(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104652244 B
(45)授权公告日 2016.08.03

(21)申请号 201510052380.8

(22)申请日 2015.02.01

(73)专利权人 北京工业大学
地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

(72)发明人 张文学 王鹏亮 陈华婷 刘龙 刘海陆

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203
代理人 刘萍

(51)Int.Cl.
E01D 11/02(2006.01)
E01D 21/00(2006.01)

审查员 崔杰

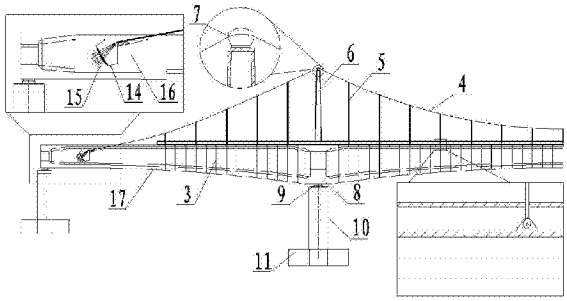
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构及施工方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构及施工方法。该发明的加固结构包括桥塔、缆索和放置在桥面中心线上的组合型钢，通过悬索桥体系改变PSC连续梁桥受力状况，从而提高其承载能力。通过连接装置和竖向预应力钢筋使型钢锚固箱梁顶板上。桥塔焊接在组合型钢上，通过缆索、吊杆连接桥塔和组合型钢。本发明中缆索锚固在主梁两端和桥塔、吊杆、箱梁组成受力体系，共同承担主梁恒荷载及汽车、人群等活载。本发明中吊杆对主梁提供了向上的提升力，增强了主梁抗弯、抗剪能力，减小了主梁下挠变形，并能抑制主梁裂缝的发展。这种悬索桥的加固方法可以使提高PSC连续箱梁桥承载力更加高效、简单、安全和经济。



CN 104652244 B

1.一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构，其特征在于：包括箱梁顶板(1)、组合型钢(2)、竖向预应力钢筋(3)、缆索(4)、吊杆(5)、桥塔(6)、索鞍(7)、箱梁0号块(8)、中支点支座(9)、桥墩(10)、基础(11)、钻孔A(12)、U形环(13)、散索鞍(14)、锚固面(15)、箱室(16)、箱梁(17)、钻孔B(18)、竖直钢板(19)、下水平钢板(20)、上水平钢板(21)、U形环螺栓(22)、索夹(23)、连接块螺栓(24)、连接块(25)、索夹上螺栓(26)、主索(27)、索夹下螺栓(28)和连接装置(29)；

加固前，箱梁(17)作用在桥墩(10)上，桥墩(10)作用于基础(11)上，基础(11)作用于地基上，箱梁(17)、桥墩(10)和基础(11)形成连续箱梁桥；

组合型钢(2)由竖直钢板(19)、下水平钢板(20)、上水平钢板(21)、连接块(25)焊接而成；使用机械在下水平钢板(20)上打出若干钻孔B(18)，连接装置(29)和竖向预应力钢筋(3)连接，并用连接装置(29)使组合型钢(2)锚固在箱梁顶板(1)上；

桥塔(6)焊接在组合型钢(2)上，桥塔(6)顶端安装索鞍(7)；缆索(4)在索鞍(7)处发生转向，使桥塔(6)处于受压状态；

缆索(4)由多根主索(27)组成，缆索(4)在箱梁(17)的两端；缆索(4)上安装索夹(23)，通过索夹上螺栓(26)、索夹下螺栓(28)使索夹(23)固定在缆索(4)上；利用U形环螺栓(22)连接U形环(13)和索夹(23)；连接块螺栓(24)连接吊杆(5)和连接块(25)。

2.根据权利要求1所述的一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构的施工方法，其特征在于，步骤如下：

步骤一：查阅资料并实测得到桥梁构造、病害状况，勘测得到预加固桥梁需要提高的承载力大小，用来得到桥塔、缆索、组合型钢、吊杆、竖向预应力钢筋的受力情况，由此确定各部件的所需个数、尺寸、钢材等级及具体布置情况；

步骤二：由步骤一中得到的受力情况及桥塔、缆索、组合型钢的结构形式确定吊杆安装顺序及各次拉力；

步骤三：根据步骤一并考虑施工现场机械作业能力，由工厂加工桥塔、组合型钢构件；由连接装置尺寸确定钻孔大小；在单个组合型钢节段长度内对下水平钢板(20)打出若干个钻孔A(12)；凿除桥面中心线处桥面铺装，露出竖向预应力钢筋(3)，利用连接装置(29)连接竖向预应力钢筋(3)，在桥面中心线布置组合型钢(2)后，再利用连接装置(29)将组合型钢(2)锚固在箱梁顶板(1)上；

步骤四：逐节段安装、焊接桥塔节段至组合型钢(2)上；同时在桥塔上安装临时工作平台，为安装缆索时提供便利；

步骤五：在桥塔(6)上安装索鞍(7)；按照传统悬索桥缆索架设方法安装猫道并架设缆索(4)，在箱梁顶板(1)钻孔，使缆索(4)进入箱室(16)，在箱室(16)内安装散索鞍(14)，并利用锚固面(15)锚固缆索(4)；安装索夹(23)，并用吊杆(5)连接索夹(23)和焊接在组合型钢(2)上的连接块(25)；

步骤六：按设计要求安装吊杆，并调整吊杆拉力；

步骤七：上水平钢板(21)在吊杆穿过的地方打出钻孔B(18)，对其拼接后焊接；对所有钢构件进行防腐、防锈处理，则连续梁桥加固完成。

3.根据权利要求1所述的一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构，其特征在于：其除适用于标准三跨且为单箱双室的PSC连续箱梁桥外，还适用包括：两跨梁、三跨梁、多跨梁

的桥跨类型与单箱单室、单箱双室、单箱多室、多箱多室的箱室类型之间组合成各类结构的PSC连续箱梁桥。

一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构及施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构及施工方法(PSC:预应力钢筋混凝土),该发明的加固结构包括桥塔、缆索和放置在桥面中心线上的组合型钢,通过悬索桥体系改变PSC连续梁桥受力状况,从而提高其承载能力。通过连接装置和竖向预应力钢筋使型钢锚固箱梁顶板上。桥塔焊接在组合型钢上,通过缆索、吊杆连接桥塔和组合型钢。本发明中缆索锚固在主梁两端和桥塔、吊杆、箱梁组成受力体系,共同承担主梁恒荷载及汽车、人群等活载。本发明中吊杆对主梁提供了向上的提升力,增强了主梁抗弯、抗剪能力,减小了主梁下挠变形,并能抑制主梁裂缝的发展。这种悬索桥的加固方法可以使提高PSC连续箱梁桥承载力更加高效、简单、安全和经济。

背景技术

[0002] 目前国内外对桥梁进行加固改造的主要技术方法如下:

[0003] 1)增大截面加固法:这种方法通过增加混凝土构件的截面和增加配筋,提高构件的承载力和刚度。根据加固目的和要求的不同,可以增大截面为主的加固,也可以是以增加配筋为主的加固。加固中须要确保新旧混凝土结合良好。但这种方法缺点也非常明显,由于加固中不可避免地增加了结构自重,所以对于本发明所研究的大跨度预应力混凝土连续箱梁桥不是很适用。

[0004] 2)加厚桥面补强法:该方法是凿除原有的桥面铺装层,重新铺设一层混凝土或钢筋混凝土补强层。这种方法能修复已经出现裂缝、剥离等病害的桥面板,又能增加原有主梁的有效高度,增加主梁的抗弯能力,改善铰接梁的荷载横向分布,从而提高桥梁的承载能力。但这种方法由于增加了桥梁自重,使恒载弯矩增加较多,并且仍然受到原桥梁结构下缘受拉区域钢筋允许应力的限制,故此加固方法一般只适用于跨径较小的T形梁桥或板梁。该方法同样对于大跨度预应力混凝土连续箱梁桥加固效果不佳。

[0005] 3)增大梁肋加固法:增大梁肋加固法常用于T梁加固,对于这类桥梁,可以将梁的下端加宽,增大横截面面积,并在新混凝土截面中增设受力主筋。但增大截面后同样增加了结构自重,也不适用于大跨度预应力混凝土连续箱梁桥加固。

[0006] 4)粘贴碳纤维加固法:粘贴碳纤维加固法是利用粘结剂碳纤维增强复合材料(CFRP)粘贴在梁体混凝土表面,当梁体受到汽车、人群等活载时,碳纤维与梁体混凝土协调变形而共同受力,从而提高了桥梁的承载能力与刚度,起到了加固作用。但是由于施工中需要粘贴增强复合材料到梁底,需要工人站在支架上涂抹粘结剂,操作极为不便,粘贴质量难以得到保障。同时,由于增强复合材料仅在桥梁受到活载时参与工作,属于被动受力,当增强复合材料发挥作用时,被加固的梁体下挠变形往往已经较大,因此,在大跨度预应力混凝土连续箱梁桥已经发生较大下挠变形的情况下,加固效果不理想。

[0007] 5)增设承重构件加固法:当桥梁承载力不能满足要求,但梁体结构基本完好时,为了提高承载力,可以采用增加承重构件的方法,新增构件的承载力和刚度较大。施工中必须确保新旧构件之间的连接可靠,使其共同参与受力作用,这种加固方法施工期间要对交通

影响较大，而且存在新旧构件受力不同步的问题。

[0008] 6)粘贴钢板加固法：利用环氧树脂系列黏结剂将钢板粘贴在钢筋混凝土结构物的受拉侧或薄弱部位，使钢板与原结构物形成整体共同受力，提高结构物的抗弯、抗剪能力及刚度，改善原结构物的钢筋及混凝土的应力状态，限制裂缝发展，从而提高桥梁的承载力与耐久性。与粘贴碳纤维加固法相似，粘贴钢板加固法同样属于被动加固，也不适用于已经发生较大下挠变形的大跨度预应力混凝土连续箱梁桥。

[0009] 7)体外预应力加固法：体外预应力加固梁式桥，是一种改变了梁体原有受力状态的加固方法。当桥梁结构承载力不足或需要提高荷载等级时可以考虑采用体外预应力加固法。这一方法是在梁体外部布置施加了预应力的钢筋或钢丝束，以改善桥梁的受力状况。这种方法往往需要在梁体安装预应力锚固装置，对梁体产生损伤；局部过大的压应力存在超限的可能性，造成安全隐患。

[0010] 8)改变桥梁体系加固法：这种加固方法是通过改变桥梁结构体系来减少主梁内应力、提高承载能力。如在简支梁下增设支架或桥墩；将相邻两跨简支梁连接成为连续梁。这种加固方法施工中往往要在桥下作业来增设桥墩，因而占用桥下净空，影响交通或桥梁泄洪。这种加固方式效果较好，是目前国内外解决临时通行超重车的常见措施。重车通行后，再拆除临时桥墩或支架。本发明中的加固方法就属于这种方法。

[0011] 9)锚喷混凝土加固法：锚喷混凝土加固法是利用机械喷射高压、高速的混凝土到已锚固好的钢筋网上，使其凝固硬化形成钢筋混凝土结构，增大原桥梁结构强度和刚度。但此种加固方法在浆砌片石拱桥加固中运用较多，能较好地解决石拱桥常见病害。

[0012] 我国道路交通量随社会经济的发展而迅猛增长；同时，以往规范中设计荷载标准值相对较低导致大量桥梁承载能力相对不足，存在不容忽视的安全隐患。针对当前常规桥梁加固方法在提高大跨度预应力混凝土连续箱梁桥承载力时还存在一些不足的情况，本发明以既有大跨度预应力混凝土箱梁桥为研究对象，搜集并分析导致其承载力不足的桥梁病害及设计缺陷，设计出一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构及施工方法，使提高PSC连续箱梁桥承载力更加高效、简单、安全和经济。

发明内容

[0013] 本发明的目的是提高加固PSC连续箱梁桥效益，设计出一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构及施工方法，本发明的结构特征如下：

[0014] 悬索桥结构的加固原理：

[0015] 箱梁顶板1和组合型钢2通过连接装置29及竖向预应力钢筋3锚固在一起，缆索4、吊杆5连接桥塔6和组合型钢2，桥塔6焊接在组合型钢2上，缆索4锚固在箱梁17两端，吊杆5对组合型钢2提供竖向的提升力，由于锚固作用，箱梁顶板1受到竖向提升力，索鞍7布置在桥塔6的顶端，缆索4在索鞍7处发生转向，对索鞍7和桥塔6施加压力，桥塔6将作用力传递给桥墩上方的组合型钢2，组合型钢2再将荷载传递给箱梁0号块8，箱梁0号块8承受作用力传递给中支点支座9，然后通过桥墩10和基础11传递至地基。这样设计的结构使主梁受到了向上的提升力，起到了主动加固的效果，从而增强PSC连续箱梁桥主梁抗弯、抗剪能力，减小主梁下挠变形，并能抑制主梁裂缝的发展。

[0016] 悬索桥结构包括：

[0017] 箱梁顶板1、组合型钢2、竖向预应力钢筋3、缆索4、吊杆5、桥塔6、索鞍7、箱梁0号块8、中支点支座9、桥墩10、基础11、钻孔A12、U形环13、散索鞍14、锚固面15、箱室16、箱梁17、钻孔B18、竖直钢板19、下水平钢板20、上水平钢板21、U形环螺栓22、索夹23、连接块螺栓24、连接块25、索夹上螺栓26、主索27、索夹下螺栓28、连接装置29。

[0018] 加固前，箱梁17作用在桥墩10上，桥墩10作用于基础11上，基础11作用于地基上，箱梁17、桥墩10和基础11形成标准的三跨连续箱梁桥。

[0019] 组合型钢2由竖直钢板19、下水平钢板20、上水平钢板21、连接块25焊接而成。箱梁17为PSC材料结构。使用机械在下水平钢板20上打出若干钻孔B18，连接装置29和竖向预应力钢筋3连接，并用连接装置29使组合型钢2锚固在箱梁顶板1上。

[0020] 桥塔6焊接在组合型钢2上，桥塔6顶端安装索鞍7。缆索4在索鞍7处发生转向，使桥塔6处于受压状态。

[0021] 缆索4由多根主索27组成，缆索4在箱梁17的两端，是本发明中主要的承重结构。缆索4上安装若干索夹23，通过索夹上螺栓26、索夹下螺栓28使索夹23固定在缆索4上。利用U形环螺栓22连接U形环13和索夹23。连接块螺栓24连接吊杆5和连接块25。

[0022] 根据以上发明的结构特征，其施工方法如下：

[0023] 在箱梁17、桥墩10和基础11组成的标准三跨连续箱梁桥上，按图7加工组合型钢2和上水平钢板21，其中上水平钢板21在施工最后焊接到组合型钢2上。在组合型钢2设计位置打出钻孔A12。利用连接装置29连接竖向预应力钢筋3，在桥面中心线布置组合型钢2后，再利用连接装置29将组合型钢2锚固在箱梁顶板1上。

[0024] 加工桥塔6节段，现场拼接焊接桥塔6节段并安装索鞍7。利用卷扬机、滑轮提升并安装、调整缆索4。在所设计位置安装所有索夹23，安装U形环13和吊杆5后与连接块25连接。根据桥梁具体结构形式及病害程度调整各吊杆拉力，使桥梁处于良好的受力状态。最后安装、焊接上水平钢板21，并对所有钢构件进行防锈处理。

[0025] 本发明的有益效果：

[0026] 本发明为一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构及施工方法，通过组合型钢、缆索、桥塔、吊杆对PSC连续箱梁桥的加固作用，使连续箱梁桥达到了主动加固的效果，克服了传统加固方法加固效果差、对原桥梁结构局部位置破损大等缺点，能有效提高主梁抗弯、抗剪能力，减小主梁下挠变形，并抑制主梁裂缝的发展。

[0027] 本发明中涉及到的机械、材料在桥梁施工中极为普遍，使这种加固方法的实用性得到保证。桥塔、组合型钢、锚固块、吊杆等在工厂预制加工，现场拼装，加工质量可以得到保障，而且可以有效缩短工期。施工区域主要在桥面中央分隔带区域中，占用空间少，不中断交通，对交通影响小，适用于交通任务量大的桥梁加固。

附图说明

[0028] 图1加固前三跨PSC连续箱梁桥顺桥向剖面构造图；

[0029] 图2加固后悬索桥体系桥梁立面图；

[0030] 图3加固后悬索桥体系桥梁1/2立面图；

[0031] 图4加固前箱梁横截面图；

[0032] 图5加固后箱梁横截面图；

[0033] 图6桥塔横桥向布置图；

[0034] 图7组合型钢图；

[0035] 图8a吊杆及索夹详图之一；图8b吊杆及索夹详图之二；

[0036] 图8c吊杆及索夹详图之三；

[0037] 图9桥梁加固前、后受力简图，其中

[0038] a)连续梁桥立面图

[0039] b)连续梁桥自重作用下受力图

[0040] c)连续梁桥自重作用下弯矩图(单位:kN·m)

[0041] d)加固后成为悬索桥体系受到向上的提升力

[0042] e)加固后成为悬索桥体系自重作用下弯矩图(单位:kN·m)

[0043] 箱梁顶板1、组合型钢2、竖向预应力钢筋3、缆索4、吊杆5、桥塔6、索鞍7、箱梁0号块8、中支点支座9、桥墩10、基础11、钻孔A12、U形环13、散索鞍14、锚固面15、箱室16、箱梁17、钻孔B18、竖直钢板19、下水平钢板20、上水平钢板21、U形环螺栓22、索夹23、连接块螺栓24、连接块25、索夹上螺栓26、主索27、索夹下螺栓28、连接装置29。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图和具体实施方式对于本发明作进一步的说明；

[0045] 利用上述设计的一种用于加固PSC连续箱梁桥的悬索桥结构及施工方法，具体步骤如下：

[0046] 步骤一：查阅资料并实测得到桥梁构造、病害状况，勘测得到预加固桥梁需要提高的承载力大小，用来得到桥塔、缆索、组合型钢、吊杆、竖向预应力钢筋等的受力情况，由此确定各部件的所需个数、尺寸、钢材等级及具体布置情况。

[0047] 步骤二：由步骤一中得到的受力情况及桥塔、缆索、组合型钢的结构形式确定吊杆安装顺序及各次拉力。

[0048] 步骤三：根据步骤一并考虑施工现场机械作业能力，由工厂加工桥塔(节段)、组合型钢(节段)等构件。由连接装置尺寸确定钻孔大小。在单个组合型钢节段长度内对下水平钢板20打出若干个钻孔A12。凿除桥面中心线处桥面铺装，露出竖向预应力钢筋3，利用连接装置29连接竖向预应力钢筋3，在桥面中心线布置组合型钢2后，再利用连接装置29将组合型钢2锚固在箱梁顶板1上。

[0049] 步骤四：逐节段安装、焊接桥塔节段至组合型钢2上。同时在桥塔上安装临时工作平台，为安装缆索时提供便利。施工中严格控制拼装精度和焊接质量。为减小温度对拼装、焊接质量的不良影响，应选择温度适中的时间段进行施工。

[0050] 步骤五：在桥塔6上安装索鞍7。按照传统悬索桥缆索架设方法安装猫道并架设缆索4，在箱梁顶板1钻孔，使缆索4进入箱室16，在箱室16内安装散索鞍14，并利用锚固面15锚固缆索4。安装索夹23，并用吊杆5连接索夹23和焊接在组合型钢2上的连接块25。

[0051] 步骤六：加固过程中桥梁结构体系发生变化，导致桥梁结构内力发生重分布，因此需要调整吊杆拉力。依据步骤二，按设计要求安装吊杆，并调整吊杆拉力。吊杆的拉力正确与否是加固效果的重要影响因素，需要可靠的方法测量各阶段吊杆的拉力，如有偏差，应及时调整，以免对桥梁不利。

[0052] 步骤七：上水平钢板21(节段)在吊杆穿过的地方打出钻孔B18，对其拼接后焊接。对所有钢构件进行防腐、防锈处理，则连续梁桥加固完成。

[0053] 本发明中采用悬索桥体系进行连续梁桥的加固，对桥梁施加竖直向上的提升力。本发明中的受力说明如下，其中桥梁跨度取60m+90m+90m，桥梁自重取q＝600kN/m，每处提升力均取1500kN。

[0054] 表1加固前、后受力对比表(单位：kN·m)

[0055]

	边跨M	中支点	中跨
加固前	118846	-363461	244038
加固后	95389	-227948	169551
加固后/加固前	80.3%	62.7%	69.5%

[0056] 总结：由受力简图及受力对比表可知，加固后桥梁在自重作用下内力明显降低，对桥梁能够进行“减负”，说明本发明中的加固方法效果明显。

[0057] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明做任何形式上的限制，任何未脱离本发明技术方案内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明技术方案的范围内。

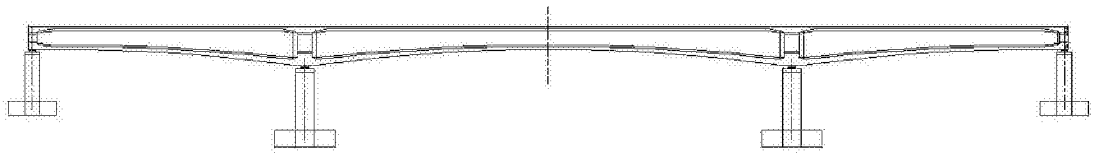


图1

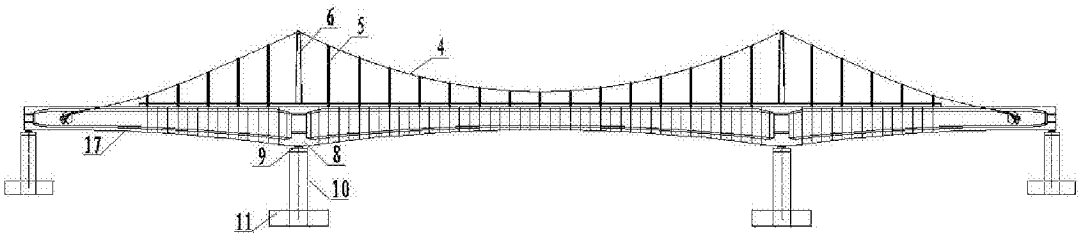


图2

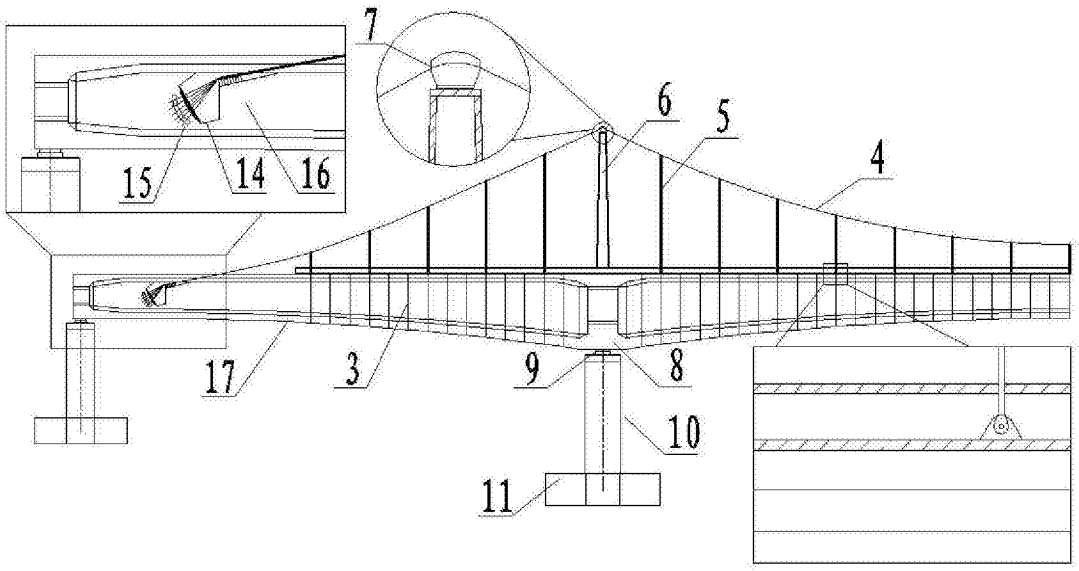


图3

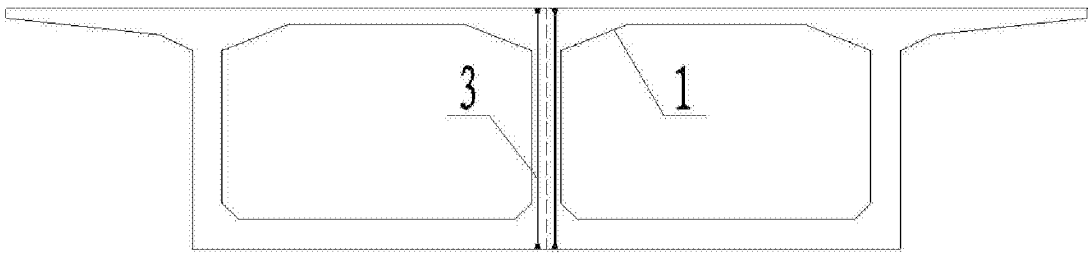


图4

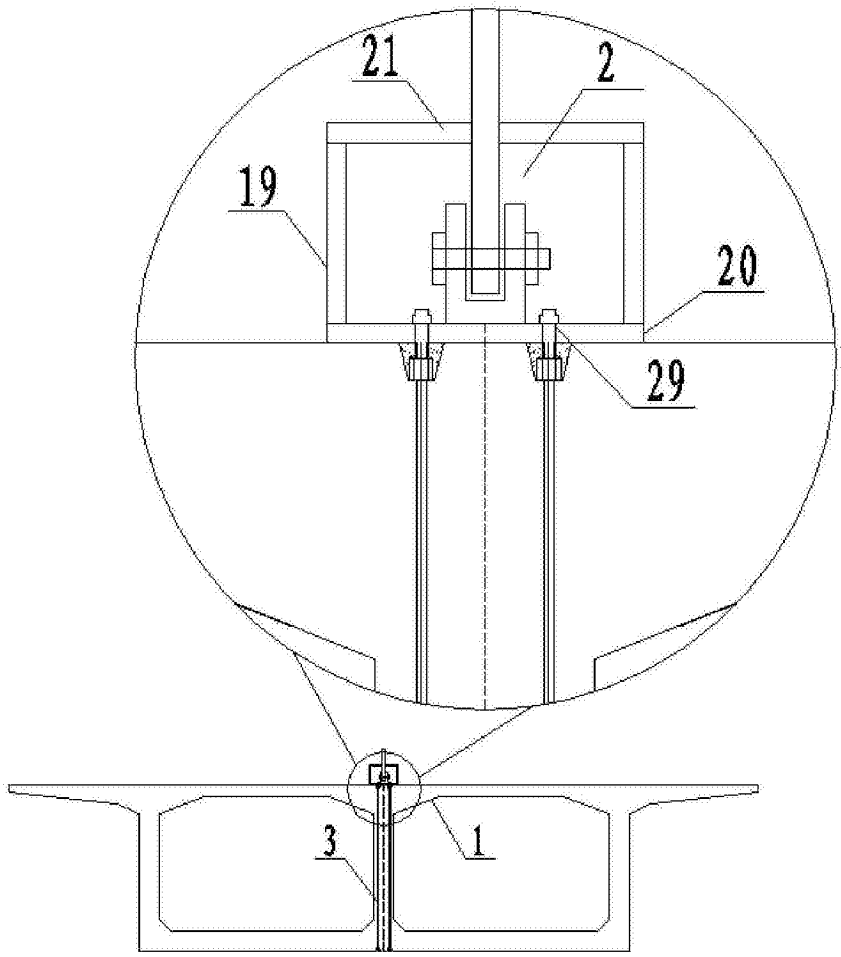


图5

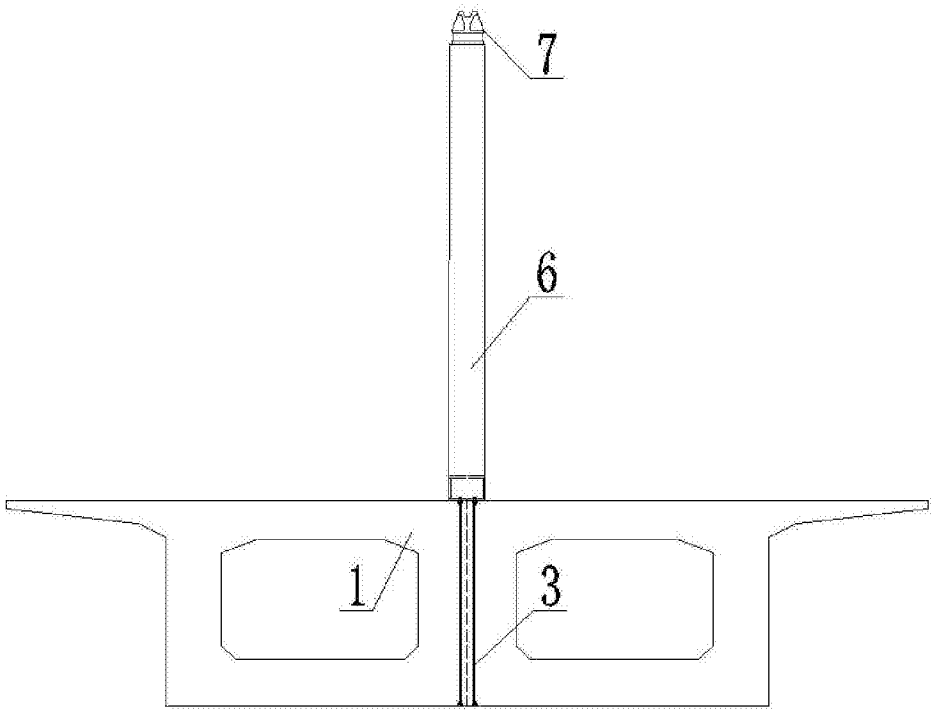


图6

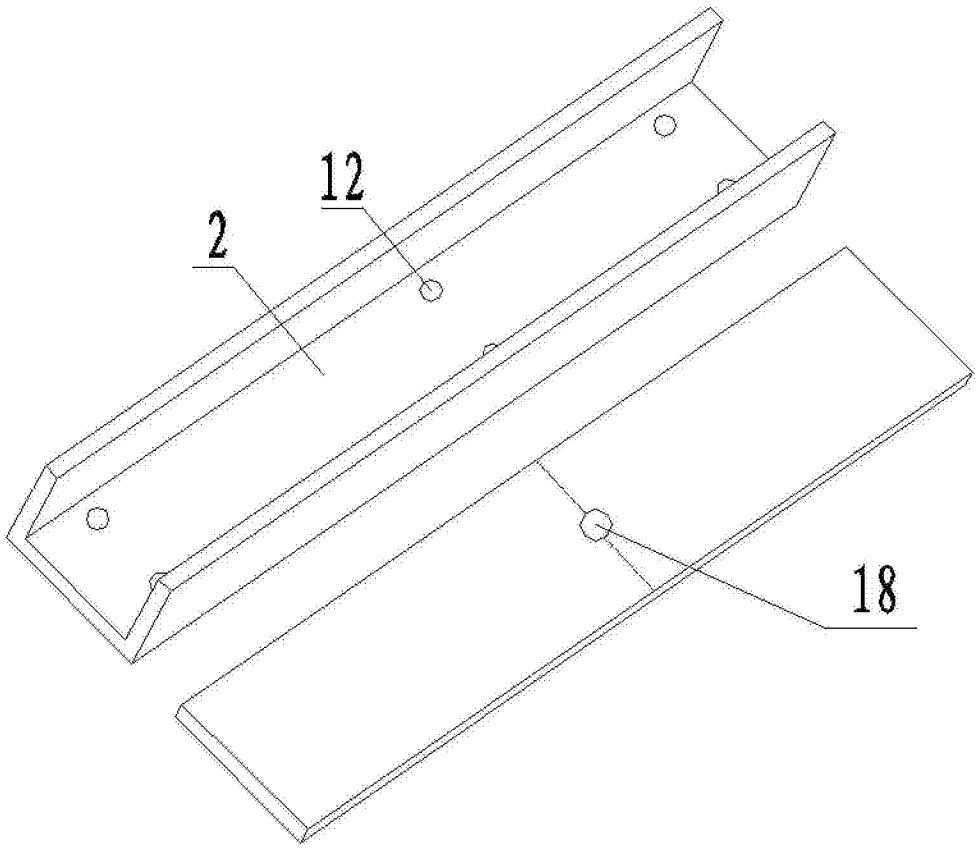


图7

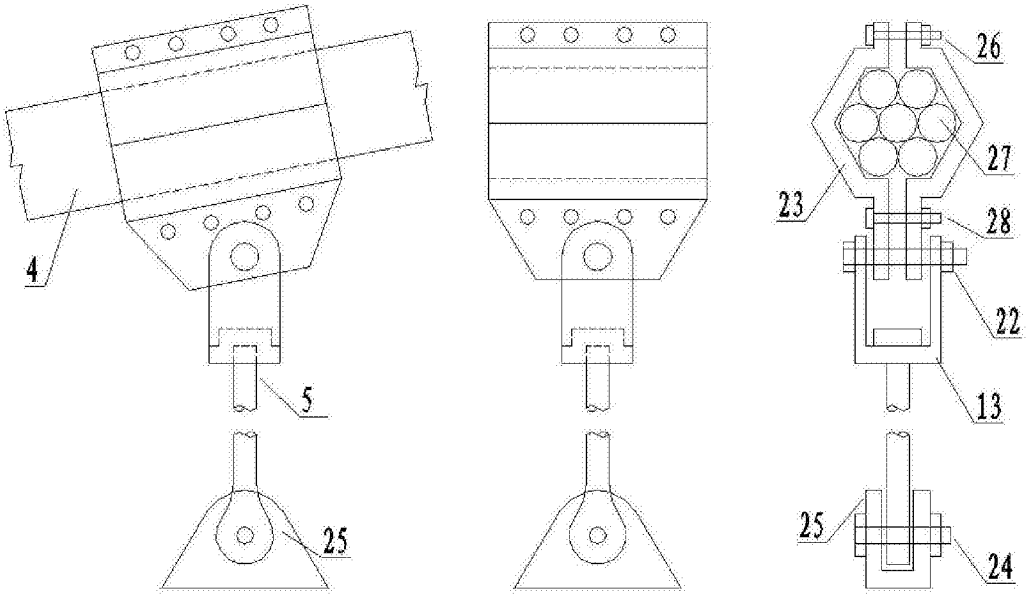
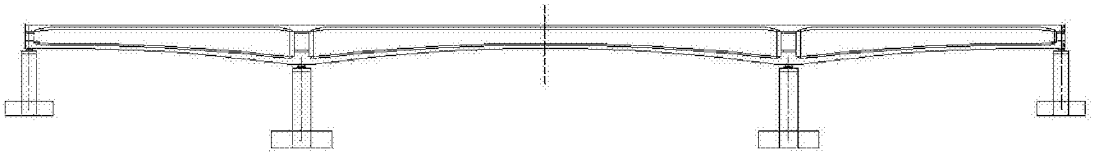
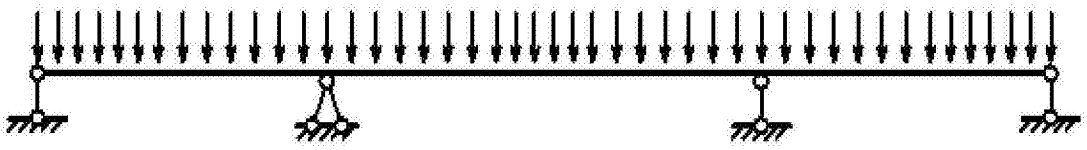


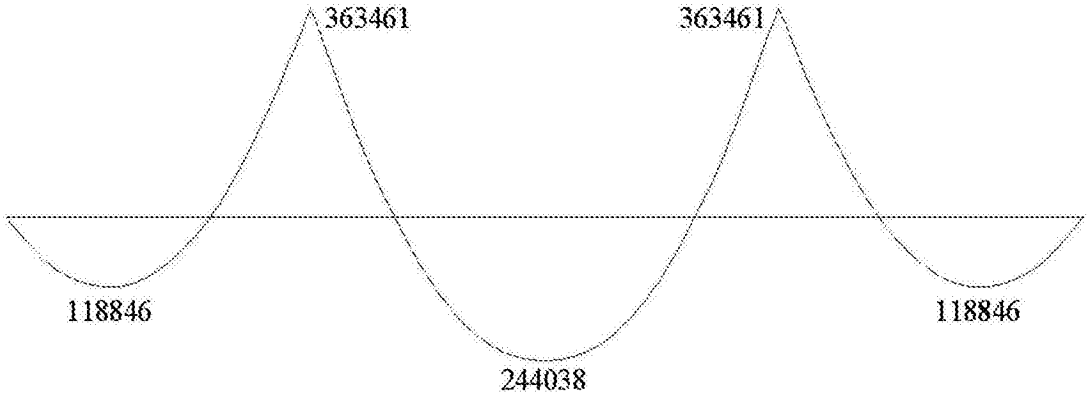
图8



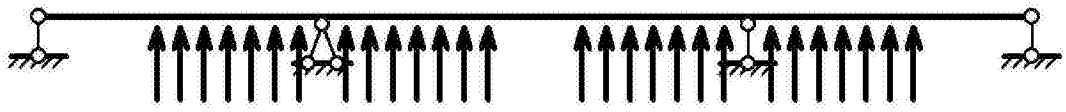
a）



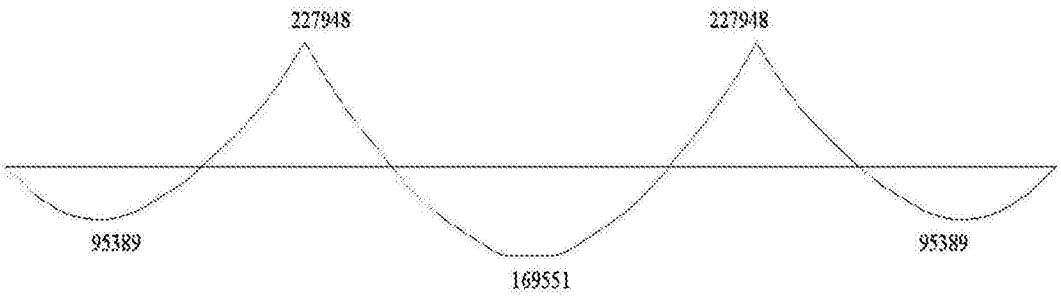
b）


363461
363461
118846
118846
244038

c）



d）


227948
227948
95389
95389
169551

e）

图9