

[补充信息]

涂覆时间对聚合物水泥基钢筋涂层粘接性能的影响机理

胡家宇^{1,2}, 徐菲¹, 钱文勋^{1,✉}, 肖怀前³, 葛津宇¹, 李嘉明¹

1 南京水利科学研究院材料结构研究所, 南京 210029

2 江苏省水利建设工程有限公司, 江苏 扬州 225000

3 江苏省淮沭新河管理处, 江苏 淮安 223001

[Supplementary Information]

Mechanism of Resting Time on Bond Performance of Polymer Cement-based Coating on Steel Bar

HU Jiayu^{1,2}, XU Fei¹, QIAN Wenxun^{1,✉}, XIAO Huaqian³, GE Jinyu¹, LI Jiaming¹

1 Materials & Structural Engineering Department, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China

2 Jiangsu Water Conservancy Construction Engineering CO., LTD, Yangzhou 225000, Jiangsu, China

3 Jiangsu Huaishuxin River Administration Bureau, Huai'an 223001, Jiangsu, China

钢筋握裹力与 SEM-EDS 试验设计

采用 P·O 52.5 水泥与丙乳制备聚合物水泥基涂层, 水泥与丙乳的质量比为 2 : 1。此后, 将涂层均匀涂覆于待测钢筋表面, 并控制涂抹质量与涂覆区域相同, 以减小涂层厚度对钢筋握裹力试验结果的影响。将无涂层钢筋记为 GN, 结合聚合物水泥基涂层凝结时间, 设置 0 h (涂刷涂层后立刻成型)、3 h、10h、24 h 四种涂层钢筋静置时间, 以“G+涂层钢筋静止养护时间”命名各组试件, 分别记为 G0、G3、G10、G24。将静置至预定时间的涂层钢筋与无涂层的普通钢筋装入 150 mm×150 mm×150 mm (混凝土保护层厚度 75 mm) 的试模中。制备强度等级 C30、水灰比 0.44、砂率 38%的钢筋混凝土试件用于钢筋握裹力试验, 配合比如表 S1 所示。混合料装入模具 1 d 后拆模, 并继续置于标准养护室养护至 28 d。此后根据《水工混凝土试验规程》(SL352-2020), 每组准备 6 个试件进行钢筋握裹力测试, 并取 6 个试件的平均值作为最终钢筋握裹力。

根据握裹力测试结果, 选取特征组, 剥离表面残留的涂层-混凝土混合薄块 (尺寸 < 8 mm), 进行 SEM-EDS 分析。测试设备为 JEOL JSM-5900, 测试前对样品表面喷金, 增加导电性。

界面过渡区分析试验设计

由于涂层较薄, 难以选取特征样品, 对涂层与保护层 ITZ 两侧的物相发展进行直接表征。设计如图 S1 所示的聚合物水泥基涂层-水泥砂浆的“三明治”结构, 模拟涂层-混凝土保护层 ITZ, 表征两侧离

子的运移过程。根据前述钢筋混凝土的配合比, 采用等质量的砂代替碎石, 制备“三明治”结构的水泥砂浆部分; 根据握裹力测试结果, 确定涂层侧的静置时间。试样的养护龄期及制度与钢筋混凝土一致, 养护完成后切取试样中心部分备用。模拟试样的切割取样流程如图 S1 所示。

表 S1 试件配合比 (单位: kg/m³)

Table S1 Mix proportion of all samples (kg/m³)

	Acrylic emulsion	P-O cement	P-O cement	Standard	Stone (5~16 mm)	Stone (16~25 mm)	Water	Water reducing agent
Reinforced concrete	\	\	386	700	457	686	170	1.55
ITZ analysis	538	1076	386	1843	\	\	170	1.55

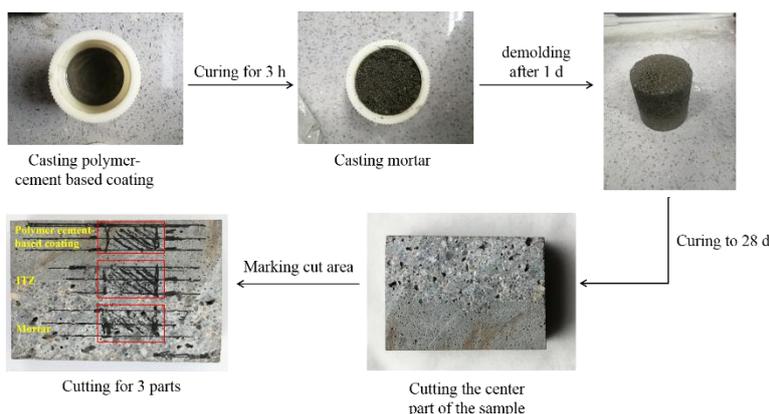


图 S1 界面过渡区分析试验试件的制备过程及切割示意图

Fig. S1 Schematic diagram of preparing progress and cutting areas of sample for ITZ analysis

将切割得到的样品磨细至粒径小于 75 μm 后进行 XRD 测试, 并基于 XRD 全谱拟合 (Rietveld) 法分析组成物相的相对质量分数。XRD 测试设备为 Rigaku SmartLab-9Kw, Cu (Kα) 靶, 波长 0.154 nm, 操作电压 40 kV, 电流 150 mA, 扫描速率 1°/min, 扫描范围 2θ=5~80°。同时测试上述粉末的 ²⁹Si-NMR 谱, 分析界面过渡区硅氧四面体结构的演化特征。NMR 的测试设备为 Bruker 400M, 测试频率为 79 MHz, 转速 8000 Hz。

原材料

为实现上述试验目标而选取的 P-O 42.5 与 P-O 52.5 两种普通硅酸盐水泥、集料、PCA-1 型减水剂及丙乳的基础性能如表 S2~S5 所示, 拌和用水为当地自来水, 所用钢筋为 Φ20 mm×500 mm 的

HRB300 钢筋, 将两端磨后经酸洗、碱洗、去污除油, 晾干备用。

表 S2 水泥化学成分、密度与比表面积

Table S2 Mass fraction, density and specific surface area of the cement

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Density (g/cm ³)	Specific surface area (m ² /kg)
P-O 42.5	21.97	7.48	3.45	58.43	1.30	1.71	3.03	355
P-O 52.5	22.61	5.24	3.82	65.86	0.84	0.40	3.05	360

表 S3 集料的物理性能

Table S3 The physical properties of aggregates

	finenes s modulu s	Apparent density (kg/m ³)	soil content (%)	Saturated surface-dry water absorption (%)	Crush value (%)
Sand	2.3	2650	1.9	0.7	12.1
Stone (5~16 mm)	/	2720	0.5	0.2	8.5
Stone (16~25 mm)	/	2840	0.7	0.3	8.5

表 S4 PCA-1 型减水剂各项物理指标

Table S4 Physical indicators of water reducing agent(PCA-1)

Water reduction rate(by mass) (%)	Density (g/mL)	Bleeding rate (%)	Recommended dosage (by mass) (%)	pH value
43.4	0.0003	0	58.4	8.1

表 S5 丙乳的基础性能

Table S5 Basic properties of acrylate emulsion

Solid content (%)	Density (g/cm ³)	Viscosity (mPa·s)	Average particle size (nm)	pH value
43.4	0.94	3.60	58.4	7.9