

文章编号:1005-0523(2000)03-0016-04

# 爆扩桩在地下工程中的应用研究

许开成, 袁志华

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

**摘要:** 通过工程实例,介绍了爆扩桩在抗浮工程中具有造价低,安全可靠,施工方便等特点<sup>19</sup>。

**关键词:** 地下工程;抗浮;爆扩桩

**中图分类号:** TU 95<sup>+</sup>3.9

**文献标识码:** A

## 0 引言

在城市中,土地十分有限,同时又要满足绿化的要求<sup>19</sup>为了充分地利用有限的土地,于是上面是绿化带和休闲广场,而地下为地下商城、地下停车场的地下广场在很多城市中应运而生<sup>19</sup>。在地下水位较高的地区,这就遇到一个新的问题,地下广场这样的建筑的抗浮问题<sup>19</sup>。下面我们以一个工程实例来讨论一下抗浮问题的解决措施<sup>19</sup>。

珠海口岸广场是珠海市政府为迎接澳门回归祖国,在拱北新海关联检大楼珠海入口处建设的地下广场工程,其主体建筑占地约  $4.9 \times 10^4 \text{ m}^2$ ,总建筑面积  $11.7 \times 10^4 \text{ m}^2$ <sup>19</sup>该地下建筑由二层和三层两部分组成,其开挖深度分别为 9.8 m 和 13.2 m,地下水位地面以下 1~2 m 不等,经估算:总净浮力为 2 695 140 kN,因此,其抗浮问题就成了该工程的关键<sup>19</sup>。

## 1 抗浮方案的选取

1) 重力法抗浮 根据初步计算,需填低标号混凝土 3.5 m(三层部分)和 2.7 m(二层部分),增加混凝土用量度  $3\ 500 \text{ m}^3$ ,增加开挖深度量 4.9 m(三层部分)和 3.25 m(二层部分),增加了施工难度与费用,承压桩也会相应增加,但施工方法简单,不需和特殊设备<sup>19</sup>。

2) 锚杆抗浮基础 按 $\varnothing 36$ 锚筋 30 m 长度计算,为方案 1) 造价的 2.5 倍,但锚杆不能承压,同时又要增加承压桩,造价因此还要提高<sup>19</sup>该方案抗拔性能可靠,但费用高<sup>19</sup>同时锚杆的施工工序复杂,要在开挖后施工,施工条件差,施工工期长<sup>19</sup>。

3) 钻孔桩抗浮承压 按 $\varnothing 600$ 桩 30 m 长度计算,比方案 1) 节约造价 30%,该方案施工方法简单,较经济,抗拔锚固安全,缺点为施工速度较慢<sup>19</sup>。

4) 预应力管桩抗浮承压 按 $\varnothing 500$ 桩 30 m 长度计算,比方案 1) 节约造价约 35%,该方案施工速度快,方法简单,但桩头与底板的锚固问题,以及因地区条件限制,桩接头处的抗拉问题难以解决<sup>19</sup>。

收稿日期:2000-05-15;修订日期:2000-06-12

作者简介:许开成(1973-),男,安徽东至人,华东交通大学助教。

5) 爆扩桩抗浮承压 爆扩桩由于其底部有一扩大头,其抗浮力除了由桩与土的摩阻力提供外,还有底部大头与其上部土层的作用来提供,此桩型施工方法简单,由于桩长较短,因此比方案3)经济,且施工的速度也较快<sup>19</sup>。

综合以上5种方案,从结构安全,施工技术,经济等方面考虑,可以选取一种造价低,施工方法简单,施工速度较快,能同时抗浮及承压的桩型——爆扩桩<sup>19</sup>。

一般抗浮桩的抗浮机理主要是靠桩表面与桩周土之间的摩阻力,正常情况下该值较小,要提高其抗拔力只有通过增加桩径和桩长,这样造价就会很高,且施工速度较慢<sup>19</sup>。根据地质情况,本工程二层部分开挖深度为9.8 m,桩长取11.5 m,桩端就可位于粘土土层中,其工程地质性能良好,有利于提高爆扩桩的抗拔力;地下三层部分开挖深度为13.2 m,桩长取9.5 m,桩端即可位于粉质粘土层或砂质粘土层,这二层均为优良持力层,因此,加扩大头部分可大大提高桩的抗拔力,同时由于持力层好,桩端面积大,其抗压性能也能得到很好的保证<sup>19</sup>。

## 2 爆扩桩承载力分析及实验情况

### 2.1 承载力分析

抗浮爆扩桩的理论计算抗拔力可分为摩阻力、扩大头的抗拔力和桩身自重,根据地基规范及设计单位中国四海工程公司南京工程部提供的资料,桩的容许抗拔力可采用下式计算:

$$N' \leq Pa = \left[ \pi \sum \lambda_i f_i + \pi (D^2 - d^2) R_i / 4 + 0.9G \right] / K$$

式中: $N'$ 为轴向拉力; $Pa$ 为桩的容许抗拔力; $K$ 为安全系数,取2.0; $\lambda$ 为桩周摩阻力比例系数; $L_i$ 为第*i*层土的厚度; $f_i$ 为桩周第*i*层土的极限摩阻力,按“规范”取值; $D$ 为扩大头设计直径; $d$ 为桩身设计直径; $R_i$ 为扩大头上土的极限承载力,按“规范”取值; $G$ 为桩体自重(取浮容重)

根据地质条件,扩大头在粘土层和粉质粘土中对抗浮最有利<sup>19</sup>。因此,根据地质情况,桩长分别取11.5 m和9.5 m,根据桩对桩径和扩大头直径进行优化设计,以使混凝土用量最少,优化结果桩径*d*取0.5 m,扩大头直径取1.2 m<sup>19</sup>。

### 2.2 实验研究

为了更好地掌握爆扩桩在该地区的抗拔性能,设计单位及建设和监理单位在现场进行了原位试验<sup>19</sup>。试桩在一勘探孔附近实施,试验在地表进行,上部采用大管套小管的方法,消除应挖除层的摩阻力<sup>19</sup>。桩身设计参数:

桩长 $L_1 = 19.3$  m,桩身直径 $d_1 = 0.5$  m,爆扩头直径 $D_1 = 1.2$  m,自由段长度 $h_1 = 9.8$  m;

桩长 $L_2 = 22.7$  m,桩身直径 $d_2 = 0.5$  m,爆扩头直径 $D_2 = 1.2$  m,自由段长度 $h_2 = 13.2$  m<sup>19</sup>。

试桩每层各一组,每组3根,共6根,试桩编号为2-1,2-2,2-3及3-1,3-2,3-3<sup>19</sup>。

试桩过程中的 $P-S$ 曲线和 $S-\log(t)$ 曲线,取其中有代表性的(3-2)号桩,如图1所示<sup>19</sup>。

由于该桩的扩大头部分位于粘土中,其加载初期变形较小, $P-S$ 曲线直线段较长;由试验结果知:6根试验桩的安全系数除2-1外,均在1.5以上,符合规范要求,2-1桩是加载到84 t时,钢筋被拉断无法继续加载<sup>19</sup>。另外,3-2桩加载到117 t时由于千斤顶的问题,加载无法继续,桩的极限承载力还略大<sup>19</sup>。

从以上结果可知,抗浮爆扩桩容许承载力符合规范对抗拔桩的要求。

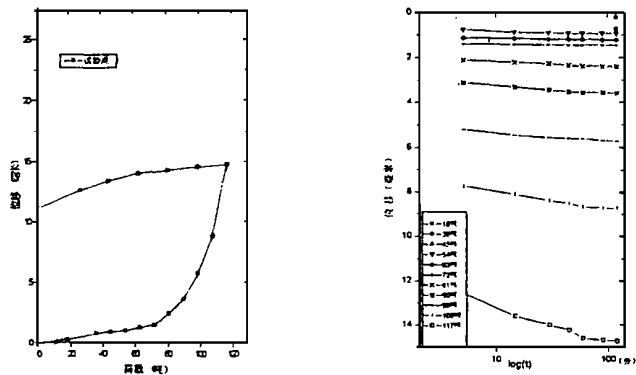


图 1 3-2 桩  $P-S$  曲线和  $S-\log(t)$  曲线

表 1 成桩情况

|    | 桩号  | 桩全长/m | 工程桩长度/m | 大头直径/cm | 试桩设计抗拔力/t |
|----|-----|-------|---------|---------|-----------|
| 二层 | 2-1 | 19.3  | 9.5     | 120     | 52.74     |
|    | 2-2 | 19.3  | 9.5     | 120     | 52.74     |
|    | 2-3 | 18.9  | 9.1     | 110     | 47.02     |
| 三层 | 3-1 | 22.3  | 9.1     | 120     | 75.52     |
|    | 3-2 | 22.5  | 9.3     | 120     | 76.12     |
|    | 3-3 | 22.6  | 9.4     | 120     | 76.88     |

表 2 试桩结果

|    | 桩号  | 试验极限<br>荷载/t | 试验桩<br>设计值/t | 安全系数  | 相应工程桩<br>容许承载力/t | 备注             |
|----|-----|--------------|--------------|-------|------------------|----------------|
| 二层 | 2-1 | 78.0         | 52.74        | 1.479 | 39.96            | 84 t 时钢筋被拉断    |
|    | 2-2 | 84.0         | 52.74        | 1.593 |                  |                |
|    | 2-3 | 80.0         | 47.02        | 1.701 |                  |                |
| 三层 | 3-1 | 126.0        | 75.52        | 1.668 | 65.14            | 117 t 时千斤顶无法加载 |
|    | 3-2 | 117.0        | 76.12        | 1.531 |                  |                |
|    | 3-3 | 120.0        | 76.88        | 1.561 |                  |                |

2.3 试验桩与工程桩承载力的比较

由于工程桩与试验桩所处的地层不同,因此有必要将 2 种情况进行分析,以便能正确地确定抗浮爆扩桩的设计承载力<sup>19</sup>.爆扩桩的抗拔力主要有 3 部分组成,即桩周摩阻力,扩大头部分的抗拔力和桩本身的自重.由于工程桩与试验桩成桩的条件不同,上部覆土和桩身自重使所提供的抗拔力有所差别.因此在计算时采取了以下措施:1) 把上部土重作为附加应力作用在下部土层上,计算出上部土层产生的桩周摩阻力并予以扣除,消除试验桩上部覆土对桩周摩阻力的影响;2) 消除了桩身自重提供的抗拔力差别<sup>19</sup>.通过以上 2 种措施消除了试验桩与工程桩的差别,因此,所得试验成果接近工程桩的承载力<sup>19</sup>.

3 施工中的问题及解决措施

3.1 爆扩桩的扩大头部分尺寸控制

1) 根据不同的土质情况计算装药量,装药量与孔径的关系为:

$$D=KQ^{1/3}$$

式中: $D$  为大头直径; $Q$  为装药量,kg ; $K$  为与土质等因素有关的系数取 0.8~1.2<sup>19</sup>.

2) 每爆出一个孔后利用测孔器测出扩大头直径,测孔器装置如图 2,用液压原理,可通过时间与测孔器扩张的尺寸来测出孔径,为控制扩加油的大头直径,每班对测孔器标定一次<sup>19</sup>.

3.2 爆扩对周围环境的影响

爆扩时,由于装药量小,对周围环境影响很小,通过施工时对爆炸波的量测,其波形与地震波相似,但作用时间很短,衰减明显.例如:在地下 10 m 处爆扩,装药为 450 g 硝胺炸药,地表的加速度  $a=0.6\text{ m/s}$ ,速度为  $V=0.6\text{ cm/s}$ (注:一般认为地震波的加速度  $a<2.5\text{ m/s}$ , $V<2.5\text{ cm/s}$  时对地面结构没有影响),爆扩在地面以下 10 m 左右,同时有水封口,因此爆时对地面上的人、物没有任何危险<sup>19</sup>.另外,在施工过程中,尽量避免在夜间爆扩,对周围居民的震动和噪声的影响都很小<sup>19</sup>.

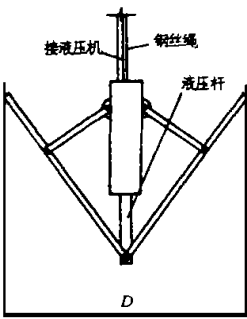


图 2 测孔器装置图

[ 参 考 文 献 ]

[1] 现行建筑结构规范大全[M]. 北京: 中国建筑工业出版社,1994.  
[2] 天津大学. 地基与基础[M]. 北京: 中国建筑工业出版社,1978.

Applied study of bulb pile for underground building

XU Kai-cheng, YUAN Zhi-hua

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University ,Nanchang 330013, China)

**Abstract:** By means of an engineering practice, this paper introduces characteristic of bulb pile in underground building. A conclusion is got that the structure of bulb pile is not only low cost, safety, trustworthy but also facilitated for construction.

**Key words:** underground building; against buoyancy; bulb pile