



膨胀加强带技术在翻车机房 地下结构工程中的应用

赵腾飞, 徐玉良

(中交一航局第五工程有限公司, 河北 秦皇岛 066002)

摘要: 大体积混凝土温度裂缝控制是地下混凝土结构工程施工中控制重点及难点。某码头工程翻车机房地下结构采用膨胀加强带代替闭合块(后浇带), 同时使用 Midas civil 软件及一线通大体积混凝土测温系统对翻车机房漏斗梁混凝土温度及应力进行监测及分析, 有效避免了混凝土温度裂缝的产生, 同时缩短了工期, 取得了较好的经济效益。

关键词: 补偿收缩; 温度裂缝; 膨胀剂; 漏斗梁; 膨胀加强带

中图分类号: U 656.1⁺33; TU 37

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2017)01-0186-05

Application of expansion reinforcing band technology in roll-over machine room underground structure

ZHAO Teng-fei, XU Yu-liang

(NO. 5 Engineering Co., Ltd. of CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Qinhuangdao 066002, China)

Abstract: The temperature crack control of mass concrete is the key and difficulty in underground concrete structure engineer. In the underground structure of roll-over machine room of a port, the expansion reinforcing is applied instead of the post-cast strip. With the assistance of Midas civil software and ISDN mass concrete temperature monitoring system, the temperature and stress of the hopper concrete beam is monitored and analyzed. This method avoids the formation of concrete temperature crack and reduces the construction time. It also achieves excellent economic benefit.

Keywords: compensating shrinkage; temperature crack; expanding agent; hopper beam; expansion reinforcing band

1 工程概况

锦州港煤炭码头一期工程位于锦州港四港池北侧陆域, 翻车机房为三线两翻式钢筋混凝土结构, 翻车机房地下结构主体尺寸南北向 47.96 m, 东西向 66 m, 底板底高程-14.30 m, 顶板顶面高程 5.79 m。翻车机房不设沉降缝, 在中间回填仓位置东西向设置施工后浇带。主体工程根据施工需要和满足结构抗裂防渗要求自下而上分为 6 个施工层: -14.30~-10.95 m 为底板层、-10.95~-5.865 m 为墙体层、-5.865~-1.762 m 为漏斗

层、-1.762~1.938 m 为扶壁驱动层、1.938~3.538 m 为驱动平台层、3.538~5.79 m 为顶板层。其中第 3 层漏斗梁施工为整个地下结构混凝土防裂的重点。

2 膨胀加强带代替后浇带施工工艺

2.1 研究背景

漏斗梁是翻车机房的主要承重结构。漏斗梁与牛腿不设置结构缝, 结构总长度 33 m, 钢筋密集、种类繁多、绑扎施工难度大。施工中脚手架、

收稿日期: 2016-05-18

作者简介: 赵腾飞 (1987—), 男, 工程师, 从事水运工程施工技术管理。

钢筋、模板穿插作业多, 预埋螺栓设计要求精度高。墙板梁纵横交错, 混凝土抗裂要求高。

根据计算及以往翻车机房施工经验, 在漏斗梁与牛腿的相交处使用免拆模板网设置后浇闭合块可有效避免温度裂缝的产生。但由于漏斗梁钢筋密集且结构复杂, 免拆网安装十分困难, 同时后浇闭合块内难以下人进行免拆模板网加固及多余灰浆和杂物的清理, 留下质量隐患, 并且人员在狭窄空间内作业, 也有较大安全隐患。

为更好地控制混凝土的施工质量、保证节点工期, 因此对膨胀加强带代替后浇带施工工艺进行研究。

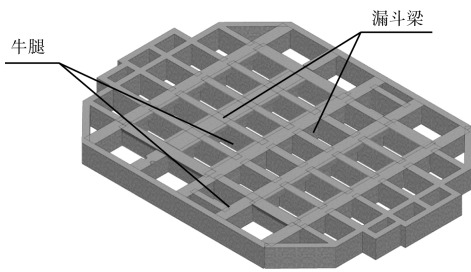


图1 翻车机房3层结构

2.2 可行性依据

1) 根据住建部2009年6月16日颁布的JGJ/T 178—2009《补偿收缩混凝土应用技术规程》第4.0.3、4.0.4、4.0.5、4.0.6条规定可以以设置膨胀加强带代替后浇带, 同样可以满足混凝土对温度收缩应力的要求^[1]。

2) 根据《工程结构裂缝控制》第7.9、7.10条的阐述完全可以取消后浇带改为膨胀加强带来减少混凝土收缩应力^[2]。

因此采用膨胀加强带代替后浇带施工工艺在技术理论上是可行的。

2.3 基本原理

混凝土超长结构的设计与施工可以利用UEA混凝土外加剂补偿收缩的原理, 采用膨胀加强带代替后浇带, 实现超长钢筋混凝土结构的无缝施工。

UEA混凝土膨胀剂是一种新型混凝土外加剂, 其主要成分是无机铝酸盐和硫酸盐。水化后生成膨胀结晶体—水化硫铝酸钙, 这种产物能填充混

土中的毛细孔、缝, 增加混凝土的密实度, 提高抗渗性能, 并在混凝土内部产生0.2~0.7 MPa的预应力, 它能抵消或部分抵消由混凝土干缩、蠕变及温度等引起的拉应力, 从而提高混凝土的抗裂性。在混凝土超长结构中, 根据混凝土水平法向力 σ_x 分布曲线, 设想在应力大的中间位置施加较大的膨胀应力 σ_c , 而在两侧施加较小的膨胀应力, 全面补偿结构的收缩应力, 可控制有序裂缝的出现, 从而取消后浇带。

2.4 膨胀加强带设计

1) 膨胀加强带是一种旨在提高混凝土结构抗裂性能的技术措施。施工中采用膨胀加强带的目的是代替后浇带, 进一步简化施工工艺, 所以一般设置在原设计后浇带的位置。为了有效发挥膨胀效果, 增加长度方向的膨胀绝对量, 其宽度应该比后浇带更宽一些, 本工程中将膨胀加强带宽度设置为2 m(原闭合块宽度为1 m)。

膨胀加强带结构见图2, 宽度为2 m, 膨胀加强带混凝土的两侧按要求提前安装固定好免拆模板网。

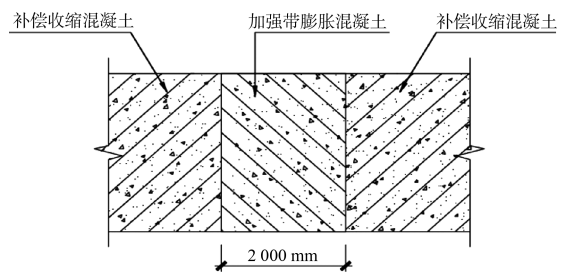


图2 膨胀加强带

2) 对于钢筋混凝土结构的裂缝控制有“抗”与“放”两种措施。设膨胀加强带方式属于“抗”, 设后浇带方式属于“放”。

结合本工程结构形式, 采取局部将漏斗大梁两端的后浇闭合块(后浇带)改为现浇膨胀带与原有各浇筑区同时浇筑, 整体采用加强膨胀带与后浇带(闭合块)相结合的施工工艺, 同时使用补偿收缩混凝土、后浇带、膨胀加强带体现了“抗”与“放”的结合。最大程度地优化施工工艺, 有效控制钢筋混凝土结构裂缝。

3 现场施工优化设计

结合施工规范及本工程翻车机的结构形式,综合考虑牛腿和漏斗梁的抗裂要求,保证漏斗梁及牛腿的膨胀加强带之间的间距不大于 20 m。选择在 C1 墙与漏斗梁相交处设置一道连续式膨胀加强带,在 C3 墙与漏斗梁相交处设置一道间歇式膨胀加强带,在 C5 墙与漏斗梁相交处设置一道连续式膨胀加强带,在 C4 墙与 HL3-3、HL3-4 相交处各设置一个连续式膨胀加强带。其中 C3 墙的膨胀加强带与第 2 次施工的漏斗梁一起浇筑(图 3)。

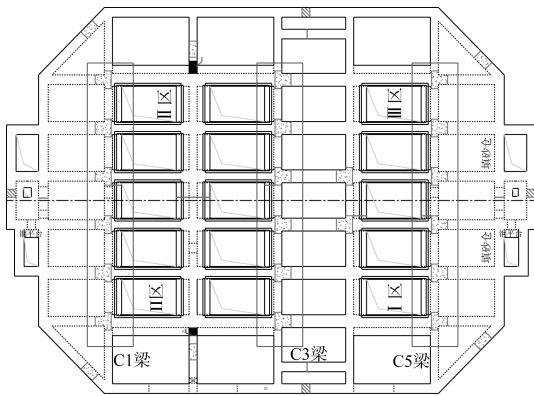


图 3 3 层膨胀加强带布置

膨胀加强带将 33.5 m 长的漏斗梁分割成 2 个区域,其中最长的区域为 20 m,同时膨胀加强带可对其两侧混凝土产生一定的膨胀应力,以抵抗混凝土产生的温度拉应力及变形。

4 理论模拟计算

膨胀混凝土的膨胀应力按下式计算:

$$\sigma = \mu E \varepsilon \quad (1)$$

式中: μ 为配筋率,取 1.9%; E 为钢筋的弹性模量,取 2.0×10^5 MPa; ε 为混凝土的限制膨胀率,取 0.025%。计算得膨胀加强带混凝土产生的膨胀应力为 $\sigma = 0.99$ MPa。

膨胀混凝土的膨胀变形按下式计算:

$$\Delta L = L \varepsilon \quad (2)$$

式中: L 为膨胀加强带混凝土长度,取 2 m; ε 为混凝土的限制膨胀率,取 0.025%。计算得 $\Delta L = 0.5$ mm。

使用 Midas 建立的模型见图 4。

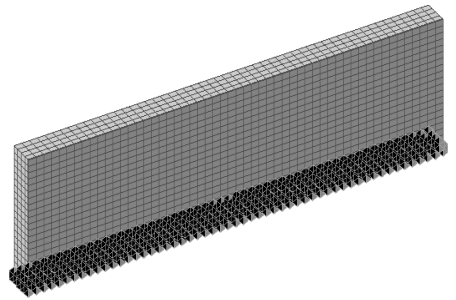


图 4 漏斗梁混凝土温度计算模型

由图 5 可得混凝土浇筑完成后第 70 h 混凝土内部达到最高温度,最高温度为 60 °C,此时表面温度为 52 °C,最大温差不超过 25 °C,满足要求。

计算混凝土产生的拉应力及变形选择漏斗梁顶部、中部和底部 3 处进行分析。

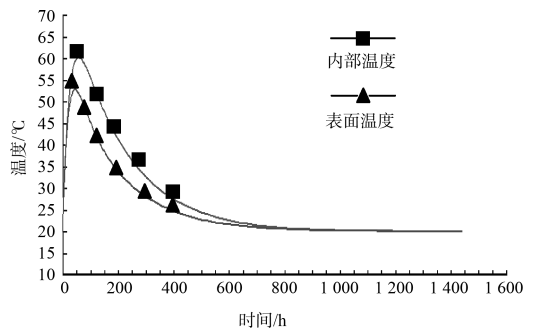


图 5 混凝土温度变化曲线

由混凝土应力变化曲线(图 6)及位移等值线(图 7)可知,混凝土内部浇筑完成后的前 10 d,由于温度升高,混凝土体积膨胀产生了压应力,第 50 h 压应力和内部温度均为最大值;随着混凝土温度下降,第 200 h 之后混凝土开始出现拉应力,第 500 h 拉应力基本达到最大值。其中混凝土顶部、中部和底部拉应力最大值 σ_1 分别为 0.7、2.2、1.6 MPa,同时顶部、中部和底部的变形 L_1 分别为 0.6、0.4、0 mm。

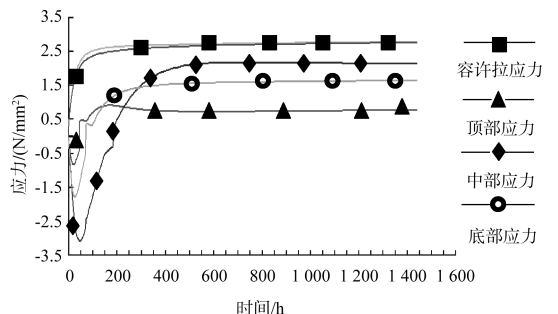


图 6 混凝土应力变化曲线

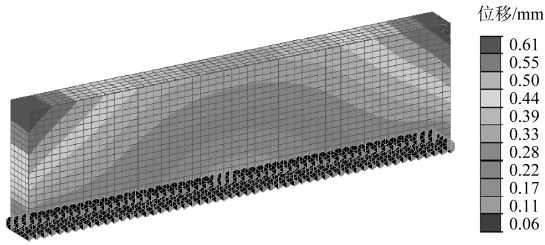


图7 漏斗梁位移等值线

膨胀加强带所提供单侧最大膨胀变形为 0.25 mm, 其余变形由混凝土的拉应力抵抗。

漏斗梁混凝土收缩产生的拉应力按下式计算:

$$\sigma = \sigma_1 + E(L_1 - \Delta L)/L \quad (3)$$

式中: E 为混凝土弹性模量, 取 3.3×10^4 MPa; L 为结构长度, 取 20 m; σ_1 为混凝土自由收缩产生的拉应力; ΔL 为膨胀加强带单侧变形, 取 0.25 mm。

漏斗梁顶部拉应力为 $\sigma_{\text{顶}} = 1.3$ MPa, 漏斗梁中部拉应力为 $\sigma_{\text{中}} = 2.45$ MPa, 漏斗梁底部拉应力为 $\sigma_{\text{底}} = 1.6$ MPa。可以看出, 一次浇筑 20 m 时混凝土内部最大拉应力为 2.45 MPa。C40 混凝土容许拉应力为 2.79 MPa, 大于混凝土内部的拉应力, 故不会产生温度裂缝。

5 施工工艺及方法

5.1 免拆网安装

膨胀加强带施工工艺流程见图 8。膨胀加强带采用免拆模板网将带内混凝土与带外混凝土隔开, 免拆网在钢筋及模板安装完成后进行安装。免拆网厚度为 0.3 mm, 根据带内与带外混凝土浇筑顺序设置钢筋支撑骨架位置。本工程由于钢筋密集, 很难保证免拆网安装严密, 为防止普通 C40 混凝土流入免拆网内造成带内混凝土的限制膨胀率不能满足设计要求, 施工时先浇筑膨胀加强带内混凝土, 并要高出外侧混凝土 1 m 左右, 因此应将钢筋支撑骨架设置在膨胀加强带的外侧。钢筋支撑骨架采用 22 mm 钢筋间距 20 cm 布置一道。

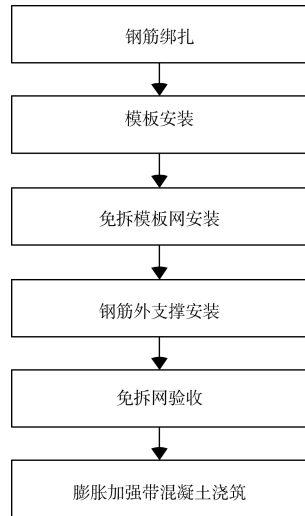


图8 膨胀加强带施工工艺流程

5.2 配合比设计

膨胀加强带按 C45P10 混凝土配合比设计和浇筑施工, 比膨胀加强带两侧的普通混凝土设计强度 C40P10 增加一个强度等级, 水泥采用非早强型 P · O42.5 普通硅酸盐水泥, UEA 膨胀剂按填充性混凝土最高掺量 12% 掺加, 以更好地达到对混凝土补偿收缩效果, 有效防止裂缝发生。由于漏斗梁施工时气温较高, 为防止水泥的水化热大导致混凝土内部温度过高, 漏斗梁混凝土配合比采用双掺技术, 即同时掺入粉煤灰和矿渣粉代替水泥。

为便于混凝土浇筑期间施工质量控制和混凝土施工组织管理, 防止造成混凝土拌合物错放情况发生, 除膨胀加强带外, 其他部位均采用 C40S10 补偿收缩混凝土浇筑。膨胀剂用量见表 1。

表1 膨胀加强带中膨胀剂用量

部位	混凝土中膨胀剂含量/(kg/m ³)	掺量/%
膨胀加强带两侧	38	8
膨胀加强带内填充	57	12

5.3 混凝土浇筑

漏斗梁混凝土浇筑选择气温较低的天气进行施工, 以降低混凝土的入模温度。在混凝土施工前安排水泥供货方提前 5 d 以上生产好 3 层所需全

部水泥,单独存放并使用螺旋风机吹风,将水泥温度降至 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。混凝土施工过程中应对砂石料含水率、拌合物含气量、混凝土现场坍落度、砂石料温度、拌合用水温度及混凝土入模温度进行测量。备用一台冷却水循环机,如混凝土入模温度大于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 则使用冷却水循环机对其进行降温,按拌合用水每降低 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 拌合物温度降低 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 调整拌合用水温度。

漏斗梁膨胀加强带内混凝土在两侧混凝土浇筑前浇筑,每次浇筑高度 1 m 左右,保证带内混凝土面高于带外混凝土。

5.4 混凝土测温及养护

保温材料选用1层塑料布和1层土工布覆盖养护,养护时间为 14 d 。养护期间采用一线通电脑测温系统进行实时测温,混凝土浇筑前在漏斗梁上布设好测温点,分别测量漏斗梁表面、内部及环境温度。监控混凝土表面与混凝土中心最大温差不大于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$,混凝土表面与大气之间最大温差不大于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[3],如温差超标则适时增减保温层的厚度以达到控制混凝土内外温差及缓慢降温的目的。

6 施工效果

翻车机房地下结构3层西侧混凝土浇筑时间为2015-09-18T15:00—2015-09-19T19:00,施工时间共计 28 h ,设计方量 $2\,498\text{ m}^3$;3层东侧混凝土浇筑时间为2015-09-25T1:00—2015-09-25T18:00,施工时间共计 17 h ,设计方量 $1\,960\text{ m}^3$ 。浇筑期间大气温度约 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、水温 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、水泥温度 $59\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、

砂石料 $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、混凝土入模温度 $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。混凝土侧面涂刷养护液,顶面铺设1层塑料薄膜和1层土工布洒水养护。从测温曲线可以得出混凝土内部最高温度为 $60.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,出现在混凝土浇筑完成后的第3 d,此时混凝土表面温度最高为 $52.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,内表面温差最大值为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,符合规范要求。翻车机房漏斗梁测温情况见图9。在漏斗梁混凝土浇筑完成60 d后进行裂缝检查,未发现影响混凝土结构耐久性的裂缝。

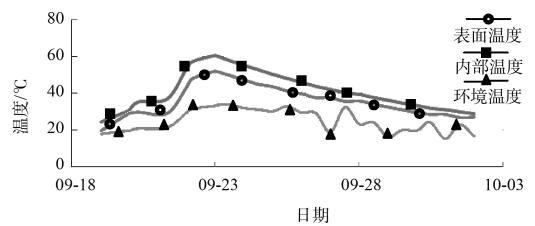


图9 翻车机房漏斗梁测温情况

7 结语

1) 翻车机房漏斗梁施工采用膨胀加强带代替后浇带的工艺不仅提高施工效率,而且成功解决了后浇带内漏浆及杂物难以清除的质量隐患。

2) 实践及研究证明了高温季节采用膨胀加强带代替后浇带,同时在普通混凝土中掺入少量膨胀剂可以达到长大体积混凝土施工不产生温度裂缝的目的。

参考文献:

- [1] 标准定额研究所.JGJ/T 178—2009 补偿收缩混凝土应用技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [2] 王铁梦.工程结构裂缝控制[M].北京:中国建筑工业出版社,1997:205-262.
- [3] 标准定额研究所.GB 50666—2011 混凝土结构工程施工规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.

(本文编辑 武亚庆)