

(第二版)

建筑结构裂缝及

加固疑难问题的处理

——附实例

李国胜◎编著

中国建筑工程出版社

TU746.3
10-2

013070929

建筑结构裂缝及加固疑难问题的处理

——附实例

(第二版)

李国胜 编著



北航

C1680074

中国建筑工业出版社

TU746.3
10-2

030300023

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构裂缝及加层加固疑难问题的处理——附实例/
李国胜编著. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 5
ISBN 978-7-112-15489-0

I. ①建… II. ①李… III. ①建筑结构—裂缝②建筑
结构—加固 IV. ①TU746.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 116913 号

(第二版)

李国胜 编著

建筑结构裂缝及加层加固疑难问题的处理
——附实例
(第二版)

李国胜 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京盈盛恒通印刷有限公司印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 27 字数: 670 千字

2013 年 8 月第二版 2013 年 8 月第五次印刷

定价: 59.00 元

ISBN 978-7-112-15489-0

(24068)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书根据最新加固规范编写而成，是对畅销的第一版图书的修订。其内容分为第一篇建筑结构裂缝及加固材料与技术；第二篇加层、抗震鉴定及加固设计。包括：建筑结构裂缝的普遍性和特征，砖砌体结构和混凝土结构裂缝的分类、产生原因，控制裂缝的措施及补强处理方法，较详细地介绍了各种结构胶和防裂防钢筋锈蚀的材料，超长结构控制裂缝措施，加层抗震鉴定及加固的有关基本规定，砖混结构和混凝土结构的加层加固及抗震加固的设计方法，外贴碳纤维布加固混凝土结构的新颖方法，附有许多工程实例。针对建筑结构设计人员对此比较生疏的特点，本书论述详尽、简明实用，可读性和可操作性强。

本书可供建筑结构设计、施工、施工图审查、监理、科研人员及大专院校土建专业师生使用和参考。

* * *

责任编辑：咸大庆 郭 栋

责任设计：张 虹

责任校对：张 颖 刘 钰

第二版前言

本书初版在 2006 年发行以后,深受读者的欢迎和厚爱,多次印刷。第二版是在初版的基础上依据新修订的《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008、《建筑抗震鉴定标准》GB 50023—2009 等标准,以及近年收集的有关资料和在学术交流中大家提出的一些问题,对内容作了补充和调整,供读者参考。

我国许多既有民用房屋建筑结构,由于长期使用年久失修、使用功能改变、加层改造和抗震设防不满足等原因,需要进行安全性、可靠性、正常使用性的检测鉴定和加固。我国是多地震国家,需要抗震设防的地区占全国面积的 60% 以上。根据重点设防类(简称乙类)范围有所扩大,尤其是量大面广的教育建筑中的幼儿园、小学和中学的教学用房以及学生宿舍和食堂,抗震设防类别应不低于重点设防类;根据《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 某些地区房屋建筑的抗震设防烈度进行了调整提高。因此,相关的既有建筑必须进行抗震鉴定和必要的加固。

本书是根据国家和行业有关标准及编者的经验编写的,论述了有关砖砌体结构和钢筋混凝土结构裂缝的分类及产生的原因,提出了控制裂缝的措施及处理方法,提供了结构加固的材料及方法,强调了既有房屋结构加固前检测鉴定的必要性和加固设计与新结构设计的区别,并附有工程实例。

本书分为两篇,第一篇建筑结构裂缝及加固材料与技术,有概述,砖砌体结构裂缝,钢筋混凝土结构裂缝,加固材料与技术,植筋及锚固技术,超长结构,共六章;第二篇加层、抗震鉴定及加固技术,有基本规定,多层砖砌体结构房屋的鉴定与加固,钢筋混凝土结构房屋的鉴定与加固,内框架和底层框架砖房的鉴定与加固,外贴碳纤维布加固混凝土结构,共五章。

在本书编写过程中参考和引摘了许多文献资料,对原作者深表谢意。限于编者的水平,书中有不当或错误在所难免,热忱盼望读者指正,编者将不胜感激。本书可供建筑结构的检测、鉴定、设计、施工图文件审查、施工、监理、科研人员及大专院校土建专业师生使用和参考。

第一版前言

在房屋建筑的砖砌体结构及钢筋混凝土结构中,裂缝是一种具有普遍性的现象,是最常见的缺陷。工程实践表明,房屋结构中的许多可见裂缝并非由于荷载所引起,混凝土构件的多数轻微细小的裂缝,对承载力、使用功能和耐久性不会有大的影响,但可见的裂缝较宽时,会影响结构的抗渗性能,导致水分及有害物质渗入,诱发钢筋锈蚀或加速混凝土的碳化,从而有损结构的承载力、使用功能和耐久性。针对建筑结构人员对结构裂缝产生的原因及处理存在不同理解和疑虑,本书分别对砖砌体结构和钢筋混凝土结构的裂缝,提出了控制措施及已有裂缝的产生原因和处理方法,并对有关处理的材料性能作了较详细的介绍。

当前对现有房屋建筑的维修改造、加固及抗震加固已成为建筑结构工程设计的一项重要内容,但从事建筑结构设计的人员多数对这方面设计比较生疏,没有经验,亟待掌握有关知识。本书提出了对已有建筑结构加固和抗震加固工程的必要程序及设计要点,以及相关材料和施工方面的内容。

本书根据《建筑抗震鉴定标准》GB 50023—95、《建筑抗震加固技术规程》JGJ 116—98、《危险房屋鉴定标准》JGJ 125—99,2004年版、《既有建筑地基基础加固技术规程》JGJ 123—2000、《混凝土结构加固设计规范》、《砖混结构房屋加固技术规范》CECS 78:96、《碳纤维片材加固混凝土结构技术规程》CECS 146:2003等规范、规程和标准,以及有关文献编写而成。

本书分为两篇,第一篇建筑结构裂缝,第二篇加固、抗震鉴定及加固设计,可供建筑设计、施工、施工图审查、监理、科研人员及大专院校土建专业师生使用和参考。

本书在编写中参考和引用了许多文献资料,难免有疏漏之处,望有关作者予以谅解。内容涉及的专业技术面广,限于编著者的水平,有不妥或错误之处,热忱盼望读者指正,编者将不胜感谢。

目 录

第一篇 建筑结构裂缝及加固材料与技术

第一章 概述	1
一、建筑结构裂缝综述	1
二、改造加固设计	2
第二章 砖砌体结构裂缝	4
一、裂缝分类及产生原因	4
二、控制和减轻砖砌体裂缝的构造措施	6
第三章 钢筋混凝土结构裂缝	7
一、混凝土裂缝分类及产生原因	7
二、温度产生的变形	25
三、裂缝的控制措施及处理方法	32
第四章 加固材料与技术	34
一、环氧树脂	34
二、加固材料	38
三、钢筋阻锈材料	49
四、控制混凝土裂缝材料	56
五、混凝土裂缝堵漏材料	64
第五章 植筋及锚固技术	77
一、植筋技术	77
二、锚固技术	80
第六章 超长结构	102
一、概述	102
二、控制裂缝的措施	104
三、工程实例	107

第二篇 加层、抗震鉴定及加固技术

第一章 基本规定	121
一、检测、鉴定的必要性	121
二、加固必须进行设计	128
三、有关文件的基本规定	131
第二章 多层砖砌体结构房屋的鉴定与加固	160
一、多层砖砌体结构房屋的鉴定	160
二、加固设计	169
三、工程实例	201
第三章 钢筋混凝土结构房屋的鉴定与加固	229

一、钢筋混凝土结构房屋的鉴定	229
二、钢筋混凝土结构房屋的加固要求	239
三、液体黏滞阻尼器在框架结构加固中的应用	243
四、钢筋混凝土结构房屋的加固处理方法	245
五、工程实例	303
第四章 内框架和底层框架砖房的鉴定与加固	357
一、内框架和底层框架房屋的鉴定	357
二、内框架和底层框架砖房的加固	363
三、工程实例	367
第五章 外贴碳纤维布加固混凝土结构	379
一、概述	379
二、材料	382
三、设计规定	385
四、施工规定	395
五、工程实例	407
参考文献	421

第一篇 建筑结构裂缝及加固材料与技术

第一章 概 述

一、建筑结构裂缝综述

1. 在工业与民用建筑的砖砌体及钢筋混凝土房屋结构中,裂缝是具有普遍性的现象。工程实践表明,房屋中的许多裂缝并非由于外荷载所引起,有的在尚未投入使用、受荷载前就出现,这类裂缝是由于变形作用所引起,如温度变形、收缩或膨胀变形、地基差异沉降或膨胀等因素引起的裂缝。这些因素与建筑环境、所用材料、结构类型、地基基础、施工条件等有关。因此,工程裂缝的研究是一门综合性很强的学科。

2. 在建筑结构中裂缝是不可避免的。在一些砖砌体房屋的墙体上和一些钢筋混凝土建筑的现浇框架结构及剪力墙结构中经常出现早期裂缝,即在施工阶段出现的裂缝,其主要原因是收缩及温度应力。一些房屋的屋顶层,受太阳辐射(夏天太阳直射下表面温度可达 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$)作用产生热胀变形,在砖砌体房屋顶层,墙体常引起开裂。钢筋混凝土外露构件,如挑檐、挑廊等,常由于温度影响引起收缩裂缝。裂缝的存在会降低建筑物的整体性、耐久性和抗震性能,给使用者在感观上和心理上造成不良影响。

3. 在对工程中存在的裂缝进行评定时,应根据裂缝产生的部位及形状进行分析,判断引起开裂的主要原因,分析其危害性,既不能忽视隐患的存在,也不能产生对裂缝的恐惧感,采取科学的态度进行认真的分析和处理。应特别注意那种对结构的稳定性和受剪承载力将产生严重影响的裂缝,因为这两种裂缝与影响受弯、受拉承载力的裂缝不同,对构件的稳定破坏和剪切破坏没有明显的预兆。

4. 在建筑结构设计,从控制裂缝方面值得吸取的教训是,有不少人认为钢筋混凝土结构的混凝土强度等级和砖砌体的砂浆强度等级越高越好,结果由于水泥用量多,导致混凝土构件和墙体收缩开裂。例如,不少现浇钢筋混凝土楼板采用大于C30混凝土,而现在绝大多数大中城市是泵送商品混凝土,用水泥量多、坍落度大,在建筑装修前就有大量可见裂缝;砖砌体房屋墙体及围墙,对比现在采用高强度砂浆砌筑的和以前采用低强度砂浆砌筑的,前者比后者的裂缝多且普遍。

5. 对已有裂缝的建筑,为了解结构的安全性和耐久性是否还满足要求,需要对结构进行检测、鉴定,对其可靠性做出正确评价,然后进行维修处理或加固,以提高结构的安全性,延长其使用寿命。检测时,可根据结构实际情况或工程特点确定重点内容,例如,钢筋混凝土结构构件应着重检测混凝土强度等级、配筋及裂缝分布位置和大小情况;砖砌

体结构应着重检测砌筑质量、构造措施、裂缝分布位置和大小情况。

6. 由于一般建筑设计人员对房屋结构裂缝现象不熟悉,因此,对砖墙、混凝土墙或梁、板的裂缝缺少分析判断的能力,更难以提出合理的处理办法,甚至盲目地下错误结论,采用不必要的加固措施和处理办法。例如,北京某4层框架结构厂房,施工完首层顶板在进行二层框架柱绑钢筋时,拆除首层框架梁模板后,发现梁一侧有非常规则的竖向裂缝,某设计单位的总工竟认为由于柱基础不均匀沉降所产生,实际梁侧裂缝是由于梁箍筋贴模板所造成的;北京20世纪90年代初设计的某宾馆多功能厅大跨度钢筋混凝土梁,由于当时按规范配置的腰筋较少而出现竖向收缩裂缝,本来完全可以根据裂缝宽度分别采用环氧胶泥表面封闭或环氧浆液压力灌浆处理,而设计单位坚持要采用粘贴钢板处理,多花了不必要的费用;北京某砖砌体结构的多层宾馆,屋顶由于保温隔热处理不足使横墙顶部产生八字形裂缝,设计单位及有关人员竟然认为是由于阳台上方雨篷倾覆所产生,要进行加固处理等等。

本书列出了砖砌体墙结构和钢筋混凝土结构构件常见裂缝分类,提供了有关裂缝控制、处理材料和方法,并有许多工程实例供参考。地下室钢筋混凝土外墙及底板由于裂缝出现漏水是较普遍的现象,本书介绍了堵漏处理的有关材料和施工操作方法,并附有工程实例。

二、改造加固设计

1. 我国既有建筑的面积超过480亿 m^2 ,城镇既有建筑的面积超过180亿 m^2 ,而且绝大多数房屋存在着抗灾能力弱、使用功能差等问题。但是,把存在问题的既有建筑全部拆除掉是不现实的,也不符合我国经济情况,解决问题的最佳途径是对不符合要求的房屋进行合理改造,延长使用寿命,提高安全性,改善使用功能,并能符合节能要求。

2. 建于若干年前的既有建筑当前已不满足使用要求这是正常现象,而近年新建造的商场、宾馆等建筑,由于在设计时尚未确定使用客户及卫生洁具订货,当这些确定以后,发现原设计的位置不符合要求。因此,某些通层大厅面积认为过大而增设楼板,自动扶梯移位置或增设电梯,以及原楼板上的留洞位置不符合等,需要改造加固。

3. 在既有建筑中由于使用的需要,原屋顶上部加建或在原层高较大的楼层内加层,在城市中是常见的。某些既有建筑虽然使用功能和安全可靠性均已不符合要求,而且在现有结构上作改造加固,其造价不一定比拆除后新建合算。但是,如果将既有建筑拆除,从城市规划要求不允许在原地新建,因此对原有房屋花大的代价也要改造加固,此类建筑在城市中不少,例如,北京市南礼士路原市规划局和原市建工局办公楼、北纬路旅馆等。

4. 我国是多地震国家,位于地震区的大中城市多,有70%在7度以上的地区,特别是一批重要城市包括北京、西安等特大城市都位于地震基本烈度为8度的高烈度地震区。新中国成立后新建房屋一般均未考虑抗震设防,25年后的1974年才颁发我国第一本《工业与民用建筑抗震设计规范》,从此房屋建筑逐渐考虑抗震设防。2008年5月12日四川汶川大地震后,修订了《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008,调整和提高各类

建筑设防要求,并规定对中学等一些公共建筑,应及时进行抗震鉴定及加固。

5. 既有建筑结构的使用过程中,由于使用功能的改变、结构需要提高抗震能力或遭遇了地震、火灾、地基不均下匀沉降、超载等原因,结构需要进行加固处理,以保证其安全性及耐久性。在加固处理时必须进行设计,加固设计前需要对结构进行检测、鉴定,对其可靠性作出正确的评价。

6. 根据国外经验,发展较早的一些城市,新建房屋逐渐减少,对既有建筑的改造越来越多,尤其如英国伦敦、法国巴黎等城市,为保存原有风貌老的建筑不得任意拆除,改造加固设计任务逐渐增多。对既有建筑的改造加固设计与新建房屋设计有很大的区别,为此我国新修订的《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 的第3章中新增3.7节“既有结构设计原则”。因此,我国的建筑结构设计人员应与时俱进,逐渐熟悉并掌握对既有建筑结构改造加固设计的有关规定和知识。

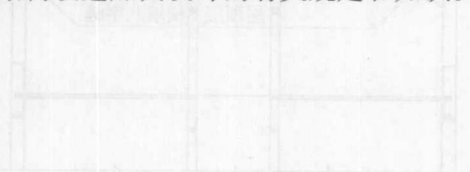


图 1-5-1 既有建筑加固示意图

对于既有建筑加固,应根据其使用功能、结构现状、加固目的、加固材料、加固工艺、加固效果等因素,进行综合分析和设计。加固设计应遵循以下原则:

1. 加固设计应满足国家现行有关标准、规范和规程的要求。
2. 加固设计应充分考虑结构的现状状况,包括结构的材料、构造、使用状况等。
3. 加固设计应充分考虑加固材料、加固工艺、加固效果等因素,进行综合分析和设计。
4. 加固设计应充分考虑结构的现状状况,包括结构的材料、构造、使用状况等。
5. 加固设计应充分考虑加固材料、加固工艺、加固效果等因素,进行综合分析和设计。
6. 加固设计应充分考虑结构的现状状况,包括结构的材料、构造、使用状况等。
7. 加固设计应充分考虑加固材料、加固工艺、加固效果等因素,进行综合分析和设计。
8. 加固设计应充分考虑结构的现状状况,包括结构的材料、构造、使用状况等。
9. 加固设计应充分考虑加固材料、加固工艺、加固效果等因素,进行综合分析和设计。
10. 加固设计应充分考虑结构的现状状况,包括结构的材料、构造、使用状况等。

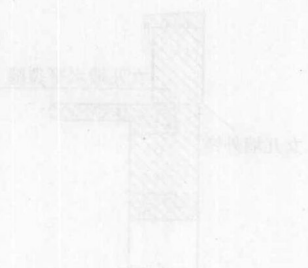


图 1-5-2 既有建筑加固示意图

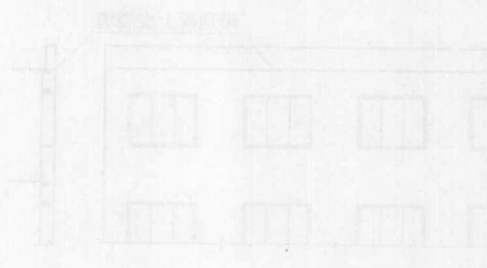


图 1-5-3 既有建筑加固示意图

第二章 砖砌体结构裂缝

一、裂缝分类及产生原因

1. 屋顶层横向墙及纵向墙的八字裂缝。此类裂缝发生在横墙的外端和纵墙两端的角部或第一个门窗洞口上方，从屋顶板或圈梁底向下斜方延伸，宽度常在 0.2mm 以上（图 1-2.1）。

这类裂缝是由于现浇钢筋混凝土屋顶板或装配整体式及预制板灌缝严实的屋顶板受太阳照射，因屋面隔热材料性能差（设计考虑不周或施工时保温层充水造成夏天蓄热效应使隔热失效）产生膨胀所引起。因保温层充水造成蓄热效应是非常可观的，根据试验

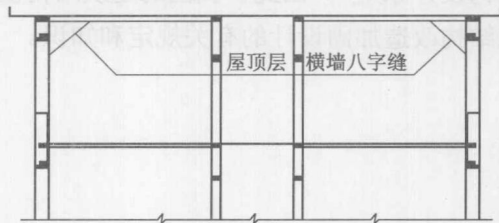


图 1-2.1 屋顶层墙八字裂缝

测定，将干燥蛭石和含水率 40% 的蛭石分别密封在两个直径为 200mm、高度为 160mm 镀锌薄钢板圆桶内，在炎热夏天阳光照射下 5h 后，测得的温度分别为 38℃ 和 47℃。在太阳照射下，因混凝土线膨胀系数（ $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）与砖砌体线膨胀系数（ $\alpha = 0.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）不同，使屋顶板变形比墙体变形大，在墙体内产生拉应力和剪应力引起开裂。

2. 屋顶砖砌体女儿墙水平裂缝（图 1-2.2）。这类裂缝在女儿墙根部沿房屋的纵向和横向分布，裂缝宽度靠端部大，中部小，南向及西向比北向及东向严重。裂缝是由于温度作用，热胀冷缩，因混凝土与砖砌体的线膨胀系数不相等、相互错动所引起。

3. 屋顶层砖砌体女儿墙有外错的根部水平裂缝（图 1-2.3）。这类裂缝从立面外观类似第 2 类，而区别于在裂缝以上的女儿墙与下边的墙面有向外错开现象。裂缝是由于屋顶保温层漏雨或施工时充水（尤其如焦渣、蛭石等松散材料），严寒冬天保温层结冰冻胀，或者由于刚性钢筋混凝土防水屋面，面积较大而未留伸缩缝，并且与女儿墙顶紧连接，夏天太阳照射下受热膨胀，造成了将女儿墙外推，产生外错的水平裂缝。

这类裂缝在有的工程中与第 2 类裂缝相组合产生。

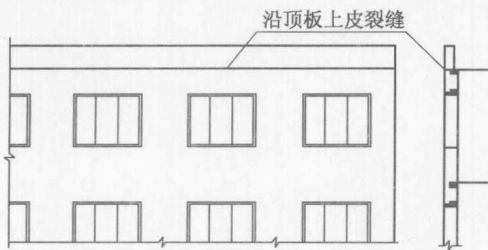


图 1-2.2 女儿墙水平裂缝

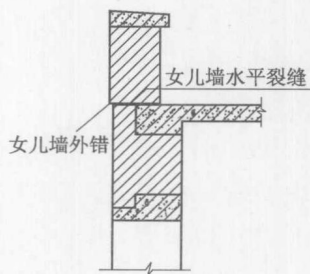


图 1-2.3 女儿墙外错的水平裂缝

4. 地基差异沉降或冻胀产生的墙体裂缝。其形状特征随不同部位、沉降差异量的不同及冻胀程度是不一样的。如图 1-2.4 (a) 所示裂缝,是由于外纵墙与山墙相交角部地基较小范围局部不均匀沉降所引起;图 1-2.4 (b) 所示裂缝,是由于房屋端部较大范围地基不均匀沉降所造成。上述两类裂缝一旦出现,其宽度可达 0.5~20mm 以上。

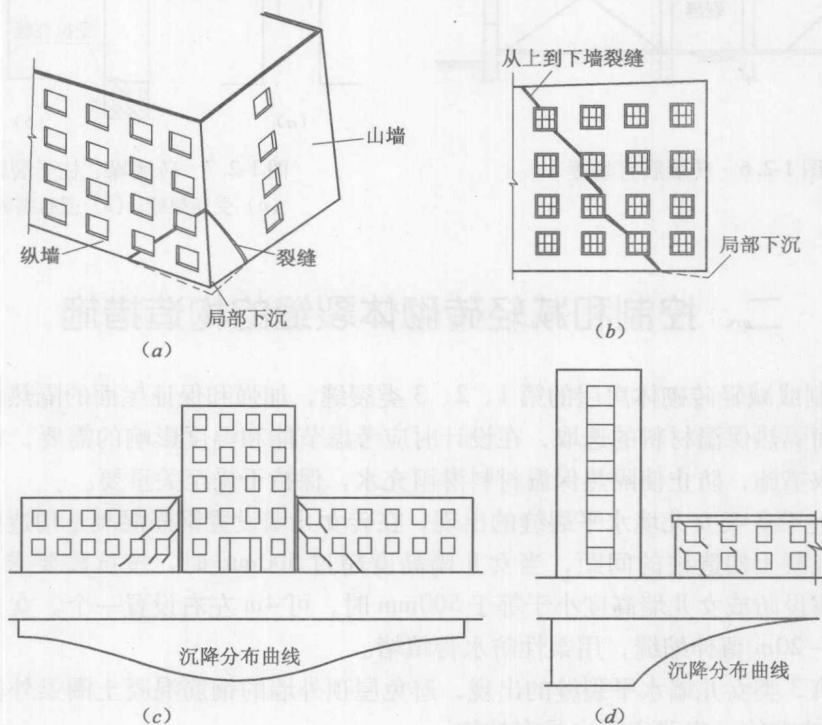


图 1-2.4 地基不均匀沉降引起的裂缝

图 1-2.5 所示裂缝,一般发生在底层宽度较大的窗洞窗台墙中部上边,是由于墙垛下基础沉降与窗台墙下基础沉降量不等,或者由于窗台墙基础没有埋置在冰冻线以下,因严冬基础下地基土冻胀,造成窗台墙上边弯曲受拉,产生开裂。

地基冻胀引起的裂缝是由于地基土上层温度降到 0°C 以下时,冻胀性土中的水上部开始冻结,下部水由于毛细管作用不断上升在冻结层中形成冰晶,体积膨胀,向上隆起。隆起的程度与冻结层厚度及地下水位高低有关,一般隆起可达几毫米至几十毫米,其折算冻胀力可达 $2 \times 10^6 \text{ MPa}$,而且往往是不均匀的,建筑物的自重通常难以抗拒,因而建筑物的某一局部就被顶了起来,和地基不均匀沉降类似,引起房屋开裂。

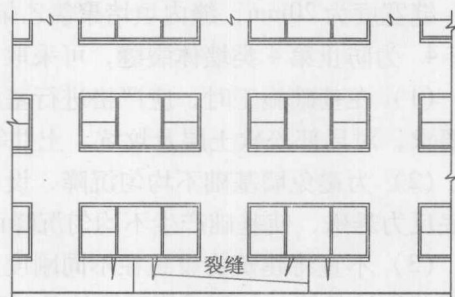


图 1-2.5 窗台墙差异沉降或冻胀引起的裂缝

5. 遭受地震震害砖墙上产生的交叉裂缝 (图 1-2.6)。这类裂缝是由于水平地震作用下砖墙受剪所引起的剪切裂缝,这类裂缝宽度较大、长度较长。

6. 砖砌体墙垛及柱子由于轴向力或偏心受压承载力不足产生的裂缝。墙垛及柱子由于轴向受压或偏心受压其受压承载力不足,砌体产生竖向裂缝 (图 1-2.7a); 偏心受压或

弯曲，砌体由于受拉承载力不足产生水平裂缝（图 1-2.7b）。

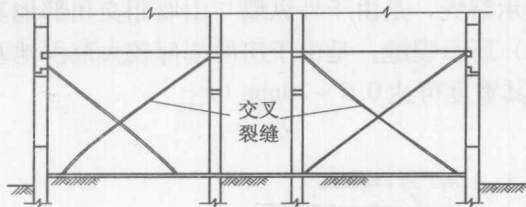


图 1-2.6 砖墙震害裂缝

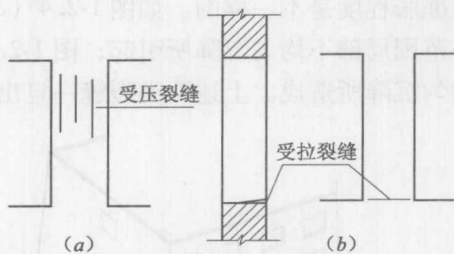


图 1-2.7 砖墙垛、柱子裂缝

(a) 受压裂缝；(b) 受拉裂缝

二、控制和减轻砖砌体裂缝的构造措施

1. 为控制或减轻砖砌体房屋的第 1、2、3 类裂缝，加强和保证屋面的隔热保温性能十分重要。屋面隔热保温材料的选取，在设计时应考虑节能和温度影响的需要，在施工过程中应严格采取措施，防止使隔热保温材料淋雨充水，保持干燥至关重要。

2. 为防止第 3 类女儿墙水平裂缝的出现，在砖女儿墙设置钢筋混凝土构造柱是有效的措施。钢筋混凝土构造柱的间距，当女儿墙高度超过 500mm 时，按抗震要求 3m 左右一个；当非抗震设防或女儿墙高度小于等于 500mm 时，可 4m 左右设置一个。女儿墙混凝土压顶，每 15~20m 留伸缩缝，用柔性防水膏填堵。

为防止第 3 类女儿墙水平裂缝的出现，避免屋顶外墙的钢筋混凝土圈梁外露，靠外侧有 120mm 砌砖砌体，实践表明也是有效的。

3. 为避免由于屋面钢筋混凝土刚性防水层受热膨胀而将女儿墙外推产生水平裂缝，应将钢筋混凝土刚性防水层设置伸缩缝（分格缝），缝应设置在屋架、承重墙或承重梁上，且间距不宜超过 6m；在屋脊处及沿女儿墙边，必须设置伸缩缝。在伸缩缝处钢筋断开，缝宽度为 20mm，缝内填堵聚氯乙烯胶泥、聚氨酯弹性密封膏等防水嵌缝膏。

4. 为防止第 4 类墙体裂缝，可采取下列措施：

(1) 在基础施工时，应严格进行基底验槽工作，检验基底土质是否符合勘察报告和设计要 求，对局部松软土层及坟坑、土井等进行必要的处理。

(2) 为避免墙基础不均匀沉降，设计时应控制基础各部位基底反力值一致，防止由于基底反力悬殊，使基础产生不均匀沉降而造成墙体开裂。

(3) 不宜将建筑物设置在不同刚度的地基上，如同一区段建筑，一部分用天然地基，一部分用桩基等。必须采用不同地基时要妥善处理，进行必要的计算分析。

(4) 加强上部的刚度和整体性，提高墙体的抗剪能力，这样可适应甚至调整地基的不均匀沉降。减少建筑物端部的门、窗洞口，增大端部洞口到墙端的墙体宽度，加强圈梁布置，都可加强结构的整体性。

(5) 为防止由于墙基础底部土冻胀造成墙体开裂，寒冷地区的墙基础底必须埋置在冰冻线以下。单层厂房或空旷房屋外墙采用墙梁托墙时，如梁底在冰冻线以上时，梁底必须采用砂石等不会冻胀的材料替代易冻胀的土层。

第三章 钢筋混凝土结构裂缝

一、混凝土裂缝分类及产生原因

1. 钢筋混凝土结构是由多种不同材料经拌合、振捣、养护后而成型的。从微观上看，混凝土是带裂缝工作的，重要的是如何避免可见裂缝，特别是不出现对结构安全有影响的裂缝。引起裂缝的原因很多，但可归结成两大类：

第一类，由外荷载引起的裂缝，也称为结构性裂缝、受力裂缝。其裂缝与荷载有关，预示结构承载力可能不足或存在严重问题。

第二类，由变形引起的裂缝，也称非结构性裂缝，如温度作用、混凝土收缩、地基不均匀沉降等因素引起的变形。当此变形得不到满足，即在结构构件内部产生自应力；当此自应力超过混凝土允许拉应力时，即会引起混凝土裂缝。裂缝一旦出现，变形得到满足或部分得到满足，应力就发生松弛。

两类裂缝有明显的区别，危害程度也不尽相同，有时两类裂缝融合在一起，根据调查资料表明：两类裂缝中，变形引起的裂缝占主导，约占结构物总裂缝的80%，其中包括变形与荷载共同作用，但以变形为主所引起的裂缝；属于荷载引起的裂缝约占20%，其中包括变形与荷载共同作用，但以荷载为主所引起的裂缝。

我国现行《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 规定，对使用中允许出现裂缝的钢筋混凝土构件应验算裂缝宽度。计算所得的最大裂缝宽度，对处在室内正常环境的一般构件不应超过0.3mm；对处于年平均相对湿度小于60%地区，其最大裂缝宽度不应超过0.4mm；对于屋架、托架、重级工作制的吊车梁以及露天或室内高湿度环境，其最大裂缝宽度不应超过0.2mm。

限制裂缝宽度的理由有两个：一是过宽的裂缝会引起混凝土中钢筋的锈蚀，降低结构的耐久性；二是过宽的裂缝会损伤结构外观，引起使用者的不安。

2. 结构鉴定中对裂缝的调查，主要包括裂缝的宽度、深度、长度、走向、形态、分布特征、是否稳定等内容。

测量裂缝宽度常用裂缝比对卡或读数显微镜。裂缝比对卡上面印有粗细不等、标注着宽度值的平行线条(图1-3.1)；将其覆盖于裂缝上，可比较出裂缝的宽度。这种方法简便、快速，适用于各种环境条件。读数显微镜是配有刻度和游标的光学透镜，从镜中看到的是放大的裂缝，通过调节游标读出裂缝宽度。

一般来说，沿裂缝长度其裂缝宽度往往不均匀，工程鉴定关注的是特定位置的最大裂

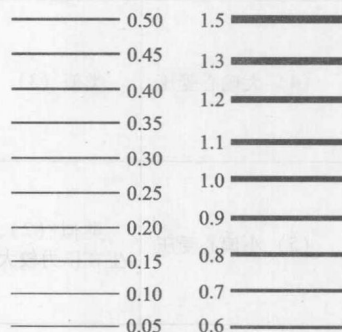


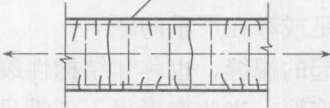
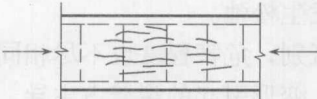
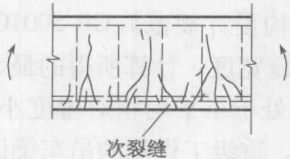
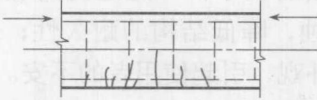
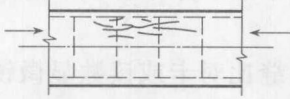
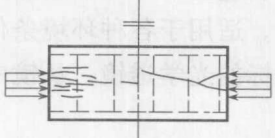
图1-3.1 裂缝宽度比对卡

缝宽度。限制裂缝宽度的主要目的，是防止侵蚀性介质渗入而导致钢筋锈蚀。因此，测量裂缝宽度的位置应在受力主筋附近；如测量梁的弯曲裂缝，应在梁受拉侧主筋高度处。裂缝深度检测可采用凿开法或超声波检测。采用凿开法检查前，先向缝中注入有色墨水，则易于辨认细小裂缝。超声波检测裂缝深度有三种方法，即平测法、斜测法和钻孔对测法。

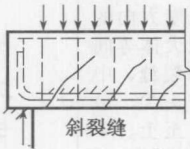
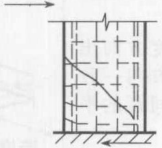
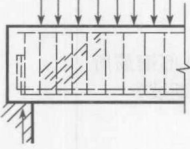
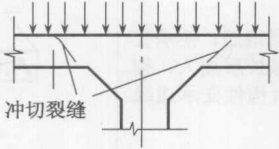
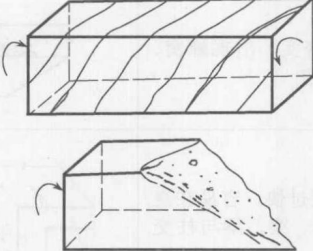
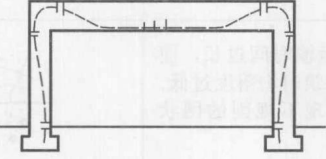
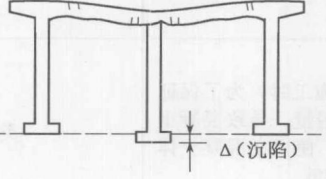
构件上出现裂缝后，首先应判定裂缝是否趋于稳定，裂缝是否有害；然后，根据裂缝特征判定裂缝产生的原因，并考虑修补措施。

3. 几种典型的混凝土裂缝产生原因、特征和表现，见表 1-3. 1。

混凝土裂缝产生原因、特征和表现 表 1-3. 1

原 因		一般裂缝特征	裂 缝 表 现	临近破坏前裂缝特征 (除裂缝加宽外有以下特征)
荷 载 作 用 下	(1) 中心受拉	裂缝贯穿构件全截面，大体等间距（垂直于受力方向）；用螺旋筋时，裂缝间出现位于钢筋附近的次裂缝		出现沿钢筋的纵向裂缝
	(2) 中心受压	沿构件出现短而密的平行裂缝（平行于受力方向）		混凝土保护层脱落，箍筋内混凝土压酥，箍筋间纵向受力筋外鼓
	(3) 受弯	弯矩最大截面附近从受拉边缘开始出现横向裂缝，逐渐向中和轴发展；用螺旋筋时，裂缝间可见短向次裂缝		横向裂缝向压区延伸，压区出现短而密的纵向裂缝，压区混凝土和箍筋间纵向受压筋外鼓；梁高较大的 T 形或 I 形梁中，次裂缝可发展成与主裂缝相交的枝状裂缝
	(4) 大偏心受压	类似 (3)		类似 (3)
	(5) 小偏心受压	类似 (2)，但发生在压力较大一侧		类似 (2)，但发生在压力较大一侧
	(6) 局部受压	在局部受压区出现大体与压力方向平行的多条短裂缝		或裂缝加密，混凝土压酥；或发生一条集中开展的主裂缝，混凝土劈裂

续表

	原 因	一般裂缝特征	裂 缝 表 现	临近破坏前裂缝特征 (除裂缝加宽外有以下特征)
	(7) 受剪 (剪压) (当箍筋适当时)	沿梁端中下部发生约 45° 方向相互平行的斜裂缝		斜裂缝发展至梁顶部, 同时沿梁下主筋发生斜裂缝
		沿悬臂剪力墙支承端受力一侧中下部发生一条约 45° 方向的斜裂缝		这条斜裂缝发展至墙端另一侧边缘
荷 载	(8) 受剪 (斜压) (当箍筋太密时)	沿梁端腹部发生大于 45° 方向的短而密的斜裂缝		斜裂缝处混凝土酥裂
作 用	(9) 受冲切	沿柱头板内四侧发生 45° 方向的斜裂缝 沿柱下基础体内柱边四侧发生 45° 方向斜裂缝		斜裂缝有穿透构件全截面的趋势
下	(10) 受扭力矩	某一面腹部先出现多条约 45° 方向斜裂缝, 向相邻面以螺旋方向展开		在第 4 个面上形成 45° 方向的与斜裂缝发展方向相垂直的短而密的斜裂缝
	(11) 单跨框架梁、柱受弯	框架梁的跨中裂缝自下而上, 两端裂缝自上而下; 每侧框架柱都可能 有水平裂缝, 但上、下两截面水平裂缝发展的方向相反		类似 (3)、(4)
外加变形或约束变形作用下	(12) 框架结构一侧下沉过多	框架梁两端发生裂缝的方向相反 (一端自上而下, 另端自下而上); 下沉柱上的梁柱接头处可能发生细微水平裂缝		Δ (沉陷)