

灌浆金属波纹管锚固钢筋技术连接预制拼装墩柱与承台施工技术

司自愿 程学峰

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i1.6473

[摘要] 基于灌浆金属波纹管锚固钢筋技术连接预制拼装墩柱，灌浆金属波纹管能有效增强砂浆对钢筋的粘结锚固，确保拼装节点的结构安全性，波纹钢管形成的节点单元更容易在钢筋模块中定位、具备更高的容错率，加工制作方便，施工便利性好，经济性好。

[关键词] 墩柱；承台；金属波纹管；装配式；灌浆

Grouting metal corrugated pipe anchor reinforcement technology connecting prefabricated assembled pier column and cap construction technology

Si ziyuan, Cheng Xuefeng

Sinohydro 11 Co. LTD

[Abstract] based on the grouting metal corrugated pipe anchorage reinforcement technology connection prefabricated pier column, grouting metal corrugated pipe can effectively enhance the mortar of steel bond anchor, ensure the safety of assembled node structure, corrugated steel pipe formed node unit more easily in the steel module positioning, have higher fault tolerance rate, processing is convenient, construction convenience is good, good economy.

[Key words] pier column; cap; metal corrugated pipe; assembly; grouting

1 技术特点

1) 采用灌浆金属波纹管锚固钢筋技术连接预制拼装墩柱与承台进行连接，操作简单，施工方便，能够有效的缩短施工工期。

2) 通过灌浆金属波纹管锚固钢筋技术连接预制拼装墩柱与承台进行连接，能够综合传统钢筋混凝土结构和钢结构的优势，同时限制其不利作用的发挥，从而做到物尽其用，扬长避短，进而为桥梁工程施工提供更广阔的创新空间。

3) 装配式桥梁墩柱通过构件工厂预制，减少了施工过程中支架搭设、模板安装、混凝土浇筑、养护等传统的施工过程，施工现场场容较好，减少了以往传统施工方法对施工现场造成的环境污染和降低了施工现场环境噪声污染。

4) 通过工厂预制墩柱，使结构外形尺寸更加准确，并且构件的外观效果相比现场施工效果更加美观，不再进行二次修饰，并利于增加城市桥梁桥下的景观效果。

5) 装配式桥梁墩柱相比以往施工方法，减少了大量的机

械设备、材料、人工的投入，墩柱与主梁采用无支座刚性连接，远期维护费用低，对工程成本的节约及工程投资都有利，具有较好的社会效益。

2 工艺原理

墩柱采用工程化集中预制加工，分段运至现场，采用两台吊车配合利用提前安装于预制墩柱上方的吊钩进行预制墩柱的翻转，保持预制墩柱直立状态下，与承台内预留孔道进行比对，保证了所有承台内的预留孔道与墩柱预留钢筋均一一对应后，再将墩柱落入承台内后距离承台 3cm 处保持不动，通过全站仪进行测量后，确定偏差后安装反力架进行墩柱精调，精调完成后通过重力将高强度无收缩灌浆料灌注至预留金属波纹管内，待强度达到设计强度后移除反力架等固定措施。

墩柱全部采用工厂化制作，方便施工，节省了施工工期；墩柱节段间连接采用剪力键+环氧树脂胶，通过大直径直螺纹钢筋连接，减少了现场焊接工程量，具有较好的社会效益。

3 施工工艺流程及操作要点

3.1 灌浆金属波纹管锚固钢筋技术连接预制拼装墩柱安装工艺

本工程预制墩柱与承台连接采用灌浆金属波纹管钢筋进行锚固连接，两节墩柱之间连接采用剪力键+环氧树脂胶，墩柱钢筋连接采用直螺纹机械连接。

预制墩柱安装采用履带吊配合吊具进行安装，预制墩柱下节墩柱安装后，利用反力架进行墩柱的微调，定位准确后临时锁定墩柱再进行承台内预留金属波纹管的灌浆，待强度达到设计要求后再进行上节墩柱安装。

上节墩柱安装时，提前将上节墩柱钢筋放置于上节墩柱孔道内，并固定牢靠后再起吊上节墩柱进行安装，钢筋连接采用直螺纹机械连接，钢筋连接完成后定位墩柱主筋，进行环氧树脂胶的涂抹，并进行临时预应力的张拉，最后落下上节墩柱后进行上节墩柱金属波纹管的灌浆。

按照上述安装顺序，逐个完成上节墩柱的安装后，对上节墩柱进行临时锁定，待波纹管内灌浆料强度达到设计要求后解除临时锁定，即完成预制墩柱上下节精确安装和最终定位。

3.3 施工操作要点

3.3.1 承台制作

承台类型为 CX 类 (5.2m×5.2m×2m)、CY 类 (6.5m×2.5m×2m)，承台施工时预埋桥墩主筋用金属波纹管。波纹管材质为镀锌金属波纹管，尺寸内径 φ80mm 及 φ80×160mm。承台坐标及标高允许偏差为±2mm，水平度允许偏差为±1mm。

承台施工时应严格控制金属波纹管预埋位置不变，允许偏差为±2mm。金属波纹管与承台钢筋冲突时，进行截断后在相邻位置补强或适当移动承台钢筋。金属波纹管与桩基伸入承台的钢筋位置冲突时，可改变伸入承台的钢筋弯折方向，保证金属波纹管位置不变。

为了保证预留金属波纹管位置的准备及承台浇筑期间波纹管不移动，采用设置定位钢板来固定金属波纹管，钢板上切割与波纹管相同孔道，便于波纹管穿入进行固定。

3.3.2 预制墩柱安装

预制桥墩运抵现场，首先对墩柱外观、尺寸、波纹管位置进行检验。墩柱外观应无缺棱掉角，颜色均匀一致，平整光滑，主要指标应满足下表要求：

表 3.3.2-1 预制墩柱验收表

序号	检验项目		允许偏差 (mm)	检验频率	
				范围	点数
1	混凝土抗压强度		在合格标准内	每个节段	
2	顶部表面平整度		5		4
3	长度		±10		3
4	断面尺寸	宽度	+5 0		2
		高度	±5		2
		壁厚	+5 0	8	
5	剪力键	位置	2	每个剪力键	1
		平面高差	2		1

表 3.3.2-2 节段制作的预埋件偏差验收表

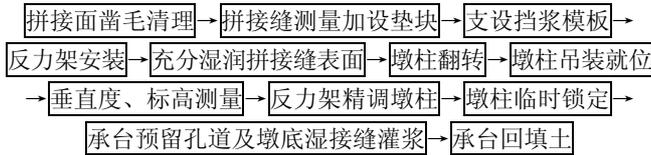
序号	检验项目		允许偏差 (mm)	检验频率		
				范围	点数	
1	预埋件	螺栓	位置	5	每个预埋件	1
			外露尺寸	+10 0		1
2	吊孔		位置	5	每个预留孔洞	1
3	金属波纹管	位置	节段端部±5	1		
		管径	+3 0	1		

3.3.2.1 预制墩柱下节段安装

预制墩柱吊装采用 260t 履带吊，吊装中心距 14m，臂长

35m，最大吊重 54.2t，大于最大墩柱重量 43.94t，满足施工要求。

下节段墩柱按以下工艺流程：



为保证墩柱施工与承台及墩柱分节施工后混凝土能很好地连接成一体，将墩柱接茬范围内的水泥砂浆、松动石子或软弱混凝土层凿除，以露出坚硬的且连接牢固的小石子为准。凿毛后及时将凿下的浮碴、碎石等清扫干净。

对已施工承台进行标高测量，进行能更准确的进行墩柱安装时的标高控制，提前进行架设高强度混凝土垫块，保证墩柱安装时的高程。

距离墩柱四周 50 厘米位置支设挡浆模板，利用 10×10 木方围挡，便于下节墩柱灌注高强度灌浆料时，不再出现溢洒。

预制墩柱翻转时，为了保证下节墩柱预留钢筋不受挤压碰撞，采用两台吊车配合吊装进行墩柱的翻转。利用预制墩柱预埋的吊钉及鸭嘴扣直接将墩柱直立后，解除辅助吊车吊钩，由履带吊单独进行下节墩柱的安装。

先进行试吊，检查墩柱下节段底部伸出钢筋是否与承台预留孔位置对齐。垂直起吊进行安装，下节段底部伸出主筋插入承台预留置孔。吊装时应注意保护桥墩外漏钢筋，避免碰撞变形。吊车将墩柱悬空，精确调整桥墩纵横位置及垂直度。

精准对孔后进行墩柱位置的测量定位，控制墩柱的中心线与设计中心线，并垂直下落预制墩柱，直至下节墩柱下落到距离承台上 3cm 位置后不再下落，再次加设混凝土垫块保证预制墩柱与承台留有 3cm 湿接缝，并测量预制墩柱标高控制误差在 1cm 范围内，临时锁定预制墩柱，保证其不再倾斜或偏移。

安装精调反力架进行预制墩柱的精准调整，保证墩柱横向位置控制在 2mm 范围内，反力架安装于承台上与墩柱采用墩柱内预埋螺栓进行螺丝连接调整。

临时锁定下节墩柱后，制拌高强度无收缩灌浆料，其技术指标见下表。

孔道灌浆要在墩柱安装就位后 2 小时内灌浆完成。灌浆采用专用搅拌机拌制，搅拌机的转速不低于 1000r/min，搅拌叶的形状与转速相匹配，其叶片的线速度不小于 10m/s，最高线速度限制在 20m/s 以内，且能满足在规定的时间内搅拌均匀的要求，用于临时储存浆液的储料罐具有搅拌功能，且设置规格

尺寸不大于 3mm 的过滤网。

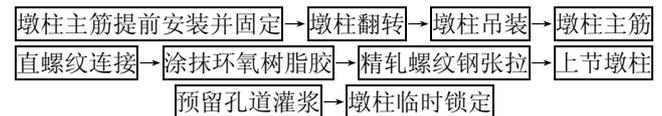
表 3.3.2-1 高强灌浆料性能指标

检测项目		性能指标
流动度	初始	≥300mm
	30min	≥260mm
抗压强度	1d	≥35MPa
	2d	≥60MPa
	28d	≥100MPa
竖向自由膨胀率	24h 与 3h 差值	0.02%~0.50%
氯离子含量		≤0.03%
泌水率		0.00%

3.3.2.2 预制墩柱上节段安装

待墩底湿接缝强度达到 80%以上时，吊装上节段进行拼装。

上节段墩柱按以下工艺流程：



上下节预制墩柱匹配面采用施加环氧树脂胶作为粘接剂，其性能指标应符合 FIP 标准和美国 AASHTO 标准，其主要性能如下：

涂装时采用手涂抹或用专业刷子涂刷，涂胶时需保证交接面干燥，胶不宜涂得过多，3mm 即可。为使节段墩柱之间的接合面得到良好的填充和紧密的咬合，在墩柱就位并在接合面上涂抹环氧树脂后，预应力筋材料采用标准强度 830MPa 的 Φ32、40 精轧螺纹粗钢筋，使得接缝间的环氧结构胶在压应力不小于 0.3MPa 条件下固化。

临时预应力的张拉采用不小于 60 吨的穿心顶进行张拉，张拉时精轧螺纹必须保持水平，严禁精轧螺纹处于斜拉状态。

上节墩柱孔道注浆完成后，对墩柱进行临时锁定，保证墩柱不受外力的扰动或碰撞造成墩柱的移位或破损。

4 材料与设备

预制墩柱吊装工艺较以往的施工方法精确度高，吊装构件单件重量偏大，且现场吊装工况受工艺要求高，为满足工期及质量要求，拟投入下表所需材料及机械设备。

4.1 材料

表 4.1-1 主要材料表

序号	设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	方木	10*10cm	m ³	1	
2	直螺纹套筒	Φ32	个	224	Φ40、248 个
3	高强度无收缩灌浆料	≥100mpa	袋	75	
4	环氧树脂胶	环氧类	吨	1	
5	20 型钢	6 米	根	10	

4.2 机具设备

表 4.1-2 主要机械设备表

序号	设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	履带吊	260T	台	1	
2	汽车吊	50T	台	1	
3	平板车	100T	辆	3	
4	装载机	ZL50	台	1	场地平整
5	云车	20m	台	2	
6	智能张拉、压浆设备	UB2	套	1	

5 质量控制

5.1 施工图现场核查和施工技术交底

在施工图出来后，将安排工程技术人员熟悉工程图纸，认真审核施工图纸，熟悉设计文件内容，并进行现场核对，根据现场调查，对设计中存在的问题由工管部负责汇总，会审人员将汇总文件交由工区项目部的工程管理部门等待审查答复。

工程施工前，总工程师将组织召开技术交底会议，就本工区的工程任务、工程进度、施工图要点、质量要求、操作流程、施工方法、施工技术措施、工种配合和安全文明施工等技术要求进行技术交底并以书面形式交底。

5.2 工艺流程设计、试验制度

工程开工前，由本工区工程管理部组织对各分项分部工程进行工艺流程设计，特别是对路基地基处理、预制墩柱吊装等施工过程或施工工序，结合现场实际和施工特点逐项进行工艺流程设计，达到作业程序易懂，操作方法具体可行，施工过程有序可控，质量标准满足要求。

5.3 质量自检制度

各个施工点要强化以第一管理者为首的质量自检、自控体系，完善内部检查制度配齐质量管理人员，实行工程技术部管理、质量管理部监控的监管分离体制，责任落实到人，严格执行质量奖罚制度。

自检体系由本工区、施工队两级组成，工区要自检，以内控为核心；施工队设专职质检员，按照“跟踪检查”、“自检”、“复检”、“抽检”的检测方法实施检测工作，严格执行质量一票否决制。

凡属隐蔽工程项目，首先由班组、施工队、质检部逐级进行检查，检验合格后会同监理工程师一起复检，检查结果填入验收表格，双方签字。

测量资料须经换手复核，交总工程师审核后报监理工程师批准，现场测量基线、水准点及有关标志须定期复测检验，确保测量精度符合规范要求。

5.4 隐蔽验收检查制度

隐蔽工程经作业队自检后，报质检工程师检验，检验合格后，填写隐蔽工程检查证及附件，于隐蔽前 24 小时，通知监

理工程师及市政监督专业站到现场进行检查，监理工程师在检查证上签字后，方可继续施工。

发现现场与设计资料差异较大的隐蔽工程，在通知监理工程师的同时，还应通知设计单位、建设单位参加检查、签证，共同研究处理。

1) 控制要点

控制好预制质量，加强节段墩柱出厂前检查，避免影响架梁。

悬挂安装对横梁高程及箱梁线形影响大，要严格控制其安装精度。

严格按照工艺抹胶临时张拉，要保证胶的厚度及均匀性，张拉后环氧胶要饱满，不能有空洞。

采取措施保证孔道压浆质量，避免漏压浆。

2) 保证措施

作业队严格按照不同工序安排不同的班组进行作业，并配备较强的工班长，人员配足，并严格区分作业任务。

分工种、工序进行实用性强的培训交底。

加强监管、检查，严格按照工艺施工。

重点工序进行重点专人监控。

6 效益分析

采用预制装配式墩柱施工工艺，不再沿用传统的现浇墩柱需要搭设施工架体，现场绑扎钢筋、支设模板等复杂的施工工序，不仅加快了施工进度，还减少了施工的成本投入，节约工程成本约 89 万元。

结束语

灌浆金属波纹管锚固钢筋技术连接预制拼装墩柱与承台进行连接，适用于高架桥施工场地狭小，中心城区市政桥梁工期紧、环境及噪声污染少的情况下，操作简单，施工便利性好，能够有效缩短施工工期，经济性好。

[参考文献]

[1]曾湘黔，公路桥梁装配式墩柱、盖梁施工技术[J].工程建设与设计，2023

[2]郭伟；申铁军，桥梁工程中装配式墩柱安装技术要点与施工组织[J].交通科技与管理，2023