

四川利君制衣综合大楼桩基方案选择及设计计算

戴敬儒

摘 要 根据建筑物地基的层位关系、土性和力学特征暨上部建筑的结构受力特点,并考虑了造价和施工方法,在对大直径冲击钻孔施工和其它方法进行了分析对比的基础上,论述了选择大直径冲孔灌注桩方案的依据及该类典型摩擦端承桩的设计计算方法。

关键词 大直径冲孔灌注桩 砂夹卵石 极限摩擦力 端阻力 允许承载力

Construction Method Selection and Design Calculation for Foundation Piles of Lijun Tailoring Building in Sichuan

Dai Jingru

(Luzhou No.135 Brigade, Sichuan Bureau of Coal Mine Geology, Luzhou, 646000)

Abstract According to the strata relationship of the building foundation, soil texture, mechanical properties and characteristics of structural forces, the cost and constructional method are considered. Based on the analysis and comparison between large diameter impact bored hole construction and other methods, basis for the choice of large diameter impact bored pile and calculating method for the design of the typical frictional end supporting pile are described.

Key words large diameter impact bored grouting pipe, sand mixed with pebble, limiting friction, end resistance, permissible bearing capacity

1 工程概况

拟建的四川利君制衣综合大楼位于泸州市大北街闹市区,工程占地面积700多 m^2 ,主楼11层,裙房2层,总建筑面积6000 m^2 ,是集办公、商贸、娱乐与住宿为一体的综合性大楼。

2 工程地质条件

2.1 地层特征

据钻探揭示,场地地层自上而下为:

杂填土:以建筑废土和生活垃圾为主,多为碎砖瓦块、炭渣等杂物,组成物复杂,结构松散,软硬相间,属于高压缩性土,厚1.70~5.05 m。

粉质粘土：浅黄色、黄色，结构为稍密～中密，含水，湿度高，可塑～软塑，局部层位夹砂，振动时有液化现象。该地层在整个场区都有分布，厚6.70～10.85 m。

砂夹卵石：灰色，结构密实，揭露层厚2.00～11.80 m。卵石呈亚圆状，含量>50%，粒径很不均匀，大者可至30 cm以上，小的仅几厘米。每个钻孔都遇漂石，采用超重触探法冲击施工进度慢，且孔壁易坍塌，施工中吊锤、触探杆振动剧烈，故难以深入；改用大口径冲击钻进至5 m深度后进度亦缓慢。极限端阻力标准值可达2000 kPa以上，钻进时需用粘性土与碎石(片石)护壁，以避免孔壁坍塌。

2.2 地层物理力学性质

地层的主要物理力学性质特征详见表1。

表1 地层主要物理力学性质指标

地层	W/ %	r	Gs	Sr/ %	e	W ₁ / %	I _p	I _L	ψ ₀	C/ MPa	Fs/ %	E ₀ / MPa	E _{s1-2} / MPa	f _k / kN	q _a / kPa	q _{ak} / kN
粉质粘土	23.5	19.6	27.7	100	0.746	32.5	13.8	0.43	17.0	0.013	60	12.0	6.00	2.00	35	
砂夹卵石				100	0.32							3.15		500	100	8502

2.3 水文及不良地质条件

场地地下水埋藏深度较浅，定水位在2.50 m左右，地下水埋藏量丰富，实测涌水量达10 t/h。经化验，地下水对混凝土无侵蚀作用。该层地下水为泸州城区主要的地下水径流通道。

勘察场地内砂夹卵石层的顶层界面坡度约为20°，其倾角较大。因此，利用该层作持力层时应保证坡体不产生顺层滑动，具有足够的稳定性。

3 基础选型及持力层选择

对工程框架结构进行内力分析，桩基的轴向压力2000～4000 kN，个别高达6000 kN，因此对该类基础的选型须十分慎重，以确保工程安全，并尽量节约投资。为此，对主楼基础选型作以下几种方案比较。

3.1 钢筋混凝土条形或筏型基础

由于杂填土承载力很低，且孔隙多，压缩性高，不能作基础持力层。如将粉质粘土层作持力层，地基允许承载力[f]=200 kPa，通常需要揭去上覆的5.00 m表层杂填土。施工期间还需布设降水孔。该基础施工期长，由于邻近建筑物承重引起的侧向应力无法平衡，将产生卸荷变形而使基础开裂。该工程概算投资50万元，占主楼工程总造价的20%。

3.2 打入式桩

(1)预制混凝土桩的贯入能力受多种因素的制约，如抵达原有建筑物的基础或遇漂石受阻，使桩无法达到设计标高而不得不截桩，将造成返工浪费。

(2)砂夹卵石层顶层层面坡度较大(约20°)，桩长不易控制。

(3)在该工程中，大多数桩下面要打入8～20根桩构成群桩。由于桩的数量较多，且反复冲击地层可能造成打入桩施工困难或将土层挤压成橡皮土。

(4)预制混凝土基桩制作中因运输、起吊、打桩等多种施工工序及工艺，增加了施工应力，故桩的配筋率较高，相应的施工工期长、造价高；同时在城市居民集中区施

工将产生较大的噪声污染，故这一施工方法的推广应用受到诸多限制。该项目概算投资57万元，占主楼工程总造价的23%。

3.3 沉管灌注桩

该类型桩与打入式预制混凝土桩有类似的缺点，虽然造价相对较低，施工期较短，但单桩的承载力也较低，需要桩的数量比预制混凝土桩多，对粉土层的破坏会更为严重。由于该桩的钢筋笼直径小，桩截面的有效利用率低，经济上也不合理。

3.4 小口径回转钻进桩

该类桩施工中排放泥浆和污水量大，在城区易使下水道堵塞，因较多的环境污染问题而难以被广泛采用；楔入砂夹卵石层深度浅，相应的承载力低，所需桩数较多，桩底持力层坡度大，桩长难以控制且不稳定。该类桩适用于承载力较小、桩数较少的裙房基础。

3.5 大直径人工挖孔扩底灌注桩

场地表土层结构松散，地下水位浅且涌水量大，桩身侧壁支护及排水难度大，费用高，影响施工安全的因素很多，故至今仍未被广泛应用。

3.6 大直径回转扩底灌注桩

(1)规范要求桩尖须嵌入持力层一定深度，在砂夹卵石层钻进中，回转扩底工作难以进行；孔壁易坍塌。

(2)持力层顶层坡度大，桩长难以控制的问题仍无法克服，施工规范也不允许，承载力也难以满足要求。

3.7 大直径冲孔灌注桩

污水排放可控制在一定限度内，从而大大减轻了环境污染问题。桩基能可靠地克服粉土层的胀缩影响，桩长可伸入持力层达任何深度，故可满足设计的各项受力要求。除个别情况下灌注桩需按承台桩设计外，多数情况下可利用桩径变化及深度控制来满足承载力要求；其缺点是施工期长。该方案预算造价52万元，占主楼工程总造价的21%。该方案为选定的推荐方案。

4 设计问题分析

4.1 桩基受力机制分析

本工程所选定的大直径冲孔灌注桩为典型的摩擦端承桩，按极限承载力进行设计，桩顶荷载由桩侧摩擦阻力和桩底端承阻力共同承受。其受力状态如图1所示。在冲孔过程中，桩孔因侧面挤压产生的 σ_{xy} 很大， $f(y)$ 也大，致使摩阻力显著增大。

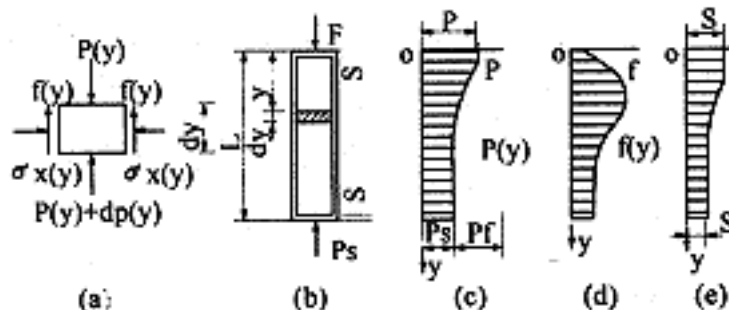


图1 摩擦端承桩的受力图

- (a)桩体元素受力；(b)轴向受压单桩；(c)轴向压力分布曲线；
(d)摩阻力分布曲线；(e)截面位移曲线

4.2 桩顶荷载和桩身强度验算

桩顶荷载为整个桩身应力最为集中部位，根据JGJ94-94，桩顶轴向压力应符合下式规定：

$$N \leq 0.52f_c \cdot d^2$$

式中：N桩身轴向压力设计值； f_c 混凝土轴心抗压设计强度；d桩身设计直径。

公式表明：当轴向受压桩的桩顶轴向压力满足上式要求时，可不配抗压钢筋，但规范同时又规定，在满足上式的基础上，主筋的配筋率 0.2%，其伸入桩身长度 10 倍桩身直径，且不小于承台最下一层软弱土层的深度。据此， $\phi 800$ 、1000、1200 mm 桩的主筋长度则可分别取8、10和12 m。

假定混凝土强度为C20，分别对以上3种规格的桩身强度进行验算：

$$\phi 800 \text{ mm 桩：} N \leq 0.52 \times 10 \text{ N/mm}^2 \times (800 \text{ mm})^2 = 3328 \text{ kN；}$$

$$\phi 1000 \text{ mm 桩：} N \leq 0.52 \times 10 \text{ N/mm}^2 \times (1000 \text{ mm})^2 = 5200 \text{ kN；}$$

$$\phi 1200 \text{ mm 桩：} N \leq 0.52 \times 10 \text{ N/mm}^2 \times (1200 \text{ mm})^2 = 7488 \text{ kN。}$$

5 桩基竖向承载力的确定

5.1 单桩竖向极限承载力标准值(Q_{uk})

根据土的物理力学指标与承载力参数之间的经验关系，确定冲击成孔大直径 ($\geq 800 \text{ mm}$)单桩竖向极限承载力标准值：

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum \Psi_{si} \cdot q_{sik} \cdot L_{si} + \Psi_p \cdot q_{pk} \cdot A_p$$

式中： Q_{sk} 总桩侧阻力； Q_{pk} 总桩端阻力；u桩身周长； q_{sik} 桩侧第i层土的极限侧向阻力标准值； q_{pk} 桩径800 mm的极限桩端阻力标准值； L_{si} 伸入i层土的桩身长度； A_p 桩的端承面积。 Ψ_{si} 、 Ψ_p 桩侧、桩端阻力尺寸效应系数。

在成孔过程中，大直径桩的侧阻力因开挖后孔壁松弛、应力释放产生卸荷作用，导致桩身侧阻力降低；孔径越大，降幅越大；对粉质粘土和砂夹卵石，其桩侧阻力尺寸效应系数 Ψ_{si} 分别取1、 $(0.8/d)^{1/3}$ (d为桩身直径)。同样，对大直径桩端阻力而言，一般是呈渐进破坏的，因此，其极限端阻力随桩径增大而减小，尤其以砂夹卵石层作持力层的降幅最大，其桩端阻力尺寸效应系数 $\Psi_p = (0.8/D)^{1/3}$ (D为圆桩的底端直径)。

5.2 基桩竖向承载力设计值(R)

大口径冲击成孔灌注桩的竖向承载力设计值可由下式求得：

$$R=Q_{sk}/\gamma_s+Q_{pk}/\gamma_p$$

式中： γ_s 桩侧阻力分项系数； γ_p 桩底端阻力分项系数。

因影响分项系数取值的因素很多，且这些因素间还会相互影响，因而要准确地确定它们是十分困难的。因此，可根据经验，确定泥浆护壁冲击成孔灌注桩的竖向承载力抗力分项系数 $\gamma_s=\gamma_p=1.67$ 。

5.3 单桩竖向承载力设计建议值(R_j)

大口径冲击灌注桩只对粉质粘土和砂夹卵石层作考虑。其设计深度在17 m左右。桩周两种土层的组合情况如下：

(1)粉质粘土7 m，砂夹卵石10 m；

(2)粉质粘土11 m，砂夹卵石6 m。

分别以两种桩周土层的力学性质及厚度作计算基础，结合基桩竖向极限承载力标准值，用承载力设计值公式分别对 $\phi 800$ 、1000、1200 mm三种桩型作验算后，得出单桩竖向极限承载力设计值约为：

$\phi 800$ mm桩：2000 ~ 2500 kN；

$\phi 1000$ mm桩：2500 ~ 3000 kN；

$\phi 1200$ mm桩：3000 ~ 3500 kN。

由此可见，以上设计选用值均在各类地层的强度允许值范围内，桩的安全是有保障的。

6 结论

针对建设场地的具体情况，主楼基础可选800 ~ 1200 mm不同口径的冲击成孔灌注桩，按单桩承载力设计并伸入持力层足够深度，不但可确保安全，也能获得最佳经济效益；裙房基础可选小口径($\phi 300$ mm)回转钻进桩直接伸入砂夹卵石层顶面。

作者简介：戴敬儒：1965年生，四川省煤田地质局泸州135工程处副处长，总工，工程师；1988年毕业于中国矿业大学煤田地质专业；现主要从事工程地质及岩土工程工作。地址：646000 泸州市灯杆山；电话：0830-3190897转3082。

7 参考文献

- 1 《岩土工程勘察规范》(GB50021-94).
- 2 《建筑桩基技术规范》(JGJ94-94).
- 3 《建筑地基基础设计规范》(GB87-89).
- 4 《混凝土工程标准规范选编》(1)(2).
- 5 沈克仁.地基与基础.北京：中国建筑工业出版社，1991.

收稿日期：1998-05-19