

硬质纤维板压制混凝土模板的研究

许若璇 范毡仔 吴纯初

(福建林学院 福建南平 353001)

摘要 探讨用硬质纤维板制造混凝土模板的可行性。用正交试验法研究浸胶时间、浸胶后干燥时间、树脂与水的比率、热压压力、时间和温度对硬质纤维板混凝土模板性能的综合影响,进而进行生产性试验,以验证优化工艺的可靠性。

关键词 硬质纤维板;混凝土模板;物理力学性能

现浇混凝土结构体系迅速发展,但模板的费用和用工量有的竟达现浇混凝土结构费用的50%,成为建筑界的一个重要问题,受到普遍关注。根据材料不同,模板被分为木模板、钢模板以及胶合板模板等。传统的木模板使用次数少,耗材量大;钢模板和胶合板模板费用高,材料资源不足。而硬质纤维板模板重量轻、强重比大、施工方便、施工质量好、原料来源丰富、价格低廉等,是一种具有开发前途的新型混凝土模板。

1 原料和方法

1.1 原料

纤维板 试验1使用普通硬质纤维板,其主要性能 $MOR: 27.1MPa$ 、 $\rho: 1.04g/cm^3$ 、 $MC: 11.4\%$ 、 $IB: 0.22MPa$; 试验2和3使用高性能硬质纤维板^[1]。

胶粘剂 酚醛树脂胶,固体含量为51%。

1.2 工艺流程

备料→浸胶(喷胶或涂胶)→药剂处理→干燥→组坯→胶合→锯边→表面处理→成品

试验分三步进行。试验1为可行性研究,内容是不同材料的配合方式和加工。考

虑到素板的加工条件、木素的融熔温度、酚醛胶的固化温度等,初步选定热压条件为 $P_1: 4.5MPa$ 、 $P_2: 1.5MPa$ 、 $P_3: 0.5MPa$ 、 $P_4: 0.25MPa$ 、 $t_1: 18min$ 、 $t_2: 5min$ 、 t_3 和 t_4 视卸压时的蒸汽量而定。试验2为优化工艺的探讨。参照试验1结果,采用正交法进行。正交试验选取的因子和水平数如表1。考虑干燥时间和浸胶时间、干燥时间和胶液浓度、热压温度和热压时间对模板性能的交互影响,选用 $L_{27}(3^{13})$ 正交表。试验3为验证性试验,采用优化的工艺参数压制板材并在工厂进行生产性试制。

表1 正交试验因子和水平

因 子	水 平		
	1	2	3
干燥时间 A(h)	2	4	6
浸胶时间 B(min)	6	12	18
树脂:水 C	1:3	1:4	1:7
热压压力 D(MPa)	3.7	4.4	5.1
热压时间 E(min)	14	17	20
热压温度 G(℃)	140	160	180

注:热压温度、压力、时间均指塑化段的值。

2 结果和讨论

试验1所制板材的物理力学性能如表2。从表2可知,各种组合压制的板材的物理力学性能都达到模板的要求。

收稿日期 1993-11-03

本研究由福建省教委资助,六洲胶木场张永才先生参加。

表2 试验1板材的性能

上胶方式	上胶量 (g/m ²)	增强材料	HB处理	混凝土模板性能					
				MOR (MPa)	MOE (×10 ³ MPa)	IB (MPa)	WA (%)	TS (%)	ρ (g/cm ³)
涂胶	300	—	双面砂光	39.1	5.5	0.35	8.0	4.5	1.20
涂胶	300	—	未砂光	33.8	4.9	0.28	8.6	5.1	1.17
涂胶	300	夹单板	未砂光	43.8	5.2	0.25	8.7	8.7	1.12
涂胶	300	夹PF浸渍纸	未砂光	50.1	4.3	—	—	—	—
涂胶	300	夹玻璃纤维	未砂光	40.0	6.1	0.21	6.3	7.8	1.18
浸胶	4.8①	浸胶后干燥2h	施石蜡	56.7	7.0	0.28	7.2	5.6	1.20
浸胶	4.2①	浸胶后干燥2h	—	59.2	6.2	0.24	8.0	8.7	1.19
浸胶	3.3①	浸胶后干燥2h	施PF和石蜡	57.2	6.5	0.29	—	6.3	—

注：①为浸胶量（%），浸胶时间分别为18，12，6分钟；TS和WA为浸水一星期后测定值（下同）。

故纤维板制造混凝土模板是可行的。再从建筑业对模板的要求、生产成本、纤维板厂的设备状况，可直接以未砂光的硬质纤维板用酚醛树脂胶浸渍的方式生产。

试验2的结果和方差分析如表3。

MOR与各因子的关系，从表3知，浸胶后的干燥时间和热压温度对MOR的影响显著，热压压力、热压时间和时间与温度的交互作用对MOR影响也较显著。干燥时间在2~4h范围内，随着时间的延长，板材的MOR提高2.4MPa，当时间继续延长时，MOR反而下降了约11.1MPa。这主要是胶液的粘度变化和胶的预固化以及木素的重新分布所致。浸胶后由于干燥时间过程板材内部分水分太大，胶压时部分胶液会挤出，造成部分缺胶；水分太大，降压时板材内的高压水蒸汽也会破坏已胶合的胶结点。但是干燥时间太长，一方面造成胶的预固化，另一方面不利于热压时胶粘剂流展形成连续的胶膜，第三，水分太低不利于木素在高温下熔融后均匀分布。所以MOR值增大到一定值后反而下降。从MOR看，干燥时间以4h为宜。热压温度从140℃上升到160℃时，板材的MOR增加10.1MPa，当温度继续上升到180℃时，MOR反而下降8.5MPa。这既是由于木素在160℃左右时重新熔融分布，又是由于酚醛树脂在此温度下固化最完善。温度太低，树脂固化不完善，温度太高，一方面引起酚醛树脂的老化或脆化，另一方面造

成木材中纤维素、半纤维素和木素的降解、氧化等。这样既破坏纤维板的自身强度，也破坏了胶合层，造成混凝土模板的MOR下降。压力从3.7MPa上升至4.4MPa，板材的MOR从39.5MPa迅速增大到45.6MPa，原因是压力使板材之间紧密接触，尤其是对于未砂光的硬质纤维板，网面粗糙，只有在一定的压力下才有利于界面紧密接触，胶液扩展，形成胶膜层。同时，硬质纤维板内部纤维间的间距缩短，既有助于木素的重新分布，也有助于氢键及其他化学反应的形成。然而，当压力继续上升到5.1MPa，MOR仅上升约1.1MPa。且压力太大，一方面造成纤维板的压缩率增大，出板率减少，又可能使原纤维板内的结合点压溃，降压时也易分层和鼓泡。热压时间是保证固化完全的前提。在保证性能的前提下，为了提高生产率，尽量缩短热压时间，并利用板垛中的余热进一步使胶固化完全。

综合各因子以及其交互作用，各种搭配下最大MOR值如表4。取干燥时间4h、热压压力4.4MPa，热压时间14min，热压温度160℃。

MOE与各因子的关系 胶液的浓度、热压压力和热压温度对MOE的影响很显著，其他因子及交互作用对MOE的影响显著。从表3看出，树脂与水的比率为1:4时MOE最小，比率1:3和1:7两者的MOE相近。这是由于胶液越稀、浸胶时有利于胶粘

表3 正交试验方案、结果和方差分析

表头 设计		MOR (MPa)			MOE (×10 ³ MPa)			IB (MPa)			TS (%)		
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃
	A	415.2	436.8	337.2	47.1	48.0	44.0	2.04	2.68	2.08	75.4	105.8	92.4
	B	432.5	379.0	377.7	48.3	44.7	46.1	2.29	2.15	2.36	88.7	89.8	95.1
	A	362.6	429.1	397.5	43.9	48.1	47.1	2.41	2.33	2.06	82.0	91.6	100.0
	×												
	B	406.7	401.8	380.7	48.6	46.2	44.3	2.19	2.23	2.38	91.7	89.4	92.5
	C	409.0	361.8	418.4	48.0	42.5	48.6	2.30	2.12	2.38	82.6	93.1	97.9
	A	389.8	376.8	422.6	45.6	47.0	46.5	2.37	2.43	2.10	80.3	97.2	96.1
	×												
	C	368.2	419.7	401.3	43.9	46.2	49.0	2.31	2.28	2.21	98.9	95.6	89.1
	D	355.1	410.4	423.7	41.4	45.7	52.0	2.31	2.43	2.06	101.6	61.6	110.4
	e	404.6	384.0	400.6	46.1	46.5	46.5	2.25	2.28	2.27	91.6	93.4	88.6
	E	370.4	385.5	433.3	45.8	47.7	45.6	2.06	2.66	2.08	87.7	85.8	90.1
	G	361.3	452.2	375.7	41.9	49.1	48.1	1.94	2.84	1.99	77.2	82.4	114.0
	E	362.8	370.9	455.5	47.4	42.9	48.8	2.47	1.96	2.37	87.7	104.7	81.8
	×												
	G	381.4	415.0	392.8	46.5	46.0	46.6	2.24	2.30	2.26	91.2	85.8	96.6
方 差 分 析		f	F	*	f	F	*	f	F	*	f	F	*
	A	2	23.0	0.05	2	85.8	0.05	2	649.1	0.01	2	39.5	0.05
	B	2	8.2		2	64.2	0.05	2	57.5	0.05	2	2.0	
	A×B	4	5.4		4	92.1	0.05	4	110.2	0.01	4	7.1	
	C	2	7.7		2	220.3	0.01	2	89.3	0.05	2	10.4	0.1
	A×C	4	5.2		4	68.5	0.05	4	142.3	0.01	4	11.7	0.1
	D	2	11.1	0.1	2	554.0	0.01	2	179.8	0.01	2	115.1	0.01
	E	2	9.03	0.1	2	26.2	0.05	2	586.4	0.01	2	6.2	
	G	2	20.0	0.05	2	296.5	0.01	2	1381.4	0.01	2	67.5	0.05
	E×G	4	12.3	0.1	4	93.6	0.05	4	186.4	0.01	4	13.8	0.1
	e	2	1		2	1		2	1		2	1	
f: 自由度 F: 均方比 *: 显著性													

表4 交互作用项的最大指标值

性能指标	A×B	A×C	E×G
MOR (MPa)			$E_1G_2=53.9$
MOE ($\times 10^3$ MPa)	$A_2B_1=5.5$	$A_2C_1=5.9$	$E_1G_2=5.6$
IB (MPa)	$A_2B_1=0.32$	$A_2C_1=0.31$	$E_2G_2=0.4$

剂的渗透,使得胶粘剂在板内的分布均匀,板材的弹性模量增大,而且水分的增加,也有利木素的熔融分布。比率为1:3时的MOE大于比率为1:4的。主要是浓度高,单位面积上的胶量大,胶合时,本身的强度起作用。若从MOR的影响看,结果相同。压力、温度和干燥时间的作用结果与MOR相近。浸胶时间对MOE的影响与胶液浓度的影响

趋势相近。浸胶时间从6min增加到12min时,MOE下降约 0.4×10^3 MPa。这是由于浸胶时间太长,浸胶时带入的水分增加,降压时造成板材内部结构松散或破坏;另一方面浸胶时间太长,耐水较差的硬质纤维板膨胀,组织疏松,交织破坏,从而原有的木素胶结或氢键胶结破坏,导致总体性能变弱。当浸胶时间增至18min时,MOE反而上升约 0.2×10^3 MPa,这显然是由于时间太长,上胶量大,尽管原有的部分纤维板结构破坏,但浸入的胶粘剂重新将这些纤维胶结起来,所以模板的MOE上升。热压时间从14min增加到17min时,MOE增加约 0.2×10^3 MPa,继续增至20min时,MOE反而下降 0.2×10^3 MPa。

关键是在一定范围内,时间长,胶固化完善,板的弹性模量增大;但时间太长,造成胶粘剂脆化以及水分太低,纤维自身弹性差。

综合各主效应及表 4 中的交互作用,最大MOE下的因子取值宜选干燥时间 4 h、浸液时间6min、胶液浓度1:3、热压压力 4.5MPa、热压时间14min、热压温度 160℃。

IB与各因子的关系,除浸胶后干燥时间和胶液浓度对IB影响显著外,其他各项对IB的影响都很显著。综合考虑要获得最佳的IB值,应取干燥时间4h,浸胶时间 6 min,胶液与水的比1:3,热压压力4.4MPa,热压时间17min,热压温度 160℃。

TS与各因子的关系,从表3看热压压力对模板的厚度膨胀率的影响非常显著,干燥时间和热压温度对厚度膨胀率影响显著。压力从3.7MPa增加至4.4MPa时,吸水厚度膨胀率从11.3%减至6.8%,当压力从4.4MPa继续增至5.1MPa时,吸水厚胀率反而上升到12.3%,这一方面是压力有助于板材结构的建立;另一方面增加了胶粘剂的渗透性,使耐水的酚醛胶隔离了水分与木材中亲水基团的接触,但压力过高可能造成胶合面缺胶,使水分易于渗入,另外板材自身压缩率大,板材的弹性恢复也大。所以吸水厚度膨胀率也增大。其他因子的作用效应与 MOR或MOE的相同。

由此可见,要保证较低的吸水厚度膨胀率,宜取干燥时间2h、热压温度140℃或 160℃,热压压力4.4MPa。从上述试验所得

的MOR、MOE、IB及TS值,进行综合,可得出压制纤维板混凝土模板的最佳因子水平为:浸胶后干燥时间4h、浸胶时间6min,树脂/水1:3、热压压力4.4MPa、热压时间 14min或17min、热压温度 160℃。验证性试验的板材物理力学性能如表5。从表5可知,用最佳工艺压制的混凝土模板的各项物理力学性能均大大超过标准规定的指标值。

为了观察最佳工艺的可靠性,将该工艺用于工厂试制,试制时随气温变化调整浸胶时间。工厂试验的结果与实验室结果近似,该模板已在建筑部门使用得到认可。

3 结论

3.1 硬质纤维板制造混凝土模板具有强重比大,原料来源丰富、价格低廉、施工性能好的特点。

3.2 人造板厂不需添加设备即可生产硬质纤维板混凝土模板。生产时可采用浸胶工艺,也可采用涂胶及部分涂胶或浸胶工艺;可用“热-热”工艺,也可用“热-冷”工艺。

3.3 浸胶时间、浸胶后的干燥时间、胶与水之比、热压压力、热压温度和热压时间与混凝土模板的物理力学性能关系密切。综合模板的总体性能、生产率和生产成本等因素考虑,最佳工艺为:浸胶时间6min、浸胶后干燥时间为4h,树脂/水为1:3、热压压力4.4MPa、热压时间14min (18mm 板厚)、热压温度 160℃。

表5 验证性试验结果

序号	浸胶量 (%)	干燥后含水率 (%)	药液量 (g)	热压前 含水率 (%)	模 板 性 能					
					MOR (MPa)	MOE (×10 ³ MPa)	IB (MPa)	TS (%)	ρ (g/cm ³)	WC (%)
1	1.6	9.4	0	9.4	45.4	5.3	0.70	10.9	1.16	3.4
2	2.0	7.9	30×0%	9.1	50.3	5.9	0.79	8.8	1.17	3.3
3	2.3	7.9	30×3%	9.1	53.5	6.4	0.71	7.3	1.17	3.1
4	2.3	8.3	30×10%	9.6	51.7	6.0	0.66	7.9	1.15	3.0
5	2.1	8.5	30×15%	9.7	50.7	5.4	0.44	8.2	1.14	3.2

注:药液量一栏中前一个数为药液重量(g),后一个数为药液浓度,如30×3%即药液重30g,浓度为3%。

4 参考文献

- 1 中华人民共和国林业部发布.混凝土模板用胶合板专业标准.1988—12—31
- 2 Biblis E J. Engineering properties of commercial hardboard siding. Forest Prod.

J., 1989, 39 (9) : 9~13

- 3 Martensson A et al. Effect of moisture and mechanical loading on wooden materials. Wood Science and Technology, 1990, 24 (3) : 247~261

Study on concrete-form board made from hardboards

Xu Ruoxuan Fan Mizi Wu Chunchu

(Fujian Forestry College, Nanping 353001)

Abstract The feasibility of using hardboards for making concrete-form board was investigated. The combined effect of drying time after resin soaking, soaking time, ratio of resin to water, and hot-pressing pressure, time and temperature on the properties of the concrete-form board was also studied with the orthogonal experiment. The concrete-form board was finally produced in one factory, based on the result.

Keywords Hardboard, Concrete-form board, Physical and mechanical property

欢迎订阅1995年

《中国林业企业》

《中国林业企业》是林业部产业司主办,由中国林业经济学会林业企业管理研究会、东北林业大学经济管理学院承办的全国性林业企业管理方面的杂志。主要面向全国的林业企业、国营林场的各级管理干部、林业企业管理的研究人员及林业院校师生。辟有林企向导、决策借鉴、定期讲座等20余个栏目,旨在全面提高林业干部、职工队伍的素质,促进我国林业建设的发展。

《中国林业企业》为季刊,每期定价2.45元。刊号CN23—1352/F。可在全国各地邮局办理订阅手续,邮发代号14-249。也可直接向杂志社订阅(详见每期的征稿征订启事)。

地址: 哈尔滨市和兴路26号《中国林业企业》杂志社

邮编: 150040

电话: (0451) —2113560转2112

欢迎订阅1995年《林产工业》

《林产工业》是专业技术性刊物,为本行业的生产、科研、设计、管理和教学服务。主要介绍制材、木材干燥、胶合板、纤维板、碎料板、大片碎料板(又名华夫板)、单板贴面的碎料(纤维)复合板、水泥碎料(纤维)板、各类人造板饰面、胶料、家具制造、木材制浆和造纸、三废治理和林产化学等方面的新技术、新设备和新工艺及先进生产经验;综合论述国内外林产工业的现状、水平及其发展趋势;适当介绍发展我国林产工业的方针、政策和林产工业企业经营管理的先进经验;辟有综述、分析与研究、生产与应用、专利信息、国外技术、国外期刊题录选辑等专栏。

双月刊,单月中旬出版,16开48页,定价3.50元,全年21元。由林业部林产工业规划设计院、中国林产工业协会编辑出版,国内外公开发行,邮发代号:2—141,欢迎到当地邮局(所)或本刊编辑部订阅。本刊承接国内外广告业务,欢迎来人来函联系。

地址: 北京朝内大街130号;

邮政编码: 100010

银行帐号: 林业部林产工业规划设计院

197-8013-00004-85 北京农行东城支行营业室