

郑西客运专线三门峡段黄土 工程地质特征及设计参数探讨

杨昌义

(铁道第二勘察设计院,四川成都 610031)

Engineering Geological Characteristics of Loess and Its Design Parameters

Yang Changyi

摘 要 新建高速客运专线对铁路线下工程的工后沉降变形控制要求非常严格,黄土的湿陷性是变形控制的关键课题。对郑西客运专线三门峡段在初步设计阶段取得的各种资料进行分析,提出相关设计参数参考值。

关键词 郑西客运专线 黄土 工程地质特征 参数

高速客运专线与普通铁路的要求不同,其对线下工程的工后沉降变形要求为不大于 2 cm。拟建铁路郑州至西安客运专线(下称郑西客专)主要通过黄土地区,而黄土的湿陷性是影响变形的关键因素,本文通过对郑西客专三门峡段初步设计阶段所取得的勘察资料进行分析,旨在认识沿线不同段落、不同类型的黄土,供设计借鉴。

郑西客专东起郑州,经河南省洛阳、三门峡和陕西省渭南,终至西安,是我国规划“四纵四横”铁路快速

客运网中陇海客运专线的组成部分,其设计速度目标值为 350 km/h。三门峡段长约 153 km,线路经过的大部分地区分布黄土,弄清不同时代、不同类型的黄土湿陷性差异,对合理选用设计参数显得十分重要。

1 黄土工程地质特征

1.1 地形地貌特征

郑西客专三门峡段,除中段为低山基岩裸露外,其他均属黄土地貌,东西两端存在较大差异,可细分为东西两段不同的黄土地貌。线路地质纵断面如图 1 所示。

(1) 东段

3 结束语

大运高速公路侯马至运城段的勘测、勘探过程中,充分利用了航片解译、野外工程地质调查以及多种勘探手段,探查出多处黄土滑坡、陷穴密集发育地带以及人工洞穴等,较好的绕避了文物区、黄土滑坡、陷穴密集发育地带。同时查明了黄土的湿陷等级及特性,针对不同的工程特点提出了回填置换、强夯处理地基等相应的处理措施,有效地消除了铁路工程建设与运营中的隐患,为工程安全稳定提供了有利的保障。

参 考 文 献

- [1] 铁道第一勘察设计院. 铁路工程地质手册. 北京: 中国铁道出版社, 1999

收稿日期: 2005-03-29

作者简介: 杨昌义(1971—), 男, 1994 年毕业于西南交通大学水文地质及工程地质专业, 工程师。

黄土及黄土质粘性土。

在河流阶地以及黄土塬前缘多分布有新近堆积黄土, 多由高向低呈由薄变厚的趋势, 其特性为: 土质不均、结构疏松、大孔排列杂乱。常混有砖瓦等人类遗迹, 欠压密、结构强度低。

河谷漫滩以及冲沟底部淤积物, 具有疏松、局部含水量偏高的特点, 部分地段淤积厚度可达 5~8 m。其工程性质差、承载力低, 多需要采取一定的基础换填、强夯等处理措施, 方可保证工程构筑物的稳定性。

在勘察过程中, 在沿线一定范围内进行详细的野外工程地质调查, 利用钻探、触探、标贯试验以及室内试验等综合勘探试验, 详细查明了新近堆积黄土及黄土质粘性土的性质及其分布, 并根据工程构筑物的特性提出了对应的处理措施, 保证了工程的安全性。

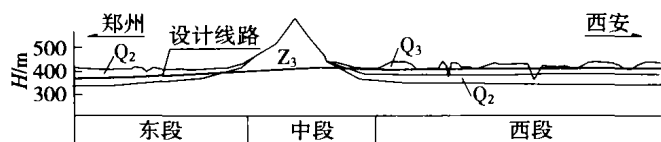


图1 线路地质纵断面示意

自盐镇(DK170+800)至观音堂(DK209+100),为洛河流域黄土台塬地貌。台塬面高程一般为440~720 m,多平坦宽缓。地表分布较浅的宽缓U字形槽谷,另有深达5~30 m的冲沟,多狭窄且短。槽谷及冲沟内大多无次生黄土,局部槽谷内覆盖0~3 m的坡洪积层。

(2) 西段

自观音堂(DK209+100)至潼关(DK333+000),为黄河阶地及丘陵台地地貌。分布黄河的几条小支流,1、2、3、4级阶地及黄土台塬。台塬面一般位于600 m高程以上。台地边缘树枝状冲沟发育,冲沟切割深度可达数十米。黄河(及近黄河的支流)河床高程在320 m以下,1级阶地高程为330~340 m,相对河床高差10 m以上;2级阶地高程为350~390 m,相对河床高差约50 m;3级阶地高程为420~470 m,相对河床高差约150 m;4级阶地高程为500~520 m,相对河床高差约200 m。阶地的分布不规则,部分地区缺失或仅余孤立的小块。

1.2 成因及岩性特征

黄土的成因十分复杂,上更新统(Q_3)以后以风积(Q_3^{eol})砂质黄土为主,呈“铺天盖地”式广泛分布,只是从西北往东南呈尖灭趋势。东段距离西北土塬较远,上更新统(Q_3)砂质黄土很难寻觅。西段两端仍然有较大差异,东端(中段)呈过渡形态,黄土较薄;西端(西段)黄土很厚。

(1) 东段

表层多覆盖第四系中更新统离石黄土(Q_2),以洪积(Q_2^{pl})粘质黄土为主,普遍见姜石,土层坚硬—硬塑,一般厚度为10~20 m,最大超过40 m。下伏第四系下更新统午城黄土(Q_1),以冲积(Q_1^{al})砂、卵砾石为主,相对较薄且局部尖灭。基岩为上第三系上统(N_2)泥岩及砾岩。

(2) 中段

部分表层覆盖较薄的第四系上更新统马兰黄土(Q_3),部分地表出露或下伏较薄的第四系中更新统离石黄土(Q_2)。

(3) 西段

表层多覆盖第四系上更新统马兰黄土(Q_3),以风

积(Q_3^{eol})砂质黄土为主,常见蜗牛壳,厚度为6~20 m,最大超过30 m。局部低洼沟槽地带分布次生黄土(Q_4^2),河床中分布砂、卵砾石等河流相冲洪积地层。下伏离石黄土(Q_2),厚度最大可达上百米;午城黄土(Q_1)少有露头。基岩埋藏较深,一般工程不会揭露。

1.3 工程地质性质

黄土由于时代和成因不同,工程地质性质差异极大。沿线主要两类黄土:

(1) 马兰黄土

多为风积(Q_3^{eol}),以粉粒成分为骨架,相互间多为点接触,因干旱气候造成钙质于接点处胶结,孔隙较大且肉眼可见,常具有垂直节理,一般情况下稳定性较好。但抗水性能差,易见水崩解,上部多具有湿陷性,表层常具有自重湿陷性。风积黄土受环境的影响十分明显,工程性质差异很大,如含水量的变化对地基的强度影响很大,地表水集中冲刷、渗漏会严重破坏边坡的稳定等。

(2) 离石黄土(Q_2)

多以粘粒成分为主,因干旱气候常形成钙质结核,孔隙相对较小,同样具有垂直节理,一般情况下稳定性好。结核个体可达10 cm以上,底部常成层分布。抗水性能略好,一般不具有湿陷性。经取样试验,多数具有膨胀性。离石黄土受环境的影响相对较小,工程性质差异相对较小,但地表水集中冲刷、渗漏也会破坏黄土边坡的稳定。

2 物理力学指标分析

对上千组试验资料进行了分类统计分析,得出以下结论。

(1)在《中国湿陷性黄土地区划分略图》上,东段对应划为河南地区,中段、西段划为关中地区。

(2)由于取样扰动等原因,部分试验数据与前人研究划分的试验范围值差异较大,突出者作为异常数据予以剔除。

(3)分别对东、中、西段的试验数据,按不同时代、不同岩性、不同湿陷性、不同层位地层等分别进行统计分析。分类结果为:

①东段为(Q_2)粘质黄土,可分为松软层与正常层,松软层多分布于填土和排水不畅的局部富水地段,厚度一般为0~5 m。

②中段表层为(Q_3)砂质黄土,可分为地表松软层、上部湿陷层与下部非湿陷层。

③中段(Q_2)黄土,可分为砂质黄土、粘质黄土松软层与正常层。

④西段表层为(Q_3)砂质黄土,可分为地表松软层、中部松软层、上部湿陷层与下部非湿陷层。

⑤西段(Q_2)黄土,可分为砂质黄土、粘质黄土松软层与正常层。

3 黄土指标应用探讨

3.1 参考指标范围

湿陷性黄土的颗粒组成及物理力学指标如表 1、

表 2 湿陷性黄土的物理力学指标

地区	区	黄土厚度/m	湿陷性黄土厚度/m	地下水位深度/m	物理力学指标							
					含水量 $\omega/\%$	天然重度 γ $/(\text{kN}/\text{m}^3)$	液限 W_L $/(\%)$	塑性指数 I_p	空隙比 e	压缩系数 $a_{0.1-0.2}/\text{MPa}^{-1}$	湿陷系数 δ_s	自重湿陷系数 δ_{zs}
关中	低阶地	5~20	4~8	7~15	15~21	15~16.7	26.2~31	9.5~12	0.94~1.09	0.24~0.61	0.029~0.072	0.003~0.024
关中	高阶地	50~100	6~12	20~40	14~20	14.7~16.4	27.3~31	10.2~12.2	0.95~1.12	0.17~0.59	0.030~0.078	0.005~0.034
豫西	-	6~25	4~8	5~25	16~21	16.1~18.1	26~32	10~13	0.86~1.07	0.18~0.33	0.023~0.045	-

3.2 物理力学指标对比及设计建议参考值

将现场实测值与规范所列豫西地区参考值进行对比。

(1) 含水量 ω

实测平均值东段为 23.2%~26.2%,超过规范值 2%~5%;西段为 5.7%~23.3%,并呈低阶地向高阶地降低趋势,总体较为离散。建议设计时采用实测分段统计值。

(2) 空隙比 e

实测平均值东段为 0.773~0.827,低于规范值 0.087~0.243;西段为 0.77~1.02,呈低阶地向高阶地降低趋势,大致与规范值相当。建议东段设计时采用实测值,西段工点无实测值时可参照规范引用。

(3) 天然重度 γ

实测平均值东段为 18.8~23.3/(kN/m^3),大于规范值 2%~5%;西段为 14.5~17.8/(kN/m^3),亦呈低阶地向高阶地降低趋势,小于规范值 1%~2%。分析认为:主要是东段大多为较为密实的离石黄土,而西段多为空隙比相对较大的马兰黄土。建议设计时采用工点实测分段统计值。

(4) 液限 W_L

实测平均值东段为 30.5%~36.1%,较规范值(26%~32%)高出约 4%;西段为 27.2%~29.9%,离散性较小,呈低阶地向高阶地增大趋势。建议东段设计时采用工点实测统计值,西段工点无实测值时可参照规范引用。

表 2 所示。

表 1 湿陷性黄土的颗粒组成 (%)

地区	粒径/mm		
	砂粒 >0.05	粉粒 0.05~0.005	粘粒 <0.005
关中	11~25	52~64	19~24
豫西	11~18	53~66	19~26
总体	11~29	52~74	8~26

(5) 塑性指数 I_p

实测平均值东段为 12~16.1,较规范值(10~13)高 2~3;西段为 8.81~10.10,总体上低于规范值且呈低阶地向高阶地增大趋势。

(6) 压缩系数 $a_{0.1-0.2}$

实测平均值为 0.25~0.28,较规范值(0.18~0.33)离散性小;西段为 0.3~0.7,明显大于规范值且呈低阶地向高阶地增大趋势。建议东段无实测值时可采用规范值,西段较为离散,应采用工点实测统计值。

(7) 自重湿陷系数 δ_{zs}

实测东段多无自重湿陷性,西段为 0.028~0.044,即表现为表层具有弱—中等自重湿陷性。厚度大多为表层 0~15 m,局部大于 25 m。设计时东段可不考虑自重湿陷性,但西段大多应考虑表层 0~15 m 具有自重湿陷性,湿陷起始压力统计标准值为 67.4~155 kPa,这与西段表层大多分布有 Q_3 马兰黄土密切相关。

(8) 湿陷系数 δ_s

东段多为较为密实状 Q_2 离石黄土,未进行高压载荷湿陷性测试;西段仅作 200 kPa、300 kPa 载荷湿陷性样品试验,其 200 kPa 湿陷系数 δ_s 为 0.036~0.056,300 kPa 湿陷系数 δ_s 为 0.039~0.057。

参 考 文 献

- [1] 铁道第一勘察设计院. 铁路工程地质手册. 北京: 中国铁道出版社, 2002