

粉尘类水泥基材料早期强度预测的试验研究

翟凤瑞¹, 宋焕斌^{1,2}, 张黎黎¹, 王全彪¹, 易中周¹

(1. 红河学院 理学院, 云南 蒙自 661100 2 昆明理工大学, 云南 昆明 650093)

摘要: 近年来粉尘类水泥基材料的应用越来越广泛. 从试验方法、试验结果分析等方面进行了论述, 介绍了其早期强度的推定情况. 通过试验, 主要对加速养护强度与 28 d 标准养护强度进行了对比, 采用线性回归方法建立了强度关系式. 结果表明, 所建立的强度关系式能满足水泥基材料质量控制的要求, 且线性方程计算简单, 可以通过早期强度预测 28 d 抗压强度.

关键词: 粉尘; 水泥基复合材料; 加速养护; 强度; 预测

中图分类号: TQ 172 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2010)02-0047-04

Experimental Study on Predication of Strength of Dust-Cement-Based Material in Initial Stage

ZHAI Feng-rui¹, SONG Huan-bin^{1,2}, ZHANG Li-li¹, WANG Quan-biao¹, YI Zhong-zhou¹

(1. College of Science, Honghe University, Mengzi Yunnan 661100, China

2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract Dust-cement-based material is used ever more widely in construction. This paper introduces the method by which the initial strength of the dust-cement-based material is worked out with an analysis of experimental results. The experiment focuses on the comparison between the strength of accelerate maintenance and the strength of 28 days' standard maintenance. Based on the experiment, the relationship of strength is set up with linear regression. It is proved that this relationship of strength meets the requirement of quality control of cement-based material. The linear equation is also proved an easier method. Thus the compression strength of 28 days can be predicted by the test on the strength in the initial stage.

Key words dust-cement-based composite material; accelerate maintenance; strength; prediction

0 引言

在水泥基材料中大掺量添加废弃物粉尘, 不仅合理利用了废弃物, 而且生产出的一些制品具有隔热、保温、耐火、质量轻、强度高、性能^[1-2]. 因此, 这种水泥基材料既可在框架结构中用作填充体, 又可用于制作路面砖等, 其应用途径越来越广泛^[3]. 由于用来评定大掺量废弃物粉尘的水泥基材料抗压强度的标准是养护 28 d 的抗压强度, 因而造成试验周期太长, 这就很难满足对其质量要求的及时控制. 所以, 既不能及时获得水泥基材料试样的强度值, 又不能据此及时设计和调整配合比, 在时间不充分的条件下, 不利于试验的正常进行, 同时也不利于加强质量管理和充分利用水泥的活性及调整废弃物粉尘的掺加量. 因此, 必须通过水泥基材料早期抗压强度对其 28 d 抗压强度进行预测. 本文主要就是通过建立标准养护 28 d 抗压强度与早期抗压强度两者之间的线性关系式, 用早期测得的抗压强度来推定 28 d(或其他龄期)的水泥

收稿日期: 2009-09-25 基金项目: 云南省教育厅科学研究基金资助项目(项目编号: 6y0038D); 云南省自然科学基金资助项目(项目编号: 2008CD187).

第一作者简介: 翟凤瑞(1978-), 男, 讲师, 硕士. 主要研究方向: 绿色复合材料及无机非金属材料.

E-mail: zhaf0873@126.com

基材料强度. 从而解决生产过程的有效控制, 保证产品质量的稳定性.

1 试验情况

1.1 试验数据的有效性规定

根据国家颁布《JG J/T 15-2008 早期推定混凝土强度试验方法标准》的要求, 试验中选用的是按线性回归方法建立的水泥基材料强度关系式, 该关系式要求水泥基材料试样最大、最小水灰比之差值不小于 0.2, 所选定建立回归方程的试件数量一般不少于 30 组. 同时, 标准规定所建立的强度关系式的相关系数应不小于 0.9^[4], 剩余标准差应不大于标准养护 28d 强度平均值的 10%.

1.2 试验原材料

(1) 水泥: 采用昆明水泥股份有限公司生产的 42.5 普通硅酸盐水泥, 质量符合国家标准《GB175-1999 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》的要求. 所用水泥的烧失量、抗压强度、抗折强度、凝结时间、碱含量和安定性等性能指标见表 1.

表 1 水泥各项性能指标

Tab 1 Some performance indexes of the cement

烧失量 /%	抗压强度 /MPa		抗折强度 /MPa		凝结时间 (h:m)		碱含量 /%	安定性
	3d	28d	3d	28d	初凝	终凝		
1.11	24.92	54.89	5.3	8.73	4:22	5:19	0.44	合格

(2) 骨料: 采用粒径范围为 5~10mm 的碎石, 质量符合国家标准《GB/14685-1993 建筑用卵石、碎石》的要求.

(3) 细集料: 采用河沙, 成分以石英为主, 细度模数为 2.6.

(4) 粉煤灰: 采用昆明阳宗海电厂用除尘器收集的粉煤灰, 取自云南恒阳粉煤灰公司. 其理化特性见表 2.

表 2 粉煤灰的理化特性 (单位: %)

Tab 2 Physical and chemical characteristics of the fly ash

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	三氧化硫	需水量比	烧失量	含水量
43.98	12.27	29.16	8.26	2.77	1.41	95	1.64	0.38

1.3 试验条件

(1) 加速养护箱: 为自制设备, 能够满足使用要求.

(2) 振动台: 为自制的简易振动台, 振动电机由河南新乡滨河振动电机工业公司三分厂生产.

(3) 试件模具: 采用标准试件模具, 具有足够的刚度并拆装方便, 符合国家有关规定的要求.

(4) 万能试验机: 所用万能试验机的测量范围为 0~60MPa, 压头截面积为 $1.625 \times 10^2 \text{ mm}^2$, 满足实验用要求.

(5) 其他条件: 其他辅助性实验设备和用具包括搅拌盆、小磅秤等. 实验在常温下进行, 一般为 20~30℃.

1.4 试验方法

试验方法分为加速养护试验和标准养护试验两部分. 其中加速养护试验程序为: 试件成型 → 静置养护 24h → 脱模 → 沸水中加速养护 4h → 取出试件冷却 1h → 进行抗压强度试验. 标准养护试验程序为: 试件成型 → 静置养护 28d → 脱模 → 进行抗压强度试验.

1.5 强度关系式的建立方法

根据中华人民共和国建设部颁布《早期推定混凝土强度试验方法标准》的要求, 按线性回归方法建立的水泥基材料强度关系式如下^[5-6]:

$$R = A + BR_i$$

$$\text{其中: } B = \frac{L_{xy}}{L_{xx}}, A = R_p - BR_{pj}, R_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_j, R_{pj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{ji}$$

$$L_{xx} = \sum_{i=1}^n (R_{ji} - R_{pj})^2 = \sum_{i=1}^n R_{ji}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n R_{ji} \right)^2$$

$$L_{xy} = \sum_{i=1}^n (R_{ji} - R_{pj}) (R_i - R_p) = \sum_{i=1}^n R_{ji} R_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n R_{ji} \right) \left(\sum_{i=1}^n R_i \right)$$

式中: R —标准养护 28 d(或其他龄期)试件强度的推定值 (MPa); R_j —加速养护试件强度的测定值 (MPa); R_i —第 j 组标准养护 28 d(或其他龄期)试件强度的测定值 (MPa); R_{ji} —第 i 组加速养护试件强度的测定值 (MPa); R_p — n 组标准养护 28 d(或其他龄期)试件强度的平均值 (MPa); R_{pj} — n 组加速养护 28 d(或其他龄期)试件强度的平均值 (MPa); n —试样的组数。

关系式的相关系数 (r):

$$r = \frac{L_{xy}}{\sqrt{L_{xx} L_{yy}}}$$

其中:

$$L_{xx} = \sum_{i=1}^n (R_{ji} - R_{pj})^2 = \sum_{i=1}^n R_{ji}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n R_{ji} \right)^2$$

剩余标准差 (S^*):

$$S^* = \sqrt{\frac{L_{yy} - BL_{xy}}{n-2}} \text{ 或 } \sqrt{\frac{(1-r^2)L_{yy}}{n-2}}$$

2 试验数据及计算结果分析

2.1 试验数据

本试验在用水泥基材料试样的早期强度推定标准养护 28 d 抗压强度的时候, 采用了与生产相同的原材料, 选择了四种水灰比: 0.40、0.43、0.45 及 0.50 每种重复 8 次, 共 32 个试样, 试验结果列于表 3。

2.2 试验结果计算分析

为了方便计算, 对表 4 的试验结果整理成表 4。

按上述公式计算:

$$R_{p28} = \frac{1193}{32} = 37.3, \quad P_{pj} = \frac{608}{32} = 19.0$$

$$B = \frac{22990 - \frac{1}{32} \times 1193 \times 608}{11759 - \frac{1}{32} \times (608)^2} = 1.56, \quad A = 37.3 - 1.556 \times 19.0 = 7.66$$

所以, 得水泥基材料强度关系式为:

$$R_{28} = 7.66 + 1.56R_j$$

此关系式的相关系数 r 和剩余标准差分别为:

$$r = \frac{22990 - \frac{1}{32} \times 1193 \times 608}{\sqrt{\left[45063 - \frac{1}{32} \times (1193)^2 \right] \times \left[11759 - \frac{1}{32} \times (608)^2 \right]}} = 1.33$$

$$S^* = \sqrt{\frac{(1-0.93^2) \left[45063 - \frac{1}{32} \times (1193)^2 \right]}{32-2}} = 2.64 \text{ (MPa)}$$

$$\frac{S^*}{R_{p28}} = \frac{2.64}{37.3} \times 100\% = 7.08\%$$

表 3 试验结果

Tab 3 Experimental result

序号	水灰比	$R_{加}$	R_{28}
1	0.50	17.5	30.0
2	0.50	17.3	30.5
3	0.50	18.0	29.3
4	0.50	18.0	29.2
5	0.50	18.2	31.6
6	0.50	18.1	31.4
7	0.50	18.5	31.2
8	0.50	18.5	31.3
9	0.45	18.8	32.6
10	0.45	22.0	38.0
11	0.45	21.6	36.4
12	0.45	21.5	36.5
13	0.45	16.2	32.5
14	0.45	16.2	32.4
15	0.45	16.7	33.4
16	0.45	16.5	33.2
17	0.43	19.3	39.5
18	0.43	19.1	38.4
19	0.43	18.5	40.1
20	0.43	18.5	40.3
21	0.43	17.3	39.2
22	0.43	17.4	39.5
23	0.43	23.2	47.9
24	0.43	23.1	47.6
25	0.40	22.5	46.1
26	0.40	14.5	39.3
27	0.40	15.6	37.2
28	0.40	15.7	37.3
29	0.40	23.2	46.4
30	0.40	23.2	46.1
31	0.40	21.8	44.6
32	0.40	21.6	44.3

表 4 试验数据整理

Tab 4 Experimental data processing

序号	$R_{加}$	R_{28}	$R_{加}^2$	R_{28}^2	$R_{加} \cdot R_{28}$
1	17.5	30.0	306	900	525
2	17.3	30.5	299	930	528
3	18.0	29.3	324	858	527
4	18.0	29.2	324	853	526
5	18.2	31.6	331	998	575
6	18.1	31.4	328	986	568
7	18.5	31.2	342	973	577
8	18.5	31.3	342	980	579
9	18.8	32.6	353	1063	613
10	22.0	38.0	484	1444	836
11	21.6	36.4	467	1325	786
12	21.5	36.5	462	1332	785
13	16.2	32.5	262	1056	527
14	16.2	32.4	262	1050	525
15	16.7	33.4	279	1116	558
16	16.5	33.2	272	1102	548
17	19.3	39.5	372	1060	762
18	19.1	38.4	365	1475	733
19	18.5	40.1	342	1608	742
20	18.5	40.3	342	1624	746
21	17.3	39.2	299	1537	678
22	17.4	39.5	303	1560	687
23	23.2	47.9	538	2294	1111
24	23.1	47.6	534	2266	1100
25	22.5	46.1	506	2125	1037
26	14.5	39.3	210	1544	570
27	15.6	37.2	243	1384	580
28	15.7	37.3	246	1391	586
29	23.2	46.4	538	2153	1076
30	23.2	46.1	538	2125	1070
31	21.8	44.6	475	1989	972
32	21.6	44.3	467	1962	957
Σ	608	1193	11759	45063	22990

3 结 语

通过对大掺量添加废弃物粉尘的水泥基材料早期强度的推定试验,采用线性回归的方法建立了水泥基材料强度关系式.结果表明,其相关系数 r 的值为 0.93,大于所要求的界限值 0.85.同时关系式的剩余标准差为 7.08%,小于标准养护 28 d(或其他龄期)强度平均值的 10%.因此,本试验所建立的强度关系式满足质量控制的要求,可用于推定标准养护 28 d 的水泥基材料强度.

参考文献:

- [1] 程多松,尚建丽,孙立春,等.轻集料混凝土早期强度预测的试验研究[J].混凝土,2007,(1):32-33.
- [2] 王永滋.粉煤灰泡沫混凝土的生产与应用[J].福建建设科技,2001,(2):35-36.
- [3] 韩怀强,蒋挺大.粉煤灰利用技术[M].北京:化学工业出版社,2000:76-93.
- [4] 王永军.早期推定混凝土强度在嘉峪关地区的试验应用[J].山西建筑,2009,35(21):168-170.
- [5] 中国建筑科学研究院.早期推定混凝土强度试验方法(JGJ15-83)[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [6] 中华人民共和国建设部.早期推定混凝土强度试验方法标准(JGJ/T15-2008)[M].南京:江苏人民出版社,2008.