

混凝土钻芯法检测抗压强度的影响分析

梁家龙

广东科德检测技术有限公司

摘要：钻芯法是应用于检测混凝土强度的常用方法之一，但是由于在检测混凝土结构的过程中会受到诸多因素的影响，导致混凝土钻芯法抗压强度结果与预期存在差异，未免抗压强度变化影响整体混凝土结构建设，本文就选取钻芯法中的混凝土芯样组作为实验对象，研究钻芯直径、端面处理、高径比、压力试验机、加荷速度等因素对钻芯法抗压强度应用的影响效果，确定抗压强度变化对钻芯法的应用可能造成的影响，以便为混凝土钻芯法的应用提供参考。

关键词：混凝土；钻芯法；抗压强度

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.16.050

引言

混凝土作为建筑工程中最为常用的建筑材料，其质量以及强度一直是影响建筑工程的关键因素，因此在应用混凝土结构过程中，鉴定混凝土结构强度就成了重要议题。就混凝土结构而言，混凝土抗压强度是影响混凝土结构受力性能的关键因素，也是混凝土结构质量的直接体现。因此为了确保混凝土结构在建筑中能够发挥实际作用，需要对混凝土强度进行精准测量和鉴定。钻芯法是目前测量混凝土强度最为常用的一种方法，其省去了物理量与抗压强度换算的中心环节，能够直观地确定混凝土结构强度。

一、应用条件

随着工程设计水平以及要求的不断提高，在建设建筑物时强化了对于结构以及裂缝的控制，并在浇筑楼板、剪力墙、柱时应用了钢筋网片结构。在对混凝土强度进行检测，按其原理可分为：半破损法、非破损法、综合法，半破损法以不影响结构或构件的承载能力为前提，在结构或构件上直接进行局部破坏性试验，或直接钻取芯样进行破坏性试验^[1]，钻芯法亦是其中之一。由于钻芯法是直接从结构中钻取，有着直观、准确的特点，并且检测人员还能通过芯样，发现混凝土的浇筑质量，如是否存在分层、空洞、离析等暗藏的缺陷。

采用钻芯法检测是有一定的条件要求，如果所检测混凝土强度未能达到设计要求，则极为可能影响后续的施工进程以及验收工作。相较于其他检测混凝土结构强

度的方法，钻芯法是会对结构造成一定的损坏，在CECS 03: 2007《钻芯法检测混凝土强度技术规程》^[2]中提到，钻取部位宜在结构受力较小、具有代表性、容易设备操作的部位，因此钻芯法更多地应用在验收前。回弹法同样也是检测混凝土结构强度的方法之一，但它存在一定的限制，一旦超出限制条件，检测员就会选用钻芯法，以保证混凝土结构强度的检测准确性；当施工人员对回弹法检测的结果提出疑问时，可以利用钻芯法重新对混凝土结构强度进行检测。在一些特殊的情况也会使用钻芯法，如：混凝土浇筑时长超过1000天，或是待测定的结构发生意外荷载、灾害等，可通过钻芯法对混凝土结构进行强度检测，根据其结果对混凝土结构提出更合理地改造和加固措施。

虽然钻芯法检测混凝土抗压强度有着直观、准确等优点，但是它依然有着局限性，首先钻芯法是对结构造成一定破坏的检测，这就注定钻芯法无法做到全数或多数检测，只能抽取有代表性的部位进行检测；其二是钻芯后形成的空洞需要用到比原混凝土等级高一个标号的进行修补，如果钻断钢筋还要补焊回去，存在一定的修补难度，无形中也增加了工程施工费用。

二、影响混凝土钻芯法抗压强度因素

基于上述对混凝土钻芯法应用条件分析，现就钻芯法抗压强度的影响因素进行探讨，从钻芯法的钻芯直径、端面处理、高径比、压力试验机、加荷速度、其他因素等层面研究钻芯法抗压强度结果的影响因素，以便能够在后续实验中得出准确的结果。

（一）钻芯直径的影响

检测芯样的抗压强度相当于混凝土结构的抗压强度，可较为直观反映混凝土的质量情况。规范CECS 03: 2007中提到，宜选用标准芯样试件作为抗压试件。标准芯样是指公称直径为100mm、高径比为1: 1的混凝土圆柱体试件；同时规范中还提到，芯样的公称直径不宜小于骨料最大粒径的3倍，小直径的芯样试件其直径不应小于70mm且不得小于骨料最大粒径的2倍^[2]。鉴于混凝土结构中骨料与芯样之间的关系，需要在钻取前关注骨料颗粒的大小。目前的商品混凝土，大部分用的是5~31.5mm连续粒级碎石，能够满足上文中提到的小直

径芯样的要求。曾水源^[3]研究发现,同标号的混凝土,小直径的芯样较大直径的强度更高。笔者认为,在理想均匀材质的混凝土结构中,大粒径的骨料在小芯样的体积占比会更多,所以强度就会更高。另外,刘慧颖^[4]提到沿试样高度直径最小的部位更容易产生应力集中,在试验过程中更快产生破坏,从而降低了强度。而造成沿试样高度直径发生变化的原因,是因为在钻取过程中钻芯机发生晃动,可能是固定用的螺栓发生松动,或是钻到钢筋时,依然保持较快的速度推进钻取,由于“硬碰硬”的原因,导致钻筒发生跳动,对芯样造成损坏。

所以在实际操作过程中,对混凝土结构强度进行测定,为确定混凝土结构中芯样的钻取直径,需要建设方施工方提供必要资料,如所浇筑的混凝土中骨料最大粒径、内部的钢筋布置情况等。选择合适的钻筒,最好能满足钻取的芯样直径是待测混凝土结构中骨料最大粒径的2倍或以上。在进行检测过程中,先用钢筋扫描仪或其他仪器找出钢筋布置情况,避免钻取的芯样含有钢筋;在安装钻芯机时要稳定牢靠,在使用中不得出现晃动,一是为了保障检测人员的人身安全问题,二是保证钻取的芯样沿高度直径是一致的。

(二) 端面处理的影响

芯样试件的截面面积同样是影响抗压强度测量结果的关键因素。因此,在抗压强度实验开始前,首先要确保压力轴线与芯样试件轴心对齐,以免在检测过程中,压力产生偏心,使试件过早破坏,导致实际测量结果偏低;其次,在测量过程中,要保证芯样试件样本的平整度、垂直度等达到相应要求。如果在进行抗压强度试验过程中发现,试样端面不平,其抗压截面面积相较于预期缩小,会影响最终试件的承压能力。规范CECS 03^[2]提到的芯样端面处理方式有两种,一是采用磨平机进行端面磨平处理,二是使用一些浆料进行补平,如环氧胶泥或聚合物水泥砂浆等。无论使用哪种处理方式,处理后的芯样要下列要求,(1)采用浆料补平的话,其补平层的厚度不宜大于5mm,(2)芯样端面的平整度应在100mm长度小于等于0.1mm,(3)芯样的不垂直度应小于等于1°。刘慧颖^[4]研究发现,端面向上凸起比向下凹陷引起的应力集中更大,更不利于抗压强度试验的准确测量。曾水源^[3]研究发现无论哪种尺寸的芯样直径或是高径比,在同等的试验条件下,端面磨平的芯样与水泥净浆补平的芯样相比,不会有明显的差异,只是稍高一点。

为此,在截取芯样时,应当合理控制芯样的平整度,保证芯样的端面平整度不超出0.1mm,并抹平芯样端角。目前笔者所在的公司用的是由广东真正智能科技有限公司研发的混凝土芯样切割机,加工后的芯样其平整度、垂直度满足上文提到的规范要求。同时笔者发现,在混凝土芯样在即将切断的时候,芯样都会提前崩掉,笔者认为这与切割刀片的转速以及出刀的速度有关,本次不再展开讨论。

目前笔者在处理端面时采用水泥浆补平方式,并在实验室内自然干燥状态下养护3天。因为如果使用直接磨平的方式,十分考究检测员的磨平技术;采用补平方式难度相对较小,且对强度不会有太大影响。在对端面进行处理时采用补平方式相较于直接磨平其最终抗压强度的测量结果误差更小。换言之,在实际测量过程中,要选用误差更小的找平方式,确保芯样试件表面受力均匀,达到理想的抗压强度效果。

(三) 高径比的影响

高径比,是芯样高度与直径的比值。混凝土作为一种复合型材料,高径比的大小也能够对检测结果造成影响。曾水源^[3]研究发现在同等的找平方式、同等的芯样直径时,芯样的高径比越小其抗压强度越高;而高径比为1.00的芯样,其平均强度与标准立方体抗压试件的平均强度相近。高径比过大,容易使芯样在加荷过程中,未达到峰值而提前折断。从曾水源^[3]的研究中可以看出,高径比为1.05的芯样平均强度要比高径比为1.00的低了近一个等级。因此为了保证检测的有效性,要尽可能将芯样加工成高径比为1.00。

(四) 压力试验机的影响

众所周知,在同等承压面积下,最大压力与混凝土的抗压强度成正比关系。在利用压力试验机对抗压强度进行测定过程中,应当选择合适的压力试验机。按照GB/T 50081-2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》^[5]规定,所使用的压力试验机的测定精度处于±1%的范围内,试件破坏荷载宜在20%~80%范围内,试验机的上、下承压板对平面度、平行度、表面硬度等作出要求。而在实际检测过程中,为避免各种可能出现的误差影响最终测量结果,应在每次试验前,及时将试验机的力值清0。因为不清0,假设试验机上残留着2kN力值就开始试验,若此时选取的芯样直径是80mm,则会比实际的抗压强度多出近0.5MPa,这会影响检测员对最终结果的评定与判断。因此,除了要所有选用精度、准确度更

高的压力试验机，还要避免其他的误差以免测量数值误差过大，造成抗压强度结果与实际差距较大。

（五）加荷速度的影响

规范GB/T 50081-2019中，对不同的抗压强度的加荷速度提出要求。兰建强^[6]通过对混凝土钻芯法抗压强度大量实验研究表明，当芯样其他条件不变的情况下，将加荷速度控制在规范GB/T 50081-2019规定的范围内，对最终的试验结果不会有太大的影响；但是如果压力试验机加载速度过快，超出了规定的范围，则会使抗压强度的结果偏大。在实际结构当中，结构中的混凝土往往需要几年甚至数十年的时间才能达到最大的应力，其中可能还会伴随着其他因素的影响；而实验室中通过压力试验机在几分钟甚至更短时间内得出实验结果，会与实际情况存在一定的差异。为此，在实际检测过程中，如果混凝土结构的其他条件相同，鉴于压力试验机加载速度的影响，我们可以在规范规定的加荷速度中，利用插值法选择合适的加荷速度，如C40的混凝土加荷速度可选取0.6MPa/s，这样尽可能减少因加载速度造成对抗压强度的影响。

（六）其他因素的影响

（1）规范CECS 03^[2]提到，在钻取的芯样进行加工截取时，对于直径为100mm的芯样试件，每个试件最多允许有2根直径小于10mm的钢筋；而直径小于100mm的，最多只能有1根；钢筋的方向要与芯样受压方向垂直。如果芯样内部所含的钢筋数量过多，则容易会在钢筋之间混凝土的薄弱处先发生破坏，导致强度偏低；如果内含钢筋过粗，则可能会在钢筋与混凝土的交接处先发生剪切破坏；如果钢筋的方向是与芯样受压方向平行，在低强度的混凝土芯样，混凝土比钢筋先破坏，后续抗压试验则为钢筋的抗压强度，可能使抗压强度比实际偏高；相反在高强度的混凝土芯样，钢筋先发生变形，导致混凝土内部发生破裂，致使抗压强度比实际偏低。

（2）芯样自身的含水量多少，会影响最终抗压强度等级的评定。当芯样试件含水量过多时，在一定程度上会软化混凝土的内部，最终使抗压强度等级评定降低。因此，在对芯样试件进行抗压强度检测时，除了委托方有着要求，或是原结构所处的环境是比较潮湿外，应保证芯样试件是在自然干燥的状态下进行抗压强度试验。

（3）目前的工程建设当中，所用的混凝土都会添加一些掺合料或外加剂，这不仅在一定程度上提高了经

济效益，而且有研究表明，添加了粉煤灰、矿渣粉的混凝土，在28天后强度仍有增长的趋势。所以钻芯法检测混凝土抗压强度，只能代表抗压那时的强度，不能代表后期的混凝土强度。

（4）钻芯的位置同样重要，陈建伟^[7]等通过试验发现，结构下部所钻取的芯样抗压强度要比上部的至少高出10%，这是因为在浇筑过程中，经过振捣后粗骨料往下沉，导致下部的强度相对偏高。因此在钻取芯样除了要满足规范要求外，还要尽可能的均匀分布，以保证最终测试结果的准确性。

结论

通过对上述影响因素的分析可知，钻芯直径、端面处理、高径比以及加荷速度对芯样抗压强度有着较大的影响。因此，在钻取和加工芯样试件时，为了保证抗压试验的准确性，应严格按照规范要求进行处理。同样施工所用的混凝土本身质量合格，工人的施工工艺合规，构件能够得到合理的养护，故此本文不再赘述。

总而言之，在对混凝土抗压强度进行检测过程中选用钻芯法，要遵照钻芯法的检测要求，基于钻芯法的使用条件和使用顺序，对混凝土抗压强度进行检测，确保最终结果的准确性，为工程结构的质量安全提供有力保障。

参考文献

- [1] 刘丽君. 钻芯法检测混凝土抗压强度在建设工程中的探讨和应用[J]. 四川建筑科学研究, 2001, (04): 68-70.
 - [2] 钻芯法检测混凝土强度技术规程: CECS 03: 2007[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
 - [3] 曾水源. 采用钻芯法评定混凝土实体强度的影响因素分析[J]. 福建建材, 2020(3): 31-32.
 - [4] 刘慧颖. 钻芯法检测混凝土抗压强度的影响因素分析及注意要点[J]. 福建建材, 2011(7): 30-31.
 - [5] 混凝土物理力学性能试验方法标准: GB/T 50081-2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
 - [6] 兰建强. 混凝土钻芯法抗压强度主要影响因素探讨[J]. 四川水泥, 2019(10): 289, 278.
 - [7] 陈建伟, 胡寿康, 佟晓君等. 钻芯法检测混凝土强度影响因素试验分析[J]. 河北理工学院学报, 2005(03): 141-144.
- 作者简介: 梁家龙(1993年-), 男, 汉族, 广东博罗人, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑工程检测。