T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXX—2024

预制装配式桥梁超高性能混凝土湿接缝 施工技术规范

Technical specification for wet joint construction of ultra-high performance concrete for prefabricated and assembled bridges

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

中国中小商业企业协会 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 总体要求 2

5 材料要求 2

6 湿接缝设计 3

7 施工准备 4

8 施工 4

9 连接处理 7

10 质量验收 7

11 安全与环保措施 8

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。

本文件由中交一公局第三工程有限公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：中交一公局第三工程有限公司、……。

本文件主要起草人：……。

预制装配式桥梁超高性能混凝土湿接缝施工技术规范

1 范围

本文件规定了预制装配式桥梁超高性能混凝土湿接缝的总体要求、材料要求、湿接缝设计、施工准备、施工、连接处理、质量验收、安全与环保措施。

本文件适用于预制装配式桥梁超高性能混凝土湿接缝的施工。

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/T 1499.1 钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋
- GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋
- GB 3095 环境空气质量标准
- GB/T 5223 预应力混凝土用钢丝
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 9774 水泥包装袋
- GB/T 10454 集装袋
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 20065 预应力混凝土用螺纹钢筋
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 31538 混凝土接缝防水用预埋注浆管
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- CJJ/T 293—2019 城市轨道交通预应力混凝土节段预制桥梁技术标准
- DL/T 5100 水工混凝土外加剂技术规程
- JG/T 398 钢筋连接用灌浆套筒
- JT/T 695 混凝土桥梁结构表面涂层防腐技术条件
- JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程
- JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JGJ 107 钢筋机械连接技术规程
- JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程
- JTG B04 公路环境保护设计规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规程
- JTG/T 3654—2022 公路装配式混凝土桥梁施工技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预制装配式桥梁 prefabricated prefabricated bridge

将主要构件，如梁体、墩柱等，在预制工厂中预先制作完成，然后运输到施工现场进行装配和连接的桥梁。

3.2

超高性能混凝土（UHPC） ultra-high performance concrete

由水泥和矿物掺合料等活性粉末材料、细骨料、粒径3 mm~8 mm的骨料（如有）、水、外加剂、高强度微细钢纤维和/或有机合成纤维等原料生产的，具有超高力学性能和超高耐久性能的水泥基复合材料。

3.3

湿接缝 wet concrete joint

混凝土预制节段结合面采用现浇混凝土形成的接缝。

[来源：CJJ/T 293—2019，2.1.4]

4 总体要求

4.1 施工前应根据预制装配式桥梁特点、设计要求、运输及现场安装条件，编制施工组织设计和专项施工方案。专项施工方案应包含安全专项方案，明确安全保障措施；对施工中可能存在的风险进行分析评估，提出相应对策，制订相应的安全生产应急预案。

4.2 所有原材料应按本文件具体规定和相关规范进行检测。

4.3 预制构件上设置预埋件、预留孔及局部加固构件，均应取得设计单位认可。

4.4 用于安装的起重设备的检验、检测应遵守有关特种设备安全技术规范及相关标准。

4.5 施工过程中使用的受力装置和受力临时结构应进行专项设计和验算。

4.6 在正式施工前，应按设计要求进行工艺试验验证。

4.7 装配式桥梁施工宜采用信息辅助手段，包括 BIM（建筑信息模型）、大数据分析、人工智能监测等。

5 材料要求

5.1 超高性能混凝土（UHPC）

5.1.1 其主要性能应符合表1的规定。

表1 超高性能混凝土（UHPC）主要性能要求

性能		要求	试验方法
抗压强度，MPa	3d	≥ 80	GB/T 31387
	28d	≥ 120	
弹性极限抗拉强度，MPa		≥ 7	-
极限抗拉强度/弹性极限抗拉强度		≥ 1.1	GB/T 50081
极限拉应变， $\mu\epsilon$		$\geq 1\ 500$	-

表1 超高性能混凝土（UHPC）主要性能要求（续）

性能	要求	试验方法
氯离子扩散系数, $10^{-8}\text{mm}^2/\text{s}$	≤ 15	GB/T 50082
弹性模量, MPa	$40 \times 10^3 \sim 50 \times 10^3$	GB/T 31387
28d收缩率 (10^{-6}), %	≤ 250	GB/T 50082
初始坍落扩展度, mm	≥ 650	GB/T 50080

5.1.2 UHPC 中的水泥、矿物原材料、骨料等应符合 GB 175、GB/T 18046、GB/T 27690 以及 JGJ 52 的规定。

5.1.3 化学外加剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定，使用减水剂时，应根据季节、施工工艺选用相应的产品，减水率宜不小于 30%。

5.1.4 钢纤维的抗拉强度不应小于 2 000 MPa，并应符合 JGJ/T 221 的规定。当 UHPC 含有钢纤维或用于有配筋的部位时，不应使用含有氯盐的早强剂、防冻剂等外加剂。

5.2 水

混凝土拌和及养护宜采用饮用水。采用其它水源时，应符合 JTG/T 3650 的有关规定。

5.3 钢筋、钢丝、钢绞线

5.3.1 普通钢筋宜采用 HPB300、HRB400、HRB500 钢筋并应符合 GB/T 1499.1 和 GB/T 1499.2 的规定。

5.3.2 钢筋应具有出厂质量证明书和试验报告单，进场时除应检查其外观和标志外，还应分批抽取进行力学性能检验，检验合格后方可使用。

5.3.3 钢筋运输、存放及加工过程中应采取防锈、防污和防损伤措施；对于预留钢筋的外露部分，应采取临时防护措施。

5.3.4 钢绞线、钢丝和精轧螺纹钢应符合 GB/T 5224、GB/T 5223 和 GB/T 20065 的规定。

5.4 灌浆材料

5.4.1 接缝灌浆使用水泥应符合 GB 175 的规定。当接缝灌浆使用单一比级水泥浆液灌注时，浆液中需掺入高效减水剂，应符合 DL/T 5100 的有关规定。

5.4.2 灌浆套筒宜采用高强球墨铸铁制作，性能指标应符合 JG/T 398 的规定。

5.4.3 灌浆套筒与套筒灌浆料组合体系性能应符合 JGJ 107 中 I 级连接接头的规定。

5.4.4 套筒下端应设置压浆口，上端应设置出浆口，压浆口下缘与端部净距应为 30 mm~50 mm。

5.4.5 注浆管应符合 GB/T 31538 的规定。

6 湿接缝设计

6.1 一般规定

6.1.1 UHPC 配合比设计宜采用绝对体积法。

6.1.2 UHPC 的水胶比不宜大于 0.22，纤维体积率不应小于 1.5%。

6.1.3 骨料与胶凝材料各组分的相对比例宜按照颗粒最紧密堆积理论进行设计。

6.1.4 UHPC 配合比设计应考虑结构受力特点、施工工艺、养护条件以及应用环境等因素。根据混凝土工作性、强度、耐久性等性能要求计算初始配合比。配合比应经试配、验证，得出满足工作性要求的基准配合比，并经强度、耐久性指标复核确定。

6.1.5 承受内力的湿接缝，当其强度未达到设计要求时，不应进行下一阶段安装施工；已安装完毕的装配式超高性能混凝土桥梁，应在接缝强度达到设计要求后，方可承受全部设计荷载。

6.1.6 湿接缝应按施工、使用过程中可能产生的不利工况进行验算，必要时可采用试验方法验证其性能。

6.1.7 如需对接缝部位进行表面涂装，应符合现 JT/T 695 的要求。

6.2 UHPC 试配、配合比调整与确定

6.2.1 应采用工程实际使用的原材料进行试配，每盘混凝土搅拌量不宜小于 20 L。

6.2.2 试配时，应先进行试拌，检验拌合物的工作性指标。当试拌拌合物的扩展度不满足要求时，应在水胶比不变、胶凝材料 and 外加剂用量合理的原则下，调整胶凝材料、外加剂用量或不同粒级骨料的体积比例等，直到符合要求为止。根据试配试验结果提出基准配合比。

6.2.3 试验以基准配合比为基础，确定另外两个试配配合比，其水胶比宜较基准配合比分别增加和减少 0.02，并相应减少或增加骨料的体积；或者用水量与基准配合比相同，骨料的体积比例可分别增加或减少 2%，相应减少或增加胶凝材料的总体积。

6.2.4 制作试件时，应验证拌合物工作性是否达到设计要求。

6.2.5 试验时，每种配合比应至少制作一组（三块）试件。

6.2.6 根据试配试验结果对基准配合比进行调整，得到设计配合比。

6.2.7 对于应用条件特殊的工程，应验证设计配合比在特殊条件下的性能指标。

7 施工准备

7.1 施工前应建立施工质量管理体系、安全生产管理体系和环保管理体系，明确各工序的质量检查项目和要求，并应留有完整的检查记录。

7.2 施工前应熟悉设计文件，领会设计意图，参与设计交底和图纸会审。

7.3 施工前应进行施工调查，根据设计要求、合同文件、湿接缝要求及现场情况等编制施工组织设计。

7.4 施工前拼接缝应进行表面处理，清除尘土、油脂等污染物及松散混凝土与浮浆，确保表面无油、无水、无灰尘，需做浆的接缝表面宜进行凿毛处理。

7.5 施工前，应对在安装过程中变形的连接钢筋和剪力钉等予以校正和调直，对损坏的连接件和剪力钉等应进行修复，确保钢筋位置、间距符合设计要求。

7.6 施工前，应清除湿接缝部位的积水、杂物等，并保持桥面板侧面及模板湿润。

7.7 施工前，应按 JTG/T 3650 的规定完成模板、钢筋、支架等项目施工。模板按新拌 UHPC 的静水压进行设计或验算，确定模板材料和结构，避免模板对 UHPC 早期收缩（脱模前）的约束作用，并降低早期收缩对硬化结构尺寸的影响。

7.8 施工前，对暴露于空气中的钢筋应及时清除锈迹。

7.9 施工前应铺试验段，确定施工机械参数、施工工艺、生产配合比等。

8 施工

8.1 一般规定

8.1.1 UHPC 应连续、快速施工，施工结束后立即覆膜养护，避免表面快速失水结皮。

8.1.2 施工作业人员应做好个人防护措施，佩戴口罩、护目镜、手套、安全鞋、安全帽、工作服等。

8.1.3 UHPC 施工的环境温度不应低于 10℃，否则应采取保温措施，并应随时检测气温和混合料、拌合水的温度。

8.1.4 在高温、雨期、大风、冬期等特殊气候条件下，不宜进行UHPC施工。必须施工时，应制定相关施工技术方案，保证施工质量。

8.2 原料准备

8.2.1 UHPC的原料供应方式可分为预混料供应和原材料供应两大类。

8.2.2 采用预混料供应方式时，应量化包装，先存先用，不应混用，并符合下列规定：

- a) 预混料产品应采用防潮包装袋包装，小包装袋（包装重量不超过50 kg）应符合GB/T 9774的规定；集装袋（包装重量介于500 kg~3 000 kg）应符合GB/T 10454的要求；每袋净含量不应少于其标识质量的99%。随机抽取20袋，总质量（含包装袋）应不少于标识质量的总和；
- b) 预混料应配出厂合格证，标明产品名称、商标、加水量范围、净含量、使用说明、储存条件及保质期、生产日期或批号、生产单位、地址和电话等必要信息；
- c) 不同品种、规格型号和批号的预混料应分开储存；
- d) 预混料应储存在干燥环境中，有防雨、防潮、防扬尘措施；
- e) 预混料应与纤维分开存储。

8.2.3 采用原材料供应方式时，应符合以下要求：

- a) 水泥按品种、强度等级和生产厂家分别标识和贮存；不应使用受潮、结块、受污染及贮存期超过3个月的水泥；
- b) 骨料堆场应为排水效果较好的硬质地面，并有防尘和防雨设施；不同品种、规格的骨料应分别贮存，避免混杂或受污染；
- c) 外加剂按品种和生产厂家分别标识和贮存。固态外加剂应防止受潮结块，如有结块，应进行检验，合格者应经粉碎至全部通过25 μm筛孔后方可使用。液态外加剂应贮存在密闭容器内，并防晒和防冻，如有沉淀等异常现象，经检验合格后方可使用；
- d) 矿物掺合料按品种、质量等级和产地分别标识和贮存，采取防潮和防雨设施，并不应与水泥等其他粉状料混杂；
- e) 纤维按品种、规格、批次和生产厂家分别标识和贮存，并防潮和防锈。

8.2.4 UHPC的原料进场前应进行质量检验，检验合格后方可入场；当存放时间过长或受潮时，应重新进行取样检测，复验合格后方可使用。

8.3 拌合

8.3.1 桥梁湿接缝用UHCF宜采用强制性搅拌设备机械拌合在施工现场拌和，单次搅拌量不应超过5 m³，拌合工艺参数应按照拌合设备与产品说明书的规定选取。拌合地点宜靠近浇筑地点。

8.3.2 桥梁湿接缝用超高性能混凝土应按预混料产品规定的用水量进行拌合。拌合工作中应严格控制预混料用量和用水量的计量，计量允许偏差不应超过1%。

8.3.3 拌合前应充分清洗搅拌设备，不应混入或残留其他类型材料的拌合物。

8.3.4 拌合时间不应少于5 min，并观察纤维分散情况，确保纤维不应结团。

8.3.5 应保证UHPC拌合物质量均匀，同一盘混凝土的匀质性应符合GB 50164的规定。

8.3.6 正式拌合前应先进行试拌，检验各项工艺参数及性能指标，如存在纤维结团、起球等现象，应查明原因予以消除。

8.3.7 拌合完成后，应及时清洗拌合设备。

8.4 运输

8.4.1 UHPC远距离运输应采用搅拌运输车，现场近距离运输宜采用斗车等；在条件允许时也可采用泵送方式，泵送前应进行试验。

8.4.2 采用混凝土搅拌车运输时，需符合下列要求：

- a) 混凝土搅拌车的性能良好，其运输能力大于现场浇筑能力；
- b) 装料前确保搅拌罐清洗干净，排净罐内积水，装料后严禁向搅拌罐内加水；
- c) 运输途中罐体以 $1\text{ r/min}\sim 2\text{ r/min}$ 的速度慢速转动；
- d) 拌合物从搅拌机装入搅拌车至卸料的时间不宜长于 90 min ，如需延长运送时间，应采取有效技术措施，并通过试验验证；
- e) 寒冷或高温的气候条件下，搅拌运输车应有保温或隔热措施。

8.4.3 当采用斗车运输时，斗车的运输能力和速度应与拌制、浇筑能力相适应，从出料到浇筑完成，时间不应超过 30 min 。

8.4.4 卸料后，罐体、斗车和料斗、混凝土泵等应及时清洗干净。

8.5 模板

8.5.1 UHPC 接缝浇筑模板的设计应符合下列规定：

8.5.2 模板应采用大块钢模板，其质量应符合 JTG/T 3650 的规定；

8.5.3 面板应采用 5 mm 以上钢板制作，钢模外表面应进行防腐防锈处理；

8.5.4 端头模宜采用嵌入式，端头模、侧模、底模应连接紧密、牢固；

8.5.5 模板应具有足够的强度、刚度和稳定性，能可靠地承受施工过程中所产生的各类荷载。应采取可靠措施，防止内模上浮，保证模板结构的可靠。

8.5.6 冬期施工时，模板温度应高于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.6 浇筑

8.6.1 浇筑前，应检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况，保证模板在浇筑过程中不失稳、不跑模、不漏浆。吸水性模板应对模板表面进行洒水润湿，但不应有明水。

UHPC浇筑应符合下列规定：

- a) 应有专人指挥车辆卸料。卸料前水泥混凝土罐车加速搅拌不少于 20 s ，使纤维均匀分散；
- b) 拌合物浇筑倾落的自由高度不应超过 1.5 m ，当倾落高度大于 1.5 m 时，应加串筒、斜槽、溜管等辅助工具，避免纤维从水泥浆中离析或结团；
- c) 泵送施工应符合 JGJ/T 10 的规定。

8.6.2 应保证 UHPC 连续浇筑，当特殊原因需要间断浇筑时，两次浇筑间隔时间不应超过超高性能混凝土的初凝时间，且应在二次浇筑前，用钢筋等工具将前次浇筑的超高性能混凝土结皮表面破坏。

8.6.3 浇筑完成后，应采用平板振动器进行振捣，振捣时间应根据 UHPC 拌合物表面密实情况确定，不应过振，接缝表面平整度允许误差为 $\pm 2\text{ mm/m}$ 。

8.6.4 UHPC 接缝浇筑应在初凝时间内完成，当浇筑时间超过初凝时间，应予以废弃，同时做好记录。

8.7 养护

8.7.1 振捣完成后，应及时对 UHPC 接缝表面进行收面、抹平、拉毛，并立即覆盖薄膜及洒水养护，养护时间不应少于 14 d 。

8.7.2 UHPC 接缝施工应按设计要求进行养护。条件允许时，优先采用热养护方式。

8.7.3 当采用自然养护时，湿养护时间不应少于 7 d 。UHPC 接缝内外温差不宜大于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，当内外温差大于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，宜采取措施降低内外温差。

8.7.4 保湿养护后，接缝应均匀完好，且不应有龟裂现象。

8.8 拆模

8.8.1 现浇 UHPC 接缝宜根据 UHPC 的强度发展确定拆模时间。同条件养护试件的抗压强度达到 40 MPa 后方可拆除模板。

8.8.2 拆模时 UHPC 接缝表面温度与环境温度之差不宜超过 5℃。

9 连接处理

9.1 湿接缝一般有承插式连接、钢筋插槽式连接、钢筋锥套—现浇连接三种连接方式，各类连接方式见 JTG/T 3654—2022 图 4-2~图 4-4 所示。

9.2 与湿接缝相邻端面应凿毛处理，凿毛最小深度不应小于 8 mm。

9.3 在桥面板湿接缝和钢—混凝土的结合部，不应出现混凝土脱空、不密实现象。

10 质量验收

10.1 一般规定

10.1.1 UHPC 接缝外观无明显缺陷，且质量检验资料真实、齐全。

10.1.2 本文件未明确规定的检验与评定事项按 JTG F80/1 的相关规定执行。

10.2 材料进场检验

10.2.1 施工采用原材料供应方式时，原材料进场前，应提供合格证，检查其种类、级别、出场日期等信息，原材料检测项目应符合表 2 的规定。

表2 原材料检测项目

检测项目	规定值或允许偏差	频率
水泥	符合设计要求	每200 t检验一次，不足200 t按一次
骨料	符合设计要求	每200 t检验一次，不足200 t按一次
纤维	符合设计要求	每批1次
外加剂	符合设计要求	每批1次
矿物原材料	符合设计要求	每批1次

10.2.2 施工采用预混料供应时，应检查预混料的产品使用说明和质量证明文件。同厂家、同批次、同规格、同强度等级、同出厂日期且连续进场的预混料作为一个批次进行检测，预混料检测项目应符合表 1 的规定，每 100 t 检验一次，不足 100 t 按一次。

10.3 配合比检验

10.3.1 采用原材料供应方式时，UHPC 配合比设计应由具有相关资质的第三方检测单位出具正式配合比设计报告；采用预混料供应方式时，预混料供应商应提供推荐配合比，并经第三方检测单位验证后，出具施工配合比确认书。

10.3.2 施工前，应现场抽取原材料或预混料，对 UHPC 设计配合比或预混料推荐配合比进行验证，各指标满足设计要求后方可施工。

10.3.3 配合比检验可由施工单位完成，但应在试验检测单位和监理单位的见证下进行。

10.3.4 配合比检验时，全部检验项目符合设计和本文件要求，则判定合格；如部分检验项目不符合设计和本文件要求，应重新取样验证，样品数量加倍，如试验结果全部合格，则判定合格；如重新取样检

验结果仍不符合设计和本文件要求，则判定不合格。

10.3.5 同一标段、同一配合比施工前应进行一次配合比检验，如施工过程中配合比有调整，应对调整后的UHPC重新检测。

10.4 施工过程质量验收

10.4.1 模板安装验收

检查模板的尺寸、位置、垂直度和平整度设计要求是否符合。确保模板拼缝严密、支撑牢固，无跑模、漏浆现象。

10.4.2 钢筋连接与定位验收

10.4.2.1 对湿接缝内的钢筋连接进行检查，确保连接牢固、位置准确。

10.4.2.2 检查钢筋的型号、规格、数量等是否符合设计要求。

10.4.3 混凝土浇筑与振捣验收

10.4.3.1 观察混凝土的浇筑过程，确保浇筑连续、均匀，无分层、离析现象。

10.4.3.2 对振捣过程进行监控，确保混凝土振捣密实，表面平整光滑。

10.4.4 湿接缝实体质量验收

10.4.4.1 检查湿接缝的表面质量，确保无裂缝、蜂窝、麻面等缺陷。

10.4.4.2 检查接缝处的平整度和密实度是否符合要求。

10.4.4.3 使用测量工具对湿接缝的尺寸进行测量，确保尺寸偏差在允许范围内。

10.4.4.4 进行混凝土强度试验，确保湿接缝的强度符合设计要求。

10.4.4.5 根据需要进行耐久性检测，如抗渗性、抗冻融循环等试验。

10.5 施工竣工质量验收

施工竣工质量验收应GB 50204的有关规定进行，并应符合下列要求：

- a) 工程施工质量应符合本规程和相关专业验收标准的规定；
- b) 工程施工应符合工程勘察、设计文件的要求；
- c) 参加工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格；
- d) 工程质量的验收均应在施工单位自行检查评定的基础上进行；
- e) 监理单位应按规定对涉及结构安全的试块、试件、有关材料和现场检测项目，进行平行检测、见证取样检测并确认合格；
- f) 承担见证取样检测及有关结构安全检测的单位应具有相应资质；
- g) 工程竣工验收合格后，建设单位应按规定将工程竣工验收报告和有关文件报政府建设行政主管部门备案。

10.6 质量验收文件与记录

10.6.1 收集并整理原材料的质量证明文件、配合比设计文件等。

10.6.2 记录施工过程中的关键工序和质量控制点，如模板安装、钢筋连接、混凝土浇筑与振捣等。保存并归档各项检测报告和试验数据，以备查验。

11 安全与环保措施

- 11.1 施工场地环境应采取降尘、降噪措施，扬尘、噪声排放应符合 GB 3095 和 GB 12523 的有关规定。
 - 11.2 施工现场应加强污水、废水管理，设置污水池和排水沟。排放标准应符合 JTG B04 的有关规定。
 - 11.3 施工现场废弃物料应统一处理。
 - 11.4 施工中使用的粘结剂、稀释剂等易燃、易爆化学制品的废弃物，应及时收集运送至指定储存器内，并按规定进行回收，不应随意丢弃。
-