

植被混凝土降碱植生技术优化研究

谢清华¹,高文涛²,齐强²,张坤强^{2*}

1. 枣庄市水利勘测设计院, 山东 枣庄 277100

2. 山东农业大学 水利土木工程学院, 山东 泰安 271018

摘要: 本文通过研究不同浓度的 NH_4HCO_3 、 KH_2PO_4 和 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 降碱溶液对植被混凝土的 pH 值影响, 提出复合降碱技术, 并研究复合降碱溶液对植被混凝土 pH、强度、透水系数等性能的影响, 结果证明该技术可将孔隙液的 pH 值快速降低至植被生长需求的范围并维持较长时间, 提高混凝土强度 6%~10%, 不降低透水性能; 针对北方地区的气候和土壤特点, 优选出植被混凝土中长势旺盛的植被。此技术工艺简单, 成本低, 可促进绿色生态植被混凝土的推广应用。

关键词: 植被混凝土; 孔隙液 pH 值; 复合降碱溶液; 植生效果

中图分类号: TU528.01

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2017)03-0429-04

Research on the Optimization of Vegetation Concrete Alkali Reduction and Vegetation Technology

XIE Qing-hua¹, GAO Wen-tao², QI Qiang², ZHANG Kun-qiang^{2*}

1. Zaozhuang Survey and Design Institute of Water Conservancy, Zaozhuang 277100, China

2. College of Water Conservancy and Civil Engineering/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

Abstract: Compound alkali reducing technology was put forward by studying the impact of the different concentrations of NH_4HCO_3 , KH_2PO_4 and $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ of alkaline solution on PH value of vegetation concrete. The effects of compound alkali reducing solution on pH, strength and permeability coefficient of vegetation concrete were studied, the result showed this technique can rapidly reduce the pore solution PH value to the range of vegetation growth requirements for a long time and improved concrete strength to 6%-10% without reducing the permeability. According to the climate and soil characteristics in the North. the thriving vegetation in the Vegetation concrete was optimized. The technology can promote the popularization and application of the green ecological vegetation concrete with the simple technical process and low cost.

Keywords: Vegetation concrete; pore fluid pH value; compound alkali solution; vegetative effect

植被混凝土以一定厚度的大孔隙透水混凝土板为骨架, 孔隙内填充混有植被种子的植生基材, 种子发芽生长, 根系逐渐穿过多孔混凝土, 扎入下层土, 牢牢地将多孔混凝土板固定在大地上, 使植被、混凝土和下层土连为一个整体, 从而起到固土护坡的作用, 可广泛应用于道路、河道、水库边坡, 破损山体修复和城市空地的硬化等领域^[1,2]。

植被混凝土的胶凝材料普遍采用普通硅酸盐水泥, 水泥水化反应释放碱性物质使植被混凝土孔隙液的 pH 值达到 12 左右, 降低幅度和速度都较小^[2]。研究发现, 养护 30 d 以上的混凝土, 在无降碱措施的情况下, 孔隙液 pH 值可长期维持在 11 左右^[3], 植被无法在如此高的碱度环境中正常生长。

目前降碱的方法主要有采用低碱性的胶凝材料(如矿渣、粉煤灰硅酸盐水泥)和蜡封或胶封的方法两种, 低碱性的胶凝材料降碱后孔隙液的 pH 值仍较长时间稳定在 10 左右, 并对材料的强度有所降低^[3]; 蜡封或胶封的方法降碱效果较好, 但造价高, 工艺复杂, 孔隙易堵塞, 透水性能差, 实际的工程应用存在困难较大等^[4]。

为解决北方寒冷地区植被混凝土绿色衬砌的技术难题, 简化降碱工艺, 提高降碱效果, 优选植被亟待进行研究。

1 试验原材料及试验方法

1.1 试验原材料的选取

收稿日期: 2016-02-03

修回日期: 2016-02-13

基金项目: 抗冻废弃矿物掺合料植被混凝土在生态河道绿色衬砌中的推广应用(SDSLGTG201604)

作者简介: 谢清华(1967-),女,本科,工程师.研究方向:水利工程施工与设计. E-mail:sdzqlf@163.com

***通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:zkq0129@163.com

1.1.1 制备混凝土试块所用原材料 中联 P·O 42.5 普通硅酸盐水泥;普通石灰岩碎石,粒径 10~30 mm;普通自来水;聚羧酸高效减水剂,FDN-A 高效减水剂,减水率为 18~28%;可再分散 801 胶粉;聚丙烯腈纤维,长度 6~12 mm;塑钢纤维,长度 10~20 mm,直径 0.8~1.5 mm。

1.1.2 降碱物质的选择 降碱物质的选择要遵循降碱效果好且持久稳定、有利于植被生长和增强混凝土强度的原则选取^[5-7],重点研究无机化学肥料氮、磷、钾肥的盐溶液,结合电离水解的相关知识,选择 NH_4HCO_3 、 KH_2PO_4 和 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 三种化肥配制降碱溶液,研究其降碱效果。

1.2 试验方法

1.2.1 试件的制备和养护 参阅相关文献^[8,9],按照前期研究成功的新型抗冻植被混凝土的配合比准备和称量相关材料,将碎石冲洗干净,晒干;先加入骨料和 70%的拌和水,搅拌 1 min,再加入 60%胶凝材料,搅拌 1 min,最后加入剩余的 40%胶凝材料和 30%的拌和水,搅拌 2 min;将新拌混凝土分三层装入不透水方形的模具(用于测孔隙液的 pH 值)和标准模具,每层插捣 20 次,模具装满后在振动台上震动 15 s,施加 0.1~0.15 MPa 的压力;2 d 后脱模,放入标准养护室标准养护 7 d。

1.2.2 植被混凝土孔隙液 pH 值测定方法 在一个边长 150 mm 的立方体不透水模具中(也可以视情况自定尺寸)分层插捣密实,填满混凝土,在振动台上震动 15 s,抹平表面,养护 7 d,将配制好的植生基材加入其孔隙中,再加入不同浓度降碱溶液至刚好没过混凝土的表面,每隔 1 d 提取孔隙液测 pH 值,即为最接近实际工况下孔隙液的 pH 值。

1.2.3 抗压强度测定方法 按照 GB/T 50081-2002《普通混凝土力学性能试验方法标准》要求^[10],采用 150 mm 立方体试件,标准养护 28 d 后,在标定好的压力机上进行立方体抗压强度试验。受压时,受压面用高强石膏找平,加荷速度 0.3 MPa/s,由于植被混凝土多孔的结构导致表面凹凸不平,容易出现应力集中,所以每组由原来的 3 块提高到 6 块,尽可能较小误差。

1.2.4 孔隙率和透水系数的测定方法 挑选外形完好、表面平整的试件,采用文献^[11]总孔隙率和有效孔隙率的测定方法和和计算公式。

根据达西定律,即在一定的水头下,单位时间内透过混凝土的水量与混凝土透水面积成正比,与混凝土透水厚度成反比,图 1 为自制的多孔混凝土透水系数测定装置。



图 1 透水系数测定装置

Fig.1 The device of measurement on permeable coefficient

2 试验结果与分析

2.1 基准组植被混凝土孔隙液 pH 值变化规律

根据测定方法,基准组植被混凝土孔隙液 28 d 的 pH 值变化曲线如图 2。

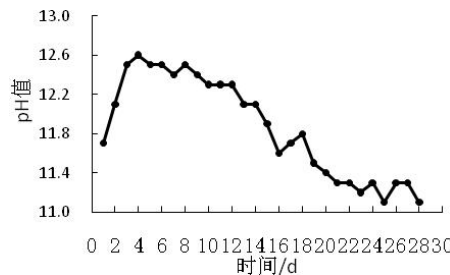


图 2 基准组植被混凝土孔隙液 pH 值变化曲线

Fig.1 pH value curves of benchmark set of vegetation concrete pore fluid

分析曲线可知, 由于试验初期大量的碱性物质快速溶解到孔隙液中, 孔隙液 pH 值较大幅度的提高, 随着时间延长, 二氧化碳和部分碱性物质发生反应, 降低了碱性物含量, pH 值逐渐降低。植被混凝土孔隙液的 pH 值变化规律为先增后降, 且降速随时间增长逐渐变缓。

由图可知, 自然状态下孔隙液 28 d 以后, pH 值大致稳定在 11 左右, 且降速放缓, 植被无法在该 pH 值水平下正常生长。

2.2 不同降碱物质取不同浓度时的降碱效果

针对 NH_4HCO_3 、 KH_2PO_4 和 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 每种降碱物质取 1%、2%、5% 三个水平, 分别测定其孔隙液的 pH 值, 根据植被生长的 pH 值为 (5.5~8.5), 各组的 pH 值超过 8.5 时停止测量 (图 3~5)。

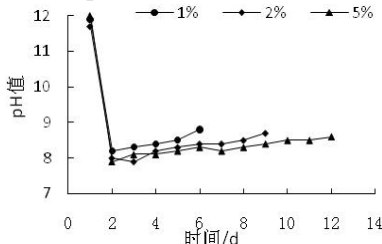


图 3 NH_4HCO_3 对 pH 值影响曲线
Fig.3 Influences of NH_4HCO_3 on pH

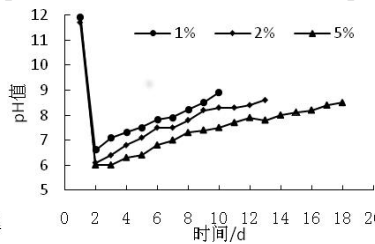


图 4 KH_2PO_4 对 pH 值影响曲线
Fig.4 Influences of KH_2PO_4 on pH

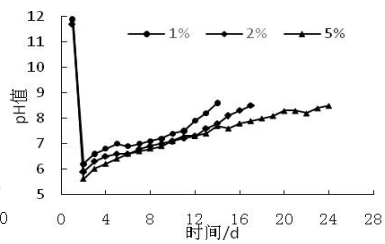


图 5 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 对 pH 值影响曲线
Fig.5 Influences of $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ on pH

分析图 3、4、5 可发现不同浓度的三类降碱溶液浸泡植被混凝土时, 均能实现一天内将植被混凝土孔隙液的 pH 值降到最低, 但随着时间增长, 孔隙液的 pH 值会缓慢回升, 由于碱性物质的不断中和反应, pH 值回升速率由快到慢; 降碱溶液 5% 浓度降碱效果较 2%、1% 好, 维持在较低 pH 值的时间更长回升当 pH 值超过 8.5 时, 可再次加入降碱物质, 则长时间内 pH 值不超过 8.5; 但是在 10d 时间内, 三种浓度的降碱溶液的孔隙液 pH 值大致相等, 由于高浓度的降碱溶液容易出现“烧苗”现象, 建议浓度不宜过高。

因此, 先用 5% 浓度降碱溶液浸泡, 迅速降低 pH 值, 后期采用 1% 浓度的降碱溶液喷洒降碱, 压制碱性的反弹。

2.3 复合降碱溶液对植被混凝土的性能的影响

降碱溶液选用 NH_4HCO_3 、 KH_2PO_4 和 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, 按照 1:1:1 比例配制 0%、0.5%、1%、2%、3% 的复合降碱溶液, 测定孔隙液 pH 值的变化, 分析其对标准试块抗压强度、总孔隙率、有效孔隙率和透水系数的影响, 结果如图 6~9 所示。

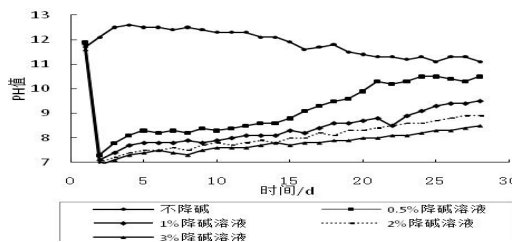


图 6 复合降碱溶液对 pH 值影响曲线
Fig.6 Influences of compound alkali solution on pH

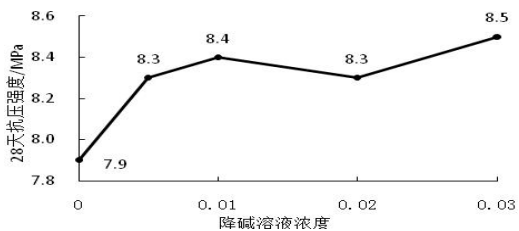


图 7 复合降碱溶液对 28 d 抗压强度值影响曲线
Fig.7 Influences of compound alkali solution on compressive strength for 28 days

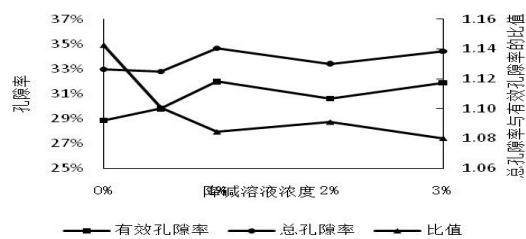


图 8 复合降碱溶液对总孔隙率、有效孔隙率影响曲线
Fig.8 Influences of compound alkali solution on the total porosity and effective porosity

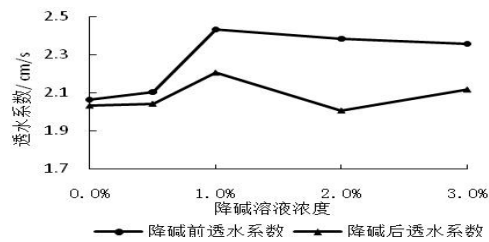


图 9 复合降碱溶液对透水系数影响
Fig.9 Influences of compound alkali solution on permeable coefficients

分析图 6 可知,不同浓度的复合降碱溶液 1 d 内使孔隙液的 pH 值降到 7 左右,并在 10 d 时间内保持 pH 值在 7.0~8.5 之间,3% 浓度降碱溶液 pH 值最低,且 pH 值在 7.0~8.5 之间时间较长,回升速度较慢,浓度为 1%、2% 的降碱溶液对 pH 值影响曲线与 3% 效果相差不大,综合考虑成本和植被生长要求,选取浓度 1% 的降碱溶液。

分析图 7 可知,混凝土的强度随着复合降碱溶液的添加有一定程度的提高(约为 6%~8%),可能因为混凝土释放的氢氧化钙与降碱溶液化学反应生成难溶的碳酸钙和磷酸钙,填充混凝土的孔隙,提高了混凝土的密实度。

根据图 8、9,植被混凝土孔隙率和透水系数在不同浓度的复合降碱溶液下变动幅度较小,总孔隙率/有效孔隙率的比值随复合降碱溶液的浓度增长而降低,表明生成的难溶物质主要填充了微孔隙,对混凝土的大孔隙影响不大。

2.4 植被的优选和种植效果研究

根据北方地区的气候和土壤特点,针对适合在新型抗冻植被混凝土,通过查阅相关的资料^[13,14],最终优选出高羊茅、天鹅绒和匍茎翦股颖,进行种植试验。采用前述降碱方法,在植被混凝土中长出茂密旺盛的植被,无降碱措施的混凝土块上植被逐渐枯萎死亡,充分证明进行降碱的必要性及本研究的降碱技术的有效性。

3 结论

(1) 不同浓度的 NH_4HCO_3 、 KH_2PO_4 和 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 降碱溶液浸泡植被混凝土,1 d 内均可将孔隙液 pH 值降到中性及以下,并可较长时间维持在满足植被生长的范围内。

(2) 综合考虑成本和植被生长要求,选取按照 1:1:1 配制的浓度 1% 复合降碱溶液,可达到较好降碱效果,提高强度、降低施工成本。

(3) 利用本研究的降碱技术,在植被混凝土中种植出了茂密旺盛的植被,验证了此降碱技术有效可行。

参考文献

- [1] 王桂玲,王龙志,张海霞,等.植生混凝土的含义、技术指标及研究重点[J].混凝土,2013(1):105-109
- [2] 高文涛.新型抗冻植被混凝土关键技术及性能研究[D].泰安:山东农业大学,2016
- [3] 胡春明,胡勇,魏清伟,等.植生型生态混凝土孔隙碱性水环境改善的研究[J].混凝土与水泥制品,2006(3):8-10
- [4] 廖文字,石 现,黄泽峰,等.植生混凝土的降碱技术及种植效果研究[J].混凝土,2013(7):155-158
- [5] 牛海波,许文年,夏振尧,等.植被混凝土肥力水平变化研究[J].中国水土保持,2010(2):36-39
- [6] 潘瑞焱.植被生理学[M].北京:科学出版社,2003
- [7] 桑以琳.土壤学与农作学[M].北京:中国农业出版社,2005
- [8] 黄剑鹏,胡勇.植生型多孔混凝土的制备与性能研究[J].混凝土,2011(2):101-104
- [9] Park SB, Tia M. An experiment study on the water- purification properties of porous concrete[J]. Cement and Concrete Reaserch, 2004(34):177-181
- [10] 戎君名,陆建雯,姚 燕,等.GB/T 50081-2002 普通混凝土力学性能试验方法标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2003
- [11] 张朝辉.多孔植被混凝土研究[D].重庆:重庆大学,2006
- [12] 陈志山.大孔混凝土的透水性及其测定方法[J].混凝土与水泥制品,2001(2):19-20
- [13] 刘 伟,寒区植被混凝土组成材料的选取及性能[J].交通科技与经济,2014(2):28-33
- [14] 张光灿.水土保持植被[M].北京:中国林业出版社,2011