

HEC 固化土施工技术参数对其抗压强度的影响

杜向琴, 娄宗科, 闫宁霞

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 为了获得固化土施工技术参数对其力学性能的影响规律,通过不同条件下的抗压强度试验和击实试验,研究了固化剂掺入比(固化剂与土体质量比)、压实系数、养护方式对固化土抗压强度的影响,测定了不同条件下固化土的最大干密度和最优含水量。结果表明,固化剂掺入比为 1/8 时,固化土最大干密度最高,达 1.78 g/cm^3 ;固化土抗压强度随固化剂掺入比的增大而增加,固化剂掺入比超过 1/8 后,压实系数为 0.95 时,固化土抗压强度增幅明显降低;压实系数是影响固化土抗压强度的主要因素,其取值宜为 0.95~1.0;养护方式也是影响固化土抗压强度的重要因素,适合的养护方式为塑料薄膜覆盖 28 d。

[关键词] HEC;固化土;固化剂掺入比;压实系数;养护方式

[中图分类号] TV443

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)09-0226-03

Research on technical parameters in construction of HEC stabilizer

DU Xiang-qin, LOU Zong-ke, YAN ning-xia

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract : To obtain the effect laws of technical parameters of construction of HEC stabilizer on physical properties of stabilized soil, through compressive test and compaction test, the relation of HEC-stabilizer mixing ratio, compressive coefficient, curing method and compressive strength of stabilized soil are respectively studied in this paper, and the maximum dry density and optimal water content are also determined. The results show that the maximum dry density reaches its maximum value 1.78 g/cm^3 when HEC-stabilizer mixing ratio is 1/8; compressive strength of stabilized soil increases as mixing ratio does; when mixing ratio reaches more than 1/8 and compressive coefficient is 0.95, the increasing range of compressive strength reduces evidently; compressive coefficient is one of the main factors influencing compressive strength, its feasible value is 0.95~1.0; curing method also vitally affects compressive strength of stabilized soil, and the fittest curing method is covering plastical membrane curing 28 days.

Key words : HEC; stabilized soil; mixing ratio; compressive coefficient; curing method

目前,土壤固化技术的工程应用已越来越普遍,在美国、加拿大、澳大利亚和欧洲等国家和地区已有专门的固化剂研究机构。我国自 20 世纪 80 年代开始引进这项技术,现已在机场、道路、大型工程的地基处理、渠道防渗工程等方面获得应用。土壤固化剂与传统的固化材料相比,具有较高的价格性能比、

高效低耗、节约能源和资源等特点,并且可以调整固化土强度以满足不同的工程需要。目前,正在研究和工程上已经投入使用的固化剂种类很多^[1],可分为无机类(如水玻璃、水泥、石灰、石膏、 CaCl_2 、磷酸盐、苛性碱等)、有机类(如沥青、焦油、树脂、糠醛苯胺、丙烯酸钙、羧甲基纤维素等)、无机-有机复合类

† 收稿日期] 2006-08-14

[基金项目] 国家“863”节水重大专项(2002AA2Z4211);西北农林科技大学科研专项(042M075)

[作者简介] 杜向琴(1981-)女,甘肃临洮人,在读硕士,主要从事材料与结构工程研究。

[通讯作者] 娄宗科(1962-)男,陕西凤翔人,教授,主要从事材料结构工程与渠道防渗技术研究。

(如乙二醇 + 水玻璃、石灰 + 聚丙烯胶等)和工业废渣类(如亚硫酸盐废液、矿渣、粉煤灰、硫铁矿渣等)以及新型土壤固化剂类(NCS、TR、HEC、HS、Aught-set、Beestar、UT-2000、EN-1、ISS、ARC、Flo-tal 等)等,其中 HEC 固化剂在常温下能直接胶结土体颗粒,并与之反应而产生强度,与传统水泥固化剂相比,具有较高的固结强度和良好的耐水性、抗渗性和抗腐蚀性,处理土体的综合造价低,已在土木工程和水利工程中获得应用。许多学者用室内土工试验的方法,研究了不同固化剂品种、不同土质条件下固化土的强度、耐久性和变形性能及其影响因素,采用宏观和微观研究相结合的方法,探讨了土体中的矿物成分对固化土强度的影响,揭示了固化土的力学性质与土体本身的物理力学性质、固化剂掺入量、固

化剂品种等因素的关系^[2-4],但对施工技术的重视不够,施工技术及其参数的选取尚处于探索阶段,实际上固化土技术应用的难点在于把握固化对象的工程特性和施工工艺^[5]。本试验以 HEC 固化剂为研究对象,以陕西杨凌黄土为供试土壤,通过室内试验,研究固化剂掺入比、压实系数、养护方式等施工技术参数对固化土抗压强度的影响,以期固化剂在同类地区和同类工程中的应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 供试土壤 试验所用土料为杨凌黄土,其基本物理力学性质测定结果见表 1。

表 1 土样的物理力学性质

Table 1 Physical properties of soil samples					
比重 Density	液限/ % Liquid limit	塑限/ % Plastic limit	塑性指数 IP (Plastic index)	最优含水量/ (g · kg ⁻¹) Optimal water content	最大干密度/ g · cm ⁻³ Maximum density
2.70	30.0	18.5	11.5	170	1.716

1.1.2 固化剂 固化剂采用河南产的高强、高耐水土体固结剂 HEC(High Strength & Water Stability Earth Consolidator),其凝结时间、安定性等技术指标经检验均符合现行国家标准的规定^[6]。

1.2 方 法

1.2.1 试验处理 影响固化土强度的因素很多,且关系比较复杂。固化剂掺入比、施工过程中的压实系数、固化土养护方式等施工工艺因素均会对固化土效果产生严重影响。为了探求上述因素对固化土力学特性的影响规律,参照文献[5]和[7]的方法,选取固化剂掺入比(固化剂和土体的质量比)分别为 1/6、1/8 和 1/10,以不加固化剂的素土为对照,对同一固化剂掺入比,制作压实系数分别为 0.80、0.85、0.90、0.95、1.0 的试件,标准养护 28 d 后测定其抗压强度,考察压实系数对固化土抗压强度的影响。

在上述试验的基础上,选定固化剂掺入比为 1/8,压实系数为 1.0,根据下述 5 种不同的养护方式制作抗压强度试件,28 d 后测定其抗压强度,考察合理的固化土养护方式。5 种养护方式分别为: . 标准养护(温度(20 ±2) ,相对湿度 90 %,养护时间为 28 d); . 将试件在水中浸泡 3 d,再进行标准养护至 28 d; . 将试件在水中浸泡 7 d,再进行标准养护至 28 d; . 将试件用塑料薄膜包裹,养护 28 d; . 将试件放在实验室中,自然洒水养护 28 d。

1.2.2 试验方法 固化土击实试验按照土工试验规程进行^[8],确定不同固化剂掺入比时固化土的最

大干密度和最优含水量。根据试模尺寸、最大干密度和预定的压实系数称取每个试件所需的固化土用量,按照《固化类路面基层和底基层技术规程》(CJJ/ T 80-98)的要求^[9],采用静压法装模。按照上述设计的养护方式养护至规定龄期后,测定其抗压强度。

2 结果与分析

2.1 固化剂掺入比对最大干密度和最优含水量的影响

为了探索固化剂掺入比对土样干密度和含水量的影响规律,进而确定各配比时固化土的最大干密度和最优含水量,按照试验设计的相应参数进行了固化土击实试验,并与素土(即不掺固化剂的土体)进行比较,其结果见表 2。

表 2 不同固化剂掺入比对土样最大干密度和最优含水量的影响

Table 2 Effects of HEC stabilizer mixing ratio on maximum density and optimal water content		
固化剂掺入比 Mixing ratio	最大干密度/ (g · cm ⁻³) Maximum density	最优含水量/ (g · kg ⁻¹) Optimal water content
1/6	1.78	192
1/8	1.78	189
1/10	1.77	191
素土 Plain earth	1.72	170

表 2 显示,不同固化剂掺入比处理的固化土最大干密度较素土(1.72 g/cm³)均有明显提高,在 1/6,

1 8,1 10 固化剂掺入比下,最大干密度较素土分别提高了 0.06,0.06 和 0.05 g/cm³,其中 1 8 和 1 6 处理的固化土最大干密度较大。不同固化剂掺入比处理的固化剂最优含水量均大于素土,但 1 8 处理的最优含水量与素土最为接近,实际工程中比较容易达到。与 1 6 处理的固化土相比,1 8 处理固化土的固化剂用量少,用于工程实际也较为经济,应该成为本试验条件下的首选固化剂掺入比。

2.2 不同固化剂掺入比和压实系数对固化土抗压强度的影响

固化剂掺入比和压实系数对固化土抗压强度有着非常重要的影响^[2,10]。因此,研究固化土的力学性能,就必须掌握它们对固化土抗压强度的影响规律,才能在工程中合理运用。不同固化剂掺入比和压实系数对固化土抗压强度的影响见图 1。

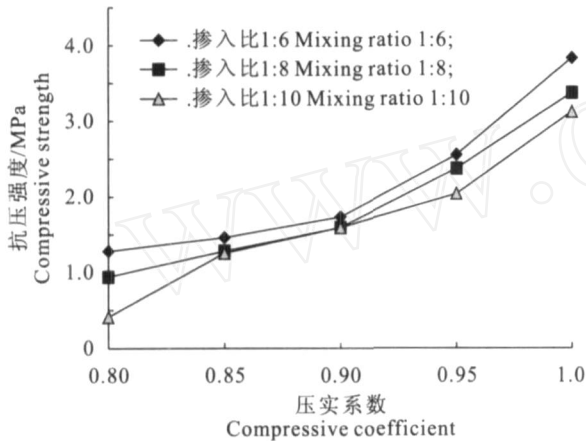


图 1 不同固化剂掺入比和压实系数对固化土抗压强度的影响

Fig.1 Effects of compressive coefficient and stabilizer mixing ratio on compressive strength

由图 1 可知,在同一压实系数下,固化剂掺入比越大,固化土抗压强度越高。当固化剂掺入比为 1 6 时,固化土抗压强度最大。随着压实系数的提高,固化土抗压强度亦有所提高,但不同固化剂掺入比的抗压强度增长幅度不同。其中当压实系数为 0.95,固化剂掺入比由 1 10 增大到 1 8 时,固化土的抗压强度由 2.04 MPa 增加到 2.37 MPa,增加了 0.33 MPa;而固化剂掺入比由 1 8 增大到 1 6 时,固化土的抗压强度则由 2.37 MPa 增加到 2.55 MPa,增加了 0.18 MPa。这说明固化土抗压强度并不与固化剂掺入比呈线性增长关系,压实系数为 0.95,固化剂掺入比超过 1 8 后,固化土抗压强度增幅已明显降低。根据《渠道防渗工程技术规范》(SL18 - 2004)^[11],只有压实系数为 0.95 ~ 1.0 时固

化土的强度能满足工程需要,而实际工程中固化土压实系数达到 1.0 又是不现实的。因此,根据压实系数为 0.95 时的抗压强度试验结果,综合考虑固化土强度要求和经济性,固化剂掺入比宜为 1 8。

由图 1 还可知,同一固化剂掺入比下,压实系数越大,固化土的抗压强度越大,且压实系数对低掺入比固化土的抗压强度影响比高掺入比固化土明显。当压实系数小于 0.90 时,固化土抗压强度增长幅度较小,尤其在压实系数为 0.85 ~ 0.90 时,不同压实系数的固化土抗压强度相差很小;当压实系数大于 0.90 时,随压实系数的增大,固化土抗压强度显著增大;当压实系数接近于 1.0 时,不同掺入比固化土的抗压强度均达到各自的最大值。因一般现场铺筑固化土的压实系数要求在 0.90 以上,越接近 1.0 越好,考虑到施工的现实性和经济性,压实系数取 0.95 比较适宜。

2.3 养护方式对固化土抗压强度的影响

养护方式是现场铺筑固化土推广应用中的主要困难之一,本次试验固定固化剂掺入比为 1 8,在最优含水量和最大干密度条件下,制作压实系数为 1.0 的固化土试件,选取了 5 种养护方式进行试验。养护方式对固化土抗压强度的影响如图 2 所示。

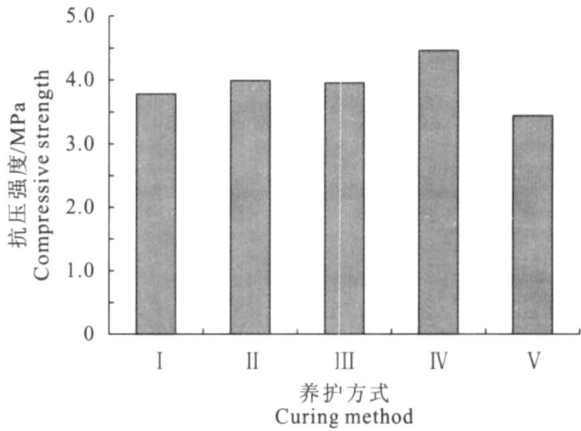


图 2 不同养护方式对固化土抗压强度的影响

Fig.2 Effects of curing method on compressive strength

由图 2 可知,5 种养护方式对固化土抗压强度的影响顺序是 > > > >,即采用塑料薄膜养护 28 d 的试件抗压强度最大;其次是清水浸泡 3 d,再标准养护;再次是清水浸泡 7 d,再标准养护;自然洒水养护试件的抗压强度最低。施工过程中选择良好的养护方式是提高固化土施工质量的必需环节和有效途径。由本试验结果可知,采用塑料薄膜覆盖是较为容易实现的一种方式。

(下转第 234 页)

本信息采集系统,该系统具有高性能、低成本、结构紧凑和能耗低的特点,便于长时间野外作业的携带和使用;系统具有友好的汉字交互界面,便于多数人群的使用;以 U 盘作为数据存储介质,即插即用,具有体积小、可靠性高、容量大、携带方便和便于数据共享与处理等优点。试验结果表明,该系统可用于农田基本信息的采集,但测量值与真实值之间仍有一定的误差,特别是在面积测量方面。因此,研究系统的误差变化规律,采用数学方法滤除由偶然误差引起的数据波动,或采用不同的定位方法来提高定位数据的精度,仍将是下一步研究的主要方向。

[参考文献]

- [1] 裴正军,应霞芳,何 勇. 基于 GPS 模块的便携式农田面积测量仪[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,2005,31(3):333-336.
- [2] 李勇军,杨 青,庞树杰. 基于 OEM 模块的 GPS 接收机设计[J]. 农机化研究,2006(12):109-111.
- [3] 何 勇,葛晓锋. 农用 GPS 测试精度分析及提高精度方法的研究[J]. 农业工程学报,2004,20(2):168-171.
- [4] 杨 平,宋蛰存. 林区巡检中 GPS 接收机的设计[J]. 林业科技,2006,31(2):21-22.
- [5] 何 勇,杨 青,洪添胜,等. 精细农业[M]. 杭州:浙江大学出版社,2003.
- [6] Zhang N Q, Wang M H, Wang N. Precision agriculture-a worldwide overview[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36:113-132.
- [7] 李天文. GPS 原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [8] 刘大杰,施一民,过 静. 全球定位系统(GPS)原理及数据处理[M]. 上海:同济大学出版社,1996.
- [9] 克拉索夫斯基. 大地测量学[M]. 北京:测绘出版社,1958.
- [10] 庞树杰. 基于 GPS、GIS 变量施水机具控制系统研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2004.
- [11] 余永全. ATME189 系列单片机应用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [12] 张清志,陈智梁. GPS 测量误差分析[J]. 沉积与特提斯地质, 2002,31(2):100-106.

(上接第 228 页)

3 结 论

1) 固化土抗压强度随固化剂掺入比的增大而增加,在压实系数为 0.95 时,固化剂掺入比超过 1/8 后,固化土的抗压强度增幅已明显降低。掺入固化剂能明显提高土样的最大干密度,但对土样含水量的影响不明显,当固化剂掺入比为 1/8 时,固化土干密度达最大值 1.78 g/cm^3 。因此,综合考虑固化土抗压强度要求和经济性,建议固化剂掺入比取 1/8。

2) 压实系数越大,固化土抗压强度越高,压实系数对固化剂掺入比低的固化土抗压强度影响更为明显。试验结果表明,只有压实系数为 0.95~1.0 时,固化土的抗压强度能满足工程需要,而实际工程中固化土压实系数达到 1.0 是不现实的,建议压实系数取 0.95。

3) 养护方式也是影响固化土抗压强度很重要的因素,不同的养护方式下固化土抗压强度有明显的差异,其中以盖塑料薄膜养护 28 d 时的固化土抗压强度最高。

[参考文献]

- [1] 董邑宁,张俊伟. 固化材料在土木工程中的发展及应用[J]. 青海大学学报:自然科学版,2001,19(4):35-39.
- [2] 毛世峰,李 辉,李海明,等. 固化土材料的试验研究[J]. 黑龙江水专学报,2002(2):27-30.
- [3] 贺行洋,陈益民,张文生. 土的组成、结构与固化技术[J]. 岩土工程技术,2003(3):129-133.
- [4] 彭 波,李文瑛,陈忠达. 固化剂加固土性能的研究[J]. 内蒙古公路与运输,2001(1):27-29.
- [5] 陈 涛,周俊荣,孙明星. HEC 固化剂对土壤渗透性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(4):192-194.
- [6] 中华人民共和国建设部. 中华人民共和国城镇建设行业标准 CJ/T 3073-1998 土壤固化剂[EB/OL]. [2006-05-07] <http://www.6jc.cn/book/2006-6/winwa/cjt3073-1998.pdf>.
- [7] 闰宁霞,杜志坚. 中壤土质条件下固化土的合理技术指标研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(4):215-218.
- [8] 南京水利科学研究院. 土工试验规程 SL237-1999[S]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
- [9] 北京市市政工程设计研究总院. 固化类路面基层和底层技术规范(CJJ/T80-98)[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [10] 李翠华,张 路,詹长久. 固化剂对土的性能影响的实验研究[J]. 武汉大学学报:工学版,2003,36(4):92-94.
- [11] 中华人民共和国水利部. 渠道防渗工程技术规范 SL18-2004[S]. 北京:中国水利水电出版社,2005.