

关于通用托架在不同跨度连续梁的应用分析研究

张凤龙

中铁六局集团北京铁路建设有限公司, 北京 100000

[摘要]在连续梁悬臂施工0#块时,需搭设落地支架或三角托架形成模板支撑体系。文章根据悬臂浇筑连续梁的施工发展现状,依托新建福厦铁路工程,通过调整托架横杆与斜杆的连接位置,从而改变托架的受力点,在不增加任何杆件的情况下,可以满足不同墩身结构、不同跨度连续梁0#块的施工,达到节约材料,减少施工成本的目的,并且安拆方便、可以多次周转使用,具有一定的实用性、安全性及经济性,推进了托架法在悬臂浇筑连续梁施工中的有效发展。

[关键词]通用托架;连续梁;0#块施工;悬臂浇筑

DOI: 10.33142/ec.v3i3.1597

中图分类号: U445.463

文献标识码: A

Analysis and Research on the Application of Universal Bracket in Continuous Beams with Different Spans

ZHANG Fenglong

Beijing Railway Engineering Corporation, Beijing, 100000, China

Abstract: In the continuous beam cantilever construction of 0 # block, it is necessary to set up floor support or triangle bracket to form the formwork support system. According to the construction and development status of cantilever casting continuous beam construction, the article relies on the new Fuzhou-Xiamen railway project to adjust the connection point of the bracket crossbar and inclined bar, thereby changing the force point of the bracket. Without adding any members, it can meet the construction of 0 # blocks of continuous beams with different pier body structures and different spans, to achieve the purpose of saving materials and reducing construction costs. Moreover, it is convenient to install and dismantle, can be used repeatedly, and has certain practicability, safety and economy, which promotes the effective development of bracket method in the construction of cantilever casting continuous beam.

Keywords: universal bracket; continuous beam; 0 # block construction; cantilever casting

近年来,随着中国高速铁路事业的飞速发展,高速铁路桥梁跨越的地形也越来越复杂,连续梁成为跨越山谷、江河、既有铁路及公路的主要构筑物。而0#块的浇筑是整个连续梁施工过程的关键,0#块采用托架法施工时,不受场地地形和墩身高度限制,施工方便,且可以节省桥下空间,得到了广泛的应用。但是值得注意的是,对于不同跨度的连续梁,需要配备不同规格的托架,无法周转使用,同时0#块施工周期较长,耗费大量的钢材,增加了施工费用。本文针对这一实际问题入手,提出一种改进后的托架形式,可以满足不同跨度连续梁0#块的施工,探索托架施工中的新思路和新实践。

1 工程概况

新建福州至厦门铁路9标厦门段共有19联连续梁,39个0#块,包含8种不同孔跨形式,其中(70+125+70)m连续梁3联、(60+100+60)m连续梁1联、(48+80+48)m连续梁1联、(40+72+40)m连续梁3联、(40+64+40)m连续梁3联、(40+56+40)m连续梁3联、(32+48+32)m连续梁4联和(32+48+48+32)m连续梁1联,0#块长度8m-14m不等,顶面宽度均为12.6m。除主跨125m连续梁,其余连续梁0#块均采用通用托架的形式。连续梁箱梁均为单箱室、变截面箱梁,预应力均为纵向预应力筋体系。下部结构为钻孔灌注桩基础,承台为矩形承台,墩身均为圆端形墩柱。0#块详细参数见表1。

表1 0#块参数表

序号	跨度	长度(m)	底宽(m)	高度(m)	重量(t)	悬挑长度(m)
1	(60+100+60)m	14	6.7	7.835	921	5.1
2	(48+80+48)m	12	6.7	6.635	653	4.2

(续表)

序号	跨度	长度 (m)	底宽 (m)	高度 (m)	重量 (t)	悬挑长度 (m)
3	(40+72+40)m	11	6.7	6.2	777	3.7
4	(40+64+40)m	9	6.7	6.035	443	2.7
5	(40+56+40)m	9	6.7	4.335	372	2.7
6	(32+48+32)m	8	6.7	3.035	258	1.8
7	(32+48+48+32)m	8	6.7	3.035	258	1.8

2 托架设计

通用托架共有 2 种类型, 一种为大型托架, 适合主跨为 72m、80m、100m 连续梁; 另一种为小型托架, 适合主跨为 64m、56m、48m 连续梁。两种托架的主要差别在于三角桁架杆件所用材料不同, 大型托架采用的是工字钢, 小型托架采用 H 型钢和槽钢, 牛腿 (剪力键) 部分均不变。本文以小型托架为例进行说明。

2.1 托架组成

托架由三角桁架、锚固系统、落架系统、承重横梁、排架分配梁及模板系统等六部分组成。托架材料全部采用 Q235 型钢。详细见图 1 和图 2。

①三角桁架: 三角桁架横桥向每侧布置 4 片, 每片桁架由斜杆和横杆组成, 托架杆件采用 2HN300*150+2[28a 型钢加工而成。

②锚固系统: 每个三角托架采用两个牛腿与墩柱连接, 牛腿之间采用 4 根 PSB830 ϕ 32mm 预埋精轧螺纹钢锚固。牛腿由 15mm 厚钢板组焊而成。

③落架系统: 每个三角托架主横梁上设置两块卸落块, 用于后期模板拆除。卸落块由 4 块梯形钢板和 Φ 25mm 精轧螺纹钢组成。

④承重横梁: 主承重横梁采用 4 根 2HN400*200 型钢, 长度均为 14m, 分别放于卸落块上。

⑤排架分配梁: 排架分配梁由 I12.6 型工字钢与 I20a 型工字钢组焊而成。一侧排架由 19 片组焊件组成。

⑥模板系统: 模板系统由 18mm 厚竹胶板和 100*100mm 方木组成。

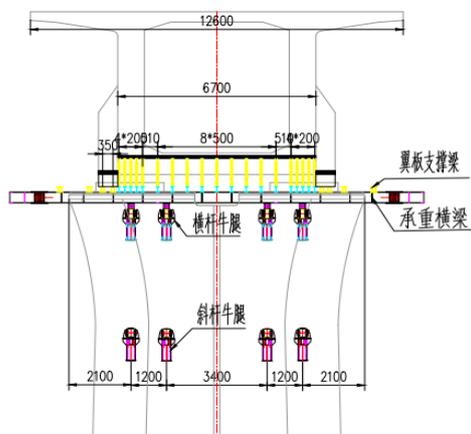


图 1 托架正面图

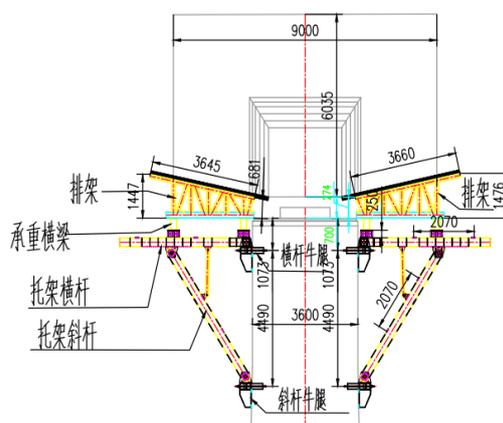


图 2 托架侧面图

2.2 托架拼装方式

托架牛腿与墩身连接采用预埋孔洞的方式, 预埋孔洞尺寸为 32*22.5cm, 深 40cm, 每片托架需上下 2 个牛腿, 上牛腿、下牛腿分别与桁架横杆、斜杆使用销轴连接, 桁架横杆、斜杆使用高强螺栓连接, 墩身前后侧每片桁架采用 4 根 PSB830 ϕ 32mm 预埋精轧螺纹钢锚固成整体。

2.3 建立计算模型

对托架的主要构造进行了空间建模, 采用 Midas 程序进行有限元分析。

托架结构计算模型见图 3。

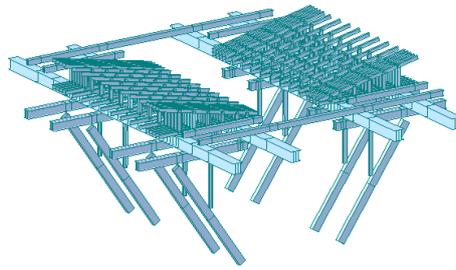


图 3 托架结构计算空间模型

2.4 托架受力检算

以 (40+64+40) m 连续梁 0#块为例进行说明。该连续梁上部结构为单箱单室直腹板截面，梁面顶宽 12.6m，底宽 6.7m，翼缘板宽 2.95m。0#块长度为 9m，墩顶上方长度为 3.6m，其余两边各悬挑长度出 2.7m。连续梁截面中心处梁高 6.035m，腹板厚 90cm，底板厚度 75-80cm，顶板厚度 38.5cm。

2.4.1 荷载计算

①混凝土容重取：26KN/m³。

采用线荷载加载，混凝土容重转换成线荷载施加在分配梁上，托架荷载分布见表 2：

表 2 托架荷载分布表

类型	起点荷载值 (KN/m)	终点荷载值 (KN/m)	备注
底板+顶板处	18.85	18.85	均布荷载
腹板处	31.97	28.22	梯形荷载

翼缘处混凝土重转换成线荷载施加在双拼 I20a 工字钢上，均布线荷载为 7.8KN/m。

②内模及支撑架自重取：0.9KN/m²，外模及支撑架自重取：1.6KN/m²。

③钢材容重为：78.5KN/ m³。

④腹板处施工人员及施工设备荷载：0.3KN/m；底板处为：0.8KN/m。

⑤腹板处倾倒、振捣产生的荷载：0.3KN/m；底板处为：0.8KN/m。

上部的荷载按条分法计算出对应的面、线荷载加载在底模与外模纵梁上，荷载通过底模分配梁传至横梁，最后传至三角桁架上。

2.4.2 计算组合

①强度组合：1.2 永久荷载+1.4 可变荷载。

②刚度组合：1.0 永久荷载+1.0 可变荷载。

2.4.3 杆件验算结果

①承载横梁验算

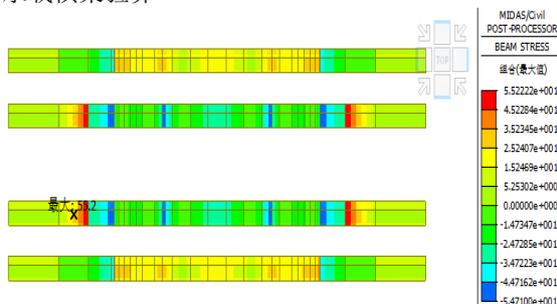


图 4 承重横梁正应力 (单位: Mpa)

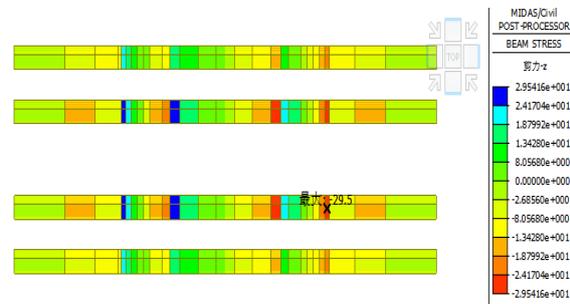


图 5 承重横梁剪应力 (单位: Mpa)

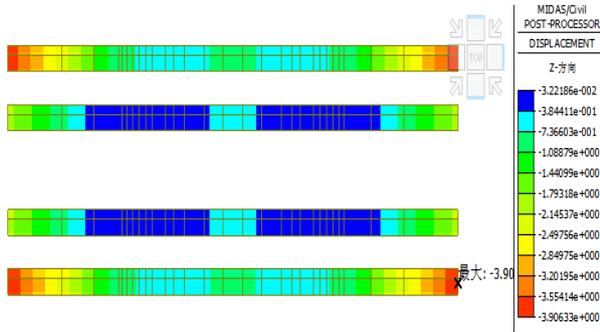


图 6 承重横梁位移图 (单位:mm)

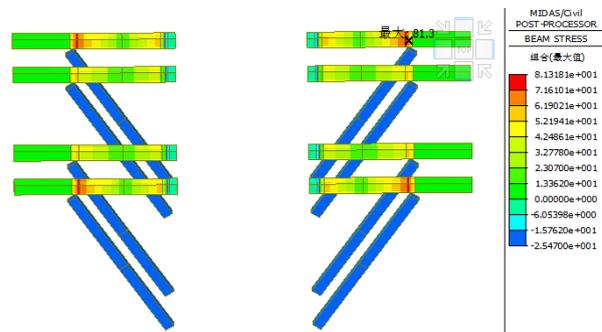


图 7 托架正应力图 (单位:Mpa)

由图 4 可知: 该承重横梁体系所受最大正应力为: $55.2\text{MPa} < 215\text{MPa}$ (Q235 钢材设计强度容许值), 满足强度要求。
由图 5 可知: 该承重横梁所受最大剪应力为: $29.5\text{MPa} < 125\text{MPa}$ (Q235 钢材设计强度容许值), 满足强度要求。
由图 6 可知: 该承重横梁的最大位移为: $3.9\text{mm} < L/250 = 4100/400 = 16.4\text{mm}$, 满足刚度要求。

②托架验算

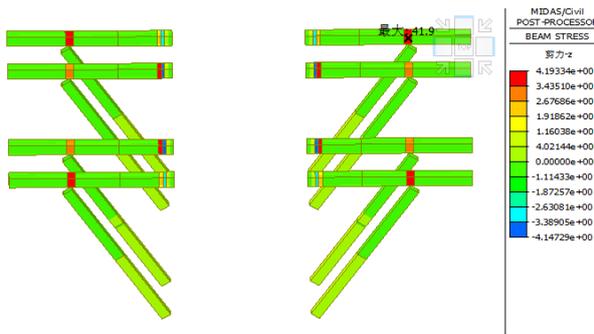


图 8 托架剪应力图 (单位:Mpa)

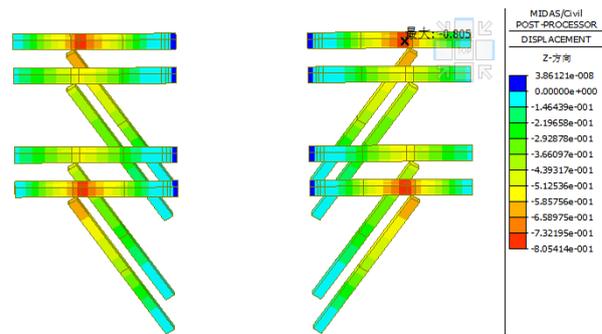


图 9 托架位移图 (单位:mm)

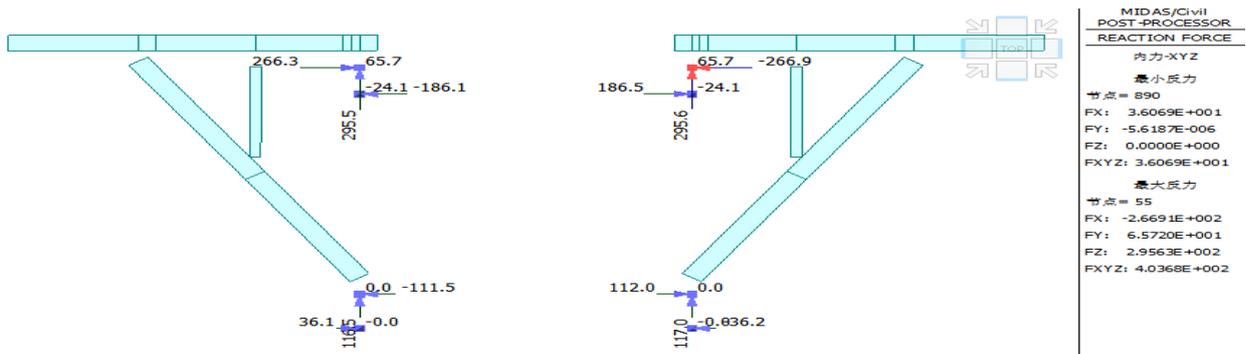


图 10 托架支反力图 (单位:KN)

由图 7 可知: 该托架体系所受最大正应力为: $81.3\text{MPa} < 215\text{MPa}$ (Q235 钢材设计强度容许值), 满足强度要求。
由图 8 可知: 该托架体系所受最大剪应力为: $41.9\text{MPa} < 125\text{MPa}$ (Q235 钢材设计强度容许值), 满足强度要求。
由图 9 可知: 该托架体系的最大位移为: $0.825\text{mm} < L/400 = 1170/400 = 2.93\text{mm}$, 满足刚度要求。

由图 10 可知: 该托架体系所受最大水平支反力为 266.3KN。一个杆件采用 2 根 PSB830 $\phi 32\text{mm}$ 预埋精轧螺纹钢, 单根截面积 $A = 804.2\text{mm}^2$, 单根最大水平拉力 $N = 266.3/2 = 133.15\text{kN}$ 。

$f = N/A = 133.15 \times 1000 / 804.2 = 165.6\text{MPa} < f_k/2 = 415\text{MPa}$, 满足 2 倍安全系数。

由图 10 可知: 该托架体系所受最大竖向支反力为 295.6KN。单个抗剪牛腿高 275mm, 板厚 15mm, 合计 4 片, 故牛腿钢板所承受的剪应力为:

$\tau = 3f/2A = 3 \times 295.6 \times 1000 / (2 \times 16500) = 26.9\text{MPa} < f_c = 125\text{MPa}$ (Q235 钢材设计强度容许值), 满足强度要求。

2.4.4 稳定性计算

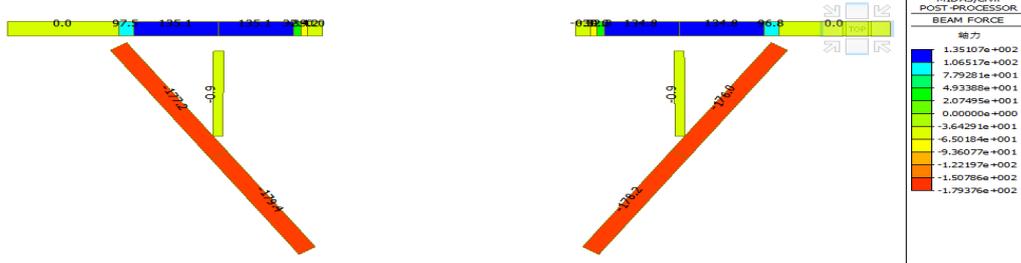


图 11 托架支反力图 (单位:KN)

由图 11 可知:

最不利荷载作用下,托架的斜杆处于最不利应力状况,单根斜杆最大轴力为

根据《钢结构设计规范》(GB50017-2003)5.1 节中公式(5.1.2-2)可知,构件长细比计算公式为:

$$\lambda = \frac{l_0}{i}$$

式中: μ -----压杆的计算长度系数,两端铰接,取 1.0;

i -----构件截面对主轴的回转半径,取 123.2mm;

l_0 -----压杆计算长度, $l_0 = 4800 \times 1.0 = 4800\text{mm}$ 。

经计算,构件长细比

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{4800}{123.2} = 39.0$$

查表得构件稳定系数为:

$$\phi = 0.903$$

$$\sigma = \frac{N}{\phi A} < f$$

γ : 塑性发展系数,取 1.2;

W : 毛截面抵抗矩;

β : 等效弯矩系数,取 $\beta = 1.0$ 。

$$\sigma = \frac{N}{\phi A} = \frac{179 \times 10^3}{0.903 \times 9700} = 20.44\text{MPa} < f = 215\text{MPa}$$

稳定性满足要求。

3 托架安装

3.1 牛腿安装

①墩身施工时,采用预埋木盒的方式在牛腿位置预留孔洞,每片托架需预埋 4 个木盒,木盒尺寸为 124*229mm,深度为 410mm。预埋位置见图 12。

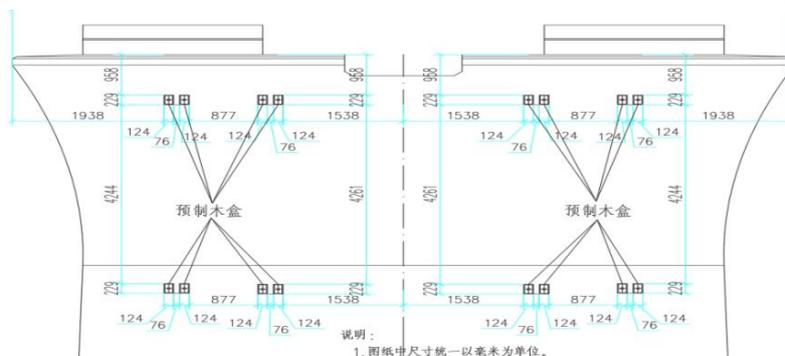


图 12 预埋木盒位置图

②安装牛腿前清理预埋孔洞，将孔内杂物和木盒清除干净。牛腿插入预埋孔洞后，立即使用精轧螺纹钢对拉锁紧，每根精轧螺纹钢配备单垫片双螺母。精轧螺纹钢安装完成后，每根精轧螺纹钢都必须进行张拉，张拉前对精轧螺纹钢进行编号，依据编号顺序依次进行张拉，张拉值应达到牛腿所受最大的水平应力 133.15KN，不得超张拉。精轧螺纹钢预留孔为 $\Phi 75\text{mm}$ PVC-U 塑料管。详细见图 13 和图 14。



图 13 牛腿实物图



图 14 牛腿安装完成

③托架横杆和斜杆通过耳板使用高强螺栓拼装成整体，然后利用销轴安装于墩身牛腿上，并插上保险销防止销轴脱落。见图 15。

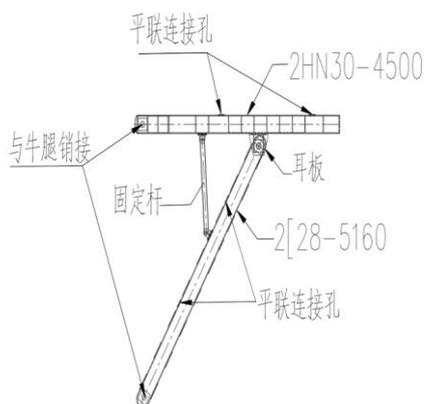


图 15 托架拼装

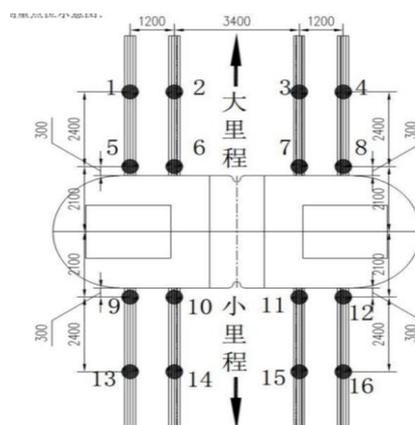


图 16 卸落块布置图

3.2 落架系统和横梁安装

①落架系统采用卸落块的形式，卸落块由 4 块梯形钢板和 $\Phi 25\text{mm}$ 精轧螺纹钢组成，卸落块设置为最大高度 25cm(可根据托架调平需求做 2-3cm 调整)，并使用精轧螺纹钢对拉，配套安装垫板与双螺母，卸落块横向布置，一个横梁下布置两个卸落块按。卸落块详细布置见图 16。

②卸落块安装完成后，对卸落块顶部高程进行测量，调平，保证其水平后，再吊装横梁。

3.3 排架分配梁安装

横梁安装完成并复测水平后，安装排架分配梁，由于线路存在纵坡，所以排架分配梁分为两种类型组成，每侧共 19 片排架，排架布置为腹板下间距 20cm，箱室内部下间距 50cm，排架间使用 12#槽钢焊接在一起，以保证排架的稳定性。

3.4 模板系统安装

排架分配梁安装完成后，横向铺设 100*100mm 方木，方木间距不大于 30cm。方木上安装 18mm 厚竹胶板，完成托架体系搭设。

4 托架预压

4.1 预压目的

①验证此托架系统的安全性和稳定性，保证施工过程安全可靠。

- ②消除托架体系杆件间的缝隙，测量出托架体系的弹性变形量，为控制梁体标高提供依据。
- ③通过托架预压措施检测模拟 0 号块荷载情况，进而测量托架沉降及变形，避免梁体由于托架沉降变形而开裂。
- ④减小托架的竖向变形，使箱梁线形得以控制。

4.2 预压方案

托架搭设完成，经检验合格后进行堆载预压，预压采用混凝土预制块进行预压，预压主要用来消除托架的非弹性变性，提供立模标高依据，并记录托架在荷载作用下的弹性压缩量。加载前需布设好观测点，观测托架原始标高。

①预压材料：采用混凝土预制块，尺寸长*宽*高为 2*1*1m，单块重约 4.8t。

②预压荷载：箱梁全断面预压，墩顶部分不进行预压，根据结构特点，翼板较薄，重量相对较轻，箱室部位较厚，重量较重，箱室部位与翼板分开预压。预压荷载按照施工荷载的计算依据：组合荷载=砼重量 $2.6\text{t}/\text{m}^3$ +模板重量+施工荷载（施工人员、机械及振捣荷载 $0.4\text{t}/\text{m}^2$ ）。0#块单侧悬空段的悬挑体积为 50.24m^3 ，单侧悬空段模板重量为 $13 \times 2.7 \times 0.1 + 6.035 \times 2.7 \times 2 \times 0.165 = 8.89\text{t}$ ，单侧悬空段施工荷载重量为 $13 \times 2.7 \times 0.4 = 14.04\text{t}$ 。施工最大荷载的 1.1 倍为： $153.55\text{t} \times 1.1 = 168.9\text{t}$ ，单个 0#块共需 70 块。

③加载方式：堆载预压采用分级加载的方法进行，压重的先后顺序要模拟混凝土浇筑顺序，先浇先压重，后浇后压重，荷载分别按设计荷载的 60%、100%、110%进行。

④测点布置：根据受力特点，横桥向布设 5 个观测点，纵桥向布置 4 排，共设置 20 个观测点。

4.3 预压分析与结论

本次预压模拟出了该连续梁 0#块混凝土的浇筑过程，通过对观测数据的处理分析，观测沉降结果与模拟堆载预期沉降相符，具有一定的规律性，观测数据有效，对后续安装底模板具有指导性。

4.4 预压注意事项

- ①预压前要铺设底模并保证底模的均匀受力。
- ②预压荷载要和实际荷载相吻合，避免偏差过大。
- ③预压时严格按照分级堆载，混凝土预制块需交叉摆放，避免预压块滑落。
- ④预压时要选择在正常天气下进行，避免在雨天或大风天气中进行。

5 通用托架的特性

5.1 通用性

为了满足不同连续梁 0#块的悬挑长度，通过在托架横杆底部开设两排等间距预留孔，直径为 23mm，以便调节托架斜杆与横杆的连接位置，在不添加任何杆件的情况下，即可改变托架的受力节点，满足施工要求。见图 17。

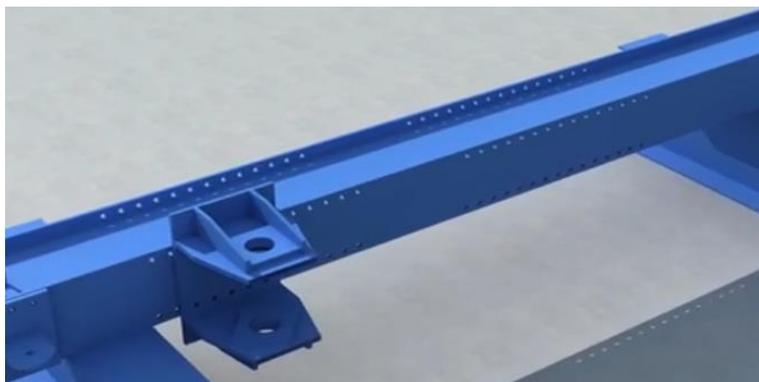


图 17 托架横杆

5.2 实用性

通用托架制作、安装及拆卸过程简单，在施工现场安装时仅用螺栓或销轴连接，可避免因焊接时焊缝质量难以保证，带来的安全质量隐患，且杆件较轻，在地面拼装完成后，可整体吊装，工人操作方便。

同时在施工牛腿是采用预埋木盒的方式，不需要切割、破坏墩身模板，也不需要墩身内预埋型钢，为墩身后期外观质量处理创造了有利的条件。

5.3 经济性

通用托架与传统托架相比所用杆件质量较轻,所耗钢材较少,安装时间和施工周期较短,对施工空间要求较小,且不需要破坏墩身模板,可节省大量劳力、物力,重复使用时,周转运输方便,减少施工成本,提高施工效率。通用托架与传统托架对比见表3。

表3 通用托架与传统托架对比表

类型	单套重量 (t)	安装工期(天)	所需劳力	是否通用	可操作性	安全风险
传统托架	约 45t	7	7-10 人	否	复杂	高
通用托架	约 23t	3	3-5 人	是	简单	低

6 通用托架使用的重难点及解决办法

①为了保证托架的顺利安装和使用,在墩身施工时必须保证预埋木盒的位置精确无误,且在浇筑过程中不发生变形、移动。预埋木盒采用 12mm 厚木模板,在制作时,须严格按照下料尺寸加工,保证木盒内部空间满足要求,且木模板平缝处应严密,不得漏浆。

同时托架对拉杆的预留孔位置也需要保证精确,预留孔可采用 $\Phi 75\text{mm}$ PVC-U 硬塑料管,安装需顺直,与预埋木盒接口处做好密封处理。PVC-U 硬塑料管采用 $\Phi 10\text{mm}$ 的钢筋做井字形定位筋定位,与墩身钢筋固定牢靠,每 50cm 一道,不得发生扭曲。预埋木盒底部安装角钢,进行固定,减小预埋木盒的安装误差。

②安装牛腿时,应保证牛腿与墩身混凝土面密贴,有空隙处,需用钢板填塞密实,保证托架体系受力均衡。

③为了防止牛腿下部及预埋板下部支撑混凝土局部受压不能满足混凝土受压要求,在墩身施工时,预埋木盒位置上方及下方增设钢筋网片。

7 结束语

通用托架的可行性和实用性得到了理论和实践的双重验证,该托架具有制作简单、节省钢材、安装拆除简便、整体结构受力合理等优点。可以满足不同跨度连续梁 0#块的施工,且可多次循环使用,周转倒运方便,节省安拆时间,避免延误工期,节约了施工成本,提高了工作效率,是一种切实可行的施工方法。

[参考文献]

- [1]王志良. 悬臂浇筑连续梁施工托架设计及应用[J]. 价值工程,2016(17):123-126.
- [2]王小红. 悬臂现浇连续梁桥 0#块托架设计与验算[J]. 低温建筑技术,2018,40(4).
- [3]薛云浩. 40+64+64+40m 悬臂连续梁 0 号块支架设计与计算[J]. 科技与企业,2014(15):234-235.
- [4]刘盛辉. 博阳河特大桥连续梁 0~#块托架设计与施工[J]. 甘肃科学学报,2018(3).
- [5]李东阳. 连续梁 0#块托架受力分析研究[J]. 甘肃科技纵横,2017(11):20-23.

作者简介:张凤龙,男,工程师,毕业时间 2011.06,石家庄铁道大学四方学院。