

高速公路工程高性能混凝土试验检测研究

卢一可

杭州临安广信交通建设工程试验检测有限公司 浙江杭州 311300

【摘要】高性能混凝土在高速公路工程中的应用日益广泛，为保证工程质量，必须加强对高性能混凝土的试验检测工作。本文首先分析高性能混凝土主要原材料及其对性能的影响，包括水泥、外加剂和掺合料；然后介绍高速公路高性能混凝土的主要性能检测项目，如力学性能、耐久性、保水性和黏聚性、抗压性能、抗渗性能和抗腐蚀性能等；最后提出高性能混凝土试验检测的几个要点，如科学选择胶凝材料、合理选择骨料材料、合理选择减水剂、优化配合比设计和性能分析等。通过加强高性能混凝土的试验检测，可以有效提高高速公路工程质量，延长使用寿命。

【关键词】高速公路；高性能混凝土；试验检测

引言：

随着我国高速公路建设的快速发展，对路用混凝土的性能要求也越来越高。高性能混凝土以其高强度、高耐久性、高工作性等优异性能，在高速公路工程中得到越来越广泛的应用。为了充分发挥高性能混凝土的优势，必须加强对其试验检测工作，以保证工程质量。本文将从原材料、性能检测和试验检测要点三个方面对高速公路高性能混凝土试验检测进行探讨。

1 高性能混凝土的主要原材料及其对性能的影响

1.1 水泥

水泥作为高性能混凝土的关键胶凝材料，其品种、强度等级和性能对混凝土的各项性能有决定性影响。高速公路高性能混凝土通常选用强度等级在42.5及以上的普通硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥等，以保证混凝土具有较高的强度和耐久性。水泥的水化热会导致混凝土内外温差增大，产生温度应力，从而引发温度裂缝，影响路面的耐久性和使用寿命。因此，在设计和施工中需要采取有效措施控制水泥用量，如掺加矿物掺合料等，以降低水化热，减少温度裂缝风险。同时，水泥的细度、凝结时间、安定性等理化性能指标也应满足高性能混凝土的要求，避免引起混凝土性能的不利影响。

1.2 外加剂

外加剂在改善高性能混凝土性能方面发挥着不可替代的作用。高性能混凝土常用的外加剂主要包括减水剂、引气剂和缓凝剂等。其中，减水剂可以有效降低混凝土的水胶比，在保证混凝土工作性的同时，提高混凝土的强度和耐久性；引气剂可以通过引入细小均匀的气泡，提高混凝土

的抗冻融性能，增强混凝土的耐久性；缓凝剂则可以延长混凝土的凝结时间，方便施工，避免出现冷接缝等问题。超塑化剂是一种新型高效减水剂，具有减水率高、用量少等特点，能够显著降低混凝土的水胶比，是制备高性能混凝土的关键材料之一。在选用外加剂时，应根据混凝土的性能要求和施工条件等因素综合考虑，选择合适的种类和掺量，并通过试验验证，以发挥外加剂的最佳效果，满足高性能混凝土的性能要求。

1.3 掺合料

掺合料是通过物理效应或化学反应改善混凝土性能的细粉料，是制备高性能混凝土的重要组成部分之一。常用的掺合料主要有粉煤灰、矿粉、硅灰等。掺合料具有火山灰效应和微集料效应，可以提高混凝土的密实度，优化混凝土的孔结构，改善界面结构，从而提高混凝土的强度和耐久性。例如，粉煤灰和矿粉可以部分取代水泥用量，降低水化热，改善混凝土的流动性和和易性，提高混凝土的后期强度；硅灰与水泥水化产物发生火山灰反应，生成大量的C-S-H凝胶，填充混凝土的孔隙，显著提高混凝土的强度、密实性和耐久性。掺合料的品种和掺量需要综合考虑混凝土配合比、性能要求、成本等因素，并通过试验优化，以达到理想的性能效果。

2 高速公路高性能混凝土性能检测

2.1 力学性能检测

高速公路高性能混凝土的力学性能是评价其承载能力和耐久性的关键指标，主要包括抗压强度、抗折强度和弹性模量等。抗压强度是衡量混凝土强度等级的基本参数，可采用标准尺寸的立方体或圆柱体试件，在规定龄期和养护

条件下进行抗压试验测定。高速公路高性能混凝土的设计强度通常在C50及以上,以满足重载交通的承载要求。抗折强度对控制路面板的裂缝具有重要意义,可采用弯拉试验或劈裂试验测定,评价混凝土的抗裂性能。弹性模量反映混凝土的变形特性,采用静力弹性模量测定方法更符合路面结构的实际受力状态。混凝土的弹性模量与骨料种类、水胶比等因素有关,选用高弹性模量骨料可提高混凝土的弹性模量。混凝土力学性能的检测应严格按照规范要求进行,并做好试件制备、养护和试验过程的质量控制,以保证检测结果的准确性和可靠性。

2.2 耐久性性能检测

高速公路高性能混凝土除了要具备优异的力学性能外,还需要具有良好的耐久性,以适应复杂多变的使用环境。耐久性检测的主要项目包括抗冻融性能、抗渗性能、抗硫酸盐侵蚀性能、抗碳化性能等^[1]。抗冻融试验采用快速冻融法,通过测定混凝土经受一定循环次数后的相对动弹模量损失或质量损失,评价混凝土的抗冻融性能。抗渗性能可采用渗水试验或水中吸水试验测定,反映混凝土抵抗水和有害物质渗透的能力。抗硫酸盐侵蚀试验采用长期浸泡法,测定混凝土在硫酸盐溶液中浸泡一定时间后的强度损失、质量损失和体积膨胀率,评价混凝土的抗硫酸盐侵蚀性能。抗碳化性能采用加速碳化试验,测定混凝土在高浓度CO₂环境下一定时间后的碳化深度,评价混凝土的抗碳化能力。耐久性检测应结合工程所处的环境条件和使用要求,选择合适的检测方法和评价指标,以全面评估高性能混凝土的耐久性能。

2.3 工作性能检测

高性能混凝土的工作性能直接影响其施工质量和效果,因此需要进行必要的检测和控制。工作性能检测主要包括和易性、保水性、泌水性、黏聚性等方面。和易性反映混凝土的流动性和填充性,可以采用坍落度试验检测混凝土的流动性^[2]。该试验方法使用的仪器为坍落度检测仪,适用于坍落度在10mm以上的混凝土。保水性反映混凝土保持塑性变形能力的持续时间,与坍落度瞬时损失呈负相关,采用坍落度半小时损失率评价,损失率控制在30mm以内。泌水性反映混凝土中自由水的析出情况,与混凝土的离析、隔离等问题有关,可用泌水率评价。黏聚性反映混凝土的内聚能力,可采用L型仪流动时间、V型漏斗流动时间等指标评价,黏聚性越好,L型仪流动时间越短,V型漏斗流动

时间越长。混凝土工作性能的检测应在拌合物的生产和运输过程中进行,并根据检测结果及时调整混凝土配合比,以满足施工要求。

2.4 长期性能检测

为了评估高性能混凝土在高速公路实际使用条件下的长期性能,需要开展相应的检测研究工作。长期性能检测主要包括长期强度、抗压蠕变、干缩和徐变、抗疲劳等方面。长期强度反映混凝土在长期持荷作用下强度的发展规律,采用同条件养护的试件在不同龄期进行抗压强度测试,一般龄期可延长至1年以上。抗压蠕变反映混凝土在长期荷载作用下的变形特性,采用蠕变试验测定混凝土在不同应力水平下的蠕变系数和蠕变发展规律^[3]。干缩和徐变反映混凝土基体在无外荷作用下的体积变形特性,与混凝土的开裂风险密切相关,采用收缩试验测定混凝土的自由收缩应变。抗疲劳性能反映混凝土在反复荷载作用下的力学性能退化规律,采用疲劳试验测定混凝土在不同应力水平和加载次数下的疲劳寿命。长期性能检测周期长、工作量大,需要制定长期系统的研究方案,并加强过程管理和数据分析,以获得可靠的性能评价结果。

3 高性能混凝土试验检测要点

3.1 科学选择胶凝材料

高性能混凝土对胶凝材料的品质要求较高,应根据工程需要和性能目标科学选择合适的胶凝材料。通常采用强度等级在42.5及以上的硅酸盐水泥,如普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥等,以保证混凝土的强度和耐久性。为了降低水化热,减少温度裂缝风险,可选用中热或低热水泥,必要时可掺加粉煤灰、矿粉等矿物掺合料,替代部分水泥用量。粉煤灰和矿粉不仅可以降低水泥用量,减少水化热,而且可以改善混凝土的工作性能,提高长期强度和耐久性。需要注意的是,矿物掺合料的品质和掺量也应符合相关标准的规定,并通过试配和试验验证其效果。此外,还应关注胶凝材料与外加剂、骨料等组分的适应性,避免引起不良的相容性问题。在满足性能要求的前提下,可采用多组分复合胶凝材料体系,优化胶凝材料的组成和配比,在提高混凝土性能的同时,兼顾经济性和资源利用效率。

3.2 合理选择骨料

骨料是混凝土的主要组成部分,其品质和级配直接影响混凝土的性能。粗骨料应选择高强、高弹性、耐磨且有良

好粒形的石料,如玄武岩、石灰岩、花岗岩等,粒径一般不大于40mm,针片状颗粒含量应控制在规范限值内。细骨料应采用连续级配良好的中砂,含泥量应符合标准要求,减少石粉含量,提高砂的洁净度。骨料的压碎值、磨光值等机械性能指标应满足设计要求,安定性良好,无活性或有害物质。需要注意的是,不同产地、不同批次的骨料品质可能存在较大差异,应加强进场检验和质量控制,确保骨料的品质稳定可靠。在配合比设计时,应优化骨料的级配组成,控制细度模数、空隙率等参数,改善混凝土的和易性和密实度。同时,还应考虑骨料的经济性和可获得性,在保证工程质量的前提下,尽量选用本地化、品质稳定的优质骨料,减少运输成本和质量风险。

3.3 科学选用外加剂

外加剂在高性能混凝土中发挥着关键作用,应结合工程需求和性能目标,科学选用合适的外加剂品种和掺量。减水剂是必不可少的组分之一,宜选用萘系、聚羧酸系等高效减水剂,有效降低水胶比,提高混凝土强度和耐久性。引气剂可用于提高混凝土的抗冻融性能,掺量一般为外加剂总量的0.005%~0.03%。缓凝剂可延长混凝土的凝结时间,改善施工性能,宜选用柠檬酸盐类、磷酸盐类等低碱缓凝剂^[4]。早强剂可促进混凝土早期强度发展,缩短拆模养护时间,常用硫酸盐类、硝酸盐类早强剂。膨胀剂可补偿混凝土收缩,减少裂缝风险,如采用UEA膨胀剂等。需要注意的是,外加剂的选用应与胶凝材料、骨料相容,避免引起混凝土性能的异常变化。应通过试配和性能试验优化外加剂的组合使用,既要发挥协同增效作用,又要避免不良的化学反应。

3.4 优化配合比设计

高性能混凝土的配合比设计应遵循“低水胶比、高胶凝材料用量、严格骨料级配”的基本原则,在满足强度和耐久性等性能要求的基础上,兼顾工作性、经济性等因素。研究表明,当水胶比在0.4左右时,适当增加粉煤灰掺量,可以在保证28天强度不明显降低的前提下,适度降低水胶比,改善混凝土工作性能^[5]。具体而言,每增加10%的粉煤灰掺量,水胶比可相应降低0.01左右,且这一降幅随着粉煤灰掺量的提高而逐渐增大。这在较高水胶比条件下,通过合理掺加粉煤灰优化混凝土配合比提供了新思路。优化后的配合比应进行工业性试验验证,并在生产过程中根

据原材料、工艺条件的变化进行动态调整和优化,以保证混凝土性能的稳定性和可靠性。

3.5 加强生产和施工质量控制

高性能混凝土从原材料、配合比到拌合、运输、浇筑、养护等生产和施工全过程的质量控制至关重要,关系到混凝土工程的最终性能和使用功能。一方面要加强原材料进场检验和复检,对水泥、矿物掺合料、外加剂、骨料等原材料的品质和技术指标进行严格把关,确保原材料质量稳定可靠。另一方面要强化生产过程控制,混凝土拌合应采用自动化控制系统,确保各种原材料计量准确,拌合均匀充分。

同时要加强对拌合物性能检测,及时掌握混凝土的工作性能变化,并根据检测结果动态调整配合比。运输和浇筑过程要合理组织,避免离析、泌水等问题,并做好振捣、抹面、养护等关键工序的质量控制^[6]。养护是发挥高性能混凝土潜力的重要环节,应根据工程需要采取蒸汽养护、自然养护等多种方式,并实施必要的过程监测和动态控制。

结束语

高速公路高性能混凝土需要严格的试验检测来保证其性能满足设计和使用要求。应从原材料控制、性能检测、配合比设计等方面加强试验检测,并注重分析其内在联系。采用先进的检测手段和试验方法,建立完善的质量控制体系。只有在试验检测的基础上,才能充分发挥高性能混凝土的高强、高耐久、高性能优势,保障高速公路工程建设的顺利进行,提高路面的使用寿命。

参考文献:

- [1] 齐明折. 浅析高速公路高性能混凝土试验检测研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(2): 4.
- [2] 柯睿. 高速公路高性能混凝土试验检测研究[J]. 写真地理, 2020(24): 1.
- [3] 骆保. 高速公路高性能混凝土试验检测研究[J]. 建材发展导向, 2020, 018(012): 260.
- [4] 刘涛. 高速公路工程中高性能混凝土试验检测相关问题思考[J]. 运输经理世界, 2023, (03): 152-154.
- [5] 汪一波. 高速公路高性能混凝土试验检测方法[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(06): 44+46.
- [6] 牛波. 浅谈高速公路高性能混凝土试验检测[J]. 城市建筑, 2020, 17(14): 175-176.