

药剂真空预压排水方法处理废弃泥浆的试验研究

黄伟钧 骆嘉成

(浙江省第十一地质大队, 浙江, 温州, 325006)

摘要: 本文针对温州某工程钻孔桩的废弃泥浆, 通过添加相同的化学药剂结合真空预压采用不同的排水方法进行了模型桶试验, 从排水速率、排水总量和含水率等方面对比研究。试验发现: 改进排水方法后, 废弃泥浆在短时间内(80h 内)从处理前 180%~190%, 降低到处理后的 60%~80%。研究表明, 药剂真空预压改进排水方法后处理废弃泥浆的效果十分显著。

关键词: 药剂真空预压; 工程废浆; 排水方法; 排水板

Experiment Study on Drainage Methods for Waste Mud Disposal by Additive Agent Combined With Vacuum Preloading

HUANG Wei-jun LUO Jia-cheng

(No.11 Geological Unit of Zhejiang Province, Wenzhou, Zhejiang, 325006)

Abstract: The model barrel experiments were carried out on different drainage methods for the waste mud of bored pile in an engineering project in Wenzhou with the same chemical agent combined with vacuum preloading, the comparison analysis was made on drainage rate, total amount of drainage and water content. The experiments found that with the improved drainage methods, the water content of waste mud is reduced from original 180%~190% to 60%~80% in a short time (within 80h), which shows remarkable effect of waste mud disposal by improved drainage methods of additive agent combined vacuum preloading.

Keywords: additive agent combined vacuum preloading; waste mud; drainage method; drainage plate

一 引言

近年来, 在高含水量泥浆、吹填流泥、河道疏浚淤泥等超软土的真空预压固结过程中, 经常面临固结较慢的技术难题。目前主要集中于真空预压加载方式^[1~2]、排水板滤膜^[3]、加高压气体^[4]和电渗复合真空预压^[5~6]等技术的研究。

用传统真空预压法处理上述废浆或淤泥时, 仅改变真空预压排水技术性参数, 是难以提高固结效果的。2015 年上海大学武亚军首次提出药剂真空预压法^[7]来处理工程废浆, 并作了大量的室内室外相关试验。2016 年国内文献^[8]也首次公开其研究成果。

药剂真空预压法是利用药剂对泥浆脱稳预处理技术和真空预压技术相结合的方法, 其核心技术是药剂作用, 其作用机理: 根据泥浆的性能及最终处理效果和目的, 加入相应的药剂, 其药剂可以是有机药剂、无

机药剂或混合药剂。药剂主要起 2 个方面作用: 一方面使泥浆中微小颗粒聚集成大颗粒, 颗粒之间形成骨架结构, 该作用能大大降低泥浆淤堵效应; 另一方面无机药剂可以降低粘粒水化膜厚度, 使其释放部分弱结合水, 大大降低自由水移动阻力, 从而提高泥浆的渗透性。上述药剂的 2 个作用为后续提高真空预压排水效率与效果发挥了至关重要的作用。上海大学的有关科研人员对泥浆药剂作用作了大量实验工作。本试验要点是泥浆在药剂作用后, 采用真空预压不同的排水方法对泥浆排水效果的影响, 对药剂真空预压法的实际应用具有一定的经济价值。

二 试验土样与排水方法

本次试验为温州某钻孔灌注桩施工工地的废弃泥浆, 泥浆密度 1.28~1.30g/L, 含水率 180%~190%。

作者简介: 黄伟钧, 男, 汉族, 1983 年生, 工程师, 勘查技术与工程专业, 从事基础工程、基坑支护、地基处理方面的工作, 浙江省温州市瓯海区新桥街道站前路 199 号, 281028196@qq.com。骆嘉成, 男, 汉族, 1968 年生, 教授级高级工程师, 岩土工程专业, 硕士, 从事岩土工程施工与管理工作, 浙江省温州市站前路 199 号地质大厦 1705 室, 252735683@qq.com。

试验中使用 A、B、C、D、E 和 F 6 种排水方法。其中：

A 为普通塑料排水板。

B 为 PVC 砂管。选择直径 100mm、高度 80cm 的 PVC 管，在距离底部 60cm 内均匀布满孔眼（见图 1），管内正中间插入普通排水板芯板，外管上包裹滤膜，外管内壁与芯板外壁之间填充有干净砂。PVC 砂管是一种可回收式排水装置，其最大的作用是排水过程中不变形，不下沉，能极大提高排水效果。

C 采用普通排水板+排水过程中往土样中加高压气体的组合排水方法。在安装排水板过程中，在试验体内预先安装多根充气管，充气管管头用滤膜包裹，充气管外部管头用阀门密封，防止在未充气时空气进入试验体中。主要是验证气裂作用对排水效果的影响。

D 采用一种带肋塑料排水板。图 2 为带肋排水板芯板示意图，芯板外裹滤膜为带肋塑料排水板。采用该种排水方法主要验证排水板周围土体致密层形成对排水效果的影响。

E 采用普通排水板+排水板固定不下沉。主要验证排水板变形、下沉对排水效果的影响。

F 采用在废弃泥浆和化学药剂泵入模型桶后，加入空气+普通排水板固定不下沉。主要验证空气对化学药剂和废弃泥浆固结过程中排水效果的影响。



图 1 PVC 管

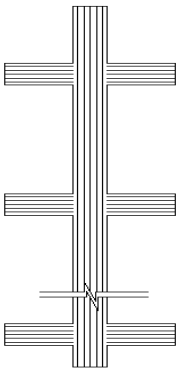


图 2 带肋排水板芯板

三 试验装置及步骤

图 3 为真空预压模型桶试验装置，主要包括真空泵、模型桶、气液分离器、排水管

和排水板等。模型桶容积约 200L，在中间布置排水板。每个模型桶均配备独立的气液分离器和排水量计量设备。将泥浆与化学药剂搅拌均匀后泵入模型桶中，静置一定时间后抽去上清液，安装排水板和密封板，开启真空泵，真空度传入模型桶，水经排水板和排水管进入气液分离器中计量。

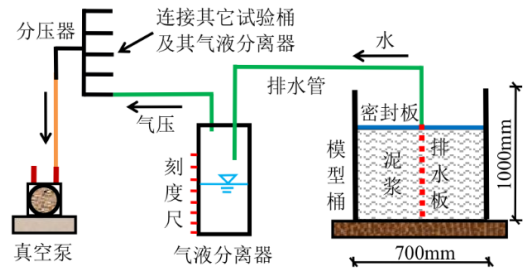


图 3 真空预压模型桶试验装置

四 试验原理及目的

本次药剂真空预压试验是通过在工程废浆中加入化学药剂，使泥浆中的土颗粒粒径增大到足够大^[9]，在重力作用下出现固液分离现象，再进行真空预压的新型工艺。

本次试验通过采用 A、B、C、D、E 和 F 六种不同排水方法（即为图 3 中的排水板），对药剂真空预压排水效果的影响。

五 试验结果分析

（一）排水速率

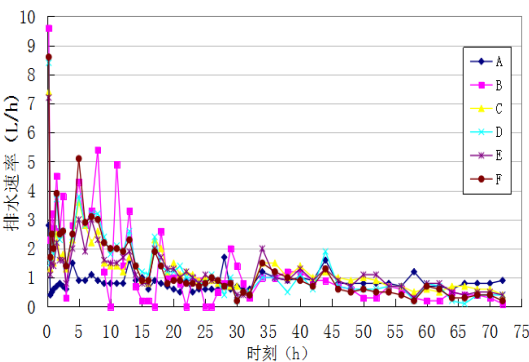


图 4 排水速率随时间变化曲线

图 4 为排水速率随时间变化曲线，由图可知：

（1）改进排水方法后的排水速率（B、C、D、E 和 F）明显高于未改进排水方法的排水速率。

（2）A、B、C、D、E 和 F 在试验开始 0.25h 时（见表 1）排水速率都达到最大值，

其中 B 最大排水速率可达 9.6L/h，A 最大排水速率只有 2.8L/h。

表 1 0.25h 时刻排水速率 (L/h)

名称	A	B	C	D	E	F
排水速率	2.8	9.6	7.4	8.4	7.2	8.6

(3) B 排水速率曲线峰、谷值变化过大，在排水过程中，同一时刻，其排水速率峰值远远大于其他排水方法，而其谷值小至接近于 0L/h，远远小于其他排水方法。

(4) A 的排水速率曲线相对平缓，曲线在 1L/h 上下起伏。在 74h 时刻(见表 2)，其他排水方法排水速率接近于 0L/h，而 A 则继续接近于 1L/h。

表 2 74h 时刻排水速率 (L/h)

名称	A	B	C	D	E	F
排水速率	1	0	0.4	0.4	0.3	0.1

(5) C、D、E 和 F 的排水速率整体上随着时间的增加逐渐减小，最后趋于 0，其中 D 整体上较优于 C、E 和 F。

(二) 排水总量

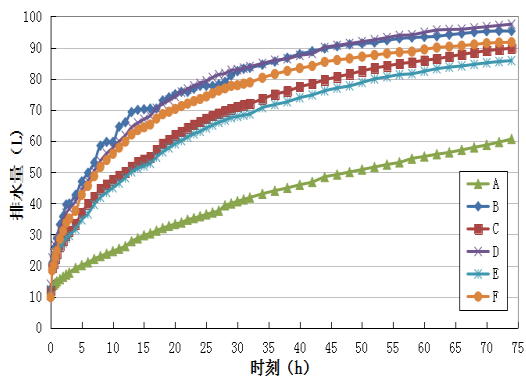


图 5 排水总量随时间变化曲线

图 5 为排水总量随时间变化曲线，由图可知：

(1) 时刻为 0 时，排水量并不等于 0，因为在泥浆和化学药剂均匀搅拌静置一段时间后，搅拌体分为上层液体的上清液和下层固体的凝固体（见图 6），其中 0 时刻对应 A、B、C、D、E 和 F 中抽出的上清液的体积，本次试验的上清液为 9.9~14L(见表 3)。

表 3 不同时刻排水量 (L)

名称	A	B	C	D	E	F
0h	10.65	10.9	11.9	14	12.3	9.9
13h	27.85	69.3	51.8	64.4	50.1	62.1
74h	60.65	95.3	89.8	97.5	85.8	91.7

(2) B、C、D、E 和 F 在 13h 时刻，排水总量占本次试验排水量的 58%~73%，明显高于 A（46%）。

(3) 随着时间的增加排水总量也相应增加。除 A 曲线外，B、C、D、E 和 F 曲线在 0~13h 迅速陡升，13h 时刻之后曲线趋于平缓。其中 B 陡升过程中曲线变化剧烈，最后排水总量小于 D(见表 3)，其中 D 排水量一直优于 C、E 和 F。



图 6 废浆加化学药剂静置后去除上清液

(三) 含水率

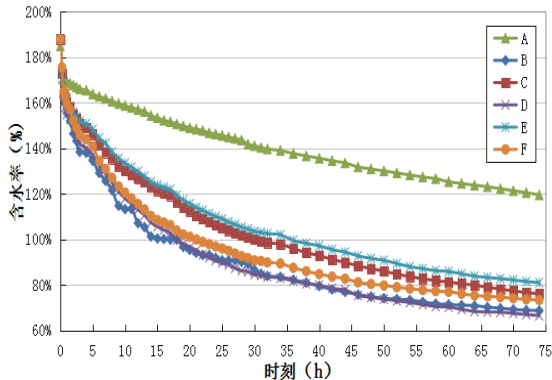


图 7 含水率随时间变化曲线

图 7 为含水率随时间变化曲线，由图可知：

(1) B、C、D、E 和 F 在时刻 74h 时，含水率可达到 66%~81%，而 A 的含水率只达到 119%（见表 4 理论值），若 A 的含水率要达到 80%则需要花费更长的时间。

(2) 表 4 排水后土样含水率理论值和实测值，两者之间有一定的差值，总体上相差不大，主要原因为药剂真空预压处理后的

土体含水率并不是均匀的,而是沿深度和排水板径向递减。在含水率测试过程中,因土体含水率不均匀,存在一定误差。

表 4 排水后土样含水率理论值和实测值 (%)

名称	A	B	C	D	E	F
理论值	119	69	76	66	81	73
实测值	115.3	64.5	82.4	65.2	79.8	80.2



图 8 浆药剂真空预压处理废弃泥前后对比

六 结 论

本文通过对药剂真空预压排水方法的研究,可以得到以下结论:

- (1) 采用 PVC 砂管,在试验过程中,主要起到不变形、不下沉的作用,能极大提高排水效率和效果。
- (2) 在真空预压过程中加高压气体,高压气体可以对试验土体产生劈裂作用,增大土体孔隙率,提高试验土体的渗透性。
- (3) 带肋塑料排水板是一种新型专利,主要作用是增大排水板与试验体的接触面积,降低试验过程中排水板周围土体形成的致密层对排水效果的影响,在本次药剂真空预压试验中发挥的排水效果良好。
- (4) 排水方法 A 和 E 相比,说明排水板的变形、下沉对药剂真空预压排水效果存在重要影响。
- (5) 排水方法 F 和 E 相比,说明化学药剂和废弃泥浆在空气的作用下,能更好的形成骨架,提高试验土体的渗透性。
- (6) 药剂真空预压在改进排水方法后,能在短时间内(74h),快速降低试验土体的含水率,且技术简单、经济可靠,具有一定的市场推广价值。

参考文献:

[1] 武亚军, 杨建波, 张孟喜.真空加载方式对吹填流泥加固效果及土颗粒移动的影响研究[J]. 岩土力学, 2013,34(8):2129-2135.

[2] 武亚军, 邹道敏, 唐军武, 刘伟. 吹填软土植物垫层真空预压现场试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(S2):3574-3583.

[3] 王军, 蔡袁强, 符洪涛, 等.新型防淤堵真空预压法室内与现场试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2014, 33(6):1257-1268.

[4] 章定文, 刘松玉, 顾沉颖, 等.土体气压劈裂的室内模型试验[J]. 岩土工程学报, 2009, 31(12):1925-1929.

[5] 刘志浩, 高明军, 曾国海, 崔允亮.电渗复合真空预压法处理软土地基试验研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2013 (1) :67-72.

[6] 孙召花, 高明军, 黄文君, 等.电渗复合真空预压法加固湖相吹填土试验研究[J]. 科学技术与工程》, 2014, 14 (7) :264-267.

[7] 武亚军, 陆逸天, 牛坤, 骆嘉成, 等.一种处理工程废浆的药剂真空预压法[P]. 中国专利: CN104961270A, 2015-10-07.

[8] 武亚军, 陆逸天, 牛坤, 孙德安.药剂真空预压法处理工程废浆试验[J]. 岩土工程学报, 2016,38(8):1365-1373.

[9] 武亚军, 陆逸天, 骆嘉成等.药剂真空预压法在工程废浆处理中的防淤堵作用[J]. 岩土工程学报, 2016, 31(11):525-533.