

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E02D 3/10 (2006.01)

E02D 3/046 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710029545.5

[45] 授权公告日 2009年10月14日

[11] 授权公告号 CN 100549304C

[22] 申请日 2007.8.1

[21] 申请号 200710029545.5

[73] 专利权人 汤连生

地址 510275 广东省广州市海珠区新港西路135号大院719栋之二501

共同专利权人 梁永根

[72] 发明人 汤连生 梁永根

[56] 参考文献

EP0329500 A1 1989.8.23

JP2003328344 A 2003.11.19

JP8013464 A 1996.1.16

CN1858361 A 2006.11.8

审查员 刘雪松

[74] 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司

代理人 林丽明

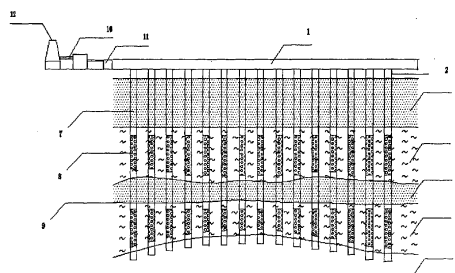
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

[54] 发明名称

一种无密封快速真空预压法

[57] 摘要

本发明涉及一种大面积地基处理方法。包括有如下步骤：1)根据场地勘查资料确定地层状况，根据地层状况布置滤孔；2)将滤管按设计深度打插入地层，滤管上端露出土层直接和主管相连接，主管则直接和抽真空设备连接进行真空预压施工，且上述滤管在砂或砂石层中的滤管段不开孔，在软弱粘性土层中的滤管段开滤孔，并用无纺布包裹，并根据土层沉降量预留一段不开孔滤管，滤管的底端封闭；3)用抽真空设备抽真空，在内外压差的作用下，软弱粘性土层中的水被吸入滤管，并沿滤管上升，通过主管排出，直到满足设计要求。本发明根据土层情况为滤管设置滤孔，且不需要使用砂垫层或使用很薄砂垫层，其不仅施工工期短、真空度损失小，节省施工材料，且可阻断砂层的横向排水，经济节约，加固效果好。



1、一种无密封快速真空预压法，其特征在于包括有如下步骤：

1) 根据场地勘查资料确定地层状况，根据地层状况布置滤孔；

2) 将滤管按设计深度打插入地层，滤管上端露出土层直接和主管相连接，主管则直接和抽真空设备连接进行真空预压施工，且上述滤管在砂或砂石层中的滤管段不开孔，在软弱粘性土层中的滤管段开滤孔，并根据土层沉降量预留一段不开孔滤管，滤管的底端封闭；

3) 用抽真空设备抽真空，在内外压差的作用下，软弱粘性土层中的水被吸入滤管，并沿滤管上升，通过主管排出，直到满足设计要求。

2、根据权利要求1所述的无密封快速真空预压法，其特征在于上述步骤

3) 完成后，若软基处理承载力要求不高，在满足设计要求时即可拆除主滤管和抽真空装置，软基处理施工结束；若软基处理承载力要求较高，在软土沉降趋于稳定时，将滤管上拔一段，使开孔滤管段处在非软弱粘性土层中；然后在管道间布点进行强夯，把滤管当作非软弱粘性土层的排水通道，从而有效加固非软弱粘性土层，并使软弱粘性土层得到进一步压密，土层达到设计的承载力。

3、根据权利要求1所述的无密封快速真空预压法，其特征在于上述滤管在软弱粘性土层中的滤管段所开的滤孔用无纺布包裹。

4、根据权利要求1所述的无密封快速真空预压法，其特征在于上述滤管在处理淤泥层埋深较浅的地层或地层含水量高时，可使用全部开孔的滤管，在场地四周修筑密封墙。

5、根据权利要求1所述的无密封快速真空预压法，其特征在于上述步骤

2) 使用勾机或插板机将滤管按设计深度打插入地层。

6、根据权利要求1所述的无密封快速真空预压法，其特征在于上述滤管由PVC管制成。

7、根据权利要求1所述的无密封快速真空预压法，其特征在于软地基的处理效果可通过调整主、滤管间距以及改变真空泵数量来实现。

8、根据权利要求1所述的无密封快速真空预压法，其特征在于在软地基处理过程中不需要铺设砂垫层。

一种无密封快速真空预压法

技术领域:

本发明涉及一种大面积地基处理方法,特别涉及一种大面积软地基处理方法,属于大面积软地基处理方法的创新技术。

背景技术:

随着我国现代化进程的加快,在(沿海)城市建设的过程中,大量的软土地基需要处理,使用较广泛的软地基处理方法有:

1、真空预压法:该方法使用大气预压作为预压荷重,先在地面上铺设一层透水的砂及砾石,然后使用插板机按设计间距插设塑料排水板,再在其上覆盖一层不透气密封膜,然后使用真空泵抽气使透水材料中保持较高的真空度,在土的孔隙水中产生负的孔隙水压力,孔隙水逐渐被吸出从而达到预压效果。

但是传统真空预压软地基处理方法存在以下局限性:

(1)要有辅助工程措施供挖沟压膜,才能形成真空,而且因抗滑稳定要求需卸载拆膜才能继续施工,其工序复杂,处理时间相对较长,造价也较高。

(2)真空泵提供的真空度须通过透水的砂及砾石层传递到软土层中,真空度损失较大。要在抽真空一段时间之后才能在膜下产生较高的稳定真空度。导致施工工期延长。

(3)在施工过程中打插的塑料排水板在施工结束后遗留在土层中,

不能够重复利用，在材料上造成极大的浪费，并对土体造成一定污染。

(4) 铺设多层密封膜和修筑密封墙使软地基处理的代价大大提高。

(5) 铺设砂垫层需要消耗大量的中粗砂，造价高。

(6) 对于水底的软土层，如果在水下进行软地基处理作业，由于在密封性方面尚达不到要求，传统真空预压方法将无法进行，不得不将水排干后再进行软地基处理，对当地的生态系统产生一定影响。

2、强夯法：该方法是反复将很重的锤（一般为10~40t）提到高处使其自由落下（落距一般为10~40m）给地基以振动和冲击，使地基压缩固结，从而提高地基的强度并降低其压缩性。

强夯法应用广泛，但对于饱和度较高的粘性土，处理效果不佳，尤其是淤泥质土地基，处理效果更差。需联合排水固结法使用才能达到较好的处理效果。

发明内容：

本发明的目的在于改进现有真空预压方法的不足，提供一种工期短、真空度损失小，节省施工材料，可阻断砂层的横向排水，经济节约，加固效果好的无密封快速真空预压法。

本发明的目的是这样实现的：本发明的无密封快速真空预压法，包括有如下步骤：

- 1) 根据场地勘查资料确定地层状况，根据地层状况布置滤孔；
- 2) 将滤管按设计深度打插入地层，滤管上端露出土层直接和主管相连接，主管则直接和抽真空设备连接进行真空预压施工，且上述滤管在砂或砂石层中的滤管段不开孔，在软弱粘性土层中的滤管段开滤孔，并用无纺布包裹，并根据土层沉降量预留一段不开孔滤

管，滤管的底端封闭；

3) 用抽真空设备抽真空，在内外压差的作用下，软弱粘性土层中的水被吸入滤管，并沿滤管上升，通过主管排出，直到满足设计要求。

上述步骤 3) 完成后，若软基处理承载力要求不高，在满足设计要求时即可拆除主滤管和抽真空装置，软基处理施工结束；若软基处理承载力要求较高，在软土沉降趋于稳定时，将滤管上拔一段，使开孔滤管段处在非软弱粘性土层中；然后在管道间布点进行强夯，把滤管当作非软弱粘性土层的排水通道，从而有效加固非软弱粘性土层，并使软弱粘性土层得到进一步压密，土层达到设计的承载力。

上述滤管在软弱粘性土层中的滤管段所开的滤孔用无纺布包裹。

上述滤管在处理淤泥层埋深较浅的地层或地层含水量高时时，可使用全部开孔的滤管，在场地四周修筑密封墙。

上述步骤 2) 使用勾机或插板机将滤管按设计深度打插入地层。

上述滤管由 PVC 管制成。

本发明由于采用无密封的真空预压方法，主管直接和滤管相连，根据土层情况为滤管设置滤孔，不需要使用砂垫层，因此，其不仅施工工期短、真空度损失小，节省施工材料，且可阻断砂层的横向排水，经济节约，加固效果好。本发明是一种施工效果好，方便实用的无密封快速真空预压法。

附图说明：

图 1 是使用该法的某软基处理项目施工场地剖面图。

图 2 是使用该法的某软基处理项目施工场地平面图。

图 3 是使用该法的某软基处理项目施工场地夯点布置图。

图中：1 主管，2 滤管，3 吹填砂层，4 淤泥质土层，5 砂层，6 下覆土层，7 无开孔滤管段，8 开孔滤管段，9 地层界限，10 止回阀，11 真空表，12 抽真空设备，13 排水沟。

具体实施方式：

实施例：

本发明的目的是这样实现的：本发明的无密封快速真空预压强夯法，包括有如下步骤：

- 1) 根据场地勘查资料确定地层状况，根据地层状况布置滤孔；
- 2) 将滤管 2 按设计深度打插入地层，滤管 2 上端露出土层直接和主管 1 相连接，主管 1 则直接和抽真空设备 12 连接进行真空预压施工；抽真空设备为真空泵。
- 3) 用抽真空设备 12 抽真空，在内外压差的作用下，软弱粘性土层中的水被吸入滤管 2，并沿滤管上升，通过主管 1 排出，直到满足设计要求。

上述步骤 3) 完成后，若软基处理承载力要求不高，在满足设计要求时即可拆除主滤管和抽真空装置，软基处理施工结束；若软基处理承载力要求较高，在软土沉降趋于稳定时，将滤管上拔一段，使开孔滤管尽量处在非软弱粘性土层中；然后在管道间布点进行强夯，把滤管当作非软弱粘性土层的排水通道，从而有效加固非软弱粘性土层，并使软弱粘性土层得到进一步压密，土层达到设计的承载力。

上述滤管在软弱粘性土层中的滤管段开滤孔 8，并用无纺布包裹，并根据土层沉降量预留一段不开孔滤管 7，滤管 2 的底端封闭。

上述滤管 2 在处理淤泥层埋深较浅的地层时，使用全部开孔的滤管，在场地四周用勾拌法修筑密封墙，或者将一层密封膜埋设到淤泥层 4 中达到密封的效果。

上述步骤 2) 使用勾机或插板机将滤管按设计深度打插入地层。

上述滤管 2 由 PVC 管制成。

本发明的原理为：

1、 真空泵在主管中产生真空度，并传递到竖直滤管中，滤管 2 中的真空度通过滤孔在软弱粘性土层中产生一个负的孔隙水压力，垂直排水通道作为负压源的一部份与加固土体内的孔隙水压力形成压力差而产生渗流力，渗流力促使孔隙水从土体中排出，而孔隙水的排出导致孔隙水压力的降低。当土体中总应力基本不变的情况下，孔隙水压力的降低值即为有效应力的增加值，在新增加的有效应力的作用下促使土体固结。在砂或砾石层中的滤管段横向不排水，这样在抽真空过程中不会由于砂层良好的透水透气性能而导致的真空度损失，从而达到了密封的效果。

2、 在软弱粘性土层中的滤管应预留一段不开设滤孔，这样可以避免在抽真空过程中，软土层产生沉降时，带滤孔段滤管进入砂砾层，而导致真空度的损失。

3、 该法不使用排水砂垫层来传递真空度，而是直接通过主、滤管将真空度传递到软土层中，真空度的损失较小。

4、 当软土充分固结后，拔起一段滤管，使滤孔段滤管进入上层填土层或吹填砂层，此时进行低能量强夯施工，开孔滤管正好可以作为砂或砾石层的排水通道，这样有助于加速强夯施工中超静孔隙水压力的消

散，从而达到更好的加固效果。

5、对于淤泥层埋深较浅的情况，淤泥层对下覆土层其实已经达到密封的效果，使用一层密封膜埋设到淤泥层中，或使用勾拌法修筑密封墙即可保证整个软基处理场地的密封。

本发明的详细施工步骤如下：

(1) 在施工前，清除顶面的淤泥或其它杂物，以利排水。为了保证后期强夯机械的进场，在回填土层较软的情况下可先铺设一层编织布和一层土工格栅。

(2) 按设计长度和宽度计算出主管和滤管的数量。一般按每 2~4m 布置一根主管，滤管以 1.5~3m 间距沿主管进行布设，外围滤管间距可适当缩小，以 1~2m 布置。具体布置根据处理场地要求而定。

(3) 根据场地的地层状况设计滤管的打设深度和滤孔的布置位置和长度。对于地层状况差异较大的区域可将其划分为几个地层状况较均一的区域，分别设计打设深度，滤管至少要穿透待处理的软弱粘土层 0.5m 以上。

(4) 滤管滤孔分布设计。在软弱粘性土层中滤管开滤孔，在砂砾层中滤管不开滤孔，但为了防止在土层产生沉降的时候带滤孔段滤管进入砂砾层，从而导致真空度的损失，必须在软弱粘性土层中预留上下两段滤管不开滤孔。软弱粘性土层中滤管不开孔段（预留段）上段的长度等于该土层上底面沉降量减去滤管下沉量（即土层上底面相对于滤管的下沉量），下段的长度等于滤管下沉量减去土层下底面沉降量，下面举例说明计算过程：

设地基土层由上至下分别为吹填砂层 3、淤泥质土层 4、砂砾层 5、淤泥质土层 6，层厚分别为 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ，则可用分层总和法计算出总沉降量和各软弱粘性土层的沉降量。

$$s = \sum_{i=1}^n \Delta s_i \quad (a)$$

$$\Delta s_i = \varepsilon_i H_i = \frac{\Delta e_i}{1 + e_{1i}} H_i = \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} H_i \quad (b)$$

$$= \frac{\alpha_i (p_{2i} - p_{1i})}{1 + e_{1i}} H_i \quad (c)$$

$$= \frac{\Delta p_i}{E_{si}} H_i \quad (d)$$

根据已知条件，可选择 (b) ~ (c) 中的一个进行计算。其中各土层的附加应力可由无密封快速真空预压强夯法中真空度沿深度变化曲线得到。

式中 ε_i -----第 i 分层土的平均压缩应变；

H_i -----第 i 分层土的厚度；

e_{1i} -----对应于第 i 分层土上下层面自重应力值的平均值

$$p_{1i} = \frac{\sigma_{c(i-1)} + \sigma_{ci}}{2} \text{ 从土的压缩曲线上得到的孔隙比。}$$

e_{2i} -----对应于第 i 分层土自重应力平均值 p_{1i} 与上下层面附加应力值

$$\text{的平均值 } \Delta p_i = \frac{\sigma_{z(i-1)} + \sigma_{zi}}{2} \text{ 之和 } p_{2i} = p_{1i} + \Delta p_i \text{ 从土的压缩}$$

曲线上得到的孔隙比；

α -----第 i 分层对应于 $p_{1i} - p_{2i}$ 段的压缩系数；

E_{si} -----第 i 分层对应于 $p_{1i} - p_{2i}$ 段的压缩模量。

由上述方法可计算出土层 4 和土层 6 的压缩量 s_2 、 s_4 ，则土层 4 滤管预留段长度为：

$$\text{上段： } l = s_2 + s_4 - h$$

$$\text{下段： } l = h - s_4$$

土层 6 滤管预留段长度为：

$$\text{上段： } l = s_4 - h$$

$$\text{下段： } l = h$$

式中 h 为滤管的下沉量，它和土层性质和滤管打设深度有关，可由以往施工时滤管下降量的现场观测曲线得出，在软弱粘性土层的下覆土层为坚硬基岩时， $h \approx 0$ 。当计算出的 $l < 0$ 时，则不进行预留。

(5) 主滤管的制备。主管采用 PVC 管，不开孔，通径为 50~70mm。滤管由若干段 PVC 管组合而成，通径为 40~50mm，分段的长度有 5m、2m、1m、0.5m、0.2m 五种，每种长度的滤管段又有开滤孔和不开滤孔两种类型，其中开滤孔的 PVC 管外层包扎一层无纺布以防止滤孔阻塞，可由这些长度的 PVC 管组合成任意长度的滤管。

(6) 根据计算结果画出布管图，每行桩的轴线应垂直于路线中心线，曲线上应为法线方向，根据布桩图在场地上放出具体的桩位，做出明显的标志。一般可用 15 cm 长的钢筋插在桩位上，桩顶部最好用红油漆抹红。

(7) 打设滤管。在设计桩位上竖直放置滤管段然后使用勾机的勾拌斗将其打插入土层中，一段进入土层后立即在前一段 PVC 管尾端连接上另一段 PVC 管继续施工，直到滤管底端达到设计的深度。

(8) 铺设主管，将每一排滤管的顶端都通过三通接口和主管相连接。外围采用一圈主管将场地环绕，铺设时注意保证整个主滤管系统的密封性，防止漏气。

(9) 修筑排水边沟 13。沿场地四周修筑排水边沟，沟宽度 1~2m。

(10) 安装抽真空装置 12。使用离心泵抽真空装置，单台真空泵处理面积根据处理场地承载力要求和真空泵的功率而定，一般情况下可按照每 1500~2000m²使用一台真空泵(功率 7.5kW)计算出真空泵的使用数量。将真空泵通过连接装置和主管相连接，注意真空泵在整个施工场地布置的均匀性。

(11) 安装真空表 11。分别在真空泵和滤管上布设真空表，以反映加固区真空度的变化，每台泵对应一个真空表，滤管真空表则按每 1500~2000m²对应一个。

(12) 安装供电设备，包括发电机，控制柜及电缆。

(13) 抽真空施工。开始阶段，为防止真空预压对加固区周围土体造成瞬间破坏，必须严格控制抽真空速率，可先开启半数真空泵，然后逐渐增加真空泵工作台数。待滤管上真空表 11 读数达到 80kPa (或设计荷重) 时开始恒载计时抽真空。

(14) 拆除真空预压装置 12。当软土地基设计承载力要求不高时可在达到下述标准时直接拆除所有主滤管和抽真空装置，软基处理施工结束。满足如下所有条件可认为软基处理施工结束：

- 1) 地基固结度 $\geq 85\%$;
- 2) 连续 10 天观测的沉降速率小于 2mm/d;

3) 达到设计要求的地基承载力特征值。

当软土地基设计承载力要求较高时，在达到下述标准时拆除一侧抽真空装置以方便强夯机械进场：

- 1) 地基固结度 $\geq 85\%$;
- 2) 连续 10 天观测的沉降速率小于 2mm/d ;

并进行以下步骤的施工

- 1) 滤管上拔。将滤管上拔一段，使带滤孔段滤管进入上层填土或吹填砂层，以促进强夯时土层的排水。
- 2) 对场地进行低能量强夯施工。夯点按 $1.5 \sim 3\text{m}$ 正方形布置在两排滤管之间，采用两遍点夯和一遍普夯施工，第一遍与第二遍强夯之间间隔必须在孔隙水压力消散度达 85% 以上方可进行。如果时间允许可适当延长时间，强夯结束后整平，并测量标高。
- 3) 拆除抽真空装置和主滤管，平整场地，施工结束，进行验收。

对于软弱粘性土层埋深较浅的情况，软土含水量较高的情况下，也可使用全部开孔的滤管，在场地四周用勾拌法修筑密封墙，或者将一层密封膜埋设到软弱粘性土层中达到密封的效果，此时为有利于排水，可在软土层上铺一层土工布。

无密封真空预压法适用于大面积软土地基加固，可用于机场跑道、公路、港口、岸堤的施工，特别是对软弱粘性土层深部夹薄砂层的土层有很好的加固效果，在不采用强夯的情况下可用于水下软土地基处理。与传统的真空预压技术相比较，具有施工工期短、节省材料、加固效果好、清洁无污染、造价低等优点。

本发明的具体应用实例如下：

以山东营口市新江华泰化工项目软地基处理为例。该项目区为矩形区域，长 275m，宽 222m。濒临渤海，距离大海约 500m。本工程项目区域为在原淤泥质粉粘土层上吹填了一层粉粘土，厚度为 2~3m，拟对该吹填土体进行加固，粉粘土层较软弱，不能允许大型施工机械进场进行施工，且工期要求很紧。为了保证项目的顺利进行，经过多方论证、讨论，决定采用无密封真空预压强夯法进行处理，由于场地设计承载力要求不高，所以到真空预压处理结束后不采用强夯施工。

场地设置主管间距 2.5m，滤管间距 1.5m，为了阻断加固区与非加固区的水、气联系，及保证密封沟蓄水，必须在场地四周修筑围堰，围堰修筑高度约 50~80cm，采用装满吹填土的沙包垒成，围堰总长度 1000m。由于软土层位于顶层，且埋深较浅，采取了铺设一层真空膜然后将真空膜埋设到软土层中的方法。全区共布置了 110 台真空泵。

试抽真空 4d 然后逐渐增加真空泵工作台数。当真空度达到 60kPa，经检查无漏气现象后，开始修筑围堰膜面蓄水，并开足所有真空泵，将膜下真空度提高到大于 80kPa。此时，开始恒载计时抽真空 16d。处理后地基承载力特征值大于 60kPa。

此项目采用无密封真空预压法，工期比传统施工方法缩短近 1/2~2/3，造价节约原预算的 1/2。

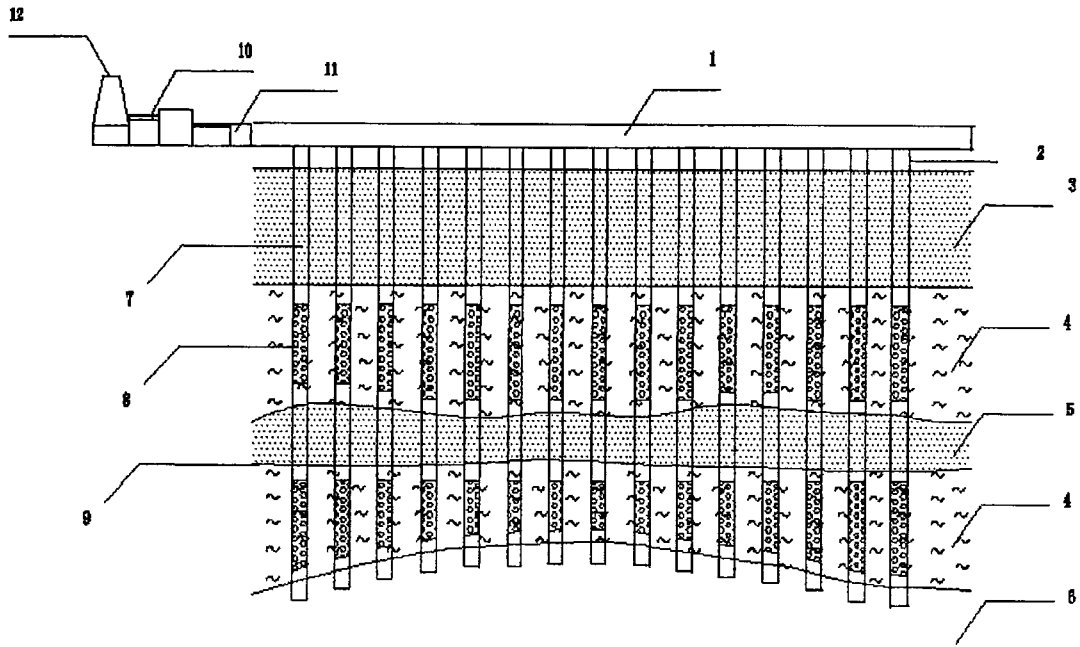


图 1

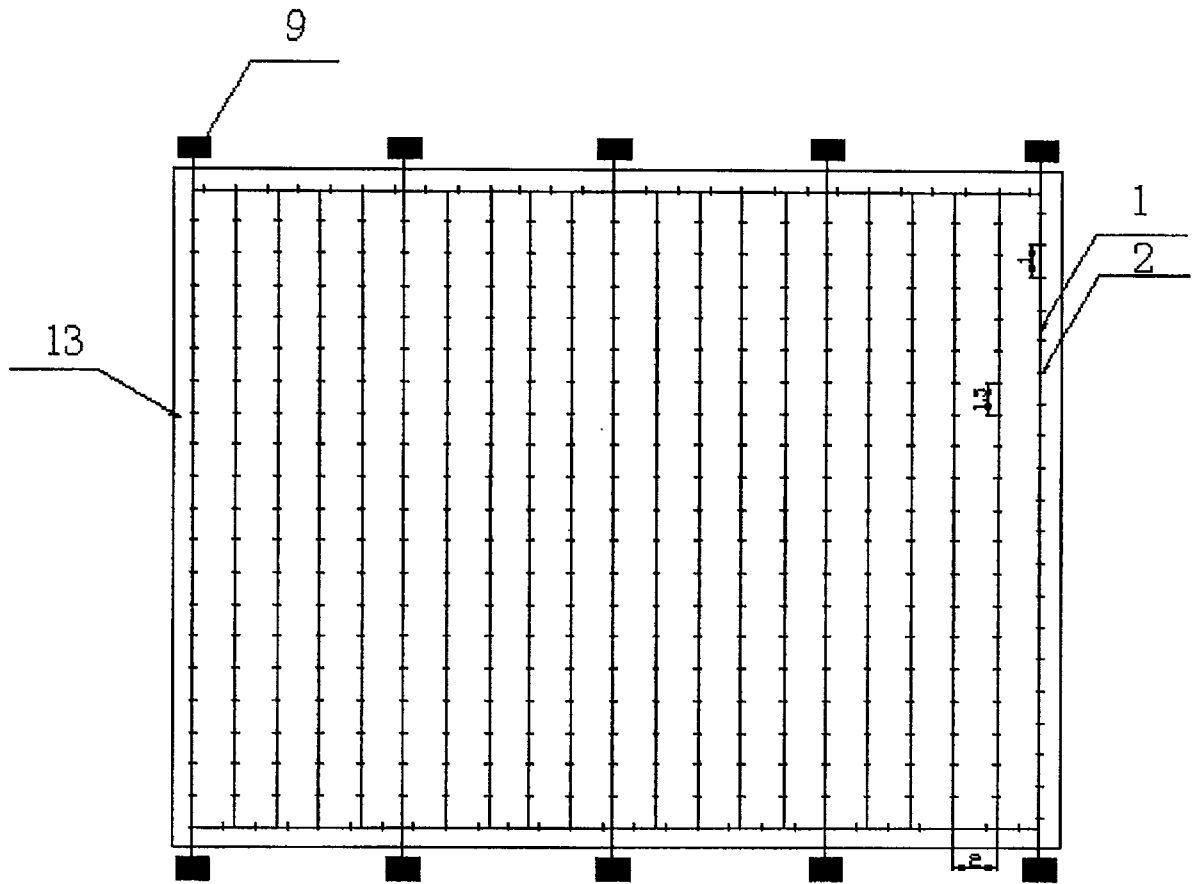


图 2

