

人工挖孔桩护壁设计及其工程应用

罗 章 李文兵 黎振兹

(中南工业大学, 长沙 410083)

摘 要 本文从建筑施工技术及经济的角度,探讨了人工挖孔桩在城市应用前景;同时,对人工挖孔桩护壁结构设计进行了一些研究,并在几个实际工程中加以应用,取得了良好的经济效益。

关键词 人工挖孔桩, 护壁设计, “流砂”

中图法分类号: TU 473 文献标识码: B 文章编号: 1004 - 3152(2001)01 - 0049 - 04

1 前言

20 世纪初,美国便采用边人工挖土边以木板或圆形钢环支护(chicago method)或用套筒式金属壳支护(COW method)的方式成孔制作承载桩(墩)。40 年代起,才逐步代入以机械取土(抓斗、螺旋钻及循环泥浆出土),成为钻孔桩^[1]。人工挖孔桩径一般都在 800 mm 以上。国内外实践经验及理论^[2]已经证明:当上部结构荷载很大,且场地具有浅部较好持力层时采用大直径桩是比较经济的。人工挖孔桩有许多突出的优点:施工设备简单,易行,无噪音,无震动,对现场周围原有建筑影响小;施工速度快,可按施工进度要求决定同时挖桩孔的数量;可直接观察地质变化情况,桩底沉渣易于消除,施工质量可靠,造价低。特别是大直径的混凝土灌注桩,使用人工挖孔比机械成孔的适应性要广得多,它不仅适用于山区丘陵土质等比较坚硬,地形地貌变化较大的地区,也可应用于软土地基。

2 人工挖孔桩护壁对承载力的贡献

目前,国内外桩基应用存在的主要问题

是对发挥承载力研究不够,这一点在挖孔桩(包括本文研究的护壁)中表现得尤为突出。本节研究护壁在桩的承载能力中的潜在贡献问题,先参看表 1。从表 1 我们不难发现

表 1 挖孔桩桩身护壁混凝土工程量及其比较

桩径 /mm	桩身与护壁 混凝土总量 /m ³	桩身混 凝土量 /m ³	护壁混 凝土量 /m ³	护壁/ 桩身 混凝土	护壁/ (桩身 + 护壁) 混凝土
1000	19.91	11.80	8.81	74.66 %	44.25 %
1200	27.94	16.96	10.98	64.74 %	39.30 %
1350	34.85	21.47	13.38	62.32 %	38.39 %
1500	42.53	26.51	16.02	60.43 %	37.67 %
1800	60.17	38.17	22.00	57.64 %	36.56 %
2100	80.87	51.95	28.92	55.67 %	35.76 %
2400	104.62	67.86	36.76	54.17 %	35.14 %
2700	131.42	85.88	45.54	53.03 %	34.65 %
3000	161.28	106.03	55.25	52.11 %	34.26 %
3500	217.85	144.32	73.53	50.95 %	33.75 %

注:平均桩长 $L = 15$ m, 护壁厚按 $0.1D + 5$ cm 设计。

随着桩径的增大,护壁混凝土工程量绝对数量在迅速增加,在桩身混凝土总量中比例占 1/3 以上,目前绝大多数的设计对护壁在人工挖孔桩中对桩体承载力的贡献研究不够,其主要原因固然在于迄今对挖孔桩的研究尚欠透彻。护壁虽然主要是为浇筑桩身钢筋混凝土而设,但它客观上竖直方向承担了传递了三分之一左右的荷载,因此不能忽略护壁对桩体承载能力潜在的贡献。

收稿日期:1999 - 12 - 09

近十余年来,我国武汉、成都等地将人工挖孔桩设计成空心桩,如图1所示^[1,3,4]所示,在世界上是首创。与实心桩相比,节省混凝土量超过50%,同时,桩心可以用来存放部分废土(但空心挖孔桩一般仅适用于地下水位低于桩底标高的情况)。当然我们还不能说空心挖孔桩实际上就是只有护壁,没有桩身的人工挖孔桩。此外,这种桩型应用于超高层建筑,尚有许多技术问题需要处理。但这也从一个侧面说明了挖孔桩护壁对桩体承载能力的潜在贡献。同时也说明护壁设计确实存在着巨大的研究空间和经济价值。

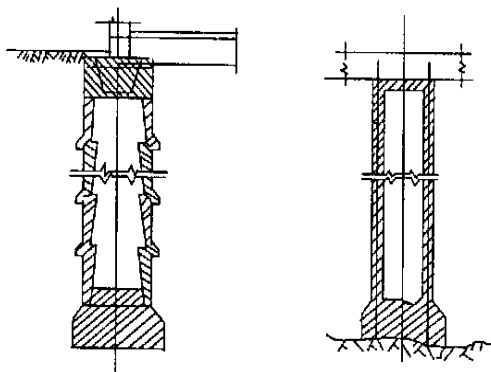


图1 空心挖孔桩
(a) 竹节式; (b) 直壁式

3 护壁对桩孔侧壁稳定的贡献

人工挖孔桩的构造如图2所示。该类桩一般都设计有桩帽、护壁、地梁及桩端扩大头,这些结构对于发挥桩土之间、护壁与桩身及与周围土体之间的共同作用是有利的。为了保证人工掘孔施工顺利进行,首先要求护壁结构的强度足以防止土体坍塌。关于支护的方法有很多,本文主要研究现浇混凝土护壁。

首先要求护壁混凝土强度大于周围土体对护壁产生的侧压力。根据库伦土压力理

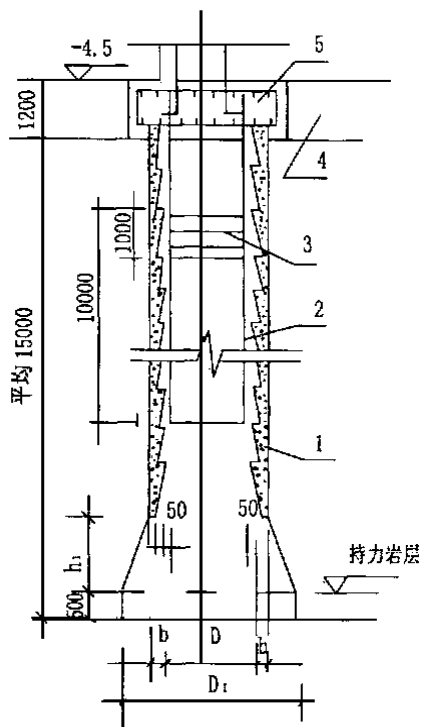


图2 挖孔桩构造图

1—护壁; 2—主筋; 3—箍筋;
4—地梁; 5—桩帽

论,不考虑土的粘聚力,按无粘性土计算,这样计算的土压力值偏大,偏于安全。为简化计算,不妨假定地下水的影响与土的粘聚力相互抵消,得静土压力计算图式如图3所示。护壁上土侧向压力为

$$P_0 = K_0 \gamma z = K_0 \gamma z \quad (1)$$

式中: γ 为土的重度; K_0 为静止土压力系数, $K_0 = \mu/(1 - \mu)$, μ 为土的泊松比,可由实验条件确定。

静止土压力系数 K_0 与土的种类有关,而同一种土的 K_0 还与孔隙比,含水量,加压条件,压缩程度有关。也可根据半径经验公式:

$$K_0 = 1 - \sin \varphi \quad (2)$$

式中: φ 为土的内摩擦角。

常见的静止土压力系数 K_0 经验值如表

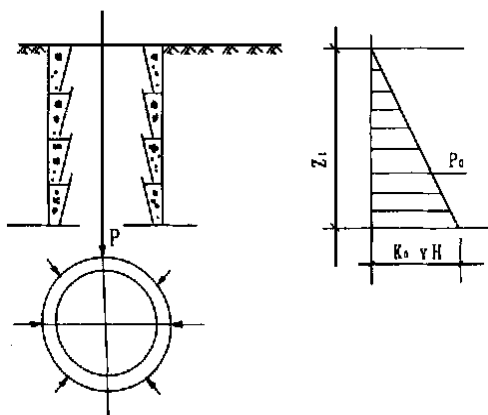


图 3 静土压力计算图式

2 所示。

表 2 K_0 的经验值

土的种类和状态	K_0
碎石土	0.18 ~ 0.25
砂 土	0.25 ~ 0.33
粉 土	0.33
粉质粘土:坚硬状态	0.33
可塑状态	0.43
软塑及流塑状态	0.53
粘 土:坚硬状态	0.33
可塑状态	0.53
软塑及流塑状态	0.72

静止土压力按三角形分布:故静止土压力合力为:

$$E_0 = \frac{1}{2} K_0 Z^2 \quad (3)$$

以海口市鸿扬大厦(地下 1 层,地上 28 层)为例,说明一下实际人工挖孔桩护壁施工情况。该大厦工程用 216 根护坡桩及 76 根工程桩均采用人工挖孔桩,其中护坡桩直径为 1 m,工程桩直径为 1.2 m ~ 3.5 m 不等。该工地地面下 0.5 m 即见地下水,属典型的软土地基。原设计护壁厚度为:

$$T = 0.1 D + 5 \text{ cm} \quad (4)$$

式中: T 为护壁厚度; D 为桩径。

护壁混凝土标号为 C20,护壁内等距放

置 8 根直径为 8 mm 长 1 m 的直钢筋,插入下层护壁内,使上下护壁钢筋拉结。这个设计,从安全的角度而言自是没有问题,许多文献[2,5]都如此推荐的。但是,这样设计从经济角度而言合理吗?是否必要?

根据该施工场地的地质勘察报告研究分析之后发现,该地基“流砂”层及淤泥层位于 8.00 m ~ 12.00 m 这一区域。该施工场地地基土压力计算如下:

用 $K_0 = 0.7$, $\gamma = 2.05 \times 10^4 \text{ N/m}^3$ 。

代入式(1),有

$$P_0 = K_0 Z = \begin{cases} 71.75 \text{ kPa} < 1 \text{ MPa} & Z = 5 \text{ m}; \\ 0.215 \text{ MPa} < 1 \text{ MPa} & Z = 15 \text{ m}. \end{cases}$$

护壁混凝土正常温度(> 20)养护 1 d,抗压强度即超过 1 MPa。显然护壁混凝土强度是足够的。考虑到该工程第一层为地下室,这一段护壁混凝土待桩基混凝土浇捣完之后,基坑土方开挖时仍要去掉,实际施工时工程桩护壁在 0.0 m ~ -5.0 m 段混凝土中不设钢筋。标号不变,仍为 C20。-5.00 m 以下仍按原设计钢筋量施工。护壁混凝土厚度则作了如下调整:

$$H_p = \begin{cases} 0.1 D + 5 \text{ cm} & D \in [0.8 \text{ m}, 1.5 \text{ m}] \\ 20 \text{ cm} & D > 1.5 \text{ m} \end{cases} \quad (5)$$

式中: H_p 为护壁混凝土设计厚度; D 为桩径。

按式(5)设计的护壁厚度,根据 292 根桩护壁的施工实践证明是完全可行的,无一出现护壁因周围土侧压力作用而坍塌事故。仅此一项节约了混凝土量超过 500 m^3 ,同时,桩心取土及余土外运亦相应减少,经济效益十分可观。

4 施工过程中对“流砂”及坍塌处理

人工挖孔桩在开挖过程中,地表以下的土层受到渗透力作用。对砂性土而言,当地

下水的水力坡度增大到某一程度时,砂土便会悬浮流动(流砂)现象。

应加强预防措施防止护壁失稳,施工之前,应先仔细分析施工场地地质勘察报告,制定切合实际的施工方法。如查明地下水较大,则应采用井点降水,降低地下水至工作面以下。遇暴雨天,应停止施工,加盖井口;同时,进行井点降水。将地下水位降至可能产生“流砂”的地层以下,或将水力坡度降至临界水力坡度以下。其次,过重物及井口积土应及时清运。孔口周围必须设置护栏围护。当护壁或孔壁出现失稳险情时应及时处理。

“流砂”如不太严重,可以用稻草扎成一个个小草把,塞于井下“流砂”区。并浇捣钢筋混凝土沉井等作为护壁,待穿过“流砂”层后,再按一般方法施工。通过在衡阳,长沙,海口三地的施工实践证实:在出现井下“流砂”之初期,迅速投入更多的人力及降水机具。加快施工速度,还可以在护壁混凝土中加快凝早强添加剂。这一方法,无论从经济、

施工进度还是处理效果而言都不失为最佳选择。

5 结语

桩基承载力使用不足是国内外桩基应用中目前存在的主要问题,这一点在人工挖孔桩中表现更加突出。研究人工挖孔桩护壁结构设计,从经济效益及建筑施工技术角度而言都是十分有价值 and 必要的。

参 考 文 献

- 1 宰金珉,宰金璋. 高层建筑基础分析设计[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1993.
- 2 饶勃主编. 施工技术[M]. 中国建材工业出版社,1992.
- 3 陈德文. 竹节式空心挖孔灌注桩[C]. 全国地基基础新技术学术会议论文集. 南京,1989.
- 4 刘昭远,吴伟逸. 浅说大直径人工挖孔桩的设计与施工[C]. 桩基技术新进展学术讨论会论文集. 宁波,1991.
- 5 谢尊渊,方先和. 建筑施工[M]. 中国建筑工业出版社,1986.

The Design and Application of Hand-dug Cast-in-situ Pile in Construction

Luo Zhang Li Wenbin Li Zhengci

(Central South University of Technology, Changsha 410083)

Abstract From the viewpoint of effectiveness and economy, the prospect of hand-dug cast-in-situ pile in high-rise construction is discussed. Some improvements have been suggested in bracing work of hand-dug cast-in-situ pile design is proposed. Several practical engineering examples are pointed out in this paper.

Key words hand-dug cast-in-situ pile, bracing work, “quicksand”