

火

建筑物 灾后诊断 与处理

闵明保
李延和
高本立
黄禄年
白文广
李引擎
著
审



江苏科学技术出版社

建筑物火灾后诊断与处理

闵明保

李延和 高本立 著
黄禄年 白文广
李引擎 审

江苏科学技术出版社

(苏)新登字第 002 号

内 容 简 介

本书是在“建筑结构火灾后的受损诊断与处理”的研究成果基础上撰写而成,这是我国在该领域内首部实用性专著。

全书共分九章,系统分析了火灾对混凝土梁、板、柱和砖砌体力学性能的影响,具体介绍了火灾后建筑物受损诊断的科学方法、步骤,火灾温度的判定,受损结构的现场检测,火灾后建筑构件残余承载力的计算和受损结构的修复加固设计与施工,最后还介绍了这些方法在九个火灾事故中的应用。

本书可供从事建筑结构的科研、设计、施工和质量检测以及消防人员阅读、参考,也可作为土建类高等院校师生的参考书。

建筑物火灾后诊断与处理

闵明保 李延和 高本立

黄禄年 白文广 著

李引擎 审

出版发行:江苏科学技术出版社

经 销:江苏省新华书店

印 刷:盐城市印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 10 插页 2 字数 240,000

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—5,000 册

ISBN 7—5345—1837—7

TU·39

定价:9.60 元

责任编辑 华锡全 王剑钊

我社图书如有印装质量问题,可随时向承印厂调换。

序

为响应“国际减灾十周年”委员会的号召,江苏省建筑科学研究院与江苏省公安厅消防局、南京市消防支队成立了科研课题组,联合开展了“建筑物火灾后受损分析、诊断和处理”科学研究。在三年多的时间里,课题组收集了国内外大量资料,通过在高温作用下混凝土的表面色变、钢筋的机械性能变化、钢筋与混凝土的粘结力变化、钢筋混凝土构件的力学性能变化等各种试验,并与火灾现场实际检测数据进行比较、修正,找出其变化规律,从而总结出诊断火灾后结构受损程度的理论、方法,进而确定具体的检测手段和修复方案。目前,这一科研成果已经通过了有关方面组织的鉴定,得到了全国有关建筑设计、建筑科研和消防等方面专家的较高评价,并获得了1993年江苏省科技进步二等奖。这一成果的推广和应用,不仅可使建筑物火灾后的修复极大地减少困难、缩短工期、节约费用,而且对于进一步探索火灾规律,正确分析火灾原因,科学地进行火灾统计,都具有积极意义。

为了尽快发挥这一科研成果的价值,课题组的同志在此基础上编写了《建筑物火灾后诊断与处理》一书。我热忱地向从事消防保卫、建筑工程和建筑科研的同志们介绍这一成果和推荐这本书,让这一科技之花在保障人民安居乐业,保卫四化建设顺利进行中大放异彩。

劉式浦

1994年8月

前 言

随着我国国民经济的发展和科学技术的现代化,建筑业的发展更令世人瞩目。近十年来,高楼似雨后春笋耸立,新型城镇不断涌现,全国各地的面貌日新月异地变化。在这新形势下,建筑物的消防问题和建筑物火灾后的诊断与处理成为科研工作迫切需要解决的课题。为此,在1989年,江苏省科委、建委和建工局向江苏省建筑科学研究院下达了“建筑物火灾后结构受损诊断与处理”的科研课题,以在科学评定火灾后受损建筑结构功能的基础上,安全、合理、经济地恢复建筑物的使用功能。

对于“如何科学地恢复火灾后建筑物的使用功能”这个课题,国外的科研工作者和工程技术人员已做了许多工作,并取得了一定的成绩;我国由于社会、经济等因素,在建筑防火研究方面做了不少工作,但是对于建筑结构火灾后的受损鉴定、修复加固设计和施工方法等技术的研究不够深入,尚未形成完整的设计、施工体系。三年多来,江苏省建筑科学研究院与江苏省公安厅消防局、南京市公安局消防支队按照国家和国际建筑构件耐火试验方法,进行了大量的模拟火灾后的结构力学性能变化的试验研究,并根据试验研究结果和实际火灾工程的诊断与处理经验,提出了火灾后结构受损鉴定、修复加固设计和施工方法。该项科研成果获得了江苏省1993年度科技进步二等奖和联合国TIPS中国国家分部“发明创新科技之星”奖。

本书在上述研究成果的基础上,按图书出版要求经整理、补充撰写而成。这是我国在建筑物火灾后结构受损诊断与处理领域内首部实用性专著。本书共分九章,系统地分析了火灾对混凝土梁、板、柱和砖砌体力学性能的影响,具体介绍了建筑物火灾后受损诊断的方法、步骤、火灾温度的判定,受损结构的现场检测,火灾后建筑构件残余承载力的计算和受损结构的修复加固设计与施工,最后还介绍了这些方法在九个火灾事故中的工程实践例举。

本书可供从事建筑结构的科研、设计、施工和质量检测以及消防人员阅读、参考,也可作为土建类高等院校师生的参考书。

本书由江苏省建筑科学研究院该课题组长闵明保负责撰写,具体编写人员为:第一、三、六、七、九章由闵明保执笔,第二、四、五章由李延和执笔,第八章由闵明保、李延和执笔,最后由高立本、黄禄年、白文广对初稿进行修改、补充。本书由中国建筑科学研究院建筑防火研究部副主任、高级工程师李引擎审定。本书的出版得到江苏省副省长季允石、公安部消防局局长刘式浦和江苏省建委副主任、省建工局局长汤晓东的大力支持,并为本书写序和题词。在此一并向他们表示衷心的感谢。

本书的出版还要向参加和支持该课题的研究人员表示感谢,他们是:江苏省建筑科学研究院的宋绍铭、吴许法、卢锡鸿、王良龙、倪兵、许锦峯、陈贵、顾瑞南、孙逸、忻建、杜彬、杨云苏、颜炳东、赵瑞华、梅钰、万剑和;江苏省公安厅消防局的赵跃兴、朱梦修、罗洪才、归小平;南京市公安局消防支队的伍和员、肖礼清等。

有关建筑物火灾后受损诊断与处理的研究工作还在向纵深方向发展,由于我们水平所限,书中若有差错,恳请建筑、消防界同仁批评、指正。

作 者

1994年8月

目 录

第一章 概 论	1
第二章 建筑结构受损诊断概述	5
第一节 建筑结构受损诊断程序	5
第二节 火灾现场调查与检测	6
第三节 结构受损分析及综合评定	11
第四节 结构受损诊断报告	15
第三章 火灾温度的判定	17
第一节 概 述	17
第二节 由火灾燃烧时间推算火灾温度	19
第三节 根据残留物烧损特征判定火灾温度	19
第四节 根据结构外观特征判定火灾温度	21
第五节 根据结构烧损厚度判定火灾温度	23
第六节 根据钢筋强度变化情况判定火灾温度	24
第七节 超声波法判定火灾温度	25
第八节 电子显微镜分析判定火灾温度	26
第九节 工程实例	27
第四章 火灾受损结构的现场检测	29
第一节 混凝土强度的现场检测	29
第二节 钢筋或钢材强度的检测	41
第三节 混凝土结构中钢筋实际应力检测	43
第四节 混凝土结构表面损伤及裂缝检测	45
第五节 结构构件变形检测	48
第六节 构件性能试验	50
第五章 火灾后钢筋与混凝土力学性能变化	52
第一节 模拟火灾试验	52
第二节 火灾后钢筋力学性能变化	56
第三节 火灾后混凝土力学性能变化	60
第四节 火灾后钢筋与混凝土粘结力变化	63

第六章 火灾对混凝土构件的影响及残余承载力的计算	67
第一节 混凝土梁板模拟火灾温度作用时的力学性能试验	67
第二节 混凝土梁板横截面内温度计算	74
第三节 混凝土梁板模拟火灾温度作用后力学性能试验研究	77
第四节 预应力多孔板模拟火灾作用后力学性能试验研究	83
第五节 火灾后混凝土梁残余承载力计算	87
第六节 火灾后混凝土板残余承载力计算	99
第七章 火灾对砖砌体强度的影响及其火灾后砌体强度计算	101
第一节 火灾对砖砌体强度的影响	101
第二节 火灾后砖砌体强度计算	104
第八章 火灾受损结构的修复加固设计与施工	106
第一节 修复加固特点及基本原则	106
第二节 修复加固方案选择及施工顺序	107
第三节 混凝土结构表面烧伤层处理	108
第四节 受损混凝土构件加固量计算	111
第五节 受损混凝土结构加固技术	113
第六节 受损砖砌体结构加固技术	130
第七节 受损钢结构加固技术	131
第八节 化学燃烧源火灾后混凝土结构保护方法	136
第九节 受损结构加固后经济效益分析	136
第九章 结构受损诊断与修复加固工程实例	138
第一节 江苏省淮阴市某县二层营业厅火灾后结构受损鉴定与修复加固	138
第二节 火灾工程应用情况和用户评价	147

第一章 概 论

火创造了人类文明,推动了社会变革,但火灾也给人类带来了极大的危害,造成巨大的经济损失和人身伤亡,甚至造成严重的政治影响。火灾一旦发生,无疑使建筑物遭到破坏。

受火灾破坏的建筑物能否继续使用,长期以来凭经验主观判断,加以修复加固或推倒重建。这种以主观经验性的修复措施,其效果有三种情况:①措施确当。当主观判断与客观相一致时,满足建筑物修复要求;②措施过头。当主观判断与客观不一致,并过于保守时,造成人力、财力的浪费,而且影响建筑物的使用功能和使用时间;③措施不足。当主观判断不到位,修复措施不力,致使受损构件承载力不足,留下事故隐患。这三种情况,后两类比较普遍,而第一类情况也缺少科学性。为此,如何科学地诊断火灾后结构的受损程度,确定其残余承载力和合理地加以修复加固,成了各国建筑结构和消防科研人员和工程技术人员共同关心的课题。

1989年江苏省建筑科学研究院响应联合国“国际减灾十年”的倡议,根据我国国际减灾十年委员会的要求,联合江苏省公安厅消防局、南京市公安局消防支队开展了火灾后建筑结构受损程度的诊断与修复方法的研究。这一研究工作取得了一定的成果,并获得江苏省1993年度科技进步二等奖。本书在此基础上,就火灾后混凝土结构和砖混结构中的粘土砖砌体受损程度的诊断方法、结构修复设计方法和结构加固施工方法等问题作系统的论述。

一、建筑物受损诊断与处理的目的意义

随着国民经济和现代化建设的发展,高层建筑不断涌现,房屋密度加大;另外随着建筑的现代化,新型建筑材料被广泛应用,种种因素都增加了建筑物发生火灾的频率。

据统计,世界上发达国家每年火灾损失额达几亿甚至几十亿美元,占国民经济总产值的0.2~1.0%。例如,1972年5月13日日本大阪于日百货大楼发生火灾,死亡118人;1980年6月23日,美国纽约市韦斯特威克大楼发生火灾,经济损失达1500万美元;同年底,日本栃木县藤原町川治温泉王子饭店发生火灾,伤亡约70人,经济损失折合人民币达400万元。又如,1987年11月18日英国伦敦地铁某车站发生火灾,死亡34人,1988年元旦泰国曼谷第一饭店发生火灾,伤亡约100人。

我国在80年代平均每年发生火灾三万次以上,年损失超过2亿元,年死亡人数为2000~3000人,烧伤人数约3000~4000人。例如,1986年发生火灾38758起,死亡2691人,烧伤4343人,经济损失达7亿元。其中建筑火灾10048起,死亡620人,烧伤1458人,经济损失为3亿元。又如,1992年江苏某电视机厂发生火灾,经济损失达一千万元,严重烧损的建筑面积达4500m²。

建筑物在发生火灾后,应尽快地进行火灾调查,统计直接经济损失和恢复建筑物的使用功能。要恢复建筑物的使用功能,就必须科学地判断建筑物结构的受损程度,确定合理的结

构修复加固方案,以达到减少火灾损失的目的。

目前对火灾后建筑结构的处理,大体有以下四种情况:

(1) 由受灾单位和火灾统计部门根据建筑物的造价,按有关规定折旧计算火灾损失。至于建筑物(即梁、柱、楼板、砖砌体、钢结构)到底损失多少?是否影响使用?如何加固?一般都由受火灾的单位聘请当地建筑设计部门的结构工程技术人员根据现场情况,凭经验确定。

(2) 由受火灾的单位聘请有关测试单位,根据常规的测试方法(如回弹仪等测试仪器)测出火灾后的混凝土强度变化来确定有关加固方案。

(3) 有的受火灾单位或建筑设计部门,对火灾后建筑结构的修复,在宁“左”勿“右”的指导下思想下盲目加固。

(4) 对于火灾面积大且受损严重的结构,受火灾单位或受聘测试单位和建筑设计单位,由于缺乏科学的受损判断依据,不能或不敢确定修复加固方案,导致某些建筑物既不拆除又不敢使用而长期废置。

以上情况表明,开展火灾后结构受损程度的科学诊断和修复加固研究,是火灾工程中修复加固的需要,是当前改革开放和加速经济建设的需要,是受火灾单位的急需技术。因此,这项工程技术有着明显的经济效益和社会效益。

二、国内外研究概况

在国际上,日本、美国、英国、法国、德国和原苏联等国家都对火灾后建筑结构受损程度和耐火等级进行了研究。日本的防火研究始于40年代,设有研究、检测机构9个,耐火试验楼2581m²,大型火场试验楼4963m²和室外火场试验场1个(100×90m);在1980年9月,美国混凝土协会结构防火委员会召开了火灾后结构受损和耐火方面的学术讨论会;原苏联对火灾损伤建筑物的技术鉴定也做了大量的研究工作,并在1985年出版了《火灾损伤建筑物技术鉴定》专著。目前,国外结构防火研究已从结构构件转向整体结构、装配式结构、薄膜结构、轻钢结构的研究,并探讨由于局部火灾对整个结构影响的设计计算方法及建筑物防火诊断和改善技术的开发。

在国内,公安部四川消防科学研究所于1972年开展建筑构件耐火性能的研究工作,并在1973年建立了2座用轻柴油或天然气为燃料的燃烧试验炉、对梁、板、柱、墙、屋面板、吊顶等普通建筑构件的耐火等级进行了试验研究。中国建筑科学研究院建筑防火研究部等单位也做了许多工作。但是由于经费等各种因素的制约,我国开展这方面的研究工作进展不快,特别对火灾工程结构受损、解决现场结构在火灾温度作用下受损程度的诊断和修复方法的研究还刚刚开始。

江苏建筑科学研究院在1989~1992年与江苏省公安厅消防局、南京市公安局消防支队联合开展了火灾后建筑结构受损程度的诊断与修复方法的研究,而且已将研究成果在江苏省全面应用。据不完全统计,近年来应用该项成果诊断与处理的火灾工程达二万平方米,收到了明显的经济效益和社会效益。

三、结构受损诊断与处理的技术依据

由于我国对火灾后建筑物结构受损程度的诊断与处理的研究工作还刚刚起步,因此这

项工作的进行应采取慎重态度。本书在科学试验研究和工程应用的基础上,提出实际工程中结构受损的诊断与处理的依据如下:

(1) 有关的国家规范,如《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)、《建筑设计防火规范》(GBJ16—87)、《砖石工程设计规范》、《砖石工程施工及验收规范》(GBJ203—83)、《钢筋混凝土工程施工及验收规范》(GBJ205—83)、《混凝土结构加固技术规范》(GBJ204—83)等;

(2) 火灾温度的诊断技术;

(3) 火灾后混凝土结构中混凝土抗压强度的诊断技术;

(4) 火灾后混凝土结构中钢筋抗拉强度的诊断技术;

(5) 火灾后粘土砖砌体抗压强度的诊断技术;

(6) 火灾后混凝土受弯和受压构件的残余承载力计算方法;

(7) 火灾后粘土砖砌体残余承载力的计算方法。

四、受损诊断与处理研究成果的特点

本书所介绍的建筑物火灾后结构受损诊断与处理技术具有如下特点:

(1) 模拟火灾燃烧试件的温度是按照国家和国际标准升温曲线的明火燃烧试件。说明模拟火灾的火种与火灾现场的火种相同,这比采用电炉加温、升温更为科学,更有现实意义。

(2) 简化了火灾后受损构件的残余承载力计算方法。

目前,国内尚未有关火灾后构件残余承载力计算方法的介绍。原苏联虽有这方面资料介绍,但计算烦琐而不实用,且与我国的构件材料组成不同,所以其计算公式在我国不宜采用。我们根据有关国家规范,在试验研究和工程实践的基础上对火灾后混凝土结构和砖混结构中砖砌体抗压强度的残余承载力的计算方法进行了探讨。研究结果表明,这种计算方法所得结果与构件荷载试验结果相比,接近程度较高。

(3) 研究出了火灾后混凝土抗压强度、混凝土弹性模量、钢筋抗拉强度和钢筋弹性模量的折减系数。

① 混凝土抗压强度折减系数

目前,国际上(原苏联)介绍的混凝土强度折减系数概念不太清晰。实际上,火灾中构件所受温度由表及里,由高逐渐降低,各截面温度各异,因此各截面混凝土的抗压强度折减也不相同。如果混凝土抗压强度给出的是综合折减系数,那么它的含意就适用于任何尺寸的构件,而计算所得结果与试验研究和理论计算的误差势必相差太大。例如,梁宽为 240mm 和梁宽为 370mm 的构件,在受到相同火灾温度下,如果把截面混凝土强度折减认为是相同的,显然不妥。因为没有考虑构件内部温度与构件尺寸效应的影响。

本书根据试验结果,提出了火灾后混凝土结构受损层抗压强度折减系数的概念,提出了构件截面混凝土平均抗压强度折减系数的概念,这就较好地解决了火灾后诊断混凝土强度变化的难题。

② 钢筋抗拉强度和弹性模量的折减系数

根据原苏联有关资料介绍,钢筋抗拉强度和弹性模量的计算比较烦琐。而国内资料所介绍的都是局限于钢筋本身直接受高温作用时或作用后强度折减和弹性模量折减,还尚未有对于在不同保护层、不同钢种、不同冷却方式的钢筋(钢丝)的抗拉强度折减和弹性模量的折减的报道。本书通过试验研究,对前述情况下的钢筋温度进行了测定,并由钢筋温度得到了

钢筋抗拉强度、弹性模量的折减系数；由保护层的混凝土温度得到了钢筋与混凝土的粘结力折减系数，并将试验得到的钢筋抗拉强度和弹性模量折减系数应用于梁板构件的残余承载力计算。

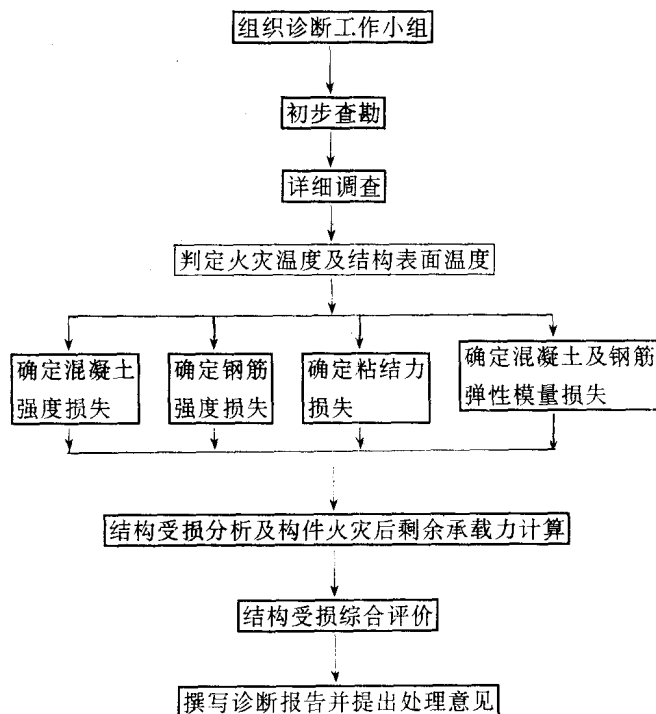
第二章 建筑结构受损诊断概述

第一节 建筑结构受损诊断程序

建筑物遭受火灾后的诊断工作是结构受损修复加固处理的前提和依据。只有通过科学的诊断,确定受火灾建筑物的损伤程度,才能做到合理地对受火灾建筑物进行修复加固处理。

诊断火灾损伤建筑结构的过程,首先是通过现场调查及检测,确定结构现有的技术状态,进而通过结构受损分析及剩余承载力计算,综合评定建筑结构的损伤程度,最后给出诊断结论,提出处理意见。

诊断工作程序与受灾建筑的重要性及受灾情况有关。具体的诊断程序如下:



第二节 火灾现场调查与检测

一、火灾现场调查

1. 组织诊断工作小组及初步查勘

建筑物遭受火灾后,首先应由消防部门进行火灾原因及火灾损失调查,在消防部门调查结束后方可进行结构受损诊断。

诊断工作应由受灾单位或保险公司委托具有火灾鉴定权的检测鉴定单位进行。委托方需提出委托书、检测鉴定单位根据委托书的要求进行工作。

根据委托书的要求及工作内容,检测单位派出诊断工作小组。诊断工作小组应由具有火灾诊断与处理工作经验的工程师负责。诊断工作小组代表相应级别的检测鉴定机构工作,具有技术权威性。委托方及有关单位应积极配合诊断工作小组的现场调查及检测工作,提供必要的工作条件。

初步查勘是诊断工作小组负责人及小组的主要技术人员第一次到火灾现场时所做的工作。

(1) 查勘目的与要求

火灾现场进行查勘的目的包括以下几点:

- ① 初步了解受火灾建筑物火灾前的使用情况和火灾后损伤概况;
- ② 通过目测调查和摄影,记录火灾后建筑结构受损概况及物品烧损的原始情况;
- ③ 根据目测的结构损伤情况初步确定受火严重区、受损中心区和一般受损区。通知委托单位对危险构件采取安全措施;
- ④ 拟定详细调查、结构性能检测和结构受损分析及加固处理的工作内容和计划表;
- ⑤ 与委托单位签定诊断与处理工作技术服务合同;
- ⑥ 通知委托单位,为诊断工作小组进入现场创造条件。准备工作包括:现场详细调查所需的资料;现场检测所需的水、电、脚手架、梯子、操作记录工作台等;现场调查与检测工作的联系人员。

(2) 查勘内容

火灾现场查勘的主要内容有:

- ① 初步了解建筑物概况,它包括:建筑物层数、结构形式、外貌、建造时间;建筑物使用功能、建筑物位置及周围环境和建筑物的重要性。
- ② 组织受灾单位负责人,火灾发现者及灭火单位代表座谈,了解火灾发生时间和灭火过程。
- ③ 收集消防部门的火灾灾情鉴定报告。
- ④ 火灾现场的目测调查和摄影记录。

2. 详细调查

详细调查包括两大内容:火灾前建筑物情况的调查和火灾后现场的调查。详细调查时,诊断工作小组全体工作人员进入受灾现场。

(1) 火灾前建筑物情况调查

① 收集建筑物存档资料

存档资料包括：建筑物设计图纸、建筑物施工日志、隐蔽工程验收及竣工验收资料。若建筑物在使用过程中曾发生损伤或使用功能改变，则应收集建筑物的损伤鉴定报告、维修改造及加固设计图纸和施工记录。

诊断工作小组在收集到有关资料后，将资料与建筑物进行对比，确定原有设计与现有建筑物情况是否相符。

② 调查建筑物内物品堆放及布置情况

诊断工作小组应请建筑物使用单位了解情况的同志介绍火灾前建筑物的使用情况，记录建筑物内各部位的物品种类、数量及堆放位置，并绘制火灾前物品堆放及布置情况示意图（见图 9-1）。

(2) 火灾后现场调查

火灾后现场调查包括如下内容：

① 调查起火点、火灾原因、火灾持续时间和火灾蔓延的途径；调查火灾所影响到的楼层数和面积；火灾时的通风通烟情况；调查灭火方式及灭火过程。

② 调查现场物品（如家具、用品、电器设备、货物、门窗、建筑配件及装璜材料等）的烧损情况，并详细记录烧损物品的名称、位置和烧损程度，收集现场残留物。

③ 调查并记录火灾后受损构件的外观情况。具体包括：

混凝土构件的外粉刷脱落情况，混凝土颜色情况以及构件的截面尺寸情况等；

砌体结构砌筑砂浆的颜色、砂浆的疏松及粉刷砂浆的剥落情况；

木结构的烧损情况、钢结构的表面脱皮及颜色变化。

④ 通过摄影或摄像方式客观地反映建筑物遭受火灾后的损坏情况。

全视图摄影或摄像：通过摄影或摄像反映整个建筑物的受损全貌，包括建筑物外貌及受损区域全貌。

局部摄影或摄像：对具体的受损构件进行摄影或摄像，客观地反映出建筑构件的受损情况。特别是爆裂露筋的混凝土构件，采用局部摄影方式是最好的反映方法。图 2-1 为某工程火灾后预应力多孔板板底爆裂露筋情况。

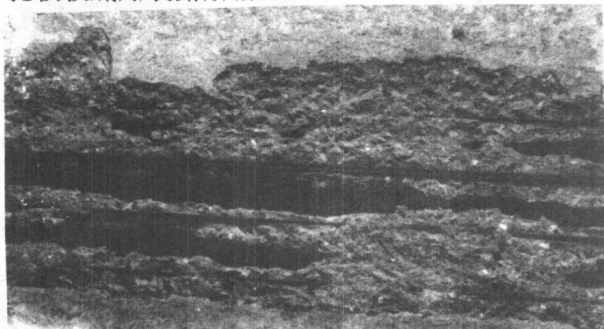


图 2-1 预应力多孔板板底爆裂露筋摄片

(3) 现场调查的顺序及安全措施

第一步：了解处于危险状态的结构构件的外貌，采取措施防止结构构件在调查检测过程中破坏或坍塌造成事故。

第二步：判断有无结构构件在调查检测过程中会因振动等因素而破坏或坍塌，必要时

做好标记和采取安全措施。

第三步：正式进入现场进行调查。

调查应从危险性最小的一侧开始，逐个构件检查。调查过程中要随时观察是否存在响声等标志构件继续变形或发生坍塌破坏的预兆。

调查混凝土结构构件外观损伤时，应特别注意受力主筋的状态，注意梁、板、柱构件的接头及支承部位的受损情况，做好记录和标记。

二、火灾现场检测

火灾后建筑物受损诊断的现场检测，是通过一定的仪器设备、工具等进行现场测试，从而获取各种参数。检测结果是结构构件以至整个建筑物进行受损分析的依据。

现场检测的主要内容包括：

- (1) 火灾后结构材料性能的检测；
- (2) 受损结构外观检测；
- (3) 火灾引起的建筑物及建筑构件变形检测。

现场检测的方法见表 2-1，并应尽可能地采用多种方法检测，然后综合分析给出检测结果。因为遭受火灾后结构的损伤、材料性能的变化是很复杂的，仅仅依靠某种单一的方法很难获得准确的结果。

火灾后建筑物现场检测方法

表 2-1

检 测 内 容	检 测 方 法	仪 器 及 设 备
混凝土构件 烧伤深度	超声法	非金属超声仪
	凿孔法	小锤及凿子
混凝土爆裂	外观检查	
混凝土裂缝数量、走向、宽度、深度	(1) 外观检测法 (2) 超声法	直尺、刻度放大镜、裂缝对比卡、非金属超声仪
混凝土强度	(1) 敲击法 (2) 回弹法 (3) 超声法 (4) 拔出法 (5) 钻芯法 (6) 超声回弹综合法	小锤、凿 回弹仪 非金属超声仪 拔出仪 钻芯机 非金属超声仪和回弹仪
钢筋强度	(1) 现场取样法 (2) 化学分析法 (3) 电镜观察法	
构件变形	(1) 水准仪法 (2) 标杆法 (3) 拉线法	水准仪 标杆
构件性能试验	现场荷载试验	
钢筋位置及保护层厚度	仪器测定及凿孔法测定	保护层厚度测定仪 小锤及凿子
钢筋型号及数量	凿开检测法	小锤及凿子

现场检测应分区域进行。区域划分原则上是根据火灾温度区域确定,特殊情况下可根据现场调查的构件损坏情况确定。

1. 混凝土构件烧伤深度检测

混凝土构件的烧伤深度可用超声波法或凿孔法检测。超声波法将在本书第四章中详细介绍。

烧伤深度又分混凝土烧疏层厚度和烧伤层厚度。烧疏层是指混凝土构件表面受火作用后被烧疏损坏、用凿子或小锤轻轻施力即掉下来的部分;烧伤层是指混凝土构件内部因火灾温度作用,混凝土强度已经损失的部分。烧疏层与烧伤层之间具有较明显的颜色界线,通过凿孔后观察混凝土颜色变化即可确定。

2. 混凝土爆裂检测

混凝土爆裂检测是观察记录混凝土在火灾作用下的爆裂露筋情况。

一般情况下新建建筑物(1~2年使用期内)的混凝土含水率较高,在火灾温度特别是在火焰的直接作用下混凝土易发生爆裂现象。混凝土爆裂后降低了构件的刚度,并使裸露钢筋受火温度较高,导致钢筋强度损失较大。爆裂的检测主要是通过目测判断爆裂类型、记录爆裂面积、确定影响深度。

(1) 大面积爆裂

新建建筑的混凝土含水率较高,在火灾时因温度急剧增加,易发生大面积爆裂。

(2) 局部爆裂

局部爆裂的外观表现有以下几类:

① 混凝土表层脱皮。受火作用后混凝土表层局部脱落,使混凝土构件表面起泡或出现凹点。

② 骨料破碎。火灾的高温作用下,构件表面产生的高热应力使骨料破碎。

③ 角部破碎。构件(梁或柱)的凸角部位处于两面受火状态,致使角部混凝土烧疏掉角。

3. 混凝土构件裂缝的检测

火灾后混凝土构件裂缝的检测,主要包括详细检测及记录混凝土构件的裂缝数量、宽度、走向和长度,必要时可采用超声法检测裂缝的深度(详见本书第四章)。

火灾后混凝土构件出现的裂缝主要分如下几类:

(1) 不规则分布的温度裂缝。这类裂缝数量多、呈不规则的网状分布在构件的受火部位。它影响于结构构件的表层,对构件承载力影响不大。

(2) 混凝土温度收缩裂缝。由于火灾温度作用使混凝土超静定结构产生温度内力及收缩变形,当温度内力或收缩变形较大时使结构或构件的中部产生裂缝。这类裂缝数量不多但裂缝宽度较大,因此应作详细的检测和记录。

(3) 沿钢筋的温度裂缝。这类裂缝是由于钢筋与混凝土的热变形差所引起。它将影响钢筋与混凝土的粘结力。

(4) 火灾温度裂缝与构件受力裂缝叠加。混凝土结构在荷载作用下存在细微受力裂缝,当火灾作用后,这类裂缝扩展使裂缝宽度超过规范要求。另外,由于原有裂缝的存在造成了钢筋受火温度较高。因此,这类裂缝属于较危险裂缝,应详细检测。

4. 混凝土强度检测

火灾后,由于受火的不均匀性,构件各部位混凝土强度的损失是不相同的。即使在同一截面内,截面内部的混凝土强度较截面外部的混凝土强度损失小,甚至不损失。因此,本节所指的火灾后混凝土强度检测是指受损层平均强度的检测。具体的检测方法见第四章。

检测火灾后构件的混凝土强度时,应先清除遭受火灾而疏松的混凝土表层,用砂轮将凹凸不平的构件表面磨平。

受火灾后混凝土强度的损失情况相当复杂。因此,仅仅用某一种方法进行检测,精度是不够的,应采用多种方法检测,然后综合分析给出火灾后受损层混凝土平均强度推定值。火灾后混凝土强度的损失,还可以根据构件的表面温度查第五章的有关曲线而得到。

5. 钢筋材料性能检测

火灾后钢筋性能的变化直接影响结构构件的承载力,特别是存在初始裂缝构件中的钢筋。其受火温度比无裂缝构件中的钢筋的受火温度大。因此,确定混凝土构件中钢筋的材料性能变化是火灾后现场检测的一项重要工作。

火灾后钢筋性能变化的检测方法主要有四种:

(1) 间接法:先确定钢筋受火温度,然后查第五章中的有关表格或曲线求得火灾后钢筋强度及弹性模量的损失值;

(2) 直接法:从具有特征部位取样做钢筋材料性能试验;

(3) 化学分析法;

(4) 电镜观察法。

本书在第四章详细介绍直接法、化学分析法和电镜观察法。

6. 变形结构检测

结构变形检测主要是指梁板的挠度检测、柱的偏移检测和墙体的偏移检测。结构的变形(主要指永久变形)是确定结构损伤程度的重要标志之一。具体检测方法详见第四章介绍。

7. 结构性能试验

通过现场检测可获得火灾后结构诊断所需的参数。但是,有时仅以检测获得的参数去分析、确定结构现有承载力的作法,其精度还达不到要求,所以必要时应进行现场结构性能试验。通过现场试验,可得出受火灾损伤的结构构件的实际强度、刚度和抗裂性等比较可靠的数据。根据试验结果可确定火灾后建筑结构的实际剩余承载力。