

文章编号:1671-6833(2008)04-0077-04

混凝土多孔砖收缩性能研究

刘立新¹, 田高燕¹, 赵文兰¹, 金勇²

(1. 郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南建材研究设计院, 河南 郑州 450002)

摘 要:通过对刚出模的混凝土多孔砖进行了连续 100 d 收缩变形的试验研究, 分析了在标准养护和自然养护环境条件下, 环境温度、相对湿度及龄期等因素对混凝土多孔砖收缩变形的影响, 并提出了考虑这些因素的混凝土多孔砖收缩变形的估算公式。这项研究结果可为解决我国混凝土多孔砖工程中墙体开裂问题提供参考依据。

关键词:混凝土多孔砖; 收缩; 公式

中图分类号: TU 522.07

文献标识码: A

0 引言

近年来随着我国“禁实”、“禁黏”工作的开展, 混凝土多孔砖作为一种新型墙体材料得到国内建筑行业的广泛推广使用。它是由水泥、砂和石子等材料制成的免烧砖, 其外形尺寸与 KP1 型黏土多孔砖相同。这种多孔砖具有生产能耗低、节土利废、施工方便和体轻、强度高、保温效果好、耐久、收缩变形小、外观规整等特点, 是一种替代烧结黏土砖的理想材料。由于在工程施工中其仍参照现行烧结砖标准设计施工方法, 忽视了混凝土多孔砖与烧结黏土砖性能的不同, 这种新型墙材在工程应用中出现了一些问题。例如它与砂浆的粘结强度较低, 收缩变形也比较大, 导致国内外这种墙体开裂现象较为普遍, 因此, 对混凝土多孔砖的收缩性能的研究就十分必要。

在工程中, 墙体的实际收缩率是指从上墙含水率到平衡含水率的收缩率, 而国家标准《砌墙砖试验方法》(GB/T 2542-2003) 中规定的是从饱和到绝对干燥的总收缩率, 这就高估了混凝土多孔砖的收缩变形^[1], 基于这种情况, 我们有必要设计此次试验方案。

1 混凝土多孔砖的收缩机理

导致混凝土多孔砖收缩变形的因素归纳起来可分为: 初期(终凝前)的凝缩、硬化收缩、干燥收缩、温度收缩和碳化收缩^[2]。笔者主要讨论环境

温度、湿度及龄期对砌块干燥收缩的影响。

对于干燥收缩, 国内外进行了大量研究, 并建立了相应的理论模型, 其中主要包括毛细管张力学理论和表面吸附学说。毛细管张力学说认为: 随着外界环境相对湿度高低, 毛细管内部的水面上升或下降, 弯液面的曲率发生变化, 从而导致表面张力增大或减小, 这种表面张力对毛细管壁产生压力也随之增大或减小, 从而促使混凝土多孔砖发生体积膨胀或收缩^[3]。表面吸附学说认为吸附水一旦从水泥凝胶上脱离, 表面张力就要增加, 胶粒被压缩。由于这种表面张力变化而引起固体颗粒体积变化, 当颗粒大时就等于零, 但对比表面积约为 $1\ 000\ \text{m}^2/\text{g}$ 的极微小颗粒, 其体积变化就不能忽视^[3]。

2 试验方案

Almudaiheem 等对不同形状、尺寸的混凝土试件进行了干缩试验, 结果表明干缩应变的最终值与试件的尺寸、形状无关, 形状、尺寸仅影响干缩的进行过程。Almudaiheem 等指出, 以往的混凝土干缩预测是考虑了材料、配合等因素用经验公式表示干缩最终值, 误差较大, 可考虑采用短期干燥收缩实测值预测混凝土干燥收缩的最终值^[4]。因此, 笔者设计的主要变化参数为: 环境温度、相对湿度和龄期。

试验采用郑州亚西新型建材有限公司制备的同一批刚出模的砖, 尺寸 $240\ \text{mm} \times 115\ \text{mm} \times$

收稿日期: 2008-06-29; 修订日期: 2008-08-13

基金项目: 河南省省级新型墙体材料专项基金资助项目(豫建墙 2007-21)

作者简介: 刘立新(1947-), 男, 湖北汉川人, 郑州大学土木工程学院教授, 博士生导师。

90 mm,经测定其28 d的抗压强度为10 MPa,抗折强度为1.47 MPa,出模时的相对含水率为42.1%。

环境条件为试块所处的标准养护环境和自然养护环境。其中,试块S1、S2置于标准养护室内(温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$,相对湿度为90%以上);试块N1、N2、28N1、28N2置于自然环境中,为使试块自由收缩变形,将其放置于平滑的玻璃板上。试验期内,每天记录环境的温度及相对湿度,用以研究周围环境温、湿度对试块收缩变形的影响;测N1、N2、28N1、28N2在龄期内的收缩变形。试验方案设计详见表1。

表1 混凝土多孔砖试验方案设计

Tab. 1 Design of concrete perforated bricks test

试验试块	序号	环境条件	个数
S1	1	标准养护	3
S2	2	标准养护	3
N1	3	自然养护	3
N2	4	自然养护	3
28N1	5	自然养护	3
28N2	6	自然养护	3

注:试块dS(N)m中符号含义:d为试块测试天数(d=28为观测28 d,其它为观测60 d);S为标准养护;N为自然养护;m为试块初始含水率情况($m=1$ 为未经浸水的不饱和试块, $m=2$ 为浸水饱和试块)。

本试验设计在混凝土多孔砖两侧面中心处贴玻璃片,用外径千分尺来测量试块两侧玻璃片间的距离在试验期内的变化值,其精度为0.001 mm。试验装置详见图1。



图1 试验装置

Fig. 1 Test equipment

3 混凝土多孔砖收缩影响因素的分析

3.1 龄期的影响

如图2所示为在标准养护环境和自然养护环境下测试块100 d的收缩率。我们可以看出:龄期对混凝土多孔砖的收缩量影响最大,混凝土多孔砖早期的收缩速度较后期大,随着时间的推移,到

11 d后渐趋稳定。在标准养护环境下,S1试块(初始含水率为出模含水率的混凝土多孔砖)28 d的收缩率为0.094 mm/m,100 d的收缩率为0.097 mm/m,S2试块(经浸水饱和的混凝土多孔砖)28 d的收缩率为0.442 mm/m,100 d的收缩率为0.417 mm/m;在自然养护环境下,N1试块(初始含水率为出模含水率的混凝土多孔砖)28 d的收缩率为0.248 mm/m,100 d的收缩率为0.324 mm/m,N2试块(经浸水饱和的混凝土多孔砖)28 d的收缩率为0.636 mm/m,100 d的收缩率为0.668 mm/m,100 d后各试块虽仍有收缩,但大致已趋于稳定。

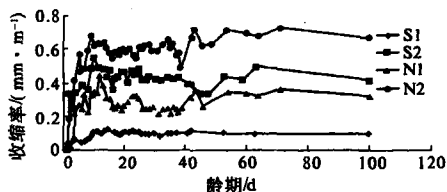


图2 混凝土多孔砖收缩曲线

Fig. 2 concrete perforated bricks shrinkage curves

由分析可知,混凝土多孔砖在自然养护环境下第28 d的收缩值占第100 d收缩值的76.5%,即混凝土多孔砖在工厂养护28 d出厂后,还会继续收缩。而黏土砖在潮湿环境中(温度 $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$,相对湿度45%~53%)65 d后收缩量为0.005 mm/m,且其三天便完成收缩量的84%。由此可以解释为什么混凝土多孔砖墙体易出现裂缝:这一方面是干缩值大,另一方面是收缩期长,在收缩期内灰缝的砂浆早已硬化,所以墙体就比黏土砖容易出现裂缝。在实际应用中,只要经过一定的干燥期,我们一般可以把混凝土多孔砖的实际干缩值控制在0.10~0.15 mm/m的范围内。

3.2 温度和相对湿度的影响

由图2同时可以看出,环境温度和相对湿度对混凝土多孔砖的收缩有较大影响:温度越高,收缩越小;相对湿度越大,收缩越小。例如S1所处环境的温度为 20°C ,相对湿度为90%以上,其100 d收缩率为0.097 mm/m;N1所处环境的平均温度为 19.1°C ,平均相对湿度为38.6%,其收缩率为0.324 mm/m。两种环境温度大致相同,而湿度不同,其收缩率就有明显的差别。如图2中所示,自然环境中的混凝土多孔砖在第12 d时收缩率突然有较大起伏,且与环境相对湿度在此时间段的变化一致,这就显示了环境相对湿度对砖收

缩的影响,此种现象用毛细管张力学说可以很好的解释。

如图3、图4所示,当龄期超过70 d时,在自然环境中,环境相对湿度几乎不变,但环境温度上升,可以看到混凝土多孔砖的收缩值略微有所下降,这就与环境温度有关了。水的线胀缩系数为 70×10^{-6} ,其胀缩性比固相颗粒大得多,在一定温度范围内,温度上升,水膨胀使粒间距离增大,产生膨胀;温度下降,膨胀压力消失,毛细管压力增大,产生收缩。线膨胀系数越大,其在一定情况下的变形就越大。混凝土多孔砖砌体属脆性材料,弹性较差,在周而复始的胀缩运动中裂缝就会在其薄弱部位上产生,这样就会使墙体产生裂缝。

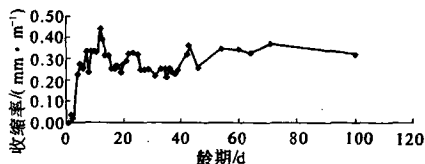


图3 自然养护混凝土多孔砖收缩曲线

Fig.3 Shrinkage curves of concrete perforated bricks in the natural environment

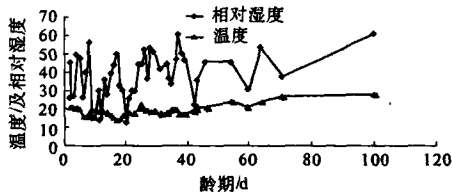


图4 自然环境温度及相对湿度

Fig.4 The ambient temperature and the relative humidity in the natural environment

3.3 初始含水率的影响

如图2所示,我们可以看到初始含水率也与混凝土多孔砖收缩有关:S1试块的初始含水率为42.1%,其100 d的收缩率为0.097 mm/m;S2为开始浸泡饱和的试块,其100 d的收缩率为0.417 mm/m;N1试块的初始含水率为42.1%,其100 d的收缩率为0.324 mm/m;N2为开始浸泡饱和的试块,其100 d的收缩率为0.668 mm/m。可以看出:在自然环境条件下,饱和含水率的混凝土多孔砖的收缩率约是具有出厂含水率混凝土多孔砖收缩率的两倍。

我们可以得出:初始含水率越高,混凝土多孔砖的收缩率越大。因此,严格控制混凝土多孔砖上墙含水率,有助于减少墙体开裂变形。

4 混凝土多孔砖收缩率的估算

影响混凝土多孔砖收缩的因素众多,笔者主要考虑了环境温湿度及龄期对其干燥收缩的影响。从试验内容来看,我们先考虑用混凝土多孔砖在标准养护条件下的收缩公式作为基本公式,然后再回归出非标准条件下温湿度对混凝土多孔砖收缩变形影响的多系数估算公式^[5,6]。

4.1 标准条件下收缩变形的基本公式

试验所指的标准条件是:混凝土多孔砖,尺寸为240 mm × 115 mm × 90 mm,抗压强度为10 MPa,养护条件为标准养护(温度为20℃,相对湿度为90%以上)。在试验数据基础上,回归得出混凝土多孔砖在标准条件下的基本收缩公式:

$$\varepsilon_0(t) = 0.0214 \ln t + 0.031 \quad (1)$$

式中: t 为龄期; $\varepsilon_0(t)$ 为标准条件下混凝土多孔砖收缩率。

混凝土多孔砖在标准条件下的基本收缩公式与试验数据如图5所示。

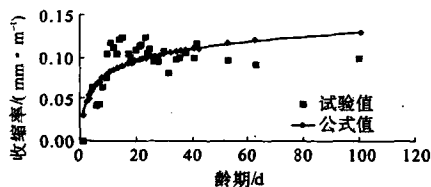


图5 S1试块收缩率试验值与公式值的比较

Fig.5 Comparison of S1 shrinkage ratio's test value and calculation of formula

4.2 非标准条件下收缩变形的多系数估算公式

试验所指的非标准条件是指自然环境,其环境温度、相对湿度及初始含水率在不断的变化之中。由于混凝土多孔砖工程施工中严禁湿砖上墙,所以其初始含水率几乎不变,因此在公式中不再考虑初始含水率对多孔砖收缩的影响。按照多系数叠加原理建立如下计算模式:

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{\beta_1} \cdot \varepsilon_0(t) \quad (2)$$

式中: $\varepsilon_0(t)$ 为标准条件下混凝土多孔砖收缩率; β_1 为温度及相对湿度对混凝土多孔砖收缩的影响系数; $\varepsilon(t)$ 为非标准条件下混凝土多孔砖收缩率。此次试验共考虑3种不同的环境条件,详见表2。

取100 d龄期的N1和28 d龄期的28N1的实测干缩率与100 d龄期和28 d龄期的S1的干缩率之比作为因变量,上述对应的平均温度及平均相对

湿度为自变量,回归出温、湿度影响系数 β_1 :

表 2 环境平均温度及相对湿度

Tab. 2 The ambient average temperature and relative humidity in the natural environment

试验试块	平均温度/℃	平均相对湿度/%
S1	20.0	90.0
N1	19.1	38.6
28N1	17.5	40.2

$$\beta_1 = 0.3 - 0.0018T + 0.0018RH \quad (3)$$

式中: T 为环境平均温度; RH 为环境平均相对湿度。

自然条件下不饱和混凝土多孔砖 N1 试块试验值与估算公式计算值的比较,见图 6。

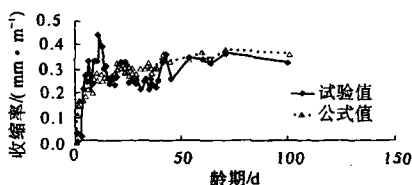


图 6 N1 试块收缩率试验值与公式值的比较

Fig. 6 Comparison of N1 shrinkage ratio's test value and calculation of formula

由图 6 可看出非标准条件下,混凝土多孔砖收缩变形的多系数估算的公式值与试验值较为符合。由于环境温度及相对湿度的变化,混凝土多孔砖收缩在第 11~15 d 时试验值大于公式值,但随后其收缩值趋于稳定时又与公式值相一致,因此,在工程中仍可按公式值估算其收缩率。

5 结语

(1) 作者总结了混凝土多孔砖收缩率估算公

式,分析了环境温度、相对湿度及龄期对其收缩的影响。

(2) 混凝土多孔砖早期的收缩速度较后期大,到 11 d 后渐趋稳定。但其干燥收缩随温度、湿度的变化具有部分可逆性。

(3) 混凝土多孔砖在自然养护环境下第 28 d 的收缩量占第 100 d 收缩量的 76.5%,即混凝土多孔砖出厂后,还会继续收缩。

(4) 混凝土多孔砖的初始含水率对混凝土多孔砖收缩率有影响:初始含水率越大,收缩越大。因此,严格控制混凝土多孔砖上墙含水率是解决墙体开裂问题的重要措施之一。

参考文献:

- [1] 程少辉,梁建国. 混凝土多孔砖自生收缩和干燥收缩的试验研究[C]. 北京:中国城市出版社,2007, 208-211.
- [2] 郑木莲,陈栓发,王秉纲. 多孔混凝土的收缩特性研究[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版, 2005,37(4):483-487.
- [3] 吕艳梅. 商品混凝土收缩性能的试验[D]. 郑州大学,2004.
- [4] 刑艳芳,徐新生. 混凝土干燥收缩经验公式研究[J]. 佳木斯大学学报:自然科学版,2000,18(3): 285-288.
- [5] 陈萌,刘立新. 商品混凝土收缩变形的试验[J]. 工业建筑,2007,37(6):70-72.
- [6] 赖雅琳,李宗坤,施力. 闸墩复杂结构裂缝成因分析[J]. 郑州大学学报:理学版,2002,34(1):55-58.

Study on Dry Shrinkage Formula of Concrete Perforated Bricks

LIU Li-xin¹, TIAN Gao-yan¹, ZHAO Wen-lan¹, JIN Yong²

(1. School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Henan Building Materials Research and Design Institute, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Based on the test results for the dry shrinkage deformation of concrete perforated bricks within 100 days. Cured in the standard environment and the natural environment, the main factors affecting the shrinkage deformation such as the ambient temperature, the relative humidity and the curing ages are discussed and analyzed. The formulas which considered these factors are suggested, and this may be as a reference for the application of concrete perforated bricks wall's crack in engineering.

Key words: concrete perforated brick; shrinkage; formula