

高地下水位抗浮锚杆后压浆施工要点与效益分析

张春杰

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450001

摘要：高地下水位抗浮锚杆后压浆施工是应对地下水位较高的地区进行基础工程施工的一种重要技术手段。在高地下水位条件下，地下室或地下结构的建设面临着严重的浮升风险，可能导致结构稳定性的下降，甚至破坏。因此，采用抗浮锚杆来抵抗浮升力，将后续进行压浆处理是一种有效的解决方案。该技术手段具有施工简便、效果显著、经济可行的优点，并被广泛应用于各种地下工程中。本文旨在探讨高地下水位抗浮锚杆后压浆施工的关键要点与效益。

关键词：高地下水位；抗浮锚杆；后压浆施工；要点；效益

随着我国经济建设的发展，地下空间的应用越来越广泛，出现了大量的地下广场、高层建筑地下室或地下车库、地铁等，这些建筑一般基坑开挖较深，地下结构处于地下水位以下。由于部分建筑物自重及其他外部因素产生的综合荷载不足，尤其是深基坑基础，导致基础底板不能抵抗地下水浮力作用，产生裂缝、渗水现象，从而影响结构安全。为了平衡地下水所产生的浮力，必须在基础底板施加竖向外力以平衡浮力，抗浮锚杆就是利用锚杆自身的抗拉强度所产生的抗拉力，锚杆与土层之间的摩擦力所产生的抗拔力，达到平衡浮力的效果。我公司依托于郑东新区黄河明珠广场项目，对抗

浮锚杆施工的关键技术进行了较全面的研究，形成本工法。

一、高地下水位抗浮锚杆后压浆施工工艺原理

利用单管高压旋喷桩机在地下成孔，通过设置抗浮锚杆将结构物或构筑物基础与地下土层连成整体作为基础或上部结构的一部分共同工作，这种基础可有效的抵抗地下水的上浮力。抗浮锚杆采用二次后压浆方式，通过提高摩阻力从而增大了抗浮锚杆的抗拔力，同时在垫层上面锚杆根部做水泥基渗透结晶、密封膏及防水附加层处理，然后再做防水层，可有效阻止地下水的渗透，起到一定的阻水作用^[1]。

二、施工工艺流程及操作要点

1. 抗浮锚杆施工工艺流程图

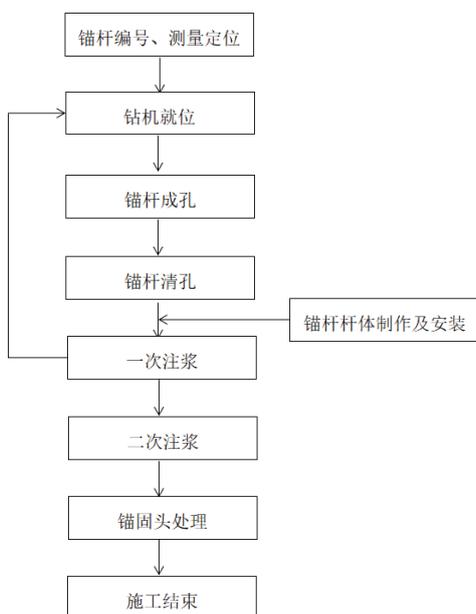


图1 抗浮锚杆施工工艺流程图

2. 抗浮锚杆示意图

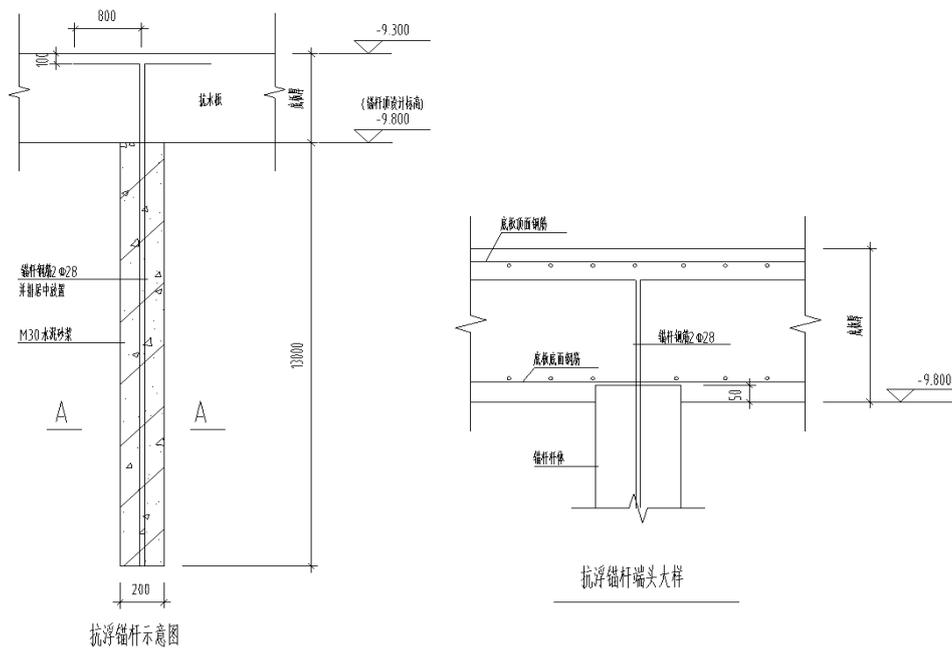


图2 抗浮锚杆示意图

注：本图仅为施工示意图，具体尺寸应根据设计图纸进行施工。

3. 抗浮锚杆施工方法及要点

(1) 抗浮锚杆基本实验

抗浮锚杆正式施工前，首先进行抗浮锚杆试桩试验。锚杆试验的地质条件、锚杆材料和施工工艺等应与工程锚杆一致。试桩试验时最大的试验荷载不宜超过锚杆杆体承载力标准值的0.9倍。基本试验的主要目的是确定锚杆与土层间粘接强度特征值、锚杆设计参数和施工工艺。试验锚杆数量不应小于3根。锚杆基本试验采用循环加、卸荷法。锚杆基本试验要点参照《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)执行。

(2) 抗浮锚杆编号、测量定位

现场测量人员根据抗浮锚杆平面图对所有锚杆进行编号。放线时，对照锚杆平面布置图，在基层上弹出孔位线，做出标记，锚孔定位偏差不宜大于10mm。

(3) 钻机就位

测量人员放线之后，钻机开始就位，成孔施工前，施工人员应仔细检查点位及钻具垂直度，确保满足要求后，再进行成孔施工。

(4) 抗浮锚杆成孔

抗浮锚杆成孔采用单管高压旋喷桩机，钻机等设备选定以后，进行安装、定位，要注意准确、牢固，开始钻进时要采取轻压、慢速钻进，避免导向器的移位。孔

径200mm，锚杆孔径误差10mm。达到设计深度后，不得立即停钻，稳钻1~2min，防止底端头达不到设计的锚固直径。锚杆倾斜度不应大于2%，钻孔深度超过锚杆设计长度应不大于0.5m^[2]。

(5) 清孔

锚孔成孔后，用高压水泵将清水注入孔底，进行清孔，直至没有泥浆流出为止。并做好孔口维护，防止渣土流入孔内。

(6) 抗浮锚杆杆体制作及安装

①杆体制作：杆体必须按照设计图纸进行制作，并符合规范要求，应防止钢筋弯曲变形。锚杆钢筋下料长度误差30mm。接头采用机械连接或焊接方式进行连接。使用前对钢筋进行除锈和清理。为保证钢筋下孔时居中，隔离居中架(架立钢筋)按规范要求采用Φ8@2000mm一组，每组沿钢筋周围圈焊接2个，点焊采用J506型焊条。见图3。

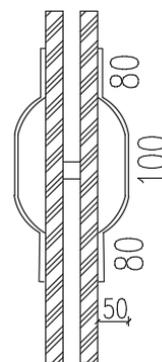


图3 隔离居中架示意图

②杆体吊装：锚杆杆体的吊装必须在孔深、孔径、垂直度、孔底沉渣等成孔质量确认符合要求后方可进行。

③杆体吊装下入孔时，应对正钻孔中心，正确计算

钢筋长度，确保底板内锚固长度。两根注浆管与钢筋一起下入孔内，其中一根自由下放至孔底，作为一次注浆管；另外一根固定在锚杆钢筋上，做为二次后压浆管，应在锚杆全长范围内设置注浆孔，孔间距宜取500mm-800mm，每个注浆面的注浆孔眼宜取2个，出浆口应有逆止构造^[3]。

(7) 抗浮锚杆一次注浆

注浆材料采用水泥浆，可根据实际情况掺加膨脹剂和早强剂。水泥宜采用普通硅酸盐水泥，水灰比为0.45~0.5。钻杆钻至设计深度后，用压力水通过注浆管清理锚孔，清理干净及锚杆安装完成后，将注浆管连接一次注浆管，一次注浆管放入距孔底100mm，压力1.0MPa，注浆作业连续，注浆管要边注边拔，拔管高度不超出孔内浆液面，浆液自下而上连续灌注且确保从孔内顺利排水、排气，从而保证注浆质量。待孔口溢浆，即可停止注浆。

(8) 二次后压浆

待一次注浆完成48小时后，即可用压力不小于2.0MPa高压注浆管进行二次后压浆。二次后压浆液宜采用水灰比0.5-0.55的水泥浆；采用孔底返浆法，将注浆管连接二次压浆管，用注浆机将水泥浆通过注浆管注入孔底，水泥浆从钻孔底口向外依次充满并将孔内空气压出，而水泥浆则由孔眼处挤出并冲破第一次注浆体。

(9) 锚头处清理

①锚杆成孔时，做好孔口维护，防止渣土流入孔内，影响注浆的效率与质量。

②由于注浆时部分水泥砂浆外溢，凝固于锚杆杆头处，影响后续施工锚杆防水，故需要进行凿头清理到与垫层高度一致。

③锚头处清理完毕后，需用清水清理一下工作场地，为后续施工提供良好的施工条件^[4]。

(10) 抗浮锚杆锚头防水处理

①锚杆周围250mm范围内基础垫层浇筑下沉30mm，表面抹光。

②锚杆钢筋基础垫层以上浮土及泥浆用钢刷清理干净。

③在锚杆周围250mm范围内刷1.5mm厚的水泥渗透结晶型防水涂料，锚杆钢筋上上翻50mm高，两遍成活。

④在锚杆钢筋根部采用密封膏密封或套2cm*2cm*2cm遇水膨胀条。

⑤在锚杆钢筋250mm范围内抹30mm厚的聚合物防水砂浆，表面抹光。

⑥随基础防水铺设3mm+4mm两层SBS防水卷材，高于钢筋上翻50mm，与锚杆钢筋裹紧。详见图4。

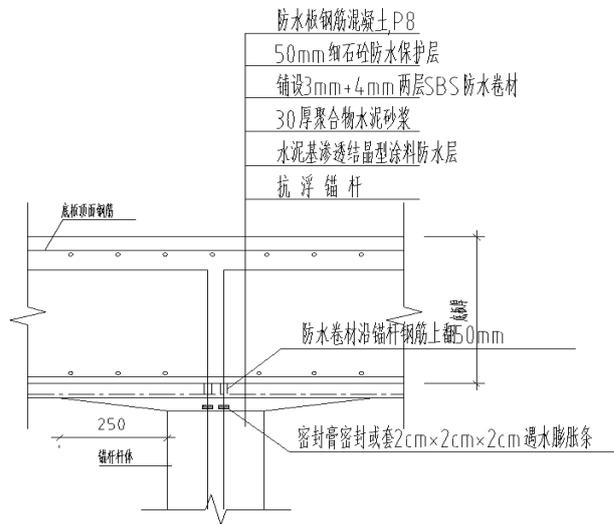


图4 抗浮锚杆锚头防水处理示意图

三、质量控制措施

1.建立健全工程质量责任制，各级质量管理人员各司其责，严格把关每一道工序，确保本工程质量无忧。建立质量管理体系：成立以项目经理为第一责任人的项目质量管理小组，成员包括技术负责人和专职质量检查员。各施工班组长负责其所施工内容的质量，专职质量检查员对各班组、工序的质量进行全面的检查^[5]。

2.对杆体所用钢筋原材料、灌浆需用原材料进行进场检测，并做好复试报告、进场合格证、型式检验报告等的存档工作。

3.抗浮锚杆正式施工前，要根据设计要求，是否采用试验锚杆，试验锚杆的数量不少于3根，其施工工艺及参数均应与正式锚杆相同。试验锚杆在做正式锚杆使用时，不应对其进行极限抗拔试验。当为永久性抗浮锚杆时，其最大试验荷载取锚杆轴向拉力设计值的1.5倍。

4.施工前要对锚杆的定位，终孔后对孔深、孔底沉渣等进行检查，并做好施工记录，锚杆成孔后要及时下入杆体，以防塌孔，杆体安放时，要注意防止杆体扭压、弯曲。

5.成孔及注浆过程中，要控制地下水位，做好降、排水措施，避免孔内、外形成较大的水头差，从而影响到注浆效果或造成塌孔现象。

6.在松散、破碎等易坍塌段施工时，要注意钻进速度不宜太快，以免岩渣不能及时清除而引起卡钻、埋钻事故。在岩层片理、节理发育或软硬地层钻进时，要避免压力过大引起的钻孔弯曲和钻具折断现象。

7.抗浮锚杆的验收试验应分级加载,初始荷载宜取锚杆轴向拉力设计值的0.10倍,分级加载值宜取锚杆轴向拉力设计值的0.50、0.75、1.00、1.20、1.33、1.50倍。每级荷载均应稳定5~10min,并记录位移增量,最后一级荷载应维持10min^[6]。

四、效益分析

1.经济效益

①从成本方面来比较,相较于传统的抗浮施工方法,节省了将近1/3的成本。

②从工期方面分析,单管高压旋喷桩机系列钻机比普通钻机效率提高2~4倍,工期缩短幅度较大。

③从施工顺序方面,先施工垫层,钻机移位方便,减少了吊机或水平动力设备的辅助就位,降低机械费用。并且在施工质量上保证了锚杆根部的灌浆体的完整性,从而减少了地下水对锚杆根部的腐蚀。

④从提高质量,保证结构安全角度分析,抗浮锚杆比其它类型的抗浮措施具有更好的抗浮效果和广泛的应用前景,因其受力合理、施工简单、造价低廉等而在地基的抗浮设计中大量被采用。

综合以上方面直接节约工程费用:

人工费:10人×300元/天×15天=45000元

机械费:2000元/天×15天=30000元

经济总效益:7.5万元

2.社会与环保效益

①锚杆作为一种抗浮措施,充分体现了绿色施工的理念,是一种因地制宜,符合“节水、节能、节地、节材”的四节一环保的抗浮措施,相比其它方案,具有很大的成本和环保优势。

②该工法可提高在地基中锚杆的施工效率,加快施工进度,保证杆体的抗拔要求,根据不同的地基情况,通过选择不同的钻机及相配套的空压机、钻杆、钻具等施工锚杆,从而来达到建筑物永久抗浮的需要,具有很高的推广价值。

五、应用实例

黄河龙珠酒店项目位于郑州市郑东新区朝阳路南、如意西路东,项目占地面积11550.96平方米,拟建总建筑面积52796平方米,其中地上建筑面积34600平方米,地下建筑面积18196平方米,绿地面积1201平方米,绿地率10.4%。地基基础结构形式采用天然地基,基础为筏板+下柱墩。在地基与基础施工过程中采用了抗浮锚杆施工工法,不仅为工程缩短了工期,还确保了工程的结构安全性。

黄河明珠广场项目位于郑州市郑东新区如意西路以东,西七路以北,西六路以南,总建筑面积69426m²,地下室建筑面积21535.48m²,由A、B、C三座写字楼及地下车库构成,地下室均为2层,地上10层,框架结构。在地基与基础施工过程中采用了抗浮锚杆施工工法,本工法能有效的保证锚杆的定位和抗拔承载力,可避免锚杆部位底板的渗漏。施工简便、操作灵活、占用工期短、施工作业面小,在大面积垫层施工中可灵活穿插,也可逆作施工,不妨碍其它工序的进行。施工机具简单,无需大型施工机械设备,且需要的机具和劳力少、成孔速度快。改进后工艺实用、技术先进,不仅保证了工程的施工质量,确保了工程的结构安全,而且还取得了良好的社会效益和经济效益。该施工工法得到了建设单位及监理单位的高度评价,同时也积累了施工经验,为我公司取得了信誉,获得良好的经济效益和社会效益。

结语

高地下水位抗浮锚杆后压浆施工是一项重要的技术手段,能有效解决地下结构浮升问题,保障工程的稳定与安全。通过合理选择锚杆材料和设计方案,并根据实际情况进行施工,可提升结构的抗浮能力,降低浮升风险。与传统的抗浮方案相比,后压浆施工不仅能够提高工程的质量和安全性,还能够降低后续的维护成本。因此,在高地下水位地区进行抗浮锚杆后压浆施工具有重要的技术和经济意义。

参考文献

- [1]曹先文.抗浮锚杆在地下室抗浮技术施工中质量控制关键点的分析与探讨[J].建设科技,2023,(22):80-83.
- [2]张伟.抗浮锚杆在高水位地基中的应用[J].中国建材科技,2019,28(05):113-114+102.
- [3]龙小娟.复杂地质条件下抗浮锚杆施工技术技术要点探究[J].安徽建筑,2019,26(07):103-104.
- [4]叶勇.复杂地质条件下抗浮锚杆施工技术问题浅析[J].城市建筑,2019,16(21):154-155.
- [5]吕洪磊,罗理祥,李丰军等.丰水期地下水位高于抗浮设计水位的无抗浮锚杆地下室抗渗防裂施工技术[J].中国水运(下半月),2014,14(11):346-348.
- [6]姜居林,许倩.高地下水位场区大空间地下工程的抗浮设计与施工[J].水利水电技术,2012,43(05):85-87.