

高强高性能混凝土的试验与研究

林光钗

永春美岭矿业有限公司 福建 泉州 362000

摘要: 在传统的高强度混凝土制备方法的基础上,采用正交法对其中掺杂的添加料配比和砂率等进行了优化,通过试验对比分析了样品的坍落度、扩展度和倒筒时间等工作性能和抗压强度。配比优化后的高强度混凝土工作特性显著提升,适应超高泵施工环境,降低了高层施工的安全风险。通过一系列的试验验证各掺合料对混凝土的影响。研究表明:在混凝土中掺用适量的微集料和低水胶比能配制出C50~C80高强高性能混凝土。

关键词: 高强高性能混凝土; 硅粉; 粉体效应

引言

一般认为,强度等级不低于50MPa的混凝土即为高强混凝土。它是用优质骨料,标号不低于425#水泥,较低水灰比,在强烈振动密实下制取的^[1]。

上世纪90年代,由于高强高性能混凝土所具有的优异的力学性能和良好综合性能,国外发达国家积极开展高强高性能混凝土的研究和应用^[2]。研究应用高强与超高强

混凝土具有下列优越性:有效地减轻结构自重、大幅度提高混凝土的耐久性、节约材料和能源,降低建筑成本。

1 高强高性能混凝土的研究

1.1 试验用材料

水泥: 本文试验选择质量稳定性高的万年青42.5号硅酸盐水泥,其技术指标见表1。

表1 水泥物理力学性能

细度/%	稠度/%	比表面积 (kg/m ²)	安定性	抗折强度 (MPa)			抗压强度 (MPa)			凝结时间 (h: min)	
				3d	7d	28d	3d	7d	28d	初凝	终凝
1.9	28.0	358	合格	6.3	7.2	8.0	33.7	44.1	54.8	2:11	3:28

粉煤灰: 福州开发区华能实业有限公司产的Ⅱ级粉煤灰,细度(0.045mm方孔筛余)18%,需水量比95%,含水量0.13%。

矿渣粉: 密度2.92g/cm³,比表面积为583m²/kg,含水量0.15%,28d活性指数99%。

砂: 福州闽江砂,细度2.8,属于Ⅱ区中砂,连续级配,砂子表观密度2.60g/cm³,堆积密度1.58g/cm³,含泥量0.5%。

石子: 为了制备高强度混凝土,要优先采用抗压强度高、级配良好的石灰岩、花岗岩等碎石。本文选用福州泽荣贸易公司产碎石,属于Ⅱ类碎石,用5~10mm和5~20mm两种粒径进行掺配,配制成5~20mm连续级配,压碎指标8.0%,针片状含量4.5%,含泥量0.3%。

外加剂: 初选用省建科院研制的TW-P2聚羧酸盐高效减水剂和西卡公司生产的聚羧酸系U3310C高效减水剂,其基本性能指标见表2。

表2 外加剂的基本性能

外加剂品种	减水率	净浆流动度	28抗压强度比	和易性
TW-P2	25%	235mm×230mm	103%	好
西卡U3310C	20%	165mm×160mm	-	较差

根据以上性能要求和试验结果决定采用TW-P2聚羧酸盐高效减水剂进行混凝土试验。

拌和用水: 普通自来水。

2 试验设计技术措施及原则

为了获得高强度、大流动度和高性能混凝土,应从以下方面采取技术措施:

- (1) 降低水胶比;
- (2) 改善水泥石集料界面结构;

(3) 改善水泥石中的相组成;

(4) 选择适宜的胶结浆体量

(5) 选择适当的砂率^[3]。本文配合比设计本着合理、经济、环保的原则。

3 不同参数、不同原材对水泥胶砂强度、水泥净浆及经时变化的影响

3.1 基准胶砂强度与掺聚羧酸外加剂水胶砂强度关系。(见表3)

表3 基准胶砂与掺聚羧酸外加剂水泥胶砂抗折、抗压强度

胶砂种类	水泥/g	中国ISO标准砂/g	水/mL	外加剂(聚羧酸高效减水剂)/g	抗折强度(MPa)			抗压强度(MPa)		
					3d	7d	28d	3d	7d	28d
基准胶砂	450	1350	225	-	6.3	7.2	8.0	33.7	44.1	54.8
对比胶砂			165	4.5	7.3	7.7	8.7	40.9	45.7	56.7

在不改变原材料配合比及胶砂的流动度的情况下,减少水的用量,能减少水泥胶砂水化过程中的毛细孔隙的形成,提高水泥胶砂的密实度。可以大幅提高胶砂的强度,早期和后期抗折、抗压强度分别比基准胶砂强度

提高10%、9%和11%、3%左右。

3.2 水胶比一定条件下,掺粉煤灰对水泥胶砂强度的影响。(见表4)

表4 掺粉煤灰对水泥胶砂强度的影响

编号	水胶比(w/c+f)	掺粉煤灰的胶砂材料用量				取代率	抗折强度(MPa)		抗压强度(MPa)	
		W	C	S	K		3d	28d	3d	28d
F	0.5	225	450	1350	—	—	4.9	7.8	26.5	49.5
F1	0.5	225	405	1350	45	(10%)	4.8	7.6	25.8	50.1
F2	0.5	225	360	1350	90	(20%)	4.6	7.5	25.5	48.5
F3	0.5	225	315	1350	135	(30%)	4.3	6.3	23.5	47.1
F4	0.5	225	270	1350	180	(40%)	4.2	6.3	23.6	46.2

3.3 水胶比一定条件下,掺矿渣粉对水泥胶砂强度的影响。(见表5)

表5 掺矿渣粉对水泥胶砂强度的影响

编号	水胶比(w/c+f)	掺矿渣粉的胶砂材料用量				取代率	抗折强度(MPa)		抗压强度(MPa)	
		W	C	S	K		3d	28d	3d	28d
K	0.5	225	450	1350	—	—	5.0	8.0	27.8	50.6
K1	0.5	225	405	1350	45	(10%)	5.3	8.9	28.0	51.0
K2	0.5	225	360	1350	90	(20%)	5.1	8.8	27.9	50.8
K3	0.5	225	315	1350	135	(30%)	3.8	7.6	26.5	49.7
K4	0.5	225	270	1350	180	(40%)	3.5	7.4	26.1	49.2

综其上因素取并参考JGJ55-2016《普通混凝土配合比设计规程》,本次试配强度设计等级为C60,取0.25、

0.28为设计水胶比,水泥选用万年青品牌,具体配合比及混凝土工作性、力学性能见如下表6)

表6 配合比及混凝土工作性、力学性能

编号	胶凝材料			用水量	中砂	碎石	外加剂	水胶比	坍落度/mm	扩展度/mm	工作性	排空时间(S)	抗压强度	
	C	F	K										R7	R28
01	480		120	150	625	1025	9.6	0.25	220	560	粘稠	24	55.4	62.5
02	420		180	150				0.25	185	480	一般	35	60.4	81.7
03	428		107	150				0.28	210	540	良好	11	52.7	66.6
04	375		160	150				0.28	220	550	良好	12	54.1	75.4
05	321		214	150				0.28	215	530	粘稠	28	51.0	69.3
06	420	60	120	150				0.25	220	545	一般	20	56.7	70.2

3.4 试验结果分析

结论:聚羧酸高效减水剂在大掺量优质粉煤灰、矿渣粉条件下,对活性矿物掺合材料有较好的匹配与激发作用,在较少水泥用量条件下,就能满足混凝土的配制要求。利用高效减水剂具有分散作用;化学—力学作

用;对水泥初期水化的抑制作用。同时,能较大地降低水灰比,因而水泥石内部孔隙明显减少,水泥石更为密实,混凝土在的早期及长期强度显著提高,从而制备出高强高性能混凝土。^[3]试验时,发现受压区的混凝土在破坏时并未出现很大的裂缝及被压碎现象。人工破坏后发

现混凝土的断面致密且砂石结合牢固。

4 工程应用实例

本试验配制的C60自密实混凝土成功应用于福州6号线万象商业广场总建筑面积为1006332mm²，地下一层，地上四层。上部结构为钢管混凝土框架结构。钢管柱按截面分为圆形和箱形，圆管柱116根，规格为Φ720mm，箱形柱计48根，最大截面为640×640mm；柱标高-5.500~+23.00，全高为28.5m，柱内混凝土浇筑量最大为11m³，最小为5m³，因此混凝土施工难度极大为确保该工程浇筑顺利进行，根据结构的特点，采用泵送顶升施工工艺浇筑钢管柱柱芯混凝土，均一次性顶升到设计标高。施工完成后，采用敲击钢管的方法检查柱芯混凝土的密实性和收缩情况，未发现空鼓现象，对重要构件及部位采用超声波进行检测，也未发现明显收缩现象。

结语：通过大量的试验和应用，在混凝土中掺入矿渣粉、粉煤灰能配制出C50~C80混凝土。C50自密实混

土已成功应用于福州万象商业广场工程，C80高强高性能混凝土的实际应用有待进一步的研究和探讨。同时，用矿渣粉、粉煤灰作为混凝土掺合料可以使混凝土多项性能得到改善，且符合变废为宝，发展绿色混凝土，走可持续发展道路的方向。本文研究及应用的高强高性能混凝土，可显著提高混凝土强度和耐久性，节约水泥，降低生产成本，给企业带来可观的经济效益，同时，具有十分广阔的发展空间。

参考文献

- [1]杨伯科.混凝土实用新技术手册[M].长春:吉林科学技术出版社,1998(18-22)
- [2]唐咸燕,肖佳,陈烽,等.粉煤灰和矿渣微粉在水泥基材料中的复合效应研究[J].水泥,2006,N:(10)9-11
- [3]杭美艳,赵根田,高春彦.用超细矿渣微粉配制C80混凝土的研究[J].混凝土,2007,4:(210)55-56