



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109531769 A  
(43)申请公布日 2019.03.29

(21)申请号 201811335051.4

(22)申请日 2018.11.10

(71)申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

(72)发明人 张云升 张宇 钱如胜

(74)专利代理机构 南京众联专利代理有限公司  
32206

代理人 许小莉

(51) Int. Cl.

B28B 1/00(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

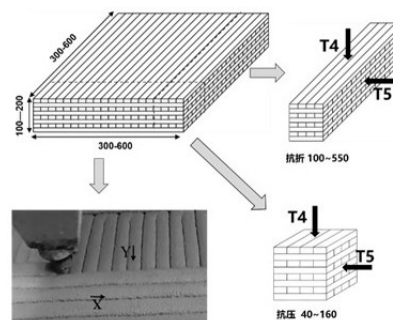
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种减少3D打印混凝土各向异性的设计和检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种减少3D打印混凝土各向异性的设计和检测方法。该设计方法包括:(1)设定打印路径CAD建模;(2)设定打印路径,所述的打印路径采用非平行打印路径,即打印完成的混凝土上下层为非平行状态,存在交叉角度 $\alpha$ , $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ ;(3)设定打印材料;(4)设定具体的打印参数;(5)设定打印构件的尺寸参数。用上述打印方法打印完成混凝土长方体构件,硬化后制成抗压检测试件和抗折检测试件,然后分别进行抗压和抗折检测,检测过程中受力加载;一种为垂直于打印混凝土层的加载方向,一种为平行于打印混凝土偶数层或奇数层的加载方向,抗压力加载速度为0.1~10KN/min,抗折力加载速度为0.1~1KN/min。该方法能有效减少打印混凝土构件的各向异性。



1. 一种减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,其特征在于:该方法包括:

(1) 设定打印路径CAD建模;

(2) 设定打印路径,所述的打印路径采用非平行打印路径,即打印完成的混凝土上下层为非平行状态,存在交叉角度 $\alpha$ , $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ ;

(3) 设定打印材料;

(4) 设定具体的打印参数,包括打印速度、打印喷头的尺寸及形状,打印层高层宽;

(5) 设定打印构件的尺寸参数。

2. 根据权利要求1所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,其特征在于:所述的打印路径CAD建模:是将打印喷头的行走轨迹设定为上下层之间存在交叉角度 $\alpha$ , $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 的行走轨迹,即第二层与第一层行走轨迹存在交叉角度 $\alpha$ ,也就是奇数层之间平行,偶数层之间平行,而奇数层与偶数层之间存在交叉角度 $\alpha$ ,如此交替往复打印混凝土层。

3. 根据权利要求1所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,其特征在于:所述的设定具体的打印参数,包括打印速度、打印喷头的尺寸及形状,打印层高层宽;其中打印速度控制在8-10 m/min,而对应的螺旋喂料旋转速度为10-30 r/min,喷头挤出速度为1-10L/min,打印喷头的尺寸为5-30mm,形状为圆形挤出头,对应的打印层高层宽分别为单层混凝土打印层高为4-30mm,打印的层宽为5-30mm,打印混凝土构件总的层高为80-200mm,总的层宽为100-600mm。

4. 根据权利要求1所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,其特征在于:所述的设定打印构件的尺寸参数:打印的混凝土构件尺寸应满足 $(300-600) \times (300-600) \times (100-200) \text{mm}^3$ 长方体构件。

5. 根据权利要求1所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,其特征在于:所述的打印材料由以下材料混合搅拌制成:按照重量份数取水泥20-65份,矿物外掺料0.4-8份,粒径不超过5mm的机制砂23-40份,粒径不超过10mm的粗骨料25-50份,外加剂0.1-0.8份,聚合物纤维0.2-1份,水10-24份。

6. 根据权利要求1所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,其特征在于:所述的矿物外掺料包括硅灰、黏土、粉煤灰、矿渣中的一种或两种以上的组合,所述的外加剂包括减水剂、增稠剂、触变剂、缓凝剂、早强剂中的一种或两种以上的组合。

7. 一种减少3D打印混凝土各向异性的试件检测方法,其特征在于:该方法为:

用上述打印方法打印完成混凝土长方体构件,硬化后制成抗压检测试件和抗折检测试件,然后分别进行抗压和抗折检测,检测过程中受力加载设定为至少两种受力方向,一种为垂直于打印混凝土的加载方向,一种为平行于偶数层或奇数层的加载方向,抗压力加载速度为0.1~10KN/min,抗折力加载速度为0.1~1KN/min。

8. 根据权利要求7所述的减少3D打印混凝土各向异性的试件检测方法,其特征在于:所述抗压检测试件和抗折检测试件的尺寸参数分别为: $(40-160) \times (40-160) \times (40-160) \text{mm}^3$ 抗压试件和 $(40-160) \times (40-160) \times (100-550) \text{mm}^3$ 抗折试件。

## 一种减少3D打印混凝土各向异性的设计和检测方法

[0001] 技术领域:

本发明涉及一种减少3D打印混凝土各向异性的设计和检测方法,属于混凝土技术领域。

[0002] 背景技术:

混凝土是当今社会最大宗的建筑材料,在人类社会的发展与建设中至关重要。而随着科学技术的发展,3D打印混凝土技术崭露头角,该技术摒弃传统混凝土支模过程,是一种无模成型技术。

[0003] 3D打印混凝土是基于3D打印技术而应用于建筑施工的新技术,主要以混凝土作为“油墨”材料并遵照CAD等三维软件预先设置好的打印程序,由喷嘴挤出混凝土层,经过连续层的堆积构筑成3D打印混凝土构件。

[0004] 然而,对3D打印混凝土构件,其不仅要具备良好的可打印性能,且打印完成后硬化性能至关重要,尤其是其抗压、抗折等力学强度。而3D打印混凝土构件的力学强度受多种因素的影响,如打印“油墨”的材料性能、喷头的打印路径、打印速度、打印喷头的尺寸及形状,打印层高层宽等;且3D打印混凝土构件缺少像钢筋等加强肋,使得构件强度在一定程度上降低,而3D打印喷头打印路径的不同对打印混凝土构件的各向异性有显著影响。

[0005] 因此对于3D打印混凝土构件力学强度的各向异性研究至关重要。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种减少3D打印混凝土各向异性的设计和检测方法,旨在通过设计不同打印路径的方式来减少打印混凝土构件的各向异性。

[0007] 上述的目的通过以下技术方案实现:

一种减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,该方法包括:

- (1) 设定打印路径CAD建模;
- (2) 设定打印路径,所述的打印路径采用非平行打印路径,即打印完成的混凝土上下层为非平行状态,存在交叉角度 $\alpha$ , $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ ;
- (3) 设定打印材料;
- (4) 设定具体的打印参数,包括打印速度、打印喷头的尺寸及形状,打印层高层宽;
- (5) 设定打印构件的尺寸参数;

所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的打印路径CAD建模:是将打印喷头的行走轨迹设定为上下层之间存在交叉角度 $\alpha$ , $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 的行走轨迹,即第二层与第一层行走轨迹存在交叉角度 $\alpha$ ,也就是奇数层之间平行,偶数层之间平行,而奇数层与偶数层之间存在交叉角度 $\alpha$ ,如此交替往复打印混凝土层。

[0008] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的设定具体的打印参数,包括打印速度、打印喷头的尺寸及形状,打印层高层宽;其中打印速度控制在8-10 m/min,而对应的螺旋喂料旋转速度为10-30 r/min,喷头挤出速度为1-10L/min,打印喷头的尺寸为5-30mm,形状为圆形挤出头,对应的打印层高层宽分别为单层混凝土打印层高为4-30mm,打

印的层宽为5-30mm,打印混凝土构件总的层高为80-200mm,总的层宽为100-600mm。

[0009] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的设定打印构件的尺寸参数:打印的混凝土构件尺寸应满足 $(300-600) \times (300-600) \times (100-200) \text{mm}^3$ 长方体构件。

[0010] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的打印材料由以下材料混合搅拌制成:按照重量份数取水泥20-65份,矿物外掺料0.4-8份,粒径不超过5mm的机制砂23-40份,粒径不超过10mm的粗骨料25-50份,外加剂0.1-0.8份,聚合物纤维0.2-1份,水10-24份。

[0011] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的矿物外掺料包括硅灰、黏土、粉煤灰、矿渣中的一种或两种以上的组合,所述的外加剂包括减水剂、增稠剂、触变剂、缓凝剂、早强剂中的一种或两种以上的组合。

[0012] 一种减少3D打印混凝土各向异性的试件检测方法,该方法为:

用上述打印方法打印完成混凝土长方体构件,硬化后制成抗压检测试件和抗折检测试件,然后分别进行抗压和抗折检测,检测过程中受力加载设定为至少两种受力方向,一种为垂直于打印混凝土的加载方向,一种为平行于偶数层或奇数层的加载方向,抗压力加载速度为 $0.1 \sim 10 \text{KN/min}$ ,抗折力加载速度为 $0.1 \sim 1 \text{KN/min}$ 。

[0013] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的试件检测方法,所述抗压检测试件和抗折检测试件的尺寸参数分别为: $(40 \sim 160) \times (40 \sim 160) \times (40 \sim 160) \text{mm}^3$ 抗压试件和 $(40 \sim 160) \times (40 \sim 160) \times (100 \sim 550) \text{mm}^3$ 抗折试件。

[0014] 有益效果:

与现有技术相比,本发明的一种减少3D打印混凝土各向异性的设计和检测方法,具备以下优势:1)设计了非平行打印路径的打印技术,使得打印混凝土上下层之间存在交叉角度 $\alpha$  ( $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ );2)本发明中设计非平行打印路径所得制品,被减少了至少一种受力情况,从而减少了3D打印混凝土的至少一种弱向受力。

## 附图说明

[0015] 图1为平行打印路径的方法打印的混凝土构件及检测过程力的加载示意图。

[0016] 图2为非平行打印路径的方法打印的混凝土构件及检测过程力的加载示意图。

## 具体实施方式

[0017] 下面结合具体实施方式,进一步阐明本发明,应理解下述具体实施方式仅用于说明本发明而不用限制本发明的范围。

[0018] 本实施例的一种减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,该方法包括:

(1) 设定打印路径CAD建模;

(2) 设定打印路径,所述的打印路径采用非平行打印路径,即打印完成的混凝土上下层为非平行状态,存在交叉角度 $\alpha$ ,  $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ ;

(3) 设定打印材料;

(4) 设定具体的打印参数,包括打印速度、打印喷头的尺寸及形状,打印层高层宽;

(5) 设定打印构件的尺寸参数;

所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的打印路径CAD建模:是将打印喷

头的行走轨迹设定为上下层之间存在交叉角度 $\alpha$ ,  $0^\circ < \alpha \leq 90^\circ$ 的行走轨迹,即第二层与第一层行走轨迹存在交叉角度 $\alpha$ ,也就是奇数层之间平行,偶数层之间平行,而奇数层与偶数层之间存在交叉角度 $\alpha$ ,如此交替往复打印混凝土层。

[0019] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的设定具体的打印参数,包括打印速度、打印喷头的尺寸及形状,打印层高层宽;其中打印速度控制在8-10 m/min,而对应的螺旋喂料旋转速度为10-30 r/min,喷头挤出速度为1-10L/min,打印喷头的尺寸为5-30mm,形状为圆形挤出头,对应的打印层高层宽分别为单层混凝土打印层高为4-30mm,打印的层宽为5-30mm,打印混凝土构件总的层高为80-200mm,总的层宽为100-600mm。

[0020] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的设定打印构件的尺寸参数:打印的混凝土构件尺寸应满足 $(300-600) \times (300-600) \times (100-200) \text{mm}^3$ 长方体构件。

[0021] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的打印材料由以下材料混合搅拌制成:按照重量份数取水泥20-65份,矿物外掺料0.4-8份,粒径不超过5mm的机制砂23-40份,粒径不超过10mm的粗骨料25-50份,外加剂0.1-0.8份,聚合物纤维0.2-1份,水10-24份。

[0022] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的设计方法,所述的矿物外掺料包括硅灰、黏土、粉煤灰、矿渣中的一种或两种以上的组合,所述的外加剂包括减水剂、增稠剂、触变剂、缓凝剂、早强剂中的一种或两种以上的组合。

[0023] 一种减少3D打印混凝土各向异性的试件检测方法,该方法为:

用上述打印方法打印完成混凝土长方体构件,硬化后制成抗压检测试件和抗折检测试件,然后分别进行抗压和抗折检测,检测过程中受力加载设定为至少两种受力方向,一种为垂直于打印混凝土的加载方向,一种为平行于偶数层或奇数层的加载方向,抗压力加载速度为0.1~10KN/min,抗折力加载速度为0.1~1KN/min。

[0024] 所述的减少3D打印混凝土各向异性的试件检测方法,所述抗压检测试件和抗折检测试件的尺寸参数分别为: $(40-160) \times (40-160) \times (40-160) \text{mm}^3$ 抗压试件和 $(40-160) \times (40-160) \times (100-550) \text{mm}^3$ 抗折试件。

[0025] 实施例:

一种减少3D打印混凝土各向异性的设计和检测方法,根据打印喷头的打印路径不同设计了平行打印路径和非平行打印路径以制备3D打印混凝土长方体方体构件,供制备检测各向异性试验样品。

[0026] 采用平行打印路径制备 $(300-600) \times (300-600) \times (100-200) \text{mm}^3$ 长方体构件,硬化后切割为 $(40-160) \times (40-160) \times (40-160) \text{mm}^3$ 抗压试件和 $(40-160) \times (40-160) \times (100-550) \text{mm}^3$ 抗折试件,试验结果发现该平行打印路径下有3种受力加载方向,如附图1,T1,T2,T3。

[0027] 采用非平行打印路径制备 $(300-600) \times (300-600) \times (100-200) \text{mm}^3$ 长方体构件, $(40-160) \times (40-160) \times (40-160) \text{mm}^3$ 抗压试件和 $(40-160) \times (40-160) \times (100-550) \text{mm}^3$ 抗折试件,试验结果发现该平行打印路径下有2种受力加载方向,如附图2,T4,T5。

[0028] 对比试验结果:经28d标准养护后测试各试件抗压及抗折强度,试验结果对比如表,

%	平行打印			非平行打印	
	T1	T2	T3	T4	T5
抗压强度/MPa	55.4	49.8	44.6	55.2	50.3
抗折强度/MPa	10.2	8.3	6.9	9.4	8.7

对比表中试验结果可知,平行打印路径下三组受力下抗压和抗折强度随着受力方向的不同,强度降低显著,而非平行打印路径下的两组抗压及抗折强度降低较少,且明显减少了一种受力情况。

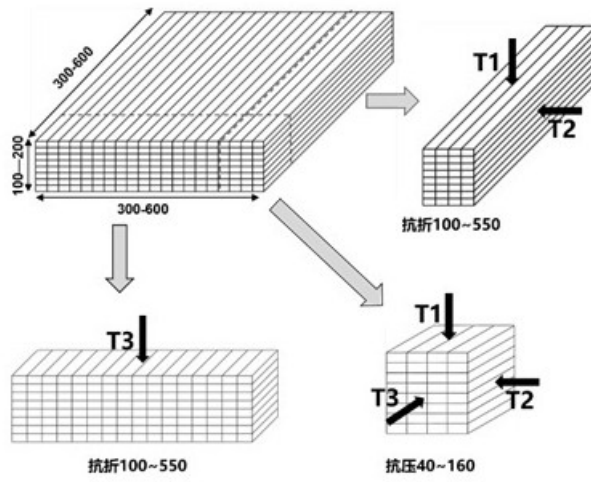


图1

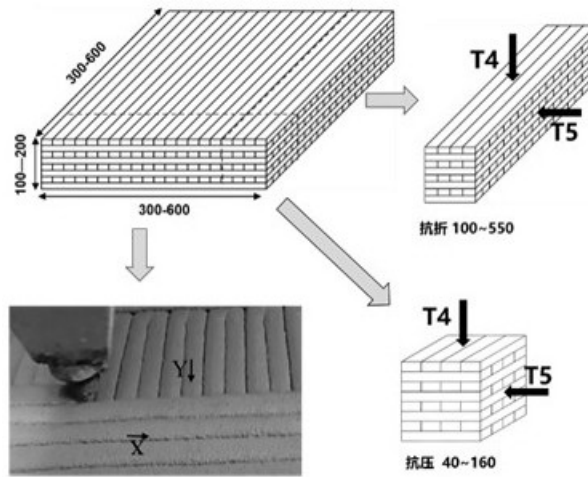


图2