

# 载荷试验承载力取值与试验方法探讨

乔来军 姬深堂

(煤炭工业部选煤设计研究院,河南平顶山 467002)

**【摘要】** 对于基坑平板载荷试验承载力如何取值的问题进行了讨论,并对其试验方法及资料整理进行了探讨。

**【关键词】** 载荷试验 承载力 取值

**【Abstract】** How to determine the bearing capacity for foundation-pit by the plate loading test is discussed, and its testing method and data processing are discussed, too.

**【Key words】** loading test bearing capacity determination of bearing capacity

## 0 前言

平板载荷试验是在一定面积的承压板上向地基土逐渐施加荷载,测求地基土的压力与变形特性的原位测试方法。由于具有直接、直观准确的特点,作为一种主要的原位测试手段,在地基勘察中得到了广泛应用,国家及各地区的地基规范、规程中根据土工试验指标及其它原位测试指标,利用表格或经验公式确定地基承载力,均是以与载荷试验成果对比而得。国家标准《GBJ7—89 建筑地基基础设计规范》规定,对于一级建筑物应采用以载荷试验为主要手段的原位测试方法,结合理论公式计算确定承载力。

但在工程实践中发现,在基坑中做载荷试验得到的承载力与其它方法得到的承载力有较大差异,对深基坑尤其明显<sup>[1]</sup>。故对载荷试验承载力如何取值,修正与否存在许多争议。

## 1 工程实例

在×工程中,为查明地基土的承载能力

与变形性状,现场进行了静载试验,试验土层为粘性土,试验深度1.70m,载荷试验按国标GBJ7—89附录四“地基土载荷试验要点”进行。试验成果见图1。得承载力标准值: $f_k = 136\text{kPa}$

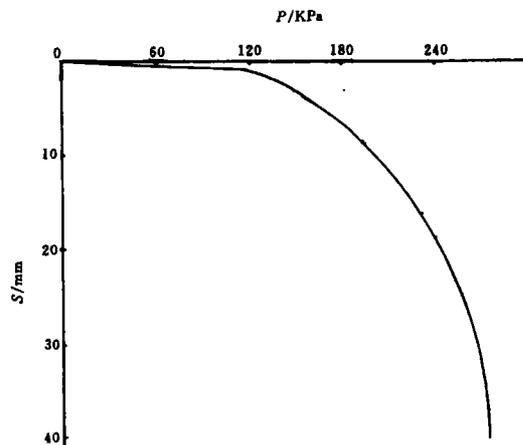


图1 压力( $p$ )-沉降( $s$ )曲线图

表 1 土工试验成果

土样编号	重度	含水量	孔隙比	液限	塑限	塑性指数	液性指数	粘聚力	内摩擦角
	$\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	$w/\%$	$e$	$w_L/\%$	$w_p/\%$	$I_p/\%$	$I_L$	$C/\text{kPa}$	$\varphi/(\circ)$
1	18.4	44.4		47.4	23.6	23.8	0.96	27	1
2	19.0							29	5
3	18.4	45.0	1.15	45.4	22.4	23.0	0.98		
4	18.7	45.0	1.15	45.4	22.4	23.0	0.98		
5	19.1	45.0	1.11						
6	18.7	45.0	1.11						
7	18.4	45.0		46.4	23.6	22.8	0.94	29	4
8	18.5	45.0		46.4	23.6	22.8	0.94	26	1
平均值	18.7		1.13				0.96	28	3
备注	C、 $\varphi$ 为快剪指标,按峰值强度 70% 取值								

为与静载试验成果对比,在基坑内采取了原状土样,并进行了土工试验分析,其成果见表 1。

根据土工试验成果,该土层孔隙比平均值为 1.13,液性指数平均值为 0.96,按照国际 GBJ7—89 查表得承载力值为 105kPa,按土的直剪指标平均值 ( $c = 28\text{kPa}$   $\varphi = 3^\circ$ ) 采用理论公式计算(基宽按 1m 考虑,埋深按 0.5m 计)得承载力值为 108kPa。

## 2 问题分析

根据土工试验所得的承载力值远低于载荷试验所得的承载力值。本工程采用的是坑内取样,试样质量为 I 级,试验成果应是无可置疑的,看来问题主要是出在载荷试验取值上。

### 2.1 国标 GBJ7—89 中的取值方法

国标 GBJ—89 附录四“地基土载荷试验要点”中规定“……基坑宽度不应小于压板宽度或直径的三倍……同一土层参加统计的试验点不应少于三点,基本值的极差不得超过平均值的 30%,取此平均值作为地基承载力标准值……”。显然,根据这一要求,坑内载荷试验所得承载力值为标准值,对其进

行深宽修正后得到承载力设计值。

### 2.2 地基受力变形特征

坑内载荷试验一般分为开挖基坑、安装设备、加荷试验等三个步骤,为叙述方便,特分为以下三个阶段:

第一阶段:开挖基坑,安装设备;

第二阶段:加荷至挖去土自重;

第三阶段:加荷至破坏;

相应于以上阶段,各阶段相应的地基变形特征如下:

第一阶段:由于基坑开挖,地基土卸荷从而发生回弹变形;

第二阶段:在相当于上覆土自重的荷载作用下,地基土发生弹性再压缩变形;

第三阶段:在附加压力作用下发生弹性、塑性变形直至破坏。

其典型的压力 - 沉降曲线见图 2。

图中为相当于上覆土自重压力的荷载,  $S_0$  为  $p_0'$  作用下的回弹再压缩量,由图 3(a) 可知,  $p$ - $s$  曲线有两个直线段,第一段为  $0$ - $p_0'$ ,第二段为  $p_0'$ - $p_0$  ( $p_0$  为比例界限点),第一段为再压缩,第二段则为首次压缩,故第二段直线斜率明显大于第一段。

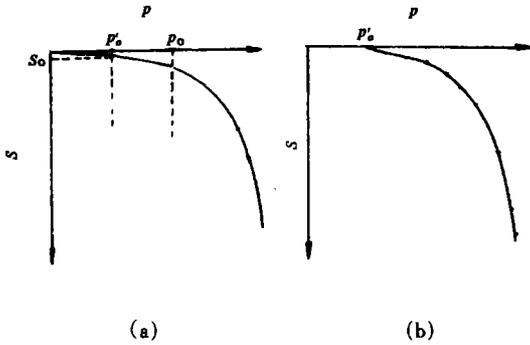


图2 压力(p)-(s)沉降曲线关系图

实际上, 由于地基土的回弹模量远较其压缩模量或变形模量为大, 故其回弹再压缩的变形量很小, 对一般的基坑接近于零, 试验所得的原始压力-沉降曲线一般如图3(b)所示。故目前常用的载荷试验整理资料的方法所得结果没有准确地反映出地基土的变形特征。

2.3 地基土承载力分析

地基土的承载能力主要由以下四部分构成: 其一为地基土的自身承载能力, 仅与自身物理力学性质有关, 而与埋深、基宽等的外部因素无关, 它相当于地基土位于天然地面时(坑深为零时)的载荷试验承载力标准值; 其二是承受上覆土自重的能力。这是地基土在沉积过程中天然形成的。该部分承载力与土的埋深成正比, 埋深越大, 该部分承载力也越大, 随着土的自重固结的完成, 该部分承载力也相应形成, 它不因上覆土层的挖除而消失; 其三是基础底面以上超载引起的承载能力, 若无超载, 即埋深为零时, 该部分承载力即消失; 其四是基宽增大而引起的承载能力, 其大小与基础宽度有关, 该部分数值较小。

依据国标 GBJ7-89 地基土承载力表达式为:

$$f = f_k + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_0 (d - 0.5) \quad (1)$$

式中:  $f$  ——地基承载力设计值, kPa;

- $f_k$  ——地基承载力标准值, kPa;
- $\eta_b, \eta_d$  ——宽和埋深的承载力修正系数;
- $\gamma, \gamma_0$  ——基底以下和以上土的平均重度, kN/m<sup>3</sup>;
- $b$  ——基础宽度, m;
- $d$  ——基础埋置深度, m。

将(1)式变为:

$$f = f_k + \gamma_0 d + [\eta_d \gamma_0 (d - 0.5) + \gamma_0 d] + \eta_b \gamma (b - 3) \quad (2)$$

上式中等号右侧四项即为地基土承载力构成的相应的四个部分。显然, 前两项之和即  $f_k + \gamma_0 d$  即相当于坑内载荷试验所得的承载力标准值。需要说明的是, (2) 式中第 2 项  $\gamma_0 d$  中,  $d$  已非基础埋置深度, 而应为开挖基坑时挖除上覆土层的厚度。显然, 对于有地下室的非整体式基础, 两者是不同的, 另外, 对于第 3 项, 当其数值小于零时, 应按零计。

以上所述, 可以图 3 来说明:

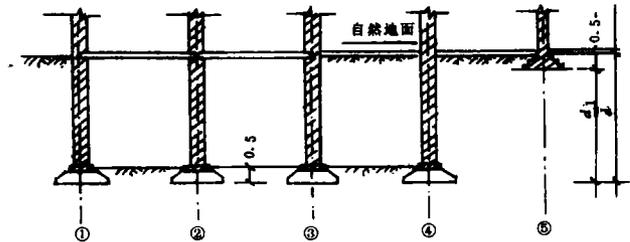


图3 地基土承载力与不同基础埋深关系图

图中所有基础持力层均为同一土层, 只是基础埋深与超载不同, 且基宽均小于 3m, 则每个基础下持力层的承载力设计值如下:

⑤轴线:  $f = f_k \quad (3)$

④轴线:  $f = f_k + \eta_d \gamma_0 (d - 0.5) \quad (4)$

②轴线:  $f = f_k + \gamma_0 d_1 \quad (5)$

$f_k$  为天然地面载荷试验承载力标准值, 注意⑤轴线基础承载力设计值与②轴线相差  $\gamma_0 d_1$  若按照“地基规范”, 由于②轴线基础埋深为零, 则其承载力设计值应为:  $f = f_k$ , 当  $d_1$  较大时,  $f$  甚至会小于挖去上覆土层的自重,

这显然是不合理的。

### 3 承载力取值

目前,载荷试验承载力取值主要有以下两种作法。一是按照国标 GBJ7—89 的方法,以载荷试验结果作为承载力标准值,然后再进行深、宽修正后得到承载力设计值;其二是不修正,直接以载荷试验所得“标准值”作为设计值使用。

方法一是目前常用的方法,实际工程中发现用该法确定的地基承载力较其它方法高出很多,特别是对于深基坑和软弱土尤其明显。由式(2)可知,实际上载荷试验所得的“标准值”中已包括上覆土自重一项,而深度修正时又进行了重复计算,实际偏大  $\gamma_0 d$  一项,因此用该法也是不安全的。

第二种作法仅适用于基础无埋深的情况,对于有埋深、基础有超载的情况则与基础实际受力情况不符。实际上,基础有超载时的承载力肯定会高于无超载时的承载力,由(2)式知,两者相差  $\eta_d \gamma_0 (d - 0.5) - r_0 d$ , 这样做,无疑是保守的,也是浪费的。

按国标 GBJ7—89 所确定的“承载力标准值”减去上覆土重(即挖去部分土的重量),作为承载力标准值,然后再进行深、宽修正得到承载力设计值,也可直接将载荷试验所得结果作为“标准值”,然后按(2)式进行宽度和超载(不是深度)修正后得到承载力设计值,该法适用于带地下室的非整体式基础。

采用前述方法,可得到本例中承载力标准值:  
 $f_k = 136 - 18.7 \times 1.7 = 104 \text{ kPa}$ , 与其它两种方法所得结果十分吻合。

### 4 试验方法与资料整理

根据静载试验中地基土的变形特征,结合试验结果的整理,建议采用以下试验方法

为宜:

方法一:“地基规范法”主要要求仍同国标 GBJ7—89,不同点如下:

(1)加荷等级不应少于9级,其中第一级荷载应为挖去土自重,其后8级荷载间距可不与第一级荷载相同。

(2)资料整理时原始压力-沉降曲线无须校正,可直接在原始曲线上找出比例界限点或相对沉降点,将所得数值减去挖除土自重或沉降值为零时的荷载值后即承载力基本值(标准值),修正时按(2)式进行。

方法二:“模拟法”,由于传统的试验方法与基础实际受荷情况有一定出入,为使试验结果更具直观性和准确性,模拟基础的实际受力情况进行载荷试验无疑是可行的,即采取有埋深、有超载的试验方法,该方法类似于深井载荷试验,按此求得的承载力值不再进行深度修正(宽度修正仍可进行),可直接作为设计值采用。

### 5 结语

本文从分析基坑载荷试验地基土的变形特征及承载力构成入手,指出载荷试验所得的“承载力标准值”中已包含上覆土自重部分,这也是其试验结果明显大于其它试验手段所得的主要原因,同时也说明了在实际工作中无论是试验方法还是资料整理中如何考虑这一影响和长期以来对基坑载荷试验修正、不修正及如何修正的争论都是有重要意义的。

### 参 考 文 献

- 1 化建新. 深基坑载荷试验承载力取值问题初步探讨. 军工勘察, 1995, (1): 1~3

收稿日期: 1998-06-29