

基于群桩基础沉降估算确定压缩层厚度的探讨

宁文务

(浙江省工程勘察院嘉兴分院,浙江 嘉兴 314033)

摘要:在现行规范中,由于桩基沉降估算模式的不同,压缩层厚度的确定方法也不完全相同。对这些方法进行归纳、总结,并通过具体的工程实例,对由不同估算模式确定的压缩层厚度及沉降估算结果进行探讨与分析,认为对于工程场地地质资料掌握较为翔实的情况下,压缩层厚度可采用变形比法确定,否则,宜根据应力比法确定。

关键词:群桩基础;压缩层厚度;沉降估算

中图分类号:TU473.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)08-0044-03

Discussion on Determination of Thickness of Compressed Layer Based on Settlement Estimation of Group-piled Foundation/NING Wenwu (Jiaxing Branch of Zhejiang Engineering Investigation Institute, Jiaxing Zhejiang 314033, China)

Abstract: In the current criterion, different models of pile foundation settlement estimation should match with different determination methods of thickness of compressed layer. These methods were summarized with engineering cases; discussion and analysis were made on the thickness of compressed layer determined by different estimation models and the result of settlement estimation. The author thought the thickness of compressed layer could be determined by deformation ratio method if geological data of construction site were detailed mastered, otherwise by stress ratio method.

Key words: group-piled foundation; thickness of compressed layer; settlement estimation

桩基沉降控制是桩基设计中一项重要内容,也是地基基础工程中难度之一。它与许多因素有关,承台平面尺寸、桩长、桩型、桩数、上部荷载、基础埋深等都对桩基最终沉降量产生一定影响,而且由于计算模式不同,这些因素所发挥的影响也不相同。

建筑物通过基础将上部荷载传递至基础以下的土体,桩端以下的土体由于受到上部附加应力的影响,产生压缩变形。附加应力呈非线性传递,随深度的增加逐渐减少,土体的压缩变形也逐渐减少,因此,桩基沉降的计算深度不是无限的,而是达到桩端以下某一厚度以后即可终止,这一厚度即为压缩层厚度。压缩层厚度的确定不仅为桩基最终沉降计算提供依据,也对前期的勘察工作有十分重要的意义,如果勘探深度不够,则不能为桩基沉降估算提供必要的参数,若深度太深,则造成不必要的浪费。

1 桩基沉降估算模式

桩基压缩层厚度的确定与桩基础的沉降估算模式密切相关。工程中多采用群桩基础,群桩的沉降是由桩、承台、地基土共同作用的结果,由桩间土及桩端以下土的压缩及桩身的弹性压缩等组成。目前群桩沉降计算方法最终均按单向压缩分层总和法计算,主要有实体深基础法、弹性理论法和等效作用分

层总和法等,大体都是半经验半理论的计算方法。现行规范主要采用的计算方法有实体深基础法及明德林(Mindlin)应力公式法。

1.1 实体深基础法

实体深基础法是将群桩与桩间土视为一个整体,桩端处为实体基础的埋深,土中应力采用各向同性均质直线变形体理论计算,按单向压缩分层总法计算桩基最终沉降量。

1.2 明德林(Mindlin)应力公式法

根据桩在土中的工作性状,将桩侧阻力和桩端阻力简化为作用在半无限空间体内的不同深度处的各集中力。按弹性理论求得由各集中力作用下叠加而形成的土中应力场。再用分层总和法计算桩端以下压缩层范围内各土层的压缩量。

2 现行规范确定桩基压缩层厚度的方法

现行规范中确定压缩层厚度的方法主要有基础宽度确定法、应力比法及变形比法等 3 种。

2.1 基础宽度确定法

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)中给出当无相邻荷载影响、基础宽度 b 在 1~30 m 范围内时,基础中点的地基变形计算深度 Z_n 的简化公式计算:

收稿日期:2007-07-27

作者简介:宁文务(1972-),男(汉族),江苏淮安人,浙江省工程勘察院嘉兴分院副总工程师、高级工程师,水文地质与工程地质专业,从事岩土工程勘察、设计等工作,浙江省嘉兴市越秀北路 1108 号,nwen@21cn.com。

$$Z_n = b(2.5 - 0.4 \ln b)$$

行业标准《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ 72-2004)中对于摩擦型桩群桩桩基沉降计算深度可以按桩端平面以下(1~1.5)b(b为假想实体基础宽度)的深度进行考虑。

2.2 应力比法

应力比法源自于前苏联有关规范,以地基附加应力对自重应力之比作为控制计算深度的标准。

《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94)中规定,采用等效作用分层总和法计算桩基沉降时,地基沉降计算深度 Z_n 按应力比法确定, Z_n 处的附加应力(σ_z)与土的自重应力(σ_c)应符合下式:

$$\sigma_z = 0.2\sigma_c$$

行业标准《高层建筑岩土工程勘察规程》(JGJ 72-2004)中直接规定群桩桩基沉降估算深度宜取桩端平面以下附加应力为上覆土有效自重压力 20% 的深度确定,与上式一致。

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)对于采用明德林应力公式计算时,未明确如何确定计算深度,而在某些地方规范中,如浙江省标准《建筑地基基础设计规范》(DB 33/1001-2003)及上海市工程建设规范《地基基础设计规范》(DGJ 08-11-1999)则明确规定沉降计算深度从计算点所处桩位的桩端平面开始,至土层附加应力等于土层自重应力的 10% 处。

2.3 变形比法

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)中对采用实体深基础计算桩基础最终沉降量时,采用单向压缩分层总和法计算,地基变形计算深度采用变形比法,应符合下式:

$$\Delta s_n' \leq 0.025 \sum_{i=1}^n \Delta s_i'$$

式中: $\Delta s_i'$ ——在计算深度范围内,第 i 层土的计算变形值; $\Delta s_n'$ ——在由计算深度向上取厚度为 ΔZ 的土层计算变形值, ΔZ 根据基础宽度确定。

2.4 三种方法的优缺点

总结目前规范确定沉降估算深度的 3 种方法,基础宽度比法十分简单,易于确定,但仅仅强调基础宽度的影响,忽略上部荷载的大小,也没有考虑土层的构造与性质,是一种粗略的估计;应力比法沿用至今,具有相当经验,确定计算深度相对简单,但它没有考虑到土层的构造与性质,过于强调荷载对压缩层深度的影响;而变形比法直接考虑了桩端以下土体随深度增加,压缩变形量的变化对桩基最终沉降

量的影响,但是由于分层计算厚度 ΔZ 是根据基础宽度确定,没有考虑荷载对压缩层的影响,计算厚度需要通过沉降量的计算才能确定。

常用的应力比法与变形比法确定的压缩层厚度与桩基最终沉降量估算值有较大的差异,可以通过工程实例予以说明。

3 工程计算实例

3.1 工程概况

实例 1:某地标式酒店,地上 52 层,总高度 208 m,地下 2~3 层(基础埋深约 12.0 m),基础长、宽分别为 75 m 及 73 m。场地地层分布稳定,典型勘探点的地质条件如表 1。

桩基方案采用钻孔灌注桩,以⑬层粉质粘土作为桩基持力层。

沉降估算假定条件:(1)考虑地下室基础埋深及基础厚度,假定有效桩长 58.0 m,桩端入土深度 70.0 m;(2)基底荷载按 650 kPa 考虑,考虑到基坑开挖上部土体的卸荷作用,基底附加应力按 520 kPa 考虑;(3)地下水位标高 1.50 m;(4)按实体深基础考虑,并考虑沿桩长范围的应力扩散。

实例 2:某原油罐区拟建 10 万 m^3 储罐,油罐高度 21 m,直径 80 m,基础底面荷载为 270 kPa,场地代表性勘探孔工程地质条件见表 2。

桩基沉降计算假设条件:(1)地下水位埋深为 0.50 m;(2)基础采用大板加深桩基础,基础沿直径外延 1 m,即油罐基础直径为 82 m;(3)采用预应力管桩,以⑦₂ 层作为桩端持力层,桩顶埋深 2.0 m,有效桩长 40.5 m,进入⑦₂ 层 2.5 m 左右;(4)将桩基承台、桩群与桩间土作为实体深基础且不考虑沿桩身的应力扩散。

3.2 计算结果及分析

以上 2 个工程实例分别采用应力比法及变形比法确定压缩层厚度,结果见表 3。

估算结果表明:采用应力比法确定的桩基计算深度与采用变形比法确定的计算深度有很大的差异,在实例 1 中,相差达 2 倍以上,实例 2 也相差在 12.0 m 左右;沉降计算结果也相差很大,采用变形比法的估算结果远小于采用应力比法的估算结果,前者仅相当于后者的 1/3~1/4。这种情况在工程实践中带有普遍的趋势,但很难通过理论证明。事实上,根据以上 2 个工程实例的沉降实测资料,实际沉降量比采用应力比法估算结果要小,而大于采用变形比法的估算结果。

表1 某酒店场地(实例1)地基土特征简表

土层序号	土层名称	层底埋深/m	状态	W/%	$\rho/(g \cdot cm^{-3})$	e	I_L	E_s/MPa	q_c/MPa
①	杂填土	0.7							1.52
②	粉质粘土	2.6	可塑	26.9	1.94	0.789	0.29		0.90
③	淤泥质土	4.5	流塑	39.7	1.81	1.113	1.08		0.54
④	粉质粘土	13.4	可塑	30.6	1.93	0.842	0.42		1.94
⑤	粉质粘土	16.3	软塑	35.0	1.89	0.954	0.72		0.88
⑥	粘土	31.0	硬塑	26.0	1.98	0.741	0.19		2.81
⑧	粉质粘土	43.3	软塑	34.4	1.92	0.962	0.84		1.37
⑨	粘土	45.1	可塑	28.7	1.95	0.814	0.27		2.28
⑩	粉质粘土夹粉土	56.5	软塑	30.6	1.92	0.839	0.88	38.0	4.66
⑪	粘土	59.5	可塑	33.9	1.87	0.962	0.70	17.5	2.08
⑫	砂质粉土	64.7	密实	26.3	1.97	0.739		51.0	28.01
⑬	粉质粘土	80.5	可塑	26.7	1.96	0.756	0.69	33.0	
⑭	粉砂	84.6	密实	25.4	1.97	0.723		45.0	
⑮	粉质粘土	99.8	硬塑	26.4	1.99	0.739	0.27	40.0	
⑯	细砂	103.4	密实	25.4	1.95	0.728		60.0	
⑰	粉质粘土	110.3	硬塑	24.4	2.01	0.693	0.30	48.0	
⑱	细砂	115.5	密实	21.8	2.01	0.638		58.0	
⑲	粉质粘土	127.4	可塑	23.9	2.00	0.690	0.21	52.5	
⑳	细砂	130.4	密实	24.0	1.93	0.724		65.0	
㉑	粉质粘土	135.8	可塑	23.8	1.97	0.700	0.40	55.0	

表2 某油罐场地(实例2)地基土特征简表

土层序号	土层名称	层底埋深/m	状态	W/%	$\rho/(g \cdot cm^{-3})$	e	I_L	E_s/MPa	P_s/MPa
① ₂	粘土	0.8	流塑	42.9	1.77	1.23	1.17		0.15
① ₃	粘质粉土	2.0	稍密	28.9	1.90	0.80			1.28
③ ₁	粉质粘土	3.5	软塑	32.5	1.86	0.92	0.82		0.39
③ ₂	淤泥质粉质粘土	11.0	流塑	37.4	1.81	1.04	1.03		0.44
⑤ ₁	粘土	19.5	流塑	42.8	1.75	1.20	1.07		0.60
⑤ ₂	粘质粉土	22.8	稍密	32.2	1.84	0.91			3.25
⑤ ₃	粘土	28.5	流塑	39.8	1.77	1.13	1.00		0.71
⑤ ₄	粘质粉土	31.0	稍密	27.8	1.90	0.80			4.03
⑤ ₅	粘质粉土夹粘土	37.5	稍密	29.2	1.89	0.83	0.75		2.65
⑦ ₁	砂质粉土	40.0	中密	25.5	1.93	0.73		28	9.29
⑦ ₂	粉砂	54.2	密实	25.4	1.93	0.73		45	17.63
⑧ ₁	粉质粘土	62.6	可塑	28.3	1.91	0.81	0.54	22	
⑧ ₂	砂质粉土夹粘土	72.5	中密	29.5	1.88	0.84	0.74	19	
⑧ ₃	粉质粘土	75.5	可塑	28.4	1.91	0.81	0.57	20	
⑨	粉砂	90.3	密实	26.2	1.91	0.75		60	

表3 工程实例计算结果表

	有效桩长 /m	计算 方法	压缩层 厚度/m	沉降估算 结果/mm	备注
实例1	57.0	应力比法	91.0	351	135.8 m 以深按㉑层考虑
实例1	57.0	变形比法	29.1	91	
实例2	40.5	应力比法	46.0	157	
实例2	40.5	变形比法	34.0	52	

4 结语

群桩基础采用应力比法与变形比法确定的沉降估算的压缩层厚度是不同的,甚至差别很大,采用应力比法确定压缩层厚度较为简单明确,但相对于变形比法而言,可能计算深度偏大,对于已进行过初步勘察或已充分掌握工程场地地质条件的情况下,可

采用变形比法确定压缩层厚度,更能有效地布置勘探工作量,否则,宜采用应力比法确定。

本文只是抛砖引玉,欢迎各位同行进行探讨。

参考文献:

- [1] 周景星,等.基础工程[M].北京:清华大学出版社,1996.
- [2] 顾晓鲁,钱鸿缙,汪时敏.地基与基础(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [3] JGJ 94-94,建筑桩基技术规范[S].
- [4] GB 50007-2002,建筑地基基础设计规范[S].
- [5] JGJ 72-2004,高层建筑岩土工程勘察规程[S].
- [6] DB 33/1001-2003,建筑地基基础设计规范[S].
- [7] DGJ 08-11-1999,地基基础设计规范[S].
- [8] 陈详福.沉降计算理论与工程实例[M].北京:科学技术出版社,2005.