

装配式混凝土结构施工关键技术及质量控制研究

谢佩希

江西省赣州市南康区康建建筑工程质量检测有限公司 江西 赣州 341400

【摘要】：装配式混凝土结构依靠预制构件工厂化生产、现场装配，施工质量关键看节点连接可靠性和安装精度。由于关键工序大多为隐蔽工程，传统的事后检查不能对质量进行全方位的控制，因此对于全过程精细化管理的要求也越来越高。本文对预制构件吊装就位、钢筋套筒灌浆连接、叠合构件后浇混凝土等关键技术要点进行了梳理，并从构件进场验收、灌浆连接过程控制、安装精度校核三个方面建立了全流程质量控制体系。就套筒灌浆质量难以追溯的状况而言，对灌浆饱满度专项检测以及结构实体检测等验证手段的应用价值展开研究。研究表明，把严格的过程控制同客观的第三方检测结合起来，是保证装配式结构整体受力性能和安全耐久性的有效方法。

【关键词】：装配式混凝土结构；钢筋套筒灌浆连接；施工关键技术；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.085

建筑工业化发展速度加快，装配式混凝土结构由于施工速度快、现场湿作业少、资源消耗低等特点，在住宅和公共建筑中得到越来越广泛的应用。装配式结构的受力性能很大程度上取决于预制构件安装精度和节点连接质量，套筒灌浆连接、构件吊装、后浇混凝土等工序又分散在工厂、运输和现场多个环节，任何一个环节出现偏差都会影响结构整体性能。其中大部分属于隐蔽工程，连接是否可靠在完工后很难直观判断，对于过程控制和检验检测的要求也更高。本文从关键施工技术出发，根据现行规范和现场操作经验对各个工序的控制指标进行分析，研究检验检测手段在质量检验中的运用，为装配式结构施工质量管理提供可以实施的参考。

1 装配式混凝土结构施工特点与主要流程

1.1 施工技术特点

装配式混凝土结构把墙板、梁、柱、楼板、楼梯等构件在工厂预制成型，运到现场后通过吊装、连接和局部后浇混凝土形成整体。该种建造方式把大量的湿作业从现场转移到工厂，现场以装配作业为主，工序衔接紧密，施工组织计划性要求高。构件进入吊装阶段以后，施工节奏基本上是由起重设备以及连接作业所决定的，留给现场调整的空间很小，前期的深化设计、构件编号、运输排序等都会直接影响到现场的效率。装配式结构的受力主要集中在数量不多的连接节点上，套筒灌浆接头、后浇段和叠合面的施工质量决定着结构是否能够按照设计意图传递荷载，与现浇结构逐层整体施工的特点不同。需要注意的是，大部分节点都是隐蔽工程，灌浆是否饱满、钢筋是否插入到位，在构件就位封堵之后很难通过外观来判断，质量的追溯性比常规工序更加重要，因此施工记录和影像留存成为不

可缺少的环节^[1]。

1.2 主要施工流程

装配式混凝土结构现场施工一般为层循环。测量放线得到构件就位的轴线和标高控制点后，预制构件按吊装顺序进场，验收合格后分类堆放，防止二次倒运造成磕碰。吊装就位是流程的中心环节，构件落位后立即设置临时斜支撑并进行垂直度、标高校正，校正合格才能松钩。竖向构件校正固定后，对接缝进行封堵、分仓，为套筒灌浆创造密闭条件；灌浆完成且达到规定强度，竖向连接才算形成。水平方向上，叠合楼板就位、独立支撑搭设到位后，绑扎叠合层和后浇带钢筋，再浇筑后浇混凝土，使预制构件与现浇部分连成整体。混凝土养护到一定强度时，进行上一层测量放线，重复以上工序。整个过程中，吊装、灌浆、后浇三道工序首尾相接，前一道质量直接决定后一道能否顺利进行，因此各工序之间要有明确的交接验收。

2 装配式混凝土结构施工关键技术

2.1 预制构件吊装与安装技术

吊装作业安全、精确程度由吊点布置、吊具选用及起重设备选取是否合理决定。构件吊点应按深化设计预埋，吊装时根据构件重量和外形选用横吊梁或多点吊具，使各吊索受力均匀，防止构件起吊时产生过大弯曲、扭转。墙板、柱等竖向构件吊运到安装位置上方后缓慢下降，对准下层伸出的连接钢筋和定位标志就位，就位偏差大时不得强行敲打到位，应重新起吊调整。构件初步就位后立即安装临时斜支撑，每块预制墙板一般不少于两道斜支撑，通过支撑上的可调螺杆微调来控制垂

直度,校正时用靠尺或全站仪检查,层高范围内垂直度偏差不大于5mm。标高用构件底部预先设好的钢垫片或者可调螺栓来控制,逐块测量调整,保证顶面标高符合设计要求。斜支撑在灌浆料达到设计强度之前不能拆除,防止构件在连接形成前产生位移^[2]。

2.2 钢筋套筒灌浆连接技术

钢筋套筒灌浆连接是装配式混凝土结构竖向受力钢筋连接的主要方式,也是施工质量控制的重点。连接使用全灌浆套筒或者半灌浆套筒,灌浆料与套筒形成的接头必须经过型式检验,钢筋插入套筒的锚固长度不得小于钢筋直径的8倍,插入深度不够会直接削弱接头的抗拉性能。灌浆料应选用与套筒匹配的专用产品,其性能应符合现行行业标准要求,初始流动度不小于300mm,30min流动度不小于260mm,1d抗压强度不小于35MPa,3d不小于60MPa,28d不小于85MPa,3h竖向膨胀率不小于0.02%,具有微膨胀性能以保证接头密实。灌浆料拌合时严格按产品说明书计量用水量,机械搅拌3-5分钟后静置2分钟排除气泡,在流动度保持时间内(一般为30分钟)用完。灌浆前应对接缝进行封堵、分仓,连通腔分仓长度不应大于1.5m,封堵用专用座浆料,灌浆时浆料不得外漏。灌浆采用压浆法从下部灌浆孔连续注入,待上部各出浆孔均匀流出圆柱状浆料后依次封堵,出浆后保持压力不少于30秒,同一仓内的接头应一次连续灌满,中途不得停顿。施工环境温度应控制在5~30℃之间,低于5℃时应应对构件连接部位采取加热保温措施或者使用低温型灌浆料,保证养护期间温度。每工作班、每楼层均应留置灌浆料抗压强度试件,并对灌浆全过程进行影像记录,供隐蔽工程验收及质量追溯之用。

2.3 叠合楼板与后浇混凝土施工技术

叠合楼板是由工厂预制的桁架钢筋底板和现场后浇的叠合层组成,预制底板厚度一般为60mm,后浇叠合层厚度不应小于60mm,两者通过粗糙的叠合面和外露的桁架钢筋共同工作。预制底板的叠合面在工厂用拉毛或者露骨料处理,凹凸深度不得小于4mm,预制梁端、墙端等后浇段的结合面要设置键槽,并且粗糙面的凹凸深度不得小于6mm,保证新旧混凝土之间有可靠的粘结。底板吊装就位前要设置独立支撑,支撑立杆按计算布置,调顶标高,保证底板在后浇混凝土施工中不产生过大挠度。底板就位后,按设计绑扎叠合层钢筋及后浇带内连接钢筋,节点区钢筋穿插较密,注意钢筋间距、保护层厚度,防止漏放、碰撞预埋管线。浇筑后浇混凝土前清除叠合面浮浆及杂物,充分润湿,混凝土应选用与预制构件强度等级相同的配合比,分层振捣密实,特别是节点、后浇段等钢筋密集处,不得出现蜂窝、空洞。混凝土终凝后立即覆盖养护,养护至规定强度后方可拆除独立支撑^[3]。

3 装配式混凝土结构施工质量控制

3.1 预制构件进场质量控制

预制构件出厂时已经基本固定,进场验收是施工方控制源头质量的重要环节。构件进场时应核对构件上的标识及质量证明文件,即混凝土强度、钢筋、预埋件的检验资料以及结构性性能检验或者驻厂检验记录,保证构件可追溯。外观检查主要看有无影响结构性能和安装的缺陷,即贯穿性裂缝、较大缺棱掉角、露筋、蜂窝麻面等,对超出处理范围的缺陷应予以拒收。尺寸偏差检查包括构件长宽高、对角线、预留孔洞、预埋件位置等,特别是灌浆套筒内是否通畅、有无混凝土残渣或杂物堵塞、外露连接钢筋的长度、位置、顺直度等,都会直接影响到后续能否顺利就位、灌浆。验收合格的构件按照吊装顺序、受力情况分别堆放于垫木之上,垫木位置上下对齐,堆放层数、支垫方式符合要求,防止存放过程中出现裂缝或者变形。

3.2 套筒灌浆连接质量控制

套筒灌浆接头为隐蔽工程,质量控制要从材料、工艺及过程记录三方面入手。灌浆套筒及灌浆料进场时应复验产品合格证,核查接头型式检验报告,必要时进行接头工艺检验及灌浆料强度复验,保证材料与设计、与现场钢筋匹配。灌浆前检查接缝封堵、分仓是否严密,封堵不实会造成灌浆时跑浆漏浆,造成接头不饱满。灌浆料拌合后应立即检测流动度,流动度不合格的浆料不得使用。灌浆过程中要专人逐孔观察出浆情况,保证每个出浆孔均匀出浆并封堵后才可判定该仓灌满,对未出浆的接头要查明原因并补灌。每层楼、每班次留置的灌浆料试件,28d抗压强度是判断接头连接质量的依据。由于灌浆隐蔽性强,在施工过程中需要同时留影和写书面材料,灌浆部位、时间、操作人、出浆情况等均应记入台账,以备查阅、索赔^[4]。

3.3 构件安装精度控制

安装精度影响结构受力及后续的装饰工程,必须在每一个构件就位时逐项进行校核并控制累积误差。按照现行验收规范,预制构件中心线与轴线位置偏差竖向构件不大于8mm、水平构件不大于5mm;构件底面或顶面标高偏差不大于±5mm;构件垂直度安装高度不大于6m时偏差不大于5mm、大于6m时不大于10mm;相邻构件平整度应符合规范要求,不得有明显的错台。施工时应以测量放线确定的轴线、标高为基准,先校正首件并加固,再以首件为参照安装相邻构件,逐件复核,防止偏差沿安装方向累积放大。校正合格的构件在临时支撑固定、连接节点形成之前要保持稳定,防止后面的吊装碰撞、支撑松动造成偏位。楼层标高、轴线应定期复测,及时纠正累积误差,保证上下楼层构件对位正确。

4 检验检测技术在施工质量控制中的应用

4.1 灌浆饱满度检测

灌浆饱满度是套筒灌浆接头质量的重要指标,灌浆后接头被包裹在构件内,常规检测方法不能直接观察到,必须采用专门的方法进行检测。目前工程中应用较多的有预埋钢丝拉拔法、预埋传感器法、X射线数字成像法和内窥镜法。预埋钢丝拉拔法在灌浆前将钢丝预埋到出浆孔中,灌浆后用拉拔力来判断浆料是否充满。预埋传感器法是用阻尼振动等原理,根据传感器信号反映灌浆饱满程度的检测方法,适用于施工过程中同步监测。X射线数字成像利用透照获得接头内部的影像,可以较直观地反映出灌浆缺陷,但是对设备及现场防护要求较高。内窥镜法则用预留孔道来观察浆料情况,操作简单。实际工程中根据结构重要性、检测条件、成本等选择一种或者几种方法配合使用,对重要部位、抽检发现的问题部位加大检测比例^[5]。

4.2 结构实体与连接性能检测

除了灌浆饱满度以外,结构实体质量以及连接性能也要用检验检测的方式进行验证。混凝土强度采用回弹法初步判定,用钻芯法校核或者在有争议的时候直接取芯检测,覆盖预制构件和后浇节点等部位。钢筋保护层厚度可以用电磁感应法检测,主要对后浇段、叠合层等现场施工部位进行检查。套筒灌

浆接头的抗拉性能用对接头平行加工试件或者现场抽取试件进行拉伸试验来检验,保证接头可以达到钢筋屈服、抗拉强度的要求。由检验检测机构以第三方身份独立进行上述检测,其结论不受施工、监理单位的影响,可以客观反映工程实体质量,是过程控制之外的重要补充。将施工过程的自检、监理的平行检验和第三方实体检测结合起来,可以形成多层次的质量验证,对于装配式结构这类连接隐蔽、整体性要求高的结构来说尤其必要。

5 结语

装配式混凝土结构施工质量主要表现在吊装就位精度、节点连接可靠这两个方面。钢筋套筒灌浆连接、叠合构件后浇混凝土等关键工序操作性强、控制指标明确,只要严格按照钢筋锚固长度、灌浆料性能、灌浆温度、安装允许偏差等要求执行,并做好过程记录,就可以为结构整体性能奠定基础。由于连接节点多为隐蔽工程,单纯依靠完工后的外观检查不能保证质量,必须将过程控制与灌浆饱满度检测、结构实体检测等检验检测手段结合起来,用客观数据来证明施工质量。随着装配式建筑的应用范围不断扩大以及检测技术不断进步,过程控制同第三方检测共同构成的质量保障模式会愈加完善,从而给提高装配式混凝土结构的建造质量赋予强有力的支撑。

参考文献:

- [1] 谢元帅.装配式建筑施工技术应用与质量控制研究[J].散装水泥,2026,(5):49-51.
- [2] 王萌.房建施工中装配式混凝土结构关键节点连接技术探究[J].建材发展导向,2026,24(9):115-117.
- [3] 弓毅超,张毓秋.装配式混凝土结构节点施工质量控制技术探讨[J].中国水泥,2026,(5):131-133.
- [4] 钱浩.装配式混凝土结构套筒灌浆连接施工质量监控控制研究[J].城市建筑,2026,23(8):151-153.
- [5] 傅强.装配式混凝土结构施工存在的问题与处理措施[J].江苏建材,2025,(6):109-110.