

建筑结构加固技术系列


www.hustpas.com

混凝土结构加固工程 技术手册

丁绍祥 主编



科学有序
技术可行
安全适用
经济合理
确保质量



《华中科技大学出版社
中国·武汉

建筑结构加固技术系列

混凝土结构加固工程技术手册

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构加固工程技术手册/丁绍祥 主编
—武汉:华中科技大学出版社,2008年9月
(建筑结构加固技术系列)
ISBN 978-7-5609-4923-9

I. 混… II. 丁… III. 混凝土结构—加固—技术手册 IV. TU37-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 154060 号

混凝土结构加固工程技术手册

丁绍祥 主编

责任编辑:张亦男

封面设计:张璐
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)武昌喻家山

邮 编:430074

发行电话:(022)60266190 60266199(兼传真)

网 址:www.hustpas.com

印 刷:天津泰宇印务有限公司

开本:710mm×1000mm 1/16

印张:20.75

字数:517千字

版次:2008年10月第1版

印次:2008年10月第1次印刷

定价:45.00元

ISBN 978-7-5609-4923-9/TU·444

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行科调换)

建筑结构加固技术系列
——混凝土结构加固工程技术手册

编 委 会 成 员

主 编：丁绍祥

副主编：张心平 赵 键 张瑞军

编 委：熊爱华 彭爱京 李孟杰 艾宗宇 王占良
杨旭东 宋志平 刘永浩 谷云章 籍敬元
王亚雄 方 正 李立君 夏大杰 杨玉革
谢 婧 倪金华 徐 泳 孙秀彩 李小欣
邹宏雷 王 新 单冰辉 梁亚平 薛万龙
武 江 张心弟 毛荣辉 张守卫 王 岩

前 言

中国是世界上自然灾害频发的国家之一,其中台风、洪水和地震等灾害是造成国计民生重大损失的祸首。尤其是2008年5月12日14时28分,发生在我国四川省汶川的里氏8.0级特大地震,造成了巨大的人员伤亡和财产损失,举国震恸,举世震惊。

这次地震直接夺去了八万多人民的生命,除了地震造成的次生灾害之外,其主要是由房屋建筑严重破坏和倒塌引起的,这些房屋建筑或是年久失修、结构构件老化严重,或是没有抗震设防或抗震烈度等级较低,或是存在建筑结构设计缺陷,或是本身的建筑工程质量不合格……同时,我们也看到一些建(构)筑物,虽然其本身最初的建筑质量不高,但是在震前采取了合理、有效的加固处理措施,在震后巍然屹立在废墟中,不仅没有遭受破坏或倒塌,而且仍然可以使用……

痛定思痛,灾后的恢复与重建工作成为摆在政府、社会面前迫在眉睫、重中之重的话题。一方面,如何采取行之有效的、强化灾区防震减灾能力的技术措施,提供强有力的建筑技术支撑和保障,是当前和今后建筑技术应该继续研究、发展和应用的重点;同时,由于我国地震灾害多发,对于更为广泛的、近期或远期、同样有着不同程度的地震灾害威胁的其他地区,建(构)筑物的抗震减灾工作更亟需我们去做。另一方面,即使一些地区地震灾害发生的可能性较小,但目前,特别是经济欠发达的广大农村及地处偏远山区的一些城镇,普遍存在着大量的既有建筑工程质量状况较差或年久失修、安全性和使用性能都很差的建(构)筑物,这些建(构)筑物都极大地威胁着人民的生命、财产安全。

2008年初南方的雨雪冰冻灾害以及这次四川特大地震的经验教训,都已经引起了各级政府及建设主管部门的极大关注和重视,尤其对于量大面广的中小学建筑专门进行了普查且采取相应的措施。因此,建筑加固技术不仅是对受震灾破坏和危及地区的建(构)筑物十分重要,并且对所有的非震害地区的、存在安全使用隐患的建(构)筑物也极其重要。建筑加固技术无论在当今还是在今后,都是建筑技术发展的重要内容。

为此,我们组织相关专家编写了这套《建筑结构加固技术系列》丛书。在编写过程中,得到了许多有着多年从事建筑抗震加固经验的专家和一线的建筑施工、加固工程技术人员大力支持。大家本着对人民的生命、财产安全高度负责的

精神,从全面提高既有建(构)筑物的工程质量和安全使用功能的要求出发,重点阐述了建(构)筑物的加固工程技术,努力做到建筑工程加固工作的“科学有序、技术可行、安全适用、经济合理、确保质量”。

本套丛书共分为四个分册:《地基基础加固工程技术手册》、《砌体结构加固工程技术手册》、《混凝土结构加固工程技术手册》和《钢结构加固工程技术手册》,基本上涵盖了当前既有建(构)筑物中常见的工业与民用建筑结构类型;选用的加固技术先进、成熟、经济合理,对我国的广大抗震设防地区和一般地区都有相当的实用性和可操作性。在参考使用时,尚应符合国家、行业、地方的建筑鉴定加固和抗震鉴定加固相关技术标准、规范的要求。

本套丛书在编制过程中参考了许多文献资料,在此一并表示感谢。由于时间仓促和作者水平限制,书中难免存在谬误及疏漏,望广大读者批评指正。

丁绍祥

2008年9月于北京

目 录

第 1 章 混凝土结构检测

1.1 建筑结构检测基本规定	1
1.1.1 建筑结构检测范围和分类	1
1.1.2 建筑结构检测程序及工作内容	1
1.1.3 既有建筑的检测	3
1.1.4 检测报告要求	3
1.1.5 检测单位和人员资质要求	4
1.2 混凝土结构检测要求及检测方法	4
1.2.1 检测方法与抽样方案	4
1.2.2 混凝土结构检测要求	11
1.2.3 混凝土结构检测方法分类	20
1.3 混凝土强度检测	22
1.3.1 回弹法检测混凝土强度	22
1.3.2 超声回弹综合法检测混凝土强度	33
1.3.3 拔出法检测混凝土强度	41
1.3.4 钻芯法检测混凝土强度	45
1.4 混凝土裂缝及内部状况检测	55
1.4.1 混凝土裂缝宽度检测	55
1.4.2 超声波检测垂直浅裂缝	56
1.4.3 超声波双面斜测法检测裂缝	57
1.4.4 超声波检测深裂缝	57
1.4.5 裂缝扩展的检测	58
1.4.6 混凝土内部空洞和不密实区检测	59
1.4.7 冲击-回波法检测混凝土质量	61
1.4.8 混凝土碳化深度及保护层厚度检测	67
1.4.9 钢筋种类及锈蚀检测	68
1.5 钢筋混凝土结构火灾后的检测	71
1.5.1 火灾温度的估算	71
1.5.2 火灾温度的实际判定	72

1.5.3	火灾后混凝土结构的综合评定	75
1.5.4	火灾检测工程实例	77
1.6	结构性能检验的荷载试验法	80
1.6.1	挠度和裂缝宽度检验	80
1.6.2	抗裂检验	83
1.6.3	承载力检验	84
1.7	结构构件变形检测	86
1.7.1	梁、板跨中变形检测	86
1.7.2	墙、柱和建筑物倾斜检测	86
1.8	建筑物沉降和倾斜观测	88
1.8.1	建筑物沉降观测	88
1.8.2	建筑物倾斜观测	89

第2章 混凝土结构鉴定

2.1	结构鉴定的基础知识	91
2.1.1	概率极限状态设计法	91
2.1.2	荷载	95
2.1.3	材料设计指标取值	98
2.2	混凝土结构荷载标准值与材料强度标准值	99
2.2.1	已有混凝土结构建筑物荷载标准值的确定	99
2.2.2	材料强度标准值的确定	101
2.2.3	已有结构混凝土回弹值龄期修正规定	102
2.3	混凝土结构鉴定工作要求	103
2.3.1	混凝土结构鉴定分类	103
2.3.2	混凝土结构鉴定程序及内容	104
2.3.3	混凝土结构鉴定评级标准	109
2.4	混凝土结构构件安全性鉴定	115
2.4.1	基本规定	115
2.4.2	混凝土结构构件安全性鉴定	117
2.5	混凝土结构构件正常使用性鉴定	120
2.5.1	基本规定	120
2.5.2	混凝土结构构件正常使用性鉴定	121
2.6	混凝土结构子单元安全性鉴定	123
2.6.1	基本规定	123
2.6.2	地基基础	123

2.6.3	上部承重结构	127
2.6.4	围护系统承重部分	130
2.7	混凝土结构子单元正常使用性鉴定	131
2.7.1	基本规定	131
2.7.2	地基基础	131
2.7.3	上部承重结构	131
2.7.4	围护系统承重部分	134
2.8	砌体结构鉴定单元安全性和使用性评级	135
2.8.1	鉴定单元安全性评级	135
2.8.2	鉴定单元使用性评级	136
2.9	混凝土结构建筑物可靠性评估	136
2.9.1	可靠性评级	136
2.9.2	适修性评估	136
2.9.3	耐久性评估	137
2.9.4	鉴定报告	139
2.10	混凝土结构建筑物危险性鉴定	140
2.10.1	鉴定前的准备与评定方法	140
2.10.2	构件危险性鉴定	140
2.10.3	建筑物危险性鉴定	142

第3章 混凝土结构裂缝处理措施

3.1	混凝土结构裂缝分析	145
3.1.1	混凝土裂缝基本概念	145
3.1.2	混凝土结构裂缝形式	145
3.1.3	混凝土裂缝调查分析	150
3.1.4	裂缝危害性评定	152
3.2	混凝土结构裂缝修补处理措施	153
3.2.1	裂缝修补设计要求	153
3.2.2	混凝土裂缝修补材料	156
3.2.3	裂缝修补	157
3.2.4	裂缝修补效果检验	162
3.3	混凝土结构工程裂缝及处理实例	162
3.3.1	预应力大梁的两端楼板分角裂缝原因分析及预防措施	162
3.3.2	现浇屋盖收缩性裂缝的形态与预控	165
3.3.3	地下室墙壁开裂原因和预控	170

3.3.4	主次梁交接部位斜裂缝的分析和处理	174
3.3.5	不均匀沉降引发楼板分角裂缝的实例	176

第4章 混凝土结构工程加固技术

4.1	混凝土结构加固技术要求	179
4.1.1	混凝土结构加固程序和原则	179
4.1.2	混凝土结构加固方法分类及选择	182
4.1.3	混凝土结构加固材料要求	185
4.2	混凝土结构加固技术	196
4.2.1	增大截面法	196
4.2.2	置换混凝土加固法	199
4.2.3	外包钢法	200
4.2.4	外粘钢板法	205
4.2.5	外贴纤维复合材料法	211
4.2.6	绕丝加固法	220
4.2.7	预应力加固法	221
4.2.8	增设支点加固法	227
4.2.9	结构体系加固法	230
4.2.10	增设去拉结连系加固法	233
4.2.11	托梁拔柱技术	235
4.2.12	混凝土结构后锚固技术	238
4.2.13	钢筋阻锈技术	249
4.2.14	喷射混凝土加固	251
4.2.15	钢丝绳网片-聚合物砂浆外加层加固技术	256
4.2.16	纤维混凝土、改性混凝土加固技术	262
4.3	混凝土结构加固构造	265
4.3.1	混凝土柱加固	265
4.3.2	混凝土墙加固	274
4.3.3	混凝土梁加固	278
4.3.4	混凝土板加固	291

第5章 钢筋混凝土结构建(构)筑物抗震加固

5.1	钢筋混凝土结构抗震鉴定加固基本原则	301
5.1.1	现有建筑抗震鉴定的基本规定	301
5.1.2	现有建筑抗震加固的基本要求	303

5.1.3	建筑抗震加固技术及选择	305
5.1.4	抗震加固材料要求	308
5.2	多层钢筋混凝土建筑物抗震鉴定	310
5.2.1	抗震鉴定的一般原则	310
5.2.2	第一级鉴定	310
5.2.3	第二级鉴定	311
5.2.4	钢筋混凝土结构楼层受剪承载力的计算	312
5.3	多层钢筋混凝土建筑物抗震加固	314
5.3.1	钢筋混凝土房屋抗震加固的基本要求	314
5.3.2	增设钢筋混凝土抗震墙或翼缘	314
5.3.3	钢构套加固框架	315
5.3.4	钢筋混凝土套加固梁、柱	317
5.3.5	砌体墙与框架连接加固	319
参考文献	320

第 1 章 混凝土体结构检测

1.1 建筑结构检测基本规定

1.1.1 建筑结构检测范围和分类

(1)当遇到下列情况之一时,应进行建筑结构工程质量的检测。

- 1)涉及结构安全的试块、试件以及有关材料检验数量不足。
- 2)对施工质量的抽样检测结果达不到设计要求。
- 3)对施工质量有怀疑或争议,需要通过检测进一步分析结构的可靠性。
- 4)发生工程事故,需要通过检测分析事故的原因及对结构可靠性的影响。

(2)当遇到下列情况之一时,应对既有建筑结构现状缺陷和损伤、结构构件承载力、结构变形等涉及结构性能的项目进行检测。

- 1)建筑结构安全鉴定。
- 2)建筑结构抗震鉴定。
- 3)建筑大修前的可靠性鉴定。
- 4)建筑改变用途、改造、加层或扩建前的鉴定。
- 5)建筑结构达到设计使用年限要继续使用的鉴定。
- 6)受到灾害、环境侵蚀等影响建筑结构的鉴定。
- 7)对既有建筑结构的工程质量有怀疑或争议。

(3)建筑结构的检测应为建筑结构工程质量的评定或建筑结构性能的鉴定提供真实、可靠、有效的检测数据和检测结论。

(4)对于重要和大型公共建筑宜进行结构动力测试和结构安全性监测。

1.1.2 建筑结构检测程序及工作内容

(1)建筑结构检测工作程序,宜按图 1-1 所示的框图进行。

(2)现场和有关资料的调查,应包括下列工作内容。

1)收集被检测建筑结构的设计图纸、设计变更、施工记录、施工验收和工程地质勘察等资料。

2)调查被检测建筑结构现状缺陷,环境条件,使用期间的加固与维修情况和用途与荷载等变更情况。

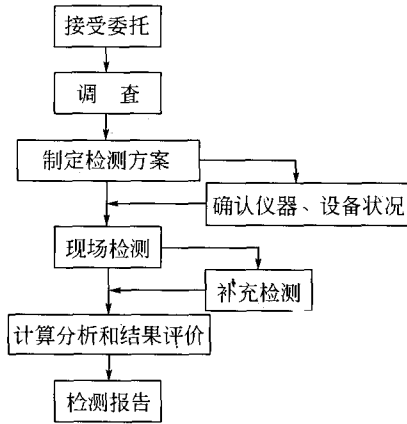


图 1-1 建筑结构检测工作程序框图

3) 向有关人员进行调查。

4) 进一步明确委托方的检测目的和具体要求,并了解是否已进行过检测。

(3) 建筑结构的检测应有完备的检测方案,检测方案应征求委托方的意见,并应经过审定。

(4) 建筑结构的检测方案宜包括下列主要内容。

1) 概况。主要包括结构类型,建筑面积,总层数,设计、施工及监理单位,建造年代等。

2) 检测目的或委托方的检测要求。

3) 检测依据,主要包括检测所依据的标准及有关的技术资料等。

4) 检测项目和选用的检测方法以及检测的数量。

5) 检测人员和仪器设备情况。

6) 检测工作进度计划。

7) 所需要的配合工作。

8) 检测中的安全措施。

9) 检测中的环保措施。

(5) 检测时应确保所使用的仪器设备在检定或校准周期内,处于正常状态。仪器设备的精度应满足检测项目的要求。

(6) 检测的原始记录,应记录在专用记录纸上,数据准确、字迹清晰、信息完整,不得追记、涂改,如有笔误,应进行杠改。当采用自动记录时,应符合有关要求。原始记录必须由检测及记录人员签字。

(7) 现场取样的试件或试样应予以标识并妥善保存。

(8) 当发现检测数据数量不足或检测数据出现异常情况时,应补充检测。

(9) 建筑结构现场检测工作结束后,应及时修补因检测造成的结构或构件局部的损伤。修补后的结构构件,应满足承载力的要求。

(10) 建筑结构的检测数据计算分析工作完成后,应及时提出相应的检测报告。

1.1.3 既有建筑的检测

(1) 既有建筑除了在遇到第 1.1.1 小节第(2)款的情况下应进行建筑结构的检测外,宜有正常的检查制度和在设计使用年限内建筑结构的常规检测。

(2) 既有建筑正常检查的对象可为建筑构件表面的裂缝、损伤、过大的位移或变形,建筑物内外装饰层是否出现脱落空鼓,栏杆扶手是否松动失效等;既有工业建筑的正常检查工作可结合生产设备的年检进行。

(3) 当年检发现存在影响既有建筑正常使用的问题时,应及时维修;当发现影响结构安全的问题时,应委托有资质的检测单位进行建筑结构的检测。

(4) 建筑结构在其设计使用年限内的常规检测,应委托具有资质的检测单位进行检测,检测时间应根据建筑结构的具体情况确定。

(5) 建筑结构的常规检测应根据既有建筑结构的设计质量、施工质量、使用环境类别等确定检测重点、检测项目和检测方法。

(6) 建筑结构的常规检测宜以下列部位为检测重点。

- 1) 出现渗水漏水部位的构件。
- 2) 受到较大反复荷载或动力荷载作用的构件。
- 3) 暴露在室外的构件。
- 4) 受到腐蚀性介质侵蚀的构件。
- 5) 受到污染影响的构件。
- 6) 与侵蚀性土壤直接接触的构件。
- 7) 受到冻融影响的构件。
- 8) 委托方年检怀疑有安全隐患的构件。
- 9) 容易受到磨损、冲撞损伤的构件。

(7) 实施建筑结构常规检测的单位应向委托方提供有关结构安全性、使用安全性及结构耐久性等方面的有效检测数据和检测结论。

1.1.4 检测报告要求

(1) 建筑结构工程质量的检测报告应做出所检测项目是否符合设计文件要求或相应验收规范规定的评定。既有建筑结构性能的检测报告应给出所检测项目的评定结论,并能为建筑结构的鉴定提供可靠的依据。

(2) 检测报告应结论准确、用词规范、文字简练,对于当事方容易混淆的术语

和概念可书面予以解释。

(3)检测报告至少应包括以下内容。

- 1)委托单位名称。
- 2)建筑工程概况,包括工程名称、结构类型、规模、施工日期及现状等。
- 3)设计单位、施工单位及监理单位名称。
- 4)检测原因、检测目的,以往检测情况概述。
- 5)检测项目、检测方法及依据的标准。
- 6)抽样方案及数量。
- 7)检测日期,报告完成日期。
- 8)检测项目的主要分类检测数据和汇总结果;检测结果、检测结论。
- 9)主检、审核和批准人员的签名。

1.1.5 检测单位和人员资质要求

(1)承接建筑结构检测工作的检测机构,应符合国家规定的有关资质条件要求。

(2)检测单位应有固定的工作场所、健全的质量管理体系和相应的技术能力。

(3)建筑结构检测所用的仪器和设备应有产品合格证、计量检定机构的有效检定(校准)证书或自校证书。

(4)检测人员必须经过培训取得上岗资格,对特殊的检测项目、检测人员应有相应的检测资格证书。

(5)现场检测工作应由两名或两名以上检测人员承担。

1.2 混凝土结构检测要求及检测方法

混凝土结构的检测包括现浇混凝土及预制混凝土结构与构件质量或性能检测,可分为原材料性能、混凝土强度、混凝土构件外观质量与缺陷、尺寸与偏差、变形与损伤和钢筋配置等工作。必要时,可进行结构构件性能的实荷检验或结构的动力测试。

1.2.1 检测方法与抽样方案

(1)建筑结构的检测,应根据检测项目、检测目的、建筑结构状况和现场条件选择适宜的检测方法。

(2)建筑结构的检测,可选用下列检测方法。

- 1)有相应标准的检测方法。

2)有关规范、标准规定或建议的检测方法。

3)参照国家及地方相关检测标准,扩大其适用范围的检测方法。

4)检测单位自行开发或引进的检测方法。

(3)选用有相应标准的检测方法时,应遵守下列规定。

1)对于通用的检测项目,应选用国家标准或行业标准。

2)对于有地区特点的检测项目,可选用地方标准。

3)对同一种方法,地方标准与国家标准或行业标准不一致时,有地区特点的部分宜按地方标准执行,检测的基本原则和基本操作要求应按国家标准或行业标准执行。

4)当国家标准、行业标准或地方标准的规定与实际情况确有差异或存在明显不适用问题时,可对相应规定做适当调整或修正,但调整与修正应有充分的依据;调整与修正的内容应在检测方案中予以说明,必要时应向委托方提供调整与修正的检测细则。

(4)采用有关规范、标准规定或建议的检测方法时,应遵守下列规定。

1)当检测方法有相应的检测标准时,应按本小节第(3)款的规定执行。

2)当检测方法没有相应的检测标准时,检测单位应有相应的检测细则;检测细则应对检测用仪器设备、操作要求、数据处理等作出规定。

(5)采用扩大相应检测标准适用范围的检测方法时,应遵守下列规定。

1)所检测项目的目的与相应检测标准相同;

2)检测对象的性质与相应检测标准检测对象的性质相近;

3)应采取有效的措施,消除因检测对象性质差异而存在的检测误差;

4)检测单位应有相应的检测细则,在检测方案中应予以说明,必要时应向委托方提供检测细则。

(6)采用检测单位自行开发或引进的检测仪器及检测方法时,应遵守下列规定。

1)该仪器或方法必须通过技术鉴定,并具有一定的工程检测实践经验。

2)该方法应事先与已有成熟方法进行比对试验。

3)检测单位应有相应的检测细则。

4)在检测方案中应予以说明,必要时应向委托方提供检测细则。

(7)现场检测宜选用对结构或构件无损伤的检测方法。当选用局部破损的取样检测方法或原位检测方法时,宜选择结构构件受力较小的部位,并不得损害结构的安全性。

(8)当对古建筑和有纪念性的既有建筑结构进行检测时,应避免对建筑结构造成损伤。

(9)重要和大型公共建筑的结构动力测试,应根据结构的特点和检测的目的,分别采用环境振动和激振等方法。

(10)重要大型工程和新型结构体系的安全性监测,应根据结构的受力特点制定监测方案,并应对监测方案进行论证。

(11)建筑结构检测的抽样方案,可根据检测项目的特点按下列原则选择。

1)外部缺陷的检测,宜选用全数检测方案。

2)几何尺寸与尺寸偏差的检测,宜选用一次或二次计数抽样方案。

3)结构连接构造的检测,应选择对结构安全影响大的部位进行抽样。

4)构件结构性能的实荷检验,应选择同类构件中荷载效应相对较大和施工质量相对较差构件或受到灾害影响、环境侵蚀影响构件中有代表性的构件。

5)按检测批检测的项目,应进行随机抽样,且最小样本容量宜符合本小节第(13)款的规定。

6)《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)或相应专业工程施工质量验收规范规定的抽样方案。

(12)当为下列情况时,检测对象可以是单个构件或部分构件;但检测结论不得扩大到未检测的构件或范围。

1)委托方指定检测对象或范围。

2)因环境侵蚀或火灾、爆炸、高温以及人为因素等造成部分构件损伤时。

(13)建筑结构检测中,检测批的最小样本容量不宜小于表 1-1 的限定值。

表 1-1 建筑结构抽样检测的最小样本容量

检测批的容量	检测类别和样本最小容量			检测批的容量	检测类别和样本最小容量		
	A	B	C		A	B	C
2~8	2	2	3	501~1200	32	80	125
9~15	2	3	5	1201~3200	50	125	200
16~25	3	5	8	3201~10000	80	200	315
26~50	5	8	13	10001~35000	125	315	500
51~90	5	13	20	35001~150000	200	500	800
91~150	8	20	32	150001~500000	315	800	1250
151~280	13	32	50	>500000	500	1250	2000
281~500	20	50	80	—	—	—	—

注 检测类别 A 适用于一般施工质量的控制,检测类别 B 适用于结构质量或性能的检测,检测类别 C 适用于结构质量或性能的严格检测或复检。

(14)计数抽样检测时,检测批的合格判定应符合下列规定。

1)计数抽样检测的对象为主控项目时,正常一次抽样应按表 1-2 判定,正常