

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2017.03.002

热塑性长纤维增强复合材料模板施工实测分析

庄金平¹, 陶钢¹, 蔡雪峰¹, 李俊峰²

(1.福建工程学院 土木工程学院, 福建 福州 350118; 2.福建省建筑科学研究院, 福建 福州 350025)

摘要: 针对热塑性长纤维增强复合材料模板体系在剪力墙混凝土浇筑过程中的实测, 探讨其简化计算模型的选取。现场实测结果表明: 在混凝土侧压力和施工荷载的作用下, 面板主要处于受拉状态, 平面上两个方向的应变比为 0.65~1.79, 说明该塑料模板的简化验算, 除整体按双向板进行验算外, 尚应针对面板、水平肋、垂直肋等分别进行验算。

关键词: 塑料模板; 剪力墙; 现场浇筑; 应变; 挠度

中图分类号: TU712

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2017)03-0210-05

Experimental analysis of thermoplastic long fiber reinforced composite formwork in construction

Zhuang Jinping¹, Tao Gang¹, Cai Xuefeng¹, Li Junfeng²

(1. College of Civil Engineering, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China;

2. Fujian Academy of Building Research, Fuzhou 350025, China)

Abstract: In the process of pouring shear wall concrete, the formwork system of thermoplastic long fiber reinforced composite was measured, whose simplified calculation model was discussed. Measured results show that the panel is mainly in tension, the two direction strain ratio of which is 0.65~1.79 under the concrete lateral pressure and construction load. In checking the formwork, the calculation of two-way whole formwork was performed along with the panel, horizontal rib and the vertical rib of the formwork.

Keywords: plastic formwork; shear wall; in-situ casting; strain; deflection

热塑性长纤维增强复合材料模板具有绿色环保、可循环利用的功能, 与普通的胶合板模板、钢模板不同, 热塑性长纤维增强复合材料模板体系是个完整的模板体系, 各块模板之间通过连接手柄相互连接和传力, 其种类、规格齐全, 包括墙体模板、柱模板、梁模板、连接手柄、紧固螺母等。但热塑性长纤维增强复合材料模板工程的设计方法、施工方法尚没有统一的标准^[1-3], 本文通过热塑性长纤维增强复合材料模板在剪力墙模板工程中的运用, 进行现场试测, 将现场实测结果与简化计算结果对比, 探讨其验算方法。

1 实测概况

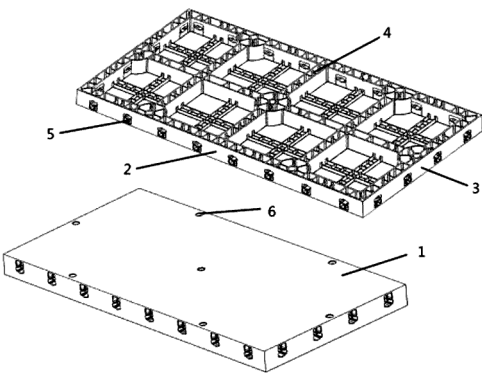
某住宅小区为框架-剪力墙结构, 剪力墙采用热塑性长纤维增强复合材料模板, 该墙体模板主要是由面板、主肋、边肋、端肋、锁孔、对拉螺杆孔组成, 面板厚度 7 mm, 主肋、边肋、端肋的截面高度 80 mm, 加强肋截面高度 18 mm, 如图 1。剪力墙厚 200 mm, 高 2.7 m, 浇筑高度 2.4 m。剪力墙模板设置了水平背楞和竖向背楞, 水平背楞设置了 3 道钢楞, 离地面高度分别为 300、900、1 500 mm; 竖向背楞设置两道, 离墙右端的距离分

收稿日期: 2017-03-04

基金项目: 国家自然科学基金(51478119); 福建省科技厅项目(2015J01182)

通讯作者: 蔡雪峰(1956-), 女, 福建福鼎人, 教授, 研究方向: 复杂结构施工技术。

别为 300、1 200 mm。



1.面板 2.边肋 3.端肋 4.主肋 5.锁孔 6.对拉螺栓孔
图 1 热塑性长纤维增强复合材料墙体模板示意图
Fig.1 Thermoplastic long fiber reinforced composite formwork of shear wall

图 2、3 为剪力墙两侧模板上应变片测点布置图,为方便标识将剪力墙两面模板称为墙体西侧模板和墙体东侧模板。选择靠近墙体底部的一片塑料模板进行实测,长 1 200 mm、宽 600 mm。整片墙按截面分为 4 个测区,包括水平及竖直方向主肋、面板和端肋。在模板的主肋、面板、端肋上分别设置有 8 组、6 组及 4 组应变片。图 2、3 中定义 X 、 Y 、 Z 来描述应变片粘贴的方向, XY 代表 45° 方向。

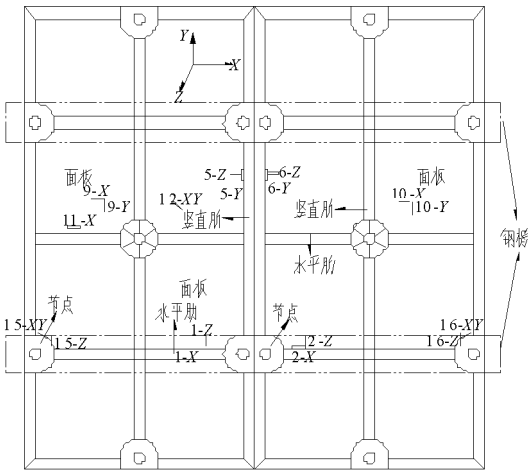


图 2 墙体西侧模板应变片测点布置图
Fig.2 Strain gauge arrangement of west shear wall formwork

塑料模板弹性模量为 4 505 MPa, 极限应力为 63.1 MPa, 极限应变为 14.010×10^{-3} 。

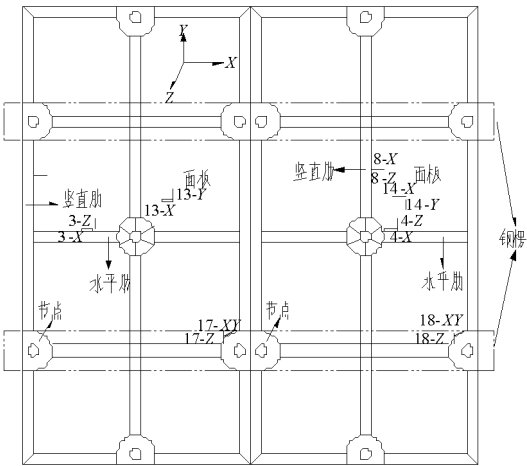


图 3 墙体东侧模板应变片测点布置图
Fig.3 Strain gauge arrangement of east shear wall formwork

2 现场实测结果分析

2.1 面板应变分析

施工中混凝土分两次浇筑,实测从开始持续到混凝土浇筑完成后一段时间。图 4 给出了墙体模板面板上 9~14 测点施工进度-应变曲线。从图 4 可看出,面板上测得的应变不论是在 X 轴, Y 轴, 还是 XY 方向都是拉应变。受施工振动荷载影响,曲线呈波动状上升,100~232 s 是混凝土浇筑过程中的间歇,大致在 240 s 进行第二次浇筑,荷载迅速上升,面板各测点应变有一波明显的增长趋势。此后,荷载大致保持恒定。

表 1、2 为实测过程中应变的最大值,从表中可知,模板面板平面上各方向均产生了拉应变, X 与 Y 方向的应变比在 0.65~1.79 之间,说明面板的验算按双向板比按单向板更为合理。此外,面板最大应变达到 $1.814 4 \times 10^{-3}$,与塑料模板极限应

表 1 9~11 测点最大应变值					
Tab.1 Maximum strain value of measuring points 9~11					
测点	9-X	9-Y	10-X	10-Y	11-X
$\varepsilon_{\max}/10^{-6}$	574.48	880.02	704.01	923.5	1814.4

表 2 12~14 测点最大应变值					
Tab.2 Maximum strain value of measuring points 12~14					
测点	12-XY	13-Y	13-X	14-Y	14-X
$\varepsilon_{\max}/10^{-6}$	708.96	378.7	676.33	691.16	749.5

变相比,面板的应变明显还有富余。

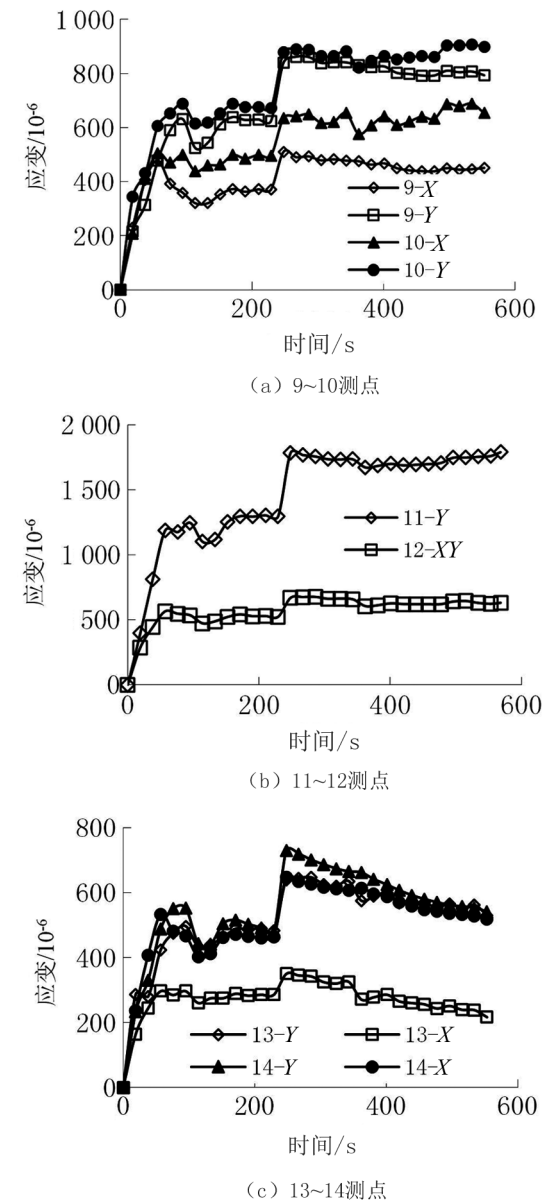


图 4 面板的施工进程-应变曲线
Fig.4 Construction process-strain relationship of panel

2.2 水平肋应变分析

如图 5,1、2 测点是在西侧模板靠近边肋端肋水平肋位置,3、4 是在东侧模板在中间端肋两边的水平肋位置。各测点 X 轴方向的应变都是拉应变,而 Z 轴方向的应变都是压应变。X 轴应变片是肋的水平方向,Z 轴应变片是垂直于水平肋,图中 X 轴方向应变片的值都比 Z 轴方向大且更明显,说明水平肋的变形主要是水平方向。图 5 中的曲线因振捣混凝土而有所波动。

从表 4 可看出,这 4 组数据在两方向的应变

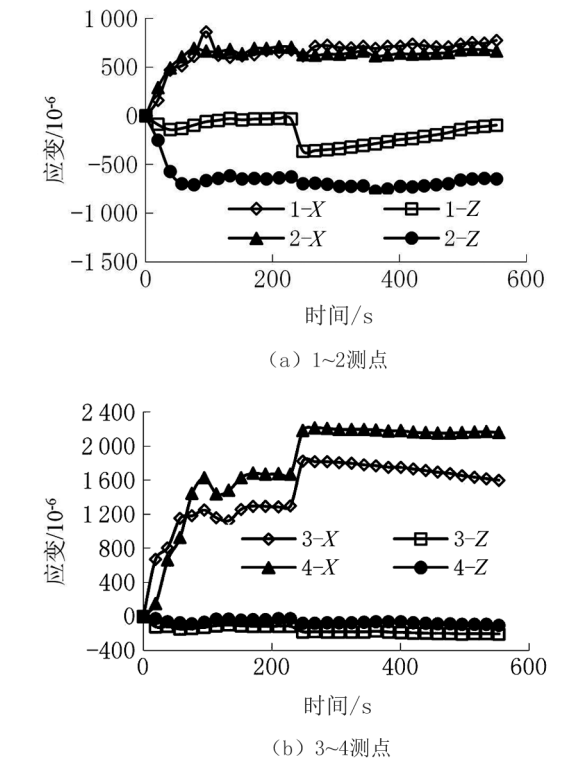


图 5 水平肋上测点的应变-施工进程曲线
Fig.5 Construction process-strain relationship of horizontal rib

值比表 3 中相对应的数值波动大。原因是表 3 中的测点位置在水平肋,其受到两道钢楞的约束,该位置的钢楞起到加固作用,使其拉应变和压应变值都在比较小的范围内,如图 5(a)中位置 1 和 2 处的应变达到一定数值后就基本不变。而图 5(b)是离钢楞距离较远些的位置 3 和 4 处的应变,更能真实反映混凝土浇筑过程中墙体模板的变形情况。水平肋上最大应变虽达到 $2.245\ 52\times 10^{-3}$,但与塑料模板极限应变相比,还有明显富余。

表 3 1~2 测点最大应变值

测点	1-X	1-Z	2-X	2-Z
$\varepsilon_{\max}/10^{-6}$	937.37	-389.58	727.74	-774.72

表 4 3~4 测点最大应变值

测点	3-X	3-Z	4-X	4-Z
$\varepsilon_{\max}/10^{-6}$	1871.76	-211.6	2245.52	-114.7

2.3 竖直肋应变分析

如图6,5、6测点是西侧模板竖直方向的边肋,7测点是东侧模板竖直方向的边肋,而8测点布置于东侧模板竖直方向的主肋上。

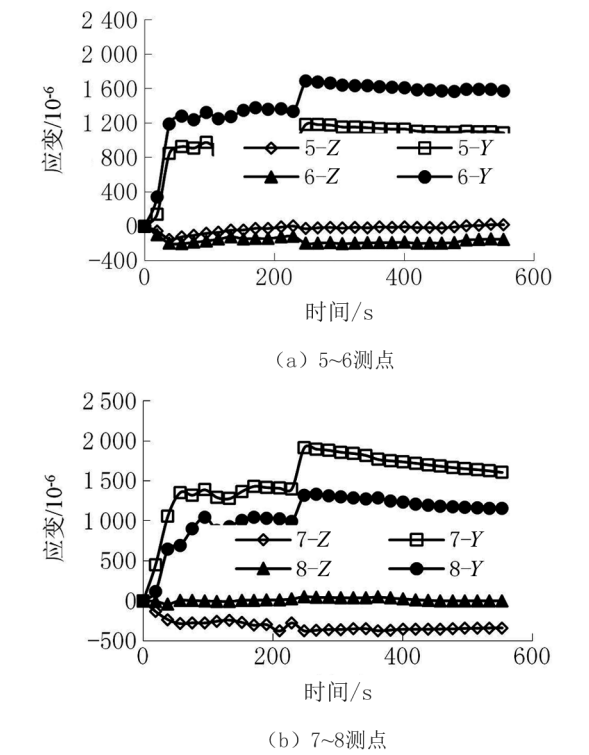


图6 竖直肋上测点的施工进度-应变曲线
Fig.6 Construction process-strain relationship of vertical rib

由图6可看出,Y轴方向的应变都以拉应变为主,而模板肋受到混凝土侧压力作用,应变片Z轴方向应变值大部分是负值。浇筑过程中受插入式振捣的影响,应变有所波动。大约在240s时,第2次人工倾倒浇混凝土,拉压应变增加也相应较大。

表5 5~6测点最大应变值
Tab.5 Maximum strain value of measuring points 5~6

测点	5-Y	5-Z	6-Y	-Z
$\varepsilon_{\max}/10^{-6}$	1 205.33	-180.95	1 735.31	-217.53

表6 7~8测点最大应变值
Tab.6 Maximum strain value of measuring points 7~8

测点	7-Y	7-Z	8-Y	8-Z
$\varepsilon_{\max}/10^{-6}$	1 946.91	-507.25	1 363.53	-94.92

从表6可看出,这4组数据在Y轴方向上的拉应变较大,Z轴方向的应变较小。说明混凝土浇筑过程中,模板在两个方向上都有变形,只是变形较小。从表6可知,在竖直肋上最大应变达到 $1.946\ 91\times 10^{-3}$,与塑料模板极限应变相比还有富余。

2.4 端肋应变分析

如图7,15、16两个位置处Z方向的应变都是正值,XY方向是负值,而位置18处的Z轴和XY两个方向的应变都是负值;不仅与面板和肋没有相似的变化趋势,而且西侧模板端肋16位置与相对应的东侧模板18位置上的应变-施工曲线变化相反。

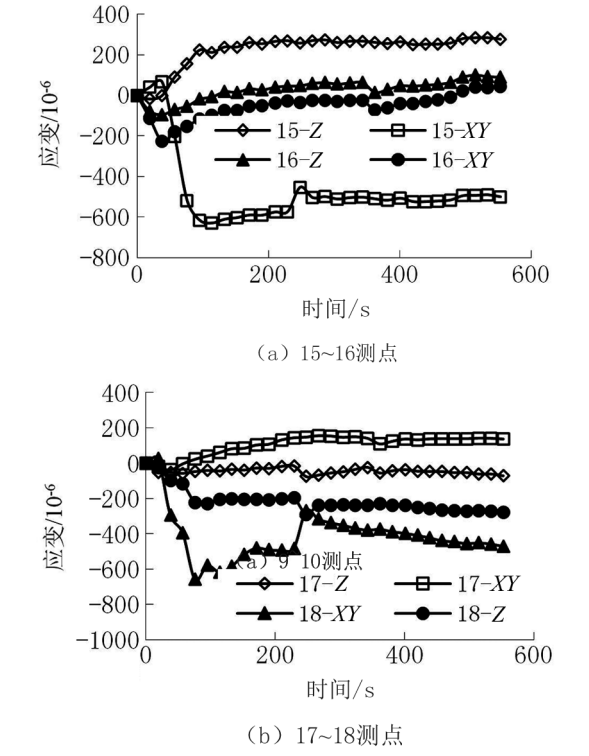


图7 端肋的施工进度-应变曲线
Fig.7 Construction process-strain relationship of end rib

表7 15~16测点最大应变值
Tab.7 Maximum strain value of measuring points 15~16

测点	15-Z	15XY	16-Z	16-XY
$\varepsilon_{\max}/10^{-6}$	295.65	-651.61	112.72	-261.04

表8 17~18测点最大应变值
Tab.8 Maximum strain value of measuring points 17~18

测点	17-Z	17-XY	18-Z	18-XY
$\varepsilon_{\max}/10^{-6}$	-108.77	160.18	-311.47	-767.29

将表 7、8 中的数据与表 1~6 中的数据进行比较,可以看出,端肋上应变-施工过程的曲线相比于水平肋,竖直肋和面板会有不同的变化趋势,当处于 240 s 第 2 次浇筑时,肋和面板的应变都会有所增加,但端肋上某些位置处的应变却减小。受到钢楞约束作用,不论拉应变还是压应变值都比较小,最大应变值是 767.29×10^{-6} 。

2.5 挠度分析

为监测混凝土浇筑过程中模板产生的挠度值,在模板上设置 3 个百分表(量程 30 mm,精度 0.01 mm),位置如图 8。表 1 距地面高度 540 mm,距板的左端是 1 000 mm;表 2 距地面高度 530 mm,距板的左端 860 mm;表 3 距地面高度 430 mm,距板的左端 110 mm。图 9 为施工进程-挠度曲线,由于混凝土倾倒时对模板产生冲击荷载,面板的挠度最大达到 2.82 mm,待到混凝土浇筑完成,百分表 1,百分表 2,百分表 3 所测得的模板挠度值分别是 1.34、2.25、2.27 mm。

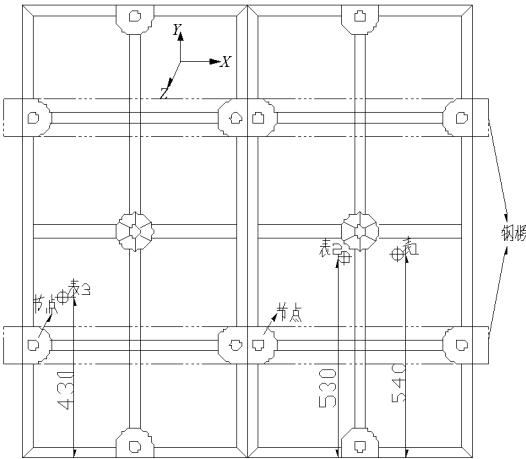


图 8 挠度测试位置图(单位:mm)

Fig.8 Deflection measuring arrangement(unit:mm)

实测模板的计算跨度 600 mm,根据 GB50666-2011《混凝土结构工程施工规范》第 4.3.9 条“对结构表面隐蔽的模板,其挠度限值宜取为模板构件计算跨度的 1/250”要求^[4],允许挠度为 2.4 mm。实测挠度略小于允许挠度,可认为挠度限值符合要求。

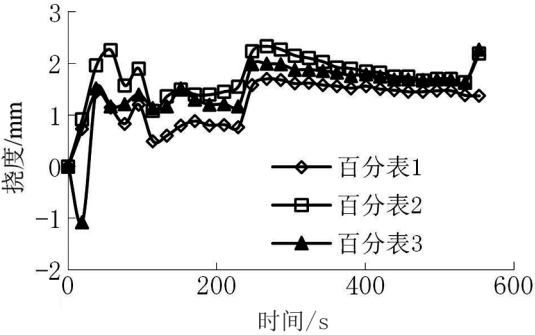


图 9 施工进程-挠度曲线

Fig.9 Construction process-deflection relationship

3 结论

- 1)模板面板主要是以拉应变为主,竖直肋 X 轴方向是拉应变,Z 轴方向是压应变;水平肋 Y 轴方向是拉应变,Z 轴方向是压应变;而模板端肋处受力比较复杂,拉应变与压应变都有。因此,设计中将对整片塑料模板按双向板计算外,尚应对面板、水平肋,竖肋等部位分别进行验算。
- 2)通过对现场剪力墙结构模板监测,分析模板的主肋、边肋、面板及端肋数据可知,混凝土浇筑过程侧压力对模板产生的应变值并没有达到极限应变,墙体模板的各关键部位处于安全范围。从现场实测结果看,相应背楞等支撑体系的布置合理。

参考文献:

[1] 陈述典,马瑞宏.塑料模板的应用[J].建筑管理现代化,2000(1):55-56.
[2] 糜嘉平.我国塑料模板发展概况及存在主要问题[J].建筑技术,2012,43(8):681-684.
[3] 王国权,刘津明.几种适合我国推广使用的专利[J].建筑技术.2004,35(8):578-579.
[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.混凝土结构工程施工规范:GB50666-2011[S].北京:化学工业出版社,2012.

(责任编辑:陈雯)