

水泥混凝土预制梁智能养生系统应用研究

周春风 王 彤

江苏东交智控科技股份有限公司 江苏 南京 210000

【摘要】为了解决预制梁场通常采用的人工洒水养生方式存在诸多弊病,控制预制梁养生质量,研发水泥混凝土预制梁智能养生系统,采用无线传感和自动化控制技术,采集水泥混凝土构件的温度、湿度数据,超出预设阈值时,智能联动养生机器人,自动控制养生过程的用水量、喷淋频率、养生时间、养生周期内智能补水。实践证明该系统能实现全天候、无死角的持续养生,有效节约用水,减少人员投入,提高混凝土早期强度、减少收缩裂缝的开展,有效提升混凝土预制梁养生工作的标准化、精准化、智能化水平。

【关键词】预制梁场、水泥混凝土构件;自动控制;智能养生

1 前言

水泥混凝土作为重要的建筑材料,被广泛应用于土木工程中,“养生”是混凝土施工必不可少的工序,也是提高混凝土强度的重要保障措施。现阶段工程中常用的养生方法有以下几种:

(1) 养生剂养生

当水泥混凝土浇筑完成拆模后,在混凝土表面均匀涂抹养生剂,利用养护剂的隔水效果使混凝土表面形成一层保护膜,可阻止混凝土的水份蒸发,起到养生的目的。

(2) 覆盖洒水养生

覆盖式洒水养生是在施工现场广泛使用的养生方法,通过对浇筑好的水泥混凝土表面铺设覆盖物,经常洒水,使构件保持最佳含水量状态。

(3) 自然水喷淋养生

自然水喷淋养生是将自然水利用高压泵施加压力之后通过管路和相关喷淋的工装均匀喷洒在混凝土表面以使混凝土养生表面始终保持适当湿度的养生方法。

(4) 自动喷淋养生

通过现场的工业触摸屏或者远程输入控制参数,使 PLC 控制器控制管路中各个电磁阀和水泵的开启,实现混凝土预制梁喷淋养生。

混凝土养生剂的使用缺乏统一的国家标准,如何选择具体施工环境下适用的养生剂产品是一个主要问题,而且养生剂还会造成环境污染。覆盖洒水

养生具有原理简单、便于施工、保温保湿良好的特点,但是这种方式主要依靠人工,不能规范、标准化管理,且人工成本较高,采用不恰当的覆盖物处理手段容易引起环境问题。自然水喷淋养生,整个养护阶段必须有大量的自然水供应,对于自然水紧缺的施工现场这种养生手法将大幅度提升成本,因此这种方法只适合在自然水供应充足的预制现场使用。自动喷淋养生,虽然能实现自动化的养生工作,但是成本造价高,且需要在混凝土构件预制场建设期就规划好官网的布置,对于已建好的预制场,布置管网困难,造价高。因此在桥梁建设过程中,需要研发具有针对性的简易智能自动喷淋养生系统,实现预制梁全天候养生,保证养生效果和质量。

2 智能养生系统原理

2.1 智能养生系统组成

智能养生系统由高压水泵、钢制轨道、养生机器人、传感器、通信系统组成。

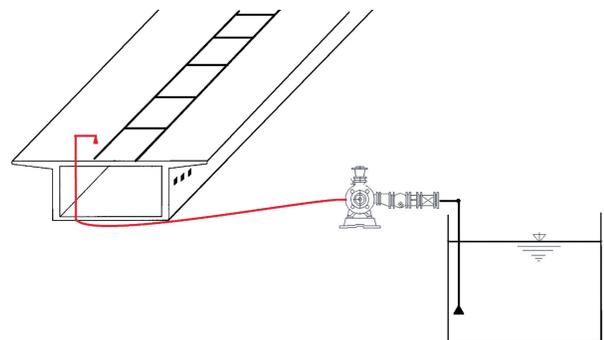


图1 智能养生系统

(1) 高压水泵

高压水泵在喷淋养生系统的给水系统中,位于蓄水池和输水管之间,用于保证系统的压力和水量。如现场配有自来水系统,可不需高压水泵。

(2) 钢制轨道

钢制轨道由两条方形管组成,架设在预制梁顶面上,供养生机器人来回巡查行驶。

(3) 养生机器人

养生机器人由喷淋架、喷淋控制器、动力系统、水箱组成。

① 喷淋架:喷淋架是用来将水流进行分流并通过固定在出水端的雾化喷头将水分均匀撒布到混凝土预制梁表面的设备,由管路和雾化喷头两部分组成,最终的目标是实现水分的均匀撒布。喷头的流量由喷头处的水压和喷头流量系数两个因素确定,代表了喷头的喷水能力。喷洒到预制梁表面的水量直接决定了养生的效果。喷头的作业是把水分均匀撒布到预制梁的所有表面积范围,需要重点考虑三个因素,喷淋时间,喷水量和水流压力。

② 喷淋控制器:喷淋控制器是喷淋作业的控制中枢,根据梁场现场的环境温度、湿度,计算开启和关闭喷淋电磁阀的时间,保证梁体表面始终处于湿润的状态。

③ 动力系统:驱动养生机器人在钢制轨道上行走。

④ 水箱:水箱主要用于储存和中转施工现场获取的自然水,水箱内安装浮球,当水箱水位下降,动力系统将养生机器人行驶至梁端补水,梁端的水管上安装有电磁阀及光电感应器,当机器人行驶至补水区,进水管路电磁阀打开进水,当水位上升到一定高度,机器人驶离补水区,电磁阀自动关闭,以保证水箱的水能够持续供应喷淋系统。

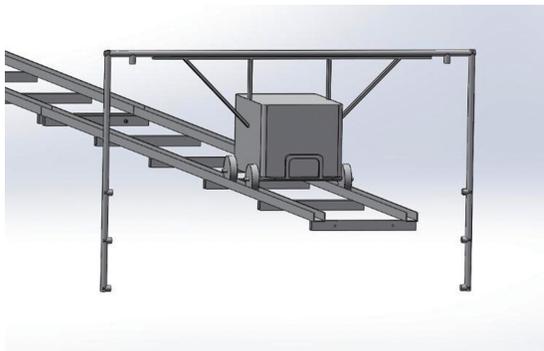


图2 智能养生机器人

(4) 传感器

传感器:包括温度传感器、湿度传感器、含水量传感器,通过检测梁体的温度、湿度、含水量确定水泥混凝土预制梁表面的最佳含水量区间,保证在养生期间的水泥混凝土预制梁始终处于最佳含水量区间。

(5) 无线通信系统

无线通信系统,将传感器采集的数据实时上传云端存储,同时可以接受远程的控制信息。

2.2 智能养生自动控制原理

水泥混凝土强度增长,受养生温度和湿度的影响,在实验室内水泥混凝土试件标准养生条件为温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度大于 95%。在高温条件下可以促进水泥混凝土的水化作用,需要更多的水分参与水化反应,加快强度增长,所以温度对含水量的影响为正影响。相对湿度较高时也可以促进水泥混凝土的水化反应,但湿度和含水量对水泥混凝土养生的效果类似,所以,对于湿度高的养生环境,可以适当降低水泥混凝土表面最佳含水量,所以湿度对含水量的影响为负影响。综合以上理论,提出温湿耦合最佳含水量的表达式:

$$\omega = \frac{0.95}{\varphi} \left[20 + \int_{20}^t \frac{(t-20)}{200} dt \right]$$

式中, ω ——温湿耦合最佳含水量,%; φ ——相对湿度,%; t ——温度, $^\circ\text{C}$ 。

温湿耦合最佳含水量是为了对喷淋时间进行闭环控制,必须通过设定上下限来控制养生机器人的开启。为了兼顾实时含水量的准确度和养生机器人开闭的频繁度,设定温湿耦合最佳含水量的上下限为 $\omega \pm 3\%$ 。当实时含水量达到加权下限 $\omega - 3\%$ 时开启养生机器人,当实时含水量达到加权上限 $\omega + 3\%$ 时关闭养生机器人。

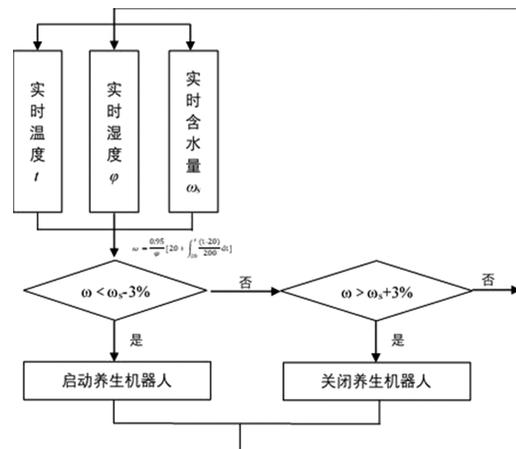


图3 智能养生自动控制流程

2.3 智能养生软件开发

通过手机 APP 可以远程设定温湿度阈值,实现养生机器人的自动开启。也可以远程手动开启养生机器人。



图 4 智能养生 APP 界面

网页客户端组成

网页客户端可以实时查看养生梁体的温湿度变化,记录梁体的养生过程,可实现养生质量的追溯。



图 5 智能养生 PC 界面

3 智慧养生系统应用

淮河大桥危桥改造工程总长 2.06 公里,其中桥梁总长 1.53 公里,在建半幅宽 17 米,主跨为(72.5 米+125 米+72.5 米)波形钢腹板变截面连续箱梁,一级公路标准设计,预制箱梁 155 片,在制梁的生产中采用了 4 套智慧养生系统,实现了预制梁的智能控制养生。

3.1 施工准备

3.1.1 水源选择

由于智慧养生采用自动控制每个喷头的水量的喷淋,用水量较大,因此必须确定固定的养护用水源。

3.1.2 场地内排水

为使养护用水及时排除,在墩台间场地上平整后砼铺砌设置纵、横向排水坡,将养护时梁下积水及

时排至沉淀净化池,处理合格后将水排入河中。

3.1.3 管线材料选择

梁端的养生用水输水管线为临时设施,出于成本、管线重量和降低水头损失考虑,采用成本低、重量轻、糙率系数小、便于施工的 PVC 管。

3.1.4 养生系统设施组成

智慧养生系统设施组成如下表所示。

表 1 智慧养生系统设施

序号	设备名称	用途
1	智能养护系统主机	数据处理
	智能养护控制器	电路、水路控制
	增压泵	管网增压
	驱动电机	养生机器人驱动
	电磁阀	供水系统自动开启
	拼装式轨道	养生机器人运行轨道
	喷淋支架	养生喷水供水
	喷头	控制喷水量
2	温湿度传感器	测量预制梁的温度、湿度
3	移动端 APP	远程控制养生机器人
4	智能养生系统数据云平台	记录养生数据、远程控制养生机器人

4 智慧养生效果评价

在预制梁生产初期进行了对比试验,淮河大桥改造工程项目预制梁场,部分梁板的预制采用智慧养生系统进行养生作业,与采用人工浇洒水养生的梁场进行了以下几个方面的对比。

4.1 表观质量

通过对比两种养生方法,发现人工养生箱梁表面可见部分裂纹,而智慧养生则少见有此类裂纹。随机抽查不同养生方法的各 4 片箱梁,对表观质量检查结果列于表 2。

表 2 不同养生模式表观质量对比

养生方式	裂纹	颜色不均匀
人工养生	可见、少见	局部出现
智慧养生	未出现	未出现

现场检查发现预制箱梁拆模后表面温度可高达 50℃。智慧养生只需将钢制轨道、养生机器人、喷淋架安装固定好即可实现养生作业,洒水均匀,可根据梁体温湿度计算淋喷水量,及时高效;而人工养生则在拆模后长时间无法洒水。一片箱梁现场养生通常

1—2 人负责,人工洒水不均匀,水量控制不准确,且养护作业通常不能引起足够重视而出现漏养或者不养情况,特别在夜间难以控制养生质量导致混凝土预制梁早期收缩裂纹及温度裂纹较多,而智能养生实现全天候自动养生保证了混凝土预制梁的养生

质量。

4.2 预制梁强度

智慧养生与传统养生两种方式下,水泥混凝土预制梁的回弹强度结果如表 3 所示。

表 3 不同养生模式回弹强度对比

构件名称	养生方式	设计强度	测区数	龄期 (d)	平均值 (MPa)	标准差 (MPa)	变异系数 (%)	推定值 (MPa)
34-4# 预制箱梁	智慧	C50	20	9	49.6	2.38	4.80	45.6
	养生	C50	20	9	50.2	2.25	4.48	46.5
33-1# 预制箱梁	传统	C50	20	9	49.0	3.09	6.31	43.9
	养生	C50	20	9	48.5	3.15	6.49	43.1

从表 3 中可以看出智慧养生预制梁混凝土强度明显优于传统养护,且变异系数较低,强度增长更为均匀,表明好的养护环境有利于混凝土强度发展。

5 结 论

智慧养生是一种信息化的管理手段,是基于计算机信息技术、互联网技术等手段建立起来的一种新型养生工艺。通过实际应用得出以下结论:

(1)根据混凝土温度湿度以及水热化等参数自

动控制喷淋用水量和喷淋频率,养生全过程智能化、自动化控制,无需人工参与;

(2)表观质量检查的结果表明智慧养生系统采用移动式雾化喷淋,避免了同一位置长时间喷淋,使混凝土表面产生水渍污染,提升梁体的美观;

(3)可提高混凝土早期强度,养生效果优越,避免因水压过高损坏混凝土表面钙质,提高混凝土表面强度。