

引用格式:胡 恬,李博渊,张 琪.关中农村地区生土墙体材料改性的试验研究[J].科学技术与工程,2018,18(13):290—293
Hu Tian, Li Boyuan, Zhang Kun. Modification experimental research on raw soil materials of guanzhong rural areas[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(13): 290—293

关中农村地区生土墙体材料改性的试验研究

胡 恬¹ 李博渊² 张 琪²

(西安科技大学建筑与土木工程学院¹,西安 710054;陕西省岩土工程试验教学中心²,西安 710600)

摘要 以关中地区的原状黄土作为基材,分别掺加不同比例的粉煤灰、水泥、石灰、小麦秸秆以及黏结剂、防水剂等,形成了不同的改性生土材料。同时,通过试验分别研究了不同配比对改性生土材料的力学性能及耐水性影响。研究结果表明最优配比下材料28 d 抗压强度可达19.4 MPa,抗弯强度达到3.1 MPa,抗压、弯效果较好。可知粉煤灰、水泥、石灰、小麦秸秆等能够用于生土材料的改性,为关中地区生土材料改性研究提供理论支持及数据参考。

关键词 改性 生土 粉煤灰 抗压强度

中图法分类号 TU501; **文献标志码** B

关中农村地区生土资源丰富,开发强度较低,生土建筑是当前及今后一段时期农村住宅的主要形式。为改善传统生土墙体材料防水性能差,抗剪、抗弯性能低等缺点^[1],采用石灰、粉煤灰等复合改性剂对关中农村地区生土材料进行特性改造,改进其力学、热工、耐水以及耐久性能,研究结果可为关中农村地区生土墙体材料的改性提供科学参考依据。

1 实验制备过程

1.1 实验材料

一般而言,改性生土砌块的抗压强度等力学性能随着水泥掺量的加大而逐渐增大,但水泥价格昂贵;并且由于其固化特定而会降低改性生土砌块的生态性与环境友好性,因此本实验对水泥掺量严格控制。石灰除了作为胶凝性材料外,还可以激发粉煤灰的活性^[2]。实验用原状黄土样本取自陕西省渭南市故市镇;该土在当地可直接夯实或制备成土坯用于建房。取回样土较为干燥,成块且结构致密。将样土碾散后过3 mm筛作为黄土试样。用酒精燃烧法及数显液塑限测定仪分别测定其天然密度、液限等物理指标,其基本物理指标见表1。

实验材料(部分材料化学成分见表2)包括:水泥(采用海螺P·2.5水泥);粉煤灰(灰黑色球状颗粒,密度为2.14 g/cm³)作为无机凝胶材料,能够改善生土的物理力学性能、耐水性能及干收缩性能;石

表 1 实验用黄土试样基本物理性能指标

Table 1 Basic physical property index of loess sample for experiment

天然密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	天然含水率/%	液限/%	塑限/%	塑性指数	最优含水率/%
2.316	11.32	27.40	20.30	7.81	16.29

表 2 素土试样、水泥、石灰及粉煤灰的主要化学成分

Table 2 The main chemical constituents of plain soil samples, cement, lime and fly ash

内容	化学成分含量/%								
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	SO ₃	Na ₂ O	Loss
素土	7.36	61.64	16.28	4.31	2.67	1.78	0.19	1.02	4.75
水泥	64.44	21.20	4.13	4.57	0.56	1.06	1.74	0.11	0.76
石灰	40.81	35.76	12.15	2.86	0.12	6.26	1.64	0.13	0.27
粉煤灰	8.93	56.89	24.30	7.10	0.08	1.67	0.55	0.27	0.31

灰;小麦秸秆(长度19~26 mm);水玻璃黏结剂(模数2.5,波美度0.42, SiO₂含量大于等于25.7%)。实验材料还包括少量木质素磺酸盐减水剂(减水率11%,用于调整浆体的流动性)^[3]以及有机硅防水剂(相对密度1.23 g/cm³)。

1.2 主要实验仪器

FA2204电子天平,精度0.1 g,最大承重220 g;数显液塑限测定仪;JZC300小型滚筒搅拌机;木制砌块成型模具(240 mm×115 mm×53 mm);WDW—A万能试验机,ZJ—4轻便型应变控制式剪力仪等。

1.3 试样制作与养护

配置改性固态混合材料,主要包括:水泥、石灰、粉煤灰、小麦秸秆等。改性固态混合材料中水泥、石灰及粉煤灰按照一定比例配备(水泥占30%~70%;石灰占28%~40%;粉煤灰占18%~32%,小

麦秸秆少量),改性固态混合材料占总质量的16%~28%。将碾散后的黄土土样与固态混合材料按照一定比例混合,进入搅拌机低速搅拌1.5 min。将加入了木质素磺酸盐减水剂、有机硅防水剂的拌合水加入并快速搅拌1 min。通过调整拌合水质量使得本次实验水固比保持在0.18左右。将搅拌均匀后的混合土样倒入定制模具(尺寸为210 mm×115 mm×53 mm)中,并静压压实成型。压荷速度4 kN/s,压力6.5 MPa,持续荷载40 s。1 d后拆模,室温分别养护至3 d、7 d、28 d后进行性能测试,并对养护28 d的成品土样进行耐水测试^[4]。

2 成品性能分析

实验例1:改性生土材料配比中,生土、水泥、石灰、粉煤灰的质量比例为83:9.5:3.9:3.6,小麦秸秆配比占总质量的0.35%。

实验例2:改性生土材料配比中,生土、水泥、石灰、粉煤灰的质量比例为,84:4.8:6.3:4.9,小麦秸秆配比占总质量的0.5%。

实验例3:改性生土材料配比中,生土、水泥、石灰、粉煤灰的质量比例为,76:12.5:9.6:7.6,小麦秸秆配比占总质量的0.3%。

实验例4:改性生土材料配比中,生土、水泥、石灰、粉煤灰的质量比例为,72:7.9:11.2:8.9,小麦秸秆配比占总质量的0.25%。

2.1 抗压强度与软化系数

将改性黄土试样成品平置于万能试验机承压板上,上压板与成品表面接触后开始加压,预压2~3次,预加载荷3~5 kN,确保压力机正常运行并与试件紧密接触后开始试验^[5]。后以10 mm/min匀速对成品进行加压,直至成品结构被完全破坏,此时记录结构抗压数据。对养护28 d的成品土样进行耐水性测试,在自来水中浸泡24 h后,观察其完整性并测定其软化系数。测试结果见表3及图1、图2。

表3 不同材料配比抗压抗弯强度及软化系数

Table 3 Compressive strength, Flexural strength and softening coefficient of different material ratios

试样	生土/wt%	水泥/wt%	石灰/wt%	粉煤灰/wt%	小麦秸秆/wt%				
						抗压强度/MPa			
						3 d	7 d	28 d	
A1	84	4.8	4.4	2.8	0.35	3.7	4.3	4.8	
A2	83	9.5	3.9	3.6	0.5	6.9	11.3	14.1	
A3	76	12.5	9.6	7.6	0.3	11.5	14.8	19.4	
A4	72	7.9	8.9	11.2	0.25	7.3	12.9	16.4	
试样						抗压强度/MPa	抗弯强度/MPa	软化系数	
						3 d	7 d	28 d	
A1						0.82	0.9	0.95	0.86
A2						1.7	2.1	2.6	0.74
A3						2.3	3.1	3.6	0.72
A4						2	2.6	3.2	0.82

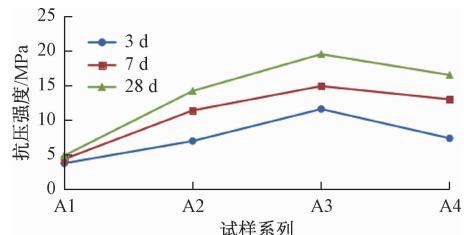


图1 材料配比对不同龄期改性试样抗压强度的影响

Fig. 1 Effect of material ratio on compressive strength of modified specimens at different ages

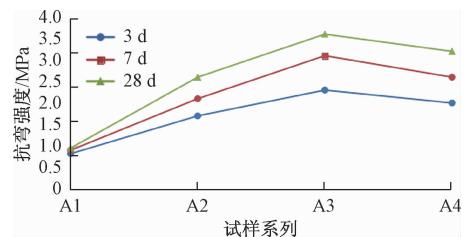


图2 材料配比对不同龄期改性试样抗弯强度的影响

Fig. 2 Effect of material ratio on flexural strength of modified specimens at different ages

随着水泥掺量的增大,改性试样的抗压及抗弯强度有持续增大的趋势,本试验水泥掺量达到总质量的12.5%时,也即是采用A3试样,在28 d养护期后抗压强度可达最大值19.4 MPa;当m(生土):m(水泥):m(石灰):m(粉煤灰):m(小麦秸秆)=72:7.9:8.9:11.2:0.25时,生土与水泥使用总量最为节省,养护3 d后,改性生土试样抗压强度达到改性前(素土0.831 MPa)的8.78倍,起到较好的改性效果。

2.2 抗剪强度

参照《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999)^[6],将成品试样切割成直径6.18 cm,高度2 cm的标准环形抗剪试验样品,每组配比试样取环形样品4个,共16个,分别放入轻便型剪力仪中,依次施加100、200、300、400 kPa的垂直压力,以0.8 mm/min速度进行试验,测力计达到峰值继续剪切至位移4 mm记录破坏数值为抗剪强度值。

由表4和图3可以看出,改性生土试样抗剪强度随着垂直压力的增大而增高,水泥掺量对改性试样抗剪强度影响较大,其强度与水泥掺量成正比。这是水泥与土体中水分发生水化反应生成坚硬的水稳定性生成物所致^[7]。

3 结论与前景

(1)生土改性可掺入水泥、石灰、粉煤灰等改性

表 4 改性生土试样抗剪强度

Table 4 The modified soil shear strength test

试样	抗剪强度/kPa			
	100	200	300	400
素土	0.183	0.241	0.275	0.359
A1	11	193	269	291
	12	193	267	293
	13	194	268	290
	14	192	269	292
A2	均值	193	268.25	291.5
	21	205	273	315
	22	206	275	314
	23	205	274	316
A3	24	207	272	317
	均值	205.75	273.5	315.5
	31	214	291	339
	32	216	293	340
A4	33	211	292	337
	34	212	292	338
	均值	213.25	292	338.5
	41	201	251	310
A5	42	199	252	299
	43	200	252	299
	44	198	253	311
	均值	199.5	252	304.75

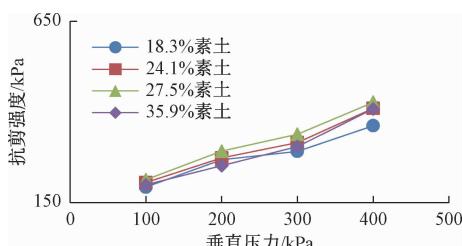


图 3 不同垂直压力对改性生土试样抗剪强度的影响

Fig. 3 Effect of different vertical pressure on shear strength of modified raw soil samples

材料,粉煤灰的掺入可提高改性生土抗压、抗弯强度同时节约生土、水泥用量;当生土、水泥、石灰、粉煤灰、秸秆掺量配比为 76:12.5:9.6:7.6:0.3 时,可达抗压 19.4 MPa、抗弯 3.1 MPa 的最优力学性能。

(2)当水泥掺量大于材料总质量的 5.5% 时,可明显增加生土材料的抗弯性能,建议水泥掺量控制在 5.5% ~ 12.5% 之间;木质素磺酸盐减水剂掺量为水泥重量的 0.20% ~ 0.30%,推荐掺量 0.25%。

(3)当小麦秸秆掺量大于材料总质量的 1% 时不易夯实,小麦秸秆掺量 0.2% ~ 0.8% 时,可显著提高改性生土砌块的抗弯强度和体积稳定性。

本研究成果理论上为目前众多的生土改性方法提供新思路。成品充分利用石灰、粉煤灰等改性配料,针对关中农村地区黄土资源丰富、开发强度不高等地区性特征,可用于农村地区生土墙体的实地施

工,能够显著改善农村生土墙体材料的物理性能,施工简洁、维护方便,符合国家建设新型美丽乡村的节约需求^[8~11]。对提高传统生土墙体的安全性、适用性有一定的积极作用,并具有较好的经济效益和环境效益。

参 考 文 献

- 李青, 鄭磊, 朱万旭, 等. 新型多孔水泥基陶粒吸声材料的性能分析. 科学技术与工程, 2017; 17(1): 103—104
Li Qing, Feng Lei, Zhu Wanxu, et al. Performance analysis of a new type of porous cement based ceramic sound absorbing material. Science Technology and Engineering, 2017; 17(1): 103—104
- 徐春一, 余希, 王晓初, 等. 煤矸石含量对改性生土坯抗压性能的影响. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2016; 32(4): 636—642
Xu Chunyi, Yu Xi, Wang Xiaochu, et al. Experimental research on modified adobe compressive property influence by the dosage of coal gangue. Journal of Shenyang Jianzhu University (Natural Science), 2016; 32(4): 636—642
- 马聪, 杜骁, 陈兵. 自密实生土基改性材料的强度发展规律研究. 新型建筑材料, 2016; (1): 10—13
Ma Cong, Du Xiao, Chen Bing. Experimental study on strength development rules of self-compacting soil-based walls. New Building Materials, 2016; (1): 10—13
- 刘志华, 李园枫, 杨久俊, 等. 基于土聚水泥生土材料改性试验研究. 硅酸盐通报, 2016; 35(1): 73—77
Liu Zhihua, Li Yuanfeng, Yang Jiujun, et al. Experimental research on properties of raw soil modified by geopolymeric cement. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 2016; 35(1): 73—77
- 阿肯江·托呼提, 沙吾列提·拜开依, 曹耿, 等. 土坯砌体抗压强度试验研究. 海河大学学报(自科版), 2011; 39(3): 290—294
Ak-Tuohuti, Sa-Bekey, Cao Geng, et al. Experimental study on compressive strength of adobe masonry. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2011; 39(3): 290—294
- 国家质量技术监督局. 土工试验方法标准: GB/T 50123—1999. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
State Bureau of Quality and Technical Supervision. Standard for geotechnical test methods: GB/T 50123—1999. Beijing: China Building Industry Press, 1999
- 仲继清, 王毅红, 刘奇佶, 等. 改性生土块材抗剪性能试验研究. 建筑结构, 2016; 46(15): 106—109
Zhong Jiqing, Wang Yihong, Liu Qiji, et al. Experimental study on shear properties of modified raw-soil bulks. Building Structure, 2016; 46(15): 106—109
- 丁学伟. 利用工业废渣制备充填材料的实验研究. 煤炭与化工, 2017; 40(1): 51—56
Ding Xuewei. Experiment research of using industrial residue to produce filling material. Coal and Chemical Industry, 2017; 40(1): 51—56
- 王赟. 陕南生土材料改性试验研究. 建筑科学, 2011; 27(11): 49—50
Wang Yun. Experimental research on raw-soil material modification in South Shaanxi. Building Science, 2011; 27(11): 49—50
- 周立超, 潘文, 陈志寿, 等. 土坯墙片单向水平加载基本力学

性能试验研究. 工程抗震与加固改造, 2010; 32(6): 111—116
Zhou Lichao, Pan Wen, Chen Zhishou, et al. Mechanical property experiment study about adobe wall under one-way horizontal loading. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2010; 32(6): 111—116

11 施楚贤. 砌体结构理论与设计. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003
Shi Chuxian. Theory and design of masonry structure. 2nd ed. Beijing: China Building Industry Press, 2003

Modification Experimental Research on Raw Soil Materials of Guanzhong Rural Areas

HU Tian¹, LI Bo-yuan², ZHANG Kun²

(School of Architecture and Civil Engineering, Xi'an University of Science and Technology¹, Xi'an 710054, China;
Experimental Teaching Center of Geotechnical Engineering of Shaanxi Province², Xi'an 710600, China)

[Abstract] The loess in Guanzhong area, as the raw-soil material, were mixed with different proportions of admixtures, such as flyash, wheal straw, cement, lime, binder and waterproof additive, etc. Then the modified raw-soil materials with different admixtures and different amount were formed. Effect of the different ratio on mechanism properties of raw soil modification were investigated. The testing results indicated that the flyash, wheal straw, cement and lime are suitable for raw soil modification. The 28 d compressive strength of the raw soil modification can reach 19.4 MPa, the flexural strength reached 3.1 MPa. The effect of compression and bending is better, which provides the reference for the raw soil materials modification in Guanzhong area.

[Key words] modification raw soil fly ash compressive strength