

花岗岩石粉在混凝土中应用的试验研究

郭元强

(科之杰新材料集团有限公司, 福建 厦门 361006)

[摘要] 本文研究了花岗岩石粉的粉磨时间、替代量对混凝土性能的影响, 同时与其他三种常用的掺合料进行性能对比, 结果表明, 花岗岩石粉经过 30min 的粉磨 (HF30), 比表面积达到 $642\text{m}^2/\text{kg}$ 时, 其活性最优, 成本最为适宜; HF30 替代水泥的掺量控制在 10% 时, 对混凝土和易性有一定的改善作用, 并且对混凝土的抗压强度影响不大; 随着 HF30 掺量的增加, 混凝土的和易性变差, 抗压强度逐渐降低, 混凝土碳化深度逐渐加深。HF30 的性能与粉煤灰相当, 比磨细灰好。

[关键词] 花岗岩石粉; 混凝土; 抗压强度; 碳化性能

Experimental study on application of granite powder in concrete

Guo Yuanqiang

(KZJ New Materials Group Co., Ltd., Xiamen 361006)

Abstract: In this paper, the effects of grinding time and substitution amount of granite powder on the performance of concrete were studied. At the same time, the performance of the other three kinds of commonly used admixtures was compared. The test results show that the granite powder has a specific surface area of $642\text{m}^2/\text{kg}$ after 30 minutes grinding. The dosage of HF30 instead of cement is controlled at 10%, which has a certain improvement effect on concrete workability, and has little effect on the compressive strength of concrete, with HF30. When the amount of the mixture increases, the workability of the concrete deteriorates, the compressive strength gradually decreases, and the concrete carbonization depth gradually deepens. The performance of HF30 is comparable to that of fly ash, which is better than fine ash.

Keywords: granite powder; concrete; compressive strength; carbonization performance

0 引言

近年来, 我国建筑石材加工行业发展迅速, 已成为世界最大的石材生产、消费和出口国, 全国装饰板材年消耗量超过 2.5 亿 m^3 ^[1-2]。而闽南金三角是全国石材加工业十分发达的地区, 近十年来, 随着建筑业的繁荣与迅猛发展, 以及人们对建筑的审美及装饰鉴赏水平的提高, 造成了建筑上对石材的需求十分旺盛, 给石材行业带来了黄金时期。石材需求的持续高涨, 为地方经济做出了巨大贡献, 但同时也带来了难以处理的环境问题。以石材加工业发达的南安为例, 每年产生预计 100 多万吨的石粉废料^[2]。经过统计, 目前, 该地区每年能得到有效处理的石粉废料约 70 万吨左右, 仍有 30 多万吨石粉未得到有效利用。随着建设资源节约型、环境友好型社会步伐的加快, 亟需寻求有效利用花岗岩石粉避免污染的措施, 达到以废治废、变废为宝、节能降耗的目的^[4]。

综合上述实际情况, 为提高石粉的再利用水平, 解

决废弃石粉污染环境, 本文研究了在混凝土中掺入花岗岩石粉的可行性, 以达到对废弃石粉的再利用, 为改善该地区环境提供一个有效途径。

本文着重介绍了花岗岩石粉的选用, 以及掺用花岗岩石粉对混凝土拌合物性能、早期强度与碳化深度的影响研究成果, 通过与其他掺合料对比试验, 从技术层面提出了花岗岩石粉在混凝土应用中的控制措施。

1 试验用材料

(1) 水泥: 采用“闽福”牌, 42.5R 级普通硅酸盐水泥, 其性能指标见表 1。

(2) 碎石: 采用花岗岩碎石, 5~20mm 和 5~31.5mm 两种粒级, 碎石具体性能指标见表 2。

(3) 砂: 厦门某砂厂产净化海砂, 质量损失 7.2%, 堆积密度 $1470\text{kg}/\text{m}^3$, 细度模数 2.7, 含泥量 0.1%。

(4) 外加剂: 采用福建科之杰生产, Point-400S

缓凝型高效减水剂, 含固量 9.40%, 密度 1.024g/cm³, pH=5.9, 减水率 20%。

(5) 掺合料: 比对用掺合料的性能指标见表 3。

(6) 花岗岩: 研究使用的花岗岩石粉来源于南安某石材厂, 对其化学成分进行测试, 测试结果如表 4 所示。

表 1 水泥性能指标

比表面积 (m ² /kg)	标稠用 水量 (%)	凝结时间(min)		抗折强度(MPa)		抗压强度(MPa)	
		初凝	终凝	3d	28d	3d	28d
398	27.8	146	198	5.4	8.1	29.3	52.0

表 2 碎石性能

粒级(mm)	表观密度 (kg/m ³)	堆积密度 (kg/m ³)	含泥量 (%)	压碎值 (%)	针状含量 (%)
5~20	2740	1540	0.3	7.4	1.0
5~31.5	2740	1530	0.2	7.1	1.0

表 3 掺合料的性能

产品名称	规格	需水比(%)	比表面积(m ² /kg)	28d 活性指数(%)
粉煤灰 1	II 级	88	331	65.9
磨细灰 1		88	401	74.0
磨细灰 2		92	423	72.6

表 4 花岗岩石粉化学成分测试结果

Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	CaO(%)
5.53	9.67	48.67	8.95

表 4 数据结果表明, 花岗岩石粉的 SiO₂ 含量较高, 因此, 在实际应用过程中, 应对其成分进行分析, 以确定花岗岩石粉的用量, 避免产生“碱—硅酸盐”反应。

2 试验方案

首先, 试验研究采用 C30 配合比, 如表 5 所示。保持其他用量不变, 采用不同掺量的花岗岩石粉等量取代胶凝材料, 研究花岗岩石粉对混凝土拌合物性能、力学性能以及后期耐久性能的影响, 从而确定使用花岗岩石粉的最佳掺量。其次, 采用花岗岩石粉、粉煤灰和磨细灰等量替代水泥, 研究花岗岩石粉与其他三种掺合料对混凝土性能的影响。

按照 GB/T 50080—2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》进行混凝土拌合物性能测定, 按照 GB/T 50081—2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》进行混凝土试块制作、养护和抗压强度测定。

表 5 试验用基本配合比 kg/m³

水	胶凝材料	砂子	石子		外加剂
			5~20	5~31.5	
170	360	790	735	315	6.7

3 试验结果与分析

3.1 花岗岩石粉的选用

不同的粉磨时间对花岗岩石粉物理性能的影响见表 6 所示。

表 6 花岗岩石粉物理性能

粉磨时间(min)	试验简称	比表面积 (m ² /kg)	需水量比(%)
0	HF	489	87.0
30	HF30	642	87.8
60	HF60	818	89.0

表 6 和图 1 的试验结果表明: 花岗岩石粉的比表面积和需水量随粉磨时间的增加而变大; 花岗岩石粉的活性指数随着粉磨时间的增加而增大, 当粉磨时间大于 30min 时, 随着粉磨时间的增加, 活性指数增加的比较缓慢。

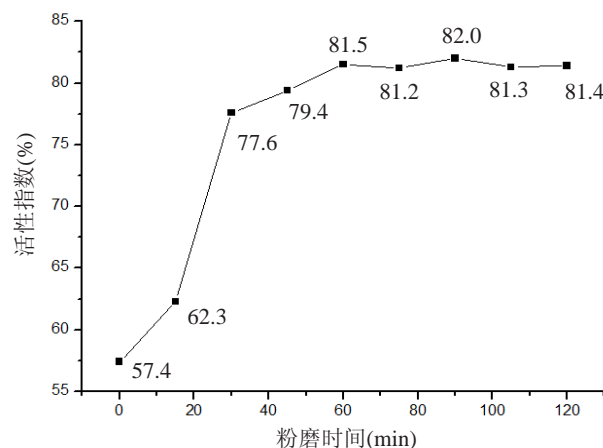


图 1 粉磨时间与活性指数趋势

图 2 是花岗岩石粉磨时间与成本关系图, 花岗岩石粉的粉磨时间每增加 15min, 则平均成本将增加 1.16元/吨, 结合图 1 的活性指数趋势, 综合考虑成本因素的影响, 粉磨 30min 的花岗岩石粉具有较高的性价比。因此, 选用了粉磨 30min 的花岗岩石粉进行试验研究。

3.2 HF30 石粉掺量对混凝土拌合物性能的影响

分别采用 10%、20% 和 30% 的 HF30 替代水泥进行的混凝土性能试验, 研究 HF30 掺量对混凝土的坍落度、扩展度及和易性的性能影响, 详见表 7。

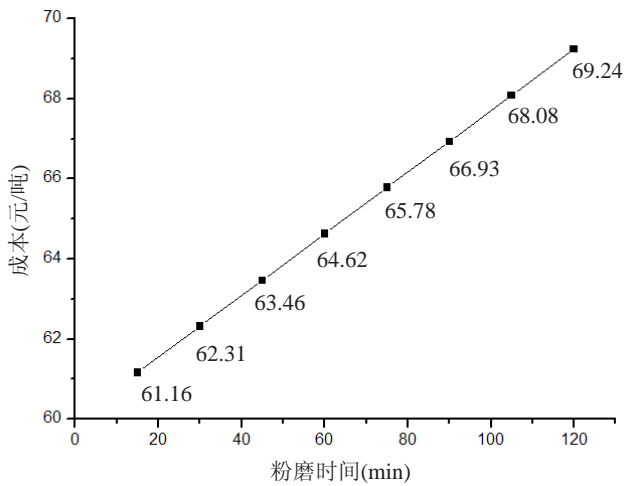


图 2 粉磨时间与成本关系图

表 7 掺量与混凝土拌合物性能

胶凝材料取代比例(%)	坍落度(mm)	扩展度(mm)	和易性描述
0	180	450	偏粘
10	185	470	良好
20	200	510	轻微浮浆
30	190	535	轻微浮浆

表 7 的试验结果表明：当掺量不超过 20% 时，混凝土的坍落度和扩展度随掺量的增加而变大，当等量替代水泥时，相当于增大了混凝土中浆体的含量，花岗岩石粉均匀分布于水泥颗粒之间，改善了混凝土的颗粒级配，使颗粒间空隙减少，自由水增加，拌合物流动性变好；当掺量超过 20% 时，扩展度继续增大，但坍落度却出现不升反降的现象，混凝土表面出现轻微浮浆的现象。

3.3 HF30 掺量对混凝土力学性能的影响

表 8 和图 3 是 HF30 在不同掺量情况下，混凝土抗压强度的变化情况。

表 8 花岗岩石粉掺量与混凝土抗压强度关系

掺量 (%)	抗压强度				R ₆₀ :R ₂₈ (%)
	28d(MPa)	降幅(%)	60d(MPa)	降幅(%)	
0	45.5	0	49.6	0	109
10	43.6	4	46.2	7	106
20	35.6	8	40.1	8	113
30	31.5	12	36.3	9	115

表 8 和图 3 试验结果表明：混凝土的 28d 和 60d 抗压强度均随 HF30 掺量的增大而呈下降趋势，其中，28d 抗压强度下降了 4%~12%，60d 抗压强度下降了 7%~9%；混凝土在不同掺量下，60d 抗压强度比 28d

抗压强度增长了 6%~15%。

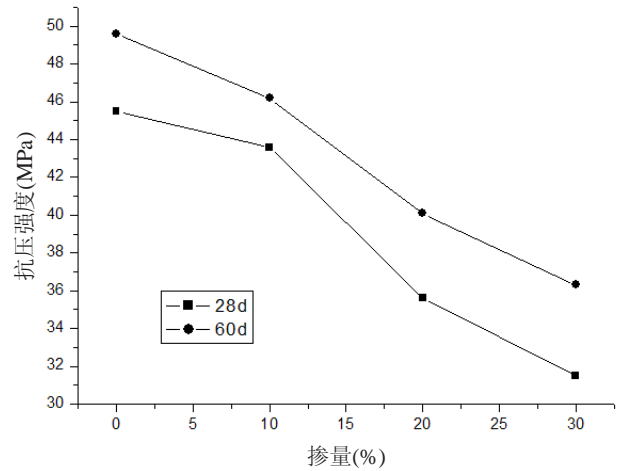


图 3 HF30 掺量对混凝土抗压强度的影响

因此，单独掺入 HF30 将造成混凝土抗压强度下降。为避免强度出现下滑，建议在 HF30 中加入适量的活性材料，以改善混凝土性能。

3.4 HF30 掺量对混凝土碳化性能的影响

HF30 掺量对 28d 和 60d 混凝土碳化性能的影响如图 4 所示。

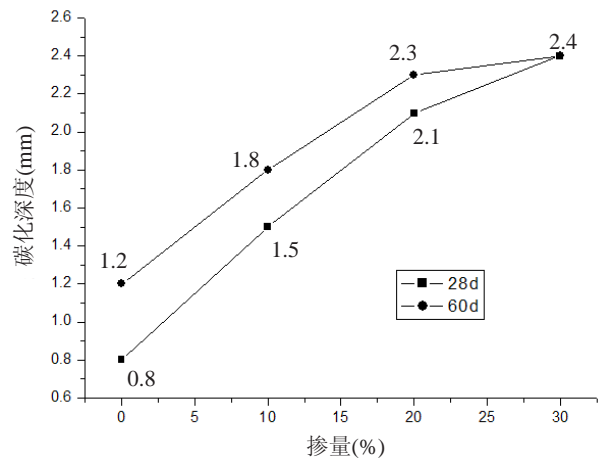


图 4 掺量对早期碳化深度的影响

图 4 试验结果表明，随着 HF30 石粉掺量的增大，28d 和 60d 混凝土碳化深度增加；当掺量在 10% 时，28d 和 60d 的碳化深度变化不大；随着 HF30 石粉掺量的加大，28d 和 60d 之间碳化深度的差异不断缩小，达到 30% 时，碳化深度区域一致。

3.5 HF30 与其他掺合料的混凝土性能对比

研究选择了区域性使用广泛且具有代表性的三种掺合料，进行同条件下的性能对比试验，用于评价 HF30 与其他掺合料在混凝土性能方面的差异，4 种掺合料的替代水泥掺量为 10%。具体试验数据见表 9。

表9 石粉与粉煤灰的性能比较

材料名称	拌合物性能			抗压强度(MPa)		
	坍落度(mm)	扩展度(mm)	和易性	7d	28d	60d
HF30	190	490	良好	30.1	38.7	43.6
粉煤灰 1	205	475	良好	28.3	38.5	43.9
磨细灰 1	170	435	包裹性差	28.4	33.4	35.8
磨细灰 2	200	450	泌浆	32.3	39.7	44.3

表9的试验结果表明,4种掺合料替代水泥掺量为10%时, HF30的扩展度最大,其次是粉煤灰1,磨细灰对混凝土拌合物的初始性能影响比较大,扩展度降低了40~55mm;和易性方面, HF30和粉煤灰1的效果较好,改善了混凝土的和易性,磨细灰1和磨细灰2的和易性较差;抗压强度方面, HF30、粉煤灰1和磨细灰2的效果相当,磨细灰1对混凝土后期的抗压强度影响较大,不建议使用。

4 结论

结果表明,花岗岩石粉经过一定时间的粉磨,比表面积达到一定程度,可以替代水泥在混凝土中得到应用,变废为宝,从而达到环保的目的。

通过对花岗岩石粉成分分析和物理性能测试,花岗岩石粉经过30min的粉磨,比表面积达到642m²/kg左右时,活性最优,成本最为适宜。

HF30替代水泥的掺量控制在10%时,对混凝土的和易性有一定的改善作用,并且对混凝土的抗压强度

影响不大,随着HF30掺量的增加,混凝土的和易性变差,抗压强度逐渐降低,混凝土碳化深度加深。

HF30与其他掺合料进行对比,初始坍落度、扩展度以及和易性与粉煤灰相当,比磨细灰好,抗压强度方面, HF30、粉煤灰和磨细灰2的效果相当,磨细灰1对混凝土后期的抗压强度影响较大,不建议使用。

花岗岩石粉使用时,适宜与其他活性材料按一定比例复配,经试验确定后使用,以改良或提升混凝土性能。

参考文献

- [1] 李兵, 施发军, 魏晓丹, 等. 石粉用作水泥掺合料的研究和应用现状[J]. 福建建材, 2018(2): 16-18.
- [2] 桂苗苗, 曾冲盛, 江达宜. 惰性石粉在预拌混凝土中的应用技术初探[J]. 新型建筑材料, 2014(9): 6-10.
- [3] 刘桂凤, 陈学星, 马健. 机制砂中石粉部分替代水泥对干混砂浆强度的影响研究[J]. 混凝土, 2011(11): 115-117.
- [4] 李北星, 周明凯, 田建平, 等. 石粉与粉煤灰对C60机制砂高性能混凝土性能的影响[J]. 建筑材料学报, 2006(4): 381-386.

[作者简介] 郭元强(1973—), 男, 本科, 高级工程师, 从事预拌混凝土质量控制和外加剂方面的工作。

[通讯地址] 厦门市火炬高新区(翔安)产业区内垵中路169号(361101)

(上接第98页)

(2)在掺入外加剂后,随着含泥量的增加,外加剂被吸附,相对流动时需增加用水量,但是胶砂强度会降低。

通过以上两部分试验,合并试验数据分析可以得出:标准砂含泥量达到10%时,胶砂强度最高,同时流动度达到181mm,满足GB/T 17671—1999《水泥胶砂试验方法》要求的大于160mm的要求。所以当使用本地河砂掺入外加剂后砂含泥量达到5%时(用水量为195g,流动度为200mm,胶砂强度为48.4MPa)与标准砂含泥量10%时(用水量225g,流动度为181mm,胶砂强度48.2MPa)数据接近。所以采购含泥量小于5%当地河砂为最佳原材料。

5 结语

对于商品混凝土企业而言,提高混凝土性能,需要综合运用最佳原材料才能降低混凝土材料成本,才能提升企业的竞争力与产品品质。那么如何选择最佳原材料

是混凝土企业都需要考虑的问题,这需要企业高度重视技术的研发与创新,通过反复的试验与分析论证才能获得最优化的配合比。

目前搅拌站行业对于技术的研发投入比较低,而混凝土技术升级更侧重新型原材料来实现提升混凝土性能。就像萘系高效减水剂升级为聚羧酸高性能减水剂一样的过程,这样的技术提升是一个系统性的提升,需要整个行业以及各个建材研究院共同努力完成。那么作为一家搅拌站企业而言,在投入的人力、物力、财力有限的情况下,更应该注重的是基础研究。只有对最基础的原材料深刻了解掌握并能熟练运用,才能保证混凝土企业的产品最稳定。

[作者简介] 贾旭, 材料检测工程师, 搅拌站实验室技术负责人。

[通讯地址] 内蒙古包头市土右旗阿拉坦大道兴达工贸搅拌站(014100)