

文章编号:1006-7329(2000)01-0049-04

高压旁压试验在高层建筑地基评价中的应用

TU413.4

49-52

盛海洋¹, 彭柏兴²

(1. 黄河水利职业技术学院, 河南开封 475001; 2. 长沙市勘测设计研究院, 湖南长沙 410007)

摘要: 介绍了旁压试验在高层建筑地基评价中的应用方法和成果分析。工程实践证明该方法行之有效。

关键词: 旁压试验; 地基评价; 应用 **高层建筑**

中图分类号: TU413.4

文献标识码: A

自1956年法国道桥工程师Menard发明旁压仪以来,经过几十年的完善、发展、应用和推广,旁压试验已被广泛应用于工程场地地质评价、基础设计中地基土承载力的确定和基础沉降计算等方面,已成为地基勘察与基础设计的实用、可靠方法。在我国,由于国产旁压仪工作压力太低,试验深度和可能进行试验的岩土种类受到限制。随着高压旁压仪的引进,这一问题刃而解。高压旁压仪工作压力 ≥ 10 MPa,试验深度可达50 cm以下,可满足砂砾土、碎石土、软岩及碎裂岩的强度、变形参数的测试要求^[1]。

1 试验设备和方法

试验仪器为加拿大制造的TEXAM型预钻式旁压仪。有关设备规格如下:旁压器为NX型、测量腔外径为70 mm、固有腔体积790 cm³、额定工作压力10 MPa、体积测量精度0.1 cm³、测定深度可达75 m。

试验先用GY-50型或XY-A型工程钻机在岩土层中成孔至试验深度以下1.5 m左右,孔径 ≤ 73.8 mm,必要时需用泥浆护壁。再放入旁压器至孔底,加压使旁压扩张,通过它对周围岩土体施加均匀压力,使其产生变形乃至破坏,从而获取压力与体积增量的关系。根据这种关系可对地基承载力和地基土的变形性质进行评价。

试验前应按有关规程事先进行弹膜约束力和体积综合变形率定。试验时,土体加载等级50~100 kPa、岩体加载等级500~1 000 kPa,试验观测时间2 min。

2 结果分析与应用

通过旁压试验获取的初始压力 P_0 、临塑压力 P_L 和极限压力 P_L 与旁压模量 E_m 这两组数据对高层建筑地基基础设计尤为重要。一方面,在深孔中采取相对不扰动的质量好的试样困难大,土(岩)样应力释放的影响不可避免;另一方面,室内试验中模拟地基深部的实际应力状态不易;第三,对破碎岩石、粗砾土一般无法取到原状试样进行试验。旁压试验作为迄今为止机理分析上最为完善的原位测试技术,可弥补上述不足。

2.1 确定浅基础的地基土承载力

(1) 临塑压力法 地基承载力标准值 f_k 为:

收稿日期:1999-01-19

作者简介:盛海洋(1963-),男,河南开封人,工程师。

$$f_k = P_t - P_0 \quad (1)$$

或

$$f_k = P_t \quad (2)$$

(2) 极限压力法

$$f_k = \frac{(P_t - P_0)}{F} \quad (3)$$

或

$$f_k = \frac{P_t}{F} \quad \left(\text{当 } \frac{P_t}{P_t} < 1.7 \text{ 时} \right) \quad (4)$$

安全系数 F 值一般取 2-3, 或按地区经验确定。当用 (2)、(4) 评定 f_k 时, 不需再做深度修正。

考虑到旁压曲线上确定 P_0 的误差较大, 有时会得出不合理的结果, 《PY 型预钻式旁压试验规程》(JGJ69-90) 规定用经验关系式 $P_0 = K_0 \gamma Z + u_0$ 估算, 式中 K_0 为试验深度处静止侧压力系数, γ 为土的重力密度、地下水以下取有效重力密度, u_0 为静水压力。

国外对浅基础极限承载力常根据土的类别、基础形状、基础相对埋深和施工方法, 按均质土、非均质土分别确定^[2]。

2.2 变形参数确定和地基沉降计算

根据旁压试验曲线上似弹性阶段直线的斜率, 由轴对称平面问题的弹性解可得旁压模量 E_M 。

$$E_M = 2(1 + \mu) [V_c + (V_0 + V_t)/2] \cdot \frac{\Delta P}{\Delta V} \times 10^{-3} \quad (5)$$

式中 μ ——岩土体的泊松比;

V_c ——旁压器测量腔的固有体积 (cm^3);

V_0, V_t ——与 P_0, P_t 对应的体积变形量 (cm^3);

$\frac{\Delta P}{\Delta V}$ ——似弹性段直线的斜率。

由旁压模量换算成变形模量 E_M , 国内外不少专家学者做了许多尝试。通常情况下, 可按 Menard 关系式 $E = E_M/\alpha$ 换算。 α 为土的结构系数, 按表 1 取值。

表 1 土的结构系数

土类	泥 炭		粘 土		粉 土		砂 土		砾 砂	
	E_M/P_t^*	α	E_M/P_t^*	α	E_M/P_t^*	α	E_M/P_t^*	α	E_M/P_t^*	α
超固结土			> 16		> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3
正常固结土		1	9~16	2/3	8~14	1/2	7~12	1/3	6~7	1/3
扰动土			7~9	1/2		1/2		1/3		1/4
岩石	碎碎情况		极破碎		轻微破碎、强风化		未风化			
	α		1/3		2/3		1/2			

注: $P_t^* = P_t - P_0$ 为净极限压力

同时, Menard 给出了用旁压试验成果估算天然基础沉降的计算式:

$$S = \frac{2}{9E_d} \cdot q^* \cdot B_0 \cdot \left(\lambda_d \cdot \frac{B}{B_0} \right)^{\alpha} + \frac{\alpha}{E_c} \cdot q^* \cdot \lambda_c \cdot B \quad (6)$$

式中 E_d ——基底以下 16 R 范围内土层平均 E_M 值;

E_c ——基底以下 1 R 土层的 E_M 值;

q^* ——基底净压力, 为基底压力 q 与土覆土压力 q_0 之差;

B_0 ——参考基础宽底(取 0.60 m);

B ——基础宽度或直径;

α ——土的结构系数, 见表 1;

λ_d, λ_c ——形状系数, 随 L/B 变化, 见表 2。

2.3 单桩轴向承载力的计算

法国中央路桥试验所(LCPC)和法国公路及高速公路技术研究所(SETRA)编制了一系列旁压试验确定桩基设计参数准则, 并提供了系列图表, 比较便于工程应用^[3]。

初步确定单桩的承载力设计值时, 端阻力设计值 q_p 和侧摩阻力设计值 q_s 可按式(7)计算:^[4]

$$\begin{cases} q_p = (P_L - P_0) / 3 \\ q_s = (P_L - P_0) / 20 \end{cases} \quad (7)$$

对风化岩, 当 $P_L - P_0 > 1\,500$ kPa 时, q_s 则须按(8)式计算:

$$q_s = (P_L - P_0) / 30 + 30 \quad (8)$$

由下式可得单桩轴向承载力设计值 Q_d :

$$Q_d = A \cdot q_p + \sum_{i=1}^n L_i \cdot U \cdot q_{si}$$

式中 L_i 为按土层划分的各段桩长, U 为桩身周边长度。

单桩极限承载力 Q_u 的确定可据文献[3]的有关内容计算。

3 工程应用

3.1 长沙市交警科技综合大楼^[5]

该大楼位于长沙市湘江西岸荣湾镇, 高 23 层、地下室 2 层, 框架结构。单柱荷重 6 600 kN。场地上覆第四系松散堆积物厚 12.30~13.90 m, 基底为板溪群泥质板岩。因场地中存在宽达 40 m 的破碎带, 钻探取芯困难, 岩石单轴抗压强度极低, $R_0 = 0.30 \sim 1.20$ MPa, 且钻至 40 m 尚未控制断层下盘。旁压试验结果表明 $f_k \geq 2\,840$ kPa, $E_M > 80$ MPa。通过计算、分析, 我院建议采用大直径钻孔灌注桩, 以碎裂岩作桩端持力层, 入岩深度 $(3 \sim 5)D$, D 为桩身直径, 设计方案采纳了这一建议, 设计有效桩长 14.41~17.82 m, 桩径 1.0 m, 桩端扩大头直径 1.50 m, 平均入岩深度 5.37 m, 采用一柱一桩形式。成桩后, 通过桩的动、静载试验资料对比, 采用动测法对各单桩容许承载力进行了测试。据碎裂岩区 44 根桩的资料统计: 实测值 $Q^* = 6\,040 \sim 8\,140$ kN、旁压试验结果估算的单桩承载力设计值 $Q_d = 7\,249 \sim 9\,585$ kN、极限值 $Q_u = 18\,737 \sim 24\,092$ kN。利用旁压试验结果计算的单桩容许承载力平均值较测试值高 14%、极限值高 44.7%, 安全系数 $K = Q_u / Q_d = 2.41 \sim 2.58$ 、平均 2.54。这些结果是以各试验点最大试验压力中的小值计算的, 并未达到真正的极限压力, 故有相当高的安全储备。该建筑竣工三年, 累计沉降仅 5.62 mm, 可见该方法是成功的。

3.2 湖南省人民银行综合楼

该建筑高 29 层, 地下室 2 层, 建筑面积约 40 000 m², 结构初步设计为框架与剪力墙相结合, 拟用大口径人工挖孔桩, 一柱一桩, 单柱最大荷载 36 000 kN。预计基础埋深 9.5 m, 且对沉降差异敏感。

经勘察, 场地地基土组成如下:

- 1) 杂填土 (Q_4^m): 松散~稍密, 层厚 2.20~4.70 m。
- 2) 粉质粘土 (Q_4^t): 硬塑~坚硬状, 层厚 7.20~10.30 m, 层顶标高 41.38~43.47 m。 $\omega_0 = 23.4\%$ 、 $\rho_0 = 1.95$ g/cm³、 $e = 0.722$ 、 $I_L = 0.11$ 、 $E_s = 10.5$ MPa、 $\varphi = 23^\circ$ 、 $c = 81$ kPa、 $N_{63.5} = 22$ 击。 $P_1 = 780 \sim 1\,040$ kPa、 $E_M = 25.00$ MPa。

表 2

L/B	1		2	3	5	20
	圆形	方形				
λ_c	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
λ_d	1	1.12	1.53	1.78	2.14	2.65

注: 式(6)适用于基础埋深 $h >$ 基础宽 B 的情况。

如 $h = B/2$ 时, 计算的沉降量要增加 10%。

3) 中细砂(Q_2^d): 稍密、饱和, 厚 1.30~3.20 m, $N_{63.5} = 4 \sim 10$ 击。

4) 卵石(Q_2^d): 密实、饱和, 厚 5.70~10.60 m, 层底标高 30.61~32.34 m, $N_{63.5} = 21 \sim 38$ 击, 平均 27 击。

5) 粉质粘土(Q_2^d): 硬塑~坚硬状, 厚 1.30~4.50 m, $\omega_0 = 26.0\%$ 、 $\rho_0 = 1.96 \text{ g/cm}^3$ 、 $e = 0.760$ 、 $I_L = 0.07$ 、 $E_s = 12.3 \text{ MPa}$ 、 $\varphi = 20.4^\circ$ 、 $c = 85 \text{ kPa}$ 、 $N_{63.5} = 20 \sim 43$ 击。

6) 强风化泥质粉砂岩(R): 风化不均匀, 呈土状, 厚 2.20~29.20 m, 顶板标高 18.43~22.08 m, 岩石天然抗压强度 $R_0 = 0.40 \sim 0.80 \text{ MPa}$ 、 $P_f^* = 2 \sim 2.7 \text{ MPa}$ 、平均 2.35 MPa, $E_M = 51 \sim 75 \text{ MPa}$, 平均 67 MPa。

7) 中风化泥质粉砂岩(R): 厚 4.80~31.60 m, 层顶标高 -10.77~18.28 m, $R_0 = 1.5 \sim 2.4 \text{ MPa}$ 、 $P_f^* = 3.0 \sim 5.2 \text{ MPa}$ 、 $E_M = 146 \sim 169 \text{ MPa}$ 、平均 160 MPa。

通过综合分析, 考虑到基岩普遍埋深在 25.00 m 以下, 且岩石风化极不均匀; 在中风化层中多含强风化夹层。而且砂、卵石层厚度大, 渗透系数 $k = 20.0 \text{ m/d}$, 具有承压性, 水头差 6~8 m。若采用大口径人工挖孔灌注桩, 不仅没有理想的持力层, 且受地下水影响, 在工期、费用和环境影响等方面均不理想。而 2) 粉质粘土层(Q_2^d) 的旁压结果值远高于室内试验值, 综合考虑取 $f_k = 620 \text{ MPa}$, 推荐采用梁板式筏片基础, 以 2) 粉质粘土做基础持力层。取主楼基底面积为 $30 \text{ m} \times 27 \text{ m}$, 总荷载 363 000 kN, 沉降计算经验系数 ψ_s 取 0.7, 可得平均沉降量为 45.50 mm, 两计算点的倾斜为 2.22×10^5 , 均满足《地基基础设计规范》(GBJ 7-89) 的有关要求。

4 结 语

预钻式旁压仪具有设备结构简单、携带轻便、操作方便, 结果可靠等优点, 可克服岩土试验中取样、试件加工、参数选择等困难。能较为客观地反映所测对象的强度、变形特性, 为地基评价和基础选型提供科学依据。对难以取到原状试样的岩土层, 尤具实用意义。

参考文献:

- [1] 岩土工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994
- [2] L. Menard The Interpretation of Pressuremeter Test Sols soils. 1975(26)
- [3] 刘金砺编著. 桩基础设计与计算[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990
- [4] 弗·巴居兰等著, 卢世琛等译. 旁压仪和基础工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 1984
- [5] 彭柏兴. 利用旁压试验确定软弱裂隙岩体的容许承载力[J]. 勘察科学技术, 1997(2)

Evaluation of Subsoil under the High - rise Building by High Pressure Pressuremeter Test

SHENG Hai-yang¹, PENG Bai-xing²

(1 Huanghe Hydraulic Polytechnic Institute, Kaifeng, 475001, China; 2. Changsha Institute of Investigation and Design, Changsha, 410007, China)

Abstract: The way of using pre-boring pressuremeter in investigation and evaluation for subsoil on which the high-rise building is founded and analysis of its results are briefly stated in this paper. It can be seen that this way is confirmed to be effective by examples given from practical engineering.

Keywords: Pressuremeter test; investigation and evaluation; application