

大坝混凝土裂缝修补材料选择与施工工艺研究

赵普芳

维西傈僳族自治县水务局

DOI:10.32629/hwr.v9i11.6631

[摘要] 本文主要研究大坝混凝土裂缝修补问题,对修补材料的选择以及施工工艺进行详细的分析。阐述了大坝混凝土裂缝产生的原因,对不同类型修补材料的性能进行了分析,无机类、有机类都有涉及。同时对相应的施工工艺进行了详细的分析,比如表面封闭法、灌浆法等。目的是为实际工程中的大坝混凝土裂缝修补提供科学依据和技术支持,提高大坝的安全性、耐久性。

[关键词] 大坝混凝土; 裂缝修补; 材料选择; 施工工艺

中图分类号: TV331 **文献标识码:** A

Research on the Selection of Materials and Construction Techniques for Repairing Concrete Cracks in DAMS

Pufang Zhao

Water Affairs Bureau of Weixi Lisu Autonomous County

[Abstract] This paper mainly studies the problem of concrete crack repair in DAMS and conducts a detailed analysis of the selection of repair materials and construction techniques. The causes of concrete cracks in DAMS are expounded, and the performance of different types of repair materials is analyzed, covering both inorganic and organic types. At the same time, a detailed analysis was conducted on the corresponding construction techniques, such as surface sealing method, grouting method, etc. The aim is to provide scientific basis and technical support for the repair of concrete cracks in DAMS in actual engineering, and to improve the safety and durability of DAMS.

[Key words] dam concrete; Crack repair; Material selection; construction technology

引言

大坝是水利工程的重要组成,安全稳定十分重要。但是,在大坝混凝土施工及运行过程中,裂缝问题经常发生。裂缝不但会损害大坝的外观,还会降低大坝的抗渗性、耐久性、结构强度,危及大坝的安全运行。所以,对大坝混凝土裂缝进行及时有效的修补就显得尤为必要。合理选择修补材料,采用科学的施工工艺,是保证裂缝修补质量的重要步骤。本文主要研究大坝混凝土裂缝修补材料的选择和施工工艺。

1 大坝混凝土裂缝成因分析

1.1 温度变化

水泥在水化时会放出大量的热,使混凝土内部温度上升。混凝土表面散热快,内部温度高时,就会产生较大的温度梯度,产生温度应力。当温度应力大于混凝土抗拉强度的时候就会产生裂缝。大体积混凝土大坝施工中,由于混凝土体积大,内部热量不容易散发,温度应力问题更为突出。夏季高温时段施工时,混凝土浇筑后内部温度迅速升高,而表面受外界气温影响降温较快,容易产生表面裂缝;冬季施工时,混凝土内外温差也会导致

裂缝产生。

1.2 收缩变形

混凝土在硬化过程中会产生收缩,收缩有塑性收缩、干燥收缩、碳化收缩等。塑性收缩主要发生在混凝土浇筑之后,此时混凝土仍处于塑性状态,水分蒸发速度快,表面失水收缩被内部混凝土所约束,因而产生裂缝。干燥收缩是由于混凝土内部的水分逐渐蒸发,体积变小而引起的。碳化收缩是混凝土中的氢氧化钙与空气中的二氧化碳发生化学反应,引起体积收缩。收缩变形是大坝混凝土产生裂缝的一种原因,尤其当养护条件不好时,收缩裂缝就更加明显。

1.3 荷载作用

大坝在运行期间会受到坝体自重、上下游水压力、风荷载等常规荷载的作用,还会遭遇地震等突发性自然灾害带来的冲击荷载。如果大坝设计阶段荷载取值不合理、结构受力分析不全面,施工过程中混凝土浇筑质量把控不严、养护不到位,那么结构的承载能力就很难满足实际受力的需求,从而引发裂缝。水压力作用时间长,坝体会产生弯曲变形和剪切应力,局部应力大

于混凝土抗拉、抗剪强度极限的时候就会产生裂缝并逐渐扩大。地震等灾害产生的瞬时冲击力,会对大坝混凝土造成剧烈的扰动,容易产生新的裂缝,严重时还会造成坝体结构局部破坏,甚至造成整体失稳,危及大坝的安全运行。

1.4 地基不均匀沉降

大坝地基处理不当容易造成不均匀沉降。沉降会使大坝混凝土结构内部产生附加应力,当附加应力大于混凝土的抗拉强度时,结构就会出现裂缝,影响大坝的整体性、稳定性。地基不均匀沉降的诱因以及地质情况,与设计规划和施工品质相关联。部分坝址地质条件复杂,土层分布不均,承载力有差别,沉降隐患存在;基础设计如果没有充分考虑实际地质情况,参数选取不合理,就会造成地基受力不均;施工时,如果基础开挖、压实、加固等关键工序处理不当,也会引起后期沉降不均。软土地基区建大坝,软土的压缩性大、承载力小,如果不采取换填、夯实、桩基加固等有效措施改善地基性能,大坝运行时,地基在自重和水压力的作用下会逐渐产生不均匀沉降,最终造成混凝土结构开裂。

2 大坝混凝土裂缝修补材料选择

2.1 无机类修补材料

无机类修补材料以水泥基材料和灌浆料为主,由于其与大坝混凝土基材天然相容性好、耐久性优越,在裂缝修补中占有重要地位。其中水泥基材料是使用最广泛的基础修补材料,普通硅酸盐水泥使用最多,特别适合处理宽度较小的表层裂缝。施工时,将水泥和水按照一定的比例混合成均匀的水泥浆,均匀涂抹在裂缝表面及其周围区域,可以快速填充缝隙,形成紧密贴合的封闭层,有效阻止水分和有害物质进入。对于混凝土收缩容易造成的裂缝复发问题,微膨胀水泥等特种水泥具有特殊的优势,在水硬化时会形成一定的体积膨胀,可以弥补混凝土的收缩量,改善修补部位和原结构的结合紧密程度,从源头上减少裂缝再次出现的几率。灌浆料是针对较深、较宽的结构性裂缝设计的,具有高流动性、高强度等核心特点。施工时利用专业的压力灌浆设备,将调配好的灌浆料以一定的压力注入裂缝内,使灌浆料顺着裂缝网络充分渗透填充,直到完全饱满,最终与原混凝土结构形成完整的整体,大大提高了结构的整体性和耐久性,为大坝的承载安全提供可靠的保证^[1]。

2.2 有机类修补材料

有机类修补材料主要是环氧树脂、聚氨酯等,因其特有的物理力学性能,可以适用于不同的裂缝情况。环氧树脂由于粘结强度高、耐化学腐蚀性能好、收缩率小,成为多功能裂缝修补的首选材料,可以实现裂缝防渗封堵的同时对结构进行补强加固,适用于各种类型的裂缝处理。施工时应按比例混合环氧树脂和固化剂,保证环氧树脂和固化剂充分反应后再灌入裂缝,固化后形成的高强度粘结体可将裂缝紧密包裹,阻止水分、化学介质等侵蚀介质的渗入,提高裂缝处的承载力。聚氨酯材料以卓越的弹性和柔韧性脱颖而出,专为变形引起的裂缝设计,如大坝伸缩缝等容易因为结构变形而产生的裂缝。施工方式灵活,可以采用喷涂

形成表面密封层,也可以采用灌注填充裂缝内部,固化后形成的弹性密封结构可以随着混凝土结构的伸缩变形同步形变,避免因结构位移造成修补层开裂,持续发挥可靠的防渗作用,保证大坝防渗系统的完整性^[2]。

2.3 复合材料

复合材料依靠无机和有机材料的科学搭配,达到性能上的相互补充,成为大坝裂缝修补的一种新型高效材料。典型的代表为聚合物水泥基复合材料,在水泥基材料中掺入适量聚合物乳液,既保留了水泥材料的优良耐久性、结构稳定性,又融合了聚合物的高粘结性、柔韧性,解决了传统无机材料柔韧性不足、有机材料耐久性差的问题,适用于各种裂缝场景,大幅度提高修补效果的稳定性和长效性。以碳纤维布为代表的纤维增强复合材料,具有高强度、轻质的特性,在裂缝修补和结构加固两方面都起到了作用。施工时将碳纤维布用专用粘结剂粘贴到裂缝处,其高强度可以分担结构应力,提高裂缝处的承载力和抗裂性,轻质特性不会给结构增加额外荷载,适合对大坝大块受力部位的裂缝进行加固,为大坝结构安全再添一层保障^[3]。

3 大坝混凝土裂缝修补施工工艺

3.1 表面封闭法

表面封闭法是混凝土裂缝修补的基础工艺,主要用来修补宽度较小、深度较浅的裂缝。施工前应对裂缝表面进行彻底的清理,细致地清除掉附着在上面的灰尘、油污和松散物等杂质,这是保证修补材料与混凝土基体紧密粘结的前提条件。修补材料应根据裂缝的实际情况选择,常用的修补材料有水泥浆、环氧胶泥等粘结性较好的材料。施工时将材料均匀涂覆在裂缝表面,施工过程中要不断压实,保证材料可以完全填充裂缝缝隙,对于长度较长的裂缝可以采取分段施工的方式提高处理质量。涂抹完成后要重视养护环节,防止材料过早失水收缩开裂,保证粘结效果。该方法施工过程简单、操作容易、经济性好,能迅速完成裂缝表面封闭。但是要注意它的局限性,只能对裂缝表层起作用,不能处理内部隐患,对于较深的裂缝无法达到根治的效果^[4]。

3.2 灌浆法

灌浆法一般被用来处理深度较大、宽度较宽的裂缝。按灌浆材料不同分为水泥灌浆和化学灌浆。水泥灌浆一般用普通硅酸盐水泥或者特种水泥配制的水泥浆,利用压力设备将水泥浆注入裂缝内部。灌浆前应在裂缝表面设置灌浆孔和排气孔,灌浆孔间距根据裂缝宽度、深度来定。灌浆时要控制好灌浆压力和灌浆速度,不能压力过大造成裂缝扩大或浆液外溢。化学灌浆用环氧树脂、聚氨酯等有机材料,化学灌浆有较好的粘结性、可灌性,可以填充细小的裂缝。化学灌浆的施工工艺比较繁琐,要严密控制材料的配比以及施工环境的温度。灌浆完成之后要检查灌浆效果,如果发现有未填充饱满的地方,就要补灌^[5]。

3.3 填充法

填充法是修复宽度较大的裂缝最常用的有效方法,它的核心是在开槽填充后对裂缝进行加固、修复。施工初期要按照裂缝的实际状况,把裂缝凿扩成V形或者U形槽,给后续的填充材料

和原结构的稳固结合赋予足够的接触面积。开槽后要及对槽体进行清理,细致剔除槽内的松动混凝土碎屑及各种杂质,避免杂物影响填充材料的粘结性能和整体强度。填充材料的选择要符合修复要求,常用水泥砂浆、细石混凝土等,材料的强度等级不得低于原混凝土,保证修复后的结构性能与原结构一致。如果裂缝所处的环境有防水要求,可以在填充材料中掺入适量的防水剂,同时提高修复部位的防水性能。填充时对材料要充分振捣,保证材料密实,无空隙,不能因填充不实造成渗漏或者强度不足。填充完成后,应对表面进行精细平整处理,使修复面与周边混凝土表面自然衔接、高度平齐,既保证外观一致性,又进一步提高结构整体性。裂缝所在位置由于填充法的修复使承载能力增强,结构整体性、耐久性得到改善,构件的寿命得以延长^[6]。

3.4 结构加固法

当裂缝是由结构受力不足引起的,单做裂缝修补不能从根本上解决问题,必须同时进行结构加固以提高整体承载能力。目前工程中常用的加固技术有粘贴钢板加固和碳纤维布加固两种。粘贴钢板加固是用专用粘结剂将钢板粘贴在混凝土结构表面,使钢板与原结构共同受力,提高结构的承载能力。施工前对混凝土基面进行打磨、清理,去除浮浆、油污等杂质并修整平整;对钢板表面进行除锈、打磨糙化处理,提高接触面粗糙度,保证粘结牢固,为协同受力打下基础。碳纤维布加固利用碳纤维布良好的抗拉强度,将碳纤维布粘贴在结构受拉区域或者裂缝密集处,可以提升结构的抗裂性能,也能加强结构的整体承载能力。两类加固方法对施工工艺都有严格的要求,基面处理、粘结剂配制、材料粘贴、养护等各个环节都必须按规范的流程进行。因此必须由有资质的施工队伍来实施,通过控制施工质量来保证加固效果的可靠、耐久^[7]。

4 结论与展望

4.1 结论

通过大坝混凝土裂缝成因的分析,得知温度变化、收缩变形、荷载作用、地基不均匀沉降等是造成裂缝的主要原因。裂缝修补材料有无机类、有机类和复合材料,各有其优缺点,应根

据裂缝类型、宽度、深度等来合理选择。施工工艺上表面封闭法、灌浆法、填充法、结构加固法等均有其适用范围,应根据实际情况选择合适的施工工艺。合理选用修补材料、正确的施工工艺可对大坝混凝土裂缝进行有效的修补,提高大坝安全性、耐久性。

4.2 展望

随着材料科学以及施工技术的不断发展,大坝混凝土裂缝修补技术也会随之不断完善。一方面研发出性能更好的修补材料,如自修复材料,可以在裂缝产生之后自动修复,减少人工干预。另一方面施工工艺会更加智能化、自动化,施工效率和质量都会得到提高。用机器人做裂缝检测与修补施工,可以提高施工的准确性、安全性。并且对大坝混凝土的裂缝预防与监测也会更加重视,建立完善的监测系统,及时发现裂缝并采取相应措施,保证大坝长期安全运行。

[参考文献]

- [1]温金保,唐修生,黄国泓,等.磷酸镁水泥快速修补材料的性能试验[J].水利水电科技进展,2017,37(02):82-87.
- [2]尹昌宇,彭馨彦,刘建钊.带水施工修补材料研发及其在渗水路路面修补中的应用[J].中国建材科技,2023,32(05):56-59.
- [3]丁荣.水性环氧树脂修复材料路用性能研究[J].科学技术创新,2024,(14):83-86.
- [4]陈章龙.现浇钢筋混凝土楼板裂缝防控技术的应用[J].四川建材,2024,50(10):127-128+139.
- [5]顾少刚.建筑施工中混凝土裂缝的处理技术[J].建筑机械化,2024,45(08):115-118.
- [6]李绍军.混凝土结构工程裂缝控制修复技术[J].中国水泥,2024,(08):112-113+116.
- [7]陈聪.新建道路工程对既有隧道结构的安全影响分析[J].城市建筑空间,2025,32(S1):254-255.

作者简介:

赵普芳(1987--),女,藏族,云南维西县人,本科,副高级职称,研究方向:水利水电工程。