

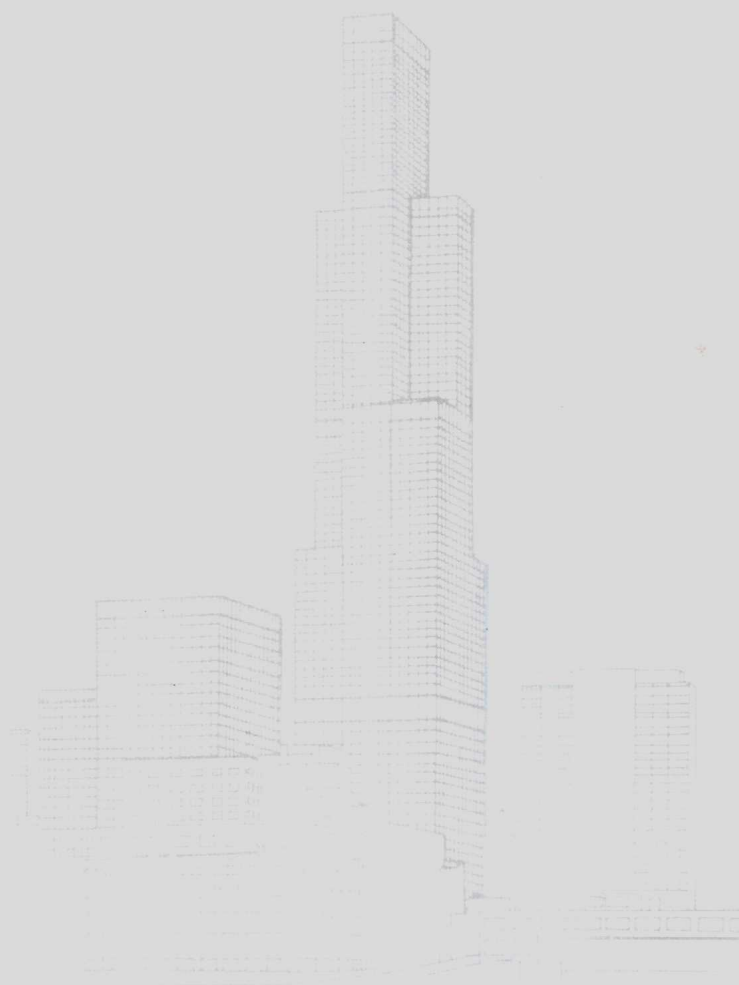


普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

建筑结构检测、鉴定与加固

J Z J G J C J D Y J G

张立人 主编



WUTP

武汉理工大学出版社

普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

建筑结构检测、鉴定与加固

主 编 张立人
副主编 卫龙武 李 飞

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

【内 容 提 要】

本书按照我国最新的有关建筑结构检测、建筑结构鉴定、建筑结构加固的规范、规程和技术标准编写。内容包括:砌体结构的检测,混凝土结构的检测,建筑地基基础的检测,建筑结构的可靠性鉴定与评估,混凝土结构加固,砌体结构加固,钢结构加固,建筑地基基础加固,建筑物纠偏技术,建筑物的迁移技术,建筑物的抗震加固,建筑结构加固新技术、新工艺简介等。书中附有许多结构加固的实例。

本书可供大专院校土木工程专业、房屋建筑工程专业教学使用,也可供从事结构检测、结构鉴定的工程技术人员进行相关工作的参考或用于继续教育的培训。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构检测、鉴定与加固/张立人主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003.9
ISBN 7-5629-2014-1

I. 建…

II. 张…

III. ① 建筑结构-鉴定-高等学校-教材 ② 建筑结构-结构加固-高等学校-教材

IV. TU3

张立人教授 1967年天津大学土木建筑工程系毕业,1982年获东南大学结构工程专业硕士学位,曾先后担任湖南省煤矿基本建设公司副总工程师、湘潭市建筑设计院(甲级院)院长、湘潭工学院建筑工程系系主任、湘潭大学建筑工程系系主任。完成省部级科研项目8项,其中4项获奖。完成著作5部,发表论文38篇。主持完成了建筑结构检测、鉴定、加固的实际项目50多个。

现担任湘潭大学建筑工程系系主任、湘潭大学结构工程硕士学位授予点负责人。主要兼职有全国现代结构研究会副会长、中国建筑业协会混凝土专业委员会理事、中国基建优化协会理事、湖南省混凝土协会副会长。

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市珞狮路122号 邮编:430070)

印刷者:武汉理工大印刷厂

发行者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16

印 张:18.5

字 数:608千字

版 次:2003年9月第1版 2003年9月第1次印刷

书 号:ISBN 7-5629-2014-1/TU·226

印 数:1—5000册

定 价:26.00元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

普通高等学校土木工程专业新编系列教材 编 审 委 员 会

顾 问:成文山 滕智明 罗福午 魏明钟 李少甫 甘绍熺

施楚贤 白绍良 彭少民 范令惠

主 任:江见鲸 吕西林 高鸣涵

副主任:朱宏亮 李永盛 辛克贵 袁海庆 吴培明 李世蓉

刘立新 赵明华 孙成林

委 员:(按姓氏笔画顺序排列)

于书翰 丰定国 毛鹤琴 王天稳 王社良 邓铁军

白晓红 包世华 田道全 叶献国 江见鲸 吕西林

刘立新 刘长滨 刘永坚 刘伟庆 朱宏亮 朱彦鹏

孙家齐 孙成林 过静君 闵小莹 李永盛 李世蓉

李必瑜 李启令 吴培明 吴炎海 吴炜煜 辛克贵

何铭新 汤康民 陈志源 汪梦甫 张立人 张子新

张建平 邵旭东 罗福午 周 云 赵明华 赵均海

尚守平 杨 平 柳炳康 姚甫昌 胡敏良 俞 晓

桂国庆 顾敏煜 徐茂波 袁海庆 徐 伟 徐礼华

高鸣涵 蒋沧如 彭少民 覃仁辉 雷俊卿 蔡德明

廖 莎 燕柳斌 戴国欣 魏明钟

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘 书 长:蔡德明

出版说明

1998年教育部颁布了高等学校本科专业的新专业目录后,1999年全国的高等学校都开始按照新专业目录招生。为解决土木工程专业教材缺乏的燃眉之急,武汉理工大学出版社(原武汉工业大学出版社)于2000年年初率先组织编写了这套“普通高等学校土木工程专业新编系列教材”。经中国土木工程学会教育工作委员会审订并向全国高校推荐,三年来,本套教材已为众多院校选用,并受到了普遍欢迎。其中多种教材荣获教育部全国高等学校优秀教材奖或优秀畅销书奖。截至2002年年底,系列教材中单本销量最高的已接近7万册。这充分说明了系列教材编审委员会关于教材的定位、特色和编写宗旨符合新专业的教学要求,满足了新专业的教学急需。

正如初版的出版说明中所说,本套教材是新专业目录颁布实施后的第一套土木工程专业系列教材,因此,尽管我们的编审者、编辑出版者夙兴夜寐、尽心竭力,不敢稍有懈怠,它仍然还会存在缺点和不足。首先是教材中涉及的各种国家规范问题。教材编写时正值各种规范全面修订,尚未定稿,新规范正式颁布的时间还不能确定,而专业教学对新教材需求的急迫又使编写、出版工作不能等待,因此系列教材中很多涉及到规范的地方只能按照当时基本定稿的新规范内容进行讲解或说明。当各种新的国家规范陆续正式颁布后,本套教材中相关的部分就已按照新规范及时编写了修订稿,准备作为第2版出版。其次,2002年10月,高等学校土木工程专业指导委员会编制的本科教育培养目标、培养方案及课程教学大纲正式公布,各门课程教材的修订有了更明确的方向。第三,初版教材在各院校使用过程中,师生们根据教学实践提出了很多中肯的意见,我们虽然在每本教材重印时进行了局部的修改,但仍感到存在一些问题,需要做较大的修订。因此,系列教材编审委员会决定全面修订、出版全套教材的第2版。根据土木工程专业的教学需求,本套系列教材还将增补13种,也与第2版教材同时推出。教材的编审委员会委员也相应地进行了增补和调整。

第2版教材的修订及增补教材的编写仍然秉承编审委员会一贯的宗旨,把教材的质量放在第一位,力求更好地满足课程教学的需要。我们更希望使用教材的师生一如既往,继续关心本套教材,及时反馈各校专业建设和教学改革的信息与要求,多提意见和建议,以便我们及时修订,不断完善和提高,把教材打造成名副其实的精品。

武汉理工大学出版社

2003.2

前 言

本教材是为满足有关高等学校土木工程专业开设的“建筑结构加固”、“建筑工程检测技术”等专业选修课程的要求编写的。考虑到工程结构检测、鉴定与加固之间的密切关系,本书将检测、鉴定与加固三部分内容融为一书,这不仅有利于开设选修课程的有关院校对上述内容进行选择,而且有利于学生今后的系统自修。

随着我国经济建设的迅速发展,建筑物的检测、鉴定、加固与改造的任务日趋繁重,许多从事土木工程设计、施工的工程技术人员都迫切需要学习这方面的知识,掌握这方面的技能,我们期待这本教材能满足他们的相应需求,成为他们工作中的“益友”。

本书结合国家和行业的最新规范,重点阐述了钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、地基基础几种典型建筑结构的检测、鉴定和加固的基本原理,各种常用的建筑结构检测手段和方法,建筑结构可靠性鉴定和评估的一般方法与程序。对各种类型的结构加固介绍了设计计算、施工工艺以及工程实例等。书中还涉及到建筑结构的纠偏、建筑物的迁移、建筑结构加固的新技术和新工艺等,希望能鼓励和帮助更多的工程界同仁去关心与开拓这些新的技术领域。

本书的编著者,特别是主编和副主编,他们不仅在高等学校长期执教,而且从事了大量的工程检测、鉴定和加固方面的实际工程,很多实例是他们工程实践的经验总结。参加本教材编写工作的有:张立人教授编写第1、2、3、9章;卫龙武教授级高级工程师编写第6、7、8、13章;李飞副教授编写第4、11、14章;赵尚久副教授编写了5.1、5.2节的内容;陈永红工程师编写了5.3节的内容;卫龙武教授级高级工程师与李飞副教授共同编写了第12章;尹志明副教授编写了第10章;郭彤博士编写了第15章。全书由张立人教授统稿并担任主编,卫龙武教授级高级工程师、李飞副教授任副主编。郭彤博士、徐志兵硕士还参与了本书的绘图、校对等工作,在此表示感谢。

由于编者水平所限,书中可能存在不少缺点和错误,敬请读者批评指正。

目 录

1 绪论	(1)
1.1 建筑结构检测、鉴定与加固的必要性、原因及发展概况	(1)
1.1.1 建筑结构加固的必要性	(1)
1.1.2 建筑结构检测、鉴定与加固的原因	(2)
1.1.3 建筑结构加固技术的发展概况	(3)
1.2 建筑结构加固与改造的工作程序和基本原则	(4)
1.2.1 建筑结构加固与改造的工作程序	(4)
1.2.2 建筑结构加固(改造)的基本原则	(5)
1.3 “建筑结构检测、鉴定与加固”课程的学习方法	(6)
习题与思考题	(6)
2 混凝土结构的检测	(7)
2.1 概述	(7)
2.1.1 检测的作用和意义	(7)
2.1.2 检测的内容及分类	(7)
2.1.3 检测的原则	(8)
2.2 混凝土结构的外观及裂缝和变形检测	(8)
2.2.1 建筑结构的测绘	(8)
2.2.2 裂缝检测	(8)
2.2.3 结构变形检测	(9)
2.3 混凝土结构的损坏机理	(9)
2.3.1 混凝土结构中钢筋的锈蚀机理	(9)
2.3.2 混凝土的碳化机理	(10)
2.3.3 混凝土的氯离子侵蚀机理	(11)
2.3.4 混凝土裂缝对钢筋锈蚀的影响	(11)
2.3.5 混凝土的冻融破坏机理	(11)
2.3.6 混凝土的碱-骨料反应	(12)
2.4 混凝土强度的检测	(12)
2.4.1 回弹法测定混凝土强度	(12)
2.4.2 超声法检测混凝土的强度	(15)
2.4.3 超声-回弹综合法测定混凝土强度	(15)
2.4.4 拉拔法测定混凝土的强度	(16)
2.4.5 钻芯法检测混凝土的强度	(17)
2.5 混凝土耐久性的检测	(18)
2.5.1 耐久性检测的内容	(18)
2.5.2 混凝土结构所处环境的类别	(18)
2.5.3 混凝土碳化深度的测量	(19)
2.5.4 钢筋锈蚀的检测	(19)
习题与思考题	(20)
3 砌体结构的检测	(21)

3.1	砌体的损坏机理	(21)
3.1.1	荷载引起的裂缝	(21)
3.1.2	地基不均匀沉降引起的裂缝	(21)
3.1.3	温度裂缝	(22)
3.2	砌体结构检测的一般原则	(22)
3.2.1	检测程序及工作内容	(22)
3.2.2	检测单元、测区和测点的布置	(22)
3.2.3	检测方法分类及其选用原则	(22)
3.3	原位轴压法	(24)
3.3.1	一般规定	(24)
3.3.2	原位轴压法的试验步骤	(24)
3.3.3	试验结果的整理	(25)
3.4	扁顶法	(25)
3.4.1	扁顶法的测试装置与变形测点布置	(25)
3.4.2	试验方法及步骤	(25)
3.5	原位单剪法及原位单砖双剪法	(26)
3.5.1	原位单剪法	(27)
3.5.2	原位单砖双剪法	(27)
3.6	推出法	(28)
3.6.1	推出法的试验步骤	(29)
3.6.2	推出法测区砂浆强度的计算方法	(29)
3.7	筒压法	(29)
3.7.1	筒压法的适用范围	(29)
3.7.2	筒压法的测试设备	(30)
3.7.3	筒压法的试验步骤	(30)
3.7.4	筒压法的数据分析	(30)
	习题与思考题	(31)
4	建筑地基基础的检测	(32)
4.1	建筑地基基础检验与监测的一般要求	(32)
4.1.1	建筑地基基础检验的一般要求	(32)
4.1.2	建筑地基基础监测的一般要求	(34)
4.2	地基承载力的检测	(35)
4.2.1	地基静力载荷试验	(35)
4.2.2	复合地基载荷试验	(39)
4.3	桩基静载试验和动测技术	(40)
4.3.1	单桩竖向静载荷试验	(40)
4.3.2	动力试桩技术	(43)
4.4	深基坑工程监测	(50)
4.4.1	监测设备及其功能与使用方法	(50)
4.4.2	监测项目和测点的布置	(54)
4.4.3	监测数据的整理与利用	(56)
	习题与思考题	(56)
5	建筑结构的可靠性鉴定与评估	(58)
5.1	建筑结构可靠性鉴定与评估的一般方法、程序及评定等级	(58)
5.1.1	结构可靠性鉴定与评估的一般方法和程序	(58)

5.1.2	建筑结构鉴定分类及鉴定等级的划分	(58)
5.2	工业建筑结构的可靠性鉴定	(59)
5.2.1	鉴定方法	(59)
5.2.2	结构的鉴定评级	(60)
5.2.3	围护结构系统的鉴定评级	(66)
5.2.4	工业厂房的综合鉴定评级	(66)
5.3	民用建筑可靠性鉴定	(67)
5.3.1	民用建筑鉴定的基本规定	(67)
5.3.2	构件安全性鉴定评级的方法	(71)
5.3.3	构件正常使用性鉴定评级	(75)
5.3.4	子单元的安全性鉴定评级	(78)
5.3.5	子单元正常使用性鉴定评级	(81)
5.3.6	民用建筑的可靠性评级	(83)
	习题与思考题	(84)
6	钢筋混凝土受弯构件承载力加固	(85)
6.1	钢筋混凝土梁、板承载力不足的原因及表现	(85)
6.1.1	梁、板承载力不足的原因	(85)
6.1.2	正截面破坏特征	(86)
6.1.3	斜截面破坏特征	(87)
6.2	预应力加固法	(88)
6.2.1	预应力加固工艺	(89)
6.2.2	预应力加固效应及内力计算	(91)
6.2.3	加固梁承载力计算	(92)
6.2.4	张拉量计算	(94)
6.2.5	张拉控制应力及预应力损失	(98)
6.2.6	构造要求	(100)
6.2.7	计算步骤及设计实例	(100)
6.3	改变受力体系加固法	(104)
6.3.1	概述	(104)
6.3.2	刚性支点加固结构计算	(107)
6.3.3	弹性支点加固结构计算	(108)
6.4	增大截面加固法	(114)
6.4.1	概述	(114)
6.4.2	新旧混凝土截面独立工作情况	(114)
6.4.3	新旧混凝土截面整体工作情况	(115)
6.5	增补受拉钢筋加固法	(119)
6.5.1	增补钢筋方法简介	(119)
6.5.2	受力特征	(120)
6.5.3	加固梁截面设计	(121)
6.5.4	构造要求	(122)
6.5.5	计算实例	(122)
6.6	粘贴钢板加固法	(125)
6.6.1	概述	(125)
6.6.2	结构胶性能	(125)
6.6.3	粘贴钢板加固梁破坏特征及钢板受力分析	(126)

6.6.4	截面承载力的计算及规定	(127)
6.6.5	构造规定	(128)
6.6.6	粘贴钢板施工要求	(129)
6.6.7	粘贴钢板加固工程实例	(131)
6.7	承载力加固的其他方法	(132)
6.7.1	梁的斜截面承载力加固	(132)
6.7.2	阳台、雨篷、檐板等悬臂构件的加固	(133)
	习题与思考题	(135)
7	钢筋混凝土受压构件加固	(137)
7.1	混凝土柱的破坏及原因分析	(137)
7.1.1	混凝土柱破坏特征	(137)
7.1.2	混凝土柱承载力不足的原因	(138)
7.2	增大截面法加固混凝土柱	(138)
7.2.1	概述	(138)
7.2.2	构造及施工要求	(139)
7.2.3	受力特征	(140)
7.2.4	截面承载力计算方法	(140)
7.2.5	计算实例	(142)
7.3	外包钢加固混凝土柱	(143)
7.3.1	概述	(143)
7.3.2	湿式外包钢加固设计	(143)
7.3.3	干式外包钢加固设计	(144)
7.3.4	构造要求	(146)
7.3.5	计算实例	(146)
7.4	柱子的预应力加固法	(147)
7.4.1	概述	(147)
7.4.2	加固柱的承载力计算	(147)
7.4.3	预加应力控制值及顶升量计算	(148)
7.4.4	构造要求	(149)
7.4.5	计算实例	(150)
	习题与思考题	(150)
8	混凝土屋架的加固	(152)
8.1	混凝土屋架常见问题及原因分析	(152)
8.1.1	屋架常见问题及原因分析	(152)
8.1.2	各类屋架易出现的独特问题	(153)
8.1.3	屋架问题危险程度分析	(154)
8.2	混凝土屋架的加固方法及工程实例	(154)
8.2.1	混凝土屋架荷载计算及内力分析要点	(154)
8.2.2	混凝土屋架加固方法	(156)
8.2.3	提高混凝土屋架耐久性措施	(159)
8.2.4	工程实例	(159)
	习题与思考题	(161)
9	砌体结构加固	(162)
9.1	概述	(162)
9.1.1	砌体结构裂缝的类型	(162)

9.1.2	砌体结构裂缝的处理方法	(162)
9.2	墙砌体的扶壁柱加固法	(163)
9.2.1	砖(石)扶壁柱法的工艺及构造	(163)
9.2.2	砖(石)扶壁柱加固墙的承载力验算	(163)
9.2.3	混凝土扶壁柱的工艺及构造	(163)
9.2.4	混凝土扶壁柱法加固墙体的承载力验算	(164)
9.3	钢筋网水泥砂浆面层加固墙砌体	(165)
9.3.1	钢筋网水泥砂浆面层加固的墙体承载能力计算	(165)
9.3.2	钢筋网水泥砂浆面层加固砖墙的构造	(166)
9.4	砖柱的外包角钢加固法	(166)
9.4.1	外包角钢加固砖柱的工艺	(167)
9.4.2	外包角钢加固后的砖柱的承载能力计算	(167)
9.5	砖砌体裂缝的修复	(168)
9.5.1	填缝修补	(168)
9.5.2	灌浆修复	(168)
9.5.3	灌浆工艺	(169)
9.6	工程实例	(169)
9.6.1	加固方案	(169)
9.6.2	加固计算	(170)
	习题与思考题	(170)
10	钢结构的加固	(172)
10.1	概述	(172)
10.2	钢结构加固方法	(172)
10.2.1	增加截面法的截面加固形式	(172)
10.2.2	增加截面加固方法的构造要求	(172)
10.3	增加截面加固法的计算	(174)
10.3.1	一般规定	(174)
10.3.2	轴心受力构件的加固计算	(175)
10.3.3	受弯构件的加固计算	(176)
10.3.4	拉弯和压弯构件的加固计算	(180)
10.4	连接的加固	(185)
10.4.1	焊缝连接的加固	(186)
10.4.2	螺栓连接的加固	(187)
10.4.3	加固中的混合连接	(187)
	习题与思考题	(188)
11	既有建筑物地基基础的加固	(189)
11.1	概述	(189)
11.1.1	已有建筑地基基础加固的原因	(189)
11.1.2	已有建筑地基基础加固的特点及依据	(189)
11.2	建筑物地基基础的加固	(189)
11.2.1	托换加固已有建筑地基基础的方法	(189)
11.2.2	基础补强注浆法	(189)
11.2.3	加大基础底面法	(190)
11.2.4	已有基础的加深法	(191)
11.2.5	桩式托换法	(192)

11.2.6	锚杆静压桩加固法	(192)
11.2.7	坑式静压桩加固法	(194)
11.2.8	树根桩加固法	(194)
11.2.9	石灰桩加固法	(196)
11.2.10	注浆加固法	(197)
11.2.11	其他加固地基的方法	(200)
	习题与思考题	(200)
12	建筑物的纠偏技术	(202)
12.1	建筑物倾斜原因及纠偏原则	(202)
12.1.1	建筑物倾斜原因	(202)
12.1.2	建筑物纠偏原则	(203)
12.1.3	建筑物的纠偏工作程序及常用纠偏方法	(203)
12.2	迫降纠偏法	(204)
12.2.1	掏土纠偏法	(205)
12.2.2	人工降水纠偏法	(210)
12.2.3	注水纠偏法	(210)
12.2.4	堆载纠偏法	(210)
12.2.5	锚桩加压纠偏法	(211)
12.3	顶升纠偏法	(213)
12.3.1	顶升梁法纠偏	(213)
12.3.2	压桩反力顶升纠偏	(216)
12.3.3	注浆顶升纠偏法	(217)
	习题与思考题	(218)
13	建筑物的迁移	(219)
13.1	建筑物迁移技术的发展概况	(219)
13.2	建筑物迁移的意义	(222)
13.3	建筑物的迁移技术	(222)
13.3.1	建筑物的迁移技术原理	(222)
13.3.2	建筑物的迁移的主要工艺流程	(222)
13.3.3	建筑物的迁移技术	(222)
13.3.4	工程实例	(225)
	习题与思考题	(227)
14	建筑物的抗震鉴定与加固	(228)
14.1	概述	(228)
14.1.1	现有建筑抗震鉴定加固的依据	(228)
14.1.2	现有建筑抗震鉴定加固的基本要求	(228)
14.1.3	建筑抗震鉴定加固步骤	(229)
14.2	现有建筑的抗震鉴定	(231)
14.2.1	建筑抗震鉴定的基本规定	(231)
14.2.2	地基基础抗震鉴定的要求	(232)
14.2.3	上部建筑结构的抗震鉴定	(236)
14.3	现有建筑地基基础抗震加固的技术要点	(237)
14.3.1	地基基础抗震加固的原则	(237)
14.3.2	现有建筑地基抗震加固的技术要点	(237)
14.3.3	现有建筑桩基础抗震加固的技术要点	(239)

14.4	现有建筑结构抗震加固技术要点	(242)
14.4.1	抗震加固方案的基本要求	(242)
14.4.2	抗震加固的结构布置和连接构造	(243)
14.4.3	抗震加固技术的主要方法	(243)
14.4.4	抗震加固后结构分析和构件承载力计算要求	(245)
14.5	现有建筑抗震鉴定与加固例题	(246)
	习题与思考题	(251)
15	建筑结构加固新技术、新工艺简介	(253)
15.1	碳纤维复合材料加固混凝土结构技术及施工要点	(253)
15.1.1	碳纤维复合材料加固技术介绍	(253)
15.1.2	碳纤维复合材料加固混凝土结构的计算方法和施工要求	(255)
15.1.3	构造要求及施工工艺	(259)
15.1.4	工程实例	(263)
15.2	植筋技术在混凝土结构加固改造中的运用研究	(264)
15.2.1	建筑结构胶介绍	(264)
15.2.2	植筋锚固体的破坏形式	(265)
15.2.3	计算方法	(266)
15.2.4	钻孔植筋工艺	(267)
15.2.5	工程实例	(267)
15.3	喷射混凝土及施工工艺	(269)
15.3.1	特点及力学性能	(270)
15.3.2	材料及配合比	(270)
15.3.3	喷射工艺	(271)
15.3.4	施工工艺	(272)
15.3.5	工程实例	(274)
15.4	膨胀混凝土	(276)
15.4.1	膨胀水泥(剂)种类及膨胀混凝土性能	(276)
15.4.2	膨胀混凝土设计	(276)
15.4.3	膨胀剂使用注意事项	(278)
15.5	防锈混凝土	(278)
15.5.1	RI-1系钢筋阻锈剂	(278)
15.5.2	亚硝酸钠	(279)
15.5.3	亚硝酸钙	(279)
	习题与思考题	(279)
	参考文献	(280)

1 绪 论

本章提要

- (1) 论述了建筑结构检测、鉴定与加固的必要性、普遍性。由此可见,掌握该领域知识的重要性。
- (2) 阐明了建筑结构加固与改造的工作程序和基本原则。
- (3) 介绍了本课程的学习方法。

1.1 建筑结构检测、鉴定与加固的必要性、原因及发展概况

建筑结构的检测、鉴定与加固是当代建筑结构领域的热门技术之一,它包含了结构检测、结构鉴定、结构加固三个方面的知识和技能。这三个方面可以相互独立,如有的建筑物只需要进行某方面的结构检测,有的只需要进行结构的鉴定,有的只需要进行结构加固,但更多的情况需要这三项技能的综合运用。多数情况下结构的检测是结构鉴定的依据,鉴定过程中要进行相关的检测工作。而结构的检测和鉴定又往往是结构加固前的必要过程。

建筑结构的检测、鉴定与加固涉及到的知识结构很广泛,它涉及结构的力学性能的检测、耐久性的检测;涉及结构及构件正常使用性鉴定和安全性鉴定;涉及到各种结构的加固理论和加固技术。本书主要论述各种常用结构(混凝土结构、砌体结构、钢结构)的上述内容。

1.1.1 建筑结构加固的必要性

我国建筑结构设计统一标准规定:结构在规定的时间内,在规定的条件下,完成预定功能的概率,称为结构的可靠度。计算结构的可靠度采用的设计基准期 T 为 50 年。

设计基准期为 50 年并不意味着建筑结构的寿命只有 50 年,而是 50 年以后结构的可靠性要下降,为了保证结构的可靠性,应该对其进行必要的检测、鉴定与维修加固,以确保结构的可靠度。

从世界趋势来看,近代建筑业的发展大致可划分为三个时期:第一个发展时期为大规模新建时期。第二次世界大战结束后,为了恢复经济和满足人们的生活需求,欧洲和日本等国家进行了前所未有的大规模建设,我国则在 20 世纪 50 年代也步入了大规模建设时期,这一时期建筑的特点是规模大但标准相对较低,这一代建筑至今已进入了“老年期”,已经有 50 年或以上的历史。第二个发展时期是新建与维修改造并重时期。一方面为满足社会发展的需求,需要进一步进行基本建设;另一方面“老年”的建筑在自然环境和环境的双重作用下,其功能已逐渐减弱,需要进行维修、加固与现代化改造。可以预言,再经过若干年以后各国建筑业将迈入以现代化改造和维修加固为主的第三个发展时期。

在此期间,一方面为满足社会发展的需求,新的建筑在不断建设,同时由于人类生产和生活对建筑要求的提高,过去建造的低标准建筑经过数十年的使用后已不能满足社会的需求,需要进行维修、加固和现代化改造,从而使建筑业过渡到新建与维修改造并重的发展时期,这在很大程度上推动了对在用建筑物进行正确鉴定、有效加固技术方面的课题研究。此后,随着社会的进一步发展,人们生活水平的进一步提高,人们对建筑功能的要求越来越高,越来越感到已有建筑的规模和功能不能满足新的使用要求,而且原有建筑的低标准、建筑的老龄化和长期使用后结构功能的逐渐减弱等引起的结构安全问题已开始引起人们的关注,但是由于昂贵的拆建费用以及对正常生活秩序和环境的严重影响等问题阻碍了新一轮新建高潮的兴起,于是人们纷纷把目光投向对在用房屋的维修加固和现代化改造,这种在保存原来建筑形体的基础上,对其进行加固和现代化改造,即在提高结构安全性的同时使其内部设施功能现代化的加固改造措施,投资少、影响小、见效

快,不仅具有可观的经济效益,同时也具有巨大的社会效益,因此,促使建筑业跨入以现代化改造和维修加固为重点的第三个发展时期。

目前,我国建筑业也开始从第一发展时期进入第二发展时期,由于我国城乡建设用地比较紧张,住房问题相当突出,因此,对20世纪90年代及以前建造的占地面积大的低层房屋进行增层,对卫生设备不全或合用单元的住宅进行改造,或将两户一室一厅的户型改造为多室或大厅。许多工业建筑在产品结构调整中需要进行技术改造,这也涉及到厂房的改造。因此,我国的建筑业已进入到了第二个发展时期,可以预言,不久的将来,我国将迈入以维修、加固、改造为主的第三个发展时期。目前,西欧、美国和日本等国对已有建筑的维修、改造的研究十分重视,并已经制定了相应的法规。例如,日本在20世纪70年代就制定了“住宅区改造法”、“土木建筑更换标准”等。国际预应力协会(FIP)于1978年成立了混凝土结构维修与加固工作组,并于1982年提出了“混凝土结构的抽查与维修”及“混凝土结构的维修与加固”报告。美国于1980年出版了《房屋检查手册》和相应的标准。另外,国际学术活动也十分活跃,如1988年在丹麦哥本哈根召开了“混凝土结构的重新评价——可靠度和承载力”国际会议。近几年由FIP组织召开的国际会议和其他国际会议上也都有相当数量的旧房鉴定、加固方面的学术论文发表。

目前,我国对建筑物的维护改造与加固也十分重视,近年来陆续颁布了:《混凝土结构加固技术规范(CECS25:91)》、《钢结构加固技术规范(CECS77:96)》、《砖混结构房屋加层技术规范(CECS78:96)》、《既有建筑地基基础加固技术规范(JGJ123—2000)》、《砌体工程现场检测技术标准(GB550315—2000)》、《钢结构检测评定及加固技术规程(YB9257—96)》等。

结构的改造和维修加固涉及到的知识和技术比新建房更复杂,内容也更广泛,它包含了对结构损伤的检测、对旧有建筑结构的鉴定,也包括了加固理论和加固技术,还涉及加固改造与拆除重建的经济对比,它是一门研究结构服役期的动态可靠度及其维护、改造的综合学科。近十多年来,结构鉴定与加固改造在我国得以迅速发展,作为一门新的科学技术正在逐渐形成,它已经成为土木工程技术知识更新的重要内容,很多高等学校的土木工程专业已开设了相关的课程,以适应经济建设的需要。

1.1.2 建筑结构检测、鉴定与加固的原因

建筑结构需要检测、鉴定、加固和改造的原因很多,归纳起来主要有:

1.1.2.1 由于错误的设计、低劣的施工、不适当的使用等原因使建筑物不能满足正常的使用,甚至濒临破坏

常见的设计错误有设计概念错误和设计计算错误两类。前者如在拱结构的两端未设计抵抗水平推力的构件;按桁架设计计算的构件,荷载没有作用在节点而作用在节间。后者如计算时漏掉了主要荷载;计算公式的运用中不符合该公式的条件,或者计算参数的选用有误等。

常见的施工质量事故有悬挑板的负筋位置不对或施工过程中被踩下;使用了过期的水泥或混凝土配合比不对导致混凝土的强度等级大大低于设计要求;使用了劣质钢筋;混凝土灌注桩在施工中发生了夹砂或颈缩等。

常见的使用不当有任意变更使用用途导致使用荷载大大超载;工业建筑的屋面积灰荷载长期没有清理等。上述原因引起的工程事故只要尚未引起建筑的倒塌,均可以通过结构加固使建筑物能安全、正常使用。

1.1.2.2 在恶劣环境下长期使用,使材料的性能恶化

在长期的外部环境及使用环境条件下,结构材料每时每刻都受到外部介质的侵蚀,导致材料状况的恶化,外部环境对工程结构材料的侵蚀主要有以下三类:

- (1)化学作用:例如化工车间的酸、碱气体或液体对钢结构、混凝土结构的侵蚀。
- (2)物理作用:如高温、高湿、冻融循环、昼夜温差的变化等,使结构产生裂缝等。
- (3)生物作用:如微生物、细菌使木材逐渐腐朽等。

在上述自然因素的长期作用下,结构的功能将逐渐下降,当达到一定期限以后,就有必要对结构加固。

1.1.2.3 结构使用要求的变化

随着科学技术的不断发展,我国的工业在大规模地进行结构调整和技术改造,生产工艺的变化,涉及到要提高建筑结构的性能。例如已有30t的吊车可能要改成100t的吊车,厂房的局部可能要增层,原有设备

可能要更换,相应对设备的基础提出了新的更高的要求等。这些都必须经过结构的检测、鉴定与加固才能保证安全使用。

1.1.3 建筑结构加固技术的发展概况

自人类有建筑以来,就伴随出现了结构加固与改造。但是在过去,人们习惯于把加固和维修等同,把加固视为修修补补,“头痛医头,脚痛医脚”,缺少系统的分析和理论探讨,因而技术水平提高不快,并没有形成一门科学。近十余年来,结构鉴定与加固改造技术在我国得以迅速发展并且初具规模,作为一门新的学科正在逐渐形成。

已有建筑的加固方法很多,在上部结构中,有加大截面加固法、体外预应力加固法和改变结构传力体系加固法等,在地基基础中,有桩托换、地基处理和加大基础面积加固法等,这些方法在我国已经长期大量使用,取得了很多成熟的经验。

在传统的结构加固方法中,加大截面方法和体外后张预应力方法是常用的方法,已在实际工程中得到成功的应用。但是这两种加固方法存在很多不足之处,预应力方法锚固构造困难,施工技术要求高、难度大,存在施工时的侧向稳定问题以及耐久性问题。

加大截面加固法施工周期长,对环境影响大,而且增大了截面尺寸,减少了使用空间等,因此其应用有一定的局限性。

20世纪60年代开始,随着环氧树脂粘结剂的问世,一种新的加固方法——外部粘贴(钢板)加固法开始出现,这种加固法是用环氧树脂等粘结剂把钢板等高强度材料牢固地粘贴于被加固构件的表面,使其与被加固构件共同工作,达到补强和加固的目的。

早在20世纪50年代,美国新泽西州就采用环氧树脂对公路的路面进行修复,到60年代,这一修复技术已经被发达国家广泛应用于公路、铁路、机场跑道的维护以及水利工程和军事设施的加固。粘钢加固技术的应用研究最早源于60年代。1967年,南非的Fleming和King完成了素混凝土梁外贴钢板的试验。70年代后,粘钢加固的理论研究广泛开展,各国学者对粘钢加固的各种受力构件的承载力进行了较系统研究,奠定了粘钢加固技术的理论基础,在实际工程应用问题上起到了重要作用,日本、美国以及欧洲的一些发达国家都制定了有关的技术标准。同时,各种性能优良的建筑结构胶相继问世,开始被应用于各类建筑工程构件的加固。

1971年美国在圣弗南多大地震的震后修复过程中,广泛采用了建筑结构胶,如一座10层的医院大楼和一幢高于137m的市府大厦,仅用于修补3万余米的梁、柱、墙裂纹就用胶7t多。1983年英国塞菲尔特的专家们应用FD808结构胶,将6.3mm厚的钢板粘贴加固了一座公路桥,使得这座原限载量110t的桥梁成功地通过了重达500t的载重卡车。

我国使用建筑结构胶是从20世纪60年代开始的。1965年,福州大学配制了一种环氧结构胶对某水库溢洪道混凝土闸墩断裂及20m跨屋架和9m跨渡槽工字梁的裂缝进行了修复。鞍山修建公司也在同期研制了一种CJ-1建筑结构胶,用于梁柱的加固补强。1978年,法国斯贝西姆公司用该国SIKADUR-31建筑结构胶对辽阳石油化纤公司引进项目的一些构件进行了粘钢加固补强。1981年,中科院大连物理化学研究所研制出我国第一代JGN-I、JGN-II建筑结构胶。JGN型建筑结构胶粘剂的问世,对我国粘钢技术的发展起到了极大的推动作用。我国对这项技术的研究始于20世纪80年代。1984年,辽宁省物理化学研究所发表了关于粘钢受弯构件的试验研究报告,并制定了有关的技术标准。1989年,由湖北省物理化学研究所牵头,联合了清华大学、广西物理化学研究所、湖南物理化学研究所、河南物理化学研究所、武汉制漆二厂等6家单位,组成了中南地区粘钢加固技术课题研究协作组,对粘钢加固技术进行了较为全面的研究,在这些研究成果的基础上,编写了《中南地区钢筋混凝土构件粘钢加固设计与施工暂行规定》,这个规定所涉及的内容比较全面,对粘钢技术在这一地区的推广应用起到了推动作用。同期,北京、上海、四川、江苏、甘肃等地的一些科研院所也做了大量的研究工作,取得了可喜成绩。1991年颁布的《混凝土结构加固技术规范》将受弯构件粘钢加固方面的内容纳入了规程的附录中。

20世纪末,随着国际市场纤维材料价格的大幅度降低,一种类似于粘钢加固方法的外贴纤维复合材料加固法逐渐引起工程技术人员的关注。1984年,瑞士国家实验室首先开始了外贴纤维复合材料加固的实验

研究。随后,各国学者开始在该领域开展了广泛的研究和应用推广工作,美国、日本等国家已经制定了外贴纤维复合材料加固的有关技术标准,我国碳纤维加固的技术标准正在编写之中。

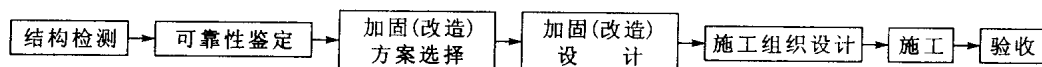
由于外贴加固方法具有施工周期短、对原结构影响小等优点,备受设计者和使用者欢迎。但是,在外贴加固中,外贴材料与构件的结合性能是保证加固效果的关键,粘结剂性能的好坏决定了外贴加固的成功与否,由于受到粘结剂性能等的限制,目前外部粘贴加固还大多局限于环境温度、湿度较低的承受静力作用的构件。另外,外贴材料与被加固构件之间的粘结锚固性能和锚固破坏机理、加固构件的耐久性、耐高温性能、加固构件的可靠性以及材料强度取值等理论问题仍需要在进一步研究中不断探讨。

1.2 建筑结构加固与改造的工作程序和基本原则

已有建筑结构的加固及改造比建新房复杂得多,它不仅受到建筑物原有条件的种种限制,而且长期使用以后这些房屋存在着各种各样的问题。这些问题的起因往往错综复杂,另外,旧房所用的材料因年代不同,常与现状相差甚大。以上种种情况,在考虑已有建筑物鉴定、加固及改造方案时,应周密并慎之又慎,严格遵循工作程序和加固原则。对选用的方法不仅应安全可靠,而且要经济合理。因此,在阐述各种结构、构件的加固方法之前,先概述建筑结构加固改造的工作程序和一般原则。

1.2.1 建筑结构加固与改造的工作程序

建筑结构加固与改造的工作程序如下:



(1) 建筑结构检测

对已有建筑结构进行检测是加固改造工作的第一步,其检测的内容包括:结构形式,截面尺寸,受力状况,计算简图,材料强度,外观情况,裂缝位置和宽度,挠度大小,纵筋、箍筋的配置和构造以及钢筋锈蚀,混凝土碳化,地基沉降和墙面开裂等情况。

以上建筑结构的检测,是结构可靠性鉴定的基础,其内容很丰富,将在本书的第2章和第3章详细论述。

(2) 建筑结构的可靠性鉴定

在完成了对建筑结构的检测以后,根据检测的一系列数据,并以我国已颁布的几个房屋可靠性鉴定标准为依据,就可以对已有建筑结构的可靠性进行鉴定。

当前我国已颁布的有关房屋鉴定的标准有:《工业厂房可靠性鉴定标准》(GBJ 144—90)、《危险房屋鉴定标准》(JGJ 125—99)、《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—1999)、《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—95)等。

(3) 加固(改造)方案选择

建筑结构的加固方案的选择十分重要。加固方案的优劣,不仅影响资金的投入,更重要的是影响加固的效果和质量。譬如,对于裂缝过大而承载力已够的构件,若用增加纵筋的加固方法是不可取的。因为增加纵筋,对于减少已有裂缝效果甚微。有效的办法是采用外加预应力筋法,或外加预应力支撑,或改变受力体系。又如,当结构构件的承载力足够,但刚度不足时,宜优先选用增设支点或增大梁板结构构件截面尺寸,以提高其刚度。再如,对于承载力不足而实际配筋已达超筋的结构构件,继续在受拉区增配钢筋是起不到加固作用的。

合理的加固方案应该达到下列要求:加固效果好,对使用功能影响小,技术可靠,施工简便,经济合理,不影响外观。

为方便读者阅读和选用,本书所述加固方法按构件类型分章,每章叙述该类构件加固所采用的各种加固方法,以及这些方法的优缺点和适用范围。

(4) 加固(改造)设计

建筑结构加固(改造)设计,包括被加固构件的承载能力计算、正常使用状态验算、构造处理和绘制施工图三大部分。

在上述三部分工作中,这里须强调的是:在承载力计算中,应特别注意新加部分与原结构构件的协同工