

Experimental Research on Mechanical Properties of Cement-fly Ash Stabilized Recycled Brick-gravel

Xinliang Bai

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

Abstract

In order to improve the road performance of cement stabilized crushed stone mixture, this paper replaces cement stabilized crushed stone with cement and fly ash stabilized recycled bricks as pavement base materials, and studies the stable regeneration of cement and fly ash with different recycled brick content, the crush value and unconfined compressive strength of the brick. The results show that: the unconfined compressive strength of the specimens decreases with the increase of recycled brick content; when the cement content is 5%, the replacement rate of recycled bricks is 40%, the unconfined compressive strength of specimens it is 4.44 MPa, which still meets the relevant requirements of China's expressways and first-class highways. Conclusion: A model for the relationship between the 7-d unconfined compressive strength of cement and fly ash stabilized recycled bricks and crushed stone and the replacement rate of recycled bricks is proposed.

Keywords

fly ash; recycled brick; mechanical properties; experimental research

水泥粉煤灰稳定再生砖 - 碎石力学性能试验研究

白新亮

北京市政路桥股份有限公司总承包一部, 中国·北京 100045

摘要

为改善水泥稳定碎石混合料的路用性能, 论文以水泥粉煤灰稳定再生砖-碎石替代水泥稳定碎石作为路面基层材料, 研究不同再生砖掺量下水泥粉煤灰稳定再生砖的压碎值和无侧限抗压强度。结果表明了试件的无侧限抗压强度均随再生砖掺量增大而减小; 水泥掺量为5%时, 再生砖取代率为40%时, 试件的无侧限抗压强度为4.44MPa, 仍然满足中国高速公路和一级公路的相关要求。结论: 提出了水泥粉煤灰稳定再生砖-碎石7d无侧限抗压强度和再生砖取代率之间的关系模型。

关键词

粉煤灰; 再生砖; 力学性能; 试验研究

1 引言

随着中国城市化进程加快, 大量的旧建筑物被拆除修缮, 从而产生大量的建筑垃圾。与此同时, 天然骨料的过度开采以及基础建设的大量消耗导致天然砂石的价格大幅度增长。如果能将建筑固废中的红砖制成再生砖骨料应用到工程建设中, 不仅可以有效解决建筑垃圾回收利用的难题, 还能有效缓解天然砂石短缺的问题。

2 背景

近年来, 中国和其他国家的学者对再生砖进行了一系列研究, 并取得一系列成果。孙一李全对再生砖混骨料混凝土梁的受弯性能进行了研究, 结果表明与同强度的天然骨料混凝土梁相比, 再生砖混骨料混凝土梁的承

载力略低, 延性较差。王金龙^[1]对再生砖仿钢纤维透水混凝土宏观性能进行了试验研究, 结果表明再生砖仿钢纤维透水混凝土具有良好的力学性能, 并建立了透水混凝土冻融损伤演化方程。葛培对再生砖骨料混凝土架拱模型进行了试验研究, 结果表明混凝土抗压强度随再生砖骨料取代率增大而增大。赵爱华对再生砖粗骨料混凝土基本力学性能进行了试验研究, 结果表明混凝土抗压强度随再生砖粗骨料取代率增大呈先增后减的趋势, 并提出再生砖粗骨料混凝土单轴受压应力-应变曲线的拟合关系式^[2]。

从这些研究成果中可以看出, 学者们对再生砖改善混凝土性能的研究相对较多, 对于粉煤灰和再生砖改善水泥稳定碎石路面基层的研究相对较少。因此, 论文以粉煤灰和再生砖为矿物掺合料, 对水泥粉煤灰稳定再生砖-碎石的力学性能进行研究, 以便为泥粉煤灰稳定再生砖-碎石路面基层的实际工程应用提供参考。

【作者简介】白新亮(1993-), 男, 中国内蒙古鄂尔多斯人, 本科, 助理工程师, 从事土木工程施工管理研究。

3 试验材料及方法

3.1 试验材料

水泥：同力牌 P · O 42.5 级普通硅酸盐水泥。

粉煤灰：来自中国内蒙古自治区乌兰察布市某火力发电厂，等级为Ⅲ级。

再生砖：来自附近拆除的废旧建筑，经破碎筛分后使用。

碎石：来自附近碎石场生产的碎石，连续级配。

水：自来水。

水泥和粉煤灰的化学成分组成见表 1。根据粗集料试验规程中的压碎值试验方法，分别对再生砖和碎石进行压碎值试验，试验结果见表 2。

表 1 水泥和粉煤灰的化学成分组成

名称	化学成分组成 (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂
水泥	22.6	7.5	4.6	56.8	0.9	1.4	0.5	2.6	/
粉煤灰	46.3	33.3	5.4	8.8	1.0	1.2	0.8	0.9	0.6

表 2 压碎值试验结果

试样编号	再生砖 (9.5~13.2mm)			碎石 (9.5~13.2mm)		
	1	2	3	1	2	3
试样质量 (g)	2268.4	2259.3	2260.7	3002.3	2998.4	2988.6
通过 2.36mm 筛孔质量 (g)	986.9	958.6	942.3	626.9	618.1	622.8
压碎值 (%)	43.5	42.4	41.7	20.9	20.6	20.8
平均值 (%)	42.5			20.8		

由表 1 可知，水泥的主要成分为 SiO₂ 和 CaO，粉煤灰的主要化学成分为 SiO₂ 和 Al₂O₃。SiO₂、Al₂O₃ 和 CaO 等物质是混合料发生水化反应，并最终形成具有一定强度物质的重要保障。由表 2 可知，碎石的压碎值为 20.8%，满足中国高速公路和一级公路的技术要求。再生砖的压碎值为 42.5%，不满足中国公路路面基层粗集料压碎值的技术要求^[3]。

为了将再生砖用于路面基层建设，并使混合料的强度满足规范要求，试验拟将再生砖按照一定的比例替代碎石，使其压碎值和最终强度满足规范要求。

根据相关规范确定水泥粉煤灰稳定再生砖 - 碎石混合料的配合比，如表 3 所示。

表 3 水泥粉煤灰稳定再生砖 - 碎石混合料的配合比

混合料编号	材料的质量分数 (%)			
	再生砖 (%)	碎石 (%)	粉煤灰 (%)	水泥 (%)
B-0	0	80	15	5
B-10	8	72	15	5
B-20	16	64	15	5
B-30	24	56	15	5
B-40	32	48	15	5

根据表 3 中混合料的配合比，当再生砖的取代率为 0、10%、20%、30% 和 40% 时，按照加权平均值计算的粗集

料压碎值分别为 20.8%、23.0%、25.1%、27.3% 和 29.5%，满足中国二级及以下公路路面基层的技术要求。

3.2 试验方法

根据细则，制备径高比为 1 : 1 的标准试件，试件直径为 15cm，压实系数为 0.98。在 95% 湿度、20 ± 2℃ 标准养生条件下，养生 6d，并浸水 24h，水应当没过试件 25mm 左右。

无侧限抗压强度试验在济南鑫光试验机制造有限公司生产的电液伺服万能试验机上进行，压力机最大压力为 1000kN，精度为 0.001，加载速率为 1mm/min。

4 试验结果与分析

通过对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。

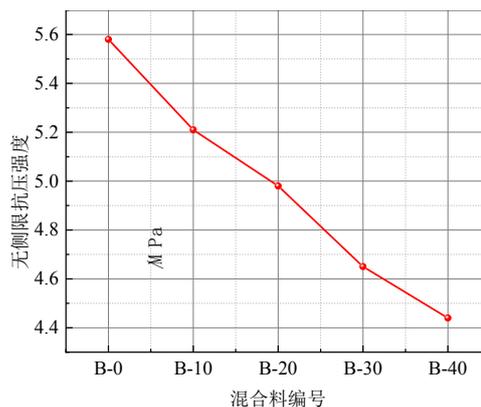


图 1 无侧限抗压强度试验结果

由图 1 可知，随着在生砖掺量取代率的增加，试件的无侧限抗压强度呈减小趋势。其根本原因是再生砖的压碎值大于碎石，随着再生砖取代率的增大，再生砖 - 碎石的压碎值逐渐增大，从而导致试件的“骨架”强度降低，直接表现为试件的无侧限抗压强度降低。由试验结果可知，水泥掺量为 5% 时，再生砖取代率为 40% 时，试件的无侧限抗压强度为 4.44MPa，仍然满足中国高速公路和一级公路的相关要求。

根据无侧限抗压强度试验结果，通过 MATLAB 对其进行拟合分析，如图 2 所示。

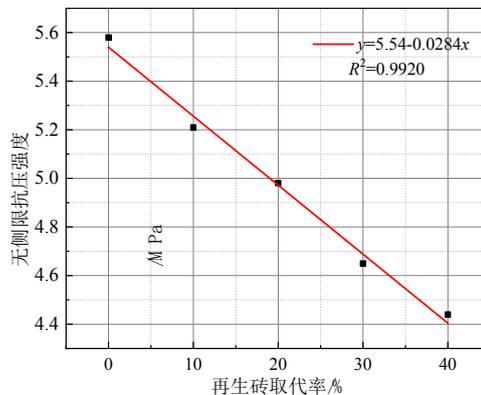


图 2 7d 龄期时不同再生砖取代率与无侧限抗压强度的拟合结果

由图2可知,拟合结果与试验结果吻合较好,相关系数达到0.9920,表明该拟合公式可以较好的描述试件无侧限抗压强度与再生砖取代率之间的关系,可以用于指导实际工程应用。根据规范,选取高速公路和一级公路水泥粉煤灰类稳定材料的目标强度不小于4.5 MPa,则通过该公式可计算出再生砖取代率不应大于36.6%。

5 结语

论文通过试验研究了不同再生砖取代率下的水泥粉煤灰稳定再生砖-碎石混合料的无侧限抗压强度,并得到如下结论:

①再生砖的压碎值较碎石大,随着再生砖取代率的增加,试件的无侧限抗压强度呈减小趋势。

②通过对试件的无侧限抗压强度与再生砖取代率的关系进行拟合,得到了用于反映二者之间关系公式,结果表明该公式与试验结果吻合较好,可用于指导工程应用。

③当水泥掺量为5%,再生砖取代率小于36.6%时,水泥粉煤灰稳定再生砖-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。

参考文献

- [1] 孙一李全,赵羽习,孟涛,等.再生砖混骨料混凝土梁受弯性能[J].建筑结构学报,2021,42(S1):312-321.
- [2] 王金龙.生砖仿钢纤维透水混凝土宏观性能试验研究[D].泰安:山东农业大学,2018.
- [3] 葛培,黄炜,李萌.再生砖骨料混凝土架构模型试验研究[J].浙江大学学报(工学版),2021,55(1):10-19.