

岩土工程

高层建筑深层平板载荷试验的研究

杨国春, 吴银柱, 于 波, 王文臣

(长春工程学院, 长春 130021)

[摘 要]介绍了高层建筑深层平板载荷试验方法的技术现状及一套测试深度可达百米,测试精度高且不受深度影响的新型深层平板载荷试验装置;提出了深层载荷试验中存在的關鍵性技术问题及解决措施,并给出了实测试验成果。

[关键词]深载试验 测试装置 技术问题

[中图分类号]TU413.4 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2002)04-0090-04

0 前言

载荷试验是测定地基土承载能力和变形特性的可靠方法。深层载荷试验是指在半无限体内部对某层土体所做的强度和变形特性的载荷试验。与其它原位测试和土工试验方法相比,载荷试验能为高层建筑深基础设计提供更加可靠的持力层及其下卧层土体承载力和变形模量等设计计算的依据资料。

由于高层建筑基础设置深度较大,地基受压层范围大,在侧向超载作用下,深基岩土体天然状态下的物理力学性质、工程特性指标的建筑经验不足,故《高层建筑岩土工程勘察规范》(JGJ 72-90)中及2000年国标《建筑地基基础设计规范》(征求意见稿)中明确要求,对一级高层建筑,为确定持力层或主要受力层的承载力、变形模量要进行载荷试验。

1 载荷试验的国内外概况及存在的技术问题

目前,用静载荷试验确定或检验地基持力层承载力和变形模量仍是世界各国采用的主要方法之一,我国还利用静载荷试验结果计算地基的基床反力系数,计算地基土的不排水抗剪强度和地基土的固结系数。

目前国内外常用的深层载荷试验方法有两种:一种是深层平板载荷试验;另一种是螺旋板静载试验。

1.1 深层平板载荷试验

早在 50 年代,我国就开始采用深层载荷试验,

它是把承压板通过传力柱下入孔底,地上千斤顶通过传力柱向承压板施加压力,从千斤顶的表压显示承压板的荷载,孔底承压板的位移是在地表测量传力柱的下沉量得到的。这种载荷试验方法存在两个关键问题:一是平整孔底和保证承压板直接落在经刮削后的天然岩土表面上,即清除孔底残渣和孔壁稳定问题;二是用浅层载荷试验的公式计算变形模量,因浅层与深层载荷试验压板下地基土的应力状态不同,故认为计算结果与实际不符;同时也因当时高层建筑物少,对深层载荷试验要求亦少,因此当时深层载荷试验应用较少。90 年代以来,随着国内高层建筑物的增多,对深层载荷试验也有了要求。1992 年水利部东北勘测设计研究院研制了深层平板载荷试验仪(JZ-1 型)。1994 年以来该套试验仪在国内多处高层建筑场地进行实测,为高层建筑设计提供了宝贵的深层岩土体静载荷试验数据。另外,据新疆综合勘察设计院发表的文章得知,该院早在 1992 年 6 月已将深层平板载荷试验用于乌鲁木齐市兵团供销大厦等多处高层建筑的工程勘察工程中,应用效果较好。

深层平板载荷试验在我国的应用,是与我国高层建筑发展的需要相关的,工程实践表明这种静载荷试验在深孔条件下也具有适应性和可靠性。但是,同时也反映出为扩大其应用范围和提高其测试精度需要解决的一些问题:

1) 试验装置的加载传力系统和位移测试系统对测试精度和测试深度影响问题。

现有载荷试验得到的两个基本数据:作用在承

[收稿日期]2001-04-27;[修订日期]2001-11-29;[责任编辑]李石梦。

[基金项目]建设部 1999 年科技计划项目“深层平板载荷试验”,该项目已于 2001 年 1 月 8 日通过建设部鉴定,鉴定为国际先进水平。

[第一作者简介]杨国春(1968-),男,1992 年毕业于中国地质大学(武汉),现长春工程学院任讲师,主要从事岩土工程科研、产业和教学工作。

压板上的荷载 (P) 和相应荷载下的沉降值 (S), 不是从承压板处直接测得的, 而是经过传力柱传到地表测出的, 由于传力柱的弯曲变形及其与孔壁间产生的摩阻, 使在地表测出的 P 、 S 值与承压板实际的 P 、 S 值出现误差, 该误差不可能准确估算出, 而且孔深越深、误差越大, 影响这种试验方法的测试精度和测试深度。目前国内深层平板载荷试验的资料显示, 其测试孔深一般在 20 m 范围内。

2) 孔底处理和测孔垂直问题

孔底处理、排除残渣、孔壁稳定和钻孔保直等技术问题未能有效解决, 因此承压板不能确保落在孔底, 测试结果的真实可靠性不高。

3) 深层平板载荷试验变形模量如何计算问题。

1.2 螺旋板载荷试验

螺旋板载荷试验是 80 年代由国外引入的方法, 它主要用于软土地层和难以取样的砂土地层, 近年来也用于部分硬粘土地层。螺旋板载荷试验在我国经过十余年的发展, 已有了很大的改进 (如图 1 所示):

1) 在紧接螺旋板上端与压杆接头处, 用电测传感器直接量测施加于螺旋板的荷载, 消除了压杆与土之间的摩擦力的影响。

2) 在压杆内另设一位移杆, 直接量测螺旋板的沉降, 免除了压杆自身压缩变形的影响。

由于上面的改进, 使螺旋板载荷试验的理论误差较小, 但是, 由于在测试过程中的其它因素而使其测试结果的可靠性降低, 应用受到限制:

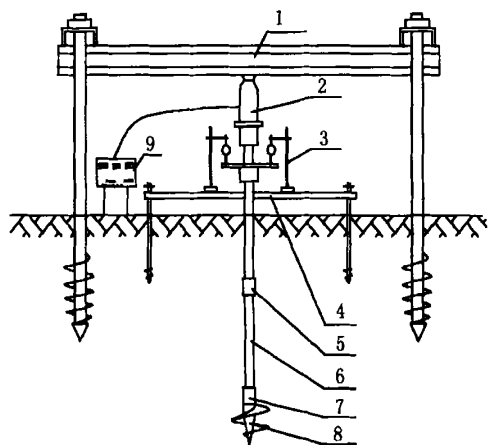


图 1 螺旋板载荷试验装置示意图

1—反力装置; 2—油压千斤顶; 3—百分表及磁性表; 4—百分表横梁; 5—传力杆接头; 6—传力杆; 7—压力传感器; 8—螺旋形承压板; 9—检测仪

1) 螺旋板旋入地层中时对板下土体的扰动降低了它的测试结果的可靠性。

2) 适用范围小。据现有国内外资料分析, 螺旋板载荷试验的测试深度为 30 m, 深度增加, 其测试精度会降低, 且只能适用砂土和软土。

综上所述, 可知: 深基础设计、复合地基设计等岩土工程设计需要由深层载荷试验提供深层地基土的工程特性参数, 而现有的深层载荷试验方法及技术装置又存在有如上所述的问题, 因此, 进一步完善深层载荷试验的技术装置和配套技术, 以满足工程设计对工程勘察的要求, 就成为很有意义的研究课题。

2 SP-1 型深层平板载荷试验装置

针对上述设备存在的问题, 我院自己研制了 SP-1 型深层平板载荷试验装置。该项研究成果是一套目前国内外测深最深、测试精度不受测深影响的深层平板载荷试验装置和该装置的测试操作规程以及深孔成孔保直和护壁稳定的工艺技术。

2.1 主要组成及特点

SP-1 型深层平板载荷试验装置由承压板、压力传感器、传力管柱、位移杆及其拉直装置、油压千斤顶、油泵、位移传感器、自动检测控制仪、反力梁和地锚等组成, 如图 2 所示。

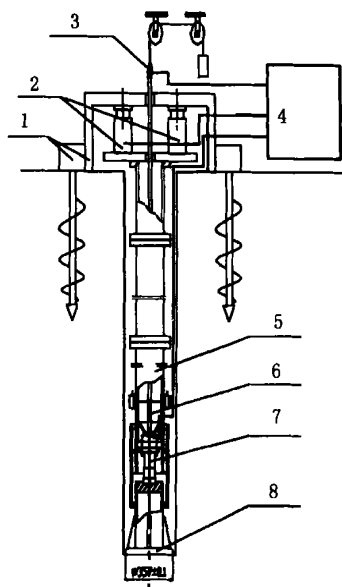


图 2 SP-1 型深层平板载荷试验装置示意图

1—油缸; 2—千斤顶; 3—位移传感器; 4—检测仪; 5—传力管; 6—位移杆; 7—压力传感器; 8—承压板

SP-1 型试验仪有以下特点:

1) 承压板的位移测量, 是通过一根专用的钢性位移杆, 其下端球铰于靠近承压板的铰座内, 上端与一根细钢丝绳相连, 该绳另一端经导向滑轮后挂重物, 重物的重量等于或不小于位移杆重的 3/4, 以保

证位移杆处于拉直状态,并随承压板同步移动,由位移杆上端的位移传感器所传出的位移量便是承压板的实际位移。这种位移测量系统的测量精度不受孔深的影响。

2) 压力传感器装在传力柱下部、承压板上部的连接处,压力传感器传出的压力值便是承压板实际接受的压力值。这样传力柱与孔壁之间的摩阻力不会影响承压板上传感器的实际测量值,测试孔的深浅不影响荷载测量精度。

3) 采用多通道深基自动检测仪,自动显示、短时存储并适时打印 $P-S-T$ 数据;自动控制油泵加压,在各级荷载下保持高精度的自动稳压作用。

2.2 SP—1 型试验仪的主要技术指标

主要性能指标:

1) 测深:0 ~ 100 m 或更深;2) 孔径: $\phi 400$ mm (箱基用 $\phi 1000$ mm);3) 荷载测量精度:0.1 KN;4) 位移测量精度:0.01 mm;5) 自动打印存储测试参数: P 、 S 、 T 。

3 测试孔的孔内处理技术

深层平板载荷试验测试孔的孔处理技术,是关系到这种载荷试验方法的实测结果的真实性和影响该方法应用前景的一项关键性技术。孔内处理技术包括:孔底平整、排除残渣;孔壁稳定和保直等几个方面的问题。我院针对上述几个方面的问题提出了相应的技术措施,并在实践中应用,取得了较好的效果。

4 地基土变形模量的计算

根据建设部综合勘察设计院顾宝和和同济大学朱小林等人的研究认为,深层平板载荷试验可以利用下式计算土的变形模量:

$$E_0 = I_0 I_1 (1 - u^2) Pd / S$$

式中: E_0 — 变形模量, KPa;

I_0 — 刚性承压板形状对沉降的影响系数,圆形承压板 $I_0 = \pi/4 = 0.785$;

I_1 — 承压板埋深 z 时的修正系数,当 $z > d$ 时, $I_1 \approx 0.5 + 0.23d/2$;深坑试验时 $I_1 = 1$;

u — 土的泊松比,碎石土取 0.27,砂土、粘土取 0.3,粉质粘土取 0.35,粘土取 0.42,不排水条件下饱和粘土取 0.5;

d — 承压板直径, mm;

P — 与承载力特征值对应的荷载, KPa;

S — 与承载力特征值对应的位移, mm。

5 深层平板载荷试验实践

我院利用 SP-1 型深层平板载荷试验仪分别于 1999 年 10 月和 2000 年 10 月在长春工程学院东校区院实习基地做了两个试孔的试验工作。两个试孔的试验参数参见表 1,测试孔的 $P-S$ 曲线见图 3,图 4。

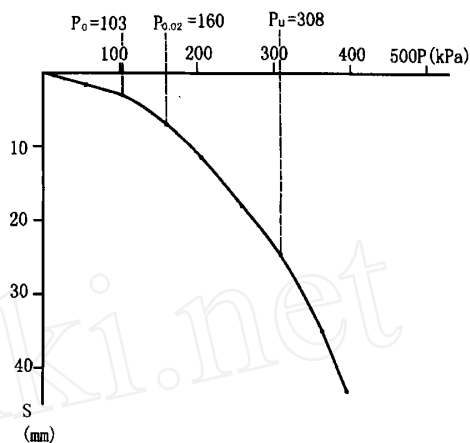


图 3 1 号试验点深层平板载荷试验曲线图

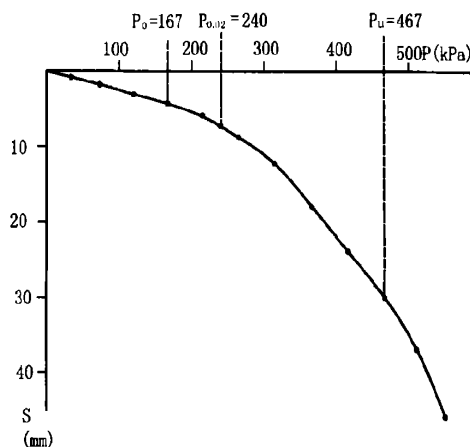


图 4 2 号试验点深层平板载荷试验曲线图

地基土的基床反力系数,由 $P-S$ 曲线直线段的斜率得出。

$$K_v = P / S \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

式中: K_v — 地基土基床反力系数

P/S — $P-S$ 曲线直线段斜率;如果 $P-S$ 曲线初始无明显直线段, P 可取临塑荷载之半, S 为相应 P 值下的沉降 (m)。

6 结论

1) 高层建筑岩土工程勘察需要深层平板载荷试验为其提供精确可靠的测试参数。

表 1 测试孔 1 及测试孔 2 的试验参数

测试孔 1	地层情况:粉质粘土,暗黄褐色,可塑,静探 $P_s = 1.30\text{MPa}$,土工实验 $f_k = 210\text{KPa}$											
荷载等级 P (KPa)	0	56	103	158	205	258	308	362				
沉降值 S (mm)	0	1.63	3.0	6.94	11.43	17.98	24.50	34.81				
测孔参数:孔深 4.10 m,孔径 400 mm,承压板面积 0.1 m ² ,压板直径 357 mm,水位 4.35 m												
变形模量 E_0 (KPa): $E_0 = 4390\text{KPa}$												
测试孔 2	地层情况:粉质粘土,暗黄褐色至灰褐色,可塑偏硬, $P_s = 1.70\text{MPa}$											
荷载等级 P (KPa)	0	34	73	120	167	215	265	315	366	416	467	511
沉降值 S (mm)	0	0.68	1.85	3.04	4.23	5.90	8.64	12.18	17.93	23.85	29.98	36.88
测孔参数:孔深 5.8 m,孔径 400 mm,承压板面积 0.1 m ² ,压板直径 357 mm,水位 4.40 m												
变形模量 E_0 (KPa): $E_0 = 5060\text{KPa}$												

2)在各种深层静载荷试验方法中,只有深层平板载荷试验可能实现对各类岩土更精确、更深层的测试。

3) SP—1 型深层平板载荷试验装置及其配套技术,解决了以往深层载荷试验中没有解决和难以解决的关键问题,它可为高层建筑岩土工程勘察提供测试精度高、测试结果可靠、测试孔深度更深的载荷试验数据。

[参考文献]

[1] 周海明. 高层建筑深层载荷试验初探[J]. 西部探矿工程,1997 (5).
[2] 刘利华. 深层载荷试验应用中的几个问题[J]. 勘察科学技术, 1995(3).
[3] 唐贤强. 地基工程原位测试技术[M]. 北京:中国铁道出版社, 1993.
[4] 铁道部第一勘测设计院[M]. 工程地质试验手册. 北京:中国铁道出版社,1995.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE DEEP PLATE LOADING
TEST AT HIGH- RISE BUILDINGS

YANG Guo - chun ,WU Yin - zhu ,YU Bo ,WANG Wen - chen
(Changchun Institute of Jechnology , Changchun 130021)

Abstract :This paper introduces the technological situation of deep plate loading of high - rise buildings. A set of new device which can measure 100m depth has been made and its measurement precision can 't be affected by the depth of the hole. In this paper the key technology and resolving methods have been supported and the measuring effects have also been offered.

Key words :deep plate loading test ,testing device ,technical problems

(上接第 89 页)

三喷:就是在爆破后清除浮石,在围岩开始变形前及时喷护一层混凝土封闭岩面、补平凹坑。一般第一层混凝土喷射不超过 4 小时,厚度大于 2 ~ 5 cm;挂第一层网后再喷第二层混凝土,厚度大于 10 ~ 12 cm;挂第二层网后再喷第三层混凝土,厚度增

大为 15 cm。

[参考文献]

[1] 刘志刚,林松清,赵理中. 煤矿构造学[M]. 北京:世界图书出版社,1990.
[2] 关宝树. 隧道力学概论[M]. 成都:西南交通大学出版社,1993.
[3] 蒋爵光. 隧道工程地质[M]. 北京:中国铁道出版社,1991.
[4] 李 斌. 公路工程地质[M]. 北京:人民交通出版社,1995.

CHARACTERS AND CURE OF FAULT ZONE IN GONGBOXIA HYDROPOWER TUNNEL

LI Zhong ,CHEN Wei
(Shijiazhuang Railway Institute , Shijiazhuang 050043)

Abstract :Geological and dynamic characters of fault zone which causes collapse in Gongboxia Hydropower Station 's tunnel have been studied. Col-lapse - forming causes and identification marks have been found , and effective prevention and cure steps are supported based on real geological back-ground.

Key words :collapse ,symbols ,prevention and cure steps