

# Research on the Mechanical Properties of Recycled Coarse Aggregate Concrete and Its Grey Correlation Degree Mode

Guiying Tan

School of Electrical and Electronic Engineering, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong, 255000, China

## Abstract

This paper investigated the effect of replacement rate of recycled coarse aggregate (0%, 30%, 50%, 70% and 100%) on the compressive, tensile and flexural strengths of recycled concrete. Moreover, the gray correlation model was used to further analyze the effect of replacement ratio of natural coarse aggregate and recycled coarse aggregate on compressive strength, tensile strength and flexural strength. The results show that with the increase of coarse aggregate replacement rate of recycled concrete, the compressive and flexural strengths overall decreased, and the tensile strength first increased and then decreased. The optimum replacement rate for the mechanical properties of recycled concrete was 50%. The correlation of recycled concrete coarse aggregate (natural coarse aggregate) with compressive strength, tensile strength and flexural strength were 0.6066, 0.6417 and 0.6016 (0.5617, 0.5768 and 0.5674), respectively.

## Keywords

recycled concrete coarse aggregate; mechanical performance; gray correlation mode

## 再生粗骨料混凝土的力学性能及其灰色关联度模型研究

谭桂英

山东理工大学电气与电子工程学院, 中国 · 山东 淄博 255000

## 摘要

论文研究了再生粗骨料的取代率(0%、30%、50%、70%和100%)对再生混凝土抗压强度、抗拉强度和抗折强度的影响,并利用灰色关联度模型进一步分析天然粗骨料和再生粗骨料取代率对抗压强度、抗拉强度和抗折强度的影响。结果表明:随着再生混凝土粗骨料取代率的提高,抗压强度和抗折强度整体均下降,抗拉强度先上升后下降。再生混凝土力学性能的最佳取代率为50%。再生混凝土粗骨料(天然粗骨料)与抗压强度、抗拉强度和抗折强度的关联度分别为0.6066、0.6417和0.6016(0.5617、0.5768和0.5674)。

## 关键词

再生混凝土粗骨料; 力学性能; 灰色关联度模型

## 1 引言

根据国家统计局数据调查显示,截至2023年底,中国城镇化率达到了66.2%。近五年的年化平均增长在1.0个百分点左右<sup>[1]</sup>。城市化的快速发展造成了大量旧建筑物的拆除,使得大量的建筑垃圾堆积如山,不仅占用大量耕地的同时污染了周围的生态环境<sup>[2]</sup>。中国每年因建筑拆迁、建造产生的建筑垃圾大约8000万t,其中占比例最大的就是废弃混凝土<sup>[3]</sup>。另外,由于砂石等天然资源的不断枯竭,提高对废弃混凝土的利用率成为一个必然趋势。因此,众多学者对研究再生混凝土的关注度逐渐增长,并在普通混凝土力学性能的基础上对再生混凝土的力学性能展开研究<sup>[4]</sup>。

为了加强对废弃混凝土的利用,保护生态环境,必须提高对RCA的利用。因此,本试验研究了不同RCA取代

率(0%、30%、50%、70%和100%)对再生混凝土抗压强度、抗拉强度和抗折强度的影响。并利用灰色关联度模型进一步量化分析了RCA和NCA对抗压强度、抗拉强度和抗折强度的影响。

## 2 试验概况

### 2.1 试验材料

依据GB 175—2007《通用硅酸盐水泥》<sup>[5]</sup>,本试验采用海螺牌PO42.5普通硅酸盐水泥。细骨料采用天然河砂,细度模数为2.69,满足规范砂级配二区要求,中砂,级配良好。废弃混凝土来自淄博市某拆改道路,而后经过破碎、筛分和清洗等步骤制作成再生混凝土骨料(RCA),天然粗骨料(NCA)采用天然碎石,且NCA和RCA均采用4.75~26.5mm连续级配。

### 2.2 配合比与加载方法

本试验再生粗骨料的替代率为0%、30%、50%、70%

【作者简介】谭桂英(2002-),女,中国山东德州人,本科。

和 100%，试件的配合比，如表 1 所示。抗压和抗拉试验均采用尺寸 100×100×100mm 的试件，抗折试验采用尺寸 100×100×400mm 的试件<sup>[6]</sup>。

表 1 试件配合比

| 试件类型    | 水泥<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 砂<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 水<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 天然粗<br>骨料<br>(%) | 再生粗<br>骨料<br>(%) |
|---------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|------------------|
| RAC-0   | 455.56                     | 580.66                    | 205                       | 100              | 0                |
| RAC-30  | 455.56                     | 580.66                    | 205                       | 70               | 30               |
| RAC-50  | 455.56                     | 580.66                    | 205                       | 50               | 50               |
| RAC-70  | 455.56                     | 580.66                    | 205                       | 30               | 70               |
| RAC-100 | 455.56                     | 580.66                    | 205                       | 0                | 100              |

### 3 结果分析与讨论

#### 3.1 抗压性能

如图 1 所示，随着 RCA 取代率的提高，再生混凝土的抗压强度整体呈下降趋势。原因是：废弃混凝土在加工成 RCA 之间，在外界环境的侵蚀下（如风化和碳化，甚至在部分地区还会受到硫酸盐侵蚀），使得其本身消耗了一定的寿命，导致其内部结构性能降低；并且废弃混凝土在加工成 RCA 的过程中，会经历颚式破碎机的破坏，使得 RCA 内的微裂缝进一步产生和发展<sup>[7]</sup>。因而，RCA 内较多的裂缝，使得其压碎指标增加，导致混凝土的抗压强度下降。

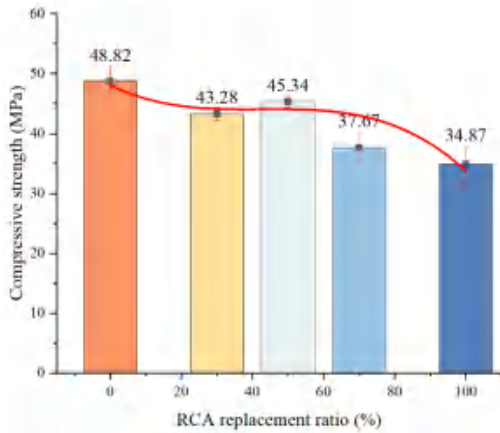


图 1 RCA 混凝土的抗压强度

#### 3.2 抗拉性能

如图 2 所示，随着 RCA 取代率的提高，再生混凝土的抗拉性能呈先上升后下降的趋势。抗拉强度上升的原因：RCA 表层附带一层砂浆，使得 RCA 与砂浆的弹性模量相近，减少了混凝土在加载过程中出现应力集中现象的概率<sup>[8]</sup>。抗拉强度下降的原因：抗拉强度很大程度上取决于破坏截面

的强度，在加载过程中裂缝的发展一般会绕过强度最高的 NCA 向下发展，当 RCA 的取代率为 0%~50% 时，截面的 NCA 数量较多，在加载过程中可以较好地阻挡裂缝的发展；当 RCA 的取代率为 50%~100% 时，混凝土截面的 NCA 数量较低，且容易在裂缝惯性的作用下直接破坏，从而导致抗拉强度随着 RCA 取代率的增加而降低。

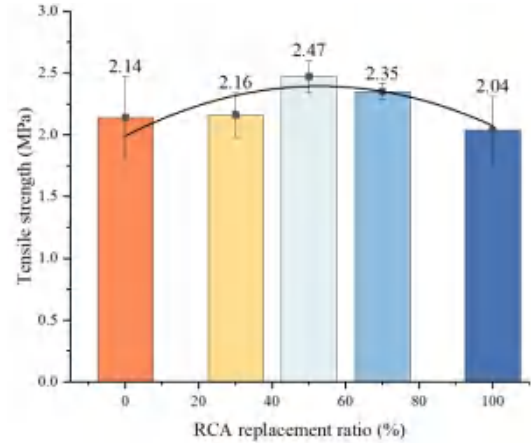


图 2 RCA 混凝土的抗拉强度

#### 3.3 抗折性能

如图 3 所示，随着 RCA 取代率的提高，再生混凝土的抗折强度整体呈下降趋势。原因是：相比于 NCA，RCA 表层包裹着一层旧的界面过渡区，而界面过渡区一般是混凝土中最薄弱的区域，导致 RCA 混凝土内的界面过渡区更多，在加载过程中更容易破坏<sup>[9]</sup>。RCA 混凝土在取代率为 30%~50% 时，出现两个驻点，其中 RCA 混凝土抗折强度的最佳取代率为 50%。

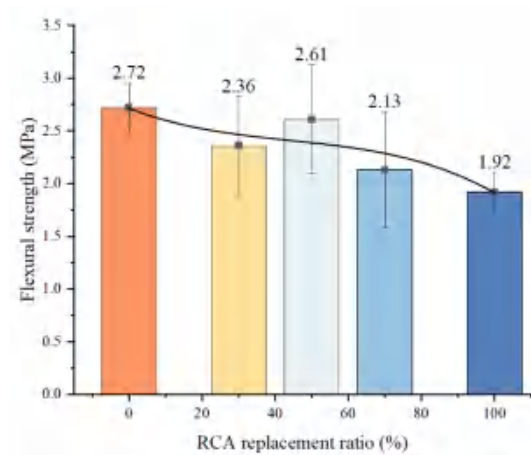


图 3 RCA 混凝土的抗折强度

### 4 灰色关联度分析

灰色关联度分析是一种利用数学统计的多因素分析方法<sup>[10]</sup>。灰色关联度分析是将影响因素序列视为子序列，将力学性能序列视为母序列，计算出灰色关联度来判断子序列

与母序列之间影响关系的强弱，子序列与母序列关系越密切，灰色关联度数值越高。

本试验把 NCA 和 RCA 料作为子序列，抗压强度、抗拉强度、抗折强度作为母序列，从而建立了灰色关联度模型。根据灰色关联度分析，在 NCA 和 RCA 的影响下，再生混凝土抗压强度、抗拉强度、抗折强度的参数指标变化显著，再生混凝土力学性能灰色关联度分析结果，如表 2 所示。

表 2 灰色关联度模型分析结果

|      | NCA    | RCA    |
|------|--------|--------|
| 抗压强度 | 0.6066 | 0.5617 |
| 抗拉强度 | 0.6417 | 0.5768 |
| 抗折强度 | 0.6016 | 0.5674 |

## 5 结论

本试验通过试验研究了 RCA 取代率对再生混凝土抗压性能、抗拉性能和抗折性能的影响，并利用灰色关联度模型进一步量化分析了 NCA 和 RCA 对力学性能的影响程度，得到的结论如下：

①随着 RCA 取代率的提高，再生混凝土的抗压强度整体呈下降趋势；再生混凝土的抗拉强度呈先上升后下降的趋势；再生混凝土的抗折强度整体呈下降趋势。

②RCA 混凝土抗压强度、抗拉强度和抗折强度的最佳取代率为 50%。

③NCA 对抗拉强度影响最大，其次是抗压强度，其对

抗折强度影响最小；RCA 对抗拉强度影响最大，其次是抗折强度，其对抗压强度影响最小。

## 参考文献

- [1] 国家统计局.中华人民共和国2023年国民经济和社会发展统计公报[N].人民日报,2024-03-01(010).
- [2] 张玉栋,张富钧,谢龙,等.粉煤灰再生混凝土损伤模型与试验对比研究[J].混凝土,2024(3):92-96.
- [3] 曾春雨.温度对再生混凝土力学性能的影响研究[J].散装水泥,2023(2):177-179.
- [4] 澹台旭辉.影响再生骨料混凝土力学性能的因素[J].石材,2024(1):148-150.
- [5] GB 175—2007 普通硅酸盐水泥[S].北京:国家质量监督检验检疫总局,2007.
- [6] GB/T 50081—2019 混凝土力学和物理性能试验方法标准[S].北京:中国建筑出版社,2019.
- [7] 岳公冰.再生混凝土多重界面结构与性能损伤机理研究[D].青岛:青岛理工大学,2019.
- [8] 许岳周,石建光.再生骨料及再生骨料混凝土的性能分析与评价[J].混凝土,2006(7):41-46.
- [9] Zhang Y J, Zhang X. Grey correlation analysis between strength of slag cement and particle fractions of slag powder[J]. Cement and Concrete Composites, 2007,29(6):498-504.
- [10] Liu J X, Liang B L. Grey Correlation Analysis of Sensitive Factors of Concrete Structures Durability[J]. Key Engineering Materials, 2008,400-402:471-476.