



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110130557 A

(43)申请公布日 2019.08.16

(21)申请号 201910359474.8

(22)申请日 2019.04.30

(71)申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 肖建庄 张青天 周颖 卢昱杰

(74)专利代理机构 上海光华专利事务所(普通合伙) 31219

代理人 许亦琳 余明伟

(51)Int.Cl.

E04B 5/17(2006.01)

E04C 2/06(2006.01)

权利要求书2页 说明书13页 附图4页

(54)发明名称

一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法

(57)摘要

本发明提供一种组合混凝土板,包括有相接触的第一区段构件和第二区段构件,所述第一区段构件包括有至少一个型材主体,所述型材主体内有配筋,所述型材主体的截面选自一字型截面或波浪型截面中的一种,所述第二区段构件为后浇水泥基材料,布置在所述第一区段构件的上部。本发明进一步提供了一种水泥基型材及组合混凝土板的施工方法。本发明提供了一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法,可进行组合混凝土板的快速建造,在施工中作为模板,从而加快施工速度,同时,合理的纤维水泥基材料选取与组合,可以做到无筋构造,有利于采用3D打印施工,快捷方便,具有广阔的应用前景。

1. 一种组合混凝土板,其特征在于,包括有相接触的第一区段构件和第二区段构件,所述第一区段构件包括有至少一个型材主体,所述型材主体内有配筋,所述型材主体的截面选自一字型截面或波浪型截面中的一种,所述第二区段构件为后浇水泥基材料,布置在所述第一区段构件的上部。

2. 根据权利要求1所述的一种组合混凝土板,其特征在于,所述型材主体采用的材料为纤维水泥基材料;所述纤维水泥基材料的条件为:抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$,抗拉强度 $\geq 10\text{MPa}$,拉伸极限应变 $\geq 10\%$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种组合混凝土板,其特征在于,所述具有一字型截面的型材主体尺寸符合公式(1)、(2),

$$\text{公式(1)为: } B = \sum_{i=1}^N b_i,$$

$$\text{公式(2)为: } 1/2H \leq h \leq 2/3H,$$

其中, b_i 为型材主体的板宽,mm; B 为组合混凝土板总宽度,mm; h 为型材主体的厚度,mm; H 为组合混凝土板总厚度,mm; N 为型材主体的个数。

4. 根据权利要求1所述的一种组合混凝土板,其特征在于,所述具有波浪型截面的型材主体尺寸符合公式(3)、(4)、(5)、(6),

$$\text{公式(3)为: } B = \sum_{i=1}^N b_i,$$

$$\text{公式(4)为: } 1/3H \leq h_1 \leq 1/2H,$$

$$\text{公式(5)为: } 1/2H \leq h_2 \leq 2/3H,$$

$$\text{公式(6)为: } b_i = N \times m,$$

其中, b_i 为型材主体的板宽,mm; B 为组合混凝土板总宽度,mm; h_1 为型材主体的波谷厚度,mm; h_2 为型材主体的波峰厚度,mm; H 为组合混凝土板总厚度,mm; m 为型材主体的波距,mm; N 为型材主体的个数。

5. 根据权利要求1所述的一种组合混凝土板,其特征在于,所述型材主体的跨度符合公式(7),

$$\text{公式(7)为: } B \geq 3l,$$

当为简支单向板时, $H/l \geq 1/30$;当为两端连续单向板时, $H/l \geq 1/35$;

其中, B 为组合混凝土板总宽度,mm; l 为型材主体的跨度,mm; H 为组合混凝土板的总厚度,mm。

6. 根据权利要求1所述的一种组合混凝土板,其特征在于,所述组合混凝土板中构件的受弯承载力 M_{cu} 不小于混凝土板的受弯承载力 M ,且所述构件的受弯承载力 M_{cu} 符合公式(8)、(9),

$$\text{公式(8)为: } \alpha_1 f_c b x - f_y A_s - T_{cs} = 0,$$

$$\text{公式(9)为: } M_{cu} = \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + M_{cs},$$

其中, α_1 为无量纲折减系数; f_c 为第二区段构件的抗压强度,MPa; b 为组合混凝土板的截面宽度,mm; x 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板截面的受压区高度,

mm; f_y 为第一区段构件中配筋的抗拉强度,MPa; A_s 为第一区段构件中配筋的截面积,mm²; T_{cs} 为第一区段构件受拉时提供的轴向拉力,N; M 为根据单向板的布置方式计算出的混凝土板所需的受弯承载力,N·mm; M_{cu} 为组合混凝土板中构件的受弯承载力,N·mm; h_0 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板的截面高度,mm; M_{cs} 为第一区段构件提供的弯矩,N·mm。

7. 根据权利要求1所述的一种组合混凝土板,其特征在于,所述组合混凝土板中构件的受冲切承载力 F_{cu} 不小于混凝土板的受冲切承载力 F_c ,且所述构件的受冲切承载力 F_{cu} 符合公式(10),

公式(10)为: $F_{cu} = (0.7\beta f_t + 0.25\sigma_{cs}) \eta u_m h_0$,

其中, F_c 为根据单向板的布置方式计算出的混凝土板所需的受冲切承载力,N; F_{cu} 为组合混凝土板中构件的受冲切承载力,N; β 为截面高度影响系数; f_t 为第一区段构件的抗拉强度,MPa; σ_{cs} 为组合混凝土板的截面周长上预压力按长度的加权平均值,MPa; η 为待定系数; u_m 为组合混凝土板的截面周长,mm; h_0 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板的截面高度,mm。

8. 一种用于组合混凝土板的水泥基型材,其特征在于,所述水泥基型材用作权利要求1-7任一所述的一种组合混凝土板的第一区段,包括有型材主体及型材主体内的配筋,所述型材主体的截面选自一字型截面或波浪型截面中的一种。

9. 根据权利要求8所述的一种水泥基型材在组合混凝土板上的用途。

10. 根据权利要求1-7任一所述的一种组合混凝土板的施工方法,选自预制模板法或3D打印法中的一种。

一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法

技术领域

[0001] 本发明属于房屋建筑施工技术领域,涉及一种由水泥基型材构造的组合混凝土板,还涉及一种水泥基型材用于建造组合混凝土板的方法。

背景技术

[0002] 建筑是建筑物与构筑物的总称,是人们为了满足社会生活需要,利用所掌握的物质技术手段,并运用一定的科学规律、风水理念和美学法则创造的人工环境。混凝土作为建筑中使用量最大的工程结构材料之一,广泛应用于房屋、水利和市政等工程建设中,它是用水泥作胶凝材料,将砂、石作骨料,与水(可含外加剂和掺合料)按一定比例配合,经搅拌和养护而得,属于水泥基材料。

[0003] 混凝土板是使用混凝土材料制成的板构件,是房屋、桥梁等工程结构中最基本的承重构件,应用范围极广。然而,目前混凝土板通常只采用单一的混凝土材料,有时会造成不必要的浪费。

发明内容

[0004] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法,结合不同水泥基材料的特点,用于优化混凝土板构件的性能以及构造与施工方式,在保证安全性的同时,优化混凝土板构件的力学性能并加快施工速度以建造组合混凝土板。

[0005] 为实现上述目的及其他相关目标,本发明第一方面提供一种组合混凝土板,包括有相接触的第一区段构件和第二区段构件,所述第一区段构件包括有至少一个型材主体,所述型材主体内有配筋,所述型材主体的截面选自一字型截面或波浪型截面中的一种,所述第二区段构件为后浇水泥基材料,布置在所述第一区段构件的上部。

[0006] 上述截面是指与组合混凝土板延伸方向垂直的截面。上述一字型截面或波浪型截面为本领域技术人员公知的形状截面。具体来说,所述波浪型截面中,至少所述型材主体与第一区段构件的接触缘呈波浪形。

[0007] 优选地,所述型材主体采用的材料为纤维水泥基材料。

[0008] 更优选地,所述纤维选自天然纤维以及化学纤维中的一种。

[0009] 进一步优选地,所述天然纤维选自植物纤维或矿物纤维中的一种。

[0010] 进一步优选地,所述化学纤维选自无机纤维或合成纤维中的一种。

[0011] 更优选地,所述纤维水泥基材料的条件为:抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$,抗拉强度 $\geq 10\text{MPa}$,拉伸极限应变 $\geq 10\%$ 。

[0012] 更优选地,所述纤维水泥基材料为ECC (Engineered cementitious composite) 水泥基纤维增强材料。

[0013] 优选地,所述型材主体的型材板宽、型材厚度与型材长度根据组合混凝土板的尺寸要求确定,所述组合混凝土板尺寸按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》进行选取。

[0014] 更优选地,所述组合混凝土板的板宽与长度满足单向板的受力要求,所述组合混凝土板的厚度满足上述规范中最小厚度的要求。

[0015] 优选地,所述型材主体的纵向布置应与组合混凝土单向板受弯方向一致。

[0016] 优选地,所述具有一字型截面的型材主体尺寸符合公式(1)、(2),

[0017] 公式(1)为: $B = \sum_{i=1}^N b_i$,

[0018] 公式(2)为: $1/2H \leq h \leq 2/3H$,

[0019] 其中, b_i 为型材主体的板宽,mm; B 为组合混凝土板总宽度,mm; h 为型材主体的厚度,mm; H 为组合混凝土板总厚度,mm; N 为型材主体的个数。

[0020] 更优选地,所述型材主体的板宽 b_i 为一系列规定尺寸,最小尺寸为500mm,并以每100mm的数列幅度增加,最大尺寸为1000mm。

[0021] 更优选地,所述型材主体的厚度 h 为一系列规定尺寸,最小尺寸为50mm,并以每5mm的数列幅度增加,最大尺寸为150mm。

[0022] 优选地,所述具有波浪型截面的型材主体尺寸符合公式(3)、(4)、(5)、(6),

[0023] 公式(3)为: $B = \sum_{i=1}^N b_i$,

[0024] 公式(4)为: $1/3H \leq h_1 \leq 1/2H$,

[0025] 公式(5)为: $1/2H \leq h_2 \leq 2/3H$,

[0026] 公式(6)为: $b_i = N \times m$,

[0027] 其中, b_i 为型材主体的板宽,mm; B 为组合混凝土板总宽度,mm; h_1 为型材主体的波谷厚度,mm; h_2 为型材主体的波峰厚度,mm; H 为组合混凝土板总厚度,mm; m 为型材主体的波距,mm; N 为型材主体的个数。

[0028] 更优选地,所述型材主体的板宽 b_i 为一系列规定尺寸,最小尺寸为500mm,并以每100mm的数列幅度增加,最大尺寸为1000mm。

[0029] 更优选地,所述型材主体的波谷厚度 h_1 为一系列规定尺寸,最小尺寸为40mm,并以每5mm的数列幅度增加,最大尺寸为100mm。

[0030] 更优选地,所述型材主体的波峰厚度 h_2 为一系列规定尺寸,最小尺寸为60mm,并以每5mm的数列幅度增加,最大尺寸为150mm。

[0031] 更优选地,所述型材主体的波距 m 为一系列规定尺寸,最小尺寸为50mm,并以每10mm的数列幅度增加。

[0032] 优选地,所述波浪型截面的边缘及拐角处的外形要进行平滑处理。

[0033] 优选地,所述型材主体的截面上配筋,所述配筋选自钢筋或FRP(fiber reinforced polymer)复合材料筋中的一种。

[0034] 更优选地,所述配筋与型材主体受弯方向平行,沿短边方向并排均匀设置,相邻所述配筋之间的间距保持相等。

[0035] 更优选地,所述配筋根据型材主体的受力情况设置,可与型材主体共同作用受力。能够提升型材整体的承载力。

[0036] 更优选地,所述配筋的配筋率符合国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中的

最小配筋率要求。当型材自身满足受力要求时,其配筋率可为0。

[0037] 更优选地,所述配筋的面积可根据组合后的截面确定,布置好后进行验算,确定好配筋形式后,再在工厂加工生产。

[0038] 优选地,所述型材主体的表面加工形成粗糙表面。

[0039] 优选地,所述型材主体的表面加工方式采用现有一般新旧混凝土界面处理方式。

[0040] 更优选地,所述型材主体的表面加工方式选自凿毛或拉毛方式中的一种。

[0041] 优选地,所述型材主体的长度根据板跨度来确定。

[0042] 优选地,所述型材主体的跨度符合公式(7),

[0043] 公式(7)为: $B \geq 3l$,

[0044] 当为简支单向板时, $H/l \geq 1/30$;当为两端连续单向板时, $H/l \geq 1/35$;

[0045] 其中, B 为组合混凝土板总宽度,mm; l 为型材主体的跨度,mm; H 为组合混凝土板的总厚度,mm。

[0046] 进一步优选地,所述型材主体跨度的取值范围为2000~3500mm。

[0047] 优选地,所述组合混凝土板中构件的受弯承载力 M_{cu} 不小于混凝土板的受弯承载力 M ($M \leq M_{cu}$),且所述构件的受弯承载力 M_{cu} 符合公式(8)、(9),

[0048] 公式(8)为: $\alpha_1 f_c b x - f_y A_s - T_{cs} = 0$,

[0049] 公式(9)为: $M_{cu} = \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + M_{cs}$,

[0050] 其中, α_1 为无量纲折减系数; f_c 为第二区段构件的抗压强度,MPa; b 为组合混凝土板的截面宽度,mm; x 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板截面的受压区高度,mm; f_y 为第一区段构件中配筋的抗拉强度,MPa; A_s 为第一区段构件中配筋的截面积,mm²; T_{cs} 为第一区段构件受拉时提供的轴向拉力,N; M 为根据单向板的布置方式计算出的混凝土板所需的受弯承载力,N·mm; M_{cu} 为组合混凝土板中构件的受弯承载力,N·mm; h_0 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板的截面高度,mm; M_{cs} 为第一区段构件提供的弯矩,N·mm。

[0051] 上述受弯承载力 M 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第5条“结构分析”中规定的方法,运用的弹性或塑性理论进行计算。

[0052] 上述 α_1 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第6.2.6条的规定计算。上述 T_{cs} 、 M_{cs} 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第5条“结构分析”中规定的方法,运用的弹性或塑性理论进行计算。

[0053] 优选地,所述组合混凝土板中构件的受冲切承载力 F_{cu} 不小于混凝土板的受冲切承载力 F_c ($F_c \leq F_{cu}$),且所述构件的受冲切承载力 F_{cu} 符合公式(10),

[0054] 公式(10)为: $F_{cu} = (0.7\beta f_t + 0.25\sigma_{cs}) \eta u_m h_0$,

[0055] 其中, F_c 为根据单向板的布置方式计算出的混凝土板所需的受冲切承载力,N; F_{cu} 为组合混凝土板中构件的受冲切承载力,N; β 为截面高度影响系数; f_t 为第一区段构件的抗拉强度,MPa; σ_{cs} 为组合混凝土板的截面周长上预压力按长度的加权平均值,MPa; η 为待定系数; u_m 为组合混凝土板的截面周长,mm; h_0 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板的截面高度,mm。

[0056] 上述受冲切承载力 F_c ,即混凝土板的局部荷载值或集中反力值,按国家标准

GB50010《混凝土结构设计规范》中第6.5.1条规定进行计算。

[0057] 上述 β 、 η 、 σ_{cs} 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第6.5.1条规定进行计算确定。

[0058] 优选地,所述组合混凝土板的构造要求要符合国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》。所述组合混凝土板的构造要求包括最小板厚等。

[0059] 优选地,所述第一区段构件按板的布置形式选取不同截面形式。

[0060] 更优选地,当板的布置形式为简支单向板时,所述第一区段构件的截面为一字型截面;当板的布置形式为多跨连续单向板时,所述第一区段构件的截面为波浪型截面。

[0061] 优选地,所述第二区段构件的抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。

[0062] 优选地,所述第二区段构件需要具备一定功能时,应选择具备相应功能的后浇水泥基材料;所述第二区段构件如需要设计消纳建筑废物时,可采用再生混凝土作为后浇水泥基材料。

[0063] 优选地,所述第一区段构件选用的水泥基型材和第二区段构件选用的后浇水泥基材料,考虑水泥基材料间的界面性能,在满足组合混凝土板受力要求的同时,对组合混凝土板各分块区域进行优化设计。

[0064] 优选地,所述公式(10)中,所述构件的受冲切承载力的计算,基于板存在局部荷载或集中反力作用时,会受到冲切作用而进行。

[0065] 本发明第二方面提供一种水泥基型材,所述水泥基型材用作一种组合混凝土板的第一区段,包括有型材主体及型材主体内的配筋,所述型材主体的截面选自一字型截面或波浪型截面中的一种。

[0066] 本发明第三方面提供上述水泥基型材在组合混凝土板上的用途。

[0067] 本发明第四方面提供一种组合混凝土板的施工方法,选自预制模板法或3D打印法中的一种。

[0068] 优选地,所述预制模板法,包括以下步骤:

[0069] A) 将水泥基型材的原料混合后,倒入模具中成型、养护,拆模即得模板;

[0070] B) 将模板单个或组合铺设在板支座之间,直接将后浇水泥基材料浇筑其上,再成型、养护,即得组合混凝土板。

[0071] 更优选地,步骤A)中,所述模具为定制的钢模。所述模具具有一定的模数,可重复利用。

[0072] 更优选地,步骤A)中,所述拆模后要对水泥基型材与后浇水泥基材料结合表面进行加工。加工后的水泥基型材表面具有粗糙表面,从而增加水泥基材料间的界面作用力,增加水泥基材料间的界面黏结性能。

[0073] 进一步优选地,所述型材主体的表面加工方式选自凿毛或拉毛方式中的一种。

[0074] 更优选地,步骤A)中,所述混合、成型、养护满足现有规范中的对于预制水泥基材料构件的标准条件。

[0075] 更优选地,步骤A)中,所述水泥基材料的尺寸误差控制在2mm以内。所述水泥基材料的表面无缺陷。

[0076] 更优选地,步骤B)中,所述板支座为梁。

[0077] 更优选地,步骤B)中,所述后浇水泥基材料选自承重型水泥基材料或功能性水泥

基材料中的一种。

[0078] 进一步优选地,所述承重型水泥基材料选自满足强度要求的普通混凝土、再生混凝土、海水海砂混凝土中的一种。所述承重型水泥基材料具有一定强度适于作为承载材料。

[0079] 进一步优选地,所述承重型水泥基材料的抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。

[0080] 进一步优选地,所述功能性水泥基材料选自满足功能要求的泡沫混凝土、橡胶混凝土中的一种。所述功能性水泥基材料具有保温、隔热、隔音、耗能等功能。

[0081] 更优选地,步骤B)中,所述铺设、浇筑、成型、养护需满足现有规范中对于现浇水泥基材料施工的标准条件。使后浇水泥基材料上无表面开裂现象。

[0082] 更优选地,步骤B)中,当铺设组合混凝土板为连续多跨单向板时,应在支座承受负弯矩处设置支座负弯矩进行配筋,其长度应伸出板支座一定长度 l_1 。

[0083] 进一步优选地,所述 l_1 应满足符合国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》的构造要求。

[0084] 优选地,所述3D打印法,将水泥基型材的原料混合后作为油墨材料,输入3D打印机中进行打印。所述3D打印法适于型材构造较为复杂,通常的预制模板法不适宜的情况下;也适于型材无需配筋的情况下。

[0085] 更优选地,所述3D打印应在工厂中运用3D打印机进行成型。

[0086] 更优选地,所述3D打印的方向垂直于型材截面,沿板的跨度方向打印。

[0087] 更优选地,所述3D打印完成后,型材内部层间不允许发生滑移,尺寸误差控制在2mm以内。

[0088] 所述3D打印法可以打印各种形状,可在型材上自然形成粗糙波浪表面,有利于水泥基材料间界面黏结性能。

[0089] 本发明提供了一种用于组合混凝土板中,具有“组合混凝土”的概念,即随着众多新型水泥基材料的出现,可以结合不同水泥基材料的特点,设计出优化的混凝土构件,满足可持续利用的技术需求,甚至可以达到无筋形式,减少钢材等材料的使用,方便应用3D打印技术。

[0090] 如上所述,本发明提供了一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法,具有以下有益效果:

[0091] (1) 本发明提供了一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法,由于纤维水泥基材料优异的强度和延性,克服了传统混凝土拉伸变形小的缺点,可在保证安全的前提下,优化混凝土板的力学性能,制作成的型材可以作为模板,快速施工,相比于普通混凝土预制构件应用范围更广。

[0092] (2) 本发明提供了一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法,由于纤维水泥基材料的良好性能,水泥基型材的制备在跨度较小时可以减少配筋或做到无筋形式,有助于3D打印技术的推广应用,为3D打印技术在建筑结构中的推广提供了一个新的路径。

[0093] (3) 本发明提供了一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法,在建造组合混凝土板时,由于水泥基材料间的力学相容性以及互相生长,界面性能较采用钢型材的钢-混凝土组合结构或其他材料型材的组合结构更好,界面处理和界面构造简单,不需要另外设置剪力键。

附图说明

[0094] 图1显示为利用水泥基型材组合构造组合混凝土板的俯视图。

[0095] 图2显示为具有一字型截面的水泥基板型材的结构示意图2a、2b,其中,图2a为无配筋的一字型截面型材,图2b为配筋的一字型截面型材。

[0096] 图3显示为采用一字型截面的水泥基板型材构建的组合混凝土板的结构示意图3a、3b,其中,图3a为截面图,图3b为侧视图。

[0097] 图4显示为具有波浪1型截面的水泥基板型材的结构示意图4a、4b,其中,图4a为无配筋的波浪1型截面型材,图4b为配筋的波浪1型截面型材。

[0098] 图5显示为采用波浪1型截面的水泥基板型材构建的组合混凝土板的结构示意图5a、5b,其中,图5a为截面图,图5b为侧视图。

[0099] 图6显示为具有波浪2型截面的水泥基板型材的结构示意图6a、6b,其中,图6a为无配筋的波浪2型截面型材,图6b为配筋的波浪2型截面型材。

[0100] 图7显示为采用波浪2型截面的水泥基板型材构建的组合混凝土板的结构示意图7a、7b,其中,图7a为截面图,图7b为侧视图。

[0101] 附图标记

[0102]	1	第一区段构件
[0103]	11	型材主体
[0104]	12	配筋
[0105]	2	第二区段构件
[0106]	3	板支座
[0107]	4	支座负弯矩配筋
[0108]	B	组合混凝土板总宽度
[0109]	b_i	型材主体的板宽
[0110]	h	型材主体的厚度
[0111]	h_1	型材主体的波谷厚度
[0112]	h_2	型材主体的波峰厚度
[0113]	m	型材主体的波距
[0114]	H	组合混凝土板总厚度
[0115]	l	型材主体的跨度
[0116]	l_1	支座负弯矩配筋伸出支座长度

具体实施方式

[0117] 以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式,熟悉此技术的人士可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。

[0118] 请参阅图1至图7。须知,本说明书所附图式所绘示的结构、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得能涵盖的范围内。同时,本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及

“一”等的用语,亦仅为便于叙述的明了,而非用以限定本发明可实施的范围,其相对关系的改变或调整,在无实质变更技术内容下,当亦视为本发明可实施的范畴。

[0119] 如图1-7所示,本发明提供一种组合混凝土板,包括有相接触的第一区段构件和第二区段构件,所述第一区段构件包括有至少一个型材主体,所述型材主体内有配筋,所述型材主体的截面选自一字型截面或波浪型截面中的一种,所述第二区段构件为后浇水泥基材料,布置在所述第一区段构件的上部。

[0120] 在一个优选的实施例中,所述型材主体采用的材料为纤维水泥基材料。所述纤维水泥基材料是指以水泥为基体,以纤维为增强体、加入填料、外加剂和水按一定比例配合,经搅拌和养护而构成的复合材料。

[0121] 其中,所述纤维选自天然纤维以及化学纤维中的一种。所述纤维为连续或不连续的细丝组成的物质,可以达到增韧水泥基材料的效果。

[0122] 进一步地,所述天然纤维选自植物纤维或矿物纤维中的一种。所述天然纤维是指自然界存在的,可以直接取得的纤维。

[0123] 进一步地,所述化学纤维选自无机纤维或合成纤维中的一种。所述化学纤维是指经过化学加工而制成的纤维。

[0124] 其中,所述纤维水泥基材料的条件为:抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$,抗拉强度 $\geq 10\text{MPa}$,拉伸极限应变 $\geq 10\%$ 。所述纤维水泥基材料应具有高延性以及高强度的特点。

[0125] 进一步地,所述纤维水泥基材料为ECC (Engineered cementitious composite) 水泥基纤维增强材料。所述ECC水泥基纤维增强材料为现有建筑工程上常用的纤维水泥基材料。

[0126] 在一个具体的实施例中,所述型材主体的型材板宽、型材厚度与型材长度根据组合混凝土板的尺寸要求确定,所述组合混凝土板尺寸按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》进行选取。所述型材主体的型材板宽、型材厚度与型材长度具有一系列的规定尺寸,可同时作为受力混凝土段和施工模板,选取为一个或多个组合来满足组合混凝土板的尺寸要求。如图1所示。

[0127] 具体来说,所述组合混凝土板的板宽与长度满足单向板的受力要求,所述组合混凝土板总厚度满足上述规范中最小厚度的要求。

[0128] 在一个优选的实施例中,所述型材主体的纵向布置应与组合混凝土单向板受弯方向一致。

[0129] 在一个优选的实施例中,如图2所示,所述具有一字型截面的型材主体尺寸符合公式(1)、(2),

[0130] 公式(1)为:
$$B = \sum_{i=1}^N b_i,$$

[0131] 公式(2)为: $1/2H \leq h \leq 2/3H,$

[0132] 其中, b_i 为型材主体的板宽,mm; B 为组合混凝土板总宽度,mm; h 为型材主体的厚度,mm; H 为组合混凝土板总厚度,mm; N 为型材主体的个数。

[0133] 进一步地,所述型材主体的板宽 b_i 为一系列规定尺寸,最小尺寸为500mm,并以每100mm的数列幅度增加,最大尺寸为1000mm。所述型材主体的厚度 h 为一系列规定尺寸,最小尺寸为50mm,并以每5mm的数列幅度增加,最大尺寸为150mm。所述具有一字型截面的型材主

体由型材主体的板宽 b 和型材主体的厚度 h 两个参数确定。

[0134] 在一个优选的实施例中,如图4、6所示,所述具有波浪型截面的型材主体尺寸符合公式(3)、(4)、(5)、(6),

[0135] 公式(3)为: $B = \sum_{i=1}^N b_i$,

[0136] 公式(4)为: $1/3H \leq h_1 \leq 1/2H$,

[0137] 公式(5)为: $1/2H \leq h_2 \leq 2/3H$,

[0138] 公式(6)为: $b_i = N \times m$,

[0139] 其中, b_i 为型材主体的板宽,mm; B 为组合混凝土板总宽度,mm; h_1 为型材主体的波谷厚度,mm; h_2 为型材主体的波峰厚度,mm; H 为组合混凝土板总厚度,mm; m 为型材主体的波距,mm; N 为型材主体的个数。

[0140] 进一步地,所述型材主体的板宽 b_i 为一系列规定尺寸,最小尺寸为500mm,并以每100mm的数列幅度增加,最大尺寸为1000mm。所述型材主体的波谷厚度 h_1 为一系列规定尺寸,最小尺寸为40mm,并以每5mm的数列幅度增加,最大尺寸为100mm。所述型材主体的波峰厚度 h_2 为一系列规定尺寸,最小尺寸为60mm,并以每5mm的数列幅度增加,最大尺寸为150mm。所述型材主体的波距 m 为一系列规定尺寸,最小尺寸为50mm,并以每10mm的数列幅度增加。所述具有波浪型截面的型材主体由型材主体的板宽 b_i 、型材主体的波谷厚度 h_1 、型材主体的波峰厚度 h_2 、型材主体的波距 m 四个参数确定。

[0141] 在一个具体的实施例中,所述波浪型截面的边缘及拐角处的外形要进行平滑处理。所述平滑处理是将波浪型截面中的尖角外形打磨处理为圆角外形。

[0142] 在一个优选的实施例中,所述型材主体的截面上配筋,所述配筋选自钢筋或FRP (fiber reinforced polymer) 复合材料筋中的一种。

[0143] 进一步地,所述配筋与型材主体受弯方向平行,沿短边方向并排均匀设置,相邻所述配筋之间的间距保持相等。所述配筋根据型材主体的受力情况设置,可与型材主体共同作用受力。能够提升型材整体的承载力。所述配筋的配筋率符合国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中的最小配筋率要求。当型材自身满足受力要求时,其配筋率可为0。所述配筋的面积可根据组合后的截面确定,布置好后进行验算,确定好配筋形式后,再在工厂加工生产。

[0144] 在一个优选的实施例中,所述型材主体的表面加工形成粗糙表面。所述粗糙表面能够加强型材表面粗糙度,增强新旧混凝土间的黏结力,加强粗糙表面与纤维水泥基材料间的界面力学性能。

[0145] 在一个优选的实施例中,所述型材主体的表面加工方式采用现有一般新旧混凝土界面处理方式。

[0146] 具体来说,所述型材主体的表面加工方式选自凿毛或拉毛方式中的一种。能够形成均匀的粗糙表面,同时保证无松渣、不漏筋。

[0147] 在一个优选的实施例中,所述型材主体的长度根据板跨度来确定。

[0148] 所述型材主体的长度根据板跨度来确定。

[0149] 具体来说,所述型材主体的跨度符合公式(7),

[0150] 公式(7)为: $B \geq 3l$,

[0151] 当为简支单向板时, $H/l \geq 1/30$; 当为两端连续单向板时, $H/l \geq 1/35$;

[0152] 其中, B 为组合混凝土板总宽度, mm; l 为型材主体的跨度, mm; H 为组合混凝土板的总厚度, mm。

[0153] 进一步地, 所述型材主体跨度的取值范围为2000~3500mm。

[0154] 实施例1

[0155] 采用水泥基型材建造混凝土板, 由于混凝土板为单向板, 根据单向板的受力情况, 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第5节“结构分析”中弹性或塑性理论计算出混凝土板所需的弯矩承载力 M , 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第6.5.1条规定进行计算出混凝土板的局部荷载值或集中反力值, 即混凝土板所需的受冲切承载力 F_c 。

[0156] 再将混凝土板进行分区, 划分为第一区段构件和第二区段构件, 形成组合混凝土板, 第一区段构件按板的布置形式选取不同截面形式的水泥基型材, 布置在组合混凝土板下部。具体来说, 当板的布置形式为简支单向板时, 第一区段构件的截面为一字型截面; 当板的布置形式为多跨连续单向板时, 第一区段构件的截面为波浪型截面。

[0157] 第二区段构件为后浇水泥基材料, 布置在组合混凝土板上部。第二区段构件的抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。第二区段构件需要具备一定的功能时, 应选择具备相应功能的后浇水泥基材料, 件如需要设计消纳建筑废物时, 可采用再生混凝土作为后浇水泥基材料。

[0158] 组合混凝土板中构件的受弯承载力 M_{cu} 不小于混凝土板的受弯承载力 M ($M \leq M_{cu}$), 且所述构件的受弯承载力 M_{cu} 符合公式(8)、(9), 公式(8)为: $\alpha_1 f_c b x - f_y A_s - T_{cs} = 0$, 公式(9)为:

$M_{cu} = \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + M_{cs}$, 其中, α_1 为无量纲折减系数; f_c 为第二区段构件的抗压强度,

MPa; b 为组合混凝土板的截面宽度, mm; x 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板截面的受压区高度, mm; f_y 为第一区段构件中配筋的抗拉强度, MPa; A_s 为第一区段构件中配筋的截面积, mm^2 ; T_{cs} 为第一区段构件受拉时提供的轴向拉力, N; M 为根据单向板的布置方式计算出的混凝土板所需的受弯承载力, $\text{N} \cdot \text{mm}$; M_{cu} 为组合混凝土板中构件的受弯承载力, $\text{N} \cdot \text{mm}$; h_0 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板的截面高度, mm; M_{cs} 为第一区段构件提供的弯矩, $\text{N} \cdot \text{mm}$ 。上述 α_1 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第6.2.6条的规定计算。上述 T_{cs} 、 M_{cs} 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第5条“结构分析”中规定的方法, 运用的弹性或塑性理论进行计算。

[0159] 组合混凝土板中构件的受冲切承载力 F_{cu} 不小于混凝土板的受冲切承载力 F_c ($F_c \leq F_{cu}$), 且所述构件的受冲切承载力 F_{cu} 符合公式(10), 公式(10)为: $F_{cu} = (0.7\beta f_t + 0.25\sigma_{cs}) \eta u_m h_0$, 其中, F_c 为根据单向板的布置方式计算出的混凝土板所需的受冲切承载力, N; F_{cu} 为组合混凝土板中构件的受冲切承载力, N; β 为截面高度影响系数; f_t 为第一区段构件的抗拉强度, MPa; σ_{cs} 为组合混凝土板的截面周长上预压力按长度的加权平均值, MPa; η 为待定系数; u_m 为组合混凝土板的截面周长, mm; h_0 为第一区段构件与第二区段构件组合后的组合混凝土板的截面高度, mm。上述 β 、 η 、 σ_{cs} 按国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中第6.5.1条规定进行计算确定。

[0160] 实施例2

[0161] 根据实施例1中的建造组合混凝土板的要求, 采用预制模板法或3D打印法进行施工。

[0162] 其中,采用预制模板法进行施工,将水泥基型材的原料混合后,倒入模具中成型、养护,拆模即得模板。再将模板铺设在板支座之间,直接将后浇水泥基材料浇筑其上,再成型、养护,即得组合混凝土板。模具为定制的钢模。拆模后采用凿毛或拉毛工艺对水泥基型材与后浇水泥基材料结合表面进行加工。板支座为梁。

[0163] 所述后浇水泥基材料选自承重型水泥基材料或功能性水泥基材料中的一种。其中,承重型水泥基材料选自满足强度要求的普通混凝土、再生混凝土、海水海砂混凝土中的一种。承重型水泥基材料的抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。功能性水泥基材料选自满足功能要求的泡沫混凝土、橡胶混凝土中的一种。

[0164] 其中,采用3D打印法进行施工,将水泥基型材的原料混合后作为油墨材料,输入3D打印机中进行打印。3D打印应在工厂中运用3D打印机进行成型。3D打印的方向垂直于型材截面,沿板的跨度方向打印。3D打印完成后,型材内部层间不允许发生滑移,尺寸误差控制在2mm以内。

[0165] 实施例3

[0166] 如图2所示,根据组合混凝土板的受力特点,设置具有一字型截面的水泥基型材样品1#。水泥基型材样品1#采用ECC纤维水泥基材料作为原料,选取ECC纤维水泥基材料的抗拉强度为10MPa,拉伸极限应变 $\geq 10\%$ 。如图2a所示,水泥基型材样品1#根据实施例1中的建造组合混凝土板的要求,计算承载力,可直接应用于跨度较小的板中。当承载力不足时,如图2b所示,在水泥基的型材主体内设置FRP筋作为纵筋,从而增加水泥基型材受拉承载力。

[0167] 如图3a、3b所示,将具有一字型截面的水泥基型材样品1#用于建造组合混凝土板,并根据实施例2中的预制模板法进行施工,其混合、成型、养护需满足现有规范中的对于预制水泥基材料构件的标准条件,尺寸误差控制在2mm以内,表面无缺陷。组合混凝土板在具体施工时,直接将水泥基型材样品1#作为主要受力构件,同时作为施工模板,在其上浇筑后浇水泥基材料,后浇水泥基材料为再生混凝土,在满足受力性能的同时,可充分利用再生混凝土,具有生态环境效益。

[0168] 上述组合混凝土板中构件的受弯承载力 M_{cu} 不小于混凝土板的受弯承载力 M ($M \leq M_{cu}$),且所述构件的受弯承载力 M_{cu} 符合公式(8)、(9),公式(8)为: $\alpha_1 f_c b x - f_y A_s - T_{cs} = 0$,公式

(9)为: $M_{cu} = \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + M_{cs}$ 。当板受到集中荷载时,组合混凝土板中构件的受冲切承

载力 F_{cu} 不小于混凝土板的受冲切承载力 F_c ($F_c \leq F_{cu}$),且所述构件的受冲切承载力 F_{cu} 符合公式(10),公式(10)为: $F_{cu} = (0.7\beta f_t + 0.25\sigma_{cs}) \eta u_m h_0$,验算板的受冲切承载力,该实施例中,板受到来自柱的集中荷载,柱的截面是边长为400mm的正方形,轴向压力为 $5 \times 10^5\text{N}$,计算参数选取如下表1。

[0169] 表1

[0170]

后浇水泥基材料抗压强度 f_c	30MPa
单位截面宽度 b	1000mm
组合混凝土板总厚度 H	80mm
组合混凝土板截面计算高度 H_0	60mm
ECC抗拉强度 f_t	10MPa

型材厚度h	50mm
钢筋面积	251.2mm ²
受拉区配筋的抗拉强度f _y	300N/mm ²
β	1
σ _{cs}	0
板所受集中力F _c	5×10 ⁵
η	1
u	1820mm

[0171] 如表1所示,其中配筋的板型材内配筋布置为Φ8@200,平行受弯方向等间距布置。具体配筋计算结果见下表2。

[0172] 表2

[0173]

	未配筋(计算结果乘以折减系数0.8)	配筋
弯矩M/kN·m	6.12	10.52

[0174] 如表2可知,上述组合混凝土板可根据弯矩情况选用配筋或不配筋型材。冲切验算 $(0.7\beta f_t + 0.25\sigma_{cs})\eta u_m h_0 = (0.7 \times 1 \times 10) \times 1 \times 1820 \times 55 = 7.007 \times 10^5 \text{N} > 5 \times 10^5 \text{N}$,满足冲切要求。

[0175] 实施例4

[0176] 如图4所示,根据组合混凝土板的受力特点,设置具有波浪1型截面的水泥基型材样品2#,波浪呈下凹状。水泥基型材样品2#采用ECC纤维水泥基材料作为原料,选取ECC的抗拉强度为10MPa,拉伸极限应变 $\geq 10\%$ 。如图4a所示,水泥基型材样品2#根据实施例1中的建造组合混凝土板的要求,计算承载力,可直接应用于跨度较小的板中。当承载力要求较大时,如图4b所示,在水泥基的型材主体内设置钢筋作为纵筋,从而增加水泥基型材受拉承载力。

[0177] 如图5a、5b所示,将具有波浪1型截面的水泥基型材样品2#用于建造组合混凝土板,并根据实施例2中的预制模板法进行施工,其混合、成型、养护需满足现有规范中的对于预制水泥基材料构件的标准条件,尺寸误差控制在2mm以内,表面无缺陷。组合混凝土板在具体施工时,直接将水泥基型材样品2#作为主要受力构件和模板支撑,随后在其上设置其余模板并浇筑后浇水泥基材料,后浇水泥基材料为普通混凝土,可充分发挥快速施工的特点,优化组合混凝土板的力学性能。

[0178] 上述组合混凝土板中构件的受弯承载力 M_{cu} 不小于混凝土板的受弯承载力 M ($M \leq M_{cu}$),且所述构件的受弯承载力 M_{cu} 符合公式(8)、(9),公式(8)为: $\alpha_1 f_c b x - f_y A_s - T_{cs} = 0$,公式

(9)为: $M_{cu} = \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + M_{cs}$ 。计算参数选取如下表3,其中厚度选取为 $h = (h_1 + h_2) / 2$ 。

[0179] 表3

[0180]

后浇水泥基材料抗压强度 f_c	30MPa
单位截面宽度 b	1000mm
组合混凝土板总厚度 H	80mm
组合混凝土板截面计算高度 h_0	60mm
ECC 抗拉强度 f_t	10MPa

[0181]

型材波谷厚度 h_1	40mm
型材波峰厚度 h_2	60mm
型材厚度 h	50mm
钢筋面积	251.2mm ²
为受拉区配筋的抗拉强度 f_y	300 N/mm ²

[0182] 如表3所示,其中配筋的板型材内配筋布置为 $\phi 8@200$,平行受弯方向等间距布置。具体配筋计算结果同表2,上述组合混凝土板可根据弯矩情况选用配筋或不配筋型材。

[0183] 实施例5

[0184] 如图6所示,根据组合混凝土板的受力特点,设置具有波浪2型截面的水泥基型材样品3#,波浪呈上凸状。水泥基型材样品3#采用ECC纤维水泥基材料作为原料,选取ECC的抗拉强度为10MPa,拉伸极限应变 $\geq 10\%$ 。如图6a所示,水泥基型材样品3#根据实施例1中的建造组合混凝土板的要求,计算承载力,可直接应用于跨度较小的板中。当承载力要求较大时,如图6b所示,在水泥基的型材主体内设置复合材料作为纵筋,从而增加水泥基型材受拉承载力。

[0185] 如图7a、7b所示,将具有波浪2型截面的水泥基型材样品3#用于建造组合混凝土板,水泥基型材根据实施例2中的预制模板法进行施工,其混合、成型、养护需满足现有规范中的对于预制水泥基材料构件的标准条件,尺寸误差控制在2mm以内,表面无缺陷。组合混凝土板在具体施工时,直接将水泥基型材样品3#作为主要受力构件和模板支撑,其中,在连续支座反弯点处设置配筋,其伸出支座长度 l_1 需满足国家标准GB50010《混凝土结构设计规范》中的要求,随后在其上设置其余模板并浇筑后浇水泥基材料,后浇水泥基材料为海水海砂混凝土,在满足安全性要求的同时,充分利用海水、海砂资源,缓解目前河砂、淡水资源匮乏的现状。其组合混凝土板的承载力的计算过程同实施例4。

[0186] 实施例6

[0187] 实施例3、4、5中的水泥基型材样品1#、2#、3#,可根据实施例2中的3D打印法进行施工。3D打印法节约了钢材等其他材料,同时可在型材上自然形成粗糙波浪表面,有利于水泥基材料间界面黏结性能。3D打印应在工厂中运用3D打印机进行成型,打印方向垂直于型材截面,沿板的跨度方向打印,打印完成后,型材内部层间不允许发生滑移,尺寸误差控制在2mm以内。

[0188] 实施例7

[0189] 本发明提供了一种用于组合混凝土板的水泥基型材,相比于其他材料的型材,如钢型材、FRP型材以及普通混凝土预制构件等,具有明显优势,具体情况见表4。

[0190] 表4本发明提供的应用于组合混凝土板的水泥基型材对比优势

[0191]

	本发明提供的纤维水泥基板型材	钢型材、FRP 型材等其他型材	普通混凝土预制构件
优点	与其他水泥基材料相容性好，组合使用时界面处理简单；工厂支座简便，可结合 3D 打印施工技术	工厂制造简便、可重复利用	—
缺点	型材易受损，需给予相应的保护	在与混凝土组合使用时，与混凝土间的界面处理复杂，且构件连接构造复杂	为保证受拉力学性能，配筋较多，尺寸截面较大

[0192] 运用本发明提出的纤维水泥基板型材制备的组合混凝土板，当采用不配筋型材时，其极限破坏强度可达到普通钢筋混凝土板的80%以上；当采用配筋型材时，可以达到普通钢筋混凝土板的承载力要求。组合板呈现出塑性破坏，非脆性破坏，相对于普通钢筋混凝土板，组合板的延性提升了10~20%。

[0193] 综上所述，本发明提供了一种用于组合混凝土板的水泥基型材及其构造方法，可进行组合混凝土板的快速建造，在施工中作为模板，从而加快施工速度，同时，合理的纤维水泥基材料选取与组合，可以做到无筋构造，有利于采用3D打印施工，快捷方便，具有广阔的应用前景。所以，本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0194] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本发明的权利要求所涵盖。

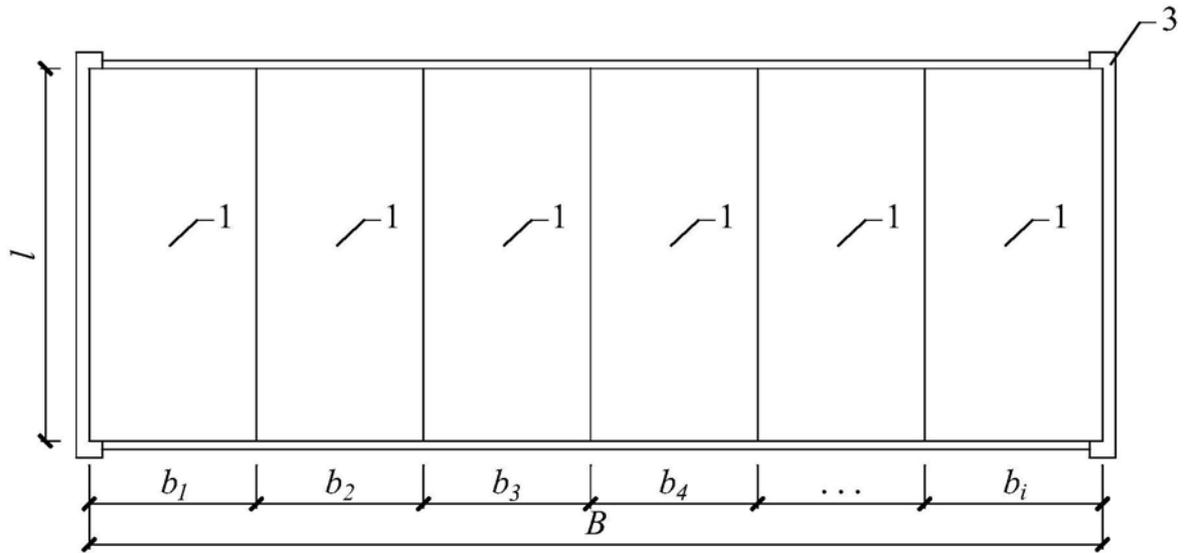


图1

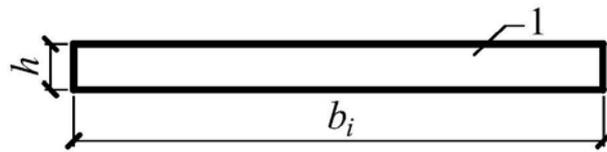


图2a

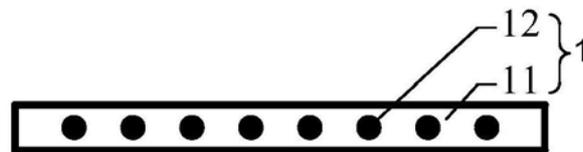


图2b

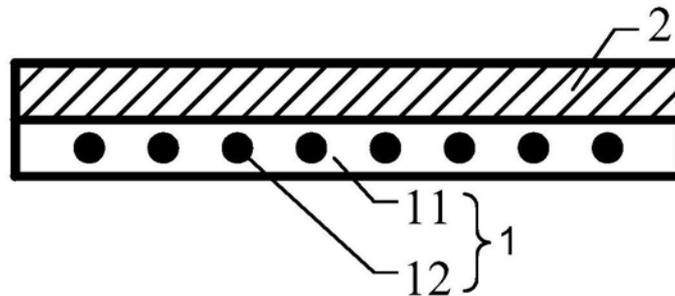


图3a

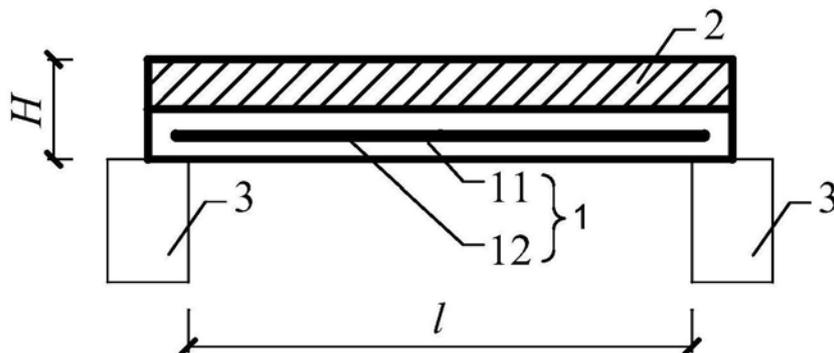


图3b

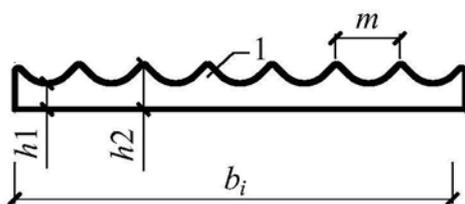


图4a



图4b

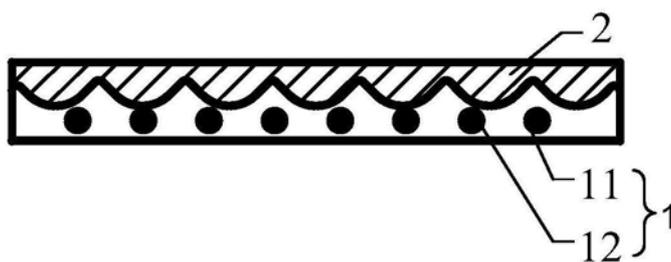


图5a

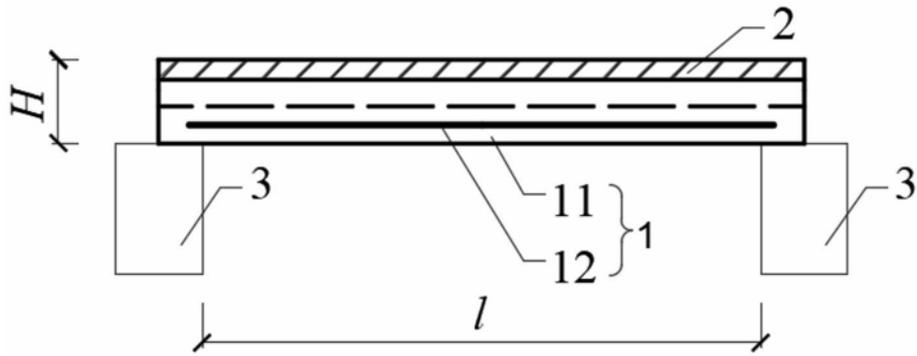


图5b

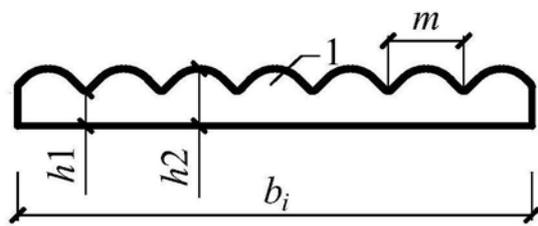


图6a

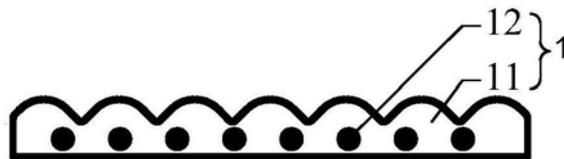


图6b

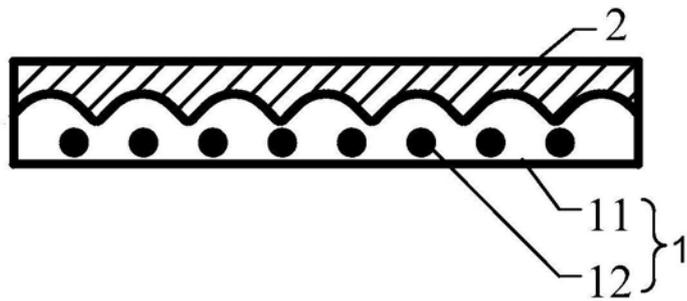


图7a

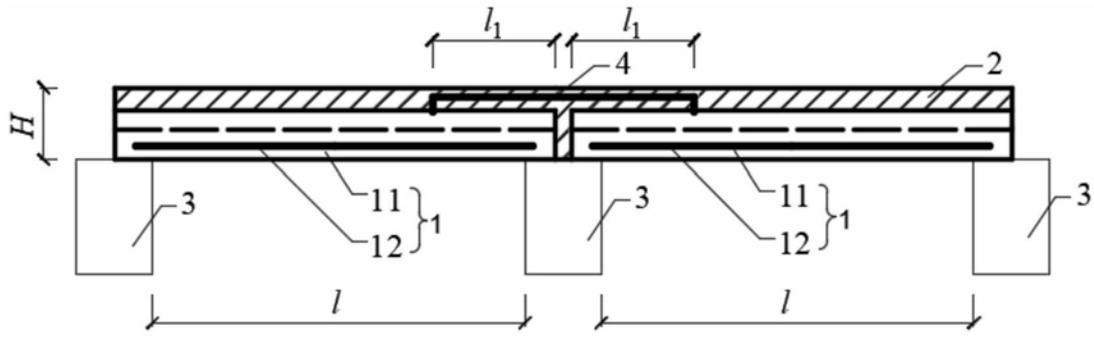


图7b