

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

(第2版)

J Z J G J C J D Y J G

张立人 卫海 主编



WUTP

武汉理工大学出版社

【内 容 提 要】

本书按照我国最新的有关建筑结构检测、鉴定、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。书中附有許多结构加固的实例。

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,也可作为从事结构检测、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教材。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构检测、鉴定与加固/张立人,卫海主编.—2版.—武汉:武汉理工大学出版社,2012.8
ISBN 978-7-5629-3820-0

I. ① 建… II. ① 张… ② 卫… III. ① 建筑结构-检测 ② 建筑结构-鉴定 ③ 建筑结构-加固
IV. ① TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 198733 号

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)院长、湘潭工学院建筑工程系主任、湘潭大学建筑工程系主任、湘潭大学结构工程硕士学位授予点负责人。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。

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。

卫海 高级工程师,1997—2003年就读于清华大学土木工程系,分别于2001年和2003年在清华大学获得学士学位和硕士学位,后去美国约翰霍普金斯大学留学深造。随后分别在美国缪塞尔拉德理奇工程咨询公司、江苏鸿基科技有限公司从事加固、隔振等特种工程和岩土工程的设计与施工工作。在工作期间参与了10余项有关隔震、平移和基坑支护工程的发明专利和实用新型专利的研究。

项目负责人:蔡德民 刘永坚 田道全

责任编辑:汪浪涛

责任校对:戴皓华

装帧设计:语新文化设计工作室

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路122号(430070)

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉兴和彩色印务有限公司

开 本:880×1230 1/16

印 张:18.25

字 数:591千字

版 次:2012年8月第2版

印 次:2012年8月第1次印刷

印 数:1—3000册

定 价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

普通高等学校土木工程专业新编系列教材编审委员会

(第4届)

学术顾问:

吕西林 李杰 罗福午 李少甫 甘绍熺 包世华 毛鹤琴
辛克贵 刘立新 李必瑜 彭少民 何铭新 吴培明 胡敏良

主任委员:

李国强 朱宏亮 田高

副主任委员:

刘伟庆 邹超英 白国良 徐礼华 雷宏刚 贾连光 朱彦鹏
张永兴 张俊平 刘殿忠 缪昇 王岚 周学军 赵明华

委员:(以姓氏笔画为序)

王林 王燕 王月明 王天稳 王社良 王泽云 袁海庆
邓铁军 王新武 王毅红 吴炎海 卢文胜 白晓红 蒋沧如
叶献国 孙俊 孙强 刘长滨 李书进 李启令 曾志兴
李怀建 刘剑飞 孙家齐 过静珺 李碧雄 张立人 窦立军
陈水生 邵旭东 陈伯望 宋固全 张国强 张科强 戴国欣
吴雪茹 吴辉琴 何培玲 周云 俞晓 饶云刚 魏瑞演
姜玉松 段兵廷 柳炳康 赵瑞斌 徐伟 秦建平 袁广林

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘书长:蔡德民

前 言

(第 2 版)

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,而且参与了大量的工程检测、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。本教材编写分工为:张立人教授编写第 1、2、3、9 章;卫海高级工程师编写第 6、7、8、13 章;李飞副教授编写第 4、11、14 章;赵长久副教授编写第 5.1、5.2 节;陈永红工程师编写第 5.3 节;卫海高级工程师与李飞副教授共同编写第 12 章;尹志明副教授编写第 10 章;郭彤博士编写第 15 章。全书由张立人教授、卫海高级工程师统稿并担任主编,李飞副教授担任副主编。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。

编 者

2012 年 6 月

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	(2)
1.2 建筑结构加固与改造的工作程序和基本原则	(3)
1.2.1 建筑结构加固与改造的工作程序	(3)
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	(5)
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	(27)
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	(30)
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	(44)
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	(55)
4.4.3	监测数据的整理与利用	(56)
	习题与思考题	(57)
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	(82)
5.3.6	民用建筑的可靠性评级	(84)
	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	(88)
6.2.2	预应力加固效应及内力计算	(90)
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	(106)
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	(129)
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	(141)
7.3	外包钢加固混凝土柱	(142)
7.3.1	概述	(142)
7.3.2	湿式外包钢加固设计	(142)
7.3.3	干式外包钢加固设计	(144)
7.3.4	构造要求	(145)
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	(148)
	习题与思考题	(149)

8 混凝土屋架的加固	(150)
8.1 混凝土屋架常见问题及原因分析	(150)
8.1.1 屋架常见问题及原因分析	(150)
8.1.2 各类屋架易出现的独特问题	(151)
8.1.3 屋架问题危险程度分析	(152)
8.2 混凝土屋架的加固方法及工程实例	(152)
8.2.1 混凝土屋架荷载计算及内力分析要点	(152)
8.2.2 混凝土屋架加固方法	(154)
8.2.3 提高混凝土屋架耐久性措施	(157)
8.2.4 工程实例	(157)
习题与思考题	(159)
9 砌体结构加固	(160)
9.1 概述	(160)
9.1.1 砌体结构裂缝的类型	(160)
9.1.2 砌体结构裂缝的处理方法	(160)
9.2 墙砌体的扶壁柱加固法	(161)
9.2.1 砖(石)扶壁柱法的工艺及构造	(161)
9.2.2 砖(石)扶壁柱加固墙的承载力验算	(161)
9.2.3 混凝土扶壁柱的工艺及构造	(161)
9.2.4 混凝土扶壁柱法加固墙体的承载力验算	(162)
9.3 钢筋网水泥砂浆面层加固墙砌体	(163)
9.3.1 钢筋网水泥砂浆面层加固的墙体承载能力计算	(163)
9.3.2 钢筋网水泥砂浆面层加固砖墙的构造	(164)
9.4 砖柱的外包角钢加固法	(165)
9.4.1 外包角钢加固砖柱的工艺	(165)
9.4.2 外包角钢加固后的砖柱的承载能力计算	(165)
9.5 砖砌体裂缝的修复	(166)
9.5.1 填缝修补	(166)
9.5.2 灌浆修复	(166)
9.5.3 灌浆工艺	(167)
9.6 工程实例	(167)
9.6.1 加固方案	(168)
9.6.2 加固计算	(168)
习题与思考题	(169)
10 钢结构的加固	(170)
10.1 概述	(170)
10.2 钢结构加固方法	(170)
10.2.1 增加截面法的截面加固形式	(170)
10.2.2 增加截面加固方法的构造要求	(170)
10.3 增加截面加固法的计算	(172)

10.3.1	一般规定·····	(172)
10.3.2	轴心受力构件的加固计算·····	(173)
10.3.3	受弯构件的加固计算·····	(174)
10.3.4	拉弯和压弯构件的加固计算·····	(178)
10.4	连接的加固·····	(183)
10.4.1	焊缝连接的加固·····	(184)
10.4.2	螺栓连接的加固·····	(185)
10.4.3	加固中的混合连接·····	(185)
	习题与思考题·····	(186)
11	既有建筑物地基基础的加固·····	(187)
11.1	概述·····	(187)
11.1.1	已有建筑地基基础加固的原因·····	(187)
11.1.2	已有建筑地基基础加固的特点及依据·····	(187)
11.2	建筑物地基基础的加固·····	(187)
11.2.1	托换加固已有建筑地基基础的方法·····	(187)
11.2.2	基础补强注浆法·····	(187)
11.2.3	加大基础底面法·····	(188)
11.2.4	已有基础的加深法·····	(189)
11.2.5	桩式托换法·····	(190)
11.2.6	锚杆静压桩加固法·····	(190)
11.2.7	坑式静压桩加固法·····	(192)
11.2.8	树根桩加固法·····	(193)
11.2.9	石灰桩加固法·····	(194)
11.2.10	注浆加固法·····	(195)
11.2.11	其他加固地基的方法·····	(198)
	习题与思考题·····	(199)
12	建筑物的纠偏技术·····	(200)
12.1	建筑物倾斜原因及纠偏原则·····	(200)
12.1.1	建筑物倾斜原因·····	(200)
12.1.2	建筑物纠偏原则·····	(201)
12.1.3	建筑物的纠偏工作程序及常用纠偏方法·····	(201)
12.2	迫降纠偏法·····	(203)
12.2.1	掏土纠偏法·····	(203)
12.2.2	人工降水纠偏法·····	(208)
12.2.3	注水纠偏法·····	(208)
12.2.4	堆载纠偏法·····	(209)
12.2.5	锚桩加压纠偏法·····	(209)
12.3	顶升纠偏法·····	(211)
12.3.1	顶升梁法纠偏·····	(211)
12.3.2	压桩反力顶升纠偏·····	(214)
12.3.3	注浆顶升纠偏法·····	(215)

习题与思考题	(216)
13 建筑物的迁移	(217)
13.1 建筑物迁移技术的发展概况	(217)
13.2 建筑物迁移的意义	(220)
13.3 建筑物的迁移技术	(220)
13.3.1 建筑物的迁移技术原理	(220)
13.3.2 建筑物的迁移的主要工艺流程	(221)
13.3.3 建筑物的迁移技术介绍	(221)
13.3.4 工程实例	(223)
习题与思考题	(225)
14 建筑物的抗震鉴定与加固	(226)
14.1 概述	(226)
14.1.1 现有建筑抗震鉴定加固的依据	(226)
14.1.2 现有建筑抗震鉴定加固的基本要求	(226)
14.1.3 建筑抗震鉴定加固步骤	(227)
14.2 现有建筑的抗震鉴定	(229)
14.2.1 建筑抗震鉴定的基本规定	(229)
14.2.2 地基基础抗震鉴定的要求	(230)
14.2.3 上部建筑结构的抗震鉴定	(234)
14.3 现有建筑地基基础抗震加固的技术要点	(235)
14.3.1 地基基础抗震加固的原则	(235)
14.3.2 现有建筑地基抗震加固的技术要点	(235)
14.3.3 现有建筑桩基础抗震加固的技术要点	(237)
14.4 现有建筑结构抗震加固技术要点	(240)
14.4.1 抗震加固方案的基本要求	(240)
14.4.2 抗震加固的结构布置和连接构造	(241)
14.4.3 抗震加固技术的主要方法	(241)
14.4.4 抗震加固后结构分析和构件承载力计算要求	(243)
14.5 现有建筑抗震鉴定与加固例题	(244)
习题与思考题	(249)
15 建筑结构加固新技术、新工艺简介	(251)
15.1 碳纤维复合材料加固混凝土结构技术及施工要点	(251)
15.1.1 碳纤维复合材料加固技术介绍	(251)
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	(253)
15.1.3 构造要求及施工工艺	(257)
15.1.4 工程实例	(261)
15.2 植筋技术在混凝土结构加固改造中的运用研究	(262)
15.2.1 建筑结构胶介绍	(262)
15.2.2 植筋锚固体的破坏形式	(263)
15.2.3 计算方法	(264)

15.2.4	钻孔植筋工艺	(265)
15.2.5	工程实例	(266)
15.3	喷射混凝土及施工工艺	(268)
15.3.1	特点及力学性能	(268)
15.3.2	材料及配合比	(269)
15.3.3	喷射工艺	(269)
15.3.4	施工工艺	(270)
15.3.5	工程实例	(272)
15.4	膨胀混凝土	(274)
15.4.1	膨胀水泥(剂)种类及膨胀混凝土性能	(274)
15.4.2	膨胀混凝土设计	(275)
15.4.3	膨胀剂使用注意事项	(276)
15.5	防锈混凝土	(277)
15.5.1	RI-1系钢筋阻锈剂	(277)
15.5.2	亚硝酸钠	(277)
15.5.3	亚硝酸钙	(277)
	习题与思考题	(278)
	参考文献	(279)

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的必要前提。

建筑结构的检测、鉴定与加固涉及的知识结构很广泛,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,欧洲和日本等地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使用环境的双重作用下,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。

目前,我国建筑业已经从第一个发展时期进入第二个发展时期,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,这也涉及厂房的改造。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,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:《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367—2006)、《砖混结构房屋加层技术规范》(CECS 78:96)、《既有建筑地基基础加固技术规范》(JGJ 123—2000)、《砌体工程现场检测技术标准》(GB/T 50315—2011)、《钢结构检测评定及加固技术规程》(YB 9257—96)等。

结构的改造和维修加固涉及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。近年来,结构鉴定与加固改造在我国迅速发展,作为一门新的学科正在逐渐形成,它已经成为土木工程技术人员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。

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情况。

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、正常地使用。

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: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,涉及要提高建筑结构的性能。例如已有 30 t 的吊车可能要改成 100 t 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,并没有形成一门学科。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,获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。

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 137 m 的市府大厦,仅用于修补 3 万余米的梁、柱、墙裂纹就用胶 7 t 多。1983 年英国塞菲尔特的专家们应用 FD808 结构胶,将 6.3 mm 厚的钢板粘贴加固了一座公路桥,使得这座原限载量 110 t 的桥梁成功地通过了重达 500 t 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 20 m 跨屋架和 9 m 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,取得了可喜的成绩。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。

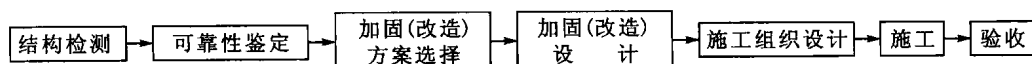
由于外贴加固方法具有施工周期短、对原结构影响小等优点,备受设计者和使用者欢迎。但是,在外贴加固中,外贴材料与构件的结合性能是保证加固效果的关键,粘结剂性能的好坏决定了外贴加固的成功与否,由于受到粘结剂性能等的限制,目前外部粘贴加固还大多局限于环境温度、湿度较低的承受静力作用的构件。另外,外贴材料与被加固构件之间的粘结锚固性能和锚固破坏机理、加固构件的耐久性及耐高温性能、加固构件的可靠性以及材料强度取值等理论问题仍需要在进一步研究中不断探讨。

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。因此,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)。

(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作。一般来说,新加部分的应力滞后于原结构;加固(改造)结构的构造处理不仅应满足新加构件自身的构造要求,还应考虑其与原结构构件的连接。本书在介绍所述构件的各种加固方法的同时,还阐述了构件承载力的计算方法、构造要求和加固(改造)设计时应遵循的基本原则和规定,并列举了加固工程实例。

(5) 施工组织设计

加固工程的施工组织设计应充分考虑下列情况:

- ① 施工现场狭窄、场地拥挤;
- ② 受生产设备、管道和原有结构、构件的制约;
- ③ 须在不停产或尽量少停产的条件下进行加固施工;
- ④ 施工时,拆除和清理的工作量较大,施工需分段、分期进行;
- ⑤ 为保证加固的施工过程的安全所采取的临时加固措施。

由于大多数加固工程的施工是在已经承受荷载的情况下进行的,因此施工时的安全非常重要。其措施主要有:在施工前,尽可能卸除一部分外载,并施加支撑,以减小原构件中的应力。

(6) 施工及验收

① 加固工程的施工

施工前期,在拆除原有废旧构件或清理原有构件时,应特别注意观察是否有与原检测情况不相符合的地方。工程技术人员应亲临现场,随时观察有无意外情况出现。如有意外,应立即停止施工,并采取妥善的处理措施。在补加加固件时,应注意新旧构件结合部位的粘结或连接质量。

建筑物的加固施工应充分做好各项准备工作,做到速战速决,以减少因施工给用户带来的不便和避免发生意外。

② 加固工程验收

加固工程竣工后,应组织专业技术人员进行验收。

1.2.2 建筑结构加固(改造)的基本原则

建筑结构的加固(改造)应遵守下述原则:

(1) 结构体系总体效应原则

尽管加固只需针对危险构件进行,但同时要考虑加固后对整体结构体系的影响,例如,对房屋的某一层柱子或墙体的加固,有时会改变整个结构的动力特性,从而产生薄弱层,对抗震带来很不利的影 响。再如,对楼面或屋面进行改造或维修,会使墙体、柱及地基基础等相关结构承受的荷载增加。因此,在制定加固方案时,应对建筑物总体考虑,不能简单采用“头痛医头,脚痛医脚”的办法。

(2) 先鉴定后加固的原则

结构加固方案确定前,必须对已有结构进行检查和鉴定,全面了解已有结构的材料性能、结构构造和结构体系以及结构缺陷和损伤等结构信息,分析结构的受力现状和持力水平,为加固方案的确定奠定基础。

(3) 材料的选用和取值原则

① 加固设计时,原结构的材料强度按如下规定取用:

如原结构材料种类和性能与原设计一致,按原设计(或规范)值取用;

当原结构无材料强度资料时,可通过实测评定材料强度等级。

② 加固材料的要求:

加固用钢材一般选用强度等级较高的钢材。

加固用水泥宜选取普通硅酸盐水泥,标号不应低于 32.5 MPa。

加固用混凝土的强度等级,应比原结构的混凝土强度等级提高一级,且加固上部结构构件的混凝土不应低于 C20 级;加固混凝土中不宜掺入粉煤灰、火山灰和高炉矿渣等混合材料;

粘结材料及化学灌浆材料的粘结强度,应高于被粘结构混凝土的抗拉强度和抗剪强度。

(4) 加固方案的优化原则

一般来说,加固方案不是唯一的,例如当构件承载能力不足时,可以采用增大截面法、增设支点法、体外配筋法等。究竟选用哪种方法,则应根据优化的原则来确定,优化的因素主要有:结构加固方案应技术可靠、经济合理、方便施工。结构加固方案的选择应充分考虑已有结构实际现状和加固后结构的受力特点,对结构整体进行分析,保证加固后结构体系传力线路明确,结构可靠。应采取措施保证新旧结构或材料的可靠连接。另外,应尽量考虑综合经济指标,考虑加固施工的具体特点和加固施工的技术水平,在加固方法的设计和施工组织上采取有效措施,减少对使用环境和相邻建筑结构的影响,缩短施工周期。

(5) 尽量利用的原则

被加固的原建筑结构,通常仍具有一定的承载能力,在加固时应减少对原有建筑结构的损伤,尽量利用原有结构的承载能力;在确定加固方案时,应尽量减少对原有结构或构件的拆除和损伤。对已有结构或构件,在经结构检测和可靠性鉴定分析后,对其结构组成和承载能力等有了全面了解的基础上,应尽量保留并利用。大量拆除原有结构构件,对保留的原有结构部分可能会带来较严重的损伤,新旧构件的连接难度较大,这样既不经济,还有可能对加固后的结构留下隐患。

(6) 与抗震设防结合的原则

我国是一个多地震的国家,6 度以上地震区几乎遍及全国各地。1976 年以前建造的建筑物,大多没有考虑抗震设防,1989 年以前的抗震规范也只是 7 度以上地震区才设防。为了使这些建筑物遇地震时具有相应的安全储备,在对它们做承载能力和耐久性加固、处理时,应与抗震加固方案结合起来考虑。

1.3 “建筑结构检测、鉴定与加固”课程的学习方法

本课程是土木工程专业的一门专业课,它的前续课程有“材料力学”、“结构力学”、“混凝土结构”、“钢结构”、“砌体结构”、“地基与基础”、“工程结构抗震设计”等。

建筑结构的检测、鉴定与加固涉及的知识面很广,包括检测、鉴定、加固三个方面的内容,因而其学习