

无机胶粘岩土的抗渗性能研究

郝建英¹, 雍岐龙¹, 赵希英¹, 贺孝先¹, 贺映滨¹, 燕魁¹, 李宪军², 付厚杨¹

(1. 昆明理工大学机电学院, 云南昆明 650093; 2. 中铁十二局集团二公司, 山西太原 030032)

摘要: 首先介绍了渗透性评价指标的测定方法. 通过对4组试块(24个试样)进行pH值测试、金属元素含量的测定, 得出了岩土pH值小于7, 显酸性, 对提高抗渗性能作用较大, 岩土的金属元素含量对抗渗性能影响不大; 又进行了抗渗试验, 得出了渗透系数与抗渗标号的关系, 氟硅酸钠对抗渗性能影响较大; 并进行X射线衍射的成分分析, 对岩土的渗透性能进行剖析.

关键词: 无机粘接剂; 混凝土; 抗渗性能

中图分类号: TB321 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2004)01-0093-04

Study on the Impermeability of Inorganic Adhesive Soil

HAO Jian-ying¹, YONG Qi-long¹, ZHAO Xi-ying¹, HE Xiao-xian¹,

HE Ying-bin¹, YAN Kui¹, LI Xian-Jun², HU Hou-Yang²

(1. Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2. China Railway Twelve Group Two Company, Shanxi, Taiyuan 030032, China)

Abstract: The method of measuring the standard of permeability is firstly introduced. And then, through measuring the four specimen's PH value and metal element content, the results are that PH value of the soil is lower than 7, and is acid, thus it plays an important role in improving the impermeability, but the metal element content has little influence on the impermeability. In addition, through the impermeability experiments, the relationship of permeability coefficient and impermeability grade is established, and sodium fluorosilicate has more influence on the impermeability. Finally, the component of specimens is tested by the X-ray diffraction and the permeability of the soil is studied.

Key words: inorganic adhesive; compacted concrete; permeability

0 引言

在水利工程、公路、铁路等建设中,都会使用各种类型土、沙或二者混合,由于工作条件恶劣,常年暴露在野外,经受风吹、雨淋、日晒,寒冷地区水位变化区的岩土,还要经受反复冻融破坏.若能用某种胶粘剂材料与土混合后,既具有一定的抗压强度,良好的抗渗性能,耐水、耐气候性也较好,这对工程建设中的边坡加固、沙漠化治理、节能、环保和减少灾害等方面,都能起到积极的作用.而土与胶粘剂混合后,各种性能的优劣主要反映胶粘剂与土的固结效果.抗渗性就是其中一项重要的技术性能.抗渗性能的优劣直接影响工程建设的安.目前国内外采用的评价岩土的抗渗性以及渗透试验的方法有所不同,国际上采用较多的渗透水量法测定渗透系数或渗透深度法测定相对渗透系数,我国长期以来沿用的是渗透压力法测定抗渗标号,两种方法存在着一定的差异.

岩土的抗渗性是岩土抵抗压力水渗透的能力,是岩土耐久性的一项重要指标.抗渗性差的岩土,水分容易进入岩土内部引起侵蚀、水冻等破坏作用,有的甚至产生表面开裂和剥落.抗渗性越不好,有害物质的

收稿日期:2003-04-08. 基金项目:国家自然科学基金资助项目(项目编号:59962001)、云南省自然科学基金资助项目(项目编号:99E0034M).

第一作者简介:郝建英(1978~),女,硕士.主要研究方向:无机材料.

侵蚀速度越快,侵蚀深度越深,耐久性越差,反之,抗渗性好,耐久性高。

1 试验

1.1 试验原材料^[1]

1) 胶粘剂. 胶粘各种土样所使用的胶粘剂为硅酸盐型无机胶粘剂, 它的配制原料有三种: (1) 水溶性硅酸钠($\text{NaO} \cdot n\text{SiO}_2$); (2) 工业级氟硅酸钠(Na_2SiF_6); (3) 工业级磷酸(H_3PO_4). 其中, 硅酸钠为基料, 氟硅酸钠和磷酸为固化剂(活化剂或改性剂). 水溶性硅酸钠又分高、低模^[1].

2) 粘土. 根据云南的立体型气候特性, 选用云南的红土, 红土中沙含量较高, 拌合时按原土自然干燥状态称量.

1.2 试验方法与评价

1.2.1 试件制备

将选取的土样打碎, 粒度在0.355~0.9 mm, 然后加入配好的胶粘剂, 均匀搅拌后放入圆台型的模子中, 自然凝固制成砌块(小端直径175 mm, 大端直径185 mm, 高150 mm). 待初凝后, 2.5 h取出, 自然养护3 d以上, 就可以测试性能.

1.2.2 试验方法与抗渗标号

1) 抗渗标号^[2]. 试验按照《水工混凝土试验规程》(DL/T5150-2001)进行, 抗渗标号是以每组6个试件中4个未出现渗水现象时的最大压力来表示的. 一般采用逐次加压法测定抗渗标号, 即6个试件从0.1 MPa水压开始, 由试件底面施加水压, 每隔8 h增加0.1 MPa水压, 当有3个试件顶面渗水时, 或加至规定压力在8 h内6个试件中表面渗水的试件不超过2个时, 即可停止试验, 记下此时的水压力 H . 抗渗标号按下式计算:

$$S = 10H - 1$$

式中: S —抗渗标号; H —6个试件中有3个渗水时的水压力(MPa)

如压力加至规定数值, 在8 h内6个试件中表面渗水的试件不超过2个, 则试件的抗渗标号等于或大于规定值.

2) 岩石的渗透性^[2]. 岩石的渗透性可用相对渗透系数评定, 相对渗透系数是利用抗渗仪测定岩石在恒定水压下的渗水深度后来计算的. 其计算公式如下:

$$SK = WD_m^2 / 2TH$$

式中: SK —相对渗透系数(cm/h); D_m —平均渗水深度(cm); H —水压力, 以水柱高度表示(cm); T —恒压经过的时间(h); W —岩石的吸水率, 一般为0.03.

相对渗透系数比抗渗标号更合理, 但需要复杂的设备和很长的试验时间, 难以普遍使用.

2 实验结果与分析

2.1 pH 值测试

选用 PHS-2C 酸度计(北京化学仪器厂)测得红土的 pH 值是 5.8^[3], 说明红土显酸性, 能够提供较多的 H^+ 离子使硅酸钠活化, 形成硅酸溶胶. 活化过程如下:



当线形硅酸缩聚到一定程度, 硅酸分子间相互作用缠绕, 形成网状结构, 从而能使硅酸胶凝. 对水溶性硅酸钠来说, 有很多材料都可将其改性, 但比较有效的改性剂(活化剂)及固化剂是氟硅化物(如氟硅酸钠), 再加之氟硅酸钠与硅酸钠结构相似, 则二者反应后形成的凝胶强度会提高, 也就是说形成的空间网状结构越密实, 渗透性就越差, 抗渗性就越好.

2.2 金属元素测定

选用国产 WPF2 型 2 m 平面光栅摄谱仪, 测试结果如表 1

表 1 岩土金属元素

样品	Al	Ca	Cu	Fe	Mg	Si	Ti	Zn
红土含量/%	5	0.3	0.02	3.5	0.5	>5	0.5	0.15

2.3 抗渗试验

该测试在 HS-40W 数显抗渗仪上进行, 每组试样有 6 块, 分别测出相对渗透系数后取平均值. 测试结果如图 1:

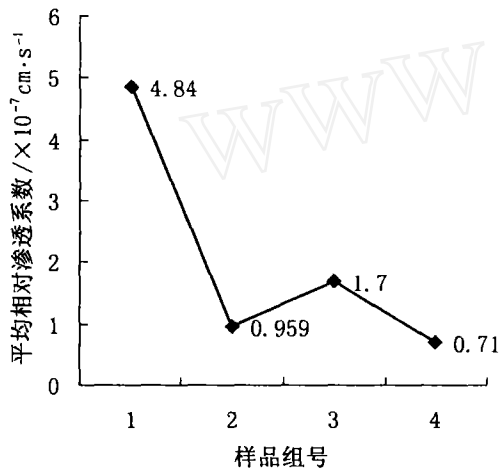


图 1 平均相对渗透系数值

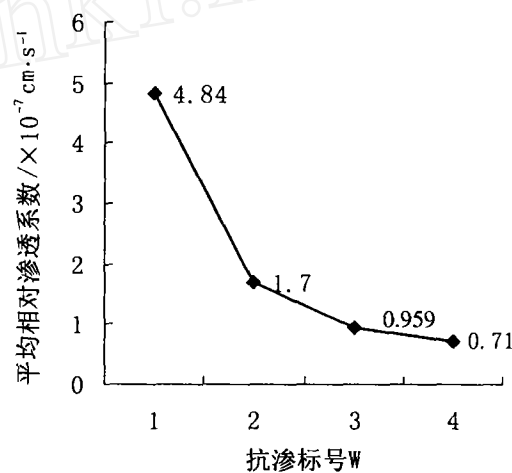


图 2 抗渗标号与平均相对渗透系数之间的关系

第一组试样中氟硅酸钠的加入量最少, 测得改组的平均相对渗透系数比较大, 渗水量较大, 抗渗性能较差. 第四组试样氟硅酸钠的加入量较多, 测得其平均相对渗透系数比较小, 渗水量较小, 抗渗性能较好. 说明氟硅酸钠的加入量直接影响到抗渗性能的优劣, 但过多的氟硅酸钠又会挥发出刺激性气味, 污染空气, 所以既要使抗渗性能好, 又要符合环保要求, 氟硅酸钠的加入量还有待研究.

相对渗透系数与抗渗标号之间的关系如图 2.

说明岩土的平均相对渗透系数愈小, 其抗渗标号愈高, 抗渗标号较大时, 其平均相对渗透系数的变化幅度明显减小.

2.4 X 射线衍射 (XRD)

试块在脱模之后, 周围会长出一些绒毛状或片状的白毛, 但在太阳下暴晒后, 白毛明显就减少. 经 X 射线衍射仪测试白毛后, 发现白毛中含有 NaF 、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等物质, 如图 3、图 4, 其中含有 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 最多. 在第一组试验中, 4# 和 6# 的相对渗透系数分别为 $4.5 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 、 $3.64 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$, 比其平均相对渗透系数 $4.84 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 为低, 说明加入一定的 H_3PO_4 可以降低相对渗透系数, 提高抗渗性. 从 X 射线衍射图还可以看到, 白毛中 NaF 数量比较少, 符合环保要求. 因为氟化物是比较有刺激性气味的化合物, 它的存在必须符合环保指标^[3].

3 结论

- 1) 岩土的金属元素含量对抗渗性能影响不大;
- 2) 岩土的 pH 值小于 7, 显酸性, 对提高抗渗性能起很大作用;
- 3) 氟硅酸钠的加入量要达到既符合环保要求, 又能使抗渗性能得到最佳.

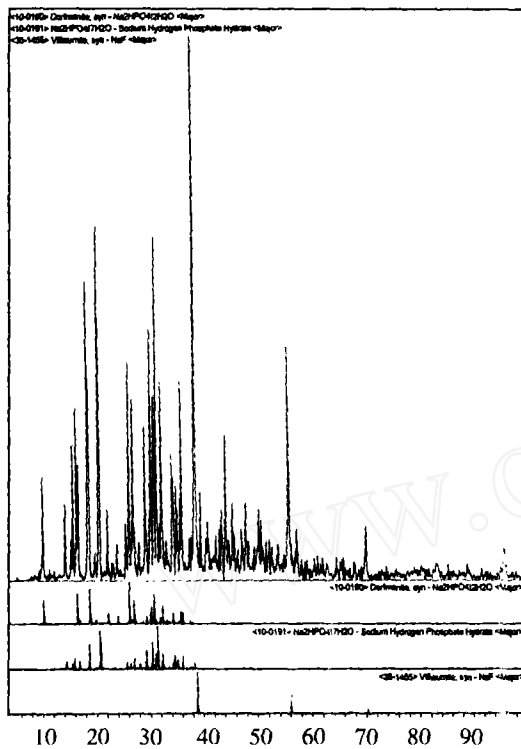


图1 4#胶结土的XRD谱图

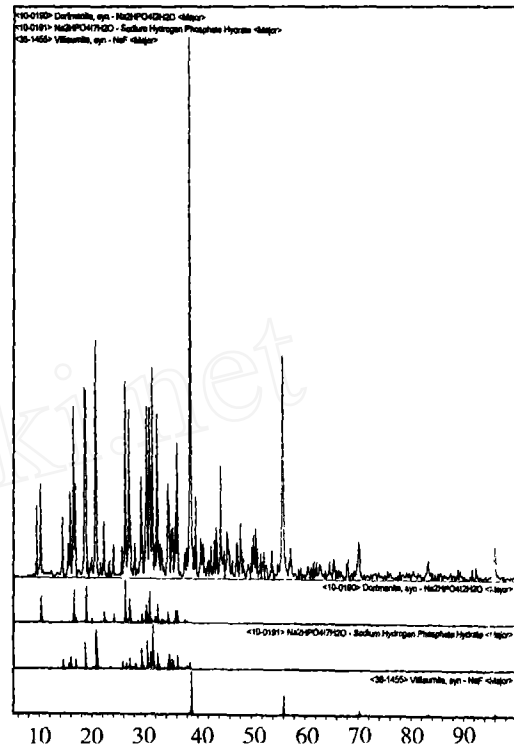


图4 6#胶结土的XRD谱图

参考文献:

- [1] 赵希英,等.硅酸盐无机胶粘剂与土壤抗压强度关系的研究[J].昆明理工大学学报(理工版),2001,26(3):114~118.
- [2] 速宝玉,等.碾压混凝土渗透性的评价指标及其关系初探[J].红水河,2002,21(2):55~56.
- [3] 贺孝先.相异土质的岩土对胶结后抗压强度的影响[J].昆明理工大学学报(理工版),2002,27(5):113~116.

(上接第92页)

参考文献:

- [1] 王仁,等.塑性力学基础[M].北京:科学出版社,1982.30~35.
- [2] 崔世杰,等.应用塑性力学[M].郑州:河南科学技术出版社,1992.12~20.
- [3] 贾乃文.塑性力学[M].重庆:重庆大学出版社,1992.30~70.
- [4] 王仁,等.塑性力学引论(修订版)[M].北京:北京大学出版社,1992.43~47.
- [5] 蒋咏秋,等.塑性力学基础[M].北京:机械工业出版社,1981.47~68.
- [6] 夏志皋.塑性力学[M].上海:同济大学出版社,1991.31~54.
- [7] 李咏偕,等.塑性力学[M].北京:水利水电出版社,1987.26~47.
- [8] 熊祝华.塑性力学基础知识[M].北京:高等教育出版社,1986.80~110.
- [9] 熊祝华.塑性力学[M].上海:上海科学技术出版社,1984.126~150.
- [10] 徐乘业.塑性力学[M].北京:高等教育出版社,1988.150~200.
- [11] 赵祖武.塑性力学导论[M].北京:高等教育出版社,1989.39~175.
- [12] 严宗达.塑性力学[M].天津:天津大学出版社,1988.27~80.
- [13] 余同希.塑性力学[M].北京:高等教育出版社,1989.80~159.
- [14] 杨桂通.塑性力学[M].北京:中国建材工业出版社,2000.30~256.