

高架现浇连续箱梁混凝土 冬季施工技术

吴均平

(中铁十四局集团第五工程有限公司)

【摘要】本文介绍了高架现浇连续箱梁混凝土冬季施工技术,全面叙述了箱梁冬季施工的控制指标、热工计算以及保证措施,对于类似工程的冬季施工具有一定的指导和借鉴意义。

Winter Concreting Construction Technology of Elevated Site-casting Continuous Box Beam

WU Jun-ping

(The 5th Construction Engineering Company of China Railway 14th Bureau Group Co., Ltd)

Abstract This paper explains the winter concreting construction technology of elevated site-casting continuous box beam and makes a complete exposition of control indexes, thermal calculation and measures of quality assurance of box beam construction in winter.

1 工程概况及气候条件

天津滨海快速轨道交通一期工程全长 45.409km,工程设计为城市轻轨形式,为天津市重点工程,是联系天津市区和滨海新区的重要交通干线。我单位负责 XQk 标段的施工任务,本标段里程为 DK4+105 ~DK11+055.6,共有桥梁 79 联,共计 4729.75 延米。

由于本项目工期短受制约因素多、技术含量较高,为力保全线按期通车,业主要求本项目安排部分箱梁和桥墩在冬季施工。箱梁高 1.5m,每联 75m,混凝土 368m³。混凝土拌制采用自建搅拌站,搅拌站供应能力 40m³/h 以上;混凝土运输采用搅拌运输车,运输距离 3km 以内,混凝土灌注采用输送泵灌注。箱梁模板为大块钢模板,底模为 1.4cm 厚竹胶板。天津地区冬季最低气温在 -15℃左右,风力按 5 级考虑,冬季气温一般在 -10℃以下。

本项目冬季施工难度较大,需要解决的难题和控制点如下:

(1) 箱梁单位工程量较大,施工时间长且难度相对较大,不利于冬季温度的控制,我公司在北方地区冬季施工高架现浇混凝土梁尚属首次,没有可借鉴的经验和成熟的工艺。

(2) 预应力箱梁由于其受力的特殊性以及压浆、张拉等工序较多,对环境温度的要求更高。因此,在温度控制上更增加了控制难点。

(3) 如何保证高架现浇混凝土施工冬季质量是本项目冬季施工的关键。

2 冬季施工控制目标

根据《建筑工程冬季施工规范》(JGJ104-97)和《铁路桥梁施工规范》,结合本工程项目的特点,当工地昼夜气温连续 3d 低于 5℃或最低气温低于 -3℃时,应采用冬季施工措施,并满足以下目标:

(1) 冬季施工的混凝土在入模后,混凝土强度未达到设计强度 30% 以前不得受冻。

(2) 混凝土出厂及入模温度在 5℃以上。

(3) 箱梁混凝土入模时,模板温度不低于 2℃。

(4) 从施工工艺及工期考虑,混凝土在 10d 内达到设计强度和弹性模量。

3 冬季施工有关参数的计算

(1) 假定天津地区冬期外界温度为 -5℃,混凝土入模温度按要求不低于 5℃,混凝土采用搅拌车运输,则混凝土在运输过程中的温度损失为:

$$t_s = at_1 + 0.032n(T_1 - T_a)$$

式中 t_s ——运输过程中的温度损失;

α ——温度损失系数,取为 0.25;
 t_1 ——从运输到浇注完成的时间,取 0.5h;
 n ——拌和物转运次数,取为 2;
 T_1 ——拌和物出机温度;
 T_a ——运输时环境温度,取 -5°C 。

所以 $t_s = (0.25 \times 0.5 + 0.032 \times 2 \times (T_1 + 5)) = 0.189 \times (T_1 + 5)$ 。

因混凝土浇注时温度 5°C $T_2 \leq T_1 - t_s$

即: $T_1 - 0.189(T_1 + 5) \geq 5$

$\therefore 0.811T_1 \geq 5.945$

取 $T_1 = 7.33^{\circ}\text{C}$

(2) 计算混凝土拌和物温度

根据以上计算,取 $T_1 = 7.33^{\circ}\text{C}$

由公式: $T_0 = T_1 - 0.16(T_1 - T_i)$

得 $T_0 = (T_1 - 0.16T_i) \div 0.84 = 6.82^{\circ}\text{C}$

式中 T_0 ——混凝土拌和物温度;

T_i ——搅拌机棚内温度,取 10°C 。

(3) 假设水加热至 60°C , 砂石料 0°C , 根据配合比, 每 m^3 混凝土的水泥、水、砂、石用量分别为 543、190、639、1088kg, 假定砂子含水量 4%, 石子含水量 1%, 根据公式:

$$T_0 = [0.92(M_{ce}T_{ce} + M_{sa}T_{sa} + M_gT_g) + 4.2T_w(M_w - W_{sd}M_{sa} - W_gM_g) + C_1(W_{sd}M_{sa}T_{sa} + W_gM_gT_g) - C_2(W_{sd}M_{sa} + W_gM_g)] \div [4.2M_w + 0.9(M_{ce} + M_{sa} + M_g)]$$

得 $T_0 = 13.6^{\circ}\text{C} > 6.82^{\circ}\text{C}$ (能满足要求)

式中 T_0 ——混凝土拌合物温度 ($^{\circ}\text{C}$);

M_w ——水用量 (kg);

M_{ce} ——水泥用量 (kg);

M_{sa} ——砂子用量 (kg);

M_g ——石子用量 (kg);

T_w ——水的温度 ($^{\circ}\text{C}$);

T_{ce} ——水泥的温度 ($^{\circ}\text{C}$);

T_{sa} ——砂子的温度 ($^{\circ}\text{C}$);

T_g ——石子的温度 ($^{\circ}\text{C}$);

W_{sa} ——砂子的含水率 ($^{\circ}\text{C}$);

W_g ——石子的含水率 ($^{\circ}\text{C}$);

C_1 ——水的比热容 (KJ/kg·K);

C_2 ——冰的溶解热 (KJ/kg)。

当骨料温度大于 0°C 时, $C_1 = 4.2$, $C_2 = 0$ 。

同以上计算, 当环境温度为 -10°C 时, T_0 应不小于 18.8°C 。此时假定水、砂、石料加热温度分别为 70°C 、 5°C 、 5°C , 则根据公式计算, 得

$T_0 = 18.9^{\circ}\text{C} > 18.8^{\circ}\text{C}$ (满足要求)

(4) 锅炉的选择。根据搅拌站的施工能力, 每小时需要热水 8t, 每次施工需要 70t 热水, 采用预先加热并储存一定数量 (20t) 的办法, 每小时需供热水 5t, 选用 CLHS0.47MW-95/70Y 型常压热水锅炉可满足要求。

4 混凝土施工技术保证措施

4.1 混凝土的搅拌

(1) 在混凝土中掺加广州西卡天津分公司生产的 HE-200-C 型防冻剂, C25、C30 混凝土的掺量为 1.55%~2.0%。对搅拌站主机采取挡风 and 保温措施, 采用棉篷布对砂石料进行覆盖, 以避免其结冰。

(2) 搅拌站蓄水池用保温材料覆盖并密封, 热水采用 40 万大卡热水锅炉 (每小时出热水 8t) 直接加热, 加热温度控制在 60°C 以内 (环境温度 -5°C 以上时); 当环境温度低于 -10°C 时, 可将水加热到 70°C , 但此时混凝土搅拌时应将水和砂石料搅拌均匀后方可投入水泥, 避免水泥和热水直接接触。

(3) 砂石料场地分为保温棚和存料场两部分, 保温棚采用大型军用帐篷。帐篷内采用煤炉加热保温, 确保棚内环境温度 5°C 以上, 每次混凝土施工前 5h, 对砂石料进行加热。室外环境温度 -5°C 以下时, 砂石料加热到 0°C ; 环境温度 $-5 \sim -10^{\circ}\text{C}$ 时, 砂石料加热到 5°C 。

(4) 用保温材料对搅拌站进行封闭, 棚内利用热风机配合暖气进行保温, 棚内温度控制在 10°C 左右。技术人员每小时测量并记录温度一次。

(5) 砂石料保温棚内在不同部位放置不少于 3 个温度计, 工地试验室、搅拌站技术人员在施工期间每小时对保温棚温度、砂石料温度、水温度、混凝土拌和物温度测量一次。环境温度 -5°C 以下时, 确保混凝土出料温度在 18.8°C 以上; 环境温度在 -5°C 以上时, 出料温度应在 11.6°C 以上。

(6) 试验人员每次根据采用蒸气保温后砂石料的含水量调整施工配合比。

(7) 为确保冬季施工混凝土的和易性和流动性, 混凝土搅拌时间应不小于 2.5min, 但不宜大于 3min。

(8) 为提高混凝土的早期强度, 掺用高效减水剂时, 混凝土坍落度控制在 12~14cm 范围内。

4.2 混凝土的运输

混凝土运输采用搅拌运输车, 运送距离 3km 以

内,用地泵或泵车进行混凝土的灌注;为减小混凝土在运输过程中的温度损失,采取了如下措施:

(1)施工时间应尽量避免交通高峰期,缩短混凝土运输时间。

(2)沿途十字路口、拐弯处提前和交警联系,并设专人指挥、协调疏导车辆。

(3)加强调度协调,避免运输车在施工现场等待时间过长。

(4)混凝土输送泵尽量采用直管,且不宜铺设过长,以免发生堵管现象;一旦发生堵管时,维修时间不宜过长,必要时及时采用备用管道。

(5)对输送管道用保温材料进行包裹。

4.3 混凝土的灌注

暖棚采用多功能脚手架做骨架,外套采用棉棚布、单棚布一层。棉棚布按暖棚布尺寸及相互搭接减小漏风的要求进行特殊加工,棚布中均夹杂毛毡,其厚度为1.5cm,棚底为现浇支架的木板、铁皮共同构成的保温层。

箱梁混凝土浇注前,需对暖棚进行预热,始终保证棚内最低温度不低于10℃。同时,除了对混凝土输送管道进行加热外,采用温度不低于10℃的砂浆润湿管道,清理模板内杂物,用温水清洗模板、钢筋、管道经过预热,表面温度在5℃以上。混凝土灌注应分层分段进行,桥面应根据混凝土灌注顺序及时进行覆盖。采用插入式振捣器时,特别注意钢筋密集的底层根部的振捣,避免碰坏管道。

已浇注层的混凝土在未被上一层混凝土覆盖前温度不应低于2℃,采取加热养护时,养护前的温度也不得低于2℃。混凝土温度控制由质检工程师和试验室共同分工负责。

4.4 混凝土的养生及温度测试

(1)混凝土养生。混凝土浇注完后,及时覆盖暖棚,通过燃烧无烟煤火炉对梁底、腹板加热进行保温养护,无烟煤炉的布置根据暖棚空间所需的热量进行计算。根据计算,我们在侧模下方共放置了20个炉子,同时根据温度变化增减取暖设备(炉子或者热风机)。

由于大气温度较低,棚内外温差悬殊,棚内底部与顶部温差也较大,按设计要求棚内温差不大于10℃。为达到此目的,可在棚内空间设置两道温度

屏障,以减弱空气在竖向的对流速度。

当混凝土强度大于30%设计强度后,方可停止供热保暖,但大棚内降温应满足《冬季施工规范》的要求,即降温速度每小时不大于10℃。

混凝土拆模时,环境温度与梁体温度差应小于15℃。

(2)温度测试。混凝土冬季施工过程中,由试验室(负责搅拌站、混凝土)和质检工程师(负责梁体温度控制)按时测量水、骨料和混凝土出罐、入模时四周的温度以及混凝土温度变化情况,尤其注意混凝土养生期的温度观测。

4.5 安全技术措施

(1)桥梁施工在高空条件下进行,因此应按有关高空作业规程,完善防滑、护栏、安全网等设备。

(2)暖棚内必须加强防水,备足消防设备,在棚内禁止吸烟和明火作业;电焊时应采取必要措施。

(3)设专人值班,负责安全、防火工作。

5 施工效果及体会

在实际施工过程中,我们对拌合用水进行了加热,对砂、石料采取了棚布保温并生火炉的施工方案。混凝土的运输严格执行冬季施工要求,混凝土灌注后采用暖棚进行保温。加热方式分别采用了电热风机和火炉的方法,没有使用蒸汽养生。通过该冬季施工技术的实施,箱梁混凝土的工程质量得到了控制,混凝土的出机、入模最高和最低温度分别达到了20℃/13℃和18℃/11℃,大棚温度达到了15℃以上,棚内外温差小于10℃,混凝土及试件质量稳定,达到了预期的要求。

通过高架现浇箱梁混凝土冬季施工实践,说明:

(1)该技术能够有效地保证高架现浇箱梁混凝土冬季施工的质量,缩短了工期,同时也不可避免地增大了投入。

(2)当温度高于-10℃时,可以采用本文提出的冬季施工技术方案。

(3)冬季混凝土运输过程中的温度损失小于预测的数值,在本施工环境的损失只有2℃。

(4)该技术的运用也为我们今后冬季混凝土施工提供了宝贵的经验。