

再生粗骨料掺量对混凝土力学性能及耐久性影响研究

孔哲

青岛城市学院

摘要:在可持续发展背景下,建筑行业作为高能耗产业倍受各界的关注,当前很多企业和研究者都在积极探索降低建筑行业能耗的方法,其中再生混凝土就是回收混凝土废料重新经过加工生产而得的一种建筑材料,该材料的应用不但能够降低混凝土废料所带来的土地、水体污染问题,还能够节约资源和工程成本。为了进一步探索再生混凝土材料的性能,本文首先对再生混凝土的工作性能和耐久性进行说明,然后通过试验对其力学性能和耐久性进行客观地分析。

关键词:再生粗骨料;再生骨料混凝土;强度;氯离子渗透;碳化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.028

一、再生混凝土的工作性能及耐久性概述

(一) 再生混凝土的工作性能

1. 坍落度

混凝土坍落度是衡量混凝土流动性和工作性能的一种可变性指标。为保证再生混凝土性能符合规范要求,工作人员应根据工程具体要求对其坍落度进行严格控制,比如可以通过对标准养护条件下的混凝土试件进行试验测定混凝土坍落度情况。混凝土坍落度的计量单位为毫米,坍落度的控制受到现场施工情况的影响,技术人员要结合实际需求做好坍落度控制。一般情况下路面、地基等普通混凝土工程按照10mm的标准控制坍落度。自密实混凝土等高流动度的混凝土坍落度通常控制在100mm。

2. 流动性

流动性是在施工现场混凝土流动的程度,其对混凝土均匀分布、密实度等方面有着重要的影响。混凝土中的水泥在水化过程中会释放大量热量,导致混凝土内部温度上升,引起流动性下降,从而影响混凝土浇筑质量。为保证再生混凝土在施工中能够均匀分布,施工技术人员需根据具体施工环境对其流动特性进行精确控制。

3. 抗出料能力

在施工现场,由拌合车或泵送设备排出再生混凝土的能力即为其抗出料能力。混凝土的抗出料能力直接受到混凝土的粘滞性及流动性的影响,此特性应符合施工

设备及工程规范。

(二) 再生混凝土的耐久性

1. 抗渗性

混凝土的抗渗性能是指混凝土的抗渗能力。混凝土是一种高渗透性的混凝土材料,它可以吸收空气中多余的湿气,水的渗入会引起混凝土内部化学变化,比如钢筋锈蚀、冻融破坏、开裂等。在建筑施工中,技术人员应充分考虑混凝土的抗渗性能。为提高混凝土防渗性能,首先,施工人员应适当降低水胶比,降低孔隙率,进而降低其透水性。其次,合理选择并适量掺和添加剂,比如当前常常选用硅烷疏水剂、聚羧酸减水剂、高效减水率缓凝剂等外加剂吗,通过合理使用添加剂可以提高混凝土的抗裂性能。再次,提高混凝土表面的封闭性,比如喷涂防水材料,减少水的渗透。最后,在混凝土中掺入发泡剂等添加剂以减少混凝土内部的毛细孔,提高其本身防渗性能。

2. 抗冻融性

抗冻融性是指混凝土在低温环境下抵御冻胀、结冰和融化渗透等冻融作用的能力。混凝土抗冻性能与材料性能密切相关,而骨料表面状态是影响其抗冻性的重要因素之一。为提高混凝土抗冻融能力,首先,技术人员可采用掺气、掺加微细气泡等方法提高其抗冻融能力。比如掺入CaO可减少水泥用量,大大提高混凝土的抗冻性。其次,选用抗冻融剂如粉煤灰、硅粉等提高抗冻融能力,比如采用复钙型减水剂和引气剂等外加剂。再次,确定合理的配比,保证混凝土具有足够的坍落性及空气品质,减少冻融破坏的危险。最后,对水泥用量进行控制,使混凝土具有高强度等级,同时在混凝土浇筑后充分做好温湿度的养护,保证混凝土具有最佳的抗冻性能。

3. 抗硫酸盐侵蚀

当硫酸盐侵蚀混凝土会使其溶解并增大体积。硫酸盐腐蚀所导致的损伤往往是致命的,为提高混凝土抗硫酸盐侵蚀能力,首先可以选用硅酸盐添加剂,以降低混凝土对硫酸盐的敏感性。其中硅铝酸盐水泥为最常用的材料,其能够有效控制早龄期水化反应。其次,降低水胶比减少可能被硫酸盐侵蚀的混凝土的含水量。再次,使用硅酸钙等抗硫酸盐的添加剂。最后,定期维护混凝

土结构，以防混凝土结构暴露在硫酸盐环境下遭受侵蚀。

二、试验原材料及测试方法

(一) 试验材料

①以石灰岩为天然骨料，其粒度控制在5-20mm的范围，表观密度 $2.78\text{g}/\text{cm}^3$ ；河砂的粒度不超过 2.98mm ，表观密度为 $2.56\text{g}/\text{cm}^3$ 。

②通过筛选得到8-20mm粒径范围内的再生粗骨料。

③选用42.5的硅酸盐水泥，其初凝时间和终凝时间分别为3.3h和6.2h

④选用 I类粉煤灰。

⑤选用减水率在40%以内的减水剂。

(二) 试件浇筑与养护

按照如下步骤制备再生混凝土试块：首先，在水中浸泡再生粗骨料0.5小时，之后在漏水箱中放置15分钟，充分滤去水；其次，用润滑剂均匀地涂抹模具表面，之后按照粗骨料、细骨料、水泥的顺序依次添加材料并进行搅拌，在拌和1-2min后将减水剂添加其中，搅拌均匀后继续加剩余的50%的水；最后，工作人员将制备好的混凝土在提前准备好的模具中充分填充，将其表面抹平，待其基本凝固后脱模，之后在标准养护中分别开展7d、14d、28d的养护，最后对各个龄期混凝土试块的性能进行检测。

(三) 测试方法

1. 力学性能测试方法

按照GB/T 50081—2019《混凝土物理力学性能试验方法标准》的有关规定对试块进行机械强度的测定。具体包括抗压强度、劈裂抗拉强度。

2. 耐久性能测试方法

依据 GB/T50082-2009 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》的有关规定对试块进行耐久性测试，主要测试内容为抗氯离子渗透性和抗碳化性。

三、再生混凝土性能研究

(一) 再生混凝土抗压强度测试

以再生混凝土为研究对象，采用已建立的试验与计算方法对其进行抗压强度分析，其中，普通水泥混凝土的再生骨料含量为0。如图1为测试结果，可见不管是普通混凝土还是再生混凝土，随着养护时间的延长，其抗压性能均会逐渐增强。在相同龄期，再生混凝土强度随新拌混凝土用量的增加而增加，但增加幅度不大。随着再生骨料用量不断增加，再生混凝土抗压强度会有所降低。当再生骨料的比例从50%升高到75%后，其将表现出较高的下降幅度。导致出现这种情况的因素主要包括两

点，一方面，机械振动会对其性能产生影响，再生骨料比自然碎石的破碎值偏大，其承载力偏低，进而力学强度也有所不足。另一方面，骨料在受到冲击后内部会出现细小的裂缝，从而提高了它的吸水性。在预湿拌合过程中，再生混凝土内部的水含量较高，导致水泥、粉煤灰等水化反应缓慢，进而降低其与水泥浆的黏附性。

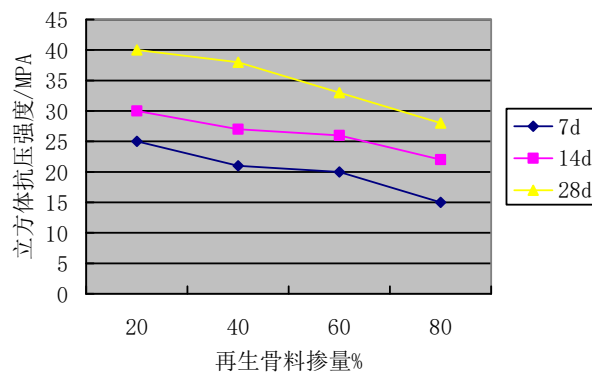


图1 抗压强度

(二) 劈裂抗拉强度

由图2可知，随养护时间的增加，再生混凝土的劈裂强度也随之增大。然而，与传统混凝土相比，再生混凝土的劈裂强度在一定程度上呈现下降趋势，且随废弃骨料比例的增加而不断降低。在废弃料用量较少的情况下，再生混凝土的抗拉性能比普通混凝土有较大幅度的提高，而随着废弃料的加入比例的增加，两者之间的差距逐渐缩小。研究者对其劈裂抗拉强度进行了测定，得到结果如图2所示，通过图2可知，随着再生骨料添加量的增多，再生混凝土的极限拉拔力呈现逐渐降低的情况。在普通混凝土工艺中，骨料和砂浆结合处往往产生破坏面。在相同条件下，再生混凝土的劈裂强度随外加剂中粗骨料的加入而增大。研究表明，骨料和水泥的黏附情况会对普通混凝土抗劈裂和抗拉强度产生较大的影响，再生骨料也会对混凝土劈裂强度以及自身综合强度产生一定影响。

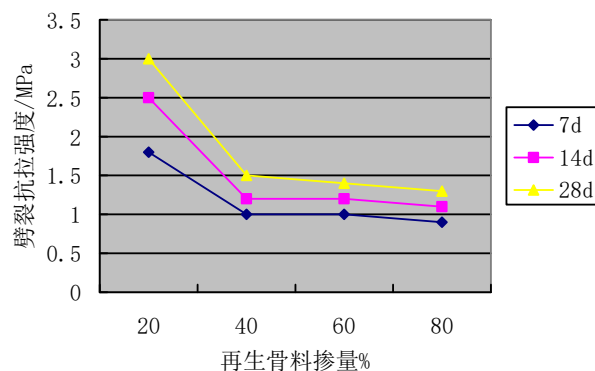


图2 劈裂抗拉强度

(三) 抗氯离子渗透性

由图3所示试验结果可知，再生骨料掺量愈多，再生其抗氯离子扩散系数愈大，即再生骨料之掺入量愈大，则其抗氯离子扩散能力愈差。结果表明，再生骨料对再生混凝土力学性能有较大的影响。废弃骨料经破碎、筛分后内部会产生微裂缝，导致液颗粒渗入，降低混凝土密实度，提高其吸水性。随着养护时间的延长，其氯离子扩散系数逐渐降低，抗渗透性得到提高。再生骨料含量越高，其抗渗性能越好。在养护后期，再生混凝土内部的水化反应产生的水化热和产物较多，这些物质可以将混凝土内部孔隙充分填充，将内部结构紧凑度和密实性提高，这有助于移植氯离子扩散，进而实现混凝土抗渗性和耐腐蚀性的提升。

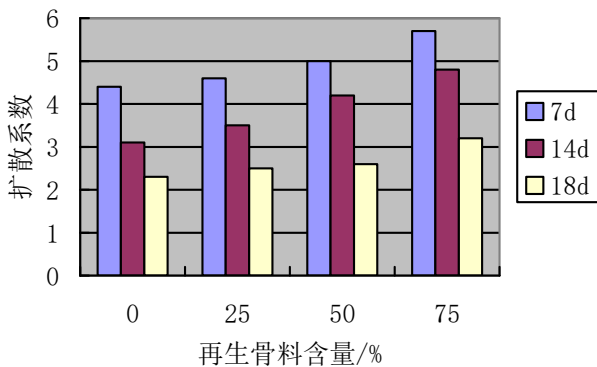


图3 抗氯离子渗透性

(四) 抗碳化性能

由图4可知，不同的再生混凝土的碳化深度随养护时间的增加而降低，在再生混凝土中加入粉煤灰、矿粉有利于提高其碳化速度。再生混凝土中废弃骨料掺入量直接影响其碳化程度，随着废弃骨料用量的增加，其抗碳化能力逐渐减弱。研究结果表明，随着混凝土养护时间的延长，废弃物用量的减少，其抗碳化能力有所提高。如果养护时间短、废弃材料用量过多，混凝土内部黏结性能会下降，内部结构未形成有效体系，致密度下降，CO₂含量增加，碳化反应加剧。

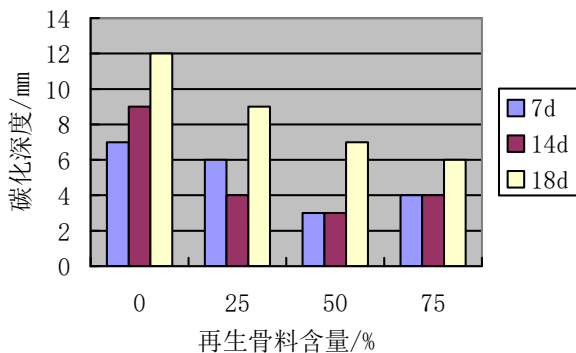


图4 混凝土抗碳化性

四、结论

(1) 不管是普通混凝土还是再生混凝土，其抗拉性能均与其龄期呈正相关关系；再生混凝土的抗拉强度一般低于普通混凝土，且随再生料用量的增加，其抗拉强度呈递减趋势。

(2) 再生混凝土氯离子扩散系数会随着再生骨料添加量的增多呈现逐渐提高的现象，这表明，再生混凝土在添加再生骨料后渗透能力有所不足，不过随着养护时间的延长，其抗氯离子扩散系数降低，抗渗透性提高。

(3) 在一定的水灰比环境下，随着再生骨料加入的减少，混凝土养护时间的延长，再生混凝土的抗碳化能力提高。

参考文献

[1] 王祥胜, 罗星, 张澳等. 再生粗骨料混凝土力学性能研究[J]. 节能, 2022, 41 (09): 77-80.

[2] 任涛. 再生混凝土制备工艺研究进展[J]. 铁道建筑技术, 2022, (09): 46-49.

[3] 刘思铭, 林明强, 谢群. 再生粗骨料混凝土抗冻性能研究进展[J]. 硅酸盐通报, 2022, 41 (09): 2963-2978.

[4] 马昆林, 刘建, 申景涛等. 砖混再生粗骨料及其在混凝土中的研究与应用进展[J]. 材料导报, 2023, 37 (18): 119-130.

[5] 薛斌, 康玉梅, 魏梦琦等. 含防水剂的再生混凝土力学性能试验研究[J]. 山西建筑, 2022, 48 (18): 115-118.

[6] 高兵, 杨思涵. 再生骨料对再生混凝土抗冻性的影响及改善措施[J]. 散装水泥, 2022, (04): 13-15.

[7] 柯胜, 汝茹彤, 赵莉等. 废纤维改性再生混凝土材料性能研究进展[J]. 广州化工, 2022, 50 (15): 20-22.

[8] 尚谢俊. 再生混凝土砌块及其在墙体中的应用[J]. 中国住宅设施, 2022, (06): 133-135.