

考虑土体强度的建筑基坑突涌问题分析

谭松林

(中国地质大学工程学院,湖北武汉 430074)

摘要: 基于土体的强度特性,并假设突涌破坏体为方柱体或圆柱体,推导出了考虑土体强度的基坑突涌稳定性计算公式,计算结果表明,对于一般的粘性土,考虑其强度后的抗力分项系数比不考虑强度的抗力分项系数增加二倍以上.汉口地区许多基坑开挖并没有出现突涌现象,表明土体的抗剪强度对抗力起着不可忽视的作用,因此考虑土体强度的突涌稳定性分析是比较接近工程实际的.

关键词: 建筑基坑;突涌;土体强度;抗力分项系数.

中图分类号: P642 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2002)02-0209-03

作者简介: 谭松林(1957-),男,副教授,1982年毕业于武汉地质学院水文系,现主要从事岩土工程的教学与研究工作.

近 10 多年来,城市高层建筑如雨后春笋般地拔地而起,许多高层建筑尤其是超高层建筑(层数超过 20 层)均建有地下室,地下室层数少则 1 层,多则 3~4 层;建地下室时的基坑开挖深度一般都超过 6 m,有的深达 20 多 m,均属深基坑开挖.在冲积平原区,深基坑开挖过程中的工程地质问题除了基坑边坡滑坡、基坑底隆起、基坑涌水涌砂外,基坑底的突涌也是较为突出的工程地质问题,准确评价和分析此类工程地质问题,对于基坑开挖的经济合理与施工的顺利进行具有十分重要的实际意义.

1 计算模式

冲积平原区的第四纪覆盖层上部以粘性土为主,下部以砂土为主,具典型的上细下粗的二元结构.基坑底突涌问题主要出现于基坑开挖深度不超过上部粘性土层厚度,下部砂层为承压含水层,承压水头埋深较浅,且承压含水层顶面距基坑底面的距离较小.

目前,对于基坑突涌问题的定量分析,在现行的《建筑基坑工程技术规范》与一般的教科书中,均没有考虑基坑底粘性土的抗剪强度,而只考虑粘性土层的自重力引起的抗力^[1~3].即突涌稳定性的计算

公式为:

$$\gamma_{RW} = \frac{\gamma_m \cdot H}{p_w} \quad (1)$$

式中: γ_{RW} 为基坑底粘性土层突涌稳定抗力分项系数,一般要求 $\gamma_{RW} \geq 1.2$; γ_m 为透水层以上粘性土的饱和重度; p_w 为承压含水层的水压力; H 为透水层顶面距基坑底面的深度.

由于式(1)只考虑粘性土自重力引起的抗力,而忽略了粘性土的抗剪强度,其计算结果过于偏安全.实际上,承压含水层中的承压水压力要突破基坑底的粘性土层而涌入基坑内,一方面要克服粘性土的自重力,另一方面还要克服粘性土颗粒之间的连结力(内聚力)与颗粒之间的摩擦阻力(内摩擦力),对于一般的粘性土,内聚力与内摩擦力还比较高,因此,进行基坑突涌稳定性分析时,必须考虑粘性土抗剪强度所引起的抗力.

基坑底的突涌破坏可以认为是沿着基坑底粘性土层中的某铅直面自下而上产生突然性的滑动破坏,破坏面所包围的粘性土体可能是圆柱体,也可能是方柱体,或是其他不规则的形状,为分析起见,下面以方柱体或圆柱体为突涌破坏体来建立突涌稳定性计算公式.

如图 1 所示,设方柱体底面边长为 B (圆柱体底面直径为 D),突涌破坏面上的内聚力(c)沿深度不变,那么,方柱体四周面的总内聚力为: $4BHc$; 基坑

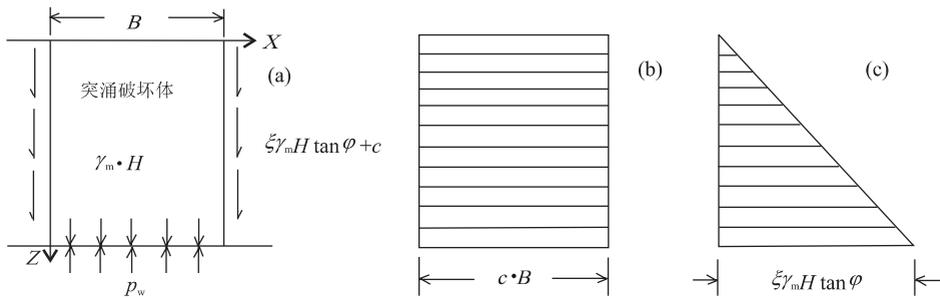


图 1 计算剖面

Fig. 1 Calculating section

a. 受力分析; b. 内聚力分布; c. 内摩擦力分布

底以下某深度(Z)处突涌破坏面上内摩擦应力为侧向(水平向)自重应力($\zeta\gamma_m Z$, ζ 为侧压力系数)与内摩擦系数($\tan\varphi$)的乘积,那么内摩擦力沿深度的分布与自重应力一样成线性(三角形)分布,方柱体四周面总的内摩擦力(T_f)为:

$$T_f = \int_0^H 4B\zeta\gamma_m \tan\varphi Z dz = 2\zeta\gamma_m H^2 B \tan\varphi. \quad (2)$$

基坑底突涌稳定性的抗力分项系数

$$F = \frac{\text{土体自重} + \text{内聚力} + \text{内摩擦力}}{\text{承压含水层水压力}},$$

$$\text{即 } F = \frac{\gamma_m H B^2 + 4HBc + 2\zeta\gamma_m H^2 B \tan\varphi}{p_w \cdot B^2}. \quad (3)$$

同理可以得到圆柱形破坏体的突涌稳定的抗力分项系数:

$$F = \frac{\frac{\pi}{4}\gamma_m H D^2 + \pi D H c + \frac{\pi}{2}\zeta\gamma_m H^2 D \tan\varphi}{\frac{\pi}{4}D^2 p_w}. \quad (4)$$

为了对比分析,下面分不考虑土体强度与考虑土体强度两种情况,基坑底的粘性土分软土、可塑状粘性土、硬塑状粘性土 3 种不同类型的土,并假设基坑开挖深度为 6 m,基坑底粘性土层厚度为 4.0 m,承压水头埋深为 1.0 m,突涌破坏体底面为 1 m×1 m 的方形或直径 $D=1$ m 的圆形. 计算所得到的突涌稳定的抗力分项系数见表 1.

由计算结果可以看出,考虑土体强度以后,抗力分项系数增幅较大,特别是可塑状至硬塑状的粘性土,比不考虑土体强度的抗力分项系数增加 2 倍以上.

2 汉口地区基坑突涌问题分析

武汉市汉口地区地处长江冲积平原区的东部,第四纪覆盖层厚度约 45~50 m,为全新世(Q_4)高河

表 1 抗力分项系数计算值

Table 1 Calculating values of coefficient of resisting force-component

| 土类 | 考虑土体强度 | | | 不考虑土体强度 | |
|--------|---------|--------------------|------------------------------|---------|---------------|
| | c/kPa | $\varphi/(^\circ)$ | $\gamma_m/(kN \cdot m^{-3})$ | F | γ_{RW} |
| 软土 | 10 | 8 | 17.5 | 1.393 | 0.778 |
| 可塑状粘性土 | 35 | 14 | 19.0 | 2.308 | 0.844 |
| 硬塑状粘性土 | 70 | 20 | 20.5 | 3.482 | 0.911 |

注:表中的 c, γ_m, φ 取一般值.

漫滩冲积相沉积物^[4],上部以可塑—软塑状粘性土为主,厚度一般为 8~12 m;下部以砂、砾层为主,厚度约 30~40 m,为承压含水层,承压水位埋深约 0.5~1.0 m. 汉口地区建一层地下室的高层建筑基坑开挖深度一般为 6.0 m 左右^[5],主要在上部粘性土层中进行开挖,基坑底的粘性土层厚度约 4.0 m,一般为软塑—可塑状的粉质粘土($\gamma_m \approx 18.0$ kN/m³, $c \approx 15$ kPa, $\varphi \approx 12^\circ$),如果按不考虑土体强度的稳定性计算公式,则 $\gamma_{RW} = 0.8$,由此分析,几乎所有建一层地下室的基坑开挖均会出现突涌现象.若取抗力分项系数 $\gamma_{RW} \geq 1.2$,由此推算,基坑开挖深度应小于 4.0 m,即基坑底的粘性土层厚度应大于 6.0 m 才不会产生突涌现象.如果按考虑土体强度的稳定性计算公式,则 $F = 1.747$,基坑底不会产生突涌现象.只有当基坑开挖深度大于 7.0 m,即基坑底粘性土层厚度小于 3.0 m 时,基坑底才会产生突涌($H=3$ m 时, $F \approx 1.2$).事实上,汉口地区建一层地下室的基坑开挖有些并没有采取任何防止突涌的措施,基坑底并没有出现突涌现象,表明土体强度对抗力起着很大的作用.但也有深度约 6.0 m 的基坑开挖采取了防止突涌的措施,如封底隔渗或井点降低地下水位^[6],并非基坑底会出现突涌现象,而是出于怕出事而过于保守,造成经济上的一些不必要浪费.

3 结论

(1)按照土体的抗剪强度特性进行基坑底突涌问题分析比只考虑土体自重力的分析更接近实际、更经济。(2)汉口地区许多开挖深度约6.0 m的基坑并没有产生突涌现象,表明土体的抗剪强度对抗力起着不可忽视的作用。(3)有待进一步研究的主要问题是突涌破坏体的边界条件,基坑底粘性土的均一性对计算结果的影响等。相信经过工程实践的检验,考虑土体强度的突涌稳定性分析一定能客观地解决基坑突涌问题。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国行业标准. 建筑基坑工程技术规范 [M]. 北京:冶金工业出版社,1998. 19—20.
Standard for Profession of the Republic of China. Code for technique of building foundation pit [M]. Beijing: Metallurgical Industry Publishing House, 1998. 19—20.
- [2] 方灯明. 南京长江二桥南汊桥塔基主要工程地质问题与力学参数的确定[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 26(4): 406—409.
FANG D M. Main problems and determination of foundation strength of pier of the second Nanjing bridge [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2001, 26(4): 406—409.
- [3] 安关峰,李红,施建华. 软土地基上填土桥坡工后沉降三维有限元研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 26(6): 638—642.
AN G F, LI H, SHI J H. 3D FEM research on post-

construction subsidence of fill bridge-slope on soft clay basement [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2001, 26(6): 638—642.

- [4] 周炳源. 长江中、下游河漫滩的工程地质条件探讨[A]. 见:陈德基. 工程地质及环境地质论文选集[C]. 武汉:中国地质大学出版社,1993. 20—29.
ZHOU B Y. Engineering geological conditions exploration of river rapids of the middle and lower reaches of the Changjiang River[A]. In: CHEN D J, ed. Engineering geology and environment geology selected works of thesis [C]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1993. 20—29.
- [5] 袁内镇,李受祉. 深厚软弱土层中的深基坑工程[A]. 见:武汉建设监理协会. 武汉地区深基坑工程理论与实践 [C]. 武汉:武汉工业大学出版社,1999. 23—36.
YUAN N Z, LI S Z. Engineering of deep foundation pit in deep and thick weak soil layer [A]. In: Wuhan's Supervisory Association for Construct, ed. Deep foundation pit engineering's theory and practice in Wuhan district [C]. Wuhan: Wuhan University of Industry Press, 1999. 23—26.
- [6] 何克农. 武汉地区深基坑工程技术现状与展望[A]. 见:武汉建设监理协会. 武汉地区深基坑工程理论与实践 [C]. 武汉:武汉工业大学出版社,1999. 1—5.
HE K N. The present conditions and prospect for technique of deep foundation pit engineering in Wuhan district [A]. In: Wuhan's Supervisory Association for Construct, ed. Deep foundation pit engineering's theory and practice in Wuhan district [C]. Wuhan: Wuhan University of Industry Press, 1999. 1—5.

Analyses of Abrupt Gush Problem of Soil and Water Based on Strength of Soil Body in Building Foundation Pit

TAN Song-lin

(Engineering Faculty, China University of Geoscience, Wuhan 430074, China)

Abstract: According to the intensity peculiarity of soil body and the assumption that the destroyed bodies by abrupt gush are cuboids or cylinders, the writer deduced a calculation formula of stability of the abrupt gush of soil and water concerned about the above. And the calculation result manifests that, for generic cohesive soil, the partial safety factor of resistance, taken intensity into account, are over three times of those not done. No abrupt gush phenomena have come about in digging of building

(下转 216 页)