

工业废料对含有机质水泥土强度影响的试验研究

潘永灿¹, 荀 勇^{1,2}

(1. 盐城工学院 土木工程学院, 江苏 盐城 224003; 2. 东南大学 土木工程学院, 江苏 南京 210096)

摘要:结合试验,研究了磷石膏、粉煤灰等工业废料对含有机质土强度的影响,探讨了抗有机质影响的措施。试验表明,在水泥中掺适当的工业废料做加固土的固化剂,不仅可以节约工程造价,而且可以增加加固土的强度。

关键词:有机质;磷石膏;粉煤灰;水泥土;强度

中图分类号:TU47 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2008)03-0057-03

沿海地区软土,无论是泻湖、海湾还是冲积三角洲,都含有一定数量的有机质,这主要和海相沉积软土的形成过程有关。大部分有机质由复杂的不均匀的褐色或黄色的酸性聚合物组成,它们被称为腐殖质。腐殖质可以吸附在粘土颗粒上,也可以包封在粘粒集体中。此外,其它一些原因也可能引起局部区域内土中有机质含量过高,如历史上曾有大面积森林烧毁被埋在地下,形成一层黑色的较高有机质含量的薄层土;动植物死去留在土中的残体,经过微生物作用形成的腐殖质;近代曾作为坟场、养鱼池、动物屠宰场的地下土质中的有机质含量也可能略高。

我们通过近年来的试验研究发现,含有机质软土如单用水泥加固效果并不好。采用磷石膏和粉煤灰等工业废料按适当比例掺入水泥中比用纯水泥加固含有机质的软土,复合地基承载力和工程造价之比有较大提高。同时,由于应用了工业废料,对减少环境污染也大有益处。

1 试验原材料

试验原材料如下:

①试验用土 试验土样其一为盐城市黄海东路淤泥质粘土,其二为大丰粘土层中炭土薄层,土

表 1 试验土样化学分析结果
Table 1 Components of the soil sample

土样编号	有机质/%	风干含水率/%	胡敏酸/%	胡敏素/%	富里酸/%	pH 值	烧失量/%
1	0.728	2.051	0.058	0.226	0.126	8.24	4.689
2	3.228	4.673	0.965	1.344	0.238	7.46	7.368

样化学分析结果见表 1。

②水泥 水泥采用江苏京阳水泥厂生产的 425#水泥,其 28 d 抗折强度为 8.4 MPa,抗压强度为 49.6 MPa。

③磷石膏 磷石膏取自盐城市双昌磷肥厂废物堆场,其化学成份分析结果见表 2。

④粉煤灰 粉煤灰采用盐城市城南热电厂干排原状灰,其化学成份分析结果见表 3。

表 2 试验用磷石膏化学成份分析结果

Table 2 Components of the phospho - gypsum sample

SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	结晶水
3.68	0.34	0.83	42.31	31.27	0.27	2.36	17.25

表 3 试验用粉煤灰化学成份分析结果

Table 3 Components of the fly - ash sample

SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	CaO	Fe ₂ O ₃
54.38	27.26	1.44	1.32	5.26	5.39

收稿日期:2008-05-11

作者简介:潘永灿(1973-),男,江苏建湖县人,盐城工学院讲师,硕士,国家一级注册结构师、国家一级注册建造师,主要研究方向为结构工程。

2 试验结果

采用不同比例的水泥、水泥—磷石膏、水泥—粉煤灰、水泥—磷石膏—粉煤灰对有机质含量不同的试验土样进行加固试验。对土样晾干后,压

碎成粉,加干土重 50% 的自来水形成湿土,再分别加入不同含量的水泥、磷石膏、粉煤灰混合成型,制作成 12 组 70.7 mm 的立方体试块,密封后放入水中养护 90 d,测定其去除极值后立方体抗压强度平均值,得到的试验结果见表 4。

表 4 加固土配比及抗压强度平均值

Table 4 The weight mixed ratio of soil and average press strength

有机质含量/%	土样编号	原材料占湿土重的百分比/%			90 d 抗压强度/kPa
		水泥	磷石膏	粉煤灰	
0.728	A1	15.50	0	0	3 872
	A2	10.85	0	4.65	3 961
	A3	10.85	1.55	3.10	3 936
	A4	10.85	3.10	1.55	3 420
	A5	10.85	4.65	0	3 384
	A6	10.85	2.32	2.32	3 597
3.226	B1	15.50	0	0	2 676
	B2	10.85	0	4.65	2 843
	B3	10.85	1.55	3.10	2 985
	B4	10.85	3.10	1.55	3 661
	B5	10.85	4.65	0	3 587
	B6	10.85	2.32	2.32	3 508

对比试验数据可知,单用水泥加固含有机质软土,有机质含量越高,加固土的抗压强度越低。外加材料总量不变情况下,适当加入磷石膏和粉煤灰等工业废料,能有效提高加固土的抗压强度,当有机质含量较低时,粉煤灰含量对加固土抗压强度作用较大;当有机质含量较高时,磷石膏的作用为主要方面,两者以一定比例加入水泥土中形成 3 种粉状材料组成的固化剂,对含有机质软土的加固效果更佳。

3 试验分析

关于水泥土硬化机理和掺工业废石膏的水泥系固化剂加固土机理,国内许多学者已经做过较深刻的探讨和研究^[1-2]。作者认为在废石膏中掺入少量的粉煤灰,其加固效果会更好。其原因在于决定加固土强度的因素主要有两方面:①水化硅酸钙的胶凝作用;②孔隙率和孔径大小。大多数种类的软土天然孔径大、孔隙多,只有水化硅酸钙的胶凝作用不能完全改变孔径和孔隙的状况,废石膏虽然含有不定数量的杂质,但其主要成份是 CaSO_4 , CaSO_4 与水泥水化物发生反应生成大量的钙矾石。钙矾石的存在一方面因其固相体积膨胀填充了部分孔隙,使土体孔隙量减少;另一方面其较大的针状晶体在孔隙中生成,相互交叉

与水化硅酸钙一起形成空间结构,使固化土孔径分布细化。钙矾石的增强作用是有条件的,它与体系中 CaO 和 OH^- 浓度有关,当 CaO 和 OH^- 浓度较低时,钙矾石生长能使结构强度增加; CaO 和 OH^- 浓度饱和时,钙矾石生长使结构强度降低。

如果在加入废石膏的同时加入适量的粉煤灰,粉煤灰中的 SiO_2 和 Al_2O_3 与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 发生反应,生成水化硅酸钙和水化铝酸钙。其作用是:①降低了 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的浓度,使钙矾石生长对强度有利;②增加生成水化硅酸钙的数量相当于增强了晶体矿物之间的凝胶作用;③水化铝酸钙可进一步与硫酸盐反应生成钙矾石。此外,粉煤灰的微珠效应,可改变水泥土的流变学性质,使加固土易于拌匀,易于密实,降低加固土孔隙,减小了孔径^[3]。粉煤灰对水泥熟料的分散作用,能减少有机质对水泥水化作用的阻碍,对有机质的物理吸附作用也有一定的效果,在有粉煤灰存在时,磷石膏作为硫酸盐激发剂,可促进粉煤灰中活性组份的水化反应。

4 结语

沿海地区地下软土的成因决定了其中必定含有一定数量的有机质,采用磷石膏和粉煤灰等工业废料加入水泥中加固有机质软土,从技术和经

济两方面考虑,都是可信和可行的方法。磷石膏和粉煤灰的掺入比例,应根据软土中有机质含量确定,当有机质含量低时,粉煤灰的作用较大;当有机质的含量较高时,可适当加大磷石膏的含量。

参考文献:

- [1] 黄新. 工业废石膏在地基加固中的应用[J]. 工业建筑, 1994(9): 24 - 28.
- [2] 胡同安, 杨晓刚, 刘毅. 水泥磷石膏固化剂的试验研究[A]. 第七届土力学及基础工程学术会议论文集[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994: 525 - 528.
- [3] 荀勇. 含工业废料的水泥系固化剂加固软土试验研究[J]. 岩土工程学报, 2000(2): 210 - 213.

Research on the Strengthening Organic Cement Soil With Industrial Waste

PAN Yong-can¹, XUN Yong^{1,2}

(1. Department of Construction Engineering of Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224003, China;
2. Civil Engineering Institute of Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China)

Abstract: Through tests, this article researches the influences of phospho - gypsum and fly - ash on the strengthening organic soil, and the measures for resisting the influences of organic matter are studied. The results indicate that adding industrial wastes to cement soil, not only the construction cost is decreased, but also the cement - soil strength is increased.

Keywords: organic matter; phospho - gypsum; fly - ash; cement soil; strength

(上接第 56 页)

参考文献:

- [1] 向春尧. 网纹红土的工程地质特性和地基评价[J]. 水文地质工程地质, 1985(3): 1 - 8.
- [2] 彭汉兴. 庐山羊角岭红色泥砾泥石流成因质疑[J]. 地理学报, 1988(4): 363 - 366.
- [3] 张成恭, 王思敬, 张伟元, 等. 中国工程地质学[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 94 - 95.
- [4] 邵水松. 对萧山市区地基土层的分析研究[J]. 勘察科学技术, 1995(4): 21 - 27.
- [5] 魏道堃, 胡中雄. 上海浅层地基土的前期固结压力及有关压缩性参数的试验研究[J]. 岩土工程学报, 1980(12): 13 - 22.
- [6] 竹淑贞, 陈业裕, 孙永福, 等. 上海地区第四纪地层与古气候[J]. 科学通报, 1980(5): 220 - 223.

Geologic Reason Analyses on Super Consolidation of Soil

SUN Kai-jun

(Yancheng Communications Construction Project Co, Ltd Jiangsu Yancheng 224001, China)

Abstract: This article give some examples, as the red soil of laterization, coastal plain of shallow hard layer and hard crust layer, discuss the geologic history which it come out and the course of pedogenesis and characteristics of perpendicular changes. Results that the leaching process is the major reason of the soil owns super consolidation during the course of pedogenesis after deposition, the minor reason is the pressure of its own weight on the surface of soil layer.

Keywords: super consolidation soil; quaternary environment; pedogenesis