

# 防止聚丙烯纤维混凝土模卡砌块墙体裂缝的措施

符向桃, 谢朝学, 刘传辉

(湖南大学衡阳分校建筑工程系, 湖南 衡阳 421005)

**摘要:**非承重填充墙墙体裂缝产生的原因很多。在现浇框架建筑结构设计合理的前提下,从砌块、砌体内外结构以及施工技术控制等角度研究和分析改善聚丙烯纤维混凝土模卡砌块及其砌体的防裂机理和措施。

**关键词:**聚丙烯纤维混凝土模卡砌块;内外结构;吸水率;整体防裂

**中图分类号:**TU522.3

**文献标识码:**B

**文章编号:**1001-702X(2005)03-0004-03

## 1 主要原材料及配比

### 1.1 主要原材料

水泥:32.5级普通硅酸盐水泥,衡阳市水泥厂产;

膨胀珍珠岩:堆积密度 180 kg/m<sup>3</sup>,细度模数 3.6,大于 5 mm 的颗粒不超过 5%,压缩比 1.5,导热系数 0.064~0.072

W/(m·K);

砂:含泥量小于 2%,细度模数 1.6~2.2 的普通河砂;

聚丙烯纤维:三叶形横截面,经过接枝处理的改性聚丙烯纤维,单丝相对密度 0.91,长度 2~30 mm,抗拉强度大于 500 MPa,断裂伸长率 15%~25%,弹性模量大于 3 800 MPa;防水粘结剂:自配,由有机硅氧烷、尿素和水玻璃等组成;

减水剂:BY7 型超早强减水剂,岳阳白银化工厂生产。

### 1.2 配比

聚丙烯纤维混凝土模卡砌块(以下简称 ZMQ 砌块)由芯材结构层和表层结构层组成。其中表层结构层基本配比

基金项目:湖南省教育厅资助项目(99C30)

收稿日期:2004-11-02

作者简介:符向桃,男,1964 年生,讲师。电话:13575102810,E-mail: fuxita@sohu.com。

看出:在所有被研究的物理量中,结构顶层与地面之间的相对位移与模型结构破坏之间的相关性最好;结构顶层绝对速度与模型结构破坏之间的相关性也较好,其它结构反应与结构破坏之间的相关性较差。

因此,对于该模型结构来说,在所有被研究的物理量之中,结构顶层与地面之间的相对位移最适合于描述其性态;结构顶层绝对速度也比较适合于描述其性态。

## 4 结 语

在一个 10 层砌块砌体模型结构振动台试验的基础上,分析了试验中各种结构反应与结构破坏之间的相关性,由此确定了用于描述这种类型结构的性态的物理量:结构顶层与地面之间的相对位移和结构顶层绝对速度。由此,在以后涉及到这种结构类型基于性态抗震设计中,即可根据实际情况选择这 2 个物理量中的一个作为设计依据。

\* 试验数据由中国地震局工程力学研究所郭迅研究员提供。

## 参考文献:

[1] 王亚勇.我国 2000 年抗震设计模式规范展望.建筑结构,1999,(6):

32-36.

[2] 谢礼立.国家自然科学基金重大项目专题研究总结报告(项目批准号 5989541),2002.

[3] 程耿东,李刚.基于功能的结构抗震设计中的一些问题的探讨.建筑结构学报,2000,21(1):5-11.

[4] Chopra Anil K., et al..Capacity-Demand-Diagram methods based on inelastic design spectrum.Earthquake Spectra,1999,(15): 637-644.

[5] Fajfar Peter.Towards a nonlinear method for the future seismic codes.Seismic Design Practice for the Next Century,Oxford, 1998:441-449.

[6] 谢礼立.基于性态设计思想的抗震设防标准.世界地震工程,2000, 16(1):97-105.

[7] Bertero Raul D and Bertero Vitelmo V.Application of a comprehensive approach for the performance-based earthquake-resistant design of buildings.12 WCEE(C),Auckland,New Zealand,2000,847.

[8] FEMA,1997,NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings,FEMA 273,October,Federal Emergency Management Agency,Washington,D.C.,(3): 18-31.

[9] Yamawaki Katsuhiko.Introduction of a performance-based design. 12 WCEE, 2000, 1511.

[10] Priestley M.J.N.Performance-based seismic design.12 WCEE, Auckland,New Zealand,2000.



为: $m(\text{水泥}):m(\text{砂}):m(\text{膨胀珍珠岩}):m(\text{水}):m(\text{减水剂})=1:1.5:0.48:0.46:0.0135$ ;芯层结构层基本配比为: $m(\text{水泥}):m(\text{膨胀珍珠岩}):m(\text{水}):m(\text{减水剂})=1:1.23:0.46:0.0135$ 。通过掺加纤维、防水粘结剂,改变表层结构层和芯层结构层的结合强度。

在ZMQ砌块研究过程中,为适应实际使用的需要,除了满足物理学、热工、经济性等性能指标外,防止砌块及墙体裂缝的产生是重点研究的课题。

## 2 防裂技术思路

ZMQ砌块墙是框架剪结构的非承重填充墙,其墙面裂缝的危害,不在于影响结构安全,主要是水的渗透对保温系统的破坏以及对住户的审美和心理的影响。我们所说的要防止产生裂缝,是说要控制墙面不产生大于0.2 mm的有害裂缝。笔者通过总结自己研发的炉渣轻砌块15年的生产应用观察,认为在ZMQ砌块研发时,其防裂问题须从建筑框架本身的受力变形对墙体施加的应力和约束,以及墙体本身的变形和周边的被约束等方面去控制和考虑,将防裂措施归纳成构造防裂、材料防裂和施工防裂3种类型,分别探明墙体开裂的影响机制并提出控制开裂的有效措施。

## 3 ZMQ砌块的防裂机理与措施

混凝土脆性及胶凝材料硬化、干燥过程的自收缩和外界条件变化产生的湿胀干缩、热胀冷缩是砌块产生裂缝的主要原因。在该砌块中掺加纤维、防水粘结剂等材料改善其抗折、吸水率等特性,改变砌块结构而改善其内部应力分布,是我们控制砌块产生裂缝的主要措施。

强度试验结果表明,当表层结构中纤维含量从0.4 kg/m<sup>3</sup>提高到2.0 kg/m<sup>3</sup>时,混凝土的抗压强度几乎没有变化,但抗折强度提高达25%。抗裂实验表明,加入纤维后,抗裂能力提高,可有效控制面层不产生大于0.2 mm的有害裂缝。防水粘结剂试验结果表明,当其掺量为1.5 kg/m<sup>3</sup>时,ZMQ砌块吸水率小于10%。

经对试验结果分析得出ZMQ砌块的防裂机理为:(1)纤维对混凝土结构内原生裂纹的细化效应增强了混凝土介质的连续性,有机材料对振动波的吸收和纤维降低了原生裂隙尖端的应力集中,使介质内的应力场更加连续和均匀。(2)由于纤维与水泥基料的结合力极强,且易于充分混合,在混凝土内部形成多向分布的支撑体系,该体系有助于减弱混凝土的塑性收缩及冻融时的张力,而收缩时的能量被混凝土中大量的高强纤维所吸收,有效地增强了混凝土的韧性及延性,

有效释放温度应力,提高了抗变形能力,抑制其微裂缝的产生与发展。(3)防水粘结剂在轻骨料表面形成防水薄膜,与拒水性好的表层结构层配合,能保持良好的防湿效果;防水粘结剂有微膨胀作用,有利于补偿混凝土自收缩,抑制其微裂缝的产生与发展。

控制由使用环境造成砌块内部产生的内外湿度梯度、温度梯度和应力梯度所引起的裂缝宽度的经验公式为:

$$L=4dR/\eta$$

式中: $L$ —裂缝可控宽度;

$d$ —弹性层厚度;

$R$ —弹性材料伸长能力;

$\eta$ —表层与基层结合强度。

因此,我们采用了如下改变砌块内部结构的措施:ZMQ砌块从芯层到表层,材料的强度逐层增大,不让相邻层材料的变形量指标、柔韧性指标、压折比指标、弹性模量指标等发生突变,使应力逐层释放、变形量逐层渐变。经120 d观察,4组采用这种渐变结构的ZMQ砌体,当纤维掺入量超过0.8 kg/m<sup>3</sup>时,所有ZMQ砌体均无裂纹产生。

## 4 ZMQ砌块墙体的防裂机理与措施

与单体砌块裂缝相比,产生砌块墙体裂缝的因素要复杂得多:有温度、干缩以及冻融破坏;有设计构造的不合理性;有材料、施工质量原因;有外力引起的,如地基不均匀沉降引起结构物墙体变形、错位造成墙体开裂;还可能由风压、地震等引起的机械破坏等。

ZMQ砌块的一般物理学、热工性能与加气混凝土很接近,在编制产品标准、设计规范、施工规范时也参考了加气混凝土的相关标准;从设计、墙体与建筑结构之间整体性的结构角度看,二者措施要求是相同的。通过对炉渣轻砌块和加气混凝土砌块墙面裂缝特征及产生原因分析,ZMQ砌块墙体从如下几个方面进行了研究和改进,以克服加气混凝土砌块容易出现的框架梁与填充墙之间水平裂缝、墙中间和柱边的垂直裂缝、墙中的不规则裂缝和墙面的空鼓裂缝。

### 4.1 改变砌块外部结构

ZMQ砌块设有榫头,砌筑时公母榫镶砌,砌块与砌块上下左右之间牢牢卡住,形成联锁,不仅确保墙面垂直平整,不易走动,而且解决了渗漏水的问题,更提高了墙体整体刚度,有利于抗裂、抗震。ZMQ砌块这种特殊构造所组成的砌体,经试验测试,当ZMQ砌块平均抗压强度为2 MPa时,砌体平均强度可达1.36 MPa,是砌块强度的68%。ZMQ砌块外部结构见图1。

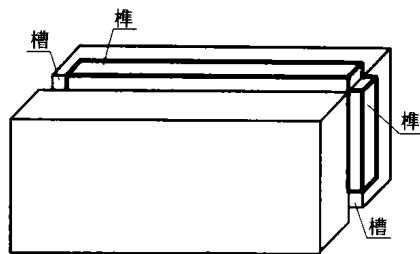


图1 ZMQ砌块外部结构示意图

ZMQ砌块具有良好的抗裂能力,通过联锁榫头提高上下、左右砌块之间的抗剪能力,可实现提高砌体的整体抗裂能力。在ZMQ砌体中,砌块反而是“薄弱”环节,当墙体受到各种应力作用时,由于砌块的抗裂作用,形成大量相对均匀的微裂缝而不产生大于0.2 mm的有害裂缝。

#### 4.2 改变砌筑砂浆作法

传统砌体砌筑砂浆作法中,灰缝过厚、灰缝厚薄不一致或灰缝不饱满,都会给墙体带来不利的影响。其原因:一是砂浆本身干缩值较大,过厚的砂浆层产生的总收缩值大;二是砂浆的塑性变形大,特别是石灰水泥混合砌筑砂浆,其硬化比水泥砂浆慢,当灰缝的厚薄不一致时,砌筑过程中将产生较大的沉降收缩和不均匀的收缩变形,致使砌体内部出现裂缝;三是砌体形成了内部缺陷,埋下了抹灰层开裂的隐患。

我们采用自行研发的压折比小于3的ZMQ砌筑胶粘剂,除了提高粘结强度,更是为了克服传统砌体砌筑砂浆作法中的不足,消除裂缝隐患,还避免了湿法作业带来的湿胀干缩裂缝。

在设计砌块外部公母榫结构时,做了反复计算。榫槽尺寸在满足砌块物理力学和相关指标前提下,使榫槽内加ZMQ砌筑胶粘剂至槽口抹平,榫头对准叠上去,榫隙泌出浆水,能刚好保证砌块粘结面满浆,形成约3 mm的均匀灰缝层。抗剪实验和砌体抗裂实验证明,这种方法是可行的。4组1200 mm×1600 mm周边设有拉紧构造的ZMQ砌体,经20次18~45℃变化,20次相对湿度20%~98%变化,120 d观察,所有ZMQ砌体均无可见裂纹产生。

#### 4.3 降低砌块的吸水率

经测试,砌块的干缩值28 d约达总干缩值的55%,60 d约达75%。按照ZMQ砌块的生产工艺要求,初养16~20 h才能码垛,码垛后用塑料薄膜覆盖,浇水养护7~14 d,出厂前20 d不能浇水,须35 d后才能出厂,这时砌块的含水率、强度和收缩值已趋于基本稳定,其中含水率不大于5%。

在ZMQ砌块中掺加防水粘结剂能使其吸水率小于8% (见图2),不仅改善了砌块本身的性能,配合高密度表层结构,使砌体在做找平层和装饰层时,底子灰不至于过早失水

而强度不足,而且不需要对基墙预淋水,有效地避免了砌体湿胀干缩而产生的裂缝。

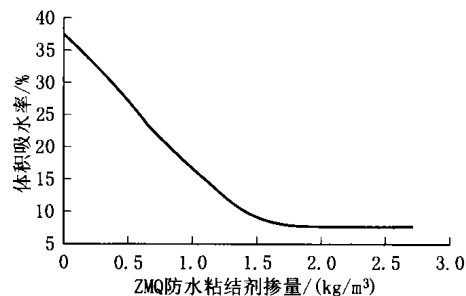


图2 ZMQ砌块吸水率与防水粘结剂掺量的关系

## 5 施工技术控制

由于ZMQ砌块的制作在工厂一次性完成,尺寸误差小,简化了砌体的现场施工工艺,灰缝控制简单。砌块应用时主要应注意运输堆放时的防水、不损坏及如下施工技术要点:

(1)控制施工日砌高度2.1 m,让墙体充分完成沉缩变形。这因为ZMQ砌筑胶粘剂未达到硬化龄期之前有较大的徐变,受上层砌体的压力作用,灰缝会发生较大的压缩变形。

(2)在日砌高度的最上一皮ZMQ砌块上部加压一皮干砌块,以改善灰缝的粘结效果,防止出现水平、通长、对穿裂缝。

(3)控制“压顶”施工日期和施工质量:填充墙的顶部采用斜砌压顶,必须控制好施工时间间隔和施工质量,因为这个部位最容易出现梁下水平缝等开裂情况。控制压顶施工时间的目的是使已砌筑好墙体的干湿收缩、塑性变形等引起的沉降收缩基本稳定,因过大的沉缩集中在梁下必然会形成较大的水平裂缝。进行压顶施工时,应控制好以下几点:①预留的压顶空间高度应适当,并选用尺寸合适的实心辅助小砖斜砌。②辅助小砖在水平方向上的倾斜角度以不小于60°为佳。③压顶的辅助小砖应顶紧,砖与砖之间、上下空隙之间的胶粘剂应填充密实,大的洞用碎砖填塞后再用胶粘剂填实。④必要时,压顶部位的表面采用挂网防裂或ZMQ砂浆抹灰防裂的措施。

## 6 结语

通过改变原材料和配比,改善混凝土的性能、改变砌块内外结构以及砌块之间的结合方式的同时,从设计的角度提出有关防裂措施,控制施工因素对砌体开裂的影响,使整个墙体成为一个大的柔性变形体,让墙体各类应力变形分散成微小裂纹均匀分布于砌块中,而不出现较大的有害裂缝,是提高非承重小型混凝土砌块砌体工程抗裂能力的可行途径。

