

# 增塑剂对河道淤泥塑性的影响

徐海涛<sup>1,2</sup>,王加仟<sup>2</sup>,吴其胜<sup>2</sup>,张长森<sup>2</sup>,荀和生<sup>3</sup>,成金高<sup>4</sup>

(1.南京工业大学,江苏 南京 210009;

2.盐城工学院,江苏 盐城 224051;

3.江苏省墙体改革办公室,江苏 南京 210008;

4.盐城市墙体改革与建筑节能办公室,江苏 盐城 224003)

**摘要:**根据河道淤泥的塑化机理,分析了无机增塑剂、有机增塑剂和无机-有机复合增塑剂对泥料塑性的影响。研究结果表明,0.1%六偏磷酸钠与0.05%的醇B复合的增塑效果最佳,比未掺任何增塑剂的原料塑性指数提高了18%左右。

**关键词:**河道淤泥;塑化机理;增塑剂;泥料塑性

中图分类号:TU522.1·1

文献标识码:B

文章编号:1001-702X(2008)09-0026-03

## Influence of plasticizer on plasticity of river mud

XU Haitao<sup>1,2</sup>, WANG Jiaqian<sup>2</sup>, WU Qisheng<sup>2</sup>, ZHANG Changsen<sup>2</sup>, XUN Hesheng<sup>3</sup>, CHENG Jingao<sup>4</sup>

(1.Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, Jiangsu, China;

2.Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, Jiangsu, China;

3.The Office of Wall Materials Revolution of Jiangsu, Nanjing 210008, Jiangsu, China;

4.The Office of Wall Materials Revolution of Yancheng, Yancheng 224001, Jiangsu, China)

**Abstract:**Based on plasticizing mechanism of river mud, the influence of inorganic plasticizer, organic plasticizer and inorganic-organic plasticizer on the plasticity of river mud was studied. The results showed that the plasticizing effect of the compounds of 0.1% sodium hexametaphosphate and 0.05% alcohol was the best, which improves the plasticity index of river mud by 18% compared with that without any plasticizer.

**Key words:**river mud;plasticizing mechanism;plasticizer;plasticity of mud

## 0 前 言

河道淤泥是城市固体废弃物的主要种类之一。如采用河道淤泥作为新型墙体材料的替代原料,不仅可以解决毁田制砖的问题,又疏浚了河道,而且避免了城市中淤泥的二次污染

等,将为城市带来全新的环境和社会效益。采用江河淤泥、固体废弃物为主要原料生产烧结墙体材料,是国家墙体材料革新重点发展的墙体产品。自2008年1月1日起执行的《新型墙体材料专项基金征收使用管理办法》(财综[2007]77号),已将生产原料中江河(湖、海)淤泥掺量不少于30%生产的墙体材料产品列入新型墙体材料目录,给予政策扶持。在江苏省墙体材料革新“十一五”发展规划中明确江河湖海淤泥砖为重点发展的砖类产品之一。

由于河道淤泥的含砂量大,塑性差,严重影响了淤泥砖的质量。目前主要通过在河道淤泥中添加黏土进行增塑,以提高产品质量。随着国家对耕地等黏土资源的限制使用,必须开发

基金项目:2006年度江苏省经贸委科研课题

收稿日期:2008-07-05

作者简介:徐海涛,男,1982年生,江苏启东人,硕士研究生。联系地址:江苏盐城工学院东校区3907信箱,电话:15861982403,E-mail:xht1002@126.com。

参考依据。

## 参考文献:

- [1] 郑木莲,陈栓发,王秉纲.多孔混凝土的收缩特性研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2005(4):483-487.
- [2] 程少辉,梁建国.混凝土多孔砖自生收缩和干燥收缩的试验研究[M]//砌体结构理论与新型墙材应用.北京:中国城市出版社,2007:208-211.
- [3] 陈萌,刘立新.商品混凝土收缩变形的试验[J].工业建筑,2007,37(6):70-72.



研究新型增塑剂, 达到不使用黏土资源的目的。本文研究了几种增塑剂对河道淤泥塑性的影响程度。

## 1 实验原料与方法

### 1.1 实验原料制备

河道淤泥取自盐城地区, 通过自然晾晒和人工干燥相结合的方式, 对河道淤泥进行脱水处理, 再经过鄂式破碎机破碎和球磨机粉磨, 过 0.5 mm 的标准筛, 得到备用原料。

### 1.2 塑性测试方法

取 0.5 mm 筛下的代表性土样 200 g, 分开放入 3 个盛土皿中, 加不同量的蒸馏水, 土样的含水量分别控制在液限(a点)、略大于塑限(c点)和二者的中间状态(b点)。测定 a 点的锥入深度应为(20±0.2)mm。测定 c 点的锥入深度应控制在 5 mm 以下。分别测试 a、b、c 3 点的含水量。在二级双对数坐标纸上, 以含水量  $\omega$  为横坐标, 锥入深度  $h$  为纵坐标, 点绘 a、b、c 3 点含水量的  $h-\omega$  图。在  $h-\omega$  图上, 查得纵坐标入土深度  $h=20$  mm 所对应的横坐标的含水量为该土样的液限  $\omega_L$ 。通过液限  $\omega_L$  与塑限时入土深度  $h_p$  的关系曲线, 查得  $h_p$ , 再由  $h-\omega$  图查得入土深度为  $h_p$  时所对应的含水量为该土样的塑限  $\omega_p$ 。而塑性指数  $I_p=\omega_L-\omega_p$ <sup>[1]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 无机增塑剂对原料塑性的影响

无机增塑剂主要通过改变 pH 值、改变原料颗粒表面吸附阳离子从而影响水化膜的厚度来增塑<sup>[2]</sup>。吸附不同阳离子的黏土塑性的变化主要是由黏土颗粒之间吸力和黏土颗粒间水膜厚度的改变而引起的。吸附不同阳离子的黏土颗粒之间吸力大小次序与黏土阳离子交换次序相同, 因此, 其屈服值和塑性强弱次序也与阳离子交换次序相同。吸附不同阳离子的黏土颗粒之间吸力的强弱决定了它们之间水膜的厚度。黏土胶体表面阳离子浓度愈大, 吸附水也愈牢。黏土吸附粒子半径小、价数高的阳离子(如  $\text{Ca}^{2+}$ )与吸附半径大、价数低的阳离子黏土相比, 前者颗粒间水膜厚而后者薄<sup>[3]</sup>。

本文研究九水硅酸钠、无水碳酸钠、六偏磷酸钠 3 种无机增塑剂对河道淤泥塑性的影响(见表 1)。

表 1 无机增塑剂及其掺量对河道淤泥塑性的影响 %

掺量	未掺 增塑剂	九水硅酸钠		无水碳酸钠		六偏磷酸钠	
		0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
塑限	23.4	24.0	23.3	24.9	23.2	21.8	24.8
液限	50.6	48.4	47.8	47.8	48.6	45.1	40.5
塑性指数	27.2	24.4	24.5	22.9	25.4	23.3	15.7

从表 1 可以看出, (1)随着九水硅酸钠的掺入, 原料的塑限增大, 液限变小, 直接导致原料的塑性指数变小, 但随着九水硅酸钠掺量的增加, 原料的塑限减小, 而液限略有变化, 从而塑性指数有所提高。可能因  $\text{Na}^+$  和黏土中的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  进行离子交换, 生成不溶性或溶解度极小的盐类, 将  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  原来吸附的水膜释放出成自由水, 减小了原料的塑限<sup>[4]</sup>。由此可见, 九水硅酸钠的少量掺入未能提高原料塑性, 且随着掺量增大, 对塑性改善效果也不明显, 因此单掺九水硅酸钠的增塑效果较差。(2)随着无水碳酸钠的掺入, 原料的塑限增大, 液限变小, 塑性指数减小, 但随着掺量的增加, 塑限减小, 液限增大, 塑性指数明显提高。说明低掺量的无水碳酸钠未能提高原料塑性, 而随着掺量增大, 增塑效果明显。这主要是由于  $\text{CO}_3^{2-}$  除了有结合  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  的能力外, 还能吸附在黏土粒子的表面, 阴离子的吸附能力和置换顺序<sup>[5]</sup>为:  $\text{OH} > \text{CO}_3^{2-} > \text{P}_2\text{O}_7^{4-} > \text{PO}_4^{3-} > \text{I} > \text{Br} > \text{Cl} > \text{NO}_3^- > \text{F} > \text{SO}_4^{2-}$ 。当无水碳酸钠掺量增加, 可以减小塑限, 提高液限, 从而可以显著改善原料的塑性。(3)随着六偏磷酸钠掺量的增加, 原料的塑限先变小后变大, 而液限变小明显。塑性指数随着六偏磷酸钠掺量的增加而显著变小。由于六偏磷酸钠是偏磷酸钠聚合体的一种, 具有很强的吸湿性, 吸湿后变黏, 能提高持水性, 增强附着性, 所以随着六偏磷酸钠的加入, 原料的塑限提高。但随着含水量的增加, 颗粒表面的水膜继续增厚, 使得原料的应变量增高, 但是砖坯的屈服值会迅速降低, 所以液限降低。从而致使原料的塑性指数下降。

### 2.2 有机增塑剂对河道淤泥塑性的影响

大部分有机塑化剂之所以能提高原料的塑性主要因为其结构具有 2 种基团。一种是极性基团, 如羧基—COOH、羟基—OH、磺酸钠基—SO<sub>3</sub>Na、醛基—CHO 等; 另一种是非极性基团, 如烃链、碳环等。极性基亲极性介质, 如对水的吸引力大, 容易水化。非极性基亲非极性介质, 或称为亲油, 是憎水的。具有这种二亲结构(一端亲水, 一端亲油)的物质通常称为表面活性物质。在原料中加入有机塑化剂后, 因为它们既是亲水的, 又是极性的, 所以这种添加剂的分子在水溶液中能生成水化膜。这种分子连同其水化膜能被原料颗粒牢固地吸附在表面上。这样颗粒表面上不但有了一层厚厚的水化膜, 而且又有了一层黏性很大的高分子, 从而能有效地提高原料的可塑性和结合能力, 这就是有机塑化剂增塑的机理<sup>[2]</sup>。

研究了有机醇 A、有机醇 B 类 2 种有机塑化剂对河道淤泥塑性的影响(见表 2), 未掺增塑剂时的有关指标见表 1。

表 2 有机增塑剂及其掺量对河道淤泥塑性的影响 %

掺量	醇 A			醇 B		
	0.02	0.05	0.10	0.02	0.05	0.10
塑限	21.9	20.3	21.6	22.0	21.8	21.8
液限	49.4	48.9	46.9	49.2	50.2	50.4
塑性指数	27.5	28.6	25.3	27.2	28.4	28.6

从表 2 可以看出, 原料本身的塑限和液限都较高, (1) 随着醇 A 的掺入, 原料的塑限先变小后变大, 而液限则呈逐渐减小的趋势。塑性指数随着醇 A 的掺入, 先提高后降低。由此可见, 醇 A 的加入, 对河道淤泥的塑限影响较大, 可以显著减小塑限, 而对液限的影响较小, 从而可以提高河道淤泥的塑性指数, 改善河道淤泥的成型性能, 可以减少成型含水量。(2) 醇 B 的掺入量为 0.02% 时, 河道淤泥的塑限显著下降, 继续增加醇 B 的掺入量对塑限基本没有影响。而醇 B 掺入量为 0.02% 时, 液限略有下降, 随着掺量增加液限有所提高。从而, 河道淤泥的塑性指数随着醇 B 掺入量的增加而提高。醇 B 的掺入量为 0.05% 时, 河道淤泥的塑性得到很大的改善, 继续增加醇 B 的掺入量, 改善效果不是很明显, 所以, 醇 B 的最佳掺量为 0.05%。

### 2.3 复合增塑剂对原料塑性的影响

无机增塑剂利用对水分子的亲和性, 使水分子容易进入亲性原料颗粒之间, 在亲性料颗粒之间形成一层张紧的水膜, 使亲性料产生塑性。有机增塑剂利用极性基团对水分子的亲和及水分子与亲性原料颗粒表面的分子间作用力, 同时, 水溶性有机塑化剂溶于水后形成长短不等的极性分子链, 分布于亲性颗粒之间, 起到分散与粘结作用<sup>[6]</sup>。因此, 通过无机-有机塑化剂的复合, 可更好地改善原料的塑性。由上述试验结果可知, 醇 B 的最佳掺量为 0.05%, 且相比其它增塑剂, 其增塑效果最好, 所以本文选取醇 B 作为复合增塑剂, 其掺量均为 0.05%。复合增塑剂对河道淤泥塑性的影响如表 3 所示。

表 3 复合增塑剂对河道淤泥塑性的影响 %

复合增塑剂	塑限	液限	塑性指数
未掺增塑剂	23.4	50.6	27.2
醇 A 0.02%+醇 B 0.05%	21.9	50.2	28.3
醇 A 0.05%+醇 B 0.05%	23.5	52.6	29.1
九水硅酸钠 0.2%+醇 B 0.05%	23.2	51.3	28.1
九水硅酸钠 0.5%+醇 B 0.05%	23.4	54.3	30.9
六偏磷酸钠 0.1%+醇 B 0.05%	21.3	53.4	32.1
六偏磷酸钠 0.5%+醇 B 0.05%	21.8	46.4	24.6

从表 3 可以看出, (1) 当醇 A 与醇 B 复合, 醇 A 掺量为 0.02% 时, 原料的塑限和液限相比未掺入任何增塑剂时都有所下降, 但是塑限下降的幅度大于液限下降的幅度, 所以原料的塑性指数提高。当醇 A 掺量为 0.05% 时, 原料的塑限和液限都有上升, 但液限上升的速度大于塑限, 所以, 河道淤泥的塑性指数仍提高。(2) 当九水硅酸钠与醇 B 复合时, 随着九水硅酸钠的掺量增加, 原料的塑限下降, 而液限上升, 所以原料的塑性指数提高明显, 河道淤泥的塑性得到较大的改善。当九水硅酸钠的掺量为 0.2% 的河道淤泥塑性指数, 比未掺入任何增塑剂的提高 3.3%, 当掺量达到 0.5% 时, 塑性指数提高了 13.6%, 所以, 当九水硅酸钠和醇 B 复合时, 其最佳掺量为九水硅酸钠 0.5%+醇 B 0.05%, 其增塑效果明显。(3) 六偏磷酸钠与醇 B 复合时, 随着六偏磷酸钠掺量的增加, 塑限先变小后增大, 而液限先变大后减小, 所以, 塑性指数先增大后减小。当六偏磷酸钠掺量为 0.1% 时, 塑性指数比未掺入任何增塑剂时提高了 18.0%, 说明六偏磷酸钠与醇 B 复合后, 增塑效果明显。但随着掺量的增加, 因六偏磷酸钠有极强的减水作用, 使液限减小, 导致塑性指数变小。

## 3 结语

(1) 无机增塑剂在低掺量情况下, 对原料的塑性指数影响不大, 其中六偏磷酸钠有较强的减水性, 当掺量为 1% 时, 可以显著减小原料的塑限和液限。

(2) 有机增塑剂的增塑效果明显优于无机增塑剂, 醇 B 的掺入量为 0.05% 时河道淤泥的塑性指数, 比未掺任何增塑剂的提高了 4% 左右。

(3) 通过有机增塑剂和无机增塑复合, 增塑效果明显。掺入 0.1% 六偏磷酸钠与 0.05% 的醇 B 复合的增塑剂比未掺任何增塑剂的原料塑性指数提高了 18% 左右。

## 参考文献:

- [1] JTJ-051—93, 公路土工试验规程[S].
- [2] 殷念祖, 等. 烧结砖瓦工艺[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983.
- [3] 陆配文, 等. 硅酸盐物理化学[M]. 南京: 东南大学出版社, 1991.
- [4] 杨淑金, 吴伯麟, 彭稳, 等. 减水剂对黏土可塑成型坯料的减水效果研究[J]. 砖瓦, 2008(3): 19~20.
- [5] 黄照柏. 陶瓷物理及化学原理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1975.
- [6] 黄学辉, 薛红亮, 尚福亮. 粘性陶瓷原料挤塑成型及其烧结性能研究[J]. 陶瓷学报, 2003, 24(2): 78~80.

