



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105714765 B

(45)授权公告日 2017.08.25

(21)申请号 201610071147.9

C09K 17/40(2006.01)

(22)申请日 2016.02.01

C09K 103/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 魏洪旭

申请公布号 CN 105714765 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(73)专利权人 南京林业大学

地址 210037 江苏省南京市玄武区龙蟠路  
159号

(72)发明人 邵光辉 冯建挺 朱彦 朱哲  
黄容聘

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限  
公司 32200

代理人 楼高潮

(51)Int.Cl.

E02D 3/12(2006.01)

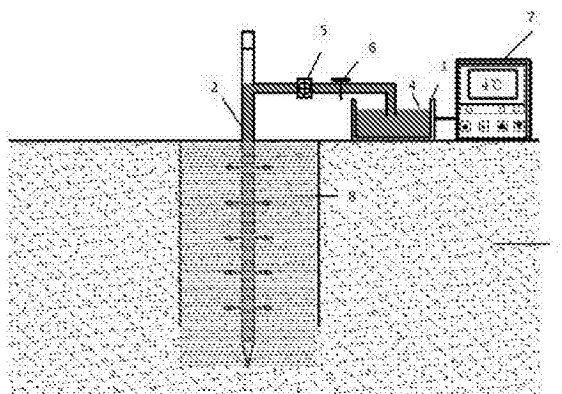
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种微生物低温注浆固土方法

(57)摘要

一种微生物低温注浆的方法,步骤包括:a.将低温注浆设备的注浆花管2打入地基3;b.用离心分离去除掉已有生物酶后的微生物配置4℃低温菌液(菌液浓度OD<sub>600</sub>=1.2左右),与4℃氯化钙与尿素的混合液(氯化钙浓度为0.10mol/L~0.50mol/L,尿素浓度为0.10mol/L~0.50mol/L)混合制成微生物胶结液,并保持温度为4℃;c.将微生物胶结液4通过由1、2、5、6、7组成的低温注浆设备注入待固化土体;d.待注浆后的土体温度回升至15℃恒温后,静置1h;e.重复进行c、d两步操作,直至微生物胶结液无法注入土体或土体强度达到要求时,停止注浆。



1. 一种微生物低温注浆固土方法,其特征在于该方法步骤如下:

a. 根据实际工程地基土层情况,选择夏季进行施工,按设计要求将低温注浆设备的注浆花管(2)打入砂土地基(3);

b. 用离心分离去除掉已有生物酶后的微生物配置4℃低温菌液与4℃氯化钙与尿素的混合液混合制成微生物胶结液,并保持温度为4℃,其中菌液浓度 $OD_{600}=1.2$ ,氯化钙浓度为 $0.10\sim 0.50\text{mol/L}$ ,尿素浓度为 $0.10\sim 0.50\text{mol/L}$ ;

c. 将保温容器(1)内装载配比好的4℃低温微生物胶结液(4),由温控系统(7)控制保温容器(1)内的液体温度始终保持在4℃,打开阀门(6),通过注浆泵(5)注入注浆花管(2),待胶结液渗入加固区域(8),停止注浆;

d. 待地基温度回升至15℃恒定后,静置1h;

e. 反复进行c、d操作,直至土体强度达到要求或微生物胶结液无法注入时,停止注浆。

2. 根据权利要求1所述的一种微生物低温注浆固土方法,其特征在于所述的微生物胶结液是由低温菌液与低温氯化钙、尿素液混合组成的单一液体,各组分不分先后顺序同时注入土体。

## 一种微生物低温注浆固土方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微生物低温注浆固土改善土体强度均匀性及改进注浆工艺增强土体强度的方法,属于地基土体加固的技术领域。

### 背景技术

[0002] 现有微生物注浆固土技术是通过向土中注入微生物菌液以及营养盐,利用微生物诱导碳酸钙结晶技术(MICP技术),最终在土颗粒间孔隙中快速析出碳酸钙结晶,土颗粒间通过碳酸钙的胶结作用连接成整体,起到固化土体的作用,目前工程上主要利用微生物常温注浆固化砂土和粉土。

[0003] 现有技术一的技术方案

[0004] 微生物常温注浆固化砂土主要通过诱导无机矿物沉淀胶结颗粒提高强度,提高砂土的剪切刚度和极限承载力,微生物常温注浆首先向砂土中注入一定量的菌液,然后灌注胶结溶液(尿素-CaCl<sub>2</sub>),使得吸附在砂颗粒中的微生物不断矿化生成方解石凝胶,固化砂土颗粒。

[0005] 现有技术一的缺点

[0006] 为控制反应速率,微生物常温注浆固化砂土采用的是轮流注菌液与氯化钙混合液,该注浆方法固化土体均匀性差,周期长,效率低,材料利用率低,易造成注浆材料浪费,经济效益低。

[0007] 现有技术二的技术方案

[0008] 将适量的去离子水与微生物掺入到干土中,拌和均匀,制成试样,静置一段时间,使细菌充分吸附,再低速注入低浓度的CaCl<sub>2</sub>混合溶液(Min Lee Lee,Wei Song Ng,Yasuo,Tanaka.Stress-deformation and compressibility response of bio-medisted residual soils [J].Ecological Engineering,2013,60 (2013):142-149)。

[0009] 现有技术二的缺点

[0010] 该注浆方法土体上吸附的微生物量少,碳酸钙成核点少,且其矿化产生的碳酸盐含量低,土体强度提高受到限制。

[0011] 现有技术三的技术方案

[0012] 在土中分别掺入微生物及其液体培养基,与氯化钙与尿素的混合液拌和均匀,固化土体。(许朝阳,张莉.生物改性对粉土工程性质影响的研究 [J].工业建筑.2009,39 (3):60-61)。

[0013] 现有技术三的缺点

[0014] 微生物拌和土样过程中,原先的胶结体受到破坏,新的胶结体生成,土体强度提高幅度很小,实际工程性能差,工程应用价值小。

[0015] 现有技术四的技术方案

[0016] 将制成的砂土试样浸入微生物粘结液中,通过粘结液自由渗透到土体孔隙后,微生物矿化代谢引起孔隙液PH值变化和脲酶反应,产生碳酸钙结晶固化土体(赵茜等.微生物

诱导碳酸钙沉淀(MICP)固化土壤实验研究[D]北京.中国地质大学博士学位论文,2014)。

[0017] 现有技术四的缺点

[0018] 微生物矿化代谢引起孔隙液PH值变化和脲酶反应,使产生的碳酸盐结晶析出,周期长,反应缓慢,在实验室环境容易实现,但是对实际工程应用比较困难。

### 发明内容

[0019] 综上所述,目前工程上利用微生物常温固土方案均存在一定的不足,微生物常温注浆固化砂土颗粒,使得砂土强度得到了较大的提高,但是注浆周期较长,效率低,材料利用率低,微生物常温注浆固化粉土,注浆口易堵塞,粉土强度不均匀,强度提高受到限制,本发明的原理为:微生物胶结液在注入土体前和注入土体初期处于低温条件,微生物及脲酶工作活性受到抑制,降低了生物脲酶分解尿素速率,使产生的碳酸根离子的数量少,大幅降低反应速率及延缓碳酸钙胶结物的生成,微生物胶结液可以自由渗透入土体而不会发生胶结,也不会堵塞土体孔道,而在微生物胶结液在注入土体后一段时间,土体温度受环境温度影响逐步回升,微生物及脲酶的活性逐渐提高,促进碳酸钙的快速生成,前期低温条件产生的碳酸钙微粒能促进微生物吸附于土颗粒上形成生物膜,成为后期温度升高后碳酸钙胶结结晶的成核点,增加土颗粒间的胶结数量和强度,提升土体固化效果。

[0020] 本发明的目的是提供一种微生物低温注浆固土方法,通过改变注浆溶液的温度,并将轮流注菌液和混合液改为混合单液单一注浆,缩短注浆周期,提高资源利用率,而且有效解决了微生物常温注浆的不均匀性问题,从而形成一项新的微生物注浆固土方案。

[0021] 本发明的技术方案如下:

[0022] 一种微生物低温注浆固土方法,该方法步骤如下:

[0023] a.根据实际工程地基土层情况,选择夏季进行施工,按设计要求将低温注浆设备的注浆花管2打入砂土地基3;

[0024] b.用离心分离去除掉已有生物酶后的微生物配置4℃低温菌液与4℃氯化钙与尿素的混合液混合制成微生物胶结液,并保持温度为4℃,其中菌液浓度 $OD_{600}=1.2$ ,氯化钙浓度为 $0.50\text{mol/L}$ ,尿素浓度为 $0.50\text{mol/L}$ ;

[0025] c.将保温容器1内装载配比好的4℃低温微生物胶结液4,由温控系统7控制保温容器1内的液体温度始终保持在4℃,打开阀门6,通过注浆泵5注入注浆花管2,待胶结液渗入加固区域8,停止注浆;

[0026] d.待地基温度回升至15℃恒定后,静置1h;

[0027] e.反复进行c、d操作,直至土体强度达到要求或微生物胶结液无法注入时,停止注浆。

[0028] 所述的微生物低温注浆固土方法,使用离心分离去除掉已有的生物酶后的微生物配置低温菌液,菌液浓度 $OD_{600}=1.2$ 。

[0029] 所述的微生物低温注浆固土方法,注浆时所用微生物胶结液温度在4℃。

[0030] 所述的微生物低温注浆固土方法,所述的氯化钙、尿素混合液浓度必须根据土种类合理确定,一般而言,控制氯化钙浓度为 $0.10\text{mol/L}\sim 0.50\text{mol/L}$ ,尿素浓度为 $0.10\text{mol/L}\sim 0.50\text{mol/L}$ 。

[0031] 所述的微生物低温注浆固土方法,所述的微生物胶结液是由低温菌液与低温氯化

钙、尿素液混合组成的单一液体,各组分不分先后顺序同时注入土体。

[0032] 所述的微生物低温注浆固土方法,所述的4℃低温注浆后土体温度存在回升过程,土体温度回升至15℃。

[0033] 本发明的有益效果:

[0034] (1) 低温注浆加固土有效改善了土体加固的均匀性,克服了注浆管口易堵塞的问题,提高了固土效果。

[0035] (2) 微生物低温注浆可对细粒土实现多轮注浆,增强土体强度。

[0036] (3) 与常温状态分别进行注菌、注氯化钙、尿素混合液相比较,低温注浆将菌液与混合液轮流注浆改为混合单液单一注浆缩短注浆时间,提高工作效率。

[0037] (4) 减少不同注浆材料的替换顶出,材料利用率高,节约处理费用。

## 附图说明

[0038] 图1. 微生物低温注浆固土装置

[0039] 附图标记:1—保温容器,2—注浆花管,3—地基,4—4℃微生物胶结液,5—注浆泵,6—阀门,7—温控系统,8—加固区。

## 具体实施方式

[0040] 实施例1

[0041] 在本例中,一种微生物低温注浆固土方法用于固化砂土地基,该方法包括以下步骤:

[0042] a. 根据实际工程地基土层情况,选择夏季进行施工,按设计要求将低温注浆设备的注浆花管2打入砂土地基3;

[0043] b. 用离心分离去除掉已有生物酶后的微生物配置4℃低温菌液与4℃氯化钙与尿素的混合液混合制成微生物胶结液,并保持温度为4℃,其中菌液浓度 $OD_{600}=1.2$ ,氯化钙浓度为 $0.50\text{mol/L}$ ,尿素浓度为 $0.50\text{mol/L}$ ;

[0044] c. 将保温容器1内装载配比好的4℃低温微生物胶结液4,由温控系统7控制保温容器1内的液体温度始终保持在4℃,打开阀门6,通过注浆泵5注入注浆花管2,待胶结液渗入加固区域8,停止注浆;

[0045] d. 待地基温度回升至15℃恒定后,静置1h;

[0046] e. 反复进行c、d操作,直至土体强度达到要求或微生物胶结液无法注入时,停止注浆。

[0047] 在本例中,微生物低温注浆固土的加固机理为:1、低温抑制微生物及其分解产生的脲酶的活性,注浆完成后,在土体温度回升的过程中,微生物及脲酶活性均逐渐提高,工作性能逐渐增强,生成碳酸钙胶结结晶。2、前期低温条件产生的碳酸钙微粒促进微生物吸附于土颗粒上,在后期土体升温后微生物成为胶结碳酸钙结晶的成核点,提高胶结物生成率和材料利用率。3、微生物诱导碳酸钙沉淀胶结颗粒产生胶结固化作用。

[0048] 实施例2

[0049] 在本例中,一种微生物低温注浆固土方法用于固化粉土地基(场地中粉土的天然孔隙比为0.87),该方法包括以下步骤:

[0050] a. 根据实际工程地基土层情况,选择夏季进行施工,按设计要求将低温注浆设备的注浆花管打入粉土地基;

[0051] b. 用离心分离去除掉已有生物酶后的微生物配置4℃低温菌液(菌液浓度 $OD_{600}=1.2$ ),与4℃氯化钙与尿素的混合液(氯化钙浓度为 $0.25\text{mol/L}$ ,尿素浓度为 $0.25\text{mol/L}$ )混合制成微生物胶结液,并保持温度为4℃;

[0052] c. 将保温容器1内装载配比好的4℃低温微生物胶结液4,由温控系统7控制保温容器1内的液体温度始终保持在4℃,打开阀门6,通过注浆泵5注入注浆花管2,待胶结液渗入加固区域8,停止注浆;

[0053] d. 待地基温度回升至15℃恒定后,静置1h;

[0054] e. 反复进行c、d操作,直至土体强度达到要求或微生物胶结液无法注入时,停止注浆。

[0055] 在本例中,微生物低温注浆固土的加固机理为:1、低温抑制微生物及其分解产生的脲酶的活性,注浆完成后,在土体温度回升的过程中,微生物及脲酶活性均逐渐提高,工作性能逐渐增强,生成碳酸钙胶结结晶。2、前期低温条件产生的碳酸钙微粒促进微生物吸附于土颗粒上,在后期土体升温后微生物成为胶结碳酸钙结晶的成核点,提高胶结物生成率和材料利用率。3、微生物诱导碳酸钙沉淀胶结颗粒产生胶结固化作用。

[0056] 实施例3

[0057] 在本例中,一种微生物低温注浆固土方法用于固化粉土地基(场地中粉土的天然孔隙比为0.42),该方法包括以下步骤:

[0058] a. 根据实际工程地基土层情况,选择夏季进行施工,按设计要求将低温注浆设备的注浆花管打入粉土地基;

[0059] b. 用离心分离去除掉已有生物酶后的微生物配置4℃低温菌液(菌液浓度 $OD_{600}=1.2$ ),与4℃氯化钙与尿素的混合液(氯化钙浓度为 $0.10\text{mol/L}$ ,尿素浓度为 $0.10\text{mol/L}$ )混合制成微生物胶结液,并保持温度为4℃;

[0060] c. 将保温容器1内装载配比好的4℃低温微生物胶结液4,由温控系统7控制保温容器1内的液体温度始终保持在4℃,打开阀门6,通过注浆泵5注入注浆花管2,待胶结液渗入加固区域8,停止注浆;

[0061] d. 待地基温度回升至15℃恒定后,静置1h;

[0062] e. 反复进行c、d操作,直至土体强度达到要求或微生物胶结液无法注入时,停止注浆。

[0063] 在本例中,微生物低温注浆固土的加固机理为:1、低温抑制微生物及其分解产生的脲酶的活性,注浆完成后,在土体温度回升的过程中,微生物及脲酶活性均逐渐提高,工作性能逐渐增强,生成碳酸钙胶结结晶。2、前期低温条件产生的碳酸钙微粒促进微生物吸附于土颗粒上,在后期土体升温后微生物成为胶结碳酸钙结晶的成核点,提高胶结物生成率和材料利用率。3、微生物诱导碳酸钙沉淀胶结颗粒产生胶结固化作用。

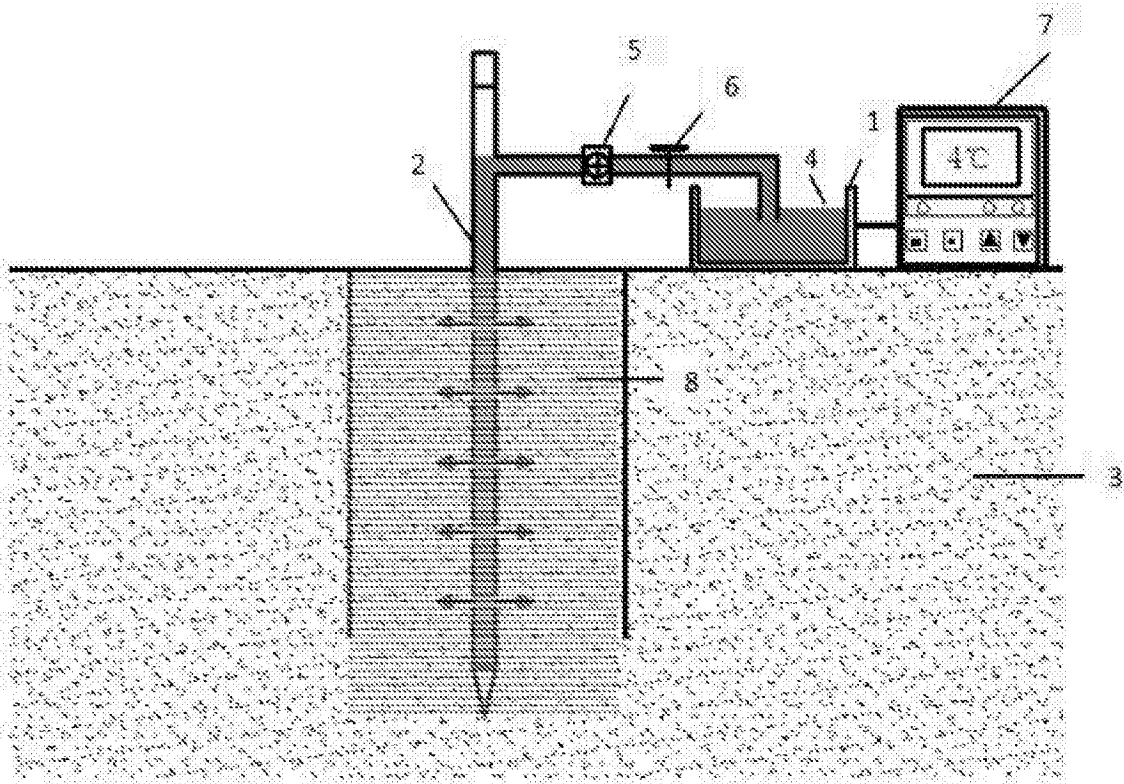


图1