

港珠澳大桥CB04标预制件移运方案研究

韦富伦 张小燕 陈立 曾航宇 刘俊

(柳州欧维姆机械股份有限公司 柳州 545005)

摘要:目前国内港口桥梁预制场预制件趋于整体预制的大趋势,预制件呈现超大、超高、超重等多元化的特点,这对预制件的移运提出了更高的要求。针对港珠澳大桥CB04标预制件承台结构特点,对该工程运输方案做进一步研究。

关键词:预制场 顶升 顶推 运输

1 概述

港珠澳大桥东接香港特别行政区,西接广东省(珠海市)和澳门特别行政区,是国家高速公路网规划中珠江三角洲地区环线的组成部分和跨越伶仃洋海域的关键性工程,将形成连接珠江东西两岸新的公路运输通道。

港珠澳大桥工程包括三项内容:一是海中桥隧工程;二是香港、珠海和澳门三地口岸;三是香港、珠海、澳门三地连接线。海中桥隧主体工程(粤港分界线至珠海和澳门口岸段)由粤港澳三地共同建设;海中桥隧工程香港段(起自香港石散石湾,止于粤港分界线)、三地口岸和连接线由三地各自建设。

港珠澳大桥分为CB03、CB04、CB05三个标段,工程施工环境要求桥墩构件须在预制场内整体预制。针对预制件质量重、重心高、底面支撑面积小等多元特征,本文将对CB04标的构件移运方案进行阐述。

2 预制场布置

港珠澳大桥主体工程桥梁工程土建工程施工CB04标段的预制件共有75件,移运重量为486T~2862T,最大高度为26.65m,这些预制件具有重量重、重心高、底面支撑面积小、外形尺寸多样化等特点。预制件的结构形式分四种:①整体墩预制件;②承台+下墩身预制件;③中节墩身预制件;④顶节墩身预制件,为方便运输,根据底面积的不同,将预制件分成两大类:①类②类预制件统称为承台类,③类④类预制件统称为墩身类,其具体结构形式如图1所示。由于该预制件吨位大且重心高,需按实体吊装形式安放构

件移运,若采用传统的气囊移运,不易于控制其稳定性,易倾覆,且需要反复地给气囊充放气,托运速度较慢。

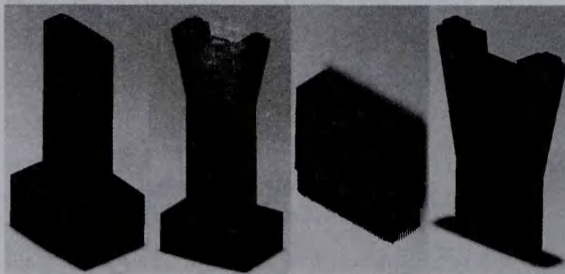


图1 预制件

结合预制件的结构特征,设计了图2所示构件出运的布置方案。其中布置了4条承台横移出运生产线,2条墩身横移出运生产线,1条公用纵移装船出运线。每条横移生产线上设有钢筋绑扎台座、构件预制台座、构件存放台座。纵移运输线上与横移生产线交叉处设置有纵横移转换台座。

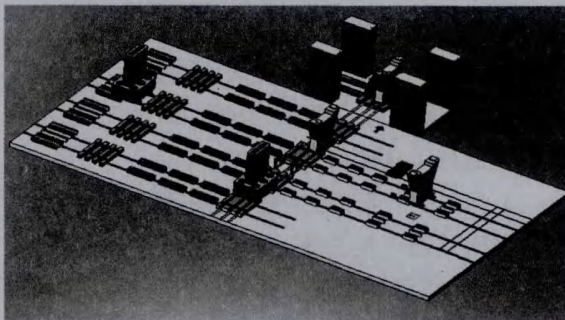


图2 预制场布置

3 构件移运设备

构件移运设备由分配梁、竖向顶升系统、滑块、液压泵站、柴油发电机、电控系统等组成。

根据各种预制件的重量、外形尺寸、竖向油缸的支顶位置等因素,同时考虑小车的通用性最

大化,提高互换性,预制件运输设备设计成三种:承台类横移设备,墩身类横移设备,通用纵移设备,其尺寸及数量见表1。

表1 运输设备尺寸及数量表

预制件类型	设备名称	长m×宽m×高m	数量
承台类	横移设备	20.76×1.1×1.67	2套4台
墩身类	横移设备	24.51×1.1×1.67	1套2台
所有预制件	通用纵移设备	26.01×1.1×1.67	2套4台

预制件移运设备由两台小车组成,每台小车由分配梁、竖向顶升系统、滑移系统、连接杆、水平顶推系统、液压绞车、动力系统、控制系统等组成。

4 计算

4.1 预制件抗倾覆

施工中,需要对预制件分别在4种工况的抗倾覆性进行计算,4种工况分别为:

工况一:陆上横移前进方向左右高差±2% (约1.146°),不考虑惯性力;

工况二:陆上横移前进方向前后高差±6% (约3.434°),考虑惯性力;

工况三:陆上纵移前进方向左右高差±2% (约1.146°),不考虑惯性力;

工况四:陆上纵移前进方向前后高差±6% (约3.434°),考虑惯性力。

预制件绕一支撑边倾斜,抗倾覆安全系数 η 有如下计算式:

$$\eta = \frac{M_{\text{稳}}}{M_{\text{倾}}} = \frac{\text{重力稳定力矩}}{\text{惯性力矩} + \text{风载荷力矩}} = \frac{mgLg}{FaLa + FfLf}$$

式中:

m —预制件重量,单位kg;

g —重力加速度,取9.8 N/kg;

Lg —重力臂,单位m;

Fa —惯性力,公式 $Fa=ma$, m 为质量, a 为加速度,采用顶推的驱动方式,最大速度为36m/h,停止距离为3cm,由此可计算得到 $a=0.0016667 \text{ m/s}^2$;

La —惯性力臂,取预制件的重心高度;

Ff —风力,公式 $Ff=WfAf$, Af 为风载荷作用面积,及预制件迎风面的面积, Wf 为风压, $Wf=\beta_z\mu_s\mu_zw_0$,其中: β_z 为高度 Z 处的风振系数,

μ_s 为风载体型系数,常见建筑物的风载体型系数 μ_s 可由文献1的表7.3.1查得, μ_z 为风压高度系数,风压高度变化系数应根据地面粗糙度类别、按文献1的《风压高度变化系数 μ_z 》表确定(见表2)。 w_0 为预制场地基础风压,用公式 $w_0=\frac{1}{2}\rho v^2$ 计算, ρ 为空气密度, v 为基本风速。由于 $P=\rho g$ (标准状态下空气重度 $P=0.01225\text{kN/m}^3$),代入上式可得 $w_0=\frac{1}{2}\rho v^2=\frac{1}{2}\times\frac{0.01225}{g}\times 37^2$ 。计算时考虑12级风力,风速取37m/s。

表2 风压高度变化系数 μ_z

离地面或海平面高度 (m)	地面粗糙类别			
	A	B	C	D
5	1.17	0.86	0.74	0.62
10	1.38	1.00	0.74	0.62
15	1.52	1.14	0.74	0.62
20	1.63	1.25	0.84	0.62
30	1.80	1.42	1.00	0.62
40	1.92	1.56	1.13	0.73
50	2.03	1.67	1.25	0.84
60	2.12	1.77	1.35	0.93
70	2.20	1.86	1.45	1.02
80	2.27	1.95	1.54	1.11
90	2.34	2.02	1.62	1.19
100	2.40	2.09	1.70	1.27
150	2.64	2.38	2.03	1.61
200	2.83	2.61	2.30	1.92
250	2.99	2.80	2.54	2.19
300	3.12	2.97	2.75	2.45
350	3.12	3.12	2.94	2.68
400	3.12	3.12	3.12	2.91
≥450	3.12	3.12	3.12	3.12

对于平坦或稍有起伏的地形,风压高度变化系数应根据地面粗糙度类别、按文献1的《风压高度变化系数 μ_z 》表确定(见表2)。根据地面粗糙度的不同,将地貌分为A、B、C、D四类,分别为:

A类指近海海面和海岛、海岸、湖岸及沙漠地区;

B类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区;

C类指有密集建筑群的城市市区;

D类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

本工程中对应A类情况取值，对于高度Z处的风振系数 β_z ，考虑脉动影响的情况下取保险值1.7，风载体型系数 μ_s 取1。

L_f —风荷载力臂，风荷载作用点高度约在预制件在侧倾后垂直高度的3/4H处。

通过以上公式计算结果显示，该工程预制件在陆地滑移运输过程中稳定性是安全的。

5 设备工作流程

当一件完整的预制件预制完成并存放在台座上，横移小车上的小车模块上安装有MGE滑板，通过液压绞车牵引承台横移小车在不锈钢板轨道上滑移至承台构件下方，正确对位后通过两台横移小车的竖向千斤顶伸缸将承台顶升，待竖向顶将承台顶升离开存放台座5cm时，用机械螺母锁紧并预留1cm间隙做运输过程调节，顶推装置启动，通过顶推装置的机械卡紧装置提供反力支点，顶推顶伸缸带动整辆小车向前推进并运输至纵移轨道的转换台座上。到达纵移转换台座时，横移小车就位后，各竖向顶同时缩缸将构件平稳的落在台座上，通过液压绞车的牵引重新将承台横移小车回归原位，至此，完成了一个构件的横移。纵移小车以同样的工作原理将构件纵移装船，工艺路线如图3所示。

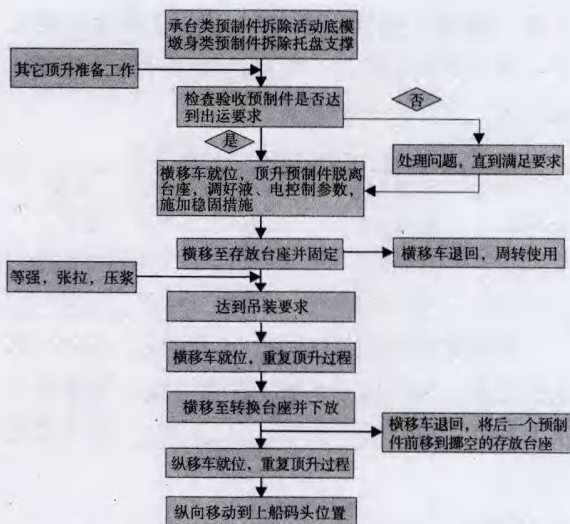


图3 预制件场内运输工艺流程图

6 结语

针对本工程预制件特征，该方案不失为一种滑移出运的有效方法。同时为以后重型、小截面、大质量构件移运提供了参考依据，不再局限于气囊出运构件的方法。

参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部. 建筑结构荷载规范[S]. 人民交通出版社, 2006
- [2] 张相庭. 结构风压与风振计算[M]. 同济大学出版社, 1985
- [3] 张相庭. 工程抗风设计计算手册[M]. 中国建筑工业出版社, 1998
- [4] 陈英俊, 于希哲. 风荷载计算[M]. 中国铁道出版社, 1998
- [5] 黄本才. 结构抗风分析原理及应用[M]. 同济大学出版社, 2001

(上接第29页)

(6) 张拉调索

- 1) 安装张拉装置进行张拉预紧。
- 2) 初张拉吊杆至兜吊系统不受力状态，放松兜吊系统。放张过程应注意上下游吊杆同时同步，放松兜吊系统后实测横梁标高。
- 3) 根据计算的调整标高值对吊杆再次张拉，将横梁调整到设计标高。
- 4) 全部吊杆更换完毕后，要求对吊杆进行一次全面的标高和索力的调整，调整原则是以标高控制为主，同时要求同号索上下游索力尽可能一致。

(7) 防护处理

吊杆更换完成后，对吊杆进行相应的防护处理，安装吊杆上下端保护罩、防水罩等防护附件。

5 结束语

早期拱桥吊杆在结构设计及吊索更换等方面存在一些局限性，其中预埋管内径偏小是一个比

较常见的问题。现行新型吊杆的拉索与锚具一般都采用在厂内预制成整体，安装时要求配套的预埋管的内径要大一些，因此，对此类拱桥进行换索施工时，就出现对预埋管的调整问题。如何既不破坏原桥结构的完整性，又能方便吊杆更换施工，在对此类拱桥改造时确实是两难选择。石潭溪大桥吊杆更换工程所采用的吊杆结构及更换工艺，使更换吊杆施工达到既不破坏桥梁原有结构又能使新型拉索锚具得以实施应用的效果，为类似的桥梁换索提供了一个可行的参考方案。

参考文献

- [1] 中华人民共和国行业标准. JTG H11-2004 公路桥涵养护规范
- [2] 柳州欧维姆结构检测技术有限公司. 316国道闽清段石潭溪大桥吊杆专项检测与评估报告. 2011年9月
- [3] 福建省交通规划设计院. 石潭溪大桥维护验算报告. 2011年11月
- [4] 福建省交通规划设计院. 316国道闽清段石潭溪大桥维修工程施工设计图. 2011年11月