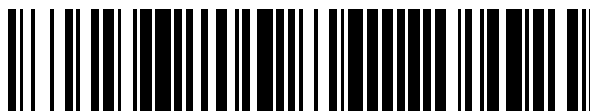


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 591 357**

51 Int. Cl.:

E02D 3/12 (2006.01)

E02D 5/46 (2006.01)

E02D 5/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2008 PCT/US2008/080644**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2009 WO09055389**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2008 E 08841398 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2212478**

54 Título: **Método y aparato para construir pilares de soporte de uno o más sustentadores sucesivos formados en una matriz de suelo**

30 Prioridad:

22.10.2007 US 876556

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

28.11.2016

73 Titular/es:

**GEOPIER FOUNDATION COMPANY, INC.
(100.0%)
130 Harbour Place Drive, Suite 280
Davidson, North Carolina 28036, US**

72 Inventor/es:

**FOX, NATHANIEL S. y
WEPPLER, LORENZ**

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 591 357 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para construir pilares de soporte de uno o más sustentadores sucesivos formados en una matriz de suelo

1. Solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica prioridad a la Patente de los Estados Unidos Solicitud Serie No. 11/876,556 presentada el 22 de Octubre, 2007 y la cual se incorpora aquí por referencia. La Serie No. 11/876,556 es una contribución en parte de la solicitud de la Serie No. 11/747,271 presentada el 11 de Mayo, 2007 la cual es una continuación de 10/728,405 presentada el 12 de Febrero, 2004 la cual es una solicitud de modelo de utilidad con base en la solicitud provisional Serie No. 60/513,755 presentada el 23 de Octubre, 2003, todas aquellas están incorporadas aquí como referencia.

2 Antecedentes de la invención

En un aspecto principal, la presente invención se relaciona con un método y aparato para construir un pilar de soporte comprendido de uno o más sustentadores compactos de material agregado, tales como aquellos conocidos de WO 2005/090689A. El aparato permite la formación o construcción de un pilar sencillo o de 15 sustentadores múltiples dentro de una matriz de suelo mientras simultáneamente refuerza el silo adyacente al pilar. El aparato de esta manera forma una cavidad en la matriz de suelo forzando un dispositivo tubo hueco en la matriz de suelo seguido por la elevación del dispositivo de tubo, liberando o inyectando el agregado a través del dispositivo de tubo en la sección de cavidad por debajo del dispositivo de tubo y después para conducir, empujar, bajar y/o forzar pilares de sustentadores múltiples, el dispositivo de tubo hacia abajo para compactar el material agregado liberado mientras simultáneamente fuerza el material agregado verticalmente hacia abajo y lateralmente 20 hacia fuera en la matriz de suelo circundante.

En la Patente de los Estados Unidos No. 5,249,892, incorporada aquí como referencia, se divulgan un método y aparato para construir pilares cortos agregados en el lugar. El proceso incluye perforar una cavidad en una matriz de suelo y después introducir y compactar capas sucesivas o sustentadores de material agregado en la cavidad para formar un pilar tal que pueda proveer soporte para una estructura. Dichos pilares están hechos perforando primero un hueco o una cavidad en una matriz de suelo, después removiendo el taladro, después colocando una capa relativamente pequeña, discreta de agregado en la cavidad, y después golpetendo o apisonando la capa del agregado en la cavidad con un apisonamiento mecánico. El apisonamiento mecánico es eliminado típicamente después de que cada capa se compacta, y el agregado adicional se coloca entonces en la cavidad para formar la siguiente capa compacta o sustentador. Los sustentadores o capas de agregado, los cuales son compactados durante el proceso de formación del pilar, tienen típicamente un diámetro de 2 a 3 pies y una elevación vertical de alrededor de 12 pulgadas.

Este aparato y proceso produce una columna estabilizadora rígida y efectiva o un pilar útil para el soporte de una estructura. Sin embargo este método de construcción de pilares tiene una limitación en términos de la profundidad a la cual el proceso de formación del pilar puede ser alcanzado de manera económica, y la velocidad con la cual el proceso puede ser conducido. Otra limitación es que en ciertos tipos de suelos, especialmente suelos arenosos, hundimientos pueden ocurrir durante la perforación de la cavidad o el proceso de formación y puede requerir el uso de una cubierta temporal tal como una cubierta de tubo de acero. El uso de una cubierta de acero temporal desacelera la producción de pilares y por lo tanto incrementa el coste de producir pilares. De esta manera, el proceso descrito típicamente en la Patente No. 5,249,892 es limitado para formar pilares en tipos de suelos limitados a profundidades no mayores en general a aproximadamente 25 pies.

Como resultado, se ha desarrollado una necesidad para un proceso único de construcción de pilares y un aparato mecánico asociado especial el cual puede ser utilizado exitosa y económicamente para formar o construir pilares agregados a mayores profundidades, a mayores velocidades de instalación, y en arenas u otros tipos de suelo que colapsan y son inestables cuando se perforan, sin la necesidad de una cubierta temporal, aun teniendo los atributos y beneficios asociados con el método agregado de pilares cortos, aparato y construcción divulgados en la Patente No. 5,249,892, al igual que los beneficios adicionales.

3 Breve descripción de la invención

En resumen, la presente invención comprende un método para la instalación de un pilar formado por una o más capas o sustentadores formados de material agregado, con o sin aditivos, e incluye los pasos de posicionamiento o de empuje o de forzado de un tubo hueco alargado que tiene una elemento de cabeza de fondo con una forma

especial y una configuración única de tubo dentro de la matriz de suelo, llenar el tubo hueco incluyendo el elemento de cabeza de fondo con el material agregado, liberar un volumen predeterminado de material agregado desde el elemento de cabeza de fondo a medida que el tubo hueco se levanta una distancia en incremento predeterminada en la cavidad formada en la matriz de suelo, y después impartir un vector de fuerza axial, estática y unos vectores de fuerza dinámicos opcionales sobre el tubo hueco y su elemento especial de cabeza de fondo para transferir energía a través del extremo inferior del elemento especial de cabeza de fondo formado del tubo hueco hacia la parte superior del sustentador del material agregado liberado y de por lo tanto verticalmente compactando el sustentador del material agregado y también, simultáneamente forzando una porción del material agregado liberado lateralmente o transaxialmente en las paredes laterales de la cavidad. El levantamiento del tubo hueco que tiene un elemento especial de cabeza de fondo seguido por el empuje hacia abajo con un vector de fuerza aplicado axialmente o un vector de fuerza vertical estática y unos vectores de fuerza dinámica opcionales impactan el material agregado el cual no está protegido por el tubo hueco desde las paredes laterales de la cavidad en el momento del impacto, por lo tanto densificando y compactando verticalmente el material agregado al igual que forzando una porción del material agregado lateralmente hacia fuera dentro de la matriz de suelo debido a la forma del fondo del elemento de cabeza de fondo bulboso facilitando las fuerzas laterales sobre y dentro del material agregado liberado y por lo tanto impartiendo esfuerzos laterales sobre la matriz de suelo circundante. El material agregado liberado, compactado, y parcialmente desplazado por lo tanto define un "sustentador" el cual en general tiene una dimensión lateral o un diámetro superior que el de la cavidad que se forma por el tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso resultando en una construcción de un pilar formado por uno o más sustentadores compactos de material agregado.

El material agregado se libera desde el elemento especial de cabeza de fondo del tubo hueco a medida que el elemento de cabeza de fondo bulboso se levanta, preferiblemente en pasos en incremento predeterminados, primero por encima del fondo de la cavidad y después por encima de la porción superior de cada uno de los pilares sustentadores agregados sucesivos que han sido formados en la cavidad y la matriz de suelo circundante por el proceso. El material agregado liberado desde el tubo hueco se compacta por las fuerzas de compactación entregadas por el tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo después de que el tubo ha sido levantado para exponer una porción de la cavidad mientras se libera el material agregado en una porción expuesta. El tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso es después forzado hacia abajo para compactar verticalmente el agregado y para empujar una porción del agregado lateralmente en la matriz de suelo. El material agregado es por lo tanto compactado y parcialmente desplazado en incrementos predeterminados, secuenciales, o sustentadores. El proceso se repite continuamente a lo largo de la longitud o la profundidad de la cavidad con el resultado de que un pilar agregado o una columna de sustentadores compactados por separado o capas se forma dentro de la matriz de suelo. Un pilar agregado verticalmente compactado que tiene una longitud de cincuenta (50) pies o más puede ser construido de esta manera en un periodo de tiempo relativamente corto sin retirar el tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo del suelo. El pilar agregado verticalmente compactado resultante también en general tiene una dimensión transversal formada consistentemente mayor que esa del tubo hueco.

Un número de tipos de material agregado puede ser utilizado en la práctica del proceso incluyendo piedra triturada de muchos tipos de canteras, o concreto triturado, reciclado.

Los aditivos pueden incluir agua, cemento seco, o lechada tal como lechada de agua-cemento arena, cenizas volantes, cal hidratada o cal viva, o cualquier otro aditivo puede ser utilizado el cual mejore la capacidad de carga o las características de ingeniería del pilar agregado formado. En el proceso también pueden utilizarse combinaciones de estos materiales.

El tubo hueco con el elemento de cabeza de fondo bulboso puede ser posicionado dentro de la matriz de suelo por medio de empujar y/o verticalmente vibrar o verticalmente golpetear el tubo hueco teniendo el extremo de impulso, el elemento de cabeza de fondo bulboso dentro del suelo con un vector de fuerza aplicada axial o un vector de fuerza estática y opcionalmente, con vectores de fuerza dinámicos acompañantes. La matriz de suelo, la cual es desplazada por el forzado inicial, empuje y/o vibración del tubo hueco con el elemento especial de cabeza de fondo, es en general desplazada y compactada verticalmente hacia abajo dentro de la matriz de suelo preexistente. Si se encuentra una capa de suelo dura o densa, la capa dura o densa puede ser penetrada por medio de preperforar o pre-penetrar esa capa para formar una cavidad o pasaje dentro del cual el tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo pueden ser colocados y conducidos.

El tubo hueco se construye típicamente a partir de un diámetro de tubo uniforme con un elemento de cabeza de fondo bulboso y puede incluir un mecanismo de válvula interno cerca o dentro del elemento de cabeza de fondo o un mecanismo de válvula en un extremo inferior del elemento de cabeza, o puede no incluir un mecanismo de abertura y cierre de válvula interna. El tubo hueco es en general cilíndrico con un diámetro constante, uniforme, menor a lo largo de una sección superior del tubo. El diámetro bulboso o externo más grande del extremo inferior

del tubo hueco (por ejemplo el elemento de cabeza de fondo bulboso) es integral con el diámetro menor del tubo hueco o puede ser formado de manera separada y adherido al extremo inferior del tubo hueco de menor diámetro. Esto es, el elemento de cabeza de fondo bulboso también es típicamente cilíndrico, y tiene un diámetro externo más grande o un perfil de sección transversal que el resto del tubo hueco y es concéntrico alrededor del eje del centro de línea del tubo hueco. El extremo de impulso del elemento de cabeza de fondo bulboso tiene la forma para facilitar la penetración dentro de la matriz de suelo y para transmitir los vectores de fuerza deseada al suelo circundante durante la penetración al igual que al material agregado subsecuentemente liberado del tubo hueco. La transición desde la sección del tubo hueco diámetro externo menor al elemento especial de cabeza de fondo puede comprender una forma de cono truncado. Similarmente, el elemento de cabeza de fondo puede emplear una forma de cono truncado o cónica para facilitar la penetración en el suelo y la subsecuente compactación del agregado. El extremo de impulso del elemento de cabeza de fondo bulboso puede incluir un miembro de casquillo de sacrificio el cual se fija al elemento de cabeza de fondo durante la penetración de la matriz de suelo una vez se coloca el tubo hueco dentro de la matriz de suelo, para prevenir que el suelo entre al tubo hueco. El casquillo de sacrificio puede ser entonces liberado o desacoplado del extremo del tubo hueco para revelar un pasaje extremo cuando el tubo hueco se levanta por primera vez para que el material agregado pueda ser liberado a través del tubo hueco y pueda fluir dentro de la cavidad que resulta de levantar el tubo hueco.

Alternativamente, o adicionalmente, el extremo de impulso del elemento de cabeza de fondo bulboso puede incluir una válvula mecánica interna que está cerrada durante la penetración inicial de la matriz de suelo por el tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso, pero la cual puede ser abierta durante el levantamiento para liberar el material agregado. Otros tipos y formas de mecanismos de válvula de extremos de impulso pueden ser utilizados para facilitar la penetración inicial de la matriz de suelo, prevenir la entrada de suelo dentro del tubo hueco, permitir la liberación de material agregado cuando el tubo hueco se levanta, y para transmitir los vectores de fuerza en combinación con el extremo de impulso del elemento especial de cabeza de fondo para compactar los sustentadores agregados sucesivos.

Además, el aparato puede incluir medios para posicionar uno o más miembros de elevación vertical dentro del pilar formado para uso subsecuente a medida que un miembro de resistencia a fuerza de ancla de elevación vertical, al igual que un miembro indicador dentro del pilar formado para la medición del movimiento del fondo del pilar formado una vez cargado, tal como durante la prueba de carga. Tales características o medios auxiliares pueden ser introducidos a través del interior del tubo hueco durante la formación del pilar.

Alternativamente, las varillas de ancla de elevación o una varilla o varillas indicadoras pueden ser colocadas en el exterior del tubo hueco y del elemento de cabeza de fondo bulboso. Tales varillas podrían correr longitudinalmente a lo largo de la longitud del tubo hueco y el elemento de cabeza y por lo tanto ser posicionadas en el lado de la cavidad formada de ese modo. Una, o dos o más varillas pueden ser colocadas de tal manera. Las varillas colocadas sobre el exterior del tubo hueco y el elemento de cabeza pueden ser empleadas solas o en combinación con tales varillas inicialmente posicionadas en el interior del tubo hueco.

Como aun otra característica de la invención, amortiguadores de vibración pueden ser empleados en combinación con una tolva que alimenta el agregado u otro material en el tubo hueco. Por lo tanto, dos o más amortiguadores pueden ser utilizados y por lo tanto, empleados en combinación con el mecanismo de conducción.

En otro aspecto de la invención, el diámetro del tubo hueco a lo largo de su longitud longitudinal entre la tolva o el extremo superior del tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso puede ser variado. La sección del tubo hueco con el diámetro más grande puede ser posicionada en la parte superior del tubo hueco, con secciones de diámetro progresivamente más pequeñas por debajo de la sección del diámetro más grande, la más pequeña de las cuales se une al elemento de cabeza de fondo. Esta disposición puede efectuar una reducción en el peso total del tubo hueco, mientras incrementa la fuerza en esas porciones del tubo hueco en donde se requiere mayor fuerza. El tubo hueco puede ser ensamblado en múltiples secciones las cuales están atornilladas, soldadas o de cualquier otra manera sujetadas juntas. La configuración externa de las secciones adyacentes también puede ser variada, por ejemplo, estas pueden tener varias formas de secciones transversales geométricas tales como circular, elíptica, hexagonal, etc. Las secciones pueden ser pre ensambladas o ensambladas conectándolas en serie durante la penetración del suelo.

En la práctica del método de la invención, puede ser ventajoso utilizar piedra triturada la cual tiene facetas o fases angulares en vez de redondeadas o piedra de río la cual es comúnmente utilizada con otros métodos de mejora de suelo. La habilidad de utilizar piedra triturada en la práctica del método permite el uso de un material comúnmente no utilizado para construir dichos pilares y, como tal, provee la capacidad de construir un pilar que tiene ciertas ventajas practicas tales como una densidad más alta y una mayor rigidez. No obstante, piedras redondeadas o de río también pueden ser utilizadas. También pueden utilizarse combinaciones de dichas piedras incluyendo piedras

trituras y piedras redondeadas o de río.

5 Como otra característica de la invención, el tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso puede ser guiado apropiadamente en el movimiento dentro de la matriz de suelo por medio de una guía de alineamiento. La guía de alineamiento provee una función adicional de prevenir que el tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo se desplacen lateralmente ("expulsando") durante la penetración inicial de la matriz de suelo. Un ejemplo de una guía de alineación especial es un miembro de guía toroidal cercado el tubo hueco y sujetado a la máquina de conducción para proveer la orientación del mismo para el tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso. Pueden utilizarse otras formas de guías de alineamiento especial y puede utilizarse más de una guía de alineamiento.

10 Como aun otra característica, el tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso pueden ser forzados o conducidos dentro de una matriz de suelo por medio de un martillo vibrador el cual es sujetado a ello por medio de una construcción de placa de seguridad. La placa de seguridad se mantiene en posición por medio de pernos o varillas los cuales son retenidos por arandelas de seguridad especiales, por ejemplo, las arandelas de seguridad especial que tienen el nombre comercial "Northlock Washers". Esta disposición reduce la electricidad creada entre el aparato de conducción y el tubo hueco con el elemento de cabeza de fondo bulboso.

15 El diámetro exterior típico de una realización de una sección transversal circular del elemento especial de cabeza de fondo está en el rango de alrededor de 14 pulgadas. Otros tamaños típicos en términos del diámetro del elemento de cabeza incluyen un elemento de cabeza que tiene un diámetro entre 12 y 16 pulgadas y el rango de los diámetros practicables de un elemento de cabeza puede ser de alrededor de 10 a alrededor de 20 pulgadas. Esto difiere de otros aparatos tubulares para mejoramiento del suelo los cuales típicamente son más grandes, de 20 24 a 36 pulgadas en diámetro. La forma del elemento de cabeza en la sección transversal es típicamente cilíndrica, aunque pueden utilizarse otras formas para proveer la forma relativamente bulbosa del elemento de cabeza de fondo bulboso cuando son contrastadas con el área de la sección transversal de la sección del tubo hueco adherida a ello.

25 Un dispositivo sensor puede ser adherido al elemento de cabeza de fondo bulboso para medir la fuerza vertical sobre el tiempo como los que se encuentran por el elemento de cabeza de fondo bulboso durante la compactación vertical y el desplazamiento lateral del proceso de agregado. El dispositivo sensor permite la medición de la fuerza vertical y de la duración de la fuerza vertical siendo colocada al respecto. El dispositivo sensor puede ser adherido al elemento de cabeza de fondo bulboso, por ejemplo, justo por encima de la porción inferior formada del mismo para proveer lecturas axiales y transaxiales.

30 Como otra característica, el aparato de la invención puede ser utilizado en combinación con el agregado, con lechada de cementoso en combinación con el agregado, o con concreto, al igual que otros materiales para formación de pilares.

35 Como otra característica, el aparato y método de la invención puede ser utilizado en suelos rígidos, muy rígidos, de densidad media o duros. En ciertas circunstancias, uno puede pre perforar al menos en parte el suelo en la ubicación del pilar. Alternativamente, es posible pre penetrar el suelo en la ubicación del pilar con un elemento diseñado de cabeza especial de penetración sujetado al árbol. El área transversal del árbol es típicamente menor que el máximo del área de la sección transversal del elemento de cabeza de penetración. El diámetro máximo del elemento de cabeza de penetración es típicamente menor que el diámetro del elemento de cabeza de fondo bulboso adherido al tubo hueco alargado. Una cabeza de penetración cónica sobre el árbol es una forma efectiva para el elemento diseñado de penetración especial, aunque otras configuraciones pueden ser utilizadas. La operación del paso de pre penetración es previa a y típicamente separado de los pasos de instalación del pilar por medio del tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso.

40 Como otra característica de la invención, pilares de agregado hechos de acuerdo con el aparato y método de la invención puede ser instalado a una profundidad por debajo de una superficie de suelo. El pilar de agregado puede entonces servir como una base o soporte para un tipo alternativo de construcción de pilar. De este modo, dos o más tipos diferentes de segmentos de pilar, uno de los cuales es el sistema aquí descrito, puede ser unido o acoplado o apilado para formar un pilar sencillo.

45 La abertura de descarga en el terminal distal de extremo del elemento de cabeza de fondo bulboso puede variar en tamaño. Típicamente, dado que el elemento de cabeza de fondo se utiliza para descargar el agregado u otro material similar desde una abertura, después una porción del terminal distal de extremo del elemento de cabeza de fondo bulboso comprenderá una estructura en general horizontal acoplada con una superficie cónica o en general cónica. La abertura de fondo típicamente comprenderá menos del cincuenta por ciento del área de la superficie de

la porción en general horizontal o sección y la porción de superficie en general cónica. La porción de abertura de fondo horizontal y la porción en general cónica imparten fuerzas directamente sobre el agregado liberado o descargado desde la abertura de fondo.

5 Por lo tanto, es un objeto de esta invención proveer un aparato de tubo hueco con un diseño especial, más grande el diámetro efectivo que el tubo hueco, el elemento de cabeza de fondo bulboso útil para crear un pilar agregado compacto, con o sin aditivos, que se extienden a una mayor profundidad y para proveer un método mejorado para crear un pilar el cual se extienda a una mayor profundidad que la típicamente permitida o practicada por la tecnología conocida de pilares cortos de agregado existente.

10 Aun otro objeto de la invención es proveer un método mejorado y aparato para formar un pilar de material agregado compactado que no requiera del uso de la cubierta de acero temporal durante el proceso de formación de pilar, particularmente en suelos susceptibles al hundimiento tales como suelos arenosos y suelos por debajo del nivel freático.

15 Aun otro objeto de la invención es proveer un método mejorado y aparato para formar un pilar de material agregado compactado que puede incluir una multiplicidad de aditivos opcionales, incluyendo una mezcla de agregado, la adición de agua, la adición de cemento seco, la adición de lechada cementosa, la adición de agua-cemento-arena, la adición de cenizas volantes, la adición de cal hidratada o cal viva, y la adición de otros tipos de aditivos, incluyendo el uso de concreto, para mejorar las propiedades de ingeniería de la matriz de suelo, de los materiales agregados y del pilar formado.

20 Aun otro objetivo de la invención es proveer una construcción de pilar de material agregado la cual es capaz de ser instalada en muchos tipos de suelo y la cual es además capaz de ser formada a mayores profundidades y a mayores velocidades de construcción que las construcciones de pilar de material agregado conocidas.

25 Aun otro objetivo de la presente invención es proveer un método mejorado y aparato para formar un pilar de material agregado dentro de un pilar agregado suavizado o suelto previamente formado por diferentes procesos de construcción de pilar y con aparatos diferentes a los aquí descritos con el fin de estabilizar y endurecer el pilar previamente formado.

Otro objeto de la invención es proveer un aparato de formación de pilar útil para construir rápida y eficientemente pilares de sustentadores múltiples compactados y/o pilares de agregado que comprenden tan poco como un sustentador sencillo.

30 Estos y otros objetos, ventajas y características de la invención serán enunciados en la descripción detallada que sigue.

4 Breve descripción de los dibujos

En la descripción detallada que sigue, se hará referencia al dibujo compuesto de las siguientes figuras:

35 La Figura 1 es una vista esquemática de un tubo hueco con un elemento especial de cabeza de fondo siendo empujada, forzada o conducida dentro del suelo por medio de un vector de fuerza estático, vertical y fuerzas dinámicas opcionales;

La Figura 2 es una vista esquemática de un paso subsecuente de la Figura 1 en donde el material agregado es colocado dentro de una tolva y alimentado dentro del tubo hueco. La tolva también puede ser separada del tubo hueco y colocado sobre el suelo en vez de sobre la parte superior del tubo hueco;

40 La Figura 3 es una vista transversal de una tolva que tiene dos o más amortiguadores de aislamiento y puede ser utilizada en combinación con el tubo hueco;

La Figura 3A es una vista isométrica, seccional de la tolva y el tubo hueco de la Figura 3;

La Figura 3B es una vista isométrica de la tolva y el tubo hueco de la Figura 3;

La Figura 4 es una vista transversal esquemática de un tubo hueco que tiene una válvula de ajuste o retención;

La Figura 5 es una vista esquemática que representa el paso de la introducción de agua opcional, lechada

cementosa u otro material aditivo dentro del tubo hueco con recirculación suministrado a un depósito de agua o de lechada. Los materiales aditivos también pueden ser introducidos directamente dentro del tubo hueco;

5 La Figura 6 es una vista esquemática que representa un paso subsecuente al paso de la Figura 2 en donde el tubo hueco con su elemento de cabeza de fondo bulboso es levantado una distancia predeterminada para exponer temporalmente una porción de cavidad hueca en la matriz de suelo para permitir al agregado llenar rápidamente la porción de cavidad hueca expuesta;

La Figura 7 es una vista esquemática de un paso de proceso subsecuente a la Figura 6 en donde una válvula inferior en la porción inferior del tubo hueco se abre liberando el agregado dentro de una sección de cavidad hueca, desprotegida;

10 Las Figuras 8A y 8B son vistas transversales esquemáticas de una alternativa al dispositivo y paso representado o ilustrado en la Figura 7 en donde el elemento de cabeza de fondo bulboso del tubo hueco incluye un casquillo de sacrificio el cual es liberado en el fondo de una cavidad formada cuando el tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo son elevados una distancia predeterminada, como se muestra en la Figura 8B;

15 La Figura 8C es una vista seccional del casquillo de sacrificio de la Figura 8B tomada a lo largo de la línea 8C-8C en la Figura 8B;

20 La Figura 9 es una vista esquemática en donde el tubo hueco y su elemento especial de cabeza de fondo asociado proveen un vector de fuerza estático, vertical con fuerzas dinámicas opcionales para mover el tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo hacia abajo una distancia predeterminada por medio de impactar y compactar el material agregado liberado desde el tubo hueco y por medio de empujar una porción del material agregado lateralmente en la matriz de suelo;

La Figura 10 es una vista esquemática del tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo siendo levantados una distancia predeterminada para formar un segundo sustentador;

25 La Figura 11 es una vista esquemática del tubo hueco y del elemento de cabeza de fondo bulboso operando para proveer un vector de fuerza vertical para mover el tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso hacia abajo una distancia predeterminada para formar un segundo sustentador compactado sobre la parte superior de un primer sustentador compacto;

La Figura 12 es una vista esquemática del tubo hueco con un elemento de varilla de acero de refuerzo opcional o un elemento indicador adherido a una placa para la instalación dentro de un pilar de agregado formado;

30 La Figura 13 es una vista esquemática de un tubo hueco en donde agua o lechada de agua-cemento-arena opcional, u otro aditivo es combinado con el agregado en el tubo hueco;

La Figura 14 es una vista transversal vertical del elemento especial de cabeza de fondo con una válvula inferior de tipo trampilla;

La Figura 15 es una vista transversal del elemento de cabeza de fondo bulboso de la Figura 14 tomada a lo largo de la línea 15—15;

35 La Figura 15A es una vista transversal de una porción de un elemento de cabeza de fondo bulboso alternativa del tipo representado en la Figura 14;

La Figura 16 es una vista transversal del elemento especial de cabeza de fondo incluyendo un casquillo de sacrificio en el extremo inferior similar a la Figura 8A;

40 La Figura 17 es una vista transversal del elemento especial de cabeza de fondo con un miembro de ancla de elevación o un miembro indicador adherido a una placa;

La Figura 18 es una vista transversal de un pilar de agregado múltiple formado parcialmente formado por el tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo y método de invención;

La Figura 19 es una vista transversal de un pilar de agregado de sustentador múltiple formado completamente formado por medio del tubo hueco y el elemento especial de cabeza de fondo y el método de invención;

- La Figura 20 es una vista transversal de un pilar de agregado de múltiples sustentadores formado con una varilla de acero de refuerzo opcional que tiene una placa adherida la cual permite al pilar formado comprender un pilar de ancla de elevación o para incluir un elemento indicador para la prueba de carga subsecuente;
- 5 La Figura 21 es una vista transversal de un pilar de agregado formado siendo precargado o teniendo un indicador de modulus de prueba de carga siendo realizado sobre el pilar completado;
- La Figura 22 es una gráfica que ilustra puntos de prueba de carga comparativa de la presente invención comparados con pila de concreto perforada en la misma formación de matriz de suelo;
- 10 La Figura 23 es una vista transversal, esquemática de un método de uso del aparato de la invención para formar un pilar de agregado de sustentador sencillo o un pilar de agregado en donde un sustentador sencillo o un sustentador extendido se forma primero para llenar la cavidad con el agregado y después un segundo paso opcional puede ser realizado de pre penetrar dentro de un sustentador sencillo o un sustentador extendido para hacer los subsecuentes sustentadores delgados;
- La Figura 24 es una vista transversal esquemática de la continuación del método que ilustra la Figura 23;
- 15 La Figura 25 es una vista transversal esquemática de la continuación adicional del paso representado en la Figura 24;
- La Figura 26 es una vista transversal esquemática de la continuación adicional del método que se ilustra en las Figuras 22-24;
- La Figura 27 es una vista diagramática que ilustra la incorporación de dos o más varillas de elevación o indicadores externas al tubo hueco y adheridas a la placa inferior o casquillo de sacrificio;
- 20 La Figura 27A es una vista lateral de la construcción de la Figura 27;
- La Figura 27B es una vista plana inferior de la construcción de la Figura 27;
- La Figura 28 es una vista diagramática que ilustra el aparato incorporando diferentes secciones de área transversales de un tubo hueco alargado en combinación con un elemento de cabeza de fondo bulboso;
- La Figura 29 es una vista diagramática de un pilar de agregado el cual incorpora anclas de elevación;
- 25 La Figura 30 es una vista diagramática de un pilar de agregado hecho de acuerdo con la invención el cual incorpora las varillas indicadoras utilizadas para la conducción de las pruebas de carga;
- La Figura 31 es una vista diagramática de una realización del aparato de la invención para alinear el tubo hueco con la cabeza de fondo bulboso para la inserción dentro de una matriz de suelo;
- 30 La Figura 32 es una vista diagramática de un elemento de cabeza de fondo bulboso que incorpora un dispositivo sensor para medir la fuerza o presión sobre el tiempo durante la realización de un pilar de agregado;
- La Figura 33 es una vista diagramática detallada de un aparato para la adhesión de un martillo vibratorio a un tubo hueco con el fin de efectuar el posicionamiento del tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso dentro de una matriz de suelo;
- 35 La Figura 34 es una vista diagramática de un dispositivo de pre penetración de una matriz de suelo el cual puede ser utilizado en combinación con el aparato que comprende una realización de la invención;
- La Figura 35 es una vista diagramática de un pilar comprendido de una composición de secciones de pilar de acuerdo con el método de la invención en combinación con otros métodos para resultar en una nueva combinación;
- 40 La Figura 36 es una vista de extremo inferior de un elemento de cabeza de fondo bulboso representando el orificio o abertura en el terminal de distal extremo del mismo para el pasaje del agregado y/u otro material;
- La Figura 37 es un dibujo diagramático de una construcción alternativa comprendiendo un tubo hueco telescópico;

y

La Figura 38 es un dibujo diagramático adicional de la realización de la Figura 37.

5 Descripción detallada de la invención

5.1 Construcción general

5 Las Figuras 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20 y 23-26 ilustran el método general completo de la construcción del dispositivo de formación del pilar o mecanismo y diversos al igual que pasos alternativos secuenciales en la realización del método de la invención que produce la construcción resultante del pilar de agregado. Con referencia a la Figura 1, el método es aplicable a la colocación de pilares en una matriz de suelo la cual requiere refuerzo para que el suelo se vuelva más rígido y/o más fuerte. Una amplia variedad de suelos puede requerir la práctica de esta invención incluyendo, en particular, suelos arenosos o arcillosos. Con la invención, es posible construir pilares comprendidos de uno o más sustentadores, utilizando materiales agregados y utilizando opcionalmente materiales con materiales aditivos tales como agua, cemento, arena o lechada. Los pilares resultantes tienen una mayor rigidez que muchos pilares de agregados de artes anteriores, pueden ser extendidos de forma económica a o construidos para mayores profundidades que los pilares de agregados de artes anteriores, pueden ser formados sin el uso de la cubierta de acero temporal a diferencia de muchos pilares de agregado de artes anteriores, pueden ser instalados más rápido que los pilares de agregados de artes anteriores, pueden ser instalados utilizando menos materiales agregados por pie de longitud de pilar que muchos de los pilares de agregados de artes anteriores, y pueden ser instalados sin causar que se descarguen o acumulen despojos de la matriz de suelo en la superficie del suelo en la proximidad de la parte superior del pilar.

20 Como un primer paso del método, un tubo hueco o un árbol 30 hueco que tiene un eje 35 longitudinal que incluye un elemento 32 especial de cabeza de fondo, es empujado por un aparato 37 de conducción de vector de fuerza estática, axial en la Figura 3 y opcionalmente vibrado o golpeado o ambos verticalmente (axialmente), con vectores de fuerza dinámicos, en una matriz 36 de suelo. La porción de la matriz 36 de suelo, que comprende el volumen del material desplazado por medio de empujar una longitud del tubo 30 hueco incluyendo el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso, es forzada principalmente lateralmente de este modo compactando la matriz 36 de suelo adyacente. Como se muestra en la Figura 1, el tubo 30 hueco puede comprender un tubo 30 de acero cilíndrico que tiene un eje 35 longitudinal y un diámetro externo en el rango de 6 a 14 pulgadas, por ejemplo. En el evento en el que una capa de suelo duro o denso evite el empuje del tubo 30 hueco y el elemento 32 especial de cabeza de fondo en la matriz 36 de suelo, dicha capa dura o densa puede ser pre perforada, o pre penetrada, y el proceso de empuje puede entonces continuar utilizando el aparato 37 de conducción.

Típicamente, el tubo 30 hueco tiene una forma externa cilíndrica uniforme, aunque pueden utilizarse otras formas. Aunque el diámetro externo del tubo 30 hueco es típicamente de 6 a 14 pulgadas, otros diámetros pueden ser utilizados en la práctica de la invención. También, típicamente, el tubo 30 hueco será extendido o empujado en la matriz 36 de suelo hasta la última profundidad del pilar de agregado, por ejemplo, hasta 50 pies o más. El tubo 30 hueco normalmente será sujetado a una extensión 42 de conducción del extremo superior la cual puede ser sujeta por un aparato 37 o mecanismo de conducción para empujar y opcionalmente vibrar o golpetear, el tubo 30 hueco en la matriz 36 de suelo. Alternativamente, como se muestra en la Fig. 33, el tubo 30 hueco puede ser sujetado a una placa 558 base y desde la placa 558 base hasta el aparato 556 de conducción.

40 Las Figuras 3, 3A y 3B ilustran una característica que puede ser asociada con la tolva 34 cuando la tolva está localizada en la parte superior del tubo 30 hueco. Los amortiguadores 46, 48 de aislamiento son fijados a los lados superior e inferior de la tolva 34 para reducir la vibración acumulada de la tolva 34 y de esta manera proveer un ensamblaje de tolva con una mayor integridad estructural. Una extensión 42 se fija al tubo 30 hueco para impartir las fuerzas dinámicas y estáticas sobre el tubo 30. La extensión 42 es aislada de la tolva 34 y por lo tanto es deslizable con relación a los amortiguadores 46, 48.

45 La tolva 34, la cual contiene un depósito 43 para materiales agregados, cuando se localiza en la parte superior del tubo 30 hueco, típicamente será aislada por los amortiguadores 46, 48 de aislamiento de la extensión 42. El dispositivo 37 de vibración o golpeteo que está sujetado a la extensión 42 puede ser soportado desde un cable o un brazo excavador o una grúa. El peso de la tolva 34, el dispositivo 37 de vibración o golpeteo (con peso adicional opcional) y el tubo 30 hueco puede ser suficiente en algunas condiciones de la matriz de suelo para proveer un vector de fuerza estática sin requerir el uso de un mecanismo de conducción de fuerza estática separado. El vector de fuerza estática puede ser opcionalmente aumentado por un mecanismo de fuerza dinámica de vibración o golpeteo vertical. También la tolva 34 puede ser separada del tubo 30 hueco y la extensión 42. Por ejemplo, una tolva separada no montada sobre la parte superior del tubo 30 hueco (no se muestra) puede alimentar agregado u

otro material en el tubo 30 hueco a lo largo del lado del tubo.

La Figura 3 (c) ilustra la manera de incorporar un detenedor 34 en combinación con un tubo para alimentar agregado u otro material en un pasaje formado en la matriz de suelo. Específicamente los mecanismos 46, 48 amortiguadores son adheridos respectivamente a la tolva 34 y al tubo 42 de alimentación. La adhesión se efectúa a través de un conector 46 y 48 elástico que efectivamente amortigua las fuerzas, particularmente las fuerzas de laboratorio que pueden ser impartidas al tubo 42 de alimentación vertical.

La Figura 4 ilustra una característica opcional del tubo 30 hueco. Un limitador, una válvula de ajuste, una válvula de retención u otro tipo de mecanismo 38 de válvula puede ser instalado dentro del tubo 30 hueco o en el elemento especial de cabeza de fondo o la sección 32 de extremo inferior del tubo 30 hueco para cerrar parcial o totalmente el pasaje interno del tubo 30 hueco y parar o controlar el flujo o el movimiento de los materiales 44 agregados y los materiales aditivos opcionales. Esta válvula 48 puede ser abierta de manera mecánica o hidráulica, parcialmente abierta o cerrada con el fin de controlar el movimiento de los materiales 44 agregados a través del tubo 30 hueco. Esta también puede operar por medio de gravedad en la manera de una válvula de retención que abre cuando es elevada o cierra cuando es bajada sobre el material 44 agregado.

La Figura 14 ilustra una construcción del elemento de cabeza de fondo bulboso o la sección 32. El elemento 32 de cabeza de fondo bulboso es cilíndrico, aunque pueden utilizarse otras formas. El diámetro externo del elemento 32 especial de cabeza de fondo es mayor que el diámetro nominal externo de la sección 33 superior del tubo 30 hueco y es típicamente de 12 a 18 pulgadas, aunque otros diámetros y/o perfiles transversales pueden ser utilizados en la práctica de la invención. De este modo, el elemento 32 de cabeza tendrá dimensiones transversales o un área mayor que el tubo 30 hueco inmediatamente adyacente al mismo.

Las Figuras 14, 15 y 15A ilustran una realización de la invención teniendo un mecanismo de válvula incorporado en el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso. El elemento 32 de cabeza de fondo bulboso tiene una sección de fondo de cono truncado u otra forma, la porción 50 de fondo con un material 44 agregado descarga la abertura 52 que abre y cierra a medida que una placa 54 de válvula expone o cubre una varilla 56 que se desliza en centro 59 sostenido en posición por unos pilares 58 radiales adheridos a las paredes del pasaje interno del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso del tubo 30 hueco. La placa 54 se desliza a la posición cerrada cuando el tubo 30 hueco es forzado hacia abajo dentro de la matriz 36 de suelo y se desliza a una posición abierta cuando el tubo 30 hueco es elevado, de esta manera permitiendo que el material 44 agregado fluya. La abertura de la válvula 54 es controlada o limitada por la varilla 56 la cual tiene una cabeza 56a que limita el movimiento deslizante de la varilla 56. El tubo 30 hueco puede de esta manera ser conducido a una profundidad 81 deseada (Figura 6) con la abertura 52 cerrada por la placa 54. Después a medida que el tubo 30 hueco se eleva (por ejemplo, la distancia 91 en la Figura 10), la placa 54 se extiende o se mueve hacia abajo debido a la gravedad para que el material 44 agregado fluya a través de la abertura 52 dentro de la cavidad formada debido a la elevación del tubo 30 hueco. Después, el tubo 30 hueco se impacta o conduce hacia abajo cerrando la placa 54 de válvula y compacta el material liberado para formar un sustentador 72 compactado. En la realización de las Figuras 14, 15 y 15A la placa 54 de válvula se mueve en respuesta a la gravedad. Sin embargo, la varilla 56 puede alternativamente ser remplazada o asistida en movimiento por medio de un fluido de conducción, un mecanismo eléctrico o mecánico. Alternativamente, como se describe después aquí, la placa 54 puede ser reemplazada por un casquillo 64 de sacrificio o por la placa de fondo de un ancla de elevación o un mecanismo 70 indicador como se describe después aquí. También, la válvula de retención en la Figura 4 puede ser utilizada en lugar del mecanismo de válvula representado en las Figuras 14, 15 y 15A.

Típicamente, el diámetro interno del tubo 30 hueco y el elemento 32 de cabeza son uniformes o iguales, aunque el diámetro externo del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso es mayor que ese del tubo 30 hueco. Alternativamente, cuando un mecanismo 54 de válvula es utilizado, el diámetro interno del elemento 32 de cabeza puede ser mayor que el diámetro interno del tubo 30 hueco. El elemento 32 de cabeza de fondo bulboso puede ser integral con el tubo 30 hueco o puede ser formado de manera separada y puede ser atornillado o soldado sobre el tubo 30 hueco. Típicamente, el diámetro interno del tubo 30 hueco está entre 6 a 10 pulgadas y el diámetro externo del elemento 32 especial de cabeza de fondo es típicamente alrededor de 12 a 18 pulgadas. El diámetro 53 de la abertura en la Figura 14 en el terminal inferior de extremo o el extremo de impulso del elemento 32 especial de cabeza de fondo puede ser igual o menos que el diámetro interno del elemento 32 de cabeza. Por ejemplo, con referencia a la Figura 14, el elemento 32 de cabeza puede tener un diámetro interno de 12 pulgadas y el diámetro 53 de abertura puede ser de 6 a 10 pulgadas, mientras que en la Figura 16, con la realización del casquillo de sacrificio que se describe después aquí, la abertura de descarga del elemento 32 de cabeza tiene el mismo diámetro que el elemento 32 de cabeza y el tubo 30 hueco.

También la placa o válvula 54 puede ser configurada para facilitar el cierre cuando el tubo 30 hueco es empujado

5 hacia abajo dentro de la matriz 36 de suelo o contra el material 44 agregado en la cavidad formada. Por ejemplo, el diámetro del miembro 54 puede exceder aquel de la abertura 52 como se muestra en la Figura 14 o el borde 55 del miembro de válvula puede ser biselado como se muestra en la Figura 15A para acoplar el borde 59 biselado de la abertura 52. Después cuando se aplica una fuerza estática u otra fuerza hacia abajo sobre el tubo 30 hueco, la placa 54 de válvula será sostenida en una posición cerrada relativa a la abertura 52.

10 El elemento 32 de cabeza de fondo bulboso inferior del tubo 30 hueco típicamente tiene una longitud en el rango de una a tres veces su diámetro o dimensión lateral máxima. El elemento 32 de cabeza de fondo bulboso provee fuerzas de compactación laterales mejoradas sobre la matriz 36 de suelo a medida que el tubo 30 penetra o es forzado dentro del suelo y de esta manera emite más fácilmente la sección 33 del pasaje subsecuente de menor diámetro del tubo 30 hueco. Los bordes 50, 63 de cono frustrado o de impulso inclinados y de arrastre del elemento 32 de cabeza facilitan el descenso o la penetración de conducción y la compactación lateral del suelo 36 debido a su perfil de diseño. La sección inclinada de arrastre o borde 63 en la Figura 14 facilita la elevación del tubo 30 hueco y el elemento 32 de cabeza y la compactación lateral de la matriz 36 de suelo durante el paso de elevación del método. Nuevamente, la forma o la configuración inclinada del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso permite que esto ocurra. Típicamente, los bordes 50, 63 de impulso y arrastre forman un ángulo de $45^\circ \pm 15^\circ$ con el eje 35 longitudinal del tubo 30 hueco.

20 La Figura 5 ilustra otra característica del tubo 30 hueco. El puerto 60 de entrada y el puerto 62 de salida se proveen en la porción inferior de la tolva 34 elevada o en el extremo superior del tubo 30 hueco para permitir la adición de agua o de lechada, tal como lechada de agua-cemento-arena, como un aditivo al agregado para construcciones de pilar especiales. Un propósito del puerto 62 de salida es mantener el nivel del agua o del aditivo donde este será efectivo para facilitar el flujo del agregado y también para permitir la recirculación de la lechada desde un depósito de regreso al depósito para facilitar la mezcla y para mantener la cabeza de agua o la cabeza de lechada (la presión) relativamente constante. El puerto 60 de entrada y el puerto 62 de salida pueden conducir directamente dentro de la tolva 34 o directamente dentro del tubo 30 hueco (ver la Figura 13), o pueden conectar con canales separados o conductos con el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso. Las aberturas 31 de descarga de lechada pueden ser suministradas a través del tubo 30 hueco por encima del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso como se muestra en la Figura 2 para complementar la descarga de lechada dentro del espacio anular alrededor del tubo 30 hueco y prevenir que la cavidad sea llenada por el suelo de la matriz 36.

30 Las Figuras 8A, 8B, 8C y 16 ilustran otra característica alternativa del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso. Un casquillo 64 de sacrificio puede ser utilizado en lugar de la válvula 54 de fondo o extremo inferior deslizante para proteger al elemento 32 de cabeza de fondo bulboso de ser obstruido cuando el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso es empujado hacia abajo a través de la matriz 36 de suelo. El casquillo 64 puede ser configurado en cualquiera de un número de formas. Por ejemplo, este puede ser plano, puntiagudo o biselado. Este puede ser arqueado. Cuando es biselado, puede formar un ángulo de $45^\circ \pm 25^\circ$ con respecto al eje 35 horizontal. El casquillo 64 puede incluir un número de patas 87 truncadas posicionadas para ajustar en la abertura 89 central del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso y sostener el casquillo 64 en su lugar hasta que el tubo 30 hueco es elevado primero y causa que el agregado 44 fluya hacia afuera de la abertura 52 en una sección de cavidad expuesta.

40 La Figura 17 ilustra otra característica alternativa del elemento 32 de cabeza de fondo. La placa 54 deslizante y la varilla 68 para el soporte de la placa 54 puede incluir un pasaje o un tubo 57 axial que permite la colocación de un elemento de refuerzo o una varilla 68 adherida a la placa 70 de fondo. La varilla 68 y la placa 70 serán liberadas en el fondo de una cavidad formada y utilizadas para proveer un miembro de ancla de elevación o un miembro indicador para la medición del movimiento del fondo de un pilar durante una prueba de carga. La varilla 68 deslizante adherida a la placa 70 de fondo puede ser sustituida por el casquillo 64 de sacrificio cerrando la abertura del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso durante el empuje en la matriz 36 de suelo, y funcionar como una plataforma para el miembro de ancla de elevación o miembro indicador siendo instalado. La placa 54 de válvula de fondo puede por lo tanto ser omitida o puede ser mantenida en el lugar mientras que los elementos de ancla de elevación o elementos indicadores están siendo utilizados. La Figura 20 ilustra el ancla 68, 70 de elevación o indicador en el lugar en la formación de un pilar por medio de la invención en donde la placa o válvula 54 es omitida.

50 5.2 Método de operación

55 La Figura 1 ilustra el típico primer paso de la operación del aparato o dispositivo descrito. El tubo 30 hueco con el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso y la extensión 42 superior adherida y el ensamblaje 34 de tolva conectado, son empujados con un vector de fuerza estática vertical o axial, típicamente aumentado por los vectores de fuerza dinámicos, dentro de la matriz 36 de suelo por el aparato 37 de conducción o por el peso de las partes que lo componen. En la práctica, la utilización del tubo 30 con el elemento 32 especial de cabeza de fondo

5 teniendo las dimensiones y configuraciones descritas, un vector de fuerza de 5 a 20 toneladas aplicadas al mismo es típico de principio a fin. La Figura 2 ilustra la colocación del agregado 44 dentro de la tolva 34 cuando el tubo 30 hueco y los adjuntos alcanzan la profundidad 81 deseada del pilar dentro de la matriz 36 de suelo. La Figura 6 ilustra el movimiento hacia arriba o la elevación del tubo 30 hueco por medio de una distancia 91 de elevación predeterminada, típicamente 24 a 48 pulgadas para revelar una porción de la cavidad 102 desprotegida por debajo del elemento 32 de cabeza de sección inferior en la matriz 36 de suelo.

10 La figura 7 ilustra la abertura de la válvula 54 de fondo para permitir al agregado 44 y los aditivos opcionales llenar el espacio o la porción 85 de la cavidad 102 por debajo del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso mientras que el tubo 30 hueco y los adjuntos están siendo elevados. La válvula 54 puede abrir a medida que el tubo 30 hueco es levantado debido al peso del agregado 44 sobre el lado superior de la válvula 54. Alternativamente, la válvula 54 puede ser accionada por medio de un mecanismo hidráulico por ejemplo, o el tubo 30 hueco puede ser elevado y el agregado después adicionado al flujo a través de la abertura 53 de válvula por medio de la operación de la válvula 54. Alternativamente, la válvula 38 interna puede ser abierta durante el levantamiento o después del levantamiento. Alternativamente, si no hay válvula 54, el casquillo 64 de sacrificio será liberado desde el extremo del elemento 32 de cabeza, en general por la fuerza ejercida por el peso del material 44 agregado dirigida a través del tubo 30 hueco cuando el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso se eleva una distancia predeterminada desde el fondo 81 de la cavidad 102 del pilar formado.

20 La Figura 9 ilustra el empuje hacia abajo subsecuente del tubo 30 hueco y los adjuntos y el cierre de la válvula 54 de fondo para compactar el material 44 agregado en la porción 85 de cavidad y de esta manera forzando el agregado 44 y los aditivos opcionales lateralmente dentro de la matriz 36 de suelo al igual que verticalmente hacia abajo. La distancia predeterminada de movimiento para empujar hacia abajo es típicamente igual a la distancia 91 de elevación menos un pie, con el fin de producir un grosor 72 de sustentador completado de un pie seguido de una distancia 91 de elevación predeterminada de tubo 30 hueco. El grosor 72 designado de sustentador puede ser diferente de un pie dependiendo de los requerimientos del pilar de agregado de formación específica y de las características de ingeniería de la matriz 36 de suelo y agregado 44. Compactar el material 44 agregado liberado dentro de la porción 85 de cavidad desocupada, desprotegida en la Figura 7 para efectuar el movimiento lateral del material 44 agregado horizontalmente al igual que la compactación del material agregado verticalmente es importante en la práctica de la invención.

30 La Figura 10 ilustra la siguiente o segunda formación de sustentador efectuada por la elevación del tubo 30 hueco y los adjuntos otra distancia 91A predeterminada, típicamente de 24 a 48 pulgadas para permitir la abertura de la válvula 54 de fondo (en el evento de la utilización de la realización utilizando la válvula 54) y pasaje o movimiento del agregado 44 y los aditivos opcionales dentro de la porción de la cavidad 85A que ha sido abierta o expuesta por elevar el tubo 30.

35 La elevación del tubo hueco en el rango de dos (2) a cuatro (4) pies es típicamente seguida por el descenso (como se describe abajo) para formar un sustentador 72 de pilar de agregado, teniendo una dimensión vertical de un (1) pie es típico para los materiales de formación de pilares como se describe aquí. La dimensión axial del sustentador 72 puede por lo tanto estar en el rango de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{5}$ de la distancia 91 del tubo 30 hueco es elevada. Sin embargo, la realización que se muestra en las Figuras 23-26 constituye un protocolo de compactación alterno.

40 La Figura 11 ilustra el empuje hacia abajo del tubo 30 hueco y los adjuntos y el cierre de la válvula 54 de fondo para compactar el agregado 44 en la porción 85A de cavidad recientemente expuesta, desprotegida de la Figura 10 y el forzado del agregado 44 y los aditivos opcionales lateralmente en la matriz 36 de suelo. La distancia de empuje será igual a la distancia de elevación menos el grosor de sustentador diseñado. Cuando se utiliza el método del casquillo 64 de sacrificio, la abertura 50 de fondo puede permanecer abierta mientras se compacta el agregado 44.

45 La figura 18 ilustra un pilar de agregado parcialmente formado por el proceso que se describe aquí en donde múltiples sustentadores 72 han sido formados secuencialmente por compactación y el tubo 30 hueco se está elevando mientras que el agregado 44 está llenando la porción 85X de cavidad. La Figura 19 ilustra un pilar 76 de agregado completamente formado por el proceso descrito. La Figura 20 ilustra un pilar 76 formado con un miembro 68, 70 de ancla de elevación o un miembro indicador instalado. La Figura 21 ilustra un paso de precarga opcional sobre el pilar 76 de agregado formado por medio de la colocación de un peso 75, por ejemplo, sobre el pilar formado y una prueba de indicador de módulos opcional siendo realizada sobre el pilar 76 de agregado formado comprendido de múltiples sustentadores 78 compactos.

50 Las Figuras 23 hasta la 26 ilustran un protocolo alternativo para la formación de un pilar utilizando el aparato descrito. El tubo 30 hueco es inicialmente forzado o conducido dentro de una matriz 36 de suelo a una profundidad

100 deseada. El terminal de extremo de fondo del elemento 32 de cabeza incluye un mecanismo 54 de válvula, un casquillo 64 de sacrificio o similares. Forzar el tubo 30 hueco verticalmente hacia abajo en el suelo forma una cavidad 102 (Figura 23). Asumiendo que el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso es en general cilíndrico, la cavidad 102 es en general cilíndrica, y puede o no mantener la configuración del diámetro completo asociada con la forma y el diámetro del elemento 32 especial de cabeza de fondo.

Una vez se alcanza la penetración deseada dentro de la matriz 36 de suelo (Figura 23) y habiendo desplazado y densificado la matriz de suelo que previamente existía dentro de la cavidad formada, el tubo 30 hueco se eleva a la parte superior de la cavidad formada o a la parte superior del pilar de agregado planeado (Figura 24) en un sustentador sencillo. A medida que es elevado, el material 44 agregado y los materiales aditivos opcionales son descargados por debajo del extremo de fondo del elemento 32 especial de cabeza de fondo.

Opcionalmente, los materiales aditivos son descargados en el espacio 104 anular definido entre la sección 33 superior del tubo 30 hueco y las paredes interiores de la cavidad 102 formada. Los materiales aditivos pueden fluir a través de los pasajes 108 laterales auxiliares o los conductos 110 complementarios en el tubo 30 hueco. A medida que el tubo 30 hueco se eleva, la cavidad 102 se llena con el agregado y los materiales aditivos, opcionales. También, los materiales aditivos en el espacio 104 anular pueden ser forzados hacia afuera dentro de la matriz 36 de suelo por y debido a la configuración del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso a medida que este se eleva.

El tubo 30 hueco es de esta manera típicamente elevado sustancialmente en la longitud total de la cavidad 102 formada inicialmente y después, como se muestra en la Figura 25, nuevamente puede ser forzado hacia abajo causando que el material agregado en la cavidad 102 sea compactado y una porción de los materiales agregados sea forzada lateralmente dentro de la matriz 36 de suelo (Figura 25). La extensión del movimiento hacia abajo del tubo 30 hueco depende de diversos factores incluyendo la forma y el tamaño de la cavidad 102, la composición y mezcla de los materiales agregados y los aditivos, las fuerzas impartidas sobre el tubo 30 hueco, y las características de la matriz 36 de suelo. Típicamente, el movimiento hacia abajo se continúa hasta que el extremo inferior o el fondo del elemento 32 especial de cabeza de fondo está en o cerca al fondo 81 de la cavidad 102 previamente formada o hasta que ocurra la negación esencial del movimiento hacia abajo.

Después de completar el segundo movimiento hacia abajo, el tubo 30 hueco se eleva típicamente la longitud completa de la cavidad 102, nuevamente descargando el material agregado y los materiales aditivos opcionales durante la elevación, y nuevamente llenando, la cavidad 102A recientemente creada (Figura 26). El ciclo de completamente elevar y completamente descender se completa al menos dos veces y opcionalmente tres veces o más, para forzar más agregado 44 y materiales aditivos opcionales, lateralmente dentro de la matriz 36 de suelo. Además, el ciclo puede ser ajustado en diversos patrones tales como elevar completamente y descender seguido por elevar completamente y descender parcialmente, o elevar parcialmente y descender completamente, y las combinaciones del mismo. Alternativamente, después de que uno o más ciclos completos de elevación del tubo 30 hueco con la descarga del agregado y los materiales aditivos opcionales, la operación subsecuente puede ser la misma o similar a una secuencia de formación de pilares de agregado típica como se describió previamente, en donde cada sustentador se forma por medio de la elevación y el descenso de una distancia predeterminada.

Alternativamente, después de completar un sustentador sencillo, el pilar de agregado resultante con o sin los materiales aditivos opcionales, pasos adicionales de reentrada del tubo 30 hueco y el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso dentro del pilar de agregado de sustentador sencillo, puede ser eliminado. En otras palabras, el aparato puede ser utilizado para formar un pilar sencillo alargado dentro de la matriz de suelo extendiéndose la longitud vertical de la penetración del suelo. El pilar de agregado de sustentador sencillo con la matriz de suelo densificada adjunta puede ser efectivo sin fortalecimiento o endurecimiento adicional. Una situación en la cual un pilar de agregado de sustentador sencillo será típicamente efectivo es en la mitigación de la licuefacción durante los eventos sísmicos cuando las matrices de suelo sean licuables.

5.3 Resumen de consideraciones

El agua o lechada u otro líquido pueden ser utilizados para facilitar el flujo y la alimentación del material 44 agregado a través del tubo 30 hueco. El agua puede ser alimentada directamente dentro del tubo 30 hueco o a través de la tolva 34. Esta puede estar bajo presión a una se puede suministrar una cabeza por medio de la utilización de la tolva 34 como un depósito. El agua, lechada u otro líquido de esta manera permiten el flujo eficiente de agregado, particularmente en el tubo 30 hueco de diámetro pequeño, por ejemplo, diámetro del tubo 30 de 5 a 10 pulgadas. Típicamente el tamaño del pasaje interno del tubo 30 y/o la abertura de descarga es al menos 4.0 veces el máximo tamaño del agregado para todas las realizaciones que se describen. Con cada sustentador 72 siendo de alrededor de 12 pulgadas en altura vertical y el diámetro interno del tubo 30 siendo de alrededor de 6 a 10 pulgadas, el uso del agua como un lubricante es especialmente deseable.

Se nota que el diámetro de la cavidad 102 formada en la matriz 36 de suelo es relativamente menor que muchas técnicas de formación de pilares alternativas. El método de utilización de una cavidad 102 de diámetro relativamente pequeño o de una abertura de dimensión relativamente pequeña dentro de la matriz 36 de suelo, permite forzar o conducir un tubo 30 a una profundidad significativa y la subsecuente formación de un pilar que tiene dimensiones medibles más grandes que las dimensiones externas del tubo 30. La utilización de agregado 44 con o sin aditivos incluyendo materiales fluidos, para formar uno o más sustentadores por compactación y desplazamiento horizontal es de este modo permitida por el tubo 30 hueco y elemento 32 especial de cabeza de fondo como se describe. Los sustentadores 72 son compactados verticalmente y el agregado 44 es forzado transaxialmente con el resultado de una construcción de pilar altamente coherente y la producción de un pilar de agregado más duro y más fuerte con un diámetro más largo que su diámetro de cavidad original.

5.4 Resultados de prueba

La Figura 22 ilustra el resultado de probar los pilares de la presente invención en contraste con un pilar de concreto perforado. La gráfica ilustra los movimientos de tres pilares de agregado construidos de acuerdo con la invención (curvas A, B, C) con un pilar de concreto de un arte anterior (curva D), a medida que los pilares son cargados con las cargas en incremento a cargas máximas y después cargas decrecientes hasta carga cero. Las pruebas fueron conducidas utilizando las siguientes condiciones de prueba y utilizando un pilar de concreto perforado, de acero reforzado como un pilar de concreto de prueba.

Un hundimiento o cavidad de aproximadamente 8 pulgadas de diámetro fue perforado a una profundidad de 20 pies y llenada con concreto para formar un pilar de concreto perforado (prueba D). Una varilla de acero de refuerzo fue colocada en el centro de un pilar de concreto perforado para proveer una integridad estructural. Una forma de cartón cilíndrica de 12 pulgadas de diámetro fue colocada en la porción superior del pilar para facilitar la subsecuente prueba de compresión de carga. La matriz de suelo para todas las cuatro pruebas fue arena de fina a media de una densidad media con Penetration Blow Counts (SPT's) estándar fluctuando de 3 a 17 soplos por pie. El agua freática fue localizada a una profundidad de aproximadamente 10 pies por debajo de la superficie del suelo.

Los pilares de agregado de la invención, reportados como en las pruebas A, B y C, fueron hechos con un tubo 30 hueco, seis (6) pulgadas de diámetro externo y con un elemento 32 especial de cabeza de fondo con un diámetro externo de 10 pulgadas. Las pruebas A y B utilizaron solamente el agregado. La prueba C utilizó el agregado con lechada cementosa. La prueba A utilizó movimientos de elevación predeterminados de dos pies y movimientos de empuje hacia debajo de un pie resultando en una pluralidad de sustentadores de un pie. La prueba B utilizó movimientos predeterminados hacia arriba de tres pies y movimientos predeterminados hacia debajo de dos pies, nuevamente resultando en sustentadores de un pie. La prueba C utilizó movimientos predeterminados hacia arriba de dos pies y movimientos predeterminados de empuje hacia abajo e un pie, e incluyó una adición de lechada cementosa.

Análisis de los datos pueden ser relacionados con la rigidez o modulus de los pilares construidos. En una deflexión de 0.5 pulgadas, la prueba A correspondía a una carga de 27 toneladas, la prueba B correspondía a una carga de 35 toneladas, prueba C correspondía a una carga de 47 toneladas y la prueba D correspondía a una carga de 16 toneladas. De esta manera en esta cantidad de deflexión (0.5 pulgadas) y utilizando la prueba B como la prueba estándar y base de comparación, los radios de rigidez relativa para la prueba B es 1.0, prueba A 0.77, prueba C es 1.34, y la prueba D es 0.46. La prueba D estándar es 1.30 veces más rígida que la prueba A, mientras que la prueba C con el aditivo de lechada es 2.94 veces más rígida que el pilar de concreto del arte anterior (Prueba D). Esto ilustra que el modulus de los pilares formados por la invención es sustancialmente superior al modulus del pilar de concreto de acero reforzado (Prueba D). Estas pruebas también ilustran que el proceso del movimiento de elevación de tres pies con el movimiento de empuje hacia abajo de dos pies de fue más superior al proceso de movimiento de elevación de dos pies y de movimiento de empuje hacia abajo de un pie. Las pruebas también ilustran que el uso del aditivo de lechada cementosa sustancialmente mejora la rigidez del pilar formado para deflexiones de menos de 0.75 pulgadas, pero no mejoró sustancialmente la rigidez del pilar formado comparado con la Prueba B para las deflexiones mayores de alrededor de 0.9 pulgadas.

En la realización divulgada, debido a que el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso del tubo 30 hueco o el árbol hueco tiene una mayor área transversal, resultan diversas ventajas. Primero la configuración del aparato, cuando se utiliza un mecanismo 54 de válvula de fondo, reduce la probabilidad de que el material agregado quede obstruido en el aparato durante la formación de la cavidad 102 en la matriz 36 de suelo al igual que cuando el tubo 30 hueco se retira parcialmente de la matriz 36 de suelo para exponer o formar una cavidad 85 dentro de la matriz 36 de suelo. Además, la configuración permite que se imparta energía adicional desde los vectores de fuerza estática y desde los vectores de fuerza dinámica a través del elemento 32 de cabeza de fondo del aparato y afecte

en el agregado 44 en la cavidad 70. Otra ventaja es que la fricción del tubo 30 hueco sobre el lado de la cavidad 102 formada en el suelo se reduzca debido al diámetro efectivo del tubo 30 hueco siendo menor que el diámetro efectivo del elemento 32 de cabeza de fondo y siendo de esta manera menor que el diámetro inicial de la cavidad formada. Esto permite un empuje más rápido dentro del suelo y permite el empuje a través de formaciones que pueden ser consideradas más firmes o rígidas. El área transversal del elemento 32 de cabeza más grande también mejora la habilidad de proveer una sección 102 de cavidad formada para la recepción del agregado 44 el cual tiene un volumen más grande que sería asociado con el remanente del árbol 30 hueco de este modo suministrando para la recepción de material adicional de ambas fuerzas longitudinal (o axial) y transversal (o transaxial) cuando se forma el sustentador 72. La fricción reducida del tubo 30 hueco sobre el lado de la cavidad 102 formada en el suelo también provee una ventaja para elevar más fácilmente el tubo 30 hueco durante la formación del pilar y previene que el tubo 30 hueco quede atascado dentro de la matriz de suelo.

En el proceso de la invención, el sustentador 72 inferior puede ser formado con un diámetro efectivo más largo y tener una cantidad diferente de agregado suministrado en él. De esta manera el sustentador 72 inferior en el pilar 76 puede ser configurado para tener una sección transversal más larga al igual que una profundidad mayor cuando se forma la base para un pilar 76. A modo de ejemplo la porción inferior o el sustentador 72 inferior puede ser creado por medio de la elevación del árbol 30 hueco cuatro pies y después descendiendo el tubo 30 hueco tres pies, reduciendo de este modo la altura del sustentador 72 a un pie, mientras que los sustentadores 72 subsecuentes pueden ser creados por medio de la elevación del árbol 30 hueco tres pies y después descendiendo el tubo 30 hueco dos pies, de este modo reduciendo el grosor del sustentador 72 a un pie.

El pilar 76 de agregado completo puede, como se mencionó previamente, ser precargado después de que ha sido formado por medio de la aplicación de una carga estática o una carga 75 dinámica en la parte superior del pilar 76 por un periodo de tiempo configurado (ver la Figura 21). De este modo una carga 75 puede ser aplicada a la parte superior del pilar 76 de agregado por un periodo de tiempo desde 15 segundos a 15 minutos, o más largo. Esta aplicación de fuerza puede también proveer una "prueba de indicador de modulus" en la medida en que una carga 75 estática puede ser aplicada a la parte superior del pilar 76 puede ser acompañada de la medición de la deflexión acumulada bajo la carga 75 estática. La prueba de indicador de modulus puede ser incorporada dentro de la precarga de cada pilar para cumplir con dos propósitos con una actividad; concretamente, (1) la aplicación de una precarga; y (2) la realización de una prueba de indicador de modulus.

El material 44 agregado que es utilizado en la realización del pilar 76 puede ser variado. Esto es, piedra agregada limpia puede ser colocada dentro de la cavidad 85. Dicha piedra puede tener un tamaño nominal de 40 mm de diámetro con menos del 5% teniendo un diámetro nominal de menos de 2 mm. Subsecuentemente una lechada puede ser introducida simultáneamente con la introducción del agregado 44 o antes o posterior a ello.

Cuando una frecuencia de vibración es utilizada para impartir una fuerza dinámica, la frecuencia de vibración de la fuerza impartida sobre el árbol hueco o tubo 30 hueco está preferiblemente en un rango entre 300 y 3000 ciclos por minuto. El radio de los diversos diámetros del tubo hueco o árbol 30 del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso está típicamente en el rango de 0.92 a 0.50. Como se mencionó previamente, el ángulo del biselado de fondo puede estar típicamente entre 30° y 60° relativo al eje 35 longitudinal.

Como una característica adicional de la invención, el método para formar un pilar puede ser realizado por medio de la inserción del tubo 30 hueco con el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso para la profundidad 81 total del pilar previsto. Subsecuentemente, el tubo 30 hueco y el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso serán elevados la longitud completa del pilar previsto en un movimiento continuo a medida que el agregado y/o lechada u otro líquido están siendo liberados o inyectados en la cavidad a medida que el tubo 30 hueco y el elemento 32 especial de cabeza de fondo son elevados. Subsecuentemente, una vez alcanzado la parte superior del pilar previsto, el tubo 30 hueco y el elemento 32 especial de cabeza de fondo pueden ser nuevamente empujados y opcionalmente aumentados por medio de la vibración y/o el golpeteo vertical del mecanismo de fuerza dinámica hacia abajo hacia o en el fondo del pilar en construcción. El agregado 44 y/o la lechada u otro material llenando la cavidad como previamente fue descargado será movido transaxialmente dentro de la matriz de suelo a medida que este es desplazado por el tubo 30 hueco en movimiento hacia abajo y el elemento 32 especial de cabeza de fondo. El proceso puede ser repetido después con el tubo 30 hueco y el elemento 32 especial de cabeza de fondo elevado ya sea a la longitud remanente o a la profundidad del pilar previsto o a una menor longitud en cada instancia con el agregado y/o el material líquido llenando la cavidad creada recientemente a medida que el tubo 30 hueco es elevado. De esta manera, el material que forma el pilar puede comprender un sustentador o una serie de sustentadores con material agregado adicional y lechada opcional y/u otros aditivos transferidos lateralmente a los lados de la cavidad hueca dentro de la matriz de suelo. Alternativamente, la última secuencia puede ser la misma o similar al método de formación de pilar de agregado "típico" de esta invención, mientras que los sustentadores delgados son formados por medio de la elevación y el descenso del tubo 30 hueco.

Hay que anotar que el mecanismo para implementar los procedimientos y métodos mencionados anteriormente puede operar de manera acelerada. La conducción del tubo 30 hueco y el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso hacia abajo puede efectuarse con bastante rapidez, por ejemplo, en cuestión de dos minutos o menos. La elevación del tubo 30 hueco y el elemento 32 de cabeza de fondo bulboso de manera incremental una distancia parcial o completa dentro de la cavidad puede tomar aún menos tiempo, dependiendo de la distancia del movimiento de elevación y la rata de elevación. De este modo, el pilar de agregado se forma desde la matriz 36 de suelo en pocos minutos. La rata de producción asociada con la metodología y el aparato de la invención es por lo tanto significativamente más rápida.

5.5 Características Adicionales

Las Figuras 27 hasta 36 ilustran las características adicionales y realizaciones de la invención. Con referencia a las Figuras 27, 27A y 27B, se ilustra de manera diagramática, un aparato que incluye un tubo 500 hueco acoplado con un elemento 502 de cabeza de fondo bulboso. El elemento 502 de cabeza de fondo bulboso incluye un cuerpo 501 central el cual es en general cilíndrico con una sección inclinada en forma de cono truncado o cónico hacia abajo y hacia adentro o superficie 504 esta superficie en general unida a una sección en general horizontal o una sección 505 con una abertura 506 a través de ella para el pasaje de materiales tales como materiales agregados, material cementoso, lechada o combinaciones de ello. Una placa 508 horizontal separada con varillas 510 y 512 en general extendiéndose verticalmente se posiciona contra el casquillo 508a de cierre ajustado contra la superficie 505. Las varillas 510 y 512 encajan a lo largo del exterior de la combinación del tubo 500 hueco y el elemento 502 de cabeza de fondo. La placa 508 puede estar en la forma de una varilla reforzada por placas 508B y 508C anguladas. La placa 508 acopla un casquillo circular o placa 503 el cual incluye clavijas 511 verticales que alinean la placa 508 con la abertura 506 cubriendo la abertura 506 o en la forma de una malla o de otro elemento en general horizontal el cual se transporta durante la colocación del tubo 500 hueco y del elemento 502 de cabeza de fondo bulboso hacia abajo entre el suelo durante la penetración inicial de la matriz de suelo. Después del retiro del tubo 500 hueco y del elemento 502 de cabeza, la placa 508 y las varillas 510 y 512 al igual que el casquillo 503 permanecerán en el lugar en el extremo del fondo del pilar en formación. Las varillas, tales como las varillas 510 y 512, pueden, como se muestra en la Figura 29, servir como un ancla de elevación o como se representa en la Figura 30, pueden servir como varillas indicadoras para pruebas de carga. De este modo, como se representa en las Figuras 29 y 30, las varillas 510 y 512 indicadoras en combinación con el miembro 508 de placa de conexión inferior contempla el posicionamiento del ensamblaje que se describe sobre el exterior del tubo 500 hueco y del elemento 502 de cabeza de fondo bulboso, y aún están habilitadas para ser posicionadas por debajo del extremo inferior del pilar de agregado formado tal como el pilar 520 en la Figura 29 o el pilar 522 en la Figura 30.

La Figura 28 representa la variación del aparato el cual puede ser utilizado para la práctica de la invención. En este aparato alternativo, un tubo 526 hueco se comprende de una serie de secciones 528, 530 y 532 conectadas o atornilladas, las cuales se extienden longitudinalmente directamente desde el tubo hueco. La porción transversal más pequeña del tubo 526 hueco está conectada con el elemento 536 de cabeza de fondo bulboso. De esta manera, el peso total de la sección del tubo hueco puede ser reducido, aun el elemento 536 de cabeza de fondo bulboso proveerá un medio adecuado y un diámetro adecuado para la penetración dentro de una matriz de suelo. El tubo 526 hueco también proveerá un canal adecuado para el pasaje del agregado, piedra triturada, piedra redondeada, concreto triturado, lechada, material cementoso, u otros materiales para formación de pilares, o combinaciones de ello.

Pueden practicarse numerosas variaciones de la sección múltiple de tubo hueco, aunque la secuencia típica es para que las secciones decrezcan en el área transversal desde la parte superior hasta el fondo. Variaciones de ejemplo incluyen secciones que incrementan en el área transversal transversa hacia el extremo superior del tubo hueco. Las secciones pueden incrementar en el área transversal transversa y después decrecer. Estas pueden tener la misma área transversal transversa, pero configuraciones transversales distintas. Estas pueden ser secciones conectadas integralmente o desmontables.

Pueden usarse combinaciones de estas características descritas. Las secciones separadas pueden ser preensambladas o estas pueden ser ensambladas en serie en el sitio de trabajo a medida que ocurre la penetración del suelo. Típicamente, son preensambladas.

La Figura 31 ilustra una combinación de las características para utilizar con un tubo 540 hueco y un elemento 542 de cabeza de fondo bulboso que faciliten la alineación del tubo 540 hueco para la penetración del suelo. De este modo, un dispositivo 544 de guía de alineación en la forma de un anillo de soporte anular encaja alrededor del tubo 540 hueco y es sujetado al mecanismo de conducción. El dispositivo 544 de guía de alineación sirve para guiar la combinación del tubo 540 hueco y el elemento 542 de cabeza de fondo en la dirección deseada y ubicación dentro de una matriz de suelo. La guía 544 de alineación o elemento también previene la "expulsión" del tubo 540 hueco,

especialmente cuando la matriz de suelo es dura o densa. Uno o más dispositivos 544 de guía de alineación pueden ser utilizados. El tubo 540 hueco es en general deslizable o montado de manera movable dentro de la guía 544.

5 La Figura 32 ilustra una característica que puede ser incorporada dentro del elemento 542 de cabeza de fondo bulboso, concretamente la colocación de un dispositivo 546 sensor dentro del elemento 542 de cabeza de fondo bulboso para la detección de las fuerzas impartidas por la cabeza bulbosa o el elemento 542 de cabeza de fondo sobre el material siendo descargado del mismo, al igual que sobre la matriz de suelo. La fuerza aplicada puede ser trazada en el tiempo para proveer un patrón del efecto del elemento 542 de cabeza de fondo sobre la compactación del agregado y sobre la penetración de la matriz de suelo.

10 La Figura 33 ilustra un mecanismo utilizado para forzar el tubo 550 hueco y el elemento de cabeza adjunto (no se muestra en la Figura 33) hacia abajo dentro de una matriz de suelo (no se muestra en la Figura 33). Más específicamente, el extremo 554 superior del tubo 550 hueco encaja dentro de una sección 553 cilíndrica corta de un tubo 555 de guía soldado a un tubo 557 de conexión, a la vez, soldado a un accesorio 559 metálico sólido con una placa 552. La placa 552 es una placa horizontal y por lo tanto las fuerzas dirigidas axialmente contra la placa 15 252 afectarán la placa 552 contra el extremo 554 superior del tubo 550 hueco. Un martillo 556 de vibración incluye una placa 558 de acoplamiento la cual puede ser ajustada contra la placa 552 y la cual es acoplada a ello por medio de varillas o sujetadores 561 proyectando a través de las aberturas, tales como la abertura 560, y las cerraduras 562 para retener las placas 552 y 558 unidas juntas. El martillo 556 de vibración puede ser entonces operado para vibrar y conducir el tubo 550 hueco y el elemento de cabeza (no se muestra) hacia abajo dentro de la 20 matriz de suelo sobre el agregado descargado compactado, etc.

La Figura 34 ilustra una forma o figura de un dispositivo de pre penetración el cual puede ser utilizado en combinación con el aparato de tubo hueco y el elemento de cabeza como se describe previamente. Más particularmente, un dispositivo de pre penetración puede ser utilizado para formar una abertura preliminar o un 25 pasaje dentro de una matriz de suelo, en particular, un suelo rígido o medio denso. El dispositivo puede comprender una varilla 570 vertical con un extremo 572 de impulso el cual tiene forma o está configurado para facilitar la penetración del suelo, tal como tener la forma de un cono, por ejemplo. En general, el extremo de largo diámetro del cono 572 es menor que la dimensión transversa máxima de un elemento de cabeza de fondo bulboso asociado con el paso subsecuente en el proceso, concretamente el paso de utilizar un elemento de cabeza de 30 fondo bulboso y un tubo hueco para penetrar dentro de la matriz de suelo. La forma y configuración del extremo 572 de penetración, sin embargo, puede ser variada para lograr el objetivo de proveer un medio para facilitar la creación de un pasaje inicial en la matriz de suelos dentro de la cual un tubo hueco y el elemento de cabeza de fondo bulboso serán subsecuentemente conducidos o insertados.

La Figura 35 ilustra otro aspecto del método de la invención. Esto es, el método que en general comprende el uso de un elemento de cabeza de fondo bulboso, como se describe, y un tubo hueco asociado con ello para construir 35 una sección o porción de un pilar de agregado, tal como la sección 584 inferior, dentro de una matriz 586 de suelo. La región por encima de la sección 584 inferior puede subsecuentemente comprender de una construcción de pilar, concretamente una construcción 588 de pilar, construida de acuerdo con algunas otras enseñanzas, por ejemplo la enseñanza como se expone en la Patente de los Estados Unidos No. 5,249,892. La combinación de secciones de pilar del tipo asociado con el método de la presente invención en combinación con los otros métodos de formación de 40 pilares es especialmente deseada o útil, debido a que las tecnologías son compatibles y permitirán la construcción de pilares más profundos de una manera altamente eficiente y extremadamente rápida debido a que las características asociadas con las respectivas secciones se complementan la una a la otra. Por ejemplo, la porción superior del pilar por una enseñanza o método y aparato puede ser de mayor capacidad que la porción de pilar inferior asociada con el método de la presente invención. Las tensiones de las cargas son mayores en la 45 porción superior de un sistema de pilares combinado. Dos o más de dos, tipos de construcciones de pilares en alineación vertical son considerados como parte del alcance de la invención.

La Figura 36 es una vista diagramática que ilustra una vista plana inferior típica de un elemento de cabeza de fondo bulboso hecho de acuerdo con la invención. Como se describe previamente, el elemento 600 de cabeza de 50 fondo bulboso es un elemento bulboso y tiene una dimensión transversal mayor que esa del elemento 602 de tubo hueco adherido adyacente a este. El extremo 590 distal lejano del elemento de cabeza de fondo bulboso típicamente incluye una abertura 592 a través de la cual el material tal como agregado o piedra triturada, piedra suavizada, concreto triturado, lechada, materiales cementosos, o similares, fluirá durante la práctica del método. La abertura 592 de fondo es típicamente, como se representa en diversas figuras, de una dimensión menor que la de la faz 590 horizontal en el terminal 590 distal extremo del elemento 600 de cabeza de fondo bulboso. La 55 abertura 592 por lo tanto, es típicamente menos que una mitad del área de superficie del área transversal transversa del elemento 600 de cabeza de fondo bulboso. La superficie 590 con la abertura 592, se conecta con

una superficie 594 formada la cual en general es una forma cónica. Como se describe previamente, sin embargo, otras formas pueden ser utilizadas para proveer una forma de transición desde la superficie 596 externa del elemento 600 de cabeza de fondo bulboso a la superficie 590 de extremo de fondo del elemento 600 de cabeza de fondo bulbos. Además, la abertura 592, como se describe previamente, está cubierta inicialmente por una placa o un casquillo de sacrificio o una cubierta que se puede cerrar, por ejemplo, durante la penetración inicial de la matriz de suelo.

Las Figuras 37 y 38 ilustran una realización adicional de la invención. Refiriéndose primero a la Figura 37, ahí se divulga un elemento 600 de cabeza de fondo bulboso el cual es adherido a un tubo hueco o mandril 602. El tubo 602 hueco o mandril incluye un segundo mandril en general de igual longitud o tubo hueco de menor diámetro; concretamente, el tubo 604 está posicionado de manera deslizable ahí. Los tubos 602 y 604 huecos o tuberías están unidos juntos por pasadores o pernos 606 y 608 ajustados a través del extremo superior del tubo 602 hueco exterior y el extremo superior del tubo 604 hueco interno. El tubo 604 hueco interno además incluye en el extremo inferior del mismo, pasajes o aberturas 610 y 612 discutidas con respecto a la Figura 38.

Haciendo referencia a la Figura 38 el mandril o tubo 604 interior puede plegarse longitudinalmente en la dirección del eje 616 longitudinal hacia arriba relativo al mandril inferior o tubo 602 hueco el cual esta adherido al elemento 600 de cabeza de fondo bulboso. Los pasadores o pernos 606 y 608 son removidos de conectar el tubo 602 externo con el tubo 604 interno como se representa en la Figura 37 y después reinsertados a través de aberturas y en particular las aberturas 610 y 612 para de este modo alargar el limite operacional efectivo o longitud del elemento de tubo hueco el cual se comprende de la combinación de longitudes del diámetro inferior y más grande del tubo 602 hueco y el diámetro superior o más pequeño del tubo 604 hueco. Una tolva u otro mecanismo puede ser suministrado para direccionar el material agregado al interior de los tubos 602 y 604 huecos.

La realización de las Figuras 37 y 38 es especialmente útil en cuanto esta permite la práctica de la metodología asociada con la invención a profundidades más profundas dentro de una matriz de suelo. Esto es, el nivel de la matriz de suelo se representa por el nivel 622 de superficie en la Figura 37. La combinación del elemento 600 de cabeza de fondo bulboso y los tubos 602 y 604 huecos puede ser colocada en la matriz de suelo a la profundidad como se ilustra en la Figura 37. Después, haciendo referencia a la Figura 38, los tubos 602 y 604 pueden ser plegados y conducidos a una profundidad más profunda. Esto es, el tubo 604 hueco interno puede ser extendido como se muestra en la Figura 38 y el ensamblaje completo después empujado hacia abajo o colocado más allá dentro del suelo. De esta manera, la combinación del elemento 600 de cabeza de fondo bulboso y los tubos 602 y 604 huecos puede ser insertada a una profundidad mucho mayor fácilmente y rápidamente. El material alimentado a través del tubo 602 y 604 hueco puede entonces ser alimentado ahí utilizando las metodologías como se describen previamente. Los tubos 602 y 604 telescópicos permiten un incremento significativo de la profundidad a la cual la metodología de la invención puede ser practicada de una manera rápida, eficiente y económica. Por su puesto, todas las otras características previamente descritas pueden ser utilizadas en combinación con los mandriles telescópicos o tubos descritos con respecto a las Figuras 37 y 38. También, tubos telescópicos adicionales pueden ser utilizados, aunque puede haber un límite práctico a dicha utilización. Típicamente, el tubo 602 de diámetro más grande es adherido al elemento 600 de cabeza y es posicionado sobre el exterior del siguiente tubo 604 telescópico como se ilustra en las Figuras 37 y 38, aunque la reversa puede ser adoptada también con un tubo de diámetro más grande estando sobre el exterior del tubo de diámetro más pequeño y el tubo de diámetro más grande siendo el tubo que es elevado o extendido hacia arriba o plegado lejos del elemento 600 de cabeza de fondo bulboso.

6 Observaciones finales

Pueden hacerse por lo tanto diversas modificaciones y alteraciones a la metodología al igual que al aparato para estar dentro del alcance de la invención. Por lo tanto, es posible variar la construcción y método de operación de la invención sin apartarse del espíritu y alcance del mismo. Pueden utilizarse configuraciones, tamaños, perfiles transversales, y longitudes alternativas del tubo hueco pueden. El elemento 32 de cabeza de fondo bulboso puede ser variado en su configuración y uso. La válvula 54 de fondo puede ser variada en su configuración y uso, o puede ser eliminada por la adopción del casquillo de sacrificio. El extremo de impulso del elemento 32 de cabeza de fondo bulboso puede tener cualquier forma adecuada. Por ejemplo, puede ser puntiagudo, en forma de cono, romo, angulado, en forma de tornillo, o cualquier otra forma que facilite la penetración de una matriz de suelo y la compactación del material agregado descargado. El elemento 32 de cabeza de fondo bulboso o alargado puede ser utilizado en combinación con una o más secciones de diámetro externo diferentes del tubo 30 hueco que tiene diversas formas o configuraciones.

Reivindicaciones

1. Un método para formar un pilar de agregado en una matriz de suelo que comprende los pasos de:

5 (a) formar una cavidad alargada que tiene un fondo y un eje longitudinal en la matriz de suelo por medio del descenso de un tubo hueco con un elemento de cabeza de fondo bulboso que tiene un extremo abierto en el terminal extremo del mismo que incluye un mecanismo de cierre para cerrar el terminal abierto extremo, configurado dicho elemento de cabeza de fondo bulboso con una porción de área transversal más grande del tubo hueco adyacente conectado y configurado para proveer vectores de fuerzas axiales y transaxiales sobre la matriz de suelo, cerrado dicho mecanismo de cierre durante la formación de la cavidad alargada para prevenir la descarga del material agregado desde el elemento de cabeza de fondo y para prevenir la obstrucción del elemento de cabeza de fondo o tubo hueco con los materiales de la matriz de suelo durante la penetración y formación de la cavidad alargada;

(b) elevar el tubo hueco una primera distancia en incremento predeterminada en la cavidad formada;

(c) abrir el mecanismo de cierre cuando el tubo hueco es elevado;

15 (d) alimentar el material agregado de formación de pilares a través de un terminal abierto extremo del elemento especial de cabeza de fondo en la porción de cavidad revelada por la elevación del tubo hueco dicha distancia en incremento; y

20 (e) descender el tubo hueco una segunda distancia en incremento predeterminada para compactar el material agregado descargado en la cavidad por medio del impacto de las fuerzas axiales y transaxiales del elemento de cabeza de fondo bulboso sobre la superficie del material agregado descargado mientras desplaza una porción del pilar de agregado en formación transaxialmente en las paredes laterales de la cavidad llenada.

2. El método de la reivindicación 1 en donde el tubo hueco es forzado inicialmente dentro de la matriz de suelo una distancia predeterminada para formar una cavidad alargada.

25 3. El método de la reivindicación 1 en donde la cavidad alargada o una porción de su diámetro se forma inicialmente por medio de preperforación o prepenetración de la matriz de suelo para formar una cavidad alargada con un diámetro aproximadamente igual al del elemento de cabeza de fondo o ligeramente menor que el del elemento de cabeza de fondo y para subsecuentemente descender o parcialmente descender y parcialmente forzar el tubo hueco con elemento de cabeza de fondo bulboso dentro de la cavidad preformada alargada.

4. El método de la reivindicación 1 que incluye la repetición de los pasos (b) a (e).

30 5. El método de la reivindicación 1 en donde el paso de la compactación del agregado descargado comprende la reducción parcial de la dimensión axial del sustentador compactado a alrededor $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ de la distancia en incremento del agregado sin compactar para formar el sustentador de agregado compacto que tiene una dimensión vertical axial de alrededor de $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ de la distancia en incremento del aparato que fue elevada durante el paso (b).

6. El método de la reivindicación 1 que incluye un paso adicional el cual puede ser seleccionado de:

35 (a) cerrar el mecanismo de cierre antes de la compactación;

(b) separadamente alimentar un material en combinación con el material agregado para facilitar el flujo del agregado y/o incrementar la fuerza y/o rigidez del pilar de agregado formado;

(c) formar un segundo pilar o segmento de pila de un tipo no formado por el método de la reivindicación 1 sobre un pilar de agregado formado por el método de la reivindicación 1;

40 (d) precargar el pilar de agregado formado para incrementar su capacidad y fuerza; o

(e) colocar una o más varillas alineadas en general con el tubo hueco, extendiéndose dicha varilla o varillas hacia arriba desde una placa.

7. El método de la reivindicación 1 en donde la primera distancia en incremento es o variada para al menos una de

las repeticiones o es sustancialmente igual a la altura del pilar que va a ser formado.

8. El método de la reivindicación 2 que incluye un paso adicional el cual puede ser seleccionado de:

(a) proveer una fuerza estática sobre el tubo hueco para efectuar la conducción del tubo hueco y para efectuar la compactación del agregado descargado; o

5 (b) proveer una fuerza dinámica axial y una fuerza estática sobre el tubo hueco para efectuar la conducción del tubo hueco y para efectuar la compactación del agregado descargado.

9. Aparato para la construcción de un pilar de agregado para refuerzo de suelo en una matriz de suelo que comprende, en combinación:

10 (a) un tubo hueco alargado que tiene un eje longitudinal con una abertura de entrada de material y un elemento de cabeza de fondo bulboso que tiene un extremo de fondo de abertura de descarga, siendo la sección transversal externa del elemento de cabeza de fondo bulboso mayor que la sección transversal externa del tubo hueco adyacente al mismo para de esta manera formar una sección bulbosa del tubo hueco que tiene una forma de sección transversal externa y un tamaño mayor que el de la forma transversal externa y un tamaño del tubo hueco adyacente al extremo bulboso;

15 (b) teniendo dicho extremo bulboso una superficie configurada para impartir fuerzas axiales y transaxiales en el movimiento hacia abajo sobre la matriz de suelo y el material agregado; e

(c) incluyendo dicho extremo bulboso una abertura de descarga de material en el terminal extremo del mismo con una placa de cubierta removible o una válvula que es capaz de abrirse y cerrarse.

20 10. El aparato de la reivindicación 9 en donde el tubo hueco además se compone de múltiples secciones teniendo cada una un área transversal distinta.

11. El aparato de la reivindicación 9 que además incluye ya sea:

25 (a) al menos dos varillas montadas externamente del tubo hueco y el elemento de cabeza, dichas varillas adheridas a la placa externa del tubo hueco y elemento de cabeza, en donde dichas varillas opcionalmente comprenden varillas de ancla de elevación como parte de un sistema de ancla de elevación y dichas varillas opcionalmente comprenden miembros indicadores; o

(b) un mecanismo de alineación para estabilizar el tubo hueco y prevenir que este se traslade lateralmente; o

(c) un dispositivo sensor de detección de presión montado dentro del elemento de cabeza de fondo bulboso para detectar presión; o

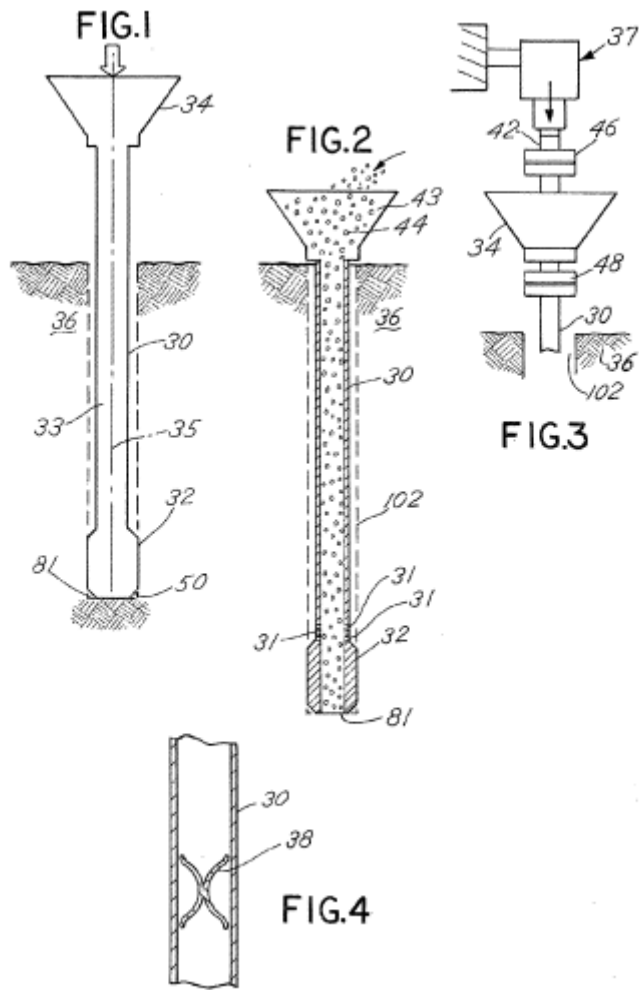
30 (d) una primera placa montada sobre el tubo hueco y una segunda placa adherida a un martillo de vibración, siendo dichas primera y segunda placas capaces de ser conectadas juntas por medio de varillas de conexión y un mecanismo de aseguramiento.

12. El aparato de la reivindicación 9 en combinación con un dispositivo de prepenetración de una matriz de suelo separada para formar una cavidad antes de insertar el tubo hueco alargado con el elemento de cabeza de fondo bulboso dentro del suelo.

35 13. El aparato de la reivindicación 9 en donde dicho tubo hueco se compone de al menos dos secciones telescópicas longitudinales y una de dichas secciones se adhiere a dicho elemento de cabeza de fondo.

40 14. El aparato de la reivindicación 13 que incluye un mecanismo de sujeción liberable para adherir las secciones juntas en una configuración no telescópica, en donde dichas secciones son opcionalmente concéntricas, y dichas secciones opcionalmente comprenden una primera sección de diámetro más largo adherida al elemento de cabeza y una segunda sección posicionada de manera deslizable dentro de la primera sección.

15. El aparato de la reivindicación 13 que incluye un pasador radial que conecta removiblemente las secciones.



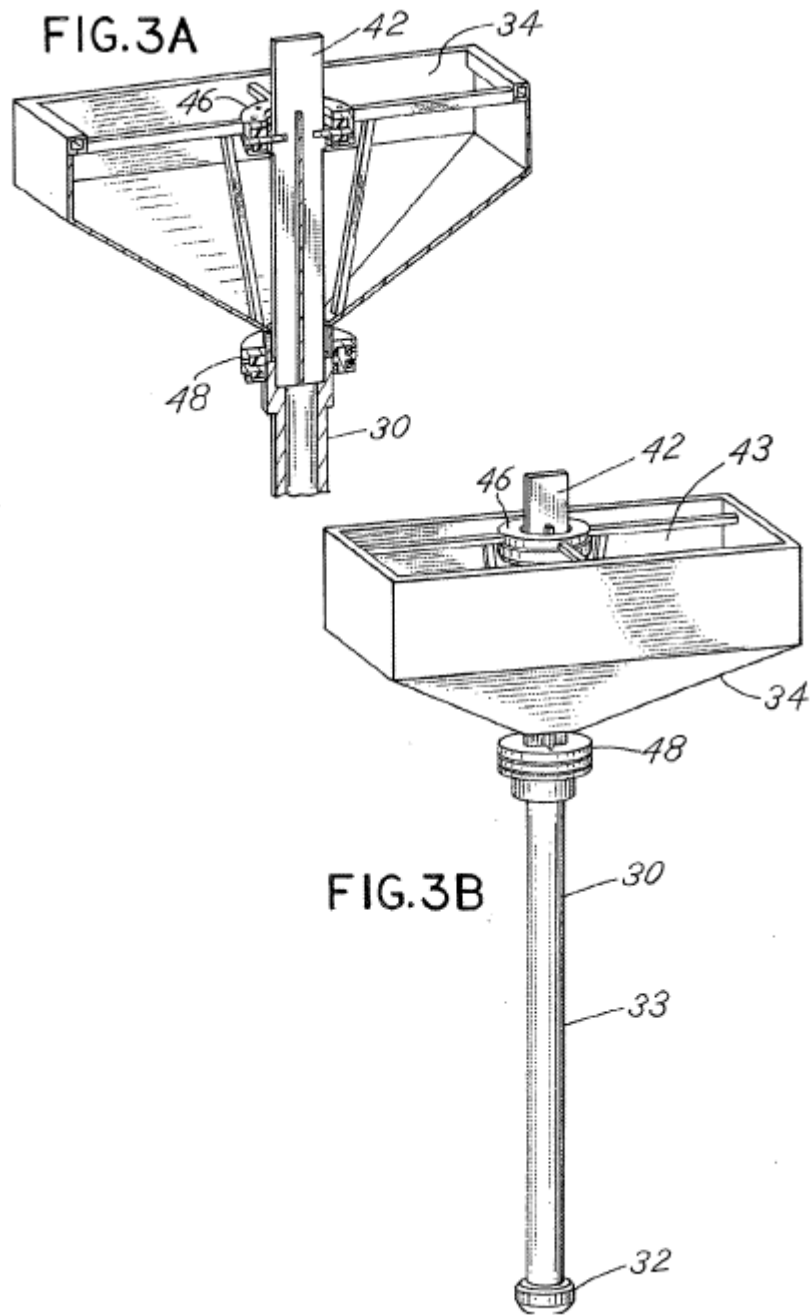


FIG.5

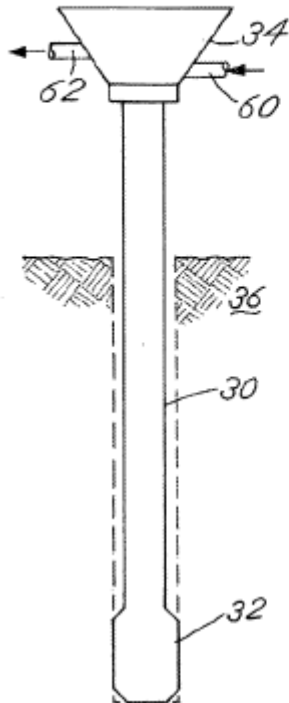


FIG.6

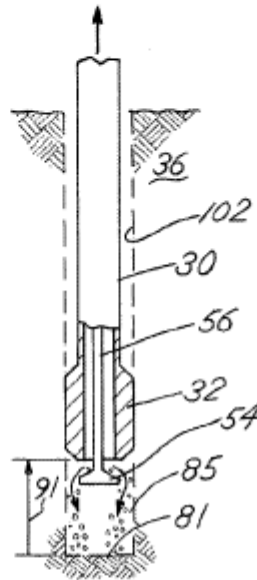


FIG.7

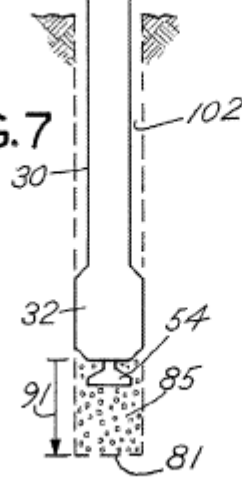


FIG.8B

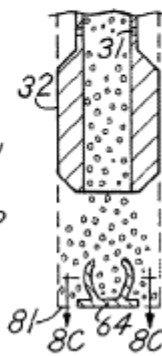


FIG.8A

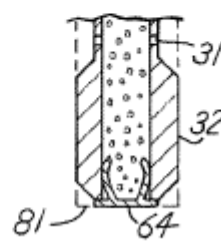
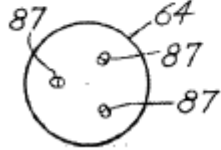


FIG.8C



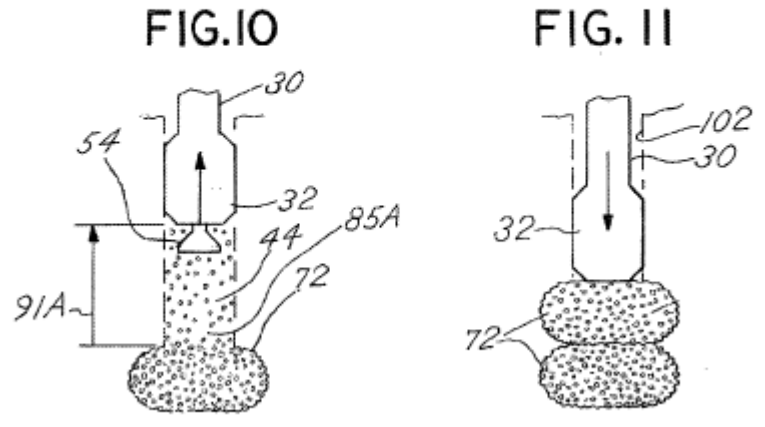
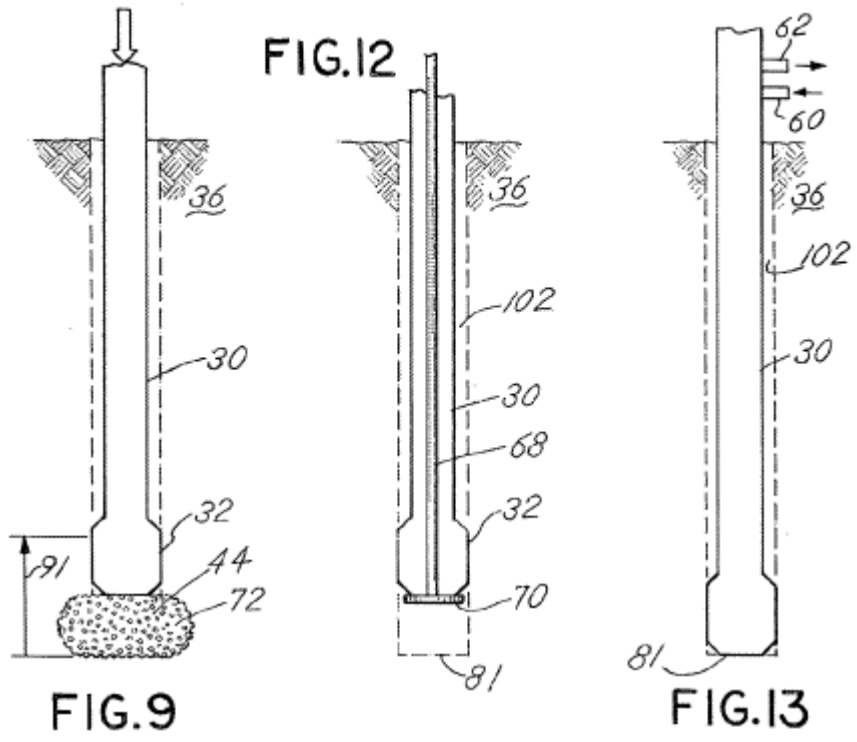


FIG.14

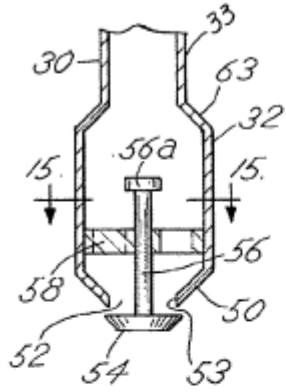


FIG.16

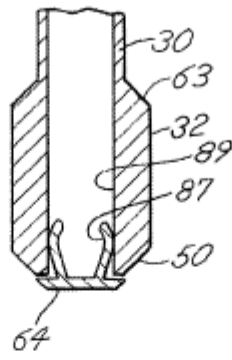


FIG.17

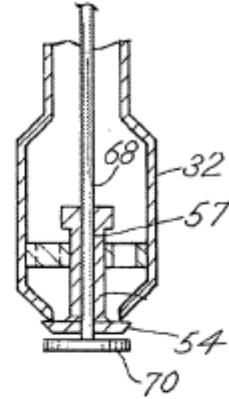


FIG.18

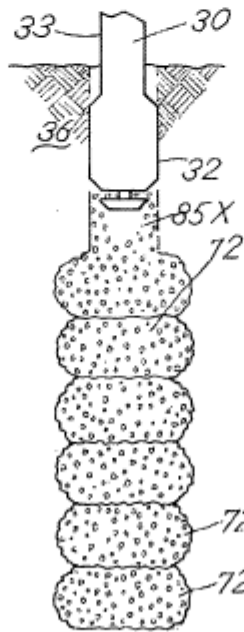


FIG.19

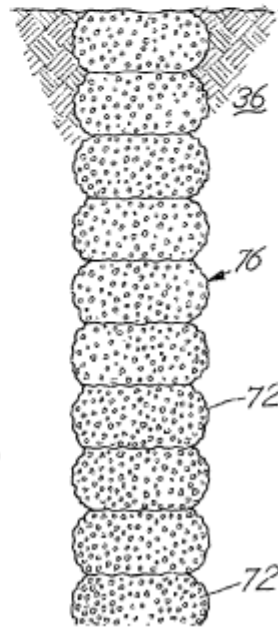


FIG.15



FIG.15A

FIG. 20

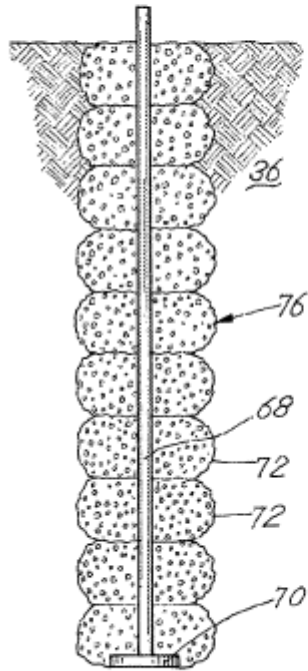
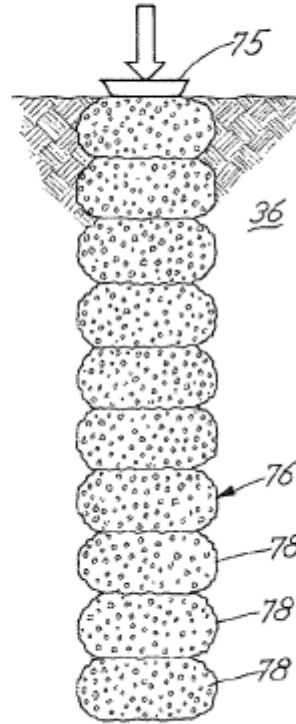


FIG. 21



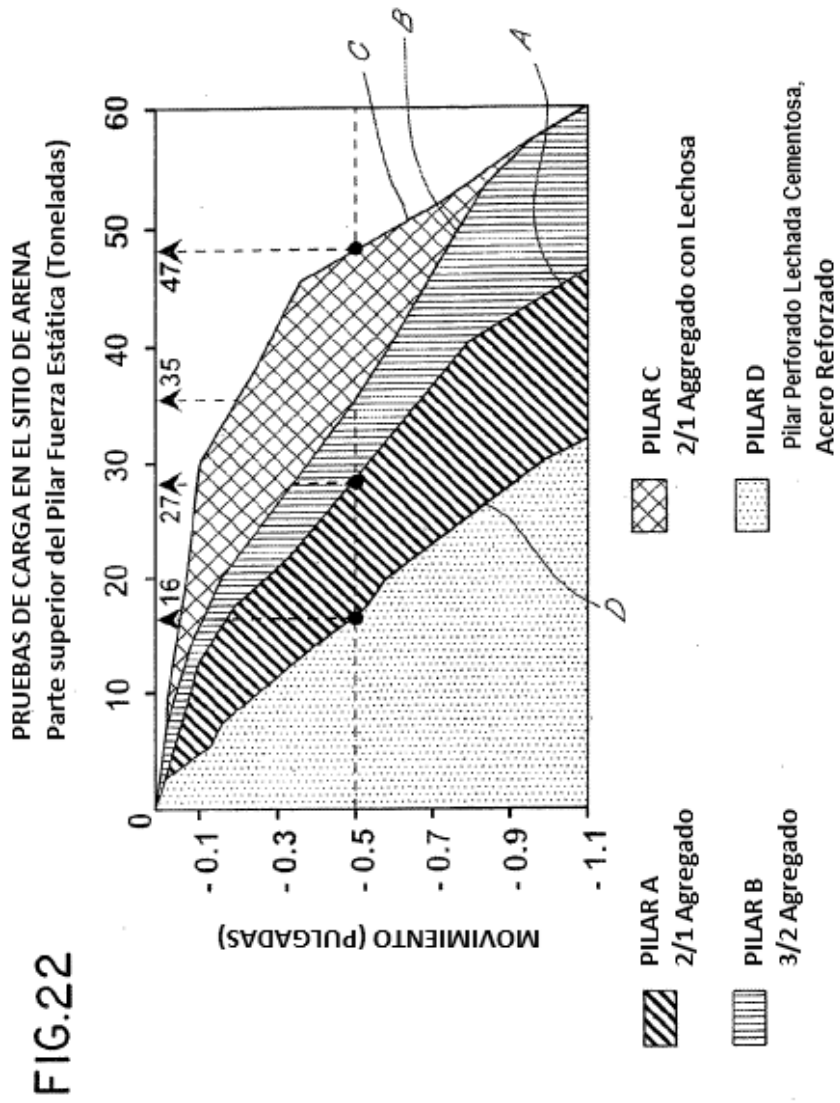


FIG. 23

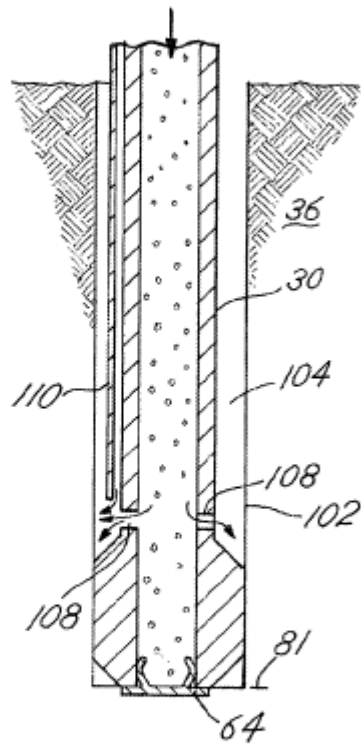
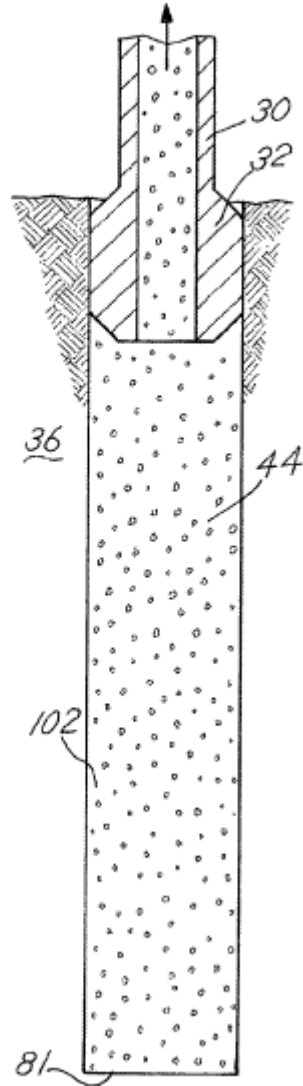


FIG. 24



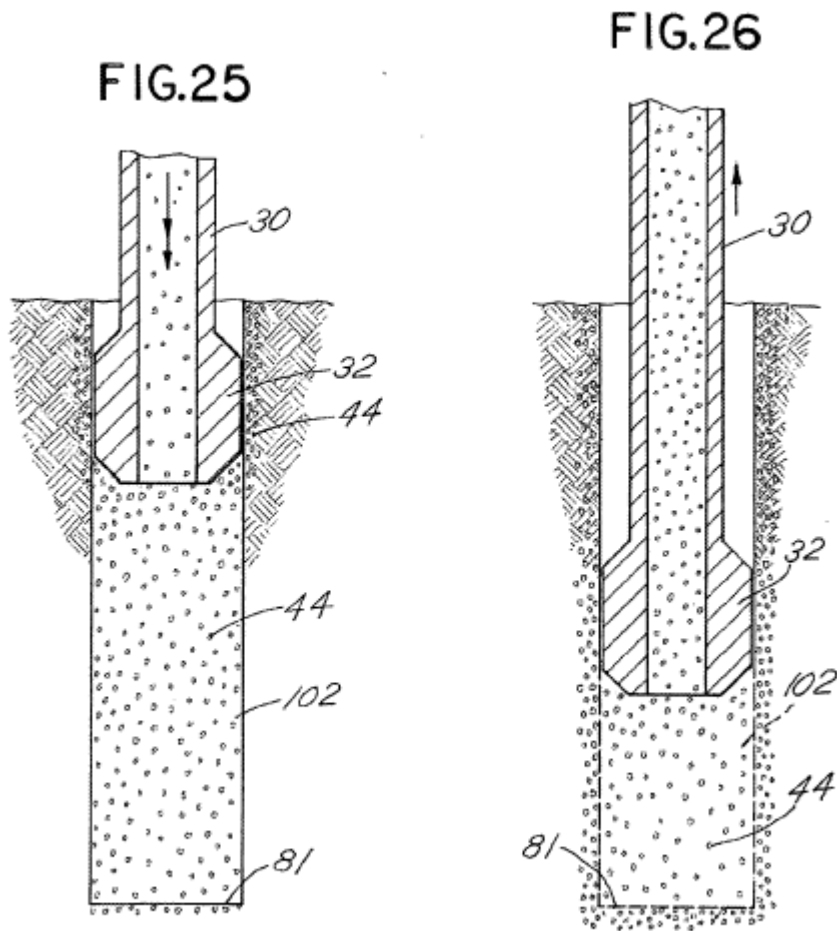


FIG.27

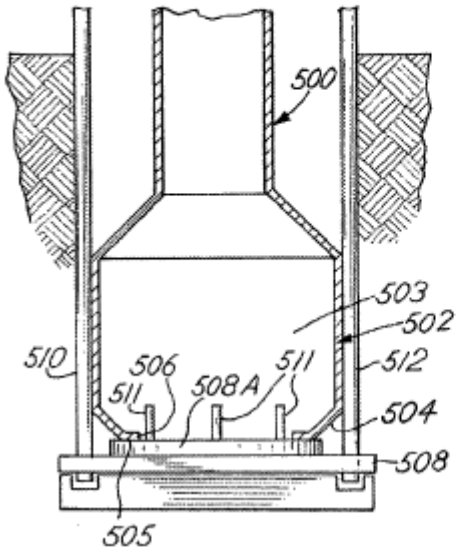


FIG.27A

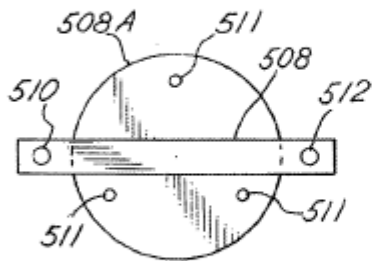
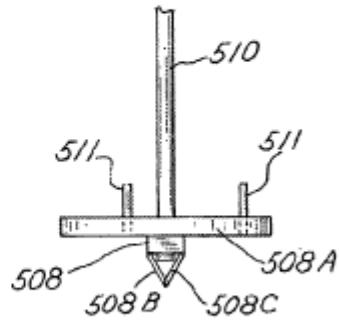
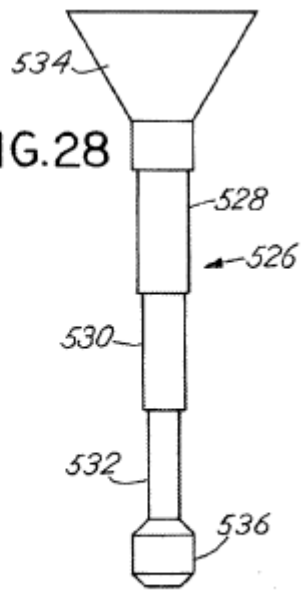
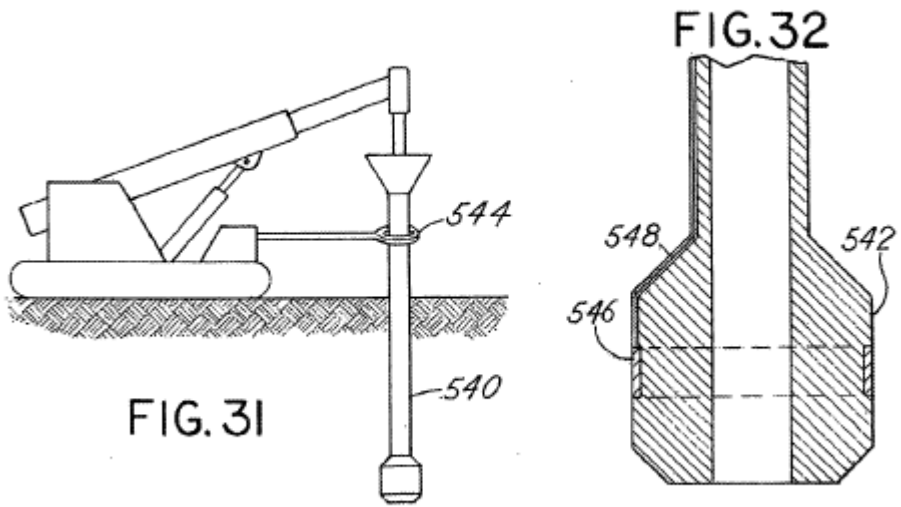
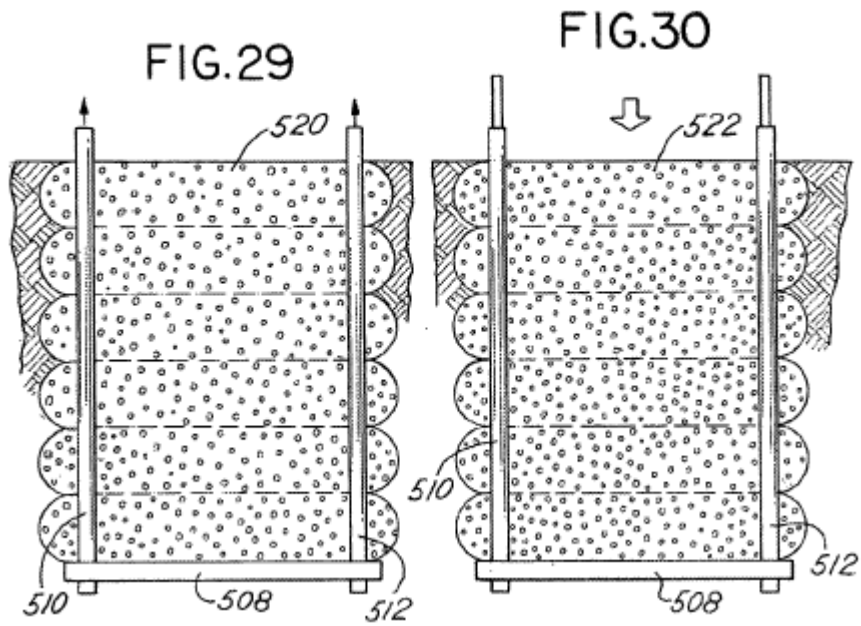


FIG.27B

FIG.28





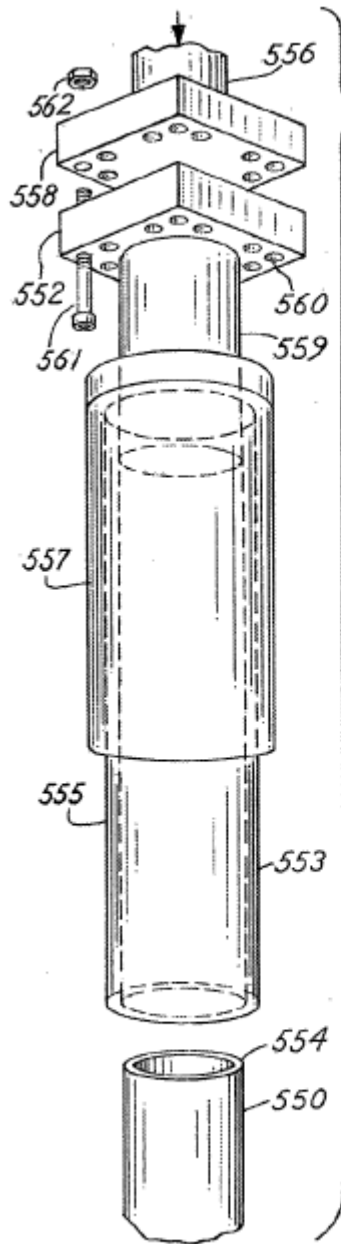


FIG.33

FIG.34

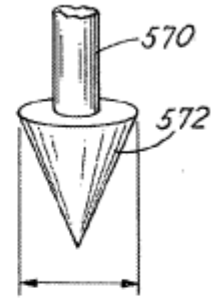


FIG.35

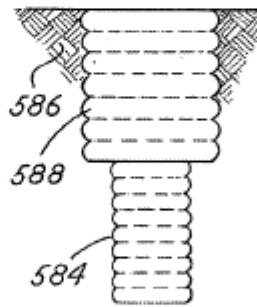


FIG.36

