

HUNNINGTU QUEXIAN CHULI JISHU JI YINGYONG

马建革 潘志新 马伟 主编

混凝土缺陷处理 技术及应用



黄河水利出版社

混凝土缺陷处理技术及应用

马建革 潘志新 马 伟 主编

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书主要介绍了混凝土缺陷产生的原因、分类及检测评估标准;混凝土裂缝、破损的修补方法和修补施工工艺;混凝土结构渗漏产生的原因及部位、渗漏的调查和成因分析及处理判断,地下工程防水堵漏的施工工艺及效果检查;混凝土结构加固处理的方法(粘贴碳纤维布加固法、粘钢板加固法等);混凝土缺陷修补材料及检测方法。书中还结合工程实例,对混凝土缺陷(裂缝)处理、结构防水处理、结构加固处理等典型工程进行了分析。

本书可供各类建筑工程设计与施工管理人员及大中专院校相关专业的师生借鉴参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土缺陷处理技术及应用/马建革,潘志新,马伟
主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.6
ISBN 978-7-80734-570-1

I. 混… II. ①马…②潘…③马… III. 混凝土-
缺陷-处理 IV. TU755.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 015597 号

如发现书中有任何内容或印刷质量问题及提出出版建议,请联系:
马广州,0371-66023343, magz@yahoo. cn

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhsclbs@126. com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:11.25

字数:260 千字

版次:2009 年 6 月第 1 版

印数:1—2 000

印次:2009 年 6 月第 1 次印刷

定价:28.00 元

前 言

随着建筑科学研究与技术的发展,混凝土作为最重要和常用的建筑材料之一,被越来越多地用在水利、建筑和交通工程等基础设施的各类建筑物中。这些混凝土建筑物在不同的行业中发挥着重要的作用。但是由于混凝土施工条件所限、施工现场管理水平的差异,或者建筑物结构型的特殊,或者施工方法和施工工艺不一,或者建筑物长期服役、年久失修,都会造成混凝土存在裂缝、渗漏、强度不足等质量缺陷,严重时会造成建筑物的破坏与坍塌,危及人民生命财产安全。

为了建成优良的混凝土建筑物,减少质量问题,工程设计与建设者们殚精竭虑、如履薄冰,但往往还会由于种种原因而造成一些混凝土的质量缺陷。为了挽救和延长这些建筑物的生命,就需要对混凝土缺陷进行技术处理。本书在总结众多不同类型建筑物混凝土缺陷处理施工方法和经验的基础上,分析缺陷发生的机理与原因,并根据现行规范标准的要求编写而成。书中分门别类地介绍了行之有效的混凝土缺陷处理技术及应用。编者力求技术的通用性强、适用面广,以供建筑工程设计与施工管理人员及大中专院校相关专业的师生借鉴参考。

全书共分六章。

第一章主要介绍混凝土缺陷产生的原因、分类,混凝土裂缝处理加固的标准和混凝土缺陷的检测、评估,由马建革、马伟、曹光钊编写。

第二章主要介绍混凝土裂缝、破损的修补方法以及混凝土裂缝修补施工工艺,由马建革、潘志新编写。

第三章主要介绍混凝土结构渗漏产生的原因及部位、渗漏的调查和成因分析及处理判断、渗漏处理的原则和方法、地下工程防水堵漏材料的选择、地下工程防水堵漏的施工工艺、防水堵漏效果检查及出现问题的处理等技术,由马建革、潘志新编写。

第四章详细阐述混凝土结构加固处理的各种方法(如粘贴碳纤维布加固法、粘钢板加固法等),由马伟、黄炎、曹光钊编写。

第五章介绍混凝土缺陷修补材料及检测方法,由潘志新、陶鹃、曹钊编写。

第六章结合工程实例,对混凝土缺陷(裂缝)处理、结构防水处理、结构加固处理等典型工程进行介绍分析,由曹光钊、马伟、潘志新编写。

全书由马建革、潘志新、马伟、曹光钊统稿。

在书稿编撰过程中,编者参考了许多工程相关资料和有关专业书籍,在此对这些资料和书籍的作者表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,书中难免存在疏漏与不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

前 言

第一章 混凝土缺陷产生的原因和分类	(1)
第一节 混凝土缺陷产生的原因	(1)
第二节 混凝土缺陷的分类	(6)
第三节 混凝土建筑物裂缝处理加固的标准	(9)
第四节 混凝土缺陷的检测和评估	(12)
第二章 混凝土缺陷处理技术	(15)
第一节 裂缝的修补方法	(15)
第二节 混凝土破损修补方法	(18)
第三节 混凝土裂缝修补施工工艺	(19)
第三章 混凝土建筑物渗漏处理技术	(22)
第一节 混凝土建筑物渗漏水产生的原因及类型	(22)
第二节 渗漏现场调查	(23)
第三节 渗漏处理施工方法	(25)
第四节 地下工程防水堵漏材料的选择	(29)
第五节 地下工程防水堵漏的施工工艺	(32)
第六节 防水堵漏效果检查及出现问题的处理	(33)
第四章 混凝土结构加固处理技术	(34)
第一节 结构加固总则	(34)
第二节 裂缝修补技术	(38)
第三节 粘贴碳纤维布加固法	(40)
第四节 粘钢板加固法	(43)
第五节 外粘型钢加固法	(45)
第六节 种植钢筋(化学螺栓)锚固	(49)
第七节 增大截面加固法	(51)
第八节 外加预应力加固法	(52)
第九节 托梁拔柱加固法	(54)
第十节 增设支点加固法	(56)
第五章 修补材料及检测方法	(58)
第一节 表面修补材料	(58)

第二节	裂缝灌浆材料	(69)
第三节	结构加固类材料	(81)
第四节	试验方法	(102)
第六章	工程实例	(117)
第一节	混凝土缺陷(裂缝)处理典型工程	(117)
第二节	建筑结构防水处理典型工程	(134)
第三节	建筑结构加固典型工程	(149)
参考文献		(172)

第一章 混凝土缺陷产生的原因和分类

混凝土是一种由砂石集料、水泥、水及其他外加材料混合而形成的非均质脆性材料。由于混凝土施工过程、本身变形及其所受约束等一系列问题,硬化成型的混凝土中存在着众多的微孔隙、气穴和微裂缝,正是由于这些初始缺陷的存在使混凝土呈现出一些非均质的特性。混凝土建筑物因受荷载及温度变化等不利条件的影响,建成后往往带病工作,运行后有一个老化过程,因此需要精心检查、维护和修理,才能保证其安全运行。实践证明,许多预防老化的措施在规划设计阶段就应认真考虑并实施。

第一节 混凝土缺陷产生的原因

一、混凝土裂缝产生的原因

混凝土是一种抗拉能力很低的脆性材料,在施工和使用过程中,当温度和湿度发生变化或者地基产生不均匀沉降时,极易产生裂缝。裂缝的形式和种类很多,要从根本上解决混凝土中裂缝问题,还是需要从混凝土裂缝的形成原因入手。正确判断和分析混凝土裂缝的成因是有效控制和减少混凝土裂缝产生的最有效的途径。混凝土裂缝的产生主要有以下几个方面的原因。

(一) 结构设计方面

(1) 设计结构构件断面突变或因开洞、留槽引起应力集中,构造处理不当所产生的构件裂缝。

(2) 设计中对构件施加预应力不当,造成构件的裂缝(偏心、应力过大等)。

(3) 设计中构造钢筋配置过少或过粗等引起构件裂缝(如墙板、楼板)。

(4) 设计中未充分考虑混凝土构件的收缩变形。

(5) 设计中采用的混凝土等级过高,造成水泥用量过大,对收缩不利。

(6) 各种结构缝设置不当等容易导致混凝土开裂。

(二) 混凝土配合比设计方面

(1) 配合比中水灰比过大。

(2) 配合比设计中砂率、水灰比选择不当造成混凝土和易性偏差,导致混凝土离析、泌水、保水性不良,增大收缩值。

(3) 单方水泥用量越大,用水量越高,则水泥浆的体积越大,坍落度越大,收缩越大。

(三) 材料方面

(1) 粗细集料含泥量过大,造成混凝土收缩增大;集料颗粒级配不良容易增大混凝土的收缩,使混凝土产生裂缝。

(2) 集料粒径越细、针片含量越大,混凝土的用灰量、用水量就越大,且收缩量也增大。

(3) 混凝土外加剂、掺合料选择不当或掺量不当,严重增加混凝土的收缩。

(4) 水泥品种。矿渣硅酸盐水泥比普通硅酸盐水泥的收缩值大、粉煤灰及矾土水泥收缩值较小、快硬水泥收缩值大。

(5) 水泥等级及混凝土强度等级。水泥等级越高、细度越细、早强越高对混凝土开裂的影响越大。混凝土设计强度等级越高,混凝土脆性越大,越易开裂。

(四) 施工工艺方面

(1) 混凝土是一种人造混合材料,其质量好坏的一个重要标志是成型后混凝土的均匀性和密实程度。因此,混凝土的搅拌、运输、浇捣、振实各道工序中的任何缺陷和疏漏都可能是裂缝产生的直接或间接原因。

(2) 混凝土现场养护措施不到位,混凝土早期脱水,引起收缩裂缝。

(3) 模板构造不当,漏水、漏浆,支撑刚度不足,支撑的地基下沉过早。

(4) 在极端天气条件下施工,引起混凝土结构的开裂。

(5) 拆模等都可能造成混凝土开裂。在施工过程中,钢筋表面污染、混凝土保护层太小或太大,浇筑中碰撞钢筋使其移位等都可能引起裂缝。

(五) 环境因素

环境因素包括地基变形、温度变形、湿度变形、结构受荷、徐变、周围环境影响、意外事件、野蛮装修等方面。

1. 地基变形

在钢筋混凝土结构中,造成开裂的主要原因是地基的不均匀沉降。裂缝的大小、形状和方向决定于地基变形的情况,由于地基变形造成的应力相对较大,使得裂缝一般是贯穿性的。

2. 温度变形

混凝土具有热胀冷缩的性质,其线膨胀系数一般为 $1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 。当环境温度发生变化时,就会产生温度变形,由此产生附加应力,当这种应力超过混凝土的抗拉强度时,就会产生裂缝。在工程中,这类裂缝较常见,如现浇屋面板上的裂缝、大体积混凝土的裂缝等。

3. 湿度变形

混凝土在空气中结硬时,体积会逐渐减小,一般称为干缩。收缩裂缝较普遍,常见于现浇墙板式结构、现浇框架结构等,通常是由于养护不良造成的。混凝土的收缩值一般为 $0.2\% \sim 0.4\%$,其发展规律是早期快、后期缓慢。因此,对于超长的建筑物或构筑物,通常是参加微膨胀剂等,这样可从根本上解决混凝土的早期干缩问题。

4. 结构受荷

结构受荷后产生裂缝的因素很多,施工中和使用中都可能出现裂缝。

5. 徐变

混凝土徐变造成开裂或裂缝发展的例子在工程中也很常见。据文献记载,受弯构件截面混凝土受压徐变,可以使构件变形增大 $2 \sim 3$ 倍,预应力结构因徐变会产生较大的应力损失,降低了结构的抗裂性能。

6. 周围环境影响

酸、碱、盐等对构筑物的侵蚀引起裂缝。

7. 意外事件

火灾、轻度地震等引起构筑物的裂缝。

8. 野蛮装修

随意拆除承重墙或凿洞等引起裂缝。

裂缝是混凝土建筑物最普遍、最常见的病害之一。裂缝的发生往往是多种原因造成的,混凝土发生裂缝的主要原因见表 1-1。

表 1-1 混凝土建筑物裂缝发生的主要原因

大分类	中分类	小分类	编号	原因
A 材料	使用材料	水泥	A1	水泥的非正常凝结
			A2	水泥的水化热
			A3	水泥的非正常膨胀
		集料	A4	集料中含泥土
			A5	集料质量低劣
			A6	使用了反应性集料
	混凝土		A7	混凝土中的氯化物
			A8	混凝土的沉降及泌水
			A9	混凝土的干缩
B 施工	混凝土	拌和	B1	掺合料拌和不匀
			B2	搅拌时间过长
		运输浇筑	B3	泵送时改变了配合比
			B4	浇筑顺序不合适
			B5	浇筑速度太快
		振捣养护	B6	振捣不足
			B7	硬化前受到振动或加荷
			B8	初期养护时急骤干燥
			B9	初期冻害
		接打	B10	接打处理不当
	钢筋	配筋	B11	钢筋被扰动
			B12	保护层厚度不足
	模板	模板	B13	模板变形
			B14	漏水(模板漏浆或底部渗水)
			B15	过早拆模
		支撑	B16	支撑下沉

续表 1-1

大分类	中分类	小分类	编号	原因
C 使用环境	物理方面	温度和湿度	C1	环境温度和湿度的变化
			C2	构件两面的温度和湿度之差
			C3	反复冻融
			C4	火灾
			C5	表面加热
	化学方面	化学作用	C6	酸或盐类的化学作用
			C7	碳化引起的内部钢筋锈蚀
			C8	氯化物的浸入使内部钢筋锈蚀
D 结构及外力	荷载	永久荷载及长期荷载	D1	设计荷载之内的永久荷载及长期荷载
			D2	超过设计荷载的永久荷载及长期荷载
		动荷载及短期荷载	D3	设计荷载之内的动荷载及短期荷载
			D4	超过设计荷载的动荷载及短期荷载
	结构设计		D5	断面及钢筋用量不足
	支撑条件		D6	结构物的差异沉降
			D7	冻胀
E	其他			其他

二、裂缝的控制措施

裂缝的控制应从以下几个方面入手。

(一) 设计方面

(1) 建筑平面选型时在满足使用功能要求的前提下应力求简单。

(2) 设计中应尽量避免结构断面突变带来的应力集中,如因结构或造型方面等而不得已时,应充分考虑采用加强措施。

(3) 控制建筑物的长高比。建筑物的长高比越小,整体刚度越大,调整不均匀沉降的能力越强。

(4) 合理地调整各部分承重结构的受力情况,使荷载分布均匀,尽量防止受力过于集中。

(5) 减少地基的不均匀沉降。除前述的措施外,在基础设计中可以采取调整基础的埋置深度、不同的地基计算强度和不同的垫层厚度等措施来调整地基的不均匀变形。

(6) 适当加强基础的强度和刚度。

(7) 层层设置圈梁、构造柱,可以增加建筑物的整体性,提高砖石砌体的抗剪强度和抗拉强度,以防止或减少裂缝,即使出现了裂缝,也能阻止其进一步发展。

(8) 正确地设置沉降缝。沉降缝的位置和缝宽的选定应合适,构造要合理,可以和其结构缝合并设置。

(9)限制伸缩缝间距。对于体形复杂、地基不均匀沉降值大的建筑物更应严格控制,同样也可以和其他结构缝合并使用。

(10)部分窗台砌体应加强。对于宽大的窗台下部宜设置钢筋混凝土梁,以适应窗台的变形,防止窗台处产生竖直裂缝。

(11)积极采用补偿收缩混凝土技术。在常见的混凝土裂缝中,有相当部分都是由于混凝土收缩而造成的。要解决由于收缩而产生的裂缝,可在混凝土中掺用膨胀剂来补偿混凝土的收缩。

(12)重视对构造钢筋的认识。在结构设计中,设计人员应重视对构造钢筋的配置,特别是楼面、墙板等薄壁构件更应注意构造钢筋的直径和数量的选择。

(二)混凝土配合比设计

(1)配合比设计应依据施工现场的浇捣工艺、操作水平、构件截面等情况,合理地选择混凝土的设计坍落度。针对现场的砂石原材料质量情况及时调整施工配合比。

(2)配合比设计应采用低水灰比、低用水量,以减少水泥用量。

(3)选用级配优良的砂石原材料,含泥量应符合规范要求。

(4)配制混凝土时计量应准确,要严格控制水灰比和水泥用量,搅拌均匀,离析的混凝土必须重新拌匀后,方可浇筑。

(5)禁止任意增加水泥用量。

(三)材料选择

(1)水泥:应选用水化热较低的水泥,根据结构的要求选择合适的混凝土强度等级及水泥品种和等级,尽量避免采用早强高的水泥。

(2)粗集料:宜用表面粗糙、质地坚硬的石料,并应级配良好、空隙率小、无碱性反应;有害物质及黏土含量不超过规定。

(3)细集料:宜用颗粒较粗、空隙率较小、含泥量较低的中砂。

(4)外掺加料:宜采用减水剂等外加剂,以改善混凝土工作性能,降低用水量,减少收缩。

(5)积极采用掺合料和混凝土外加剂,可以明显地起到降低水泥用量、降低水化热、改善混凝土的工作性能和降低混凝土成本的作用。

(6)正确掌握好混凝土补偿收缩技术的运用方法。对膨胀剂应充分考虑到不同品种、不同掺量所起到的不同膨胀效果,应通过大量的试验确定膨胀剂的最佳掺量。

(7)钢筋品种、规格、数量的改变、代用,必须考虑对构件抗裂性能的影响。

(8)钢筋的位置要正确,保护层过大或过小都可能导致混凝土开裂,钢筋间距过大,容易引起钢筋之间的混凝土开裂。

(四)施工工艺

(1)混凝土浇筑时应防止离析现象,振捣应均匀、适度。

(2)混凝土养护:应按规范要求做好对新浇混凝土的养护工作,以保证混凝土在早期尽可能少产生收缩。主要是控制好构件的湿润养护,对于大体积混凝土,有条件时宜采用蓄水或流水养护。

(3)开挖基槽时,要注意不扰动其原状结构。

(4)加强地基的检查与验收工作,基坑开挖后,监理单位应及时通知勘察及设计单位到现场验收。对于较复杂的地基,设计单位在基坑开挖后应要求勘察单位补钻探,当探出有不利地质情况时,必须先对其加固处理,并经联合验收合格后,方可进行下一步施工。

(5)合理安排施工顺序。当相邻建(构)筑物间距较近时,一般应先施工较深的基础,以防基坑开挖破坏已建基础的地基。当建(构)筑物各部分荷载相差较大时,一般应先施工重、高部分,后施工轻、低部分。

(6)避免在雨中或大风中浇筑混凝土。

(7)对于地下结构混凝土,应尽早回填土方,这是对减少裂缝有利的措施。

(8)夏季应注意混凝土的入仓温度,采用低温入模、低温养护,必要时经试验可加入冰块,以降低混凝土原材料的温度。

(9)模板构造要合理,以防止模板各杆件间的变形不同而导致混凝土裂缝。

(10)模板和支架要有足够的刚度,防止在施工荷载(特别是动荷载)作用下,模板变形过大造成开裂。

(11)合理掌握拆模时机:若拆模时间过早,应保证早龄期混凝土不损坏或不开裂;但也不能太晚,尽可能不要错过混凝土水化热峰值。

三、混凝土碳化产生的原因

拌和混凝土时,硅酸盐水泥的主要成分 CaO 水化作用后生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$,它在水中的溶解度低,除少量溶于孔隙液中使孔隙液成为饱和碱性溶液外,大部分以结晶状态存在,成为孔隙液保持高碱性的储备,它的 pH 值为 12.5 ~ 13.5。空气中的 CO_2 气体不断地透过混凝土中未完全充水的粗毛细孔道,气相扩散到混凝土中部分充水的毛细孔中,与其中的孔隙液所溶解的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 进行中和反应。反应产物为 CaCO_3 和 H_2O , CaCO_3 溶解度低,沉积于毛细孔中。该反应式为: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。反应后,毛细孔周围水泥石中的氢氧化钙补充溶解为 Ca^{2+} 和 OH^- ,反向扩散到孔隙液中,与继续扩散进来的 CO_2 反应,一直到孔隙液的 pH 值降为 8.5 ~ 9.0 时,这层混凝土的毛细孔中才不再进行这种中和反应,此时即所谓的“已碳化”。确切地说,碳化应称为碳酸盐化。另外,凡是能与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 进行中和反应的一切酸性气体,如 SO_2 、 SO_3 、 H_2S 以至于气相 HCl 等,均能进行上述中和反应,使混凝土碱度降低,故混凝土碳化应广义地称为“中性化”。混凝土表层碳化后,大气中的 CO_2 继续沿混凝土中未完全充水的毛细孔道向混凝土深处气相扩散,更深入地进行碳化反应。碳化后的混凝土质地疏松,强度降低。

第二节 混凝土缺陷的分类

混凝土的缺陷主要分为以下五类:

- (1)混凝土的裂缝和层间缝;
- (2)止排水渗漏和排水堵塞;
- (3)混凝土表面缺陷(包括碳化、蜂窝、麻面、露筋、抹面层低强、气泡、砂线、错台等);
- (4)混凝土内部缺陷(主要是架空串漏);

(5)混凝土表面碳化。

混凝土建筑物裂缝分类有一般分类法和实用分类法两种。

一、一般分类法

(一)按裂缝深度不同分类

裂缝按深度不同可分为表层裂缝、深层裂缝和贯穿性裂缝。

(二)按裂缝开度变化分类

裂缝按开度变化可分为静止裂缝、活动裂缝和在发展裂缝。

(1)静止裂缝:形态、尺寸和数量均已稳定不再发展的裂缝。

(2)活动裂缝:宽度在现有环境和工作条件下始终不能保持稳定,易随着结构构件的受力、变形或环境温度、湿度的变化而时张、时闭的裂缝。

(3)在发展裂缝:长度、宽度或数量尚在发展,但经历一段时间后将会终止的裂缝。

(三)按裂缝产生的原因分类

裂缝按产生的原因可分为温度裂缝、干缩裂缝、钢筋锈蚀裂缝、超载裂缝、碱集料反应裂缝、地基不均匀沉降裂缝等。

(四)按裂缝类型分类

按裂缝类型分类见表 1-2。

表 1-2 按裂缝类型分类

裂缝类型			所分析的开裂原因
开裂时间	规律性	形态	
数小时至 1 d	有	网状 表层 贯通	B2, B3 A8, B2, B3, B5, B14, B16 B2, B3, B4, B10, B16
	无	网状 表层 贯通	B8 A1, B5, B7, B8, B13 B4, B10
数天	有	网状 表层 贯通	A2, B15, D5 A2, B16
	无	网状 表层 贯通	A4, B9 B7, B9
数十天以上	有	网状 表层 贯通	A9, B2, B3 A7, A9, B2, B3, B11, B12, C1, C2, C7, C8, D1, D3, D5 A9, B2, B3, B4, B10, C1, C2, C4, C5, C6
	无	网状 表层 贯通	A3, A4, A6, B1, B9, C3, C4, C5, C6 A3, A4, A5, A6, B6, B9, C3, C4, C5, C6, D7 B4, B10

(五) 根据设计图、计算书等区分裂缝

根据设计图、计算书等区分裂缝见表 1-3。

表 1-3 根据设计图、计算书等区分裂缝

混凝土的 变形因素	与裂缝有 关范围●	所分析的开裂原因
收缩性★	材料	A1, A2, A4, A9, B1, C1, C3, C4, C5
	构件	A2, A9, B2, B3, B8, B14, B15, C1, C2, C3, C4, C5
	结构物	A9, B2, B3, B8, B15, C1, C4, C5
膨胀性▲	材料	A3, A5, A6, B1, C1, C3, C4, C5, C6
	构件	A7, B1, C1, C2, C3, C4, C5, C7, C8
	结构物	A7, C1, C4, C5
沉降、弯曲、 剪切等	材料	A5, A6, C1
	构件	A8, B4, B5, B6, B7, B9, B10, B11, B12, B13, B16, C1, C2, D1, D2, D3, D4, D5, D7
	结构物	B6, C1, D1, D2, D3, D4, D6

注:表中★表示产生裂缝部位出现收缩现象。

表中▲表示产生裂缝部位出现膨胀现象。

表中●表示材料:需要根据材料分析开裂原因(以混凝土为主);构件:需要根据构件分析开裂原因(梁、柱、墙、板);结构物:需要根据结构物整体分析开裂原因(包括屋顶、基础在内)。

(六) 根据混凝土配合比区分裂缝

根据混凝土配合比区分裂缝见表 1-4。

表 1-4 根据混凝土配合比区分裂缝

混凝土条件	所分析的开裂原因
富配合比	A2, A6, A9
贫配合比	A8, C3, C6, C7, C8

(七) 根据浇筑混凝土时气象条件分类

根据浇筑混凝土时气象条件分类见表 1-5。

表 1-5 根据浇筑混凝土时气象条件分类

施工时的气象条件	所分析的开裂原因
高温	A2, B2, B8, B10
低温	B9
低湿	A5, A9, B8

二、实用分类法:葛洲坝工程裂缝分类评判标准(长办枢纽处制定)

(一) 大体积混凝土

(1) I 类,即龟裂或细微裂缝。一般表面缝宽 $\delta \leq 0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$, 裂缝深 $h \leq 30 \text{ cm}$ 。

(2) II类,指表面(浅层)裂缝。一般 $\delta \leq 0.2 \text{ mm}$, $h \leq 1 \text{ m}$ 。

(3) III类,指深层裂缝。 $\delta \leq 0.2 \sim 0.4 \text{ mm}$, $h = 1 \sim 5 \text{ m}$, 且 $h < 1/3$ 坝块宽度,缝长 $L > 2 \text{ m}$ 。

(4) IV类,即贯穿或基础贯穿裂缝。平面贯穿全仓(或一个坝块),缝深超过两个浇筑层,侧(立)面 $L > 10 \text{ m}$ 、 $h > 5 \text{ m}$ 或 $h > 1/3$ 坝块宽度。若从基础向上开裂且平面贯通全仓,则称之为贯穿裂缝。

(二) 钢筋混凝土

参考葛洲坝工程的实际情况,常年处于水下的钢筋混凝土结构的裂缝分为以下四类:

(1) I类,即 $\delta \leq 0.2 \text{ mm}$ 的裂缝。

(2) II类, $0.2 \text{ mm} < \delta < 0.4 \text{ mm}$ 的裂缝。

(3) III类, $\delta \geq 0.4 \text{ mm}$, 且 $h < 1/2$ 结构厚度的裂缝。

(4) IV类,构件基本贯穿,且 $h \geq 1/2$ 结构厚度的裂缝。

第三节 混凝土建筑物裂缝处理加固的标准

一、水工混凝土

裂缝产生后是否需要进行处理,要看裂缝发生部位的重要程度、裂缝是稳定的还是仍在发展变化、裂缝的深度、裂缝发生后的危害,并结合工程实际,全面研判后决定。对于危害性裂缝和重要部位的裂缝无疑是必须进行处理的,对于一般表面裂缝(如龟裂)除属于重要部位(如过流面或高速水流区)外,一般不必处理或仅进行表面处理即可。

《混凝土坝养护修理规程》(SL 230—1998)对裂缝修补与补强加固的判断作以下规定:对于混凝土结构,从耐久性或防水性判断是否需要修补时,应将现场调查测得的裂缝宽度与表 1-6 对比,进行判断。

表 1-6 钢筋混凝土结构需要修补的裂缝宽度

环境类别条件	按耐久性要求(mm)		按防水性要求(mm)
	短期荷载组合	长期荷载组合	
一	>0.4	>0.35	>0.10
二	>0.3	>0.25	>0.10
三	>0.25	>0.20	>0.10
四	>0.15	>0.10	>0.05

注:1. 环境类别条件。一类:室内正常环境;二类:露天环境、长期处于地下或水下的环境;三类:水位变动区或有侵蚀性地下水的地下环境;四类:海水浪溅区及盐雾作业区,潮湿并有严重侵蚀性介质作用的环境。

2. 大气区与浪溅区的分界线为设计最高水位加 1.5 m;浪溅区与水位变动区的分界线为设计最高水位减 1.0 m,水位变动区域水下区的分界线为设计最低水位减 1.0 m;雾盐作用区为离海岸线 500 m 范围内的区域。

3. 冻融比较严重的三类环境条件的建筑物,可将其环境类别提高为四类。

(1) 对于大坝上游面、廊道和坝下游渗水裂缝应判断为需要修补和加固。

(2) 对于坝顶和坝下游不渗水裂缝,经研究后再判断是否需要修补。

(3) 裂缝开裂处局部脱落、剥离、松动已威胁人和物的安全,应判断为需要修补。

(4) 根据裂缝开裂原因分析构件的承载能力可能下降时,必须通过计算确定构件开裂后的承载能力,以判断是否需要补强加固。

二、裂缝修补标准(以葛洲坝工程为例)

(1) 大体积混凝土和钢筋混凝土的Ⅲ类、Ⅳ类裂缝必须处理;Ⅰ类裂缝除抗冲耐磨区外,一般不处理;Ⅱ类裂缝则视所在部位而定,通常仅进行浅层化学灌浆和表面保护。

(2) 大体积混凝土 $\delta > 0.2 \text{ mm}$,无缝深资料者,视为深层裂缝(Ⅲ类)处理。

(3) 钢筋混凝土 $\delta > 0.2 \text{ mm}$,视为超过允许开度,有可能造成钢筋锈蚀,必须处理。

(4) 位于有抗冲耐磨要求部位的裂缝,缝口应采取保护措施。

上述标准中的(1)、(2)两项在实际工程中,不宜笼统套用“0.2 mm”的标准,可将混凝土结构划分为若干小区,分别采用不同的标准。

三、混凝土表面破损评定标准

(一) 建筑物破损

对于混凝土表面的蜂窝、麻面、冲蚀坑等表面不密实现象,可直接以肉眼观测;而内部架空则需通过钻孔及相应的检查手段(压水、注水、压风等)或物探手段才能判明。至于判定标准,除明显可观测到的外,国内目前尚无统一标准。在实际工程中,可根据工程的规模和重要性,制定检查项目和判定标准,现列举葛洲坝工程的标准。

建筑物混凝土内部缺陷判定标准见表 1-7。

表 1-7 建筑物混凝土内部缺陷判定标准

检查方法	适用钻孔类型	检查技术要求	检查成果	缺陷标准	
				I	II
压水	机钻孔	一般控制孔口压力为 0.1 MPa,自上而下,边钻进边压水,段长与事故层相应,一般为 2~5 m,稳定标准为 30 min 内 $Q_{\max} - Q_{\min} \leq 15\% Q_{\text{cp}}$ (Q 为漏水率, L/min)	单位吸水率 (L/(min·mm))	$\omega > 0.01$	
			漏水率(L/min)	$\omega > 0.1$	
			总进水量(L,去孔容)	甚多	$\geq 6^*$
注水	风钻孔(干孔)	控制注水总量不大于孔容加 15 L,观测 15 min	总注水量(L,去孔容)	甚多	$> 6^*$
			漏水率(L/min)	$\omega > 0.1$	
抽水	风钻孔(湿孔)或机钻孔	风钻孔不分段、机钻孔分段同压水,从孔口抽水至水位下降到距孔底 0.5 m,计入抽水量;之后每隔 5~10 min 抽水至同样深度,计算孔内涌水量;每孔(段)历时不少于 1 h	总抽水量(L,去孔容)	甚多	$> 6^*$
			涌水率(L/min)	$\omega > 0.1$	

续表 1-7

检查方法	适用钻孔类型	检查技术要求	检查成果	缺陷标准	
				I	II
压风	漏水严重的机钻孔、风钻孔	所用风压根据结构厚度确定,严防抬动,一般孔口压力控制在 $0.5 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^5$ Pa,压风时间不大于 15 min,在怀疑串漏部位贴纸或刷肥皂水,以利于直观检查,并注意有无回风	串漏范围	大	不串
			漏风量(进风量)	大	甚小
仪器	不用打孔	按仪器操作要求进行	缺陷范围大小		

注: * 表示孔深为 5 ~ 10 m 的钻孔的指标,孔深大于 10 m 时,依次类推。

(二) 混凝土表面剥蚀评定标准

混凝土表面剥蚀程度分为 6 个级别,见表 1-8。

表 1-8 混凝土表面剥蚀程度分级标准

级别	评定标准	级别	评定标准
0 级	表面完好无损	3 级	表面砂浆剥落深度大于 5 mm,石子局部外露
1 级	表面砂浆轻微剥落,但表面仍保持平整	4 级	表面砂浆全部剥落,石子大面积外露
2 级	表面砂浆剥落深度约 3 mm 或形成明显麻面	5 级	石子大面积外露,表面石子松动

(三) 混凝土渗漏评定标准

混凝土建筑物防水处理的标准参照地下工程防水等级和标准,见表 1-9。

表 1-9 地下工程防水等级和标准

防水等级	标准
I 级	不允许渗水,围护结构和内衬结构表面无湿渍
II 级	不允许漏水,围护结构和内衬结构可有少量偶见湿渍,总湿渍面积不应大于总防水面积的 6%;任意 100 m ² 防水面上的湿渍不超过 4 处,单个湿渍面积不大于 0.2 m ²
III 级	有少量漏水点,不得有线流和漏泥沙,任意 100 m ² 防水面上漏水点不超过 8 处,单个漏水点最大漏水量不大于 3 L/d,单个湿渍的最大面积不大于 0.4 m ²
IV 级	有漏水点,不得有线流和漏泥沙,整个工程平均漏水量不大于 2 L/(m ² · d);任意 100 m ² 防水面积的平均漏水量不大于 4 L/(m ² · d)