

(11) Número de Publicação: **PT 2354535 E**

(51) Classificação Internacional:  
**F03D 1/00** (2011.01) **B63B 21/26** (2011.01)

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2009.12.29</b>	(73) Titular(es): <b>KYOWA CO., LTD.</b> <b>1-13-20, MINAMISENBA, CHUO-KU OSAKA-SHI,</b> <b>OSAKA 542-0081</b> <b>JP</b>
(30) Prioridade(s):	<b>SUMITOMO CORPORATION</b> <b>JP</b>
(43) Data de publicação do pedido: <b>2011.08.10</b>	
(45) Data e BPI da concessão: <b>2012.07.25</b> <b>168/2012</b>	(72) Inventor(es): <b>TAKAHITO OHKUBO</b> <b>JP</b> <b>TOSHIHIRO TANAKA</b> <b>JP</b> <b>NOBUYOSHI OIKE</b> <b>JP</b> <b>HIRONORI KAWAMURA</b> <b>JP</b> <b>SHINICHI TANAKA</b> <b>JP</b>
	(74) Mandatário: <b>ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA</b> <b>RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA</b> <b>PT</b>

(54) Epígrafe: **MÉTODO PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FUNDAÇÃO PARA UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA**

(57) Resumo:

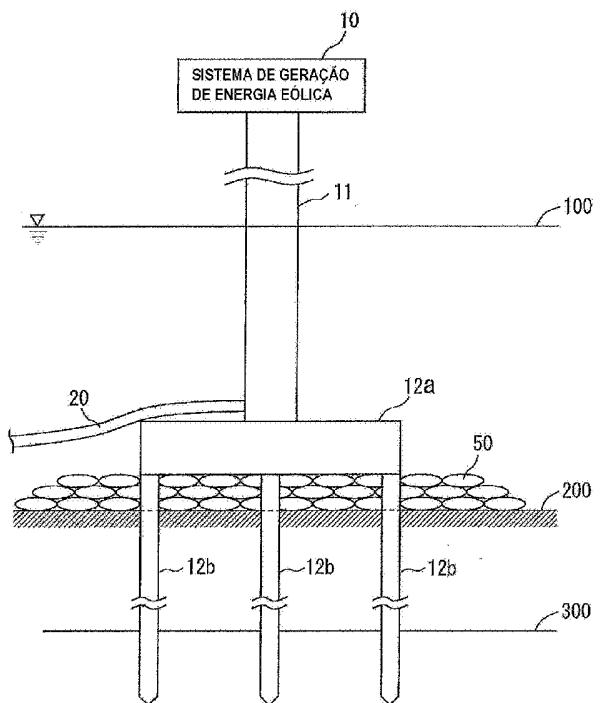
SÃO INVESTIGADAS ANTECIPADAMENTE A CONDIÇÃO DE UM FUNDO DO MAR 200 E A CONDIÇÃO DAS CORRENTES DE MARÉ PERTO DO FUNDO DO MAR 200 PARA EXAMINAR O NÚMERO DE UNIDADES DE FILTRAGEM (FU) 50 E A POSIÇÃO ONDE AS FU 50 VÃO SER INSTALADAS. EM SEGUIDA, SÃO PROPORCIONADAS ESTACAS 12B COMO UMA BASE DE UMA FUNDAÇÃO DE MANEIRA A SEREM SUPORTADAS POR UMA CAMADA DE SUPORTE. É INSTALADA UMA PLURALIDADE DE FU 50 EM CONTACTO PRÓXIMO UMAS COM AS OUTRAS ENTRE O FUNDO DO MAR 200 E CADA ESTACA 12B. EM SEGUIDA, É INSTALADA UMA COFRAGEM 12E PARA UMA PORÇÃO DE LAJE DE BASE 12A SOBRE AS EXTREMIDADES SUPERIORES DAS ESTACAS 12B. É COLOCADO BETÃO NA COFRAGEM 12E PARA FORMAR A PORÇÃO DE LAJE DE BASE 12A. EM SEGUIDA, É FIXADA UMA TORRE 11 À EXTREMIDADE SUPERIOR DA PORÇÃO DE LAJE DE BASE 12A.

RESUMO

**"Método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica"**

São investigadas antecipadamente a condição de um fundo do mar 200 e a condição das correntes de maré perto do fundo do mar 200 para examinar o número de unidades de filtragem (FU) 50 e a posição onde as FU 50 vão ser instaladas. Em seguida, são proporcionadas estacas 12b como uma base de uma fundação de maneira a serem suportadas por uma camada de suporte. É instalada uma pluralidade de FU 50 em contacto próximo umas com as outras entre o fundo do mar 200 e cada estaca 12b. Em seguida, é instalada uma cofragem 12e para uma porção de laje de base 12a sobre as extremidades superiores das estacas 12b. É colocado betão na cofragem 12e para formar a porção de laje de base 12a. Em seguida, é fixada uma torre 11 à extremidade superior da porção de laje de base 12a.

FIG. 1



## DESCRIÇÃO

### **"Método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica"**

#### ANTECEDENTES DO INVENTO

##### Campo do invento

O presente invento refere-se a métodos para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica no mar para gerar energia eléctrica a partir de energia eólica no mar, onde a fundação mantém o sistema de geração de energia eólica acima da superfície do mar e suporta uma torre que se prolonga para baixo até a um nível próximo do fundo do mar. Mais particularmente, o presente invento refere-se a métodos para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica que tem estacas ou um caixão como uma base.

##### Descrição da técnica antecedente

Tipicamente os sistemas de geração de energia eólica no mar geram energia eléctrica por intermédio de geradores ao utilizarem a rotação de turbinas eólicas através de ventos no mar. Um tal sistema de geração de energia eólica é suportado sobre a extremidade superior de uma torre que se prolonga desde uma fundação proporcionada no fundo do mar, até uma posição no ar através da superfície do mar. Isto é, o sistema de geração de energia eólica é suportado pela fundação proporcionada no fundo do mar. Uma tal fundação para suportar um sistema de geração de energia eólica e uma torre é descrita, por exemplo, na Publicação de Patente Japonesa No. 2005-194792 De pedido não examinado. De acordo com a Publicação de Patente Japonesa No. 2005-194792 de pedido não examinado, um sistema de geração de energia eólica e uma torre são suportados por uma fundação, que inclui uma pluralidade de estacas de tubo de aço, uma armação de recepção de base feita de uma chapa de aço e um bloco de base feito de betão reforçado. A pluralidade de estacas de tubo de aço está posicionada respectivamente nos vértices de um polígono regular quando observadas em planta e estão cravadas

no fundo do mar. A armação de recepção de base está fixa sobre a pluralidade de estacas de tubo de aço e tem furos nas posições correspondentes às estacas de tubo de aço, para inserção respectivamente das cabeças das estacas de tubo de aço através dos mesmos. O bloco de base está fixo sobre a armação de recepção de base e tem furos para inserir respectivamente através dos mesmos as cabeças das estacas de tubo de aço salientes da armação de recepção de base. Uma extremidade de base da torre está fixa sobre o bloco de base de modo que o centro da torre fique posicionado no centro do polígono regular.

Como descrito acima, o sistema de geração de energia eólica e a torre são suportados pela fundação. No entanto, as fundações que tenham uma força de suporte insuficiente podem provocar, por exemplo, danos ao sistema de geração de energia eólica devido à falha de supressão da vibração gerada no sistema de geração de energia eólica e colapso da torre devido à propagação da vibração gerada à torre.

Fundações convencionais para suportar um sistema de geração de energia eólica e uma torre têm os seguintes problemas.

Uma vez que as estacas de tubo de aço cravadas no fundo do mar servem como resistência às correntes de maré, é gerado um fluxo em excesso em torno das estacas de tubo de aço próximo ao fundo do mar. Um tal fluxo em excesso provoca um fenómeno chamado de "erosão", um fenómeno em que o fundo do mar é desgastado e desbastado, perto das estacas de tubo de aço cravadas no fundo do mar. Isto escava gradualmente a areia e terra acumulada e expõe os postes de tubo de aço, pelo que a força de suporte como uma fundação pode ser reduzida.

Numa parte submarina da torre localizada abaixo da superfície do mar, as estacas de tubo de aço sob o mar estão sujeitas a ondas de maré, pelo que é gerado um momento perto do fundo do mar na fundação. Isto pode produzir uma brecha entre cada estaca de tubo de aço e o solo circundante, pelo que a força de suporte como uma fundação pode ser reduzida.

Além do mais, o sistema de geração de energia eólica e uma parte aérea da torre localizada acima da superfície do mar estão sujeitas a ventos no mar, pelo que é gerado um momento perto do fundo do mar na fundação e isto pode reduzir a força de suporte como uma fundação, como no fenómeno acima.

O Pedido de Patente Europeia EP 2 036 814 A2 descreve um esqueleto de metal que forma um componente de ancoragem submarino adequado para sistemas de geração de energia eólica. O esqueleto é envolvido por um tecido têxtil e o tecido têxtil forma ainda um fundo de uma manga para acomodar betão como sendo o enchimento. O componente de ancoragem pode estar provido de uma porção aguçada para determinar uma posição do esqueleto sobre o fundo do mar.

O pedido de patente WO 2007/014670 A1 mostra componentes de ancoragem para dispositivos flutuantes como sistemas de geração de energia eólica. Os componentes de ancoragem localizados sobre o fundo do mar são formados por corpos de lastro que compreendem uma rede que tem a forma de um saco ou um saco cheio com cascalho ou areia. Os dispositivos flutuantes estão fixos aos componentes de ancoragem por cabos de ancoragem.

O artigo "Offshore siting of large wind energy converter systems in the German North Sea and Baltic regions" em "Modern Power Systems, Publicações Wilmington, Wilmington, GB, Vol 4, No. 6, 1 de Junho, 1984" descreve várias estruturas de suporte para sistemas de geração de energia eólica. Dependendo da profundidade de água, é formada uma ilha artificial ou são fixadas fundações ao fundo do mar.

#### Resumo do invento

É um objecto do presente invento proporcionar um método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica, para manter um sistema de geração de energia eólica no mar acima da superfície do mar e suportar uma torre que se prolonga a partir de uma posição acima da superfície do mar para baixo até um nível próximo do fundo do mar, onde o método é capaz de aumentar a força de suporte da fundação e também aumentar a durabilidade da fundação.

De acordo com um aspecto do presente invento, um método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica, para manter um sistema de geração de energia eólica no mar acima de uma superfície do mar e suportar uma torre do sistema de geração de energia eólica, que se prolonga a partir de uma posição acima da superfície do mar para baixo até um nível próximo de um fundo do mar compreende uma etapa de instalação de uma pluralidade de unidades de filtragem em forma de saco contendo objectos de bloco predeterminados entre o fundo do mar e a base.

De acordo com um aspecto adicional do presente invento, uma vez que a pluralidade de unidades de filtragem em forma de saco contendo objectos de bloco predeterminados está instalada entre o fundo do mar e a base, a pressão lateral que é aplicada à base a partir do meio circundante é aumentada. Deste modo, é menos provável a formação de uma brecha entre a base e o fundo do mar que circunda a base e a erosão perto do fundo do mar pode ser suprimida durante um longo período de tempo. Isto pode aumentar tanto a força de suporte como a durabilidade da fundação. Além disso, uma vez que as unidades de filtragem instaladas servem uma parte da fundação, o tamanho da fundação pode ser compacto.

De acordo com outro aspecto adicional do presente invento, um método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica, para manter um sistema de geração de energia eólica no mar acima de uma superfície do mar e suportar uma torre do sistema de geração de energia eólica, que se prolonga a partir de uma posição acima da superfície do mar para baixo até um nível próximo de um fundo do mar compreende as etapas de: proporcionar uma base sobre um solo predeterminado de modo que a base seja suportada pelo solo predeterminado; instalar uma pluralidade de unidades de filtragem em forma de saco contendo objectos de bloco predeterminados, entre o fundo do mar e a base; proporcionar uma porção de laje de base sobre uma extremidade superior da base; e proporcionar a torre sobre uma extremidade superior da porção de laje de base.

De acordo com outro aspecto adicional do presente invento, a base está proporcionada de modo a ser suportada pelo solo predeterminado, a pluralidade de unidades de filtragem em forma de saco contendo objectos de bloco predeterminados é instalada entre o fundo do mar e a base e a porção de laje de base está proporcionada sobre a extremidade superior da base. Isto aumenta a pressão lateral que é aplicada a uma parte subterrânea da base a partir do solo circundante. Deste modo, é menos provável a formação de uma brecha entre a base e o solo que circunda a parte subterrânea da base e a erosão perto do fundo do mar pode ser suprimida durante um longo período de tempo. Isto pode aumentar tanto a força de suporte como a durabilidade da fundação.

De preferência, a etapa de instalação da pluralidade de unidades de filtragem inclui a etapa de localizar uma posição onde a pluralidade de unidades de filtragem vai ser instalada, através da utilização de um GPS.

#### Breve descrição dos desenhos

A Fig. 1 é uma vista esquemática que mostra um sistema de geração de energia eólica, uma torre e uma fundação, aos quais é aplicado um método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica da primeira concretização.

A Fig. 2A é uma vista esquemática que mostra uma unidade de filtragem (FU) e a Fig. 2B é uma vista esquemática que mostra a situação onde a FU é instalada sobre uma superfície irregular do fundo do mar.

A Fig. 3A é uma vista de lado de estacas que mostra como as FU estão localizadas entre as estacas, a Fig. 3B é um diagrama visto a partir de III B - III B na Fig. 3A e a Fig. 3C é um diagrama visto a partir de III C - III C na Fig. 3A.

As Figs. 4A, 4B, 4C, 4D, 4E e 4F são diagramas que ilustram sequencialmente o método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica.

A Fig. 5 é uma vista esquemática que mostra uma torre e uma fundação aos quais é aplicado outro método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica da primeira concretização.

As Figs. 6A e 6B são vistas esquemáticas que mostram um exemplo no qual são instaladas FU numa fundação existente.

A Fig. 7 é uma vista esquemática que mostra uma torre e uma fundação aos quais é aplicado um método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica da segunda concretização.

As Figs. 8A, 8B, 8C, 8D, 8E, 8F, 8G e 8H são diagramas que ilustram sequencialmente o método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica da segunda concretização e a Fig. 8I é um diagrama visto a partir da posição VIII I - VIII I na Fig. 8E. As Figs. 8J e 8K são diagramas que mostram um exemplo no qual são instaladas FU numa fundação existente.

As Figs. 9A, 9B e 9C são diagramas que ilustram sequencialmente um método para proteger um cabo submarino para um sistema de geração de energia eólica e a Fig. 9D é um diagrama visto a partir de IX D - IX D na Fig. 9C.

A Fig. 10 é uma vista que mostra como uma FU cobre um cabo.

A Fig. 11A é um diagrama que mostra um exemplo no qual um cabo submarino é protegido utilizando uma pluralidade de FU e a Fig. 11B é um diagrama visto a partir XI B - XI B na Fig. 11A.

A Fig. 12A é um diagrama que mostra um exemplo no qual um cabo submarino é protegido pela utilização de duas FU e a Fig. 12B é um diagrama visto a partir da posição XII B - XII B na Fig. 12A.

A Fig. 13A é um diagrama que mostra um exemplo no qual um cabo submarino é protegido pela utilização de uma

pluralidade de FU e a Fig. 13B é um diagrama visto a partir de XIII B - XIII B na Fig. 13A.

As Figs. 14A, 14B e 14C são diagramas que ilustram sequencialmente um método para aplanar uma superfície irregular do fundo do mar.

A Fig. 15 é um diagrama esquemático que mostra um exemplo de aplanamento de uma superfície irregular convexa.

#### DESCRIÇÃO DAS CONCRETIZAÇÕES PREFERIDAS

##### (1) Primeira concretização

Será descrita abaixo uma concretização do presente invento com referência aos desenhos em anexo. A Fig. 1 é uma vista esquemática que mostra um sistema de geração de energia eólica e uma torre que estão assentes sobre uma fundação à qual é aplicado um método para a construção da fundação para um sistema de geração de energia eólica de acordo com uma concretização do presente invento. Deve ser notado que a presente concretização é descrita em relação a um exemplo no qual o sistema de geração de energia eólica e a torre são suportados pela fundação que tem estacas como uma base. A Fig. 1 mostra um sistema de geração de energia eólica no mar 10 para gerar energia eléctrica a partir da energia eólica no mar, uma torre 11, uma porção de laje de base 12a, estacas 12b, uma pluralidade de unidades de filtragem (de aqui em diante referidas como as "FU") 50 e um cabo 20. A torre 11 prende o sistema de geração de energia eólica no mar 10 e prolonga-se para baixo até um nível próximo de um fundo do mar 200 através de uma superfície do mar 100. A porção de laje de base 12a, que é feita de betão, está fixa à torre 11 por meio de parafusos de ancoragem e suporta a torre 11. Cada estaca 12b, que é feita de um tubo de aço, está proporcionada de modo a ser suportada por um solo predeterminado e fixa a porção de laje de base 12a sobre a sua extremidade superior por meio de parafusos de ancoragem para suportar a porção de laje de base 12a. As FU 50 são instaladas entre o fundo do mar 200 e as estacas 12b. O cabo 20 é estendido para fora da torre 11 perto do fundo do mar 200 para transmitir a electricidade, gerada pelo sistema de geração de energia

eólica 10, até um sistema baseado em terra (não mostrado). Deve ser notado que a torre 11 prolonga-se até uma altura tal que permita ao sistema de geração de energia eólica 10 receber eficientemente os ventos no mar. O solo predeterminado 300 no qual as estacas 12b são fixadas indica uma camada do solo chamada de "camada de suporte" na Fig. 1. A camada de suporte é suficientemente forte para aguentar a carga do sistema de geração de energia eólica e da torre sob várias condições tais como condições meteorológicas e hidrográficas. Isto é, as estacas 12b são cravadas no solo até que atinjam a camada de suporte e as estacas 12b são fixadas na camada de suporte. Deve ser notado que a fundação na presente concretização inclui a porção de laje de base 12a e as estacas 12b.

A estrutura das FU 50 utilizadas na presente concretização será descrita abaixo. A Fig. 2A é uma vista esquemática que mostra a situação em que a FU 50 está suspensa por um guindaste de um navio de trabalho ou semelhante e a Fig. 2B é uma vista esquemática que mostra a situação em que a FU 50 está instalada sobre um fundo de mar irregular.

Com referência às Figs. 2A e 2B, um saco, que compreende um corpo de saco 501 tricotado com fio de fibra sintética no qual é colocada uma quantidade predeterminada de objectos de bloco tais como pedras esmagadas, é chamado de FU. A FU 50 que contém os objectos de bloco 502 inclui uma corda de suspensão 503 que permite que o corpo de saco 501 seja suspenso por um guindaste ou semelhante e uma porção de ligação 504 proporcionada numa extremidade da corda de suspensão 503 e que pode ser ligada ao guindaste para suspender o corpo de saco 501. A FU 50 aqui utilizada tem um diâmetro de aproximadamente 2,5 m quando instalada num solo plano e o seu peso é de aproximadamente 4 t. A fibra sintética utilizada para o corpo de saco 501 é, por exemplo, poliéster. Deste modo, o corpo de saco 501 não oxida na água do mar, tem alta resistência à água alcalina e ácida e é menos provável de corroer. Deve ser notado que a fibra sintética não está limitada a poliéster e pode ser de nylon, polipropileno, polietileno, ou algo semelhante. Além disso, uma vez que um fio de uma FU é de resina sintética, não se

irão dissolver desreguladores endócrinos e metais pesados e não é provocado nenhum efeito adverso.

No corpo de saco 501, o lado mais comprido N da malha da rede tem 50 mm e o diâmetro do fio M tem 10 mm. É preferível que o diâmetro do fio M e o lado mais comprido N da malha tenham uma relação de  $3 \leq N / M \leq 20$  (unidades em mm). Com esta relação, nenhum dos objectos de bloco 502 descritos abaixo saem pela malha e o corpo de saco 501 mantém a sua resistência durante mais tempo.

É preferível que a quantidade predeterminada dos objectos de bloco 502 seja determinada de maneira a que a porosidade do tecido tricotado seja 45% a 90%. Isto assegura a formação de vazios porosos na FU 50, reduzindo assim a força de arrasto enquanto as correntes de água no fundo do mar 200 se escoam através do corpo de saco 501. Deste modo, não é aplicada nenhuma pressão de fluxo de água à FU 50, impedindo um fenómeno chamado "erosão", um fenómeno em que o fundo do mar 200 é desgastado. Embora a porosidade também se refira ao tamanho dos objectos de bloco 502 colocados no corpo de saco 501, com uma porosidade inferior a 45%, a pressão de fluxo de água é aplicada à FU 50, provocando erosão em torno do corpo de saco 501. Por outro lado, com uma porosidade superior a 90%, a retenção dos objectos de bloco 502 é reduzida.

É preferível que o corpo de saco 501 seja formado por tecido tricotado (por exemplo, uma rede Raschel) possuindo um alongamento de 30% a 80%. Isto permite que seja assegurada a flexibilidade e também permite que o corpo de saco 501 se adapte a qualquer forma numa posição de instalação da FU 50 e seja mantido num estado estável durante um longo período de tempo após a instalação da FU 50. Isto é, a FU 50 pode ser mantida de forma estável na posição de instalação durante um longo período de tempo, independentemente do facto do local de instalação ser plano ou não.

Os objectos de bloco 502 contidos na FU 50 de preferência têm o seu diâmetro entre 50 a 300 mm e gravidade específica suficientemente grande para impedir que a FU 50 seja arrastada quando a FU 50 é instalada no fundo do mar

200. Por exemplo, os objectos de bloco 502 são pedras esmagadas que têm um tamanho de grão de 100 mm e gravidade específica de 2,65. Deste modo, a FU 50 tem um peso suficiente para ser insusceptível à flutuabilidade e às correntes de água submarinas. Deve ser notado que, quanto menor for o tamanho de grão dos objectos de bloco 502, mais o corpo de saco 501 se adapta à forma do local de instalação. É preferível que o tamanho de grão dos objectos de bloco 502 seja aproximadamente cerca de duas vezes o lado mais comprido N da malha.

Em seguida, vai ser explicada a quantidade predeterminada de objectos de bloco 502 a ser colocada no saco. Com referência à Fig. 2A que mostra um saco quando está pendurado, assumindo que a altura do saco 501 desde a porção fechada 505 até ao fundo é  $H_1$  e a altura de um espaço sem objectos de bloco 502 é  $H_2$ . A quantidade predeterminada de objectos de bloco 502 no saco 501 é uma quantidade em que o valor obtido por  $(H_2/H_1) \times 100$  de preferência é 25 a 80%. A razão é que quando o valor é inferior a 25%, significa que os objectos de bloco alcançam a sua porção fechada 505 e a adaptabilidade à posição de instalação é reduzida e torna-se difícil colocar o saco perto da posição desejada. Quando o valor é superior a 80%, a forma da FU pode ser facilmente alterada, menos estável e peso leve em relação ao seu volume, é possível que a FU seja deslocada por uma onda de maré.

Além disso, uma vez que a FU tem uma estrutura como a descrita acima, quando está localizada no fundo do mar, é provocado o efeito meritório de poder ser proporcionado um ambiente preferido para plantas e peixes no mar.

Em seguida, é dada a explicação quanto ao tamanho da FU. Na explicação seguinte, a FU cujo peso é inferior a 4 t, o diâmetro quando está colocada é inferior a 2 m e o volume é menor do que 2 m<sup>3</sup> é referida como "uma FU pequena", ao passo que a FU cujo peso é 4 a 20 ton, o diâmetro quando está colocada é 2m a 5m e o volume é 2 a 13 m<sup>3</sup> é referida como "uma FU grande". O material e o diâmetro do fio, o tamanho da malha incluindo o lado mais comprido da malha, o diâmetro e peso específico dos objectos de bloco são os mesmos para as FU pequenas e grandes.

A Tabela 1 abaixo mostra um exemplo da relação entre o peso (tamanho) da FU individual e um caudal efectivo das correntes de maré. Deve ser notado que é assumido na Tabela 1 que estão colocados em cada FU os mesmos objectos de bloco cujo diâmetro é 50 a 300 mm e o peso específico é 2,65.

[Tabela 1]

Peso da FU (t)	Caudal Efectivo das Correntes de Maré (m/s)
2	Cerca de 4,7 ou menos
4	Cerca de 5,3 ou menos
8	Cerca de 5,9 ou menos
20	Cerca de 7,0 ou menos

Como é mostrado na Tabela 1, pode ser utilizado um tipo apropriado de FU de acordo com o caudal das correntes de maré. Por exemplo, FU que tenham um peso de 4 t são utilizadas quando o caudal das correntes de maré é 5,0 m/s na posição onde as FU vão ser instaladas. Além disso, é possível alterar o peso da FU e o tamanho dos objectos de bloco dependendo das condições do desempenho na posição onde as FU são colocadas. Como mostrado na Tabela 1, quanto maior for a FU, mais eficaz em relação ao caudal da corrente de maré, comparado com a FU menor.

Na descrição seguinte, é utilizada a FU 50 descrita acima a menos que especificado em contrário.

Deve ser notado que, embora os factores, tais como o tamanho da própria FU 50, o material do fio, a espessura do fio, o tamanho do grão e o peso específico dos objectos de bloco sejam especificados na FU 50 acima, o presente invento não está limitado à FU 50 especificada por estes factores. A FU 50 pode ser especificada por vários outros factores.

Deve ser notado que, por exemplo, é preferível que a FU aqui utilizada seja um material que impeça a erosão para uma estrutura subaquática descrita na Patente Japonesa No. 3,696,389.

Será descrito abaixo um método para a instalação de FU de acordo com a presente concretização. A Fig. 3A é um diagrama esquemático visto de lado que mostra um exemplo em torno das estacas 12b quando são colocadas FU em torno da estaca 12b mesmo antes da porção de laje de base 12a ser instalada. A Fig. 3B é um diagrama visto a partir de III B - III B na Fig. 3A e a Fig. 3C é um diagrama visto a partir de III C - III C na Fig. 3A. Em primeiro lugar, com referência à Fig. 3A, as FU 50 estão instaladas entre o fundo do mar 200 e as estacas 12b que suportam a porção da laje de base nas suas extremidades superiores. Como mostrado pela linha mista duplamente interrompida X na Fig. 3A é preferível que as FU 50 sejam instaladas sem nenhum intervalo entre as mesmas, até que seja formada uma superfície plana pela pluralidade de FU 50 de acordo com a altura das cabeças das estacas 12b. Isto permite que a superfície inferior da porção de laje de base contacte proximamente as estacas 12b e as FU quando a porção de laje de base é instalada, pelo que as estacas 12b, a porção de laje de base e as FU 50 são integradas juntas. Isto pode aumentar a resistência como uma fundação incluindo a porção de laje de base e a base e pode reduzir a influência das correntes de maré, incluindo a erosão. Ou seja, isto pode aumentar a força de suporte como uma fundação para suportar o sistema de geração de energia eólica e a torre. Com referência à Fig. 3B, um ponto O é a posição onde está localizado o centro da porção de laje de base quando a porção de laje de base está instalada sobre as estacas 12b. A distância do ponto O até à posição mais afastada da circunferência de cada estaca 12b localizada mais distante do ponto O é R metros (de aqui em diante "m"). Um círculo P1 é um círculo que tem o seu centro localizado no ponto O e que tem um raio de R m. Neste caso, é preferível que a camada mais inferior das FU 50 esteja proporcionada num intervalo rodeado por um círculo P2 que tem o seu centro localizado no ponto O e que tem um raio de cerca de  $(R + W)$  m (ver Fig. 3C). Quando W está entre 4 m e 15 m, o efeito é que é impedida a erosão e é preferível que  $W = 6$  m. Quanto maior for o intervalo de instalação das FU 50, mais se espera obter os efeitos das FU 50 como descrito acima. No entanto, os efeitos das FU 50 substancialmente estabilizam quando o intervalo de instalação das FU 50 excede o círculo P2. Deste modo, do ponto de vista da construção tal como o número de FU

50 a ser instalado e a quantidade de trabalho de construção e do ponto de vista dos efeitos tal como a eficácia das FU 50, o intervalo de instalação da camada mais inferior das FU 50 está de preferência no intervalo rodeado pelo círculo P2 que tem um raio de cerca de  $(L + 6)$  m em torno do ponto O. Com referência à Fig. 3C, é preferível que, num intervalo S (uma porção do círculo P2 em vez do círculo P1), as FU 50 na camada mais inferior estejam dispostas em duas a cinco camadas na direcção radial concentricamente em torno do ponto O (Figs. 3A e 3C mostram um exemplo no qual as FU 50 estão dispostas em três camadas na direcção radial). Dispondo FU pequenas numa pluralidade de linhas na direcção radial no intervalo S pode acrescentar mais estabilidade do que dispor as FU grandes numa única camada na direcção radial no intervalo S. Além disso, é proporcionado um efeito de grupo pela pluralidade de FU 50 quando as FU 50 formam um grupo. O efeito de grupo é o efeito de uma FU que é directamente influenciada pelas correntes de água ser suportada por outras FU em torno da FU e uma pluralidade de FU que formam o grupo pode permanecer estavelmente no local de colocação. Como resultado, um efeito meritório de prevenção da erosão e assim por diante pode durar um longo período de tempo. Contrariamente, dispondo as FU 50 numa única camada na direcção radial proporciona nenhum efeito de supressão de um escoamento turbulento que seja provocado quando as correntes de maré embatem na fundação e a fundação pode ser influenciada por um fluxo em excesso gerado pela torre. Por outro lado, o efeito de grupo mencionado acima estabiliza quando as FU 50 estão dispostas em seis ou mais camadas na direcção radial.

Quanto maior for a espessura total das FU 50, isto é, o número de camadas das FU 50 na direcção vertical, mais efeitos se esperam das FU 50. Isto porque o aumento da espessura total das FU 50 melhora o engate entre a pluralidade de FU 50. Deste modo, a pluralidade de FU 50 contacta proximamente umas com as outras, estão fixas juntas sem qualquer intervalo formado entre as mesmas e diminui a possibilidade de aspiração de terra e areia da superfície do fundo do mar. Isto aumenta a estabilidade da pluralidade de FU 50 instaladas, permitindo que seja reduzida a influência das correntes de maré incluindo a erosão durante um longo

período de tempo. Por outro lado, o efeito de prevenção da erosão substancialmente estabiliza quando a espessura total é igual a três ou mais camadas. Deste modo, como descrito acima, do ponto de vista da construção tal como o número de FU 50 a ser instalado e a quantidade de trabalho de construção e do ponto de vista dos efeitos tal como a eficácia das FU 50, é preferível que a espessura total das FU 50 seja igual a duas ou três camadas.

Além disso, normalmente, são utilizadas FU de um tamanho para implementar esta concretização, podem ser utilizadas FU cujos tamanhos sejam diferentes. Neste caso, quando são instaladas FU de tamanhos diferentes em duas ou mais camadas, é preferível que as FU mais pequenas sejam colocadas na posição inferior e as FU maiores na posição mais elevada. A razão para esta instalação é que as FU mais pequenas seguem a irregularidade do fundo do mar, engatando entre as FU instaladas e o fundo do mar. Como resultado, as FU 50 mantêm-se num estado estável durante um longo período de tempo após a instalação. Além disso, uma vez que a superfície superior das FU mais pequenas colocadas é mais lisa do que a do fundo do mar, as FU grandes ficam estavelmente localizadas sobre as FU pequenas. Deste modo, o caudal da corrente de maré pode ser eficazmente reduzido.

Além disso, a instalação das FU 50 em torno do fundo do mar 200 que tem as estacas 12b cravadas no mesmo aumenta a pressão lateral aplicada à parte subterrânea de cada estaca 12b a partir do solo circundante. Deste modo, é menos provável a formação de uma brecha entre cada estaca 12b e o solo e a camada de suporte que circunda a parte subterrânea da estaca 12b. Isto pode suprimir um momento que é gerado perto do fundo do mar 200 em cada estaca 12b. Além disso, uma vez que uma pluralidade de FU instaladas serve como uma parte da fundação, o tamanho da fundação pode ser compacto.

Como descrito acima, uma vez que a pluralidade de FU 50 está instalada entre o fundo do mar 200 e cada estaca 12b, é menos provável a formação de uma brecha entre cada estaca 12b e o solo e a camada de suporte que circunda a parte subterrânea da estaca 12b. Isto pode suprimir um momento que é gerado perto do fundo do mar 200 na estaca 12b e pode

impedir a erosão que ocorre em torno de cada estaca 12b. Como resultado, a força de suporte e a durabilidade da fundação que tem as estacas 12b como uma base podem ser melhoradas.

Irá ser descrito abaixo um método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica de acordo com a presente concretização. As Figs. 4A a 4F são diagramas que ilustram sequencialmente a construção da fundação para o sistema de geração de energia eólica. Em primeiro lugar, num local onde o sistema de geração de energia eólica vai ser instalado, são investigadas com antecedência a condição do fundo do mar 200 e a condição das correntes de maré perto do fundo do mar 200 para examinar o tamanho das FU, o número de FU 50 e a posição onde as FU 50 vão ser instaladas (Fig. 4A). Em seguida, com base no resultado da investigação, são proporcionadas as estacas 12b como uma base da fundação de modo a serem suportadas pela camada de suporte (Fig. 4B). Em seguida, como descrito acima, é instalada uma pluralidade de FU 50 em contacto próximo umas com as outras entre o fundo do mar 200 e cada estaca 12b (Fig. 4C). Neste momento, é formada uma superfície plana pela pluralidade de FU 50 de acordo com a altura das cabeças das estacas 12b. Em seguida, uma cofragem 12e para a porção de laje de base 12a é instalada sobre as extremidades superiores das estacas 12b (Fig. 4D). Neste momento, a superfície inferior da cofragem 12e e as extremidades superiores das estacas 12b são fixadas uma à outra. Em seguida, é colocado betão na cofragem 12e para formar a porção de laje de base 12a (Fig. 4E). Em seguida, a torre 11 é fixada à extremidade superior da porção de laje de base 12a (Fig. 4F).

De acordo com o método acima, as estacas 12b estão proporcionadas de modo a serem suportadas pela camada de suporte, a pluralidade de FU 50 está instalada entre o fundo do mar 200 e cada estaca 12b e a porção de laje de base 12a está proporcionada sobre as extremidades superiores das estacas 12b. Isto impede a ocorrência de erosão durante um longo período de tempo, uma vez que a influência da corrente de maré é diminuída em torno da fundação no fundo do mar e protege o fundo do mar 200 perto das estacas 12b. Além disso, isto aumenta a pressão lateral que é aplicada à parte subterrânea de cada estaca 12b a partir do solo circundante.

Deste modo, é menos provável a formação de uma brecha entre cada estaca 12b. Como resultado, tanto a força de suporte como a durabilidade da fundação são aumentadas. Além disso, uma vez que uma pluralidade de FU instaladas serve como uma parte da fundação, o tamanho da fundação pode ser compacto. Além disso, uma vez que o fio da rede das FU é feito de fibra sintética e as FU são porosas, não se irão dissolver desreguladores endócrinos e metais pesados e é possível proporcionar biótopo para algas e peixes. Além disso, a fundação pode ser criada compacta, uma vez que as FU funcionam como um par da fundação.

Em seguida, é descrita a concretização alternativa. Nesta concretização, como é mostrado na Fig. 5, está proporcionado um espaço entre a porção superior das FU e a porção de laje de base 12a. Uma vez que a outra porção é igual à da concretização descrita acima, a explicação da mesma não irá ser repetida.

Nesta concretização alternativa, semelhante à concretização descrita acima, é possível prevenir a ocorrência de erosão durante um longo período de tempo, uma vez que a influência da corrente de maré é diminuída em torno da fundação no fundo do mar 200 e proteger o fundo do mar 200 perto das estacas 12b. Além disso, uma vez que é aumentada a pressão lateral que é aplicada à parte subterrânea de cada estaca 12b a partir do solo circundante, é menos provável a formação de uma brecha entre cada estaca 12b.

Em seguida, é descrita mais uma concretização alternativa. Nesta concretização as FU são instaladas numa fundação de um sistema de geração de energia eólica existente. As Figs. 6A e 6B são diagramas que mostram esta concretização. A Fig. 6A mostra um sistema de geração de energia eólica existente ao qual é aplicada esta concretização. Como é mostrado na Fig. 6A é formado espaço entre a fundação 12a, 12b e o fundo do mar circundante 200. A Fig. 6B mostra uma situação onde uma pluralidade de FU 50 está instalada entre as estacas, servindo como a base da fundação e o fundo do mar 200. Nesta concretização, semelhante à concretização descrita acima, pode ser impedida a ocorrência de erosão durante um longo período de tempo, uma

vez que a influência da corrente de maré é diminuída em torno da fundação no fundo do mar e protege o fundo do mar 200 perto das estacas 12b. Além disso, isto aumenta a pressão lateral que é aplicada à parte subterrânea de cada estaca 12b a partir do solo circundante. Deste modo, é menos provável a formação de uma brecha entre cada estaca 12b. Nesta concretização, as FU são instaladas em torno da porção côncava deformada do fundo do mar que pode ter sido formada por erosão, por exemplo. O presente invento pode ser aplicado ao fundo do mar que não está deformado.

Nesta concretização alternativa, é provocado o mesmo efeito meritório como descrito acima.

Na primeira concretização, é descrito um exemplo no qual é instalado um tipo de FU. No entanto, o presente invento não se limita a este e podem ser utilizados dois tipos de FU, um é uma FU grande e o outro é uma FU pequena. Neste caso, são instaladas FU grandes e FU pequenas sobrepostas. Além disso, quando são instaladas FU em três camadas, em primeiro lugar são instaladas FU pequenas numa camada no fundo e em seguida, duas camadas de FU grandes são instaladas sobre as FU pequenas como descrito acima. Deste modo, além disso ao efeito descrito na Fig. 3, são obtidos efeitos por as FU permanecerem estáveis durante um período mais longo e o caudal da corrente de maré pode ser eficazmente reduzido.

Pode ser instalada uma pluralidade de FU na qual são colocados tipos diferentes de objectos de bloco. Por exemplo, em primeiro lugar umas primeiras FU que incluem objectos de bloco com tamanho pequeno e em seguida umas segundas FU que incluem objectos de bloco com tamanho grande. Deste modo, as primeiras FU impedem a aspiração de terra e areia da superfície do fundo do mar, seguem a irregularidade do fundo do mar. Além disso, o engate entre a pluralidade de FU 50 é melhorado e as FU permanecem estáveis durante um longo período de tempo devido ao facto da pluralidade de FU 50 contactarem proximamente umas com as outras e serem fixadas juntas sem nenhum intervalo formado entre as mesmas. Além disso, uma vez que as segundas FU que têm objectos de bloco de tamanho grande enfrentam a corrente de maré, as FU ficam

localizadas de forma estável e diminuem eficazmente a velocidade de corrente da corrente de maré.

Além disso, uma vez que "o tamanho das FU" não tem nada a ver com "o tamanho do grão do objecto de bloco cheio nas FU", é provocado um efeito sinergético pelas FU grandes que incluem objectos de bloco com tamanho grande em comparação com o efeito provocado por FU grandes que incluem objectos de bloco com tamanho pequeno e FU pequenas que incluem objectos de bloco com tamanho grande. Por exemplo, as FU grandes que incluem objectos de bloco com tamanho grande mantêm-se mais estáveis do que as FU pequenas que incluem objectos de bloco com tamanho grande e as FU grandes que incluem objectos de bloco com tamanho pequeno.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual a porção de laje de base 12a é formada proporcionando a cofragem 12e para a porção de laje de base 12a sobre as extremidades superiores das estacas 12b e colocando betão na cofragem 12e. No entanto, o presente invento não está limitado a este e uma porção de laje de base de betão 12a, que tenha sido fabricada com antecedência, pode ser proporcionada sobre as extremidades superiores das estacas 12b.

Além disso, embora seja utilizada a estaca de aço nesta concretização, pode ser utilizada a estaca de betão.

## (2) Segunda concretização

A segunda concretização será descrita abaixo. Na segunda concretização, um sistema de geração de energia eólica é suportado por uma fundação que tem um caixão como uma base. A Fig. 7 é uma vista em corte transversal que mostra um sistema de geração de energia eólica, uma torre e uma fundação aos quais é aplicado um método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica de acordo com a presente concretização. A Fig. 7 mostra um sistema de geração de energia eólica no mar 10, uma torre 11, uma porção de laje de base 12a, um caixão 12c, uma pluralidade de FU 50 e um cabo de transmissão de energia 20. A torre 11 retém o sistema de geração de energia eólica no mar 10 e prolonga-se para

baixo até um nível próximo do fundo do mar 200 através da superfície do mar 100. A porção de laje de base 12a, que é feita de betão, está fixada à torre 11 por meio de parafusos de ancoragem e suporta a torre 11. O caixão 12c, que é feito de betão, está fixado no fundo do mar escavado 200 e suporta a porção de laje de base 12a sobre a sua extremidade superior. A pluralidade de FU 50 está instalada entre o fundo do mar 200 e o caixão 12c. O cabo de transmissão de energia 20 é estendido para fora a partir da torre 11 perto do fundo do mar 200 para transmitir a electricidade, gerada pelo sistema de geração de energia eólica 10, até um sistema baseado em terra (não mostrado). Deve ser notado que a fundação na presente concretização inclui a porção de laje de base 12a e o caixão 12c e o caixão 12c é formado pela colocação de betão numa cofragem. As FU 50 utilizadas na presente concretização são semelhantes às da concretização descrita acima.

Será descrito abaixo um método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica de acordo com a segunda concretização. As Figs. 8A a 8H são diagramas que ilustram sequencialmente a construção da fundação para o sistema de geração de energia eólica. A Fig. 8I é um diagrama visto a partir da posição VIII I - VIII I na Fig. 8E. Em primeiro lugar, num local onde o sistema de geração de energia eólica deve ser instalado, a condição do fundo do mar 200 e a condição das correntes de maré perto do fundo do mar 200 são investigadas com antecedência para examinar o tamanho e o número de FU 50 e a posição onde as FU 50 vão ser instaladas (Fig. 8A). Em seguida, com base no resultado da investigação, o fundo do mar 200 é escavado até à profundidade à qual o caixão 12c, que é uma base da fundação, fica fixado pelo fundo do mar 200, formando assim um buraco 13 para instalar a cofragem 12d para o caixão 12c no interior do mesmo (Fig. 8B). Neste momento, pode ser utilizado um método de corte a céu aberto (mineração por corte a céu aberto). O tamanho do buraco perfurado 13 é suficientemente grande para suportar o sistema de geração de energia eólica 10, a torre 11, a laje de base 12a e o caixão 12c a ser proporcionado no interior do mesmo. Em seguida, é instalada uma pluralidade de FU 50 plana sobre a superfície inferior do buraco perfurado 13 (Fig. 8C). Neste momento, é

preferível que sejam instaladas as FU pequenas. Por isso, as FU pequenas 50 seguem a irregularidade do fundo do mar e os intervalos que se formam entre uma pluralidade de FU podem ser tornados pequenos. Como resultado, quando o caixão 12c, a porção de laje de base 12a e semelhantes são instalados por cima das FU 50, uma pluralidade de FU, o caixão 12c, a porção de laje de base 12a podem manter as suas localizações estáveis. Além disso, quando um intervalo formado entre as FU é grande, o intervalo pode ser reduzido utilizando FU grandes ou utilizando tanto FU grandes como FU pequenas. Além disso, não há limitação quanto ao número de camadas de FU a serem empilhadas. Quanto maior o número de camadas, mais efeito é obtido de se impedir a aspiração de terra e areia da superfície de fundo do mar e o caixão 12c e a porção de laje de base 12a poderem manter o seu estado estável.

Em seguida, a cofragem 12d para formar o caixão 12c é instalada sobre as FU 50 instaladas sobre a superfície inferior do buraco 13 (Fig. 8D). Deve ser notado que a cofragem 12d pode ser considerada como uma parte do caixão 12c descrito abaixo. Em seguida, é instalada uma pluralidade de FU 50 em contacto próximo umas com as outras de maneira a preencher o intervalo entre o fundo do mar 200 e a cofragem 12d para o caixão 12c como uma base, isto é, entre a cofragem 12d para o caixão 12c e o buraco perfurado 13 (Fig. 8E). Neste momento, é preferível que as FU 50 na camada mais inferior fiquem dispostas em duas a cinco colunas na direcção radial num intervalo com largura L a partir do bordo circunferencial externo do buraco perfurado 13 (uma porção de um círculo P4 em vez de um círculo P3 na fig. 8I). É preferível que L seja aproximadamente 6 m. Também é preferível instalar a pluralidade de FU 50 de modo que as FU 50 que tenham uma espessura total de três camadas contactem de um modo próximo a circunferência da cofragem 12d para o caixão 12c. Em seguida, é colocado betão na cofragem 12d para formar o caixão 12c (Fig. 8F). Em seguida, a superfície inferior de uma cofragem para a porção de laje de base 12a é fixada à extremidade superior do caixão 12c por meio de parafusos de ancoragem e é colocado betão dentro da cofragem para a porção de laje de base 12a para formar a porção de laje de base 12a (Fig. 8G). Em seguida, a torre 11 é fixada à porção de laje de base 12a (Fig. 8H).

De acordo com o método descrito acima, o fundo do mar 200 é primeiro escavado de modo que o caixão 12c possa ser suportado no mesmo. Em seguida, a pluralidade de FU 50 é instalada plana sobre a superfície inferior do buraco perfurado 13. É instalada a cofragem 12d para o caixão 12c e a pluralidade de FU 50 é instalada entre o fundo do mar 200 e a cofragem 12d para o caixão 12c. Em seguida é colocado betão dentro da cofragem 12d para formar o caixão 12c e a porção de laje de base 12a é proporcionada sobre a extremidade superior do caixão 12c. Uma vez que a influência da corrente de maré é diminuída perto da fundação no fundo do mar 200, a erosão pode ser suprimida por um longo período de tempo e o fundo do mar 200 perto do caixão 12c pode ser protegido. Como resultado, a força de suporte e a durabilidade da fundação podem ser melhoradas. Além disso, uma vez que as FU instaladas servem como uma parte da fundação, a fundação pode ser compacta. Além disso, uma vez que o fio de rede das FU é feito de fibra sintética e as FU são porosas, não se dissolvem desreguladores endócrinos e metais pesados e é possível proporcionar biótopo para algas e peixes.

Em seguida, é descrita uma concretização alternativa. Nesta concretização as FU são instaladas numa fundação utilizando o caixão de um sistema de geração de energia eólica existente. As Figs. 8J e 8K são diagramas que mostram esta concretização. A Fig. 8J mostra um sistema de geração de energia eólica existente ao qual esta concretização é aplicada. Como é mostrado na Fig. 8J é formado um espaço entre a fundação 12a, 12c e o fundo do mar circundante 200. A Fig. 8K mostra uma situação onde uma pluralidade de FU 50 está instalada entre o caixão 12c, servindo como a base da fundação e o fundo do mar 200. Uma vez que a outra porção da construção da fundação é igual à da concretização descrita acima, a explicação da mesma não irá ser repetida. Nesta concretização, as FU são instaladas em torno da porção côncava deformada do fundo do mar que pode ser formada por erosão, por exemplo. O presente invento pode ser aplicado ao fundo do mar que não foi deformado.

Nesta concretização alternativa, é provocado o mesmo efeito meritório como descrito acima.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual o caixão 12c é formado pela colocação de betão e em seguida, a cofragem para formar a porção da laje de base é instalada sobre o mesmo. No entanto, o presente invento pode utilizar uma cofragem capaz de formar tanto o caixão como a porção de laje de base através da colocação de betão na mesma.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual o caixão 12c é formado através da instalação da cofragem 12d sobre as FU instaladas sobre a superfície inferior do buraco perfurado 13 e colocando betão na cofragem instalada 12d. No entanto, o caixão 12c, que foi fabricado antecipadamente, pode ser instalado sobre as FU 50 instaladas sobre a superfície inferior do buraco perfurado 13.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual está instalado um tipo de FU. No entanto, o presente invento não se limita a este e podem ser utilizados dois tipos de FU, um é uma FU grande e o outro é uma FU pequena. Por exemplo, no caso em que é necessário seguir a irregularidade do fundo do mar, de preferência são utilizadas FU pequenas. Por outro lado, quando é necessário impedir a redução de velocidade da corrente de maré, são utilizadas FU grandes. Além disso, uma pluralidade de FU incluindo tipos diferentes de objectos de bloco dependendo das condições exigidas. Deste modo, é provocado o efeito semelhante ao que foi descrito na primeira concretização.

### (3) Terceira concretização

A terceira concretização será descrita abaixo em relação a um método de instalação das FU. Será descrito na presente concretização um método para proteger um cabo submarino para um sistema de geração de energia eólica. As Figs. 9A a 9C são diagramas que ilustram sequencialmente o método para proteger um cabo submarino para um sistema de geração de energia eólica, a Fig. 9D é um diagrama visto a partir da linha IXD - IXD na Fig. 9C e a Fig. 10 é um diagrama que mostra condições quando uma FU está instalada. Deve ser notado que as FU 50

utilizadas na presente concretização são semelhantes às da concretização descrita acima.

Em primeiro lugar, numa localização onde o cabo submarino 20 vai ser instalado, a condição do fundo do mar 200 e a condição das correntes de maré perto do fundo do mar 200 são investigadas com antecedência para examinar o tamanho e o número de FU 50 e a posição onde as FU 50 vão ser instaladas (Fig. 9A). Em seguida, o cabo submarino 20 é instalado no fundo do mar 200 (Fig. 9B). Em seguida, uma FU 50 é instalada de modo a cobrir o cabo submarino 20 instalado no fundo do mar 200 (Fig. 9C).

Neste momento, com referência à Fig. 10, são explicadas as condições exigidas. A Fig. 10 é um diagrama que mostra a secção transversal perpendicular à direcção em que se prolonga o cabo submarino. Mais especificamente, assumindo que o ponto central da secção do cabo é Q e o seu raio é  $r$  (m), o ponto acima do cabo que está localizado à distância  $D_1$  (m) da superfície superior do cabo 20 é  $T_1$ , os pontos que estão localizados à distância  $D_2$  (m) da superfície lateral do cabo 20 são  $T_2$  e  $T_3$  e dois ângulos inferiores iguais formados por um triângulo isósceles feito pelos pontos  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$  são  $\theta$ . Além disso, quando os objectos de bloco colocados nas FU caem de uma posição superior para o solo, é formada naturalmente uma montanha com forma cónica pelo objecto de bloco. É assumido que o ângulo é definido como  $\phi$  formado pelo lado inclinado da montanha e o solo. É preferível que a FU cubra o triângulo isósceles a tracejado mostrado na Fig. 10 na qual  $D_1 \approx 0,5$  m,  $D_2 \approx 1,0$  m e  $\theta \approx \phi$ . Neste momento, normalmente  $\phi$  é 45 graus ou menos. É preferível que  $\theta$  seja 30 graus ou menos. Na Fig. 10, a linha interrompida mostra a secção transversal da FU que satisfaz as condições descritas acima.

Uma vez que o cabo submarino é totalmente coberto pela FU de maneira estável, o cabo submarino 20 é fixado de modo a não se mover pela influência das correntes de maré em torno do mesmo (ver Fig. 9D) e pode ser protegido, por exemplo, das âncoras dos navios, pedras rolantes transportadas pelas correntes de maré e algo semelhante.

De acordo com o método descrito acima, as FU 50 são instaladas de maneira a cobrir o cabo submarino 20. Deste modo, o cabo submarino 20 é fixado pelo fundo do mar 200 e as FU 50 e pode ser impedido de se mover pela influência das correntes de maré em torno do mesmo e algo semelhante. Isto pode evitar a geração de atrito entre o fundo do mar 200 e o cabo submarino 20 e pode impedir a erosão perto do cabo submarino instalado 20 durante um longo período de tempo. Como resultado, o cabo submarino 20 pode ser protegido durante um longo período de tempo.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual é instalado um novo cabo submarino. No entanto, a FU 50 pode ser instalada de modo a cobrir um cabo submarino existente.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual é instalada uma FU 50. No entanto, é mais preferível instalar uma pluralidade de FU 50. A utilização da pluralidade de FU 50 aumenta o peso para a fixação do cabo submarino 20, permitindo que o cabo submarino 20 seja fixado firmemente. Além disso, tal como descrito na primeira concretização, é obtido o efeito de grupo e o cabo pode ser fixado de forma estável através da instalação de uma pluralidade de FU.

Em seguida, serão descritos abaixo alguns dos exemplos nos quais o cabo submarino 20 é fixado por uma pluralidade de FU 50. A Fig. 11A mostra um exemplo no qual uma pluralidade de FU 50 está disposta continuamente em linha na direcção em que o cabo submarino 20 se prolonga (de aqui em diante referido como a "direcção de prolongamento do cabo submarino 20") e a Fig. 11B é um diagrama visto a partir XI B - XI B na Fig. 11A. A Fig. 11A mostra apenas uma parte das FU instaladas. A Fig. 12A mostra um exemplo no qual duas FU 50 estão dispostas lado a lado com o cabo submarino 20 interposto entre as mesmas e a Fig. 12B é um diagrama visto a partir da posição XII B - XII B na Fig. 12A. Deve ser notado que, também neste caso, uma pluralidade de FU 50 pode ser disposta continuamente em duas linhas ao longo da direcção de prolongamento do cabo submarino 20. A Fig. 13A mostra um exemplo no qual o cabo submarino 20 é fixado por meio de uma

multiplicidade de FU 50 e a Fig. 13B é um diagrama visto a partir da posição XIII B - XIII B na Fig. 13A. Em qualquer caso, as FU 50 estão instaladas de modo a cobrir o cabo submarino 20, pelo que o cabo submarino 20 é fixado pelo fundo do mar 200 e as FU 50 pode ser impedido de se mover pela influência das correntes de maré em torno do mesmo. Isto pode evitar a geração de atrito entre o fundo do mar 200 e o cabo submarino 20 e pode também evitar a erosão perto do cabo submarino instalado 20 durante um longo período de tempo. Como resultado, o cabo submarino 20 pode ser protegido durante um longo período de tempo. Na concretização descrita acima, uma pluralidade de FU está continuamente disposta. É possível instalar continuamente uma pluralidade de FU numa direcção de prolongamento do cabo submarino 20. Por exemplo, ao instalar continuamente uma pluralidade de FU na posição onde é provável que o cabo 20 seja movido pela corrente de maré, é possível minimizar a quantidade de trabalho e a quantidade de FU a ser utilizada.

Deve ser notado que, na concretização descrita acima, mesmo que ocorra erosão em torno das FU 50 proporcionadas para proteger o cabo submarino 20, as FU 50 seguem o fundo do mar deformado 200 e deste modo podem ser realizadas reparações, por exemplo, proporcionando apenas a quantidade de FU 50 sobre a porção rebaixada no fundo do mar 200 correspondente à quantidade rebaixada. Deste modo, as reparações podem ser realizadas facilmente a baixo custo.

Deve ser notado que é preferível que o método para a protecção de um cabo submarino para um sistema de geração de energia eólica de acordo com a concretização descrita acima seja aplicado ao caso em que a profundidade da água até ao fundo do mar 200 seja cerca de 3 m ou mais.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual um cabo submarino é protegido pela cobertura do cabo com FU. Neste momento, o cabo submarino inclui alguns de entre linhas telefónicas, fibras ópticas e assim por diante. Este método pode ser aplicado aos casos onde existam objectos submarinos longos tais como tubos longos e condutas para o gás, para o petróleo e assim por diante.

#### (4) Quarta concretização

Em seguida, será descrita abaixo a quarta concretização em relação ao método de instalação das FU. Na quarta concretização, um método para aplanar uma superfície irregular do fundo do mar será descrito nesta concretização. Basicamente, são utilizadas FU de um tamanho para aplanar superfícies irregulares. A seguir é descrita uma concretização em que dois tipos de FU têm tamanhos diferentes.

As Figs. 14A a 14C são diagramas que ilustram sequencialmente o método para aplanar uma superfície irregular do fundo do mar. São utilizadas as FU grandes e as FU pequenas descritas na primeira concretização. É aqui assumido que foi determinado com base na investigação que estas FU são adequadas para aplanar nesta concretização. Os objectos de bloco colocados nas FU grandes e pequenas são aqueles que têm diâmetro de 50 a 300 m e peso específico de 2,65. Quanto a outros pontos, não existe nenhuma diferença entre as FU grandes e pequenas.

Em primeiro lugar, a condição de uma superfície irregular 1000 do fundo do mar 200 é investigada com antecedência para examinar o respectivo número de FU grandes 51 e FU pequenas 52 a ser utilizado e a posição em que as FU grandes 51 e as FU pequenas 52 vão ser instaladas (Fig. 14A). Em seguida, com base no resultado da investigação, as FU pequenas 52 são instaladas no fundo do recesso da superfície irregular 1000 (Fig. 14B). Neste momento, é preferível instalar as FU pequenas 52 de modo que a superfície superior formada pelas FU pequenas 52 fique o mais plana possível. Em seguida, são instaladas as FU grandes 51 sobre a superfície superior formada pelas FU pequenas 52 e são niveladas de modo que a superfície superior formada pelas FU pequenas 52 fique ao mesmo nível do fundo do mar 200 (Fig. 14C). Com base na descrição das concretizações acima, a utilização de uma pluralidade de tipos diferentes de FU, tais como as FU grandes 51 e as FU pequenas 52, melhora o engate entre a pluralidade de tipos diferentes de FU e a pluralidade de tipos diferentes de FU contacta proximamente umas com as outras. Deste modo, os tipos diferentes de FU são integrados

firmemente, aumentando a estabilidade das FU grandes 51 e das FU pequenas 52 instaladas no recesso da superfície irregular 1000. Deste modo, a influência das correntes de maré pode ser reduzida. Além do mais, as FU grandes 51 são instaladas de modo que a superfície superior formada pelas FU grandes 51 fique o mais nivelada possível com o fundo do mar 200 em torno do recesso da superfície irregular 1000.

É preferível instalar as FU em ordem ascendente de peso. Neste caso, as FU grandes 51 são instaladas sobre a superfície superior formada pelas FU pequenas 52. Deste modo, as FU pequenas seguem o fundo da superfície irregular 1000 e é possível tornar plana a superfície superior das FU pequenas. Além disso, com as FU grandes instaladas sobre as FU pequenas planas, as FU como um todo podem ser estáveis.

Nesta concretização, uma vez que as FU pequenas são instaladas na superfície inferior da superfície irregular 1000, as FU grandes são instaladas sobre as FU pequenas e a superfície superior das FU grandes instaladas é nivelada de maneira a que a superfície superior formada pelas FU pequenas 52 fique nivelada com o fundo do mar 200. Deste modo, as FU grandes 51 e as FU pequenas 52 engatam umas com as outras, pelo que pode ser formado um fundo do mar 200 substancialmente plano, altamente integrado, sem intervalos entre as FU. Como resultado, a superfície irregular pode ser transformada num fundo do mar firme, substancialmente plano.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual a superfície irregular côncava é nivelada. No entanto, o presente invento não se limita a isto e este método pode ser aplicado a um exemplo no qual a superfície irregular convexa é nivelada. A Fig. 15 é um diagrama que mostra este exemplo. Com referência à Fig. 15, neste método, em primeiro lugar, as FU pequenas 52 são instaladas em torno da superfície irregular convexa semelhante à concretização descrita acima. Em seguida são instaladas FU grandes 51 sobre as FU pequenas 52. Após serem instaladas as FU grandes, a superfície superior das FU grandes instaladas é nivelada de modo que a superfície superior formada pelas FU pequenas 52 fique nivelada com o fundo do mar 200. Como resultado, é possível aplanar a

superfície irregular convexa em comparação com o fundo do mar.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual existem dois tipos de FU, que são as FU grandes 51 e as FU pequenas 52. No entanto, o presente invento não está limitado a estes e pode ser utilizado só um tipo de FU. Isto é, a superfície irregular 1000 pode ser aplanada nivelando um tipo de FU de maneira que a superfície superior formada pelas FU fique ao mesmo nível do fundo do mar 200. Pode ser utilizada uma pluralidade de tipos de FU, contendo tipos de objectos de bloco diferentes uns dos outros para aplanar a superfície irregular 1000. Por exemplo, são utilizadas FU contendo objectos de bloco que têm 100 mm de diâmetro e FU contendo objectos de bloco que têm 200 mm de diâmetro. Neste caso, FU contendo objectos de bloco com diâmetro pequeno impedem a aspiração de terra e areia da superfície do fundo do mar e seguem a irregularidade do fundo do mar. Além disso, dois tipos de FU tendo objectos de bloco com tamanho diferente, engatam um com o outro e podem ser integrados sem intervalo entre os mesmos. É preferível instalar as FU em ordem ascendente do tamanho de grão dos objectos de bloco. Neste caso, uma vez que as FU com tamanho de grão pequeno seguem a forma de superfícies irregulares 1000 e é possível formar uma superfície plana sobre a superfície superior das FU pequenas e a totalidade das FU fica estavelmente instalada uma vez que as FU grandes são instaladas sobre a superfície plana das FU pequenas.

O método para aplanar a superfície irregular do fundo do mar de acordo com a concretização descrita acima pode ser aplicado em conjunto com, por exemplo, um navio barcaça para despejar pedras esmagadas. Neste caso, a superfície irregular 1000 do fundo do mar 200 pode ser aplanada como se segue. Em primeiro lugar, são despejadas pedras esmagadas do navio barcaça para o fundo do recesso da superfície irregular. Após ter sido despejada uma quantidade desejada de pedras esmagadas, as FU grandes 51 e as FU pequenas 51, por exemplo, são instaladas como descrito na concretização acima utilizando o método para aplanar a superfície irregular do fundo do mar. Isto permite que a superfície irregular seja eficientemente aplanada a baixo custo.

Deve ser notado que a concretização acima é descrita em relação a um exemplo no qual a superfície irregular 1000 é aplanada. Após a superfície irregular ser aplanada, pode ser instalado um cabo submarino para um sistema de geração de energia eólica de modo a estender-se sobre a superfície irregular aplanada, ou pode ser instalada uma estrutura subaquática sobre a superfície irregular aplanada. Tal como foi descrito na concretização acima, o cabo submarino pode ser fixado e protegido utilizando as FU.

Deve ser notado que, na primeira à quarta concretizações descritas acima, a posição onde as FU 50 vão ser instaladas pode ser localizada por um sistema de posicionamento global (GPS). Por exemplo, são aplicados à concretização descrita acima um navio de trabalho para a instalação das FU 50 no fundo do mar 200 e um corpo de reboque para submergir para investigar a condição submarina de acordo com sinais recebidos a partir do navio de trabalho. O corpo de reboque inclui: um sonar batimétrico para irradiar ondas sonoras num padrão de radiação em forma de leque para o fundo do mar e recepção das ondas reflectidas a partir do fundo do mar para medir a profundidade até ao fundo do mar; um sensor de oscilação para medir e corrigir a inclinação do sonar batimétrico associada à oscilação do corpo de reboque; um sensor de pressão de água para medir uma pressão de água com precisão para manter um registo de uma alteração na profundidade aquática do corpo de reboque; e um transmissor-receptor para calcular a distância até ao navio de trabalho e o azimute do corpo de reboque. O navio de trabalho inclui: um aparelho de operação para operar o corpo de reboque, um aparelho de posicionamento GPS para manter um registo da posição do navio de trabalho; e um sensor de azimute por GPS para manter um registo do azimute do navio de trabalho; um sistema de posicionamento submarino para receber ondas sonoras provenientes do transmissor-receptor do corpo de reboque e medir a posição do corpo de reboque; suporte lógico dedicado para análise de dados obtidos a partir do corpo de reboque, com base nas respectivas posições do corpo de reboque e do navio de trabalho; e um guincho de reboque ligado ao corpo de reboque e ao cabo, para controlar o movimento do corpo de reboque. Primeiro, o aparelho de

operação no navio de trabalho é operado para submergir o corpo de reboque no mar. O corpo de reboque submerso obtém os dados relativos à condição do fundo do mar utilizando o sonar batimétrico ao mesmo tempo que transmite a sua própria posição e condição para o navio de trabalho pelo sensor de oscilação, o sensor de pressão de água e o transmissor-receptor. Os dados obtidos em relação ao fundo do mar são transmitidos para o navio de trabalho para manter um registo da condição do fundo do mar pelo suporte lógico dedicado do navio de trabalho. A posição onde as FU vão ser instaladas é localizada pelos dados obtidos a partir do corpo de reboque, do aparelho de posicionamento GPS e do sensor de azimute por GPS. Isto permite que as FU sejam instaladas com precisão numa posição desejada. Por exemplo, a posição onde as FU vão ser instaladas pode ser localizada e gravada pelo aparelho de posicionamento GPS na investigação que é conduzida com antecedência e as FU podem ser instaladas com base nos dados gravados.

Deve ser notado que, na primeira à quarta concretizações descritas acima, as FU 50 podem ser instaladas suspendendo cada FU 50 por meio de um guindaste ou algo semelhante. Neste caso, as FU 50 podem ser instaladas libertando automaticamente a porção de ligação 504 de cada FU 50 do guindaste quando a FU 50 é movida para uma posição de instalação predeterminada. Isto reduz, por exemplo, o trabalho e o perigo para os mergulhadores que dão instruções e ajudam no trabalho no fundo do mar, na operação de libertação de cada FU 50 do guindaste.

Deve ser notado que, na primeira à quarta concretizações descritas acima, a pluralidade de FU instaladas pode ser ligada por componentes de ligação tais como uma corda, uma corrente, ou algo semelhante. Isto permite manter a estabilidade entre a pluralidade de FU 50 durante um longo período de tempo, pelo que a força de suporte e a durabilidade da fundação pode ser melhorada ainda mais.

Deve ser notado que, na primeira à quarta concretizações descritas acima, as FU 50 podem ser instaladas uma a uma, ou podem ser instaladas simultaneamente mais do que uma FU 50.

Embora as concretizações do presente invento tenham sido descritas com referência aos desenhos, o presente invento não se limita às concretizações ilustradas. Podem ser realizadas várias modificações e variações às concretizações ilustradas dentro de um âmbito das revindicações.

Lisboa, 2012-08-24

## REIVINDICAÇÕES

1 - Método para a construção de uma fundação para um sistema de geração de energia eólica, para manter um sistema de geração de energia eólica no mar acima de uma superfície do mar e suportar uma torre do dito sistema de geração de energia eólica, que se prolonga a partir de uma posição acima da superfície do mar para baixo até um nível próximo de um fundo do mar, compreendendo a etapa de:

instalação de uma pluralidade de unidades de filtragem em forma de saco contendo objectos de bloco predeterminados, entre o dito fundo do mar e uma base suportada e fixada num solo predeterminado ou fixada num fundo do mar escavado.

2 - Método de acordo com a concretização 1, que compreende ainda as etapas de:

proporcionar a dita base sobre um solo predeterminado de modo que a dita base seja suportada e fixada no dito solo predeterminado ou fixada num fundo do mar escavado antes da instalação da dita pluralidade de unidades de filtragem em forma de saco contendo objectos de bloco predeterminados, entre o dito fundo do mar e a dita base;

proporcionar uma porção de laje de base sobre uma extremidade superior da dita base; e

proporcionar a dita torre sobre uma extremidade superior da dita porção de laje de base.

3 - Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que a dita etapa de instalação da dita pluralidade de unidades de filtragem inclui a etapa de localizar uma posição onde a dita pluralidade de unidades de filtragem vão ser instaladas, utilizando um GPS.

4 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, em que

a dita base é suportada por uma estaca; e

a dita etapa de instalação da dita pluralidade de unidades de filtragem inclui a etapa de cercar uma porção em torno da dita estaca com a dita pluralidade de unidades de filtragem.

5 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, em que:

a dita etapa de instalação de uma pluralidade de unidades de filtragem inclui a etapa de cobrir o dito solo predeterminado com a dita pluralidade de unidades de filtragem até ao fundo da dita base.

6 - Método de acordo com a reivindicação 2, em que

a dita laje de base é uma placa circular,

uma pluralidade das ditas estacas está disposta em círculo para suportar a dita laje de base e;

a dita etapa de instalação da dita pluralidade de unidades de filtragem inclui a etapa de colocação das ditas unidades de filtragem de uma maneira que as distâncias da dita pluralidade de estacas à circunferência externa da dita pluralidade de unidades de filtragem sejam substancialmente as mesmas.

7 - Método de acordo com a reivindicação 6, em que:

a dita substancialmente as mesmas distâncias incluem 4 m a 15 m.

8 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, em que

a dita etapa de instalação de uma pluralidade de unidades de filtragem inclui a etapa de empilhar a dita pluralidade de unidades de filtragem numa direcção vertical.

9 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, em que

as ditas unidades de filtragem incluem uma unidade de filtragem que tem um primeiro tamanho externo e uma unidade de filtragem que tem um tamanho externo menor que o dito primeiro tamanho externo e,

a dita etapa de instalação da dita pluralidade de unidades de filtragem inclui as etapas de colocação da dita unidade de filtragem que tem o tamanho externo menor no solo em primeiro lugar e em seguida colocação da dita unidade de filtragem que tem o tamanho externo maior sobre a dita unidade de filtragem que tem o tamanho externo menor.

10 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8 em que:

as ditas unidades de filtragem têm o mesmo tamanho externo e incluem uma primeira unidade de filtragem que tem primeiros objectos de bloco e uma segunda unidade de filtragem que tem segundos objectos cujo tamanho é maior do que o dito primeiro objecto de bloco.

11 - Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, em que

a dita unidade de filtragem inclui um corpo de saco e objectos de bloco e

quando a dita unidade de filtragem está pendurada, assumindo que a altura do dito corpo de saco desde a porção fechada até ao fundo é H1 e a altura de um espaço sem os ditos objectos de bloco é H2, a quantidade de objectos de bloco obtida por  $(H2/H1) \times 100$  é 25 a 80%.

12 - Método de acordo com a reivindicação 11, em que

a porosidade do tecido tricotado do dito corpo de saco é 45% a 90%.

Lisboa, 2012-08-24

F I G. 1

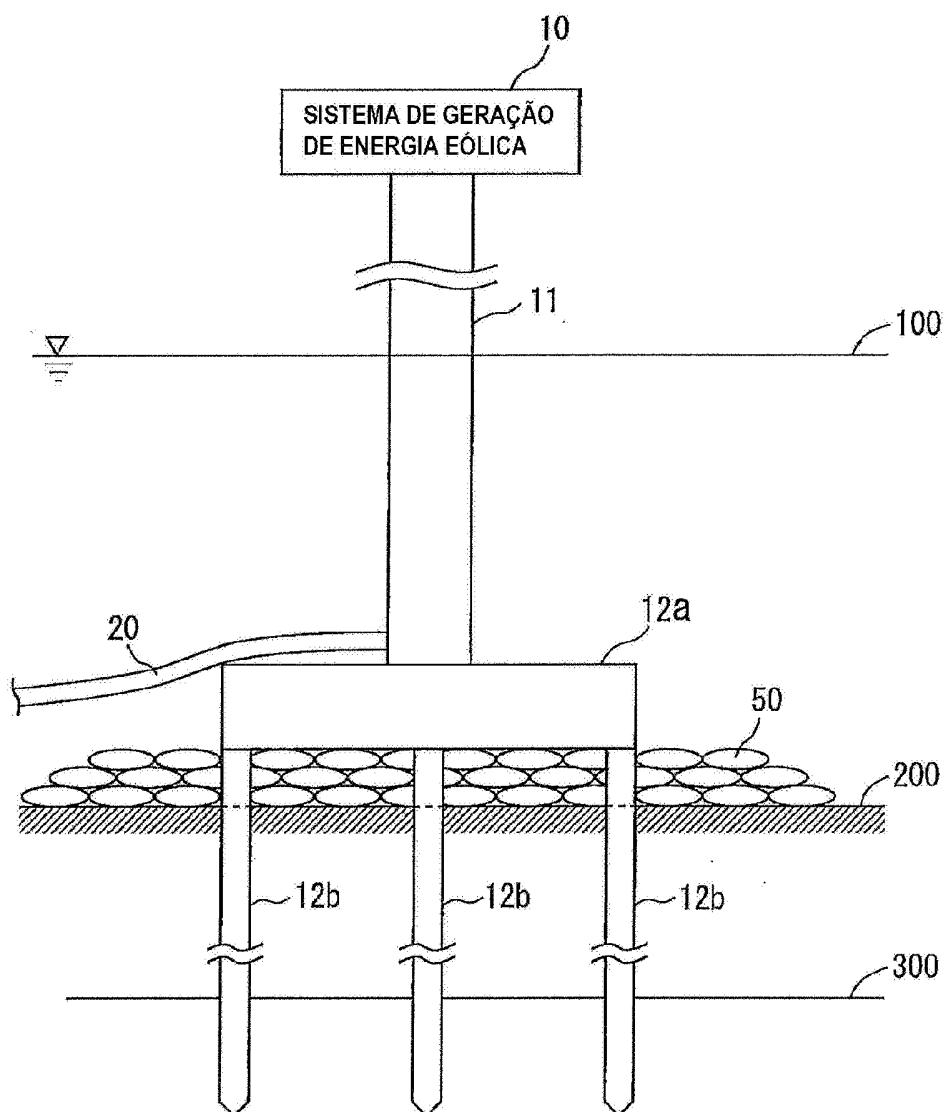


FIG. 2 A

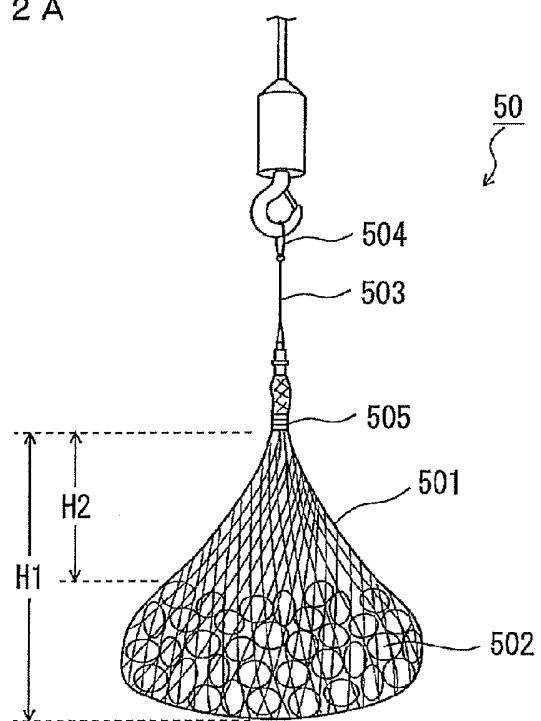


FIG. 2 B

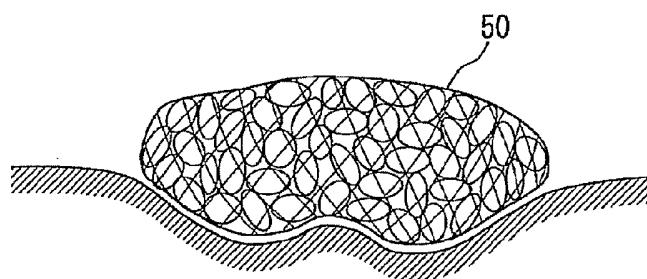


FIG. 3 A

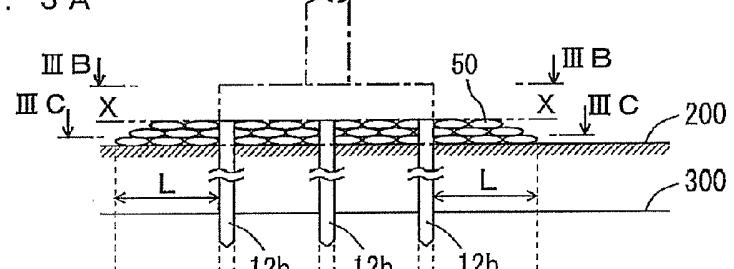


FIG. 3 B

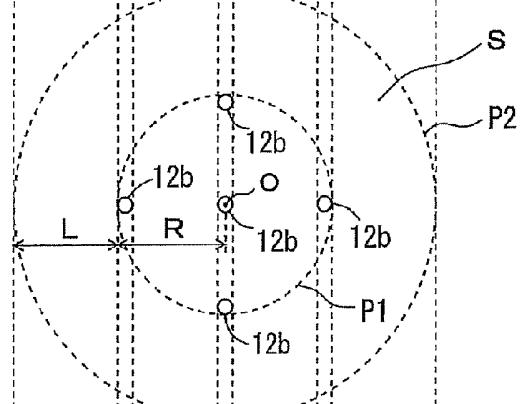


FIG. 3 C

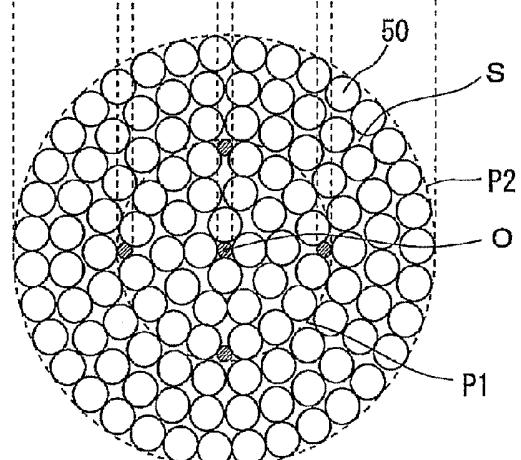


FIG. 4 A

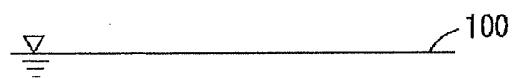


FIG. 4 B

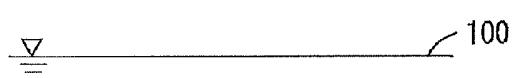


FIG. 4 C

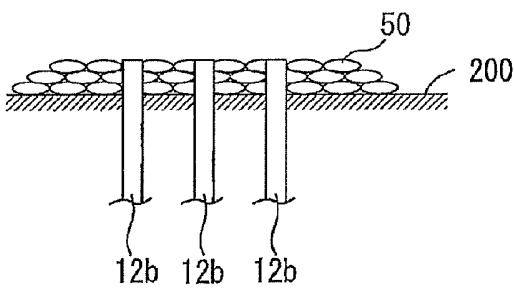
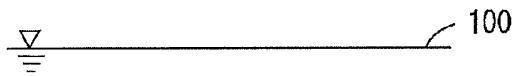


FIG. 4 D

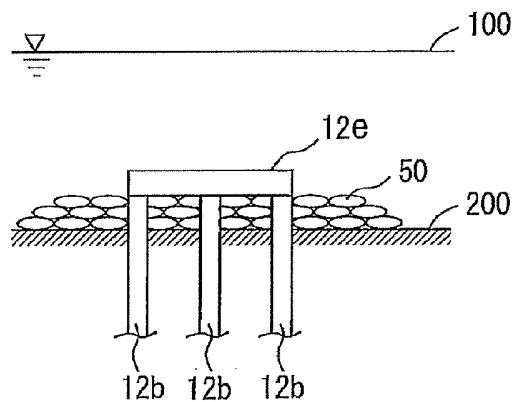


FIG. 4 E

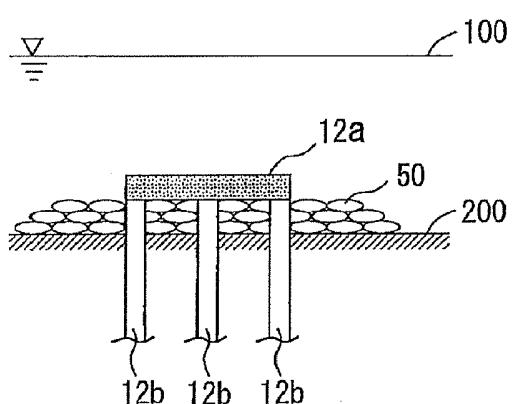


FIG. 4 F

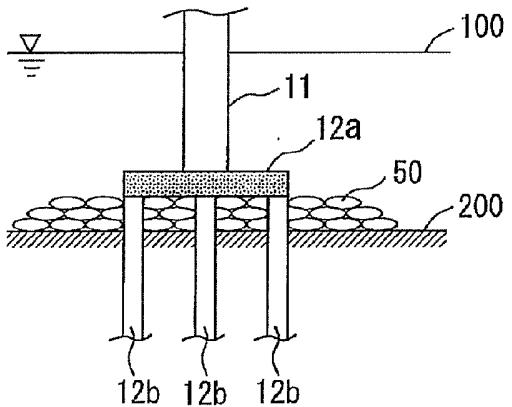


FIG. 5

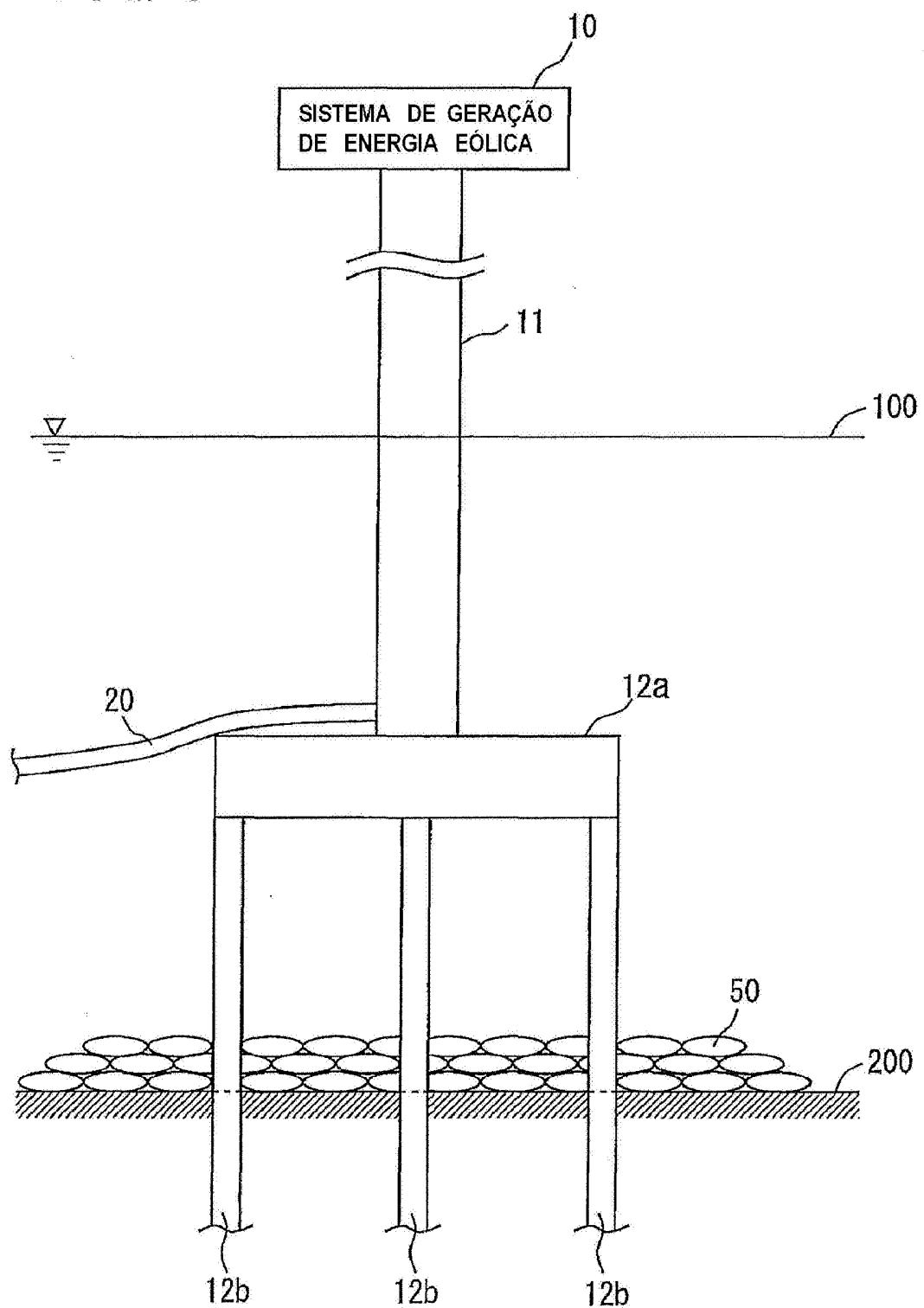


FIG. 6 A

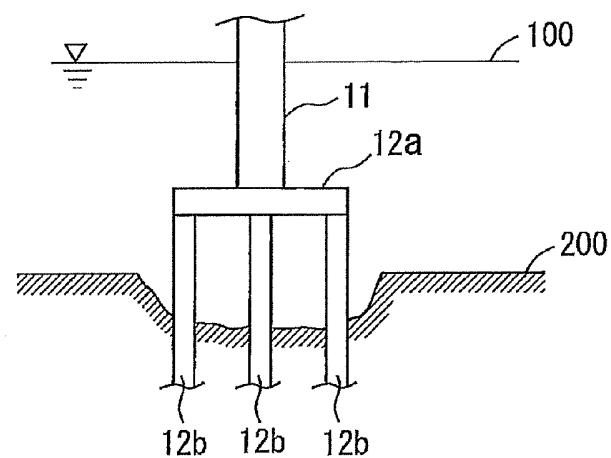


FIG. 6 B

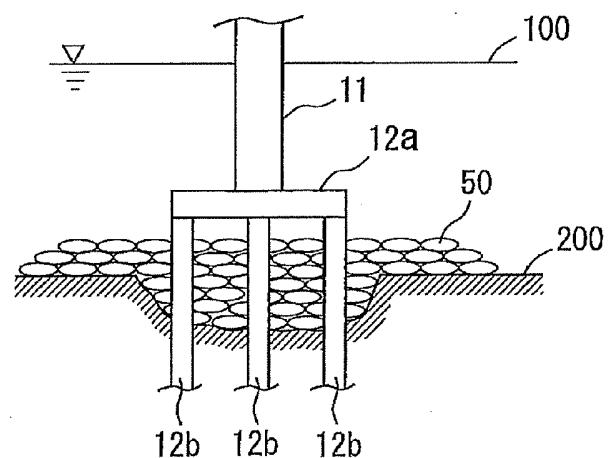


FIG. 7

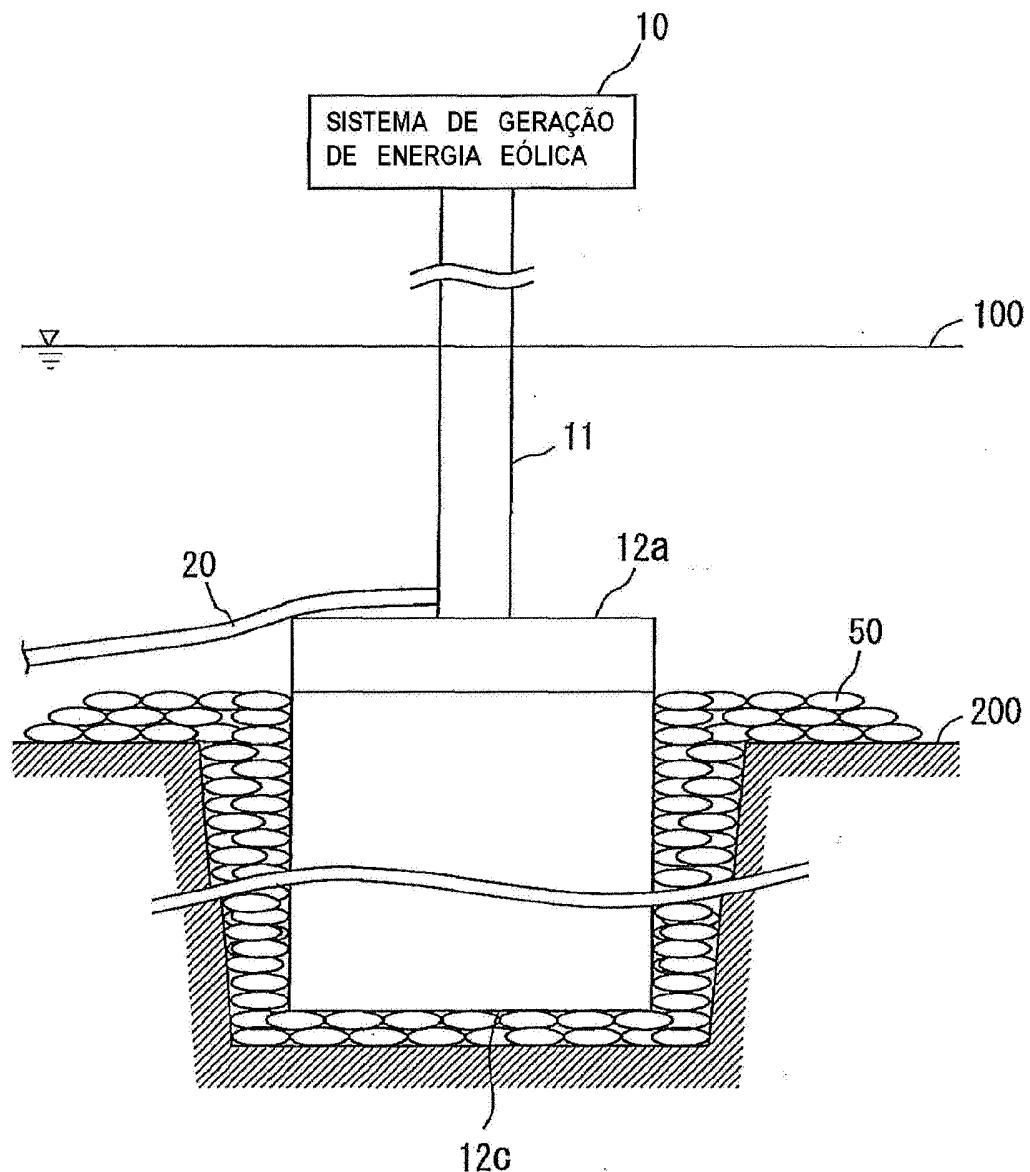


FIG. 8 A



FIG. 8 B

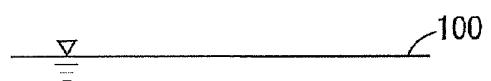
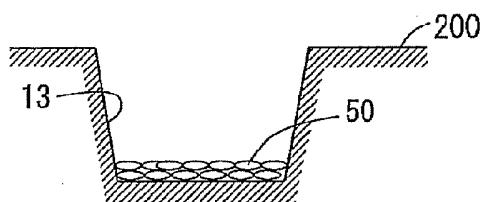
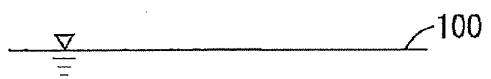


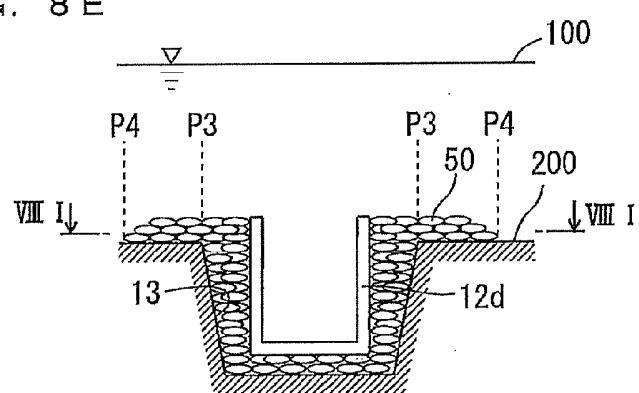
FIG. 8 C



F I G. 8 D



F I G. 8 E



F I G. 8 F

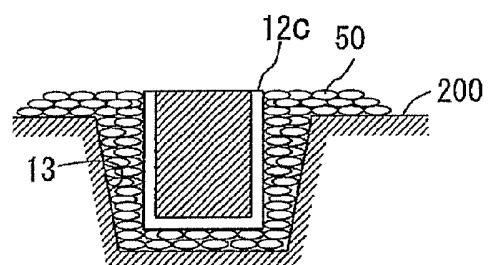


FIG. 8 G

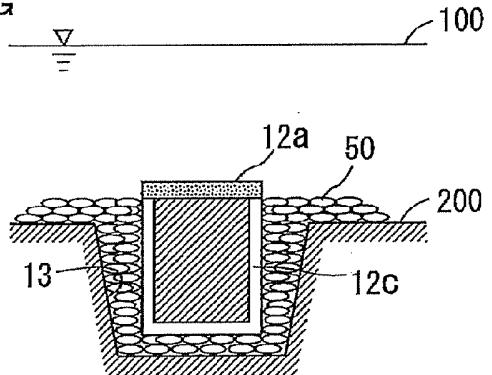


FIG. 8 H

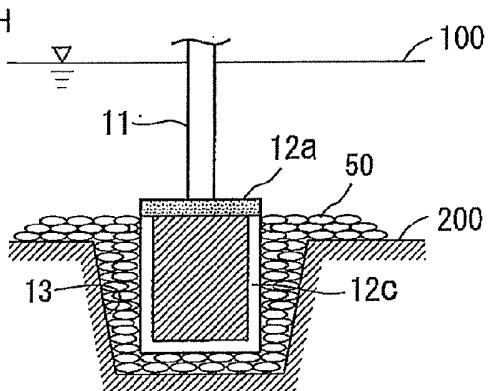


FIG. 8 I

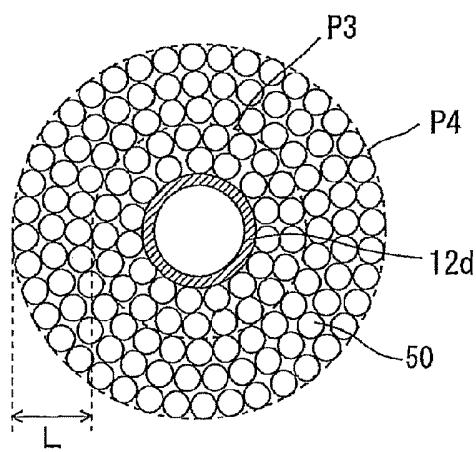


FIG. 8 J

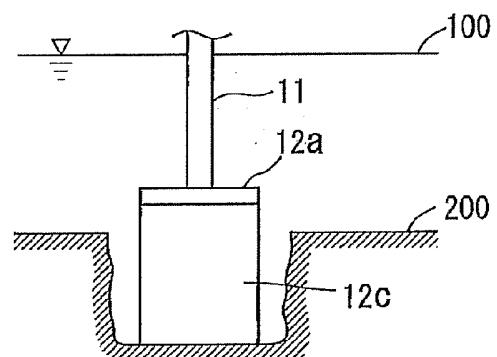
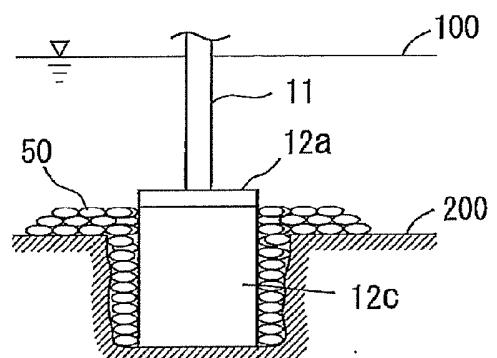
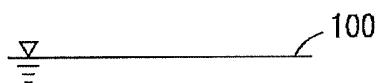


FIG. 8 K



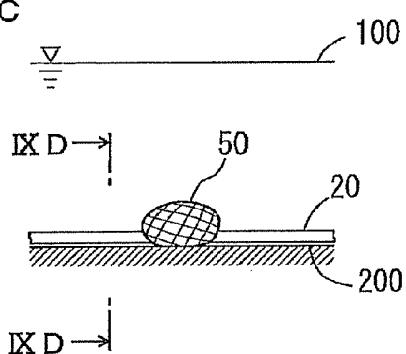
F I G. 9 A



F I G. 9 B



F I G. 9 C



F I G. 9 D

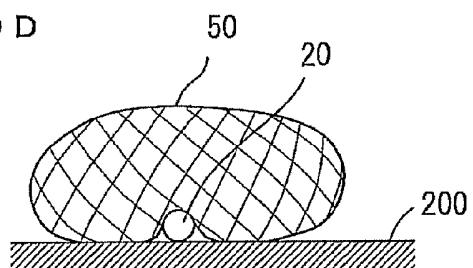


FIG. 10

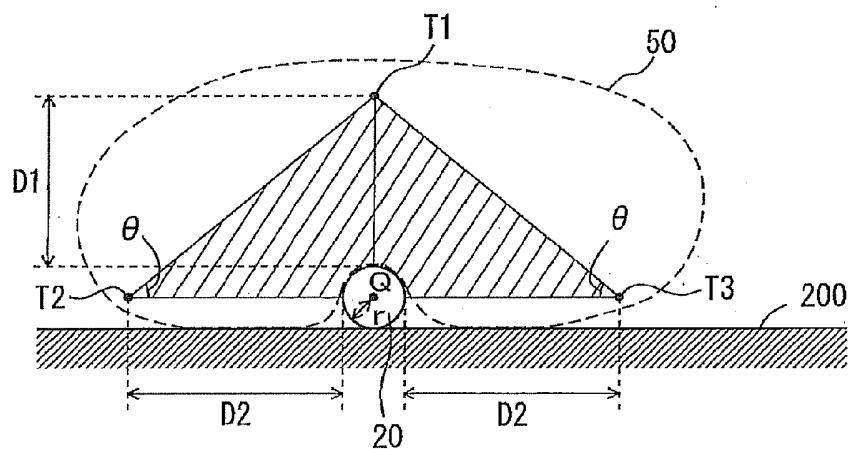


FIG. 11A

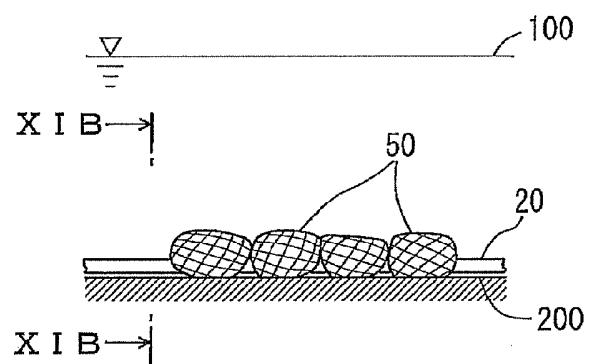


FIG. 11B

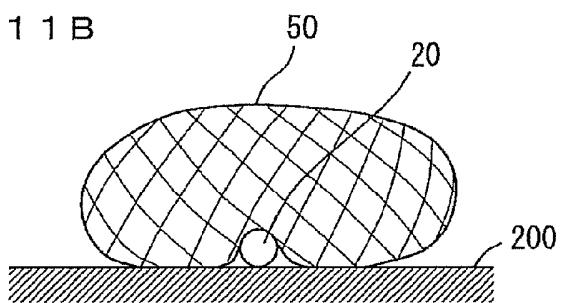


FIG. 12 A

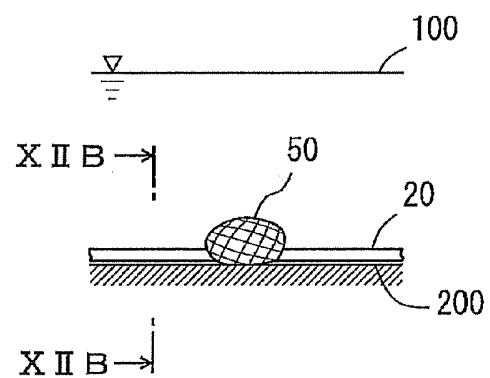


FIG. 12 B

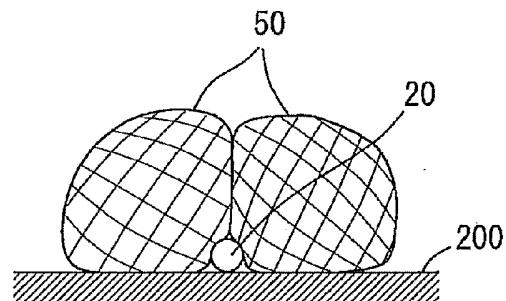


FIG. 13 A

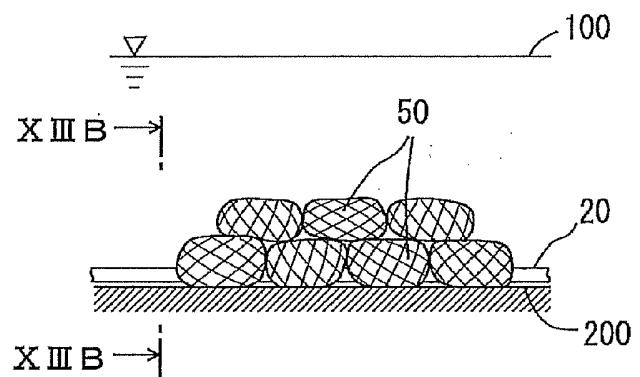


FIG. 13 B

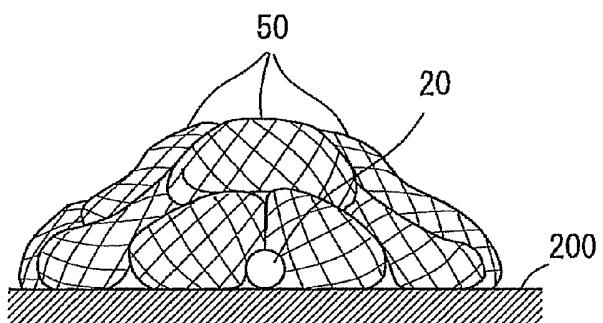


FIG. 14 A

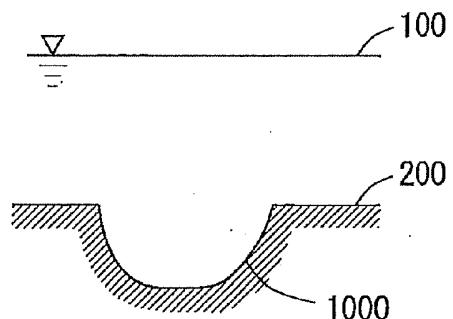


FIG. 14 B

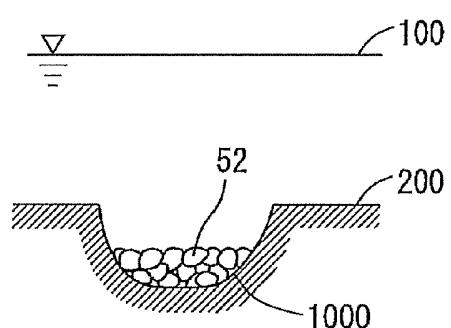


FIG. 14 C

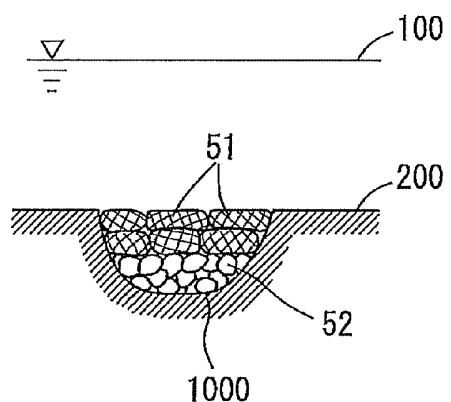


FIG. 15

