

Señor

Jefe de la División de Nuevas Creaciones

Superintendencia de Industria y Comercio

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-122437- -00007-0000

Fecha: 2012-05-22 14:37:11
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 523 RESPUESTA

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 34

Re.: Expediente No. **07.122.437**

Solicitud de Patente PCT Entrada en Fase Nacional, para:

“MANDRIL CON RANURAS PARA UN PILAR DE DESPLAZAMIENTO LATERAL Y METODO DE USO”

Solicitante: **GEOPIER FOUNDATION COMPANY, INC.**

RESPUESTA A EXAMEN DE FONDO

Yo, **MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO**, mayor de edad, identificada y domiciliada como aparece al pie de mi firma, en atención a su oficio No. **2929** notificado el 24 de febrero de 2012, atentamente me permito dar respuesta al mismo de la siguiente manera:

Claridad

La observación del señor examinador en cuanto a la falta de claridad de la reivindicación 15 se tiene por superada con la eliminación de ésta reivindicación en el nuevo pliego.

Por otra parte, ahora se incluyen los números de referencia que identifican las partes del sistema como lo requirió ese Despacho.

Novedad y nivel inventivo

En la acción oficial No. 2929 se afirma que el documento D2 (US4009582) revela todas las características técnicas de la reivindicación 1. Adicionalmente se advierte que las características definidas en la reivindicación 3 son nuevas y sugiere su inclusión en la reivindicación principal.

En respuesta a las anteriores observaciones, el solicitante presenta un nuevo pliego reivindicatorio en donde se presentan todas las características que diferencian el sistema para la construcción de pilares agregados de los sistemas divulgados con anterioridad. Particularmente, en las nuevas reivindicaciones independientes 1, 11 y 13 se incluyó:

la suma del ancho de las ranuras (28) ubicadas en cualquier elevación en el mandril (10) es menos del 50% de la longitud del perímetro de la sección transversal del mandril (10) en dicha elevación y en donde una línea central espaciada horizontalmente entre las dos series de ranuras (28) opuestas comprende un material de pared lateral continuo verticalmente desde el extremo proximal hasta el extremo distal.

El sustento para esta modificación se encuentra en la página 7, líneas 25 a 28 de la descripción y en las figuras 1 y 2 de esta solicitud. Las características técnicas mencionadas se incluyeron con el objeto de enfatizar la necesidad de proporcionar estabilidad estructural al mandril (por ejemplo resistir la flexión/curvatura) para soportar las fuerzas de compactación necesarias para compactar el agregado.

El solicitante respetuosamente manifiesta que D2 únicamente se relaciona con el flujo del concreto y no con compactación de un agregado. Las ranuras que se describen en D2 son más pequeñas que las reivindicadas en ésta solicitud y además se presentan de forma alternante (ver el diseño perforado que se muestra en la figura 2 de D2), y por lo tanto no proporciona el mayor nivel de rigidez estructural, la cual no se requiere en D2 toda vez que éste solo se relaciona con el flujo y **no con la compactación**.

Contrario al objeto de D2, el mandril perforado de la presente invención está diseñado para permitir el flujo y la compactación y debe contener características de diseño que proporcionen estabilidad estructural para soportar las fuerzas de compactación necesarias para compactar el agregado en la construcción de pilares de agregado. La característica esencial de esta invención que permite lograr la estabilidad mencionada se definen ahora en las reivindicaciones independientes y permiten diferenciar claramente esta invención de las publicaciones anteriores. Una de dichas características es que la suma del ancho de las ranuras ubicadas en cualquier elevación en el mandril es menos del 50% del perímetro de la longitud de la sección transversal del mandril en dicha elevación. Adicionalmente, como se ve en las figuras 1 y 2 de la solicitud, otra forma en que se proporciona dicha rigidez estructural es que una línea central horizontalmente espaciada entre las dos series de ranuras opuestas comprende un material de pared continuo verticalmente desde el extremo proximal hasta el extremo distal (por ejemplo a

lo largo de la longitud del mandril). Gracias a estas dos características, no se da la “perforación” del mandril que conlleva a la flexión de la pared lateral del mandril cuando éste se somete a las fuerzas de compactación que son necesarias para compactar el agregado durante la construcción del pilar.

Dadas las modificaciones efectuadas al pliego reivindicatorio, las objeciones por novedad y nivel inventivo deben tenerse por superadas toda vez que el documento D2 no comprende todas las características esenciales de la invención y, por lo tanto no afecta la novedad de las reivindicaciones independientes. Adicionalmente, D2 no presenta sugerencia alguna que motive al técnico medio a proponer el diseño particular de esta invención que tiene como fin proporcionar al mandril estabilidad estructural al momento de la compactación del agregado.

Por otro lado, el solicitante respetuosamente manifiesta que el documento D1 sólo presenta un tubo para alimentación y no menciona la presencia de ranuras. Adicionalmente, el documento D2 se relaciona solamente con el flujo y no con la compactación. En consecuencia, D2 no sugiere cómo diseñar un mandril resistente a las fuerzas de compactación y la persona medianamente versada en la materia buscando un mayor nivel de estabilidad/rigidez no partiría de los documentos mencionados toda vez que se refieren a la alimentación y flujo, respectivamente.

Informo a ese Despacho que el pliego reivindicatorio que presento junto con este memorial corresponde en gran parte al presentado en la solicitud equivalente en Estados Unidos, a la cual le fue otorgada la patente No. US8,079,780 en cuyo estudio de patentabilidad se consideraron los documentos D1 y D2 citados por el señor examinador en la solicitud colombiana. Respetuosamente solicito se tenga este hecho como indicio de patentabilidad de la invención.

El pliego reivindicatorio presenta de manera clara la invención y define características técnicas no anticipadas ni sugeridas por el arte previo, siendo entonces nueva e inventiva. Respetuosamente solicito se otorgue el privilegio solicitado a esta invención.

Teniendo en cuenta que con el presente memorial se modifican la descripción y las reivindicaciones, de acuerdo con el inciso 1.2.2.5 de la resolución **21447** de 2012, en el evento que ese Despacho considere que las modificaciones presentadas carecen de claridad, o en caso que surjan nuevas objeciones a raíz de las características técnicas que ahora se

especifican en las reivindicaciones, respetuosamente solicito se notifique nuevamente al solicitante, y se le permita dar respuesta sobre las nuevas objeciones.

Anexos:

Nueva descripción corregida en su traducción

Nuevas reivindicaciones

Copia de la Patente US 8,079,780

Del Señor Director,


Margarita Castellanos Abondano
C.C. No. 39.779.654 de Usaquén
T.P.A. No. 70819 del C.S.J.
Calle 94 A No. 7 A-09 - Bogotá
P.O.BOX: 7560770

Bogotá,

MANDRIL CON RANURAS PARA UN PILAR DE DESPLAZAMIENTO LATERAL Y METODO DE USO

SOLICITUD RELACIONADA

5 Esta solicitud da derecho y reclama por la presente la prioridad de la solicitud provisional correspondiente de EE. UU. No. de serie 60/682,286, presentada el 20 de mayo de 2005.

CAMPO DE LA INVENCION

10 La presente invención se refiere a una instalación de pilares de agregados en suelos de cimentación para el soporte de edificios, paredes, instalaciones industriales, y estructuras relacionadas con la transportación. En particular la invención es un método y aparato para la instalación eficiente de pilares de agregados mediante el uso de un mandril con ranuras que elimina la necesidad de una tolva elevada y sistema de suministro de agregados complicado.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

 Las instalaciones pesadas o sensibles al asentamiento que se localizan en áreas que contienen suelos suaves o débiles se soportan a menudo en cimentaciones profundas, que consisten de pilotes impulsados o pilares de concreto perforados. Las cimentaciones profundas se diseñan para transferir las cargas de la estructura a través de los suelos suaves a los estratos de suelo más competentes.

20

 En los años recientes, los pilares de agregados se han usado crecientemente para apoyar las estructuras localizadas en las áreas que contienen los suelos suaves. Los pilares se diseñan para reforzar y fortalecer la capa suave y minimizar los asentamientos resultantes. Los pilares se construyen usando una variedad de métodos que incluyen el

25 método de compactación y perforación descrito en las patentes de E. U. A. Nos. 5,249,892 y 6,354,766 ("pilares cortos de agregados"), el método de mandril impulsado en la patente de

E. U. A. No. 6,425,713 ("Pilar de Desplazamiento Lateral) , y el método de mandril impulsado con una cabeza de compactación conocido como el "Pilar de Impacto" como se describe en la solicitud de patente de E.U.A. publicada, Pub. No. US2004/0115011, de fecha junio 17, 2004.

5 El método del Pilar de Agregado Corto (Patente de E.U.A. Nos. 5,249,892 y 6,354,766), el cual incluye perforar o excavar una cavidad, es una solución de cimentación efectiva cuando se instala en suelos cohesivos en donde la estabilidad de la pared lateral del orificio se mantiene fácilmente.

10 Los métodos del Pilar con Desplazamiento Lateral (Patente de E. U. A. No. 6,425,713) y el Pilar de Impacto (solicitud de Patente de E. U. A., Pub. No. US2004/0115011) se desarrollaron para instalaciones de pilares de agregados en suelos granulares en donde la estabilidad de la pared lateral de las cavidades no se mantienen fácilmente. El Pilar con Desplazamiento Lateral se construye al empujar un tubo dentro del suelo, sacando por perforación la tierra dentro del tubo, llenando el tubo con agregado, y usando el tubo para compactar el agregado "en elevaciones delgadas". Se usa un borde biselado en la parte inferior del tubo para compactación. El pilar de Impacto cubre una extensión del Pilar con Desplazamiento Lateral. En este caso, una cabeza de compactación de un diámetro más pequeño (8 a 16 pulgadas) se impulsa en el suelo. La cabeza de compactación se coloca a un tubo, el cual se llena con piedra triturada una vez que se impulsa la cabeza de compactación a la profundidad de diseño. La cabeza de compactación se eleva permitiendo que la piedra caiga en la cavidad y luego la cabeza de compactación se regresa de nuevo al densificar cada elevación de agregado. Una ventaja del pilar de Impacto es la velocidad de construcción del pilar.

25 Para suministrar suficiente agregado para la terminación del pilar, los métodos tanto para el Pilar con Desplazamiento Lateral como con el Pilar de Impacto requieren ya sea que una tolva, localizada en la parte superior del tubo o mandril, se llene y se eleve con el tubo o mandril como parte de las actividades de instalación del pilar, o que se implemente un sistema de suministro de agregados para elevar el agregado hasta la parte superior del tubo o mandril durante las actividades de instalación. Tanto el uso de una tolva elevada como el

uso de un sistema de suministro de agregados añade complejidad y costos al proceso de construcción de pilares.

BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

5

El Pilar con Desplazamiento Lateral con Mandril Con ranuras de acuerdo con la presente invención se una mejora sobre los métodos de mandril impulsado descrito en la Patente de E. U. A. No. 6,425,713 ("Pilar con Desplazamiento Lateral), y el método de mandril impulsado con cabeza de compactación descrito en la solicitud de patente publicada antes mencionada US2004/0115011 ("Pilar de Impacto").

10

La presente invención se basa en el uso de un mandril con ranuras, durante la construcción de pilares de agregados con desplazamiento, para permitir la introducción de agregado en el mandril al nivel de inclinación del sitio de construcción. El mandril con ranuras se construye con una serie de ranuras longitudinales que se extienden a través de una longitud mayor del mandril y, preferiblemente, en los lados opuestos para suministrar dos series o cursos de ranuras a lo largo de la longitud del mandril.

15

El mandril se acopla con una placa de sacrificio (una zapata de impulso desechable) insertada en la cabeza del mandril, lo cual evita que entre la tierra al mandril durante el impulso y se deja en la parte inferior del orificio durante la colocación y compactación del agregado. Previo a las operaciones de empuje del mandril, se coloca el mandril a través de un orificio en la parte inferior de una tolva estacionaria y la punta o cabeza del mandril reposa en la superficie del suelo. La tolva estacionaria luego se llena con agregado. El mandril luego se impulsa a través de la tolva estacionaria y su orificio en la parte inferior a la profundidad de diseño del mandril. Cuando el mandril pasa a través de la tolva, el agregado en la tolva entra dentro del mandril a través de las ranuras diseñadas especialmente. El agregado entrante llena el mandril cuando se impulsa hacia abajo y evita que las tierras de matriz entren en las ranuras.

20

25

Se puede añadir agua al agregado para incrementar el flujo de agregado a través del mandril y ayudar a evitar que entren las tierras de matriz en las ranuras. Durante la descarga posterior de agregado fuera de la parte inferior del mandril durante las operaciones de compactación, el mandril con ranuras se llena continuamente con agregado y agua, como sea necesario, cuando el agregado en la tolva pasa a través de las ranuras. La presente invención hace obvia la necesidad de una tolva costosa que se eleve con el mandril durante la instalación del pilar o la necesidad de un sistema costoso de suministro de agregados a la parte superior del mandril si se considerara indeseable una tolva elevada. Adicionalmente, el uso del mandril con ranuras con la tolva en pendiente, permite que los ingenieros del sitio observen el flujo de agregado dentro del mandril desde la tolva, incrementando así la confianza de que el agregado se descargue adecuadamente en las profundidades correctas durante las operaciones de compactación. De esta manera, es un objeto de la presente invención proporcionar un método y aparato para la instalación eficiente de pilares de agregados mediante el uso de un mandril hueco con ranuras que elimine la necesidad de una tolva elevada y/o un sistema de suministro complicado de agregado.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un método y aparato de acuerdo con el objetivo anterior en el cual el agregado se puede llenar dentro del mandril con ranuras a través de ranuras alargadas verticalmente configuradas en una pared lateral del mandril.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y aparato de acuerdo con los objetivos anteriores el cual incluye una tolva al nivel de inclinación del sitio de construcción a través de la cual el mandril pasa para recibir el agregado cuando el mandril se empuja en el suelo.

Todavía un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un método y aparato de acuerdo con los objetivos anteriores en el cual el mandril con ranuras se ajuste con una placa de sacrificio insertada en la cabeza del mandril. La placa de sacrificio evita que entre la tierra al mandril a través de su parte inferior abierta durante el impulso y se deja en la parte inferior del orificio durante la colocación del agregado y compactación.

Todavía otro objeto de la presente invención es proporcionar un método y aparato de acuerdo con los objetivos anteriores el cual incluye la adición de agua al agregado para incrementar el flujo de agregado a través del mandril y ayudar a evitar que las tierras de matriz entren en las ranuras del mandril.

5 Todavía un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un método y aparato de acuerdo con los objetivos anteriores el cual deposita el agregado dentro del orificio a través de la parte inferior abierta del mandril en elevaciones discretas, y compacta cada elevación de agregado por separado tanto para compactar el agregado en el orificio como para desplazar el agregado lateralmente en las paredes laterales del orificio.

10 Un objetivo final de la presente invención a identificarse específicamente en la presente, es proporcionar un método y aparato para la instalación de pilares de agregados mediante el uso de un mandril con ranuras de acuerdo con los objetivos previos, mandril el cual se puede construir fácilmente de materiales disponibles y proporciona un método y aparato de construcción de pilares que es eficiente y efectivo en costo.

15 Estos junto con otros objetivos y ventajas los cuales serán posteriormente evidentes, residen en los detalles de construcción y operación de la invención como se describe y reivindica de aquí en adelante más completamente, haciendo referencia a los dibujos anexos que forman parte del mismo, en donde los números similares se refieren a partes similares a lo largo. Los dibujos se pretende que ilustren la invención, pero no están necesariamente a
20 escala.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

La Figura 1 es una vista frontal de un mandril con ranuras de acuerdo con la presente invención.

25 La Figura 2 es una vista lateral del mandril con ranuras de la Figura 1 que muestra las ranuras longitudinales de acuerdo con la presente invención.

La Figura 3 es una vista superior del mandril con ranuras de las Figuras 1 y 2.

La Figura 4 es una vista lateral del mandril con ranuras de las Figuras 1 y 2 cuando se extiende a través de una tolva estacionaria colocada con inclinación y previo al empuje del mandril.

La Figura 4A es una vista inferior de la tolva estacionaria que muestra la abertura a través de la cual pasa el mandril durante el impulso del mandril dentro del suelo.

La Figura 5 es una vista lateral del mandril con ranuras de las Figuras 1 y 2 cuando se impulsa y previo a la extracción del mandril.

La Figura 6 es una vista lateral del mandril con ranuras de las Figuras 1 y 2 cuando el mandril se extraer y previo a que se compacte el agregado.

La Figura 7 es una vista lateral del mandril con ranuras de las Figuras 1 y 2 cuando el agregado se compacta.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA MODALIDAD PREFERIDA

Antes de que se explique cualquier modalidad de la invención en detalle, se entiende que la invención no se limita en su aplicación a los detalles de construcción y configuraciones de los componentes establecidos en la siguiente descripción o ilustraciones en los dibujos. La invención puede tener modalidades alternativas y practicarse o llevarse a cabo de diversas maneras. Específicamente, las dimensiones como se describen y en donde aparecen en los dibujos son modalidades ejemplares solamente y se pueden modificar por alguien experto en la técnica como lo garantizan las condiciones.

Un método y aparato se proporcionan para la instalación eficiente de pilares de agregados en suelos de cimentación. El método consiste de impulsar un mandril hueco con ranuras, designado generalmente por el número de referencia 10, dentro de los suelos de cimentación con una máquina de base 12 que puede impulsar el mandril. La máquina de base se equipa típicamente con un martillo de apilamiento vibratorio 14 y la capacidad de aplicar una fuerza descendente o de multitud al mandril 10 para lograr la penetración.

Previo al impulso, el mandril 10 se acopla con una zapata de impulso desechable 16 la cual se ajusta dentro del anillo interior 18 de la cabeza del mandril 20 en la parte inferior del mandril. La zapata de impulso desechable 16 es ligeramente más grande que el anillo 18 de la cabeza del mandril 20 y permanece así en posición en la parte inferior del mandril durante el impulso a la profundidad de impulso requerida. Cuando el mandril 10 se eleva, la zapata de impulso 16 permanece en la profundidad de impulso y es de sacrificio para la operación. La zapata de impulso se puede fabricar a partir de acero, aleaciones de acero, Madera, placas de metal, u otros materiales de construcción adecuados. Alternativamente, la parte inferior del mandril puede contener una válvula que se puede cerrar y abrir cuando el mandril se impulsa y se eleva.

El mandril se coloca a través de una tolva 22 que permanece estacionaria en la superficie del suelo 24 durante el empuje del mandril. La tolva 22 se usa para alimentar agregado 26 al mandril 10 durante el impulso. En la presente modalidad, la tolva se ajusta con un orificio de 14 pulgadas (35.6 cm) de diámetro 25 en su parte inferior 27 (ver Figura 4A). Se pueden usar otros diámetros de orificio como sea adecuado con diámetros de mandril diferentes. El orificio 25 puede ser circular o formarse para ajustar la forma en sección transversal del mandril. El mandril 10 pasa a través del orificio 25 durante el impulso a la profundidad deseada.

Después de que el mandril 10 se coloca a través del orificio 25 en la parte inferior 27 de la tolva 22, la tolva se llena con agregado 26. En la modalidad actualmente descrita, el agregado consiste de piedra "limpia" con un tamaño máximo de partícula de 1.5 pulgadas (3.8 cm) y menos de 5% pasando el tamaño de malla No. 200 (0.074 pulgadas – 1.88 mm). También se pueden usar agregados alternos tales como piedra limpia con tamaños máximos de partículas en el intervalo de ¼ de pulgada (6.35 mm) y 3 pulgadas (76.2 mm), agregados con más del 5% que pasan la malla de tamaño No. 200, concreto reciclado, escoria, asfalto reciclado, y otros materiales de construcción. El tamaño máximo del agregado no debe ser mayor al 50% del ancho de las ranuras 28 (descrito posteriormente) en el mandril 10.

Para facilitar el flujo de roca desde la tolva estacionaria 22 dentro del mandril 10, se cortan longitudinalmente ranuras alargadas dentro de los lados o el cuerpo 30 del mandril.

En la presente modalidad, dos series o cursos de ranuras 28 se cortan, cada uno en un lado opuesto 30 del cuerpo del mandril 10. Las ranuras 28 son preferiblemente alrededor de 6 pulgadas (15.24 cm) de ancho y alrededor de 24 pulgadas (61 cm) de largo, y se separan verticalmente por una distancia de alrededor de 12 pulgadas (30.5 cm). El número de cursos y el ancho y largo de las ranuras se puede variar para alcanzar un flujo óptimo de roca dentro del mandril dependiendo del tamaño en sección transversal del mandril y el tamaño del agregado que se usa. Sin embargo, para mantener la estabilidad estructural del mandril, la suma del ancho de las ranuras ubicadas en cualquier elevación en el mandril no debe exceder el 50% de la longitud del perímetro de la sección transversal del mandril (10) en dicha elevación. El mandril 10 se construye al usar, preferiblemente, acero rolado con un grosor de ½ pulgada (1.27 cm) o 3/8 de pulgada (0.95 cm) que se dobla para formar un hexágono. Esto se muestra en la vista superior del mandril en la Figura 3. Los lados del mandril abierto se sueldan en conjunto para formar un tubo continuo. Otras dimensiones del mandril y formas se pueden usar también tales como mandriles hechos de acero para formar un cuadrado, octágono u otra forma articulada, o un mandril con sección transversal circular. El espesor de la pared del mandril puede variar desde ¼ de pulgada (6.35 mm) a una pulgada (25.4 mm), dependiendo del diámetro del mandril, longitud, materiales de construcción del mandril, y condiciones de impulso. El mandril es típicamente de 10 a 40 pies (3.04 a 12.16 metros) de largo. Sin embargo, se pueden usar longitudes alternas, tan cortas como 5 pies (1.52 metros) y tan largas como 70 pies (21.3 metros).

La cabeza del mandril 20 está preferiblemente en la forma de una zapata compactadora de acero 32 soldada o con pernos en la parte inferior del mandril 10. En la modalidad actualmente descrita, la zapata compactadora 32 es cilíndrica y tiene un diámetro máximo de 14 pulgadas (35.6 cm). Como se muestra en las Figuras 1 y 2, la zapata compactadora 32 es de aproximadamente 8 pulgadas de grueso y los costados 34 de la zapata compactadora se biselan a alrededor de un ángulo de 45 grados. Esta forma empuja al agregado lateralmente afuera durante las operaciones de compactación. La zapata compactadora 32 también está hueca. En la modalidad actualmente descrita, el diámetro del espacio anular 18 dentro de la zapata compactadora hueca es de alrededor de 10 pulgadas

(25.4 cm). Debido a que el interior del mandril hexagonal 10 es ligeramente más grande que el espacio anular 18 de la zapata compactadora, se sueldan bridas de acero 36 al interior del mandril 10 para facilitar un flujo uniforme de agregado a través del mandril y fuera a través de la zapata compactadora. Otros diámetros, grosores y dimensiones del espacio anular de la zapata del mandril también se pueden usar. La zapata del mandril 32 puede estar en un intervalo en diámetro desde 6 pulgadas (15.24 cm) a 24 pulgadas (60.96 cm) dependiendo de las condiciones de impulso. La zapata del mandril también puede variar en grosor desde una pulgada (2.54 cm) a 10 pulgadas (25.4 cm). El espacio anular 18 puede variar en diámetro desde 4 pulgadas (10.16 cm) a 23.5 pulgadas (59.7 cm) dependiendo del diámetro de la zapata del mandril. La dimensión máxima en sección transversal del mandril debe ser del mismo tamaño o menor que el tamaño máximo de la zapata del mandril.

El mandril 10 se coloca a través de la tolva 22 previo al llenado de la tolva con agregado. La tolva 22 se llena con agregado 26 previo a impulsar el mandril 10. El mandril luego se impulse a través de la tolva 22 a la profundidad de diseño al usar el martillo de apilamiento vibratorio 14 conectado al impulsor y placa de soporte 23 soldado o unido de otra manera a la parte superior del mandril 10. Durante el impulso, el agregado 26 fluye desde la tolva 22 y a través de las ranuras 28 en el costado del mandril para llenar el mandril. Debido a que el agregado llena el interior del mandril, los suelos circundantes no pueden exprimirse a través de las ranuras dentro del mandril durante el impulso.

Para facilitar el flujo de agregado y ayudar en la prevención de la migración de la tierra de matriz dentro de las ranuras 28, se puede añadir agua al agregado durante el impulso y la construcción del pilar. Se puede añadir agua a través de chorros de agua en el mandril o al llenar la tolva 22 con agua después de llenar la tolva con agregado 26.

Una vez que el mandril alcanza la profundidad de diseño y el mandril se eleva ligeramente, la zapata de sacrificio 16 se desacopla y permanece en la profundidad de diseño. Cuando se eleva el mandril, el agregado 26 fluye fuera del espacio anular 18 en la zapata compactadora 32. El mandril 10 se eleva, típicamente alrededor de 3 pies (1 metro), y luego se reimpulsa de nuevo para compactar el agregado 26 que ha fluido fuera de la cabeza del mandril 20 (o zapata compactadora 32). Otras dimensiones de elevación o

reimpulso se pueden usar. Por ejemplo, para lograr un pilar de agregado más ancho, el mandril se puede elevar 4 o 5 pies (1.22 o 1.52 metros) y luego se reimpulsa 3 o 4 pies (1 o 1.22 metros) suministrando un ancho de agregado más grande compactado a una profundidad dada. Para aplicaciones en donde se desean anchos más pequeños, el mandril se puede elevar 2 pies (61 cm) y reimpulsarse 1 pie (30.5 cm).

Los costados biselados 34 de la cabeza del mandril 20 facilitan empujar el agregado lateralmente dentro de las paredes laterales del orificio e incrementar la presión en los suelos circundantes. En la modalidad actualmente descrita, los biseles se abocinan a una inclinación de alrededor de 45 grados desde la horizontal. Sin embargo, se pueden usar otros ángulos de biselado, tales como 30 grados o 60 grados desde la horizontal. Entre más vertical el ángulo del bisel de la horizontal, mayor la penetración del agregado dentro de la masa de tierra circundante.

El pilar se construye incrementalmente desde la parte inferior hacia arriba. Debido a que las ranuras 28 se extienden casi en la longitud completa del mandril, el mandril puede llenarse constantemente desde la tolva con el flujo de agregado a través de las ranuras.

Lo anterior se considera solamente como ilustrativo de los principios de la invención. Además, ya que se pueden hacer fácilmente diversas modificaciones y cambios por aquellos expertos en la técnica, no se desea limitar la invención a la construcción y operación exacta descrita y mostrada. Más bien, todas las modificaciones adecuadas y equivalentes se pueden restablecer a aquellos que caen dentro del alcance de la invención.

RESUMEN DE LA INVENCION

Se usa un mandril con ranuras en la construcción de pilares con desplazamiento.

- 5 Ranuras longitudinales se forman en los costados del mandril hueco lo cual permite la introducción de agregado eficientemente dentro del mandril desde una tolva a través de la cual el mandril pasa mientras se impulsa en el suelo. También se puede emplear agua con el agregado. Una vez en el suelo, se eleva el mandril para liberar el agregado (y agua si está presente) dentro del orificio formado en elevaciones y una cabeza de mandril luego
- 10 compacta el agregado en el orificio. Este aparato y método hace obvia la necesidad de tolvas complicadas y costosas que se elevan con el mandril o el uso de sistemas costosos de suministro de agregados.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS EN RESPUESTA A OFICIO No. 2929

1. Un sistema para la construcción de pilares de agregados, caracterizado porque comprende un mandril (10) hueco que tiene un diámetro interno abierto y ranuras (28) alargadas espaciadas verticalmente en una pared lateral del mandril (10), dichas ranuras (28) alargadas comprenden dos series de dichas ranuras (28) alargadas en donde cada ranura tiene un ancho mínimo de al menos dos veces el diámetro máximo del agregado a ser usado en el sistema, cada serie espaciada vertical y continuamente sobre paredes laterales opuestas a lo largo de la longitud del mandril (10) desde un extremo proximal a un extremo distal, en donde la suma del ancho de las ranuras (28) ubicadas en cualquier elevación en el mandril (10) es menos del 50% de la longitud del perímetro de la sección transversal del mandril (10) en dicha elevación y en donde una línea central espaciada horizontalmente entre las dos series de ranuras (28) opuestas comprende un material de pared lateral verticalmente continuo desde el extremo proximal hasta el extremo distal, en donde dichas ranuras (28) permiten el flujo continuo del agregado, y en donde dicho mandril (10) tiene un ancho igual al de la cavidad a formar, en donde el agregado llena el interior del mandril (10) y previene la entrada de suelo al mandril (10) debido a la presencia de agregado en el mandril (10);

Una cabeza de mandril (10) conectada al extremo distal del mandril (10) y configurada para compactar el agregado después de la descarga de agregado desde el extremo distal de dicho mandril (10), en donde dicha cabeza de mandril (10) tiene forma de zapata y está unida a dicho mandril (10) y tiene una superficie biselada en los extremos inferiores (34) de la misma;

una máquina de base (12) conectada operativamente al extremo proximal para impulsar el mandril (10) generalmente de forma vertical dentro del suelo; y

una tolva (22) en la superficie del suelo (24) a través de la cual pasa el mandril (10), la tolva (22) se llena con agregado para fluir dentro del mandril (10) a través de dichas series de ranuras (28) alargadas.

2. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el mandril (10) tiene una forma cilíndrica.

3. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el mandril (10) tiene una forma articulada, que comprende una sección transversal hexagonal o una octagonal.

4. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el mandril (10) incluye una cabeza de mandril (10) y un eje del mandril (10) y la cabeza del mandril (20) es más grande en diámetro que el eje del mandril (10).

5. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el mandril (10) incluye una cabeza de mandril (10) y un eje del mandril (10) y la cabeza del mandril (20) tiene un diámetro exterior igual al eje del mandril (10).

6. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el mandril (10) tiene una cabeza de mandril (10) cilíndrica.

7. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el agregado se selecciona del grupo que consiste de piedra, materiales finos, concreto reciclado, asfalto reciclado, rebaba u otros materiales de construcción.

8. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además una placa de sacrificio colocada en la parte inferior del mandril (10).

9. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque agua se agrega al agregado.

10. El sistema de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además una válvula colocada en la parte inferior del mandril (10) para retener alternativamente el agregado en el mandril (10) y liberar el agregado de una parte inferior del mandril (10).

11. Un aparato para construir pilares de agregados, caracterizado porque comprende un mandril (10) hueco que tiene ranuras (28) verticales espaciadas longitudinalmente en él y una zapata (16) de impulso de sacrificio colocada en la parte inferior del mismo, dichas ranuras (28) alargadas comprenden dos series de dichas ranuras (28) alargadas en donde cada ranura tiene un ancho mínimo de al menos dos veces el diámetro

máximo del agregado a ser usado en el sistema, cada serie espaciada vertical y continuamente sobre paredes laterales opuestas a lo largo de la longitud del mandril (10) desde un extremo proximal a un extremo distal, en donde la suma del ancho de las ranuras (28) ubicadas en cualquier elevación en el mandril (10) es menos del 50% de la longitud del perímetro de la sección transversal del mandril (10) en dicha elevación y en donde una línea central espaciada horizontalmente entre las dos series de ranuras (28) opuestas comprende un material de pared lateral verticalmente continuo desde el extremo proximal hasta el extremo distal, en donde dichas ranuras (28) permiten el flujo continuo del agregado, y en donde dicho mandril (10) tiene un ancho igual al de la cavidad a formar, en donde el agregado llena el interior del mandril (10) y previene la entrada de suelo al mandril (10) debido a la presencia de agregado en el mandril (10);

Una cabeza de mandril (10) conectada al extremo distal del mandril (10) y configurada para compactar el agregado, en donde dicha cabeza de mandril (10) tiene forma de zapata y está unida a dicho mandril (10) y tiene una superficie biselada en los extremos inferiores (34) de la misma;

una máquina de base (12) conectada operativamente al extremo proximal para impulsar el mandril (10) generalmente de forma vertical dentro del suelo; y

una tolva (22) en la superficie del suelo (24) a través de la cual pasa el mandril (10), la tolva (22) se llena con agregado para fluir dentro del mandril (10) a través de dichas series de ranuras (28) alargadas.

12. El aparato de la reivindicación 11, en donde dichas ranuras (28) tienen un ancho el cual no es mayor al cincuenta por ciento (50%) de la longitud periférica en cualquier elevación en sección transversal del cuerpo del mandril (10).

13. Un método para construir un pilar agregado en tierras de suelo en donde la estabilidad de la pared lateral de una cavidad vertical es difícil de mantener, caracterizado porque comprende:

colocar un mandril (10) con ranuras (28) verticalmente en un orificio de una tolva (22) colocada al nivel del suelo; dicho mandril (10) tiene un diámetro interno abierto y ranuras (28) alargadas espaciadas verticalmente en una pared lateral del mandril (10), dichas ranuras (28) alargadas comprenden dos series de dichas ranuras (28) alargadas, cada serie sobre

paredes laterales opuestas a lo largo de la longitud de dicho mandril (10) hueco desde un extremo proximal a un extremo distal, en donde la suma del ancho de las ranuras (28) ubicadas en cualquier elevación en el mandril (10) es menos del 50% de la longitud del perímetro de la sección transversal del mandril (10) en dicha elevación y en donde una línea central espaciada horizontalmente entre las dos series de ranuras (28) opuestas comprende un material de pared lateral verticalmente continuo desde el extremo proximal hasta el extremo distal, en donde cada ranura tiene un ancho mínimo de al menos dos veces el diámetro máximo del agregado a ser usado en el sistema, en donde dichas ranuras (28) permiten el flujo continuo del agregado, y en donde dicho mandril (10) tiene un ancho igual al de la cavidad, en donde el agregado llena el interior del mandril (10) y previene la entrada de suelo al mandril (10) debido a la presencia de agregado en el mandril (10);

llenar la tolva (22) con agregado;

impulsar el mandril (10) con ranuras (28) a través de la tolva (22) y el orificio mientras el agregado fluye dentro del mandril (10) a través de ranuras (28) del mandril (10);

impulsar el mandril (10) para formar un orificio hasta una profundidad vertical deseada mientras se llena el mandril (10) con agregado a través de las ranuras (28) durante la formación del orificio para asegurar el llenado del mandril (10) con agregado en las porciones del mismo e impedir la entrada del suelo tierra circundante en el mandril (10) a través de las ranuras (28) a medida que el mandril (10) es impulsado dentro del suelo;

eleva el mandril (10) en el orificio para permitir que el agregado fluya hacia la cabeza del mandril (20); e

impulsar el mandril (10) hacia abajo para compactar el agregado el cual fluye fuera de la cabeza del mandril (20) dentro del orificio, la compactación se realiza por medio de la cabeza del mandril (20) conectada en el extremo distal del mandril (10), en donde dicha cabeza tiene forma de zapata y tiene una superficie biselada en los extremos inferiores (34) de la misma; y

repetir la etapa de elevar y la de impulsar el mandril (10) hacia abajo para compactar hasta que el pilar de agregado se forma en el orificio.

14. El método de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque la elevación del mandril en el orificio está solamente a una corta distancia para permitir que una elevación del agregado fluya dentro del orificio, y el impulse del mandril (10) hacia abajo compacte la elevación del agregado, y las etapas anteriores se repiten para cada elevación de agregado cuando se mueve hacia arriba el mandril (10) en el orificio hasta que se forma el pilar del agregado.

15. El método de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque el impulso del mandril (10) hacia abajo para compactar el agregado provoca que el agregado empuje lateralmente dentro de las paredes laterales del orificio e incrementa la presión en los suelos circundantes.

16. El método de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque se agrega agua al agregado.

17. El sistema de la reivindicación 1, en donde la zapata (16) de la cabeza del mandril (20) tiene un diámetro interno menor que el diámetro interno del mandril (10), la cabeza del mandril (20) además comprende una superficie de reducción para reducir el diámetro interno del mandril (10) hasta el diámetro interno de la zapata (16).

18. El sistema de la reivindicación 17 en donde la superficie de reducción comprende bridas de acero.

19. El aparato de la reivindicación 11, en donde la zapata (16) de la cabeza del mandril (20) tiene un diámetro interno menor que el diámetro interno del mandril (10), la cabeza del mandril (20) además comprende una superficie de reducción para reducir el diámetro interno del mandril (10) hasta el diámetro interno de la zapata (16).

20. El aparato de la reivindicación 19 en donde la superficie de reducción comprende bridas de acero.

21. El método de la reivindicación 13 en donde la zapata (16) de la cabeza del mandril (20) tiene un diámetro interno menor que el diámetro interno del mandril (10), y en donde una superficie de reducción para reducir el diámetro interno del mandril (10) hasta el diámetro interno de la zapata (16) se posiciona para facilitar el flujo fluido del agregado desde la cabeza del mandril (20).

22. El método de la reivindicación 21, en donde la superficie de reducción comprende bridas de acero.



US008079780B2

(12) **United States Patent**
Wissmann et al.

(10) **Patent No.:** **US 8,079,780 B2**
(45) **Date of Patent:** **Dec. 20, 2011**

(54) **SLOTTED MANDREL FOR LATERAL
DISPLACEMENT PIER AND METHOD OF
USE**

(75) Inventors: **Kord J. Wissmann**, Mooresville, NC
(US); **Gale M. Peterson**, Reinbeck, IA
(US)

(73) Assignee: **Geopier Foundation Company, Inc.**,
Mooresville, NC (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this
patent is extended or adjusted under 35
U.S.C. 154(b) by 77 days.

(21) Appl. No.: **11/913,111**

(22) PCT Filed: **May 19, 2006**

(86) PCT No.: **PCT/US2006/019678**

§ 371 (c)(1),
(2), (4) Date: **Oct. 30, 2007**

(87) PCT Pub. No.: **WO2006/127571**

PCT Pub. Date: **Nov. 30, 2006**

(65) **Prior Publication Data**

US 2008/0193223 A1 Aug. 14, 2008

Related U.S. Application Data

(60) Provisional application No. 60/682,826, filed on May
20, 2005.

(51) Int. Cl. **E02D 3/08** (2006.01)

(52) U.S. Cl. **405/240**

(58) Field of Classification Search **405/231-233,**
405/240, 248-249, 255-257, 235

See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,851,484	A	12/1974	Steding
4,009,582	A	3/1977	LeCorgne
4,018,056	A	4/1977	Poma
2004/0115011	A1	6/2004	Fox
2004/0247397	A1 *	12/2004	Fox 405/248

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

DE	10163237	A1	7/2003
EP	1234916	B1	5/2006

OTHER PUBLICATIONS

PCT/US06/19678 International Preliminary Report on Patentability
dated Feb. 29, 2008.

PCT/US06.19678 International Search Report and Written Opinion
dated May 11, 2007.

* cited by examiner

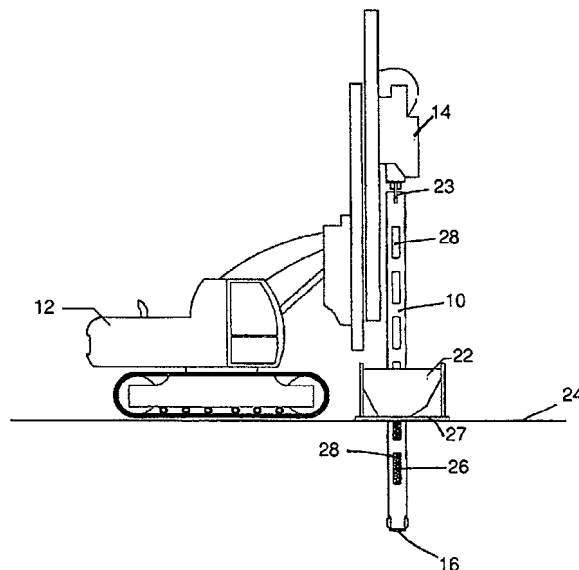
Primary Examiner — Sunil Singh

(74) *Attorney, Agent, or Firm* — Ward and Smith, P.A.

(57) **ABSTRACT**

A slotted mandrel is used in displacement pier construction. Longitudinal slots are formed in the sides of the hollow mandrel which allow for the introduction of aggregate efficiently into the mandrel from a hopper through which the mandrel passes while being driven into the ground. Water may also be employed with the aggregate. Once in the ground the mandrel is raised to release the aggregate (and water if present) into the formed hole in lifts and a mandrel head then compacts the aggregate in the hole. This apparatus and method obviates the need for complicated and expensive hoppers that are raised with the mandrel or the use of expensive aggregate delivery systems.

23 Claims, 8 Drawing Sheets



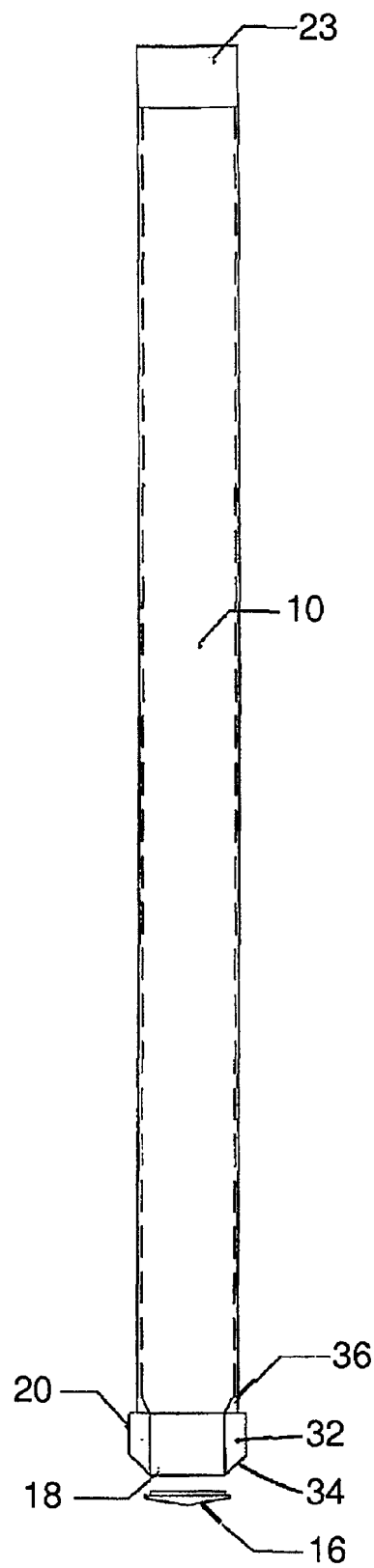


FIG. 1

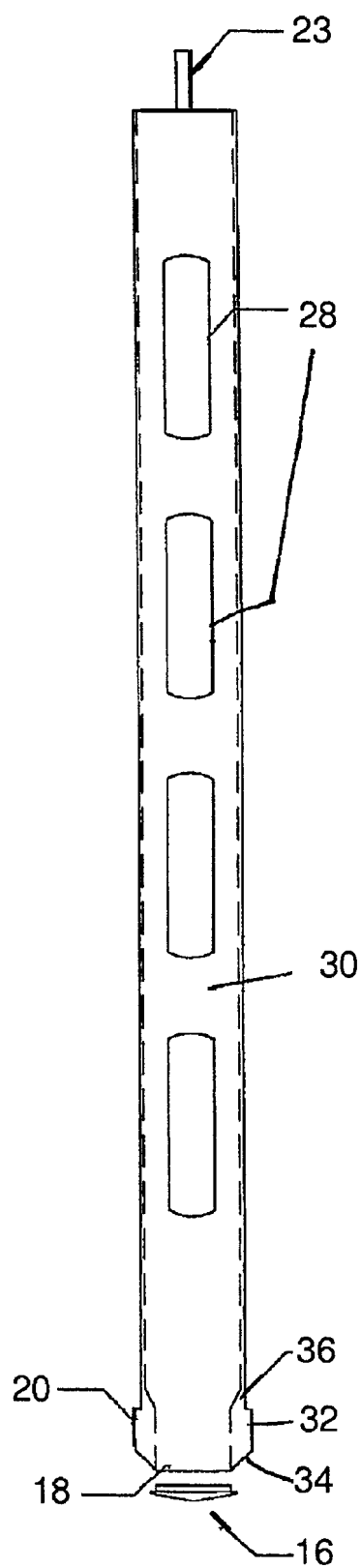


FIG. 2

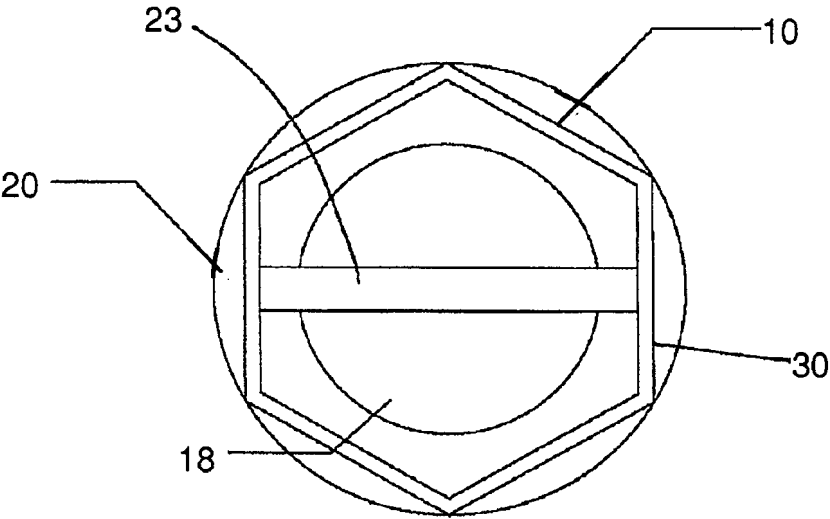


FIG. 3

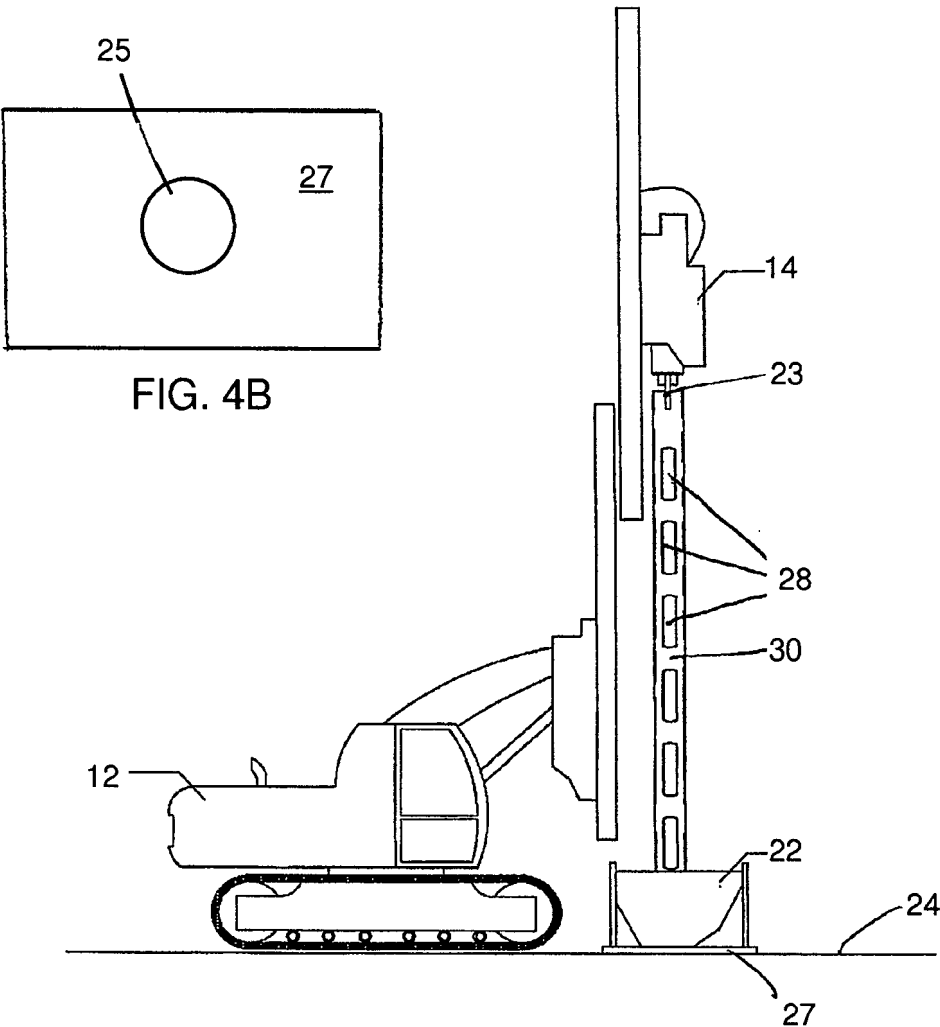


FIG. 4A

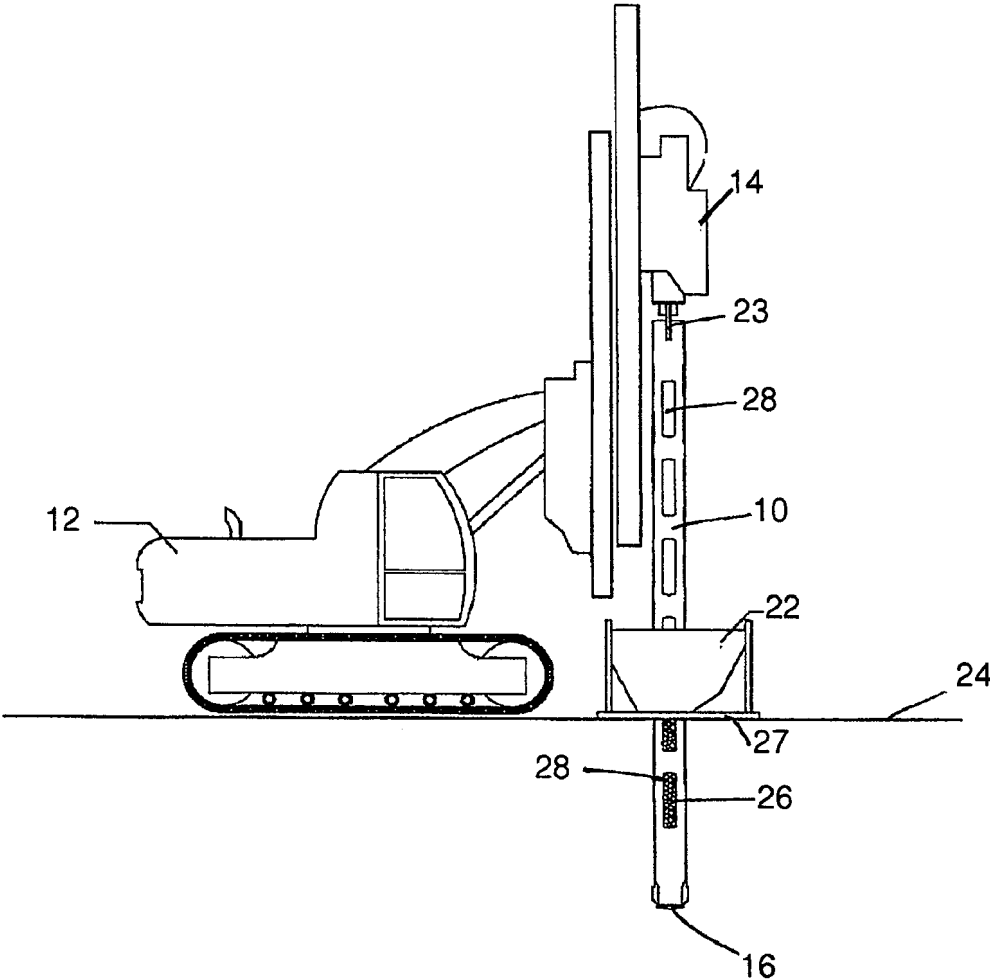


FIG. 5

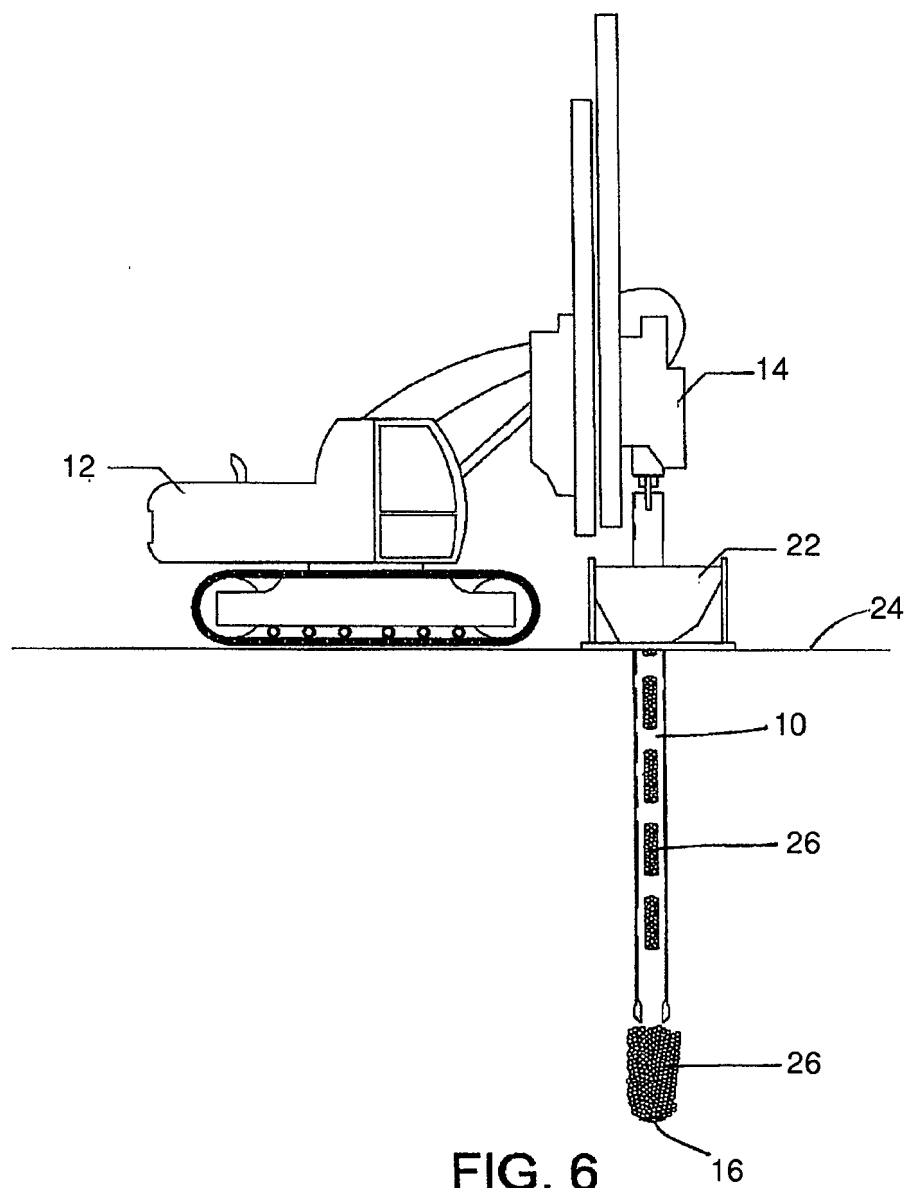
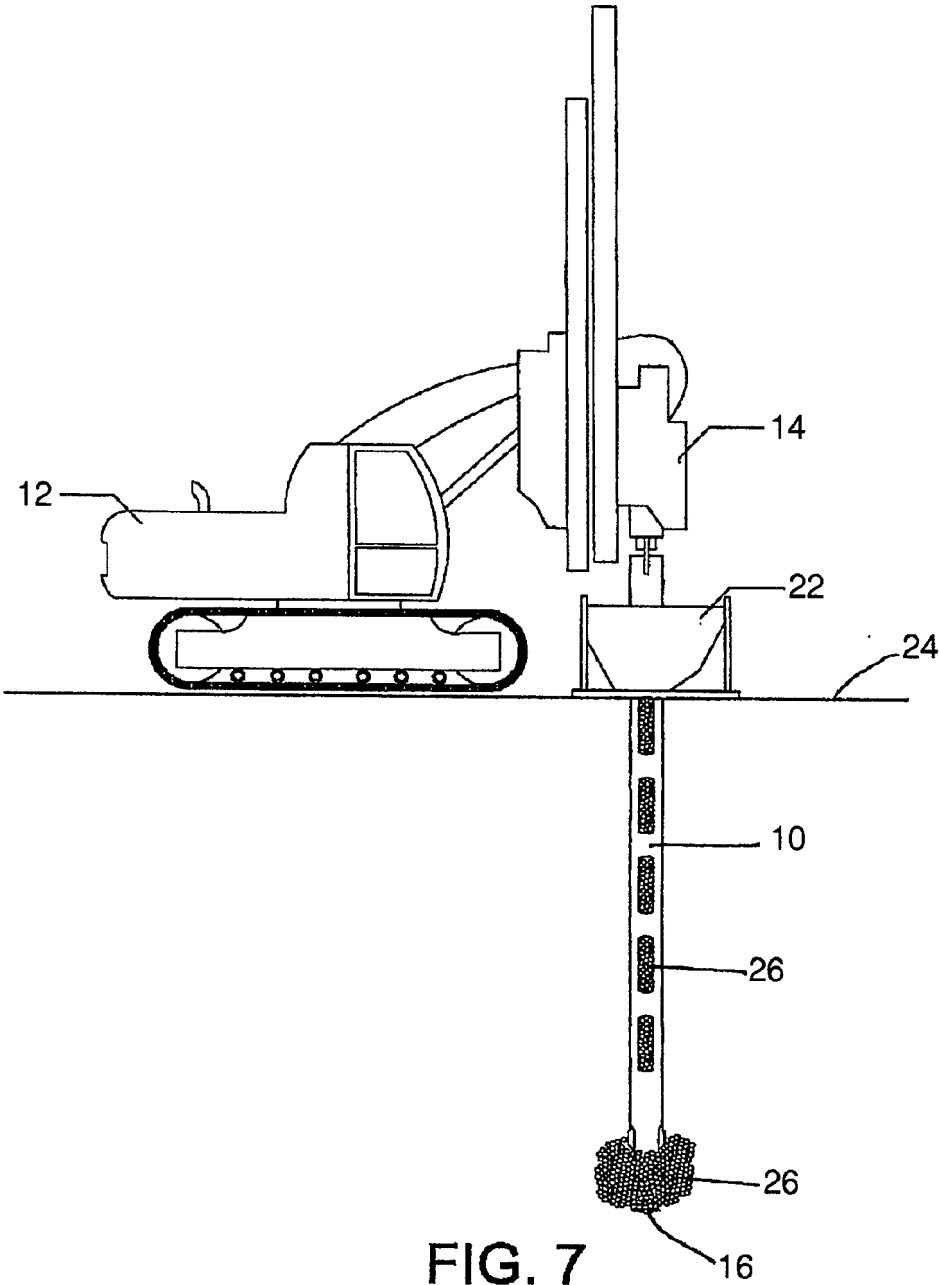


FIG. 6



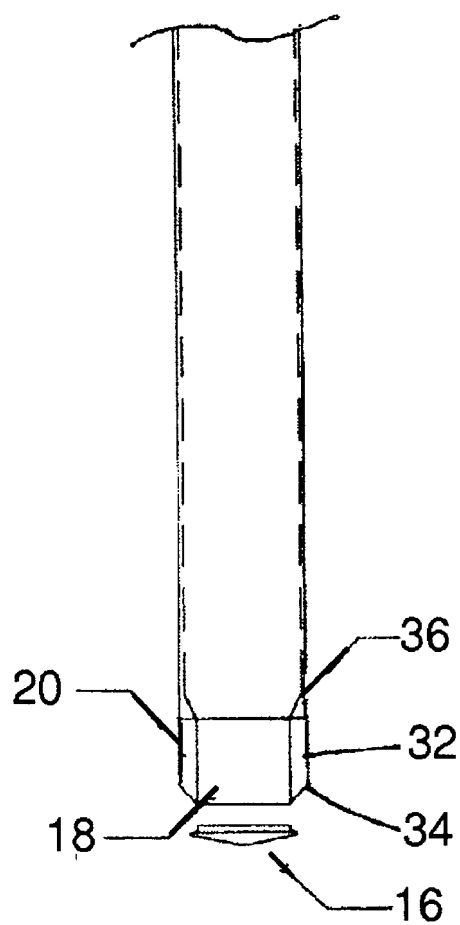


FIG. 8

1
**SLOTTED MANDREL FOR LATERAL
DISPLACEMENT PIER AND METHOD OF
USE**

RELATED APPLICATION

This application is entitled to and hereby claims the priority of U.S. provisional application Ser. No. 60/682,826, filed May 20, 2005.

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to the installation of aggregate piers in foundation soils for the support of buildings, walls, industrial facilities, and transportation-related structures. In particular the invention is a method and apparatus for the efficient installation of aggregate piers through the use of a slotted mandrel that eliminates the need for an elevated hopper and complicated aggregate delivery system.

BACKGROUND

Heavy or settlement-sensitive facilities that are located in areas containing soft or weak soils are often supported on deep foundations, consisting of driven piles or drilled concrete piers. The deep foundations are designed to transfer the structure loads through the soft soils to more competent soil strata.

In recent years, aggregate piers have been increasingly used to support structures located in areas containing soft soils. The piers are designed to reinforce and strengthen the soft layer and minimize resulting settlements. The piers are constructed using a variety of methods including the drilling and tamping method described in U.S. Pat. Nos. 5,249,892 and 6,354,766 ("short aggregate piers"), the driven mandrel method described in U.S. Pat. No. 6,425,713 ("Lateral Displacement Pier"), and the tamper head driven mandrel method known as the "Impact Pier" as disclosed in published U.S. patent application, Pub. No. U.S.2004/0115011, dated Jun. 17, 2004.

The Short Aggregate Pier method (U.S. Pat. Nos. 5,249,892 and 6,354,766), which includes drilling or excavating a cavity, is an effective foundation solution when installed in cohesive soils where the sidewall stability of the hole is easily maintained.

The Lateral Displacement Pier (U.S. Pat. No. 6,425,713) and Impact Pier (U.S. patent application, Pub. No. U.S.2004/0115011) methods were developed for aggregate pier installations in granular soils where the sidewall stability of cavities is not easily maintained. The Lateral Displacement Pier is built by driving a pipe into the ground, drilling out the soil inside the pipe, filling the pipe with aggregate, and using the pipe to compact the aggregate "in thin lifts". A beveled edge is used at the bottom of the pipe for compaction. The Impact Pier covers an extension of the Lateral Displacement Pier. In this case, a smaller diameter (8 to 16 inch) tamper head is driven into the ground. The tamper head is attached to a pipe, which is filled with crushed stone once the tamper head is driven to the design depth. The tamper head is lifted allowing stone to fall into the cavity and then the tamper head is driven back down densifying each lift of aggregate. One advantage of the Impact Pier is the speed of pier construction.

To supply sufficient aggregate for the completion of the pier, the methods for both the Lateral Displacement Pier and the Impact Pier require either that a hopper, located at the top of the pipe or mandrel, be filled and lifted with the pipe or mandrel as part of pier installation activities, or that an aggregate

2
gate delivery system be implemented to raise aggregate to the top of the pipe or mandrel during installation activities. Both the use of a raised hopper and the use of an aggregate delivery system add complexity and costs to the pier construction process.

SUMMARY OF THE INVENTION

10 The Slotted Mandrel Lateral Displacement Pier in accordance with the present invention is an improvement over the driven mandrel methods described in U.S. Pat. No. 6,425,713 ("Lateral Displacement Pier"), and the tamper head driven mandrel method disclosed in the aforementioned published patent application U.S.2004/0115011 ("Impact Pier").

15 The present invention relies on the use of a slotted mandrel, during the construction of displacement aggregate piers, to allow for the introduction of aggregate into the mandrel at the grade level of the construction site. The slotted mandrel is constructed with a series of longitudinal slots extending through a major length of the mandrel and, preferably, on opposite sides to provide two series or courses of slots along the length of the mandrel.

20 The mandrel is fitted with a sacrificial plate (disposable driving shoe) inserted into the head of the mandrel, which keeps soil from entering the mandrel during driving and is left at the bottom of the hole during aggregate placement and compaction. Prior to mandrel driving operations, the mandrel is positioned through a hole in the bottom of a stationery hopper and the tip or head of the mandrel rests on the ground surface. The stationery hopper is then filled with aggregate. The mandrel is then driven through the stationery hopper and its hole in the bottom to the mandrel's design depth. As the mandrel passes through the hopper, the aggregate in the hopper enters into the mandrel through the specially-designed slots. The entering aggregate fills the mandrel as it is being driven downwards and prevents the matrix soils from entering into the slots.

25 Water may be added to the aggregate to increase aggregate flow through the mandrel and to aid in preventing matrix soils from entering the slots. During the subsequent discharge of aggregate out of the bottom of the mandrel during compaction operations, the slotted mandrel is continuously filled with aggregate and water, as necessary, as the aggregate in the hopper passes through the slots. The present invention obviates the need for an expensive hopper that is raised with the mandrel during pier installation or the need for an expensive aggregate delivery system to the top of the mandrel should a raised hopper be considered undesirable. Furthermore, the use of the slotted mandrel with the at-grade hopper allows site engineers to observe the flow of aggregate into the mandrel from the hopper, thus increasing confidence that aggregate is discharged appropriately at the correct depths during the compaction operations.

30 Accordingly, it is an object of the present invention to provide a method and apparatus for the efficient installation of aggregate piers through the use of a slotted hollow mandrel that eliminates the need for an elevated hopper and/or a complicated aggregate delivery system.

35 A further object of the present invention is to provide a method and apparatus in accordance with the preceding object in which aggregate can be filled into the slotted mandrel through elongated vertically arranged slots in a side wall of the mandrel.

40 Another object of the present invention is to provide a method and apparatus in accordance with the preceding objects which includes a hopper at the grade level of the

3

construction site through which the mandrel passes to receive the aggregate as the mandrel is driven into the soil.

A still further object of the present invention is to provide a method and apparatus in accordance with the preceding objects in which the slotted mandrel is fitted with a sacrificial plate inserted into the head of the mandrel. The sacrificial plate keeps soil from entering the mandrel through its open bottom during driving and is left at the bottom of the hole during aggregate placement and compaction.

Still another object of the present invention is to provide a method and apparatus in accordance with the preceding objects which includes the addition of water to the aggregate to increase aggregate flow through the mandrel and to aid in preventing matrix soils from entering the mandrel slots.

Yet a further object of the present invention is to provide a method and apparatus in accordance with the preceding objects which deposits the aggregate into the hole through the open bottom of the mandrel in discrete lifts, and compacts each aggregate lift separately to both compact the aggregate in the hole and displace the aggregate laterally into the side-walls of the hole.

A final object of the present invention to be specifically identified herein is to provide a method and apparatus for the installation of aggregate piers through the use of a slotted mandrel in accordance with the previous objects which mandrel can be readily constructed of available materials and provides a pier construction method and apparatus that is efficient and cost effective.

These together with other objects and advantages which will become subsequently apparent reside in the details of construction and operation of the invention as more fully hereinafter described and claimed, reference being had to the accompanying drawings forming a part hereof, wherein like numerals refer to like parts throughout. The drawings are intended to illustrate the invention, but are not necessarily to scale.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 is a front view of a slotted mandrel in accordance with the present invention.

FIG. 2 is a side view of the slotted mandrel of FIG. 1 showing the longitudinal slots according to the present invention.

FIG. 3 is a top view of the slotted mandrel of FIGS. 1 and 2.

FIG. 4A is a side view of the slotted mandrel of FIGS. 1 and 2 as it extends through a stationary hopper placed at-grade and prior to driving the mandrel.

FIG. 4B is a bottom view of the stationary hopper showing the opening through which the mandrel passes during driving of the mandrel into the soil.

FIG. 5 is a side view of the slotted mandrel of FIGS. 1 and 2 as it is being driven and prior to mandrel extraction.

FIG. 6 is a side view of the slotted mandrel of FIGS. 1 and 2 as the mandrel is being extracted and prior to the aggregate being compacted.

FIG. 7 is a side view of the slotted mandrel of FIGS. 1 and 2 as the aggregate is being compacted.

FIG. 8 is a front view of a mandrel head in accordance with an alternative embodiment of the slotted mandrel according to the present invention.

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENT

Before any embodiment of the invention is explained in detail, it is to be understood that the invention is not limited in

4

its application to the details of construction and arrangements of components set forth in the following description or illustrations in the drawings. The invention is capable of alternative embodiments and of being practiced or carried out in various ways. Specifically, the dimensions as described and where they appear on the drawings are exemplary embodiments only and may be modified by those skilled in the art as the conditions warrant.

A method and apparatus is provided for the efficient installation of aggregate piers in foundation soils. The method consists of driving a slotted hollow mandrel, generally designated by reference numeral 10, into the foundation soils with a base machine 12 capable of driving the mandrel. The base machine is typically equipped with a vibratory piling hammer 14 and the ability to apply a downward or crowd force to the mandrel 10 to achieve penetration.

Prior to driving, the mandrel 10 is fitted with a disposable driving shoe 16 which fits into the inside annulus 18 of the mandrel head 20 at the bottom of the mandrel. The disposable driving shoe 16 is slightly larger than the annulus 18 of the mandrel head 20 and thus remains in position at the bottom of the mandrel during driving to the required driving depth. When the mandrel 10 is raised, the driving shoe 16 remains at the driven depth and is sacrificial to the operation. The driving shoe may be fabricated from steel, steel alloys, wood, metal plates, or other suitable construction materials. Alternatively, the bottom of the mandrel may contain a valve that can be closed and opened as the mandrel is driven and lifted.

The mandrel is positioned through a hopper 22 that remains stationary at the ground surface 24 during mandrel driving. The hopper 22 is used to feed aggregate 26 to the mandrel 10 during driving. In the present embodiment, the hopper is fitted with a 14-inch diameter hole 25 in its bottom (see FIG. 4A). Other hole diameters may be used as appropriate with differing mandrel diameters. The hole 25 may be circular or shaped to accommodate the cross-sectional shape of the mandrel. The mandrel 10 passes through the hole 25 during driving to the desired depth.

After the mandrel 10 is placed through the hole 25 in the bottom 27 of the hopper 22, the hopper is filled with aggregate 26. In the presently described embodiment, the aggregate consists of "clean" stone with a maximum particle size of 1.5 inches and less than 5% passing the No. 200 sieve size (0.074 inches). Alternate aggregates may also be used such as clean stone maximum particles sizes ranging between 1/4-inch and 3 inches, aggregates with more than 5% passing the No. 200 sieve size, recycled concrete, slag, recycled asphalt, and other construction materials. The maximum size of the aggregate should not exceed 50% of the width of the slots 28 (described hereinafter) in the mandrel 10.

To facilitate the flow of rock from the stationary hopper 22 into the mandrel 10, elongated slots are cut longitudinally into the sides or body 30 of the mandrel. In the present embodiment, two series or courses of slots 28 are cut, each on an opposite side 30 of the mandrel body 10. The slots 28 are preferably about 6 inches wide and about 24 inches long, and are separated vertically by a distance of about 12 inches. The number of courses and the width and length of the slots may be varied to achieve optimum flow of the rock into the mandrel depending on the cross-sectional size of the mandrel and the size of aggregate being used. However, to maintain structural stability of the mandrel, the sum of the width of slots located at any elevation on the mandrel should not exceed 50% of the perimeter length of the mandrel cross-section at that elevation. The mandrel 10 is constructed using, preferably, 1/2-inch or 3/8-inch thickness rolled steel that is bent to form a hexagon. This is shown in the top view of the mandrel

5

in FIG. 3. The open mandrel sides are welded together to form a continuous tube. Other mandrel dimensions and shapes may also be used such as mandrels made from steel to form a square, octagonal, or other articulated shape, or a mandrel with circular cross-section. The mandrel wall thickness may vary from 1/4-inch to one inch, depending on the mandrel diameter, length, mandrel construction materials, and driving conditions. The mandrel is typically 10 to 40 feet long. However, alternate lengths, as short as 5 feet and as long as 70 feet may be used.

The mandrel head 20 is preferably in the form of a steel tamper foot 32 welded or bolted at the bottom of the mandrel 10. In the presently described embodiment, the tamper foot 32 is cylindrical and has a maximum diameter of 14-inches. As shown in FIGS. 1 and 2, the tamper foot 32 is approximately 8 inches thick and the sides 34 of the tamper foot are beveled at about a 45-degree angle. This shape pushes the aggregate out laterally during compaction operations. The tamper foot 32 is also hollow. In the presently described embodiment, the diameter of the annular space 18 within the hollow tamper foot is about 10 inches. Because the inside of the hexagonal mandrel 10 is slightly larger than the annular space 18 of the tamper foot, steel flanges 36 are welded to the inside of the mandrel 10 to facilitate smooth flow of aggregate through the mandrel and out through the tamper foot. Other mandrel foot diameters, thicknesses, and annular space dimensions may also be used. The mandrel foot 32 may range in diameter from 6 inches to 24 inches depending on driving conditions. The mandrel foot may also vary in thickness from one inch to 10 inches. The annular space 18 may vary in diameter from 4 inches to 23.5 inches depending on the diameter of the mandrel foot. The maximum cross-sectional dimension of the mandrel should be the same size or less than the maximum size of the mandrel foot.

The mandrel 10 is placed through the hopper 22 prior to filling the hopper with aggregate. The hopper 22 is filled with aggregate 26 prior to driving the mandrel 10. The mandrel is then driven through the hopper 22 to the design depth using the vibratory piling hammer 14 connected to the drive and support plate 23 welded or otherwise attached at the top of the mandrel 10. During the driving, the aggregate 26 flows from the hopper 22 and through the slots 28 in the side of the mandrel to fill the mandrel. Because the aggregate fills the inside of the mandrel, the surrounding soils cannot squeeze through the slots into the mandrel during driving.

To facilitate aggregate flow and to aid in the prevention of migration of the matrix soil into the slots 28, water may be added to the aggregate during driving and pier building. Water may be added through water jets in the mandrel or by filling the hopper 22 with water after filling the hopper with aggregate 26.

Once the mandrel reaches the design depth and the mandrel is raised slightly, the sacrificial shoe 16 becomes dislodged and remains at the design depth. As the mandrel is raised, the aggregate 26 flows out the annular space 18 in the tamper foot 32. The mandrel 10 is raised, typically about 3 feet, and then re-driven back down to compact the aggregate 26 that has flowed out of the mandrel head 20 (or tamper foot 32). Other raising and re-driving dimensions may be used. For example, to achieve a wider aggregate pier, the mandrel may be raised 4 or 5 feet and then re-driven 3 or 4 feet providing for a greater compacted width of aggregate at a given depth. For applications where smaller widths are desired, the mandrel may be raised 2 feet and re-driven 1 foot.

The beveled sides 34 of the mandrel head 20 facilitate pushing the aggregate laterally into the sidewalls of the hole and increase the pressure in the surrounding soils. In the

6

presently described embodiment, the bevels are tapered at an inclination of about 45 degrees from horizontal. However, other bevel angles may be used, such as 30 degrees or 60 degrees from horizontal. The steeper the bevel angle from horizontal, the greater the penetration of the aggregate into the surrounding soil mass.

The pier is built incrementally from the bottom up. Because the slots 28 extend nearly the full length of the mandrel, the mandrel can be constantly filled from the hopper with aggregate flowing through the slots.

The foregoing is considered as illustrative only of the principals of the invention. Further, since numerous modifications and changes may readily occur to those skilled in the art, it is not desired to limit the invention to the exact construction and operation described and shown. Rather, all suitable modifications and equivalents may be resorted to that fall within the scope of the invention.

What is claimed is:

1. A system for constructing aggregate piers, the system comprising:

a hollow mandrel having an open internal diameter and having elongated slots spaced vertically in a sidewall of said mandrel, said elongated slots comprising two series of said elongated slots each slot having a minimum width at least twice the maximum diameter of aggregate to be used with the system, each series spaced vertically and continuously on opposite sidewalls along the length of said mandrel from a proximal end to a distal end, the sum of the width of slots located at any elevation on the mandrel being less than 50% of the perimeter length of the mandrel cross-section at that elevation and a centerline horizontally spaced between the two opposing series of slots comprising vertically continuous sidewall material from the proximal end to the distal end, said slots adapted to allow for the continual flow of the aggregate therein, and said mandrel having a width substantially the same width as a cavity being formed, the aggregate filling the interior of the mandrel and preventing soils from entering the mandrel due to the aggregate in the mandrel;

a mandrel head connected to the distal end of the mandrel and configured for compacting the aggregate after discharge of the aggregate from the distal end of said mandrel, and said mandrel head being shaped like a tamper foot and attached to said mandrel, and having a beveled surface at bottom sides thereof;

a base machine operatively connected to the proximal end for driving said mandrel generally vertically into the ground; and

a hopper at the ground surface through which said mandrel passes, said hopper filled with the aggregate to flow into said mandrel through said series of elongated slots.

2. The system of claim 1, wherein the mandrel has a cylindrical shape.

3. The system of claim 1, wherein the mandrel has an articulated shape, comprising a hexagonal or an octagonal cross-section.

4. The system of claim 1, wherein the mandrel includes a mandrel shaft and said mandrel head is larger in outside diameter than said mandrel shaft.

5. The system of claim 1, wherein the mandrel includes a mandrel shaft and said mandrel head has an outside diameter the same as the mandrel shaft.

6. The system of claim 1, wherein the mandrel head is cylindrical.

7

7. The system of claim 1, wherein the aggregate is selected from the group consisting of stone, fine materials, recycled concrete, recycled asphalt, slag, or other construction materials.

8. The system of claim 1, further comprising a sacrificial plate positioned in the bottom of said mandrel.

9. The system of claim 1, wherein water is added to the aggregate.

10. The system of claim 1, further comprising a valve positioned in the bottom of said mandrel to alternately retain said aggregate in said mandrel and release said aggregate from a bottom of said mandrel.

11. The system of claim 1, wherein the tamper foot of the mandrel head has an internal diameter smaller than the mandrel internal diameter, the mandrel head further comprising a reducing surface for reducing the mandrel internal diameter to the tamper foot internal diameter.

12. The system of claim 11, wherein the reducing surface comprises steel flanges.

13. An apparatus for constructing aggregate piers, the apparatus comprising:

a hollow mandrel having an open internal diameter and having elongated vertical slots spaced longitudinally therein and a sacrificial driving shoe positioned at the bottom thereof, said elongated slots comprising two series of said elongated slots each slot having a minimum width at least twice the maximum diameter of aggregate to be used with the system, each series spaced continuously vertically on opposite sidewalls along the length of said mandrel from a proximal end to a distal end, the sum of the width of slots located at any elevation on the mandrel being less than 50% of the perimeter length of the mandrel cross-section at that elevation and a centerline horizontally spaced between the two opposing series of slots comprising vertically continuous sidewall material from the proximal end to the distal end, said slots adapted to allow for the continual flow of the aggregate therein, and said mandrel having a width substantially the same width as a cavity being formed, the aggregate filling the interior of the mandrel and preventing soils from entering the mandrel due to the aggregate in the mandrel;

a mandrel head connected to the distal end of the mandrel and adapted for compacting the aggregate, said mandrel head being shaped like a tamper foot and attached to said mandrel, and having a beveled surface at bottom sides thereof;

a base machine operatively connected to the proximal end for driving the mandrel and driving shoe vertically to a depth in the ground; and

a hopper having a hole through which said mandrel is driven and filled with the aggregate prior to driving of the mandrel to cause the aggregate to flow into said mandrel through said series of elongated slots.

14. The apparatus of claim 13, wherein said slots have a width which is no more than fifty percent (50%) of the peripheral length at any cross-sectional elevation of said mandrel.

15. The apparatus of claim 13, wherein said slots are sized to permit the aggregate to flow freely from outside said mandrel to inside said mandrel.

16. The apparatus of claim 13, wherein the tamper foot of the mandrel head has an internal diameter smaller than the mandrel internal diameter, the mandrel head further comprising a reducing surface for reducing the mandrel internal diameter to the tamper foot internal diameter.

17. The apparatus of claim 16, wherein the reducing surface comprises steel flanges.

8

18. A method for constructing an aggregate pier in ground soils where sidewall stability of a vertical cavity is difficult to maintain, the method comprising:

positioning a slotted mandrel vertically in a hole of a hopper placed at ground level, the mandrel having an open internal diameter and having slots which are elongated slots spaced continuously vertically in a sidewall of said mandrel and comprising two series of said elongated slots, each series on opposite sidewalls along the length of said slotted mandrel from a proximal end to a distal end, the sum of the width of slots located at any elevation on the mandrel being less than 50% of the perimeter length of the mandrel cross-section at that elevation and a centerline horizontally spaced between the two opposing series of slots comprising vertically continuous sidewall material from the proximal end to the distal end, each slot having a minimum width at least twice the maximum diameter of aggregate to be used with the system, and adapted to allow for the continual flow of the aggregate therein, and said mandrel having a width substantially the same width as the cavity, the aggregate filling the interior of the mandrel and preventing soils from entering the mandrel due to the aggregate in the mandrel;

filling said hopper with the aggregate;

driving said slotted mandrel through said hopper and said hole while the aggregate flows into the mandrel through slots of the mandrel during said driving;

driving said mandrel to form a hole to a desired vertical depth in the ground while continuously filling said mandrel with the aggregate through said slots during forming of said hole to ensure the mandrel is filled with the aggregate at portions thereof in the hole to prevent surrounding soil from entering the mandrel through said slots as said mandrel is driven into the ground;

lifting said mandrel in said hole to allow the aggregate to flow out at a head of the mandrel;

driving said mandrel downwardly to compact the aggregate which flowed out of said mandrel head into the hole, the compaction being accomplished through the mandrel head connected to the distal end of the mandrel, the mandrel head being shaped like a tamper foot and having a beveled surface at bottom sides thereof; and

repeating said lifting and driving to achieve compacting until an aggregate pier is formed in said hole.

19. The method of claim 18, wherein the lifting of said mandrel in said hole is only a short distance to allow a lift of the aggregate to flow out into said hole and the driving of said mandrel downwardly compacts the lift of aggregate, and the aforesaid steps are repeated for each aggregate lift as the mandrel moves upwardly in the hole until said aggregate pier is formed.

20. The method of claim 18, wherein said driving of the mandrel downwardly to compact the aggregate causes the aggregate to push laterally into the sidewalls of the hole and increase the pressure in the surrounding soils.

21. The method of claim 18, wherein water is added to the aggregate.

22. The method of claim 18, wherein tamper foot of the mandrel head has an internal diameter smaller than the mandrel internal diameter and wherein a reducing surface for reducing the mandrel internal diameter to the tamper foot internal diameter is positioned to facilitate smooth flow of the aggregate out of the head of the mandrel.

23. The method of claim 22, wherein the reducing surface comprises steel flanges.

* * * * *