

高强自密实混凝土现场检测方法试验研究

毛丽

中交一公局集团华中工程有限公司

摘要：本文围绕高强自密实混凝土展开分析，简要叙述这一材料的概念，分析材料现场检测期间普遍存在的问题，包括检测方法单一和检测精度偏低，通过分析常见问题明确检测期间的注意事项。并重点阐述高强自密实混凝土现场检测常用方法试验的实践应用情况，对各类检测方法进行了详细的分析，明确了不同检测方法的实际操作步骤和具体的流程。旨在保证该材料符合项目建设标准要求，提高现场使用成果，为项目建设提供标准化的原材料。

关键词：高强自密实混凝土；现场检测；方法试验

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.033

引言：高强自密实混凝土是现代建设工程中重要的施工材料，具有高强度、无噪声污染、良好工作性能的优势，这对提高施工效率、降低工程造价成本和实现绿色施工目标有重要意义。但高强自密实混凝土材料多用于建造大跨度等复杂结构，对材料使用性能有严格要求，部分施工单位并未对高强自密实混凝土现场检测工作足够重视，盲目使用性能不符合标准的混凝土材料，从而降低了整体结构质量。需根据项目具体要求，采取科学的检测方法，提高检测结果的准确性，真实反应混凝土状态，为工程建设创造有利条件。

一、高强自密实混凝土概述

（一）材料概念

高强自密实混凝土材料简称为SCC，本质上属于一种无须开展振捣作业、混凝土凭借自重来填满模板内部、均匀包裹在内置钢筋表面的高性能混凝土材料，56d龄期时的抗压强度不低于40MPa。此类混凝土不但具有良好工作性能，还可以从根源上预防预埋件偏位、钢筋错位、预应力孔道位置变化等施工问题出现。同时，随着高效减水剂的使用，高强自密实混凝土不再限定于“强度”范畴，除抗压强度、抗折强度等力学性能外，这类混凝土的耐久性、流动性等使用性能十分优越。

（二）应用优势

高强自密实混凝土是项目建设施工中重要的一类材料，由水泥、水、砂石、外加剂按照特定比例充分拌合而成，在混凝土凝固后会形成硬度较大的结构，能够充分满足建筑施工所需。然而，工程项目结构复杂，普通的混凝土类型已经不适用复杂的施工形势，经过长时间

的研究和试验，高强自密实混凝土应运而生，无论是材料结构的强度、稳定性、机械性能、使用寿命还是节能环保特性，都要优于普通混凝土，符合绿色施工要求，再加上适用性较强，可以应用于各类项目中，对保证项目整体质量和安全有重要作用。高强自密实混凝土的主要特点包括以下几方面：

第一，强度高。高强自密实混凝土具有高强度，符合绝大多数建筑工程的施工需求，无须担心外界环境对混凝土结构施加的压力超过高强自密实混凝土可以承受的极限，其结构的完整性能能够得到保证。第二，高耐久性。高强自密实混凝土在复杂恶劣的环境下也能保持稳定，其原材料具有良好的抗渗性、抗冻性、抗磨损性、抗腐蚀性，在工程建设中能够发挥其性能优势，延长工程项目的实际运营年限。第三，易于施工。高强自密实混凝土具有很好的使用性，有利于施工建设，可以缩短振捣作业时间，减少能耗，提高施工效率。同时，由于缩短了振捣时间和能源消耗，有助于节省施工成本投入。

（三）现场检测问题

根据早期建设工程高强自密实混凝土材料使用情况来看，在混凝土现场检测环节，当前主要存在检测项目单一、检测精度偏低两项问题，需要围绕现实问题来针对性改进现场检测技术体系。第一，检测项目单一。以力学性能检测试验为主，重点组织抗压性、劈裂抗拉性、抗折性等方面的检测作业，没有对混凝土的坍落度、收缩性、抗离析性等要素组织有效检测，现场检测报告无法真实反映混凝土材料的总体使用性能，后续容易产生开裂、蜂窝、麻面等质量通病。第二，检测精度偏低。早期主要采取留置试块法，制作特定规格尺寸与数量的标准混凝土试块，将试块进行养护处理，到达规定龄期后，对混凝土试块开展抗压强度试验，由于混凝土试块、混凝土结构的工作受力状态略有不同，再加上检测设备差异以及工作人员技术方法都存在差异，会对检测的结果产生一定的影响，导致无法准确的体现出混凝土的实际性能。

二、高强自密实混凝土现场检测方法试验的实践应用

（一）抗压强度试验

为掌握混凝土抗压强度，为施工提供必要的依据，

在试验检测期间可以采取立方体抗压强度试验法，工作人员提前制备边长为150mm的混凝土试件，把混凝土浇筑在模具内进行振捣，再放入温度、湿度达到标准的养护室内，龄期到达56d时，然后组织试验测试。在强度测试期间，准备SYE-2000等型号的试验机，取出标准试件后擦拭表面水分，试件平稳放置在试验机下压板上，保持下压板和试件二者中心点重合状态，缓慢下移上压板，带上压板、试件顶端紧密贴合后，将试验机调整到0.5-0.8MPa/s速度持续加载，试件完全破坏后准确记录好显示的数值，在公式内导入试件破坏荷载值、试件承压面积来求解试件抗压强度，再把各组试件的平均抗压强度作为最终检测结果^[1]。此外，工作人员也可采取其他方法，例如回弹法、钻芯法等，并掌握具体的操作方法和要点。以回弹法为例，可用于直接检测成型混凝土结构，提前准备弹簧件、弹击杆、重锤等装置，在混凝土结构表面布置若干测点，由弹簧提供驱动力，带动弹击杆撞击重锤，再由重锤反复敲击混凝土结构，根据弹簧反弹距离来推定混凝土强度值，要求检测人员根据工程实际情况来绘制专用测强曲线，如果使用设备统一测强曲线，将影响检测的精度。

（二）劈裂抗拉强度试验

在该环节中，需要提前制作150mm尺寸的立方体混凝土试件，将其放置在养护室内持续养护56d，到达龄期后将试件擦拭表面水分，观察试件尺寸、形状等规格，尺寸公差需达标。随后，检测人员在试验机上依次放置垫层、垫条和混凝土试件，要求垫层与垫条中心点和试件上下端面中心线保持对准状态，通过转筒试验机转盘，保持承压面和混凝土试件端面紧密贴合状态，用于固定试件位置。准备工作完成后，启动试验机持续向试件加载，同步观察荷载显示数值和试件结构状态，在荷载值出现急速下降、试件结构临近破坏状态时，即可停止调节进油阀，试件结构完全破坏后记录试验机荷载数值，记录精度控制在0.01kN。最终，把试件破坏荷载值、试件劈裂面积导入计算公式，求解高强自密实混凝土试件的劈裂抗拉强度、混凝土拉压比。

（三）抗折强度试验

在混凝土抗折强度试验环节，检测人员提前制作标准混凝土试件和准备数显式抗折抗压试验机等设备，到达龄期后从标准养护室内取出混凝土试件，擦掉多余的水分，标记支座压头位置。随后，在试抗折抗压试验机上居中放置混凝土试件，要求试件安装偏差控制在1mm以内，以试件相对更为光滑的侧面作为承压面，保持试验机和试件接触面紧密贴合状态，拧紧试验机进油阀和出油阀^[3]。最后，着手调整进油阀，连续、稳定向混凝土

试件施加荷载，加载速度保持在0.05-0.08MPa/s，混凝土试件结构临近破坏与完全破坏时，分别停止进油阀和记录破坏荷载值及试件下边缘断裂位置，在计算公式内导入破坏荷载值、试件界面高度与宽度、支座间距等数据，求解高强自密实混凝土抗折强度值，判断抗折强度是否达到性能标准。此外，为提高检测精度，要求检测人员提前制作数量不少于3个的混凝土试件，根据各个试件抗折强度的算术平均值来确定检测结果。

（四）坍落扩展度试验

高强自密实混凝土在不同坍落度时的流动性有着明显差异，如果坍落度不达标，混凝土将具备较高黏性和基本丧失流动性，在混凝土现浇期间无法依靠自身重力来填充到模板内部和密集钢筋节点内部，最终出现蜂窝、空洞等质量通病。对此，检测人员需要在工程现场开展混凝土坍落扩展度试验，这不但可以获取准确的坍落度测量值，还可以直观反映混凝土材料的流动性及塑性屈服能力。在现场试验期间，检测人员在水平地面上放置平板，围绕平板中心点来标记一个直径在0.5m的圆圈，平板圆心部位放置坍落度筒，保持平板圆心点和坍落度筒中心点重合状态，清理平板表面和筒体内壁残留积水与灰尘污渍，保持洁净状态。随后，向坍落度筒内匀速灌注高强自密实混凝土，一次性连续灌满坍落度筒，刮除筒口多余混凝土，保持混凝土顶面和筒口平齐状态，并清理赶紧周边多余的杂物，保持表面干净，随即沿平板方向垂直上提坍落度筒。使用钢直尺测量混凝土扩展后的实际直径，通过准确测量两个直径，取其平均值作为准确数值。在现场试验过程中，需记录清楚具体数值。按照现行规范文件，判断高强自密实混凝土坍落扩展度、扩展时间 T_{500} 是否达标。

（五）收缩性能试验

在混凝土现浇与养护期间，会出现收缩现象，各类收缩现象不同，其原理也存在差异，收缩程度超标时会形成裂缝、结构变形等质量通病，对混凝土结构总体性能造成明显影响。对此，检测人员需要对高强自密实混凝土开展收缩性能试验，提前准备非接触式收缩变形测定仪等仪器设备，制作多组棱柱体混凝土试件，取各个混凝土试件的平均值作为混凝土试件的收缩测定值。在混凝土试件固结成型后，在试件两端设置U型标靶，U型标靶表面设置吸附式标靶，保持测定仪传感器探头和吸附式标靶中心点对准状态，核对主机编号和传感器编号^[5]。确定无误后，启动测定仪，把位移传感器调整至最佳测量位置，正式开展收缩性能试验，每隔15min测定一次读数，结束试验后把收缩位移测量值转换为收缩率，判断高强自密实混凝土收缩率是否达标。混凝土收

缩率根据两侧位移传感器数值初始读数、两侧传感器测试期间读数、试件测量标距进行计算。

(六) 静力受压弹性模量试验

高强自密实混凝土与普通混凝土存在很大差异，这类材料的弹性模量也不同，为降低测试误差，为项目施工提供准确的参考数值，制备出高强度、弹性模量小的原材料，就必须采取组织静力受压弹性模量试验。按照试验检测标准和要求进行操作，选择规格为 $150\times 150\times 300\text{mm}$ 的棱柱体作为试验主体，选择3个试件用于测定轴心抗压强度，3个用于测定静力受压弹性模量。完成养护任务后，擦拭表面，保持干爽后取出，检查试件的具体情况，例如尺寸等，公差必须符合实际标准。当测定混凝土弹性模量，在试件中设置微变形测量仪，保持对称安装，利用千分表或位移传感器进行测量。在测定期间，试件必须要稳定摆放稳定，常将其放置于下压板、钢垫板，并调整与设备中心对准，启动试验仪器，设备要与试件均匀接触，按照试验流程定期进行数值记录。在整理结果时，要确认试件符合标准，以与加荷速度相同的速度卸荷至基准应力 0.5Mpa ，恒载 60s ；应用相同的加荷和卸荷速度以及 60s 的保持荷载至少进行两侧反复预压，并在要求时间点记录变形读数。其试验结果要根据3组试件的平均值作为最终测量数值，要保证结果的精准度，避免由于各种因素影响数值的准确性。

(七) 内部缺陷检测

在**高强自密实混凝土**现场施工期间，受到工艺操作、现场环境条件、混凝土存放时间、钢筋预处理效果、混凝土自收缩等多重因素影响，有一定可能形成内部缺陷，包括蜂窝离析、孔洞、堵塞异物，导致混凝土与钢筋没有完全黏结，两种材料保持独立受力状态，进而对构件承载性能、刚度和综合性能产生影响。因此，在混凝土施工完毕后，还需要额外开展内部缺陷检测作业，根据内部缺陷类型来选择具体方法手段。一般情况下，高强自密实混凝土内部缺陷分为一类缺陷、二类缺陷，一类缺陷是混凝土与钢筋材料界面处胶结不良，二类缺陷是内部出现混凝土脱空现象和近壁空腔现象。第一，对于一类缺陷，采取径向对测方法，构件横断面两侧对称安装发射换能器与接收换能器，检测人员使用榔头轻轻敲击外壁结构，以轴线倾斜、水平走向的构件作为重点检测部位，根据所发出“空”、“实”等声响来判断混凝土、钢筋或钢管材料的黏结效果。同时，要求换能器连线通过构件截面圆心，根据构件直径尺寸和形状来确定各截面环线间距，特殊部位加密布置

检测环线。第二，对于二类缺陷，采取轴向对测法，沿构件轴向布置测点与安装换能器，向构件发射超声高频振动波，振动波在构件内部以透射路径、绕射路径、脱空路径或是空洞路径作为传播途径，最终根据声波传播情况分析和识别是否有质量问题。例如，构件内部存在不密实缺陷时，声波出现散射现象，绘制声波传播曲线来确定不密实部位的所在位置与范围。构件内部存在脱空缺陷时，声波在空洞部位出现绕射现象，根据声波传播时间来确定空洞大小^[6]。此外，检测人员也可选择冲击回波、钻芯取样等传统检测技术，虽然检测精度略有下滑，但具备易于实现、操作简单的优势。以冲击回波技术为例，向构件表面施加一定冲击力，冲击力作用下于构件内部形成应力波，应力波沿特定方向传播，中途遇到内部缺陷、钢筋和混凝土黏结部位后，出现多次反射、折射现象，并在冲击位置部署传感器，由传感器采集应力波信号，最终绘制信号波图像来直观展现构件内部缺陷情况，可用于判断缺陷的具体区域，无法准确判断质量问题的类型与大小。

结语：综上所述，为提高**高强自密实混凝土**材料的应用价值，有效预防各类混凝土质量通病出现。施工单位应重视**高强自密实混凝土**现场检测工作，应采取多元化的现场检测方法，全面掌握混凝土现场检测操作要点，提高混凝土材料的综合使用性能，顺利的完成工程项目建设。

参考文献

- [1] 王林, 魏子程, 郭宏等. 超**高强自密实混凝土**胶凝材料配合比的优化研究[J]. 混凝土世界, 2023 (10): 24-33.
- [2] 尹轶. 高强自密实清水混凝土在桥梁预制构件生产中的应用研究[J]. 新型建筑材料, 2023, 50 (02): 37-41.
- [3] 王晓明, 陶晓峰, 许影. 大掺量矿物掺合料自密实**高强混凝土**J环性能研究[J]. 江西建材, 2023 (10): 57-59+63.
- [4] 马强, 贾新聪. 高强自密实混凝土研究及其在工程中的应用[J]. 住宅与房地产, 2020, 591 (30): 84-85.
- [5] 卜良桃, 赵倚天. 高强自密实混凝土抗压强度现场检测方法试验研究[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2020, 36 (03): 412-420.
- [6] 喻林, 杨延玉, 谭涛. 回弹法检测自密实混凝土抗压强度的可靠性分析[J]. 建筑施工, 2020, 42 (11): 2104-2107.