

砂土地基超长大直径钻孔灌注桩现场温度试验分析*

杨伟军¹, 任立¹, 陈维超², 沈兆普³

(1.长沙理工大学 土木与建筑学院, 湖南 长沙 410004; 2.湖南建工集团, 湖南 长沙 410004;

3.中国路桥工程有限责任公司, 北京 100011)

摘要: 在砂土地基超长大直径钻孔灌注桩施工中, 水泥水化会释放大量热量, 引起桩结构内部温度快速变化。为研究砂土地基超长大直径钻孔灌注桩施工中的温度场变化, 文中通过布置温度传感器现场监测加蓬 PO 项目试桩在施工过程中的温度变化, 得到了同一位置竖直方向上不同高度监测点温度随时间的变化, 分析了砂土地基超长大直径钻孔灌注桩温度随时间变化的规律。

关键词: 桥梁; 砂土地基; 超长大直径钻孔灌注桩; 温度场

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)05-0127-04

在大体积砼温度场及温度应力研究上, 中国已进行了多年的研究, 尤其对于各种坝体结构。对于桩基础, 大多集中于冻土地区的温度场研究, 主要研究手段集中于公式推导和模型数值分析、有限元建模和现场试桩试验等。如熊炜等通过建立多年冻土区桩基温度场控制方程和模型数值分析, 得到了不同深度处桩侧土层温度随时间变化的规律和砼浇筑完成后不同时期沿桩径方向的温度变化规律; 刘振等采用有限元软件 ANSYS 建立桩基温度场模型, 分析了冻土温度场变化对桩基承载力的影响; 程培峰等依托实际工程建立试桩试验场, 通过对试验场地桩—土温度的监测, 得到了试桩浇筑完成后桩体温度随时间的变化和桩侧冻土不同深度处温度随时间的变化。而对于超长桩尤其是砂土地基超长大直径钻孔灌注桩施工过程中的温度场变化缺乏研究。

1 监测断面与仪器安装布置

在基桩 5 个不同埋深的断面上布设监测断面(见表 1), 其中: 1-1、2-2、3-3 监测断面间的间距为 5 m, 4-4 和 5-5 监测断面的间距为 10 m。

表 1 监测断面布置

监测断面	埋深/ m	所在土层 层厚/m	监测断面	埋深/ m	所在土层 层厚/m
1-1	20	20	4-4	35	15
2-2	25	10	5-5	45	15
3-3	30	10			

在每个监测断面沿桩周表面对称布置 2 个压力传感器, 在钢筋笼主筋上均匀布设 4 个钢筋计。在

钢筋笼内侧均匀布设 4 个测点, 除 4-4 和 5-5 断面外, 每个测点沿环向、径向及竖向各布设 1 个砼应变计, 共 12 个; 4-4 和 5-5 断面每个测点沿径向及竖向各布设 1 个砼应变计, 每个断面共 8 个砼应变计。在监测断面 2-2、3-3 桩基的中心位置附近沿径向和竖向各布设 1 个砼应变计, 共布设 4 个。每个元件都具有测温功能, 能量测所在位置砼内部温度。传感器安装见图 1。



(a) 砼应变计安装于钢筋笼



(b) 钢筋计安装于钢筋笼



(c) 压力盒安装于钢筋笼

图 1 传感器的安装

* 基金项目: 中国路桥工程有限责任公司科技计划项目(2014C005)

2 试验步骤

首先进行现场勘探,选取合适的桩基位置开展试验,并做好试验准备。将砼应变计用砼砂浆包裹于模具中,制作压力盒安装装置,等待一段时间后进行砼应变计拆模,并将压力盒安装装置和径向砼固定支架焊接于钢筋笼上。

在钢筋笼下放之前,选择一块平整、宽敞的空地,将砼应变计绑扎固定于钢筋笼上,将压力盒焊接于压力盒安装装置上,钢筋计点焊于钢筋笼上,并将水工电缆线沿钢筋笼内侧布置。

桩基成孔完成后下放钢筋笼,将水工电缆线往上捋,待所有钢筋笼下放完毕,将水工电缆线接于数据采集装置。桩孔二次清孔后进行第一次数据采集,数据采集完毕即开始浇筑砼,同时按照采集频率要求进行数据采集并对数据进行整理、分析。

3 试验结果与分析

压力盒所测各断面桩周表面处温度见表2,当地大气平均温度为29℃。

通过监测,得到同一水平监测面4个不同位置的温度数据,取4个位置传感器温度数据的平均值作为该断面的监测值。

表2 各监测断面桩周表面处温度测试结果

时间/h	各监测断面的温度/℃				
	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
0.00	30.6	30.9	30.5	31.2	30.8
4.62	31.9	32.5	31.8	32.7	32.9
6.17	33.8	34.8	34.4	35.2	36.2
12.50	42.1	44.2	42.5	44.2	43.6
17.05	44.8	47.4	44.8	47.3	46.0
21.03	45.7	49.0	45.7	49.0	47.5
24.35	46.1	49.8	46.2	49.6	48.0

3.1 径向温度

各监测断面径向砼应变计温度测试结果见表3和图2。

表3 各监测断面径向砼应变计温度测试结果

时间/h	各监测断面的平均温度/℃				
	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
0.00	30.6	30.5	31.0	30.6	30.6
4.62	33.2	32.9	33.8	33.5	34.1
6.17	36.5	36.7	38.8	38.7	41.3
12.50	53.6	54.3	56.8	56.5	57.4
17.05	56.1	57.6	59.5	59.5	59.8
21.03	56.6	58.6	60.2	60.8	60.8
24.35	56.5	58.8	60.1	60.8	60.8

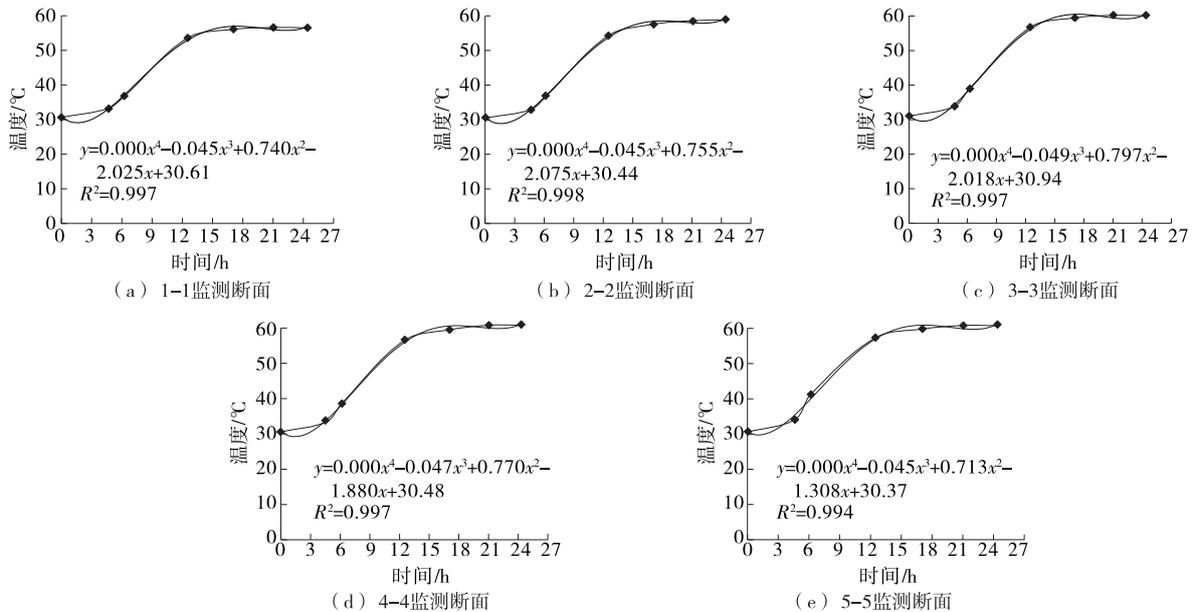


图2 各监测断面径向砼处升温曲线

从表3和图2可看出:1)不同深度径向砼应变计的温度-时间曲线的变化趋势大体相同,可用四

次多项式[见式(1)]拟合。在升温阶段,砼的温度在浇筑完成24h左右达到峰值。2)受其他因素的影

响,不同断面砧的最大温升值略有不同。1-1断面的峰值温度为 56.6℃,最大温升值为 26℃;2-2断面的峰值温度为 58.8℃,最大温升值为 28.3℃;3-3断面的峰值温度为 60.2℃,最大温升值为 29.2℃;4-4断面的峰值温度为 60.8℃,最大温升值为 30.2℃;5-5断面的峰值温度为 60.8℃,最大温升值为 30.2℃。3) 砧浇筑体表面与大气温差最大值为 20.8℃,砧浇筑体的最大里表温差为 14.7℃。

$$y = Ax^4 - Bx^3 + Cx^2 - Dx + E \quad (1)$$

式中: E 为初始温度。

3.2 竖向温度

各监测断面竖向砧应变计温度测试结果见表 4

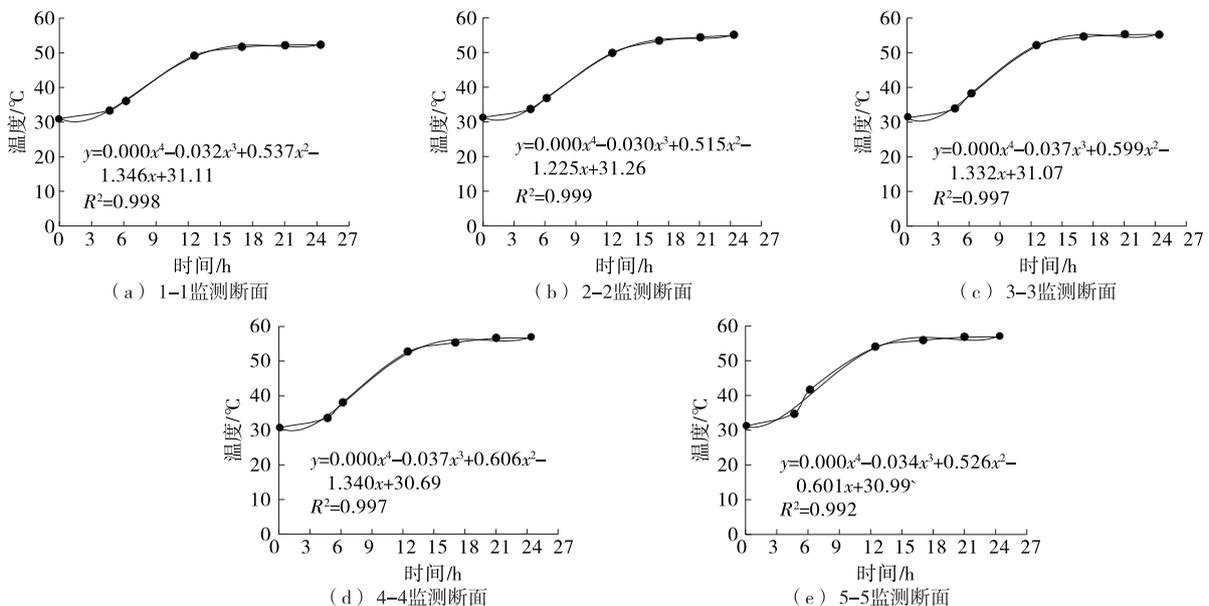


图 3 各监测断面竖向砧处升温曲线

从表 4 和图 3 可看出:1) 不同深度竖向砧应变计的升温曲线也可用式(1)拟合。在升温阶段,砧的温度在浇筑完成 24 h 左右达到峰值。2) 受其他因素的影响,不同断面砧的最大温升值略有不同。1-1断面的峰值温度为 52.4℃,最大温升值为 21.4℃;2-2断面的峰值温度为 55.0℃,最大温升值为 23.7℃;3-3断面的峰值温度为 55.3℃,最大温升值为 24.1℃;4-4断面的峰值温度为 56.7℃,最大温升值为 25.9℃;5-5断面的峰值温度为 56.9℃,最大温升值为 25.7℃。3) 砧浇筑体表面与大气温差最大值为 20.8℃,砧浇筑体的最大里表温差为 10.3℃。

3.3 环向温度

各监测断面环向砧应变计温度测试结果见表 5

和图 3。

表 4 各监测断面竖向砧应变计温度测试结果

时间/h	各监测断面的平均温度/℃				
	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
0.00	31.0	31.3	31.2	30.8	31.2
4.62	33.4	33.6	33.8	33.6	34.8
6.17	36.2	37.0	38.3	38.1	41.6
12.50	49.2	49.9	52.2	52.7	53.9
17.05	51.6	53.3	54.5	55.3	55.9
21.03	52.2	54.4	55.2	56.6	56.8
24.35	52.4	55.0	55.3	56.7	56.9

和图 4。

表 5 各监测断面环向砧应变计温度测试结果

时间/h	各监测断面的平均温度/℃		
	1-1	2-2	3-3
0.00	31.2	30.6	31.4
4.62	33.6	33.1	34.0
6.17	36.5	36.8	38.4
12.50	49.9	50.6	53.0
17.05	52.3	53.6	55.4
21.03	52.9	54.5	56.0
24.35	53.0	55.0	56.1

从表 5 和图 4 可看出:1) 不同深度环向砧应变计的升温曲线也可用式(1)拟合。在升温阶段,砧的温度在浇筑完成 24 h 左右达到峰值。2) 受其他因

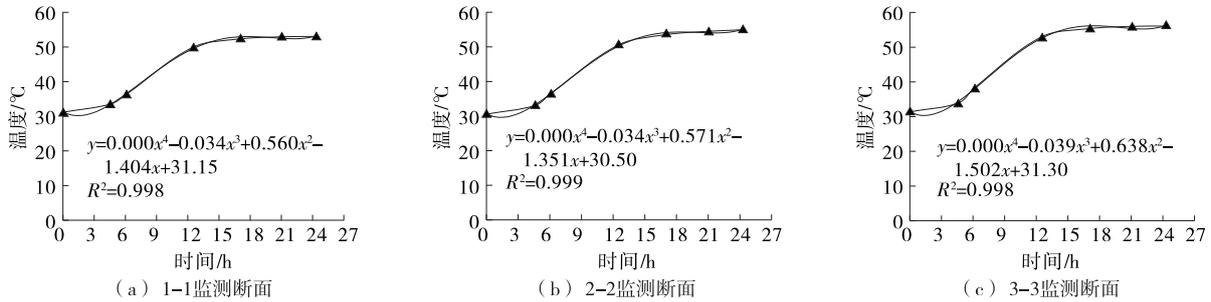


图4 各监测断面环向砼处升温曲线

素的影响,不同断面砼的最大温升值略有不同。1—1断面的峰值温度为 53.0 °C,最大温升值为 21.8 °C;2—2断面的峰值温度为 55.0 °C,最大温升值为 24.4 °C;3—3断面的峰值温度为 56.1 °C,最大温升值为 24.7 °C。3) 砼浇筑体表面与大气温差最大值为 20.8 °C,砼浇筑体的最大里表温差为 10.6 °C。

4 结论

(1) 径向、竖向和环向砼应变计监测点处温度随时间变化曲线的形状大体相同,不会因方向不同而有很大差异,采用四次多项式 $y = Ax^4 - Bx^3 + Cx^2 - Dx + E$ 拟合更为接近。

(2) 升温过程中,径向砼应变计监测点处的峰值温度高于竖向和环向砼应变计监测点处,其最大温升值也高于竖向和环向砼应变计监测点处,说明径向砼处水化程度比竖向和环向砼处更剧烈。

(3) 砼温升值开始随着深度的增加而增加,在 4—4 断面其温升值达到最大,然后随着深度的增加而稳定不变。

(4) 砼浇筑体表面与大气温差最大值为 20 °C 左右,砼浇筑体的最大里表温差为 10 °C 左右。根据大体积砼施工规范,砼浇筑体的里表温差(不含砼收缩的当量温度)不宜大于 25 °C,砼浇筑体表面与大气温差不宜大于 20 °C,基本符合规范要求。

参考文献:

- [1] 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,1999.
- [2] 朱伯芳.考虑温度影响的混凝土绝热温升表达式[J].水力发电学报,2003,81(2).
- [3] 王润富.温度场和温度应力[M].北京:科学出版社,2005.
- [4] 熊炜,刘明贵,张启衡,等.多年冻土区桩基温度场研究[J].岩土力学,2009,30(6).
- [5] 刘振,郭春香,吴亚平.冻土区病害桩基容许承载力的数值模拟分析[J].铁道标准设计,2015(12).
- [6] 程培峰,季成.多年冻土区桩基温度场监测及数据分析[J].低温建筑技术,2015,37(6).

收稿日期:2017-03-16

(上接第 122 页)

工膜不要拉得太紧,两端埋入土体部分宜呈波纹状,特别是与刚性材料锚固时应留有一定伸缩量。在变坡最低处增设移动式急流槽时,应注意与后期施工衔接,可先将原位置的移动急流槽侧向位移 50 cm 固定成型,再进行施工。

未来可使用碳化硅 SiC、氮化硅 Si₃N₄ 陶瓷纤维作为急流槽基材,通过高性能纤维或晶须补强陶瓷达到增韧的目的,使其具有耐高温、抗氧化、耐冲刷、耐腐蚀、高硬度、低蠕变的特性。

5 结语

复合土工膜急流槽能有效解决公路排水问题,

其施工简便,且具有较好的可移动性。利用它可保持路基稳定,不致因水毁导致周边环境恶化,因而在当前公路工程建设中逐渐得到重视。该文通过对急流槽水文水力和出口流速等的计算进行公路移动式急流槽设计,以实现公路移动式急流槽的经济效益,充分发挥其功能,使其更好地服务于公路建设。

参考文献:

- [1] JTGT D33—2012,公路排水设计规范[S].
- [2] JTGT D32—2012,公路土工合成材料应用技术规范[S].
- [3] 郑辉,秦志斌.高速公路生态边沟设计及处理措施研究[J].公路与汽运,2017(1).

收稿日期:2017-05-24