

# 北京沙河地区地面沉降及抗浮设防水位的探讨

马波

(北京航空航天大学, 北京 100083)

**【摘要】** 论述了北京沙河高教园区项目在建设中将遇到的地面沉降及抗浮设防水位的确定问题, 并提出了相应的解决措施。

**【关键词】** 地面沉降; 抗浮设防水位; 北京沙河高教园区

**【中图分类号】** P 642.26; TU 46

## Ground Subsidence and Water Level for Prevention of Up-floating of Beijing Shahe Area

Ma Bo

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083 China)

**【Abstract】** The ground subsidence and water level for prevention of up-floating of Beijing Shahe Higher Education Park is elaborated. And the corresponding measures are proposed.

**【Key Words】** ground subsidence; water level for prevention of up-floating; Beijing Shahe Higher Education Park

### 0 引言

根据北京市新的城市发展规划, 将在沙河镇建设沙河卫星城, 并在沙河建设大学城。沙河地区已有高层及多层建筑较少, 随着城市规划和工程建设的进行, 遇到了许多环境地质及工程地质问题, 其中包括地面沉降、建筑物抗浮设防水位的确定等问题。

### 1 地面沉降问题

#### 1.1 沙河地区地面沉降的现状

北京市的地面沉降发生的时间较早, 根据历史测量资料, 北京市早在 1935 年就已经发生了地面沉降。当时地面沉降反发生在西单到东单一带。1935-1952 年局部地面沉降量最大值仅为 58 mm。1955-1966 年地面沉降中心发生在东八里庄工业区到酒仙桥电子工业区。80 年代后期, 沙河地区的地面沉降区域开始形成, 并与东侧的八仙庄地面沉降中心连成一片, 形成了沙河—八仙庄沉降区(见图 1)。该沉降区域在沙河镇的累计沉降量达 500 mm, 年平均沉降速率 38.5 mm, 累计沉降量值及沉降速率都达到了相当的量值。根据当前的观测资料, 该沉降区域的沉降量仍在继续加大。

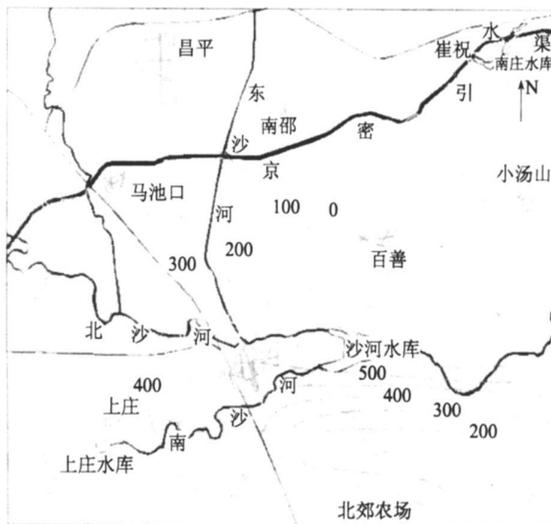


图 1 沙河地区 1955—1999 年地面沉降等值线图

#### 1.2 沙河地区地面沉降发生的原因分析<sup>[1-3]</sup>

沙河地区地面沉降发生的主要原因是过量开采第四系地下水, 导致第四系地层中的地下水位大幅度下降, 孔隙水压力减小, 在上覆荷载的作用下, 有效应力增加, 即原来由水体承担的压力转向由土体骨架承担, 孔隙因此受到压缩, 使土层产生压缩变形, 从而导致地面沉降。

沙河地区主要是开采地表以下 70~200 m 的承压含水层,开采承压含水层会产生承压水位下降。在短时间内,这种地下水的开采会得到及时的初给,但若开采过量,地下水来不及补给,这样水位就会下降,相应就会造成含水层骨架压缩,直至固结,产生地面沉降。其原因是,开采地下水之前,含水层上覆荷载由其下含水层骨架及水共同承担,达到平衡,即

$$Q = \sigma + u$$

式中:  $Q$  为上覆荷载;  $\sigma$  为有效应力;  $u$  为孔隙水压力。

当开采地下水后,孔隙水压力  $u$  减小,而上覆荷载总量  $Q$  并未改变,含水层中有效应力  $\sigma$  要增加,即原来由水体承担的那部分荷载转向由土体骨架承担,骨架就会由于附加荷载而受到压缩,由于孔隙的压缩而产生地面下沉。理论上,抽水一开始即有沉降出现,事实上也是如此,只是短时间水位下降不会使含水层固结,为可恢复形变。所以,当抽水停止,水位复原,不会产生明显沉降。但若水位长期下降得不到恢复,含水层就会固结而产生地面沉降。

最新的研究表明,地下水的开采,不仅含水层会因为水压的降低而产生压缩,含水层上的隔水层(一般为粘性土层)也会因为下伏含水层水头的降低而增加向该层的越流补给量,从而也会产生一定量的压缩。在沙河地区,地面沉降的过程就是一个排水(抽水)固结的过程。

### 1.3 地面沉降的危害及防治对策

地面沉降带来的危害包括地面及建筑物开裂、管道变形、下水管道排水不畅和水准点失稳。

从沙河地区地面沉降的原理分析可知,要根治地面沉降问题是不可能,只能根据该区域的特点,合理规划,提前预防。沙河地区的地面沉降范围大、区域性明显,地面沉降比较连续,目前还未出现以上危害。但值得注意的是沙河地区处于沙河—八仙庄沉降区的中心区域,随着地面沉降的发展,在第四系沉积层变化增大的地方,有可能发生不连续沉降危及建筑物的安全。此外,沙河地区地面沉降的快速发展也可能对该区域污水的排放带来了困难,在地面沉降发展到一定程度时,有可能引起排污不畅。目前对地面沉降的防治主要是对地下水资源开发的合理规划,根据最新的监测结果,适当控制地下水的开采总量;此外在工程建设时,适当考虑当地地面沉降对排污管网的影响。

## 2 建筑物抗浮设防水位问题<sup>[3-6]</sup>

### 2.1 沙河地区浅层地下水的埋藏情况

北京沙河地区,地面以下 20 m 深度以内主要分布两层地下水。第一层地下水为潜水,埋深 1~3 m;第二层地下水为承压水,埋深 17~20 m。其中第一层潜水地下水位较高,在历史最高水位接近地表。因此该区域建筑抗浮设防水位问题较为突出。

### 2.2 沙河地区抗浮设防水位的确定

沙河地区的现状潜水水位埋深仅 1 m 左右,考虑各种不利因素及该层潜水的年动态变化,则该层潜水的水位可达地表。通常情况,该区域建设抗浮设防水位应按地下水最高水位考虑。但当地下室埋藏在弱透水层中(粘性土层及粉土层中)时,弱透水层中的水压力要明显低于按静止水位计算出的理论水压力。某工程所进行的弱透水层中的水压力的现场测试结果见图 2。

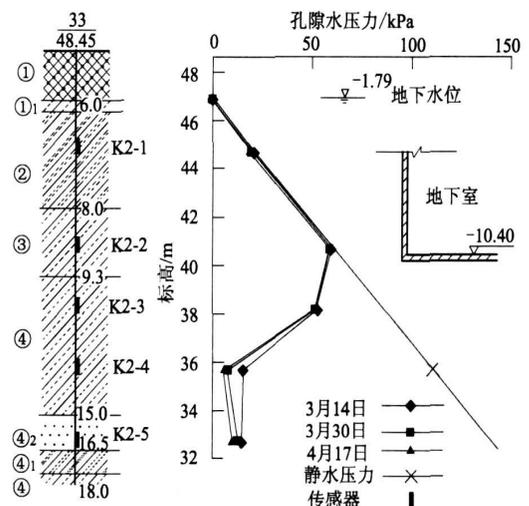


图 2 某工程实测水压力与理论计算水压力比较

在弱透水层中的水压力要比理论计算的水压力低很多见图 2。造成这种差异的原因有三点:①第一层潜水层在水头的作用下具有向下渗流的趋势,受渗流影响其压力水头具有明显的损失,其程度同弱透水层的渗透特性密切相关。②天然状态下弱透水层其饱和度也并非 100%,一定程度上处于非饱和状态,受此影响在非饱和和渗流条件下弱透水层压力水头损失更大。③弱透水层由于其特有的微观结构特性,地下水的赋存形态及运移特征较之无粘性土要复杂得多,主要以强结合水、弱结合水、自由水等形态存在,水分子在粘性土颗粒中难于自由移动。而沙河地区在第一层潜水及第二层承压含水层中广泛分布有弱透水的粉质粘土及粘质粉土层,这为优化抗浮设计水位提供了条件。

(下转封 3)

由图3可知,两根桩桩端附近的侧阻力已正常发挥,而且桩端阻力均已超过了1500 kN,说明桩端附近约2~5 m厚的沉渣层,经注浆后已充填密实并得到有效加固,压浆处理后可有效加大桩端阻力,使桩的承载力有了可靠的保证。

由表2可知,经加固后的桩基单桩极限荷载已超过10000 kN,并且在极限荷载作用下桩顶沉降值也只有20 mm左右,远远小于沉降允许值,而且实测各桩身完整。

表2 高应变法测试结果汇总

| 桩号    | 桩径/mm | 传感器以下桩长/m | 竖向承载力/kN | 侧阻力/kN | 端阻力/kN | 沉降/mm |
|-------|-------|-----------|----------|--------|--------|-------|
| 17#L2 | 1500  | 47.8      | 10772.4  | 8787.0 | 1985.5 | 23.95 |
| 17#L3 | 1500  | 47.8      | 10389.3  | 8080.5 | 1508.8 | 18.00 |

#### 4 结论

通过对该立交桥部分钻孔灌注桩沉渣处理前后的对比分析,可以得出结论:

1)桩底压浆技术,可以有效地处理桩底沉渣,减小桩的沉降量。

2)本工程实例说明,通过桩底压浆,不仅可以提高桩端土的端阻力,而且可增强桩侧土体的摩阻阴力,从而提高了桩的承载力。

3)实践结果表明,采用桩底压浆技术处理桩底沉渣,特别是桩中有预埋的检测钢管时,可以节省很多资金,还可以大大的缩短工期。

#### 参 考 文 献

- [1] 王九林. 钻(冲)孔灌注桩清渣对策的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004(9):6-7.
- [2] 龚维明,邹小平. 钻孔灌注桩桩底压浆设计施工分析[J]. 建筑结构,1996(4):47-48.
- [3] 朱炳寅,陈富生. 水下钻孔灌注桩桩底压浆的工程实践及分析[J]. 建筑结构,1998(3):29-30.
- [4] 史配栋. 深基础工程特殊技术问题[M]. 北京:人民交通出版社,2004.

收稿日期:2007-04-24

(上接第203页)

对于埋藏较浅的建筑物,当其地下室处于第一层潜水影响范围内情况,则其地下室所受水压力基本与理论计算水压力一致。因此这类工程其抗浮设防水位宜按最高水位考虑;对于埋藏较深的建筑物,当其基础底板位于弱透水层时,则宜通过现场试验及进一步分析确定等效抗浮设计水位(根据实测或分析的水压力换算的水位标高,一般低于最高水位);对于处于第二层承压水的影响范围内或者其下更深层地下水的影响范围内的建筑物,则应考虑相关地下含水层的水位上升趋势来确定最高设防水位。

#### 3 结论

北京沙河地区地面沉降涉及范围广泛,近期危害不大,但随着地下水开采的加剧,其对工程建设的影响是长期性的。根据现有地面沉降的监测资料进行合理规划,提前预防,将有助于减少地面沉降带来

的不良影响;该地区现状及历史地下水位均较高,充分利用隔水层的弱透水作用,合理确定该区域的抗浮设防水位,将有助于降低工程成本。

#### 参 考 文 献

- [1] 常士骝,张苏民主编. 工程地质手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1992.
- [2] DBJ 01-501-92 北京地区建筑地基基础勘察设计规范[S].
- [3] GB 50021-2001 岩土工程勘察规范[S].
- [4] 张思远. 在确定建筑物基础抗浮设防水位时应注意的一些问题[J]. 岩土工程技术,2004,18(5):227-229
- [5] 黄志仑,马金普,李丛蔚. 关于多层地下水情况的抗浮水位[J]. 岩土工程技术,2005,19(4):182-183;217.
- [6] 张旷成,丘建金. 关于抗浮设防水位及浮力计算问题的分析讨论[J]. 岩土工程技术,2007,21(1):15-20.

收稿日期:2007-05-25