



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114673305 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 25

(21) 申请号 202210463910.8

(22) 申请日 2022.04.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114673305 A

(43) 申请公布日 2022.06.28

(66) 本国优先权数据
202210301525.3 2022.03.25 CN

(73) 专利权人 湖南大学
地址 410000 湖南省长沙市岳麓区麓山南路1号

(72) 发明人 秦鹏 李晓伟 陈仁朋 刘源
苏苗

(74) 专利代理机构 湖南岑信知识产权代理事务所(普通合伙) 43275

专利代理师 刘洋

(51) Int.Cl.

E04C 3/36 (2006.01)

E04C 5/07 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 201762818 U, 2011.03.16

CN 102936941 A, 2013.02.20

审查员 王孝哲

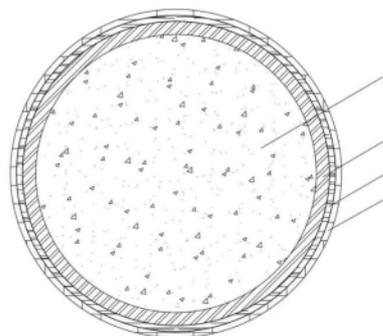
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱及其建造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱及其建造方法,包括包括钢管混凝土柱(1),钢管混凝土柱(1)外周固定有缓冲垫层(2),缓冲垫层(2)外固定有若干层CFRP布,所述CFRP包括内侧的纵向CFRP布(3)和外侧的横向CFRP布(4)。本发明的钢管混凝土和碳纤维层之间通过泡沫缓冲垫层进行可靠传力,增大塑性较区的工作范围,延缓碳纤维参与工作的时间,充分发挥钢管与核心混凝土的相互作用;纵向纤维的加入,提高了碳纤维的整体约束效果,防止碳纤维过早出现层间破坏,构件受力明确,构造简单,施工方便。



1. 一种设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱,其特征在于,包括钢管混凝土柱(1),钢管混凝土柱(1)外周固定有缓冲垫层(2),缓冲垫层(2)外固定有若干层CFRP布,所述CFRP包括内侧的纵向CFRP布(3)和外侧的横向CFRP布(4);CFRP的套箍指标由下式确定:

$$1 = \frac{\sigma_0}{\sigma_c} + \left(\frac{K}{2} \right) \xi_t k \quad (1)$$

$$\xi_t = \frac{A_t \sigma_t}{A_c \sigma_c} = \frac{2\pi r n t \sigma_t}{\pi r^2 \sigma_c} = \frac{4n t \sigma_t}{D \sigma_c} \quad (2)$$

式中: σ_t —CFRP抗拉强度;

σ_c —核心混凝土抗压强度;

σ_0 —非约束混凝土抗压强度;

D —核心混凝土横截面直径;

r —核心混凝土横截面半径;

K —侧向约束系数;

k —CFRP横向抗拉强度发挥系数;

A_t —CFRP横截面积;

A_c —核心混凝土横截面积;

ξ_t —CFRP的套箍指标;

n —横向CFRP布层数, n 在0-4之间;

t —各层CFRP布厚度;

在受力过程中,CFRP的环向约束力由横向纤维布提供,纵向纤维布起到联结纤维丝,避免使纤维丝发生单丝破坏的作用,故纵向的碳纤维在环向不参与约束受力。

2. 如权利要求1所述的设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱,其特征在于,所述缓冲垫层(2)黏贴固定在钢管混凝土柱(1)的潜在塑性铰区。

3. 如权利要求1所述的设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱,其特征在于,所述缓冲垫层(2)的厚度 t_h 控制在 D/t_h 不小于75,且缓冲垫层(2)的厚度最小为1mm。

4. 如权利要求1所述的设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱,其特征在于,所述缓冲垫层(2)为泡沫垫层。

设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱及其建造方法

技术领域

[0001] 本发明属于土木工程领域,尤其涉及一种设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱及其建造方法。

背景技术

[0002] 钢管混凝土是将混凝土内填进钢管的一种组合结构形式,它充分考虑了混凝土与钢材的相互作用效应,具有承载力高,延性好,抗震性能优异,便于施工等优点,在一百多年前就被应用于土木工程中。CFRP约束钢管混凝土考虑在构件的危险区域施加有效约束,限制钢管变形进而改善钢管的力学性能。采用纤维增强复合材料尤其是碳纤维材料(CFRP)不仅可以延缓或限制钢管的局部屈曲,还能够与钢管一同增强对核心混凝土的约束能力,改善构件的受力性能。

[0003] 现有的CFRP约束钢管混凝土柱在荷载作用下,碳纤维环向应力在加载过程中一直存在,且随加载位移的增加而持续增大。钢管的钢材屈服部位除了在塑性铰区域有分布之外,还分布在塑性铰区的上部区域,随应力的不断发展,在塑性铰约束区和非约束区的交界位置形成局部屈曲。在加载过程中,碳纤维环向应力持续增大,会导致单层的碳纤维过早发生层间破坏,无法充分发挥其约束效果。

发明内容

[0004] 为解决上述问题,本发明公开了一种设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱和方法。本发明的钢管混凝土和碳纤维层之间通过泡沫缓冲垫层进行可靠传力,增大塑性铰区的工作范围,延缓碳纤维参与工作的时间,充分发挥钢管与核心混凝土的相互作用;纵向纤维的加入,提高了碳纤维的整体约束效果,防止碳纤维过早出现层间破坏,构件受力明确,构造简单,施工方便。

[0005] 为实现上述目的,本发明的技术方案为:

[0006] 一种设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱,包括钢管混凝土柱(1),钢管混凝土柱(1)外周固定有缓冲垫层(2),缓冲垫层(2)外固定有若干层CFRP布,所述CFRP包括内侧的纵向CFRP布(3)和外侧的横向CFRP布(4)。

[0007] 进一步的改进,CFRP的套箍指标由下式确定:

$$[0008] \quad 1 = \frac{\sigma_0}{\sigma_c} + \left(\frac{K}{2} \right) \xi_t k \quad (1)$$

$$[0009] \quad \xi_t = \frac{A_t \sigma_t}{A_c \sigma_c} = \frac{2\pi r n t \sigma_t}{\pi r^2 \sigma_c} = \frac{4n t \sigma_t}{D \sigma_c} \quad (2)$$

[0010] 式中: σ_t —CFRP抗拉强度;

[0011] σ_c —核心混凝土抗压强度;

[0012] σ_0 —非约束混凝土抗压强度;

- [0013] D—核心混凝土横截面直径；
- [0014] r—核心混凝土横截面半径；
- [0015] K—侧向约束系数；
- [0016] k—CFRP横向抗拉强度发挥系数；
- [0017] A_t —CFRP横截面积；
- [0018] A_c —核心混凝土横截面积；
- [0019] ξ_t —CFRP的套箍指标；
- [0020] n—横向CFRP布层数，n在0-4之间；
- [0021] t—各层CFRP布厚度；
- [0022] 在受力过程中，CFRP的环向约束力主要由横向纤维布提供，纵向纤维布主要起到联结纤维丝，避免使纤维丝发生单丝破坏的作用，故纵向的碳纤维在环向不会参与约束受力。
- [0023] 进一步的改进，所述缓冲垫层(2)黏贴固定在钢管混凝土柱(1)的潜在塑性铰区。
- [0024] 进一步的改进，所述缓冲垫层(2)的厚度 t_h 控制在 D/th 不小于75，且缓冲垫层(2)的厚度最小为1mm，缓冲垫层(2)弹性模量为 $0.01Et$ 。
- [0025] 进一步的改进，所述缓冲垫层(2)为泡沫垫层。
- [0026] 一种设置缓冲垫层的纵横双向CFRP约束钢管混凝土柱的建造方法，包括如下步骤：
- [0027] 步骤一、在基座上制作钢管混凝土柱(1)；
- [0028] 步骤二、在钢管混凝土柱(1)的潜在塑性铰区域粘贴缓冲垫层(2)；
- [0029] 步骤三，在缓冲垫层(2)外黏贴纵向CFRP布(3)，然后在纵向CFRP布(3)外黏贴横向CFRP布(4)。
- [0030] 进一步的改进，所述步骤二中，先将钢管混凝土柱(1)上的钢管的表面进行清理，确保粘贴面充分干燥平整且无尘，将缓冲垫层(2)贴于钢管的工作面上。
- [0031] 本发明的优点：
- [0032] 提高了碳纤维的整体约束效果，增大了塑性铰区的工作范围，延缓碳纤维的参与工作时间，充分发挥钢管与核心混凝土的相互作用，提高构件的变形性能，使得约束柱展现了较好的延性和耗能能力。
- [0033] 而且，本发明的缓冲垫层取材便利，粘贴时不需要特殊工艺，操作简便。

附图说明

- [0034] 图1为本发明的截面结构示意图；
- [0035] 图2为两种工况下的试验柱骨架曲线图；
- [0036] 图3为两种工况下的试验柱耗能情况图。

具体实施方式

- [0037] 以下结合附图及实施例对本发明做进一步说明。
- [0038] 实施例
- [0039] 在工厂加工预制好钢管，钢管采用卷板机将钢板卷成圆筒，按国家标准《钢结构设

计规范》(GB50017-2003)的要求进行焊接设计,采用坡口焊接成直焊缝钢管。为满足钢管与基座的刚性连接,在钢管下端焊接四块肋板并打孔,保证基座的钢筋穿过肋板,加强连接强度。在钢管底部焊接钢板,有利于核心混凝土的浇筑并方便肋板的焊接。

[0040] 首先,基座采用钢筋混凝土结构,为满足基座的刚性避免在试验过程中出现破坏,在配筋方面给予充足的保证,并在基座浇捣底座混凝土。

[0041] 而后,在钢管内部浇筑核心混凝土。

[0042] 接着,为方便试验加载,在柱顶部设计钢筋混凝土柱头。为保证柱头的刚性,与基座类似加强配筋。而后浇筑混凝土,养护成型。

[0043] 在钢管混凝土柱成型并养护完成后,在潜在塑性铰区域粘贴缓冲垫层和碳纤维布。粘贴缓冲垫层的过程中,先将钢管的表面进行清理,确保粘贴面充分干燥平整且无尘,将缓冲垫层贴于工作面上。结合已有的研究结论,建议缓冲垫层的厚度取1mm。

[0044] 最后,按比例将环氧树脂进行拌和均匀后,用短毛滚均匀涂抹于缓冲垫层上,将纵横双向碳纤维层按顺序依次粘贴于工作面:横向碳纤维层紧贴工作面,纵向碳纤维层紧贴横向碳纤维层,并用消泡滚反复滚压碳纤维布表面,使碳纤维层与缓冲垫层紧密结合,不至有气泡存在。

[0045] 通过与未设置缓冲垫层试验柱骨架曲线的对比,可发现如下差异:在峰值点之前,两者受力性能基本一致;在峰值点之后,未设置缓冲垫层的组合柱在约束区域与非约束区域交界处发生屈曲,而交接处未设置碳纤维约束,导致柱子延性以及承载能力降低,如图2所示

[0046] 通过与未设置缓冲垫层试验柱耗能情况的对比发现:设置纵向纤维的试验柱在耗能方面优于未设置纵向纤维的试验柱,这表明纵向纤维的加入提高了试件的抗震性能即延性有所提高。CFRP在断裂前满足胡克定律,即 $\sigma = E\varepsilon$ (E 为CFRP的弹性模量),发生破坏时,CFRP应达到其极限应变以及极限应力,但是实际中并未达到,即存在CFRP横向抗拉发挥系数 k ,此时CFRP应力应变关系为 $\sigma = Ek\varepsilon$,而纵向纤维的加入,使得发挥系数增大。而CFRP加固后的混凝土抗压强度满足:

$$[0047] \quad 1 = \frac{\sigma_0}{\sigma_c} + \left(\frac{K}{2} \right) \xi_t k \quad (1)$$

$$[0048] \quad \xi_t = \frac{A_t \sigma_t}{A_c \sigma_c} = \frac{2\pi r n t \sigma_t}{\pi r^2 \sigma_c} = \frac{4 n t \sigma_t}{D \sigma_c} \quad (2)$$

[0049] 式中: σ_t —CFRP抗拉强度;

[0050] σ_c —核心混凝土抗压强度;

[0051] σ_0 —非约束混凝土抗压强度;

[0052] D —核心混凝土横截面直径;

[0053] r —核心混凝土横截面半径;

[0054] K —侧向约束系数;

[0055] k —CFRP横向抗拉强度发挥系数;

[0056] A_t —CFRP横截面积;

[0057] A_c —核心混凝土横截面积;

[0058] ξ_t —CFRP的套箍指标;

[0059] n—横向CFRP布层数,建议n在0-4之间;

[0060] t—各层CFRP布厚度。

[0061] 由此可见发挥系数k的增大,使得CFRP加固后混凝土抗压强度增大。

[0062] 另外,采用设置缓冲垫层的纵横双向CFRP试件与对比柱相比,强度提高10.2%,延性系数提高6.6%。通过对实验参数进行分析,可得到强度提高系数 k_p 的计算公式如下:

$$[0063] \quad k_p = \frac{nt(3n_0^2 + 0.06n_0 + 0.05)}{t_s} \quad (3)$$

[0064] 式中: t_s —钢管厚度;

[0065] n_0 —轴压比。

[0066] 并且在退化阶段,附加的横向约束使得构件的退化得到了有效的控制,退化曲线相较于对比柱更为稳定。而在耗能性方面,加载初期或小变形条件下,设置缓冲垫层的纵横双向CFRP试件与对比柱在同级循环下,随着位移荷载的增大(2%侧移率),约束试件的耗能系数出现显著增长,如图3所示。

[0067] 尽管本发明的实施方案已公开如上,但并不仅仅限于说明书和实施方案中所列运用,它完全可以被适用于各种适合本发明的领域,对于熟悉本领域的人员而言,可容易地实现另外的修改,因此在不背离权利要求及等同范围所限定的一般概念下,本发明并不限于特定的细节和这里所示出与描述的图例。

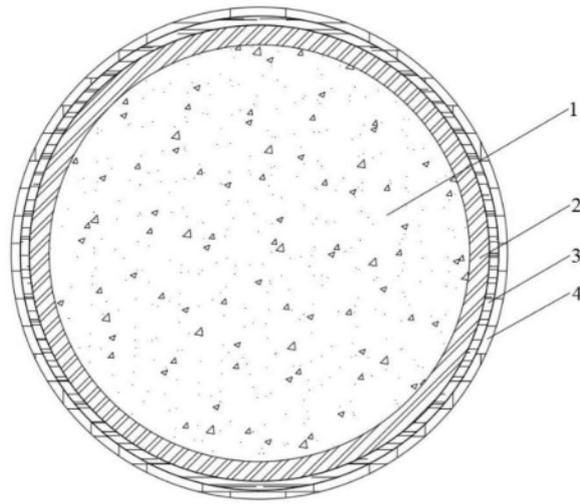


图1

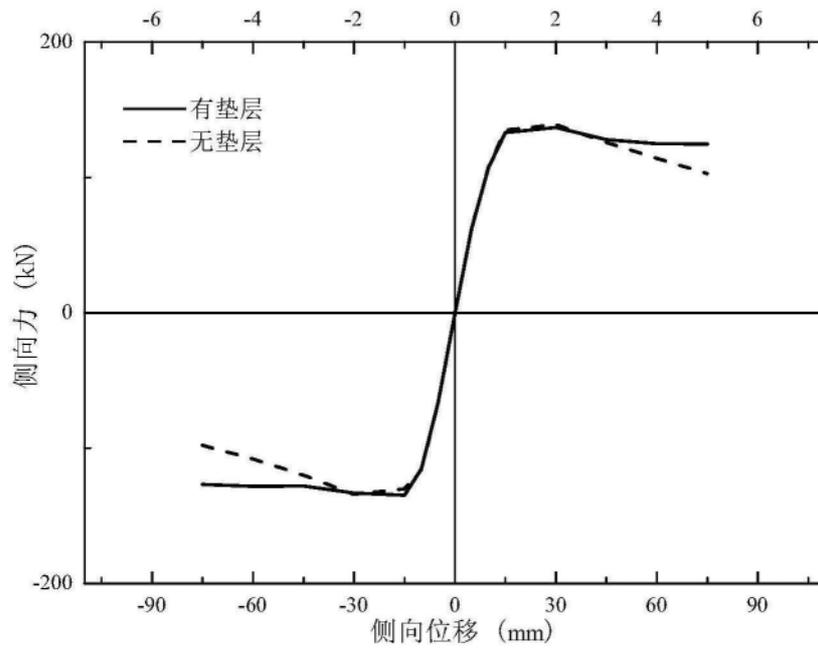


图2

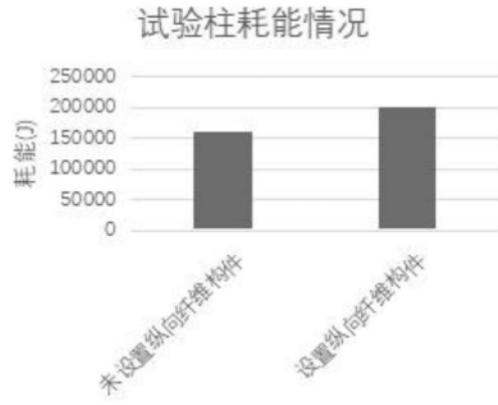


图3