

应力分散型预应力抗拔桩系列技术研究与应用

何世鸣

(北京建材地质工程公司,北京 100102)

摘要:根据目前国内外预应力抗拔抗浮桩、部分粘结预应力抗拔抗浮桩的优缺点以及使用的局限性——长螺旋钻机对于桩径 > 800 mm 或桩长 > 30 m 的桩力不从心,研究了应力分散型预应力抗拔桩及钢筋钢绞线笼系列技术,用于一个直径 1 m、桩长 60 m 的抗拔桩工程,采用旋挖成孔,可实现在工程桩上进行大吨位试桩,受力合理,节省资金和工期,实践证明该系列技术有很好的应用前景。

关键词:预应力抗拔桩;应力分散型;拉力分散型;压力分散型;部分粘结;预应力抗拔抗浮桩;钢筋钢绞线笼;旋挖成孔

中图分类号: TU473 文献标识码: A 文章编号: 1672 - 7428(2015)02 - 0074 - 05

Research and Application of Pre-stressed Uplift Pile with Stress Dispersion/HE Shi-ming (Beijing Building Material Geotechnical Engineering Company, Beijing 100102, China)

Abstract: According to the advantages and disadvantages of pre-stressed anti-floating uplift and partially-bonded pre-stressed anti-floating uplift as well as the application limitation in the world, stress-dispersion pre-stressed uplift with steel and strand cage serial techniques were researched to be applied in an uplift project by rotary drilling. The large tonnage test pile was used on the engineering piles with reasonable stress, low cost and short construction period; the practice proves its good application prospect.

Key words: pre-stressed uplift pile; stress dispersion; pulling-force dispersion; pressure dispersion; partially-unbonded; pre-stressed anti floating uplift; steel and strand cage; rotary holing

1 问题的提出

目前国内外在施工预应力抗拔抗浮桩时,多采用泥浆护壁正反循环、冲击钻或静态护壁的旋挖钻机成孔,下入事先加工好的钢绞线笼,之后利用导管进行水下混凝土灌注成桩。该方法根本缺陷是承载体采用反力盘,反力盘下端采用挤压锚进行固定,下笼过程中易产生“水桶”效应,更为困难的是导管不能下到底,导致关键部位混凝土不密实,提供反力不理想,即使采用了孔底后压浆补救措施也不理想。

部分粘结预应力抗拔抗浮桩的优点:改变了混凝土受力性状,使混凝土受力更合理,可按一级抗裂缝进行抗拔抗浮桩设计;节省大量钢筋;长螺旋成孔压灌混凝土后插钢筋-钢绞线笼实现了快速施工,效率高,比传统正反循环钻机施工快 5~10 倍;不用泥浆护壁,没有泥浆污染,实现了干作业,利于安全文明施工,尤其在市内施工,更显其优势。

由笔者申请并已授权的专利技术“部分粘接预应力抗拔抗浮桩及其施工方法”(专利号: ZL

200710065368.6)及“部分粘接预应力抗拔抗浮桩的钢绞线笼”(专利号: ZL 200720104256.2)以其明显的优越性正在迅速推广。该施工工艺是采用长螺旋钻机成孔,管内泵压大塌落度细砾混凝土,后插钢筋-钢绞线笼成桩。但当桩达到一定长度时,其受力就将变得不合理,其上部侧摩阻力不能很好发挥,不能充分发挥其承载力。从受力曲线上来看,沿桩轴线方向轴力峰值只有一个,如果能改变其结构,使其有 2 个或多个峰值,其受力将更加合理,单桩承载力将大大提高,其经济效益也将显著提高。同样承载力设计值,桩就可缩短,或根数减少,便于施工,可保证质量和进度。也将更加节约环保。

但是在桩径 > 800 mm 或桩长 > 30 m 时长螺旋钻机就变得力不从心了,而目前抗拔抗浮桩采用旋挖成孔的不在少数,桩长 > 30 m、直径 > 800 mm 的抗拔抗浮桩设计也越来越多,利用旋挖等成孔方法的钢筋混凝土灌注桩设计为拉力分散型或压力分散型或拉力分散与压力综合型的预应力抗拔抗浮桩就

收稿日期: 2014 - 10 - 19; 修回日期: 2015 - 01 - 12

作者简介: 何世鸣,男,汉族,1965 年生,副总工程师,国家注册岩土工程师,国家注册一级建造师,教授级高级工程师,长春工程学院、北京工业大学、昆明理工大学客座教授,中国地质大学研究生导师,北京市建委科学技术委员会专家委员,北京市朝阳区望京西路甲 50 - 1 号卷石天地大厦 A 座 4 层,he.shi.ming@263.net。

会有巨大的前景。

2 应力分散型抗拔桩的研究

为了解决上述问题:较长抗拔抗浮桩(例如桩长 $>30\text{ m}$)沿桩轴线方向轴力峰值只有一个,改变其结构,使其有2个或多个峰值,并能将改变后的钢筋-钢绞线笼顺利下入到设计标高,从而能较好发挥其承载力,使其承载力较传统成桩方法形成的桩大大提高。

该成桩方法为旋挖钻机成孔,之后吊入钢筋-钢绞线笼,钢筋笼过长时需分为几段,在孔口焊接或直螺纹连接。灌注混凝土成桩。由于该笼子改变了以往的挤压锚定位反力盘的做法,避免了泥浆护壁水下灌注成桩工艺的“水桶”效应,更避免了底部关键部位的混凝土与笼子的不能可靠握裹的弊病。保证了桩质量的可靠。通过改变笼子结构实现了拉力分散型、压力分散型或拉力分散与压力综合型的抗拔抗浮桩。

为此,笔者又研发并申请了系列的应力分散型抗拔抗浮桩及其钢筋钢绞线笼专利,目前已获国家知识产权局授权的有:部分粘结拉力分散型预应力抗拔抗浮桩(专利号:ZL 201320624441.X);压力分散型预应力抗拔抗浮桩(专利号:ZL 201320624180.1);应力分散型抗拔抗浮桩钢筋钢绞线笼(专利号:ZL 201320694190.2);长螺旋旋定喷搅拌部分粘结预应力抗拔抗浮桩(专利号:ZL 20102 0529773.6)。

3 工程应用情况

该系列技术在邯郸一个直径 1 m 、桩长 60 m 的抗拔桩进行了应用。

3.1 工程概述

该项目位于邯郸市人民路与光明大街东南角。项目总占地面积 1.71 万 m^2 ,净用地面积 1.56 万 m^2 。总建筑面积 17 万 m^2 ,其中:地上建筑面积 13 万 m^2 ,地下建筑面积 4 万 m^2 。该项目由2栋商务楼和1栋住宅楼组成。其中,A座地上45层,高度 190 m ;B座地上25层,高度 99 m ;C座地上29层,高度 90 m 。地下为4层。

该项目总投资超过5亿元,以5A级写字楼、高档住宅、大型综合商场、高档公寓等物业形式,集商务、文化、娱乐、休闲等功能形式于一体的城市综合体项目。主楼建设高度达到 190 m ,落成后以邯郸

第一高度矗立在城市中央,即将成为邯郸市商务版图的新地标建筑。

3.2 工程水文地质条件

3.2.1 地层情况

勘察深度范围内岩性由以下12层组成:

①杂填土,松散—稍密,含碎石子,碎砖块等建筑垃圾,层厚 $0.8\sim 3.6\text{ m}$,平均厚度 1.48 m ;

②粉质粘土,软塑—可塑,层厚 $1.6\sim 5.8\text{ m}$,平均厚度 4.10 m ,压缩系数 a_{1-2} 平均值为 0.32 MPa^{-1} ,属中等压缩性土;

③粉质粘土,可塑,层厚 $1.5\sim 7.1\text{ m}$,平均厚度 4.12 m ,压缩系数 a_{1-2} 平均值为 0.30 MPa^{-1} ,属中等压缩性土;

④粉质粘土,可塑,局部硬塑,层厚 $3.5\sim 8.4\text{ m}$,平均厚度 6.13 m ,压缩系数 a_{1-2} 平均值为 0.25 MPa^{-1} ,属中等压缩性土;

⑤粉质粘土,可塑—硬塑,层厚 $2.8\sim 8.0\text{ m}$,平均厚度 5.37 m ,压缩系数 a_{1-2} 平均值为 0.23 MPa^{-1} ,属中等压缩性土;

⑥粉质粘土,可塑—硬塑,层厚 $4.4\sim 12.5\text{ m}$,平均厚度 7.33 m ,压缩系数 a_{1-2} 平均值为 0.18 MPa^{-1} ,属中等压缩性土;

⑦砾石土,饱和,密实,上部砾石间充填物多为粗细砂,下部为混砂粒粉质粘土,层厚 $4.5\sim 10.0\text{ m}$,平均厚度 7.33 m ;

⑧卵石土,饱和,密实,粒径多为 $3\sim 8\text{ cm}$,级配较好,磨圆度中等,含量 $50\%\sim 60\%$,充填物为混砂粒粉质粘土,含有大量小砾石,层厚 $2.5\sim 9.4\text{ m}$,平均厚度 6.20 m ;

⑨粉质粘土,硬塑,层厚 $10.5\sim 16.4\text{ m}$,平均厚度 13.38 m ,压缩系数 a_{1-2} 平均值为 0.13 MPa^{-1} ,属低—中等压缩性土;

⑩粉质粘土,硬塑—坚硬,层厚 $11.0\sim 18.0\text{ m}$,平均厚度 14.9 m ,压缩系数 a_{1-2} 平均值为 0.11 MPa^{-1} ,属低—中等压缩性土;

⑪卵石土,饱和,密实,粒径多为 $3\sim 8\text{ cm}$,级配较好,磨圆度中等,含量 $50\%\sim 60\%$,充填物为混砂粒粉质粘土,层厚 $1.0\sim 4.0\text{ m}$,平均厚度 1.91 m ;

⑫含卵石粉质粘土,坚硬,夹带 $10\%\sim 15\%$ 卵石,卵石大小不均,局部夹砾砂,层厚 $12.0\sim 16.0\text{ m}$,平均厚度 13.69 m ;

⑬粉质粘土,坚硬—半胶结状态,含姜石及黑色

铁锰结核,该层所有钻孔未揭穿,最大揭露厚度20 m。

3.2.2 场地地下水埋藏条件

根据钻探揭露情况,场地共2层地下水,第一层赋存于第④层粉质粘土中,类型为孔隙潜水,主要受大气降水及地表径流补给。初见水位埋深8.5~11.2 m,稳定水位埋深8.0~10.8 m;第二层赋存于第⑦层砾石土及第⑧层卵石土中,类型为微承压水,主要通过侧向径流补给。场地混合地下水稳定埋深6.2~9.85 m。据对场地周边邯郸新时代广场、千禧大厦、鑫盛大厦等场地勘察资料调查,自2003年至今最高水位埋深为8.3 m,水位变化幅度为1.5 m左右。

3.3 桩基设计参数

本工程采用钻孔后注浆灌注桩,主楼部分:桩径1000 mm,总根数151根,砼强度C45。选⑩层粉质

粘土作为桩端持力层,桩端进入⑩层不小于4.5 m,桩长约45 m。单桩极限承载力标准值为19000 kN,单桩承载力特征值为9500 kN。副楼部分:桩径800 mm,总根数86根,砼强度C35。选⑧层卵石层作为桩端持力层,桩端进入⑧层不小于4 m,桩长约20 m。单桩极限承载力标准值为8000 kN,单桩承载力特征值为4000 kN。

由于试桩在-7.3 m标高进行,考虑上部侧阻后试桩单桩承载力极限值为23000 kN,根据试桩、锚桩的布置,每根锚桩布4根,每根锚桩的单桩抗拔承载力极限值按6000 kN设计。两种锚桩M-1、M-2长度分别为55.5 m和59.5 m。锚桩设计依据为部分粘结预应力抗拔抗浮桩专利技术。试桩、锚杆的设计如图1所示,图1中GJX-1、GJX-2、GJX-3的下部4 m为粘结做法,上部为无粘结做法。

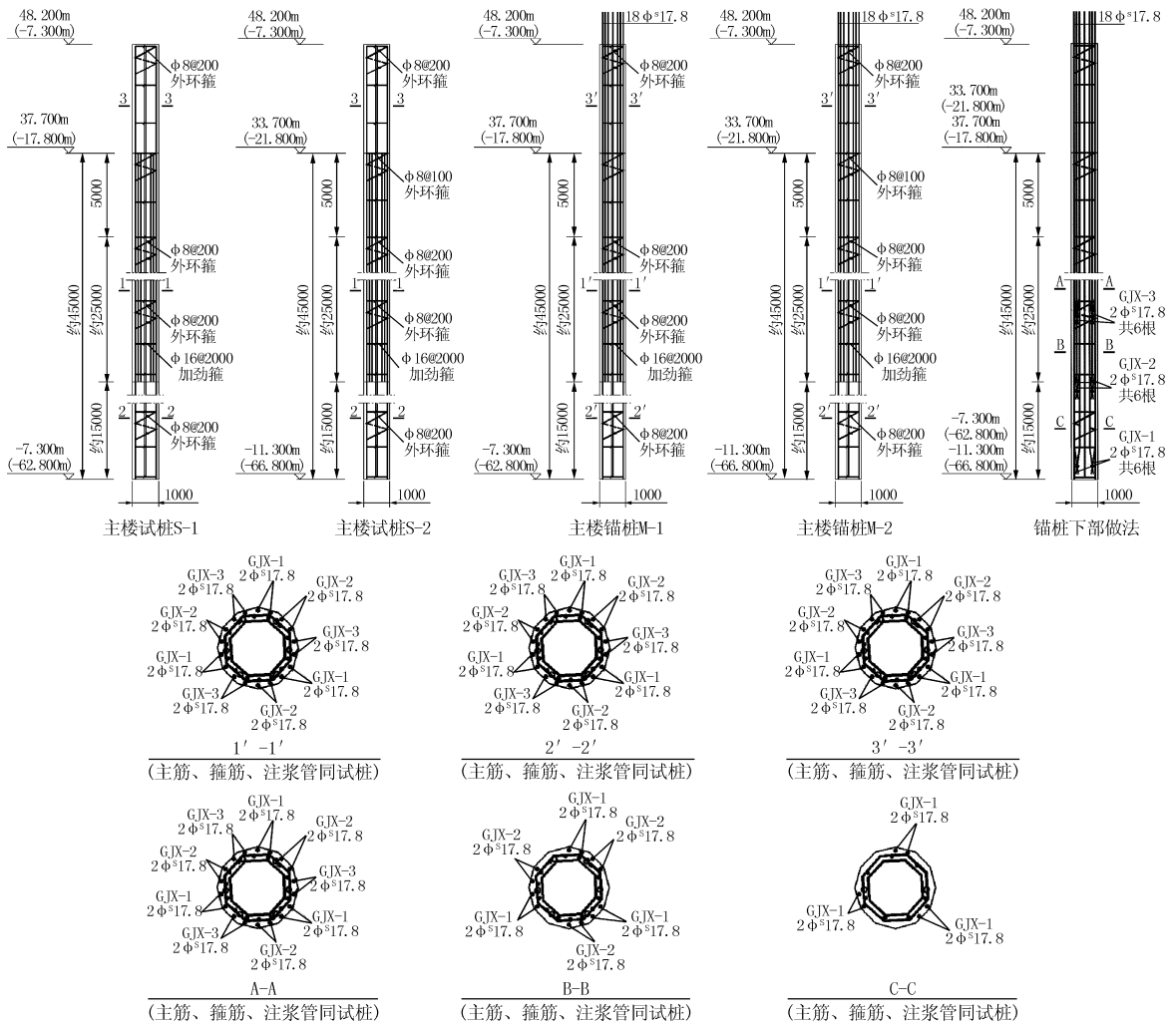


图1 试桩及锚桩详图

3.4 现场实施情况

2012 年 7 月 21 日开始施工第一根锚桩,钢绞线采用 1860 MPa 级无粘结钢绞线,分别计算好各组长度,按该长度进行下料,用柴油进行清洗钢绞线上的油脂,然后穿入钢筋笼,进行锁定,如图 2、3。由于下雨影响,到晚 22:00 才完成第一根混凝土灌注工作,之后每天可完成 2 根桩的施工。到 9 月下旬开始进行压桩试验,至 10 月 5 日试验完毕。达到预期结果。12 根锚桩在试验后进行了小应变和声波透射法检测显示均为 I 类桩。实现了在工程桩上进行大吨位桩试验的突破。经初步计算,跟单独找试验场地试验相比,节约直接费用 150 多万元。期间为验证钢绞线抗拔的可靠性,在已测试过的桩上随机抽查了 4 根钢绞线进行极限张拉试验,试验表明 4 根钢绞线均张拉到 450 kN,没有将钢绞线拔出,证明了该钢绞线与混凝土结合的可靠。图 2~9 为施工现场图片。

3.5 试桩静载试验曲线

3 根试桩分别是 45、120 和 129 号,其 $Q-s$ 曲线如图 10 所示。



图 2 按量好的长度切割钢绞线



图 3 将下部钢绞线去皮清洗油脂



图 4 底部段钢筋钢绞线笼



图 5 上部一段钢筋钢绞线笼



图 6 孔口连接钢筋钢绞线笼



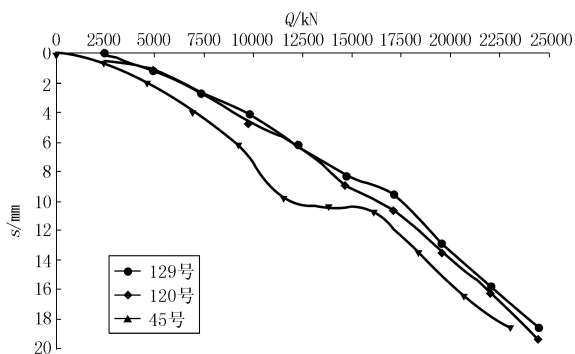
图 7 静载试验进行中



图8 其中一根锚桩工作中



图9 千斤顶工作中

图10 单桩竖向抗压静载试验 $Q-s$ 曲线

4 结语

目前国内外都不赞成在大吨位工程桩上做试桩,包括最近在施工的北京第一高楼“中国尊”地上

108层,高528 m,地下6层,开挖深度36.96 m,试桩也是在场外地单独开辟试验区,经试验合格后在工程桩位置上施工大吨位工程桩,该试桩由我公司完成,其直接费近300万元。这类的超高层建筑比比皆是,每年试桩费用将是极为可观的,如能迅速推广本文介绍的专利技术,其经济效益以及环保效益社会效益都将是极其巨大的。

虽然采用压力分散型钢筋钢绞线笼受力会更好,但施工过程中难度会增大,不便工人掌握,尤其后期锁定时易出现混乱,甚至可能会将其中某一根抽出。为此本试验采用了部分粘结拉力分散型预应力抗拔桩。同样是部分粘结拉力分散型预应力抗拔桩,也可改变笼子构造,使得其构造可靠度更高,受力也更合理。

参考文献:

- [1] 何世鸣,李江,田震远,等.部分粘接预应力抗拔抗浮桩及其施工方法;中国,ZL 200710065368.6[P].2007-09-05.
- [2] 何世鸣,李江,田震远,等.部分粘接预应力抗拔抗浮桩的钢绞线笼;中国,ZL 200720104256.2[P].2008-02-20.
- [3] 何世鸣,李江,田震远,等.部分粘结拉力分散型预应力抗拔抗浮桩;中国,ZL 201320624441.X[P].2014-04-02.
- [4] 何世鸣,李江,田震远,等.压力分散型预应力抗拔抗浮桩;中国,ZL 201320624180.1[P].2014-04-02.
- [5] 何世鸣,李江,田震远,等.应力分散型抗拔抗浮桩钢筋钢绞线笼;中国,ZL 201320694190.2[P].2014-04-09.
- [6] 何世鸣,李江,田震远,等.长螺旋旋定喷搅拌部分粘结预应力抗拔抗浮桩;中国,ZL 2010 20529773.6[P].2014-04-20.
- [7] 朱世平,杜高恒,何世鸣,等.抗拔(浮)桩的发展历程和研究方向[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(5):5-7,11.
- [8] 何世鸣,李江,杜高恒,等.部分粘结预应力抗拔(浮)桩试验研究及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):191-196.
- [9] 何世鸣,郭跃龙,赵晓东,等.部分粘结预应力抗拔(浮)桩的优化设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7):39-43.