



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108914779 B

(45)授权公告日 2019.10.25

(21)申请号 201810865809.9

(22)申请日 2018.08.01

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108914779 A

(43)申请公布日 2018.11.30

(73)专利权人 武汉理工大学
地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122号

(72)发明人 刘沐宇 张强 高宗余 卢志芳
程森 赵佳迅

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102
代理人 唐万荣

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

(56)对比文件

CN 104929279 A,2015.09.23,
CN 103899044 A,2014.07.02,
CN 204225283 U,2015.03.25,
CN 103352582 A,2013.10.16,
JP 2016130388 A,2016.07.21,

刘沐宇等.预留灌浆孔连接的预制墩台力学
性能数值分析.《武汉理工大学学报》.2017,

审查员 邓旭

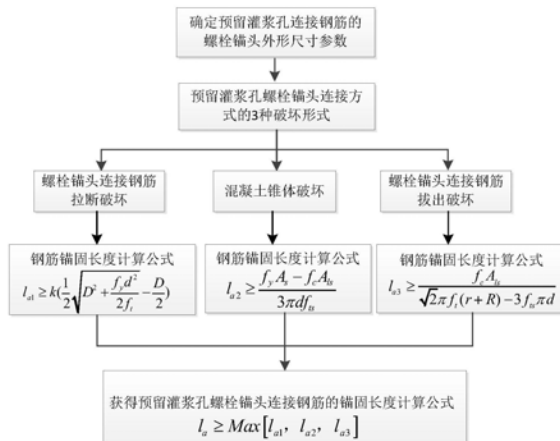
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度
确定方法

(57)摘要

本发明涉及一种预留灌浆孔螺栓锚头连接
钢筋的锚固长度确定方法。其特征在于包括如下
步骤:1)确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头外
形尺寸参数;2)根据预留灌浆孔螺栓锚头连接方
式的三种破坏形式,即螺栓锚头连接钢筋拉断破
坏、混凝土锥体破坏以及螺栓锚头连接钢筋拔出
破坏,获得螺栓锚头连接钢筋锚固长度计算公
式,确定预留灌浆孔不同直径连接钢筋的锚固长
度。本发明解决了预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋
锚固长度设计计算难题,为预制拼装桥梁的预留
灌浆孔连接方式的应用提供技术支撑。



1. 预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法,其特征在于包括如下步骤:1) 确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头外形尺寸参数;2) 根据预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的三种破坏形式,即螺栓锚头连接钢筋拉断破坏、混凝土锥体破坏以及螺栓锚头连接钢筋拔出破坏,获得螺栓锚头连接钢筋锚固长度计算公式,确定连接钢筋的锚固长度;

具体步骤为:

1) 确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头(3)的外形尺寸参数,螺栓锚头的外形尺寸确定标准为:

①根据螺母设计原则,防止拉脱破坏的产生,螺栓锚头的高度E,应不小于连接钢筋直径d;

②根据螺栓锚头承压面积要求,螺栓锚头的坡脚取值为 45° ,螺栓锚头外径D取值为2~3倍的连接钢筋直径d;

③螺栓锚头的顶面钢筋旋入孔孔径为钢筋的公称直径,顶面环状平台宽2mm;

④螺栓锚头底部为圆柱形或六边形或八边形;

上述螺栓锚头材质选用Q345钢材,并根据《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)对其进行抗剪强度验算,满足要求;

2) 预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的破坏形式主要分为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏、混凝土锥体破坏以及螺栓锚头连接钢筋拔出破坏这三种破坏形式;

a. 螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且混凝土产生锥体破坏,混凝土拉应力达到极限拉应力,平衡方程为:

$$N_u = p_t S_{\text{圆台侧}} \geq f_y A_s$$

$$S_{\text{圆台侧}} = \pi (r+R) l$$

$$r = D/2$$

$$R = l_{a1} + D/2$$

$$l = \sqrt{2} l_{a1}$$

$$p_t = f_t / \cos 45^\circ$$

联立以上各式,解得

$$l_{a1} \geq \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + \frac{f_y d^2}{2f_t}} - \frac{D}{2}$$

取

$$l_{a1} \geq k \left(\frac{1}{2} \sqrt{D^2 + \frac{f_y d^2}{2f_t}} - \frac{D}{2} \right) \quad (1)$$

式中, N_u 为混凝土产生锥体破坏的承载力, P_t 为混凝土水平方向受到的均布力, $S_{\text{圆台侧}}$ 为混凝土锥体破裂面表面积, l_{a1} 为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏且混凝土产生锥体破坏连接钢筋的锚固长度,d为连接钢筋直径,D为螺栓锚头外径,r为破裂面顶面半径,R为破裂面底面半径,l为圆台侧面母线长, f_y 为连接钢筋的抗拉强度设计值, A_s 为连接钢筋截面积, f_t 为混凝土抗拉强度设计值,k为锚固长度修正系数,k取值为1.5;

b. 螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且连接钢筋拔出破坏,连接钢筋直锚段与灌浆料之间

的极限粘结强度为 τ_u ,取值参照《混凝土结构设计规范》中表C.3.1,灌浆材料达到其抗压强度 f_c ,平衡方程为:

$$\begin{aligned} F &= \tau_u \pi d l_a + f_c A_{1s} \geq f_y A_s \\ \tau_u &= 3 f_{ts} \\ l_{a2} &\geq \frac{f_y A_s - f_c A_{1s}}{3 \pi d f_{ts}} \end{aligned} \quad (2)$$

式中, F 为连接钢筋拔出破坏时承载力, f_y 为连接钢筋的抗拉强度设计值, A_s 为连接钢筋截面积, l_{a2} 为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且连接钢筋拔出破坏连接钢筋的锚固长度, f_c 为灌浆材料抗压强度, A_{1s} 为螺栓锚头承压面积, f_{ts} 为灌浆材料抗拉强度;

c. 连接钢筋拔出破坏,且混凝土产生锥体破坏,平衡方程为:

$$\begin{aligned} P_t \pi (r+R) l_{a3} &\geq \tau_u \pi d l_a + f_c A_{1s} \\ l_{a3} &\geq \frac{f_c A_{1s}}{\sqrt{2} \pi f_t (r+R) - 3 f_{ts} \pi d} \end{aligned} \quad (3)$$

式中, P_t 为混凝土水平方向受到的均布力, r 为破裂面顶面半径, R 为破裂面底面半径, l_{a3} 为连接钢筋拔出破坏,且混凝土产生锥体破坏连接钢筋的锚固长度;

d. 式(1)、(2)、(3)不同破坏形式临界状态下连接钢筋的锚固长度计算公式,对比其大小,确定预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度为:

$$l_a \geq \text{Max}[l_{a1}, l_{a2}, l_{a3}] \quad (4)$$

式中, l_a 为预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度。

2. 根据权利要求1所述的预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法,其特征在于步骤1)中螺栓锚头的外形尺寸参数表为如下四种之一,单位:mm:

1) 连接钢筋直径 d 为25,螺栓锚头外径 D 为50,顶面内径 D_1 为25,承压面厚度 A 为8,螺栓锚头的高度 E 为25;

2) 连接钢筋直径 d 为28,螺栓锚头外径 D 为56,顶面内径 D_1 为28,承压面厚度 A 为10,螺栓锚头的高度 E 为28;

3) 连接钢筋直径 d 为32,螺栓锚头外径 D 为64,顶面内径 D_1 为32,承压面厚度 A 为12,螺栓锚头的高度 E 为32;

4) 连接钢筋直径 d 为40,螺栓锚头外径 D 为80,顶面内径 D_1 为40,承压面厚度 A 为16,螺栓锚头的高度 E 为40。

预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法

技术领域

[0001] 本发明属于交通运输业桥涵工程技术领域,具体是涉及一种预制拼装桥梁的预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋锚固长度确定方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着我国桥梁建设的蓬勃发展,桥梁建设的施工环境与效率越来越受到政府、业主、设计和施工单位的高度重视。桥梁快速预制拼装技术通过将主梁、桥面板、墩台等构件在预制工厂中制作成型,然后在现场直接进行构件之间的拼装,因其现场作业时间短、施工效率高以及对周边环境影响小等优点已经在当前桥梁施工中获得成功应用。

[0003] 预制拼装桥梁技术中,各预制构件之间的可靠连接已成为关键问题。目前,预制构件之间的连接,主要有灌浆套筒、灌浆金属波纹管以及预留灌浆孔连接方式,但灌浆套筒和灌浆金属波纹管连接存在施工精度高、钢套筒以及金属波纹管易锈蚀等问题。预留灌浆孔连接方式由预留灌浆孔、连接钢筋、螺栓锚头和高性能灌浆材料组成,连接工艺简单,施工速度快、可靠性强,见图2,但缺少预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法,因此,本发明针对预留灌浆孔连接方式,提出预留灌浆孔连接钢筋锚固长度确定方法,为预留灌浆孔连接方式的设计和应用提供技术支撑。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种预制拼装桥梁的预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法,解决预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋锚固长度设计计算难题。

[0005] 本发明所采用的技术方案是:预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法,其特征在于包括如下步骤:1)确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头外形尺寸参数;2)根据预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的三种破坏形式,即螺栓锚头连接钢筋拉断破坏、混凝土锥体破坏以及螺栓锚头连接钢筋拔出破坏,获得螺栓锚头连接钢筋锚固长度计算公式(发明了预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋锚固长度计算方法),确定连接钢筋(或称:螺栓锚头连接钢筋)的锚固长度。

[0006] 本发明中所述的预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法,其特征在于具体步骤为:

[0007] 1)确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头的外形尺寸参数,见表1;螺栓锚头的外形尺寸确定标准为:

[0008] ①根据螺母设计原则,防止拉脱破坏的产生,螺栓锚头的高度(即锚头高度,也是螺纹长度) E ,应不小于连接钢筋直径(连接钢筋2的公称直径) d ,最佳取值为连接钢筋公称直径 d ;

[0009] ②根据螺栓锚头承压面积要求,螺栓锚头的坡脚取值为 45° ,螺栓锚头外径(或称底面外径,即底面直径) D 取值为2~3倍的连接钢筋直径(钢筋公称直径、钢筋直径) d ;

[0010] ③螺栓锚头的顶面钢筋旋入孔孔径为连接钢筋直径(钢筋的公称直径),顶面环状

平台宽2mm;

[0011] ④螺栓锚头底部为圆柱形或六边形、八边形,便于装卸于连接钢筋上;

[0012] 表1螺栓锚头尺寸参数表(单位:mm)

[0013]

连接钢筋直径 d	螺栓锚头外径 D	顶面内径 D_1	承压面厚度 A	螺栓锚头的高度 E
25	50	25	8	25
28	56	28	10	28
32	64	32	12	32
40	80	40	16	40

[0014] 上述螺栓锚头材质选用Q345钢材,并根据《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)对其进行抗剪强度验算,满足要求;

[0015] 2) 预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的破坏形式主要分为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏、混凝土锥体破坏以及螺栓锚头连接钢筋拔出破坏这三种破坏形式;螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,一般在构件埋置深度较大的情况下发生这种破坏,是最为理想的破坏形式;混凝土锥体破坏,一般当构件的埋置深度小于最小埋入深度或稍大于或等于最小埋入深度时,发生此类破坏;螺栓锚头连接钢筋拔出破坏一般在构件埋置深度较浅的情况下发生;

[0016] a. 螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且混凝土产生锥体破坏,混凝土拉应力达到极限拉应力,平衡方程为:

$$[0017] \quad N_u = p_t S_{\text{圆台侧}} \geq f_y A_s$$

$$[0018] \quad S_{\text{圆台侧}} = \pi (r+R) l$$

$$[0019] \quad r = D/2$$

$$[0020] \quad R = l_{a1} + D/2$$

$$[0021] \quad l = \sqrt{2} l_{a1}$$

$$[0022] \quad p_t = f_t / \cos 45$$

[0023] 联立以上各式,解得

$$[0024] \quad l_{a1} \geq \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + \frac{f_y d^2}{2 f_t}} - \frac{D}{2}$$

[0025] 取

$$[0026] \quad l_{a1} \geq k \left(\frac{1}{2} \sqrt{D^2 + \frac{f_y d^2}{2 f_t}} - \frac{D}{2} \right) \quad (1)$$

[0027] 式中, N_u 为混凝土产生锥体破坏的承载力, P_t 为混凝土水平方向受到的均布力, $S_{\text{圆台侧}}$ 为混凝土锥体破裂面表面积, l_{a1} 为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且混凝土产生锥体破坏连接钢筋的锚固长度, d 为连接钢筋直径, D 为螺栓锚头外径, r 为破裂面顶面半径, R 为破裂面底面半径, l 为圆台侧面母线长, f_y 为连接钢筋的抗拉强度设计值, A_s 为连接钢筋截面积, f_t 为混凝土抗拉强度设计值, k 为锚固长度修正系数, k 取值为1.5;图8中的 t 表示混凝土锥体破坏时受到的剪应力;

[0028] b. 螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且连接钢筋拔出破坏,连接钢筋直锚段与灌浆料之间的极限粘结强度为 τ_u ,取值参照《混凝土结构设计规范》中表C.3.1,灌浆材料达到其抗压强度 f_c ,连接钢筋锚固端破坏计算简图见图9,平衡方程为:

$$[0029] \quad F = \tau_u \pi d l_a + f_c A_{1s} \geq f_y A_s$$

$$[0030] \quad \tau_u = 3f_{ts}$$

$$[0031] \quad l_{a2} \geq \frac{f_y A_s - f_c A_{1s}}{3\pi d f_{ts}} \quad (2)$$

[0032] 式中, F 为连接钢筋拔出破坏时承载力, f_y 为连接钢筋的抗拉强度设计值, A_s 为连接钢筋截面积, l_{a2} 为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且连接钢筋拔出破坏连接钢筋的锚固长度, f_c 为灌浆材料抗压强度, A_{1s} 为螺栓锚头承压面积, f_{ts} 为灌浆材料抗拉强度;

[0033] c. 连接钢筋拔出破坏,且混凝土产生锥体破坏,平衡方程为:

$$[0034] \quad p_t \pi (r+R) l_{a3} \geq \tau_u \pi d l_a + f_c A_{1s}$$

$$[0035] \quad l_{a3} \geq \frac{f_c A_{1s}}{\sqrt{2\pi} f_t (r+R) - 3f_s \pi d} \quad (3)$$

[0036] 式中, P_t 为混凝土水平方向受到的均布力, r 为破裂面顶面半径, R 为破裂面底面半径, l_{a3} 为连接钢筋拔出破坏,且混凝土产生锥体破坏连接钢筋的锚固长度;

[0037] d. 式(1)、(2)、(3)不同破坏形式临界状态下连接钢筋的锚固长度计算公式,对比其大小,确定预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度为:

$$[0038] \quad l_a \geq \text{Max}[l_{a1}, l_{a2}, l_{a3}] \quad (4)$$

[0039] 式中, l_a 为预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度。

[0040] 本发明的有益效果是:

[0041] 其一、可以考虑螺栓锚头形状,混凝土强度以及连接钢筋强度等因素,精确确定预留灌浆孔不同直径连接钢筋的锚固长度。

[0042] 其二、本发明预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度计算公式合理、准确,具有很好的实际工程应用价值。

附图说明

[0043] 图1为本发明预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度计算流程图。

[0044] 图2为现有预留灌浆孔螺栓锚头连接方式施工流程图。

[0045] 图3为本发明螺栓锚头连接钢筋示意图。

[0046] 图4为本发明圆形螺栓锚头的示意图。

[0047] 图5为本发明六边形螺栓锚头的示意图。

[0048] 图6为本发明八边形螺栓锚头的示意图。

[0049] 图7为本发明预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的三种破坏形式。

[0050] 图8为本发明连接钢筋锚固端破坏计算简图。

[0051] 图9为本发明连接钢筋锚固端破坏计算简图。

[0052] 图10为本发明预留灌浆孔拉拔试验装置结构示意图。

[0053] 图11为本发明预留灌浆孔拉拔试验模型。

[0054] 图12为本发明预留灌浆孔拉拔试验混凝土锥体破坏示意图。

[0055] 图13为本发明预留灌浆孔拉拔试验钢筋拉断破坏示意图。

[0056] 图中:1. 预制桥墩;2. 连接钢筋;3. 螺栓锚头;4. 预留灌浆孔;5. 出浆孔;6. 灌浆孔;7. 预制承台;8. 螺旋筋;9. 吊装、灌浆;10. 高性能灌浆料;11. 连接钢筋外螺纹;12. 螺栓锚头中心内螺纹;13. 钢筋拉断破坏;14. 钢筋拔出破坏;15. 混凝土锥体破坏;16. 破裂面;17. 位移计;18. 反力架;19. 穿心千斤顶;20. 穿心荷载传感器;21. 垫板;22. 螺母。

具体实施方式

[0057] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步说明,但不限定本发明。

[0058] 预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法,包括如下步骤:1) 确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头外形尺寸参数;2) 根据预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的三种破坏形式,即螺栓锚头连接钢筋拉断破坏、混凝土锥体破坏以及螺栓锚头连接钢筋拔出破坏,获得螺栓锚头连接钢筋锚固长度计算公式(发明了预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋锚固长度计算方法),确定连接钢筋(或称:螺栓锚头连接钢筋)的锚固长度。最后开展预留灌浆孔拉拔试验,验证发明的预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋锚固长度计算公式的正确性。

[0059] 本发明中所述的预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度确定方法,具体步骤为:

[0060] 1) 确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头3的外形尺寸参数,见表1,螺栓锚头连接钢筋示意图见图3;螺栓锚头的外形尺寸确定标准为:

[0061] ①根据螺母设计原则,防止拉脱破坏的产生,螺栓锚头的高度(即锚头高度,也是螺纹长度) E ,应不小于连接钢筋2的直径 d ,最佳取值为连接钢筋公称直径 d ;

[0062] ②根据螺栓锚头承压面积要求,螺栓锚头的坡脚取值为 45° ,螺栓锚头外径(或称底面外径,即底面直径) D 取值为2~3倍的连接钢筋直径(钢筋公称直径、钢筋直径) d ;

[0063] ③螺栓锚头的顶面钢筋旋入孔孔径为钢筋的公称直径,顶面环状平台宽2mm;

[0064] ④螺栓锚头底部为圆柱形或六边形、八边形,见图4、5、6,便于装卸于连接钢筋上;

[0065] 表1螺栓锚头尺寸参数表(单位:mm)

[0066]

连接钢筋直径 d	螺栓锚头外径 D	顶面内径 D_1	承压面厚度 A	螺栓锚头的高度 E
25	50	25	8	25
28	56	28	10	28
32	64	32	12	32
40	80	40	16	40

[0067] 上述螺栓锚头材质选用Q345钢材,并根据《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)对其进行抗剪强度验算,满足要求;

[0068] 2) 预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的破坏形式主要分为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏、混凝土锥体破坏以及螺栓锚头连接钢筋拔出破坏这三种破坏形式,见图7;螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,一般在构件埋置深度较大的情况下发生这种破坏,是最为理想的破坏形式;混凝土锥体破坏,一般当构件的埋置深度小于最小埋入深度或稍大于或等于最小埋入

深度时,发生此类破坏;螺栓锚头连接钢筋拔出破坏一般在构件埋置深度较浅的情况下发生;

[0069] a.螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且混凝土产生锥体破坏,混凝土拉应力达到极限拉应力,连接钢筋锚固端破坏计算简图见图8,平衡方程为:

$$[0070] \quad N_u = p_t S_{\text{圆台侧}} \geq f_y A_s$$

$$[0071] \quad S_{\text{圆台侧}} = \pi (r+R) l$$

$$[0072] \quad r = D/2$$

$$[0073] \quad R = l_{a1} + D/2$$

$$[0074] \quad l = \sqrt{2} l_{a1}$$

$$[0075] \quad p_t = f_t / \cos 45$$

[0076] 联立以上各式,解得

$$[0077] \quad l_{a1} \geq \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + \frac{f_y d^2}{2 f_t}} - \frac{D}{2}$$

[0078] 取

$$[0079] \quad l_{a1} \geq k \left(\frac{1}{2} \sqrt{D^2 + \frac{f_y d^2}{2 f_t}} - \frac{D}{2} \right) \quad (1)$$

[0080] 式中, N_u 为混凝土产生锥体破坏的承载力, P_t 为混凝土水平方向受到的均布力, $S_{\text{圆台侧}}$ 为混凝土锥体破裂面表面积, l_{a1} 为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且混凝土产生锥体破坏连接钢筋的锚固长度, d 为连接钢筋直径, D 为螺栓锚头外径, r 为破裂面顶面半径, R 为破裂面底面半径, l 为圆台侧面母线长, f_y 为连接钢筋的抗拉强度设计值, A_s 为连接钢筋截面积, f_t 为混凝土抗拉强度设计值, k 为锚固长度修正系数, k 取值为1.5;图8中的 t 表示混凝土锥体破坏时受到的剪应力;

[0081] b.螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且连接钢筋拔出破坏,连接钢筋直锚段与灌浆料之间的极限粘结强度为 τ_u ,取值参照《混凝土结构设计规范》中表C.3.1,灌浆材料达到其抗压强度 f_c ,连接钢筋锚固端破坏计算简图见图9,平衡方程为:

$$[0082] \quad F = \tau_u \pi d l_a + f_c A_{1s} \geq f_y A_s$$

$$[0083] \quad \tau_u = 3 f_{ts}$$

$$[0084] \quad l_{a2} \geq \frac{f_y A_s - f_c A_{1s}}{3 \pi d f_{ts}} \quad (2)$$

[0085] 式中, F 为连接钢筋拔出破坏时承载力, f_y 为连接钢筋的抗拉强度设计值, A_s 为连接钢筋截面积, l_{a2} 为螺栓锚头连接钢筋拉断破坏,且连接钢筋拔出破坏连接钢筋的锚固长度, f_c 为灌浆材料抗压强度, A_{1s} 为螺栓锚头承压面积, f_{ts} 为灌浆材料抗拉强度;

[0086] c.连接钢筋拔出破坏,且混凝土产生锥体破坏,平衡方程为:

$$[0087] \quad p_t \pi (r+R) l_{a3} \geq \tau_u \pi d l_a + f_c A_{1s}$$

$$[0088] \quad l_{a3} \geq \frac{f_c A_{1s}}{\sqrt{2} \pi f_t (r+R) - 3 f_{ts} \pi d} \quad (3)$$

[0089] 式中, P_t 为混凝土水平方向受到的均布力, r 为破裂面顶面半径, R 为破裂面底面半径, l_{a3} 为连接钢筋拔出破坏, 且混凝土产生锥体破坏连接钢筋的锚固长度;

[0090] d. 式(1)、(2)、(3)不同破坏形式临界状态下连接钢筋的锚固长度计算公式, 对比其大小, 确定预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度为:

$$[0091] \quad l_a \geq \text{Max}[l_{a1}, l_{a2}, l_{a3}] \quad (4)$$

[0092] 式中, l_a 为预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度。

[0093] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白, 以下结合附图及实施例, 对本发明进行进一步详细说明。应当理解, 此处所描述的具体实例仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

[0094] 具体应用实施例:

[0095] 实施例1:

[0096] 选取公称直径28mm的连接钢筋, 确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头外形尺寸参数, 见表2, 钢筋抗拉强度设计值 $f_y=360\text{MPa}$, 混凝土轴心抗拉强度设计值 $f_t=1.71\text{MPa}$, 灌浆材料的抗压强度 $f_c=80\text{MPa}$, 灌浆材料抗拉强度 $f_{ts}=4.437\text{MPa}$ 。通过计算得到的锚固长度见表3。

[0097] 表2螺栓锚头尺寸表(单位:mm)

[0098]

连接钢筋直径 d	螺栓锚头外径(底面外径) D	顶面内径 D_1	承压面厚度 A	螺栓锚头的高度 E
28	56	28	10	28

[0099] 表3连接钢筋锚固长度计算值

[0100]

钢筋直径 d (mm)	$D/d=2$		
	l_{a1}	l_{a2}	l_{a3}
28	$6.4d$	$2.4d$	$1.9d$

[0101] 预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度为:

$$[0102] \quad l_a \geq \text{Max}[l_{a1}, l_{a2}, l_{a3}] \quad (4)$$

[0103] 通过比较3个公式的锚固长度计算值, 发现当钢筋破坏与混凝土锥体破坏同时发生时, 连接钢筋的锚固长度计算值最大, 为 $6.4d$, 因此, 公式(1)即为预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的锚固长度计算公式, 此时, 连接钢筋的锚固长度取值为 $6.4d$ 。

[0104] 开展预留灌浆孔拉拔试验, 并将试验得到的临界锚固长度值与提出的锚固长度计算公式计算结果进行对比, 验证发明的预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋锚固长度计算公式的正确性。

[0105] 试验模型: 根据预制拼装桥梁工程中常用的钢筋, 选用公称直径28mm的HRB400级的连接钢筋, 承台采用C40混凝土, 实测抗压强度平均值为 52.1MPa , 高性能灌浆料实测抗压强度平均值为 80.0MPa 。连接钢筋实测其屈服强度为 491MPa 、极限强度为 630MPa 。预留灌浆孔的孔径设计为连接钢筋直径的2倍, 连接钢筋的锚固长度取值见表4。试验采用量程 800kN

的穿心液压千斤顶进行加载,在穿心千斤顶与锚具(连接钢筋表面车丝并安装垫板和螺母)之间安装穿心荷载传感器,测量施加在钢筋上的作用力,位移测点的布置在连接钢筋的中心,两侧设置量程50mm的位移计进行量测。试验模型如图10、图11所示。

[0106] 表4拉拔试件参数表

[0107]

分组编号	钢筋直径 $d(\text{mm})$	灌浆孔孔径 $D(\text{mm})$	设计锚固长度 $l_a(\text{mm})$	l_a/d	l_{GB}/mm	公式(1) 计算值 /mm
YLK-02	28	56	56	2	825	179.2
YLK-04	28	56	112	4	825	179.2
YLK-06	28	56	168	6	825	179.2
YLK-08	28	56	224	8	825	179.2
YLK-10	28	56	280	10	825	179.2

[0108]

[0109] 注:试件分组编号说明,如试件YKL-02中,YLK代表预留灌浆孔连接方式,02代表连接钢筋的锚固长度为2倍的钢筋直径; l_{GB} 为依据《混凝土结构设计规范》中的基本锚固长度计算公式计算得到的锚固长度。

[0110] 对以上5个预留灌浆孔试件进行拉拔试验,拉拔试验结果见表5。

[0111] 表5预留灌浆孔拉拔试验结果

[0112]

分组编号	钢筋直径 $d(\text{mm})$	l_a/d	破坏形式
YLK-02	28	2	混凝土锥体破坏
YLK-04	28	4	混凝土锥体破坏
YLK-06	28	6	钢筋拉断
YLK-08	28	8	钢筋拉断
YLK-10	28	10	钢筋拉断

[0113] 由表5可知,YKL-02、YKL-04均发生了混凝土的锥体破坏,钢筋没有发生拉断或者拔出破坏,如图12所示,在 $6d \sim 10d$ 的锚固长度下,钢筋均在承台外部被拉断,并且在拉断处出现明显地钢筋颈缩现象,如图13所示,因此,当采用预留灌浆孔螺栓锚头连接方式连接时,确定其临界锚固长度为 $6d$ 。

[0114] 预留灌浆孔拉拔试验结果与提出的连接钢筋锚固长度计算公式的计算值吻合良好。

[0115] 实施例2:

[0116] 选取公称直径32mm的连接钢筋,确定预留灌浆孔连接钢筋的螺栓锚头外形尺寸参数,见表6,钢筋抗拉强度设计值 $f_y=360\text{MPa}$,混凝土轴心抗拉强度设计值 $f_t=1.71\text{MPa}$,灌浆材料的抗压强度 $f_c=80\text{MPa}$,灌浆材料抗拉强度 $f_{ts}=4.437\text{MPa}$ 。通过计算得到的锚固长度见表7。

[0117] 表6螺栓锚头尺寸表(单位:mm)

[0118]

连接钢筋直径 d	螺栓锚头外径 (底面外径) D	顶面内径 D_1	承压面厚度 A	螺栓锚头的高 度 E
32	64	32	12	32

[0119] 表7连接钢筋锚固长度计算值

[0120]

钢筋直径 d (mm)	$D/d=2$		
	l_{a1}	l_{a2}	l_{a3}
32	$6.4d$	$2.4d$	$1.9d$

[0121] 预留灌浆孔螺栓锚头连接钢筋的锚固长度为:

[0122] $l_a \geq \text{Max}[l_{a1}, l_{a2}, l_{a3}]$ (4)

[0123] 通过比较3个公式的锚固长度计算值,发现当钢筋破坏与混凝土锥体破坏同时发生时,连接钢筋的锚固长度计算值最大,为 $6.4d$,因此,公式(1)即为预留灌浆孔螺栓锚头连接方式的锚固长度计算公式,此时,连接钢筋的锚固长度取值为 $6.4d$ 。

[0124] 综上所述,采用本发明方法,能够准确计算采用预留灌浆孔螺栓锚头连接方式时连接钢筋需要的锚固长度。

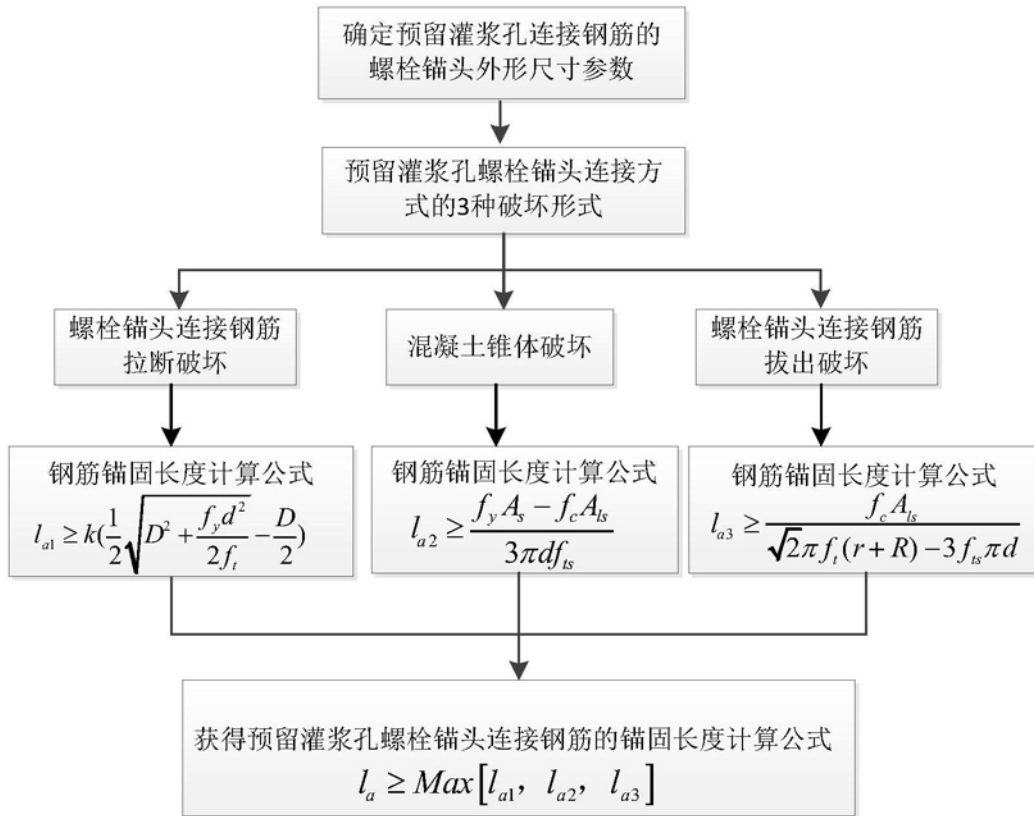


图1

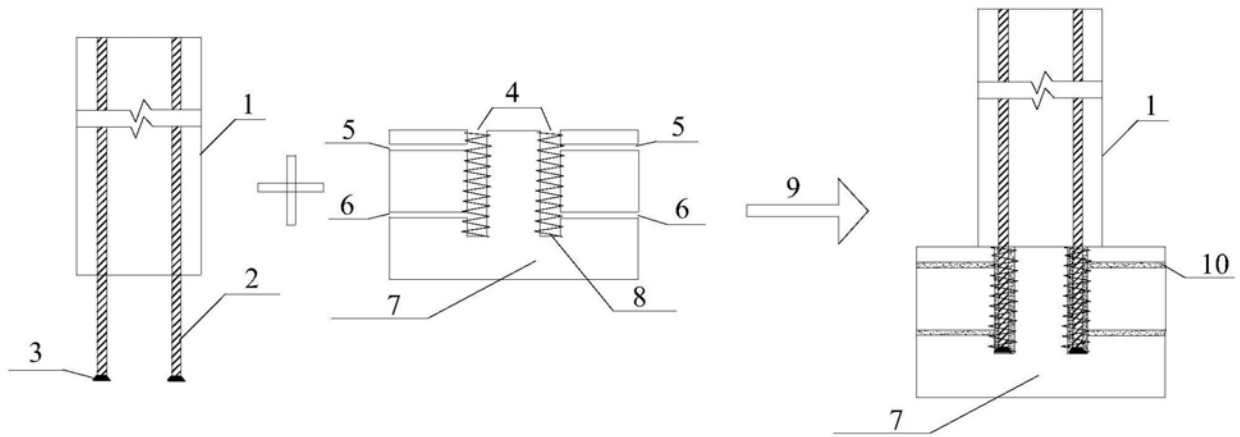


图2

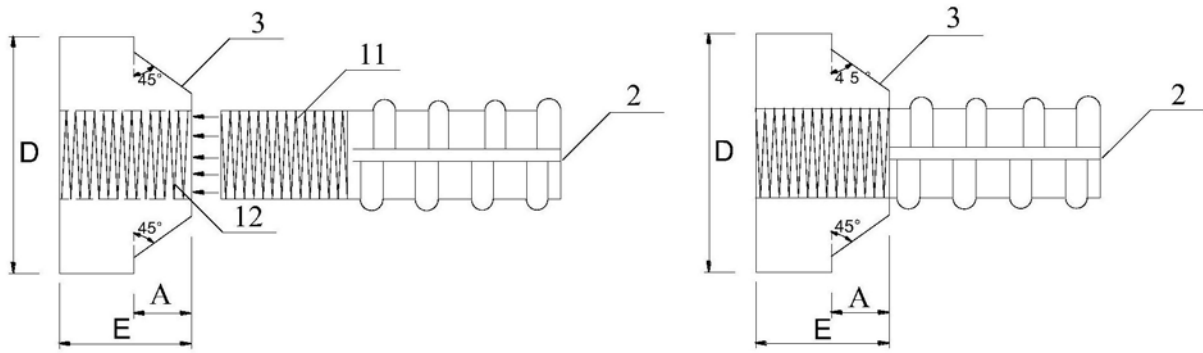


图3

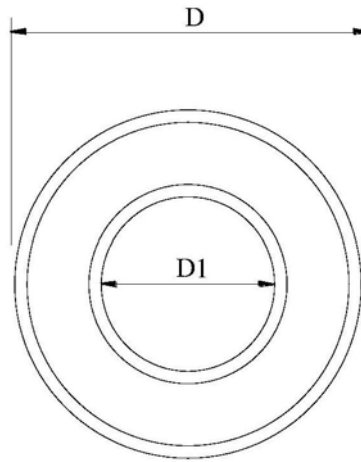


图4

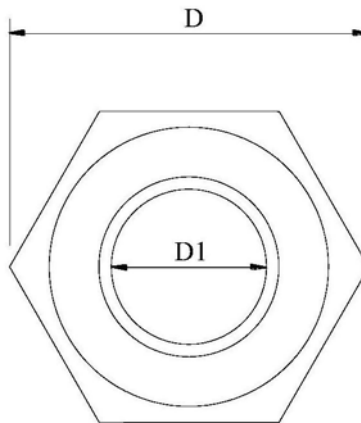


图5

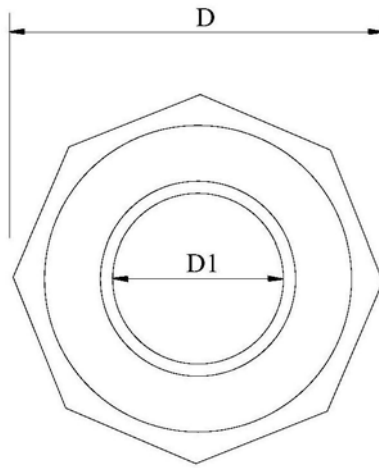


图6

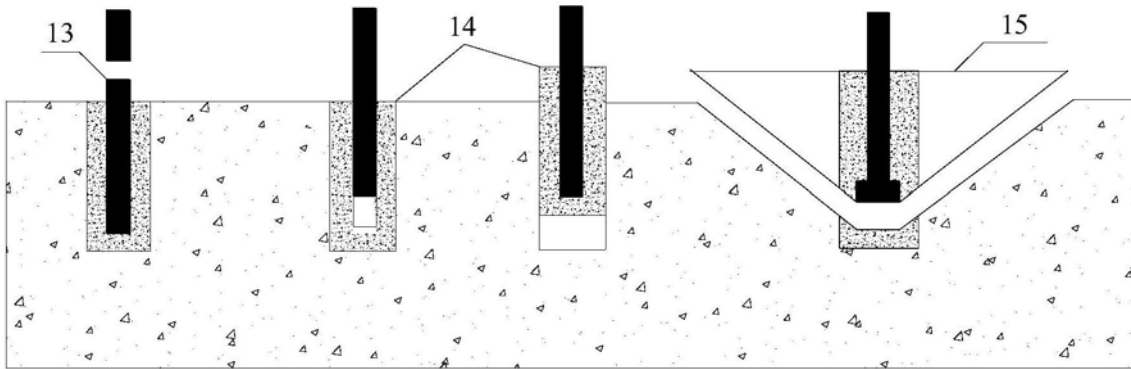


图7

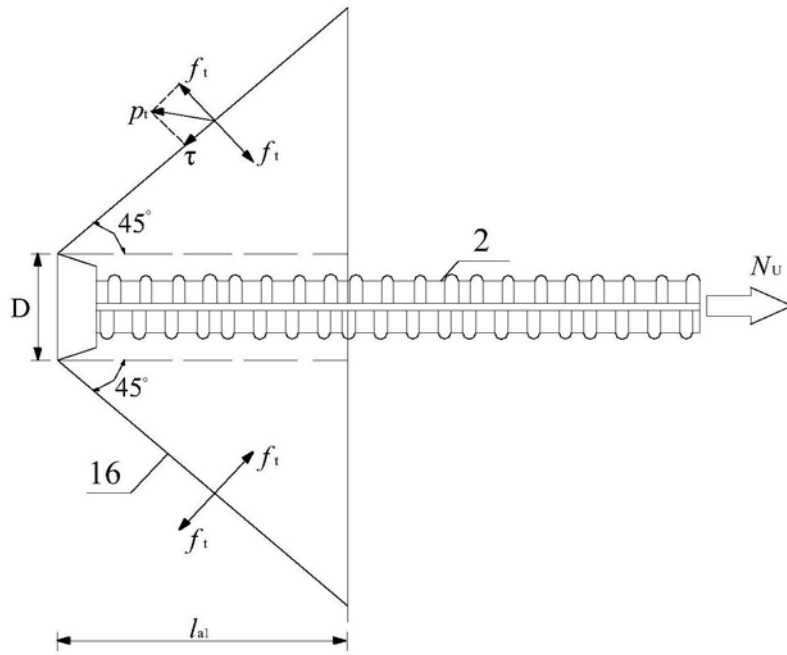


图8

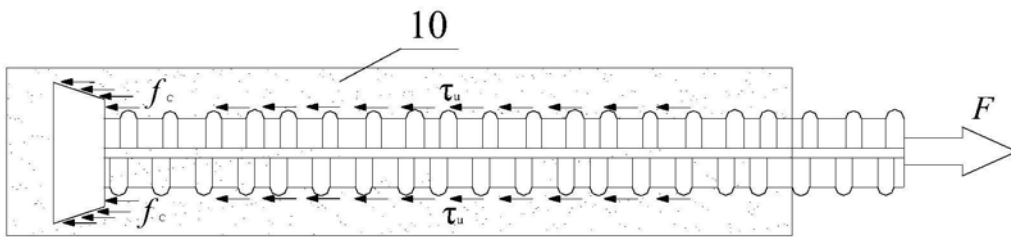


图9

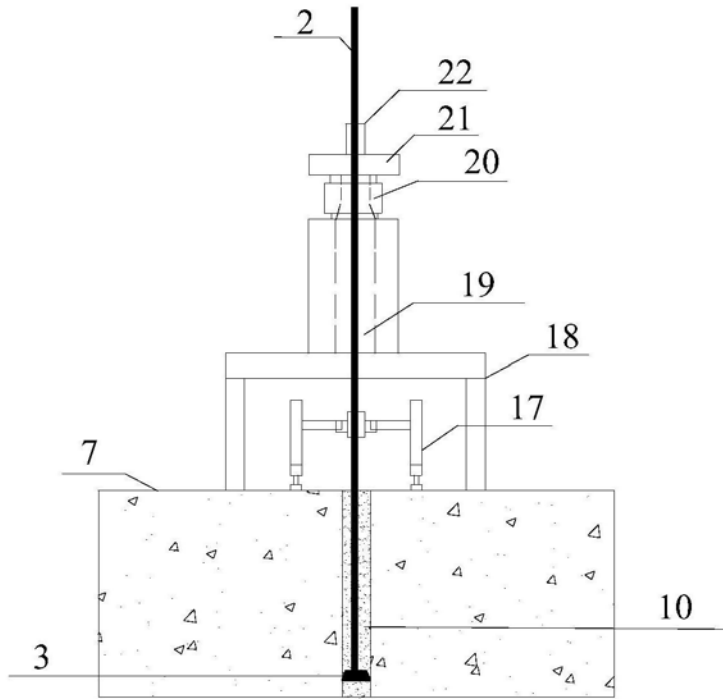


图10



图11



图12

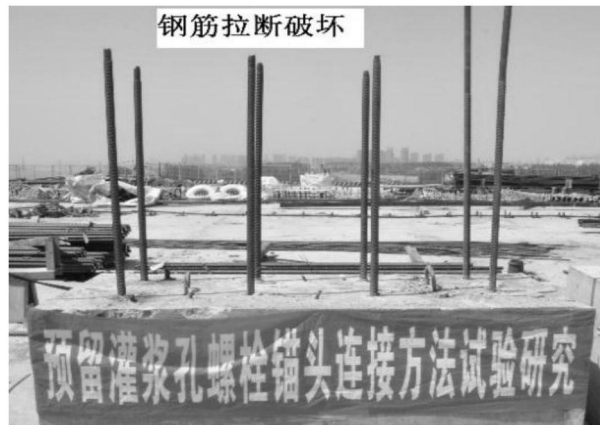


图13