

Building Quality Accident Analyse and Dispose

Textbook Series of 21st Century

21世纪高等学校规划教材

建筑工程质量事故 分析与处理



潘明远 主 编
朱 坤 李慧兰 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

TU712/71

2007



21 世纪高等学校规划教材
Textbook Series of 21st Century

建筑工程质量事故 分析与处理

主 编 潘明远
副主编 朱 坤 李慧兰
编 写 曲祖光 沙 勇
主 审 丁晓欣



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。全书共八章，主要内容包括绪论、建筑工程检测方法、砌体结构工程、钢筋混凝土结构工程、钢结构工程、地基与基础工程、防水工程的质量缺陷与处理、装饰工程中的质量缺陷与处理等。本书介绍了大量的典型工程事故实例，阐述了引起事故的原因和处理方法，内容丰富，实用性强。

本书可作为土木工程、工程管理等相关土建类专业教材，也可作为项目质量检查员培训教材和施工企业项目质量检查员、技术负责人、监理工程师等专业技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑工程质量事故分析与处理/潘明远主编. —北京: 中国电力出版社, 2007

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 5811 - 6

I. 建... II. 潘... III. ①建筑工程—工程质量事故—事故分析—高等学校—教材②建筑工程—工程质量事故—处理—高等学校—教材 IV. TU712

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 088743 号

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)
汇鑫印务有限公司印刷
各地新华书店经售

2007 年 8 月第一版 2007 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.5 印张 327 千字
印数 0001—3000 册 定价 21.60 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

随着我国国民经济的高速发展,建筑业也得到了蓬勃发展。就建筑工程质量而言,总的情况是好的,但工程事故也时有发生,比如衡阳大火引发大楼倒塌的工程事故,造成的后果就十分惨痛。工程质量越来越引起人们的重视。

确保和提高建筑工程质量是建筑界永恒的主题。确保建筑工程质量,是对人民负责,对历史负责的一件大事。

确保和提高建筑工程质量,必须从两方面着手:一是加强建筑工程的质量管理和健全建筑工程的法治建设;二是提高建筑界专业技术人员和管理人员的工程质量意识与专业技术水平。

《中华人民共和国建筑法》确立了建筑工程质量管理的条款,规定了“国家对从事建筑活动的单位推行质量体系认证制度”、“国家推行建筑工程监理制度”和“建筑工程实行质量保修制度”,同时还明确了违反建筑工程质量标准、降低工程质量、造成工程质量事故的单位和个人应负的法律责任。《建设工程质量管理条例》规定了建设单位,建设工程勘察、设计、咨询单位,施工单位,工程监理单位,建筑材料、构配件、设备生产和供应单位的质量责任和义务,为确保和提高建筑工程质量创造了良好的管理和法治环境。管理和法治环境只是前提,在提高人们专业技术水平的基础上建立建筑工程质量意识才是根本,只有这两方面都实现了,才能使建筑工程质量从根本上得到保证。

学校中设置的与土木工程有关的课程,绝大部分是从正面学习,自成体系的,而建筑事故的发生,不但造成经济损失,有时还引起人员伤亡。本书介绍了大量的典型工程事故实例,阐述了引起事故的原因和处理方法。学生可以从事务中吸取教训,有利于对正面学习到的规律和知识理解得更深刻、运用得更正确,在较大程度上提高专业技术水平。使学生掌握建筑工程事故发生的原因和处理的方法,为将来工作中增强质量意识,加强质量管理,正确设计和施工,防止同类事故的发生打下坚实的基础。

本书潘明远主编,朱坤、李慧兰副主编,丁晓欣主审。其中第一、二、三、四章由潘明远编写;第五、七、八章由朱坤编写;第六章由李慧兰编写;沙勇、曲祖光参与了部分章节的编写。在编写过程中参考了大量书籍,在此对参考文献的作者深表感谢。

由于编者水平有限,实践经验不足,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2007年4月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 建筑工程的质量特性.....	1
第二节 建筑工程质量事故产生的原因及分类.....	2
第三节 质量事故处理的一般程序.....	4
复习思考题.....	6
第二章 建筑工程检测方法	7
第一节 砌体结构构件的检测.....	7
第二节 钢筋混凝土构件的检测.....	12
第三节 钢结构构件的检测.....	21
第四节 建筑物的变形观测.....	22
复习思考题.....	23
第三章 砌体结构工程	25
第一节 概述.....	25
第二节 砌体结构工程质量控制.....	25
第三节 砌体结构强度不足造成的质量事故.....	29
第四节 砌体结构高厚比过大造成的质量事故.....	32
第五节 砌体结构设计方案欠妥造成的质量事故.....	35
第六节 砌体结构中替代材料不当造成的质量事故.....	40
第七节 砌体结构因温度变形造成的质量事故.....	41
第八节 砌体结构因施工失误造成的质量事故.....	44
第九节 砌体结构出现裂缝的原因分析和防止措施.....	45
第十节 砌体结构的加固.....	53
复习思考题.....	56
第四章 钢筋混凝土结构工程	57
第一节 概述.....	57
第二节 钢筋混凝土结构工程质量控制要点.....	57
第三节 钢筋混凝土结构工程的质量缺陷及处理.....	60
第四节 因材料不合格造成的质量事故.....	64
第五节 因设计失误造成的质量事故.....	70
第六节 因施工不当造成的质量事故.....	75
第七节 因使用、改建不当造成的质量事故.....	84

第八节 预应力混凝土质量事故	86
第九节 混凝土构件的加固	88
复习思考题	90
第五章 钢结构工程	92
第一节 钢结构的缺陷	92
第二节 钢结构工程质量控制	98
第三节 钢结构的质量事故及其原因分析	100
第四节 钢结构质量事故分析	103
第五节 钢结构的加固和修复	116
复习思考题	122
第六章 地基与基础工程	123
第一节 概述	123
第二节 地基与基础工程质量控制	124
第三节 地基与基础工程事故分类及原因	128
第四节 地基变形过大造成的工程事故	130
第五节 地基失稳造成的工程事故	136
第六节 暗沟、古墓、渗流及相邻建筑物造成的质量事故	138
第七节 基坑工程事故	142
第八节 边坡滑动造成的工程事故	148
第九节 特殊土地基工程事故	151
第十节 基础工程事故	157
第十一节 地基与基础的加固方法	160
第十二节 建筑物纠偏	164
复习思考题	167
第七章 防水工程的质量缺陷与处理	169
第一节 概述	169
第二节 屋面防水工程中的质量缺陷与处理	170
第三节 地下防水工程中的质量缺陷与处理	179
第四节 厕、浴、厨防水工程中的质量缺陷与处理	185
复习思考题	188
第八章 装饰工程中的质量缺陷与处理	190
第一节 抹灰工程中的质量缺陷与处理	190
第二节 饰面工程的质量缺陷与处理	195
第三节 涂饰工程的质量缺陷与处理	200
第四节 裱糊工程的质量缺陷与处理	205
复习思考题	207
参考文献	208

第一章 绪 论

改革开放以来,我国的建筑业得到了蓬勃的发展,各种现代化的建筑快速出现,写字楼、住宅楼建设和市政建设都得到了迅猛发展。确保和提高建筑工程质量就显得尤为重要。要想确保和提高建筑工程质量,必须做到以下两点,第一,加强建筑工程的质量管理和健全建筑工程的法治建设;第二,提高建筑界专业技术人员和管理人员的工程质量意识和专业技术水平。现在,我国建筑的法律、法规已基本健全,建设工程质量管理条例也已施行。为确保和提高建筑工程质量创造了良好的管理和法治环境。但是,由于有些专业技术人员和管理人员缺乏质量意识或者技术水平不高,因此各种工程质量事故时有发生。土木工程建设者既肩负着重大而光荣的任务,也面临着严峻的挑战。所谓任务,即全国城乡开展的大规模工程建设,可为我国经济的迅速发展作出重大贡献;所谓挑战,即各种工程的质量事故,会给国家财产造成重大损失并危及人民生命安全。

因设计和施工的失误或管理不善会引发事故。建筑工程事故的发生,不仅给国家造成经济损失,有时还会导致人员伤亡。比如衡阳大火引发大楼倒塌的工程事故,造成的后果就是惨痛的。

本书介绍了大量建筑工程事故实例,使我们从工程事故中吸取教训,以改进设计、施工和管理工作,达到避免或减少建筑工程事故发生的目的。同时有助于运用所学的知识,分析出事故产生的原因,以及掌握事故处理的基本知识和方法,为旧有建筑物的检测和维修、加固贡献力量。

第一节 建筑工程的质量特性

建筑工程的产品是建筑物,包括各类房屋和不同功能的工程构筑物,如电视塔、水塔、烟囱等。

一、建筑工程产品的特性

建筑工程产品的特性,是建筑物的适用性、安全可靠性和耐久性的总和,具体体现在以下几个方面:

(1) 建筑结构能承受正常施工和正常使用时可能出现的各种作用,指建筑物中的各种结构构件要有足够的承载力和可靠度。

(2) 建筑物在正常使用时具有良好的工作性能,指建筑物要满足使用者对使用条件、舒适感和美观方面的需要。

(3) 建筑材料和构件在正常维护条件下具有足够的耐久性,指建筑物的寿命和对环境因素长期作用的抵御能力。

(4) 建筑物在偶然作用(如撞击作用、爆炸作用、地震作用等)发生时及发生后,仍能保持必需的整体稳定性,不致完全失效,甚至倒塌,指建筑物对使用者生命财产的安全

保障。

二、建筑物的建造特征

建筑物的建造过程与其他产品的生产过程有所不同，建筑物在建造过程中具有以下特征：

(1) 单项性与群体性。它是按照建设使用单位的设计任务书单项进行设计，单独进行施工的；由于使用的多功能要求，它的设计和施工又都是不同专业、不同工种，相互协作，交叉作业的结果。

(2) 一次性与长期性。它的实施往往要求一次成功，它的质量往往应在建设的一次过程中全部满足规范和合同要求；它的不合格会长期在使用过程中造成对使用者的损害和不便。

(3) 高投入性与预约性。它的建成一般都要投入巨额资金、大量物资和人工，其建造时间之长是一般制造业所无法比拟的；同时它又必须通过招标、投标、决标和履约过程，选择施工单位，在现场施工建成。

(4) 管理特殊性与风险性。它的施工地点和位置是固定的，操作人员轮流“上岗”，和其他制造业产品的零部件分散在各地不同，因而它的管理具有特殊规律；它又在自然环境中建造，建设周期很长，大自然对它的障碍和损害以及可能遭遇的社会风险很多，工程质量必然受到更多的影响。

因此，建筑工程的质量，与人民的居住、生活和工作，与各行业的建设、生产和发展，与国民经济的投入、产出和规划休戚相关。它的极端重要性不言而喻，它的缺陷、破坏、事故乃至倒塌带来的严重性和灾难性，十分突出。

为了确保上述特性和特征所反映的质量，国家制订了设计统一标准、规范、规程和质量检验评定标准，设计单位为某一建设项目制定了设计图纸，建设单位和施工单位签订了合同；这些都是“明确的”质量需要。此外，还有“隐含的”质量需要，那就是使用者对建筑物功能方面的合理需求，习惯传统的设计施工做法等。

随着生产力的发展，科学技术的进步，人们生活水平的提高和对事物认识的深化，人们对建筑质量的需要将会愈来愈高，永远不会停留在一个水平上。所以，对建筑质量的需要又必然是动态和不断提高的。

第二节 建筑工程质量事故产生的原因及分类

一、造成质量事故的原因

建筑工程质量事故发生的原因是多种多样的，有时简单，有时又非常复杂。有时是一种因素造成的，有时又是多种因素引起的。主要原因有以下几个方面：

(1) 管理不善。无证设计，无证施工，有章不依，违章不纠，或纠正不力；长官意志，违反基本建设程序和规律，盲目赶工，造成隐患；层层承包，层层苛扣；监督不力，不认真检查，马马虎虎盖“合格”章；申报建筑规划、设计、施工手续不全，设计、施工人员临时拼凑，借用执照。事故发生后，给原因分析和处理都带来困难。

(2) 勘测失误。未勘测即设计，盲目套用邻区勘测资料，实际上有很大问题；钻孔不按规定布置，得到的数据不能真实反应实际情况；地下情况非常复杂，正常布孔有些问题也不能查出。

(3) 设计失误。设计失误常见的情况有：任务急，时间紧，结构未计算即出图；套用已有图纸而又未结合具体情况校核；计算模型取的不合适，设计方案欠妥，未考虑施工过程中会遇到的意外情况；重计算，轻构造，构造不合理；计算中漏算荷载，截面取的过小，未考虑重要荷载组合的不利情况；盲目相信电算，电算错了也出图；不懂得制表原理，套用了不适用的图表，造成计算书错误。

(4) 地基处理不当。如饱和土用强夯法，打桩未打到好的持力层，深基坑支护失当，地基土受干扰又未重新夯实。软弱地基加固方法不对，基底未验收即进行基础施工等。

(5) 施工质量差、不达标。主要问题是以为“安全度高得很”，因而施工马虎，甚至有意偷工减料；技术人员素质差，不熟悉设计意图，为方便施工而擅自修改设计；施工管理不严，不遵守操作规程，达不到质量控制要求；原材料进场控制不严，采用过期水泥及不合格材料；对工程虽有质量要求，但技术措施未跟上；计量仪器未校准，使材料配合比有误；技术工人未经培训，大量采用壮工顶替；各工种不协调，尤其是管工，为图方便，乱开洞口；施工中出现了偏差也不予纠正等。

(6) 使用、改建不当。使用中任意增大荷载，如阳台当库房，住宅变办公楼，办公室变生产车间，一般民房改为娱乐场所。随意拆除承重隔墙，盲目在承重墙上开洞，任意加层等。需要注意的是重大事故的发生，往往是多种因素综合在一起而引发的。

二、质量事故分类

当建筑结构不能满足适用性、安全可靠性和耐久性等要求时，称之为质量事故。小的质量事故，影响建筑物的使用性能和耐久性，造成浪费；严重的质量事故会使构件破坏，甚至引起房屋倒塌，造成人员伤亡和重大的财产损失。因此，建筑工程质量的好坏关系重大，必须十分重视。为了保证建筑工程质量，我国有关部门颁布了一系列的规范、规程等法规性文件，对建筑工程勘测、设计、施工、验收和维修等各个建设阶段都有明确的质量保证要求。只要严格遵守这些规定，一般不会发生质量事故。建国以来，特别是改革开放后，我国建筑业得到了很大的发展，建筑工程的质量基本上是好的。但是，建筑工程质量事故还时有发生，严重的建筑物倒塌事故每年也有几十起，这不能不引起重视。

质量事故的分类方法很多。一般有以下一些分类方法：

(1) 按事故的严重程度分类。有重大事故或倒塌事故（如引起人员伤亡）、严重危及安全的事故（如墙体严重开裂、构件断裂等）、影响使用的事故（如房屋漏雨、变形过大、隔热隔声不好等）以及仅影响建筑外观的事故等。

(2) 按事故发生的阶段分类。有施工过程中发生的事故、使用过程中发生的事故和改建时或改建后引起的事故。

(3) 按事故发生的部位来分类。有地基基础事故、主体结构事故、装修工程事故等。

(4) 按结构类型分类。有砌体结构事故、混凝土结构事故、钢结构事故、木结构和组合结构事故等。

(5) 建设部曾按事故发生后果的严重程度将重大工程事故分为四级，其主要依据是事故引起的伤亡人数和经济损失。

一级事故：死亡 30 人以上，直接经济损失 300 万元人民币以上。

二级事故：死亡人数 10~29 人，直接经济损失 100 万~300 万元人民币。

三级事故：死亡人数 3~9 人，重伤 20 人以上，直接经济损失 30 万~100 万元人民币。

四级事故：死亡人数 2 人以下，重伤 3~19 人，直接经济损失 10 万~30 万元人民币。

第三节 质量事故处理的一般程序

建筑事故发生后，特别是重大质量事故发生后，必须要进行原因调查分析及处理。找出产生事故的原因，吸取经验教训，防止类似事故的发生。由于事故的处理，涉及到有关单位或个人的责任，并伴随经济赔偿。因此，事故的调查要排除各种干扰，以建筑法律、法规为准绳，以事实为依据，按照公平、公正的原则进行。

事故调查一般包括以下内容：基本情况调查；初步分析事故最可能发生的原因，并决定进一步调查及必要的测试项目；进一步深入调查及检测；根据调查及测试结果进行计算分析、邀请专家会商，同时听取与事故有关单位的陈述或申辩，最后写出事故调查报告，送主管部门及报告有关单位。具体内容如下：

一、基本情况调查

基本情况调查包括对建筑的勘察、设计和施工以及有关资料的收集，向施工现场的管理人员、质检人员、设计代表、工人等进行咨询和访问。一般包括：

(1) 工程概况。建筑所在场地特征，如地形、地貌；环境条件，如酸、碱、盐腐蚀性条件等；建筑结构主要特征，如结构类型、层数、基础形式等；事故发生时工程进度情况或使用情况。

(2) 事故情况。发生事故的时间、经过、见证人及人员伤亡和经济损失情况。可以采用照相、录像等手段获得现场实况资料。

(3) 地质水文资料。主要看有关勘测报告。重点查看勘察情况与实际情况是否相符，有无异常情况。

(4) 设计资料。任务委托书、设计单位的资质、主要负责人及设计人员的水平，设计依据的有关规范、规程、设计文件及施工图。重点看计算简图是否妥当，各种荷载取值及不利组合是否合理，计算是否正确，构造处理是否合理。

(5) 施工记录。施工单位及其等级水平，具体技术负责人水平及资历。施工时间、气温、风雨、日照等记录，施工方法，施工质检记录，施工日记（如打桩记录、地基处理记录、混凝土施工记录、预应力张拉记录、设计变更洽商记录、特殊处理记录等），施工进度，技术措施，质量保证体系。

(6) 使用情况。房屋用途，使用荷载，使用变更、维修记录，腐蚀性条件，有无发生过灾害等。

调查时要根据事故情况和工程特点确定重点调查项目。如对砌体结构应重点查看砌筑质量。对混凝土结构则应重点检查混凝土的质量，钢筋配置的数量及位置，对构件缺陷应作为重点调查项目。对钢结构应侧重检查连接处，如焊接质量，螺栓质量及杆件加工的平直度等。有时，调查可分两步进行，在初步调查以后，先作分析判断，确定事故最可能发生的一种或几种原因。然后，有针对性地作进一步深入细致的调查和检测。

二、结构及材料检测

在初步调查研究的基础上，往往需要进一步作必要的检验和测试工作，甚至做模拟实验。一般包括：

(1) 对没有直接钻孔的地层剖面而又有怀疑的地基应进行补充勘测。基础如果用了桩基, 则要进行测试, 检测是否有断桩、孔洞等不良缺陷。

(2) 测定建筑物中所用材料的实际性能, 对构件所用的原材料(如水泥、钢材、焊条、砌块等)可抽样复查; 对无产品合格证明或假证明的材料, 更应从严检测; 考虑到施工中采用混凝土强度等级及预留的试块未必能真实反映结构中混凝土的实际强度, 可用回弹法、声波法、取芯法等非破损或微破损方法测定构件中混凝土的实际强度。对于钢筋, 可从构件中截取少量样品进行必要的化学成分分析和强度试验。对砌体结构要测定砖或砌块及砂浆的实际强度。

(3) 建筑物表面缺陷的观测。对结构表面裂缝, 要测量裂缝宽度、长度及深度, 并绘制裂缝分布图。

(4) 对结构内部缺陷的检查。可用锤击法、超声探伤仪、声发射仪器等检查构件内部的孔洞、裂纹等缺陷。可用钢筋探测仪测定钢筋的位置、直径和数量。对砌体结构应检查砂浆饱满程度、砌体的搭接错缝情况, 遇到砖柱的包心砌法及砌体、混凝土组合构件, 尤应重点检查其芯部及混凝土部分的缺陷。

(5) 必要时可做模型试验或现场加载试验, 通过试验检查结构或构件的实际承载力。

三、复核分析

在一般调查及实际测试的基础上, 选择有代表性的或初步判断有问题的构件进行复核计算。这时应注意按工程实际情况选取合理的计算简图, 按构件材料的实际强度等级, 断面的实际尺寸和结构实际所受荷载或外加变形作用, 按有关规范、规程进行复核计算。这是评判事故的重要根据。

四、专家会商

在调查、测试和分析的基础上, 为避免偏差, 可召开专家会议, 对事故发生原因进行认真分析、讨论, 然后作出结论。会商过程中专家应听取与事故有关单位人员的申诉与答辩, 综合各方面意见后下最后结论。

五、调查报告

事故的调查必须真实地反映事故的全部情况, 要以事实为根据, 以规范、规程为准绳, 以科学分析为基础, 以实事求是和公正公平的态度写好调查报告。报告一定要准确可靠, 重点突出, 真正反映实际情况, 让各方面专家信服。调查报告的内容一般应包括:

- (1) 工程概况。重点介绍与事故有关的工程情况。
- (2) 事故情况。事故发生的时间、地点、事故现场情况及所采取的应急措施; 与事故有关单位、人员情况等。
- (3) 事故调查记录。
- (4) 现场检测报告(如有模拟实验, 还应有实验报告)。
- (5) 复核分析, 事故原因推断, 明确事故责任。
- (6) 对工程事故的处理建议。
- (7) 必要的附录(如事故现场照片、录像、实测记录、专家会协商的记录、复核计算书、测试记录等)。

复习思考题

1. 试述造成建筑工程质量事故的原因。
2. 建筑工程质量事故是如何分类的？
3. 建筑工程发生质量事故后应如何处理？
4. 建筑工程质量事故处理的程序是怎样的？

第二章 建筑工程检测方法

当建筑物发生质量事故后,为了正确分析工程质量事故发生的原因,明确事故的责任,提供客观而公正的技术依据,也为建筑结构的维修、加固提供必要的技术支持,往往需要对发生事故的结构或构件进行检测。所需检测的内容一般包括:

- (1) 常规的外观检测。如平直度、偏离轴线的公差、尺寸准确度、表面缺陷、砌体的咬槎情况等。外观检测中很重要的一项是对裂缝情况的检测。
- (2) 强度检测。如材料强度、构件承载力、钢筋配置等。
- (3) 内部缺陷的检测。如混凝土内部孔洞、裂缝,钢结构的裂纹、连接缺陷等。
- (4) 材料成分的化学分析。如混凝土骨料分析,水泥成分及用水成分分析,钢材化学成分分析等。
- (5) 建筑物的变形观测。如建筑物的沉降观测、倾斜观测等。

与常规的建筑结构构件的检测工作相比,对发生质量事故的结构进行检测有下列一些特点:

- (1) 检测工作大多在现场进行,条件差,环境干扰因素多。
- (2) 对发生严重质量事故的结构工程,通常管理不到位,技术档案不完整,有时甚至没有技术资料,因而检测工作应要做到周密、仔细;有时还会遇到虚假资料的干扰,这时应慎重对待。
- (3) 对有些强度检测一般要采用非破损或少破损的方法进行,因事故现场尤其是对非倒塌事故一般不允许破坏原构件,或者从原构件上取样时只能允许有微破损,稍加加固后即不影响结构强度。
- (4) 检测数据要准确、可靠。特别是对于重大事故的责任纠纷,因涉及到法律责任和经济赔偿,为各方所重视,故所有检测数据必须真实可信。

被检测的结构构件类别主要有砌体结构构件、钢筋混凝土结构构件和钢结构构件。由于结构构件类别不同,检测的方法有所不同,检测的侧重点也有所不同。下面按结构类别介绍常用的一些检测方法,而且侧重介绍现场仪器检测的方法,按一般规程进行的外观检测可参考其他教材,这里不作介绍。

第一节 砌体结构构件的检测

砌体结构构件由块材和砂浆砌筑而成,施工质量的变异较大,强度相对较低,检测中应对砌体的强度、施工质量、裂缝等进行重点检查和测试。对砌体结构构件的检测主要包括:材料(砖材、石材或其他砌块及砂浆)强度,砌筑质量(如砌筑方法,砌体中砂浆饱满度、截面尺寸及垂直度等),砌体裂缝及砌体的强度。其中,关于砌筑质量的检查可按有关施工规程的要求进行,一般并无技术上的困难。因为砌体承载力的评定是质量评定的关键,而砌体承载力取决于砌块及砂浆的强度,当然与砌筑质量也有关。由于砌体中的砂浆很薄,无法

再加工成标准的立方体进行压力试验，这就给检测工作带来困难。下面介绍砂浆材料强度及砌体承载力的检测方法。

一、砌体裂缝检测

因为砌体中的裂缝是常见的质量问题，裂缝的形态、数量及发展程度对承载力、使用性能与耐久性有很大影响，对砌体的裂缝必须全面检测，包括查测裂缝的长度、宽度、裂缝走向及其数量、形态等。

裂缝的长度可用钢尺或一般米尺进行测量。宽度可用塞尺、卡尺或专用裂缝宽度测量仪进行测量。对于裂缝的走向、数量及形态应详细地标在墙体的立面图或砖柱展开图上，进而分析产生裂缝的原因并评价其对质量的影响程度。

二、砌体中砌块和砂浆强度的检测

砌体是由砌块和砂浆组成的复合体。有了砂浆及砌块的强度，就可按有关规范推断出砌体的强度。所以对砌块及砂浆强度的检测是非常关键的。

1. 砌块强度的检测

对于砌块，通常可从砌体上取样，清理干净后，按常规方法进行试验。

取 5 块砖做抗压强度试验。将砖样锯成两个半砖（每个半砖长度不小于 100mm），放入室温净水中浸 10~30min，取出以断口方向相反叠放，中间用净水泥砂浆粘牢，上下面用水泥砂浆抹平，养护 3 天后进行压力试验。加荷前测量试件两半砖叠合部分的面积 $A(\text{mm}^2)$ ，加荷至破坏，若破坏荷载为 $P(\text{N})$ ，则抗压强度为

$$f_c = P/A \quad (2-1)$$

另取 5 块作抗折试验，可在抗折活动架上进行。滚轴支座置于条砖长边向内 20mm，加荷滚轴应平行于支座，且位于支座之中间 $L/2$ 处，加载前测得砖宽 b 、厚 h 、支承距离 L 。加荷破坏荷载为 P ，则抗折强度为

$$f_r = \frac{3P \cdot L}{2bh^2} \quad (2-2)$$

式中 b 、 h 、 L 以 mm 为单位， P 以 N 为单位。

根据试验结果，可按表 2-1 确定砖的强度等级。

表 2-1 粘土砖的强度指标

砖的等级	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
	平均值不小于	最小值不小于	平均值不小于	最小值不小于
MU20	20	14	4.0	2.6
MU15	15	10	3.1	2.0
MU10	10	6.0	2.3	1.3
MU7.5	7.5	4.5	1.8	1.1
MU5	5.0	3.5	1.6	0.8

在寻找事故原因的复核算中，可按实测值作为计算指标进行复核计算，不一定去套等级号。例如，若测得强度指标可达 MU12，则可按此强度验算，不一定降到 MU10。但对于设计，则必须按有关规定执行。

2. 砂浆强度的检测

砌体中的砂浆不可能做成标准立方体试件，无法按常规试验方法测得其强度。常用的现

场检测方法有冲击法、推出法、点荷法和回弹仪法等。下面介绍冲击法和推出法。

(1) 冲击法。冲击法是在砌体上凿取一定数量的砂浆，加工成颗粒状，由冲击锤将其粉碎。冲击将消耗一定的能量。砂浆粉碎后颗粒变小变细，其表面积增加。试验研究表明，在一定冲击作用下，砂浆颗粒增加的表面积 ΔA 与破碎功的增加量 ΔW 呈线性关系，而砂浆的抗压强度与单位功的表面积增量 $\Delta A/\Delta W$ 有定量关系，从而可以据此测得砂浆的强度。试验中主要的设备有冲击仪，孔径为 12mm 及 10mm 的圆孔筛，一套砂标准筛及感量为 0.01g 的天平。

1) 试件制作。在拟检验的砌体中取硬化的砂浆约 600g，一部分用于测容重，一部分用于冲击试验。将其锤击加工成粒径为 10~12mm 的颗粒，形状近于圆形，两个垂直方向的直径之比不宜大于 1.2。可用孔径为 12mm 和 10mm 的筛子筛分，取通过 12mm 孔径而留在 10mm 孔径筛子上的颗粒作为冲击试验的用料。取 180~200g 试料，放入烘箱内，在 50~60℃ 温度下烘烤 4~6h，干燥的试样可不必烘烤，取出在常温下搁置 8~12h。试料烘烤干燥后分为 3 份，待平行做 3 组试验使用，每份 50g，称量精确至 0.01g。

2) 试验方法和步骤。根据砂浆的特征，估计其强度的大约范围，按表 2-2 选好打击锤的重量及落锤高度，然后将试样放入冲击仪的冲击筒中，并将其顶面摊平。整个试验分 3 个阶段，每阶段均有冲击、筛分、称重 3 个步骤。第一阶段：冲击两次，进行筛分与称重；第二阶段，将试样重新放入筒内，摊平，冲击 4 次，再进行筛分与称重；第三阶段，将试样重新放入筒内摊平，最后冲击 4 次，然后筛分、称重。第一份试样总计冲击 10 次，筛分、称重 3 次。3 组试样平行做 3 次。测定砂浆容重，可用未冲击的砂浆试样取 8cm³ 左右的块状试件，用蜡封法测定。

表 2-2 冲击参数选择表

预计强度 (N/mm)	硬化砂浆试料特征	冲击总功 (kg·cm)	锤重 (kg)	落锤高度 (cm)	冲击次数
<5.0	试料结构酥松，可用手捏碎，容重小于 1.9g/cm ³	100	1.0	10	10
5.0~10.0	试料棱角易掰掉，肉眼观察孔隙较多，容重在 1.95g/cm ³ 左右	180	1.5	12	10
10.0~20.0	试料棱角不易掰掉，结构较密实，容重在 2.0g/cm ³ 左右	450	1.5	30	10
20.0~30.0	颜色呈青绿色，需使用工具才能破碎，容重在 2.1g/cm ³ 左右	900	2.5	36	10
>30.0	颜色呈青绿色，需使用锐利工具才能破碎，容重在 2.1g/cm ³ 以上	1250	2.5	50	10

注 当试料经两次冲击后，5mm 筛上的筛余量约 42g 左右为宜，过多或过少均应适当增大或减少锤重或落锤高度。

测定冲击后试料的表面积。试样粉碎后筛分 2min，分别称量各筛子上的筛余量 Q_i ，然后可按下式计算试料的总表面积

$$A = \frac{1}{\gamma_0} 10.5 \sum_{i=1}^7 \frac{Q_i}{d_i} + A_8 \quad (2-3)$$

式中 A ——试样总表面积，cm²；

γ_0 ——试样容重, g/cm^3 ;

Q_i ——试料在各号筛子上的筛余量, g ;

d_i ——各号筛子上试料的平均直径, cm , 可按表 2-3 采用。

表 2-3 各号筛子上试料的平均直径

i	1	2	3	4	5	6	7
i 号筛子上试料 粒度范围 (cm)	1.2~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	0.25~0.12	0.12~0.06	0.06~0.03	0.03~0.015
平均直径 d_i (cm)	1.097	0.722	0.361	0.177	0.0866	0.0433	0.022

注 小于 0.015 的试料表面积按 $A_s = 1510 \frac{Q_s}{\gamma_0}$ 计算。

计算破碎消耗功, 即

$$W = mhn \quad (2-4)$$

式中 W ——冲击功, $\text{kg} \cdot \text{cm}$;

m ——落锤重, kg ;

h ——落锤高度, cm ;

n ——冲击次数。

计算 $(\Delta A/\Delta W)$ 值。一组试验分 3 阶段, 每一阶段均可计算出 (A_1, W_1) , (A_2, W_2) , (A_3, W_3) , 用最小二乘法, 可计算出单位功的单面积增量, 即 $(\Delta A/\Delta W)$ 之值。

取 3 组试验的平均值 $(\Delta A/\Delta W)$, 然后按下式计算砂浆的抗压强度值 $f_m (\text{N}/\text{mm}^2)$

$$f_m = 64.55 \left(\frac{\Delta A}{\Delta W} \right)^{-0.78} \quad (2-5)$$

上式适用于砂子的细度模数为 $2.1 < M_k < 2.9$, 砂子最大粒径小于 4mm , 砂浆用砂量 $1300 \sim 1600 \text{kg}/\text{m}^3$ 的水泥砂浆或混合砂浆。否则应重新标定, 按对比试验由下式求出有关参数

$$f_m = a \left(\frac{\Delta A}{\Delta W} \right)^b \quad (2-6)$$

但式中参数 a 、 b 应经试验确定。

(2) 推出法。推出法是利用小型推出装置对砖砌体中处于统一边界条件下的丁砖施加水平推力, 用以间接推算出砂浆抗压强度的一种方法。所谓统一边界条件, 是指欲被推出的砖的顶面及两侧的砂浆层均已予清除的情况。

推出法的测试步骤包括 3 个方面: 测区选择, 清砂浆缝, 推出。

测区选择原则是尽量做到有代表性和可操作性。测区宜在墙体上均匀布置, 应避开施工中预留的各种孔洞, 被检测到的砖的端面应平整, 砖下的水平砂浆层的厚度应在 $9 \sim 11\text{mm}$ 之间。测区大小以能进行 6 块推出砖的检测工作为宜。对于抽样评定的墙体, 随机抽样数量应不少于该总量的 30%, 且不小于 3 片墙体。

如图 2-1 所示, 清缝开洞是为了使推出装置安装就位, 并保证被测砂浆层处于统一的边界条件。具体做法: 先用冲击钻及特制金刚石锯将被推砖顶部的砂浆层锯掉, 然后用扁铲插入上一层砂浆中轻轻撬动, 使被推砖上部的两块顺砖脱落取下, 形成一个断面为

240mm×60mm 的孔洞，最后再用锯将被推砖两侧缝砂浆清除掉，为推出检测作好准备。

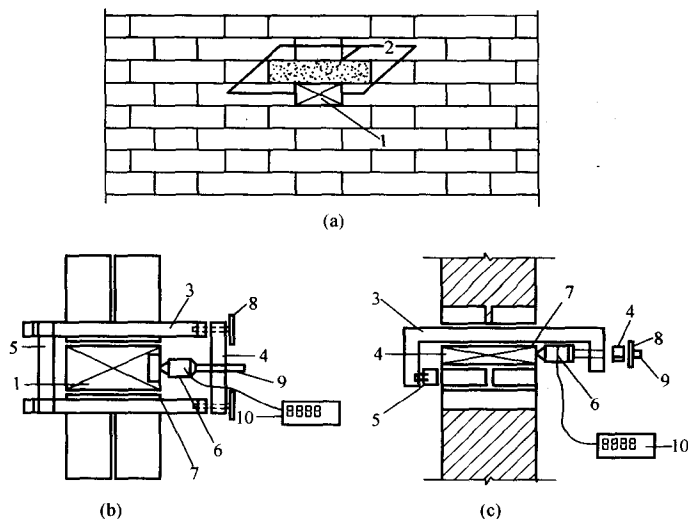


图 2-1 推出法的推出装置安装

(a) 被推丁砖的周边条件；(b) 推出装置安装后平面；(c) 推出装置安装后剖面

1—被推出丁砖；2—被清除砖、砂浆及砂浆竖缝；3—支架；4—前梁；5—后梁；

6—传感器；7—垫片；8—调平螺钉；9—传力丝扣；10—推出力显示器

最后的步骤是推出。待清好缝后，把推出装置安装在已处理好的孔洞中，接好传感器与仪表并清理归零，用专用扳手旋转加载螺杆对推出砖加载，观察传感器仪表，记录下砖被推出时最大的推出值，随即取下被推出砖，测量并记录砂浆饱满度值。

得极限推出力 P 后，即可算得砂浆的抗压强度 f_p 为

$$f_p = 0.298K_B P^{1.193} \quad (2-7)$$

式中 K_B ——砂浆饱满度 B 对 f_p 的修正系数， $K_B = (1.25B)^{-1}$ 。

三、砌体强度的检测

如果有了砌块与砂浆的强度，就可按砌体结构设计规范求出砌体强度，这是一种间接测定砌体强度的方法。有时希望直接测定砌体的强度，下面介绍几种直接测定法。

1. 实物取样试验法

如图 2-2 所示，在墙体适当部位选取试件，一般截面尺寸为 240mm×370mm、370mm×490mm，高度为较小边长的 2.5~3 倍，将试件外围四周的砂浆剔去，注意在墙长方向，即试件长边方向，可按原竖缝自然分离，不要敲断条砖，留有马牙槎，只要核心部分长 370mm 或 490mm 即可。四周暂时用角钢包住，小心取下，注意不要让试件松动。然后在加压面用 1:3 砂浆坐浆抹平，养护 7 天后加压。加压前要先估计其破坏荷载。加压时的第一级荷载为预估破坏荷载的 20%，以后每级加破坏荷载的 10%，直至破坏。设破坏荷载为 N ，试件面积为 A ，即可由下式算得砌体的实际抗压强度

$$f_m = \frac{N}{A} \quad (2-8)$$

2. 顶出法

如图 2-3 所示，这是一种原位测定法。选择门、窗洞口作为测区，将试验区取