

[文章编号] 1003-4684(2023)01-0090-04

PVA(聚乙烯醇)改良膨胀土强度性能试验研究

文 武, 庄心善, 赵奕杨, 聂去尘

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] PVA(聚乙烯醇)作为一种高分子聚合物,可利用其强粘结性改良膨胀土,提高改良土强度降低其膨胀性。通过三轴试验,研究不同 PVA 含量对膨胀土性质的影响,试验发现:围压相同时,随着 PVA 含量增大,改良土强度与内摩擦角呈先增大后减小的趋势;黏聚力先增大后趋于稳定。在相同围压下,当 PVA 含量为 3%,膨胀土的主应力之差达到最大,3%为 PVA 的最佳含量。掺量相同时,PVA 含量 0%、1%、2%、3%、4%改良土条件下,围压 300 kPa 较围压 100 kPa 时,强度提高 39%、36%、29%、32%、31%。

[关键词] 膨胀土; PVA(聚乙烯醇); 应力-应变; 抗剪强度

[中图分类号] TU 411 **[文献标识码]** A

膨胀土是一种高塑性黏土,主要由亲水性的矿物质组成,一般承载力较高,具有吸水膨胀、失水收缩性能,性质不够稳定,易对建筑造成危害,人们称其为“隐藏的灾难”。目前对膨胀土的处理,可以采用物理、化学和生物等方式,以达到改良膨胀土的膨胀特性和强度的目的。

在物理改良方面,康靖宇等^[1]通过水玻璃改良膨胀土,得到的改性土膨胀率下降,且强度也有提升。王欢等^[2]研究不同掺量的粉砂土对膨胀土膨胀特性和力学特性的影响,得出结论:粉砂土可以显著改良膨胀土膨胀特性和力学特性。在化学改良方面,付静^[3]在膨胀土中掺入超细粉煤灰水泥改良膨胀土,得出最合理的超细粉煤灰水泥合理掺量为 17%。庄心善等^[4]采用磷尾矿改良膨胀土,得出磷尾矿的最优掺量为 7%,并给出动强度计算公式。在生物改良方面,杜静等^[5]利用微生物对膨胀土进行改性试验研究,筛选出能增大抗剪强度,降低膨胀性和线缩率的菌株。王丽娟等^[6]采用非膨胀土中分离的枯草芽孢杆菌,最大能减小 21.7%膨胀土的自由膨胀率,且该菌株大量存在土壤中。

目前,通过物理、化学和生物等手段改良膨胀土的研究已有不少,在化学和生物改良方面,有环境污染不可控和成本问题难解决的情况,因此,使用价格低廉、环境友好的材料,进行物理方法改良成为研究的主要切入点。我国是世界上最大的 PVA(聚乙烯醇)生产国,每年消费量还在递增,PVA 作为一种易

溶于水的有机化合物,不仅有合成方便、安全低毒的优点,而且价格便宜、使用方便,同时还有耐酸碱,几乎不溶于有机溶剂的特点。

刘义新等^[7]发现 PVA 在调整土体结构、改善土壤理化性质上有明显效果。余浩等^[8]发现 PVA 纤维具有改善亲水黏土矿物的界面活性,大幅度降低其吸水性能的特点。以上说明 PVA 是一种安全、绿色的膨胀土物理改良方法。现阶段,利用 PVA 改良膨胀土的研究尚未见报道,本文采用 PVA 改良膨胀土,进行相关力学试验,研究不同围压、不同掺量条件下对改良土强度影响,并确定了最佳掺量。

1 试验材料

1.1 膨胀土

本次实验采用合肥某公路的膨胀土,通过击实试验、液塑限试验等,得到膨胀土的相关参数见表 1。

表 1 膨胀土基本物理力学参数

最大干密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	1.7
最优含水率/%	18
塑限 W_p /%	72
液限 W_L /%	30

1.2 PVA-1788(聚乙烯醇)

本次采用的 PVA 为亚泰联合化工有限公司的 1788 型,其聚合度为 1700,醇解度为 88%。本产品为白色粉末,溶于水后溶液呈透明状。具体参数见

[收稿日期] 2021-10-15

[第一作者] 文 武(1996—),男,湖北荆门人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为岩土工程

[通信作者] 庄心善(1964—),男,河南周口人,湖北工业大学教授,研究方向为岩土工程及边坡工程

表 2。

表 2 PVA-1788 参数

项目	PVA
平均聚合度(DP)	1700±50
粘度(40g/L,20℃)/mPa·s	54.0~66.0
碱化度(mole%)	>97.0
挥发份(wt%)	<5.0
灼烧残渣/%	< 0.5
PH 值(50g/L,25℃)	5.0—7.0

2 试样制备和试验方案

2.1 制备试样

将试验所用的膨胀土碾碎过 1 mm 筛,放进烘箱升温至 105 ℃,烘干 24 h,除去土体天然的水分,排除环境对土样的影响,待其完全冷却后用密封袋封装保存。

在含水率 18%时,分别按照 PVA 含量 0%、1%、2%、3%和 4%调配土样,土样的高为 80 cm,直径为 39.1 cm,制备过程中分四层压实,两层接触面之间进行凿毛处理,增加土体之间的接触面积和整个土样连续性,使结合处的土体牢固、密实,减小分层制样对抗弯抗剪强度的影响。

2.2 试验方案

试样制备完成后,进行真空饱和,将饱和完成的试样放入 TSZ-2 型全自动三轴仪中进行 CU(固结不排水剪)试验,模拟施工期间的固结作用,围压分别为 100 kPa、200 kPa、300 kPa^[9],固定剪切速率为 0.05 mm/min,试验仪器和试验后的试样见图 1。

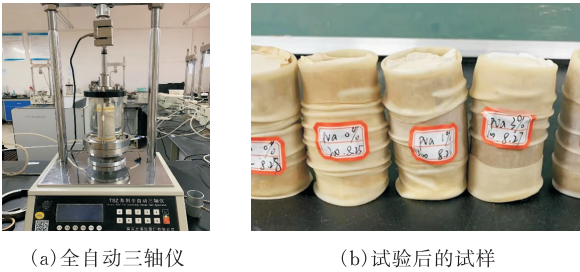


图 1 试验仪器与试样

3 试验结果及分析

3.1 围压影响

选取相同围压下不同 PVA 含量的土样与素土样的数据,绘制应力-应变曲线(图 2)。

由图 2 可知,在三种不同围压下,PVA 对改良土强度提升均比较明显。在围压相同时,素土样的主应力之差最小;随着 PVA 掺入含量增加,试样的主应力之差呈先增大后减小趋势,主应力之差峰值在 PVA 含量 3%的位置。

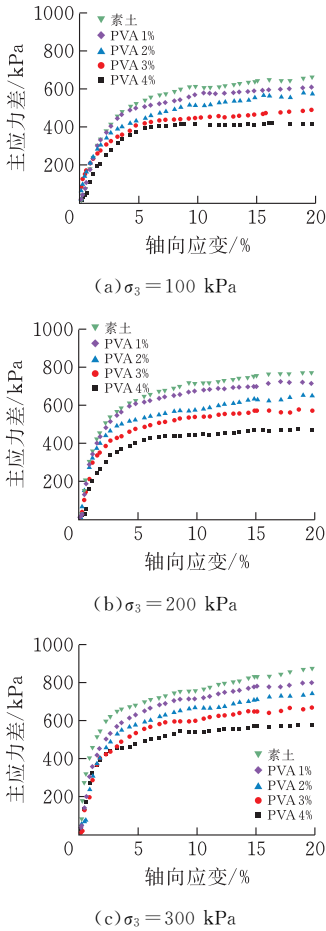


图 2 不同围压的应力-应变曲线

在改良土强度提升方面,PVA 溶于水后形成无色透明的溶液,具有较高的粘度,而且充分渗透进了土体的内部颗粒之间,不仅增加了土体颗粒的黏聚力,还填充了土样的内部空隙,使土样达到 20%的变形时所需要的轴向压力更大。

对于改良土主应力之差峰值,可认为,随着 PVA 含量增加,土样中的 PVA 浓度随之增加,一方面,PVA 溶液为非牛顿流体,使土样中的水分子被裹挟;另一方面,PVA 具有吸湿性,在 PVA 掺量达到 4%时,土样中更多的水分被 PVA 吸收,使得膨胀土颗粒间缺少足够的水分子湿润,制样过程中改良土成模性和结构完整性都不如掺量为 3%的土样,所以在含水率、围压等外部条件相同时,主应力差的峰值在 PVA 含量 3%的位置。

3.2 掺量影响

选取不同围压下相同 PVA 含量土样与素土样数据进行对比,绘制曲线(图 3)。随着围压增加,土样的峰值会随之增大,在围压为 300 kPa 时,素土和不同 PVA 含量的土样的峰值分别是 575.2 kPa、667.5 kPa、741.8 kPa、875.5 kPa、798.8 kPa,比围压 100 kPa 时分别提高 39%、36%、29%、32%、31%。

这是因为,土样在固结状态时,土样内部的孔隙

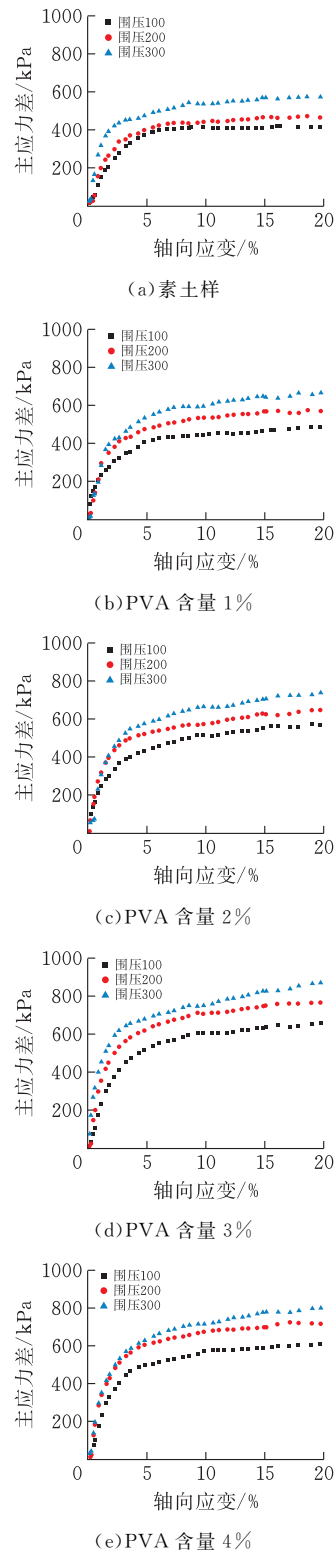


图3 不同掺量的应力-应变曲线

减小,孔隙中的孔隙水逐渐排出,孔压逐渐降低,当固结完成,整个土样处于稳定状态,此时土样内的PVA以一种凝胶状态填充在土颗粒间,以此增加土颗粒间的黏聚力^[8]。随围压提高,PVA和土颗粒之间接触越密实,土样内部的摩擦力和黏聚力就越高,对抗剪切破坏和变形的强度就越高。基于以上,当围压越高时,不同PVA含量土样的强度都有明显提高。根据不同围压下的土样强度的变化,发现改

良土受围压影响比素土小,强度变化幅度较小。

3.3 内摩擦角和黏聚力的变化

根据《土工试验标准》在三个不同围压下,用相同含量PVA土样的正应力和剪应力值,做出的莫尔应力圆,确定试验土样的抗剪强度的参数,即确定内摩擦角和黏聚力的大小,再对比不同掺量的PVA对黏聚力和内摩擦角的影响。具体结果见表3。

表3 不同含量的PVA内摩擦角和黏聚力

抗剪强度参数	素土	PVA 1%	PVA 2%	PVA 3%	PVA 4%
内摩擦角/(°)	6	8.3	9.36	14.29	10.3
黏聚力/kPa	215.9	256.7	286.7	323.1	323.9

由上述图表可知,内摩擦角的大小,随着PVA含量的增加呈先增大后减小的趋势,在PVA含量为3%时,内摩擦角最大,且此时黏聚力和PVA含量4%的土样几乎相同,另外相对于素土样来说,PVA含量3%的土样内摩擦角提高约130%,黏聚力提高约50%,即3%含量的PVA可以大幅度提高土样的抗剪强度。

分析可知,在PVA含量为3%时,此时土样中的PVA有效溶解程度最高,渗入土样内部孔隙的溶液也最多,故主应力之差的峰值最大,内摩擦角也是最大。4%含量的PVA土样中PVA含量最多,故黏聚力最大,但是由于土样含水量的影响,PVA溶解并不充分,所以黏聚力和PVA含量3%的土样几乎相同。

4 结论

1)围压相同时,随着PVA含量增大,改良土强度与内摩擦角呈先增大后减小的趋势;黏聚力先增大后趋于稳定。在相同围压下,当PVA含量为3%,膨胀土的主应力之差达到最大,3%为PVA的最佳含量。

2)掺量相同时,随着围压提高,PVA含量0%、1%、2%、3%、4%改良土条件下,围压300 kPa较围压100 kPa时,强度提高39%、36%、29%、32%、31%,表明改良土比素土更加稳定。

3)PVA改良土对内摩擦角的影响大于对黏聚力的影响,可以大幅度提高抗剪强度。

[参考文献]

[1] 康靖宇,王保田,单熠博,等.水玻璃改良膨胀土的室内试验研究[J].科学技术与工程,2019,19(05):267-271.
[2] 王欢,任俊玺,凡超文,等.粉砂土掺量对膨胀土膨胀与力学特性的影响[J].地下空间与工程学报,2021,17(01):172-178.

[3] 付静.超细粉煤灰水泥改良膨胀土试验研究[J].化学工程师,2021,35(05):67-71.

[4] 庄心善,庄涛,陶高梁,等.磷尾矿改良膨胀土动变形与动强度特性试验研究[J].岩石力学与工程学报,2020,39(S1):3032-3038.

[5] 杜静,周东.微生物改良膨胀土的试验研究[J].水利水电技术,2012,43(07):103-105,87.

[6] 王丽娟,陶月赞,束兵.微生物对引江济淮工程膨胀土改良效果室内试验[J].西昌学院学报(自然科学版),2020,34(04):41-43.

[7] 刘义新,王晓荣,李忻,等.聚乙烯醇对土壤理化性状的影响[J].烟草科技,1996(06):29-30.

[8] 余浩,余振锡.PVA 纤维改良软土的工程特性研究[J].水力发电,2021,47(07):48-54.

[9] 赵福堂,常立君,张吾渝.基于温度变化的路基盐渍土动强度参数试验研究[J].岩土工程学报,2019,41(S1):217-220.

Experimental Research on Strength Performance of PVA (Polyvinyl Alcohol) Improved Expansive Soil

WEN Wu, ZHUANG Xinshan, ZHAO Yiyang, NIE Quchen

(School of Civil Engin.,Architecture and Environment , Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068,China)

Abstract: PVA (polyvinyl alcohol), as a high molecular polymer, can use its strong cohesiveness to improve expansive soil, increase the strength of the modified soil and reduce its expansibility. Through the triaxial test, the effect of different PVA content on the properties of expansive soil was studied. The test found that when the confining pressure is the same, as the PVA content increases, the strength and internal friction angle of the modified soil increase first and then decrease; The force increases first and then stabilizes. Under the same confining pressure, when the PVA content is 3%, the difference between the principal stresses of the expansive soil reaches the maximum, and 3% is the optimal content of PVA. When the content of PVA is the same, when the PVA content is 0%, 1%, 2%, 3%, 4% modified soil, the confining pressure of 300KPa is compared with the confining pressure of 100KPa, the strength is increased by 39%, 36%, 29%, 32%, 31%.

Keywords: Expansive soil; PVA (polyvinyl alcohol); stress-strain; shear strength

[责任编辑:裴 琴]

(上接第 79 页)

Ductility Performance of Partial Steel Fiber Reinforced Concrete Beams with BFRP Bars

CHEN Shengping, LI Hangyu, ZHANG Jianbo, SHEN Wei, DONG Hui

(School of Civil Engin.,Architecture and Environment , Hubei Univ.of Tech.,Wuhan 430068,China)

Abstract: The flexural behaviour of 4 BFRP reinforced steel fiber concrete beams and 1 CFRP reinforced steel fiber concrete beam with different steel fiber volume fraction(0, 0.5%, 1%) and different thickness of steel fiber concrete(180, 300) in the compression zone was tested in this paper. The effect of volume fraction of steel fiber and thickness of steel fiber concrete in compression zone on its ductility was evaluated by analyzing its failure characteristics and failure mechanisms. The results show that the ductility coefficient of the beams can be significantly improved by adding steel fiber, and the thickness of steel fiber in the compression zone will influence the ductility coefficient of the beams. Besides, the strengthening and toughening effect of CFRP bars is better than that of BFRP bars.

Keywords: FRP bars;Steel fiber;Bending behavior;Ductility performance

[责任编辑:裴 琴]