

关于地基土承载力计算问题的探讨

黄志荣

(广东省人防工程设计研究院,广东 广州 510290)

摘 要:从岩土层的力学特性出发,对地基土承载力的确定方法进行了探讨,同时对现阶段地基土承载力确定方法中存在的问题进行了总结,对岩土工作者确定地基土承载力有一定的指导作用。

关键词:地基承载力;土层地基;力学特性

1 概述

地基稳定性是指在外荷载作用下地基抵抗破坏的稳定程度,它受外荷载、基础、地基三者的共同影响,包括变形稳定和强度稳定两个方面,由于地基失稳所造成的破坏往往是灾难性的,因此地基稳定性是地基设计中必须考虑的一个重要因素,它不仅控制着建筑物的安全性,而且客观影响着工程的经济合理性。目前国内外经常采用的地基承载力确定方法主要有以下三种:

1.1 理论公式计算方法

常用的地基承载力理论计算公式主要有两类,一类是地基临界承载力理论计算公式(见国内《建筑地基基础设计规范》);另一类是地基极限承载力理论计算公式(见欧美地基规范和国内《高层建筑岩土工程勘察规程》)。

1.2 现场荷载试验法

采用现场荷载试验法可以取得较精确可靠的地基承载力数值,但进行现场荷载试验需要较多的试验经费和时间,一般只在重要的工程上才进行。

1.3 实测数理统计法

通过统计分析荷载试验与土的室内试验或原位试验测定的指标的相互关系,并以一定的理论分析作为依据,定出各类土的承载力表,使用时根据该工程的地基土的性质,既可查得相应的地基承载力,此法由于使用简单,且给定的值又多数偏于安全,因而在国内是一般工程确定地基承载力的主要方法。

由于地基承载力也与基础的宽度、深度有关,而现场荷载试验法与实测数理统计法得到的乃是在板宽较小、埋深一般为零这一基本条件下确定的地基承载力标准值。对于实际基础,埋深与宽度都有所增加,因此尚需按规范的相应规定对地基承载力标准值加以深度和宽度修正,才能得到可在工程上使用的地基承载力的设计值。而现场荷载试验法和理论公式计算方法考虑了基础埋深和基础宽度的影响,故不再对地基承载力进行基础深度和宽度的修正。

欧洲和美国等许多国家和地区广泛采用地基极限承载力计算公式确定地基承载力,与国外不同,国内多采用实测数理统计法或地基承载力计算公式确定地基承载力。因此,地基承载力的理论计算方法得到了广泛的应用,本文从岩土层的力学特性出发,对地基土承载力确定方法中存在的问题进行了总结。

2 $P_{1/4}$ 的合理性探讨

目前各种规范中对塑性区开展的最大深度 Z_{max} 都统一控制在基础宽度 $1/4$ (中心受压)。实际上,地基中的塑性区究竟容许发展到多大范围为宜,与建筑物的性质,荷载的性质,特别是土的特性有关。而目前各规范中限制 $Z_{max} = B/4$ 而忽略土类特性的作法有失偏颇,国内许多学者都提出了质疑。1997 年,陆培炎^[6]指出,TJ7-74 的 R_s ,GBJ7-89 的 f_v 公式都是一样的,它们是由弹性应力代入塑性条件得到基础下地基的塑性深度为基础宽度的 $1/4$ 。虽然 R_s 中的 N_b 系数对 $P_{1/4}$ 的 A 系数, f_v 中的 M_b 对 R_s 的 N_b 作了一点局部修改,但它们在以下几个方面显然是值得商榷的。

(1) 在理论上在这种压力作用下,实际的塑性范围要比基础宽度的 $1/4$ 的塑性范围小得多,因此, $P_{1/4}$ 或 $P_{1/3}$ 公式在理论上是有缺陷的,在实践上它限制了地基强度的充分发挥。

(2) 在一定的基础尺寸时,土的强度力学计算参数 c, ϕ 越高,极限压力与临塑压力之比 η 越大,约为 $2 \sim 7.8$ 。因此,用统一的安全系数 K 去除极限强度(西方国家很多如此),则对于不同的土,它处于什么样的地基强度状态是不同的。如果用统一的 $P_{1/4}$ 则地基强度的安全系数 K 是很不同的。

(3) 为了发挥地基的强度,我们应根据不同的地基、不同的上部建筑对地基变形的要求和不同的上部结构对抵抗沉降差的能力而选用不同的地基弹塑性压力。

(4) 为了解决相邻荷载相差悬殊的柱的沉降差,我们不能都选用 $P_{1/4}$,为了减少沉降差,正确的可选择的方法是对于小荷载基础,地基的压力可用到弹塑性阶段,因此,需要计算小基础的弹塑性压力,但是规范是无能为力的。而对于大荷载基础则选处于临塑压力以内。这种设计与容许承载力 $[R]$ 的宽度、埋深修正正好相反。1999 年,姚秦等^[7]指出对于不同土类,经典临界荷载和规范 f_v 以控制塑性区极大深度 $Z_{max} = B/4$ 是不合理的,这种作法忽视了土的强度特性,当 $\phi \geq 24^\circ$,其保守性越加明显,由此提出了按塑性区开展比例 α 确定临界荷载的方法,该方法能动态反映塑性区极大深度随内摩擦角的变化,有一定的实用价值。

3 双层地基承载力问题探讨

在软土地基中经常遇到硬壳层的情况,硬壳层与软土层组成双层地基,在进行岩土工程勘察设计时,往往分层给出地基土的容许承载力,并经过地基变形和下卧层强度验算后,提供天然地基容许承载力。然而分层提供地基土承载力,不仅没有必要,

而且增加了确定承载力的工作量。当上部结构物对地基的变形要求、基础尺寸和埋深确定以后,天然地基容许承载力只能有一个合理的取值。双层地基是层状地基的一种特例,对于层状地基,当各层地基土的强度相差不太悬殊时,汉森 (Hansen. J. B) 建议^[9]先近似确定持力层的最大剪切深度 $z_{\max}$,其次计算持力层范围内土性指标 γ 、 c 、 ϕ 的加权平均值,最后用 $z_{\max}$ 范围内地基土性质指标的加权平均值 $\bar{\gamma}$ 、 $\bar{c}$ 和 $\bar{\phi}$ 计算确定层状地基的承载力。

对于坚实土层下部埋藏软弱土层的情况,当基底下部土层厚度与基础宽度之比较小时,梅耶霍夫 (Meyerhof G. G) 和汉纳 (Hanna A. M) 认为^[9],此时在上部土层中将发生冲剪破坏,在下部土层中将发生整体剪切破坏,层状地基的承载力则由上、下部土层联合给出。徐超等^[8]根据地基整体剪切破坏的机理,按剪切滑动曲线 (面) 在上、下土层的分布长度进行双层地基土性指标加权平均处理,进而按加权平均值确定双层地基的承载力的方法,经实例验证分析,是比较符合实际的。当然该文也提出计算所得的地基承载力没有考虑地基变形问题,在具体工程设计中,尚需根据上部结构对基础沉降的要求,对承载力进行修正等。1992 年,杨光华等^[10]从 Prandtl 强度理论出发推导了双层地基的强度公式,该公式是在均质地基的强度公式基础上进行修正的,有着广泛的应用前景。

4 平面和空间问题地基承载力理论公式的泊松比效应探讨

《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7 - 89)^[1]中按土的抗剪强度指标确定地基承载力的理论公式是平面问题中均布条形荷载作用下确定基础边缘最大塑性区深度计算公式,式中 c 、 ϕ 是土的抗剪强度指标 (粘聚力,内摩擦角); γ 是土的重度,假定土质均匀, b 、 d 是基础的宽度和埋深。该公式系由假定土的静止侧压力系数 $K_0 = 1$,即泊松比 $\nu = 0.5$ 导出。此种情形相当于将地基土视为不可压缩体。实际中土的泊松比 ν 通常在 $0.25 \sim 0.42$ 之间^[4],首先说明规范公式未能考虑实际的泊松比值,其次工程中基础型式更多地是属空间问题。针对这两方面的问题,湖南大学李刚^[11]等利用弹性理论平面问题中均布条形荷载和空间问题中均布轴对称荷载作用下的附加应力解,结合土 Mohr - Coulomb 极限平衡条件,建立了计入任意泊松比值的临界荷载—地基承载力计算公式,并通过数值计算分析,总结了泊松比对地基承载力的影响效应,从分析中可知,建立平面问题均布条形荷载和空间问题均布轴对称荷载作用下计入泊松比效应的地基承载力的理论计算公式是很有必要的,并且由泊松比效应产生的承载力变化 (大于或小于平面问题 $\nu = 0.5$ 时的容许承载力) 规律是不

能忽略的,尤其该规律能修正过去的一些传统认识,即认为空间问题的承载力恒大于平面问题的承载力。从文中的讨论知这一认识仅在泊松比 $\nu = 0.5$ 或 ϕ 较小时才是正确的。无论是平面还是空间问题除泊松比值外, σ_{cr} 和 ϕ 在决定泊松比效应的问题上起主要作用,是重要参数。另外基础几何特征指标深宽比 K_{db} 对泊松比效应也有一定的影响。

5 结论

从上文的详细的分析探讨可得出如下结论:

(1) 地基承载力的确定方法一般有三种即:理论公式计算方法、现场荷载试验法、实测数理统计法。

(2) 土层地基承载力的确定方法比较成熟,但是 $P_{1/4}$ 问题、双层地基问题以及平面和空间泊松比效应问题值得我们注意。

参考文献:

- [1] 《建筑地基基础规范》(GBJ 7 - 89) [S]. 中国建筑工业出版社,1989.
- [2] 高大钊. 土力学与基础工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [3] 朱靖华. 欧美规范地基承载力确定方法[J]. 建筑技术,2002.
- [4] 《岩土工程手册》编委会. 岩土工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [5] 华南理工大学,等. 地基及基础[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1991.
- [6] 陆培炎. 关于我国地基基础设计规范设计原则问题[J]. 岩土工程学报,1997.
- [7] 姚秦,余雄飞. 地基临界荷载的分析与计算[J]. 工业建筑,1999.
- [8] 徐超,等. 双层地基承载力问题的研究[J]. 工程勘察,1999.
- [9] 钱家欢,殷宗泽. 《土工原理与计算》[M]. 水利电力出版社,1994.
- [10] 杨光华. 路堤或堤坝等复杂荷载下软土地基的强度计算. 第三届全国地基处理学术会议文集[C],1992.
- [11] 李刚,等. 平面和空间问题地基承载力理论公式的泊松比效应[J]. 湖南大学学报,2001.
- [12] 宋建波,等. 确定山区岩基承载力若干问题的讨论[J]. 昆明理工大学学报,1999.
- [13] FCBell, Engineering in Rock Masses, Newyork, 1994.
- [14] Duncan C. Wyllie, Foundations on Rock, London, 1992.
- [15] 沈珠江,等. 评当前岩土工程实践中的保守倾向[J]. 岩土工程学报,1997.
- [16] 王守业,等. 上海软土地基承载力浅析[J]. 电力勘测,2001.
- [17] 杨果林. 含软弱下卧层的双层地基工程特性试验研究[J]. 工程勘察,1998.
- [18] 张建国,等. 地基极限承载力计算式的改进[J]. 天津大学学报,1998.

2004 年我刊已交邮局发行,全国各地邮局均可征订。
邮发代号:58—159,每册定价 10 元,全年订价 120 元。