

锚杆加固在塔吊基础处理中的应用

周才辉¹, 韦勇华²

(1. 云南地质工程勘察设计院有限公司, 云南 昆明 650041; 2. 中铁隧道集团四处有限公司, 广西 南宁 530003)

摘 要 在山区高速公路高墩施工中, 因地形复杂, 材料垂直运输设备常用塔吊, 其基础需作专项处理。结合工程实例, 通过塔吊基础受力分析, 介绍应用锚杆增加基础的抗倾覆力的设计及施工技术。

关键词 高速公路; 高墩; 塔吊基础; 锚杆

中图分类号 :TU472 **文献标识码** :B **文章编号** :1672-7428(2006)07-0043-03

1 工程概况

云南省保龙高速公路第九合同段左幅 K566 + 006 为 16 × 31 m + 21 × 29.5 m (16 孔、每孔长 31 m, 21 孔、每孔长 29.5 m) T 形连续梁桥, 右幅 K565 + 647 为 13 × 29.5 m (13 孔、每孔长 29.5 m) T 形连续梁桥。桥梁跨越两个山头, 7、8 号墩位于两个山头间山谷中, 设计为矩形变截面薄壁空心高墩, 下设方形挖孔灌注桩, 最大墩高达 82.5 m, 施工工程量大, 加之两侧山峰坡度极陡, 施工材料的运输极为困难, 如何选用施工材料的运输方式成为能否完成施工任务的关键。经充分论证及多种方案比较后, 采用在 6 号和 5 号墩间安装一台塔吊用于 7 号墩的施工材料运输, 在 9 号和 10 号墩间安装一台塔吊用于 8 号墩的施工材料运输。以下对 6、5 号墩间塔吊基础处理进行详细分析、论证。

塔吊的型号为 QTZ80C, 安装高度为 20 m (起吊臂至基础平台高度), 塔机最大工作的幅度为 50.0 m, 平衡臂长 12.5 m, 平衡重 12.89 t。安装现场位于左、右幅之间 6 号墩往 5 号墩方向 5.0 m 处, 其下方为陡壁及 7 号墩, 上方为挖方平台, 塔吊基础位置与上方挖方平台高差约 10 m, 有利于安装工作。

2 塔吊基础结构的计算

从塔式起重设备的工作原理进行分析, 该生产设备在以下方面对设备的安全使用关系相当重要: 设备的基础、设备结构、设备结构的材料、设备的工作性能和操作系统。在计算中重点求出设备基础的稳定性及设备抗倾覆的能力。因该工程的塔吊设备由生产厂家进行安装和施工中的施工材料垂直运输

操作, 现只对设备基础进行计算。

根据设备厂家的要求, 结合工程实际情况, 同时按云南公路规划勘察设计院对本施工项目进行的地质勘察报告对塔吊基础进行设计。塔吊基础砼强度为 C30, 尺寸选 5.0 m × 5.0 m × 1.35 m。预埋螺栓材料采用 40Cr 材质, 螺纹 M36, 调质 T250 共 16 件, 螺母 M36 材质 40Cr。现以河南新郑建筑工程机械厂生产的 QTZ80C 自升塔式塔吊, 对塔吊基础结构进行设计与复核算。

2.1 塔吊的相关技术参数

塔吊自重(整机质量) 20.9 t, 前臂长 50.0 m, 平衡臂长 12.5 m, 平衡尾石共重 12.89 t, 塔身标准节截面 1.7 m × 1.7 m × 3.0 m。塔身的截面尺寸为 1.7 m × 1.7 m。塔吊基础面受力情况: 塔吊基础面所承受的倾覆力矩 $M_k = 1147 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 垂直力 $F = 449 \text{ kN}$ (含吊重物对基础的垂直力), 水平力 $H = 11.54 \text{ kN}$ 。

2.2 塔吊基础设计与相关的计算

2.2.1 塔吊基础的选用

塔吊基础采用使用说明书中要求的 C30 钢筋砼基础(5.0 m × 5.0 m × 1.35 m)。由于拟安装塔吊所处位置为在高差极大陡壁开挖的平台上, 且基础外侧悬空, 为增大安全系数、确保施工安全, 采用在钢筋砼基础底部布 8 根 $\Phi 32 \text{ mm}$ 锚杆以增强基础的抗倾覆能力(锚杆布置见图 1)。

锚杆总长 4.5 m, 入岩锚固段长 3.5 m, 自由段长 0.75 m 伸入钢筋砼基础内, 顶部留 0.25 m 弯钩以增强锚杆与钢筋砼基础的锚固力, 钻孔直径 70 mm, M25 水泥砂浆注浆。

收稿日期 2006-01-10

作者简介 周才辉(1977-)男(汉族), 湖南隆回人, 云南地质工程勘察设计院有限公司助理工程师, 地质工程专业, 从事地质工程勘察与设计工作, 云南省昆明市董家湾路 172 号, 13170629456, www.520927@163.com; 韦勇华(1978-)男(汉族), 广西柳江人, 中铁隧道集团四处有限公司助理工程师, 地质工程专业, 从事路桥工程施工与管理工作, 广西南宁市科园大道 29 号, 13987564166, wyh520927@163.com。

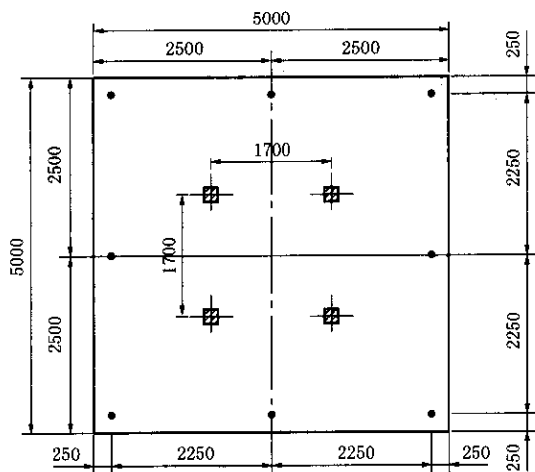


图1 塔吊基础平面图

基础的截面尺寸为 $5.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m} \times 1.35 \text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

基础底面所承受的弯矩值 $M = 1147.0 + 11.54 \times 1.35 = 1162.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (由塔吊产生的倾覆力矩 + 水平力产生的力矩组成)。

基础的自重力 $G = 5.0 \text{ m} \times 5.0 \text{ m} \times 1.35 \text{ m} \times 25.0 \text{ kN/m}^3 = 843.75 \text{ kN}$ 。

2.2.2 塔吊基础承载力计算

依据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007 - 2002)第5.2条承载力计算(按不考虑附着时的基础设计值计算公式)：

$$P_{\max} = [(F + G)/B_c^2] + M/W$$

$$P_{\min} = [(F + G)/B_c^2] - M/W$$

式中 F ——塔吊作用于基础的竖向力,包括塔吊自重、压重和最大起重荷载 $F = 449.0 \text{ kN}$; G ——基础自重 $G = 843.75 \text{ kN}$; B_c ——基础底面的宽度,取 $B_c = 5.0 \text{ m}$; W ——基础底面的抵抗矩 $W = B_c \times B_c \times B_c/6 = 5.0^3/6 \text{ m}^3$; M ——倾覆力矩 $M = 1162.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

计算得 $P_{\max} = 107.51 \text{ kPa}$ 。

本工程的基底地质岩层为灰白色强~弱风化花岗片麻岩,其相关参数值参照云南公路规划勘察设计院编制的地质勘察(工程地质钻孔 ZK41)的相关资料：

(1)灰白色强风化花岗片麻岩,容许承载力 $500 \sim 600 \text{ kPa}$;

(2)灰白色弱风化花岗片麻岩,容许承载力 $1000 \sim 1500 \text{ kPa}$ 。

地基实际承载力取 $600 \text{ kPa} >$ 压力设计值 $P_{\max} = 107.51 \text{ kPa}$ 满足要求。

2.2.3 单根锚杆的抗拔力计算

依据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330 - 2002)第7.2条有关规定进行计算。

(1)按锚杆钢筋截面面积计算

$$N_a = A_s \xi_2 f_y$$

式中 N_a ——锚杆轴向拉力值, kN ; A_s ——锚杆钢筋截面面积 $A_s = 804.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; ξ_2 ——锚筋抗拉工作系数,按临时性锚杆取 0.92 ; f_y ——锚筋抗拉强度设计值 $f_y = 490 \times 10^3 \text{ kPa}$ 。

经计算 $N_a = 362.5 \text{ kN}$ 。

(2)按锚杆锚固体与土层的锚固长度计算

$$N_a = l_a \xi_1 \pi D f_{tb}$$

式中 l_a ——锚固段长度 $l_a = 3.5 \text{ m}$; ξ_1 ——锚固体与地层粘结工作条件系数,按临时性锚杆取 1.33 ; D ——锚固体直径 $D = 0.07 \text{ m}$; f_{tb} ——锚固体与地层粘结强度特征值,按《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330 - 2002)表7.2.3-1较软岩石取值 $f_{tb} = 380 \text{ kPa}$ 。

经计算 $N_a = 388.8 \text{ kN}$ 。

(3)按锚杆钢筋与锚固砂浆间的锚固长度计算

$$N_a = l_a \xi_3 n \pi d f_b$$

式中 l_a ——钢筋与砂浆间的锚固长度 $l_a = 3.5 \text{ m}$; n ——钢筋根数 $n = 1$; ξ_3 ——钢筋与砂浆粘结工作条件系数,按临时性锚杆取 0.72 ; f_b ——钢筋与锚固砂浆粘结强度设计值,按《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330 - 2002)表7.2.4 M25水泥砂浆取值 $f_b = 2.1 \times 10^3 \text{ kPa}$ 。

经计算 $N_a = 531.7 \text{ kN}$ 。

根据以上计算,锚杆轴向拉力值取 $N_a = 362.5 \text{ kN}$ 。

2.2.4 塔吊基础抗倾覆验算

$$M_{\text{抗}} = 0.5Q(F + G)b + \sum N_{ai} b_i$$

式中 $M_{\text{抗}}$ ——基础的抗倾覆力矩, $\text{kN} \cdot \text{m}$; b ——基础的宽度, m ; N_{ai} ——单根锚杆的抗拔力, kN ; b_i ——锚杆至基础外缘(假定产生倾覆的旋转线)的距离, m 。

经计算 $M_{\text{抗}} = 10210 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $K = M_{\text{抗}}/M_{\text{倾}}$ (塔吊对基础产生的倾覆力矩) $= 10210/1126.58 = 9.06 > K = 1.60$ 满足要求。

2.2.5 塔吊基础的抗冲切、抗剪切、配筋验算

塔吊基础选用厂家提供的尺寸及配筋进行施工,在此不再单独进行验算。

2.2.6 结论

通过上述计算可知(主要是验证基础地基承载力、基础的抗倾覆能力),各项指标均满足要求,所

以选用的基础形式能满足施工安全的需要。

3 锚杆施工

(1)定位。孔位允许偏差为 $\pm 15\text{ mm}$;锚杆孔距误差 $\leq 150\text{ mm}$ 。

(2) 钻孔。锚杆采用风枪打眼,要求钻孔要圆而直,锚杆孔孔径 70 mm,钻孔深度要求超过锚杆锚固段长 50 cm,即 400 cm,钻孔质量和锚杆材料质量是锚杆施工质量的基础,确保每一根锚杆都能发挥支护的作用。

(3)清孔。用高压风管将孔内粉尘和杂物吹出。

(4) 砂浆制备。采用不低于 42.5 级的普通硅酸盐水泥,按 M25 配合比在拌合站统一拌合锚杆用砂浆,配合比设计参照云南公路规划勘察设计院设计的边坡锚杆 M25 水泥砂浆(灰砂比 1:1,水灰比 1:0.42,砂子粒径 $\geq 2\text{ mm}$)。

(5)锚杆准备。按设计要求截取杆体,并整直、除锈。

(上接第42页)

5.2 注浆过程中井筒水位(涌水量)的观测

分别统计各时间段内井筒水位上涨的快慢,对应该时间段内确定井筒涌水量与哪些注浆钻孔的哪些段相关性大,同时初步预测注浆效果的好坏。统计分析发现,井筒涌水量与注3、注4号孔在478.95~641.85 m段注浆高度相关,井筒涌水量由平常5.0~8.75 m³/h增加到12.99 m³/h。

5.3 注浆过程的控制

本次注浆自始至终遵循小段高、小注入量、间歇式重复注浆,正常情况下一次注浆量 $\geq 120 \text{ m}^3$,极少数情况下一次注浆量也不超过 160 m^3 ,在注浆中连续 $2 \sim 3 \text{ h}$ 不升压,即改变浆液的配比,如 $1 \sim 2 \text{ h}$ 再不升压,停止注浆,在注浆中压力突然下降 2.0 MPa 以上,停止注浆,压力超过设计压力,也停止注浆;总之,在注浆过程中,全过程监控注浆泵压的变化,随时改变浆液类型,随时停止注浆,等待复注。

(6) 注浆。孔深、孔径验收合格后灌注水泥砂浆,要求砂浆拌和均匀,随拌随用,一次拌和的砂浆要在初凝前用完。砂浆质量是确保粘结力和锚固力的核心,必须充分注意,严格控制在初凝前用完,并要遵守以下规定:

①注浆开始或中途暂停超过 30 min 时,要用水润滑注浆罐及其管路;

②注浆孔口压力控制在 0.4 ~ 0.6 MPa 之间；

③注浆管要插至距离孔底 5 ~ 10 cm 处,随水泥砂浆的注入缓慢匀速拔出,直到注满为止。

(7) 插锚杆。注浆结束后随即迅速将锚杆体插入, 锚杆杆体插入孔内的长度不得短于设计长度的 95%。若孔口无砂浆流出, 必须将锚杆体拔出重新注浆。

4 结语

云南省保龙高速公路第九合同段 7 号高墩目前正在顺利施工中,塔吊基础经使用证明其设计安全、可靠。

5.4 注浆量、井筒实测涌水量的比较

本次注浆设计造孔工程量 12 个钻孔 8160 m , 注浆量 42078 m³ ;实际造孔工程量 6 个钻孔 4328.24 m ,注浆 14697 m³ ,分别完成造孔工程量的 53.04% ,注浆量的 34.93%。井筒排水位置至 876.3 m ,水量实测 7.8 m³/h ,堵水率 >88.9% ,即用 34.93% 的注浆量堵水近 90%。

6 结语

望峰岗一副井井筒地面注浆堵水是在井筒四周打钻注浆来治理已掘砌全井筒淋、涌水水害;在钻孔布设受控于地面的构筑物的影响下,通过定向造孔在井筒四周形成均匀注浆堵水帷幕;注浆参数设计可能对井壁的破坏通过井壁回弹试验和下井观测来消除;井筒恢复到底,水量实测 $7.8 \text{ m}^3/\text{h}$,堵水率 $> 88.9\%$ 。