

ICS 93.040
CCS P 28

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1999—2025

桥梁高性能混凝土施工技术规范

Technical specifications for construction of high performance concrete for bridge

2025-04-18 发布

2025-05-17 实施

陕西省市场监督管理局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 材料	2
5 配合比设计	5
6 施工	9
7 质量控制与验收	10

前　　言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由陕西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：西安公路研究院有限公司、陕西省交通规划设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：贾德生、王海峰、郭克清、韩微微、李娜、张名成、张威、徐希娟、叶晨、苏静、郑志龙、张晖、李锐龙、索硕晨。

本文件首次发布。

本文件由西安公路研究院有限公司负责解释。

联系信息如下：

单位：西安公路研究院有限公司

电话：029-88811596

地址：陕西省西安市高新六路60号

邮编：710065

桥梁高性能混凝土施工技术规范

1 范围

本文件规定了桥梁高性能混凝土的材料、配合比设计、施工、质量控制与验收的要求。

本文件适用于桥梁高性能混凝土施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB 50204 混凝土工程施工质量验收规范
- GB/T 176 水泥化学分析方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法勃氏法
- GB/T 8076 混凝土外加剂
- GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 18736 高强高性能混凝土用外加剂
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 41054 高性能混凝土技术条件
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范
- GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- JC 473 混凝土泵送剂
- JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG 3432 公路工程集料试验规程
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG E30-2005 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- JTG/T 193 混凝土耐久性检验评定标准
- JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG/T 385-2015 高性能混凝土评价标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高性能混凝土 high performance concrete

合理掺加外加剂和矿物掺合料，能保证桥梁混凝土结构所要求的各项力学性能，具有高耐久性和高工作性的混凝土。

[来源：JTG/T 385-2015，2.0.1修改]

3.2

矿渣粉 slag powder

粒化高炉矿渣经干燥、粉磨，达到比表面积和活性指数要求的粉体。

3.3

高耐久性 high durability

混凝土抵抗环境介质作用，保持长期良好使用性能的能力。

3.4

高工作性 high workability

混凝土施工过程中保持良好的流动性、黏聚性和泌水性等工作性能的能力。

3.5

坍落扩展度 divergence

混凝土拌和物的坍落度大于220mm时，拌和物最终扩展后的直径。

[来源：JTG E30-2005，2.1.8]

4 材料

4.1 一般要求

4.1.1 原材料在使用前应进行检测，合格后方可使用。

4.1.2 高性能混凝土所用原材料的性能指标应符合设计要求。

4.1.3 高性能混凝土用于钢筋混凝土时氯离子含量不应超过胶凝材料总量的0.10%，用于预应力混凝土时氯离子含量不应超过胶凝材料总量的0.06%。

4.2 水泥

4.2.1 选用强度等级不低于42.5的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

4.2.2 水泥的技术要求除符合GB 175的规定外，还应符合表1的规定。

表 1 水泥技术要求

检测项目	技术要求	试验方法
比表面积/ (m ² /kg)	300~400	GB/T 8074 GB/T 176
80μm 方孔筛筛余/%	≤10.0	
游离氧化钙含量/%	≤1.0	
碱含量/%	≤0.60	
熟料中的 C ₃ A 含量/%	≤8	
氯离子含量/%	≤0.03	

4.3 掺合料

4.3.1 C50 以下混凝土用粉煤灰应符合 II 级粉煤灰要求, C50 及以上混凝土用粉煤灰应符合 I 级粉煤灰要求, 主要技术指标应符合表 2 的规定。

表 2 粉煤灰技术要求

检测项目	技术要求		试验方法	
	C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土		
细度/%	≤20	≤12	GB/T 1596 GB/T 176	
需水量比/%	≤100	≤95		
含水率/%	≤1.0			
烧失量/%	≤5.0	≤3.0		
SO ₃ 含量/%	≤3.0			
CaO 含量/%	≤10			
游离 CaO 含量/%	F 类粉煤灰≤1.0 C 类粉煤灰≤4.0			
氯离子含量/%	≤0.02			
活性指数/%	7 d	≥75	≥80	GB/T 176
	28 d	≥85	≥90	

4.3.2 矿渣粉技术要求应符合表 3 的规定。

表 3 矿渣粉技术要求

检测项目	技术要求	试验方法
MgO 含量/%	≤14	GB/T 176
SO ₃ 含量/%	≤4	
烧失量/%	≤3.0	
氯离子含量/%	≤0.02	
比表面积/ (m ² /kg)	350~450	
需水量比/%	≤100	
含水率/%	≤1.0	GB/T 18046
活性指数 (28d) /%	≥95	GB/T 18046

4.3.3 硅灰的技术要求除应符合 GB/T 27690 和 GB/T 18736 的规定外，还应符合表 4 的规定。

表 4 硅灰技术要求

检测项目	技术要求		试验方法
比表面积/ (m ² /kg)	≤125	≥15000	GB/T 18736
需水量比/%		≤3.0	
含水率/%		≤6.0	
氯离子含量/%	≥85	≤0.10	GB/T 176
SiO ₂ 含量/%		≥90	
活性指数/%		≥95	
3 d	≥115	≥95	GB/T 18736
7 d		≥115	
28 d		≥115	

4.4 粗集料

4.4.1 应选用级配合理、粒形良好、坚硬耐久的碎石。

4.4.2 粗集料的技术指标除应符合 JTGT 3650 的规定，最大粒径不宜大于 26.5mm，其中，上部结构用粗集料压碎值应不大于 8%，下部结构用粗集料压碎值应不大于 10%。

4.4.3 粗集料的有害物质含量应符合表 5 的规定。

表 5 粗集料有害物质含量限值

检测项目	技术要求		试验方法	
	C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土		
含泥量/%	≤1.0	≤0.5	JTGT 3432	
泥块含量/%	≤0.25			
针片状颗粒总含量/%	≤7	≤5		
硫化物及硫酸盐含量(折算成 SO ₃ , %)	≤0.5			
氯离子含量/%	<0.02			
有机质含量(比色法)	颜色不应深于标准色。当深于标准色时，应配制成混凝土进行强度对比试验，抗压强度比不应小于 0.95。			

4.5 细集料

4.5.1 细集料宜选用细度模数为 2.5~3.1 的天然河砂，或符合要求的机制砂。

4.5.2 细集料的有害物质含量应符合表 6 的规定。

表 6 细集料有害物质含量限值

检测项目	技术要求		试验方法	
	C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土		
含泥量/%	≤2.5	≤2.0	JTG 3432	
泥块含量/%	≤0.5			
云母含量/%	≤0.5			
轻物质含量/%	≤0.5			
氯离子含量/%	≤0.02	≤0.01		
硫化物及硫酸盐含量/(折算成 SO ₃ , %)	≤0.5			
有机物含量(比色法)	颜色不应深于标准色, 如深于标准色, 则应按水泥胶砂强度试验方法进行强度对比试验, 抗压强度比不应低于 0.95。			

4.6 外加剂

宜采用高性能减水剂、高效减水剂或复合减水剂, 技术指标除符合 GB8076 的规定以外, 还应符合表 7 的技术要求。

表 7 外加剂技术要求

检测项目	技术要求		试验方法	
水泥净浆流动度/mm	≥240		GB/T 8077	
硫酸钠含量/%	≤5.0			
氯离子含量/%	≤0.02			
碱含量/(Na ₂ O+0.658K ₂ O, %)	≤10.0			
减水率/%	≥25		GB 8076	
含气量/%	配制非抗冻混凝土时	≥3.0		
	配制抗冻混凝土时	≥4.5		
坍落度保留值/mm	30 min	≥180	JC 473	
	60 min	≥150		
常压泌水率比/%	≤20		GB 8076	
压力泌水率比/%	≤90		JC 473	
抗压强度比/%	3 d	≥160	GB 8076	
	7 d	≥150		
	28 d	≥140		
对钢筋锈蚀作用	无锈蚀			
收缩率比/%	≤110			
相对耐久性指标/(200 次, %)	≥80			

5 配合比设计

5.1 配合比

5.1.1 C50 以下混凝土胶凝材料总量不宜高于 450 kg/m^3 , C50 以上混凝土胶凝材料总量不宜高于 500 kg/m^3 。

5.1.2 混凝土配合比应符合表 8 的规定。

表 8 配合比要求

强度等级	最低胶凝材料总量/(kg/m ³)	最大水胶比	掺合料最大掺量/%
C30	280	0.55	单掺矿渣粉：35 单掺粉煤灰：15 复掺粉煤灰、矿渣粉、硅灰总量：35（其中，粉煤灰掺量不宜超过20%，矿渣粉掺量不宜超过15%，硅灰掺量不宜超过5%）
C35	300	0.50	
C40	320	0.45	
C45	340	0.40	
C50	360	0.36	
C55 及以上	380	0.32	

5.1.3 地上结构单掺粉煤灰掺量不应超过 15%，单掺矿渣粉或复掺不应超过 35%，地下结构可适当提高掺量，应根据试验确定。

5.1.4 无抗冻要求的混凝土含气量应小于 2.0 %（干硬性混凝土除外）。当混凝土有抗冻要求时，含气量应根据抗冻等级的要求经试验确定，预应力梁混凝土含气量应不大于 3 %。入模含气量应符合表 9 的规定。

表9 入模含气量技术要求

集料最大粒径/mm	入模含气量/%		
	中度饱水	高度饱水	盐或化学腐蚀下冻融
9.5	≤5.5	≤7.0	≤7.0
16.0	≤5.0	≤6.5	≤6.5
26.5	≤4.5	≤6.0	≤6.0

5.2 材料用量

5.2.1 胶凝材料体积与集料体积比宜为 35: 65。

5.2.2 外加剂总量宜为胶凝材料用量的 0.8%~2%。

5.2.3 砂率宜为 36%~42%。

5.2.4 当最大粒径为 26.5 mm 时, 5 mm~10 mm 粒级含量应占总含量的 35%~45%。

5.3 设计步骤

5.3.1 强度计算

5.3.1.1 设计强度等级小于 C60 时，配制强度应按式 1 计算：

$$fcu, p \geq fcu, o + 1.645\sigma \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中：

$f_{cu,p}$ —混凝土的配制强度值，单位为兆帕（MPa）；

$f_{cu,o}$ ——混凝土的设计强度值，单位为兆帕（MPa）；

σ ——混凝土的强度标准差，单位为兆帕（MPa）。

5.3.1.2 设计强度等级大于 C60 时, 配制强度应按式 2 计算:

$$fcu, \quad p \geq 1.15 fcu,o \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

5.3.2 计算步骤

5.3.2.1 水胶比

$$W/C = \frac{1}{\frac{fcu, p}{Afce} + B} \quad \dots \quad (3)$$

式中：

W/C——水胶比，单位为公斤每立方米 (kg/m^3)；

f_{ce}——水泥实际抗压强度，单位为兆帕（MPa）；

A ——经验常数，碎石混凝土取 0.48；

B ——经验常数，碎石混凝土取 0.52。

5.3.2.2 用水量

$$W = \frac{Ve - Va}{1 + \frac{0.335}{W/B}} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

式中：

W ——用水量, 单位为千克每立方米 (kg/m^3) ;

V_e ——每立方米水泥混凝土中胶结料浆体体积，单位为立方米每立方米（ m^3/m^3 ）；

V_a ——每立方米水泥混凝土中空气体积，单位为立方米每立方米（ m^3/m^3 ）。

5.3.2.3 胶凝材料用量

$$\begin{aligned} Q &= \frac{W}{W/(C+F)} \\ C &= (1-\alpha) \cdot Q \\ F &= \alpha \cdot O \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

式中：

Q ——胶凝材料用量, 单位为千克每立方米 (kg/m^3) ;

C——水泥用量, 单位为千克每立方米 (kg/m^3) ;

F ——掺合料用量, 单位为千克每立方米 (kg/m^3) ;

α ——掺合料掺量 (%)。

5.3.2.4 砂率及集料用量

$$Ve = Vw + Vc + Vf + Va = \frac{W}{\rho_w} + \frac{C}{\rho_c} + \frac{F}{\rho_f} + Va \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

式中：

V_W ——每立方米水泥混凝土中水的体积，单位为立方米每立方米 (m^3/m^3)；

V_c ——每立方米水泥混凝土中水泥体积，单位为立方米每立方米（ m^3/m^3 ）；
 V_f ——每立方米水泥混凝土中掺合料体积，单位为立方米每立方米（ m^3/m^3 ）；
 ρ_w ——水的密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）；
 ρ_c ——水泥密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）；
 ρ_f ——掺合料密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）。

$$Sp = \frac{Ves - Ve + W}{1000 - Ve} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

式中：

Sp ——砂率 (%) ;

V_{es} ——每立方米水泥混凝土中干砂浆体积，单位为立方米每立方米 (m^3/m^3)。

式中：

S ——每立方米水泥混凝土中细集料用量，单位为千克每立方米 (kg/m^3)。

$$G = 2400 - C - W - F - S \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

式中：

G ——每立方米水泥混凝土中粗集料用量，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）。

5.3.3 试配与调整

5.3.3.1 试配材料应与工程实际使用的原材料一致。

5.3.3.2 试配与调整应符合 JGJ 55 的规定。

5.3.3.3 根据设计及工程要求开展耐久性验证（抗冻、抗腐蚀、抗渗），并进行调整。

6 施工

6.1 拌制

6.1.1 采用强制式搅拌机搅拌。

6.1.2 搅拌机中应先投入细集料、水泥和掺和料，搅拌均匀；加水并将其搅拌成砂浆；投入粗集料，搅拌；投入外加剂，搅拌均匀为止，搅拌时间应不大于3 min。

6.1.3 拌制混凝土应检查坍落扩展度、含气量和泌水状况。

6.2 运输

6.2.1 运输过程中不应产生离析现象。

6.2.2 夏季运输设备应隔热处理，冬季运输设备应保温处理。

6.3 浇筑

6.3.1 混凝土应具有良好的工作性能，浇筑时应检查坍落扩展度、泌水状况，成型试件，同步养生。

6.3.2 浇筑时混凝土自由倾落高度宜不大于 2 m；当大于 2 m 时，应采用滑槽、串筒、漏斗等器具辅助输送混凝土，防止离析。

- 6.3.3 一次浇筑厚度宜不大于 600 mm（当采用泵送混凝土时）或不大于 400 mm（当采用非泵送混凝土时）。
- 6.3.4 夏季浇筑时混凝土入模温度应不高于 30°C，冬季浇筑时混凝土入模温度应不低于 5 °C。
- 6.3.5 当环境温度高于 40 °C 时，应调整施工及养护方式。
- 6.3.6 新浇混凝土与邻接硬化混凝土浇筑时，温差应不高于 15 °C。
- 6.3.7 泵送混凝土应符合 JGJ/T 10 规定。
- 6.3.8 振捣宜采用插入式振动器、附着式平板振捣器、表面平板振捣器等振捣设备。
- 6.3.9 应按事先确定的工艺路线和方式振捣混凝土，在混凝土浇筑过程中及时将入模的混凝土均匀振捣密实，不得随意加密振点或漏振，每点的振捣时间以表面泛浆或不冒大气泡为准，不宜超过 30 s，避免过振。
- 6.3.10 采用插入式振捣器的移动间距，不宜大于作用半径的 1 倍；振捣器距模板不应大于作用半径的 1/2；振捣器应插入下层混凝土 50 mm。混凝土终凝前应做好原浆抹面压光。
- 6.3.11 振捣混凝土时应加强模板支撑的稳定性和接缝的密合情况检查，不应漏浆。浇筑完成后，应将混凝土表面压实抹平，严禁洒水。

6.4 养护

- 6.4.1 混凝土初凝后应及时养生。
- 6.4.2 混凝土带模养护期间，应采取带模包裹、浇水、喷淋洒水或通蒸汽等措施进行保湿养护。
- 6.4.3 混凝土去除表面覆盖物或拆模后，应采用蓄水、浇水或覆盖洒水等措施进行养护。
- 6.4.4 对于不利于包覆（裹）水养的部位，可采用保证混凝土表面湿润前提下的喷淋养生，或养护液养护。
- 6.4.5 终凝后的持续保湿养护时间应满足设计要求。
- 6.4.6 在养护期间，淋注于混凝土表面的养护水温度低于混凝土表面温度时，温差宜不大于 15 °C。
- 6.4.7 与流动水接触的混凝土拆模后，应采取保温保湿养护措施，养护时间不少于 14 d，强度不低于 75%。
- 6.4.8 混凝土强度达到设计强度前不应直接与有腐蚀性水体、土体接触。
- 6.4.9 应对有代表性的结构进行温度监控。
- 6.4.10 当昼夜平均气温低于 5 °C 或最低气温低于 -3 °C 时，养护应按冬季施工处理。
- 6.4.11 潮湿养护最低期限应符合表 10 的规定。

表 10 潮湿养护最低期限

大气潮湿 (50% < RH < 75%) 无风，无阳光直射		大气干燥 (RH < 50%) 有风，或阳光直射	
日平均气温	潮湿养护期限	日平均气温	潮湿养护期限
5°C	10 天	5°C	14 天
10°C	7 天	10°C	10 天
≥20°C	5 天	≥20°C	7 天

7 质量控制与验收

- 7.1 桥梁各结构部位高性能混凝土的技术要求应符合表 11 的规定。

表 11 桥梁各结构部位高性能混凝土的技术要求

结构部位	抗渗等级/(28 d 龄期 $10^{-12}m^2/s$)	电通量/(56 d 龄期, c)	抗冻耐久性指数/%	备注
桩基	12	1500	60	
承台	8	1200	60	
墩柱	8	1200	60	旱地
墩柱	8	1200	70	过河段
盖梁	8	1200	70	
主梁	5	1000	60	
桥面铺装	5	1000	80	
防撞墙	5	1000	80	
试验方法	GB/T 50082			

7.2 施工过程检查

7.2.1 混凝土施工过程中，应对水泥、集料、外加剂、掺合料等主要原材料进行质量检验，检验结果应满足本文件要求。

7.2.2 混凝土耐久性检测项目及频率应符合表 12 的规定。

表 12 混凝土耐久性检测项目及频率

检测项目	抽检频次
自检（氯离子扩散系数和抗冻性）	同一配合比每 $200m^3$ 混凝土取样检测 1 次，不足 $200m^3$ 按每个结构部位检测 1 次

7.2.3 用于进行耐久性检测的混凝土试件标准养护 56 d 进行检验。

7.3 质量检验

7.3.1 混凝土结构工程的施工质量检验应符合 GB 50204 的规定。

7.3.2 混凝土强度检验评定应符合 JTG F80/1 的规定。

7.3.3 混凝土施工完成后，应进行外观检查。

7.3.4 混凝土施工完成后，应进行耐久性检测，质量检验应符合 JTG/T 193 的规定。