

预制箱梁预应力施工技术探析

姜德奎 冯 军 岳广要 索彦妮

中电建路桥集团有限公司 北京 100160

【摘要】在中国路桥建筑事业快速发展的背景下，桥梁结构形式日益复杂，对施工质量和效率的要求也越来越高。为满足这些需求，越来越多的高科技现代化施工技术被引入到建筑施工中。随着桥梁建设技术的发展，施工技术已经有了巨大的创新，预制箱梁是其中发展较快，使用较多的技术。预制箱梁以其良好的整体刚度、快速的预制过程和施工工期的缩短等优点，成为了公路施工中广泛应用的构件之一。通过预制生产，预制箱梁可以与基础、下部构造等同时施工，从而大大缩短了工期。这为施工质量的有效保证提供了充足的时间。在各级公路施工中，预制箱梁得到了广泛的应用。

【关键词】 预制箱梁；路桥施工；施工技术

预压预制箱梁以其卓越的刚性和优越的性能，在桥梁建设领域广泛应用。然而，桥梁结构、施工工艺、材料和施工环境的多重因素影响，对预压预制箱梁施工质量的合理控制提出了挑战。为了促进国内桥梁建设事业的发展，本研究对当前预应力预制箱梁常见施工工艺进行了详尽的分析，旨在为解决桥梁工程中施工质量问题提供有价值的参考。

1 影响预制箱梁预应力的主要因素

(1) 波纹管的定位问题对加固效果和密封性造成了严重影响，同时易受挤压而变形，甚至出现破损情况。这些问题显著影响波纹管的摩擦系数，并进一步影响钢绞线与混凝土之间的握裹程度。

(2) 未对钢绞线进行梳束、编束和绑扎处理，同时也没有按照锚垫板上的孔位来安装预应力筋的两端。

(3) 在锚具位置的安装过程中，我们注意到存在一些安装偏差。此外，锚垫板与连接孔道管的两条轴线并不完全一致，而锚固区的锚垫板与预应力筋的垂直度也存在着一定的偏差。

(4) 在张拉技术中，随着分级设置的复杂性和人为操作的参与度增加，智能张拉设备的有效持荷时间可能会受到一些问题的影响。

(5) 由于锚具及钢绞线等材料的特性，比如锚具形变及压实，以及预应力筋的蠕变，对结构产生了一定的影响。

2 预应力预制箱梁施工技术常见问题

2.1 原材料采购

优质的原材料可以显著提升混凝土的性能。此外，通过运用矿物细掺料和外加剂，可以有效地控制水泥和集料的质量与性能。但由于施工环境、资金成本和材料资源等多种因素的限制，有必要遵循就近取材的原则。然而，目前存在一些问题，如原材料的制作工艺不一致，石子的级配和沙子的细度难以保证。

2.2 压浆性能

管道压浆是预应力混凝土中嵌入孔道的一种技术措施。该技术的目的主要有三个方面：一是防止钢筋腐蚀，有效延长预应力混凝土的使用寿命；二是提高钢筋与混凝土之间的粘结力，确保二者能够协同作用；三是促进预应力混凝土结构的整体性能，提高工程质量。压浆质量会受到以下几种因素的影响：

(1) 压浆材质：压浆材料、水泥以及其他添加剂等在种类上具有极大的多样性，其质量也存在着参差不齐的情况。

(2) 压浆工艺：预应力混凝土管道压浆工艺目前存在较大的滞后问题，这对于桥梁后期工程项目的进行构成了巨大的安全隐患^[1]。

3 预制箱梁的材料控制

3.1 水泥

目前,在选择水泥材料时,流变性已成为一个比强度更为重要的考量因素,并且需要确保其与减水剂具有良好的相容性。此外,应避免使用早强水泥或其他掺混合材水泥。为避免混凝土因体积不稳定而引起的变形问题。一般而言,适用于混凝土材料的水泥可选用硅酸盐水泥或特种水泥,且其强度等级应大于42.5级。

3.2 骨料

混凝土的骨料在整个混凝土体系中占据了极为重要的比例。通过仔细筛选高质量的骨料并进行合理配比,可以有效增加混凝土的致密性,进而提升新拌混凝土在施工过程中的可行性以及后续硬化强度。此外,骨料的种类对混凝土的体积稳定性也产生显著影响。粗骨料会对混凝土的可塑性和硬化后的强度产生重要影响;而细骨料对混凝土的流变性能影响更为显著。根据实际情况,在选取骨料时注重品质,以确保混凝土的整体质量和性能达到预期。

3.3 外掺料

在掺入适量的粉煤灰的情况下,充分发挥粉煤灰的滚珠效应,缓解水化热,从而提升高性能混凝土的耐久性。然而,受限于早期强度增长,因此需要采取一些措施以进一步优化混凝土的性能。首先,在保证混凝土可泵送的前提下,适当增加混凝土的坍落度,从而提高混凝土的易性和黏聚性,并改善泌水性能,以便提高混凝土的早期强度。其次,通过减少水泥的用量,我们能够有效减少混凝土在早期阶段的温度收缩,有效增强混凝土的抗裂性能。

3.4 钢绞线

为了减少构造变形和应力松弛损失,并确保长度的准确性,在使用盘条供应的钢绞线之前,需要进行预拉处理。建议使用电弧熔割法在下料过程中将切口的钢绞线熔焊在一起。这样的处理方法不仅可以减少应力松弛的问题,还能够更好地控制长度。

4 预制箱梁的施工及预应力张拉

4.1 模板制作

为保证现场施工的连贯性和效率,我们首先需要根据设计文件中规定的预制箱梁数量和各类型的数量,确定所

需模板的数量、组合方式以及底模数量。整体式模板,即以高强度配筋混凝土制成的槽式模板,其外形尺寸与箱梁相符。为了保证箱梁的外观质量,选择经过专业厂家定制的大型钢模作为侧面模板,通过分节制作和严密的接缝来确保尺寸的精确性。同时,为了保证底模的稳固性和耐用性,要选用具有光滑、平整表面的底模。在施工前,还需要对基础构建设施进行充分的完善和准备。

4.2 钢筋绑扎与波纹管安装

在钢筋的固定与加工工作中,包括腹、底板钢筋和顶板钢筋的绑扎,我们必须严格按照实际桥梁施工图纸的标准选择主钢筋和箍筋,并完成下料和运输工作。下料制作阶段需要在专用加工场地进行,按照设计图纸的要求进行制作,并将其转运到现场进行绑扎。在绑扎的过程中,必须确保钢筋的间距、尺寸和接头符合设计要求和规范规定。底板钢筋焊接时需要注意控制接头的数量,以避免过多接头对焊接质量造成不利影响。为了确保焊接质量,不同截面上的接头数量应当限制在截面钢筋数量的30%以内。此外,焊接接头的位置应进行弯曲,以确保其与同一中轴线对齐。至于顶板钢筋的绑扎,我们需要在内模安装完成后进行。波纹管的安装限制较多,为确保质量合格,使用前需进行外观质量检查和密封性试验。同时需避免过度弯曲以免破裂,并注意电火花引发的灼伤风险。为实现波纹管与封头钢模板的良好连接,可通过螺栓固定锚具于封头钢模板上。定位偏差应符合设计规定,以确保安装质量。在固定钢筋时,应按照设计位置进行固定,并使用卡口式套管连接长波纹管,同时对接头进行严密密封以确保完全密封。整个安装过程中,波纹管表面须光滑,以精确保持预应力钢束在梁的长宽方向上的位置,以满足设计和规范要求。为保护钢筋,可采用船舵型塑料垫块,在绑扎钢筋过程中同步放置。

4.3 混凝土浇筑

在模板安装定位检测完成后,使用混凝土输送泵和布料机进行混凝土的浇筑。为了确保施工质量,需要按照以下

步骤进行浇筑工作：首先，优先对底腹板转角进行了浇筑；接着，通过顶板预留孔向底板注入混凝土；随后，进行对腹板的浇筑；最后，完成顶板的浇筑工作。在具体的施工过程中，采用插入式高频振动棒对底板混凝土进行振动，而对腹板则采用了侧模安装的高频振动器和插入式高频振动棒进行了振捣。至于顶板，使用插入式振动棒和平板振动器来完成振捣工作，以使其成型。在振动过程中选择稍小直径的振动棒，并适当延长振捣时间，同时辅以附着式振捣器，以确保整个箱梁的外观质量，从而有效避免了漏振和过振现象的发生。为了确保浇筑效果的良好，务必事先彻底清理模板中的任何杂物。同时，在施工过程中，要严格按照配合比要求进行操作，以保证混凝土的均匀性和规定的坍落度。若坍落度过大，会对混凝土的强度产生负面影响，同时也难以解决表面气泡和砂线等缺陷问题。因此，在施工中必须做出平衡考虑，以保证混凝土浇筑的质量。

4.4 钢绞线张拉

张拉设备应提前校定。张拉前检查千斤顶、油泵、压力表是否完好、配套。钢绞线应做抗拉强度、延伸率、松弛率和弹性模量试验。试验结果符合设计要求，方可使用。根据专业校定单位出具的线性方程，通过油表度数来推导和测算张拉力。通过读取油表的数值，实现对张拉力的精确控制。实现双向对称的张拉效果，需要同时对两端进行张拉，通过控制张拉力和伸长值来实现。在张拉过程中，主要考虑的因素是张拉应力，同时也要兼顾伸长量。为了控制伸长量误差在6%以内的范围，我们需要及时停止张拉并进行原因分析，以进行必要的调整。预应力钢绞线在施工过程中必须遵循合理的张拉力度，超张拉可能会对其性能产生不可逆的损害，不允许进行超张拉。

4.5 封锚

在张拉完毕之后，必须及时切断露在外部的部分，以确保露出的长度不超过4厘米。为了制作拌合预制箱梁混凝土，需要采用了相同品种的水泥，并将锚具和切割后外漏的钢绞线紧密包裹。此外还要坚持进行养护工作，确保混凝土

的质量和牢固性。在进行非连续段的构造时，需要进行钢筋的铺设，并选择具备与预制箱梁相等强度和品质的混凝土进行浇筑，及时进行适当的养护措施。

4.6 孔道压浆

一旦封锚达到设计及规范要求所需要的强度，便应立即进行压浆操作，以确保施工质量。进行水泥浆压浆前，需对制备的水泥浆进行稠度试验，以评估其符合压浆要求的程度。在压浆前的准备阶段，可以采取以下步骤来清洁和湿润孔道：首先，可以使用清水进行冲洗，以去除孔道中的杂质，同时湿润孔壁。接下来，使用压缩空气进行彻底清除，将孔道内的杂质和积水完全清除干净。将预先筛选好的水泥浆按照事先确定的配比混合，随后将混合浆料注入压浆机，通过压力将其从预制箱梁的一端顺利注入。在水泥浆的流动过程中，出气孔会按顺序被封闭，注入的管道会在受到压力的作用下密封，直至水泥浆完全凝固。在压入孔道之前，水泥浆需要自行配制，这个过程通常需要在45分钟内完成。为了确保水泥浆的浓度，在使用之前和压注过程中必须进行持续的搅拌。强度要求满足后，即可对预制箱梁进行安装操作。

5 结语

预应力预制箱梁技术以其诸多优点在近年来的高速公路桥梁中得到了越来越多的应用，箱梁的预制施工工艺具有复杂的操作流程，包括原材料检测、钢筋生产、张拉压浆和封锚等多个环节。为了确保施工质量，每个环节都应严格进行质量控制。在施工过程中，严格遵循规范和设计图纸，是确保箱梁整体工程质量的关键。

参考文献：

- [1] 周秉刚. 预应力混凝土现浇箱梁施工技术要点研究[J]. 科技与企业, 2014 (18): 117.
- [2] 吕小春, 马智勇. 预应力混凝土现浇箱梁施工技术控制要点探析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015, 5 (31): 580-581.