

文章编号: 1002-0268 (2003) 01-0074-03

箱梁高性能粉煤灰混凝土配制与应用研究

徐祖年¹, 罗志华¹, 张颖如², 秦鸿根³, 叶见曙³, 钱培舒³

(1. 安徽省界阜蚌高速公路指挥部, 安徽 蒙城 233500; 2. 安徽省阜阳市公路管理局, 安徽 阜阳 236100;
3. 东南大学, 江苏 南京 210096)

摘要: 结合安徽界阜蚌高速公路阜蒙新河特大桥工程, 研究 C50 高性能粉煤灰混凝土制备、拌和物性能、力学性能和长期耐久性。在混凝土中掺入一定量的 I 级粉煤灰, 不但能改善混凝土的工作性, 提高混凝土力学性能, 而且可改善混凝土的长期性能和耐久性。

关键词: 高性能混凝土; 粉煤灰; 配合比; 性能; 应用

中图分类号: U444.18

文献标识码: A

Application Study and Mix Design of High performance Concrete with Fly Ash for Bridge Engineering

XU Zu-nian¹, LUO Zhi-hua¹, ZHANG Ying-ru², QIN Hong-gen³, YE Jian-shu³, QIAN Pei-shu³

(1. Anhui Provincial Jie-Fu-Bang Expressway Construction Commanding Department, Anhui Mengcheng 233500, China;
2. Fuyang City Highway Management Bureau, Anhui Fuyang 236100, China;
3. The Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

Abstract: Through the Fu men Xinhe extra large bridge engineering of Jie-Fu-Bang expressway in Anhui province, the mix design, the workability of mixture, the mechanical performance and the long durability of C50 high performance concrete with fly ash was studied. By mixing some amount of grade I fly ash into concrete, not only the workability and mechanical performance, but also the durability of concrete was improved greatly.

Key words: High performance concrete; Fly ash; Mixture ratio; Performance; Application

用作大型桥梁工程的预应力空心板梁和箱梁是桥梁的主要受力构件, 现浇或预制施工常采用泵送混凝土, 除要求混凝土强度高、流动性大、坍落度损失小、可泵性好, 还要求预应力损失小和耐久性好。我国现阶段部分桥梁工程预应力梁板浇筑的混凝土中无活性掺合料、水泥用量大 (500 ~ 550kg/m³)、砂率高、粗骨料用量少, 从而造成混凝土水化热高, 收缩大, 致使混凝土预应力损失增大, 严重者使混凝土构件出现裂缝, 降低了桥梁结构的耐久性。采用 I 级粉煤灰和高效减水剂配制高性能粉煤灰混凝土, 在国内外已进行了不少研究和工程应用^[1-4], 但在大型桥梁预应力混凝土箱梁和空心板梁中还很少应用。本文结合安徽省阜蒙新河特大桥工程, 对桥用粉煤灰高性能

混凝土的配制、性能和应用进行了研究。

1 原材料与试验方法

1.1 原材料

水泥 P·O 42.5R, 徐州淮海水泥厂生产, 细度 2.4%, 标准稠度用水量 27.9%, 安定性合格, 初凝时间 2h25min, 终凝时间 4h15min, 28d 抗压强度 47.5MPa。

I 级粉煤灰 安徽平圩电厂产, 细度 (45 μ m 筛筛余) 6.9%, 烧失量 0.6%, 需水量比 91%。

砂 中砂, $M_x=2.8$, 级配合格, 泥含量 1.1%, 泥块含量 0.2%。表观密度 2.61g/cm³, 堆积密度 1.450kg/m³。

石子 石灰岩碎石, 16~31.5mm 单粒级, 级配合格, 表观密度 2.69g/cm³, 空隙率 45.4%。外加剂 JM-II 型 (缓凝、泵送) 混凝土高效减水剂, 掺量 1.5%, 减水率 ≥20%。

1.2 试验方法

混凝土配合比设计依据 JGJ55-2000 进行, 混凝土拌和物性能试验依据 GBJ80-85 进行, 混凝土力学性能试验依据 GBJ81-85 进行, 混凝土长期耐久性依据 GBJ82-85 进行。

1.3 混凝土配合比

阜蒙新河特大桥预应力混凝土空心板梁和箱梁用混凝土要求配制强度达 60MPa, 坍落度达 180~200mm, 泌水率小, 可泵性好。

根据设计指标和原材料性能, 本次高性能混凝土的制备采用活性掺和料和高效减水剂双掺技术, 粉煤灰采用超量取代法, 粉煤灰掺量为 18% 和 36%, 取代水泥为 15% 和 30%。并充分考虑到预应力混凝土的特点, 从减少水泥用量, 减小砂率和保证粗骨料用量等方面着手, 使配制的混凝土不但满足工作性、强度和耐久性要求, 而且具有较小的收缩和徐变性能。

2 结果与讨论

2.1 高性能粉煤灰混凝土配制与工作性

本文配制了多组不同粉煤灰掺量的 C50 混凝土, 选取了有代表性的几组桥用 C50 混凝土配合比列于表 1 中。第 1 组为对比用基准配合比, 第 2~4 组为粉煤灰高性能混凝土配合比, 第 5 组为低水泥用量的基准混凝土配合比, 第 6 组为施工现场原定配合比。

C50 泵送混凝土配合比 (kg/m³) 表 1

组号	水泥	粉煤灰	砂	碎石	JM-II	水	W/C	砂率 (%)
1	500	/	687	1120	7.50	170	0.34	38
2	450	60	660	1122	7.65	170	0.34	37
3	425	90	656	1118	7.73	170	0.34	37
4	350	180	608	1129	7.95	165	0.33	35
5	458	/	723	1132	6.87	165	0.36	39
6	520	/	695	1088	5.20	177	0.34	39

按表 1 的配合比配制的粉煤灰高性能混凝土, 其拌和物性能试验结果列于表 2 中。试验结果表明, I 级粉煤灰的加入, 改善了混凝土的工作性, 减小了混凝土坍落度损失和泌水率, 特别是改善了混凝土的可

泵送性。

C50 泵送混凝土拌和物性能 表 2

试验组别	1	2	3	4	5	6
坍落度 (mm)	200	200	200	190	190	132
1h 坍落度保持值 (mm)	155	180	170	160	135	/
泌水率 (%)	0.2	0.1	0.1	0	0.2	/
含气量度 (%)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	/
表观密度 (kg/m ³)	2480	2470	2460	2440	2490	2480

2.2 高性能粉煤灰混凝土的力学性能

按表 1 的配合比配制的高性能粉煤灰混凝土, 其力学性能试验结果列于表 3 和表 4 中。

C50 泵送混凝土的力学性能 表 3

组别	抗压强度 (MPa)				抗折强度 (MPa)	劈拉强度 (MPa)
	3d	7d	28d	60d	28d	28d
1	47.3	56.5	66.1	68.7	6.85	4.68
2	45.5	55.1	64.9	70.5	7.41	4.72
3	45.1	59.2	64.0	69.0	7.16	4.43
4	38.7	57.0	66.0	78.3	7.07	4.78
5	44.0	53.5	64.9	64.3	6.58	3.70
6	38.2	56.7	67.8	/	/	/

C50 泵送混凝土棱柱体抗压强度与弹性模量 表 4

组别	棱柱体抗压强度 (MPa)	抗压弹性模量 (GPa)
1	47.6	45.5
2	51.8	46.6
3	45.9	45.0
4	49.5	48.1
5	46.2	47.8

试验结果表明:

(1) 本文配制的混凝土配合比 (2~4 组), 水泥用量在 350~458kg/m³ 之间, 其力学性能满足设计要求, 7d 抗压强度达到 55MPa 左右, 28d 在 60MPa 以上, 抗压弹性模量在 45GPa 以上。

(2) 在 C50 泵送混凝土中掺入 12%~36% 的 I 级粉煤灰, 取代 10%~30% 水泥, 3d 抗压强度略有降低, 7d 和 28d 抗压强度均达到或超过对比混凝土, 60d 抗压强度及其提高率明显高于对比混凝土。

(3) 高性能粉煤灰混凝土劈裂抗拉强度与对比组相近, 而抗折强度明显高于对比组。

(4) 粉煤灰高性能混凝土抗压弹性模量大于或等于对比混凝土。

(5) 对不掺粉煤灰的混凝土, 保持 W/C 不变, 适当减少水泥用量, 混凝土的抗压、抗折和劈拉强度

变化不大,而抗压弹性模量明显提高。

2.3 高性能粉煤灰混凝土长期性能与耐久性

按表1的配合比配制的高性能粉煤灰混凝土,其长期性能与耐久性试验结果列于表5中。

C50 高性能粉煤灰泵送混凝土长期耐久性 表5

组别	1	2	3	4
粉煤灰掺量 (%)	0	12	18	36
90d 干缩率 (%)	0.051	0.045	0.040	0.039
28d 碳化深度 (mm)	2.0	7.0	7.1	13.1
钢筋锈蚀率 (%)	0.049	0.045	0.042	0.063
抗渗性 (MPa)	1.4	1.6	1.6	1.6
抗冻性 (慢冻法) F200	合格	合格	合格	合格

试验结果表明:

(1) 一定量的I级粉煤灰掺入使混凝土干燥收缩率减小。

(2) 粉煤灰掺入对混凝土碳化有一定影响,混凝土碳化深度随龄期和粉煤灰掺入量增加而增大,在标准试验条件下碳化28d相当于大气条件下50年的碳化深度,掺12%~18%I级粉煤灰的C50混凝土28d碳化深度<10mm,掺36%的粉煤灰28d碳化深度<15mm。当钢筋保护层不小于25mm时,其碳化寿命可达百年以上。

(3) 按标准试验方法,掺12%~18%I级粉煤灰的混凝土其钢筋锈蚀性能与对比组相近或优于对比组,而掺36%的I级粉煤灰的混凝土,钢筋锈蚀性能略大于对比组。

(4) 掺I级粉煤灰混凝土抗渗等级达P14以上,优于对比混凝土。

(5) 掺粉煤灰混凝土的抗冻性与对比混凝土相近,采用慢冻法,混凝土抗冻等级可达F200以上。

3 工程应用

本文研制的C50高性能粉煤灰混凝土在界埠蚌高速公路阜蒙新河特大桥主桥预应力连续箱梁中得到了实际的使用。施工现场采用表1中的3#配合比,粉煤灰掺量为18%,取代15%水泥,实际水泥用量为425kg/m³,现场进行了试配复验,其工作性和力学性能良好。用该配合比生产了3000多m³C50高性能粉

煤灰混凝土,浇筑了数十根预应力混凝土连续箱梁,混凝土的可泵性的改善特别显著,28d抗压强度均在59.5~66.2MPa,平均抗压强度为62.8MPa。现浇和预制的梁板外观质量和抗裂性等方面得到了明显的改善,没有出现任何裂纹。每m³混凝土掺90kgI级粉煤灰取代75kg水泥,则节约成本15元/m³,仅主桥连续箱梁部分就节约材料费近5万元。由此可见,混凝土中掺用I级粉煤灰不但能改善混凝土性能、延长使用寿命,而且可降低成本、节约能源、资源和保护环境,具有巨大的技术经济效益和社会效益。

4 结论

1. 考虑到箱梁预应力混凝土的特殊要求,本文设计的厢梁C50高性能粉煤灰混凝土配合比,掺用12%~18%的I级粉煤灰,减少水泥用量10%~15%,采用低含砂率,保证粗骨料用量不小于1100kg,配制的C50高性能粉煤灰混凝土具有良好的技术经济效益和社会效益,并率先在实际工程中得到了应用。

2. 掺粉煤灰的高性能混凝土具有良好的工作性,坍落度损失小,泌水率小,适宜于泵送施工。

3. 在I级粉煤灰掺量为18%~36%的条件下,C50高性能粉煤灰混凝土具有较好的力学性能,7d抗压强度达到55MPa,28d抗压强度达65MPa左右,后期抗压强度稳定增长,抗折、劈拉和弹性模量均优于对比混凝土。

4. 当I级粉煤灰掺量为12%~18%时,C50混凝土的抗干缩性能,钢筋抗锈性能,抗渗、抗冻性均优于或近于对比混凝土,碳化寿命可达百年以上。

参考文献:

- [1] Cao Tian Xia Application of HPC in Engineering, New Development in Concrete Science and Technology [M]. Nanjing: Southeast University Press, 1995: 925-929
- [2] 刘巽伯,沈旦申,等.上海市粉煤灰应用技术手册[M].同济大学出版社,1995:12-153-170
- [3] 秦鸿根,潘钢华,孙伟,等.掺粉煤灰高性能混凝土耐久性研究[J].混凝土与水泥制品,2000(5):11-13
- [4] 覃维祖.利用粉煤灰开发高性能混凝土若干问题探讨[J].建筑材料学报,1999(2):153-158