



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0816573-4 B1



(22) Data do Depósito: 21/10/2008

(45) Data de Concessão: 19/02/2019

(54) Título: "MÉTODO PARA A FORMAÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA EM UM SOLO DA MATRIZ E APARELHO PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA DE REFORÇO DO SOLO EM UMA MATRIZ DO SOLO"

(51) Int.Cl.: E02D 3/12; E02D 5/46.

(30) Prioridade Unionista: 22/10/2007 US 11/876,556.

(73) Titular(es): GEOPIER FOUNDATION COMPANY, INC..

(72) Inventor(es): NATHANIEL S. FOX; LORENZ WEPPLER.

(86) Pedido PCT: PCT US2008080644 de 21/10/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/055389 de 30/04/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 20/04/2010

(57) Resumo: MÉTODO PARA A FORMAÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA EM UM SOLO DA MATRIZ E APARELHO PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA DE REFORÇO DO SOLO EM UMA MATRIZ DO SOLO. Trata-se de um método e um aparelho para a formação de uma fundação agregada de suporte que tem elevações agregadas comprimidas em uma matriz do solo, e inclui um tubo alongado, oco com um elemento de coluna de fundo com extremidade em forma de bulbo que é forçado ou abaixado na matriz do solo. O tubo oco inclui um mecanismo para liberar o agregado do elemento de coluna de fundo do tubo enquanto o tubo é levantado a incrementos predeterminados. O mesmo tubo oco é então abaixado ou empurrado a incrementos predeterminados para comprimir verticalmente o agregado liberado em elevações agregadas finas, ao forçar uma porção do agregado comprimido transaxialmente na matriz do solo nas paredes laterais da cavidade. O processo pode ser repetido para a formação de uma série de elevações agregadas comprimidas que compreendem uma fundação agregada, ou o processo pode incluir somente a formação de uma única elevação para a fundação agregada ao adensar os solos da matriz adjacentes e conferir tensão lateral nestes solos.(...).

MÉTODO PARA A FORMAÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA EM UM SOLO DA MATRIZ E APARELHO PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA DE REFORÇO DO SOLO EM UMA MATRIZ DO SOLO

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[001] Em um aspecto principal, a presente invenção refere-se a um método e a um aparelho para construir uma fundação de suporte que compreende uma ou mais elevações comprimidas de material agregado. O aparelho permite a formação ou a construção de uma fundação com elevação única ou elevações múltiplas dentro de uma matriz do solo enquanto reforça simultaneamente o solo adjacente à fundação. O aparelho forma desse modo uma cavidade na matriz do solo ao forçar um dispositivo de tubo oco na matriz do solo seguido pelo levantamento do dispositivo de tubo, liberando ou injetando o agregado através do dispositivo de tubo na seção de cavidade abaixo do dispositivo de tubo levantado e então ao fazer com que as elevações múltiplas movimentem, empurrem, abaixem e/ou forcem o dispositivo de tubo para baixo para comprimir o material agregado liberado enquanto forcem simultaneamente o material agregado verticalmente para baixo e lateralmente para fora na matriz circunvizinha no solo.

[002] Na Patente Norte-americana n°. 5.249.892, aqui incorporada a título de referência, um método e aparelho são descritos para a construção de fundações agregadas curtas *in situ*. O processo inclui a perfuração de uma cavidade em uma matriz do solo e então a introdução e a compressão de camadas ou elevações sucessivas de material agregado na cavidade para a formação de uma fundação que possa prover o suporte para uma estrutura.

[003] Tais fundações são feitas ao perfurar

primeiramente um furo ou uma cavidade em uma matriz do solo, removendo então a broca, e a seguir colocando uma camada de agregado relativamente pequena e discreta na cavidade e então forçando ou calcando a camada de agregado na cavidade com uma calcadeira mecânica. A calcadeira mecânica é removida tipicamente depois que cada camada é comprimida e o agregado adicional é então colocado na cavidade para formar a camada ou a elevação comprimida seguinte. As elevações ou as camadas de agregado, que são comprimidas durante o processo de formação da fundação, têm tipicamente um diâmetro de 61 a 91,4 centímetros (2 a 3 pés) e uma ascensão vertical de aproximadamente 30,48 centímetros (12 polegadas).

[004] Este aparelho e processo produzem uma coluna ou uma fundação de estabilização rígida e eficaz útil para o suporte de uma estrutura. No entanto, este método de construção de fundação tem uma limitação em termos da profundidade, uma vez que o processo de formação de fundação pode ser executado com economia, e da velocidade com a qual o processo pode ser executado. Outra limitação é que, em determinados tipos de solos, especialmente nos solos arenosos, os desabamentos ocorrem durante o processo de perfuração ou de formação de cavidade e podem requerer o uso de um invólucro provisório tal como um invólucro de tubulação de aço. O uso de um invólucro de aço provisório retarda significativamente a produção da fundação e aumenta, portanto, o custo de produção da fundação. Desse modo, o processo descrito na Patente n°. 5.249.892 é limitado tipicamente à formação de uma fundação em tipos limitados de solo em profundidades geralmente não maiores do que aproximadamente 762 centímetros (25 pés).

[005] Em consequência disto, tem havido uma necessidade quanto a um processo de construção de fundação exclusiva e aparelho mecânico especial associado que possam ser utilizados com sucesso e economia para a formação ou a construção de fundações agregadas em profundidades maiores, a velocidades de instalação maiores e em solos arenosos ou outros solos que desmoronam e são instáveis quando perfurados, sem a necessidade de um invólucro provisório, ainda dessa maneira tendo os atributos e os benefícios associados com o método, o aparelho e a construção de fundação agregada curta descrita na Patente N°. 5.249.892, bem como benefícios adicionais.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

[006] Resumidamente, a presente invenção compreende um método para a instalação de uma fundação formada de um ou mais camadas ou elevações formadas de um material agregado, com ou sem aditivos e inclui as etapas em que é posicionado ou introduzido ou forçado um tubo oco alongado que tem um elemento de coluna de fundo formado especial e uma configuração de tubo exclusiva em uma matriz do solo, preenchendo o tubo oco que inclui o elemento de coluna de fundo com um material agregado, liberando um volume predeterminado de material agregado do elemento de coluna de fundo enquanto o tubo oco é levantado a uma distância incremental predeterminada na cavidade formada na matriz do solo e conferindo então uma força vetorial axial, estática e forças vetoriais dinâmicas opcionais no tubo oco e em seu elemento de coluna de fundo especial para transferir a energia através da extremidade inferior do elemento de coluna de fundo formado do tubo oco à parte superior da elevação de

material agregado liberado comprimindo desse modo verticalmente à elevação de material agregado e também forçando, simultaneamente, uma porção de material agregado liberado lateral ou transaxialmente nas paredes laterais da cavidade. O levantamento do tubo oco que tem o elemento de coluna de fundo especial seguido pelo abaixamento com uma força vetorial estática axial ou vertical aplicada e forças vetoriais dinâmicas opcionais causa impacto no material agregado que não é protegido pelo tubo oco das paredes laterais da cavidade na altura do impacto, adensando desse modo e comprimindo verticalmente o material agregado, bem como forçando uma porção de material agregado lateralmente para fora na matriz do solo devido ao formato da parte inferior do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo que facilita as forças laterais em e dentro do material agregado liberado e conferindo, portanto, uma tensão lateral na matriz adjacente no solo. O material agregado liberado, comprimido e parcialmente deslocado define desse modo uma "elevação" que tem geralmente uma dimensão ou um diâmetro lateral maior do que aquele da cavidade formada pelo tubo oco e pelo elemento de coluna de fundo em forma de bulbo, resultando em uma construção da fundação formada de uma ou mais elevações comprimidas de material agregado.

[007] O material agregado é liberado do elemento de coluna de fundo especial do tubo oco enquanto o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo é levantado, preferivelmente em etapas incrementais predeterminadas, primeiramente acima da parte inferior da cavidade e então acima da porção superior de cada uma das elevações sucessivas do agregado da fundação que foram formadas na cavidade e na

matriz adjacente no solo pelo processo. O material agregado liberado do tubo oco é comprimido pelas forças de compressão aplicadas pelo tubo oco e pelo elemento de coluna de fundo especial depois que o tubo oco foi levantado para expor uma porção da cavidade ao liberar o material agregado nessa porção exposta. O tubo oco e o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo são forçados em seguida para baixo para comprimir verticalmente o agregado e para introduzir lateralmente uma porção do agregado na matriz do solo. O material agregado é comprimido desse modo e parcialmente deslocado a incrementos predeterminados, sequenciais ou em elevações. O processo é repetido continuamente ao longo do comprimento ou da profundidade da cavidade com o resultado que uma fundação ou uma coluna agregada de elevações ou de camadas separadas comprimidas são formadas dentro da matriz do solo. Uma fundação agregado verticalmente comprimida que tem um comprimento de 15,24 metros (50 pés) ou mais pode ser construída dessa maneira em um período de tempo relativamente curto sem a remoção do tubo oco e do elemento de coluna de fundo especial do solo. A fundação agregada verticalmente comprimida resultante também tem geralmente uma dimensão em seção transversal formada consistentemente maior do que aquela do tubo oco.

[008] Uma série de tipos de material agregado pode ser utilizado na prática do processo, incluindo pedras trituradas de muitos tipos de pedreiras ou concreto reciclado e triturado.

[009] Os aditivos podem incluir água, cimento seco ou argamassa fluida, tais como água-cimento, areia-argamassa fluida, poeira de cinza, cal hidratada ou cal

virgem ou qualquer outro aditivo pode ser utilizado para incrementar as características de capacidade de carga ou de engenharia da fundação agregada formada. Combinações destes materiais também podem ser utilizadas no processo.

[010] O tubo oco com o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo pode ser posicionado dentro da matriz do solo ao empurrar e/ou vibrar verticalmente ou forçar verticalmente o tubo oco que tem o elemento de coluna de fundo com a extremidade em forma de bulbo no solo com uma força estática de vetor axial ou vertical aplicada e opcionalmente, com forças vetoriais dinâmicas acompanhantes. A matriz do solo, que é deslocada ao forçar, empurrar e/ou vibrar inicialmente o tubo oco com o elemento de coluna de fundo especial, é geralmente deslocada e comprimida lateralmente e vertical para baixo na matriz do solo pré-existente. Se uma camada dura ou densa de solo for encontrada, a camada dura ou densa pode ser penetrada ao pré-perfurar ou pré-penetrar essa camada para formar uma cavidade ou passagem em que o tubo oco e o elemento de coluna de fundo especial podem ser colocados e movimentados.

[011] O tubo oco é construído tipicamente de um tubo de diâmetro uniforme com um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo e pode incluir um mecanismo de válvula interno perto ou dentro do elemento de coluna de fundo ou um mecanismo de válvula na extremidade inferior do elemento de coluna ou pode não incluir um mecanismo interno de fechamento e abertura de válvula. O tubo oco é geralmente cilíndrico com um diâmetro constante, uniforme e menor ao longo de uma seção superior do tubo. A extremidade inferior do diâmetro externo em forma de bulbo ou maior do tubo oco (isto é, o elemento de

coluna de fundo em forma de bulbo) é integral com o tubo oco de diâmetro menor ou pode ser formada e unida separadamente à extremidade inferior do tubo oco de diâmetro menor. Isto é, o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo também é tipicamente cilíndrico e tem um diâmetro externo ou um perfil em seção transversal externo maior do que o restante do tubo oco e é concêntrico em torno do eixo central do tubo oco. A extremidade principal do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo é formada para facilitar a penetração na matriz do solo e transmitir as forças vetoriais desejadas ao solo circunvizinho durante a penetração bem como ao material agregado liberado subsequentemente do tubo oco. A transição da seção do tubo oco de diâmetro externo menor ao elemento de coluna de fundo especial pode compreender um formato frustocônico. Similarmente, a parte inferior do elemento de coluna pode empregar um formato frustocônico ou cônico para facilitar a penetração no solo e a compressão do agregado subsequente. A extremidade principal do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo pode incluir um elemento de tampa de sacrifício que é fixado ao elemento de coluna de fundo ao penetrar a matriz do solo quando da colocação inicial do tubo oco na matriz do solo, para impedir que o solo entre no tubo oco. A tampa de sacrifício pode ser então liberada ou desacoplada da extremidade do tubo oco para revelar uma passagem de extremidade enquanto o tubo oco é levantado primeiramente de modo que o material agregado possa ser liberado através do tubo oco e possa fluir na cavidade que resulta do levantamento do tubo oco.

[012] Alternativamente, ou, além disso, a extremidade principal do elemento de coluna de fundo em forma

de bulbo pode incluir uma válvula mecânica interna que é fechada durante a penetração inicial da matriz do solo pelo tubo oco e pelo elemento de coluna de fundo em forma de bulbo, mas que pode ser aberta durante o levantamento para liberar o material agregado. Outros tipos de mecanismos de válvula de extremidade principal e de formatos podem ser utilizados para facilitar a penetração inicial no solo da matriz, impedir a entrada de solo no tubo oco, permitir a liberação do material agregado quando o tubo oco está levantado e transmitir forças vetoriais em combinação com a extremidade principal do elemento de coluna de fundo especial para comprimir elevações de agregado sucessivas.

[013] Além disso, o aparelho pode incluir um dispositivo para posicionar um ou mais elementos verticais de levantamento dentro da fundação formada para o uso subsequente como um elemento de resistência de força de âncora de levantamento vertical, bem como para um elemento indicador dentro da fundação formada para medir o movimento da parte inferior da fundação formada quando do carregamento, como durante o teste da carga. Tais características ou dispositivos auxiliares podem ser introduzidos através do interior do tubo oco durante a formação da fundação.

[014] Alternativamente, as hastes da âncora de levantamento ou uma haste ou hastes indicadoras podem ser colocadas na parte externa do tubo oco e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo. Tais hastes seguem longitudinalmente ao longo do comprimento do tubo oco e do elemento de coluna e, desse modo, são posicionadas no lado da cavidade formada desse modo. Uma, duas ou mais hastes podem ser colocadas de tal maneira. As hastes colocadas na parte

externa do tubo oco e do elemento de coluna podem ser empregadas sozinhas ou em combinação com tais hastes posicionadas inicialmente no interior do tubo oco.

[015] Contudo, em outra característica da invenção, amortecedores de vibração podem ser empregados em combinação com um funil que alimenta o agregado ou outro material ao tubo oco. Desse modo, dois ou mais amortecedores podem ser utilizados e dessa maneira empregados em combinação com o mecanismo de movimentação.

[016] Em outro aspecto da invenção, o diâmetro do tubo oco ao longo de seu comprimento longitudinal entre o funil ou a extremidade superior do tubo oco e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo pode ser variado. A seção do tubo oco de diâmetro maior pode ser posicionada na parte superior do tubo oco, com seções de diâmetro progressivamente menores abaixo da seção de diâmetro maior, sendo que o menor é unido ao elemento de coluna de fundo.

[017] Este arranjo pode efetuar uma redução no peso total do tubo oco, ao aumentar a força nessas porções do tubo oco onde uma força maior é requerida. O tubo oco pode ser montado em seções múltiplas que são aparafusadas, soldadas ou então presas de alguma outra maneira. A configuração externa das seções adjacentes também pode ser variada, por exemplo, pode ter vários formatos geométricos em seção transversal tais como circulares, elípticos, sextavados, etc. As seções podem ser pré-montadas ou montadas ao serem conectadas uma a uma durante a penetração do solo.

[018] Na prática do método da invenção, pode ser vantajoso utilizar pedras trituradas que têm facetas ou faces angulares em vez de pedras arredondadas ou pedras de

rio, que são mais geralmente utilizadas com outros métodos de aperfeiçoamento do solo. A capacidade de utilizar pedras trituradas na prática do método permite o uso de um material não geralmente empregado para a construção de tais fundações e, dessa maneira, provê uma potencialidade de se construir uma fundação que tem determinadas vantagens práticas tais como uma densidade mais elevada e uma rigidez maior. No entanto, pedras arredondadas ou de rio também podem ser utilizadas. Combinações de tais pedras que incluem pedras trituradas e pedras arredondadas ou de rio também podem ser utilizadas.

[019] Como outra característica da invenção, o tubo oco e o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo podem ser apropriadamente guiados em movimento à matriz do solo por meio de uma guia de alinhamento. O guia de alinhamento provê a função adicional de impedir que o tubo oco e o elemento de coluna de fundo especial se desloquem lateralmente ("sejam expulsos") durante a penetração inicial na matriz do solo. Um exemplo de guia de alinhamento especial é um elemento guia toróide que circunda o tubo oco e é preso à máquina de movimentação para prover a orientação do mesmo para o tubo oco e o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo. Outras formas de guias de alinhamento especiais podem ser utilizadas e mais de um guia de alinhamento podem ser utilizados.

[020] Contudo, como outra característica, o tubo oco e elemento de coluna de fundo em forma de bulbo podem ser forçados ou direcionados a uma matriz do solo por meio de um martelo vibratório que fica preso aos mesmos por meio de uma construção de placa de fechamento. A placa de

fechamento é mantida em posição por parafusos ou hastes que são retidas por arruelas de fechamento especiais, por exemplo, as arruelas de fechamento especiais que têm o nome comercial "Northlock Washers". Este arranjo reduz a eletricidade criada entre o aparelho de movimentação e o tubo oco com o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo.

[021] O diâmetro externo típico de uma realização circular em seção transversal do elemento de coluna de fundo especial fica na faixa de aproximadamente 35,56 centímetros (14 polegadas). Outros tamanhos típicos em termos de diâmetro do elemento de coluna incluem um elemento de coluna que tem um diâmetro em qualquer faixa entre 30,48 e 40,64 centímetros (12 a 16 polegadas) e a faixa dos diâmetros praticáveis de um elemento de coluna pode ser de aproximadamente 10 a aproximadamente 50,80 centímetros (20 polegadas). Isto difere dos outros aparelhos tubulares para o aperfeiçoamento do solo que são tipicamente maiores, com 60,96 a 91,44 centímetros (24 a 36 polegadas) de diâmetro. O formato do elemento de coluna em seção transversal é tipicamente cilíndrico, embora outros formatos possam ser utilizados para prover o formato em forma de bulbo relativo do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo quando contrastados com a área em seção transversal da seção de tubo oco unida ao mesmo.

[022] Um dispositivo sensor pode ser unido ao elemento de coluna de fundo em forma de bulbo para medir a força vertical com o tempo como encontrada pelo elemento de coluna de fundo em forma de bulbo durante a compressão vertical e o deslocamento lateral do processo agregado. O dispositivo sensor permite a medição da força vertical e a

duração da força vertical que está sendo colocada na mesma. O dispositivo sensor pode ser unido ao elemento de coluna de fundo em forma de bulbo, por exemplo, imediatamente acima da porção formada inferior do mesmo para prover leituras axiais e transaxiais.

[023] Como outra característica, o aparelho da invenção pode ser utilizado em combinação com o agregado, com argamassa fluida cimentácea em combinação com o agregado ou com concreto, bem como outros materiais de formação de fundação.

[024] Como outra característica, o aparelho e o método da invenção podem ser utilizados em solos densos, muito densos, com densidade média ou duros. Em determinadas circunstâncias, pode-se pré-perfurar pelo menos em parte o solo em uma localização da fundação. Alternativamente, é possível pré-penetrar o solo em uma localização da fundação com um elemento de coluna de penetração projetado especial preso a um eixo. A área em seção transversal do eixo é tipicamente menor do que a área em seção transversal máxima do elemento de coluna de penetração. O diâmetro máximo do elemento de coluna de penetração é tipicamente menor do que o diâmetro do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo unido ao tubo oco alongado. Uma coluna de penetração cônica em um eixo é um formato eficaz para o elemento de coluna de penetração projetado especial, embora outras configurações possam ser utilizadas. A operação da etapa de pré-penetração vem antes de e tipicamente separada das etapas de instalação da fundação por meio do tubo oco e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo.

[025] Como outra característica da invenção, as

fundações agregadas feitas de acordo com o aparelho e o método da invenção podem ser instaladas a uma profundidade abaixo de uma superfície do solo. A fundação agregada pode então servir como uma base ou um suporte para um tipo alternativo de construção de fundação. Desse modo, dois ou mais tipos diferentes de segmentos de fundação, sendo que um deles é o sistema descrito na presente invenção, podem ser unidos, acoplados ou empilhados para a formação de uma única fundação.

[026] A abertura de descarga na extremidade distal extrema do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo pode variar no tamanho. Tipicamente, uma vez que o elemento de coluna de fundo é utilizado para descarregar o agregado ou outro material similar a partir de uma abertura, então uma porção da extremidade distal extrema do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo compreenderá uma estrutura geralmente horizontal acoplada com uma superfície cônica ou geralmente cônica. A abertura inferior irá compreender tipicamente menos de cinquenta por cento da área de superfície da porção ou seção geralmente horizontal e da porção de superfície geralmente cônica. A porção inferior horizontal e a porção geralmente cônica conferem forças diretamente no agregado liberado ou descarregado da abertura inferior.

[027] Desse modo, um objetivo da presente invenção consiste na apresentação de um aparelho de tubo oco com um projeto especial, um diâmetro eficaz maior do que o tubo oco, um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo útil para criar uma fundação agregada comprimida, com ou sem aditivos, que se estendem até uma profundidade maior e a

provisão de um método aperfeiçoado para criar uma fundação que se estende até uma profundidade maior do que aquela tipicamente permitida ou praticada pela tecnologia de fundação agregada curta existente e conhecida.

[028] Contudo, um outro objetivo da invenção consiste na apresentação de um método e um aparelho aperfeiçoados para a formação de uma fundação de material agregado comprimido que não requer o uso de um invólucro de aço provisório durante o processo de formação da fundação, particularmente em solos suscetíveis a desabamento como solos arenosos e solos abaixo da camada de água na terra.

[029] Contudo, um outro objetivo da invenção consiste na apresentação de um método e um aparelho aperfeiçoados para a formação de uma fundação de material agregado comprimido que pode incluir uma multiplicidade de aditivos opcionais, incluindo uma mistura de agregado, a adição de água, a adição de cimento seco, a adição de argamassa fluida cimentácea, a adição de água cimento e areia, a adição de poeira de cinza, a adição de cal hidratada ou cal virgem e a adição de outros tipos de aditivos, incluindo o uso de concreto, para incrementar as propriedades de engenharia do solo da matriz, dos materiais agregados e da fundação formado.

[030] Contudo, ainda um outro objetivo da invenção consiste na apresentação de uma construção de fundação de material agregado que possa ser instalada em muitos tipos de solo e que possa adicionalmente ser formada a profundidades maiores e a velocidades maiores de construção do que as construções de fundação agregada anteriores conhecidas.

[031] Contudo, um objetivo adicional da invenção consiste na apresentação de um método e um aparelho aperfeiçoados para a formação de uma fundação de material agregado comprimido dentro de uma fundação agregada amaciada ou amolecida formada anteriormente por um processo de construção de fundação diferente e com um aparelho diferente daquele descrito na presente invenção a fim de estabilizar e endurecer a fundação anteriormente formada.

[032] Outro objetivo da invenção consiste na apresentação de um aparelho de formação de fundação útil para rápida e eficientemente construir fundações agregadas de elevações múltiplas comprimidas e/ou fundações agregadas que compreendem somente de uma única elevação.

[033] Estes e outros objetivos, vantagens e características da invenção serão apresentados na descrição detalhada a seguir.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[034] Na descrição detalhada a seguir, será feita referência ao desenho que compreende as seguintes Figuras:

[035] a Figura 1 é uma vista esquemática de um tubo oco com um elemento de coluna de fundo especial sendo introduzido, forçado ou movimentado no solo por uma força vetorial vertical, estática e por forças dinâmicas opcionais;

[036] a Figura 2 é uma vista esquemática de uma etapa subsequente da Figura 1 em que o material agregado é colocado em um funil e é alimentado ao tubo oco. O funil também pode ser destacado do tubo oco e ser colocado na terra em vez de na parte superior do tubo oco;

[037] a Figura 3 é uma vista em seção

transversal de um funil que tem dois ou mais amortecedores de isolamento e pode ser utilizado em combinação com o tubo oco;

[038] a Figura 3A é uma vista em seção, isométrica do funil e do tubo oco da Figura 3;

[039] A Figura 3B é uma vista isométrica do funil e do tubo oco da Figura 3;

[040] a Figura 4 é uma vista esquemática em seção transversal de um tubo oco que tem um aperto interno ou válvula de verificação;

[041] a Figura 5 é uma vista esquemática que ilustra a etapa de introdução opcional de água, argamassa fluida cimentácea ou outro material aditivo no tubo oco com a recirculação provida a um reservatório de água ou de argamassa fluida. Os materiais aditivos também podem ser introduzidos diretamente no tubo oco;

[042] a Figura 6 é uma vista esquemática que ilustra uma etapa subsequente à etapa da Figura 2 em que o tubo oco com seu elemento de coluna de fundo em forma de bulbo é levantado a uma distância predeterminada para expor temporariamente uma porção da cavidade oca na matriz do solo para permitir que o agregado encha rapidamente a porção da cavidade oca exposta;

[043] a Figura 7 é uma vista esquemática da etapa do processo subsequente à Figura 6 em que uma válvula inferior na porção inferior do tubo oco é aberta liberando o agregado em uma seção da cavidade oca desprotegida;

[044] as Figuras 8A e 8B são vistas em seção transversal esquemáticas de uma alternativa ao dispositivo e a etapa representada ou ilustrada na Figura 7 em que o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo do tubo oco

inclui uma tampa de sacrifício que é liberada no fundo de uma cavidade formada quando o tubo oco e o elemento de coluna de fundo especial são levantados a uma distância predeterminada, tal como mostrado na Figura 8B;

[045] a Figura 8C é uma vista em seção da tampa de sacrifício da Figura 8B tomada ao longo da linha 8C-8C na Figura 8B;

[046] a Figura 9 é uma vista esquemática em que o tubo oco e seu elemento de coluna de fundo especial associado oferecem uma força vetorial vertical, estática com forças dinâmicas opcionais para mover para baixo o tubo oco e o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo a uma distância predeterminada ao impactar e comprimir o material agregado liberado do tubo oco e ao introduzir uma porção de material agregado lateralmente na matriz do solo;

[047] a Figura 10 é uma vista esquemática do tubo oco e de seu elemento de coluna de fundo especial sendo levantados a uma distância predeterminada para a formação de uma segunda elevação;

[048] a Figura 11 é uma vista esquemática do tubo oco e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo que são operados para prover uma força vetorial vertical para mover para baixo o tubo oco e o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo a uma distância predeterminada para a formação da segunda elevação comprimida na parte superior de uma primeira elevação comprimida;

[049] a Figura 12 é uma vista esquemática do tubo oco com um elemento de haste de aço de reforço opcional ou elemento indicador unido a uma placa para a instalação dentro de uma fundação agregada formada;

[050] a Figura 13 é uma vista esquemática do tubo oco em que a água opcional ou argamassa fluida de água cimento e areia ou outro aditivo são combinados com o agregado no tubo oco;

[051] a Figura 14 é uma vista em seção transversal vertical do elemento de coluna de fundo especial com uma válvula inferior do tipo porta de captura;

[052] a Figura 15 é uma vista em seção transversal do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo da Figura 14 tomada ao longo da linha 15-15;

[053] a Figura 15A é uma vista em seção transversal de uma porção de um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo alternativo do tipo descrito na Figura 14;

[054] a Figura 16 é uma vista em seção transversal do elemento de coluna de fundo especial que inclui uma tampa de sacrifício na extremidade inferior similar à Figura 8A;

[055] a Figura 17 é uma vista em seção transversal do elemento de coluna de fundo especial com um elemento de âncora de levantamento opcional ou elemento indicador unido a uma placa;

[056] a Figura 18 é uma vista em seção transversal de uma fundação agregada de elevações múltiplas parcialmente formada pelo tubo oco e pelo elemento de coluna de fundo especial, e método da invenção;

[057] a Figura 19 é uma vista em seção transversal de uma fundação agregada de elevações múltiplas completamente formada pelo tubo oco e pelo elemento de coluna de fundo especial, e método da invenção;

[058] a Figura 20 é uma vista em seção

transversal de uma fundação agregada de elevações múltiplas formada com uma haste de aço de reforço opcional que tem uma placa unida que permite que a fundação formada compreenda uma fundação de âncora de levantamento ou inclua um elemento indicador para o teste de carga subsequente;

[059] a Figura 21 é uma vista em seção transversal do fundação agregado formado sendo pré-carregado ou passando por um teste de carga do módulo do indicador na fundação terminada;

[060] a Figura 22 é um gráfico que ilustra desenhos comparativos de teste de carga da presente invenção comparados a uma estaca de compactação de concreto perfurada na mesma formação da matriz do solo;

[061] a Figura 23 é uma vista em seção transversal esquemática de um método de utilização do aparelho da invenção para a formação de uma fundação agregada de elevação única ou de uma fundação agregada em que uma única elevação ou uma elevação estendida é formada primeiramente para encher a cavidade com o agregado e então uma segunda etapa de re-penetração opcional pode ser executada na elevação única ou na elevação estendida para tornar as elevações subsequentes finas;

[062] a Figura 24 é uma vista em seção transversal esquemática da continuação do método ilustrado pela Figura 23;

[063] a Figura 25 é uma vista em seção transversal esquemática de uma continuação adicional da etapa descrita na Figura 24;

[064] a Figura 26 é uma vista em seção transversal esquemática da continuação adicional do método

ilustrado pela Figura 22-24;

[065] a Figura 27 é uma vista diagramática que ilustra a incorporação de dois ou mais levantamentos ou hastes indicadoras externos ao tubo oco e unidos à placa inferior ou à tampa de sacrifício;

[066] a Figura 27A é uma vista lateral da construção da Figura 27;

[067] a Figura 27B é uma vista em planta inferior da construção da Figura 27;

[068] a Figura 28 é uma vista diagramática que ilustra o aparelho que incorpora seções da área em seção transversal diferentes de um tubo alongado oco em combinação com um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo;

[069] a Figura 29 é uma vista diagramática de uma fundação agregada que incorpora âncoras de levantamento;

[070] a Figura 30 é uma vista diagramática de uma fundação agregada feita de acordo com a invenção, incorporando as hastes indicadoras utilizadas para a condução dos testes de carga;

[071] a Figura 31 é uma vista diagramática de uma realização do aparelho da invenção para alinhar o tubo oco e a coluna inferior em forma de bulbo quando da inserção em uma matriz do solo;

[072] a Figura 32 é uma vista diagramática de um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo que incorpora um dispositivo sensor para a medição da força ou da pressão com o tempo durante a produção de uma fundação agregada;

[073] a Figura 33 é uma vista diagramática explodida do aparelho para a fixação de um martelo vibratório

a um tubo oco a fim de efetuar o posicionamento do tubo oco e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo em uma matriz do solo;

[074] a Figura 34 é uma vista diagramática de um dispositivo de pré-penetração da matriz do solo que pode ser utilizado em combinação com o aparelho que compreende uma realização da invenção;

[075] a Figura 35 é uma vista diagramática de uma fundação compreendida de um composto das seções das fundações feitas de acordo com um método da invenção em combinação com outros métodos para resultar em uma nova combinação;

[076] a Figura 36 é uma vista inferior da extremidade de um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo que ilustra o orifício ou a abertura na extremidade distal extrema do mesmo para a passagem do agregado e/ou de outro material;

[077] a Figura 37 é um desenho diagramático de uma construção alternativa que compreende um tubo oco encaixável; e

[078] a Figura 38 é um desenho diagramático adicional da realização da Figura 37.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

5.1 Construção Geral

[079] As Figuras 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20 e 23-26 ilustram o método total geral de construção do dispositivo ou mecanismo de formação de fundação e várias etapas bem como etapas sequenciais alternativas no desempenho do método da invenção que produzem a construção da fundação agregada resultante. Com referência

à Figura 1, o método é aplicável à colocação de fundações em uma matriz do solo que requer um reforço para o solo se tornar mais duro e/ou mais forte. Uma ampla variedade de solos pode requerer a prática da presente invenção incluindo, em particular, solos arenosos e argilosos. Com a invenção, é possível construir fundações compreendidas de uma ou mais elevações, utilizando materiais agregados e utilizando opcionalmente materiais agregados com materiais aditivos tais como água, cimento, areia ou argamassa fluida. As fundações resultantes têm uma rigidez e uma força maiores do que muitas fundações agregadas da técnica anterior, podem ser economicamente estendidos ou construídos a profundidades maiores do que muitas fundações agregadas da técnica anterior, podem ser formados sem a utilização de um invólucro de aço provisório, ao contrário de muitas fundações agregadas da técnica anterior, podem ser instalados mais rapidamente do que muitas fundações agregadas da técnica anterior, podem ser instaladas utilizando menos materiais agregados por centímetros de comprimento de fundação do que muitas fundações agregadas da técnica anterior e podem ser instalados sem causar danos à matriz do solo ao serem descarregados ou ao se acumularem na superfície da terra na vizinhança da parte superior da fundação.

[080] Em uma primeira etapa do método, um tubo oco ou um eixo oco 30 que tem um eixo longitudinal 35 incluindo ou com um elemento de coluna de fundo especial 32, é empurrado por uma força vetorial estática, axial que movimenta o aparelho 37 na Figura 3 e é opcionalmente vibrado ou forçado verticalmente (axialmente), ou ambos, com forças vetoriais dinâmicas, em uma matriz do solo 36. A porção da

matriz do solo 36, que compreende o volume do material deslocado ao empurrar um comprimento do tubo oco 30 que inclui o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32, é forçada principalmente lateralmente ao comprimir desse modo a matriz adjacente do solo 36. Tal como mostrado na Figura 1, o tubo 30 pode compreender um tubo de aço cilíndrico 30 que tem um eixo oco longitudinal 35 e um diâmetro externo na faixa de 15,24 a 35,56 centímetros (6 a 14 polegadas), por exemplo. Caso uma camada de solo duro ou denso impeça a ação de empurrar o tubo oco 30 e o elemento de coluna de fundo especial 32 na matriz do solo 36, tal camada dura ou densa pode ser pré-perfurada ou pré-penetrada, e o processo de empurrar pode então continuar utilizando o aparelho de movimentação 37.

[081] Tipicamente, o tubo oco 30 tem um formato externo cilíndrico uniforme, embora outros formatos possam ser utilizados. Embora o diâmetro externo do tubo oco 30 seja tipicamente de 15,24 a 35,56 centímetros (6 a 14 polegadas), outros diâmetros podem ser utilizados na prática da invenção. Além disso, tipicamente, o tubo oco 30 será estendido ou introduzido na matriz 36 à profundidade final da fundação agregada, por exemplo, até 15,24 metros (50 pés) do solo ou mais. O tubo oco 30 irá normalmente se prender a uma extensão 42 que pode ser presa por um aparelho ou mecanismo de movimentação 37 para empurrar e opcionalmente vibrar ou calcar o tubo oco 30 na matriz do solo 36. Alternativamente, tal como mostrado na Figura 33, o tubo oco 30 pode ser preso a uma placa base 558 e a partir da placa base ao aparelho de movimentação 556.

[082] As Figuras 3, 3A e 3B ilustram uma

característica que pode ser associada com o funil 34 quando o funil é localizado na parte superior do tubo oco 30. Os amortecedores de isolamentos duplos 46, 48 afixados aos lados superior e inferior do funil 34 para reduzir o acúmulo de vibração no funil 34 e para prover desse modo um conjunto de funil com integridade estrutural maior. Uma extensão 42 é afixada ao tubo oco 30 para conferir forças estáticas e dinâmicas no tubo 30. A extensão 42 é isolada do funil 34 e é desse modo deslizável relativamente aos amortecedores 46, 48.

[083] O funil 34, que contém um reservatório 43 para materiais agregados, quando localizado na parte superior do tubo oco 30, será isolado tipicamente pelos amortecedores de isolamento 46, 48 da extensão 42. O dispositivo de vibração ou de calcamento 37 que é preso à extensão 42 pode ser suportado a partir de um cabo ou braço escavador ou guindaste. O peso do funil 34, do dispositivo de vibração ou de calcamento 37 (com peso adicional opcional) e do tubo oco 30 pode ser suficiente em algumas condições de solo da matriz para prover uma força vetorial estática sem requerer a utilização de um mecanismo de movimentação de força estática separado. A força vetorial estática pode ser opcionalmente aumentada por um mecanismo de força dinâmico de vibração e/ou de calcamento vertical. Além disso, o funil 34 pode ser separado do tubo oco 30 e da extensão 42. Por exemplo, um funil separado não montado na parte superior do tubo oco 30 (não mostrado) pode alimentar o agregado ou outro material no tubo oco 30 ao longo do lado do tubo.

[084] A Figura 3 ilustra a maneira de incorporar uma caldeira de cobre 34 em combinação com um tubo para a alimentação do agregado ou de outro material em uma

passagem formada na matriz do solo.

[085] Especificamente, os mecanismos de amortecimento 46 e 48 são unidos respectivamente ao funil 34 e ao tubo de alimentação 42. A fixação é efetuada através de um conector elástico 46 e 48 que amortece eficazmente as forças, particularmente as forças de laboratório que podem ser conferidas ao tubo de alimentação 42 vertical.

[086] A Figura 4 ilustra uma característica opcional do tubo oco 30. Um limitador, a válvula de aperto, a válvula de verificação ou outro tipo de mecanismo de válvula 38 pode ser instalado dentro do tubo oco 30 ou no elemento de coluna de fundo especial ou na seção de extremidade inferior 32 do tubo oco 30 para fechar parcial ou totalmente a passagem interna do tubo oco 30 e interromper ou controlar o fluxo ou movimento de materiais agregados 44 e materiais aditivos opcionais.

[087] Esta válvula 48 pode ser aberta de maneira mecânica ou hidráulica, parcialmente aberta ou fechada a fim de controlar os materiais agregados 44 através do tubo oco 30. Também pode operar pela gravidade da maneira de uma válvula de verificação que se abre quando levantada e se fecha quando abaixada no material agregado 44.

[088] A Figura 14 ilustra uma construção do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo ou seção 32. O elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 é cilíndrico, embora outros formatos possam ser utilizados. O diâmetro externo do elemento de coluna de fundo especial 32 é maior do que o diâmetro externo nominal da seção superior 33 do tubo oco 30 e é tipicamente de 30,48 a 45,72 centímetros (12 a 18 polegadas), embora outros diâmetros e/ou perfis em

seção transversal possam ser utilizados na prática da invenção. Desse modo, o elemento de coluna 32 terá dimensões em seção transversal ou uma área maior do que aquela do tubo oco 30 imediatamente adjacente ao mesmo.

[089] As Figuras 14, 15 e 15A ilustram uma realização da invenção que tem um mecanismo de válvula incorporado no elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32. O elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 tem uma seção inferior frustocônica ou outra porção inferior formada 50 com uma abertura de descarga 52 de material agregado 44 que abre e fecha à medida que uma placa da válvula 54 expõe ou cobre a abertura 52. A placa da válvula 54 é montada em uma haste 56 que desliza em um cubo 59 preso em posição por suportes radiais 58 unidos às paredes internas da passagem do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 do tubo oco 30. A placa 54 desliza a uma posição fechada quando o tubo oco 30 é forçado para baixo na matriz do solo 36 e desliza a uma posição aberta quando o tubo oco 30 é levantado, permitindo desse modo que o material agregado 44 flua. A abertura da válvula 54 é controlada ou limitada pela haste 56 que tem uma coluna 56a que limita o movimento de deslizamento da haste 56. O tubo oco 30 pode ser, desse modo, direcionado a uma profundidade desejada 81 (Figura 6) com a abertura 52 fechada pela placa 54. Então, à medida que o tubo oco 30 é levantado (por exemplo, à distância 91 na Figura 10), a placa 54 se estende ou se move para baixo devido à gravidade, de modo que o material agregado 44 flui através da abertura 52 à cavidade formada devido ao levantamento do tubo oco 30. Depois disso, o tubo 30 é impactado ou direcionado para baixo, fechando a placa da válvula 54 e comprimindo o

material liberado para a formação de uma elevação comprimida 72. Na realização das Figuras 14, 15, 15a, a placa da válvula 54 se move em resposta à gravidade. No entanto, a haste 56 pode ser alternativamente substituída ou auxiliada em movimento por um mecanismo mecânico ou elétrico de movimentação de fluido.

[090] Alternativamente, tal como descrito a seguir, a placa 54 pode ser substituída por uma tampa de sacrifício 64 ou pela placa inferior de uma âncora de levantamento ou de um mecanismo indicador 70 tal como descrito a seguir. Além disso, a válvula de verificação 38 na Figura 4 pode ser utilizada no lugar do mecanismo de válvula ilustrado nas Figuras 14, 15, 15A.

[091] Tipicamente, o diâmetro interno do tubo oco 30 e do elemento de coluna 32 é uniforme ou igual, embora o diâmetro externo do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 seja maior do que aquele do tubo oco 30. Alternativamente, quando um mecanismo de válvula 54 é utilizado, o diâmetro interno do elemento de coluna 32 pode ser maior do que o diâmetro interno do tubo oco 30. O elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 pode ser integral com o tubo oco 30 ou formado separadamente e aparafusado ou soldado ao tubo oco 30. Tipicamente, o diâmetro interno do tubo oco 30 fica compreendido entre 15,24 e 25,4 centímetros (6 e 10 polegadas), e o diâmetro externo do elemento de coluna de fundo especial 32 é tipicamente de aproximadamente 30,48 a 45,72 centímetros (12 a 18 polegadas). O diâmetro da abertura 53 na Figura 14 na extremidade inferior extrema ou extremidade principal do elemento de coluna de fundo especial 32 pode ser igual ou

menor do que o diâmetro interno do elemento de coluna 32. Por exemplo, com referência à Figura 14, o elemento de coluna 32 pode ter um diâmetro interno de 30,48 centímetros (12 polegadas) e o diâmetro da abertura 53 pode ser de 15,24 a 25,4 centímetros (6 a 10 polegadas), sendo que, na Figura 16, com a realização de tampa de sacrifício descrita a seguir, a abertura de descarga do elemento de coluna 32 tem o mesmo diâmetro que o diâmetro interno do elemento de coluna 32 e do tubo oco 30.

[092] Além disso, a placa ou a válvula 54 pode ser configurada para facilitar o fechamento quando o tubo oco 30 é empurrado para baixo na matriz do solo 36 ou de encontro ao material agregado 44 na cavidade formada. Por exemplo, o diâmetro do elemento 54 pode exceder aquele da abertura 52, tal como mostrado na Figura 14, ou a borda 55 do elemento de válvula pode ser chanfrada tal como mostrado na Figura 15A para acoplar a borda chanfrada 59 da abertura 52. Então, quando ao aplicar uma força estática ou outra força descendente ao tubo oco 30, a placa da válvula 54 será presa em uma posição fechada relativa à abertura 52.

[093] O elemento de coluna de fundo em forma de bulbo inferior 32 do tubo oco 30 tem tipicamente um comprimento na faixa de um a três vezes o seu diâmetro ou dimensão lateral máxima.

[094] O elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 provê forças de compressão lateral intensificadas à matriz do solo 36 enquanto o tubo 30 penetra ou é forçado no solo e torna mais fácil, desse modo, a passagem subsequente da seção de diâmetro menor 33 do tubo oco 30. As bordas de condução e de arraste frustocônicas ou inclinadas 50, 63 do

elemento de coluna 32 facilitam o abaixamento ou a movimentação da penetração e a compressão lateral do solo 36 por causa de seu projeto de perfil. A seção ou a borda inclinada de arraste 63 na Figura 14 facilita o levantamento do tubo oco 30 e do elemento de coluna 32 e a compressão lateral da matriz do solo 36 durante a etapa de levantamento do método. Outra vez, o formato ou a configuração inclinada do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 permite que isto ocorra. Tipicamente, as bordas de condução e de arraste 50, 63 formam um ângulo de $45^{\circ} \pm 15^{\circ}$ com o eixo longitudinal 35 do tubo oco 30.

[095] A Figura 5 ilustra outra característica do tubo oco 30. A porta de entrada 60 e a porta de saída 62 são providas na porção inferior do funil elevado 34 ou na extremidade superior do tubo oco 30 para permitir a adição de água ou de argamassa fluida, tal como argamassa fluida de água cimento e areia, como um aditivo ao agregado para construções de fundação especiais. Uma finalidade da porta de saída 62 é manter o nível da água ou do aditivo onde será eficaz para facilitar o fluxo do agregado e também permitir a recirculação da argamassa fluida a partir de um reservatório de volta ao reservatório para facilitar a mistura e manter a coluna de água ou a coluna de argamassa fluida (pressão) relativamente constante. A porta de entrada 60 e a porta de saída 62 podem conduzir diretamente ao funil 34 ou diretamente ao tubo oco 30 (vide a Figura 13) ou podem se conectar com canais ou condutos separados ao elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32. As aberturas de descarga de argamassa fluida 31 podem ser providas através do tubo oco 30 acima do elemento de coluna de fundo em forma de

bulbo 32, tal como mostrado na Figura 2, para suplementar a descarga de argamassa fluida ao espaço anular em torno do tubo oco 30 e para impedir o preenchimento da cavidade pelo solo da matriz 36.

[096] As Figuras 8A, 8B, 8C e 16 ilustram outra característica alternativa do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32. Uma tampa de sacrifício 64 pode ser utilizada no lugar da válvula de deslizamento da extremidade de fundo ou inferior 54 para proteger o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 contra a obstrução quando o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 é abaixado através da matriz do solo 36. A tampa 64 pode ser configurada em qualquer uma de uma série de maneiras. Por exemplo, pode ser lisa, pontuda ou chanfrada, ou pode ser arqueada.

[097] Quando chanfrada, ela pode formar um ângulo de $45^{\circ} \pm 25^{\circ}$ com respeito ao eixo horizontal 35. A tampa 64 pode incluir uma série de pés externos inclinados 87 posicionados para se adaptar à abertura central 89 do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 e para manter o tampão 64 no lugar até que o tubo oco 30 seja primeiramente levantado e o agregado 44 flua para fora da abertura 52 em uma seção de cavidade exposta.

[098] A Figura 17 ilustra outra característica alternativa do elemento de coluna de fundo 32. A placa deslizante 54 e a haste 68 para o suporte da placa 54 podem incluir uma passagem ou um tubo axial 57 que permite a colocação de um elemento ou haste de reforço 68 unidos a uma placa inferior 70.

[099] A haste 68 e a placa 70 serão liberadas no fundo de uma cavidade formada e serão utilizadas para

prover um elemento de âncora de levantamento ou um elemento indicador para a medição do movimento inferior de uma fundação durante um teste de carga. A haste deslizante 68 unida a uma placa inferior 70 pode ser substituída pela tampa de sacrifício 64, fechando a abertura do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 durante a introdução na matriz do solo 36, e pode funcionar como uma plataforma para o elemento de âncora de levantamento ou o elemento indicador que está sendo instalado. A placa de válvula inferior 54 pode ser, desse modo, omitida, ou pode ser mantida no lugar enquanto a âncora de levantamento ou os elementos indicadores estiverem sendo utilizados. A Figura 20 ilustra a âncora de levantamento 68, 70 ou o indicador no lugar quando da formação de uma fundação pela invenção, em que a placa ou a válvula 54 é omitida.

5.2 Método de Operação

[0100] A Figura 1 ilustra a primeira etapa de operação típica do dispositivo ou aparelho descrito. O tubo oco 30 com o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 e a extensão superior unida 42 e conectada ao conjunto de funil 34 são empurrados com uma força vetorial estática vertical ou axial, aumentada tipicamente pelas forças vetoriais dinâmicas, na matriz do solo 36 pelo aparelho de movimentação 37 ou pelo peso das peças componentes. Na prática, a utilização de um tubo 30 com o elemento de coluna de fundo especial 32 que tem as dimensões e configuração descrita, uma força vetorial de 5 a 20 toneladas aplicada ao mesmo é típica em todo o processo. A Figura 2 ilustra a colocação do agregado 44 no funil 34 quando o tubo oco 30 e as fixações atingem a profundidade planejada 81 da fundação à

matriz do solo 36. A Figura 6 ilustra o movimento ascendente ou de subida subsequente do tubo oco 30 por uma distância de levantamento predeterminada 91, de tipicamente 60,96 a 121,92 centímetros (24 a 48 polegadas), para revelar uma porção da cavidade desprotegida 102 abaixo do elemento de coluna de seção inferior 32 na matriz do solo 36.

[0101] A Figura 7 ilustra a abertura da válvula inferior 54 para permitir que o agregado 44 e os aditivos opcionais preencham o espaço ou a porção 85 da cavidade 102 abaixo do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 enquanto o tubo oco 30 e as fixações são levantados. A válvula 54 pode abrir à medida que o tubo oco 30 é levantado devido ao peso do agregado 44 no lado superior da válvula 54. Alternativamente, a válvula 54 pode ser acionada por um mecanismo hidráulico, por exemplo, ou o tubo oco 30 pode ser levantado e agregado e então ser adicionado ao fluxo através da abertura da válvula 53 pela operação da válvula 54. Alternativamente, a válvula interna 38 pode ser aberta durante o levantamento ou após o levantamento. Alternativamente, se não houver nenhuma válvula 54, a tampa de sacrifício 64 será liberada da extremidade do elemento de coluna 32, geralmente pela força exercida pelo peso do material agregado 44 direcionado através do tubo oco 30 quando o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 é levantado até uma distância predeterminada do fundo 81 da cavidade da fundação formada 102.

[0102] A Figura 9 ilustra a ação subsequente de empurrar para baixo do tubo oco 30 e das fixações e o fechamento da válvula inferior 54 para comprimir o agregado 44 na porção da cavidade 85, forçando desse modo o agregado

44 e os aditivos opcionais lateralmente à matriz do solo 36, bem como verticalmente para baixo. À distância predeterminada do movimento de empurrar para baixo é tipicamente igual à distância de levantamento de 91 menos 30,48 centímetros (1 pé), a fim de produzir uma espessura terminada de elevação 72 de 30,48 centímetros (1 pé) seguindo a distância de levantamento predeterminada 91 do tubo oco 30. A espessura projetada da elevação 72 pode ser diferente de 30,48 centímetros (1 pé) dependendo dos requisitos da fundação agregada formada e das características de engenharia da matriz do solo 36 e do agregado 44. A compressão do material agregado 44 liberado na porção desocupada, desprotegida 85 da cavidade na Figura 7 para efetuar o movimento lateral do material agregado 44 horizontalmente, bem como a compressão do material agregado verticalmente, é importante na prática da invenção.

[0103] A Figura 10 ilustra a segunda formação de elevação ou a formação seguinte efetuada pelo levantamento do tubo oco 30 e das fixações à outra distância predeterminada 91A, tipicamente de 60,96 a 121,92 centímetros (24 a 48 polegadas), para permitir a abertura da válvula inferior 54 (no caso da utilização da realização que utiliza a válvula 54) e a passagem ou o movimento do agregado 44 e dos aditivos opcionais na porção da cavidade 85A que foi aberta ou exposta pelo levantamento do tubo 30.

[0104] O levantamento do tubo oco na faixa de 61 a 122 centímetros (2 a 4 pés) é típico, seguido pelo abaixamento (tal como descrito abaixo) para a formação de uma elevação da fundação agregada 72 que tem a dimensão vertical de 30,48 centímetros (1 pé) é típico para os materiais para a

formação da fundação, tal como descrito na presente invenção. A dimensão axial da elevação 72 pode desse modo estar na faixa de $3/4$ a $1/5$ da distância 91 que o tubo oco 30 é levantado. No entanto, a realização descrita nas Figuras 23-26 constitui um protocolo de compressão alternativo.

[0105] A Figura 11 ilustra o abaixamento do tubo oco 30 e das fixações e o fechamento da válvula inferior 54 para comprimir o agregado 44 na porção da cavidade lateralmente recém-exposta, desprotegida 85A ad Figura 10 e que força o agregado 44 e os aditivos opcionais à matriz do solo 36. A distância da ação de empurrar será igual à distância de levantamento menos a espessura projetada da elevação. Quando o método da tampa de sacrifício 64 é utilizado, a abertura inferior 50 pode permanecer aberta ao comprimir o agregado 44.

[0106] A Figura 18 ilustra uma fundação agregada formada parcialmente pelo processo descrito em que elevações múltiplas 72 são formadas sequencialmente pela compressão, e o tubo oco 30 é erguido à medida que o agregado 44 está preenchendo a porção da cavidade 85A. A Figura 19 ilustra uma fundação agregada completamente formada 76 pelo processo descrito. A Figura 20 ilustra uma fundação formada 76 com o elemento de âncora de levantamento 68, 70 ou o elemento indicador instalado. A Figura 21 ilustra uma etapa de pré-carregamento opcional em uma fundação agregada formada 76 pela colocação de um peso 75, por exemplo, na fundação formada, e um teste indicador de módulo opcional é realizado na fundação agregada formada 76 que compreende múltiplas elevações comprimidas 78.

[0107] As Figuras 23 a 26 ilustram um protocolo

alternativo para a formação de uma fundação utilizando o aparelho descrito. O tubo oco 30 é inicialmente forçado ou direcionado a uma matriz do solo 36 a uma profundidade desejada 100. A extremidade inferior extrema do elemento de coluna 32 inclui um mecanismo de válvula 54, uma tampa de sacrifício 64 ou similares. O ato de forçar o tubo oco 30 verticalmente para baixo no solo forma uma cavidade 102 (Figura 23). Supondo que o elemento de coluna de fundo especial 32 é geralmente cilíndrico, a cavidade 102 é geralmente cilíndrica e pode ou não manter a configuração de diâmetro completa associada com o formato e diâmetro do elemento de coluna de fundo especial 32.

[0108] Ao atingir a penetração desejada na matriz do solo 36 (Figura 23) e ao ter deslocado e adensado os solos da matriz que existiam anteriormente dentro da cavidade formada, o tubo oco 30 é levantado à parte superior da cavidade formada ou à parte superior da fundação agregada planejada (Figura 24) em uma elevação única. Enquanto é levantado, o material agregado 44 e os materiais aditivos opcionais são descarregados abaixo da extremidade inferior do elemento de coluna de fundo especial 32.

[0109] Opcionalmente, os materiais aditivos são descarregados no espaço anular 104 entre a seção superior 33 do tubo definido oco 30 e as paredes internas da cavidade formada 102.

[0110] Os materiais aditivos podem fluir através das passagens laterais auxiliares 108 ou dos condutos suplementares 110 no tubo oco 30. Enquanto o tubo oco 30 é levantado, a cavidade 102 é preenchida com o agregado e opcionalmente, com os materiais aditivos. Além disso, os

materiais aditivos no espaço anular 104 podem ser forçados para fora da matriz do solo 36, devido à configuração do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 enquanto é levantado.

[0111] O tubo oco 30 é levantado desse modo tipicamente substancialmente no comprimento completo da cavidade inicialmente formada 102 e então, tal como mostrado pela Figura 25, pode ser outra vez forçado para baixo, fazendo com que o material agregado na cavidade 102 seja comprimido e uma porção dos materiais agregados seja forçada lateralmente à matriz do solo 36 (Figura 25). A extensão do movimento descendente do tubo oco 30 depende de vários fatores que incluem o tamanho e o formato da cavidade 102, a composição e a mistura dos materiais agregados e dos aditivos, as forças conferidas pelo tubo oco 30 e as características da matriz do solo 36. Tipicamente, o movimento descendente é continuado até que a extremidade inferior ou o fundo do elemento de coluna de fundo especial 32 esteja em ou perto do fundo 81 da cavidade anteriormente formada 102 ou até que a recusa essencial do movimento descendente ocorra.

[0112] Após a conclusão do segundo movimento descendente, o tubo oco 30 é levantado tipicamente no comprimento completo da cavidade 102, descarregando outra vez o agregado e opcionalmente os materiais aditivos durante o levantamento e enchendo outra vez a cavidade recém-criada 102A (Figura 26). O ciclo de abaixamento completo e de levantamento completo é terminado pelo menos duas vezes e opcionalmente três ou mais vezes, para forçar mais agregado 44 e opcionalmente os materiais aditivos lateralmente à

matriz do solo 36. Além disso, os ciclos podem ser ajustados em vários padrões tais como levantamento e abaixamento completos seguidos por levantamento completo e abaixamento parcial ou levantamento parcial e abaixamento completos e as combinações destes. Alternativamente, após um ou mais ciclos completos de levantamento do tubo oco 30 com descarregamento do agregado e opcionalmente dos materiais aditivos, a operação subsequente pode ser a mesma ou similar à sequência de formação de fundação agregada típica, tal como descrito anteriormente, onde cada elevação é formada pelo levantamento e abaixamento a uma distância predeterminada.

[0113] Alternativamente, após a conclusão de uma única elevação, a fundação agregada resultante com ou sem materiais aditivos opcionais, as etapas adicionais de reentrada do tubo oco 30 e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 na fundação agregada de elevação única formado podem ser eliminadas. Em outras palavras, o aparelho pode ser utilizado para a formação de uma única fundação alongada dentro da matriz do solo que se estende do comprimento vertical da penetração do solo. A fundação agregada de elevação única com solos de matriz adjacentes densificados pode ser eficaz sem reforço ou endurecimento adicional. Uma situação em que uma fundação agregada de elevação única será tipicamente eficaz é na mitigação da liquefação durante eventos sísmicos quando os solos da matriz são liqueficáveis.

5.3 Considerações Resumidas

[0114] A água ou a argamassa fluida ou um outro líquido podem ser utilizados para facilitar o fluxo e a alimentação do material agregado 44 através do tubo oco 30. A

água pode ser alimentada diretamente ao tubo pode oco 30 ou através do funil 34. Pode estar sob pressão, ou uma coluna pode ser provida utilizando o funil 34 como um reservatório. A água, a argamassa fluida ou outro líquido permitem desse modo o fluxo eficiente do agregado, particularmente no tubo oco de diâmetro pequeno 30, isto é, do tubo com 12,7 a 25,4 centímetros (5 a 10 polegadas) de diâmetro. Tipicamente, o tamanho da passagem interna e/ou da abertura de descarga do tubo 30 é pelo menos quatro vezes o tamanho agregado máximo para todas as realizações descritas. Uma vez que cada elevação 72 tem aproximadamente 30,48 centímetros (12 polegadas) de altura vertical e o diâmetro interno do tubo 30 é de aproximadamente 15,24 a 25,4 centímetros (6 a 10 polegadas), a utilização de água como um lubrificante é especialmente desejável.

[0115] É observado que o diâmetro da cavidade 102 formada no solo da matriz 36 é relativamente menor do que em muitas técnicas de formação de fundação alternativas. O método de utilização de uma cavidade de diâmetro relativamente pequeno 102 ou uma abertura de dimensão pequena na matriz do solo 36 permite a ação de forçar ou direcionar um tubo 30 a uma profundidade significativa e a formação subsequente de uma fundação que tem as dimensões horizontais mensuravelmente maiores do que as dimensões externas do tubo 30. A utilização do agregado 44 com ou sem os aditivos que incluem materiais fluidos para a formação de uma ou mais elevações pela compressão e pelo deslocamento horizontal é desse modo permitida pelo tubo oco 30 e pelo elemento de coluna de fundo especial 32, tal como descrito. As elevações 72 são verticalmente comprimidas e o agregado 44 é forçado

transaxialmente, resultando uma construção de fundação altamente coerente e a produção de uma fundação agregada mais dura e mais forte com um diâmetro maior do que seu diâmetro de cavidade original.

5.4 Resultados do Teste

[0116] A Figura 22 ilustra os resultados do teste das fundações da presente invenção em comparação a uma fundação de concreto perfurado. O gráfico ilustra os movimentos de três fundações agregadas construídas de acordo com a invenção (curvas A, B, C) com uma fundação de concreto perfurado da técnica anterior (curva D), à medida que as fundações são carregadas com cargas crescentes às cargas máximas e então ao diminuir as cargas até a carga zero. Os testes foram realizados utilizando as seguintes condições de teste e utilizando uma fundação de concreto perfurado reforçado com aço, como fundação do teste de controle.

[0117] Um furo ou uma cavidade de aproximadamente 20,32 centímetros (8 polegadas) de diâmetro foi perfurada a uma profundidade de 6,1 metros (20 pés) e foi preenchida com concreto para a formação de uma fundação de concreto perfurado (teste D). Uma barra de reforço de aço foi colocada no centro da fundação de concreto perfurado para prover integridade estrutural. Uma forma cilíndrica de papelão de 30,48 centímetros (12 polegadas) de diâmetro foi colocada na porção superior da fundação para facilitar o teste de carga compressiva subsequente. O solo da matriz para todos os quatro testes era uma areia de fina a média com uma densidade média com as Contagens de Sopro de Penetração (SPTs) padrão que variam de 3 a 17 sopros por 30 centímetros (pé). O nível de água ficou localizado a uma profundidade de

aproximadamente 3,5 metros (10 pés) abaixo da superfície da terra.

[0118] As fundações agregadas da invenção, relatados como nos testes A, B e C, foram feitos com um tubo oco 30, 15,24 centímetros (6 polegadas) de diâmetro externo e com um elemento de coluna de fundo especial 32 com um diâmetro externo de 25,4 centímetros (10 polegadas). Os testes A e B utilizaram apenas o agregado. O teste C utilizou o agregado e a argamassa fluida cimentácea. O teste A utilizou movimentos de elevação predeterminados de 61 centímetros (2 pés) e movimentos de compressão para baixo de 30,48 centímetros (1 pé), resultando uma pluralidade de elevações de 30,48 centímetros (1 pé). O teste B utilizou movimentos predeterminados para cima de 91,4 centímetros (3 pés) e movimentos predeterminados para baixo de 61 centímetros (2 pés), outra vez resultando elevações de 30,48 centímetros (1 pé). O teste C utilizou movimentos predeterminados para cima de 61 centímetros (2 pés) e movimentos de compressão predeterminados para baixo de 30,48 centímetros (1 pé) e incluiu a adição da argamassa fluida cimentácea.

[0119] As análises dos dados podem ser relacionadas à rigidez ou ao módulo das fundações construídos. A uma deflexão de 1,27 centímetros (0,5 polegada), o teste A correspondeu a uma carga de 27 toneladas, o teste B correspondeu a uma carga de 35 toneladas, o teste C correspondeu a uma carga de 47 toneladas e o teste D correspondeu a uma carga de 16 toneladas. Desse modo, nesta quantidade de deflexão 1,27 centímetros (0,5 polegada) e utilizando o teste B como teste padrão e base

para a comparação, às razões de rigidez relativa para o teste B são de 1,0, para o teste A são de 0,77, para o teste C são de 1,34 e para o teste D são de 0,46. O padrão, o teste B, é 2,19 vezes mais duro do que a fundação do teste de controle, o teste D. O teste B padrão é 1,30 vezes mais duro do que o teste A, ao passo que o teste C com aditivo de argamassa fluida é 2,94 vezes mais duro do que a fundação de concreto da técnica anterior (teste D). Isto ilustra que o módulo das fundações formadas pela invenção é substancialmente superior ao módulo da fundação de concreto perfurado reforçado com aço (teste D). Estes testes também ilustram que o processo de movimento de elevação de 91,4 centímetros (3 pés) com o movimento de compressão para baixo de 61 centímetros (2 pés) era superior ao processo de movimento de elevação de 61 centímetros (2 pés) e o movimento de compressão para baixo de 30,48 centímetros (1 pé). Os testes também ilustram que a utilização do aditivo de argamassa fluida cimentícia aumentou substancialmente a rigidez da fundação formada para deflexões menores do que aproximadamente 1,91 centímetros (0,75 polegada), mas não aumentou substancialmente a rigidez da fundação formada em comparação ao teste B para deflexões maiores do que aproximadamente 2,30 centímetros (0,9 polegada).

[0120] Na realização descrita, há várias vantagens, uma vez que o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 do tubo oco ou do eixo oco 30 tem uma área em seção transversal maior. Primeiramente, a configuração do aparelho, ao utilizar um mecanismo de válvula inferior 54, reduz a possibilidade de que o material agregado fique obstruído no aparelho durante a formação da cavidade 102 na

matriz do solo 36, dessa maneira como quando o tubo oco 30 é retirado parcialmente da matriz do solo 36 para expor ou formar uma cavidade 85 dentro da matriz do solo 36.

[0121] Além disso, a configuração permite que a energia adicional dos vetores de força estática e dos vetores de força dinâmica sejam conferidos através do elemento de coluna de fundo 32 do aparelho e que afetam o agregado 44 na cavidade 70. Outra vantagem é que a fricção do tubo oco 30 no lado da cavidade formada 102 na terra é reduzida devido ao diâmetro eficaz do tubo oco 30 que é menor do que o diâmetro eficaz do elemento de coluna de fundo 32 e que é, portanto, menor do que o diâmetro inicial da cavidade formada. Isto permite a introdução no solo mais rapidamente e também permite a compressão através das formações que podem ser consideradas como sendo mais firmes ou rígidas. O elemento de coluna com uma área em seção transversal maior 32 também intensifica a capacidade de prover uma seção de cavidade 102 dimensionada para receber o agregado 44 que tem um volume maior do que deve ser associado com o restante do eixo oco 30 que provê, desse modo, um material adicional para o recebimento das forças longitudinais (ou axiais) e transversais (ou transaxiais) ao formar a elevação 72. A fricção reduzida do tubo oco 30 no lado da cavidade formada 102 no solo 36 também provê a vantagem de levantamento mais fácil do tubo oco 30 durante a formação da fundação e impede que o tubo oco 30 fique preso dentro da matriz do solo.

[0122] No processo da invenção, a elevação mais baixa 72 pode ser formada com um diâmetro eficaz maior e ter uma quantidade diferente de agregado provida na mesma. Desse modo, a elevação mais baixa 72 ou a elevação mais baixa no

fundação 76 pode ser configurada para ter uma seção transversal maior, bem como uma profundidade maior ao formar uma base para a fundação 76. Por exemplo, a porção mais baixa ou a elevação mais baixa 72 pode ser criada ao levantar o eixo oco 30 122 centímetros (4 pés) e então abaixar o tubo oco 30 91,4 centímetros (3 pés), reduzindo desse modo à altura da elevação 72 a 30,48 centímetros (1 pé), ao passo que as elevações subsequentes 72 podem ser criadas ao levantar o eixo oco 30 91,44 centímetros (3 pés) e então abaixar o tubo oco 30 61 centímetros (2 pés), reduzindo desse modo à espessura da elevação 72 a 30,48 centímetros (1 pé).

[0123] A fundação agregada terminada 76 pode, tal como mencionado acima, ser pré-carregado depois de ser formado ao aplicar uma carga estática ou uma carga dinâmica 75 na parte superior da fundação 76 por um período de tempo definido (vide a Figura 21). Desse modo, uma carga 75 pode ser aplicada à parte superior da fundação agregada 76 por um período de tempo de 15 segundos a 15 minutos ou mais. Esta aplicação de força também pode prover um "teste indicador de módulo", ao passo que uma carga estática 75 aplicada à parte superior da fundação 76 pode ser acompanhada pela medição da deflexão resultante sob a carga estática 75. O teste indicador de módulo pode ser incorporado no pré-carregamento de cada fundação para satisfazer duas finalidades com uma atividade; a saber, (1) a aplicação de um pré-carregamento; e (2) a execução de um teste indicador de módulo.

[0124] O material agregado 44 que é utilizado na produção da fundação 76 pode ser variado. Isto é, a pedra agregada limpa pode ser colocada em uma cavidade 85. Tal pedra pode ter um tamanho nominal de 40 mm do diâmetro, com

menos de 5% tendo um diâmetro nominal de menos de 2 mm. Subsequentemente, uma argamassa fluida pode ser introduzida no material formado, tal como descrito acima. A argamassa fluida pode ser introduzida simultaneamente com a introdução do agregado 44, ou antes ou depois disso.

[0125] Quando uma frequência de vibração é utilizada para conferir uma força dinâmica, a frequência de vibração da força conferida sobre o eixo oco ou o tubo oco 30 fica preferivelmente em uma faixa entre 300 e 3,000 ciclos por minuto. A razão dos vários diâmetros entre o tubo ou o eixo oco 30 e o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 fica tipicamente na faixa de 0,92 a 0,50. Tal como mencionado anteriormente, o ângulo do chanfro inferior pode ficar tipicamente entre 30° e 60° em relação a um eixo longitudinal 35.

[0126] Como uma característica adicional da invenção, o método para a formação de uma fundação pode ser executado ao introduzir o tubo oco 30 com o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 à profundidade total 81 da fundação pretendida. Subsequentemente, o tubo oco 30 e o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 serão levantados ao comprimento completo da fundação pretendida em um movimento contínuo à medida que o agregado e/ou a argamassa fluida ou outro líquido são liberados ou injetados na cavidade enquanto o tubo oco 30 e o elemento de coluna de fundo especial 32 são levantados. Subsequentemente, ao alcançar a parte superior da fundação pretendida, o tubo oco 30 e o elemento de coluna de fundo especial 32 podem ser outra vez estaticamente empurrados e opcionalmente aumentados pelo mecanismo de força dinâmica de vibração vertical e/ou de

calcamento para baixo em direção ao fundo da fundação em formação. O agregado 44 e/ou a argamassa fluida ou outro material que preenche a cavidade como descarregado anteriormente será movido transaxialmente na matriz do solo à medida que é deslocado pelo tubo oco 30 e pelo elemento de coluna de fundo especial 32, que se movem para baixo. O processo pode ser então repetido com o tubo oco 30 e o elemento de coluna de fundo especial 32 levantados ao comprimento ou profundidade restante do fundação pretendido ou um comprimento menor em cada caso com o material agregado e/ou o líquido sendo preenchido na cavidade recém-criada à medida que o tubo oco 30 é levantado. Dessa maneira, o material que forma a fundação pode compreender uma elevação ou uma série de elevações com material agregado extra e argamassa fluida opcional e/ou outros aditivos transferidos lateralmente aos lados da cavidade oca à matriz do solo.

[0127] Alternativamente, a última sequência pode ser idêntica ou similar ao método de formação de fundação agregada "típico" da presente invenção, ao passo que elevações finas são formadas ao levantar e abaixar o tubo oco 30.

[0128] É observado que o mecanismo para a execução dos procedimentos e dos ditos métodos acima pode operar de uma maneira acelerada. A movimentação do tubo oco 30 e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 para baixo pode ser efetuada um tanto rapidamente, por exemplo, em questão de dois minutos ou menos. O levantamento incremental do tubo oco 30 e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo a uma distância parcial ou completa dentro da cavidade formada pode levar ainda menos tempo, dependendo da distância

do movimento de levantamento 32 e da taxa de levantamento. Desse modo, a fundação agregada é formado a partir da matriz do solo 36 dentro de alguns minutos. A taxa de produção associada com a metodologia e o aparelho da invenção é, portanto, significativamente mais rápida.

5.5 Características Adicionais

[0129] As Figuras 27 a 36 ilustram características e realizações adicionais da invenção. Com referência às Figuras 27, 27A e 27B, é ilustrado diagramaticamente um aparelho que inclui um tubo oco 500 acoplado a um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 502. O elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 502 inclui um corpo central 501 que é geralmente cilíndrico com uma seção ou superfície 504 de formato cônico ou frustocônico para baixo e inclinada para dentro unida a uma seção ou superfície geralmente horizontal 505 com uma abertura 506 através da mesma para a passagem de materiais tais como o material agregado, o material cimentício, a argamassa fluida ou combinações destes. Uma placa horizontal separada 508 com hastes que se estendem geralmente verticalmente 510 e 512 é posicionada contra a tampa de fechamento 508a adaptada contra a superfície 505. As hastes 510 e 512 se adaptam ao longo da parte externa da combinação do tubo oco 500 e do elemento de coluna de fundo 502. A placa 508 pode estar na forma de uma barra reforçada pelas placas angulares 508B e 508C. A placa 508 acopla a tampa ou a placa circular 503 que inclui os pinos verticais 511 que se alinham à placa 508 com a abertura 506 cobrindo a abertura 506 ou na forma de uma grade ou outro elemento geralmente horizontal que é transportado durante a colocação descendente do tubo oco 500 e do elemento de coluna

de fundo em forma de bulbo 502 no solo durante a penetração inicial da matriz do solo. Então, quando da retirada do tubo oco 500 e do elemento de coluna 502, a placa 508 e as hastes 510 e 512 bem como a tampa 503 permanecem no lugar na extremidade inferior da fundação em formação. As hastes, tais como as hastes 510 e 512, podem servir, tal como mostrado na Figura 29, como uma âncora de levantamento ou como descrito na Figura 30, podem servir como hastes indicadoras para testes de carga. Desse modo, tal como ilustrado nas Figuras 29 e 30, as hastes indicadoras 510 e 512 em combinação com o elemento de placa de conexão inferior 508 contemplam o posicionamento do conjunto ilustrado na parte externa do tubo oco 500 e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 502, ainda que sirvam para ser posicionadas sob a extremidade inferior de uma fundação agregada formada tal como a fundação 520 na Figura 29 ou a fundação 522 na Figura 30.

[0130] A Figura 28 ilustra uma variação do aparelho que pode ser utilizado para a prática da invenção. Neste aparelho alternativo, um tubo oco 526 compreende uma série de seções do tubo conectadas ou aparafusadas 528, 530 e 532, que se estendem longitudinalmente a partir de um funil elevado 534 ou podem se estender longitudinalmente diretamente do tubo oco.

[0131] A porção em seção transversal menor do tubo oco 526 é conectada ao elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 536. Dessa maneira, o peso total da seção do tubo oco pode ser reduzido; contudo, o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 536 irá prover um dispositivo adequado e um diâmetro adequado para a penetração em uma matriz do solo. O tubo oco 526 também irá prover um canal

adequado para a passagem do agregado, da pedra triturada, da pedra arredondada, do concreto triturado, da argamassa fluida, do material cimentício ou de outros materiais de formação de fundação, ou combinações destes.

[0132] Numerosas variações do tubo oco em seção múltipla podem ser praticadas, embora a sequência típica seja para que as seções diminuam na área em seção transversal da parte superior à inferior. As variações exemplificadoras incluem as seções que aumentam na área em seção transversal em direção à extremidade superior do tubo oco. As seções podem aumentar na área em seção transversal e então diminuir. Elas podem ter a mesma área em seção transversal, mas configurações em seção transversal distintas. Podem ser seções integralmente conectadas ou destacáveis.

[0133] Combinações destas características descritas podem ser utilizadas. As seções separadas podem ser pré-montadas ou podem ser montadas uma a uma em um sítio de trabalho à medida que a penetração do solo ocorre. Tipicamente, elas são pré-montadas.

[0134] A Figura 31 ilustra uma combinação de características para a utilização com um tubo oco 540 e um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 542 que facilitam o alinhamento do tubo oco 540 para a penetração no solo. Desse modo, um dispositivo guia de alinhamento especial 544 na forma de um anel de suporte anular se ajusta em torno do tubo oco 540 e é preso ao mecanismo de movimentação. O dispositivo guia de alinhamento 544 serve para guiar a combinação do tubo oco 540 e do elemento de coluna de fundo 542 na direção desejada e posição em uma matriz do solo. O guia de alinhamento ou o elemento 544 também impedem a

"expulsão" do tubo oco 540, especialmente quando o solo da matriz é duro ou denso. Um ou mais de tais dispositivos guias de alinhamento 544 podem ser utilizados. O tubo oco 540 é geralmente montado de maneira deslizável ou móvel dentro do guia 544.

[0135] A Figura 32 ilustra uma característica que pode ser incorporada no elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 542, a saber, a colocação de um dispositivo sensor 546 dentro do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 542 para detectar as forças conferidas pela coluna em forma de bulbo ou pelo elemento de coluna de fundo 542 no material que está sendo descarregado do mesmo, bem como na matriz do solo.

[0136] A força aplicada pode ser representada com o tempo para prover um padrão do efeito do elemento de coluna de fundo 542 quando da compressão do agregado e quando da penetração da matriz do solo.

[0137] A Figura 33 ilustra um mecanismo utilizado para forçar o tubo oco 550 e unido ao elemento de coluna (não mostrado na Figura 33) para baixo em uma matriz do solo (não mostrada na Figura 33). Mais especificamente, a extremidade superior 554 do tubo oco 550 é adaptada em uma seção cilíndrica curta 553 de um tubo guia 555 soldado a um tubo de conexão 557, por sua vez, soldado a um ajuste de metal sólido 559 com uma placa 552. A placa 552 é uma placa horizontal e, desse modo, as forças direcionadas axialmente contra essa placa 552 se chocam com a placa 552 contra a extremidade superior 554 do tubo oco 550. Um martelo vibratório 556 inclui uma placa de acoplamento 558 que pode ser adaptada contra a placa 552 e que é acoplada à mesma por

meio de hastes ou prendedores 561 que se projetam através das aberturas, tal como a abertura 560, e as travas 562 retêm as placas 552 e 558 unidas. O martelo vibratório 556 pode ser então operado para vibrar e mover o tubo oco 550 e o elemento de coluna (não mostrado) para baixo na matriz do solo sobre o agregado descarregado compacto, etc.

[0138] A Figura 34 ilustra uma forma ou formato de um dispositivo de pré-penetração que pode ser utilizado em combinação com um aparelho de tubo oco e de elemento de coluna tal como descrito anteriormente. Mais particularmente, um dispositivo de pré-penetração pode ser utilizado para a formação de uma abertura ou uma passagem primária dentro uma matriz do solo, em particular, um solo duro ou de densidade média. O dispositivo pode compreender uma haste vertical 570 com uma extremidade principal 572 que é formada ou configurada para facilitar a penetração no solo, tal como tendo o formato de um cone, por exemplo.

[0139] Geralmente, a extremidade de diâmetro grande do cone 572 é menor do que a dimensão transversal máxima de um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo associado com uma etapa subsequente no processo, a saber, a etapa de utilização de um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo e do tubo oco para penetração na matriz do solo. O formato e a configuração da extremidade penetrante 572, no entanto, podem ser variados para atingir o objetivo de prover um dispositivo para facilitar a criação de uma passagem inicial na matriz do solo em que um tubo oco e um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo associado subsequentemente serão movidos ou introduzidos.

[0140] A Figura 35 ilustra outro aspecto do

método da invenção. Isto é, o método compreende geralmente a utilização de um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo, tal como descrito, e um tubo oco associado com o mesmo para construir uma seção ou porção de uma fundação agregada, tal como uma seção inferior 584, dentro de uma matriz do solo 586. A região acima da seção inferior 584 pode compreender subsequentemente uma construção de fundação, a saber, uma construção de fundação 588, construída de acordo com algum outro ensinamento, por exemplo, o ensinamento como determinado na Patente Norte-americana n°. 5.249.892. A combinação de seções de fundação do tipo associada com o método da presente invenção em combinação com outros métodos de formação de fundação é especialmente desejável ou útil, uma vez que as tecnologias são compatíveis, e permite a construção de fundações mais profundas de uma maneira altamente eficiente e extremamente rápida, uma vez que as características associadas com as seções respectivas se complementam. Por exemplo, a porção superior da fundação formada por um ensinamento ou método e aparelho pode ser de uma capacidade maior do que a porção inferior da fundação associada com o método da presente invenção. As tensões das cargas são maiores na porção superior de um sistema de fundação combinada. Dois ou mais de dois tipos de construções de fundação em alinhamento vertical são considerados como dentro do âmbito da invenção.

[0141] A Figura 36 é uma vista diagramática que ilustra uma vista em planta inferior típica de um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo feito de acordo com a invenção. Tal como descrito anteriormente, o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 600 é um elemento em forma

de bulbo e tem uma dimensão em seção transversal maior do que aquela do elemento de tubo oco 602 unido de maneira adjacente ao mesmo. A extremidade distante distal 590 do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo inclui tipicamente uma abertura 592 através da qual o material, tal como agregado ou pedra triturada, pedra lisa, concreto triturado, argamassa fluida, materiais cimentícios ou similares, flui durante a prática do método. A abertura inferior 592, tal como descrito em várias Figuras, é tipicamente de uma dimensão menor do que a face horizontal 590 na extremidade distal extrema 590 do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 600. A abertura 592, desse modo, é tipicamente menos da metade da área de superfície da área em seção transversal do elemento de coluna de fundo 600. A superfície 590 com a abertura 592 conecta com uma superfície formada 594 que tem geralmente um formato cônico. Tal como descrito anteriormente, no entanto, outros formatos podem ser utilizados para prover uma transição da superfície externa 596 do elemento de coluna em forma de bulbo 600 à superfície inferior extrema 590 do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 600. Além disso, a abertura 592, tal como descrito anteriormente, é coberta inicialmente por uma placa ou uma tampa de sacrifício ou uma tampa fechável, por exemplo, durante a penetração inicial da matriz do solo.

[0142] As Figuras 37 e 38 ilustram uma realização adicional da invenção. Com referência primeiramente à Figura 37, é ilustrado um elemento de coluna em forma de bulbo 600 que é unido a uma tubulação ou mandril oco 602. A tubulação ou o mandril oco 602 inclui geralmente uma segunda tubulação ou mandril oco de menos diâmetro com

comprimento igual; a saber, a tubulação 604 posicionada de maneira deslizável no mesmo. Os tubos ou tubulações ocas 602 e 604 são unidos por parafusos ou pinos 606 e 608 adaptados através da extremidade superior do tubo oco externo 602 e da extremidade superior do tubo oco interno 604. O tubo oco interno 604 inclui adicionalmente na extremidade inferior do mesmo as passagens ou aberturas 610 e 612 discutidas com respeito à Figura 38.

[0143] Com referência à Figura 38, o mandril ou o tubo interno 604 pode se encaixar longitudinalmente na direção do eixo longitudinal 616 para cima relativamente ao mandril inferior ou tubo oco 602 que é unido ao elemento de coluna em forma de bulbo 600. Os pinos ou parafusos 606 e 608 são removidos da conexão do tubo externo 602 ao tubo interno 604 tal como mostrado na Figura 37 e então são re-introduzidos através das aberturas e, em particular, através das aberturas 610 e 612 para alongar desse modo o limite operacional eficaz ou o comprimento do elemento de tubo oco que compreende a combinação de comprimentos do tubo oco 602 de um diâmetro menor e maior e do tubo oco de diâmetro superior ou inferior 604. Um funil ou outro mecanismo pode ser provido para direcionar o material agregado ao interior dos tubos ocos 602 e 604.

[0144] A realização das Figuras 37 e 38 é especialmente útil por permitir a prática da metodologia associada com a invenção em profundidades maiores dentro de uma matriz do solo. Isto é, o nível da matriz do solo é representado pelo nível de superfície 622 na Figura 37. A combinação do elemento de coluna em forma de bulbo 600 e dos tubos ocos 602 e 604 pode ser colocada na matriz do solo à

profundidade tal como ilustrado na Figura 37. Então, com referência à Figura 38, os tubos 602 e 604 podem ser encaixados e direcionados a uma profundidade maior. Isto é, o tubo oco interno 604 pode ser estendido tal como mostrado na Figura 38 e o conjunto inteiro pode ser então abaixado ou colocado adicionalmente no solo. Dessa maneira, a combinação do elemento de coluna em forma de bulbo 600 e dos tubos ocos 602 e 604 pode ser introduzida a uma profundidade muito maior mais fácil e rapidamente. O material alimentado através do tubo oco 602 e 604 pode ser então alimentado no mesmo ao utilizar metodologias tais como aquelas descritas anteriormente. Os tubos encaixáveis 602 e 604 permitem um aumento significativo da profundidade que a metodologia da invenção pode ser praticada de uma maneira muito rápida, eficiente e econômica. Naturalmente, todas as outras características descritas anteriormente podem ser utilizadas em combinação com os mandris ou tubos encaixáveis descritos com respeito às Figuras 37 e 38. Além disso, os tubos encaixáveis adicionais podem ser utilizados, embora possa haver um limite prático para tal utilização. Tipicamente, o tubo 602 de diâmetro maior é unido ao elemento de coluna 600 e posicionado na parte externa do tubo encaixável seguinte 604, tal como ilustrado nas Figuras 37 e 38, embora o contrário também possa ser adotado com um tubo de diâmetro maior que fica na parte externa do tubo de diâmetro menor e do tubo de diâmetro maior que é o tubo que é levantado ou estendido para cima ou afastado do elemento de coluna em forma de bulbo 600.

OBSERVAÇÕES FINAIS

[0145] Várias modificações e alterações podem

ser, desse modo, feitas na metodologia bem como no aparelho, as quais estão dentro do âmbito da invenção. Desse modo, é possível variar a construção e o método de operação da invenção sem que se desvie do caráter e âmbito da mesma. Configurações, tamanhos, perfis em seção transversal e comprimentos alternativos do tubo oco podem ser utilizados. O elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 pode ser variado em sua configuração e utilização. A válvula inferior 54 pode ser variada em sua configuração e utilização, ou pode ser eliminada pela adoção de uma tampa de sacrifício. A extremidade principal do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo 32 pode ter qualquer formato apropriado. Por exemplo, pode ser pontuda, cônica, sem corte, angular, em formato de parafuso ou qualquer formato que facilite a penetração no solo da matriz e a compressão do material agregado descarregado. O elemento de coluna de fundo ampliado ou em forma de bulbo 32 pode ser utilizado em combinação com uma ou mais seções de diâmetro externo diferentes do tubo oco 30 que tem vários formatos ou configurações. Portanto, a invenção só deve ser limitada pelas seguintes reivindicações e equivalentes das mesmas.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA A FORMAÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA EM UM SOLO DA MATRIZ (36), que compreende as etapas de:

(a) formação de uma cavidade (102) alongada que tem um eixo (35) inferior de paredes laterais e longitudinal no solo da matriz (36) ao abaixar um tubo oco (30) com um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) que tem uma extremidade aberta na extremidade extrema do mesmo que inclui um mecanismo de fechamento para fechar a extremidade aberta extrema, caracterizado pela extremidade aberta estar alinhada com o tubo oco (30), em que o dito elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) é configurado com uma porção da área em seção transversal maior do que a área em seção transversal do tubo oco (30) conectado adjacente e ainda compreender uma extremidade principal (50) cônica para cima e para fora do fundo do mesmo e uma borda de condução (63) cônica para baixo e para fora no topo da mesma na conexão entre o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) e o tubo oco (30), definindo superfícies configuradas para prover forças vetoriais transaxiais e axiais para fora no solo da matriz (36) quando abaixado e levantado para fora do solo da matriz (36), dito elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) tendo um comprimento entre a extremidade principal (50) e a borda de condução (63) de pelo menos uma vez o diâmetro do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32), em que o dito mecanismo de fechamento se fecha durante a formação da cavidade (102) alongada para impedir a descarga de material agregado (44) do elemento de coluna de fundo durante a formação da cavidade (102) e para impedir a

obstrução do elemento de coluna de fundo ou do tubo oco (30) com materiais do solo da matriz (36) durante a penetração e formação da cavidade (102) alongada;

(b) levantamento do tubo oco (30) a uma primeira distância incremental predeterminada na cavidade (102) formada;

(c) abertura do mecanismo de fechamento quando o tubo oco (30) é levantado;

(d) alimentação do material agregado (44) de formação de fundação através da extremidade aberta extrema do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) na porção da cavidade (102) revelada ao levantar o tubo oco (30) à dita primeira distância incremental; e

(e) abaixamento do tubo oco (30) e do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) em sincronia a uma segunda distância incremental predeterminada para comprimir o material agregado (44) descarregado na cavidade (102) pelo impacto da força da força transaxial para fora e axial do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) na superfície do material agregado (44) descarregado ao deslocar uma porção do material agregado (44) de formação de fundação transaxialmente para fora contra e dentro das paredes laterais da cavidade (102) preenchida.

2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo tubo oco (30) ser forçado inicialmente a uma distância predeterminada no solo da matriz (36) para a formação de uma cavidade (102) alongada.

3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por incluir a etapa de provisão de uma força estática no tubo oco (30) para efetuar o direcionamento do

tubo oco (30) e para efetuar a compressão do agregado descarregado.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por incluir a etapa de provisão de uma força axial dinâmica e uma força estática no tubo oco (30) para efetuar o direcionamento do tubo oco (30) e para efetuar a compressão do agregado descarregado.

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela cavidade (102) alongada ou uma porção de seu diâmetro ser formada inicialmente ao pré-perfurar ou pré-penetrar o solo da matriz (36) para a formação de uma cavidade (102) alongada com diâmetro aproximadamente igual àquele do elemento de coluna de fundo ou ligeiramente menor do que o diâmetro do elemento de coluna de fundo e ao subsequentemente abaixar ou parcialmente abaixar e parcialmente forçar o tubo oco (30) com o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) na cavidade (102) alongada pré-formada.

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir a repetição das etapas (b) a (e).

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir a etapa de fechamento do mecanismo de fechamento antes da compressão.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir a etapa adicional de alimentação separada de um material em combinação com o material agregado (44) para facilitar o fluxo do agregado e/ou para aumentar a força e/ou a rigidez da fundação agregada formada.

9. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela etapa de compressão do agregado

descarregado compreender a redução da dimensão axial da elevação comprimida até aproximadamente 1/2 a 1/4 do agregado não-comprimido a uma distância incremental para a formação de uma elevação do agregado comprimido que tem uma dimensão axial vertical de aproximadamente 1/2 a 1/4 da distância incremental do aparelho que foi levantado durante a etapa (b).

10. MÉTODO PARA A FORMAÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA EM UM SOLO DA MATRIZ (36), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender as etapas de:

(a) formação de uma cavidade (102) alongada que tem um eixo (35) inferior de paredes laterais e longitudinal em um solo da matriz (36) ao posicionar um tubo oco (30) com um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) no solo da matriz (36) a uma profundidade predeterminada, em que o dito elemento de coluna de fundo tem um formato em forma de bulbo com uma área em seção transversal máxima maior do que o tubo oco (30) unido adjacente a isso, o dito elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) ainda compreende uma extremidade principal (50) cônica para cima e para fora do fundo do mesmo, e uma borda de condução (63) cônica para baixo e para fora no topo da mesma na conexão entre o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) e o tubo oco (30), definindo superfícies configuradas para transmitir forças transaxiais e axiais para fora quando abaixado e levantado para fora do solo da matriz (36) e no material agregado (44) e tendo uma abertura de descarga de extremidade inferior extrema com uma placa de tampa, a abertura de descarga estando alinhado com o tubo oco (30), dito elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) tendo um comprimento entre a extremidade principal

(50) e a borda de condução (63) de pelo menos uma vez o diâmetro do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32);

(b) levantamento do tubo oco (30) a uma distância incremental a partir do fundo da cavidade (102);

(c) abertura da abertura de descarga inferior e alimentação do material de formação de fundação através do tubo oco (30) na cavidade (102) quando do levantamento do tubo oco (30); e

(d) compressão vertical do material de formação de fundação com o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) ao direcionar o tubo oco (30) e o elemento de coluna de fundo para baixo em sincronia em direção ao fundo da cavidade (102) ao deslocar uma porção do material de formação de fundação transaxialmente nas paredes laterais da cavidade (102).

11. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir adicionalmente a etapa de formação de uma segunda fundação ou de um segmento de estaca de compactação de um tipo não formado pelo método de acordo com a reivindicação 1 sobre uma fundação agregada formada pelo método de acordo com a reivindicação 1.

12. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir a etapa adicional de pré-carregamento da fundação agregada formada para aumentar a sua capacidade e força.

13. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir a etapa de colocação de uma ou mais hastes geralmente alinhadas com o tubo oco (30), sendo que a dita haste ou as ditas hastes se estendem para cima de uma

placa.

14. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela primeira distância incremental ser variada por pelo menos uma das repetições.

15. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela primeira distância incremental ser substancialmente igual à altura da fundação a ser formado.

16. APARELHO PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO AGREGADA DE REFORÇO DO SOLO EM UMA MATRIZ DO SOLO, que compreende, em combinação:

(a) um tubo oco (30) alongado que tem um eixo (35) longitudinal com uma abertura de entrada de material e um elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) que tem uma extremidade de descarga inferior aberta, sendo que a seção transversal externa e diâmetro do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) é maior do que a seção transversal externa e diâmetro do tubo oco (30) adjacente à mesma para formar desse modo uma seção de elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) do tubo oco (30) que tem um formato e tamanho maior do que o formato em seção transversal externo e um tamanho em seção transversal externo do tubo oco (30) adjacente à extremidade em forma de bulbo; caracterizado por

(b) o dito elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) ainda compreender uma extremidade principal (50) cônica para cima e para fora do fundo do mesmo, e uma borda de condução (63) cônica para baixo e para fora no topo da mesma na conexão entre o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) e o tubo oco (30), definindo superfícies configuradas para transmitir forças transaxiais e axiais para

fora quando do movimento descendente e ascendente no solo da matriz (36) e no material agregado (44), e dito elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) tendo um comprimento entre a extremidade principal (50) e a borda de condução (63) de pelo menos uma vez o diâmetro do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32); e

(c) o dito elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) inclui uma abertura de descarga de material na extremidade extrema da mesma alinhado com o tubo oco (30) e compreendendo ainda uma placa de tampa removível ou uma válvula que pode abrir e fechar.

17. APARELHO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo tubo oco (30) compreender adicionalmente seções múltiplas, sendo que cada uma delas tem uma área em seção transversal distinta.

18. APARELHO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por incluir adicionalmente pelo menos duas hastes do tubo oco (30) e do elemento de coluna montadas externamente, sendo que as ditas hastes são unidas a uma placa externa ao tubo oco (30) e ao elemento de coluna.

19. APARELHO, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelas hastes compreenderem as hastes de âncora de levantamento como parte de um sistema de âncora de levantamento.

20. APARELHO, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelas hastes compreenderem elementos indicadores.

21. APARELHO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por incluir adicionalmente um mecanismo de alinhamento para estabilizar o tubo oco (30) e impedir que

ele seja transferido lateralmente.

22. APARELHO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por incluir adicionalmente um dispositivo sensor de detecção de pressão montado dentro do elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) para detectar a pressão.

23. APARELHO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por ser utilizado em combinação com um dispositivo de pré-penetração da matriz do solo separado para a formação de uma cavidade (102) antes de introduzir o tubo oco (30) alongado com o elemento de coluna de fundo em forma de bulbo (32) na terra.

24. APARELHO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por incluir adicionalmente uma primeira placa montada ao tubo oco (30) e uma segunda placa unida a um martelo vibratório, sendo que as ditas primeira e segunda placas podem ser conectadas pelas hastes de conexão e por um mecanismo de fechamento.

25. APARELHO, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo dito tubo compreender pelo menos duas seções longitudinais encaixáveis e uma das ditas seções é unida ao dito elemento de coluna de fundo.

26. APARELHO, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado por incluir um mecanismo de fixação liberável para unir as seções em uma configuração não-encaixável.

27. APARELHO, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelas ditas seções serem concêntricas.

28. APARELHO, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelas seções compreenderem uma primeira seção de diâmetro maior unida ao elemento de coluna e uma segunda

seção posicionada de maneira deslizável dentro da primeira seção.

29. APARELHO, de acordo com a reivindicação 25, caracterizado por incluir um pino radial que conecta as seções de maneira removível.

FIG. 1

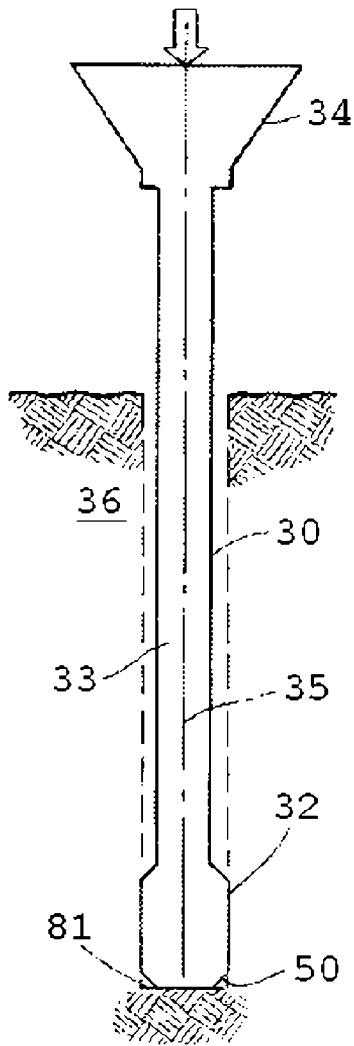


FIG. 2

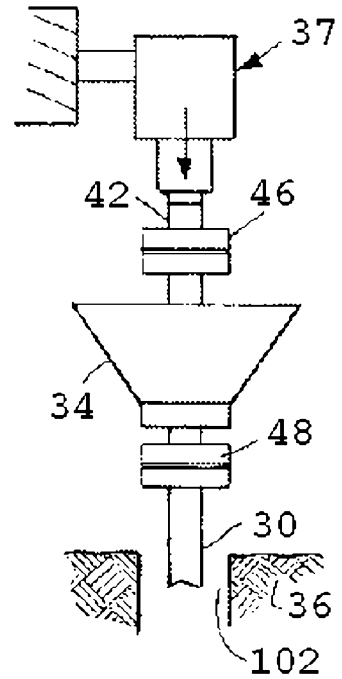
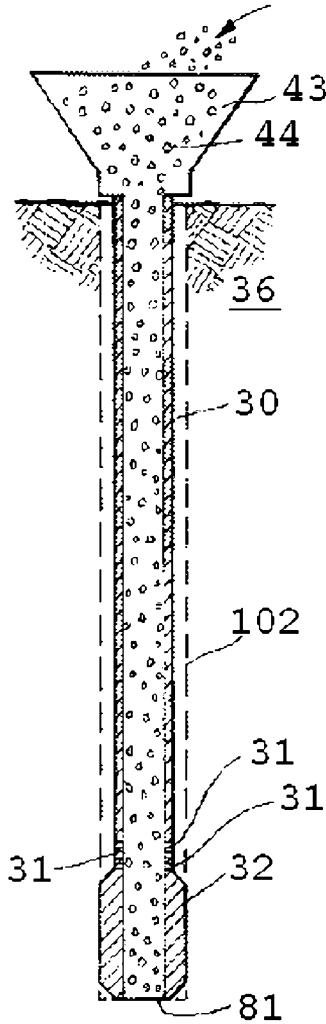


FIG. 3

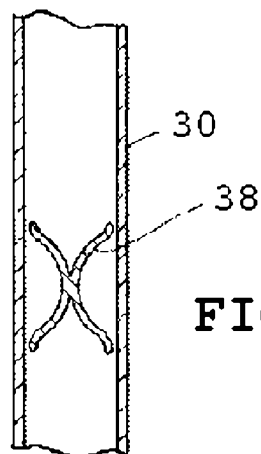


FIG. 4

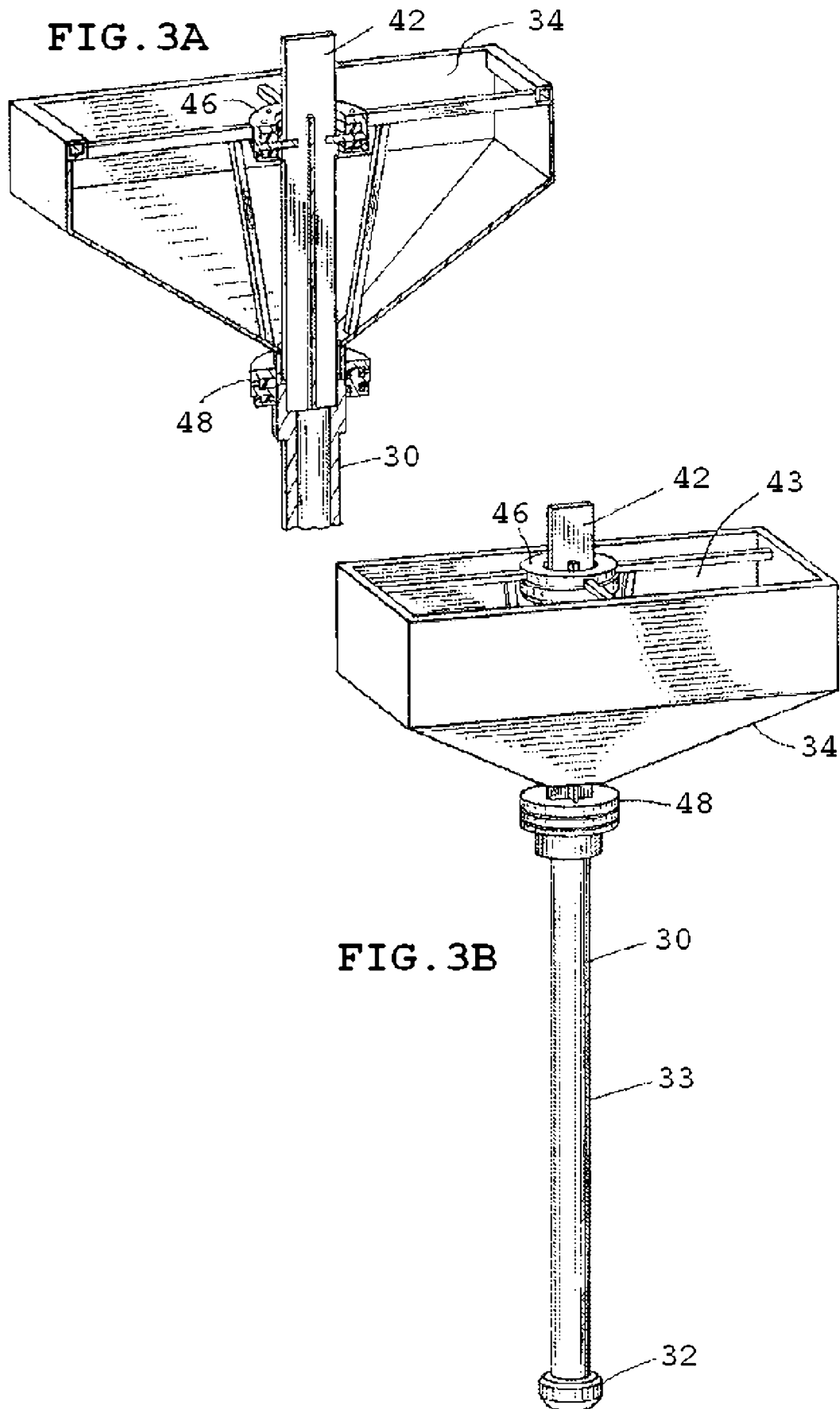


FIG. 5

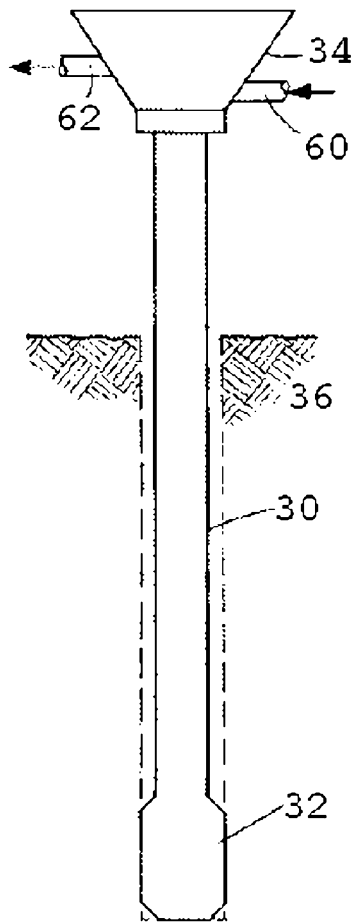


FIG. 6

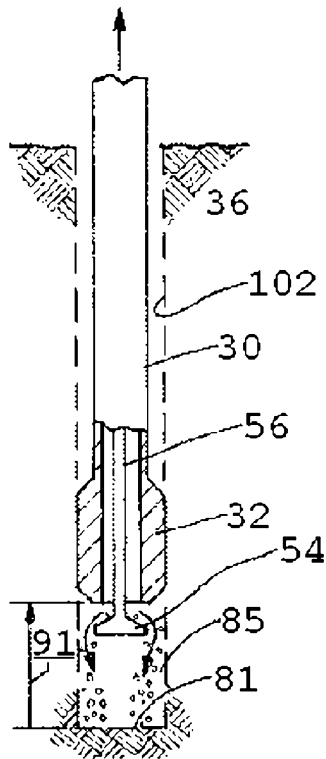


FIG. 7

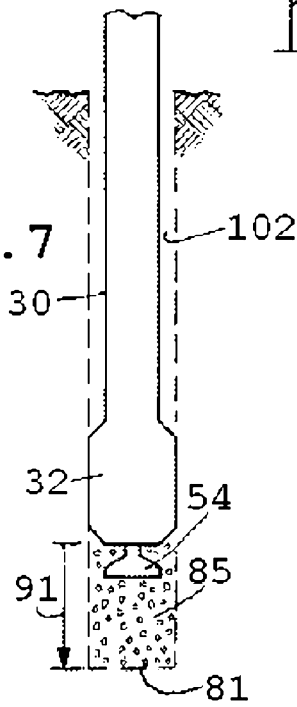


FIG. 8B

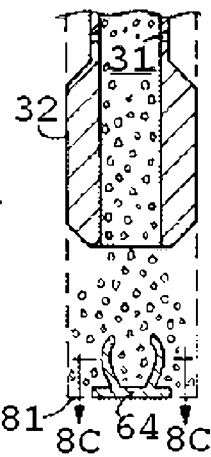


FIG. 8A

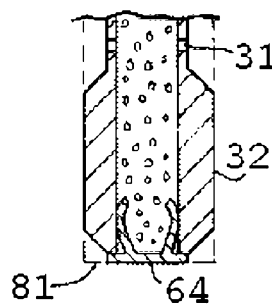
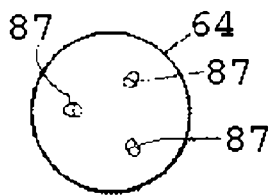


FIG. 8C



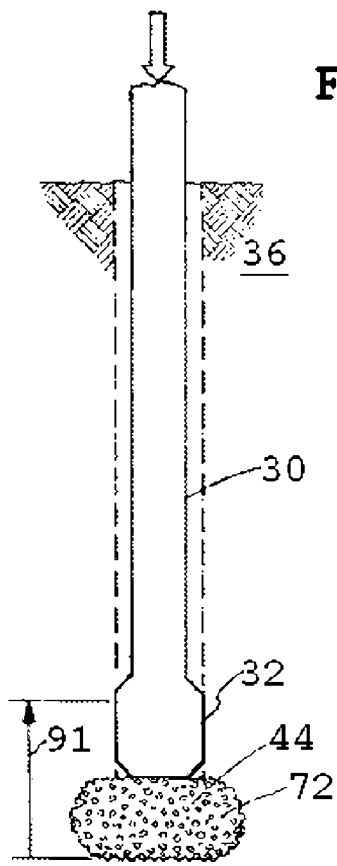


FIG. 9

FIG. 12

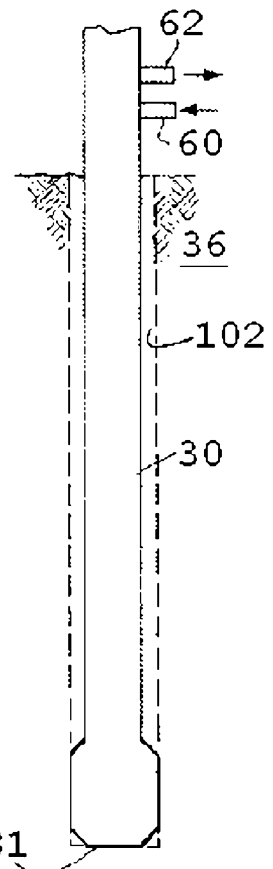
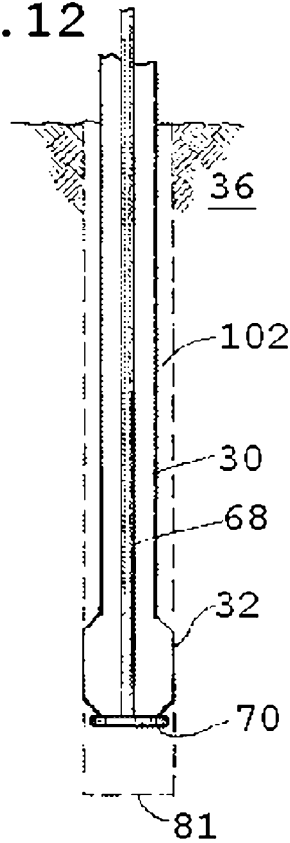


FIG. 13

FIG. 10

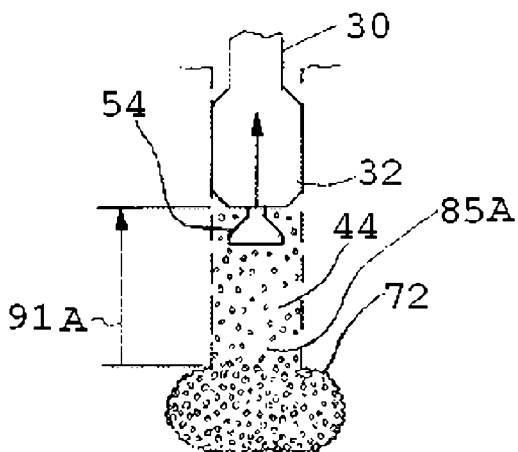


FIG. 11

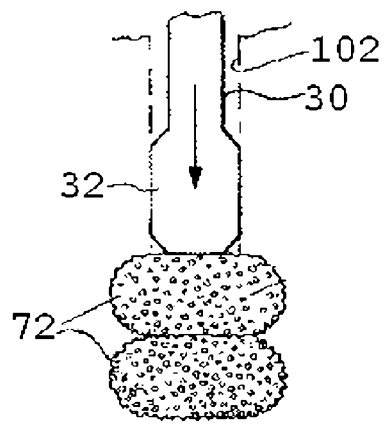


FIG. 14

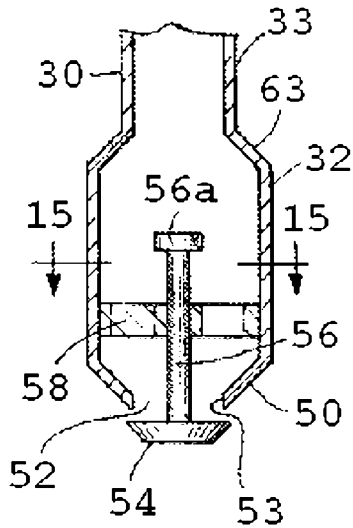


FIG. 16

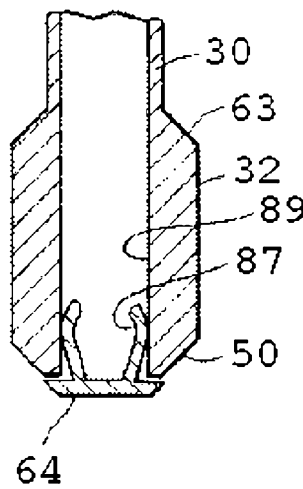


FIG. 17

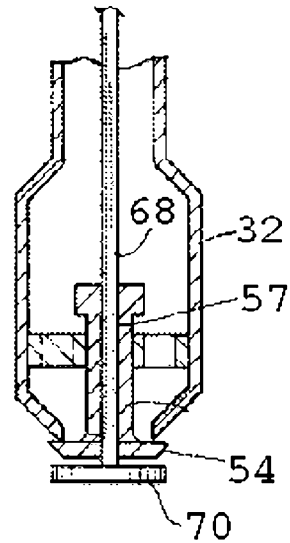


FIG. 18

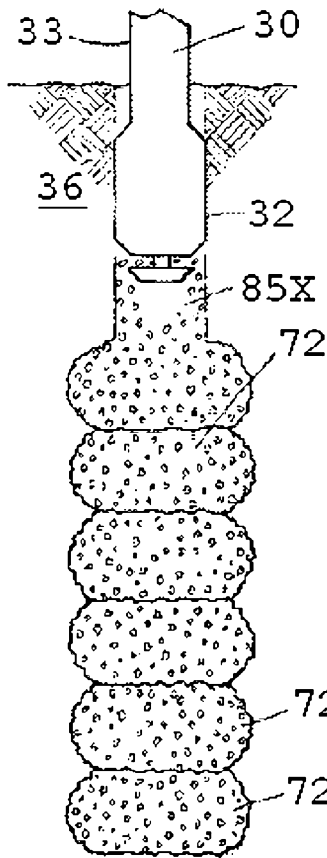


FIG. 19

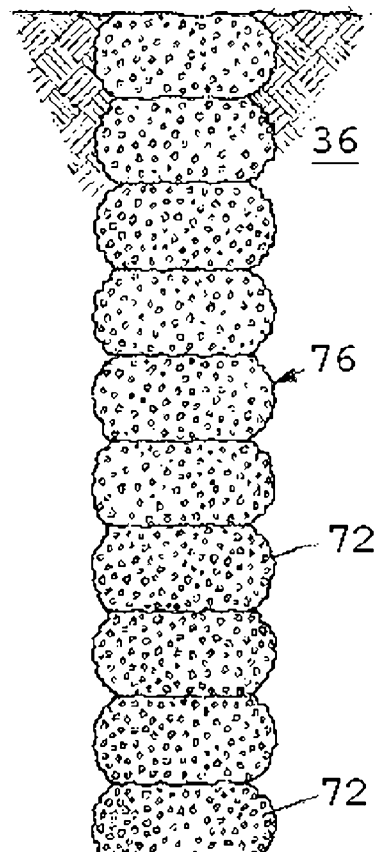


FIG. 15

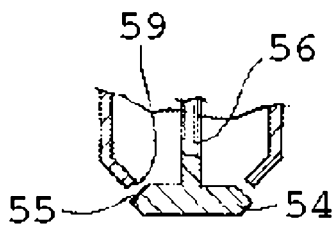
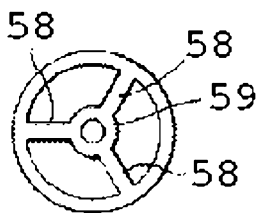


FIG. 15A

FIG. 20

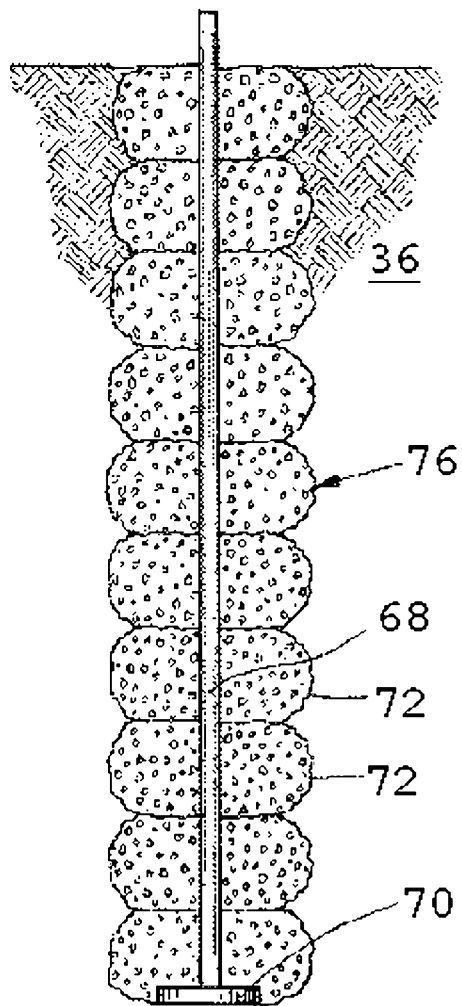


FIG. 21

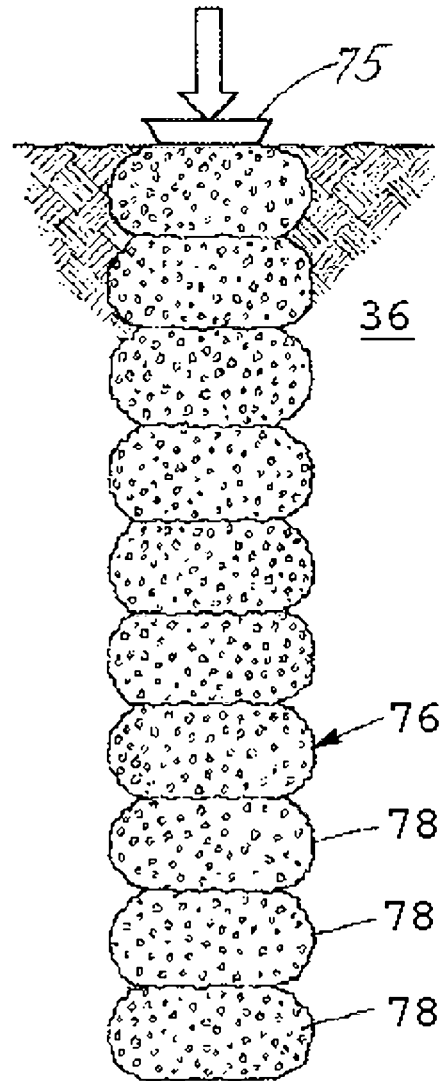


FIG. 22
TESTE DE CARGA NO SÍTIO DE AREIA
Topo da força estática da fundação (toneladas)

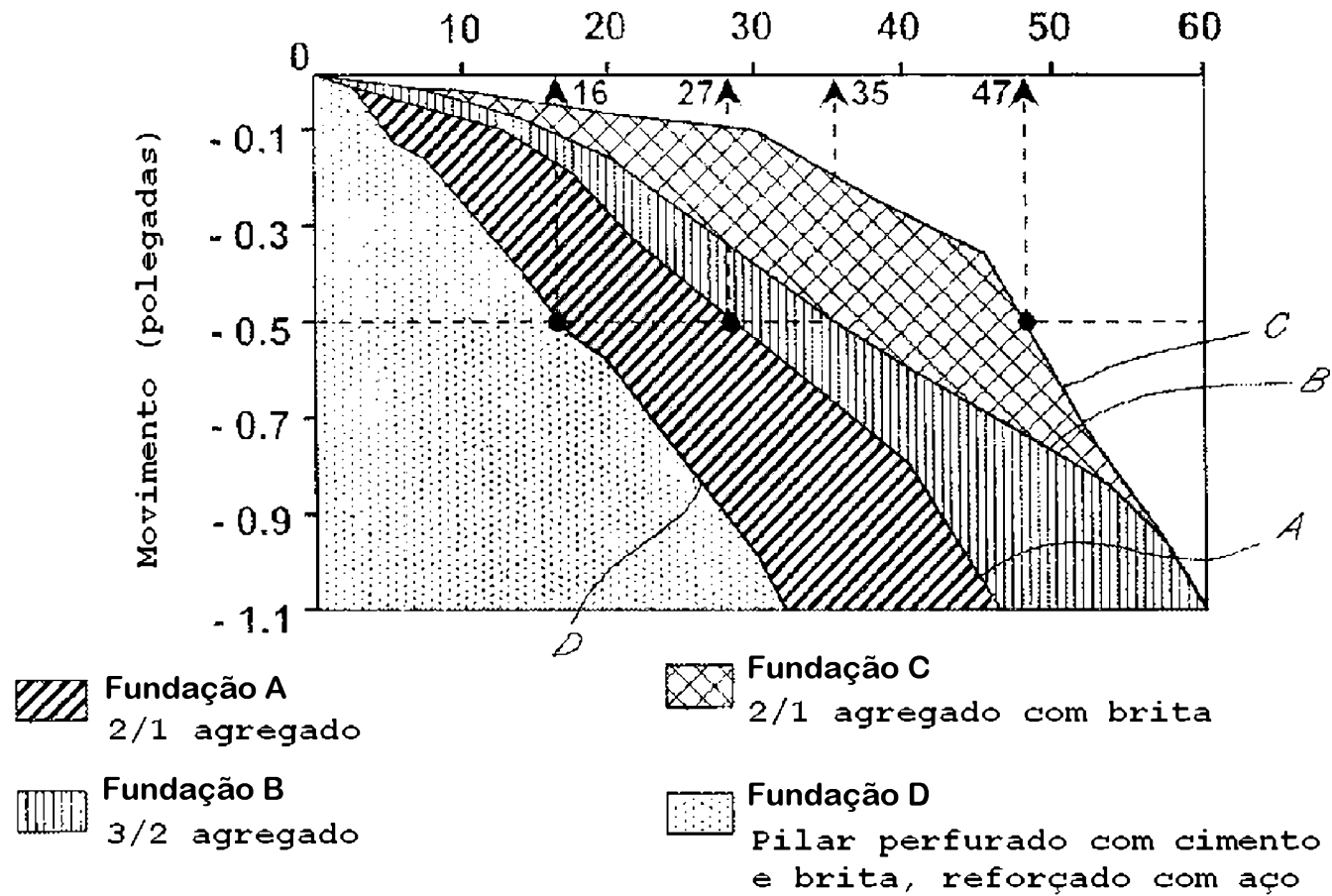


FIG. 23

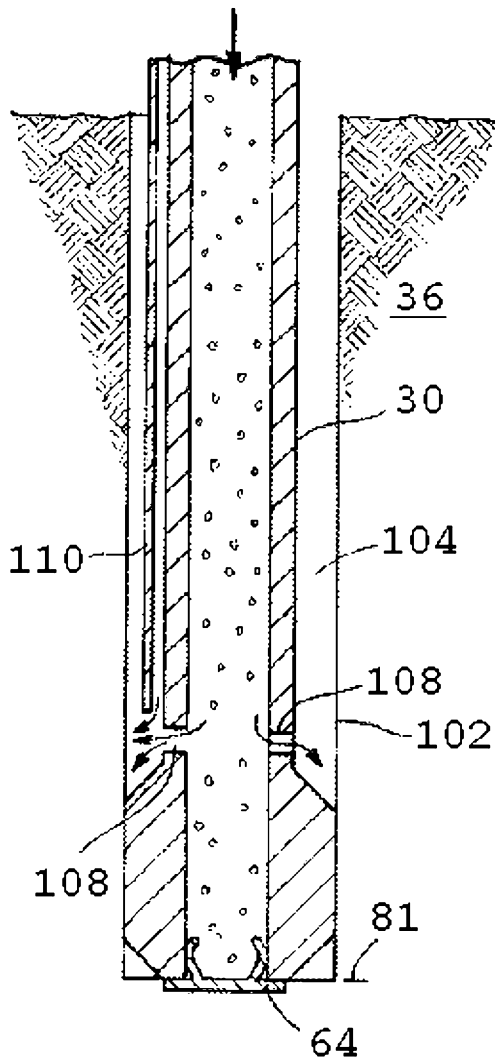


FIG. 24

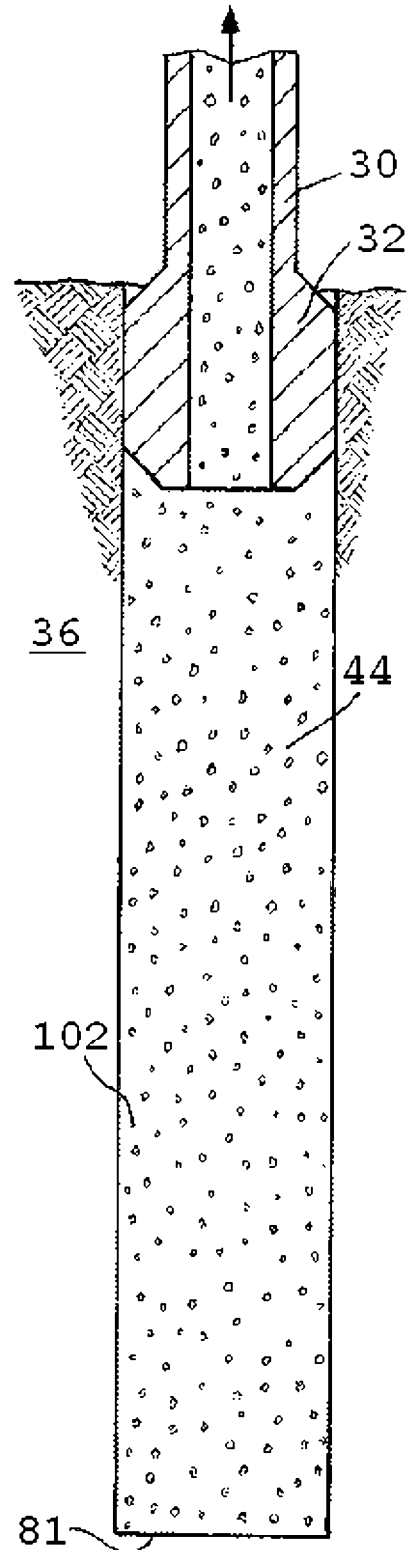


FIG. 25

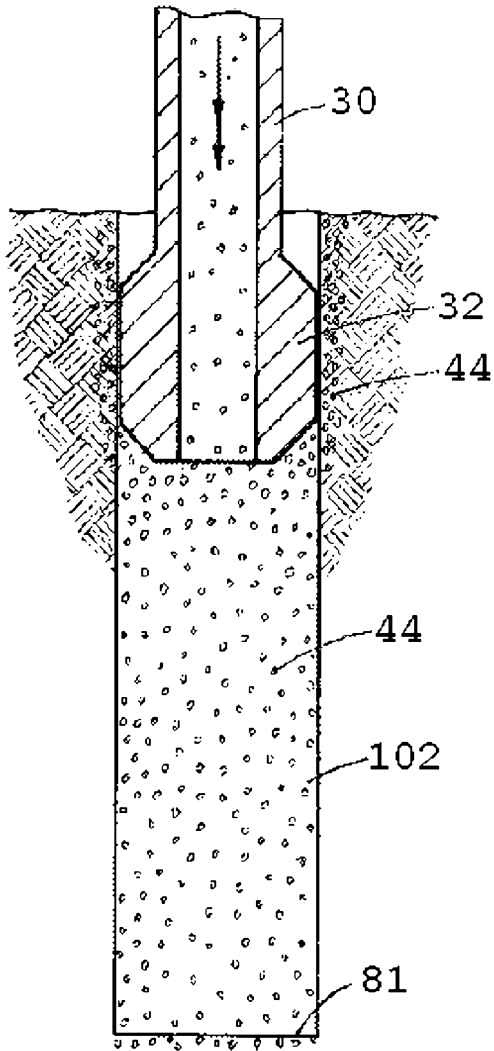


FIG. 26

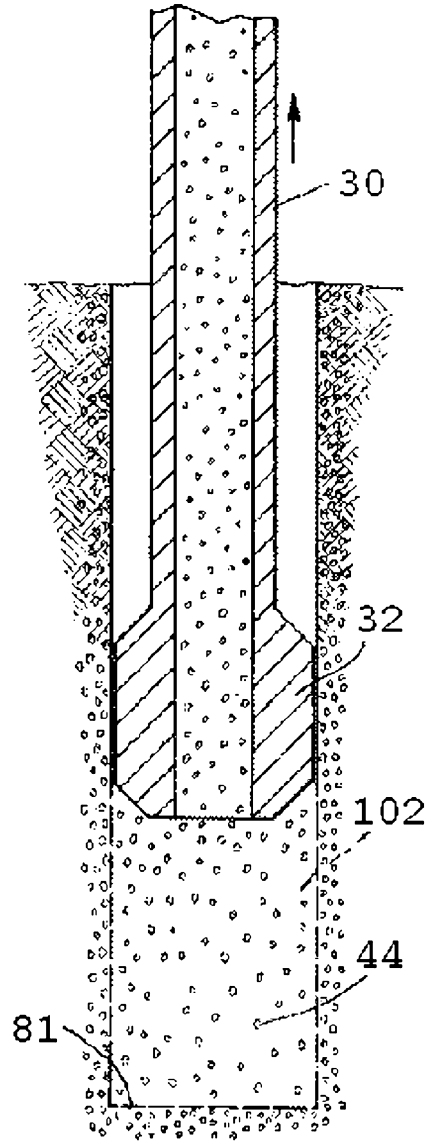


FIG. 27

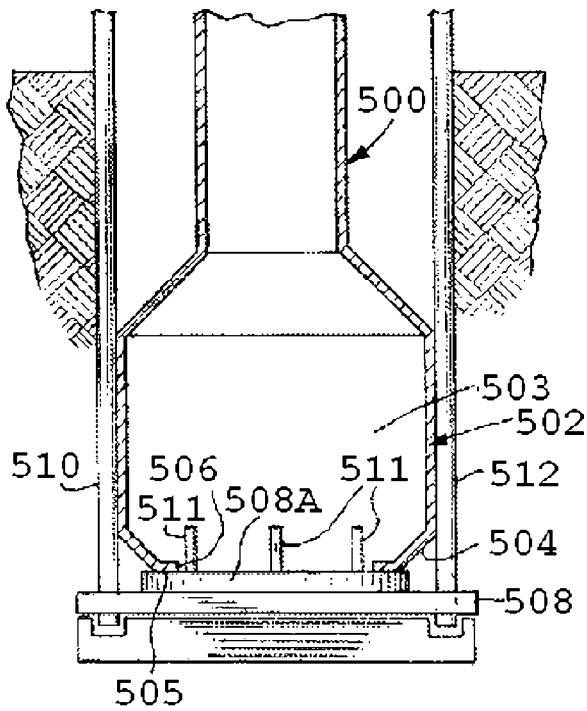


FIG. 27A

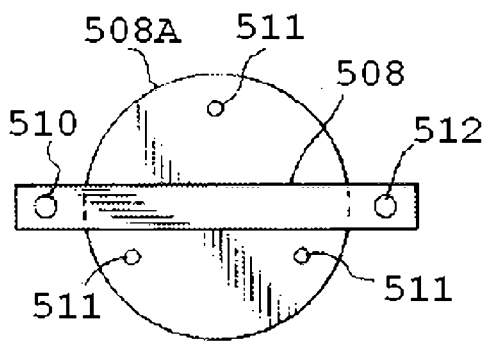
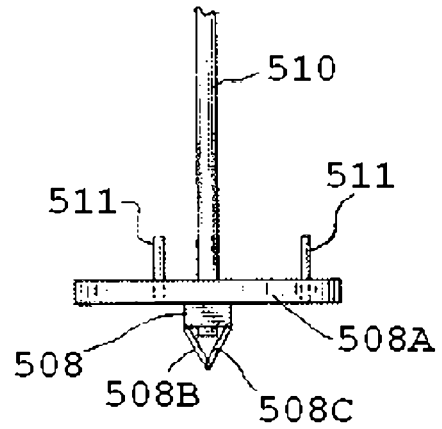


FIG. 27B

FIG. 28

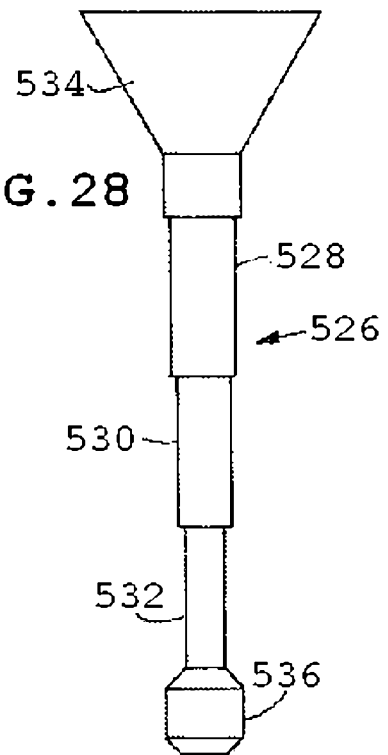


FIG. 29

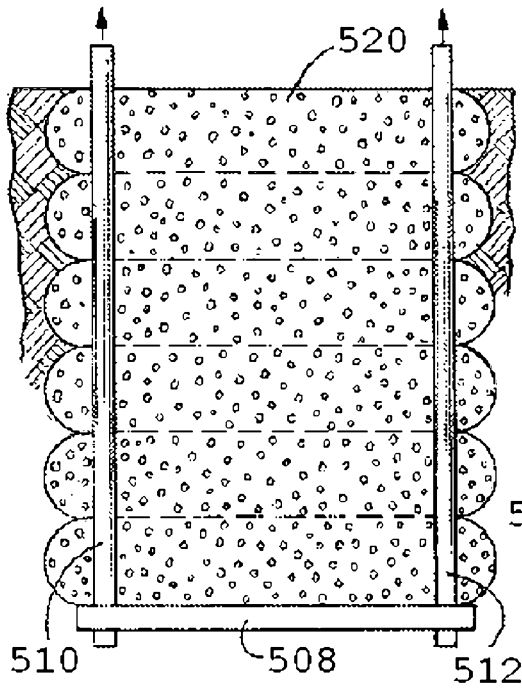


FIG. 30

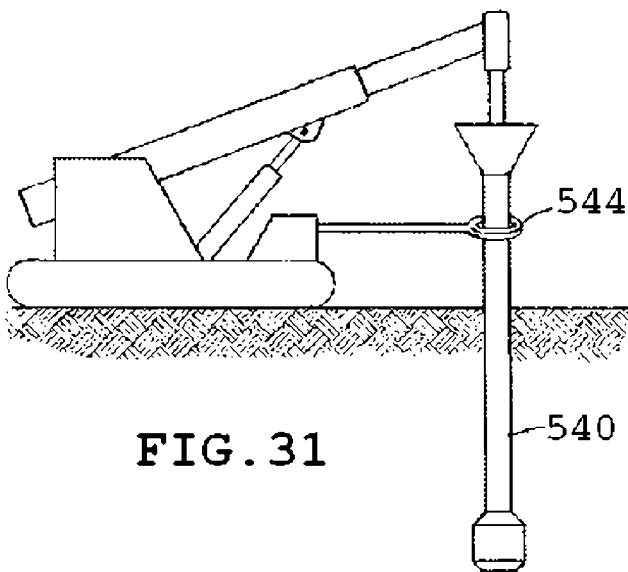
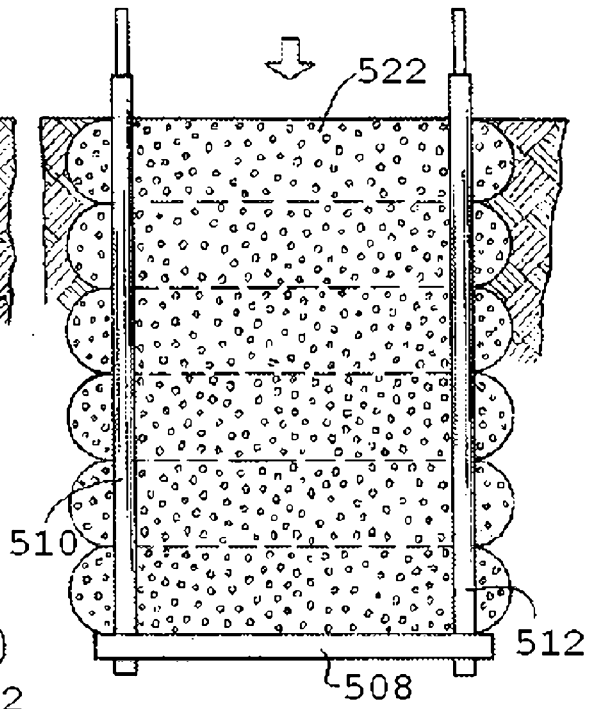
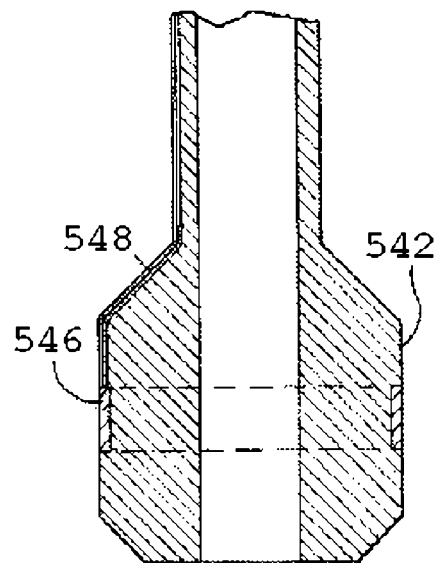


FIG. 31

FIG. 32



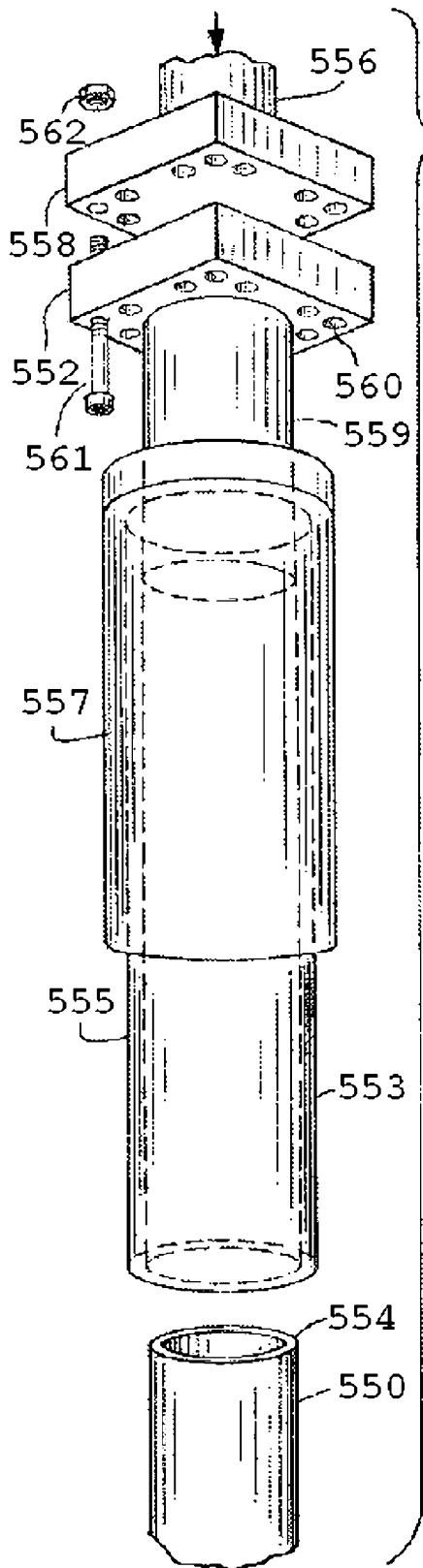


FIG. 33

FIG. 34

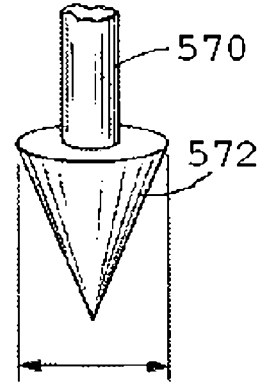


FIG. 35

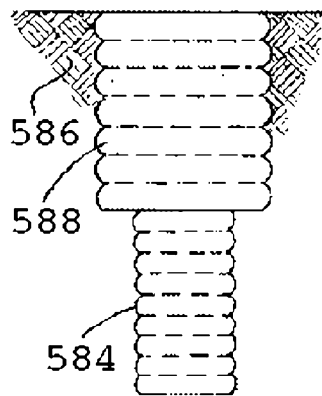


FIG. 36

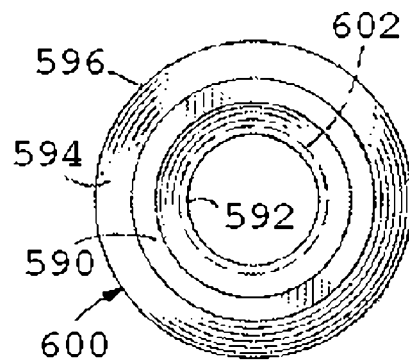


FIG. 38

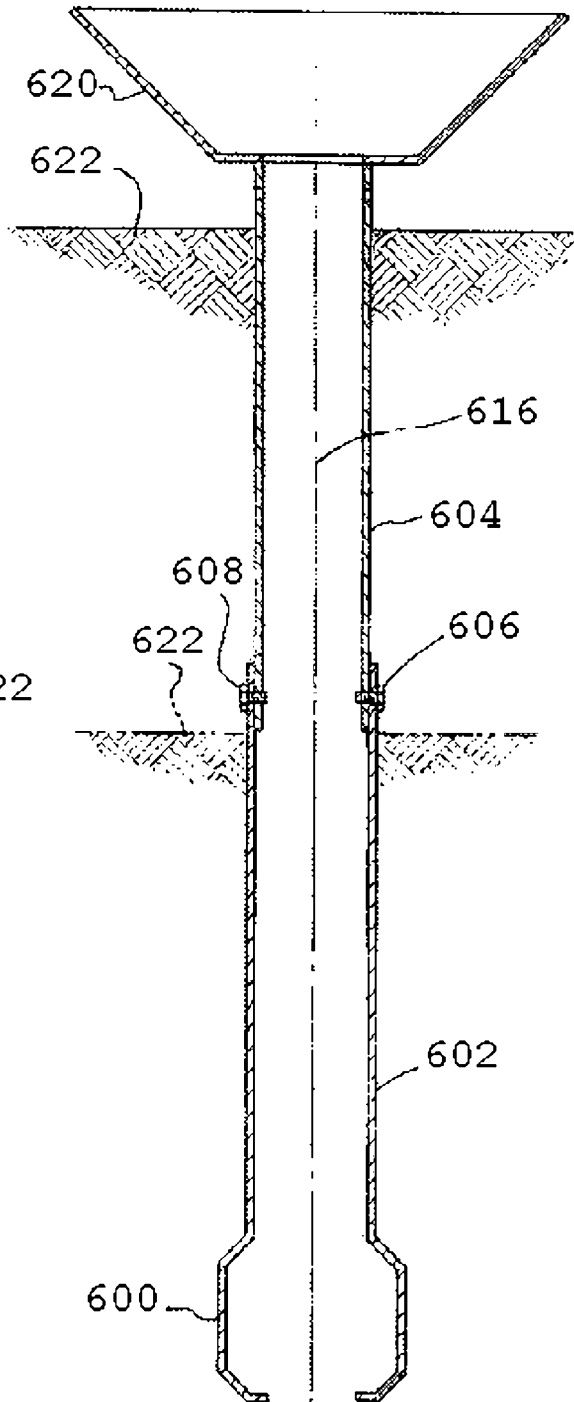


FIG. 37

