



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111663441 A

(43)申请公布日 2020.09.15

(21)申请号 201910163775.3

(22)申请日 2019.03.06

(71)申请人 郝苏

地址 北京市海淀区上地信息路12号一号楼
A109

(72)发明人 郝苏

(74)专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司 11283

代理人 王崇

(51)Int.Cl.

E01D 19/12(2006.01)

E01D 19/08(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一类用于桥梁和其它大型结构承载面的波
型板基结构复合材料

(57)摘要

本发明公开结构承载平面用的一类波纹板基结构复合材料。这类波纹板基结构复合材料由包含波纹板的一个或多个基本单元组成；每个基本单元的特征是在两块特选平面或曲面基本板材之间植入特殊设计细观形状和尺寸的板块，形成按规律排列的开放或封闭空腔；或者根据大型结构特性和载荷类型在开放空腔中填入其它材料；从而充分利用材料的组合性能和空腔的结构特性以达到高强度，高耐久性，和轻质的最佳应用效益。当这类板基结构复合材料作为铺装覆盖时，通过下列方法之一或它们的组合连接到所指大型结构上：这些方法是：铆接，焊接，螺栓连接，或简单搁置在承载面上。当使用铆接，焊接，螺栓连接方式时，保证连接处不会成为二次疲劳缺陷源。

1. 提供一类可以用作大型结构承载面或这类承载面覆盖铺装的板基结构复合材料。所述大型结构指的是桥梁和房屋结构, 陆上其它钢结构, 船舶, 和海洋工作平台; 所述承载面指的是这些结构直接承受外界载荷的表面平面或曲面。所述板基结构复合材料的特征是:

- 其组成包括至少一个波纹形状板, 其包含若干重复的波型单元; 每个单元的波型包括直线段和连接直线段的曲线段;

- 其组成包括一个下顶板; 所述波纹形状板置于所述下顶板上方; 所述波纹形状板的一个波纹与所述下顶板围成一个下空腔;

- 其组成包括一个上顶板, 置于所述波纹形状板上方; 所述波纹形状板的一个波纹与所述上顶板围成一个上空腔;

- 所述上顶板, 所述下顶板, 和所述波纹形状板通过焊接相互连接;

- 置于所述大型结构承载面上方。

2. 根据权力要求1所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 至少一个所述下空腔内置入至少一个下空腔肋块; 所述下空腔肋块是由金属或环氧树脂或包括高强度混凝土的复合材料制成。

3. 根据权力要求1所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 至少一个所述上空腔内置入至少一个上空腔肋块; 所述上空腔肋块是由金属或环氧树脂或包括高强度混凝土的复合材料制成。

4. 根据权力要求1所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 至少一个所述下空腔内置满下空腔填充材料; 所述下空腔填充材料是环氧树脂或高强度混凝土。

5. 根据权力要求1所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 至少一个所述上空腔内置满上空腔填充材料; 所述上空腔填充材料是环氧树脂或高强度混凝土。

6. 根据权力要求2所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 在至少一个所述下空腔内置入下空腔肋块后的剩余空间内置满下空腔填充材料; 所述下空腔填充材料是环氧树脂或高强度混凝土。

7. 根据权力要求3所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 在至少一个所述上空腔内置入上空腔肋块后的剩余空间内置满上空腔填充材料; 所述上空腔填充材料是环氧树脂或高强度混凝土。

8. 根据权力要求2所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 至少一个所述上空腔内置满上空腔填充材料; 所述上空腔填充材料是环氧树脂或高强度混凝土。

9. 根据权力要求8所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 在至少一个所述下空腔内置入下空腔肋块后的剩余空间内置满下空腔填充材料; 所述下空腔填充材料是环氧树脂或高强度混凝土。

10. 根据权力要求2所述的板基结构复合材料, 其特征在于, 在所述大型结构承载面和所述下顶板的对应位置有预留孔; 所述预留孔在所述大型结构承载面对应位置处的应力水平小于所述承载面板所有材料单元最高峰值应力的三分之一; 所述大型结构承载面和所述下顶板由通过预留孔的螺栓连接; 所述波纹形状板条网格与所述下顶板通过焊接相连接。

一类用于桥梁和其它大型结构承载面的波型板基结构复合材料

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁,房屋和其它大型钢结构的结构设计和承载面修复技术领域,其可以直接应用到所指大型结构承载面的设计中,或作为一种铺装材料覆盖在这类承载面上。一个可能的较广泛应用是桥梁面的设计,铺装,或铺装修复;特别是大跨度桥梁正交异性桥面板设计,铺装,或铺装修复。图1(a)是一个正在施工的正交异型钢箱梁;图1(c)是在这类正交异型钢箱梁桥面顶板常见的裂纹。图1(d)(e)是用图1(b)正交异型钢箱梁桥有限元模型计算的下述两类应力分布【2,3】。

[0002] 本发明是在申请者美国专利【1】基础上的近一步创新。相较于【1】,本发明的新颖性和独创性主要体现在根据承载方式对单元基本板材形状与空腔的设计。

背景技术

[0003] 大型结构设计的主要考虑是承载能力和耐久性。考虑一个结构部件表面上一点,其承受的应力可以简单分为两类:(一)直接作用在表面接触力产生的应力,见图1(d);(二)表面接触力和其它部位载荷,包括结构自身重量,在这点上产生的应力,主要表现为弯矩所造成的应力,见图1(e)。例如,相隔一段距离的两个人站在一个桥上,每个人脚下桥面都感受到这个人的接触压力和另一个人及桥梁自身重量在此处造成弯矩应力。

[0004] 对于大型结构,部件自身重量和全部载荷在部件上造成的弯矩和所对应的应力,即上述第二类应力,是当前工程设计的主要考虑。例如,对近几十年用于超大跨度桥梁的正交异型钢箱梁,传统规范允许超薄(小于12毫米)钢箱梁板设计来减小自身重量。但桥面在车辆车轮长期反复冲击下,全世界范围内许多这类桥梁面板焊缝本身或其周边出现反复接触载荷造成的疲劳裂纹。由于不可能由于个别局部裂纹更换百米长钢箱梁;裂纹在车载下的继续扩展可能引发灾难性后果;焊接封闭裂纹会在焊缝周围引发新的裂纹,因此一般只能从改进桥面铺装来保证桥梁安全。传统方法是在桥面上覆盖混凝土或环氧树脂等铺装。由于这类材料同钢铁材料特性相差悬殊,难以与钢桥面紧密粘合。在温度变化和车辆轮载作用下,一般三到五年后铺装会脱落,需要重新处理。在新桥设计提高了加厚钢箱梁板的同时,出现了许多应用复合材料铺装方法和发明来改善在运行桥梁面板受力状态的发明【1,4-10】,例如,【1】介绍了应用多次波型板叠加有空腔复合材料设计来保护正交异型钢箱梁桥面的概念。但一些方法在对自身和其与钢箱梁连接部分的强度,刚度,抗腐蚀和抗疲劳等与使用寿命有关方面有必要改进,因为,按目前常规设计,一般桥梁的使用寿命是75到120年。为保证这类桥梁安全运行,本发明的板基结构复合材料可以作为一次永久性铺装材料来修复和保护在运行桥梁面板;或直接应用于钢箱梁设计,其是在本发明申请者美国专利【1】基础上的近一步创新。相较于【1】,本发明的新颖性和独创性主要体现在根据车轮接触载荷与桥梁类结构特点对空腔和结构单元连接方式的设计,从而取得更佳力学和材料性能。

发明内容

[0005] (一) 简述: 提供一类可以用作大型结构承载面或这类承载面覆盖铺装的板基结构复合材料。这里大型结构指的是桥梁和房屋结构, 陆上其它钢结构, 船舶, 和海洋工作平台; 这里承载面指的是这些结构直接承受外界载荷的表面平面或曲面。

[0006] (二) 要解决的技术问题: 应用本发明所提供的板基结构复合材料 (a) 增强大型结构承载面的抗压和抗冲击等常规强度, (b) 改善其抗疲劳和耐磨性等耐久性指标; (c) 增强大型结构整体的强度; 这类板基结构复合材料自身必须 (d) 满足抗压和抗冲击等常规强度指标及疲劳强度和耐磨性等耐久性指标的同时 (e) 满足对自身结构附加的刚性和稳定性要求。

[0007] (三) 技术方案: 为解决上述问题, 本发明所提供的板基结构复合材料是根据具体设计工况需要由下述八类材料单元中至少三类复合组成, 这八类材料单元是图2中的波型板3, 上顶板4, 下顶板5, 填充波型板3与上顶板4之间的上空腔填充材料7, 上空腔内的上空腔肋12, 填充波型板3与下顶板5之间的下空腔填充材料7, 下空腔内的下空腔肋11。近一步解释如下:

[0008] (1) 所述波纹板3厚度为1到18毫米, 波纹高度为4到120毫米; 通过在重复波纹方向两端的焊缝10和另外两侧的点焊9上顶板4和下顶板5连接。

[0009] (2) 上空腔填充材料7和下空腔填充材料8可以是一样或不同的混凝土或环氧材料; 其功能是保证波纹板3在受压时不出现局部失稳。

[0010] (3) 上空腔肋块14和下空腔肋块15通过点焊与波型板3相连接; 其功能是保证波纹板3在受压时不出现局部失稳。

[0011] (4) 上顶板4上置的常规铺装11是, 例如, 常规混沥青混凝土。

[0012] (5) 当这类板基结构复合材料作为铺装覆盖但不需要同时加强所覆盖大型结构承载面的强度和刚度时, 这类板基结构复合材料可以简单搁置在承载面上。

[0013] (6) 当这类板基结构复合材料作为铺装覆盖同时需要加强所覆盖大型结构承载面的强度和刚度时, 采用下列方法之一或它们的组合将每片板基结构复合材料连接到所指大型结构上: 这些方法是: 铆接, 焊接, 螺栓连接。但铆接和螺栓连接必须在承载面板上钻孔; 焊接会造成局部材料异化, 例如, 在热影响区造成材料脆化; 所以, 不可避免地会削弱承载面结构。为保证采用这类方法的连接处不会成为二次疲劳缺陷源, 根据【2, 3】的分析和试验结果, 规定了铆接, 焊接, 螺栓连接位置12的选取条件:

[0014] (i) 在结构承载面板对应位置任何方向的动载应力幅必须小于整个结构承载面板中所有材料单元所承担最大动载应力幅的1/3。

[0015] (ii) 在结构承载面板对应位置任何方向的平均应力必须小于整个结构承载面板中所有材料单元所承担最大平均应力的1/2。

[0016] 根据常规桥梁设计规范, 例如【11-13】, 当条件 (i) 满足时, 结构承载面板预留孔或焊接位置材料单元的疲劳寿命 (动载荷循环次数) 是承载面板峰值受力单元疲劳寿命 (可承受动载荷循环次数) 的立方。根据分析和试验结果【2, 3】, 当条件 (ii) 满足时预留孔或焊接处对应位置材料单元的疲劳寿命又可提高50%。这两个条件保证了在结构承载面板对应位置钻孔不会形成二次疲劳损失敏感热点。

附图说明

[0017] 图1: (a) 正在施工的正交异型钢箱梁例; (b) 一个正交异型钢箱梁桥的三维有限元模型; (c) 正交异型钢箱梁桥面顶板常见的裂纹; (d) 直接作用在表面接触力产生的应力分布; (e) 表面接触力和其它部位载荷, 包括结构自身重量, 造成弯矩所对应的应力分布。

[0018] 图2: 本发明所述板基结构复合材料的基本构造; 包括所述上下空腔填充材料。

[0019] 实施方法

[0020] 方法一: 所述板基结构复合材料仅由上下顶板和波型板构成

[0021] (1) 波纹板可以由平板条经过冷压或热压形成波纹形状, 或通过波纹轧机成型。

[0022] (2) 将波纹板置于下顶板上, 将上顶板置于波纹板上; 通过焊接相互连接。

[0023] (3) 置于结构承载面上。

[0024] (4) 根据工况需要, 再通过螺栓或焊接或铆接结构承载面板相连接。

[0025] (5) 在上顶板表面添加常规铺装

[0026] 方法二: 所述板基结构复合材料仅上下顶板, 波型板, 上下空腔肋块构成

[0027] (1) 波纹板条可以由平板条经过冷压或热压形成波纹形状, 或通过波纹轧机成型。

[0028] (2) 根据工况需要, 将上空腔肋块点焊与波型板对应位置。

[0029] (3) 根据工况需要, 将下空腔肋块点焊与波型板对应位置。

[0030] (4) 将波纹板置于下顶板上, 将上顶板置于波纹板上; 通过焊接相互连接。

[0031] (5) 置于结构承载面上。

[0032] (6) 根据工况需要, 再通过螺栓或焊接或铆接结构承载面板相连接。

[0033] (7) 在上顶板表面添加常规铺装, 例如, 沥青混凝土。

[0034] 方法三: 所述板基结构复合材料仅上下顶板, 波型板, 上下空腔肋块和填充材料构成

[0035] 如方法二, 根据工况需要在 (2) 完成后在上空腔剩余空间内置上空腔填充材料; 再根据工况需在 (3) 完成后在下空腔剩余空间内置下空腔填充材料

[0036] 方法四: 所述板基结构复合材料仅上下顶板, 波型板, 上下空腔填充材料构成

[0037] (1) 波纹板可以由平板条经过冷压或热压形成波纹形状, 或通过波纹轧机成型。

[0038] (2) 将波纹板条置于与结构承载面曲率一样的工作平台上, 根据工况需要, 在上空腔内置上空腔填充材料

[0039] (3) 通过点焊与上顶板连接; 如果需要, 翻身后在下空腔内置下空腔填充材料。

[0040] (4) 通过点焊与下顶板连接。

[0041] (5) 置于结构承载面上。

[0042] (6) 根据工况需要, 再通过螺栓或焊接或铆接结构承载面板相连接。

[0043] (7) 在上顶板表面添加常规铺装, 例如, 沥青混凝土。

[0044] 所述方法固定下顶板中的预留孔或焊接位置按下列准则确定: (i) 在结构承载面板对应位置任何方向的动载应力幅必须小于整个结构承载面板中所有材料单元所承担最大动载应力幅的1/3。(ii) 在结构承载面板对应位置任何方向的平均应力必须小于整个结构承载面板中所有材料单元所承担最大平均应力的1/2。根据桥梁设计规范【2】, 当条件(i) 满足时, 结构承载面板预留孔或焊接位置材料单元的疲劳寿命(动载荷循环次数)是承载面板峰值受力单元疲劳寿命(可承受动载荷循环次数)的立方。根据分析和试验结果【2】, 当条件

(ii) 满足时预留孔或焊接对应位置材料单元的疲劳寿命又可提高50%。这两个条件保证了在结构承载面板对应连接位置不会形成二次疲劳损失敏感热点。

[0045] 参考文献

[0046] 【1】美国专利US9222260B1, 优先权日期2009年4月10日

[0047] 【2】Su Hao (郝苏), Closure to “I35W Bridge Collapse” by S.Hao, ASCE J. of Bridge Engineering, V.18 (9), 2013, pp.929-930.

[0048] 【3】Su Hao (郝苏), Structural Fatigue Damage Evaluation in Bridges and Orthotropic Decks, 3RD ORTHOTROPIC BRIDGE CONFERENCE PROCEEDINGS, June 26-28, 2013, Sacramento, California.

[0049] 【4】法国专利FR2411922B1 优先权日期1978年12月15日

[0050] 【5】加拿大专利CA1074061A 优先权日期1983年5月26日

[0051] 【6】美国专利US5342141, 优先权日期1994年8月30日

[0052] 【7】韩国专利KR20030097049A, 优先权日期2003年12月31日

[0053] 【8】中国专利CN103614964A 优先权日期2013年12月10日

[0054] 【9】美国专利US 8,888,941 B2 优先权日期2013年6月4日

[0055] 【10】中国专利CNCN108457182A 优先权日期2018年5月18日

[0056] 【11】美国桥梁设计规范:AASHTO LRFD Bridge Design Specification 2016

[0057] 【12】日本桥梁设计规范:道路橋指示方書.同解说2012

[0058] 【13】欧洲规范:桥梁疲劳设计:Eurocode 3 (2005). Design of Steel Structures-Part 1-9:Fatigue, EN 1993-1-9

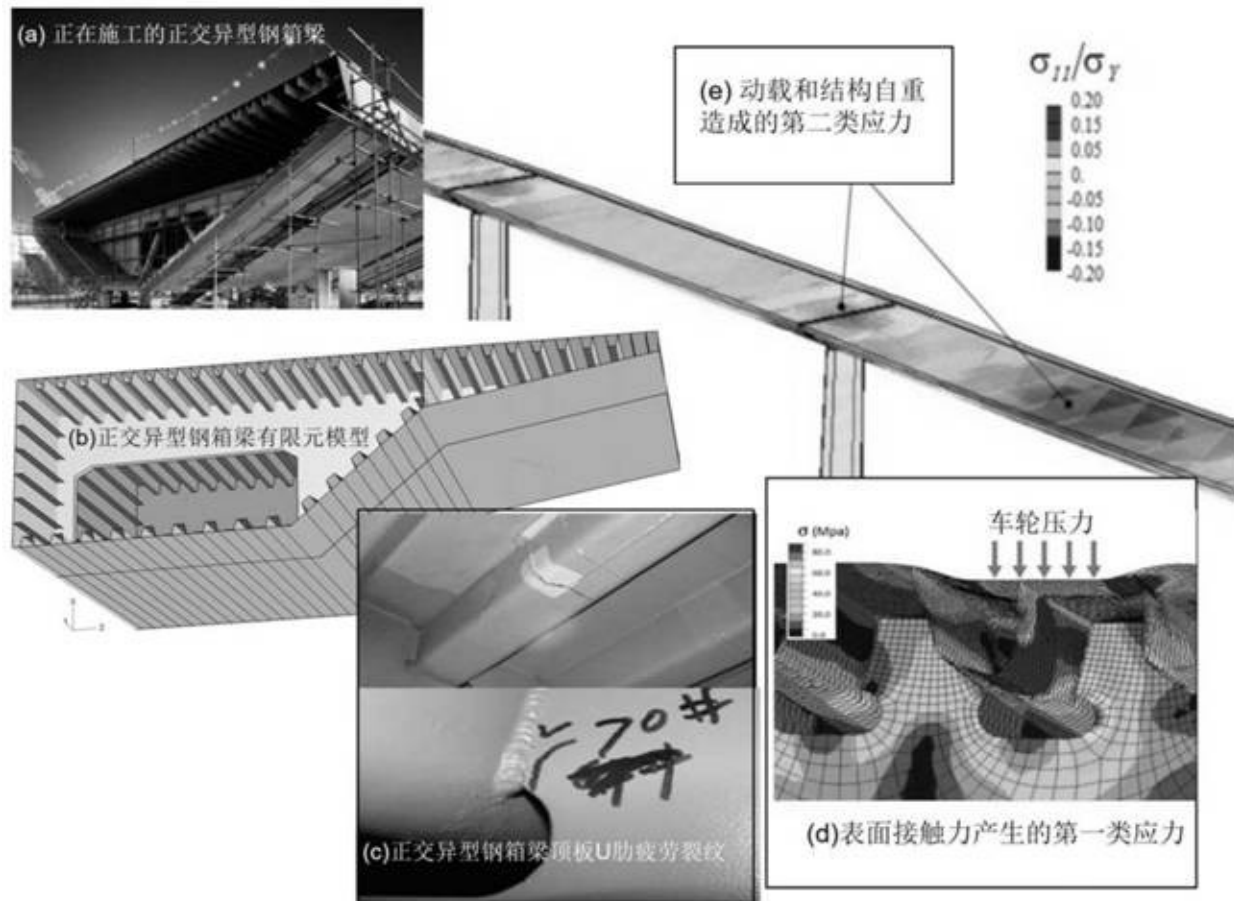


图1

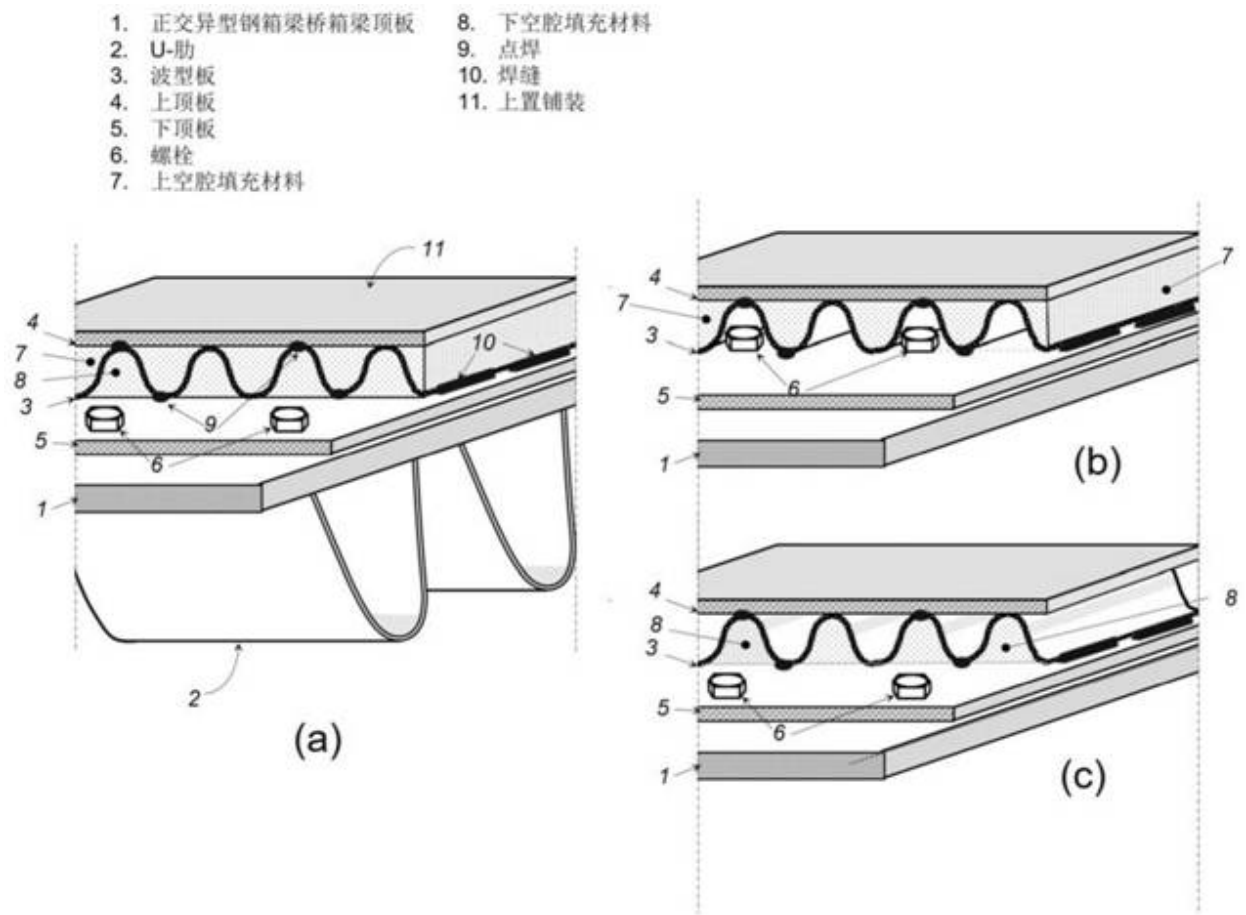


图2