

**DB 23**

**黑 龙 江 省 地 方 标 准**

**DB 23/T 087—2002**

---

**桥梁结构高耐久性混凝土  
设计与施工规程**

**2002—05—01 发布**

**2002—06—01 实施**

---

**黑龙江省质量技术监督局 发布**

黑 龙 江 省 交 通 厅  
黑龙江省质量技术监督局 文件

黑交发[2002]156号



关于印发《桥梁结构高耐久性混凝土  
设计与施工规程》的通知

各市(行署)交通局、质量技术监督局,厅直各单位、各重点公路工程建设指挥部:

现将《桥梁结构高耐久性混凝土设计与施工规程》(编号DB 23/T 087—2002)印发给你们,自2002年6月1日起施行。

希望各单位在实施过程中注意积累资料,总结经验,及时将发现的问题和修改意见函告省交通厅总工办。

黑龙江省交通厅

黑龙江省质量技术监督局

二〇〇二年四月二十九日

主题词:建筑材料 设计与施工 规程 通知

## 引 言

为了适应高等级公路混凝土桥梁设计和施工管理的需要,为了提高混凝土桥梁的使用耐久性,结合黑龙江省混凝土桥梁设计、施工和养护的实际情况,在认真总结国内外有关混凝土结构耐久性的科研成果和工程实践经验的基础上,为指导桥梁结构高耐久性混凝土的设计和施工,确保工程质量,特制定本规程。

本标准依据 GB/T 1.1—2000 标准化工作导则,第 1 部分:标准的结构和编写规则编制。

该标准编写的指导思想是为了逐步解决我省公路桥梁建设中混凝土耐久性的有关技术问题,对国家规范中没有体现或体现不够的内容进行指导性规定,它不能代替国家规范,只能作为其专项补充。凡本规程未涉及到的部分以国家标准为准。

本标准附录 A、附录 B 是资料性附录。

## 前 言

公路工程桥梁结构混凝土的安全性、耐久性关系国民经济建设的重大问题，在过去的公路桥梁建设中，对桥梁结构混凝土的耐久性缺乏足够的认识，在设计施工上只考虑强度，而忽视了耐久性，由于混凝土结构耐久性不足已造成巨大的经济损失。

本规程对当前土木工程界普遍关注的混凝土耐久性问题，综合运用了已有的科技成果，采取宏观控制的方法，制定了提高混凝土耐久性的技术措施，由于混凝土桥梁在结构和材料方面完全地按耐久性设计还要进行长时间的深入研究。本规程提出的方法虽不能定量地计算设计使用年限，但确能够保证在正常使用和维护的条件下，在规定的使用年限内混凝土结构具有相应的使用功能和安全储备。

本标准由黑龙江省交通厅提出。

本标准由黑龙江省交通科学研究所、黑龙江省公路工程质量监督站起草。

本标准由黑龙江省交通科学研究所归口。

参加本标准编制的单位有：

黑龙江省交通厅总工办、科教处、建设处

黑龙江省交通科学研究所

黑龙江省公路勘察设计院

黑龙江省佳七公路建设指挥部

同济大学混凝土材料研究国家重点实验室

哈尔滨工业大学材料科学与工程学院

本标准由郭荣泰起草,张景致审核。

主要参加人员有:王建民、黄士元、杨全兵、张宝生、王如彬。

本标准于 2002 年 5 月 1 日首次发布。

网易 NetEase  
WWW.CLQZX.COM  
路桥在线

# 目次

1	范围 .....	(1)
2	规定性引用文件 .....	(2)
3	定义 .....	(2)
4	基本规定 .....	(3)
5	桥梁结构高耐久性混凝土组成材料 .....	(5)
6	高耐久性混凝土配合比设计 .....	(15)
7	混凝土桥梁结构构造与裂缝控制 .....	(18)
8	高耐久性混凝土的施工要求 .....	(21)
9	高耐久性混凝土施工质量检验和工程质量管理 .....	(24)
10	混凝土桥梁的使用、维护与检测 .....	(25)
附录 A (资料性附录)		
	高耐久性混凝土配合比设计 .....	(27)
附录 B (资料性附录)		
	高耐久性混凝土的试验检验方法 .....	(31)



## 黑龙江省地方标准

# 桥梁结构高耐久性混凝土设计与施工规程

DB 23/T 087—2002

### 1 范围

1.1 本标准适用于寒冷地区公路工程混凝土桥梁高耐久性混凝土的设计和施工,不适用于其他地区,其他行业及其他混凝土结构。

1.2 本规程在结构设计和施工技术方面未涉及到的部分,应执行国家交通部发布的现行标准。在结构设计方面执行 JTJ 023—85《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》;在施工技术方面执行 JTJ 041—2000《公路桥涵施工技术规范》。本规程针对我省及寒冷地区公路桥梁建设中存在的混凝土材料问题,在混凝土结构耐久性方面做了专项补充和指导性规定。

黑龙江省质量技术监督局 2002-04-19 批准      2002-06-01 实施

## DB 23/T 087—2002

### 2 规范性引用文件

下列规范或规程所包含的条文，通过在本规程中的引用而成为本规程的条款。凡是注年份的引用文件，其随后除勘误内容外所有的修改单或修订版不适用于本规程，然而，鼓励根据本规程达成协议的各方研究是否可使用这些规范、规程的最新版本。凡是不注年份的引用规范、规程，其最新版本适用于本规程。

GB 175—1999, GB 1344—1999 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥标准

JTJ 058—94 公路工程集料试验规程

JTJ 053—94 公路工程水泥混凝土试验规程

JTJ 225—87 港口工程技术规范

### 3 定义

本标准采用下列定义。

#### 3.1 混凝土结构耐久性

工程结构在规定期限内并在各种环境条件作用下，维持其应有功能的能力。

这里的作用主要指大气温(湿)度、化学侵蚀等导致材料性能随时间退化的环境作用；这里的功能主要指与结构承载力极限状态有关的安全性(如足够的强度与稳定性能)以及与结构使用极限状态有关的适用性(如有限的变形与裂痕以及美观要求等)。

#### 3.2 设计工作寿命和工程使用年限

**设计工作寿命**(即设计使用年限) 是混凝土结构在正常



## DB 23/T 087—2002

使用和维护条件下,能够保持其使用功能而无需进行大修加固的时间。也是设计人员向业主或用户说明并据以进行设计的结构预定使用寿命。

**工程结构使用年限** 工程自建成之日起,直至承载能力尚未达到极限状态的条件下,进行第一次大修前后的总使用时间(年)为工程使用年限。亦即:结构建造完成之后,在预定的使用维护和修理条件下,所有功能均能满足原有安全性和适用性要求的期限。

### 3.3 高耐久性混凝土桥梁

寒冷地区工程结构处于不良、恶劣或严酷环境作用下,大型桥梁或高等级公路上的混凝土桥梁设计使用年限为 70 年~100 年或 100 年以上的混凝土结构。

## 4 基本规定

**4.1** 根据桥梁混凝土结构所处的环境、使用条件和耐久性等级,提出各部件的工作寿命明细表和定期检测、更换期限。分桥梁基础、墩台、主梁、桥面板、桥面混凝土、拉索、吊杆、支撑杆件、栏杆、伸缩缝等。

**4.2** 按高性能混凝土有关技术指标提出混凝土耐久性的施工质量控制和工程质量保证要求。不但要保证混凝土的工作性能和强度性能,更要保证混凝土的耐久性能,对其抗渗性、抗冻融性(包括抗盐剥蚀性)、抗钢筋锈蚀性、抗碳化及抗其它化学物质侵蚀性能提出具体的指标要求。

**4.3** 结构的设计工作寿命按表 4.3 选取。

## DB 23/T 087—2002

表 4.3 结构设计工作寿命

结构物名称	类 别	设计工作寿命
特大型桥梁或标志性建筑	J <sub>T</sub>	> 100 年
大型桥梁或高等级公路上的桥梁	J <sub>1</sub>	> 70 年
低等级公路上的中、小桥梁	J <sub>2</sub>	> 50 年
桥梁上可更换构件(桥面伸缩缝,吊杆、拉索、支撑杆、栏杆等)	J <sub>3</sub>	> 30 年

当环境条件特别恶劣、严酷,采取较高的耐久性受技术的制约或不再经济时,经主管部门同意,可按较低的设计寿命进行设计。

### 4.4 结构使用环境侵蚀作用分级(见表 4.4)

表 4.4 结构使用环境侵蚀作用分级

级 别	严 重 程 度	环 境 作 用	桥梁构件部位
B	一般	长期潮湿	桥基础、墩柱
C	不良	干湿交替	桥墩水位变化区段及浪溅区混凝土、桥面人行道板、混凝土栏杆
D	恶劣	冻融环境 (无盐冻)	在冰冻线以上的构件 冬季低于 - 10℃ 时间在 145 天以内地区
E	严酷	冻融环境 (有盐冻)	在冰冻线以上的构件 冬季低于 - 10℃ 时间多于 145 天地区
F	极端严酷	冻融环境有盐冻 且土中及地表、地下水中有强腐蚀酸盐类	冬季低于 - 10℃ 时间多于 145 天地区

### 4.5 混凝土结构的耐久性设计内容

**DB 23/T 087—2002**

**4.5.1 混凝土材料设计。**包括混凝土原材料的优选和配合比的优化设计,除强度、水胶比、水泥用量、外加剂及掺合料用量等指标间接反映耐久性要求以外,还要提出混凝土的抗渗性、抗冻性、抗氯离子渗透(扩散)性,抗碳化、抗裂性能等耐久性技术指标。

**4.5.2 与结构耐久性有关的结构构造措施及裂缝控制要求。**

**4.5.3 与耐久性有关的施工质量要求,**特别是混凝土保护层厚度的质量控制和混凝土初期养护质量等保证措施。

**4.5.4 对处于严酷或极端严酷环境下的结构物,**还应采取特殊的防腐蚀措施,如采用环氧涂膜钢筋或在混凝土中加入阻锈剂,或在混凝土构件表面涂覆保护材料,也可几种特殊的防腐措施同时采用。

**4.5.5 提出结构使用阶段的定期检测和定期维护的要求。**

## **5 桥梁结构高耐久性混凝土组成材料**

### **5.1 一般要求**

为获得高耐久性混凝土,设计时应针对混凝土原材料与配合比提出具体要求。目的是在满足结构的力学性能要求基础上增加混凝土的抗渗性、抗冻性、抗氯离子渗透性、抗碳化、体积稳定性和抗裂等性能。

配制高耐久性混凝土的一般途径:

**5.1.1 应选用低水化热和低含碱量的水泥,**不宜使用早强水泥和  $C_3A$  含量高的水泥。

**5.1.2 应选用质地坚固、级配合格、粒径形状良好的洁净骨料。**

**5.1.3 应使用优质掺和料,**掺粉煤灰或磨细矿渣应做为高耐久性混凝土的必需成分。



DB 23/T 087—2002

- 5.1.4 应使用优质引气剂,优质引气剂能在混凝土中产生数量大、直径小、分布均匀且稳定的气泡。适当的含气量是配制高耐久性混凝土的常规方法。
- 5.1.5 应使用优质高效减水剂,以降低水灰比并改善混凝土的工作性能。
- 5.1.6 应限制单方混凝土中胶结材料(水泥和掺和料之和)的最低和最高用量。在满足胶结材料最低用量要求的前提下,应尽可能地降低胶结材料中的硅酸盐水泥用量,但水灰比较高时,又必须满足硅酸盐水泥的最低用量。
- 5.1.7 配筋混凝土的最低强度等级、最大水胶比及单方混凝土胶结材料最大用量应满足表 5.1.7 规定。

表 5.1.7 最低强度等级、最大水胶比及  
单方混凝土胶结材料最小用量

设计工作寿命 限制指标 环境作用类别	70 ~ 100 年		30 ~ 50 年		20 ~ 30 年		胶结材料 最低用量 kg/m <sup>3</sup>
	最低强 度等级	最大水 灰比	最低强 度等级	最大水 灰比	最低强 度等级	最大水 灰比	
B	C30	0.55	C30	0.55	C30	0.55	290
C	C35	0.50	C35	0.5	C35	0.50	320
D	C40	0.42	C40	0.45	C40	0.50	350
E	C40	0.40	C40	0.4	C40	0.40	380
F	C40	0.36	C40	0.35	C40	0.40	410

注:①表中胶结材料最低用量指骨料最大粒径为 20mm 的混凝土。如最大粒径为 40mm,最低用量取表中数值减 30kg/m<sup>3</sup>;如最大粒径为 30mm 和 15mm 时,最低用量分别取表中数值减 20kg/m<sup>3</sup>。

②单方混凝土胶结材料总量不宜高于 550kg/m<sup>3</sup>。

③在冻融环境中均应使用引气混凝土,含气量根据混凝土骨料最大粒径、环境侵蚀作用分级及混凝土强度等级而不同。

**DB 23/T 087—2002**

**5.1.8 钢材** 所用钢筋、钢丝及其他钢材,应符合 JTJ 023—85《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》中 2.2 有关钢筋、钢丝等级和钢筋、钢丝设计强度及标准强度的要求。

**5.2 水泥**

为配制耐久性能优良的混凝土,应采用 42.5 及其以上的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,不采用超量掺有火山灰(黄色)或粉煤灰(黑灰)的硅酸盐水泥。在有冻害环境中,禁止使用石灰石掺量大于 5% 的普硅水泥(对抗冻不利)。所有水泥的品质指标均应符合国家标准的规定。水泥中游离氧化钙含量不应大于 1%,等当量  $\text{Na}_2\text{O}$  含量应小于 0.6%,水泥必须经过安定性检验合格后方可使用。

配制暴露于硫酸盐侵蚀和 pH 值小于 5.5 的酸性环境中的高耐久性混凝土,除使用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥之外,还必须掺入粉煤灰或磨细矿渣材料以增加混凝土中水泥石的致密性,提高耐久性。

对于氯盐侵蚀环境,配制钢筋混凝土和预应力混凝土所用水泥的氯离子含量应尽可能地降低,由各种原料引入混凝土拌和物中的氯离子总量,不应超过 0.1% (钢筋混凝土)和 0.06% (预应力混凝土)。对于使用环境中无氯盐侵入的混凝土,其混凝土拌和物中引入的氯离子总量不应超过胶结材料重量的 0.2% (钢筋混凝土)和 0.1% (预应力混凝土)。如混凝土在使用过程中,不受潮湿,则可允许到 0.3% (钢筋混凝土)和 0.15% (预应力混凝土)。

**5.3 粉煤灰及其它掺合料**

配制高耐久性混凝土所用的矿物掺和材料应符合下列要求:



DB 23/T 087—2002

5.3.1 粉煤灰是配制耐久性混凝土的重要组分

在冻融环境下,当水胶比在 0.4~0.5 之间时,粉煤灰最大掺量不宜超过胶结总量的 30%;当水胶比低于 0.4 时,在满足强度要求的前提下,其掺量可适当提高。

在冻融和盐冻环境下,当水胶比在 0.4~0.5 之间时,粉煤灰最大掺量不宜超过胶结材料总量的 20%;当水胶比低于 0.4 时,在满足强度要求的前提下,其掺量可提高到 25%。

混凝土的粉煤灰掺和料质量必须符合表 5.3.1 中的电收尘 I、II 级干排灰或磨细的低钙粉煤灰的要求,禁止使用增钙粉煤灰。

表 5.3.1 粉煤灰分级和质量指标

粉煤灰等级	45μm 气流筛筛余量,细度, %	烧失量, % (含碳量, %)	需水量比, %	SO <sub>3</sub> 含量, %	混合砂浆活性指数	
					7d	28d
I	≤12	≤4	≤95	≤3	≥75	≥85
II	≤20	≤8	≤105	≤3	≥70	≥80
III	≤45	≤15	≤115	≤3	-	-

- 注:①在没有气流筛时,亦可用 0.08mm 的水泥方孔筛,筛余量约为气流筛筛余量的 2.4 倍。
- ②粉煤灰需水量比的选用,当水胶比低时,直接选用需水量比小于 1 或仅稍大于 1 的粉煤灰;当水胶比较高时,宜选用需水量比大于 1 的粉煤灰,以避免混凝土产生泌水。
- ③混合砂浆的活性指数为掺粉煤灰的水泥砂浆与不掺粉煤灰的水泥砂浆的抗压强度比的百分数,适用于配制标号 ≥ C40 的混凝土。
- ④高耐久性混凝土应使用 I、II 级粉煤灰,严酷环境中的混凝土应选用 I 级粉煤灰。

5.3.2 磨细粒化高炉矿渣作为混凝土矿渣粉掺和料,其主要

DB 23/T 087—2002

技术指标见表 5.3.2。

表 5.3.2 磨细矿渣的技术要求

指标等级	比表面积, m <sup>2</sup> /kg (细度)	混合砂浆 活性指数		烧失量, %	SO <sub>3</sub> 含 量, %	MgO 含 量, %	需水量 比, %
		7d	28d				
I	≥800	≥100	≥115	≤3	≤4	≤10	≤105
II	≥600	≥75	≥95	≤3	≤4	≤10	≤105
III	≥400	≥75	≥95	≤5	≤4	≤10	≤105

注：①只有在缺乏磨细粉煤灰时，才考虑用矿渣粉。不适用于低温施工，也不适用于有早强要求及快速张拉和放张的预应力混凝土构件。

②在非冻融 B、C 类环境（长期潮湿或干湿交替）中的大体积混凝土构件，应掺入部分矿渣做为胶结材料。以控制水化热和混凝土裂缝，提高混凝土抗硫酸盐及其他化学侵蚀作用，矿渣掺量不宜超过 50%。

③在冻融 D、C、F 类环境中的混凝土，矿渣最大掺量不宜超过 30%，并应优先使用 I、II 级矿渣。

5.3.3 硅灰

硅灰适用于有早强、高强要求的混凝土和对开放交通有紧迫要求的新建或修复桥梁混凝土构件；适用于对抗冻性、抗掺性、抑制碱骨料反应和抗冲刷磨损很高的混凝土结构；适用于冬季低温和负温施工要求高早强的混凝土结构。硅灰的性能指标应符合表 5.3.3 的要求。

表 5.3.3 硅灰的性能指标

物 理 性 能		化 学 性 能	
比表面积, m <sup>2</sup> /g	含水率, %	烧失量, %	SiO <sub>2</sub> 含量, %
16	≤3	≤6	≥85

硅灰的掺用方法为等量取代水泥法，掺量宜占水泥用量

**DB 23/T 087—2002**

的 5% ~ 8%, 掺用硅灰应同时掺用高效减水剂、高效引气剂等技术措施来调节用水量和控制施工坍落度损失, 通过试验确定硅灰和外加剂的实用掺量。

**5.3.4** 使用两种或两种以上的掺和料复合而成的超细矿粉掺和料其效果通常要明显优于单一的矿物掺和料。但在应用时, 应有合格的产品标准或经过有关部门鉴定的性能证明, 并附有组成成分和使用证明书, 复合掺和料中不得掺加对耐久性混凝土有害的成分。

**5.4 骨料**

配制高耐久性混凝土的骨料应满足以下要求:

**5.4.1** 质地坚固, 有良好的级配, 粒径形状良好。粗骨料堆积密度一般大于  $1500\text{kg}/\text{m}^3$ , 对于较致密石子如石灰岩大于  $1600\text{kg}/\text{m}^3$ , 即空隙率不超过 40%; 粗骨料的压碎值不大于 10%, 吸水率不大于 2%。对于不同细度模数的砂子, 控制 5mm、0.63 mm 和 0.16mm 筛的累计筛余量分别为 0% ~ 5%, 40% ~ 70% 和  $\geq 95\%$ 。

**5.4.2** 寒冷地区的大中型桥梁混凝土, 对骨料应进行坚固性试验和抗冻融试验, 坚固性试验的失重率应小于 8%, 抗冻融试验的抗冻等级不低于 M50。

**5.4.3** 处于严酷和极端严酷环境下的混凝土, 粗骨料的最大粒径不宜超过 25mm (大体积混凝土除外) 且不得超过构件保护层厚度的 2/3, 粗骨料的针片状颗粒含量不宜超过 10%。

**5.4.4** 处于干湿循环, 冻融循环条件下的混凝土, 粗、细骨中的含泥量, 应分别低于 0.7% 和 1%; 粗、细骨料中的水溶性氯化物折合氯离子含量, 均应不超过骨料重的 0.2%, 硫酸盐和硫化物中的  $\text{SO}_3$  含量均应不超过骨料重的 0.5%。



**DB 23/T 087—2002**

**5.4.5** 处于潮湿环境或土中及地表、地下水中的混凝土,当混凝土中总含碱量不明确时或每立方米混凝土总含碱量大于3kg时,不得采用有潜在活性的粗骨料,如因条件所限必须采用时,应采取抑制碱骨料反应的可靠措施,并需通过专门的检测和论证,防止产生混凝土碱骨料反应。

除上述要求外,高耐久性混凝土的粗、细骨料应尽量采用符合公路工程水泥混凝土路面施工技术规范中规定的Ⅰ级粗、细骨料的技术标准,矿料组成应按连续密实级配要求,确定各级矿料所占比例。以实现单位体积容重最大,空隙率较小,混凝土的和易性较好的技术指标要求。

**5.5 外加剂**

配制高耐久性混凝土,使用化学外加剂及其使用方法应符合如下要求:

**5.5.1** 各种外加剂应有厂商提供的推荐掺量与相应的要求,如引气、缓凝、早强等功能指标。选定外加剂前,必须与所用水泥进行化学成分和剂量适应性检验,化学成分不适应,不得使用,必须更换外加剂品种;剂量不适应,应通过不同减水剂掺量与混凝土减水率试验曲线找出该减水剂的最佳掺量;如果采用复合型外加剂,在满足减水率和工作性能的同时,还要满足引气量、缓凝时间(或早强时间)、坍落度损失等多项指标要求,从中选取最佳的外加剂掺量。所选用的混凝土外加剂产品的技术性能指标应符合表 5.5.1 规定。

**5.5.2** 寒冷地区高耐久性混凝土,必须掺用引气剂和减水剂,对 C40 及其以上的混凝土,特别是预应力混凝土,应采用高效减水剂,C40 以下的混凝土,可采用高效减水剂或普通减水剂。对引气剂,要求引入的气泡细小、稳定,最大平均气泡

## 表 5.5.1 掺外加剂混凝土性能指标(混凝土添加剂 GB 8076—1997)

试验项目		外加剂品种																	
		普通减水剂		高效减水剂		早强减水剂		缓凝高效减水剂		缓凝减水剂		引气减水剂		早强剂		缓凝剂		引气剂	
		一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品	一等品	合格品
减水率, % ≥		8	5	12	10	8	5	12	10	8	5	10	10	—	—	—	—	6	6
		95	100	90	95	95	100	100	100	100	70	80	100	100	110	70	80		
泌水率比, % ≤		≤3.0	≤4.0	≤3.0	≤4.0	≤3.0	≤4.0	≤4.5	≤5.5	>3.0						>3.0			
凝结 时间 之差, min	初凝	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	> +90	> +90	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~	-90 ~
	终凝	+120	+120	+120	+120	+120	+120	—	—	+120	+120	+120	+120	+120	+120	+120	+120	+120	+120
抗压强 度比, % ≥	1d	—	140	130	130	140	130	—	—	—	—	—	135	125	—	—	—	—	—
	3d	115	110	130	120	130	120	125	120	100	115	110	130	120	100	95	80	95	80
	7d	115	110	125	115	115	110	125	115	110	110	110	110	105	100	95	80	95	80
	28d	110	105	120	110	105	100	120	110	110	105	100	100	95	90	90	80	90	80



DB 23/T 087—2002

续上表

试验项目		外 加 剂 品 种																												
		普通减水剂			高效减水剂			缓凝高效减水剂			缓凝减水剂			引气减水剂			早强剂			缓凝剂			引气剂							
		一等	合格	品	一等	合格	品	一等	合格	品	一等	合格	品	一等	合格	品	一等	合格	品	一等	合格	品	一等	合格	品					
收缩率， 28d %	135			135			135			135			135			135			135			135			135					
相对耐久 性指标， %200次≥	—			—			—			—			—			80			60			—			80			60		
对钢筋 锈蚀作用		应说明对钢筋有无锈蚀危害																												
注：																														
①除含气量外，表中所列数据为掺外加剂混凝土与基准混凝土的差值或比值。																														
②凝结时间指标“—”号表示提前，“+”表示延缓。																														
③相对耐久性指标一栏中，“200次≥80和60”表示28d龄期的掺外加剂混凝土试件冻融循环200次后，动弹性模量保留值≥80%或≥60%。																														
④对于可以用高频振捣排除的，由外加剂所引入的气泡的产品，允许用高频振捣，达到某类型性能指标要求的外加剂，可按本表进行命名和分类，但须在产品说明和包装上注明“用于高频振捣的x x剂”。																														

DB 23/T 087—2002

间距系数宜在 200 ~ 300 $\mu$ m 之间,引气剂要具有良好的水溶性,且与水泥及其他外加剂具有良好的适应性。

**5.5.3** 对高耐久性混凝土,外加剂中的氯离子含量不得大于混凝土中胶结材料总重的 0.02%,高效减水剂中的硫酸钠的含量不大于减水剂干重的 20%;在使用早强剂时,对处于潮湿环境中的预应力混凝土和钢筋混凝土,应限定掺入的早强剂中硫酸钠组分占水泥重量分别不大于 0.45%和 1.5%。

**5.5.4** 桥梁结构混凝土不得采用氯化物盐类的早强剂及与其复配的早强减水剂,尽量避免冬季施工(温度低于 -15℃),避免使用防冻剂,任何提高早强的措施都不利于后期强度和耐久性,不得已而必须掺用时,经过必要的论证和试验,可在混凝土中掺入硝酸钙、亚硝酸钙或其他可靠的阻锈剂。

**5.6 含气量** 冻融环境下,高耐久性混凝土的含气量,应符合表 5.6 的要求。

表 5.6 混凝土的引气量(含气量)

骨料最大粒径,mm	引气量,%			
	B、C类环境	D类环境	E类环境	F类环境
10	5.5	6.0	6.5	7.0
15(16.0)	5.0	5.5	6.0	6.5
25(26.5)	4.5	5.0	5.5	5.5
40(31.5)	4.0	4.5	5.0	5.0

- 注:①表中含气量为现场新拌混凝土(搅拌机出料口)取样的测定值,采用改良气压法测含气量,允许误差  $\pm 1\%$ 。
- ②硬化后混凝土含气量测定采用钻芯切片、用气孔显微镜测定混凝土柱体上下两个表面的平均气泡间距系数,满足抗冻耐久性混凝土的气泡平均间距系数一般在 200 $\mu$ m ~ 300 $\mu$ m 之间。
- ③对于预应力混凝土结构,含气量应适当降低 1.0% ~ 1.5%,当含气量在 3% ~ 5%时,混凝土配合比的强度值应提高 5% ~ 10%。

## DB 23/T 087—2002

### 5.7 水

水中不应含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质或油脂、糖类及游离酸类等污染物;

污水、pH 值小于 5 的酸性水及含硫酸盐量按  $\text{SO}_4^{2-}$  计算超过水的质量  $0.27\text{mg}/\text{cm}^3$  的水不得使用, 水中氯离子含量大于  $5\text{mg}/\text{cm}^3$  的水不得使用。

## 6 高耐久性混凝土配合比设计

6.1 高耐久性混凝土配合比设计应满足下列四项技术经济要求:

6.1.1 较高的抗压强度(或抗弯拉强度), 抗压弹性模量(或抗弯拉弹性模量);

6.1.2 高工作性, 满足混凝土浇注成型的工艺条件;

6.1.3 高耐久性, 满足所处环境条件的耐久性(设计工作寿命)要求;

6.1.4 较好的全周期经济性, 自建成之日起至必须大修加固时止的设计使用年限, 最少的投资成本。

6.2 配合比设计有关的计算参数和选定基准混凝土配合比。

高耐久性混凝土配合比设计中有关基本参数的确定, 按照 JGJ 55—2000《普通混凝土配合比设计规程》执行。

首先按计算出的混凝土配合比, 进行试配, 以检查拌和物的基本性能。当试拌得出的拌和物坍落度或维勃稠度不能满足要求或粘聚性、保水性不好时, 应在保持水灰比不变的条件下调整用水量或调整砂率, 直至符合要求为止, 然后提出供混凝土强度试验用的基准配合比。

6.3 配合比的调整与确定——配合比设计的优化。



**DB 23/T 087—2002**

为满足前述四项技术经济指标的要求，应在基准混凝土配合比的基础上，采取使用高效减水剂、引气剂和粉煤灰（或磨细矿渣）等技术措施调整混凝土配合比。

**6.3.1 掺混合材料——粉煤灰或矿渣的混凝土配合比调整**

当掺和料是矿渣、硅灰以等量取代水泥时，因混合料与水泥比重差异产生的体积变化，应由砂石来调整，同时保证砂率不变；

当用粉煤灰时，等量取代水泥部分增加的体积由砂、石体积按比例扣除；粉煤灰超量部分的体积应在砂料中扣除同体积的砂重，具体调整方法参见 GBJ 146—90《粉煤灰混凝土应用技术规范》，掺粉煤灰混凝土的砂率一般比基准混凝土砂率低。

**6.3.2 掺引气剂的混凝土配合比调整**

掺引气剂混凝土的配合比是在基准混凝土配合比或混合料混凝土配合比的基础上调整得来。

在进行配合比调整时，应保持混凝土水泥用量或胶结材料总量不变。

引气混凝土的含气量  $A$  是根据高耐久性混凝土含气量表和混凝土最大水灰比和最小水泥用量表来确定的。引气后混凝土的体积相应增加  $(A - 1)\%$ ，由此增加的体积应从砂、石体积中扣除，其扣除原则如下：

当含气量  $\leq 4\%$ ，则石料体积按  $1\%$  扣除，砂的体积按  $(A - 2)\%$  扣除；

当含气量  $> 4\%$ ，则石料的体积按  $1.5\%$  扣除，砂的体积按  $(A - 2.5)\%$  扣除。

当使用优质的引气剂如 SJ-2 或其他引气减水剂时，混

## DB 23/T 087—2002

凝土坍落度将明显提高,因此一般可减水 5% ~ 10%。因减水产生的体积变化,归并到掺减水剂混凝土配合比调整部分进行计算。

### 6.3.3 掺减水剂混凝土的配合比调整

由于引气后,混凝土抗压强度将有一定程度的降低,抗折强度有提高),因此,为了弥补这部分损失,获得与基准混凝土相同的强度和坍落度,应通过降低水灰比或水胶比来实现,即加入减水剂或高效减水剂。

减水剂的减水率可参照厂商提供的数据进行初步计算调整;在减水剂和引气剂复合使用时,减水率可在厂家提供的数据基础上增加约 5% 进行计算调整。

因减水产生的体积减少部分,应通过增加砂、石体积来保持平衡,同时保持砂率不变。

### 6.4 混凝土配合比的校验和调整

按以上得到的配合比进行高耐久性混凝土试配。这种混凝土是在多种材料用量和性能互动、综合作用下形成的优良均质材料,测定其强度、含气量、坍落度和容重,根据测试结果,再对配合比进行适当调整,最终确定高耐久性混凝土的配合比。

试配时应使用施工现场实际使用的材料,这些材料的规格、质量、性能、品质应保持稳定,如有较大变动时,应重新调整混凝土的配合比;所有配制的混凝土拌和物应满足均质性、和易性、凝结时间、强度增长速率等施工技术条件,硬化后混凝土应满足结构强度、耐久性、控制裂缝等性能要求。

最终配制的混凝土,应根据结构情况和施工条件,按表 6.4 控制浇注时混凝土的坍落度。



DB 23/T 087—2002

表 6.4 混凝土浇筑入模时的坍落度

结 构 类 别	坍落度,mm(振动器振实)
桥涵基础、墩台、无筋或少筋结构	10 ~ 30
普通配筋率的钢筋混凝土结构	30 ~ 50
配筋较密,断面较小的混凝土结构	50 ~ 70
配筋极密,断面高而窄的混凝土结构	70 ~ 90
有一定高程要求的泵送混凝土	160 ~ 200

6.5 高耐久性混凝土(硬化后)技术指标

高耐久性混凝土技术指标要求,应根据不同结构类型、不同结构部位及混凝土所处环境条件选取,并需经过多种配合比试验和配合比调整,确定所需要的高耐久性混凝土配合比和施工控制措施。除混凝土所必须达到的强度之外,高耐久性混凝土还应具有以下技术指标,可按表 6.5 选取。

表 6.5 高耐久性混凝土技术指标

结构 类型	技 术 指 标				
	抗渗性	抗冻性	抗钢筋锈蚀性 (Cl <sup>-</sup> 渗透扩散)	抗碳化性	抗裂性 (体积稳定性)
J <sub>T</sub> 、J <sub>I</sub>	> S12	300 次 DF > 80%	< 1000 库仑	5mm	大体积混凝土、高强度混凝土裂缝控制、温升、温差控制需做专项设计
J <sub>2</sub>	> S8	300 次 DF > 60%	< 2000 库仑	< 10mm	

7 混凝土桥梁结构构造与裂缝控制

7.1 为保证桥梁混凝土结构的耐久性,暴露于大气和与水、

**DB 23/T 087—2002**

土介质接触的混凝土构件的外形应力求简洁,尽量减少暴露的表面积和棱角,处于严重侵蚀环境下的构件截面棱角宜做成圆角。

结构的形状和布置应有利于通风和避免水汽在混凝土表面积聚,便于施工时混凝土的捣固、养护。减少荷载作用下或发生变形时的应力集中。

**7.2** 结构的构造设计应有利于减少结构构件因变形作用而引起的约束应力,并仔细规划出施工缝、控制缝、沉降缝、收缩或膨胀缝的位置及其构造。

**7.3** 混凝土构件的表面形状应有利于排水,对于可能受雨淋或积水的水平表面应做成斜面,排水应通过专门设置的管道,不得将结构构件的混凝土表面直接作为排水通道。排水管的出口不得紧贴混凝土构件的表面,出口应离开结构物墩柱一定距离。

**7.4** 对于可能喷洒除冰盐或可能遭受氯盐侵蚀的盐碱地区的混凝土构件,如桥梁混凝土面层与桥面板之间,桥墩处于盐碱地区水或土壤质侵蚀部分,必须设置特殊的防水层或采取防腐蚀措施。

**7.5** 混凝土结构的施工缝和连接缝位置,应尽量避免可能遭受最不利局部侵蚀环境的部位,如桥墩中的浪溅区和水位变动区,U型桥台靠近地表的干湿交替区。对可能遭受氯盐侵蚀的环境,还应对这些结构连接缝处的混凝土采取特殊的防腐措施(如混凝土表面浸涂等),靠近该部位的钢筋也应采取环氧涂膜处理。所有施工缝、控制缝、变形缝(收缩缝、沉降缝)的构造应保证可靠密封。

**7.6** 对于可能处于高度水饱和并受反复冻融的混凝土薄壁

DB 23/T 087—2002

构件,应充分估计混凝土表面遭冻融剥蚀对构件承载力的损害,并在设计时适当增加保护层厚度或采取其他提高混凝土耐久性的技术措施。

7.7 按耐久性的要求,为防止钢筋锈蚀的混凝土保护层厚度一般宜从箍筋外缘算起(对 J<sub>1</sub> 类别的结构以及当环境侵蚀作用等级为 D、E、F 类时,应从箍筋外缘而不是主筋外缘算起)。相应的混凝土的保护层厚度应符合表 7.7 要求。

表 7.7 混凝土保护层最小厚度(单位:mm)

侵蚀作用等级	B	C	D	E	F
普通钢筋混凝土	20(25)	25(35)	40	50	60
预应力混凝土	35(45)	35(50)	50	60	70

注:①对于设计工作寿命为 J<sub>1</sub> 类别且处于侵蚀环境作用等级为 B 或 C 时,保护层厚度取括号内数值。

②当采用混凝土表面涂层或覆盖层等特殊防腐措施时,表中厚度值可减少 5mm;

当混凝土水胶比低于 0.45,混凝土强度在 C40~C50 之间时,表中厚度值可减少 5mm;

当混凝土的水胶比低于 0.40,混凝土强度大于 C50 时,表中厚度值可根据所处环境条件、工程结构类别适当减少 5mm~10mm。

7.8 按耐久性要求,混凝土在荷载作用下的表面裂缝计算宽度应不超过表 7.8 数值。

表 7.8 表面裂缝计算宽度的允许值(单位:mm)

使用环境	钢筋混凝土	预应力混凝土
干湿交替 (无氯盐或硫酸盐)	0.2	0.1
水中、碱土中环境 (无氯盐或硫酸盐)	0.2	0.1
氯离子侵蚀环境	0.1	不允许开裂



## DB 23/T 087—2002

**7.9** 当构件有防水要求或处于盐类侵蚀的潮湿或干湿交替环境,需要严格控制裂缝宽度时,在构件每侧暴露面上的防收缩钢筋配筋率不低于 0.6% (235 级钢筋) 或 0.4% (335 级或 400 级钢筋),此时防收缩钢筋间距不宜大于 150mm,直径不宜大于 10mm,但受力钢筋直径不应小于 16mm。

防收缩钢筋配筋率是单位长度内一侧防收缩钢筋面积与  $0.5h$  构件面积之比,其中  $h$  为构件厚度,当  $h > 500\text{mm}$  时,按 500mm 计算。

**7.10** 处于严重锈蚀环境下的混凝土构件,对浇注在混凝土中并部分暴露在外的吊环、紧固件、连接件等铁件应与混凝土中的钢筋相隔离,以消除这类构件的可能锈蚀对构件耐久性承载力的影响。

**7.11** 为封闭预应力筋金属锚具,后浇混凝土的强度等级应与构件本体混凝土的强度等级相同,封闭锚具的混凝土保护层厚度在干湿交替环境下应不小于 50mm,在盐类侵蚀环境下应不小于 90mm。

**7.12** 桥梁伸缩缝两端与主梁连结部分的混凝土,由于其使用条件不利,受力比较复杂,且有车辆荷载的冲击、挤压作用,为避免这部分混凝土的早期损坏,应采取特殊措施,提高其使用耐久性。

为增强这部分混凝土抗冲击、抗疲劳性能,在进行混凝土配合比设计时,除按高耐久性混凝土的要求优化配合比之外,还应使用膨胀剂和掺入钢纤维或聚丙烯纤维等增韧材料,并做好伸缩缝与构造钢筋的连结。

## 8 高耐久性混凝土的施工要求

### 8.1 精选原材料和优化混凝土配合比设计

**DB 23/T 087—2002**

根据本规程第 5、第 6 章内容对原材料要求和配合比设计中的注意事项，组织原材料分批进场，经过试验、校验、调整，确定高耐久性混凝土配合比，对于耐久性要求较高的混凝土还应做抗裂性试验（或环形试件开裂试验，或板式试件开裂试验），从中选择抗裂性能良好的混凝土配合比。高耐久性混凝土配合比必须经驻地监理工程师审核并报请业主单位批准后，方可组织实施。

**8.2** 高耐久性混凝土必须采用大容量、强制式搅拌机或立轴行星式搅拌机生产，各种材料的输入采用电子称计量，计量误差在允许范围之内，确保混凝土的均质性。如混凝土运输距离较远，则采用混凝土搅拌运输车运送，如较近可采用翻斗车加盖苫布运送，对在运送过程中已产生离析泌水的混凝土，要进行二次搅拌。

**8.3 混凝土的浇注与振捣**

浇注混凝土前，应仔细检查保护层垫块的位置、数量及其牢固程度和所有配筋位置、数量、弯折形状、尺寸等，确保各断面配筋率和保护层厚度，保护层内不得有绑扎钢筋的铁丝伸入。保护层垫块的尺寸应保证混凝土保护层的准确性，其形状应有利于钢筋的定位。垫块一般可用细石混凝土制做，其抗侵蚀能力和强度，应高于构件本体混凝土，水胶比不高于 0.4。

在浇注高耐久性混凝土时，应预先制定适当的操作工艺，使混凝土既能振捣密实，又能保持设计的含气量，应按构件（大构件按部位）检测混凝土含气量、坍落度、湿容重等。同批量混凝土每天检测不少于 2 次。

**8.4** 对于水胶比低于 0.45 的混凝土和大掺量粉煤灰混凝



DB 23/T 087—2002

土,在浇注基础底板、桥面混凝土等大面积构件时,应尽量减少暴露的工作面,浇注完成后立即抹面,并用塑料薄膜紧密覆盖,防止水分蒸发和阳光直射,待混凝土初凝前后,卷起塑料薄膜用抹子搓压表面使之平整后再次覆盖,至终凝后撤除薄膜,进行洒水养护。

墙板宜采用有蓄水内膜或有良好保水性能的模板,当使用钢模时,应及早松开模板覆盖后洒水养护。耐久性混凝土的潮湿养护时间应不低于表 8.4 中的要求。

表 8.4 耐久性混凝土湿养护期限

混凝土类型	水胶比	大气湿度 50%, RH < 75%, 无风,无阳光直射		大气湿度干燥 RH < 50%,有 风或阳光直射	
		日平均气温,℃	湿养护期限,d	日平均气温,℃	湿养护期限,d
胶凝材料中掺有粉煤灰(>15%)或矿渣(>30%)	≥0.45	5	14	5	21
		10	10	10	14
		≥20	7	≥20	7
	≤0.45	5	10	5	14
		10	7	10	10
		≥20	5	≥20	7
胶凝材料主要为硅酸盐或普通硅酸盐水泥	≥0.45	5	10	5	21
		10	7	10	14
		≥20	3	≥20	7
	≤0.45	5	7	5	14
		10	5	10	10
		≥20	3	≥20	7

8.5 浇注温度与混凝土温升要求

大型桥梁混凝土结构壁厚大于 80cm 的高标号高耐久性

**DB 23/T 087—2002**

混凝土，应按大体积混凝土控制混凝土浇注温度、混凝土内部温升及温度梯度、内部与表面温差，以防止产生体积变形和温度裂缝。一般可用热电偶测定若干关键截面上的中点温度和离开暴露表面约 5cm 处的表层温度，对于重要的工程构件（部位），应通过专门的计算分析程序，确定工序安排和养护方法，并事先给出实际浇注混凝土时温度控制参数。

一般经验是：混凝土的人模温度不宜超过  $28^{\circ}\text{C}$ ，不应大于  $32^{\circ}\text{C}$ ，入模后 30min 内的最大温升应小于  $30^{\circ}\text{C}$ ，在任一时间和任一截面内二点间温度差不宜大于  $20^{\circ}\text{C}$ ，不应超过  $25^{\circ}\text{C}$ ，混凝土内部最高温度不应高于  $70^{\circ}\text{C}$ 。

新浇混凝土与邻接的已硬化混凝土或岩土介质之间温差不大于  $20^{\circ}\text{C}$ ，淋注于混凝土表面的养护水的温度与混凝土表面温度之差不大于  $15^{\circ}\text{C}$ 。

在炎热天气浇注混凝土时，应避免模板和新浇混凝土受阳光直射，入模前的钢模与钢筋温度以及附近的局部温度不得超过  $40^{\circ}\text{C}$ 。

### **8.6 使用微膨胀剂应经过论证和必要的试验，禁止乱用。**

用于施工后浇带或填充预留孔洞的混凝土宜加入适量的微膨胀剂，使用前应检验与水泥和其他外加剂之间的相容性和混凝土内部可能产生的高温（超过  $65^{\circ}\text{C}$ ）对膨胀性能的可能危害。当设计和施工确定使用膨胀剂时，应充分考虑工程结构的配筋或构造连结能否提供足够的约束力，使掺入的膨胀剂发挥正常的作用。

## **9 高耐久性混凝土施工质量检验和工程质量管理**

### **9.1 在高耐久性混凝土施工中，必须加强混凝土施工现场的**

## DB 23/T 087—2002

工程监理,消除在工程建设全过程中可能出现的人为错误给工程结构留下隐患,以确保混凝土结构的使用耐久性。

**9.2** 在浇注混凝土之前,应对临时结构设计的稳定性进行仔细检查,模板、支架、拱架及其他支护构件要有足够的强度、刚度和稳定性,在混凝土浇注振捣过程中不能发生超限变形,降低混凝土构件成型后的质量标准,或造成混凝土结构内力发生变化,过早出现工程裂缝,降低桥梁结构的使用年限。

**9.3** 对混凝土构件的钢筋布设、绑扎,预埋件,管道,垫块,锚具等按设计要求仔细核查,预应力混凝土结构的预应力筋制作安装、张拉、压浆、封锚等都必须严格控制在标准允许的偏差之内。

**9.4** 混凝土浇注程序和浇注质量控制按 JTJ 041—2000《公路桥涵施工技术规范》执行。对大体积混凝土,小断面薄壁结构混凝土,必须经过试验和论证,制订专门的施工工艺标准,严格控制水化热产生的温差或施工环境产生的温度场造成的表面开裂。

混凝土试件要在拌和现场随机制取,并测定拌和料的含气量、坍落度(扩展度)、湿容重。硬化后的混凝土试件要测定28天强度、抗冻性、抗渗性、抗碳化及抗氯离子  $\text{Cl}^-$  扩散渗透性能。

混凝土拌和料工作性能指标和硬化混凝土强度及耐久性指标要符合设计文件所要求的高耐久性混凝土质量标准。

## 10 混凝土桥梁的使用、维护与检测

混凝土桥梁广泛应用于跨河或跨越的结构工程,正确地使用和维护桥梁混凝土结构,是提高桥梁使用耐久性的必要



## DB 23/T 087—2002

---

条件。

**10.1** 改善桥梁混凝土结构的工作环境条件和提高混凝土表面抵抗有害介质的侵蚀性能。

避免积水长期浸湿或经常处于干湿交替状态，浸水或潮湿是产生冰冻、盐冻破坏的外在根源；

减少混凝土表面的渗透性，消除有害介质的侵入，进行必要的抹面，涂层防腐等。

**10.2** 不能任意改变桥梁结构的受力状态和提高桥梁的荷载等级。

桥梁投入使用后，要进行定期检查和及时维修，对已破坏损伤的构件（杆件，受力索）要及时更换或加固，保持原工程结构的承载能力。

旧桥梁需要提高荷载等级时，要进行承载能力检测和评估，经过必要的加固改造后才能通行高一等级荷载的车辆。

**DB 23/T 087—2002****附 录 A****(资料性附录)****高耐久性混凝土配合比设计**

我省鹤大公路某段为一级公路，在一座小桥空心板梁上采用高性能高耐久性混凝土，板梁为后张法预制的预应力梁，设计工作寿命为 70 年，环境侵蚀作用为 E 类。

原设计混凝土强度分别为：空心板梁 C40，混凝土桥面 C40，承台及墩柱 C30。

按照高性能高耐久性要求，不同结构混凝土采用下列技术指标：

● 桥面混凝土，要求具有很高的抗除冰盐剥蚀和抗冻性，抗冻指标  $DF > 90\%$ ，含气量为 5%；

● 空心板梁混凝土，要求具有较高的抗除冰盐剥蚀和抗冻性以及抗钢筋锈蚀性能。抗冻指标  $DF > 80\%$ ，含气量为 4%，粉煤灰掺量为总胶结材料的 15%~25%；

● 承台和墩柱混凝土，要求具有较高的抗除冰盐剥蚀和抗冻性，抗冻指标  $DF > 60\%$ ，含气量为 4%。

**A.1 材料选择**

42.5 普硅水泥，中砂细度模数 2.9，二级碎石，碎石最大

DB 23/T 087—2002

粒径 31.5mm,砂、碎石质量达到 I 类标准,II 级以上标准的磨细粉煤灰,UNF—5 萘系高效减水剂,ENC 糖蜜型引气缓凝减水剂,经对材料试验检测,砂石质量合格,外加剂与水泥混凝土相容性好,大小碎石最佳配比大:小 = 60:40。

A.2 选定基准混凝土配合比

根据普通混凝土配合比设计规程 JGJ 55—2000,通过试配,选定基准混凝土配合比,每立方米混凝土材料 kg/m<sup>3</sup>,见表 A.1。基准混凝土强度、含气量、坍落度试验结果见表A.2。

表 A.1 基准混凝土配合比

混凝土系列	水泥	粉煤灰	水	砂	石子	ENC	SJ-2
C40 桥面混凝土 A <sub>0</sub>	409	—	180	571	1290	—	—
C40 实心板梁混凝土 B <sub>0</sub>	425	—	187	626	1163	—	—
C30 承台墩柱混凝土 C <sub>0</sub>	356	—	178	606	1260	—	—

表 A.2 基准混凝土强度、含气量、坍落度试验结果

混凝土系列	水胶比, w/c	砂率,%	坍落度, mm	含气量, %	抗压强度 MPa		
					7d	28d	90d
C40 桥面混凝土 A <sub>0</sub>	0.44	30.7	55	0.8	35.9	49.4	54.7
C40 空心板梁混凝土 B <sub>0</sub>	0.44	35	60	0.86	35.4	48.1	53.1
C30 承台墩柱混凝土 C <sub>0</sub>	0.50	32.5	40	0.76	30.0	39.5	—



DB 23/T 087—2002

A.3 按照高性能高耐久性要求,优化混凝土配合比及性能指标

根据混凝土强度、坍落度、含气量要求调整后,混凝土配合比及硬化混凝土性能如表 A.3-1、A.3-2。

表 A.3-1 优化混凝土配合比

混凝土类别	水泥,kg	粉煤灰,kg	水,kg	砂子,kg	碎石,kg	减水剂,kg/m <sup>3</sup>	引气剂(SJ-2),kg/m <sup>3</sup>
C40 桥面混凝土	400	~	153	584	1186	8.4ENC	0.05
C40 空心板混凝土	400	100	166	572	1121	1.8(高效减水剂)	0.3
C30 承台墩柱混凝土	342	~	150	615	1195	8.3 ENC	~

表 A.3-2 新拌和及硬化混凝土性能

混凝土类别	水胶比, $w/(c+F)$	砂率, %	坍落度, mm	含气量, %	(抗压强度/抗折强度), MPa			
					3d	7d	28d	90d
C40 桥面混凝土	0.38	32.3	45	5.3		36.4/ 5.7	50.2/ 6.7	56.1/ 7.3
C40 空心板混凝土	0.342	32	130	4.0	28.6	44.3	61.2	74.3
C30 承台墩柱混凝土	0.411	33.5	45	3.8	23.6	31.1	40.2	~

A.4 高性能高耐久性混凝土的试验检验

1)抗冻耐久性,采用盐冻试验和普通快速冻融试验,评定

## DB 23/T 087—2002

---

混凝土的抗冻耐久性；

2)氯离子扩散深度和钢筋锈蚀率检验抗钢筋锈蚀性能。

Cl<sup>-</sup>离子扩散深度试验,采用同济大学工程材料研究院研制的色差显示法来测定；

钢筋锈蚀测定采用我国《港口工程技术规范》(JTJ 225—87)中的钢筋加速腐蚀试验方法。

### A.5 结论

试验结果表明,按耐久性设计的优化混凝土配合比,尽管水泥用量较基准混凝土有所降低,但在保证混凝土强度和施工性能(坍落度)的前提下,混凝土的综合耐久性,特别是抗盐冻剥蚀性、抗冻性和抗钢筋锈蚀性能都有大幅度提高,分别提高 10 倍和 3 倍。

## DB 23/T 087—2002

---

# 附 录 B

## (资料性附录)

### 高耐久性混凝土的试验检验方法

#### B.1 混凝土的抗盐冻试验

欧洲共同体通用试验标准 RILEM TC117—FDC/95。

#### B.2 混凝土的氯离子扩散深度试验

同济大学工程材料研究院色差显示测定法。

#### B.3 混凝土抗钢筋锈蚀试验

我国《港口工程技术规范》(JTJ 225—87)中的钢筋加速腐蚀试验。

#### B.4 表层混凝土碳化深度测定

我国《港口工程技术规范》(JTJ 225—87)中的混凝土加速碳化试验。