

HG 无机/有机复合土壤固结材料的应用研究

袁军¹, 郑敏¹, 徐军¹, 冯锦锋¹, 侯安新²

(1. 武汉工程大学湖北省新型反应器与绿色化学工艺重点实验室, 湖北 武汉 430074;

2. 武汉大学化学与分子科学学院, 湖北 武汉 430072)

摘要:作为一种新型的复合材料, IIG 无机/有机复合土壤固结材料能提高水泥对地下淤泥质软土的加固作用。经过试验对比, 结果表明: HG 与水泥复配的最佳质量比例为 1.5%; 添加 HG 后水泥土试样的无侧限抗压强度、抗剪强度和抗渗透性与未添加时相比都有明显的提高, 同时添加 HG 能明显降低水泥浆的粘度, 增加了水泥浆的输送性能。

关键词: 地下淤泥质软土; 无机/有机复合土壤固结材料; 无侧限抗压强度; 抗剪强度; 抗渗透性

中图分类号: TU473.1

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2010.01.012

0 引言

深层搅拌、高压旋喷、水泥拌合土等软土地基加固方法, 一般是以水泥等作为固化剂, 利用水泥与软黏土之间发生的一系列物理、物理化学、化学反应, 使软黏土硬结为具有一定强度和水稳定性的水泥固化土^[1]。水泥的加固效果随土质条件的变化差异很大, 在某些土质中, 用水泥作固化剂难以满足工程需求。

地下淤泥质软土强度低、压缩性大、渗透性小, 鉴于淤泥质软土地基承载力低、地基变形大、压缩性大、透水性差, 不易满足水工建筑物地基设计要求, 同时变形稳定历时较长等特点^[2], 迫切需要开发适用于淤泥质软土地基的高效固化剂。但目前国内还没有一种固化剂广泛应用于淤泥质软土地基的处理。

IIG 无机/有机复合土壤固结材料(以下简称 HG)是一种主要应用于淤泥质软土地基处理的固化剂, 作为添加剂与水泥复配后进行地基加固处理, 在不增加工程造价前提下能大幅度提高水泥土搅拌桩的桩身强度、抗渗透性、抗剪强度等多项力学性能指标, 同时能降低水泥的用量, 降低水泥浆的粘度以便于输送。还可应用到引排水工程、边坡堤堰、淤泥处理、蓄水工程等领域。HG 以价格低廉、原料易得、环境有好的有机高分子为主要原料, 再辅配无机复合激发剂, 将无机物与有机物混合复配, 使两类化合物强强联合产生协同效应, 形成一种新型复合土壤固结材料。

1 实验部分

1.1 实验材料

土样: 试验用土取自武汉市金银潭地铁工地地下 14 m 淤泥质粘土, 土粒密度为 1.79 g/cm³, 液限 44.5% (质量分数), 塑限 25.8% (质量分数), 塑性指数为 18.1% (质量分数), 液性指数为 1.12。

固化材料: HG, 粉状固体, 武汉恒高科技工程有限公司生产; 水泥, 325 号普通硅酸盐水泥, 华新水泥股份有限公司生产。

1.2 测试及其方法

本试验均按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ057-94)^[3]、《土工试验方法标准》(GB/T50123-1999)^[4]及《公路路面基层施工技术规范》(JTJ034-2000)^[5]进行。

试样制备: 按标准制备一系列添加不同水泥量以及不同 HG-水泥复配比例的水泥土试样, 将试样在标准养护条件下养护 7, 14, 28 d 后进行试验。

击实试验: 试验采用 DJ 系列标准电动击实仪。击实分 3 层装土, 每层击实数为 40。

无侧限抗压强度试验: 试验采用 YE-30 型液压力式压力试验机。养护期的最后一天将试件浸泡在水中, 水面高出试件顶部约 2.5 cm。将浸水 24 h 的试样从水中取出, 用软布吸去表面可见自由水, 进行无侧限抗压强度试验。

粘度试验: 试验采用 ZMN-2 型马氏漏斗粘度计。在恒温 20℃条件下, 将适量用净浆搅拌机搅拌

均匀的水泥浆倒入 Marsh 筒内,测定水泥浆从下部料嘴流出 500 mL 所用的时间,记为 Marsh 时间。

直接剪切试验:试验采用 EDJ-1 型双速电动等应变直剪仪快剪方法。试样规格为 $\phi 61.8 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$,试验控制条件为剪切过程不排水和剪切速率为 2.4 mm/min ,对每组试样分别施加不同垂直压力 100、200、300、400 kPa 进行试验。

渗透试验:试验采用 QY1 2 型渗压仪,按变水头渗透试验方法进行。试样规格为 $\phi 61.8 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$,试样在标准条件下养护 6 d,采用抽气水头饱和法对试样进行饱和后进行试验。

2 结果与讨论

2.1 最大干密度和最优含水量

选取复配后的 IIG-水泥混合物料(以下简称 IIG 复配料)与土样以及纯水泥与土样质量配合比均为 20:80 的两组配方进行比较,根据击实试验得出最大干密度和最优含水量,试验结果如表所示。

表 1 最大干密度和最优含水量

Table 1 Maximum dry densities and optimum water contents

试样	水泥的质量分数/%	IIG 的质量分数/%	土的质量分数/%	最大干密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	最优含水量/%
1#	19.7	0.3	80	1.81	17.9
2#	20		80	1.75	18.7

由表 1 可知,在固化材料(指添加到土样中的水泥或 HG 复配料,下同)与土样质量配合比相同的情况下,IIG 复配料固化土试样的最大干密度大于纯水泥土试样,最优含水量小于纯水泥土试样,说明较之纯水泥,掺入 HG 的试样在较低含水量下就可击实到较大干密度。

2.2 IIG 与水泥最佳复配比例的确定

为了确定 HG 与水泥复配加固土时两者的最佳配比,HG-水泥复配比例分别采用 1%、1.2%、1.5%、1.8%和 2%,HG 复配料与土样的质量配合比为 20:80,得到 5 组水泥土试样。试样 7 d 无侧限抗压强度如图 1 所示。

从图 1 可知,水泥土试样的无侧限抗压强度随 HG 复配料中 HG 含量的增加而增大,当 HG-水泥复配比例大于 1.5%后,增大幅度有所减少;同时考虑到水泥土搅拌桩强度的要求及经济因素;确定 HG 复配料中 HG-水泥最佳复配比例为 1.5%。

2.3 HG 对水泥浆的降粘作用

保持水泥浆的水灰比为 0.45 不变,添加不同比例的 HG,用 Marsh 筒法^[6]测定出不同 HG 添加量时水泥浆的 Marsh 时间,以此来表征其流动性能。Marsh 时间越短,浆体的流动性能就越好。

测试结果如图 2 所示。

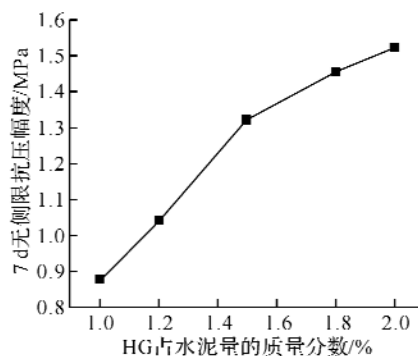


图 1 HG 复配料中不同 HG 质量分数固化土的强度曲线

Fig. 1 Strength curve of HG compounded material improved soil in different added proportions of HG

由图 2 可知,随着 HG 添加量的增加,水泥浆的 Marsh 时间明显缩短,表明 HG 对水泥浆的降粘效果非常明显。

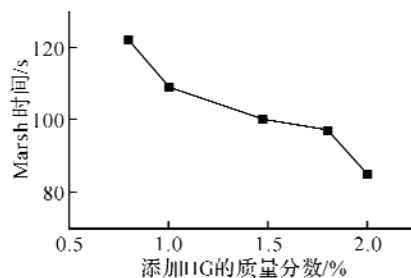


图 2 添加不同比例的 HG 时水泥浆的 Marsh 时间

Fig. 2 The Marsh time of slurry at different ratios of HG to cement

2.4 不同水灰比时 Marsh 粘度比较

改变水泥浆的水灰比,添加 1.5% HG 与不添加时水泥浆的 Marsh 时间如图 3 所示。

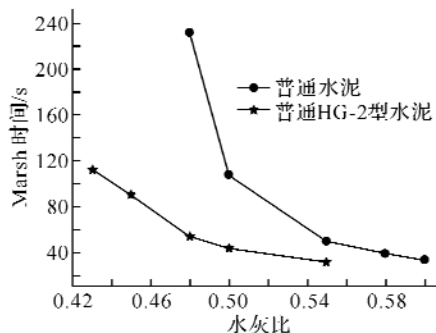


图 3 不同水灰比时添加与不添加 HG 时水泥浆的 Marsh 时间比较

Fig. 3 Comparing the Marsh time of cement slurry with IIG and without HG at different water cement ratios

试验结果表明,不添加 HG 的水泥浆在水灰比小于 0.48 时,在 Marsh 筒内流速相当缓慢,几乎无法测出试验数据。而添加 1.5% IIG 后的水泥浆在水灰比为 0.43 时可以测出 Marsh 时间,且和水灰比为

0.5 的纯水泥浆相当。由此可见, HG 材料对水泥浆的降粘作用明显。因此,在实际操作过程中可以大大降低水泥浆的水灰比,而不影响水泥浆的输送性能。另外,水灰比的减小,可以减少土壤中的总游离水含量,有利于固结材料对本身游离水含量较高的淤泥质土固结,增加土壤固结强度。

2.5 不同水泥添加量对地下土无侧限抗压强度的影响

表 2 为 10 组不同固化材料添加量时水泥土试样的无侧限抗压强度测试结果,试验中 HG 复配料中 IIG-水泥为最佳复配比例 1.5%。其中 1[#] 和 2[#]、3[#] 和 4[#]、6[#] 和 7[#] 及 8[#] 和 9[#] 为固化材料与土样具有相同质量配合比的水泥土试样。

表 2 不同配比的水泥土试样的无侧限抗压强度比较
Table 2 Comparing the unconfined compressive strengths of cement soil at different additions of HG-cement slurry

试样	水泥的质 量分数/%	HG 的质 量分数/%	土的质量 分数/%	7 d 强度 /MPa	14 d 强度 /MPa	28 d 强度 /MPa
1 [#]	19.7	0.3	80	1.32	1.78	2.11
2 [#]	20		80	1.14	1.48	1.71
3 [#]	14.78	0.22	85	1.25	1.69	1.98
4 [#]	15	—	85	0.95	1.24	1.43
5 [#]	10.84	0.16	89	1.05	1.41	1.67
6 [#]	9.85	0.15	90	0.81	1.09	1.30
7 [#]	10	—	90	0.63	0.82	0.95
8 [#]	6.9	0.1	93	0.70	0.94	1.11
9 [#]	7	—	93	0.52	0.67	0.79
10 [#]	5.9	0.1	94	0.57	0.77	0.89

由表 2 可知,添加 HG 的水泥土试样的 7、14 和 28 d 的无侧限抗压强度都远大于相同固化材料添加量的水泥土试样。比较 2[#] 和 3[#]、4[#] 和 5[#]、7[#] 和 8[#] 及 9[#] 和 10[#] 可知, IIG 复配料水泥土试样在水泥用量少约 25% 的情况下,无侧限抗压强度仍高于纯水泥土试样。而且随着养护龄期的增长,添加 HG 的试样强度增加幅度较大。

2.6 抗剪强度

选择 2.5 中 2[#] 和 3[#] 水泥土试样,测试其不同条件下的抗剪强度,粘聚力 c 和内摩擦角 φ 如表 3 所示。

表 3 添加与不添加 HG 的水泥土抗剪强度比较
Table 3 Comparing the shearing strength parameters of cement soil with HG and without HG

试样编号	试验条件	粘聚力 c /kPa	内摩擦角 φ /°
2 [#]	养护 6 d	450.0	49.2
	浸水 1 d	186.3	52.7
	浸水 7 d	193.5	54.1
3 [#]	养护 6 d	580.0	49.8
	浸水 1 d	292.6	53.3
	浸水 7 d	293.6	56.5

由表 3 可知,对于粘聚力 c ,养护 6 d 时最高,浸水后明显降低,降幅超过 50%,3[#] 试样的粘聚力明显比 2[#] 试样高;对于内摩擦角 φ ,浸水后 2[#] 试样和 3[#] 均增加,3[#] 试样增加的幅度更大,在相同试验条件下,3[#] 试样的内摩擦角较 2[#] 试样高。由此可知,添加 HG 之后的水泥土试样在水泥用量少约 25% 的情况下,粘聚力和内摩擦角均大于纯水泥土试样。

2.7 渗透性

选择 2.5 中水泥土试样 2[#] 和 3[#],测定其竖向渗透系数,结果如表 4 所示。

表 4 竖向渗透系数

Table 4 Verticality permeability coefficients

试样编号	竖向渗透系数 K_v /($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)
2 [#]	3.34×10^{-6}
3 [#]	2.95×10^{-6}

由表 4 的结果可知,二者的数值处于同一数量级,3[#] 试样渗透系数小于 2[#] 试样。由此可知, HG 复配料水泥土试样在水泥用量少约 25% 的情况下,较纯水泥土试样有更好的抗渗透性。

3 结 语

a. HG 的使用能有效提高水泥对地下 14 m 淤泥质土的无侧限抗压强度、抗剪强度及抗渗透性。

b. 添加 HG 降低了水泥浆的粘度,改善了流动性能,便于输送。

c. 添加 HG 能减少工程中水泥的用量,有利于环境保护和降低成本,具有良好的经济效益。

参考文献:

- [1] 地基处理手册编写委员会. 地基处理手册[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [2] 罗伟科. 浅谈淤泥质软土地基基础处理[J]. 中国科技博览, 2009(9): 11.
- [3] 中华人民共和国交通部. JTJ057-94 公路工程无机结合料稳定材料试验规程[s]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [4] 中华人民共和国水利部. GB/T150123-1999 土工试验方法标准[s]. 北京: 中国计划出版社, 1999.
- [5] 中华人民共和国交通部. JTJ034-2000 公路路面基层施工技术规范[s]. 北京: 中国财经出版社, 2000.
- [6] 肖忠明, 郭俊萍, 席劲松, 等. Marsh 简法和净浆流动度法用于水泥与减水剂适应性测试的比较[J]. 水泥, 2006(8): 1-4.

(下转第 56 页)

The joint-toxicity of Chloramine Phosphorus and Jinggangmycin against *Rhizoctonia solani* AG-1-IB

WU Yin-chao, WANG Qiao, HAN Xin-cai, LI Jian

(Key Laboratory for Green Chemical Process of Ministry of Education,
Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: That the acicola mycelial inhibition effects and toxicities of chloramine phosphorus, Jinggangmycin and five kinds of mixture ratio to the *Rhizoctonia solani* AG-1-IB fusion group was measured by method of colony diameter and virulence experiments at a constant temperature in laboratory. The results show that the EC_{50} value of 85% chloramine phosphorus TC and 5% Jinggangmycin AS on *Rhizoctonia solani* were 51.2~2 000 $\mu\text{g/mL}$, 4.9~20 000 $\mu\text{g/mL}$, and the EC_{50} values were 476.7 $\mu\text{g/mL}$, 488.6 $\mu\text{g/mL}$, the toxicities of 85% chloramine phosphorus TC on *Rhizoctonia solani* was greater than 5% Jinggangmycin AS. The EC_{50} values of the 2 : 1 mixture of two pesticides were 275.8 $\mu\text{g/mL}$ and the efficiency factor reached 1.74.

Key words: chloramine phosphorus; jinggangmycin; *Rhizoctonia solani* AG-1-IB fusion group; joint-toxicity

本文编辑:张 瑞



(上接第 38 页)

Study of HG inorganic/organic composite material for soil consolidation

YUAN Jun¹, ZHENG Min¹, XU Jun¹, FENG Jin-feng¹, HOU An-xin²

(1. Hubei Key Lab of Novel Chemical Reactor and Green Chemical Technology, Wuhan Institute of Technology,
Wuhan 430074, China; 2. College of chemistry and molecular science, Wuhan university, Wuhan 430072, China)

Abstract: As a new type of composite material, HG inorganic-organic soil-consolidated material can strengthen the consolidation of cement slurry to the underground mucky soft soil effectively. By comparison tests, the result shows that the optimum ratio of IIG to cement is 1.5%. With the additive of HG, the properties of cement soil, such as unconfined compressive strength, shearing strength and resistance to permeability, can be enhanced obviously. Meanwhile, with the addition of HG the viscosity of cement slurry is decreased sharply, thus the cement slurry can be transferred more easy.

Key words: underground mucky soft soil; inorganic/organic composite material for soil consolidation; unconfined compressive strength; shearing strength; resistance to permeability

本文编辑:张 瑞