

建筑机电工程支吊架固定锚栓的计算选型

陈辉 刘飞 蒋楠

中建一局集团建设发展有限公司

DOI:10.12238/jpm.v3i11.5419

[摘要] 建筑机电工程中支吊架的固定锚栓的选型及安装,直接影响到建筑的质量安全,而在机电支吊架相关图集中多为型钢的抗弯、抗剪等计算,缺少相关固定锚栓的选型计算,为减少固定锚栓造成的工程质量隐患,本文结合混凝土的后锚固技术,对固定锚栓的受拉及受剪承载力、混凝土的椎体破坏受拉承载力、混凝土的劈裂破坏受拉承载力、混凝土边缘破坏受剪承载力、混凝土撬坏时的受剪承载力等的计算进行简述,并通过案例计算为机电工程的固定锚栓选用提供参考。

[关键词] 支吊架、锚栓、承载力

Calculation and selection of fixed anchor bolt for building mechanical and electrical engineering

Chen Hui, Liu Fei, Jiang Nan

China Construction First Bureau Group Construction and Development Co., Ltd. Beijing 100102

[Abstract] Selection and installation of fixed anchor bolt of support and hanger in building mechanical and electrical engineering, It directly affects the quality and safety of buildings, In the related drawings of mechanical and electrical support and hanger, the bending and shear resistance of type steel are mostly calculated, Lack of type selection calculation of relevant fixed anchor bolts, In order to reduce the potential engineering quality risks caused by the fixed anchor bolt, Combining with the post-anchorage technology of concrete, The calculation of the tensile and shear bearing capacity of the fixed anchor bolt, the tensile bearing capacity of concrete vertebra damage, the tensile bearing capacity of concrete splitting damage, the shear bearing capacity of concrete edge damage, the shear bearing capacity of concrete pry when broken, etc., And through the case calculation for the fixed anchor bolt selection of mechanical and electrical engineering to provide a reference.

[Key words] support and hanger, anchor bolt, bearing capacity

引言:

近年新闻媒体多次报道机电水管道支架脱落等新闻,造成了不同程度的人员伤亡,社会负面影响较大,根据调查报告分析,支吊架固定锚栓的选用存在多处不足,如凭施工经验选用锚栓、选用无严格检测报告的锚栓,锚栓的选型及布置未考虑混凝土基材的承受力等。现市场上部分品牌的固定锚栓,能够提供详细的性能参数,并能结合锚固基材、锚固方式、锚固位置等协助选型计算,但市场上仍存在部分品牌的锚栓,无法提供科学的性能参数以进行严谨的选型计算。因此我们在选用固定锚栓时,应确保锚栓能提供科学的性能参数,相关技术人员在此基础上进行锚栓的选型计算。

1、锚栓连接形式

建筑机电工程支吊架的固定与机械锚栓、固定基材等因素相关,机械锚栓在建筑机电工程中,通常采用膨胀型锚栓、扩底型锚栓。

膨胀型锚栓分为扭矩控制式膨胀型锚栓、位移控制式膨胀

型锚栓,扭矩控制式是通过控制螺杆扭矩大小完成膨胀安装,在机电安装中最为常见,位移控制式通过套筒与锥头的相对位移实现膨胀安装,在机电安装中一般用于桥架、小规格风管支架的固定。

扩底型锚栓分为模扩底普通锚栓、自扩底专用锚栓,模扩底普通锚栓通过专用钻具预先切槽扩孔,自扩底专用锚栓钻具预先钻孔,锚栓自带刀具,安装时自行切槽扩孔。

固定基材通常为钢筋混凝土,钢筋混凝土分为开裂混凝土、非开裂混凝土。开裂混凝土是在正常使用极限状态下,考虑混凝土收缩、温度变化及支座位移的影响,锚固区混凝土受拉,非开裂混凝土指锚固区混凝土处于受压状态。一般情况下承重梁锚栓连接设计,应采用开裂混凝土假设;柱墙的锚固连接,一般情况宜考虑为不开裂混凝土假定,并按其受力状况与结构设计确认锚栓连接部位是否为受压区;考虑地震作用的构件、基材其锚栓连接应采用开裂混凝土假定。

2、锚栓及混凝土的承载力计算

某管道支架根部, 通过两个锚栓固定于梁的侧面中上部分, 两个锚栓均承受斜拉力, 单个锚栓斜拉力设计值 $F_{sd}=8\text{KN}$, 斜拉力与梁的表面基材夹角 30° , 单个锚栓设计拉力值 $N_{sd}=8\text{KN}\cdot\sin 30^\circ=4\text{KN}$, 单个锚栓设计剪力值 $V_{sd}=8\text{KN}\cdot\cos 30^\circ=6.93\text{KN}$, 锚基基材为 C30 开裂混凝土, 表层混凝土无密集配筋, 基材厚度 $h=350\text{mm}$, 锚栓与混凝土基材边距 $c_1=220\text{mm}$, 锚栓与混凝土基材边距 $c_2=500\text{mm}$, 锚栓与混凝土基材边距 $c_3=500\text{mm}$, 两锚栓间距 $s_1=250\text{mm}$ 。现根据某产品选用扭矩控制式膨胀型锚栓, 钢材 6.8 级, 型号 M12, 其主要参数如下: 锚栓应力截面 $A_s=84.3\text{mm}^2$, 锚栓屈服强度标准值 $f_{yk}=480\text{MPa}$, 锚栓有效锚固深度 $h_{ef}=140\text{mm}$, 锚栓外径 $d_{nom}=18\text{mm}$, 基材最小厚度 $h_{min}=210\text{mm}$, 剪切荷载下锚栓有效长度 $l_f=140\text{mm}$, 锚栓距基材最小边距 $c_{min}=140\text{mm}$, 锚栓最小间距 $S_{min}=140\text{mm}$, $c_{cr,N}=1.5\cdot h_{ef}=210\text{mm}$, $s_{cr,N}=3\cdot h_{ef}=420\text{mm}$, $c_{cr,sp}=1.5\cdot h_{ef}=210\text{mm}$, $s_{cr,sp}=3\cdot h_{ef}=420\text{mm}$ 。

2.1 锚栓及混凝土的受拉承载力校核计算

当锚栓受拉时, 锚栓钢材破坏受拉承载力、混凝土椎体破坏受拉承载力、混凝土劈裂破坏受拉承载力需要进行校核计算。

2.1.1 锚栓受拉, 锚栓钢材破坏受拉承载力设计值 ($N_{Rd,s}$) 的校核计算:

$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s}/\gamma_{Rs,N} = 40.46/1.2 = 33.71 > N_{sd} = 4\text{KN}$$

$$N_{Rk,s} = A_s \cdot f_{yk} = 84.3 \times 480 / 1000 = 40.46\text{KN}$$

经计算选用锚栓的钢材破坏受拉承载力设计值大于锚栓拉力设计值, 满足需求。

2.1.2 锚栓受拉, 混凝土的椎体破坏受拉承载力设计值 ($N_{Rd,c}$) 的校核计算:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \psi_{s,N} \psi_{re,N} \psi_{ec,N} = 63.51 \times (281400/176400) \times 1 \times 1 \times 1 = 101.3\text{KN}$$

$$N_{Rd,c} = N_{Rk,c}/\gamma_{Rc,N} = 101.3/1.8 = 56.28\text{KN} > N_{sd} = 4\text{KN}$$

经计算混凝土的椎体破坏受拉承载力设计值大于锚栓拉力设计值, 满足需求。

2.1.3 锚栓受拉, 混凝土的劈裂破坏受拉承载力设计值 ($N_{Rd,sp}$) 的校核计算:

混凝土劈裂破坏的校核, 首先要校核锚栓在安装过程中, 混凝土是否会产生劈裂, 其次校核当锚栓处于受力的状态时, 混凝土是否会产生劈裂。

(1) 锚栓安装过程, 混凝土产生劈裂破坏的校核

$$c_1 = 220\text{mm} > c_{min} = 140\text{mm}$$

$$s_1 = 250\text{mm} > S_{min} = 140\text{mm}$$

$$h = 350\text{mm} > h_{min} = 210\text{mm}$$

经计算相关尺寸大于最小值, 满足需求。

(2) 锚栓处于受拉力的状态时, 混凝土产生劈裂破坏的校核

当满足以下条件之一时, 可以不考虑混凝土荷载条件下的劈裂破坏:

1) $c_1 \geq 1.5c_{cr,sp}$ 且 $h \geq 2h_{ef}$, $c_{cr,sp}$ 为基材混凝土劈裂破坏的临界边距, 应根据锚栓产品的认证报告确定, 无认证报告时, 可按照扩底型锚栓可取为 $2h_{ef}$, 膨胀型锚栓可取为 $3h_{ef}$ 。

2) 采用适用于开裂混凝土的锚栓, 按照开裂混凝土计算承载力, 且考虑劈裂力时基材裂缝宽度不大于 0.3mm 。

本文中 $c_{cr,sp}$ 根据锚栓的认证报告提供, $c_1=220\text{mm} < 1.5c_{cr,sp}=315\text{mm}$, 因此不满足第 1 条要求; 同时本文未采用适用于开裂混凝土的锚栓, 因此也不满足第 2 条要求。

因上述两项均不满足, 需按照以下计算公式进行混凝土劈裂破坏受拉承载力设计值 $N_{Rd,sp}$ 的校核计算:

$$N_{Rd,sp} = N_{Rk,sp}/\gamma_{Rsp} = 141.82\text{KN}/1.8 = 78.78\text{KN} > N_{sd} = 4\text{KN}$$

$$N_{Rk,sp} = \psi_{h,sp} N_{Rk,c} = 1.4 \times 101.3\text{KN} = 141.82\text{KN}$$

$$\psi_{h,sp} = (h/h_{min})^{2/3} = (350/210)^{2/3} = 1.4$$

混凝土劈裂破坏受拉承载力设计值大于锚栓拉力设计值, 因此满足需求。

2.2 锚栓及混凝土的受剪承载力校核计算

当锚栓在构件边缘受剪时, 锚栓钢材破坏受剪承载力、混凝土边缘破坏受剪承载力、混凝土撬坏受剪承载力需要进行校核计算。

2.2.1 锚栓受剪, 锚栓钢材破坏受剪承载力设计值 ($V_{Rd,s}$) 的校核计算:

$$V_{Rd,s} = V_{Rk,s}/\gamma_{Rs,V} = 20.23/1.2 = 16.86\text{KN} > V_{sd} = 6.93\text{KN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5f_{yk} A_s = 0.5 \times 480 \times 84.3 = 20.23\text{KN}$$

经计算选用锚栓的钢材破坏受剪承载力设计值大于锚栓剪力设计值, 满足需求。

2.2.2 锚栓处于受剪的状态时, 混凝土边缘破坏的校核

当锚栓边距 $c_1 \geq 10h_{ef}$ 或 $c_1 \geq 60d$ 时, 不需要进行混凝土边缘破坏的校核, 本文 $c_1=220\text{mm} < 10h_{ef}=1400\text{mm}$ 且 $c_1=220\text{mm} < 60d=1080\text{mm}$, 因此需按照以下计算公式进行混凝土边缘破坏受剪承载力设计值 ($V_{Rd,c}$) 的校核计算:

$$V_{Rd,c} = V_{Rk,c}/\gamma_{Rc,V} = 38.68/1.5 = 25.79\text{KN} > V_{sd} = 6.93\text{KN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \psi_{s,V} \psi_{h,V} \psi_{\alpha,V} \psi_{re,V} \psi_{ec,V} = 40.9 \times (318500/217800) \times 1 \times 0.97 \times 1 \times 1 \times 1 = 38.68\text{KN}$$

混凝土边缘破坏受剪承载力大于锚栓剪力设计值, 因此满足需求。

2.2.3 锚栓受剪, 混凝土撬坏破坏受剪承载力设计值 ($V_{Rd,cp}$) 的校核计算:

$$V_{Rd,cp} = V_{Rk,cp}/\gamma_{Rcp} = 201.6/1.5 = 134.4\text{KN} > V_{sd} = 6.93\text{KN}$$

$$V_{Rk,cp} = kN_{Rk,c} = 2 \times 101.3 = 201.6\text{KN}$$

混凝土撬坏破坏受剪承载力设计值大于锚栓剪力设计值, 因此满足需求。

2.3 锚栓及混凝土的拉剪复合受力承载力计算

当锚栓同时受到拉力与剪力时,在进行了上述的相关计算后,仍要进行拉剪复合受力承载力计算,首先进行拉剪复合受力的锚栓钢材破坏承载力验算,公式如下:

$$\left(\frac{N_{sd}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{sd}}{V_{Rd,s}}\right)^2 = \left(\frac{4}{33.71}\right)^2 + \left(\frac{6.93}{16.86}\right)^2 = 0.18 \leq 1$$

上式计算值小于等于1,因此满足需求。

其次进行拉剪复合受力的混凝土破坏承载力验算,公式如下:

$$\left(\frac{N_{sd}}{N_{Rd,c}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_{sd}}{V_{Rd,c}}\right)^{1.5} = \left(\frac{4}{56.28}\right)^{1.5} + \left(\frac{6.93}{38.68}\right)^{1.5} = 0.095 \leq 1$$

上式计算值小于等于1,因此满足需求。

3、结语

建筑机电工程支吊架固定锚栓的选型计算已在多个机电工程中得到应用,其中包含创鲁班奖项目——深圳鹏鼎时代大厦项目,在该项目本选型计算提高了管道支吊架的牢固性、安全性,以技术为基础,助力保障工程质量,得到了业主及社会

各界认识的认可。本文固定锚栓的选型计算,涉及锚栓及基材的众多参数,在后续的项目实施中,相关工程技术人员需对其加以足够的重视,并进行科学严谨的计算,以确保支吊架的安全性。

[参考文献]

[1]混凝土结构构造手册(第五版).北京:中国建筑工业出版社,2014

[2]张鸿儒,魏强,刘昌明,建筑机电支吊架选型的承重与受力简析[A],施工技术,2015(44)

[3]刘正杰,吴青东,邸丹,郭亚章,机电安装工程管线综合支架设计与安装研究[B],安装,2018(12)

[4]吕斌,浅谈玻璃幕墙中膨胀螺栓施工技术研究 [A],工程技术,2019.N06(下)

[5]室内管道支架及吊架(03s402).北京:中国建筑标准设计研究院,2003