

# 土坯砌体抗压强度试验研究

阿肯江·托呼提,沙吾列提·拜开依,曹 耿,丁广林,赵 成

(新疆大学建筑工程学院,新疆 乌鲁木齐 830008)

**摘要** 依据南疆地区土坯的常用尺寸,参照砌体基本力学性能试验方法标准进行了土坯及土坯砌体、改性土坯砌体的抗压强度试验.分析了土坯、灰浆强度、砌筑质量和试验方法对土坯砌体抗压强度的影响,提出了抗压强度标准值的简化计算公式.试验结果表明,湿法制成的土坯抗压强度很低,掺和麦秸秆仍无改观,建议从土料的级配、添加改性剂和生产工艺方面提高土坯砌体抗压强度.

**关键词** 生土材料;土坯砌体;抗压强度;新疆地区

**中图分类号** :TU502+.6

**文献标志码** :A

**文章编号** :1000-1980(2011)03-0290-06

新疆地处地震多发区,历次震害表明,生土建筑的破坏尤为严重.自 1996 年以来自治区内发生破坏性地震 30 多次,造成 327 人死亡,5000 余人受伤,直接经济损失超过 35 亿元.据 2004 年统计,自治区内共有农村住房 223 万户,仍有 169 万户民居没有达到抗震设防标准.生土建筑沿用至今,一方面由于居住条件受制于经济基础,反映出村镇地区经济相对落后;另一方面由于其因地制宜、施工便捷、环保舒适等特点受到广大村镇居民的青睐,并成为建筑领域的一种文化传承<sup>[1]</sup>.虽然历次地震后生土建筑的震害相当严重,但也有一些结构合理、施工质量好的生土建筑保持完好<sup>[2]</sup>,而且试验也表明,结构合理、施工质量合格的生土建筑可以在 8 度区保证结构的安全性<sup>[3-5]</sup>.2008 年颁布的《镇(乡)村建筑抗震技术规程》对生土建筑的抗震构造措施及施工方面提出了规范化要求,其中涉及土坯墙体抗剪强度设计值,但没有提及抗压强度设计值,因此研究土坯砌体的抗压强度是完善生土建筑规范的基础性工作.

目前,国内外可供查阅的与生土建筑相关的文献不多,且大部分是对生土材料或其改性后的力学性能的研究<sup>[6-9]</sup>,砌体构件、夯土墙片、生土结构体系的试验研究也很少<sup>[10-13]</sup>.本文通过对湿法制成的土坯砌体的抗压强度试验提出了抗压强度标准值的简化计算公式,并对提高土坯砌体抗压强度提出了一些建议.

## 1 土坯砌体试件的制作

制作土坯所用土料取自乌鲁木齐郊区.新疆地区土坯形状以矩形见多,其尺寸(长×宽×厚)约为 310 mm×150 mm×100 mm.试件由用湿法制成的成品土坯(尺寸为 310 mm×150 mm×100 mm)砌筑,泥浆随拌随用,室温下养护 28 d 后进行试验.

参照普通黏土砖的试验方法<sup>[14]</sup>进行试验.将土坯沿长度方向从中间锯断,断口反向叠砌,灰缝厚度约 10 mm,上下表面用泥浆找平,用水平尺检查其平整度,共制作 6 件单块土坯的抗压强度试件.参照 GBJ 129—90《砌体基本力学性能试验方法标准》<sup>[15]</sup>,砌筑尺寸为 310 mm×470 mm×870 mm、高厚比为 2.9 的素土坯砌体抗压强度试件 6 件.改性土坯砌体试件砌筑方法与素土坯砌体试件相同,仅在砌筑泥浆中加入 1% 的麦秸秆,砌筑 3 件.土坯砌体试件砌于 10 mm 钢垫板之上,首皮座浆,土坯砌筑时用水将表面浸润,以消除干土坯表面与砌筑泥浆之间黏结不牢、界面易脱离的问题.土坯砌体试件顶部以约 12 mm 厚泥浆找平,其上以薄膜覆盖养护.本次试验的试件制作与抗压强度试验均在新疆大学结构试验大厅进行.

收稿日期:2010-06-23

基金项目:国家自然科学基金(50768010,50968015) 国家级大学生创新试验基金(091075521)

作者简介:阿肯江·托呼提(1962—),男(维吾尔族),新疆乌鲁木齐人,教授,博士,主要从事结构工程抗震性能及加固技术研究. E-mail:

2 单块土坯试件抗压强度试验

2.1 试验加载方案

单块土坯试件的抗压强度试验在 100 kN 的小型压力机上进行,压力机可自动记录竖向位移和荷载,并绘制荷载-位移曲线.试件表面不平整处需打磨,由水平尺检查平整度.在与压力机配套的操作软件中填入试件尺寸、加载速率、试验结束条件等基本选项后,将试件对中,采用连续加载方式,加载速率为 0.05 kN/s,以破坏作为试验结束条件,预压 2 或 3 次,预加荷载 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.

2.2 试验过程及现象

单块土坯试件破坏过程可以分为开裂、裂缝稳定发展、破坏 3 个阶段.加载初期,荷载-位移曲线并非线性,而是呈现下凸的特征.当荷载加载至约 50% 极限荷载时,裂缝迅速开展并贯穿试件,走向大致与受压方向平行,随着荷载的增加,主裂纹增宽,继而出现若干平行裂缝,裂缝间有更为细小的裂纹相连,伴有局部压溃剥落.试件编号及抗压强度试验结果见表 1,破坏形态见图 1,荷载-位移曲线见图 2.



图 1 单块土坯试件破坏形态

Fig. 1 Failure shape of single adobe brick

2.3 试验结果分析

从表 1 可以看出,单块土坯的轴向受压试验峰值荷载和峰值位移的平均值分别为 27.3 kN 和 3.58 mm,由此得到的峰值应变为 0.019.与同尺寸(指试件受压高度)的素土立方体试块的抗压试验结果相比<sup>[16]</sup>,可以发现,当二者在相同荷载作用下,峰值应变相差较大,高度为 190 mm 的立方体试块荷载为 27 kN 时的峰值应变为 0.0084,相差 1 倍多.分析产生较大差异的原因,一是土坯试件中的灰缝产生较大压缩所致,二是和受压方向有关.经分析第一种原因基本可以排除,因为在抗压过程中灰缝并没有先于土坯压碎.立方体试块垂直于浇筑方向受压,土坯试件平行于浇筑方向受压,导致二者在相同荷载作用下产生了不同的压应变.这说明湿法制作的生土试件是各向异性材料.

3 素土坯砌体试件抗压强度试验

3.1 试验加载方案

素土坯砌体试件抗压强度试验在 5 000 kN 的长柱压力机上进行,压力机可自动记录竖向位移和荷载,并绘制荷载-位移曲线,试验方法与单块土坯试件抗压强度试验方法相同,加载速率为 0.3 kN/s.

3.2 试验过程及现象

素土坯砌体试件破坏过程可以分为开裂、裂缝稳定发展、破坏 3 个阶段.荷载小于 35% 峰值荷载时,荷载-位移曲线不是线性关系,也表现出明显的下凸特征.当加载至 45% 极限荷载时,试件的正面与侧面中部单皮砖内出现细微竖向裂缝,并缓慢扩展,至 60% 峰值荷载时裂缝扩展至 4~5 皮砖,随着荷载增长,竖向裂缝

表 1 单块土坯试件抗压强度试验结果

Table 1 Resultls of compressive strength tests on single adobe brick

| 编号 | 试件尺寸/mm |     |     | 峰值荷载/<br>kN | 峰值位移/<br>mm | 抗压强度/<br>MPa |
|----|---------|-----|-----|-------------|-------------|--------------|
|    | 长       | 宽   | 高   |             |             |              |
| T1 | 150     | 155 | 190 | 20.25       | 3.52        | 0.90         |
| T2 | 144     | 143 | 188 | 25.52       | 3.67        | 1.20         |
| T3 | 153     | 144 | 189 | 35.51       | 3.56        | 1.50         |
| T4 | 152     | 149 | 187 | 24.75       | 3.23        | 1.10         |
| T5 | 145     | 150 | 190 | 28.13       | 3.92        | 1.30         |
| T6 | 150     | 155 | 195 | 29.84       | 3.57        | 1.30         |

注 抗压强度平均值 1.22 MPa,均方差 0.1522,变异系数 0.1251.

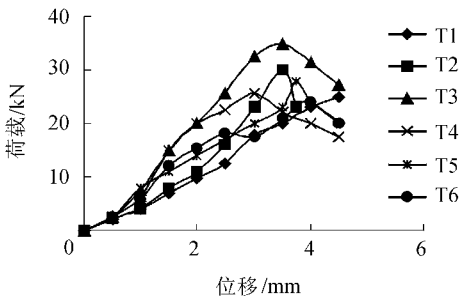


图 2 单块土坯试件荷载-位移曲线

Fig. 2 Relationship between load and displacement for single adobe brick

连通,局部少量剥落掉渣.竖向灰缝不饱满处最容易先出现裂缝,侧面竖向灰缝在此时也处于稳定的发展阶段,荷载-位移曲线接近于线性关系.当加载至85%峰值荷载时,荷载略有增长,位移增长加快,接近极限荷载时,试件突然破坏,边角局部压溃,正面与侧面均已出现较宽竖向裂缝,砌体试件已被分成若干小柱,即将溃散.试件编号及抗压强度试验结果见表2,试件破坏形态见图3,荷载-位移曲线见图4.

表2 素土坯砌体试件抗压强度试验结果

| Table 2 Results of compressive strength tests on plain adobe masonry specimens |         |     |     |             |             |              |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|-----|-------------|-------------|--------------|
| 编号                                                                             | 试件尺寸/mm |     |     | 峰值荷载/<br>kN | 峰值位移/<br>mm | 抗压强度/<br>MPa |
|                                                                                | 长       | 宽   | 高   |             |             |              |
| Q1                                                                             | 470     | 310 | 820 | 75.00       | 10.93       | 0.51         |
| Q2                                                                             | 465     | 305 | 868 | 170.70      | 9.60        | 1.20         |
| Q3                                                                             | 475     | 310 | 858 | 130.30      | 9.20        | 0.88         |
| Q4                                                                             | 470     | 305 | 940 | 103.40      | 8.40        | 0.72         |
| Q5                                                                             | 465     | 310 | 900 | 112.90      | 8.10        | 0.78         |
| Q6                                                                             | 465     | 305 | 860 | 82.20       | 5.80        | 0.58         |



图3 素土坯砌体试件破坏形态

3.3 试验结果分析

从表2可以看出,素土坯砌体试件的峰值位移平均值、抗压强度平均值分别为8.7 mm和0.78 MPa,强度值结果较离散,在平均值的基础上浮动高达54%.受压过程中,水平灰缝并没有先于土坯破坏,而竖向灰缝成了裂缝发展的主导方向,说明竖向灰缝容易形成原始缺陷并导致应力集中,试件在横向无有效约束而被拉裂,最终形成若干小柱失稳而破坏,呈明显脆性破坏特征.

Fig. 3 Failure shapes of plain adobe masonry specimens

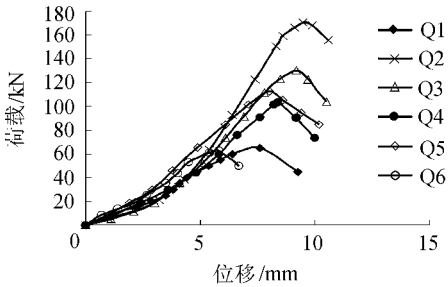


图4 素土坯砌体试件荷载-位移曲线

Fig. 4 Relationship between load and displacement for plain adobe masonry specimens

4 改性土坯砌体试件抗压强度试验

4.1 试验加载方案

抗压强度试验装置与加载方案和素土坯砌体试件相同.

4.2 试验过程及现象

改性土坯砌体试件的破坏过程也经历了开裂、裂缝稳定发展、破坏这3个阶段.整个过程较改性前稳定,试件的荷载-位移曲线连续光滑,当荷载加至45%极限荷载时,可以听见草筋被拉断的声音,试件表面开始出现裂缝,中部几坯被竖向灰缝贯通,走向平行于受压方向.与素土坯砌体试件不同,裂缝相对较多,细密呈网状,扩展较慢.极限荷载时试件中下部压溃剥落,表面鼓突,但正面的竖向裂缝没有贯通,裂缝宽度较素土坯砌体试件窄许多,厚度方向出现斜向裂缝,侧面主裂纹伴有若干次裂缝,位移迅速增长,丧失承载力后试件仍保持完整,不会像素土坯砌体试件自行坍塌.试件编号及抗压强度试验结果见表3,破坏形态见图5,整个荷载-位移曲线(图6)过程接近线性.

表3 改性土坯砌体试件抗压强度试验结果

| Table 3 Results of compressive strength tests on modified adobe masonry specimens |         |     |     |             |             |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|-----|-------------|-------------|--------------|
| 编号                                                                                | 试件尺寸/mm |     |     | 峰值荷载/<br>kN | 峰值位移/<br>mm | 抗压强度/<br>MPa |
|                                                                                   | 长       | 宽   | 高   |             |             |              |
| C1                                                                                | 465     | 310 | 920 | 124.5       | 9.63        | 0.86         |
| C2                                                                                | 470     | 310 | 895 | 118.6       | 8.90        | 0.81         |
| C3                                                                                | 465     | 305 | 890 | 116.4       | 8.70        | 0.82         |

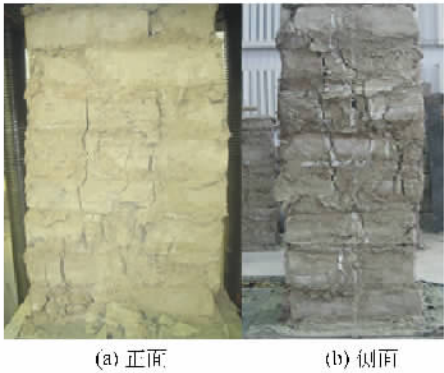


图5 改性土坯砌体试件破坏形态

Fig. 5 Failure shapes of modified adobe masonry specimens

注 抗压强度平均值0.83 MPa,均方差0.0265,变异系数0.0319.

4.3 试验结果分析

从表 3 可以看出,灰缝中掺和了麦秸秆的土坯砌体试件的平均抗压强度达到了 0.83 MPa,从荷载-位移曲线上可以看出它的力学性能更加稳定,即强度和峰值位移等波动较素土坯砌体试件大大减小,而且强度平均值较素土坯砌体试件的 0.78 MPa 有所提高. 试件中下部压溃,一方面说明土坯强度已经充分发挥,另一方面说明土坯块体自身的强度很低. 试件峰值位移由改性前的 7.8 mm 增加到 9.1 mm,脆性得到改善,但脆性破坏的特征仍无明显改观. 灰缝在砌体养护后的干缩裂缝相当严重,这使得砌体在受力过程中应力在缺陷处集中,导致材料强度有可能得不到充分利用便提早破坏. 用同批次泥浆将 2 块土坯黏结,同条件养护后剥离,可见内部灰缝的干缩裂缝同样很严重,如图 7 所示. 提高土坯砌体承载力,不仅要提高土坯强度出发,还不能忽视灰缝的作用. 生土材料的干缩是不可避免的,如同混凝土干缩. 生土中黏土的含量是影响干缩的主要原因,也是生土产生强度的主要原因,合理控制生土料中黏土含量很重要. 土坯砌体试件受压往往从中部开裂,这是生土料抗拉强度低被拉断所致. 如果灰缝能够提供一个约束土坯横向变形的作用,就像混凝土柱中的箍筋一样,当灰缝材料变形模量高于土坯变形模量时,就会使原本为压-拉-拉应力状态的土坯变为三向受压状态,而原本三向受压的灰缝变为压-拉-拉应力状态,若灰缝具备一定的抗拉强度,则土坯砌体的承载力可得到显著改观.

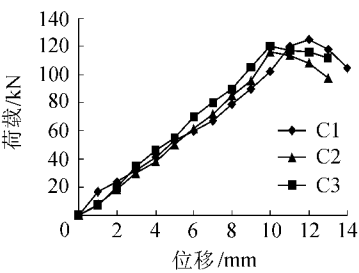


图 6 改性土坯砌体试件荷载-位移曲线  
Fig. 6 Relationship between load and displacement for modified adobe masonry specimens



图 7 灰缝内部缺陷  
Fig. 7 Internal defects in ash seams

5 土坯砌体的抗压强度取值

砌体能承受的最大压应力,称为砌体抗压强度,它是确定砌体及其构件破坏能力的一个重要指标. 目前国内外的砌体抗压强度计算公式仍建立在以试验数据为基础的经验公式之上. 砌体强度主要由块体和砂浆的强度共同决定,GB 5003—2001《砌体结构设计规范》中给出的轴心受压砌体抗压强度平均值计算公式<sup>[17]</sup>为

$$f_m = k_1 f_1^\alpha (1 + 0.07 f_2) k_2 \tag{1}$$

式中:  $f_m$ ——砌体抗压强度平均值,MPa;  $f_1$ ——块体抗压强度等级或平均值,MPa;  $f_2$ ——砂浆抗压强度平均值,MPa;  $k_1$ ——与块体类别有关的参数;  $k_2$ ——砂浆强度较低或较高时对抗压强度的修正系数;  $\alpha$ ——与块体高度和砌体类别有关的参数.

由表 1、表 2 可知,单块土坯抗压强度平均值为 1.22 MPa,素土坯砌体的抗压强度平均值为 0.78 MPa,泥浆抗压强度平均值为 2.6 MPa,套用砌体抗压强度计算公式(1), $k_2 = 1$ <sup>[17]</sup>,由此算出的土坯砌体抗压强度平均值为 1.04 MPa,显然误差很大. 其中,单块土坯抗压强度值是可信的,但  $f_2, k_2$  的取值则值得怀疑;另一方面就是砖的抗压强度平均值计算公式不适用于土坯是造成误差较大的主要原因. 因为土坯砌体砌筑用的灰浆的抗压强度具体是多少值得探究,灰浆是在竖向压应力、上下土坯吸收水分的情况下凝结硬化的,而钢模中 70.7 mm 立方体试块的硬化条件与此截然不同,图 7 可以说明,70.7 mm 立方体试块的抗压强度并不能代表砌体中泥浆的真实抗压强度,灰缝在受压之前早已形成网状的裂缝,推测其真实抗压强度已小于或等于块体的强度. 假设式(1)对土坯适用,土坯抗压强度可信,则可以反推出泥浆的抗压强度为 0.51 MPa,  $k_2$  为 0.8. 由此反推出的灰浆抗压强度比泥浆立方体抗压强度实测值更可信,但是缺乏根据. 虽然砌体承受均布压力,但砌体单块砖内却产生了复杂的应力状态,使块体受弯、受剪,这使得砌体抗压强度远低于块体和砂浆的抗压强度<sup>[18]</sup>. 可见公式(1)还是具有实践代表性的,因此在公式(1)基础上,依据 6 个素土坯砌体试件和 3 个改性土坯砌体试件的抗压强度试验结果,建立土坯砌体抗压强度平均值简化计算式如下:

$$f_m = k_1 k_2 f_1 \tag{2}$$

式中  $k_2$  为灰浆强度较低时对砌体抗压强度的修正系数,其他参数含义不变. 改性土坯砌体试件的试验结果表明,即便灰浆在养护期内没有出现肉眼可见的裂缝,土坯砌体抗压强度仍没有得到显著改观,因此公式(2)没有考虑灰浆对砌体抗压强度的贡献作用,仅用  $k_2$  来体现灰浆对砌体抗压强度的削弱,取为 0.80.  $k_1$  参考



GB 50003—2001《砌体结构设计规范》<sup>[17]</sup>取 0.78,得土坯砌体抗压强度平均值为 0.76 MPa.

土坯砌体抗压强度标准值是抗压强度的基本代表值,由概率分布的 0.05 分位数确定,即砌体抗压强度标准值具有 95% 的保证率.采用砌体结构抗压强度标准值的计算式<sup>[18]</sup>:

$$f_k = f_m - 1.645\sigma_f = f_m(1 - 1.645\delta_f) \quad (3)$$

式中:  $f_k$ ——土坯砌体抗压强度标准值;  $\sigma_f$ ——土坯砌体抗压强度标准差;  $\delta_f$ ——土坯砌体抗压强度变异系数.

表 2 中土坯砌体抗压强度变异系数为 0.3158,这是没有剔除可疑数据的结果.如果将抗压强度平均值浮动  $\pm 15\%$  以外的值剔除,则变异系数会小于 0.2,对于受压土坯砌体,取  $\delta_f = 0.17$ .按此法算得素土坯砌体抗压强度标准值为 0.56 MPa.

土坯砌体抗压强度设计值  $f$  是考虑了影响结构构件可靠因素后的材料抗压强度指标,由标准值除以材料性能分项系数  $\gamma_f$  而得,按施工等级为 B 级考虑,取  $\gamma_f = 1.6$ .

$$f = \frac{f_k}{\gamma_f} \quad (4)$$

按照公式(4)算出的土坯砌体抗压强度设计值  $f = 0.35$  MPa,约为抗压强度平均值的 45%.

## 6 影响土坯砌体抗压强度的主要因素

土坯砌体宏观上是由土坯和灰浆砌筑而成的整体材料,但灰缝层内部的开裂和竖向灰缝的缺陷使得土坯砌体并不连续,也不是完全弹性材料.影响土坯砌体抗压强度的因素很多,主要有块体和灰浆自身的物理力学性能、施工质量、试验方法等<sup>[19]</sup>.

a. 土坯和灰浆的抗压强度是影响土坯砌体抗压强度的首要因素.虽然土坯和灰缝的成分相同,但又不同于一个整体.灰浆作为黏结剂,不仅与土坯存在黏结界面,其内部也分布着较多裂缝.此外,土坯尺寸、几何形状及表面平整度,灰浆砌筑时的含水率等都会影响土坯砌体受力后应力传递的路径.

b. 施工质量.主要是指水平和竖向灰缝的饱满度、平整度、均匀度以及试件的垂直度.

c. 试验方法.试件的尺寸、标准养护条件和时间、抗压试验的加载速率以及砌体工作状态的不同,抗压试验强度不同.

## 7 结 论

a. 造成土坯砌体抗压强度低的原因较多,诸如干缩产生的内部缺陷、砌筑质量和施工方法、受压面平整度等.灰缝是很重要也最容易被忽视的一方面,竖向灰缝不饱满处形成应力集中是影响土坯砌体抗压强度的重要因素.

b. 土坯砌体抗压强度平均值的计算可采用本文公式(2),由此得出的土坯砌体抗压强度平均值为 0.76 MPa,基本符合试验值.

c. 从土坯砌体试件的抗压强度试验结果看,无论是否掺和麦秸秆土坯砌体抗压强度都很低,因此不建议建造中使用湿法制作土坯砌筑承重墙.建议从生土料的颗粒级配、生土料中黏土含量、新的加强材料、新的生产工艺方面探究改善其力学性能.

## 参考文献:

- [1] 赵成,阿肯江·托呼提.生土建筑研究综述[J].四川建筑,2010(1):31-33.(ZHAO Cheng,AKENJIANG Tuohuti. Review of researches into earth architecture[J].Sichuan Architecture,2010(1):31-33.(in Chinese))
- [2] 阿肯江·托呼提,亓国庆,陈汉青.新疆南疆地区传统土坯房屋震害及抗震技术措施[J].工程抗震与加固改造,2008,30(1):82-86.(AKENJIANG Tuohuti,QI Guo-qing,CHEN Han-qin. Seismic damage and seismic countermeasures of Xinjiang traditional adobe house[J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting,2008,30(1):82-86.(in Chinese))
- [3] 于文,葛学礼,朱立新.新疆喀什老城区生土房屋模型振动台试验研究[J].工程抗震与加固改造,2007,29(3):24-29.(YU Wen,GE Xue-li,ZHU Li-xin. Experimental study on shaking table test of adobe building model of Kashi, Xinjiang [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting,2007,29(3):24-29.(in Chinese))
- [4] 葛学礼,朱立新,于文.新疆喀什老城区生土房屋模型振动台试验研究 续[J].工程质量,2007(1):52-54.(GE Xue-li,ZHU

- Li-xin, YU Wen. Experimental study on shaking table test of adobe building model of Kashi, Xinjiang[J]. Construction Quality, 2007(1): 52-54. (in Chinese))
- [5] 申世元. 农村木构架承重土坯围护墙结构振动台试验研究[D]. 北京 中国建筑科学研究院, 2006.
- [6] KOUAKOU C H, MOREL J C. Strength and elasto-plastic properties of non-industrial building materials manufactured with clay as a natural binder [J]. Applied Clay Science, 2009, 44(1/2): 27-34.
- [7] 王毅红, 王春英, 李先顺, 等. 生土结构的土料受压及受剪性能试验研究[J]. 西安科技大学学报, 2006, 26(4): 469-472. (WANG Yi-hong, WANG Chun-ying, LI Xian-shun, et al. Experiment on shear properties and compressive properties of earth material of raw-soil structure[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2006, 26(4): 469-472. (in Chinese))
- [8] 石坚, 李敏, 王毅红, 等. 夯土建筑土料工程特性的试验研究[J]. 四川建筑科学研究, 2006, 32(4): 86-87. (SHI Jian, LI Min, WANG Yi-hong, et al. The test study of the engineering properties on the earth material of earth rammed construction[J]. Sichuan Building Science, 2006, 32(4): 86-87. (in Chinese))
- [9] 陶忠, 谭冠平, 曹净, 等. 云南农村民居土筑墙体土工试验研究[J]. 工程抗震与加固改造, 2008, 30(1): 90-93. (TAO Zhong, TAN Guan-ping, CAO Jing, et al. Soil test for rammed earth wall of rural houses in Yunnan Province [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2008, 30(1): 90-93. (in Chinese))
- [10] RICHARD W, MORRIS H W. Development of new performance based standards for earth building[J]. Australasian Structural Engineering Conference, 1998(1): 477-484.
- [11] 王毅红, 苏东君, 刘伯权, 等. 生土结构房屋的承重夯土墙体抗震性能试验研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2007, 39(4): 451-456. (WANG Yi-hong, SU Dong-jun, LIU Bo-quan, et al. Study on the seismic behavior of raw-soil structure with rammed earth wall[J]. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology: Natural Science Edition, 2007, 39(4): 451-456. (in Chinese))
- [12] 黄金胜, 陶忠, 陆琨, 等. 云南农村居民生土建筑土坯砌体的力学性能试验研究[J]. 工程抗震与加固改造, 2008, 30(1): 94-98. (HUANG Jin-sheng, TAO Zhong, LU Kun, et al. Experiment on mechanics characteristics of adobe masonry of rural houses in Yunnan Province [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2008, 30(1): 94-98. (in Chinese))
- [13] 陶忠, 潘兴庆, 潘文, 等. 云南农村民居土坯墙体单块土坯力学性能试验研究[J]. 工程抗震与加固改造, 2008(1): 99-104. (TAO Zhong, PAN Xing-qing, PAN Wen, et al. Mechanics characteristics of adobe of rural houses in Yunnan Province [J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2008(1): 99-104. (in Chinese))
- [14] GB/T 2542—2003 砌墙砖试验方法[S].
- [15] GBJ 129—90 砌体基本力学性能试验方法标准[S].
- [16] 阿肯江·托呼提, 赵成, 秦拥军. 改性土体材料的抗压强度试验研究[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2010, 38(3): 263-268. (AKENJIANG Tuohuti, ZHAO Cheng, QIN Yong-jun. Experimental tests on compressive strength of modified soil materials[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2010, 38(3): 263-268. (in Chinese))
- [17] GB 50003—2001 砌体结构设计规范[S].
- [18] 施楚贤. 砌体结构理论与设计[M]. 2版. 北京 中国建筑工业出版社, 2003: 36-38.
- [19] 熊丹安, 李京玲. 砌体结构[M]. 武汉 武汉理工大学出版社, 2005: 11-13.

## Experimental study on compressive strength of adobe masonry

AKENJIANG Tuohuti, SAWULET Bekey, CAO Geng, DING Guang-ling, ZHAO Cheng

(College of Architecture Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830008, China)

**Abstract:** According to the common sizes of adobe bricks in southern Xinjiang Uygur Autonomous Region and the test method codes for basic mechanical properties of masonry, the compressive strength tests on single adobe, adobe masonry specimens and modified ones were carried out. The influences of the strengths of adobe and grouting, masonry quality and test method on the compressive strength of adobe masonry were analyzed. A simplified formula for the compressive strength of standard values was proposed. The test results show that adobe made from mud has low strength whether or not straw was added. The compressive strength of adobe masonry may be improved by highlighting the soil gradation; modifying agent and production technology.

**Key words:** raw-soil material; adobe masonry; compressive strength; Xinjiang Uygur Autonomous Region