

兰新铁路第二双线混凝土矿物掺合料 掺量优化试验研究

于本田^{1,2}, 王起才^{1,2}, 周立霞², 张粉芹²

(1. 甘肃省道路桥梁与地下工程重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州交通大学土木工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:通过对不同混凝土的坍落度、坍落扩展度、不同龄期强度和电通量等指标的测定,研究了粉煤灰和磨细矿渣粉的掺量对兰新铁路第二双线新疆段混凝土的工作性、强度和耐久性的影响。研究表明:粉煤灰的掺入可提高混凝土的流动性,抑制水泥早期水化反应速度,而磨细矿渣粉的掺入可提高混凝土的粘聚性和保水性,对流动性不利;两者均能有效降低混凝土电通量。粉煤灰和磨细矿渣粉按适当比例复合掺入对混凝土性能的改善具有更好的效果,对于C30混凝土,粉煤灰掺量为15%,磨细矿渣粉掺量为15%,对于C40混凝土,粉煤灰掺量为15%,磨细矿渣粉掺量为20%,对于C50混凝土,粉煤灰掺量为10%,磨细矿渣粉掺量为30%时,混凝土的工作性、强度和耐久性最好。

关键词:兰新铁路;混凝土;粉煤灰;磨细矿渣粉;工作性;强度;电通量

中图分类号: TU528

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2012)03-0351-06

随着国家西部大开发的深入实施以及投资4万亿的经济刺激计划的开展,一系列重大基础设施建设项目陆续启动。基础设施建设的迅猛发展,推动了水泥产量。而生产水泥不但消耗大量的能源,同时还会产生大量的CO₂、粉尘等废弃物,对环境造成极大的污染。2010年我国水泥年产量为18.68亿t,以生产1吨水泥熟料排放1吨CO₂气体来估算^[1],将增加大气层CO₂量18.68亿t,使全球变暖问题加剧,给人类带来巨大的环境污染和灾害。与此同时,我国每年因生产钢铁和火力发电产生大量粉煤灰和矿渣,粉煤灰产量已经超过1.8亿t,矿渣的产量也超1.3亿t^[2],这些废渣堆放会占用大量土地资源和污染环境。大量研究表明:在混凝土内掺入粉煤灰、磨细矿渣粉等工业废料取代部分水泥,不但可以减少水泥的用量,降低水化热、节约能源^[3],而且由于粉煤灰和磨细矿渣粉的火山灰作用效应和微骨料填充效应,还能够改善混凝土的性能,尤其是改善混凝土的孔结构,提高混凝土质量^[4-8]。但是,粉煤灰和矿渣粉的掺量和掺配方式对混凝土性能影响不同。王宇、刘福战^[9]通过对西柏坡电厂生产的Ⅰ级粉煤灰和唐山生产的S95矿渣粉双掺掺量对混凝土工作性能、力学耐久性能的研究,得到水胶比为0.45的C40混凝土粉煤灰和矿渣粉各掺20%时混凝土的拌合物工作性和力学性能最佳。陈华艳、罗才松等^[10]对比表面积为600m²/kg的磨细Ⅱ级粉煤灰和比表面积为450m²/kg磨细矿渣粉的掺量对混凝土强度影响进行了研究,得到针对水胶比为0.53、0.42的C30混凝土,粉煤灰掺量为10%,矿渣粉掺量为20~30%之间,混凝土强度最高。陈雷、杨芳、肖佳等^[11,12]研究了水胶比为0.32、0.34、0.36时比表面积为680m²/kg的粉煤灰和比表面积为435m²/kg的矿渣粉双掺对混凝土性能的影响,得到粉煤灰掺20%,矿渣粉掺10%时,混凝土强度明显增长快于其他配比,而当粉煤灰掺量为10%,矿渣粉掺量为30%时,混凝土抗氯离子渗透性最好。李学英、马新伟等^[13]通过研究哈尔滨第三电厂Ⅰ级粉煤灰和鞍钢生产的矿渣粉掺量对混凝土坍落度和泌水率的影响,得到针对C40混凝土,粉煤灰和矿渣粉掺量各为15%时,可以获得良好的坍落度和保水性能,此时强度和抗氯离子渗透性也最佳。试验证明,不同地区粉煤灰和矿渣粉的由于技术指标和品质不同,因此使混凝土获得最佳的工作性、强度和抗氯离子渗透性其掺量不同。国内还少对新疆地区的粉煤灰和矿渣粉掺量对混凝土性能影响的研究,基于这一出发点,结合兰新铁路

收稿日期:2011-08-23 修改稿日期:2012-05-20

基金项目:长江学者和创新团队发展计划资助(IRT1139);铁道部科技研究开发计划项目(2010G019-A)

作者简介:于本田(1979-),男,辽宁丹东人,博士研究生,讲师,主要从事土木工程材料与结构方面研究。

第二双线新疆段实际使用的粉煤灰和矿渣粉,进行了不同水胶比、掺不同矿物掺合料混凝土的坍落度、坍落扩展度、强度和电通量测试,研究两种矿物掺合料的掺量对混凝土工作性、强度和耐久性的影响规律,确定此种粉煤灰和磨细矿渣粉在混凝土中的最优掺量,是保证兰新铁路第二双线新疆段主体混凝土结构在恶劣环境条件下达到 100 年的使用寿命的关键。

1 试验研究

1.1 试验原材料

水泥:新疆天山水泥股份有限公司的 42.5 级普通(低碱)硅酸盐水泥,主要物理力学性能见表 1。

粉煤灰和磨细矿渣粉:粉煤灰为新疆华翔工贸有限责任公司的一级粉煤灰;磨细矿渣粉为新疆曲沃县旭东建材有限公司的 S95 磨细矿渣粉。试验用粉煤灰和磨细矿渣粉的主要物理力学性能见表 2。

试验用水泥、粉煤灰和磨细矿渣粉的化学组成见表 3。

表 1 试验用水泥性能

Tab. 1 Properties of cement

| Specific surface area /m ² · kg ⁻¹ | Setting time/min | | Flexural strength/MPa | | Compressive strength /MPa | |
|-------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|------|---------------------------|------|
| | Initial setting time | Final setting time | 3 d | 28 d | 3 d | 28 d |
| 339 | 164 | 211 | 4.7 | 7.9 | 20.8 | 44.3 |

表 2 粉煤灰和磨细矿渣粉主要物理性能

Tab. 2 Physical properties of fly ash and slag

| Sample | Specific surface area /m ² · kg ⁻¹ | Water requirement ratio /% | Activity index/% | | |
|---------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|----|-----|
| | | | 3d | 7d | 28d |
| Fly ash | 460 | 92 | 55 | 78 | 90 |
| Slag | 440 | 94 | 60 | 80 | 105 |

表 3 试验用胶凝材料化学组成

Tab. 3 Chemical composition of cementitious material %

| Cementitious material | w (SiO ₂) | w (Al ₂ O ₃) | w (Fe ₂ O ₃) | w (CaO) | w (SO ₃) | w (R ₂ O) | w (MgO) |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------|----------------------|----------------------|---------|
| Cement | 21.97 | 5.90 | 3.58 | 59.06 | 2.60 | 0.65 | 2.79 |
| Slag | 35.03 | 13.59 | 3.23 | 37.13 | 0.91 | 0.86 | 7.26 |
| Fly ash | 55.03 | 26.05 | 8.01 | 2.75 | 1.24 | 1.12 | 1.03 |

砂:新疆乌鲁木齐红山嘴砂石场的天然砂,细度模数为 2.8,符合 2 区颗粒级配要求。

石子:新疆达坂城东沟乡石场的碎石,符合连续级配 5~31.5 mm 的要求。

减水剂:江苏博特新材料有限公司的缓凝型聚羧酸减水剂,减水率为 26.5%。

水:符合国家标准的饮用水。

试验用原材料的其他指标均符合铁建设[2009]152 号文《铁路混凝土工程施工质量验收补充标准》混凝土分项工程原材料标准局部修订条文的要求。

1.2 试验方法

1.2.1 混凝土工作性能测试方法

参照 GB/T50080-2002^[14],采用坍落度筒法来测定混凝土拌合物的坍落度和坍落扩展度,凭经验观察拌合物的粘聚性和保水性是否合格。

1.2.2 混凝土强度测试方法

共制作 12 组配合比的混凝土试件,其中 3 组为不掺矿物掺合料的基准混凝土 C30FA0SL0、C40FA0SL0 和 C50FA0SL0,其它 9 组均复掺粉煤灰和磨细矿渣粉,其中 C30FA20SL10、C40FA20SL10 和 C50FA20SL10 是以粉煤灰为主要掺合料的 3 组混凝土;而 C30FA10SL30、C40FA15SL30 和 C50FA10SL40 是以磨细矿渣粉为主要掺合料的 3 组混凝土;C30FA15SL15、C40FA15SL20 和 C50FA10SL30 是将粉煤灰和磨细矿渣粉复合优化后的混凝土。混凝土配合比见表 4。参照 GB/T50081-2002^[15]方法,成型 150 mm×150 mm×150 mm 试件,1d 后拆模并置入 20±2 ℃的水

中,养护 7 d、28 d、56 d 后测试件的抗压强度.

1.2.3 混凝土抗氯离子渗透测试方法

采用 ASTM C1202-97^[16] 氯离子渗透快速试验方法,将养护 28 d、56 d 的 150 mm×150 mm×150 mm 标准立方体混凝土试件用钻孔取样机及岩石切割机取得直径为 100 mm,高为 50 mm 的圆柱体混凝土试样,采用美国“The PROOVE” it © equipment”电通量测定仪测定 6 h 电通量,评价混凝土的抗氯离子渗透性能.

表 4 混凝土配合比与试验结果
Tab. 4 Mix proportionings and results of tested concrete

| Sample | Water /kg·m ⁻³ | Cement /kg·m ⁻³ | Fly ash /kg·m ⁻³ | Slag /kg·m ⁻³ | Sand /kg·m ⁻³ | Coarse aggregate /kg·m ⁻³ | Slump /mm | Slump flow /mm | Compressive strength /MPa | | | Electric flux /C | |
|-------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------|----------------------|---------------------------------|------|------|------------------------|------|
| | | | | | | | | | 7 d | 28 d | 56 d | 28 d | 56 d |
| C30FA0SL0 | 145 | 382 | 0 | 0 | 815 | 1 038 | 220 | 460 | 40.5 | 50.0 | 52.8 | 3 050 | 2901 |
| C30FA20SL10 | 145 | 267 | 77 | 38 | 815 | 1 038 | 230 | 540 | 17.2 | 34.1 | 46.7 | 2 430 | 1359 |
| C30FA15SL15 | 145 | 267 | 58 | 57 | 815 | 1 038 | 220 | 520 | 30.1 | 44.0 | 50.1 | 1 230 | 820 |
| C30FA10SL30 | 145 | 229 | 38 | 115 | 815 | 1 038 | 225 | 480 | 37.9 | 49.3 | 53.4 | 1 632 | 1043 |
| C40FA0SL0 | 145 | 426 | 0 | 0 | 768 | 1 061 | 180 | 350 | 44.8 | 54.7 | 60.9 | 2 150 | 1868 |
| C40FA20SL10 | 145 | 298 | 85 | 43 | 768 | 1 061 | 200 | 500 | 20.1 | 39.5 | 54.7 | 1 930 | 1043 |
| C40FA15SL20 | 145 | 277 | 64 | 85 | 768 | 1 061 | 210 | 460 | 33.2 | 48.6 | 57.8 | 1 120 | 783 |
| C40FA15SL30 | 145 | 234 | 64 | 128 | 768 | 1 061 | 205 | 410 | 40.7 | 53.6 | 60.5 | 1 255 | 951 |
| C50FA0SL0 | 145 | 483 | 0 | 0 | 717 | 1 075 | 160 | 300 | 49.4 | 60.3 | 63.7 | 1 893 | 1560 |
| C50FA20SL10 | 145 | 338 | 97 | 48 | 717 | 1 075 | 170 | 450 | 23.7 | 44.1 | 58.6 | 1 410 | 941 |
| C50FA10SL30 | 145 | 290 | 48 | 145 | 717 | 1 075 | 175 | 400 | 37.2 | 57.5 | 64.2 | 1 096 | 694 |
| C50FA10SL40 | 145 | 242 | 48 | 193 | 717 | 1 075 | 180 | 350 | 45.9 | 59.3 | 66.5 | 1 150 | 879 |

2 试验结果与分析

2.1 粉煤灰和磨细矿渣粉掺量对工作性的影响

由于高性能混凝土水胶比很低,必须通过掺入高效减水剂来实现流动性,高效减水剂掺入后,混凝土拌合物流动性增大,但流动速率却变慢,因此评价高性能混凝土的工作性能,多用坍落度与坍落扩展度(坍落扩展度是指拌合物坍落稳定时所铺展的直径)的比值来表示.比值为 0.40 时,说明混凝土的工作性好;比值大于 0.4,混凝土拌合物过于粘稠;比值小于 0.40,混凝土拌合物易发生离析^[17].由表 4 计算可得,未掺粉煤灰和磨细矿渣粉的三种不同强度等级的基准混凝土 C30F0S0、C40F0S0 和 C50F0S0 的拌合物坍落度与扩展度的比值分别为 0.48、0.51 和 0.53,均高于 0.4,混凝土拌合物较为粘稠,流动性较差;而以粉煤灰为主要掺合料的混凝土 C30F20S10、C40F20S10 和 C50F20S10 的拌合物坍落度与扩展度的比值分别为 0.43、0.40 和 0.38,均接近于 0.4,混凝土的工作性好,这是因为虽然粉煤灰相对掺量不高,但由于粉煤灰的玻璃微珠的外观形态效应,改善了混凝土的工作性能;而以磨细矿渣粉为主要掺合料的混凝土 C30F10S30、C40F15S30 和 C50F10S40 的拌合物坍落度与扩展度的比值为 0.47、0.50 和 0.51,混凝土拌合物的工作性与基准混凝土接近,主要是因为磨细矿渣粉颗粒表面粗糙,不具有形态效应,加之颗粒较水泥颗粒细,需水量比水泥大,且掺量较多,导致粉煤灰的形态效应被抵消;而适当降低磨细矿渣粉的掺量,并同时掺入一定量的粉煤灰的混凝土 C30F15S15、C40F15S20 和 C50F10S30,由于磨细矿渣粉掺量降低,粉煤灰的形态效应的优势表现明显,所以混凝土拌合物坍落度与扩展度的比值为 0.42、0.46 和 0.44,其工作性优于基准混凝土和以磨细矿渣粉为主要掺合料的混凝土,略低于以粉煤灰为主要掺合料的混凝土.所以,在混凝土内掺入粉煤灰可提高流动性,而掺磨细矿渣粉可提高粘聚性,两者合理的复合掺入将使混凝土达到最好的工作性.

2.2 粉煤灰和磨细矿渣粉掺量对强度的影响

由图 1 分析可知掺以粉煤灰为主要掺合料的混凝土 7 d 和 28 d 强度明显低于基准混凝土,这是由于掺加的粉煤灰活性指数较低,早期水化反应慢,浆体内总的水化产物减少,混凝土总孔隙率提高,但后期由于粉煤灰的水化及其微骨料填充效应,所以 56 d 强度基本与基准混凝土强度持平;掺以磨细矿渣

粉为主的混凝土,由于磨细矿渣粉的活性很高,使得7 d前水化速度过快,早期强度提高很快,7 d的强度基本上与基准混凝土强度持平,后期由于磨细矿渣粉的水化及其微骨料填充效应,56 d强度达到甚至超过基准混凝土强度;而优化粉煤灰、磨细矿渣粉掺量的混凝土,由于粉煤灰的作用使得7 d强度相对适中,而磨细矿渣粉的高活性和三种胶凝材料之间的颗粒填充效应使得混凝土的密实性提高,因此后期强度发展不受影响。

2.3 粉煤灰和磨细矿渣粉掺量对电通量的影响

由图2可以看出,三种不同强度等级的基准混凝土的6 h电通量均较高:C30FA0SL0混凝土28 d电通量为3 050 C,56 d电通量为2 901 C,C40FA0SL0混凝土28 d电通量为2 150 C,56 d电通量为1 868 C,C50FA0SL0型混凝土28 d电通量为1 893 C,56 d电通量为1 560 C。这是因为基准混凝土仅有水泥作为胶凝材料,骨料之间的空隙只能依靠单一的水泥颗粒来填充,且未水化的水泥颗粒之间空隙没有更小微粒填充,使得混凝土的密实性差,当水胶比增大时,硬化水泥浆体的毛细孔隙率会增大,连通的毛细孔会增多,因此随着水胶比的增大,电通量有明显增大的趋势。

由图2分析可知,以粉煤灰为主要掺合料和以磨细矿渣粉为主要掺合料的混凝土电通量有明显的降低,这是因为随着混凝土的硬化,粉煤灰和磨细矿渣粉的微骨料填充效应逐渐发挥作用,降低了混凝土孔隙率并改善了孔特征,有效的延长了毛细孔通道,从而降低了混凝土的电通量。另外粉煤灰和磨细矿渣粉具有火山灰效应,随着龄期增长,与氢氧化钙发生二次水化反应,生成了水化硅酸钙胶体,堵塞混凝土内部毛细孔道,降低了粗大孔含量和孔隙率,使混凝土结构内部致密,电通量降低。对比以粉煤灰为主要掺合料和以磨细矿渣粉为主要掺合料的两种混凝土的电通量,以磨细矿渣粉主要掺合料的混凝土28 d的电通量明显要低于以粉煤灰为主要掺合料的电通量,而56 d的电通量两者相差不大,这主要是粉煤灰早期水化反应速度慢,而磨细矿渣粉水化反应速度快,因此在早期掺以磨细矿渣粉为主的混凝土比较致密,随着粉煤灰的不断水化,后期两者致密程度相差不大,所以电通量相差不大。经过优化复合后,混凝土的电通量明显低于其它混凝土。这主要是因为粉煤灰、磨细矿渣粉不仅填充了水泥粒子之间和水泥石—骨料界面之间的空隙,而且不同粗细程度的粉煤灰和磨细矿渣粉按适当比例复合后,体现出“复合超叠加效应”,形成更好的堆聚体系,从而更有利于混凝土孔隙率降低,得到更为优异的抗氯离子渗透性能。

3 结 论

(1)不同种类与掺量的矿物掺合料的掺入对混凝土的性能影响不同,粉煤灰的掺入可提高混凝土的流动性,而磨细矿渣粉的掺入可提高混凝土的粘聚性和保水性,但对流动性不利;两者均能有效的抑制水泥早期水化反应速度,防止混凝土早期开裂,且都可以提高混凝土抗氯离子渗透性,降低混凝土电通

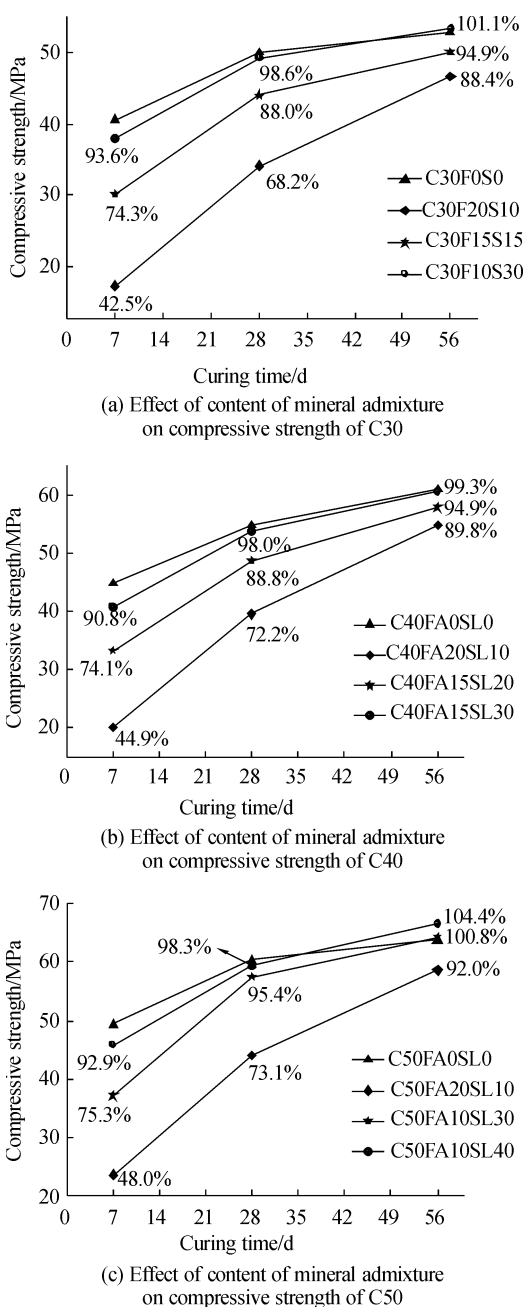


图1 矿物掺合料掺量对混凝土强度的影响

Fig. 1 Effect of content of mineral admixture on compressive strength of concrete

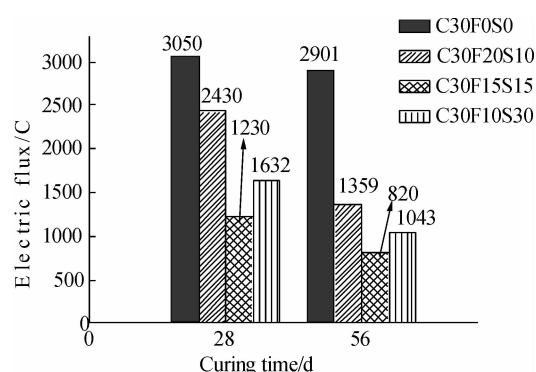
量,但粉煤灰会使混凝土7d强度降低较多,因此有早期受冻要求的混凝土应严格控制其掺量,避免混凝土早期受冻破坏。

(2)矿物掺合料的复合掺入比单独掺入具有更好的效果,多种矿物掺合料的优化掺入可以发挥不同类别的矿物掺合料在组成和结构上的特点,从而实现优势互补,提高混凝土的各项性能指标。

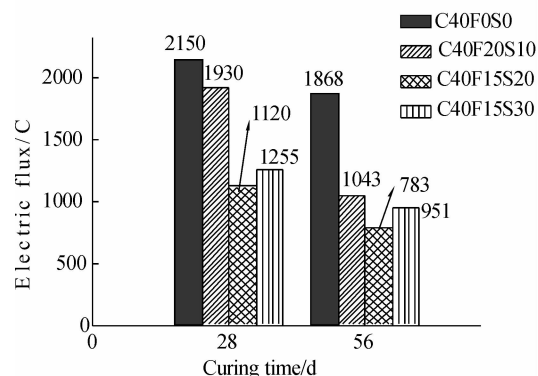
(3)结合兰新铁路第二双线新疆段混凝土工程实际应用的粉煤灰和磨细矿渣粉,经试验研究得出:对于C30混凝土,粉煤灰掺量为15%,磨细矿渣粉掺量为15%,对于C40混凝土,粉煤灰掺量为15%,磨细矿渣粉掺量为20%,对于C50混凝土,粉煤灰掺量为10%,磨细矿渣粉掺量为30%时,混凝土的工作性、强度和耐久性最好。

参考文献 References

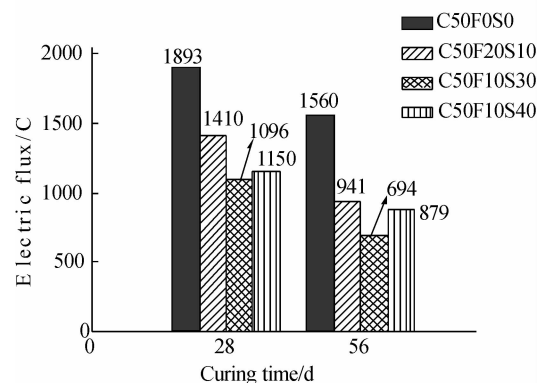
- [1] 吴中伟.绿色高性能混凝土:混凝土的发展方向[J].混凝土与水泥制品,1998(1):3-6.
WU Zhong-wei. Green high performance concrete: the trend of concrete development [J]. China Concrete and Cement Products, 1998 (1): 3-6.
- [2] 李松,孙健,李童.矿物掺合料对混凝土强度及抗渗性能的影响[J].福建建材,2010(4):27-28,63.
LI Song, SUN Jian, LI Tong. Effect of mineral admixture on the strength and permeability of concrete [J]. Fujian Building Materials, 2010 (4): 27-28, 63.
- [3] 牛荻涛,李春晖,宋华.复掺矿物掺合料混凝土碳化深度预测模型[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2010,42(4):464-467,472.
NIU Di-tao, LI Chun-hui, SONG Hua. A model for predicting carbonation depth of concrete with multi-mineral admixtures[J]. Journal of Xi'an Architecture and Technology University: Natural Science Edition, 2010, 42(4): 464-467, 472.
- [4] 刘爱新.粉煤灰混凝土的性能与应用[J].混凝土,2001(12):6-8.
LIU Ai-xin. Performance and Application of Fly Ash Concrete [J]. Concrete, 2001 (12): 6-8.
- [5] 张粉芹,王海波,王起才.掺合料和引气剂对混凝土孔结构与性能影响的研究[J].水力发电学报,2010(1):180-185.
ZHANG Fen-qin, WANG Hai-bo, WANG Qi-cai. Study on effects of mineral admixture and air-entraining agent on the pore structure and performance of concrete [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2010 (1): 180-185.
- [6] 周立霞,王起才,张粉芹.矿物掺合料和孔结构对混凝土抗渗性的影响[J].水力发电学报,2010(3):196-201.
ZHOU Li-xia, WANG Qi-cai, ZHANG Fen-qin. Effect of mineral admixture and pore structure on the permeability of concrete [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2010 (3): 196-201.
- [7] HASSAN K E, CABRERA J G, MALIEHE R S. The effect of mineral admixture on the properties of high-performance concrete [J]. Cement & Concrete Composites, 2000, 22: 267-271.
- [8] UYSAL Mucteba, YILMAZ Kemalettin, IPEK Metin. The effect of mineral admixtures on mechanical properties, chloride ion permeability and impermeability of self-compacting concrete [J]. Construction and Building Materials, 2012, 27: 263-270.



(a) Effect of content of mineral admixture on electric flux of C30



(b) Effect of content of mineral admixture on electric flux of C40



(c) Effect of content of mineral admixture on electric flux of C50

图2 矿物掺合料掺量对混凝土电通量的影响

Fig. 2 Effect of content of mineral admixture on electric flux of concrete

- [9] 王 宇,刘福战. 粉煤灰、磨细矿渣粉双掺技术在高性能混凝土中的应用研究[J]. 粉煤灰综合利用, 2010 (6):35-36,39.
WANG Yu, LIU Fu-zhan. Application study on the double-mixing technology of fly ash and slag in the high performance concrete [J]. Fly Ash Comprehensive Utilization, 2010 (6):35-36,39.
- [10] 陈华艳,罗才松,毕贤顺. 粉煤灰、矿渣掺量对混凝土强度的影响[J]. 福建工程学院学报, 2011 (1):23-26.
CHEN Hua-yan, LUO Cai-song, BI Xian-shun. The influence of fly ash and slag dosages on concrete strength [J]. Journal of Fujian University of Technology, 2011 (1):23-26.
- [11] 陈 雷,肖 佳,唐咸燕,等. 粉煤灰和矿渣双掺对混凝土性能影响的研究[J]. 粉煤灰综合利用, 2007 (2):22-25.
CHEN Lei, XIAO Jia, TANG Xian-yan, et al. Study on the performance of concrete effected by fly ash and slag [J]. Fly Ash Comprehensive Utilization, 2007 (2):22-25.
- [12] 杨 芳,肖 佳,胡成功,等. 粉煤灰和矿渣微粉单、双掺对混凝土强度和氯离子渗透性能的影响[J]. 粉煤灰, 2007 (4):11-14.
YANG Fang, XIAO Jia, HU Cheng-gong, et al. Effect of either single or double mixture of fly ash and slag powder on compressive strength and Cl-permeability performance of concrete [J]. Coal Ash China, 2007 (4):11-14.
- [13] 李学英,马新伟,尹炜峰. 复合矿物掺和料对混凝土工作性的影响[J]. 青岛理工大学学报, 2009 (4):98-101.
LI Xueying, MA Xin-wei, YIN Wei-feng. Effects of compound mineral admixture on workability of concrete[J]. Journal of Qingdao Technological University, 2009 (4):98-101.
- [14] 中国建筑科学研究院. GB/T50080-2002 普通混凝土拌合物性能试验方法标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2003.
China Academy of Building Research. GB/T50080-2002 Standard for test method of performance on ordinary fresh concrete [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2003.
- [15] 中国建筑科学研究院. GB/T50081-2002 普通混凝土力学性能试验方法标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2003.
China Academy of Building Research. GB/T50081-2002 Standard for test method of mechanical properties on ordinary concrete [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2003.
- [16] ASTM C 1202-97. Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration[S]. 1994.
- [17] 吴中伟. 高性能混凝土[M]. 北京:中国铁道出版社, 1999:184-186.
WU Zhong-wei. High Performance Concrete [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1999. 184-186.

Optimization research on the contents of mineral admixture of concrete in the 2nd double line of Lanzhou-Xinjiang Railway

YU Ben-tian^{1,2}, WANG Qi-cai^{1,2}, ZHOU Li-xia², ZHANG Fen-qin²

(1. Key Laboratory of Road & Bridge and Underground Engineering of Gansu Province, Lanzhou 730070, China;

2. School of Civil Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The effects of contents of mineral admixture such as fly ash, blast-furnace slag powder on the workability, strength and durability of concrete in the 2nd double line of Lanzhou-Xinjiang railway were researched in this paper by measuring slump, slump flow, compressive strength with different age and electric flux of several concretes with different mineral admixtures. The test results show that, the fluidity of concrete can be improved and early hydration reaction of cement is inhibited by adding fly ash. When the concrete is mixed with blast-furnace slag powder, both its cohesiveness and water retention could be improved. And yet its fluidity is depressed. Both the fly ash and blast-furnace slag can reduce the electric flux through concrete. Moreover, the composite addition of fly ash and blast-furnace slag powder have better improvement effects on the performance of concrete than either one alone. The workability, strength and durability of concrete are best when the contents of blast-furnace slag and fly ash are both 15% for C30, and as far as C40 concrete is concerned, the contents of blast-furnace slag and fly ash are respectively 20% and 15%, and their contents are changed into 30% and 10% with reference to C50 concrete.

Key words: Lanzhou-Xinjiang Railway; concrete; fly ash; slag; workability; strength; electric flux