

笼芯囊抗浮锚杆技术研究分析

丁光毅 张建国 蔡井超 田旭 丁慧玲
中建一局集团第五建筑有限公司 广东 深圳 518000

摘要：随着城市的发展，地下空间应用越来越广泛，随之也带来了一些问题，例如出现构筑物上浮、地下室底板开裂等问题，为解决这些问题，提出了笼芯囊抗浮锚杆技术。本文主要通过对比研究，结合相关案例，分析笼芯囊抗浮锚杆在实际应用中的价值及特点，并取得了一定的成果。

关键词：地下空间；笼芯囊抗浮锚杆；实际应用；成果；创新

1 研究背景

1.1 研究概况

随着城市建设的发展，为更好的解决用地紧张问题，地下空间的应用越来越广泛。当地下室埋深较大，地下水位较高，而建（构）筑物自重相对较轻的时候，就会出现水的浮力大于建筑物自重，而使建（构）筑物整体上浮的情况，也可能使地下室底板在水压力作用下出现开裂漏水。

当建（构）筑物地下结构的自重及覆土压力无法抵消地下水产生的浮力时，通过设置笼芯囊抗浮锚杆，可消除地下水浮力产生的不利影响，以保证地下结构的稳定和安全。

笼芯囊抗浮锚杆是设置于建（构）筑物基础底部，一端锚固在建构筑物底板，另一端锚固在地基的持力层中，将浮力传递到稳定的岩土层，用以抵抗地下水对建（构）筑物浮力的构件。笼芯囊抗浮锚杆包括囊袋、杆体（由钢筋、特制钢管、钢绞线等筋材组成）、注浆体、锚具、套管和可能使用的连接器。

与普通锚杆不同，笼芯囊锚杆杆体采用一根精轧钢筋代替普通锚杆单根至多根钢筋。

1.2 研究方向

普通钢筋杆体抗浮锚杆取材方便，应用非常普遍。但是，笼芯囊抗浮锚杆还是存在不同程度的重难点问题，主要表现在以下4个方面：

1) 抗浮锚杆成孔和清孔工艺研究。我国幅员辽阔，地质条件成因复杂，岩土层次千差万别，抗浮锚杆注浆体所处持力层差异明显，成孔难度及成孔方式直接影响锚杆的成孔质量。总结不同地基中抗浮锚杆的成孔要点，有利于抗浮锚杆施工方案的制定和优化。

2) 抗浮锚杆承载力检测设备与技术研究。为了既能适用各种抗浮锚杆的锚头形式又能满足规范提出的随机抽取试件的要求，解决抗浮锚杆量大密集及拉拔试验等难

题，有必要进行抗浮锚杆承载力检测设备与技术研究。

3) 抗浮锚杆节点防水施工技术研究。抗浮锚杆的用途之一就是抵抗地下水对建筑物产生的上浮力。因此，抗浮锚杆大多是存在于富水环境中。但是，在抗浮锚杆的地下室底板防水施工过程中，如果不对抗浮锚杆节点处防水采取相应的施工措施，就容易导致抗浮锚杆与地下室底板节点处的混凝土由于毛细孔道现象的发生发展而出现渗漏现象，不仅会影响建筑物的使用功能，而且事后采取的各种补救措施，也费时费力费钱，且效果还不理想。渗漏隐患不能避免或消除时，还可能影响抗浮锚杆的使用寿命，导致严重后果。所以，抗浮锚杆的节点防水质量也对锚杆整体质量有着不可忽视的影响。

4) 抗浮锚杆锚头钢筋兼做基础底板钢筋马凳（或临时支撑）施工技术研究。抗浮锚杆锚入基础底板，锚头钢筋代替部分或全部基础底板的钢筋马凳（或临时支撑），支撑基础底板上层钢筋网片的重量，在其受力性能和上层网片成型质量满足规范要求的前提下，能节约钢材（钢筋、钢型材），大大节省基础底板的措施费，符合绿色施工的大趋势。

1.3 研究现状

对于笼芯囊抗浮锚杆施工，国家没有制定专门的标准规范。对于抗浮锚杆的成孔施工，大多是依据专业分包提供的施工方案执行，总包单位缺少对专业方案的对比分析和优化；对于抗浮锚杆拉拔检测试验，普遍采用穿心式千斤顶拉拔直锚头的抗浮锚杆，待拉拔检测之后，必要时对锚头进行二次成型，对组合式抗浮锚杆承载力检测设备的研究，基本未见其他的相关报道；对抗浮锚杆节点防水，尤其是凹式加强型节点防水采用工具式做法，找不到切实的论文、工法和可供参考的范例；对于抗浮锚杆锚头钢筋兼做钢筋马凳（或临时支撑）的研究，经查新，尚无现成的工法可推广应用。所以，对笼芯囊抗浮锚杆关键施工技术的研究，非常必要，也很有实用价值。

1.4 研究价值

笼芯囊抗浮锚杆施工关键技术的研究与应用,分别从抗浮锚杆成孔和清孔及工艺、承载力检测设备与技术、抗浮锚杆节点防水、锚头钢筋兼做底板钢筋马凳(或临时支撑)四个方面着手,既利于施工方案的优化,又专攻检测方面的疑难问题,研究成果将有力促进抗浮锚杆的施工进度,保证施工质量,并尽最大可能从源头降低施工成本。

2 研究内容及应用

2.1 抗浮锚杆成孔施工技术研究

抗浮锚杆的成孔质量直接影响其整体施工质量。影响成孔质量的因素,主要有以下几个方面:

(1) 钻机选用。抗浮锚杆成孔钻机选择不当,可能造成钻机效率低、孔壁坍塌,在水压作用下,颗粒砂体向孔内移动而造成塌孔。(2) 工艺选用。成孔工艺方面,是否需要护壁、是套管护壁还是泥浆护壁?是否需要清孔,是空压机鼓风清孔还是清水清孔?是先做基础底板垫层还是后成孔抗浮锚杆还是先成孔抗浮锚杆然后依次施工?如遇强风化岩地基,一旦暴露时间过长,造成风化,将影响地基承载力。若锚杆成孔工艺选择不当,可能造成锚杆周围土体软化,甚至降低抗浮锚杆承载力。由此不难看出,锚杆成孔工艺受诸多因素的制约,方案选择需要综合比选确定。

2.2 抗浮锚杆承载力检测设备与技术研究

抗浮锚杆的抗拔力需要通过抗浮锚杆试验来测试。抗浮锚杆试验分为基本试验和验收试验,基本试验的目的是确定锚固体和岩土层间粘接强度特征、锚杆设计参数和施工工艺,为设计、施工提供依据。验收试验的目的在于检测锚杆施工质量是否达到设计要求,是验收工作中的重要环节。

抗浮锚杆拉拔试验多采用穿心式千斤顶,适用于直锚型抗浮锚杆。为了满足试验要求,施工现场或者是先不弯锚头,待拉拔试验之后再弯锚。也有的采取留足规范所需检测数量的直锚型抗浮锚杆,待拉拔试验之后二次弯锚。一则因为受检锚杆是预先留设,没有真正达到规范要求的随机抽测的要求;二则在施工现场二次弯锚,也增加了施工难度。随着液压锚弯折钢筋锚头的普及,弯锚钢筋二次成型相对容易多了。但也存在几个方面的问题:

(1) 成型不准确,可能造成弯锚头弯折角度不够,导致锚杆端部翘起,锚杆标高超差;锚头部分加工超差不符合要求。(2) 弯锚头在加工厂加工,成型准确,成效高,相比现场用液压锚弯折,具有明显优势。另外,抗浮

锚杆半成品在下孔前一次拼装成型,也能提高工效。

2.3 抗浮锚杆节点防水施工技术研究

抗浮锚杆的用途之一就是抵抗地下水对建筑物产生的上浮力。因此,抗浮锚杆大多是存在于富水环境中。但是,在带抗浮锚杆的地下室底板防水施工过程中,如果不对抗浮锚杆节点处防水采取相应的施工措施,就容易导致抗浮锚杆与地下室底板节点处的混凝土由于毛细孔道现象的发生发展而出现渗漏现象。所以,抗浮锚杆的节点防水质量也对锚杆整体质量有着不可忽视的影响。

2.4 抗浮锚杆锚头钢筋兼做钢筋马凳(或临时支撑)施工技术研究

钢筋马凳俗称马凳筋,用于上下两层板钢筋中间,起固定上层板钢筋的作用。钢筋马凳(或临时支撑),一般根据基础底板厚度和配筋选择其形式和布置,设计图中多数未曾明确,大都由项目工程师在根据施工图纸进行设计计算,施工组织设计或专项施工方案标明其规格、长度和间距等,因此钢筋马凳(或临时支撑)成本只在合同中进行综合考虑,一般不包含在清单内。对于大体量工程,临时支撑体系优化将作为一个创效点。

3 案例概况及重难点

某工程项目位于码头,项目三面环海,由2栋38层的塔楼,建筑高度约155.88米;1栋57层建筑高度约249米的办公及酒店综合楼组成。项目地址条件复杂,地下水丰富且带有弱腐蚀性。

(1) 为保证本项目使用功能,地下室筏板厚度仅1m,并且地下水丰富,抗浮设计为本项目重中之重,导致本项目抗浮锚杆数量较多,如何解决拉拔检测工具,保证试验数据准确,成为本项目解决的技术难点;(2) 由于本项目地下水丰富并带有弱腐蚀性,如何解决抗浮锚杆的抗腐蚀性,防水节点成为本项目解决的技术难点;(3) 本项目设计抗浮锚杆较多,单根标准值较大,地下室筏板厚度仅1m,导致筏板配筋已达到最大配筋率,钢筋直径较大,间距较小,为保证筏板钢筋质量,利用抗浮锚杆做为辅筋马凳成为本项目解决的技术难点。

4 工程应用及效果

4.1 笼芯囊锚杆施工重难点分析

本工程抗浮锚杆初步设计方案为普通三筋锚杆,成孔孔径为200mm和250mm,3根32的三级钢做杆体,合计7364根,数量庞大,并且抗浮锚杆的成孔及杆体下放受支撑梁的影响较大,此外,本工程三面环海,水中的碱性离子以及氯离子较多,并且长期浸水和干湿交替,抗浮锚杆防腐蚀措施需要极其严密,由于地下施工不可见性,抗浮锚杆质量保证受扩孔深度及直径、注浆量、下

锚垂直度、囊袋及杆体连接、锚杆定位和成品保护等问题影响,经过分析,影响最大的因素为扩孔深度及直径。

施工重难点分析:

- (1)减少锚杆数量,加快成孔速度,灵活操作下杆。
(2)防腐蚀严密性问题。(3)保证扩孔深度和直径。

4.1.1 措施一:减少锚杆数量,加快成孔速度,灵活操作下杆

按照总控计划,原图纸设计抗浮锚杆的施工周期较长,会严重影响施工工期。经过市场调研及方案研究比选,笼芯囊锚杆施工技术通过运用新材料及新工艺等技术措施,能高效解决问题一,笼芯囊抗浮锚杆优点如下:

(1)压力型锚杆。笼芯囊锚杆是一种压力型锚杆,受拉时锚孔内的注浆体处于一种被挤压的状态,注浆体与土层之间是被越压越紧的,在受到循环荷载作用时,与拉力型锚杆相比可靠性具有绝对性的优势。(2)抗拔设计值高。压力型锚杆的抗拔力高的原理在于注浆体受压时,注浆体也会随之发生横向变形,挤压孔壁,它的原理与膨胀螺栓是一样的,会越拉越紧,而拉力型锚杆则是相反的。(3)重量轻、成孔快。用一根杆体抗拉强度为1080KN的40PSB1080精轧钢筋代替由3根杆体抗拉强度总值为1080KN的HRB400的三级钢,杆体重量减轻,节省杆体制造时间,加快杆体成孔速度。(4)数量少、工期快。一根PSB1080钢筋可以直接通过与钢筋配套的套筒连接,下锚时可通过在孔口连接,非常方便,可人工下锚。(5)接头稳定可靠。所采用的套筒连接器和锚固螺母都是与钢筋配套的,它们的强度要比钢筋高,发生破坏时,只会是钢筋被拉断,而接头没有问题。

4.1.2 措施二:防腐蚀严密性问题

笼芯囊锚杆采用防腐套管和囊袋将杆体完全包覆,使杆体与地下水土完全隔离,从根本上解决了防腐问题,完全克服了现行锚杆存在的防腐缺陷和隐患。

4.1.3 措施三:保证扩孔深度和直径

此问题受技术交底、囊袋形变、水泥浆容重、扩孔时间和压力、塌孔、囊袋破损、注浆设计值等末端因素影响。(1)对施工人员做好返水泥原浆判定的交底记及培训,通过BIM技术,进行可视化交底。(2)做好锚杆成品保护,扩孔步骤按方案严格执行,注浆管用螺纹连接的镀锌钢管,在连接时班组将注浆管与注浆口丝扣拧紧,保证注浆时间和压力满足要求,注浆完成后,在持续注浆的情况下,左右转动注浆管,使其螺纹连接处松动后,拔出注浆管。(3)后台进行水泥浆液初次调配,在前台设置水泥中转池,并在注浆前进行最后的调制,并用波美仪确保注浆水泥容重满足要求。(4)防止塌孔采用跟管钻进工艺进行钻

孔,注浆及下锚到锚杆施工完成保持套筒护壁。

4.2 抗浮锚杆凹式加强型防水节点工具式施工技术的应用情况及效果

本项目由1#栋一二单元、1#栋三四单元、2#栋共3栋超高层塔楼及部分商业裙楼组成,设置3层地下室。本工程总建筑面积约28.8万 m^2 ,本工程地下水水量丰富,水位较高,水位埋深在自然地面下3.1m~4.1m,区域水位年变化幅度约为2m,抗浮设计水位取绝对高程5.0m。本工程抗浮锚杆节点防水施工,取得了较好的施工效果,锚杆节点部位未出现渗漏现象。经过该项目的实践证明,抗浮锚杆节点防水施工,成功的解决了地下水位高,抗浮锚杆施工数量大间距小,抗浮锚杆节点处防水施工效果不佳等难题,是解决地下水位较高的大型地下室抗浮锚杆节点防水的最佳施工方法。

4.3 抗浮锚杆锚头钢筋兼做基础底板钢筋马凳(或临时支撑)施工技术应用情况及效果

本工程基础设计根据《某项目岩土工程勘察报告》及相关计算要求,地下室底板应设置抗浮锚杆。本工程锚杆为永久性抗拔锚杆,按锚杆进入中风化砂质泥岩层内进行抗浮设计,抗浮锚杆共计4540根,应用抗浮锚杆地下室基础底板面积约2.5万 m^2 。相比传统马凳临时支撑体系制作安装方式,通过经济对比,本工程应用热缩笼芯囊抗浮锚杆兼铺筋马凳施工工法,节约成本合计约一千万元。该工法现场施工方便,操作简单,节约成本,缩短工期,可靠成熟,符合国家建筑技术发展方向和节约资源、保护环境等要求,经济和社会效果明显。

结论:目前国内笼芯囊抗浮锚杆施工技术仍处于探索阶段,因此针对本工程进行笼芯囊抗浮锚杆施工关键技术研究,具有重要的时代背景和研究价值,不仅对该工程的施工进度和质量有所保障,也能够得到推广到其他类似工程,具有良好的推广应用前景。

参考文献:

[1]冉孟吉,涂兵雄,刘超,贾金青,蔡燕燕,张丽华.压力型锚杆灌浆体受压承载力的计算模型与方法[J].华侨大学学报(自然科学版),2021,42(06):748-757.

[2]俞晓栋.扩大头抗浮锚杆桩在逆作法工程中的应用[J].建筑施工,2016,38(08):1005-1007.

[3]陈见行,陶康明,刘浩,王浩瞩,张亚兴,何富连.基于桩结构单元的锚杆支护数值计算研究[J].煤矿安全,2021,52(11):226-231.

[4]张伟,陈海涛,顾金海.浅谈囊式抗浮锚杆施工技术[J].建筑细部,2020,(24).