



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111502328 B

(45) 授权公告日 2025. 02. 07

(21) 申请号 202010479174.6

C04B 28/24 (2006.01)

(22) 申请日 2020.05.29

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110424762 A, 2019.11.08

申请公布号 CN 111502328 A

CN 204023567 U, 2014.12.17

(43) 申请公布日 2020.08.07

审查员 程聪

(73) 专利权人 西安建筑科技大学

地址 710055 陕西省西安市雁塔路13号

专利权人 西安建筑科大工程技术有限公司

(72) 发明人 芦苇 艾宇 李东波 毛筱霏

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任

公司 61200

专利代理师 姚咏华

(51) Int. Cl.

E04G 23/02 (2006.01)

C04B 28/00 (2006.01)

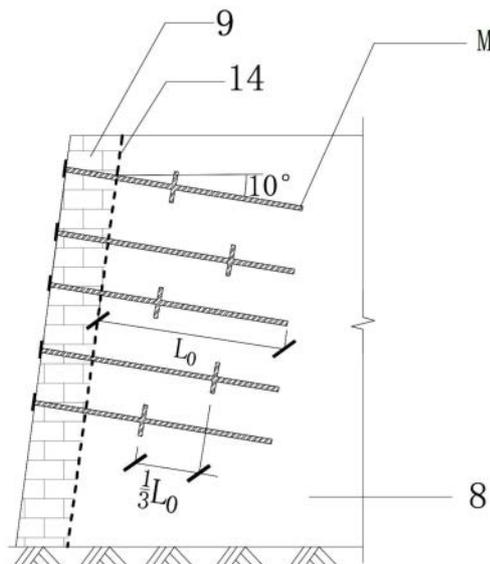
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构

(57) 摘要

本发明公开了一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,包括EBTP锚杆和包砖墙体;钢筋贯穿于楠竹管材中,钢筋长度大于楠竹管材长度,钢筋贯穿于楠竹管材段伸入至城土的夯土内锚固段,钢筋伸出楠竹管材段伸入至包砖内锚固段,钢筋贯穿出包砖墙体外端面通过螺栓和锚板固定;扩体锚节设在楠竹管材内的钢筋中段,且位于包砖墙体承压段和受拉段之间。通过多种传力模式的转化实现临界锚固长度的成倍增加和极限抗拔承载力的大幅提升,该结构能够满足包砖城墙、夯土城墙等大型夯土遗址结构的锚固需求。



1. 一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,包括EBTP锚杆和包砖墙体;所述EBTP锚杆包括钢筋、锚板、楠竹管材和扩体锚节,所述钢筋贯穿于楠竹管材中,且钢筋长度大于楠竹管材长度,钢筋贯穿于楠竹管材段伸入至城墙的夯土内锚固段,钢筋延伸出楠竹管材段伸入至包砖内锚固段,钢筋贯穿出包砖墙体外端面通过螺栓和锚板固定;所述扩体锚节设在楠竹管材内的钢筋中段,扩体锚节位于包砖墙体承压段和受拉段之间;

所述包砖内锚固段为从包砖墙体外立面孔口处至包砖墙体与夯土体交界面,包砖墙体和夯土体内分别采用水泥砂浆和改性泥浆锚固剂分区注浆;EBTP锚杆的钢筋自锚板至延伸出楠竹管材钢筋段与包砖采用水泥砂浆粘接;

所述水泥砂浆由水泥、中砂按照质量比为15:85用水拌合,水灰比为0.29。

2. 根据权利要求1所述的一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,所述夯土内锚固段为从包砖墙体与夯土体的分界面到锚孔底端,贯穿有钢筋的楠竹管材段的楠竹外表面与夯土体采用改性泥浆粘接;

所述改性泥浆由遗址散落土、水泥、粉煤灰、糯米浆用5%的硅溶胶进行拌合,各组分质量比为60:20:10:10,水灰比为0.31。

3. 根据权利要求1所述的一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,所述受拉段楠竹管材中灌注环氧树脂胶粘接插入的钢筋;所述承压段楠竹管材中不灌注环氧树脂胶。

4. 根据权利要求1所述的一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,所述扩体锚节包括承载板和三角形支撑体,所述承载板沿钢筋径向垂直焊接,所述三角形支撑体沿钢筋轴向分别与承载板和钢筋固定连接;承载板上设有若干个圆形注浆孔。

5. 根据权利要求1所述的一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,所述楠竹管材中段开设有贯穿三角形支撑体的纵向滑动槽。

6. 根据权利要求1所述的一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,所述EBTP锚杆沿包砖墙体外立面均匀布设,或随墙高由下至上依次逐渐加密布设。

7. 根据权利要求1所述的一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,所述EBTP锚杆沿包砖墙体外立面按照梅花形布设,相邻各行与各排EBTP锚杆间相互错开锚杆之间 $1/3\sim 1/2$ 的间距。

8. 根据权利要求1所述的一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,所述EBTP锚杆穿入包砖墙体内与水平面呈 $10\sim 30^\circ$ 夹角,并斜向下插入。

9. 根据权利要求1所述的一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,其特征在于,相邻所述EBTP锚杆间扩体锚节交错设置在夯土体内不同深度处,且轴向间距为 $1/2\sim 1/5$ 夯土内锚固段长度。

一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构

技术领域

[0001] 本发明属于夯土建筑遗址加固保护技术领域,特别涉及一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,用于增强包砖城墙等大型夯土遗址结构的稳定性和抗震能力。

背景技术

[0002] 包砖城墙作为我国规模宏伟、存量巨大且分布广泛的典型历史建筑遗迹,凝聚着古人高超的建筑理念和精湛的筑造技艺,是我国璀璨历史文明和文化根脉之影映,具有极高的科学意义和社会价值。包砖城墙主要由内部夯土和外部包砖组成,由于其在古代多用于军事防御功能,所以通常体型高大,而其内部夯土与外部包砖材料的延性较差,且两类材料强度差异较大,砌筑时间也不尽相同,二者变形难以协调,加之在建造时未经过抗震构造设计,导致结构在地震等外力作用下极易发生滑移、坍塌等破坏,造成遗址文物本身及其承载的历史文化信息的永久丧失。针对此问题,文物保护工作者依据“安全第一、最小干预、不改变原貌”的加固原则,主要采用“锚固”技术来隐蔽地增强其稳定性,即在遗址表面钻孔并植入锚杆,并在孔内注入锚固浆体将锚杆与遗址本体粘接,从而起到拉结危险体与稳定体的作用,避免遗址的失稳破坏。

[0003] 夯土建筑遗址兼具建筑与文物双重属性,传统岩土边坡锚固工程中常用的金属锚杆(如:钢筋等)并不适用于夯土遗址锚固,具体体现在:1、金属锚杆易与水分发生反应造成锈蚀损伤,因此耐久性较差,其使用年限与遗址文物相比极为短暂;2、金属锚杆与夯土材料强度差异较大,二者变形难以协调,无法充分发挥金属锚杆抗拉性能;3、与金属锚杆配合使用的水泥砂浆与遗址夯土材料易发生化学反应,二者相容性较差;4、为保护文物,预应力技术被严格限制使用。

[0004] 鉴于此,文保工作者在对夯土建筑中木质材料性能调查的基础上,通过长期探索实践,最终达成了以竹木杆材与非预应力锚固技术相结合的方法来增强夯土遗址地震稳定性的共识,研发了“楠竹锚杆”、“腊木锚杆”等以天然材料为基材的夯土遗址锚杆,然而大量实践经验表明,天然竹木材料制成的锚杆虽能有效解决杆体与遗址的相容问题和耐久问题,但仍存在以下缺点:

[0005] (1) 普通竹木杆材抗拉强度较低,且配合使用的锚固浆体抗剪强度一般仅略高于夯土体,锚固界面粘结性能较差,因此难以提供较高的锚固力,无法满足大型城墙类遗址锚固需求。

[0006] (2) 当前采用的遗址锚固形式主要为全长粘结受拉型,此类锚固系统界面的应力分布极不均匀,高应力区主要集中于孔口附近,不同锚固深度处的界面粘结强度未能充分发挥,造成有效锚固长度较短,锚固效率低下。

[0007] (3) 普通竹木锚杆结构简单,难以依据不同锚固材料的性能选择合适的锚固剂,进而最大化发挥不同锚固段的粘结强度,因此对包砖城墙这类含包砖、夯土等不同材料的遗址并不完全适用。

[0008] 综上所述,传统岩土边坡锚固常用的金属锚杆与当前夯土遗址锚固中普遍采用的

竹木锚杆均不能很好满足包砖城墙遗址的锚固需求。

发明内容

[0009] 为解决现有技术中存在的上述缺陷,本发明的目的在于提供一种适用于城墙等大型夯土遗址(尤其是包砖城墙遗址)的扩体型竹筋拉压复合锚杆(下简称:EBTP锚杆)的包砖城墙遗址锚固结构,解决现有金属锚杆耐久性和相容性差,而天然竹木锚杆抗拔承载力低、锚固界面应力集中、易造成遗址锚固力不足或局部过早损伤破坏等问题。通过多种传力模式的转化实现临界锚固长度的成倍增加和极限抗拔承载力的大幅提升,通过分区注浆技术使得不同材料的性能优势得以充分发挥。

[0010] 本发明是通过下述技术方案来实现的。

[0011] 一种基于EBTP锚杆的包砖城墙遗址锚固结构,包括EBTP锚杆和包砖墙体;所述EBTP锚杆包括钢筋、锚板、楠竹管材和扩体锚节,所述钢筋贯穿于楠竹管材中,且钢筋长度大于楠竹管材长度,钢筋贯穿于楠竹管材段伸入至城墙的夯土内锚固段,钢筋延伸出楠竹管材段伸入至包砖内锚固段,钢筋贯穿出包砖墙体外端面通过螺栓和锚板固定;所述扩体锚节设在楠竹管材内的钢筋中段,扩体锚节位于包砖墙体承压段和受拉段之间。

[0012] 对于上述技术方案,本发明还有进一步优选的方案:

[0013] 进一步,所述包砖内锚固段为从包砖墙体外立面孔口处至包砖墙体与夯土体交界面,EBTP锚杆的钢筋自锚板至延伸出楠竹管材钢筋段与包砖采用水泥砂浆粘接。

[0014] 所述水泥砂浆由水泥、中砂按照质量比为15:85用水拌合,水灰比为0.29。

[0015] 进一步,所述夯土内锚固段为从包砖墙体与夯土体的分界面到锚孔底端,贯穿有钢筋的楠竹管材段的楠竹外表面与夯土体采用改性泥浆粘接。

[0016] 所述改性泥浆由遗址散落土、水泥、粉煤灰、糯米浆用5%的硅溶胶进行拌合,各组分质量比为60:20:10:10,水灰比为0.31。

[0017] 进一步,所述受拉段楠竹管材中灌注环氧树脂胶粘接插入的钢筋;所述承压段楠竹管材中不灌注环氧树脂胶。

[0018] 进一步,所述扩体锚节包括承载板和三角形支撑体,所述承载板沿钢筋径向垂直焊接,所述三角形支撑体沿钢筋轴向分别与承载板和钢筋固定连接;所述承载板上设有若干个圆形注浆孔。

[0019] 进一步,所述楠竹管材中段开设有贯穿三角形支撑体的纵向滑动槽。

[0020] 进一步,所述EBTP锚杆沿包砖墙体外立面均匀布设,或随墙高由下至上依次逐渐加密布设。

[0021] 进一步,所述EBTP锚杆沿包砖墙体外立面按照梅花形布设,相邻各行与各排EBTP锚杆间相互错开锚杆之间 $1/3 \sim 1/2$ 的间距。

[0022] 进一步,所述EBTP锚杆穿入包砖墙体内与水平面呈 $10 \sim 30^\circ$ 夹角,并斜向下插入。

[0023] 进一步,所述相邻EBTP锚杆间扩体锚节交错设置在夯土体内不同深度处,且轴向间距为 $1/2 \sim 1/5$ 夯土内锚固段长度。

[0024] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下有益效果:

[0025] 本发明将通过在传统楠竹锚杆基础上增设钢筋和扩体锚节,形成一种具有多圈层、多锚固段结构特征的扩体型竹筋拉压复合锚杆(EBTP锚杆),该锚杆既能保证锚固系统

较高的抗拔承载能力和锚固界面较低的峰值应力水平,又能解决金属筋体的低耐久性及其与土体的相容问题。

[0026] 本方案可解决的主要技术问题包括:

[0027] (1) 本发明夯土内锚固段分为浅部承压段和深部受拉段,能够成倍增加临界锚固长度,充分发挥不同锚固深度处锚固界面的抗剪能力,大幅提升锚杆抗拔承载力,解决竹木锚杆强度低,抗拔承载力有限的问题。

[0028] (2) 本发明的扩体锚节能够在有效提升机械咬合力、降低界面滑移量的同时,通过对锚周土体的扰动挤密来提高相邻锚杆局部界面粘结强度,弥补因群锚效应造成的锚固效率损失,进一步提升锚固系统性能。

[0029] (3) 采用分区注浆(包砖内和夯土内)技术和多圈层结构(钢筋/楠竹)构造,既能依据材料特性选配合适锚固浆体优化其内锚固段性能,又能保证锚杆与遗址的变形协调和耐久相容。

[0030] 由于EBTP锚杆采用了上述结构特点,结合其工作原理可知,本发明具有以下优点:

[0031] 1) 夯土内承压段改性泥浆与夯土体界面的剪切作用、受拉段楠竹外表面与改性泥浆界面的剪切作用将共同抵抗由包砖墙体位移引起的锚杆轴向荷载,因此夯土内锚固段临界锚固长度为承压段临界锚固长度和受拉段临界锚固长度之和,相比传统拉力型或压力型锚固系统的临界锚固长度将成倍提高,充分调动了不同锚固深度处界面粘结强度,使得界面剪应力分布更为均匀,抗拔承载力更高;

[0032] 2) 扩体锚节的嵌固作用将增大机械咬合力,降低锚杆相对夯土体的滑移量,进而限制包砖墙体与夯土体的相对位移,使二者牢固拉结;

[0033] 3) 扩体锚节位移引起的土颗粒运移挤密,使得其相邻锚杆承受的锚周土压力有所增加,锚固界面粘结强度和锚杆极限抗拔承载力有所提高,各相邻锚杆间呈现协同增强作用机制,进一步提升了锚固系统性能;

[0034] 4) 包砖墙体内和夯土体内分别采用水泥砂浆和改性泥浆锚固剂分区注浆,能够充分发挥不同强度材料的性能优势;

[0035] 5) 钢筋与夯土体间的应力传递通过楠竹管材进行过度,既能够通过楠竹阻断夯土内水分与钢筋发生反应造成锈蚀损伤,解决钢筋耐久性差的问题,又能将钢筋应力通过楠竹和锚固剂逐渐传递至夯土体内,避免各材料间因强度差异过大导致的变形难以协调等问题,使得应力能够在遗址土体内均匀耗散,进而保证遗址本体安全。

[0036] 综上,相比天然竹木锚杆和金属锚杆而言,EBTP锚杆在包砖城墙遗址加固保护中具有显著的受力性能优势。该结构能够满足包砖城墙、夯土城墙等大型夯土遗址结构的锚固需求。

附图说明

[0037] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,并不构成对本发明的不当限定,在附图中:

[0038] 图1是本发明中EBTP锚杆的结构示意图;

[0039] 图2是本发明中EBTP锚杆锚节处的A-A剖视图;

[0040] 图3是EBTP锚杆在包砖城墙中安装后的剖面图;

- [0041] 图4是扩体锚节与钢筋的连接图；
- [0042] 图5是楠竹管壁开槽示意图；
- [0043] 图6是两边支撑型承载板与支撑体连接示意图；
- [0044] 图7是四边支撑型承载板与支撑体连接示意图；
- [0045] 图8是两边支撑型承载板与支撑体连接平面图；
- [0046] 图9是四边支撑型承载板与支撑体连接平面图；
- [0047] 图10是EBTP锚杆在城墙外立面的布置图；
- [0048] 图11是城墙中各EBTP锚杆的锚节相对位置示意图。
- [0049] 图中:M.EBTP锚杆,1.钢筋,2.楠竹管材,3.承载板,3-1.注浆孔,3-2.钢筋插孔,4.三角形支撑体,4-1.焊缝,5.环氧树脂胶,6.改性泥浆,7.水泥砂浆,8.城墙夯土,9.包砖墙体,10.空腔,11.竹节,12.锚板,13.螺栓,14.包砖墙体与夯土体交界面,15.纵向滑动槽,16.包砖内锚固段,17.夯土内锚固段,18.承压段,19.受拉段,20.包砖城墙外立面。

具体实施方式

[0050] 下面将结合附图以及具体实施例来详细说明本发明,在此本发明的示意性实施例以及说明用来解释本发明,但并不作为对本发明的限定。

[0051] 如图1、图2所示,EBTP锚杆M主要由钢筋1、楠竹管材2、环氧树脂胶5、锚板12、螺栓13和扩体锚节组成,扩体锚节包含承载板3和三角形支撑体4两部分。其中:扩体锚节的承载板3垂直于钢筋1的轴向,二者通过连接于钢筋1的三角形支撑体4的两个直角边焊接固定。如图2和图4所示,承载板3与三角形支撑体4通过焊缝4-1相互垂直固定,其中,三角形支撑体4的两个直角边一条与钢筋1表面焊接,另一条与承载板3表面焊接,承载板3上设置有一对对称分布的注浆孔3-1,用于插入注浆管为锚节后部楠竹与夯土间空隙注入改性泥浆。图2横截面从圆心往外依次为钢筋1、环氧树脂胶5、楠竹管材2、承载板3。

[0052] 如图1、图2和图3所示,包砖城墙遗址锚固结构,钢筋1对中插入打通竹节11的楠竹管材2中,其中,钢筋1长度大于楠竹管材2长度,钢筋1贯穿于楠竹管材2段并伸入至包砖墙体。

[0053] 根据此锚杆的传力模式和受力特征,可将其全长分为2个锚固段:1)从包砖墙体外立面孔口处至包砖墙体与夯土体交界面,为包砖墙体内锚固段;2)从包砖墙体与夯土体的分界面到锚孔底端,为夯土体内锚固段。其中,夯土体内锚固段包括两种传力模式,1)从包砖墙体与夯土体交界面14到扩体锚节处为承压锚固段,2)从扩体锚节到锚孔底端为受拉锚固段。

[0054] 钢筋1贯穿于楠竹管材2段伸入至城墙的夯土内锚固段17,钢筋1延伸出楠竹管材段伸入至包砖内锚固段16,包砖内锚固段16为从包砖墙体外立面孔口处至包砖墙体与夯土体交界面,EBTP锚杆的钢筋1自锚板12至延伸出楠竹管材钢筋段与包砖采用水泥砂浆7粘接。夯土内锚固段17为从包砖墙体9与夯土体的分界面到锚孔底端,贯穿有钢筋的楠竹管材段的楠竹外表面与夯土体采用改性泥浆6粘接。钢筋贯穿出包砖墙体9外端面通过螺栓13和锚板12固定;扩体锚节设在楠竹管材2内的钢筋中段,扩体锚节位于包砖墙体承压段18和受拉段19之间。包砖内锚固段16中的钢筋1无楠竹管材2包裹,而在夯土内锚固段17中,前部承压段18的钢筋1与楠竹管材2中间为无粘结的空腔10,后部受拉段19的钢筋1与楠竹管材2通

过环氧树脂胶5全长粘接,承压段18和受拉段19交界处设置扩体锚节。

[0055] 如图3所示,EBTP锚杆M在包砖城墙内的连接关系为:包砖内锚固段16中的钢筋1与城墙包砖9通过水泥砂浆7粘接,夯土内锚固段17中的楠竹管材2与城墙夯土8通过改性泥浆6粘接,当EBTP锚杆M安装完成后,在城墙外表面安装锚板12封护,并用螺栓13将钢筋1与锚板12固定。

[0056] 如图1和图5所示,楠竹管材2内部竹节11除最后一节外全部打通,以便在楠竹内部对中插入钢筋并灌注环氧树脂胶粘接;三角形支撑体4前部楠竹管材2表面上下部各开设一个纵向滑动槽15,保证承载体受拉移动时承压段18内楠竹管材2位置不变。

[0057] 如图6和图8所示,扩体锚节的承载板3沿钢筋1径向垂直焊接,三角形支撑体4沿钢筋1轴向分别与承载板3和钢筋1固定连接;承载板3上设有若干个圆形注浆孔3-1。三角形支撑体4长度与高度比约为1:1,且高度略小于承载板3半径,用以增强承载板抗位移和抗变形能力。在一个实施例中,采用两边支撑型承载板3与三角形支撑体4垂直焊接,通过焊缝4-1固定,承载板3中间开设钢筋插孔3-2,三角形支撑体4两侧的承载板3上各对称设置一个注浆孔3-1。

[0058] 如图7和图9所示,在另一个实施例中,采用四边支撑型承载板3与三角形支撑体4垂直焊接,通过焊缝4-1固定,承载板3中间开设钢筋插孔3-2,承载板3上被三角形支撑体4分隔的四个象限内各设置一个注浆孔3-1。

[0059] 如图10所示,EBTP锚杆M在包砖城墙外立面20梅花形布设,EBTP锚杆各排布设位置相互错开,各排纵向间距为承载板直径D的10倍,即10D,锚杆相邻纵列水平间距为承载板直径D的5倍,即5D。

[0060] 如图11所示,EBTP锚杆M在包砖城墙内安装时需穿过包砖墙体9,且承载板3位于城墙夯土8的内部较深处,若城墙夯土内锚固段17长度为 L_0 ,则相邻两根EBTP锚杆M的承载板3需沿锚杆轴向错开 $1/3L_0$ 长度;EBTP锚杆M在包砖城墙内安装时与水平面呈 10° 夹角斜向下插入。

[0061] 扩体锚节位置可根据其在遗址包砖墙体安装部位不同动态调整,相邻EBTP锚杆间扩体锚节宜交错设置在夯土体内不同深度处,且轴向间距为 $1/2 \sim 1/5$ 夯土内锚固段长度。

[0062] 进一步的,钢筋1直径应略小于楠竹管材2内壁直径,宜采用 $\Phi 18 - \Phi 28$ 的螺纹钢,亦可用钢绞线代替。

[0063] 楠竹管材2宜采用通体笔直且无明显损伤的天然楠竹制成,楠竹内部除最后一节外的所有竹节11采用钻孔或劈裂掏空方式打通,采用劈裂方式打通竹节后应通过粘贴缠绕碳纤维布或绑扎钢丝等方法将其恢复原始圆形截面状。

[0064] 环氧树脂胶5宜采用建筑用高强度耐候胶,抗拉强度不低于65MPa,且不得发生脆性破坏。环氧树脂胶5应具有优良的粘接强度和耐候性,其正常使用年限不应小于城墙遗址基准修缮期。

[0065] 锚板12平面形态可为圆形或方形,其直径或边长为承载板3直径的3-6倍,安装完成后将锚板与螺母做旧掩盖,保证其外貌与原有墙体的一致性。

[0066] 改性泥浆6可由遗址散落土、水泥、粉煤灰、糯米浆用5%的硅溶胶进行拌合,各组分质量比为60:20:10:10,水灰比为0.31,亦可根据遗址夯土体强度进行调整。其强度宜略高于夯土抗剪强度,以保证各锚固材料间强度差异处于较小范围,使锚固系统变形和应力

传递更为合理。

[0067] 水泥砂浆7可由水泥、中砂按照质量比为15:85用水拌合,水灰比为0.29,亦可通过提高水泥用量和调整水灰比来提高砂浆强度与和易性,但砂浆固化后强度不应低于M7.5标准。其强度宜略高于包砖墙体的砖块抗剪强度,以保证包砖墙体内锚固界面较高的粘结强度和较小的滑移相对量。

[0068] 钢筋1应插入楠竹管材2直至最后一个竹节11,未被楠竹管材2包裹部分钢筋1的长度与包砖墙体9的厚度相同,且还应留出5-15cm与锚板12和螺栓13连接固定。

[0069] 楠竹管材2的纵向滑动槽长度为50-100mm,宽度略大于支撑体厚度。

[0070] 承载板3与支撑体4的连接方式可为两边支撑型或四边支撑型等,承载板3与支撑体4按其平面相互垂直的关系进行连接,相邻两个支撑体4之间各设置一个注浆孔,其直径大于注浆管直径,且小于承载板3的外径至楠竹管材2外径之间距离的1/2。

[0071] EBTP锚杆M在城墙外立面20的布设方式为梅花形布设,相邻各行与各排锚杆间相互错开1/3~1/2间距;根据城墙遗址现存形态,可沿墙面均匀布设,也可沿墙高的增大逐渐加密布设,在墙体底部1/4H范围内可不设锚杆。EBTP锚杆布设间距宜为8~16倍的扩体锚节直径,保证扩体锚节对土体的扰动挤密影响范围能够覆盖到其相邻锚杆,提高相邻锚杆周围土压力和受拉段界面粘结强度,从而提升锚杆极限抗拔承载能力。

[0072] EBTP锚杆M在城墙内安装时承载板3应位于夯土内锚固段17的后 $2/3L_0$ 长度内,相邻锚杆的承载板位置应沿锚杆轴向相互错开1/2~1/5 L_0 间距,且较深位置的承载板3在锚杆法向的投影需位于其相邻锚杆的受拉段19范围内。

[0073] 本发明的工作原理如下:

[0074] 当夯土城墙遗址遭遇水平地震等外部荷载作用时,由于包砖墙体与夯土的材性差异较大,且二者间并无可靠连接措施,造成包砖墙体产生相对于内部夯土的相对位移。由于包砖墙体内锚固段钢筋、水泥砂浆、砖块材料强度及界面的粘结强度均较高,其锚固界面相对滑移量远小于夯土内锚固段,因此可将其看作共同变形的整体。此时夯土体内锚杆将承受由包砖墙体位移引起的轴向荷载,由于承压段内钢筋与楠竹无粘结,荷载将由钢筋直接传递至扩体锚节,扩体锚节随之受拉并发生向孔口方向的位移,在扩体锚节承压段一侧的改性泥浆将承受压力,且改性泥浆与夯土体界面将承受剪应力,并自锚节逐渐向孔口传递,此段受力模式类似于传统压力型锚杆;由于扩体锚节的前移使得其后部受拉段锚杆同样产生向孔口的位移趋势,但由于受拉段内钢筋与楠竹内表面通过环氧树脂胶粘接,其强度远远高于楠竹外表面与夯土界面粘结强度,因此该段剪切滑移将主要发生在楠竹外表面与夯土界面,界面剪应力自锚节逐渐向底端传递,其受力模式类似于全长粘结拉力型锚固系统。

[0075] 除此之外,扩体锚节位移引起的剪胀效应将对锚周土体一定范围内造成扰动,引起土颗粒的运移挤密,增强相邻锚杆的锚周土压力,使得相邻锚杆锚固界面的粘结强度随之提高,各锚杆将协同作用共同抵抗包砖墙体的相对位移变形,进一步提升锚固效果。

[0076] 本发明并不局限于上述实施例,在本发明公开的技术方案的基础上,本领域的技术人员根据所公开的技术内容,不需要创造性的劳动就可以对其中的一些技术特征做出一些替换和变形,这些替换和变形均在本发明的保护范围内。

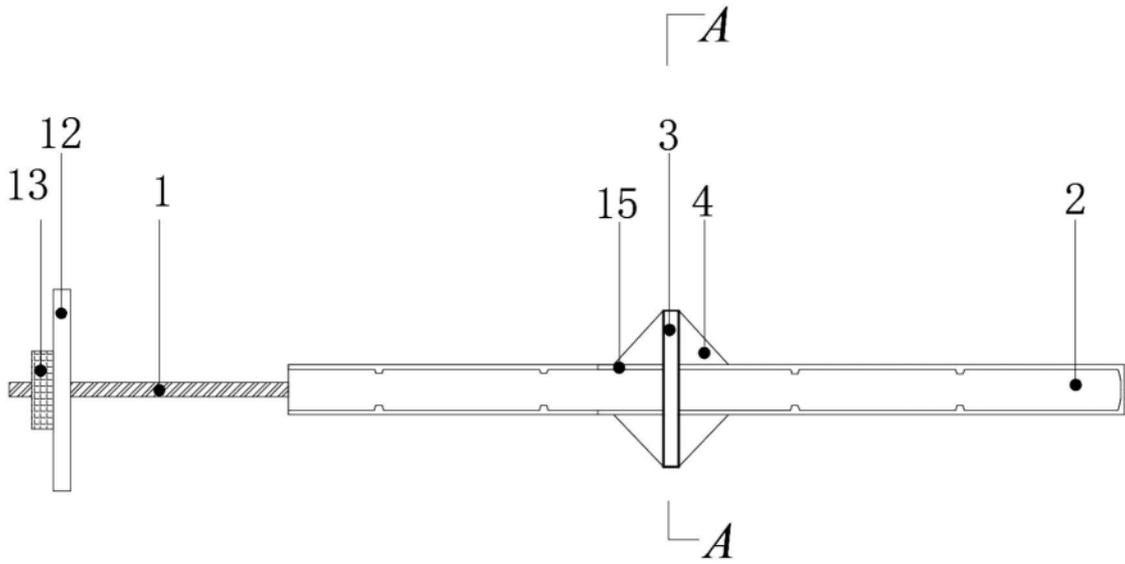


图1

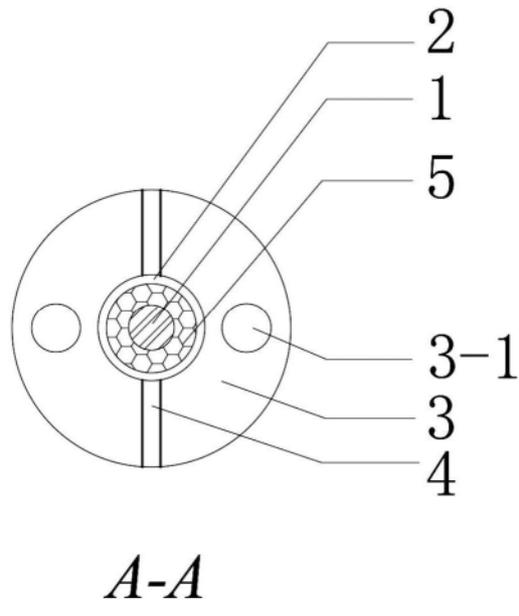


图2

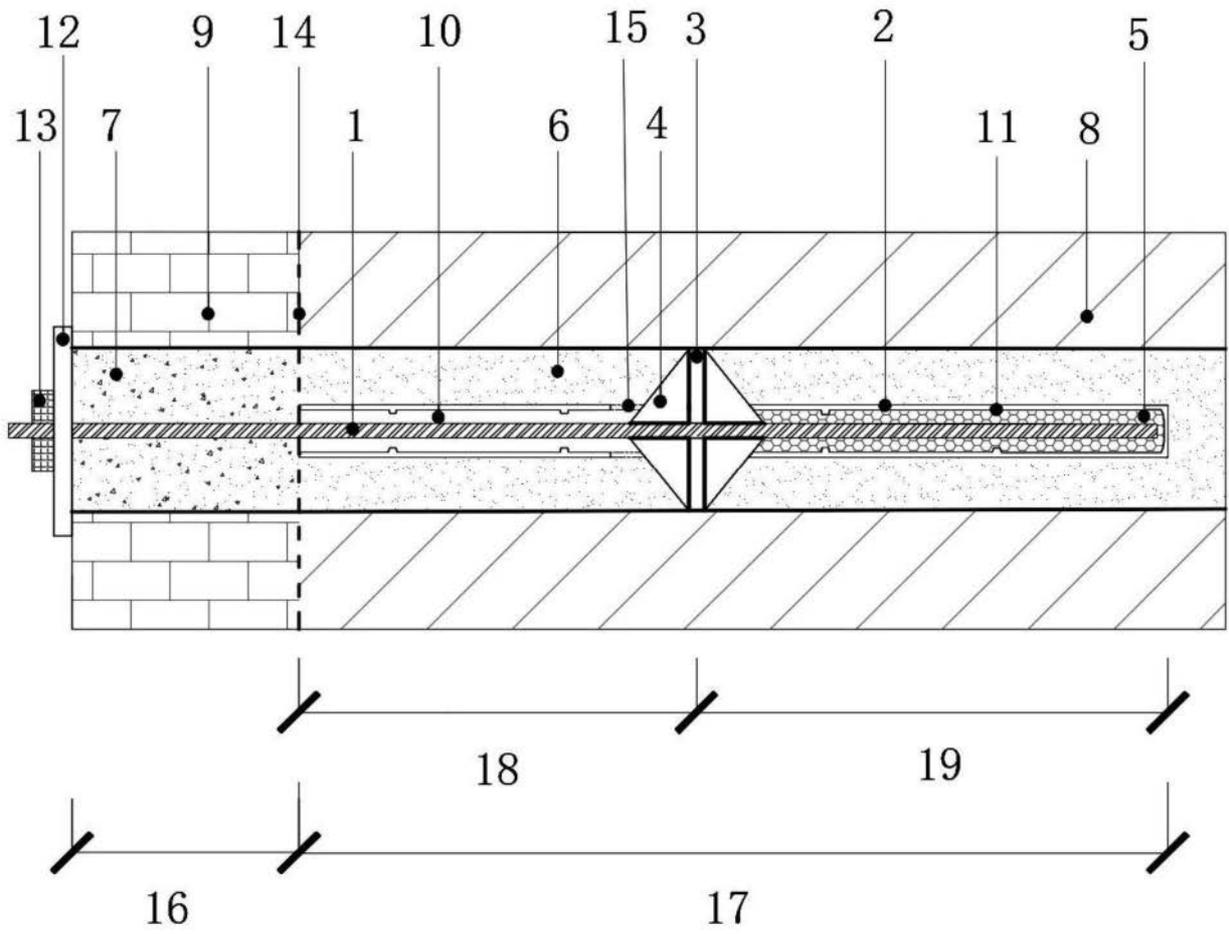


图3

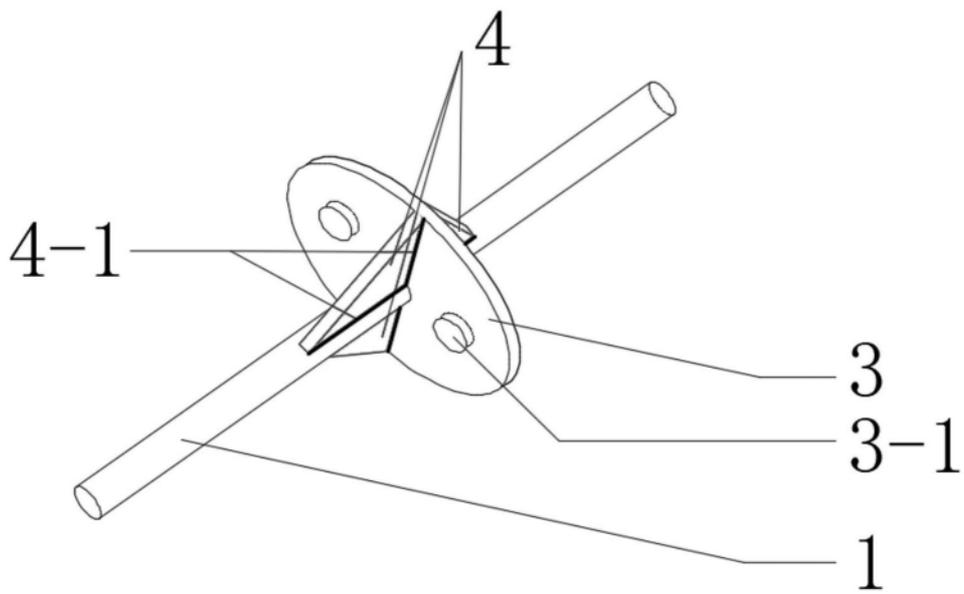


图4

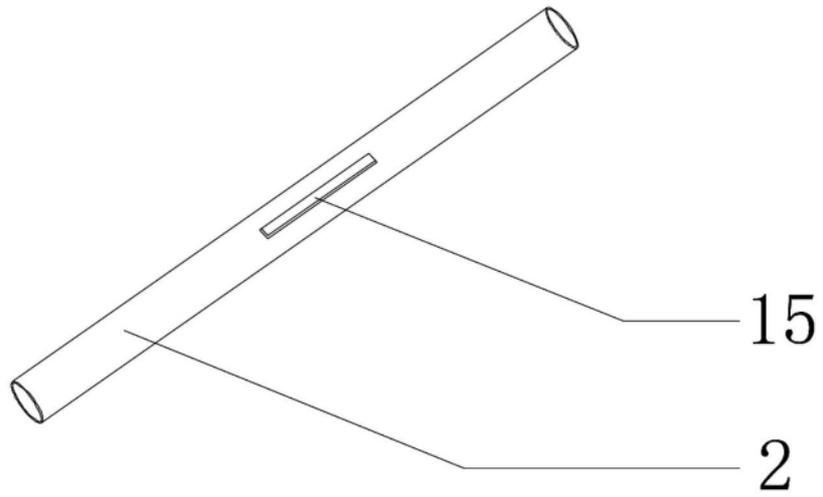


图5

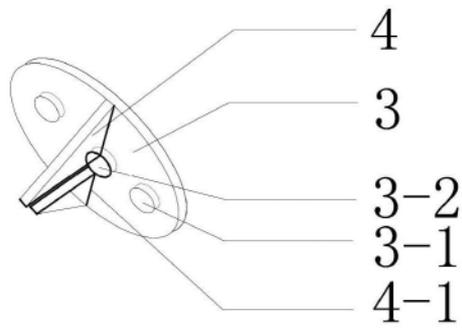


图6

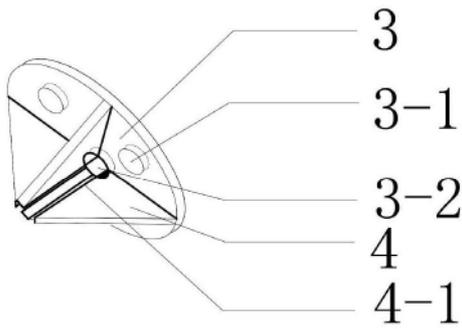


图7

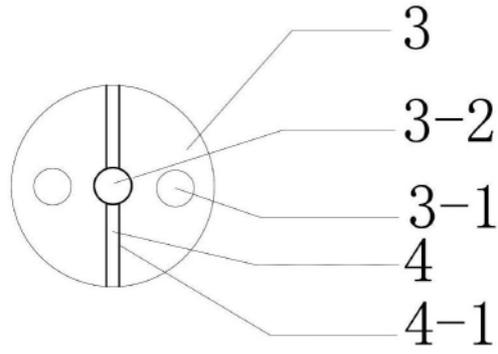


图8

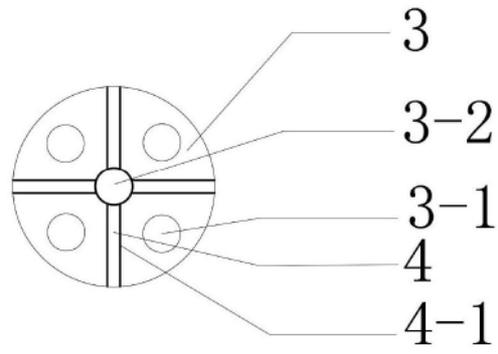


图9

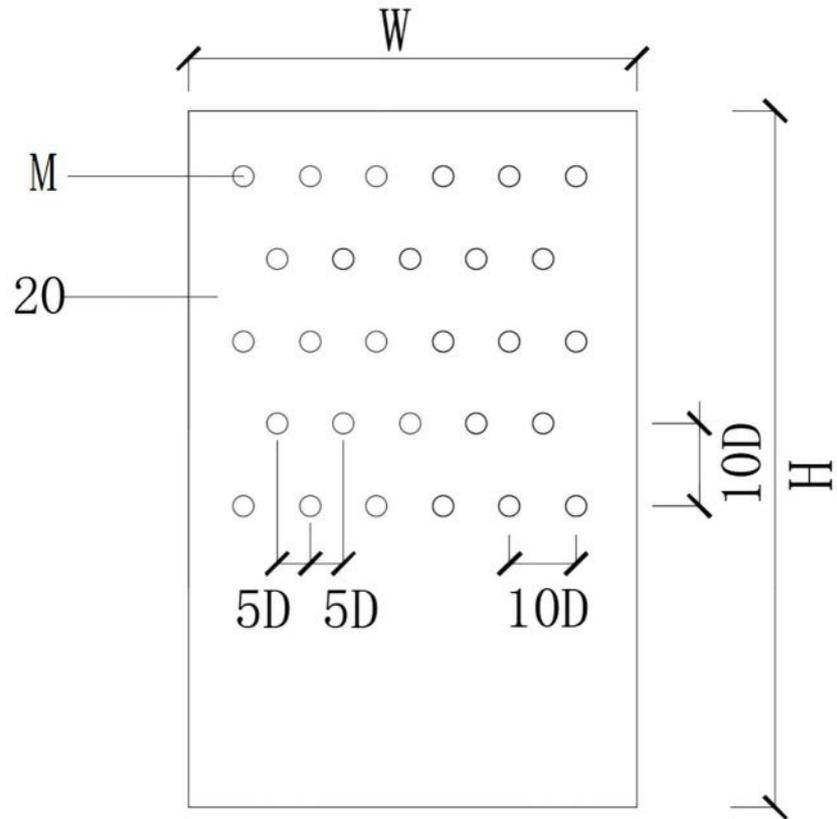


图10

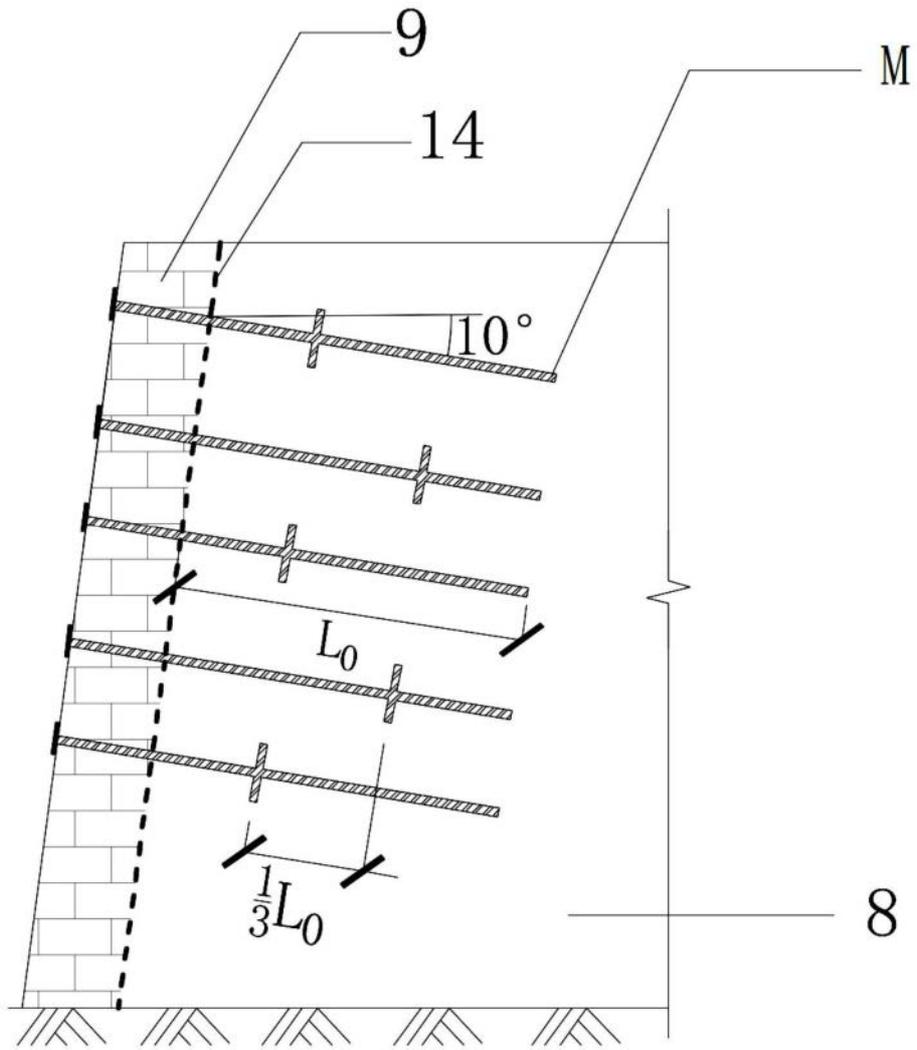


图11