

基于 Mini-Diver 的降水头试验在砂砾石层的应用

罗廷婷, 王耀邦, 岳永峰, 张辉, 刘振红

(黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要: 对格尔木某拟建水库工程坝址区河床的深厚砂砾石层进行钻孔注水试验, 在钻孔的各试段同时进行常水头和基于 Mini-Diver 的降水头注水试验。钻孔注水试验结果表明, 基于 Mini-Diver 的降水头试验在深厚砂砾石层应用上是可行的, 而且试验方法更优于常水头注水试验。对于渗透系数较大的地层, 采用该方法不仅大大缩短试验时间, 而且能获取大量的观测数据和观测水头下降的整个过程, 计算的砂砾石层渗透系数也更符合实际。

关键词: Mini-Diver; 降水头注水试验; 砂砾石层; 渗透系数

中图法分类号: P642 文献标志码: A

水利水电工程注水试验规程(SL 345-2007) 6.1.1中明确指出: 钻孔降水头注水试验适用于地下水位以下的粉土、黏性土层或渗透性系数较小的岩层^[1]。因此, 在实际地质勘察工作中, 地质人员很少或者基本没有在渗透性大的岩层中考虑采用降水头注水试验。在青海省格尔木市拟建某水库工程, 下坝址河床钻孔 zk5 揭露的砂砾石层厚达 303 m, 坝基渗漏是该水库工程所面临的主要工程地质问题, 因此查明河床深厚砂砾石层的渗透性至关重要。为查明深厚砂砾石层的渗透性, 在钻孔的各试段同时进行常水头和基于 Mini-Diver 的降水头注水试验。

1 工程概况

青海省格尔木市某拟建水库工程位于柴达木盆地格尔木河干流的昆仑河上, 水库坝高约 40 m, 总库容约 9 700 万 m³, 装机 8 000 kW, 属Ⅲ等中型工程。

该工程位于青藏高原北部, 柴达木盆地西南部。区内地势总体南高北低, 地貌类型分为南部的中高山区、丘陵区(昆仑山脉)和北部的山前倾斜平原区。勘察区海拔 3 700~4 000 m, 河谷宽 1 545~1 936 m, 发育 I~V 级阶地, 河床覆盖层厚度达 303 m, 主要以第四系冲积砂砾石为主, 夹有砂和壤土。根据国家地震局颁布的 1:400 万《中国地震动参数区划图》

(GB18306-2001)^[2], 该水库工程场区地震动峰值加速度为 0.20g, 地震动反应谱特征周期为 0.40 s, 相应的地震基本烈度为Ⅷ度。

2 基于 Mini-Diver 的降水头试验

2.1 试验设备

试验设备主要有 Mini-Diver、笔记本电脑、自制保护套筒、带刻度钢丝绳、水泵、水箱。

Mini-Diver(见图 1)的体积很小, 直径 22 mm, 长度 90 mm, 几乎能安装在任何监测孔中, 通过压力传感器测量水柱压力来监测地下水位。其测量精度为测量区间的 0.05%。其内存能储存 24 000 组测量值, 测量每组数据的间隔时间均可自由设定, 如以每分钟测一次, 足以连续监测 400 h, 每一组测量值包括日期、时间、水位和水温。



图 1 Mini-Diver

2.2 试验方法

基于 Mini-Diver 的降水头试验对造孔、地下水位观测和试段止水要求与文献[1]的要求相同。试段止

收稿日期: 2013-11-20; 修回日期: 2014-02-20

作者简介: 罗廷婷, 男, 助理工程师, 硕士, 主要从事工程地质与水文地质勘察工作。E-mail: 531681039@qq.com

水后,用钢丝绳将 Mini-Diver 悬挂在试验孔内,使 Mini-Diver 置于地下水位以下数米或数十米均可。然后,向套管内注入清水,管中水位至套管顶部时停止供水,并以此水位作为初始水头值。Mini-Diver 会自动监测水头下降的过程,监测时间的间隔应设定为 1 s。因为砂砾石层的渗透性大,数米高的试验水头在 1~2 min 之内即恢复至初始水头,如将监测时间间隔设定为 1 min,则只能取得一两个可用数据,无法计算砂砾石层的渗透系数。将监测时间间隔设定为 1 s,假如试验水头 1 min 即恢复,可取得 60 个可用数据,如此能得到注水后水头随时间下降的大量数据,以便观测水头下降的整个过程,并计算砂砾石层的渗透系数。大量的降水头试验证明,对于渗透系数大的砂砾石地层,当试验时间达到 10 min 即可结束试验。试验结束后,需要把 Mini-Diver 从试验孔中取出,保护盖拧下后插到读出元件上,再把读出数据元件通过 USB 接口连接到笔记本电脑上,即可读出监测数据。

试验段砂砾石层的渗透系数按文献 [1] 中式 (6.3.1) 和式 (6.3.2) 分别计算。对试段进行基于 Mini-Diver 的降水头注水试验之后,还要对该试段进行钻孔常水头注水试验。钻孔常水头注水试验与文献 [1] 5.2 要求一致,试验段砂砾石层的渗透系数按文献 [1] 中式 (5.3.2) 计算。

3 注水试验结果对比分析

河床上 zk5 孔孔深 303 m,岩性均为砂砾石,其中孔深 30.4~30.17 m 段砂含量较多,塌孔,无法进行注

水试验。对该孔地面以下 2.2~20.4 m 段只进行钻孔常水头注水试验,对 30.17~74.67 m 段同时进行钻孔常水头注水试验和钻孔降水头注水试验,对 74.03~99.03 m 段只进行钻孔降水头注水试验。两种钻孔注水试验的结果见表 1。

由表 1 中的试验结果及钻孔注水试验 3 种计算公式所得的渗透系数(见图 2)可知,总体上,常水头注水试验计算的渗透系数和降水头试验计算的渗透系数相比,常水头渗透系数值均偏小。在判断砂砾石层渗透性分级上^[3]除 zk5-6 和 zk5-9 试段外,其他试段的渗透性等级一致。对于 zk5-6 和 zk5-9 试段,常水头注水试验得出的渗透性等级比降水头注水试验得出的渗透性等级低一个数量级,据综合分析判断,降水头法得出的渗透性系数更符合实际。

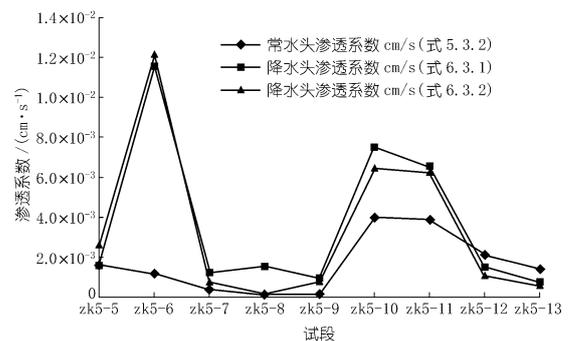


图 2 钻孔注水试验 3 种计算公式所得渗透系数
降水头注水试验按文献 [1] 中式 (6.3.1) 和式 (6.3.2) 分别计算(见图 3),计算所得的渗透系数大致相同,在判断各试段的渗透性等级上也基本相同。

表 1 钻孔注水试验结果

试段	试段深度/m		试段半径/cm	注入流量/(L·min ⁻¹)	试验地下水位/m	文献[1]式(5.3.2)	文献[1]式(6.3.1)	文献[1]式(6.3.2)	渗透性分级
	起点	止点				常水头渗透系数/(cm·s ⁻¹)	降水头渗透系数/(cm·s ⁻¹)	降水头渗透系数/(cm·s ⁻¹)	
zk5-1	2.20	6.10	6.5	8.9	1.37	1.81 × 10 ⁻³			中等透水
zk5-2	6.10	10.91	6.5	11.10	1.37	1.92 × 10 ⁻³			中等透水
zk5-3	10.91	15.80	6.5	8.20	1.36	1.41 × 10 ⁻³			中等透水
zk5-4	15.80	20.40	6.5	43.00	1.63	6.48 × 10 ⁻³			中等透水
zk5-5	30.17	33.61	5.5	14.00	2.93	1.52 × 10 ⁻³	1.59 × 10 ⁻³	2.58 × 10 ⁻³	中等透水
zk5-6	33.91	35.22	5.5	5.40	2.91	1.19 × 10 ⁻³	1.16 × 10 ⁻²	1.22 × 10 ⁻²	中等-强透水
zk5-7	37.61	41.15	5.5	4.00	3.42	3.65 × 10 ⁻⁴	1.23 × 10 ⁻³	7.31 × 10 ⁻⁴	中等透水
zk5-8	41.33	44.05	5.5	1.20	3.72	1.23 × 10 ⁻⁴	1.53 × 10 ⁻³	1.05 × 10 ⁻⁴	中等透水
zk5-9	44.44	49.21	5.5	1.55	3.91	9.84 × 10 ⁻⁵	9.65 × 10 ⁻⁴	7.20 × 10 ⁻⁴	弱-中等透水
zk5-10	53.45	58.20	5.5	63.20	4.02	4.00 × 10 ⁻³	7.52 × 10 ⁻³	6.46 × 10 ⁻³	中等透水
zk5-11	58.76	63.31	5.0	65.30	4.39	3.91 × 10 ⁻³	6.57 × 10 ⁻³	6.23 × 10 ⁻³	中等透水
zk5-12	64.93	68.92	5.0	35.00	4.88	2.12 × 10 ⁻³	1.52 × 10 ⁻³	1.04 × 10 ⁻³	中等透水
zk5-13	68.98	74.67	4.7	39.00	6.12	1.43 × 10 ⁻³	7.44 × 10 ⁻⁴	5.62 × 10 ⁻⁴	中等透水
zk5-14	74.03	78.99	4.7		4.46		6.41 × 10 ⁻³	6.69 × 10 ⁻³	中等透水
zk5-15	79.25	84.74	4.7		4.09		7.27 × 10 ⁻³	5.88 × 10 ⁻³	中等透水
zk5-16	84.36	89.30	4.7		4.21		9.00 × 10 ⁻³	9.61 × 10 ⁻³	中等透水
zk5-17	89.73	94.72	4.7		4.35		4.92 × 10 ⁻³	4.88 × 10 ⁻³	中等透水
zk5-18	95.10	99.03	4.7		4.22		1.25 × 10 ⁻²	7.47 × 10 ⁻³	中等-强透水

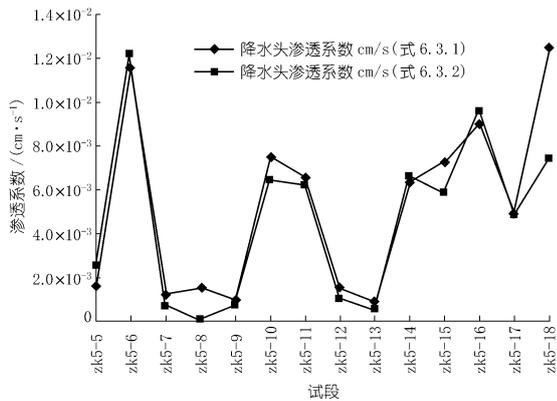


图3 降水头法按文献[1]式(6.3.1)和式(6.3.2)计算所得渗透系数

只有试段 zk5 - 18 按式(6.3.1)计算值比按式(6.3.2)计算值所判断的渗透性等级高一级。

4 结语

Mini - Diver 精密地监测地下水位,使钻孔降水头注水试验在渗透性大的砂砾石层中的应用成为现实。

在渗透性大的砂砾石层中采用基于 Mini - Diver 的降水头试验,每个试段的试验时间大大缩短,最多只需监测 10 min 即可结束试验,而常水头注水试验量测时间至少需要 145 min,抽水试验也更长。

由试验结果可知,与降水头试验计算的渗透系数相比,常水头渗透系数值均偏小。在判断砂砾石层渗透性分级上,降水头法和常水头法的判断结果基本相同,而且,据工程经验判断,降水头法得出的渗透性等级更符合实际。

基于 Mini - Diver 的降水头试验更为快速、简便,可缩短试验时间。在渗透性大的深厚砂砾石层的应用中,将是一种省时、省力、省钱的好方法。

参考文献:

- [1] SL345 - 2007 水利水电工程注水试验规程[S].
- [2] GB18306 - 2001 中国地震动参数区划图[S].
- [3] GB50487 - 2008 水利水电工程地质勘察规范[S].

(编辑:赵凤超)

Application of Mini - Diver based falling head test in gravel and sand layer

LUO Yanting, WANG Yaobang, YUE Yongfeng, ZHANG Hui, LIU Zhenhong

(Yellow River Survey Design Co. Ltd. Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Borehole and water injection tests, including constant head water injection test and Mini - Diver based falling head test, were conducted in deep sand and gravel layer for a dam site of a planned reservoir in Golmud. Test results show that the Mini - Diver based falling head test is practical in deep sand and gravel layer with better effect than constant head test. Especially for relative stronger pervious layers, the proposed falling head test could obtain a large quantity of measuring data as well as the hole head falling process with less time consuming, and the pervious coefficient calculated by this method is more reasonable.

Key words: Mini - Diver; falling head water injection test; sand and gravel layer; pervious coefficient

(上接第 66 页)

Brief analysis of evolution mechanism of a landslide transformation based on discrete element method

DAI Qingsong, JU Nengpan, ZHENG Da, HUO Yuxiang

(State Key Laboratory of Geo - hazard Prevention and Geo - environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Landslide induced by mining is one of the main forms of mine geological disasters, and also a new subject for mining subsidence and landslide researches. In this paper, targeting at the landslide of Yunlong Mountain in Dafang County, Guizhou Province, a discrete element numerical calculation model of the side slope is built based on the obtained basic geological conditions and the evolution pattern of the slide induced by goaf is simulated and analyzed. The results show that the transformation of side slope can be divided into 6 phases, including underground mining, stress adjustment of the slope, roof collapse, collapse induced by differential settlements of slope body, structural surface cut - through and instability. The research results can provide references for analysis of mining - caused landslide transformation.

Key words: slope; goaf; UDEC; numerical calculation; deformation and evolution mechanism