

再生微粉研究及应用现状

高璐璐 孔令炜

吉林建筑大学材料科学与工程学院

DOI:10.12238/bd.v4i10.3559

[摘要] 随着我国城镇建设快速发展,与此同时产生大量的建筑垃圾。垃圾填埋堆砌严重影响我国环境和土地资源,废弃混凝土的再生利用成为可行的解决方法,目前对再生微粉的研究逐渐成熟,应用增多。但由于原料来源不同,仍存在很多问题。本文总结了再生微粉的收集处理、物理特性、化学成分、矿物组成、颗粒形貌及活性相关研究,分析其影响。同时介绍了一些研究应用成果。

[关键词] 建筑垃圾; 再生微粉; 微粉性质; 应用现状

中图分类号: TU824+.5 **文献标识码:** A

引言

随着我国城镇化的发展,产生了大量的建筑垃圾。据推算,截至2018年我国建筑垃圾总量占21亿~28亿吨^[1]。2019约为23亿吨,到2020年1月~9月约20亿吨^[2]。目前建筑垃圾解决方式多为堆放填埋,严重影响我国土地资源和环境保护。于是有很多学者通过废弃混凝土制备成的再生微粉作为混凝土的原料。这样不仅使得混凝土制备成本大幅降低,而且解决了建筑垃圾处理问题。但是由于废弃混凝土来源广泛,成分性能有所差异,导致再生微粉的利用面临很多阻碍,本文旨在总结前人对再生微粉的研究利用,以得出再生微粉的各项性能比较,为再生微粉的重新再利用提出引导和建议。

1 再生微粉概述

再生微粉指废弃混凝土块,砖块,砌块等建筑垃圾经过筛选、逐级破碎、粉磨成粒径小于0.16mm的细微颗粒的再生材料。由于因其建筑材质不同,成分不同,使用年限不同等因素,会造成再生粉的物理化学性能不同。

1.1 再生微粉的收集。再生微粉的原料主要来源于这两类^[3-5]:一类是采用废旧建筑拆除、施工过程的建筑垃圾;另一类是采用试验室中废弃的混凝土、黏土砖等。但因其龄期长短不同、原始配比差异,使用环境不同,导致再生微粉的物理化学性能有所差异。

表1 再生微粉的主要化学成分组成

参考	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
[10]	27.8	29.1	6.70	2.73	1.11	4.49	1.09	0.56
[11]	48.26	27.55	11.10	4.95	1.21	2.42	2.26	1.02
[5]	43.85	17.86	12.64	6.15	2.01	2.58	1.05	1.10
[12]	41.99	17.36	18.26	4.23	1.08	2.32	1.11	0.37

1.2 再生微粉的处理。收集后的原材料还要经过一系列处理,试验室小规模使用,可以直接对原材料进行破碎、球磨加工制备成满足实验条件的微粉。这种方法虽然设备简单,但微粉的细度、颗粒形状及粒径分布等参数无法精准控制,微粉性能差异较大^[4]。建材企业大规模工业化生产模式由于设备先进,制备流程固定,能对原材料进行较精细的破碎、分选、烘干、粉磨、储存,制备过程工艺控制精确,生产的微粉性能相对稳定^[9]。还有一种是通过收集颗粒整形过程中产生的微粉,优点是不需要研磨,制备成本较低,但因收集环境不同,微粉性能不稳定^[6]。

2 再生微粉物理化学特性

2.1 再生微粉化学成分及矿物成分

国内许多学者对再生微粉做了分析研究,研究表明^[4-5,7-8],使用X射线荧光光谱(XRF)对再生微粉进行化学组分分析,选取了几位研究人员的再生微粉成分分析,见表1。

由表1可以看出由于原料来源不同,其得到的成分不同。其成分主要以SiO₂、

CaO、Fe₂O₃、Al₂O₃及MgO为主,其中SiO₂的成分含量最高,CaO含量次之。废混凝土粉成分主要为硬化水泥石、天然粗细骨料、废弃砖瓦块及少量未水化的水泥颗粒。通过研究发现再生微粉的中含有大量的SiO₂以及众多的钠长石晶体,此外,再生微粉的中含有一定数量的CaCO₃晶体。生混凝土微粉中SiO₂晶相则主要来源于废弃混凝土中的水泥石粉、破碎砂石得到的石粉。

2.2 再生微粉颗粒形貌。研究表明^[4,8],再生微粉颗粒形貌不均匀,存在较多棱角和空隙。分析认为其可能为硬化后的水泥浆体颗粒,或者为附着硬化水泥浆体的废弃混凝土中的粗、细骨料的碎屑。这种形态的颗粒,导致颗粒间滑动阻力大,所以掺入再生微粉会对砂浆的工作性能产生不利影响。再生微粉粒度越细,在砂浆中能改善水泥颗粒级配,密实孔隙,但颗粒粒径越小,比表面积越大,内部存在较多连通孔隙,需水量增加大。

2.3 再生微粉基本物理性质。选取一些实验数据,如下表2。

表 2

参考	堆积密度 kg/m ³	表观密度 kg/m ³	比表面积 m ² /kg
[13]	855.9	2355	467
[14]	917	2651	1275
[6]	874	2593	350

发现其来源不同,物理性能存在很大差异。再生微粉的表观密度大多集中在2300kg/m³~2700kg/m³;比表面积一般在300m²/kg~1300m²/kg之间;堆积密度一般集中在900kg/m³左右。比表面积指标浮动较大。

2.4再生微粉活性。许多学者研究发现,再生微粉中的水化产物以及未水化产物可能具有一定的活性。陈曦^[10]等人研究:再生微粉中小于10 μm的颗粒含量较高,具有潜在活性,可部分替代水泥。并且再生微粉混凝土的抗压强度随取代率的增加会出现峰值。当取代率为20%时强度最高。张平^[15]通过研究得出:适当增加球磨时间以提高再生微粉的比表面积,进而提高其活性,Na₂SO₄对再生微粉的激发效果比NaAlO₂的激发效果好,再生微粉对水泥的替代量应控制在30%左右。於林锋^[16]等人认为混凝土再生微粉中Ca(OH)₂、未水化水泥颗粒,水化分别形成的碳铝酸钙、碳硅酸钙,具有作为水泥水化晶胚和继续水化形成凝胶产物的能力。

3 再生微粉的应用

晏娟^[17]等用再生骨料微粉代替部分水泥用作胶凝材料,研究表明,添加适当掺量再生微粉可以提高3D打印水泥基材料的早期强度和后期强度;刘聪^[18]等人研究表明:再生微粉地聚合物采用适宜配比,以碱激发再生微粉制备地聚合物替代水泥,再生微粉地聚合物稳定碎石完全可以应用于施工,在公路改扩建工程中循环应用具有较好前景;张肖明^[19]等人研究表明:再生微粉取代率对新拌泡沫混凝土流动度影响显著,并且降低了泡沫混凝土的抗压强度,对泡沫混凝土的干燥收缩性能也有一定影响;金彪^[20]等人研究使用粒径小于0.15mm的建筑垃圾微粉和粒径为0.15~4.75mm的建筑垃圾再生骨料为主要原料,制备蒸压砖,结果表明:采用压制成型、蒸压养

护工艺可制备出MU20等级的蒸压砖,建筑垃圾的用量可高达85%,固废利用率高可达90%时,强度仍可达到MU15等级要求。

4 结论和展望

4.1结论。再生混凝土来源主要有建筑物拆除和实验室废弃材料,虽然来源不同但成分主要以SiO₂、CaO、Fe₂O₃、Al₂O₃及MgO为主,含有大量的SiO₂以及众多的钠长石晶体。另外再生微粉颗粒形貌不均匀,对砂浆的工作性能会产生不利影响。再生微粉的表观密度大多集中在2300kg/m³~2700kg/m³;比表面积一般在300m²/kg~1300m²/kg之间;堆积密度一般集中在900kg/m³左右。并且再生微粉具有一定的活性。

4.2展望。综上所述,对再生微粉的研究比较充分,本文总结了许多学者对再生微粉的收集处理、物理特性、化学成分及矿物组成、颗粒形貌的研究,得到很多准确可靠的数据,对再生微粉的认识也能更加深入。另外本文还归纳近年来再生微粉应用的许多案例,验证了再生微粉的可用性,前人的探索出的许多成果也对我们研究创新起到很好的启发作用。但鉴于再生微粉的性能复杂,应用研究还较少,仍有很大的研究空间。

[基金项目]

吉林省大学生创新创业项目编号:201910191054。

[参考文献]

- [1]李灿,赵庆双,尹大刚.我国建筑垃圾处理现状及建议[J].河北企业,2021,(02):24-25.
- [2]2020年中国建筑垃圾处理行业市场现状及发展前景分析“十四五”减量计划实施中.[EB/OL].2020-11-20.https://www.sohu.com/a/433113695_120868906.
- [3]石莹,杨善顺,连亚明.废弃混凝土再生微粉研究现状[J].砖瓦,2017,(4):51.
- [4]毛新奇,屈文俊,朱鹏.建筑垃圾再生微粉的研究现状[J].混凝土与水泥制品,2015,(08):89-93.
- [5]王晓波,陆沈磊,张平.建筑垃圾再生微粉性能研究及应用探讨[J].粉煤灰,2012,24(06):24-26.

[6]吕雪源.再生微粉的基本性能及应用[D].青岛理工大学,2009.

[7]李述俊.再生微粉的资源化再利用试验研究[D].青岛理工大学,2019.

[8]赵磊.建筑垃圾再生微粉基本性能及应用研究[D].北京建筑大学,2019.

[9]李建勇.建筑垃圾再生微粉技术研究[J].建设科技,2014,(1):32-33+41.

[10]陈曦,李滢,庄平英.废弃混凝土再生微粉胶凝性能的试验研究[J].混凝土与水泥制品,2019,(11):96-100.

[11]周文娟,季志远,赵磊,等.建筑垃圾再生微粉基本材性及对水泥胶砂性能的影响[J].混凝土与水泥制品,2019,(03):93-96.

[12]陈小冬.再生微粉对超高性能混凝土抗压强度的影响[J].市政技术,2020,38(02):271-273.

[13]白花蕾,樊耀虎,李滢,等.再生微粉和矿物掺合料对混凝土抗碳化性能的影响研究[J].硅酸盐通报,2020,39(08):2628-2633.

[14]朱有禄,邹卫雄,殷明,等.再生微粉与矿渣对水泥性能影响的对比分析[J].广西大学学报(自然科学版),2016,41(04):1214-1219.

[15]张平,古龙龙,王琴,等.激发再生微粉活性的方法研究[J].混凝土与水泥制品,2019,(02):90-93.

[16]於林锋.再生微粉在水泥中作用机理的试验研究[J].新型建筑材料,2017,44(07):108-111.

[17]晏娟,戴兴健,刘维胜,等.再生骨料微粉对3D打印水泥基材料强度的影响[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2020,38(06):81-85.

[18]刘聪,卢祎苗,吴正光,等.再生微粉制备地聚合物稳定碎石基层性能研究[J].新型建筑材料,2020,47(07):41-45.

[19]张肖明,黄沛增,崔庆怡.建筑垃圾再生微粉泡沫混凝土性能研究[J].混凝土与水泥制品,2020,(05):96-98.

[20]金彪,杨留栓,徐卓越,等.建筑垃圾微粉-再生骨料蒸压砖的制备研究[J].非金属矿,2018,41(05):86-88.