

# 粉煤灰对再生混凝土耐久性能影响的研究

杨斌 杨勇 符春 李满义

(六盘水师范学院土木与规划学院, 贵州六盘水 553004)

**摘要:** 再生混凝土在当下领域发挥着诸多作用。一方面, 它可以对大量的废弃混凝土进行使用, 将建筑垃圾破碎为再生骨料进行二次利用, 能够有效减缓环境污染问题, 另一方面, 其成本相对较低, 可在一定程度上降低建筑成本。在再生混凝土的研究中, 粉煤灰的影响不容忽视, 粉煤灰的深入优化了再生混凝土的微观结构, 使其孔隙率降低, 提高混凝土的耐久性和抗压性, 改善工作性能, 让再生混凝土的使用范围更广。随着技术不断发展, 再生混凝土有望进一步突破瓶颈, 粉煤灰等掺合料的应用将更加科学化、精准化。使建筑行业对其的接受度更高, 使用更加安全。并大规模应用与社会各类基础设施建设, 实现资源重复利用最大化, 助力绿色建筑蓬勃发展, 推动建筑行业走向更高效、更环保的新征程。

**关键词:** 再生混凝土; 粉煤灰

我国经济增长迅速, 建筑行业取得了巨大的成就, 同时也付出了资源环境的巨大代价。在当今时代, 发展废弃混凝土的再生利用意义非凡。一方面, 随着城市化的快速发展, 建筑工程大规模开展, 大量混凝土建筑物面临拆除或改造, 由此产生了巨量废弃混凝土。若之间进行废弃、填埋, 不仅占用宝贵的土地资源, 还会因为其中的化学物质对土地和水源造成污染, 给生态环境造成负担。另一方面, 混凝土的生存依赖砂石骨料, 过度开产天然骨料导致河床破坏, 山体受损, 生态问题频频发生, 而利用废物混凝土能够有效缓解原料供需不足的矛盾, 降低对自然资源的索取。

研究粉煤灰对再生混凝土耐久性的影响。单一再生混凝土存在一定的性能上限, 加入粉煤灰等掺合物可以提高再生混凝土的使用性能。粉煤灰同意作为一种常见的工业废品, 其合理运用可以降低对自然环境的负担。粉煤灰可以用作为混凝土的活性掺合料取代部分水泥, 减少水泥的使用量。往再生混凝土中加入粉煤灰, 能够改善混凝土的和易性, 使其搅拌、运输、浇筑等施工操作更加高效。例如在高层建筑的基础施工中, 使用含粉煤灰的再生混凝土, 能让混凝土更好地填充模板各个角落, 保证结构的密实性, 提高建筑强度。而且粉煤灰具有火山灰活性效应, 后期还能够提升混凝土的强度和耐久性, 加入了粉煤灰的再生混凝土, 干燥收缩小, 抗裂性好, 不易吸附水分。像一些长期暴露在外的水工混凝土结构, 加入粉煤灰有助于抵抗水流冲刷和侵蚀。

## 一、主要研究内容

再生混凝土是由废弃混凝土经过破碎、清洗、分级等处理后, 作为骨料重新配制而成的混凝土。然而, 再生混凝土的性能与普通混凝土相比存在一定的差异, 需要通过添加掺合料等方式进行改善。粉煤灰是一种常见的工业废渣, 具有火山灰活性, 能够与水泥水化产物发生反应, 提高混凝土的强度和耐久性。因此, 研究粉煤灰掺量对再生混凝土强度的影响, 对于提高再生混凝土的性能和推广应用具有重要的意义。本实验旨在探究不同粉煤灰掺

量对再生混凝土强度的影响。实验采用控制变量法, 设计不同粉煤灰掺量的再生混凝土配合比, 制作混凝土试件并进行标准养护。在规定龄期对试件进行抗压强度测试, 分析粉煤灰掺量与再生混凝土强度之间的关系。通过实验, 希望可以为再生混凝土中粉煤灰的合理利用提供科学依据。

## (一) 试验材料与配比设计

再生混凝土是对废弃的混凝土的重新利用, 将废弃的混凝土破碎清洗后作为骨料制成的混凝土。粉煤灰是燃煤进场排放的固体废弃物, 经过处理后可用作混凝土的掺合物。在实验室内制作多个混凝土模块(如图一), 其中一组混凝土不加入粉煤灰, 在制作不同份量粉煤灰的混凝土模块, 经过一段时间对模块进行自然风干处理, 在使用机器来测量粉煤灰对混凝土耐久性能和抗凝性能的研究, 对得到的数据制成表格进行对比。



图一 制作试样图片

## 二、研究方法

以下是研究粉煤灰对再生混凝土耐久性能影响通常采用的研究方法:

1. 材料选取与指标记录: 严谨甄选符合标准的普通硅酸盐水泥、特定等级粉煤灰及适配的水, 精准测定并记录其各项物理化学性能指标, 为后续试验奠定基础。
2. 配比方案设计: 科学调控粉煤灰掺量(设置对照组不加粉煤灰, 实验组四组分别掺入 20g、40g、60g、80g 的粉煤灰), 探究各粉煤灰对浆液性能的影响。

3. 流变特性检测: 运用流变仪、黏度计等专业仪器, 精准测定不同配比浆液的黏度、屈服应力等流变参数, 深入分析其流动性特征及变化规律。

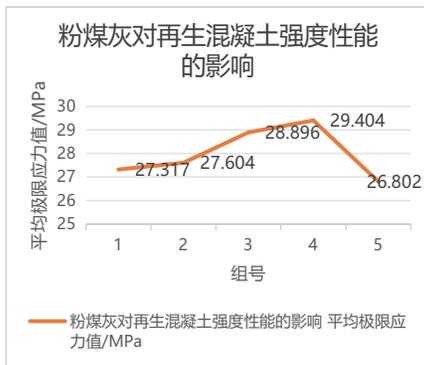
4. 凝结时间监测: 依据标准试验流程, 将不同配比浆液置于特定环境, 精准记录初凝、终凝时间, 研究各因素对凝结时间的作用。

5. 抗压强度测定: 制作规定尺寸的结石体试件, 在 7 天、14 天、28 天、90 天等龄期, 用压力试验机施压, 对比分析不同配比下的强度发展态势。

6. 析水率分析: 量取特定浆液置于容器静置, 测算析水体积占比, 剖析各因素与析水率的内在联系。

7. 耐久性模拟评估: 模拟坝基实际的干湿交替、冻融循环、化学侵蚀等环境, 将试件置于其中多轮循环后, 综合评估其耐久性表现。

下列为经过对再生混凝土立方块测极限抗压值的折线图, 每组立方块均经过三次测试计算后得出平均值。



### 三、国内外相关研究现状和发展进程

#### (一) 国内研究现状

在国内, 水泥粉煤灰混合浆液的研究主要集中在提高浆液的流动性和可灌性, 同时降低工程造价。例如, 在黑龙江省的某水库坝基帷幕灌浆工程中, 通过试验确定了合理的粉煤灰掺量和水胶比, 发现掺 30% 粉煤灰的浆液配比能够满足设计防渗要求, 并具有显著的经济效益和社会效益。

另外, 研究表明, 粉煤灰的加入不仅代替了部分水泥, 还改善了搅拌浆液的和易性、均匀性和可灌性, 同时延长了凝结时间, 提高了后期强度。

在煤矿注浆材料的应用中, 粉煤灰作为主要成分之一, 被用于制作新型灌浆材料, 这些材料具有浆液稳定、可灌性好、凝结时间可调、结石率高、强度高等特点, 并已在多个工程中得到验证。

#### (二) 国外研究现状

国外的研究同样关注粉煤灰在水泥基浆液中的应用。例如, 一项研究探讨了水灰比、粉煤灰含量和温度对水泥粉煤灰浆液流动特性的影响, 结果表明水灰比是影响浆料流变性能的主要因素, 而温度则影响浆料的稳定性。

此外, 国外研究还涉及粉煤灰与其他材料(如膨润土和膨胀剂)

的复合使用, 以优化浆液的流动性、结石率和结石体强度等性能。

#### 发展进程:

近年来, 随着新型注浆材料和施工工艺的发展, 水泥粉煤灰混合浆液在水利电力、边坡整治、堤坝防汛等工程中的应用取得了重大进展。这些研究不仅提高了浆液的性能, 还为解决实际工程中的问题提供了有效的技术手段。

随着环保意识的增强, 粉煤灰作为一种工业废弃物被广泛应用于灌浆材料中, 不仅减少了环境污染, 还降低了工程成本。

#### 四、总结和展望

众多国内学者深入研究了水泥和粉煤灰的基本特性, 详细分析了不同产地、等级的水泥与粉煤灰在化学成分、细度、活性等方面的差异对混合浆液性能的影响。研究发现, 水泥粉煤灰混合浆液在不同水固比和粉煤灰掺量时性能各异, 其中掺入不同量的粉煤灰的浆液配比可满足不同强度要求, 实验中得到粉煤灰的掺量 20g 到 60g 其强度都是上升趋势, 60g 之后才呈现下降趋势, 实验可得适量的粉煤灰掺量可提高混凝土强度, 且经济效益和社会效益显著。粉煤灰不仅能替代部分水泥, 还可改善浆液的和易性、均匀性与可灌性, 延长凝结时间, 提高后期强度。

需继续探究不同水固比和粉煤灰掺量对浆液性能的影响, 进一步优化配比, 以获更优强度、防渗效果和性价比。水泥粉煤灰混合浆液在隧道、矿山等水利工程的帷幕灌浆工程中应用潜力大, 应进一步探索其适用性和效果。同时, 随着施工技术发展, 可结合自动化制浆控制系统和先进制浆设备, 提升浆液制备精准度和分散性, 增强灌浆效果。此外, 对于已实施帷幕灌浆的工程, 要进行长期性能监测, 评估耐久性和防渗效果, 及时解决潜在问题。总体来说, 目前国内外在重力坝坝基帷幕灌浆用水泥粉煤灰混合浆液性能分析领域成果丰硕, 未来在高性能、智能化、多学科融合以及规范化方向前景广阔。

#### 参考文献:

- [1] 张雅宁. 粉煤灰对再生混凝土力学及耐久性能影响的试验研究 [D]. 内蒙古科技大学, 2022.
- [2] 郑述芳, 李华影, 陈祥花, 等. 粉煤灰掺量对全再生自密实混凝土工作性能与力学性能的影响 [J]. 硅酸盐通报, 2024, 43(04): 1445-1454.
- [3] 刘飞. 蒸汽养护下粉煤灰掺量对混凝土水化程度及力学性能研究 [D]. 兰州交通大学, 2023.
- [4] 罗小博, 宋彧, 郭启明, 等. 粉煤灰掺量对混凝土力学性能影响的试验研究 [J]. 混凝土, 2021(08): 88-90+95.

基金项目: 六盘水师范学院 2024 年大学生创新创业训练项目 (项目编号: S2024109771637); 六盘水师范学院 2024 年教育教学研究与改革项目 (项目编号: 2024-07-13)

通讯作者: 杨勇 (1990 年 4 月), 男, 贵州石阡人, 硕士研究生, 研究方向: 土木工程材料。