

文章编号: 0451-0712(2007)03-0129-03

中图分类号: U414.180.1

文献标识码: A

薄壁空心墩底座高强大体积混凝土 温控计算研究

查进¹, 周明凯^{1,2}, 刘俊³

(1. 武汉理工大学材料科学与工程学院 武汉市 430070; 2. 武汉理工大学硅酸盐材料工程教育部重点实验室 武汉市 430070;
3. 交通部公路科学研究院新桥技术发展有限公司 北京市 100088)

摘 要: 以薄壁空心墩底座高强大体积混凝土为研究对象,采用计算机有限元程序模拟计算不同施工情况下混凝土内部的温度和应力,研究不同施工情况下混凝土的抗裂安全系数,为实际施工中防止混凝土产生温度裂缝提供理论依据。
关键词: 高强大体积混凝土; 温度应力; 抗裂安全系数

薄壁空心墩因其自身刚度较柔,墩身允许较大的变位,能保证桥体的稳定性,同时还能有效节省材料,降低自身自重,近年来在连续刚构桥中作为墩身首选形式得到广泛应用^[1]。薄壁空心墩底座往往浇筑成实心段坐落在承台之上,厚度从0.5 m到2~3 m不等。在绝大多数情况下并不是墩底面承压力的需要,而是处于构造上的储备。在浇筑墩身底座时,下部承台通常已经完成了水化热耗散的过程,达到足够的强度,对承台产生约束作用,限制了底座混凝土的散热收缩过程,极易产生贯穿裂缝^[2]。

以某山区高速公路沿线一特大桥薄壁空心墩底座施工为例,底座实心段高2 m,截面尺寸为13.59 m×4.58 m,混凝土强度设计等级C50。实际施工中,施工单位对底座实心段采用一次性浇注施工,拆模后在长边中央位置发现贯穿性裂缝。对此,采用计算机有限元程序对底座混凝土硬化过程中的温度场和温度应力场进行模拟计算,分析出现裂缝的原因,同时对其他施工情况下的混凝土温度场和温度应力场进行了模拟计算。

1 混凝土配合比及性能指标

底座C50混凝土配合比见表1。水泥为华新堡垒PO42.5(R),28 d水化热为313 J/g;粉煤灰为阳逻I级粉煤灰;砂为洞庭湖黄砂,细度模数3.0;碎石为

5~25 mm连续级配碎石;减水剂为北京JF缓凝高效减水剂。底座C50混凝土绝热温升经计算为66℃;28 d抗压强度满足要求;不同龄期劈裂抗拉强度按经验取值,见表2。温控计算所用混凝土性能参数取值见表3。

表1 C50混凝土配合比

水泥 kg/m ³	粉煤灰 kg/m ³	砂 kg/m ³	碎石 kg/m ³	用水量 kg/m ³	减水剂 kg/m ³	28 d 抗压 强度/MPa
457	60	628	1 117	165	6.02	60.2

表2 C50混凝土劈裂抗拉强度

龄期/d	3	7	14	28
劈裂抗拉强度/MPa	1.92	2.85	3.90	4.41

表3 混凝土性能参数

物理特性	墩身混凝土	承台混凝土
最终弹性模量/GPa	38	35
弹性模量变化系数	0.5、0.78	—
线膨胀系数/(×10 ⁻⁶ /℃)	6.91	7.16
泊松比	0.167	0.167
容重/(×10 ³ kg/m ³)	2.4	2.4
导热系数/(kJ/(m·h·℃))	10	10
比热/(kJ/(kg·℃))	1.0	1.0

2 温控计算结果与分析

2.1 底座一次性浇筑

底座采用一次性浇筑施工,通过计算机有限元程序计算得出底座混凝土温度场和应力场特征值,见表4和表5。底座混凝土受其自身结构尺寸的影响,边缘降温较快,中部散热慢,形成中间温度高、边缘温度低的温度场。混凝土内部最高温度出现在浇筑后1~2 d,达63.5℃,而内外最大温差达31.0℃。混凝土浇筑后最大温度拉应力出现在底座实心段中心部位和底部边角处,这与实际施工中央位置出现贯穿性裂缝相符合。由表5可知,3 d温度拉应力较小,混凝土温度应力随着时间的增加而增大,且早期增长幅度较大,7 d之后温度应力增长缓慢。混凝土抗裂安全系数在3 d时较大,不会出现有害裂缝,而在7 d、14 d和28 d,抗裂安全系数接近为1,易出现有害裂缝。

表4 混凝土温度场特征值

混凝土内部最高温度 ℃	最高温度出现时间 d	混凝土内外最大温差 ℃
63.5	1~2	31.0

表5 混凝土最大温度拉应力及抗裂安全系数

时间/d	3	7	14	28
最大温度拉应力/MPa	0.59	2.80	3.40	3.83
对应抗裂安全系数	3.3	1.0	1.1	1.2

2.2 底座分两层浇筑

已有研究表明,浇筑块尺寸对温度应力有重要影响,浇筑块越大,温度应力也越大,越容易产生裂缝,因此合理的分层分块对防止裂缝有重要意义^[3]。根据现场情况和可实施的措施,我们设计底座混凝土分两层浇筑,即先浇筑1 m,之后浇筑剩余1 m实心段。以下是对分两层浇筑底座混凝土进行的温控计算。两层浇筑底座混凝土分两种不同工况,工况一为不设冷却水管,工况二为设置两层冷却水管。

通过计算机有限元程序计算得出底座混凝土温度场和应力场特征值,见表6和表7。混凝土抗裂安全系数见表8。无论设置冷却水管与否,混凝土浇筑后1~2 d出现最高温度,最高温度出现在各层混凝土的中心部位。同一次性浇筑相比,最高温度降低了7.8~12℃。设置冷却水管较不设置冷却水管最高温度降低约4℃。第一层混凝土最大温度拉应力出现在底部边角处,第二层混凝土最大温度拉应力出现在中心部位。第一层混凝土3 d温度拉应力小于第二

层混凝土,7 d、14 d和28 d温度拉应力大于第二层混凝土。底座混凝土分两层进行浇筑,混凝土各龄期抗裂安全系数较大,不会出现有害裂缝。使用冷却水管与不使用冷却水管相比,使用冷却水管时混凝土抗裂安全系数更高。

表6 混凝土温度场特征值

工 况		混凝土最高温度 ℃	最高温度出现时间 d
工况一	第一层混凝土	55.4	1~2
	第二层混凝土	55.7	1~2
工况二	第一层混凝土	51.5	1~2
	第二层混凝土	52.0	1~2

表7 各层混凝土最大温度拉应力 MPa

工 况		3 d	7 d	14 d	28 d
工况一	第一层混凝土	0.47	2.14	3.01	3.39
	第二层混凝土	0.68	1.67	2.09	2.67
工况二	第一层混凝土	0.42	1.56	2.41	2.84
	第二层混凝土	0.61	1.48	1.87	2.39

表8 混凝土抗裂安全系数

工 况		3 d	7 d	14 d	28 d
工况一	第一层混凝土	4.09	1.33	1.30	1.30
	第二层混凝土	2.82	1.71	1.87	1.65
工况二	第一层混凝土	4.57	1.83	1.62	1.55
	第二层混凝土	3.14	1.93	2.09	1.85

2.3 底座实心段改为空腔一次性浇筑

薄壁空心墩底座设计为实心段,绝大多数情况下并不是墩底面承压力的需要,而是处于构造上的储备,因而将底座实心段改为空腔一次性浇筑,对整体结构受力不会产生影响。实心段改为空腔一次性浇筑是否会出现裂缝呢?我们对此进行温控计算,把实心段改为空腔一次性,混凝土浇筑后1~2 d出现最高温度,最高温度为49.5℃,出现在混凝土薄壁的中心部位。混凝土最大温度拉应力出现在混凝土底部边角处,分别为3 d0.37 MPa、7 d2.15 MPa、14 d2.03 MPa、28 d1.96 MPa,对应抗裂安全系数分别为5.19、1.33、1.92、2.25,混凝土各龄期抗裂安全系数大,不会出现有害裂缝。

3 混凝土施工控制

根据前面温控计算结果,薄壁空心墩底座实心段进行一次性浇筑时,混凝土7 d、14 d、28 d抗裂安

全系数都在1.0左右,容易出现有害温度裂缝,因而不宜采用一次性浇筑施工;而无论是采用分两层浇筑还是将底座实心段改为空腔进行一次性浇注,混凝土各龄期抗裂安全系数较大,不会出现有害温度裂缝。实际施工时,选择分两层对薄壁空心墩底座实心段进行浇筑,同时还采取了其他一些温度裂缝控制措施,包括混凝土浇筑温度的控制,混凝土两层浇筑间隙期的控制和混凝土保温养护控制。

(1)混凝土浇筑温度控制。

混凝土尽量在夜间低温浇筑,砂石料采取遮阳措施,水泥入场温度不应超过50℃,否则应采取措施,如要求水泥厂家在水泥出厂前放置一段时间,或采取多次倒运的方法降低水泥使用温度,混凝土泵管外用草袋遮阳,并经常洒水降温。

(2)混凝土两层浇筑间隙期的控制。

混凝土两层浇筑间隙期的控制非常重要,第一层浇筑完成后,尽快进行第二层浇筑施工,两层混凝土的施工间隙期控制在7 d,最长不超过10 d。

(3)混凝土保温养护控制。

结合混凝土内部温度监测数据,采取两层土工布进行保温,控制混凝土内部与表面,表面与环境温

度差,使其不超过20℃,控制降温阶段的降温速度,确保连续缓慢降温。

4 结语

薄壁空心墩底座高强大体积混凝土在施工中受其自身水化热高和结构体积大的影响,容易引起温度裂缝。本文为防止出现温度裂缝,进行混凝土温控设计,利用计算机有限元程序模拟计算不同施工情况下混凝土各部位的温度和应力,研究不同施工情况下混凝土的抗裂安全系数,用以指导施工。经实践证明,按照温控设计方案施工,混凝土未出现任何有害温度裂缝,保证了工程质量。本文的温控计算和设计,以及实际施工中采用的温控措施对于同类工程具有重要的参考和借鉴价值。

参考文献:

- [1] 邵旭东. 桥梁工程[M]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [2] 刘效尧,蔡键,刘晖. 桥梁损伤诊断[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
- [3] 朱伯芳. 大体积混凝土温度应力与温度控制[M]. 北京:中国电力出版社,1998.

Calculation Research on Temperature Control in High Strength Massive Concrete of Base of Thin-Walled Hollow Pier

ZHA Jin¹, ZHOU Ming-kai^{1,2}, LIU Jun³

(1. School of Materials Science and Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. Key Laboratory for Silicate Materials Science and Engineering of Ministry of Education, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

3. Xinqiao Technology Development Limited Company, Research Institute of Highway of Ministry of Communications, Beijing 100088, China)

Abstract: Taking the high strength massive concrete of base of thin-walled hollow pier as the research target, the temperature and stress in concrete under different constructions conditions are simulated by computer technology and the anti-cracking safety efficiencies are also studied. All these offere the theoretical basis for the temperature cracking control in the concrete.

Key words: high strength massive concrete; temperature stress; anti-cracking efficiency