

混凝土配合比对路桥施工强度的影响及检测方法研究

陈丽军

华设检测科技有限公司 江苏 南京 211135

摘 要：混凝土强度对建筑工程尤其是路桥施工至关重要。其类型包括立方体抗压、轴心抗压和抗拉强度等，受原材料、配合比、施工环节及龄期等因素影响。路桥施工中常用回弹法、超声法、超声回弹综合法和钻芯法检测强度，各有优劣。混凝土配合比设计也显著影响强度，胶凝材料、骨料、水胶比和外加剂等因素相互作用，合理设计配合比能保证混凝土强度，为路桥工程质量和安全提供保障。

关键词：路桥施工；混凝土强度；检测方法

引言：在路桥工程建设中，混凝土作为关键材料，其强度直接关乎工程的质量与安全。准确检测混凝土强度，能及时发现质量隐患，避免安全事故发生。随着路桥建设规模的不断扩大和技术的持续发展，对混凝土强度检测方法的要求也日益提高。目前虽有多种检测方法，但每种方法都有其适用范围和局限性。因此，深入研究路桥施工中混凝土强度检测方法，根据不同情况合理选择，对于提高工程质量、降低成本、保障施工安全具有重要的现实意义。

1 混凝土强度的基本概念

混凝土强度是衡量混凝土力学性能的关键指标，在建筑工程尤其是路桥施工中具有至关重要的意义，它主要指混凝土抵抗破坏的能力，其大小直接影响着结构的安全性和耐久性。混凝土强度的类型多样，常见的有立方体抗压强度、轴心抗压强度和抗拉强度等。立方体抗压强度是将混凝土制成标准尺寸的立方体试件，在规定的条件下养护至一定龄期后，进行抗压试验所测得的强度。这是评定混凝土强度等级的重要依据，在工程设计和质量控制中广泛应用。轴心抗压强度则是采用棱柱体试件测定的抗压强度，更能反映混凝土在实际结构中的受力状态。而抗拉强度相对较低，约为抗压强度的1/10-1/20，但在一些承受拉力的结构部位，如梁的受拉区，抗拉强度同样不容忽视。混凝土强度的形成与多种因素密切相关，原材料的质量是基础，水泥的品种和强度等级、骨料的颗粒级配和含泥量等都会影响混凝土的强度。配合比的设计也至关重要，水灰比是影响强度的关键因素，水灰比越小，混凝土强度越高，但同时也要保证混凝土具有良好的工作性^[1]。施工过程中的搅拌、浇筑、振捣和养护等环节也对强度有着显著影响。充分搅拌能使各种原材料均匀混合，保证混凝土的匀质性；振捣密实可减少内部孔隙，提高混凝土的密实度；而合理的养护能为

混凝土的硬化提供适宜的温度和湿度条件，促进水泥的水化反应，从而提高强度。混凝土强度会随龄期的增长而变化，在早期，强度增长较快，一般在7天左右能达到设计强度的60%-70%，28天基本能达到设计强度。但强度增长并非无限制，后期增长速度会逐渐减缓。了解混凝土强度的基本概念和发展规律，对于准确评估混凝土质量、合理选择施工工艺和检测方法具有重要意义，有助于确保路桥等建筑工程的质量和安全性。

2 路桥施工中常用的混凝土强度检测方法

2.1 回弹法

回弹法是路桥施工中常用的混凝土强度检测方法，具有操作简便、成本较低等优点。（1）原理明晰。回弹法基于混凝土表面硬度与强度之间存在的相关性，通过回弹仪弹击混凝土表面，测量回弹值，进而推定混凝土的强度。回弹值越大，表明混凝土表面硬度越高，强度也相对较高。（2）设备简单。回弹仪是回弹法检测的主要设备，它构造相对简单，便于携带和操作。操作人员只需将回弹仪垂直对准混凝土检测面，按下按钮，即可得到回弹值。（3）操作便捷。检测时，在混凝土结构表面均匀布置测点，每个测点间距不宜小于20mm，测点距构件边缘不宜小于50mm。每个测区应弹击16个点，去掉3个最大值和3个最小值，取剩余10个回弹值的平均值作为该测区的回弹代表值。（4）影响因素多。混凝土的碳化深度、表面平整度、湿度等因素会对回弹值产生影响。例如，碳化深度越大，回弹值可能越高，但实际强度不一定高，因此需要测量碳化深度并进行修正。（5）适用范围广。回弹法适用于检测一般建筑结构、桥梁等混凝土构件的强度，但对于内部存在缺陷或遭受化学侵蚀的混凝土，检测结果可能存在偏差。在路桥施工中，回弹法可用于初步评估混凝土强度，为后续施工提供参考。

2.2 超声法

在路桥施工中,超声法是精准检测混凝土强度的重要方式,为工程质量把控提供了有力支持。(1)数据测量。超声法通过测量超声波在混凝土中的传播时间等数据,来深入了解混凝土内部的状况。传播时间的长短能反映出混凝土的密实程度和均匀性等信息,为后续的强度评估提供基础。(2)对比分析。将测量得到的数据与标准数据进行对比分析,能够判断混凝土强度是否达标。这种对比是基于大量实验和实践总结出的标准,具有较高的可靠性和准确性。(3)质量评估。依据对比结果,可以对混凝土的质量进行全面评估。如果数据与标准数据偏差较小,说明混凝土质量较好;若偏差较大,则可能存在质量问题,需要进一步检查和处理。(4)问题发现。在检测过程中,能够及时发现混凝土中可能存在的缺陷,如内部空洞、裂缝等。这些缺陷会影响混凝土的强度和耐久性,及时发现可以采取相应的措施进行修复,避免问题扩大。(5)决策依据。超声法检测得到的结果可以为施工决策提供重要依据。例如,根据检测结果决定是否需要调整施工工艺、加强养护措施等,以确保路桥工程的质量和安

2.3 超声回弹综合法

在路桥施工中,超声回弹综合法是一种高效且准确的混凝土强度检测方法,它融合了超声法和回弹法的优势,能更全面地反映混凝土的实际强度。超声回弹综合法通过超声仪测量混凝土内部声速,声速的快慢反映了混凝土内部的密实程度和弹性模量;同时用回弹仪检测混凝土表面的硬度,回弹值体现了混凝土表面的强度特性。将这两个参数结合起来,利用已建立的测强公式推算混凝土强度,能有效减少单一方法的局限性。与单一的回弹法或超声法相比,超声回弹综合法受混凝土龄期和含水率的影响更小。混凝土的龄期和含水率对声速和回弹值的影响不同,综合测定可部分抵消这些影响,使检测结果更接近真实强度。而且该方法能内外结合,回弹法侧重于表面强度,超声法能探测内部情况,二者互补,可更全面地反映结构混凝土的实际质量,提高了检测精度^[2]。在路桥工程中,超声回弹综合法可用于检测桥梁的梁、板、柱等结构构件,以及道路的混凝土基层和面层等。通过准确检测混凝土强度,为工程质量评估和后续施工决策提供可靠依据,保障路桥工程的安全性和耐久性。

2.4 钻芯法

在路桥施工中,钻芯法是一种直接且可靠的混凝土强度检测方法,能直观反映混凝土内部的真实强度。钻芯法是从混凝土结构中钻取圆柱形芯样,对其进行抗压

强度测试。在路桥施工中,选取芯样时需避开钢筋密集区、预埋件等位置,确保芯样能代表混凝土的整体质量。通常采用专用的金刚石薄壁钻机,控制好钻进速度和压力,以保证芯样的完整性。钻芯法的优势明显,它能直接获取混凝土内部的强度数据,不受混凝土表面状况的影响,检测结果真实可靠,尤其适用于对重要结构部位的检测,如桥梁的墩柱、基础等。通过对芯样的分析,还能了解混凝土的内部缺陷、骨料分布等情况^[3]。然而,钻芯法也存在一定局限性。钻芯过程会对混凝土结构造成局部损伤,需要在检测后对钻孔进行修补。而且检测成本较高,操作相对复杂,检测周期较长,不适用于大面积快速检测。尽管如此,钻芯法在路桥施工中仍具有不可替代的作用。在对回弹法、超声回弹综合法等检测结果存在疑问时,钻芯法可作为验证手段,为工程质量评估和处理提供准确依据,保障路桥工程的安全和稳定。

3 混凝土配合比设计对混凝土强度的影响

3.1 胶凝材料

混凝土配合比设计中,胶凝材料的各项因素对混凝土强度有着深远影响。(1)水泥强度与品种:水泥强度与混凝土强度正相关,强度高的水泥能提升混凝土强度,但要避免盲目使用高强度水泥造成浪费。不同品种水泥,其矿物组成不同,对混凝土强度影响也不同,如大面积厚混凝土用矿渣或火山灰水泥可防裂缝。(2)水胶比:水胶比是水与胶凝材料用量比例,对混凝土强度影响显著。水胶比过大,黏性不足,结构固结后有聚水孔洞;水胶比过小,流动性差,结构仍会有孔洞,均危害混凝土强度。(3)掺合料:常见的矿粉、粉煤灰、硅灰等掺合料能改善材料性能、提升强度、减少用水量。其与氢氧化钙反应产生的水化产物呈胶凝效果,可提升混凝土流动性、保水性、粘聚性和耐久性。(4)外加剂:可调节、改善混凝土强度,不同用量改变混凝土性能与质量。使用时要结合实际需求选择,且满足减水率等技术指标。(5)砂率:会影响混凝土性能与强度。砂率过大,孔隙率增大,需增加水泥用量;砂率过低,孔隙率不达标,流动性下降,影响施工质量。

3.2 骨料

在混凝土配合比设计中,骨料对混凝土强度的影响极为关键,需综合考量其各方面特性。骨料种类是影响混凝土强度的重要因素,碎石骨料形状规整且表面粗糙,能构建良好的骨架结构,为混凝土提供坚实支撑,从而提高强度。而当天然砂粒径分布均匀时,可有效提升混凝土的流动性与密实性,使混凝土在施工过程中更易于操作,且成型后结构更紧密。骨料的粒径及分布也不容

忽视,细骨料有助于改善混凝土的粘结性和均匀性,让各成分更好地融合;粗骨料则能增强混凝土的抗压强度^[4]。不过,细骨料过多会导致强度降低,粗骨料过多又会影 响工作性,所以必须精确调整二者比例,以在保证工作性的同时提高强度。骨料的形状和表面粗糙度同样影响显著,碎石骨料表面不规则、多棱角,能增强骨料间的粘结力,进而提升抗压强度。表面粗糙的骨料能增加与水泥浆体的接触面积,提高粘结力,增强混凝土的强度和耐久性。此外,骨料密度大、孔隙率低,能提供坚固的骨架,进一步提高抗压强度和耐久性。

3.3 水胶比

在混凝土配合比设计中,水胶比是影响混凝土强度的核心因素,其对强度的影响体现在多个方面。(1)水胶比与抗压强度:水胶比对混凝土抗压强度影响显著。较低水胶比时,水泥水化反应充分,水泥颗粒联系紧密,水化产物填充孔隙,抗压强度提高;水胶比过大,水泥浆体过稀,孔隙率增加,强度降低。例如,水胶比每增加0.1,抗压强度约下降15%~25%。(2)水胶比与抗折强度:适当降低水胶比可提高混凝土抗折强度。较低水胶比促进水泥水化反应,增强胶凝材料结合力,减少裂缝发生,提升混凝土韧性和稳定性。(3)水胶比与抗拉强度:较低水胶比有助于提高混凝土抗拉强度,但过低会使混凝土脆性增加。通过控制水胶比,能在保持较高抗拉强度的同时,减少裂缝和破坏风险。(4)水胶比与耐久性:水胶比变化直接影响混凝土孔隙率。高水胶比导致水化不完全,孔隙增多,降低密实度和耐久性;低水胶比减少孔隙率,增强密实度,提高抗渗透、抗冻性等耐久性能。(5)水胶比的控制策略:在实际工程中,优化水胶比需综合考虑强度与耐久性需求。低水胶比虽能提升强度和耐久性,但可能影响施工性和成本。可利用外加剂改善性能,如减水剂能在不影响水胶比的情况下提高工作性和强度。

3.4 外加剂

在混凝土配合比设计中,外加剂对混凝土强度影响

显著。减水剂是常用外加剂,能降低水胶比,使混凝土在相同工作性下获得更高强度。它通过改变水泥颗粒水化过程,减少水分含量,让混凝土结构更密实,从而提升强度。早强剂可加速水泥水化,提高早期强度,在低温环境下能克服不利影响,加快施工进度。不过,使用时要考虑养护条件和施工环境,避免后期强度损失^[5]。缓凝剂能延缓水泥水化,控制凝结时间,增加可操作性和流动性,但过度使用会降低早期强度,需根据实际施工时间和环境温度合理选择。引气剂能引入微气泡,改善和易性与抗冻性,提高耐久性。此外,不同外加剂组合使用可平衡混凝土强度和工作性,避免单一外加剂导致的性能失衡,优化外加剂组合能提高综合性能,保证混凝土在不同施工条件下的适应性。

结语:

未来,随着科技进步,检测方法将朝着更精准、高效、无损的方向发展。一方面,新型传感器和智能算法的应用,有望大幅提升检测精度和效率,减少人为误差。另一方面,无损检测技术会不断创新,降低对结构的损伤。同时,检测标准和规范也将持续完善,为工程质量提供更坚实的保障。施工单位应紧跟技术发展趋势,合理选择检测方法,确保路桥工程的安全性和耐久性,推动路桥建设行业高质量发展。

参考文献:

- [1]仲伟杰,吴建.道路桥梁施工中混凝土强度检测研究[J].中国水泥,2025(6):66-68.
- [2]张家福,谭文钊.主体结构检测中混凝土强度检测技术的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2026(2):067-070.
- [3]张青青.路桥工程中混凝土钢筋锈蚀检测方法研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(6):093-096.
- [4]刘娜.回弹-钻芯法检测混凝土强度的精度控制与工程应用研究[J].山西建筑,2026,52(7):54-58.
- [5]王淼,周文娟.长龄期混凝土强度检测方法对比研究[J].混凝土世界,2025(12):60-64.