

HUNNINGTU
混凝土结构设计施工实用丛书

混凝土结构 加固设计与施工

HUNNINGTU JIEGOU JIAGU SHEJI YU SHIGONG

主编 李殿平



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

013028521

TU37
84

混凝土结构设计施工实用丛书

混凝土结构加固设计与施工

HUNNINGTU JIEGOU JIAGU SHEJI YU SHIGONG

主编 李殿平



TU37
84



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS



北航

C1634981

内 容 提 要

本书以最新国家标准为依据进行编写,内容共分为6章,即混凝土结构损伤影响因素、混凝土结构检测技术、混凝土结构鉴定、混凝土结构加固设计与计算、钢筋混凝土结构抗震加固、混凝土结构加固施工。

本书具有较强的实用性和操作性,可作为混凝土结构加固工程的设计人员、施工人员及研究人员的学习参考用书,也可供高校土建专业师生阅读使用。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构加固设计与施工/李殿平主编. —天津:天津
大学出版社,2012. 11
(混凝土结构设计与施工实用丛书)
ISBN 978-7-5618-4577-6

I. ①混… II. ①李… III. ①混凝土结构-加固②混
凝土结构-混凝土施工 IV. ①TU370.2②TU755

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 317050 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 天津泰宇印务有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 15
字 数 374 千
版 次 2012 年 11 月第 1 版
印 次 2012 年 11 月第 1 次
定 价 30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

编 委 会

主 编 李殿平

参 编 (按姓氏笔画排序)

马 田 王健宫 白雪影 白雅君

刘 平 江 潮 许 琪 杨 杰

宋春亮 张 超 李 楠 赵志宏

赵明智 胡 畔 温晓杰

前 言

在我国的建筑工程结构中,混凝土结构的应用越来越广泛。结构用途改变、荷载增加、自然灾害作用、设计存在失误或标准较低、施工质量差、环境侵蚀及维护不善、老化等问题的存在,使既有的结构承载力不足或使用功能不能满足要求。为了改善这些结构的使用性能,提高结构抗力,延长其服务年限,需要对现有结构的作用效应、结构抗力及相互关系进行检测、鉴定与评价,并在科学鉴定的基础上,对结构进行补强加固或维修改造。因此,各种混凝土结构加固修复技术应运而生,并不断发展。目前常用的结构加固方法主要有增大截面加固法、置换混凝土加固法、外加预应力加固法、外粘型钢加固法等。

随着现代经济的高速发展和生活水平的不断提高,旧有的建筑结构加固工程设计施工规范已不能满足人们对建筑的数量、质量和使用功能提出的越来越高的要求。因此,我们依据最新建筑结构加固工程设计施工规范编写了《混凝土结构加固设计与施工》一书。本书结构清晰,从混凝土结构损伤的影响因素入手,分别介绍了混凝土结构检测技术、混凝土结构鉴定、混凝土结构加固设计与计算、钢筋混凝土结构抗震加固以及混凝土结构加固施工等内容。

本书力求做到简洁易懂、全面丰富,为广大读者提供最大的帮助。但由于作者水平有限,书中难免有不妥当或不成熟之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者
2012年8月

目 录

第1章 混凝土结构损伤影响因素	(1)
1.1 混凝土强度不足	(1)
1.1.1 原材料质量差	(1)
1.1.2 混凝土配合比不当	(2)
1.1.3 混凝土施工工艺存在问题	(2)
1.1.4 缺乏良好的养护	(3)
1.1.5 低温的影响	(3)
1.1.6 混凝土缺陷的影响	(3)
1.1.7 其他原因	(4)
1.2 混凝土结构裂缝	(4)
1.2.1 混凝土结构产生裂缝的原因	(4)
1.2.2 裂缝危害性评定	(6)
1.2.3 裂缝的控制标准	(7)
1.2.4 混凝土结构裂缝修补的设计要求	(8)
1.2.5 混凝土结构裂缝修补方法	(9)
1.2.6 混凝土结构构件常见裂缝及处理措施	(13)
1.3 混凝土碳化	(16)
1.3.1 混凝土碳化影响因素	(16)
1.3.2 混凝土碳化深度预测	(18)
1.3.3 减小混凝土碳化措施	(19)
1.4 混凝土钢筋腐蚀	(20)
1.4.1 钢筋腐蚀主要影响因素	(20)
1.4.2 钢筋腐蚀的预防措施	(22)
1.5 化学介质对混凝土的腐蚀	(23)
1.5.1 化学介质腐蚀的类型	(23)
1.5.2 化学介质腐蚀的预防措施	(24)
1.6 混凝土碱集料反应	(25)
1.6.1 碱集料反应类型	(25)
1.6.2 碱集料反应主要影响因素	(26)
1.6.3 碱集料反应预防措施	(26)
1.7 混凝土的冻融破坏	(27)
1.7.1 混凝土抗冻性主要影响因素	(27)
1.7.2 提高混凝土抗冻性措施	(28)

第2章 混凝土结构检测技术	(30)
2.1 混凝土结构的检测要求	(30)
2.2 混凝土强度检测	(37)
2.2.1 回弹法	(37)
2.2.2 钻芯法	(40)
2.2.3 超声波法	(42)
2.2.4 拔出法	(44)
2.2.5 综合法	(44)
2.3 混凝土裂缝检测	(45)
2.3.1 裂缝宽度检测	(45)
2.3.2 裂缝深度检测	(46)
2.3.3 裂缝扩展检测	(47)
2.4 混凝土内部缺陷检测	(48)
2.4.1 两次浇筑的混凝土之间黏合质量检测	(48)
2.4.2 表面损伤层检测	(49)
2.4.3 混凝土内部不密实区和孔洞的检测	(50)
2.4.4 混凝土碳化深度检测	(51)
2.4.5 钢筋位置及保护层厚度检测	(51)
2.4.6 钢筋锈蚀程度检测	(52)
2.5 钢筋混凝土结构火灾后的检测	(54)
2.5.1 火灾温度的估算	(54)
2.5.2 火灾温度的实际判定	(55)
2.5.3 火灾后混凝土结构的综合评定	(57)
2.6 结构构件变形检测	(59)
2.6.1 梁、板跨中变形检测	(59)
2.6.2 墙、柱和建筑物倾斜检测	(59)
2.7 结构性能检验的荷载试验法	(60)
2.7.1 挠度和裂缝宽度检验	(60)
2.7.2 抗裂检验	(63)
2.7.3 承载力检验	(64)
2.8 建筑物倾斜和沉降观测	(65)
2.8.1 建筑物倾斜观测	(65)
2.8.2 建筑物沉降观测	(65)
第3章 混凝土结构鉴定	(68)
3.1 混凝土结构鉴定概述	(68)
3.1.1 混凝土结构鉴定的分类及适用范围	(68)
3.1.2 混凝土结构鉴定的程序及内容	(69)
3.2 混凝土结构构件安全性鉴定	(74)
3.3 混凝土结构构件正常使用性鉴定	(76)

3.4 混凝土结构子单元安全性鉴定	(78)
3.4.1 地基基础	(78)
3.4.2 上部承重结构	(81)
3.4.3 围护系统承重部分	(83)
3.5 混凝土结构子单元正常使用性鉴定评级	(84)
3.5.1 地基基础	(84)
3.5.2 上部承重结构	(84)
3.5.3 围护系统	(86)
3.6 混凝土结构鉴定单元安全性和使用性评级	(87)
3.7 混凝土结构建筑物可靠性评估	(88)
3.8 混凝土结构建筑物危险性鉴定	(91)
3.8.1 鉴定前的准备与评定方法	(91)
3.8.2 构件危险性鉴定	(91)
3.8.3 建筑物危险性鉴定	(92)
第4章 混凝土结构加固设计与计算	(95)
4.1 增大截面加固法	(95)
4.1.1 特点及适用范围	(95)
4.1.2 构造要求	(95)
4.1.3 受力特征分析	(97)
4.1.4 使用阶段钢筋应力的计算及控制	(99)
4.1.5 加固计算	(99)
4.2 置换混凝土加固法	(105)
4.2.1 特点及适用范围	(105)
4.2.2 构造要求	(106)
4.2.3 加固计算	(106)
4.3 外加预应力加固法	(109)
4.3.1 特点及适用范围	(109)
4.3.2 构造要求	(109)
4.3.3 预应力梁、板的加固方法	(112)
4.3.4 预应力梁加固计算	(114)
4.3.5 预应力桁架加固计算	(119)
4.3.6 预应力柱加固计算	(120)
4.4 外粘型钢加固法	(123)
4.4.1 加固特点	(123)
4.4.2 构造要求	(123)
4.4.3 加固计算	(125)
4.5 粘贴纤维增强复合材料加固法	(130)
4.5.1 特点及适用范围	(130)
4.5.2 构造要求	(131)

4.5.3	材料要求	(135)
4.5.4	加固计算	(135)
4.6	粘贴钢板加固法	(144)
4.6.1	特点及适用范围	(144)
4.6.2	构造要求	(145)
4.6.3	结构胶性能	(147)
4.6.4	钢板的受力分析	(148)
4.6.5	加固计算	(148)
4.7	增设支点加固法	(155)
4.7.1	构造要求	(155)
4.7.2	加固计算	(157)
4.8	钢丝绳网片外加聚合物砂浆面层加固法	(160)
4.8.1	注意事项	(160)
4.8.2	构造要求	(160)
4.8.3	加固计算	(161)
4.9	高性能复合砂浆钢筋网加固法	(165)
4.9.1	构造要求	(165)
4.9.2	加固计算	(168)
第5章	钢筋混凝土结构抗震加固	(177)
5.1	钢筋混凝土结构抗震加固基本原则	(177)
5.1.1	现有建筑抗震加固的基本要求	(177)
5.1.2	建筑抗震加固技术及选择	(178)
5.1.3	抗震加固材料要求	(181)
5.2	钢筋混凝土结构抗震鉴定原则	(182)
5.3	多层及高层钢筋混凝土房屋抗震加固	(184)
5.3.1	加固方法	(184)
5.3.2	加固设计与施工	(185)
第6章	混凝土结构加固施工	(192)
6.1	加固施工的基本要求	(192)
6.1.1	施工准备	(192)
6.1.2	施工组织及人员	(193)
6.1.3	工程质量验收	(193)
6.2	增大截面加固法施工	(196)
6.2.1	施工方法	(196)
6.2.2	施工质量检验与验收	(197)
6.3	置换混凝土加固法施工	(200)
6.3.1	施工方法	(200)
6.3.2	施工质量检验与验收	(201)
6.4	外加预应力加固法施工	(203)

6.4.1 施工方法	(203)
6.4.2 施工质量检验与验收	(203)
6.5 外粘型钢加固法施工	(205)
6.5.1 施工方法	(205)
6.5.2 施工质量检验与验收	(206)
6.6 粘贴纤维复合材料加固法施工	(209)
6.6.1 施工方法	(209)
6.6.2 施工质量检验与验收	(210)
6.7 粘贴钢板加固法施工	(212)
6.7.1 施工方法	(212)
6.7.2 施工质量检验与验收	(214)
6.8 钢丝绳网片外加聚合物砂浆面层加固法施工	(216)
6.8.1 施工方法	(216)
6.8.2 施工质量检验与验收	(216)
6.9 高性能复合砂浆钢筋网加固法施工	(219)
6.9.1 施工方法	(219)
6.9.2 施工质量检验与验收	(220)
参考文献	(225)

第1章 混凝土结构损伤影响因素

1.1 混凝土强度不足

导致混凝土强度不足的常见因素主要包括以下方面。

1.1.1 原材料质量差

1. 水泥质量不良

(1) 水泥实际活性(强度)低。常见的有两种情况:①水泥出厂质量差,而在实际工程中应用时,又在水泥 28 d 强度试验结果未测出前,先估计水泥强度等级配制混凝土,当 28 d 水泥实测强度低于原估计值时,就会造成混凝土强度不足;②水泥保管条件差或贮存时间过长,造成水泥结块、活性降低,从而影响混凝土强度。

(2) 水泥安定性不合格。水泥安定性不合格的主要原因是水泥熟料中含有过多的游离氧化钙或游离氧化镁,有时也可能由于掺入石膏过多。水泥熟料中的游离氧化钙和游离氧化镁都是烧过的,遇水后熟化极缓慢,熟化所产生的体积膨胀会延续很长时间。当石膏掺量过多时,石膏与水化后水泥中的水化铝酸钙反应生成水化硫铝酸钙,也会产生体积膨胀。这些体积变形若在混凝土硬化后产生,会破坏水泥结构,导致混凝土开裂,同时降低混凝土强度。尤其需要注意的是,用安定性不合格的水泥配制的混凝土,表面虽无明显裂缝,但强度却极其低下。

2. 集料(砂、石)质量不良

(1) 石子强度低。在有些混凝土试块试压中,可见不少石子被压碎,说明石子强度低于混凝土的强度,导致混凝土实际强度下降。

(2) 石子体积稳定性差。由多孔燧石、页岩、带有膨胀黏土的石灰岩等制成的碎石,在干湿交替或冻融循环作用下,常表现为体积稳定性差,从而导致混凝土强度下降。例如变质粗玄岩,在干湿交替作用下体积变形可达 600×10^{-6} 。用这种石子配制的混凝土,在干湿变化条件下,可能发生混凝土强度下降,甚至破坏的情况。

(3) 石子形状与表面状态不良。针片状石子含量高,影响混凝土强度。而具有粗糙和多孔表面的石子,因与水泥结合较好,对混凝土强度尤其是抗弯和抗拉强度,产生有利的影响。在水泥和水灰比相同的条件下,碎石混凝土比卵石混凝土的强度高 10% 左右。

(4) 集料(尤其是砂)中有机杂质含量高。集料中含腐烂动植物等有机杂质,对水泥水化产生不利影响,从而使混凝土强度下降。

(5) 黏土、粉尘含量高。由此原因造成的混凝土强度下降主要表现在以下三方面:一是这些微粒包裹在集料表面,影响集料与水泥的黏结;二是这些微粒增加了集料表面积,增加了用水量;三是黏土颗粒体积不稳定,干缩湿胀,对混凝土有一定破坏作用。

(6) 三氧化硫含量高。骨料中含有硫铁矿或生石膏等硫化物或硫酸盐,当其含量以三

氧化硫量计较高时(例如大于1%),有可能与水泥的水化物作用,生成硫铝酸钙,发生体积膨胀,导致硬化的混凝土开裂和强度下降。

(7)砂中云母含量高。由于云母表面光滑,与水泥石的黏结性能极差,加之极易沿节理裂开,因此砂中云母含量较高,对混凝土的各项物理力学性能(包括强度)均有不利影响。

3. 拌合水质量不合格

拌制混凝土时若使用有机杂质含量较高的沼泽水,含有腐殖酸或其他酸、盐(特别是硫酸盐)的污水和工业废水,可能造成混凝土物理力学性能下降。

4. 外加剂质量差

日前一些小厂生产的外加剂质量不合格的现象相当普遍,由于外加剂质量差造成混凝土强度不足,甚至混凝土不凝结的事故时有发生。

1.1.2 混凝土配合比不当

混凝土配合比是决定强度的重要因素之一,其中水灰比的大小直接影响混凝土强度,其他如用水量、砂率等也影响混凝土的各种性能,从而造成强度不足事故。这些因素在工程施工中,一般表现在如下几个方面。

(1)随意套用配合比。混凝土配合比是根据工程特点、施工条件和原材料情况,由工地向试验室申请试配后确定的。不少工地却不顾这些特定条件,仅根据混凝土强度等级的指标,随意套用配合比,因而造成许多强度不足的事故。

(2)水泥用量不足。除了施工工地计量不准外,包装水泥的质量不足也屡有发生。而工地上习惯采用以包计量的方法,因此混凝土中水泥用量不足,也会造成强度偏低。

(3)用水量加大。较常见的有搅拌机上加水装置计量不准,不扣除砂、石中的含水量,甚至有在浇灌地点任意加水等情况。用水量加大后,混凝土的水灰比和坍落度增大,造成强度不足的事故。

(4)砂、石计量不准。较普遍的是计量工具陈旧或维修管理不好,精度不合格。有的工地对砂、石不认真过磅,有的将质量比折合成体积比,造成砂、石计量不准。

(5)外加剂用错。主要有两种情况。一是品种用错。在未搞清外加剂具有何种性能(早强、缓凝、减水等)前,盲目乱掺外加剂,导致混凝土达不到预期的强度。二是掺量不准。曾发现四川省和江苏省的两个工地掺用木质素磺酸钙,因掺量失控,造成混凝土凝结时间推迟,强度发展缓慢,其中一个工地混凝土浇完后7 d不凝结,另一工地混凝土28 d强度仅为正常值的32%。

(6)碱集料反应。当混凝土总含碱量较高,又使用含有碳酸盐或活性氧化硅成分的粗骨料(蛋白石、玉髓、黑曜石、沸石、多孔燧石、流纹岩、安山岩、凝灰岩等制成的集料)时,可能产生碱集料反应,即碱性氧化物水解后形成的氢氧化钠与氢氧化钾,与活性集料起化学反应,生成不断吸水膨胀的凝胶体,造成混凝土开裂和强度下降。在其他条件相同的情况下,碱集料反应后混凝土强度仅为正常值的60%左右。

1.1.3 混凝土施工工艺存在问题

(1)混凝土拌制不佳。包括向搅拌机中加料顺序颠倒,搅拌时间过短,造成拌合物不均匀等。

(2) 运输条件差。在运输中发现混凝土离析,但没有采取有效的措施(如重新搅拌等),运输工具漏浆等。

(3) 浇灌方法不当。包括浇灌时混凝土已初凝、混凝土浇灌前已离析等。

(4) 模板严重漏浆。深圳某工程钢模严重变形,板缝 5 ~ 10 mm,严重漏浆,实测混凝土 28 d 强度仅达设计值的一半。

(5) 成型振捣不密实。混凝土入模后的空隙率达 10% ~ 20%,如果振捣不实,或模板漏浆,必然影响强度。

1.1.4 缺乏良好的养护

混凝土浇捣后,逐渐凝固、硬化,这个过程主要由水泥和水发生水化作用来实现。而水化作用必须在适当的温度和湿度条件下才能逐渐完成。如果没有水,水泥水化作用难以进行,所以混凝土捣制后应保持潮湿状态。此外,温度对它也有一定影响:温度升高时,水泥水化作用加快,混凝土强度增长速度也加快;温度降低时,混凝土硬化速度也会相应地减慢。因此,混凝土振捣成型后,必须对混凝土进行养护。尤其在空气干燥、气候炎热、风吹日晒的环境中,混凝土中水分蒸发过快,不但影响水泥的水化,而且还会出现表面脱皮、起砂、干裂等现象。

1.1.5 低温的影响

混凝土的强度增长与养护时期的气温有密切关系。在 4 ℃ 时比在 16 ℃ 时养护时间长 3 倍。当气温在 0 ℃ 以下时,水化作用基本停止。当气温低于 -3 ℃ 时,混凝土中的水发生冻结,水在结冰时体积膨胀 8% ~ 9%,从而使混凝土有被胀裂的危险。

实践证明,混凝土在凝结前 3 ~ 6 h 受冻结,其 28 d 强度将比设计强度下降 50%;如果在凝结后 2 ~ 3 h 受冻结,其 28 d 强度将比设计强度下降 15% ~ 20%;而当强度达到设计强度 50% 以上,并且抗压强度不低于 5 MPa 时受冻结,则不会影响它的强度。

因此,在冬季施工前后,应密切注意天气预报,以防气温突然下降,遭受寒潮和霜冻的袭击;冬季浇筑的混凝土,必须注意前几天的保温养护工作,在受冻前,混凝土的抗压强度不得低于规定值。

1.1.6 混凝土缺陷的影响

钢筋混凝土构件拆模后,表面经常显露出各种不同程度的缺陷,如麻面、蜂窝、露筋、孔洞、掉角以及缝隙夹渣层等,这些缺陷的存在表明混凝土不密实、强度低,构件截面削弱,结构构件的承载能力降低。产生这些缺陷的原因是多方面的。

混凝土孔洞指深度超过保护层厚度,但不超过截面尺寸 1/3 的缺陷。露筋系指主筋没有被混凝土包裹而外露的缺陷。缝隙夹渣层系指施工缝处有缝隙或夹有杂物的缺陷。

1. 孔洞事故原因

(1) 浇筑时混凝土坍落度太小,甚至已经初凝。

(2) 用已离析的混凝土浇筑,或浇筑方法不当。

(3) 错用外加剂,如夏季浇筑的混凝土中掺加早强剂,造成成型振捣困难。

(4) 对钢筋密集处,或预留洞、预埋件附近,可能出现的混凝土不能顺利通过的现象,没

有采取适当的措施。

(5) 不按施工操作规程认真操作,造成漏振。

(6) 大体积钢筋混凝土采用斜向分层浇筑,很可能造成底部附近混凝土孔洞。此外,混凝土浇灌口间距太大,或一次下料过多,同时又存在平仓和振捣力量不足等,也易造成孔洞事故。

(7) 采用滑模工艺施工,不按工艺要求严格控制与检查。

2. 露筋事故原因

(1) 钢筋垫块漏放、少放或移位。

(2) 局部钢筋密集处,水泥砂浆被集料或混凝土阻挡而通不过去。

(3) 混凝土离析、缺浆、坍落度过小,或模板漏浆严重。

(4) 振捣棒碰撞钢筋,使钢筋移位。

(5) 混凝土振捣不密实,或拆模过早。

3. 缝隙夹渣层事故原因

(1) 施工缝处未清理,或不按施工规范规定的方法操作。

(2) 分层浇筑时,上、下层间隔时间太长,或掉入杂物。

1.1.7 其他原因

如工业厂房中由于经常受到高温、湿热气体的侵害,雨水、烟尘、化学介质等交替作用,初凝混凝土受振以及遭受地震、火灾等灾害,均会降低混凝土的强度。

1.2 混凝土结构裂缝

1.2.1 混凝土结构产生裂缝的原因

由于混凝土组成材料和微观构造的不同以及所受外界影响的不同,混凝土产生裂缝的原因较为复杂,裂缝对结构功能的影响也是不同的。根据裂缝产生的原因,裂缝分为以下几种。

1. 由大体积混凝土水化热引起的裂缝

大体积混凝土凝结和硬化过程中,水泥与水发生化学反应,释放出大量的热量,称为“水化热”,导致混凝土块体温度升高。当混凝土块体内部的温度与外部环境温度相差很大,以致形成的温度应力或温度变形超过混凝土当时的抗拉强度或极限拉伸值时,就会产生裂缝。

防止这种裂缝的主要措施是合理地分层、分块、分缝,采用低热水泥,添加掺合料(例如粉煤灰),埋冷却水管,预冷集料,预冷水,加强养护等。

2. 塑性收缩裂缝

塑性收缩裂缝发生在混凝土浇筑后数小时,混凝土仍处于塑性状态的时刻。在初凝前因表面水分蒸发快,内部水分补充不上,出现表层混凝土干缩现象,生成网状裂缝。在炎热或大风天气以及混凝土水化热高的条件下,大面积的路面或楼板都容易产生这种裂缝。这种裂缝的宽度可大可小,长度可由数厘米到数米,深度很少超过 5 cm,但是薄板有可能被其

裂穿。裂缝分布的形状通常是不规则的,有时与板的长边正交。

防止这种裂缝的措施是尽量降低混凝土的水化热,控制水灰比,采用合适的搅拌时间和浇筑措施以及防止混凝土表面水分过快的蒸发(覆盖席棚或塑料布)等。

3. 由混凝土塑性塌落引起的裂缝

在大厚度的构件中,混凝土浇筑后半小时到数小时即可能发生由混凝土塑性塌落引起的裂缝,其原因是混凝土的塑性塌落受到模板或顶部钢筋的抑制,或是在过分凸凹不平的基础上进行浇筑,又或是模板沉陷、移动以及斜面浇筑的混凝土向下流淌,使混凝土发生不均匀的塌落。

防止这种裂缝的方法是采用合适的混凝土配合比(特别要控制水灰比),防止模板沉陷,进行合适的振捣和养护等。在裂缝刚发生,塌落终止后,即将混凝土表面重新抹面压光,可使此类裂缝闭合。若发现较晚,混凝土已硬化,则需对这种顺筋裂缝采取措施,以防钢筋锈蚀。

4. 由混凝土干缩引起的裂缝

普通混凝土在硬化过程中,发生由于干缩引起的体积变化。当这种体积变化受到约束时,例如两端固定梁,或是高配筋率的梁,或是浇筑在老混凝土上或坚硬岩基上的新混凝土,都可能产生这种裂缝。这种裂缝的宽度有时很大,甚至会贯穿整个结构。

防止这种裂缝的措施是改善水泥性能,合理减少水泥用量,降低水灰比,对结构进行合理分缝,保证配筋率不要过高等,而且加强潮湿养护尤为重要。

5. 由碱集料反应引起的裂缝

碱集料反应所形成的裂缝,在无筋或少筋混凝土中为网状(龟背状)裂缝;在钢筋混凝土结构中,碱集料反应受到钢筋或外力约束时,其膨胀力将垂直于约束力的方向,膨胀裂缝则平行于约束力的方向。

判断混凝土裂缝是否属于碱集料反应损伤,除检查外观外,还应通过取芯检验,综合分析,做出评估和提出相应的建议。

与收缩裂缝相比,碱集料反应裂缝出现较晚,多在施工后数年到一二十年后。在受约束的情况下,碱集料反应膨胀裂缝平行于约束力方向,而收缩裂缝则垂直于约束力方向。碱集料反应裂缝出现在同一工程的潮湿部位,湿度愈大愈严重,而同一工程的干燥部位则无此种裂缝。碱集料反应产物碱硅凝胶有时可顺裂缝渗流出来,凝胶多为半透明状的乳白色、黄褐色或黑色物质。

6. 由外界温度变化引起的裂缝

混凝土结构突然遇到短期内大幅度的降温,例如寒潮的袭击,会产生较大的内外温差,引起较大的温度应力而使混凝土开裂。海下石油储罐、混凝土烟囱、核反应堆容器等承受高温的结构,也会因温差引起裂缝。

防止这种裂缝的措施是:对于突然降温,要注意天气预报,采取防寒措施;对于高温,要采取隔热措施或合适的配筋及施加预应力等;对于长度大的墙式结构,则要与防止混凝土干缩裂缝一起考虑,设置温度-干缩构造缝。

7. 由结构基础不均匀沉陷引起的裂缝

超静定结构的基础沉陷不均匀时,结构构件受到强迫变形而开裂,随着不均匀沉陷的进一步发展,裂缝会进一步扩大。

防止这种裂缝的措施是,根据地基条件和结构形式,采取合理的构造措施,例如设置沉降缝等。

8. 由钢筋腐蚀引起的裂缝

当钢筋混凝土构件处于不利环境,例如容易碳化或渗入氯离子和氧(溶于海水中)的海洋环境中时,若混凝土保护层过薄,特别是混凝土的密实性不良,埋在混凝土中的钢筋将生锈,即产生氧化铁。氧化铁的体积比原来未锈蚀的金属的体积大很多,产生体积膨胀,挤压周围混凝土使其胀裂,这种裂缝通常是“先锈后裂”,其走向沿钢筋方向,称为“顺筋裂缝”,比较容易识别。“顺筋裂缝”发生后,更加速了钢筋腐蚀,最后导致混凝土保护层成片剥落。这种“顺筋裂缝”对耐久性的影响较大。

9. 由荷载作用引起的裂缝

构件承受不同性质的荷载作用,其裂缝形状也不同,如图 1-1 所示。通常受力裂缝的方向大致与主拉应力方向正交。

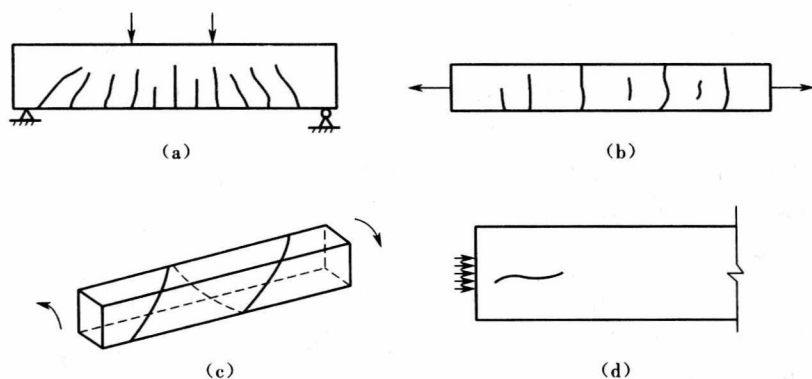


图 1-1 不同荷载作用下的裂缝

(a) 弯曲裂缝 (b) 轴心受拉裂缝 (c) 受扭裂缝 (d) 局部荷载下的裂缝

1.2.2 裂缝危害性评定

裂缝对建筑的危害主要表现在对结构持久承载力和建筑正常使用功能的降低。对于无筋结构,裂缝的出现预示着结构承载力可能不足或存在严重问题;对于配筋结构,裂缝的存在及超标会引起钢筋锈蚀,降低结构耐久性。

裂缝对建筑正常使用功能的影响,主要是降低了结构的防水性能和气密性,影响建筑物美观,给人们造成一种不安全的精神压力和心理负担。危害性大小与裂缝性状、结构功能要求、环境条件及结构抗蚀性有关,其主要变量是裂缝宽度,表现在钢筋锈蚀及结构渗漏均随裂缝宽度的增大而加快。当裂缝宽度大到一定程度时,则认为是不允许的,必须进行修补处理;相反,当裂缝宽度小于一定数值时,其不利影响可以忽略不计。根据国内外经验,必须修补与无须修补的裂缝宽度限值,可按表 1-1 采用。

从耐久性考虑,表 1-1 中裂缝宽度限值主要考虑的是环境因素及钢筋腐蚀必须修补与无须修补的裂缝宽度限值敏感性。环境因素分为“恶劣的”、“中等的”和“优良的”三挡:

(1)“恶劣的”指露天受雨淋,处于干湿交替状态或潮湿状态结冻,或受海水及有害气体腐蚀的情况;

(2)“中等的”指一般地上结构不被雨淋,地下结构及水下结构浸泡在水中不结冰的情况;

(3)“优良的”指与外界大气及腐蚀环境完全隔绝的情况。

表 1-1 必须修补与无须修补的裂缝宽度限值

考虑因素 准则	裂缝对钢筋 腐蚀影响程度	耐久性			防水性
		环境因素			
		恶劣的	中等的	优良的	
必须修补的 裂缝宽度/mm	大	>0.4	>0.4	>0.6	>0.2
	中		>0.6	>0.8	
	小	>0.6	>0.8	>1.0	
无须修补的 裂缝宽度/mm	大	≤0.1	≤0.2	≤0.2	≤0.05
	中			≤0.3	
	小	≤0.2	≤0.3		

裂缝对钢筋腐蚀影响程度“大、中、小”,是按裂缝深度(贯通、中间、表面)、保护层厚度($<4\text{ cm}$, $4\sim7\text{ cm}$, $>7\text{ cm}$)、混凝土表面有无涂层、混凝土密实度及钢筋对腐蚀的敏感性等条件综合判断的结果。对于中等的和优良的环境条件,裂缝对钢筋锈蚀及结构腐蚀的影响可以忽略不计,无须修补的裂缝宽度限值 $0.2\sim0.3\text{ mm}$,相当于我国《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中三级裂缝控制等级规定值,此规定是比较严的。

调查研究表明,在任何情况都必须修补的裂缝宽度可放宽到 $0.4\sim1.0\text{ mm}$ 。影响结构耐久性的因素是多方面的,当裂缝宽度介于表 1-1 中的必须修补和无须修补之间时,则应由有经验的专家,根据结构承载力验算结果、开裂原因、裂缝性状、裂缝对钢筋腐蚀影响程度以及环境条件等因素,综合分析判断,确定是否需要修补或补强加固。从防水性考虑,对裂缝宽度限制较严。渗水试验(图 1-2)及调查研究表明,对渗漏没有影响、无须修补的裂缝宽度为 0.05 mm ,对渗漏有较大影响、必须修补的裂缝宽度为 0.2 mm 。

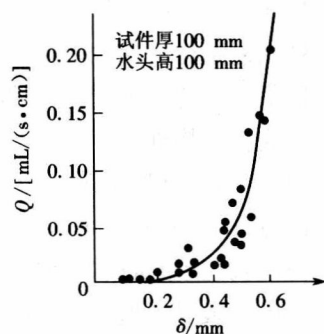


图 1-2 裂缝宽度 δ 与漏水量 Q 关系

1.2.3 裂缝的控制标准

裂缝的控制标准按建筑物对裂缝的要求不同而分为两大类:一是不允许出现裂缝,必须严格抗裂;另一类是允许开裂,但是需对裂缝的开展宽度加以限制,即“限裂”。

裂缝控制的标准不同,相应地,裂缝控制的方法也不一样。例如,对于不允许出现裂缝的结构,不能依靠增配钢筋来解决问题。这是因为,既然不允许开裂,则所配钢筋的作用充其量不过相当于在截面中增加了钢筋的折算面积,其影响很有限。对于允许出现裂缝但需限制其宽度的结构,适当增配钢筋是可以达到预期的目的的。但是此时必须明确,配筋的目