

水利工程渠道衬砌混凝土裂缝成因分析与防治技术研究

徐忠宝 杨超

荆州市城发工程设计咨询有限责任公司 湖北 荆州 434000

【摘要】：渠道衬砌属于水利输水工程的关键构筑物，混凝土衬砌因为具有防渗性好、结构稳定、使用寿命长等特点，在各种引水、灌溉水利工程中得到广泛应用。实际工程运行中由于地质条件、施工工艺、环境温度、材料性能等因素的影响，混凝土衬砌很容易产生不同程度的裂缝病害。裂缝不但会破坏渠道防渗结构，造成水资源的渗漏损失，还会降低衬砌结构的强度，加快冻融、冲刷侵蚀，缩短渠道工程的使用寿命，严重的还会造成边坡坍塌等安全问题。本文以水利渠道工程施工为基础，对渠道衬砌混凝土常见的裂缝类型进行梳理，从材料、施工、环境、设计、地基五个方面分析裂缝产生的主要原因，提出科学合理的裂缝防治技术，并给出裂缝后期处理修复的方法，提高渠道衬砌施工质量，保证水利工程的安全稳定运行，为同类水利渠道工程建设提供技术参考。

【关键词】：水利工程；渠道衬砌；混凝土裂缝；成因；防治技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.08.011

1 引言

水资源优化调配是水利工程建设的主要目的，渠道是水资源输送的主要通道，担负着农业灌溉、工业供水、生态补水等功能。传统的土质渠道渗漏量大、抗冲刷能力差，水资源利用率低，混凝土衬砌渠道可以有效地解决上述问题，减小渠系输水损失，提高输水效率。目前我国大中型输水渠道大多采用混凝土衬砌施工工艺，但是混凝土材料本身具有抗拉强度低、脆性大等特点，在施工和服役过程中容易产生裂缝病害。大量的工程实践证明，大多数渠道衬砌混凝土裂缝具有隐蔽性、多发性的特点，初期的细微裂缝很难被发现，随着时间的推移，裂缝会越来越宽，最终贯通，破坏衬砌的整体结构。病害不但会增大工程的维护费用，也会对区域水资源调配效率造成影响。为了切实提高渠道工程施工质量，减少裂缝病害的发生，对混凝土裂缝成因进行分析并提出相应的防治技术具有重要的工程实践意义。本文根据常规水利渠道工程施工经验，对裂缝诱因进行系统的分析，提出相应的防治技术措施，为渠道工程的长期稳定运行提供技术支持。

2 渠道衬砌混凝土常见裂缝类型及危害

2.1 常见裂缝类型

根据渠道工程现场检测结果，根据裂缝形态、分布位置和形成机理，可以将衬砌混凝土裂缝分为四类。一是干缩裂缝，多发生在混凝土浇筑完成初期，表面分布不规则，裂缝宽度小、深度浅，多为网状细纹，主要是由于混凝土水分迅速蒸发造成的。二是温度裂缝，温差变化是主要原因，昼夜温差、水化热升温都会造成混凝土内外收缩变形不一致，产生贯穿性或者表层裂缝，多为直线型，分布比较整齐。三是沉降裂缝，地基土体压实度不够、土质不均匀引起不均匀沉降，使衬砌结构受力变形，裂缝宽度大、延伸长，多为斜向或竖向裂缝。四外力裂缝，渠道运行时受到水流冲刷、边坡挤压、人为施工扰动等外

力的影响而产生，裂缝分布无规律，容易造成混凝土表层脱落破损。

2.2 裂缝主要危害

衬砌混凝土裂缝对渠道工程的破坏是逐步进行的。初期细微裂缝会造成混凝土的致密结构被破坏，外界的水分、腐蚀性物质很容易渗入到结构内部，造成混凝土碳化、骨料腐蚀，降低衬砌的耐久性。输水时水体经由裂缝渗漏，造成水资源的浪费，并且渗水还会使渠道地基土体变得软化，从而加重地基沉降变形。低温时裂缝内积水结冰膨胀，加大了裂缝的宽度和深度，反复冻融会造成衬砌起鼓、脱落、断裂等。长期病害的累积会造成衬砌结构稳定度降低，出现边坡滑移、渠道塌陷等安全事故，大大缩短工程的服役年限，加大后期维修加固的成本，影响水利工程正常的输水作业。

3 渠道衬砌混凝土裂缝成因分析

3.1 原材料材料因素

原材料质量控制不好，是造成混凝土裂缝产生的基础原因。水泥品种选择不当、强度等级不匹配，造成混凝土水化热过高、内部升温过快、内外温差大而产生温度应力引起开裂。骨料含泥量超标的、颗粒级配不合理的，泥土杂质会降低骨料和水泥浆的粘结强度，增大混凝土收缩变形量，产生干缩裂缝。拌合用水中含有的杂质过多，会干扰水泥的水化反应，使混凝土的密实度下降。外加剂选择不合理或者掺量控制不当，都会使混凝土的凝结硬化过程被打乱，导致凝固收缩不均，产生结构裂缝。另外，原材料存放管理不到位，水泥受潮结块、骨料混杂杂质等都会使混凝土综合性能下降，提高开裂概率。

3.2 施工工艺因素

施工流程控制不规范属于裂缝产生的主要人为原因。混凝土拌合阶段，拌合时间不够、配料比例不准确，都会造成混凝土拌合不均匀，内部结构密实度不一致，硬化后收缩变形不同，

从而产生裂缝。运输时混凝土静置时间过长,容易造成离析、泌水,二次搅拌不彻底会造成混凝土均匀性遭到破坏。浇筑作业时浇筑速度过快、分层厚度不合理,混凝土内部气泡不能完全排出,造成蜂窝空洞,后期受力易产生裂缝。振捣工序控制不好,漏振造成混凝土密实度不够,过振使骨料下沉、砂浆上浮,表层收缩量增大产生裂纹。

成型养护阶段问题十分严重,大部分施工现场存在着养护意识薄弱的现象。混凝土浇筑后没有及时覆盖保湿,表层水分迅速蒸发,内部水分扩散慢,内外收缩不一致产生干缩裂缝。养护时长不够、洒水频率不合理、高温天气无遮阳防护、低温天气无保温措施等都会使裂缝产生。施工接缝处粗糙,新旧混凝土结合面清理不彻底,粘结强度不够,容易产生贯通性施工裂缝。

3.3 自然环境因素

自然环境温度、湿度、气象变化都会对混凝土成型质量产生较大的影响。温度变化上,白天高温环境使混凝土表层水分蒸发快,内部水化热聚集,夜晚气温急剧下降,表层迅速降温收缩,内部降温缓慢,温差应力超过混凝土抗拉强度就会产生温度裂缝。北方地区四季温差大,冬季低温冻融反复造成裂缝不断增大,破坏衬砌结构完整性。在干旱少雨的环境下,空气湿度较低,混凝土水分流失速度快,干缩变形量大。大风天气会使表层空气流通加快,蒸发速度变快,造成表层网状裂缝。暴雨冲刷会造成未硬化混凝土表面出现破损、开裂现象,并且雨水渗透到地基当中,造成土体沉降变形,进而产生沉降裂缝。

3.4 结构设计因素

前期设计方案不合理的,会给结构上留有裂缝隐患。渠道断面设计参数控制不严,衬砌厚度太小,结构承载能力不够,不能抵抗地基变形、水流压力所产生的应力,容易造成开裂。伸缩缝、沉降缝布置间距不合适,缝宽和填充材料不符合施工要求,混凝土收缩形变没有缓冲空间,造成挤压裂缝。边坡坡度设计不合理,边坡土体自重应力过大,挤压衬砌结构造成变形开裂。部分设计方案没有考虑到工程所在地的地质、气候情况,忽略了冻融、渗透等环境因素的影响,缺少了防护结构的设计,从而降低了衬砌的抗裂能力。设计阶段的应力计算不精确,没有留出形变缓冲余量,造成后期结构受力失衡产生裂缝。

3.5 地基地质因素

地基是衬砌结构的承载基础,地质条件不稳定会导致沉降裂缝。施工前期地质勘察工作不到位,不能准确发现软弱土层、淤泥层、空洞等不良地质,地基处理方案针对性不够。地基土体压实度达不到要求,土质疏松空隙大,后期土体固结压缩,引起不均匀沉降。不同的区域土质差别很大,土体的压缩系数不一样,沉降量也存在差异,衬砌结构受到剪切应力的作用而产生裂缝。另外,地下水水位的升降会造成地基土体的软化,

土体的承载能力下降,地基形变不断变化,衬砌开裂的严重程度也会随之增大。部分渠道建在坡地、河滩上,边坡土体稳定性差,滑移挤压衬砌,造成斜向贯通裂缝。

4 渠道衬砌混凝土防治技术措施

4.1 严格管控原材料质量

优化原材料选型与质量管控,从源头降低裂缝发生率。根据渠道工程环境、施工条件选择适配的水泥,优先选用低水化热普通硅酸盐水泥,严格控制水泥强度等级、安定性指标,严禁使用受潮变质水泥。骨料选用坚硬洁净的碎石和中砂,严格检测含泥量、颗粒级配,含泥量控制在规范限值内,剔除杂质和软弱颗粒。拌合用水采用洁净的自来水,不得使用污染水。合理选择外加剂,根据施工温度、混凝土性能要求,准确控制掺加比例,改善混凝土流动性、抗收缩性。同时规范原材料的存放方式,分类堆放做好防潮防尘防护,进场前进行抽样检测,各项指标达到要求后方可使用。优化混凝土配合比,在保证强度的基础上,减少水泥用量,加入粉煤灰等掺合料,降低水化热,提高混凝土抗裂性。

4.2 优化现场施工工艺

严格按照施工流程、加强施工过程管控,防止施工人员为造成裂缝。拌合阶段使用自动化拌合设备,精确控制配料比例,合理设置拌合时间,保证混凝土拌合均匀。运输采用密闭运输车辆,控制运输时间,防止混凝土离析,出现泌水离析时及时进行二次搅拌。浇筑作业按分层浇筑、循序渐进的原则进行,控制浇筑厚度和浇筑速度,减少混凝土内部气泡的产生。使用专业振捣设备,匀速振捣,不漏振、不过振,保证混凝土密实度,振捣完成后及时抹平表层浮浆,消除表层收缩裂纹。

加强养护控制,编制分区分层养护方案。浇筑完成后4小时用土工布、保温薄膜进行覆盖,做好保湿防护。常温下每天定时浇水,保证表层湿润,养护时间不小于14天。高温天气避开正午高温时段施工,增加遮阳设施,减缓水分蒸发速度。寒冷天气做好保温防冻措施,防止混凝土开裂。规范施工接缝处理,对接缝处松散混凝土进行凿除清理,铺设水泥浆增强粘结强度,防止接缝裂缝。同时加大施工人员的技术培训力度,规范施工操作程序,实行质量巡查制,及时消除施工隐患。

4.3 适配环境优化施工方案

根据区域的自然环境变化,及时对施工方案进行调整,减少由于环境因素造成的不利影响。合理安排施工工期,北方地区选择不遇寒冷的冬季,南方地区避开高温、酷暑天气。昼夜温差大的地区施工后做好保温覆盖,减小混凝土内外温差,降低温度应力。大风干旱时增设防风围挡,加大洒水养护次数,减小表层水分蒸发。雨季施工提前做好排水设施,防止雨水冲刷未硬化混凝土,雨后检查地面积水,及时排水夯实,防止地基软化沉降。对冻融频繁区使用抗冻混凝土材料,改善衬砌结

构防护层,提高混凝土的抗冻耐久性。

4.4 优化工程结构设计

完善结构设计方案,提高衬砌结构抗裂性。设计前期做全面的地质勘察,根据地形、地质、气候条件确定渠道断面、衬砌厚度等参数,保证结构受力均衡。合理布置伸缩缝、沉降缝,根据混凝土收缩情况确定伸缩缝间距,采用柔性密封材料堵塞缝隙,留出变形缓冲空间。优化边坡坡度设计,减小不稳定边坡坡度,设置边坡防护结构,减小土体的挤压应力。对结构的应力进行精确计算,考虑地基沉降、水流压力、温度变形等因素的影响,改善结构配筋,提高混凝土的抗拉强度。对于特殊地质地段增加衬砌厚度、设置加固垫层来提高结构稳定,从设计上防止产生结构性裂缝。

4.5 强化地基处理管控

夯实地基基础,消除地基沉降造成的裂缝隐患。施工前对不良地质区进行勘察,对于软弱土层、淤泥层等,用换填法、夯实法进行处理,用优质砂石材料替换,提高地基承载力。采

用分层压实工艺处理地基,控制压实度,压实质量合格后方可进行衬砌施工。地下水水位高处设排水盲沟、排水管,减小地下水水位,防地基土体软化。坡地渠道加固边坡土体,用锚杆、护坡等防护措施提高边坡的稳定性,防止土体滑移对衬砌造成挤压。地基处理完毕后,对沉降数据进行定期检测,发现不均匀沉降及时采取加固措施,保证地基稳定。

5 结论

渠道衬砌混凝土裂缝是由材料、施工、环境、设计、地基等多种因素共同造成的,本文提出的防治技术从源头控制、施工改进、结构加强、地基加固、后期修复等各方面构成一个完整的防控体系。严格挑选原材料,改良配合比可以改善混凝土自身的抗裂性,规范施工流程,加强养护管理可以削减人为引发的裂缝,适应环境调整施工方案可以削减自然因素的影响,改良结构设计,夯实地基可以规避结构上的裂缝,差异化的修复技术可以高效地处理已经存在的裂缝。工程实例证明,这套防治技术是科学的、可行的,可以有效地降低裂缝的发生率,保证渠道工程施工质量。

参考文献:

- [1] 洪儒.渠道衬砌冻胀破坏性裂缝处理技术[J].水科学与工程技术,2021,(06):59-61.DOI:10.19733/j.cnki.1672-9900.2021.06.18.
- [2] 陈亮,汪在芹,肖承京,等.新型裂缝修补材料的制备及其在输水渠道工程中应用研究[C]//中国水利学会.中国水利学会2016学术年会论文集(下册).长江水利委员会长江科学院;国家大坝安全工程技术研究中心,;2016:628-632.
- [3] 李屹峰.试论水利施工中混凝土裂缝产生的原因及防治措施[J].中国水运(下半月),2015,15(18):221-222.
- [4] 朱斌.渠道混凝土裂缝分析及对应措施[J].甘肃农业,2014,(01):56-57.
- [5] 牛尚峰.浅析渠道衬砌混凝土裂缝的成因及控制要点[J].中国新技术新产品,2012,(02):49-50.