

Gongcheng Anquan
Jianding Yu Jiagu Jishu

工程安全

鉴定与加固技术

段尔焕 李淑兰 赵光浩 编著



人民交通出版社

China Communications Press

Gongcheng Anquan
Jianding Yu Jiagu Jishu

工程安全

鉴定与加固技术

段尔焕 李淑兰 赵光浩 编著

 人民交通出版社
China Communications Press

内 容 简 介

本书是工程安全鉴定与加固技术的专著,系统地介绍了建筑安全鉴定与加固改造的技术。内容包括:绪论;超声回弹法检测混凝土强度;回弹法检测混凝土强度及砂浆强度;超声法检测混凝土缺陷;民用建筑的鉴定;工业厂房安全鉴定;建筑粘钢及植筋技术;建筑碳纤维加固技术;桥梁加固技术;建筑物的移位与纠偏;施工场地周围建筑物的动态监测等,内容新颖,实用性强。

本书可作为高校建筑加固设计、施工专业教材,也可作为结构设计、施工监理、工程质检管理、检测人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程安全鉴定与加固技术/段尔焕等编著. —北京:
人民交通出版社, 2004.8
ISBN 7-114-05160-3

I. 工… II. 段 III. ①建筑工程—工程施工—
安全技术—鉴定②建筑物—加固 IV.①TU714②
TU746.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 071165 号

书 名: 工程安全鉴定与加固技术
著 作 者: 段尔焕 李淑兰 赵光浩
责任编辑: 刘永芬
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpress.com.cn>
销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京明十三陵印刷厂
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 17.25
字 数: 424 千
版 次: 2004 年 9 月第 1 版
印 次: 2004 年 9 月第 1 版第 1 次印刷
书 号: ISBN7-114-05160-3
印 数: 0001—4000 册
定 价: 35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

安全是工程建设永恒的主题。加固是工程建设可持续发展不变的旋律。

改革开放的中国,经济建设驶入了快车道。随着全国建设小康社会的不断深入,城镇化建设的速度与规模与日俱增,无论是城市还是乡村,建筑工地鳞次栉比,一幢幢高楼拔地而起,一座座老城旧貌换新颜。不错,人们对现代建筑的美观、舒适及其多功能的追求是不断在升级,但构筑物的安全始终是工程建设及其质量的首要命题。

安全问题贯穿于工程建设的始终,从施工到投入使用,安全无时无刻不牵挂着建设者和使用者的心。影响建筑安全的因素是错综复杂的,除工程建设本身众多因素的相互干扰与影响,工程的技术问题、材料的品质问题、工程的经济问题等等都从不同层面制约着构筑物的安全。工程安全不仅仅是工程技术问题,更是一个社会经济问题,它与人们的生活息息相关,涉及社会经济的发展和人类社会的进步。因此,在我们进行建筑工程设计及施工的每个环节,在追求工程经济效益及社会效益的同时,千万记住:安全是工程建设永恒的主题。面对庞大的中国建筑市场,构筑物的安全鉴定与工程加固,作为工程建设领域的一个新兴学科也就应运而生了。

多年来,人们在关注建筑物安全的同时,密切注意构筑物的安全鉴定。随着工程检测技术的不断发展,建筑工程安全现场检测及鉴定的现代化程度不断提高,检测仪器设备的精度与操作技术也有了新的发展,针对危房或病害工程,工程技术人员在工程实践中探索并总结了不少工程加固的技术与方法,这些技术经实际工程应用证明了其稳定可靠的效果,并在工程界得以推广应用。然而,虽然在刊物杂志上有零星的文献面世,但系统专门的论著却鲜为人知。《工程安全鉴定与加固技术》一书的面世将为广大工程技术人员提供一些可靠的技术帮助。

本书作者从第一线工程实践的基础出发,能站在工程技术较高的理论角度审视当前工程的安全问题,紧扣国家现行工程技术规范及施工质量标准,系统、全面地总结了我国当前建筑工程的安全鉴定与加固改造技术,内容涉及工业与民用建筑物的安全鉴定、桥梁安全鉴定,钢筋混凝土构件与结构物的强度检测,以及当前

BP1073/8

多类构筑物结构加固技术等等。最难能可贵的是,本书的每一章都配备了相应的工程实例,依据当前国家简化组工程技术规范与标准,结合理论与实践进行实例分析、验证,体现了本书密切联系工程实际的特点。

毋庸置疑,本书是作者长期从事组织安全检测、鉴定与加固改造的丰富经验的有益总结;是灵活运用工程规范与标准,成功解决简化组安全与加固改造具体问题的范例;也是有效运用先进工程检测技术及其分析手段处理工程实际问题的研究成果。全书从应用与实践的角度丰富了土木工程学科的内容,对于从事工程设计、施工及工程技术研究的人员都具有指导意义,不仅为工程技术人员提供参考,也可以作为土建类学生学习与技术培训的教材。



二〇〇四年八月
于重庆大学

前 言

QIAN YAN

工程安全鉴定与结构加固是近几年发展起来的一门新兴学科。工程安全与人们的生活息息相关,对工业生产安全而言也是一个重要的内容。一方面我国的许多五六十年代的建筑及桥梁逐渐达到了使用年限,怎样管理与使用好这批建筑,这对我国经济显得尤为重要,如果这批建筑管理不好,将对人们的生命以及设备的安全造成严重的后果;另一方面,我国七八十年代的一些建筑由于种种原因本身就存在一些隐患,这些建筑的安全问题应引起我们的高度重视;再者,随着经济的发展及城市建筑功能的变化,许多既有建筑需要进行改造,所有这些需求对工程安全鉴定与结构加固留下了广阔的发展空间。

工程安全鉴定与结构加固工作专业性强,在对结构进行安全鉴定与“诊断”工作中,不但要有结构工程常识,使用仪器的技能,还需有一定的结构、计算分析能力,这样才能根据鉴定规范得出完整、恰当的鉴定结论。对危险构筑物的加固改造则需要有一定人才设备的专业队伍,这样对加固技术的使用、材料的选定,及加固的质量才能达到规范要求。可喜的是,我国建设部对加固行业已经颁布了“特种工程资质证书”,在具体工作中可选用专业施工队伍。

为进一步总结交流建筑物安全鉴定与加固技术,为促进成果引进、技术消化以及科研水平的提高,现将《工程安全鉴定与加固技术》一书奉献给广大工程技术人员。本书共十二章,包扩绪论、超声回弹法检测混凝土强度、回弹法检测混凝土强度及砂浆强度、回弹法检测混凝土缺陷、民用建筑的鉴定、工业厂房安全鉴定、建筑粘钢及植筋技术、建筑碳纤维加固技术、桥梁加固技术、建筑物的移位与纠偏、建筑安全动态监测等内容。此书在编写过程中得到了许多朋友及同仁的支持和帮助,工程实例主要来源于云南金广建筑科学研究院,在本书出版之际,一并致谢。

由于时间仓促及水平有限,书中错误难免,恳请各位专家学者及同仁提出批评指导意见。

编 者

目 录

MULU

第一章 绪论	1
第一节 工程安全鉴定与加固的重要意义	1
第二节 工程安全鉴定与加固的主要内容	2
第三节 工程安全鉴定与加固技术的发展趋势	3
第二章 超声回弹法检测混凝土强度	5
第一节 概述	5
第二节 综合法强度的影响因素	6
第三节 综合法测强曲线	9
第四节 综合法测混凝土强度技术	14
第五节 结构构件混凝土强度的推定	16
第六节 综合法的实际应用	19
第三章 回弹法检测混凝土强度及砂浆强度	23
第一节 概述	23
第二节 回弹仪	26
第三节 回弹仪检测混凝土强度的影响因素	32
第四节 回弹法测强曲线的建立	38
第五节 检测技术及数据处理	43
第六节 结构构件混凝土强度的计算	46
第七节 砂浆强度检测	50
第八节 工程实例	57
第四章 超声法检测混凝土缺陷	64
第一节 概述	64
第二节 混凝土浅裂缝检测	66
第三节 混凝土深裂缝检测	69
第四节 混凝土不密实区和空洞检测	72
第五节 两次浇筑的混凝土之间结合质量的检测	75
第六节 混凝土匀质性检验	77
第七节 混凝土钻孔灌注桩的缺陷检测	78

第八节 工程实例 87

第五章 民用建筑物的鉴定 91

第一节 概述 91

第二节 构件安全性鉴定评级 98

第三节 构件正常使用性鉴定评级 106

第四节 构件子单元安全性鉴定评级 110

第五节 构件子单元正常使用性鉴定评级 116

第六节 鉴定单元安全性及使用性评级 120

第七节 鉴定报告编写要求 121

第八节 工程实例 122

第六章 工业厂房安全鉴定 125

第一节 概述 125

第二节 使用条件的调查 128

第三节 结构的鉴定评级 129

第四节 单层钢结构厂房的鉴定 134

第五节 砌体结构的鉴定 136

第六节 工程实例 140

第七章 桥梁安全鉴定检测 146

第一节 概述 146

第二节 桥梁无损检测 148

第三节 桥梁动载、静载试验 151

第四节 桥梁安全监测 155

第五节 光纤传感技术在桥梁检测中的应用 159

第六节 工程实例 162

第八章 建筑粘钢及植筋技术 169

第一节 概述 169

第二节 JGN 型胶的性能及使用方法 170

第三节 JGN 型胶在植筋技术中的应用 174

第四节 工程实例 177

第九章 建筑碳纤维加固技术 186

第一节 概述 186

第二节 材料 187

第三节 设计与构造 188

第四节 施工中应注意的问题 195

第五节 工程实例 197

第十章 桥梁加固技术 202

第一节 概述 202

第二节 桥梁加固的常用技术 202

第三节 混凝土桥梁粘钢加固技术..... 206
 第四节 桥梁碳纤维加固技术..... 210
 第五节 钢纤维混凝土加固桥面技术..... 217
 第六节 桥梁预应力加固技术..... 220
 第七节 桥梁软弱地基加固技术..... 224
 第十一章 建筑物移位与纠偏..... 227
 第一节 概述..... 227
 第二节 建(构)筑物倾斜原因分析..... 228
 第三节 建筑物纠倾的主要方法..... 231
 第四节 建筑物的移位方法..... 236
 第五节 建筑物移位工程的设计要点..... 237
 第六节 建筑物移位工程的施工要点..... 238
 第七节 工程实例..... 238
 第十二章 施工过程中对原有建筑安全的动态监测..... 253
 第一节 概述..... 253
 第二节 施工过程中的安全事故..... 253
 第三节 建筑安全动态监测..... 261
 参考文献..... 265



·第一章·

绪 论

第一节 工程安全鉴定与加固的重要意义

建筑是现代文明社会赖以生存和发展的条件,构筑物的安全则是人民生命财产安全的重要保证。

我国解放初期修建的一些厂房、办公楼、住宅以及桥梁使用寿命都已满 50 年或接近 50 年,怎样安全地使用、管理这些建筑,怎样加固处理一些危险建筑,是摆在我们面前的一个重要课题。

由于社会经济发展的需求,要新建许多高质量的各类建筑物和构筑物。但对已修建好的各类构筑物也应进行维修、保护,保持其正常使用功能,延长其使用寿命,同时要根据使用者的愿望和城乡规划的布局,满足使用者关于改变既有构筑物的使用功能、使用条件以及扩大使用面积等方面的要求,这就要对一些既有构筑物进行改造。要对既有构筑物进行改建、扩建、增层、托换以及移位和纠偏等,就需要使用一些新的、先进的技术手段来解决这些问题。

由于历史的原因,我国 20 世纪 70 年代前后修建的建筑及桥梁存在许多安全隐患,随着使用时间的推移,这些构筑物的安全隐患也会逐渐加剧。怎样整改安全隐患,使之不至于造成较大的损失,这也是工程鉴定与加固技术工作者及有关管理部门的一个迫切需要解决的任务。

再就是由于我国建筑业大量使用民工,加上管理不严,许多民建项目合格率低,“劣质工程增多”,怎样检测民建项目的质量隐患,这也是工程鉴定与加固工作的一项重要内容。



第二节 工程安全鉴定与加固的主要内容

工程安全可靠性鉴定的主要内容是对构筑物构件进行检测后进行计算、判定。建筑物及桥梁病理学是研究构筑物病害发生、发展规律的一门学科,工程加固技术是在查明构筑物病害的基础上,对其进行可靠性鉴定,并对有问题的建筑进行加固。

构筑物损坏通常是由自然和人为两方面因素造成,见图 1-1。

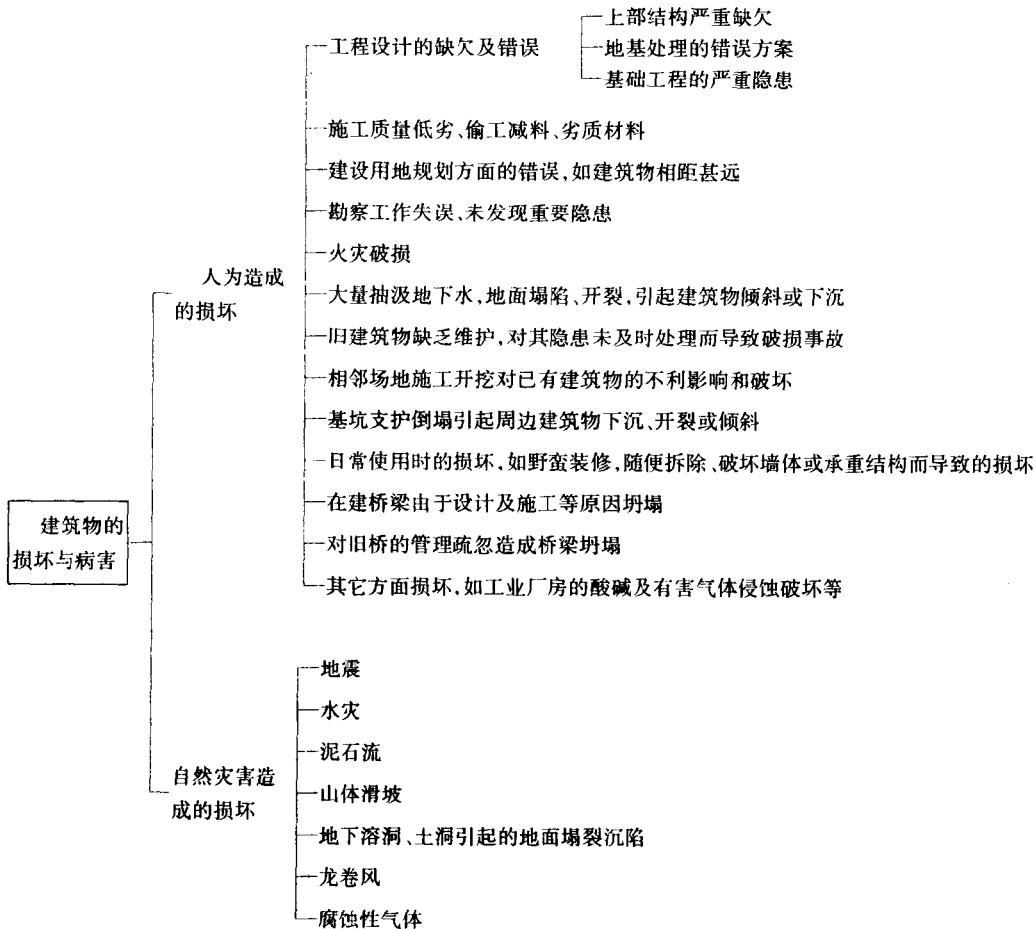


图 1-1 建筑物损坏因素

大自然的破坏力是巨大的,如地震、龙卷风、泥石流、山体滑坡和洪水等自然灾害,都会造成房屋大批倒塌,各类构筑物严重毁坏。唐山大地震和日本阪神地震,毁坏了唐山和神户市;我国 1998 年的洪水灾害冲毁房屋 490 多万栋;1998 年美国有 8 个州遭受龙卷风的袭击,风灾过后,房屋倒塌,惨不忍睹。

设计、施工队伍人员素质良莠不齐,是目前发生建筑质量事故的重要原因。由于人为的因素,如火灾、过量的抽汲地下水;设计施工质量低劣;施工时偷工减料,以次充好;相邻建筑场地施工互相影响,以及对已有建筑物缺乏及时检查维护等原因,都会导致建筑物突然倒塌,或严

重损坏。据统计,发生工程事故的建筑物大约 40% 的原因是设计失误所致,60% 是施工或其它方面原因所致。我国建筑队伍总体素质不高以及管理经营部门的不正之风,都是促使工程事故屡屡发生的重要原因。我国某市一栋 6 层大楼由于施工质量低劣突然倒塌,6 人被压死,数十人受伤。国内某开发区一栋 5 层居民楼,1998 年突然倒塌,36 人死亡。国外也有许多事故,如美国纽约一栋 15 层“观景楼”,由于设计质量低劣,突然倒塌。巴西里约热内卢一栋 22 层豪华公寓,也是由于质量问题而突然倒塌。西柏林议会大厅的倒塌则是由于原屋盖预应力钢筋锚固腐蚀后导致屋盖的倒塌。

由于对房屋的使用或防火措施不当,常常发生火灾,如纽约格士堤街 101 号七层居民楼一场大火被毁,全楼居民逃出。在我国每年由于火灾造成的严重损失更是令人触目惊心。去年北京南郊的家具城被一场大火全部焚毁。

地下铁道或地下采矿巷道施工,导致地面下沉、建筑物发生倾斜或开裂。美国纽约市坚尼路口的 7 层福隆大厦,即因地下铁道施工而引起倾斜和开裂。我国北京长安街由于修建地铁而导致地面下沉,管道断裂。

我国上海、天津、北京由于大量抽汲地下水,造成地面严重下沉,使其相邻房屋倾斜、开裂或倒塌。美国波士顿市,由于开挖高速公路的隧道,并大量抽汲地下水,致使与其相邻的一栋 46 层金融大厦下沉、倾斜。

总之,建筑物的安全鉴定与加固已成为了建筑业中一个不可或缺的重要手段。

第三节 工程安全鉴定与加固技术的发展趋势

随着科学技术的进步,我国的工程安全鉴定与加固技术有了新的发展,技术标准化工作也进一步加强。

我国已颁布的相关技术标准有:

- (1)《工业厂房可靠性鉴定标准》(GBJ 144—90)
- (2)《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—1999)
- (3)《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—95)
- (4)《危险房屋鉴定标准》(JCJ 125—99)
- (5)《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》(CECS 02:88)
- (6)《混凝土结构加固技术规范》(CECS 25:90)
- (7)《碳纤维片材加固混凝土结构技术规程》(CECS 146:2003)

近年来,我国许多地方成立了以既有构筑物改造与病害处理为服务对象的专业技术公司和科研机构,对提高这个行业的施工技术水平和推动实用科学技术的发展起到了重要作用。

为使建筑物增层改造和病害处理技术健康发展,许多部门都注意了这个学科的人才培养。一些高等院校培养了专门从事建筑物增层改造与病害处理方面的研究生,为既有建筑物的改造与病害处理技术的发展做出了贡献。同时还兴办了大量的有关本学科的短期培训班,为在职的技术人员提高和扩展本学科技术水平做了宝贵的工作。

建筑物的增层改造工程规模宏大,由北到南,由西到东,全国进行了大批高质量的增层改造工程,取得十分可喜的成就,为解决城市居民住房不足和居住条件的困难做出了贡献。



建筑物的移动和转动工程也逐渐被重视,解决了城市规划中许多难题,致使许多本应拆除的房屋通过平移挽救下来,为国家和人民节省了大量资金。这项技术是有广泛应用前景的。

适用于增层改造工程的新建筑材料不断出现,如轻质钢丝架夹心板、聚氨酯型板材,新型屋面防水材料、新建屋面钢架、轻型屋面材料等等,为增层改造技术提供了有效的手段。

增层改造工程的技术不断发展,由过去的单栋房屋小规模增层,发展到成片住宅区房屋的增层或者大面积建筑物的增层改造。由民用建筑增层改造逐渐发展到工业建筑的增层改造,扩大了旧工业厂房面积、高度和空间,改变了原来单一的使用功能,为企业改造转型提供了条件。由普通住宅房屋的增层转向大型综合性公共建筑物的增层。

过去砖混结构的增层常用直接增层法,因抗震要求的限制,增层数不能太多,工程规模也不太大。最近一些砖混结构增层工程,通过对原结构的改造(如增设纵墙、扩大横墙宽度等),进行外扩接层,取得显著效果,打开了砖混结构直接接层不能太高的“禁区”。

外套结构接法已是这些年新发展起来的常用增层结构形式。这些年用此法施工了大量的增层工程,为房屋增层工程开辟了一条新途径,积累了宝贵的设计与施工经验。由预留增层设计发展到新建房屋施工时改变设计而进行增层,由室外增层到室内增层,由地上增层发展到地下建筑物的扩建和增层。

轻型钢结构增层技术的工程实践也取得了很大进展。北京几家大饭店的轻钢结构增层工程,使这项技术表现出了很强的生命力。

建筑物加固改造技术迅速发展,工程规模也越来越大。这些年由于天灾人祸导致建筑物损坏的项目很多,为了减少国家和人民的损失,通过各种有效手段对大批病害建筑物进行了挽救和整治,已取得显著成果。在房屋纠偏、平移方面也发展了一些比较有效的手段。

通过这项技术的发展历程可以看到,在这个学科领域还有许多值得重视的工作:

1. 编制更加成熟,有实用价值和指导作用的本门学科的技术规范,将各学科的许多宝贵经验总结、提高,提升为国家技术标准,用来指导工程建设,推动建筑物改造与病害处理工程的技术水平的提高。

2. 选择成熟、可靠的技术成果,通过有关部门试点和不断完善,进一步总结有关本学科的发展经验。

3. 加强有关本学科的科研规划和科研工作,不断提出更为行之有效的理论、技术、材料、方法和机具,为建筑物改造与病害处理学科的发展提供更坚实的理论和更有效的手段。

4. 加强人才培养。通过不同层次的人才培养,包括研究生、大学生和各种短期培训班,提高广大青年学生和在职技术人员的技术水平,为推动本门学科的发展提供人才支撑。

5. 加强学术交流和宣传报道,把少数人的技术经验和成果更为广泛传播,提高建筑领域的整体技术水平。同时保护建筑物,使“有了病害可以挽救”的观念能被社会所接受、所重视,不要轻易拆除有继续使用价值的病害建筑物,为国家保持和挽救大批建筑资产。

6. 我国目前对加固行业开始颁发特种工程资质,但还须建立技术成熟、管理有效的专业设计施工队伍,为我国的病害建筑物治理和从事建筑物改造工程做出更有效的工作。



·第二章·

超声回弹法检测混凝土强度

第一节 概 述

对工程结构安全进行鉴定常常需对混凝土强度进行检测,超声回弹综合法检测混凝土强度是一种准确而常用的方法。

结构混凝土强度的综合法检测,就是采用两种或两种以上的单一方法或参数(力学的、物理的或声学的等)联合测试混凝土强度的方法。由于综合法比单一法测试误差小并有较宽的适用范围,因此在混凝土的质量控制与检测中的应用愈来愈多。一般来说,在合理选择各种单一方法组合的前提下,所采用的非破损测试方法越多,混凝土强度的测试精度也越高。

采用综合法测量混凝土强度时应符合以下几个原则:

- (1)单一法的仪器性能、测试技术和测试误差都应满足规定的要求;
- (2)在已查明单一法测强影响因素的基础上,应当采取对测强影响较大且相反的单一法进行综合,以便抵消或减少一些影响因素;
- (3)综合法比单一法应具有较小的测试误差和较宽的适应范围;
- (4)综合法适用于确定内部无缺陷部位的混凝土强度。

综合法测定混凝土强度的方法是较多的,如“超声波传播速度—回弹值”、“超声波传播速度—表面硬度”、“超声波传播速度—超声波衰减值”、“超声波传播速度—回弹值—碳化深度”以及“砂浆超声波传播速度—回弹值—碳化深度”等等综合法。而超声回弹综合法是国内外研究最多、应用最广的一种方法。

超声回弹综合法测定混凝土强度,是1996年由罗马尼亚建筑及建筑经济科学研究院首次提出的,并编制了有关技术规程,曾受到各国科技工作者的重视。1976年我国引进了这一方法,在结合我国具体情况的基础上,许多科研单位进行了大量的试验。近十余年来曾完成了多



项科研成果,在结构混凝土工程的质量检测中已获得了广泛的推广和应用。1988 年由中国工程标准化委员会批准了我国第一本《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》(CECS 02:88)。

超声回弹综合法是指采用超声仪和回弹仪,在结构混凝土同一测区分别测量声时值及回弹值 R ,然后利用已建立起来的测强公式推算测区混凝土强度 f_{cu} 的一种方法。与单一回弹或超声法相比综合法具有以下特点:

一、减少龄期和含水率的影响

混凝土的声速值除受粗集料的影响外,还受混凝土的龄期和含水率等因素的影响,而回弹值除受表面状态的影响外,也受混凝土的龄期和含水率的影响。然而,混凝土的龄期和含水率对其声速和回弹值的影响有着本质的不同。混凝土含水率大,超声的声速偏高,而回弹值则偏低;混凝土的龄期长,超声声速的增长率下降,而回弹值因混凝土碳化程度增大而提高,因此二者综合起来测定混凝土强度就可以部分减少龄期和含水率的影响。

二、弥补相互不足

一个物理参数只能从某一方面、在一定范围内反映混凝土的力学性能,超过一定范围,它可能不很敏感或者不起作用。例如回弹值 R 主要以表层砂浆的弹性性能来反映混凝土的强度,当混凝土强度较低,塑性变形较大时,这种反映就不太敏感。当构件截面尺寸较大或内外质量有较大的差异时,就很难反映结构的实际强度。超声声速是以整个断面的动弹性来反映混凝土强度,而强度较高的混凝土,弹性指标变化的幅度也不大,其微小变化往往被测试误差所掩盖,所以对于强度大于 35MPa 的混凝土,其 $f_{cu} - v$ 相关性较差。

采用回弹法和超声法综合测定混凝土强度,既可内外结合,又能在较低或较高的强度区间相互弥补各自的不足,能够较全面地反映结构混凝土的实际质量。

由于综合法能减少一些因素的影响程度,较全面地反映整体混凝土质量,所以对提高无损检测混凝土强度的精度,具有明显的效果。

鉴于超声回弹综合法具有上述的许多优点,因此在国内多项工程的混凝土强度的检测中采用了这一方法,为工程质量事故的处理提供了重要依据。

超声回弹综合法测强所用的仪器有回弹仪和低频超声波检测仪及换能器,这些仪器的原理、构造、性能及使用方法已在许多文章中有详细论述,测试时的操作要点也与回弹法及超声法相同,此处不再赘言。

第二节 综合法强度的影响因素

近年来,我国有关单位对超声回弹综合法测定混凝土强度的影响因素,进行了全国协作研究,针对我国原材料的具体情况 & 施工特点,得出了切合我国实际情况的分析结论。

一、水泥品种及水泥用量的影响

用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥配制的 C10、C20、C30、C40、C50



级的混凝土试件所进行的对比试验证明,上述水泥品种对“ $f_{cu}-v-R$ ”关系无显著影响,可以不予修正。

一般认为,水泥品种对声速 v 及回弹值 R 有影响的原因主要有两点。第一,由于各种水泥密度不同,导致混凝土中水泥体积分量的差异;第二,由于各种水泥的强度发展规律不同,硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥中硅酸三钙的含量较高,因此强度发展较快,而粉煤灰水泥中硅酸三钙的含量相对较低,强度发展较慢,所以导致配比相同的混凝土,由于水泥品种不同而造成在 28 天以前的某一龄期区间强度不同。根据检测中的实际情况分析,水泥密度不同所引起的混凝土中水泥体积分量的变化是很小的,不会引起声速和回弹值的明显波动。各种水泥强度发展规律的不同的确存在,但主要影响在早期,若早期以普通水泥的混凝土强度推算为基准,则矿渣水泥混凝土实际强度可能低 10%。但是 28 天以后这一影响已不明显,两者的强度发展逐渐趋向一致。而实际工程检测一般都在 28 天以后,所以在超声回弹综合法中,水泥品种的影响不予修正是合理的。

试验还证明,当每立方米混凝土中,水泥用量在 200、250、300、350、450kg 范围内变化时,对“ $f_{cu}-v-R$ ”综合关系也没有显著的影响。但当水泥用量超出上述范围时,应另外制订专用曲线。

二、细集料(砂)品种及砂率的影响

用山砂、中河砂及细砂配制的 C10、C20、C30、C40 级的混凝土进行对比试验的结果证明,砂的品种对“ $f_{cu}-v-R$ ”综合关系无明显影响。而且当砂率在常用的 30% 上下波动时,对“ $f_{cu}-v-R$ ”综合关系也无明显影响。其主要原因是,在混凝土中常用砂率的波动范围有限,同时砂的粒度远小于超声波长,对超声波在混凝土中的传播状态不会造成很大影响。但要指出,当砂率小于 28% 或大于 44%,明显超出混凝土常用砂率范围时,不可忽视砂率,而应另外制订专用曲线。

三、粗集料(石子)品种、石子用量及粒径的影响

用卵石和碎石配制的混凝土进行对比试验,结果证明,石子品种对“ $f_{cu}-v-R$ ”综合关系有十分明显的影响。

试验表明,若以卵石混凝土为基础,则碎石混凝土所推算的强度平均约偏高 25% 左右。这是由于碎石和卵石的表面情况完全不同,使混凝土内部界面的粘结情况也不同。在相同的配合比下,碎石因表面粗糙,与砂浆的界面粘结较好,所以混凝土的强度较高;卵石则因表面光滑而影响粘结,混凝土强度较低。但超声速度和回弹值对混凝土内部的界面粘结状态并不敏感,因此在同一超声速度、回弹值的情况下,所推算的平均强度就有偏差,需要进行修正。试验证明,许多单位得出的修正值也并不一致,当石子品种不同时,应分别建立“ $f_{cu}-v-R$ ”关系曲线。

当石子用量变化时,声速和回弹值均随含石量的增加而增加。

当石子粒径在 2 ~ 4cm 范围内变化时,对“ $f_{cu}-v-R$ ”的影响不明显。但石子粒径超过 4cm 后,其影响不可忽视。

由此可见,在超声回弹综合法测强中,石子的影响是必须予以重视的。

四、外加剂的影响

混凝土的外加剂品种繁多,当选择常用的木钙减水剂、硫酸钠及三乙醇胺早强复合剂掺入



混凝土中进行对比试验证明,上述外加剂品种对“ $f_{cu}-v-R$ ”关系无显著影响。

一般认为,外加剂的主要效应在早期,即混凝土塑化作用和3~5天早期强度均增高,而超声回弹综合法测强规定在14天后进行,所以外加剂的影响可以不予修正。

五、碳化深度的影响

在回弹法测强中,碳化对回弹值有显著影响,因此必须把碳化深度作为一个重要参量。试验证明,在综合法测强中,碳化深度每增加1mm,用“ $f_{cu}-v-R$ ”关系推算的混凝土强度仅比实际强度高0.6%左右。为了简化修正项,在实际检测中碳化因素可不予考虑。

在综合法测强中,碳化因素可不予修正的原因,是由于碳化仅对回弹值产生影响,而碳化深度较大的混凝土,含水量相应降低,导致声速稍有下降,因此在“ $f_{cu}-v-R$ ”关系中可抵消部分因回弹值上升所造成的影响。

六、混凝土含水率的影响

试验证明,混凝土表面的湿度对回弹值有显著影响。一般来说,湿度越大,回弹值越低。但对超声来说,声波在水中传播比在空气中传播速度快,因此在“ $f_{cu}-v-R$ ”关系中抵消了因回弹值下降所造成的影响。湿度影响随混凝土强度的提高而变小,但是,由于混凝土的湿度与气候条件、龄期、混凝土原材料条件等均有关,各地所测得的影响程度区别较大,因此在现场测试中应尽可能采用干燥状态的混凝土。

七、测试面的影响

当测试在混凝土浇筑上表面或底面进行时,由于石子离析下沉及表面水、浮浆等因素的影响,其回弹值与声速值均与侧面测量时不同。若以侧面测量为准,上表面或底面测量时对回弹值及声速值均应分别乘以修正值系数。回弹值的修正见表2-1,声速值的修正见表2-2。

不同浇筑面的回弹值修正值

表 2-1

RB	ΔR		RB	ΔR	
	表 面	底 面		表 面	底 面
20	+2.5	-3.0	40	+0.5	-1.0
25	+2.0	-2.5	45	0	-0.5
30	+1.5	-2.0	50	0	0
35	+1.0	-1.5			

超声值修正系数

表 2-2

测 试 状 态	K	测 试 状 态	K
浇筑的两侧面	1.0	浇筑的上表面与底面	1.034

注:①表中未列入的相应于R的 ΔR 修正值,可用内插法求得,精确至一位小数;

②表中有关混凝土浇筑面的修正值,是指一般原浆抹面后的修正值;

③表中有关混凝土底面的修正值,是指结构或构件底面与侧面采用一类模型在正常浇筑情况下的修正值。

从以上分析看出,超声一回弹综合法的影响因素,比声速或回弹单一参数法要少得多。现