

论市政工程高强混凝土施工技术的应用

文 / 王春璟 山东易方达建设管理集团有限公司

邵莉莉 山东易方达建设管理集团有限公司

张华芳 山东易方达建设管理集团有限公司

摘要：市政工程作为城市基础设施的重要组成部分，不仅关乎城市的正常运行，还直接影响着居民的生活质量和城市的整体形象。随着城市化进程的加速，市政工程建设规模不断扩大，对建筑材料和施工技术的要求也日益提高。其中，高强混凝土作为一种高性能的建筑材料，因其高强度、高密实度、优异的耐久性和抗变形能力，在市政工程中得到了广泛应用。

关键词：市政工程；高强混凝土；施工技术；应用分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.023

引言

市政工程作为城市基础设施建设的重要组成部分，对于提升城市的承载能力和居民生活质量具有关键作用。高强混凝土凭借其诸多优异性能，在市政工程中得到了越来越广泛的应用。深入研究高强混凝土施工技术的应用，对于保障市政工程质量、提高工程效益具有重要意义。

一、市政工程概览及高强混凝土应用前景

（一）项目简介

市政工程涵盖了城市道路、桥梁、隧道、给排水系统、污水处理设施等多个领域。以城市桥梁工程为例，它不仅要承受车辆、行人等荷载，还要抵御自然环境的侵蚀。又如城市的地下综合管廊项目，需要为各类管线提供安全稳定的运行空间。这些项目往往具有规模大、施工环境复杂、质量要求高等特点。

（二）高强混凝土的重要性及其在市政工程中的应用

高强混凝土具有强度高、耐久性好、变形小等优点。在市政工程中，其重要性不言而喻。在大跨度桥梁建设中，高强混凝土能够减少结构自重，增加桥梁的跨越能力；在高层建筑的基础工程中，高强混凝土可以承受巨大的上部荷载，保障建筑的稳定性。同时，在一些对耐久性要求较高的市政设施，如污水处理厂、海港码头等，高强混凝土能够有效抵抗化学侵蚀，延长结构使用寿命。随着城市建设的不断发展，对市政工程的性能要求越来越高，高强混凝土在未来的市政工程中将有更广阔的应用前景。

二、高强混凝土性能特征及其影响因素

（一）物理和化学特性

1. 物理特性

高强混凝土的密度相对较大，这是由于其内部结构致密，孔隙率较低。其外观质地均匀，表面光滑。在力学性能方面，高强混凝土具有较高的抗压强度，一般抗压强度等级在 C60 及以上。同时，它的弹性模量也较高，在承受荷载时变形较小，能够更好地保持结构的稳定性。

此外，高强混凝土的抗渗性和抗冻性也十分优异，这使得它在不同环境条件下都能保持良好的性能。

2. 化学特性

高强混凝土的化学组成主要包括水泥、骨料、外加剂和水等。水泥作为胶凝材料，在水化过程中形成的水化产物决定了混凝土的基本性能。外加剂的合理使用能够改善混凝土的工作性能和耐久性。例如，减水剂可以降低水灰比，提高混凝土的强度；缓凝剂可以延长混凝土的凝结时间，便于施工操作。高强混凝土中的各种化学成分相互作用，形成了稳定的微观结构，从而赋予其良好的化学稳定性。

（二）影响高强混凝土性能的关键因素

高强混凝土的性能受到多种因素的影响，包括材料的选择、配比设计、施工工艺以及养护条件等，见图 1。

1. 原材料质量

水泥的品种和质量对高强混凝土性能影响显著。优质的水泥具有较高的强度等级和良好的安定性，能够为混凝土提供足够的胶结力。不同品种的水泥，其矿物成分和水化特性不同，会直接影响高强混凝土的强度发展速度和最终性能。例如，硅酸盐水泥早期强度高，适用于对早期强度要求较高的工程。骨料的粒径、级配、形状和质地等也会影响高强混凝土的性能。例如，粗骨料粒径适中、级配良好，能够形成紧密的堆积结构，提高混凝土的强度。细骨料的细度模数和含泥量等指标同样重要，含泥量过高会降低混凝土的强度和耐久性，因为泥土会削弱骨料与水泥浆体之间的黏结力。

2. 配合比设计

配合比是决定高强混凝土性能的关键因素之一。水灰比是影响混凝土强度的重要参数，较低的水灰比能够使混凝土内部结构更加致密，从而提高强度。这是因为水灰比降低，多余水分减少，水泥水化反应更充分，形成的凝胶体更多，填充在骨料间的孔隙中，使混凝土结构更加密实。但水灰比过低会导致混凝土的工作性能变差，如流动性降低、难以施工。因此，需要通过合理调

整水泥、水、骨料和外加剂的比例，在保证强度的同时，满足混凝土的工作性能要求。例如，添加高效减水剂可以在不增加水用量的情况下提高混凝土的流动性，确保施工顺利进行。

3. 施工工艺

施工过程中的搅拌、运输、浇筑和振捣等环节都会对高强混凝土的性能产生影响。搅拌不均匀会导致混凝土各组分布不均，影响强度的一致性。部分区域水泥含量不足，强度就会偏低，而某些地方水泥过多则可能造成浪费且影响耐久性。运输过程中时间过长或措施不当，可能导致混凝土坍落度损失过大，影响施工性能，难以将其浇筑到指定位置。浇筑时如果不注意分层和连续性，可能会出现混凝土离析现象，使骨料与浆体分离，破坏混凝土的均匀性。振捣不密实会使混凝土内部存在孔洞和缝隙，降低强度和耐久性，这些缺陷还可能成为水分和有害物质侵入的通道，加速混凝土的劣化。

4. 养护条件

养护条件对高强混凝土性能的影响不容小觑。温度和湿度是养护过程中的两个关键要素。在合适的温度环境下，水泥的水化反应能够正常且充分地进行。若养护温度过低，水泥水化速度减缓，甚至可能停止，导致混凝土强度增长缓慢，无法达到预期强度。相反，过高的温度可能使混凝土表面水分快速蒸发，产生收缩裂缝，影响其耐久性。湿度方面，保持混凝土表面湿润至关重要。足够的湿度能保证水泥水化反应有充足的水分参与，有助于形成致密的水化产物结构，增强混凝土的强度和耐久性。若养护期间湿度不足，混凝土表面水分蒸发过快，会使混凝土内部产生自干燥现象，导致内部结构疏松，强度降低，同时抗渗性和抗冻性也会受到负面影响。此外，养护时间也直接关系到高强混凝土性能的发展，应按照相关标准和规范要求，确保足够的养护时长，以充分发挥高强混凝土的性能优势。

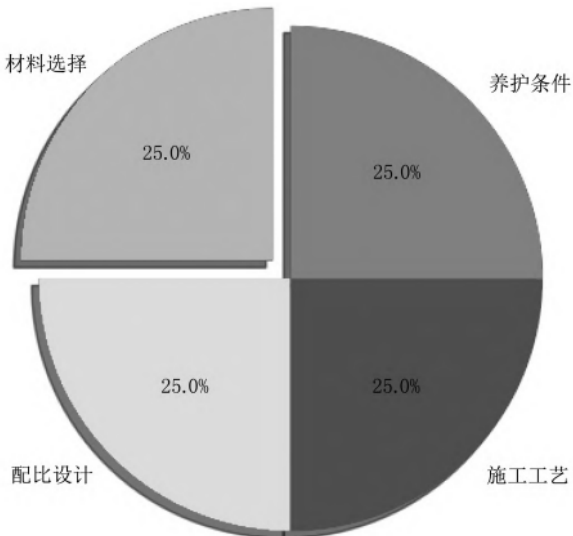


图1 影响高强混凝土性能的关键因素

三、市政工程中高强混凝土施工技术实践

(一) 制备高强混凝土的技术要点

1. 原材料选择

在选择水泥时，优先选用强度等级高、质量稳定的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，这是因为它们具有较高的早期强度和后期强度增长潜力，能为高强混凝土提供坚实的胶凝基础。对于骨料，粗骨料宜选用质地坚硬、级配良好的碎石，粒径一般控制在5-25mm之间，合适的粒径范围可形成紧密堆积结构，有效提高混凝土的强度和稳定性。细骨料选用中砂，细度模数在2.3-3.0之间，含泥量不超过规定标准，良好的细度模数和低含泥量能保证混凝土的工作性能和耐久性。外加剂的选择要根据工程需求和混凝土性能要求进行，如使用高效减水剂来降低水灰比，提高强度，同时还可根据需要选用缓凝剂、引气剂等改善混凝土的其他性能。

2. 配合比设计

配合比设计应根据工程要求和原材料特性进行。首先，通过试验确定水灰比的范围，一般高强混凝土的水灰比在0.25-0.40之间，较低的水灰比能使混凝土内部结构更加致密，从而提高强度，但需兼顾工作性能。然后，根据选定的水灰比和水泥用量，精确计算出骨料和外加剂的用量。在设计过程中，要充分考虑混凝土的工作性能、强度和耐久性等因素。工作性能方面，需保证混凝土具有良好的流动性、可塑性和保水性，便于施工操作；强度上要满足工程设计要求；耐久性则要考虑混凝土在不同环境下的抗侵蚀、抗碳化等能力。通过多次试配和调整，确定最佳配合比，确保高强混凝土各项性能达到最优平衡。

3. 计量控制

准确的计量是制备高强混凝土的关键。在原材料计量过程中，要使用精度高的计量设备，对水泥、骨料、水和外加剂等进行严格计量。水泥的计量误差应控制在±1%以内，这是因为水泥作为胶凝材料，用量的微小偏差都可能影响混凝土的强度和性能。骨料的计量误差控制在±2%以内，虽然允许误差相对较大，但也需严格把控，因为骨料是混凝土的主要组成部分，其用量影响混凝土的整体结构。水和外加剂的计量误差控制在±1%以内，水的用量直接影响水灰比，外加剂则对混凝土的性能有重要调节作用，精准计量至关重要。同时，要定期对计量设备进行校准和维护，确保计量的准确性，为制备高质量的高强混凝土提供保障。

(二) 高强混凝土的混合过程优化

1. 搅拌设备选择

应选用强制式搅拌机，其独特的搅拌原理使其搅拌效率高、搅拌均匀性好，能够满足高强混凝土对各组分均匀混合的严格要求。强制式搅拌机通过搅拌叶片对物料进行强力剪切、挤压和翻转，能迅速打破物料的团聚，使水泥、骨料、外加剂等充分分散并均匀混合。搅拌机的容量要根据工程规模和施工进度进行合理选择，若容

量过小,无法满足大规模工程的连续施工需求,导致施工中断;若容量过大,又会造成资源浪费和设备闲置。只有选择合适容量的搅拌机,才能确保能够连续供应混凝土,保障工程的顺利进行。

2. 搅拌工艺

在搅拌过程中,应先将骨料和水泥投入搅拌机干拌一段时间,使两者充分混合。这一步骤能让水泥均匀地包裹在骨料表面,为后续加水搅拌良好的基础,确保各组分在微观层面分布更均匀。然后再加入水和外加剂进行湿拌。搅拌时间要根据搅拌机的类型和混凝土的配合比进行调整,一般不少于120s。合适的搅拌时间能保证各种原材料充分反应,形成均匀稳定的混凝土拌合物。同时,要注意搅拌速度,搅拌速度过快可能导致混凝土拌合物发热,影响其性能;搅拌速度过慢则无法达到充分搅拌的效果,同样会影响混凝土的质量。

3. 运输过程控制

高强混凝土在运输过程中要防止离析和坍落度损失。采用混凝土搅拌运输车进行运输,在运输过程中保持罐体匀速转动,罐体的转动能够使混凝土在运输过程中持续受到搅拌作用,确保混凝土的均匀性,避免出现分层、泌水等离析现象。运输时间不宜过长,一般应控制在1.5h以内,因为随着时间的推移,混凝土中的水分会逐渐蒸发,外加剂的作用也会逐渐减弱,导致坍落度损失,影响混凝土的施工性能。如果运输距离较远或环境温度较高,可采取适当的措施,如在罐体上包裹保温材料,减少水分蒸发和温度变化对混凝土的影响;添加缓凝剂,延长混凝土的凝结时间,确保到达施工现场时仍具有良好的工作性能。

(三) 高强混凝土的养护策略与方法

1. 养护的重要性

养护对于高强混凝土的性能发展至关重要。在混凝土浇筑后,水泥的水化反应需要一定的温度和湿度条件。良好的养护能够保证水泥充分水化,形成致密的微观结构。水泥水化过程中会产生一系列的水化产物,这些产物相互交织形成坚固的网络结构,提高混凝土的强度。同时,致密的微观结构还能有效阻挡外界有害物质的侵入,增强混凝土的耐久性。如果养护不当,比如湿度不足,混凝土表面水分快速蒸发,会导致混凝土内部产生自干燥现象,形成收缩应力,可能会导致混凝土表面出现裂缝。裂缝的存在不仅影响混凝土的外观,还会降低其强度和耐久性,使混凝土更容易受到外界环境的侵蚀。

2. 养护方法

在混凝土浇筑完毕后,应在12h内用草帘、麻袋等材料对混凝土表面进行覆盖,并保持湿润。草帘和麻袋具有良好的保湿性能,能有效减少混凝土表面水分的蒸发。浇水次数应根据气温和湿度情况确定,一般每天不

少于4次,养护时间不少于14d。在气温较高、湿度较低的环境下,水分蒸发快,需增加浇水次数,确保混凝土表面始终处于湿润状态。也可在混凝土表面覆盖塑料薄膜,使混凝土表面保持湿润状态。塑料薄膜应紧贴混凝土表面,防止水分蒸发。这种养护方法操作简便,能有效保持混凝土表面的湿度,为水泥水化提供良好的环境,适用于气温较高、湿度较低的环境。对于一些大型构件或在低温环境下施工的高强混凝土,可采用蒸汽养护。通过通入蒸汽,提高混凝土的养护温度和湿度,加速水泥的水化反应。蒸汽养护应控制好温度和时间,避免混凝土出现温度裂缝。

3. 养护监测

在养护过程中,要对混凝土的温度、湿度等参数进行监测。可采用温度计、湿度计等设备,定期测量混凝土表面和内部的温度、湿度情况。测量混凝土表面温度能及时了解其散热情况,判断是否存在温度过高导致水分蒸发过快的问题;测量内部温度则可监测混凝土水化反应的进程,防止因水化热过大造成内部温度过高,引发温度裂缝。湿度测量能确保混凝土表面始终保持合适的湿度,满足水泥水化的需求。根据监测结果,及时调整养护措施。若温度过高,可增加浇水次数或采取遮阳措施;若湿度不足,可加强覆盖或增加喷雾保湿的频率,确保养护效果,保障高强混凝土的性能发展。

结语

高强混凝土在市政工程中的应用越来越广泛,其优异的性能为市政工程的高质量建设提供了有力保障。通过深入了解高强混凝土的性能特征及其影响因素,掌握制备、混合和养护等施工技术要点,能够确保高强混凝土在市政工程中发挥出最佳性能。在未来的市政工程建设中,随着技术的不断发展和创新,高强混凝土施工技术将不断完善和提高,为城市基础设施建设做出更大的贡献。同时,施工单位和相关技术人员应不断加强对高强混凝土施工技术的研究和实践,严格按照规范和标准进行施工,确保市政工程的质量和安

参考文献

- [1] 柏在容. 论市政工程高强混凝土施工技术的应用[J]. 建筑经济, 2024, 45(S1): 606-609.
- [2] 吕明超. 高强混凝土技术及应用探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (15): 85-87.
- [3] 刘文彬. 公路工程高强混凝土施工技术[J]. 四川建材, 2023, 49(05): 128-129.
- [4] 朱燕飞. 市政建筑工程高强混凝土施工技术的应用[J]. 四川水泥, 2019, (02): 175.
- [5] 单瑾, 宜欣, 李保平. 高强高性能混凝土施工质量管理[J]. 建筑与预算, 2016, (08): 46-49.
- [6] 侯永生. 高强高性能混凝土的特性及施工技术[J]. 交通世界, 2016, (10): 134-135.