

下沉式广场抗浮锚杆的应用及试验分析

曾国机¹, 胡志¹, 胡岱文¹, 代军²

(1.重庆大学 土木工程学院, 重庆 400045; 2.深圳市工勘岩土工程有限公司, 深圳 518026)

摘要:以深圳市蛇口海上世界酒吧街改造工程为例,对抗浮锚杆极限承载力和杆体各部位钢筋受力大小进行了测试,并简要地分析了杆体钢筋受力随深度变化情况及杆体钢筋在循环荷载作用下钢筋受力的变化范围,以期对该工程及地质条件类似的其它工程在设计和施工方面起到一定的参考作用。

关键词:抗浮锚杆; 循环荷载; 试验分析

中图分类号:TU94+3.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2004)06-35-05

Application and Test Analysis of Anti - float Anchor in Submerged Square

ZENG Guo - ji¹, HU Zhi¹, HU Dai - wen¹, DAI Jun²

(1. College of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. Shenzhen Gongkan Geotechnical Engineering Co., Ltd, Shenzhen 518026, P. R. China)

Abstract: In this paper, based on the reconstruction project of the bar in Shekou, Shenzhen, under the action of circular loads, the ultimate bearing capacity and the stress along the anti - float anchor were tested and the change of the loading was analyzed in an in - situ test, which may be taken as reference for other similar projects with the same strata.

Keywords: anti - float anchor; circulating load; test analysis

在地下土层含水丰富的沿海城市,由于地下水位高,当上部结构自重较小时,通常需对该结构进行抗浮处理。一般由地下水所产生的破坏可分为两类:整体上浮破坏和局部上浮破坏。其中前者常因上部结构自重轻而出现整体上浮、倾斜等现象,如深圳市布吉镇新鑫仓储蓄水池发生不均匀上浮;而后者常因地下结构某些部位薄弱导致在该处及附近发生上拱和出现裂缝等现象,如深圳西乡镇的康达尔花园地下水池在放水时因未及时覆土而造成游泳池底板开裂。对于两种不同的破坏可采取相应的措施进行抗浮加固处理。同时对于一些需要对地下水进行处理的地下工程如游泳池、地下车库及下沉式广场等也应采用相应的抗浮措施进行抗浮锚固处理^[1]。

对地下工程的抗浮锚固及加固处理,传统措施有:压载、降排截水、抗拔桩及新型抗浮锚杆。其中,压载法一般是通过加厚混凝土底板厚度来增加自重,从而达到抗浮效果,但该方法不太经济;降排截水法是通过布置系统性的盲沟及降排水设备使场地地下水位维持在某一高度而对该工程产生很小的浮托力或不产生浮托力,从而达到抗浮目的,由于采用该法是长期进行降排截水,所以存在很多不可预见的因素及经济上也不是很合理;抗拔桩大多采用人工挖孔灌注桩或机械钻孔灌注桩,而灌注桩的造价高,并与上部结构的柱相对应,致使抗浮桩桩距大,需要很厚的底板来平衡地下水浮托力所产生的剪力和弯矩,所以采用抗拔桩的造价昂贵。所以鉴于上述措施的所存在的弊端,新型抗浮锚杆在传统抗拔桩的基础上进行了一些改进,由原来的大孔径变为小孔径,填充骨料也由原来的砂石混凝土变为纯水泥浆或砂

* 收稿日期:2004-08-15

作者简介:曾国机(1978-),男,江西新干县人,硕士生,主要从事岩土工程方面的研究。

浆进行灌注,间距也成倍地缩小,从而使基础底板的厚度变薄,造价大幅度减少。虽抗浮锚杆对地下水进行处理还处于探索研究阶段,但该技术存在种种优点,所以采用该技术处理地下水浮力的工程很多,如深圳某会所地下室抗浮工程和某大厦地下室抗浮工程^[2]、日处理污水 10.5 万 t 的上海龙华污水处理厂^[3]、大连某地下工程^[4]、深圳蛇口海上世界酒吧街改造工程下沉式广场等成功实例。由于现阶段对抗浮锚杆的受力机理研究很少,现以深圳蛇口海上世界酒吧街改造工程下沉式广场为实例,对抗浮锚杆杆体不同部位进行应力测试,以便能更深揭示抗浮锚杆的受力性状,以期对抗浮锚杆的设计和施工起到一定的指导作用。

1 工程概况

该工程占地约 10 000 m²,拟建物为两层建筑物及下沉式广场,其中两层建筑物分布在周边,中部为下沉式广场,开挖深度 5.65 m,局部超过 9.0 m。因该场地位于海边,历年最高潮水位可达 +2.66 m(绝对标高,即埋深为地面以下 1 m 左右),所以对下沉式广场有 4.65 m 的水头落差,对于只有底板自重的广场而言,地下水浮力远大于自重,需采用抗浮锚杆进行抗浮处理,而对于周边两层建筑物,则采用微型桩进行锚固处理,同时也兼起地基处理的作用。

本场地的土层自上而下分布情况为:①人工填土层:在场地的南北侧含有素填土,它由粗砾砂堆填而成,上部局部以含砾粘性土为主,稍湿—湿欠固结状态。部分还含有大量块石或为碎块石填石层。平均层厚为 2.0 m 左右。②淤泥质土:暗灰、灰黑色,主要由淤泥质粗砂组成,含少许贝壳,局部含少许有机质,饱和,松散状态,局部有流塑状态的粉质粘土。平均层厚为 2.3 m。③含砾粉质粘土:浅灰、灰黄,局部含较多石英砂砾,可塑,局部硬塑或软塑状态。本层在场地东侧及其它少部分地方含有,平均层厚为 3.2 m。④粗(砾)砂:浅灰、灰白、灰黄、褐黄色,含少许粘土质,饱和,稍密~中密状态,下部局部含少许卵石,本层主要在场地西侧含有,平均层厚为 2.15 m。⑤砂卵石:本层主要在场地西侧含有,平均层厚为 1.0 m。⑥第四系残积土层。砾质粘性土:褐黄、紫红夹灰、灰白色,系粗砾花岗岩风化残积而成,可塑,局部硬塑或软塑状态。本层遍布全场,平均厚度为 9.31 m。⑦燕山四期基岩层:场区下伏基岩为燕山四期粗砾花岗岩,岩性呈褐红、褐黄、褐黄杂灰、灰白色,原岩结构清晰可辨,岩体网状节理、裂隙极为发育。平均层厚为 1.34 m。

场地地下水主要是贮存在人工填土层、第四系粗(砾)砂和粘性土层中的孔隙水,基岩风化带中也含有风化裂隙水,以大气降水的渗入为主要补给源,场地内地下水的富水性和透水性均很好。所以对场地地下水浮力进行探讨分析并通过方案比选后,决定采用永久性土层抗浮锚杆对地下水进行抗浮处理。

2 抗浮锚杆抗拔试验

抗浮锚杆是一种竖向受力构件,是通过钢筋与注浆体之间,注浆体与周边土体之间的摩阻力来提供抗拔力的。所以存在四种破坏可能:①杆体内钢筋被拉断;②钢筋沿其与注浆体接触面拔出;③锚杆杆体沿注浆体与土层接触面拔出;④锚杆杆体与周边土层呈倒锥体形破坏。由于前两种破坏形式可通过加大钢筋面积和提高注浆体强度来避免发生,所以锚杆杆体的抗拔力与工程地质条件有很大关系。

由于土体与锚杆杆体的摩阻力对锚杆的抗拔力影响很大及地质条件的复杂性,一般在正式设计施工抗浮锚杆之前都应对该土层抗浮锚杆进行基本试验,以便确定相应的设计参数。同时为了解抗浮锚杆各部位的受力情况,在杆体钢筋中选用其中一根沿长度方向以一定间距布设钢筋应力计,用以测试钢筋在该部位的受力大小。根据《土层锚杆设计与施工规范》^[5]及地下水浮力作用规律,试验加载采用五级循环加载,每级读数 3 次,每级读数稳定后方可进行下一级加载。本次试验共在 3 根锚杆中安装了钢筋应力计,钢筋应力计的布置如图 1 所示。

2.1 钢筋受力随深度变化曲线

抗浮锚杆在外荷载作用下,首先是通过杆体钢筋受力,再传至注浆体及周边土体。所以杆体与周边土体的摩阻力可以通过钢筋两截面处受力之差来得到,然后摩阻力除以该段注浆体表面积就可得到平

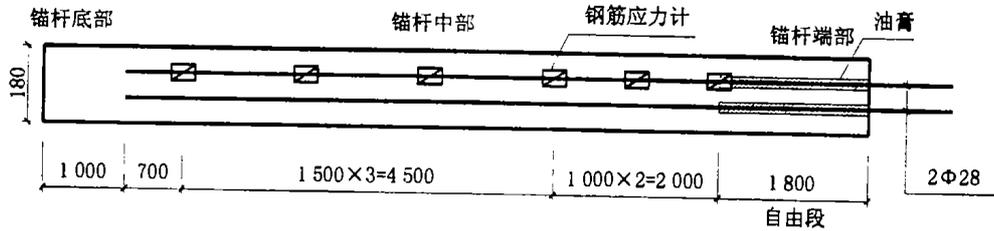


图 1 钢筋应力计布设图

均剪应力:

$$\tau = (F_i - F_{i-1}) / \pi D \Delta L_i \quad (1)$$

式中: F_i, F_{i-1} 为钢筋在及截面处受力大小(kN); D 为孔径大小(m); ΔL_i 为两截面之间的距离(m)。

在抗浮锚杆端部受到外荷载分别为 42.5 kN、134.8 kN、223.3 kN、315.7 kN 等循环荷载作用下,通过各点钢筋应力计所测得的数据计算出的每点钢筋受力值,并绘于图 2,从图中可以看出:

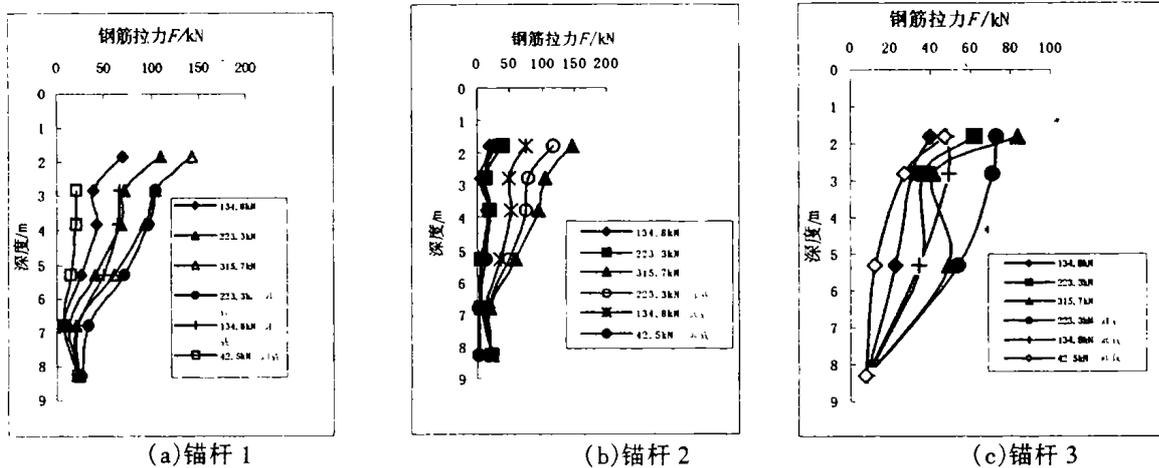


图 2 钢筋受力随深度变化曲线

1) 钢筋受力上大下小、上缓下陡,即在相同的间距之间,离端部近处钢筋受力变化幅度大,由式(1)可知,上部所受的剪应力大,对于处于同一性质的土层中,上部最容易达到极限值,也最先发生破坏。

2) 钢筋受力随着深度的增加而慢慢地变小;在不同大小的外荷载作用下,底部钢筋受力大小几乎不发生改变,为一恒定值,由此可以推知,抗浮锚杆的抗拔力并不随着锚杆长度增加而直线加大,而存在一经济合理长度。通过对多个抗浮锚杆工程所进行的基本试验结果进行对比,如深圳华侨城锦绣苑会所地下室底板抗浮锚杆试验、深圳桐景花园地下室抗浮锚杆试验、福民佳园地下室抗浮锚杆试验等,影响抗浮锚杆经济合理长度的因素有:场地地质条件、抗浮锚杆孔径大小等,另外施工工艺如成孔工艺采用干成孔法还是水成孔法、注浆等也在一定程度上对抗浮锚杆的合理长度有很大的影响。

2.2 力在循环荷载作用下的变化曲线

由于地下水受外界影响很大,尤其近海边场地受海水的潮涨潮落使地下水位发生变化很大,所以一般认为地下水作用近乎相当于理想的循环荷载作用,试验加载时采用循环加载方式。通过试验,将各点处钢筋受力随循环荷载影响变化绘于图 3,从图中可知:锚杆端部钢筋受力大小受循环荷载作用变化值比较大;而在杆体中部钢筋受力大小受循环荷载作用变化较小,在杆体末端钢筋受力受循环荷载的影响就更小,如在最大外荷载 450 kN 的循环荷载作用下,端部钢筋受力变化幅度为 0~300 kN,中部钢筋受力变化幅度为 0~70 kN,底部钢筋受力变化幅度为 0~10 kN;由于钢筋在循环荷载作用下会发生疲劳破坏,而杆体端部钢筋受力受循环荷载的影响很大,所以在选用杆体钢筋型号及等级时要特别考虑钢筋疲劳破坏承受能力,要最可能使钢筋在地下水作用下不发生疲劳破坏。

2.3 弹塑性位移曲线

在外荷载作用下,钢筋发生弹塑性变形,当外荷载较小时,钢筋变形几乎全部为弹性变形,当外荷载增加到某一大小时,钢筋出现塑性变形,随着力的增大,塑性变形所占的比例也随之增大。对于以钢筋

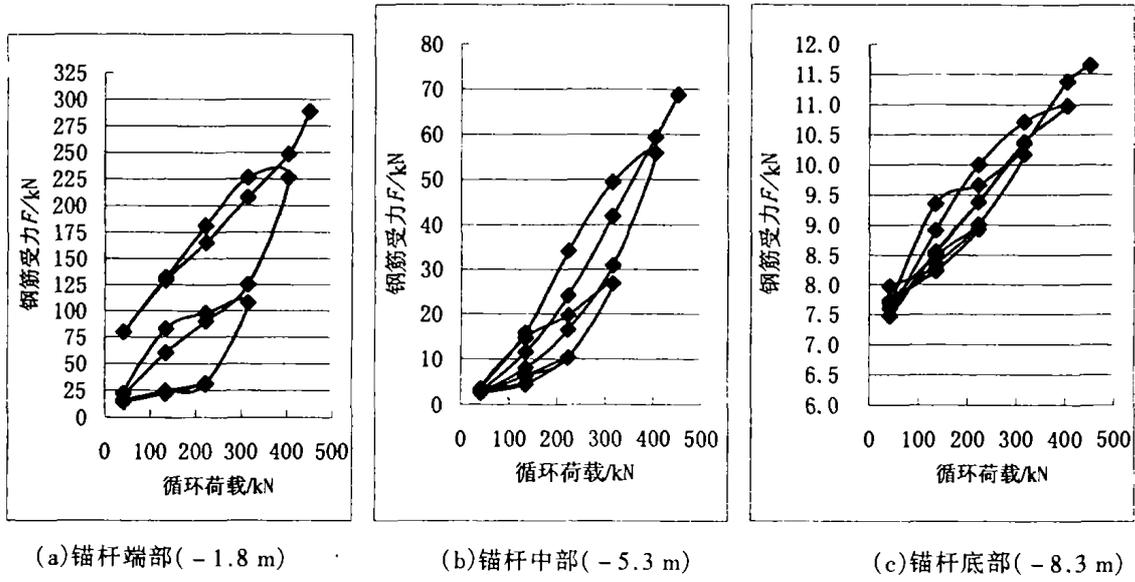


图 3 钢筋应力与循环荷载变化曲线

受力为主的抗浮锚杆在受外力作用时,杆体会发生弹塑性位移,并随荷载的增大而增大,现将所测的弹塑性位移绘于图 4。根据图示弹塑性位移曲线($S_e - S_p$ 曲线),锚杆在荷载较小时,荷载与位移成线性关系,锚杆位移几乎全部为弹性位移 S_e ,随着外荷载的加大,锚杆位移由弹性位移变为弹塑性位移($S_e + S_p$),荷载越大,塑性位移所占的比例也越大,即不可恢复位移值也越大,这对于上部结构很不利,为此要严格控制塑性位移(图中 S_e, S_p 分别表示钢筋的弹性位移和塑性位移)。

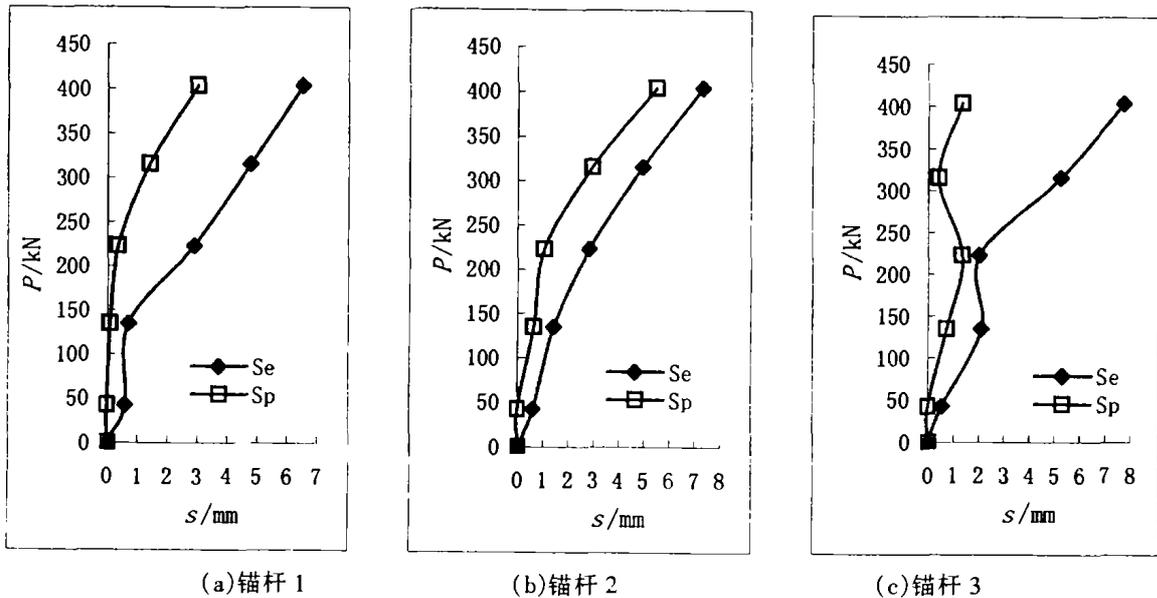


图 4 弹塑性位移曲线($S_e - S_p$ 曲线)

3 抗浮锚杆设计与施工

3.1 抗浮锚杆设计

参考有关锚固工程设计资料^[6]并根据该场地地质报告及历年的观测,下沉式广场底板所受到的地下水浮托力为 46.5 kPa,又由设计院所提供的上部底板自重为 17.35 kPa,所以下沉式广场底板所受到的净水浮力为: $F_{净} = 46.5 - 17.35 = 29.15$ kPa,而抗浮锚杆按 2.4 m × 2.4 m 方形布设,所以单根抗浮锚杆所能提供的理论抗拔力为 $F_{理} = 29.15 \times 2.4 \times 2.4 = 167.9$ kN,由于是永久性抗浮锚杆,安全系数取 1.8,实际单根锚杆抗拔力需要 $F_{实} = 1.8 \times F_{理} = 1.8 \times 167.9 = 302.2$ kN,通过计算选用孔径 150 mm, 2Φ28 钢筋,长 12 m 的锚杆进行抗浮。

3.2 抗浮锚杆施工

抗浮锚杆施工工序比较简单,一般为:预留孔定位——钻机对位——钻孔——吊放钢筋笼——用清水清孔——注浆,但每个工序都应衔接,所以锚杆所需的钢筋笼应预先在加工场地按设计施工图进行加工,以免施工现场混杂而发生施工事故。由于机械钻机成孔过程中用泥浆护壁,所以在用清水清孔时,要施加一定的压力进行清孔,把孔壁上的泥浆清洗干净;注浆采用二次注浆,第一次注浆采用常压注浆,并应采取措施将孔口围起 200 mm 左右,以防周边的泥浆回灌到孔中而使注浆失败,同时注浆体因渗透和凝固时可随时补浆,过 2~3 h 后,进行第二次高压注浆,使注浆体更加充实饱满,这样可使侧摩阻力能更好地发挥。

4 结论

通过对抗浮锚杆的受力测试,从而可以得到如下结论:

1) 锚杆钢筋底部所受到的力很小,锚杆抗拔力并不随长度的增加而提高,而是存在一临界长度值,所以在设计时,不应一味的增加锚杆的长度来提高抗浮锚杆的抗拔力。

2) 同时抗浮锚杆受循环荷载作用,要考虑杆体钢筋的疲劳破坏,选用钢筋时应注意钢筋的抗疲劳破坏强度。

3) 在锚杆设计时,应保证锚杆留有一定安全系数,使杆体能在各种难以预测的情况下不发生破坏。

4) 在进行抗浮锚杆施工时也应按施工工序严格施工,切不可逾越或颠倒施工次序,以免施工质量难以保证。

参考文献:

- [1] 程良奎.岩土锚固[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [2] 王贤能.抗浮锚杆试验的位移性状分析[A].深圳市地质学会 2001 学术年会论文集[C].2001.
- [3] 贾金青.滨海大型地下工程抗浮锚杆的设计与实验研究[J].岩土工程学报,2002,24(16):769-771.
- [4] 叶书麟.地基处理工程实例应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [5] CECS22:90,土层锚杆设计与施工规范[S].
- [6] 彭振斌.锚固工程设计计算与施工[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.