

# 聚合物改性水泥砼力学性能及耐久性能研究\*

侣传铭

(黄河养护集团有限公司, 河南 郑州 450000)

**摘要:** 制作聚合物掺量分别为 0.5%、10%、15%、20% 的砼试件, 研究聚合物改性水泥砼的力学性能和耐久性能, 通过抗压、抗拉、抗折及动弹性模量等力学性能试验研究聚合物掺量对普通砼力学性能的影响。结果表明, 与普通砼相比, 聚合物改性水泥砼的抗压强度没有增强, 但其抗拉强度及抗折强度提高, 弹性模量下降, 聚灰比为 10% 左右时能改善砼的力学性能; 掺加聚合物后砼的抗冻等级增强, 质量损失降低, 聚合物掺量为 15%~20% 时砼的抗冻性能改善效果最好。

**关键词:** 公路; 聚合物; 水泥砼; 力学性能; 耐久性能

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)06-0051-03

交通量的逐年增长, 特别是重轴载车辆的增多及砼路面使用年限的增加, 水泥砼路面会出现砼板块破碎、脱空、露骨、裂缝、板角断裂等病害。外界环境会对大体积砼造成腐蚀, 导致砼的强度、耐久性下降, 在外力、环境综合作用下砼出现裂缝等早期病害。水溶液中的氯盐、硫酸盐也会对砼结构造成严重破坏, 导致早期裂缝进一步恶化, 严重影响结构的使用安全性及寿命。提高水泥砼结构的力学性能及耐腐蚀能力对基础设施的可持续发展具有重大意义。聚合物改性水泥砼不仅满足常规普通水泥砼抗压强度要求, 同时抗弯拉能力及抗冲击能力都有明显改善, 且能增强基础设施的抗腐蚀能力, 延长其使用安全性及寿命。该文通过聚合物改性水泥砼力学性能、耐久性能研究, 评价聚合物改性剂的掺入对水泥砼性能的影响。

## 1 水泥砼原材料及配合比设计

### 1.1 原材料

水泥是决定砼性能的重要因素。选用 42.5# 普通硅酸盐水泥, 其主要性能试验结果见表 1。细集料为河砂, 洁净无杂质, 起填充混合料的作用; 粗集料为石灰岩碎石, 起骨架支撑作用。粗、细集料筛分结果见表 2、表 3, 均满足相关规范要求。

### 1.2 聚合物改性剂

聚合物改性剂由 AB-EP-4 型环氧树脂与 AB-HGA 型环氧固化剂按照 2:1.5 的质量比例掺配而成, 环氧树脂与环氧固化剂的主要技术指标

表 1 42.5# 普通硅酸盐水泥的性能指标试验结果

项目	技术要求	试验结果
化学特性	MgO/%	≤5.0 3.21
	SO <sub>3</sub> /%	≤3.5 2.37
	Cl <sup>-1</sup> /%	<0.06 0.038
物理特性	安定性	合格 合格
	3 d 抗折强度/MPa	≥4.0 5.9
	3 d 抗压强度/MPa	≥22.0 31.7
	细度/%	≤10 4.58
	初凝时间/min	≥45 98
终凝时间/min	≤600 429	

表 2 粗集料的筛分结果

筛孔尺寸/mm	百分比率/%	
	规范要求	筛分结果
19.00	95~100	97.9
16.00	85~100	90.7
9.50	30~60	46.2
4.75	0~10	5.5

表 3 细集料的筛分结果

筛孔尺寸/mm	百分比率/%	
	规范要求	筛分结果
4.75	90~100	95.9
2.36	75~100	83.4
1.18	50~90	62.7
0.60	30~60	46.3
0.30	8~30	23.1
0.15	0~10	5.2
0.075	0~5	2.7

\* 基金项目: 国家青年科学基金资助项目(51408553); 河南省重点科技攻关计划项目资助课题(152102210033)

见表4、表5。

表4 AB-EP-4型环氧树脂的主要技术指标

项目	试验结果
外观	乳白色液体
粘度/(Pa·s)	≥2
环氧值	0.27~0.46
固体含量/%	≤50
pH值	6~8

表5 AB-HGA环氧固化剂的主要技术指标

项目	试验结果
外观	浅棕色液体
粘度/(Pa·s)	≥10
胺值	240~300
固体含量/%	≤50
pH值	10~12

### 1.3 配合比设计

成型聚灰比(聚合物与水泥质量之比)分别为0、5%、10%、15%、20%的5种砼试件,分别用A1、A2、A3、A4、A5表示,其配合比见表6。

表6 砼配合比设计

编号	改性聚合物/%	水泥/kg	细集料/kg	粗集料/kg	水/kg
A1	0	395	658	1 296	178
A2	5	395	658	1 296	168
A3	10	395	658	1 296	158
A4	15	395	658	1 296	148
A5	20	395	658	1 296	138

## 2 砼力学性能研究

### 2.1 和易性

为确保改性剂掺配均匀,搅拌中先将水泥、砂、石及适量水拌和均匀,然后加入聚合物改性剂搅拌均匀。不同聚灰比砼的坍落度试验结果见图1。

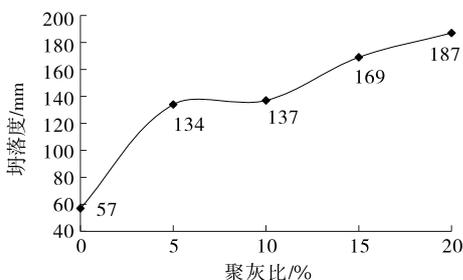


图1 砼坍落度与聚灰比的关系

从图1可以看出,随着聚合物掺量的增多,砼坍落度逐渐变大,表明聚合物改性剂的掺入能改善砼的和易性。根据相关规范要求,泵送砼的坍落度为100~150 mm,聚灰比为10%左右时砼的流动性能较好。

### 2.2 抗压强度

将养护好的砼试件表面擦干放置在压力机上,调整好试件位置后以0.5~0.8 MPa/s的速度进行加载,记录试件破坏时的极限荷载。不同龄期、不同聚灰比时砼试件抗压强度试验结果见图2。

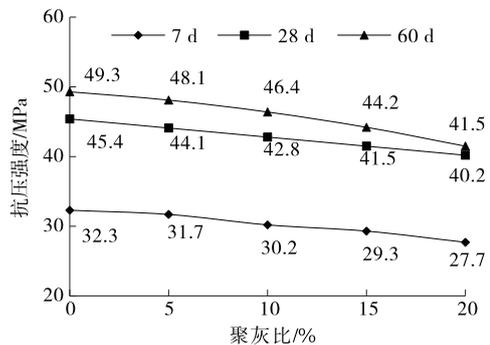


图2 砼抗压强度与聚灰比及养护龄期的关系

从图2可以看出,龄期相同时,随着聚灰比的增大,砼试件的抗压强度逐渐降低,但降低幅度不大;聚灰比相同时,随着龄期的增加,砼试件的抗压强度逐渐升高,且升高幅度较显著。表明养护龄期与聚灰比都对砼抗压强度有影响,其中养护龄期的影响更明显。

### 2.3 抗拉强度

将28、60 d龄期的砼试件表面擦干净,调整好试件位置,垫条与试件上、下表面中轴线对齐,然后以0.05~0.08 MPa/s的速度进行加载,记录试件破坏时的极限荷载。不同龄期、不同聚灰比时砼试件抗拉强度试验结果见图3。

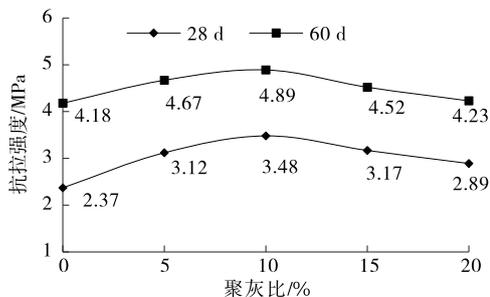


图3 砼抗拉强度与聚灰比及养护龄期的关系

从图3可以看出,随着聚灰比的增大,不同龄期砼试件的抗拉强度均先升高后降低,且都是在聚灰

比为10%时达到峰值。聚灰比为10%时,28 d龄期砼试件的抗拉强度为3.48 MPa,比未掺聚合物改性剂的砼提高46.84%;60 d龄期砼试件的抗拉强度为4.89 MPa,比未掺聚合物改性剂的砼提高16.99%。聚灰比相同时,随着龄期的增大,砼试件的抗拉强度提高。

## 2.4 抗折强度

将28 d龄期的砼试件表面擦干净,平稳放置于试验机上,以0.05~0.08 MPa/s的加载速度采用四点法进行抗折试验。不同聚灰比砼抗折强度试验结果见图4。

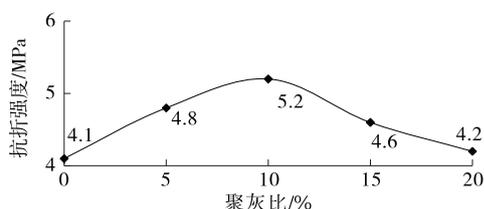


图4 砼抗折强度与聚灰比的关系

从图4可以看出:随着聚灰比的增大,砼试件的抗折强度先升高后降低,聚合物掺量为10%时达到峰值,与未掺聚合物改性剂的砼相比提高26.83%。

## 3 砼耐久性能研究

### 3.1 动弹性模量

聚合物改性剂的掺入对砼的抗冻性能有一定影响。不同冻融循环周期后砼试件动弹性模量试验结果见图5。

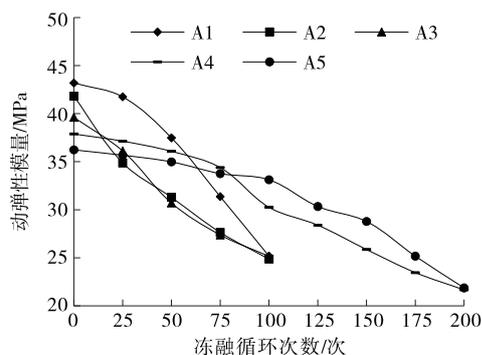


图5 砼动弹性模量与冻融循环次数的关系

从图5可以看出:随着冻融循环次数的增多,砼试件的动弹性模量逐渐减小。聚合物改性剂掺量为0%、5%、10%时,砼试件在冻融循环次数刚超过100次(105次)时发生破坏;聚合物改性剂掺量为15%、20%时,砼试件在冻融循环次数刚超过200次(207次)时发生破坏;聚合物改性剂掺量为20%时,动弹

性模量的下降速度比其他掺量的慢,表明其抗冻性能最好。

### 3.2 质量损失

砼试件在经过多次冻融循环作用后表层会出现不同程度的损伤,甚至会出现裂缝、细集料剥落等病害,最终导致砼试件质量损失。不同冻融循环周期后砼试件质量损失率试验结果见图6。

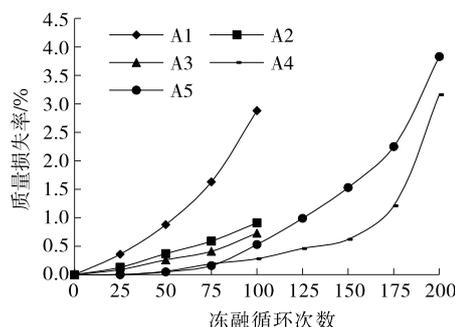


图6 砼质量损失率与冻融循环次数的关系

从图6可以看出:相同聚合物掺量时,随着冻融循环次数的增多,砼试件的质量损失率逐渐增大,同时掺聚合物改性剂砼的质量损失率变化曲线与普通砼相比缓慢得多;经过100次冻融循环作用后,A1~A5组砼试件的质量损失率分别为2.88%、0.91%、0.73%、0.28%、0.53%。表明聚合物改性剂的掺入能改善骨料之间的粘结能力,增强砼的抗冻性能。聚合物掺量为15%~20%时,砼的抗冻性能较好。

## 4 结论

(1) 随着聚合物掺量的增多,砼坍落度逐渐增大,聚合物改性剂的掺入能改善砼的和易性;聚灰比为10%左右时砼的流动性较好。

(2) 随着聚灰比的增大,不同龄期砼试件的抗拉、抗折强度均先升高后降低,且都是在聚灰比为10%时达到峰值。

(3) 随着冻融循环次数的增多,砼试件的动弹性模量逐渐减小,聚合物改性剂掺量为20%时砼动弹性模量的下降速度比其他掺量的慢,其抗冻性能最好。聚合物改性剂的掺入能改善骨料之间的粘结能力,增强砼的抗冻性能,聚合物掺量为15%~20%时砼的抗冻性能较好。

### 参考文献:

[1] 丁向群,张冷庆,冀言亮,等.聚合物改性粘结砂浆的性

(下转第87页)

K128+814断面的土基为轻微膨胀土,K128+896、K128+977断面的土基为亚黏土,路床均用二灰土换填,K128+814断面的沉降量略大于K128+896、K128+977断面。

### 3 新旧路基沉降规律和差异沉降原因分析

#### 3.1 新旧路基沉降规律

(1) 新路基距旧路中心线越近,沉降量越小;距旧路中心线越远,沉降量越大。新路基边缘沉降量最大。

(2) 拓宽路基横断面新旧路基出现不均匀沉降,路基沉降不稳定。

(3) 旧路基沉降量较小,新路基沉降量大。

(4) 不同土基的沉降量不同,轻微膨胀土土基的沉降量略大于黏土、亚黏土土基。

(5) 降雨对路基沉降有影响,会加速路基沉降。

#### 3.2 新旧路基差异沉降原因

(1) 原路已运营一段时间,旧路基在自身荷载和车辆荷载作用下地基已基本固结,沉降量小,而新拓宽路基固结还未完成,新旧路基出现差异沉降。

(2) 在过往施工车辆和社会车辆的动荷载作用下,拓宽路基边缘本身易发生侧滑,沉降明显比其他部位大,也加速了新路基边缘不均匀沉降。

(3) 降雨后路基土含水率变大,强度降低,造成路基沉降增大。

(4) 轻微膨胀土土基的强度、压实度低于黏土和亚黏土土基,其沉降量相应更大。

(5) 拓宽路基施工质量较难控制,路基碾压不

均,施工质量难以达到要求,导致新旧路基出现差异沉降。

(6) 新旧路基修建时间、地基处理方式、填料和压实度不同,易造成新老路基产生不均匀沉降。

### 4 结语

与高速公路改扩建不同,二级公路改扩建项目建设周期短、资金相对较少。用三角定位、水准仪监测二级公路扩建项目新旧路基差异沉降,不仅能准确反映新旧路基的差异沉降,指导施工,而且具有监测方法简单、成本低的特点。

#### 参考文献:

- [1] JTGF10—2006,公路路基施工技术规范[S].
- [2] 胡安兵,凌九忠,高速公路改扩建方案研究[J].中外公路,2004,24(1).
- [3] 杜艳军.高等级公路路堤加宽理论分析[D].哈尔滨:东北林业大学,2005.
- [4] JTGD30—2015,公路路基设计规范[S].
- [5] 黄琴龙,凌建明,唐伯明,等.旧路拓宽工程的病害特征和机理[J].同济大学学报:自然科学版,2004,32(2).
- [6] 杨平,颜川雄.高速公路扩建工程差异沉降控制技术研究[J].公路交通科技:应用技术版,2018(3).
- [7] 孟德友.填方路基及桥梁加宽拼接技术探讨[J].公路与汽运,2016(3).
- [8] 徐强.高速公路改扩建工程技术与实践[M].北京:人民交通出版社,2010.

收稿日期:2018-02-01

(上接第53页)

- 能研究[J].硅酸盐通报,2014,33(5).
- [2] 农金龙.聚合物改性水泥基粘结复合材料的粘结性能研究[D].长沙:湖南大学,2013.
- [3] 王培铭,赵国荣,张国防.聚合物水泥混凝土的微观结构的研究进展[J].硅酸盐学报,2014,42(5).
- [4] 陆科奇,郝文斌,陈潇,等.聚合物改性水泥基路面材料的研究概况[J].建材世界,2014,35(1).
- [5] 孙振平,叶丹玫,傅乐峰,等.聚合物改性水泥砂浆含气量对力学性能的影响[J].建筑材料学报,2013,16(4).
- [6] 张中华.聚合物改性水泥混凝土制备技术研究[D].西安:长安大学,2013.
- [7] 衡艳阳,赵文杰.苯丙乳液改性水泥基材料性能及机理研究进展[J].硅酸盐通报,2014,33(6).
- [8] 钟世云,王培铭,陈志源.聚合物改性砂浆界面过渡区

的电导特性[J].硅酸盐学报,2004,32(10).

- [9] 钟世云,李晋梅,张聪聪.减水剂及加料顺序对乳液改性砂浆性能的影响[J].建筑材料学报,2010,13(5).
- [10] 田甜.水性环氧树脂乳液改性水泥砂浆性能的研究[D].长沙:湖南大学,2007.
- [11] 刘宇.水性环氧基混凝土的制备与性能[D].广州:华南理工大学,2012.
- [12] 付昌会.搅拌方式对水泥混凝土含气量与性能影响的研究[D].西安:长安大学,2011.
- [13] 洪锦祥,缪昌文,刘加平,等.冻融损伤混凝土力学性能衰减规律[J].建筑材料学报,2014,17(2).
- [14] 肖前慧.冻融环境多因素耦合作用混凝土结构耐久性研究[D].西安:西安建筑科技大学,2010.

收稿日期:2018-06-08