

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.11.013

湿陷性黄土地区明挖车行地道设计分析

李 敏

(上海林同炎李国豪土建工程咨询有限公司, 上海市 200437)

摘 要: 测定湿陷系数的试验压力按规范计算远大于实际压力, 规范偏保守。对黄土浸水湿陷这一偶然设计状况, 通过偶然组合与基本组合、标准组合进行对比计算分析可知, 黄土浸水湿陷工况非受控工况。通过减少水源补给、隔绝水及将水排出地道影响范围, 可以有效减少湿陷沉降的发生。

关键词: 湿陷性黄土; 超固结土; 湿陷系数试验压力

中图分类号: U452

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)11-0059-03

0 引 言

湿陷性黄土^[1]是在一定压力下受水浸湿, 土的结构迅速破坏, 并产生显著附加下沉的黄土。湿陷性黄土分为自重湿陷性黄土和非自重湿陷性黄土。其广泛分布于我国的西北地区, 还有华北、东北等地。随着城市建设的快速发展, 地道作为地下空间资源的一种形式, 开始大量建设。目前黄土地区地道主要参照《湿陷性黄土地区建筑标准》(GB 50025—2018)进行设计, 但该规范主要针对有附加荷载的建筑, 明挖地道由于需先挖除大量土体, 然后浇筑地道再回填土, 地道的地基所受的先期固结压力大于地道完成后的压力, 属于超固结土, 与一般建筑有很大区别, 完全严格照搬规范进行设计, 会造成较大的工程浪费。因此, 需对湿陷性黄土地区明挖地道的设计进行研究分析。

目前国内未针对湿陷性黄土地区明挖地道设计进行系统研究, 但对于类似地铁项目, 进行了大量的试验研究及应用, 得到了大量有益的成果。罗章波^[2]提出了地铁工程湿陷性黄土地基处理与否的判断方法。王立新等^[3]对地铁隧道穿越自重湿陷性黄土的处理及防治措施提出了一些合理化建议。但地铁轨道对沉降控制要求极高, 且地铁本身埋深大, 下部湿陷性黄土深度相对较浅, 故地铁设计一般严格按照《湿陷性黄土地区建筑标准》(GB 50025—2018)对湿陷性黄土进行处置。

1 现有规范适用性分析(湿陷系数取值)

《湿陷性黄土地区建筑标准》4.3.2 条湿陷系数的试验压力按土样深度和基底压力确定。地道顶覆土一般在 3 m 以内, 底板底压力一般小于 300 kPa, 勘察单位依据规范将基底定在地面下 1.5 m, 基底下 10 m 以内的土层试验压力定为 200 kPa, 10 m 以下定为上覆土的饱和自重压力; 土试样自重湿陷系数的试验压力定为上覆土的饱和自重压力。下面以一个标准双向四车道地道(见图 1)覆土 2.5 m 为例对试验压力与实际压力进行对比(土层密度统一假定为 18 kN/m³, 饱和密度统一假定为 20 kN/m³)。

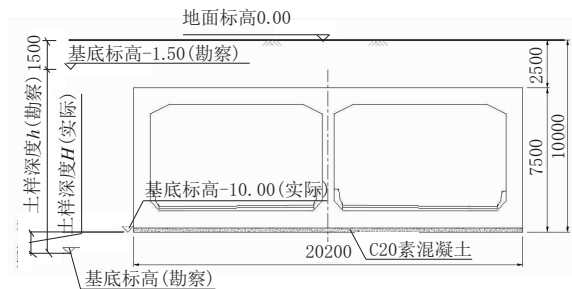


图 1 地道标准断面示意(单位:mm)

从表 1 可知, 勘察单位测定湿陷系数采用的试验压力比土层受到的实际压力大 20%~30%, 勘察单位提供的湿陷系数均较实际大。

2 结构计算分析

湿陷性黄土浸水后, 业界主要关心的是附加沉降, 但同时土体强度也发生了变化。王立新等^[4]提出黄土湿陷期间的强度特性类似于饱和和软土快剪状态, 理论上相应的土侧压力系数 K_0 等于 1.0。黄土浸水湿陷这一工况是否为设计受控工况, 有必要进行

收稿日期: 2023-12-05

作者简介: 李敏(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事结构设计工作。

表1 地道湿陷系数试验压力与实际压力对比

土样序号	土样标高	土样深度 h (勘察取值)/m	土样深度 H (实际)/m	测定湿陷系数试验压力 /kPa	实际压力 /kPa	试验压力 /实际压力
1	-2.00	0.5	—	200	—	—
2	-4.00	2.5	—	200	—	—
3	-6.00	4.5	—	200	—	—
4	-8.00	6.5	—	200	—	—
5	-10.00	8.5	0	200	150	1.29
6	-12.00	10.5	2	240	190	1.26
7	-14.00	12.5	4	280	230	1.21
8	-16.00	14.5	6	320	270	1.19

研究。黄土浸水湿陷后的侧向土压力在结构设计使用年限内不一定出现,但一旦出现,其量值很大,且持续时间很短,根据这一特性将其定义为偶然荷载。偶然设计状况不进行正常使用极限状态和耐久性极限状态设计,仅进行承载力极限状态设计。继续以前标准双向四车道地道为例,根据《建筑结构可靠性设计统一标准》^[5]8.2.4及8.2.5条计算。

由表2可知,黄土浸水湿陷后,偶然组合侧向土压力设计值较基本组合侧向土压力设计值增加约40%。按承载能力极限状态设计时,侧墙配筋有所增加,但由于正常使用极限状态设计时,侧墙须按照0.2 mm 裂缝控制配筋,偶然设计状况不进行正常使用极限状态设计,配筋受控于正常使用工况。侧墙跨度较顶底板小,截面厚度主要受节点弯矩控制,侧墙厚度与顶板相差不大,黄土浸水湿陷后,偶然组合侧墙最大剪力设计值较基本组合侧墙最大剪力设计值增加约40%,但侧墙抗剪能力有富裕,无需增大侧墙厚度或增设箍筋,仍能满足规范要求。上述计算都是基于这一个假设,侧墙约7 m 高度范围内的黄土须同时湿陷,但实际这一过程远比黄土湿陷结构破坏持续时间长。当雨水自上而下渗透,浸水黄土结构迅速破坏,侧向土压力变大,但其上黄土湿陷结构破坏后结构迅速重新趋于平衡,侧向土压力下降,故整个侧墙的土侧压力系数达到1.0,是不可能发生的。这一假设过于保守。综上所述,黄土湿陷后,尽管车行地道的侧墙所受土压力有所增大,但侧墙厚度和配筋并不会增加,设计可不考虑这一工况。

3 案例分析

西宁湟中路车行地道位于现状昆仑路下,下穿湟中路路口,暗埋段长200 m,敞开段长376 m,总长576 m,双向四车道,箱形结构。场地地貌单元属于湟

表2 基本组合、准永久组合与偶然组合侧向土压力设计值对比

地下深度 /m	基本组合	偶然组合	基本组合	偶然组合	准永久组合
	侧向土压力设计值 /kPa	侧向土压力设计值 /kPa	侧墙最大负弯矩设计值 / (kN·m)	侧墙最大负弯矩设计值 / (kN·m)	侧墙最大负弯矩设计值 / (kN·m)
4.00	63.3	86	351.4	499.0	260.4
6.00	86.7	122	结构重要性系数		
8.00	110.1	158	1.1	1.0	
10.00	133.5	194	计算配筋 /m ²	计算配筋 /m ²	计算配筋 /m ²
			1 742	2 270	2 419
	侧墙最大剪力设计值 /kN		344.9	492.9	
	侧墙是否需要配置箍筋		否	否	

水河南岸Ⅲ级阶地,场地地层除表层的素填土外,主要由第四系晚更新世冲、洪积物组成(见图2)。各土层参数见表3,②₁层为湿陷性黄土状土,孔隙较发育,孔径1~2 mm,稍湿,中密,顶面埋深为0.30~3.20 m,层厚5.00~15.00 m。

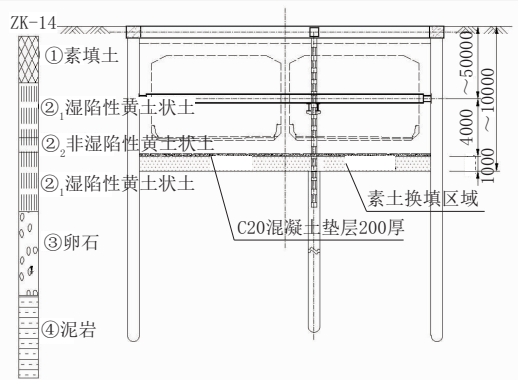


图2 地道某暗埋节段围护示意(单位:mm)

表3 土层物理力学指标

名称	天然孔隙比	饱和度 / %	直剪		湿陷系数	自重湿陷系数
			内摩擦角 / (°)	黏聚力 / kPa		
素填土	0.9	40.1			0.038	0.034
湿陷性黄土状土	0.90	39.0	26.0	11.7	0.039	0.022
非湿陷性黄土状土	0.80	67.7	27.9	14.9	0.009	
饱和黄土	0.73	85.7	27.0	16.0	0.008	
强风化泥岩	0.75	92.3				

以该地道某一暗埋节段计算为例,该节段覆土约1.2 m,开挖深度约9 m,围护采用Φ800@1 400旋挖桩,设置一道钢筋混凝土支撑+一道钢管支撑,坑底下有3.8 m②₁层湿陷性黄土。

根据《湿陷性黄土地区建筑标准》(GB 50025—2018)结构 4.4.3 条、4.4.4 条进行计算。场地自重湿陷量计算值 $\Delta_{s,1}=1.5 \times [0.034 \times 3\ 200+0.022 \times (3\ 800+4\ 100)]=423.9\text{ mm}$, 地基湿陷量计算值 $\Delta_{s,2}=1.0 \times 1.5 \times 0.039 \times 3\ 800=222.3\text{ mm}$, 依据规范 4.4.6 条判断湿陷性黄土地基的湿陷等级为 II 级。尽管地道相对较重要,但因地基属于超固结土,基底荷载相对较小,一般为地下一层箱形结构,所以建筑物分类归为丙类。由于地道为箱形结构,适用沉降能力较强,且可以通过设计阶段预留一定净空,在沉降发生后,通过加铺沥青层恢复路面标高。综合考虑,将地道允许剩余湿陷量定为 150 mm。 $\Delta_{s,3}=1.0 \times 1.5 \times 0.039 \times (3\ 800-h)=150\text{ mm}$, 需处理掉的基底湿陷性黄土厚度为 1.236 m。

地基湿陷量计算采用的是土的湿陷系数。由第一节可知,勘察单位采用的湿陷系数试验压力远大于土体实际所受压力,土体所受实际压力甚至小于初始饱和自重压力,可见即使采用土的自重湿陷系数,也是保守的。根据各地近几十年的浸水试验成果可知,湿陷沉降量大部分产生于上部土层,而本地道节段上部近 10 m 土层均已挖除,地道结构可作为良好的隔水层,坑底以下的黄土浸水的概率大幅降低。同时本地道上方原为一条快速路(地面道路),路面结构自上而下分别为 4 cm 厚中粒式沥青混凝土、6 cm 粗粒式沥青混凝土、洒透层油 1 kg/m²、20 cm 5% 水泥稳定砂砾、30 cm 级配砂砾垫层、压实土基(压实度 95%),自 2001 年建成通车经过 20 多年的运营后,未出现明显的沉降病害。综上所述,地道坑底 1 m 素土换填,压实系数不小于 0.96。

在地基处理的同时,采取了下列措施:(1)围护

桩紧贴侧墙设置,基坑开挖过程中,在围护桩间设置喷射钢筋混凝土网并找平,作为侧墙外模板利用,避免了肥槽回填不密实,雨水通过肥槽下渗至坑底,同时基坑外雨水进入坑底的途径也变少。(2)部分地道顶部为道路中分绿化带,在绿化带下部设置砂滤层,并内置带孔排水管,排水管通过一定坡度将绿化浇灌水排到地道两侧的市政雨水管网。(3)地道采取多道防水措施,避免地道清洗水等渗漏到地道坑底。该地道在近三年的运营过程中,未出现明显的湿陷沉降。

4 结 语

本文通过理论分析及工程验证,得出如下主要结论。

(1)地道底下土一般属于超固结土,测定湿陷系数的试验压力按规范计算远大于实际压力,造成湿陷系数变大失真,导致地基处理工程量增加。

(2)黄土浸水湿陷后,尽管侧向土压力设计值增加较多,但对这一偶然设计状况进行计算并结合地道结构设计可知,此工况非受控工况,可不考虑。

(3)围护及地道结构的封闭隔水,降水和灌溉水排水通道的顺畅,地道结构本身的防水措施,均可以有效防止湿陷沉降的发生。

参考文献:

[1] GB 50025—2018,湿陷性黄土地区建筑标准[S].
 [2] 罗章波.西安地铁穿越湿陷性黄土层处理原则与措施研究[J].隧道建设,2016,36(3):257-263.
 [3] 王立新,王俊,李储军.大厚度自重湿陷性黄土地层条件下复杂地铁隧道工程方案研究[J].现代隧道技术,2016,53(2):157-164.
 [4] 王立新,刘保健,白阳阳.湿陷性黄土与地铁地下结构相互作用机理研究[J].现代隧道技术,2019,56(1):72-78.
 [5] GB 50068—2018,建筑结构可靠性设计统一标准[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com