

箱型薄壁混凝土水池裂缝控制方法研究

陈文俊，廖辉军

上海水务建设工程有限公司，上海 200082

DOI:10.61369/ERA.2025090009

摘 要： 供水以及污水处理建筑物对裂缝控制要求很高，而这些构筑物又大多为箱型薄壁形状，尤其是采用混凝土结构时，容易产生裂缝，本文从混凝土原材料选择，配合比设计，施工过程控制以及后期养护四个阶段对裂缝产生的原因及控制措施进行分析阐述，并结合在某供水厂施工实践，提出针对性解决方案，以供借鉴与参考。

关 键 词： 箱型；薄壁；混凝土；裂缝

Research on the Control Method of Concrete Cracks in Thin -walled Water Pools

Chen Wenjun, Liao Huijun

Shanghai Water Engineering Construction Co., Ltd., Shanghai 200082

Abstract： Water supply and sewage treatment buildings have high requirements for crack control, and most of these structures are box shaped and thin-walled. Especially when using concrete structures, cracks are prone to occur. This article analyzes and elaborates on the causes and control measures of cracks from four stages: selection of concrete raw materials, mix design, construction process control, and later maintenance. Combined with construction practice in a certain water supply plant, targeted solutions are proposed for reference and reference.

Keywords： box shaped; thin-walled; concrete; cracks

一、工程概况

某城乡供水一体化项目，由于地处市郊，用地紧张，其清水池与絮凝沉淀池采用叠池结构，池体长104.55米，宽18.75米，高9.60米，共4个。其中下层清水池高5.65米，底板厚0.6米，中隔板厚度0.25米，池壁厚度0.30米；上层沉淀池高3.95米，底板厚0.35米，中隔板厚度0.25米，池壁厚度0.30米。根据地勘报告揭示的地质情况，絮凝沉淀清水池采用钢筋混凝土筏板基础，以粉质粘土层为持力层，地基承载力特征值 $f_{ak}=200\text{kPa}$ ，筏板基础与底板合并布置。设计图纸中要求池壁及底板采用内掺8%高性能混凝土膨胀剂补偿收缩混凝土，抗渗等级为P6，强度为C35。在满足混凝土强度等级和抗渗要求下，同时达到砼的限制膨胀率为I型，水中7d限制膨胀率大于等于0.035%，空气中21d限制膨胀率大于等于-0.015%。

由上可以看出，虽然该结构厚度达到0.3米，但该厚度远较长度、宽度为小，因此可认为薄壁结构。

混凝土是一种非均质脆性材料，其组成成分主要有粗细骨料、水泥、添加剂以及留存其中的气体和水。新拌混凝土在温度和湿度变化的条件下，硬化过程中会产生体积变形，各种材料的变形系数不一样，相互约束产生变形应力，造成在骨料与水泥石

接合面或水泥石本身之间出现肉眼看不见的微细裂缝，这种裂缝分布并不规则，也不连贯，但在外力作用或者温差，干缩等情况下，这种裂隙会进一步扩展进而相互贯通，少数贯通性裂缝会引起渗漏，从而影响水池质量。其中施工环境的温度是造成薄壁混凝土裂缝的重要因素，混凝土对温度变化的敏感度较高，当环境温度变化较快时，混凝土内部的应力和应变会变大；当夏季温度超过32℃时，混凝土中的水化热现象会明显加剧，混凝土内部的温度会快速升高，从而导致混凝土内外温差过大，混凝土表面容易出现裂缝。在冬季低温的环境下，混凝土容易受到冻融循环的影响，当混凝土表面存在水分时，这些水分在冻结时会膨胀，导致混凝土内部产生压力；当融化时，压力释放，导致混凝土表面出现微小的裂缝。这种反复的冻融过程会使裂缝逐渐扩大，从而导致裂缝的产生。根据以往施工经验，长墙薄壁结构所产生的温度和收缩变形在高度方向是自由的，但在纵向却受到底板的约束，在长墙承受降温 and 收缩作用时，必将产生缩短变形，受到底板的约束，引起拉应力，当拉应力超过抗拉强度时便引起开裂，这时裂缝方向永远垂直于拉应力方向，大多呈现为竖向裂缝，这种裂缝在靠近底板的位置较小，上部较大。^[1]

由上可以看出，导致水池出现裂缝的因素有很多，如水池的结构形状、伸缩缝位置设计，池体的长期收缩应力影响，水池不

作者简介：

陈文俊（1993.12—），男，安徽芜湖人，汉族，研究生，中级工程师，研究方向：水利、市政。

廖辉军（1979—），男，大学本科，高级工程师，研究方向：市政工程以及公路工程。

断的蓄水排水过程中池壁受到的压力交替变化,地基的不均匀沉降,混凝土水灰比浇筑振捣、后期养护,池体长期外露、不蓄水导致混凝土内水分蒸发,形成连通孔隙等,本文仅就混凝土水池施工阶段中池壁裂缝产生的原因进行分析与探讨,并在实践中总结出对应的解决办法,以供借鉴与参考。

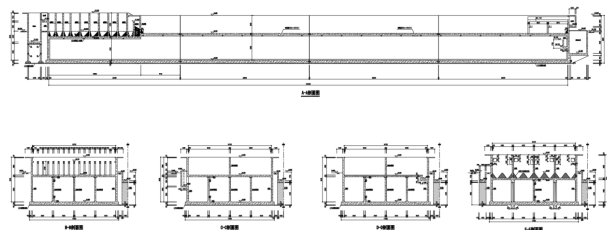


图1 纵横剖面图

二、混凝土配合比设计及原材料选择

池壁早期裂缝的产生,多由浇筑后混凝土内外温度不一以及后期混凝土表面收缩等原因产生,因此,在混凝土配合比设计时,选用低水化热水泥,并尽可能的降低水泥用量,是控制裂缝的有效方法之一。在满足强度等指标要求的前提下,选用低水化热水泥,降低水化热,控制混凝土内外温差。大量的文献研究及经验表明:低热硅酸盐水泥的水化热低,3d、7d水化热比中热水泥低15%~20%,而且水化放热平缓,峰值温度低。其早期强度较低,但后期强度增进率大,28d强度与硅酸盐水泥相当,3~6个月龄期强度高于硅酸盐水泥10~20Mp。水厂的建设周期长,水池结构完成后,还有设备安装调试等工作需要大量时间,这样就完全可以利用低热硅酸盐水泥后期强度高的特点,在配合比设计时,充分降低水泥用量,预留强度增加空间。既能降低水化热,保证质量;又能降低工程造价,达到经济性与实用性双赢的良好效果。^[2]

钢筋混凝土配筋率是影响混凝土抗裂的因素之一,素混凝土的抗裂能力很差,结构内部的拉应力会出现开裂现象,在素混凝土中增加钢筋能有效增强结构的抗变形能力,钢筋的抗拉性能强,可以分担混凝土的拉应力,有效阻止混凝土的变形,从而提高混凝土结构的抗拉性能,达到减少裂缝的作用。大量的文献研究及经验表明:混凝土中增加钢筋可以使其抗拉能力提高30%以上,且钢筋配筋率越高,钢筋直径越小,其抗拉性能越好,因此,在设计阶段,需要对混凝土结构进行合理配筋,特别是薄壁结构,还要进行配筋优化,从而提高薄壁结构的抗裂性能。

通过试验研究表明,薄壁结构混凝土的配筋宜尽量采取小直径、小间距的方式,钢筋配筋率不宜过高,当钢筋配筋率超过1%时,会造成钢筋的浪费,同时由于钢筋约束力过大,混凝土可能会因收缩而产生裂缝。本工程絮凝沉淀清水池池壁配筋设计图纸采用三级钢筋直径14mm、间隔150mm,经过参建各方同意,设计复核验算,优化后钢筋采用12mm的三级钢筋、间隔100mm,提高了钢筋配筋率,钢筋混凝土结构抗拉性能也提高了,减小了混凝土结构出现裂缝的风险。

在配合比设计时,还可掺入一定比例的粉煤灰并使用缓凝剂:掺入粉煤灰不仅可以进一步降低水泥用量,还使混凝土拌合过程中的需水量减小,从而降低混凝土早期干燥收缩,使混凝土密实性得到很大提高;另外粉煤灰中的微细颗粒均匀分布在水泥颗粒之中,能填充水泥颗粒间的空隙,改善胶凝材料的颗粒级配,进一步增加水泥胶体的密实度。缓凝剂延长了混凝土的凝结时间,让水泥硬化放热的过程趋于平稳缓和,利于降低养护过程中池壁混凝土的内外温差。而混凝土保持塑性时间的延长,也有利于混凝土浇筑尤其是池壁大方量混凝土浇筑过程中的质量控制^[3]。

还需要注意的是,混凝土掺合料很多时候存在不合格的问题,骨料的质量控制也容易被忽视,对原材料成分合格率进行分析,其中的骨料合格率无疑是最低,常出现级配不科学、含沙量过大等各类情况,因此必须给予充分关注。同样水泥用量的情况下,研究人员测试含泥量分别为0.3%、0.7%、1%、2%、4%时混凝土的性能。含泥量为0.3%时,28d抗折强度和抗压强度分别为5.3MPa和42.6MPa;当含泥量提高至4%时,抗折强度和抗压强度分别降为4.1MPa和35.6MPa。所以,砂石含泥量对混凝土的抗折和抗压强度均有较明显的不利影响。研究人员还发现,当含泥量从0%向2%增加时,混凝土的渗水高度不断升高,从76mm上升到124mm,但抗渗压力都不断降低,从0.9MPa下降到0.6MPa。因此,要控制水化热,进一步降低水泥用量,就要严格控制砂石的含泥量,要求进场的砂石必须清洁干净,必要时要求对砂石进行清洗满足含泥量要求后才能投入使用。

综上所述,混凝土原材料宜采用低收缩、低水化热水泥,粗骨料级配应连续、细骨料级配应合理,采用中砂,严格控制石子含泥量<1%,砂含泥量<3%,混凝土水胶比<0.5,坍落度不宜过大,采用泵送混凝土时,其坍落度宜控制在14~16cm以内^[4]。

三、施工过程控制

由于水池结构的特殊性,池壁的浇筑过程需要较长的时间,因此,若不设置合理的浇筑顺序、分段长度及分层高度等,后期就极容易在施工缝,接头等位置产生裂缝。在实际施工时,受现场作业条件、商品混凝土公司供应能力、现场作业班组的技术熟练程度等因素影响,稍有不慎就会出现因浇筑间隔时间过长,先浇筑的下层混凝土已开始初凝,才开始上层混凝土浇筑的情况。由于两次浇筑的混凝土不能充分相互充填搅拌均匀,拆模后可以发现明显的连续施工缝痕迹,不仅影响外观,在该结合面上也极易产生裂缝,渗水等质量问题。

以最长的一块池壁进行分析,长度104.55m,池壁厚度0.3m,纵向设置有3道伸缩缝,平均分段长度26m,下层池壁浇筑时,每段浇筑高度5m,每次浇筑量39m³。泵车每小时泵送能力为15m³,综合考虑混凝土的供应能力、现场的施工条件等因素,池壁浇筑时,混凝土的初凝时间宜控制在4小时左右,侧墙、池壁应分层浇筑,层厚300~400mm,混凝土落高不宜超过2.5m,超过2.5m应使用流槽或漏斗管,必要时还可适当延长混凝土初凝时

间,确保新旧混凝土结合致密,混凝土要振捣密实,在钢筋密集区域及倒角位置,可以预留振捣孔洞或布置平板震动器,确保混凝土结构密实。

施工过程中设置合理的混凝土保护层也能避免混凝土裂缝的出现,混凝土保护层能有效地保护混凝土表面免受外界环境的侵蚀和破坏,减少混凝土表面出现裂缝、脱落等现象。混凝土保护层厚度的设置根据混凝土结构的不同而不同。薄壁结构的混凝土保护层厚度不应小于20mm,在施工过程中,为保证混凝土保护层厚度,需设置混凝土保护层垫块,混凝土垫块间距不应大于1m;施工过程中要保证模板的严密性、稳定性,振捣时避免直接触碰到混凝土垫块,以免造成混凝土垫块脱落^[9]。

施工时还应该尽量减小自然环境温差,科学合理的安排混凝土浇筑时间,如在夏季时,尽量安排在温度相对较低的夜间施工,白天施工时应防止太阳曝晒,必要时采取临时遮盖措施,冬季则在白天浇筑,尽量避开在昼夜温差比较大的气候条件下进行池壁混凝土浇筑。

在混凝土浇筑完成后,有必要推迟拆模时间,尽量控制内外温差。池壁采用保湿较好的胶合板支模,在墙顶部设水管慢淋养护,拆模时间不小于5天,拆模后用温麻袋紧贴墙体覆盖,并浇水养护,保湿时间不小于14天。尤其在冬季施工时,底板混凝土浇筑完成后,表面要全覆盖保温,覆盖材料还要一直保持湿润状态;池壁在拆模后,混凝土表面也要保温覆盖,保温湿润;对于梁、顶板及悬挑结构,则要严格按照规范及设计要求,在混凝土达到要求的强度后才能拆除支撑。

四、易出现裂缝位置的加强措施

从原材料选择,配合比设计到混凝土浇筑、养护,在水池构筑的建造过程中,全过程进行科学严格的质量控制,拆模后,在

池壁,底板等位置均未发现裂缝。但在絮凝沉淀池进行满水试验时,还是发现在池壁的中间部位有竖向的渗水痕迹,表明局部位置仍然存在有细小裂缝,分析施工过程发现,虽然严格控制了分段、分层的高度、长度等参数,但由于浇筑时处于夏季高温季节,浇筑间过长,多个作业面的进度未能完全保持一致,此处裂缝正是两个作业面的最后交会位置,结合部位混凝土前后浇筑时间相差超过2小时,虽然先浇混凝土没有初凝,振捣时也特别注意了结合面位置的振捣质量,但最终该位置还是出现了裂缝。后续池壁浇筑时在预留结合面设置了一道金属止水带,避免了该现象再次发生^[9]。

在结构较厚的位置以及在应力较集中的位置,如池壁底部的倒角位置,结构的中间位置,转角位置等,也可以再增设一层细钢筋网片,避免出现混凝土表层收缩裂缝。

五、结论

通过对混凝土施工全过程进行控制,从原材料选择到混凝土浇筑养护:①混凝土配合比的控制,在混凝土中掺加一定量的具有减水、增塑、缓凝等作用的外加剂,改善混凝土拌合物的流动性、保水性,降低水化热,推迟热峰的出现时间。②合理安排混凝土浇筑时间、施工工序,分层、分块浇筑,以利于散热,减小约束。③加强混凝土的养护,增加洒水养护的次数,推迟拆模时间,避免过早阳光直射、干风吹袭,并适当延长混凝土的养护时间。通过以上方式可以降低混凝土水化热,减小混凝土内外温差,有效的控制了池壁裂缝的产生,保证了水池的成品质量。水池完工后,除最先施工的一块池壁局部有渗水现象外,其余各部位在满水试验时均未出现漏水渗水情况,池壁表层平整光滑,色泽一致,其余如抗压、抗折强度,表观质量等指标也均完全满足规范设计要求。

参考文献

- [1] 刘声远,孙颖,齐向阳.钢筋混凝土水池裂缝的分析与处理[J].辽宁工程技术大学学报,2007,(02):228-231.
- [2] 何益斌,肖阿林,卢利平,等.某工程水池池壁开裂原因分析及防治措施[J].四川建筑科学研究,2009,35(01):108-110.
- [3] 王春发.砂石含量对混凝土强度的影响[J].混凝土及建筑构件,1982,(01):37-41.
- [4] 李雯霞.砂中含泥量对混凝土性能的影响研究[J].粉煤灰,2015,27(03):33-35.
- [5] 刘岩.污水处理厂大面积薄壁混凝土抗裂技术研究[J].城市道桥与防洪,2016,(05):184-186+18.
- [6] 成千兵.薄壁混凝土裂缝产生原因及防治对策[J].建材发展导向,2023,21(16):63-66.