

# 关于地基变形计算参数 $E_s$ 取值方法的探讨

党昱敬

(中冶建筑研究总院有限公司, 北京 100088)

**摘要:** 采用分层总和法计算地基变形时, 相关国家标准规定基础底面下第  $i$  层土的压缩模量  $E_s$ , 应取土的自重压力  $\sigma_{cz}$  至土自重压力  $\sigma_{cz}$  与附加压力  $\sigma_z$  之和的实际压力段计算。对应  $E_s$  的取值要求, 针对勘察报告中压缩模量  $E_s$  取值存在的问题进行探讨分析, 提出采用压缩 ( $e \sim p$ ) 曲线计算实际压力段压缩模量  $E_s$  的方法和改进意见, 以期提高地基变形计算的精度。

**关键词:** 地基变形; 压缩模量; 自重压力; 附加压力; 压缩 ( $e \sim p$ ) 曲线

中图分类号: TU433

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2020)06-0533-08

## Discussion on calculation parameter $E_s$ of foundation deformation

DANG Yu-jing

(Central Research Institute of Building and Construction MCC, Beijing 100088, China)

**Abstract:** When the layer-wise summation method is used to calculate the deformation of foundation, the rules and specifications clearly stipulate that the compression modulus  $E_s$  of the  $i$  layer of soil under the foundation's bottom surface should be calculated from the actual pressure range of the soil's own weight pressure  $\sigma_{cz}$  to the sum of the soil's own weight pressure  $\sigma_{cz}$  and additional pressure  $\sigma_z$ . The compression modulus and the calculation of foundation deformation in accordance with the stress characteristics of the actual pressure range of foundation soil are discussed. The compression ( $e \sim p$ ) curve is proposed to use in order to calculate the compression modulus of the actual pressure range. At the same time, the compression curve is proposed in this paper to accurately reflect the compression characteristics of foundation soil. The results are expected to improve the calculation accuracy of foundation deformation.

**Key words:** deformation; compression modulus; dead weight pressure; additional pressure; compression curve

## 0 引言

地基基础正常使用极限状态设计时, 共沉降需小于允许变形值。现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007) 规定地基变形验算采用分层总和法计算<sup>[1-3]</sup>。由于地基土体材料的特殊性, 分层总和法计算模型与地基变形的真实情况存在一定的距离。地基土体中附加压力  $\sigma_z$  的正确计算与对地基土体力学性状的正确描述是提高地基变形精度的关键。计算机的完全普及应用, 使得不同基底平面形状、地基中不同位置的附加压力  $\sigma_z$  计算变得轻而易举。分层总和法计算公式中, 如何正确选取地基土体性状参数和地基土压缩模量  $E_s$  取值, 就变得

尤为重要。本文指出现有勘察报告中  $E_s$  取值存在不足之处的同时, 基于现代化计算手段, 对如何选取地基变形计算参数  $E_s$ , 提出改进意见, 可供工程设计技术人员在地基基础设计时参考。

## 1 压缩模量参数 $E_s$ 取值存在的问题

图 1 为一单体建筑的勘探点平面布置图。表 1 为基底下地基土层构成情况, 表 2 表示地基土压力和孔隙比的对应关系。表 1 中不同压力段的压缩模量  $E_s$  值是基于表 2 对应的孔隙比, 通过相关理论公式推算取得<sup>[4-5]</sup>。以下针对采用表 1 压缩模量  $E_s$  值存在的问题, 进行探讨分析。

收稿日期: 2020-07-20

作者简介: 党昱敬 (1961—), 男, 教授级高级工程师, 国家注册土木工程师 (岩土), 主要从事地基与基础、岩土工程的研究、设计和咨询工作。E-mail: djy765@sina.com。

表1 各层土主要物理力学参数

Tab. 1 Main physical and mechanical parameters of each soil layer

土层编号	岩性	重度/ (kN/m <sup>3</sup> )	土层厚度 $l_i$ /m					压缩模量 $E_s$ /MPa							
			31号	32号	33号	34号	35号	100~200/kPa	200~300/kPa	300~400/kPa	400~600/kPa	600~800/kPa	800~1000/kPa	1000~1200/kPa	1200~1400/kPa
③	粉土	18.8	3.5	4.2	3.0	4.0	3.6	5.89	8.33	10.35	13.38	17.67	-	-	-
④	粉质黏土	19.0	5.8	5.2	6.4	6.6	4.1	6.3	8.63	10.93	13.47	17.14	21.23	-	-
⑤	粉土	18.9	30.7	30.6	30.6	29.4	30.3	6.78	9.11	11.44	14.35	18.77	22.71	25.14	30.68

表2 各层土压力与孔隙比的对应关系

Tab. 2 The corresponding relation between soil pressure and pore ratio of each layer

土层编号	岩性	重度/ (kN/m <sup>3</sup> )	压力/kPa										
			0	50	100	200	300	400	600	800	1000	1200	1400
③	粉土	18.8	0.797	0.765	0.742	0.710	0.684	0.666	0.638	0.616	-	-	-
④	粉质黏土	19.0	0.808	0.779	0.759	0.730	0.709	0.692	0.664	0.642	0.625	-	-
⑤	粉土	18.9	0.788	0.761	0.741	0.713	0.692	0.675	0.649	0.628	0.609	0.600	0.593

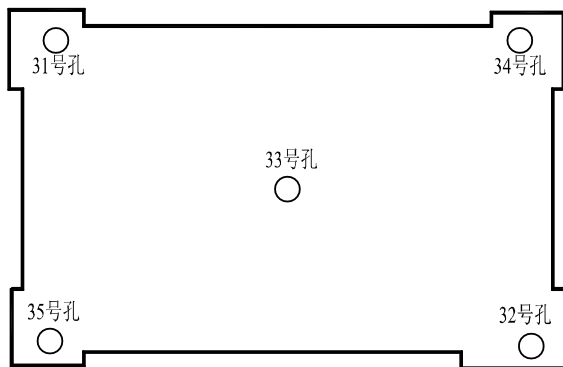


图1 勘探点平面布置图

Fig. 1 Layout of exploration points

式(1)为地基变形计算公式:

$$s = \psi_s s' = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{p_0}{E_{si}} (z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1}) \quad (1)$$

式中:  $p_0$ 为相应于作用的准永久组合时基础底面处的平均附加压力;  $E_{si}$ 为基础底面下第  $i$  层土的压缩模量, 应取土的自重压力  $\sigma_{cz}$  至土自重压力  $\sigma_{cz}$  与附加压力  $\sigma_z$  之和的压力段计算<sup>[1-3]</sup>; 式(1)其它符号意义解释详见文献<sup>[1-3]</sup>, 本文略。式(1)适用于最为常见的矩形基础形式上竖直均布荷载工况的基础沉降计算。

可见, 要计算基础底面下第  $i$  层土厚度的地基变形量, 必须采用与基础底面下第  $i$  层土厚度中心处的自重压力  $\sigma_{cz}$  至土自重压力  $\sigma_{cz}$  与附加压力  $\sigma_z$  之和压力段相匹配的压缩模量  $E_{si}$ 。即式(1)中压缩模量  $E_{si}$  取值, 与基础底面下第  $i$  层土厚度中心处的

自重压力  $\sigma_{cz}$  和附加压力  $\sigma_z$  有密切的关联性。与式(1)中压缩模量  $E_{si}$  取值相关联的自重压力  $\sigma_{cz}$  和附加压力  $\sigma_z$  分别依据式(2)~(5)得到<sup>[4]</sup>。

$$\sigma_{cz} = \gamma_m d + \gamma_1 z_1 + \gamma_2 z_2 + \gamma_3 z_3 + \dots + \frac{\gamma_n z_n}{2} \quad (2)$$

$$\sigma_z = \alpha p_0 \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{lbz(l^2 + b^2 + 2z^2)}{(l^2 + z^2)(b^2 + z^2)\sqrt{l^2 + b^2 + z^2}} + \arctan \frac{lb}{z\sqrt{l^2 + b^2 + z^2}} \right] \quad (4)$$

式中:  $\gamma_m$ 为基底以上原状土的加权平均重度, 水位以下的土层取有效重度;  $d$ 为基础埋深;  $\gamma_i$ 和  $z_i$ 分别为矩形基础底面积角点以下第  $i$  层土的重度和厚度, 水位以下各层土的重度  $\gamma_i$ 取有效重度;  $l$ 和  $b$ 分别为矩形基础底面积的长边和短边;  $z$ 为矩形基础底面积角点至应力计算点的竖向距离,  $z$ 按下式计算:

$$z = z_1 + z_2 + z_3 + \dots + \frac{z_n}{2} \quad (5)$$

式(3)、式(4)是根据垂直集中力作用的布辛内斯克解, 应用积分方法求得的矩形基础竖直均布附加压力荷载的理论计算公式。式(3)、式(4)和式(1)均适用于矩形基础形式竖直均布附加压力荷载的地基附加压力和地基变形计算。图2为依据式(2)~式(5)计算的均布附加压力荷载作用下矩形面积中点下每层土的自重压力  $\sigma_{cz}$  和无相邻荷载影响的附加压力  $\sigma_z$  分布规律示意图。根据式(1)

计算图 2 基础底面中点下第③层土厚度的地基变形量时, 必须采用距地面下  $d+z_1+z_2+1/2z_3$  和基础底面中点下  $z_1+z_2+1/2z_3$  的第③层土厚度中心处的自重压力  $\sigma_{cz3}$  至土自重压力  $\sigma_{cz3}$  与附加压力  $\sigma_{z3}$  之和的压力段相匹配的压缩模量  $E_{s3}$ [1-3]。

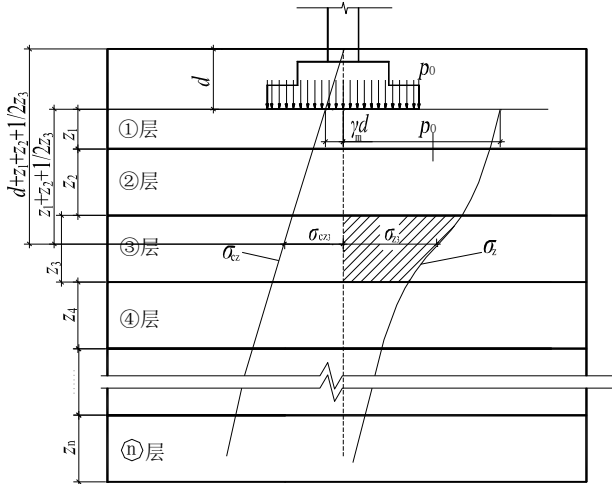


图 2 土中自重压力和附加压力分布示意图

Fig. 2 Distribution of dead weight pressure and additional pressure in soil

勘察报告提供的不同压力段的地基土压缩模量  $E_s$ , 与规范要求的土的自重压力  $\sigma_{cz}$  至土自重压力  $\sigma_{cz}$  与附加压力  $\sigma_z$  之和的压力段, 匹配度存在较大差距。为简化起见, 列举矩形基础竖直均布附加压力荷载作为典型特例, 探讨分析取用表 1 中不同压力段压缩模量  $E_s$  进行地基变形计算所存在的问题。基础埋深 2 m、基底断面尺寸 8 m×8 m、基底附加压力  $p_0=400$  kPa。当地基土重度取  $\gamma=18$  kN/m<sup>3</sup>、不考虑地下水影响和基底下为同一层的均匀地基

土时, 图 3 为根据式 (2)~式 (5) 分析计算的基础底面下自重压力  $\sigma_{cz}$  和附加压力  $\sigma_z$ , 其中附加压力  $\sigma_z$  曲线 I、II 和 III 分别对应基础底面中心点 (O)、边中点 (E、F、G、H) 和角点 (A、B、C、D), 附加压力  $\sigma_{z1}$ 、 $\sigma_{z2}$  和  $\sigma_{z3}$  曲线分别为距基础底面下 5.2 m、7.8 m 和 10.4 m 水平面的  $\sigma_z$  沿水平向的分布规律。距基础底面下 13 m、15.6 m、18.2 m 和 20.8 m 水平面附加压力大小分布规律与  $\sigma_{z1}$ 、 $\sigma_{z2}$ 、 $\sigma_{z3}$  一致, 本文从略。

表 3 为运用 Excel 电子表格编程功能, 分别计算对应于图 3 基础底面中心 (O) 点、边中点 (E、F、G、H) 和角点 (A、B、C、D) 下 1~8 不同水平面位置处的自重压力  $\sigma_{cz}$  和附加压力  $\sigma_z$  及自重压力  $\sigma_{cz}$  与附加压力  $\sigma_z$  之和的理论计算值。

距基础底面中心 (O) 点和边中点 (E、F、G、H) 下 5.2 m、7.8 m 和 10.4 m 水平面处的  $\sigma_z$  理论计算值见表 4。计算结果表明:

(1) 采用表 1 提供的  $E_{s100-200}$ 、 $E_{s200-300}$ 、 $E_{s300-400}$ 、 $E_{s400-600}$ 、...<sup>[5]</sup> 不同压力段的压缩模量  $E_s$  值与实际压力段自重压力  $\sigma_{cz}$ ~自重压力  $\sigma_{cz}$ + 附加压力  $\sigma_z$  匹配度差。

(2) 基础底面下同一水平面上除自重压力  $\sigma_{cz}$  分布大小一致外, 附加压力  $\sigma_z$  在同一水平面上呈基础形心处最大、距基础形心越远越小的不均匀分布规律。由此可见, 在计算基础底面下不同位置的地基变形时, 压缩性相同的同一层天然地基土使用单一的压缩模量  $E_s$ , 不符合理论意义上压缩模量  $E_s$  应取自重压力  $\sigma_{cz}$ ~自重压力  $\sigma_{cz}$ + 附加压力  $\sigma_z$  的实际压力范围计算要求。在计算基础底面不同位置点的

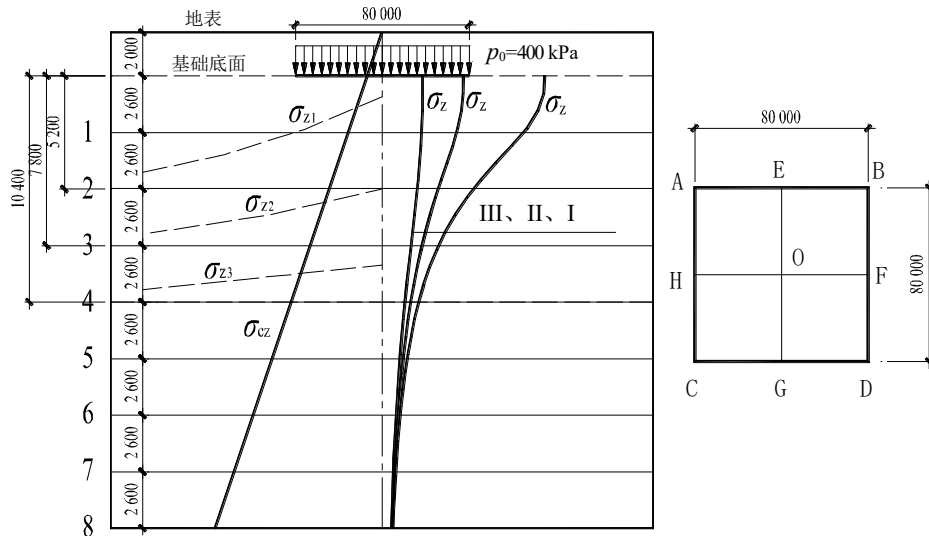


图 3 土中自重压力和附加压力分析计算实例

Fig. 3 Calculation example of dead weight pressure and additional pressure in soil

表3 自重压力、附加压力理论计算值

Tab. 3 Theoretical calculation of dead weight pressure and additional pressure

基础底面位置	地基水平位置	附加压力 $\sigma_z/\text{kPa}$	自重压力 $\sigma_{cz}/\text{kPa}$	自重压力 $\sigma_{cz}$ 与附加压力 $\sigma_z$ 之和/ $\text{kPa}$	自重压力 $\sigma_{cz}$ ~自重压力 $\sigma_{cz} +$ 附加压力 $\sigma_z/\text{kPa}$
中心(O)	1	348	82.8	430.8	82.8~430.8
	2	226	129.6	355.6	129.6~355.6
	3	140	176.4	316.4	176.4~316.4
	4	91	223.2	314.2	223.2~314.2
	5	63	270	333	270~333
	6	45	316.8	361.8	316.8~361.8
	7	34	363.6	397.6	363.6~397.6
	8	27	410.4	437.4	410.4~437.4
边中点(E、F、G、H)	1	183	82.8	265.8	82.8~265.8
	2	139	129.6	268.6	129.6~268.6
	3	99	176.4	275.4	176.4~275.4
	4	71	223.2	294.2	223.2~294.2
	5	53	270	323	270~323
	6	40	316.8	356.8	316.8~356.8
	7	31	363.6	394.6	363.6~394.6
	8	25	410.4	435.4	410.4~435.4
角点(A、B、C、D)	1	97	82.8	179.8	82.8~179.8
	2	87	129.6	216.6	129.6~216.6
	3	71	176.4	247.4	176.4~247.4
	4	57	223.2	280.2	223.2~280.2
	5	44	270	314	270~314
	6	35	316.8	351.8	316.8~351.8
	7	28	363.6	391.6	363.6~391.6
	8	24	410.4	434.4	410.4~434.4

表4 距基础底面下水平面处的附加压力 $\sigma_z$ 理论计算值Tab. 4 Theoretical calculation of additional pressure  $\sigma_z$  at horizontal planes below foundation bottom

基础底面位置	中心(O)	边中点(E、F、G、H)
距基础底面下5.2 m水平面处附加压力/ $\text{kPa}$	226	139
距基础底面下7.8 m水平面处附加压力/ $\text{kPa}$	140	99
距基础底面下10.4 m水平面处附加压力/ $\text{kPa}$	91	71

地基变形时,理论意义上基底下压缩性相同的同一层天然地基土也不存在表1中相同的压缩模量 $E_s$ 。

(3) 由于基础底面不同位置点在计算地基变形时,平均附加压力系数 $\alpha_i$ 和同一层土所取的压缩模量 $E_s$ 不同,导致地基同一深度水平面上的基础沉降计算经验系数不同。即同一基础,其基础底面不同位置的基础沉降计算经验系数是不一致。

## 2 压缩模量 $E_s$ 试验取值方法探讨

运用现代化计算手段,考虑地下水位影响、土

层不同厚度分布构成、不同基础平面形状的自重压力 $\sigma_{cz}$ 和附加压力 $\sigma_z$ 计算,已变得轻而易举。如何正确选取天然地基土的压缩模量 $E_s$ ,就变得至关重要。

承载能力和压缩性是地基土的固有特性,同一天然土层的压缩( $e \sim p$ )曲线是唯一的,见图4。本文将根据地基土压缩( $e \sim p$ )曲线,确定分层地基土实际压力区间压缩模量 $E_{si}$ 的方法。该方法要求地勘报告同时呈现每层压缩性相同天然地基土的压力与孔隙比的对应关系和不同压力段的压缩模量 $E_{si}$ 。

压缩模量 $E_{si}$ 可采用孔隙比表示:

$$E_{si} = \frac{1+e_0}{e_1-e_2} \times \sigma_{zi} \quad (6)$$

根据式 (6) 获得  $E_{si}$  的步骤如下:

(1) 按比例绘制出天然地基土层的压缩 ( $e \sim p$ ) 曲线。

(2) 计算矩形基础底面中心 ( $O$ ) 点下地基土分层厚度 (当厚度大于 4 m 时, 可分层考虑取不同的压缩模量  $E_{si}(i=1, \dots, n)$ ) 中点处的自重压力  $\sigma_{cz}$  和附加压力  $\sigma_z$ , 根据自重压力  $\sigma_{cz} \sim$  自重压力  $\sigma_{cz}$  + 附加压力  $\sigma_z$  值大小在压缩 ( $e \sim p$ ) 曲线上确定出实际压力区间, 再根据式 (6) 计算出相应的压缩模量  $E_s$ 。

(3) 根据式 (1) 计算矩形基础底面中心 ( $O$ ) 点的地基变形。

(4) 根据矩形基础底面中心 ( $O$ ) 点下地基变深度范围内所计算的压缩模量当量值  $\bar{E}_s$ , 选取基础沉降计算经验系数。

无相邻荷载影响、均布荷载作用下, 矩形基础底面中心点处的基础沉降计算, 相对较为简单, 手工可以实现。下面进一步考虑相邻柱基础基底附加压力相互叠加影响的框架结构和单层排架结构柱基础中心沉降的计算, 如图 5 所示。

高层及高耸建筑筏板基础和砌体承重结构条形基础 (包括柱下条形基础), 可用等代荷载法求出基础底面不同位置下地基的附加压力  $\sigma_z$  分布。以图 6 为例, 大底盘因基础形式复杂, 基础间的附加压力相互叠加, 其基础沉降计算必须借助计算机辅助设计软件。目前工程设计常用的三个地基基础计算机辅助设计软件皆具备以上功能<sup>[6-8]</sup>, 但在地基变形计算功能中, 文献<sup>[6,8]</sup> 仍以表 1 不同压力段的压缩模量  $E_{si}$  作为变形计算参数, 而文献<sup>[7]</sup> 将直接输入天然地基土不同试验压力下对应的孔隙比的固结试验成果作为优先级考虑, 并明确指出采用具有代表性的压缩 ( $e \sim p$ ) 曲线计算基础沉降较为准确<sup>[7]</sup>。

文献<sup>[7]</sup> 符合规范要求, 其进行地基变形计算的实施步骤如下:

(1) 接力上部结构基础设计计算数据文件。

(2) 通过输入勘探孔位置和各土层土厚度、重度及地下水位埋深等信息, 对基础底面下地基土层进行三维模拟。

(3) 输入天然地基土层不同压力下的孔隙比, 由软件自动拟合并绘制  $e \sim p$  压缩曲线。

(4) 在计算基础底面不同位置下地基压缩层范围内各深度处的自重压力  $\sigma_{cz}$  和附加压力  $\sigma_z$ 。

(5) 根据自重压力  $\sigma_{cz}$  和附加压力  $\sigma_z$  计算值,

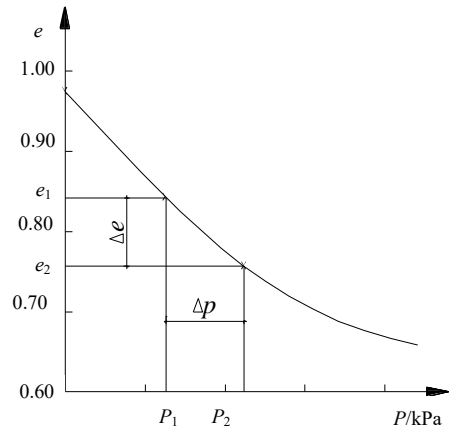


图 4 土层典型的压缩  $e \sim p$  曲线示意图

Fig. 4 Typical compression  $e \sim p$  curve

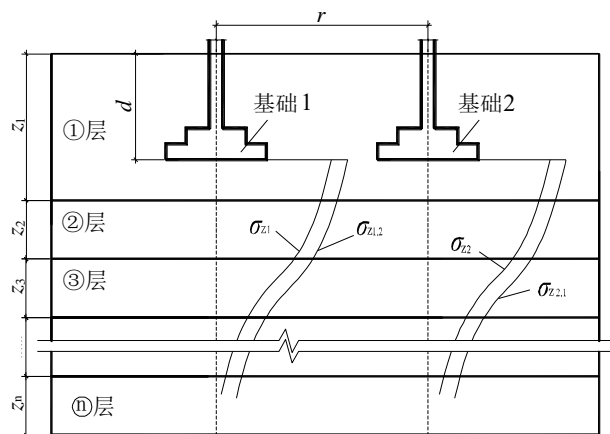


图 5 相邻基础荷载作用时附加压力计算示意图

Fig. 5 Additional pressure calculation under adjacent foundation loads

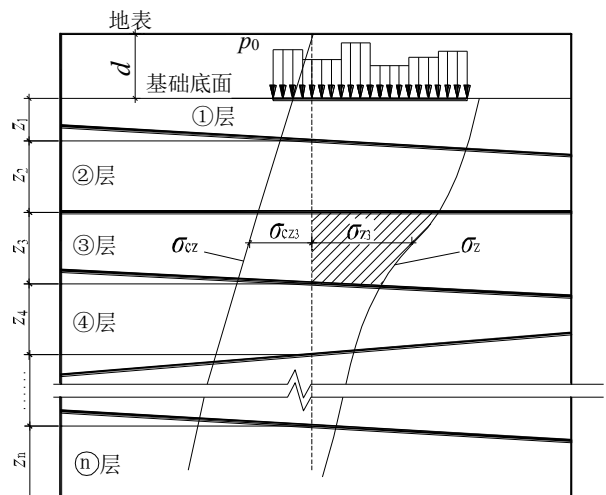


图 6 基底任意点下自重压力和附加压力分布示意图

Fig. 6 Dead weight pressure and additional pressure under any point of foundation bottom

以及土层  $e \sim p$  压缩曲线, 通过式 (6) 确定出对应实际压力区间的压缩模量  $E_s$ 。

(6) 依据式 (1) 计算基础底面不同位置处的地基变形、地基变形等值线分布图, 得到最大绝对

沉降及最大绝对沉降所在基础底面位置。

(7) 根据地基变形计算值, 计算基础的沉降差、以及结构的倾斜和局部倾斜<sup>[1-3]</sup>。

### 3 算 例

运用现代化分析计算手段进行地基变形分析计算, 可以考虑不同上部结构荷载、异形基底形式、基础间附加压力相互叠加影响等复杂情况, 提高地基变形计算精度。以下以图 1 和表 2 中数据为参考依据, 运用现代化计算手段输入压力与孔隙比的对应值, 得到土层典型的 ( $e \sim p$ ) 压缩曲线, 见图 7<sup>[7]</sup>。

基础形心和四角处的地基变形大小值及地基变形等值线分布图<sup>[7,9]</sup>, 见图 8。

图 8 的地基变形分布图, 虽然考虑了基础底面下地基土层分布情况和采用了与外力作用下地基土的主要力学性状相匹配的压缩模量, 但基础是按柔性基础假定模型分析计算的结果。由于柱下钢筋混凝土独立基础 (刚性或扩展基础) 和墙下条形基础 (刚性或扩展基础) 底面积尺寸较小, 结构简单, 其基底压力分布接近于线性分布假定, 因此可直接应用式 (1) 地基变形分析计算结果, 进行判断基础的各项沉降是否满足控制指标要求<sup>[1-3,11-12]</sup>。与之相反, 柱下钢筋混凝土条形基础和钢筋混凝土筏板基础底面积尺寸较大, 结构复杂, 采用式 (1) 进行地基变形分析计算, 其基础沉降与基底反力分布在分析计算中出现基础底与地基持力层背离 (俗称不粘锅) 现象, 主要原因是由于柱下钢筋混凝土条形基础和钢筋混凝土筏板基础的底面积大, 不但可以减小基底压力, 同时也能有效地增强基础的整体性, 再加上部结构对基础刚度的贡献, 使得柱下钢筋混凝土条形基础和筏板基础能有效地传递荷载, 并对

地基的变形起约束和调整作用, 因此对于柱下钢筋混凝土条形基础和钢筋混凝土筏板基础, 在应用式

(1) 进行地基进行变形分析计算时, 对于图 8 的地基变形分布分析计算结果图, 还应考虑基础和上部结构刚度贡献对基础沉降分析计算结果的均衡作用<sup>[10-11]</sup>。考虑基础和上部结构刚度贡献对基础沉降均衡作用的分析计算, 限于篇幅, 本文不再赘述, 可参见文献<sup>[10-11]</sup> 等相关资料。

### 4 固结试验压缩 ( $e \sim p$ ) 曲线数学模型的改进

图 7 中 ( $e \sim p$ ) 压缩曲线, 是根据表 2 数据拟合而成。

国内学者通过大量固结压缩试验研究发现, 孔隙比随不同压力的变化, 见图 9。大量固结试验结果的拟合分析, 发现采用式 (7) 对图 9 压缩 ( $e \sim p$ ) 曲线进行拟合, 更能反映地基土固有的压缩特性属性<sup>[13-15]</sup>。

$$e = c[\exp(-a_N p^{b_N} - 1)] + e_0 \quad (7)$$

式中:  $e_0$  为初始孔隙比;  $p$  为压力, kPa;  $e_0$  为与压力  $p$  对应的孔隙比;  $a_N$  和  $b_N$  为非线性压缩参数且为正;  $c$  为孔隙比的变化范围如图 9 所示。研究者提出的式 (7) 残差平方和最小, 该数学模型公式除具有单调递减和呈“S”形的特点外, 还满足边界条件: 当初始压力时, 孔隙比  $e=e_0$ , 为天然孔隙比; 当压力  $p \rightarrow \infty$  时, 孔隙比  $e=e_0-c$ , 为压密极限。通过对不同地区、不同土质和不同深度的土样的 354 组固结实验结果, 采用式 (7) 进行拟合分析, 无论是孔隙比计算值与孔隙比试验值的相对误差, 还是压缩模量计算值与压缩模量试验值的相对误差, 均小于目前其它拟合模型。

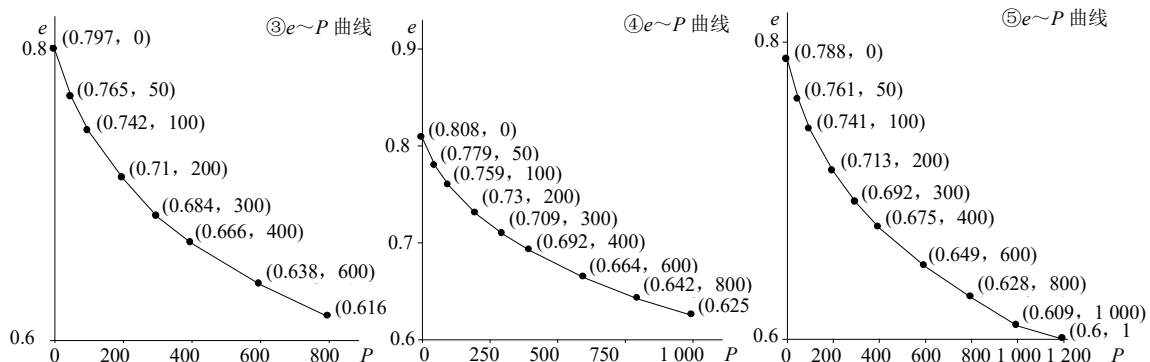


图 7 每层土典型的压缩 ( $e \sim p$ ) 曲线

Fig. 7 Typical compression ( $e \sim p$ ) curves for each layer of soil

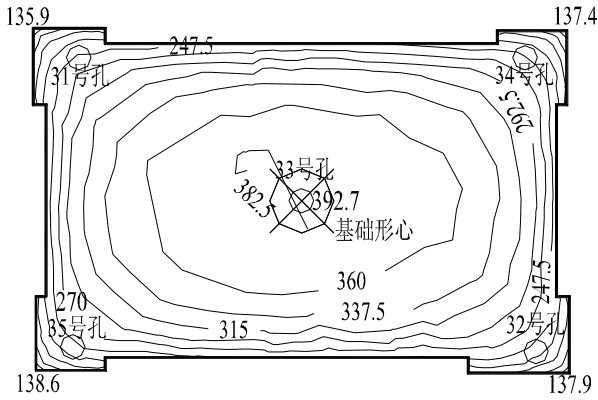


图 8 地基变形分析计算结果图 (单位: mm)  
Fig. 8 Analytical results of foundation deformation (Unit: mm)

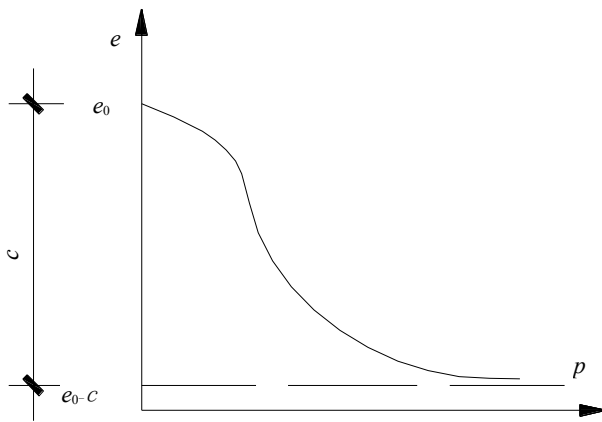


图 9 孔隙比的变化范围示意图  
Fig. 9 Schematic diagram of pore ratio variation range

### 5 结 语

本文通过对地基变形参数压缩模量  $E_s$  取值存在问题的探讨, 提出变形计算参数取值修正方法, 可为地基变形分析计算提供借鉴作用<sup>[15]</sup>。

建议勘察报告提供能综合反映土层压缩性能指标的不同压力下的孔隙比, 选用适宜的压力段计算压缩模量。

### 参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑地基基础设计规范: GB 50007-2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.  
[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 高层建筑筏形与箱形基础技术规范: JGJ6-2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.  
[3] 中华人民共和国建设部. 岩土工程勘察规范: GB

50021-2001(2009 年版)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.  
[4] 李广信, 张丙印, 于玉贞. 土力学(第 2 版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.  
[5] 国家质量技术监督局, 中华人民共和国建设部. 土工试验方法标准: GB/T 50123-1999[S]. 北京: 中国计划出版社, 1999.  
[6] 中国建筑科学研究院 PKPM CAD 工程部. TAT、SATWE、JCCAD 用户手册及技术条件[M]. 北京, 2012.  
[7] 同济启明星(Qimstar)桩基础设计计算软件 PILE7.2 使用手册[M]. 上海, 2012.  
[8] 理正土木工程地基基础计算机辅助设计系统[M]. 北京, 2012.  
[9] SHI M Y, WANG R, LIU E W, et al. Deep reinforcement learning based computation offloading for mobility-aware edge computing[C]//International Conference on Communications and Networking in China, Cham: Springer, 2019: 53-65.  
[10] 党昱敬. CFG 桩复合地基与钢筋混凝土筏板基础设计[J]. 建筑结构, 2016, 46(8): 53-60.  
DANG Yu-jing. Design of CFG pile composite foundation with reinforced concrete raft foundation[J]. Building Structure, 2016, 46(8): 53-60.  
[11] 党昱敬. 刚性桩复合地基沉降计算方法的研究及应用[J]. 建筑技术, 2012, 43(3): 243-247.  
DANG Yu-jing. Settlement calculation method and its application of rigid pile composite foundation[J]. Architecture Technology, 2012, 43(3): 243-247.  
[12] WANG L W, LIANG Q L. Partial interference alignment for heterogeneous cellular networks[J]. IEEE Access, 2018, 6: 22592-22601.  
[13] 罗鹏飞. 偏心荷载作用下 CFG 桩复合地基基底反力试验研究及多桩型复合地基设计计算[D]. 北京: 中国建筑科学研究院, 2013.  
LUO Peng-fei. Experimental research on base reaction of CFG pile composite ground under eccentric loading and design calculation of multi-type-pile composite ground[D]. Beijing: China Academy of Building Research, 2013.  
[14] 姜启珍, 刘吉福, 刘运明. 基于桩土作用的刚性桩复合地基承载力计算方法[J]. 地基处理, 2019, 1(1): 32-36.  
JIANG Qi-zhen, LIU Ji-fu, LIU Yun-ming. Calculation method of bearing capacity of rigid-pile composite foundation on account of pile-soil interaction[J]. Chinese Journal of Ground Improvement, 2019, 1(1): 32-36.

[15] 宋二祥, 付浩, 郑天亮, 等. DCM 桩复合地基受力变形性能有限元分析[J]. 地基处理, 2019, 1(2): 1-7.  
SONG Er-xiang, FU Hao, ZHENG Tian-liang, et al.

Deformation analysis of composite foundation with DCM piles by finite element method[J]. Chinese Journal of Ground Improvement, 2019, 1(2): 1-7.

## 【简 讯】

### 第三届全国软土工程学术会议（征文通知）

#### 会议介绍：

第三届全国软土工程学术会议将于 2021 年 11 月中旬在南京召开。全国各地软土工程专家学者将欢聚一堂，以“软土工程智能建造”为主题，针对重大软土工程问题、软土工程新理论、新技术以及学科发展进行研讨。

本次会议将为学者和同行面对面深入广泛的学术交流研讨提供机会，届时将邀请土力学与软土工程领域的知名专家学者就软土工程学科的发展作综述报告，共同探讨土力学与软土工程学科的发展趋势，展现最新研究进展和成果。

会议将通过大会特邀报告、主题报告、分组报告、研究生专场报告等形式，大家共享新思想，激发新思维，拓宽新视野，进一步推动我国在软土工程的理论和工程实践等方面的进程，促进我国软土工程领域的可持续发展。

大会热忱欢迎本领域的专家、学者和研究生，一起携手，共襄盛会！

#### 征文内容：

会议主要研讨软土工程的基本理论、实践探索、新技术和新方法等。征文内容包括以下 10 个方面。

- (1) 软土的基本特性与本构关系
- (2) 软土工程勘察、测试与智能评价
- (3) 软土地基处理创新与智能化施工

- (4) 软土基础工程
- (5) 软土地下工程
- (6) 软土动力学与地震工程
- (7) 软土工程数值仿真与信息化技术
- (8) 绿色软土工程
- (9) 软土地区重大工程实践
- (10) 软土工程的其他问题

#### 投稿要求：

(1) 应征论文须符合上述征文内容要求，且未公开发表过，作者文责自负，字数一般不超过 8000 字（6 页以内，含图表与公式）。

(2) 学术委员会将组织专家对所提交的论文进行审查，录用论文将推荐至《岩土工程学报》增刊、《建筑科学与工程学报》正刊等形式发表。论文格式详见《岩土工程学报》征稿简则，期刊录用论文的版面费按照各期刊要求收取。

(3) 论文请通过电子邮件发到大会议秘书处会务邮箱 [softsoilseu@163.com](mailto:softsoilseu@163.com)。

#### 重要日期：

- 2021 年 1 月 1 日：接受论文全文投稿；  
2021 年 4 月 30 日：提交论文全文截止；  
2021 年 5 月 15 日：通知论文是否录用；  
2021 年 6 月 30 日：提交修改后论文；  
2021 年 11 月中旬：会议召开。