

花岗岩石粉对砼早期抗裂性能的影响

黎超尘

(佛山市公路桥梁工程监测站有限公司, 广东 佛山 528041)

摘要: 通过测试砼流动度、抗压强度、蒸发失水速率、早期抗裂性能等,研究花岗岩石粉作为矿物掺合料取代水泥时对砼工作性能、力学性能及抗裂性能的影响。结果表明,与基准砼相比,花岗岩石粉的掺入可降低砼蒸发失水量,其掺量为 10%、20% 和 30% 时砼的早期开裂面积分别减少 76.8%、45.9%、30.5%,砼早期抗裂性能提高;花岗岩石粉可提高砼流动度,其掺量为 10% 时砼 3 d 强度有所提高,掺花岗岩石粉砼的后期强度比基准砼有所降低。

关键词: 公路;花岗岩石粉;砼;早期抗裂性能;流动性;力学性能

中图分类号: U416.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)06-0081-02

砼裂缝为有害离子侵入提供通道,会加速砼内部钢筋锈蚀并影响构件使用寿命。塑性收缩裂缝是砼早期原生裂缝的重要组成部分,对砼结构后期裂缝的发展具有一定促进作用。中国工程质量调查结果表明,部分水泥砼路面施工完成几天甚至不到一天就出现开裂,其他工程如桥梁、轨道工程砼早期塑性收缩裂缝问题也普遍存在。

花岗岩石粉是花岗岩石材切割、加工过程中产生的废弃物,随着砼掺合料应用技术的发展,花岗岩石粉作为砼掺合料应用于工程领域的可行性得到验证,但其对砼早期抗裂性能的影响仍有待进一步论证。在保证砼工作性能、力学性能的前提下,研究不同掺量花岗岩石粉对砼早期抗裂性能的影响,合理使用花岗岩石粉作为矿物掺合料以满足不同工程结构应用的需求具有显著经济、生态效益。

1 原材料及试验方案

1.1 原材料

- (1) 水泥。采用华润水泥厂生产的 P.O 42.5 级水泥,其主要物理力学性能见表 1。
- (2) 花岗岩石粉。采用广东云浮花岗岩石粉,其化学组成见表 2。
- (3) 粗骨料。产于广东云浮,采用 5~25 mm 连续级配,其中 5~10 mm : 10~25 mm = 3 : 7。
- (4) 细骨料。采用河砂,产于广西西江,含泥量 0.5%,表观密度 2 630 kg/m³,细度模数 2.6。
- (5) 外加剂。采用中交武汉院 LN-SP 型聚羧酸高性能减水剂,减水率 36%,固体含量 22.26%。
- (6) 水。采用当地饮用水。

表 1 水泥的主要物理力学性能

性能指标		试验值
凝结时间/min	初凝	189
	终凝	242
比表面积/(m ² · kg ⁻¹)		346
标准稠度用水量/%		26.1
安定性(雷氏法)		合格
抗压强度/MPa	3 d	26.8
	28 d	50.7
抗折强度/MPa	3 d	5.6
	28 d	8.5

表 2 花岗岩石粉的化学成分

成分	含量/%	成分	含量/%
SiO ₂	65.89	MgO	2.02
Al ₂ O ₃	12.50	SO ₃	0.08
CaO	7.68	K ₂ O	3.15
Fe ₂ O ₃	2.80	Na ₂ O	3.80

1.2 试验方案

选取设计强度为 C40 的基准配合比,单位用水量为 152 kg/m³,胶凝材料总量为 400 kg/m³,其中花岗岩石粉分别以 10%、20%、30% 的掺量掺入。砼试验配合比见表 3。

砼坍落度、扩展度按 GB/T 50080-2016《普通混凝土拌合物性能方法试验标准》检测;砼立方体抗压强度按 GB 50081-2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》检测;砼早期抗裂试验按 GB/T 50082-2009《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》进行。在表 3 所示配合比的基础上除去粗骨

表3 砼试验配合比

配合比 编号	用量/(kg·m ⁻³)					减水 剂/%
	水泥	花岗岩石粉	砂	石	水	
G0	400	0	733	1055	152	1
G1	360	40	733	1055	152	1
G2	320	80	733	1055	152	1
G3	280	120	733	1055	152	1

料,浇筑至 $\phi 100\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ 砂浆圆柱体试模内,环境温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$,相对湿度为 $(60 \pm 5)\%$,并控制试件表面中心正上方 100 mm 处风速为 $(5 \pm 0.5)\text{ m/s}$, $0 \sim 6\text{ h}$ 内每隔 1 h 测试因砼蒸发失水而导致的质量损失。

2 试验结果与分析

2.1 砼流动性与抗压强度

检测各组配合比砼试样的坍落度、扩展度和抗压强度,结果见表4。

表4 砼的流动性和抗压强度

配合比 编号	坍落度/ mm	扩展度/ mm	抗压强度/MPa		
			3 d	7 d	28 d
G0	170	455	31.4	42.5	48.2
G1	185	480	33.8	41.3	45.0
G2	200	520	31.2	39.6	42.4
G3	185	460	28.9	35.6	37.2

花岗岩石粉取代水泥后均匀分布于水泥颗粒之间,通过微集料填充效应改善砼胶凝材料体系的颗粒级配,使砼内部空隙率减小,自由水增多,拌和物坍落度、扩展度增大。在砼单位用水量及外加剂掺量不变的条件下,花岗岩石粉取代水泥率增加至30%时,胶凝材料体系的总比表面积增大,达到相同流动性砼所需水量增多,拌和物的粘滞性增大、流动性降低。

3 d龄期时,随着花岗岩石粉掺量的增大,砼抗压强度呈先增加后减小的趋势,掺量为10%时达到最大值。龄期为7和28 d时,随着花岗岩石粉掺量的增加,砼抗压强度相对基准砼呈降低趋势,其中G1组抗压强度降幅最小,7和28 d分别达到基准砼的97.2%与93.4%。花岗岩石粉主要通过微集料填充效应减少砼内部空隙率,提高砼密实程度,在砼早期水化反应不充分的情况下,花岗岩石粉的掺入可起到骨架填充作用,一定程度上使砼强度增加。但由于其自身不参与砼水化反应,属于惰性矿物掺合

料,花岗岩石粉对砼后期强度发展的贡献小,随着龄期的增长,掺花岗岩石粉砼的抗压强度与基准砼相比有所降低。

2.2 砼蒸发失水量

砼蒸发失水量试验结果见图1。由图1可知:花岗岩石粉的掺入使砼在同龄期的蒸发失水量与基准砼相比明显降低,其掺量为10%、20%、30%时,砼6 h蒸发总失水量分别减小10.3%、18.4%、22.9%。主要是由于花岗岩石粉微集料填充效应可堵塞砼内部水分孔隙通道,增强砼的束水能力。

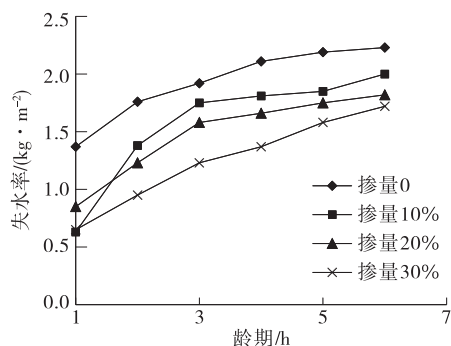


图1 砼蒸发失水量试验结果

2.3 砼早期抗裂性能

不同花岗岩石粉掺量砼试样的早期开裂试验结果见表5。

表5 砼早期开裂试验结果

配合比 编号	开裂时 间/h	最大裂缝 宽度/mm	最大裂缝 长度/mm	总裂缝 数量/条	总开裂面积/ (mm ² ·m ⁻²)
G0	3	1.0	600	14	1 632
G1	5	0.5	470	7	379
G2	4	0.5	540	9	883
G3	4	0.8	580	11	1 134

由表5可知:1) 花岗岩石粉掺量为10%、20%和30%时,与基准砼相比,砼的总开裂面积分别降低76.7%、45.9%、30.5%。2) 掺量为10%时,砼最大裂缝宽度、裂缝长度、裂缝数量均达到最低值,说明以10%花岗岩石粉取代水泥能起到较显著的抑制塑性收缩裂缝的效果。塑性收缩开裂主要由单位面积砼表面失水比内部泌水传送至砼表面水分多所引起,花岗岩石粉可降低砼蒸发失水量,砼因失水收缩引起的开裂减少。3) 花岗岩石粉掺量增加至20%以上时,因胶凝材料体系比表面积增大,需水量增加,毛细管负压加大,砼自干燥、自收缩成为引起

(下转第87页)

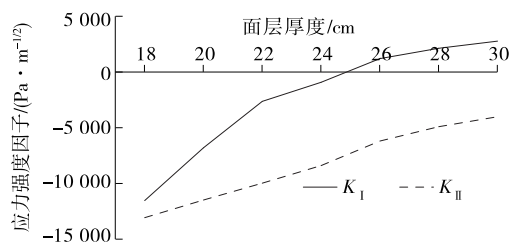


图 11 不同面层厚度下的应力强度因子

由图 11 可知:偏载作用下,在加铺玻纤格栅的道路结构中,随着面层厚度的增加,裂缝尖端的张开型应力强度因子增大甚至出现正值,即裂缝尖端从压应力逐渐减小直至变为拉应力;剪切型应力强度因子与面层厚度成反比,随面层厚度增加而减小,但其值达到 24 cm 后减幅幅度变小。综上,增加面层厚度可延缓裂缝的发展,但超过 24 cm 后这种延缓作用逐渐减弱,甚至在裂缝尖端产生拉应力。

5 结论

(1) 行车荷载的最不利位置为偏载;在偏载作用下,路面结构反射裂缝类型以剪切型为主要表现形式。

(2) 路面结构设置玻纤格栅后,可明显延缓反射裂缝的扩展速率。

(3) 铺设玻纤格栅路面结构的反射裂缝扩展速率随着裂缝长度和面层模量的增大而增大,随着面层厚度的增大而减小。

参考文献:

- [1] 孙雅珍,翟晓星,李宁.沥青路面反射裂缝扩展机理与防裂效果分析[J].沈阳建筑大学学报:自然科学版,2012,28(6).
- [2] 郝晓红.基于抗裂性能的橡胶沥青应力吸收层混合料关键指标研究[J].中外公路,2016,36(5).
- [3] 张佰真铭.玻纤格栅防治沥青路面反射裂缝技术的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2013.
- [4] 李文辉.应用土工织物防治复合式路面荷载型反射裂缝的试验研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.
- [5] 李汝凯.重载条件下复合式路面防反技术研究[D].重庆:重庆交通大学,2015.
- [6] 高冠群.农村公路旧水泥路面加铺沥青层防裂研究[D].重庆:重庆交通大学,2017.
- [7] 廖丹.半刚性基层沥青路面反射裂缝防治技术研究[D].北京:北京工业大学,2009.
- [8] 黄志勇.应力吸收层的有限元模拟分析[J].西部交通科技,2017(6).
- [9] 黄彬.玻纤格栅在防治沥青加铺反射裂缝中的应用研究[D].武汉:武汉理工大学,2010.
- [10] 陆军.加宽改造公路沥青路面防治反射裂缝技术探讨[J].公路与汽运,2016(5).
- [11] 杨烨.两种沥青路面的力学响应及结构层寿命对比分析[J].公路与汽运,2018(3).

收稿日期:2019-03-25

(上接第 82 页)

开裂的主要原因,砼开裂面积、裂缝宽度及数量呈增长趋势。

3 结论

(1) 花岗岩石粉作为矿物掺合料的微集料效应可优化砼胶凝材料颗粒级配,使砼内部空隙率减小,自由水增多,拌和物流动性增强。

(2) 砼 7、28 d 抗压强度随着花岗岩石粉掺量的增加而降低,3 d 抗压强度随着花岗岩石粉掺量的增加先增加后降低,掺入 10% 花岗岩石粉时砼 3 d 抗压强度达到最高值。

(3) 花岗岩石粉的掺入能提高砼约束自由水的能力,降低蒸发失水速率,提高砼早期抗裂能力;花岗岩石粉掺量为 10%、20%、30% 时,砼开裂面积比基准砼分别减少 76.8%、45.9%、30.5%;掺量为 10% 时总开裂面积最小,抗裂效果最好。

参考文献:

- [1] 郭平功,赵铁军,田砾.裂缝、表面防水处理对混凝土耐久性的影响[J].混凝土,2007(8).
- [2] 张德峰,吕志涛.裂缝对预应力混凝土结构耐久性的影响[J].工业建筑,2000,17(11).
- [3] 杨长辉,王川,吴芳.混凝土塑性收缩裂缝成因及防裂措施研究综述[J].混凝土,2002(5).
- [4] 高英力.超细粉煤灰高性能公路路面水泥混凝土早期收缩变形及抗裂性能研究[D].长沙:中南大学,2005.
- [5] 孙振平,蒋正武,王培铭,等.水泥混凝土路面裂缝成因及预防措施[J].公路交通科技,2005,22(4).
- [6] 王铁梦.工程结构裂缝控制[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [7] 李相国,李孟蕾,马保国,等.改性花岗岩石粉对水泥的性能影响[J].混凝土,2013(8).

收稿日期:2019-06-26