

● 材料研究

粉煤灰细度对普通混凝土抗压强度的影响研究

Study on Impact of Fineness of Fly Ash upon Compressive Strength of Normal Concrete

□ 王小峰

(上海市建筑构件制品有限公司 200090)

【摘 要】研究了粉煤灰细度对普通混凝土抗压强度的影响所用的原材料及试验方法,并对试验的数据进行了详细的分析,得出了粉煤灰细度对普通混凝土抗压强度的影响的规律,最终以达到优化配合比设计的目的。

【关键词】混凝土 粉煤灰细度 抗压强度 水胶比 配合比

【中图分类号】TU53

/ 文献标识码 B

【文章编号】1004-1001(2010)08-0853-03

在混凝土的生产中,粉煤灰是应用最广泛和普遍的,但对于粉煤灰细度对混凝土抗压强度影响的研究为数不多,另外鉴于目前粉煤灰质量波动较大,特别是细度这一指标,为此本文针对预拌混凝土生产情况,通过选择四种不同细度的粉煤灰作为外掺料进行实验,研究分析外掺料中粉煤灰的物理指标对普通混凝土抗压强度的影响,以最终达到优化配合比设计的目的。

1 原材料及试验方法

1.1 原材料

(1) 水泥 P·O42.5 普通硅酸盐水泥及 P·II5.25 硅酸盐水泥,奉贤海螺水泥厂生产。

表 1 水泥质量指标

水泥品种	标准稠度用水量(%)	3d 抗折强度(MPa)	28 d 抗折强度(MPa)	3 d 抗压强度(MPa)	28 d 抗压强度(MPa)
P·O42.5	26.4	5.5	8.5	29.6	51.2
P·II5.25	27.5	6.5	8.9	34.6	59.4

(2) 粉煤灰:细度分别为 17.8%、26.4%、34.4%、45% 的粉煤灰,其活性指数、含水量及需水量比等指标见表 2,化学成分见表 3。

表 2 粉煤灰质量指标

细度(%)	28d 活性指数(%)	需水量比(%)	含水量(%)
17.8	80	102	0.1
26.4	77	109	0.2
34.4	72	112	0.3
45	70	114	0.3

【作者简介】王小峰(1978-)男,工程硕士,工程师。联系地址:上海市杨浦区黎平路 2 号(200090)。

【收稿日期】2010-06-05

表 3 粉煤灰化学成分分析测试报告

样品编号	FA- 2	FA- 3	FA- 4	FA- 5
Na ₂ O	0.63	1.02	0.62	0.52
MgO	1.13	1.21	0.82	1.27
Al ₂ O ₃	26.4	21.3	28.4	25.6
SiO ₂	48.9	52.7	46.7	49.1
P ₂ O ₅	0.16	0.12	0.13	0
SO ₃	0.59	0.85	0.42	0.47
K ₂ O	1.28	1.86	1.02	1.07
CaO	8.30	10.6	6.50	8.06
TiO ₂	0.99	0.80	1.06	0.87
MnO	0.09	0.12	0.07	0.09
Fe ₂ O ₃	5.55	6.13	5.26	6.18
SrO	0.16	0.28	0.15	0.15
BaO	0.11	0.14	0.13	0.16

备注:本试验由同济大学材料科学研究院用 XRF 半定量方法化学分析。

分析表 3 的化学成分测试报告中的 CaO 含量,四种粉煤灰皆属低钙灰,化学组分相近,因此本文忽略化学成分的影响,只考虑粉煤灰物理性能——细度对普通混凝土强度的影响。

(3) 矿粉:恒昌生产的 S95 级矿渣微粉。

表 4 矿粉质量指标

流动度比(%)	7d 活性指数(%)	28d 活性指数(%)
106	80	107

(4) 细骨料:混合砂,瑞华生产。

表 5 混合砂质量指标

细度模数	含泥量(%)	泥块含量(%)
2.3	0.4	0.1

(5) 粗骨料:碎石,5~25 连续级配,金丰生产。

(6) 外加剂:世祥公司生产的普通外加剂 SQ IIc-601S,巴斯夫化学建材公司生产的高性能外加剂 Rheoplus

329(Al)。

表 6 碎石质量指标

含泥量(%)	泥块含量(%)	针片状颗粒含量(%)
0.4	0.1	4

表 7 外加剂质量指标

品种	固体含量(%)	密度(g/ml)	PH 值
SQ- IIc- 601S	40	1.218	6.4
Rheoplus 329(Al)	22.5	1.059	6

试验用配合比见表 8。

表 8 构件四厂春秋季节级配(kg/m³)

强度等级	塌落度	42.5P.0	52.5P.II	中砂	5-25 碎石	水	粉煤灰	矿粉	外加剂	水胶比
C20	120±30	179		793	1051	185	56	60	1.77	0.63
C25	120±30	212		746	1052	185	65	67	1.38	0.54
C30	120±30	241		715	1050	185	69	72	1.53	0.48
C35	120±30	271		671	1050	185	77	81	1.72	0.43
C40	120±30		242	754	1041	175	62	81	3.85	0.45
C45	120±30		274	684	1071	175	69	87	4.29	0.41
C50	120±30		298	671	1049	175	75	94	4.67	0.37
C55	120±30		345	631	1051	170	76	86	6.09	0.34
C60	120±30		370	594	1055	170	82	93	6.53	0.31

1.2 试验内容及方法

首先确定实验主要有哪些因素和水平构成。本实验主要有两个因素——混凝土强度等级及粉煤灰细度,其中混凝土强度等级有 9 个水平,分别是 C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60,粉煤灰细度有 4 个水平,分别是 17.8%、26.4%、34.4%、45%。由于因素较少,选择采用遍历实验,考虑每种水平匹配的情况。以混凝土强度等级为控制量,分 9 批实验,每个强度等级为一批,每批掺加不同细度的粉煤灰制作试块,分别检测并记录其养护期为 7 d、28 d、45 d 时的抗压强度,抗压试件选用 100 mm×100 mm×100 mm 非标准试模制作成型,其中 C60 级配试件选用 150 mm×150 mm×150 mm 标准试模。

2 实验结果与分析

(1) 实际试配情况和混凝土工作性

实际试配前,先测定试验用砂石含水率,试配时,控制塌落度的值,根据砂石含水率及塌落度情况调整水用量。观察试配混凝土的工作性、保水性、粘聚性及流动性等性能良好。

(2) 粉煤灰细度和混凝土抗压强度的变化规律

根据龄期为 7 d、28 d、45 d 时掺不同细度粉煤灰的混凝土抗压强度变化的数据,以粉煤灰细度为横坐标,混凝土抗压强度为纵坐标绘制 7 d、28 d、45 d 的曲线图,见图 1~3。

分析图 1~3 各龄期的强度曲线图,各个级配中,掺加的粉煤灰细度越小,抗压强度越高。这是因为粉煤灰的颗粒越细,微小的玻璃球形颗粒越多,比表面积也越大,粉煤灰中的活性成分也就越容易和水泥中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 化合,其活性就越

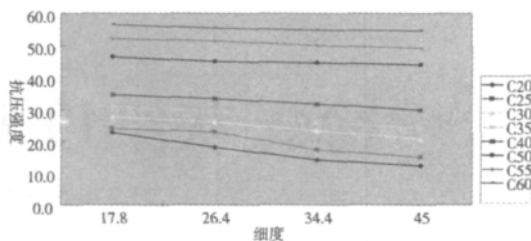


图 1 7d 抗压强度曲线图

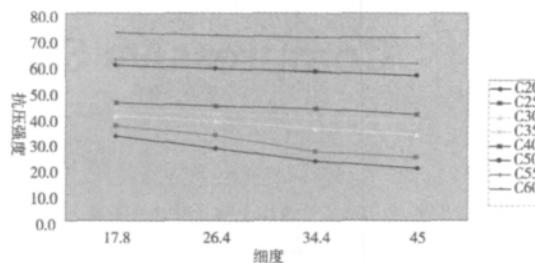


图 2 28d 抗压强度曲线图

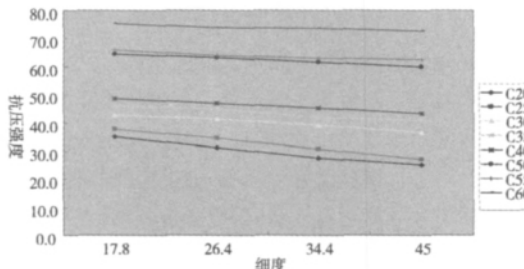


图 3 45d 抗压强度曲线图

高。另外,细度小的粉煤灰需水量较小,混凝土用水量随之相应减少,对应的混凝土抗压强度也会相应提高。

(3) 为进一步研究粉煤灰细度对混凝土抗压强度的影响程度,本文继续分析试验数据,研究粉煤灰细度、水胶比及混凝土抗压强度的关系(见图 4~图 6)。水胶比的变化直接影响着混凝土的强度,可以说水胶比是影响混凝土强度最重要的因素之一,而且水胶比与抗压强度呈线性变化规律。因此,本文使用作图法得出各粉煤灰细度下水胶比与强度之间的线性方程,通过比较各线性方程的斜率来确定粉煤灰细度对强度影响的显著程度及规律。

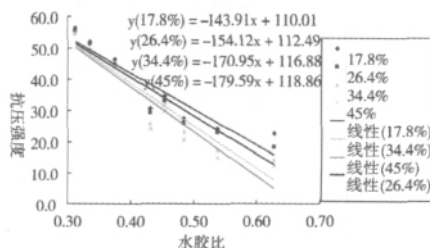


图 4 7d 强度——水胶比关系图

如图所示,粉煤灰细度为 17.8%、26.4% 和 34.4% 时,线性方程的斜率逐渐减小,即粉煤灰细度对混凝土强度的影响程

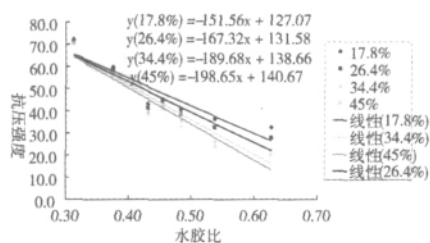


图5 28d 强度——水胶比关系图

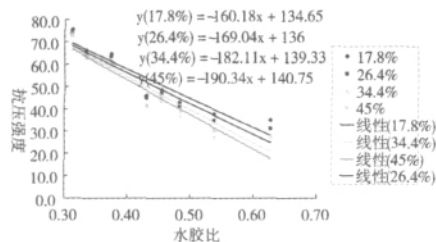


图6 45d 强度——水胶比关系图

度随细度的增大而增大。粉煤灰细度为 45% 时线性方程的斜率为最大值,即细度为 45% 时细度对混凝土强度的影响最为显著。另外,由于低强度等级的普通混凝土的粉煤灰掺量相对高强度等级的普通混凝土高一些(大约相差 4% 左右),并且高强度等级混凝土中胶凝材料总量多,水泥用量也大,粉煤灰有部分作为填充材料而没有完全发生火山灰反应。因此粉煤灰细度对低强度等级的普通混凝土受粉煤灰细度的影响比高强度等级混凝土受的影响更为显著。

3 结语

(1) 掺粉煤灰的普通混凝土,在同一强度等级中各个龄期段,都呈现抗压强度随粉煤灰细度的增大而减小的趋势。

(2) 混凝土强度受粉煤灰细度影响的显著程度在一定范围内遵循细度越大影响越显著的规律。

(上接第 852 页)

(3) 在下一施工段进行施工前,前一施工段伸缩缝处混凝土表面和外露橡胶止水带要清理干净,无水泥浆等杂物后放置 20 mm 厚闭孔泡沫板,止水带安装完成后,检查止水带是否固定牢固,伸缩孔是否会被浇筑在混凝土中,橡胶止水带是否会与钢筋接触,然后进行隐蔽验收。在浇筑混凝土时,止水带周边充分捣实,严禁出现蜂窝麻面等不密实现象。混凝土振捣时要向施工缝逐渐推进防止将橡胶止水带振偏等现象发生影响施工质量。

(4) 水平施工缝全部为平缝,埋 500 mm 宽 3 mm 厚钢板止水带于水平施工缝居中固定,止水带通长布置两端伸入混凝土各 250 mm,于钢筋绑扎完成模板安装前进行安装;止水带连接采用对焊或搭接焊,焊接时必须满焊,防止在接头处漏水;止水带采用锚筋与钢筋骨架焊接固定。因钢板较薄,焊接时注意不能烧穿钢板,否则需进行更换。

(5) 水平施工缝严格按照规范进行凿毛处理,要求将表层混凝土浮浆彻底凿除,并浇水湿润养护 7 d,同时做好养护记录和验收隐蔽记录。

(6) 所有埋入混凝土的制模用对拉螺栓均设置 100 mm×100 mm×3 mm 厚止水钢板,与螺杆满焊,防止对拉螺栓处渗漏。

6 混凝土浇筑

(1) 循环水涵洞采用 C30 W 防水混凝土,为了改善混凝土的性能,混凝土添加具有抗裂作用的微纤维作为防护措施,其掺量为 0.9 kg/m³,微纤维 ϕ 30.5 μ m,长度 19 mm,断裂强度大于 550 MPa,断裂伸长率小于 28%。

(2) 采取有效措施避免混凝土有害裂缝的发生:

① 在清理干净的混凝土垫层上铺一层 1 mm PE 薄膜作为隔离层,以减少混凝土垫层对结构混凝土的收缩约束;

② 混凝土中掺入缓凝型减水剂,减少混凝土的用水量和水泥用量,降低混凝土的水化热,并采取有效的温控措施,平缓混凝土的水化热高峰,使温度应力缓慢释放,从而控制温度裂缝的发生;

③ 按大体积混凝土施工要求进行保温养护,并派专人进行测温作业。

(3) 涵洞底拱内模以下混凝土浇筑时,采取分段分层浇筑方法,分段长度为 6 m,先由一侧浇筑混凝土并边浇筑边振捣,待混凝土浇筑至内底面以上 30 cm 左右时又从一侧用振捣棒将混凝土引向另一侧,同时利用内模底部预留 200 mm×200 mm@1 000 mm 的振捣孔对底板混凝土振捣,待底板完全浇筑完毕并有大量浆水从振捣孔溢出时,说明底板混凝土已振捣密实,在静止半小时后对振捣孔进行封堵,封堵前将从振捣孔内溢出的砂浆和水清理干净。然后再继续向上浇筑混凝土,振捣时振捣棒快插满拔,将混凝土气泡沿圆弧型模板表面向上引出。进水管沟底板混凝土浇筑时,严禁先浇筑完一侧并振捣完毕后在浇筑另一侧,以防止因单侧受力造成内模移位。

(4) 涵洞墙壁混凝土浇筑时采取对称、分段、分层浇筑,尽可能减少圆弧形模板水平方向的位移。

7 施工效果

宁德核电站一期工程(1#2# 机组)共 400 多 m 循环水进水管涵洞均已施工完毕。经实测未发现表面裂纹或漏浆现象,且接缝平整,表观光洁,外观整体效果理想,伸缩缝经过水压试验均满足要求,质量评定为“优良”。