

YANTU GONGCHENG KANCHA LUNWENJI

岩土工程勘察论文集

刘满杰 孙景亮 贾国臣 主编



黄河水利出版社

岩土工程勘察论文集

刘满杰 孙景亮 贾国臣 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书精选了天津市水利学会岩土力学专业委员会近年参加学术交流的优秀论文 52 篇。主要内容
包括:工程地质与水文地质、地基基础处理以及物探、钻探、试验、监测、测量、工程管理等。论文作者结
合工程实践,运用先进的技术理论和创新的思维方法对岩土工程勘察中的技术课题进行了认真的研究
和有益的探讨,资料翔实,实用性强。

本书可供岩土工程勘察技术人员借鉴、参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩土工程勘察论文集/刘满杰,孙景亮,贾国臣主编. — 郑州:
黄河水利出版社, 2007. 10
ISBN 978-7-80734-299-1

I. 岩… II. ①刘…②孙…③贾… III. 岩土工程—地质
勘探—文集 IV. TU412.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 151140 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:wlp@yrcp.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:19.5

字数:450 千字

印数:1—1 000

版次:2007 年 10 月第 1 版

印次:2007 年 10 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-80734-299-1/TU·88

定价:38.00 元

《岩土工程勘察论文集》 编委会

主编 刘满杰 孙景亮 贾国臣

编委 边建峰 杨计申 牛世豫

宋 巍 宋子玺 张怀军

张志恒 赵振海 高 艳

前 言

近 10 年来,随着国家综合实力的提高,我国基础设施建设迎来了前所未有的高速发展时期,带动了相关产业的发展,为岩土力学的技术进步提供了良好的机遇。

天津市水力学会岩土力学专业委员会(以下简称岩土力学专委会)是以学术交流、技术咨询为主的地方行业学会,多年来以中水北方勘测设计研究有限责任公司、河北省水利水电勘测设计院、天津市水利勘测设计院、中国水电基础局有限公司、海河水利委员会下游管理局、天津大学建工学院为核心单位,积极组织学术交流、参观、考察。随着天津市水力学会工作的发展,近几年又吸收了廊坊市水利勘察规划设计院、蓟县水务局、天津城建学院、天津华北有色地质勘察局等单位,对岩土力学专委会的活动注入了更加蓬勃的生机。

为更好地展示会员单位的科技成果,提供水利科技人员交流与提高的平台,2006 年岩土力学专委会决定编辑出版《岩土工程勘察论文集》,本论文集自 2007 年 4 月开始征稿,至 6 月底结束,共收集论文 52 篇。论文涉及测量、工程地质与水文地质、物探、钻探、试验、计算、监测等岩土工程的相关专业。工程项目所在地涉及华北、华东、华中、西北、西南等地区。论文研究、探讨的工程类别包括水电工程、堤防工程、工业与民用建筑工程、铁路、隧洞等广泛领域。

在作者精心撰写的基础上,经编委们的审核、修改,《岩土工程勘察论文集》终于出版了,本论文集代表了以水利水电系统为主的岩土工程工作方向和最新成果。以此献给多年来为岩土工程的发展而努力工作的同行们。

随着我国的繁荣富强以及和谐社会的建立和科学发展观的深入贯彻,我们岩土工作者在将来的工作中无疑会面临更多的机会与挑战。只要我们坚定地走开拓创新之路,岩土工程必将为国民经济发展做出更大的贡献。

刘满杰

2007 年 7 月

目 录

饱和黏性土抗剪参数与抗剪强度的求值方法	张长存	许仙娥	(1)	
长距离调水工程中的平原区地下水浸没问题	袁宏利	滕杰	(7)	
大梁水库筑坝土料勘察研究	张怀军	周颖	(15)	
防渗墙施工过程中土石坝产生裂缝的探讨	刘守田	肖树斌	(23)	
关于灌浆工程量计量方法的研讨与建议		夏可风	(30)	
弱微透水岩体灌浆效果分析——以滦河大黑汀水库坝基灌浆试验为例	乔东玉	刘拥	(40)	
基岩裂隙抗渗能力试验研究	王根柱	肖恩尚	李春鹏	(47)
引宁河北入开发区供水管线穿永定新河土体工程地质特性	刘凯		(61)	
山东某矿区建筑物地基裂缝成因初探	滕杰	程莉	(66)	
新型固壁泥浆——MMH 正电胶的试验研究与在田湾河仁宗海 大坝防渗墙施工中的应用	王丽娟	孔祥生	(70)	
新型双头辅助加气振冲技术	刘健		(77)	
岩体模量的经验估算方法	许仙娥	陈书文	(82)	
引黄入晋工程南 6 [#] 隧洞岩溶发育段固结灌浆可行性研究	徐建闽	程莉	(96)	
海河流域平原区已建堤防工程勘察中的几点体会	徐建闽	程莉	(102)	
蓟县高氟地下水成因与分布规律浅析	王安	尹学军	李东然	(108)
EH-4 型电导率剖面仪在蓟县金碧山庄找水的应用	尹学军	李东然	庞湘琴等	(112)
蓟县田家峪山区小水库不存在滑坡问题	王俊岭	赵幼春	李立民	(115)
天津经济技术开发区环境水、土腐蚀性分析	程莉	张丽艳		(117)
浅议华北地区泥质膨胀岩工程勘察方法	徐建闽	付官厅		(124)
毛管水上升高度试验装置的改进	张中炎	牛坤	余桓玲	(130)
天津地区土层压缩模量与承载力的关系	田淑娟	张米军		(133)
对混凝土有侵蚀性的水、土壤和气体的评估		赵国斌		(137)
铁路大提速对岩土工程的新要求		贾小辉		(160)
浅谈深埋长隧洞勘察	张志恒	程莉	余桓玲	(162)
黄河沙坡头水利枢纽坝基大口径岩体变形观测孔施工	郭智民	林华虎	林大明	(165)
南水北调东线位山穿黄探洞进口注浆工艺及效果分析	林华虎	林大明	高志飞	(170)
水上多孔分层抽水试验方法初探	林华虎	郭智民	高志飞	(176)
官路水库渗漏分析	陈书文	许仙娥	方海艳	(182)

物探检测在近水平层状岩体卸荷回弹特征研究中的应用

- 魏树满 刘栋臣 王志豪等(186)
- 隧洞外水压力折减系数工程地质研究..... 宋 岳 贾国臣 滕 杰(191)
- 岳城水库主坝右岸坝段坝基渗流分析..... 赵 秋(197)
- 水上钻探钻船定位及移位技术..... 宣贵金 赵 秋(201)
- 浅谈倒垂孔的施工..... 赵 秋 林大明 杨福常(205)
- 戈兰滩水电站工程边坡主要破坏类型..... 段世委 屈 儒 郝东红(209)
- 关于堤防工程的防渗、稳定与加固技术综述 孙景亮(213)
- 戈兰滩水电站左坝肩复杂岩土结构边坡稳定性..... 程向民 吕 振(218)
- 深化安全生产规范化管理,促进勘察行业安全工作再上新台阶 周 颖(224)
- 关于勘察设计企业实行全面预算管理探讨..... 杨幼辰(228)
- 工程地质信息化的现状与发展..... 贾小辉 王德筑(231)
- 浅析勘察设计单位人事部门自身建设..... 周 颖(234)
- 卡塔尔路赛场地准备项目 2A 区静力触探的应用体会 王晓燕(237)
- 韩家园水库主副坝渗漏问题探讨..... 田福凯 刘建华 王红菊(242)
- 南水北调中线配套工程广阳水库坝基渗透和砂土液化问题探讨
..... 王红菊 田福凯 陈 柳等(245)
- 对新疆 220 kV 变电所工程建设监理过程的认识 高立业 刘秀霞 杨 刚(250)
- 齐热哈塔尔水电站发电洞地应力场特征与岩爆..... 程向民 陈书文 杜长青(256)
- 综合物探方法在地层结构调查中的应用..... 赵 楠 王清玉(264)
- 加筋土应用中的技术问题与研究趋势..... 杨继位 柴寿喜 石 茜等(272)
- 固土材料及优选固化滨海盐渍土方法..... 石 茜 柴寿喜 杨继位等(277)
- 网络计划技术在水利水电工程勘察进度控制中的运用
..... 高金平 贾国臣 程向民等(284)
- 全站仪特殊功能及其精度分析..... 高金平 高志飞 屈 儒等(292)
- 关于较长地质探洞贯通测量的设计与施工..... 屈 儒 高志飞 任晓芳等(296)
- 岩土工程施工项目管理与控制..... 边建峰 周 颖(302)

饱和黏性土抗剪参数与抗剪强度的求值方法

张长存 许仙娥

(中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院 天津 300222)

摘要:目前,在工程设计中饱和黏性土的抗剪强度参数(C 、 φ)很难在原位试验中直接求得,往往要通过试验数据与经验相结合的间接方法给出。作为成熟的试验方法,十字板剪切试验很好地模拟了土体剪切破坏的过程,现有试验方法于抗剪参数中仅给出了抗剪强度(C_u)的求值方法,本文从理论上导出了根据试验结果计算土层抗剪强度参数(即内摩擦角 φ 与凝聚力 C)的直接求值方法,进而对比了果取 C_u 及 C 、 φ 值不同参数的两种情况下进行边坡稳定性分析的计算。

关键词:十字板剪切 抗剪强度 C_u 抗剪强度参数(C 、 φ) 边坡稳定计算

1 前言

工程设计中,建筑物基础上层的抗剪强度参数的确定对基础稳定分析至为重要。室内土工试验可求得不同固结、排水条件下的抗剪强度指标,但是受取样方式、运送及制样等人为因素影响,致使试验成果可靠性下降。原位测试则弥补了试样受扰动的不足,其中载荷试验、静力触探试验、动力触探试验、标准贯入试验及旁压试验均可根据试验成果给出土层的抗剪强度,但是受试验原理制约,多为半理论半经验公式。十字板剪切试验是将插入饱和黏性土中的十字板头,以一定的速率旋转破坏,测出土的抵抗力矩,从而计算出土的抗剪参数,现有试验方法仅给出了抗剪强度 C_u 的求值方法。因为此试验完成了圆柱状土体滑动剪破坏的整个过程,故而为求得抗剪强度参数(C 、 φ)值提供了试验基础,亦为基础或边坡稳定分析提供了可靠参数。

2 土层的抗剪强度 C_u 求值

现有试验规程或手册中,阐述了十字板剪切试验求得土层的抗剪强度 C_u 的原理及方法,其基本原理如下。

2.1 基本理论

当转动插入土层中的十字板头时,在土层中产生的破坏状态接近一个圆柱体。假设圆柱体状土层均质,且土层的摩擦角 φ 为 0,由土体产生破坏时所产生的抵抗力矩 M 为:

$$M = C_u \pi H D^2 / 2 + C_u \pi D^3 / 6 \quad (1)$$

式中 M ——土体破坏时抵抗力矩($\text{kN} \cdot \text{m}$);

C_u ——饱和黏土的不排水抗剪强度(kPa);

D ——圆柱体直径,对于软黏土,它相当于十字板的直径(m);

H ——圆柱体高度,对于软黏土,它相当于十字板的高度(m)。

2.2 土层的抗剪强度 C_u 的计算

根据测力装置中钢环系数 K 、转盘半径 R 与不同情况下的百分表读数可计算出土层

的破坏力矩 M 为:

$$M = R \cdot K(\epsilon - \epsilon'') \quad (2)$$

式中 K ——钢环系数(kN/0.01 mm);

R ——转盘半径;

ϵ ——原状土层剪损时量表最大读数(0.01 mm);

ϵ'' ——轴杆与土摩擦时量表最大读数(0.01 mm)。

根据上述两式,可得土层的抗剪强度 C_u 为:

$$C_u = K' \cdot K(\epsilon - \epsilon'') \quad (3)$$

$$K' = 2R/[\pi HD^2(1 + D/3H)] \quad (4)$$

式中 K ——钢环系数(kN/0.01 mm);

K' ——十字板常数(m^{-2}),可按式(4)计算。

在现有规范中要求十字板剪切试验成果一般采用上述公式计算土层的抗剪强度 C_u 及灵敏度 S_t ,并绘制抗剪强度 C_u 随深度 h 变化的曲线。

由上述公式推导过程可知,现有规范中计算所得的抗剪强度 C_u 值仅为假设抗剪强度参数(C, f)中摩擦角 φ 值为 0 时,凝聚力 C 值的特殊值。以下将对土层的抗剪强度参数(C, f)进行一般规律的推导。

3 土层的抗剪强度参数 C, φ 值求导

当转动插入土层中的十字板头时,在土层中产生的破坏状态接近一个圆柱体。假设圆柱体状土层均质,则土体产生破坏时由圆柱顶、底面及侧面将产生抵抗力矩 M 。如图 1 所示,在顶、底面任取圆环,则顶、底面摩擦力及圆柱侧面摩擦力对圆柱中心的抵抗力矩 M^r 为:

$$M^r = \gamma(2h + H)\pi D^3 \tan \varphi / 12 + \gamma(h + H/2)H\pi D^2 \tan \varphi / 2 \quad (5)$$

式中 γ ——土体容重(kN/ m^3);

h ——试验深度(m);

φ ——土层内摩擦角($^\circ$)。

分析式(5)可知, h 为试验深度, H 为十字板高度。 H 值一般为 0.1 m 或 0.15 m,当 h 为 2 m 时,则 $H/2h$ 仅为 2.5% 或 3.8%,随试验深度的加深,此比例值将更小,省略式中括号内 H 值后,化简式(5)如下:

$$M^r = \gamma h \pi D^3 \tan \varphi / 6 + \gamma h \pi D^2 H \tan \varphi / 2 \quad (6)$$

将内摩擦角产生的抵抗力矩 M^r 代入式(1),则其与凝聚力所产生的总抵抗力矩 M 为:

$$M = C[\pi HD^2(H/2 + D/6)] + \gamma h \tan \varphi [\pi HD^2(H/2 + D/6)] \quad (7)$$

式中 C ——土体凝聚力(kPa)。

根据式(2)及式(7),可得土层抗剪强度参数 C, φ 值计算公式:

$$C + \gamma h \tan \varphi = K' \cdot K(\epsilon - \epsilon'') \quad (8)$$

根据式(8)及式(3),可得土层抗剪强度 C_u 与抗剪强度参数 C, φ 值关系公式:

$$C_u = C + \gamma h \tan \varphi \quad (9)$$

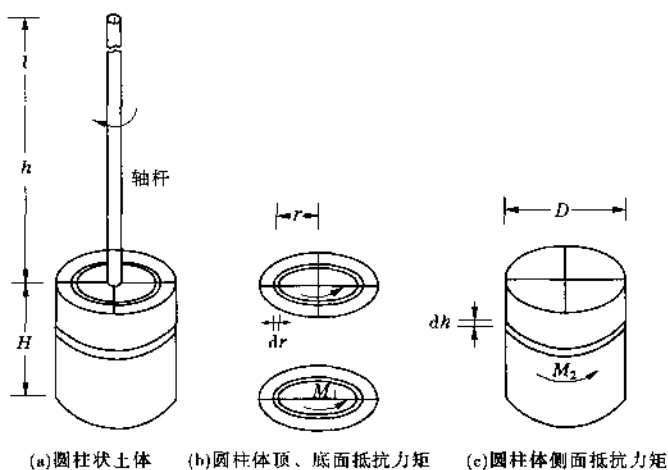


图1 圆柱状土体产生抵抗力矩示意图

式(9)表明试验中所求得的现有抗剪强度 C_u 为摩擦系数 $\tan\varphi$ 、土层容重及试验位置深度三者的乘积与土层凝聚力 C 的和,故而试验 C_u 值比土层 C 值偏大。由于现有试验结果中已绘制抗剪强度 C_u 随深度 h 变化的规律曲线,根据式(9),由上述曲线的解析式可直接求得土层的摩擦角 φ 与凝聚力 C 。

4 工程实例中的求值

4.1 现有规范所要求应提供 $h \sim C_u$ 关系的成果

在现在规范所要求应提供的资料成果中,包括抗剪强度 C_u 和深度 h 变化的斜率图或关系式。《岩土工程试验监测手册》中列举了如下工程实例。

根据蛇口工业区三突堤集装箱码头堆场软基加固工程首次十字板报告,绘制抗剪强度值 C_u 随深度 h 变化的曲线图(见图2),此图采用多个试验钻孔资料,取相同深度 C_u 值的平均值作图求得。图中 C_u 值随深度 h 的增加有着很好的线性关系,不同深度区间可以用一个公式表达:

$$C_u = C_0 + h \tan\alpha_i \quad (10)$$

式中 C_0 ——每个深度区间中层顶处 C_u 值,图2中0、3、6、9 m深度 C_u 值;

$\tan\alpha_i$ ——每个深度区间中 $h \sim C_u$ 曲线斜率。

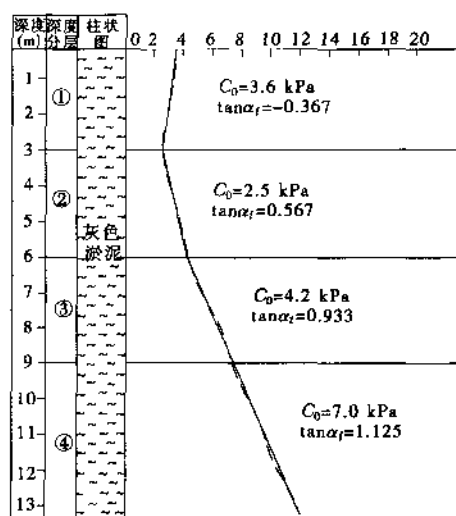
4.2 抗剪强度参数 C 、 φ 值的计算

如图2所示,在深度为0~3 m、3~6 m、6~9 m及9~13 m的区间上,每个区间均有对应的 C_0 值、 $\tan\alpha_i$ 值,代入式(9)可计算每个深度区的土层凝聚力 C 值与摩擦角 φ 值。不同深度土层凝聚力 C 值及摩擦角 φ 值计算成果见表1。

同理,根据重塑土的 $h \sim C_u'$ 曲线亦可计算出破坏后土层的凝聚力 C' 值及摩擦角 φ' 值。

5 边坡稳定计算时的应用差异

岩土工程技术规范中给出了边坡计算公式,以下采用抗剪强度 C_u 值或抗剪强度参

图2 码头堆场基础土层的 $h \sim C_u$ 曲线

数(C 、 φ)值两种取参数方法,就边坡稳定性问题进行计算。

表1 码头堆场不同深度土层 C 值及 φ 值计算成果

深度 (m)	层 号	地层岩性	$h \sim C_u$ 曲线特征值		抗剪强度参数	
			截距 C_0 (kPa)	$\tan \alpha_f$	C (kPa)	φ (°)
0~3	①	灰色淤泥	3.6	-0.367	2.5~3.6	0
3~6	②	灰色淤泥	2.5	0.567	2.5	2.07
6~9	③	灰色淤泥	4.2	0.933	4.2	3.41
9~13	④	灰色淤泥	7.0	1.125	7.0	4.10

注:各淤泥层容重 γ 按 1.60 g/cm^3 取值

对土坡和条形基础的稳定计算,可按平面问题分析,宜采用圆弧滑动面计算。对于建筑基础(见图3),如不考虑其他原因所产生的滑动力矩,则滑弧面上滑动力矩 M_s 的设计值($\text{kN} \cdot \text{m/m}$)为:

$$M_s = \sum R(\gamma_{1i}h_{1i} + \gamma_{2i}h_{2i})b_i \sin \alpha_i \quad (11)$$

式中 R ——滑动圆弧半径(m);

h_{1i} ——第 i 土条浸润线以上高度(m);

γ_{1i} ——与 h_{1i} 相对应的天然重度(kN/m^3);

h_{2i} ——第 i 土条浸润线以下高度(m);

γ_{2i} ——与 h_{2i} 相对应的饱和重度(kN/m^3);

b_i ——第 i 土条宽度(m);

α_i ——第 i 土条滑弧中点切线与水平线的夹角(°)。

5.1 利用 C_u 值计算抗滑力矩

滑弧面上抗滑力矩 M_R 的标准值为:

$$M_R = \sum RC_m L_i \quad (12)$$

式中 C_m ——第 i 土条滑动面上抗剪强度(kPa)。

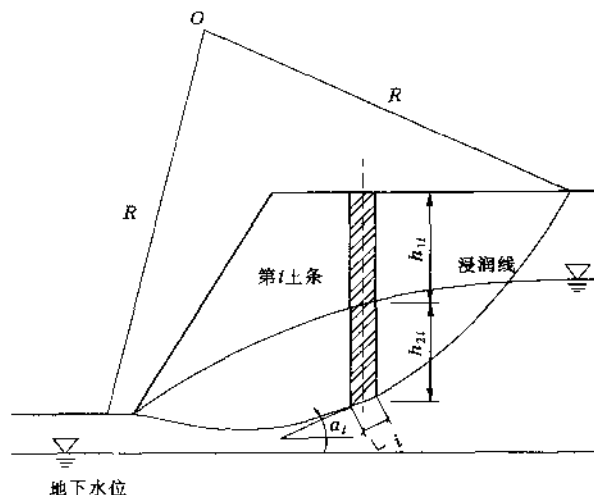


图3 土坡稳定计算简图

5.2 利用 C 、 φ 值计算抗滑力矩

采用简单条分法计算滑弧面上抗滑力矩 M_R 的标准值为:

$$M_R = \sum R [C_i L_i + (\gamma_{1i} h_{1i} + \gamma_{2i} h_{2i}) b_i \cos \alpha_i \tan \varphi_i] \quad (13)$$

式中 C_i 、 φ_i ——第 i 土条滑动面上固结快剪黏聚力(kPa)和内摩擦角($^\circ$)值;

L_i ——第 i 土条滑弧长度。

危险性滑弧应满足以下极限状态设计表达式:

$$M_S \leq M_R / \gamma_R \quad (14)$$

式中 γ_R ——抗力分项系数。

同样为试验结果 C_u 值或 C 、 φ 值,对比式(12)及式(13)可以发现,前式计算过程简单,但是在同一土层中 C_u 值仍随深度变化,取值困难;后者计算过程较复杂,但是在公式中各参数物理概念明确,且同一土层中 C 、 φ 值一致,易于取值计算。

6 结语

十字板剪切试验完成了圆柱状土体滑动剪切破坏的整个过程,且试验方法简单,为求得土层抗剪强度 C_u 值及抗剪强度参数(C 、 f 值)提供了试验基础。

现有试验最终成果资料要求计算出土层的抗剪强度 C_u 及灵敏度 S_l ,并绘制抗剪强度随深度变化的 $h \sim C_u'$ 曲线图。按照本文推导的公式,根据土层的 $h \sim C_u'$ 曲线或重塑土的 $h \sim C_u'$ 曲线,可计算出土层的凝聚力 C 值、摩擦角 φ 值或破坏后土层的凝聚力 C'

值、摩擦角 φ' 值。

在大量的生产实践过程中,利用现有抗剪强度 C_u 成果,已积累了较为成熟的经验,来确定现场不排水强度、计算承载力及进行地基稳定分析等多方面应用。而饱和黏性土抗剪强度参数(C 、 φ 值)由原位试验方法直接求值得出,弥补了其他野外试验方法中半理论半经验公式的不足,亦避免了原状样受扰动的影响,所得参数值可靠性更强,可方便、快捷地用于基础抗滑稳定分析。

参考文献

- [1] 林宗元,等. 岩土工程试验监测手册[M]. 辽宁:辽宁科学技术出版社,1994.
- [2] 中华人民共和国建设部. GB50021—94 岩土工程勘察规范[S]. 北京:建筑工业出版社,2002.
- [3] 中华人民共和国建设部. DB29—20—2000 岩土工程技术规范[S]. 北京:建筑工业出版社,2002.

【作者简介】

张长存,男,1971年生,高级工程师,1993年毕业于华北水利水电学院,获学士学位,现主要从事地质勘察工作。

许仙娥,女,1969年生,高级工程师,1992年毕业于华北水利水电学院,获学士学位,现主要从事地质勘察工作。

长距离调水工程中的平原区地下水浸没问题

袁宏利 滕 杰

(中水北方勘测设计研究有限责任公司 天津 300222)

摘要:由于平原区次级水文地质单元的复杂性、补排关系及地表水与地下水动态的时空变化、自然和人为营力的叠加关系等的不同组合,工程建设可能导致的地下水壅高不是总在个别组合条件下就能发生的,还需要大的环境条件的参与。本文从系统分析水文地质的基本要素入手,对与工程有关的水文地质边界条件进行研究,通过建立其典型水文地质概念模型,来达到使分析过程尽可能接近客观实际的目的。

关键词:浸没问题 水文地质环境 水文地质概念模型 浸没预测

1 引言

长距离调水工程中的地下水浸没问题,是一个特殊但容易被忽视的工程地质问题。

南水北调中线工程是一项大规模的工程活动,影响地质营力的因素众多,可能引发一系列的地质灾害。渠道工程对左侧地下水的运移有一定的阻滞作用,引起水文地质条件变化,是中线比较特殊的工程地质问题。在天津干线局部段,渠道可能阻滞来自北部的地下径流,从而引起地下水壅高产生浸没和次生盐渍化,这仍然是一项需要解决的工程问题。

2 工程环境地质条件

2.1 地理地貌

南水北调中线一期工程天津下线西起河北省徐水县西黑山村西北,东至天津市外环河,全长 155.306 km。干线途经河北省保定地区、廊坊地区及天津市的 11 个区县,过曲水河、中瀑河、大清河、牯牛河、子牙河等 11 条较大河道,穿越四大铁路干线、3 条高速公路和 4 条国干道。其地理位置见图 1。

天津干线位于华北平原的北部,西侧为太行山东麓,向东由冲洪积平原过渡为冲海积平原。区内地势总体向南东缓倾,渠首高程约 65 m,渠尾外环河一带地面高程约 1.5 m。下线由西向东跨越山前丘陵区(渠首—东黑山)、山前冲洪积倾斜平原(东黑山—广门营)、河北冲积平原(广门营—外环河)三个大的地貌单元,其中冲积平原由冲洪积平原(广门营—信安镇)和冲积海积平原(信安镇—天津外环河)组成。

2.2 地层岩性与土壤

除西部丘陵区局部有蓟县系、青白口系地层出露或浅埋外,浅部绝大部分地段分布着第四系松散堆积物,与浸没问题相关的也是第四系浅部地层。

工程区土壤主要为褐土、潮土、风沙土、盐土、沼泽土等类型。褐土主要分布在太行山东麓京广铁路两侧的低山、丘陵及山麓平原、冲积扇上中部地带,是区域分布面积最大的一个土类;潮土主要分布在京广铁路以东、津浦铁路以西,通县至唐山一线以南的平原地区;风沙土主要分布在各大河流的下游沿岸、古河道附近及沙化严重的农田附近。

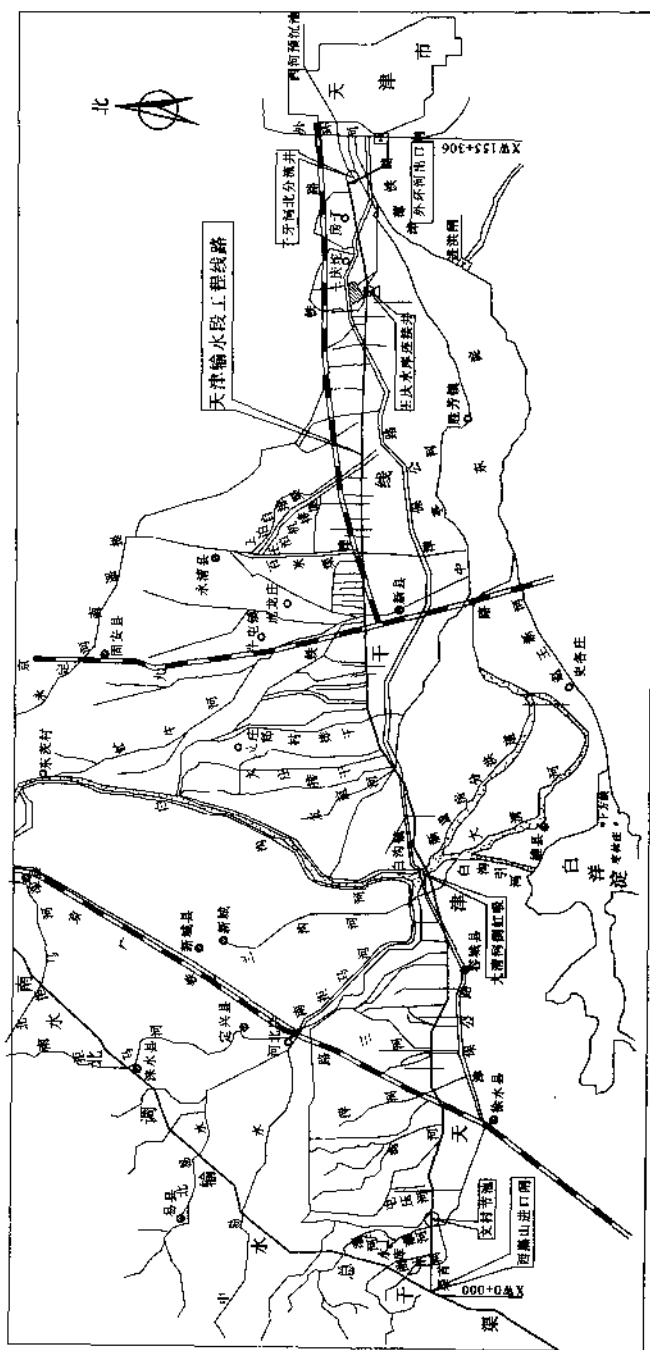


图1 天津干线地理位置示意图

2.3 水文地质环境

2.3.1 水文地质单元

区内地下水位总体上与地形走势一致,自西向东地下水埋深渐浅。第四系孔隙潜水分布范围约占干线长度的 99% 以上,主要赋存于全新统地层中。从含水层赋水特征及富水性程度看,可将天津干线划分为西黑山—辛许庄松散冲积砂性土中等富水段和辛许庄—大卞庄(外环河)冲湖积黏性土弱富水段两个水文地质段。

第四系含水层分为四个含水层组,其中第Ⅰ含水层组与第四系全新统地层相当,第Ⅱ含水层组与第四系晚更新统地层相当,第Ⅲ含水层组与第四系中更新统地层相当,第Ⅳ含水层组与第四系早更新统地层相当。与工程关系最密切的含水层为第Ⅰ含水层组。

2.3.2 地下水动态

工程区地下水位的年内变化受年降水量、蒸发量、地表水径流量与开采量的共同影响,据区域水文地质调查资料(2004 年),高水位期水位比低水位期平均高 1.53 m,其中百米四支渠—西辛庄(桩号 95+000~100+500)段水位变幅为 6.10 m,信安镇以东地下水位变幅在 1.0 m 以内,其他区段水位变幅一般为 1~3 m。

从近 10 年来降水情况分析,1994~1996 年为相对丰水年,地下水位相对较高;1997~2003 年为枯水年,地下水位逐年下降,2004 年为相对平水年。从丰水年资料看,干线牯牛河以西至广门营地下水位埋深曾达到地表以下 2 m,以东地区地下水位埋深 1 m 左右。

由于近 10 年来降水量偏小,地表径流量减少,加之农业用途的地下水开采量逐步增加,使地下水位呈逐年下降趋势。霸州以西浅层地下水位动态类型为降水入渗—开采型,得胜口至外环河段地下水位动态类型为降水入渗—蒸发型,霸州至得胜口干渠段地下水位动态类型既有降水入渗—开采型也有降水入渗—蒸发型,多年水位变化呈下降趋势但降幅较霸州以西为小。需要指出,地下水位是一个动态参数,是随时间、地点而不断变化的,如 2004 年变幅为 0.5~3.2 m,1995~2004 年局部变幅超过 10 m。地下水位持续下降是一个大趋势,但随着环境的改善、降雨量的增高,地下水位也会逐渐恢复。

地下水的补给、径流和排泄明显受地质条件、地形地貌、地表水系及人工开采的控制和影响。浅层地下水主要接受大气降水和地表水的入渗补给,径流以水力坡降方向为主,排泄方式主要以人工开采和蒸发为主同时向周围径流。其中,霸州市以西浅层地下水的排泄方式主要以人工开采为主,得胜口至外环河段地下水的排泄方式主要以蒸发为主,霸州市至得胜口段地下水的排泄方式以人工开采和蒸发为主。

2.3.3 环境水化学

天津干线地表水和地下水化学类型为:百米渠以西大部分属于 $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型水;百米渠以东水质变化较大,总体上看, Cl^- 离子含量明显增加,多形成 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Mg} \cdot \text{Ca}$ 型水。沿线地表水和地下水的 pH 值一般在 7.0~8.15 之间变化,自西向东地下水矿化度逐渐升高。牯牛河以西为淡水区,以东为咸水区,局部河道段有淡水分布。京广铁路线以西山前区的地下水水质较好,京广线以东地下水硬度、矿化度以及 pH 值等指标呈增大趋势,水质变差。

3 浸没预测与评价

3.1 浸没预测方法

浸没的发生是多种因素作用的结果,包括地形地貌、岩性和结构、水文地质条件、水化学、水文气象、工程运行方式以及人类活动影响等。实践证明,影响浸没的因素比较复杂,采用单一的计算方法求得的预测数据与实际情况往往有出入,而且有些理论不一定适用于当地的实际情况。因此,应采用多种方法综合分析来确定浸没范围,对其预测,主要是从包括结合水动力学理论在内的基础水文地质学的研究入手,并结合地下水动力学及工程类比等方法来进行的。

建立概念水文地质模型是浸没预测的基础工作和基本要求,在此基础上,基于地下水动力学的数学模型及计算、基于结合水动力学的地下水壅高修正、工程类比法分析、基于曾经发生或已有环境条件的反(演)分析和模拟分析等方法,都是浸没预测工作中需要考虑并结合工程实际具体采用的手段或程序,但具体适用效果,还需要看对浸没预测区域边界条件的定性或定量化认识的程度。

3.2 典型区段水文地质(单元)概念模型的建立

从系统分析水文地质单元的基本结构及其补给、径流和排泄条件等要素入手,对与工程有关的水文地质边界条件进行系统深入的研究,建立其典型水文地质概念模型,从而进行更加符合实际的计算和判断工作,即通过对水文地质边界条件的掌握,达到使分析结果尽可能接近客观实际的目的。这是建立概念水文地质模型的根本目的,也是对未来浸没状况进行预测的基本要求。

对描述本工程水文地质模型(概念)的基本方面进行分析,认为应包括地貌单元、水文地质单元、地层岩性及其结构、地下水动态、与工程之间的关系等5个方面的概念要素。概括如表1所示。

3.3 浸没预测

由于平原区次级水文地质单元的复杂性、补排关系及地表水与地下水动态的时空变化、自然和人为营力的叠加关系等的不同组合,工程建设可能导致的地下水壅高不是总在个别组合条件下就能发生的,至少不是由水文地质单元本身和工程之间的组合就能决定的,而是需要大的环境条件的参与。现以北城村(古河道)—南张堡公路涵段(桩号41+200~48+200)和龙江渠尾—清北干渠段(桩号118+300~134+300)作为典型区段,具体分析其与其他区段条件的不同以及这两个区段水文地质模型之间存在的差异(见表2)。

北城村(古河道)—南张堡公路涵段(桩号41+200~48+200),位于冲积平原上游缓倾斜区域,自西向东以及自北向南的地下径流坡降均较大,自然环境和人为因素造成的地下水动态变化也较大,总体表现出自北西向南东流向的地下径流较活跃的特征。因此,工程建设可能产生的影响远远小于自然条件。

龙江渠尾—清北干渠段(桩号118+300~134+300),位于冲积平原下游平缓低洼区域,自西向东的地下径流坡降已很平缓,相对而言,全新世地质历史时期主要是自北向南的地表和地下径流的活动,自然环境和人为因素造成的地下水动态变化也较小,总体表现出自北向南流向的地下径流相对较活跃的特征。因此,工程建设可能产生的影响远远大于自然条件。