文章编号: 1002-0268(2000)SI-0022-03

路面用粉煤灰水泥混凝土的室内试验研究

战高峰, 董伟智, 阮炯正

(吉林建筑工程学院, 吉林 长春 130021)

摘要: 通过正交粉煤灰混凝土的配合比设计和应用于公路路面的可行性与经济性, 给出一个用长春市地产原状粉煤灰掺入路面混凝土配合比设计的电算程序。

关键词: 粉煤灰; 水泥; 路面; 研究

中图分类号: U416 216 3

文献标识码: A

Indoor Test and Study on Fly Ash Cement Concrete Pavement

ZHAN Gao-feng, DONG Wei-zhi, RUAN Jiong-zheng

(Jilin Institute of Architecture and Civil Engineering, Jilin Changchun 130021, China)

Abstract: This paper describes an orthogonal test for mix design of fly ash concrete pavement and its feasibility and economic effect. A computer program as to mix design of fly ash concrete pavement is illustrated.

Key words: Fly ash; Cement; Road surface; Research

0 前言

粉煤灰是一种人工火山灰质材料。把粉煤灰应用到水泥混凝土中, 既可以改善混凝土的性能, 保证混凝土的质量, 又可以保证混凝土的质量, 还可节省水泥, 降低成本, 有利于环境保护。国内外的研究表明, 粉煤灰水泥混凝土具有如下几个方面的优点。

(1) 节省大量水泥和能源

一般情况下, 在混凝土中合理使用 1t 粉煤灰, 可以取代 0.6~0.8t 水泥。相当于节省石灰石和粘土矿物资源 1.0~1.75t, 并且节约包括燃料和电力的总能耗 0.12~0.20t 标准煤。道路用粉煤灰水泥混凝土的研究结果表明, 一般可减少水泥用量 10%~40%。

(2) 改善水泥混凝土的多种性能

粉煤灰是一种典型的人工火山灰质材料, 在冷却时自然成球状, 加入混凝土中能起到滚珠轴承的作用, 改善混凝土的和易性, 水灰比相对缩小, 提高混凝土的强度与变形能力, 降低水化热, 减少收缩, 提高抗渗、抗冻性, 特别是提高了混凝土路面的抗裂性。

(3) 粉煤灰水泥混凝土耐久性好, 后期强度高

由于粉煤灰的火山灰反应, 消耗了碳, 改善了水泥混凝土的耐久性, 对砵碳化程度略有降低。虽然粉煤灰水泥砵的早期强度低, 但其后期强度高。

(4) 减少环境污染, 节省储灰用地, 具有社会效益

把粉煤灰应用于水泥砵, 开始于本世纪 40 年代。我国自 60 年代中期开始研究向水泥中掺入粉煤灰, 并逐步把优质粉煤灰用于大坝工程、普通砵结构、钢筋砵、预应力砵等土木工程中。1990 年我国颁布了国家标准 JGJ146-90《粉煤灰混凝土应用技术规范》, 标志着我国粉煤灰砵已进入实用阶段。在道路工程中, 粉煤灰在路基工程与路面的基层与垫层中应用较广泛。自 80 年代末部分省份开始铺筑一些普通粉煤灰混凝土试验路; 进入 90 年代, 随着水泥砵路面设计理论、设计方法、施工工艺的不断发展, 粉煤灰也逐步应用于水泥砵路面的面层, 但多局限于碾压砵路面。本文把长春市地产原状粉煤灰掺入路面用普通水泥砵中, 通过正交试验, 研究了粉煤灰混凝土的配合比与强度影响因素。文中的结果对于进一步推广应用粉煤灰水泥砵有一定的指导意义。

2 室内试验

2.1 室内试验用材料

长春市地产粉煤灰主要物理指标与化学成份

表 1

粉煤灰 生产地点	主要化学成份					烧失量	比重	细度			自然状态	
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO			0.74	D50	比表面	含水量	干容量
长春汽车厂	59.6~64.95	2.50~2.75	20.66~23.40	3.70~7.16	0.75~1.10	5.87	2.16	78.00	46.0	3.418	18.0	0.60
长春热电厂	59.60	2.50	23.40	3.80	1.10	8.30	2.10	82.01	47.0	1.900	1.1	0.75
长春热电厂	52.20~65.90	1.19~2.19	18.80~24.73	3.30~4.15	0.75~1.00	3.36~12.10	1.97	62.80	49.0	3.051	17.4	0.56

2.1.2 粗集料

粗集料采用德惠产砾石,其堆积密度为 1 640.0kg/m³,含泥量 0.6%,泥块含量 0.2%,空隙率 42.3%,针片状含量 3.2%,表观密度 2.84g/m³,表 2 给出了粗集料筛分试验结果。

粗集料筛分试验结果

表 2

筛孔尺寸(mm)	40.0	31.5	25.0	20.0	16.0	10.0	5.0
筛余量(g)	315	2555	840	780	770	910	420
分计筛余百分率(%)	4.5	36.5	12	14	11	13	6
累计筛余百分率(%)	4.5	41	53	67	78	91	97

2.1.3 细集料

砂子用德惠产中粗砂,表观密度 2.61g/cm³,堆积密度 1 519.2kg/m³,含泥量 1.13%,泥块含量 0.2%,表 3 给出了砂子的筛分试验结果。

细集料筛分试验结果

表 3

筛孔尺寸(mm)	4.75	2.5	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
筛余量(g)	75.5	81.9	33.2	167.5	121.7	15.9	4.3
分计筛余百分率(%)	15.1	16.4	6.6	33.5	24.3	3.2	0.9
累计筛余百分率(%)	15.1	31.5	38.1	71.6	95.9	99.1	100

2.1.4 水泥

水泥采用德惠产 425 #普通硅酸盐水泥,表观密度 3.1g/cm³,细度 7.1,28 天实测抗折强度 7.8MPa。

2.2 配合比设计

粉煤灰砼配合比设计电算程序在水泥砼路面的设计与施工中,砼的配合比设计应根据交通等级、原材料的物理性能、施工工艺、施工方法等因素,经过理论计算和试配抗折强度确定。配合比设计的计算,无论是设计单位还是施工单位及工地实验室都普遍需要,其

2.1.1 粉煤灰

粉煤灰采用长春地产原状粉煤灰。表 1 给出了长春市地产原状粉煤灰的主要物理指标与化学成份。

计算结果的合理性与准确性,直接关系到混凝土施工的质量和工程成本。为了方便本次试验,并使粉煤灰砼能够在室内试验的基础上,更好地在工程中得到推广应用,减少手工劳动强度和避免错误,笔者用 FORTRAN 语言,采用砼配合比设计的绝对体积法,粉煤灰按等量取代法,编制了一个路面用粉煤灰砼配合比设计的电算程序 IMFMH。该程序依据现行《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ012-94)路面水泥砼配合比的设计方法,既可以用于普通水泥砼路面的配合比设计,又可以用于粉煤灰砼路面的配合比设计(程序的输入与运行结果略)。

2.3 正交实验设计与室内试验结果

根据正交实验原理与可能影响粉煤灰砼强度的主要因素,取粉煤灰掺量、水灰比、砂率、用水量为因素,构成三水平四因素正交表 L₉(3⁴)(如表 4、表 5 所示),确定正交试验方案。利用电算程序 IMFMH 进行配合比计算,混合料的坍落度控制在 1~3cm,养生条件为室内标准条件,砼的设计抗弯拉强度取 4.5MPa,设计抗弯拉强度提高系数取 1.2,表 5 给出了室内试验得到的各组粉煤灰水泥砼的 7 天抗压强度和 28 天抗折强度。

路面用粉煤灰正交试验因素水平表

表 4

因素水平	粉煤灰掺量	水灰比	砂率	用水量
	水泥重(%)	W/(F+C ₀)	S ₀ /(S ₀ +G ₀)	kg/m ³
	A	B	C	D
1	10	0.40	25	145.0
2	15	0.45	30	150.0
3	20	0.50	33	160.0

表中:W—用水量,kg/m³;S₀—细骨料用量,kg/m³;G₀—粗骨料用量,kg/m³;F—粉煤灰掺量,kg/m³;C₀—水泥用量,kg/m³。

路面用粉煤灰砼正交试验方案及试验结果

表 5

因素方案	粉煤灰掺量 水泥重(%)	水灰比 $W/(C_0+F)$	砂率 $S_0/(S_0+G_0)$	用水量 (kg/m^3)	水泥用量 (kg/m^3)	7天抗压 强度(MPa)	28天 抗折强度(MPa)
1	1	1	1	1	326.25	19.62	5.44
	(10)	(0.40)	(25)	(145.0)			5.84
2	1	2	2	2	300.00	17.26	5.51
	(10)	(0.45)	(30)	(150.0)			
3	1	3	3	3	288.00	15.13	4.95
	(10)	(0.50)	(33)	(160.0)			
4	2	1	2	3	340.00	20.45	5.53
	(15)	(0.40)	(30)	(160.0)			
5	2	2	3	1	273.89	16.69	5.12
	(15)	(0.45)	(33)	(145.0)			
6	2	3	1	2	255.00	12.23	4.17
	(15)	(0.50)	(25)	(150.0)			
7	3	1	3	2	300.00	11.218	4.73
	(20)	(0.40)	(33)	(150.0)			
8	3	2	1	3	284.44	9.38	4.35
	(20)	(0.45)	(25)	(160.0)			
9	3	3	2	1	232.00	7.42	4.0
	(20)	(0.50)	(30)	(145.0)			

3 试验结果分析

3.1 正交试验结果直观分析

通过计算各因素各水平的平均值与极差(见表6), 按着正交实验结果分析的原理可以看出, 粉煤灰掺量与水灰比是影响粉煤灰砼强度的主要因素, 也就是

说, 合理的粉煤灰掺量与水灰比是保证路面用粉煤灰砼强度施工和易性的关键。

3.2 正交实验结果方差分析

在显著性水平, $\alpha=0.05$ 时, 利用 F 检验可知, 粉煤灰掺量、水灰比、砂率 3 个因素较为显著。

试验结果计算表

表 6

考核指标 因素计算		粉煤灰水泥砼 7天抗压强度(MPa)				粉煤灰水泥砼 28天抗折强度(MPa)			
		A	B	C	D	A	B	C	D
各因素各水平数据之和	I_j	52.02	51.35	41.23	43.73	16.3	16.1	14.36	14.96
	II_j	49.37	43.33	45.13	40.77	14.82	14.98	15.04	14.41
	III_j	28.08	34.78	43.10	44.96	13.08	13.12	14.80	14.83
各因素各水平数据之和平均值	I_j	17.3	17.1	13.7	14.6	5.4	5.4	4.8	5.0
	II_j	16.5	14.4	15.0	13.6	4.9	5.0	5.0	4.8
	III_j	9.4	11.6	14.4	15.0	4.4	4.4	4.9	4.9
极差		7.9	5.5	1.3	1.4	1.0	1.0	0.2	0.2
较优水平	R_j	A ₁	B ₁	C ₂	D ₄	A ₁	B ₁	C ₂	D ₁
因素主次		(1)	(2)	(4)	(3)	(1)	(2)	(4)	(3)

取水泥砼的 28 天设计抗弯拉强度为 4.5MPa, 表 5 的试验结果中, 除第 6 方案与第 9 方案以外, 其他方案的粉煤灰砼理论配合比都能满足设计规范的要求。这说明, 在普通水泥砼中掺入 10%~20% 的粉煤灰, 可以用于路面工程。由于粉煤灰的价格较水泥便宜, 把粉煤灰水泥砼用于路面工程, 显然是经济合理的。

4 结束语

通过本文的试验结果及其分析可知, 把长春市地产原状粉煤灰掺入路面水泥砼中是可行的, 由于粉煤灰的价格要较水泥低得多, 所以其经济性是显而易见的。文中所采用的方法和电算程序虽然是针对路面粉煤灰砼的, 但也适用于普通砼的配合比设计。