

环氧树脂改性水泥混凝土耐久性研究

侯子凡¹ 孙华东^{2*}

1.中国电力企业联合会; 2.山东交通学院

DOI:10.12238/jpm.v3i10.5344

[摘要] 为探究环氧树脂改性水泥混凝土耐久性,开展了不同环氧树脂掺量下基本力学性能、抗冻融性能以及抗渗透性能试验。结果表明,10%掺量的坍落度值与5%掺量的近似。7d抗压强度与28d抗压强度随着随环氧树脂掺量的增大而降低,7d抗折强度基本不变,28d抗折强度有所上升后下降。环氧树脂的加入可以增强水泥混凝土的抗冻融能力,提高水泥混凝土的抗水压能力,抑制氯离子渗出,且10%掺量的水泥混凝土抗水压能力最高,建议环氧树脂溶液最优掺量为5%~10%。

[关键词] 土木工程; 环氧树脂; 水泥混凝土; 耐久性

Study on durability of epoxy resin modified cement concrete

Zifan Hou¹, Huadong Sun^{2*}

(1.China Electricity Council, 2.Shandong JiaoTong University)

[Abstract] To explore the durability of epoxy resin modified cement concrete, the basic mechanical properties, freeze-thaw resistance and permeability resistance tests were carried out under different contents of epoxy resin. The results show that the slump value of 10% content is approximate to that of 5% content. The 7d and 28d compressive strength decrease with the increase of epoxy resin content, the 7d flexural strength remain unchanged, and the 28d flexural strength increases and then decreases. The addition of epoxy resin can enhance the frost and thaw resistance, improve the water pressure resistance of cement concrete, and inhibit chloride exudation. The cement concrete with 10% content has the highest water pressure resistance. It is recommended that the optimal content of epoxy resin solution is 5%~10%.

[Keywords] civil engineering, epoxy resin, cement concrete, durability.

1 引言

水泥混凝土是基础设施建设中必不可少的建筑材料之一,随着经济的高速发展,复杂环境对水泥混凝土服役周期内的耐久性提出了更高要求^[1]。

尤其在海洋环境中,水泥混凝土结构时刻遭受着海水中盐碱腐蚀、复杂气候条件下的冻融损伤、自然环境中的碳化作用等一系列问题威胁,水泥混凝土结构的安全性面临巨大考验,水泥混凝土耐久性研究势在必行^[2]。研究表明采用聚合物对水泥混凝土进行改性可以提高其结构耐久性,延长服役寿命^[3]。艾洪祥^[4]等研究了不同种类聚合物混凝土的耐久性变化,指出沥青改性胶粉改性效果最佳。吴文^[5]等依托海外公路改造项目,制备了抗腐蚀性能的海工混凝土,并评价了其抗腐蚀性能。黄志强^[6]等发现环氧树脂可以提高改性混凝土的抗冻性能,并给出了最佳掺量建议。

由此可见环氧树脂对海洋工程混凝土性能提高效果显著,本文拟采用环氧树脂为改性剂制备环氧树脂改性水泥混凝土,

针对其在海洋工程中的耐久性及应用开展分析研究。

2 材料与方法

2.1 试验材料

(1) 改性剂: 环氧树脂乳液,乳白色均匀液体,乳液密度 $1.16\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,粘度 $450\text{ Pa}\cdot\text{s}$,固含量50%,环氧当量 $280\text{ g}/\text{eq}$ 。

(2) 水泥: 海螺牌 P.0 42.5 普通硅酸盐水泥,3d抗折强度 5.0 MPa ,28d抗折强度 8.5 MPa ,3d抗压强度 19.0 MPa ,28d抗压强度 49.5 MPa ,细度 $360\text{ m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$,初凝 235 min ,终凝 400 min ,安定性(煮沸) 2.0 mm ,技术指标均满足现行行业标准《通用硅酸盐水泥》(GB175-2020)。

(3) 外加剂: 聚羧酸系高效减水剂,白色粉末状固体,减水率30%。三乙烯四胺固化剂,乳白色均匀液体,密度 $1.15\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,环氧当量 $280\text{ g}/\text{eq}$,粘度 $450\text{ Pa}\cdot\text{s}$,固含量50%。丙酮稀释剂,密度 $0.7845\text{ g}/\text{ml}$ (25°C)。

(4) 骨料: 粗骨料针片状颗粒含量8.1%,压碎指标13.3%。

表观密度 $2600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。细骨料堆积密度 $1496 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 表观密度 $2670 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 泥块含量 0.4%, 含泥量 2.0%, 细度模数 2.68, 颗粒级配 II 区, 中砂。

改性剂配制比例为环氧树脂溶液: 丙酮稀释剂: 三乙烯四胺固化剂=1: 0.3: 0.13。采用外掺法添加上述试剂, 环氧树脂掺量以 5%为步长, 范围 0~15%。设计坍落度 60mm, 设计强度等级 C40, 所用基准混凝土的配合比见表 1。

表 1 环氧树脂改性用基准混凝土配合比 (kg/m^3)

原材料	水泥	水	细骨料	粗骨料	
				5-10mm	10-20mm
数量 (kg)	426	195	579	251	917

2.2 试验方法

依据《水工混凝土试验规程》(SL 352-2006), 对环氧树脂改性水泥混凝土的坍落度, 抗压强度, 抗折强度, 抗冻性, 抗渗性进行研究, 依据《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ275-2000) 对环氧树脂改性水泥混凝土的氯离子渗透性进行研究, 每组试验 3 个平行试件, 试验结果取均值。

3 分析与讨论

3.1 基本指标分析

基本试验结果如表 2 所示。

表 2 聚合物改性混凝土基本指标

聚合物掺量 (%)	坍落度 (mm)	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
		7d		28d	
		7d	28d	7d	28d
0	60	30.2	43.7	4.2	5.8
5	140	26.6	40.3	4.2	6.0
10	137	25.0	37.1	4.1	6.1
15	170	24.4	37.4	4.2	5.8

可以看到环氧树脂改性混凝土坍落度值随环氧树脂掺量的增加, 上升幅度较大, 当环氧树脂掺量为 5%时, 与普通混凝土相比, 坍落度提升了 133.3%, 10%掺量的坍落度值近似于 5%掺量的, 当掺量为 15%时, 坍落度提升了 183.3%; 可以满足拌合制备水下混凝土或者泵送混凝土时较高流动性的要求。7d 抗压强度与 28d 抗压强度随着随环氧树脂掺量的增大而降低, 7d 抗折强度基本不变, 28d 抗折强度有所上升后下降, 这说明环氧树脂添加量并非越大越好。当掺量为 5%时, 7d 抗压强度下降了 11.9%, 28d 抗压强度下降了 7.8%, 28d 抗折强度提高了 3.4%, 当掺量为 10%时, 7d 抗压强度下降了 17.2%, 28d 抗压强度下降了 15.1%, 28d 抗折强度提高了 5.2%, 当掺量为 15%时, 抗压强度相较于普通混凝土下降幅度最低, 抗折强度相较于 0 掺量混凝土不变。

3.2 冻融循环分析

环氧树脂改性水泥混凝土的冻融循环试验结果如表 3 所示。

表 3 聚合物改性混凝土冻融循环指标

次数	掺量	掺量			
		0	5%	10%	15%
25	质量损失率	0.26	0.19	0.17	0
	动弹性模量	98.2	79.8	91.0	99.2
75	质量损失率	1.59	0.51	0.28	0.21
	动弹性模量	71.5	67.9	66.4	97.8
125	质量损失率	2.13	0.89	0.67	0.58
	动弹性模量	60.1	59.7	61.5	80.5

由表 3 可以看出, 随着冻融次数增加, 混凝土的质量损失率增加, 动弹性模量下降。但环氧树脂的加入可以使得混凝土的抗冻融能力增强。经过 125 次冻融循环后, 15%环氧树脂掺量的改性混凝土相较于 0 掺量的混凝土质量损失率降低了 72.8%, 动弹性模量增加了 33.9%; 10%掺量的改性混凝土质量损失率降低了 68.5%, 动弹性模量增加了 2.3%; 5%掺量的改性混凝土质量损失率降低了 58.2%, 动弹性模量减少了 0.7%。由此可见 15%掺量的改性混凝土抗冻融能力较为优越。

3.3 抗渗性分析

环氧树脂改性水泥混凝土的抗渗性能试验结果如表 4 所示。

表 4 环氧树脂改性混凝土的抗渗性

环氧树脂掺量	0	5%	10%	15%
最大水压抗渗等级	6	12	14	12
养护 28d 氯离子电通量	2117C	1707C	1668C	1528C
养护 56d 氯离子电通量	1898C	918C	889C	825C

由表 4 可以明显看出, 环氧树脂可以提高改性混凝土的抗水压能力, 抑制氯离子渗出, 且 10%掺量的混凝土抗水压能力最高, 最大水压抗渗等级为 14 级。随着环氧树脂掺量增大, 氯离子浸出量减少。当环氧树脂掺量为 5%时, 养护 28d 氯离子电通量减少了 19.4%, 养护 56d 氯离子电通量减少了 49.0%。当掺量为 10%时, 养护 28d 氯离子电通量减少了 21.2%, 养护 56d 氯离子电通量减少了 53.2%。当掺量为 15%时, 养护 28d 氯离子电通量减少了 27.8%, 养护 56d 氯离子电通量减少了 56.5%。可以看到 5%与 10%掺量下, 氯离子浓度相近。

4 现场工程应用

采用 10%掺量的环氧树脂改性水泥混凝土进行桥梁下部墩柱浇筑施工, 其施工工艺如下:

a. 桥梁墩柱主体现场施工采用环氧树脂改性水泥混凝土浇筑, 水泥混凝土表面拉毛后喷水保湿养护至规定龄期。

b. 充分润湿环氧树脂改性水泥混凝土并达到饱和面干状态, 打底层均匀刷涂界面处理剂, 防护层采用聚丙烯酸酯乳液改性水泥砂浆涂抹后养护 7d。

c. 满足龄期后, 在防护层表面均匀喷涂一层硅烷浸渍剂, 预防海水腐蚀、冻融损伤以及碳化作用等, 进一步提高其结构耐久性。

5 结论

本文对环氧树脂改性混凝土耐久性进行了对比分析研究, 得出结论如下:

(1) 环氧树脂改性混凝土坍落度值随环氧树脂掺量的增加而增加。7d 抗压强度与 28d 抗压强度随着随环氧树脂掺量的增大而降低, 7d 抗折强度基本不变, 28d 抗折强度有所上升后下降。

(2) 随着冻融次数增加, 混凝土的质量损失率增加, 动弹性模量下降。环氧树脂的加入可以使得混凝土的抗冻融能力增强。

(3) 环氧树脂可以提高改性混凝土的抗水压能力, 抑制氯离子渗出, 且 10% 掺量的混凝土抗水压能力最高, 最大水压抗渗等级为 14 级。

(4) 综合各项试验指标, 环氧树脂改性混凝土中环氧树脂最优掺量为 5%~10%, 可以根据实际工况和经济情况进行配置。

[参考文献]

[1]林立,周成洋,邹雅,徐玮.高性能混凝土在沿海复杂环境下耐腐蚀应用[J].水利技术监督,2022(09):277-281.

[2]葛辉,张启志.高性能混凝土制备及其耐久性性能的试验分析[J].化学与粘合,2022,44(04):355-358.

[3]孙炎,徐晓蕾,钱玉林.我国混凝土聚合物复合材料的研究现状及发展[J].建筑技术,2007,38(1):12-14.

[4]艾洪祥,李增亮,陈旭,刘洋.不同聚合物混凝土性能对比研究[J].新型建筑材料,2020,47(09):143-146.

[5]吴文,田启军.聚合物对双掺矿物掺和材的海工混凝土抗腐蚀性能的影响[J].中外公路,2007(04):254-257.

[6]黄志强,张二芹,吕晨曦,底高浩,李核.聚合物改性混凝土抗冻耐久性试验研究[J].混凝土,2016(04):50-53+56.