

隧道下穿河道预应力锚杆施工工艺及控制技术

杨宝

(中交路桥建设有限公司, 北京 101100)

【摘要】隧道深基坑开挖后,深基坑周边存在土压力的应力重新分布,原平衡土压力将作用于基坑临时支护结构,为减少基坑开挖方量、保证基坑支护安全,预应力锚杆施工在明挖隧道基坑锚喷支护中有着极为广泛的应用,其主要通过锚杆在周边土体的锚固,在隧道基坑开挖中对网喷支护面及围护桩施加应力,以保证隧道深基坑安全稳定。基于此,本文将主要针对隧道下穿河道明挖深基坑支护结构施工中如何使用预应力锚杆施工工艺展开相关探讨。

【关键词】隧道下穿河道;预应力锚杆;施工工艺

近年来,随着交通领域的发展,隧道建设项目总数不断增加,隧道施工技术也逐渐提高,隧道开挖深度越来越深,因此,深基坑的桩锚支护技术已被大量采用,在保证顺利完工的前提下,减少地下环境污染,降低工程造价也是深基坑施工的管控重点,预应力锚杆支护技术不仅能保证基坑内结构物的安全,保证周边环境、建筑物、道路管线的安全也是深基坑施工的基本管控要求,在保证顺利完工的前提下,减少地下环境污染,降低工程造价也是深基坑施工的管控重点,预应力锚杆支护技术不仅能保证基坑的稳定性,而且能合理的控制基坑的变形,对整个深基坑的支护具有十分重要的意义。

一、预应力锚杆结构和原理

(一) 预应力锚杆结构

包括:全螺钉空心锚;半球钢垫片;螺母,拱板,钢涨壳锚。钢制鼓壳锚定件具有4.4厘米的外径和25毫米的完全螺纹空心柱,以及3.0-5.0米的单柱长。

(二) 预应力锚杆加固原理

锚杆是利用螺栓将锚杆的头部扩张、高压注浆等,与周边土壤及软岩进行合理的接触,并向其施加初始的锚固(预应力钢筋),由此在瞬时产生工作压力;然后,以压水泥砂浆为填充剂,将其与周边土壤粘合,以防止周边土壤及锚的移动,并根据在喷管上安装加固带;垫片等约束着地基的边壁,以达到对周边土体及软岩的变形的有效控制。其主要原理为:①对松散不稳定的松散岩石进行锚固,并将其固定在稳定的岩石上,借助锚固力和摩擦的力量,将其与地面的滑动和滑动分离,避免了基础的变形和坍塌。②挤压加筋。在受压时,在邻近区域内产生一个压缩区域。

以适当的次序将螺钉零件安排在一起,这样相邻的锚钉所产生的收缩区就会相互叠加,从而构成收缩区,采用锚固结构对受压区的疏松地质构造进行加固,以改善综合性能,增强承载力。③形成固定的力量。当锚杆被插入到特定的地层中时,由于受锚固力的影响,周围的土体会互相挤压。通过组合拱的组合,使其抗弯强度、强度、刚度得到极大的改善,进而提高了地质构造的承载力。

北京市延庆区的妫水河隧道,是一条南北向的长2044米的隧道。设计起点桩K5+826,在小大路北侧,以011国道南侧的桥墩K7+870为终点,在主河(K6+880~K7+280)处下穿。合同期限为2016年12月31-2017年10月31号,共22个月。妫水河隧道是“华北第一条跨河高速公路”,是一项集高速公路、市政、水务于一体的工程。项目规模大,施工周期短,对周边水域的养护工作有较高的需求。妫河隧洞的主要构造包括:封闭式和U型槽型,妫河南段234米、妫河以北140米、封闭式1670米。在自然条件下,自然标高479.29~484.78 m,底面472.67 m,基坑开挖线宽62.34~155.79 m,U形沟段在0~8 m处,8~25 m的围堰,以及29.2 m的局部泵站。在整个工程中,CFG桩土的组合基础都是以U型沟槽为基础,然后在U型沟槽下面设置抗拔桩柱。本项目以高粘性、粉质、粉、细砂岩为主体,采用了大量的地下水,并与帷幕隔水+坑道降水相配合,将基础开挖分成一级放坡、二级放坡、二级放坡+支护桩、二级放坡+支护桩+预应力锚杆、内外排支护桩+预应力锚杆等多种支护形式,并采取明挖顺法,即先开挖基坑,然后进行围护,然后在基坑范围内施四个箱室的混凝土和防水结构,然

后进行基坑回填。

（三）周边环境

本标段临近康庄镇的小丰营村、大路村，延庆镇的新白庙村；穿越妫水河一级水源地保护区、妫河森林公园、世园会围栏区；与环湖南路、百康路、环湖北路十字相交，与圣百街丁字相交；红线内涉及城市设施及周围建（构）筑物较少。本标段以妫水河为界，分为南北岸和河道范围三个建设区域，在河堤建设的全过程中，必须满足妫水河东西向径流的要求。南北岸主要道路包括环湖南路、百康路、环湖北路等；妫河南、北两岸绕行主要为延庆区现有城市主干道：延康路和康张路等；延康路、康张路等。根据勘察报告，拟建场地路面以下 48.00m 深范围内的地质构造按堆积年代和工程性质分为三类：人造沉积层、近期冲积层，和第四纪冲积层；项目性质进一步分为：10 个大层及亚层。

二、预应力锚杆施工

根据明挖深基坑的水文地质、地质构造和工期，选用常规潜孔钻施工，直径 180mm，现场做好排水管道措施，深基坑开挖后立即进行支护体系施工，深基坑开挖采用基坑分层开挖，基坑开挖后，应进行锚杆施工。根据液压钻机的特点，钻机的工作面宽度不小于 7m，施工时，项目两侧各设置两台钻机同时钻孔。

（一）钻孔

1. 钻头的选择

钻孔前，检查施工范围内地下管线的状况和具体位置，防止损坏地下管线；根据参考点和施工图，准确量测锚孔间距、水平和垂直梁位置、结构斜线、孔距，执行识别码并制作显眼标志；钻孔时应进行试钻，随时随地调整钻孔机，确保孔距和倾角准确；安装钻具时，重新开始，一根一根地向下安装；将注浆管放在锚体顶部，并顺着杆体进入孔底。预应力锚杆钢壳头直径为 44 mm，实验使用 45 毫米钻孔。一些锚杆难以安装，同时，外壳膨胀头的胶带被破坏，外壳膨胀头散落，无法安装；用 51mm 钻钻孔，桩径约 53mm。与面层固定或不能合理延伸；用 48mm 钻钻孔，桩径 50mm 左右，YE 螺栓安装成功，外壳膨胀头直径宜超过 5mm。

2. 钻孔顺序

钻孔顺序是从上到下。钻机在钻孔时，左右两侧受作业机械作业范围影响，要保持安全距离。

（二）锚杆安装

插入锚杆前，组装锚杆，并检查钢锚端膨胀壳头的塑料扎带是否开裂或损坏，用锚杆前方的钢制

膨胀壳锚固钉将外螺纹杆体合理拧紧，送入孔内。

（三）压浆

注浆前，将灌浆管固定，由 KBY-50/70 型注浆机由下至上灌注，再由水泥搅拌机搅拌至 1:1，注浆结束后，按现场条件适时调整注浆工艺，工作压力为 0.5-1 MPa，在注浆过程中，对不同周期系统中的预应力钢筋进行了抗压强度试验，并对张拉时的钢筋进行了强度试验。在桩、锚作业中，当采用锚杆作业时，应将主灌浆管与锚杆一起放入，灌浆管中端至孔底间隔 500 mm，二次高压注浆管段的出口和末端要密封，保证一次灌浆时不会出现二次高压灌浆，采用二次注浆，一次采用水泥浆，工作压力 0.4-0.6 MPa，拌制浆料混凝土水灰比 0.45-0.5，水泥砂浆比 42.5，注浆：采用纯水泥砂浆二次注浆，灌浆工作压力 2.5~5.0 mpa，混凝土水灰比 0.5，用 2 min。

（四）锚杆的张拉

适时安装好螺钉槽后，用手工拉拔螺钉，将扩张器完全展开，使扩张器与土壤完全接合；并按钻具的实际工作情况，调节高压排气管，将喷嘴推进固定螺钉，并在固定锚杆上安装原有的预应力筋，以保证衬垫与支座的整体保持良好的接触。在桩、锚支护工程中，在设置锚杆时，要将注浆管道放置在洞口上方，并与缆绳一起下到孔底端；所选择的钢丝绳要经过表面去污和防锈处理，任何断面的钢筋都要经过表面去污，防锈处理后再涂上塑料布。该项目的桩、支护锚包括 3 个、4 个，（按照井眼的深度，将锚杆的制造和制造长度延长 1.2 米，用于张拉时）。每个线沿着缆绳的杆体制造。定位装置在 2.0 米处安装螺钉本体，并用软塑料胶管包裹螺杆，胶管的长度按照设计要求制造。在缆绳本体的中心，一条注浆的塑胶软管通过该定位仪，保证其在注浆时能向外震动，在该位置上，为了便于固定，为了便于固定，在下锚时，必须将锚杆上的注浆管用于 25 度的孔中，防止缆绳扭转和弯折。

（五）锚杆试验检测

LX-10M 型锚杆锚固品质检定器是为了对 DCP/YE 锚杆进行质量检验的。在采用外法方向外扩的情况下，采用了再喷后的非破坏性测试技术。下锚时，将注浆管装入孔中，使其倾斜 25 度，从而避免了杆体的扭转和弯曲。若有一根杆未伸到孔底，则不可强行拔出，必须将其拔除，然后再次下锚，将锚杆插入到底端，在外侧留出 1.2 米长的杆身供以后张拉。在下锚杆后，要及时清洞并进行灌浆，以避

免出现坍塌。

(六) 张拉与锁定

锚杆的张拉应在内锚段锚固剂注浆后 24 小时进行。TG-2000 扭力扳手用于张拉设备。在张拉前, 调整扭矩扳手。扭力扳手在施工过程中容易出现破损, 需要每周进行一次校准。张拉前先把钢板套在锚杆上, 然后把垫片和锚杆垂直后再把螺丝固定。在正式张拉前, 按设计张拉荷载 20% (2.4 t) 进行预张拉 1~2 次, 以保证各部分之间的接触。张拉力的施加值按以下次序进行: 第一次张拉力为设计值的 25% (3.0 t), 在保持 5 分钟后进行第二次拉伸, 张拉力为设计值的 50% (6.0 t), 在保持 5 分钟后进行第三次拉伸, 张拉力为设计值的 75% (9.0 t), 在保持 5 分钟后进行第四次拉伸, 张拉力为 100% (12 t), 当最后一阶段张拉力达到设计值后, 稳定压力 30 min, 完成张拉、本的拉伸, 并做好原始记录, 每次张拉均应量测锚杆和锚杆锁定后 48 h, 如果在 48 小时内, 出现张拉力超过设计值 10%, 则需要进行张拉补偿。

(七) 自由段注浆

张拉完毕后, 进行了锚杆自由段的回填注浆工作。在确定排水管没有堵塞的情况下, 可以在空隙处进行灌浆, 在空隙处灌浆必须充分, 在空隙处没有空隙, 并且有大量的浆液外溢时, 可以结束空隙的灌浆。在胶浆固化之前, 不得敲打, 碰撞, 拉拔。在第一批 (30~50 个) 的张拉结束后, 集中进行自由段注浆, 可以达到大规模的施工。

(八) 注意事项

①采用锚杆钻孔, 根据土壤条件调节钻头直径, 适当增大土层中的钻孔直径, 以确保锚杆的正确安装; ②在钻孔时, 必须采用先钻后钻的方式, 或集中于某一地区, 同时进行钻孔施工, 避免因钻孔时间太长而导致孔洞坍塌。③在安装锚杆时, 在桩身完全接触孔底部后, 迅速向下推进, 使锚杆能很快地钻入孔底, 并受到自身的重力作用, 从而使前端锚杆的外壳从固定孔中伸出。④先用人工扳手将原拉力扭紧, 然后用气压扳手将其旋紧。⑤注浆: 注浆严格按照水泥配比, 在螺栓固定后进行均匀注浆, 可以随时搅拌, 确保注浆工作的连续性, 并确保注浆池中剩余的浆液不会被中断, 以免造成管路堵塞。要严格控制注浆工作压力, 选用低压力注浆, 以避免由于注浆工作压力太大, 造成钻孔中气体不能正常排出, 注浆不够紧密。

三、施工中的质量控制

预应力锚杆的施工工艺复杂, 技术规范严格,

为确保工程质量, 除了严格的工序和工序, 还必须加强质量管理: (1) 锚杆、精轧钢筋、锚固、混凝土等关键原材料的铺设, 并对相关材料进行详细的验收, 确保材料的质量。张紧前校正扭力扳手, 校正合格后, 才能进行张紧。在施工期间, 扭力扳手极易受损, 为了确保拉紧的准确性, 必须每周进行一次校正。(2) 穿孔是一项重要的质量管理工作。在施工中, 要精确地测量孔间距, 并用红色油漆标记。使用钻机时要有经验、有责任心的工人, 在打孔之前要认真地调整好钻杆的位置, 并用清水冲洗, 这样就可以保证钢筋的锚固和张紧。(3) 在张拉过程中, 内锚段注浆的密实度是保证其顺利进行的关键。首先, 要确保锚定剂的浸渍充分, 浸泡的时间为 2.5 分钟, 然后, 在每一根锚定剂的注射下, 将管道的上端和下端都拉出 5 cm。

四、结语

综上所述, 最后, 根据实际情况, 对采用预应力钢筋混凝土的施工工艺及质量控制进行了分析与讨论, 并提出了如下建议: (1) 采用预应力锚杆进行支挡、采用结构加强, 使其在隧道施工中得到较好的效果。(2) 锚杆的埋设和压实性能的现场无损检验技术对于掌握科学的认识和使用有着充分的参考价值, 有着广阔的市场和广阔的应用空间。(3) 落实设计方案、施工、检验等施工技术, 并对施工中的信息内容进行及时的回馈, 并对施工中的技术规程进行详细的指导, 以确保隧道支护结构的稳定。

参考文献:

- [1] 赵伟, 雷升祥, 肖清华. 让压预应力锚杆在软岩隧道大变形控制中的作用机制研究 [J]. 隧道建设 (中英文), 2019(07):8.
- [2] 刘吉昌. 岩层破碎山体锚杆跟管钻进施工技术 [J]. 建筑技术开发, 2019(18):2.
- [3] 杨晓敏. 软岩地下工程预应力锚杆支护设计及技术应用 [J]. 科学技术创新, 2021(25):2.
- [4] 汪波, 王振宇, 郭新新, 等. 软岩隧道中基于快速预应力锚固支护的变形控制技术 [J]. 中国公路学报, 2021(03):12.
- [5] 王仁杰. 挤压性围岩大跨隧道预应力锚杆作用机制研究 [J]. 天津建设科技, 2019(02):3.
- [6] 罗基伟. 超大跨度隧道预应力锚杆——锚杆协同支护机理 [J]. 中国铁道科学, 2020(05):12.
- [7] 房海勃, 乔梁. 公路隧道仰坡预应力锚杆施工技术 [J]. 甘肃科技, 2019(20):3.