

加矿渣粉再生粗骨料混凝土的力学性能指标探讨

李伟杰

(安康学院, 陕西省安康市 725000)

摘 要 再生粗骨料混凝土主要是利用建筑垃圾制备粗骨拌合而成的混凝土, 矿渣粉作为加固料按一定比例掺加, 对再生粗骨料的力学性能有显明的改善和提高。本研究的再生粗骨料来源于安康市某一拆迁工地的混凝土建筑垃圾经过分拣破碎等处理后而得, 通过新拌混凝土抗压强度试验数据分析了加矿渣粉再生粗骨料混凝土抗压和抗折等力学性能的变化规律及形成机理。并把加矿渣粉前后的数据进行对比分析, 得出加矿渣粉再生粗骨料混凝土的力学性能明显显示优越性, 为再生粗骨料混凝土的工程应用提供了理论依据。

关键词 矿渣粉; 再生骨料混凝土; 抗压性能; 抗折性能; 试验

Discussion on mechanical properties of recycled coarse aggregate concrete with slag powder

Li Weijie

(Ankang University, Shanxisheng Ankangshi, 725000, China)

Abstract Recycled coarse aggregate concrete is mainly made of concrete mixed with coarse bone from construction waste. The mechanical properties of recycled coarse aggregate can be significantly improved by adding slag powder as reinforcement material in a certain proportion. In this study, the recycled coarse aggregate was obtained from the concrete construction waste of a demolition site in Ankang City after sorting and crushing. Through the compressive strength test data of freshly mixed concrete, the variation law and formation mechanism of the mechanical properties of the recycled coarse aggregate concrete with slag powder, such as compression and flexural resistance, were analyzed. By comparing and analyzing the data before and after adding slag powder, it is concluded that the mechanical properties of recycled coarse aggregate concrete with slag powder show superiority, which provides a theoretical basis for the engineering application of recycled coarse aggregate concrete.

Key words Slag powder Recycled aggregate concrete The compressive properties Flexural performance Test

建筑垃圾再生料混凝土通过前期研究表明能够满足规范规定的抗压强度和抗折强度力学性能指标, 但其由于表面包裹有水泥砂浆, 其开口孔隙内也含有旧的素水泥砂浆。所以通过试验得出再生粗骨料的表观密度能达到普通天然粗骨料表观密度的80%以上, 但能达到GB/T 25177—2010(混凝土用再生粗骨料)中Ⅱ类再生骨料表观密度的要求。要提升其强度性能指标, 拓宽其应用范围和质量, 采用加矿渣粉的方法进行一系列试验。矿渣的主要化学成分是 SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 等。经水淬急冷后的矿渣,

玻璃体含量多, 由于其颗粒粗, 与水难发生化学反应。经过磨细后, 比表面积达到大于 $400\text{m}^2/\text{kg}$ 的超细粉颗粒时, 其活性便能发挥^[1-3]。本研究充分利用矿渣粉的这一性质, 通过试验研究表明加矿渣粉对于改善和提高再生骨料混凝土的力学性能。

1 原材料制备

1.1 再生骨料

本研究的再生粗骨料原料来源于安康市的某一拆迁工地, 其具体标号无法查实, 经过“分拣—破碎

收稿日期: 2021-4-13

项目基金: 安康市科学技术研究发展指导计划项目, 安康市老旧小区适老宜居微更新改造设计研究, 项目编号: AK2020-SFZC-01。

作者简介: 李伟杰 男(1979-)安康学院副教授。Email: liweijie@aku.edu.cn。

一筛分”等处理后,参考我国标准《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》(JGJ53-92),取粒径为4.75mm以上的样本作为再生粗骨料。与天然粗骨料(碎石)相比较(见下图1.1和图1.2),用肉眼可以看出,天然粗骨料其外形为多棱角,扁平,表面粗糙。再生粗骨料的表面或多或少都附着有老水泥砂浆,这造成其与天然粗骨料相比,表面更为粗糙,孔隙较多^[4]。



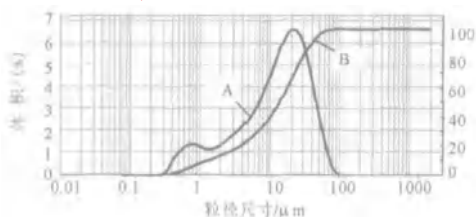
图 1.1 再生粗骨料



图 1.2 天然粗骨料

1.2 矿渣粉

本试验所用矿渣粉来源于陕西某钢厂产水淬急冷矿渣,其密度 $283\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$,其中, SiO_2 , Al_2O_3 , 和 CaO 总含量为90%。用球磨机加工成细粉,即矿渣粉。Malvern Mastersizer 2000 激光粒度分析仪分析矿渣粉粒径分布(图1.3),计算平均粒径为 $14.120\mu\text{m}$ 。用 Micromeritics 公司 ASAP2010 比表面积仪测得其比表面积为 $439\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$ 。^[1]



A 为粒径区间分布曲线;B 为累积分布曲线

图 1.3 矿渣粉粒径分布

2 试验方案

2.1 抗压强度试验

本试验用再生粗骨料拌制等级为的 C30 混凝土抗压强度测试,参照规范 GBT 50080-2016 (普通混凝土拌合物性能试验方法标准)要求和查阅相关数据,采用外加法掺入矿渣粉,其掺入率为10% (矿渣粉的重量与水泥重量的比值),确定 C30 混凝土抗压强度配合比的试配配合比为:水泥:矿渣粉:砂子:石子:水=120:12:703:894:160 (kg/m^3),在该配合比中,

水灰比较高,其原因主要是考虑到再生粗骨料的表面及开口孔隙有旧的水泥砂浆和激活矿渣粉活性固化作用的影响,其实际砂率会比计算砂率高^[5-6]。根据实验要求,分别制备掺加矿渣粉的再生骨料混凝土和不加矿渣粉的再生骨料混凝土,然后按规程要求分别进行试验。

把两种掺加再生粗骨料的新拌混凝土别到浇筑到 $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 100\text{mm}$ 的模具中并按规程规定的方法进行振捣,然后再置于温度为 $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $>95\%$ 的标准养护环境中进行养护,每种型号的试块制作5组,每组3个,共30个试块。

标准养护28天,实测其混凝土试块的抗压强度。本试验所用试验机型为TYE-2000B型,当上压板与试样接近时,调整球座,使接触均衡,并按 $0.3\sim 0.5\text{MPa}/\text{s}$ 的加荷速度加载,直至试样破坏,记下最大荷载F,最后通过计算 F/S ,再乘以换算系数0.95,即可得到混凝土试样的抗压强度。得到的28天土立方体试块抗压强度如表1所示(f_{cu} 为混凝土抗压强度),掺加矿渣粉和不掺加矿渣粉的再生粗骨料混凝土其抗压强度变化曲线情况如下图2.1。在试验中,混凝土由于砂率高,试块有现缺棱掉角的情况出现,但总体上不影响其外观尺寸^[7]。

表 1 C30 再生骨料混凝土 28d 土立方体试块抗压强度 (MPa)

掺加矿渣粉情况	掺加矿渣粉 (10%)	无掺加矿渣粉 (0%)	无掺加矿渣粉 (5%)
抗压强度 (MPa) 1	38.2	34.6	38.0
抗压强度 (MPa) 2	37.6	33.8	34.1
抗压强度 (MPa) 3	36.3	35.2	36.2
平均值抗压强度 (MPa)	37.4	34.5	36.1
抗压强度比	108%	100%	105%

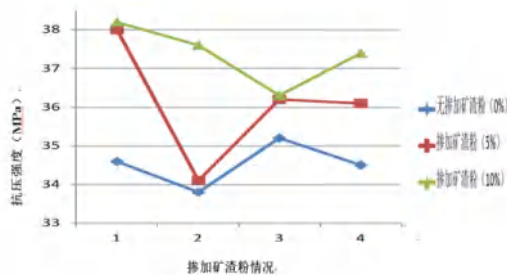


图 2.1 不同矿渣粉掺量 C30 再生骨料混凝土 28d 土立方体试块抗压强度 (MPa)

从表 1 中和图 2.1 中可以看出,当矿渣粉加入再生粗骨料混凝土时,其抗压强度平均值有显明上升趋势,且随着掺加量的增加,其抗压强度也随之增加。当矿渣粉掺加量为水泥的 5% 时,其平均抗压强度增加 5%,当矿渣粉掺加量为水泥的 10% 时,其平均抗压强度增加 8%。混凝土的抗压强度与矿渣粉的掺加量成正比,但并不是掺加量越多,增加的比例就多。分析其原因,一是再生粗骨料的孔隙比,特别是开口孔隙是有限的;二是再生粗骨料表面裹的旧水泥浆以及拆除时的土尘是一定的。

矿渣粉加入之后,矿渣粉有微骨料填充效应。根据界面强度理论,微骨料经过界面对周围的基材应力场具有明显影响,在一定条件下,微骨料的应力场也会相互叠加,产生叠加效应。所以,微骨料效应受到粒径大小的影响,降低了矿渣粉粒径,有利提升微骨料的填充效应。另外,旧水泥浆强度低,密实性差,矿渣粉可以起到固化旧水泥浆和土尘的微集料作用,使旧水泥浆粉化后形成细雨感层次的自密性体系,并具有良好的力学性能指标。但由于再生骨料的空隙和其表面包裹的旧水泥浆和土尘是一定的,故并不是矿渣粉加入越多,其抗压强度值就提高越快。

2.2 抗折强度试验

用与上述抗压试验制作相同的配合比的掺加和不掺加矿渣粉的再生粗骨料混凝土,每组制备 3 个试块,5 组试验共 30 个试块,边长为 150mm×150mm×450mm,分别测试其在 28d 龄期下的抗折强度,每组 3 个试块取平均值,结果见表 2。掺加矿渣粉和不掺加矿渣粉的再生粗骨料混凝土其抗压强度变化曲线情况如下图 2.2。

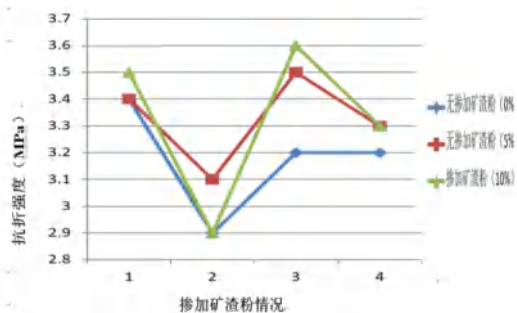


图 2.1 不同矿渣粉掺量 C30 再生骨料混凝土 28d 立方体试块抗折强度 (MPa)

表 2 C30 再生骨料混凝土 28d 试块抗折强度 (MPa)

掺加矿渣粉情况	掺加矿渣粉 (10%)	无掺加矿渣粉 (0%)	无掺加矿渣粉 (5%)
抗折强度 (MPa) 1	3.5	3.4	3.4
抗折强度 (MPa) 2	2.9	2.9	3.1
抗折强度 (MPa) 3	3.6	3.2	3.5
平均值抗折强度 (MPa)	3.3	3.2	3.3
抗折强度比	106%	100%	103%

从表 2 和图 2.1 中可以看出,当矿渣粉加入再生粗骨料混凝土时,其抗折强度平均值虽有上升趋势,但并不明显,且随着掺加量的增加,其抗折强度增加的趋势在减弱。当矿渣粉掺加量为水泥的 5% 时,其平均抗折强度增加 3%,当矿渣粉掺加量为水泥的 10% 时,其平均抗压强度增加仍为 3%。分析其原因,这主要与混凝土本身的性质有关,混凝土的抗拉强度很小,只有抗压强度的 1/10~1/20,矿渣粉的加入,虽能固化再生粗骨料混凝土的微细颗粒,产生火山灰胶凝效应,但其抗折强度增长较慢,微乎其微。

3 结论

(1) 矿渣粉在再生粗骨料混凝土中火山灰的胶凝性质和微骨料填充作用较为明显,能够提高其抗压强度和抗折强度等力学性能指标。

(2) 试验表明,在相同条件下,矿渣粉对于再生粗骨料混凝土的加固作用随着矿渣粉的掺量增加而增加,但并不是等比例提高,这就需要确定一个合理的掺量值或掺量范围。

(3) 矿渣粉对于再生粗骨料混凝土的加固作用在抗压强度方面表现比较突出,而对于提升其抗折强度并不明显。

参考文献

- [1] 王振军,翁优灵,杜少文.矿渣粉加固粉土的理论分析及路用性能研究[J].工程地质学报,2006,(5):31-32.
- [2] Puppala Anand J, Mohammad Louay N, Allen Aaron. Engineering behavior of lime-treated louisiana subgrade soil[J]. Transportation Research Record, 1996, 1546(11): 24-31.
- [3] 张朝晖,廖杰龙,巨建涛,党要均.钢渣处理工艺与国内外钢渣利用技术[J].钢铁研究学报,2013,7(25):1-25.
- [4] 苏嘉兴.再生混凝土空心砌块试验研究[D].泉州:华侨大 2011.(6):22-23.
- [5] 李伟杰.再生骨料沥青混凝土水稳性研究[J].湖北农业科学,2019.(10):15-15.
- [6] 马保国,钟开红,蹇守卫,许婵.利用工业废渣生产蒸养粉煤灰砖的研究[J].新型建筑材料,2012.(11):40-41.
- [7] 李伟杰,牛洪涛.生态屋面半刚性防水设计初步研究[J].新型建筑材料,2013.(12):26-26.