

高速公路集中预制梁场砼智能养护系统设计与应用

梁伟

(中交集团第二公路工程局有限公司, 陕西 西安 710065)

摘要: 针对目前预制梁砼养护施工效率低、质量不可控等问题, 引入砼智能养护系统, 介绍其基本技术原理、主要技术参数、现场设计和安装过程, 阐述砼智能养护控制的程序设计流程, 并结合工程实际应用验证砼智能养护技术在预制梁场中的使用效果。

关键词: 工程管理; 桥梁; 预制梁场; 砼; 智能养护

中图分类号: U415.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)04-0180-03

现阶段砼桥梁的主要病害很大一部分由裂缝引起。其中一部分裂缝是由设计原因导致承载力不足、施工过程中质量控制不力等引起的结构受力裂缝, 另一部分由砼成型过程中养护不当、不及时所致。现有地喷式养护方式将每个台座处的电磁阀门通过电缆线连接到自动控制器, 自动控制器设置多个按钮, 每个按钮设置时间继电器, 时间继电器只能简单地设置多少时间间隔启动一次, 并不能根据每片梁的温度、湿度情况及水化热龄期有针对性地启动喷淋, 其实质只是定时养护。采用地喷式养护, 台座两侧需每 1 m 左右预埋保护铁盒与喷淋管, 管路与保护铁盒的使用量较大, 喷头数量多, 保护铁盒与喷头的损坏概率较大, 后期维护费用较高。而挂管式的养护方式, 台座上每片梁养护开始或结束后都需重新安装或拆卸管路, 工作量非常大, 光是每天安装与拆卸管路耗费的人工成本就非常多。另外, 交叉施工中管路损坏概率也非常大, 后期维护成本很高。传统的养护方式依赖人工, 养护的及时性、针对性不足, 且随着人力成本的逐年提高, 使用人工进行养护的经济性较差, 采用自动化、智能化的养护方式已成必然趋势。随着梁板集中工厂化生产模式的推广, 梁场的精细化、标准化管理程度提高, 采用砼智能化养护系统可节约人工、提高效率、保证质量。

1 工程概况

G25 德清至 G60 桐乡高速联络线湖州段第 LTJ02 标段, 起讫桩号为 LK12+997—LK24+667, 路线长度 11.674 km。该项目桥梁上部结构除京杭运河桥中的矮塔斜拉桥 240 m 及采用挂篮施工的 341 m 为现浇梁外, 其余为预制 25 m 小箱梁、30 m 小箱梁、18.5 m 小箱梁、预制 16 m 矮 T 梁及

预制钢混叠合梁, 全线共计预制各种梁板 3 992 片。

预制梁厂与项目部共同设在原五龙生态园附近, 在项目部驻地前分别设置生产线, 现场分为存梁区、制梁区和钢筋加工场, 总占地面积约 120 000 m²。预制场分为南北两区, 其中南区设计预制台座 90 个, 北区设置预制台座 50 个。

2 砼智能养护技术的基本原理

水泥砼智能养护系统由系统主机、无线温湿度测试终端、养护终端(养护管路与喷头)组成, 其中系统主机包含硬件及嵌入式软件系统。无线温湿度传感器设置在待养护砼表面的代表性位置, 实时监测温度与湿度并通过无线发射传输到养护系统主机的温湿度接收终端(温度监测精度为 0.1 ℃, 湿度监测精度为 3.0%), 温湿度接收终端将采集的数据传输至 PLC 可编程逻辑控制器, PLC 对实时采集数据进行运行计算, 确定是否符合养护喷淋条件。如符合养护条件, 则打开控制电磁阀门, 同时启动水泵加压供水, 通过输送管道达到每个台座的喷头处, 喷头通过水压伸出并摆动对砼面进行喷淋养护。完成一次喷淋养护后继续进行砼表面温湿度监测, 进入下一个循环过程。在水、电通畅的条件下, 全过程由系统主机智能控制完成砼的养护。

3 预制梁场智能养护系统设计

3.1 供水系统设计

根据水平输送距离及养护用水要求, 主水管采用 PPR110 管, 采取水池储水。自储水池接出 1 根 PPR110 管, 安装一套恒压供水泵(立式多级泵), 额定流量为 90 m³/h, 扬程 60 m, 恒定压力为 0.30~0.40 MPa。在每套主机位置设置阀门(PPR110 转

PPR50,并设置 PPR50 的平阀),并在指定区域设置阀门取水口用于压浆及清洗。在台座两侧设置纵向排水沟,将养护后多余水及时排至横向主沟。

3.2 台座内喷淋管路与喷头设计

台座输水管采用 PPR40 管,该项目采用钢梁台座,为不破坏钢梁结构,输水管布置在台座一侧的纵向排水沟内,每 3.4~5.1 m 设置一对伸缩喷头以避免预制箱梁的横隔板位置(见图 1)。伸缩喷头不使用时内缩,后端面齐平钢梁台座的侧面。根据梁长每 10~12 m 在梁顶面设置一个摆臂式喷头,通过接头连接到台座下出水口(见图 2)。

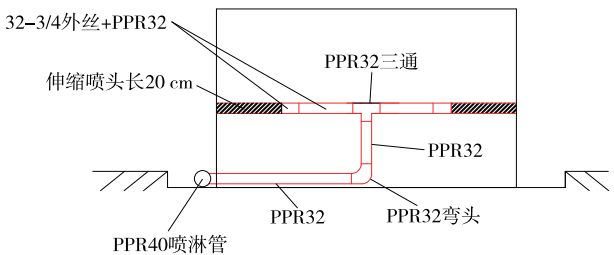


图 1 台座伸缩喷头安装设计图(单位:mm)

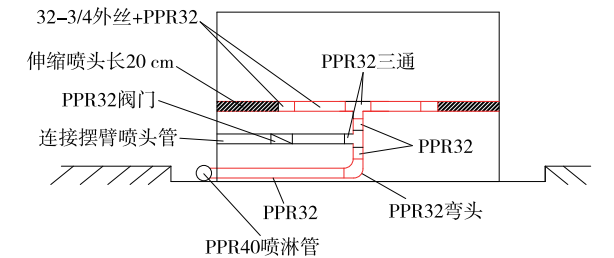


图 2 台座伸缩喷头安装设计图(连接摆臂喷头处,单位:mm)

3.3 设备配置

预制梁场南区共设计 9 台养护系统主机,北区共设计 5 台养护系统主机。每台为 8 个通道,对应 10 个台座,每个台座上设置 1 套无线温湿度监测发射终端(见表 1)。

表 1 设备参数

项目	参数值
功率/kW	2.2
通信方式	4G 全网通
温度测量精度/℃	0.1
变频精度/Hz	0.1
湿度测量精度/%	3
供水流量/(m ³ ·h ⁻¹)	8
无线传输距离/m	≥300
电源	AC,380 V,50 Hz
变频精度/Hz	0.1(0~50)
通道数量/条	8

3.4 智能控制流程

3.4.1 温湿度强制控制

监测到环境温度或砼表面温度低于 5℃时,系统进入静默状态,不执行养护喷淋操作,防止气温过低导致砼表面结冰。砼表面温度高于 42℃且持续达到 15 min 时,系统强制启动,开启保湿、降温养护。环境湿度超过 95%时,系统默认为阴雨天气,系统不启动,以节能、节水。

3.4.2 水化热控制

砼水化热释放速率与浇筑后时间相关,可大致分为潜伏期、诱导期、加速期、减速期、衰退期 5 个阶段(见图 3)。根据每个阶段的放热速率,结合现场环境温湿度确定每次喷淋养护间隔时间,如加速期喷淋间隔时间较短,衰退期喷淋间隔时间较长。PLC 设置内置电池,保证在设备断电情况下时钟的准确性。某片砼梁板按下对应砼养护启动按钮后,将自动记录养护起始时间,若养护期间因断电、断水导致养护被迫中止,则采用人工养护,待系统重新启动后将自动续接该梁板的养护龄期,做到无缝对接。

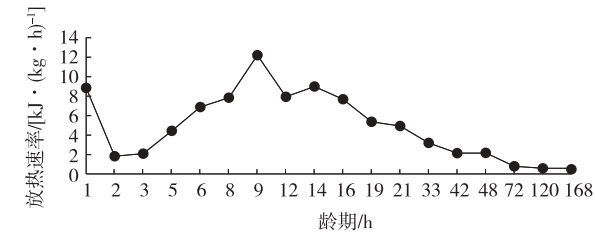


图 3 砼水化热释放速率分布

3.4.3 时钟控制

在无线温湿度发射终端未放置在梁板相应位置或发生故障的情况下,设定时钟控制,若白天(龄期 1 d,60 min;龄期 2~3 d,90 min;龄期 4~7 d,120 min)、夜间(龄期 1 d,120 min;龄期 2~3 d,180 min;龄期 4~7 d,240 min)对应台座未进行喷淋养护,则通过时间控制强制触发开启喷淋养护,保证此时砼得到有效养护。

3.4.4 自动排队控制

为减少硬件投入,10 个台座共用 1 台主机供水系统(对每个台座单独进行供水控制需设置多套供水系统,成本较大),每个台座根据达到启动养护条件的先后顺序排队进行养护。每个台座的喷淋养护启动条件为:1) 强制手动按钮启动或远程启动(实时响应,在正在喷淋的某片梁板喷淋结束后即刻启动,一般为现场演示测试使用);2) 温度超过 42℃持续超过 15 min;3) 水化热控制达到喷淋时间点;

4) 时钟控制达到喷淋时间点。以触发启动条件进入排队系统,以先后达到的时间顺序依次对各台座进行养护,每个台座的养护喷淋时间为 90~120 s。

3.5 实时监控与远程控制

设置 GPRS 数传模块,内置 4G 流量卡,GPRS 数传模块与 PLC 可编辑逻辑控制器通过 485 接口连接,将实时数据传输到云服务器系统,手机 APP 终端通过访问云服务器可实现现场养护数据的实时监控,通过手机 APP 操作可下达启动、关闭指令,实现现场养护的远程控制。也可在现场设置 LED 电子显示屏,实时显示每个养护台座的温度与湿度。

4 应用效果及优点

通过现场应用,对每个台座首片梁场养护进行调试后,统计各台座养护保湿覆盖率(启动一次喷淋后砼表面湿润面积与需养护砼面积之比),平均保湿覆盖面积为 95.7%,最低保湿覆盖率为 92.1%,基本做到了养护面无死角。现场养护效果见图 4、图 5。



图 4 腹板喷淋养护效果



图 5 整体喷淋养护效果

统计 2018 年 10 月生产的 124 片预制小箱梁的养护情况,结果如下:1) 所有梁板的砼强度均达到设计要求;2) 养护砼表面保湿覆盖率平均达到 95.4%;3) 12 片砼表面出现淡绿色色差,经调查未发现井水水质问题;4) 所有梁板表面在养护期内未

出现明显裂纹。

根据砼智能养护系统在 G25 德清至 G60 桐乡高速联络线湖州段工程预制梁场的全过程应用情况,砼智能养护系统具有以下优点:1) 养护过程智能化、规范化、标准化。整个养护过程由系统自动控制完成,兼顾了砼龄期(与水化热释放速率密切相关)、砼温度和湿度、环境温度和湿度,适时、有针对性地进行砼养护,养护效率高,实现了养护成本的极大节约;通过养护管路预埋、养护喷头隐藏保证了现场整洁有序,契合标准化施工要求。2) 养护效果好。每次喷淋养护砼面的湿润率达 95% 以上,基本做到了无死角养护,且根据砼表面水分流失程度适时进行循环保湿,保证了养护周期内养护湿度均在 90% 以上。完成养护后表面无色差、无裂纹,砼强度符合设计要求。3) 实现了预制梁场养护的现场监控(LED 显示)与远程手机 APP 监控。

参考文献:

- [1] 中交一公局集团有限公司.公路桥涵施工技术规范:JTG/T 3650—2020[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.
- [2] 赵一林.水泥混凝土智能养护系统在桥梁工程中的应用研究[J].公路工程,2014,39(2):284—287.
- [3] 闵涛,罗亮,夏晚晖,等.水泥混凝土智能养护系统的设计与关键技术研究[J].公路工程,2014,39(2):158—161.
- [4] 徐有为.水泥混凝土智能养护系统的理论与应用研究[J].中外建筑,2016(8):157—159.
- [5] 陈康军.水泥混凝土智能养护系统在桥梁工程中的应用研究[J].公路,2013(11):134—138.
- [6] 陈康军,徐有为.水泥及混凝土智能型喷淋养护测控系统:201220301072.6[P].2013—01—23.
- [7] 杨剑.混凝土结构智能化施工技术[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.
- [8] 王志武.水泥混凝土蒸汽养护自动控制技术在长沙湾特大桥箱梁加工中的应用[J].公路工程,2013,38(2):142—144.
- [9] 姜涌,庞晰中,孙元军,等.斜拉桥主梁长悬臂翼缘板施工阶段裂缝成因分析[J].公路与汽运,2020(5):97—99.
- [10] 李昀峰,杨秀刚,潘权,等.大跨度悬索桥索塔承台施工水化热优化控制研究[J].公路与汽运,2019(6):99—102.