

# 机制砂对混凝土的影响与应用技术

段祥德<sup>①</sup>

(湖南省交通科学研究院有限公司, 湖南 长沙 410000)

**摘要:** 为解决混凝土配置过程中天然砂短缺的问题, 本文提出天然砂替代品——机制砂, 在介绍其主要特点的基础上, 明确机制砂特性可能给混凝土性能造成的影响, 并提出机制砂在高速公路高性能混凝土配置过程中的应用技术, 以期对相关人士提供参考。

**关键词:** 混凝土; 机制砂; 天然砂

**中图分类号:** TU528 **文献标志码:** A



混凝土作为交通工程建设最常用的一种建筑材料, 在配置过程中需要用到大量天然砂。但天然砂的获取有一定难度, 为不因此增加成本, 可在混凝土配置中使用机制砂代替天然砂, 但由于天然砂和机制砂的性质特点有所不同, 所以应明确机制砂自身特性可能给混凝土性能造成的影响, 并探究合理、可行的机制砂应用技术。

## 1 机制砂主要特点

### 1.1 生产特点

机制砂是指以当地现有材料或对粗骨料进行生产时余下的材料为原料, 借助制砂机制得的砂。因此, 可通过对制砂参数的适当调整, 对机制砂质量予以有效控制, 从而改进机制砂各项性能, 包括级配、细度模数与粒形, 这和天然砂有本质上的不同。然而, 因不同地区的砂源、设备及工艺有所不同, 所以实际生产的机制砂, 其级配与粒形等也会存在一定差别, 机制砂生产工艺流程见图1。

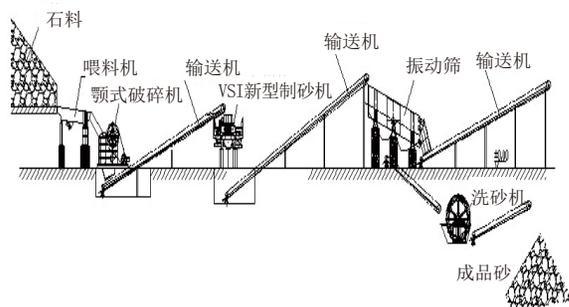


图1 机制砂生产工艺流程

### 1.2 外观特征

天然砂的外观大多为黄色, 即便含泥量很高, 也难以直接看出, 但机制砂的外观多为灰白色或黑色, 且粒形尖锐, 如果机制砂中石粉的含量达到10%, 则看上去如同石粉, 能使人提高警惕, 避免直接使用造成问题发生。机制砂外观见图2。



图2 机制砂外观

### 1.3 石粉含量

机制砂生产时, 难免产生一定数量的石粉, 这属于正常现象, 同时也是和天然砂之间最显著的差别。石粉是指经过除土后, 在机制砂加工时产生的粒径在

① 作者简介: 段祥德 (1975— ), 男, 汉族, 湖南省邵阳人, 本科, 工程师, 研究方向: 公路工程。

75 μm以内的粉体,它的矿物组成及化学成分都和被加工母岩一致。尽管都是粒径在75 μm以内的颗粒,但机制砂含有的石粉和天然砂中含有的泥在成分上有很大差别。其中,天然砂中含有的泥会对混凝土造成不利影响,应在施工中以严格控制。但机制砂含有的石粉非不会对混凝土造成不利影响,对混凝土强度的形成还有一定益处,如能弥补施工和易性、完善细骨料方面的级配与保证密实度等<sup>[1]</sup>。

#### 1.4 粗细程度

当前生产的机制砂主要为中粗砂,其细度模数为3.0~3.7。如果细度模数过大,则说明粗颗粒含量过高,粒径在300 μm以内的颗粒含量过少,使级配不科学,影响混凝土的施工和易性;如果细度模数过小,则说明粒径在75 μm以内的石粉含量过多,可能使混凝土用水量升高,降低成型后的强度,并产生很大的收缩现象。可见,机制砂含有的石粉数量因细度模数变化而改变,当细度模数小时,机制砂石粉含量高,而当细度模数大时,机制砂石粉含量低。

#### 1.5 级配状况

对颗粒组成的统计可知,机制砂中粒径大于2.36 mm与粒径小于0.15 mm的颗粒含量相对较高,中间粒径颗粒含量则较少,尤其是粒径在0.3~1.18 mm范围内的颗粒,可能出现某个粒级断档的情况。因此,机制砂的级配可以满足天然砂I区或II区的要求<sup>[2]</sup>。

#### 1.6 颗粒形状

由于机制砂采用机械破碎而成,所以其粒形大多为三角形或矩形,不仅有棱角,而且表面粗糙,这对和水泥之间的黏结十分有利,但会影响混凝土施工和易性,尤其是强度等级不高的混凝土,可能导致严重的泌水。但由于机制砂中含有一定量的石粉,所以能起到弥补以上缺陷的作用。

## 2 机制砂特性对混凝土性能的影响

### 2.1 混凝土强度

天然砂中粒径在75 μm以内的颗粒被称作泥粉,大多属于杂质,如有机质、黏土和云母等,会使混凝土用水量明显增加,对水泥正常水化造成影响和阻碍,使水泥石和集料无法良好黏结。按照《建设用砂》(GB/T14684—2011)对机制砂中的石粉含量提出的要求,机制砂中石粉含量不能超过10%。

### 2.2 混凝土和易性

和易性指的是混凝土易于完成搅拌、运输和浇筑等作业,同时获取良好均匀性及密实性的性能。石粉

替代一定量水泥及矿物掺和料在混凝土中使用,能对细粉料颗粒级配予以改善,同时提高浆体机械咬合力。在混凝土中,小颗粒有很大比表面积,能吸附大量处于自由状态的水,实现对混凝土自身保水性的有效改善。机制砂中含有的小颗粒和水泥及水混合形成的细砂浆会在混凝土中起到减小粗骨料摩擦的作用,进而改善混凝土的流动性。

### 2.3 混凝土抗渗性

混凝土抗渗性取决于孔结构,所以多数人认为机制砂中含有的石粉是使混凝土抗渗性得以提高的主要原因。虽然石粉属于惰性材料,但能起到促进硅酸盐水化反应与铝酸盐反应的作用,同时能对混凝土自身孔隙结构予以优化,提高混凝土的均匀性。然而,它并不属于胶结材料,在替代一部分水泥后,水化产物将有所减少,使混凝土密实性变差,进而对混凝土抗渗性造成影响。

## 3 机制砂在高速公路高性能混凝土配制中的应用技术

### 3.1 配合比设计

采用机制砂配制高速公路高性能混凝土时,其配合比设计步骤为:

(1)以机制砂性能检测标准为依据对混凝土设计强度进行计算。

(2)根据计算确定的混凝土设计强度与耐久性,对单位体积混凝土用水量、矿物掺和料用量与外加剂用量进行计算。

(3)采用体积法对工程所用砂石用量与它的基准配合比进行计算。

(4)根据高性能混凝土的相关检测标准对氯离子含量及含碱量进行测试。

(5)按照以上各步骤得出的参数进行混凝土拌和。

### 3.2 机制砂质量控制

(1)对高性能混凝土制备时使用的机制砂,其岩石应坚硬,且不能有杂土存在,若机制砂制备初期母岩性质发生较大变化,则要重新测定母岩抗压强度,以此选出与标准相适应的机制砂母岩<sup>[3]</sup>。

(2)生产机制砂时,需要检测不能统计出调砂中含有的石粉含量,同时结合检测结果,调整生产参数,以此将石粉含量过多这一因素给机制砂质量造成的影响降至最低。另外,配制机制砂时,为尽可能减少石粉含量,还应在系统中设置吸尘装置。

(3) 对机制砂细度模数做有效判别, 确保机制砂有良好工作性。对普通混凝土, 其用砂的细度模数为3.7~1.6, 但对高性能混凝土, 其用砂的细度模数需达到3.7以上<sup>[4-5]</sup>。

### 3.3 高性能混凝土拌和与养护

考虑到机制砂中含有很多石粉, 故采用机制砂配制高性能混凝土时应适当延长拌和时间, 应延长30 s左右, 以此保证混凝土有良好的均匀性与流动性。同样是由于机制砂中含有石粉, 所以混凝土中浆体量会有所增加, 导致混凝土由于早期失水出现塑性收缩的现象, 同时干燥性收缩也会被放大。因此, 采用机制砂配制高性能混凝土时应应对前期及中期养护引起足够的重视。一般情况下, 为了使配制的高性能混凝土性能达到要求, 需连续至少15 d的时间<sup>[6]</sup>。

混凝土生产配制中, 要想明显缩短运输距离从而减少运输时间, 需要将拌和站直接建在施工现场中。全面勘察施工现场实际施工条件, 并结合工程的基本特性与施工规模, 对混凝土拌和站进行合理布置。对拌和站的自动计量系统要做好定期标定, 在每班生产作业开始前进行一次全面检查, 保证计量结果的准确性。计量结果的偏差, 应满足以下基本要求: 水泥、粉煤灰和水的计量结果偏差不能超过 $\pm 1\%$ ; 粗、细骨料计量结果偏差不能超过 $\pm 2\%$ ; 减水剂计量结果偏差不能超过 $\pm 0.5\%$ 。混凝土生产拌制中, 试验专业人员应随时测定砂石实际含水量, 以便根据含水量实测结果对混凝土的生产配合比进行适当调整。如果在混凝土生产过程中由于受到自然环境等因素的限制, 无法在现场进行拌和站的布置, 则可在现场附近选择适当的位置布置拌和站, 但在此过程中要注意选择适合的运输线路, 选择地势相对平坦、运输距离不长的线路, 以免在运输时混凝土发生离析, 保证之后的浇筑施工能够顺利完成, 并达到预期的质量目标。从拌和站运输至现场后, 混凝土坍落度必须满足要求, 运输期间应尽可能避免或减少停留, 加快装运速度, 最大限度地减小坍落度损失。除此之外, 还要保证现场报验时间准确无误, 以免对混凝土浇筑造成影响, 使浇筑在最佳时间进行, 保证混凝土整体外观质量与耐久性<sup>[7-8]</sup>。

相对而言, 机制砂混凝土流动性较差, 还有一定黏聚性, 所以为保证浇筑完成后的混凝土达到密实, 保证施工质量, 应认真做好振捣。振捣过程中要选择适宜的振捣机具, 并对振捣速度予以严格控制, 使振

捣达到均匀, 防止发生欠振或漏振, 使浇筑完成后的混凝土达到均匀和密实。若浇筑方量较大, 应分层进行浇筑, 通过振捣使混凝土形成一个完整的整体, 防止混凝土分层。若遇到钢筋分布较密集的情况或存在复杂预埋件的情况, 应提前制定合理、可行的浇筑方案, 在振捣过程中还应防止与钢筋或预埋件间发生碰撞。养护作为混凝土施工的重要环节之一, 应保证养护的科学性与合理性, 为混凝土提供良好条件, 防止裂缝的产生。相较河砂混凝土, 机制砂混凝土含水量较大, 为防止混凝土由于早期水分散失造成开裂, 必须加强养护。混凝土振捣完成后, 立即在表面覆盖一层土工布或草席, 并进行定期洒水<sup>[9]</sup>。

## 4 结束语

(1) 机制砂可代替天然砂在混凝土配制中使用, 但由于机制砂中含有石粉, 所以可能会对混凝土的强度、和易性及抗渗性造成影响, 因此在实际的混凝土配制过程中要进行严格控制。

(2) 未来加强对机制砂在高性能混凝土配制中的研究和应用力度, 对促进我国铁路事业和工程建筑产业的发展具有重要的历史作用和现实意义。

## 参考文献

- [1] 柯晓军, 叶春颖, 陈世杰, 等. 石粉含量及机制砂取代率对再生粗骨料混凝土流动性和抗压强度的影响[J]. 混凝土, 2020(6): 106-108, 112.
- [2] 杨海峰, 蒋家盛, 李德坤, 等. 机制砂再生混凝土基本力学性能与微观结构分析[J]. 硅酸盐通报, 2018, 37(12): 3946-3950.
- [3] 徐志华, 邓俊双, 刘战鳌, 等. 机制砂中细粉MB值对混凝土性能影响规律的研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2021, 45(6): 1151-1157.
- [4] 邵建峰, 姚绍武, 张文彬, 等. 高品质机制砂大规模生产工艺和质量控制技术[J]. 混凝土, 2013(5): 144-146, 150.
- [5] 任虎. 不同强度等级自密实混凝土梁柱节点抗震性能试验研究[D]. 贵州: 贵州大学, 2021.
- [6] 钟国才. 基于母岩特性的机制砂性能及对水泥浆体流变性影响研究[D]. 福建: 华侨大学, 2017.
- [7] 赵社民. 机制砂品质对混凝土性能的影响[D]. 山西: 太原理工大学, 2016.
- [8] 姚楚康. 石粉特性对混凝土性能的影响研究[D]. 湖北: 武汉理工大学, 2014.
- [9] 李徐. 机制砂自密实混凝土在高速公路中的试验研究[J]. 公路工程, 2013(6): 224-228.