



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107417204 A

(43)申请公布日 2017.12.01

(21)申请号 201710512635.3

(22)申请日 2017.06.29

(71)申请人 河北工业大学

地址 300130 天津市红桥区丁字沽光荣道8号河北工业大学东院330#

(72)发明人 马国伟 王里 李之建

(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务所(普通合伙) 12210

代理人 付长杰 赵凤英

(51)Int.Cl.

C04B 28/04(2006.01)

B33Y 70/00(2015.01)

B33Y 10/00(2015.01)

C04B 111/34(2006.01)

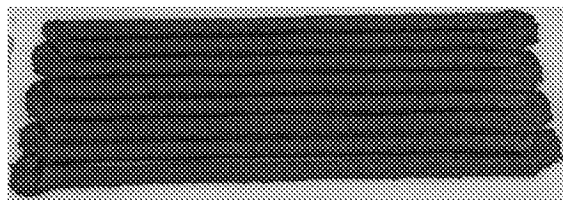
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种可3D打印的尾矿砂纤维混凝土及其制备、使用方法

(57)摘要

本发明涉及一种可3D打印的尾矿砂纤维混凝土及其制备、使用方法,按重量份数计,混凝土的组成和含量分别为:快硬性普通硅酸盐水泥6.8-7.2份;粉煤灰1.35-1.45份;硅灰0.75-0.85份;空心玻璃微珠0.75-0.85份;砂子7.1-7.3份;尾矿砂4.7-4.9份,所述尾矿砂的平均粒径为220-270 μm;水2.6-2.8份;减水剂0.045-0.055份;长度为7-10mm的聚丙烯纤维0.005-0.007份;长度为11-14mm的玄武岩纤维0.005-0.007份;粘度为2万-7万的羟丙基甲基纤维素0.04-0.06份。该混凝土材料利用尾矿砂做为部分砂料配制混凝土,可打印性能高、强度高、成本低,有利于推动3D打印混凝土的实际工程应用。



1. 一种可3D打印的尾矿砂纤维混凝土,按重量份数计,混凝土的组成和含量分别为:
快硬性普通硅酸盐水泥6.8-7.2份;
粉煤灰1.35-1.45份;
硅灰0.75-0.85份;
空心玻璃微珠0.75-0.85份;
砂子7.1-7.3份;
尾矿砂4.7-4.9份,所述尾矿砂的平均粒径为220-270 μm ;
水2.6-2.8份;
减水剂0.045-0.055份;
长度为7-10mm的聚丙烯纤维0.005-0.007份;
长度为11-14 mm的玄武岩纤维0.005-0.007份;
粘度为2万-7万的羟丙基甲基纤维素0.04-0.06份。

2. 根据权利要求1所述的可3D打印的尾矿砂纤维混凝土,其特征在于所述快硬性普通硅酸盐水泥的比表面积为348 m^2/kg ,密度为3.0 g/cm^3 ,标准稠度用水量为25.9%,初凝时间为170 min,终凝时间为210 min,烧失量为3.5%,氧化镁含量为2.18%,3天抗折强度为5.7 MPa,3天抗压强度为30 MPa。

3. 根据权利要求1所述的可3D打印的尾矿砂纤维混凝土,其特征在于所述粉煤灰的烧失量为7.1%,含水率为0.1%,氧化钙含量为3.7%,需水量比为104%,细度为45 μm 方孔筛筛余17.5%。

4. 根据权利要求1所述的可3D打印的尾矿砂纤维混凝土,其特征在于所述硅灰的密度为2.3 g/cm^3 ,比表面积为25~29 m^2/g ;所述空心玻璃微珠的粒径为2-125 μm ,密度为0.46 g/cm^3 ,堆积密度为0.29 g/cm^3 ,抗压强度为41.37 MPa,漂浮率为96%;所述砂子为平均粒径387.5 μm 、比表面积0.101 m^2/g 的天然砂;所述尾矿砂的比表面积为0.141 m^2/g ;所述减水剂为聚羧酸系减水剂,减水率大于30%,含固量为36.5%。

5. 根据权利要求1所述的可3D打印的尾矿砂纤维混凝土,其特征在于所述尾矿砂为铜尾矿砂、铁尾矿砂和金尾矿砂。

6. 一种权利要求1-5任一所述的可3D打印的尾矿砂纤维混凝土的制备方法,该制备方法包括以下步骤:

(1) 按重量份数计,将上述原料分成四组,第一组为快硬性普通硅酸盐水泥6.8-7.2份、粉煤灰1.35-1.45份、天然砂7.1-7.3份和聚丙烯纤维0.005-0.007份,第二组为硅灰0.75-0.85份、空心玻璃微珠0.75-0.85份、尾矿砂4.7-4.9份和玄武岩纤维0.005-0.007份,第三组为水1.3-1.4份和减水剂0.04-0.06份,第四组为余量的水和0.045-0.065份的羟丙基甲基纤维素;

(2) 将第一组或第二组的原料同时送入横卧式搅拌机进行混合搅拌,至完全混合均匀,然后再对应的将第二组或第一组的原料同时加入到上述已混合均匀的拌合物中,进行混合搅拌,至完全混合均匀;

(3) 将第三组和第四组的原料先分别混合均匀,然后分别将混合后的物料加入到步骤(2)得到的终了拌合物中,分别搅拌90-180s,即得到所述的混凝土。

7. 一种权利要求1-6任一所述的可3D打印的尾矿砂纤维混凝土的使用方法,该使用方

法是：将上述混凝土泵送或机械输送至3D打印机的打印喷头内，静置时间30-40 min，设置打印喷头出口截面积为180~200 mm²，挤出速度为0.3-0.4 m³/h，水平向打印速度为250-290 m/h，然后进行打印。

一种可3D打印的尾矿砂纤维混凝土及其制备、使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及混凝土技术领域,具体来说,是涉及一种可3D打印的尾矿砂纤维混凝土及其制备、使用方法。

背景技术

[0002] 3D打印技术近几年在土木建筑领域获得显著的发展,3D打印桥梁、3D打印房屋等实例常有报道,这些在很大程度上证实了将3D打印技术运用到土木建筑领域的可行性。3D打印混凝土技术也因其具有的设计自由化、建造灵活性、施工速度快、人工成本低、自动化程度高、环境污染小等诸多优点而得到广泛的关注和推广。

[0003] 然而,目前针对可3D打印的混凝土材料种类的报道尚少,而且3D打印混凝土材料的使用需要与3D打印机的工作参数相协调一致。混凝土拌合物的可打印性能(如流动性、挤出性、建造性、早期刚度等)与打印机的打印参数(如挤出速度、打印速度、打印高度、打印头设计尺寸等)相互制约也相辅相成。在合理优化设计混凝土材料的可打印性能与打印机的打印参数的前提下,方可保证打印过程的顺利完成。

[0004] 3D打印混凝土的优势在于可以降低人工费、材料费、机械运输费等,如申请号为201610947297.1的中国专利公开一种用于3D打印的混凝土,申请号为201510375110.0的中国专利公开一种用于3D打印的高性能粉末混凝土,以及申请号为201510228281.0的中国专利公开一种可用于3D打印的混凝土材料及其制备方法,上述的混凝土材料均未涉及使用废固材料进行材料的制备。

发明内容

[0005] 本发明的目的是,提供一种可3D打印的尾矿砂纤维混凝土及其制备、使用方法。该混凝土材料利用尾矿砂做为部分砂料配制混凝土,可打印性能高、强度高、成本低,有利于推动3D打印混凝土的实际工程应用。该制备方法将原材料分两次加入,每次加入均包含有粉末类、细砂类和纤维类的原材料,这样保证了原材料的均匀拌合。其后,水与添加剂也分两次加入,减少了混凝土抱团、起球的现象,提高了混凝土的和易性,得到能用在土木建筑工程中用于挤出型3D打印机的尾矿砂纤维混凝土。在使用方法限定的各项参数范围内打印所制备的混凝土,可保证打印过程的顺利以及3D打印混凝土的结构稳定性。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案进行实现:

[0007] 一种可3D打印的尾矿砂纤维混凝土,按重量份数计,混凝土的组成和含量分别为:

[0008] 快硬性普通硅酸盐水泥6.8-7.2份;

[0009] 粉煤灰1.35-1.45份;

[0010] 硅灰0.75-0.85份;

[0011] 空心玻璃微珠0.75-0.85份;

[0012] 砂子7.1-7.3份;

[0013] 尾矿砂4.7-4.9份,所述尾矿砂的平均粒径为220-270 μm ;

[0014] 水2.6-2.8份；

[0015] 减水剂0.045-0.055份；

[0016] 长度为7-10mm的聚丙烯纤维0.005-0.007份；

[0017] 长度为11-14mm的玄武岩纤维0.005-0.007份；

[0018] 粘度为2万-7万的羟丙基甲基纤维素0.04-0.06份。

[0019] 一种上述可3D打印的尾矿砂纤维混凝土的制备方法,该制备方法包括以下步骤:

[0020] (1) 按重量份数计,将上述原料分成四组,第一组为快硬性普通硅酸盐水泥6.8-7.2份、粉煤灰1.35-1.45份、天然砂7.1-7.3份和聚丙烯纤维0.005-0.007份,第二组为硅灰0.75-0.85份、空心玻璃微珠0.75-0.85份、尾矿砂4.7-4.9份和玄武岩纤维0.005-0.007份,第三组为水1.3-1.4份和减水剂0.04-0.06份,第四组为余量的水和0.045-0.065份的羟丙基甲基纤维素;

[0021] (2) 将第一组或第二组的原料同时送入横卧式搅拌机进行混合搅拌,至完全混合均匀,然后再对应的将第二组或第一组的原料同时加入到上述已混合均匀的拌合物中,进行混合搅拌,至完全混合均匀;

[0022] (3) 将第三组和第四组的原料先分别混合均匀,然后分别将混合后的物料加入到步骤(2)得到的终了拌合物中,分别搅拌90-180s,即得到所述的混凝土。

[0023] 一种上述可3D打印的尾矿砂纤维混凝土的使用方法,该使用方法是:将上述混凝土泵送或机械输送至3D打印机的打印喷头内,静置时间30-40min,设置打印喷头出口截面积为180~200mm²,挤出速度为0.3-0.4m³/h,水平向打印速度为250-290m/h,然后进行打印。

[0024] 与现有的3D打印混凝土材料相比,本发明的有益效果是:

[0025] 1) 在很大程度上减少了因使用天然砂石而产生对环境和生态的破坏,减少了尾矿砂的维护管理成本,降低了3D打印混凝土材料的价格;

[0026] 2) 混合掺入聚丙烯和玄武岩纤维一方面有效抑制了因表面水分蒸发而产生的收缩、开裂等现象,另一方面大大提高了混凝土材料的力学强度尤其是延性;

[0027] 3) 粘度改性剂的使用降低了打印结构的分层效应,提高了打印结构的整体性。本发明的优点便是将矿业废料铜尾矿砂用于3D打印混凝土的制备当中,用铜尾矿砂替代传统混凝土制备当中的河砂,可以取得良好的成本和环境效益,一方面可以减少尾矿的维护管理以及处理的成本,降低矿业废料对环境的污染,另一方面可以减少河砂的使用,保护河床和降低水土流失。3D打印材料的流动性、凝结性、挤出性、建造性等均需要与3D打印机的参数相协调一致。例如,在混凝土材料的流动性已确定前提下,打印机的打印速度如若过慢,则打印出的结构容易出现堆积或者褶皱的现象,打印速度如若过快,则会造成混凝土材料的中断。

附图说明

[0028] 图1为实施例1的混凝土进行挤出性评价测试的效果图。

[0029] 图2为实施例1的混凝土进行建造性评价测试的效果图。

具体实施方式

[0030] 下面结合实施例及附图进一步解释本发明,但并不以此作为对本申请权利要求保

护范围的限定。

[0031] 本发明可3D打印的尾矿砂纤维混凝土,按重量份数计,混凝土的组成和含量分别为:

[0032] 快硬性普通硅酸盐水泥6.8-7.2份;

[0033] 粉煤灰1.35-1.45份;

[0034] 硅灰0.75-0.85份;

[0035] 空心玻璃微珠0.75-0.85份;

[0036] 砂子7.1-7.3份;

[0037] 尾矿砂4.7-4.9份,所述尾矿砂的平均粒径为220-270 μm ;

[0038] 水2.6-2.8份;

[0039] 减水剂0.045-0.055份;

[0040] 长度为7-10mm的聚丙烯纤维0.005-0.007份;

[0041] 长度为11-14mm的玄武岩纤维0.005-0.007份;

[0042] 粘度为2万-7万的羟丙基甲基纤维素0.04-0.06份。

[0043] 所述快硬性普通硅酸盐水泥的比表面积为348 m^2/kg ,密度为3.0 g/cm^3 ,标准稠度用水量为25.9%,初凝时间为170min,终凝时间为210min,烧失量为3.5%,氧化镁含量为2.18%,3天抗折强度为5.7MPa,3天抗压强度为30MPa。快硬性水泥的使用是为了使混凝土获得较高的早起强度,有利于提高混凝土的建造性。

[0044] 所述粉煤灰的烧失量为7.1%,含水率为0.1%,氧化钙含量为3.7%,需水量比为104%,细度为45 μm 方孔筛筛余17.5%。

[0045] 所述硅灰的密度为2.3 g/cm^3 ,比表面积为25~29 m^2/g ,含水率为1.5%。

[0046] 所述空心玻璃微珠的粒径为2-125 μm ,密度为0.46 g/cm^3 ,堆积密度为0.29 g/cm^3 ,抗压强度为41.37MPa,漂浮率为96%,空心玻璃微珠可发挥其润滑的作用,可提高混凝土的挤出性。

[0047] 所述砂子为平均粒径387.5 μm 、比表面积0.101 m^2/g 的天然砂;

[0048] 所述尾矿砂的平均粒径为246 μm ,比表面积为0.141 m^2/g ;

[0049] 所述减水剂为聚羧酸系减水剂,减水率大于30%,含固量为36.5%;

[0050] 所述聚丙烯纤维的长度为9mm,直径为50 μm ,密度为0.9 g/cm^3 ,抗拉强度为4MPa,弹性模量为3-8GPa;

[0051] 所述玄武岩纤维的长度为12mm,拉伸强度为3300-4500MPa,弹性模量为95-115GPa,断裂伸长率为2.4-3.0%;两种纤维(聚丙烯纤维和玄武岩纤维)的加入一方面减少混凝土早期因水分蒸发而形成的开裂,同时能提高硬化后混凝土的断裂韧性。

[0052] 所述羟丙基甲基纤维素(HPMC)为一种粘度改性剂,优选粘度规格为5万粘度,粘度改性剂的使用能提高3D打印结构层与层之间的截面粘结力,从而提高3D打印结构的整体性。

[0053] 本发明中所述尾矿砂为铜尾矿砂、铁尾矿砂和金尾矿砂等,在使用前应对尾矿砂进行处理,保证其粒径范围为220-270 μm ,即可满足生产使用要求。

[0054] 本发明可3D打印的尾矿砂纤维混凝土的制备方法包括以下步骤:

[0055] (1)按重量份数计,将上述原料分成四组,第一组为快硬性普通硅酸盐水泥6.8-

7.2份、粉煤灰1.35-1.45份、天然砂7.1-7.3份和聚丙烯纤维0.005-0.007份,第二组为硅灰0.75-0.85份、空心玻璃微珠0.75-0.85份、尾矿砂4.7-4.9份和玄武岩纤维0.005-0.007份,第三组为水1.3-1.4份和减水剂0.04-0.06份,第四组为余量的水和0.045-0.065份的羟丙基甲基纤维素;

[0056] (2)将第一组或第二组的原料同时送入横卧式搅拌机进行混合搅拌,至完全混合均匀,然后再对应的将第二组或第一组的原料同时加入到上述已混合均匀的拌合物中,进行混合搅拌,至完全混合均匀;

[0057] (3)将第三组和第四组的原料先分别混合均匀,然后分别将混合后的物料加入到步骤(2)得到的终了拌合物中,分别搅拌90-180s,即得到所述的混凝土。

[0058] 本发明制备方法中将粉末、砂和纤维分成两组进行先后混合,然后再将每一种添加剂与部分水混合后再分别加入,能提高混凝土的混合均匀性,且粉末和纤维分两次投放能提高纤维的分散性,减少纤维抱团的现象,水分两次加入可以减少起球成团的现象。该制备方法中第一组和第二组的加入顺序没有要求,第三组和第四组的加入顺序没有要求,保证能充分混合即可。

[0059] 本发明可3D打印的尾矿砂纤维混凝土的使用方法是:将上述配方的混凝土泵送或机械输送至3D打印机的打印喷头内,静置时间30-40min,所述静置时间是指从混凝土制备好到打印开始之间的时间,设置打印喷头出口截面积为 $180\sim 200\text{mm}^2$,挤出速度为 $0.3\sim 0.4\text{m}^3/\text{h}$,水平向打印速度为 $250\sim 290\text{m}/\text{h}$,垂直向打印速度为 $0.7\sim 0.9\text{m}/\text{h}$,喷头打印高度为 $20\sim 32\text{mm}$,然后进行打印。

[0060] 将按照本发明所提供的配方及制备方法得到的混凝土进行打印,对打印后的结构体进行相关性能测试,即流动性评价、建造性评价、抗压强度评价级抗弯强度评价,经测试使用本发明混凝土在满足所提出的打印要求的前提下可保证打印过程的顺利进行,且打印后所得结构体稳定结实。

[0061] 实施例1

[0062] 本实施例可3D打印的尾矿砂纤维混凝土按重量份数计,混凝土的组成和含量分别为:

[0063] 42.5#快硬性普通硅酸盐水泥7.0份;

[0064] 粉煤灰1.4份,

[0065] 硅灰0.80份,

[0066] 空心玻璃微珠0.8份,

[0067] 天然砂7.2份,

[0068] 铜尾矿砂4.8份,

[0069] 水2.6份,

[0070] 减水剂0.05份,

[0071] 长度为9mm的聚丙烯纤维0.006份,

[0072] 长度为12mm的玄武岩纤维0.006份,

[0073] 粘度为5万的HPMC粘度改性剂0.05份。

[0074] 所述快硬性普通硅酸盐水泥的比表面积为 $348\text{m}^2/\text{kg}$,密度为 $3.0\text{g}/\text{cm}^3$,标准稠度用水量 25.9% ,初凝时间为170min,终凝时间为210min,烧失量为 3.5% ,氧化镁含量为

2.18%，3天抗折强度为5.7MPa，3天抗压强度为30MPa。

[0075] 所述粉煤灰的烧失量为7.1%，含水率为0.1%，氧化钙含量为3.7%，需水量比为104%，细度为45 μm 方孔筛筛余17.5%。

[0076] 所述硅灰的密度为2.3g/cm³，比表面积为25~29m²/g；所述空心玻璃微珠的粒径为100 μm ，密度为0.46g/cm³，堆积密度为0.29g/cm³，抗压强度为41.37MPa，漂浮率为96%；所述砂子为平均粒径387.5 μm 、比表面积0.101m²/g的天然砂；所述铜尾矿砂的平均粒径为246 μm ，比表面积为0.141m²/g；所述减水剂为聚羧酸系减水剂，减水率大于30%，含固量为36.5%。

[0077] 本实施例可3D打印的尾矿砂纤维混凝土的制备方法是：

[0078] (1) 按重量份数计，将上述原料分成四组，第一组为42.5#快硬性普通硅酸盐水泥7.0份、粉煤灰1.4份、天然砂7.2份和聚丙烯纤维0.006份，第二组为硅灰0.8份、空心玻璃微珠0.8份、铜尾矿砂4.8份和玄武岩纤维0.006份，第三组为水1.3份和减水剂0.05份，第四组为余量的水和0.05份的羟丙基甲基纤维素；

[0079] (2) 将第一组的原料同时送入30L横卧式搅拌机进行混合搅拌，搅拌速度为45转/分钟，搅拌温度为室温20℃，搅拌时间为180s，至完全混合均匀；然后再对应的将第二组的原料同时加入到上述已混合均匀的拌合物中，进行混合搅拌，搅拌速度为45转/分钟，搅拌温度为室温20℃，搅拌时间为180s，至完全混合均匀；

[0080] (3) 将第三组和第四组的原料先分别混合均匀，然后将第三组混合后的物料加入到步骤(2)得到的终了拌合物中，在上述的搅拌温度和搅拌速度下搅拌90s；最后将第四组混合后的物料在上述的搅拌温度和搅拌速度下加入，再搅拌90s，即得到所述的混凝土。

[0081] 使用本实施例可3D打印的尾矿砂纤维混凝土进行3D打印，具体过程是：将上述配方的混凝土泵送至3D打印机的打印喷头内，静置时间30min，设置打印喷头出口截面积为8 \times 24mm²，挤出速度为0.3m³/h，水平向打印速度为260m/h，垂直向打印速度为0.75m/h，喷头打印高度为24mm；按照以上打印参数进行打印，得到打印结构体。打印过程进行顺利，而且所打印结构的整体性较好、稳定性较好。

[0082] 对本实施例的混凝土及上述打印出的结构体进行相关性能测试：

[0083] 流动性评价：

[0084] 参照国家标准《水泥胶砂流动度测定方法》(GB_T2419-2005)，《预拌混凝土》(GBT 14902-2012)和《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T 50080-2016现行标准)测试本实施例混凝土的流动性，测试结果为：坍落度为70-88mm，流动扩展度为200-210mm，V型漏斗流动时间为20-25s。

[0085] 挤出性评价：

[0086] 挤出性指的是材料通过设定出口的一个能力，如果能在小出口的条件下被挤出，那换成大口的喷头，自然也可以被顺利地挤出来，在挤出性评价选用小出口8mm \times 8mm的打印喷头进行测试。本实施例混凝土在3D打印机的打印参数为打印喷头尺寸8mm \times 8mm，挤出速度为5.4L/min，水平打印速度为270m/h，喷头打印高度24mm的条件下能持续地、连续地、打印长度为200mm的细丝，且无中断和堵塞发生，如图1所示。

[0087] 建造性评价：

[0088] 建造性表征的是材料被堆积起一定的高度而不发生坍塌的能力，选用尺寸为8mm

×24mm的打印喷头进行打印,使材料堆积,进行建造性评价(建造性是指打印材料在垂直方向堆积的能力或者性质,太小的喷口无法进行建造性的评价测试)。本实施例混凝土,在3D打印机的打印参数为打印喷头尺寸8mm×24mm,挤出速度为5.4L/min,水平打印速度为270m/min,垂直打印速度1.3cm/min,喷头打印高度24mm的条件下,垂直打印42层无中断、无垮塌,所得结构体的高宽比为10:1,每打印层的竖向变形仅为0.59%,如图2所示,说明本实施例混凝土表现出优异的建造性和结构稳定性。

[0089] 早期刚度评价:

[0090] 参照国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》(GB/T50080-2002)对本实施例混凝土进行早期刚度测试。测试结果为:龄期为30min时贯入阻力为20-25kPa,60min时贯入阻力为30-35kPa,90min时贯入阻力为40-45kPa,3小时贯入阻力为90-110kPa,6小时贯入阻力为180-220kPa,8小时贯入阻力可达0.7MPa。

[0091] 抗压强度评价:

[0092] 参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T50081-2002)对本实施例混凝土进行抗压强度测试。测试结果为:龄期为3天时抗压强度为36MPa,龄期为14天时抗压强度为49.6MPa,龄期为28天时抗压强度为54.6MPa。

[0093] 抗弯强度评价:

[0094] 参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T50081-2002)对本实施例混凝土进行抗弯强度测试。测试结果为:7天抗弯强度可达7.8MPa,跨中挠度为0.31mm。

[0095] 从上述的测试结果中可以看出,本实施例混凝土在设定的3D打印机的参数条件下,可以被连续地(流动性问题)、不发生堵塞的(挤出性问题,附图1)、能够竖向堆积起来而不坍塌地(建造性问题,附图2)打印成一个结构体,而且打印成型的这个结构体在硬化之后具有足够的抗压强度和抗弯强度。该混凝土的流动性、可挤出性、建造性、抗压强度及抗弯强度均较好。

[0096] 实施例2

[0097] 本实施例可3D打印的尾矿砂纤维混凝土按重量份数计,混凝土的组成和含量分别为:

[0098] 42.5#快硬性普通硅酸盐水泥6.8份;

[0099] 粉煤灰1.35份,

[0100] 硅灰0.75份,

[0101] 空心玻璃微珠0.75份,

[0102] 天然砂7.1份,

[0103] 铜尾矿砂4.7份,

[0104] 水2.6份,

[0105] 减水剂0.05份,

[0106] 长度为9mm的聚丙烯纤维0.005份,

[0107] 长度为12mm的玄武岩纤维0.005份,

[0108] 粘度为5万的HPMC粘度改性剂0.04份。

[0109] 本实施例可3D打印的尾矿砂纤维混凝土的制备方法是:

[0110] (1)按重量份数计,将上述原料分成四组,第一组为42.5#快硬性普通硅酸盐水泥

6.8份、粉煤灰1.35份、天然砂7.1份和聚丙烯纤维0.005份,第二组为硅灰0.75份、空心玻璃微珠0.75份、铜尾矿砂4.7份和玄武岩纤维0.005份,第三组为水1.3份和减水剂0.05份,第四组为余量的水和0.04份的羟丙基甲基纤维素;

[0111] (2)将第二组的原料同时送入30L横卧式搅拌机进行混合搅拌,搅拌速度为45转/分钟,搅拌温度为室温20℃,搅拌时间为180s,至完全混合均匀;然后再对应的将第一组的原料同时加入到上述已混合均匀的拌合物中,进行混合搅拌,搅拌速度为45转/分钟,搅拌温度为室温20℃,搅拌时间为180s,至完全混合均匀;

[0112] (3)将第三组和第四组的原料先分别混合均匀,然后将第四组混合后的物料加入到步骤(2)得到的终了拌合物中,在上述的搅拌温度和搅拌速度下搅拌90s;最后将第三组混合后的物料在上述的搅拌温度和搅拌速度下加入,再搅拌90s,即得到所述的混凝土。

[0113] 将本实施例的混凝土静置时间30min后运输至打印机的打印喷头内,喷头出口截面积 $8 \times 24\text{mm}^2$,挤出速度 $0.3\text{m}^3/\text{h}$,水平向打印速度250m/h,垂直向打印速度0.7m/h,喷头打印高度26mm。按照以上打印参数进行设置,打印过程进行顺利,而且所打印结构的整体性较好、稳定性较好。

[0114] 实施例3

[0115] 本实施例可3D打印的尾矿砂纤维混凝土按重量份数计,混凝土的组成和含量分别为:

[0116] 42.5#快硬性普通硅酸盐水泥7.2份;

[0117] 粉煤灰1.45份,

[0118] 硅灰0.85份,

[0119] 空心玻璃微珠0.85份,

[0120] 天然砂7.3份,

[0121] 铜尾矿砂4.9份,

[0122] 水2.8份,

[0123] 减水剂0.05份,

[0124] 长度为9mm的聚丙烯纤维0.007份,

[0125] 长度为12mm的玄武岩纤维0.007份,

[0126] 粘度为5万的HPMC粘度改性剂0.06份。

[0127] 本实施例混凝土的制备方法同实施例1,将本实施例所得的混凝土材料静置40min后运输至打印机的打印喷头内,喷头出口截面积 $8 \times 24\text{mm}^2$,挤出速度 $0.4\text{m}^3/\text{h}$,水平向打印速度290m/h,垂直向打印速度0.9m/h,喷头打印高度20mm。按照以上打印设置参数,打印过程进行顺利,而且所打印结构的整体性较好、稳定性较好。

[0128] 实施例4

[0129] 本实施例混凝土的组成及制备方法、打印参数同实施例1,不同之处在于本实施例中羟丙基甲基纤维素为0.045份。

[0130] 对比例1

[0131] 除天然砂6.0份,铜尾矿砂6.0份外,其他的材料种类、添加量、搅拌混合方式以及打印参数均与实施例1相同。测试结果显示:打印过程可进行顺利,但因混凝土流动性较强,打印的结构发生了倾斜以至于坍塌,结构无法成型。该对比例中天然砂的替代量为50%,进

行28天抗压强度测试,其抗压强度为44.1MPa,远小于实施例1的抗压强度。

[0132] 对比例2

[0133] 除将混凝土搅拌完成后的静置时间调整为45min,其他的材料种类、添加量、制备方法以及打印参数均与实施例2相同。测试结果显示:由于静置时间过长,混凝土材料由流态转化为塑形态,从打印喷头挤出时经常出现中断的现象,打印过程无法顺利进行。

[0134] 对比例3

[0135] 除聚丙烯纤维0.01份,玄武岩纤维0.01份外,其他的材料种类、添加量、制备方法以及打印参数均与实施例3相同。测试结果显示:由于纤维的掺入量较大,导致混凝土拌合物中的纤维出现了抱团现象,从而在打印过程中,喷头处出现了堵塞的现象,打印过程无法顺利进行。

[0136] 对比例4

[0137] 除HPMC粘度改性剂0.02份,静置时间30min外,其他的材料种类、添加量、制备方法以及打印参数均与实施例2相同。测试结果显示:打印过程进行顺利,但是打印结构的层与层之间的界面粘结力较差,出现了明显的分层现象,所打印结构的整体性较差。

[0138] 对比例5

[0139] 除挤出速度 $0.5\text{m}^3/\text{h}$,水平向打印速度 $210\text{m}/\text{h}$ 外,其他的材料种类、添加量、搅拌混合方式以及打印参数均与实施例2相同。测试结果显示:混凝土材料可以顺利从打印头挤出,但是由于混凝土挤出速度较快,而打印速度较慢,导致被打印出的混凝土在喷头附近出现了堆积现象,以及打印的平面出现了褶皱现象。

[0140] 对比例6

[0141] 对比例6的制备方法及原料组成同实施例4,不同之处在于该对比例中HPMC粘度改性剂为0.015份。

[0142] 对比例7

[0143] 对比例7的制备方法及原料组成同实施例4,不同之处在于该对比例中HPMC粘度改性剂为0.030份。

[0144] 对对比例6、对比例7和实施例4进行7天抗弯强度测试,测试结果分别为6.5MPa,6.7MPa和7.2MPa。因此,本发明配方内的7天抗弯强度更好。

[0145] 本发明未述及之处适用于现有技术,所涉及的原材料均商购或通过常规方法得到。

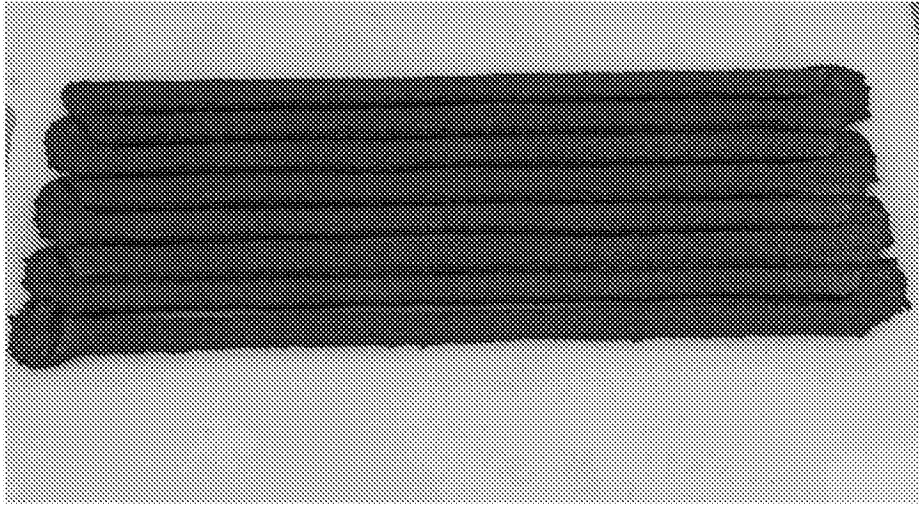


图1

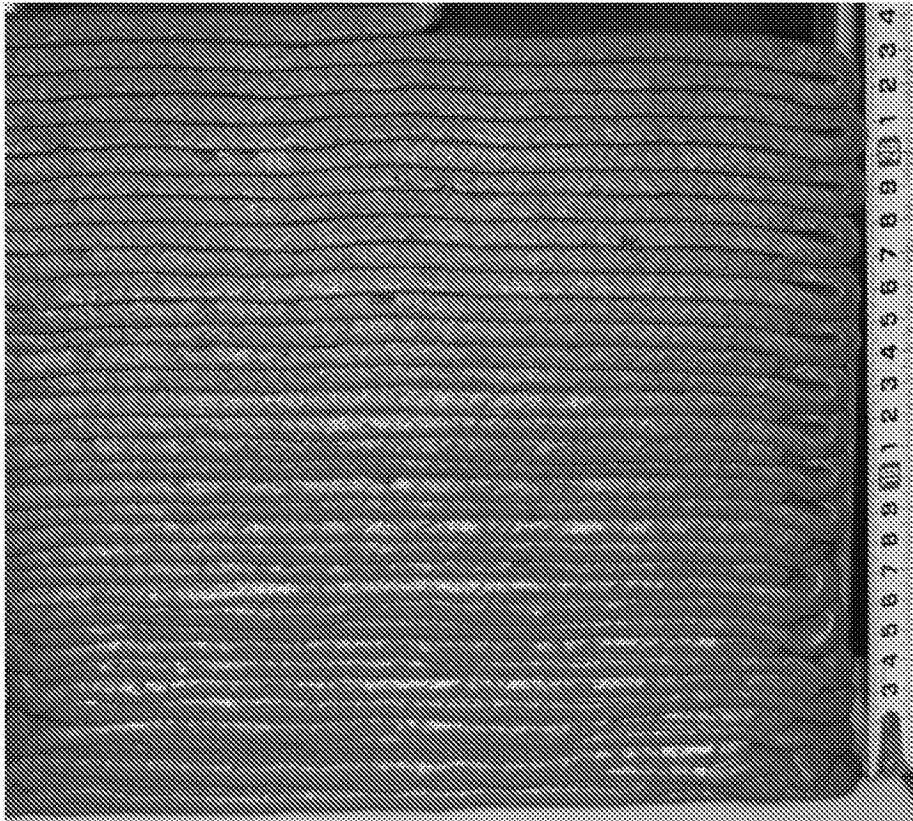


图2