

# NHC 硅化法及其应用

尚继红

(中铁西北科学研究院, 甘肃兰州 73000)

**【摘要】** NHC 硅化加固方法, 已在数十项工程中推广应用, 均取得满意效果, 介绍了这一方法的作用原理及其特性, 并列出了在几项工程中的应用实例。

**【关键词】** NHC 硅化法; 工程应用; 特性

**【中图分类号】** TU 111.1

## NHC Silicon Stabilization Method and Its Application

Shang Jihong

(Northeast Research Institute of China Railway Engineering Corporation, Gansu Lanzhou 73000 China)

**【Abstract】** A new silicon stabilization method is introduced, which has been used in dozens of engineering projects successfully. The principle and characteristic are presented and several engineering cases are also demonstrated.

**【Key Words】** NHC silicon stbilization method; engineering application; characteristic

### 0 引言

随着科学技术的不断发展, 土体化学加固方法在我国建筑业中应用日益增多, 如消除黄土地基的湿陷性, 提高软弱地基的承载力, 加固深基坑的流沙以及地下构筑物的防水堵漏等都可能选用化学灌浆的方法进行处理, 尤其是已有建筑物的地基病害整治, 化学加固法往往是最有效的方法。

NHC 硅化法是在吸取了国内外多方面经验, 通过技术创新后提出来的。该法<sup>①</sup>以价格低廉, 无毒性的水玻璃为主剂, NHC 为添加剂, 经过数百组配方试验的比选、提炼并使用我们自行研制的一套施工工艺, 完成硅化加固地基的全过程, 大大提高了工作效率, 降低了工程造价, 达到了预期目的。

该法已于 2000 年获得国家专利<sup>[1]</sup>

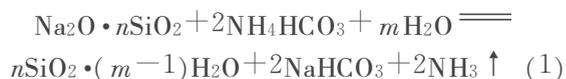
### 1 NHC 硅化法的原理

NHC 硅化法的主剂是硅酸钠, 又名水玻璃。它是由氧化钠(Na<sub>2</sub>O)与二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)以各自比例结合而成的, 其分子式可用 Na<sub>2</sub>O·nSiO<sub>2</sub> (n 为克分子比)或以 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 表示的化学物质。硅酸钠溶液在加固地基土过程中, 一方面是基于浓度不大, 粘滞度很小的硅酸钠溶液顺利地渗入(或挤入)到大小不等, 毛细网络发育的黄土或残积土中, 另一方面是因为溶液与土的相互凝结, 土起着凝结剂的作用。

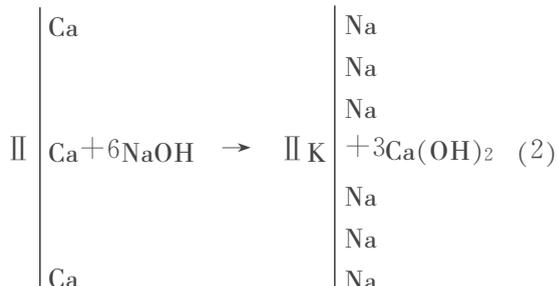
NHC 作为促凝剂是混入主剂——水玻璃中引起化学反应, 且能人为调节固化速度, 缩短凝结时间的一种物质。

NHC 硅化法实质是在灌注按设计要求配制好的水玻璃溶液的同时, 注入 NHC 溶液, 两种浆液通过注浆泵混合, 再经过分浆器, 注浆管、花管进入地基土中产生反应, 快速胶凝, 起到固化地基的作用。

HNC——水玻璃两种材料混合后的化学反应式为:



黄土或风化残积土的物理化学性质决定了硅化法加固这类土成为可能, 在水玻璃浆液与黄土的相互作用过程中, 黄土胶态吸附综合体(ⅡK)上的钙(Ca)离子和水玻璃浆液中的钠(Na)离子之间发生了瞬时交换反应(见下式):



**作者简介:** 尚继红, 1951 年生, 男, 汉族人, 副研究员, 主要从事地基处理和防水堵漏技术的研究和开发工作。

<sup>①</sup>中铁西北科学研究院.《NHC 硅化加固法推广应用的研究》科学研究报告, 1994

在水玻璃浆液的强碱性介性中,从吸附综合体上析出的钙(Ca)离子形成不溶解的固态  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 具极大的表面积,并吸附着硅酸聚合阴离子。黄土中析出的钙(Ca)离子与水玻璃反应生成具有细微层理的硬化石灰——硅石生成物。这种生成物使被加固的土体具有足够的坚固性。

从式(2)中可以看出,水玻璃浆液在加固岩土的过程中,其孔隙中未完全反应的浆液,由于缩聚作用产生硅酸凝胶薄膜,这种凝胶虽然对提高加固体强度影响不大,但它仍可起到保护其生成物凝胶薄膜不受侵蚀的作用。

## 2 NHC 硅化法的特点

### 2.1 粘滞性(渗透性)

粘滞特性是浆液渗透性的指标,一般来说,一开始(即凝胶发生前),处于低粘度状态,一旦胶凝则粘度急剧增大(见图1)。通常标准配方的初期粘度均在  $2\sim 3\text{CP}$  范围,因为粘度低,所以在凝胶之前便能保持较高的渗透性。

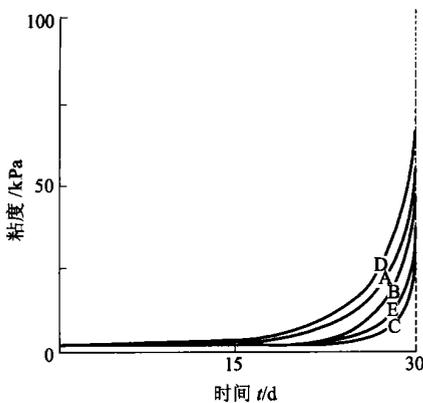


图1 在胶凝化过程中粘度的变化

### 2.2 水溶性

NHC——水玻璃浆液,通过注浆管、花管注入到地基土中时,由于受到所用拌合水和地下水的影响,一部分浆液可能进而被稀释,其凝胶时间将会延长,甚至有极少部分浆液不固结,但这种现象在本文介绍的 NHC 硅化法中经人为控制后,一般均可消除。试验证明其固结并不影响地基土的加固效果。

### 2.3 固结性

注入到地基土中的浆液,结石率究竟能达到多少,是加固工程的关键。若固化剂选用强酸的酸性反应剂时,其结石率最大能达到  $94\%$ ;而 NHC——水玻璃浆液可达到  $100\%$ ,且固结时间可入为控制。

## 2.4 固结体强度特性

固结体强度,是选择浆材的最终目的。NHC——水玻璃加固土体的强度,仅以无侧限抗压强度为例,室内土柱试验数据一般为  $70\sim 90\text{kPa}$ 。而在现场试验场地取样送室内试验测得的数据为  $148\sim 191\text{kPa}$  以上。

## 3 NHC 硅化法的应用

该项研究成功后,我们从 1994 年开始将此法应用于兰州三毛厂 7<sup>#</sup>、400<sup>#</sup> 和老一万锭主厂房地基加固以及兰州铁路局客车库路基加固中,兰州高低压开关厂综合楼深基坑流沙加固中以及深圳人民银行地下金库、汕头火车站人行地道的防水堵漏等数项工程中,均取得了满意的效果。

### 3.1 实例 1 兰州三毛厂 7<sup>#</sup> 住宅楼地基加固

该楼位于兰州市西固中路北段,黄河南岸二级阶地上,系六层砖混结构,各层均设有圈梁。底圈梁下为条形基础,埋深  $1.80\text{m}$ 。地下水位为  $-7.5\text{m}$ ,  $-6.0\text{m}$  以上为 II 级自重湿陷性黄土,  $-9.5\text{m}$  以下为砂砾石层,加固深度为  $9.5\text{m}$ 。选用冲击挤密灰土桩作为注浆帷幕,帷幕内用 NHC 硅化法整片加固。加固工程完成后,分别用动态观测和现场挖探取样送室内进行加固体的物理力学试验,结果证明湿陷性全部消失  $\delta_z < 0.015$ ,均在  $0.002\sim 0.001$  之间。土样的无侧限抗压强度由加固前平均  $39\text{kPa}$ ,提高到  $178\text{kPa}$ 。

动态观测显示,施工期间(3个月内)的附加下沉总量为  $9\text{mm}$ ,加固完成一个月后累计下沉量为  $0.3\text{mm}$ ,已趋于稳定。

### 3.2 实例 2 兰州高低压开关厂新建综合楼深基坑流沙加固<sup>①</sup>

该场地位于兰州市城关区东段,黄河南岸二级阶地的前缘,是一幢十八层框架结构,其基坑长  $71.0\text{m}$ 、宽  $17.4\text{m}$ 、深  $9.0\text{m}$ ,地下水位在  $-3.0\text{m}$  左右。基坑开挖时全靠四周抽水泵降水,基坑  $7.0\text{m}$  以下为砂砾石层,厚约  $3.6\text{m}$ ,长、宽约占整个基坑面积的三分之一。必须先将其砂砾石层固化后,才能继续开挖,否则将出现流砂、坍塌事故。为此选用了 NHC 硅化法。将已挖出的砂砾石层用土回填碾压后打入注浆管,以每立方米  $600\text{L}$ ,泵压  $< 0.4\text{MPa}$  的控制量注入 NHC——水玻璃浆材,地面轻微鼓起停止。整个注浆完成一个星期,开始继续开挖基坑至

① 中铁西北科学研究院·兰州低压开关厂基坑流沙加固工程设计,1997年9月

9.0 m 深,未出现流沙和边坍塌现象。

### 3.3 实例 3 深圳人民银行地下金库防水堵漏工程<sup>[2]</sup>

深圳人民银行地下金库的渗漏水病害发生在 1989 年 7 月,该大楼交验之后,已有数年之久。建成的银行大楼共有 15 层,其中地下室为两层,负二层(既金库)底面海拔高度为 -0.2 m,基础为人工挖孔灌注桩,桩顶地面和地下室四周均系钢筋混凝土浇筑而成,并设有“必坚定”防水层。

金库内共有渗漏水点 29 处,1994 年现场测得一处渗水量达 200 L/h 左右。有 8 处水流成线,其余均为渗水或发霉潮湿状。

渗漏水原因主要是直埋管线漏水和大楼背后的海鲜市场污水渗入地基土中,造成建筑物四周地基土上层滞水,沿负一层墙与楼板间渗漏流入金库。

治水时,采用 NHC 硅化法注入大楼四周地基土中,以封堵外界水源和上层滞水,再配合室内墙面和地面做整片内防水层。工程完工至今已八年之

久,再未发现新的渗漏水病害。

## 4 结 论

1)NHC 硅化法用于加固地基,可消除地基土的湿陷性和欠压密状态,有效地改善土的力学性质,提高地基承载力。本法施工工艺简单,材料造价便宜,与 CO<sub>2</sub> 硅化法相比,可降低工程造价 40 % 以上。

2)该法用于加固流沙,固结性好,结石率高,可配合喷锚解决深基坑开挖时的坍塌事故。

3)该法所用材料均水剂,可灌性好,渗透性强,胶凝时间可以人为控制,用于地下构筑物外围堵漏水,是一种理想的方法。

### 参 考 文 献

- 1 中铁西北科学研究院.一种硅化加固湿陷性黄土地基的方法.中国专利证书号:62212,2000
- 2 尚继红,魏佳中,张怀洲.外截内堵法在地下建筑物渗漏水病害治理中的应用.路基工程,2000(5):51~53

收稿日期:2004-03-29

(上接第 146 页)

## 6 滑坡可视化地面模型的研究意义

1)滑坡可视化地面模型的建立,不仅可以直观地模拟滑坡形态,还可以进行与滑坡相关的数值分析以提高滑坡研究的智能化、自动化和定量化,使滑坡地质灾害研究达到数字化、信息化水平。

2)通过滑坡地面模型除进行可视化分析研究外,还可派生出水平剖面图、纵(横)剖面图、斜剖面图、坡度图、等高线图以及通视图、三维立体图、透视图和纵投影图等各种产品。

3)功能强大的可视化软件 IDL 在滑坡可视化研究领域的开发,将会极大地促进国内这一领域的发展,以弥补目前国内在可视化软件开发中的不足。

滑坡可视化技术是目前国内滑坡研究的前沿、热门课题,它对滑坡机制研究、滑坡过程模拟和控制、以及滑坡治理和防御等方面都有重大意义。滑坡可视化技术有可能将滑坡准确、生动地移到实验室,在计算机前观察和研究滑坡的任意部分。因此,大大改善了滑坡的研究条件,节约了资金和时间。随着计算机软硬件的不断发展,滑坡可视化技术将是未来滑坡地质灾害研究和施工组织设计发展的一个重要方向。滑坡可视化地面模型的构建技术还可应用于地理信息系统、虚拟现实、战场环境仿真、土

地管理与利用等领域。

### 参 考 文 献

- 1 牟会宠.滑坡.北京:地震出版社,1987.1
- 2 李先华,管群,等.数字地形图上滑坡动态方向稳定性系数的计算与滑坡滑动方向的确定.岩石力学与工程学报.1999,18(3):308~311
- 3 石教英,蔡文立.科学计算可视化算法与系统.北京:科学出版社,1996
- 4 张祖勋,张剑清.数字摄影测量学.武汉:武汉大学出版社,1997
- 5 刘学军.三角网数字地面模型的理论、方法现状及发展.长沙交通学院学报.2000,17(2):24~31
- 6 TSAL VJD. Delaunay Triangulation in TIN Creation. An overview and a linear-time Algorithm. Int. J. of GIS. 1993, 7(6):501~524
- 7 孙国庆,施木俊,等.三维工程地质模型与可视化研究.工程勘察,2001(5):34~37
- 8 R. Marschallinger. Three-dimensional reconstruction and visualization of geological materials with IDL-examples and source code. Computers & geosciences. 2001. 27(4):419~426
- 9 闫殿武.IDL 可视化工具入门与提高.北京:机械工业出版社,2003.2

收稿日期:2004-02-28