



# The Engineering Properties of Wood-Wool Cement Walls

Huang Chung-Ho

Department of Civil Engineering, National Taipei University of Technology, Taipei City, Taiwan

**Email address:**

[cdewsx.hch@gmail.com](mailto:cdewsx.hch@gmail.com)

**To cite this article:**

Huang Chung-Ho. The Engineering Properties of Wood-Wool Cement Walls. *Science Discovery*. Vol. 4, No. 5, 2016, pp. 330-335.

doi: 10.11648/j.sd.20160405.23

**Received:** October 7, 2016; **Accepted:** October 15, 2016; **Published:** November 5, 2016

**Abstract:** Taiwan is situated in the seismic belt and belongs to the subtropical climate. The abilities of heat insulation and seismic resistant of buildings in Taiwan were become more and more important. Fundamentally, it should develop a new materials suitable for use in hot and humid environment. This research aims to study the engineering properties of the wood-wool cement and compare with those of traditional building materials. The test results show that the unit weight of wood-wool cement boards is about  $615 \text{ kg/m}^3$ . The wood-wool cement boards collocate with the light-weight rigid frame and paste those construct the wood-wool cement light wall, its unit weight will increase to about  $1580 \text{ kg/m}^3$ ; Compare with the unit weight  $2300 \text{ kg/m}^3$  concrete, the unit weight of wood-wool cement boards and light wall will decrease 73% and 31%, respectively. The wood-wool cement light wall is not only beneficial to convenience of construction but also increase the load-bearing capacity of buildings, future more, it is contribute to reduce the seismic force. The thermal conductivity of wood-wool cement boards and the wood-wool cement light wall are about  $0.09 \text{ kcal/m-hr-}^\circ\text{C}$  and  $0.58 \text{ kcal/m-hr-}^\circ\text{C}$ , which compare with the test result,  $1.25 \text{ kcal/m-hr-}^\circ\text{C}$  of concrete with compressive strength  $210 \text{ kg/cm}^2$  are obviously decrease. As bending strength and wind pressure test that we know, the wood-wool cement light wall is worse than reinforced concrete. But the mechanics of the wood-wool cement light wall corresponds to the wallboard strength requirement of Taiwan Building Code. From the economic analysis, the wood-wool cement boards possess higher economic benefits due to better energy efficiency. As we know from the above, it can be expected soon to use the wood-wool cement light wall in buildings.

**Keywords:** Wood-Wool Cement Boards, Thermal Conductivity, Wind Pressure Test

---

## 木丝水泥板轻量墙之工程性质

黄中和

土木工程学系，国立台北科技大学，台北市，台湾

**邮箱**

[cdewsx.hch@gmail.com](mailto:cdewsx.hch@gmail.com)

**摘要:** 建筑物难以避免地将采用保温取凉及耐震性能较佳的材料，为符合这个趋势，根本上应从建筑材料上作相当的改革。本研究结合轻量木丝与具强度水泥两种材料特色，进行木丝水泥墙板的工程性质试验，并将试验结果与被取代之传统建材相比较，从而探求此新材料于房屋建筑的适用性。试验结果显示，木丝水泥板之单位重约为 $615 \text{ kg/m}^3$ 左右，若搭配轻钢架及1公分厚之水泥浆修饰层建构而成之木丝水泥墙版，其单位重提高至 $1580 \text{ kg/m}^3$ 左右，相较于一般混凝土的 $2300 \text{ kg/m}^3$ 单位重，分别降低了有73%及31%，不但有利于施工的便利及建筑物承载容量的增加，对于地震力减低也将有帮助。木丝水泥板及木丝水泥墙版之热传导系数实测值约为 $0.09 \text{ kcal/m-hr-}^\circ\text{C}$ 及 $0.58 \text{ kcal/m-hr-}^\circ\text{C}$ ，相较于抗压强度 $210 \text{ kg/cm}^2$ 混凝土之试验值 $1.25 \text{ kcal/m-hr-}^\circ\text{C}$ 也有明显的降低。在力学性质方面，由抗弯强度及风压试验可知，木丝水泥墙版的力学性质虽然较劣于钢筋混凝土，但其性能已可符合建筑技术规则的墙版强度要求。



表3 木丝水泥板强度性质试验结果。

试体 编号	抗压 强度 (kg/cm²)	抗弯强度与挠度									
		厚度(mm)	抗弯破坏载重(kgf)		挠度(mm)		厚度 (mm)	抗弯破坏载重(kgf)		挠度(mm)	
			试验值	规范值	试验值	规范值		试验值	规范值	试验值	规范值
1	27.4	25	104.0	80	5.80	8	50	475.3	250	2.90	5
2	25.5		99.9		6.22			495.5		2.77	
3	27.0		96.4		6.43			486.4		2.76	
平均	26.6	平均	100.1		6.15		平均	485.7		2.81	

### 3.1. 物理性质试验

本试验共采用三片厚度45 mm木丝水泥板进行单位面积质量与容积比重试验，试验结果如表1所示，测得之单位面积质量分别为25.1、26.9及28.5 kg/m<sup>2</sup>，而对应之容积比重则为0.56、0.60、0.63，试验之平均值分别为26.8 kg/m<sup>2</sup>与0.60，变异系数也仅有6%，均符合CNS 9456规范中，厚45mm木丝水泥板单位面积质量大于20.0 kg/m<sup>2</sup>与容积比重大于0.50的规定，显示木丝水泥板材料质量稳定且有良好的水泥与木丝混合比例。试体尺寸为25×5×4公分木丝水泥板测得之长度变化量介于0.031%~0.043%，平均值为0.0367%，相较于普通混凝土干燥收缩量0.04~0.1% [10~12] (400~1000×10<sup>-6</sup>)，木丝水泥板的长度变化相若于混凝土的变化量，显示木丝水泥板拥有良好的体积稳定性。

热传导系数试验是依照CNS 7332 之规范来量测，将欲量之试片，使其达到绝干状态，放入热传导仪温箱中进行热传导系数量测，测得三片厚度45 mm木丝水泥板之热传导系数分别为0.0836、0.0866及0.0900 kcal/m.hr.℃，试验之平均值分别为0.0868 kcal/m.hr.℃。量测试体的厚度，并将试体之厚度除以热传导系数可得该材料之热阻值，其计算值介于0.466~0.514 m<sup>2</sup>.hr.℃/kcal之间，平均值约为0.49 m<sup>2</sup>.hr.℃/kcal，均符合CNS 9456规范中，厚45 mm木丝水泥板热阻值须大于0.43 m<sup>2</sup>.hr.℃/kcal的规定；相较于一般混凝土材料之热传导系数界于1.0~1.5 kcal/m.hr.℃ [13, 14]，显示木丝水泥板拥有良好的节能隔热功效。

### 3.2. 耐候性质试验

为了模拟木丝水泥板在干燥与潮湿气候中的质量变化，本文拟进行吸脱湿性能试验，乃将木丝水泥板与针叶数原木置于相对湿度变化于75%~90%，温度为30℃之环境中，观察不同时间的质量变化情形，所得之结果如表2所示。试验结果显示，相对湿度由75%提高为90%（湿度由干燥转为潮湿的环境下）时，木丝水泥板在6、12、18、24小时时平均增加的质量分别为1.3%、1.9%、2.1%及2.4%，而针叶树原木平均增加量则为1.5%、2.5%、2.9%与3.3%，当相对湿度由90%降低为75%（湿度由潮湿转为干燥的环境下）时，木丝水泥板随时间延长其质量减少量在0.8%~1.1%之间，而针叶树原木的质量减少量在1.6%~1.9%间变化，由此试验可知，受潮湿度变化的气候环境中，木丝水泥板其质量稳定度均较针叶树原木来的佳，显示木丝水泥板已提升了针叶树原木的耐候性能。

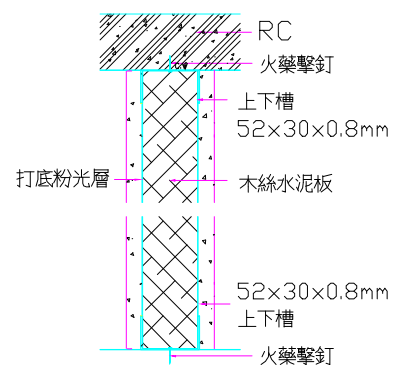
### 3.3. 力学性质试验

表3为木丝水泥板强度试验结果，由抗压试验可知木丝水泥板之平均抗压强度约为33 kg/cm<sup>2</sup>，已可符合非承重隔间构件之基本强度要求，但其抗压强度明显低于混凝土强度，因此并不建议该材料使用于主要受力的结构构件之中。在抗弯强度测试方面，共采用厚度25 mm与50 mm木丝水泥板各三片试样进行抗弯试验，测得之平均抗弯破坏载重分别为100.1 kgf及485.7 kgf，木丝水泥板破坏载重时中央挠曲值则分别为6.15 mm及2.81 mm，不论载重或挠曲值均远高于CNS 9456规范的要求，显示试验木丝水泥板有一定的抗弯强度与抗变形能力。

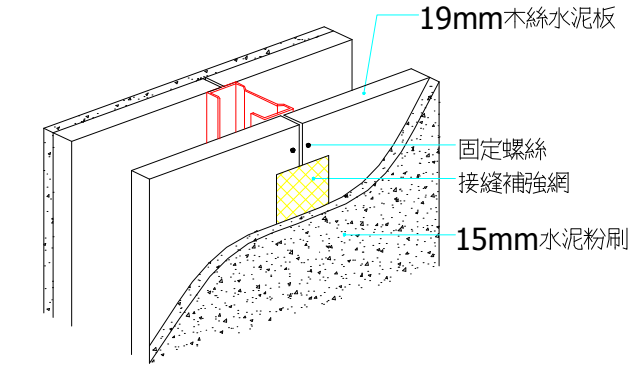
## 4. 木丝水泥轻质墙版工程性质试验结果与分析

### 4.1. 木丝水泥板轻质墙工法

木丝水泥板轻质墙主要系镀锌槽铁架、木丝水泥板及粉刷砂浆等材料的组合，其组装的方式不同将导致轻质墙工程性质的差异。本研究采用两种不同的工法进行木丝水泥板轻质墙的组装，工法一乃将一片厚度为50 mm之木丝水泥板直接以螺丝锁入直立的镀锌槽铁架中，为了增强粉刷层水泥浆与木丝水泥板的握裹能力，于木丝水泥板安置一片薄金属网，最后于墙版两面施以厚度15 mm之水泥浆，即组装完成厚约90~100 mm的木丝水泥板TYPE S轻质墙版，墙版之结构剖面图1(a)所示。而工法二大致上相似于工法一，主要的差别在于工法二是采用两块19 mm厚的木丝水泥板，配合铁架，于两木丝水泥板之间保留有20~30 mm左右的空隙，加上两面15 mm的粉刷层，该工法组成的木丝水泥板TYPE D轻质墙版厚度大约保持在100 mm左右，此工法完成之示意图如图1(b)所示。



(a) 木丝水泥板TYPE S轻质墙版



(b) 木丝水泥板TYPE D轻质墙版

图1 木丝水泥板轻质墙版剖面图。

4. 2. 木丝水泥板轻质墙物理性质

木丝水泥板轻质墙版基本物理性质试验包含单位重与热传导系数试验，试验结果陈列于表4之中。于单位重试验中，木丝水泥板TYPE S与TYPE D轻质墙版之单位重分别为1455 kg/m<sup>3</sup>及980 kg/m<sup>3</sup>，木丝水泥板轻质墙单位重仅占一般RC墙单位重（2300 kg/m<sup>3</sup>）的43%~63%，成功地达到使用木丝水泥板来降低墙体单位重的目的。在节能隔热性能评估方面，木丝水泥板TYPE S与TYPE D轻质墙版之平均热传导系数分别为0.558 kcal/m. hr. °C及0.205 kcal/m. hr. °C，经计算可得其热阻值分别为0.183 m<sup>2</sup>. hr. °C / kcal与0.502 m<sup>2</sup>. hr. °C / kcal。将木丝水泥板轻质墙之热传导系数与普通混凝土（热传导系数约介于1.0 kcal/m. hr. °C~1.5 kcal/m. hr. °C间）相比较，木丝水泥板轻质墙热传导系数已可降低约60~85%，显示其节能隔热性能要优于混凝土墙。

表4 木丝水泥板轻质墙版物理性质试验结果。

试体编号	长度(mm)	宽度(mm)	厚度(mm)	密度(kg/m <sup>3</sup> )	热传导系数(kcal/m. hr. °C)	热阻(m <sup>2</sup> . hr. °C/kcal)
TYPE S1	200	200	103	1473	0.538	0.189
TYPE S2	200	200	103	1452	0.587	0.174
TYPE S3	200	200	103	1440	0.549	0.186
平均	200	200	103	1455	0.558	0.183
TYPE D1	200	200	103	984	0.195	0.528
TYPE D2	200	200	103	971	0.201	0.513
TYPE D3	200	200	102	985	0.218	0.467
平均	200	200	103	980	0.205	0.502

比较两不同工法组装的木丝水泥板轻质墙物理性质，可发现TYPE D之单位重约为TYPE S者67%，而热传导系数更仅占TYPE S的37%，主要原因乃为TYPE D墙版之中保留了2~3公分之空隙，使得其物理性质相较于TYPE S有明显的提升。

速率为2×10<sup>-2</sup> mm/sec，记录破坏之加载荷重与中央挠度，并依规范计算相当单位面积之弯矩破坏载重（P<sub>m</sub>），其计算方式为P<sub>m</sub>=最大载重/（跨度×试体宽度）。

表5 木丝水泥板轻质墙版抗弯强度试验结果。

试体编号	试体尺寸(cm)	破坏载重(kgf)	中央挠度(mm)	P <sub>m</sub> (kgf/m <sup>2</sup> )
TYPE S	217*100*10	672	40.16	336
TYPE D	230*100*10	792	68.93	396

依上述试验方法与计算可得表5试验结果。由木丝水泥板轻质墙版之弯矩试验可得其弯矩破坏载重，TYPE S木丝水泥板轻质墙版抗弯破坏载重为672 kgf，TYPE D则为792 kgf，计算其相当单位面积之弯矩破坏载重（P<sub>m</sub>）分别为336 kgf/m<sup>2</sup>及396 kgf/m<sup>2</sup>，而中央挠曲变形可高达约4.0 cm~6.8 cm。试验结果显示，其抗弯强度高于砖墙，可适用于非承重墙之强度要求，且木丝水泥板轻质墙版拥有较高可变形能力，换言之其延展性能亦比普通砖墙来的佳，其主要原因是木丝水泥板轻质墙中的轻钢架（骨架）改善了木丝水泥板挠曲行为，使得其整体的墙版有较高的强度与较佳的延展性。另外，比较两不同类型的木丝水泥板轻质墙抗压强度可知，虽然TYPE D墙版拥有较多空隙而使其单位重降低，但由于TYPE D墙版钢架排列于跨度垂直方向，与TYPE S的水平方向有所不同，导致TYPE D抗弯强度优于TYPE S之木丝水泥板轻质墙版。

B. 风压试验

4. 3. 木丝水泥板轻质墙力学性质

A. 抗弯试验

木丝水泥板轻质墙版抗弯试验装置如图2所示，使用2线载重装置，加载跨度固定为200 cm，并于跨度中央放置一位移计（精度0.02 mm）量测中央变形量，依照CNS 8081建筑用组件性能检验法6.9节之规定进行试验，加载平均

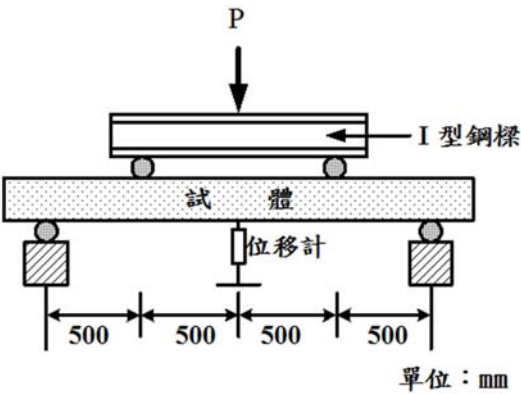


图2 木丝水泥板轻质墙抗弯强度示意图。

本试验主要考虑因风力产生之均布荷重（风压力）对木丝水泥板轻质墙版的影响，风压力大小的选定则依照建筑技术规则第三十三条规则，选定条件为全台湾岛内最大风力等级（200级），建筑物高度限定为150公尺以下，其规定之风压力为300 kgf/m<sup>2</sup>。为模拟风压产生之均布荷重，拟以水压替代相同大小之风压。将试体置于跨度为200 cm的支承上，加载面积为90\*200 cm，将水压缓缓加载于墙版之上，压应力每增加50 kgf/m<sup>2</sup>（水深增加约5 cm），记录墙版中央挠度与观察墙版是否有裂缝或破坏产生，一

直到压应力达300 kgf/m<sup>2</sup>（水深达30 cm），停止加压并维持水压30分钟，随之进行卸除。

表6为木丝水泥板轻质墙版风压试验结果，试验结果显示，不论TYPE S或TYPE D墙版在压应力达300 kgf/m<sup>2</sup>，并维持30分钟，墙版均无裂缝或破坏产生，且卸除后墙版的挠曲变形恢复原加载前之变形，说明水压力仍在弹性范围内。综合上述分析讨论，木丝水泥板轻质墙版之风压力可符合建筑技术规则第三十三条，建筑物高度限定为150公尺以下，200级风压力的规定。

表6 木丝水泥板轻质墙版风压试验结果。

载重阶段	水深 (cm)	水压 (kgf/m <sup>2</sup> )	TYPE S		TYPE D	
			中央挠度	试体状况	中央挠度	试体状况
加载	0	0	0.00	墙版无裂缝或破坏产生。	0.00	墙版无裂缝或破坏产生。
	5	50	0.30		0.08	
	10	100	0.50		0.16	
	15	150	0.66		0.27	
	20	200	0.89		0.36	
	25	250	1.11		0.44	
	30	300	1.29		0.52	
	33	330	1.42		0.56	
	30	300	1.28		0.49	
	25	250	1.10		0.41	
卸除	20	200	0.87		0.32	
	15	150	0.63		0.24	
	10	100	0.48		0.12	
	5	50	0.28		0.06	
	0	0	0.00		0.00	

## 5. 结论

本研究已完成「木丝水泥板」与「木丝水泥板轻质墙版」之工程性质试验，依照试验结果与分析提出下列综合的结论与建议。

- (1) 木丝水泥板之单位面积质量为26.8 kg/m<sup>2</sup>，所对应之容积比重为0.63，热阻值为0.492 m<sup>2</sup>.hr.°C/kcal，25 mm与50 mm厚之木丝水泥板其抗弯破坏载重分别为100 kgf及485 kgf，上述木丝水泥板质量测试皆符合规范的质量要求。
- (2) 于30℃恒温下，相对湿度由75~90%变化条件下，木丝水泥板吸水后的平均长度变化为0.0367%，而质量变化量也仅有1.0%~2.4%变化，显示其拥有良好的体积稳定性与耐候性，应可将木丝水泥板材直接应用于游泳池、三温暖、储藏室、地下室潮湿空间及小木屋等建筑外墙或内隔间构件。
- (3) 木丝水泥板轻质墙版之工程性质受其工法不同而有所影响，在物理性质方面，工法一（TYPE S）与工法二（TYPE D）墙版之单位重分别为1455 kg/m<sup>3</sup>及980 kg/m<sup>3</sup>，热阻分别为0.183 m<sup>2</sup>.hr.°C/kcal与0.502 m<sup>2</sup>.hr.°C/kcal，主要是因为TYPE D墙版之中保留了2~3公分之空隙，使得其物理性质相较于TYPE S有明显的提升。
- (4) 由木丝水泥板轻质墙版之弯矩试验可得其弯矩破坏载重，TYPE S木丝水泥板轻质墙版抗弯破坏载重为672 kgf，TYPE D则为792 kgf。虽然TYPE D直到压应力达300 kgf/m<sup>2</sup>（水深达30 cm），停止加压并维持水压30分钟，随之进行卸除。
- (5) 木丝水泥板轻质墙版相较于混凝土墙之单位重（约2300 kg/m<sup>3</sup>）可降低37~57%，而一般之混凝土热传导系数约为1.0~1.5 kcal/m.hr.°C，在隔热能力方面也可降低约65~85%。由此可知，若以木丝水泥板轻质墙版取代混凝土墙，不但可降低建筑物的静载重而提高建筑物的耐震性能，也可有效阻隔热能之传递，使建筑物能源消耗大幅降低，提升建筑物节约能源的功效。
- (6) 由抗压试验可知木丝水泥板之抗压强度明显低于混凝土强度，因此并不建议该材料使用于主要受力的结构构件之中。

## 参考文献

- [1] 台湾内政部建筑研究所「建筑物耗能总量调查之研究」2001年版P. 11-16
- [2] 台湾内政部建筑研究所「绿建筑解说与评估手册」2001年版P. 3-31



- [3] Lam, J. C. and Hui, S. C. M., "A review of building energy standards and implications for Hong Kong", Building Research and Information, 24 (3): 131-140, 1996.
- [4] The BOCA National Energy Conservation Code/ 1993, Seventh Edition, Building Officials & Code Administrators International, Inc., 1993.
- [5] 张世典、陈锦赐、蔡必超、余凌昌、林伟志, 「建筑节能能源综合指标之探讨」, 中华民国建筑学会第十三届建筑研究成果发表会论文集, 第663-668页 (2001)。
- [6] 颜聪, 「房屋建材之隔热性工学」, 兴大土木第十期, 第6-11页 (1983)。
- [7] 台湾内政部营建署「营建知讯」月刊2001年11月号「建筑物用电量状况调查」, 第23-27页
- [8] 台湾电力公司工程月刊648期「台湾电力需求与供给」, 第73页。
- [9] 台湾电力公司工程月刊653期「电力尖峰负载及平均负载成长比较」, 第87页。
- [10] Lee, E., Park, S., Kim, Y., Drying shrinkage cracking of concrete using dune sand and crushed sand, Construction and Building Materials, Vol. 126, pp. 517-526. (2016)
- [11] Parsekian, G.A., Barbosa, K. C., Camacho, J.S., Felipe, A.S, Experimental shrinkage testing on concrete masonry units and walls with different curing conditions, Masonry International 28 (3), pp. 71-80. (2016)
- [12] Zhang, T., Liang, X.a, Li, C., Lorin, M., Li, Y., Vandeperre, L.J., Cheeseman, C.R., Control of drying shrinkage in magnesium silicate hydrate (m-s-h) gel mortars Cement and Concrete Research, Vol. 88, pp. 36-42. (2016)
- [13] Li, S., Jones, B., Thorpe, R., Davis, M., An investigation into the thermal conductivity of hydrating sprayed concrete, Construction and Building Materials, 124, pp. 363-372. (2016)
- [14] Real, S., Bogas, J. A., Da Glória Gomes, M., Ferrer, B., Thermal conductivity of structural lightweight aggregate concrete, Magazine of Concrete Research, 68 (15), pp. 798-808. (2016)