



21st CENTURY
实用规划教材

21世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材

建筑工程 质量事故分析

主 编 郑文新
副主编 孙 伟
主 审 张云波



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材

建筑工程质量事故分析

主 编 郑文新

副主编 孙 伟

参 编 陈晓聪 刘连芬 陈小成

主 审 张云波



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书系统介绍了建筑工程质量事故分析及处理方法, 主要内容包括: 质量事故相关知识; 建筑工程检测方法; 土方、地基、基础工程; 砌体结构工程; 钢筋混凝土工程; 特殊工艺、大型构件和设备安装工程; 防水工程; 装饰装修工程; 结构缺陷处理方法概述。本书内容注重理论联系实际, 列举了大量的工程实例。

本书可作为高职高专院校建筑工程类专业教材, 也可作为有关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程质量事故分析/郑文新主编. - 北京: 北京大学出版社, 2010.2

(21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-16905-6

I. 建… II. 郑… III. 建筑工程—工程质量事故—事故分析 IV. TU712
I. 建… II. 郑… III. 建筑工程—工程质量事故—事故分析 IV. TU712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 020529 号

书 名: 建筑工程质量事故分析

著作责任者: 郑文新 主编

策 划 编 辑: 赖 青 杨星璐

责 任 编 辑: 赖 青

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-16905-6/TU·0116

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京山润国际印务有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 360 千字

2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材 专家编审指导委员会

主 任：于世玮（山西建筑职业技术学院）

副 主 任：范文昭（山西建筑职业技术学院）

委 员：（按姓名拼音排序）

丁 胜（湖南城建职业技术学院）

郝 俊（内蒙古建筑职业技术学院）

胡六星（湖南城建职业技术学院）

李永光（内蒙古建筑职业技术学院）

刘正武（湖南城建职业技术学院）

王秀花（内蒙古建筑职业技术学院）

王云江（浙江建设职业技术学院）

危道军（湖北城建职业技术学院）

吴承霞（河南建筑职业技术学院）

吴明军（四川建筑职业技术学院）

武 敬（武汉职业技术学院）

夏万爽（邢台职业技术学院）

战启芳（石家庄铁路职业技术学院）

朱吉顶（河南工业职业技术学院）

特邀顾问：何 辉（浙江建设职业技术学院）

姚谨英（四川绵阳水电学校）

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材 专家编审指导委员会专业分委会

建筑工程技术专业分委会

主 任： 吴承霞 吴明军
副主任： 郝 俊 刘正武 战启芳
委 员： (按姓名拼音排序)
 白丽红 邓庆阳 李 伟 刘晓平 马景善
 孟胜国 牟培超 石立安 汪忠洋 王渊辉
 肖明和 徐锡权 叶 腾 于全发 张 敏
 张 勇 赵华玮 郑仁贵 钟汉华 朱永祥

工程管理专业分委会

主 任： 危道军
副主任： 胡六星 武 敬 李永光
委 员： (按姓名拼音排序)
 冯 钢 赖先字 李柏林 李洪军
 时 思 孙 刚 王 安 吴孟红
 徐庆新 杨庆丰 赵建军 周业梅

建筑设计专业分委会

主 任： 丁 胜
副主任： 夏万爽 朱吉顶
委 员： (按姓名拼音排序)
 戴碧锋 脱忠伟 肖伦斌 余 辉

市政工程专业分委会

主 任： 王秀花
副主任： 王云江
委 员： (按姓名拼音排序)
 胡红英 来丽芳 刘 江
 刘水林 刘 雨 张晓战

前 言

改革开放以来，我国的建筑业蓬勃发展，已成为国民经济的支柱产业。随着城市化进程的加快、建筑领域科技的进步以及市场竞争的日趋激烈，建筑业急需大批建筑技术人才。人才紧缺已成为制约建筑业全面、协调、可持续发展的严重障碍。

为配合技能型紧缺人才培养培训工程的实施，满足教学需要，我们编写了本书。本书编写体现了教育部、住房和城乡建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念，有利于职业院校从建设行业人才市场的实际需要出发，以素质为基础，以能力为本位，以就业为导向，加快培养建设行业迫切需要的高技能人才。

建设工程的质量与安全不仅是施工企业关注的焦点，也是项目参与各方的共同责任。党和政府历来十分关心和重视工程的质量与安全问题，并制定了一系列方针、政策、法律法规、规范标准与强制性条文，为建设工程的质量与安全管理工作提供了强有力的保障。

建设工程的质量和安全与人民群众的生活、工作休戚相关。工程质量缺陷会给用户带来使用功能和使用成本等方面的不良影响，而工程质量事故和安全事故则会给国家和人民生命财产造成巨大损失。这将不利于国泰民安，不利于安定团结，不利于构建和谐社会。

本书根据教育部、住房和城乡建设部联合制定的“高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养指导方案”中的专业教育标准、培养方案及主干课程教学基本要求，并按照国家现行的相关规范和标准编写而成。

本书由郑文新副教授主编，国务院政府特殊津贴获得者、华侨大学张云波教授主审。宿迁学院郑文新编写项目1、项目3、项目4、项目5、项目6，哈尔滨铁道职业技术学院孙伟编写项目9，厦门至信工程咨询有限公司泉州分公司陈晓聪编写项目2，刘连芬编写项目7，南安市第一建设有限公司陈小成高级工程师编写项目8。

限于编者水平，加之时间仓促，书中难免有缺点和不足之处，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2009年8月

目 录

项目 1 质量事故相关知识	1	项目 6 特殊工艺、大型构件和设备 安装工程	146
1.1 工程项目质量的概念	4	6.1 液压滑升模板工程	148
1.2 建筑工程中缺陷、破坏、倒塌、 事故的概念	5	6.2 框架结构工程施工	152
1.3 工程质量事故的分类	8	6.3 装配式钢筋混凝土结构吊装 工程	159
1.4 工程质量事故的特点	9	6.4 钢结构工程	162
1.5 分析的作用、依据、方法	10	思考题	170
思考题	15	项目 7 防水工程	171
项目 2 建筑工程检测方法	16	7.1 屋面防水工程	173
2.1 钢筋混凝土构件的检测	18	7.2 地下防水工程	182
2.2 砌体构件的检测	26	7.3 其他防水工程	191
2.3 钢构件的检测	30	思考题	195
2.4 建筑物的变形观测	32	项目 8 装饰装修工程	196
2.5 建筑结构的可靠性鉴定	34	8.1 一般抹灰	197
思考题	48	8.2 装饰抹灰	201
项目 3 土方、地基、基础工程	50	8.3 整体面层	203
3.1 土方工程	52	8.4 块板面层	207
3.2 地基与基础工程	61	8.5 木面层	209
3.3 桩基础工程	80	8.6 饰面板工程	210
思考题	89	8.7 饰面砖工程	213
项目 4 砌体结构工程	90	8.8 金属外墙饰面工程	215
4.1 砖、石砌体工程	92	8.9 木门窗安装工程	216
4.2 混凝土小型空心砌块砌体工程	96	8.10 金属门窗安装工程	217
思考题	103	8.11 塑料门窗安装工程	218
项目 5 钢筋混凝土工程	104	思考题	219
5.1 模板工程	106	项目 9 结构缺陷处理方法概述	221
5.2 钢筋工程	111	9.1 建筑结构缺陷处理方法分类及 适用范围	222
5.3 混凝土工程	120	9.2 建筑结构的加固原则	229
5.4 预应力混凝土工程	131	9.3 建筑结构加固的设计施工要点	230
思考题	144	参考文献	239

项目

质量事故相关知识

教学目标

本章重点阐述质量与质量事故有关的几个重要概念(术语),从理论上强化对工程质量事故分析的把握,能灵活地运用工程质量事故分析的方法。

教学要求

能力目标	知识要点	权重	自测分数
了解相关知识	(1) 质量与质量事故有关的几个重要概念 (2) 工程质量事故分析的作用、依据	15%	
熟练掌握知识点	(1) 对工程质量事故特点的理解 (2) 摸索、总结影响工程质量的主要因素和规律 (3) 分析事故产生的原因	50%	
运用知识分析案例	工程质量事故分析的方法	35%	

引例

建筑工程质量事故，是一种社会警示。在我国经济快速发展的今天，不断发生的土木工程质量事故已经成为全社会不和谐、不安宁的因素之一。下面为湖南凤凰桥倒塌事故分析。

1) 事故概况

2007年8月13日下午4时40分左右，湖南省湘西土家族苗族自治州凤凰县正在建设的堤溪沱江大桥发生坍塌事故，桥梁将凤凰至山江公路塞断，当时现场正在施工，造成64人死亡，22人受伤，直接经济损失达3974.7万元。

相关技术资料显示，堤溪沱江大桥是凤凰县至大兴机场二级路的公路桥梁，桥身设计长328米，跨度为4孔，每孔65米，高度42米。按照交通部的标准，此桥属于大型桥。

堤溪沱江大桥上部构造主拱券为等截面悬链空腹式无铰拱，腹拱采用等截面圆弧拱。基础则奠基在弱风化泥灰或白云岩上，混凝土、石块构筑成基础，全桥未设制动墩。

2) 原因分析

湖南凤凰县沱江大桥在竣工前出现了整体坍塌，这是新中国成立以来建桥史上第一次。沱江大桥突然坍塌存在以下几个问题。

(1) 为了州庆缩短大桥养护期。沱江大桥施工工期过紧，施工中变更了主拱券砌筑的程序，拱架拆卸过早。据了解，因为湘西自治州要进行50年州庆，所以沱江大桥施工采取了项目倒计时。6月20日主拱券的砌筑完成，第19天开始卸架，养护期不够，比规定少了9天。按规定，大桥养护期是28天。因为养护期减短，大桥拱券承载能力减弱。

(2) 桥下地质复杂桥墩严重裂缝。施工中，就已经发现桥墩的地质构造比较复杂，而且还发现0号桥墩下面有严重裂隙。施工中虽然对此处进行了一些处理，但没有从根本上解决问题。大桥垮塌的方向从0号桥墩开始，像积木一样顺着一个方向垮塌。

(3) 所用沙石含土量过高，主拱券砌筑质量有问题。砌筑要使用料石，才能够相互咬合。但事故后发现，塌下来的主拱券中还有片石。而且砌筑的砂浆混凝土不饱满，未填实，有空隙、空洞。另外，沙石含土量比较高。沙石应该用水洗过的沙，一含土就影响混凝土的凝结力。

(4) 工程层层分包，质量管理混乱。施工中施工单位有变更，却没有及时告知监理单位，监理单位对发现的问题也没有及时向上级工程质量监督管理部门反映，而且中层分包单位多，层层分包。

沱江大桥是四跨连拱，4个拱圈产生的推力通过桥墩实现相互平衡，一方面要求桥墩自身有足够的重量，另一方面，桥墩要足够牢固，二者是相辅相成的，因此石拱桥的桥墩体积一般都十分庞大。由于拱圈之间互有推力，只要一个拱圈出现问题，大桥就会像多米诺骨牌一样出现“一垮俱垮”的情形。

桥梁专家认为造成桥梁坍塌是由拱圈下沉造成的，其主要原因有以下几点。

(1) 混凝土灌注太少。根据媒体报道，沱江大桥一号拱圈在2007年5月曾下沉10cm。如果报道准确，说明桥墩没有打牢，这可能跟灌注的混凝土太少有关，也有可能和当地的地质有关。但不管什么原因，拱圈下沉对沱江大桥造成的影响是致命的。因为石拱桥的特点是不怕压力最怕变位，石头属刚性，承重能力好，但不能承受弯曲和挠曲。桥墩位移会导致拱圈弯曲，对拱圈产生附加力，打破石拱桥各个部位之间的受力均衡，从而导致大桥垮塌。

(2) 修建拱圈石料规格不一。修建石拱桥对石材的质量要求较高，这样形成的拱圈才能确保足够紧密，如果拱圈不紧密，就会出现漏水的情形。因此修建拱圈所用的石料规格不统一也是导致事故发生的原因之一，除了比较整齐的石块，大桥还使用了许多碎石。石料不规整，灌注的混凝土又不够饱满，就容易出现经常掉石头的情况。

(3) 过早拆除拱圈。拱圈建好后，还要等一段时间让灌注的混凝土将石料凝结成一个整体，时间长短有明确规定，一般是28天，如果时间太短，拱圈还没有形成整体就拆掉了起支撑作用的拱圈架，也会

出现意外事故。此外,为了确保拱圈的安全性,在拆卸拱圈架之前,一般会做一个初步的荷载实验,测试拱圈的承重能力。

3) 专家视点

湖南凤凰沱江大桥骤然坍塌,留下问号一串。媒体和社会各界纷纷质疑大桥在建造过程中是否偷工减料,大桥本身是否“豆腐渣工程”抑或从一开始选址设计就存在问题。

带着对沱江大桥的种种疑问,本报记者昨日咨询了广东省政协委员、著名桥梁专家黎宝松教授。

著名桥梁专家黎宝松接受采访时提出以下观点:拱圈下沉对桥造成致命影响。

(1) 问题一:设计方案是否合理?

据媒体报道,沱江大桥跨度达328米,有网友质疑桥梁跨度这么大,设计者仅设计了4个拱圈,设计方案是否有问题?此外网友反映“大桥东岸是石灰石覆盖黄泥地质,西岸是强风化砂土地质”,认为此地不应该建石拱桥。

黎教授表示,由于自己不在现场,不清楚河流的水文情况,仅就媒体报道的情况来看,桥型的设计看不出有什么错误。

至于地质情况,即使当地的地质像网友说的是“石灰石、强风化砂土地质”,也不能说就完全不能建桥,关键是看设计与施工怎么根据具体情况加以处理。此外,在建桥之前,必须要做的沉降变形检测足以让大桥避开因地质原因可能造成的不利影响。

(2) 问题二:大桥是否“豆腐渣”?

不少网友指出,从塌桥照片来看,混凝土中看不见几根钢筋,水泥、沙子、石子不成比例,几乎尽是石头,和“豆腐渣”非常相似。

对此,黎教授解释道,沱江大桥是石拱桥,桥墩里可以放钢筋也可以不放钢筋。假如水泥很少,可能会影响到桥梁的两个方面:一方面是桥墩的牢固度,尽管是石拱桥,桥墩也需要灌注大量的混凝土,才能保证桥墩足够牢固;另一方面,桥身也需要足够的混凝土、砂浆将石块黏合在一起,如果混凝土太少,桥身无法牢固地黏成一个整体,就会出现媒体报道的那样“经常有碎石头掉下来”。

(3) 问题三:大桥仅靠脚手架支撑?

大桥是在工人们拆卸脚手架的时候垮掉的,有网友质疑“难道这座桥竟是靠脚手架来支撑的吗?”

对这个问题,黎教授首先纠正了许多媒体以及网友所说的“脚手架”的概念。他说,工人们拆卸的并不是脚手架,而是拱圈架,也就是承接沱江大桥4个拱圈的架子。在石拱桥的各个部件中,拱圈是大桥的主要承重构件,而拱圈以及桥身上的一些附件(比如小拱圈)的重量又都要拱圈架一力承受。所以拱圈架的作用十分重要,拱圈架扎得好不好直接关系到石拱桥的质量。如果大桥质量本身有问题,工人在拆卸拱圈架时大桥会垮塌也就不奇怪了。

中国工程院土木水利建筑学部陈肇元院士的观点:事故由结构设计标准的低要求造成。

包括桥梁在内的建筑安全问题,早在5年前就引起了专家们的注意。“我国结构设计在安全设置水准上的低要求问题,在世界上是非常突出的。”从2003年起,就有14位中国工程院院士两次向国家有关部门递交咨询报告,时间分别在2003年和2005年3月。

“公路桥梁的短寿首先源于设计规范对耐久性的低标准要求。”中国工程院土木水利建筑学部陈肇元院士在咨询报告中写道。他是该咨询项目的负责人和编写人。

报告中说,我国规范规定的车辆荷载安全系数为1.40,低于美国的1.75和英国的1.73。另一方面,在估计桥梁构件本身的承载能力时,我国规范规定的材料设计强度又定得较高,因而对车辆荷载来说,我国桥梁的设计承载能力仅为美国68%、英国的60%。

桥梁土木工程经常处于干湿交替、反复冻融和盐类侵蚀的环境中,以致一些桥梁包括大型桥梁不需大修的使用寿命仅有一二十年,甚至不到十年就被迫大部分拆除重建。按照交通部以往的桥涵设计规范,室外受雨淋(干湿交替环境)的混凝土构件,钢筋保护层最小设计厚度尚不到国际通用规范规定的一半。

“如果规范上没有确切要求,怎么能追究设计者的责任呢?”中国著名桥梁专家范立础院士在做学术

报告时认为,我国的桥梁规范应及时修改。

在报告中,院士们还说,我国已经面临已建工程过早劣化的巨大压力,在今后二三十年的时间内,仍将处于持续大规模建设的高潮期。由于土建工程的耐久性设计标准过低,施工质量较差,如再不采取措施,将会陷入永无休止的大建、大修、大拆与重建的怪圈中。

通过本案例,分析建设工程在设计、施工、运用管理等方面会出现哪些问题,可以获得哪些经验教训。

建设工程是人们生活、生产、工作的活动场所,是人们赖以生存和发展的物质基础之一。建设工程质量,关系到人民的生命及财产的安全。《建筑法》把保证工程质量和安全作为立法的主要目的;把确保工程质量和安全作为建筑活动的基本原则。《建设工程质量管理条例》是《建筑法》颁布实施配套的法规,《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300-2001)统一了建筑工程施工质量的验收方法、质量标准和程序,增加了建筑工程施工现场质量管理和质量控制的要求,体现了以强化检验保证过程控制的原则。强制性条文的实施,又为建筑从业人员在建筑活动中,为确保工程质量提供了必须严格执行的准则。

1.1 工程项目质量的概念

我国建设工程的质量,总的来看是好的。国家重点工程的质量逐年稳步提高,有的已达到国际先进水平。一般建设工程质量也在稳步提升。但是,也必须清醒地看到另一面,即当前工程质量存在的问题也相当突出,一些“豆腐渣”工程导致的重大质量事故,不仅给国家造成了严重经济损失,对社会的负面影响也十分恶劣。一些民用建筑工程特别是住宅工程,影响正常使用功能的质量事故或质量缺陷屡屡出现,事故或缺陷的多发性、普遍性已成为人们关注、投诉的热点之一。

工程质量事故的发生,从大环境看,与建筑市场发育不成熟有关。工程、劳务、物资等市场没有达到规范化、法治化,项目工程的生产要素还不能得到最佳的优化配置,施工企业经营管理机制滞后。从小环境分析,发生质量事故其内在的必然性,就是工程建设各阶段工作的失误。前期建设工程各阶段的工作做得再好,施工不按规范操作,物化劳动的最终产品也必然导致工程质量不合格,或发生质量事故,或产生质量缺陷。

工程质量事故分析,是后馈式控制手段之一。为了把握与工程质量事故分析的理论和方法,取得举一反三的效果,触类旁通,掌握与质量有关的基本概念非常必要。

1. 产品的定义

产品,是“过程的结果”(GB/T 19000-2000),项目工程是产品。施工单位通常要向买方提供两种或两种以上产品,即除向买方提供合格的工程实体,在保修期间还要承担保修责任。在保修范围和保修期间,因自身的原因,对造成的损失要承担赔偿责任。保修体现了服务,服务同属产品的范畴。

2. 质量的概念

质量,是“一组固有特性满足要求的程度”(GB/T 19000—2000)。对建筑产品而言,如工业厂房、居住建筑,其固有特性,就是本来就有的,尤其是那种永久的特性,如必须

满足人们生产、居住的特性。这种“要求”是“明示的、通常隐含的或必须履行的需要或期望”。如住宅工程必须具备的功能,这种期望是不言而喻的。“满足要求的程度”,才能反映质量好与坏。通俗地比喻,如有防水要求的卫生间、房间和外墙面出现渗漏,不能满足要求的程度,就可以说质量不好。

工程质量受建设全过程众多因素的影响。施工阶段是建设工程“过程的结果”,对工程质量的影响举足轻重。

3. 质量保证的概念

质量保证,应是“质量管理的一部分,致力于提供质量要求会得到满足的信任”(GB/T 19000—2000)。随着经济的发展和施工技术的进步,单体建筑工程的建筑规模越来越大,具有综合使用功能的综合性建筑物越来越多,建筑产品也越来越复杂,对其质量要求也越来越高。建筑产品的特性,有的已不能通过检验来鉴定,在动用一段时间以后才逐渐暴露出质量问题,这种现象时有发生。施工单位为了向业主提供质量保证,就必须提供合格的施工阶段的各个环节、工序质量的证据。“质量保证”正是以质量保证为基础,进一步引申到提供“信任”这一基本目的。“质量保证”不是单纯为了保证质量,其主要目的是提供(向用户或第三方)信任。施工单位,尤其是生产一线的质量管理人员一定要加深对“质量保证”的理解,并付诸于“过程”中。

4. 工程项目质量的概念

工程项目质量是国家现行的有关法律、法规、技术标准、设计文件及工程合同中对工程的安全、使用、经济、美观等特性的综合要求。建筑工程质量,《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)对这一术语,从其标准的角度赋予其含义是:反映建筑工程满足相关标准规定或合同约定的要求,包括其在安全、使用功能及其在耐久性能、环境保护等方面所有明显和隐含能力特性总和。工程项目质量是活动和过程的本身,也是活动和过程的结果。整个活动过程,包括项目设计、项目施工和项目回访保修。本教材质量事故分析的重点是建筑工程施工质量。

工程项目具有单件性、建成的一次性和寿命长期性的特点。

(1) 单件性。工程项目必须满足每个不同需求业主所需的功能和使用价值。不同于其他在工厂中连续批量生产的相同产品,即使同类型的工程项目,由于所处地理位置和自然环境的差别,施工管理条件、施工工艺的不同,其最终的产品(实体)质量也存在差异。

(2) 建成的一次性。工程项目只能一次性建成,只能允许生产合格的产品,否则,造成的巨大经济损失是无法挽回的。质量的风险性显而易见。

(3) 寿命长期性。建筑工程耐久年限一般较长。这就要求工程质量长期处于稳定状态,具有耐久性能。如民用建筑的主体结构耐久年限为 50~100 年。

建设工程一次性投入大,建设周期长,在工程建设的各个阶段,存在着许多影响质量的不确定因素,并受制于不确定因素。工程项目质量波动、质量变异、质量隐蔽、质量终检局限难度,都是一般产品无法比拟的。

1.2 建筑工程中缺陷、破坏、倒塌、事故的概念

工程质量事故,应该理解为:凡工程质量没有满足规定的要求,即质量达不到合格标

准的要求而发生的事故。不合格(不符合)的定义:未满足要求(GB/T 19000—2000)。

工程质量缺陷:凡工程“未满足与预期或规定用途有关要求。”(GB/T 19000—2000)。

掌握了这样的尺度,就利于区别质量事故和质量缺陷。

在工程建设整个活动过程中,质量事故是应该防止发生的,也是能够防止发生的,而质量缺陷却存在发生的可能性。如建筑结构完全能满足功能所有要求,钢筋混凝土结构受拉区出现了规范允许的微细裂缝,只能界定为质量缺陷。但这并不是说质量缺陷完全可以忽视。事物的发展,是量变到质变的过程,有些质量缺陷,会随着时间的推移、环境的变化,趋向严重性。如某地区餐厅,屋面长期漏水,没有得到根治。在3年之后的一个深夜,瞬间倒塌。发生这起重大质量事故的原因,主要是结构计算存在重大错误。从倒塌的屋面显示,钢筋严重生锈腐蚀,局部混凝土与钢筋失去了握裹力,屋面承受不了荷载。由此可见屋面漏水也是诱发原因之一。

建筑物在施工和使用过程中,不可避免地会遇到质量低下的现象。轻则看到种种缺陷,重则发生各种破坏,甚至出现局部或整体倒塌的重大事件。当遇到这些现象时,建筑工作者应该善于分析、判断它产生的原因,提出预防和治理它的措施。要做到这些,必须对它们有一个准确的认识。建筑工程中的缺陷,是由人为的(勘察、设计、施工、使用)或自然的(地质、气候)原因,建筑物出现影响正常使用、承载力、耐久性、整体稳定性的种种不足的统称。它按照严重程度不同,又可分为3类。

(1)轻微缺陷。它们并不影响建筑物的近期使用,也不影响建筑结构的承载力、刚度及其完整性,但却有碍观瞻或影响耐久性。例如墙面不平整,地面混凝土龟裂,混凝土构件表面局部缺浆、起砂,钢板上有划痕、夹渣等。

(2)使用缺陷。它们虽不影响建筑结构的承载力,却影响建筑物的使用功能,或使结构的使用性能下降,有时还会使人有不舒适感和不安全感。例如屋面和地下室渗漏,装饰物受损,梁的挠度偏大,墙体因温差而出现斜向或竖向裂纹等。

(3)危及承载力缺陷。它们或表现为采用材料的强度不足,或表现为结构构件截面尺寸不够,或表现为连接构造质量低劣。例如混凝土捣固不实,配筋欠缺,钢结构焊缝有裂纹、咬边现象,地基发生过大的沉降速率等。这类缺陷威胁到结构的承载力和稳定性,如不及时消除,可能导致局部或整体的破坏。

3类缺陷可能是显露的,如屋面渗透;也可能是隐蔽的,如配筋不足。后者更为危险,因为它有良好外表的假象,一旦有所发展,后果可能很严重。

缺陷的发展是破坏,而破坏本身又经历着一个过程。它对建筑装饰来说,是指装饰物从失效、毁坏到脱落的过程;对建筑结构来说,是指结构构件从临近破坏到破坏,再由破坏到即将倒塌的过程。

建筑结构的破坏,是结构构件或构件截面在荷载、变形作用下承载和使用性能失效的协议标志。

(1)截面破坏。指构件的某个截面由于材料达到协议规定的某个应力或应变值所形成的破坏。例如,钢筋混凝土梁正截面受弯破坏,指该截面拉区钢筋到达屈服点,相应压区混凝土边缘达到极限压应变时的受力状态;破坏时该截面所能承受的弯矩不能再增加,就是一种破坏。但超静定构件某个截面发生破坏,并不等于该构件发生破坏。

(2)构件破坏。指结构的某个构件由于达到某些协议检验指标所形成的破坏。上述钢

钢筋混凝土梁,如果受拉主筋处的最大裂缝宽度达到 1.5mm ,或挠度达到 $L/50$ (L 指跨长)时,即认为该梁发生破坏,就是一例。同理,超静定结构的某个构件发生破坏,并不等于该结构发生破坏。



特别提示

正因为破坏是一种人为的协议标志,要十分注意结构构件或构件截面的受力和变形处于设计规范允许值和协议破坏标志之间的状态,并将它称之为临近破坏(如钢筋混凝土梁受拉区的裂缝宽度在 0.9mm 和 1.5mm 之间时)。临近破坏是破坏的前兆,有这种破坏前兆的(如钢筋混凝土梁的弯曲破坏)称为延性破坏;无这种破坏前兆的(如无腹筋混凝土梁的剪切破坏)称为脆性破坏。在进行建筑物的结构设计时,要避免发生脆性破坏;对有破坏前兆的临近破坏的质量问题,要及时发现并及时处理,予以纠正。这些在实际的建筑工程设计和实践中,都具有极端重要的意义。

建筑结构的倒塌,是建筑结构在多种荷载和变形共同作用下稳定性和整体性完全丧失的表现。其中,若只有部分结构丧失稳定性和整体性的,称为局部倒塌;整个结构物丧失稳定性和整体性的,称为整体倒塌。倒塌具有突发性,是不可修复的。它的发生,一般都伴随着人员的伤亡和经济上的巨大损失。但倒塌绝不是不可避免的,因为建筑结构的倒塌一般都要经过以下几种规律性的阶段:①结构的承载力减弱;②结构超越所能承受的极限内力或极限变形;③结构的稳定性和整体性丧失;④结构的薄弱部位先行突然破坏、倾倒;⑤局部结构或整个结构倒塌。

有时,这些阶段在瞬时连续发生、发展,表现为突发性倒塌;有时,这些阶段的发生和发展是渐变的,它使破坏有一个时间过程。因此,如果人们能在发生轻微缺陷时就及时纠正,在有破坏征兆时就及时加固,做到防微杜渐,倒塌往往是可以避免的。

建筑结构的临近破坏、破坏和倒塌,统称质量事故,简称事故。破坏称破坏事故,倒塌称倒塌事故。建设部规定建筑工程的事故有以下几个级别。

(1) 一级重大事故,指死亡30人以上,直接经济损失300万元以上者。

(2) 二级重大事故,指死亡10~29人,直接经济损失100万元以上,不满300万元者。

(3) 三级重大事故,指死亡3~9人,重伤20人以上,直接经济损失30万元以上,不满100万元者。

(4) 四级重大事故,指死亡2人以下,重伤3~19人,直接经济损失10万元以上,不满30万元者。

(5) 一般质量事故,指重伤2人以下,或直接经济损失10万元以下,5000元以上者。

(6) 质量问题,指经济损失不足5000元者。

纵览以上分析,建筑结构的缺陷和事故,虽然是两个不同概念:事故表现为建筑结构局部或整体的临近破坏、破坏和倒塌;缺陷仅表现为具有影响正常使用、承载力、耐久性、完整性的种种隐藏的和显性的不足。但是,缺陷和事故又是同一类事物的两种程度不同的表现:缺陷往往是产生事故的直接或间接原因;而事故往往是缺陷的质变或经久不加处理的发展。

1.3 工程质量事故的分类

为了准确把脉工程质量事故的症结所在,精确分析其原因,总结带有共同性的规律,了解和掌握质量事故的分类方法,是非常必要的。

1. 按事故的严重程度分类

(1) 一般事故。通常指经济损失在 5000 元~10 万元额度内的质量事故。

(2) 重大事故。凡属下列情况之一者:建筑物、构筑物或其他主要结构倒塌;未达到规范规定或设计要求,基础不均匀下沉,主体倾斜,结构开裂,主体结构强度不足,影响建筑物寿命,造成不可补救的永久性质量缺陷。

重大事故按经济损失和伤亡人数,又可分为 1~4 级。

2. 按事故发生的部位和现象分类

(1) 地基事故。地基不均匀下沉、边坡失稳塌方、填方地坪下沉等。

(2) 基础事故。基础错位、变形过大、基础上浮、桩基偏移、桩身断裂等。

(3) 错位事故。建筑物方位不准,结构体几何尺寸偏差,预埋件、预留洞(槽)位移等。

(4) 开裂事故。砌体结构、混凝土结构开裂等。

(5) 变形事故。结构件受力倾斜、扭曲等。

(6) 倒塌事故。建筑物整体或局部倒塌。

3. 按事故的不可见性分类

(1) 隐性事故。结构或构件承载力不足、混凝土强度达不到规定要求等。

(2) 功能事故。隔声、隔热达不到设计要求等。

4. 按事故产生的原因分类

(1) 程序原因。从事建设工程活动,没有严格执行基本建设程序,没有坚持先勘察、后设计、再施工的原则。在基本建设一系列规定程序中,勘察、设计、施工是保证工程质量最关键的 3 个阶段。近年来,边勘察、边设计、边施工的“三边工程”屡禁不止。因地质资料不全,盲目设计;因施工图纸不完整,盲目施工造成质量事故的举不胜举。

(2) 技术原因。地质情况估计错误;结构设计计算错误;采用的技术不成熟,或采用没有得到实践检验充分证实可靠的新技术;采用的施工方法和工艺不当。

(3) 社会原因。社会上存在的弊端和不正之风导致腐败,腐败引发建设中的错误行为恶性循环。前总理朱镕基指出:“工程质量事故频发,重要原因是由于工程建设领域存在严重腐败行为,内外勾结,贪赃枉法。”近年来,不少重大工程质量事故的确与社会原因有关。

应用案例 1-1

1999 年 1 月 4 日重庆綦江虹桥整体垮塌事故。綦江县虹桥是一座跨江人行桥,结构为中承式钢管混凝土提篮拱桥,桥长 140m,主跨 120m,桥面总宽 6m,净宽 5.5m,设计人群荷载 35kN/m²。该工程于

1994年11月5日开工,1996年2月15日投入使用,1999年垮塌。事故的直接原因是工程施工存在十分严重的危及结构安全的质量问题,工程设计也存在一定程度的质量问题。该桥建成时就已是一座危桥,使用过程中吊杆锚固又加速失效,使该桥受力情况急剧恶化,更加接近垮塌的边缘。事故的间接原因是严重违反基建程序,不执行国家建筑市场管理规定和办法,违法建设、管理混乱。



应用案例 1-2

2005年11月5日中午1点55分,即将合龙的贵州省遵义市务川县珍珠大桥突然垮塌。珍珠大桥为箱形拱钢筋混凝土结构,全长152m,主跨120m,桥面距水面约170m。事故发生时,大桥正在进行拱架架设,垮塌后只剩下两根钢索孤零零地挂着。该桥于2004年开始动工修建,垮塌事故造成直接经济损失352.1万元。塌桥使19名现场施工人员落入河谷,造成16人死亡,3人重伤。贵州省安监局成立调查组对事故开展专项调查。经调查组多方调查取证和科学分析,此次桥梁垮塌特重大事故已被认定是一起责任事故。事故发生的直接原因是大桥的施工单位在施工中使用了不符合安全质量的施工器材和违规作业。

1.4 工程质量事故的特点

工程建设物流渠道错综复杂,参与的各方多,涉及面广,加之特殊的地域、自然环境,一旦出现质量事故就具有复杂性、严重性、可变性和多发性的特点。

1. 复杂性

就施工阶段而言,产品固定,人员流动;产品多样性、单件性,结构类型各异;材料品种繁杂,材质性能不同,组合配制不一;多专业、多工种交叉作业,协调难度大;施工方法、工艺要求、技术标准变化大。这些都是影响工程质量的因素。在建设活动过程和建设活动本身,一旦工序失控,发生质量控制断链,就会造成事故原因的复杂性。同一性质的质量事故,造成的原因也截然不同。如砌体裂缝的原因是可能是温差收缩变形,可能是地基不均匀下沉,或结构荷载过大,或设计构造不当,或材质不良,或施工质量低劣,或受地震、机械振动、邻近爆破影响。某地尚未竣工的新礼堂突然倒塌,造成重大质量事故的原因是台口大梁下砌柱断面太小,砖柱为包心砌筑,砂浆不饱满,强度达不到规范要求。由此可见,造成质量事故的成因可能是单一的,也可能是综合因素共同作用的结果。

2. 严重性

投资建设工程项目具有高风险。一旦出现质量事故,轻则延误工期,增加工程费用,影响使用功能,重则对社会和经济影响往往十分严重。重庆綦江彩虹桥垮塌;××市某20层大厦(主体为框架剪力墙结构),浇筑主体使用了不合格水泥,迫使拆除11~14层;××市某住宅工程(剪力墙结构、18层、建筑面积1.46万m²)主体完工后,整体倾斜,采取纠偏措施无效,最后被迫引爆5~18层。工程质量事故的严重性远远超过其他产品。

3. 可变性

工程质量事故的存在,往往是动态的。如处理不及时或处理方法不当,会随时间、环境等因素,由此及彼,使事故性质发生变化。××市某大厦,基坑设计深度9.0m,支护结构采用直径800mm、间距1.0m的钢筋混凝土灌注桩,桩长15m,支护桩外侧为水泥搅

禁止水帷幕。基坑完工做基础垫层时,遇大雨,因基坑拐向处水平支撑钢筋混凝土大梁突然断裂,基坑坍塌范围达40多米。造成相邻近1、3号住宅楼墙体开裂,楼房向基坑方向倾斜。可见水平支撑抗力不足,带来可变性的后果。××市某发电厂第二期扩建工程,梁柱吊装之后,未能及时焊接固定,节点间尚未浇筑混凝土,为了赶工期,在整个排架尚未稳定的情况下,安装上节柱,工程在大风突袭下倒塌,也是可变性的典型案例。

4. 多发性

多发性应理解为工程建设施工阶段,容易被疏忽、容易发生质量失控,造成的应该避免又没有能避免的质量缺陷。多发性的质量通病,具有普遍性、顽固性。如屋面渗漏;有防水要求的卫生间、房间、外墙面渗漏;抹灰层开裂、脱落;预制构件的微细裂缝等。

5. 影响工程质量的因素

工程项目质量要达到设计和合同规定的要求,是由决策、勘察、设计、施工、保修各个阶段综合保证质量的。现截取施工过程这一环,主要分析人的因素对工程质量的影响。

在施工阶段,关键岗位管理者的理论水平、技术水平对工程质量的影响,起着关键作用。

工程技术环境、工程劳动环境、工程管理环境,都与施工人员的行为有关,并受其制约。



知识链接 1-1

我国加入WTO后,面临外资施工企业对我国建筑市场的冲击。各方的竞争能力,主要取决于科技水平和人才素质。国家鼓励采用先进的科学技术和管理方法,提高建设工程质量,已经初见成效。建设工程由于积极采用新技术、新工艺、新材料、新设备,大大提高了建设工程的质量水平。如新型防水材料的使用,使长期困扰房屋渗漏的问题得到了治理;新型外加剂的使用,提高了混凝土的强度和耐久性;深基坑支护技术的推广运用,确保了边坡稳定,满足了变形控制要求。但是,在建筑新技术日新月异的今天,施工管理人员的理论水平、专业素质又明显滞后,技术创新能力差;乡镇建筑企业占据了全国建筑企业总数的一半,建筑从业人员中,农民工占80%以上,建筑劳动者的文化素质、专业技能水平偏低,又成为影响工程质量的主要因素。

1.5 分析的作用、依据、方法

1.5.1 分析的作用

工程质量事故一旦发生,或影响结构安全,或影响功能使用,或二者都受到影响。重视质量事故分析,预防在先,在施工全过程活动中尤为重要。

质量事故分析的主要作用有以下两点。

1. 防止事故进一步恶化

建筑工程出现质量事故或质量缺陷,为了弄清原因,界定责任,实施处理方案,施工单位必须停止有质量问题部位和与其有关联部位及下道工序的作业,这样就从“过程”中