



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113202219 A

(43) 申请公布日 2021.08.03

(21) 申请号 202110765601.1

G06F 30/20 (2020.01)

(22) 申请日 2021.07.07

(71) 申请人 中冶建筑研究总院有限公司

地址 100088 北京市海淀区西土城路33号

申请人 北京科技大学

(72) 发明人 刘晓刚 郑明召 王皓 岳清瑞
刘洁

(74) 专利代理机构 北京中知星原知识产权代理
事务所(普通合伙) 11868

代理人 艾变开

(51) Int.Cl.

E04B 5/02 (2006.01)

E04B 5/10 (2006.01)

E04B 1/682 (2006.01)

G06F 30/13 (2020.01)

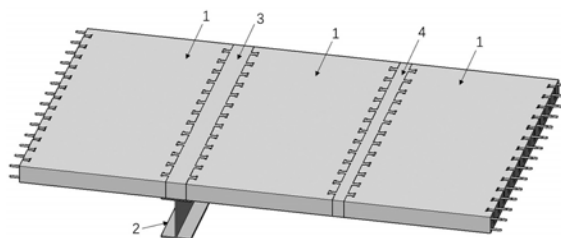
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系及设计计算方法

(57) 摘要

本发明公开了一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系及设计计算方法,该楼盖体系包括预制混凝土楼板(1)、H型钢梁(2)、梁板UHPC榫卯连接节点(3)和板板UHPC榫卯连接节点(4),其中:预制混凝土楼板(1)的两侧沿板厚方向开有抗剪槽孔(11);H型钢梁(2)上翼缘上焊接有栓钉连接件(21);两预制混凝土楼板(1)与H型钢梁(2)之间采用梁板UHPC榫卯连接节点(3)连接;相邻两预制混凝土楼板(1)之间采用板板UHPC榫卯连接节点(4)连接。本发明设计采用超高性能混凝土UHPC进行预制混凝土楼板与H型钢梁间及预制混凝土楼板间的连接,该装配式楼盖体系具有构造简单、性能可靠、施工方便快捷、绿色环保等优势。



1. 一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系,其特征在于包括预制混凝土楼板(1)、H型钢梁(2)、梁板UHPC榫卯连接节点(3)和板板UHPC榫卯连接节点(4),其中:

所述预制混凝土楼板(1)的两侧沿板厚方向开有抗剪槽孔(11);

所述H型钢梁(2)上翼缘上焊接有栓钉连接件(21);

两预制混凝土楼板(1)与H型钢梁(2)之间采用梁板UHPC榫卯连接节点(3)连接,两预制混凝土楼板(1)搁置在上翼缘两侧,预制混凝土楼板(1)在与H型钢梁(2)连接侧横向钢筋(12)不伸出,连接区域内设置有后置钢筋架(5),后置钢筋架(5)两端分别伸入两预制混凝土楼板(1)的抗剪槽孔(11)内,并且连接区域内H型钢梁(2)上翼缘上以及抗剪槽孔(11)内浇筑UHPC形成第一连接块(31);

相邻两预制混凝土楼板(1)之间采用板板UHPC榫卯连接节点(4)连接,预制混凝土楼板(1)在与相邻预制混凝土楼板(1)连接侧横向钢筋(12)伸出并相互搭接绑扎,连接区域内预制混凝土楼板(1)之间以及抗剪槽孔(11)内浇筑UHPC形成第二连接块(41)。

2. 根据权利要求1所述的楼盖体系,其特征在于,

所述抗剪槽孔(11)为T型槽孔,T型槽孔在板面方向为T型,第一连接块(31)、第二连接块(41)两侧分布有T型UHPC抗剪键(32)。

3. 根据权利要求2所述的楼盖体系,其特征在于,

所述T型槽孔为盲孔,在板厚方向不贯通板厚。

4. 根据权利要求1所述的楼盖体系,其特征在于,

所述栓钉连接件(21)在所述H型钢梁(2)上翼缘上纵向设置两排,栓钉连接件(21)与所述抗剪槽孔(11)位置对应,两排栓钉连接件(21)分别靠近对应预制混凝土楼板(1)的抗剪槽孔(11)。

5. 根据权利要求4所述的楼盖体系,其特征在于,

所述梁板UHPC榫卯连接节点(3)连接区域内还设置有后置贯穿纵筋(6),后置贯穿纵筋(6)从所述后置钢筋架(5)中穿过。

6. 根据权利要求5所述的楼盖体系,其特征在于,

所述后置贯穿纵筋(6)设置两根,呈上下布置在两排栓钉连接件(21)之间。

7. 根据权利要求1所述的楼盖体系,其特征在于,

所述预制混凝土楼板(1)与相邻预制混凝土楼板(1)之间的连接区域内设置有后置钢筋架(5),后置钢筋架(5)两端分别伸入两预制混凝土楼板(1)的抗剪槽孔(11)内。

8. 根据权利要求1或7所述的楼盖体系,其特征在于,

所述后置钢筋架(5)为四边形环形钢筋架,其在所述栓钉连接件(21)的一侧布置一个,或在所述栓钉连接件(21)的两侧对称各布置一个。

9. 根据权利要求1所述的楼盖体系,其特征在于,

所述第一连接块(31)长度与预制混凝土楼板(1)长度相同,宽度略小于所述H型钢梁(2)翼缘宽度,所述第二连接块(41)长度与预制混凝土楼板(1)长度相同,宽度小于第一连接块(31)宽度。

10. 一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系的设计计算方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤一、确定预制混凝土楼板(1)混凝土材料抗拉强度 f_t 、抗压强度 f_c 和抗剪强度 f_v ，确定UHPC抗拉强度 f_{ut} 、抗压强度 f_{uc} 和抗剪强度 f_{uv} ，确定预制混凝土楼板横向钢筋配筋 $p@q$ ，其中 p 为横向钢筋直径， q 为横向钢筋间距，确定预制混凝土楼板横向钢筋的抗拉强度 f_{st} 、抗剪强度 f_{sv} 和抗弯强度 f_{sw} ；

步骤二、确定梁板节点两侧预制混凝土楼板(1)上T型槽孔的尺寸，包括横段尺寸和竖直段尺寸，横段尺寸包括长度 a 和宽度 b ，竖直段尺寸包括长度 c 和宽度 d ，T型槽孔的深度为 t ；

上述尺寸的设计原则为：

$$f_{uv} \times c \times t \leq f_v \times (q - c) \times t \quad \text{式1}$$

$$f_{ut} \times c \times t \geq 2 \times f_{st} \times A_s \quad \text{式2}$$

$$f_{uv} \times b \times t \leq f_t \times [(2d + a)^2 - a^2]/4 \quad \text{式3}$$

$$f_{uv} \times c \times t \leq f_c \times d \times t \quad \text{式4}$$

$$f_{uv} \times b \times t \leq f_v \times d \times t \quad \text{式5}$$

$$2 \times f_{uv} \times b \times t \geq f_{ut} \times c \times t \quad \text{式6}$$

通过式1可确定竖直段长度 c 的尺寸范围，然后通过式2~式6确定其它尺寸；

步骤三，梁板节点处的构件承载力计算：梁板节点处无后置钢筋架时承载力设计采用下述两公式进行计算，式中 n 为梁板节点处抗剪槽孔的个数：

$$\text{抗剪承载力: } F_v = n \times f_{uv} \times c \times t$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = n \times f_{ut} \times c \times t$$

当梁板节点处有后置钢筋架时，后置钢筋架的抗剪强度和抗拉强度分别为 f_{hv} 和 f_{ht} ， A_{sh} 为交界面处后置钢筋架的面积，此时的抗剪承载力和抗拉承载力计算公式为：

$$\text{抗剪承载力: } F_v = n \times f_{uv} \times c \times t + \alpha \times f_{hv} \times A_{sh}$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = n \times f_{ut} \times c \times t + \beta \times f_{ht} \times A_{sh}$$

其中， α 和 β 分别为后置钢筋抗拉强度和抗剪强度的折减系数，通过试验确定；

步骤四，确定板板节点两侧预制混凝土楼板(1)上T型槽孔的尺寸，包括横段尺寸和竖

直段尺寸,横段尺寸包括长度e和宽度f,竖直段尺寸包括长度g和宽度h,T型槽孔的深度为i;

上述尺寸的设计原则为:

$$f_{ut} \times g \times i \geq 2 \times f_{st} \times A_s$$

$$f_{uv} \times g \times i \leq f_v \times (p - g) \times i$$

$$f_{uv} \times g \times i \leq f_c \times h \times i$$

$$f_{uv} \times f \times i \leq f_v \times h \times i$$

$$2 \times f_{uv} \times e \times i \geq f_{ut} \times g \times i$$

步骤五,板板节点处的构件承载力计算:

$$\text{抗剪承载力: } F_v = m \times f_{uv} \times g \times i + \gamma \times f_{sv} \times A_{ss}$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = m \times f_{ut} \times g \times i + \delta \times f_{st} \times A_{ss}$$

$$\text{抗弯承载力: } M = \varepsilon \times f_{sw} \times A_{ss}' \times l + \epsilon \times m \times f_{uw} \times \frac{1}{12} \times g \times i^3$$

式中m为板板节点处抗剪槽孔的个数, A_{ss} 为预制混凝土楼板(1)单侧伸出横向钢筋(12)的面积, γ 和 δ 为伸出横向钢筋(12)抗剪强度和抗拉强度的折减系数,通过试验确定; l 为预制混凝土楼板(1)上下伸出横向钢筋(12)中心的距离, A_{ss}' 为上层或者下层单层伸出横向钢筋(12)的截面积, f_{sw} 为伸出横向钢筋(12)的抗弯强度设计值, f_{uw} 为UHPC抗弯强度设计值, ε 为伸出横向钢筋(12)抗弯强度折减系数, ϵ 为T型槽孔内竖直段UHPC抗弯强度设计值的折减系数;

将梁板连接处计算出的剪力与实际工况荷载计算所得的梁板组合梁的剪力进行对比,板板拼接处计算得到的剪力、拉力和弯矩与按实际工况荷载计算得到的梁板组合梁的剪力、拉力和弯矩进行对比,大于即可。

一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系及设计计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及建筑结构连接构造技术领域,具体而言,涉及一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系及设计计算方法。

背景技术

[0002] 楼盖作为建筑结构整体抗侧力体系的重要组成部分,不仅需要承受楼层恒、活荷载,同时将水平地震作用及风载作用有效传递给其他抗侧力构件。传统的钢-现浇混凝土楼盖具有良好的受力性能和刚度,但其存在现场模板作业、钢筋绑扎作业和混凝土浇筑作业量大等问题,施工作业慢、人工成本高,且环境污染严重,不符合建筑工业化和绿色建筑的发展理念。为适应工业化建造需求,现有装配式钢-混组合楼盖的楼板形式主要包括传统桁架筋楼承板、可拆底模桁架筋楼承板和叠合板组合楼板等,但市场验证表明,上述产品仍非装配式住宅建筑楼板的成熟解决方案:传统桁架筋楼承板由于压型钢板暴露,美观性差,妨碍装修,消费者认可度较低;可拆底模桁架筋楼承板施工工序复杂,底模的实际可重复利用性不高,成本控制难度大;而叠合板组合楼板实际厚度往往大于150mm,在住宅建筑中的适应度较低。

发明内容

[0003] 为解决上述问题,本发明提出一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系及设计计算方法,设计采用超高性能混凝土UHPC进行预制混凝土楼板与H型钢梁间及预制混凝土楼板间的连接,具体为H型钢梁与其上方预制混凝土楼板之间通过UHPC榫卯连接节点连成一个整体,预制混凝土楼板之间通过UHPC榫卯连接节点连接。该装配式楼盖体系具有构造简单、性能可靠、施工方便快捷、绿色环保等优势。

[0004] 本发明是这样实现的:

本发明首先提供一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系,包括预制混凝土楼板、H型钢梁、梁板UHPC榫卯连接节点和板板UHPC榫卯连接节点,其中:

所述预制混凝土楼板的两侧沿板厚方向开有抗剪槽孔;

所述H型钢梁上翼缘上焊接有栓钉连接件;

两预制混凝土楼板与H型钢梁之间采用梁板UHPC榫卯连接节点连接,两预制混凝土楼板搁置在上翼缘两侧,预制混凝土楼板在与H型钢梁连接侧横向钢筋不伸出,连接区域内设置有后置钢筋架,后置钢筋架两端分别伸入两预制混凝土楼板的抗剪槽孔内,并且连接区域内H型钢梁上翼缘上以及抗剪槽孔内浇筑UHPC形成第一连接块;

相邻两预制混凝土楼板之间采用板板UHPC榫卯连接节点连接,预制混凝土楼板在与相邻预制混凝土楼板连接侧横向钢筋伸出并相互搭绑扎,连接区域内预制混凝土楼板之间以及抗剪槽孔内浇筑UHPC形成第二连接块。

[0005] 在一个实施例中,所述抗剪槽孔为T型槽孔,T型槽孔在板面方向为T型,第一连接块、第二连接块两侧分布有T型UHPC抗剪键。

[0006] 在一个实施例中,所述T型槽孔为盲孔,在板厚方向不贯通板厚。

[0007] 在一个实施例中,所述栓钉连接件在所述H型钢梁上翼缘上纵向设置两排,栓钉连接件与所述抗剪槽孔位置对应,两排栓钉连接件分别靠近对应预制混凝土楼板的抗剪槽孔。

[0008] 在一个实施例中,所述梁板UHPC榫卯连接节点连接区域内还设置有后置贯穿纵筋,后置贯穿纵筋从所述后置钢筋架中穿过。

[0009] 在一个实施例中,所述后置贯穿纵筋设置两根,呈上下布置在两排栓钉连接件之间。

[0010] 在一个实施例中,所述预制混凝土楼板与相邻预制混凝土楼板之间的连接区域内设置有后置钢筋架,后置钢筋架两端分别伸入两预制混凝土楼板的抗剪槽孔内。

[0011] 在一个实施例中,所述后置钢筋架为四边形环形钢筋架,其在所述栓钉连接件的一侧布置一个,或在所述栓钉连接件的两侧对称各布置一个。

[0012] 在一个实施例中,所述第一连接块长度与预制混凝土楼板长度相同,宽度略小于所述H型钢梁翼缘宽度,所述第二连接块长度与预制混凝土楼板长度相同,宽度小于第一连接块宽度。

[0013] 本发明还提供一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系的设计计算方法,包括如下步骤:

步骤一、确定预制混凝土楼板混凝土材料抗拉强度 f_t 、抗压强度 f_c 和抗剪强度 f_v ,确定UHPC抗拉强度 f_{ut} 、抗压强度 f_{uc} 和抗剪强度 f_{uv} ,确定预制混凝土楼板横向钢筋配筋 $p@q$,其中 p 为横向钢筋直径, q 为横向钢筋间距,确定预制混凝土楼板横向钢筋的抗拉强度 f_{st} 、抗剪强度 f_{sv} 和抗弯强度 f_{sw} ;

步骤二、确定梁板节点两侧预制混凝土楼板上T型槽孔的尺寸,包括横段尺寸和竖直段尺寸,横段尺寸包括长度 a 和宽度 b ,竖直段尺寸包括长度 c 和宽度 d ,T型槽孔的深度为 t ;

上述尺寸的设计原则为:

$$f_{uv} \times c \times t \leq f_v \times (q - c) \times t \quad \text{式1}$$

$$f_{ut} \times c \times t \geq 2 \times f_{st} \times A_s \quad \text{式2}$$

$$f_{uv} \times b \times t \leq f_t \times [(2d + a)^2 - a^2]/4 \quad \text{式3}$$

$$f_{uv} \times c \times t \leq f_c \times d \times t \quad \text{式4}$$

$$f_{uv} \times b \times t \leq f_v \times d \times t \quad \text{式5}$$

$$2 \times f_{uv} \times b \times t \geq f_{ut} \times c \times t \quad \text{式6}$$

通过式1可确定竖直段长度 c 的尺寸范围,然后通过式2~式6确定其它尺寸;

步骤三,梁板节点处的构件承载力计算:梁板节点处无后置钢筋架时承载力设计

采用下述两公式进行计算,式中 n 为梁板节点处抗剪槽孔的个数:

$$\text{抗剪承载力: } F_v = n \times f_{uv} \times c \times t$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = n \times f_{ut} \times c \times t$$

当梁板节点处有后置钢筋架时,后置钢筋架的抗剪强度和抗拉强度分别为 f_{hv} 和 f_{ht} , A_{sh} 为交界面处后置钢筋架的面积,此时的抗剪承载力和抗拉承载力计算公式为:

$$\text{抗剪承载力: } F_v = n \times f_{uv} \times c \times t + \alpha \times f_{hv} \times A_{sh}$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = n \times f_{ut} \times c \times t + \beta \times f_{ht} \times A_{sh}$$

其中, α 和 β 分别为后置钢筋抗拉强度和抗剪强度的折减系数,通过试验确定;

步骤四,确定板板节点两侧预制混凝土楼板上T型槽孔的尺寸,包括横段尺寸和竖直段尺寸,横段尺寸包括长度 e 和宽度 f ,竖直段尺寸包括长度 g 和宽度 h ,T型槽孔的深度为 i ;

上述尺寸的设计原则为:

$$f_{ut} \times g \times i \geq 2 \times f_{st} \times A_s$$

$$f_{uv} \times g \times i \leq f_v \times (p - g) \times i$$

$$f_{uv} \times g \times i \leq f_c \times h \times i$$

$$f_{uv} \times f \times i \leq f_v \times h \times i$$

$$2 \times f_{uv} \times e \times i \geq f_{ut} \times g \times i$$

步骤五,板板节点处的构件承载力计算:

$$\text{抗剪承载力: } F_v = m \times f_{uv} \times g \times i + \gamma \times f_{sv} \times A_{ss}$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = m \times f_{ut} \times g \times i + \delta \times f_{st} \times A_{ss}$$

$$\text{抗弯承载力: } M = \varepsilon \times f_{sw} \times A_{ss}' \times l + \epsilon \times m \times f_{uw} \times \frac{1}{12} \times g \times i^3$$

式中 m 为板板节点处抗剪槽孔的个数, A_{ss} 为预制混凝土楼板单侧伸出横向钢筋的面积, γ 和 δ 为伸出横向钢筋抗剪强度和抗拉强度的折减系数,通过试验确定; l 为预制混凝土楼板上下伸出横向钢筋中心的距离, A_{ss}' 为上层或者下层单层伸出横向钢筋的截面积, f_{sw} 为伸出横向钢筋的抗弯强度设计值, f_{uw} 为UHPC抗弯强度设计值, ε 为伸出横向钢筋抗弯强度折减系数, ϵ 为T型槽孔内竖直段UHPC抗弯强度设计值的折减系数;

将梁板连接处计算出的剪力与实际工况荷载计算所得的梁板组合梁的剪力进行对比,板板拼接处计算得到的剪力、拉力和弯矩与按实际工况荷载计算得到的梁板组合梁

的剪力、拉力和弯矩进行对比,大于即可。

[0014] 与现有技术相比,本发明提供一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系具有以下优势:

预制混凝土楼板与带栓钉钢梁之间采用UHPC榫卯湿式连接形成整体钢-混组合梁,充分利用UHPC的超高抗剪强度,在保证装配式钢-混组合梁承载性能、刚度和延性的同时,在预制混凝土楼板之间形成强劲榫卯连接件,提高UHPC与混凝土预制楼板交界面纵向粘结抗剪强度;后置环形钢筋架则保证了连接处的抗弯刚度以及抗拉刚度,同时UHPC具有高抗拉强度,结合T型槽孔的构造,在预制混凝土楼板和后浇区域之间形成坚固作用,抵抗组合梁受到的负弯矩。在完全剔除预制板横向外伸钢筋的情况下,保证栓钉连接件抗剪性能的充分发挥,避免外载作用下装配式组合梁连接区域混凝土提前破坏;该湿式连接节点通过在钢梁上方有限区域内使用UHPC,显著提升钢-混组合梁负弯矩区混凝土抗裂性能和耐久性,避免装配式钢-混组合结构在服役过程中的性能退化行为,降低后期维护成本,具有全寿命周期内的显著经济优势。此外,该湿式连接节点所需混凝土预制板几何形式规整,无钢筋外伸,交界面无需特殊处理,便于后期工业化、标准化生产和推广。

[0015] 预制混凝土楼板之间采用UHPC榫卯湿式连接,旨在解决现有装配式楼盖体系板与板之间存在的一系列问题。以现有规范中钢筋搭接长度相关要求为前提,利用UHPC抗拉强度高优势,在保证楼板拼缝整体受力性能的基础上显著降低钢筋搭接长度,进而降低板缝后浇段宽度,大大节省了材料用量和施工时间。此外,该板缝拼接节点在预制混凝土板侧预留T型槽孔,浇筑UHPC后形成剪力键,显著增强板缝处的抗剪承载力和抗拉承载力,后置环形钢筋架则在已有基础上增强了连接处的抗弯刚度以及抗拉刚度。在工厂预制时仅需要在相应位置留出槽孔,槽孔表面无需凿毛等特殊处理,现场吊装完成后,底部仅需简单支模浇筑UHPC即可。具有构造简单、模板支护简单、方便快捷、节省人工、绿色环保等优势。全预制楼板结构规整,便于工厂化、标准化生产,装配化率高,符合国家目前提倡的建筑工业化发展理念。

附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是示例性的,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0017] 本说明书所绘示的结构、比例、大小等,均仅用以配合说明书所揭示的内容,以供熟悉此技术的人士了解与阅读,并非用以限定本发明可实施的限定条件,故不具技术上的实质意义,任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整,在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下,均应仍落在本发明所揭示的技术内容涵盖的范围内。

[0018] 图1是一种实施方式全预制装配式钢-混组合楼盖体系整体结构示意图;

图2是梁板连接整体爆炸结构示意图;

图3是梁板连接局部俯视结构示意图;

图4是板板连接整体爆炸结构示意图;

图5是板板连接局部俯视结构示意图;

图6是T型槽孔结构示意图；

图7是T型槽孔计算尺寸示意图。

具体实施方式

[0019] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下面结合实施例和附图，对本发明实施例做进一步详细说明。在此，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但并不作为对本发明的限定。

[0020] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“包括/包含”、“由……组成”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的产品、设备、过程或方法不仅包括那些要素，而且需要时还可以包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种产品、设备、过程或方法所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括/包含……”、“由……组成”限定的要素，并不排除在包括所述要素的产品、设备、过程或方法中还存在另外的相同要素。

[0021] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0022] 还需要理解的是，术语“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置、部件或结构必须具有特定的方位、以特定的方位构造或操作，不能理解为对本发明的限制。

[0023] 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0024] 以下结合较佳的实施方式对本发明的实现进行详细的描述。

[0025] 一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系，如图1所示，包括预制混凝土楼板1、H型钢梁2、梁板UHPC榫卯连接节点3和板板UHPC榫卯连接节点4。本发明采用超高性能混凝土UHPC进行预制混凝土楼板与H型钢梁间及预制混凝土楼板间的连接，具体为H型钢梁与其上方预制混凝土楼板之间通过梁板UHPC榫卯连接节点连成一个整体，预制混凝土楼板之间通过板板UHPC榫卯连接节点连接。该装配式楼盖体系构造简单、性能可靠、施工方便快捷、绿色环保。下面结合附图进行详细阐述。

[0026] 如图2-5所示，预制混凝土楼板1的两侧沿板厚方向开有抗剪槽孔11；

H型钢梁2上翼缘上焊接有栓钉连接件21；H型钢梁按照结构设计需要选用热轧H型钢梁或焊接H型钢梁。

[0027] 两预制混凝土楼板1与H型钢梁2之间采用梁板UHPC榫卯连接节点3连接，两预制混凝土楼板1搁置在上翼缘两侧，预制混凝土楼板1在与H型钢梁2连接侧横向钢筋12不伸出，连接区域内设置有后置钢筋架5，后置钢筋架5两端分别伸入两预制混凝土楼板1的抗剪槽

孔11内,并且连接区域内H型钢梁2上翼缘上以及抗剪槽孔11内浇筑UHPC形成第一连接块31;在T型槽孔内放置钢筋架以提高组合梁的纵向抗剪、横向抗拉以及抗弯刚度,并协同栓钉连接件21传递组合梁的纵向剪力。梁板UHPC榫卯连接节点在施工现场先将H型钢梁上方的预制混凝土楼板吊装放置在钢梁上翼缘上,然后在T型槽孔内和连接区域内后浇超高性能混凝土UHPC。浇筑后形成高性能UHPC抗剪棒(第一连接块)和一个个抗剪键,可显著提高组合梁的抗剪刚度;在预制混凝土板预留的T型槽孔,在浇筑完成后可产生嵌固效果,用来抵抗组合梁处的负弯矩。后浇超高性能混凝土UHPC将两侧预制混凝土楼板和H型钢梁连接形成装配式钢-混组合梁。

[0028] 相邻两预制混凝土楼板1之间采用板板UHPC榫卯连接节点4连接,预制混凝土楼板1在与相邻预制混凝土楼板1连接侧横向钢筋12伸出并相互搭绑扎,在预制混凝土楼板1之间以及抗剪槽孔11内连接区域浇筑UHPC形成第二连接块41。板板UHPC榫卯连接节点在施工现场将两相邻预制混凝土楼板吊装完成后,楼板伸出的横向钢筋相互搭接、绑扎,底部简单支模,在T型槽孔和连接区域浇筑超高性能混凝土UHPC。钢筋搭绑扎后可在板缝区域形成有效的传递弯矩和拉力的途径;浇筑后形成高性能UHPC抗剪棒(第二连接块)和一个个抗剪键,有效抵抗板缝处的剪力;伸出钢筋搭接长度根据规范计算确定。UHPC本身具有超高抗压、抗拉以及延性,可显著缩短钢筋搭接长度,进而减小T型槽孔与后浇区域的尺寸,减小钢筋和UHPC用量,提高施工效率。

[0029] 通过在连接区域内后浇超高性能混凝土UHPC,UHPC具有超高强度、超高韧性、超长耐久性等优良性能,相比普通混凝土,可对钢筋形成更强的粘结锚固作用(锚固性能约为普通C30混凝土的5~7倍),可将受拉钢筋混凝土中受力钢筋锚固长度由C30混凝土对应的35d缩小为5d~7d,即在保证全预制楼板间板缝承载力、刚度和延性的同时,将钢筋锚固长度降为C30混凝土锚固时的1/7~1/5,显著降低后置钢筋尺寸,进而使得槽孔尺寸、钢筋用量以及后浇UHPC区域范围得到有效控制,经济效益显著。

[0030] 较佳的,抗剪槽孔11为T型槽孔,T型槽孔在板面方向为T型,第一连接块31、第二连接块41两侧分布有T型UHPC抗剪键32。通过在抗剪槽孔11内后浇超高性能混凝土UHPC,浇筑后形成T型UHPC抗剪键32,抗剪键能够显著提高连接区的抗剪承载力。

[0031] 较佳的,如图6所示,T型槽孔为盲孔,在板厚方向不贯通板厚。不贯通槽孔在板侧所形成的抗剪键与板的连接更牢固,强度更高,且在后浇混凝土时底部不贯通可充当模板的作用,不贯通槽孔在板底侧无需另行支模,工艺更简单。

[0032] 本发明T型槽孔在板的纵向上与板内横向钢筋交替均匀间隔布置,以避开横向钢筋,为开设槽孔提供了工艺可行性。

[0033] 再参见图2-4,本发明的栓钉连接件21与抗剪槽孔11位置对应并靠近抗剪槽孔11,后浇UHPC后能够使得抗剪键32与栓钉连接件21牢固形成一体,提高梁板在连接处的连接强度。

[0034] 栓钉连接件21可设置一排或多排,较佳的,本发明中,栓钉连接件21在H型钢梁2上翼缘上纵向设置两排,两排栓钉连接件21分别靠近对应预制混凝土楼板1的抗剪槽孔11。栓钉连接件21用于与后浇UHPC形成锚固作用,提高两侧预制混凝土楼板1在连接节点处与H型钢梁2的连接强度,其尺寸、纵向间距及列数根据组合梁所受承载力按照相应规程进行设计。

[0035] 如图2、3,梁板UHPC榫卯连接节点3连接区域内还设置有后置贯穿纵筋6,后置贯穿纵筋6从后置钢筋架5中穿过。后置贯穿纵筋6设置两根,呈上下布置在两排栓钉连接件之间,作为分布筋与后置钢筋架5一起形成钢筋骨架,与后浇UHPC形成一个整体,共同受力。

[0036] 本发明可进一步在预制混凝土楼板1与相邻预制混凝土楼板1之间的连接区域内设置有后置钢筋架5,后置钢筋架5两端分别伸入两预制混凝土楼板1的抗剪槽孔11内。预制混凝土楼板之间的后置钢筋架5在已有钢筋搭接基础上,进一步增强了板缝连接处的抗弯承载力、抗剪承载力和抗拉承载力。

[0037] 继续参见图2、3,后置钢筋架5为四边形环形钢筋架,其在栓钉连接件21的一侧布置一个,或在栓钉连接件21的两侧对称各布置一个。两个后置钢筋架5对称布置,锚固强度更高,且对称结构能够均匀受力,结构布置更合理。钢筋架四边形的边长需满足构造要求,四边形环形钢筋架与槽孔形状匹配,便于放置,同时能够用于穿设并放置后置贯穿纵筋6。

[0038] 如前所述,底部不贯通的抗剪槽孔11便于放置后置钢筋架5,放置后置钢筋架5时无需另行设置临时固定措施,后置钢筋架5放置在抗剪槽孔11内即可,浇筑UHPC后通过UHPC与抗剪槽孔11形成锚固,增强两侧预制混凝土楼板1的约束和拉结作用,无需设置拉结构造措施。

[0039] 又如图1,第一连接块31长度与预制混凝土楼板1长度相同,宽度略小于H型钢梁2翼缘宽度,第二连接块41长度与预制混凝土楼板1长度相同,根据搭接长度计算确定,第二连接块41宽度小于第一连接块31宽度,既满足计算要求,又能够尽量减少UHPC的浇筑量。

[0040] 本发明所提供的一种全预制装配式钢-混组合楼盖体系,按照如下设计计算方法进行设计计算:

步骤一、确定预制混凝土楼板1混凝土材料抗拉强度 f_t 、抗压强度 f_c 和抗剪强度 f_v ,确定UHPC抗拉强度 f_{ut} 、抗压强度 f_{uc} 和抗剪强度 f_{uv} ,确定预制混凝土楼板横向钢筋配筋 $p@q$,其中 p 为横向钢筋直径, q 为横向钢筋间距,确定预制混凝土楼板横向钢筋的抗拉强度 f_{st} 、抗剪强度 f_{sv} 和抗弯强度 f_{sw} ;

步骤二、确定梁板节点两侧预制混凝土楼板1上T型槽孔的尺寸,如图7所示,包括横段尺寸和竖直段尺寸,横段尺寸包括长度 a 和宽度 b ,竖直段尺寸包括长度 c 和宽度 d ,T型槽孔的深度为 t ,取70~90mm;

上述尺寸的设计原则为:

- (1) T型槽孔不会将沿纵向将普通混凝土剪坏;
- (2) T型槽孔抗拉承载力要大于已有钢筋的抗拉承载力;
- (3) T型槽孔不会使普通混凝土发生冲切破坏;
- (4) T型槽孔不会使相邻普通混凝土发生局压破坏;
- (5) T型槽孔内横段UHPC不会将普通混凝土发生剪切破坏;
- (6) T型槽孔内横段UHPC要保证竖直段能发挥抗拉的作用;

用公式表达为:

$$f_{uv} \times c \times t \leq f_v \times (q - c) \times t \quad \text{式1}$$

$$f_{ut} \times c \times t \geq 2 \times f_{st} \times A_s \quad \text{式2}$$

$$f_{uv} \times b \times t \leq f_t \times [(2d + a)^2 - a^2]/4 \quad \text{式3}$$

$$f_{uv} \times c \times t \leq f_c \times d \times t \quad \text{式4}$$

$$f_{uv} \times b \times t \leq f_v \times d \times t \quad \text{式5}$$

$$2 \times f_{uv} \times b \times t \geq f_{ut} \times c \times t \quad \text{式6}$$

通过式1可确定竖直段长度c的尺寸范围,然后通过式2~式6确定其它尺寸;

步骤三,梁板节点处的构件承载力计算:梁板节点处无后置钢筋架时承载力设计采用下述两公式进行计算,式中n为梁板节点处抗剪槽孔的个数:

$$\text{抗剪承载力: } F_v = n \times f_{uv} \times c \times t$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = n \times f_{ut} \times c \times t$$

当梁板节点处有后置钢筋架时,后置钢筋架的抗剪强度和抗拉强度分别为 f_{hv} 和 f_{ht} , A_{sh} 为交界面处后置钢筋架的面积,此时的抗剪承载力和抗拉承载力计算公式为:

$$\text{抗剪承载力: } F_v = n \times f_{uv} \times c \times t + \alpha \times f_{hv} \times A_{sh}$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = n \times f_{ut} \times c \times t + \beta \times f_{ht} \times A_{sh}$$

其中, α 和 β 分别为后置钢筋抗拉强度和抗剪强度设计值的折减系数,通过试验确定;

步骤四,确定板板节点两侧预制混凝土楼板1上T型槽孔的尺寸,包括横段尺寸和竖直段尺寸,横段尺寸包括长度e和宽度f,竖直段尺寸包括长度g和宽度h,T型槽孔的深度为i,取70~90mm;

上述尺寸的设计原则为:

- (1) T型槽孔抗拉承载力要大于已有钢筋的抗拉承载力;
- (2) T型槽孔不会沿纵向将相邻的预制混凝土剪坏;
- (3) T型槽孔不会使相邻预制混凝土发生局压破坏;
- (4) T型槽孔不会沿横向将局部混凝土剪坏;
- (5) 横段应能保证竖直段发挥抗拉作用;

用公式表达为:

$$f_{ut} \times g \times t \geq 2 \times f_{st} \times A_s$$

$$f_{uv} \times g \times i \leq f_v \times (p - g) \times i$$

$$f_{uv} \times g \times i \leq f_c \times h \times i$$

$$f_{uv} \times f \times i \leq f_v \times h \times i$$

$$2 \times f_{uv} \times e \times i \geq f_{ut} \times g \times i$$

步骤五,板板节点处的构件承载力计算:

$$\text{抗剪承载力: } F_v = m \times f_{uv} \times g \times i + \gamma \times f_{sv} \times A_{ss}$$

$$\text{抗拉承载力: } F_t = m \times f_{ut} \times g \times i + \delta \times f_{st} \times A_{ss}$$

$$\text{抗弯承载力: } M = \varepsilon \times f_{sw} \times A_{ss}' \times l + \epsilon \times m \times f_{uw} \times \frac{1}{12} \times g \times i^3$$

式中 m 为板板节点处抗剪槽孔的个数, A_{ss} 为预制混凝土楼板1单侧伸出横向钢筋12的面积, γ 和 δ 为伸出横向钢筋抗剪强度和抗拉强度的折减系数,通过试验确定; l 为上下伸出横向钢筋中心的距离, A_{ss}' 为上层或者下层单层伸出横向钢筋的截面积, f_{sw} 为伸出横向钢筋的抗弯强度, f_{uw} 为UHPC抗弯强度, ε 为伸出横向钢筋抗弯强度折减系数, ϵ 为T型槽孔内竖直段UHPC抗弯强度设计值的折减系数;

将梁板连接处计算出的剪力与实际工况荷载计算所得的梁板组合梁的剪力进行对比,板板拼接处计算得到的剪力、拉力和弯矩与按实际工况荷载计算得到的梁板组合梁的剪力、拉力和弯矩进行对比,大于即可。

[0041] 本发明的设计计算方法是针对本发明一种全预制钢-混组合楼盖体系对应的设计方法,设计思路清晰明确,为全预制钢-混组合楼盖体系承载力校核提供理论依据,便于工程应用时专业人员进行设计计算。

[0042] 以上所述仅为本发明的较佳实施方式而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

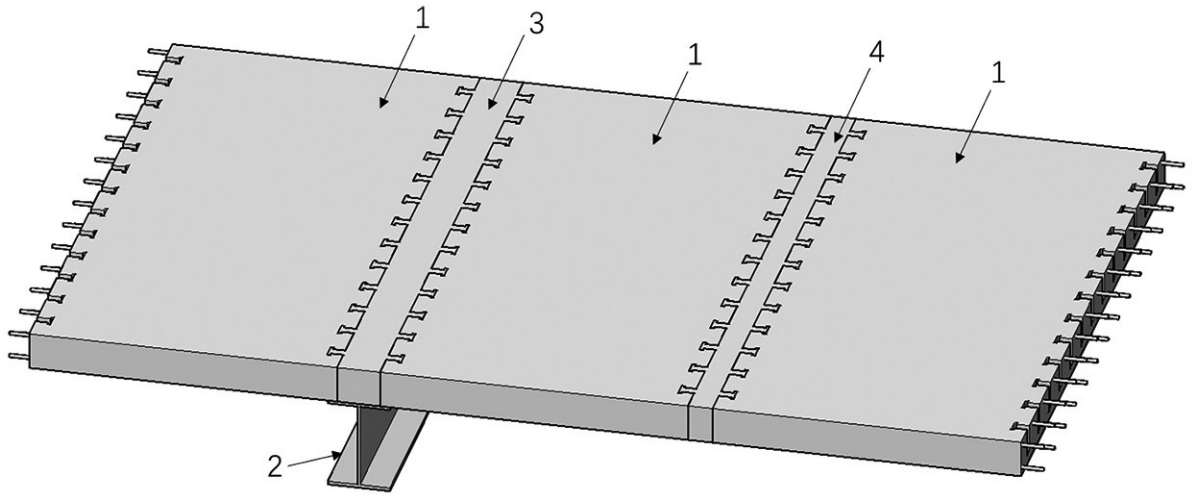


图1

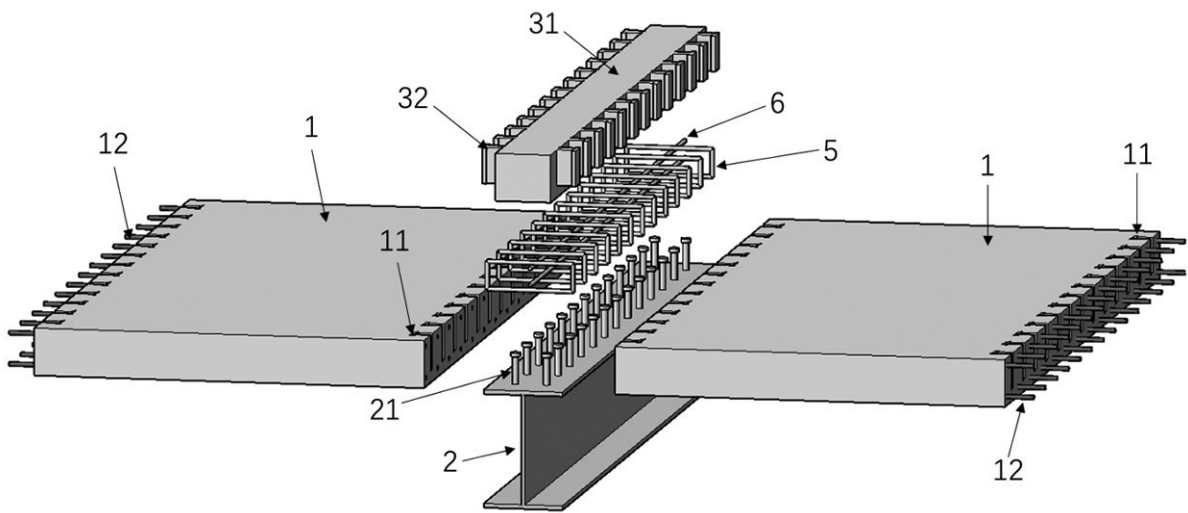


图2

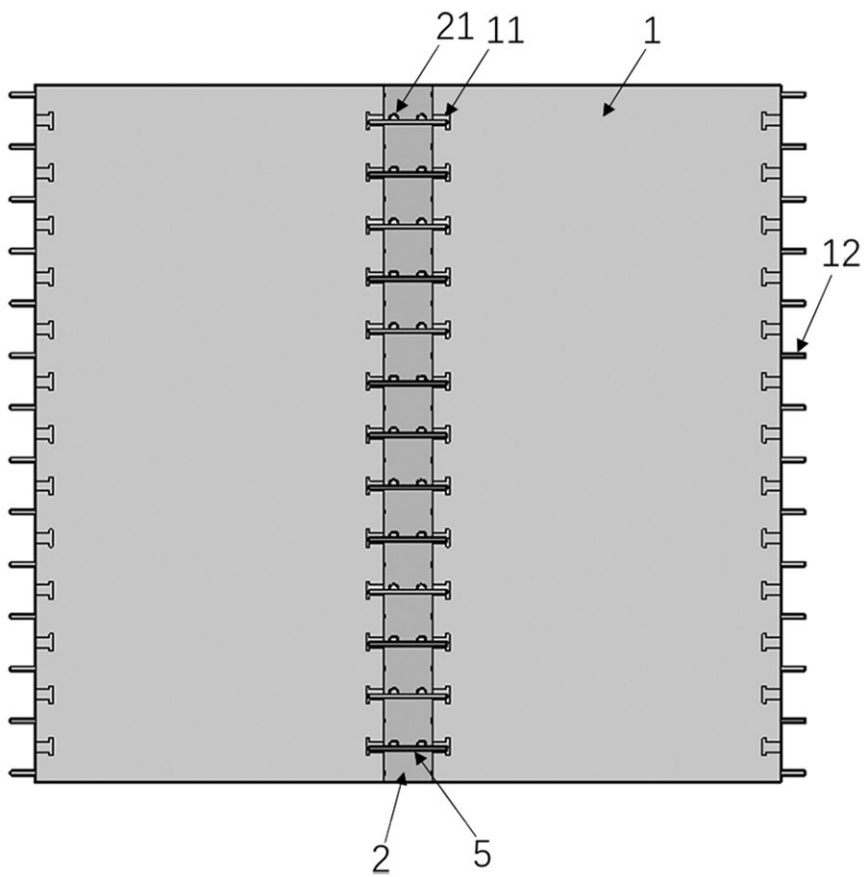


图3

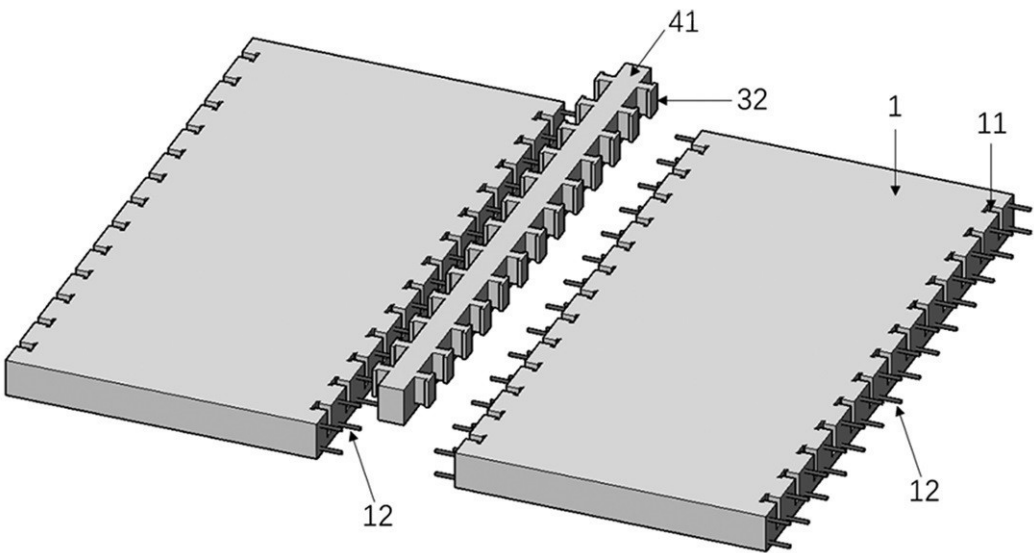


图4

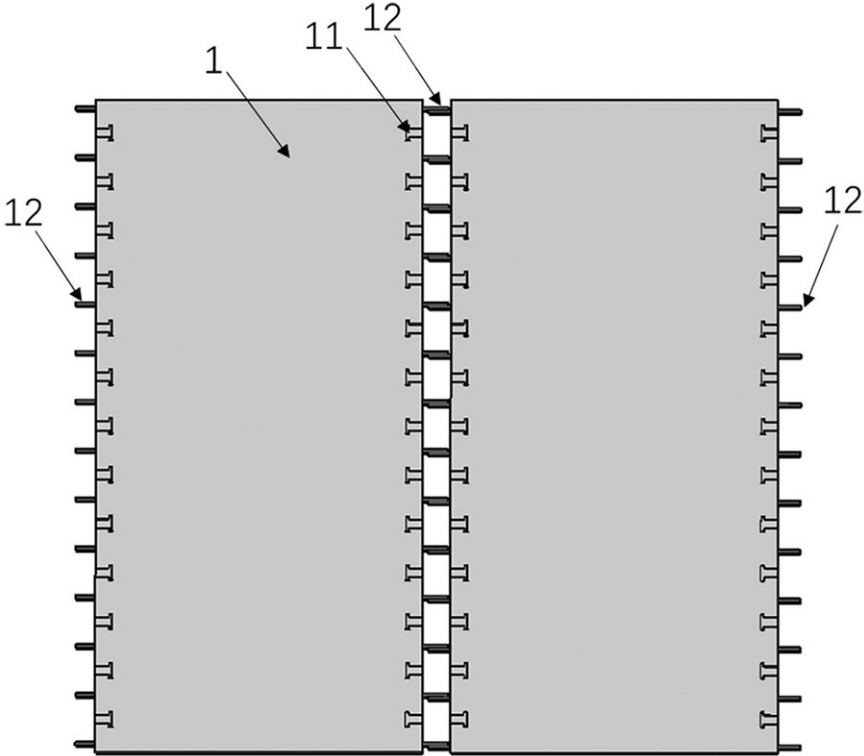


图5

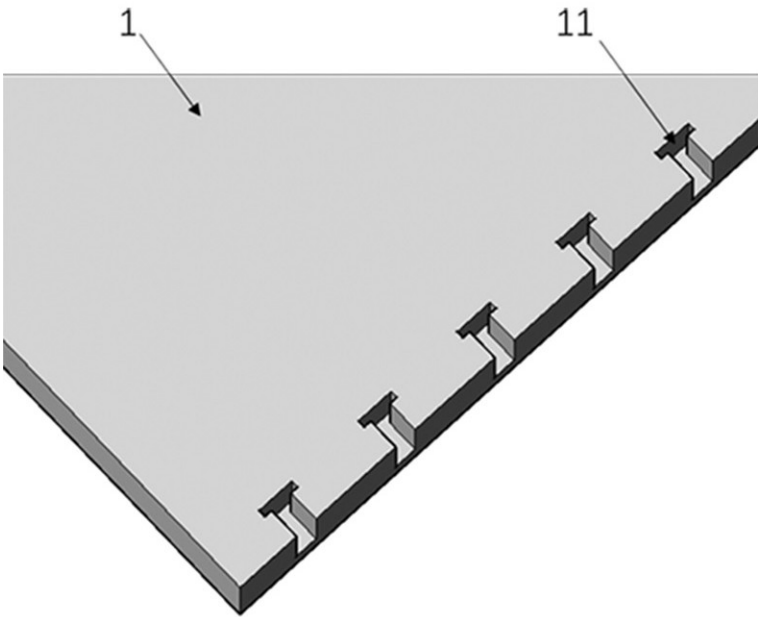


图6

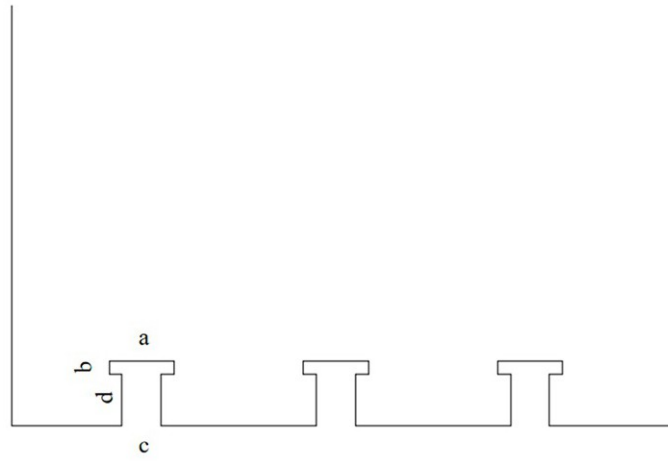


图7