

关于地下建筑物的地下水扬力问题分析

黄志仑

(中航勘察设计研究院, 北京 100086)

编者按 地下建筑物的地下水扬力问题, 是岩土工程科技前沿的理论与实践问题, 关系到水土压力分算和合算问题以及地下建筑物的浮力计算问题, 具有重大意义。读者可对此展开学术讨论, 以推动岩土工程技术的发展。

【摘要】 地下水对地下建筑物的扬力(浮力)问题, 在多层地下水的情况下, 由于相对隔水层(粘性土层)的存在而复杂化。在对此问题科学分析研讨的基础上得出了三个重要结论。

【关键词】 相对隔水层; 空隙率; 层间潜水

【中图分类号】 TU46

Analysis of Ground Water's Uplift Pressure on Underground Construction

【Abstract】 In case of multi-aquifers being, the problem of ground water's uplift pressure on underground construction, because of relative waterproofer (cohesive soil stratum), is complicated. Based on the scientific analysis for this problem, putting forward three essential conclusions.

【Key words】 relative waterproofer; porosity; phreatic aquifer between strata

地下建筑物的地下水扬力(或浮力)问题, 由于地层中粘性土的存在而复杂化。现将此问题作如下分析。

1 粘性土层中的地下水

粘性土层中的地下水主要呈三种状态存在, 即结合水、毛细水和自由水。这些水各占多少, 与粘性土的矿物成份、密度、成因等等有密切关系。

粘性土层中自由水存在于空隙(孔隙、空洞等, 下同)中。粘性土中的空隙在自然状态下有的呈封闭状态, 有的互相贯通。只有那些互相贯通贯穿整个土层的空隙中存在的自由水能够传递静水压力。在有自由水的空隙中, 静水压力的大小是土中水的重度与水位高度的乘积, 而与空隙所经的路径无关。

由于粘性土层并不是均匀透水, 为确定粘

性土传递静水压力的 大小而测定土层中的孔隙水压力大小时, 应注意到这一点。

要确定粘性土单位面积上静水压力的大小, 就需知道贯通空隙率 k (即单位面积上贯通空隙的面积) 是多少, 那么静水压强(或扬力)就是静水头 (h) 与贯通空隙率 (k) 及水重度 (γ_w) 的乘积, k 值应小于 1。即:

$$p = \gamma_w h k \quad (k < 1) \quad (1)$$

但是, 如何求得 k 值是一个问题。是不是可以将 k 值与渗透系数值建立一种关系? 因为对粘性土作渗透性试验时, 在压差下渗出的水量是通过贯通孔隙的。但是, 要注意到渗透试验是在有渗流的条件下完成的, 在有渗流的条件下, 由于贯通孔隙壁内糙度而发生抗力。因此, 用此方法得出的空隙关系应加以修正。

另一种求得 k 值的方法,就是直接使用土层的孔隙度(n),即 $n=k$ 。孔隙度中包括了孔隙水、结合水体积、贯通空隙与不贯通空隙等因素(即不是贯通孔隙率一因素),所以是偏于安全的。

由上述可得出第一个结论:粘性土层中的地下水基本上有结合水、毛细水及空隙自由水。静水压力在粘性土层中主要依靠贯穿粘性土层的空隙(或孔洞)传递。

2 层间潜水

层间潜水一般是指存在于两个相对不透水层(粘性土层)间的粗粒含水层中的水。所谓潜水,即指其不存在(局部地区含水层厚度变小除外)超过其上覆层底的水头(可称其为超越水头),即超越水头趋于零。对这种层间潜水并不是其上部土层对其没有补给,只是因为上层通过空隙补给的水不足,不能提高其水头。因此,层间潜水不会将该层顶相对隔水层及其以上的静水压力向下传递(即没有静水压力的继承性)。

由上述可得出第二个结论:层间潜水不会

将该层层顶相对隔水层及其以上的静水压力向下传递。

3 承压水

承压水不同于层间潜水之处,在于承压水具有超越水头,其超越水头的大小取决于上游的水头和其流径的途径。按上述层间潜水的同一道理,如其超越水头超过该层层顶,但没有达到上层层底,则对上层没有补给,如果其超越水头超过上层层底,则对上层潜水有少量补给,且已包括在上层潜水中。而上层潜水对本层承压水的补给,已反映到承压的超越水头中。由此承压水顶层以上的潜水已将上部的静水压力隔断。因此,潜水层顶层及顶层以上的静水压力不能向此层传递。

由上述可得出第三个结论:承压水的扬力仅决定于其压力水头,与该层顶相对隔水层以上的静水压力无关。

为了便于理解,特举例如下。设地下水层情况(见图 1)并假设粘性土层中的贯通空隙率为 k 。

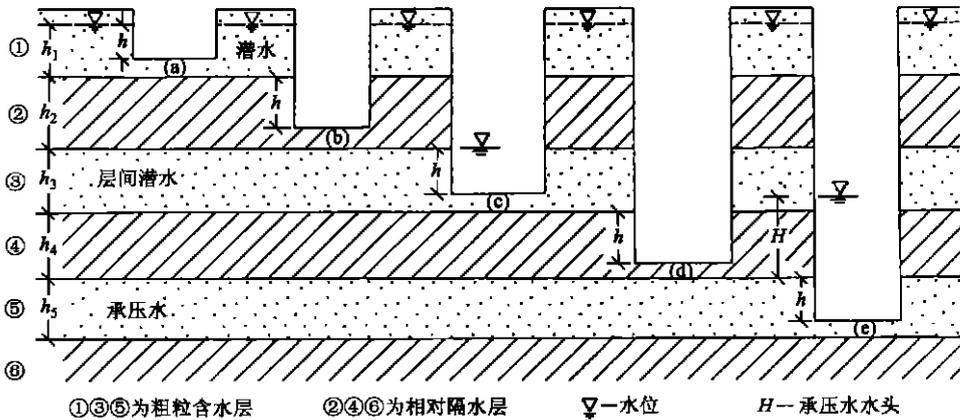


图 1 多层地下水情况示意图

1)当基础底面处于潜水位①层下 h 处时(见图 1a),基础底面所受之扬力为:

$$p = \gamma_w h \quad (2)$$

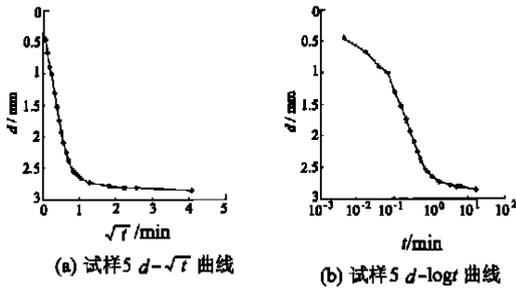
2)当基础底面处于②层相对不透水层顶面下 h 处时(见图 1b),基础底面所受之扬力不是 $p = (h_1 + h) \cdot \gamma_w$,而是:

$$p = (h_1 + h) \cdot k \gamma_w \quad (3)$$

3)当基础底面处于层间潜水③层层顶下 h 处时(见图 1c),基础底面所受之扬力不是 $p = (h + h_1 + h_2) \cdot \gamma_w$,而是:

$$p = h \cdot \gamma_w \quad (4)$$

(下转第 283 页)

图5 试样5 $d-\sqrt{t}$ 与 $d-\log t$ 曲线

3 分析与讨论

1)新三点法求得的固结系数与时间对数法和时间平方根法所得结果相近,说明本方法是可靠的。

2)本法与常规图解法及解析法相比较,不仅避免了因作图误差而影响成果的精度,而且较有效地简化了求解过程,便于实际应用。

3)新三点法与三点法相比较,所求的固结

系数比三点法更为与时间对数法和时间平方根法相近,而且求解过程更为简化。

参 考 文 献

- 1 黄文熙·土的工程性质·北京:水利电力出版社·1983.145~148
- 2 钱家欢等·土工原理与计算(第二版)·北京:中国水利水电出版社·1996.202~207
- 3 吴崇礼等·软土固结系数确定方法的分析与改进·中国土木工程学会第五届土力学及基础工程学术会议论文选集·北京:中国建筑工业出版社·1990.140~146
- 4 高大钊·土力学与基础工程·北京:中国建筑工业出版社·1998.94~96
- 5 三木五三郎·日本土工试验法·北京:中国铁道出版社·1985.464~472
- 6 李金轩等·确定固结系数的标准曲线比拟法·工程勘察,1996,(1):21~22

收稿日期:2002-06-10

(上接第 274 页)

4)当基础底面处于相对隔水层④顶面下 h 处时(见图 1d)则基础底面的扬力不是 $p = (h_1 + h_2 + h_3 + h) \cdot \gamma_w + H\gamma_w - (h_4 - h) \gamma_{\pm}$, 此处 γ_{\pm} 为土的饱和重度,而是:

$$p = (h + h_3)k_1 \cdot \gamma_w + (H - h_4 + h)k_2 \gamma_w \quad (5)$$

这里假设从④层顶和从④层底向下及向上贯通的空隙不是同一空隙,前者的空隙率为 k_1 ,后者的空隙率为 k_2 ,且 $k_1 + k_2 > k$ (当取 n 为 k 值时, $k_1 + k_2 = n$),以策安全。

5)当基础底面处于承压水层⑤顶面下 h 处时(见图 1e),基础底面所受之扬力为:

$$p = (H + h) \gamma_w \quad (6)$$

即不考虑上部静水作用。

这一点已为有关规范所接受,在规定基坑

开挖,考虑下部承压水的突破作用时,即没有考虑上部静水作用。

以上所述为各种情况下的基底扬力,对于基础(或支护)所受的侧压力,也应按上述原则考虑。应当指出的是在粘性土层中在计算侧压力时,除了按水土合算外,还应计入通过空隙传递的静水作用。

当基础置于粘性土层中时,不透水的基础底面必须与粘性土紧密贴合。

对于基岩的情况比较复杂,此文不予阐述。

参加本文学术研讨的人员还有:马金普、许锡金、杨俊峰、王笃礼、王丽媛。

收稿日期:2002-07-10