

# Preparation Technology of High Quality Recycled Aggregate and Its Influence on Properties of Recycled Concrete

Yunkai Zhang Yongqi Li

Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing, 102616, China

## Abstract

In the process of urbanization, a large number of solid waste has been produced, in which waste concrete occupies an important proportion. Using waste concrete to produce high-quality recycled aggregate again, and its application in concrete can not only save aggregate resources, but also reduce the discharge and pollution of waste concrete. At the same time, it conforms to the sustainable development strategy and has environmental and economic benefits. This paper analyzes the influence of recycled concrete performance, focusing on the replacement rate of high-quality recycled coarse aggregate and the amount of cementitious materials, and discusses the influence of the two materials on the performance of recycled concrete.

## Keywords

recycled coarse aggregate; recycled concrete; durability; recycled particle shaping

# 高品质再生骨料制备技术及其对再生混凝土性能的影响

张云开 李咏琪

北京建筑大学, 中国·北京 102616

## 摘要

在城镇化进程中产生了大量的固体垃圾, 其中废弃的混凝土占据重要比例。利用废弃的混凝土再次制造出高品质的再生骨料, 并将其应用到混凝土中, 不仅可以节省骨料资源, 还能减少废弃混凝土的排放与污染, 同时符合可持续发展策略, 具有环境效益和经济效益。论文以针对再生混凝土性能的影响进行探析, 重点分析高品质再生粗骨料取代率与胶凝材料用量, 并探讨两种材料对再生混凝土性能的影响。

## 关键词

再生粗骨料; 再生混凝土; 耐久性能; 循环颗粒整形

## 1 影响再生粗骨料性能的主要因素

### 1.1 骨料表面硬化水泥砂浆的数量

原始再生骨料表面粗糙, 并含有硬化水泥砂浆, 硬化水泥砂浆粘接界面是再生骨料的脆弱处, 所以再生粗骨料表面含有硬化水泥砂浆的数量直接影响再生粗骨料品质, 并且在破碎过程中对骨料产生大量创伤而导致微裂纹, 从而影响再生粗骨料的性能。在拌制过程中再生骨料薄弱处的砂浆会出现脱落现象, 影响混凝土的孔结构, 使再生混凝土性能不稳定, 从而严重影响再生粗骨料的性能。因此, 去除骨料表面的硬化水泥浆技术是决定再生粗骨料品质的关键<sup>[1]</sup>。

### 1.2 再生粗骨料的吸水率

未经过技术处理的再生粗骨料表面含有大量水泥浆石。水泥浆石内部有多处细小的裂缝, 会影响吸水率和吸水速度。

处理骨料存在一定操作难度, 因为孔隙率高, 并且粘接界面困难, 在搅拌再生混凝土过程中因为内部裂缝无法完全被水化产物所填充, 导致未整形再生骨料吸水率增加。因此, 硬化水泥浆石在再生骨料表面大量存在, 会增加骨料吸水率, 影响骨料的孔结构和孔隙率, 这是影响未整形再生粗骨料性能的重要原因之一<sup>[2]</sup>。

### 1.3 再生粗骨料的压碎指标

再生粗骨料表面存在大量低强度的硬化水泥浆, 在拆除过程中再生骨料相互碰撞导致内部产生很多裂缝, 从而增加了再生骨料的压碎指标<sup>[3]</sup>。压碎指标与混凝土强度、破碎方法有关。原混凝土强度与再生粗骨料压碎指标呈反比, 再生粗骨料表面水泥砂浆附着率与压碎指标呈正比。再生粗骨料压碎指标越高, 在拌和过程中越容易被破坏, 从而影响再生

骨料的性能。因此, 压碎指标是影响再生粗骨料品质的重要因素。

#### 1.4 再生粗骨料的表现密度和堆积密度

未整形再生粗骨料表面附着的硬化水泥砂浆分布不均匀, 并且含有很多棱角, 且强度低, 从而增加了再生粗骨料的孔隙率, 导致再生粗骨料的表现密度与堆积密度低于天然骨料, 所以再生混凝土要通过增加水泥浆体来增加再生粗骨料的强度。从当前研究进程来看, 再生粗骨料的粒径离散程度较大, 与原混凝土用材、制备方式、性能等因素有一定联系<sup>[4]</sup>。

### 2 利用循环颗粒整形技术制备高品质的再生骨料

颗粒整形就是运用高速运动的颗粒之间相互摩擦冲击, 磨掉棱角颗粒表面水泥石的技术。循环颗粒整形技术是在整形强化技术基础上, 对未整形的粗骨料进行多次循环强化处理, 使再生骨料表面更加光滑, 通过去除表面的水泥砂浆从而改善再生粗骨料的性能, 获得高品质再生粗骨料。循环颗粒整形方法具体如下。

第一, 将废弃混凝土块放入破碎机进行处理。

第二, 将碎后的混凝土放至机器中将大于 31.5mm 的颗粒进行筛选后重新进行破碎。

第三, 将小于 31.5mm 的颗粒放入整形机进行强化处理。

第四, 分离整形后的颗粒, 细分为粗骨料和细骨料。

第五, 细骨料除尘后堆放场地, 粗骨料进行再次处理, 将表面光滑化。

第六, 筛选不合格的再生粗骨料进行再次整形, 经过多次循环整形后减少表面水泥浆数量, 然后放置场地<sup>[5]</sup>。

### 3 高品质再生粗骨料对混凝土工作性的影响

未整形再生粗骨料表面棱角粗糙, 并且附着水泥浆石, 在破碎过程中骨料内部有很多裂缝, 导致再生骨料性能差, 从而影响再生混凝土的性能。凝胶材料稳定的条件下, 随着高品质再生粗骨料和再生粗骨料取代率增加, 混凝土用水量随着增加。再生混凝土用水量取决于凝胶材料和未整形再生粗骨料取代率, 当凝胶材料每平方用量为 300kg, 未整形再生粗骨料取代率为 100% 时, 再生混凝土用水量同比天然骨料混凝土用水量增加 11.5%; 当凝胶材料每平方用量为 500kg, 未整形再生粗骨料取代率为 100% 时, 再生混凝土用水量同

比天然骨料混凝土用水量增加 9.5%。高品质再生粗骨料决定了混凝土的性能, 当取代率为 20% 时, 高品质再生粗骨料用水量与天然骨料接近; 当全部使用高品质再生粗骨料时, 用水量仅增加 5.1%。高品质再生粗骨料制作的再生混凝土性能接近天然骨料混凝土, 同时也可以证明高品质再生粗骨料制作的再生混凝土性能是可以与天然骨料相媲美的, 甚至可以超过或者取代天然骨料制作的再生混凝土<sup>[6]</sup>。

### 4 高品质再生粗骨料对混凝土强度的影响

采用山水水泥厂生产的普通硅酸盐水泥; 采用复合细度模数的中粗天然砂, 含泥量为 1.6%; 采用天然碎石与再生粗骨料级配相当, 并且粒径为 5~10mm 的骨料, 占比 30%, 粒径为 10~25mm 的骨料, 占比 70%。采用未整形再生粗骨料和循环颗粒整形再生粗骨料。采用聚羧酸系高效减水外加剂。采用自来水。

采用循环颗粒整形法对再生粗骨料进行多次整形获得高品质再生粗骨料, 与未整形再生粗骨料进行对比试验, 胶凝材料用量为 300kg/m<sup>3</sup>、350kg/m<sup>3</sup>、400kg/m<sup>3</sup>、450kg/m<sup>3</sup>、500kg/m<sup>3</sup>, 再生粗骨料取代率为 0%、20%、40%、60%、80%、100%, 砂率为 40%, 采用聚羧酸系高效减水外加剂, 对比两种再生粗骨料对再生混凝土的性能影响<sup>[7]</sup>。

在力学实验中选择的压力试验机和万能试验机均符合要求, 实验中按照相应规定进行等级选定, 然后计算强度值。根据抗压强度计算公式计算三天、七天、十四天、二十八天的抗压强度测试并记录。据统计, 不同胶凝材料的再生混凝土第二十八天抗压强度降低。当胶凝材料为 300kg/m<sup>3</sup>, 与天然骨料混凝土相比, 未整形再生粗骨料降低了 26.3%; 当胶凝材料为 400kg/m<sup>3</sup>, 与天然骨料混凝土相比, 未整形再生粗骨料降低了 20.2%; 当胶凝材料为 500kg/m<sup>3</sup>, 与天然骨料混凝土相比, 未整形再生粗骨料降低了 15.6%。由此可知, 未整形再生粗骨料混凝土抗压强度明显低于天然骨料混凝土, 这是因为未整形粗骨料表面附着大量硬化水泥石, 并且在压碎过程中, 未整形粗骨料内部有很多裂缝, 容易发生脱落导致强度降低<sup>[8]</sup>。

### 5 高品质再生粗骨料对混凝土耐久性的影响

采用山水水泥厂生产的普通硅酸盐水泥; 采用复合细度模数的中粗河沙, 含泥量为 1.6%; 选用符合要求, 并级配相当的天然碎石, 并且粒径为 5~10mm 的骨料, 占比 30%, 粒

径为 10~25mm 的骨料, 占比 70%; 采用未整形的再生粗骨料和循环颗粒整形处理的高品质粗骨料; 采用聚羧酸系高效减水外加剂, 采用自来水<sup>[9]</sup>。

采用循环颗粒整形法对再生粗骨料进行多次整形获得高品质再生粗骨料, 与未整形再生粗骨料进行对比试验, 胶凝材料用量为 300kg/m<sup>3</sup>、350kg/m<sup>3</sup>、400kg/m<sup>3</sup>、450kg/m<sup>3</sup>、500kg/m<sup>3</sup>, 系列号为 D30、D35、D40、D45、D50, 砂率为 40%, 采用聚羧酸系高效减水外加剂, 调整用水量, 再生粗骨料取代率为 0%、20%、40%、60%、80%、100%, 制作不同强度的再生混凝土, 然后测试抗裂性能, 从而得知高品质再生粗骨料混凝土对抗碳化性能和收缩性能的影响。通过对未整形骨料混凝土和高品质骨料混凝土吹风测试后, 然后计算混凝土的开裂宽度和长度, 从而算出开裂面积, 通过试验可知, 不同胶凝材料用量和骨料取代率, 对未整形再生骨料品质有直接影响, 胶凝用料增加, 混凝土开裂面积增加, 在凝胶材料用料为 500kg/m<sup>3</sup> 时最大。当胶凝材料用料为 300kg/m<sup>3</sup> 时, 未整形再生骨料混凝土开裂面积达是天然混凝土的 4.4 倍, 高品质再生骨料混凝土开裂面积是天然混凝土的 1.6 倍; 当胶凝材料用料为 400kg/m<sup>3</sup> 时, 未整形再生骨料混凝土开裂面积达天然混凝土的 4.7 倍, 高品质再生骨料混凝土开裂面积达天然混凝土的 1.9 倍; 当胶凝材料用料为 500kg/m<sup>3</sup> 时, 未整形再生骨料混凝土开裂面积达天然混凝土的 4.4 倍, 高品质再生骨料混凝土开裂面积达天然混凝土的 1.6 倍。不同胶凝材料的条件下, 高品质再生骨料混凝土相对于未整形骨料更接近天然骨料混凝土。主要是因为高品质再生骨料表面水泥浆石通过处理后含泥量减少, 使吸水率降低, 收缩率和热变形值减少, 从而增加抗裂性能。

## 6 再生混凝土的应用实例

在工程中应用建筑垃圾进行生产的实例较多, 比如, 合肥高速公路就采用再生混凝土进行路面浇筑。该高速公路为合宁高速公路, 全长为 133.5km, 随着交通流量增大和使用年限增加, 路面已经出现不同程度的损坏, 每年都会维修并产生旧混凝土。在维修过程中根据高速公路的实际情况, 充分利用再生骨料, 并填充早强剂, 从而达到快速通行的目的。在施工过程中测试再生骨料的性能。再生骨料的利用率为

80%, 每年维修工程量大概为 10 万 m<sup>2</sup>, 节约集料费用大概为 120 万元左右, 节省废料占用土地面积大概为 70 万元左右。这样既节省了养护资金, 还利于环境, 从而获得良好的社会效益及经济效益<sup>[10]</sup>。

## 7 结语

再生粗骨料取代率影响再生粗骨料混凝土抗氯离子渗透性, 这是由于再生粗骨料内部存在裂纹, 形成氯离子扩散渗透通道。

吹风条件下, 高品质骨料取代天然骨料 100% 时开裂面积为 1.5 倍, 未整形骨料取代天然骨料 100% 时开裂面积为 4.5 倍。

相同胶凝材料用量, 并在相同再生骨料取代率条件下, 高品质再生骨料混凝土的抗裂性接近天然骨料混凝土, 并明显优于未整形再生骨料混凝土的抗裂性。

## 参考文献

- [1] 张宇捷. 浅谈土建施工中的清水混凝土施工技术 [J]. 门窗, 2017(02):93-94.
- [2] 冯腾腾, 李祥, 李佳隆, 等. 建筑废弃混凝土的再生与利用研究 [J]. 民营科技, 2018(01):189-191.
- [3] 王晓飞, 李秋义, 罗健林, 等. 再生粗骨料品质和取代率对再生混凝土抗压强度的影响 [J]. 混凝土与水泥制品, 2015(05):583-585.
- [4] 周静海, 边晨, 王凤池, 曹志伟. 再生骨料的分布对再生混凝土抗拉性能的影响 [J]. 沈阳建筑大学学报 (自然科学版), 2015(02):367-368.
- [5] 祝永迪, 李国瑞. 清远蓄能电站地下厂房清水混凝土表面防护施工技术 [J]. 水利水电施工, 2017(02):122-123.
- [6] 林水泳. 再生高强混凝土静力与抗冲击力学性能研究 [D]. 福州: 福建工程学院, 2018.
- [7] 陈伟, 张文博, 毛明杰, 等. 宁夏基于数理统计的混凝土抗压-劈裂抗拉强度关系式的研究 [J]. 工程技术, 2016(02):471-473.
- [8] 侯云芬, 陈家琰. 再生骨料中粉料性能的研究 [J]. 北京建筑工程学院学报, 2010(04):8-11.
- [9] 郭丹, 宋少民. 混凝土用骨料相关标准存在的问题与思考 [J]. 混凝土, 2017(02):46-49.
- [10] 郝永池, 杨晓光, 薛勇. 再生骨料的分类研究 [J]. 混凝土, 2010(07):101-103.