

**T/CECS ××××—202×**

**中国工程建设标准化协会标准**

装配式桥墩钢筋波纹钢管灌浆锚固应用技术规程

**The grouting technical specification for grout corrugated steel ducts for rebar anchorage of prefabricated pier**

**（征求意见稿）**

（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）

**中国XXX出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

装配式桥墩钢筋波纹钢管灌浆锚固应用技术规程

**The grouting technical specification for grout corrugated steel ducts for rebar anchorage of prefabricated pier**

T/CECS XXX-202X

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司 |
| 批准单位： | 中国工程建设标准化协会 |
| 施行日期： | 202X年XX月XX日 |

中国XXX出版社

20XX 上海

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发﹤2019年第二批协会标准制订、修订计划﹥的通知》（建标协字〔2019〕22号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 6 章和 2 个附录，主要内容包括总则、术语、基本规定、设计、施工、验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会归口管理，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中如有意见或建议，请寄送至上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市杨浦区中山北二路901号，邮政编码：200092）。

**主编单位：** 上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

**参编单位：** 上海公路投资建设发展有限公司

 同济大学

 上海建工四建集团有限公司

 柳州欧维姆机械股份有限公司

 格力绿建新材料科技（上海）有限公司

 上海宝生新型建材有限公司

 湖南季兴新材料科技有限公司

 天津由鑫建筑材料制造有限公司

**主要起草人：** 卢永成 查义强 齐 新 王志强 宋 炜

 卫张震 周海峰 沈维芳 吴东升 孔令刚

 夏人杰 姜海西 张玉富 吴建兵 范 雷

 李逸之 张 铭 李申杰 干华铭 郑晏华

 王雄彪 田水兵 朱东强 尹小平 刘金荣

**主要审查人：** XXXX XXXX XXXX XXXX XXXX

**目 次**

[1 总 则 （3](#_Toc149168299)）

[2 术 语 （4](#_Toc149168300)）

[3 基本规定 （5](#_Toc149168301)）

[4 设 计 （7](#_Toc149168302)）

[4. 1 一般规定 （7](#_Toc149168303)）

[4. 2 构造要求 （7](#_Toc149168304)）

[5 施 工 （8](#_Toc149168305)）

[5. 1 一般规定 （8](#_Toc149168306)）

[5. 2 预制构件制作和承台施工 （9](#_Toc149168307)）

[5. 3 现场安装连接 （9](#_Toc149168308)）

[6 验 收 （12](#_Toc149168309)）

[6. 1 一般规定 （12](#_Toc149168310)）

[6. 2 预制构件制作 （13](#_Toc149168311)）

[6. 3 构件现场安装 （16](#_Toc149168312)）

[附录A 钢筋波纹钢管灌浆锚固拉拔试验检验方法 （17](#_Toc149168313)）

[附录B 接头试件检验报告 （22](#_Toc149168314)）

[用词说明 （23](#_Toc149168315)）

[引用标准名录 （24](#_Toc149168316)）

[附：条文说明 （28](#_Toc149168317)）

**Contents**

[1 Gerenral Provisions （3](#_Toc149168299)）

[2 Terms （4](#_Toc149168300)）

[3 Basic Requirements （5](#_Toc149168301)）

[4 Design （7](#_Toc149168302)）

[4. 1 General Requirments （7](#_Toc149168303)）

[4. 2 Structural Requirements （7](#_Toc149168304)）

[5 Construction （8](#_Toc149168305)）

[5. 1 General Requirments （8](#_Toc149168306)）

[5. 2 Precasting of Components and Construction of Pile Caps （9](#_Toc149168307)）

[5. 3 Installation and Connection （9](#_Toc149168308)）

[6 Acceptance （12](#_Toc149168309)）

[6. 1 General Requirments （12](#_Toc149168310)）

[6. 2 Precasting of Components （13](#_Toc149168311)）

[6. 3 Installation of Components （16](#_Toc149168312)）

[Appendix A Methods for The Pull Out Test of Grout Corrugated Steel Ducts Anchoring of Rebar （17](#_Toc149168313)）

[Appendix B Test Report of Anchor Joint Specimen （22](#_Toc149168314)）

[Explanation of Wording in This Specification （23](#_Toc149168315)）

[List of Quoted Standrads （24](#_Toc149168316)）

[Addition：Explanation of Provisions （28](#_Toc149168317)）

1. 总 则
	* 1. 为规范装配式桥墩钢筋波纹钢管灌浆锚固连接技术的应用，提高设计和施工技术水平，做到安全、适用、经济，保证工程质量，制定本规程。
		2. 本规程适用于装配式桥墩的钢筋波纹钢管灌浆锚固连接的设计、施工及验收。
		3. 装配式桥墩的波纹钢管灌浆锚固连接的设计、施工及验收除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。
2. 术 语
	* 1. 装配式桥墩 prefabricated pier

由预制构件或部件通过各种可靠的方式连接组合成整体的桥墩。

* + 1. 钢筋波纹钢管灌浆锚固连接 grout corrugated steel ducts anchoring of rebar

在混凝土构件中预埋波纹钢管，在波纹钢管中插入需锚固的钢筋，并灌注高强水泥基灌浆料而实现的锚固连接方式。

* + 1. 钢筋锚固用灌浆波纹钢管 grout corrugated steel duct for rebar anchoring

通过灌浆料拌合物的握裹传力，将钢筋锚固在混凝土结构中的预埋波纹钢管，简称灌浆波纹钢管。

* + 1. 高强无收缩水泥灌浆料 high-strength non-shrinkage cementitious grout

以水泥为基本材料，并配以细骨料，以及混凝土外加剂和其他材料组成的干混料，加水搅拌后具有良好的流动性、早强、高强、微膨胀等性能，填充于波纹钢管和带肋钢筋间隙内的干混料，简称灌浆料。

* + 1. 砂浆填充接缝bedding mortar

填充在不同类型构件拼接缝之间的高强无收缩砂浆过渡层。

1. 基本规定
	* 1. 波纹钢管灌浆锚固在装配式桥墩中可用于墩柱与盖梁、墩柱与承台的连接，构件之间应设置砂浆填充接缝，锚固连接方式如图3.0.1所示。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| a) 墩柱与盖梁连接 | b) 墩柱与承台连接 | c) 墩柱与承台台座式连接 |

**图3.0.1 波纹钢管的锚固连接方式示意**

1-预制墩柱；2-盖梁；3-承台；4-立柱主筋；5-波纹钢管；6-砂浆填充接缝；7-锚固钢筋

* + 1. 波纹钢管灌浆锚固连接的钢筋应采用符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014要求规定的带肋钢筋，不得采用光圆钢筋。
		2. 波纹钢管应符合现行标准《钢筋锚固用灌浆波纹钢管》T/CECS 10098的有关规定，波纹钢管不得拼接。
		3. 灌浆波纹钢管中使用的高强无收缩水泥灌浆料应符合表3.0.4的规定，并应符合现行行业标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408的规定。

**表3.0.4 灌浆波纹钢管锚固连接用灌浆料性能指标**

| 项目（性能指标单位） | 性能指标 | 试验方法标准 |
| --- | --- | --- |
| 流动性（mm） | 初始 | ≥320 | JG/T 408 |
| 30 min | ≥260 |
| 抗压强度（MPa） | 1 d | ≥35 | JG/T 408 |
| 3 d | ≥60 |
| 28 d | ≥100 |
| 竖向膨胀率（%） | 3 h | ≥0.02 | JG/T 408 |
| 24 h与3 h差值 | 0.02～0.50 |
| 氯离子含量（%） | ≤0.03 | GB/T 8077 |
| 泌水率（%） | 0 | GB/T 50080 |

* + 1. 不同类型构件拼接缝间应采用高强无收缩砂浆填充接缝，砂浆性能指标应符合表3.0.5的规定。

**表3.0.5 砂浆填充接缝性能指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目（性能指标单位） | 性能指标 | 试验方法标准 |
| 抗压强度（MPa） | 1 d | ≥30 | GB/T 17671 |
| 3d | ≥50 |
| 28 d | ≥60\* |
| 竖向膨胀率（%） | 3 h | 0.1~3.5 | GB/T 50448 |
| 24 h与3 h差值 | 0.02～0.50 |
| 氯离子含量（%） | ≤0.1 | GB/T 8077 |
| 泌水率（%） | 0 | GB/T 50080 |

注：\*并且高出被连接构件强度等级不应小于10MPa\*砂浆填充接缝初凝时间宜大于2h。

* + 1. 当环境温度低于5℃时，灌浆料与砂浆填充接缝应进行专项研究试验确定性能指标。
		2. 钢筋波纹钢管灌浆锚固连接极限抗拉强度应符合以下规定：

**1** 当接头外钢筋拉断时，不应小于连接钢筋的极限抗拉强度；

**2** 当接头锚固失效时，不应小于连接钢筋极限抗拉强度的1.15倍。

* + 1. 波纹钢管灌浆锚固连接应针对实际工程进行接头锚固抗拉强度现场检验。
		2. 波纹钢管锚固的灌浆工艺宜采用自下而上的压降工艺。采用倒浆工艺时，应进行灌浆密实性工艺试验。
1. 设 计
	1. 一般规定
		1. 承台的混凝土强度等级不应低于C30，墩柱和盖梁的混凝土强度等级不应低于C40。
		2. 接头连接钢筋的强度等级不宜高于HRB400，采用HRB500级及以上钢筋的连接形式应进行专项研究。钢筋直径不宜大于40mm。当钢筋直径大于40mm时，应通过试验验证确定其设计参数。
	2. 构造要求
		1. 波纹钢管的直径规格应与钢筋直径规格相配套，波纹钢管的内径不宜小于*ds*+40mm（*ds*为被锚固钢筋的直径）。
		2. 当墩柱钢筋与承台或盖梁采用灌浆波纹钢管锚固连接时，钢筋伸入波纹钢管的锚固长度不应小于被连接钢筋直径的24倍，若波纹钢管的净距小于其外径，则锚固长度应增加50%。
		3. 波纹钢管的净距不宜小于骨料最大粒径的1.3倍，且不宜小于50mm。
		4. 波纹钢管侧面的混凝土净厚度不宜小于150mm。
		5. 预制拼装桥墩中立柱与承台、立柱与盖梁之间的拼装接缝砂浆填充接缝厚度宜为20mm。相邻节段端面应粗糙化处理，粗糙面的凹凸深度不应小于6.5mm。
		6. 预制拼装桥墩柱身箍筋延伸到盖梁和承台的距离不应小于钢筋锚固长度，箍筋间距不宜大于150mm。波纹钢管压浆口靠近管口侧应设置一道箍筋。
		7. 立柱与承台的拼接缝宜采取耐久性措施。承台顶宜设置凹槽或围沿式构造，凹槽深度或围沿高度不应小于15cm，并用微膨胀砂浆或混凝土填筑密实。
2. 施 工
	1. 一般规定
		1. 波纹钢管灌浆锚固连接所采用的波纹钢管和灌浆料应符合下列规定：

**1** 波纹钢管与灌浆料应在构件生产和现场拼装前同时确定，并应完成锚固抗拉强度试验检验。

**2** 施工中更换波纹钢管或者灌浆料，应重新进行所有规格钢筋的锚固抗拉强度试验检验。

**3** 锚固抗拉强度试验检验应按本规程附录A的试验方法进行，并应按本规程附录B规定的格式出具检验报告。

**4**  钢筋波纹钢管灌浆锚固连接施工前应进行灌浆密实度检查试验。

* + 1. 钢筋波纹钢管灌浆锚固连接施工应编制专项施工方案。
		2. 对于采用波纹钢管灌浆锚固连接的首件应进行灌浆密实度检查及工艺总结。
		3. 构件预制用钢筋笼胎架、钢筋笼定位板、波纹钢管定位板、预制台座、模板、吊具等设备应根据具体预制工艺和精度要求进行专项设计。
		4. 施工现场灌浆料应在有效期内使用，宜存储在室内并应采取防雨、防潮、防晒措施。
		5. 施工过程中，应有质量检验人员全过程质量监督，及时形成灌浆施工质量检查记录，并留存构件安装、灌浆施工影像资料。
		6. 装配式桥墩波纹钢管安装、砂浆填充接缝的拌制和铺设、高强水泥浆的拌制和灌注的各类人员应经过专门培训，合格后方可上岗。
		7. 预制构件现场安装时需设置临时支承垫块的部位应预埋钢板，并进行局部承压验算。
		8. 拼接缝处的构件表面应及时凿毛至完全露出混凝土的粗骨料，并应用洁净水冲洗干净，平整度、粗糙度要求应达到本规程第4.2.5条的要求。
		9. 灌浆施工中，应采取可靠手段对钢筋波纹钢管灌浆接头灌浆饱满度进行监测。当灌浆施工出现无法出浆的情况或者浆体液面下降等异常情况时，应查明原因并采取有效应对措施。
	1. 预制构件制作和承台施工
		1. 波纹钢管和锚固连接钢筋的安装应符合下列规定：

**1** 波纹钢管应固定在定位板上并与定位板应垂直，应采用固定措施避免混凝土浇筑、振捣时波纹钢管移位。

**2** 锚固连接钢筋也应固定在定位板上，外露钢筋应顺直。

**3** 当波纹钢管上端直接开口于混凝土构件表面时，应采取防止混凝土和杂物落入的临时封堵措施。

**4** 波纹钢管的进浆管、出浆管应连接牢固并且不漏浆，进浆管、出浆管在混凝土构件内应按顺序、均匀分散布置，不得交叉错位，并且应有绑扎固定措施。

**5** 进浆管、出浆管应具有足够的环刚度，防止被挤压时和混凝土浇筑、振捣时被压扁而造成灌浆和出浆困难。

**6** 进浆管、出浆管弯折应为圆顺的曲线，弯折角度不应小于90°并且只能弯折一次，以防止灌浆和出浆不顺畅。

**7** 为防止混凝土和杂物进入，进浆管、出浆管管口应采取临时封堵措施。

* + 1. 焊接作业、钢筋笼吊装和混凝土浇筑、振捣时，应避免造成波纹钢管和进浆管、出浆管破损进浆。
		2. 预制构件出厂前，应对波纹钢管内腔、进浆管和出浆管进行畅通性、清洁度检查，进浆管、出浆管以及波纹钢管内如有水泥浮浆及杂物应清理。
		3. 若采用倒浆工艺，即波纹钢管顶端开口，灌浆料自上而下灌入时，应进行相关工艺试验，验证倒浆控制要求、灌浆时间要求、停注浆时机。倒浆管应满足验证内容所需的相关要求，注浆管应设置阀门开关。
		4. 构件存放及运输过程中，应对外露钢筋、波纹钢管分别采取包裹、封盖措施。
	1. 现场安装连接
		1. 预制构件吊装前，应检查构件外露钢筋与波纹钢管状况，当波纹钢管内有水泥浮浆或杂物时，或当外露钢筋有锈蚀或水泥浮浆时，应清理干净；当钢筋歪斜时，应矫正拼接面。
		2. 灌浆拌合料使用应符合下列规定：

**1** 灌浆料应符合本规程第3.0.4条的规定。

**2** 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的有关规定。

**3** 水灰比应按照厂家提供的要求进行控制。

**4** 灌浆料拌合物应采用电动设备搅拌充分、均匀，并宜静置2min后使用。

**5** 搅拌完成后，不得再次加水。

**6** 每工作班应检查灌浆料拌合物初始流动度不少于1次，指标应符合本规程第4.1.5条的规定。

**7**  强度检验试件的留置数量应符合验收及施工控制要求，每个拼接部位应不少于3组，分别测试1d、3d和28d龄期抗压强度。

**8** 宜优先选用智能拌浆设备。

* + 1. 灌浆施工应按施工方案执行，并应符合下列规定：

**1** 灌浆操作全过程应有专职检验人员负责现场监督并应及时形成施工检查记录。

**2** 灌浆施工时，环境温度应符合灌浆料产品使用说明书要求；当环境温度高于30℃时，应采取降低灌浆料拌合物温度的措施。

**3** 灌浆施工及养护过程中24h内灌浆部位环境温度不应低于5℃，环境温度高于30℃或低于5℃的情况应进行专项研究。

**4** 灌浆施工中宜采用灌浆压力或灌浆流量可调节的灌浆设备进行灌浆施工，并应随时核查灌浆料搅拌设备、灌浆设备、灌浆压力、灌浆速度应符合施工方案要求。宜优先选用智能注浆设备。

**5** 根据注浆密实度的要求通过实验验证确定注浆速度与压力。

**6** 灌浆作业应采用压浆法从波纹钢管下灌浆孔注入，当灌浆料拌合物从出浆孔流出后应及时封堵。

**7** 若采用倒浆工艺，即波纹钢管顶端开口，灌浆料自上而下灌入时，应进行相关工艺试验，验证合格后方可实施，并应注意实施过程中的灌浆速度、灌浆起止时机。

**8** 进出浆管应为弯管，进浆管应设置开关，出浆管弯管顶至出浆孔顶面高度不得低于15cm。

**9** 从出浆孔流出的灌浆料拌合物浆液持续均匀、饱满无气泡时，方可封堵出浆孔并关闭进浆管开关。

**10** 灌浆料宜在加水后30min内用完。

**11** 散落的灌浆料拌合物不得二次使用；剩余的拌合物不得再次添加灌浆料、水后混合使用。

* + 1. 灌浆料同条件养护试件抗压强度达到35 N/mm2后，方可进行对接头有扰动的后续施工；临时固定措施的拆除应在灌浆料抗压强度能确保结构达到后续施工承载要求后进行。
		2. 预制构件接缝采用砂浆填充接缝时，应采用高强无收缩水泥基砂浆，其性能指标应符合本规程第3.0.5条的规定，且应符合下列要求：

**1** 构件拼装前，应将拼接面充分湿润，承台或墩柱顶面设置调节垫块，铺设砂浆填充接缝，砂浆填充接缝厚度应高出调节垫块高度不小于5mm；

**2** 拌制填充接缝砂浆时，在一个批次材料的前提下，每个台班施工的每3个拼接部位应制取不少于3组试件；在不同批次材料的前提下，每个拼接部位应制取不少于3组试件；

**3** 拼装过程中，砂浆填充接缝拼接面处应一次完成坐浆，且应确保浆液饱满，坐浆后不得调整构件姿态；

**4** 砂浆填充接缝应及时进行保湿养生；

* + 1. 高强无收缩水泥灌浆料宜在拼装前两天进行1d龄期抗压强度及流动度测试，符合本规程4.1.5条的规定后方可用于现场拼装连接。
		2. 灌浆施工应保持连续，为预防压浆过程中遭遇停电等突发状况，现场应配备应急发电设备或高压水枪等清理措施。
		3. 灌浆完成后应及时清理残留在构件上的多余浆体。
		4. 预制构件拼装前应进行润湿，润湿工艺要求：1、冲水润湿；2、高压气冲净官腔内的残留水；3、波纹钢管腔内采用通水润湿工艺。
1. 验 收
	1. 一般规定
		1. 工程应用钢筋波纹钢管灌浆锚固时，应对灌浆波纹钢管进行锚固接头工艺检验；锚固接头工艺检验按附录A进行。
		2. 灌浆波纹钢管进厂（场）时，应抽取灌浆波纹钢管检验外观质量、标识和尺寸偏差，检验结果应符合现行标准《钢筋锚固用灌浆波纹钢管》T/CECS 10098的有关规定。

检查数量：以连续生产的同一批号、同一类型、同一规格的灌浆波纹钢管，不超过1000个为一批，每批随机抽10个灌浆波纹钢管。

检验方法：观察，尺量检查。

* + 1. 灌浆料进场后应进行抽样检验，检验参数为抗压强度（1d、3d、28d）、流动性、竖向膨胀率、泌水率、以及抗渗、抗冻融指标。

检验方法应符合《水泥基灌浆料材料应用技术规范》GB/T 50448和《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408的规定。

抽样数量:按进场批次每50t为一个检验批，不足50t的也作为一个检验批。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检查报告。

* + 1. 灌浆波纹钢管进厂（场）时，应抽取灌浆波纹钢管并采用与之匹配的灌浆料制作对中连接接头试件，并进行极限抗拉强度检验，检验结果均应符合第3.0.7条的规定。

检查数量：同一批号、同一类型、同一规格的灌浆波纹钢管，不超过3000个为一批，每批随机抽取3个接头做极限抗拉强度试验。

检验方法：检查质量证明文件和抽样检验报告。

* + 1. 第6.1.4条规定的极限抗拉强度检验接头试件应模拟施工条件并按施工方案制作。接头试件应养护28d。接头试件的抗拉强度试验应采用零到破坏或零到连接钢筋极限抗拉强度1.15倍的一次加载制度，并应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107的有关规定。
	1. 预制构件制作

主 控 项 目

* + 1. 模板及定位装置应符合下列规定：

**1** 需安装预制立柱的承台，预留波纹钢管或锚固钢筋定位板刚度、精度应满足预制立柱拼装精度要求。承台内预埋波纹钢管以及锚固钢筋定位板允许偏差及检验方法应符合表6.2.1-1要求。

表6.2.1-1 承台内预埋波纹钢管以及锚固钢筋定位板允许偏差及检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 检验频率 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 承台预埋波纹钢管定位孔中心位(mm) | 相邻 | ±0.5 | 每孔 | 1 | 游标卡尺量 |
| 对角线 | ±1 | 每孔 | 1 | 钢尺量 |
| 两个立柱钢筋定位孔中心位置(mm) | ±2 | 每个 | 4 | 钢尺量 |
| 波纹钢管定位板平整(mm/m) | 1 | 每个 | 4 | 靠尺量 |

**2** 预制立柱主受力钢筋以及波纹钢管精度应满足预制立柱与盖梁或承台拼装精度要求。立柱主筋以及波纹钢管定位板允许偏差及检验方法应符合表6.2.1-2的要求。

表6.2.1-2 立柱主筋以及波纹钢管定位板允许偏差及检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 检验频率 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 定位孔中心位置(mm) | 相邻 | ±0.5 | 每孔 | 1 | 游标卡尺量 |
| 对角线 | ±1 | 每孔 | 1 | 钢尺量 |
| 定位板平整度(mm/m) | 1 | 每个 | 4 | 靠尺量 |

**3** 预制盖梁节段灌浆波纹钢管的定位模板刚度、精度应满足预制盖梁拼装精度要求。盖梁灌浆波纹钢管定位板允许偏差及检验方法应符合表6.2.1-3的要求。

表6.2.1-3 盖梁灌浆波纹钢管定位板允许偏差及检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 检验频率 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 盖梁灌浆波纹钢管中心间距(mm) | 相邻 | ±0.5 | 每孔 | 1 | 钢尺量 |
| 对角线 | ±1 | 每孔 | 1 | 游标卡尺量 |
| 定位板平整度(mm/m) | 1 | 每个 | 4 | 靠尺量 |

* + 1. 钢筋模块应符合下列规定：

**1** 桥墩预制构件钢筋笼主要受力钢筋规格、数量应满足设计文件的要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察。

**2** 承台中预埋的波纹钢管规格、数量应满足设计文件的要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察。

**3** 承台混凝土浇筑前、后应对预埋波纹钢管定位及标高、预埋锚固钢筋定位及外露长度、承台顶面标高及平整度进行检查，允许偏差及检验方法应符合表6.2.2-1要求。

表6.2.2-1 承台预埋波纹钢管、预埋锚固钢筋、承台顶面（拼接面）允许偏差及检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差（mm） | 检验频率 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 预埋波纹钢管 | 中心线位置 | 2 | 每根 | 1 | 钢尺量 |
| 标高 | ±2 | 每根 | 1 | 钢尺量 |
| 预埋锚固钢筋 | 中心线位置 | 2 | 每根 | 1 | 钢尺量 |
| 外露长度 | 02 | 每根 | 1 | 钢尺量 |
| 承台顶面（拼接面） | 标高 | ±5 | 每个承台 | 4 | 水准仪 |
| 平整度 | ±5 | 每个承台 | 4 | 靠尺量 |
| 粗糙度 | ±2 | 每个承台 | 1 | 填砂法（再查找） |

**4** 立柱预制构件主筋以及预埋波纹钢管允许偏差及检验方法应符合表6.2.2-2的要求。

表6.2.2-2 立柱预制构件主筋以及波纹钢管允许偏差及检验方法

| 项目 | 允许偏差 | 检验频率 | 检验方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 范围 | 点数 |
| 立柱主筋 | 中心线位置（mm） | 2 | 每根 | 1 | 钢尺量 |
| 外露长度（mm） | ±2 | 每根 | 1 | 钢尺量 |
| 预埋波纹钢管 | 位置（mm） | 2 | 每件 | 2 | 钢尺量，每件纵横方向各测1点 |
| 垂直度 | L/800（L为波纹钢管长度） | 每件 | 1 | 沿波纹钢管全高拉线，钢尺量 |

**5** 盖梁预制构件预埋波纹钢管允许偏差及检验方法应符合表6.2.2-3的要求。

表6.2.2-3 盖梁预制构件钢筋模块允许偏差及检验方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 规定值或允许偏差 | 检验频率 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 预埋波纹钢管 | 位置（mm） | 2 | 每件 | 2 | 钢尺量，每件纵横方向各测一点 |
| 垂直度 | L/800（L为波纹钢管长度） | 每件 | 1 | 沿预埋件全高拉线，钢尺量 |

**6** 灌浆波纹钢管的止浆塞、定位销、进浆管、出浆管必须确保密封，防止混凝土浇筑时漏浆堵塞管道。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察。

一 般 项 目

* + 1. 桥墩预制构件成品检验应符合下列规定：

**1** 混凝土预制构件的拼装接触面的凿毛应满足本规程5.2.5条的规定及国家现行标准的要求。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察。

**2** 预制构件出厂时应对灌浆波纹钢管内腔与进出浆管清洁度、通畅性进行检查。

检查数量：全数检查。

检查方法：通水，观察。

**3** 立柱预制构件允许偏差及检验方法应符合表6.2.3-1的要求：

表6.2.3-1 立柱预制构件允许偏差及检验方法

| 项目 | 允许偏差（mm） | 检验频率 | 检验方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 范围 | 点数 |
| 立柱外露主筋 | 中心线位置 | 2 | 每根 | 1 | 尺量 |
| 外露长度 | ±2 | 每根 | 1 | 尺量 |
| 灌浆波纹钢管中心线位置 | 2 | 每个连接面 | 4 | 尺量，每个连接面抽查4个角点 |

**4** 盖梁预制构件允许偏差及检验方法应符合表6.2.3-2的要求：

表6.2.3-2 盖梁预制构件实测项目

| 项目 | 允许偏差（mm） | 检验频率 | 检验方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 范围 | 点数 |
| 灌浆波纹钢管中心线位置 | 2 | 每个连接面 | 4 | 尺量，每个连接面抽查4个角点 |

* 1. 构件现场安装

主 控 项 目

* + 1. 构件现场安装应符合下列基本要求：

**1** 桥墩预制构件拼装时，宜先进行预拼装，初步调整预制构件标高、垂直度后再进行座浆、正式拼装。

检验方法：检查施工记录。

检查数量：全数检查。

**2** 立柱与承台、立柱与盖梁的接缝砂浆填充接缝强度应满足设计要求，厚度应高于钢垫板顶面不小于5mm。

检查数量：每个拼接部位取样不得少于１次，每次制作2组边长为70.7mm的立方体试件，养护1d、28d后分别进行抗压强度试验。

检验方法：检查座浆施工记录、座浆材料强度试验报告及评定记录。

附录A 钢筋波纹钢管灌浆锚固拉拔试验检验方法

**A. 0. 1** 本试验检验方法适用于钢筋级别不高于HRB400、钢筋直径25~40mm、混凝土强度等级C30~C50的情况。钢筋级别高于HRB400、钢筋直径大于40mm的可参照本试验方法。

**A. 0. 2** 试件的混凝土、钢筋、波纹钢管、灌浆料应与实际工程使用的材料完全一致，并应符合如下规定：

**1** 试件混凝土应制备150mm×150mm×150mm抗压试块不少于1组，并宜留设不少于2组。

**2** 采用灌浆料拌合物制作的40mm×40mm×160mm试块不应少于1组，并宜留设不少于2组；灌浆料拌合物28d抗压强度不应小于95N/mm2，且不应大于110N/mm2。

**3**  试件应按工程中相同的工艺和要求进行灌浆。

**4** 混凝土试块及灌浆料试块应在标准养护条件下养护。

**A. 0. 3** 试件制作应符合下列规定：

**1**  试件钢筋锚固长度按本规程5.2.2条取值。，波纹钢管的长度取与钢筋锚固长度相同的值。钢筋外露长度要满足千斤顶张拉锚固的需要。钢筋应顺直，侧向弯曲度应小于1/1000。

**2** 试件可以采用单根、双根或者三根钢筋锚固的试件，构造如图A.0.3-1所示，试件均为长方体，宽度均为400mm，波纹钢管位于宽度的中心。当波纹钢管长度不大于400mm时，试件高度取为400mm；当波纹钢管长度大于400mm时，试件高度应大于波纹钢管长度5cm。试件配筋见图A.0.3-2。

 ****

（a）单根钢筋锚固试件立面图（单位:mm）

****

（b）双根钢筋锚固试件立面图（单位：mm）

****

（c）三根钢筋锚固试件立面图（单位：mm）

****

（d）钢筋锚固试件横断面图（单位：mm）

图A.0.3-1 试件构造



1. 立面图（单位：mm）



（b）平面图（单位：mm）



（c）横断面图（单位：mm）

图A.0.3-2 试件配筋

**3** 试件波纹钢管底部用厚度2mm圆钢片封底，圆钢片与波纹钢管等直径并连续围焊。波纹管底部设置注浆孔，构造与实际工程一致。波纹管顶端与混凝土表面平齐，两端均采用简易细钢筋绑扎固定，波纹钢管严格铅垂。试件浇注混凝土时用临时塞子将波纹钢管上口封住，防止混凝土落入管中。

**4**  试件混凝土浇筑并养护3d后拆模．居中插入钢筋并采取临时措施固定，钢筋也应严格铅垂。然后压注灌浆料，顶面与试件混凝土面平齐。养护28d后可进行拉拔试验。

**5** 拉拔试验可采用图A.0.3-3所示的试验装置。



图A.0.3-3 拉拔试验装置示意

**A. 0. 4** 拉拔试验加载应符合如下规定：

**1** 加载方案可采用反力架，反力架支腿钢垫板内缘距离预埋钢筋中心的净距不小于7.5*ds*，*ds*为锚固钢筋直径。

**2** 钢筋上端的锚固采用夹具或者焊接锚固头的方式。当采用焊接锚固头方式时，锚固头及焊缝的构造应避免应力集中而造成断裂位置发生在锚固头下端，并且焊接后需自然冷却至室温后方可加载试验。

**3** 拉拔试验加载为分级连续加载，加载速度根据拉拔试验操作方法确定，通过数字压力表记录钢筋拉力，千分表记录钢筋引申量。

**4** 当钢筋拉断或者拉力达到连接钢筋极限抗拉强度的1.15倍时即可终止抗拉试验；

**5** 抗拉试验还要注意做好安全防护措施。

**A.0.5** 拉拔试验应按本规程第B.0.1条规定的格式出具检验报告。

附录B 接头试件检验报告

**B.0.1** 钢筋波纹钢管灌浆锚固接头试件抽样检验报告应按表B.0.1的格式记录。

表B.0.1 金属波纹管灌浆锚固接头试件抽样检验报告

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 接头名称 |  | 送检日期 |  |
| 送检单位 |  | 试件制作地点 |  |
| 钢筋生产企业 |  | 钢筋牌号 |  |
| 钢筋公称直径（mm） |  | 波纹管类型 |  |
| 波纹管品牌、型号 |  | 灌浆料品牌、型号 |  |
| 灌浆施工人及所属单位 |  |
| 对中单向拉伸试验结果 | 试件编号 | No.1 | No.2 | No.3 | 要求指标 |
| 屈服强度（N/mm2） |  |  |  |  |
| 抗拉强度（N/mm2） |  |  |  |  |
| 最大力下总伸长率（%） |  |  |  |  |
| 破坏形式 |  |  |  | 钢筋拉断 |
| 灌浆料抗压强度试验结果 | 试件抗压强度量测值（N/mm2） | 28d合格指标(N/mm2) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 取值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 评定结论 |  |
| 检验单位 |  |
| 试验员 |  | 校核 |  |
| 负责人 |  | 试验日期 |  |

注:对中单向拉伸检验结果、灌浆料抗压强度试验结果、检验结论由检验单位负责检验与填写,其他信息应由送检单位如实申报。

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，可采用“可”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB/T 50448

《水泥胶砂流动度测试方法》GB/T 2419

《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671

《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2

《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014

《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107

《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650

《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2

《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1

《混凝土用水标准》JGJ 63

《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408

《钢筋锚固用灌浆波纹钢管》T/CECS 10098

**中国工程建设标准化协会标准**

装配式桥墩钢筋波纹钢管灌浆锚固应用技术规程

T/CECS XXX-202X

条 文 说 明

制 定 说 明

钢筋波纹钢管灌浆锚固连接作为装配式混凝土桥墩构件的重要连接方式之一，本规程制定过程中，编制组遵循先进性、科学性、协调性和可操作性原则，借鉴了当今国内外先进和成熟的技术思想、基础理论、科技研究成果，同时针对一些关键条款内容开展试验研究，将研究成果纳入本规程，并对钢筋波纹钢管灌浆锚固连接应用于装配式混凝土桥墩的设计、施工、验收等内容作出系统规定，补充完善装配式桥梁相关标准，有助于装配式桥墩设计和施工水平的提高，并有利于该项技术的推广应用。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。

本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

**目 次**

[1 总则 （28](#_Toc149176513)）

[2 术语 （29](#_Toc149176514)）

[3 基本规定 （30](#_Toc149176515)）

[4 设计 （32](#_Toc149176516)）

[4. 1 一般规定 （32](#_Toc149176517)）

[4. 2 构造要求 （32](#_Toc149176518)）

[5 施工 （34](#_Toc149176519)）

[5. 1 一般规定 （34](#_Toc149176520)）

[5. 2 预制构件制作和承台施工 （35](#_Toc149176521)）

[5. 3 现场安装连接 （36](#_Toc149176522)）

[6 验收 （39](#_Toc149176523)）

[6. 1 一般规定 （39](#_Toc149176524)）

[6. 2 预制构件制作 （39](#_Toc149176524)）

[6. 3 构件现场安装 （39](#_Toc149176524)）

1. 总 则

**1.0.1~1.0.3** 钢筋波纹钢管灌浆锚固连接是装配式混凝土桥墩构件的重要连接方式之一。编制本规程，有助于装配式桥墩设计和施工水平的提高，补充完善装配式桥梁相关标准，从而有利于该项技术的推广应用。在本标准的编制过程中遵循先进性、科学性、协调性和可操作性原则，借鉴了当今国内外先进和成熟的技术思想、基础理论、科技研究成果，同时针对一些关键条款内容开展试验研究，将研究成果纳入本标准，并符合安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理、环保节能、确保质量的要求，同时与现行国家、行业标准和规范的技术经济政策相适应、相协调。

1. 术 语

本规程将钢筋波纹钢管灌浆锚固连接接头由波纹钢管、硬化后的灌浆料、连接钢筋、砂浆填充层接缝四者共同组成。

构件生产时一构件预先埋人波纹钢管，另一构件预埋主受力钢筋。现场连接时，接缝铺设砂浆填充层，构件拼接后在波纹钢管与钢筋之间的空隙灌浆。

1. 基本规定
	* 1. 钢筋波纹钢管灌浆锚固连接可用于墩柱与盖梁、墩柱与承台的竖向主钢筋的锚固连接。当用于墩柱与盖梁连接时，波纹钢管预埋入盖梁中，立柱主钢筋伸入盖梁。当用于墩柱与承台连接时有两种连接构造方式，其中一种方式是在承台中预埋波纹钢管，立柱主钢筋伸入承台中；第二种方式是预制立柱底部增大横截面形成台座构造，波纹钢管预埋在台座的增大截面中，承台预埋的锚固钢筋穿入台座波纹钢管。

本条规定的钢筋波纹钢管灌浆锚固连接的抗拉强度为极限强度，按连接钢筋公称截面面积计算。

* + 1. 用于钢筋灌浆波纹钢管锚固连接的波纹钢管宜采用外形为带闭合圆环状波纹的圆钢管（图1）。波纹钢管应符合下列规定：

1 波纹钢管的管材应采用符合现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793的直缝电焊钢管或《结构用无缝钢管》GB/T 8162的无缝钢管。钢管采用Q235钢或以上牌号的钢材。

2 波纹钢管的壁厚t不应小于2mm；

3 波纹钢管的内径d1与被连接钢筋直径差应不小于40mm；

4 波纹钢管的波高a不应小于3mm；

5 波纹钢管的波距p应为30~35mm。



**图1 灌浆波纹钢管构造示意**

灌浆波纹钢管下端应设置进浆口连接进浆管，上端管顶应设置出浆口连接出浆管或直接由端部出浆；进浆口中心到波纹钢管端部的距离应为50mm~70mm。出浆口靠近管顶的规定有利于排出波纹钢管内的空气。进浆口到波纹钢管底部距离的规定是考虑箍筋布置的需要以及防止拼接面填充层砂浆堵住进浆口。

* + 1. 本条规定提出的灌浆料性能指标为常温型灌浆料的。工程中如果要采用低温型灌浆料，应结合连接接头的部位、环境温度、构件温度等条件，经过试验研究确定适用的性能指标。
		2. 本条规定提出的砂浆填充层性能指标为常温型的。工程中如果要采用低温型砂浆填充层，应结合连接接头的部位、环境温度、构件温度等条件，经过试验研究确定适用的性能指标。
		3. 考虑到钢筋可靠连接的重要性，为防止采用波纹钢管灌浆锚固连接的混凝土构件发生不利破坏，本规程提出了连接接头抗拉试验两种符合规定的情况。当接头外钢筋拉断，不应小于连接钢筋的极限抗拉强度；当接头锚固失效时，不应小于连接钢筋1.15倍的极限抗拉强度，或者说当接头拉力达到连接钢筋1.15倍的极限抗拉强度而未发生接头锚固失效时，应判为抗拉强度合格，可停止试验。
1. 设 计
	1. 一般规定
		1. 波纹钢管中钢筋锚固长度的规定与混凝土的强度等级相关。本条规定给出的混凝土强度等级最低值既考虑了工程实际，也根据了本规程试验研究的混凝土强度等级的情况。如果工程中采用低于本条规定的混凝土强度等级，波纹钢管中钢筋锚固长度应通过试验研究确定。
		2. 本规程的规定均是根据HRB400钢筋接头试验研究成果来确定的。对于HRB500及以上热轧钢筋，应进行连接方式和锚固长度的专项研究。

本规程试验研究所采用的最大钢筋直径为40mm，国内装配式桥梁项目中采用的最大钢筋直径也是40mm。当拟采用直径大于40mm的钢筋时，应通过试验研究确定其设计参数。

* 1. 构造要求
		1. 综合考虑预埋波纹钢管和钢筋的施工误差、波纹钢管间距布置、钢筋锚固效果、灌浆密实度以及实际工程经验等因素提出本项规定。
		2. 规程试验中两种直径（40mm和32mm）钢筋的群拔（三根钢筋间距150mm布置）和单拉结果比较表明，相对于单根钢筋拉拔试件，群锚试件的锚固长度建议增加1.2~1.25倍来保证连接锚固的可靠性。本规程偏于安全考虑和结合工程实际情况，提出锚固长度增加50%的规定。
		3. 为确保混凝土浇筑密实，给出了金属波纹管间净距的构造要求。同时考虑有的项目中的盖梁在波纹钢管灌浆之前就要承受较大压力，波纹钢管间距过小则对盖梁截面削弱较多，对盖梁受力不利。
		4. 波纹钢管在混凝土中的锚固能力与波纹钢管至构件侧面的净距离（保护层厚度）是相关的，本规程试验中，波纹钢管居中试件（试验中所有试件的厚度均为400mm）的波纹钢管距离混凝土边缘的保护层厚度均大于150mm，同时进行了少量波纹钢管净保护层厚度为100mm的试件（偏心试件）的拉拔试验，试验结果表明，相对于居中试件，偏心试件的锚固长度需要增加，不过需要增加的锚固长度不会超过20%。
		5. 实际施工中需通过垫层厚度调整立柱高度和平整度等的要求，同时考虑到预制立柱受力要求，砂浆垫层厚度不宜过大，考虑到接缝层浇筑密实，砂浆垫层厚度不宜过小。
		6. 考虑到当波纹钢管位于盖梁或承台内时，立柱箍筋向盖梁或承台内延伸是钢筋有效锚固的需要，因此首先箍筋延伸段高度不应小于钢筋的锚固长度。立柱箍筋向盖梁或承台内延伸段的高度同时还应满足抗震规范的规定。

为确保波纹钢管在箍筋约束下对核芯混凝土形成一个可靠的约束，同时便于施工中对波纹钢管进行整体的安装，应在灌浆连接套筒压浆口靠近管口侧设一道箍筋

* + 1. 接缝处容易受到具有腐蚀性地下水的侵蚀，所以应采取密封保护措施。

承台顶增设浅槽构造可以提高接缝耐久性和抗剪能力。当采用如图2a）所示的围沿式开槽方式时，围沿的钢筋在浇筑承台时预埋，墩柱安装后浇注围沿混凝土。当采用如图2b）所示的下凹式开槽方式时，注意浅槽底钢筋与承台下弯钢筋在浅槽凹角处必须交叉布置，并且各自要有合理的锚固长度。



a）围沿式浅槽 b）下凹式浅槽

图2 墩柱与承台连接的浅槽构造以及钢筋布置示意

1—预制墩柱；2—承台；3—浅槽；4—凸沿； 5—浅槽钢筋；6—凸沿钢筋；7—承台钢筋

1. 施 工
	1. 一般规定
		1. 本条规定了锚固抗拉强度试验检验的时间点与技术要求，对工程质量控制尤为重要。波纹钢管埋入预制构件时，应在构件生产前通过锚固抗拉强度试验检验确定现场灌浆施工的可行性，并通过检验发现问题。

接头试件制作应完全模拟现场施工条件，并通过抗拉强度试验确定灌浆料拌合物搅拌、灌浆速度等技术参数。更换波纹钢管、灌浆料、灌浆施工工艺或灌浆单位，均应再次进行抗拉强度试验检验。灌浆单位更换包括施工单位更换，也包括专业分包单位更换。锚固连接用到的每种规格（牌号、直径）钢筋都要进行抗拉强度试验检验。

应按本规程附录A所给出的钢筋波纹钢管灌浆锚固拉拔试验检验方法出具检验报告，并应包括评定结论。检验报告中的内容应符合附录B接头试件检验报告的规定，不能漏项，但表格形式可改变。

* + 1. 本条规定的专项施工方案不是强调单独编制，而是强调应在相应施工方案中包括钢筋波纹钢管灌浆锚固连接施工的相应内容。施工方案应包括波纹钢管在预制生产中的定位、构件安装定位与支撑、灌浆料拌合、灌浆施工、检查与修补等内容专项施工方案应包括材料与设备要求、灌浆料种类对应的施工条件、灌浆的施工工艺、灌浆质量控制措施、安全管理措施、缺陷处理等。施工中应严格执行专项施工方案，当实际施工与专项施工方案不符时，应重新确定后及时调整施工方案。专项施工方案编制应以接头提供单位的相关技术资料，操作规程、作业指导书为依据。
		2. 灌浆料以水泥为基本材料，对温度、湿度均具有一定敏感性，因此在储存中应注意干燥、通风并采取防晒措施，防止其性态发生改变。灌浆料最好存储在室内。
		3. 施工记录是施工质量控制与验收的重要依据，要在施工过程中及时记录。施工记录应覆盖从灌浆施工准备到实施的各环节。

本条强调灌浆施工过程管控，要求施工单位的专职检验人员全过程监督施工质量，监督过程应高度重视质量监控，发现问题及时返工、整改、补救，确保消除质量问题及安全隐患。本条规定留存能够证明工程质量的检查记录和影像资料。影像资料应包括灌浆部位、时间及有关检验内容，如有条件也宜包括外伸钢筋长度检验、结合面粗糙度检验、构件就位过程及就位后位置检验、灌浆料和拌合水称量、灌浆料加水拌合过程、灌浆料试件制作过程等内容。

混凝土结构子分部工程验收时，应对关键部位的质量检查记录、影像资料进行抽查。如发生质量检查记录、影像资料丢失或二者无法证明工程质量的情况，应采取可靠方法进行灌浆饱满性实体检验。

* + 1. 波纹钢管安装、砂浆填充接缝的拌制和铺设、高强水泥浆的拌制和灌注是影响灌浆锚固连接施工质量的关键因素。操作人员上岗前，应经专业培训，培训一般宜由接头提供单位的专业技术人员组织，灌浆施工应由专人完成培训应包括理论及实操内容，并对实操构件（试件）进行必要的检验。构件生产、施工单位应根据工程量配备足够的合格操作工人。
		2. 结合面质量包括类型及尺寸（标高与粗糙度），其中标高与粗糙度是接缝处灌浆层或座浆层施工质量与受力性能的基本保证。现浇混凝土浇筑时应严格控制其标高，并避免二次处理。
		3. 灌浆质量关系波纹钢管灌浆锚固连接的可靠性，有必要在工艺控制的基础上增加检测方案，从流程设计上进一步提高施工质量。

盖梁中存在较多距离混凝土外表面较远的波纹钢管，目前芯片法、阵列超声成像法对埋置在混凝土中深度较深的波纹钢管检测存在局限性，可采用压力传感器法进行检测。芯片法和阵列超声成像法的应用范围，宜控制在套筒侧面埋深不超过200mm。压力传感器法应在灌浆过程中进行检测，若存在异常，可立即进行现场补浆。

灌浆过程中及灌浆施工后应对进浆孔、出浆孔及时检查，其上表面没有达到规定位置上灌浆料拌合物灌人量小于规定要求，或灌浆料拌合物液面下降等,即可确定为灌浆不饱满。对灌浆施工中的问题，应及时发现、查明原因并采取措施。

对于波纹钢管没有完全充满的情况，当在灌浆料加水拌合30min内，应首选在原灌浆孔补灌；当在30min外，灌浆料拌合物可能已无法流动.此时可从出浆孔补灌，应采用手动设备压力灌浆，并采用比出浆孔小的细管灌浆以保证排气。

* 1. 预制构件制作和承台施工
		1. 本条规定了预制构件钢筋、波纹钢管的安装要求。安装工作应在波纹钢管灌浆锚固抗拉强度试验检验合格后进行。

将波纹钢管固定在模具（或模板）的方式可为采用橡胶环、螺杆等固定件。为防止混凝土浇筑时间波纹钢管内漏浆，应对波纹钢管可靠封堵，应采用橡胶塞等密封措施。

盖梁波纹钢管的进浆口和出浆口可采用“井”字形钢筋支架固定，立柱波纹钢管压浆口和出浆口采用U形钢筋卡扣固定，防止管道在混凝土浇筑的过程中发生位置偏移。当采用点焊固定进浆管和出浆管时，需复查进浆管和出浆管是否完整，确保未在焊接过程中损坏。

满足本标准要求的波纹钢管在一般情况下不会在浇筑时发生变形。在一些极端工况下，可根据施工工艺采取一定的措施（如内衬钢管），以保证其不变形。

* + 1. 焊接作业、钢筋笼吊装时应避免造成管道损坏，混凝土振捣在密实的同时应避免振捣设备直接冲击钢筋及波纹钢管、进浆管、出浆管，以免发生管道移位、管路破损进浆或脱落等问题。
		2. 为保证后续灌浆施工质量，应采取措施保证预制构件波纹钢管内腔、进浆管和出浆管畅通，管内如有水泥浮浆、杂物应及时清理。
	1. 现场安装连接
		1. 为保证后续灌浆施工质量，应采取措施保证预制构件波纹钢管内没有水泥浮浆、杂物，同时应确保连接部位外露钢筋的位置、长度和顺垂直度，并避免污染钢筋。外露连接钢筋的表面不应粘连混凝土、砂浆，可通过水洗予以清除；不应发生锈蚀，主要指表面严重锈斑，有此情况时应采取措施予以清除。
		2. 本条规定了灌浆料拌合的注意事项。

用水量应按说明书规定比例确定，并按重量计量。用水量直接影响抗压强度等性能指标，用水应精确称量，并不得再次加水。

灌浆料、座浆料搅拌宜采用强制式搅拌机并按作业指导书规定的搅拌参数搅拌，无应用条件时可采用具备一定搅拌力的电动设备搅拌。本条规定的灌浆料拌合物初始流动度检查为施工过程控制指标，应在现场温度条件下量测。

灌浆波纹钢管锚固连接施工时，每批次灌浆料应制取不少于3组的试件。该处的“每批次”指同一天同一台班施工的灌浆料，与施工部位无关。

* + 1. 本条规定了灌浆施工过程中的注意事项。

灌浆压力与灌浆速度是影响灌浆质量的重要因素。由于机械式灌浆设备的工作压力存在压力显示脉动现象，本条规定的灌浆压力指设备工作压力显示值上限的平均值，而非瞬间指示值。根据工程经验灌浆速度开始时宜为5L/min，稳定后不宜大于3L/min。竖向连接灌浆施工的封堵时间尤为重要，封堵时间应以出浆孔流出圆柱体灌浆料拌合物为准。

灌浆料拌合物的流动度指标随时间会逐渐下降，为保证灌浆施工，本条规定灌浆料宜在加水后30min内用完。灌浆料拌合物不得再次添加灌浆料、水后混合使用，超过规定时间后的灌浆料及使用剩余的灌浆料只能废弃。

当气温较低时，如不采取保温措施，高强无收缩水泥灌浆料早期强度增加非常缓慢。因此，在冬季施工时，应对高强无收缩水泥灌浆料和拌合用水进行保温。

本条明确了灌浆料适用的温度范围及必要测温、施工措施。有关测温结果应记入施工记录。

本条涉及的温度有气温、施工环境温度、灌浆部位温度、灌浆料拌合物温度等。气温主要用来衡量是否需要采取测温措施，施工环境温度、灌浆部位温度则是选择灌浆料及施工措施的依据。施工环境温度主要指灌浆现场施工部位环境温度.也包括灌浆料存放地温度。灌浆部位温度是指波纹钢管内部空腔及竖向构件底部需填充灌浆料接缝内的温度。灌浆料拌合物温度的下限直接影响灌浆料强度是否能够快速提高，上限则影响施工性能。

低温是影响灌浆料选择、施工措施等的关键因素，日最高气温低于10℃时应采用具有自动测量和存储功能的仪器测量施工环境温度及灌浆部位温度，并采用温度计测量灌浆料拌合物温度。如没有自动测量条件,则应至少6h量测1次并可靠记录。在气温较低时，从灌浆施工开始应至少连续测温24h,间隔不宜大于2h,以确保掌握施工环境温度、灌浆部位温度变化规律。当温度过高时,会造成灌浆料拌合物流动度降低并加快凝结硬化。气温可采用天气预报温度，也可采用现场测温。日平均气温高于25℃时应测量施工环境温度、灌浆料拌合物温度，二者温度用温度计测量即可。当灌浆施工.准备、灌浆施工过程中的施工环境温度高于30℃时，应采取降低拌合用水温度甚至加冰水搅拌等措施，尽可能将灌浆料拌合物温度降低到30℃以下，并应保证不超过35℃。

当施工环境温度较低而需要保温加热时，应确保未拌合的灌浆料温度、灌浆设备温度符合施工环境温度要求。对于本条提出的灌浆料施工最低温度要求，实践中要使最低温度控制有一定裕量，确保任何情况下不得突破。

本条规定的“灌浆施工过程”包括灌浆料搅拌、灌浆准备与灌浆施工全过程。

* + 1. 为保证每个连接部位高强无收缩水泥灌浆料强度达到设计要求，应在拼装前两天对每批次灌浆料进行流动度测试及1d龄期抗压强度测试，只有符合本规程第4.1.5条的规定后方可用于现场拼装连接。
		2. 灌浆工艺中某一个波纹钢管压浆如不保证连续，则该波纹钢管失效，应采用高压水枪及时清理己填充的灌浆料。因此，为了保证每个波纹钢管的可靠度，必须考虑应急预案。
1. 验 收

本章主要针对钢筋波纹钢管灌浆锚固连接涉及的主要技术环节提出验收规定，采用钢筋波纹钢管灌浆锚固连接的装配式桥墩验收应按相关规范执行。

根据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定，本章规定的各项验收内容可划入装配式结构分项工程进行验收。对于装配式结构分项工程，本规程规定的各项具体验收内容的顺序为：第一、灌浆波纹钢管进厂（场）外观质量、标识和尺寸偏差检验（第6.1.2条）；第二、灌浆料进场抗压强度、流动度、膨胀率、沁水率检验（第6.1.3条）；第三、灌浆波纹钢管进厂（场）接头力学性能检验及灌浆密实度检验，部分检验可与工艺检验合并进行（第6.1.4~6.1.6条）；第四、预制构件制作及进场验收（第6.2.1~6.2.3条）；第五、构件现场安装施工中拼装质量检验，以及灌浆料、座浆料抗压强度检验（第6.3.1条）。本章第6.1.1~6.1.6条按主控项目进行验收。

以上为波纹钢管灌浆锚固连接施工的主要验收内容。对于装配式桥墩，当波纹钢管需提前预埋至预制构件时，前3项检验应在预制构件生产前或生产过程中进行（其中灌浆料进场为第一批），此时安装施工单位、监理单位应将部分监督及检验工作向前延伸到预制构件生产单位。

* 1. 一般规定
		1. 针对波纹钢管灌浆锚固连接的技术特点，工程验收的前提是有效的接头型式检验报告、接头匹配检验报告、工艺检验报告，且报告的内容与施工过程的各项材料一致，并符合设计及专项施工方案要求。

工艺检验是施工过程控制的要求，对工程质量控制尤为重要。灌浆波纹钢管埋入桥墩预制构件或承台前，应通过工艺检验确定现场灌浆施工的可行性，并通过检验发现问题。本规程附录A给出接头试件工艺检验方法及检验报告要求。

本规程第5.1.1条也对接头工艺检验的时间点及相关条件进行了规定，即除本条要求外，更换波纹钢管或者灌浆料或灌浆施工工艺，均应按本条规定重新进行锚固接头工艺检验。

* + 1. 灌浆波纹钢管可能预埋在预制混凝土盖梁或现浇承台中，故本条规定为预制构件生产单位进厂或施工现场进场均应检验。同一批号以原材料、炉（批）号为划分依据，灌浆波纹钢管的质量证明文件包括现行标准《钢筋锚固用灌浆波纹套筒》T/CECS 10098规定的质量检验表、产品合格证。
		2. 对于装配式桥墩，灌浆料主要在装配施工现场使用，但考虑在预制构件生产前应进行本规程第6.1.1条规定的锚固接头工艺检验和第6.1.4条规定的接头极限抗拉强度检验，故本条规定的灌浆料进场验收应在预制构件生产前完成第一批；对于用量不超过50t的工程，则仅进行一次检验即可。灌浆料的质量证明文件包括现行标准《水泥基灌浆料材料应用技术规范》GB/T 50448规定的相关内容以及参照标准《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408规定的有关内容。

此外，灌浆料强度是影响接头受力性能的关键，灌浆施工过程质量控制的最主要方式就是检验灌浆料抗压强度和灌浆施工质量，因此本条规定的灌浆料按批进场检验合格是后续施工的基础

* + 1. 本条是检验灌浆波纹钢管质量及锚固接头质量的关键检验项，涉及结构安全，故应予以重视。

本条检验接头制作所使用的灌浆料应与工程中实际应用的灌浆料相同，检验报告中应注明灌浆料品牌与型号。根据本规程第5.1.1条要求，对通过本条检验并已在工程中（预制构件制作中或承台现场施工中）使用的灌浆波纹钢管，如在现场灌浆施工中再更换灌浆料，应按本条规定重新检验，检验应在监理单位（建设单位）、第三方检测单位代表见证下制作试件。

第一批检验可与第6.1.1条规定的工艺检验合并进行，工艺检验合格后可免除此批灌浆波纹钢管的接头抽检。

本条规定检验的接头试件制作、养护及试验方法应符合本规程第6.1.6条的规定，合格判断以接头力学性能检验报告为准，所有试件的检验结果均应符合本规程第3.0.7条的有关规定。

考虑到波纹钢管灌浆锚固接头试件需要标准养护28d，本条未对复检做出规定，即应一次检验合格。

制作对中连接接头试件应采用工程中实际应用的钢筋，且应在钢筋进场检验合格后进行。对于断于钢筋而抗拉强度小于连接钢筋抗拉强度标准值的锚固接头试件，不应判为不合格，应核查该批钢筋质量、加载过程是否存在问题，并按本条规定再次制作3个对中连接接头试件并重新检验。

* + 1. 灌浆质量是钢筋波纹钢管灌浆锚固连接施工的决定性因素，故规定应制作连接接头试件进行灌浆密实度实体抽检。对于按相关要求制作并养护到位的接头试件，采用试件纵向剖切开查看或钢管管壁不同部位钻孔后内窥或其他经验证可靠的方法进行检验，根据具体检验方法确定检验实施单位，可由监理单位组织施工单位实施。
		2. 本条规定了第6.1.4条极限抗拉强度检验的接头试件制作、养护及试验方法。检验合格判断以接头力学性能检验报告为准，所有试件的检验结果均应符合本规程第3.0.7条的有关规定，并应符合现行标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107中一级接头的有关规定。
	1. 预制构件制作
		1. 预埋于预制立柱、盖梁或现浇承台中的波纹钢管往往采用特定模板及定位装置形成整体模块，并与构件钢筋骨架进行组装，因此，为保证波纹钢管在混凝土浇筑施工过程中不发生变形、偏位等，固定波纹钢管的模板及定位装置应具有足够的强度、刚度和适应性。

此外，精度是预制立柱、盖梁拼装是否成功的重要因素之一，依据目前工程实践经验，往往采用锚固钢筋和波纹钢管对应的定位板进行匹配定位，因此控制模板及定位装置的精度是保证拼装精度的重要措施。

* + 1. 本条对桥墩预制构件制作及承台施工中涉及波纹钢管灌浆锚固连接的钢筋检验内容作出了规定，钢筋常规验收内容依据现行行业标准《公路工程施工技术规范》JTG/T 3650、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1及《城市桥梁施工与质量验收规范》CJJ 2的相关规定进行。
		2. 依据现行行业标准《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1及《城市桥梁施工与质量验收规范》CJJ 2的相关规定，桥墩预制构件生产完成后，应进行成品出厂（进场）检验，检验主要项目为检查质量证明文件、外观质量、标识、尺寸偏差等。质量证明文件主要包括产品合格证明书（应包含混凝土强度、保护层厚度、隐蔽检查记录等内容）以及其他重要检验报告等，如灌浆波纹钢管进场检验、接头工艺检验在预制构件生产单位完成，质量证明文件尚应包括这些项目的合格报告。

对于埋入桥墩预制构件或承台内的灌浆波纹钢管，外观质量、尺寸偏差检查还应包括其位置与尺寸、灌浆波纹钢管内腔及进出浆管的清洁度、通畅性等项目。

* 1. 构件现场安装
		1. 按照目前工程经验，为保证预制立柱、盖梁现场拼装作业顺利、可控，往往采用预拼装工艺，初步调整好预制构件空间姿态、标高、垂直度等后再进行座浆正式拼装，可避免座浆后反复调整影响砂浆填充层密实度及接缝质量。

同样，为保证拼接缝部位砂浆填充的密实性，填充层厚度应高于接缝之间的调节垫板厚度，已达到拼装时多余砂浆被挤出接缝的效果。

为保证每个拼接部位高强砂浆强度达到设计要求，并作为后续施工作业的基础，对填充层材料进行1d、28d龄期抗压强度试验，只有符合本规程第3.0.5条的规定后方可继续施工。