

新疆引水工程西干渠的特殊岩土

李万逵 海来提 刘孝勤

(新疆水利水电勘测设计研究院地质勘察研究所, 乌鲁木齐 830091)

【摘要】 新疆引水工程西干渠的特殊岩土有膨胀岩土和盐渍土, 在施工期间其胀缩性已对在建工程形成破坏作用, 为此, 对特殊岩土的分布范围、胀缩性以及工程的影响进行了进一步的研究工作。

【关键词】 渠道; 特殊岩土; 胀缩性

【中图分类号】 TU 443; TU 448

Special Stratum of West Trunk Canal in Xinjiang Division Water

【Abstract】 Swelling soil and salinized soil are special stratum of Xinjiang Yin Er Ji Ker West trunk canal, they harm the engineering project because of their swell-shrink characteristics during construction. So the distribute feature, swell-shrink characteristics and the affection of the special stratum to the engineering project are researched deeply.

【Key words】 canal; special stratum; swell-shrink characteristics

0 引言

新疆引水工程由西干渠、风城水库组成, 地理位置见图 1。西干渠东起福海顶山分水枢纽, 向西至风城水库, 总长 217 km, 其中 5 条隧洞总长 8.9 km, 排洪建筑物 169 座, 公路桥 3 座, 分水退水闸 5 座。渠道设计流量 $55 \text{ m}^3/\text{s}$, 加大流量 $60 \text{ m}^3/\text{s}$, 总投资 19.6 亿

元。该工程自 1997 年上半年动工兴建, 1999 年 10 月基本完工。西干渠是目前我国已建的较长引水工程。

西干渠的特殊岩土有膨胀岩土和盐渍土, 西干渠的泥岩在初步设计阶段已认识到具有弱—中等膨胀性; 少量地段地层中盐份含量相对较高。施工中进一步的试验分析, 认识到膨胀岩土和富含芒硝的强硫酸盐渍土对渠道具明显的破坏作用, 直接影响渠道的建设和运行使用。施工中, 对特殊岩土的分布进行了详细的编录, 对其危害进行了处理。特殊岩土共统计到 880 段, 工程处理换填土方量 50 万 m^3 。

1 膨胀岩土

渠道沿线的膨胀岩土有白垩系、第三系的泥岩、砂质泥岩和泥质粉砂岩, 分布范围和区间变化较大, 以下从膨胀岩土的分布特征, 对膨胀土的认识和处理方面进行分析和讨论。

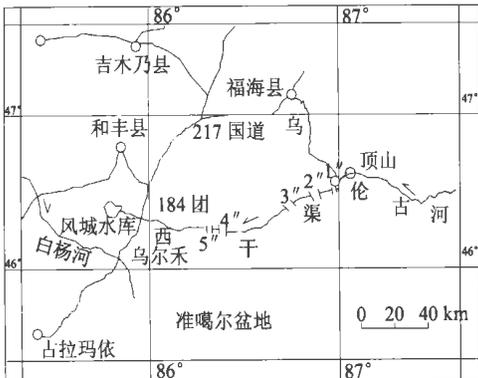


图 1 引水工程西干渠地理位置示意图

作者简介: 李万逵, 1954 年生, 男, 汉族, 甘肃民勤人, 1983 年毕业于成勘院职工大学水文工程地质专业, 高级工程师, 从事水文工程地质工作。

表1 膨胀岩分类指标和试验结果统计表

类别	粘粒质量分数/%		胶粒质量分数/%		塑性指数/%		液限/%		膨胀力/kPa		自由膨胀率/%	
	界值	$a \frac{b}{c}$	界值	$a \frac{b}{c}$	界值	$a \frac{b}{c}$	界值	$a \frac{b}{c}$	界值	$a \frac{b}{c}$	界值	$a \frac{b}{c}$
强膨胀	>50	$9 \frac{63}{56 \sim 76}$	>30	$9 \frac{42}{35 \sim 50}$	>25	$8 \frac{29}{25 \sim 33}$	>50	$4 \frac{59}{54 \sim 62}$	>120	$11 \frac{360}{128 \sim 987}$	>80	$13 \frac{145}{80 \sim 360}$
中膨胀	35~50	$4 \frac{43.8}{37 \sim 48}$	20~30	$6 \frac{22}{20 \sim 25}$	18~25	$10 \frac{21}{18 \sim 24}$	40~50	$2 \frac{43}{41 \sim 45}$	40~120	$7 \frac{82}{42 \sim 112}$	50~80	$22 \frac{60}{50 \sim 79}$
弱膨胀	<35	$18 \frac{28}{10 \sim 34}$	<20	$20 \frac{13}{3 \sim 18}$	<18	$19 \frac{13.5}{5.3 \sim 17.5}$	<40		<40	$6 \frac{5.6}{2.5 \sim 8.8}$	30~50	$16 \frac{25}{30 \sim 49}$

注: a—试验组数 b—平均值 c—范围值

试验表明,粘粒和胶粒是膨胀岩土的必要基本条件,质量分数较高时,具备强膨胀的条件,但界值并不明显,显然,受其矿物成份的制约。

1.3 膨胀岩土的处理

目前已有的膨胀土处理方法较多,有换土、湿度控制、化学固化、土工织物和支撑结构等方法^[1]。

西干渠对膨胀岩土的处理,根据目前国内已有工程的经验,决定采用换土的处理方式,因渠道采用了砼衬砌和人工膜布双重防渗措施,所以换土厚度一般为 50 cm。

2 盐渍土及含盐地层

在 1997 年 11 月《新疆引水工程西干渠工程地质报告》中提出,西干渠局部地表盐碱富集问题。施工阶段,随着工程的修建和进一步地勘探试验过程中认识到,富含砒硝的强硫酸盐渍土已对在建的渠道产生明显的破坏作用。如 H48+555—H49+750 渠段将砼托起或顶裂,并使渠坡鼓起变形,因此,必须对渠道渠壁、渠底冻土层以内的盐渍土的盐胀加以深入细致的研究和处理。

2.1 盐渍土及含盐地层的分布

西干渠典型的强硫酸盐渍土分布区段之一为 H40+000—H50+750 渠段,而在该段内 H48+555—H50+750 盐碱现象更为突出。盐渍土的分布区间还有 H30+000—H40+000, H110+000—H110+550, H112+400—H112+980 和 H113+455—H113+850。白垩系、第三系和第四系的地层中都有含盐地层存在。

2.2 盐渍土及含盐地层对工程的影响及处理

盐渍土及含盐地层对渠道的影响主要是对衬砌的侵蚀性、盐胀对渠道的衬砌的破坏和渠坡变形破坏。

西干渠 H48+555—H49+750 段部分渠段开挖后,在 1998 年 10 月下旬精修渠坡中发现,在渠坡上有沿渠道方向延伸,在渠顶以下 0.5~2.5 m 范围内的纵向裂缝,形成于渠坡精修之后,部分区段内渠坡土体向上鼓起 2~3 cm,最大自由抬升高度 13 cm,见图 3。该渠段在地形地貌上为和布克河的冲洪积平原,地形较为平坦开阔,地表多生长耐盐碱植物,地表多为浅白色盐碱壳,出露地层有粉砂土层、淤泥质粉土层和土黄色粉质粘土层。

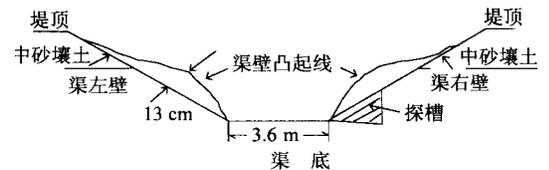


图3 西干渠 H48+700 盐胀剖面图

第四系洪积淤泥质粉土层中盐份富集,自 H48+700 附近自渠底出露,向下游方向逐渐抬升,厚度由 1.5 m 渐变为 2.3 m。土渠壁鼓起、裂开和渠壁厚 10 cm 的砒板被顶起、裂开现象均发生在该层内。

该开挖的探槽和探坑剖面上,盐份主要呈两种形态存在,一种为原生的团块状,乳白色和浅白色,无光泽的盐份团块。另一种为晶体状、具有光泽、晶面,结晶体明显存在于土体颗粒之间,盐份

结晶体裸露时,数十分钟即风化成白色粉末状。

对 H48+555—H49+750 段土层中的盐份分析结果表明,易溶盐总量为 4.78 %~5.81 %,硫酸盐质量分数为 3.58 %,见表 2。该段地层属强硫酸盐碱土,富含无水芒硝(Na_2SO_4),质量分数高达 2.65 %,具备盐胀的基本首要条件。

表 2 地层主要盐份分析结果表 %

地 点	$w(\text{CaSO}_4)$	$w(\text{MgSO}_4)$	$w(\text{NaCl})$	$w(\text{Na}_2\text{SO}_4)$	$w(\text{易溶盐})$
H48+555	0.63	0.54	0.24	2.41	4.78
H49+230	0.53	0.48	0.41	2.65	5.81

一般当土中的硫酸钠质量分数不超过 2 % 时,土的盐胀作用并不明显,一旦超过这个数值时,随温度的变化产生土的胀、缩随含盐量的增加而剧增,硫酸钠将吸收或失去 10 个水分子($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 体积增大或缩小 3.1 倍,对土层产生破坏作用^[2]。

盐胀随温度变化较大。在 $0\text{ }^\circ\text{C} \sim -6\text{ }^\circ\text{C}$ 的范围内,盐胀变化的速率最大,一般完成总胀量的 90 % 以上,硫酸钠结晶膨胀要求的温度与该段施工期及后期的气温基本接近,具备硫酸钠重结晶产生盐胀的外部环境条件。

工程施工中对盐渍土和含盐地层的渠段采取了换填土的处理措施,换土厚度 50 cm。如果有条件,采用条石进行处理则较为合理。

3 讨 论

膨胀土和盐渍土对渠道而言,地基承载力一般都能满足要求,主要影响渠坡变形和稳定。

对膨胀岩土各方面的研究已日趋成熟,而在实际建设工程中由于受到资金、设备、工期和生产技术人员的认识等多方面因素的制约,对膨胀岩土识别与区分的标准不宜过于复杂。对于渠道的膨胀岩土,有关部门在修改规范时,为便于建设中掌握和使用,对岩土的膨胀性及其强弱的区分,建议着重考虑自由膨胀率、膨胀力,其次为矿物成份和颗粒组成。另外,因膨胀岩土直接影响渠道的边坡,必须进行抗剪强度试验。

西干渠工程施工中采用国内对膨胀岩土

已有的研究成果,将自由膨胀率区分为 $<30\%$ 、 $30\% \sim 50\%$ (弱)、 $50\% \sim 80\%$ (中) 和 $>80\%$ (强) 几个区间,与实际开挖的膨胀现象吻合一致,较为合理、简便、实用。

对特殊岩土处理的指导思想和基本方法为“强防渗、缓边坡、碎铺砌、底排水”^[3]。

对渠道的膨胀岩土而言,“水”是问题的根源,只要隔离了水的浸入,即可解决问题,因此首先提出“强防渗”。膨胀岩土的膨胀,内因是其矿物成份,以及颗粒组成,外因是水和任其自由膨胀的空间。对渠道,不仅需做好防止渠水的渗入,而且需考虑防止渠外水体沿其它途径渗入渠体地基而引起膨胀的发生。然而,在实际工程中,尤其在长距离大规模的线性引水工程中,要使渠内和渠外的水体不渗入渠壁的土体中显然是不现实的,这时需要考虑的对策和解决的方法是“缓边坡”。

通过强防渗仍然渗入土体的水所产生的膨胀将使陡渠坡产生破坏和失稳,因而采用“缓边坡”来消除其对渠坡的破坏,是保障渠坡稳定的第二道关键措施。该项措施在平原渠道中便于实际应用,但在旁山渠道和斜坡地带则难度、工程量相对较大。采用缓边坡可保持渠坡稳定,但如果采用大面积的现浇砼板防渗时可能由膨胀变形形成对渠坡面板的顶裂破坏,因此提出“碎铺砌”的措施。由膨胀产生的张应力被小块的铺砌板缝间隙给予释放,小的铺砌块更适应于变形。从而保证渠坡护砌不被破坏而保证渠坡的稳定性。

膨胀岩土一般都具备较弱的渗透性,由外界或渠道渗入的水体不容易被排出渠体之外,天常日久必然形成对渠壁岩土的浸泡,使得渠壁产生泥化、膨胀等一系列不良现象,因此提出“底排水”的措施,使渠壁的水体能及时自渠底排出而不产生破坏现象,保证渠道的稳定性。西干渠采用了“强防渗、缓边坡、碎铺砌、底排水”指导思想,目前运行正常。

对于渠道特殊岩土采用条石处理,具易于压实、防冻胀、防侵蚀、易更换等优越性,不具备条件时可采用其它方法,对膨胀岩土采用换

(下转第 285 页)

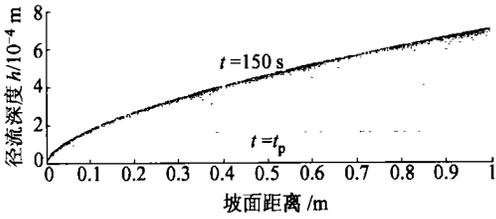


图6 坡面径流深度与坡面距离的变化

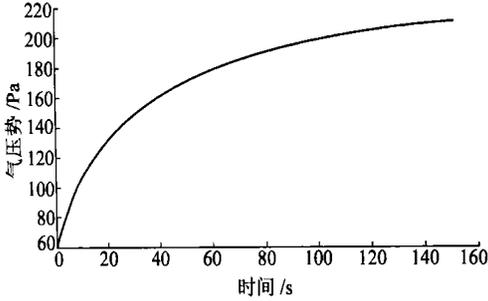


图7 气压势与时间的变化(积水时刻为零点)

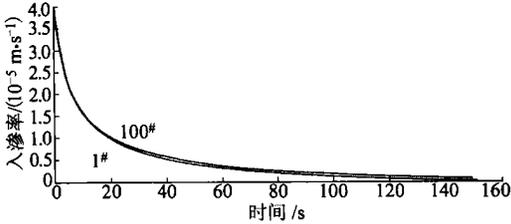


图8 首末结点的入渗率与时间的变化(积水时刻为零点)

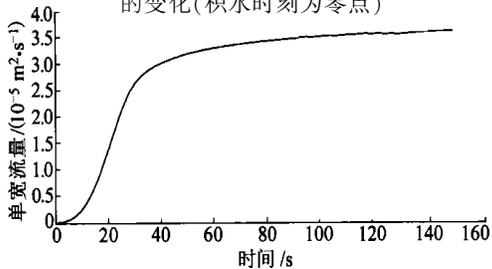


图9 单宽流量与时间的变化(积水时刻为零点)

从以上数据分析可知,采用 Green-Ampt 入渗模型进行研究干土坡在大降雨强度雨水入渗形成坡面径流过程中,气压势的变化由 0 增长到 222 Pa 超过了本算例的进气值 196 Pa,随着时间的进行气压势还有增加的趋势。入渗率由无穷大,随着时间而不断减小。

参 考 文 献

- 1 雷志栋,杨诗秀,谢森传.土壤水动力学.北京:清华大学出版社,1998
- 2 文 康,金管生,李蝶娟等.地表径流过程的数学模拟.北京:水力电力出版社,1990
- 3 陈 力,刘青泉,李家春.坡面降雨入渗产流规律的数据模拟研究.泥沙研究,2001(4):61~67
- 4 Govindaraju, R. s. . On the diffusion wave model for overland flow Water Resour. Res. 1998, 24(5): 734~754
- 5 Ponce, V. M. , R. - M. Li and D. B. Simons, Applicability of Kinematic and diffusion models, J. Hydraul. Div. Amer. Soc. Civil. Eng. 1978, 104: 353~360
- 6 Woolhiser, D. A. , and Liggett, J. A. , Unsteady, one dimension flow over a plane-The rising hydrograph, Water Resour. Res. 1967, 3(3): 753~771
- 7 蒋定生.黄土高原水土流失与治理模式.北京:中国水利水电出版社,1997
- 8 戚隆溪,黄兴法.坡面降雨径流和土壤侵蚀的数据模拟.力学学报,1997,29(3):56~62.
- 9 唐海行,张和平.人工降雨条件下土柱入渗的实验研究.水文,1987(2):1~7

收稿日期:2003-06-30

(上接第 271 页)

土处理时,其厚度有待进一步的研究。

总而言之,对特殊岩土的处理应灵活多样,因地制宜,就地取材,经济可行,便于施工。

参 考 文 献

- 1 刘特洪.工程建设中的膨胀岩土问题.北京:中国

建筑工业出版社,1998

- 2 常士骝主编.工程地质手册(第三版).北京:中国建筑工业出版社,1992.496~515
- 3 《中小型水利水电工程地质》编写组.中小型水利水电工程地质.北京:中国建筑工业出版社,1978.93~94

收稿日期:2003-05-29