

隧道洞渣机制砂特性对混凝土坍落度的影响研究

黄 伟¹, 于得水²

(1.重庆交大建设工程质量检测中心有限公司, 重庆市 400074; 2.重庆交通大学, 重庆市 400074)

摘 要:为处置开挖隧道所产生的洞渣,解决山区公路建设天然砂供需不足,以及成本高昂的问题,以池祁高速某隧道开挖的洞渣为原材料制备机制砂用于混凝土中,研究了机制砂石粉含量、级配、砂粒形状特征、MB 值等特性对混凝土坍落度的影响。试验结果表明:随着石粉含量的增加,机制砂混凝土的坍落度先增大,当含量超过 5.4% 后逐渐减小;所列 3 种级配中,大于 1.18 mm 和小于 0.075 mm 颗粒含量较少的 JP2 对机制砂混凝土的坍落度贡献较大;机制砂颗粒特征与坍落度具有良好的线型相关性;机制砂 MB 值越大导致混凝土的坍落度减小,在生产时应控制机制砂的 MB 值。

关键词:机制砂;石粉含量;级配;砂粒特征;亚甲蓝值

中图分类号: U214.103

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)12-0174-03

0 引 言

公路隧道的修建可缩短行驶路程、提高运输效率,但开挖过程中产生的洞渣一方面需要土地资源堆放,若未经压实容易改变该区域的地貌,处于雨季易发的山洪使其形成堰塞湖危及下游环境,引发泥石流等次生灾害等^[1]。因此,积极利用隧道洞渣作为公路建设的原材料具有积极意义。目前,隧道洞渣主要应用于路基、路面的建设中^[2-4],尤其是将洞渣加工为机制砂作为水泥混凝土的细集料使用,既解决天然砂的供需矛盾、运输成本,也达到建设绿色公路的目的^[5]。

近年来,国内外对于机制砂能用于混凝土的研究做了大量工作。Jarvenpaa H^[6]认为影响机制砂混凝土流动性的因素为细集料颗粒形状。Sharopouluo^[7]利用 DIP 技术分析了河砂及机制砂的颗粒特性中的平均圆度及丰满比,从而解释了用两者拌制混凝土性能的差别。Li Beixing^[8]的研究认为在低标号混凝土中石粉含量增加会提高抗氯离子渗透,以及耐硫酸盐侵蚀的能力增强,但少量石粉会导致抗冻性能降低;而对于高标号混凝土,石粉掺量在 0~15% 范围内对抗渗及抗冻性能影响较小。黎鹏平^[9]以云桂铁路为背景,认为采用干法制备的机制砂在筛分、破碎方式、除尘等环节更容易控制,并对混凝土的抗水压渗透、抗氯离子渗透、抗硫酸盐侵蚀等性能研究,

结果表明石粉掺量合理可以对耐久性的提升有促进作用。余川^[10]的研究表明,配置 C30 混凝土时石粉含量控制在 8%~12% 范围,D0.15 粒级含量控制在 13%~20% 范围内;建议配置 C50 混凝土时石粉含量控制在 4%~8% 范围,D0.15 粒级含量控制在 7%~15% 范围内。艾长发^[11]将机制砂颗粒分为 <1.18 mm 为 II 组分,≥1.18 mm 为 I 组分,对六个不同级配配制的混凝土进行和易性试验,结果表明,当 I 组分含量过多时,混凝土出现泌水的现象;而 II 组分含量过多时,混凝土在相同用水量下会变粘稠不利于浇筑。

综上,机制砂的特性对混凝土的性能具有一定的影响。对此,该项试验着重研究由池祁高速某隧道洞渣加工而成的机制砂在形貌特征、级配,以及石粉含量等方面对 C50 机制砂混凝土坍落度的影响,为机制砂在混凝土中的应用及隧道洞渣的处理提供思路。

1 试验材料与配比

1.1 试验材料

试验水泥采用强度等级为 42.5 的普通硅酸盐水泥,粗集料为池祁高速某隧道洞渣加工生产的 5~10 mm、10~20 mm 石灰岩,细集料为洞渣制备的石灰岩机制砂,减水剂为苏博特公司生产的减水剂。

1.2 机制砂特性

取不同制砂机生产的三个砂样并对其特性展开试验,其结果见表 1~ 表 3 所列。

1.3 C50 机制砂混凝土配合比

采用正交试验设计法,结合既有工程经验,以水

收稿日期: 2021-03-26

作者简介: 黄伟(1988—),男,工程师,研究方向: 道路材料。

表 1 不同砂样的颗粒形状特征参数表

编号	类别	颗粒形状特征参数				流动时间 /s
		圆度值 C	纵横比 R_d	丰满比	棱角度	
JZS1	立轴式破碎制砂	0.859	1.136	0.897	1.149	34.6
JZS2	双锤式破碎制砂	0.862	1.130	0.912	1.153	40.1
JZS3	对辊式破碎制砂	0.791	1.374	0.843	1.312	38.2

表 2 不同砂样的级配筛分参数表

编号	累计筛余 /%							细度模数	石粉含量 /%	空隙率 /%
	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	0.6 mm	0.3 mm	0.15 mm	0.075 mm			
JZS1	4.0	38.7	57.3	68.1	81.9	93.2	97.2	3.3	2.8	43.1
JZS2	0.0	12.6	35.5	58.8	81.8	90.3	94.3	2.8	5.4	41.7
JZS3	1.0	11.4	35.7	47.6	74.3	85.8	90.6	2.5	9.3	39.6

表 3 不同砂样亚甲蓝值一览表

砂样	MB 值	石粉含量 /%	技术指标
JZS1	0.37	2.8	≤ 3.0
JZS2	0.39	5.4	
JZS3	0.46	9.3	

泥用量、水灰比、砂率、减水剂掺量作为主要因素,设置三个水平,测试拌和物初始坍落度值、坍落度经时损失值及混凝土硬化后各龄期的抗压强度值,经验证优选配比参数为水泥用量 455 kg/m³,水灰比为 0.30,砂率为 40%,减水剂为 1.0%。

2 结果与分析

2.1 石粉含量对坍落度的影响

在机制砂混凝土体系中,一定量的石粉有益于混凝土的工作性^[12],测试不同石粉含量机制砂混凝土拌和物的坍落度,试验结果见图 1 所示。

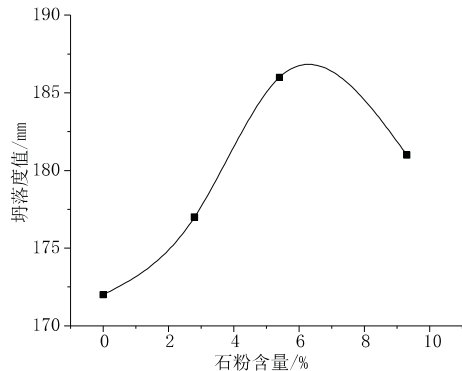


图 1 不同石粉含量的坍落度值曲线图

由图 1 可知,混凝土的坍落度值随石粉含量的增加逐渐增大,当石粉含量超过 5.4%时,坍落度明显呈下降趋势。其原因为:(1)石粉的比表面积接近于水泥,补充了浆体材料的数量给予拌和物一定的粘聚性使得混凝土拌和物的坍落度值不会降低;(2)

由于机制砂及碎石表面较粗糙,并存在凹凸分布,石粉的加入正好填补了界面凹凸处,一定程度上降低混凝土拌和物的内阻力,改善了混凝土的工作性。上述均为石粉含量适宜的积极作用。若当石粉含量超限时,将耗费大量水分导致拌和物流动性过好而造成坍落度下降,同时石粉中钙质成分也会对减水剂进行吸附导致 Zeta 电位降低,使得颗粒间排斥作用降低,影响混凝土拌和物的工作性。

2.2 级配对坍落度的影响

采用 3 种级配的机制砂拌制混凝土,砂样级配见表 2 所列,测试其坍落度,试验结果见图 2 所示。

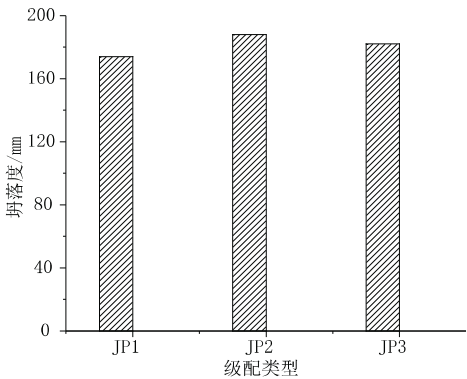


图 2 不同级配的坍落度值柱状图

由图 2 可知,机制砂级配不同导致混凝土坍落度不同。JP1 中 1.18 mm 筛孔以上的颗粒含量远大于 JP2 和 JP3,较粗的颗粒易形成孔隙就需要水泥浆去填充使得起到润滑作用的水泥浆数量减少,相应地降低了混凝土拌和物的流动性。而 JP3 中不同粒径的颗粒含量大致与 JP2 相当,但其 0.075 mm 以下颗粒含量却多余 JP2,虽然粉料填充了粒径较大的颗粒形成的孔隙,然而导致了集料的比表面积增大,吸附一部分水导致混凝土的流动性降低,从而造成坍落度减小^[13]。

2.3 砂粒形状特征参数对坍落度的影响

砂粒的棱角性、粗糙度等都会对混凝土的流动性产生影响,将3种不同制砂机生产的机制砂拌制混凝土进行坍落度试验,结果见图3所示。

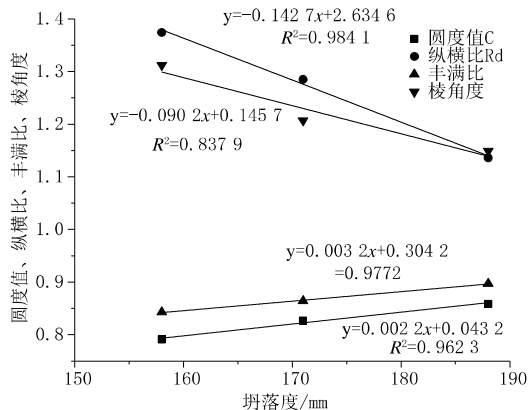


图3 砂粒形状特征参数与坍落度的相关性曲线图

由图3可知,纵横比、丰满比、圆度值与坍落度的相关性较好,而棱角度稍弱。由砂粒形状特征参数的概念可知,纵横比、丰满比、圆度值的数值接近1时认为颗粒形状圆润,而棱角度大于1并且一直递增则说明颗粒凹凸面越多。由于砂粒的圆度值、丰满比较对辊式制砂机及双锤式制砂机大,且棱角度和纵横比小,生产的砂粒更加圆润,因此建议采用立轴式制砂机生产的机制砂用于混凝土中所测试的坍落度要更大,流动性更优^[12]。

2.4 机制砂 MB 值对坍落度的影响

由于隧道洞渣的生产的机制砂经质量控制使得MB值在0.3~0.5范围内,为扩大研究范围选用洞渣场不同MB值的泥粉代替部分石粉拌制混凝土进行坍落度试验,结果见图4所示。

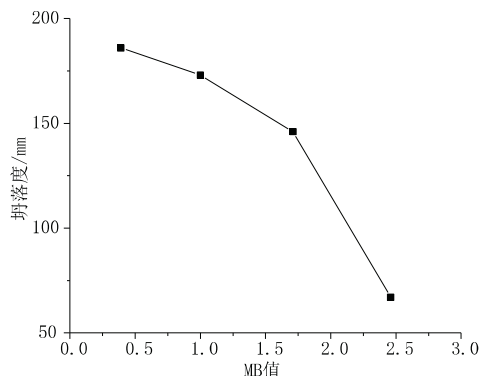


图4 不同 MB 值机制砂混凝土坍落度试验结果曲线图

由图4可知,随着MB值增大,机制砂混凝土的坍落度逐渐减小。其原因在于,MB值越大,说明石粉中的泥粉含量较多,而泥粉颗粒较细,比表面积更大,会吸收一部分水,导致混凝土实际用水量降低,造成机制砂混凝土坍落度减小^[13]。

3 结 论

(1)随着石粉含量的增加,机制砂混凝土的坍落度先增大,当含量超过5.4%后逐渐减小,为保证拌和物流动性,应适当控制石粉含量。

(2)根据机制砂级配对混凝土坍落度的影响表明,减少大于1.18 mm,以及小于0.075 mm的颗粒含量可以获得较大的坍落度。

(3)不同制砂机生产的机制砂圆润程度和棱角性有差异,机制砂颗粒特征参数与坍落度具有线性关系,相较而言,立轴式制砂机生产的机制砂可对混凝土具有良好的流动性。

(4)机制砂混凝土的坍落度随MB值的增大而减小,考虑泥粉对混凝土的其他危害,应在生产控制中限制MB值。

参考文献:

- [1] 魏平宽.山岭隧道洞渣在山西省的综合利用研究[J].山西建筑,2015,41(20):189-190.
- [2] 薛蛟.高速公路隧道弃渣物理改良路基施工技术研究[J].黑龙江交通科技,2015,38(9):27.
- [3] 谭雨和.凝灰岩洞渣在骨架密实型水泥稳定碎石基层中的应用研究[D].重庆:重庆交通大学,2019.
- [4] 吴林松,何玉柒,严二虎.山区隧道洞渣酸性混合岩 SBS AC-20 混合料性能验证[J].公路交通科技(应用技术版),2016,12(9):133-135.
- [5] 陈书平,吴大鸿.隧道弃渣加工机制砂在高速公路建设中的应用[J].公路,2017,62(4):249-252.
- [6] Jarvenpaa H. Quality Characteristics of Fine Aggregate Shape and Grading on Properties of Concrete. Internal Center for Aggregate Research, 3rd annual symposium, 1995.
- [7] A. Sharopuluo, G. Kakali, S. Tsivilis. Tsivilis. Thaumassite form of sulfate attack in limestone cement concrete: The effect of cement concrete: The effect of cement composition, sand type and exposure temperature[J]. Construction and Building Materials. 2012, (36):527-533.
- [8] Li B, Wang J, Zhou M. Effect of limestone fines content in manufactured sand on durability of low- and high-strength concretes[J]. Construction and Building Materials, 2009, 23(8):2846-2850.
- [9] 黎鹏平,熊建波,王胜年.机制砂的制备工艺及在某桥梁工程中的应用[J].混凝土,2012(3):127-130.
- [10] 余川.机制砂在巴南高速公路中的应用研究[D].成都:西南交通大学,2011.
- [11] 艾长发,彭浩,胡超,周永武,屠凌波.机制砂级配对混凝土性能的影响规律与作用效应[J].混凝土,2013(1):73-76.
- [12] 闫光明,殷素红,郭文昊,刘鹏,吕辉.砂岩机制砂颗粒特性及其配制的混凝土性能[J].材料研究与应用,2019,13(4):299-306.
- [13] 刘瑾.分析骨料含泥量对混凝土性能的影响[J].广东建材,2013,29(6):26-28.