

不同胶粉类型的抹面砂浆耐久性演变规律及机制研究

王拯

上海居润科技有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i4.15473

[摘要] 抹面砂浆对于外墙保温系统的安全性和耐久性至关重要。本文研究了不同配比的抹面砂浆基本力学性能、抗冻融性、干湿循环性能及吸水性能,并采用扫描电子显微镜(SEM)、能谱仪(EDS)、压汞测试仪(MIP)分析抹面砂浆的微观形貌和孔结构。研究表明:相比于空白组,采用具有憎水性组分的M3、M4和M5的抹面砂浆吸水量降低,其中,掺有FX7000苯丙胶粉的抹面砂浆吸水量降低79%,防水性最优。28d抗压、抗折和拉伸粘结强度的结果表明不同类型胶粉和憎水剂的添加有助于砂浆抗折韧性和与保温板拉伸粘结强度的提升,结合扫描电子显微镜(SEM)和压汞测试仪(MIP)检测结果,抹面砂浆内部形成的胶粉-AFt-Cc的双层有机无机网络模型,增加了砂浆内部各组分的交联性,提升砂浆的防水和粘结性能。

[关键词] 建筑材料; 抹面砂浆; 耐久性; 有机-无机网络模型

中图分类号: TU5 **文献标识码:** A

Study on the Evolution Law and Mechanism of Durability of Rendering Mortar with Different Rubber Powder Types

Zheng Wang

Shanghai Jurun Technology Co., Ltd.

[Abstract] Rendering mortar is crucial to the safety and durability of external wall insulation systems. This paper studies the basic mechanical properties, freeze-thaw resistance, dry-wet cycle performance and water absorption performance of rendering mortar with different mix ratios. Additionally, scanning electron microscope (SEM), energy dispersive spectrometer (EDS) and mercury intrusion porosimeter (MIP) are used to analyze the microscopic morphology and pore structure of the rendering mortar. The research results show that compared with the blank group, the water absorption of rendering mortar M3, M4 and M5 with hydrophobic components is reduced. Among them, the water absorption of rendering mortar mixed with FX7000 styrene-acrylic rubber powder is reduced by 79%, showing the best waterproof performance. The results of 28d compressive strength, flexural strength and tensile bond strength indicate that the addition of different types of rubber powder and water repellent is beneficial to improve the flexural toughness of the mortar and the tensile bond strength with the insulation board. Combined with the test results of scanning electron microscope (SEM) and mercury intrusion porosimeter (MIP), the double-layer organic-inorganic network model of rubber powder-AFt-Cc formed inside the rendering mortar increases the cross-linking of various components in the mortar, thereby improving the waterproof and bonding properties of the mortar.

[Key words] building materials; rendering mortar; durability; organic-inorganic network model

引言

2022年3月住建部发布了《“十四五”住房和城乡建设科技发展规划》,明确将低碳建材和外墙保温材料列为重点研究方向^[1]。外墙保温材料由抹面砂浆、轻质保温材料、装饰材料等多部分组成。近年来,由于抹面砂浆耐久性能降低、粘结力失效,导致建筑外墙保温板高空脱落事故频发,对居民生命财产

安全造成严重危害。因此,抹面砂浆对外墙保温材料至关重要。

抹面砂浆是由高分子聚合物、水泥、砂为主要材料配制而成的具有良好抗变形能力和粘结性能的聚合物砂浆。抹面砂浆需要具备优异的抗裂、防渗性能,耐候性能好,可以有效地控制砂浆因塑性、干缩、温度变化等因素引起的裂纹,防止及抑制裂缝、渗漏等问题,使得墙体保温砂浆面层有很好的整体抗裂效果

表 1 水泥物理性质

标准稠度	初凝时	终凝时	45 μm 筛	80 μm 筛	抗折强度	抗折强度/MPa	抗压强度/MPa	抗压强度/MPa
用水量/%	间/min	间/min	余/%	余/%	/MPa 3 天	28 天	3 天	28 天
26.2	224	291	13.11	2.20	4.42	9.03	18.51	54.43

表 2 水泥化学组分分析 (wt. %)

氧化物	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O	TiO ₂	Cl	Na ₂ O	LOI
水泥	61.08	23.1	4.82	3.57	2.41	2.03	0.37	0.162	0.14	0.13	1.84

和防渗性能。抹面砂浆还需要具有高的粘结强度,与保温层粘结牢固。抹面砂浆在服役过程中,会受到水分、冻融等外部环境因素的影响和酸雨的侵蚀,导致其内部结构发生破坏,力学性能下降。裴须强等人^[2]也研究了丙烯酸乳液对抹面砂浆的影响。李鹏飞等人^[3]也研究了可分散乳胶粉对抹面砂浆性能的影响,并优选了最优配比。陈坤等人^[4]也综述了近些年利用外加剂改性增强抹面砂浆性能研究。

本文研究了在浸水、干湿循环和冻融作用下抹面砂浆的物理性能、力学性能和耐久性的演变规律。通过SEM、EDS和MIP分析了聚合物胶粉对抹面砂浆的微观形貌和孔结构的影响,阐释不同环境下抹面砂浆的劣化机理,研究结果为外墙保温系统防护层的安全性能提升提供技术支撑。

1 原材料与实验方法

1.1 原材料

本文水泥采用南方P·042.5水泥,其物理性质如表1所示,化学组分见表2。实验采用的砂子为70~140目的天然细砂,胶粉分为FX7000苯丙胶粉、mp2050乙烯-醋酸乙烯胶粉和2350纯丙烯酸胶粉3类,由阿克苏诺贝尔公司提供,纤维素醚采用山东一滕生产的NDJ黏度为100000mPa·s的羟丙基甲基纤维素醚(HPMC)。

1.2 实验方法

实验设计砂浆配合比,实验选用M1作为空白组,为基础配比,采用2350纯丙烯酸胶粉、2350纯丙烯酸胶粉+憎水剂Seal80、FX7000苯丙胶粉+憎水剂Seal80、2050乙烯-醋酸乙烯胶粉+憎水剂Seal80,分别记为M2、M3、M4和M5。控制砂浆标准稠度48mm~50mm,经机械搅拌180S后,测其保水率和密度等浆体性能。然后标准养护至28d水化龄期,测其抗压强度、抗折强度等基础力学性能。

实验所涉及的检测方法按照 JGJ/T70-2009《建筑砂浆基本性能试验方法标准》和GB/T 30595《挤塑聚苯板(XPS)薄抹灰外墙外保温系统材料》进行。实验设备采用无锡市锡仪建材仪器厂的ISO-679水泥胶砂搅拌机、苏州市东华试验仪器有限公司的HBY-40B型水泥恒温恒湿标准养护箱、浙江竞远机械设备有限公司的TYE-300液压式水泥压力试验机。

2 结果与分析

2.1 物理性能

图1是不同组别对吸水量的影响。观察图1可以发现,与对照组M1相比,M4的吸水量最低,降低幅度达到78.8%。另外,M2、M3以及M5的吸水量相较于对照组均有大幅度的降低。这说明纯丙烯酸胶粉、苯丙胶粉、乙烯-醋酸乙烯胶粉和憎水剂的加入有助于降低水泥基材料的吸水量。其中,苯丙胶粉对吸水量降低影响最大。

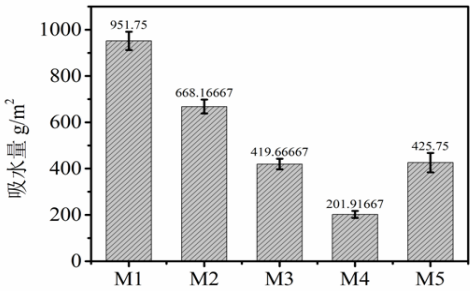


图1 不同组别对吸水量的影响

2.2 力学性能

图2是不同组别对抗压强度和抗折强度的影响。观察图2可以发现五个组别的抗压强度和抗折强度总体呈现逐步上升的趋势。这说明不同种类胶粉和憎水剂的添加有助于力学性能提高。表明抗压强度和抗折强度应是同比例变化。

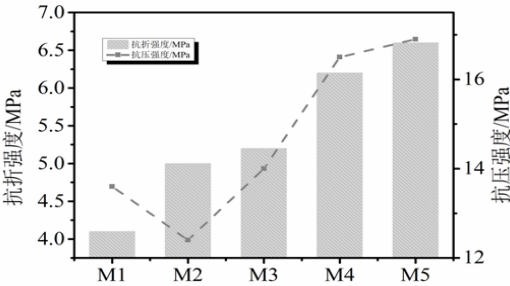


图2 不同组别对抗压强度和抗折强度的影响

2.3 耐久性

图3是不同组别在干湿循环和冻融循环下的粘结强度演变规律。观察图3可以发现,在标准养护下粘结强度呈现逐步上升的趋势。但是在冻融循环的条件下,总体呈现先下降后上升的趋

势。这说明2350纯丙烯酸胶粉的添加一定程度上不利于冻融循环条件下粘结性能的发展。但是2350纯丙烯酸胶粉和憎水剂组合使用可以显著提升水泥基体的粘结强度。这说明憎水剂的加入具有补充增强粘结强度不足的效果。

在干湿循环条件下,可以发现干燥2h和7d的粘结强度分别满足GB30595-2014中大于0.1MPa和大于0.2MPa的指标要求。7天粘结性能提升的重要原因应该是有机-无机互穿网络7天内进行了缓慢水化形成了更为密实的空间骨架。

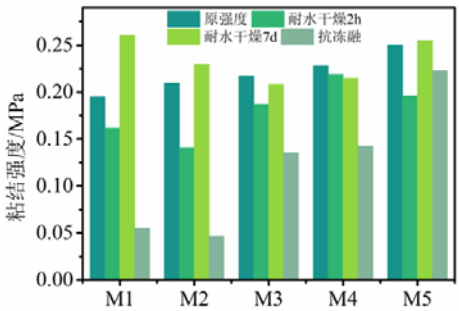


图3 不同组别在不同环境下的粘结强度

2.4孔结构(MIP)

表3是利用MIP测试获得的不同组别孔结构参数。观察表3可以发现,与对照组相比加入不同种类胶粉的水泥基材料孔隙率总体呈现下降趋势。这说明胶粉有机物的加入有助于细化孔结构。值得注意的是M5的孔隙率最低。这说明乙烯-醋酸乙烯胶粉加入后会形成更多网状结构细化水泥基体。

图4是对照组M1和M5的孔径分布情况。观察图4可以发现,不添加胶粉的M1孔径主要集中在1000nm左右。力学性能和耐久性能最好的M5的孔径主要集中在600nm左右。结合表3也可以发现,M5的平均孔径也显著低于M1。众多研究也表明孔结构越小,力学性能和耐久性能越好。

表3 不同组别的孔结构参数

组别	平均孔径/nm	孔体积 mL/g	孔隙率/%
M1	60.8	0.2607	38.4444
M2	54.9	0.2589	38.6142
M3	103.1	0.2570	38.1789
M4	43.7	0.2319	36.5266
M5	51.3	0.2251	34.8368

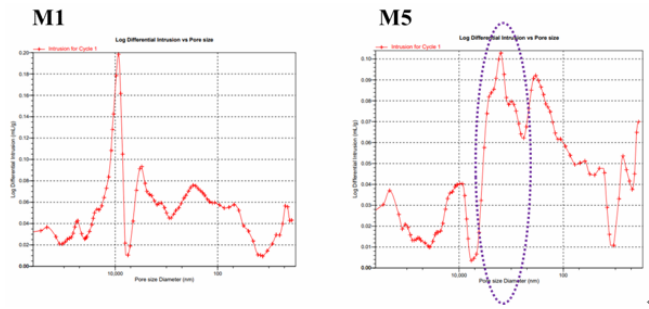


图4 对照组(M1)与M5的孔径分布

2.5微观形貌与机理模型

图5是不同环境下对照组和M5的微观形貌。观察图5可以发现,对照组M1中只有AFt形成的无机骨架结构。M5中形成了大量的胶粉络化形成的网状结构以及少许块状的方解石晶体。氢氧化钙的减少与方解石的增多,可能是因为形成的网状结构对进入的CO2气体有一定的束缚作用。这就导致水化产物氢氧化钙被碳化形成了部分的方解石晶体。综上,由胶粉络合形成的聚合物网状结构与AFt和方解石形成的无机骨架协同提升了抹面砂浆的粘接性能与耐久性其中蓝色是胶粉络化网络,灰色是AFt骨架,紫色是块状方解石。

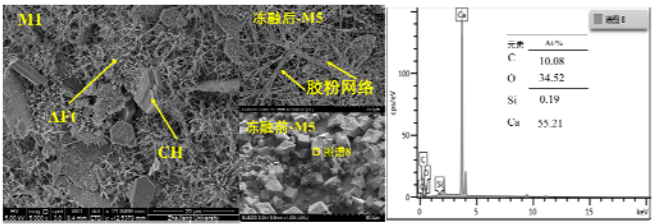


图5 微观形貌

3 结论

本文通过探究在浸水、干湿循环和冻融作用下,添加不同聚合物胶粉的抹面砂浆的物理性能、力学性能和耐久性的演变规律及机理,得出以下结论:

(1) 纯丙烯酸胶粉、苯丙胶粉、乙烯-醋酸乙烯胶粉和憎水剂的加入有助于降低水泥基材料的吸水量。其中,苯丙胶粉对吸水量降低影响最大,降低78.8%。

(2) 与对照组M1相比,M2、M3、M4和M5的抗折强度分别提升了21.9%、26.8%、51.2%和60.9%。M2、M3、M4和M5的抗压强度分别提升了-11%、2.9%、21.3%和24.3%。综上,M3、M4和M5中使用的聚合物胶粉有助于力学性能的提升。

(3) 通过SEM、EDS和MIP发现并建立胶粉-AFt-Cc有机无机双层网络模型,形成的网络模型是粘结强度和耐久性能提升的重要原因。

[参考文献]

- [1]林奕,李杰,陈文杰,等.“碳达峰”目标下夏热冬冷地区居住建筑外墙保温隔热技术发展探析[J].新型建筑材料,2023,50(05):140-144.
- [2]裴须强,朱玉雪,李婷,等.丙烯酸乳液改性抹面砂浆及其性能探究[J].混凝土,2023(7):131-135.
- [3]李鹏飞,李育彪,李超前,等.低硅铁尾矿制备抹面砂浆试验研究[J].矿产保护与利用,2022,42(6):81-88.
- [4]陈坤,李育彪,柯春云,等.抹面砂浆原材料与应用研究进展[J].混凝土与水泥制品,2022(6):99-104.

作者简介:

王拯(1981—),男,汉族,浙江省温岭市人,大专,助理工程师,主要研究方向:新型建筑材料的开发及应用。