

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
E02D 3/10 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810041431.7

[43] 公开日 2008年12月17日

[11] 公开号 CN 101324063A

[22] 申请日 2008.8.6

[21] 申请号 200810041431.7

[71] 申请人 上海港湾软地基处理工程有限公司

地址 200092 上海市四平路 1188 号远洋广场  
26 楼

[72] 发明人 徐士龙

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司  
代理人 缪利明

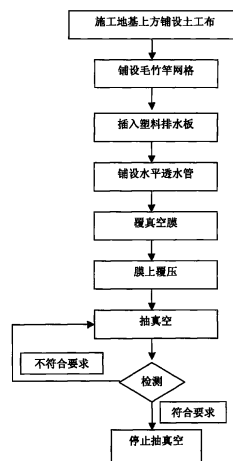
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

## [54] 发明名称

一种特软地基固结方法

## [57] 摘要

本发明提供了一种特软地基固结方法，本发明提供的方法包括以下步骤：在软土地基上铺设土工布；在土工布上铺设毛竹竿网格；插入塑料排水板；铺设水平透水管；塑料排水板紧贴环绕水平透水管，并连接至抽真空设备；覆真空膜，并在真空膜上覆压，抽真空。采用本发明提供的方法施工，与采用目前国内外常用方式（如真空预压法或堆载预压法）进行施工相比，由于不使用砂垫层，因此，节约的造价约为 35 - 70 元/m<sup>2</sup>，且施工工期可缩短 20% 以上，并且操作轻便安全。



- 1、一种特软地基固结方法，其特征在于，所述方法包括以下步骤：
  - A) 在需要施工的软土地基上铺设土工布；
  - B) 在土工布上铺设 1~5 层毛竹竿网格；
  - C) 在施工区域按矩阵插入用于抽真空的塑料排水板；
  - D) 铺设水平透水管；
  - E) 塑料排水板紧贴环绕水平透水管，并连接至抽真空设备；
  - F) 覆真空膜，并在真空膜上覆压，抽真空。
- 2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述土工布铺设为铺设 1~3 层土工布。
- 3、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述毛竹竿网格为 1-5 层纵横交叉方网格，毛竹竿的间距为 20~120cm。
- 4、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述塑料排水板紧贴环绕水平透水管为 2 圈以上。
- 5、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在步骤 E 和 F 之间还包括铺设土工布的步骤。
- 6、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述覆压为覆水压或覆土压。
- 7、如权利要求 1-7 中任一项所述的方法，其特征在于，所述抽真空步骤后还包括检测步骤，以确定是否停止抽真空。
- 8、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述塑料排水板使用履带式插板机插入，所述插板机包括塑料履带，所述履带上有一支架结构，所述支架结构在支架顶端通过一液压力装置相连，所述液压力装置提供插板动力，在所述液压力装置上联有液压导管，以进行插板。
- 9、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述水平透水管为长条型扁管或圆管，内层设有多个隔断，以增强水平透水管的抗压能力。

## 一种特软地基固结方法

### 技术领域

本发明属于地基处理领域，具体的说，涉及一种特软地基固结方法。

### 背景技术

由于耕地使用的限制，目前沿海的工业区一般采用围海吹填淤泥以形成陆地的方式获得足够的用地，而吹填淤泥必然会形成大面积的人机无法进入的特软地基。目前，针对特软地基的处理，一般采用真空预压法或堆载预压法等方法，其中：

真空预压法的施工工艺为：在特软地基上铺1~2层土工布，然后铺竹片板1~2层，接着铺大于80cm的砂垫层，并机械插塑料排水板，然后布水平软管后，再铺1~2层真空膜，最后抽真空3~8个月。

堆载预压法的施工工艺为：在特软地基上铺1~2层土工布，然后铺竹片板1~2层，接着铺大于80cm的砂垫层，并堆载土方4~6m后，堆载预压3~8个月。

采用上述方法，均需要在特软地基上铺1~2层土工布及竹片板，并回填大于80cm的粗砂垫层（粗砂层又作为透气作用）方能确保施工机械安全施工。由于需要使用大批量砂石资源，而且竹片板需使用毛竹竿加工，造价高，并且整体性也差，机械行走不安全，且工期长，因此，提高了造价，安全性差并且还不环保。

### 发明内容

本发明的目的在于，提供一种特软地基固结方法，以节约砂石资源的使用，缩短工期，降低造价。

本发明提供的方法包括以下步骤：A) 在软土地基上铺设土工布；B) 在土工布上铺设毛竹竿网格；C) 插入塑料排水板；D) 铺设水平透水管；E) 塑料排水板紧贴环绕水平透水管，并连接至抽真空设备；F) 覆真空膜，并在真空膜上覆压，抽真空。

根据本发明的一个优选实施例，毛竹竿网格为1~5层方网格，毛竹杆的间距为20~120cm。

根据本发明的一个优选实施例，步骤E和F之间还包括铺设土工布的步骤。

根据本发明的一个优选实施例，使用的履带式插板机包括塑料履带，所述履带上有一

支架结构，所述支架结构在支架顶端通过一液压动力装置相连，该液压动力装置提供插板动力，在液压动力装置上联有液压导管，以进行塑料排水插板。

根据本发明的一个优选实施例，使用的水平透水管为长条形扁管或圆管，内层设有多个隔断，以增强水平透水管的抗压能力。

根据本发明的一个优选实施例，覆压的方式采用覆水压或覆土压的方式。

采用本发明提供的方法施工，与采用目前国内外常用方式（如真空预压法或堆载预压法）进行施工相比，由于不使用砂垫层，因此，节约的造价约为 35~70 元/m<sup>2</sup>，且施工工期可缩短 20%以上，并且操作轻便安全。

### 附图说明

图 1 为本发明的特软地基固结方法的施工流程框图。

图 2 是本发明的施工方法所使用的水平透水管的结构示意图。

图 3 是本发明的施工方法所使用的塑料排水板轻便插板机械的结构示意图。

### 具体实施方式

以下结合具体实施例，对本发明作进一步说明。应理解，以下实施例仅用于说明本发明而非用于限定本发明的范围。

如图 1 所示，本发明的特软地基固结方法具体包括以下步骤：

- 1、在需要施工的软土地基上铺设土工布；
- 2、在土工布上铺设毛竹竿网格；
- 3、在施工区域按矩阵插入用于抽真空排水的塑料排水板；
- 4、铺设水平透水管；
- 5、塑料排水板紧贴环绕水平透水管，并连接至抽真空设备；
- 6、覆真空膜，并在真空膜上覆压，抽真空。

在抽真空步骤以后，还可以包括检测步骤，以确定是否停止抽真空。

与现有用于处理特软地基的真空预压法或堆载预压法等方法相比，本发明的主要特点在于采用毛竹竿网格取代常规结合水平透水管方法中所使用的砂垫层，同样能够满足施工机械（插板机）安全进入施工现场和满足真空水平畅通的要求。

在本发明的下述实施例中，使用了一种自制的水平透水管，其结构如图 2 所示，该水平透水管为长条形的扁管 6，管体的内部设有多个隔断 5，以用于增强水平透水管的抗压

能力，同时保持透水管的畅通。如图所示的隔断为 W 形设置，但并不限于此种特定的形式，本领域的技术人员容易理解，所述扁管也可采用其它形状管道，如圆管，所述隔断也可以采用其它形状的设置，同样均可以达到增强水平透水管的抗压能力的目的。

根据本发明，用于插入排水板的插板机可以采用现有技术已知的轻便履带式插板机，其结构如图 3 所示，塑料履带 3 的尺寸为长×宽=3m×0.6m（2 条），该履带 3 上有一支架结构 4，该支架结构 4 的顶端为一液压动力装置 1，用于提供进行插板的动力，在液压动力装置 1 上联有液压双头导管 2（也可根据施工的需要，采用多头导管或 1 头导管），以用于进行插板。出于减轻机械自重的目的，本发明的以下实施例中所使用的履带式插板机作了一些改进，主要是将插板机的金属履带改为塑料履带。同样的，本领域的技术人员根据本发明的公开，可以采用其它方式减轻机械的自重以利于施工，这是显而易见的，因此也应当属于本发明的范围。

在本发明的方法中，将水平透水管与竖插的塑料排水板紧贴环绕，并保持水平向真空度的畅通，从而可以代替常规施工过程中使用的砂垫层为透水透气作用，节约了成本，也利于环保；同时，使用网格状毛竹竿交叉叠层，通过控制毛竹竿的间距、层数达到满足轻便施工机械的抗弯强度，使轻便施工机械能在该软土地基上安全行走，从而可以代替常规施工过程中使用的砂垫层（的支持作用）的目的，节约了成本，也利于环保。

具体地，通过下述方法计算获得施工参数：

第一步：施工机械安全承载力  $f_{ap}$  的计算

$$f_{ap} = \frac{z \cdot P}{s} > f_{ak}$$

式中： $P$  为施工设备自重；

$s$  为毛竹竿的有效受力面积；

$z$  为安全系数，取 1.2~2

$f_{ap}$  为 施工机械安全承载力。

通过调整毛竹竿的有效受力面积，使得  $f_{ap}$  大于软土地基的承载力  $f_{ak}$ ，满足施工机械安全施工。

第二步：网格状毛片竿抗弯计算。

$$N_p = \frac{P}{\sum N};$$

$N_p$  为机械安全行走弯矩;

$P$  为机械自重;

$\Sigma N$  为毛竹竿有效面积, 即为每根毛竹的抗弯总和;

第三步: 依据使用要求的承载力  $f_{ak}$  及工后沉降控制值, 依据综合叠加法, 计算塑料排水板的插入深度  $h$  和间距  $d$ 。

依据使用要求知使用荷载和工后沉降的要求, 工后沉降记作  $S_{工后}$ , 使用荷载下的沉降记作  $S$ , 施工沉降记作  $S_{施工}$ , 则可以通过不等式:

$$S - S_{工后} \leq S_{施工}, \text{ 即 } \sum_{i=1}^n \psi_s \frac{ph_i}{E_{si}} - S_{工后} \leq S_{施工}, \text{ 算出 } h_i \text{ 的值,}$$

再根据排水板的插入深度  $h \geq \Sigma h_i$ , 从而获得排水板的插入深度  $h$  的值。

$\psi_s$  为沉降经验系数, 对于大面积地基可取 1.0;

$h_i$  为土层厚度;

$E_{si}$  为土层压缩模量;

$$\text{排水板的间距公式: } d = \frac{\gamma Q}{\alpha q} g \beta$$

式中:  $Q$  为排水总量;

$q$  为每根塑料排水板影响范围内的出水量;

$\gamma$  为考虑综合影响的经验折减系数, 一般取 0.8~1;

$\alpha$  为考虑涂抹等作用的经验系数, 一般取 1.0~1.5;

$\beta$  为经验系数, 一般取 1.0~1.2;

第四步: 水平透水管流量的计算

$$Q < \Sigma Q;$$

$Q$  为一台真空泵透气流量  $V/h$ ;

$\Sigma Q$  为水平透水管总流量。

实施例 1、某工程的特软地基的固结

该工程位于临海某开发区，该工程进行了大面积吹填淤泥，需要进行地基固结，要求经处理后  $f_{ak} > 80\text{kPa}$ ，工后沉降小于 50cm。

该工地的地质资料为：吹填淤泥质土，平均厚 4.5 米，含水量 90%，承载力 12kPa，原土层为淤泥质粉土，平均厚 10 米，含水量  $w=45\%$ ， $f_{ak} \approx 40\text{kPa}$ ；下卧层为粉质粘土， $f_{ak}=80\text{kPa}$ 。

具体实施方案如下：

选用自制轻便履带式插板机进行施工。具体施工参数采用以下方法确定：

#### 1、 $f_{ap}$ 的确定

$$f_{ap} \geq \frac{150 \times 1.5}{6 \times 6} \approx 6\text{kPa} < 12\text{kPa}, \text{ 经计算, 设备符合安全施工要求。}$$

#### 2、毛竹竿网格状抗弯计算

$P=15000\text{kg}$ ；每根毛竹竿的安全抗弯为 100kg；插板机的履带 3 长为 3m，设二层十字方网格， $N_p = \frac{15000}{l \cdot na} = \frac{15000}{n \cdot 100\text{kg}}$  根，取  $n=16$  根。

从而，三米内 8 根毛竹竿网格状的间距  $d$  为  $\frac{300\text{cm}}{8} = 37.5\text{cm}$ ，取  $d=37.5\text{cm}$ 。

#### 3、塑料排水板的插入深度 $h$ 和排水板间距 $d$ 计算

$$\text{使用荷载下的沉降为: } s = \sum_{i=1}^n \psi_s \frac{ph_i}{E_{si}} = \psi_s g 100 \left( \frac{4.5}{1.1 \times 1000} + \frac{10}{3 \times 1000} \right) = 742\text{mm}$$

$$\text{施工荷载下的沉降为: } s = \sum_{i=1}^n \psi_s \frac{ph_i}{E_{si}} = \psi_s g 80 \left( \frac{4.5}{1.1 \times 1000} + \frac{10}{3 \times 1000} \right) = 594\text{mm}$$

因此，工后沉降： $742-594=148\text{mm}=14.8\text{cm} < 50\text{cm}$

所以经固结理论计算，插排水板深  $h \geq \sum h_i = 14.5\text{m}$ ，故取排水板深 15m。叠加法计算使用荷载下的沉降为 742mm，施工荷载下的沉降为 594mm，工后沉降满足要求，并远远小于 50cm。每台真空泵按  $1000\text{m}^2$  控制， $1000\text{m}^2$  排除水量约为  $1500\text{m}^3$ 。

计算得：排水板间距  $d$  排水板为 1.0m，抽真空约为 100 天。

#### 4、水平透水管间距的计算

以每台泵控制  $1000\text{m}^2$  计算, 每小时排出水量  $= \frac{1000\text{m}^3}{100\text{天} \times 24} = 0.41\text{m}^3$ , 取  $2 \times 10\text{cm}$  水平透气板, 经查水平透水管排水流量满足排水要求。另水平透水管重点考虑水平真空能有效传递到竖向排水板, 取水平透水管间距  $2\text{m}$ , 每根水平透水管有二排竖向塑料排水板采用紧贴环绕两圈以上的方式与其连接。

根据上述结果, 进行施工, 具体施工过程及施工参数如下:

- 1) 在施工区域铺设  $300\text{g}$  有土工布一层;
- 2) 在土工布上布置毛竹竿网格 (为了防止毛竹竿施工机械压碎, 毛竹竿周边可回填约  $15\text{cm}$  的砂土作保护), 各网格大小为  $0.3 \times 0.3\text{m}^2$ , 二层。
- 3) 使用插板机插入长度为  $15\text{m}$  的塑料排水板, 排水板间距  $1\text{m}$ , 排水板头部预留  $1.2\text{m}$ ;
- 4) 每隔  $2\text{m}$  铺设一根水平透水管, 将其布置在二排塑料排水板中间, 塑料排水板和水平透水管采用紧贴方式环绕两圈以上;
- 5) 铺一层  $150\text{g}$  的土工布后, 再在土工布上方铺设 1-2 层真空膜;
- 6) 真空膜的四周筑  $2.5\text{m}$  高的小围墙, 膜上履水  $2\text{m}$ , 然后抽真空。

检测沉降曲线 (由地面沉降检测仪测得沉降数据, 通过数据分析得出沉降曲线), 当其满足七天平均小于  $2\text{mm}$  时即停机 (时间约为 100 天), 经测 (地面沉降检测仪)  $f_{ak} > 80\text{kpa}$ , 工后沉降  $< 50\text{cm}$ , 满足设计要求。

经计算分析, 采用本发明提供的方法施工, 与采用目前国内外常用方式 (如真空预压法或堆载预压法) 进行施工相比, 由于不使用砂垫层, 因此, 节约的造价约为  $35 \sim 70$  元  $/\text{m}^2$ , 且施工工期可缩短  $20\%$  以上, 并且操作轻便安全。



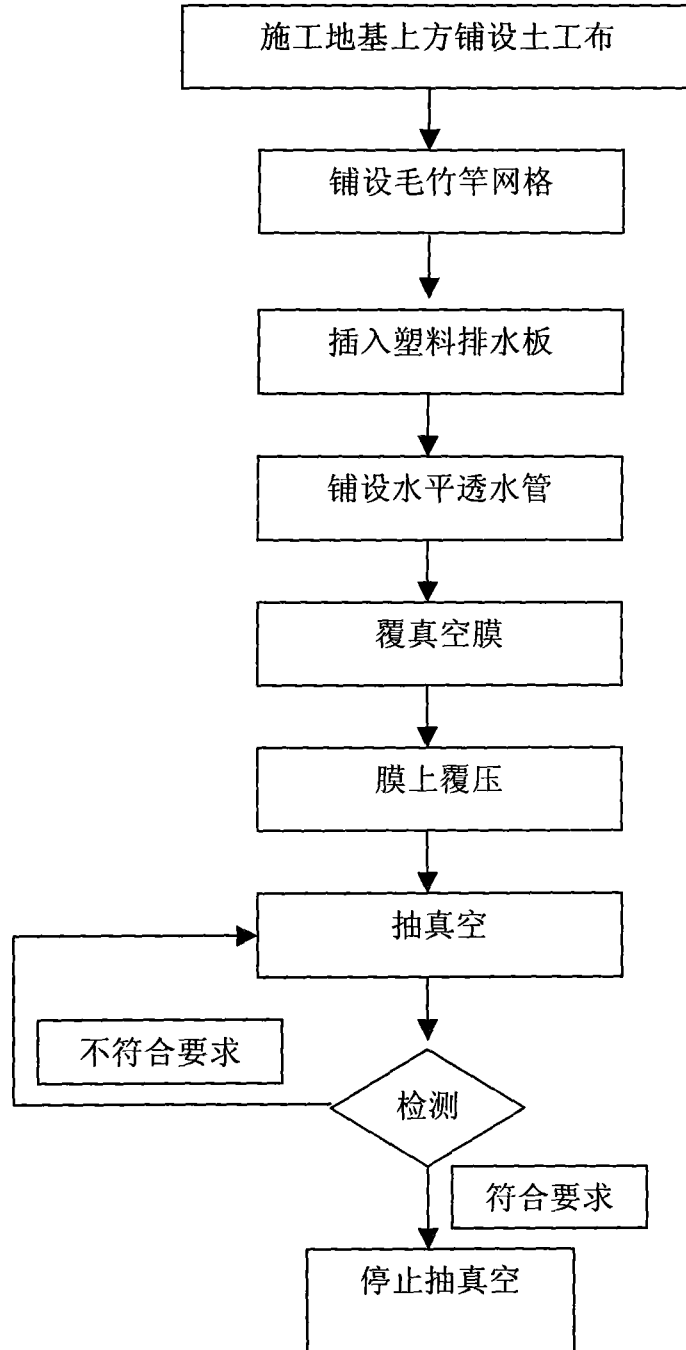


图 1

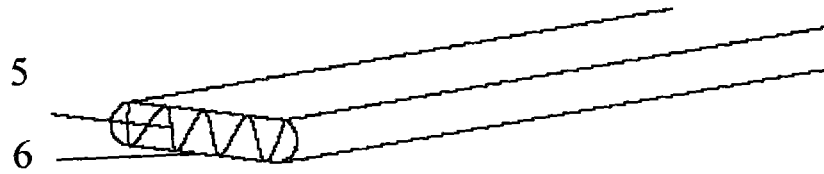


图 2

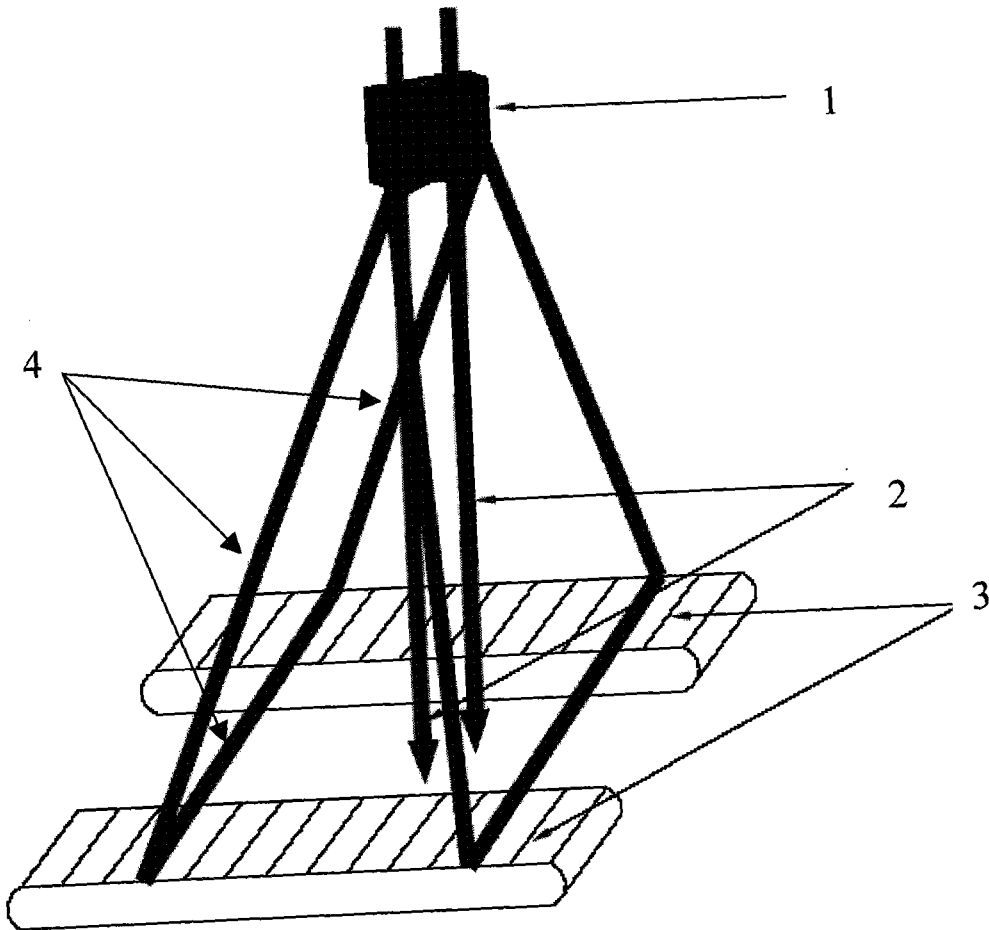


图 3