

回弹法检测混凝土强度专用测强曲线试验推定

蒋 晟

新疆生产建设兵团建筑工程科学技术研究院有限责任公司 乌鲁木齐 830000

【摘要】本文详细介绍了在建筑工程中常用的混凝土质量检测方法：回弹试验。首先，对回弹试验中的关键步骤进行了阐述，包括测区的选择与布置、构件表面的处理、以及检测设备的性能保证等方面。通过计算平均相对误差和标准偏差，验证了测试方法和数据处理流程的有效性和准确性。本研究有助于提高建筑结构的稳定性和使用寿命的评估精度。

【关键词】回弹法；混凝土强度；试验；推定

引言

在现代建筑工程中，混凝土作为最主要的建筑材料之一，其质量直接关系到建筑结构的稳定性和使用寿命。因此，对混凝土质量的检测成为确保建筑安全的关键环节。随着技术的发展，回弹法和钻芯法等无损检测技术因其便捷性和准确性而被广泛应用于混凝土强度的检测中。准确评估混凝土结构的强度对于预防潜在的安全隐患至关重要。通过科学的检测方法，可以及时发现混凝土结构中存在的问题，为维修和加固提供可靠依据。同时，这些检测数据也为建筑设计、施工和监理单位提供了宝贵的反馈信息，有助于提升整个建筑行业的技术水平和质量标准。

本文旨在深入探讨回弹试验和钻芯法在混凝土质量检测中的应用及注意事项。通过对试验过程的详细描述和结果分析，期望为相关从业人员提供实用的操作指南和数据处理方法，以推动混凝土质量检测技术的规范化和标准化。本文将详细介绍回弹试验和钻芯法的操作步骤、注意事项以及数据处理方法，以期工程实践提供有益的参考。

1 项目概况

本项目地处兵团第三师图木舒克市，项目整体占地面积广阔，建筑面积为24972.65m²，主体为框架结构，细分为地下一层，地上局部四层，抗震设防烈度7度，建筑主体合理使用年限50年。在这样一个规模宏大的建筑工程中，混凝土的使用量也达到了惊人的方量。为了确保建筑的质量和安全性，选用了多种强度等级的混凝土，具体包括C20、C30、C35及C40等。

2 测试程序

2.1 供试原料的选择

为了确保测试结果的准确性和代表性，特意选取了喀什地区广泛使用的原材料。其中，水泥为喀什本地的普通硅酸盐水泥，标记为P.042.5，其28天养护后的抗压强度均符合设计要求，显示出了优良的性能。粗骨料选用了连续级配的碎石，这种碎石的表观密度为2700千克/立方米，压实

度指标高达9.1%，非常适合用于高强度混凝土的制作。同时，还选用了细砂，其细模数为2.5。为了提高混凝土的流动性和减少水的使用量，采用了减水剂^[1]。

2.2 试验配料

根据EXCEL导出的C30泵送混凝土配合比进行了详细的配料。具体的配料比如表1所示，其中包括了水泥、砂子、粉煤灰等关键成分的比例。经过7天的养护后，对其进行了抗压强度测试，结果显示其抗压强度达到了预期的标准。

2.3 测试设备的准备

为了确保测试结果的准确性和可靠性，选用了一系列高精度的测试设备。其中，回弹仪选用了HT-225T型，具有高度的精确度和稳定性。钢筋扫描器则用于在取芯前对钻孔位置进行精确定位，以避免损伤到主筋、管线和预埋件。此外，还使用了具有100毫米外径的取芯机、精度高达0.01毫米的游标卡尺、碳化深度测量仪以及混凝土芯样切割机先进设备。特别值得一提的是，采用的106A万能冲床是由微电脑控制的，具有较高的精度和工作效率，从而确保了测试结果的准确性^[2]。

2.4 详细的测试步骤

2.4.1 标准试件的制作

严格遵循GB/T50081-2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》相关要求，制作了尺寸为150mm×150mm×150mm的标准试件。在试件成型前，仔细检查了坍落度，并采用与现场混凝土构件成型方法相同的振捣方式来确保试件的一致性。每个试件在成型后都被赋予了唯一的编码，并被移至现场实体构件处进行同条件养护。为了确保养护的均匀性和有效性，将3个试件以品字形堆放，底朝下、浇筑面朝上，并确保四面都能接触大气。同时，还使用了土工布进行覆盖，并定期洒水养护7天^[3]。

2.4.2 回弹值的测定

在相同的养护条件下，取下了试件并彻底清理了其表面。按照JGJ/T23-2011回弹法试验规程的要求，在试件的

两侧各选取了8个均匀分布的测试点。在测区内，剔除了3个最大值和3个最小值，然后取其余10个回弹值的平均值作为该测区的回弹值。具体的回弹测量点分布参见图1。

2.4.3 抗压强度测试

在进行抗压强度测试时，确保试块模边对准压力机，并按照现行规范的0.5~0.8MPa/s的速度进行匀速加载，即11.25kN/s~18.0kN/s的加载速度。当试件接近失效并开始快速变形时，停止调节加速器直至试件完全破坏。在此过程中，详细记录了试件失效时的极限载荷，并将其转换为抗压强度值。

2.4.4 碳化深度值的测定

为了测定试样的碳化深度，使用了1%质量浓度的酚酞醇溶液。碳化深度是指已碳化与未碳化的混凝土交界面到混凝土表面的垂直距离。根据在现场进行的混凝土碳化测试结果显示，碳化深度非常浅。为了得到更准确的测定

2.4.5 测试资料的处理

在本次研究中，严格按照标准流程对测试资料进行了处理，以确保数据的准确性和可靠性。以下是对测试资料的处理过程及结果分析。

首先，在相同的实验条件下，对600℃温度下的回弹强度进行了测试。同时，也对现场相同条件下的试件进行了回弹强度的测定。所有测得的数据均经过细致的整理、分析和汇总，以确保数据的可比性和有效性^[4]。部分测量结果如表1所示。

此外，遵循JGJ/T23—2011《回弹法检测混凝土强度技术规程》的指导原则，利用各构件的回弹强度推定值（ $f_{ccu,i}$ ）和碳化深度（ d_m ）、混凝土芯样抗压强度（ f_{cu} ）等数据，根据最小二乘原理进行了线性拟合。

为了进一步验证数据的准确性和模型的可靠性，按照公式（2）计算了平均相对误差（ δ ），并按照公式（3）计算了平均相对标准偏差。这些计算结果为提供了关于数据波动和模型预测精度的重要信息^[5]。

$$y = 1.34x^{0.96} \quad (1)$$

$$\delta = \pm \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_{a,i}^c}{f_{a,i}} - 1 \right| \times 100 \quad (2)$$

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_{a,i}^c}{f_{a,i}} - 1 \right)^2} \times 100 \quad (3)$$

特别值得注意的是，最终得出的回归方程的平均相对误差 δ 为 $\pm 9.74\%$ ，标准偏差为 10.1% 。这些数据均满足JGJ/T23—2011《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》的规定。具体来说，的结果符合“区域测强曲线平均相对误差 δ 不应大于 $\pm 14.0\%$ ，相对标准差 δ 不应大于 17.0% ”的要

求。这表明的测试方法和数据处理流程是有效的，能够为混凝土强度的评估提供准确的数据支持。

表1 回弹法检测混凝土强度部分实测值

试件编号	回弹推定值/MPa	混凝土试件抗压强度值/MPa	实测碳化深度值/mm
1	31.2	40.1	1.0
2	33.5	41.1	1.0
3	34.1	40.2	1.0
4	33.2	36.2	1.0
5	32.1	34.1	1.0
6	32.1	36.4	1.0
7	34.1	36.1	1.0
8	32.2	37.1	1.0
9	32.1	39.1	1.0
10	35.1	38.4	1.0

通过对表中数据的分析，可以发现回弹推定值与混凝土试件抗压强度值之间存在一定的相关性。同时，实测碳化深度值也可为研究提供了重要的参考信息。这些数据不仅验证了的实验方法的准确性，也为后续的研究提供了宝贵的数据基础。

3 试验中的注意事项

在进行建筑材料，特别是混凝土的质量检测时，每一项试验步骤都需严谨而细致，以确保试验数据的准确性和可靠性。以下，将详细探讨在回弹试验和钻芯法施工中应注意的各方面问题。

3.1 回弹试验中应注意的问题

回弹试验因其操作简便、快速且对试件无损伤而被广泛采用。在进行回弹试验时，必须严格遵循试验规程，并注意以下几个方面的问题。

3.1.1 测区的选择与布置

在回弹试验中，测区的选择和布置是至关重要的。测区应选取在构件的代表性部位，以确保测试数据能够真实反映构件的整体性能。通常情况下，每件构件应至少选取10个测区进行回弹值计算，以提高测试的准确性。当构件尺寸较小时，至少应取5个测区进行测试。此外，测区的布置应尽量均匀，避免在局部区域过度集中，以保证测试结果的全面性和代表性。同时，为了确保回弹试验的准确性，测区应尽可能选取在构件的侧面，且测试面应保持水平。这是因为不同角度的测试面可能会对回弹值产生影响，水平测试面能够最大限度地减少这种影响。

3.1.2 构件表面的处理

在进行回弹试验前,必须对构件表面进行清理和处理。任何疏松层、浮浆、油污、孔洞或麻面等都可能对回弹值的读取造成干扰,导致测试结果失真。因此,试验前应用适当的工具和方法彻底清理这些表面缺陷。对于较大的孔洞或麻面,应进行填补或磨平处理,以确保回弹仪的探头能够紧密、均匀地接触到测试面。此外,还应注意测试环境的温度和湿度条件。过高或过低的温度以及湿度变化都可能对回弹值产生影响。因此,在进行回弹试验时,应尽量保持测试环境稳定,并记录当时的温度和湿度数据,以便于后续的数据分析和处理。

3.1.3 检测设备的性能保证

回弹仪的性能状态对试验结果的准确性具有重要影响。因此,在进行回弹试验前,必须对回弹仪进行全面的检查和校准。首先,应确保回弹仪的额定能量达到国家标准规定的2.207 J,以保证其具备足够的能量来驱动探头进行回弹测试。其次,应检查回弹仪的指针、刻度盘等部件是否完好无损,确保其能够准确指示回弹值。最后,应定期对回弹仪进行校准和维护,以保持其良好的工作状态和准确性。

除了回弹仪本身的性能保证外,还应注意测试过程中的操作规范。操作人员应熟练掌握回弹仪的使用方法,并按照规定的操作流程进行测试。同时,应避免在测试过程中产生过大的冲击力或振动,以减少测试误差。

3.2 钻芯法施工中应注意的问题

钻芯法是通过钻取混凝土芯样来直接测定其抗压强度的方法,具有直观、准确的优点。然而,由于其破坏性较大,因此在使用时需特别注意以下几个方面的问题。

3.2.1 测试元件的选用与安装

在钻芯法施工中,正确选用混凝土强度测试元件是至关重要的。测试元件的材质、尺寸和形状等应与被测混凝土相匹配,以确保测试结果的准确性和可靠性。同时,测试元件的安装也应符合规范要求,确保其能够紧密地与被测混凝土结合,减少测试误差。

3.2.2 芯样直径的准确测定

芯样直径是影响钻芯法测试结果准确性的关键因素之一。为了保证测试结果的准确性,应尽可能选用直径为100 mm的标准钻头进行钻芯取样。然而,在实际操作中,由于混凝土内部骨料的大小和分布不均等因素,可能需要对钻头直径进行适当调整。因此,在现场取芯时,应根据

混凝土骨料的公称最大粒度和钢筋间距来确定合适的钻头尺寸。

此外,在钻取芯样过程中,还应保持钻头的稳定和垂直度,避免偏斜或晃动导致芯样损坏或变形。钻取出的芯样应进行详细的标记和记录,包括取样位置、深度、直径等信息,以便于后续的数据分析和处理。

3.2.3 芯样数量的合理确定

由于钻芯法具有破坏性,因此在对结构进行钻芯取样时,应特别注意控制取样的数量和位置,以避免对结构造成过大的损伤。通常情况下,在每个关键部位应至少钻取两个以上的芯样作为代表,以确保测试结果的可靠性和准确性。同时,对于不同部位或不同强度的混凝土,也应分别进行取样和测试,以便于更全面地了解结构的性能状况。

在确定芯样数量时,还应综合考虑结构的整体性能、安全性要求以及测试成本等因素。对于重要结构或关键部位,应适当增加取样数量以提高测试结果的可靠性;而对于一般结构或非关键部位,则可以适当减少取样数量以降低测试成本。在进行回弹试验和钻芯法施工时,必须严格遵守相关规范和标准,并结合实际情况进行合理选择和操作。通过科学、严谨的试验方法和操作步骤,可以获得更为准确、可靠的测试数据,为工程质量的评估和控制提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 刘长海. 回弹法检测混凝土强度专用测强曲线的建立与应用[J]. 居业, 2016, (09): 107-108.
- [2] 秦志浩. 置换加固用混合料专用测强曲线试验研究[D]. 河北科技大学, 2021.
- [3] 张毅. 回弹法检测泵送混凝土专用测强曲线研究[J]. 绿色环保建材, 2020, (08): 11-12.
- [4] 林海. 超声回弹法测定水泥混凝土路面抗弯强度专用测强曲线的试验研究[J]. 广东建材, 2017, 33(04): 57-59.
- [5] 朱众, 李宏亮, 罗柱. 针对抵母河特大桥回弹法检测混凝土强度专用测强曲线的建立[J]. 城市道桥与防洪, 2015, (05): 211-213+221+23.

作者简介:

蒋晟(1986.04-),男,汉族,本科,塔里木大学土木工程专业,现分中心主任职务,工程师,研究方向:工程检测。