

防水透气膜酚醛发泡复合板的试验

张巨松¹,王利¹,李蒙²,王春²

(1. 沈阳建筑大学材料科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 营口象圆新材料工程技术有限公司, 辽宁 营口 115005)

摘要 目的 探讨用防水透气膜取代界面剂的封酸效果. 分析防水透气膜与酚醛发泡板及砂浆之间结合的力学性能. 方法 酸度计测量酚醛裸板、涂专用界面剂的酚醛发泡板和包裹 0.3 mm、0.35 mm、0.49 mm 防水透气膜酚醛发泡板在 8 h 和 7 d 的 pH 值. 用热压法、单一胶粘法、复合胶粘法、界面剂粘结法对防水透气膜和酚醛发泡板进行粘结, 防水透气膜酚醛复合板与砂浆通过界面剂进行粘结, 测试抗拉强度. 结果 包裹防水透气膜的酚醛试样 pH 值始终为中性, 0.49 mm 封酸效果较好. 热压法粘结防水透气和酚醛发泡板的抗拉强度最高为 106.91 kPa. 防水透气膜和砂浆之间用专用界面剂粘结, 测得抗拉强度最高为 276.26 kPa. 结论 0.49 mm 比 0.3 mm 防水透气膜成本较高, 故采用 0.3 mm 防水透气膜. 热压法粘结防水透气膜与酚醛发泡板性价比比较高. 防水透气膜酚醛复合板与砂浆用界面剂粘结的抗拉强度很高, 外购 2 和专用界面剂粘结效果最为明显.

关键词 界面剂; 防水透气膜; 封酸; 力学性能

中图分类号 TU501+.6; TQ320.77 文献标志码 A

Experimental Study on Phenolic Foam Composite Panel with Waterproof and Breathable Membrane

ZHANG Jusong¹, WANG Li¹, LI Meng², WANG Chun²

(1. School of Material Science and Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168; 2. Yingkou Sounirun New Material Engineering Technology Co. Ltd., Yingkou, China, 115005)

Abstract: The sealing acid effect of replacing interfacial agent with waterproof permeable film was compared and discussed by analyzing the mechanical properties of the combination between waterproof permeable film and phenolic foam board and mortar. The pH values of phenolic foam boards coated with special interfacial agent, phenolic foam boards coated with 0.3 mm, 0.35 mm and 0.49 mm waterproof permeable film were measured by acidity meter at 8 h and 7 d. The waterproof permeable film and phenolic foam board were bonded by hot pressing method, single adhesive method, composite adhesive method and interfacial agent bonding method. The phenolic com-

收稿日期: 2018-10-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(50274025); 辽宁省教育厅科技攻关项目(11211004)

作者简介: 张巨松(1962—), 男, 教授, 博士, 主要从事水泥混凝土耐久性方面研究.

posite board with waterproof permeable film were bonded mortar by interfacial agent to test the tensile strength. The pH value of phenolic sample coated with waterproof permeable film is always neutral, and 0.49 mm seals acid well. The highest tensile strength of phenolic foamed sheets bonded waterproof breathable film by hot pressing method is 106.91 kPa. The highest tensile strength was 276.26 kPa when the special interfacial agent was used to bond the waterproof permeable film to the mortar. The cost of 0.49 mm waterproof permeable film is higher than that of 0.3 mm waterproof permeable film, so 0.3 mm waterproof permeable film is adopted. The performance-price ratio of hot-pressing method is highest among the above four methods. The bonding strength between waterproof and permeable film phenolic composite board and mortar bonded by interfacial agent is very high, and the bonding effect of purchased 2 and special interfacial agent is the most obvious.

Key words: interfacial agent; waterproof breathable membrane; sealing acid; mechanical property

酚醛泡沫具有优异的防火、保温、阻音、质轻等性能,其导热系数很低,酚醛泡沫解决了建筑在节能、防火和装饰方面的难题^[1-2]. 酚醛泡沫在日本旭化成建材公司推出的新曙光 PF 产品,广泛应用于外墙、屋面、天花板、地板和隔墙等,并制定了配套的工程系统安装施工技术规范^[3-8]. 美国开发出高耐潮湿的酚醛泡沫. 欧洲研发出导热系数非常低的阻燃酚醛泡沫^[9-13]. 但酚醛泡沫酸性问题限制了其广泛的使用和推广^[14-16]. 金文^[17]等通过降低酸用量的方法改进树脂合成工艺,使其可以在高温下发泡,研制出低酸性酚醛泡沫. 传统的粘层通过界面剂进行粘结. 但是酚醛板在工程应用中仍存在脱落问题,因此笔者采用一种新的方法,将防水透气膜取代界面剂用于外墙中,探讨防水透气膜和界面剂的封酸效果,同时采用多种方法对防水透气膜与酚醛板和砂浆进行复合,研究防水透气膜与酚醛板和砂浆复合后的力学性能.

1 试验

1.1 原材料

防水透气膜来自美德宝防水透气膜,长宽高为 100 mm × 100 mm × 50 mm,防水透气膜厚度分别为 0.3 mm、0.35 mm、0.49 mm,质量分别为 1.01 g、1.01 g、1.02 g. 环氧胶、聚氨酯胶、橡胶,上海寿兴实业有限公司生产. 专用、外购 1、外购 2 界面剂,营口象

圆新材料工程有限公司生产. 外墙专用砂浆来自吉林中德新亚建材. 水采用蒸馏水.

1.2 试验方法

1.2.1 防水透气膜的封酸效果

(1) 取 3 块 100 mm × 100 mm × 50 mm 大小的酚醛试样,第 1 块为酚醛裸板. 称取 6 g 专用界面剂均匀地涂抹在第 2 块酚醛试样的 6 个面上. 取厚度 0.3 mm,长宽为 100 mm × 100 mm 防水透气膜两张和厚度 0.3 mm,长宽为 100 mm × 50 mm 防水透气膜 4 张,分别将防水透气膜粘在第 3 块酚醛试样的 6 个面边缘宽 1 cm 处. 取 3 个容器里面装入 1 L 蒸馏水,将 3 块酚醛试样分别放入 3 个容器中,并用玻璃器皿压住酚醛试样使其完全浸入蒸馏水中做好标记. 分别测出 8 h 以及 7 d 的 pH 值.

(2) 同样取 3 块长宽高为 100 mm × 100 mm × 50 mm 厚的酚醛试样,取厚度分别为 0.3 mm、0.35 mm、0.49 mm 的 3 种防水透气膜,重复进行粘结试验.

1.2.2 防水透气膜与酚醛板粘结方法

(1) 热压法:取厚度分别为 0.3 mm、0.35 mm、0.49 mm 的 3 种相同类型的防水透气膜,将 3 种不同的防水透气膜分别放在酚醛发泡的上下面,待生产进行时防水透气膜通过热压的方式直接粘结在酚醛板上,待熟化后切成若干长宽高为 100 mm × 100 mm × 50 mm 的酚醛试样.

(2) 胶粘法: ①单一胶粘法, 取若干酚醛试样长宽高为 100 mm × 100 mm × 50 mm, 和不同厚度的防水透气膜, 分别用环氧胶、聚氨酯胶、橡胶 3 种不同的胶对 0.3 mm 防水透气膜与酚醛板上下面之间进行粘结, 粘结面积分别为 50%、60%、70%、80%。0.35 mm、0.49 mm 防水透气膜的粘胶种类和粘结面积同样为 50%、60%、70%、80%。原材料种类如表 1 所示。②复合胶粘法, 取若干酚醛试样长宽高为 100 mm × 100 mm × 50 mm, 以及 0.3 mm 的防水透气膜, 按照质量比 1:1 分别将环氧胶和聚氨酯胶、环氧胶和橡胶、聚氨酯胶和橡胶复合, 对 0.3 mm 防水透气膜与酚醛板上下面之间进行粘结, 粘结面积分别为 80%。

表 1 原料种类

Table 1 Raw materials

防水透气膜厚度/mm	胶种类	粘结面积/%
0.30	环氧胶	50
0.35	聚氨酯胶	60
0.49	橡胶	70
—	—	80

(3) 界面剂粘结: 取若干酚醛试样长宽高为 100 mm × 100 mm × 50 mm, 以及厚度分别为 0.3 mm、0.35 mm、0.49 mm 的防水透气膜, 同时选取专用、外购 1、外购 2 不同界面的 3 种界面剂. 分别用每种不同界面剂对 0.3 mm、0.35 mm、0.49 mm 防水透气膜与酚醛试样上下面之间进行粘结。

1.2.3 防水透气膜酚醛复合板与砂浆粘结

制作长宽高为 100 mm × 100 mm × 10 mm 的铁质模具, 选取专用、外购 1、外购 2 不同的 3 种界面剂. 将 0.3 mm 防水透气膜剪成长宽为 100 mm × 100 mm, 在表面涂上界面剂放入模具中, 称取一定量砂浆加水搅拌均匀后倒入模具当中, 用 3 种不同的界面剂进行多次试验, 养护 7 d 后进行脱模。

2 试验结果与分析

2.1 防水透气膜的封酸效果

(1) 将酚醛裸板、包裹界面剂的酚醛试样以及包裹 0.3 mm 防水透气膜的酚醛试样分别放入加入蒸馏水的容器中 8 h 和 7 d, 测得 pH 如图 1 所示。

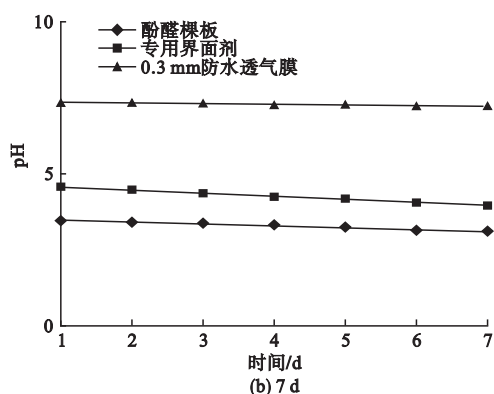
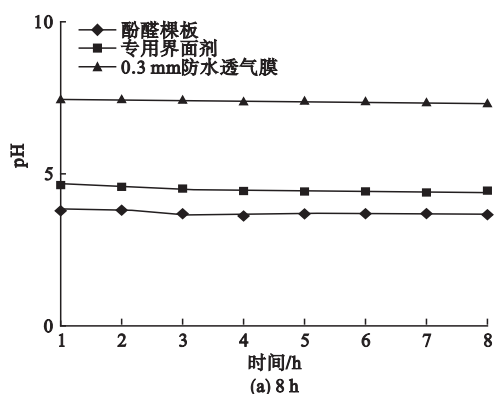


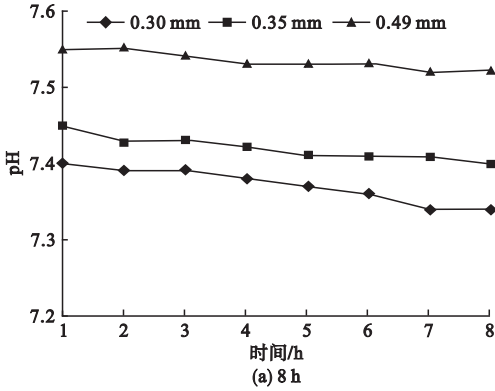
图 1 3 种酚醛试样的 pH 值

Fig. 1 pH value of three phenolic specimens

由图 1(a) 可以看出酚醛裸板初始 pH 值 3.84、涂专用界面剂酚醛试样 pH 值 4.68、0.3 mm 防水透气膜 pH 值 7.42, 在浸泡过程中 3 种不同酚醛试样的 pH 都在不断地下降, 经过 8 h 后, 包裹 0.3 mm 防水透气膜的

酚醛试样阻酸效果仍然远远好于另外两种阻酸方式. 根据图 1(b) 能看出第 1 天酚醛裸板初始 pH 值 3.51、涂专用界面剂酚醛试样 pH 值 4.42、包裹 0.3 mm 防水透气膜 pH 值 7.31. 包裹 0.3 mm 防水透气膜的酚醛试样

阻酸效果仍然远远好于另外两种阻酸方式. 对比 8 h 和 7 d 的阻酸效果可知: 酚醛裸板和涂专用界面剂的酚醛试样的 pH 值下降较多且 pH 值为 3~5, 始终呈酸性. 包裹 0.3 mm 防水透气膜 pH 值经过 7 d 下降仍非常的缓慢, 并



且 pH 值始终保持中性, 阻酸效果非常明显.

(2) 分别用 0.3 mm、0.35 mm、0.49 mm 防水透气膜包裹的酚醛试样放入 3 个相同的装有 1 L 蒸馏水的容器内, 测得 8 h 及 7 d 的 pH 值如图 2 所示.

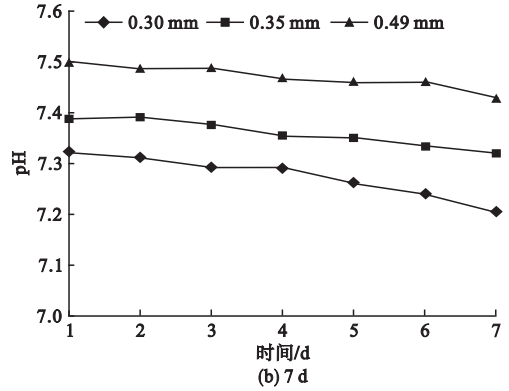


图 2 不同厚度防水透气膜封酸效果

Fig. 2 The sealing acid effect of phenolic foam boards coated by waterproof and breathable membrane sealing acid with different thickness

由图 2(a) 可得出, 包裹 0.49 mm 防水透气膜的酚醛试样阻酸效果要好于另外两种不同厚度防水透气膜的阻酸效果. 由图 2(b) 可看出, 在 7 d 内 3 种防水透气膜的 pH 值下降均比较缓慢, 但 3 种防水透气膜 pH 值始终为中性. 通过对比 8 h 和 7 d 的阻酸效果可知: 3 种不同厚度的防水透气膜阻酸效果均很优异, pH 值始终保持中性, 包裹 0.49 mm 防水透气膜的酚醛试样阻酸效果要好于 0.3 mm、0.35 mm 防水透气膜的阻酸效果. 水颗粒在水汽状态下比较细小, 能渗透到毛细管道的另一边, 发生透气现象. 当水汽遇冷变成颗粒较大的水珠, 因张力的作用水分子不会快速脱离水珠而渗透到另一边, 这样就阻止水的渗透. 防水透气膜厚度越厚水分子之间互相“拉扯抗衡”越强, 封酸效果就越强. 因此防水透气膜的封酸效果要比界面剂好很多, 同理 0.49 mm 防水透气膜封酸效果比 0.3 mm 要好. 因此, 采用防水透气膜的封酸效果要比界面剂的方法更加的合适, 酚醛发泡遇水呈酸性, 根据防水透气膜防水原理能很好地将酚醛中的酸牢牢封住.

2.2 防水透气膜与酚醛板的复合

(1) 热压法粘结

将熟化后的酚醛板, 切割成若干长宽高为 100 mm × 100 mm × 50 mm 的试样块, 用万能试验机测得抗拉强度如图 3 所示.

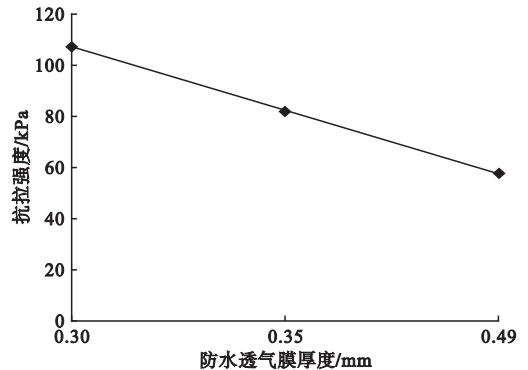


图 3 热压法粘结防水透气膜和酚醛板的抗拉强度

Fig. 3 Tensile strength of phenolic plate bonded waterproof permeable film by hot pressure

由图 3 可以看出, 不同厚度的防水透气膜与酚醛板热压粘结抗拉强度可以达到酚醛发泡板的 80~100 kPa 水平, 主要是因为防水透气膜属于热塑型塑料, 而酚醛发泡属于热固性塑料, 在高温下二者会很好地粘结在一起. 由图 3 还可知, 随着防水透气膜的厚度

增加热压抗拉强度呈下滑趋势,在工艺相同的情况下 0.3 mm 粘结抗拉性能更好,优于另两种厚度的防水透气膜,由于防水透气膜

越厚,膜自身粘结力越小,即便膜与酚醛板粘结的较好,但是做抗拉实验时将从防水透气膜内部断裂,降低了粘结的质量(见图4).

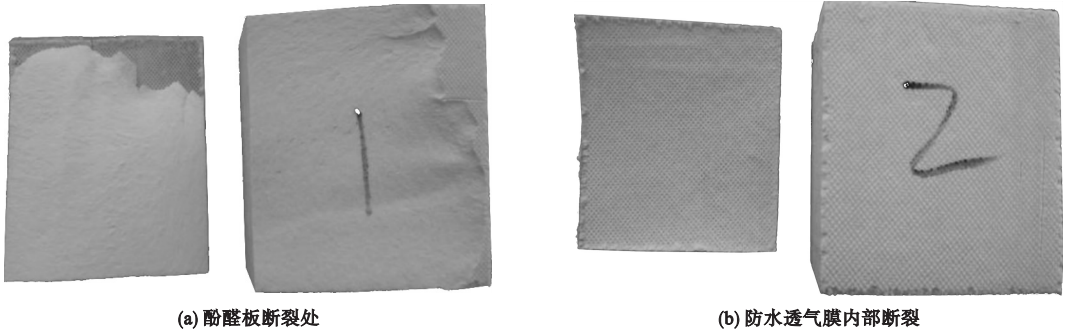


图4 防水透气膜与酚醛板拉拔后的断裂位置

Fig. 4 Fracture location of waterproof permeable film and phenolic plate after drawing

(2) 胶粘法粘结

将 0.3 mm 的防水透气膜与酚醛试样进行粘结,单一胶粘法中对防水透气膜进行不同面积的粘结,复合胶粘法只进行 80% 的面积粘结,待胶完全凝固后对试样进行抗拉强度测试(见图5). 由图5(a)单一胶粘法可以看出,随着粘结面积的增大,3 种不同胶粘剂的抗拉强度均在不断地升高,在粘结面积为 80 % 时,3 种胶粘剂抗拉强度均达到最大值. 其中聚氨酯胶粘结效果最好,环氧胶次之,橡胶粘结效果最差. 由图5(b)复合胶粘法可见

在粘结面积均为 80% 时,环氧胶和橡胶复合抗拉强度最低,环氧胶和聚氨酯胶复合抗拉强度达到最大值. 这是由于橡胶本身液体很差不能与其他两种胶很好地融合,环氧胶和聚氨酯胶能很好地交融,从而提高对酚醛试样的粘结性能. 对比图5(a)和图5(b)复合胶粘法和单一胶粘法在粘结面积为 80 % 时,复合胶粘法的抗拉强度较高,粘结强度远好于单一胶粘法. 复合胶粘法中环 + 聚粘结性能更为优异.

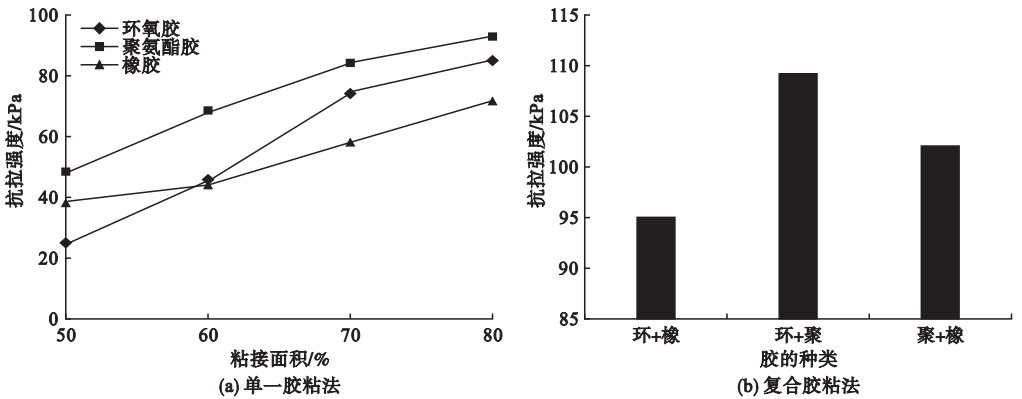


图5 胶粘法粘结防水透气膜与酚醛板的抗拉强度

Fig. 5 Tensile strength of phenolic plate bonded waterproof permeable film by adhesive method

在分析不同厚度防水透气膜与抗拉强度的关系时,只研究粘结面积为 80% 的情况可以得出抗拉强度(见图6). 由图6可以看出,聚氨酯胶粘结,随着防水透气膜厚度的增加,抗拉强度大幅度下降. 环氧胶和聚氨酯胶对

抗拉强度先减小后增加. 环氧胶粘结,随着防水透气膜厚度的增加,抗拉强度有小幅度提升. 橡胶粘结,随着防水透气膜厚度的增加,抗拉强度大幅度下降. 环氧胶和聚氨酯胶对

不同厚度的防水透气膜粘结影响不是很大,聚氨酯胶的粘结效果略好于环氧胶,橡胶的粘结效果最弱.随着防水透气膜厚度的增加橡胶粘结的抗拉强度在逐渐降低.由于防水透气膜厚度的增加,膜自身的粘结力较小,环氧胶和聚氨酯胶属液体具有流动性,可以渗透到防水透气膜中使得膜自身粘结能力增加,粘结能力较强.橡胶可能不像前两种胶有较强的流动性,所以橡胶粘结效果最差.

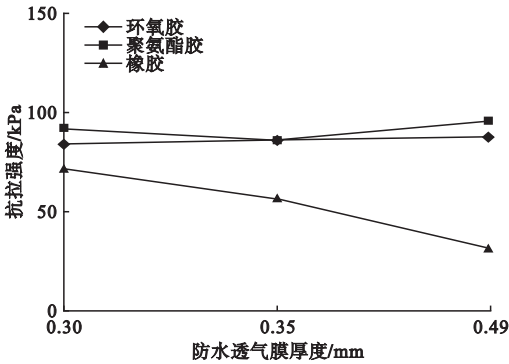


图6 胶粘法粘结不同厚度防水透气膜与酚醛板的抗拉强度

Fig. 6 Tensile strength of phenolic plates bonded waterproof and air-permeable films with different thicknesses by adhesive method

(3) 界面剂粘结

分别对用不同界面剂粘结的酚醛试样进行抗拉试验,测得不同防水透气膜不同抗拉强度如图7所示.

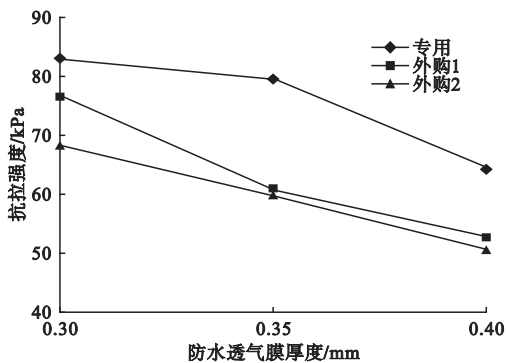


图7 界面剂粘结防水透气膜与酚醛板的抗拉强度

Fig. 7 Tensile strength of phenolic plate bonded water-proof and air-permeable film by interfacial agent

由图7可以看出,3种不同界面剂的抗拉强度均随着防水透气膜的厚度增加而逐渐下降,但专用界面剂粘结效果最好.同时对比3种不同厚度的防水透气膜可以看出0.3 mm防水透气膜用专用界面剂粘结效果最好.因为随着防水透气膜的厚度增加,防水透气膜自身抗拉能力越差,在做抗拉试验时,断裂处均在防水透气膜内部.因此防水透气膜的厚度越厚抗拉强度越低.

2.3 防水透气膜酚醛复合板与砂浆的粘结

通过3种不同的界面剂对0.3 mm防水透气膜与砂浆进行粘结测得抗拉强度如图8所示.

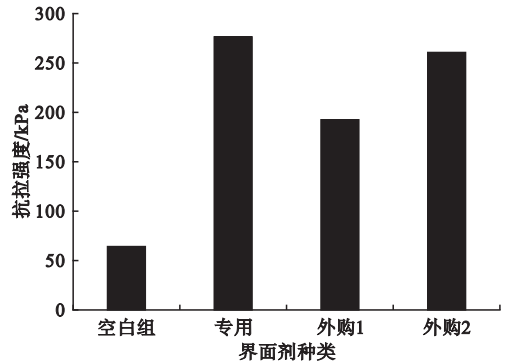


图8 界面剂粘结防水透气膜与砂浆的抗拉强度

Fig. 8 Tensile strength of waterproof permeable film bonded mortar by interfacial agent

由图8可以看出,防水透气膜直接与砂浆粘结时测得的抗拉强度为64.86 kPa,防水透气膜与砂浆之间用外购1界面剂粘结时测得抗拉强度最低仅为191.71 kPa,用专用和外购2界面剂粘结时测得抗拉强度较高分别为276.26 kPa、262.05 kPa.涂有3种界面剂的防水透气膜粘结能力远远高于空白组,只有外购1界面剂的粘结能力略低,外购2和专用界面剂粘结效果较好.这是由于涂上界面剂后,界面剂吸附在防水透气膜表面使得防水透气膜的粘结性能得到提高,从而提高了与砂浆的抗拉强度.

3 结论

(1) 复合防水透气膜试样经过7 d后 pH

仍为中性.对比0.3 mm、0.35 mm、0.49 mm不同厚度的防水透气膜,pH都在7以上,0.49 mm封酸效果较好,但是0.49 mm比0.3 mm防水透气膜成本较高,因此采用0.3 mm防水透气膜.

(2)对比热压法、胶粘法、界面剂粘结,3种方法中界面剂粘结抗拉强度较低,复合胶粘法和热压法抗拉强度较高.但是复合胶粘法使得防水透气膜的有效面大大降低,此外施工工艺复杂不易实施,因此采用热压法复合是性价比较高的方法.

(3)对比防水透气膜酚醛复合板与砂浆的粘结表明,用界面剂粘结的抗拉强度很高,外购2和专用界面剂粘结效果最为明显.

参考文献

- [1] 殷宜初.国内外酚醛泡沫的开发与应用[J].新型建筑材料,2004(10):46-48.
(YIN Yichu. Development and application of phenolic foam at home and abroad [J]. New building materials, 2004(10):46-48.)
- [2] 北京振利节能环保科技股份有限公司.墙体保温技术探索[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
(Beijing Zhen Li Energy Conservation and Environmental Protection Polytron Technologies Inc. Exploration of wall insulation technology [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.)
- [3] 李枝芳.酚醛泡沫保温板在国内外的应用与发展[N].中国建材报,2011-08-03(3).
(LI Zhifang. Application and development of phenolic foam insulation board at home and abroad [N]. China building materials news, 2011-08-03(3).)
- [4] 何洪清.酚醛泡沫塑料的生产及应用[J].新型建筑材料,1999(9):36-38.
(HE Hongqing. Production and application for phenolic foamed plastics [J]. New building materials, 1999(9):36-38)
- [5] LI W, LEE L J. Low temperature cure of unsaturated polyesterresins with thermoplastic additives II; Structure formation and shrinkage control mechanism [J]. Polymer, 2000, 41(2):697-710.
- [6] MIN Z H, CAO M, ZHANG S, et al. Effect of precursor on the pore structure of carbon foams [J]. New carbon materials, 2007, 22(1):75-79.
- [7] SHAFIZADEH J E, GUIONNET S, TILLMAN M S, et al. Synthesis and characteration of phenolic resolresins for composite applications [J]. Journal of applied polymer science, 1999, 73(11):505-514.
- [8] AIERBE G A, ECHEVERRIA J M, RICCARDI C C. Influence of the temperature on the formation of a phenolic resol resin catalyzed with amine [J]. Polymer, 2002, 43:2239-2243.
- [9] MARIAL. Fire-resistant high-performance epoxy-phenolicfoam [J]. 49th Int'l Sampe symposium, 2004, 65:463-578.
- [10] GARDZIELLA A, PILATO L A, KNOP A. Phenolic resins, chemistry, reactions, mechanism [J]. Heidelberg: springer, 2000, 10(2):66-97.
- [11] GUPTA N, WOLDESENBET E. Hygrothermal studies on syntactic foams and compressive strength determination [J]. Composite structures, 2003, 61(4):311-320.
- [12] DU L. PROKOP A, TANNER R D. Measurement of bubble size distribution in a protein foam fractionation column measured using a capillary probe with photoelectric sensors [J]. Journal of colloid and interface science, 2003, 259(1):180-185.
- [13] SHEN Hongbin, NUTT S. Mechanical characterization of short fiber reinforced phenolic foam [J]. Composites part A, 2003, 34:899-906.
- [14] 于靖华.基于EETP指标的夏热冬冷地区居住建筑围护结构热工性能及经济性研究[D].长沙:湖南大学,2009.
(YU Jinghua. Research on thermal performance and economy of residential building envelope in hot summer and cold winter zone based on EETP index [D]. Changsha: Hunan University, 2009.)
- [15] KEMAL C, BEDRI Y. Optimum insulation thickness of external walls for energy saving [J]. Applied thermal engineering, 2003, 23(4):473-479.
- [16] SOYLEME M S, UNSAL M. Optimizing insulation thickness for re-frigeration applications [J]. Energy conversation & management, 1999, 40(6):13-21.
- [17] 金文,刁桂芝,王娟,等.低酸性酚醛泡沫制备工艺研究[J].新型建筑材料,2014,41(10):75-77.
(JIN Wen, DIAO Guizhi, WANG Juan, et al. Research on preparation of low-acid phenolic foam [J]. New building materials, 2014, 41(10):75-77.)

(责任编辑:徐玉梅 英文审校:唐玉兰)