

浅谈后张法预应力空心板梁施工工艺

侯振峰

核工业华东建设工程集团公司

摘要:随着我国高速公路的飞速发展及桥梁施工工艺的不断提高,预应力梁以其强度高、刚度大、截面尺寸小、自重轻等特点被广泛应用于桥梁设计及施工中。由于这一新型施工工艺在施工中精度要求较高,细微的疏忽就容易造成巨大的成本浪费,甚至影响桥梁的质量及使用安全。

关键词:后张法; 预应力空心板梁; 施工工艺

一、预应力空心板梁施工工艺

目前被广泛应用于各种桥梁建筑中的预应力梁是指在现代桥梁梁板的施工中把混凝土结构和高强度材料钢绞线配合使用于大跨度或承受重型荷载的梁板结构中的一种施工工艺,这样既可以增强梁板强度又可以减少梁板自重。其理论依据是混凝土虽然具有高强度抗压能力但确具较小的抗拉能力从而限制了其应用,那么采用预先对由外荷载产生的混凝土受拉区施加压力,由此产生的预压应力来减小或抵消外荷载所引起的混凝土拉应力,从而使梁板的拉应力不大,甚至处于受压状态,也就是可借助于混凝土较高的抗压能力来弥补其抗拉能力的不足。

后张法预应力空心板梁的施工就是在混凝土结硬后在梁板上张拉钢绞线,其工序是先浇捣混凝土梁板,并在梁板上预留孔道,待混凝土达到规定强度后张拉预应力钢绞线,用锚具锚固。张拉时,通过锚具传递预应力,混凝土梁板受到预压,当张拉预应力钢绞线应力达到设计规定值后,在张拉端用锚具锚住钢绞线,使梁板保持预压状态。最后在孔道内灌浆,使预应力钢绞线与混凝土梁板结成整体。

二、预应力空心板梁施工要点

(一) 对预制场地的选择

预制场地的选择是桥梁施工中的第一道工序,也是相当重要的一道工序,因为场地选择的适当与否直接关系到预应力梁的施工进度及质量。所以要根据工程的实际情况进行预制场的布置:

首先是场地位置的选择,一般来说有两种情况:对于公路设计中桥涵少的大中桥或独立桥的预应力施工场地应选择桥梁所在位置的桥头或桥梁下部布置预制场地;而在高山丘陵地带则应根据实际情况采用集中预制,因高速公路在高山丘陵地区设计特点是桥涵多,预制场地在桥面起始段会影响路基土石方的施工进度,故应采用集中预制更为合理。

其次预制场地的选择要考虑地基稳定及场地排水情况,因为稳定的地基及良好的排水才能保证预制梁地模不下沉和不断裂,才能保证梁体在预制及张拉中不受外部条件的影响。同时为防止发生不均匀沉降,我们应在预制底板的范围内先用透水较好的砂砾(5cm厚为宜)来进行铺垫,并进行碾压,从而保证场地的稳定及排水良好。

(二) 预制场地地模的制作

地模的数量要根据梁体数量、生产周期与场地的特点进行布置。

(1) 如采用集中预制的办法,考虑到地模要多次重复利用,要求地模要有一定的强度。在施工中应先根据板梁的底面的宽度进行放线,定出底模的平面位置,然后进行标高测设,使四个角的控制点在同一水平面上。底模在预制时要考虑到由于应力的影响预制梁板在受张拉后会产生反拱,因此在预制过程中底模中间应设置向下的预拱度,形成中间至两边的二次抛物线形。梁体地模在预留反拱度的同时,在浇筑梁体时应保证顶板同样反

拱,这样梁体才能保证高度一致,张拉后梁顶才能保证水平。这一点在预制梁的地模制作中相当重要,要引起足够的重视,否则将影响到梁板的质量和桥面铺装厚度。另外在设置地模的宽度时,应在设计宽度的基础上适当缩小5mm,这样做主要是考虑到实际施工中不可避免地出现的胀模现象。地模浇筑应分二次进行,底层采用C15砼浇筑,厚度约10cm,浇筑上层混凝土之前还应在地模两边放置5cm×5cm的角钢,防止装模板时碰伤底板。角钢的放置应槽口向上,角钢的顶面就为底板的顶面;上层采用C40砼浇筑为宜,厚度控制在5cm。同时考虑到梁板张拉后支座部位承受较大的应力,所以在地模的两端端头2米和4米的范围内把底层混凝土加厚到50cm,并布置一层钢筋网片,以防止支座部位下沉。地模上层砼表面必须抹平收光,以保证地模的平整度与光洁度,在地模预制时相邻两片地模之间一定要预留足够工作空间。另外在制作地模时应考虑梁的斜交角度,故地模长度应考虑斜交产生增长问题。

(2) 如是小桥或路基允许作预制场地,且梁的数量不多时,可以采用桥头或桥尾作预制场地,地模可以采用一次性地模,地模的制作同上所述,但可以采用C15砼一次浇筑完成,而且地模支座部位也不必布置钢筋网和加厚。另外安装模板前应在底板的角钢上用万能胶贴上一整条宽2.5cm、厚0.5cm、长与底板同长的泡沫橡胶,泡沫橡胶可以压缩至2-3mm,这样可以填满侧模与底板之间产生缝隙,防止浇筑时漏浆。

(三) 钢筋制作及安装

空心板梁钢筋应在钢筋加工棚弯曲成型,在现场绑扎安装。现场安装一般可按照下列程序:在底模上准确标出各分段钢筋网的定位线、分段安装底腹板钢筋网、顶板钢筋。钢筋安装前必须注意梁板的斜交和左斜交、右斜交问题。同时钢筋安装中要注意预埋筋的安装,桥梁中预埋筋主要有防撞墙、护栏、伸缩缝、绞缝连续段钢筋预埋和支座钢板的预埋,安装中必须保证其位置准确,施工中一定注意不要漏埋。对于钢筋的加工及安装严格按照设计及规范施工。

(四) 空心板梁模板的装拆

空心板模板主要包括地模、侧模、内模和端模。为了保证梁板的几何尺寸,一般侧模和端模均采用定型钢模,在模板的装拆过程中操作人员应注意如下事项:

(1) 在钢筋骨架上地模之前应对空心板梁底座各部分尺寸进行全面的检查、整修,清除表面杂物和灰尘,并均匀涂上脱模剂,由于梁板架设在桥上,梁板的底板直接裸露在外,所以其外观质量相当重要,因此在地模脱模剂的选用上要重点考虑,一则不能被脱模剂污染,再则不能有反射纹并保持底板原始砼的颜色,故地模脱模剂应采用浅色脱模剂为宜。

(2) 对于侧模、端模、内模的装拆除了要做好除锈工作和接缝拼装工作,还要注意左右斜交问题。应对各部分结构尺寸、接缝进行认真仔细的检查、调整,直至符合设计及规范为止。

(3) 对模板施工重点谈一下内模的施工问题,目前空心板梁内模主要采用气囊或钢模,内模在施工中主要要解决的是上浮问题,因在空心板梁施工中目前采用的工艺一般是分三层浇筑砼:先底板,后腹板,再顶板。安装好内模后在浇筑腹板时由于振捣作用、砼的密实和挤压作用会出现内模上浮现象,特别是气囊作内模时这一现象更加明显,因为气囊自重轻,在施工中很难控制上浮现象,这样势必造成底板加厚顶板变薄现象,为了防止

这一现象发生, 尽量避免采用气囊作内模, 而采用钢模为好, 且在模板安装就位后, 应在其顶端制作木楔子来压制内模防止其上浮, 木楔子每米设置两个, 并且木楔子应夹在对拉杆和内模之间, 在浇筑完腹板后在浇筑顶板时要把压制内模的木楔子退下来, 边浇筑顶板边退木楔子, 否则留在顶板内对梁体顶板会产生空洞现象, 而影响梁板质量。

(4) 要掌握内模的拆除时间, 拆除要依当时当地的气温及混凝土的凝结时间而定。不宜过早或过迟, 过早会产生裂缝, 过迟会产生拆模困难, 应随时观察砼凝结硬化程度。

(五) 预应力管道的成型

目前预应力管道通常采用橡胶抽拔棒和波纹管两种方法成型, 本人认为采用波纹管成型较好, 因为橡胶抽拔棒成型的管道比较光滑, 对压浆完成后预应力筋和梁板之间形不成整体作用, 预应力作用完全依靠梁板端部受力。而波纹管成型的管道摩擦力虽大, 但在张拉压浆完成后会使预应力筋与梁体连接更好可以形成一个整体, 而并不是完全依靠梁板端部的受力。在安装中要按设计图纸要求在空心板梁肋上准确布置波纹管的定位筋, 纵向间距应小于1m, 横向位置按设计图纸上的坐标定位。在波纹管接头处一定要将波纹管接口用小锤整平, 以防在穿束时引起波纹管翻卷, 严重时会导致管道堵塞。同时还要检查波纹管是否因为焊接等原因产生破损或变形, 若发现这种情况一定要在浇混凝土之前补好。在与锚垫板接头处, 一定要用胶带或其他东西堵塞好以防止水泥浆渗进锚孔内。对于预埋波纹管应根据图纸对钢绞线进行编束, 在砼浇筑前穿束完成。浇筑时要不定时拉动钢绞线, 以保证预应力钢绞线在孔道内的畅通, 这样做主要是防止由于波纹管渗入水泥浆的凝固而影响后期的张拉。

(六) 混凝土浇筑与养护

(1) 预应力砼一般采用高标号砼, 因此对于砼的水灰比及坍落度要严格控制。预应力砼空心板梁的浇筑分三次进行, 第一次浇筑底板, 然后浇筑腹板, 最浇筑顶板。底腹板采用斜向分段的浇筑方法, 其浇筑步骤如下: 浇筑方向是从梁的一端循序进展至另一端。在将近另一端时, 为避免梁端砼产生蜂窝等不密实现象, 应改从另一端向相反方向投料, 而在距该端4-5米处合拢。分段长度以4-6米为宜, 分段浇筑时必须在前一段砼初凝前开始浇筑下段砼, 以保证浇筑的连续性。段与段之间的接缝为斜向, 上下层砼接缝相互错开, 以保证砼浇筑的整体性。砼浇筑时, 下料应均匀、连续, 不宜集中猛投而发生挤塞, 并采用铁锹配合下料。采用插入式砼振捣器, 振捣器应能以不小于4500脉冲/min的频率传动于砼, 使在距振捣点至少0.5m以内的砼产生25mm落度的可见效应。振捣者应掌握振捣时间的长短, 一般每次振捣时间以不再下沉, 无明显气泡上升, 砼表面出现薄层水泥浆并有均匀的外观和水面为止, 一般每次振捣时间控制在2分钟左右为宜。这里要强调的是梁端砼的浇筑, 由于该部位是钢绞线主要受力部位, 梁端有锚垫板, 钢筋采用加强设计, 设置密度较高, 因此砼下料时要特别注意, 施工中要专门下料并配合小振动棒振捣, 从而保证端部砼的密实, 以防止出现蜂窝现象。

(2) 砼的养护

空心板梁砼浇筑完毕后达到初凝, 表面应加以覆盖并浇水进行养护, 最初3-4天应保证砼表面潮湿, 不能让砼干燥发白, 养生应保持7-10天, 在气温较低的情况下考虑采用蒸气养护。空心部位一般在拆除内模后用砖封砌, 使空心部位密闭养护。

(七) 预应力钢绞线张拉与孔道压浆

对于预应力张拉准备工作和张拉操作程序这里不多谈, 这里重点谈一下预应力张拉双控值计算:

(1) 对于预应力材料目前我国通常采用标准钢绞线、锚具

采用自锚式锚具, 规范中对于后张法预应力筋张拉程序有明确规定, 但在施工中很容易被操作者误解, 我这里要强调的是首先要根据设计确定钢绞线是低松驰力筋还是普通松驰力筋, 对于低松驰力筋张拉程序为 $0_0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow \delta_{con}$ (持荷2min锚固), 而对于普通松驰力筋张拉程序为 $0_0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.03 \delta_{con}$ (持荷2min锚固), 这一点在张拉前一定要搞清楚。对于标准钢绞线我们常用的公称直径是15.24mm、强度级别是1860Mpa和1720Mpa两种, 故在计算时要根据设计要求采购相应的钢绞线并计算相应的张拉力、张拉控制力。

(2) 对于伸长量的计算中应注意的几个问题: 预应力钢材长度问题, 规范中一般提供公式

$$\Delta L = (P_{平均} \times L) / (A_y \times E_y)$$

式中: $P_{平均}$ ——预应力钢材平均张拉力 (N)

L ——预应力钢绞线长度 (m)

$$而 P_{平均} = [P \times (1 - e^{-(kL + \mu \theta)})] / (kL + \mu \theta)$$

式中: P ——预应力钢绞线张拉端的张拉力 (N)

L ——从张拉端至计算截面积的孔道长度 (m)

θ ——从张拉端至计算截面积的曲线孔道部分切线的夹角之和 (rad)

K ——孔道每米局部偏差对摩擦影响系数

μ ——预应力钢材与孔道壁的摩擦系数

公式中 L (预应力钢绞线长度) 如何确定这是个值得探讨的问题, 从施工中了解到大家常常把设计长度作为预应力钢绞线的长度, 但施工实际上是预应力管道长度加上千斤顶长度再加上工具锚长度 (及工具锚夹片所夹位置至计算截面的长度), 因张拉中是工具锚张拉钢绞线, 所以张拉端应以工具锚夹片所夹位置为张拉端, 这一点对于伸长量计算特别重要。施工中要特别注意。对于 θ 值的确定也要注意, 规范中已明确规定单位为弧度, 因此在双控值计算中要特别注意。至于 K 、 μ 两个参数要根据所用的管道是什么而定。

(3) 在张拉进程中要随时记录张拉油表读数和伸长量, 因张拉中不可避免地出现油表出故障或读数出错等问题, 施工中要严格控制这两个数值, 如一个数据不正常要停止张拉, 待查明原因后才能继续。对初应力油表读数及初读数要求精确, 在张拉至控制应力或超张拉控制应力时相对应的伸长量必须认真复查, 做到两者一定相对应。经测得钢绞线的伸长量后, 即可算出此束钢绞线的总伸长量, 并与理论值核对, 其差值应在 $\pm 6\%$ 范围内, 如不符合规定, 则应找出原因, 并及时处理。

(4) 对千斤顶和油表要按规定进行定期标定, 如出现问题必须重新进行标定。

(5) 孔道压浆中除按规范操作外, 施工中要搞清楚为什么压浆的问题, 压浆的作用主要是为保护钢绞线, 防止张拉后的钢绞线生锈并保证钢绞线与梁体形成一个整体, 故压浆必须密实, 并且水泥净浆中不能含有具腐蚀性的膨胀剂等外加剂。

结束语

目前该施工工艺已被广泛应用, 但在施工中还存在一些问题有待解决: 常用的油压表的刻度数值太大, 在张拉中有部分读数只能估读, 建议油压表厂家在生产油压表时能生产精度更高的油表, 使张拉力控制得更准确; 另外建议设计部门对于设计书中钢绞线的强度级别和控制张拉力给予明确说明, 并对梁的起拱度和钢绞线的伸长量给予理论计算值。

参考文献

[1] 《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 - 2011 人民交通出版社