

浅谈超长大体积混凝土基础裂缝分析及对策

刘福胜

中石化第十建设有限公司, 山东 青岛 266000

DOI:10.33142/ec.v2i2.197

[摘要]结合我单位承建的宁夏某大件组装厂项目条形设备基础施工实践,分析了施工阶段超长大体积混凝土基础出现裂缝的相关因素,介绍了超长大体积混凝土基础裂缝的控制措施,希望该论文能在以后的类似工程的施工中,为减少混凝土裂缝,提高混凝土施工质量,打造精品工程起到一定参考作用。

[关键词]超长大体积混凝土基础; 裂缝; 控制措施

Analysis and Countermeasures of Cracks in Super-long Volume Concrete Foundation

LIU Fusheng

Sinopec Tenth Construction Co., Ltd., Shandong Qingdao, China 266000

Abstract: Combined with the construction practice of the bar-shaped equipment foundation of a large assembly plant in Ningxia, this paper analyzes on the factors related to the cracks in the super-long mass concrete foundation in the construction stage. The paper introduces the control measures of the cracks in the super-long volume concrete foundation and the control measures of the cracks in the super-long concrete foundation are introduced. It is hoped that this paper can play a certain reference role in the construction of similar projects in the future in order to reduce concrete cracks, improve the quality of concrete construction and create high-quality projects.

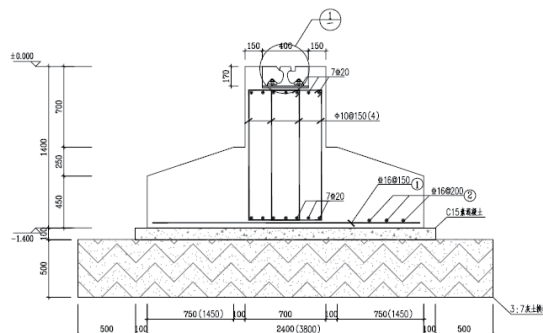
Keywords: Super-long volume concrete foundation; Crack; Control measures

1 前言

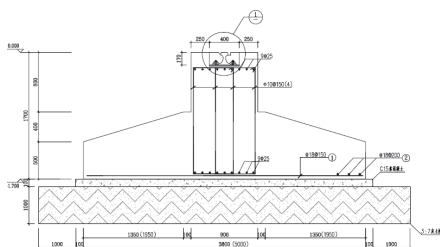
随着我国的煤化工发展持续阔步向前,尤其是西部大开发战略的实施,使得新疆、宁夏、陕西等西部地区煤化工项目日趋增多。对于施工企业来说,无疑是个良机,然而煤化工装置超长大体积混凝土基础很多,西北地区气候及地质条件比较差,施工质量难以保证,尤其是新疆、宁夏等地,冬季严寒,夏季炎热,降水稀少,冬春两季多风沙,寒暑变化剧烈,昼夜温差大,给混凝土施工造成很大困难。下面结合宁夏某大件组装厂工程施工实践,阐述超长大体积混凝土基础裂缝的原因分析及采取的控制措施。

2 工程简况

本项目位于宁夏灵武市宁东镇,主要包括钢结构厂房、条形轨道设备基础等内容。该工程由一个平面轴线尺寸 224.9m×74.6m 的单层大型钢结构厂房及其相应加工设备组成。厂房内外有超长大体积混凝土基础共计 12 条,均为条形设备基础,其中 300t 平板车基础 6 条,每条长 128m;南北向 4 条,每条长 72m;600t 龙门吊基础 2 条,每条长 376m。300t 平板车基础及 600t 龙门吊基础具体尺寸及配筋如下图一、二所示。



图一 300t平板车基础剖面图



2011年11月15日进入冬季施工后，我单位开始对南北向的两条72m的300吨平板车基础进行施工，具体施工和出现裂缝的情况如下：

通过上述方法施工,待养护 7 天后,拆模发现条形基础承台出现部分贯通裂缝,具体裂缝宽度及位置:

AF 纬 1 承台砼出现三道贯通裂缝, AF 纬 2 承台砼出现二道贯通裂缝, 裂缝宽度均为 $1 \sim 2\text{mm}$, 裂缝间距 7-11 米处, 此外两条设备基础承台表面均存在少量的收缩裂缝。与本大件厂房相邻的, 其他单位施工的条形设备基础也出现了类似的问题。



项目部发现条形设备基础承台出现裂缝后，立即暂停剩余条形设备基础混凝土的浇筑工作，组织项目部土建技术、质量、施工的相关人员召开混凝土裂缝专题会，并会邀请公司土建专家组就裂缝产生的原因进行现场实地查看，通过逐项查找原因，条形设备基础承台砼产生裂缝的主要原因有以下四个方面：（1）结构设计原因；（2）温度应力及砼伸缩变形影响；（3）商砼材料的问题；（4）施工方面的原因。

6 条条形设备基础（每条长 128m），设计只在 64m 处留了一个 100mm 宽的伸缩缝，南北方向 4 条条形设备基础（每条长 72m），设计只在 36m 处留了一个 100mm 宽的伸缩缝。根据混凝土结构设计规范《GB50010-2010》构造章节关于混凝土结构伸缩缝的最大间距规定，现浇式钢筋混凝土地下墙、壁类结构伸缩缝最大间距“室内或土中取 30m，露天取 20m”，本工程条形设备基础属于超长大体积构件，施工期间钢结构厂房未封闭，基础暴露在露天，应按露天结构考虑伸缩缝间距，即按照 20m 一道设置。由此可见本工程条形设备基础伸缩缝间距已远超设计规范要求。混凝土设计规范 8.1.3 条规定“若要适当增大伸缩缝间距应当考虑下列因素：A 采用低收缩混凝土材料，采取分仓浇筑、后浇带、控制缝等施工方法，并加强施工养护；B 采用专门的预加应力和增配构造钢筋的措施；C 采取能减小混凝土温度变化或收缩的措施。当增大伸缩缝间距时，尚应考虑温度变化和结构收缩对结构的影响。”条形轨道基础伸缩缝增大，本工程设计对混凝土材料无特殊要求，也未要求留设后浇带、控制缝及在基础承台顶层设置防止砼被拉断的构造钢筋的措施，更未考虑冬季施工的影响，经过分析此原因是造成条形设备基础承台砼裂缝的最主要原因。

设备基础截面尺寸均较大,且跨度较长,水泥用量大,水泥水化所释放的水化热会产生较大的温度变化和收缩作用,由此形成的温度收缩应力容易使砼结构产生裂缝。条形设备基础出现的贯通裂缝是砼在强度发展到一定程度,砼逐渐降温,这个降温差引起的变形加上砼失水引起的体积收缩变形,受到地基和其它约束时引起的拉应力,超过砼抗拉强度时,就产生了贯通性裂缝。

超长混凝土构件，应当考虑混凝土的温差伸缩和干缩变形，因混凝土的体积伸缩主要和混凝土的构件长度、环境温度、水灰比、水泥的成分、水泥的用量、集料的性质和用量、外加剂的用量等有关，为减小温度应力及体积变形对超长大体积混凝土基础的影响，也需合理设置伸缩缝或后浇带、合适选择商砼的原材料及优化商砼配合比来实现。

3.3 商砷材料的问题

本工程商品混凝土由宁夏宁东科进砼业有限公司提供，混凝土标号均为 C30，以下为 11 月 27 日条形设备基础混凝土的配合比通知单：

序号	材料名称	配合比	每m3材料用量 (Kg)	要求使用材料性质
1	水泥+粉煤灰	1	330+80	近期青铜峡P. 42. 5R普通硅酸盐水泥+灵武发电Ⅱ粉煤灰
2	水	0. 44	180	饮用水
3	砂	1. 93	773	含泥量≤3%，泥块含量≤1%
4	石	2. 41	1067	含泥量≤1%，针片状含量≤10%
5	泵送剂	0. 023	9. 43	江西省金钰化工环保工程有限责任公司JY-高效泵送剂

注：混凝土强度 C30，水泥细度 0.4%

从上表比可以看出：

水泥选用的是青铜峡 P. 42. 5R 普通硅酸盐早强水泥。水泥早期强度高，细度小 (0. 4%)，且水泥用量为 330Kg/m³ 偏高，是造成本工程混凝土早期水化热大的主要原因，因混凝土内部和外部温差过大，是本工程条形设备基础温差裂缝的一个重要原因。

3.4 施工方面的原因

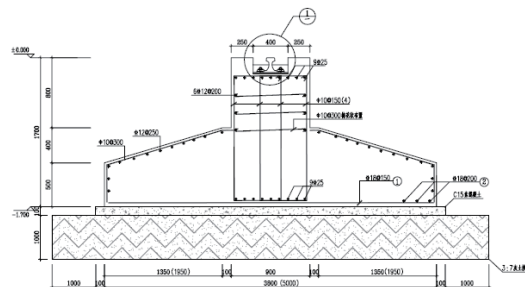
保温、养护不到位: 发生承台砼裂缝的设备基础都是在冬季施工的, 因宁夏地区昼夜温差较大, 湿度小, 所以施工时更需要充分考虑冬季气温的变化和混凝土的收缩对砼结构的影响。冬季施工砼时应根据气候条件按施工方案采取控温措施。规范规定砼浇筑完毕后的 12h 内对砼就要加以覆盖并保湿养护, 砼初凝时间大约 8~10 小时^[5], 冬季施工中应当在浇筑完砼初凝前尽快用塑料布覆盖, 保证砼初凝前不受冻。施工过程中虽然按照冬施规范要求, 在砼初凝期前就对砼进行了覆盖保温, 但由于宁夏风沙较大, 养护过程存在控制不到位的情况, 棉被局部有被风刮开的现象, 基础拆模时间也略早, 保温、养护不到位, 导致混凝土水化热没有均匀释放, 是造成此次表面裂缝的原因之一。

4 超长大体积混凝土基础施工采取的保证措施

针对条形设备基础承台裂缝出现的原因分析,并结合现场各专家讨论的意见,采取以下措施来保证后续条形设备基础施工的质量:

4.1 从结构设计上采取对策

经同业主、监理共同讨论，并征得设计单位同意，按砼结构设计规范《GB50010-2010》规定，将原设计伸缩缝间距调小，改为每 20m 一道设置。在未施工的设备基础承台表面，增加砼构造配筋（如下图三所示），以增加砼的内应力，来抵抗温度应力的影响。



图三 条形设备基础增加温度钢筋后剖面图

4.2 混凝土原材料优选和配合比设计

针对此类超长大体积混凝土结构,水泥宜采用中低热硅酸盐水泥或低热矿渣硅酸盐水泥,尽量避免采用早强水泥。选用级配优良的砂、石原材料,含泥量应符合规范要求。应积极采用掺合料和混凝土外加剂,并掌握外加剂对混凝土硬化、收缩等性能的影响,应掺入外掺料,粉煤灰掺量不宜超过胶凝材料用量的 40%,矿渣粉掺量不宜超过胶凝材料用量的 50%,粉煤灰和矿渣粉的总掺量不宜超高胶凝材料的 50%^[4]。

条形设备基础承台出现裂缝后,项目部及时和商砼搅拌站技术负责人进行了沟通,要求商砼站加强砼原材料的质量监控,并配备专人负责。定期对商砼站现场使用的原材料(石子、砂子)进行取样、送检试验,保证原材料符合规范要求。在后续条形设备基础混凝土配合比设计中充分考虑超长大体积混凝土结构的特点,既要减少混凝土收缩,保证混凝土的强度,又要降低混凝土内部水泥水化反应产生的巨大热量,从而减少甚至避免混凝土温差裂缝的产生^[2]。因粉煤灰和矿粉等矿物掺合料均有降低混凝土早期水化热和改善混凝土拌合料的和易性、流动性,提高混凝土耐久性的作用,故在保证砼设计强度的前提下,应尽量减少水泥用量,增加矿粉、粉煤灰含量。矿粉和粉煤灰复配的混凝土,更可以充分发挥粉煤灰、矿粉二者的“优势互补效应”,使混凝土和易性改善、水灰比降低、干缩性减少、抗冻融性提高,以达到减少水泥用量、降低水泥早期水化热,有效的避免混凝土温差裂缝的产生的目的。

针对混凝土配合比问题,在监理工程师和项目部土建工程师监督下,按照项目部的要求商砼站对 C30 商砼配合比及原材料的适应性进行优化对比,并提供了水化热曲线等相关检测报告,根据试验结果,通过对比初凝时间、试块强度等数据的分析发现新混凝土配合比(报告编号:KJ-12-E-0087),通过减少水泥用量增加矿粉含量,能有效降低水泥早期水化热,避免应力集中释放,可以有效的避免裂纹的产生。优化后的 C30 混凝土配合比通知单如下所示:

序号	材料名称	配合比	每m ³ 材料用量 (Kg)	要求使用材料性质
1	水泥	1.00	240	青铜峡P.42.5普通硅酸盐水泥
2	水	0.65	155	洁净淡水(热水)
3	砂	3.00	720	含泥量 $\leq 3\%$,泥块含量 $\leq 1\%$
4	碎石	4.79	1150	含泥量 $\leq 1\%$,针片状含量 $\leq 10\%$
5	粉煤灰	0.29	70	灵武发电 I 粉煤灰
6	矿粉	0.33	80	乌海锦华S95级
7	泵送剂	0.04	10	江西省金钰化工环保工程有 限责任公司JY-高效泵送剂
8	防冻剂	0.03	7.2	最低气温 -5°C 时的掺量

4.3 施工过程控制

严格控制超长混凝土基础的钢筋、模板的几何尺寸及保护层垫块的质量、分布密度,尤其对条形设备基础承台以上基础梁保护层控制,确保混凝土设备基础保护层符合设计和规范要求。

混凝土浇筑时在能满足泵送需要时,混凝土塌落度要尽量的小,严格控制在 160mm 范围内,施工过程中,控制混凝土浇筑的厚度,使其厚度不大于振捣棒作用部分长度的 1.25 倍,按浇筑顺序以薄层连续浇筑进行,当必须间歇时,其间歇时间尽量缩短,同时尽可能采用振捣工艺,提高混凝土的密实度和抗拉强度,在浇筑混凝土时做到合理分段分层进行,使混凝土沿高度均匀上升,在混凝土表面进行拍打振实,以减少表面裂缝^[1]。

混凝土初凝前,用刮杠刮平后,还应反复抹压表面,使上部骨料均匀下沉,不受钢筋和较大骨料的限制,以提高表面密实度,减少塑性收缩变形^[3]。初凝后至终凝前再用铁抹子二次抹压。这样能较好地控制混凝土表面裂缝,减少混凝土表面水分的散发,以促进养护。

加强砼冬季施工的技术措施和质量保证措施的执行力度,严格按照冬施方案执行。冬季施工砼浇筑后,混凝土木模板不宜拆除过早,当砼强度达到设计强度的 30% 后才能拆除。木模板做为保温养护措施的一部分时,其拆除时间应与保温覆盖物的拆除一致。拆模时,因注意天气,预防寒潮、大风、干燥对混凝土的损伤。

5 取得的效果

通过减小 300t 平板车和 600t 龙门吊基础的伸缩缝、增加承台上部构造钢筋、调整商品混凝土配合比及加强施工过程质量控制等措施,本项目后续施工的条形设备基础均未发现贯穿裂缝和表面裂缝。通过吸取本次经验和教训,新疆伊泰等项目的大件组装厂超长大体积混凝土基础,因及时采取事前预控的措施,也均未出现混凝土裂缝,实体质量得到了保证。

6 结束语

通过这次施工,发现超长大体积混凝土基础裂缝从设计上采取措施、选择合适混凝土配合比、加强对混凝土原材料及施工过程的质量控制,混凝土裂缝是可以减少,甚至是避免的。本工程条形设备基础底部做了 500mm 厚 3:7 灰土换填层,灰土地基的承载力和密实度经试验后均符合设计要求,通过观察承台裂缝底部及垫层均完好,排除了由于基础沉降造成混凝土裂缝的原因,故此论文未进行分析,但宁夏地区存在失陷性黄土地质,若地基处理不当,也会因地基不均匀沉降造成基础产生裂缝,失陷性黄土地区超长大体积混凝土基础施工时,还需重点考虑地基对混凝土结构的影响。这次超长大体积混凝土基础出现裂缝使我意识到我们在项目管理过程中,与设计单位、商砼站等相关单位仍缺少深度沟通,我们要吸取经验和教训,要以打造“精品工程”为理念,加强同相关单位沟通协调、加强对混凝土结构施工的过程控制,不断提高建设管理水平,为我国的煤化工发展做出贡献。

[参考文献]

- [1] 余慧平. 混凝土徐变与收缩特性现场试验研究[J]. 铁道建筑技术, 1997(5): 7-10.
- [2] 冯乃谦. 商品混凝土在施工应用中的开裂与对策[J]. 混凝土, 2000(9): 3-6.
- [3] 李雁英. 混凝土收缩裂缝的分析[J]. 电力学报, 2006(2): 134-136.
- [4] 赵基达. 混凝土结构设计规范(GB 50010-2010)[J]. 建设科技, 2015(10): 173.
- [5] 沈美菊. 《石油化工建设工程项目施工技术文件编制规范》SH/T3550-2012应用实践及探索[J]. 化工管理, 2015(16): 204-205.