

# 预弯预应力混凝土组合梁施工工艺研究

干仕淋

上海建工五建集团有限公司, 上海 200063

**[摘要]**随着城市的不断发展,大型立交桥层数越来越多,一般的空心板梁、小箱梁、T梁、钢-混凝土组合梁建筑高度较高,会使整座立交桥桥面高度增大,不利于桥梁结构稳定且不经济。然而预弯预应力混凝土组合梁在同样的荷载作用下,可以把梁截面设计得很小,高跨比一般可达1/25~1/35,能满足桥梁上下层间的净空要求。文中结合跨径18m,梁高0.65m,预制长度17.8m的预弯梁施工,介绍预弯梁预制施工工艺。

**[关键词]**预弯梁; 钢梁预弯; 施加预应力

DOI: 10.33142/aem.v6i1.10715

中图分类号: U448.216

文献标识码: A

## Research on Construction Technology of Pre Bent Prestressed Concrete Composite Beams

GAN Shilin

Shanghai Construction No. 5 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200063, China

**Abstract:** With the continuous development of cities, the number of floors of large overpasses is increasing. Generally, hollow slab beams, small box beams, T-beams, and steel-concrete composite beams have higher building heights, which will increase the height of the entire overpass deck, which is not conducive to the stability of the bridge structure and is not economical. However, under the same load, pre bent prestressed concrete composite beams can be designed with a very small beam section, and the height to span ratio can generally reach 1/25-1/35, which can meet the clearance requirements between the upper and lower layers of the bridge. The article introduces the prefabrication construction technology of pre bent beams with a span of 18m, a beam height of 0.65m, and a prefabricated length of 17.8m.

**Keywords:** pre bent beams; pre bend of steel beams; applying prestress

### 引言

随着城市快速发展,城市交通越来越繁忙,立交桥的新建、改建、扩建等工程日益增多。与新建项目不同的是,立交桥的改建、扩建工程会受到已有立交桥的制约。已有立交桥梁起坡点基本固定,需要满足叠加处的净空要求,需要桥梁结构建筑高度较低,且施工质量要求高、对已有桥梁的影响需要控制等,作为应对措施之一,预弯预应力混凝土组合梁对于立交桥叠加被工程选用。基于这样的现实条件,总结一套高效、可行、安全、经济的预弯预应力混凝土组合梁施工工艺对相关工程的发展进步具有重要意义。本文以已有工程经验为基础总结预弯预应力混凝土组合梁施工工艺。

### 1 工程概况

#### 1.1 工程简介

本工程立交匝道变宽异性结构及半径较小的非跨线节点采用现浇混凝土箱梁结构,36m跨径以下梁板采用预制小箱梁或空心板,40~60m结构跨径采用钢混组合梁结构,超过60m采用钢结构连续箱梁结构。其中SW匝道K12和K13两跨跨越既有NE和SE匝道,为满足桥下净空要求,设计了预弯预应力组合梁结构。预弯梁平面位置如下图图1所示:

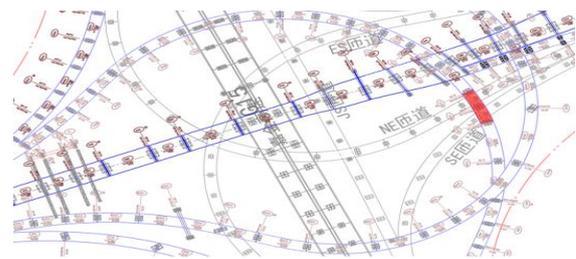


图1 预弯梁平面位置图

#### 1.2 预弯梁概况

该段预弯梁位于半径为170m的圆曲线上,采用弯桥直做的方式,桥梁外侧曲线通过翼缘板变宽来调节,跨径为2×18m,桥梁构造总宽度10m,梁高65cm,预制长度为17.8m,每跨由8片梁组成。平面布置如下图图2所示:

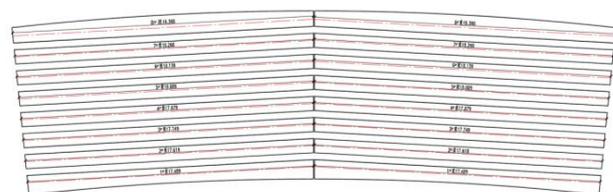


图2 预弯梁平面布置图

预弯预应力混凝土组合梁简称预弯梁,即对工字型钢梁按要求的曲线(即腹板预拱竖曲线)制作成弯梁后,对其施加预加力,利用钢梁卸力回弹时所释放出来的恢复力对钢梁弯曲内缘翼板所浇筑的一期混凝土施加预应力,达到限制混凝土开裂和提高承载力的目的。预弯梁横断面如下图所示图3所示:

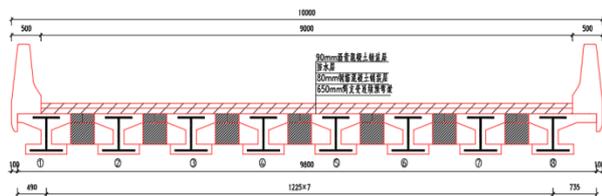


图3 预弯梁横断面图

## 2 施工流程

整体施工流程为:钢梁厂家制作→支架上一期预制→台座上二期预制→移梁存放。钢梁采用工厂定制制作。

预弯梁预制工艺流程为:预制台座施工→钢梁就位→施加预弯力→底模安装→一期钢筋绑扎→一期模板安装→一期混凝土浇筑→解除锁定→落架、翻转→二期钢筋绑扎→二期模板安装→二期混凝土浇筑→拆模、养护→移梁、存放。

## 3 主要施工工艺

### 3.1 预制台座施工

对各基础位置、地脚螺栓、预埋件位置等进行精确放样,浇筑限位架、加力支撑架等台座,确保各部位位置、标高与设计相符,其中反力架基础标高低于其他基础5cm。根据设计图精确放样,复核各台座及预埋件位置,测量误差不大于1cm。位置及标高复查无误后,按照设计部位安装限位架、加力支撑架和反力架等,利用地脚螺栓固定于台座上。预制台座如下图所示图4所示:

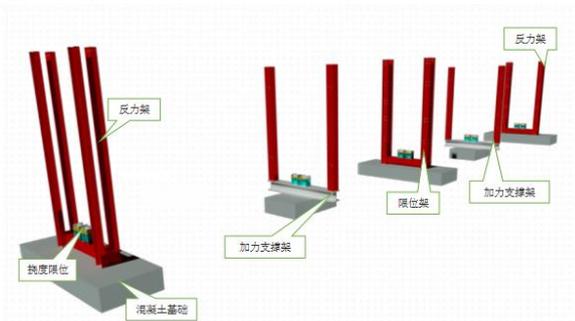


图4 预制台座示意图

### 3.2 钢梁就位

(1) 预制台座混凝土达到设计强度后,即可开始钢梁吊装就位施工。(2) 采用双梁对顶方式,加力支撑架内叠放两片钢梁,下层钢梁正向放置,即钢梁底板向下,上层钢梁反向放置,即底板位于上方,每次安放的钢梁必须同一规格。(3) 安装时需精确就位,钢梁预弯力施加点与

加力支撑中心线需重合,纵向误差控制在5mm以内,横向误差不超过2cm。准确就位后安装好横向约束系统。(4) 下层钢梁安装完毕后,安装上层钢梁支撑,并安放上层钢梁,安装精度要求同下层钢梁,准确就位后安装好横向约束系统。钢梁安放如下图所示图5所示:

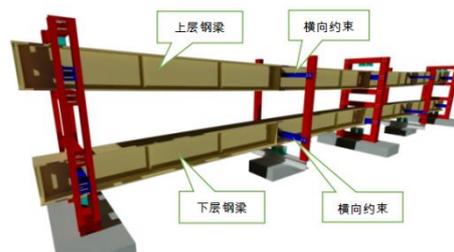


图5 钢梁安放示意图

(5) 上层钢梁安装完毕后,安装预应力顶升系统,安装次序为:安装顶部横梁→穿入下层锁定横梁→穿入上层锁定横梁→抬升上层锁定横梁并临时支撑→穿入预应力钢筋并在相应位置套入垫片和旋入预应力螺栓→套入顶部和底部垫片及预应力螺栓→拧紧顶部及底部螺栓→拧紧上下层锁定横梁螺栓→检查各部位位置并调整,使锁定横梁与钢梁密贴并水平→安装千斤顶→千斤顶四周安装防滑移装置。安装如下图所示图6所示:

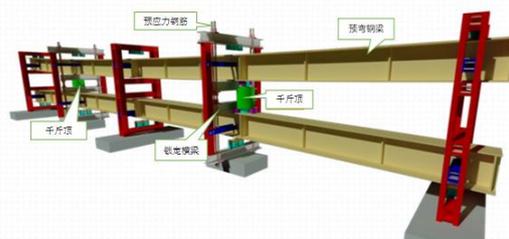


图6 预应力系统安装示意图

### 3.3 施加预弯力

(1) 预弯力顶升系统安装完毕经检查合格后,开始施加预弯力施工。(2) 为消除钢梁内部残余变形,钢梁在正式预弯前需进行试弯,试弯力逐级加载,每级试弯力按50kN控制,加载挠度达到设计值后,停止加载,让钢梁受弯一段时间后逐级卸载,每级应力按50kN控制,卸载完成后测量挠度损失,根据挠度损失值调整上下挠度限位块高度。(3) 试弯完成后,开始正式施加预弯力,预弯力与试弯一致,按50kN每级进行逐级加载,每级完成后观察钢梁变形情况并详细记录。(4) 由于受自身、上层钢梁和千斤顶等自重作用,下层钢梁较上层钢梁先达到设计挠度值,因此,为保证两片钢梁均满足设计要求,事先在下方钢梁加力点下方设置挠度限位块,限位块分两段制作,下段可用型钢制作,上段用C60混凝土制作,厚度为5cm,与梁底混凝土等厚。下层钢梁达到设计挠度时,钢梁紧贴限位块,达到限位目的。(5) 下层钢梁达到设计挠度后继

续加载,上层钢梁挠度达到设计要求后,停止加载,持荷5分钟。(6)逐级加载过程中,用经纬仪随时观测钢梁加力点处及跨中侧向位移,如超过5mm,立即停止加力,查找原因。同时,在每级加力完成后,用水准仪检测钢梁挠度变化值,作详细记录,如有过大或过小等异常情况,及时停止,查找原因,解决后继续加力。(7)当加载符合要求后,锁紧加力支撑架上的螺栓,缓慢卸出千斤顶,至此施加预弯力工作完成。

### 3.4 底模安装

预弯梁模板采用竹胶板制作,背肋采用5\*10方木,下方纵梁采用10#工字钢。上层钢梁底模板内侧支撑利用钢梁顶钢板,采用短方木加木楔方式支撑。安装如下图图7-9所示:

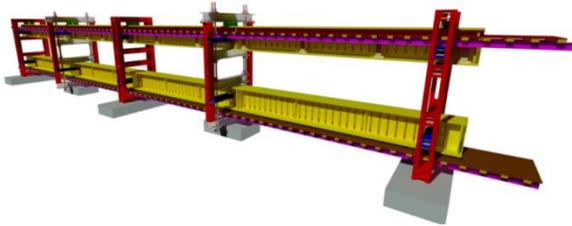


图7 预弯梁底模安装示意图

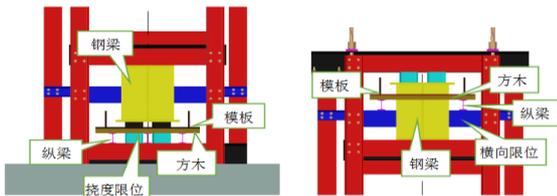


图8 预弯梁底模安装横断面图

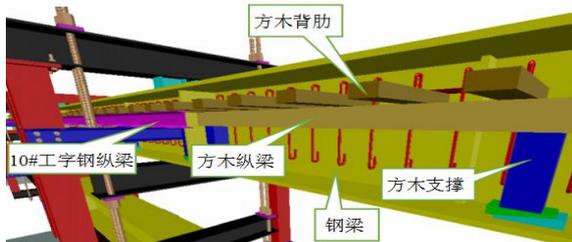


图9 上钢梁内支撑示意图

### 3.5 一期钢筋绑扎

安装钢筋以前,先在底模上划出中心线,再按施工图尺寸从中心线向两边排列。底板模板安装完毕,即可开始底板钢筋绑扎工作,底板钢筋设计为整圈箍筋,现场无法直接安装,拟采用分段制作,焊接成整体的方式安装。箍筋的净保护层不小于25mm。

### 3.6 一期模板安装

钢筋绑扎安装完毕经监理验收合格后,开始安装侧模,侧模高度为16cm,用竹胶板条制作,背肋采用5\*10方木,利用加力支撑架、限位架采用方木进行支撑,保证线形顺直、支撑稳固。钢筋、侧模支撑安装图如下图10所示:

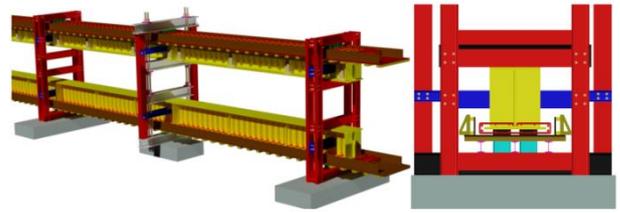


图10 钢筋、侧模支撑安装示意图

### 3.7 一期混凝土浇筑

浇筑一期混凝土,混凝土采用C50混凝土,混凝土体积较小,从一端向另一端浇筑,因钢板下空隙较小,混凝土坍落度控制在160~180,从一侧下料,振捣至另一侧翻出后,在另一侧补料进行振捣。底板表面需进行收面压光。浇筑完毕后混凝土强度达到2.5MPa后,可拆除侧模,覆盖土工布进行养护,养护期7天以上。底板混凝土强度达到设计80%后,拆除上层预弯梁底模,拆除底模的次序为:先拆除上层钢梁横向限位→卸落纵梁工字钢→卸落内支撑木楔→抽出方木→拆除模板。

### 3.8 解除锁定

(1)底板混凝土达到设计强度90%后,即可解除钢梁的预应力锁定。(2)解除锁定前,先去除限位架和加力架上的挠度约束块。(3)安装千斤顶,缓慢加压,并监测梁体挠度变化情况,同时用扳手试松中部上方预应力螺母,一旦能松动立即停止顶升,随即旋动螺母移动横梁。(4)缓慢减压,千斤顶回缩,卸掉预应力螺栓,并拆除横梁。拆模、解除锁定如下图图11所示:

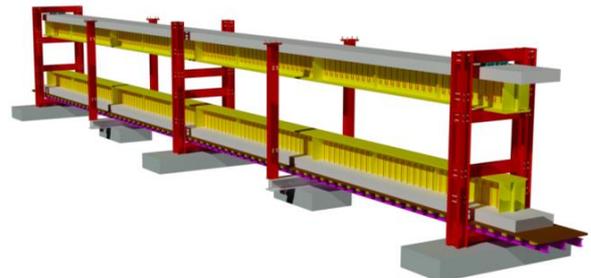


图11 拆模、解除锁定示意图

### 3.9 落架、翻转

(1)一期混凝土浇筑时,下层钢梁处于正置状态,可直接吊运至二期混凝土施工场地,而上层钢梁处于倒置状态,钢梁落架后需翻转后才能进行二期混凝土施工。因此,为避免翻转过程中伤及梁体,需两台吊机配合翻转梁体。

(2)翻转前,先用一台吊机将梁体吊放到平坦的地面上,用枕木支垫,支垫位置位于跨径约1/4处,枕木一侧堆放沙堆缓冲,避免伤及梁体。(3)翻转时,用两台25t吊机位于钢梁两端,副吊钩吊挂加劲肋处吊耳,徐徐起吊,使梁体侧卧,钢丝绳捆绑梁体,吊挂于主吊钩,主副吊钩相互配合,将梁体翻转。钢丝绳与梁体接触角隅用圆弧钢板和棉布衬垫。(4)梁体翻转完成后,两台吊机移位,缓缓

起吊,将梁体起吊至二期施工场地的预制台座上。(5) 钢梁落在台座上的主要支点应位于支座中心线处,并应水平放置,放置稳固后间隔 50cm 将底板与台座之间的空隙用方木支垫牢固。翻转步骤如下图图 12 所示:

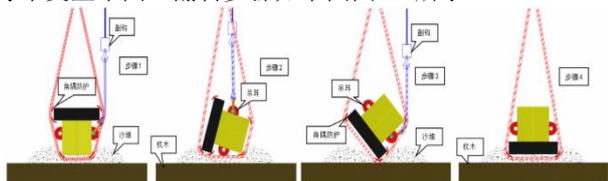


图 12 翻转示意图

### 3.10 二期钢筋绑扎

钢梁完成一期混凝土浇筑移运至二期施工场地后,开始梁体剩余钢筋的绑扎,钢筋绑扎施工严格按照图纸、规范要求施工,尤其是预留湿接缝钢筋,要求间距符合图纸要求,且位置与模板上的梳齿板一致,确保模板安装顺利无阻碍。

### 3.11 二期模板安装

二期模板采用竹胶板制作,厚度 15mm。背肋采用 5\*5 方木,支架采用 5\*5 方木制成支撑架,支撑体系为双钢管对拉杆体系,纵向  $\phi 48 \times 3.5$  钢管用扣件连接在竖向双钢管上,并紧贴方木支撑架,两侧双钢管用 20 螺杆对拉,对拉杆间距 1.2m,为保证支架稳固,每 2.4 米设置一道斜撑。边梁因翼板宽度变化,边梁外侧模板按最大宽度制作,采用可移动式梳齿板,翼板宽度的变化用移动梳齿板的方式实现。

模板安装需满足强度、刚度、稳定性要求,并确保模板接缝密合平顺,不漏浆,无错台。

钢筋安装完毕经验收后,开始模板的支设,使用上下对拉螺杆作为支撑,预留湿接缝钢筋处设梳齿板。模板安装如下图图 13、14、15 所示:

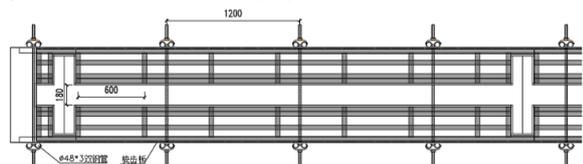


图 13 二期模板安装平面示意图

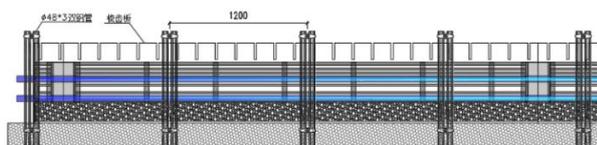


图 14 二期模板安装立面示意图

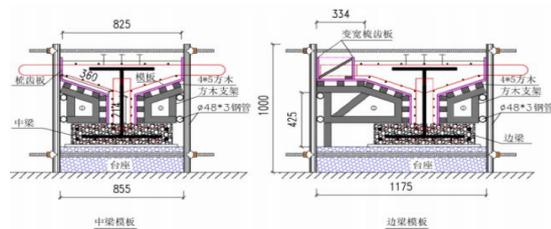


图 15 二期模板安装断面示意图

### 3.12 二期混凝土浇筑

模板安装完毕经验收合格后,进行二期混凝土浇筑作业,混凝土采用 C50 混凝土,混凝土分三层浇筑,第一层浇筑至腹板顶,采用直径 35 振动棒振捣,两侧对称布料,因空隙较小,混凝土坍落度控制在 160~180。第二层浇筑至钢梁顶面,采用 50 型振动棒振捣,排空钢板下空气。第三层浇筑至预弯梁顶面,振捣密实后抹面并进行拉毛。

### 3.13 拆模、养护

二期混凝土强度达到设计强度 80%后,方可进行模板拆除作业,模板拆除时用吊车配合施工,禁止撞击模板。拆除后梁体用土工布包裹,继续洒水进行养护,总养护期不得小于 7 天。

### 3.14 移梁、存放

养护期满且混凝土强度达到设计强度 90%后,进行移梁作业,采用 100t 吊机移运至存梁区,存放在坚实平整的地面上,梁体两端用枕木支垫,堆高不超过 3 层,支垫位置位于设计支座中心线处,且支垫枕木处于同一竖直面上。

梁预制完成放置存梁区后,在各梁片上标注梁片号,在各梁片腹板侧面的大、小里程端部的一侧均进行标注。具体有:标明梁编号、墩号、制作日期及架设方向。成品和存放如下图图 16 所示:

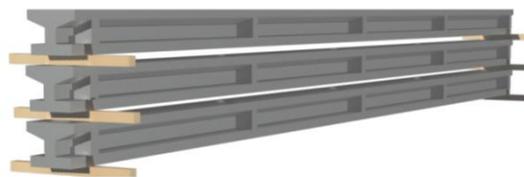


图 16 成品和存放示意图

## 4 结语

预弯预应力混凝土梁具有梁高小、自重轻、刚度大等特点,特别适用于梁高受限的立交桥。本文通过实际工程总结出一套完整的施工工艺,有利于预弯预应力混凝土组合梁的推广应用。

### 【参考文献】

- [1]汪功伟,张军,许同泉.大跨度预弯预应力组合梁双榀预压施工技术[J].城市道桥与防洪,2003(9):45.
- [2]王长留.预弯复合梁的施工工艺[J].铁道建筑,2003(8):68.
- [3]王振东.浅述预弯复合梁制作施工工艺[J].铁道建筑,2006(6):82.

作者简介:千仕淋(1989.10—),毕业院校:南昌航空大学科技学院,所学专业:土木工程,当前工作单位:上海建工五建集团有限公司,职务:项目经理,职称级别:工程师职称。