

用贝雷架做移动模架施工箱型连续梁工法

(TGJGF-03·04-23)

中铁二十二局集团有限公司

一、前言

预应力混凝土梁桥是当前桥梁建设中的一种主要桥型。对于 50m 以内的中等跨径,采用滑移式模架逐孔现浇施工,具有结构合理(施工和运营阶段一致)、用料省、不需预制场地、工序重复简单、质量可靠和整体性好等突出优点。利用常规的制式器材做移动模架施工连续箱梁,既可降低成本又可达到方便快捷的目的。

2001 年,中铁二十二局集团有限公司在韶关五里亭大桥引桥混凝土箱型连续梁施工中,会同武汉中铁工程有限公司、铁道建筑研究设计院在总结和吸收国内外各式移动模架优点的基础上,研制出了一种结构简单、操作安全、移动灵活、可多次重复使用、主要采用贝雷架拼装的 YDMJ-20 移动模架,其自重小(每套 150t),刚度大,弹性及非弹性变形小,模板随模架前移,一次到位,作业时间短,一次性投入少,具有明显的经济效益。

二、工法特点

1. 模架主要由贝雷架组拼,可重复使用,一次投入少。
2. 模架结构简单,易操作,移动灵活。
3. 混凝土分段浇注,施工中易于控制。

三、适用范围

本工法适用于中高墩、跨度 15~50m 箱型连续梁施工,或地基软弱及有通车、通航要求的箱梁施工,可实施流水作业。施工不受地形、施工场地及桥下通车、通航等限制,尤其是墩柱较高、地面条件较差的情况下应用,优势最为明显。

四、工法原理

利用连续梁自重弯矩有两个反弯点的特点,第一次先施工墩顶 0.5L 负弯矩段(A 块),要求其自重产生的弯矩小于移动模架容许弯矩,当 A 段箱梁浇注完达到设计强度张拉预应力束后,移动模架脱开,A 块自重所产生的弯矩可由梁段自身承担,重量通过支座转移到墩柱上。第二次模架不移动而仅仅移动模板浇注跨中(0.5L)正弯矩段(B 块),此时移动模架仅须承担正弯矩段(B 块)的重量。很明显,分二次浇注与一次浇注相比较,支架弯矩减小至 1/3,大大减小钢支架用量。本工法就是基于上述原理分段浇筑箱型连续梁的。

本工法采用的移动模架结构简单,贝雷架全国有大量库存,并且通用性很强,当混凝土重量、箱梁顶底板宽度变化时,可通过调整贝雷架的片数满足要求。

五、YDMJ-20 型移动模架

YDMJ-20 型移动模架由纵梁、横梁、支撑牛腿(抱箍)、模板体系、移动体系等五部分组成。

1. 纵梁(移动时兼做导梁)

纵梁由贝雷架组成,为了保证横向稳定,片与片之间布置了花架及风撑。纵梁长度根据桥梁的跨径确定(如韶关五里亭大桥东西引桥跨径组合为 15+15m,15+20m,20+20m),根据梁部灌注混凝土的要求以及移动模架的自身特点,在保证东西引桥移动模架倒换使用的条件下,确定西引桥纵梁全长 54m,横向 20 片,共 360 个贝雷架,东引桥纵梁全长 42m,横向 20 片,共 280 个贝雷架。纵梁在横向分为四组(沿桥梁中

心线对称布置),墩柱间两组和外悬臂端两组,悬臂端每组4片贝雷架,墩柱间每组6片贝雷架,每组之间用花架及风撑交替联结(间隔一个断面布置)。混凝土浇注时纵梁用组合楔块支承在横梁上,拖拉时打掉楔块纵梁卸落到安装在横梁的滚轮上。

2. 横梁

横梁亦采用贝雷架组拼,每墩前后各一组,两组间用剪刀风撑联结。每组由两片桁架组成,间距200mm,利用花架将两片桁架相联紧靠墩身,横梁长30m,由10个贝雷架组成。

3. 支撑牛腿(抱箍)

抱箍为上部现浇构件的全部承重件,由2个半圆组成,内垫厚14mm的橡胶板,横向施加预应力,通过钢抱箍与桥墩之间的摩阻力承载现浇构件重量。施工中应防水,分级施加预应力。五里亭桥抱箍共用 $\phi 32$ 精轧螺纹钢6根,每根张拉力为500kN,每个抱箍的承载能力为2400kN。

钢抱箍使用前应进行试验,测定其摩擦系数,计算摩擦阻力满足承载力要求。

当主梁浇筑完成,移动模架前移后,用600kN张拉千斤顶将 $\phi 32$ 精轧螺纹钢螺帽解除,拆下抱箍安装在前方桥墩上。

4. 模板系统

(1) 底模

五里亭桥底模由厚5mm面板、8#槽钢、 $\angle 75 \times 75 \times 5$ 、 $\angle 60 \times 60 \times 5$ 以及 $\square 60 \times 5$ 的加劲肋钢板焊接而成。

底模横向分四大块,阴阳接头搭接(即一侧模板搭接在另一侧上),宽为4.65m和9.02m的各两块,之间搭接0.02m。为满足梁段施工及运输需要,纵向均为1.85m段,亦采用阴阳接头搭接。

在浇注10m混凝土梁段时,纵向安装上述6段模块,形成长11.1m、宽27.3m底模;浇注5m混凝土梁段时,安装上述3段模块,形成长5.55m、宽27.3m底模;浇注15m混凝土梁段时,安装上述9段模块,形成长16.65m、宽27.3m底模。模块之间均采用扣件联结。

底模在支座位置设置活动板,浇筑墩顶负弯矩段(即A块)时取掉活动板,浇筑跨中正弯矩段(即B块)时安装活动板。底模下按照1.4m间距布置I22a横梁。底模与工字钢横梁之间用扣件联结,各工字钢横梁之间用角钢连接,使底模形成整体,可纵向拖拉。

浇筑混凝土前,工字钢横梁与纵梁之间加对头木楔支承底模,微调底模标高;脱模时按照由外侧向内侧顺序依次打掉对头木楔,使工字钢横梁下的滚轮整体落在纵梁上,实现模板的前后移动。为使底模板过墩,在墩柱范围内沿纵向设活动开启板,用铰轴连接,过墩时活动模板向下打开 90° 。

(2) 侧模

侧模沿纵向分块,分块长度与底模对应,侧模用螺栓与底模边侧槽钢联接,之间加橡胶密封条,通过楔块支承在工字钢横梁外悬臂档块上,将侧模与底模夹紧。脱模时解除螺栓,打掉楔块,侧模下落到工字钢横梁外悬臂上,向外平移3~5cm,随底模共同前后拖拉移动。

(3) 内模及端模

内模及端模均用木模,现场制作。

(4) 工字钢横梁

工字钢横梁采用I22a型钢。纵向间距1.4m,在各墩柱间均断开并设可横向移动的插头梁,移动过墩时将插头梁横移留出过墩空间。活动底模亦在此空间向下开启:

5. 移动体系

纵梁前移采用2台JM5卷扬机配合滑轮组实施分组对称拖拉,卷扬机固定在已浇筑混凝土梁上。拖拉时用 $\phi 40$ mm钢棒做轴,用 $\phi 45$ mm钢管做套,形成滚动支座,降低拖拉时摩擦阻力。

6. 模板安装与拆除

模板的安装与拆除是一个相反的过程,其拆除过程如下:混凝土强度达到设计强度的75%后,打掉全部楔块将侧模与混凝土脱离,外移5cm,同时拆除内模;混凝土强度达到设计强度的85%后,施作预应力,然后打掉全部支承楔块将底模与混凝土脱离;拆除工字钢插头横梁与贝雷架纵梁之间的连接,横向抽动插

头横梁;拆除模块间连接螺栓,用倒链旋转墩柱范围内的开启模板使之向下旋转 90°,尽量靠近贝雷架导梁;用 30kN 卷扬机分别拖拉中间模板及两侧模板到 B 段位置。

六、施工工艺

(一)工艺流程(见图 1)

(二)施工操作要点

1. 施工准备

移动模架设备运到现场。安装龙门吊机(或其它起重设备)。检查已施工完的桥墩符合支立模架施作要求。

2. 安装模架

组拼横梁、纵梁;安装抱箍及横梁;安装移动模架纵梁。

3. 安装底模、侧模及端模

顶、底板一次浇筑时同时安装内模。

4. 墩顶梁段(A 块)混凝土浇筑

将底模及侧模移动到 A 块处,用千斤顶辅助通过组合支承楔块调整底模板标高。安装底板及腹板钢筋、预设预应力管道(波纹管),安装内模架,绑扎顶板钢筋、预埋预应力管道。浇筑 A 块梁段混凝土,养生混凝土达到设计强度的 75% 后拆除侧模及内模。

穿预应力钢束并分级张拉预应力。预应力孔道压浆。

向下旋转打开一边底模并将底模拖拉到 B 块位置。

5. 跨中梁段(B 块)混凝土浇筑

将拖拉到 B 块位置的底模及侧模整修后,用千斤顶(或起重机)辅助通过组合木楔调整模板标高。安装底板及腹板钢筋、预埋预应力管道,安装内模架和内模,绑扎顶板钢筋、预埋预应力管道。

浇筑 B 块梁段混凝土,养生混凝土达到设计强度的 75% 后拆除侧模及内模。

穿预应力钢束并分级张拉预应力。预应力孔道压浆。

移动模架包括模板整体拖拉到下一个施工段。

七、机具设备(见表 1)

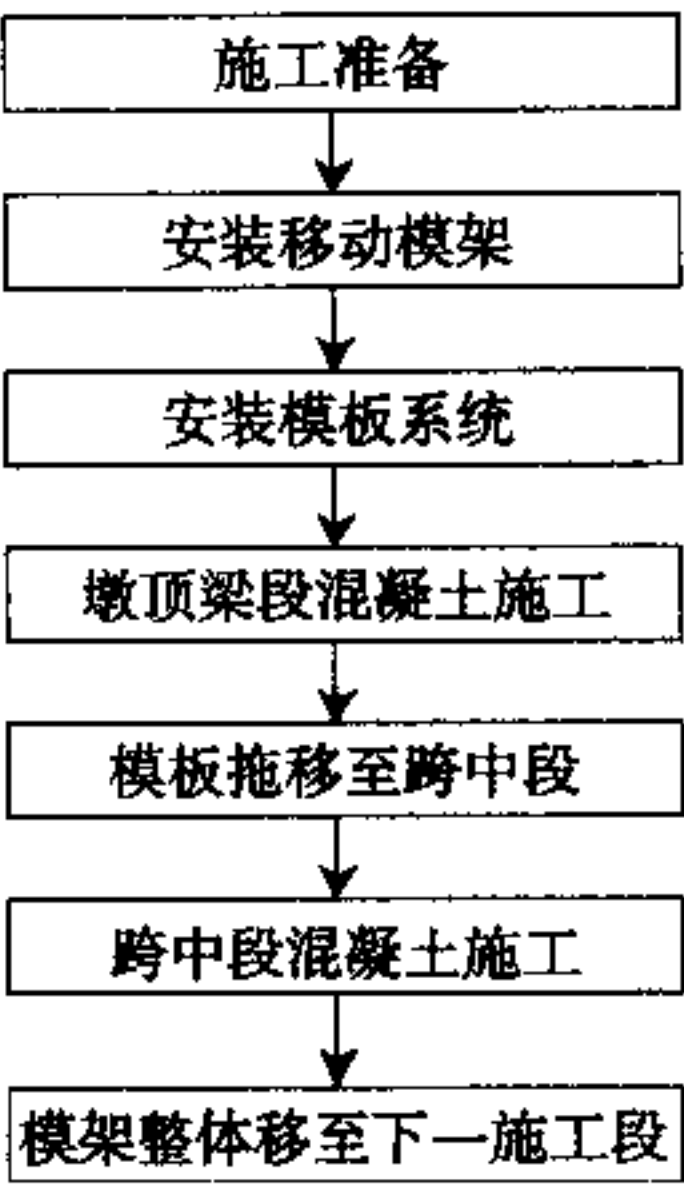


图 1 施工工艺流程

表 1 一个循环施工主要机具设备

序号	名 称	规 格	单 位	数 量	说 明
1	移动模架	YDMJ-20	套	1	
2	微机	IBM	台	1	配带打印机及 SAP90 软件
3	混凝土弹性模量测定仪		套	1	
4	水准仪	WLID NA2	台	1	测量各梁段挠度
5	千分表		块	20	附带万能千分表架
6	电阻应变仪	YJ5	台	1	测试移动模架受力与变形
7	干湿温度计	203	支	2	测试气温与湿度
8	切断机	GD40	台	2	用于钢筋加工
9	弯曲机	GW40	台	2	用于钢筋加工
10	调直机	TQ4-14	台	2	用于钢筋加工
11	电焊机	BX3-500-2	台	4	用于钢筋加工
12	插入式震动器	ZN-5	台	10	
13	附着式震动器	BL-11	台		数量根据施工组织设计定
14	卷扬机	JK5	台		数量根据施工组织设计定
15	起重机	YQ35、YQ20	台		数量根据施工组织设计定
16	倒链	20kN,30kN,50kN,100kN	个		数量根据施工组织设计定
17	混凝土搅拌站		座	1	
18	龙门吊	50kN,33m 跨	套	1	
19	混凝土泵车		辆	2	
20	千斤顶	YC-40	台	8	张拉作业
21	油泵	ZB5-400	台	8	张拉作业
22	灰浆泵	UB3	台	2	压浆作业
23	灰浆搅拌机	JW180	台	2	压浆作业

七、劳动组织(见表2)

表2 劳动组织

序号	作业组	主要工作内容	总人数 115		
			技术人员	技工	普工
1	技术组	施工组织设计 梁体施工标高计算、测量和调整	4	2	
2	试验组	选定混凝土配合比,测试弹性模量 测试移动模架弹性与非弹性变形 支座沉陷观测 梁体混凝土强度试验 孔道摩阻系数试验,预应力筋及锚具试验	3	5	2
3	移动模架组	移动模架试拼、安装、移位、拆除及维修	1	6	10
4	钢筋组	钢筋加工与绑扎 制作与安装预应力管道	1	4	20
5	模板组	A、B梁段及边跨模板制作、安装与拆除	2	10	10
6	混凝土组	梁体混凝土拌制、运输、灌注、捣固与养护	1	6	15
7	张拉组	张拉与压浆	1	8	4

八、质量标准及控制

1. 选定梁体混凝土的配合比必须满足桥梁设计规范和设计图纸的要求。
2. 原材料和机具设备的验收、试验与检验均按现行规范及有关规定进行。
3. 移动模架位置的横向与纵向偏差不得大于2mm;移动模架拼装、就位后,其中线应与桥梁中心线重合,偏差不得大于2mm。
4. 移动模架的弹性与非弹性变形以现场试验测量值为准,在悬灌过程中,根据混凝土的作业量,将弹性变形值分次进行调整,每次调整4~6mm。
5. 梁段施工期间,各工序施工进度以及梁顶面所放材料、机具设备的数量和摆放位置应符合“计算模式”的要求,如果梁体挠度与计算不符,应立即查明原因,修正下一梁段的立模标高,减少累积误差,确保梁体线形符合设计要求。
6. 设于各梁段端部腹板正下方的用于线形控制测量的观测点应做明显标志,施工中加以妥善保护,各个阶段的水平观测应尽可能安排在早晨或傍晚无风雨的时间进行。
7. 水平测量的水准点应尽量靠近作业工作面以减少倒镜次数,且应经常复测。
8. 梁体尺寸、混凝土质量检测按现行规范及设计有关要求执行。

九、安全措施

移动模架系高空作业,除遵守“桥梁施工安全技术规则”外,还应注意以下几点:

1. 龙门吊机使用过程中应经常检修和保养,吊重时吊机下严禁站人,现场设专职安全员。
2. 移动模架前移时各部必须同步对称进行,位移差不得大于1m;移动时模架后端应设置限位扣索,移动速度不超过5m/min。
3. 移动模架中的动力用电、照明电线必须统一合理布置,避免干扰,并经常清理检查,以消除漏电、短路等隐患。
4. 移动模架应配备消防器材,以防电焊作业等原因引燃防雨遮晒篷布、安全网等易燃物而出现火灾。
5. 移动模架施工过程中,必须安排专人经常检查抱箍、楔块等关键受力部位的使用情况,加强千斤顶、倒链、钢丝绳等机具设备的维修养护,发现问题,及时处理。
6. 施工人员上移动模架作业前,必须经上岗培训,严格按操作程序作业。

十、效益分析

1. 采用贝雷架作移动模架分段浇筑箱型连续梁为城市中建设中小跨度桥梁提供了新的施工方法。
2. 采用贝雷移动模架一次循环可浇筑混凝土连续箱梁40m,平均周期20d,采用平行流水作业可控制在18d。贝雷架仅需150t,模板21m,具有一次性投入设备少、费用低、占用场地小、施工进度快等诸多优点,比采用满堂支架现浇连续梁时节省钢支架及模板,取得直接综合经济效益62万元。
3. 装配式贝雷桁架(简称贝雷架)是中国公路桥梁的常备通用设备,工程施工时临时周转使用对节省材料减少施工成本具有积极意义。

十一、工程实例

韶关五里亭大桥由中铁二十二局集团有限公司施工。在引桥箱型连续梁浇筑中,采用自行开发的移动模架施工技术,其技术先进、速度快、安全、质量可靠,经济效益和社会效益明显。

韶关五里亭大桥全长 525m,双向 6 车道,分主桥和东、西引桥。东引桥长 110m,西引桥长 225m。跨径组合分别为 $4 \times 15\text{m} + 2 \times 20\text{m}$ 和 $1 \times 15\text{m} + 10 \times 20\text{m}$ 的预应力钢筋混凝土单箱六室连续箱梁,顶板宽 30m,底板宽 27.3m,中心梁高 1.67m,全桥设 2% 的纵坡,横向双向 1.5% 的横坡。采用移动模架法施工一次循环可浇筑混凝土连续箱梁 40m,平均周期 20d;梁体标高采用现场精测和微机软件相结合,逐段控制,成桥线形准确。该工程的各项指标经检查验收,达到优良工程标准。

执笔:辛双六 周光忠