

郑州黄土区岩土工程问题研究

梁 静

(黄河水利委员会勘测规划设计研究院, 河南 郑州 450003)

摘要:结合郑州市黄土区岩土工程的实践,从黄土的工程地质角度,分析研究了郑州市黄土区地基承载力、沉降变形、基坑开挖、振动液化、湿陷性等主要岩土工程问题。

关键词:黄土;湿陷性;地基承载力

中图分类号: TU444

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2001)07-0071-02

1 地 层

黄河水利委员会勘测规划设计研究院曾对郑州市以南 18 km 经济开发区内的某工厂进行岩土工程勘察工作(勘察区面积约 34 km²),在勘察区内共布置勘察孔 213 个,总进尺 3000 多 m,钻孔除原状样外,还做了静力触探标贯等原位测试,为了研究场地土物理力学特性,还挖 6~8 m 探的深井 17 个,取方块样 100 多件。

在钻孔揭露的 25 m 深度内,根据时代、成因,地层岩性分为:①耕植土(Q₃^{pl}),主要为黄褐色黄土类粉土,有植物根茎和虫孔,厚度 0~3 m,平均厚度 0.6 m;②褐黄色黄土类粉土(Q₃^{pl+cl}),坚硬状,具有垂直节理和虫孔,含有粒径 0.3~1 cm 的钙质结核,厚度 3~6 m,平均厚度 5.24 m;③淡黄色粉砂(Q₃^{sl-pl}),稍湿,稍密~中密,含有钙质结核,该层分布不均,沿场区南东—北西方向分布,向两边逐渐尖灭,厚度 0~4 m,平均厚度 2.34 m;④暗黄色黄土类粉土(Q₃^{pl+cl}),坚硬状,普遍含有钙质结核和白色钙点,厚度 1.3~11.0 m,平均厚度 5.7 m;⑤棕黄色黄土类粉质粘土(Q₃^{pl+cl}),坚硬,呈半胶结状,含有钙质结核和少量铁锰质结核,在其下部有 0.5~1.0 m 厚的砖红色古土壤粘土层,坚硬至硬塑状,含有结核,结构致密,该层未揭穿,揭露最大厚度 8 m。

2 土的物理力学性质

经 100 个颗分样统计,各土层的粒度组成见表 1。场区地基土的物理力学指标如表 2 所示。

表 1 各土层颗粒组成

岩层 编号	不同颗粒组成/%			
	>0.25 mm	0.25~0.075 mm	0.075~0.005 mm	<0.005 mm
②	2.85	26.09	60.56	10.50
③	9.50	71.60	15.40	4.10
④	5.31	25.75	62.37	6.57
⑤	1.03	11.85	74.42	12.70

由表 1 可知,②、④层黄土类粉土粉粒占 60% 以上,粘粒占 6.57%~10.5%;⑤层黄土类粉质粘土粉粒占 70% 以上,粘粒占 12.7%,从骨架颗粒来看,与湿陷性黄土特性相近。

由表 2 可知,场区浅层土的特点是含水量低,孔隙比较大,可压缩性小,第②、④层抗剪强度较高,第⑤层内摩擦有些小,但凝聚力增大了。

根据场区 26 个静力触探孔资料(最大测深 17 m)和场区 65 个标贯孔所作 483 次标贯资料,该场区地基土属硬及很硬的土。

3 黄土类土特性

3.1 湿陷性及湿陷深度

对从钻孔和探井中所取的 200 多个原状土样进

表 2 各土层主要物理力学指标平均值

岩层 编号	含水量 w/%	干容重 $\gamma_d/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	孔隙比 e	液限 $w_L/\%$	塑性指数 I_p	压缩系数 a_{1-3}/MPa^{-1}	压缩模量 E_s	凝聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\circ)$
②	5.96	14.80	0.830	24.6	7.4	0.175	11.75	12.2	30.2
③	9.00	16.10	0.657			0.120	15.01	2.1	28.4
④	6.50	14.80	0.822	24.6	7.6	0.140	13.62	8.0	29.5
⑤	14.30	16.20	0.686	31.4	12.1	0.230	8.37	27.3	22.3

作者简介:梁静(1964—),女,河南开封人,工程师,主要从事岩土工程勘察工作。

行室内湿陷系数试验,其中探井中的 100 多个方块样湿陷系数按深度统计见表 3。

表 3 湿陷系数统计

深度/m	探井数	湿陷系数 $\delta_s/\%$	深度/m	探井数	湿陷系数 $\delta_s/\%$
0~1.00	13	3.79	4.01~5.00	13	1.55
1.01~2.00	15	2.58	5.01~6.00	12	1.39
2.01~3.00	13	2.42	6.01~7.00	5	0.852
3.01~4.00	9	2.02	7.01~8.00	5	0.665

室内湿陷系数试验采用单线法,由表 3 可知,湿陷系数随深度增加而减小。在深度 5~6 m 内,12 个探井平均值为 1.39%,在深度 6 m 以下仅有 2 个湿陷系数大于 1.5%,而 8 m 深为 0.56%。经数值统计、点图分析和综合类比,该场区定为湿陷性黄土场地,湿陷深度为 6 m。

3.2 黄土湿陷起始压力

为了研究场区黄土特性,在方块样中选择了 12 个做湿陷起始压力试验,试验方法是在一个方块样上切取多个环刀样的单线法。探井 2,8,10 所取试样湿陷起始压力均为 25 kPa,探井 3,9 所取试样湿陷起始压力分别为 75 kPa 和 16 kPa。数值是按湿陷系数 0.015 定为湿陷起始压力值,比有关资料论述的郑州地区起始压力(中值 150 kPa)小得多,表明场区黄土与湿陷性黄土相近,又有所不同,如各土层结构上部呈粒状,下部⑤层为凝块状。起始压力与黄土残余结构强度和可溶盐化学性质关系密切。

3.3 湿陷类型

根据室内试验绘制的压力与湿陷系数关系曲线,用饱和自重压力计算公式求得各深度上覆土的饱和自重压力,再计算自重湿陷量。经综合分析认为,场地为非自重湿陷场地。

对场地湿陷等级划分,根据湿陷类型、自重湿陷量和总湿陷量确定。根据黄土规范(GBJ25-90)规定,通过计算和综合分析,该场区属 V 类黄土区,非自重湿陷,湿陷等级为 I (轻微湿陷),湿陷性黄土深度为 6 m。总湿陷量 10~30 cm。

4 郑州市黄土区地基岩土工程问题

4.1 地基承载力

由于郑州黄土含水率低,孔隙比大,液性指数多小于零,因此其承载力较高。根据黄土规范可查得黄土类土的承载力基本值 $f_0 > 250$ kPa,若考虑本区黄土无湿陷性的实际情况,按一般粉土和粉质粘土来确定其地基承载力时,承载力基本值 $f_0 = 280$ kPa。由此可知,郑州市黄土区地基的压缩性较低,抗剪强度较高,承载力较大,且厚度较大,同时由于场地地层较简单,地貌地形较为平缓,多为简单或一般场地,

因此,可作为一般建筑物良好的天然地基。

但对于高层、超高层或重大建筑物而言,地基承载力及沉降变形能否满足要求,还需作进一步的评价。故对于超高层或特别重要建筑物,建议采用原位载荷试验来确定其地基承载力。

4.2 沉降变形问题

由于本区黄土含有较多的难溶盐、可溶盐,土中 CaO、MgO 和 Na₂O、K₂O 含量较高,在干旱、半干旱气候条件下,这些盐分随水气蒸发上升,在地表一定范围内聚集沉淀而将土体胶结起来,从而使土体具有较高的强度和较低的压缩性。但应该注意这种胶结作用在地基中的分布是不均匀的,而且还可随地下水运移条件的变化而变化。

4.3 基坑开挖问题

兴建高层建筑,一般需进行深基坑开挖。由于城市施工条件所限,尤其是在密集建筑区内进行时,一般都不能放坡开挖,此时需对深基坑的坑壁稳定性进行分析与评价。对郑州市黄土而言,在无地下水情况下,若取 $\varphi_k = 30^\circ$, $c_k = 35$ kPa, $\gamma = 18$ kN/m³,由洛巴索夫图解法可推求出在不放坡条件下,土体自身由朗肯土压力公式可推求出主动土压力 $p_d < 0$ 的深度约为 6.7 m。因此,在基坑开挖深度不超过 8 m 时,可不必采用专门的支护措施。

若地基存在地下水,且埋深较浅时,基坑开挖条件将会恶化。一方面,地下水的存在,可导致土体抗剪强度指标 c , φ 值的降低,从而降低坑壁的自稳能力;另一方面,在基坑排水时,渗透水流会对坑壁发生渗压力,增大坑壁土压力,同样也会降低坑壁的稳定性。因此,在这种情况下应对基坑开挖条件作进一步的分析评价,以确定是否需进行基坑支护。同时还应考虑基坑排水问题。由于黄土的垂直渗透系数较大,排水过程中渗透强度也将较大,同时地表水等也较容易渗入地下等,基坑渗水量可能会很大,因此,需配置足够的排水设备,并考虑排水降落漏斗范围内可能引起的地面附加沉降或不均匀沉降对邻近建筑物的影响。

4.4 地基振动液化问题

虽然郑州黄土主要由粉土组成,但由于其形成时代较早(均为 Q₄ 以前形成),同时由于其粘粒含量一般都大于 10%, c , φ 值较大且较密实,根据 GBJ11-89《建筑抗震设计规范》可判为不液化土。作为建筑地基时,可不考虑振动液化问题。

4.5 地基湿陷性问题

郑州市南部黄土具湿陷性黄土的工程地质特性,属非自重湿陷和轻微湿陷性黄土,湿陷深度为 6 m。应结合具体工程条件,考虑是否(下转第 74 页)

为一单斜岩层出露,具轻微弯曲,产状 $340^{\circ} \sim 350^{\circ}$, 倾角 $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$. 岩层走向与沥水沟岸坡夹角很小,仅为 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$. 两岸千枚岩在重力作用下,上部岩体发生塑性变形,向临空面方向产生倾倒(点头哈腰),其位移变化随深度的增大愈来愈小.

千枚岩倾倒体在沥水沟两岸(渡槽进出口)均有分布,经勘探,表层 $5 \sim 15 \text{ m}$, 岩体倾倒较为剧烈,风化破碎严重,岩体倾倒后产状较乱. 15 m 以下倾倒变形不明显,岩体完整性好.

2 千枚岩倾倒体所造成的危害及原因分析

2.1 对渡槽及岸坡的危害

a. 对渡槽的危害. 1号槽箱的变位,一跨端肋产生裂隙多条,1号、2号槽箱摆柱支座有倾斜,1号、4号槽箱右侧伸缩缝挤密;地面砌石有裂缝,上述变形情况逐年有所增大和加剧.

b. 对岸坡(进口岸坡)的危害. 根据平硐、竖井勘探资料,共有大小裂隙19条,而01和02墩附近就有16条之多,裂隙在地面上向 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 方向展布,一般无填充. 有的呈空洞状或串珠状. 这些裂隙若继续发展,对工程的危害性是很大的.

(上接第57页)

a. 对高程 16.0 m 以上刺墙与平台土石结合部一定范围内进行接触灌浆,达到回填沉陷裂缝区、密实土层及土石结合部的目的. 据1997年对闸前后平台的灌浆处理,沿翼墙后土石结合部锥斜孔,灌入土方较多. 因此,建议锥斜孔,以填实刺墙与岸箱间的裂缝区.

b. 在进行接触灌浆的基础上,在闸室上游设置一道以旋喷桩搭接的截渗墙,以彻底解决在破坏区反复出现的渗水问题.

4 结 语

a. 打渔张引黄闸出险的原因可归结为:粘土回填施工质量不好,刺墙与岸箱间产生了不均匀沉陷,使翼墙平台与刺墙间产生了裂缝区,导致沿土石结合部产生渗流,造成浪窝、翼墙产生洒水、渗水、明水等险情的发生.

b. 多次处理后仍出现浪窝和渗水险情,说明局部处理已不能解决根本问题. 建议对高程 16.0 m 以上刺墙与平台土石结合部一定范围内进行接触灌浆,并在闸室上游设置一道以旋喷桩搭接的截渗墙,以解决反复出现的渗流问题.

该文的写作得到了马国彦老师的热心指点,特此致谢!

2.2 原因分析

经分析研究认为,造成以上危害的主要原因是:

①岩体构造因素;②倾倒岩体破碎软弱,允许承载力偏低;③岩体渗水.

3 结 语

千枚岩倾倒岩体的发生,与其岩性特征、构造特征、岩体本身的完整性、岩石的物理力学特性、水文地质条件和地形地貌特征等有关. 沥水沟千枚岩遭受构造应力的多次影响,岩层直立,内部结构遭到一定的破坏,后期沥水沟形成临空面,且地形坡度又较陡,上部岩体向沥水沟倾倒;岩体发生倾倒后,内部结构松弛,裂隙发育,加速风化,地面水的入渗,使岩体饱和软化,加速了倾倒岩体的变形或诱发坍塌的可能性. 因此沥水沟千枚岩倾倒岩体,应视为不稳定岩体或稳定性差的岩体,易给工程和建筑物造成危害. 所以,凡存在千枚岩倾倒岩体的地区,应重视对千枚岩倾倒岩体的研究,尽量减少其对工程和建筑物的危害.

(收稿日期:2001-07-10 编辑:张志琴)

参考文献:

- [1] 康敏,刘振林,陈洁. 西河节制闸浆砌石翼墙加固处理设计与施工[J]. 水利水电工程设计,2000,19(3):12~13.
- [2] 历志海,吴亚斌,魏智刚,等. 蓟运河防潮闸基础加固处理[J]. 水利水电工程设计,2000,19(3):14~153.

(收稿日期:2001-08-08 编辑:熊水斌)

(上接第72页)采取地基处理、建筑、结构设计措施等.

黄土具有其特殊的岩土工程特性,在黄土区进行岩土工程勘察、设计和治理时,必须注意其特点,只有如此,才能确保达到理想的岩土工程效果.

参考文献:

- [1] 朱寿增. 郑州市黄土的工程特性及地基初步评价[A]. 唐辉明. 工程地质面向二十一世纪[C]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [1] 罗嗣海. 水土合算法土压力计算时的强度指标[J]. 岩土工程技术,1998(1):3~6.

(收稿日期:2001-06-10 编辑:熊水斌)