

应用技术

竹浆纤维水泥板的制备及板材性能分析

龙 玲, 王朝晖, 李光荣, 赵 鹏

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 利用竹浆纤维、水泥和石英砂制备纤维水泥板。探讨湿法与半干法、木浆纤维与竹浆纤维制备纤维水泥板性能的差异。结果表明: 随着纤维含量的增加, 板材的 MOR 增大, 石英砂经蒸养处理可提高板材强度; 当选用 42.5# 水泥, 石英砂加量为 20%, 纤维加量 8% 时, 竹浆纤维水泥板的 MOR 可达 14.6 MPa; 半干法板材的 MOR 低于湿法板。

关键词: 纤维水泥板; 竹浆纤维; 湿法; 半干法; 抗折强度

中图分类号: TS6 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654(2010)05-0039-03

Manufacturing Technology of Bamboo Pulp Fiber Reinforced Cement Panel

LONG Ling, WANG Zhao-hui, LI Guang-rong, ZHAO Peng

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry; Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Reinforced cement panels were made with bamboo pulp fiber, cement, and quartz through wet and semi-dry processes. The effect of bamboo fiber content had on panel performance and the difference between wood pulp fiber and bamboo pulp fiber was investigated. The results showed the panel modulus of rupture (MOR) was improved when the fiber content was increased. The optimized formula for the panels was: cement grade 42.5#, 20% quartz sand, and 8% fiber. This bamboo pulp fiber/cement panel formula resulted in the MOR attaining 14.6 MPa, which met the Grade one specification in JC/T 626-2008. However, the panel made by the semi-dry process had a lower MOR than that made by the wet process.

Key words: fiber reinforced cement based board; bamboo pulp fiber; wet process; semi-dry process; MOR

在水泥板制坯过程中添加植物纤维, 不仅可克服普通水泥制品容易干缩的不足, 还可起到增强的作用。欧美国家多采用纤维长 2.70~3.05 mm, 以松木为主的针叶树材木浆, 经漂白后的纤维与水泥之间有较好的界面粘结; 采用抗碱处理的纤维, 能提高板材的抗碱性。阔叶树材木浆纤维长 0.5~2.5 mm, 增强效果不如针叶树材^[1-2]。20 世纪 80 年代, 中国水泥研究院采用商品纸浆制备纤维水泥板, 成功地取代了石棉纤维水泥板, 并在生产中得到应用。

纤维水泥板有湿法和半干法两种成型方法, 传统

石棉纤维水泥板是采用湿法成型, 半干法成型工艺报道较少, 但该工艺可节省大量用水。近年来, 竹纤维的开发与利用得到快速发展, 但利用竹纤维制备纤维水泥板的研究不多。为此, 本研究利用竹浆纤维、水泥和石英砂, 分别采用湿法与半干法工艺制备纤维水泥板, 并比较 2 种纤维和 2 种工艺制备纤维水泥板的性能差异, 为日后的工业化推广应用提供技术依据。

1 试验材料与设备

1.1 试验材料

硅酸盐水泥, 强度等级 32.5# 与 42.5#; 石英砂, 200~300 目; 竹浆, 四川宜宾造纸厂提供的商品浆, 纤维平均长度 2.04 mm; 木浆, 中国造纸研究院提供

收稿日期: 2009-11-20; 修改日期: 2010-07-13

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD19130703)。

作者简介: 龙玲(1967—), 女, 中国林科院木材工业研究所副研究员。

的商品浆,纤维平均长度 3.63 mm。

1.2 试验设备

主要有压机,干燥箱,蒸养釜,尖刀打浆机等;钢成型框、夹紧框为自制。

1.3 试验方法

1.3.1 纤维制备

竹浆和木浆经尖刀打浆机疏解,浆的质量分数 2.28%,打浆度 20.0°SR,湿浆料经滤水后待用。

1.3.2 试验设计

板材尺寸 320 mm×320 mm×12 mm,密度 1.6 g/cm³。根据以往研究^[3],设定纤维掺率最大为 8%。

① 湿法纤维水泥板 竹浆纤维加入量 4%、6%、8%;石英砂加入量 0、10%、20%,为全因素试验。

② 半干法纤维水泥板 采用木浆纤维、竹浆纤维,纤维加入量均为 8%,水灰比 0.35。

1.3.3 制板工艺

1) 湿法纤维水泥板 先将适量的水与纤维搅拌均匀后,再与水泥(或水泥+石英砂)浆料混合,并搅拌至无结块。将混合浆料倒入成型框中铺平,初步成型后,放入压机中压至预定密度。卸压后将板坯放入夹紧框中夹紧,用塑料膜密封,在 80℃干燥箱中放置 8 h,拆除夹紧框后再置于蒸养釜内,在 160℃条件下蒸养 8 h,经一周自然干燥后测定其物理力学性能。

2) 半干法纤维水泥板 纤维含水率约 250%,与水泥混合后,再加入少量的水搅拌均匀,将浆料铺在成型框内。置于压机中压至预定密度,卸压后放入夹紧框中夹紧,用塑料膜密封,并在塑料膜内加入一定量的水,形成高湿环境。在 80℃下养护 8 h 拆去夹紧框,再经约一周自然养护后测定板材性能。

1.4 性能检测

由于本试验中木、竹纤维加入量不超过 8%,板材抗折强度、吸水率和密度可按 JC/T 626-2008《纤维增强低碱度水泥建筑平板》的方法测定(表 1)。

表 1 纤维增强低碱度水泥建筑平板性能的标准规定值
Tab. 1 Properties of fiber reinforced low alkalinity cement flat sheets for building

项目	掺石棉纤维		
	优等品	一等品	合格品
抗折强度/MPa	≥18	≥13	≥7.0
吸水率/%	≤25	≤28	≤32
密度/(g·cm ⁻³)	<1.8	<1.8	<1.6

按照 JC/T 411-2007《水泥木屑板》检测 24 h 吸水厚度膨胀率,标准规定值为≤1.5%。

2 试验结果与讨论

2.1 湿法制板

每个条件重复 2 次,试验参数及结果的平均值列于表 2;表 3 为试验结果的方差分析。

表 2 湿法竹浆纤维水泥板性能
Tab. 2 The properties of bamboo pulp fiber reinforced cement based panel by wet process

水泥等级	纤维含量/%	石英砂含量/%	抗折强度/MPa	24h 厚度膨胀率/%	吸水率/%
32.5#	4	0	6.53	0.2	11.4
	6	0	8.77	0.2	12.3
	8	0	9.81	0.2	14.1
42.5#	4	0	7.73	0.4	9.0
	6	0	10.83	0.3	9.6
	8	0	12.70	0.3	11.8
32.5#	4	10	7.30	0.2	16.1
	6	10	10.32	0.3	17.7
	8	10	11.90	0.3	19.5
42.5#	4	10	8.98	0.3	12.5
	6	10	11.38	0.2	13.9
	8	10	14.75	0.4	15.5
32.5#	4	20	9.19	0.3	12.4
	6	20	10.32	0.3	13.2
	8	20	12.65	0.2	15.5
42.5#	4	20	10.54	0.4	10.8
	6	20	11.37	0.2	11.8
	8	20	14.61	0.3	13.5

注:板材实际密度为 1.55~1.7 g/cm³。

表 3 方差分析及显著性检验
Tab. 3 Analysis of variance and significance test

性能	因子	自由度	均方	F 值	显著性 (α=0.001)
抗折强度/ MPa	水泥等级	1	14.400	36.71	*
	纤维含量	2	28.499	72.65	*
	石英砂含量	2	6.560	16.72	*
	误差	12	0.392		
24 h 吸水厚度 膨胀率/%	水泥等级	1	0.020	3.86	
	纤维含量	2	0.004	0.75	
	石英砂含量	2	0.005	0.11	不显著
	误差	12	0.005		
吸水率/%	水泥等级	1	31.469	94.85	*
	纤维含量	2	13.415	40.44	*
	石英砂含量	2	31.500	94.95	*
	误差	12	0.332		

方差分析表明,在 α=0.001 水平时,水泥等级、纤维和石英砂含量对板材抗折强度和吸水率的影响均显著;但对板材吸水厚度膨胀率影响不显著。

表 2 可见,水泥等级越高,则水化热越大,板材强度增长相对也略快些。水泥在板材中既作为基体,又起粘合作用,将分散的纤维粘接成整体,并起到了增

强作用,提高了板材的抗压强度与刚度。随着板材中纤维含量的增加,增强作用和抗折强度明显提高,这与文献^[3]的研究结果一致。加入石英砂的板坯经蒸养后,板材的强度有所提高。石英砂是水泥基材的细集料,水泥在水化反应时生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,在接近 160 ℃ 的蒸养过程中,可与石英砂反应,生成水化硅酸钙结晶,这一反应可在 6~8 h 内完成,故可缩短养护时间^[4]。在预试验中也发现,加入石英砂的板坯若不经蒸养处理,板材强度较低。

板材在养护过程中,随着蒸养温度升高,水泥矿物溶解速度加快,硅酸三钙(C_3S)的诱导期缩短, β - C_3S 水化硬化速度加快,在水泥颗粒周围与纤维积聚成膜,促进了水泥和纤维的结合,提高了早期强度。蒸养时的保水直接影响到纤维水泥板的初强度、翘曲度和最终强度^[5]。本试验中,由于采用夹紧框夹紧板,再用塑料膜包住夹紧框坯后进行热养护,强行抑制板材的厚度方向在快速升温时的膨胀变形,隔断了与周围介质之间的水气交换,也减弱了板材水分的过早散发,避免了由于热空气与纤维水泥板表面的直接接触,引起的板面快速脱水所产生的疏松现象^[4]。

纤维含量对吸水率影响显著,并随纤维含量增加而增加^[1,3]。石英砂的加入也影响板材的吸水率,石英砂加入量 10% 时,吸水率提高;但当石英砂含量 20% 时,吸水率反而下降,原因尚待进一步研究。水泥等级 42.5[#] 比 32.5[#] 制备的板材吸水率低。

当选用 42.5[#] 水泥,石英砂含量为 20%,纤维含量 8% 时,纤维水泥板的抗折强度可达 14.61 MPa,高于 JC/T 626-2008 对一等品的要求。

2.2 半干法制板

选用木浆与竹浆纤维,32.5[#] 和 42.5[#] 水泥进行压板试验,每种参数制板 3 块。试验结果见表 4。

表 4 半干法纤维水泥板的性能

Tab. 4 The properties of fiber reinforced cement based panel by semi-dry process

水泥等级	纤维种类	密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	抗折强度/ MPa	24 h 吸水厚度 膨胀率/%	吸水率/ %
32.5 [#]	木浆	1.56	9.68	0.04	20.4
	竹浆	1.59	5.66	0.05	21.2
42.5 [#]	木浆	1.60	13.84	0.04	16.5
	竹浆	1.58	8.76	0.04	17.6

由表 4 可见,采用 32.5[#] 水泥制备的木浆纤维水泥板,抗折强度可达到标准中合格品的要求,若采用 42.5[#] 水泥,则可达一等品要求;对于竹浆纤维,只有

采用 42.5[#] 水泥,板材抗折强度才能达到合格品要求。原因是木浆纤维长为 3.63 mm,而竹浆纤维的长度仅为 2.04 mm。因此,在其他条件相同时,竹浆纤维水泥板材强度比木浆的强度低。此外 2 种纤维的板材吸水率均低于 25%,达到优等品要求;24 h 吸水厚度膨胀率均远低于 1.5% 的标准要求。

半干法制备纤维水泥板,纤维与水泥混合的均匀性和铺装均匀性,对板材强度影响很大。由于本试验采用人工混合搅拌,均匀性较差,铺装均匀性也较湿法成型差,因此,在其他条件相同时,半干法制备的纤维水泥板的强度显然要低于前一种制备工艺。

半干法制备纤维水泥板可以减少水的用量,也节约能源,同时有适宜的生产设备可选用,如纤维制备、搅拌铺装以及养护等设备。但若推广半干法,当前的问题:1) 解决纤维与水泥的搅拌均匀性和铺装均匀性;2) 解决纤维制备方法,如采用冷磨法制备纤维,可减少抽出物的析出,降低对水泥水化的影响。

3 结论

1) 采用湿法和半干法均可制备出合格的竹浆纤维水泥板;木浆性能高于竹浆,纤维含量高,水泥板的抗折强度提高。

2) 在蒸养处理条件下,添加石英砂可减少水泥用量,节约成本,并提高纤维水泥板的强度。

3) 当选用 42.5[#] 水泥,石英砂含量为 20%,纤维含量 8% 时,湿法制备的竹浆纤维水泥板的抗折强度可达 14.61 MPa,高于标准一等品要求。

4) 采用半干法制备,选用 42.5[#] 水泥和木浆纤维,板材的性能较好。

5) 本试验的纤维水泥板密度高于 1.5 g/cm^3 ,属高密度板材,适用于外墙等应用领域。

参考文献:

[1] 沈荣熹. 新型纤维增强水泥基复合材料[M]. 北京:中国建材工业出版社,2004:290-294.
[2] 郭斌. 天然植物纤维增强水泥复合物综述[J]. 江苏建材,2005(3):50-52.
[3] Coutts R S P. Wood fiber reinforced cement composites. In: Swamy R N ed Natural Fiber Reinforced Cement and Concrete. London: Blackie, 1998:1-62.
[4] 李长春. 热养护对植纤维水泥复合板强度的影响[J]. 山东建材学院学报,1994,5(3):21-26.
[5] 李长春,杨清泉. 水对植物纤维水泥复合板生产的影响[J]. 工程塑料应用,1994,22(6):21-22.

(责任编辑 鲍加芬)