

高速铁路预制箱梁梁端混凝土养护关键技术

邓 杰

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

摘要:随着高速铁路的快速发展,预制箱梁因其具有的高经济性以及良好的稳定性得到了快速、广泛地使用。预制箱梁的生产过程主要包括底模制作、模板制作、浇筑混凝土、张拉压浆、梁体养护等,其中梁体混凝土的养护是一道关系到预制箱梁结构稳定性和耐久性的重要工序。对于梁体混凝土,一定要做到全方位的湿润养护、温度控制以确保混凝土箱梁具有良好的使用寿命;由于高速铁路梁端布置有预应力孔道、预应力筋且处于类似通风管进出口的原因,导致梁端混凝土养护一直是梁体养护的重难点问题。结合临清制梁场的实际工况,探讨了时速为 350 km 的高铁预制无砟轨道后张法预应力混凝土简支箱梁(双线)梁端混凝土养护关键技术。

关键词:高速铁路;预制箱梁;梁端;混凝土养护;关键技术

中图分类号: U215; U215.1; U215.7

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2024)增 2-0039-05

Key Technology of Concrete Maintenance at the Ends of Precast Box Girders of High-speed Railway

DENG Jie

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610066)

Abstract: With the rapid development of high-speed railways, prefabricated box girders have been rapidly and widely used because of their high economy and good stability. The production process of the precast box girders mainly includes the making of the bottom mold, the making of the formwork, the pouring of the concrete, the stretching and grouting, the maintenance of the box girders, etc. The maintenance of concrete of box girders is an important process which is related to the stability and durability of precast beam structure. In order to ensure the good service life of the concrete box girders, all-round wetting maintenance and temperature control should be carried out. Pre-stressed holes and pre-stressed bars are arranged at the end of the box girders, similar to the inlet and outlet of ventilation pipes, therefore, it is difficult to maintain them. Combined with the Lin-qing Beam manufacturing site, this paper discusses the key technology of concrete maintenance at the ends of simple-supported box girders (double-track) of post-tensioning prestressed concrete for precast ballastless track of 350km per hour high-speed railway.

Key words: High-speed railway; Precast box girder; Ends of precast box girders; Concrete maintenance; Key technology

1 概 述

鉴于混凝土养护是箱梁预制工程中的重要内容之一,因此,做好混凝土养护工序对保证混凝土的强度和工程质量具有重要意义。传统的梁端混凝土养护主要采用“土工布覆盖+人工洒水”的方式,其存在以下几个方面的问题:(1)对工人的依赖性较大且存在人工洒水不规范、洒水随意性较大等弊端,往往难以保证养护质量;(2)对温度、湿度掌握的不准确,难以做到适时养护;(3)土工布

的保水效果较差,需要频繁洒水才能满足养护要求;(4)直接洒水养护易使预应力筋锈蚀;(5)冬期混凝土施工的养护质量难以得到保障。故对高速铁路预制箱梁梁端混凝土养护关键技术进行研究非常必要。笔者依托某高速铁路工程制梁场的实际工况,阐述了从梁端混凝土养护施工工艺及质量要求等方面,研究并开出的一套高效梁端混凝土养护技术。

此次研究所依托的工程为新建北京至雄安新区至商丘高速铁路,雄安新区至商丘段站前工程

收稿日期: 2024-06-26

XSZQ-08 标段临清制梁场。该标段起讫里程为改 DK368+085~DK401+550,正线长度为 33.465 km。临清制梁场负责改 DK368+085~DK401+550 区间卫运河特大桥 D 段,聊城特大桥 A、B 段共 2 座桥梁的双线简支箱梁的预制与架设任务,共预制了 32 m 双线箱梁 836 榀,24 m 双线箱梁 72 榀,共计 908 榀箱梁。

梁端混凝土养护主要分为自然养护和蒸汽养护。项目部根据该梁场的自身特点和箱梁的施工技术要求,待箱梁浇筑完成后及时对梁体进行养护。根据临清梁场的气候条件及相关规范的规定,当其环境相对湿度不低于 40%时,梁体拆模后应及时进行覆盖洒水,其保湿养护的时间不少于 14 d。洒水前,应测量梁体表面的温度和水温,待梁体混凝土表面的温度与养护水的温度差不超过 15℃时方可洒水;气温低于 5℃时不得对混凝土浇水。当环境相对湿度低于 40%时,其养护时间不少于 28 d。

当室外日平均气温连续 3 d 低于 5℃或最低气温低于 0℃时,混凝土施工应按冬期施工进行,其梁端混凝土的养护同梁体混凝土一起采用蒸汽养护的方案。根据对当地气温进行的观测,每年 12 月初进入冬期施工,次年 3 月中旬左右解除冬期施工。

2 混凝土养护施工技术

2.1 自然养护

梁端混凝土施工前,应由技术人员对专职养护人员做好技术交底工作,交底应明确制梁区、存梁区梁端养护的方法、养护时间、温度及湿度要求、养护所用的机具、装置的使用方法等内容。

2.1.1 自然养护的施工工艺流程

施工准备(工艺装备的制作、养护用水及水管的布置等)→拆除端模→穿束钢绞线、预张拉→安装钢绞线防锈套→安装梁端养护架→安装锚穴海绵圈→梁端混凝土养护。

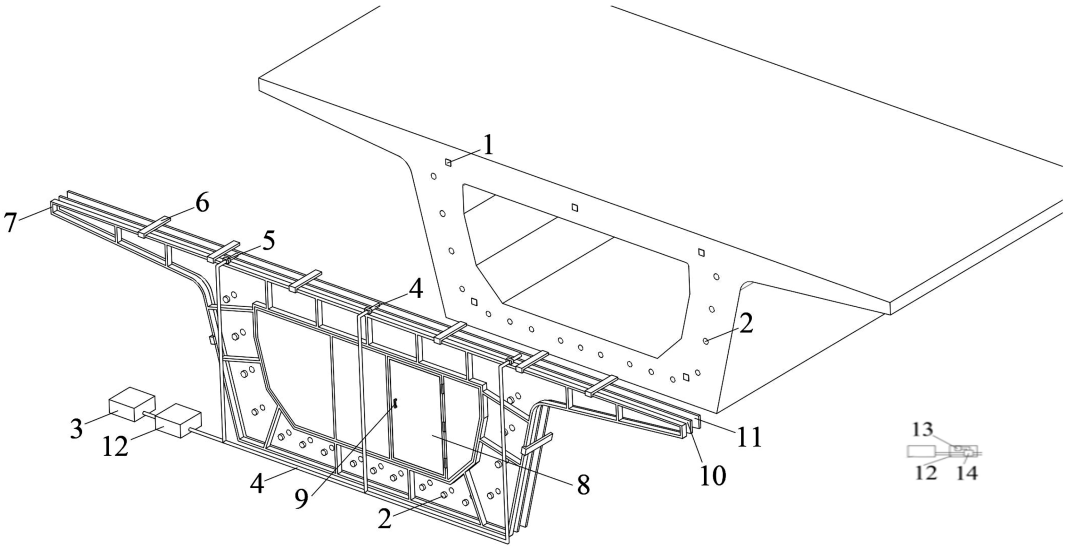
2.1.2 施工准备

(1)制作梁端养护架

①梁端养护架的主架采用 40 mm×40 mm×2 mm 的镀锌方钢,其外侧面板采用聚碳酸酯阳光板,与梁体接触的内侧满铺一层土工布及水能量条,并与整个养护架进行固定。在镀锌方管内部安装给水管道并覆盖整个养护装置。梁端养护架制作时分顶板、腹板、底板、内腔分开制作后再将其焊接成一个整体。

②梁端养护架的大小分别与 32 m、24 m 箱梁梁端截面尺寸的大小一致,并对应在各锚穴位置开口,其开口的大小、数量与锚穴的大小、数量一致。

③梁端养护架的细部结构见图 1。梁端养护架的主要组成部分:温湿度传感器;预应力孔道;蓄水箱;养护水管;管道夹具;养护架安装夹具;面板层;门;门把手;蓄水箱;土工布及水能量条;控制箱;控制开关;水泵。



1. 温湿度传感器;2. 预应力孔道;3. 蓄水箱;4. 养护水管;5. 管道夹具;6. 养护架安装夹具;7. 面板层;8. 门;9. 门把手;10. 蓄水箱;11. 土工布及水能量条;12. 控制箱;13. 控制开关;14. 水泵

图 1 梁端养护架细部结构示意图

④梁端养护架的使用原理:面板层(7)与梁端通过焊接在面板层上侧及左右侧的养护架安装夹具(6)连接,蓄水板(10)在养护架安装过程中起缓冲作用,以保证土工布及水能量条(11)紧贴梁端面。蓄水板(10)、土工布及水能量条(11)均与面板层(7)尺寸一致、结构形式相同且预留有与预应力孔道(2)同等大小的孔洞。蓄水板(10)及土工布与水能量条(11)通过扎带绑在面板层(7)上。养护水管(4)通过安装在面板层上侧的管道夹具(5)固定。对于养护架的安装夹具(6)应优选方钢;对于管道夹具(5)应优选重型塑料管夹。养护架安装完成后,在梁端养护阶段使用贴在梁端面上的温湿度传感器(1)实时监测梁端面的温度及湿度,并将数据实时上传至云端控制系统,云端控制系统可以设置梁端养护温度与湿度的阈值。当实时温度、湿度数据超过所设定的阈值时,通过 5 G 端或 PC 端进行智能预警,通过 5 G 端或 PC 端开启控制箱(12)内的控制开关(13),控制开关(13)控制水泵(14)促使蓄水箱(10)向养护水管(4)内输水至土工布及水能量条(11),进而实现智能化养护。

⑤梁端养护架的数量应根据施工进度确定,每榀箱梁使用 2 个梁端养护架。

(2)制作锚穴海绵圈

锚穴海绵圈的主要作用是使锚穴内部混凝土表面长期处于湿润状态,其大小与每个孔道锚穴的大小一致,深度亦与锚穴深度一致。海绵圈内部采用蓄水海绵,外部包裹一层透水纱布,海绵圈中间预留孔的大小应不小于钢绞线束的直径。海绵圈的制作个数与施工进度和养护周期同步,每榀 32 m 箱梁采用 34 个海绵圈。锚穴海绵圈见图 2。



图 2 锚穴海绵圈示意图

(3)钢绞线保护套

钢绞线保护套采用一种密封性好的塑料罩,包括直板和端部盖板,在端部盖板与直管的端面上设置有紧固件,以保证直管与端部盖板密封的连接。

钢绞线保护套的使用数量与施工进度和养护周期同步,每榀 32 m 箱梁使用 34 个钢绞线保护套。钢绞线保护套见图 3。



图 3 钢绞线保护套示意图

(4)养护用水

混凝土的养护用水采用井水,在梁场建场初期做好水井的位置规划并提前在制梁区、存梁区埋设给水管道。

2.1.3 拆除端模

混凝土浇筑完毕,待混凝土强度等级达到设计值的 60% 时,其梁体混凝土芯部与表面、箱内与箱外、表层与环境的温差均应不大于 15 ℃^[1],此时可拆除箱梁端部的模板。

2.1.4 穿束钢绞线、预张拉

端模拆除完毕,按照设计图纸的数量穿束钢绞线并完成相应孔道的预张拉,张拉时一定要带模张拉。

2.1.5 安装钢绞线防锈保护套

钢绞线穿束完成后,在成束的钢绞线外侧安装防锈保护套。安装时,保护套的端部盖板与梁体预埋锚垫板应紧密贴合,必要时可采用干硬性砂浆进行密封处理,以保证后期混凝土养护保湿过程中,养护水不进入保护套,钢绞线不被锈蚀。

2.1.6 安装锚穴海绵圈

待钢绞线防锈套安装完成后,再安装锚穴海绵圈。海绵圈安装时一定要注意每个锚穴位置的海绵圈大小必须一一对应,一定要保证其与锚穴

四周的混凝土面密贴,方能起到保湿的作用;若其大小不合适则应及时进行更换处理。

2.1.7 安装梁端养护架

梁端养护架采用挂靠式安装,将梁端养护架顶端的 T 字型方钢分别安装在箱梁顶面挡水台和防护墙钢筋上,将养护架吊耳穿在 T 字型方钢上并拧紧螺栓,安装完成后调整其整体位置。

应当特别注意梁端养护架内侧的蓄水海绵一定要与梁端混凝土密贴,方能起到混凝土保湿作用;梁端养护架安装后应对其进行加固检查,防止整个架体在养护过程中滑脱。

2.1.8 梁端混凝土的养护

锚穴位置采用向海绵圈洒水的方式进行蓄水养护;对于梁端养护架处的蓄水海绵采用在养护架底部给水管道注水、通过管道内部预留的孔洞向内侧蓄水海绵注水的方式,以保证整个梁端处于湿润状态。

使用土工布与水能量条作为保湿层。水能量条为保水材料,其具有吸水与保水功能,进而提高了梁端养护的保湿效果。

通过梁端面上的温湿度传感器可以准确掌握梁端养护期间的温度与湿度,将所监测到的数据实时上传至云端控制系统,云端控制系统可设定阈值、判断当前梁端的温湿度是否超过阈值,并可通过 5 G 端或 PC 端实施智能预警。

在自然养护周期内,应定时做好混凝土表面温度、环境温度的测量工作,并做好混凝土表面湿度的测量分析工作。

制梁区与存梁区的养护方法相同。张拉时,可先将养护装置拆除,在此过程中采用人工洒水的方式进行梁端养护。

2.2 蒸汽养护

梁端混凝土的蒸汽养护同梁体混凝土的蒸汽养护同步进行,蒸汽养护的主要内容为:

(1)在制梁场内安装 1 台 6 t 蒸汽锅炉以保证预制箱梁的蒸汽养护到位。蒸汽养护锅炉采用燃油蒸汽锅炉,其额定蒸发量为 6 t/h,工作压力为 1.25 MPa,蒸汽温度为 195 ℃。该锅炉可满足每天生产 2 榀箱梁的蒸汽养护。

(2)蒸汽养护的主管道采用直径 110 mm 的钢管、支管采用直径 60 mm 的钢管,蒸发管采用直径 25 mm 的钢管,供气量和蒸发量通过电磁阀

进行调节,主管道、支管道的外露部分采用保温材料包裹以减少散热,避免将人烫伤^[2]。

(3)箱梁混凝土浇筑结束、待桥面拉毛后,采用龙门吊将蒸养棚吊至箱梁桥面并进行安装,安装结束后采用绳子或其他工具将蒸养棚两端固定于箱梁端模处并需保证蒸养棚安装牢固、覆盖严密。采用加厚的防水棉篷布覆盖梁端并通过钢丝绳将棉篷布绑扎牢固,一定要保证梁端覆盖严密。覆盖完成后,测温系统开始进行第一次测温并保证棚内的温度不低于 5 ℃。

(4)采用温控设备,布置测温探头对箱梁各部位的温差进行观测。当发现混凝土浇筑温度内外温差或升降温速率出现异常时应立即报告,分析原因并采取相应措施进行处理^[3]。

(5)蒸汽养护分为静停、升温、恒温、降温四个阶段。混凝土灌注完毕、静停 4 h,静停期间保持棚内的温度不低于 5 ℃;将升温速度控制在 10 ℃/h 以下;恒温时棚内各部位的温差不得超过 5 ℃;恒温温度不大于 45 ℃;梁体芯部混凝土的温度不大于 65 ℃^[4],恒温时间根据混凝土的强度及弹性模量是否达到设计要求确定,总养护时间≥ 24 h。待试件达到设计要求的强度后即可停汽并适当降温,降温速度不大于 10 ℃/h。

(6)蒸养期间及拆除保温设施时应保证梁体混凝土芯部与其表层、表层与环境的温差不超过 15 ℃,且拆除保温设施和拆除模板的间隔时间不小于 2 h^[5]。

(7)在进行混凝土蒸汽养护时,需要根据现场的养护工况确定恒温的最低温度、混凝土的拆模龄期、恒温时长、桥面保温棚覆盖时长等参数,以用于指导现场的养护工作。

3 梁端养护时的注意事项

(1)混凝土浇筑前,应在梁体内预埋混凝土测温探头并做好保护,必须确保测温探头按设计要求的位置埋设且探头不被损坏。

(2)养护时应由专人负责,定时对其养护质量和周期进行不定期的抽查并做好混凝土养护记录。

(3)根据临清制梁场的环境湿度,其自然养护时间不得少于 14 d。

(4)梁体养护期间拆除保温措施后,混凝土芯部的温度不宜超过 60 ℃,梁端等局部尺寸较

大的部位不应超过 65℃；梁体混凝土芯部与其表层、表层与环境、箱内与箱外的温差均不应超过 15℃。

(5)当梁端养护架养护的温、湿度超过阈值时,可以通过 5 G 端或 PC 端操控控制箱,由控制箱控制蓄水箱向养护水管内输水至土工布及水能量条,进而实现智能化精准控制,做到适时养护,提高养护效率。

(6)自然养护时,应特别注意锚穴海绵圈是否与锚穴密贴,梁端养护架是否与梁端密贴,且应不定时的关注蓄水海绵的湿润程度,及时进行加水保湿。

(7)蒸汽养护时,温度采集为每隔 1 h 采集一次。当温差超过 15℃时应预警并查明原因,及时调整送气阀控制棚内的温湿度满足要求,同时注意升温速率,避免升温过快或蒸汽直接喷射在混凝土表面,防止混凝土受热不均而发生开裂。

(8)蒸汽养护结束后,其降温幅度不能过大。一定要注意蒸养结束后其梁体表面的温度不低于 5℃。必要时需要采取保温措施,禁止梁体在蒸养结束后将梁体直接暴露在外,使梁体的表面温度急剧下降,失水过快,使得混凝土表面产生温度应力^[6],导致混凝土表面开裂。

4 结 语

临清制梁场以工厂化集中预制桥梁的方式加快了桥梁施工的进度,并在高速铁路桥梁工程中得到了广泛应用,其具有的技术特点及优势为:

(1)梁端养护架蓄水箱不仅具有蓄水功能,还能起到缓冲作用,进而保证了土工布及水能量条紧贴梁端、保障养护的质量。

(2)梁端养护架使用土工布与水能量条作为保湿层,其水能量条为保水材料,具有吸水与保水

的功能,进而提高了梁端养护的保湿效果。

(3)梁端面上布置的温湿度传感器可以准确掌握梁端养护期间的温度与湿度,并可将监测到的数据实时上传至云端控制系统,云端控制系统可设定阈值,可以通过判断当前梁端温湿度是否超过阈值并通过 5 G 端或 PC 端实施智能预警。

(4)当温、湿度超过阈值时,可以通过 5 G 端或 PC 端操控控制箱,由控制箱控制蓄水箱向养护水管内输水至土工布及水能量条,进而实现智能化精准控制,适时养护,提高养护效率。

(5)梁端蒸汽养护的运用有效地保障了冬期施工期间梁端混凝土的养护质量。

综上所述,临清制梁场梁端混凝土养护已实现智能化精准控制,做到了适时养护,提高了养护效率,确保了箱梁混凝土的养护施工质量,保证了桥梁结构能够在设计使用年限内正常发挥其应有的适用性和耐久性。

参考文献:

[1] 赵煜. 预应力后张法简支箱梁温度控制要点[J]. 四川建材, 2021,47(7):116,135.

[2] 郑小军. 府河双线特大桥主跨现浇悬臂梁蒸汽养生[J]. 四川建材, 2014,40(3):238-239,241.

[3] 李刚. 铁路箱梁冬季施工技术[J]. 现代物业(上旬刊), 2011,10(4):48-49.

[4] 李祥营. 预应力混凝土连续梁蒸汽养护施工技术[J]. 山西建筑, 2016,42(4):108-109.

[5] 陆达鹏,唐华. 900 t 预制箱梁冬季施工蒸汽养护技术的研究[J]. 广东土木与建筑, 2013,20(11):62-64.

[6] 何惠军,李冲. 客运专线大型箱梁冬期蒸汽养护技术[J]. 西部探矿工程, 2011,23(5):208-210.

作者简介:

邓 杰(1992-),男,四川资阳人,工程师,学士,从事铁路、城市轨道交通工程施工技术与质量管理工作。

(编辑:李燕辉)