

纤维类材料改善粉煤灰稳定膨胀土性能研究

曾维芳

(海南省交通工程检测中心, 海南 海口 571100)

摘要: 在最佳粉煤灰掺量 20% 条件下, 聚丙烯纤维长度分别取 6、12、24 mm, 以 0.25% 的增量从零增至 1.5% 掺加到粉煤灰稳定膨胀土中, 利用标准击实试验、无侧限抗压强度、加州承载比和膨胀压力试验评价纤维增强粉煤灰稳定膨胀土路基混合料的特性, 根据试验结果确定聚丙烯纤维的最佳长度和最佳掺量分别为 12 mm、1.0%, 并验证了在最佳粉煤灰掺量和最佳纤维掺量及长度下的路基趋于最佳稳定状态。

关键词: 公路; 膨胀土; 粉煤灰; 聚丙烯纤维

中图分类号: U418.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)02-0107-04

膨胀土由于循环膨胀收缩行为, 在沥青路面施工方面引发了不少问题。固体废弃物具有稳定膨胀土的作用, 如米什拉和马瑟于 2004 年利用磷石膏稳定膨胀土, 奥莱克于 2008 年采用水泥窑粉尘改善膨胀土, 拉梅什等于 2011 年利用矿渣稳定膨胀土。掺加粉煤灰是工程土壤改良中较常用的方法, 可提高膨胀土的强度, 但不能大幅度减少其膨胀压力, 需配合其他材料如石灰、石灰泥、水泥、水泥窑灰、砂子、采石场灰尘等进行改良。土的张力较弱, 而纤维具有较高的抗拉强度, 可作为增强元素加入粉煤灰稳定膨胀土中, 起到增加强度和降低膨胀压力的作用。该文通过试验研究在掺加不同比例和不同长度聚丙烯纤维情况下粉煤灰稳定膨胀土的压实特性变化。

1 原材料与试验方法

1.1 原材料

试验所采用材料主要有膨胀土、粉煤灰和聚丙烯纤维。

(1) 膨胀土。膨胀土的砂粒含量为 6%, 粉粒含量为 22%, 黏土含量为 72%; 比重为 2.66; 液限为 62%, 塑限为 34%, 塑性指数为 28; 最佳含水量为 21%, 最大干密度为 16.3 kN/m^3 ; 无侧限抗压强度为 60 kN/m^2 ; 浸泡 CBR 值为 1.68%; 膨胀压力为 132 kN/m^2 。

(2) 粉煤灰。采用河南某公司出产的粉煤灰, 主要由 0.17% 氧化钙、22.26% 氧化铝、75.39% 二氧化硅、0.51% 三氧化二铁组成。

(3) 聚丙烯纤维。采用郑州某公司生产的聚丙烯纤维, 主要以聚丙烯为原料, 通过一定工艺加工而

成。选用 3 种长度, 分别为 6、12、24 mm。

1.2 试验方案

首先制备土壤—粉煤灰混合料, 粉煤灰按 5% 的增量从零变化至 30%, 利用标准击实试验, 控制土壤—粉煤灰混合料掺量, 以找出膨胀土的最大干密度和最佳含水量; 然后制备试样进行无侧限抗压强度、CBR 和膨胀压力试验, 根据试验结果得出粉煤灰稳定膨胀土的最佳掺灰比。在获得膨胀土的粉煤灰最佳掺量后, 制备土—粉煤灰—纤维混合料, 采用置换法控制纤维含量以 0.25% 的增量从零增加至 1.5%, 采用 3 种不同长度的纤维分别制取试样进行标准击实试验、无侧限抗压强度试验、浸泡 CBR 试验和膨胀压力试验, 每组测试 3 个样品, 取其平均值作为试验结果。

2 试验结果与分析

2.1 粉煤灰最佳掺量的确定

膨胀土最大干密度、最佳含水量、无侧限抗压强度、浸泡 CBR 值和膨胀压力随粉煤灰掺量的变化见图 1~5。

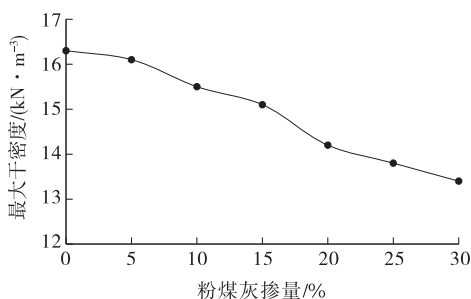


图 1 膨胀土的最大干密度随粉煤灰掺量的变化

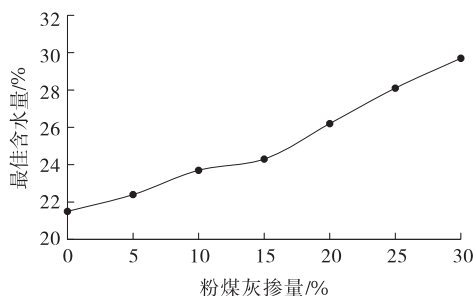


图2 膨胀土的最佳含水量随粉煤灰掺量的变化

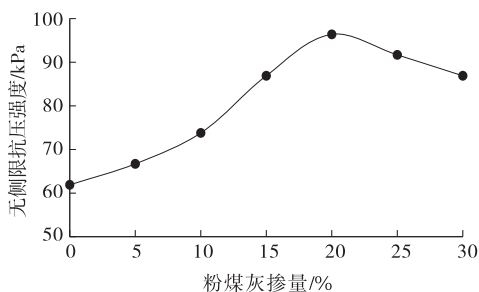


图3 膨胀土的无侧限抗压强度随粉煤灰掺量的变化

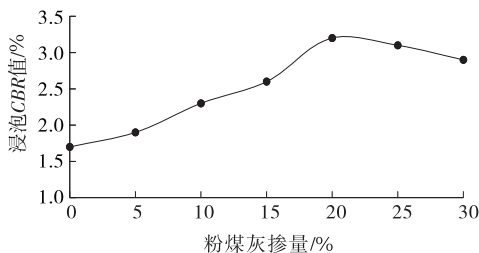


图4 膨胀土的浸泡CBR值随粉煤灰掺量的变化

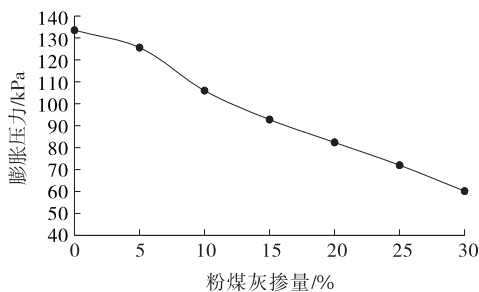


图5 膨胀土的膨胀压力随粉煤灰掺量的变化

由图1可知:当粉煤灰掺量持续增多时,膨胀土的最大干密度不断减小,粉煤灰掺量从零增加至30%,膨胀土最大干密度从 16.3 kN/m^3 降低至 13.4 kN/m^3 。这主要是由于与膨胀土的比重(2.66)相比,粉煤灰的比重(2.21)较低。

由图2可知:膨胀土的最佳含水量随粉煤灰掺量的增加而增长,粉煤灰掺量从零增至30%,最佳

含水量从21.3%提高至29.2%。说明粉煤灰级配较差,存在一定破碎空心球。

由图3可知:不断提高粉煤灰掺量,一定范围内膨胀土的无侧限抗压强度不断增强,但掺量大于20%时强度有所降低。

由图4可知:一定范围内膨胀土的浸泡CBR值随粉煤灰掺量的增加而增大,但掺量达到20%后浸泡CBR值有所降低。粉煤灰掺量增加,将导致土的内摩擦角增大,抗剪强度随之增强。当膨胀土的粘结力一定时,土的内摩擦角增大,其无侧限抗压强度及浸泡CBR值增大。但掺加粉煤灰后混合料中黏土含量减少,土的粘结力也减小,如果粉煤灰掺量过高,土的强度会减弱。

由图5可知:随着粉煤灰掺量的增加,土的膨胀压力不断减小。掺加粉煤灰后混合料中黏土含量减少,加之粉煤灰是一种非溶胀材料,掺入土中后使其膨胀压力减小。

综上所述,粉煤灰稳定膨胀土的最佳掺灰率为20%,此时虽然其强度增加,但其膨胀压力为82 kPa,会产生膨胀问题,需进一步改良。

2.2 纤维掺量的影响及最佳掺量的确定

为解决粉煤灰稳定膨胀土的膨胀问题,在最佳粉煤灰掺量20%条件下,分别采用6、12、24 mm聚丙烯纤维对其进行改良,采用置换法控制纤维含量以0.25%的增量从零增加到1.5%,并对掺加聚丙烯纤维的粉煤灰稳定膨胀土进行标准击实、无侧限抗压强度、浸泡CBR和膨胀压力试验。粉煤灰稳定土最大干密度、最佳含水量、无侧限抗压强度、浸泡CBR值、膨胀压力随纤维掺量的变化见图6~10。

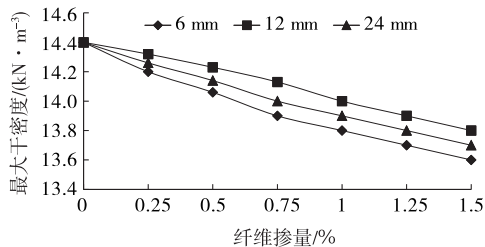


图6 粉煤灰稳定土的最大干密度随纤维掺量的变化

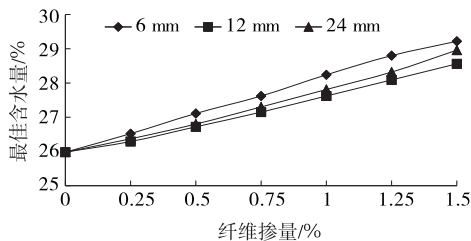


图7 粉煤灰稳定土的最佳含水量随纤维掺量的变化

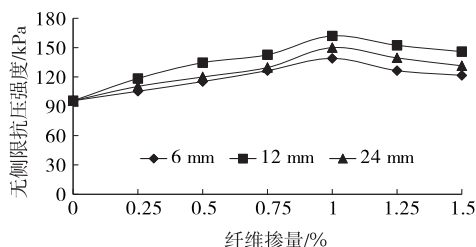


图8 粉煤灰稳定土的无侧限抗压强度随纤维掺量的变化

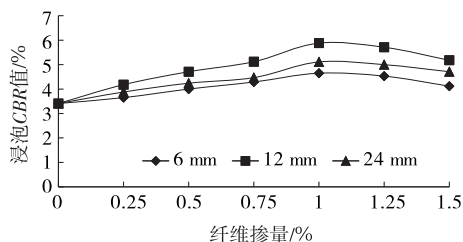


图9 粉煤灰稳定土的浸泡CBR值随纤维掺量的变化

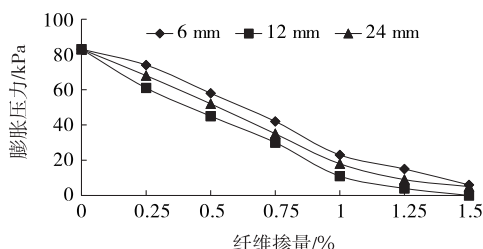


图10 粉煤灰稳定土的膨胀压力随纤维掺量的变化

由图6可知:纤维长度不变时,膨胀土的最大干密度随着聚丙烯纤维掺量的增加而减小。掺量为1.5%时,6、12、24 mm纤维对应的最大干密度分别为13.6、13.8、13.7 kN/m³。原因在于纤维的比重(0.91)远小于土的比重(2.66),且纤维具有吸水润滑的作用,从而影响了膨胀土的压实特性。

由图7可知:纤维长度不变时,膨胀土最佳含水量随着聚丙烯纤维掺量的增加而增大。掺量为1.5%时,6、12、24 mm纤维对应的最佳含水量分别为29.22%、28.56%、28.96%。主要是因为与土相比,纤维具有更强的吸水能力。

由图8可知:纤维长度不变时,在一定限度内土的无侧限抗压强度随着聚丙烯纤维掺量的增加而提高,一旦超过这个限度强度将减弱。掺量为1.0%时,6、12、24 mm纤维对应的强度分别提高至139、162、150 kPa,掺量大于1.0%时强度减小。纤维掺量为1%、长度为12 mm时土的强度最大。与不加纤维的粉煤灰稳定土相比,掺加纤维的粉煤灰稳定土的无侧限抗压强度增加70%;与原生土壤相比,掺加纤维的粉煤灰稳定土的无侧限抗压强度增加

170%。

由图9可知:纤维长度不变时,一定限度内土的浸泡CBR值随着聚丙烯纤维掺量的增加而增长,一旦超过这个限度CBR值将减小。掺量为1.0%时,6、12、24 mm纤维对应的浸泡CBR值分别提高至4.62%、5.83%和5.26%,掺量大于1.0%时浸泡CBR值减小。12 mm纤维对应的浸泡CBR值最大。与不加纤维的粉煤灰稳定土相比,加纤维的粉煤灰稳定土的浸泡CBR值增加81%;与原生土壤相比,加纤维的粉煤灰稳定土的浸泡CBR值增加247%。

由图10可知:纤维长度不变时,粉煤灰稳定膨胀土中聚丙烯纤维掺量增加会使土的膨胀压力减小,掺量为1.5%时,6、12、24 mm纤维对应的膨胀压力分别减小至5、0、3 kPa,而掺量为1%时膨胀压力分别为22、12、17 kPa。其原因主要是用非膨胀性的纤维置换膨胀土,纤维具有增强粉煤灰稳定土的作用,提高了土壤的强度,从而阻止了掺纤维粉煤灰稳定土的膨胀作用。

综上,聚丙烯纤维的最佳掺量为1.0%。

2.3 纤维长度的影响及最佳长度的确定

粉煤灰稳定土的浸泡CBR值和膨胀压力随纤维长度的变化分别见图11、图12。

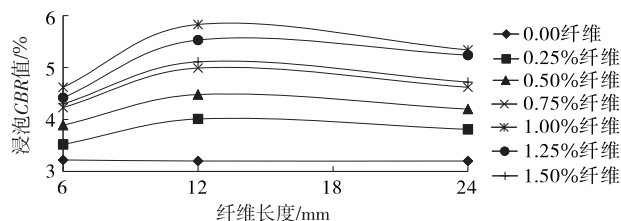


图11 粉煤灰稳定土的浸泡CBR值随纤维长度的变化

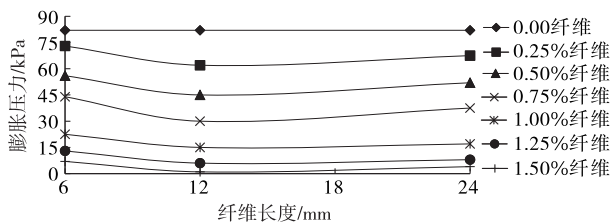


图12 粉煤灰稳定土的膨胀压力随纤维长度的变化

由图11可知:纤维掺量一定时,掺加12 mm纤维,土的浸泡CBR值最大。

由图12可知:纤维掺量一定时,掺加12 mm纤维,土的膨胀压力最小。而且这种长度的纤维强度越大,膨胀压力越小。

综上,聚丙烯纤维的最佳长度为12 mm。

3 结论

(1) 针对膨胀土的稳定化,粉煤灰的最佳掺量为20%。在膨胀土中添加20%的粉煤灰时其无侧限抗压强度增加58%,浸泡CBR值增加91%,膨胀压力减少38%。

(2) 纤维长度一定时,随着纤维掺量的增加,粉煤灰稳定膨胀土的最大干密度持续降低,最佳含水量不断增加。

(3) 纤维长度一定时,随着纤维掺量的增加,粉煤灰稳定膨胀土的无侧限抗压强度有所增强,但掺量大于1.0%后强度降低。选用12 mm纤维时,其强度达到最大值。将加纤维和不加纤维的粉煤灰稳定土作比较,前者强度提高70%;与原生土壤相比,加纤维土的强度增加170%。

(4) 纤维长度一定时,随着纤维掺量的增加,粉煤灰稳定膨胀土的浸泡CBR值增大,但掺量大于1%后浸泡CBR值减小。选用12 mm纤维时,其CBR值达到最大。将加纤维和不加纤维的粉煤灰稳定土作比较,前者的CBR值提高81%;与原生土壤相比,加纤维土的CBR值增加247%。

(5) 纤维长度一定时,随着纤维掺量的增加,粉煤灰稳定膨胀土的膨胀压力减小。采用12 mm聚丙烯纤维时,其膨胀压力降低最大。选用12 mm纤维

且其掺量为1.5%时,土的膨胀压力为零。

(6) 在最佳粉煤灰掺量20%情况下,用于膨胀土加固的聚丙烯纤维的最佳掺量为1.0%,最佳长度为12 mm。

参考文献:

- [1] 胡斌,王新刚,连宝琴.纤维类材料改善膨胀土工程性能的适用性探讨[J].岩土工程学报,2010,32(增刊2).
- [2] 吴继玲,张小平.聚丙烯纤维加筋膨胀土强度试验研究[J].土工基础,2010,24(6).
- [3] 张小平,施斌.加筋纤维膨胀土的试验研究[J].长江科学院院报,2008,25(4).
- [4] 余伟.纤维改性膨胀土工程性质的试验研究[D].合肥:合肥工业大学,2014.
- [5] 余晓彦.石灰-玄武岩纤维改良膨胀土特性的试验研究[D].武汉:湖北工业大学,2015.
- [6] 潘军,王桢.纤维土的发展及其在膨胀土中的应用[J].路基工程,1996(5).
- [7] 李天龙.掺纤维改良膨胀土的实验研究[J].工程与建设,2012,26(2).
- [8] 庄心善,游鹏,余晓彦,等.粉煤灰-玄武岩纤维改良膨胀土试验研究[J].公路工程,2016,41(3).
- [9] 李治朋,张宇亭,马希磊.纤维对石灰改良膨胀土性质的影响分析[J].岩土工程技术,2011,25(4).

收稿日期:2016-10-14

(上接第106页)

小,外界水汽很难由土体孔隙通道进入边坡深层,使边坡内部的基质吸力得以维持在一个较高水平,抗剪强度受到的影响不大,阶梯式的边坡形式也在一定程度上减小了坡体整体滑移的可能性,提高了边坡的稳定性。

4 结论

(1) 基于内排水防护结构设计思路的新型边坡深层水毁防护技术具有很好的防排水效果,能有效减小坡表水向坡体的入渗,减缓降雨期基质吸力的降低,延缓暂态饱和区的生成与扩展。

(2) 边坡深层水毁防护措施能显著提高边坡的安全系数,随着降雨历时的增加,处治前后边坡安全系数随时间的变化趋势大体相同,但雨强越大,防护结构的效用越明显,能减小边坡稳定性受降雨的影响,提高边坡的安全性。

(3) 边坡深层水毁防护结构设计简单、施工方

便,具有在相关工程领域中推广和应用的价值。

参考文献:

- [1] 邹静蓉,李志勇.全风化花岗岩路堑边坡稳定防护研究[J].湖南交通科技,2002,28(1).
- [2] 刘云鹏,黄润秋,霍俊杰.某高速公路花岗岩边坡稳定性评价及防护措施研究[J].防灾减灾工程学报,2008,28(1).
- [3] 高刚.降雨入渗对土质边坡稳定性的影响研究[J].中外建筑,2015(6).
- [4] 蒋焕章.公路水文勘测设计与水毁防治[M].北京:人民交通出版社,2002.
- [5] 方向池,黄润秋.山区公路水毁灾害研究及治理[M].成都:四川大学出版社,2002.
- [6] 高民欢,李辉,张新宇,等.高等级公路边坡冲刷理论与植被防护技术[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [7] 高冬光.公路与桥梁水毁防治[M].北京:人民交通出版社,2002.

收稿日期:2016-11-22