

改进规范地基承载力确定方法的建议

杨光华^{1,2}

(1. 广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510610; 2. 广东省岩土工程技术研究中心, 广东 广州 510610)

摘要: 我国现行《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)和《建筑地基基础检测规范》(DBJ/T 15—60—2019)中,对压板载荷试验确定地基承载力特征值时采用沉降与压板宽度之比这一沉降比来确定,用沉降比确定的地基承载力特征值并不能保证实际基础在小于这一特征值作用下的沉降安全。另一方面按沉降比确定地基承载力特征值也可能偏小而保守,限制了对地基承载力的利用。文中提出改进规范确定地基承载力特征值的方法,认为可以把地基承载力分为强度承载力特征值和变形承载力特征值,强度承载力特征值保证地基的稳定安全,可以取载荷试验的极限荷载或最大试验荷载的50%,变形承载力特征值则依据地基基础的沉降控制要求确定,实际的允许地基承载力或修正承载力特征值则取两者的小值,这样既保证了地基的强度和变形安全,也能优化地基承载力的利用,使工程设计更科学、合理。

关键词: 地基承载力特征值; 变形控制; 压板载荷试验; 地基设计规范

中图分类号: TU470

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2024)06-0633-04

Suggestions for improving the standard method for determining the foundation bearing capacity

YANG Guanghua^{1,2}

(1. Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510610, Guangdong, China;

2. The Geotechnical Engineering Technology Center of Guangdong Province, Guangzhou 510610, Guangdong, China)

Abstract: The current *Code for Design of Building Foundation* (GB 50007—2011) and *Code for Testing of Building Foundation* (DBJ/T 15—60—2019) in China use the settlement ratio, defined as the ratio of settlement to the width of the pressure plate, to determine the characteristic value of foundation bearing capacity during the pressure plate load test. The characteristic value of foundation bearing capacity determined by the settlement ratio cannot guarantee the safety of actual foundation settlement under the action of loads smaller than this characteristic value. On the other hand, determining the characteristic value of foundation bearing capacity based on settlement ratio may be overly conservative, potentially underestimating the foundation's bearing capacity and limiting its utilization. The article proposes a method to improve the standardized approach for determining the characteristic value of foundation bearing capacity. It suggests that foundation bearing capacity should be divided into two components: the strength bearing capacity characteristic value and the deformation bearing capacity characteristic value. The strength bearing capacity characteristic value ensures the structural stability and safety of the foundation, and can be taken as 50% of the ultimate load or the maximum test load obtained from the load test. The deformation bearing capacity characteristic value is determined based on the settlement control requirements of the foundation. The final allowable bearing capacity or modified bearing capacity characteristic value of the foundation is taken as the smaller of the two, which not only ensures the strength and deformation safety of the foundation, but also optimizes the utilization of the foundation's bearing capacity, making engineering design more scientific and reasonable.

Key words: characteristic value of foundation bearing capacity; deformation control; pressure plate load test; code of foundation design

收稿日期: 2023-11-27

基金项目: 国家自然科学基金(52078143)。

作者简介: 杨光华(1962—),男,广东罗定人,博士,教授级高级工程师,博士生导师,主要从事本构理论、基础工程、软土工程及基坑工程等方面的研究、设计及咨询工作。E-mail: 1084242143@qq.com。

0 引言

我国现在采用的是地基承载力特征值的方法,确定特征值最可靠和直接的方法就是压板载荷试验,但如何由压板载荷试验确定地基承载力的特征值,《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)给出了确切的方法^[1]。(1)当能确定比例界限,极限荷载大于对应比例界限的2倍时,取该比例界限;极限荷载小于对应比例界限的2倍时,取极限荷载的50%。(2)当不能确定比例界限时,按沉降与压板宽度的比值为0.01~0.015取值,但不大于极限荷载的1/2。《建筑地基基础检测规范》(DBJ/T 15—60—2019)^[2]的8.4.3条则给出了更详细的按沉降比确定地基承载力特征值的标准,见附录的表8.4.3。由于实际工程中多数情况下不易确定比例界限,通常按沉降比确定承载力特征值的情况较多。按沉降比确定承载力特征值,目的应该是为了控制基础的沉降,但按此确定的承载力并不能保证实际基础对应的沉降是安全的,这样按沉降比确定承载力对控制沉降意义就不是很大了,还会经常造成取值偏小和保守,不能充分发挥地基的承载力。例如上海展览馆^[3],基础底压力小于地基承载力特征值,但沉降达160 cm,显然是沉降过大了。又如如图1所示是一个实际工程的压板载荷试验曲线,压力做到了900 kPa,工程要求地基承载力特征值为300 kPa,地基土达不到高压缩性土,检测报告按沉降比0.01确定承载力特征值为247 kPa,认为地基承载力不够,但最大试验压力达到了设计要求的特征值的3倍,地基强度富余很大。但如果按检测规范^[2]8.4.3条的表注4说明:对不需要做变形验算的地基基础,当不能确定比例界限时,也可取极限荷载的50%,即最大试验压力的一半(450 kPa),这就比按沉降比0.01对应的承载力大多了,造成地基承载力取值差异很大了。另一方面,如果按广东省的《建筑地基基础设计规范》(DBJ 15—31—2016)^[4],沉降比取为0.015~0.02,则对应的地基承载力特征值为310~400 kPa,其可以满足300 kPa承载力的要求,与国标也不同,这就造成按不同的标准会得到不同的承载力特征值,但都不能保证实际基础的沉降安全。这种按沉降比确定承载力特征值的方法并不能保证实际基础在小于这一特征值作用下的沉降安全,但又限制了地基承载力的发挥,并不合理,对地基基础设计影响较大,需要改进和完善^[5-6]。

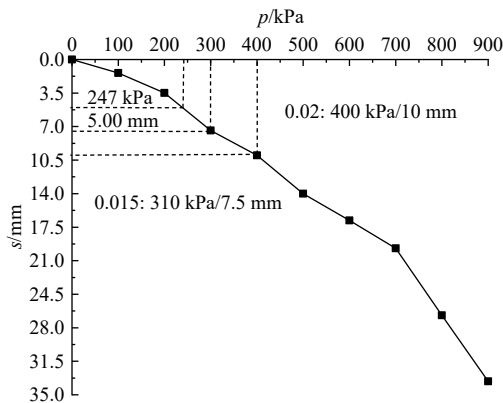


图1 不同沉降比对应的压力

Fig. 1 Pressure corresponding to different settlement ratios

1 改进地基承载力特征值确定方法的建议

建议把地基承载力特征值分为强度承载力特征值和按变形控制确定的承载力特征值,简称变形承载力特征值。用压板试验确定地基的强度承载力特征值,取压板试验极限荷载或最大试验荷载的50%作为强度承载力特征值,变形承载力特征值则由实际基础的沉降控制来确定,通过计算实际基础的沉降确定,实际取用的承载力特征值是强度承载力特征值和变形承载力特征值的小值,这样确定的地基承载力特征值既可保证地基的强度安全和变形安全,又能充分利用地基的承载力。例如图1的试验案例,强度承载力特征值可取为最大试验荷载的一半(450 kPa),变形承载力特征值则由实际基础的变形控制确定,如基础不需做变形验算,则地基承载力特征值即为强度承载力特征值,这样可以获得更大的地基承载力特征值。

对于一个2 m无埋深的方形基础,依据图1的试验,以试验的最大压力900 kPa作为极限承载力反算土的强度指标,得到内摩擦角为20°,黏聚力为59 kPa,土的初始切线模量为25 MPa,按切线模量法^[7-8]可以计算这个基础的荷载-沉降($p-s$)曲线如图2所示,由于基础宽度小于3 m,无埋深,按规范无深宽修正,则最大可能的强度承载力特征值可取为压板试验最大荷载的一半,即450 kPa,由图2可知,对应基础的沉降约为39 mm,470 kPa时对应的沉降为40 mm。如果基础沉降允许,则这个基础的地基承载力特征值可取为450 kPa,但如果基础允许沉降为25 mm,则由图2可知,其对应的变形承载力特征值为315 kPa,比强度承载力特征值(450 kPa)小,这样地基承载力特征值或称为修正地基承载力特征值就可以取

为 315 kPa, 如果基础底压力为 300 kPa, 则地基承载力是够的。但如果按现有规范的方法, 按沉降比 0.01 确定承载力特征值为 247 kPa 时, 由于这个基础无深宽修正, 则修正承载力特征值也是 247 kPa, 如果基础底压力为 300 kPa, 则就会出现地基承载力不够的问题, 但此时对应的基础沉降才 20 mm, 相比于试验都做到了 900 kPa 的情况显然是不合理和保守的。当然沉降也可以用规范方法或其他可靠方法进行计算。这样用地基的强度承载力特征值和变形承载力特征值的方法来表征地基的承载力就可以实现强度和变形双控, 由此确定的地基承载力保证了地基强度和变形的安全, 同时也更科学、合理^[9]。

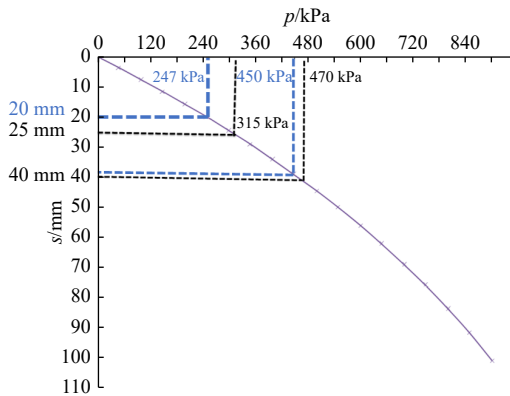


图 2 切线模量法计算 2 m 方形基础, 无埋深的荷载与沉降关系的 $p-s$ 曲线

Fig. 2 Calculated load-settlement ($p-s$) curve for a 2 m square foundation without burial depth using the tangent modulus method

2 结 论

(1) 规范现有方法确定的地基承载力特征值只保证了地基的强度安全, 并不能保证实际基础的沉降安全, 容易引起误用, 误以为满足这个承载力就可以了。而另一方面规定了地基承载力特征值按压板载荷试验的沉降比取值又可能限制了地基承载力的充分利用, 造成保守和不合理。

(2) 建议把地基承载力分为强度承载力特征值和变形承载力特征值, 强度承载力特征值保证地基的稳定安全, 变形承载力特征值保证上部结构的变形满足使用安全, 根据实际基础的变形控制确定, 这样可以使地基承载力的概念更清楚, 使用也安全。

(3) 压板载荷试验可以用于确定地基的强度承载力特征值, 不确定变形承载力特征值, 强度承载力特征值可考虑用极限荷载或最大试验荷载的

50%, 不按现规范的沉降比确定。

(4) 勘察和现场载荷试验只提供强度承载力特征值, 变形承载力特征值由实际基础的变形计算, 按变形控制确定, 设计取强度承载力特征值和变形承载力特征值的小值作为允许的承载力特征值, 这样既可以保证地基基础的强度和变形都安全, 又能充分利用地基的承载力, 使设计更科学、合理。

(5) 地基基础的沉降计算可以考虑用依据原位压板载荷试验建立的切线模量法或其他可靠的方法计算。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 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.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Code for Design of Building Foundation: GB 50007—2011[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [2] 广东省住房和城乡建设厅. 建筑地基基础检测规范: DBJ/T 15—60—2019[S]. 北京: 中国城市出版社, 2019.
Guangdong Provincial Department of Housing and Urban Rural Development. Code for Testing of Building Foundation: DBJ/T 15—60—2019[S]. Beijing: China City Press, 2019.
- [3] 杨敏, 罗如平, 杨军. 桩基础设计理论变革: 从强度控制设计到变形控制设计[M]//龚晓南, 杨仲轩. 岩土工程变形控制设计理论与实践. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
YANG Min, LUO Ruping, YANG Jun. Theoretical transformation of pile foundation design: from strength control design to deformation control design[M]//GONG Xiaonan, YANG Zhongxuan. Theory and Practice of Deformation Control Design in Geotechnical Engineering. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.
- [4] 广东省住房和城乡建设厅. 建筑地基基础设计规范: DBJ 15—31—2016[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
Guangdong Provincial Department of Housing and Urban Rural Development. Design Code for Building Foundation: DBJ 15—31—2016[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.

- [5] 杨光华. 关于压板载荷试验确定地基承载力问题的讨论[J]. 岩土工程学报, 2023, 45(7): 1540–1542.
YANG Guanghua. Determination of bearing capacity of foundation by pressure plate load tests[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2023, 45(7): 1540–1542.
- [6] 杨光华, 姜燕, 张玉成, 等. 确定地基承载力的新方法[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(4): 597–603.
YANG Guanghua, JIANG Yan, ZHANG Yucheng, et al. New method for determination of bearing capacity of soil foundation[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2014, 36(4): 597–603.
- [7] 杨光华. 地基非线性沉降计算的原状土切线模量法[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(11): 1927–1931.
YANG Guanghua. Nonlinear settlement computation of the soil foundation with the undisturbed soil tangent modulus method[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2006, 28(11): 1927–1931.
- [8] 杨光华. 确定地基承载力的 $p-s$ 曲线法[J]. 地基处理, 2022, 4(2): 91–98.
YANG Guanghua. Determining foundation bearing capacity of $p-s$ curve method[J]. Journal of Ground Improvement, 2022, 4(2): 91–98.
- [9] 杨光华. 现代地基设计理论的创新与发展[J]. 岩土工程学报, 2021, 43(1): 1–18.
YANG Guanghua. Innovation and development of modern theories for foundation design[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2021, 43(1): 1–18.

附录

表 8.4.3 天然地基、处理土地基及复合地基承载力特征值

Table 8.4.3 Characteristic values of bearing capacity for natural foundations, treated foundations, and composite foundations

地基类型	地基土性质	特征值对应的相对变形值(s/b)
天然地基、处理土地基	高压缩性土	0.015
	中压缩性土	0.012
	低压缩性土、砂土	0.01
	强风化岩、全风化岩、破碎或极破碎岩石地基	0.01
强夯置换墩复合地基	以黏性土、粉质黏土为主的地基	0.01
振冲碎石桩复合地基、砂石桩复合地基	以黏性土为主的地基	0.013
	以粉土、砂土为主的地基	0.01
水泥粉煤灰碎石桩复合地基、素混凝土桩复合地基、树根桩、预制混凝土桩、混凝土灌注桩复合地基	以卵石、圆砾、密实粗中砂为主	0.008
	以黏性土、粉土为主的地基	0.01
旋喷桩复合地基、水泥搅拌桩复合地基	以黏性土、粉质黏土、淤泥质土为主的地基	0.007

- 注: 1. s 为与承载力特征值对应的承压板的沉降量; b 为承压板的宽度或直径, 当 b 大于2 m时, 按2 m计算;
2. 当地基土性质不确定时, s/b 宜按上表相应地基类型取小值;
3. 水泥搅拌桩复合地基用于小区道路工程时, s/b 可取0.01;
4. 对不需要做变形验算的地基基础, 当不能确定比例界限时, 也可取极限荷载的50%。