

对“混合粉质粘土和疏浚土填埋场防渗垫层的环境土工特性研究”讨论的答复

唐晓武¹, 史成江², 林廷松¹, 罗春泳³

(1. 浙江大学 岩土工程研究所, 浙江 杭州 310027; 2. 浙江省交通设计研究院, 浙江 杭州 310005;

3. 上海交通大学 建工与力学学院, 上海 200030)

中图分类号: TU 472.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2005)11-1368-02

作者简介: 唐晓武(1966-), 男, 浙江杭州人, 博士, 教授, 博士生导师, 从事环境岩土工程、软粘土力学及地基处理、古代土质遗址等方面的研究。

(1) 关于扩散系数的定义

当前国际岩土工程界普遍采用的“扩散系数”是不包含阻滞因子 R_d 的^[1]。但如何获得不包含阻滞因子 R_d 的“扩散系数”一直是个难题。文献[2]第 476 页已讲明, 只有在满足吸附反应是可逆的, 并适合探讨文中公式 (1)、(2) 的条件下, 才能将“表观扩散系数”和“扩散系数”区分开。疏浚土中有机质含有络合基, 与金属离子形成络合物后, 以离子吸附的形式表现出来, 在中性条件下产生沉淀, 即在中性条件下具有不可逆性。因此在本试验条件下采用包含阻滞因子 R_d 项的“表观扩散系数”具有合理性。原文旨在从工程应用的角度出发, 利用疏浚土中有机质的强吸附性能, 研究粉质粘土掺入疏浚土后环境土工特性的提高, “表观扩散系数”在求解过程中包括了吸附这一项, 其结果能综合反应出吸附对扩散性能的影响。为了避免混淆, 需将原文中的“扩散系数”更名为“表观扩散系数”。

(2) 关于扩散试验的边界条件与解析解答

扩散试验中所用离子溶液均为人工配制, 溶液初始浓度误差很小。试验过程中为了减小溶液浓度变化造成的误差, 采取了周密的措施。如在扩散仪溶液筒上加盖, 以减小试验过程中蒸发对溶液浓度的改变。为了保持溶液上下浓度一致, 试验时连续以 6 r/min 缓慢转动搅拌棒。根据试验结果可以推算出土体的吸附与扩散等作用对溶液筒中溶液浓度的影响很小, 溶液浓度降低最大不超过 5%。以影响较大的 Cu^{2+} 为例, 具体估算如下:

由原文图 4 (b) 及表 5, 溶液离子浓度 $C = 1000 \text{ mg/L}$; 高度 $H = 10 \text{ cm}$; 土体试样的离子浓度按 $C_0 = 500 \text{ mg/L}$ 计算 (实际 1.5 cm 深度处浓度已降为 200 mg/L); 土体试样深度按 $H_1 = 3 \text{ cm}$ 计算 (到达 3 cm 后离子浓度已降为 0); 体积含水率 $\theta = 0.3447$; S 为土壤试样的底面积。则: $\frac{C_0 \times H_1 \times S \times \theta}{C \times H \times S} \approx 5\%$

故离子浓度变化最大不超过 5%。因此在原文试验范围内将扩散试验的上部边界条件 (即溶液中离子浓度的变化) 简化成式 (5) (即可以不考虑溶液中离子浓度的变化) 是可行的, 也便于实际应用。

文献[1]的确给出了一个更普遍的准数值计算方法, 并开发了相关 POLLUTE 系列程序^[3], 浙江大学岩土工程研究所也准备开发类似软件。

(3) 关于扩散系数的合理分布范围

许多文献所得的扩散系数都比原文要大, 但也有一些文献所提供的数据基本与原文相近。一般对于饱和粉质粘土而言, K^+ 扩散系数是相对较大的, 而文献[4]所得的扩散系数仅为 $1.5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ 。另外, 文献[5]按表观扩散系数方法所得的云母质粘土 (Micaeous clay) 的对 K^+ 的表观扩散系数为 $2.5 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ (包含 R_d , 与原文相同), 与原文所得数据相差不大。

(4) 关于土样中 K^+ 和 Cu^{2+} 浓度的测试方法。

以往研究者基本上采用以下两类试验方法求得土样孔隙液中的离子浓度, 一是化学萃取方法, 二是利用高压获取孔隙液。就化学萃取方法而言, 萃取剂一般采用去离子水或酸液。原文中采用酸来提取孔隙液中的离子, 确实存在同时提取出土样所吸附的离子的情况, 但影响很小, 同时其所得的结果也是偏安全的。

(5) 关于 K^+ 的扩散系数比 Cu^{2+} 的扩散系数小很多的原因。

蛭石、蒙脱石等粘土矿物都具有固定钾离子的能力, 其中蛭石矿物更为明显, 但蛭石与蒙脱石较难区分^[6]。原文已经做了粘土矿物含量测定。经浙江大学分析测试中心 x 射线衍射试验按常规粘土矿物成分测定方法测定, 得出含 8%~10% 蒙脱石, 5% 高岭石 (原文表 2), 而粘粒含量有 20% (由颗粒试验得到, 原文表 1), 是否含有别的对于钾离子有固定作用的矿物成分如蛭石等还不清楚, 需进一步研究。

参考文献:

- [1] Rowe R K, Caers C J, Barone F. Laboratory determination of diffusion and distribution coefficients of contaminants using undisturbed clayey soil[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1988, 25(1): 108-118.
- [2] Shackelford C D, Daniel D E. Diffusion in saturated soil. I: Background[J]. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 1991a, 117(3): 467-784.
- [3] Rowe R K, Booker J R. Program POLLUTE Geotechnical[R]. Research Centre, University of Western Ontario Report Ontario, Canada: GAEA Environmental Engineering Ltd,

1994.

- [4] Goodall D C, Quigley R M. Pollutant migration from two sanitary landfill sites near Sarnia, Ontario[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1977, 14(2): 223 - 236.

- [5] Mohamed A M O, Yong R N, Tan B K, et al.

Geo-environmental assessment of micaceous soil for its potential use as an engineered Clay barrier[J]. Geotechnical Testing Journal, ASTM, 1994, 17(3): 291 - 304.

- [6] 于天仁. 土壤化学原理. 北京: 科学出版社. 1987.

关于“复合土钉墙技术的研究及应用”的讨论

屠毓敏

(浙江大学 土木工程学系, 浙江 杭州 310027)

中图分类号: TU 463

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 4548(2005)11 - 1369 - 02

作者简介: 屠毓敏(1965 -), 男, 浙江上虞人, 主要从事基坑支护结构设计理论方面的研究工作。

笔者近日学习了杨志银教授等同志撰写的《复合土钉墙技术的研究及应用》一文(《岩土工程学报》2005年第2期, 以下简称“原文”), 文中阐述了复合土钉墙整体稳定性分析方法, 并结合工程实例进行了分析。笔者根据土钉墙基坑支护结构设计方面的工程经验, 就复合土钉墙整体稳定性的验算问题, 提出不同的看法, 望与原文作者商榷。

根据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-99)(以下简称《规程》)的要求, 在进行土钉墙设计时, 应对其整体稳定性进行验算, 其最危险滑动面按圆弧滑动法确定, 最小安全系数按简单条分法计算(《规程》第 6.2.1 条), 复合土钉墙的整体稳定性也可参考此方法进行验算(如原文所述)。

复合土钉墙(或土钉墙)最小安全系数的确定取决于最危险滑动面, 然而《规程》中图示的最危险滑动面的逸出点通过坡脚(如图 1 所示), 这样误导广大工程技术人员(原文作者也不例外)。原文中复合土钉墙的整体稳定性的计算是建立在原文图 2 的基础之上的, 即最危险滑动面的逸出点通过基坑侧壁与基底交界处, 由此可得复合土钉墙的最小安全系数的大小取决于搅拌桩(微型桩)的抗剪强度, 即原文中的计算式(2)。

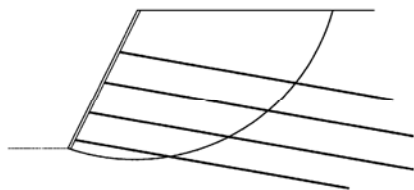


图 1 《规程》土钉墙整体稳定性计算简图

以下对原文中的图 2 及计算式(2)作一讨论, 为便于分析, 取基坑开挖深度为 5.0 m, 基坑位于淤泥质粘土地层中, 地基土的抗剪强度指标为 $c = 10.0 \text{ kPa}$, $\varphi = 8.0^\circ$, 重度 $\gamma = 17.0 \text{ kN/m}^3$, 设计土钉长度自上而下依次为 10.0 m、12.0 m、12.0 m、10.0 m, 水平间距为 1.0 m, 设计土钉直径为 120 mm, 土钉锚固体与地基土的极限摩阻力为 16 kPa。

若采用放坡开挖, 则其坡度应为 1:2.0, 此时最小安全系数为 1.250, 其最危险滑动面如图 2 所示。由图 2 可知, 最危险滑动面的逸出点接近于坡脚。如采用土钉墙, 土钉墙坡面坡度为 1:0.5。图 3 为土钉墙整体稳定性分析结果, 图中圆弧 1 为不存在土钉墙时的最危险滑动面, 其最小安全系数为 0.907, 圆弧 3 为该土钉墙基坑支护结构的最危险滑动面, 其最小安全系数为 1.252, 若最危险滑动面通过坡脚(如图中圆弧 2), 则其安全系数为 1.746。由图 3 可知, 土钉墙的最危险滑动面并非通过坡脚, 若用通过坡脚的滑动面来分析土钉墙的整体稳定性, 必然会夸大土钉对基坑支护结构的抗滑作用, 最终导致基坑支护结构的失稳。由此看来《规程》中的图 6.2.1 的土钉墙整体稳定性验算简图, 仅为示意图, 最危险滑动面一般远离坡脚。

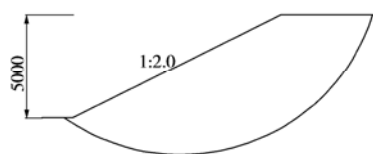


图 2 放坡开挖的最危险滑动面

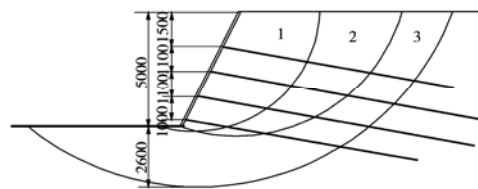


图 3 土钉墙整体稳定性分析

若采用复合土钉墙, 复合土钉墙由搅拌桩+土钉所组成, 搅拌桩为 $\phi 500 @ 400 \text{ mm}$, 长度为 10.0 m, 设计水泥土的无侧限抗压强度为 1.0 MPa, 其抗剪强度取为无侧限抗压强度的 10%,

讨论稿收稿日期: 2005 - 05 - 16

答复稿收稿日期: 2005 - 07 - 05