



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111501533 B

(45) 授权公告日 2022.01.04

(21) 申请号 202010355433.4

(22) 申请日 2020.04.29

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111501533 A

(43) 申请公布日 2020.08.07

(73) 专利权人 合肥工业大学  
地址 230009 安徽省合肥市屯溪路193号

(72) 发明人 胡波 刘宇洋

(74) 专利代理机构 合肥和瑞知识产权代理事务  
所(普通合伙) 34118

代理人 王挺

(51) Int.Cl.

E01D 19/02 (2006.01)

E01D 101/40 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1570332 A, 2005.01.26

CN 104233964 B, 2016.05.18

CN 103485481 A, 2014.01.01

CN 206957057 U, 2018.02.02

CN 102660927 A, 2012.09.12

CN 105821758 A, 2016.08.03

CN 201704862 U, 2011.01.12

CN 2595929 Y, 2003.12.31

KR 20150031089 A, 2015.03.23

审查员 施龙

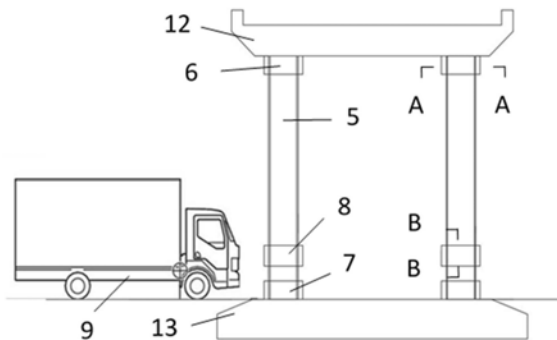
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,该FRP布是由内层GFRP布、中间层CFRP布和外层GFRP布构成的层间混杂FRP布,该方法包括估算钢管混凝土桥墩接受的撞击力和在撞击力下出现的塑性变形情况、根据钢管混凝土桥墩的塑性变形情况将层间混杂FRP布缠绕粘贴在钢管混凝土桥墩的柱顶、柱脚和碰撞作用位置中的至少一处。本发明可以增强桥墩的碰撞受损抵抗性能,使碰撞发生后桥墩的局部塑性变形减少,确保桥墩上部结构的正常工作,从而避免撞击后可能导致的建筑垮塌和人员伤亡。本发明使用的层间混杂FRP布仅对钢管混凝土桥墩进行局部缠绕粘贴,在达到增强效果的同时,可节省FRP布用量,经济环保。



1. 一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:该FRP布是由内层GFRP布(1)、中间层CFRP布(2)和外层GFRP布(3)构成的层间混杂FRP布(4),所述层间混杂FRP布(4)缠绕粘贴在钢管混凝土桥墩的柱顶(6)、柱脚(7)和碰撞作用位置(8)中的至少一处;

该方法包括如下步骤:

S1. 估算钢管混凝土桥墩(5)遭受的撞击力;

S2. 将估算的撞击力作为钢管混凝土桥墩(5)接受的撞击力,计算钢管混凝土桥墩(5)在撞击力作用下出现的结果;

S3. 根据结果选择以下三种处理方式:

A. 若钢管混凝土桥墩(5)受到不可修复性破坏,发生整体断裂或严重破坏,不足以支撑桥墩上部结构行使正常功能时,逐渐减小撞击力并计算钢管混凝土桥墩(5)在各撞击力作用下出现的结果,选择钢管混凝土桥墩(5)在不发生整体断裂或严重破坏,仍可以支撑钢管混凝土桥墩(5)上部结构一段设定时间的情况下所能承受的最大撞击力,计算在该最大撞击力作用下钢管混凝土桥墩(5)在柱顶(6)、柱脚(7)和碰撞作用位置(8)出现塑性变形的区域;

B. 若钢管混凝土桥墩(5)受到可修复性破坏,局部产生明显凹陷变形或者裂缝,直接计算在此时的撞击力作用下钢管混凝土桥墩(5)在柱顶(6)、柱脚(7)和碰撞作用位置(8)出现塑性变形的区域;

C. 若钢管混凝土桥墩(5)未出现明显破坏,以钢管混凝土桥墩(5)上的碰撞作用位置(8)为钢管混凝土桥墩(5)出现塑性变形的中心点,变形区域以中心点所在钢管混凝土桥墩(5)圆周方向环绕一圈的位置为中线,沿钢管混凝土桥墩(5)轴线方向上下各延伸250mm;

S4. 对于结果A,计算采用所述层间混杂FRP布(4)对塑性变形区域内所述钢管混凝土桥墩(5)缠绕粘贴后,使在撞击力作用下的钢管混凝土桥墩(5)不发生明显破坏时,所述中间层CFRP布(2)缠绕粘贴的最佳范围和层数,并在此最佳层数的基础上多粘贴一层所述中间层CFRP布(2);

对于结果B,计算采用所述层间混杂FRP布(4)对塑性变形区域内所述钢管混凝土桥墩(5)缠绕粘贴后,使在撞击力作用下的钢管混凝土桥墩(5)不发生明显破坏时,所述中间层CFRP布(2)缠绕粘贴的最佳范围和层数;

对于结果C,中间层CFRP布(2)在相应的缠绕位置均缠绕粘贴1层,所述层间混杂FRP布(4)在钢管混凝土桥墩(5)的柱顶(6)和柱脚(7)的缠绕粘贴的高度 $\geq 500\text{mm}$ ,所述层间混杂FRP布(4)在钢管混凝土桥墩(5)的碰撞作用位置(8)的缠绕粘贴范围大于钢管混凝土桥墩(5)的变形区域;

S5. 按照计算的最佳范围和层数裁剪并粘贴所述中间层CFRP布(2)及相应的所述内层GFRP布(1)和外层GFRP布(3)。

2. 如权利要求1所述的一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:所述步骤S2~S5中的计算采用有限元程序。

3. 如权利要求1所述的一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:所述步骤S2中,所述仍可以支撑钢管混凝土桥墩上部结构一段设定时间,设定时间设置为至少4h。

4. 如权利要求1所述的一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:所述步骤S5中的粘贴,包括以下步骤:

S51. 对缠绕粘贴范围内的钢管(10)表面进行清洁处理,如果钢管(10)表面有杂物,去除杂物并将接触点打磨平整,拭去表面油污和灰尘;

S52. 在缠绕粘贴范围内的所述钢管(10)表面均匀涂刷一层底层树脂,填补找平钢管(10)表面;

S53. 待底层树脂干燥后,在底层树脂上均匀涂刷一层浸渍树脂,缠绕粘贴一层所述内层GFRP布(1);

S54. 待所述内层GFRP布(1)干燥后,在所述内层GFRP布(1)表面均匀涂刷浸渍树脂,缠绕粘贴一层所述中间层CFRP布(2);

S55. 若所述中间层CFRP布(2)缠绕粘贴层数为多层,待前一层缠绕粘贴的所述中间层CFRP布(2)干燥后,在前一层所述中间层CFRP布(2)表面均匀涂刷浸渍树脂,再缠绕粘贴下一层所述中间层CFRP布(2),直至最后一层所述中间层CFRP布(2)缠绕粘贴完毕;

S56. 在最后一层所述中间层CFRP布(2)表面均匀涂刷浸渍树脂,缠绕粘贴一层所述外层GFRP布(3),并在所述外层GFRP布(3)表面均匀涂刷浸渍树脂。

5. 如权利要求4所述的一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:所述步骤S51~步骤S56中,底层树脂和浸渍树脂均由市售浸渍胶按所述市售浸渍胶配套的说明书记载的方法配制而成。

6. 如权利要求4所述的一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:所述内层GFRP布(1)、中间层CFRP布(2)和外层GFRP布(3)的每层缠绕粘贴长度均大于钢管混凝土桥墩(5)的圆周长,且每层在钢管混凝土桥墩(5)圆周方向搭接部位的搭接长度均不少于200mm,所述内层GFRP布(1)、中间层CFRP布(2)和外层GFRP布(3)的每层沿钢管混凝土桥墩(5)圆周方向的搭接位置相互错开。

7. 如权利要求4所述的一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:所述步骤S55中,缠绕粘贴下一层中间层CFRP布(2)时采用一层一层单独粘贴,或者使用一整张的CFRP布连续缠绕粘贴使所述中间层CFRP布(2)达到所需的粘贴层数。

8. 如权利要求1所述的一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:步骤S3中的柱顶(6)指所述钢管混凝土桥墩(5)与上部盖梁(12)连接的部位,所述柱脚(7)为所述钢管混凝土桥墩(5)与下部基础(13)连接的部位,所述碰撞作用位置(8)为所述钢管混凝土桥墩(5)遭受碰撞的直接承受撞击力的受力部位。

9. 如权利要求1所述的一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于:所述步骤S2中,若钢管混凝土桥墩(5)接受的撞击力主要来自非两轮机动车车辆的撞击,则以钢管混凝土桥墩(5)距地面以上0.8m处为钢管混凝土桥墩(5)出现塑性变形的中心点碰撞作用位置(8)。

## 一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于既有结构性能提升领域,具体涉及一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法。

### 背景技术

[0002] 钢管混凝土桥墩,相较传统的钢筋混凝土桥墩,具有承载力高、延性好、自重轻、施工方便、综合经济效益显著等优点,已在诸多公路桥梁工程中得到应用,如英国 Almondsbury 立交桥和我国深圳北站大桥等均采用了钢管混凝土桥墩。

[0003] 公路桥梁的桥墩在其服役期内,可能遭受各种碰撞荷载作用,尤其是车辆碰撞。桥墩作为桥梁和部分高架结构的重要承重构件,一旦发生破坏或者损伤变形,将影响桥梁或高架结构竖向荷载在局部甚至整体范围的传递,造成桥梁或高架结构局部破损甚至整体坍塌,从而导致人员伤亡、交通中断和经济损失等严重后果。

[0004] 钢管混凝土桥墩在车辆碰撞荷载作用下,可能发生完好无损、局部损伤和整体破坏等三种结果。后两种结果往往起因于钢管混凝土桥墩的柱顶、柱脚和碰撞作用位置等局部区域发生较大的塑性变形。因此,如何限制钢管混凝土桥墩局部塑性变形的出现和发展,确保桥梁结构正常工作,成为国内外学者和工程师关注的问题。

[0005] 纤维增强复合材料FRP (Fiber Reinforced Polymer) 布具有高强度质量比和良好的耐腐蚀性能,近年来在桥梁结构的增强和加固中得到越来越广泛的应用。工程中常用的FRP布有CFRP (碳纤维增强复合材料) 布和GFRP (玻璃纤维增强复合材料) 布等。GFRP布延性比CFRP布好,但强度与弹性模量较低,不适宜单独增强钢管混凝土桥墩。CFRP布抗拉强度和弹性模量比GFRP布更高,理论上适合增强钢管混凝土桥墩。然而,钢管混凝土桥墩处于室外环境,若直接缠绕粘贴CFRP布,受水汽影响,CFRP布中的碳纤维易对钢管产生电腐蚀,从而影响增强效果。此外,若CFRP布暴露在外,如何防护避免其发生损伤也是需要注意的问题。

### 发明内容

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的方法,其特征在于,该FRP布是由内层GFRP布、中间层CFRP布和外层GFRP布构成的层间混杂FRP布,所述层间混杂FRP布缠绕粘贴在钢管混凝土桥墩的柱顶、柱脚和碰撞作用位置中的至少一处。

[0007] 优选的,包括如下步骤:

[0008] S1. 估算钢管混凝土桥墩遭受的撞击力;

[0009] S2. 将估算的撞击力作为钢管混凝土桥墩接受的撞击力,计算钢管混凝土桥墩在撞击力作用下出现的结果;

[0010] S3. 根据结果选择以下三种处理方式:

[0011] A. 若钢管混凝土桥墩受到不可修复性破坏,发生整体断裂或严重破坏,不足以支

撑桥墩上部结构行使正常功能时,逐渐减小撞击力并计算混凝土桥墩在各撞击力作用下出现的结果,选择钢管混凝土桥墩在不发生整体断裂或严重破坏,仍可以支撑桥墩上部结构一段设定时间的情况下所能承受的最大撞击力,计算在该最大撞击力作用下钢管混凝土桥墩在柱顶、柱脚和碰撞作用位置出现塑性变形的区域;

[0012] B.若钢管混凝土桥墩受到可修复性破坏,局部产生明显凹陷变形或者裂缝,直接计算在此时的撞击力作用下钢管混凝土桥墩在柱顶、柱脚和碰撞作用位置出现塑性变形的区域;

[0013] C.若钢管混凝土桥墩未出现明显破坏,以钢管混凝土桥墩上的碰撞作用位置为钢管混凝土桥墩出现塑性变形的中心点,变形区域以中心点所在钢管混凝土桥墩圆周方向环绕一圈的位置为中线,沿钢管混凝土桥墩轴线方向上下各延伸250mm;

[0014] S4.对于结果A,计算采用所述层间混杂FRP布对塑性变形区域内所述钢管混凝土桥墩缠绕粘贴后,使在撞击力作用下的钢管混凝土桥墩不发生明显破坏时,所述中间层CFRP布缠绕粘贴的最佳范围和层数,并在此最佳层数的基础上多粘贴一层所述中间层CFRP布;

[0015] 对于结果B,计算采用所述层间混杂FRP布对塑性变形区域内所述钢管混凝土桥墩缠绕粘贴后,使在撞击力作用下的钢管混凝土桥墩不发生明显破坏时,所述中间层CFRP布缠绕粘贴的最佳范围和层数;

[0016] 对于结果C,中间层CFRP布在相应的缠绕位置均缠绕粘贴1层,所述层间混杂FRP布在钢管混凝土桥墩的柱顶和柱脚的缠绕粘贴的高度 $\geq 500\text{mm}$ ,所述层间混杂FRP布在钢管混凝土桥墩的碰撞作用位置的缠绕粘贴范围大于钢管混凝土桥墩的变形区域。

[0017] S5.按照计算的最佳范围和层数裁剪并粘贴所述中间层CFRP布及相应的所述内层GFRP布和外层GFRP布。

[0018] 优选的,所述步骤S2~S5中的计算采用有限元程序。

[0019] 优选的,所述步骤S2中,所述仍可以支撑桥墩上部结构一段设定时间,设定时间设置为至少4h。

[0020] 优选的,所述步骤S5中的粘贴,包括以下步骤:

[0021] S51.对缠绕粘贴范围内的钢管表面进行清洁处理,如果钢管表面有杂物,去除杂物并将接触点打磨平整,拭去表面油污和灰尘;

[0022] S52.在缠绕粘贴范围内的所述钢管表面均匀涂刷一层底层树脂,填补找平钢管表面;

[0023] S53.待底层树脂干燥后,在底层树脂上均匀涂刷一层浸渍树脂,缠绕粘贴一层所述内层GFRP布;

[0024] S54.待所述内层GFRP布干燥后,在所述内层GFRP布表面均匀涂刷浸渍树脂,缠绕粘贴一层所述中间层CFRP布;

[0025] S55若所述中间层CFRP布缠绕粘贴层数为多层,待前一层缠绕粘贴的所述中间层CFRP布干燥后,在前一层所述中间层CFRP布表面均匀涂刷浸渍树脂,再缠绕粘贴下一层所述中间层CFRP布,直至最后一层所述中间层CFRP布缠绕粘贴完毕;

[0026] S56.在最后一层所述中间层CFRP布表面均匀涂刷浸渍树脂,缠绕粘贴一层所述外层GFRP布,并在所述外层GFRP布表面均匀涂刷浸渍树脂。

[0027] 优选的,所述步骤S51~步骤S56中,底层树脂和浸渍树脂均由市售浸渍胶按所述市售浸渍胶配套的说明书记载的方法配制而成。

[0028] 优选的,所述内层GFRP布、中间层CFRP布和外层GFRP布粘贴时纤维束方向设置为沿钢管混凝土桥墩的圆周方向。

[0029] 优选的,所述内层GFRP布、中间层CFRP布和外层GFRP布的每层缠绕粘贴长度均大于钢管混凝土桥墩的圆周长,且每层在钢管混凝土桥墩圆周方向的搭接长度均不少于200mm,所述内层GFRP布、中间层CFRP布和外层GFRP布的每层沿钢管混凝土桥墩圆周方向的搭接位置相互错开。

[0030] 优选的,所述步骤S55中,缠绕粘贴下一层中间层CFRP布时采用一层一层单独粘贴,或者使用一整张的CFRP布连续缠绕粘贴使所述中间层CFRP布达到所需的粘贴层数。

[0031] 优选的,步骤S3中的柱顶指所述钢管混凝土桥墩与上部盖梁连接的部位,所述柱脚为所述钢管混凝土桥墩与下部基础连接的部位,所述碰撞作用位置为所述钢管混凝土桥墩遭受碰撞的直接承受撞击力的受力部位。

[0032] 优选的,所述步骤S2中,若钢管混凝土桥墩接受的撞击力主要来自非单轮或两轮机动车车辆的撞击,则以钢管混凝土桥墩距地面以上0.8m处沿为钢管混凝土桥墩出现塑性变形的中心点碰撞作用位置。

[0033] 本发明的有益效果在于:

[0034] 本发明使用内层GFRP布-中间层CFRP布-外层GFRP布构成的层间混杂FRP布对桥梁或高架使用的钢管混凝土桥墩进行局部缠绕粘贴,增强桥墩对碰撞受损的抵抗性能,大大减少了尤其在车辆碰撞下的钢管混凝土桥墩的变形受损情况,使碰撞发生后桥墩的挠度减少、局部塑性变形减少且不发生整体断裂,确保桥梁结构的正常工作,从而避免撞击后可能导致的建筑垮塌、人员伤亡、和经济损失。

[0035] 本发明采用粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抵抗碰撞的性能,合理利用了中间层CFRP布的高抗拉强度和弹性模量以及内层GFRP布和外层GFRP布的良好延性,GFRP布与CFRP布的配合提高了单独使用CFRP布或GFRP布对钢管混凝土桥墩的防护性能。其中,中间层CFRP布主要用于限制所述钢管混凝土桥墩局部塑性变形的出现和发展,内层GFRP布可以避免中间层CFRP布与所述钢管接触产生电腐蚀,外层GFRP布可以防护中间层CFRP布,避免中间层CFRP布因暴露在外而发生损伤。

[0036] 本发明对碰撞下钢管混凝土桥墩可能发生严重塑性变形的柱顶、柱脚和碰撞作用位置等局部区域缠绕粘贴层间混杂FRP布,在达到增强桥墩抵抗效果的同时,可以节省层间混杂FRP布的用量,节约环保经济效益高。

## 附图说明

[0037] 下面结合附图对本发明发明专利进一步说明。

[0038] 图1为粘贴FRP布增强钢管混凝土桥墩抗撞击性能的整体示意图;

[0039] 图2为钢管混凝土桥墩增强区A-A剖面示意图;

[0040] 图3为钢管混凝土桥墩增强区B-B剖面示意图;

[0041] 图中标注符号的含义如下:

[0042] 1-内层GFRP布 2-中间层CFRP布 3-外层GFRP布 4-层间混杂FRP布 5-钢管混凝土

桥墩 6-柱顶 7-柱脚 8-碰撞作用位置 9-车辆 10-钢管 11-钢管内核心混凝土 12-盖梁  
13-基础

### 具体实施方式

[0043] 下面结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步说明。

[0044] 实施例一

[0045] 如图1-3所示,钢管混凝土桥墩5( $\phi$  600mm,钢管壁厚度12mm)在其所在位置,可能遭受的最大撞击力来自重量为8.5t的汽车失控下的撞 击,采用有限元程序,计算在重量为8.5t的车辆9以140km/h的速度碰 撞下,钢管混凝土桥墩5的撞击情况。

[0046] 本实施例中,经计算,重量为8.5t的车辆9以140km/h的速度撞击 下,桥墩5不产生塑性变形,只在碰撞作用位置8产生较小的挠度,则中 间层CFRP布使用1层,缠绕位置在柱顶6、柱脚7和碰撞作用位置8三 处,混杂FRP布在三处的缠绕宽度均为500mm,柱顶6为钢管混凝土桥墩 5与上部盖梁12连接的部位,柱脚7为钢管混凝土桥墩5与下部基础13 连接的部位,碰撞作用位置8为钢管混凝土桥墩5遭受碰撞的直接承受撞 击力的受力部位,具体为钢管混凝土桥墩5距离地面以上0.8m处。

[0047] 对钢管混凝土桥墩5的钢管10表面进行清洁处理,去除钢管10表面 附着的杂物并将接触点打磨平整,拭去表面油污和灰尘;

[0048] 在缠绕粘贴范围内钢管10表面均匀涂刷一层薄薄的底层树脂,填补 找平钢管表面;

[0049] 待底层树脂干燥后,用酒精擦拭钢管10表面,并在底层树脂上均匀 涂刷一层浸渍树脂,缠绕粘贴一层内层GFRP布1;

[0050] 在内层GFRP布1表面均匀涂刷浸渍树脂,缠绕粘贴一层中间层CFRP 布2;

[0051] 在中间层CFRP布2表面均匀涂刷浸渍树脂,缠绕粘贴一层外层GFRP 布3,并在外层GFRP布3表面均匀涂刷浸渍树脂,等待干燥。

[0052] 本实施例中,上述内层GFRP布1、中间层CFRP布2、外层GFRP布3 即形成层间混杂FRP布4,层间混杂FRP布4的所有纤维束方向均设置为 沿钢管混凝土桥墩5的圆周方向布置,其中内层GFRP布1、中间层CFRP 布2和外层GFRP布3的每层缠绕长度均大于钢管混凝土桥墩5的圆周长, 且每层在钢管混凝土桥墩5圆周方向的搭接长度均不少于200mm,内层 GFRP布1、中间层CFRP布2和外层GFRP布3的每层在钢管混凝土桥墩5 圆周方向的搭接位置相互错开。

[0053] 经有限元程序LS-DYNA数值模拟发现,钢管混凝土桥墩5经上述层间 混杂FRP布4加固后,在重量为8.5t的车辆9撞击作用下撞击点位置产 生的挠度减少,说明上述层间混杂FRP布4对钢管混凝土桥墩5的抗撞击 性能起到了增强作用,在应对更大撞击力撞击情况下,桥墩更具有安全性。

[0054] 实施例二

[0055] 如图1-3所示,钢管混凝土桥墩5( $\phi$  600mm,钢管壁厚度12mm)在其所在位置,可能遭受的最大撞击力来自40t汽车失控下的撞击,采用有 限元程序,计算在重量为40t的车辆9以140km/h的速度碰撞下,钢管混 凝土桥墩5的撞击情况。

[0056] 本实施例中,经计算,重量为40t的车辆9以140km/h的速度撞击下, 钢管混凝土桥

墩5出现严重破坏,无法对上部结构起到有效支撑作用。模拟计算将重量为40t的车辆9的质量减少为20t时钢管混凝土桥墩5的撞击情况,本实施例中,经模拟计算,当重量为20t的车辆9以140km/h的速度撞击钢管混凝土桥墩5时,钢管混凝土桥墩5未发生严重破坏,撞击发生后,钢管混凝土桥墩5仍对上部结构具有4h以上的支撑作用。计算钢管混凝土桥墩5在此时的柱顶6、柱脚7和碰撞作用位置8出现塑性变形的范围,并计算在采用层间混杂FRP布4对塑性变形范围内的钢管混凝土桥墩5缠绕粘贴后,在此撞击力作用下钢管混凝土桥墩5的中间层CFRP布2最佳缠绕粘贴范围和层数。本实施例中,经计算,钢管混凝土桥墩5在碰撞作用位置8的塑性变形范围未超过500mm,则层间混杂FRP布4在柱顶6、柱脚7和碰撞作用位置的缠绕范围均为500mm;中间层CFRP布3层数为1层,则实际粘贴层数为2层。

[0057] 缠绕位置在柱顶6、柱脚7和碰撞作用位置8三处,柱顶6为钢管混凝土桥墩5与上部盖梁12连接的部位,柱脚7为钢管混凝土桥墩5与下部基础13连接的部位,碰撞作用位置8为钢管混凝土桥墩5遭受碰撞的直接承受撞击力的受力部位,具体为钢管混凝土桥墩5距离地面以上0.8m处。

[0058] 对钢管混凝土桥墩5的钢管10表面进行清洁处理,去除钢管10表面附着的杂物并将接触点打磨平整,拭去表面油污和灰尘;

[0059] 在缠绕粘贴范围内钢管10表面均匀涂刷一层薄薄的底层树脂,填补找平钢管10表面;

[0060] 待底层树脂干燥后,用酒精擦拭钢管10表面,并在底层树脂上均匀涂刷一层浸渍树脂,缠绕粘贴一层内层GFRP布1;

[0061] 在内层GFRP布1表面均匀涂刷浸渍树脂,缠绕粘贴二层中间层CFRP布2;

[0062] 在中间层CFRP布2最外一层的表面均匀涂刷浸渍树脂,缠绕粘贴一层外层GFRP布3,并在外层GFRP布3表面均匀涂刷浸渍树脂,等待干燥。

[0063] 本实施例中,上述内层GFRP布1、中间层CFRP布2、外层GFRP布3即形成层间混杂FRP布4,层间混杂FRP布4的所有纤维束方向均沿钢管混凝土桥墩5的圆周方向布置,其中内层GFRP布1、中间层CFRP布2和外层GFRP布3的每层缠绕长度均大于钢管混凝土桥墩5的圆周长,且每层在钢管混凝土桥墩圆周方向的搭接长度均不少于200mm,内层GFRP布1、中间层CFRP布2和外层GFRP布3的每层在钢管混凝土桥墩圆周方向的搭接位置相互错开。

[0064] 经有限元程序LS-DYNA数值模拟发现,钢管混凝土桥墩5经上述层间混杂FRP布4加固后,在重量为40t的车辆9以140km/h的撞击作用下塑性变形区域面积减少,变形程度减轻,撞击点位置无明显破坏,说明上述层间混杂FRP布4对钢管混凝土桥墩5起到了保护作用,使钢管混凝土桥墩5的抗撞击性能得到增强,在遭受较大撞击力时,钢管混凝土桥墩5不再发生功能性损毁,确保了桥墩上部结构的正常工作,从而避免撞击后可能导致的建筑垮塌、人员伤亡、和经济损失,极大提高承载安全性。



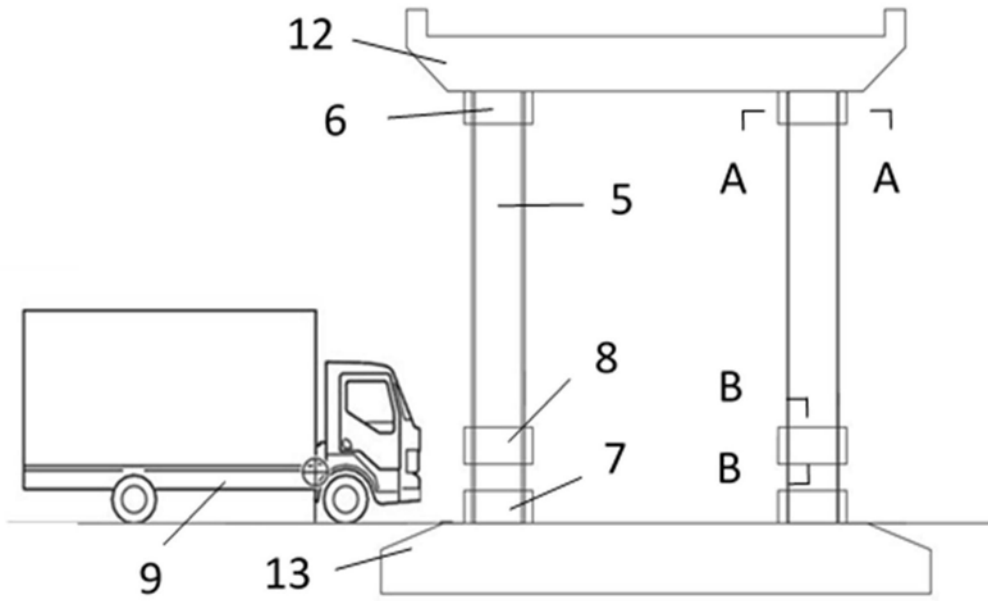


图1

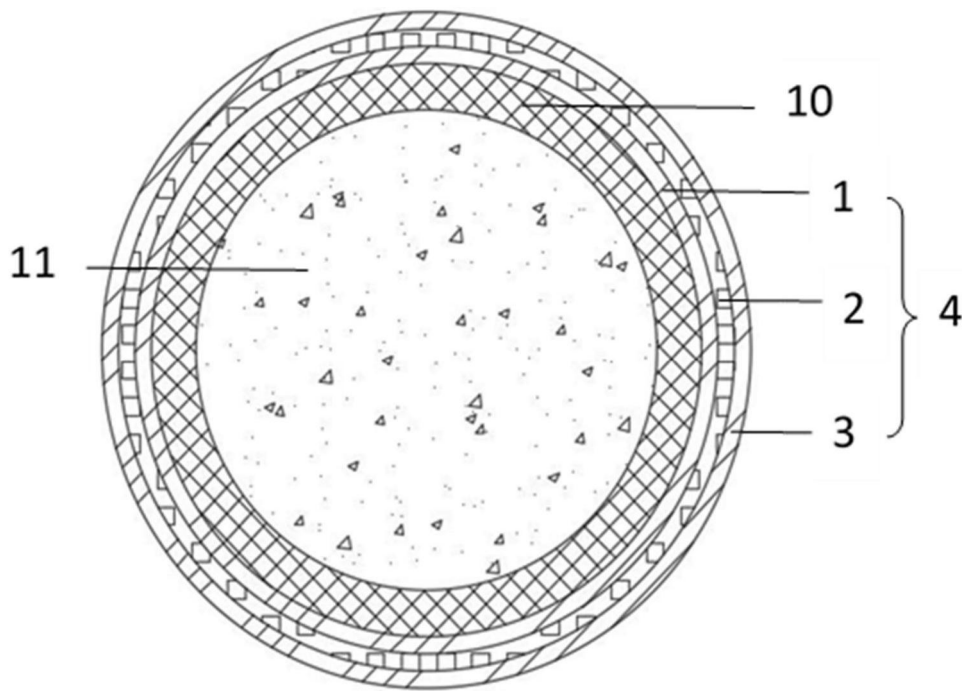


图2

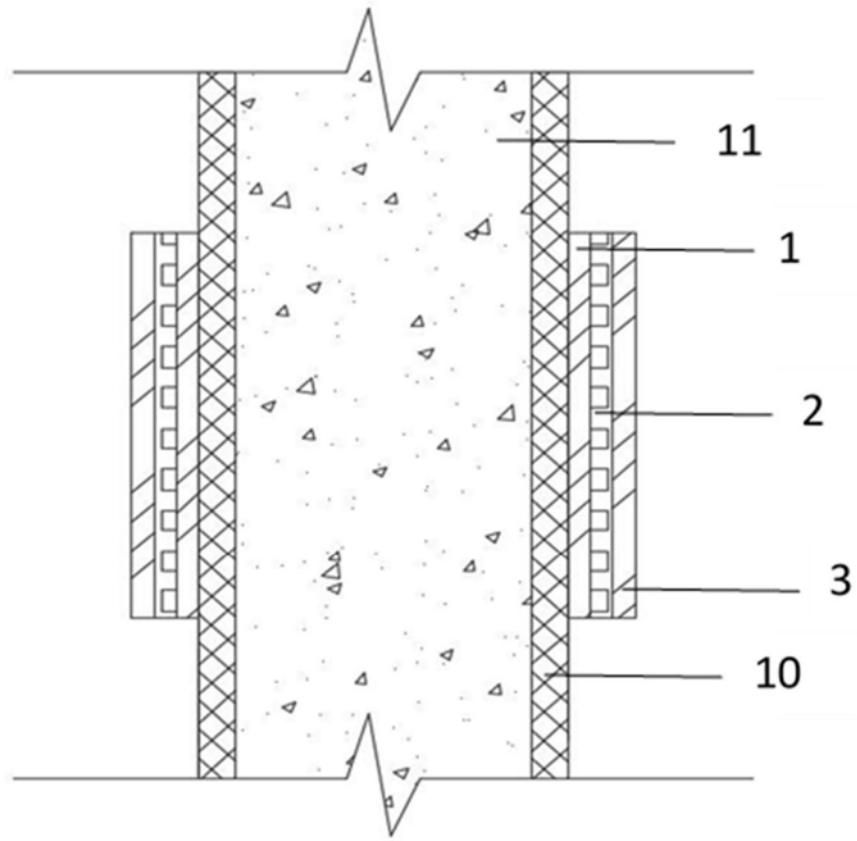


图3