

文章编号: 0451-0712(2005)07-0192-03

中图分类号: U414.1

文献标识码: A

ISS 离子稳固剂稳定土反应机理及其应用探讨

王 尚, 张玉斌, 卓建平

(安徽省公路勘测设计院 合肥市 230000)

摘 要: 探讨了 ISS 离子稳固剂稳定土的反应机理, 通过对 ISS 离子稳固剂稳定低剂量石灰土的试验段分析, 并通过室内试验确定了 ISS 离子稳固剂对 3 种土的抗压强度和抗折强度的改良效果, 最后阐述了其作为土壤稳固剂的应用价值和社会经济效益。

关键词: ISS 离子稳固剂; 稳定土; 反应机理

随着我国国民经济的发展, 公路建设进入了一个高速发展的阶段。由于公路建设需要大量的砂、砾、石料用于处理路基和填筑路面基层、底基层, 而引起不少地区出现砂石料紧缺现象, 同时造成植被减少、水土流失和环境恶化等一系列问题。所以对筑路的新技术、新材料的要求也越来越迫切。因此, 针对土性质的研究以及使用稳固剂稳固土就显得势在必行。如何在保证道路工程质量的前提下减少砂石用量, 充分利用公路沿线的各种土料来修筑质量合格的道路是目前道路工作者急需解决的问题之一。

ISS 离子稳固剂是美国开发研制的一种电离子土壤固化剂, 其英文全称为 Ionic Soil Stabilizer。从 20 世纪 70 年代起, 已在世界上数十个国家与地区广泛应用于道路加固与农田水利工程防渗等工程领域中。

1 ISS 离子稳固剂稳定土的作用机理

土壤作为公路工程的基础原材料, 提高其防水、防渗、有效硬化性能使之具有较高的抗压强度和耐久性是关键所在。因为土壤对于附在其颗粒表面的水分有着异常顽强的吸引力, 在潮湿天气下, 土壤颗粒表面的水分会吸入更多空气中的水气而膨胀, 使土壤颗粒体积增大; 而天气干燥时, 水分蒸发土壤颗粒体积就会变小。其中一胀一缩的反复变化是造成路基、堤坝等损坏的主要原因。解决这一问题的主要办法就是设法除去土壤颗粒中所含的水分和气体, 最根本的就是完全分离并排走附在土粒上的水分子。

土壤中实际上存在着两种不同的水: 动水和静水。静水, 并不是一点不动的, 只是不在重力作用下运动, 但可在渗透力的作用下运动。土壤中的静水依据使其粘附于土壤粒子的力可分为以下 4 类:

- (1) 化合水, 束缚于土壤矿物中的晶格中;
- (2) 吸附水, 依附在土壤粒子表面;
- (3) 表面张力水, 由于表面张力而附在土壤粒子接触点上的水;
- (4) 毛细管水, 含在土壤粒子之间的毛细孔里。

除了化合水外, 其他 3 种水都将参与 ISS 离子稳固剂的反应过程, 而其中尤以吸附水最为重要。土壤中的吸附水是以水膜的形式包覆在土壤颗粒的表面上的, 实际上也是土壤颗粒的一个组成部分。水膜以极大的吸力包覆在土壤胶体的表面, 这种力最大可达到 10 000 个大气压, 仅靠机械作用不能将这种水排出。温度可以改变这种水的含量并可形成土壤颗粒之间的互锁, 这种作用为 ISS 离子稳固剂的应用提供了理想的条件。吸附水是影响土壤膨胀特性的主要因素。土壤颗粒本身并不会原位膨胀或改变结构性密度, 所谓的土壤的膨胀只是吸附在粘土颗粒表面的吸附水的体积变化而已, 即吸附水膜变厚时就增加土壤的整体体积。所以, 为了使土壤层尽可能地压实并减少其胀缩特性, 只有通过减少水膜的厚度或打碎它的办法来实现。但这种水的吸附力是很大的, 所以要经济地达到这一目的, 唯一的办法就是离子交换。作为一种催化剂, ISS 离子稳固剂减少了水分子的二极力矩, 这样将导致水分子的裂解, 产生

氢离子(H^+)和氢氧根离子(OH^-)。这种过程将持续下去并伴随着产生不同的带电(正电及负电)离子。土壤中粘土矿物表面离子通常都是负离子,因此,它们将吸引正电离子,如氢离子及钠、钙、钾、镁离子等。负电荷的水合氢离子及氢氧根离子总是会与正电荷的金属离子如颗粒表面的 H^+ 离子结合。随着水中的来自 ISS 离子稳固剂的正电荷的减少,足够多的负电荷聚集起来,对吸附水层中的正电荷金属离子产生了足够大的引力,从而打破了静电势垒。当这种反应产生时,金属离子向自由水中运移并随着水而排出或蒸发掉。吸附水层被减少,土壤颗粒失去了它们的膨胀特性根源而使整个土壤层变成松散的结构,因而容易被压实。这个反应过程是不可逆的。在水分子的裂解过程中排出的氢离子可以与自由态的氢氧根离子再复合而形成水,也可以复合成氢气。释放出来的水可以渗透出去或者被压路机挤出,随后被蒸发掉。这样,通过改变淤泥或粘土颗粒的 Zeta 电势,ISS 离子稳固剂将达到理想的压缩状况。

与一般的化学稳固剂不同,ISS 离子稳固剂是一种新型电化学的土壤稳固剂。在常温下为黑褐色液体,略粘于水,易溶于水,溶于水后迅速离子化而使溶液呈高导电性。在水中离解出带正电荷的阳离子 n^+ 和带负电荷的阴离子 n^- ,阳离子与土壤胶体表面的阳离子 n^+ 产生交换作用,将这些原本吸附在土壤颗粒表面、亲水性极高的阳离子赶走,从而达到固化目的。经测试,ISS 离子稳固剂的 pH 值约为 1.25。它含有碘化油(一种水溶性药剂,溶解于水之后成为离子交换中介物),对土壤的作用主要表现在通过离子交换(H^+ 和 OH^-)减弱水对土粒的作用,从而使土粒的矿物带永久负电荷而形成矿物结晶,减弱水对土粒的作用,使土粒组织密实化。

2 ISS 离子固化剂试验分析

以漯河泥河瓦坝顶修筑试验路段为例,说明使用 ISS 离子稳固剂后对土壤的稳固作用。该路段长 1.6 km,土质为膨胀土,试验结果见表 1。

试验结果得知:用 12%石灰稳固土,其 7 d 抗压强度为 1.19 MPa,而用 ISS 离子稳固剂(0.2 L/m^3)加 4%石灰稳定土,则 7 d 抗压强度提高为 1.45~1.58 MPa。这说明土的粘性较大,且加入 ISS 离子稳固剂后,不但降低了石灰的比例,而且也使 7 d 抗压强度提高了 22%,28 d 抗压强度提高了 68%。另外经 ISS 离子稳固剂稳固后其水稳定性都很好,不像

表 1 离子稳固剂加固试验结果

稳定土类型	7 d 抗压强度/MPa	28 d 抗压强度/MPa	强度增长率/%
①ISS 离子稳固剂 (4%石灰土,0.2L/m ³)	1.45	2.27	56.55
②ISS 离子稳固剂 (4%石灰土,0.2L/m ³)	1.58	2.50	58.23
12%石灰土	1.19	1.35	13.45

石灰土一样出现开裂和散解现象。

为研究 ISS 离子稳固剂在西北地区对不同性质土的改性效果,通过室内试验研究的 3 种土样分别为靖边土、安塞土、西安土。根据《公路土工试验规程》(JTJ051-93),对 3 种土样进行了液塑性指标测试和击实试验,并分别进行 7 d、28 d 抗压强度和 7 d 抗折强度试验,结果见表 2~表 5。

表 2 土样的工程技术指标试验结果

土样	土质	塑限 W_p /%	塑限 W_L /%	塑性指 数 I_P /%	最大干密 度/(g/cm ³)	最佳含 水量 a_{opt} /%
靖边土	粉砂土	23.5	29.0	5.5	1.93	12.4
安塞土	黄土	21.5	29.5	8	1.81	10.4
西安土	粉质亚 粘土	26.0	39	13.0	1.91	14.0

表 3 7 d 龄期的无侧限抗压强度试验结果

样品种类	平均抗压强度 R /MPa	均方差 S	偏差系数 C_V /%	测试时的含水量/%	试件个数
靖边土未加 ISS	0.21	0.013 3	6.3	12.69	5
靖边土加 4%ISS	0.42	0.056 9	13.5	12.31	6
安塞土未加 ISS	0.38	0.040 9	10.8	12.51	6
安塞土加 4%ISS	0.58	0.072 1	12.4	12.62	6
西安土未加 ISS	1.29	0.130 0	10.1	13.42	6
西安土加 4%ISS	1.52	0.101 0	6.6	13.38	6

表 4 28 d 龄期的无侧限抗压强度试验结果

样品种类	平均抗压强度 R /MPa	均方差 S	偏差系数 C_V /%	测试时的含水量/%	试件个数
靖边土未加 ISS	0.32	0.023 5	7.3	12.19	5
靖边土加 4%ISS	0.52	0.042 1	8.1	11.83	5
安塞土未加 ISS	0.46	0.055 9	12.2	13.94	5
安塞土加 4%ISS	0.68	0.090 9	13.4	13.85	5
西安土未加 ISS	1.35	0.106 4	7.9	11.59	5
西安土加 4%ISS	1.93	0.097 4	5.0	12.20	7

表 5 7 d 龄期的抗折强度试验结果

样品 种类	试件 编号	破坏荷载 kN	抗折强度 MPa	平均抗折 强度 R_b /MPa	测试时的平均 含水量/%
靖边土 未加 ISS	1	114.6	0.14	0.13	11.62
	2	99.3	0.12		
	3	104.3	0.13		
靖边土 加 4‰ ISS	1	145.2	0.17	0.18	10.98
	2	160.4	0.19		
安塞土 未加 ISS	1	84.0	0.10	0.09	11.80
	2	76.4	0.09		
	3	76.4	0.09		
安塞土 加 4‰ ISS	1	96.2	0.12	0.12	13.15
	2	98.7	0.12		
西安土 未加 ISS	1	229.2	0.28	0.25	11.33
	2	206.3	0.25		
	3	191.0	0.23		
西安土 加 4‰ ISS	1	305.6	0.37	0.33	11.27
	2	244.5	0.29		

通过无侧限抗压强度试验,测得 3 种土样在加与不加 ISS 剂两种情况下的抗压强度值,7 d 和 28 d 龄期的试验结果分别列于表 3 和表 4 中。从试验结果可以看出:(1)在 3 种土样中,以西安粉质亚粘土的抗压强度为最高,远远大于靖边粉砂土和安塞土,而后两种土的抗压强度则比较相近;(2)在土中掺加最佳 ISS 剂量后,土体的强度均有一定程度的提高,以素土(未加 ISS 剂的土)的抗压强度为基准,靖边土提高了 62%~100%,安塞土提高了 47%~52%,西安土提高了 17%~43%;(3)从 7 d 和 28 d 龄期的抗压强度来看,随着龄期的延长,素土及 ISS 稳定土的抗压强度均有明显的增加,反映了密实土体随时间的自然胶结特性。从 7 d 的小梁抗折试验结果(表 5)可以看出:(1)西安土的抗折强度比其他两种土要好,而后两种土的抗折强度比较相近,这种情况与抗压强度相类似;(2)在土中加入最佳剂量的 ISS 剂后,3 种土的抗折强度均有一定程度的提高,与素土(未加 ISS 剂的土)相比,7 d 龄期的抗折强度提高了 32%~38%。

3 经济效益、社会效益比较

通过对已竣工的工程各项实测数据分析,ISS

离子稳固剂在公路工程中使用具有以下几个特点:(1)适合修筑造价较低的县乡道路;(2)提高土方路基的强度,提高土基的回弹模量和 CBR 值,因此可减少路面结构层厚度,达到大幅度降低工程造价的经济目的;(3)在经过 ISS 离子稳固剂处理过的土基面上,可直接做水泥混凝土或沥青混凝土路面层;(4)对交通量较小的地方道路、厂矿道路、专用道路、场地和施工便道,土基经 ISS 离子稳固剂处理后,可不必再做路面,即可通车(最好在表面上铺一薄层碎石或粗砾防滑);(5)施工简易快捷,晴天可减少灰尘,雨天不泥泞、无明显轮辙沉陷,一般公路施工机械即可完成。ISS 离子土壤稳固剂产品是适合我国土壤固化的强化剂之一,ISS 离子稳固剂在我国具有良好的发展前景和广阔的应用市场。ISS 离子稳固剂稳定土技术有很好的应用研究价值,尤其是膨胀土大量分布地区,ISS 离子稳固剂的应用也是一项很好的筑路技术。

4 小结

(1)与一般的化学稳固剂不同,ISS 离子稳固剂是一种新型电化学的土壤稳固剂。

(2)经 ISS 离子稳固剂稳固后其抗压强度、抗折强度及水稳定性都很高,不像石灰土一样出现开裂和散解现象。

(3)推广使用 ISS 离子稳固剂对安徽省县乡公路的建设具有很大的经济和社会效益。尤其是安徽省中部地区膨胀土大量分布,ISS 离子稳固剂稳定土技术有很好的研究、引进和应用价值。

参考文献:

- [1] 张文煊,李长生,等. 电离子土壤强化剂(ISS)在交通道路工程中的应用[M]. 武汉工业大学出版社,1999.
- [2] 中华顾问工程司. 台湾 ISS 处理土壤手册(R). 台北, 1980.
- [3] 姚爱玲,等. ISS 土壤稳定剂路用性能的试验研究[J]. 西安公路交通大学学报,1998.
- [4] 于强,傅妮. ISS 离子土壤固化剂研究与分析[J]. 四川建筑,2001.
- [5] 汪益敏,等. ISS 加固土的试验研究[J]. 公路,2001, (7).
- [6] 沈新元,等. ISS 材料在防汛道路中的应用研究[J]. 人民长江,2003.

文章编号: 0451-0712(2005)07-0195-04

中图分类号: U414.75

文献标识码: B

高节能低排放型温拌沥青混合料的技术现状与应用前景

徐世法¹, 颜彬¹, 季节¹, 高原²

(1. 北京建筑工程学院 北京市 100044; 2. 重庆交通学院 重庆市 400074)

摘 要: 温拌沥青混合料 WMA 是一种环保型材料, 它使用的是一种调和沥青, 这种沥青具有合适的粘度, 从而能保证沥青混合料在相对较低的温度下进行拌和及施工, 并且具有与传统的热拌沥青混合料相同的路用性能。本文介绍了温拌沥青混合料技术的研究与发展状况, 分析了其配制原理, 对比了温拌沥青混合料与热拌沥青混合料的路用性能及环保效果, 指出了温拌沥青混合料需进一步研究的问题及其应用前景。

关键词: 温拌沥青混合料; 调和沥青; 性能评价; 应用前景

目前, 道路建设中的路面基本上都采用传统的热拌沥青混合料 HMA (Hot Mixture Asphalt)。HMA 是一种热拌热铺沥青混合料, 其是将沥青从常温加热到 140℃ 左右, 矿料从常温加热到 160~180℃, 然后再将沥青和矿料于 160℃ 的高温下进行拌和, 拌和后的 HMA 温度不低于 150℃。摊铺和碾压时的温度不低于 120℃。将沥青和矿料加热到如此高的温度, 不仅要消耗大量的能源, 而且在生产和施工的过程中还会排放出大量的废气和粉尘, 严重影响周围的环境质量和施工人员的身体健康, 所以说, 使用 HMA 的后果就是环境的破坏、能源的浪费和人的生存圈的缩小, 这与我国发展绿色的和可持续发展的道路是背道而驰的。因此, 十分有必要研究一种绿色的和环保的沥青混合料来取代 HMA, 使其既

能保持和 HMA 一样的使用品质, 又能充分地节约能源和保护环境。

在日本及欧洲等国家, 由于签署了《京都议定书》, 限制空气中 CO₂ 的排放量。因此, 人们在 1995 年就开始研制一种环保型的温拌沥青混合料 WMA (Warm Mix Asphalt) 来替代传统的热拌沥青混合料 HMA。所谓 WMA 就是在沥青混合料中使用一种调和沥青, 这种调和沥青具有合适的粘度, 从而能在相对较低的温度下进行拌和及施工。就目前的技术水平而言, WMA 的拌和温度一般保持在 100~120℃, 摊铺和压实路面的温度为 80~90℃, 相对于 HMA, 温度降低了 30℃ 左右, 而 WMA 却具备和 HMA 一样的施工和易性和路用性能。

WMA 首先是在欧洲由 Shell 和 Kolo-veidekke

收稿日期: 2005-04-24

Reactive Mechanism of ISS Stabilized Soils and Its Application

WANG Shang, ZHANG Yu-bin, ZHUO Jian-ping

(Anhui Provincial Highway Survey and Design Institute, Hefei 230000, China)

Abstract: The reactive mechanism of the ISS stabilized soils is discussed in this paper. Through the analysis of tests for ISS stabilizing low amount of lime soil and laboratory tests, the improvement effect of compress strength and bend strength for three types of soils with ISS are analyzed, and the use value and the social economic performance of ISS are expounded.

Key words: Ionic Soil Stabilizer; stabilized soil; reactive mechanism