

地质环境对建筑物的影响

毕丽业 陈林

(河北省环境地质勘查院廊坊勘查院, 廊坊 065000)

摘要: 在建筑物附近,尤其在故河道边缘地带大幅度开采浅层地下水,将导致建筑物地基产生后期不均匀沉降,使建筑物变形破坏。应引起建筑施工、浅层地下水开采时严重注意。

关键词: 地质环境; 开采; 地下水; 建筑物; 影响

中图分类号: P66 **文献标识码:** A

近年来,城市建设迅猛发展,各类建筑物拔地而起,与此同时,也带来了一些工程地质、环境地质问题,如建筑物选址时,对地质环境调查、分析不足,地基后期不均匀下沉,致使楼体开裂等,特别是在地质情况复杂的故河道边缘地带,这类工程地质问题极易发生。河北省廊坊市近年有两幢楼房,因为建楼时前期工作不足,地质环境不明,地基产生不均匀沉降,造成了房屋变形开裂、楼体破坏。我们对这些建筑物进行了详细调查和长期监测。本文以这些建筑物变形破坏为例,对建筑物的变形破坏原因进行研究探讨。

1 廊坊市故河道基本概况

廊坊市位于河北平原北部,永定河与北运河之间冲湖积平原区,沧桑变化使区内故河道发育。市区故河道基本呈NW—SE向,主河道内为第四系冲积与湖沼相沉积,宽1.2~2.0 km,岩性以细中砂为主,平均厚度4~5 m,最大厚度7~8 m。故河道上覆地层底板埋深8.0 m,岩性以粉土、粘性土互层为主。南部支流河床变窄,宽0.5~1.0 km,砂层厚度达4 m以上,以细砂、中砂为主,局部为粉细砂。

2 建筑物变形破坏实例及原因分析

2.1 石油管道局文体中心教育培训楼

该楼位于廊坊市区东北角,主楼四层,东西走

向,副楼二层,北东东走向(图1),调查发现,主楼西端建在非故河道上,东部大部分建在故河道上,该楼横跨古河岸与古河床之上。该楼附近,故河道的岩性从上到下为粉土、粉质粘土、细砂及粉土、粉质粘土互层。其细砂层在该楼东部埋深5.6 m,厚3.4 m,向西逐渐变薄,至楼西端尖灭;主楼西端位于非故河道区,深度15 m以内岩性为粉土与粉质粘土互层,由于该楼处于故河道边缘,其东西两端基础地层岩性组成明显不同。

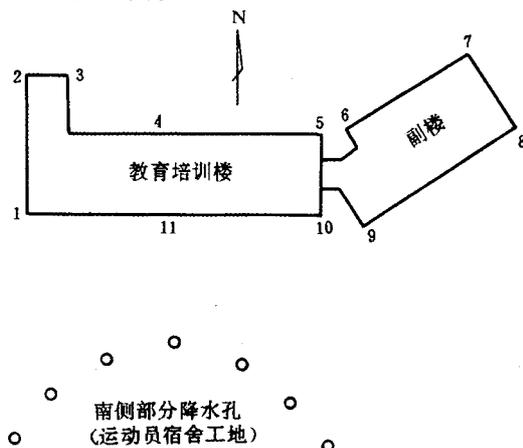


图1 文体中心教育培训楼沉降观测点与南侧降水孔平面示意图

Fig. 1 Settlement observation points and pumping hole plan of education training building of culture and sports centre

1995年3月,在该楼南约30m处,又兴建运动员宿舍楼,地基开挖面积3000m²,在基础范围内呈圆形布抽水孔29眼,周围未进行隔水处理,3~4月降水深度为9m,以后保持水位降深6m左右。在运动员宿舍楼施工后,教育培训楼主楼中部及东部墙体即开始出现裂缝数条,裂缝呈垂直状,走向南北,

横穿楼体。

在运动员宿舍楼施工前已对教育培训楼进行沉降观测,首次观测在1994年12月5日,当发现裂缝后即加密观测,至1995年8月23日共观测11次,沉降观测点及运动员宿舍楼施工部分降水孔分布情况参见图1,历次观测数据见表1。

表1 管道局文体中心教育培训楼沉降观测表

Table 1 Settlement observation values of education training building of culture and sports centre

累计 沉降 (cm) 观测点	时间	1994年	1995年	1995年	1995年	1995年	1995年	1995年	1995年	1995年	1995年	
		12月5日	4月2日	4月19日	4月26日	5月4日	5月11日	5月21日	6月2日	6月22日	7月10日	8月23日
1		2.7	6.5	7.5	8.0	8.2	8.2	8.5	9.0	8.8	9.0	9.0
2		2.5	6.5	7.5	7.7	8.0	8.0	8.5	9.0	9.0	9.0	9.5
3		3.0	7.0	7.0	8.0	7.8	7.7	8.3	8.5	8.2	8.5	8.5
4		3.5	8.0	9.5	10.0	10.0	10.0	10.9	11.0	10.7	11.5	11.5
5		2.5	3.5	5.0	6.5	6.5	7.0	7.5	7.2	7.0	7.1	7.5
6		2.8	4.5	4.3	5.5	5.3	5.5	6.0	6.2	6.0	6.3	6.3
7		2.0	2.4	1.5	2.8	2.3	2.7	3.2	3.0	3.0	3.0	3.3
8		2.5	3.0	2.5	2.3	2.7	3.0	3.5	3.5	3.5	3.2	3.0
9		2.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.1	5.2	5.0	4.5	5.0	5.0
10		1.9	2.5	3.5	3.5	3.7	4.0	4.4	4.5	4.0	4.3	4.3
11		3.0	7.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.5	10.0	9.5	9.3	10.0
合计		28.9	54.9	61.8	67.8	68.5	70.2	75.5	76.9	94.2	76.2	77.9
平均		2.63	4.99	5.62	6.16	6.23	6.38	6.86	6.99	6.75	6.93	7.08
相对沉降速度 (cm/d)			降 0.02	降 0.027	降 0.077	降 0.009	降 0.021	降 0.048	降 0.011	升 0.012	降 0.010	降 0.003

从表1可知,主楼中部的4号、11号观测点沉降量最大,分别为115mm和100mm,而东端的10号点沉降值最小仅43mm,其次是5号点为75mm。由此可见,靠近降水孔最近的点(4号、11号)沉降量最大,而远离降水孔的东、西两端,又由于地层垂向岩性组成的不同其沉降量有所差异。即位于故河道的东端沉降量小于非故河道的西端。据分析,造成该楼不均匀沉降的原因主要有以下几点:

(1)该楼处于故河道边缘地带,楼基横跨故河道与非故河道两个明显不同的地层单元,即由东部和中部的含砂地层过渡到西部的无砂粘土地层,这是导致地基产生不均匀沉降的基本条件。

(2)该楼南侧运动员宿舍楼降水施工,由于距离较近、抽水量大,致使该楼地基中浅层地下水水位随之骤降,破坏了原有地基的应力平衡和地下水的顶托力,这是产生不均匀沉降的外部条件。

此外,由沉降观测数据显示,该楼地基沉降速度明显与水位降低幅度有关,沉降速度以4月下旬最大,正与运动员楼降水深度最大相对应,4月份以后水位降深减小,沉降速度亦相应减小,时至6月中下旬进入汛期,主楼处水位随区域地下水水位普遍回

升而上升,使建筑物地基略有回弹。

2.2 华北石油局北部研究院泥浆楼

该楼位于万庄镇以东2.5km处,1986年竣工,双面四层,东西走向,楼南楼北均为农田,南距农田仅数十米,北距农田稍远。

该楼自竣工后即开始出现墙体裂缝,裂缝主要分布于四、三、二楼层的南(阳)、北(阴)面各房间的南北向隔断墙上,阳面房间裂缝呈对称的“八”字形切割墙体。裂缝以第四层最宽3mm左右,向下渐窄,第二层裂缝宽度最小,至一层消失。南、北两面的裂缝对比,阳面裂缝长度和宽度均大于阴面。

1989年9月石油管道局设计院对该楼开始沉降观测,历时将近一年,由平均累计沉降量历时曲线(图2)可以看出,该楼地基呈波浪状缓慢下沉趋势,地基以下降为主,但也有反弹回升。

据1989年该地区浅层地下水观测资料,该年8月份为高水位期,9月份潜水位呈下降趋势,9月下旬至10月初播种冬小麦,地下水位因农灌开采出现低谷,此期间地基沉降速度相对较大;11月下旬水位回升,地基略有反弹;12月份和1月份水位相对稳定,地基基本处于稳定状态,3月中旬春灌开始,

水位下降,地基下沉速度加快,6月份系枯水期,沉降速度较大。从而可以看出,建筑物沉降量的变化与本区同期地下水位的变化有着密切的关系。可见,靠近建筑物,不采取隔水措施,大量机井农采浅层地下

水,使地下水位连续下降,形成季节下降漏斗。这些季节性下降漏斗,是造成泥浆楼不均匀沉降的主要原因。该楼南侧距农田很近,受到地下水开采的影响大于北侧,故楼体阳面房间裂隙程度大于阴面。

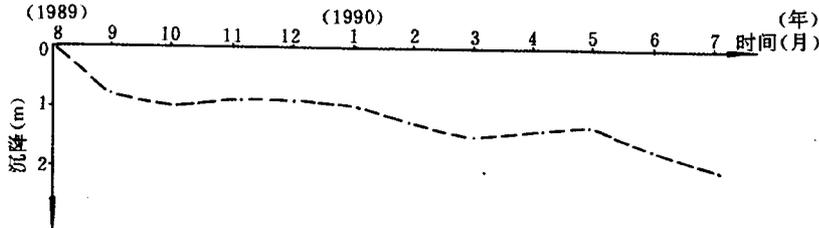


图2 泥浆楼平均累计沉降量历时曲线

Fig. 2 Average accumulated settlement—time curve of mud building

3 地面沉降量计算和预测

为了说明地面沉降与地下水开采之关系,以及不同岩性地层在地下水开采条件下沉降量的差异,现从定量的角度加以计算论证。利用廊坊市故河道与非故河道 17 m 深度综合地层剖面,在不考虑地面建筑物荷重的情况下,模拟在故河道边缘开采地下水,并大幅度降低浅层地下水位,采用分层总和法计算分层压缩量及地层总沉降量。根据地面沉降量与地下水位降低的关系,计算和预测在不同水位降深条件下的地面沉降量。

计算中,地下水初始水位埋深采用本区 1995 年丰水期值 1.74 m。设计水位最大降至埋深 17.00 m。

计算公式为:

$$S_{总} = \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n h_i \frac{\delta_i}{E_{si}}$$

式中, $S_{总}$ 为地层总压缩量(mm); S_i 为第 i 层土压缩量(mm); h_i 为第 i 层土厚度(m); δ_i 为第 i 层土自重应力增量(kPa); E_{si} 为第 i 层土压缩模量(kPa)。

计算时,将本区地层按工程地质特征分为 6 层,并对故河道与非故河道分别进行沉降量计算,其计算参数及结果见表 2。

表 2 地面沉降量计算表

Table 2 Ground subsidence calculation results of urban Langfang City

特征值	分区	故河道区						非故河道区					
		一层	二层	三层	四层	五层	六层	一层	二层	三层	四层	五层	六层
分层底板埋深 (m)		1.74	4.20	7.60	11.50	15.50	17.00	1.74	4.20	7.60	11.50	15.50	17.00
分层厚度(m)		1.74	2.46	3.40	3.90	4.00	1.50	1.74	2.46	3.40	3.90	4.00	1.50
岩性		粉土	粉土	粉质粘土	细砂	粉质粘土	粉土	粉土	粉土	粉质粘土	粉质粘土	粉质粘土	粉土
地层自重应力平均增量 δ_i (kPa)		0.00	12.30	41.60	78.10	117.60	145.10	0.00	12.30	41.60	78.10	117.60	145.10
比重(G_s)		2.70	2.70	2.71	2.65	2.71	2.70	2.70	2.70	2.71	2.71	2.71	2.70
孔隙比(e)		0.782	0.782	0.975	0.600	0.794	0.629	0.782	0.782	0.975	0.885	0.794	0.629
饱和密度 ρ_{sr} (g/cm ³)		1.954	1.954	1.866	2.031	1.953	2.044	1.954	1.954	1.866	1.907	1.953	2.044
水下浮密度 ρ' (g/cm ³)			0.954	0.866	1.031	0.953	1.044		0.954	0.866	0.907	0.953	1.044
压缩模量 E_s (MPa)			12.5	11.4	20.0	12.7	16.3		12.5	11.4	12.1	12.7	16.3
分层压缩量(mm)		0.00	2.42	12.41	15.23	37.04	13.35	0.00	2.42	12.41	25.17	37.03	13.35
累计压缩量(mm)		0.00	2.42	14.83	30.06	67.10	80.45	0.00	2.42	14.83	40.00	77.03	20.38

计算结果表明,在相同的水位降深情况下,故河道和非故河道地面总沉降量分别为 80.45 mm 和 10.38 mm。可见非故河道沉降量明显大于故河道。

通过对地面沉降量与地下水位降深值的相关计

算,两者之间相关密切,对故河道及非故河道分别建立相关方程(表 3)。并由相关方程对不同水位降深所产生的地面沉降量进行预测,预测结果列入表 4。

表3 水位降深与地面沉降相关方程表

Table 3 Correlated equations between drawdown of water level and ground subsidence

分区	样本数(n)	相关系数(Y)	相关方程	备注
故河道	6	0.966 6	$Y = -9.567 5 + 5.355 9x$	Y 为累计沉降量(mm)
非故道	6	0.974 5	$Y = -10.912 4 + 6.16x$	x 为水位降深(m)

表4 水位降深与地面沉降量关系表

Table 4 Relation of drawdown of water level and ground subsidence

沉降量 (mm)	水位降深 (m)	分区									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
故河道		1.14	11.86	22.57	33.28	43.99	54.70	65.42	76.13	86.84	67.55
非故道		1.14	13.73	26.05	38.37	50.69	63.01	75.33	87.65	99.97	112.29

由相关计算模型得出,本区产生地面沉降的有效水位降深值为 1.79 m。

4 结语

(1) 故河道区的浅层地下水水位升降变化,是在多年变幅带内反复进行的,由于地下水位自然升降幅度小,一般不会引起明显的工程地质问题。而人为在建筑物附近大幅度降低地下水位(如建筑施工排水及地下水大量集中开采等活动),又未采取任何隔水措施,使地下水位突然大幅度下降,将会使毗邻建筑物变形破坏。

(2) 通过变形建筑物的实地调查分析和对故河道与非故河道地层沉降量的计算表明,故河道边缘地区的建筑物变形破裂原因有:

①地质环境有明显的差异。尤其建筑物地基位于故河道边缘地带,地基垂向砂层厚度分布不均,由此构成了产生不均匀沉降的基本条件。

②大幅度降低浅层地下水水位,尤其在新建建筑物附近人为骤降浅层地下水水位,则是诱发地基产生不均匀沉降并导致建筑物变形破坏的外部因

素。

③建筑物地基自然均匀沉降一般不会引起建筑物变形破坏。而当建筑物位于故河道边缘地带,同时又有为大幅度降低浅层地下水水位,破坏了地基地层原有的应力平衡的地下水的顶托力,粘性土压缩量大于砂性土,才产生地基的不均匀沉降。

(3) 大规模的城市建设,对工程地质条件必须要特别注意,选址应尽量避开跨越不同地质单元,无法避开者,应对地基采取特殊加固处理,避免建筑物变形破坏。在靠近高大建筑物附近,严禁开挖土方和人为大幅度降低地下水位,建筑施工排水应设置防水墙,以防对周围建筑物产生不良影响。

(4) 对新竣工的建筑物应进行至少一年的沉降监测,以便积累科学数据、改进建筑设计、减少灾害。

参考文献

- [1] 杨英华. 土力学[M]. 地质出版社,1986.
[2] 廊坊环境地质勘察院. 廊坊故河道研究(内部资料)[R]. 1996.

IMPACT OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT ON BUILDINGS

BI Li-ye CHEN Lin

(Environmental Geological Investigation Institute, Hebei Province, Langfang Investigation Institute, Langfang 065000, China)

Abstract: Exploitation shallow groundwater on a large scale near buildings may result in after differential settlement of foundations, even the failure of buildings, so much more attention should be paid to this phenomenon during building construction and shallow groundwater exploitation.

Key words: geological environment; exploitation; groundwater; buildings; impact

作者简介: 毕丽业(1959—),女,工程师。现在河北省环境地质勘察院廊坊院工作。