纵向 拉伸率 /%	偏差数据分析
大桩号	5 000	5.9	0.048	
大桩号	4 500	5.6	0.047	
大桩号	4 000	5.3	0.045	
大桩号	3 500	4.9	0.04	
大桩号	3 000	4.8	0.043	
大桩号	2 500	4.5	0.04	(1) 民用 GPS
大桩号	2 000	4.2	0.035	精度基本偏差
大桩号	1 500	4.1	0.04	约为 3.5 m
大桩号	1 000	3.9	0.04	(2) 线路坐标系
大桩号	500	3.7	0.04	转换时,沿纵向
中点	0	3.5		发生约 0.045%
小桩号	-500	3.8	-0.060	的纵向延伸率,
小桩号	-1 000	4.0	-0.05	从而造成累计
小桩号	-1 500	4.2	-0.047	偏差
小桩号	-2 000	4.3	-0.04	(3) 航拍照片拼
小桩号	-2 500	4.6	-0.044	接质量不高,造
小桩号	-3 000	4.8	-0.043	成个别不规则
小桩号	-3 500	4.9	-0.04	偏差
小桩号	-4 000	5.5	-0.05	
小桩号	-4 500	5.7	-0.049	
小桩号	-5 000	6	-0.05	

4 结语与展望

通过借助坐标数据换算、设计方案载入 Google Earth 及后期修正等手段,我们实现了最初

的假想,即道路设计方案在移动设备终端 Google Earth 平台的载入,使得我们的工程技术人员在现场勘察时仅需携带智能通讯工具(如手机、平板电脑),既可查看自身在拟建工程中的具体位置,又可通过 Google Earth 强大的遥感图像信息量查看拟建工程周围的交通、占地情况及地形地貌等信息,从而大大提高了现场勘查的效率。

尽管我们采取了多种修正手段,满足了工程技术人员在现场勘查时的基本精度要求,但是,该方案还有很多方面有待于提高,例如,遥感图形的清晰度有待于提高,尤其是偏远地区;民用 GPS 误差还比较大,特别是在林区,信号差时。伴随着工程技术人员对设备便利性及精确度的强烈需求,笔者坚信将会有越来越多的硬件和软件开发商参与到其中,生产出同时具备更高 GPS 精度、更强移动无线网络、携带 Google Earth 平台并便于设计图纸数据互换的工程智能设备,从而更好地服务于工程建设。

参考文献:

[1] 罗全华,邓加娜,余代俊. Lambert 投影在线路测量中的应用 [J]. 电力勘测设计. 2007,14(3):22-25.

作者简介:

宋建威(1986-),男,河南周口人,工程师,学士,从事水电站、海外公路与铁路工程施工技术与管理工作;
李科(1984-),男,河南济源人,工程师,学士,从事海外公路与铁路工程施工技术与管理工作;
刘琪(1985-),男,陕西西安人,工程师,从事水电站、海外公路与铁路工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 34 页)

的检测手段,检测中对方法的选择和注意事项要清晰,试验过程要严谨、方法兼顾到位。只有这样,水泥改良土的改良效果才能充分发挥,质量才能得到有力的保证。

参考文献:

[1] 高速铁路路基工程施工质量验收标准, TB10751-2010

[S].

[2] 铁路工程土工试验规程, TB10751-2010[S].

作者简介:

吴剑峰(1984-),男,甘肃天水人,工程师,从事水利水电工程试验检测工作;
汤婷(1988-),女,四川广元人,助理工程师,从事水利水电工程试验检测工作。

(责任编辑:李燕辉)

成都院中标岷江犍为航电枢纽工程建设征地移民安置综合监理项目

日前,乐山市扶贫移民局和四川省港航开发有限责任公司联合发出《中标通知书》,成都院成功中标岷江犍为航电枢纽工程建设征地移民安置综合监理项目。岷江犍为航电枢纽工程位于乐山市犍为县境内,是岷江乐山至宜宾 162 千米长河段航电梯级开发的第 3 级航电枢纽。工程开发以航运为主,结合发电,兼顾供水、灌溉等功能;水库总库容 2.27 亿立方米,总装机容量 500 兆瓦,多年平均发电量 21.87 亿千瓦时;工程建设征地影响主要涉及土地 30 025.74 亩,农村人口 3 552 人,城市集镇 1 个,企业 33 家,交通道路 49 千米,输电线路 74 千米,广播通信线路 60 千米。