

四川省工程建设地方标准

四川省城镇节段预制超高性能
混凝土梁桥技术标准

Technical standards for UHPC Girder Bridge with Segmental
Precast Method for Sichuan Province

DBJ51/T 138 – 2020

主编部门：四川省住房和城乡建设厅
批准部门：四川省住房和城乡建设厅
施行日期：2020年4月1日

西南交通大学出版社

2020 成都

四川省工程建设地方标准
四川省城镇节段预制超高性能
混凝土梁桥技术标准

Technical standards for UHPC Girder Bridge with Segmental
Precast Method for Sichuan Province
DBJ51/T 138 – 2020

*

西南交通大学出版社出版、发行
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼)
各地新华书店、建筑书店经销
成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸：140 mm × 203 mm 印张：5 字数：127 千

2020 年 5 月第 1 版 2020 年 5 月第 1 次印刷

定价：**36.00** 元

统一书号：155643 · 74

版权所有 盗版必究（举报电话：028-87600562）

图书如有印装质量问题，本社负责退换

（邮政编码 610031）

网 址：<http://www.xnjdcbs.com>

网上书店：<https://xnjtdxcbs.tmall.com>

关于发布工程建设地方标准的通知

川建标发〔2020〕14号

各市州及扩权试点县住房城乡建设行政主管部门，各有关单位：

经我厅组织专家审查通过，现批准以下8项为四川省推荐性工程建设地方标准（见附件）。

四川省住房和城乡建设厅

2020年1月10日

附件

序号	地方标准名称	主编单位	标准号	实施时间	负责技术内容解释单位
1	四川省城市轨道交通工程整体预制简支箱梁施工技术标准	中铁二十三局集团有限公司	DB/51/T133-2020	2020.4.1	中铁二十三局集团有限公司
2	四川省城镇污水处理厂运行管理标准	四川省城镇供水排水协会、成都市兴蓉环境股份有限公司	DB/51/T134-2020	2020.4.1	四川省城镇供水排水协会
3	四川省房屋混凝土结构居住建筑装配式装修工程技术标准	成都市土木建筑学会、成都建工集团有限公司	DB/51/T135-2020	2020.4.1	成都市土木建筑学会
4	四川省房屋建筑和市政基础设施建设工程质量监督标准	成都衡泰工程管理有限公司、四川省建设工程质量安全总站	DB/51/T136-2020	2020.4.1	成都衡泰工程管理有限公司
5	四川省塔式起重机械装配式基础技术标准	四川省装配式建筑产业协会、四川鑫塔塔机基础设施有限责任公司	DB/51/T137-2020	2020.4.1	四川省装配式建筑产业协会
6	四川省城镇桥段预制超高桩能混凝土梁桥技术标准	四川西南交大土木工程设计有限公司	DB/51/T138-2020	2020.4.1	四川西南交大土木工程设计有限公司
7	四川省玻璃幕墙工程技术标准	四川省建筑设计研究院有限公司、中国建筑西南设计研究院有限公司	DB/51/T139-2020	2020.4.1	四川省建筑设计研究院有限公司
8	四川省不透水土层地下室排水脚抗压浮技术标准	四川省建筑科学研究院有限公司、四川省建筑设计研究院有限公司	DB/51/T140-2020	2020.4.1	四川省建筑科学研究院有限公司

前 言

本标准根据四川省住房和城乡建设厅《关于下达工程建设地方标准〈四川省城镇节段预制超高韧性混凝土梁桥技术标准〉编制计划的通知》(川建标发〔2018〕240号)的要求,由四川西南交大土木工程设计有限公司会同有关单位共同编制完成。

标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考国际和国内有关先进标准,并在广泛征求意见的基础上,多次讨论、修改和完善,制定本标准。

本标准共分 8 章,主要内容是:1 总则;2 术语和符号;3 基本规定;4 材料;5 设计;6 施工;7 检验与验收;8 管养与维护。

本标准由四川省住房和城乡建设厅负责管理,由四川西南交大土木工程设计有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送四川西南交大土木工程设计有限公司(地址:成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 2002;邮编:610000;电话:028-87600952;E-mail: jdtm@jdtm.com.cn),以便今后修订时参考。

主 编 单 位 : 四川西南交大土木工程设计有限公司

参 编 单 位 : 西南交通大学

四川省交通勘察设计研究院有限公司

广东冠粤路桥有限公司

广东冠生土木工程技术股份有限公司

中国水利水电第七工程局有限公司

中国五冶集团有限公司

成都交投建筑工业化有限公司

成都建工工业化建筑有限公司

成都市城市道路桥梁管理处

主要起草人： 谢尚英 何 畏（以下按姓氏笔画排列）

王朝伦 王 欢 代小强 冯身强

任清顺 刘建国 闫兴非 李兴林

李福海 张 锐 陈 刚 陈 宁

李自坤 李 丽 郑爱华 周晓夫

罗建林 周志敏 周 迅 苟 超

夏维学 黄 燕 彭友松 黎志忠

魏英杰

主要审查人： 马庭林 李建民 董武斌 罗进元

田 波 段 政 张仕忠

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	8
3.1	设 计	8
3.2	施 工	8
3.3	检验与验收	9
3.4	管 养	9
4	材 料	10
4.1	超高性能混凝土	10
4.2	其他材料	14
5	设 计	17
5.1	一般规定	17
5.2	持久状况承载能力极限状态计算	19
5.3	持久状况正常使用极限状态计算	32
5.4	持久状况和短暂状况构件的应力计算	39
5.5	疲劳验算	43

5.6	耐久性设计	46
5.7	构件计算	48
5.8	构造要求	54
6	施 工	62
6.1	一般规定	62
6.2	原材料准备及储存	62
6.3	模板与支架	63
6.4	节段预制	64
6.5	节段移运与堆放	69
6.6	逐跨拼装施工	71
6.7	悬臂拼装施工	75
6.8	拼装设备	77
6.9	湿接缝施工	78
7	检验与验收	79
7.1	一般规定	79
7.2	原材料进场检验	79
7.3	质量检验	80
7.4	质量验收	87
8	管养与维护	89
8.1	一般规定	89
8.2	管理养护	89
8.3	维护与维修	90

附录 A	UHPC 用钢纤维性能检验方法	91
附录 B	UHPC R120 收缩应变和徐变系数计算	94
附录 C	UHPC 拉伸本构模型	97
附录 D	UHPC 抗拉性能试验方法	99
本标准用词说明		105
引用标准名录		107
附 条文说明		109

Contents

1	General	1
2	Terms and notations	2
2.1	Definition of terms	2
2.2	Notations	3
3	Basic requirements	8
3.1	Design	8
3.2	Construction	8
3.3	Acceptance	9
3.4	Management and maintenance	9
4	Materials	10
4.1	Ultra-high performance concrete	10
4.2	Other materials	14
5	Design	17
5.1	General requirement	17
5.2	Verification of ultimate limit state	19
5.3	Verification of serviceability limit state	32
5.4	Calculation of stresses under long-term and short-term loads	39
5.5	Verification of Fatigue	43

5.6	Design of durability	46
5.7	Design of construction joint	48
5.8	Structural details	54
6	Construction	62
6.1	General requirement	62
6.2	Preparation and storage	62
6.3	Formwork and brackets	63
6.4	Segment precast	64
6.5	Transportation and stacking	69
6.6	Span by span construction	71
6.7	Balanced cantilever construction	75
6.8	Assembly equipment	77
6.9	Construction for wet joints	78
7	Inspection and quality acceptance	79
7.1	General requirement	79
7.2	Raw material entrance inspection	79
7.3	Construction quality inspection	80
7.4	Quality acceptance	87
8	Management and maintenance	89
8.1	General requirement	89
8.2	Management and maintenance	89
8.3	Repairing work	90

Appendix A	Performance test for steel fiber in UHPC	91
Appendix B	Calculation for shrinkage and creep coefficient of UHPC R120	94
Appendix C	Constitutive model for UHPC in tension	97
Appendix D	Performance test for UHPC in tension	99
	Explanation of wording in this standard	105
	List of quoted standards	107
	Addition: explanation of provisions	109

1 总 则

1.0.1 为规范城镇节段预制超高性能混凝土梁桥的设计、施工与质量验收，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建的城镇节段预制超高性能混凝土梁桥的设计、施工、验收与管养。

1.0.3 城镇节段预制超高性能混凝土梁桥的设计、施工、管养维护应遵循安全、适用、耐久、环保、经济的原则。

1.0.4 节段预制超高性能混凝土梁桥结构的设计、施工、管养维护除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 超高性能混凝土 ultra-high performance concrete

由水泥、细集料、矿物掺合料、短纤维、外加剂和水等材料组成的超高强增韧的水泥基复合材料，简称 UHPC。

2.1.2 预拌合料 premix mixture

由水泥、细集料、矿物掺合料及外加剂等按照确定的配合比组成，经干拌均匀后的混合物。

2.1.3 纤维体积率 fiber volume fraction

在超高性能混凝土中，纤维所占的体积百分比。

2.1.4 纤维取向系数 fiber orientation coefficient

纤维混凝土结构中纤维实际沿某一特定方向分布的取值系数，即实际纤维分布与假定空间随机分布的力学特征值之比。

2.1.5 高温蒸汽养护 high temperature steam treating

超高性能混凝土构件成型后在高温蒸汽环境中持续养护一段时间后达到强度等级，这一养护过程称为高温蒸汽养护。

2.1.6 剪力键 shear key

预制节段拼接缝两侧表面用于抵抗剪力、凹凸密接匹配的多重键块（槽）。

2.1.7 基于超细颗粒最大堆积理论的材料 material of theory of densified System with ultra-fine Particles

基于用充分分散的超细颗粒（硅灰）填充在水泥颗粒堆积体

系的空隙中，实现颗粒堆积致密化理论的材料，简称 DSP 材料。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能

$f_{cu,k}$ ——边长 100 mm 的超高性能混凝土立方体抗压强度标准值；

f_{ck} 、 f_{cd} ——超高性能混凝土的轴心抗压强度标准值、设计值；

E_c ——超高性能混凝土的抗压/抗拉弹性模量；

f_{tk} 、 f_{td} ——超高性能混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；

ε_0 、 ε_{cu} ——超高性能混凝土受压峰值应变、极限压应变；

ε_{tu} ——超高性能混凝土极限拉应变；

$f_{flexura,d}$ ——超高性能混凝土板名义弯拉应力设计值；

τ_{cd} ——超高性能混凝土抗剪强度设计值；

G_c ——超高性能混凝土剪切模量；

μ_c ——超高性能混凝土泊松比；

α_c ——超高性能混凝土温度膨胀系数；

$f_{pd,e}$ ——纵向体外预应力钢束极限应力设计值；

$f_{pk,i}$ 、 $f_{pd,i}$ ——纵向体内预应力钢筋抗拉强度标准值、设计值；

$f_{flexura,d}^f$ ——超高性能混凝土板名义疲劳弯拉强度设计值；

Δf_{sd}^f ——普通钢筋疲劳应力幅限值；

Δf_{pd}^f ——预应力钢筋疲劳应力幅限值；

f_{sd} 、 f_{pd} ——普通钢筋、预应力钢筋抗拉强度设计值；

f'_{sd} 、 f'_{pd} ——普通钢筋、预应力钢筋抗压强度设计值；

f_{sv} ——抗剪箍筋抗拉强度设计值；

E_s 、 E_p ——普通钢筋、预应力钢筋的弹性模量。

2.2.2 作用和作用效应

$\sigma_{pe,p}$ ——体外预应力筋有效预应力；

$\Delta\sigma_p$ ——体外预应力筋的预应力增量；

M_d ——弯矩组合设计值；

M_u ——构件正截面抗弯承载力；

$\sigma_{pi,0}$ 、 $\sigma'_{pi,0}$ ——截面受拉区、受压区纵向预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时预应力钢筋的应力；

V_d ——剪力组合设计值；

V_u ——构件斜截面抗剪承载力；

V_c ——构件斜截面 UHPC 受剪承载力设计值；

V_s ——构件斜截面箍筋受剪承载力设计值；

V_f ——构件斜截面纤维受剪承载力设计值；

V_p ——与斜截面相交的预应力弯起钢筋受剪承载力设计值；

N_{Ed} ——基本组合下轴力设计值；

$\Delta\sigma_s^f$ ——受拉区普通钢筋应力幅；

$\Delta\sigma_p^f$ ——受拉区预应力钢筋应力幅；

w_t 、 w_{t1} ——UHPC 表面裂缝宽度；

f_{ctfm} ——UHPC 最大开裂应力平均值；

$f_{ctm,el}$ ——UHPC 弹性阶段极限拉应力平均值；

σ_{si} 、 σ_{pi} ——第 i 层纵向普通钢筋、预应力钢筋的应力；

σ_{pc} ——扣除全部预应力损失后的预加力在构件抗裂验算边缘产生的 UHPC 预压应力；

σ_{pe} 、 σ'_{pe} ——截面受拉区、受压区纵向预应力钢筋的有效预应力；

σ_{st} ——在作用（或荷载）频遇组合下构件抗裂验算边缘 UHPC 的法向拉应力；

σ_{p} ——在作用（或荷载）频遇组合和预加力产生的 UHPC 主拉应力；

σ_{kc} 、 σ_{kt} ——由作用（或荷载）标准值产生的混凝土法向压应力、拉应力

σ'_{cc} 、 σ'_{ct} ——按短暂状况计算时截面预压区、预拉区边缘混凝土的压应力、拉应力。

2.2.3 几何参数

b_{mi} ——截面有效宽度；

b ——矩形截面宽度，T形或I形截面腹板宽度；

x ——受压区等效矩形应力图高度；

β ——受压区等效矩形应力图高度与实际受压区高度的比值；

ξ_b ——正截面相对界限受压区高度

x' ——受拉弹性区高度；

h_0 ——截面有效高度；

A_s 、 A'_s ——构件受拉区、受压区纵向普通钢筋的截面面积；

$A_{p,i}$ 、 $A'_{p,i}$ ——构件受拉区、受压区纵向体内预应力钢筋的截面面积；

$A_{p,e}$ ——体外预应力钢筋的截面面积；

a 、 a' ——构件受拉区、受压区普通钢筋和预应力钢筋合力点至截面近边的距离；

b_f 、 b'_f ——T形或I形截面受拉区、受压区的翼缘宽度；

h_f 、 h'_f ——T形或I形截面受拉区、受压区的翼缘厚度；

A_{sv} ——同一截面内箍筋各肢的总截面面积；

ω_{im} ——最大裂缝宽度；

ω_u ——抗弯极限状态下外露纤维位置大裂缝宽度；

ω_{\max} ——最大裂缝宽度限值；
 A_{fv} ——纤维作用面积；
 ε_u ——抗弯极限状态下外露纤维位置极限拉应变；
 ε_{lim} ——最大允许应变；
 ε_{el} ——最大弹性拉应变；
 ε_{\max} ——最大应变限值；
 s ——钢筋中心间距；
 c ——混凝土保护层厚度；
 $S_{r,\max,f}$ ——最大裂缝间距；
 $\varepsilon_{sm,f}$ ——裂缝间钢筋的平均应变；
 $\varepsilon_{cm,f}$ ——裂缝间 UHPC 的平均应变；
 $h_{e,eff}$ ——UHPC 有效受拉高度；
 l_0 ——保护层厚度对裂缝间距的影响；
 l_t ——传递长度；
 l_f ——钢纤维长度；

2.2.4 计算系数及其他

ξ_b ——构件正截面相对界限受压区高度；
 K 、 K_{global} 、 K_{local} ——纤维取向系数、整体纤维取向系数、局部纤维取向系数；
 γ_0 ——桥梁结构的重要性系数；
 ϕ ——抗弯承载力接缝折减系数；
 ϕ_v ——抗剪承载力接缝折减系数；
 γ_{cf} ——纤维安全系数；
 γ_E ——安全系数；
 k_N ——荷载或预应力提高系数；

α_{cc} ——荷载长期效应系数；
 γ_c ——混凝土材料分项系数；
 η_s ——混凝土局部承压修正系数；
 k_t ——荷载特征系数；
 δ ——钢筋对保护层厚度和粘结强度的增强系数；
 k_2 ——开裂截面的应变分布影响系数；
 η ——钢筋粘结系数。

3 基本规定

3.1 设计

3.1.1 节段预制拼装 UHPC 梁桥设计应符合城乡规划要求，结合水文、地质、通航和环境等条件，考虑因地制宜、便于施工和养护等因素进行总体设计。在设计使用年限内应满足规定的正常通行需要。

3.1.2 节段预制拼装 UHPC 梁桥采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，桥梁结构的设计基准期为 100 年。

3.1.3 桥梁主体结构的设计使用年限不应低于 100 年；体外预应力钢索应可更换，设计使用年限不应低于 25 年。

3.1.4 节段预制拼装 UHPC 梁桥的预制节段接缝应采用胶接缝或现浇 UHPC 接缝；纵向接缝应采用现浇 UHPC 接缝，施加适当的横向预应力时也可采用胶接缝。

3.1.5 当桥梁宽度较大且设有分隔带时，节段预制拼装 UHPC 梁桥的横断面宜以分隔带为界分幅布置。

3.1.6 节段预制拼装 UHPC 梁的预制拼装单元宜采用箱形截面。

3.1.7 预制拼装 UHPC 梁桥应根据所采用结构的特点设置检修通道，其位置、尺寸应满足检修、养护及易损件更换所需的操作空间要求。

3.2 施工

3.2.1 节段预制拼装 UHPC 梁施工前应根据技术特点编制专项施工方案，内容应包括构件制作、运输、安装方案、质量及安全

保障措施等。

3.2.2 节段预制拼装 UHPC 梁施工单位应具备相应的生产工艺设施、完善的质量管理体系和试验检测设施。

3.2.3 节段预制拼装 UHPC 梁施工应根据预制场地条件、设计要求、施工工艺等，确定采用短线法或长线法预制节段，节段宜采用工厂化生产。

3.2.4 UHPC 梁预制节段成型后宜进行蒸汽养护，养护要求应符合现行行业标准《活性粉末混凝土》GB/T 31387 的规定。

3.3 检验与验收

3.3.1 施工中应按检验验收规定和设计文件的要求进行施工过程与成品质量控制，确保工程质量。

3.3.2 超高性能混凝土的性能检验分为全面性能检验和质保性能检验。原材料变更或配合比调整时，应重新进行全面性能检验。生产超高性能混凝土需日常进行的质保性能检验指标包括工作性、抗压强度、抗拉强度或抗弯强度。

3.4 管 养

3.4.1 节段预制拼装 UHPC 梁桥养护类别为 I 类，养护等级为 I 等。

3.4.2 节段预制拼装 UHPC 梁桥的管养应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99 的规定。

3.4.3 节段预制拼装 UHPC 梁桥应设立永久控制监测点，宜设置结构健康监测系统。

4 材 料

4.1 超高性能混凝土

4.1.1 UHPC 的水胶比不宜大于 0.27,其细集料宜采用石英砂和石英粉。

4.1.2 短纤维宜采用由平直钢纤维和端钩钢纤维组成的混合纤维,钢纤维宜采用镀铜微细高强度钢纤维。

4.1.3 钢纤维体积率不应小于 2.0%,其性能指标应符合表 4.1.3-1 的规定,几何参数应符合表 4.1.3-2 的规定。

表 4.1.3-1 钢纤维的性能指标

项 目	性能指标
抗拉强度/MPa	$\geq 2\ 000$
长度合格率	$\geq 96\%$
直径合格率	$\geq 90\%$
形状合格率	$\geq 96\%$
杂质含量	$\leq 1.0\%$

表 4.1.3-2 钢纤维的几何参数

纤维类型	长度/mm	直径/mm
平直钢纤维	12 ~ 14	0.18 ~ 0.22
I 类端钩钢纤维	12 ~ 14	0.18 ~ 0.22

4.1.4 UHPC 的强度等级应根据边长为 100 mm 立方体试件的抗压强度划分为 UHPC R120、UHPC R150，其性能指标不应小于表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 UHPC 轴心抗压强度、抗拉强度取值

强度等级	抗压强度/MPa			轴心抗拉强度/MPa			极限拉伸应变 ϵ_{Utu}
	立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k}$	轴心抗压强度标准值 f_{ck}	设计值 f_{cd}	标准值 f_{tk}	*设计值 $f'_{td} = f_{tk}' / (K\gamma_{cf})$		
					$K=1.25$	$K=1.75$	
UHPC R120	120	85	60	6.0	3.31	2.36	1.5‰
UHPC R150	150	105	75	7.5	4.13	2.95	1.5‰

注：*对纤维取向系数 K ，整体纤维取向系数 K_{global} 取 1.25，局部纤维取向系数 K_{local} 取 1.75； γ_{cf} 取 1.45。

4.1.5 UHPC 受压应力-应变关系按式 (4.1.5) 确定，其中对于 UHPC R120，峰值应变取 $\epsilon_0 = 0.0015$ ，极限压应变取 $\epsilon_{cu} = 0.0033$ ，其设计受压应力-应变曲线如图 4.1.5 所示。

$$\begin{cases} \sigma_c = f_{cd} \times \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right) & (\varepsilon \leq \varepsilon_0) \\ \sigma_c = f_{cd} & (\varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{cu}) \end{cases} \quad (4.1.5)$$

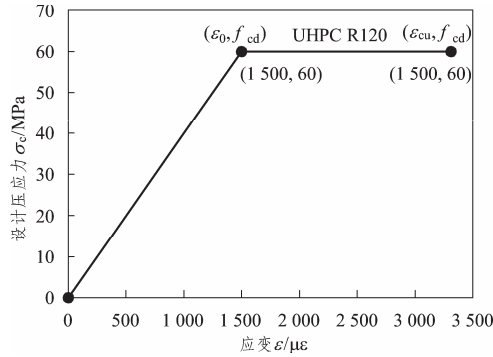
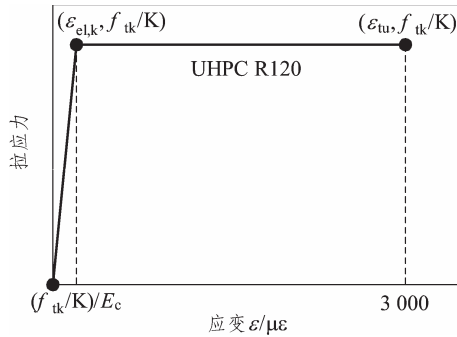
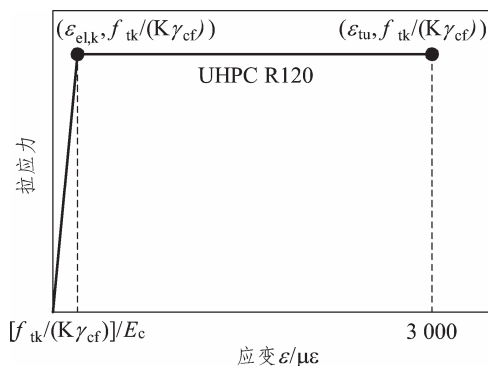


图 4.1.5 UHPC R120 设计受压应力-应变曲线

4.1.6 UHPC 具有轴拉应变硬化特性。UHPC R120 的承载能力极限状态和正常使用极限状态设计轴拉应力-应变曲线如图 4.1.6 所示，其中，UHPC R120 的极限拉应变设计值取 $\varepsilon_{tu} = 3\,000 \mu\varepsilon$ ，纤维曲线系数 K 和受拉材料分项系数 γ_{cf} 按本标准第 4.1.4 条取值。



(a) 正常使用极限状态



(b) 承载能力极限状态

图 4.1.6 UHPC R120 设计轴拉应力-应变曲线

- 4.1.7 UHPC 的抗剪强度宜通过试验确定；当无试验资料时，可按 $\tau_{cd} = 0.095f_{ck}$ 计算取值。
- 4.1.8 UHPC 的弹性模量宜采用 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ 的试件测定；当无试验资料时，UHPC R120 弹性模量可按 $4.0 \times 10^4\text{ Mpa}$ 取值。
- 4.1.9 UHPC 的剪切模量 G_c 取 $0.4E_c$ 。
- 4.1.10 配筋 UHPC 的容重取 27 kN/m^3 。
- 4.1.11 UHPC 的泊松比 μ_c 取 0.2。UHPC 的温度线膨胀系数 α_c 取 $1.1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ 。
- 4.1.12 在不同的养护条件下，UHPC 的收缩应变和徐变系数按表 4.1.12 取值，计算方法可按本标准附录 B 执行。