

机制砂特性及其对混凝土性能影响的试验检测研究

高峰

宁波智领交通工程检测有限公司 浙江 宁波 315100

摘要:本研究围绕机制砂特性及其对混凝土性能的影响展开。阐述了机制砂定义、特性与制备工艺,从理论剖析其颗粒形状、石粉含量、MB值对混凝土性能的影响机制。再经试验,改变机制砂参数制件并与天然砂混凝土对比。结果显示,机制砂特性显著影响混凝土性能。最后基于成果,提出调整配合比、加强质量控制与优化施工等建议,为机制砂在混凝土工程中的应用提供依据。

关键词:机制砂特性;混凝土性能影响;试验检测

引言:伴随基础设施建设发展,混凝土需求大增,天然砂资源却因过度开采渐趋枯竭,且生态破坏严重,寻找替代品迫在眉睫。机制砂因来源广、质量可控获广泛应用,但与天然砂特性差异大,对混凝土性能影响复杂。深入研究其特性与影响规律,对合理用砂、优化配比、保障工程质量意义重大,也是建筑行业可持续发展的关键。

1 机制砂的基本特性及制备工艺

1.1 机制砂的定义

机制砂,是指通过机械破碎、筛分等工艺,将岩石、矿山尾矿或工业废渣等原材料加工而成的粒径小于4.75mm的人工砂。与天然砂相比,机制砂的生产不受地域、资源储量等自然条件限制,能够根据工程需求调整生产参数,具有来源广泛、质量可控的特点。在天然砂资源日益稀缺、生态保护要求不断提高的背景下,机制砂逐渐成为建筑用砂的重要替代品,广泛应用于混凝土、砂浆等建筑材料生产中。

1.2 机制砂的主要特性

机制砂的颗粒形状呈现出棱角多、裂纹多、形状不规则的显著特征。这是由于其在机械破碎过程中,岩石受到挤压、冲击等外力作用,形成了大量不规则的断面和尖锐棱角。相较于圆润的天然砂,机制砂的这种颗粒形态增大了颗粒间的摩擦力和咬合力,使得颗粒在混凝土中能够相互嵌挤,提高混凝土的稳定性。然而不规则的形状也导致机制砂颗粒的比表面积较大,在混凝土拌制过程中需要更多的水泥浆体来包裹颗粒表面,增加了用水量和水泥用量。在级配方面,机制砂的级配可通过调整生产工艺和筛分设备进行控制。合理的级配能够使机制砂颗粒相互填充,减少空隙率,从而提高混凝土的密实度和强度。但在实际生产中,若生产工艺控制不当,容易出现级配不良的情况,如细颗粒或粗颗粒含量

过高,影响混凝土的工作性能和力学性能。石粉是指机制砂中粒径小于 $75\mu\text{m}$ 的微小颗粒。适量的石粉含量对混凝土性能具有积极影响。一方面,石粉能够填充机制砂颗粒间的空隙,降低混凝土的空隙率,提高混凝土的密实度;另一方面,石粉颗粒具有一定的吸附能力,能够吸附水泥水化过程中产生的钙离子,促进水泥的水化反应,改善混凝土的和易性和强度^[1]。当石粉含量过高时,会导致混凝土的需水量增加,工作性能变差,同时还可能影响混凝土的耐久性。MB值是反映机制砂中泥粉含量的重要指标。泥粉与石粉不同,其颗粒表面吸附能力强,会吸附水泥浆体中的水分和胶凝材料,降低水泥的水化效率,影响混凝土的强度和耐久性。MB值越大,表明机制砂中泥粉含量越高。在混凝土生产中,严格控制机制砂的MB值至关重要,一般要求MB值不超过1.4,以保证机制砂的质量和混凝土的性能。

1.3 机制砂的制备工艺

机制砂的制备工艺主要包括破碎、筛分、整形和除尘等环节。破碎是将大块岩石或原材料破碎成较小粒径的颗粒,常用的破碎设备有颚式破碎机、圆锥破碎机、反击式破碎机等。不同类型的破碎机适用于不同硬度和性质的原材料,通过多级破碎逐步减小颗粒粒径。筛分是将破碎后的颗粒按照粒径大小进行分级,常用的筛分设备有振动筛、圆振动筛等。通过合理设置筛网孔径,可控制机制砂的级配,使其满足工程需求。整形是对机制砂颗粒进行进一步加工,改善颗粒形状,减少针片状颗粒含量,提高颗粒的圆润度和规则性,常用的整形设备有立轴冲击式破碎机。除尘是机制砂制备过程中的重要环保环节,通过除尘设备去除生产过程中产生的粉尘,降低环境污染,同时提高机制砂的质量。先进的机制砂生产线通常采用干法生产工艺或半干法生产工艺,将破碎、筛分、整形和除尘等环节有机结合,实现机制

砂的高效、环保生产。

2 机制砂特性对混凝土性能影响的理论分析

2.1 机制砂颗粒形状与级配对混凝土性能的影响

机制砂的颗粒形状和级配对混凝土的工作性能和力学性能有着重要影响。在工作性能方面,棱角多、形状不规则的机制砂颗粒在混凝土拌合物中相互摩擦和阻碍,增加了拌合物的内摩擦力,导致混凝土的流动性降低。同时较大的比表面积使得机制砂需要更多的水泥浆体来包裹颗粒表面,进一步增加了用水量,降低了混凝土的工作性能^[2]。若机制砂级配不良,如细颗粒含量过高,会使混凝土拌合物过于粘稠,流动性差,且容易出现离析、泌水现象;若粗颗粒含量过高,则会导致混凝土拌合物的粘聚性和保水性不足,影响施工质量。在力学性能方面,机制砂颗粒间的棱角和咬合力能够增强颗粒间的嵌挤作用,提高混凝土的抗压强度和抗折强度。合理的级配能够使机制砂颗粒相互填充,形成紧密的堆积结构,减少混凝土内部的空隙,提高混凝土的密实度和强度。但当颗粒形状过于不规则或级配不合理时,会在混凝土内部形成薄弱环节,降低混凝土的力学性能。

2.2 石粉含量对混凝土性能的影响

石粉含量对混凝土性能的影响具有两面性。适量的石粉能够改善混凝土的和易性,石粉颗粒填充在机制砂颗粒间的空隙中,减少了空隙率,使混凝土拌合物更加密实,流动性和粘聚性得到提高。石粉能够吸附水泥水化过程中产生的钙离子,促进水泥的水化反应,提高混凝土的早期强度和后期强度。此外,石粉还能够改善混凝土的抗渗性和抗冻性,提高混凝土的耐久性。然而,当石粉含量过高时,会对混凝土性能产生不利影响。过多的石粉会增加混凝土的需水量,导致混凝土拌合物的流动性降低,工作性能变差。石粉会吸附大量的水泥浆体,降低水泥的水化效率,影响混凝土的强度发展。高石粉含量还可能导致混凝土的收缩增大,抗裂性能下降,影响混凝土的耐久性。

2.3 MB值对混凝土性能的影响

MB值反映了机制砂中泥粉含量的高低,泥粉对混凝土性能的影响主要体现在工作性能和耐久性方面。泥粉具有较强的吸水性和吸附性,会吸附水泥浆体中的水分和胶凝材料,导致混凝土的需水量增加,工作性能变差。在混凝土拌制过程中,泥粉会使混凝土拌合物的流动性降低,粘聚性和保水性变差,容易出现离析、泌水现象,影响施工质量。在耐久性方面,泥粉会阻碍水泥的水化反应,降低混凝土的强度和密实度。泥粉中含有大量的有害物质,如黏土矿物等,会与水泥水化产物发

生化学反应,导致混凝土内部结构破坏,降低混凝土的抗渗性、抗冻性和抗侵蚀性,缩短混凝土的使用寿命。

3 机制砂特性对混凝土性能影响的试验研究

3.1 试验设计

为深入探究机制砂特性对混凝土性能的影响,本试验采用多因素变量控制法,精心选取来自三个不同地质区域的机制砂作为研究对象,其母岩分别为石灰岩、花岗岩和玄武岩,确保样本具备广泛代表性。针对机制砂特性,设置颗粒形状(棱角系数0.6-0.9)、级配(细度模数2.3-3.1)、石粉含量(5%-15%)和MB值(0.5-2.0)等参数梯度变化组。混凝土配合比设计遵循JGJ55-2011《普通混凝土配合比设计规程》,选用强度等级42.5的普通硅酸盐水泥、5-25mm连续级配碎石,水胶比设定为0.45。试验重点研究机制砂特性对混凝土坍落度(目标值160-200mm)、扩展度、和易性,28天抗压与抗折强度,以及抗渗等级(P6-P12)、抗冻等级(F100-F300)的影响。同时以相同配合比制备天然砂混凝土作为对照组,所有试验均严格按照GB/T50080-2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》等规范执行,确保试验数据科学可靠。

3.2 试验过程与方法

试验过程严格遵循标准化流程。原材料预处理阶段,对机制砂进行水洗分级、筛分整形,精准控制各参数指标;水泥选用海螺牌P.O42.5水泥,碎石采用石灰岩质连续级配骨料。搅拌工艺采用双卧轴强制式搅拌机,先将水泥、砂石干拌90秒使物料充分混合,再加入预先溶解外加剂的水溶液,湿拌120秒至拌合物均匀^[3]。工作性能测试时,在拌合物出机后15分钟内,采用标准坍落度筒测定坍落度与扩展度,通过捣棒插捣观察粘聚性,静置观察保水性能;力学性能试件浇筑采用三层振捣法,成型后覆膜养护24小时脱模,置于温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $\geq 95\%$ 的标准养护室养护,分别在3天、7天、28天龄期,使用YES-2000型压力试验机进行抗压与抗折强度测试;耐久性试验中,抗渗性采用HP-40型混凝土渗透仪进行逐级加压测试,抗冻性利用快速冻融试验机按ASTMC666标准循环测试,记录质量损失率与动弹性模量变化。各测试项目均设置3组平行试件,取平均值以减少试验误差。

3.3 试验结果与分析

试验结果显示,机制砂颗粒形状与级配对混凝土性能影响呈现显著规律性。棱角系数0.8以上的机制砂使混凝土坍落度下降约30mm,但28天抗压强度提升12%-15%,这是由于尖锐棱角增强了颗粒间机械咬合作用;细

度模数2.6-2.8的级配能有效平衡流动性与强度,当级配不良时,混凝土离析率增加18%,强度降低8%-10%。石粉含量试验表明,8%-10%的石粉掺量可使混凝土和易性最优,坍落度提高15mm,3天抗压强度提升10%,这得益于石粉对水泥水化的微集料填充效应;但当石粉含量超过12%,需水量激增20%,28天强度反而下降5%-7%。MB值与混凝土性能呈现显著负相关,MB值每增加0.5,混凝土抗渗等级下降1-2级,抗冻融循环次数减少30-50次,这是因为泥粉吸附大量水分与胶凝材料,严重削弱了水泥石结构的密实性。与天然砂混凝土对比发现,机制砂混凝土早期收缩率高15%-20%,但后期强度增长潜力更大。

4 优化机制砂使用及混凝土配合比的建议

4.1 根据机制砂特性调整混凝土配合比

根据机制砂的颗粒形状、级配、石粉含量和MB值等特性,合理调整混凝土配合比。对于棱角多、比表面积大的机制砂,适当增加水泥浆体用量,提高混凝土的流动性;对于级配不良的机制砂,通过调整砂率或掺入适量的细骨料,改善混凝土的级配。根据石粉含量的变化,调整用水量和水泥用量。当石粉含量较高时,适当增加用水量,以保证混凝土的工作性能;考虑石粉对水泥水化的促进作用,可适当减少水泥用量。对于MB值较高的机制砂,应严格控制其用量,或采取措施降低泥粉含量,如增加水洗次数等,确保混凝土的性能满足工程要求。

4.2 机制砂的质量控制与检测方法

加强机制砂的质量控制,建立完善的质量检测体系。在机制砂生产过程中,严格控制原材料质量,定期检测机制砂的颗粒形状、级配、石粉含量和MB值等指标,确保机制砂质量稳定。采用先进的检测设备和方法,如激光粒度分析仪、亚甲蓝试验仪等,提高检测的准确性和效率^[4]。加强对机制砂生产企业的监管,规范生产工艺,提高机制砂的质量水平。在混凝土生产过程

中,对进场的机制砂进行严格检验,杜绝不合格机制砂用于混凝土生产。

4.3 机制砂混凝土施工注意事项

在机制砂混凝土施工中,需依其特性系统优化工艺。因机制砂棱角多、比表面积大,致使混凝土拌合物内摩擦力大、流动性低,且石粉含量、MB值影响保水性能。浇筑时,严格把控坍落度在160-200mm,避免坍落度过大离析、过小影响密实;同时依构件调整浇筑速度,防骨料分离。振捣选用高频插入式振捣棒,控制时间20-30秒,以表面泛浆、无气泡溢出为准,确保密实。养护至关重要,浇筑后1-2小时内覆盖薄膜或土工布保湿,养护14天以上,防收缩裂缝。冬季施工时,采用暖棚加热、覆盖保温被、添加防冻剂等措施,维持混凝土内部温度5℃以上,保障强度增长,确保施工质量。

结束语

本研究经理论分析与试验检测,明确机制砂特性对混凝土性能的影响规律,并提出优化建议。成果为机制砂应用提供技术支撑,助力提升混凝土质量、降低成本、推动行业绿色发展。但机制砂性能受原料和工艺影响大,未来需针对不同产地与工况深入研究,完善技术标准,拓展其在复杂工程中的应用。

参考文献

- [1]张元朔,章家海,项炳泉,等.机制砂母岩特性对机制砂混凝土性能影响的研究现状[J].安徽建筑,2021,28(7):103-104,143.DOI:10.16330/j.cnki.1007-7359.2021.07.049.
- [2]高志坚.机制砂特性对混凝土性能的影响研究[J].广东建材202238(2):5-7.DOI:10.3969/j.issn.1009-4806.2022.02.004.
- [3]赵博,赖龙洁,李虎成.不同种类机制砂对混凝土性能的影响[J].广东建材,2022,38(07):1-3+15.
- [4]熊文,米阳,吴鑫.机制砂粒径及含量对自密实混凝土性能的影响[J].混凝土世界,2022(06):45-48.