

建筑结构检测鉴定

疑难问题·工程案例·标准解读

袁海军 李 斌 主编

中国建筑工业出版社

建筑结构检测鉴定 疑难问题·工程案例·标准解读

袁海军 李 斌 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构检测鉴定疑难问题·工程案例·标准解读/
袁海军等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 6
ISBN 978-7-112-19487-2

I. ①建… II. ①袁… III. ①建筑结构-检测②建筑
结构-鉴定 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 124111 号

责任编辑: 张伯熙

责任校对: 王宇枢 张 颖

建筑结构检测鉴定疑难问题·工程案例·标准解读

袁海军 李 斌 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 横 1/16 印张: 13½ 字数: 325 千字

2016 年 7 月第一版 2016 年 7 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-19487-2

(28748)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书选自作者在全国各地举办的“建筑结构检测鉴定中的疑难问题”、“建筑结构检测鉴定的工程案例”、“建筑结构检测新技术”、“《钢结构现场检测技术标准》(GB/T 50621—2010)的解读”、“《混凝土结构现场检测技术标准》(GB/T 50784—2013)的解读”、“《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)的技术要点”、“《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB/T 50292—2015)的技术要点”和“《危险房屋鉴定标准》(JGJ 125—2016)的技术要点”等讲座的演讲幻灯片。从建筑结构检测鉴定方面中应注意的问题着手,通过剖析各种类型的工程案例,用深入浅出的语言来解读建筑结构检测鉴定的常用标准、规范。本书论述简明扼要,重点突出,图文并茂,适合于不同层次从事建筑结构检测鉴定的读者阅读。

本书可作为《钢结构现场检测技术标准》(GB/T 50621—2010)、《混凝土结构现场检测技术标准》(GB/T 50784—2013)和《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB/T 50292—2015)等标准的宣贯辅助教材;可供建筑工程质量管理、检测、监督、施工、设计人员及高等院校有关专业师生参考,也可作为工程检测鉴定类技术人员参加继续教育的培训教材。

本书编委会

主 编 袁海军 李 斌

副主编 孙 彬 郦 挺 胡心平

编 委 阮王伟 赵 军 慎小松 郭晔华 周永长 梁 杰

夏宗义 卢 梅 王文明 谢安国 牛 寅 方力强

郭 勇 侯高峰 黄树情 杨宁华 袁 勋 姚可为

郑永春

前 言

我国 1949 年以后所建房屋，经过几十年的使用，许多已有不同程度的损伤和老化，急需对房屋的安全状况进行评估。对已有建筑物的检测和鉴定，已越来越引起人们的重视，而且在今后一段时间内建筑的维修改造将会有较大的发展。特别是近年来随着建筑结构检测鉴定人员队伍的扩大，一系列新标准的实施，对本行业拥有新技术知识专业人才的需求更加迫切，急需培养一批高水平、高素质的结构检测鉴定专业技术人才的从业队伍。

作为《钢结构现场检测技术标准》(GB/T 50621—2010)和《剪压法检测混凝土抗压强度技术规程》(CECS 278: 2010)的第一主编人，本人应邀在全国各地举办了“《钢结构现场检测技术标准》(GB/T 50621—2010)的解读”、“建筑结构检测新技术”、“建筑工程检测鉴定典型案例”、“建筑结构检测鉴定中的疑难问题”等讲座，深受广大学员的好评。教学相长，通过与广大工程检测鉴定人员的切磋交流，使讲课材料不断充实、完善，将讲课的演讲稿付印成书，是希望与更多的从业于建筑工程检测鉴定的专业技术人员分享，若能对各位同行有所帮助、借鉴，将深感欣慰。

本书包括 9 个专题讲座，内容涉及建筑结构检测鉴定中的疑难问题、建筑结构检测鉴定的工程案例、《钢结构现场检测技术标准》(GB/T 50621—2010)的解读、《混凝土结构现场检测技术标准》(GB/T 50784—2013)的解读、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)的技术要点、《砌体工程现场检测技术标准》(GB/T 50315—2011)的技术要点、《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB/T 50292—2015)的技术要点、《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009)的技术要点和《危险房屋鉴定标准》(JGJ 125—2016)的技术要点等方面。从建筑结构检测鉴定方面应注意的问题着手，通过剖析各种类型的工程案例，用深入浅出的语言来解读建筑结构检测鉴定的常用标准、规范。本书取自讲课的演讲稿，论述简明扼要，重点突出，图文并茂，是全新的出书表现形式。

本书在编写过程中，得到了有关专家的协助与指导，在此表示衷心的感谢。如读者对本书内容有疑问或建议，可与作者联系 (Email: yhj2008@sina.com)。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

中国建筑科学研究院
袁海军

目 录

第一篇 建筑结构检测鉴定中的疑难问题

专题 1 建筑结构检测鉴定中的疑难问题	3
1.1 建筑工程中检测与鉴定（检查）的区别	3
1.2 混凝土实体强度、同条件试块强度、标准养护试块强度间关系	3
1.3 混凝土结构实体检验（具体见《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204—2015）	3
1.4 强度标准值、强度设计值间的关系	5
1.5 混凝土芯样直径不同对其强度的影响	6
1.6 各类材料的强度检测比较	6
1.7 从结构中取样的问题	8
1.8 结构不同检测内容不同	8
1.9 箍筋作用及复合箍筋的做法	9
1.10 轻钢结构中屋面的雪荷载	10
1.11 “工程施工质量验收规范”中不合格的处理	10
1.12 钢筋混凝土结构的耐久性	11
1.13 结构验算时应注意的问题	12
1.14 可靠性鉴定问题	13
1.15 主要构件与一般构件（重要构件与次要构件）	14
1.16 工程鉴定时各类标准的层次问题	14
1.17 工程检测鉴定管理方面的要求	15
1.18 司法鉴定人出庭注意事项	19
1.19 建筑业法规的层次关系	20
1.20 建筑业技术标准、规范间的层次关系	20

第二篇 建筑结构检测鉴定的工程案例

专题 2 建筑结构检测鉴定的工程案例	25
2.1 倒塌与严重损坏工程的检测鉴定	25
2.2 火灾后的检测	54
2.3 房屋安全性的检测鉴定	59
2.4 房屋正常使用性的检测鉴定	61
2.5 结构静载试验(实荷试验)	63
2.6 裂缝原因的检测鉴定	68

第三篇 建筑结构检测鉴定标准的解读

专题 3 《钢结构现场检测技术标准》(GB/T 50621—2010) 的解读	83
3.1 钢结构的应用	83
3.2 本标准章节安排	87
3.3 基本规定	88
3.4 外观质量检测	90
3.5 表面质量的检测——磁粉检测、渗透检测	91
3.6 内部缺陷的检测——超声波检测、射线检测	93
3.7 高强度螺栓终拧扭矩检测	100
3.8 变形检测	100
3.9 钢材厚度检测——超声波原理	101
3.10 钢材品种检测	102
3.11 防腐涂层厚度检测	103
3.12 防火涂层厚度检测	104
专题 4 《混凝土结构现场检测技术标准》(GB/T 50784—2013) 的解读	107
4.1 术语与基本规定	107
4.2 混凝土力学性能检测	110
4.3 混凝土长期性能和耐久性能检测	118
4.4 有害物质含量及其作用效应检验	119
4.5 混凝土构件缺陷检测	122
4.6 混凝土构件尺寸偏差与变形检测	128

4.7	混凝土中的钢筋检测	129
4.8	混凝土构件损伤检测	130
4.9	环境作用下剩余使用年限推定	131
4.10	结构构件荷载检验	132
专题 5	《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015) 的技术要点	133
5.1	规范的历史演变	133
5.2	原规范存在的主要问题	133
5.3	修订原则及主要修订内容	133
5.4	新版规范的章节安排	134
5.5	新版规范的适用范围	135
5.6	新版规范的主要内容	135
5.7	新版规范的重点条款的解读	137
附录 D	结构实体混凝土回弹—取芯法强度检验	147
附录 F	结构实体位置与尺寸偏差检验	147
专题 6	《砌体工程现场检测技术标准》(GB/T 50315—2011) 的技术要点	148
6.1	砌体结构强度的特点	148
6.2	测试内容与方法	148
6.3	各种方法的基本原理或仪器介绍	148
6.4	各种检测方法的适用范围	154
专题 7	《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB/T 50292—2015) 的技术要点	156
7.1	可靠性鉴定标准的鉴定对象	156
7.2	鉴定程序、详细调查的内容	156
7.3	可靠性鉴定的三个层次	157
7.4	构件层次的鉴定评级标准	158
7.5	三个层次间的关系	160
7.6	鉴定的目标使用年限	161
7.7	结构耐久性评估标准	162
7.8	缺失施工验收资料房屋的鉴定	164
7.9	受地下工程施工影响的安全性鉴定	165
7.10	长龄期混凝土回弹值龄期修正	167
7.11	上部结构侧向位移限值的调整	168

7.12	相关问题的说明	169
专题 8	《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009) 的技术要点	172
8.1	建筑工程抗震设防分类	172
8.2	《建筑抗震鉴定标准》(GB 50023—2009) 的主要修订内容	173
8.3	建筑抗震鉴定的基本要求	174
8.4	砌体结构的抗震鉴定	175
8.5	钢筋混凝土结构的抗震鉴定	180
8.6	学校教学楼抗震鉴定注意点	183
8.7	抗震鉴定实例	184
专题 9	《危险房屋鉴定标准》(JGJ 125—2016) 的技术要点	192
9.1	本标准的编制目的和适用范围	192
9.2	按两阶段、三层次进行综合评定	192
9.3	地基危险性鉴定	193
9.4	构件危险性鉴定	193
9.5	房屋危险性鉴定	196
9.6	鉴定报告	198
9.7	危险房屋鉴定举例说明	199

第一篇 建筑结构检测鉴定中的疑难问题

专题 1 建筑结构检测鉴定中的疑难问题

1.1 建筑工程中检测与鉴定（检查）的区别

类别	仪器、设备	符合性判断	人员	单位（机构）	依据标准
检测	需要	不需要	不强调经验	检测单位	检测标准
鉴定（检查）	不一定需要	需要	强调经验、专业判断	鉴定单位 检查机构	鉴定标准 设计规范

房屋检测鉴定与医院看病的类比

二者比较	化验（检测）（低端）	诊断（鉴定）（高端）
医院看病	切片、化验、B超（护士）	确诊病情——医学知识、 开处方（医师、主任医师）
房屋 检测鉴定	钻芯、回弹、A超 （检测员）	安全性、危房鉴定——专业知识、 工程经验（工程师、注册结构师）

1.2 混凝土实体强度、同条件试块强度、标准养护试块强度间关系

混凝土结构实体强度与标准养护试块强度间的差别

- 1) 养护温度 与结构同 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- 2) 养护湿度 与结构同 95%以上
- 3) 体积效应 表面系数小 表面系数大
- 4) 承载时间 施工时受力 28d才加压
- 5) 养护龄期 不是 28d 28d

龄期 28d 时，混凝土结构实体强度为标准养护试块强度的 88%。对实体检测时，龄期往往不是 28d，实体检测结果不能除以 0.88。同条件试块强度与标准养护试块强度间的差别：

主要是温度、湿度两大影响。

同条件试块强度——成熟度 ($20^{\circ}\text{C} \times 28\text{d} = 560^{\circ}\text{C} \cdot \text{d} \approx 600^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)。

同条件试块强度试验结果除以 0.88。

标准养护试块——检验材料质量。

同条件试块——检验材料质量、施工质量、环境等“综合质量”。

1.3 混凝土结构实体验收（具体见《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204—2015）

（同条件试块、实体回弹—取芯法检验、保护层厚度、实体位置与尺寸偏差）

附录 C 结构实体混凝土同条件养护试块强度检验

各强度等级均应有。

数量：不宜少于 10 组，且不应少于 3 组。

龄期：成熟度（养护温度×时间） $600^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ， 0° 以下不计，且龄期不小于 14d。

强度评定：结果除以 0.88 后，按《混凝土强度检验评定标准》（GB/T 50107—2010）评定。

附录 D 结构实体混凝土回弹——取芯法强度检验

- 1) 各强度等级分别检验。
- 2) 回弹-按表 D.0.1 抽检柱、梁、墙、板构件。

构件总数 最小抽样数量

20 以下 全数

20~150 20

151~280 26

281~500 40

3) 按《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T 23—2011) 检测, 每个构件不少于 5 个测区, 板应在板底回弹。

4) 选回弹结果最低的 3 个构件, 对于最低的 3 个测区, 钻取直径 100mm 的芯样, 加工后进行强度试验。

5) 3 个芯样强度平均值达到设计强度等级的 88%, 最小值达到 80%。

附录 E 结构实体钢筋保护层厚度检验——梁、板构件 (分别统计)

数量: 无悬挑构件时, 各抽 2%, 且不少于 5 个;

对悬挑梁, 抽 5%, 且不少于 10 个;

对悬挑板, 抽 10%, 且不少于 20 个。

测量: 梁全部主筋; 板不少于 6 根 (注: 不宜连续分布) 纵向受力筋。

对每根钢筋, 应选择有代表性的不同部位量测 3 点取平均值。

代表性——悬挑构件在支座上铁, 简支梁在跨中下铁。

允许偏差:

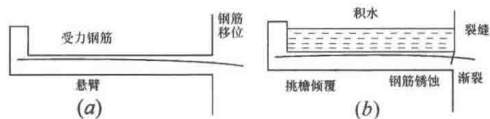
梁 +10mm, -7mm

板 +8mm, -5mm

特别注意: 1) 合格率 90%——平均后的点。

2) 最大偏差——每个测点。

2008 年 6 月广东东莞桥头镇综合市场二楼的遮雨阳台发生坍塌



阳台受力钢筋下移、裂缝开口向上

检测保护层厚度时测主筋还是箍筋?

(验收规范测受力钢筋, 设计规范说是最外层钢筋, 不知咋办?)

- 1) 要解决承载力问题——测受力钢筋。
- 2) 要解决耐久性问题——测最外层钢筋。
- 3) 注意: 主筋与箍筋保护层间的关系。

附录 F 结构实体位置与尺寸偏差检验

数量:

梁、柱, 抽 1%, 且不少于 3 个;

墙、板, 按自然间抽 1%, 且不少于 3 个;

层高, 按自然间抽 1%, 且不少于 3 个。

测量:

柱, 测上、中、下 3 处, 取平均值;

梁, 距支座 0.1m、跨中 3 处, 取平均值;

悬挑板, 距支座 0.1m, 沿宽度量测 3 点, 取平均值;

其他板, 对角线上距支座 0.1m、跨中 3 处, 取平均值。

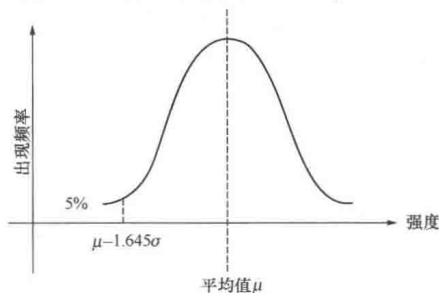
允许偏差:

柱、梁、板、墙: +10mm, -5mm;

层高: ±10mm。

1.4 强度标准值、强度设计值间的关系

《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001) 规定, 材料强度的概率分布宜采用正态分布或对数正态分布, 材料强度的标准值可取其概率分布的 0.05 分位数确定, 即取 $\mu - 1.645\sigma$ 的值 (保证率为 95%)。



材料强度设计值的定义如下:

材料强度设计值 = $\frac{\text{材料强度标准值}}{\text{材料强度分项系数}}$

混凝土的材料强度分项系数 $\gamma_c = 1.40$ (89 规范中 $\gamma_c = 1.35$)

砌体的材料强度分项系数 $\gamma_f = 1.60$ (88 规范中 $\gamma_c = 1.5$)

热轧钢筋的材料强度分项系数 $\gamma_s = 1.10$

热处理钢筋的材料强度分项系数 $\gamma_s = 1.20$

钢材的材料强度分项系数 $\gamma_s = 1.10$

荷载分项系数:

恒载 1.2 活载 1.4 总系数 = $1.2 \times 2/3 + 1.4 \times 1/3 = 1.26$

结构安全储备的估算:

混凝土结构 $1.4 \times 1.26 = 1.76$

砌体结构 $1.6 \times 1.26 = 2.02$

钢结构 $1.1 \times 1.26 = 1.39$

C30 混凝土, 设计计算时为什么 f_c 取 14.3 N/mm^2

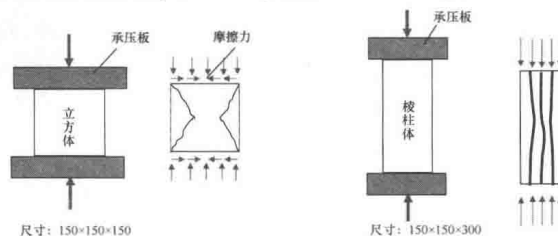
立方体试块抗压强度标准值 $f_{cu,k} = 30$

轴心抗压强度标准值 $f_{ck} = 0.88 \times 0.76 f_{cu,k} = 0.67 f_{cu,k}$

0.88——混凝土结构与混凝土试件的比值, 在加荷速度、养护条件、受力情况等方面差异

0.76——棱柱体强度与立方体强度的比值。

轴心抗压强度设计值 $f_c = 0.67 f_{cu,k} / 1.4 = 0.48 f_{cu,k}$



1.5 混凝土芯样直径不同对其强度的影响

芯样试件宜使用标准芯样试件，其公称直径不宜小于骨料最大粒径的3倍；（用钻芯法对其他方法进行修正时，数量不应少于6个）。

小芯样：其公称直径不应小于70mm且不得小于骨料最大粒径的2倍。（用钻芯法对其他方法进行修正时，数量不应少于9个）

工程实践表明，芯样试件的抗压强度随芯样直径不同而有所不同，一般而言，对于强度等级不大于C25的混凝土，小芯样试件的抗压强度往往会偏低；对于强度等级大于C40的混凝土，小芯样试件的抗压强度往往会偏高。

影响芯样强度的两个因素：尺寸效应、钻取时的扰动影响

扰动影响——表面系数 $\gamma = \pi D D / (0.25\pi D^2)$ $D = 4/D$

1.6 各类材料的强度检测比较

各类材料的强度	非破损性检测		破损性检测	检测结果的评定
	回弹法	80±2	钻芯法	
混凝土强度	回弹法	80±2	钻芯法	强度推定区间（通常置信度0.9，钻芯法0.85）或强度推定值
砖强度	回弹法	74±2	取砖样	强度等级（平均值、标准值或最小值）
砂浆强度	回弹法	74±2	点荷法	平均值、1.33倍的最小值
钢材强度	化学成分分析	—	取钢材样	最小值

注意点：

1) 在钢砧上对回弹仪进行率定时，取连续向下弹击3次的稳定回弹平均值，弹击杆应分3次旋转，每次旋转宜为90°。（注意：不是人旋转）

2) 混凝土强度检测时，用钻芯法修正回弹结果，应先在钻芯部位进行回弹，再钻取芯样，将芯样强度与钻芯部位的回弹强度进行比较。



钢砧



钻芯法修正回弹结果

各类材料强度	常用的强度等级	强度表示符号
混凝土强度	C20、C25、C30、C35	C-concrete
砖强度	MU7.5、MU10	MU-masonry unit
砂浆强度	M2.5、M5、M7.5	M-mortar
钢材强度	Q235、Q345	Q-屈服
钢筋	HRB400、HRB500	HRB-hot rolled bars

用回弹法检测三种材料强度的比较

三种材料强度	检测单元所需测区数	测区(测位)面积(尺寸)	测区内回弹测试数量	强度计算	检测单元强度计算
混凝土强度	不宜小于100个测区(30%, 10件)	不宜大于0.04m ² (0.2m×0.2m), 1个构件10个测区	弹16个点, 1个构件10×16点	取中间10个值的平均值计算强度, 再计算构件的平均值、标准差	总平均值-1.645倍标准差(以测区为单位)
砖强度	10个测区(10个构件)	不宜小于1.0m ² (1.0m×1.0m)	选10块条面向外的砖, 每块砖弹5个点, 1个构件10×5点	每块砖5个点的平均值计算砖强度, 再计算测区的平均值(分普通砖、多孔砖两类计算)	既有砌体(变异系数小时); 计算总平均值、标准值(平均值-1.8倍标准差)
砂浆强度	不宜小于6个测区(6个构件)	测位宜大于0.36m ² (0.6m×0.6m)	弹12个点, 每个点连续弹击3次, 记读第3次值, 1个构件5×12点	取中间10个值的平均值计算强度, 再计算测区的平均值	既有砌体: 计算总平均值、1.33倍的最小值

注: 检测单元是一个楼层, 材料品种和设计强度等级均相同; 砖通常两层为一批。

用回弹法检测三种材料强度的计算公式定

1) 泵送混凝土强度: $f_{cu} \approx 0.034488R^{1.94} \times 10^{-0.0173d}$

现场搅拌混凝土强度: $f_{cu} \approx 0.025R^{2.01} \times 10^{-0.035d}$

2) 普通砖强度: $f_1 \approx 0.02R^2 - 0.45R + 1.25$

多孔砖强度: $f_1 \approx 0.0017R^{2.48}$

3) 砂浆强度: $f_2 \approx 0.0001397R^{3.57}$ (碳化不大于1mm)

$f_2 \approx 0.000485R^{3.04}$ (碳化1~3mm)

$f_2 \approx 0.0000634R^{3.6}$ (碳化不小于3mm)

用回弹法检测三种材料, 检验批强度的评定

1) 混凝土强度

回弹法规程 $f_{cu,e} = m_{fcu} - 1.645s_{fcu}$

结构检测标准 $f_{cu,u} = m_{fcu} - k_{0.05u}s_{fcu}$

$f_{cu,l} = m_{fcu} - k_{0.05l}s_{fcu}$

标准差的计算公式:

$$s_{fcu} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i}^2) - n(m_{fcu})^2}{n-1}}$$

$$s_{fcu} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cu,i} - m_{fcu})^2}{n-1}}$$

2) 普通砖强度

$$f_{1,k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i (n \geq 10)$$

$$f_{1,k} = f_{1,k} - 1.8s \quad \delta = \frac{s}{f_{1,k}}$$

烧结普通砖抗压强度等级的推定

抗压强度推定等级	抗压强度平均值 $f_{1,m} \geq$	变异系数 $\delta \leq 0.21$	变异系数 $\delta > 0.21$
		抗压强度标准值 $f_{1k} \geq$	抗压强度的最小值 $f_{1,min} \geq$
MU25	25.0	18.0	22.0
MU20	20.0	14.0	16.0
MU15	15.0	10.0	12.0
MU10	10.0	6.5	7.5
MU7.5	7.5	5.0	5.5