

验算软弱下卧层强度时应注意的问题

张高峰

(河北道桥交通集团有限公司, 河北石家庄 050021)

【摘要】 针对《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)采用压力扩散角法验算软弱下卧层强度,介绍了工作中容易被忽视的地方,重点分析了扩散角的概念以及应用中扩散角的取值应注意的问题。

【关键词】 软弱下卧层;强度;扩散角

【中图分类号】 TU 470

Advertent Problems in the strength Checking Computation of Soft Substratum

Zhang Gaofeng

(Hebei Road and Bridge Transportation Co., Lt., Shijiazhuang Hebei 050021 China)

【Abstract】 Based on the method of flare angle of pressure checking the strength of soft substratum, which is defined by Code for Design of Building Foundation (GB 50007—2002), some aspects, that can be easy ignored, are introduced. It is emphasized that the conception of flare angle and the key problems that need attention in flare angle sampling on application.

【Key Words】 soft substratum; strength; flare angle

0 引言

当地基受力层范围内有软弱下卧层的时候,应验算软弱下卧层的强度。根据文献[1]应按照公式(1)来验算软弱下卧层的承载力。

$$p_z + p_{cz} \leq f_{az} \quad (1)$$

式中: p_z 为相应于荷载效应标准组合时,软弱下卧层顶面处的附加压力值; p_{cz} 为软弱下卧层顶面处土的自重压力值; f_{az} 为软弱下卧层顶面处经深度修正后地基承载力特征值。

工作中常常出现的问题:软弱下卧层的概念理解不准确,不知道那一层是软弱下卧层,不知道应该验算到持力层以下的那一层,经常只验算一个软弱下卧层而漏掉了其它软弱下卧层等等。计算软弱下卧层顶面处的附加压力 p_z 的时候一般采用文献[1]给出的压力扩散角法,其中关键是确定压力扩散角 θ ,人们对于扩散角 θ 的理解及取值存在许多问题。实际工程中遇到的问题往往很复杂,若处理不当,要么过于保守,工程造价必然升高,要么工程安全性无法保证。

1 几个概念的理解

在验算软弱下卧层强度的时候,首先有必要澄清几个基本概念。根据文献[2]的解释,持力层是指直接承受结构荷载的地层;下卧层是指位于结构物基础持力层以下,并处于压缩层范围内的各土层;压缩层是指

在建筑物基础荷载下,地基土中产生绝大部分沉降量的土层的总和。所以不宜像文献[3]中提到“地基持力层”这一说法。类似地不宜说“地基下卧层”。软弱下卧层,是指下卧层中某土层的强度明显低于持力层(或上层土层)的土层,文献[1]是通过压缩模量来体现的。可以看出,并非所有的下卧层都是软弱下卧层,并非一提到下卧层就需要验算其强度。但实际中人们已经习惯了,只要提到下卧层,就已经默认是软弱下卧层了。但是作为概念还是有必要重新认识一下。压缩模量与承载力,没有一一对应的关系,但却有联系,通常情况下,压缩模量大,其承载力就大,但并非一定。

2 软弱下卧层强度的验算

验算软弱下卧层强度示意图见图1。第②层土为基础持力层,第②层以下为基础持力层的下卧层。现在假设第④层为软弱下卧层。在实际设计中,有人认为不需要再验算,认为只有当第③层为软弱土时,才需要验算,显然这是错误的。这就是对软弱下卧层概念理解的错误,不知道对于这种情况,即软弱下卧层和持力层之间隔了一层(甚至多层)的时候如何进行验算软弱下卧层的强度。其实这非常简单,究其原因,是因为设计人员被习惯用的扩散角法所束缚,习惯于基础持力层为硬层,紧接着下层土就是软弱下卧层这种验算。上面这种情况,先用附加应力系数法求出第③层土层

顶面的附加应力,然后再用压力扩散角法求出第④层土层顶面的附加压力,这个是关键。理解了这种情况,那么对于下卧层中有多个软弱下卧层,多个软弱下卧层与多个硬层相间隔这几种复杂情况的时候,也就能处理了。逐层向下验算,直到把整个软弱下卧层(压缩层范围内)验算结束。

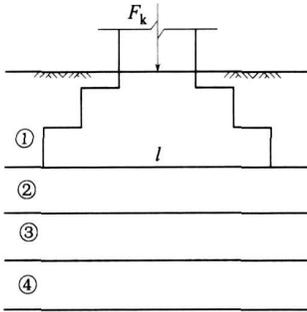


图1 验算软弱下卧层强度示意图

3 求下卧层顶面处附加压力方法的探讨

在工作中,查扩散角表格的时候,当压缩模量比 E_{s1}/E_{s2} 或者厚宽比 z/b 不在表格范围中的时候,出现了许多理解和做法。还有人提出了这种观点,既然有附加应力系数法,那么为什么还要用扩散角的方法呢?这里忽略了一个问题,那就是采用的文献[1]附加应力系数法,是假定地基为均质的线性变形半空间,即压缩模量和泊松比各处相等(实际中不存在),采用了弹性力学 Boussinesq 公式计算得到的。在实践中,当土层压缩模量相差不大的时候,可近似的用附加应力系数法,这样可以满足工程上的要求。

当土层的模量相差比较大的时候,采用附加应力系数法计算结果同实际结果相差较大。理论上,从耶戈洛夫在假设层间摩擦力为零的条件下得到条形均布荷载下双层地基(非均质地基)中点应力系数的解答可以看出,双层地基中,当上层是不厚的可压缩土层而下层为坚硬层时,上层土将出现应力集中现象,即在荷载分布范围内的上层土中附加应力值较均质土时有所增大;当上层是坚硬土层而下层为软弱土层时,下层土中将出现应力扩散现象,即在荷载分布范围内的软弱土层中的附加压力值较均质土时有所减小。上层土的刚度比下层土越大,对应力的扩散作用越大,即传至软弱下卧层顶面的附加应力越小,但层状地基的应力计算非常复杂,规范采用了扩散角的简化计算方法,这也是为实践所证明了的。一般情况,采用附加应力系数法(基础中心点下)的计算结果大于采用扩散角的计算结果。

矩形基础见图1, $b \times l = 2 \times 3 = 6 \text{ m}^2$, 荷载效应标

准组合时,作用于基础顶面的竖向力 $F_k = 800 \text{ kN}$, 基础埋深 1.2 m 。第①层(0~1.2 m)填土,天然重度 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$, 压缩模量 $E_{s1} = 2 \text{ MPa}$; 第②层(1.2~3.2 m)粘土,天然重度 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, 压缩模量 $E_{s2} = 10 \text{ MPa}$, 地基承载力特征值 $f_{ak} = 190 \text{ kPa}$; 第③层(3.2~5.2 m)淤泥质粘土,压缩模量 $E_{s3} = 2 \text{ MPa}$, 地基承载力特征值 $f_{ak} = 90 \text{ kPa}$ 。揭露土层范围内未见地下水。

采用附加应力系数法计算基础中心点下第③层顶面处附加压力是 58.3 kPa , 采用扩散角法得到第③层顶面处附加压力是 43.7 kPa 。

4 不同情况下压力扩散角取值的探讨

压缩模量比与扩散角的关系见图2,当 z/b 一定的时候,随着 E_{s1}/E_{s2} 的增大,扩散角也在增大,这表明上层越“刚”,其架越扩散作用越强。但是其扩散角的增长速度不同。当 z/b 较小的时候,扩散角增长速度较快。

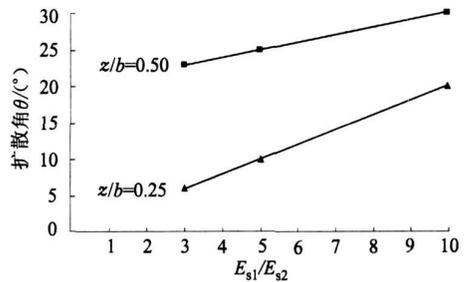


图2 压缩模量比与扩散角的关系

1) 当 $E_{s1}/E_{s2} = 1$ 的时候,地基可以视为均质土层,这个时候通常就不存在软弱下卧层强度验算的问题。

2) 当 $E_{s1}/E_{s2} < 1$ 的时候,出现了上软下硬这种情况,这个时候会发生应力集中,具体可参考文献[4]。

3) 当 $1 < E_{s1}/E_{s2} < 3$ 的时候,其扩散能力要比 $E_{s1}/E_{s2} > 3$ 弱,而在实际工作中,很多人都采用了 $E_{s1}/E_{s2} = 3$ 这一栏来查表,这势必引起安全隐患。有人也采用了 $\theta = 0^\circ$ 这一栏进行计算,这样又过于保守,基础截面尺寸过大。实际上这时候可以将地基当做均质土层来处理,用附加应力系数法来求解,稍偏安全。

4) 当 $E_{s1}/E_{s2} > 10$ 的时候,这时候明显具有上硬下软的特点,但是出于安全的考虑,还是限制一下。规范中也就规定了无论什么时候压力扩散角也不能超过 30° 。

5) 当 $z/b < 0.25$ 的时候,即上层硬土层厚度相对基础较薄,当地浅部具有一定厚度的硬壳层,基础尺寸相对较大的时候,经常会出现这种情况。取扩散角 $\theta = 0^\circ$,这个时候就相当于基底附加压力直接传递下来。

6) 当 $z/b > 0.5$ 的时候,即持力层厚度相对于基础宽度较大时,规范规定扩散角不变, θ 的取值按

$z/b > 0.5$ 考虑。试验研究证明:当基底压力增加到一定值后,传至软弱下卧层顶面的压力将随之迅速增加,即 θ 角迅速降低,直到持力层剪切破坏时的 θ 值为最小,实际发生破坏时, θ 角一般为 $6^\circ \sim 25^\circ$,最大也不超过 30° ,所以计算时 θ 取值一般不超过 30° ^[4],这个也是出于安全的考虑。当满足了软弱下卧层承载力的验算公式,实际上也就保证了上覆持力层不会发生剪切破坏,说明基础尺寸设计是合适的,否则应考虑增大基础底面积,或改变基础埋深,甚至改用地基处理或深基础方案。

通过以上分析,根据压缩模量比 E_{s1}/E_{s2} 与厚宽比 z/b 确定压力扩散角见表 1。

表 1 地基压力扩散角 θ

E_{s1}/E_{s2}	z/b			
	<0.25	0.25	0.50	>0.50
<3	0°或系数法	系数法	系数法	系数法
3	0°	6°	23°	23°
5	0°	10°	25°	25°
10	0°	20°	30°	30°
>10	0°	20°	30°	30°

注:表中的系数法是指文献[1]中的附加应力系数法

5 结论

地基受力层范围内有软弱下卧层的时候,应验算软弱下卧层的强度,当存在多层软弱下卧层的时候,要逐层验算,直到把整个软弱下卧层(压缩层范围内)验算结束。当用到扩散角查表的时候,对于表格范围以外的情况要引起注意,不能随便采用扩散角。另外要注意在求附加压力的时候,不能只局限于规范中的扩散角表格,被扩散角所束缚,满足条件的时候要采用附加应力系数法来求附加压力。文献[1]扩散角的数值是通过理论分析和试验得到的。对于特殊情况,有必要通过试验来确定扩散角。

参 考 文 献

- [1] GB 50007—2002 建筑地基基础设计规范[S].
- [2] JGJ 84—92 建筑岩土工程勘察基本术语标准[S].
- [3] JGJ 72—2004 高层建筑岩土工程勘察规程[S].
- [4] 赵明华. 土力学与基础工程[M]. 武汉:武汉理工大学出版社,2003.

收稿日期:2007-03-30

(上接第 195 页)

5 结论

该工程自 1988 年开始勘测设计工作,2004 年开工建设,现在仍在施工。可行性研究阶段设计的坝型为混凝土重力坝,并通过了水利部审查。随着勘测设计工作的逐步深入,尤其对河床覆盖层的深入研究,得出了如下结论:①试验项目多、方法得当、相互印证,资料可靠性强;②深槽第 II、III 层具有结构紧密、承载力高、抗变形能力强、压缩性低、透水性强特点,地层总体较均匀,不存在大的不均匀沉陷问题,地基的压缩变形可能为局部的、瞬时的,随着施工期的结束,微弱沉降即可基本完成,对建成后的坝体影响不大,故修建砼面板堆石坝在技术上是完全可行的,比砼重力坝优越,将坝型由原来的砼重力坝调整为砼面板堆石坝是适宜的;③设计原坝基高程为 2 070 m,根据试验资料最后确定的实际坝基高程为坝轴线下游 2 083 m,坝轴线上游为 2 073.5~2 074 m 是完全正确的;④第 III 层中的

粘土、砂土、砂层均为零星的透镜状或鸡窝装富集,不存在震动液化的内在条件;从颗粒级配资料可看出,土的粒径大于 5 mm 颗粒含量的质量百分率均大于 70%,可判为不液化;⑤深槽第 II、III 层的渗透系数均较大,属强透水层,可能的渗透变形破坏形式为管涌型,水库蓄水后,在水头差作用下,两层均存在较大的渗漏问题和渗透稳定性较差的问题,故需采取防渗处理措施。

由此可见,对河床深厚覆盖层进行试验研究,使设计人员选择了经济合理的坝型,抬高了坝基,减少了施工的巨大困难,缩短了工期,大大提高了投资效益,同时详尽的试验资料又为类同工程提供了借鉴,意义深远。

参 考 文 献

- [1] GB 50287—99 水利水电工程地质勘察规范[S].
- [2] SL 237—1999 土工试验规程[S].

收稿日期:2007-04-25