

文章编号: 0451-0712(2006)06-0112-04

中图分类号: U443.24

文献标识码: B

舟山西堠门大桥 南锚碇大体积混凝土温控技术

陈卫国¹, 屠柳青², 刘可心², 孙同兴², 刘 鸿²

(1. 浙江省舟山连岛工程建设指挥部 舟山市 316000; 2. 武汉港湾工程设计研究院 武汉市 430071)

摘 要: 根据西堠门大桥锚碇混凝土温控的特点及难点, 有针对性地提出了大体积混凝土温控防裂的原则及理念, 系统介绍了该桥锚碇混凝土温控施工的关键措施, 并根据现场温度、应力监测结果进行了分析讨论, 为今后类似工程提供借鉴。

关键词: 西堠门大桥; 锚碇; 大体积混凝土; 温控; 冷却水; 温度应力

西堠门大桥是舟山大陆连岛工程中的第 4 座大桥, 北端连册子岛, 南端接金塘岛, 横跨西堠门水道, 为主跨 1 650 m 的大跨径悬索桥。其南锚碇坐落在金塘岛, 为重力式嵌岩锚, 尺寸为 63.6 m × 74.7 m × 50.3 m, 耗用水泥混凝土约 77 645 m³。

西堠门大桥锚碇大体积混凝土的特点是: (1) 由于跨径大, 混凝土浇筑量特别大; (2) 混凝土结构复杂, 分层、分块多; (3) 施工期长, 一年中的高温季节和低温季节均需经历; (4) 地处海洋环境, 常年多风, 淡水资源又十分匮乏, 温控措施难度大; (5) 锚碇混凝土处于氯盐腐蚀的环境中, 温控防裂要求高。

针对西堠门大桥锚碇的结构特点和环境条件, 多方面、深入系统地进行了锚碇大体积混凝土温控防裂措施研究。一是提高混凝土材料本身的抗裂特性, 提出以抗裂为核心, 通过对混凝土各组分的质量优选以及最佳掺量、最佳配合比等参数的确定, 达到

提高混凝土材料自身抗裂能力和抗变形性能的目的; 二是通过优化温控措施, 减小温度应力、约束条件等作用在结构内部产生的效应。

1 锚碇混凝土主要技术指标

1.1 锚碇混凝土原材料优选

(1) 水泥: 选用华新水泥厂生产的 32.5(R) 矿渣硅酸盐水泥。

(2) 粉煤灰: 选用谏壁电厂 I 级粉煤灰。

(3) 高效减水剂: 选用江苏省建筑科学研究所 JM-2 缓凝高效减水剂。

(4) 砂: 南北锚碇均采用福建闽江砂, 细度模数 2.6~2.8。

(5) 石子: 舟山大东方石场石子, 粒径 5~31.5 mm。

1.2 锚碇混凝土配合比及性能

锚碇混凝土配合比及性能见表 1 与表 2。

表 1 锚碇混凝土配合比

试件编号	胶凝材料用量/(kg/m ³)	粉煤灰掺量/%	外加剂/%	配合比	抗压强度/MPa	
					R28	R60
锚碇(C30)	360	30	0.55	1:2.20:3.07:0.43	42.1	45.9
锚碇(C40)	430	25	0.60	1:1.68:2.55:0.37	50.1	54.3

表 2 锚碇混凝土力学、热学性能及氯离子渗透性能

试件编号	绝热温升/℃	线膨胀系数 ×10 ⁻⁶ /℃	氯离子渗透性(通电 量法, 28 d 龄期)/C	弹性模量/(×10 ⁻⁴ MPa)		劈裂抗拉强度/MPa		
				R28	R60	R14	R28	R60
锚碇(C30)	29.6	8.30	1 096	3.37	3.51	2.15	3.01	3.40
锚碇(C40)	40.3	8.67	768	3.55	3.77	2.56	3.34	3.61

2 锚碇温控防裂措施

2.1 锚碇混凝土浇筑分层、分块

西堠门大桥南锚碇由锚块混凝土、基础和连接部混凝土以及散索鞍支墩混凝土组成。锚块沿桥中轴线被分为对称两块,中间设2 m后浇段,锚块与基础及连接部混凝土间设2 m后浇段。

南锚块混凝土被后浇段分成独立两块,单个锚块最大平面尺寸为41.8 m×30.8 m,南锚块总厚度为39.59 m,分22层浇筑,浇筑厚度分别为1.5 m×2层、2.0 m×3层、1.5 m×4层、1.39 m、1.3 m、

1.31 m、1.5 m、2.0 m×6层、2.49 m、2.25 m、2.35 m。

基础和连接部最大平面尺寸为18.01 m×30.9 m,累积厚度18.3 m,拟分7次浇筑,浇筑厚度分别为3.0 m、2.7 m、2.7 m、3.0 m、2.9 m、2.0 m×2层。

南锚碇散索鞍支墩为实心结构,混凝土浇筑量约1 800 m³。散索鞍支墩高12.77 m,最大平面尺寸12 m×12 m,分6层浇筑,浇筑厚度分别为1.5 m×2层、2.25 m×2层、2.02 m、3.25 m。南锚碇浇筑分层示意图见图1。

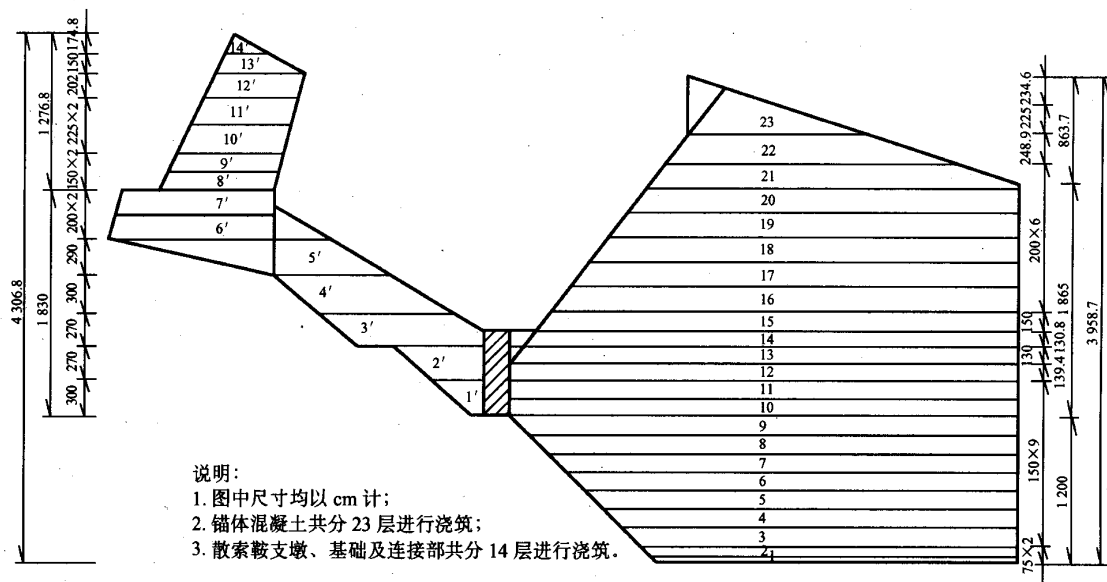


图1 西堠门大桥南锚碇分层浇筑示意

锚块混凝土、基础及连接部混凝土设计强度等级 C30(60 d);散索鞍支墩混凝土设计强度等级 C40(28 d)。

2.2 混凝土浇筑温度的控制

夏季混凝土最高浇筑温度控制在 29℃,采取以下措施。

(1)水泥使用前充分冷却,确保施工时水泥温度 ≤50℃。

(2)搭设遮阳棚,堆高骨料、底层取料、用水喷淋骨料,从而降低骨料温度。

(3)当气温超过 29℃时,北锚碇采用拌和水加冰措施,平均加冰量约为 40 kg/m³ 混凝土;南锚碇采用 2 台制冷机组制取 5℃冷水,拌制混凝土,制冷量 30 万大卡,功耗 125 kW。采用以上 2 种方法,混凝土浇筑温度均可控制在 29℃以内。制冷机组租赁费一

次投入大,但总体费用低,且人员投入少,是较为理想的选择。

(4)当气温高于入仓温度时,加快运输和入仓速度,减少混凝土在运输和浇筑过程中的温度回升,混凝土输送管外用草袋遮阳,并经常洒水。

(5)合理安排工期,尽量采用夜间浇筑。

混凝土升温阶段,对模板及混凝土表面进行冷却,如洒水降温、避免曝晒等。

2.3 冷却水控制

2.3.1 水管位置

根据混凝土内部温度分布特征,锚块混凝土层厚 1.5 m 布设 1 层冷却水管,2 m 以上布设 2 层冷却水管,冷却水管均为 φ32×2 mm 的电焊钢管,其水平间距为 0.9 m,每根冷却水管最大长度 150~200 m,冷却水管进出水口集中布置,以便于统一管理。

2.3.2 冷却水使用及其控制

(1)冷却水全部采用淡水。

(2)由于舟山地区淡水资源非常匮乏,采用冷却水出水蓄存、冷却后再循环使用,即在锚块后浇段中设约300 m³的冷却水循环池。该方法简单、易行,有利于节约资源。

(3)为确保冷却循环效果,随时监测蓄水池温度,气温较高时向蓄水池内投冰,夏季蓄水池温度控制在30℃左右,冬季控制在20℃左右。在合理监控的前提下,采用出水冷却循环有利于降低冷却水与混凝土的温度差,减小局部温度应力。

(4)控制冷却水流向,使冷却水从混凝土高温区域流向低温区域。冷却水通水流量控制在32~40 L/min。

(5)混凝土浇筑后半天左右开始通水,各层混凝土温升峰值过后,降温速率超过2℃/d时停止通水。

为防止温度回升,一般在上层混凝土升温期间,进行二次通水冷却。

2.4 间歇期控制

各层混凝土浇筑间歇期控制在5~7 d左右,最长不超过10 d。遇台风间歇期过长,在充分验算的基础上对上层混凝土层厚和温控措施进行调整。

2.5 锚碇混凝土的保温、养护

由于西堠门大桥所处地区长年多风,夏季或气温较高时,混凝土表面应加强潮湿养护,采用冷却水管出水养护,既能达到保温、保湿养护的效果,防止混凝土出现干缩裂缝,又可以减少水资源的浪费。冬季为减少大体积混凝土出现温度裂缝,采用聚乙烯保温卷材外加一层彩条布覆盖保温,以控制锚碇混凝土的内表温差在一定范围内。

3 锚碇混凝土温度控制标准

3.1 混凝土浇筑温度控制

混凝土浇筑温度在不同月份的设计控制取值见表3。

表3 锚体混凝土浇筑温度设计取值

浇筑时间	年度	2005							2006
	月份	6	7	8	9	10	11	12	1
最高浇筑温度/℃		26	29	29	29	26	22	18	14

3.2 混凝土最大水化热温升

锚体C30混凝土 $\leq 30^{\circ}\text{C}$,散索鞍支墩C40混凝土 $\leq 38^{\circ}\text{C}$ 。

3.3 最大内表温差

锚体C30混凝土 $\leq 20^{\circ}\text{C}$,散索鞍支墩C40混凝土 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 。

3.4 降温速率

混凝土最大降温速率 $\leq 2.0^{\circ}\text{C/d}$ 。

4 锚碇混凝土监控成果分析

4.1 南锚碇混凝土温度发展规律

南锚碇混凝土于2006年6月17日开始施工,夏季混凝土浇筑温度均控制在29℃以内,各层混凝土最高温度由于分层厚度不同,控制在54~59℃范围内,最高温度一般出现在浇筑后60 h。之后各层锚碇混凝土温度缓慢下降,至30 d左右接近气温。进入秋季,混凝土最高温度随浇筑温度的降低而降低,混凝土最高温度一般在40~45℃之间。各层混凝土最大内表温差为9.5~18.8℃。以上温度监测数据均在温控标准范围内。

南锚碇第2层、第11层测点温度、应力历时图见图2~图7。由图可以看出,中心点最高温度较高,第2、11层分别为48.3℃、53.3℃,且温度下降缓慢;而边缘点最高温度低,第2、11层分别为44.6℃、50.9℃且受气温影响较大,其中2号点处于基坑内的水池中,温度波动相对较小。

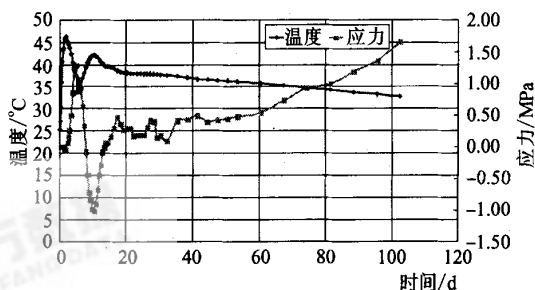


图2 锚碇第2层中心点温度、应力

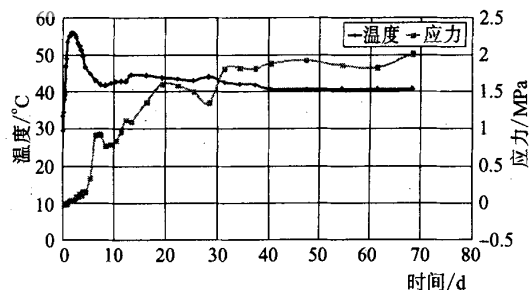


图3 锚碇第11层中心点温度、应力

4.2 南锚碇混凝土应力发展规律

在锚碇第2层及第11层沿轴线埋设应力测点。

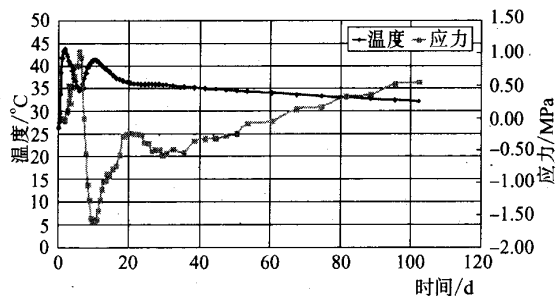


图4 锚碇第2层边缘点1温度、应力

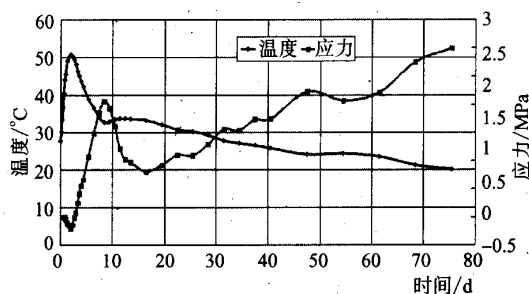


图5 锚碇第11层边缘点1温度、应力

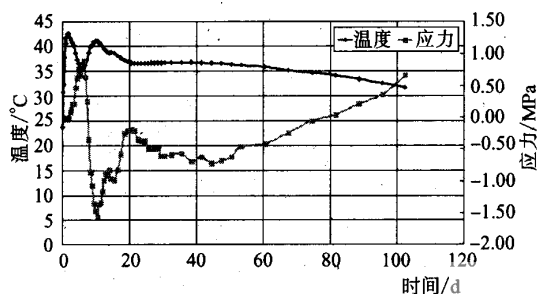


图6 锚碇第2层边缘点2温度、应力

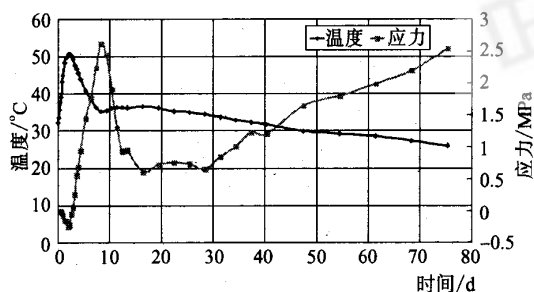


图7 锚碇第11层边缘点2温度、应力

由图2~图7可见,锚碇第2层最大温度应力出现在中部,这是由于第2层混凝土受基础强约束,温度应力主要是温差引起的约束应力,中部混凝土温度最高,因而基础约束应力最大。边缘点由于保温条

件不同,导致温度应力有一定差距。第11层混凝土脱离了基础约束区,其温度应力主要产生于内外温差。中部混凝土由于降温缓慢,温度应力较小,而边缘点受气温影响较大,降温较快,内外温差大,因此温度应力较大。

第11层混凝土温度应力大于第2层,分析原因有以下3点:(1)西堠门大桥基础岩石有一定程度的风化,弹性模量较小,因此约束较小;(2)锚碇中部混凝土平面尺寸大,混凝土浇筑工程量大,且浇筑温度高,因而温度应力大;(3)第2层混凝土处于开挖基坑内,便于蓄水养护,保温保湿条件好,因此内表温差小,而第11层混凝土四面暴露,较大的内表温差导致较大的温度应力。

4.3 实测结果与模型计算对比分析

模型计算时第11层混凝土浇筑温度取值为24℃,最高温度为47.65℃,出现在该层混凝土中心区域,大约在浇筑后3 d左右出现。11层混凝土最大温度应力为2.57 MPa,出现在锚碇靠近表面的区域中部。模型计算结果见图8。

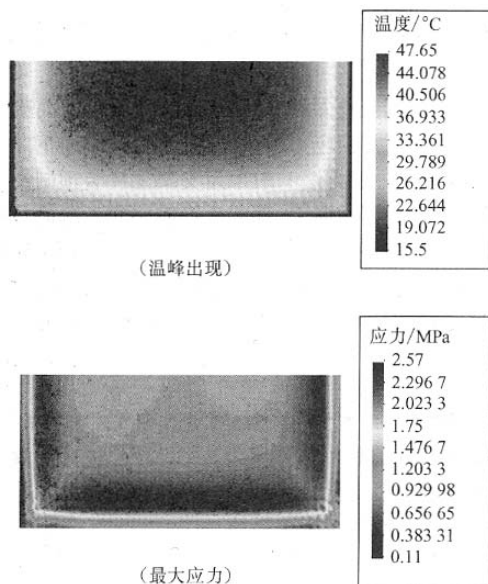


图8 第11层锚碇混凝土应力场计算结果

施工时,由于工期推后,实际混凝土浇筑温度为28.7℃,最高温度为53.3℃,出现在浇筑后60 h。这是由于浇筑温度的升高,导致混凝土水化反应加速,混凝土最高温度升高,混凝土温峰出现提前,从而导致最大温度应力提高为2.99 MPa。根据试验,锚碇

下承式桁架梁桥内力简化计算方法

何柏春¹, 费增乾², 侯斌峰²

(1. 湖州市交通规划设计院 湖州市 313000; 2. 湖州市交通工程质量监督站 湖州市 313000)

摘 要: 介绍采用单弯矩法简化计算下承式预应力混凝土桁架梁桥结构内力的计算方法。

关键词: 桁架梁桥; 下承式; 简化计算

1 下承式桁架梁桥概况

下承式预应力混凝土桁架梁桥, 上弦为抛物线形折线或曲线, 各个节点上的竖杆由两根独立的杆件组成, 每个节间形成独立的桁架片单元, 见图1所示。

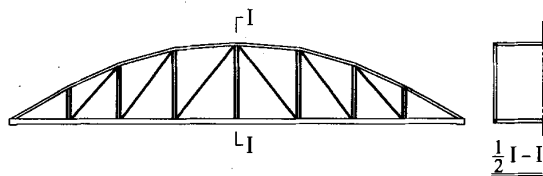


图1

其下弦、竖杆及桥道系横梁采用预应力混凝土构件, 组成三向预应力体系, 上弦及斜杆采用钢筋混凝土构件。施工方法一般采用支架上拼装预制桁架梁片, 现浇桥面系施工, 预应力钢筋按施工阶段分批张拉施工。这种桥型建筑高度小, 跨越能力大, 适应一般内河航道净空要求, 且用材省、造价低。自1989年湖州市建成第一座(跨径为61 m, 设计荷载为汽

车-10级)桁架梁公路桥后, 很快在浙江北部杭嘉湖平原地区得到推广应用, 在各级公路以及城市道路中, 建造了不少此型桥梁。据部分已建公路桥资料, 跨径为49~73 m, 建筑高度0.8~1.2 m, 主桁架上部构造材料用量为: 预应力钢筋 24.8~31.2 kg/m², 普通钢筋 48.0~91.3 kg/m², 混凝土 0.44~0.64 m³/m²。多年的工程实践和使用表明, 这种桥型结构性能良好, 具有推广使用价值。

2 计算原理

在这种桁架梁桥中, 桥面系横梁不但在下弦节点上设置, 而且在节间内均匀设置, 下弦截面较一般杆件截面为高大, 视为一刚劲梁。因此, 这种结构实为桁梁混合体系, 为多次超静定结构, 计算简图及基本结构如图2所示。当具有 n 个节间时, 为 $n-1$ 次超静定结构, 利用结构对称性简化为 $n/2$ 次超静定。

考虑到其中梁构件(下弦)的本身刚度较之整个

收稿日期: 2006-01-20

混凝土28 d 劈裂抗拉强度为3.21 MPa, 因此混凝土在该应力下是安全的。以上分析说明, 模拟计算的温度场、应力场是合理、可靠的。

5 结论

(1) 锚碇大体积混凝土的温控防裂是一个综合体系, 应从混凝土原材料优选、配合比优化、温控方案的制定、温控措施的实施及现场温度、应力监控等多方面着手, 确保大体积混凝土的温度、应力发展在预控范围内。

(2) 锚碇大体积混凝土的配制应以防裂为核心,

通过对混凝土各组分的优选以及最佳掺量、最佳配合比等参数的确定, 达到提高混凝土材料自身抗裂能力和抗变形性能的目的。

(3) 根据模拟计算结果, 优化温控方案及措施, 以减小温度应力、约束条件等作用在结构上的效应。

(4) 根据现场条件, 灵活多样地采取各种温控措施。并确保温控措施的严格执行。

(5) 现场温度、应力监控既是对理论计算的验证, 也为温控施工提供正确的指导和依据, 并为今后的工程提供借鉴。实践证明, 本工程锚碇大体积混凝土温度、应力监控效果良好。