

Study on mechanical properties of basalt fiber recycled concrete

Yufei Hou

Xinhuan College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia, 750021, China

Abstract

In recent years, industrial buildings in Ningxia have gradually increased, and the consumption of cement and stone materials is large. And urban renewal and demolition will produce a large number of construction waste, affecting the ecological environment. If the construction waste can be broken into coarse aggregate and mixed into new concrete with recycled concrete, the construction waste can be reduced and the resources can be recycled. For the durability of recycled concrete in Ningxia, this paper analyzes the performance loss and compressive strength of recycled concrete with different replacement rates under different mixing amounts and green ecological basalt fiber materials as reinforcement materials. The experimental results show that when the replacement rate of recycled concrete is 50% and the content of basalt fiber is 0.15%, the mechanical properties of concrete are significantly improved.

Keywords

recycled concrete; Compressive strength; Flexural strength

玄武岩纤维再生混凝土力学性能研究

侯玉飞

宁夏大学新华学院工程与应用科学系，中国·宁夏 银川 750021

摘要

宁夏地区近几年工业建筑逐渐增加，对于水泥石材消耗量较大。而城市更新与拆除又会产生大量建筑垃圾，影响生态环境。如能将建筑垃圾破碎成粗骨料，以再生混凝土拌合到新的混凝土中，可以减少建筑垃圾，也可以资源循环利用。对于宁夏地区再生混凝土的耐久性问题，本文通过对于不同再生混凝土的掺拌量和绿色生态玄武岩纤维材料作为补强材料，分析不同掺拌量下的不同替代率再生混凝土性能损失和抗压强度的变化。实验结果指出：再生混凝土替代率50%，玄武岩纤维掺量在0.15%的时候，混凝土的力学性能改善比较显著。

关键词

再生混凝土；抗压强度；抗折强度

1 引言

宁夏地区近几年工业建筑逐渐增加，对于水泥石材消耗量较大。我国的水泥生产量在1990年为0.1亿吨，然而在2020年水泥生产量迅速增长为16.6亿吨，生产水泥所需原材料31.8亿吨。因此，房地产的发展会产生大量资源消耗问题。另一方面，近些年已经开始拆除老破旧，城市更新、旧房拆除和装饰装修而产生的建筑垃圾越来越多。据不完全统计，我国年产建筑垃圾超过5吨。从这些数据分析可知，建筑垃圾对自然环境有着较大的影响。如果将这些建筑垃圾

回收再利用，以再生混凝土拌合到新的混凝土中，可以减少建筑垃圾，也可以资源循环利用，但新旧混凝土的结合问题直接影响了混凝土的力学性能。玄武岩纤维（Basalt Fiber, BF）是以玄武岩为原料，经过1400℃以上的高温熔融后，通过高速漏板拉制而成的连续纤维。完全符合绿色生态建筑材料。

随着工业建筑发展，混凝土中可添加的纤维材料越来越多，玄武岩纤维便是其中之一。到目前为止，由于玄武岩纤维不断深入地研究，发现其在生产过程产过程中所排放的废弃物经回收后可以自然降解，这对维护生态系统的平衡具有重要意义。短切玄武岩纤维是由火山岩石拉丝而成的连续玄武岩纤维切割而成的，其具有硬度较大，韧度强度大，耐磨性好。玄武岩纤维密度为 $2.6\text{-}2.7\text{g/cm}^3$ ，这与混凝土 2.4g/cm^3 密度颇为一致，因此与混凝土的粘结性较好。

高银等^[1]对掺入不同长度、不同体积分数的玄武岩纤维的混凝土进行了试验，试验结果显示掺加了玄武岩纤维的

【基金项目】宁夏高等学校科学研究项目（项目编号：NYG2024217）；宁夏大学新华学院科学研究基金项目（项目编号：25XHKY04）。

【作者简介】侯玉飞（1987-），男，中国宁夏盐池人，讲师，从事钢筋混凝土结构理论与应用的研究。

再生混凝土的抗压强度和劈裂抗拉性能得到了一定的提升。李家齐等^[2]通过分析比较了黏贴碳纤维布的再生混凝土和玄武岩纤维增强再生混凝土的圆柱力学性能,发现两种情形的混凝土力学性能都得到了提高。全晓旖等^[3]研究了玄武岩纤维对再生混凝土早期抗压强度的影响,研究试验表明在掺量固定的情况下,伴随着玄武岩纤维长度的增大,再生混凝土抗压强度也随之增大。李坤^[4]研究发现,单掺聚丙烯纤维、单掺玄武岩纤维、掺入混杂纤维的再生混凝土有不同的力学性能表现,单掺再生混凝土会降低再生混凝土的抗压强度,混杂纤维再生混凝土的力学性能较好。田凯^[5]研究发现,替代率为50%的再生混凝土,在玄武岩纤维掺量为6 kg/m³时,劈裂抗拉性能较未掺玄武岩纤维的再生混凝土提高48.8%。董腾等^[6]对含有不同质量分数玄武岩纤维的再生混凝土进行了相关力学性能试验,拟合了应力曲线并对相关指标进行数值模拟,试验表明,含质量分数0.3%玄武岩纤维的再生混凝土的抗压强度和劈裂抗拉强度效果最好,含质量分数0.6%玄武岩纤维的再生混凝土的抗折强度和轴压强度效果最好,这也进一步验证了并不是掺量越大力学性能效果越好。Gogoi^[7]提出采用不同掺量的玄武岩纤维对再生骨料混凝土试件进行加固,掺量范围为0~0.5%,增量为0.1%。这表明玄武岩纤维可以充分用作结构材料。玄武岩纤维混凝土虽然在以上研究中得到了一定的论证,但对于再

生混凝土大不同替代率中使用的不同掺量下对于混凝土的力学性能研究较少,本文将对于配合比为C30再生混凝土粗骨料不同替代率下的玄武岩纤维混凝土掺量的力学性能进行一定的研究。

2 试验设计

2.1 试验材料

本次试验选用各项指标都能满足本次实试验硅酸盐42.5级水泥胶凝材料,其性能指标如表1所示。细骨料选用天然河砂,粗骨料选用石嘴山市惠农区后山梁南片区拆迁建筑物混凝土,后经过破碎使用,为本次试验的再生粗骨料,其性能指标如表2所示。拌合水采用日普通生活用水,PH平均值为8.153。玄武岩纤维材料使用18mm其性能指标如表3所示。

2.2 试验方案

本次试验采用掺量不同的替代试验,试验共分10个组。第1组用天然河砂的普通混凝土未掺玄武岩纤维;第2、3、4组用天然河砂的普通混凝土,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%;第5、6、7组用再生粗骨料替代率50%的混凝土,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%;第8、9、10组用再生粗骨料替代率100%的混凝土,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%。用PC表示普通混凝土,用BF表示玄武岩纤维混凝土,试验配置C30混凝土配合比见表4。

1 硅酸盐42.5级水泥胶凝材料性能指标

物理指标	初凝/min	终凝/min	抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
			3d	28d	3d	28d
实测值	180	240	5.62	8.69	25.44	42.63

表2 骨料的基本性能

类型	表观密度/10 ³ kg·m ⁻³	堆积密度/10 ³ kg·m ⁻³	吸水率/%	含水率/%	压碎指标/%
天然石子	2.660	1.487	0.55	0.22	10.7
天然河砂	2.702	0.131	1.20	1.19	
再生粗骨料	2.572	1.243	4.55	0.66	12.6

表3 玄武岩纤维的基本性能

类型	单根纤维长度/mm	单丝直径/μm	密度/10 ³ kg·m ⁻³	断裂延伸率/%	弹性模量/GPa	抗拉强度/MPa	含水率/%
短切型	18	15	2.650	3.1	85-105	3500-4500	0.055

表4 混凝土试件配合比

编号	再生粗骨料 替代率/%	玄武岩纤维 掺量/%	水胶比	水泥 /kg·m ⁻³	水 /kg·m ⁻³	细骨料 /kg·m ⁻³	粗骨料 /kg·m ⁻³	粉煤灰 /kg·m ⁻³	砂率 /%
PC	0	0	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.1	0	0.1	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.15	0	0.15	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.2	0	0.2	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.1	50	0.1	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.15	50	0.15	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.2	50	0.2	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.1	100	0.1	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.15	100	0.15	0.5	248	175	537	1205	102	35
BFPC0.2	100	0.2	0.5	248	175	537	1205	102	35

每组试验制作9块混凝土试块,6块 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 的立方体试块用于抗压强度试验,3块长方体试块 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ 用于抗折强度试验。试验过程先将玄武岩纤维与骨料充分混合后再与水搅拌。

3 试验结果

3.1 实验结果分析

试验表明,再生混凝土的粗骨料体积比是其流动性的主要影响因素。取每组试件强度值的平均值作为最后的压力值,试验结果见表5。

表5 抗压抗折试验结果

组号	再生粗骨料 替代率/%	纤维 掺量/%	抗压强度 /MPa	抗折强度 /MPa
PC	0	0	25.66	4.05
BFPC0.1	0	0.1	27.43	4.27
BFPC0.15	0	0.15	28.18	4.37
BFPC0.2	0	0.2	26.77	4.31
BFPC0.1	50	0.1	26.58	4.12
BFPC0.15	50	0.15	27.64	4.29
BFPC0.2	50	0.2	26.47	4.21
BFPC0.1	100	0.1	23.74	4.08
BFPC0.15	100	0.15	24.91	4.15
BFPC0.2	100	0.2	23.79	4.11

3.2 抗压强度试验

由表5分析可知,当再生粗骨料的替代率由0增大到100%时,相比于PC,BFPC轴心抗压强度值逐渐在减小,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%时,替代率在50%的混凝土轴心抗压强度值平均下降了2.05%;再生粗骨料替代率在100%时,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%时轴心抗压强度值平均下降了12.06%。试验表明,当再生粗骨料替代率在50%时,抗压强度较好,均高于PC值。

3.3 抗折强度试验

由表5分析可知,当再生粗骨料的替代率由0增大到100%时,相比于PC,BFPC轴心抗压强度值逐渐在减小,其中当再生粗骨料替代率在50%时,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%时抗折强度值平均下降了7.7%;再生粗骨料替代率在100%时,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%时抗折强度值平均下降了14.1%。试验表明,当再生粗骨料替代率在50%时,抗折强度较好,均高于PC值。

3.4 玄武岩纤维试验

由表5分析可知,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%时,BFPC的强度先增大后减小。当再生混凝土替代率为50%时,玄武岩纤维掺量为0.15%时抗压强度和抗折强度最大,分别为27.64MPa和4.29MPa;当再生混凝土替

代率为100%时,玄武岩纤维掺量为0.15%时抗压强度和抗折强度最大,分别为24.91MPa和4.15MPa。实验表明,当再生粗骨料替代率在50%时,玄武岩纤维掺量为0.15%时,混凝土抗压抗折强度较好,均高于PC值。

4 机理分析

再生混凝土表面有很多旧水泥,当其与新水泥结合时,新老混凝土表面结合黏结力较弱,再生混凝土体积占比越多越显著。且再生混凝土在机械破碎过程中会产生裂缝,试件在液压式万能试验机的压力下会产生一定的扩展并贯通。玄武岩纤维能在裂缝处起到很好的拉结作用,起到一定的补强效果。当提高玄武岩纤维掺拌量时,其吸水能力变强,产生一定的空隙,在一定程度上影响了混凝土的强度。

5 结语

本文分析研究了不同玄武岩纤维掺拌量下的不同替代率再生混凝土性能损失和强度的变化规律,实验结果表明:

当控制玄武岩纤维含量不变时,替代率50%、100%的再生混凝土均会使其新拌合的混凝土强度降低,但替代率50%的再生混凝土抗压强度仅下降了2.05%,可以起到节约原材料的效果。

如控制再生粗骨料替代率不变时,玄武岩纤维掺量为0.1%、0.15%、0.2%时,BFPC的强度先变大后变小,当掺拌量在0.15%时效果较为明显。

当再生混凝土替代率为50%,玄武岩纤维掺量在0.15%的时候,混凝土的力学性能改善比较显著。

参考文献

- [1] 高银,宗翔.玄武岩纤维对再生混凝土基本力学性能的影响[J].长江大学学报(自然科学版),2018,15(21):6-10,4.
- [2] 李家齐,李诗娴,胡皓,等.FRP约束玄武岩纤维再生混凝土圆柱力学性能试验研究[J].混凝土,2018(12):57-61.
- [3] 全晓旖,刘康宁,王社良,等.玄武岩纤维再生混凝土基本力学性能试验研究[J].混凝土,2019(6):47-50.
- [4] 李坤.纤维增强再生骨料混凝土基本力学性能试验与分析[J].混凝土与水泥制品,2019(2):60-62.
- [5] 田凯.玄武岩纤维对再生混凝土力学性能的影响研究[J].新型建筑材料,2019,46(6):22-24,103.
- [6] 董腾,廖文激,刘佳婕,等.玄武岩纤维对再生骨料混凝土力学性能的影响与数值模拟研究[J].混凝土,2022(1):92-96.
- [7] Gogoi, Ripunjoy; Dutta, Bhupali; Mahakavi, P.; Chithra, R.; Surya, S. An Experimental Investigation on the Impact of Basalt Fibres on Recycled Aggregate Concrete[J]. International Journal of Pavement Research and Technology. Volume 16 ,Issue 1.2022.PP1-19.