

复掺粉煤灰和硅灰对混凝土力学性能的影响

周跃森 符聪冲

(浙江农林大学暨阳学院, 浙江 诸暨 311800)

摘要: 混凝土的性能受多种因素的影响, 掺入粉煤灰和硅灰, 混凝土的性能会有明显的改善。对单掺粉煤灰、硅灰和复掺粉煤灰、硅灰对混凝土力学性能影响的研究, 并展望了复掺粉煤灰和硅灰对混凝土性能的研究前景。

关键词: 混凝土; 粉煤灰; 硅灰; 力学性能

混凝土是当前用途最广、用量最大的人造土木工程材料, 也是单位质量产品能耗最低的材料之一, 并主要用于工程结构。众多研究表明, 在混凝土中掺入矿物掺合料既能减少水泥用量也能改善混凝土的力学性能, 在实际生产中应用越来越广泛。在混凝土中掺入优质的矿物掺合料, 不但能取代水泥、节约能源以及减少环境污染, 也被誉为混凝土的“第六组分”。例如粉煤灰是一种具有火山灰活性的矿物掺合料, 在混凝土中掺入粉煤灰, 将有利于其后期强度的发展。但单一的矿物掺合料对混凝土性能会产生一些不利影响, 例如新拌混凝土的泌水量会变大、和易性变差、早期强度降低等, 使它在工程应用中受到一些限制。如果将两种甚至多种矿物掺合料复合使用, 可能会产生复合交互效应, 不失为改善混凝土综合性能的有效途径。已有研究表明同时在混凝土中掺粉煤灰和矿粉, 比单掺粉煤灰或矿粉具有更好的效果。

在我国, 硅灰通常是作为掺合料用于混凝土产业中, 不仅可节约水泥熟料, 降低成本, 还能减少环境污染, 保护环境, 此外硅灰具有很好的活性, 能够很好的改善混凝土的性能。

由此, 本文对不同龄期, 不同水胶比, 单掺和复掺粉煤灰、硅灰混凝土的抗压和抗拉强度进行了实验研究。

1 试验原材料与方案

1.1 试验原材料

1.1.1 胶凝材料

水泥: 试验采用杭州海狮水泥有限公司产的普通硅酸盐水泥, 强度等级为 42.5, 其化学成分及物理力学性能如表 1 所示。

表 1 P.0 42.5 水泥的成分及物理性能

MgO (%)	SO ₃ (%)	烧失量	细度 (%)	初凝 (min)	终凝 (min)	3d 抗压强度 (Mpa)	3d 抗折强度 (Mpa)
3.48	3.25	3.15	2.3	162	254	25.6	5.1

粉煤灰: 诸暨兆山水泥公司自产的 I 级粉煤灰, 其具体化学成分如表 2 所示。

表 2 粉煤灰的化学成分

烧失量	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)
3.62	45.24	18.49	6.83	12.85	1.9

硅灰: 硅灰仍为诸暨兆山水泥公司生产, 其具体化学成分如表 3 所示。

表 3 硅灰的化学成分

烧失量	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)
1.15	90.9	2.94	1.48	0.35	1.25

1.1.2 其它材料

试验所用的砂为天然河砂, 属于 II 级中砂, 孔隙率 40.2%, 细度模数 2.6, 堆积密度 1630kg/m³, 表观密度 2.56g/cm³; 石子为 5mm-25mm 的碎石, 堆积密度为 1465kg/m³; 减水剂为萘系高效减水剂, 减水效率 20%; 水为自来水。

1.2 试验方案

①在水胶比为 0.5 的情况下, 取砂率为 34%。用粉煤灰替代 0%、15%、30% 以及 45% 的水泥, 对不同粉煤灰掺量的混凝土抗拉、抗压强度进行试验研究, 分析粉煤灰掺量对混凝土抗拉、抗压强度的影响;

②在试验①的基础上, 掺入硅灰, 分析复掺粉煤灰和硅灰对

混凝土抗压、抗拉强度的影响;

③在试验①、②的基础上, 分别取水胶比 0.4 和 0.6, 对混凝土抗拉、抗压强度进行研究, 分析水胶比对复掺粉煤灰和硅灰的混凝土抗拉、抗压强度的影响;

为了所拌制的混凝土能满足施工泵送要求, 调配外加剂的掺量, 使混凝土的坍落度处于 160mm-180mm 内。混凝土的具体配合比如表 4 所示。

表 4 混凝土配合比

代号	水胶比	每立方米混凝土中各项材料用量 (kg)						
		水	水泥	河砂	碎石	粉煤灰	硅灰	减水剂
FA0 (0.5)	0.5	200.652	401.299	611.328	1186.711	0	0	5.215
FA15 (0.5)	0.5	200.652	341.106	611.328	1186.711	60.202	0	5.215
FA30 (0.5)	0.5	200.652	280.889	611.328	1186.711	120.39	0	5.215
FA45 (0.5)	0.5	200.652	220.741	611.328	1186.711	180.587	0	5.215
FA0S (0.5)	0.5	200.652	381.24	611.328	1186.711	0	20.069	5.215
FA30S (0.5)	0.5	200.652	260.849	611.328	1186.711	120.39	20.069	5.215
FA30 (0.4)	0.4	200.652	351.141	526.291	1171.432	150.489	0	6.521
FA30S (0.4)	0.4	200.652	326.059	526.291	1171.432	150.489	25.081	6.521
FA30 (0.6)	0.6	200.652	234.089	690.020	1174.899	100.331	0	4.348
FA30S (0.6)	0.6	200.652	217.368	690.020	1174.899	100.331	16.721	4.348

注: FA0—粉煤灰和硅灰的掺量都为 0%; FA15—单掺粉煤灰 15%; FA30—单掺粉煤灰 30%; FA45—单掺粉煤灰 45%; S—单掺硅灰 5%; 括号内的 0.5, 0.4, 0.6 代表本组的水胶比; 以下不同配合比的混凝土均用表格里的代号表示。

混凝土抗压、抗拉强度的试件尺寸为 150mm × 150mm × 150mm, 并按规范要求制作、养护, 当养护龄期达到 3d、7d、28d 时分别测试不同配合比的混凝土抗压强度和劈裂抗拉强度。

2 试验结果和分析

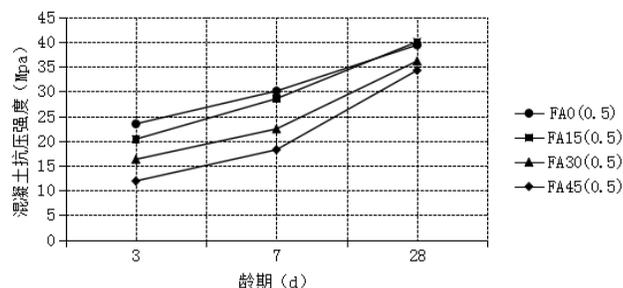


图 1 单掺粉煤灰对混凝土抗压强度的影响

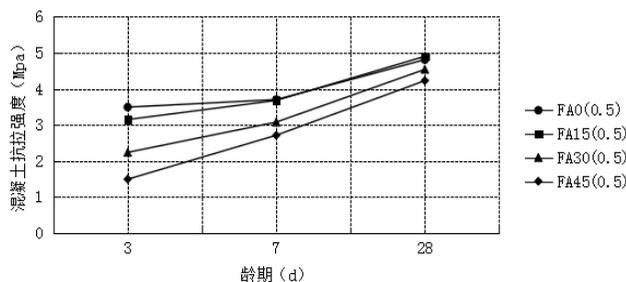


图 2 单掺粉煤灰对混凝土抗拉强度的影响

2.1 粉煤灰掺量对混凝土强度的影响

从图1、图2可知,混凝土的强度随着粉煤灰掺量的变化而变化,掺入粉煤灰使混凝土的前期抗压强度均有所下降,其中FA30(0.5)和FA45(0.5)这两组降幅较明显。此外,7d龄期前掺粉煤灰的混凝土的抗压强度发展比未掺粉煤灰的慢,且掺量越大,强度增长越缓慢。但在后期,粉煤灰混凝土的抗压强度增长较快。在28d龄期时,FA15(0.5)的抗压强度甚至要大于FA0(0.5),而FA30(0.5)和FA45(0.5)的抗压强度虽增长较快,但仍比FA0(0.5)的低。

在劈裂抗拉强度方面,早期掺粉煤灰混凝土的抗拉强度较低,FA45(0.5)的尤其明显。后期掺粉煤灰混凝土的抗拉强度有所提高,但仍然比FA0(0.5)的要低。由此可见,劈裂抗拉强度可能是限制掺粉煤灰混凝土综合性能的一个指标。根据本次实验的结果,分析混凝土抗压、抗拉强度之间的关系(如图3),得式2-1:

$$y = 0.19x^{0.88} \quad 2-1$$

式中: y —混凝土劈裂抗拉强度;
 x —混凝土标准立方抗压强度。

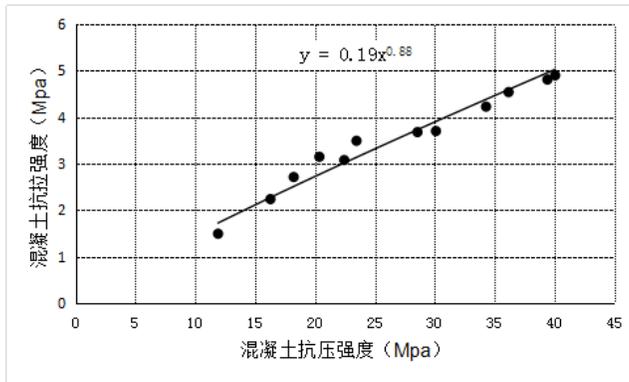


图3 混凝土抗压,抗拉强度之间的关系图

现有已知公式:

$$f_{ts} = 0.35f_{cu}^{0.75}$$

式中: f_{ts} —混凝土劈裂抗拉强度;
 f_{cu} —混凝土标准立方抗压强度。

由此可知,本次试验所拟合的公式和现有已知公式虽大致相同,但还存在差异,考虑试验组数有限,系统误差得不到完全检定和校正。

2.2 单掺硅灰及复掺粉煤灰和硅灰对混凝土强度的影响

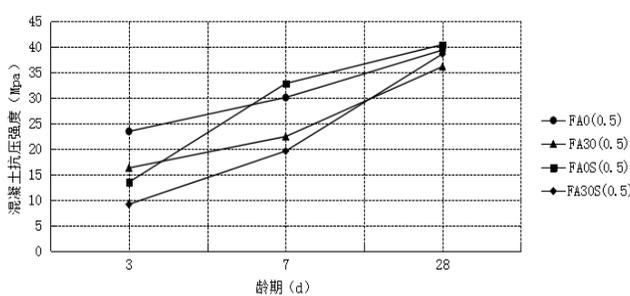


图4 复掺粉煤灰和硅灰对混凝土抗压强度的影响

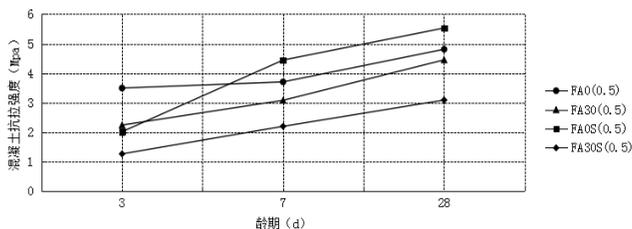


图5 复掺粉煤灰和硅灰对混凝土抗拉强度的影响

根据以上分析结果,认为粉煤灰掺量的相对最佳值约为30%,因此以下试验均以粉煤灰掺量30%为试验参数。从图4,图5可

知,在3d龄期,FA0S(0.5)的抗压强度要比FA0(0.5)的低,且FA30S(0.5)的抗压强度比FA30(0.5)的要低。但到了7d龄期,FA0S(0.5)的抗压强度有明显的增长且比FA0(0.5)的要高。到28d龄期时,FA0S(0.5)的抗压强度虽然比FA0(0.5)的要高,但是相差不大。FA30S(0.5)的抗压强度在3d,7d龄期时虽然都比FA30(0.5)的要低,但是增长速度比FA30(0.5)的要快,到了28d龄期时,FA30S(0.5)的抗压强度就比FA30(0.5)的要高。可见硅灰是可以提高混凝土早期强度的。

在劈裂抗拉强度方面,早期FA0S(0.5)的抗拉强度比FA0(0.5)的要低,FA30S(0.5)的抗拉强度也要低于FA30(0.5)的抗拉强度。在7d龄期和28d龄期时,FA0S(0.5)的抗拉强度比FA0(0.5)和FA30(0.5)的抗拉强度均有较大的提升,而FA30S(0.5)的抗拉强度比FA30(0.5)的抗拉强度要低。

综上所述,单掺硅灰可以提高混凝土早期的抗压和抗拉强度。在此次试验中硅灰对强度的提高不能弥补粉煤灰对强度的减少,可能它们之间存在一个最优配比,既能提高混凝土的强度也能弥补单掺粉煤灰混凝土在前期抗拉强度的不足。

2.3 水胶比对复掺粉煤灰和硅灰混凝土强度的影响

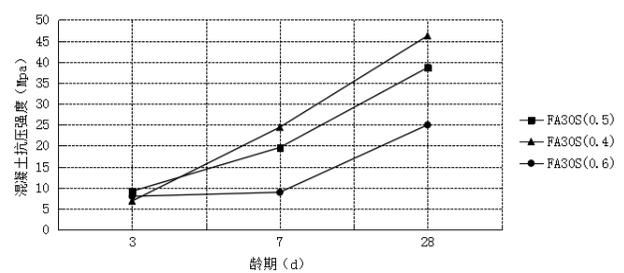


图6 水胶比对混凝土抗压强度的影响

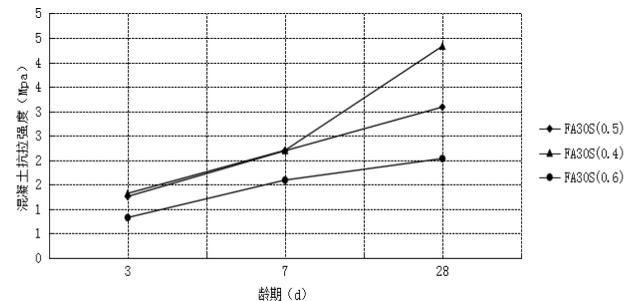


图7 水胶比对混凝土抗拉强度的影响

从图6,图7分析可知,在混凝土其它配比不变,养护条件相同的情况下,FA30S(0.4)的抗压强度在3d龄期虽然是最小,但增幅最大。到28d龄期时,FA30S(0.4)抗压强度最大,FA30S(0.6)的抗压强度最小,FA30S(0.5)则居中。

在抗拉强度方面,3d龄期时,三者的抗拉强度相差不大,到了28d龄期,FA30S(0.4)抗拉强度最大,FA30S(0.6)的抗拉强度最小,FA30S(0.5)居中。

可见,复掺粉煤灰和硅灰的混凝土抗压,抗拉强度与普通混凝土一样,在一定范围内随着水胶比的增大而减小。

3 结语

混凝土在掺入粉煤灰后,若量较少则对混凝土前期的强度影响不大,掺量过大则强度会有明显的降低。在中后期掺粉煤灰的混凝土的强度增长较快。当掺量在15%和30%之间时,28d龄期的抗压强度会比未掺粉煤灰的混凝土高。但粉煤灰对混凝土的抗拉强度增幅较小。

单掺硅灰会提高早期混凝土的抗压,抗拉强度。复掺粉煤灰和硅灰时,它们之间应该存在一个最优配比,既能提高混凝土的强度也能弥补单掺粉煤灰混凝土在早期抗拉强度的不足。

在混凝土其它配比不变,养护条件相同的情况下。混凝土同龄期的抗压强度会随着水胶比的减小而逐渐提高。可见,水胶比是

浅谈海上施工测量控制

王超槐

(中铁大桥局第五工程有限公司, 江西 九江 332000)

摘要:港珠澳大桥是在“一国两制”条件下港粤澳三地首次合作共建的超大型基础设施项目,是目前世界上修建的最长跨海大桥。因港珠澳大桥地理情况限制,海上施工控制点布设困难,其测量方法与测量手段与普通施工有较大区别,下面以港珠澳大桥浅水区非通航孔桥实例,浅谈海上施工测量控制。

关键词:海上施工;测量控制

1 工程简介

港珠澳大桥 CB05 标全长 6.653km,采用浅埋式预制墩台结构,整墩分幅钢混组合梁体系。浅水区非通航孔桥共 62 个桥墩,墩高 19.143~42.974m,其中低墩区(墩高 $\leq 27\text{m}$)桥墩 49 个,高墩区(墩高 $>27\text{m}$)桥墩 13 个。海上施工测量控制一个总体原则是,能在岸上完成的坚决在岸上做好,海上布设的控制点精度一定要满足施工要求。以施工的先后顺序,分三个板块介绍海上施工测量控制,分别是:钢管复合桩插打定位与围堰施工,墩台架设,垫石施工。

2 复合桩插打/围堰安装

钢管复合桩插打是海上施工的第一步,其精度控制直接影响围堰下放与承台架设,可以说,控制好了钢管桩,海上施工控制就成功了一半。复合桩插打按工序分为以下两步,导向架定位,复合桩插打。因为我们采用的是通过测量导向架的空间位置关系来确定复合桩插打及围堰安装,所以我们首先介绍导向架的施工。

2.1 导向架验收

导向架是在岸上加工好的,其作用是通过直接测量它的空间姿态来间接控制复合桩的定位和围堰的下放定位。因此导向架的加工精度非常重要。因其制作过程在整体尺寸和平整度两个要素存在加工误差,从而影响钢管桩和围堰的平面偏移量以及竖向垂直度。因此,通过测量的手段获取导向架的出厂加工数据,可有效规避后期施工因其加工误差带来的不良影响。导向架验收按以下步骤进行。(1)导向架长、短边量尺分中。油漆标记十字中点、四角高程

控制点和相关特征点,量取导向架的特征部位的结构尺寸并记录;(2)全站仪任意设站观测布控点位坐标,并以长轴中点建立独立坐标系,将观测点位转换到此独立坐标系中,整理比对特征点实测值与设计值的差值;(3)观测导向架四角高程控制点的相对高差并作为现场调整恢复初始设计值;(4)依据出厂数据和相关设计数据编制 excel 内业计算表。

2.2 调整导向架空间姿态

先将导向架吊装安放到支撑桩分配梁(钢护筒)上,利用 GPS-RTK 获取轴线点位偏差,用水准仪实测导向架四角高程。在分配梁(钢护筒)上焊接平面限位,起吊导向架后抄垫钢板,利用二次调整将导向架轴线偏差控制在 $\pm 5\text{cm}$ 且无异向偏扭,四角高差长边控制在 $\pm 1\text{cm}$,短边 $\pm 5\text{mm}$ 。然后复测轴线偏差和四角高程。将获取的数据输入 excel 计算表,计算出导环(调节块)伸出量。

2.3 钢管桩/围堰落放实时控制

首先根据上述 excel 计算表格提供的数据顶推导向架上、下层导环(调节块)距设计伸出量 3cm 处,当钢管桩(围堰)分别喂入到上、下层导向架时,顶推导环(调节块)到设计伸出量。停止钢管桩(围堰)下放,稳定一段时间后通过吊线锤的方法检查倾斜度是否满足设计要求,若超限二次提升钢管桩(围堰),微调导环(调节块)伸出量,再次落放钢管桩(围堰)到初始稳定高度,复测倾斜度,重复上述步骤直至倾斜度满足继续落放要求。每落放 5m 复测倾斜度,直到钢管桩自由沉降到稳定状态(围堰落放到

影响混凝土强度的不能忽视的重要因素。

混凝土的强度会随着龄期的延长而增大。

在进行公路、桥梁、机场等道面混凝土施工时,不妨在混凝土中复掺粉煤灰和硅灰,并用高效减水剂控制好坍落度,这样不仅混凝土早期强度得到提高,而且后期强度的增长也有了保证,混凝土的性能和结构得以改善。

4 展望

本研究中硅灰掺量只有 5% 一种,且只与 30% 掺量的粉煤灰复掺。复掺其它量的硅灰和粉煤灰对于混凝土力学性能的影响还有待研究。

本研究中混凝土的力学性能试验龄期为 3d, 7d, 28d, 对于后期粉煤灰和硅灰对混凝土的力学性能的影响无法准确得知,还有待于延长龄期进行观察试验。

本研究中,混凝土试块是在 20℃ 恒温养护条件下测试混凝土的力学性能,而实际应用中环境温度变化可能会导致其性能变化,因此不同温度养护条件下混凝土的性能有待研究。

本研究只研究了粉煤灰和硅灰对混凝土力学性能的影响,而实际应用中还可能要考虑到混凝土的抗冻性,抗渗性,耐久性 etc 性能。所以粉煤灰和硅灰对混凝土其它性能的影响还有待研究。

确定一个改进混凝土综合性能的最优粉煤灰、硅灰替代比并将其应用于实际生产中。既能减少水泥用量,改善混凝土性能,又科学环保符合可持续发展的主题。随着我国的建筑不断向高层化、大型化、现代化发展,高性能混凝土必将越来越受到人们的重视。

参考文献

- [1] JOAO A.Rossignolo, Marcos V.C.Agnisini. Mechanical properties of polymer-modified lightweight aggregate concrete[J]. Cement and Concrete Research, 2002, 32: 329-334.
- [2] WU Z. Green high performance concrete—The development trend of concrete[J]. Concr. Cem. Prod, 1998(1): 3-5.
- [3] 杨华全,董维佳,王仲华. 掺矿渣微粉和粉煤灰的混凝土性能试验研究[J]. 人民长江, 2001(11): 30-32.
- [4] Mohammad I K, Rafats. Utilization of silica fume in concrete: Review of durability properties[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2011, 57: 30-35.
- [5] 张亚梅,孙道胜,秦鸿根. 土木工程材料[M]. 南京:东南大学出版社, 2013.
- [6] 姜德民. 硅灰对高性能混凝土强度的作用机理研究[J]. 建设技术开发, 2001(4): 44-46.

基金项目: 2015年浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划(项目编号: 2015R412022); 2014年绍兴市大学生科技创新项目(项目编号: JYSXKC1402)。

作者简介: 周跃森(1993-),男,浙江东阳人,本科,浙江农林大学暨阳学院,研究方向:土木工程。