

爬锥式预埋件设计及施工

卞佳, 王学才

(中交路桥建设有限公司, 北京 100027)

摘要: 爬锥式预埋件具有可拆装、可重复使用、易操作、质量和安全性高等特点, 是传统预埋件的一种替代。文中阐述了爬锥式预埋件常用设计与验算方法, 从爬锥式预埋件加工、安装定位、砼浇筑、拆除及修补等方面介绍了爬锥式预埋件的施工方法及注意事项; 并通过该预埋件在莫桑比克马普托大桥施工中的应用, 分析了其经济、质量及安全效益。

关键词: 桥梁; 爬锥式预埋件; 施工技术

中图分类号: U445.469

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)01-0129-05

传统的建筑工程中, 预埋件多采用锚筋与锚板焊接形式, 一次性埋入建筑物中, 造成材料浪费, 不经济。同时, 锚板及部分锚筋位于砼保护层内, 若不凿除, 则易形成锈蚀通道影响结构砼的耐久性; 若凿除及修补, 则工作量大、影响建筑物的外观。爬锥由爬模使用中而来, 在国内建筑工程中已使用多年, 质量有保证。爬锥应用于预埋件设计, 近些年来被大家所认识并逐步开展起来。马普托大桥是莫桑比克首都马普托市跨越马普托湾的第一座跨海大桥, 主桥采用单跨钢箱梁悬索桥, 主缆跨径布置为(260+

680+284) m, 是目前非洲在建最大跨径悬索桥。马普托大桥塔吊、电梯、塔梯附墙, 主塔液压爬模, 锚碇及引桥悬臂模板, 横梁、盖梁支架, 检修通道, 操作平台等工程中都应用了爬锥式预埋件。

1 爬锥式预埋件设计与计算方法

爬锥式预埋件由爬锥、高强螺杆、埋件板、高强螺栓、锚板等组成, 与传统预埋件相比, 其具有可拆装、可重复使用、易操作、质量和安全性高等特点(见图 1)。

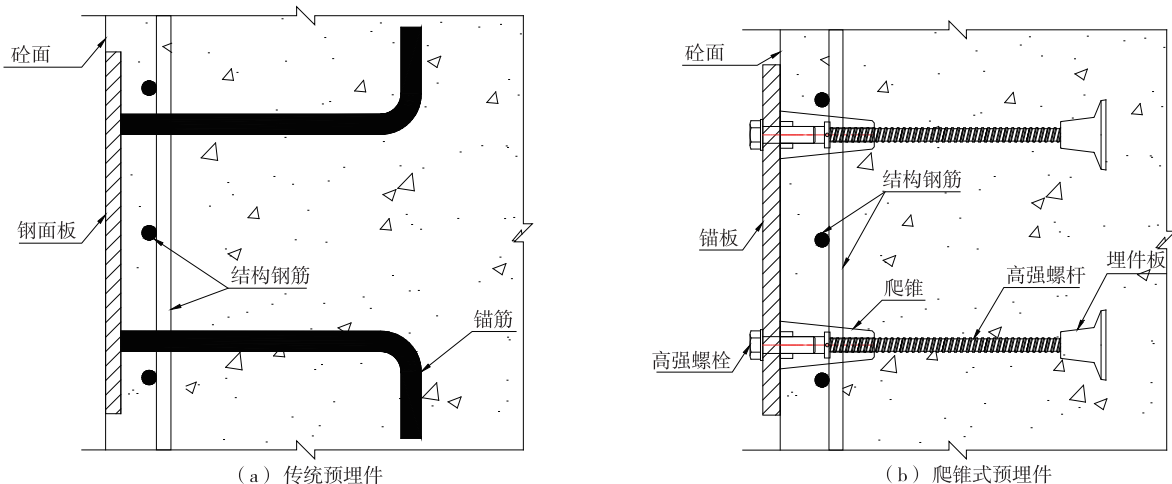


图 1 传统预埋件与爬锥式预埋件结构对比

1.1 爬锥式预埋件常用设计

如图 2 所示, 埋件系统主要由爬锥、受力螺栓、高强螺杆、埋件板及垫圈组成。通过埋件系统固定锚板, 锚板再与外部结构相连, 形成一个完整的爬锥式预埋件系统。当结构受力较大时, 单个预埋件设置多个埋件系统; 当结构受力明确、受力小、爬件系

统预埋精度有保证时, 单个预埋件设置单个埋件系统即可。

1.2 爬锥式预埋件的验算

1.2.1 验算理论

按照爬锥式预埋件受拉工况计算高强螺栓的极限抗拉强度, 单个高强螺栓所能承受的极限拉力



图2 埋件系统结构示意图

N_t^b 为:

$$N_t^b = A_e f_t^b \quad (1)$$

式中: A_e 为高强螺栓的有效截面面积(mm^2); f_t^b 为高强螺栓的抗拉强度设计值(MPa)。

按照爬锥式预埋件受剪工况计算高强螺栓的极限抗剪强度, 单个高强螺栓所能承受的极限剪力 N_v^b 为:

$$N_v^b = A_e f_v^b \quad (2)$$

式中: f_v^b 为高强螺栓的抗剪强度设计值(MPa)。

按实际受力工况验算高强螺栓受力是否满足需要, 即根据《钢结构设计手册》验算式(3)是否成立。

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} < 1 \quad (3)$$

式中: N_v 为单个高强螺栓实际承受的剪力(kN); N_t 为单个高强螺栓实际承受的拉力(kN)。

验算高强螺杆受拉是否满足要求, 即验算单根高强螺杆所能承受的极限抗拉力 $F > N_t$ 是否成立, 其中 F 按式(4)计算。

$$F = A f_y \quad (4)$$

式中: A 为高强螺杆的有效截面面积(mm^2); f_y 为高强螺杆的抗拉强度设计值(MPa)。

按照砼破坏工况验算埋件板抗拔力 T 是否满足要求。根据《建筑施工计算手册》, 砼按锥体破坏计算预埋件的锚固强度。 T 按式(5)计算(见图3), 验算 $T > F$ 是否成立。

$$T = \frac{2 \times 0.020}{\sin \alpha} \sqrt{\pi} f_c \left(\frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot h^2 \cot \alpha + bh \right) = 0.2 f_c (2.3h^2 + bh) \quad (5)$$

式中: α 为破坏锥体母线与水平面的夹角, 一般取 45° ; f_c 为砼的抗压强度设计值(MPa); h 为锚固深度(mm); b 为安装板边长(mm)。

若以上验算均通过, 则爬锥式预埋件满足设计施工要求。

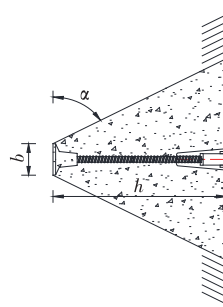


图3 埋件抗拔计算简图

1.2.2 实例分析

以下横梁支架牛腿(见图4)为例对爬锥式预埋件进行验算。牛腿最大受力为 28.3 t, 距牛腿根部 25 cm, 设计时按 40 t 考虑。牛腿采用 2 cm 钢板焊接, 牛腿与塔柱通过 9 个 M36/D20 埋件系统连接, 每个埋件系统包括 M36-10.9S 高强螺栓、M36/D20 爬锥、D20 高强螺杆及埋件板各 1 件。

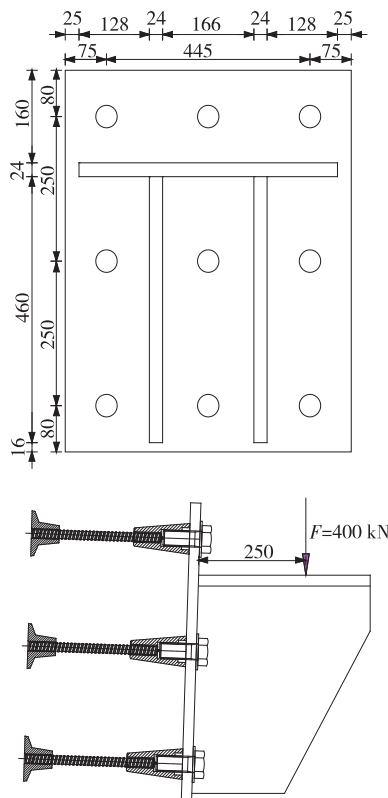


图4 牛腿结构及受力示意图(单位:mm)

1.2.2.1 高强螺栓受力验算

单个牛腿采用 9 个 M36-10.9S 级高强螺栓, $f_t^b = 500 \text{ N/mm}^2$, $f_v^b = 310 \text{ N/mm}^2$, 有效截面面积 $A_e = 816.7 \text{ mm}^2$, 按照承压型连接计算高强螺栓。单个螺栓所承受的剪力为:

$$N_v = \frac{F}{n} = \frac{400}{9} = 44.4 \text{ kN}$$

单个螺栓所能承受的剪力为:

$$N_v^b = n_v A_e f_v^b = 1 \times 816.7 \times 310 = 253 \text{ kN}$$

螺栓群承受的弯矩为:

$$M = 400 \times 0.25 = 100 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

牛腿在荷载作用下,螺栓群承受的拉力中和轴在最下面一排螺栓上,最上面一排螺栓拉力为:

$$N_t = \frac{M y_1}{\sum y_i^2} = \frac{100 \times 10^3 \times 250}{3 \times (2 \times 250^2)} = 66.7 \text{ kN}$$

单个螺栓所能承受的拉力为:

$$N_t^b = A_e f_t^b = 816.7 \times 500 = 408 \text{ kN}$$

按式(3)验算,得:

$$\sqrt{\left(\frac{N_v}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_t}{N_t^b}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{44.4}{253}\right)^2 + \left(\frac{66.7}{408}\right)^2} = 0.24 < 1$$

高强螺栓的受力满足要求。

1.2.2.2 埋件系统验算

D20 高强螺杆材质为 45# 钢,抗拉强度为 355 MPa,单个螺杆所能承受的拉力为:

$$F = A f_y = 3.14 \times 10^2 \times 355 = 111.5 \text{ kN} > N_t = 66.7 \text{ kN}$$

按式(5)验算,得:

$$T = \frac{2 \times 0.020}{\sin \alpha} \sqrt{\pi} f_c \left(\frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot h^2 \cot \alpha + b h \right) = 0.2 f_c (2.3 h^2 + b h) = 0.2 \times 22.4 \times (2.3 \times 300^2 + 100 \times 300) = 1062 \text{ kN} > F = 111.5 \text{ kN}$$

式中: f_c 取 22.4 MPa; b 取 100 mm; h 取 300 mm。

埋件系统满足抗拔要求。

2 爬锥式预埋件的施工方法

2.1 加工

(1) 加工前对原材料质量进行检验,主要检查材料是否有出厂合格证,并检查外观是否有缺陷、锈蚀等。另外,鉴于预埋件可能作为受力构件,使用前需进行必要的力学性能复验及化学成分分析。

(2) 严格按照施工图纸尺寸及要求下料、加工,高强螺杆切割采用砂轮机,杜绝采用气割方式。

(3) 先将爬锥、高强螺杆和埋件板安装成套;爬锥孔内抹黄油后拧紧高强螺杆,保证砼不流进爬锥螺纹内;爬锥外面用胶带及黄油包裹以便于拆卸;然后将埋件板拧在高强螺栓的另一端,锥面向模板,和

爬锥成反向。

(4) 锚板采用厚钢板加工,与牛腿(支架等)焊接。焊接中确保锚板的平整度,同时洒水降温,以防因焊接过热导致锚板扭曲变形。

2.2 安装定位

(1) 预埋件位于现浇砼顶面时,采用以下方法安装定位:1) 对于锚板尺寸小于 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 的预埋件,采用定位钢板+定位螺母的方式定位(见图 5)。定位钢板选用薄钢板,开孔位置与锚板相同,通过定位螺母固定在高强螺杆与爬锥间。以埋件可直接固定在主筋上,浇筑砼过程中随时观察其位置情况,出现问题及时解决。2) 对于锚板尺寸大于 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 的预埋件,将锚板与埋件系统直接连接安装。预埋件可直接固定在主筋上,锚板开设排气孔(避开爬锥孔位置),以保证砼浇灌的密实性。

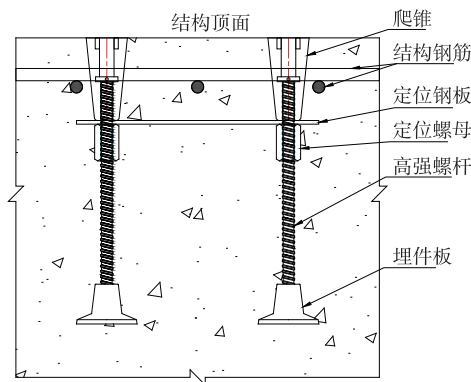


图 5 顶面埋件系统固定示意图

(2) 预埋件位于砼侧面时,采用以下方法安装定位:1) 对于锚板尺寸小于 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 的预埋件,采用定位钢板+定位螺母的方式定位(见图 6)。定位钢板选用薄钢板,开孔位置与锚板相同,通过定位螺母固定在高强螺杆与爬锥间。预埋件可直接固定在主筋上。2) 对于锚板尺寸大于 $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 的预埋件,采用定位钢板+定位螺栓的方式定位(见图 7)。定位钢板选用薄钢板,开孔与锚板相同,通过定位螺栓固定在爬锥端口。预埋件可直接固定在主筋上,砼模板拆除后取下定位螺栓及定位钢板进行锚板安装。该方法在砼保护层内留有薄槽口,需用修补剂修复。3) 对于锚板尺寸大、安装精度高的预埋件,可按照施工图纸将埋件系统用安装螺栓或定位螺栓固定在模板上(见图 8)。该方法对模板有一定损伤。

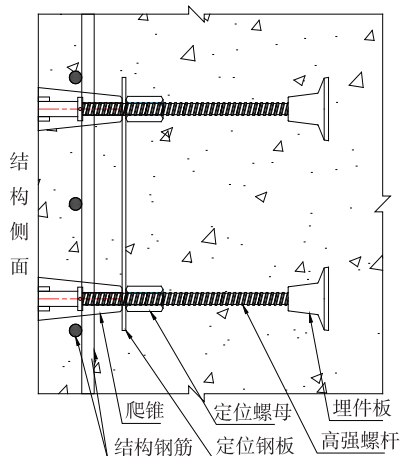


图6 侧面采用定位钢板+定位螺母固定示意图

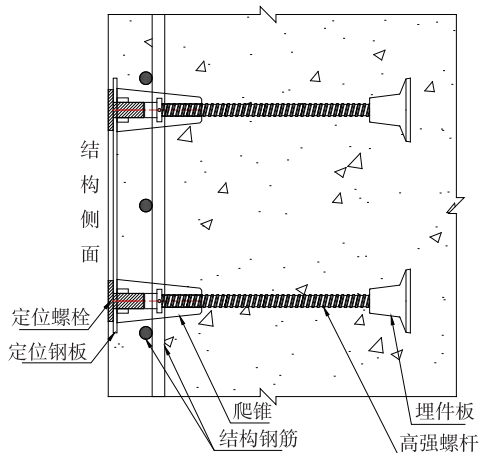


图7 侧面采用定位钢板+定位螺栓固定示意图

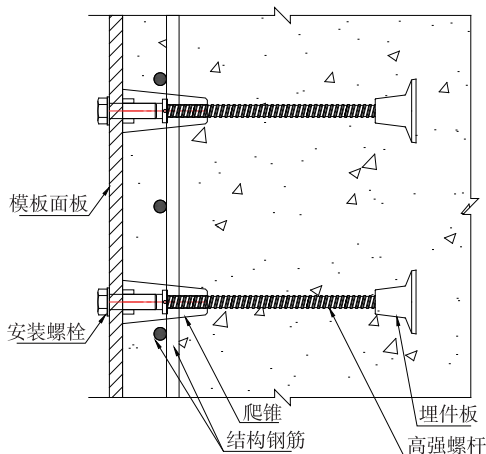


图8 侧面模板固定示意图

(3) 当预埋件位于砼底面时,可采用定位钢板+定位螺母的方式定位。定位钢板选用薄钢板,开孔位置与锚板相同,通过定位螺母固定在高强螺杆与爬锥间。预埋件可直接固定在主筋上,定位钢板

尺寸较大时需开设下料孔,以保证砼浇灌的密实性。

(4) 依据施工图纸计算预埋件安装位置,通过全站仪及钢卷尺放样预埋件。

(5) 预埋件不得与主筋相碰,且应设置在主筋内侧;预埋件不应突出于砼表面,也不应大于构件的外形尺寸;预埋件位置偏差应符合要求。

(6) 埋件系统安装完成后,用土工布封堵爬锥孔,用透明胶布包裹端头,防止浇筑过程中水泥浆进入锥孔。

2.3 砼浇筑注意事项

(1) 在检查模板、钢筋、预埋件等均合格后方可浇筑砼。如发现预埋件在砼浇筑中位移,应停止浇筑,查明原因,妥善处理,并在砼初凝前重新固定好预埋件。

(2) 在砼浇筑过程中,振动棒应避免与预埋件直接接触,在预埋件附近需小心谨慎,边振捣边观察预埋件位置,并及时校正预埋件位置,保证其不产生过大位移。

2.4 锚板(含支撑架体)安装

(1) 砼模板拆除后复测爬锥的实际位置,检查与施工图纸中位置的偏差。若偏差较大,应按照实际位置开设锚板孔,以保证锚板与埋件系统间有效连接,确保预埋件的整体受力要求。若个别爬锥安装位置与施工图纸中位置有较小偏差,可对锚板孔进行扩孔,加垫一定厚度垫板,垫板与锚板间焊接,选用加长受力螺栓固定。

(2) 锚板上受力螺栓逐个施拧到位,若发现埋件系统安装有倾斜,受力螺栓需加设弹簧垫圈,以防螺栓受力松动。预埋件施工过程中应定期检查螺栓的松紧情况。

(3) 若牛腿、支架等采用现场焊接,需确保焊接中不损伤受力螺栓,并采取措施防止锚板变形,保证焊缝质量满足规范要求。

2.5 拆除

预埋件使用完成后,逐个拆除受力螺栓,取下锚板,使用专用卸具将爬锥反拧取出。对取出后的受力螺栓及爬锥进行表面清理及涂油,分类存放以备周转使用。图9为爬锥拆除后的工程照片。

2.6 修复

预埋拆除完成后,将爬锥孔里面的胶带凿出,并用水润湿。采用专用砼修复剂对爬锥孔进行封闭,修复剂色泽尽量与砼外观色泽一致,以确保爬锥孔修复后砼表面无色差。图10为爬锥孔砼修补完成



图9 爬锥拆除后的工程照片



图10 爬锥孔砼修补完成后的工程照片

后的工程照片。

3 效益分析

以莫桑比克马普托大桥为例分析爬锥式预埋件设计及施工效益。

(1) 经济效益。与传统预埋件施工相比,爬锥式预埋件承载能力高,大幅度减少了预埋件数量,节约了施工材料;爬锥、受力螺栓可周转使用,减少了材料费用的投入;爬锥式预埋件施工简单,大幅度减少了人工成本。该工程施工过程中,仅材料及人工成本费用节约 53.8 万元。

(2) 质量效益。该桥设计砼保护层厚度大,业主及监理要求保护层内不得有铁件,以免形成锈蚀通道影响结构砼的耐久性。爬锥式预埋件拆除后仅留有爬锥孔洞,可采用砼修补剂修补,修补质量好,修补后砼表面色泽一致,避免了传统预埋件需大面积凿毛和填补槽口砼及现场施工质量难控制、砼外观色泽难一致的问题。

(3) 安全效益。该桥主桥及引桥多为高墩高塔。爬锥式预埋件安拆及修复施工简便,作业时间短、安全风险小;而传统预埋件需大量高空凿除及修复,且凿除及修复多利用塔吊或吊车提吊吊篮操作,

施工安全风险大。

4 结语

爬锥式预埋件在使用时现场可操作性强,装拆方便;爬锥为定型产品,结构刚度大;爬锥与砼结合良好,受力条件好;拆除后孔洞小,易修补,色差易消除;综合使用成本较低。马普托大桥项目成功运用爬锥式预埋件,在经济、质量和安全方面都有较大收获,得到了各方的一致认可,在后续其他桥梁施工中可大量运用。

参考文献:

- [1] 汪正荣.建筑施工计算手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [2] 苏国佐.一种塔吊附墙爬锥预埋件的探讨[J].建筑知识:学术刊,2014(B06).
- [3] 史智强,胡健.高墩柱爬锥托架法施工技术[J].铁道建筑技术,2016(5).
- [4] 王艳红.公共建筑预埋件的处理措施[J].城市建设理论研究:电子版,2012(30).
- [5] 胡婷婷.探讨预埋件施工方法在工业建筑中的应用[J].城市建设理论研究:电子版,2011(22).
- [6] 李嵩.工业建筑预埋件施工方法研究[J].山西建筑,2014,40(14).
- [7] 王亚辉.连续刚构桥主梁根部现浇托架有限元计算分析[D].西安:长安大学,2012.
- [8] 任银.大体积 0° 块分次浇筑托架受力计算模型及监控技术研究[D].重庆:重庆交通大学,2011.
- [9] 罗分平.山区高速公路特大桥梁高墩柱施工技术[J].公路与汽运,2017(3).
- [10] 闫婷婷.高速公路桥梁高墩施工技术分析[J].山西建筑,2017,43(33).
- [11] 郑仲钦,许发灿.高桥墩无支架翻模施工技术及应用[J].公路与汽运,2009(1).
- [12] 夏开举,姚家大桥墩柱整体式轻型爬架结合翻模法施工技术[J].黑龙江交通科技,2013(6).
- [13] 易琦.万州长江二桥主塔爬架模板系统设计及优化[J].公路与汽运,2009(1).
- [14] JTG/T F50—2011,公路桥涵施工技术规范[S].
- [15] JGJ 65—2013,液压滑动模板施工安全技术规程[S].
- [16] 肖剑.赤石斜拉桥双曲线索塔施工技术[J].公路与汽运,2015(2).

收稿日期:2017—05—09