

Effect of Reactive Powder Processing Technology on the Strength of Recycled Concrete

Yongcun Zhao¹, Xuebing Zhang², Ganqiang Wang²

¹Transportation Construction Quality and Safety Supervision and Management Office, Xiangtan Hunan

²Civil Engineering & Mechanics College, Xiangtan University, Xiangtan Hunan

Email: zhangxb2002437@163.com

Received: May 5th, 2017; accepted: May 23rd, 2017; published: May 27th, 2017

Abstract

Recycled coarse aggregate was processed with reactive powder slurry. Two types of reinforced pretreatment technology of recycled aggregate and three types of instant treatment technology of recycled aggregates wrapped slurry were designed. 7 d, 14 d and 28 d cube compressive strength and 28d splitting tensile strength of recycled concrete were tested. Test results show that the process II is better than that of I, the compressive strength and splitting tensile strength of process III are the lowest, process IV is better than that of III, and process V is the best among the five kinds of process.

Keywords

Reactive Powder, Recycled Aggregate, Treatment Process, Recycled Concrete, Compressive Strength, Splitting Tensile Strength, Effective Water-Cement Ratio, Nominal Water-Cement Ratio

活性粉末处理工艺对再生混凝土强度的影响

赵永存¹, 张学兵², 王干强²

¹湖南省湘潭市交通建设质量安全监督管理处, 湖南 湘潭

²湘潭大学土木工程与力学学院, 湖南 湘潭

Email: zhangxb2002437@163.com

收稿日期: 2017年5月5日; 录用日期: 2017年5月23日; 发布日期: 2017年5月27日

摘要

用活性粉末浆液处理再生粗骨料, 设计了两种再生骨料强化预处理工艺和三种再生骨料裹浆即时处理工

艺。分别测试了其配制的再生混凝土7d、14d、28d立方体抗压强度和28d劈裂抗拉强度。试验结果表明, 工艺2优于工艺1, 工艺3的抗压强度和劈裂抗拉强度均为最低, 工艺4优于工艺3, 5种工艺中工艺5为最优工艺。

关键词

活性粉末, 再生骨料, 处理工艺, 再生混凝土, 抗压强度, 劈裂抗拉强度, 有效水胶比, 名义水胶比

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

再生骨料(Recycled Aggregate, 简称为 RA)外部由于粘附着一层硬化的旧水泥砂浆, 使得其孔隙率和吸水率明显增大, 堆积密度和表观密度减小, 压碎值显著增大, 因此再生骨料的强度较原生骨料的强度低, 一般认为由其拌制的再生混凝土(Recycled Concrete, 简称为 RC)性能会产生明显劣化。针对再生骨料及再生混凝土强化的研究较多[1], 但到目前为止还未找到一种非常令人满意的改善其性能的有效方法[2]。张学兵等[2]采用 DSP 浆液强化再生粗骨料, 可使其压碎值降低, 界面得到增强, 骨料强度得到提高, 但并不一定能提高用其配制的再生混凝土的强度。研究同时表明, 经 DSP 浆液强化处理后的再生骨料表面不够粗糙, 要提高再生混凝土的强度, 还得想办法增加强化骨料表面的粗糙程度, 以增强其与新水泥砂浆界面的粘结强度。与 DSP 组成相比, 未掺加钢纤维的活性粉末(Reactive Powder, 简称为 RP)由于含有颗粒更大的石英砂, 故经 RP 浆液处理后的再生骨料表面会更粗糙[3]。为了提高再生骨料和再生混凝土的性能, 用活性粉末浆液包裹再生骨料经养护后制得强化骨料, 再用强化骨料拌制混凝土, 称为再生骨料强化预处理技术。用活性粉末浆液包裹再生骨料, 随即加入水泥、水和砂拌制混凝土, 称为再生骨料裹浆即时处理技术。本文拟研究这两种处理技术制备的再生混凝土的强度性能。

2. 试验原材料

1) RP 材料。RP 材料的组成及技术参数(质量比)见表 1。

制作边长为 100 mm 的 RP 净浆(水胶比为 0.2)立方体试块 3 组, 测得其 7d、21d、28d 的抗压强度分别为 61.5、89、98.4 MPa。

2) 再生粗骨料。生产再生粗骨料的原生混凝土来自湖南大学桥梁结构新技术实验室的桥梁构件, 强度等级在 C30 以上, 再生粗骨料最大粒径为 20 mm, 连续级配, 其基本性能见表 2。

3) 细骨料。采用湘江中砂。

4) 水泥。采用湖南韶峰南方水泥有限公司制造的南方普通硅酸盐水泥 P.O 42.5。

5) 水。拌和用水采用湘潭大学自来水。

3. 试验方法

3.1. 再生骨料处理工艺

活性粉末处理再生骨料技术分为再生骨料强化预处理技术和再生骨料裹浆即时处理技术(见图 1)。再生骨料强化预处理技术就是将活性粉末按照一定水胶比用水泥净浆搅拌机拌成浆液, 再将浆液均匀倒在

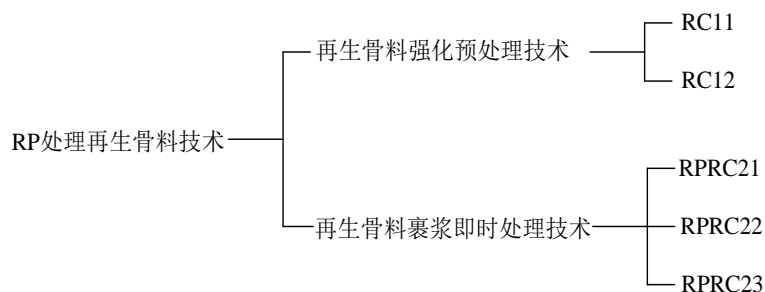


Figure 1. Diagram of RP processing recycled aggregate
图 1. RP 处理再生骨料工艺关系图

Table 1. Composition of reactive powder
表 1. RP 的组成

水泥	硅粉	粉煤灰	减水剂	325 目石英砂	20~40 目石英砂
1	0.2	0.1	0.015	0.1	1.1

Table 2. Basic performance indexes of the recycled coarse aggregate
表 2. 再生粗骨料的性能

吸水率/%	含水率/%	表观密度/(kg/m ³)	堆积密度/(kg/m ³)	压碎指标值/%
5.33	2.04	2389	1231	14.15

再生骨料上一起搅拌约 3 min, 然后将表面粘结有 RP 浆液的再生骨料阴干 1d, 之后放入标准养护室养护 10d, 得到经 RP 强化预处理的再生骨料, 最后与水泥、砂和水拌和制得再生混凝土。再生骨料强化预处理技术包括工艺 1 (RC11)和工艺 2(RC12), 工艺 1 (见图 2(a))是将骨料裹浆强化时, 未将骨料预湿, 发现很难裹上浆, 于是加入附加用水量 ΔW [4], 这部分水根据再生骨料的吸水率与含水率之差计算得到, 这才裹上浆。工艺 2 (见图 2(b))是先加入附加用水量 ΔW , 将再生骨料预湿, 再裹浆。再生骨料裹浆即时处理技术是先在再生骨料表面包裹一层 RP 浆液, 然后再加入水泥、砂和水一起搅拌得到再生混凝土。再生骨料裹浆即时处理技术包括工艺 3、工艺 4 和工艺 5。工艺 3 和工艺 4 都是先将再生骨料预湿, 工艺 3 (见图 2(c))是先加入附加用水量 ΔW , 将再生骨料预湿, 再裹浆。工艺 4 (见图 2(d))与工艺 3 相同, 只是搅拌混凝土时加入的用水量减少了 ΔW 。工艺 5 (见图 2(e))是未将再生骨料预湿, 直接将 RP 浆液包裹在再生骨料表面。各工艺中 RP 浆液水胶比均为 0.2。

3.2. RP 材料用量的确定

本试验按骨料表面包裹 0.4 mm 厚 RP 浆液进行计算, 具体的计算过程参见文献[2]。

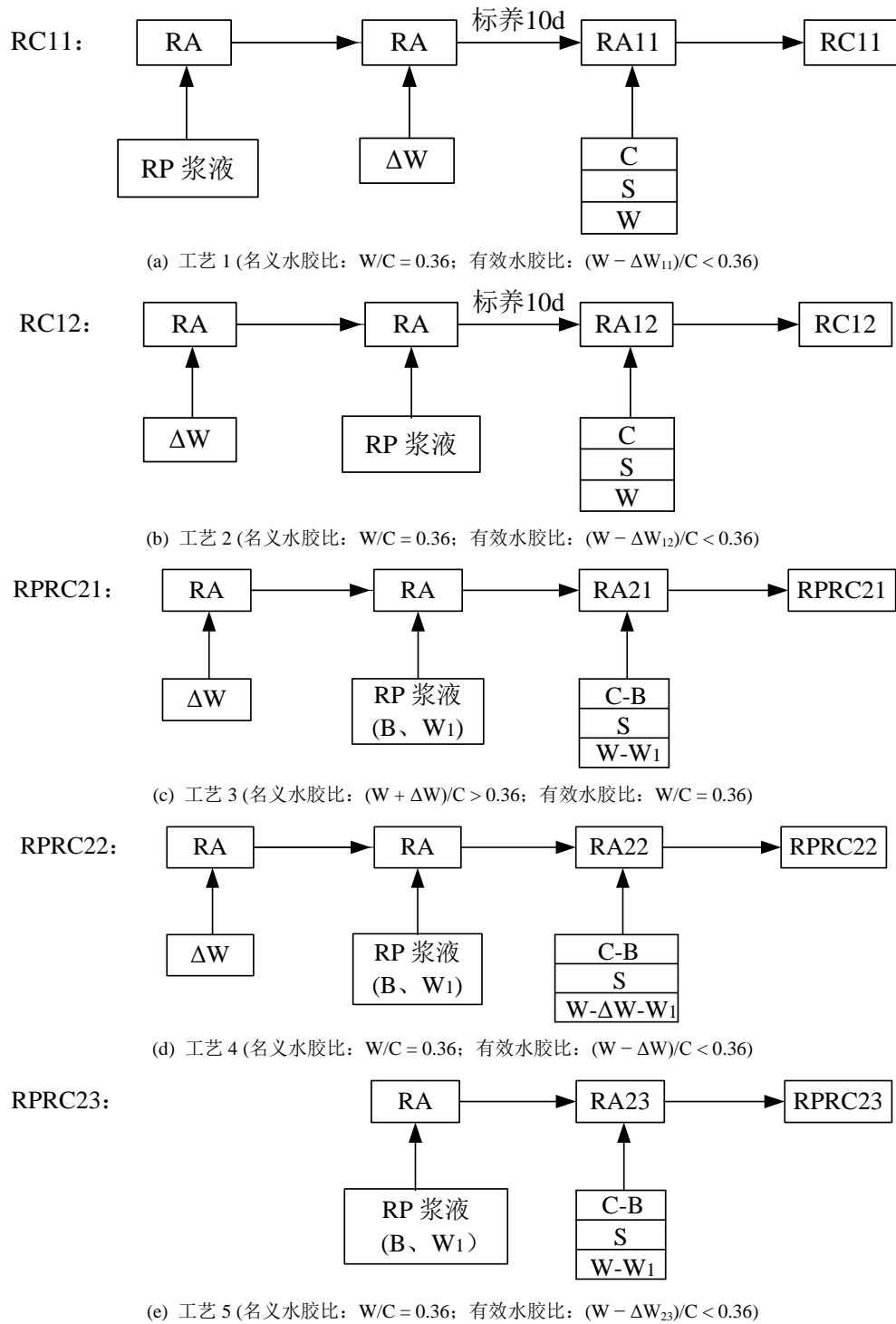
3.3. 再生混凝土配合比设计

设计混凝土强度等级为 C50, 水胶比为 0.36, 砂率为 0.3, 再生混凝土的配合比见表 3。制作边长为 100 mm 的立方体试块, 每组 3 个, 分别测试 7d、14d、28d 立方体抗压强度和 28d 劈裂抗拉强度。

4. 试验结果及分析

4.1. 活性粉末强化预处理后的再生骨料性能

活性粉末强化预处理后的再生骨料及未处理再生骨料性能, 见表 4。



说明: ΔW_{11} 、 ΔW_{12} 、 ΔW_{23} 分别为骨料 RA11、RA12、RA23 的吸水量(由吸水率减去含水率计算的吸水量)

Figure 2. Treatment process of RC

图 2. 再生骨料混凝土处理工艺

由表可见,再生骨料经 RP 浆液强化处理后各方面性能有所改善,表现在吸水率减小,降低超过 10%; 表观密度和堆积密度均增大; 压碎指标值明显减小,减小超过 25%,表明再生骨料强度得到明显提高。

Table 3. Mix proportion of RC /kg·m⁻³**表 3.** 五种工艺的再生混凝土配合比(单位: kg/m³)

工艺	再生粗骨料或强化骨料 G(kg)	RP 浆液	水 W(kg)	附加水 ΔW(kg)	水泥 C(kg)	砂 S(kg)
1、2	1217	/	175	35	486	522
3、4、5	1217	183	175	35	303	522

Table 4. Comparison of physical performance before and after strengthening recycled aggregates**表 4.** 再生骨料强化前后物理性能指标比较

骨料类型	含水率/%	吸水率/%	表观密度/(kg/m ³)	堆积密度/(kg/m ³)	压碎指标值/%
RA	2.04	5.33	2389	1231	14.15
RA11	2.33	4.64	2407	1287	10.42
RA12	2.56	4.73	2409	1342	10.18

4.2. 活性粉末处理再生骨料配制的混凝土强度

将 5 种工艺的 7d、14d 和 28d 抗压强度绘在同一图中, 见图 3。由图可知, 再生混凝土的抗压强度随着养护龄期的延长而增长。对于再生骨料强化预处理技术, 工艺 1、2 的 14d 强度分别比 7d 增长 26.75%、24.83%, 28d 强度分别比 14d 增长 9.86%、7.2%。对于再生骨料裹浆即时处理技术, 工艺 3、4、5 的 14d 强度分别比 7d 增长 28.10%、20.20%、3.8%, 28d 强度分别比 14d 增长 25.93%、7.9%、9.3%。14d 相对于 7d 强度增长较快, 28d 相对于 14d 强度增长较慢。

将不同龄期 5 种工艺的抗压强度绘在同一图中, 见图 4。从图可见, 各龄期工艺 2 的强度均高于工艺 1, 7d、14d、28d 分别高 8.75%、7.1%、4.5%。两工艺的唯一区别是附加用水量的施加顺序不一样, 工艺 2 是先预湿骨料, 再裹浆, 工艺 1 是先裹浆, 再加水。但工艺 1 由于再生骨料表面已被包裹上一层 RP 浆液, 会影响再生骨料对水的吸收, 加入的附加水 ΔW 会稀释包裹在再生骨料外表面的 RP 浆液, 导致强化骨料 RA11 的强度低于 RA12, 从压碎指标值的大小也证明了这一点(见表 4)。由于工艺 2 是先润湿骨料, RP 浆液更容易包裹上去。故各龄期工艺 2 的强度均相应高于工艺 1。各龄期工艺 1 和工艺 2 的强度均高于工艺 3 和工艺 4, 说明采用再生骨料强化预处理技术可得到较高的再生混凝土抗压强度。

在再生骨料裹浆即时处理技术中, 不同龄期中均以工艺 3 的强度最低, 这是因为工艺 3 的有效水胶比为 0.36, 工艺 4 和工艺 5 的有效水胶比均小于 0.36。不同龄期工艺 5 的强度均高于工艺 4, 两工艺的名义水胶比均为 0.36, 有效水胶比均小于 0.36。工艺 5 由于再生骨料表面已被包裹上一层 RP 浆液, 会影响再生骨料对水的吸收, 其吸水不能达到饱和状态, 工艺 5 的有效水胶比会大于工艺 4, 但工艺 5 的强度却高于工艺 4, 原因可能是工艺 4 中再生骨料的周围会形成水囊, 局部水胶比增大, 导致再生骨料和活性粉末浆液的粘结不够牢固。而且工艺 5 的强度也高于工艺 1 和工艺 2。说明工艺 5 也优于再生骨料强化预处理工艺。

将 28d 龄期 5 种工艺的劈裂抗拉强度绘在同一图中, 见图 5。

由图可见, 5 种工艺中工艺 3 的劈裂抗拉强度最低(比另外 4 种工艺的平均强度低了 24.4%), 工艺 5 的强度最高(略高于另外 3 种工艺), 工艺 1 的强度略高于工艺 2, 工艺 1 和工艺 2 的强度均高于工艺 3 和工艺 4。该规律和抗压强度的规律完全一致。

5. 结论

- (1) 再生骨料经活性粉末浆液强化处理后各方面性能有所改善, 表现在吸水率减小, 降低超过 10%;

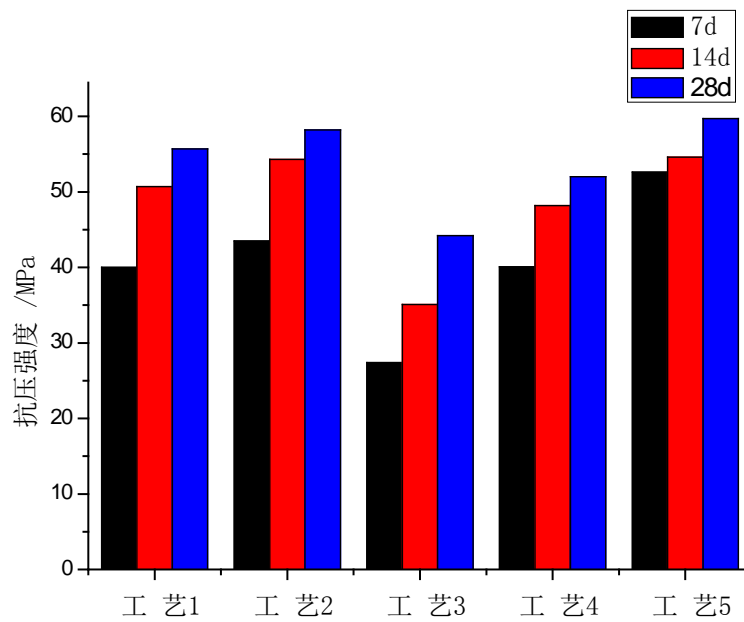


Figure 3. Comparison of compression strength of RC
图 3. 5 种工艺不同龄期再生混凝土抗压强度对比

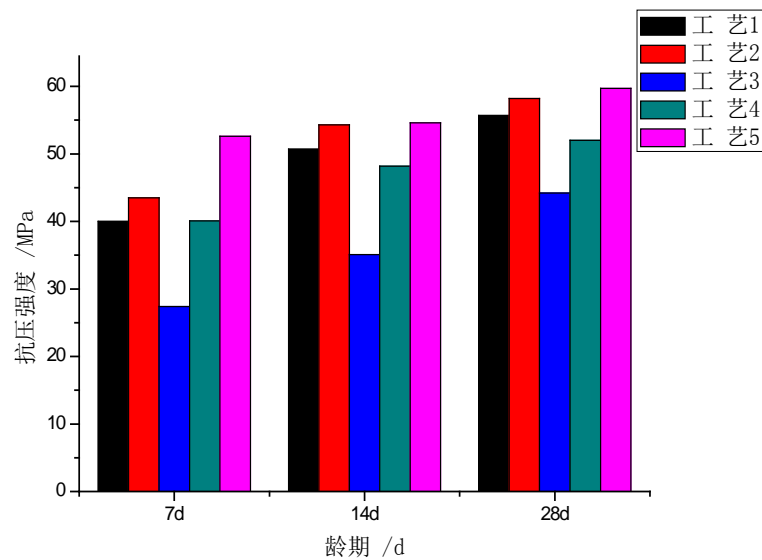


Figure 4. Comparison of compression strength of RC
图 4. 不同龄期 5 种工艺再生混凝土抗压强度对比

表观密度和堆积密度均增大；压碎指标值明显减小，减小超过 25%，再生骨料强度得到明显提高。

(2) 工艺 1 至工艺 4 的 14d 强度分别比 7d 增长 26.75%、24.83%、28.10%、20.20%，增速较大；工艺 5 的增长 3.8%，增速较小。工艺 3 的 28d 强度比 14d 增长 25.93%，增速较大；工艺 1、2、4、5 的分别增长 9.86%、7.2%、7.9%、9.3%，增速较小。14d 相对于 7d 强度增长较快，28d 相对于 14d 强度增长较慢。

(3) 采用再生骨料强化预处理技术可得到较高的再生混凝土抗压强度和劈裂抗拉强度，采用先预湿骨料再裹浆工艺比先裹浆再加水润湿工艺好。

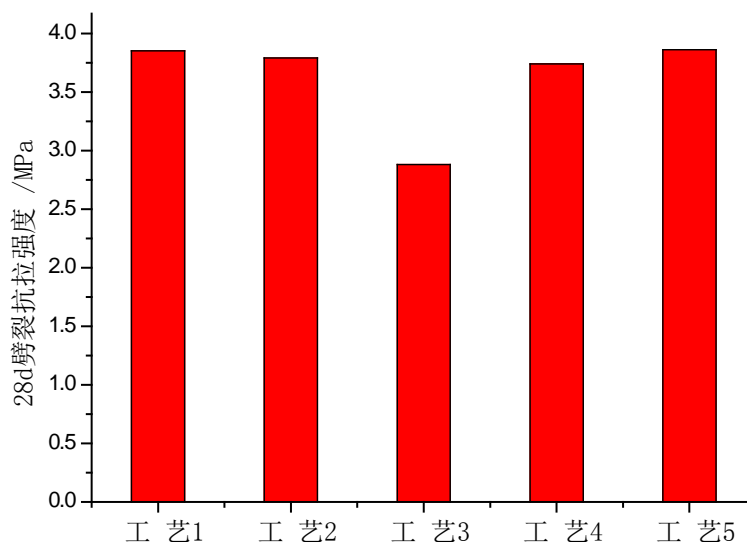


Figure 5. Comparison of splitting-tensile strength of RC
图 5. 5 种工艺 28d 再生混凝土劈裂抗拉强度对比

(4) 在再生骨料裹浆即时处理技术中, 不同龄期的工艺 3、4、5 的抗压强度和劈裂抗拉强度均是递增的, 工艺 5 是最优工艺。用活性粉末对再生骨料进行即时处理, 不需要对再生骨料进行预湿, 也不需要根据再生骨料的吸水率和含水率额外增加附加用水量。

参考文献 (References)

- [1] 肖建庄. 再生混凝土[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [2] 张学兵, 方志, 郭雪怡, 等. DSP 强化与预处理的再生骨料混凝土强度及破坏机理分析[J]. 工业建筑, 2012(4): 15-20.
- [3] 张学兵, 游江, 方志, 等. RP 强化骨料水胶比对再生混凝土抗压强度的影响[J]. 自然灾害学报, 2016, 25(2): 179-186.
- [4] 张学兵, 邓寿昌. 再生混凝土单位体积用水量的实验研究[J]. 混凝土, 2004(10): 38-40, 64.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org