

元本检测丛书

建筑结构与地基基础 工程检测案例手册

时柏江 曾章海 林余雷 主编



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

元本检测丛书

建筑结构与地基基础 工程检测案例手册

时柏江 曾章海 林余雷 主编



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书共 5 章。第一章讲述混凝土构件性能检测的主要涉及的 10 种检测类型案例;第二章讲述砌体结构检测主要涉及的 5 种检测类型案例;第三章讲述地基基础工程检测主要涉及的 12 种检测类型案例;第四章讲述基坑工程检测涉及的 4 种检测类型案例;第五章讲述房屋结构安全检测涉及的 4 种检测类型案例。汇总了 34 种现今混凝土结构、砌体结构、地基基础以及基坑工程的不同检测方法和手段,有较强的实用性和可操作性。

本书适用于从事建设工程的检测人员。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构与地基基础工程检测案例手册/时柏江,曾章海,
林余雷主编. —上海:上海交通大学出版社,2018

ISBN 978-7-313-18254-8

I. ①建… II. ①时…②曾…③林… III. ①建筑结构②地
基—基础(工程)—质量检验 IV. ①TU3②TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 006762 号

建筑结构与地基基础工程检测案例手册

主 编:时柏江 曾章海 林余雷

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

出 版 人:郑益慧

印 制:虎彩印艺股份有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:538 千字

版 次:2018 年 1 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-18254-8/TU

定 价:88.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021—64071208

经 销:全国新华书店

印 张:21.75

印 次:2018 年 1 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0769—85252189

前

言

“十二五”时期,我国建筑业发展取得了巨大成绩。2015年,全国具有资质等级的施工总承包和专业承包企业完成建筑业总产值年均增长 13.48%,建筑业年均增长 8.99%;全社会建筑业实现增加值 46547 亿元,占当年国内生产总值 6.79%。在“十二五”建设的基础上,根据国家“十三五”规划纲要,已将构筑现代基础设施网络、推进新型城镇化、优化城镇化布局和形态、建设和谐宜居城市等作为以后经济和社会发展的篇章,为应对建筑行业新形势下的新挑战和新机遇,中华人民共和国住房和城乡建设部编制发布了《建筑业发展“十三五”规划》。2016 年,作为“十三五”的开局之年,全国具有资质等级的总承包和专业承包建筑业企业实现利润 6745 亿元,增长 4.6%;全年全社会建筑业增加值 49522 亿元,比上年增长 6.6%,占当年国内生产总值的 6.66%。

虽然行业发展势头迅猛,但中国建筑业仍然“大而不强”,存在质量安全事故、市场违法违规等问题,部分问题已严重制约了建筑业的持续健康发展。

另外,随着我国经济、社会和建设业的蓬勃发展,人类社会经济生产的持续发展和物质文化生活水平的不断提高,人们对建筑工程这一基础设施的要求也越来越高,而建筑工程的质量安全是其中最基本和最基本的需求。时有发生的质量安全事故,严重威胁到了人们的生命安全和财产安全。

建设工程质量检测是指依据国家有关法律、法规、工程建设强制性标准和设计文件,对建设工程的材料、构配件、设备,以及工程实体质量、使用功能等进行测试确定其质量特性的活动。工程质量检测可以有效保障工程质量,是工程质量安全管理的重要手段,“以检促建,以检保安”,为建筑质量安全保驾护航。

目前,建筑结构与地基基础检测资料和书籍已经很多,但系统性全面结合实际案例介绍各种检测方法、数据分析的书籍却较少,本检测手册丛书主要将各种

检测类型的检测原理、检测过程以及数据分析,结合工程实测案例进行详细系统的阐述。本书共 5 章。第一章讲述混凝土构件性能检测的主要涉及的 10 种检测类型案例;第二章讲述砌体结构检测主要涉及的 5 种检测类型案例;第三章讲述地基基础工程检测主要涉及的 12 种检测类型案例;第四章讲述基坑工程检测涉及的 4 种检测类型案例;第五章讲述房屋结构安全检测涉及的 4 种检测类型案例。汇总了 34 种现今混凝土结构、砌体结构、地基基础以及基坑工程的不同检测方法和手段,有较强的实用性和可操作性。

本书在撰编过程中,得到温州大学孙林柱教授的大力支持,他曾多次审阅并提出宝贵意见,在此致以谢意。

本书涉及混凝土结构、砌体结构、地基基础以及基坑工程的各种检测类型的案例,内容广泛,简明实用,对从事建设工程检测人员而言是一本非常实用的工具用书和参考手册,也是一本很好的专业性科普用书。

由于水平有限和对新规范的学习理解肤浅,书中存在的错误与不妥之处,请广大读者不吝赐教。

目 录

第 1 章 混凝土构件性能检测案例	1
1.1 回弹法检测混凝土抗压强度案例	1
1.2 钻芯法检测混凝土抗压强度案例	5
1.3 超声一回弹综合法检测混凝土抗压强度案例	8
1.4 回弹—取芯法检测混凝土抗压强度案例	11
1.5 超声法检测混凝土缺陷案例	18
1.6 锚固承载力检测案例	23
1.7 钢筋的锈蚀检测案例	29
1.8 钢筋保护层厚度检测案例	32
1.9 预制构件荷载试验检测案例	34
1.10 建筑结构荷载试验检测案例	46
第 2 章 砌体结构检测案例	57
2.1 砂浆回弹法检测砌筑砂浆抗压强度案例	57
2.2 超声波检测砌筑砂浆抗压强度案例	59
2.3 贯入法检测砌筑砂浆抗压强度案例	66
2.4 烧结砖回弹法检测砖抗压强度案例	68
2.5 原位轴压法检测砌体抗压强度案例	71
第 3 章 地基基础工程检测案例	75
3.1 地基土和岩体荷载检测案例	75

3.2	复合地基荷载检测案例	83
3.3	竖向增强体荷载检测案例	93
3.4	水泥土钻芯法检测案例	104
3.5	单桩竖向抗压抗拔静载试验检测案例	113
3.6	单桩水平静载试验检测案例	132
3.7	桩基工程低应变检测案例	141
3.8	桩基工程高应变检测案例	150
3.9	岩石锚杆抗拔试验检测案例	166
3.10	灌注桩钻芯试验检测案例	176
3.11	基桩钢筋笼长度磁测井法检测案例	187
3.12	声波透射法检测案例	191
第4章	基坑工程检测案例	208
4.1	锚杆及土钉拉力检测案例	208
4.2	土钉墙锚杆拉拔试验案例	216
4.3	基坑监测案例一	242
4.4	基坑监测案例二	270
第5章	房屋结构安全检测案例	304
5.1	中学教学楼结构危险性检测案例	304
5.2	医院建筑危险性检测案例	317
5.3	静力水准测量案例	328
5.4	房屋沉降和倾斜变形监测	333
参考文献		338

第 1 章 混凝土构件性能检测案例

1.1 回弹法检测混凝土抗压强度案例

1.1.1 工程概况

* * 自建房为一栋 9 层钢筋混凝土框架结构,设计强度等级为 C30,始建于 2009 年,进场检测时,主体框架结构已竣工,填充墙体、门窗等围护系统尚未开始施工。为查明其结构现状,对该自建房屋主体结构的框架柱、梁、板的混凝土强度进行回弹法抽样检测。

1.1.2 检测目的、对象及方法

目的:为核查被鉴定的建筑物混凝土抗压强度是否符合国家相关规范与规程的要求,受业主委托,某公司对该工程混凝土抗压强度进行检测。

对象:* * 自建房。

方法:无损检测已经广泛应用于建设结构工程中,其主要方法有:回弹法、超声法、回弹—超声综合法、取芯法等。综合法和取芯法,因其检测手段先进、可靠、检测结果准确、可信,在建设工程检测中得到了广泛应用。因此,根据检测内容的要求,经和委托单位协商决定,该项目的混凝土抗压强度采用“回弹法”。

1.1.3 检测依据

(1)《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23-2011)。

(2)业主提供的其他相关资料。

1.1.4 主要检测仪器

主要检测仪器如表 1.1 所示。

表 1.1 主要检测仪器

仪器名称	仪器型号规格	内部编号	标定截止日期	性能
混凝土回弹仪	ZC3-A 型	* *	* *	良好

1.1.5 检测内容

根据相关标准规范、委托方要求及工程实际情况，现场进行了以下检测鉴定内容：回弹法检测混凝土抗压强度。

1.1.6 现场检测及相关说明

现场采用回弹法抽样检测框架柱、梁、楼(屋)面现浇板等混凝土构件的混凝土强度，混凝土强度评定依据《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T23—2011)。

混凝土强度推定值确定方法如下：在抽样检测的构件上布置回弹测区，由测区混凝土的平均回弹值和碳化深度值计算其强度换算值，当测区数少于 10 个或当构件的测区强度值中出现小于 10.0MPa 时，混凝土强度推定值取强度换算值最小值(即 $f_{cu,e}=f_{cu,min}^c$)；当测区数为 10 个及以上时，则计算各测区混凝土强度换算值的平均值和标准差，按照强度换算值总体分布中保证率不低于 95% 的混凝土抗压强度值，混凝土强度推定值为强度换算值的平均值减去 1.645 倍的标准差(即 $f_{cu,e}=M_{fcu}^c-1.645\times S_{fcu}^c$)。

对按批量检测的构件，当该批构件混凝土强度标准差出现下列情况之一时，则该批构件应全部按单个构件检测：

- (1)当该批构件混凝土强度平均值小于 25MPa 时： $S_{fcu}^c>4.5\text{MPa}$ 。
- (2)当该批构件混凝土强度平均值不小于 25MPa 时： $S_{fcu}^c>5.5\text{MPa}$ 。

1.1.7 检测结果及分析

现场选取回弹测区检测混凝土强度，考虑测试角度、浇筑面、泵送混凝土和碳化深度的修正后，推算混凝土强度，房屋混凝土强度检测结果如表 1.2～表 1.4 所示。

表 1.2 框架柱混凝土强度汇总表

序号	轴线位置	测区换算强度 f_{cu}^c /MPa									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	一层柱 3/A	49.0	44.8	49.0	48.0	46.5	48.0	47.5	45.4	43.6	44.2
2	二层柱 4/C	43.7	42.2	44.7	44.3	47.4	47.4	47.6	46.8	43.7	44.1
3	三层柱 2/C	49.6	47.8	47.0	52.0	49.8	53.6	53.3	49.8	48.9	48.7
4	四层柱 3/D	42.6	43.0	45.3	44.7	43.9	45.9	44.5	45.9	47.2	48.3
5	五层柱 1/A	44.9	47.0	44.7	51.8	50.4	49.6	49.6	52.7	50.0	45.3
6	六层柱 5/C	37.9	39.1	39.3	40.8	41.6	42.6	39.3	44.4	44.0	43.6
7	七层柱 3/C	38.9	39.5	37.2	39.5	40.2	40.6	39.7	41.4	40.8	41.6
8	八层柱 2/D	37.0	39.3	38.5	38.7	39.1	37.2	39.1	37.2	39.1	40.0
9	九层柱 3/C	40.4	38.5	39.1	38.1	39.5	40.6	42.6	42.4	41.0	43.5
$M_{fcu}^c=44.0\text{MPa}, S_{fcu}^c=4.31\text{MPa}, f_{cu,e}=36.9\text{MPa}$											

注： f_{cu}^c ——构件测区混凝土强度换算值(MPa)；

M_{fcu}^c ——构件测区混凝土强度换算值的平均值(MPa)；

S_{fcu}^c ——构件测区混凝土强度换算值的标准差(MPa)；

$f_{cu,e}$ ——构件混凝土强度回弹推定值(MPa)。

表 1.3 框架梁混凝土强度汇总表

序号	轴线位置	测区换算强度 f_{cu}^c /MPa									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	二层梁 B—C/5	44.9	43.9	43.7	47.0	45.7	45.1	46.1	45.3	45.1	44.3
2	三层梁 A—C/3	40.6	42.8	42.0	42.2	45.5	47.8	45.3	45.5	44.7	44.9
3	四层梁 C—D/3	51.1	42.4	44.9	45.1	46.6	47.0	49.1	47.0	48.1	47.8
4	五层梁 C—D/3	46.6	46.6	43.2	45.5	45.1	43.9	46.8	45.5	47.0	45.7
5	六层梁 C—D/3	49.4	47.5	48.4	49.0	52.1	48.0	45.0	46.3	47.7	47.5
6	七层梁 C—D/2	48.7	48.3	49.6	49.8	46.8	48.9	51.1	48.5	45.7	49.6
7	八层梁 C—D/4	49.1	42.4	46.4	50.2	47.6	49.6	48.3	47.4	50.7	49.6
8	九层梁 A—C/4	34.4	32.8	37.0	35.1	38.7	40.2	39.3	40.0	39.7	38.3
9	屋面梁 B—C/5	39.3	37.7	40.2	38.9	38.3	41.0	40.6	39.9	41.0	40.4
$M_{fcu}^c=44.9\text{MPa}, S_{fcu}^c=4.11\text{MPa}, f_{cu,e}=38.1\text{MPa}$											

注： f_{cu}^e ——构件测区混凝土强度换算值(MPa)；
 M_{fcu}^e ——构件测区混凝土强度换算值的平均值(MPa)；
 S_{fcu}^e ——构件测区混凝土强度换算值的标准差(MPa)；
 $f_{cu,3}$ ——构件混凝土强度回弹推定值(MPa)。

表 1.4 混凝土现浇板混凝土强度汇总表

序号	轴线位置	测区换算强度 f_{cu}^e /MPa									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	二层楼板 A—C/3—4	51.9	48.2	49.2	50.2	49.2	51.5	52.8	52.3	50.2	49.6
2	三层楼板 C—D/2—3	44.8	44.2	44.0	42.4	45.2	40.7	44.8	43.8	42.8	43.8
3	四层楼板 C—D/2—3	45.9	45.0	44.6	44.0	41.3	40.9	42.4	42.8	43.8	42.2
4	五层楼板 A—C/3—4	40.4	40.2	40.2	43.0	40.9	37.0	41.7	38.6	40.7	37.8
5	六层楼板 A—C/1—2	43.6	43.8	41.3	43.0	39.7	41.9	43.0	42.1	40.9	43.6
6	七层楼板 C—D/3—4	38.3	39.9	43.0	40.4	43.4	41.3	39.7	40.7	39.9	43.6
7	八层楼板 A—C/1—2	37.6	37.8	38.0	37.4	42.2	36.9	38.2	38.7	36.5	38.2
8	九层楼板 C—D/3—4	40.9	41.5	42.2	40.4	41.9	40.2	41.9	38.2	41.7	41.5
9	屋面板 A—C/3—4	39.1	38.6	38.2	38.6	40.9	39.4	37.6	41.9	39.7	39.0

$M_{fcu}^e=42.1\text{MPa}$, $S_{fcu}^e=3.72\text{MPa}$, $f_{cu,e}=36.0\text{MPa}$

注： f_{cu}^e ——构件测区混凝土强度换算值(MPa)；
 M_{fcu}^e ——构件测区混凝土强度换算值的平均值(MPa)；
 S_{fcu}^e ——构件测区混凝土强度换算值的标准差(MPa)；
 $f_{cu,e}$ ——构件混凝土强度回弹推定值(MPa)。

1.1.8 结论

检测结果显示:整栋房屋的框架柱混凝土强度推定值为 36.9MPa,满足框架柱混凝土设计强度 C30 的要求;框架梁混凝土强度推定值为 38.1MPa,满足框架梁混凝土设计强度 C30 的要求;现浇板混凝土强度推定值为 36.0MPa,满足现浇楼板混凝土设计强度 C30 的要求。

1.2 钻芯法检测混凝土抗压强度案例

1.2.1 工程概况

* * 服饰办公楼为带有地下室的框架结构,砼设计强度等级为 C30, 一层结构基本施工完毕,现已停建一年左右,为保证该楼续建工程的安全,要求对该楼受力柱砼强度进行抽样检测。

1.2.2 检测目的、对象及方法

目的:为核查被鉴定的建筑物混凝土抗压强度是否符合国家相关规范与规程的要求,受 * * 委托,某公司对该工程混凝土抗压强度进行检测。

对象: * * 服饰办公楼。

方法:无损检测已经广泛应用于建设结构工程中,其主要方法有:回弹法、超声法、回弹——超声综合法、钻芯法等。综合法和钻芯法,因其检测手段先进、可靠、检测结果准确、可信,在建设工程检测中得到了广泛应用。因此,根据检测内容的要求,经和委托单位协商决定,基础砼抗压强度检测采用“钻芯法”。

1.2.3 检测依据

(1)《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS 03:2007)。

(2)《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)。

(3)业主提供的其他相关资料。

1.2.4 主要检测仪器

主要检测仪器如表 1.5 所示。

表 1.5 主要检测仪器

仪器名称	仪器型号规格	内部编号	标定截止日期	性能
东成取芯机	$\phi 100\text{mm}$	* *	* *	良好
万能试验机	WA-100	* *	* *	良好

1.2.5 检测内容

根据相关标准规范、委托方要求及工程实际情况，现场进行了以下检测鉴定内容：钻芯法检测混凝土抗压强度。

1.2.6 现场勘验及相关数据

(1)芯样的钻取。芯样的钻取主要以结构受力较小的部位为原则，钻头采用φ100mm，芯样钻取沿侧面进行，离地面约0.8~2.5m位置，应尽量避免受力钢筋，钻取构件分布如图1.1所示。

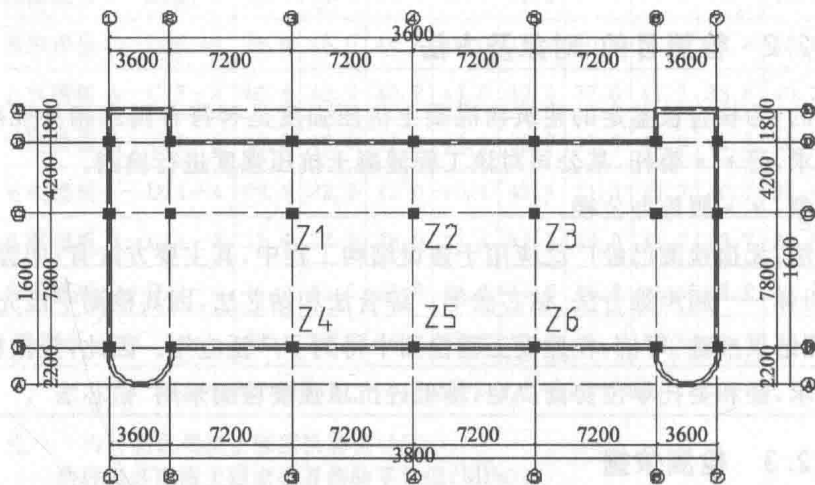


图 1.1 芯样钻取构件示意

取样后留下的孔洞建议该单位及时地用高强砼进行修补。

(2)芯样加工。按《钻芯法检测混凝土强度技术规程》(CECS 03:2007)，芯样的加工严格按规程进行。依据芯样的长短及规范规定的高径比要求，将芯样在锯切机上分别切割成高径比为1:1的试件，然后在车床上进行加工，使芯样试件的平整度和垂直度满足规程要求。

(3)芯样砼抗压强度试验。将加工合格后的芯样试件，按现行国标《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T 50081—2002)中对立方体试块抗压试验的规定进行试验。

(4)芯样砼强度的计算。“钻芯法”测得的芯样砼强度还应换算成测试龄期边长为150mm立方体试块的抗压强度值，其换算强度值按下列公式计算：

$$f_{cu}^c = a \frac{4F}{\pi d^2} \tag{①}$$

式中： f_{cu}^c ——砵换算强度值；

F ——压力；

d ——芯样的直径；

a ——换算参数。

1.2.7 检测结果及分析

根据公式①求的芯样砵强度换算值如表 1.6 所示。

表 1.6 芯样砵强度试验结果

编号	芯样直径 d /mm	高径比	芯样砵换算强度 /MPa	平均强度 /MPa	最小强度 /MPa
Z1	100	1 : 1	33.6	33.7	33.6
	100	1 : 1	33.9		
	100	1 : 1	33.7		
Z2	100	1 : 1	43.9	38.8	33.7
	100	1 : 1	33.7		
	100	1 : 1	38.8		
Z3	100	1 : 1	44.6	42.3	40.1
	100	1 : 1	40.1		
	100	1 : 1	42.3		
Z4	100	1 : 1	46.5	40.2	33.9
	100	1 : 1	33.9		
	100	1 : 1	40.2		
Z5	100	1 : 1	36.9	41.3	36.9
	100	1 : 1	41.3		
	100	1 : 1	45.8		
Z6	100	1 : 1	32.5	36.0	32.5
	100	1 : 1	36.0		
	100	1 : 1	39.5		

1.2.8 结论

根据该楼一层六根主要受力柱砵强度检测结果表明：实测的砵强度均达到

柱设计的强度等级 C30,本次抽检构件混凝土抗压强度合格比例为 100%。

1.3 超声一回弹综合法检测混凝土抗压强度案例

1.3.1 工程概况

** 厂房位于 ** 工业园区内。根据委托方描述该建筑物竣工时间为 2010 年。建筑物为五层砖混结构,一层层高为 3.5,二至五层层高均为 3.3m;原建筑总面积为 2016.70m²。该建筑物建筑屋面为混凝土平屋面;设有圈梁、构造柱;墙体采用黏土砖与混合砂浆砌筑;地基基础采用浅基础。

受 ** 委托,某公司于 2016 年 10 月 25 日派技术人员到现场检测,相应地收集有关技术数据与资料,根据现场勘察数据,出具砌筑砂浆强度检测报告。

1.3.2 检测目的及内容

为核查本工程砌筑砂浆抗压强度和梁构件混凝土抗压强度,根据相关标准规范及工程实际情况,现场进行了以下检测内容:

- (1)砌筑砂浆抗压强度。
 (2)梁混凝土抗压强度。

1.3.3 检测依据

- (1)《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》(CECS 02—2005)。
 (2)业主提供的其他相关资料。
 (3)本公司质量管理体系文件。

1.3.4 主要检测仪器

主要检测仪器如表 1.7 所示。

表 1.7 主要检测仪器

仪器名称	仪器型号规格	内部编号	标定截止日期	性能
跨孔法半自动声测系统 A(NM—4A 非金属超声检测分析仪)	NM—4A	**	**	良好
数显回弹仪	ZBL—S230	**	**	良好

1.3.5 检测原理及方法

1. 超声法检测砌体砂浆抗压强度

(1) 砌体砂浆声时值的测定。由于砌体砂浆涉及面积较大,要对某一幢房屋的砌体砂浆总体测试并加以评定,一般是不可能的,因此对该楼砌体砂浆声时值的测量采用随机抽样分区测试的方法,根据质监站的要求将该楼墙体随机抽出2个测区,每个测区尺寸大小约为 $100 \times 100 \text{ cm}^2$,测试前,铲去每个测区两侧对应表面的粉刷层,暴露砌体砂浆,并将墙体上三块砖围成的砂浆表面进行打平,黄油耦合,采用对该测法测得穿过墙体厚度方向上砂浆的声时值。

(2) 砌体砂浆声速值的计算。在每个测区内,随机测量16个测点,将每个测点的声时值按下列公式求得穿过墙体砂浆的声速值。

$$V=L/t$$

式中: V ——穿过墙体砂浆的速度(m/s);

L ——穿过墙体砂浆的距离(m);

t ——穿过墙体砂浆的声时值(s)。

考虑到墙体上砂浆声速离散性较大,因此将每个测区的砂浆声速值进行平均得到该测区穿过墙体砂浆的声速平均值。按实验室模拟实验结果。将砂浆平均声速值换算成同标号尺寸为 $(7.07 \times 7.07 \times 7.07) \text{ cm}^3$ 砂浆试块声速值。

(3) 砌体砂浆强度的推定。根据实验室模拟试验结果,得到不同标号砂浆的抗压强度与声速之间的对应关系即测强曲线,将测区换算声速值,代入测强曲线,就可得到每一测区砌体砂浆强度的推定值。

2. 超声回弹法检测梁混凝土抗压强度

超声回弹法检测梁混凝土抗压强度,应严格按《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》(CECS 02—2005)规定执行。

(1) 测区布置。据《超声回弹综合法检测混凝土强度技术规程》CECS 02—2005 规定,测区的布置如图1.2所示。

测区布置在梁的两个侧面,计10个测区,沿梁长均匀分布,相邻两侧区间距为250mm,测区尺寸大小为 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$,距梁底面200mm以避开梁内钢筋,铲去每一个测区混凝土表面的粉刷层,用砂轮磨平混凝土表面,擦去残留粉尘,以便测区回弹、超声测试。

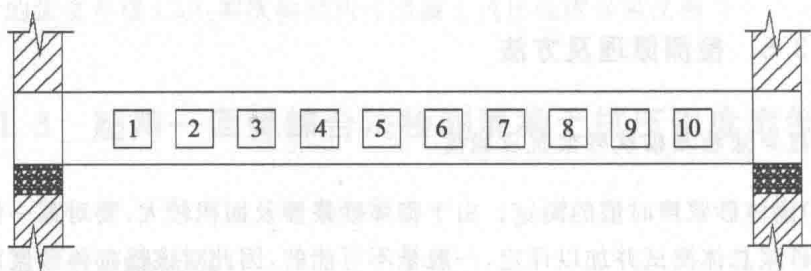


图 1.2 梁测区布置

(2)回弹值的测量与计算。按规程第 4.2.1 条～第 4.2.7 条进行回弹值的测量与计算。

①测区回弹值的测试。用标定后回弹仪进行测试,使仪器处于水平状态,弹击测点在测区范围内均匀分布,相距一般不小于 30mm。按《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJT23-2011)的要求,对该梁每一个测区相对测试面各弹击 8 点,总计 16 个点,求得每一个测点的回弹值。

②回弹值的计算。将每个测区的两个相对测试面的 16 个回弹值中,剔除 3 个最大值和 3 个最小值,然后将余下的 10 个回弹值按下列公式计算得到每个测区的平均回弹值。

$$R_m = \sum R_i / 10$$

式中: R_m ——测区平均回弹值;

R_i ——第 i 测点的回弹值。

(3)超声声速值的测量与计算。按规程第 4.3.1 条～第 4.3.6 条进行超声声速值的测量与计算。

①超声声时值的测量。超声测点应布置在回弹测试的同一测区内,测量超声声时值时,保证换能器与混凝土耦合良好,在每个测区内的相对测试面上,应各布置 3 个测点,且发射和接收换能器的轴线在同一轴线上,测得穿过混凝土厚度方向上的声时值。

②测区声速值的计算。将测区测得的声时值,按下列公式求得测区穿过混凝土方向的声速值。

$$t_m = (t_1 + t_2 + t_3) / 3$$

$$V = L / t$$

式中: D ——测区声速声(Km/s);

L ——超声测距(mm);

t_m ——测区中平均声时值 48tl;