



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108000675 A

(43)申请公布日 2018.05.08

(21)申请号 201711239818.9

(22)申请日 2017.11.30

(71)申请人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路5号

(72)发明人 曹靖 杨毅 王奕璇 张鲜维

柴军瑞 许增光 覃源

(74)专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 韩琦

(51)Int.Cl.

B28B 1/00(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

B33Y 30/00(2015.01)

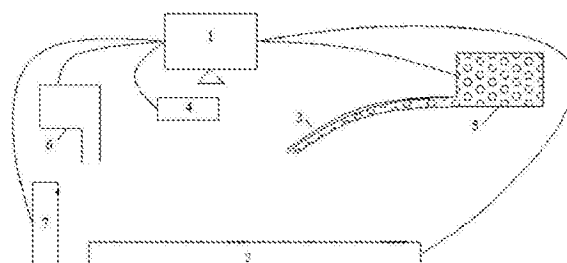
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法

(57)摘要

本发明公开了一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,混凝土构件的外形由模板控制,混凝土构件的新拌混凝土由3D打印喷头逐层浇筑混凝土层;之后在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣;再通过骨架打印系统打印骨架,并将打印的骨架铺设在混凝土层中;最后将模板拆除,即可完成混凝土构件的3D打印。本方法能够打印不同材料且可对打印骨架进行铺设,连接上下层混凝土,以构造复杂混凝土建筑,同时,提高了生产效率,节约了成本,减少了环境污染。



1. 一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,其特征在于,采用一种骨架生长式混凝土3D打印系统来实现,该3D打印系统包括计算机控制系统(1)、振捣系统(2)、模板铺设系统(4)、拌合料铺设系统(5)、骨架打印系统(6)和骨架铺设系统(7),计算机控制系统(1)分别与振捣系统(2)、模板铺设系统(4)、拌合料铺设系统(5)、骨架打印系统(6)和骨架铺设系统(7)相连,拌合料铺设系统(5)输出端连接有3D打印喷头(3),振捣系统(2)中设置有振捣台;

该骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,具体步骤如下:

步骤1,建立混凝土构件模型,并设定打印层数 i 和打印层高 h ,其中, $i=1,2,\dots,n$,层高 $h=15\text{cm}\sim 20\text{cm}$;

步骤2,经步骤1后,判断混凝土构件模型是否出现悬空区,若混凝土构件模型没有出现悬空区,则利用模板铺设系统(4)打印混凝土构件外形的模板;若混凝土构件模型出现悬空区,则利用模板铺设系统(4)打印混凝土构件外形的模板,并在悬空区打印支撑结构;

步骤3,待步骤2中打印的材料硬化后,通过拌合料铺设系统(5)进行拌合混凝土,通过3D打印喷头(3)在振捣台上逐层打印混凝土层;

步骤4,经步骤3后,在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣;

步骤5,经步骤4后,通过骨架打印系统(6)打印骨架,之后利用骨架铺设系统(7)控制骨架的横向和纵向位置,将打印的骨架完全嵌设在混凝土层中;

步骤6,待步骤5中打印的混凝土层硬化后,根据步骤1中设定打印层数 i ,重复进行步骤3~5,直至打印完设定的层数 i ;

步骤7,经步骤6后,将步骤2中打印的结构拆除,即可完成混凝土构件的3D打印。

2. 根据权利要求1所述的一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,其特征在于,所述步骤2中,模板和支撑结构由钛合金材料或者铝合金材料制成。

3. 根据权利要求1所述的一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,其特征在于,所述步骤2中,支撑结构为直板形、树枝形、柱形、网状形中的任意一种。

4. 根据权利要求1所述的一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,其特征在于,所述步骤5中,所述骨架的高度为 $5\text{cm}\sim 10\text{cm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,其特征在于,所述步骤5中,所述骨架由钛合金材料或者铝合金材料制成。

一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法

技术领域

[0001] 本发明属于建筑工程技术领域,具体涉及一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法。

背景技术

[0002] 3D打印技术出现在20世纪90年代中期,它是利用光固化和纸层叠等方式实现快速成型的技术。与普通打印机工作原理基本相同,打印机内装有粉末状金属或塑料等可粘合材料,与电脑连接后,通过一层又一层的多层打印方式,最终把计算机上的蓝图变成实物。随着3D打印技术的完善,混凝土3D打印技术也渐渐开始走向成熟化,通过借助计算机辅助系统和3D打印技术来实现混凝土构件的制作;然而,当复杂的混凝土构件制作时,现有的3D打印方法在制作混凝土构件时,其制作精度较低且质量较差,无法实现复杂结构的打印。同时,现有混凝土打印方法通过旋转打印头将拌合物逐层浇筑,不可避免的产生层间界面,影响结构整体强度。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,通过打印骨架并进行铺设,提高了混凝土层界面的连接性能。

[0004] 本发明所采用的技术方案是,一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,采用一种骨架生长式混凝土3D打印系统来实现,该3D打印系统包括计算机控制系统、振捣系统、模板铺设系统、拌合料铺设系统、骨架打印系统和骨架铺设系统,计算机控制系统分别与振捣系统、模板铺设系统、拌合料铺设系统、骨架打印系统和骨架铺设系统相连,拌合料铺设系统输出端连接有3D打印喷头,振捣系统中设置有振捣台;

[0005] 该骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,具体步骤如下:

[0006] 步骤1,建立混凝土构件模型,并设定打印层数 i 和打印层高 h ,其中, $i=1, 2, \dots, n$,层高 $h=15\text{cm}\sim 20\text{cm}$;

[0007] 步骤2,经步骤1后,判断混凝土构件模型是否出现悬空区,若混凝土构件模型没有出现悬空区,则利用模板铺设系统打印混凝土构件外形的模板;若混凝土构件模型出现悬空区,则利用模板铺设系统打印混凝土构件外形的模板,并在悬空区打印支撑结构;

[0008] 步骤3,待步骤2中打印的材料硬化后,通过拌合料铺设系统进行拌合混凝土,通过3D打印喷头在振捣台上逐层打印混凝土层;

[0009] 步骤4,经步骤3后,在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣;

[0010] 步骤5,经步骤4后,通过骨架打印系统打印骨架,之后利用骨架铺设系统控制骨架的横向和纵向位置,将打印的骨架嵌设在混凝土层中;

[0011] 步骤6,待步骤5中打印的混凝土层硬化后,根据步骤1中设定打印层数 i ,重复进行步骤3~5,直至打印完设定的层数 i ;

[0012] 步骤7,经步骤6后,将步骤2中打印的结构拆除,即可完成混凝土构件的3D打印。

- [0013] 本发明的特点还在于，
- [0014] 步骤2中，模板和支撑结构采用钛合金材料或者铝合金材料制成。
- [0015] 步骤2中，支撑结构为直板形、树枝形、柱形、网状形中的任意一种。
- [0016] 步骤5中，骨架的高度为5cm~10cm，骨架采用钛合金材料或者铝合金材料制成。
- [0017] 本发明的有益效果是，该骨架生长式混凝土构件的3D打印方法，通过逐层打印模板，能够适应各种复杂结构形式，通过系统默认设置或用户自定义形式打印骨架并进行铺设，增强上下层混凝土的界面连接性能，以构造性能良好的复杂混凝土建筑，提高了生产效率，拓宽了混凝土结构设计的应用领域。

附图说明

- [0018] 图1是一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法中打印系统的结构示意图。
- [0019] 图中，1. 计算机控制系统，2. 振捣系统，3. 3D打印喷头，4. 模板铺设系统，5. 拌合料铺设系统，6. 骨架打印系统，7. 骨架铺设系统。

具体实施方式

- [0020] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。
- [0021] 本发明一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法，采用一种骨架生长式混凝土3D打印系统来实现，该3D打印系统包括计算机控制系统1、振捣系统2、模板铺设系统4、拌合料铺设系统5、骨架打印系统6和骨架铺设系统7，计算机控制系统1分别与振捣系统2、模板铺设系统4、拌合料铺设系统5、骨架打印系统6和骨架铺设系统7相连，拌合料铺设系统5输出端连接有3D打印喷头3，振捣系统2中设置有振捣台；
- [0022] 骨架打印系统6用来打印骨架，骨架铺设系统7将打印的骨架嵌设在混凝土层中；
- [0023] 模板铺设系统4用来打印混凝土构件的外形模板以及悬空区支撑架；
- [0024] 拌合料铺设系统5用来拌和混凝土材料，之后通过3D打印喷头3来打印混凝土层，且3D打印喷头3可以进行三维移动喷射打印；
- [0025] 振捣系统2中的振捣台用来振捣打印出的混凝土层，通过振捣使混凝土料相互滑动并重新排列，使混凝土骨料中的气泡被挤出，从而达到捣实的效果，振捣台可进行升降。
- [0026] 该骨架生长式混凝土构件的3D打印方法，具体步骤如下：
- [0027] 步骤1，建立混凝土构件模型，并设定打印层数*i*和打印层高*h*，其中， $i = 1, 2, \dots, n$ ，层高*h* = 15cm~20cm；
- [0028] 步骤2，经步骤1后，判断混凝土构件模型是否出现悬空区，若混凝土构件模型没有出现悬空区，则利用模板铺设系统4打印混凝土构件外形的模板；若混凝土构件模型出现悬空区，则利用模板铺设系统4打印混凝土构件外形的模板，并在悬空区打印支撑结构；
- [0029] 建筑物悬空区是指建筑物的某个面与垂直线的角度大于45°时，就会出现悬空区，当建筑物出现悬空区时，在3D打印过程中，由于重力因素，就有可能发生坠落，因此，在3D打印混凝土中需要判断混凝土结构模型是否存在悬空区；
- [0030] 其中，模板和支撑结构均采用钛合金材料或者铝合金材料制成，支撑结构为直板形、树枝形、柱形、网状形中的任意一种；
- [0031] 步骤3，待步骤2中打印的材料硬化后，通过拌合料铺设系统5进行拌合混凝土，通

过3D打印喷头3在振捣台上逐层打印混凝土层；

[0032] 步骤4,经步骤3后,在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣；

[0033] 步骤5,经步骤4后,通过骨架打印系统6打印骨架,之后并通过骨架铺设系统7通过控制骨架的横向和纵向位置,将打印的骨架完全嵌设在混凝土层中；

[0034] 其中,骨架高度为5cm~10cm,骨架采用钛合金材料或者铝合金材料制成；

[0035] 步骤6,待步骤5中打印的混凝土层硬化后,根据步骤1中设定打印层数 i ,重复进行步骤3~5,直至打印完设定的层数 i ；

[0036] 步骤7,经步骤6后,将步骤2中打印的结构拆除,即可完成混凝土构件的3D打印。

[0037] 本发明骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,其中模板和支撑结构均采用高硬耐磨合金材料,这是由于该类材料与混凝土不粘合,在打印完成后,便于拆卸。

[0038] 当建筑出现悬空区时,由于重力因素,物体的某个面与垂直线的角度大于45度且悬空,就有可能发生坠落,故打印悬空区支撑结构以支持悬空区,为了减少模板耗材,简化拆模工序,我们选择部分支撑,通过打印一系列直板形支撑结构、树枝形支撑结构、柱形支撑结构、网状形支撑结构,对悬空区进行支撑,支撑结构的位置、大小和分布可根据悬空区的位置来设定,用更少材料达到所需的支撑强度。支撑结构的自动生成技术有三种:基于STL格式文件的支撑结构自动生成技术,基于层片信息的支撑结构自动生成技术,基于扫描线的支撑结构自动生成技术。添加支撑结构前的模型状态有STL、Gcode、扫描文件等三种,相较于手动添加支撑结构,自动添加支撑结构更为简单方便。

[0039] 实施例1

[0040] 一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,利用本方法打印混凝土梁,具体步骤如下:

[0041] 步骤1,建立混凝土梁的模型,并设定打印层数 i 和打印层高 h ,其中, $i=50$,层高 h 为20cm；

[0042] 步骤2,经步骤1后,判断混凝土梁模型未出现悬空区,利用模板铺设系统4打印混凝土梁外形的模板,该模板由TA4钛合金材料制成；

[0043] 步骤3,待步骤2中材料硬化后,通过拌合料铺设系统5进行拌合混凝土,通过3D打印喷头3在振捣台上逐层打印混凝土层；

[0044] 步骤4,经步骤3后,在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣；

[0045] 步骤5,经步骤4后,通过骨架打印系统6打印骨架,之后并通过骨架铺设系统7通过控制骨架的横向和纵向位置,将打印的骨架嵌设在混凝土层中；

[0046] 其中,骨架的高度为6cm,骨架由TA4钛合金材料制成；

[0047] 步骤6,待步骤5中打印的混凝土层硬化后,重复进行49次步骤3~5；

[0048] 步骤7,经步骤6后,将步骤2中打印的混凝土梁外形的模板拆除,即可完成混凝土梁的3D打印。

[0049] 实施例2

[0050] 一种骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,利用本方法打印混凝土圆柱,具体步骤如下:

[0051] 步骤1,建立混凝土圆柱的模型,并设定打印层数 i 和打印层高 h ,其中, $i=100$,层高 h 为20cm；

[0052] 步骤2,经步骤1后,经判断可知,该混凝土圆柱的模型出现了悬空区,之后利用模板铺设系统4打印混凝土圆柱外形的模板;并在悬空区打印支撑结构;

[0053] 模板和支撑结构均由2A11铝合金材料制成,支撑结构为直板形;

[0054] 步骤3,待步骤2中材料硬化后,通过拌合料铺设系统5进行拌合混凝土,通过3D打印喷头3在振捣台上逐层打印混凝土层;

[0055] 步骤4,经步骤3后,在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣;

[0056] 步骤5,经步骤4后,通过骨架打印系统6打印骨架,之后并通过骨架铺设系统7通过控制骨架的横向和纵向位置,将打印的骨架嵌设在混凝土层中;

[0057] 骨架的高度为5cm,骨架由2A11铝合金材料制成;

[0058] 步骤6,待步骤5中打印的混凝土层硬化后,重复进行99次步骤3~5;

[0059] 步骤7,经步骤6后,将步骤2中打印混凝土圆柱外形的模板和直板形支撑结构拆除,即可完成混凝土圆柱的3D打印。

[0060] 实施例3

[0061] 骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,利用本方法打印混凝土墙体,具体步骤如下:

[0062] 步骤1,建立混凝土墙体的模型,并设定打印层数 i 和打印层高 h ,其中, $i=120$,层高 h 为15cm;

[0063] 步骤2,经步骤1后,经判断可知,混凝土墙体的模型出现了悬空区,之后利用模板铺设系统4打印混凝土墙体外形的模板,并在悬空区打印支撑结构;

[0064] 模板和支撑结构由TC1钛合金材料制成,支撑结构为树枝形;

[0065] 步骤3,待步骤2中材料硬化后,通过拌合料铺设系统5进行拌合混凝土,通过3D打印喷头3在振捣台上逐层打印混凝土层;

[0066] 步骤4,经步骤3后,在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣;

[0067] 步骤5,经步骤4后,通过骨架打印系统6打印骨架,之后并通过骨架铺设系统7通过控制骨架的横向和纵向位置,将打印的骨架嵌设在混凝土层中;

[0068] 其中,骨架的高度为10cm,骨架采用TC1钛合金材料制成;

[0069] 步骤6,待步骤5中打印的混凝土层硬化后,重复进行119次步骤3~5,直至打印完设定的层数 i ;

[0070] 步骤7,经步骤6后,将步骤2中打印的混凝土墙体外形的模板树枝形支撑结构拆除,即可完成混凝土墙体的3D打印。

[0071] 实施例4

[0072] 该骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,利用该方法打印混凝土面板,具体步骤如下:

[0073] 步骤1,建立混凝土面板的模型,并设定打印层数 i 和打印层高 h ,其中, $i=100$,层高 h 为15cm;

[0074] 步骤2,经步骤1后,经判断,可知混凝土面板的模型出现了悬空区,之后利用模板铺设系统4打印混凝土面板外形的模板,并在悬空区打印支撑结构;

[0075] 模板和支撑结构均由2A04铝合金材料制成,支撑结构为柱形;

[0076] 步骤3,待步骤2中2A04铝合金材料硬化后,通过拌合料铺设系统5进行拌合混凝土

土,通过3D打印喷头3在振捣台上逐层打印混凝土层;

[0077] 步骤4,经步骤3后,在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣;

[0078] 步骤5,经步骤4后,通过骨架打印系统6打印骨架,之后并通过骨架铺设系统7通过控制骨架的横向和纵向位置,将打印的骨架嵌设在混凝土层中;

[0079] 骨架的高度为6cm,骨架采用2A04铝合金材料制成;

[0080] 步骤6,待步骤5中打印的混凝土层硬化后,重复进行99次步骤3~5;

[0081] 步骤7,经步骤6后,将步骤2中打印的混凝土面板外形的模板和柱形支撑结构拆除,即可完成混凝土面板的3D打印。

[0082] 实施例5

[0083] 该骨架生长式混凝土构件的3D打印方法,利用该方法打印混凝土框架,具体步骤如下:

[0084] 步骤1,建立混凝土框架的模型,并设定打印层数 i 和打印层高 h ,其中, $i=80$,层高 h 为15cm;

[0085] 步骤2,经步骤1后,经判断可知,该混凝土框架的模型出现了悬空区,之后利用模板铺设系统4打印混凝土框架外形的模板,并在悬空区打印支撑结构;

[0086] 模板和支撑结构均由TC1钛合金材料制成,支撑结构为网状形;

[0087] 步骤3,待步骤2中材料硬化后,通过拌合料铺设系统5进行拌合混凝土,通过3D打印喷头3在振捣台上逐层打印混凝土层;

[0088] 步骤4,经步骤3后,在振捣台上对打印的混凝土层进行振捣;

[0089] 步骤5,经步骤4后,通过骨架打印系统6打印骨架,之后并通过骨架铺设系统7通过控制骨架的横向和纵向位置,将打印的骨架嵌设在混凝土层中;

[0090] 骨架的高度为5cm,骨架采用TC1钛合金材料制成;

[0091] 步骤6,待步骤5中打印的混凝土层硬化后,重复进行79次步骤3~5;

[0092] 步骤7,经步骤6后,将步骤2中打印的混凝土框架外形的模板和网状形支撑结构拆除,即可完成混凝土框架的3D打印。

[0093] 本发明的方法通过系统默认设置或用户自定义形式打印骨架并进行铺设,增强上下层混凝土的界面连接性能,以构造性能良好的复杂混凝土建筑,提高了生产效率,节约了成本,减少了环境污染,且拓宽了混凝土结构设计的应用领域。

[0094] 本发明方法中,在混凝土层中的嵌入骨架,增大了混凝土构件的承载力,同时,由于混凝土和骨架之间有良好的粘结锚固作用性能,二者能够可靠地结合在一起,共同受力,从而增强了混凝土构件的强度。

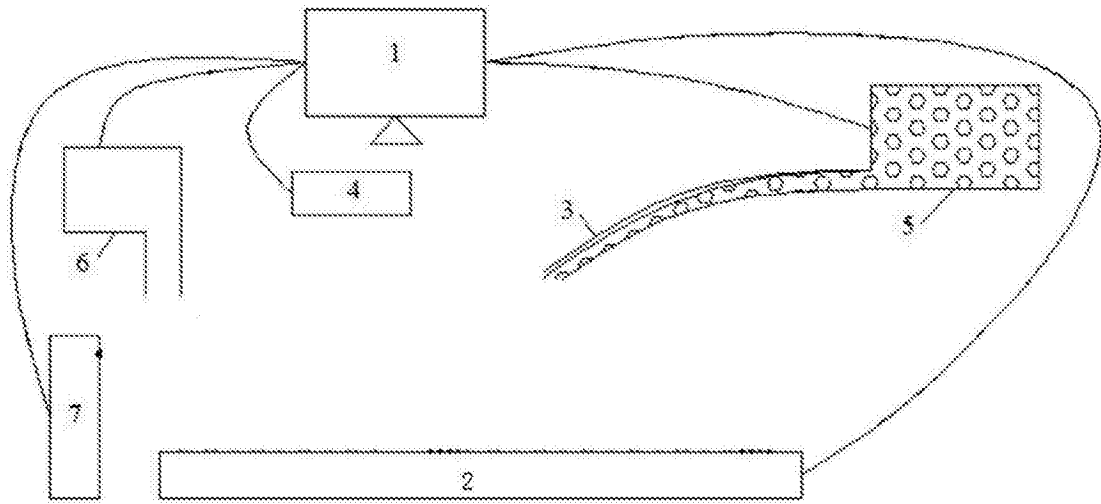


图1