

沿海特大桥梁大体积承台施工关键技术及温控措施研究

庄清波

海南省交通工程建设局

DOI:10.12238/etd.v6i3.14412

[摘要] 大体积承台作为桥梁受力关键部位,施工难度大,安全质量风险高,造价较高,施工时间较长。随着我国桥梁事业快速发展,跨海大跨度桥梁不断增加,大体积承台也相应增多,跨海特大桥梁大体积承台混凝土施工控制显得尤为重要。以沿海地区洪奇门特大桥大体积承台施工关键技术及温控措施为例进行研究,可供相关同行借鉴,旨在防止大体积混凝土开裂和降低桥梁大体积承台施工质量风险。

[关键词] 沿海; 大体积承台; 关键技术; 温控

中图分类号: S922.9 **文献标识码:** A

Research on Key Technologies and Temperature Control Measures for Large Volume Bearing Platform Construction of Coastal Extra Large Bridges

Qingbo Zhuang

Hainan Provincial Transportation Engineering Construction Bureau

[Abstract] As a critical load-bearing component of bridges, massive pile caps present significant construction challenges with high safety and quality risks, elevated costs, and prolonged construction durations. With the rapid development of China's bridge infrastructure and the increasing number of long-span cross-sea bridges, there has been a corresponding growth in massive pile cap applications. This makes construction control of concrete works for super large cross-sea bridge pile caps especially critical. This paper investigates the key construction technologies and temperature control measures implemented in the massive pile cap project of the Hongqimen Grand Bridge in coastal areas. The findings can serve as a valuable reference for industry peers to prevent cracking in mass concrete structures and reduce quality risks during the construction of large-scale bridge pile caps.

[Key words] coastal; massive pile caps; key technologies; temperature control

引言

洪奇门特大桥位于珠江三角洲近海冲积平原区滨海区,其桥型布置为80.5+222.5+520+222.5+80.5=1126m,采用双塔双索面半漂浮体系钢箱梁斜拉桥。主梁采用扁平流线型整幅式钢箱梁,斜拉索为扇形布置的空间双索面,主塔采用钻石型混凝土索塔。主墩承台采用整幅布置的矩形承台,尺寸为34.8m×22.8m×6.5m,承台下设24根Φ2.8m钻孔灌注桩。位于海域中的主墩承台采用C45海工混凝土,位于堤岸的主墩承台采用C45混凝土,两个承台砼方量均为5151.8m³。由于两个主墩承台施工工艺类似,以下内容主要以堤岸上的主墩承台为代表进行论述。

1 大体积承台施工工艺流程

钢板桩合拢→围堰内取土至内支撑下方0.3m→安装围檩及内支撑→开挖至垫层底面高程→施工封底砼→第一层承台施工

→施工混凝土圈梁→拆除围檩及内支撑→第二层承台施工。



图1 桥梁效果图

1.1 基坑开挖及安全通道安装

钢板桩围堰施工完成后,先采用长臂挖机将表层的混凝土块、沉渣等清除。小型挖掘机接着开挖边角部位的围堰土,再用长臂挖机配合开挖、装土。

在爬梯等高空临边处设置护栏,护栏上悬挂“禁止攀爬”、“注意安全”等警示标语。在承台两个角点处各设置一个上下通道,基坑顶至封底顶采用扶梯形式。

1.2 封底施工

基坑开挖完成后,由人工对基坑底整平,并挖好基坑内四周排水沟、集水井。由测量组放样垫层混凝土四角角点位置及浇筑标高,利用滑槽浇筑C30垫层混凝土并振捣密实,顶面收浆抹面。基坑工程施工期内,重点对基坑进行检查水平位移观测、支护结构顶沉降观测、基坑底隆起监测等内容。

1.3 钢护筒切除

围堰抽水完毕后,将桩顶标高以上钢护筒进行切除,利用履带吊机整体吊装至平板运输车上,倒运到后场存放。同时在基坑底部较低处设置抽水泵,将围堰渗水所产生的积水统一排至基坑外。

1.4 桩头处理及基底处理

钢护筒割除完成后,做好桩头环形标高线标记并检查钢筋笼的位置。采用人工、机械相结合方式进行桩头凿除,桩头上部环切后剥离主筋,混凝土整体吊离,主筋之间松散及高出标高的混凝土利用风镐凿除。将封底混凝土高出承台底面高程的部分凿除,低于承台底面高程的部分采用砂浆面层找平。

钻孔桩桩头处理完毕后,在钻孔桩顶面测量放出设计中心位置,验收其平面位置。在钢筋进行绑扎前,需要在基底垫层上准确测量放出承台十字轴线及标高线,并做上醒目标记。依据承台十字轴线,用墨线弹出承台的轮廓尺寸线及立模边线,对架立骨架位置在垫层上进行标识。

1.5 钢筋加工、安装

本桥承台钢筋设计型号多、数量大、半成品加工吨位重,为提高现场钢筋绑扎效率,钢筋半成品加工根据浇筑分层采取分区配料、下料的方式,在钢筋车间内依次根据浇筑顺序进行钢筋的半成品加工。

承台钢筋在场内加工检验合格后由平板车倒运至现场,利用履带吊机或龙门吊吊装至围堰承台内,钢筋吊装时按绑扎顺序分种类、分区域进行吊装。

主墩承台预埋件包含塔柱预埋钢筋、综合接地钢筋、钢梁顶推支架预埋件、下横梁支架预埋件等。所有预埋件均在测量放样后拉线定位,各种预埋件与承台顶面钢筋焊接牢固,保证其位置满足要求。下塔柱预埋钢筋及劲性骨架安装就位后,及时与承台钢筋焊接稳固,将预埋钢筋及劲性骨架焊接形成整体,并设置缆绳固定,以保证预埋钢筋的倾斜角度。

1.6 冷却水管布置

冷却水管采用 $\phi 50 \times 1.8\text{mm}$ 的无缝钢管,钢管连接采用钳压连接。单个承台共埋设6层冷却水管,冷却水管层距为1.0m,平面间距为1.0m。冷却水管进出水口集中布置,完成安装后进行水密试验,及时补强漏水部位。冷却管分区分层编号,每一层管的进出水管均应编号登记。



图2 承台钢筋安装

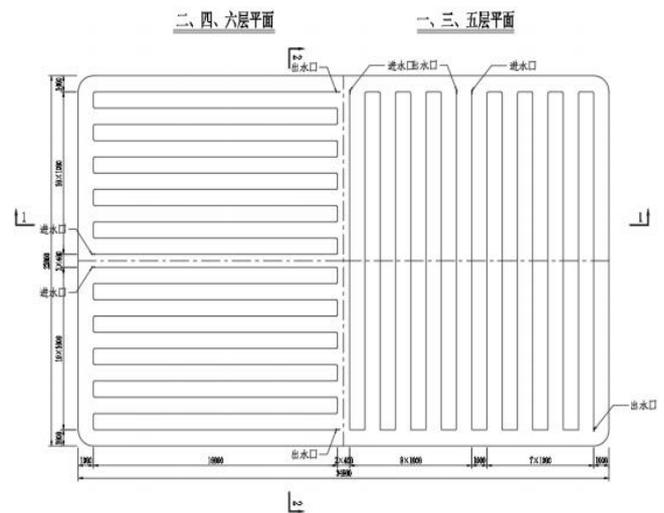


图3 主墩承台冷却水管平面布置图

1.7 测温元件布置

根据结构对称性的特点和温度场的分布规律,选取1/2结构作为主要测试区域,在另1/2区域布置关键测点,重要测点同时埋设两个测温元件,以便充分反映温控指标的测评。

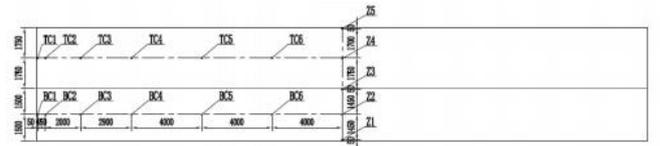


图4 主塔墩承台测温元件立面布置图

为保护导线和测温元件不受混凝土振捣的影响,现场采用 $\angle 36 \times 36 \times 3\text{mm}$ 角钢进行保护。

1.8 模板加工安装

承台模板均采用定制钢模板,在加工场分块制作,运至现场组拼,模板面板采用6mm厚的优质钢板,竖向背肋采用2[14#B]槽钢,背肋间距100cm;横向背肋采用槽钢,间距30cm。根据承台浇筑高度,模板分块主要有3m×2m、2m×2m、2m×1.5m等8种,主墩承台四周圆弧段特制R=1000mm圆弧状钢模板,以完美契合承台结构形状。模板连接采用M20螺栓,开Φ22mm螺栓孔,模板固定采用承台钢筋对拉。

利用龙门吊机或履带吊机进行模板安装,安装前根据弹出的模板边线,在基坑底部支模处铺设水泥砂浆找平层,以保证模板下口平齐。模板安装前,应均匀涂刷脱模剂。

模板分块吊装,按照由中间向两侧拼装的顺序依次进行,模板安装应稳固,接缝严密,不得漏浆。安装侧模时,应防止模板移位和凸出,模板与坑壁之间设置可调节的支撑,防止浇筑混凝土过程中模板胀模或变形。

1.9 混凝土浇筑

主塔墩承台分两层高度,第一层浇筑高度为3m,浇筑方量为2380m³,第二层浇筑高度为3.5m,浇筑方量为2771.8m³。在现场布置2台汽车泵进行浇筑,浇筑范围覆盖整个承台,利用溜槽和串筒控制砼自由落体高度在2m以内,在架立钢筋骨架上铺设脚手板作为浇筑平台。

承台砼浇筑采用斜向分层的方式进行,浇筑顺序从上游向下游,从岸侧及江侧向中间斜向分层,逐步推进,分层厚度30cm,施工中应连续施工不中断,保证上层混凝土浇筑完成时间不得超过底层混凝土初凝时间。某一区域的冷却水管被砼完全覆盖50cm后,即可将该区域的冷却水管通水。

在第一层承台混凝土浇筑完成后,对混凝土表面进行凿毛处理,形成粗糙的表面,清理干净后进行表面覆盖及洒水养护。



图5 水中承台第一次浇筑

在养护期间,混凝土强度达到30%后,开始绑扎第二层承台

钢筋,并预埋塔柱底节钢筋,安装下横梁支架、钢梁顶推支架、冷却水管、测温元件、测量控制点等预埋件,第二层承台混凝土浇筑同第一层承台。第二层新浇混凝土与第一层已浇筑混凝土的温差宜小于20℃,并应采取措施将两层间的浇筑间歇期控制在7d以内。在模板内侧和承台预埋钢筋上由测量人员统一放出浇筑顶标高,并做好明显标记。

1.10 混凝土圈梁施工

为确保主塔墩围堰的使用安全,同时保证大体积承台施工连续性,在主塔墩承台与围堰间设有一道高0.5m的混凝土圈梁,代替围檩和内支撑作为承台施工期间及施工完成后围堰的受力转换支撑体系。

围堰混凝土圈梁在承台混凝土全部浇筑完成并达到设计强度后进行施工,围堰混凝土圈梁在承台第一层混凝土浇筑完成并达到设计强度后进行施工。混凝土圈梁施工前,先用砂土将承台与围堰间的空隙回填密实,回填后标高应比承台混凝土面低0.5m以上。然后采用与承台相同标号的混凝土进行浇筑,混凝土圈梁浇筑一次成型,具体要求同承台混凝土施工,混凝土圈梁达到设计强度后方可拆除围檩与内支撑,然后进入下一步工艺施工。

1.11 混凝土养护及拆模

混凝土浇筑前,提前准备好混凝土养护塑料薄膜、麻袋及土工布和农用喷雾器等材料和设备,混凝土初凝前在表面喷水雾保湿以防止收缩裂缝的产生。承台四周带模养护,内部通循环水冷却,控制里表温差和混凝土表面温度的变化幅度,防止出现裂纹。保湿养护时间不少于14天,通水养护时间依据温控要求。承台混凝土的混凝土芯部温度与表面温度小于15℃,混凝土强度达到2.5Ma且能保证表面及棱角不致因拆模而受到损坏时,方可分层逐步拆除覆盖物及承台模板。

1.12 冷却水管处理

承台混凝土停止通水养护后,将冷却水管伸出承台顶面的部分割除,封孔前用高压空气将水管内的残余水压出,并吹干冷却水管,然后用压浆机向冷却水管内压注水泥浆封闭管路。水泥浆的配合比经试验确定,其强度不低于承台混凝土的设计强度。施工时,在冷却水管伸出承台顶面处预留凹槽,钢管割除后用混凝土封闭,保证保护层厚度。

2 温度控制关键措施

2.1 利用Midas进行结构建模

通过模型,提前掌握承台浇筑后峰值温度情况,提前做好温控准备。

第36h承台温度最高为56.1℃(峰值,其后开始降温),最低温25.2℃。

第156h(即第二层承台浇筑36h)后,第二层承台最高温为61.8℃(为峰值),最低温22.9℃。

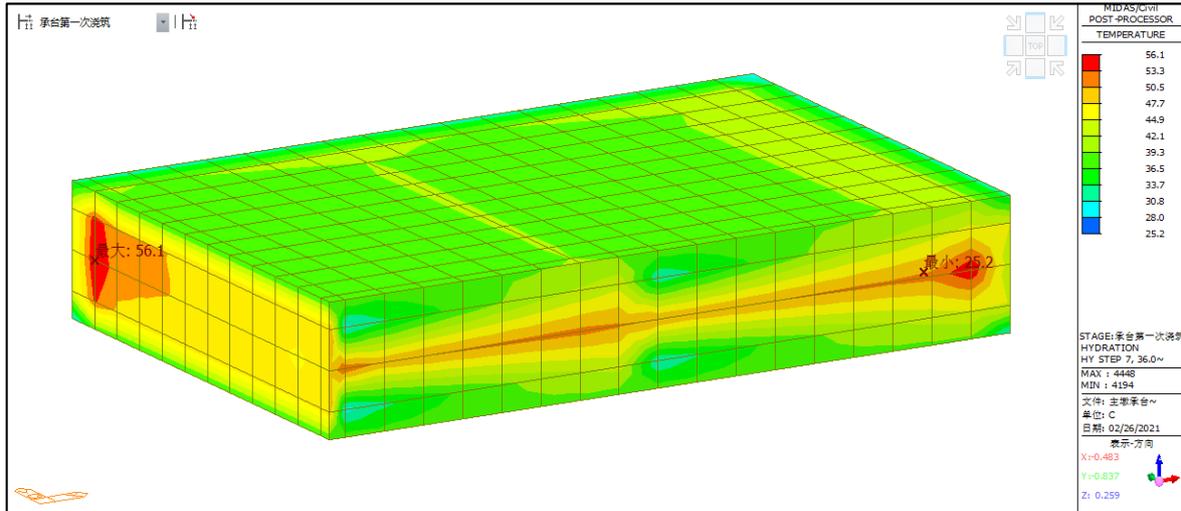


图6 第36h 承台温度分布图

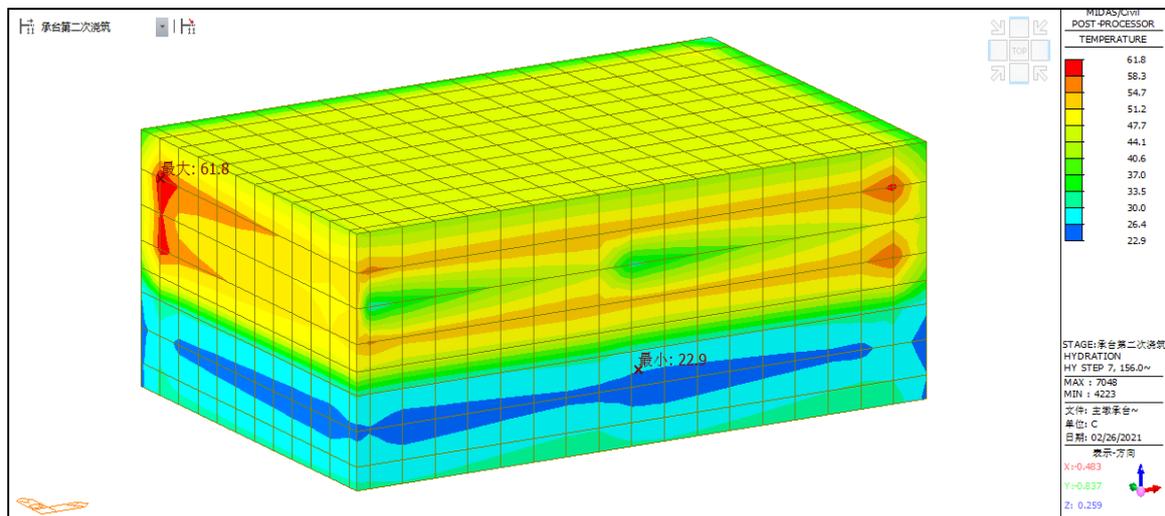


图7 第156h 承台温度分布图

2.2 优化混凝土配合比

优先选用中低热、收缩小、和易性好的水泥,并通过试配掺加粉煤灰,以节约水泥用量。此外,适当添加混凝土缓凝剂以推迟混凝土凝固时间。

2.3 控制混凝土入模温度

为控制混凝土入模温度低于28度,水泥等胶凝材料通过提前备料入场保证胶材温度;在拌合时加碎冰、冷水;在混凝土运输车运输过程,适时洒水罐体。

2.4 采用可控冷却水循环系统

承台施工平台上设置一个10m³的水箱,配置各冷却水管出入口的阀门控制系统,并备用水泵,结合温控要求调整通水速率。在混凝土内部通水降温时,进出口水的温差宜小于或等于10℃,且水温与内部混凝土的温差宜不大于20℃,降温速率

宜不大于2℃/d;利用冷却水管中排出的降温用水在混凝土顶面蓄水保温养护时养护水温度与混凝土表面温度的差值应不大于15℃。对大体积混凝土进行温度控制时,应使其内部最高温度不高于75℃,内表温差宜不大于25℃,混凝土表面与大气温差不大于20℃。

2.5 优化养护过程

考虑到海上可能存在大风天气,承台顶面凿毛完毕,立即采用蓄水(淡水)方式养护。蓄水期间,可补充由冷却管排出的循环水。利用冷却水管中排出的降温用水在混凝土顶面蓄水保温养护时养护水温度与混凝土表面温度的差值应不大于15℃。蓄水时间为7d左右。

2.6 采用温控系统

温度检测仪采用智能化数字多回路温度巡检仪。混凝土入

仓之前,应至少观测一次,检查仪器埋入后有无损坏,并观测仓内温度。根据迈达斯软件分析结果,水化热是在混凝土浇注后的36小时左右达到峰值温度,故在浇注完成后的50小时内,监控人员采取高密度监测频率,每1个小时进行一次温度采集。待混凝土升温到最大值后,将监测周期改为每2个小时采集一次。监测时间一般是从混凝土开始浇注至混凝土浇注完成期间15天。同步监测采集的内容包括进出水管的温度、混凝土内部温度传感器的温度、大气温度、混凝土表面温度等。值得注意的是,实际监控砼内部最高温在65度左右,比模拟数值略高,但温度变化趋势与模拟情况基本一致。

3 结束语

此工程关键技术及温控研究成果的应用,有效防止了大体积承台裂纹现象,保障了施工质量。通过迈达斯软件模拟温度变化情况,提前做好关键部位的温控准备,有所侧重把控监测情

况。本工程钢板桩、钢筋、模板等施工过程中,合理组织施工,有效减少机械、材料等损耗,实现了安全、高效施工,具有良好经济效益。通过对沿海特大桥梁大体积承台施工工艺及温控关键技术的分析研究,总结了大体积承台温控及施工工艺的成熟经验,可推广应用沿海地区跨海桥梁工程。

[参考文献]

- [1]《公路桥涵施工技术规范》(JTG/TF3650—2020).
- [2]《大体积混凝土施工标准》(GB50496—2018).
- [3]《大体积混凝土温度测控技术规范》(GB/T51028—2015).
- [4]欧阳光,黄左罗.高速公路桥梁大体积承台施工工艺及温控关键技术措施研究[J].工程技术研究,2022,7(16):223-225.

作者简介:

庄清波(1994--),男,汉族,海南省海口市人,本科,工程师,研究方向:道路与桥梁。