

49-52

关于附加沉降预测方法的探讨

TU433

张绍武

(中南勘察基础工程总公司·武汉市·430081)

由于我国各地高层和超高层建筑愈来愈多,深基开挖引起地基土隆起也愈来愈引起重视。根据搜集的多项高层和超高层岩土工程勘察资料,提出再压模量法及形状系数法以计算深基开挖引起地基土回弹再压缩量。

关键词 附加沉降 预测 方法

预测法
地基沉降
岩土工程



勘察施工

中华人民共和国行业标准《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ72-90)(以下简称“高规”)中的第 6、2、4 条规定:“一般粘性土、粉土、饱和黄土和软土可利用分层总和法计算最终沉降量。但对于开挖面积和深度较大的箱形基础和筏式基础,按分层总和法计算的最终沉降量,还应考虑基坑开挖引起的回弹再压缩量”。即附加沉降。

随着改革开放的深入发展,我国各地的高层和超高层建筑愈来愈多,设地下室 2~5 层,甚至更多,深基开挖深度 6~23m。如此多的深基开挖,地基土大量卸荷,必然形成深基地基土因回弹而产生隆起。深开挖时地基土隆起量的大小与土质条件、开挖深度、形状等诸因素有关。现在,在进行高层和超高层建筑岩土工程勘察时,设计单位往往要求岩土工程勘察报告中预测因深开挖引起地基土隆起量的大小。但“高规”对深开挖引起地基土隆起量问题,并未作出具体的计算规定。如能通过计算对深开挖地基土隆起量进行观测,深开挖时再配以回弹观测,经若干年之后才能为修改、完善“高规”积累资料。

1 预测开挖地基土隆起量几种方法

近年来笔者承担和搜集了多项高层和超高层岩土工程勘察报告,在地质条件相近,地下室层数和开挖深度相同或相近的情况下,各岩土工程勘察报告所预测的深开挖地基土隆起量却由几毫米至 3~5cm 不等。对此笔者拟采用以下两种方法进行预测。

1.1 再压模量法(E_r)^[1]

再压模量法是设挖出的土自重为基底处的附加压力 P_0 ,以再压模量 E_r 用分层总和法进行沉降验算,当满足 $\Delta S_n \leq 0.025 \sum_{i=1}^n \Delta S_i$ 条件时的沉降量乘以沉降计算经验系数后的值视为深开挖时地基土隆起量。

在此需要说明的是,再压模量 E_r (或称再加荷模量 E_c)是在高压固结试验回弹再压缩的 $e-\log P$ 曲线上求解的。多项试验结果表明,再压模量 E_r 往往是同级压缩模量 E_c 的 4~5 倍。现在多数勘察单位均以当开挖深度小于 10m 时,取 $P=100\sim 300\text{kPa}$ 下的再压模量 E_{r1-3} 。

1.2 形状系数法^[2]

在可压缩土层中进行深开挖,深基土隆起量是由于这些土层的不排水畸变所引起。

本文 1995 年 2 月收到,王梅编辑。

这部分隆起量由于后期荷载的作用而引起的沉降量是值得注意的。

现在高层和超高层建筑地下室深开挖多为矩形。当开挖长宽比约小于5时,则矩形开挖隆起量的相对影响与它对一个均布荷载面积的沉降量所引起相对影响的情况相似。因此矩形开挖的隆起量可由下式计算:

$$R_d = C_d \Delta \text{条形} \frac{rD^2}{E}$$

式中 C_d 一为形状系数。当下卧有刚性土层之上为弹性土层均布荷载时由表 1、表 2 确定;下卧有刚性底层、上有坚硬土层时用图 1、图 2 确定。所谓刚性底层是指基岩或密实状态的砂、卵、砾石层。

表 1 下卧有刚性底层的弹性层上均布荷载面积中心点处沉降量的形状系数 C_d 值

$\frac{H}{B}$	圆形直径 B	矩 形						条 形 $L/B=\infty$
		$L/B=1$	$L/B=1.5$	$L/B=2$	$L/B=3$	$L/B=5$	$L/B=10$	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
0.25	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
0.50	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
1.00	0.70	0.75	0.81	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
1.50	0.80	0.86	0.97	1.03	1.07	1.08	1.08	1.08
2.50	0.88	0.97	1.12	1.22	1.33	1.39	1.40	1.40
3.50	0.91	1.01	1.19	1.31	1.45	1.56	1.59	1.60
5.00	0.94	1.05	1.24	1.38	1.55	1.72	1.82	1.83
∞	1.00	1.12	1.36	1.52	1.78	2.10	2.53	∞

注: H —开挖底部到刚性底层顶板的厚度(m); B —开挖宽度(m); L —开挖长度(m)。

表 2 下卧有刚性底层的弹性层上均布荷载面积长边中点处沉降量的形状系数 C_d 值

$\frac{H}{B}$	圆形直径 B	矩 形						条 形 $L/B=\infty$
		$L/B=1$	$L/B=1.5$	$L/B=2$	$L/B=3$	$L/B=5$	$L/B=10$	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
0.25	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
0.50	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
1.00	0.36	0.46	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
1.50	0.44	0.52	0.60	0.64	0.68	0.68	0.68	0.68
2.50	0.51	0.61	0.74	0.82	0.91	0.97	0.97	0.97
3.50	0.55	0.65	0.80	0.90	1.03	1.13	1.17	1.17
5.00	0.58	0.69	0.85	0.96	1.12	1.28	1.39	1.39
∞	0.64	0.76	0.97	1.12	1.35	1.68	2.12	∞

注:同上表。

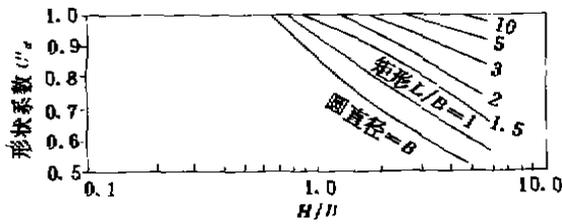


图1 对中心处隆起的形状系数
(按挖方形状对条形挖方隆起的修正系数)

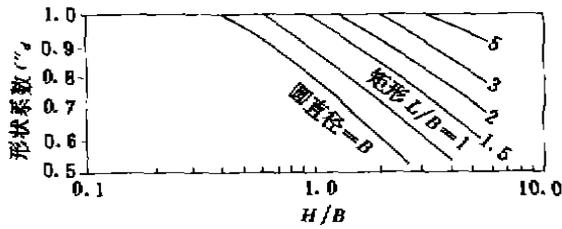


图2 对长边中心隆起的形状系数
(按挖方形状对条形挖方隆起的修正系数)

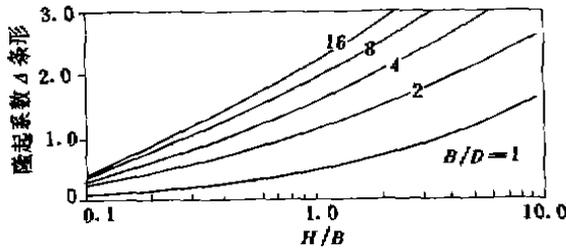


图3 在中心线上隆起系数
(有限厚度线性弹性介质内条形挖方底面的隆起)

△条形——为矩形剖面条形开挖形状系数,可由图3、图4确定。

γ ——土的重力密度 kN/m^3 。由于深开挖时必须配合降水,故深开挖卸荷量包括土重、水重,因此,计算时 γ 值可取开挖深度内的各层的天然重度加权平均值 $\bar{\gamma}$ 。

D ——开挖深度(m)。

E ——杨氏模量(MPa),勘察单位多用土的静弹模代替。

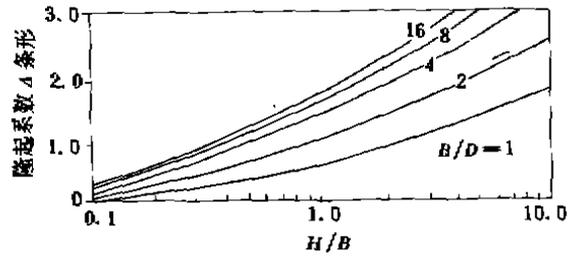


图4 在边上隆起系数
(有限厚度线性弹性介质内条形挖方底面的隆起)

2 预测可靠性讨论

预测结果的可靠性应有大量深开挖回弹观测资料验证,但目前这方面积累的资料较少。一般情况是,计算预测的深开挖回弹量往往大于实际回弹观测值,这主要是因为。

(1)所取再压模量 E_r 偏小。 E_r 值偏小的原因可能由两方面因素导致:①土样取出后应力释放,且取样时土的原状结构多少要受到一定程度的扰动,试验时未完全固结到天然状态的固结程度;②多数岩土工程勘察单位往往以1~2个回弹圈来确定再压模量,这时的再压模量 E_r 与4~5个回弹圈所确定的再加荷模量 E_r 相比往往偏小。

由于再压模量 E_r 值偏小,因而用分层总和法计算的深开挖隆起量就偏大。

(2)用形状系数法所计算的深开挖地基土隆起量大小,关键在于弹性参数——杨氏模量 E 值估计准确程度。这个参数通常是以三轴压缩试验或无侧限压缩试验所得到的应力——应变曲线的初始切线模量求得的,如图5。

现在的问题是日前土工试验规程中,尚未包含初始切线模量的试验方法,生产单位也以没有规范根据而不做或不愿意做。因此建议:

(1)深开挖地基土隆起量的预测,目前还是同时采用再压模量法和形状系数法两种方法进行计算,比较后再提出岩土勘察报告对深基开挖地基土回弹量的预测值。

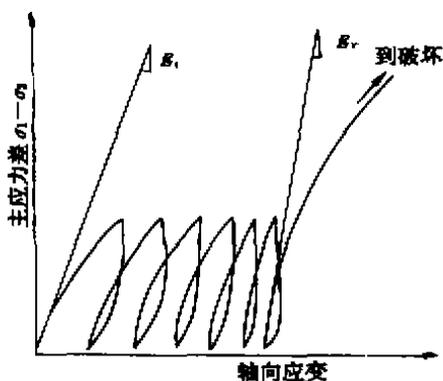


图5 模量的定义
 E_s —再加荷模量; E_i —初始切线模量

(2)设计单位应要求建设、施工单位在深基开挖时进行地基土回弹观测。这一观测不仅仅是为了校核岩土勘察报告提供的附加沉降是否合适,更重要的是设计可依据因深开挖而引起地基土回弹观测值来确定筏基或箱基的附加沉降量。

(3)在土工试验规程尚未健全之前,杨氏模量 E 可暂用土的静弹模 E_s 代替。

2.1 预测回弹量与观测回弹量比较表 3

2.2 回弹变形与再压缩变形的关系

基坑开挖后,基础施工随着施工进度,直

表3 预测回弹量与观测回弹量比较表

工程名称	开挖深度 (m)	基底回弹预测值 (cm)	回弹观测值 (cm)	备注
郑州黄河大厦岩土工程勘察实录	10.70	1.42	1.00	
京城大厦岩土工程勘察实录	23.50	/	7.69	
上海杨树浦发电厂电缆隧道工程顶管1号工作井岩土工程监测实录	5.00	1.35	0.872	
	10.00	3.57	3.95	
	15.00	5.60	8.089	
	20.00	7.81	8.019	
	25.00	11.61	7.629	
上海地铁新客站、漕宝路等车站的施工	12.5~13.0	/	2.60	部分地段注浆
中国国际文化交流中心岩土工程勘察实录	11.00	/	2.84~2.95	

至建筑加荷等于基坑的土重为止,在这个过程中产生的地基竖向变形称为再压缩变形。多年经验说明,地基的再压缩变形约为推算的最终地基变形量的 20%~30%。当包括基底垫层和底板重量所引起的再压缩变形要比回弹变形大些,由此可见用再压模量法和形

状系数法预测的深开挖地基土回弹量与再压缩量(即附加沉降)是基本相符的。

参考文献

- 1 孙更生,郑大同主编.软土地基与地下工程.北京:中国建筑工业出版社,1987年.
- 2 方晓阳主编.基础工程手册.北京:中国建筑工业出版社,1989年.

On Predicting Methods of Additional Settlement

Zhang Shaowu

On the basis of data of geotechnical engineering investigation of many high-rise or ultrahigh-rise buildings, the author put forward the so called re-compressive modulus method and shape coefficient method to calculate the additional settlement of soil resulted from excavation of deep pit.

Key Words: additional settlement, predicting, method