

既有建筑物楼板结构和地基基础承载力检测技术探讨

陈伟雄

广东路宏达检测技术有限公司

摘要：本文针对既有建筑结构安全的薄弱环节探讨了相关的检测技术方法。对于地基基础，可采用静载荷试验、动力触探等多种手段，并辅以沉降观测；对于楼板结构，可综合运用回弹法、钻芯法等无损及微损技术，并通过载荷试验直接考核承载能力。结果表明，综合运用多种检测手段，能够准确评价结构的安全适用状况，为加固改造提供依据。开展既有建筑检测应进一步完善检测评估的指标体系和管理制度，建立科学规范、行之有效的技术体系。

关键词：既有建筑物；楼板；地基基础；承载力；检测技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.22.021

引言

既有建筑检测是一项涉及面广、技术性强的系统工程，需要因地制宜地选择检测方法和评定标准。尤其是涉及楼板结构与地基基础的检测项目，由于建筑材料、受力特点、环境条件等差异较大，必须采用针对性的技术手段和参数指标，才能客观反映建筑实际状况。目前，我国在新建建筑的设计施工方面已经积累了丰富的规范和经验，但既有建筑后评估领域的研究相对滞后。如何科学合理地开展既有建筑的检测鉴定工作，准确评价其结构安全和使用功能，进而提出经济有效的加固改造方案，成为一个亟待破解的难题。本文在前人研究的基础上，针对既有建筑物楼板结构和地基基础的承载力检测技术进行探讨。通过阐述检测评估的必要性和关键技术分析，以期类似工程提供参考和借鉴。

一、既有建筑物检测评估的必要性

（一）建筑物结构老化失修

我国建筑行业起步晚但发展迅速，建筑质量参差不齐。尤其是20世纪八九十年代建成的建筑，普遍存在设计标准低、施工质量差、维护管理不到位等问题，经过30多年风吹日晒，不可避免地出现结构构件劣化、材料强度退化的状况。以混凝土结构为例，由于保护层不足、混凝土碳化、钢筋锈蚀等原因，梁柱板的承载能力会大幅下降；砌体结构则更容易出现墙体开裂、砂浆脱落等病害，严重影响结构安全性。此外，由于缺乏日常维护，建筑外墙、屋面、管线等也频繁出现渗漏、脱落等使用功能障碍。一旦发生地震、台风等极端事件，这些失修老化的建筑极易发生倒塌，造成重大人员伤亡和财产损失^[1]。如图1所示。

（二）建筑使用功能改变

随着城市发展和产业升级，许多既有建筑的使用功能发生了改变。例如，工业厂房改造为商业办公楼，普



图1 建筑物结构老化

通教学楼改建为实验室，居民住宅加建为幼儿园等。功能的改变往往伴随着荷载增大、平面调整、设备更新等，必然对原有建筑的承重结构和基础造成影响。若盲目改造，一味追求新功能而忽视结构安全，极易酿成事故。因此，对于功能改变的建筑，必须开展检测评估工作，查明建筑构件材料、受力状态等，并对照新的使用要求，综合判断其是否满足安全和适用的需求。只有在检测合格的基础上，才能进行后续的加固改造设计，确保新旧结构的协调统一。

（三）城市更新和土地再开发

我国正处于快速城镇化阶段，城市建设日新月异。一方面，城市扩张导致昔日的乡村变成城中村，大量简陋民居亟待改造；另一方面，老城区功能升级，需要对现状建筑进行整治更新。据统计，我国城镇老旧小区约17万个，大部分存在违法建设、失管失修等问题。对这些区域进行改造提升，建设基本公共服务设施，既是促进土地资源集约高效利用的需要，也关系到广大居民的切身利益。在更新改造过程中，必须充分考虑既有建筑的结构安全和使用功能，遵循修缮为主、改造为辅的基本原则，最大限度保护利用既有建筑资源。这就需要以科学完善的检测评估为基础，摸清区域内建筑物的家底，有的放矢地制定更新策略和技术措施^[2]。

二、既有建筑物检测评估的基本要求

依据《既有建筑鉴定与加固通用规范》（GB 55021—2019）的规定，既有建筑在改变使用功能、提高使用荷载标准、遭受火灾爆炸等意外事故、发现严重质量缺陷时，必须开展检测鉴定工作。检测鉴定内容主要包括对既有建筑进行倾斜与沉降测量、构件材料强度检测、变形与裂缝测量、构造尺寸检查、配筋检测、地基检测等，并根据鉴定结果判断其正常使用的可能性、剩余使用年限或是否需要采取加固补强措施。《碳化混凝土结构耐久性检测标准》（GB/T 51355—2019）提

出，碳化混凝土结构检测的主要内容包括外观检查、混凝土碳化深度、钢筋锈蚀情况、保护层厚度、混凝土强度等，结合检测数据综合分析结构耐久性。《民用建筑可靠性鉴定标准》（GB 50292-2015）指出，可靠性检测的核心内容是对结构构件（杆件、节点、墙体等）进行构造核查、材料检验、承载力和刚度验算。

总体而言，既有建筑的检测评估内容应当与其结构类型、建造年代、使用功能等密切相关，但均离不开以下几个关键点：第一，调查了解建筑历史，收集图纸、档案等资料，分析原设计意图和施工工艺；第二，通过外观检查、监测量测等，查明建筑使用现状，判断有无异常变形、裂缝等病害；第三，采用物探、取样、现场试验、理论分析等手段，检测关键构件材料性能、受力特点，评估其安全性和适用性；第四，依据相关规范标准，确定建筑适用范围、使用年限等，提出维修加固建议。

三、地基基础承载力检测技术

（一）静载荷试验

静载荷试验是测试地基承载力的传统方法，通过在地基上施加载荷，监测地基的变形和沉降，从而获得地基的极限载荷和变形参数。该方法的优点是可靠性高，能够直接反映地基在实际荷载作用下的工作状态，为地基设计提供最直接的依据。但静载荷试验的缺点也较为明显，主要是费时费力，需要搭设反力架施加载荷，且加载过程往往需要数天甚至数周时间。此外，由于需要在地基上开挖试坑，对既有建筑物地基进行静载荷试验较为困难，实施过程中还可能扰动地基，影响测试结果的准确性。因此，静载荷试验目前主要适用于新建建筑地基的承载力评估，在既有建筑检测中应用较少。如图2所示。



图2 静载荷试验

（二）动力触探

动力触探是利用锤击的动力将一根探杆压入地基土中，通过测量锤击次数和探杆的贯入度等参数来间接评估地基土层的密实度和承载力。与静载荷试验相比，动力触探的最大优势在于简便快速，通常一个测点只需要10—20分钟即可完成，且设备相对简单，容易操作。同时，由于动力触探是一种准连续的测试方法，可以连

续获取从地表到探杆最大入土深度范围内土层的抗力特性，因而能够较好地反映地基的整体性状。但动力触探也存在一定局限性，主要是对存在较大砾石或孔洞的地层难以实施，因为遇到硬物会阻碍探杆入土，影响测试连续性。此外，对于淤泥质软土等饱和土层，锤击会使土体产生超孔隙水压力，阻碍探杆贯入，导致测得的贯入度偏小，高估土层密实度^[3]。

（三）旁压式剪切波速测试

旁压式剪切波速测试是利用土体中剪切波的传播速度来评价土体的动力学性质和工程特性的一种原位测试技术。该方法的基本原理是，剪切波速与土体的抗剪强度和小应变剪切模量密切相关，通过测量剪切波在土中的传播速度，可间接估算出土体的动力学参数，并采用动静比拟的方法推断土体的承载力特性。具体测试时，在地基中埋设两个受振传感器，通过锤击产生剪切波，分别测量两个传感器接收到波的初至时间，二者的时差即为剪切波通过两传感器距离的走时，据此即可计算出剪切波速。旁压式剪切波速测试具有操作方便、损伤小的特点，适用于对既有建筑地基进行无损检测，可为地基加固改造设计提供重要参数。

（四）螺旋式电锥

螺旋式电锥是20世纪90年代发展起来的一种新型原位测试技术，兼具静力触探和旋转钻进的双重功能，通过在钻进过程中同步测量锥尖阻力、旁侧摩阻比等参数，并利用附带的传感器原位测量土的电导率等物理量，能够连续地评价土层的工程性质。与常规静力触探相比，螺旋式电锥具有贯入阻力小、测深大的优点，且由于采用旋转切削土体，能够有效克服砂砾阻碍，适用范围更广。通过电导率等原位物探参数，还可反演地层结构、判别土层类型，尤其适合用于海相软土、红黏土等湿陷性地基的评价。近年来，螺旋式电锥在高层建筑、高铁路基等重大工程中得到广泛应用，但在既有建筑检测领域的实践案例还较少，有待进一步探索。

（五）地基沉降观测

地基沉降观测是评价建筑物地基状况的重要手段。通过在建筑物周围布设一系列观测点，利用精密水准仪或全站仪等设备定期测量不同观测点的高程变化，可以判断建筑物地基是否存在整体或局部下沉。若观测到显著的不均匀沉降或沉降速率异常，则说明地基土可能存在局部软弱、空洞等问题，需引起高度重视并及时采取措施。相比前述的各类原位探测技术，沉降观测虽然不能直接反映地基土的工程性质，但能够监测地基的实际工作状态，为掌握地基的安全性和适用性提供重要依据。尤其是对于超期服役或改变功能的既有建筑，若同步开展沉降观测和地基无损检测，可实现地基状况的动态评价，及时发现安全隐患。在沉降观测的基础上，还可通过反分析的方法推断地基土的变形参数，校核地基设计的合理性。

除上述常规方法外，近年来一些无损探测技术也开始应用于地基检测领域，如地质雷达、瞬变电磁法、微

震法等,可提供地基土层结构、埋藏物分布等信息,为评价地基稳定性提供参考。

四、楼板结构检测技术

(一) 钻芯法

钻芯法首先利用钻孔机从楼板结构上钻取一定数量的圆柱体芯样,并将其加工成标准尺寸,然后送往试验室进行抗压强度测试。通过对不同芯样强度进行统计分析,并结合钻取点的代表性,即可推断出楼板整体的强度水平。钻芯法的优点是结果直观可靠,能够客观反映混凝土材料的真实性能。但其局限性也较为明显,主要是对结构有一定的局部损伤,且芯样钻取位置需要避开楼板内的受力钢筋,否则会进一步破坏结构,影响承载力。因此,钻芯法主要适用于对个别有代表性区域的抽样检测,并宜与其他无损检测方法结合使用。如图3所示。



图3 钻芯法

(二) 回弹法

该方法的基本原理是,回弹锤弹击混凝土表面后,其反弹高度与混凝土的表面硬度呈正相关,而表面硬度又与抗压强度有较好的对应关系。通过建立回弹值与抗压强度的标准曲线,即可由回弹值估算出混凝土强度。回弹法操作简单快速,可连续地无损测试大面积楼板,工作效率高。但该方法的缺点是,回弹值容易受混凝土表面质量(如平整度、湿度、碳化程度等)的影响,且实际楼板中钢筋的存在也会干扰测试结果,导致估算强度偏高。因此,单纯采用回弹法评估楼板强度的可靠性较差,仍需与其他方法联合使用。

(三) 超声-回弹综合法

超声-回弹综合法是在单一回弹法的基础上,增加超声参数对混凝土强度进行校正的一种组合方法。该方

法先用回弹仪测得楼板表面回弹值,再利用超声仪测量混凝土的声波传播时间,由回弹值和超声时间这两个参数通过多元回归建立与抗压强度的关系式,从而较准确地估算出混凝土强度。一般认为,超声参数可在一定程度上反映混凝土内部的密实度和均匀性,因此将其引入强度估算可减小单一回弹值的随机性,提高强度估算的可靠性。超声一回弹综合法继承了两种无损检测技术的优点,具有快速、经济的特点,适合广泛应用于楼板结构的混凝土强度检测。

(四) 钢筋扫描仪

钢筋扫描仪是一种基于电磁感应原理检测钢筋位置及保护层厚度的仪器。其基本构成包括发射线圈和接收线圈,发射线圈产生交变磁场,在混凝土中的钢筋表面产生涡流,进而在接收线圈中产生感应电流,通过分析不同位置处接收信号的变化特征,可反演钢筋的埋置位置和保护层厚度。钢筋扫描仪的最大优势是检测精度高,可达到1mm级,且扫描速度快,灵敏度高,能有效识别不同直径的钢筋。但该仪器对环境电磁干扰较为敏感,因此检测前需对现场环境进行必要处理,尽量避免强电磁场的影响。此外,对于钢筋密集区域,仪器可能难以准确分辨出单根钢筋,使用时需注意。

需要指出,楼板检测应根据实际情况选择适宜方法。对于疑似有较严重缺陷的楼板,宜采用钻芯等直接方法;而对于一般性检测,则宜采用无损方法,必要时可多种方法联合,以提高检测精度和可靠性。

结束语

总之,既有建筑检测是一项复杂的系统工程,涉及建筑学、材料学、测绘学等多学科知识,需要因地制宜选择合理的检测技术。随着我国城市化进程的不断推进,加之存量建筑日益老龄化,开展科学的检测评估已成为延长建筑使用寿命、保障公共安全的当务之急。这不仅需要相关部门完善顶层设计,建立健全相关标准规范,加大监管和资金投入力度,更需要广大工程技术人员加强学习培训,提高综合素质,在工程实践中不断创新检测技术和方法。只有这样,才能切实提升我国既有建筑的安全性、耐久性和适用性,为建设宜居、有韧性、可持续发展的现代化城市提供有力支撑。

参考文献

- [1] 赵丹祿, 张吉. 既有建筑物楼板结构和地基基础承载力检测技术探讨[J]. 城市建筑, 2019, 16(09): 124-125.
- [2] 李广平, 吴伟衡. 既有建筑物楼板结构和地基基础承载力检测技术的探讨[J]. 建筑结构, 2002, (11): 29-31.
- [3] 张振拴, 李春占, 张宗会. 既有建筑物地基基础检测技术探讨[J]. 建筑科学, 2011, 27(S1): 98-100.

作者简介: 陈伟雄(1981年9月—),男,汉族,广东清远,本科,主要从事建筑工程检测工作。