

浅谈水文地质参数的计算与应用

曹会 焦志亮 符亚兵
(天津市勘察院,天津 300191)

【摘要】 结合多个场地的抽水试验和室内试验资料,分析评价了工程勘察中不同水文地质参数的应用范围及在参数求取过程中应注意的问题,根据实测数据得出野外抽水试验渗透系数是室内渗透试验所测得的10~14倍,影响半径约为裘布依影响半径的5.8~17.7倍;分析了产生这种情况的原因,指出在工程实践中应根据不同的要求选取不同方法计算得出的水文地质参数;针对导水系数、释水系数及给水度在计算及应用过程中应注意的问题进行了评述。

【关键词】 水文地质参数;渗透系数;影响半径;裘布依影响半径

【中图分类号】 P 641.2

【文献标识码】 A

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2015.02.005

Introduction to the Calculation and Application of Hydrogeological Parameters

Cao Hui Jiao Zhiliang Fu Yabing

(Tianjin Institute of Geotechnical Investigation & Surveying, Tianjin 300191, China)

【Abstract】 Combining with the data of field pumping tests and laboratory tests, this paper discusses the scope of application of different hydrogeological parameters in engineering investigation. Problems that should be paid attention to in the application of parameter calculation are also presented. The experimental data show that permeability coefficient with pumping tests is 10 to 14 times of the results of seepage tests. Influence radius is 5.8 to 17.7 times of the Dupuit influence radius. And this study analyzes the reasons for this situation, pointing out that different calculation methods of hydrogeological parameters should be selected according to different requirements in engineering practice. Finally, the problems on parameter calculation (hydraulic conductivity, discharge coefficient and specific yield) process and application process are analyzed. Has some significance for understanding the various hydrogeological parameters. The results have the benefit for understanding the various hydrogeological parameters.

【Key words】 hydrogeological parameters; permeability coefficient; influence radius; Dupuit influence radius

0 引言

在岩土工程的勘察、设计、施工过程中,地下水问题一直是一个极为重要的问题,地下水作为岩土的重要组成部分,直接影响了岩土的性状和行为;因此,水文地质参数是研究地下水运动问题的重要参数^[1]。工程勘察时,必须对地下水的勘察给予足够的重视,提供地下水完整的、准确的、可靠的技术数据是绝不可忽视的大问题^[2]。

天津市地下水位埋深较浅,基坑开挖深度已经超过了30.00 m,为了基坑开挖安全和方便施工,通常都要进行专门的抽水试验工作。当前大多数基坑工程位于繁华市区,施工场地狭小,周围影响试验因素众多,试验难度大,试验期间所测得的数据和理论

出入有较大差异,如果对各水文地质参数理解不透彻,会使得后续基坑支护及降水设计工作存在安全隐患。本文结合天津地区大量抽水试验项目,利用室内试验数据,结合理论知识,分析各水文地质参数的意义及在求取过程中应注意的问题。

1 渗透系数

1.1 渗透系数的测定

在各种降水方法的选择和设计过程中,岩土层渗透系数是重要的参数之一,它的取值直接影响到降水工程的设计及降水方法的选择,最终影响降水的效果。

工程中的渗透系数测定主要有两种方法。一种是采取原状土样在室内进行渗透试验,这种试验方法成本低,周期短,但取得的参数具有一定的局限性;

另外一种方法是在野外进行抽水试验来计算渗透系数,这种方法周期长、费用高,但是能较真实地反映的层的信息。

根据天津地区多个场地的抽水试验和室内试验对比发现,现场抽水试验和室内试验求得的渗透系

数具有较大差别,同一场地同一地层渗透系数由于试验方法的不同,得到的渗透系数差异也较大。如表1所示,野外抽水试验与室内试验所测得的渗透系数比为10~14。即野外抽水试验测得的渗透系数是室内试验的10~14倍。

表1 野外抽水试验和室内试验所测渗透系数对比表

项目名称	岩性	野外抽水试验 $k_y / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	室内渗透试验 $k_s / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	k_y / k_s
远洋大厦	粉土	4.44×10^{-3}	3.18×10^{-4}	14.0
津湾广场	粉土	4.02×10^{-3}	3.69×10^{-4}	10.9
于家堡1-19地块	粉土、粉砂	5.46×10^{-3}	4.00×10^{-4}	13.7
于家堡B3地铁	粉土、粉砂	5.43×10^{-3}	4.40×10^{-4}	12.3
陆家嘴广场	粉土	7.25×10^{-3}	6.60×10^{-4}	11.0
周大福	粉土、粉砂	6.10×10^{-3}	5.50×10^{-4}	11.1
响螺湾	粉砂	7.91×10^{-3}	7.87×10^{-4}	10.0

1.2 原因分析

通常渗透系数在规范当中都被视为常数给出经验值,但近年来随着地下水研究的深入,证明渗透系数并不是一个常数,而是与所选模拟单元的岩性孔隙度、颗粒分布、渗流路径等有关。

笔者通过大量野外实际资料分析,抽水试验获得的渗透系数会随观测尺度变化而变化,即渗透系数的尺度效应,这一规律很早就提出来了,水文地质手册中也指出了这一点,王强忠^[3]曾对这个问题作了研究,认为在抽水井附近不同范围之内,地下水存在着不同的流动状态,靠近抽水井附近为三维流,稍远为线性流,再远为偏离直线而坡度平缓的非线性流区,地下水距抽水井的不同流动状态,造成了渗透系数随观测尺度的变化而变化;笔者从另一个角度认为,除了水流状态造成的原因之外,介质随空间的变化是另一主要原因,尽管含水层被概化为“均质”的,但实际计算过程中某一观测孔计算的渗透系数仅代表抽水井与该观测井范围之内含水介质的渗透系数。因此,利用不同观测井计算的渗透系数,随着观测井距抽水井的距离的变化而变化,即利用抽水试验求得渗透系数也具有尺度效应,作者通过多个实例研究证实,利用 $S = f(\lg r)^{[4]}$ 计算得出影响

半径,在该范围内布设观测孔,能够较为合理地获得含水层的实际参数。

1.3 工程实践应用条件分析

由于试验受到尺度效应的影响,在实际工程当中,野外抽水试验更贴近于工程实际,能较好地反应在降水过程中实际地层的渗透性,尤其是对于工程规模大、基坑深、周围条件复杂的工程来说,野外抽水试验就更必不可少。

对工程规模较小、基坑较浅、周围条件较简单就没有必要全部做野外抽水试验,但也不能全部依靠室内渗透试验的结果进行基坑降水计算,而是应该以室内试验乘以10~14的系数,并结合地区经验值综合确定。

2 影响半径

2.1 影响半径的测定

影响半径的计算通常有两种方法可以采用:一种是利用公式法直接进行计算;第二种是利用图解法,根据影响半径的定义进行推算。实际应用过程中,通过计算得出的影响半径往往比经验值大,根据表2的对比结果分析,实测影响半径较经验值大,一般为经验值的5.8~17.7倍。通过实践证明,影响半径的大小与降深、含水层厚度、渗透系数、抽水时间等诸多条件有关。

表2 实测影响半径与经验值对比表

项目名称	岩性	野外抽水试验 R_y / m	经验值 R_j / m	R_y / R_j
海河隧道	粉砂	714.5	50	14.3
中信城市广场	粉砂	342.3	50	6.8

续表

项目名称	岩性	野外抽水试验 R_y/m	经验值 R_j/m	R_y/R_j
于家堡 1-19 地块	粉土、粉砂	443.0	25~50	8.9~17.7
于家堡 B3 地铁	粉土、粉砂	374.0	25~50	7.5~15.0
周大福	粉土、粉砂	291.9	25~50	5.8~11.6
响螺湾	粉砂	757.07	50	15.1

2.2 原因分析

之所以出现上述实测值远远大于经验值的情况,主要是由于水文地质工作者将“影响半径”与“裘布依影响半径”的概念混淆所致。所谓影响半径是指:从抽水井中心到实际上观测不出地下水位降深的水平距离。而裘布依影响半径是法国水力学家 J. 裘布依于 1863 年首先提出的。他的计算公式为:

$$S = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{R}{r} \quad (1)$$

式中: S ——有补给无界含水层水位降深;

R ——裘布依影响半径。

为了更加清楚地说明两者的区别,有必要回顾一下裘布依含水层抽水模型的建立,查清裘布依影响半径 R 的意义。

裘布依含水层抽水模型是:含水层为一平底圆柱状含水层,周边为定水头边界,抽水井位于圆柱状含水层的轴心,井到定水头边界的水平距离为 R ,见图 1。在裘布依含水层中抽水,其抽取的水量完全靠定水头边界补给, $Q(r)=Q=\text{常数}$,而且不论其抽水量多大都可得到完全补给。换言之,裘布依含水层抽水模型具有无限大的补给能力。从图 1 中不难知道,裘布依公式中的 R 其实就是“供水半径”或“补给半径”,它表征了含水层补给能力的大小^[5]。

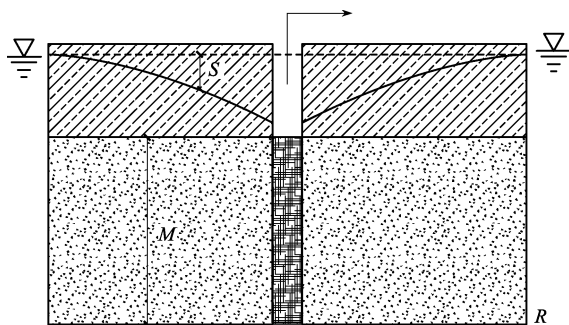


图 1 裘布依含水层抽水模型

而在实际的工程当中,我们经常遇到的是有补给的无界含水层。不论其补给方式(如垂向的降雨入渗补给、农灌水入渗补给、越流补给、侧向的径流补给),当抽水达到稳定时(侧向径流补给时,忽视水力坡降所引起的降深偏心影响),皆有^[6]:

$$S_b = \frac{Q}{2\pi T} K_0(1.12 \frac{r}{R_d}) \quad (2)$$

式中: S_b ——有补给无界含水层水位降深;

R_d ——等价裘布依影响半径;

K_0 ——第二类零阶贝塞尔函数。

因此,对于有补给无界含水层抽水模型,可以找到一个等价的裘布依含水层抽水模型,其“等价裘布依半径 R_d ”与边界几何形状有关。故不论实际含水层多么复杂,只要它有足够的补给能力,抽水能够达到稳定,必存在一个等价裘布依含水层抽水模型。这就是裘布依公式能在实际中广泛应用的根本原因。

2.3 工程实践应用条件分析

由于两种影响半径相差较大,在实际的工程应用中,应根据不同的要求进行采用。笔者认为,在评价降水对周围环境影响中,应采用“等价裘布依半径 R_d ”进行计算;而在进行基坑降水井布设、水资源量估算等方面宜采用裘布依影响半径进行计算。另外,影响半径的大小与降深、含水层厚度、渗透系数、抽水时间等诸多条件有关。

3 其他水文地质参数

除渗透系数、影响半径外,工程勘察中还应提供导水系数、释水系数及给水度等水文地质参数,这些参数在计算及应用过程中都具有一定的规律性和局限性。

3.1 导水系数(T)

导水系数主要是指含水层导水能力大小的参数,它是渗透系数与含水层厚度的乘积。一般只针对承压水而言。根据定义可知,在渗透系数一定的条件下,导水系数与含水层厚度成正比。在含水层土质均匀,厚度较稳定地区,可取其平均值作为设计值使用,但当含水层土质不均匀且厚度变化较大时应根据场地实际情况,采用 $T=kM$ 进行分区计算。

3.2 释水系数(S)

释水系数是表示当水头降低(升高)一个单位时,含水层从水平面积为一个单位面积、高度等于含水层厚度的柱体中所释放出来(或储存进去)的水量。

(下转第 99 页)

- 究[D]. 上海:同济大学,2006.
- [4] 李洪厂,张淑娟,朱效品. 高压旋喷桩在北京某深基坑止水帷幕中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008(11):56-58.
- [5] 朱美花. 高压旋喷桩在止水帷幕中的应用[J]. 太原理工大学学报,1999,30(6):640-642.
- [6] 陈国栋,梁永辉,詹金林. 高压旋喷桩复合地基在世博项目中的应用[J]. 岩土工程学报,2010,30(Z2):414-417.
- [7] 彭振斌,胡贺松,何忠明,等. 复合注浆法在桩基加固中的应用[J],岩土工程界,2004,7(3):27-29.
- [8] 沈建华,倪广乐,陆培炎,等. 旋喷桩在加固桩端持力层中的应用[C]. 第三届全国青年岩土力学与工程会议论文集,1998:256-260.

收稿日期:2014-08-14

(上接第75页)

释水系数一般采用直线图解法或水位恢复法进行计算。通常在市区进行场地抽水试验过程中,由于场地周围施工对该含水层水位有一定影响,抽水试验很难准确计算出释水系数。根据笔者多个抽水试验场地掌握的规律,释水系数宜利用水位恢复法进行计算。

3.3 给水度(μ)

给水度和释水系数一样,都是无量纲参数。给水度主要描述潜水含水层中,每单位立方体含水层在重力作用下可自由流出的最大水量。天津潜水含水层主要由人工填土、砂粘互层的粉质粘土、粉土及淤泥质土组成。潜水试验井抽出的水主要来自含水层的重力疏干。重力疏干不能瞬时完成,而是出现明显地迟后于水位下降的现象。潜水面虽然下降了,但潜水面以上的非饱和带内的水继续向下不断地补给潜水。因此,测出的给水度在抽水试验期间是以一个递减的速率逐渐增大的。

在工期较紧,且场地潜水试验段如果由粉质粘土及淤泥质土组成时,滞后效应更加明显。故抽水试验所求出的给水度往往较经验值要小。在工程勘察中提供的给水度应该在计算值的基础上,根据实际地层情况,给出相应的建议值。

4 结论

1)受尺度效应的影响,野外抽水试验和室内渗透试验所测得的渗透系数之比约为10~14。在实际工程当中,野外抽水试验更贴近于工程实际,能较好地反应在降水过程中实际地层的渗透性。

2)实测影响半径比裘布依影响半径大5.8~17.7倍。在实际的工程应用中,应根据不同的要求进行采用。在评价降水对周围环境影响中,应采用

“等价裘布依半径 R_d ”进行计算;而在进行基坑降水井布设、水资源量估算等方面宜采用裘布依影响半径进行计算。

3)对于导水系数,在含水层土质均匀、厚度较稳定地区,可取其平均值作为设计值使用,但当含水层土质不均匀且厚度变化较大时应根据场地实际情况,采用 $T=kM$ 进行分区计算。

4)在受到周边其他工地影响的情况下,释水系数的计算宜采用水位恢复法进行。

5)在软土地区,抽水试验所求出的给水度往往较经验值要小。在工程勘察中提供的给水度应该在计算值的基础上,根据实际地层情况,给出相应的建议值。

参 考 文 献

- [1] 鞠晓明,何江涛,等. 抽水试验与微水试验在确定水文地质参数中的对比分析[J]. 工程勘察,2011(1):51.
- [2] 刘玉荣. 岩土工程勘察中地下水问题的探讨[J]. 宁夏工程技术,2006(3):70.
- [3] 王强忠. 试谈渗透系数在地下水资源评价中的应用[J]. 工程勘察,1980(4):64-67.
- [4] 邹立芝,潘俊,杨昌兵,等. 含水层水力参数的尺度效应研究现状[J]. 长春地质学报,1994,24(1):66-69.
- [5] 刘大海. 等价裘布依半径及其单孔抽水试验解算方法[J]. 地下水,1987(3):129-133.
- [6] 陈雨孙,颜明志. 抽水试验原理与参数测定[M]. 北京:水利电力出版社,1985.

收稿日期:2014-10-23