

交通运输

高性能混凝土在特大桥梁建设中的应用

李 锋

(河南中原高速公路股份有限公司, 郑州 450052)

摘要 针对高性能混凝土早期体积稳定性差、容易开裂的缺点, 从高性能混凝土的配制方法、耐久性指标的控制要点和检测方法等三个方面进行过程控制, 有效提高了高性能混凝土的抗裂性和耐久性, 为特大桥梁建设过程中正确使用高性能混凝土积累了经验。

关键词 高性能混凝土 体积稳定性 耐久性 控制要点 检测方法

中图法分类号 U214.18; **文献标志码** A

郑州黄河公铁两用桥是国道 107 郑州至新乡段复线工程与京广铁路客运专线跨越黄河的共用特大桥梁, 位于郑州黄河公路大桥和京港澳高速公路刘江黄河大桥之间。公铁合建部分全长 9 177 m, 采用公路在上、铁路在下的上下层布置, 公路部分全桥长 11 645 m, 加引线公路部分全长 24 km。公路为双向六车道一级公路, 设计时速 100 km, 铁路为高速客运专线, 设计时速 350 km, 项目投资概算总额为 49.82 亿元。

大桥具有建设标准高, 工程规模大的特点, 其中混凝土用量超过 140 万立方米, 为了确保混凝土的质量, 我们在大桥的建设过程中使用了高性能混凝土。

1 高性能混凝土的基本概念

高性能混凝土(High Performance Concrete 简写为 HPC)是一种新型高技术混凝土, 是在大幅度提高普通混凝土性能的基础上, 采用现代科学技术制作的混凝土, 它以耐久性作为设计的主要指标。针对不同用途要求, 高性能混凝土可以有重点地保证

其耐久性、工作性、强度、体积稳定性和适用性的一种或几种指标。

2 高性能混凝土的配制

2.1 配制原则

配制高性能混凝土要满足结构物设计强度、工作性能、耐久性和经济性的要求等四大配制原则。

高性能混凝土的配制主要通过优选材料、优化配合比、精心施工三条途径来实现。

2.2 原材料的选用

高性能混凝土和普通混凝土一样使用水泥、集料和水, 同时使用外加剂和矿物掺合料。

水泥宜用 32.5 级、42.5 级硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥, 水泥的混合材宜为矿渣或粉煤灰, 选择 C3A 含量低(控制在 8% 以内)、碱含量低(控制在 0.6% 以内)、硫酸盐含量低的中热水泥, 不宜使用立窑水泥、早强水泥或其他混合材水泥。

粗集料应选用级配合理、粒形良好、质地均匀坚固、线胀系数小的石灰岩、花岗岩、辉绿岩等洁净碎石或碎卵石。粗集料应采用二级或多级级配, 最大粒径不大于 25 mm, 一般采用 5—25 mm 连续级配, 同时要求集料吸水率小于 2%, 针片状含量小于 8%, 压碎值小于 10%, 含泥量小于 0.5%, 骨料强度与混凝土强度等级比值大于 1.5。

2010 年 4 月 21 日收到

作者简介: 李 锋, 男, 高级工程师。河南中原高速公路股份有限公司中原大桥分公司副总经理。

细集料应选用级配合理、质地均匀坚固、吸水率低、空隙率小的洁净天然中粗砂,也可选用专门机组生产的人工砂,不宜使用山砂,不得使用海砂。配制 C30—C40 的混凝土时,宜选用 $M_x = 2.4—2.6$ 细度模数的中砂,配制 C50 及以上的混凝土时,宜选用 $M_x = 2.6—2.8$ 细度模数的中砂。一般砂的吸水率应控制 2% 以下,砂的坚固性用硫酸钠溶液循环浸泡法检验,经 5 次循环后试样的质量损失率应控制不超过 8%。同时要求砂中泥块含量小于 0.5%,含泥量小于 2%,云母及轻物质含量小于 0.5%。

水是混凝土的主要组分之一,水质不纯不仅影响混凝土的凝结硬化,还影响混凝土的强度和耐久性,因此高性能混凝土拌和用水须采用饮用水或符合《混凝土拌和物用水标准》(JGJ 63—89)的要求。

矿物掺合料是高性能混凝土必用的组成材料。配制高性能混凝土应选用品质稳定的矿物掺合料,主要有粉煤灰、磨细粉煤灰、磨细矿渣粉或硅灰。掺入矿物掺合料可以使水泥浆的流动性大为改善,空隙得到充分填充,使硬化后的水泥石强度有所提高,更重要的是改善了混凝土中水泥石与骨料的界面结构,使混凝土的强度、抗渗性与耐久性得到提高。

外加剂的选用要满足低水胶比条件下提高混凝土流动性的要求,减水率要大于 20%,坍落度经时损失要小,采用高效减水剂、引气剂、缓凝剂的复合外加剂。郑州黄河公铁两用桥在高性能混凝土配制中使用了聚羧酸系高效减水剂效果很好^[1]。

2.3 配合比的优化

2.3.1 配合比设计的原则

高性能混凝土配合比设计仍然依据“四大法则”。

(1) 水灰比法则

可塑状态的混凝土水灰比的大小决定混凝土硬化后的强度,并影响其耐久性。混凝土的强度与水泥强度成正比,与水灰比成反比。对于高性能混凝土,由于将矿物掺合料当作胶结材料的一部分,因此计算的应该是水胶比。

(2) 混凝土密实体积法则

可塑状态的混凝土总体积为水、水泥(胶结材

料)、砂、石的密实体积之和。这一法则是计算混凝土配合比的基础。

(3) 最小单位加水量法则

在水灰比固定、原材料一定的情况下,使用满足工作性的最小加水量,可得到体积稳定且经济的混凝土。

(4) 最小水泥用量法则

为降低混凝土的温升、提高混凝土抗环境因素侵蚀的能力,在满足混凝土早期强度要求的前提下,应尽量减小胶结材料中水泥的用量。

根据上述“四大法则”,可以初步确定混凝土配合比中的水胶比、浆集比、砂率与最小用水量这四个最基本的参数,再通过一定的方法,根据经验和试配确定外加剂和掺合料的用量。

2.3.2 配合比设计的方法

高性能混凝土配合比设计目前尚无统一的计算方法,通常在“四大法则”前提下,采用《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000)中的重量法与绝对体积法的一种进行计算与配制。步骤是:首先计算空白混凝土的初步配合比;然后根据经验初步确定外加剂与矿物掺合料的掺量,通过工作性能测试、抗裂性对比试验确定基准配合比;再经过强度和耐久性试验调整,确定试验室理论配合比;最后通过现场砂石实际含水率的换算确定施工配合比。

表 1 高性能混凝土配合比参数建议值

强 度 等 级	目 标 坍 落 度/mm	最 小 水 胶 比		胶 结 材 料 用 量 $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	含 气 量/%
		32.5 级 / 42.5 级水泥	32.5 级 / 42.5 级水泥		
C30	180—220	0.40—0.42	240	375—400	2—4 5—6
C35	180—220	0.36—0.38 /0.38—0.4	250	375—400	2—4 5—6
C40	180—220	- / 0.36—0.38	255	380—430	2—4 5—6
C45	180—220	- / 0.34—0.36	270	400—450	2—4 5—6
C50	180—220	- / 0.28—0.32	300	480—500	2—4 5—6

在配合比设计过程中要掌握三个关键技术。

(1) 合理使用各种外加剂的技术,包括外加剂的选用,各种外加剂的复合,外加剂的最佳掺量,做到外加剂与水泥间的相容性良好,混凝土坍落度经时损失要小,以此先确定不同的组合,再通过外加剂与水泥的相容性对比试验进行优选。

(2) 合理使用矿物掺合料的技术,包括矿物掺合料的选用,各种掺合料掺量的确定,要根据不同的方案,通过流动性、抗裂性、强度与耐久性对比试验进行优选。

(3) 有效控制混凝土开裂和防裂的技术,包括原材料选用,水化热控制,配合比参数(水胶比、用水量)的控制,养护措施的保证等,先确定几种方案,再通过抗裂性对比试验进行优选^[2]。

3 高性能混凝土耐久性指标的控制

3.1 耐久性主要指标的确定

根据混凝土耐久性的主要影响因素确定以下六个指标为郑州黄河公铁两用桥混凝土耐久性推广应用的主要控制指标。

3.1.1 混凝土的电通量

通过测定混凝土在直流恒电压作用下通过电量值的大小来评价混凝土原材料的配合比对混凝土抗渗透性能的影响,从而间接评价混凝土的密实性,其要求如表2所示。

3.1.2 碱及碱活性材料含量

胶凝材料中的碱含量和集料中碱活性材料的含量,直接决定碱—骨料反应的可能程度。混凝土中碱及碱活性材料含量越高,碱—骨料反应越严重,标准参照表3,表4。

3.1.3 混凝土含气量

平均气泡间距是影响混凝土抗冻性的最主要因素,而影响平均气泡间距的一个主要因素就是含气量,在一定范围内,含气量越多,混凝土抗冻性越好。

3.1.4 混凝土静弹性模量

预应力混凝土的有效预应力能直接抵制混凝土开裂。而静弹性模量是预应力筋张拉时计算伸

长量的重要参数,能够间接决定混凝土的耐久性。

3.1.5 钢筋保护层厚度

钢筋的保护层厚度越大,氧的浓度梯度越小,钢筋锈蚀速度越慢。

3.1.6 混凝土入模温度

冬季、夏季混凝土浇筑,易造成混凝土内外温差过大,从而产生裂缝,影响混凝土的耐久性。控制好混凝土入模温度,能够有效降低因温度应力产生的裂缝^[3]。

3.2 耐久性指标的控制

3.2.1 耐久性指标的技术途径控制

(1) 掺入高效减水剂

当水灰比降低到0.38以下时,可以消除毛细管的孔隙,而通过掺入高效减水剂,能够将水灰比降低到0.38以下。

(2) 掺入粉煤灰或硅粉

粉煤灰对氯离子有较大的吸附作用,可使氯离子的有效扩散系数降低,从而延缓钢筋锈蚀。掺入硅粉能够减小混凝土的空隙率,使氧和氯离子扩散速度减慢,使混凝土的电阻抗提高,从而降低钢筋锈蚀速度。

(3) 保证混凝土的强度

在混凝土充分密实的条件下,随着水灰比的降低,混凝土的孔隙率会降低,混凝土的强度会提高。同时,随着孔隙率的降低,混凝土的抗渗性得到提高,各种耐久性指标会随之提高。

3.2.2 耐久性指标的试验检测途径控制

(1) 混凝土电通量试验检测控制

表2 技术标准应满足下表要求

设计使用年限级别	100年	30年~60年
< C30	< 2 000	< 2 500
电通量(56天)C C30~C45	< 1 500	< 2 000
≥ C50	< 1 000	< 1 500

检测频率:同标段、同施工工艺、同配合比混凝土至少抽检一次,原材料与试配配合比有变化时,应抽检一次。

(2) 碱及碱活性材料试验检测控制

表 3 技术标准、试验方法、抽检频率

材料名称	检验方法	技术标准	复检频率	备注
水泥		$\leq 0.60\%$	下列任一情况为一批,每批检验一次:(1)任何新料源;(2)同厂家、同批号、同品种、同出厂日期达3月者	碱含量
	GB/T 176—1996	$\leq 0.80\%$		
	(C40 以下砼)			
水以当量	GB/T 176—1996	$< 1500 \text{ mg/L}$	下列任一情况为一批,每批检验一次:(1)新水源;(2)同水源使用达1年者	碱含量
Na_2O 计				
磨细矿渣粉	GB/T 18736—2002	实测	下列任一情况为一批,每批检验一次:(1)任何新料源;(2)同厂家、同编号、同品种、同出厂日期达3月者。	碱含量
粉煤灰	GB 1596—2005	实测	下列任一情况为一批,每批检验一次:(1)任何新料源;(2)同厂家、同编号、同品种、同出厂日期达3月者。	碱含量
外加剂 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{GB/T } 8077$ 0.668 —2000 K_2O)		$\leq 10.0\%$	下列任一情况为一批,每批检验一次:(1)任何新料源;(2)同厂家、同批号、同品种、同出厂日期达6月者。	总碱量
粗集料	TB /2922.5—2002	采取抑制反 应措施。但 $\geq 0.30\%$	下列任一情况为一批, 每批检验一次:(1)更换 料源;(2)混凝土使用 5000 m^3 者。	碱活性
细集料	TB /2922.5—2002	采取抑制反 应措施。但 $\geq 0.30\%$	下列任一情况为一批, 每批检验一次:(1)更换 料源;(2)混凝土使用 5000 m^3 者。	碱活性

表 4 混凝土最大碱含量规定

潮湿环境	3.0 (kg/m^3)
干燥环境	3.5 (kg/m^3)

(3) 混凝土含气量试验检测控制

检测方法按 GB/T 50080—2002 执行。检测频率:每班或每一结构部位至少 2 次,检测地点为浇注现场。

表 5 配合比设计及现场检测时应满足要求

环境条件	混凝土无抗冻要求	混凝土有抗冻要求	
		D1	D2
含气量/%	≥ 2.0	≥ 4.0	≥ 5.0

注:D1:微冻地区+频繁接触水。

D2:微冻地区+水位变动区、严寒和寒冷地区+频繁接触水、微冻地区+氯盐环境+频繁接触水。

D3:严寒和寒冷地区+水位变动区、微冻地区+氯盐环境+水位变动区、严寒和寒冷地区+氯盐环境+频繁接触水。

(4) 混凝土静弹性模量试验检测控制

技术要求:预应力混凝土在张拉时应采取双向指标控制,即在满足抗压强度要求的同时,还必须满足抗压弹性模量的要求。对于后张法施工,张拉时,除混凝土抗压强度满足设计要求外,其抗压弹性模量也应达到与混凝土强度相对应的百分比;对于先张法施工,要求放张时除混凝土抗压强度满足设计要求外,其抗压弹性模量应达到百分之百。

检测频率:(1)在进行配合比设计时制作 28 天或 56 天的弹性模量试件至少 1 组(标准养生),检验配合比是否满足设计要求。(2)现场施工每件预制梁至少制 1 组同条件养生试件,进行弹性模量测定,控制张拉时间。

试验方法:按 GB/T 50081—2002 执行。

(5) 钢筋保护层厚度控制(其要求满足表 6)

表 6 钢筋保护层厚度满足要求

检查项目	允许误差/(mm)	
$C \geq 35 \text{ mm}$	+10	-5
$25 \text{ mm} < C < 35 \text{ mm}$	+5	-2
$C \leq 25 \text{ mm}$	+3	-1

注:在模板安装后必须检查保护层厚度,实测值不允许超出偏差范围。

检测频率:对于最长边长度小于 1 m 的混凝土构件,至少检测 5 个点;对于预制梁板(非圆形墩、台、盖梁),沿长度方向单侧 1 点/m,设计有二期混凝土连接的面(边),不再检测;对于圆形柱,沿柱高 2 点/m。

(6) 混凝土入模温度试验检测控制

技术标准:混凝土入模温度应控制在 5—30℃

之间。

检测频率:根据环境气温情况随机检测,保证每构件有检测记录。当环境气温低于5℃和高于25℃时,应加大检测频率,并按照规范要求采取相应控制措施。

3.2.3 耐久性指标的施工工序控制

(1) 混凝土配合比设计控制

施工前,应按耐久性要求,对混凝土的配合比进行试配,选择最优配合比方案组织施工。混凝土拌制时,应测定砂、石含水率并根据测试结果调整材料用量,确定施工配合比。

(2) 钢筋定位控制

① 确保钢筋加工精度,保证钢筋骨架尺寸满足设计和规范要求。

② 钢筋成品安装时,确保钢筋骨架轴线和设计轴线位置一致。

③ 钢筋保护层垫块采用锯齿形垫块,垫块要有足够的强度和数量,垫块厚度要满足保护层要求。

④ 模板安装完成,确保钢筋保护层能满足设计和规范要求。

⑤ 在施工过程中保证对垫块的保护,避免振动棒直接振到钢筋而造成垫块、钢筋撑等脱落或移位。

(3) 混凝土浇筑控制

① 搅拌混凝土时,应根据计算出的各组成材料的一次投料量进行投料。同时注意用水量,控制好水灰比。

② 混凝土施工期间,要加强入模温度控制。

③ 混凝土浇筑入模后应立即进行充分的振捣,排出气泡,使混凝土拌和物获得最大的密实度和均匀性。

④ 在混凝土浇筑过程中应时常观察模板、支架、钢筋、预埋件、预留孔洞的情况,一旦发现变形或移位,应及时采取措施进行处理。

(4) 混凝土养护控制

为满足水泥水化的需要,混凝土浇筑后12 h内应进行覆盖,待具有一定强度时再浇水养护,避免产生干缩裂缝,影响混凝土的耐久性。同时避免过早拆除支撑,防止混凝土早期强度不足引起开裂。

(5) 预应力筋张拉控制

首先,应控制好张拉顺序。混凝土浇筑完毕后,方能穿预应力束,若顺序颠倒,会导致预埋管破损漏浆,后序张拉工作无法实现。其次,要按设计规定的顺序进行张拉,防止因受力不合理而出现裂缝。第三,张拉控制应力是质量控制的重点,张拉控制应力必须达到设计规定值,但不能超过设计规定的最大值。否则,将影响结构的安全。

(6) 孔道压浆控制

通过对预应力管道进行压浆可以防止预应力钢材锈蚀,使预应力钢材与混凝土有效粘结,实现整体受力。因此要求压入孔道内的水泥浆在结硬后要密实,起到对预应力筋的防护作用,同时要具备一定的强度,以便将预应力有效传递给周围的混凝土。压浆工作必须做到以下几点:①水泥、水、外加剂和压浆设备符合规范要求。②水泥浆的水灰比、泌水率、膨胀率和稠度等指标符合规范要求。③压浆前检查孔道是否畅通。④压浆按孔道由低到高的顺序进行。⑤严格控制压浆的压力和速度。⑥采用真空压浆技术^[4]。

4 高性能混凝土的技术性能及检测

4.1 高性能混凝土的工作性能

高性能混凝土的工作性能检测同普通混凝土一样,采用坍落度加扩展度测试的方法,检验施工现场施工的可灌性、可泵性和可浇筑性等。高性能混凝土的拌和物实测坍落度最好为 $T_i = 180—220\text{ mm}$,坍落度经时损失1 h几乎不损失,2 h损失在20 mm以内,扩展度为 $K_i \geq 500 \times 500\text{ mm}^2$,满足含气量要求,并且校核实测拌和物的容重与理论容重的差值控制在2%以内。

高性能混凝土室内试拌结果往往会出现两种极端情况:一是测定坍落度小于目标坍落度,扩展度较小($K_i \leq 300 \times 300\text{ mm}^2$),实测容重较大,混凝土拌和物含气量较小;二是测定坍落度大于目标坍落度,扩展度也较大,实测容重较小,混凝土拌和物含气量较大。将这两种极端情况向目标调整的过程中存在的

问题有:混凝土拌和物泌水、离析严重,包裹性差,“粘度”较大,“发散”,坍落度经时损失较大。这些不良现象有的同时存在,有的单独存在,严重影响现场施工的可灌性、可泵性和可浇筑性等。分析原因如下:
①混凝土配合比设计有问题;②聚羧酸高效减水剂与水泥的相容性问题;③聚羧酸高效减水剂、水泥自身存在问题;④砂石级配不良或有害物含量超标问题;
⑤混凝土试拌环境与施工环境的问题。

这些问题综合性的,各个环节都有联系。要解决这些问题,首先,要做到原材料合格,选择C3A含量、碱含量、硫酸盐含量较低的水泥;其次,科学制定混凝土配合比设计;第三,通过适当提高胶结材料总量与精确试验聚羧酸高效减水剂的饱和点掺量,可以解决混凝土拌和物泌水、离析问题;第四,通过适当提高胶结材料总量,同时提高细集料的用量能够解决混凝土拌和物包裹性差与混凝土拌和物“发散”问题。第五,适当提高砂率、含气量、降低外加剂的减水率或减少掺合料中矿粉的掺量等办法,能够改善高性能混凝土“粘度”,提高高性能混凝土的流动性。第六,高性能混凝土坍落度损失直接影响混凝土的可灌性、可泵性和可浇筑性,解决高性能混凝土拌和物坍落度经时损失的问题,首先要解决聚羧酸高效减水剂与水泥的相容性问题,其次控制好混凝土拌和物的温度和环境湿度,最后确定合理的聚羧酸高效减水剂的掺入方式、掺量和掺入时间。

4.2 高性能混凝土的强度

现场随机抽取郑州黄河公铁两用桥30根桩基混凝土试件180组,每根桩基各6组,测定其强度。混凝土强度等级为C30,基准配合比为(kg/m³):水泥:粉煤灰:砂:石:水:外加剂=275:118:777:990:161:3.537,其中水泥为32.5普通硅酸盐水泥,粉煤灰掺量为胶结材料总量的30%,外加剂为聚羧酸高效减水剂,掺量为胶结材料总量的0.9%。测定每根桩基3d、7d、14d、28d、45d、56d抗压强度,探寻在大掺量粉煤灰情况下,混凝土强度发展变化的规律。不同龄期强度汇总见表7,不同龄期强度发展变化见曲线图1。

表7 根桩基在不同龄期的混凝土抗压强度汇总表

桩号	3 d	7 d	14 d	28 d	45 d	56 d
1#	17.5	27.8	32.3	42.2	43.3	49.7
2#	18.7	33.9	38	40.8	45.6	48.7
3#	16.4	31.3	33.8	40	46.9	48.5
4#	16.2	29.9	35.7	48.3	48.5	48.8
5#	11.7	17.9	28.9	42.7	48.1	50
6#	14.4	26.5	31	41.3	44.3	49.2
7#	21.3	28.3	42.2	50.5	51.1	52.2
8#	21.3	33.2	41	48.8	54.1	54.1
9#	16.6	30	34.2	41.4	45.6	48.7
10#	21	25.7	36.7	45.1	45.8	46.8
11#	17.7	24.8	34.9	40.4	48.4	49.7
12#	21.3	23	34	38.9	44.3	45.4
13#	17.3	28.2	36.6	47.3	49	52.2
14#	16.4	29.4	37.1	44.4	51.4	49.2
15#	17.9	24.6	38.5	43.2	44.8	45.9
16#	12.5	21.6	29.6	42	45.1	49.7
17#	20.1	28	36	41.5	46.7	50.5
18#	15.9	26.2	33	42.5	43.1	50.3
19#	21.2	25.6	33.8	40.2	51.3	52.9
20#	19.2	30	38	45.9	46.4	52.7
21#	15.5	24.4	30.4	39.9	47.5	50.8
22#	15.8	25.1	31.5	41.1	45	46.9
23#	13.4	22.9	31.7	40.2	43.8	51.9
24#	16.5	19.4	36.3	42.3	44.1	46.9
25#	17.9	28.9	38.1	47.2	49.3	52.3
26#	17.5	23.4	34	42.2	42.8	49.2
27#	19	28.7	37.3	38.2	46.3	52.1
28#	21.4	31.2	35.8	42	43.4	51.9
29#	19.9	24.2	35.9	42.6	44.1	51.4
30#	15.3	23.7	33.8	43.1	43.9	50.8

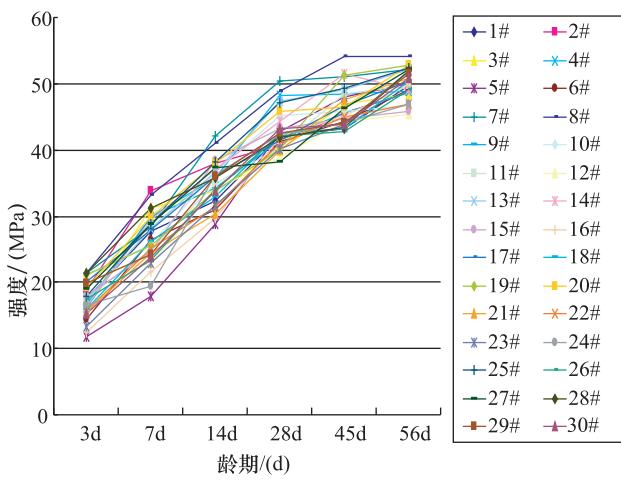


图1 不同时期强度的发展变化关系

从图1可知:混凝土强度随着龄期的增长而呈现线性增长趋势。30根桩基混凝土的各个龄期平均强度从3 d到7 d增长51%，7 d到14 d增长32%，14 d到28 d增长23%，28 d到45 d增长8%，45 d到56 d增长7%。可以得出结论:一是大掺量粉煤灰混凝土强度随着龄期的增长,强度增长率逐渐降低,但后期发展强度较高,设计龄期强度达设计强度的1.7倍左右;二是在总胶结材料用量不变的情况下,水泥用量还可降低,粉煤灰掺量适当增加10%—20%。该混凝土配合比就强度而言,混凝土强度富裕系数较大,必须进行优化设计,所以,在大掺量粉煤灰混凝土配合比设计及试拌时,必须进行组合试验,根据粉煤灰的品质和质量稳定性,使其掺量发挥到极致。

4.3 高性能混凝土耐久性

高性能混凝土耐久性技术指标主要有电通量、抗冻性、抗渗性、碱-骨料反应和抗裂性。我们对电通量指标进行重点分析研究。

氯离子是引起钢筋锈蚀,造成混凝土结构耐久性下降的主要原因之一。氯离子的渗透性是评价混凝土抵抗氯离子侵蚀的一个重要参数,长期以来国内外学者做了大量工作,提出了多种试验方法,其中应用最广泛的是快速氯离子渗透测试方法,即电通量法。其主要原理是利用外电场来

加快离子的运动速度,然后按扩散性与电迁移参数间的理论关系来计算氯离子的扩散性,从而判断混凝土的抗渗透性。试验表明,影响电通量的因素有水胶比、掺合料掺量和种类、混凝土含气量、混凝土龄期、混凝土Cl⁻含量等。一般认为随着矿物掺合料掺量的增加,混凝土电通量呈现下降的趋势。掺合料效果如下:硅灰>粉煤灰>矿粉,随着水胶比的降低,混凝土电通量亦呈现轻微下降的趋势。

相同条件下,掺加不同掺量的粉煤灰和矿粉对混凝土电通量的影响见图2。通过图2可以看出,在相同掺量条件下粉煤灰降低混凝土电通量的效果优于矿粉。矿粉掺量在0%—20%之间时对电通量影响程度较小,当矿粉掺量达到20%以后混凝土电通量开始明显降低,也就是矿粉需达到一定掺量后方对混凝土电通量有较明显的改善作用。因此,施工过程中一般可通过控制矿物掺合料掺量和种类来降低混凝土电通量,但由于工地大量采用普通硅酸盐水泥,也就是水泥中已掺加了15%左右的混合材,在进行配合比设计时要注意调整其掺量和种类。表8为郑州黄河公铁两用桥结构物混凝土的电通量。

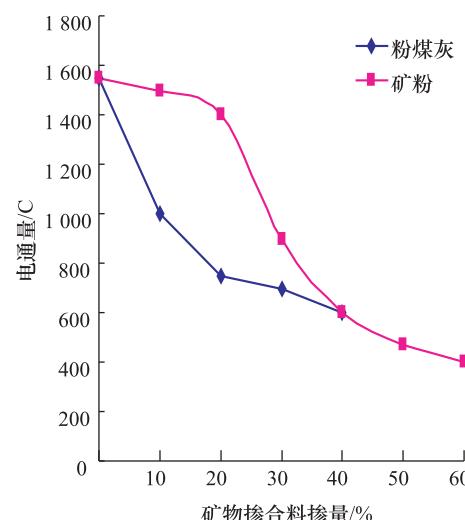


图2 粉煤灰和矿粉掺量对混凝土电通量影响曲线

表 8 郑州黄河公铁两用桥结构物混凝土电通量

结构部位	混凝土配合比例(kg / m ³)							设计 电通量	实测 电通量
	水 泥	砂	石	煤 灰	粉 矿 粉	外 加 剂	水		
C30 桩基	275	777	990	18	—	161	3.537	<1 500C 400C	
C30 桩基	276	797	974	119	—	154	3.16	<1 500C 730C	
C45 承台、框架墩	303	752	1 039	130	—	156	3.464	<1 500C 574C	
C45 承台、框架墩	269	760	1 094	45	134	148	3.584	<1 500C 711C	
C40 桩基	240	726	1 044	160	—	160	3.2	<1 500C 700C	
C40 公路墩身、 铁路垫石、帽梁	292	770	1 063	125	—	150	3.336	<1 500C 682C	
C4 遮板、防撞 墙、人行道板	293	750	1 080	126	—	151	3.352	<1 500C 734C	
C50 现浇梁	290	719	1 078	48	144	150	3.864	<1 000C 568C	
C50 现浇梁	350	722	1 083	50	100	145	4.25	<1 000C 716C	
C50 预制箱梁	298	740	1 066	50	149	149	3.976	<1 000C 733C	
C50 现浇梁封锚	296	719	1 079	49	114	158	35	<1 000C 747C	

5 结束语

高性能混凝土随着基础设施建设的突飞猛进,结构物高耐久性的需求而出现并发展,其优良性能比较明显。特大桥梁的建设需要大量使用高性能混凝土,并要求其具备一定的抗裂性和耐久性,我们只要注重原材料的选择和混凝土的配制方法,改进施工工艺并配合正确的检测方法,就能改善高性能混凝土的抗裂性,保证其耐久性,使其成为性能优良、经济安全、可持续发展的绿色环保型混凝土。

参 考 文 献

- 1 吴中伟、廉慧珍,等.高性能混凝土.北京:中国铁道出版社,1999
- 2 刘秉京.混凝土技术.北京:人民交通出版社,2004
- 3 铁道科学研究院.铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定.北京:中国铁道出版社,2007
- 4 张 勇,杨富民,王宝江,等.客运专线铁路混凝土耐久性的研究与应用.北京,铁道建筑,2008

Application of High Performance Concrete in Super Bridge Construction

LI Zheng

(Henan Zhongyuan Expressway Company Limited, Zhengzhou 450052, P. R. China)

[Abstract] Aiming at the detect of the volume stability, fragility of high performance concrete in the early stages. Process control in the preparation method of high performance concrete, the control is key point of the endurance nature index and detection method. At last the resistance of crack and durability of the high performance concrete effectively and accumulate experience for using the high performance concrete correctly in super bridge construction process are improved.

[Key words] high performance concrete volume stability endurance nature index control key point detection method