

# 粉煤灰与稻壳灰复合掺合料对混凝土长期力学性能的影响预测

陈昌世

泰国格乐大学国际学院工程系

**摘要:** 粉煤灰与稻壳灰复合掺合料常应用于混凝土中, 本文通过实验对其长期力学性能的影响进行了研究。实验结果表明, 采用不同比例的粉煤灰与稻壳灰掺合料, 使混凝土的抗压强度有较大幅度的提高, 抗折强度和抗渗性能也随之增强。并进一步对复合掺合料的微观结构进行了分析, 发现其可以填充混凝土中的孔隙结构, 使混凝土的致密性和强度得到提高。综合上述研究成果, 本研究为将粉煤灰与稻壳灰复合掺合料在混凝土中应用提供了科学依据。

**关键词:** 粉煤灰; 稻壳灰; 复合掺合料; 混凝土; 长期力学性能

## 1 引言

随着工业化和城市化的进程, 混凝土作为一种主要的建筑材料, 在基础设施建设、房地产开发以及市政工程中扮演着重要角色。传统混凝土的生产过程耗能高、对环境污染严重, 同时使用过程中的裂缝、抗渗性等问题也日益突出, 给可持续发展带来挑战。粉煤灰和稻壳灰作为工业和农业废弃物资源, 具有丰富、广泛的来源, 其利用不仅可以有效减少环境负荷, 还有望为混凝土性能的改善提供新思路。目前, 国内外已有不少研究探索了粉煤灰或稻壳灰作为混凝土掺合料的应用, 但很少有研究将两者进行复合应用, 并系统研究其对混凝土长期力学性能的影响。所以, 深入探讨粉煤灰与稻壳灰复合掺合料对混凝土性能的影响规律可以为混凝土工程的可持续发展提供科学依据和技术支持。

## 2 实验设计与方法

### 2.1 材料准备与性质测试

实验选取了工业废弃物粉煤灰和农业废弃物稻壳灰作为掺合料, 以普通硅酸盐水泥、骨料和水泥为基本原料。粉煤灰经过研磨、筛分等工艺处理, 得到符合要求的粒度分布; 稻壳灰经过燃烧、研磨等步骤, 去除杂质后, 进行筛分。骨料选用碎石或碎砖, 并根据混凝土配合比的设计要求进行筛选和拌合。水泥选用优质普通硅酸盐水泥, 满足国家标准要求。

在混凝土试件制备阶段, 混凝土试样按不同比例配制, 按实验设计要求配制而成。混凝土试件的制备采用标准振捣、模压工艺, 保证了试件质量的稳定性。制备完成后, 标准维护混凝土试件, 使其在试验过程中稳定性得到保证。在力学性能测试阶段, 混凝土试件的抗压和抗折强度均由万能试验机进行测试, 其抗渗性能经渗透性试验仪评定后, 由万能试验机对混凝土试件进行测试。

### 2.2 混凝土配合比设计

实验采用水灰比法, 保证混凝土力学性能符合预期, 对混凝土的配合比进行了设计。实验确定了水灰比为 0.45, 然后根据所选掺合料的含量(粉煤灰和稻壳灰)进行混凝土配比设计, 同时还要考

虑混凝土的强度等级。

以每立方米混凝土所需的水泥用量为基准, 按照水灰比 0.45 的要求计算出水量, 再根据粉煤灰和稻壳灰的掺量比例确定其用量。以 C30 混凝土为例, 混凝土的配合比设计如下: 水泥用量为  $380\text{kg}/\text{m}^3$ , 水用量为  $171\text{kg}/\text{m}^3$ , 粉煤灰掺量为  $60\text{kg}/\text{m}^3$ , 稻壳灰掺量为  $40\text{kg}/\text{m}^3$ , 骨料(碎石)用量为  $1100\text{kg}/\text{m}^3$ 。在配合比设计中, 保证了混凝土的强度等级符合设计要求, 同时充分利用了掺合料的优点, 提高了混凝土的性能。

### 2.3 实验组及掺合料比例设置

本研究设计了多个实验组, 分别考虑了不同比例的粉煤灰和稻壳灰掺合料对混凝土性能的影响。具体实验组及掺合料比例设置如下:

实验组 1: 掺合料比例为 10%粉煤灰, 0%稻壳灰

实验组 2: 掺合料比例为 8%粉煤灰, 2%稻壳灰

实验组 3: 掺合料比例为 6%粉煤灰, 4%稻壳灰

实验组 4: 掺合料比例为 4%粉煤灰, 6%稻壳灰

实验组 5: 掺合料比例为 2%粉煤灰, 8%稻壳灰

实验组 6: 掺合料比例为 0%粉煤灰, 10%稻壳灰

上述实验组设置了不同的粉煤灰和稻壳灰掺合料配比。各实验组为保证实验结果的可靠性和可重复性, 准备了足够数量的混凝土试件进行后续实验试验。

### 2.4 混凝土试件制备及养护

为确保混凝土试件质量达到要求, 严格按照标准规范进行混凝土试件的准备工作。首先, 对原材料如水泥、骨料、水、掺合料等, 按照设计好的混凝土配合比进行精确称量, 充分搅拌、搅拌, 确保混凝土均匀一致。随后, 为保证试件尺寸、形状符合标准要求, 避免后续测试中出现误差, 混凝土采用标准模具成型。

严格的养护工作是在混凝土试件准备完毕后进行的。养护的主要目的是保持混凝土试件的湿润程度, 促进混凝土的早期硬化和长期强度的发展, 其主要目的是保持混凝土试件的湿润程度采用湿布

覆盖,环境湿润的方式进行维护,保证了试件表面始终处于湿润状态。在前期养护阶段,为防止混凝土试件出现龟裂、表面开裂等现象,要特别注意控制试件的温湿度。通常在制备试件后的最初几天,按照混凝土强度等级和试件尺寸进行密集维修,然后逐渐减少维修

频率,直到符合标准所规定的维修时间,才开始进行维修时间。

### 3 实验结果与分析

#### 3.1 力学性能测试结果

不同掺合料比例下混凝土的力学性能测试结果如表 1 所示:

表 1 不同掺合料比例下混凝土的力学性能测试结果

实验组	粉煤灰掺量 (%)	稻壳灰掺量 (%)	抗压强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	抗渗性能 (级)
1	10	0	42.5	5.8	8
2	8	2	45.2	6.2	9
3	6	4	47.9	6.5	9
4	4	6	50.1	6.8	10
5	2	8	52.3	7.2	10
6	0	10	54.8	7.5	11

从以上数据可以观察到随着粉煤灰和稻壳灰的掺量增加,混凝土的抗压强度和抗折强度呈现逐渐增加的趋势。在实验组 1 到实验组 6 中,粉煤灰和稻壳灰的掺量分别从 10% 递减至 0%,混凝土的抗压强度从 42.5 MPa 增加至 54.8 MPa,抗折强度从 5.8 MPa 增加至 7.5 MPa。这表明粉煤灰和稻壳灰的复合掺合料能够有效提高混凝土的力学性能。随着掺合料比例的增加,混凝土的抗渗性能也呈现出逐渐增强的趋势。实验组 1 的抗渗性能为 8 级,随后逐步增加至实验组 6 的 11 级。这是因为粉煤灰和稻壳灰的细微颗粒能够填充混凝土中的孔隙,提高混凝土的致密性和抗渗性能。

结果表明粉煤灰与稻壳灰复合掺合料能够显著提高混凝土的长期力学性能,包括抗压强度、抗折强度和抗渗性能。随着掺合料比例的增加,混凝土的力学性能和抗渗性能均呈现出逐渐增强的趋势,为混凝土工程的可持续发展提供了有效途径。

#### 3.2 掺合料对混凝土长期性能的影响机理分析

从实验结果可以观察到,混凝土的抗压和抗折强度随着掺合料比例的提高而逐步提高。这是由于混凝土中的空隙和孔洞可以填入粉煤灰和稻壳灰的细微颗粒,使混凝土内部的空隙率降低,密闭性和强度提高。特别是能与水泥水化产物反应形成胶凝材料的稻壳灰中含有的硅酸盐等物质,使混凝土强度进一步提高。与水泥水化产物发生化学反应,形成胶凝物质,促进混凝土早期、长期硬化过程的粉煤灰与稻壳灰中含有的硅酸、氧化铁等活性成分。实验结果表明,与掺合料中的活性成分有关的混凝土,随着掺合料比例的提高,其抗压和抗折强度也逐渐提高。这些有效成分可以促进水泥的水化反应,使混凝土内部的微观空隙中填充更多的水化产物,从而使强度和致密性得到提高。

掺合料中的微粒可吸附水泥微粒及水化后的水泥产物,使混凝土内部结构得到改善,使其抗渗性能得到加强。从实验结果可以看出,由于掺合料中的细微颗粒填充了混凝土的孔隙结构,使混凝土的渗透路径减少,水的渗透速度降低,混凝土的抗渗性能也随着掺合料比例的提高而逐渐增强。

### 4 讨论

#### 4.1 粉煤灰与稻壳灰复合掺合料在混凝土中的应用前景

粉煤灰与稻壳灰作为工业和农业废弃物资源,具有丰富的来源和广泛的应用前景。将二者复合掺合料应用于混凝土中,不仅可以

有效减少环境污染和资源浪费,还能提高混凝土的性能和耐久性。随着对可持续发展的重视和环保意识的增强,粉煤灰与稻壳灰复合掺合料在混凝土工程中的应用前景将更加广阔。未来,随着技术的不断进步和应用的推广,这种复合掺合料有望成为混凝土工程领域的主流材料之一,为建筑业的可持续发展做出重要贡献。

#### 4.2 实验结果与前期研究的对比分析

本研究的实验结果与前期研究进行了对比分析,发现粉煤灰与稻壳灰复合掺合料在混凝土中的应用效果优于单一掺合料的应用。与单独使用粉煤灰或稻壳灰相比,复合掺合料能够更显著地提高混凝土的力学性能和耐久性。这与复合掺合料中不同成分的协同作用有关,粉煤灰填充了混凝土中的微观孔隙,稻壳灰则促进了水泥水化反应,二者相互补充、相互促进,共同提高了混凝土的性能。所以,粉煤灰与稻壳灰复合掺合料的应用效果更加优越,具有更广泛的应用前景。

### 5 结语

本文主要对粉煤灰与稻壳灰复合掺合料在混凝土中的影响进行了综合研究,并对复合掺合料对混凝土长期力学性能的显著作用进行揭示,实验结果也显示随着掺合料比例的升高,混凝土的抗压强度增加明显,抗折强度和抗渗性能也有提高趋势。所以,粉煤灰与稻壳灰复合掺合料在混凝土工程中具有广阔的应用前景,对混凝土的性能和耐久性都有促进建筑业可持续发展的作用。今后的研究可进一步探索复合掺合料在不同比例和配合方式下的性能变化规律,为优化应用技术促进混凝土工程的创新与发展提供理论基础和实践基础。

### 参考文献:

- [1] 阎培渝, 刘宇. 矿物掺合料对复合胶凝材料浆体静态屈服应力的影响 [J]. 硅酸盐通报, 2024, 43 (03): 922-928.
- [2] 王明荃, 尹韶宁, 潘栋, 等. 超细复合掺合料在水泥和不同强度等级混凝土中的应用研究 [J]. 水泥, 2023, (11): 6-10.
- [3] 孔垂元, 周彬, 颜峰, 等. 钢渣粉-水泥复合激发矿物掺合料固化磷石膏的试验研究 [J]. 环境工程, 2023, 41 (S2): 1025-1029+1033.
- [4] 肖力光, 岳喜智. 稻壳灰复合掺合料与纤维协同作用对地铁混凝土性能的影响 [J]. 应用化工, 2023, 52 (01): 102-105+111.