

不同岩性整形机制砂混凝土的力学性能研究

李犇¹, 孟宪忠¹, 张琛¹, 唐玉²

(1. 佛山科学技术学院交通与土木建筑学院, 佛山市智慧型陆地与海洋土木工程材料工程技术研究开发中心, 广东佛山 528225; 2. 广东派安建材有限公司, 广东广州 511495)

摘要: 整形机制砂具有优异的力学性能, 因而在传统建材中能够替代河砂而得到广泛地应用。为了研究整形后不同岩性及大掺量整形机制砂混凝土的力学性能, 利用塌落度筒和混凝土流变仪测试混凝土工作性能和流变性能, 同时进行抗压强度的力学性能试验。结果表明: 整形机制砂混凝土的塌落度随着机制砂掺量的增加而降低, 同时其塑性粘度和抗压强度随着整形机制砂掺量的增加呈现先升高后降低的趋势; 整形鹅卵石和整形花岗岩混凝土的屈服强度均随掺量的增加而降低, 整形山砂混凝土的屈服强度与塑性粘度的变化相一致; 整形鹅卵石、整形花岗岩及整形山砂在机制砂混凝土中的最优替代率分别为 30%、40% 和 50%, 而整形山砂在工作性能、流变性能和力学性能上方面均优于整形鹅卵石和整形花岗岩。

关键词: 整形机制砂; 工作性能; 流变性能; 力学性能

中图分类号: TU528

文献标志码: A

文章编号: 1673-9981(2023)01-0158-08

引文格式: 李犇, 孟宪忠, 张琛, 等. 不同岩性整形机制砂混凝土的力学性能研究[J]. 材料研究与应用, 2023, 17(1): 158-165.
LI Ben, MENG Xianzhong, ZHANG Chen, et al. Study on the Mechanical Properties of Concrete Made from Shaped Manufactured Sand of Different Lithologies[J]. Materials Research and Application, 2023, 17(1): 158-165.

近些年, 随着国内建设行业日益发展, 大型基础设施的建设需要大量的天然砂, 然而天然砂资源的短缺及国家对天然砂开采的限制, 使天然砂的供需失衡, 制约了建设行业的发展。因此, 采用机制砂代替天然砂作为建设用砂已刻不容缓^[1]。

机制砂特指由碳酸盐类岩石经除土开采、机械破碎及筛分而成的公称粒径小于 5.00 mm 的岩石颗粒^[2]。由于在机制砂生产过程控制不理想, 导致生产出的机制砂级配普遍不良, 呈现出两头多、中间少的典型颗粒分布特征^[3]。机制砂与天然河砂相比, 其细度模数偏大、级配较差, 并且表面粗糙、颗粒尖锐有棱角等。Westerholm 等^[4]利用 Bingham 模型研究了机制砂对砂浆流变性能的影响, 结果发现机制砂的性质(如颗粒形状、细粉含量)会强烈影响砂浆的流变性、屈服应力和塑性粘度。邓翀等^[5]研究发现, 机制砂掺量小于 70% 时, 混凝土的力学性能变化不大, 但是对坍落度产生负面影响。

造成机制砂无法替代河砂, 广泛应用于实际工程中的原因主要是原料来源差异性大、工艺不稳定。不同来源的砂矿, 其岩性不同、物理性质差异大(如骨料的坚固性、压碎值等), 这关系着混凝土的力学性能和耐久性能。针对不同岩性的机制砂混凝土, 学者们作出大量的研究。张元朔^[6]研究了不同母岩岩性的石粉对混凝土工作性、力学性能、耐久性的影响。周鸿煜^[7]对比研究了石灰岩、玄武岩、花岗岩 3 种岩性机制砂和河砂对 C30、C55、C80 的 3 种强度等级混凝土性能的影响, 结果表明: 石灰岩机制砂混凝土的拌合物性能和力学性能均优于河砂、花岗岩机制砂和玄武岩机制砂混凝土。但是, 学者们关于不同岩性的机制砂混凝土的流变性能研究较少, 缺乏对不同岩性机制砂的工程适用性的探讨。目前, 大量的机制砂仅仅是生产碎石过程中的副产品, 不合理的工艺导致机制砂存在含粉量大、颗粒形貌和粒型差等问题, 显著影响了混凝土拌合物的工作性

收稿日期: 2022-08-18

基金项目: 广东高校科研项目(青年创新人才项目)(2021KQNCX083)

作者简介: 李犇(1989-), 男, 山东日照人, 博士, 教授, 研究方向为固废资源化及制备建材的关键技术、水泥基材料的多尺度损伤机理、水泥基材料的耐候性损伤机理, E-mail: sktm1@163.com。

能,限制了其应用和推广。机制砂的工艺不稳定对混凝土工作性能和力学性能的影响与天然砂存在巨大的差异^[8]。现在建筑用砂粗细程度主要通过细度模数评价,但由于机制砂级配不良,细度模数很难完全反映出其颗粒分布状况。有学者^[9]研究发现,细度模数在 2.2—2.6 之间的机制砂能够配制出拌合物性能和力学性能俱佳的混凝土。这说明不能简单地用细度模数这一指标来评价机制砂,机制砂中的石粉含量对混凝土拌合物的工作性能的影响也占据很重要的因素^[10-12]。陈尚伟^[13]研究了机制砂泵送混凝土的制备技术,研究表明机制砂中适量的石粉对于机制砂混凝土是有利的。张彦^[14]研究了山砂的石粉含量对泵送混凝土的影响,结果发现 C35 泵送混凝土的山砂含泥量应小于 6%、C40 泵送混凝土的山砂含泥量应小于 4%、C50 泵送混凝土的山砂含泥量应不大于 2%。

目前,针对整形后机制砂混凝土的力学性能和工作性能的提升,主要是通过整形机制砂混凝土掺入一定量的粉煤灰和矿粉^[15-16]。但是,对于掺量大于 30% 的纯整形机制砂混凝土的力学性能研究

相对较少。因此,本文选用市面上常见的 3 种整形机制砂代替河砂制备两种不同强度等级的混凝土,研究不同岩性和不同整形机制砂掺入量对混凝土的工作性能、流变性能和力学性能的影响,以及确定整形机制砂在混凝土中的最佳替代率,从而提高整形机制砂的利用率。

1 试验部分

1.1 原材料

选用的水泥为广州石井 P.O 42.5 普通硅酸盐水泥,细骨料为整形机制砂(广东派安建材有限公司生产)和天然河砂,粗骨料为 5—10 mm 连续级配的花岗岩碎石,水为实验室自来水,减水剂选用聚羧酸系高效减水剂,其用量为胶凝材料的 1%。

细骨料的物理性质列于表 1。图 1 为细骨料的粒径分布图。从图 1 可见,整形后的鹅卵石和花岗岩出现两头大中间小的分布,导致粒径不连续,无法形成良好的颗粒级配。整形后山砂的颗粒级配与河砂相似。

表 1 细骨料物理性能指标

Table 1 Physical properties of fine aggregates

细骨料	种类	表观密度/(kg·m ⁻³)	细度模数	吸水率(24 h)/%
河砂	中砂	2 460	2.65	21.9
整形机制砂	鹅卵石	3 119	2.75	10.8
	花岗岩	2 718	2.88	13.2
	山砂	2 458	2.30	10.2

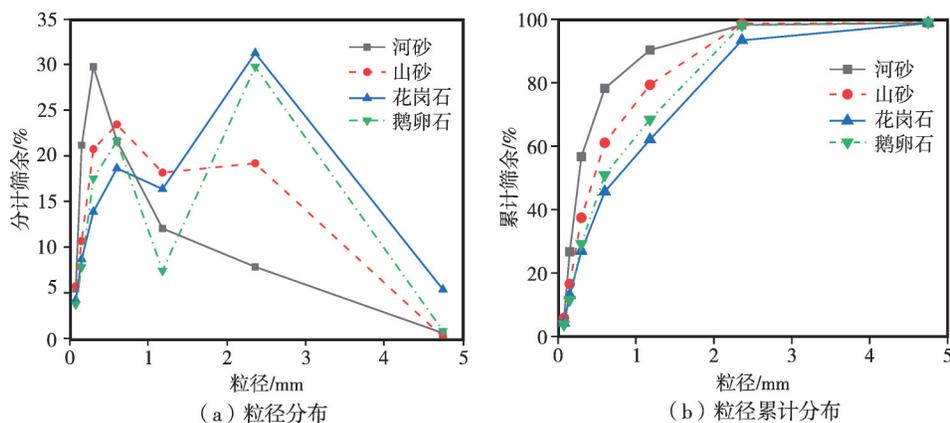


图 1 整形机制砂和河砂粒径分布图

Figure 1 Particle size distribution diagram of shaped manufactured sand and river sand

1.2 试件的制备和养护

根据 JGJ55-2011 普通混凝土配合比设计规程^[17]要求,选取混凝土的设计强度为 C30 设计配合

比,其中水灰体积比为 0.49、砂率为 40%。考虑砂的密度不同,3 种整形机制砂的替代体积比为 30%、40%、50% 和 60%,整形机制砂混凝土配合比列于

表2。3种不同岩性机制砂共制作15组混凝土试块(共135块),试件尺寸为150 mm×150 mm×150 mm,拆模之后在温度为(20±2)℃、湿度为95%的标准养护条件下养护1、3和28 d。

表2 C30整形机制砂混凝土配合比设计
Table 2 Concrete mix design for C30 shaped manufactured sand

类型	编号	混凝土配合比/(kg·m ⁻³)					减水剂/g	整形机制砂替代率/%
		水	水泥	砂	天然石头	整形机制砂		
基准组	JZ	4.1	8.38	14.20	21.3	0	83.8	0
整形鹅卵石	JZE-30	4.1	8.38	9.94	21.3	4.26	83.8	30
	JZE-40	4.1	8.38	8.52	21.3	5.68	83.8	40
	JZE-50	4.1	8.38	7.10	21.3	7.10	83.8	50
	JZE-60	4.1	8.38	5.68	21.3	8.52	83.8	60
整形花岗岩	JZH-30	4.1	8.38	9.94	21.3	4.26	83.8	30
	JZH-40	4.1	8.38	8.52	21.3	5.68	83.8	40
	JZH-50	4.1	8.38	7.10	21.3	7.10	83.8	50
	JZH-60	4.1	8.38	5.68	21.3	8.52	83.8	60
整形山砂	JZS-30	4.1	8.38	9.94	21.3	4.26	83.8	30
	JZS-40	4.1	8.38	8.52	21.3	5.68	83.8	40
	JZS-50	4.1	8.38	7.10	21.3	7.10	83.8	50
	JZS-60	4.1	8.38	5.68	21.3	8.52	83.8	60

1.3 试验方法

按照GB/T50080-2016普通混凝土拌合物性能试验方法标准^[18],对整形机制砂混凝土的塌落度进行测定。按照GB/T50081-2002普通混凝土力学性能试验方法标准^[19]的试验方法,采用DYE-3000型电液式压力试验机对每个试件进行抗压强度测试。根据GB50164-2011混凝土质量控制标准^[20]的规定,使用GY-2混凝土流变仪对整形机制砂混凝土新拌合物的流变性能进行测定。按照GB/T14684-2011建设用砂^[21]的试验方法,采用NSF-1石粉含量测定仪对每种整形机制砂石的粉含量进行测试。利用公式 $MB = \frac{M}{V} \times 10$ 对实验中整形机制砂的MB值做了相应测试,其中M为加入的亚甲基蓝溶液的质量,V为试样溶液体积。MB<1.4时确定以石粉为主,而日常生产的整形机制砂MB值为1.0—1.3,整形机制砂的MB值列于表3。

表3 整形机制砂MB值测量值

Table 3 Measured MB values for shaped manufactured sand

整形机制砂种类	MB值
鹅卵石	1.25
山砂	0.99
花岗岩	1.24

2 结果与讨论

由于整形机制砂颗粒级配及石粉含量MB值的不同,掺入量的多少直接影响到了混凝土的性能。本文选用替代质量百分比的方式,改变混凝土中整形机制砂的掺入量,通过初拌合物的工作性能和力学性能,分析整形机制砂的掺入量对混凝土的影响。

2.1 工作性能

通过分析新拌整形机制砂混凝土的流动度的试验,得到不同的整形机制砂掺量对混凝土流动性的影响规律。图2为不同整形机制砂掺量混凝土的塌落度。从图2可见:随着整形机制砂替代率的增加,C30混凝土的塌落度降低,表明整形机制砂降低了混凝土的流动性;当3种岩性的整形机制砂替代率不超过40%时,整形机制砂掺量对C30混凝土流动性的负面影响差值相近,这说明整形机制砂掺量的递增不会造成流动性的陡然下降;当整形机制砂替代率为50%—60%时,除了整形山砂混凝土的塌落度符合工程要求外,其他整形混凝土流动性的下降趋势明显。例如:整形机制砂替代率为50%的情况下,JZE-50、JZH-50的流动度分别比JZ的下降了30.1%和47.1%;当替代率为60%时,JZH-60、JZE-60、JZS-60的塌落度仅有122、125和130 mm。

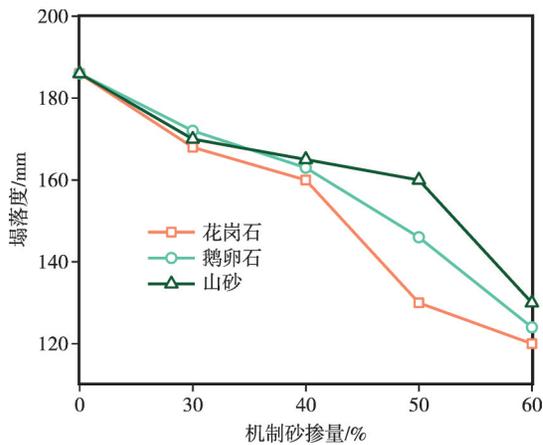


图 2 不同整形机制砂掺量混凝土的塌落度

Figure 2 Collapse of concrete with different amounts of shaped manufactured sand

整形机制砂混凝土流动度降低,主要是因为:整形机制砂、河砂两种砂在粒径上的差别,河砂的粒径较为连续,而整形后的鹅卵石和花岗岩粒径主要呈现两头大中间小的分布,整形机制砂在粒径上的不连续性,导致无法形成良好的级配,使混凝土塌落度即流动度降低,而整形后山砂的级配与河砂接近,替代量为 50% 时仍具有良好的流动性;经过破碎后的整形机制砂的比表面积较细集料大且表面具有一定的石粉,其表面能够吸收更多的自由水和水泥浆而被包裹,从而使混凝土的流动性受到更多的负面

影响,并且随着掺入量的增大对流动性的影响越明显,而整形山砂的石粉含量 MB 值 (0.99) 小于整形花岗岩和鹅卵石的值,整形山砂对混凝土流动性降低趋势的影响更小;整形机制砂颗粒大小及形状对混凝土流动度也有影响,经整形后的山砂细度模数低于整形花岗岩和鹅卵石,并且颗粒更小、更圆滑,当替代河砂掺入到混凝土中后,其可使颗粒间的摩擦力变小,使基体具有一定的流动性,对混凝土流动性的影响小。

2.2 流变性能

图 3 为不同整形机制砂掺量下混凝土的扭矩-转速 ($T-N$) 关系曲线。从图 3 可见:随着整形机制砂掺入量的增多,混凝土初拌混合物的扭矩呈现先增大后减少的趋势,表明其流变性能也是先减弱后增加;整形鹅卵石掺入量为 30% 和整形花岗岩掺入量为 40% 的混凝土,其抗扭效果与其他 3 种掺入量的混凝土相比最小,表明其流变性能较好;同样,整形山砂掺入量为 50% 的混凝土的流动效果好于掺入量为 40%。从图 3 还可以看出,每条曲线的线性度极高,说明整形机制砂混凝土仍属于 Bingham 流体。造成这些变化的主要原因,是整形机制砂和河砂的粒径分布的差异,在一定程度上起到了互补的作用,但整形机制砂由岩石破碎而成,颗粒表面缺陷多,粒径较大时对减水剂吸附能力强于河砂,导致扭矩增大。

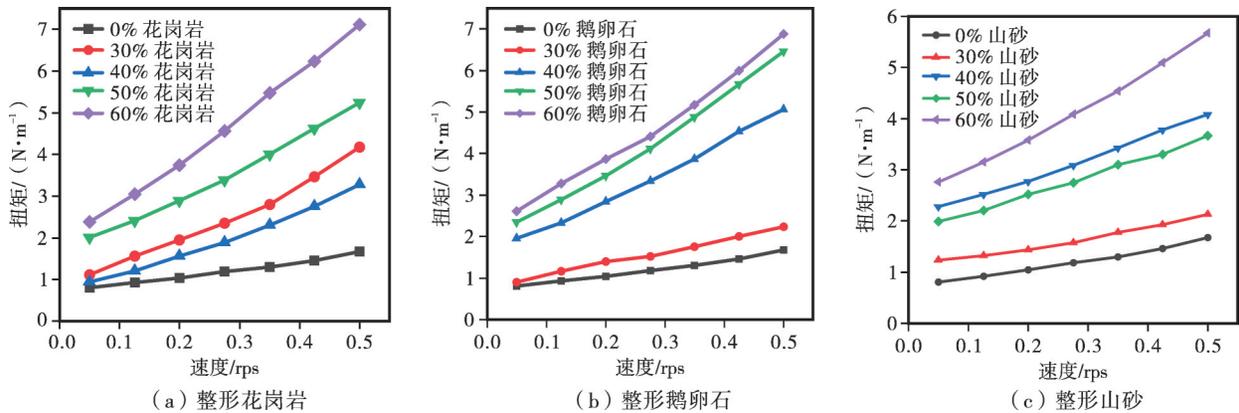


图 3 不同整形机制砂掺量混凝土的流变性能

Figure 3 Rheological properties of concrete with different blending levels of shaped manufactured sand

运用 Reiner-Riwlin 公式,可推导出整形机制砂混凝土的屈服应力和塑性粘度^[22]。

$$T = \frac{4\pi h \tau_0}{(1/R_i^2 - 1/R_0^2)} \ln \frac{R_0}{R_i} + \frac{8\mu\pi^2 h}{(1/R_i^2 - 1/R_0^2)} N = G + HN \quad (1)$$

$$\tau_0 = \frac{G}{4\pi h} \left(\frac{1}{R_i^2} - \frac{1}{R_0^2} \right) \frac{1}{\ln(R_0/R_i)} \quad (2)$$

$$\mu = \frac{H}{8\pi^2 h} \left(\frac{1}{R_i^2} - \frac{1}{R_0^2} \right) \quad (3)$$

式中 T 为扭矩、 τ_0 为屈服应力、 μ 为修正模型、 G 流动阻力、 H 为粘度因子、 R_0 及 R_i 分别为测试筒半径和

转子半径、 h 为测试样品高度、 N 为同轴圆筒流变仪中测量的转速。

不同岩性整形机制砂混凝土的屈服应力和塑性粘度如图4所示。从图4可以看出:掺入整形机制砂后,混凝土的屈服应力整体呈下降趋势;而混凝土的塑性粘度变化相似,均随着整形机制砂掺量的增加先上升后下降。当整形机制砂掺量为30%时,鹅卵石、花岗岩、山砂混凝土的屈服应力分别从337.48 Pa降至257.37、261.82和241.021 Pa,分别降低了23.74%、22.41%和33.71%。当整形机制砂掺量大于30%时,整形鹅卵石混凝土的屈服强度

进一步降低,在60%的替代率下其屈服强度只有基准组的36.17%;整形花岗岩和整形山砂混凝土的屈服强度先增加后减少,分别在40%和50%替代率下达到峰值分别为258.61和314.776 Pa,为基准组的76.63%和86.7%。整形鹅卵石和整形花岗岩混凝土在30%和40%替代率下,其塑性粘度达到峰值分别为89.268和94.281 Pa·s,相比基准组(62.717 Pa·s)提高了42.33%和50.32%。同样的,在50%的整形山砂替代率下,混凝土的塑性粘度达到最大值99.147 Pa·s,比基准组提高了58.09%。

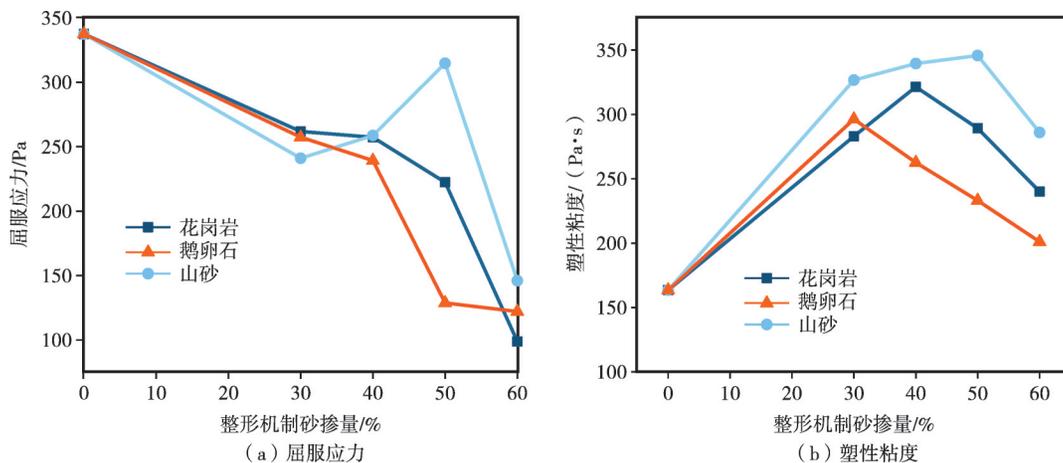


图4 不同整形机制砂混凝土的力学性能

Figure 4 Mechanical properties of concrete with different shaping mechanism sand

这主要是因为掺入50%的整形山砂后,优化了颗粒间的堆积,颗粒间的作用力增加而导致混凝土的屈服应力增大。另一方面,这3种整形后的机制砂颗粒大小仍不连续,比河砂具有更低的圆度和球形度,从而增加了整形机制砂与浆体之间的摩擦与咬合作用,因此塑性粘度增大。然而,随着整形机制砂含量的进一步增加,扩大了石粉的吸水作用,导致胶凝体内部无法形成规则紧密的三相体系,从而导致屈服应力和塑性粘度的下降。

2.3 抗压强度

图5为不同岩性整形机制砂混凝土的抗压强度及伸长率的变化规律。从图5可见:在1d养护龄期时,掺入整形机制砂后混凝土的抗压强度变化并不明显,但随着养护龄期增加,不同岩性整形机制砂对抗压强度变化逐渐明显;整形鹅卵石最多可使混凝土抗压强度降低17.48%,整形花岗岩和整形山砂则对混凝土的抗压强度的提升具有积极影响;当整形花岗岩掺量为40%时,相对于基准组,混凝土的抗压强度提升了5.10%,JZS-50的抗压强度比JZ提

高了10.05%;整形机制砂对于混凝土抗压强度的提升效果在28d养护龄期时最为明显,在40%的整形花岗岩和50%的整形山砂替代率下制备的水泥混凝土具有最高的抗压强度,混凝土抗压强度分别可达40.411和43.365 MPa,相比基准组分别提高了7.84%和15.78%;然而,当整形机制砂替代率超过50%后,增强作用开始趋于平缓。总体来说,随着养护龄期的增加,对整形山砂替代率为50%的混凝土的抗压强度的提升作用最明显。

这是由于当混凝土中掺入适量的整形机制砂时,整形机制砂中含有的少量石粉可以一定程度地填充水泥与砂之间的孔隙;同时,良好级配的机制砂和河砂的合理分布会在基体中与粗骨料紧密结合,限制混凝土在压缩状态下的横向变形。因此,一定量的整形机制砂掺入可延缓混凝土受压状态下的破坏程度。然而,当整形机制砂掺量较大时,石粉的亲水性会导致基体中需要更多的水泥浆以包裹骨料,这影响了水泥浆-粗骨料间的界面粘合效果,从而导致整形机制砂对抗压强度的发展产生负面影响。另外,整形山砂比整形鹅卵石和整形花岗岩具有更小

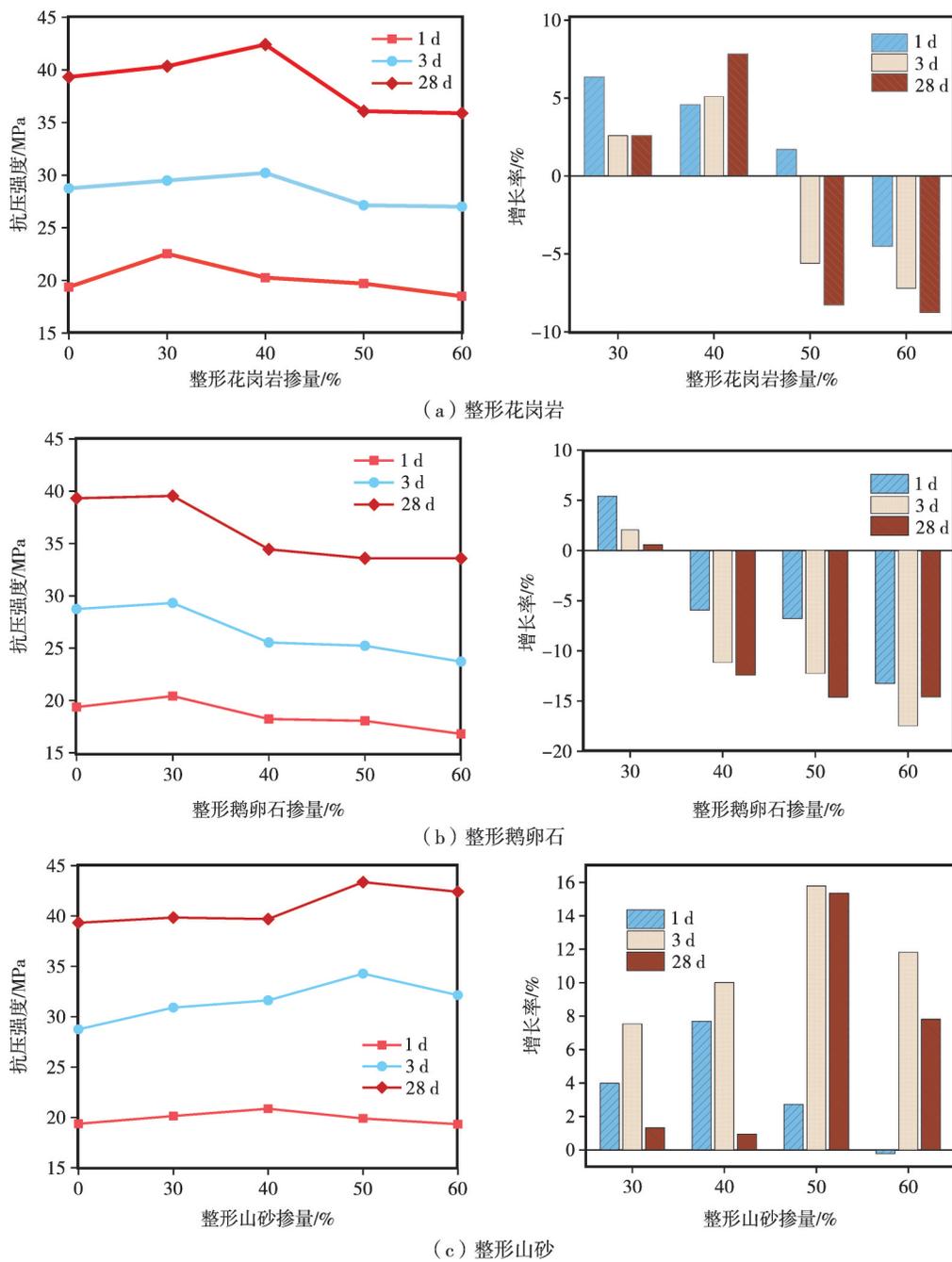


图 5 不同整形机制砂掺量的混凝土抗压强度及增长率

Figure 5 Compressive strength and growth rate of concrete with different amounts of shaped manufactured sand

的棱角和更低的石粉含量,并且利用整形山砂制备的混凝土具有良好的抗压强度,因此可以作为替代河砂的最优选择。

3 结论

(1)混凝土的塌落度随着整形机制砂含量的增

加而降低,不同岩性机制砂对混凝土塌落度影响略有不同。整形后的鹅卵石机制砂和花岗岩机制砂颗粒级配不连续,有明显的转折,反映到实际工程当中主要表现为流动性差、保水性差,容易出现泌水现象。而山砂经整形后级配与河砂相似,对混凝土塌落度变化的影响较小,可满足实际工程要求。

(2)流变性能,整形机制砂混凝土在整形鹅卵

石和整形花岗岩掺量为30%和40%时流变性能最优,整形山砂对混凝土流变性能的提升优于另外两种整形机制砂,最优掺量为50%。3种整形机制砂混凝土的塑性粘度均随掺量的增加先增加后减小。整形鹅卵石和整形花岗岩混凝土的屈服强度均随掺量的增加而降低,整形山砂混凝土的屈服强度与塑性粘度的变化一致。

(3)1 d龄期下,整形机制砂混凝土力学性能变化不大;而3和28 d龄期时,整形机制砂混凝土的力学性能均随整形机制砂掺量的增加先上升后下降。28 d龄期时,整形机制砂混凝土中整形鹅卵石、整形花岗岩及整形山砂的最优掺量分别为30%、40%和50%,他们的最优抗压强度分别为39.553、40.411和43.365 MPa。

参考文献:

- [1] 魏园园,黄鑫.机制砂混凝土力学及收缩性能研究[J].嘉兴学院建筑工程学院,2021(6):94-104.
- [2] 贵州省住房和城乡建设厅.山砂混凝土技术规程DB 24/016-2010[S].贵阳:贵州省住房和城乡建设厅,2010.
- [3] 徐之岁,庞洪贤.混凝土机制砂的研究与质量控制[J].市政技术,2021(S1):155-154.
- [4] WESTERHOLM M, LAGERBLAD B, SILFWERBRAND J. Influence of fine aggregate characteristics on the rheological properties of mortars [J].Cement and Concrete Composites, 2008, 30(4):274-282.
- [5] 邓翀,鄢佳佳,叶仙松.机制砂掺量对混凝土力学性能和体积稳定性的影响研究[J].新型建筑材料,2018,45(4):42-46.
- [6] 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.
- [7] 周鸿煜,李家和,王云东,等.不同岩性机制砂对混凝土力学性能的影响研究[J].混凝土世界,2018(4):54-57.
- [8] 李晓.高含泥量特细山砂的配制[J].混凝土与水泥制品,1994(5):21-23.
- [9] 李少伟.不同地区机制砂特性及其对混凝土性能影响研究[J].福建建材,2021(12):11-14.
- [10] BONO J, MCDOWELL G. The effects of particle shape on the yielding behaviour of crushable sand [J]. Soils and Foundations, 2020, 60:520-532.
- [11] DIAB A M, ABD ELMOATY A E M, ALY A A. Long term study of mechanical properties, durability and environmental impact of limestone cement concrete [J]. Alexandria Engineering Journal, 2016, 55(2):1465-1482.
- [12] 谢开仲,王红伟,肖杰,等.石粉含量对机制砂混凝土力学性能影响试验[J].建筑科学与工程学报,2019,36(5):31-38.
- [13] 陈尚伟,徐立斌,胡伟伟,等.泵送山砂混凝土配制技术研究[J].混凝土,2012(8):107-109.
- [14] 张彦,谭文君,高礼雄,等.含泥量对不同强度等级泵送山砂混凝土性能的影响[J].混凝土与水泥制品,2022(3):24-27.
- [15] 陈家全,白延平,金超.整形机制砂混凝土应用技术[J].特种结构,2011(增刊):394-397.
- [16] 彭文彬,张荣华,吴鑫.高品质机制砂制备低胶材混凝土的试验研究[J].混凝土世界,2021(10):56-60.
- [17] 中华人民共和国住房和城乡建设部.JGJ 55-2011普通混凝土配合比设计规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [18] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家质量监督检验检疫总局.GB/T 50080-2016普通混凝土拌合物性能试验方法标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.
- [19] 中华人民共和国建设部,国家质量监督检验检疫总局.GB/T 50081-2002普通混凝土力学性能试验方法标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [20] 中国国家标准化管理委员会,国家质量监督检验检疫总局.GB/T 14684-2011建设用砂[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [21] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家质量监督检验检疫总局.GB 50164-2011混凝土质量控制标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [22] HEIRMAN G, VANDEWALLE L, VAN GEMERTÓ D. Integration approach of the Couette inverse problem of powder type self-compacting concrete in a wide-gap concentric cylinder rheometer [J]. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 2008, 150(2-3):93-103.

Study on the Mechanical Properties of Concrete Made from Shaped Manufactured Sand of Different Lithologies

LI Ben¹, MENG Xianzhong¹, ZHANG Chen¹, TANG Yu²

(1. School of Transportation and Civil Engineering, Foshan Institute of Science and Technology, Foshan Intelligent Land and Marine Civil Engineering Materials Research and Development Centre, Foshan 528225, China; 2. Guangdong Paian Building Materials Company Limited, Guangzhou 511495, China)

Abstract: In traditional building materials, excellent mechanical properties are the key to the widespread use of high-mix shaped manufactured sand as an alternative to river sand. In order to clarify the mechanical properties of shaped concrete with large admixture of manufactured sand, this paper uses the slump cylinder and concrete rheometer to test the workability and rheological properties of concrete and conduct mechanical properties tests of compressive strength to investigate the workability, rheological properties and mechanical properties of the shaped manufactured sand in concrete with three different lithologies and admixtures, respectively. The results of the study shows that the slump of the concrete with shaped manufactured sand decreases with the increase of the sand admixture. At the same time, the plastic viscosity and compressive strength of the concrete with shaped manufactured sand showed a tendency of increasing and then decreasing with the increase of the amount of shaped manufactured sand. The yield strength of both shaped cobble and shaped granite concrete decreased with increasing admixture, and the yield strength of shaped mountain sand concrete was consistent with the change in plastic viscosity. Finally, the optimum replacement rates for shaped pebbles, shaped granite and shaped mountain sand in manufactured sand concrete were 30%, 40% and 50%, respectively. When compared, shaped mountain sand outperformed shaped cobblestone and shaped granite in terms of workability, rheological properties and mechanical properties.

Keywords: shaped manufactured sand; workability; rheological properties; mechanical properties

(学术编辑:黎小辉)