



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111138135 B

(45) 授权公告日 2021.11.09

---

(21) 申请号 201911422938.1	C04B 28/02 (2006.01)
(22) 申请日 2019.12.31	C04B 26/12 (2006.01)
(65) 同一申请的已公布的文献号	C04B 26/18 (2006.01)
申请公布号 CN 111138135 A	C04B 26/04 (2006.01)
(43) 申请公布日 2020.05.12	C04B 26/14 (2006.01)
(73) 专利权人 同济大学	B33Y 70/10 (2020.01)
地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号	(56) 对比文件
(72) 发明人 肖建庄 韩女 汲广超 刘浩然	CN 109400031 A, 2019.03.01
(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225	CN 110342883 A, 2019.10.18
代理人 顾艳哲	CN 104860605 A, 2015.08.26
(51) Int. Cl.	CN 106167373 A, 2016.11.30
C04B 28/04 (2006.01)	CN 105731942 A, 2016.07.06
C04B 28/08 (2006.01)	CN 105906263 A, 2016.08.31
C04B 28/06 (2006.01)	审查员 李凡

---

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种用于3D打印的建筑弃土复配材料及其制备方法与应用

(57) 摘要

本发明涉及一种用于3D打印的建筑弃土复配材料及其制备方法与应用,材料包括建筑弃土、固化剂、再生砂粉、植物纤维、水;制备方法包括首先将建筑弃土依次经干燥、研磨、筛分后,得到原料土;将建筑固废依次经破碎、筛分后,得到再生砂粉;再将原料土、再生砂粉与植物纤维混合,得到混合物料;之后将混合物料、固化剂与水混合,即得到建筑弃土复配3D打印材料;该材料可用于3D打印制备混凝土构件。与现有技术相比,本发明以建筑弃土为基础材料,通过固化材料复配以控制土体性能,通过植物纤维提高土体材料的韧性,结合土体的均质性、可塑性使复配土可作为建筑3D打印的新材料,为建筑弃土的消纳提供新思路。

1. 一种用于3D打印的建筑弃土复配材料,其特征在于,该复配材料包括以下组分及重量份含量:建筑弃土30-60份、固化剂10-30份、再生砂粉10-25份、植物纤维0.1-2.0份、水10-30份;

其中,所述的建筑弃土的塑性指数不小于8;

所述的再生砂粉的粒径为20-70目;

所述的植物纤维为剑麻纤维、亚麻纤维、黄麻纤维中的至少一种;

所述的植物纤维的长度为6-12 mm,长径比为100-500;

所述的固化剂为有机土壤固化剂或无机土壤固化剂;所述的有机土壤固化剂为树脂与偶联剂以质量比(100-2):1组成的混合物;所述的无机土壤固化剂为水泥。

2. 根据权利要求1所述的一种用于3D打印的建筑弃土复配材料,其特征在于,所述的树脂为脲醛树脂、聚酯、聚丁二烯、酚醛树脂、环氧树脂中的一种;

所述的偶联剂为铝酸酯偶联剂、硅烷偶联剂、钛酸酯偶联剂中的一种;

所述的水泥为普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、矾土水泥、沸石水泥、硫铝酸盐水泥中的一种。

3. 如权利要求1或2所述的一种用于3D打印的建筑弃土复配材料的制备方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

1) 将建筑弃土依次经过干燥、研磨、筛分过程后,得到原料土;将建筑固废依次经过破碎、筛分过程后,得到再生砂粉;

2) 将步骤1)中的原料土、再生砂粉与植物纤维混合并搅拌5-10 min,得到混合物料;

3) 将步骤2)中的混合物料、固化剂与水混合并搅拌5-30 min,即得到建筑弃土复配3D打印材料。

4. 根据权利要求3所述的一种用于3D打印的建筑弃土复配材料的制备方法,其特征在于,步骤1)中,所述的原料土的塑性指数不小于8。

5. 根据权利要求3所述的一种用于3D打印的建筑弃土复配材料的制备方法,其特征在于,步骤1)中,所述的建筑弃土的干燥温度为100-110℃,干燥时间为20-28 h;

所述的原料土的粒径为200-400目。

6. 如权利要求1或2所述的一种用于3D打印的建筑弃土复配材料的应用,其特征在于,所述的建筑弃土复配材料作为3D打印材料,用于制备混凝土构件。

7. 根据权利要求6所述的一种用于3D打印的建筑弃土复配材料的应用,其特征在于,以建筑弃土复配材料作为3D打印材料,制备混凝土构件的过程中,

所用的3D打印机的打印喷头采用活塞式挤出喷头,并且该活塞式挤出喷头的出口直径不小于10 mm;

3D打印层厚度为0.5-10 mm,水平打印速度为10-50 mm/s。

8. 根据权利要求7所述的一种用于3D打印的建筑弃土复配材料的应用,其特征在于,所述的制备混凝土构件的过程中,将制备的建筑弃土复配材料静置后再进行3D打印,

其中,静置时间不超过60 min;

所述的活塞式挤出喷头的出口直径为10-50 mm;

所述的3D打印层厚度为2 mm。

## 一种用于3D打印的建筑弃土复配材料及其制备方法与应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于建筑材料技术领域,涉及一种用于3D打印的建筑弃土复配材料及其制备方法与应用。

### 背景技术

[0002] 3D打印技术是一种数字化、精确化、自动化的增材制造技术。该技术早期常用于航空航天、牙科和医疗等领域。近几年来3D打印技术在土木建筑领域发展迅速,桥梁、房屋的3D打印均已有的实践。建筑用3D打印材料也有了长足的发展,特别是水泥基3D打印材料发展迅速,如中国专利CN104891891B公开了一种3D打印水泥基材料及其制备方法。

[0003] 随着城市建设发展,各种地标建筑和高层、超高层建筑拔地而起。以前房屋建设产生的工程槽土,施工方多以回填形式处理,现在高层建筑不但不需要槽土回填,而且越挖越深,工程弃土数量激增。此外,由于近年来我国城市地下交通建设和地下管廊建设等各类大型地下工程发展迅猛,导致越来越多的开挖弃土产生且大量堆积,难以处理。据估算,一个地铁站施工产生的土方量多达8.7万立方米,长1公里、直径6米的地铁隧道施工约产生6.8万立方米。根据测算,2018年上海市全市清运建筑垃圾7600万吨,其中约80%为弃土,剩余为拆除垃圾和装修垃圾。弃土量大,清运、堆放、消纳,都是问题。而土体作为一种均质建筑材料,在建筑工程3D打印领域具有天然优势。鉴于此,本发明公布了一种用于3D打印的建筑弃土复配材料及其应用。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种用于3D打印的建筑弃土复配材料及其制备方法与应用,以建筑弃土为基材,通过复配技术对土体材料学性能进行调控,以解决3D打印过程中土体的挤出和成型等问题,本发明的复配土材料具有较好可挤出性与可建造性,适用于3D打印成型技术,并有利于促进3D打印技术的推广和应用。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0006] 一种用于3D打印的建筑弃土复配材料,包括以下组分及重量份含量:建筑弃土30-60份、固化剂10-30份、再生砂粉10-25份、植物纤维0.1-2.0份、水10-30份。

[0007] 进一步地,所述的再生砂粉的粒径为20-70目;

[0008] 建筑弃土复配材料中掺入再生砂粉以提高打印产品的强度;大粒径砂石不利于弃土复配材料挤出过程的连续性,易导致搅拌螺杆的卡顿问题。

[0009] 所述的植物纤维为剑麻纤维、亚麻纤维、黄麻纤维中的至少一种;

[0010] 所述的植物纤维的长度为6-12mm,长径比为100-500。

[0011] 所选植物纤维为当前常用增韧纤维品种,与土体材料相容性较好,抗拉强度满足需求。纤维长度过短无法实现增韧效果;纤维长度过长不易分散。长径比过低影响弃土材料对纤维的包裹效果,无法实现提高弃土材料抗拉性能的效果;长径比过高纤维容易缠绕,不

易分散,影响效果。

[0012] 进一步地,步骤3)中,所述的固化剂为有机土壤固化剂或无机土壤固化剂;

[0013] 所述的有机土壤固化剂为树脂与偶联剂以质量比(100-2):1组成的混合物;

[0014] 所述的无机土壤固化剂为水泥。

[0015] 进一步地,所述的树脂为脲醛树脂、聚酯、聚丁二烯、酚醛树脂、环氧树脂中的一种;

[0016] 所述的偶联剂为铝酸酯偶联剂、硅烷偶联剂、钛酸酯偶联剂中的一种;

[0017] 所述的水泥为普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、矾土水泥、沸石水泥、硫铝酸盐水泥中的一种。

[0018] 一种建筑弃土复配材料的制备方法,包括以下步骤:

[0019] 1) 将建筑弃土依次经过干燥、球磨机研磨、筛分过程后,得到原料土;将建筑固废依次经过破碎、筛分过程后,得到再生砂粉;

[0020] 2) 将步骤1)中的原料土、再生砂粉与植物纤维混合并搅拌5-10min,得到混合物料;

[0021] 3) 将步骤2)中的混合物料、固化剂与水混合并搅拌5-30min,即得到建筑弃土复配3D打印材料。

[0022] 进一步地,步骤1)中,所述的建筑弃土及原料土的塑性指数均不小于8。

[0023] 进一步地,步骤1)中,所述的建筑弃土的干燥温度为100-110℃,干燥时间为20-28h;

[0024] 所述的原料土的粒径为200-400目。原料土颗粒过大,挤出材料粗糙,无法满足使用要求。

[0025] 一种如上所述的建筑弃土复配材料作为3D打印材料,用于制备混凝土构件,该制备混凝土构件过程具体为:将建筑弃土复配3D打印材料搅拌混合均匀后,通过泵或其他机械输送方式送入3D打印机的打印喷头内,该打印喷头在计算机系统控制下,依照设定程序逐层挤出,层层累积,即制得混凝土构件。

[0026] 进一步地,以建筑弃土复配材料作为3D打印材料,制备混凝土构件的过程中,所用的3D打印机的打印喷头采用活塞式挤出喷头,并且该活塞式挤出喷头的出口直径不小于10mm;

[0027] 3D打印层厚度为0.5-10mm,水平打印速度为10-50mm/s。

[0028] 传统螺杆挤出式喷头易出现纤维缠绕螺杆的问题,同时不利于实现土体的密实,采用活塞式挤出喷头能较好地解决这个问题。

[0029] 由于土体材料挤出压力要求大于螺杆式,打印口径过小将进一步提高对挤出压力的要求;打印层厚过大将导致打印精度的降低;打印速度与挤出功率相协调,过慢不利于工作效率提高,过快对挤出功率压力过大。

[0030] 进一步地,所述的制备混凝土构件的过程中,将制备的建筑弃土复配材料静置一段时间后再进行3D打印,其中,静置时间不超过30min;

[0031] 将制备的建筑弃土复配材料静置以保障固化土内部固化反应起效,时间控制在30min内以防止土体过度固化,无法挤出。

[0032] 所述的活塞式挤出喷头的出口直径为10-50mm;

[0033] 所述的3D打印层厚度为2mm。

[0034] 打印层厚过大将导致打印精度的降低。打印速度与挤出功率相协调,过慢不利于工作效率提高,过快对挤出功率压力过大。

[0035] 与现有技术相比,本发明具有以下特点:

[0036] 1) 本发明以建筑弃土为基础材料,采用固化材料复配对土体性能进行控制,利用土体自身具有的均质性、可塑性将复配土作为建筑3D打印的新材料,充分利用废弃物,变废为宝,造价低廉,为建筑弃土的消纳提供了全新的思路;

[0037] 2) 本发明通过掺入植物纤维,提高土体打印材料的韧性,相较普通3D打印水泥基材料的强碱环境,土体环境对植物纤维更为友好,相容性极佳。

### 具体实施方式

[0038] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0039] 实施例1:

[0040] 1) 取建筑弃土,干燥后放入球磨机进行研磨1h而后进行筛分,得到400目的原料土;

[0041] 2) 将建筑固废进行破碎、筛分,制得70目再生砂粉;

[0042] 3) 取50重量份步骤1)中的原料土、20重量份步骤2)中的再生砂粉与1重量份12mm长的剑麻纤维进行混合,搅拌均匀10min,得到混合物料;

[0043] 4) 向步骤3)中的混合物料中加入20重量的普通硅酸盐水泥和20重量的水,搅拌均匀20min,即可获得建筑弃土复配3D打印材料;

[0044] 5) 将步骤4)中的建筑弃土复配3D打印材料投入打印机,即可打印成型制得混凝土构件,其中,打印头口径为20mm,水平打印速度为25mm/s。

[0045] 实施例2:

[0046] 1) 取建筑弃土,干燥后放入球磨机进行研磨0.5h而后进行筛分,得到200目原料土;

[0047] 2) 将建筑固废进行破碎、筛分,制得40目再生砂粉;

[0048] 3) 取60重量份步骤1)中的原料土、20重量份步骤2)中的再生砂粉与1重量6mm长的亚麻纤维进行混合,搅拌均匀10min,得到混合物料;

[0049] 4) 向步骤3)中的混合物料中加入25重量的硫铝酸盐水泥和15重量的水,搅拌均匀20min,即可获得建筑弃土复配3D打印材料;

[0050] 5) 将步骤4)中的建筑弃土复配3D打印材料投入打印机,即可打印成型制得混凝土构件,其中,打印头口径为20mm,打印速度为20mm/s。

[0051] 实施例3:

[0052] 1) 取建筑弃土,干燥后放入球磨机进行研磨0.5h而后进行筛分,制得400目原料土;

[0053] 2) 将建筑固废进行破碎、筛分,制得70目再生砂粉;

[0054] 3) 取60重量份步骤1)中的原料土、20重量份步骤2)中的再生砂粉与1重量6mm长的

亚麻纤维进行混合,搅拌均匀10min,得到混合物料;

[0055] 4) 向步骤3)中的混合物料中加入5重量份的树脂、2重量份的硅烷偶联剂和30重量份的水,搅拌均匀10min,即可获得建筑弃土复配3D打印材料;

[0056] 5) 将步骤4)中的建筑弃土复配3D打印材料投入打印机,即可打印成型制得混凝土构件,其中,打印头口径为20mm,打印速度为30mm/s。

[0057] 实施例4:

[0058] 1) 将建筑弃土依次在105℃下干燥20h、研磨、筛分过程后,得到200目原料土;将建筑固废依次经过破碎、筛分过程后,得到20目再生砂粉;

[0059] 其中,建筑弃土及原料土的塑性指数均不小于8;

[0060] 2) 取30重量份步骤1)中的原料土、25重量份再生砂粉与0.1重量份剑麻纤维混合并搅拌5min,得到混合物料;

[0061] 其中,剑麻纤维的长度为6mm,长径比为500;

[0062] 3) 配制脲醛树脂与铝酸酯偶联剂以质量比125:2组成的有机土壤固化剂,将步骤2)中的混合物料、10重量份有机土壤固化剂与10重量份水混合并搅拌5min,即得到建筑弃土复配3D打印材料。

[0063] 4) 将步骤3)中的建筑弃土复配3D打印材料静置20min,通过泵输送至3D打印机的打印喷头内,该打印喷头在计算机系统控制下,依照设定程序逐层挤出,层层累积,即制得混凝土构件;

[0064] 其中,打印喷头采用出口直径为10mm的活塞式挤出喷头,3D打印层厚度为0.5mm,水平打印速度为10mm/s。

[0065] 实施例5:

[0066] 1) 将建筑弃土依次在105℃下干燥28h、研磨、筛分过程后,得到400目原料土;将建筑固废依次经过破碎、筛分过程后,得到70目再生砂粉;

[0067] 其中,建筑弃土及原料土的塑性指数均不小于8;

[0068] 2) 取60重量份步骤1)中的原料土、10重量份再生砂粉与2重量份亚麻纤维混合并搅拌10min,得到混合物料;

[0069] 其中,植物纤维的长度为12mm,长径比为100;

[0070] 3) 配制环氧树脂与硅烷偶联剂以质量比20:1组成的有机土壤固化剂;

[0071] 将步骤2)中的混合物料、30重量份有机土壤固化剂与30重量份水混合并搅拌30min,即得到建筑弃土复配3D打印材料。

[0072] 4) 将步骤3)中的建筑弃土复配3D打印材料静置20min,通过泵输送至3D打印机的打印喷头内,该打印喷头在计算机系统控制下,依照设定程序逐层挤出,层层累积,即制得混凝土构件;

[0073] 其中,打印喷头采用出口直径为50mm的活塞式挤出喷头,3D打印层厚度为10mm,水平打印速度为50mm/s。

[0074] 实施例6:

[0075] 1) 将建筑弃土依次在105℃下干燥24h、研磨、筛分过程后,得到300目原料土;将建筑固废依次经过破碎、筛分过程后,得到50目再生砂粉;

[0076] 其中,建筑弃土及原料土的塑性指数均不小于8;

[0077] 2) 取50重量份步骤1)中的原料土、20重量份再生砂粉与1重量份黄麻纤维混合并搅拌8min,得到混合物料;

[0078] 其中,植物纤维的长度为10mm,长径比为400;

[0079] 3) 配制酚醛树脂与铝酸酯偶联剂以质量比5:2组成的有机土壤固化剂;

[0080] 将步骤2)中的混合物料、20重量份有机土壤固化剂与20重量份水混合并搅拌20min,即得到建筑弃土复配3D打印材料。

[0081] 4) 将步骤3)中的建筑弃土复配3D打印材料静置20min,通过泵输送至3D打印机的打印喷头内,该打印喷头在计算机系统控制下,依照设定程序逐层挤出,层层累积,即制得混凝土构件;

[0082] 其中,打印喷头采用出口直径为40mm的活塞式挤出喷头,3D打印层厚度为2mm,水平打印速度为40mm/s。

[0083] 实施例7:

[0084] 对实施例1-6中打印试样进行抗压强度测试,测试结果如表1所示:

[0085] 表1

检测内容	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5	实施例6
抗压强度/MPa	15.1	13.2	12.7	12.1	12.5	13.3

[0087] 由表1中的检测结果可知,本发明所得建筑弃土3D打印试样具有良好的力学性能。

[0088] 实施例8:

[0089] 1) 将建筑弃土依次在100℃下干燥20h、研磨、筛分过程后,得到200目原料土;将建筑固废依次经过破碎、筛分过程后,得到20目再生砂粉;

[0090] 其中,建筑弃土及原料土的塑性指数均不小于8;

[0091] 2) 取30重量份步骤1)中的原料土、25重量份再生砂粉与0.1重量份剑麻纤维混合并搅拌5min,得到混合物料;

[0092] 其中,剑麻纤维的长度为6mm,长径比为500;

[0093] 3) 配制脲醛树脂与铝酸酯偶联剂以质量比2:1组成的有机土壤固化剂,将步骤2)中的混合物料、10重量份有机土壤固化剂与10重量份水混合并搅拌5min,即得到建筑弃土复配3D打印材料。

[0094] 4) 将步骤3)中的建筑弃土复配3D打印材料静置30min,通过泵输送至3D打印机的打印喷头内,该打印喷头在计算机系统控制下,依照设定程序逐层挤出,层层累积,即制得混凝土构件;

[0095] 其中,打印喷头采用出口直径为10mm的活塞式挤出喷头,3D打印层厚度为0.5mm,水平打印速度为10mm/s。

[0096] 实施例9:

[0097] 本实施例中,步骤1)中的建筑弃土的干燥温度为110℃;

[0098] 步骤2)中的植物纤维选用0.5重量份剑麻纤维与0.5重量份亚麻纤维组成的混合植物纤维;

[0099] 步骤3)中,所用的固化剂为聚丁二烯与钛酸酯偶联剂以质量比100:1组成的有机土壤固化剂,并且该有机土壤固化剂的用量为20重量份;

[0100] 其余同实施例6。

[0101] 实施例10:

[0102] 本实施例中,步骤2)中的植物纤维选用0.5重量份剑麻纤维、0.5重量份亚麻纤维与0.5重量份黄麻纤维共同组成的混合植物纤维;

[0103] 步骤3)中,所用的固化剂为聚对苯二甲酸乙二酯与硅烷偶联剂以质量比50:1组成的有机土壤固化剂,并且该有机土壤固化剂的用量为15重量份;

[0104] 其余同实施例6。

[0105] 实施例11:

[0106] 本实施例中,步骤3)中,所用的固化剂为普通硅酸盐水泥组成的无机土壤固化剂,并且该无机土壤固化剂的用量为10重量份;

[0107] 其余同实施例6。

[0108] 实施例12:

[0109] 本实施例中,步骤3)中,所用的固化剂为矿渣硅酸盐水泥组成的无机土壤固化剂,并且该无机土壤固化剂的用量为30重量份;

[0110] 其余同实施例6。

[0111] 实施例13:

[0112] 本实施例中,步骤3)中,所用的固化剂为矾土水泥组成的无机土壤固化剂,并且该无机土壤固化剂的用量为20重量份;

[0113] 其余同实施例6。

[0114] 实施例14:

[0115] 本实施例中,步骤3)中,所用的固化剂为沸石水泥组成的无机土壤固化剂,并且该无机土壤固化剂的用量为15重量份;

[0116] 其余同实施例6。

[0117] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。