



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 206571049 U

(45)授权公告日 2017. 10. 20

(21)申请号 201720224274.8

(22)申请日 2017.03.09

(73)专利权人 河南省交通规划设计研究院股份有限公司

地址 450052 河南省郑州市二七区陇海中路70号

专利权人 李斐然

(72)发明人 李斐然 张士红 郭晓光 李宇鹏  
刘晨 牛路

(74)专利代理机构 郑州异开专利事务所(普通合伙) 41114

代理人 王霞

(51)Int.Cl.

E04G 3/294(2006.01)

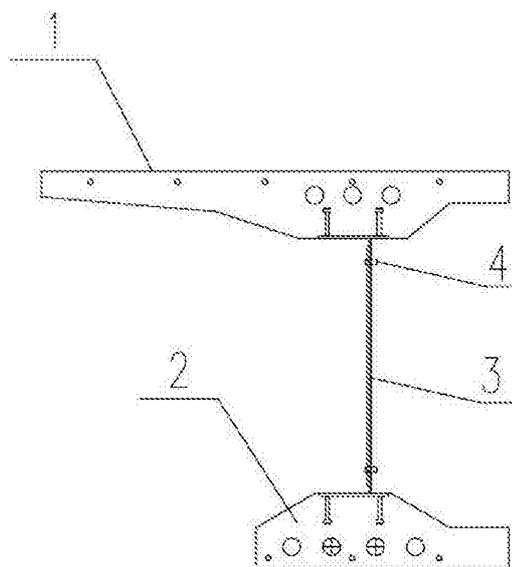
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

## (54)实用新型名称

分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁

## (57)摘要

本实用新型公开了一种分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁,包括由多个工字型梁体单元通过横向和纵向连接而成的组合梁体,工字型梁体单元由单独预制的预制混凝土顶板、预制混凝土底板和波形钢腹板拼接组成;预制混凝土顶板内预埋有上剪力连接件、顶板横向连接钢筋、顶板纵向连接钢筋和顶板预应力孔道;预制混凝土底板内预埋有下剪力连接件、底板横向连接钢筋、底板纵向连接钢筋、底板一次预应力孔道和底板二次预应力孔道;波形钢腹板周缘预留有用于连接所述上、下剪力连接件的螺栓孔。本实用新型采用分块预制拼装的结构形式进行梁体架设,各部件的体积及重量都相应较小,运输稳定,吊装安全,利于施工。



1. 一种分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁,包括由多个工字型梁体单元通过横向和纵向连接而成的组合梁体,其特征在于:所述工字型梁体单元由单独预制的预制混凝土顶板、预制混凝土底板和波形钢腹板拼接组成;所述预制混凝土顶板内预埋有用于连接所述波形钢腹板的上剪力连接件、以及用于连接相邻预制混凝土顶板的顶板横向连接钢筋和顶板纵向连接钢筋,预制混凝土顶板内设置有用于穿设负弯矩张拉钢束的顶板预应力孔道;所述预制混凝土底板内预埋有用于连接所述波形钢腹板的下剪力连接件、用于连接相邻预制混凝土底板的底板横向连接钢筋和底板纵向连接钢筋,以及用于穿设张拉钢束的底板一次预应力孔道和底板二次预应力孔道;所述波形钢腹板周缘预留有用于连接所述上、下剪力连接件的螺栓孔。

2. 根据权利要求1所述的分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁,其特征在于:所述上剪力连接件和下剪力连接件结构相同,均包括连接板和垂直焊接在所述连接板上的波形翼板,所述波形翼板边缘开设有连接孔,连接板的另一面焊接有预埋在预制混凝土顶板或预制混凝土底板中的剪力钉。

3. 根据权利要求1所述的分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁,其特征在于:组成所述工字型梁体单元的单个预制混凝土顶板、预制混凝土底板和波形钢腹板的长度分别为5-30米。

## 分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及桥梁建筑技术领域,尤其是涉及一种适用于大型桥梁的分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁。

### 背景技术

[0002] 传统预制箱梁腹板多为混凝土材质,不仅重量大且易开裂,故混凝土箱梁只适合应用于小跨径(40m以下)的公路桥梁。自1988年ACSI协会将波形钢腹板PC组合箱梁进行介绍后,波形钢腹板PC组合梁作为一种经济、高效、施工简便的新型桥梁形式,取得了桥梁工作者的广泛认同并被拓展应用于大中型桥梁(50m以上跨径)的实际工程中。

[0003] 现有波形钢腹板PC组合箱梁多采用如下两种形式进行施工:

[0004] 一种是将整个箱梁梁体的钢筋混凝土顶板、钢筋混凝土底板和波形钢腹板分为三个部分分别进行整体预制,之后再吊装就位,在桥位处采用螺栓连接拼装。中国专利“拼装式预应力混凝土组合箱梁”(申请号200620126505.3)就公开了上述结构的预制件,并着重介绍了波形钢腹板与顶板、底板的连接方式。但是,由于这种结构的箱梁顶板、底板和腹板均为一体式结构,单个预制构件的重量仍然很重。例如桥宽为16.75m的波形钢腹板箱梁桥,其每延米的重量高达10t以上,施工时即便分别吊装单个预制构件仍然十分困难。其次,为方便运输,预制构件的长度通常不会很长,上述整孔架设结构仅限于小跨径的桥梁,对于大跨径的桥梁,顶板和腹板还是会采用分段预制的形式。另外,该专利没有考虑实际施工时预应力钢束的施加时机和预留孔道等情况,且对于负弯矩区的处理措施也未加论述,如果缺乏应对梁体荷载变形的措施和具体施工工艺方面的详细考虑,施工的可行性较差。

[0005] 另一种是将顶板、底板和波形钢腹板固定连成工字结构的预制拼装单元,在现场将多个工字结构的拼装单元进行横向和纵向拼接后完成桥梁施工,如中国专利“二次张拉预应力装配式波形钢腹板组合梁及其施工方法”(申请号201510255113.0)就公开了上述结构的工字形预制件,并于相应的时机施加二次预应力,实现工字形预制件的横向拼装。上述预制的拼装单元体积大,吨位重(例如单个预制工字形单元每延米的重量即可达5t左右),而且自身的稳定性也较差,易造成运输成本和吊装成本上升;在安装过程中对起吊设备要求较高,吊装安全性较低;同时由于拼装单元中的波形钢腹板与顶板和底板之间固定连接,因此该预制拼装单元内的各部件不可调整、不可替换,增加了后期维护的难度;同时伴随着交通量的日益增大,梁体的承载能力无法适应新情况下的交通状况。

### 发明内容

[0006] 本实用新型提供一种分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁,目的在于解决现有波形钢腹板PC组合箱梁应用于大型桥梁时容易出现运输、吊装和后期维护等方面的问题。

[0007] 为实现上述目的,本实用新型可采取下述技术方案:

[0008] 本实用新型所述的分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁,包括由多个工字型

梁体单元通过横向和纵向连接而成的组合梁体,所述工字型梁体单元由单独预制的预制混凝土顶板、预制混凝土底板和波形钢腹板拼接组成;所述预制混凝土顶板内预埋有用于连接所述波形钢腹板的上剪力连接件、以及用于连接相邻预制混凝土顶板的顶板横向连接钢筋和顶板纵向连接钢筋,预制混凝土顶板内设置有用于穿设负弯矩张拉钢束的顶板预应力孔道;所述预制混凝土底板内预埋有用于连接所述波形钢腹板的下剪力连接件、用于连接相邻预制混凝土底板的底板横向连接钢筋和底板纵向连接钢筋,以及用于穿设张拉钢束的底板一次预应力孔道和底板二次预应力孔道;所述波形钢腹板周缘预留有用于连接所述上、下剪力连接件的螺栓孔。

[0009] 所述上剪力连接件和下剪力连接件结构相同,均包括连接板和垂直焊接在所述连接板上的波形翼板,所述波形翼板边缘开设有连接孔,连接板的另一面焊接有预埋在预制混凝土顶板或预制混凝土底板中的剪力钉。

[0010] 组成所述工字型梁体单元的单个预制混凝土顶板、预制混凝土底板和波形钢腹板的长度分别为5-30米。

[0011] 本实用新型的分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁,采用单独预制工字型梁体单元的预制混凝土顶板、预制混凝土底板和波形钢腹板,再现场进行拼接施工的方式。本实用新型采用对现有的整体预制的工字形构件在竖向上进一步进行分块,一方面充分利用了波形钢腹板的“褶皱效应”实现箱梁化整为零,将预制构件体积充分减小,使构件体积减小,降低了施工机具的要求,更加易于运输和吊装,有利于桥梁的快速架设,同时避免了整体预制的工字形构件自身稳定性差的问题;另一方面也利用波形钢腹板特有的弱“梁端效应”,在顶板内设置有用于穿设负弯矩预应力张拉钢束的孔道,在预制混凝土底板内采用了一次预应力钢束和二次预应力钢束,与施工过程完美配合,实现施工的最大便捷。其中,在预制混凝土底板预制完成后张拉一次预应力钢束,用于抵抗混凝土收缩徐变产生的应力,而在箱梁拼接完成后,张拉二次预应力钢束,能减少组合箱梁因收缩徐变产生的反拱;顶板和底板上预埋有用于与波形钢腹板连接的剪力连接件,相邻的顶板和底板在桥梁施工现场可以通过浇筑湿接缝方式进行横向和/或纵向的拼接以获得各种要求的桥宽、桥跨。所以,本实用新型将工字型梁体单元中的顶板、底板和腹板分解开进行预制,有效减轻了各预制件的体积及重量,大大降低了运输及吊装难度;而且由于波形钢腹板通过螺栓与顶板和底板进行连接,若后期交通量增大时,还可以通过对波形钢腹板的更换,实现对梁体高度的调整或维护,达到增加桥梁结构承载能力的目的;上述预制件之间活动相连,可以重复安装与拆卸,因此在桥梁拆除后还能将部分预制件重复利用,为桥梁结构的可循环发展提供了一种有效思路。具体来说,本实用新型的优点可以体现在以下几点:

[0012] (1) 本实用新型采用分块预制拼装的结构形式进行梁体架设,各部件的体积及重量都相应较小,不仅能有效保证预制件在运输过程中的稳定性,而且容易保证吊装过程中构件的安全性,利于施工。

[0013] (2) 本实用新型中的波形钢腹板可进行拆卸安装,方便后期对梁体的维护及检查,同时可对受损伤的波形钢腹板进行更换,实现调整梁体高度、增加结构承载能力的目的。

[0014] (3) 本实用新型中桥梁各部件可进行拆卸,使得桥梁各部件可以重复利用,避免了混凝土和组合结构桥梁难以实现重复利用的问题。

[0015] (4) 本实用新型除波形钢板的高度可变外,其他混凝土构件均为标准件,具备大规

模标准化生产的条件。

[0016] (5)本实用新型在形式简单的移动支撑装置上进行拼装,不需要在周边设置专门的拼装场,更适合城市桥梁的快速施工。

### 附图说明

[0017] 图1是本实用新型中工字型梁体单元的结构示意图。

[0018] 图2是图1中预制混凝土顶板的结构示意图。

[0019] 图3是图1中预制混凝土底板的结构示意图。

[0020] 图4图2、3中上、下剪力连接件的结构示意图。

[0021] 图5、图6、图7是施工过程示意图。

[0022] 图8-13是对本实用新型进行原理性说明的相关附图。

### 具体实施方式

[0023] 本实用新型所述的分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁,包括由多个如图1所示的工字型梁体单元通过横向和纵向连接而成的组合梁体,该工字型梁体单元由单独预制的预制混凝土顶板1、预制混凝土底板2和波形钢腹板3拼接组成;如图2所示,预制混凝土顶板1内预埋有用于连接波形钢腹板3的上剪力连接件1.1、用于连接相邻预制混凝土顶板的顶板横向连接钢筋1.2和顶板纵向连接钢筋1.3,在预制混凝土顶板1的墩顶内设置有三个用于穿设负弯矩张拉钢束的顶板预应力孔道1.4;如图3所示,在预制混凝土底板2内预埋有用于连接波形钢腹板的下剪力连接件2.1、用于连接相邻预制混凝土底板的底板横向连接钢筋2.2和底板纵向连接钢筋2.3,以及用于穿设一次张拉钢束的两个底板一次预应力孔道2.4和用于穿设二次张拉钢束的两个底板二次预应力孔道2.5;在波形钢腹板3的周缘预留有用于连接上剪力连接件1.1和下剪力连接件2.1的螺栓孔。

[0024] 为减小预制成本,本实用新型的上剪力连接件1.1和下剪力连接件2.1的结构相同,以上剪力连接件1.1为例,如图4所示,包括连接板1.1a和垂直焊接在连接板1.1a上的波形翼板1.1b,波形翼板1.1b边缘开设有连接孔,该连接孔与波形钢腹板3周缘预留的螺栓孔对应,用于组合工字型梁体单元时穿设连接螺栓4,连接板的另一面焊接有预埋在预制混凝土顶板内且端部带有防脱块的剪力钉1.1c。

[0025] 为减少现场拼接浇筑工作量,提高施工效率,组成工字型梁体单元单个预制混凝土顶板1、预制混凝土底板2和波形钢腹板3的长度分别为5-30米。

[0026] 本实用新型所述的分块预制式二次预应力波形钢腹板组合梁施工时,按下述步骤进行:

[0027] 第一步,在预制场内,按照设计要求分别进行预制混凝土顶板1、预制混凝土底板2和波形钢腹板3的预制:对于预制混凝土顶板1和预制混凝土底板2,首先按要求分别绑扎钢筋网,再将剪力连接件、预应力孔道等安装就位,然后安装限位模板,浇筑混凝土;待混凝土达到设计强度后,拆除限位模板。其中,对于预制混凝土底板2,在拆除模板后应对位于底板一次预应力孔道2.4内的一次张拉钢束进行张拉,用于抵抗底板在吊装和架设过程中由于自重产生的弯矩;对于波形钢腹板3,整体加工完成后,应在设计位置预留用于连接上、下剪力连接件1.1、2.1的螺栓孔;

[0028] 第二步,如图5所示,在完成施工的桥台或桥墩5之间设置移动支撑装置6作为辅助施工平台,用吊装设备将运送至施工现场的预制混凝土底板2、波形钢腹板3和预制混凝土顶板1依次吊装至移动支撑装置6上,并通过连接螺栓4将预制混凝土底板2与波形钢腹板3、波形钢腹板3与预制混凝土顶板1进行连接,完成第一片工字型梁体单元(如图6所示)的装配施工;上述移动支撑装置6可采用安装有支撑架的平板车;

[0029] 第三步,将移动支撑装置6沿桥宽方向横向转移,按照第二步的方法完成该桥跨内沿横向设置的其他工字型梁体单元的装配施工,然后在相邻工字型梁体单元的顶板和底板之间分别绑扎顶/底板横向连接钢筋形成钢筋网,然后浇筑混凝土,在箱梁顶部和底部形成钢顶板纵向湿接缝7和预制混凝土底板纵向湿接缝8(如图6所示);在预制混凝土底板纵向湿接缝8达到一定强度后,对位于底板二次预应力孔道2.5内的张拉钢束进行张拉,用于抵抗二期荷载产生的弯矩;

[0030] 第四步,将移动支撑装置6转移至下一桥跨位置,重复第二步和第三步作业,完成该桥跨梁体的施工;

[0031] 第五步,在相邻桥跨之间绑扎顶/底板纵向连接钢筋形成钢筋网,并浇筑混凝土,形成横向湿接缝或横梁9(如图7所示);在横向湿接缝或横梁9达到一定强度时,按照先边梁后中梁的顺序,采用对称张拉原则对位于相邻跨径的顶板预应力孔道1.4内的张拉钢束进行张拉,用于抵抗相邻跨径箱梁的墩顶负弯矩,形成多跨连续梁体系。

[0032] 本实用新型的预制混凝土顶板1、预制混凝土底板2和波形钢腹板3通过连接螺栓4连为一体,而螺栓连接为可拆卸连接结构,因此可通过对波形钢腹板的更换实现对梁体高度的调整,以达到增加结构承载能力的目的,同时也方便后期维护;同时上述预制件可重复安装与拆卸,若桥梁拆除后,预制件仍可重复利用,提高了预制件的循环利用率,可以有效节约桥梁建造成本和缩短建设周期。

[0033] 以下是对本实用新型波形钢腹板组合工字梁进行竖向拼接,并于适当时机施加二次预应力这种施工方法的可行性、合理性所做出的具体原理性说明:

[0034] 首先分析预制混凝土底板在两种状态下的受力。

[0035] 1. 第1状态:

[0036] 如图8所示的预制混凝土底板,其内设置的张拉预应力钢束所施加的预应力为N,则预制混凝土底板上的截面上应力为:

$$[0037] \quad -\sigma_c = N / b_1 t_2 \quad (1)$$

[0038] 2. 第2状态:

[0039] 当上述预制混凝土底板组合成为工字形波形钢腹板组合梁时,其工字形断面结构如图9所示。

[0040] 在预制混凝土底板上施加预应力N,对组合截面中性轴的弯矩为:

$$[0041] \quad M = N(t_3 / 2 + h_3) \quad (2)$$

[0042] 由上下截面的面积矩相等可得:

$$[0043] \quad b_1 t_1 h_1 + h_2 t_2 \frac{h_2}{2} = b_2 t_2 \frac{h_2}{2} + b_3 t_3 h_3 \quad (3)$$

[0044] 组合梁全截面的面积为:

[0045]  $A = b_1 t_1 + h_2 t_2 + h_3 t_3 + b_4 t_4$  (4)

[0046] 整个截面的惯性矩为:

[0047]  $I = \frac{b_1 t_1^3}{12} + b_1 t_1 h_1^2 + \frac{t_2 h_2^3}{12} + t_2 h_2 \left(\frac{h_2}{2}\right)^2 + \frac{t_3 h_3^3}{12} + t_3 h_3 \left(\frac{h_3}{2}\right)^2 + \frac{b_4 t_4^3}{12} + b_4 t_4 h_4^2$  (5)

[0048] 波形钢腹板组合梁由于腹板的不抵抗轴力,在抗弯承载力计算时可不考虑腹板的作用,相当于无腹板截面,因此设定:

[0049]  $t_2 = t_3 = 0, t_1 = t_4 = t, h_4 = t_3/2 + h_3, h_1 = t_1/2 + h_2$

[0050] 则:  $b_1 h_1 = b_4 h_4, A = (b_1 + b_4)t, M = N h_4, I = \frac{(b_1 + b_4)t^3}{12} + b_1 h_1 (h_1 + h_4)t = \frac{A t^3}{12} + \frac{b_1 h_1^2}{b_4} A$

[0051] 顶板的应力:  $\sigma_1 = \frac{N}{A} \left( 1 - \frac{12 h_1 h_4}{t^2 + 12 h_1 h_4} \right) = \frac{N}{A} \frac{t^2}{t^2 + 12 h_1 h_4}$  (6)

[0052] 令高厚比  $n_1 = h_1/t, n_2 = h_2/t$

[0053] 则顶板的应力:  $-\sigma_1 = \frac{1}{1 + 12 n_1 n_4} \frac{N}{A}$  (7)

[0054] 底板的应力:  $-\sigma_2 = \frac{N}{A} \left( 1 + \frac{12 n_4^2}{1 + 12 n_1 n_4} \right)$  (8)

[0055] 对于一般的组合梁断面有  $b_2 \leq b_1; t \leq h_1; t \leq h_4$ , 可得

[0056]  $-\sigma_1 = \frac{N}{A} \frac{1}{1 + 12 n_1 n_4} \leq 0.077 \frac{N}{A}$  (9)

[0057]  $-\sigma_2 = \frac{N}{A} \left( 1 + \frac{12 n_4^2}{1 + 12 n_1 n_4} \right) \geq 1.923 \frac{N}{A}$  (10)

[0058] 以30m跨径的波形钢腹板组合梁为例。若  $t = 0.2m, h_1 = 0.84m, h_4 = 1.16m$ , 此时  $n_1 = 4.2, n_4 = 5.8$ , 带入式(9)和(10)得:

[0059]  $-\sigma_1 \approx 0, -\sigma_2 \approx N/(A/2) = N/b_4 t$  (11)

[0060] 当桥梁的跨径进一步增大时,  $n_1$  和  $n_4$  进一步增大, 式(10)满足

[0061]  $-\sigma_2 \approx -\sigma_s$  (12)

[0062] 由此可见, 第1状态和第2状态下, 预制混凝土底板的应力近似相等。也就是说, 先在预制底板阶段施加的预应力, 在叠合成波形钢腹板组合梁后仍基本保持不变。因此称波形钢腹板组合梁采取竖向分层拼装前后受力可基本保持不变的这种力学特征为叠合受力不变性。这种特性为波形钢腹板组合梁的竖向分层拼接提供了基础。

[0063] 在上述分析的基础上, 再来讨论普通钢-混组合工字梁和波形钢腹板组合工字梁的竖向拆分与拼装过程中应力的变化。其中, 将预应力作为唯一考虑的外力:

[0064] 1. 竖向拆分过程:

[0065] 图10为普通钢-混组合工字梁进行竖向拆分的示意图。

[0066] 图11为波形钢腹板组合工字梁进行竖向拆分的示意图。

[0067] 2. 竖向拼接+二次张拉过程:

[0068] 图12为普通钢-混组合工字梁进行竖向拆分及二次张拉时的示意图。

[0069] 图13为波形钢腹板组合工字梁进行竖向拆分及二次张拉时的示意图。

[0070] 对比上述图例可以看出,对于波形钢腹板组合工字梁来说,在底板施加预应力就好像是一个独立的过程;但是普通钢-混组合的情况是完全不同的。因此,施工中可在预制混凝土底板时施加全部或部分预应力,然后将预制混凝土底板、波形钢腹板和预制混凝土顶板竖向分层拼装,这样能大大减少现场的钢束张拉工作量,提高工厂预制化程度。

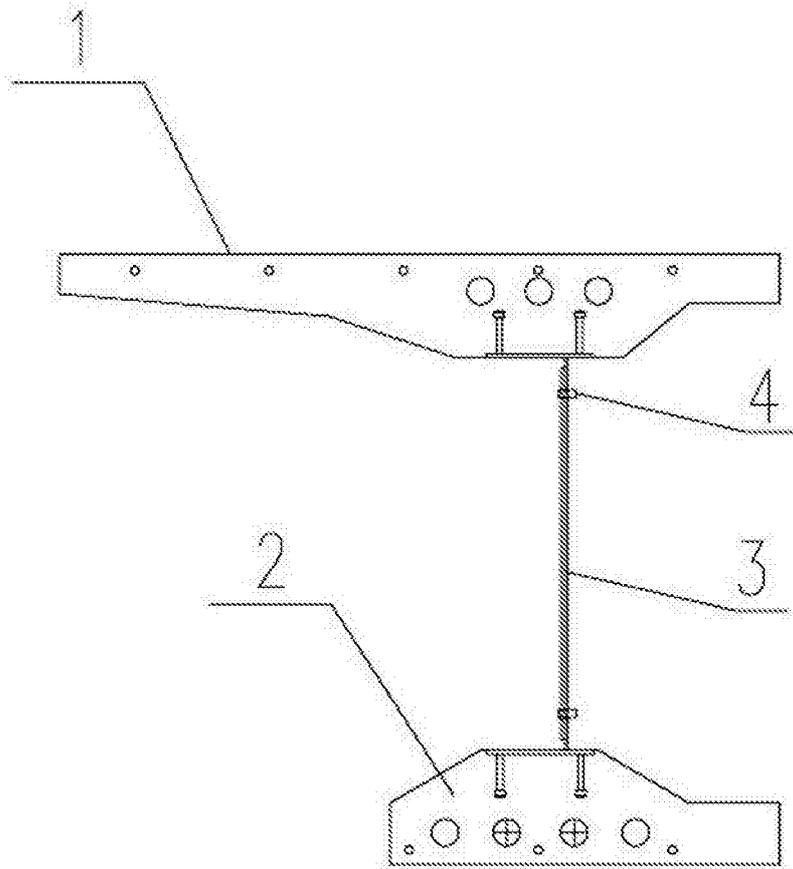


图1

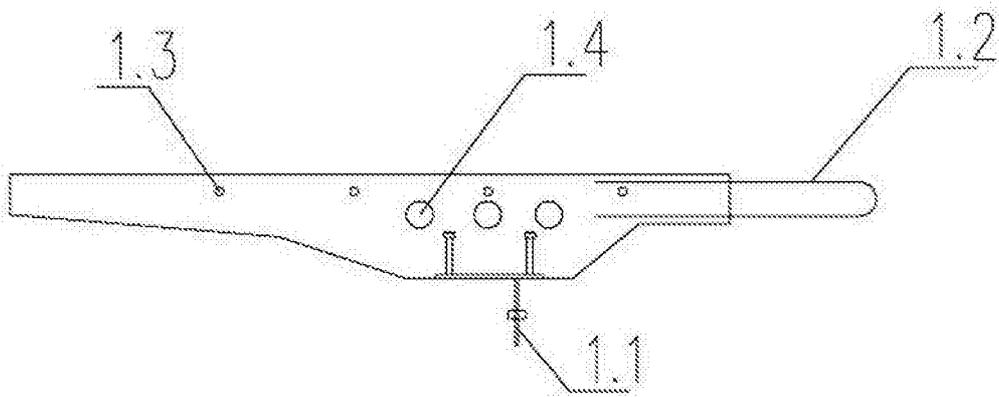


图2

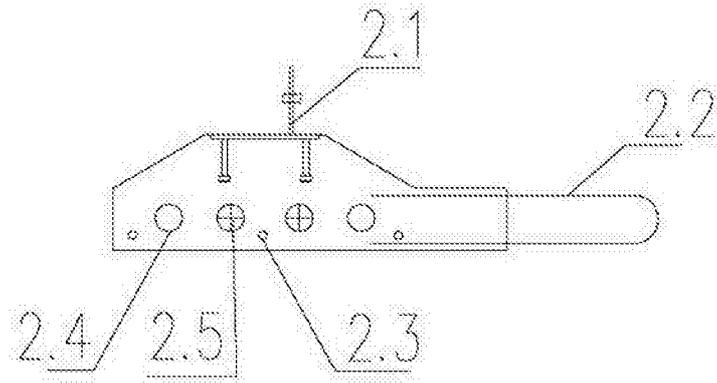


图3

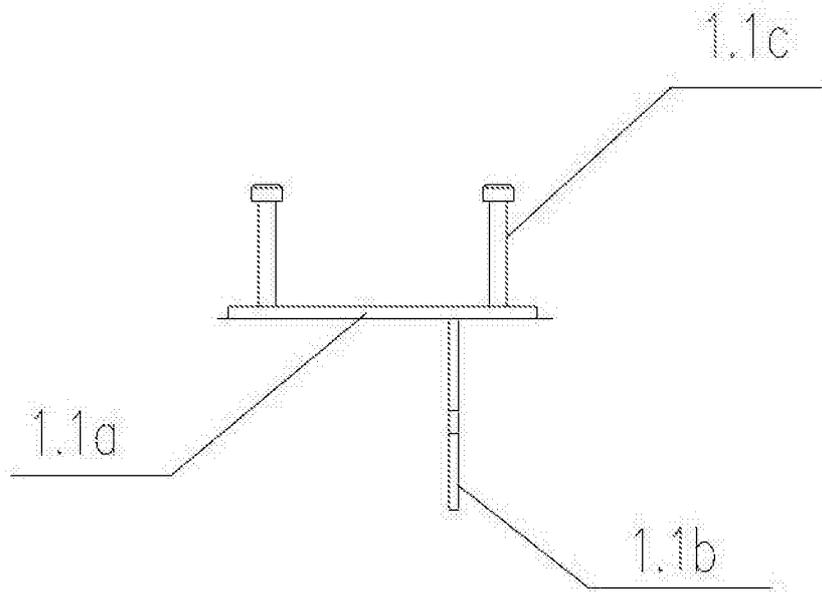


图4

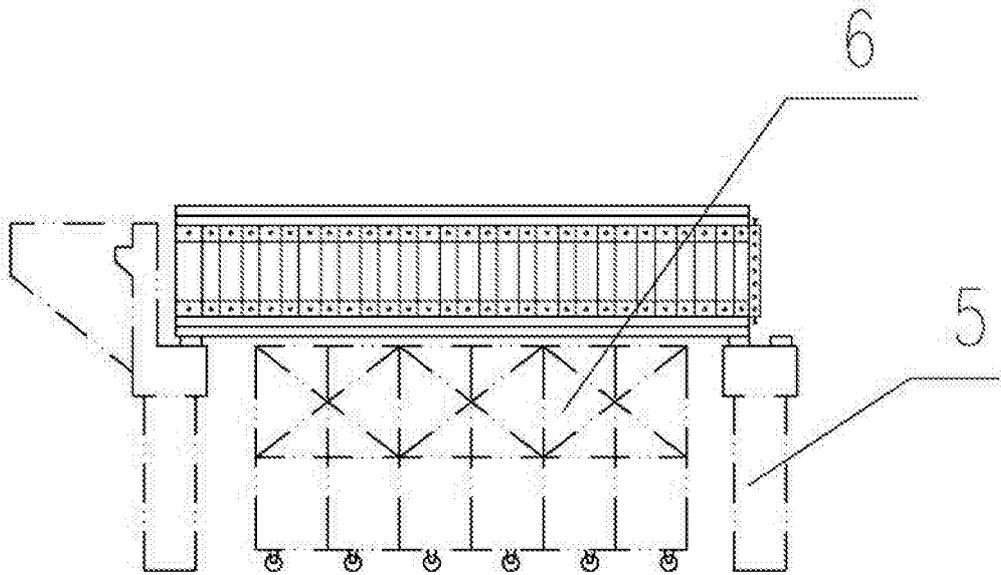


图5

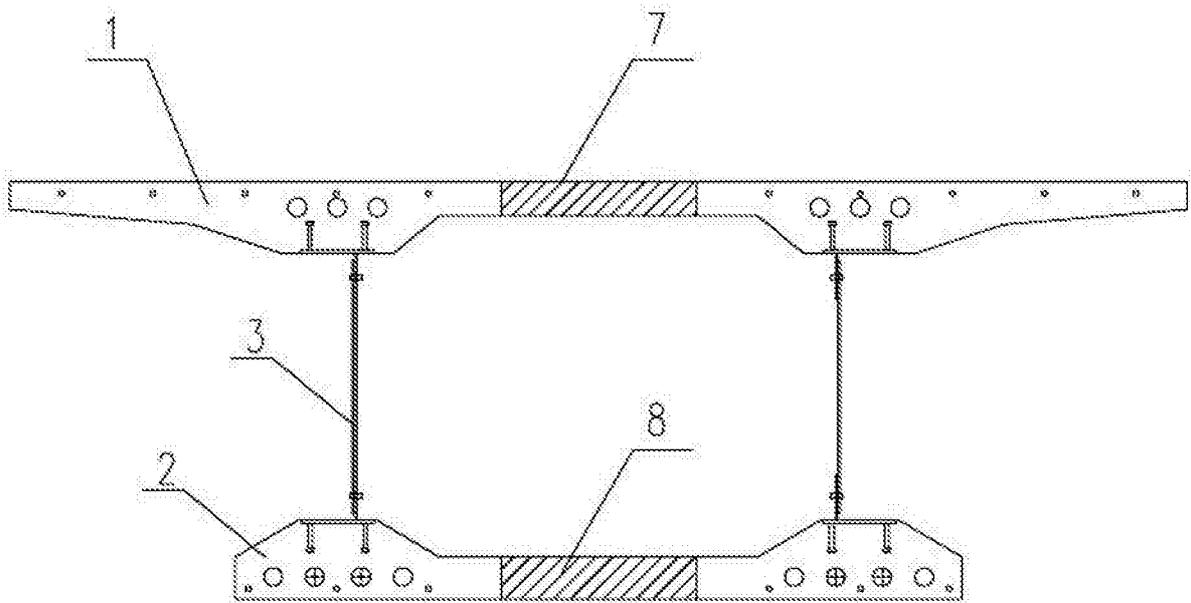


图6

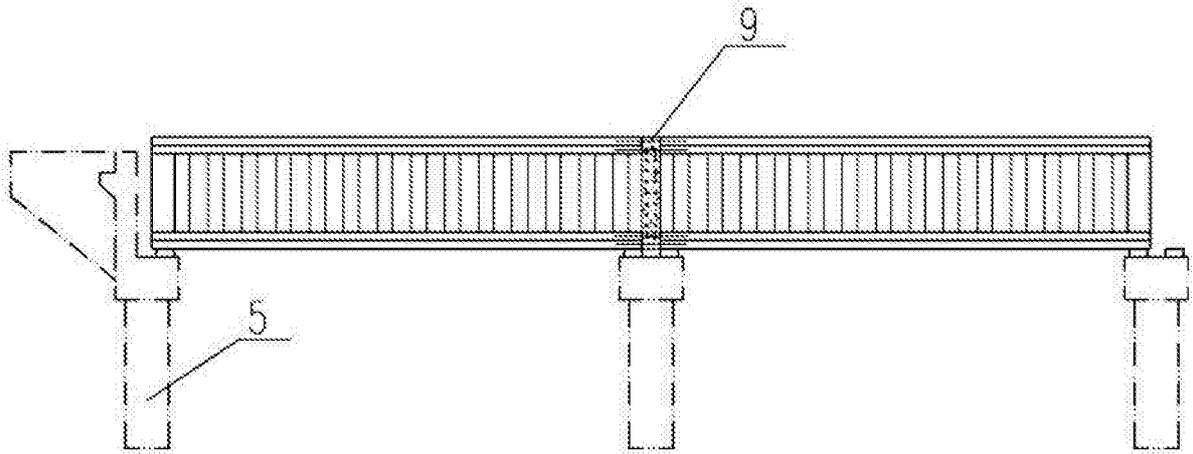


图7

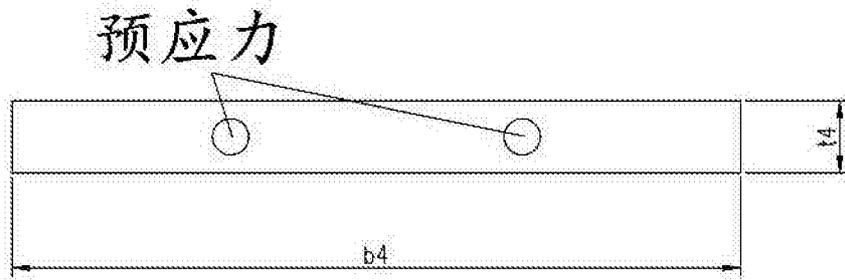


图8

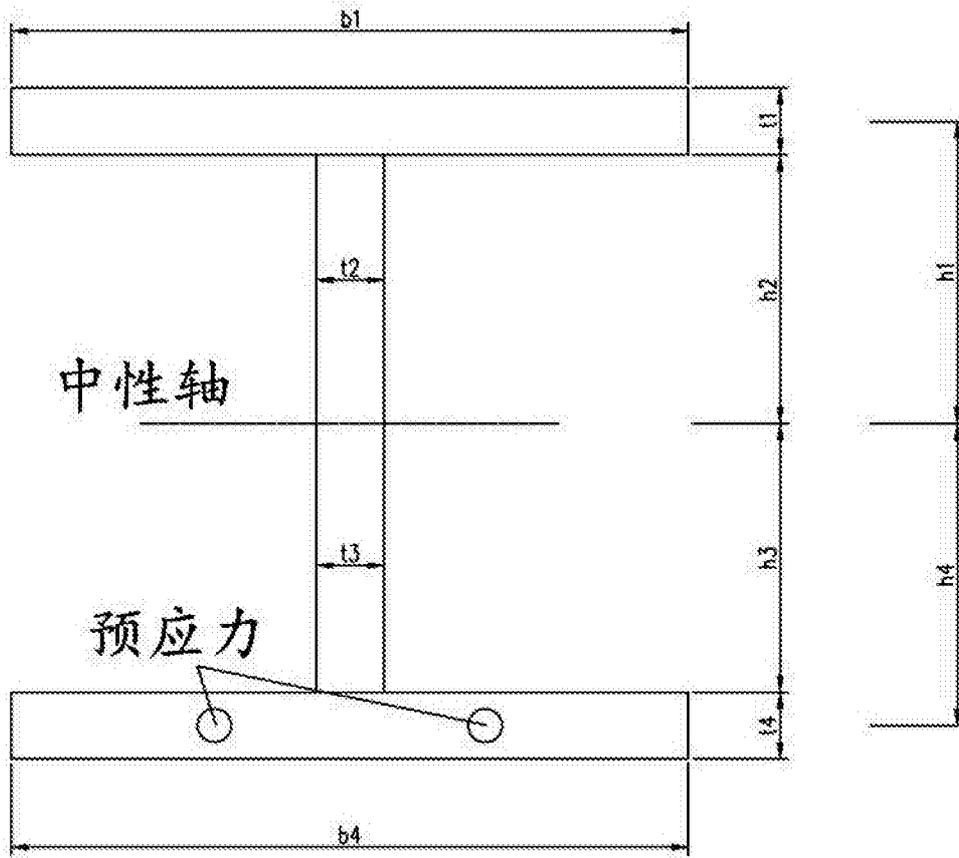


图9

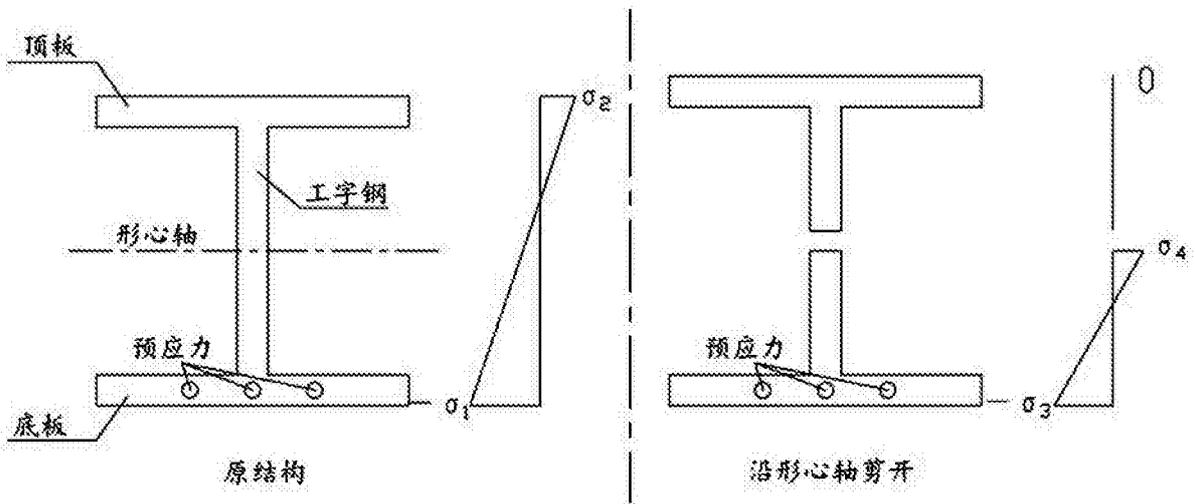


图10

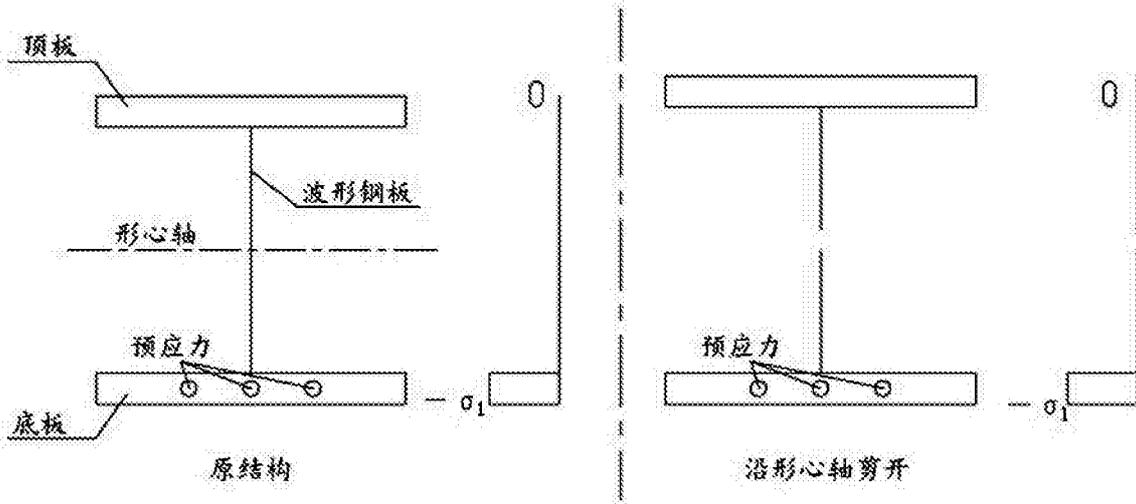


图11

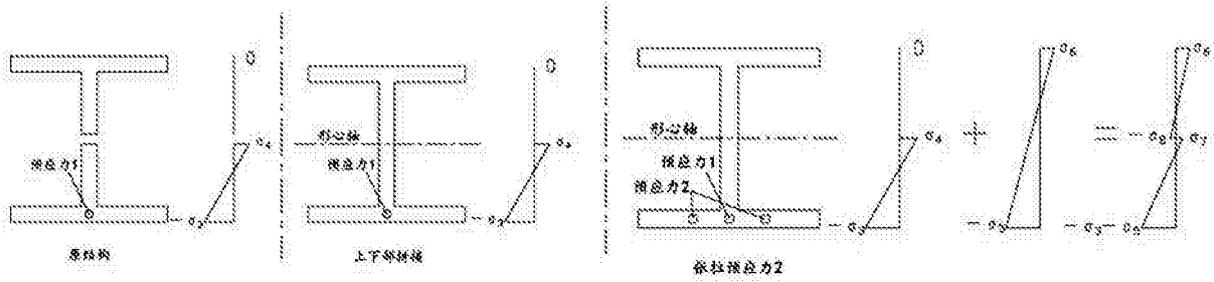


图12

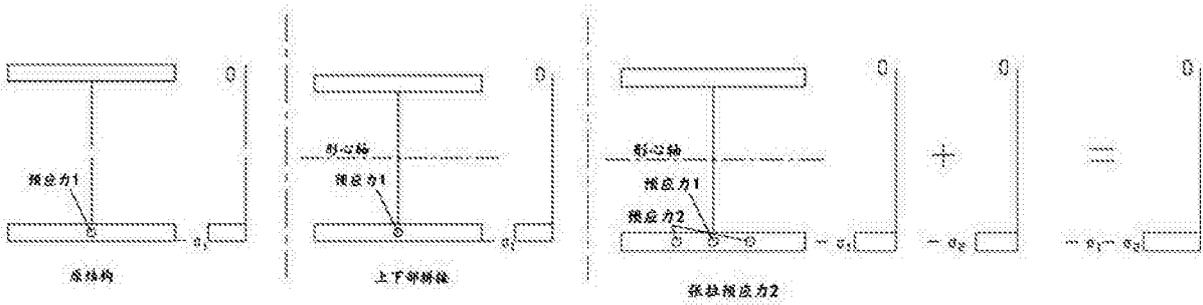


图13