

引用格式: Zeng Youdong, Wu Yongcheng, Yi Yang. Mechanical Property Research on Modified Raw Soil Material Based on Uniform Design[J]. Journal of Gansu Sciences, 2018, 30(1): 62-67. [曾佑东, 吴永诚, 伊杨. 基于均匀设计的改性生土材料力学性能研究[J]. 甘肃科学学报, 2018, 30(1): 62-67.]
doi: 10.16468/j.cnki.issn1004-0366.2018.01.012.

基于均匀设计的改性生土材料力学性能研究

曾佑东¹, 吴永诚¹, 伊 杨²

(1. 兰州理工大学设计艺术学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 中工国际工程股份有限公司, 北京 100080)

摘要 黄土基生土材料是一种在我国西北区域广泛使用的建筑材料。在传统材料配比的基础上, 利用均匀试验设计方法对黄土基生土材料进行改性配比试验, 通过 9 组试块试验, 对不同配比下的生土材料试块进行抗压强度测定。运用多元回归分析方法, 分析了试验因素的主效应和因素间的交互效应, 建立了改性黄土基生土材料抗压强度的预测方程。通过后续检验试验表明, 回归分析的计算结果可靠性高, 得出符合工程要求的最优化组合。

关键词 生土材料; 均匀设计; 回归分析; 抗压强度; 优化

中图分类号: TU502.6

文献标志码: A

文章编号: 1004-0366(2018)01-0062-06

黄土基生土材料作为一种古老的建筑材料, 至今仍在我国西北地区广泛使用。由于其具有就地取材、易于施工、造价低廉等优点, 在我国多用于传统民居、休闲度假建筑及民族风俗馆等建筑的建造。在日本、美国等发达国家, 生土材料还可用于地基回填、边坡支护等各类工程领域。而在当前, 生土材料推广应用的瓶颈就在于传统的黄土基生土材料抗压强度低、弹性模量小。因此, 通过对传统的黄土基生土材料进行改性处理, 可以改善生土材料自身抗压强度低、弹性模量小的缺陷。

改性生土材料是指利用原状土为基材, 通过掺入不同改性材料后形成的新型建筑材料。常用的改性材料有秸秆、粉煤灰、熟石灰、水泥、矿渣、石膏等几种材料。本课题利用工业水玻璃、熟石灰、秸秆和细砂作为改性材料, 采用振捣结合压制的成型方式。

尚建丽^[1]研究了夯土材料的应力/应变关系, 结果显示试件的抗压强度与土中粘粒含量、拌合物骨料用量以及养护条件密切相关, 不同夯土的弹性模量介于 $(0.015 \sim 0.025) \times 10^4$ MPa, 抵抗变形的能力较低, 加入集料后有所改善。郑寒英等^[2]的研究结果表明, 水玻璃作为改性材料, 其掺量及模数对生土材料的力学性能影响明显, 其抗压强度为未改性材

料强度的 3 倍, 抗折强度为未改性材料的 1.2 倍。Nurhayt^[3]采取掺入磷石膏和天然石膏的方式, 对当地生土进行改性处理, 其研究结果表明, 改性后的生土砖 28 d 抗压强度可提高 4 倍。

从上述研究可以看出, 针对生土材料的研究大多集中在通过掺入不同改性材料提高生土材料抗压强度性能方面。此次试验的目的是更具针对性地以预设的工程需求为目标, 对黄土基生土材料掺入不同改性材料(因素)的影响作用进行数学统计, 分析不同因素的主效应以及因素间的交互效应, 确定满足工程要求的最优配合比等。

1 试验部分

1.1 试验方案

(1) 均匀试验设计 均匀设计^[4]是由我国数学家方开泰和王元发明的, 其数学原理是数论中的一致分布论, 将数论和多元统计相结合, 是属于伪蒙特卡罗方法的范畴。均匀设计只考虑试验点在试验范围内均匀散布, 挑选试验代表点的出发点是“均匀分散”, 而不考虑“整齐可比”。它着重在试验范围内考虑试验点均匀散布以求通过最少的试验来获得最多的信息, 因而其试验次数比正交设计明显的减少, 使

收稿日期: 2017-03-14; 修回日期: 2017-06-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(51568038)

作者简介: 曾佑东(1988-), 男, 海南海口人, 硕士, 工程师、注册建造师, 研究方向为绿色建筑设计与生土材料及结构性能。

E-mail: zydzyd2661@163.com

均匀设计特别适合于多因素多水平的试验和系统模型完全未知的情况。

近几年来,国内学者对均匀设计理论进行了大量的研究,各类学科也将均匀设计方法引入试验设计中。特别是模型比较复杂时,均匀设计试验次数少、均匀性好,并对非线性及线性模型都有较好的估计及分析。

(2)对均匀试验因素和水平的选择 根据以往试验研究规律^[5-10]的总结,在影响改性生土材料的各个影响因素中,一般认为石灰和细砂是 2 个影响较大的因素。而通过掺入水玻璃进行改性,可使传统的生土材料由脆性材料转变为弹-塑性材料。因此,试验设定石灰、细砂及水玻璃为 3 个因素,按照 9 水平进行试验。其参数取值范围按如下考虑:

石灰:根据以往的试验研究及实际项目经验,选择石灰的范围为试块质量(270 g)的 0~16% 均匀分布。

水玻璃:水玻璃是碱金属硅酸盐的玻璃状熔合物,其化学组成可以用 $(R_2O \cdot nSiO_2)$ 通式表示, R_2O 是指碱金属氧化物,如 Na_2O 或 K_2O 等。在使用水玻璃对生土材料进行激发的过程中,需要掺加 NaOH 对水玻璃进行改性以及模数调整,使碱-硅液相产物处于高活性的过渡态,以达到较好的激发效果。

以往的试验研究表明,水玻璃的模数对碱激发材料的性能有显著影响,而最佳的水玻璃模数为 1.0~1.5^[11]。试验采用的水玻璃模数为 1.3,其选择范围为试块质量的 0~4% 均匀分布。

细砂:细砂在生土材料中的作用与混凝土中骨料的作用类似。细砂对生土材料的和易性、密实性和强度均有一定的影响。细度模数合适的细砂可以填充生土材料中的空隙,使生土材料具有较小的空隙率及较大的密实度,从而提高材料的力学性能。

试验采用细度模数为 2.7 的细砂,其选择范围为试块质量的 0~32% 均匀分布。

(3)基础材料的配合比 试验采用试块尺寸为 50 mm×50 mm×55 mm,质量控制在 270 g/块。其中,湿秸秆的加入量为 43.2 g,外加水量为 12.5 g,总质量=生土质量+湿秸秆质量+石灰质量+细砂质量+水玻璃质量+外加水质量。由于含水率对试块的成型效果有显著的影响,控制试块含水率在 22%。试验所采用的黄土为兰州地区黄土,秸秆采用甘肃地区普通农用秸秆。

(4)样本构造 将石灰、水玻璃及细砂考虑为均匀试验的 3 个因素,取水平数为 9,采用 $U_9^*(9^4)$ 的均匀设计表。每个水平做 8 个试块,取抗压强度的

平均值为实验值。取值范围如表 1 所列。

表 1 试验设计成分含量

Table 1 Test design		g	
水平数	石灰	水玻璃	细砂
1	10.8	9.45	10.8
2	37.8	1.35	75.6
3	5.4	5.40	64.8
4	27.0	6.75	54.0
5	43.2	8.10	32.4
6	32.4	4.05	0
7	21.6	10.80	86.4
8	16.2	0	21.6
9	0	2.70	43.2

试块采用振捣结合压制的成型方式制作,并放入标准养护箱中养护 28 d。

1.2 试验装置

为了保证加载的精确与稳定,试验采用数控压力试验机对加载速度及加载值进行精确控制。试验加载装置如图 1 所示。

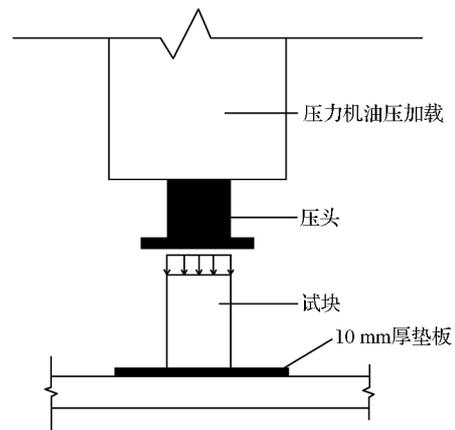


图 1 加载试验示意图

Fig.1 Load test diagram

1.3 试验测量及数据采集

试验由电脑数控压力机进行精密控制,采集的数据包括抗压强度、材料形变及负荷-变形曲线等。试块放置在厚度为 10 mm 的钢垫板上,垫板事先找平,同时保证试块面层的平整度。当加压板与试块上表面接触时,控制加载速度为 10 mm/min,垂直于受压面加载,直至试块破坏为止,并记录相关数据,试块受压如图 2 所示。

2 试验结果及分析

2.1 生土试块抗压特性分析

通过试验观测,可以发现在生土材料中掺加改

性物可以有效地减小孔隙率,生成凝胶物质,提高了生土材料的抗压强度并使其由脆性材料转变为弹性材料。以图2中的受压试块为例,生土砖试件受压负荷-变形曲线如图3所示。从图3中可以看出,在0~1.4 kN时,荷载和形变基本呈线性关系,处于材料的弹性阶段;在1.4~1.8 kN阶段,出现类似“屈服阶段”;此后进入强化阶段,并达到最高抗压强度,直至破坏。

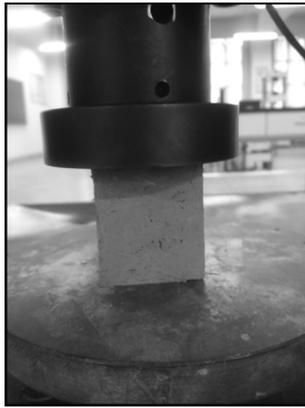


图2 试块受压

Fig.2 Compressed test block

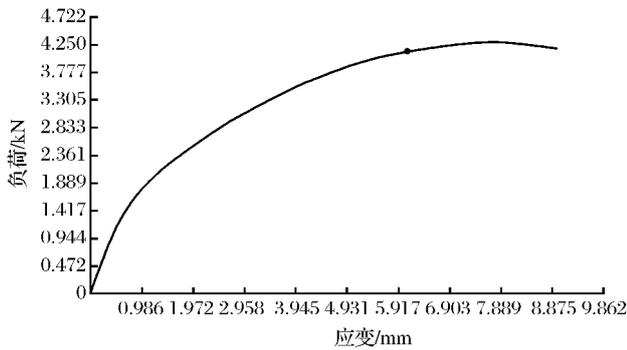


图3 生土砖试件受压负荷-变形曲线

Fig.3 The curve between compressed load and deformation of raw cob brick test specimen

2.2 相关性分析

试验采用均匀设计进行了优化,故可采用相关性的分析来考察各个因素对抗压强度的影响程度及方向,根据相关性绝对值的大小来判断影响因素的主次关系,试验成果见表2。

对表2的数据分析整理,得出石灰、水玻璃及细砂与抗压强度的相关系数,见表3。

根据相关系数 r 的定义,变量之间存在着正相关($r > 0$)及负相关($r < 0$)2种关系。正相关表明,2个变量的变化方向一致,即当一个变量增大,则另一个变量也会增大;负相关则是当一个变量增大,另一

个变量减小。变量之间的相关程度则用相关系数 r 的绝对值的大小来描述,其评判标准为: $|r| > 0.95$,变量间存在显著性相关; $0.95 \geq |r| \geq 0.8$,高度相关; $0.5 \leq |r| < 0.8$,中度相关; $0.3 \leq |r| < 0.5$,低度相关; $|r| < 0.3$,关系极弱。

表2 改性生土材料均匀设计试验结果

Table 2 Result of uniform design test of modified raw soil material

编号	石灰/g	水玻璃/g	细砂/g	抗压强度/MPa
1	10.8	9.45	10.8	2.144 933
2	37.8	1.35	75.6	1.317 200
3	5.4	5.40	64.8	1.157 066
4	27.0	6.75	54.0	1.899 600
5	43.2	8.10	32.4	1.908 933
6	32.4	4.05	0	1.923 333
7	21.6	10.80	86.4	1.737 600
8	16.2	0	21.6	1.590 666
9	0	2.70	43.2	1.247 200

表3 各因素与抗压强度的相关系数

Table 3 Correlation coefficient between all factors and compressive strength

因素	变化量/g	各因素与抗压强度的相关系数 r
石灰	0~43.2	0.391
水玻璃	0~10.8	0.571
细砂	0~86.4	-0.536

由表3可以看出,石灰与水玻璃与抗压强度的相关系数为正值,体现正相关性,即随着两者含量的增大,抗压强度也在增大。而细砂与抗压强度的相关系数则相反,随着细砂含量的增加,抗压强度在减小。

这是因为生土材料中掺入石灰时,石灰会与土料之间发生化学反应,生成大量的C-S-H凝胶,增强材料的密实度,提高材料的抗压强度。同时,产物在风干的过程中发生碳化作用,生成一定量的CaCO₃,以方解石、球霰石和文石等形式存在。

在生土材料中掺入水玻璃时,由于水玻璃是用NaOH来降低模数的,故生土中的矿物质在改性剂的作用下发生化学反应,其产物主要为一种类沸石的凝胶产物组成。该产物的分子结构类似于沸石结构,为无定形物质,但在一定的条件下可转化为沸石晶体。同时由于NaOH的加入,会生成Na-A类沸石的前驱体产物。而在沸石结构中,铝离子为四配位,它占据在硅离子的位置上,由于铝离子为三价离子,在铝离子的周围带负电荷。为了平衡电价,带

正电荷的钠离子充填在凝胶体的通道中,从而获得相对稳定的凝胶体结构。由于钠离子的这种特殊结构,在钠离子与其他离子进行交换时,不至于因钠离子的失去而导致结构破坏。因此,该水化产物形成后具有一定的强度。

当在生土材料中掺入过多的细砂时,虽然细砂与生土颗粒之间的空隙会被凝胶状的水化产物所填充,但细砂颗粒之间依旧存在着很多空隙,凝胶无法发生生长交织搭接现象,所以浆体结构疏松,浆体强度较低,导致生土材料试块的抗压强度降低。

3 多元非线性回归及配方优化

3.1 多元非线性回归

回归分析是处理试验数据最常用的统计方法。多元非线性回归可以较好地反映材料的各组分与其强度的非线性关系。根据表 2 中的试验数据,利用 SPSS 软件进行处理,回归模型采用二阶混料规范多项式^[12]:

$$\eta_q(x) = \sum_{1 \leq i \leq q} \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq q} \beta_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

其中: $\eta_q(x)$ 为回归响应; β_i, β_{ij} 为回归系数; x_i, x_j 为试验因素。

试验选择 3 个处理因素分别为石灰 x_1 、水玻璃 x_2 、细砂 x_3 作为自变量,抗压强度作为因变量,根据试验结果得到回归关系为

$$Y = 2.0775 + 9.04546 \times 10^{-2} X_2 - 2.57151 \times 10^{-2} X_3 - 5.09736 \times 10^{-4} X_1^2 + 1.09827 \times 10^{-3} X_1 X_2 + 5.84047 \times 10^{-4} X_1 X_3 - 7.94237 \times 10^{-3} X_2^2 + 7.73861 \times 10^{-4} X_2 X_3, \quad (2)$$

其中: Y 为抗压强度(MPa); X_1 为石灰含量(g); X_2 为水玻璃含量(g); X_3 为细砂含量(g)。回归方程的方差分析见表 4。

表 4 回归方程方差分析

Table 4 Analysis of variance table of regression equation

方差来源	平方和	自由度	均方和	显著性
回归	1.463 3	7	0.209 0	$F = 6\ 416.2$
剩余	3.2574×10^{-5}	1	3.2574×10^{-5}	
总计	1.463 3	8		

注:相关系数=0.999 983 305,剩余标准差= 5.7074×10^{-3} 。

回归方程显著性检验: $F = 6\ 416.2$,查 F 检验表, $F_{0.01}(7,1) = 5\ 928$, $F > F_{0.01}$ 。因此,回归方程非常显著,说明所建立的回归方程有意义。而且,从拟合的效果来看,相关系数 $R = 0.999\ 9$,决定系数 $R^2 = 0.999\ 2$,几乎 100% 的拟合,方程拟合效果好。

回归方程拟合对比见图 4。

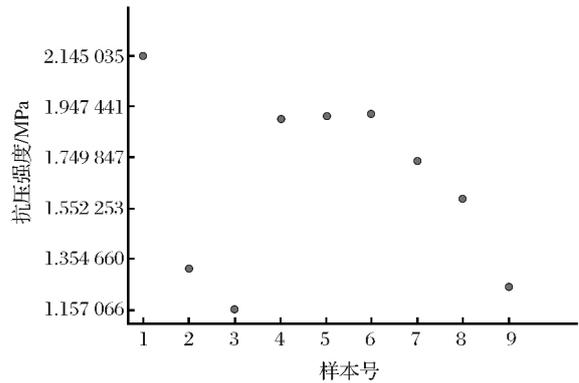


图 4 回归方程拟合效果对比

Fig.4 Imitative effect compared chart of regression equation

在式(2)中,引入回归方程的各项因素的 F 值与 F 临界值的比较见表 5。通过二者的比较,可以分析各因素对抗压强度的影响程度。由表 5 分析可得出,细砂对抗压强度的影响最为显著;水玻璃对抗压强度的影响为显著。但在实际情况中多元回归在引入和剔除变量过程中,有些变量单独讨论时,对因变量的作用很小,但它与某些自变量联合起来,共同对因变量的作用却很大。因此,在剔除和引入变量时,还应考虑变量交互作用对抗压强度的影响。试验中,石灰 X_1 单独考虑时,对抗压强度的影响不大;但石灰与细砂的交互 $X_1 X_3$ 以及 X_1^2 对抗压强度的影响却为显著,石灰与水玻璃的交互作用 $X_1 X_2$ 对抗压强度有一定的影响。同样,水玻璃与细砂的交互作用 $X_2 X_3$ 及 X_2^2 对抗压强度的影响为显著。

表 5 回归方程各因素分析

Table 5 All factors analysing table of regression equation

自变量	显著性系数 F	自由度	F 临界值
水玻璃 X_2	942.6 *	1	$F_{0.01}(7,1) = 5\ 928$
细砂 X_3	6 080.3 **	1	$F_{0.05}(7,1) = 236.8$
X_1^2	1 291.2 *	1	$F_{0.1}(7,1) = 58.91$
$X_1 X_2$	166.9 -	1	
$X_1 X_3$	4 681.2 *	1	
X_2^2	684.2 *	1	
$X_2 X_3$	571.1 *	1	

注:计算的 F 值与表上 F 临界值比较时有 4 种情况: ** 为 $F > F_{0.01}$, 对抗压强度影响特别显著; * 为 $F_{0.01} > F > F_{0.05}$, 对抗压强度影响显著; - 为 $F_{0.05} \geq F > F_{0.1}$, 对抗压强度有一定影响; $F_{0.1} \geq F$, 影响较小,不引入回归方程。

回归分析结果表明:

(1)在进行多元非线性回归时,需要进行回归方

程的显著性 F 检验、衡量回归拟合程度的决定系数检验以及回归方程中每一项式回归系数显著性的检验。回归分析中,变量的筛选是一个动态调整的过程,需要综合考虑显著性检验、因素的交互作用、方程的理论意义等。试验采用逐步回归的方法,对变量进行筛选。该方法是让超过引入临界值的变量进入方程,引入新变量后,对方程中已经引入的变量逐个再次进行检验,将变为不显著的变量剔除出去,不断地引入和剔除使方程处于优化状态,我们将得到一个包含全部显著变量而不包含不显著变量的“最优”回归方程。引入和剔除的 F 临界值高,那么进入方程的变量的显著性就高,这样才能确保方程的显著性。

(2)根据相关性分析可以看出,石灰与水玻璃对强度的影响为正相关,强度随着二者的增加而增大;而且水玻璃的相关系数大于石灰的相关系数,说明水玻璃对强度增加的效果要高于石灰。细砂对强度的影响则呈现负相关性,且为中度相关。

(3)一般来说,相关系数和回归系数的假设检验的结果是一致的,相关系数与回归系数的方向相同,即符号相同。在回归方程中,因变量 Y 值随着 X 的改变而改变,是单方向的关系,回归系数的大小则直接影响强度 Y 的值;而相关分析中, X 与 Y 是互相独立的,是双方向的关系。

3.2 配方优化

回归分析最主要的一个应用是通过回归方程用最优化来预测指标的极大值或极小值,从而确定最优的配合比。一般的生土材料配合比确定方式是通过试验人员事先拟定材料的取值范围,然后采用全面试验的方式来测定各项性能指标,最后通过选择该次试验结果中最优的一项作为最优配合比。这种全面试验方法,一方面,如果选择因素或者水平过多,会致使试验次数呈指数性增长。由于试验次数的限制,会导致因素的选择或者水平的范围过小,有些规律不易被揭示出来;或者优化条件处于边缘值,优化点不在区间内,预报失真的可能性增大。另一方面,全面试验如果不进行回归分析,就无法研究变量的主次关系及变量之间的交互作用。我们采用均匀设计结合试验数据回归模型的方式对配方优化的方法进行探讨。由试验结果还可以看出,试验点基本上在试验范围内均匀分布,满足预计的试验要求。

回归方程的建立,不仅可以寻求各组分含量与强度的关系,还可以通过回归方程预测未知配方的强度并求解最优配方。配方优化设计在生土材料的

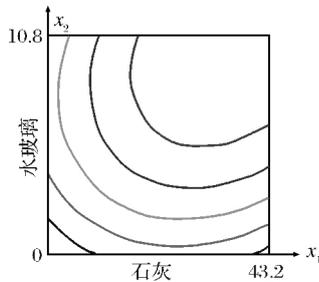
工程应用领域来说,由于其产品要求各组分所占比例之和为 1,所以结合方程(2)形成带有特殊约束条件的非线性规划问题,通过对方程组的求解得到一组最优参数值,见表 6。

表 6 最优参数组合

Table 6 Optimum combination of factors

石灰/g	水玻璃/g	细砂/g	水/g	秸秆/g	生土/g	抗压强度/MPa
6.93	6.17	0	12.7	43.2	201	2.36
总计				270 g		

根据此次均匀设计试验分析结果,为改性生土材料抗压强度的研究安排了 6 组后续试验,采用等值线图来确定材料的配合比,试验条件及步骤与此次试验相同。等值线见图 5,试验分组情况见表 7。将每一组试验参数代入回归方程(2),得到的 5 组目标函数值即抗压强度预测值。



	石灰	水玻璃	抗压强度
最小值	0.270	0.068	0.981 729
最大值	35.910	10.260	2.054 960
当前值	21.600	5.400	1.839 255

因变量 Y_1 抗压强度 1.089 052 1.303 698 1.518 344 1.732 991 1.947 637

图 5 等值线

Fig.5 Isopleth drawing

表 7 试验分组情况及实际值与计算值对比

Table 7 Grouping situation and comparison between actual value and calculated value

试验编号	石灰 /g	水玻璃 /g	细砂 /g	强度计算值/MPa	强度实际值/MPa	相对误差/%
1	0.27	0.068	43.2	0.98	1.06	8.1
2	10.2	2.67	43.2	1.31	1.42	8.4
3	21.6	5.4	43.2	1.84	1.79	-2.7
4	28.2	7.6	43.2	1.73	1.88	8.7
5	35.9	10.3	43.2	2.05	2.04	-0.5
6	6.93	6.17	0	2.36	2.26	-4.2

由表 7 可知,通过回归方程得到的抗压强度预测值和实际值吻合良好。特别是最优化配比组合(见表 6)预测值与实际值的误差仅为 4.2%,充分体现了回归方程预报的精确性和采用均匀设计方法优化配合比的可靠性。

4 结语

(1) 改性黄土基生土材料是一种复杂材料,且材料的组成成分较多,对抗压强度的影响因素复杂。假如采取全面试验的方式,试验点过多易造成人力物力的浪费;若考虑试验次数的限制,因素和水平范围的选择则受到约束,造成回归方程预报失真,无法抓住规律。而采用均匀设计来优化试验设计,则可以实现只做少量的试验,又能全面概括的目的。同时,根据均匀设计的试验结果进行回归分析,可以有效地分析因素的主次关系及其交互作用,并由此实现配方的最优化。

(2) 采用多元非线性回归模型对改性生土材料的均匀设计试验成果进行非线性拟合,得到3种改性材料与抗压强度之间的回归方程,分析了试验因素的主效应和因素间的交互作用。根据试验分析结果得出,水玻璃与细砂对抗压强度值的影响最为明显,而有些因素在考虑交互作用后,对抗压强度的影响也显著。对于所采用的材料,通过掺入一定量的水玻璃,可以与试块中的组成材料反应生成凝胶产物,致密的浆体结构可以填充生土颗粒之间的空隙,提高试块的抗压强度。而掺入过多的细砂则会导致试块空隙的增加,使试块出现疏松结构,从而导致整体抗压强度的降低。

(3) 通过多元非线性回归模型对抗压强度进行预测,同时通过最优化法求出满足工程需求的最优

配方。根据后续试验的结果分析,抗压强度的预测值与实际值的相对误差较小,反映了所建立的回归模型较稳定,描述的规律较细腻,预报的准确度高。

参考文献:

- [1] 尚建丽.传统夯土民居生态建筑材料体系的优化研究[D].西安:西安建筑科技大学,2005.
- [2] 郑寒英,刘家拥,朱柯,等.不同改性材料对生土墙体材料性能的影响[J].混凝土与水泥制品,2014,41(5):62-66.
- [3] Nurhayat Degirmenci. The Using of Waste Phosphogypsum and Natural Gypsum in Adobe Stabilization[J]. Constr Build Matter, 2008, 22: 1220.
- [4] 方开泰.均匀设计与均匀设计表[M].北京:科学出版社,1994.
- [5] 谭晓倩.活化生土基低碳节能村镇建筑材料研究[D].大连:大连理工大学,2011.
- [6] Pacheco T F, Castro G J, Jalali S. Alkali-activated Binders: A Review-Part 1. Historical Background, Terminology, Reaction Mechanisms and Hydration Products [J]. Construction and Buildings Materials, 2008, 22(7): 1305-1314.
- [7] 杨南如.碱胶凝材料形成的物理化学基础: II [J].硅酸盐学报, 1996, 40(4): 459-465.
- [8] 吴永诚,王明晖,曾佑东,等.类砖混生土结构及其砌体抗压强度理论研究[J].甘肃科学学报, 2016, 28(4): 66-71.
- [9] 湖南大学,天津大学,同济大学,等.土木工程材料[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [10] 施楚贤.砌体结构理论与设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [11] 史才军,巴维尔·克利文科,黛拉·罗伊.碱-激发水泥和混凝土[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [12] 关颖南.混料试验设计[M].上海:上海科学技术出版社,1990.

Mechanical Property Research on Modified Raw Soil Material Based on Uniform Design

Zeng Youdong¹, Wu Yongcheng¹, Yi Yang²

(1. College of Design Art, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. China Camc Engineering Co., Ltd., Beijing 100080, China)

Abstract Loess basis raw soil material is a kind of building materials which is widely used in northwest area of China. Based on traditional material ratio, loess basis raw soil material is conducted with modified ratio test with uniform experiment design method, the raw soil block with different ratio were conducted with the test of compressive strength by 9 groups of test block tests. By multiple regression analysis, the interaction effect between main effect and factors of experimental factors is analyzed and compressive strength prediction equation of modified loess material is built. The followed check tests showed that the calculated result of regression analysis with high reliability is the optimized combination in conform to engineer requirement.

Key words Raw soil material; Uniform design; Regression analysis; Compressive strength; Optimization