

文章编号:1005-0523(2011)05-0029-06

水泥石灰改良氯盐渍土强度特性试验研究

于新,孙强

(河海大学土木与交通学院 江苏 南京 210098)

摘要:选用水泥石灰复合改良方案对盐渍土进行处治。以无侧限饱水抗压强度作为评价改良方案优劣的指标,对盐渍土进行不同改良剂用量、养护龄期下的无侧限饱水抗压强度试验,并采用扫描电镜(SEM)分析改良盐渍土的微观结构,最终应用效益—费用比法对改良方案进行工程经济性评价。综合考虑强度指标和经济性,最终推荐选用5%石灰+3%水泥的改良方案。

关键词:氯盐渍土;水泥石灰;无侧限饱水抗压强度;微观结构;效益—费用比

中图分类号:TU448

文献标志码:A

根据中央决定,江苏省沿海开发已经列入国家战略,便利的交通条件是沿海开发成功的重要条件。在此背景下江苏省决定建设临海高等级公路,规划里程贯穿连云港、盐城、南通三市,全长近500 km。临海高等级公路由于临海而建,将不可避免地面临盐渍土地基及路基处理的问题。滨海地区盐渍土具有盐胀性、溶陷性、腐蚀性、翻浆、吸湿软化、次生盐渍化等问题,若不采取处治措施将影响道路的正常使用寿命^[1]。

我国对盐渍土路基的研究主要针对西北内陆^[2-5]和环渤海湾地区^[6-8]盐渍土进行,而针对江苏滨海地区盐渍土的研究尚缺乏。课题研究以临海高等级公路如东段为依托开展,临海高等级公路如东段全长62 km,为双向四车道一级公路。

1 试验方案

课题研究采用如东滨海地区氯盐渍土为试验用土,采用水泥石灰复合改良方案。试验中共选择了11组不同的改良剂剂量,试验方案见表1。

课题研究把无侧限饱水抗压强度作为评价改良盐渍土强度特性的指标。试验采用标准条件下养生7天、28天和90天的试件。

表1 盐渍土改良方案

Tab.1 Improving program of saline soil

改良剂类型	改良剂剂量	组数
石灰+水泥	10%+2%, 9%+3%, 8%+4%, 7%+5%, 6%+	11
	6%, 7%+3%, 6%+4%, 5%+5%, 6%+2%,	
	5%+3%, 4%+4%	

收稿日期:2011-06-31

基金项目:江苏省交通厅科技研究项目(2010Y37)

作者简介:于新(1975—),男,副教授,博士,硕士生导师,高级工程师,主要研究方向为道路材料。

2 试验结果与分析

无侧限饱水抗压强度是指试件达到养生龄期后,饱水一天,在无侧向压力条件下,抵抗轴向压力的极限强度。它是路基填料力学性能的重要指标之一,反应了材料在外力作用下抵抗破坏的能力,能快速准确地反映试件的强度特性。

2.1 改良盐渍土强度发展特性

改良盐渍土不同龄期无侧限饱水抗压强度随水泥石灰剂量变化的试验结果如图1~3所示。

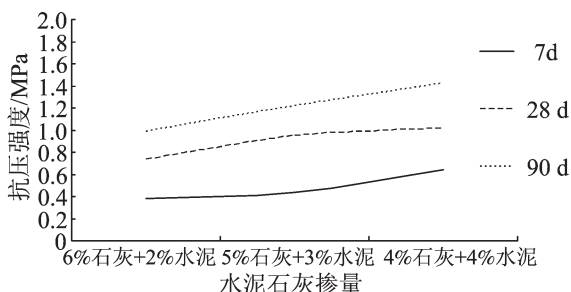


图1 水泥+石灰8%总剂量改良盐渍土强度状况

Fig.1 Strength condition of improved saline soil in 8% dose of cement and lime

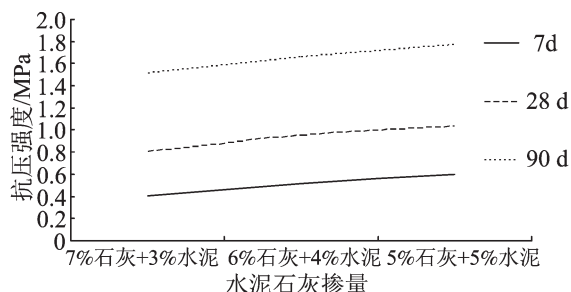


图2 水泥+石灰10%总剂量改良盐渍土强度状况

Fig.2 Strength condition of improved saline soil in 10% dose of cement and lime

由图1~3中的数据,可得出如下结论:

1) 各种改良方案的强度随龄期的增加而增大,且前期增长较快,后期增长缓慢,原因是无机结合料与水的反应是一个较长的过程,随着时间的推移反应越来越充分;

2) 某一特定龄期下,对于改良剂总量一定的改良盐渍土,随石灰剂量减少、水泥剂量增加,改良盐渍土强度有所增加。因为水泥的增加,增加了水化产物的生成,而水泥在强度的形成过程中又起主导作用,故总体强度增加;

3) 随着总剂量的增加,改良盐渍土强度增加不明显,且8%总剂量的强度已满足强度要求,从经济性方面考虑,宜采用8%的总剂量。

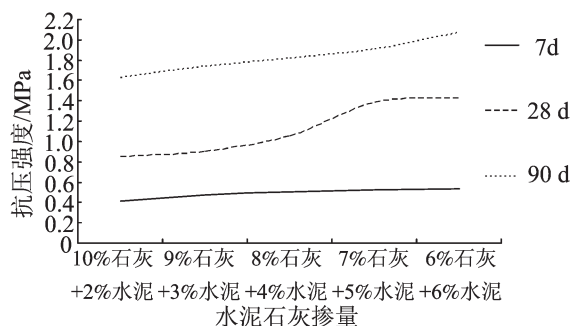


图3 水泥+石灰12%总剂量改良盐渍土强度状况

Fig.3 Strength condition of improved saline soil in 12% dose of cement and lime

2.2 水泥剂量不变条件下石灰对改良盐渍土强度发展特性影响

水泥剂量不变的条件下石灰剂量变化对改良盐渍土强度影响情况如表2所示。

由表2中的数据,可得出如下结论:

1) 对于养护龄期7天和28天的试件,在水泥剂量一定的情况下,随着石灰剂量的增加,试件强度增加不明显有的甚至减小。因为石灰强度形成比较缓慢,早期强度中水泥起主要作用,而石灰又吸收土壤中的水分阻碍了水泥水化反应的进行;

2) 对于养护龄期90天的试件,在水泥剂量一定的情况下,随着石灰剂量的增加,试件强度成增大趋势。因为90天养生龄期后石灰强度已经基本形成,故石灰剂量的增加对后期强度有明显影响;

3) 对于水泥石灰改良盐渍土而言,早期强度中水泥起主导作用,而石灰的添加则有助于提高后期强度。

表2 特定水泥剂量下改良盐渍土强度随石灰剂量变化情况

Tab.2 Intensity change with lime dose of improved saline soil in special cement dose				
特定水泥剂量 /%	石灰剂量 /%	7 d/MPa	28 d/MPa	90 d/MPa
2	6	0.383	0.733	0.990
	10	0.412	0.848	1.626
3	5	0.438	0.947	1.216
	7	0.409	0.799	1.515
	9	0.474	0.897	1.738
4	4	0.644	1.010	1.424
	6	0.513	0.946	1.655
5	8	0.508	1.045	1.812
	5	0.601	1.029	1.768
	7	0.520	1.387	1.907

3 改良盐渍土微观特性研究

通过对改良盐渍土无侧限饱水抗压强度试验结果的分析可知,水泥石灰改良方案既有利于早期强度的提高,也有利于后期强度的发展。课题研究采用扫描电镜(SEM)对改良盐渍土的微观结构进行分析,从而可以从微观层面了解改良盐渍土的物理性质和力学性能的形成和发展,选择以9%石灰+3%水泥和6%石灰+6%水泥两个改良方案为例进行分析说明。

3.1 不同改良剂用量下改良盐渍土的微观特性分析

两种不同改良剂用量下改良盐渍土28天龄期标准养护后的500倍及4000倍电镜照片如图4所示。

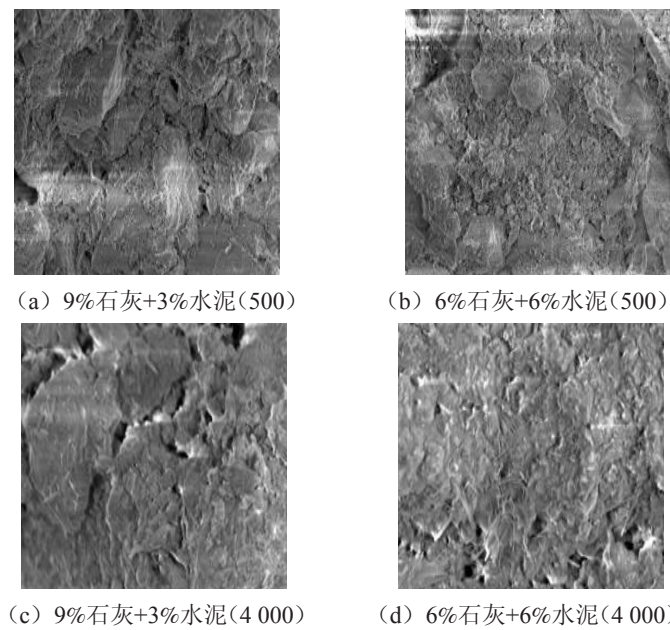


图4 水泥+石灰改良土不同倍率的SEM图
Fig.4 SEM of lime and cement modified soil at different magnification

通过对比以上照片可以发现:

在500倍率微观照片下,6%石灰+6%水泥比9%石灰+3%水泥的整体性更好;在4000倍率微观照片里,6%石灰+6%水泥呈现出密实的网状结构,并且颗粒间有大量的纤维状和柱状晶体连结,形成一个三维网状结构,而9%石灰+3%水泥只是呈现出较为密实的网状结构,在颗粒间只有很少量的纤维状和柱状晶体连结

颗粒。

随水泥剂量的增加和石灰剂量的减少,改良盐渍土的凝胶物质、纤维状及柱状晶体生成物均明显增加,使改良盐渍土形成网状结构,具有更好的整体性,从而使强度增加,这与之前的试验结论是一致的。

3.2 不同龄期改良盐渍土的微观特性分析

改良盐渍土7天、28天及90天龄期标准养护后的4 000倍电镜照片如图5所示。

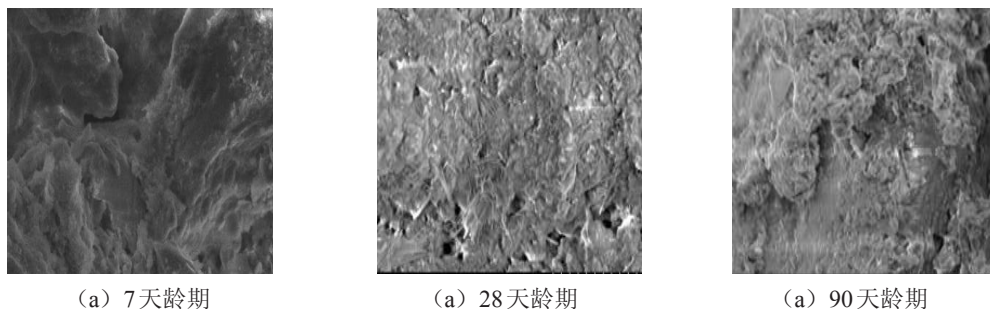


图5 6%水泥+6%石灰改良土7,28,90 d龄期SEM图

Fig.5 SEM of 6% cement and 6% lime modified soil at 7,28,90 d of age

通过对比以上照片可以发现:

随着龄期的增加,结构内部生成许多棒状和纤维状结晶体,这些矿物遍布于土粒之间,将土粒连接成整体,形成凝胶及纤维晶体结构。这些物质相互交织,形成空间网状结构,从而提高了材料的强度和稳定性。

养护龄期的增加,主要是使得水泥的水化反应及石灰的火山灰反应、离子交换作用、氢氧化钙的碳酸化反应和结晶反应更加充分,从而使得土颗粒的团聚化、结晶化、网状化更明显,从而提高了改良盐渍土的强度。

4 利用效益—费用比法进行改良方案比选

为论证工程的经济合理性和财务可行性,需要进行工程经济评价,就是一般所说的效益—费用分析,其中包括效益—费用比法、内部回收率法及净现值法等。所谓的效益—费用比是指工程效益 B 与工程费用 C 的比值,用此值来评价工程的合理可行性,是目前国际上广泛采用的方法^[6]。

4.1 效益计算

无侧限抗压强度是路基填料力学性能的重要指标之一,反应了材料在外力作用下抵抗破坏的能力,能快速准确地反映试件的强度特性,所以选择无侧限抗压强度作为效益比较合适。但由于水泥石灰强度形成需要一定的时间,所以不宜采用初期强度,此次选用28天无侧限抗压强度作为效益。水泥石灰改良盐渍土不同改良方案下的28天无侧限浸水抗压强度试验结果如表3所示。

表3 方案的效益

Tab.3 Benefit of the program

方案	效益/MPa	方案	效益/MPa
10%石灰+2%水泥	0.848	6%石灰+4%水泥	0.946
9%石灰+3%水泥	0.897	5%石灰+5%水泥	1.029
8%石灰+4%水泥	1.045	6%石灰+2%水泥	0.733
7%石灰+5%水泥	1.387	5%石灰+3%水泥	0.947
6%石灰+6%水泥	1.422	4%石灰+4%水泥	1.010
7%石灰+3%水泥	0.799		

4.2 费用计算

因为定额中的工、机这两部分不能明确确定,所以为了简化计算,只考虑料这部分。现计算每10 000 t土方量所需的费用,由调查可知,江苏省地区石灰的价格为300元·t⁻¹左右,水泥的价格为500元·t⁻¹左右。以石灰10%+水泥2%为例,每10 000 t土方量所需的石灰量为1 000 t,水泥量为200 t,费用为40万元。按照此方法计算其他改良方案的费用,结果如表4所示。

表4 方案的费用

Tab.4 Cost of the program

方案	费用/万元	方案	费用/万元
10%石灰+2%水泥	40	6%石灰+4%水泥	38
9%石灰+3%水泥	42	5%石灰+5%水泥	40
8%石灰+4%水泥	44	6%石灰+2%水泥	28
7%石灰+5%水泥	46	5%石灰+3%水泥	30
6%石灰+6%水泥	48	4%石灰+4%水泥	32
7%石灰+3%水泥	36		

4.3 效益—费用比计算

计算不同方案的效益—费用比值,结果如表5所示。

表5 方案的效益—费用比

Tab.5 Benefit-cost ratio of the program

方案	效益—费用比	方案	效益—费用比
10%石灰+2%水泥	0.021 200	6%石灰+4%水泥	0.024 895
9%石灰+3%水泥	0.021 357	5%石灰+5%水泥	0.025 725
8%石灰+4%水泥	0.023 750	6%石灰+2%水泥	0.026 179
7%石灰+5%水泥	0.030 152	5%石灰+3%水泥	0.031 567
6%石灰+6%水泥	0.029 625	4%石灰+4%水泥	0.031 563
7%石灰+3%水泥	0.022 194		

由表5可知:5%石灰+3%水泥方案的效益—费用比最高,且其满足力学强度要求,故选择5%石灰+3%水泥为最终改良方案。

5 结论

1) 某一特定龄期下,对于改良剂总量一定的改良盐渍土,随石灰剂量减少、水泥剂量增加,改良盐渍土强度有所增加。

2) 改良盐渍土的强度随龄期的增加而增大,且前期增长较快,后期增长缓慢。对于水泥石灰改良盐渍土而言,早期强度中水泥起主导作用,而石灰的添加则有助于提高后期强度。

3) 通过对改良盐渍土微观特性的分析发现,随着改良盐渍土内凝胶物质、结晶矿物的增多,土颗粒逐渐由松散状态向团聚状结构、网状结构发展,这是其强度形成及增长的主要原因。

4) 由效益—费用比评价可知,5%石灰+3%水泥方案的效益—费用比最高,综合考虑强度指标和经济性,最终推荐选用5%石灰+3%水泥的改良方案。

参考文献:

[1] 周琦,韩文峰,邓安,等. 滨海盐渍土公路路基填料试验研究[J]. 岩土工程学报,2006,28(9):1177-1180.

- [2] 邢文榜. 盐渍土地区公路路基的处理与施工[J]. 交通世界, 2004(1): 42-44.
- [3] 吴廷荣, 贾锦绣, 王都兴. 石灰粉煤灰改良盐渍土填料力学特性研究[J]. 路基工程, 2010(1): 57-59.
- [4] 黄晓波, 周立新, 何淑军, 等. 浸水预溶强夯法处理盐渍土地基试验研究[J]. 岩土力学, 2006, 27(11): 2080-2084.
- [5] 孙辉荣. 细粒氯盐渍土盐胀特性试验研究[J]. 公路, 2008(8): 149-152.
- [6] 马吉倩. 天津市滨海新区盐渍土路基处治技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [7] 耿恩朋. 无机结合料加固细氯盐渍土路用性能及其机理研究[D]. 西安: 长安大学, 2006.
- [8] 平树江, 申爱琴, 耿恩朋. 滨海地区加固盐渍土的路用性能[J]. 中外公路, 2008(6): 22-27.

Experimental Research on the Strength Performance of Chlorine Saline Soil with Cement and Lime

Yu Xin Sun Qiang

(School of Civil Engineering and Communication, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Composite improving program of cement and lime is selected to dispose of saline soil. The full water of unconfined compressive strength is chosen to evaluate whether the improving program is good. The full water of unconfined compressive strength test aims at improving saline soil of different improver doses and different curing age, and scanning electron microscopy (SEM) is used to analyze the micromechanism of improved saline soil. Finally the benefit-cost ratio method is applied to evaluate whether the improving program is economic. Comprehensively considering strength and economy, the improving program of 5% lime and 3% cement is recommended to choose.

Key words: chlorine saline soil; cement and lime; full water of unconfined compressive strength; micromechanism; benefit-cost ratio