

# 水泥粉煤灰稳定再生混凝土混合料路面基层抗压及劈裂试验研究

## Experimental Research on Compression Resistance and Splitting of Cement Fly Ash Stabilized Recycled Concrete Mixture Pavement Base

李翔

Xiang Li

北京市政路桥股份有限公司总承包一部 中国·北京 100045

First General Contractor of Beijing Municipal Road and Bridge Co., Ltd., Beijing, 100045, China

**摘要：目的：**论文以研究不同粉煤灰掺量下水泥粉煤灰稳定再生混凝土的无侧限抗压强度和劈裂抗压强度。结果：试件的无侧限抗压强度和劈裂抗压强度均随粉煤灰掺量增大呈先增后减的趋势；粉煤灰掺量为 15% 时，试件的无侧限抗压强度和劈裂抗拉强度达到峰值 5.65MPa 和 0.41MPa。结论：提出了水泥粉煤灰稳定再生混凝土无侧限抗压强度和劈裂抗拉强度之间的关系模型。

**Abstract: Objective:** This paper studies the unconfined compressive strength and split compressive strength of cement-fly ash stabilized recycled concrete with different fly ash content. **Results:** The unconfined compressive strength and split compressive strength of the specimens both increased first and then decreased with the increase of the fly ash content; when the fly ash content was 15%, the specimens were unconfined the compressive strength and splitting tensile strength reached peaks of 5.65 MPa and 0.41 MPa. **Conclusion:** The relationship model between unconfined compressive strength and split tensile strength of cement and fly ash stabilized recycled concrete is proposed.

**关键词：**路面基层；劈裂抗拉强度；试验研究

**Keywords:** pavement base; splitting tensile strength; experimental research

**DOI:** 10.12346/etr.v4i1.5146

## 1 引言

再生混凝土指将废弃混凝土进行破碎、冲洗和筛分后，按照一定比例混合后形成再生骨料代替砂石等骨料形成的新型混凝土。其技术利用不仅节约能源、保护环境，还促进了建筑业的可持续发展。粉煤灰是中国主要的工业固体废物渣，每年产量高达 5 亿 t，大量的粉煤灰堆积不仅会污染环境、占用土地，还会对人类健康带来严重危害。

## 2 试验材料及方法

### 2.1 试验材料

试验用粉煤灰产自某热电厂，等级为Ⅲ级；试验用水泥为 P·O42.5 级普通硅酸盐水泥，粉煤灰和水泥的化学成分组成及主要性能指标见表 1；再生混凝土来自某改建废旧混凝土路面，原设计标号为 C25。经拆除破碎的废旧混凝土路

面粒径分布不均，且差异较大，不能满足路面基层的使用要求，故需要对其进行两次破碎筛分后使用<sup>[1]</sup>。根据路面基层规范中粗集料压碎值的试验方法，对破碎筛分的再生混凝土碎石及普通碎石进行压碎值试验，试验结果见表 2。

表 1 粉煤灰和水泥的化学成分组成及主要性能指标

化学成分 (%)	水泥	粉煤灰	物理指标	水泥	粉煤灰
SiO <sub>2</sub>	22.4	45.9	细度 /%	1.5	38.2
SO <sub>3</sub>	2.9	0.8	烧失量 /%	1.2	3.7
CaO	56.9	6.3	凝结时间 /min		
K <sub>2</sub> O	0.9	2.2	初凝	235	/
MgO	1.5	1.3	终凝	370	/
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.6	32.4	抗压强度 /MPa		
Na <sub>2</sub> O	0.4	0.7	3 d	25.5	/
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.7	6.3	28 d	42.5	/

【作者简介】李翔（1996-），男，中国河南安阳，本科，从事土木工程施工管理研究。

表2 普通碎石及再生混凝土的压碎值试验结果

试样编号	普通碎石 (9.5~13.2 mm)			再生混凝土碎石 (9.5~13.2mm)		
	1	2	3	1	2	3
试样质量 (g)	3002.3	2998.4	2988.6	2970.0	2959.4	2877.3
通过 2.36mm 筛孔质量 (g)	626.9	618.1	622.8	666.9	658.1	849.8
压碎值 (%)	20.9	20.6	20.8	22.5	22.2	22.6
平均值 (%)		20.8			22.4	

由表1可知, SiO<sub>2</sub>和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为粉煤灰的主要组成成分, 两者的质量分数高达78.3%, 满足有关文献大于70%的使用要求。由表2可知, 再生混凝土碎石的压碎值为22.4%, 略大于普通碎石的压碎值20.8%, 小于中国高速公路和一级公路对粗集料压碎值的限值26%, 满足技术指标要求。

根据细则中对水泥粉煤灰类稳定材料的级配要求, 确定水泥粉煤灰稳定再生混凝土混合料的配合比, 如表3所示。由表3可知, 随着粉煤灰掺量的增大, 混合料的最佳含水量增大, 主要原因是由于粉煤灰的比表面积较碎石大, 需水率较高。

### 2.2 试验方法

根据道路基层相关规范, 制作直径为150mm的圆柱形试件, 试件的高度为150mm, 压实系数为0.98。然后在标准养生条件下, 将试件养生7d, 用于无侧限抗压强度试验和劈裂强度试验。无侧限抗压强度和劈裂强度试验在微机控制伺服液压万能试验机上进行, 压力机最大压力为400kN, 精度为0.001, 加载速率为1mm/min。

### 3 试验结果与分析

试验对表3中混合料的配合比进行无侧限抗压强度试验, 结果如图1所示。

由图1可知, 随着粉煤灰掺量的增加, 试件的无侧限抗压强度呈先增大后减小的趋势, 且在粉煤灰掺量为15%左

右时达到峰值5.65MPa。其原因是, 由于粉煤灰颗粒直径远小于再生混凝土碎石, 随着粉煤灰掺量的增多, 粉煤灰的细小颗粒能够填充在再生混凝土碎石之间, 形成填充效应, 增加了试件的密实程度<sup>[2]</sup>。但随着粉煤灰的进一步增大, 粉煤灰除了填充在再生混凝土碎石之间, 过量的粉煤灰紧密堆积在一起, 试件的再生混凝土碎石的骨架效应减弱, 使得试件的整体强度降低<sup>[3]</sup>。由试验结果可知, 当水泥掺量为5%时, 混合料的无侧限抗压强度均大于5MPa, 满足中国高速公路和一级公路的技术要求。

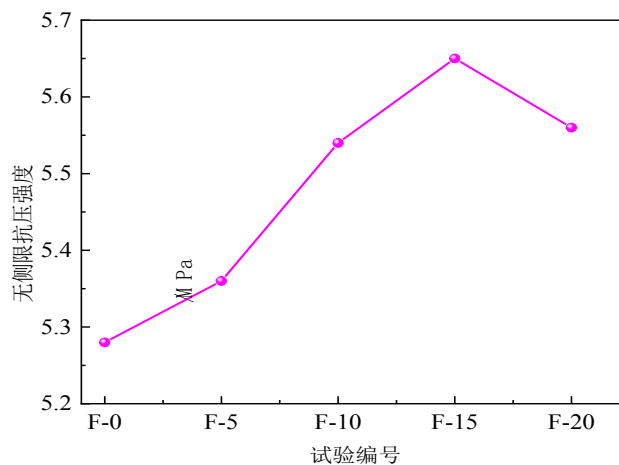


图1 无侧限抗压强度试验

表3 水泥粉煤灰稳定再生混凝土混合料的配合比

混合料编号	材料的质量分数 (%)				粉煤灰 (%)	水泥 (%)	最佳含水量 (%)
	再生混凝土碎石 (mm)						
	19~26.5	9.5~19	4.75~9.5	0~4.75			
F-0	25	25	15	35	0	5	5.7%
F-5	24	24	14	33	5	5	6.4%
F-10	23	23	13	31	10	5	7.2%
F-15	21	21	13	30	15	5	8.3%
F-20	20	20	12	28	20	5	9.0%

试验对表 3 中混合料的配合比进行劈裂强度试验, 结果如图 2 所示。由图 2 可知, 随着粉煤灰掺量的增加, 试件的劈裂强度发展规律呈先增大后减小的趋势, 在粉煤灰掺量为 15% 左右达到最大值 0.41MPa, 其产生的主要原因和变化规律与无侧限抗压强度试验相同。

根据无侧限抗压强度与劈裂强度的试验结果, 对其进行线性回归分析, 如图 3 所示。由图 3 可知, 无侧限抗压强度与劈裂强度之间的关系呈线性关系, 且相关系数达到 0.91, 表明该拟合结果与试验结果吻合程度较好, 可以用于指导实际工程应用。

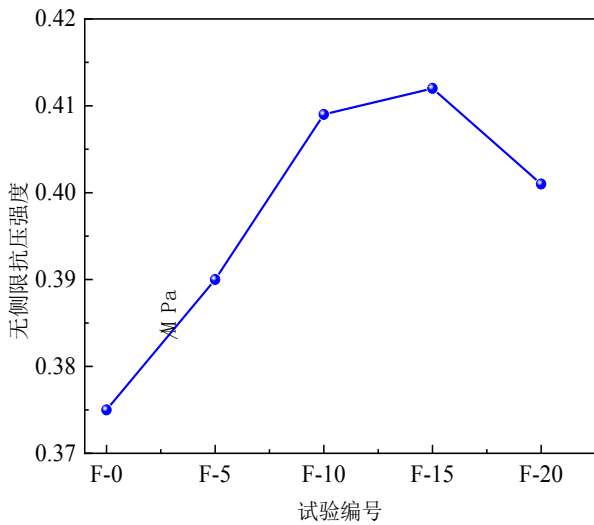


图 2 劈裂强度试验

## 4 结论

①随着粉煤灰掺量的增加, 试件的无侧限抗压强度和劈裂强度均呈现出先增大后减小的趋势, 且在粉煤灰掺量为 15% 时, 试件的强度达到最大值;

②通过对试件的无侧限抗压强度和劈裂强度进行线性回归分析, 得到了两者之间的关系模型, 结果表明该模型与试验结果吻合程度较好, 可用于指导实际工程应用;

③当水泥掺量为 5% 时, 水泥粉煤灰稳定再生混凝土碎石混合料的强度可以满足中国高速公路和一级公路的技术要求。

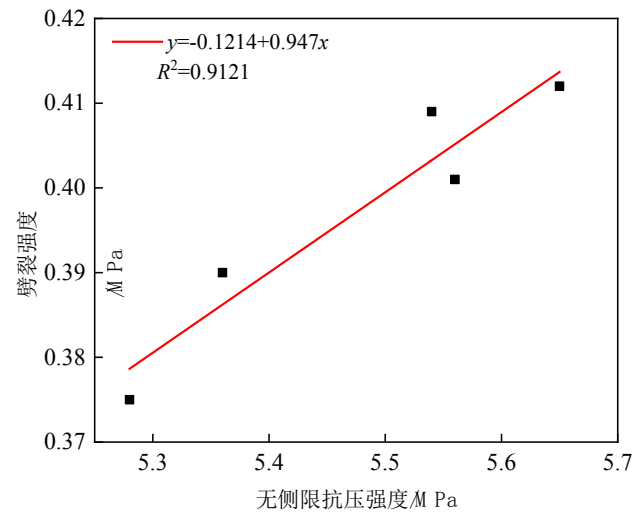


图 3 抗压强度和劈裂强度之间的关系

## 参考文献

- [1] 徐鸥明, 王士珩, 白敏, 等. 粉煤灰与粒化高炉矿渣对水泥稳定碎石强度和收缩特性影响研究[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2019, 44(2): 509-515.
- [2] 彭艳周, 王华锋, 史宏宇, 等. 石灰粉煤灰稳定混凝土再生集料最优配合比的试验研究[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2020, 42(2): 52-57.
- [3] 虞元茂, 沈加道. 常规搅拌与振动搅拌下的水泥稳定碎石基层室内试验研究[J]. 市政技术, 2019, 37(3): 239-241+244.