

益马高速高液限土水泥改良处治及工后沉降分析

陈卫平, 陈丽萍, 夏玲

(湖南华昱规划设计研究院有限公司, 湖南 长沙 410114)

摘要:以湖南益马(益阳—马迹塘)高速公路高液限土为研究背景,将含水率及水泥(325R)掺量设为研究变量,其中含水率设为 12%、14%、16%、18%、20%,水泥掺量设为 4%、5%、6%,分别进行击实试验和无侧限抗压强度试验,获得不同水泥掺量下最佳含水率及最大干密度;设置试验段,考察水泥掺量为 4%、5%、6%下改良土体的最终工后沉降。结果表明,掺 6% 水泥,以最佳含水率 16.12%、最大干密度 1.80 g/cm^3 为控制指标,压实度 94%、96% 分别适用于 94 区路基、96 区下路床各区路基填筑;掺 4%、5% 水泥的改良土体的浸水养护过程中质量损失超过规范要求,该土样无侧限抗压强度不合格;6% 水泥改良高液限土的工后沉降在 60 d 后基本稳定,最终沉降值显著小于正常土质路基沉降值,最佳水泥掺量为 6%。

关键词:公路;高速公路;高液限土;水泥改良;工后沉降

中图分类号:U416.1

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2021)02-0061-03

较弱的物理力学性能及浸水后的不稳定特性决定了高液限土不能简单地在工程中运用,尤其是作为路基处理时需进行改良处理。高液限土处治方法较多,如段凯对衡邵(衡阳—邵阳)高速公路高液限土进行石灰、水泥和砂砾改良,3 类改良方法均得到了较好的改良效果;刘旭采用水泥对湖南某高速公路高液限土进行改良,改良后强度、CBR 值、压缩性等指标均得到改善。尽管高液限土处治技术已运用多年,但高液限土不良地质问题等并未得到彻底解决,诸多改良方法仍建立在经验之上,相关理论分析及验证较片面,未形成体系,尤其是对高液限土路基设计及结构分析还存在不足,需综合进行理论及实践研究。

湖南益马(益阳—马迹塘)高速公路所属区域存在大量高液限土,该地区的高液限土具有弱膨胀性、透水性差、吸水后保水性强的特点,不适合采用翻晒除水。考虑到施工原因,很难实现对高液限土的现场换填处理,需采用改良技术进行处治。该文以该项目为工程背景,基于高液限土处治技术研究现状,研究水泥改良高液限土处治技术。

1 试验目的和方案

1.1 试验目的

益马高速公路第二合同段主要位于桃江县桃江镇内,起于桃江县桃江镇崆峒村 K11+178,终于桃江县浮邱山乡西峰寺村 K25+600,全长约 14.422

km。受地区地理位置及气候条件影响,该路段存在大量高液限土。以其中某标段高液限土为原材料,以该路段高液限土满足路基填料为目标,掺入水泥进行试验研究,对最佳掺料比例、最佳含水率及最大干密度进行研究。

1.2 试验方案

以土体含水率及水泥(325R)掺量为研究变量,其中含水率设为 12%、14%、16%、18%、20%,水泥掺量设为 4%、5%、6%,分别进行击实试验和无侧限抗压强度试验。

(1) 击实试验方案。以“干土法”制作 12%、14%、16%、18%、20% 5 种含水率土样,以 5 kg 为一份打包并焖至少 36 h。将焖好的样本分别掺入 4%、5%、6% 水泥,随即进行击实试验,测试不同含水率下最佳含水率及最大干密度。

(2) 无侧限抗压强度试验方案。以“干土法”制成最佳含水率附近的土样,每样 5 kg,打包并焖至少 36 h。取焖好的土样分别掺入 4%、5%、6% 的水泥,按照压实度 94%、96% 制作试件,在标准室内养护 7 d,观测试件基本参数(外表、高度、质量)。然后置于水中,水面高出试件 2.5 cm,采用试验仪器进行无侧限抗压强度试验,测试不同压实度下无侧限抗压强度指标。

由于水泥与高液限土中的水分子会发生水化、结块反应,故在掺入水泥后立即进行击实试验,同时对压实度为 94%、96% 的样本进行无侧限抗压强度

试验,验证水泥改良后的高液限土是否可用于94、96区路基填筑。为节约时间,采用“干土法”制作不同含水率的土样。

2 试验结果及分析

2.1 击实试验

击实方法:采用重型击实Ⅱ法,每层击数98次,筒容积 2150 cm^3 。各土样击实试验结果见图1~3,不同水泥掺量下改良土的最佳含水率和最大干密度见表1。

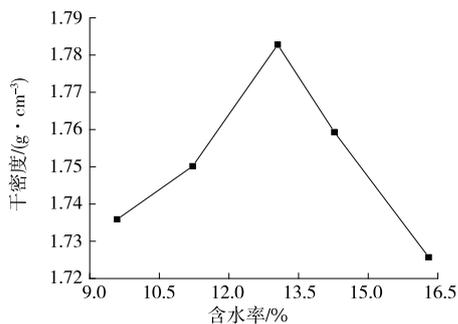


图1 掺4%水泥土样含水率与干密度的关系

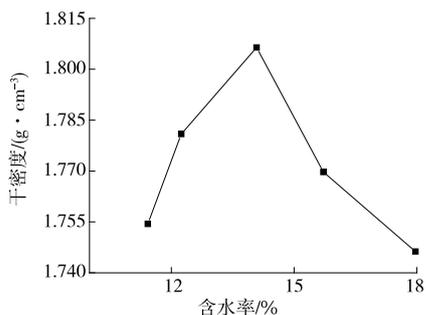


图2 掺5%水泥土样含水率与干密度的关系

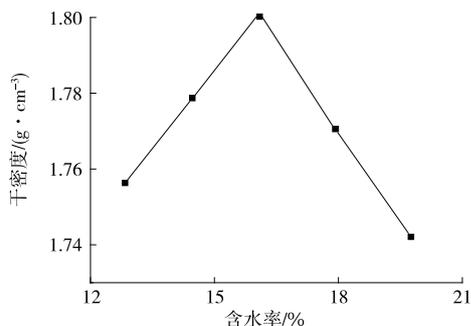


图3 掺6%水泥土样含水率与干密度的关系

表1 不同水泥掺量下土样最佳含水率和最大干密度

水泥掺量/%	最佳含水率/%	最大干密度/(g·cm ⁻³)
4	13.06	1.78
5	14.08	1.81
6	16.12	1.80

由表1可知:高液限土掺入4%、5%、6%水泥改良后,其最佳含水率分别为13.06%、14.08%、16.12%,最大干密度分别为1.78、1.81、1.80 g/cm³。

2.2 无侧限抗压强度试验

按照JTG E51—2015《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》,根据击实试验所得最佳含水率和最大干密度,采用静压法分别制作4%、5%、6%水泥掺量下压实度为94%、96%的水泥改良高液限土试件进行无侧限抗压强度试验,试件尺寸为 $\phi 50\text{ mm}$ (直径) $\times 50\text{ mm}$ (高度)。

(1) 掺4%水泥改良土无侧限抗压强度试验。最佳含水率为13.06%;水泥:水:土=1:3.33:25;最大干密度为1.78 g/cm³;设计强度为0.8 MPa;压实度为94%、96%。试验结果见表2。

表2 不同压实度下掺4%水泥改良土的无侧限抗压强度试验结果

压实度/%	试件编号	破坏时压力值/N	无侧限抗压强度/MPa	平均抗压强度/MPa
94	1	1 679	0.9	0.8
	2	1 542	0.8	
	3	1 639	0.8	
	4	1 600	0.8	
	5	1 676	0.9	
	6	1 682	0.9	
96	1	1 534	0.8	0.8
	2	1 666	0.8	
	3	1 671	0.9	
	4	1 643	0.8	
	5	1 612	0.8	
	6	1 597	0.8	

(2) 掺5%水泥改良土无侧限抗压强度试验。最佳含水率为14.08%;水泥:水:土=1:2.91:20;最大干密度为1.81 g/cm³;设计强度为0.8 MPa;压实度为94%、96%。试验结果见表3。

(3) 掺6%水泥改良土无侧限抗压强度试验。最佳含水率为16.12%;水泥:水:土=1:2.76:16.67;最大干密度为1.80 g/cm³;设计强度为0.8 MPa;压实度为94%、96%。试验结果见表4。

(4) 试验结果分析。4%、5%水泥掺量下,浸水养护过程中质量损失超过规范要求,评定土样的无侧限抗压强度不合格;6%水泥掺量下,压实度94%、96%分别适用于94区路基、96区下路床各区路基填筑。

表3 不同压实度下掺5%水泥改良土的无侧限抗压强度试验结果

压实度/%	试件编号	破坏时压力值/ N	无侧限抗压强度/ MPa	平均抗压强度/ MPa
94	1	1 611	0.8	0.8
	2	1 664	0.8	
	3	1 665	0.8	
	4	1 637	0.8	
	5	1 800	0.9	
	6	1 781	0.9	
	7	1 735	0.9	
96	1	1 713	0.9	0.9
	2	1 836	0.9	
	3	1 784	0.9	
	4	1 834	0.9	
	5	1 673	0.9	
	6	1 816	0.9	
	7	1 754	0.9	

表4 不同压实度下掺6%水泥改良土的无侧限抗压强度试验结果

压实度/%	试件编号	破坏时压力值/ N	无侧限抗压强度/ MPa	平均抗压强度/ MPa
94	1	1 947	1.0	1.0
	2	1 915	1.0	
	3	1 836	0.9	
	4	1 883	1.0	
	5	1 951	1.0	
	6	1 834	0.9	
	7	1 953	1.0	
	8	1 935	1.0	
	9	1 860	0.9	
96	1	1 914	1.0	1.0
	2	1 960	1.0	
	3	1 878	1.0	
	4	1 860	0.9	
	5	1 830	0.9	
	6	1 917	1.0	
	7	1 928	1.0	
	8	1 934	1.0	
	9	1 960	1.0	

3 试验段工后沉降分析

为评价该路段高液限土处治技术,选择 K19+400—K20+600 段进行水泥改良处治试验。试验段位置为路床,试验段长度为 200 m、宽度为 12 m、厚度为 80 cm,水泥掺量为 6%。在试验段设置沉降观

测点,选取路线中点、边点进行水泥处治后工后沉降观测。表 5 为中线 1#、2#、3# 测点的沉降观测值。以该路段某处正常土质路基沉降进行对比分析。

表5 掺量为6%时不同时间下累计沉降观测结果

时间/ d	试验段沉降观测值/mm				正常土质路基 沉降值/mm
	1#	2#	3#	平均值	
10	2	2	2	2.0	5
30	6	6	5	5.7	9
60	8	9	8	8.3	13
80	8	9	8	8.3	15

由表 5 可知:水泥掺量为 6% 的高液限改良土的沉降在 60 d 后基本稳定,水泥改良土的沉降值相对于正常土质路基沉降值明显偏小。采用水泥处治高液限土的效果较理想,最佳水泥掺量为 6%。

4 结论

(1) 高液限土掺入 4%、5%、6% 水泥改良后,其最佳含水率分别为 13.06%、14.08%、16.12%,最大干密度分别为 1.78、1.81、1.80 g/cm³。

(2) 掺 6% 水泥时,以最佳含水率 16.12%、最大干密度 1.80 g/cm³ 作为控制指标,压实度 94%、96% 分别适用于 94 区路基、96 区下路床各区路基填筑。掺 4%、5% 水泥时,高液限改良土浸水养护过程中质量损失超过规范要求,土样的无侧限抗压强度不合格。

(3) 6% 水泥改良高液限土的工后沉降在 60 d 后基本达到稳定,最终沉降值显著小于正常土质路基沉降值,水泥处治高液限土的最佳掺量为 6%。

参考文献:

- [1] 黄远亮,余辉.赣南山区高液限土水泥改良技术及工程应用试验分析[J].公路与汽运,2017(1):121—124.
- [2] 戴良军,朱大勇.高液限土路基填筑技术研究[J].长安大学学报(自然科学版),2016,36(1):44—50.
- [3] 张锐,肖宇鹏,刘闯.海南高液限土结合水试验研究[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2019,16(1):10—16.
- [4] 段凯.高液限黏土的工程性质及其填筑技术研究[D].长沙:湖南大学,2013.
- [5] 刘旭.高液限粉土的路用特性及其路堤处治技术研究[D].长沙:中南大学,2012.
- [6] 黄远亮,余辉.赣南山区高液限土水泥改良技术及工程应用试验分析[J].公路与汽运,2017(1):121—124.
- [7] 李方华.高液限土填料改良的最佳掺砂砾石比试验研究[J].岩土力学,2010,31(3):785—788.