

(19)



(11)

EP 2 900 875 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:

17.08.2022 Bulletin 2022/33

(21) Numéro de dépôt: **13779318.8**

(22) Date de dépôt: **26.09.2013**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
E02D 5/38 (2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
E02D 5/385

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/052274

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/049277 (03.04.2014 Gazette 2014/14)

(54) **PROCÉDÉ DE RÉALISATION D'UN ANCRAGE DANS UN SOL**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER GRÜNDUNG IM BODEN

METHOD OF MAKING A FOUNDATION

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **27.09.2012 FR 1259134**

(43) Date de publication de la demande:
05.08.2015 Bulletin 2015/32

(73) Titulaire: **Soletanche Freyssinet SA
92500 Rueil-Malmaison (FR)**

(72) Inventeurs:

- **VIARGUES, Daniel**
F-92500 Rueil Malmaison (FR)
- **GUILLON, Christophe**
F-92500 Rueil Malmaison (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 246 482 DE-A1- 3 612 437

EP 2 900 875 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

DescriptionArrière-plan de l'invention

- 5 **[0001]** La présente invention concerne le domaine des techniques de forage dans le sol qui sont exécutés dans le but de réaliser des fondations et des ouvrages de soutènement dans le sol.
- [0002]** L'invention porte plus spécifiquement sur un procédé de réalisation d'un ancrage dans un sol.
- [0003]** Par ancrage, on entend notamment les pieux forés de petits diamètres, également appelés micropieux, ou bien les tirants d'ancrage.
- 10 **[0004]** Traditionnellement, pour réaliser un tel ancrage, on réalise tout d'abord un forage en entraînant en rotation un outil de coupe qui va excaver le sol.
- [0005]** Pendant le forage, on injecte en général un liquide, appelé fluide de forage, afin de refroidir l'outil de coupe et d'évacuer les déblais.
- [0006]** On dispose ensuite une armature dans le forage avant d'y injecter un coulis de scellement.
- 15 **[0007]** Ces différentes étapes sont généralement réalisées successivement à l'aide de différents matériels selon les terrains en présence, en conséquence de quoi ce procédé traditionnel présente l'inconvénient d'être assez lent à mettre en œuvre.
- [0008]** Le document DE 3612437 A1 décrit un procédé de réalisation d'une excavation au moyen d'un outil de forage ayant un moyen d'entraînement vibratoire. Une fois que l'outil de forage a été enfoncé à une profondeur de consigne, du béton est injecté sous une tête de forage de l'outil de forage à une pression permettant de générer une force de levage pour extraire l'outil de forage hors de l'excavation.
- 20

Objet et résumé de l'invention

- 25 **[0009]** Un but de l'invention est de proposer un procédé de réalisation d'un ancrage dans un sol présentant une meilleure efficacité que le procédé traditionnel.
- [0010]** L'invention atteint son but par le procédé selon la revendication 1.
- [0011]** Selon l'invention, on fournit un outil de forage comprenant un tube de forage qui présente une extrémité distale ouverte et des moyens pour faire vibrer le tube de forage ;
- 30
- on réalise un forage dans le sol à l'aide de l'outil de forage en faisant vibrer le tube de forage, le tube de forage étant amené à une profondeur prédéterminée;
- lorsque le tube de forage a atteint la profondeur prédéterminée, on introduit une armature dans le tube de forage, et on injecte un coulis de scellement dans le forage via le tube de forage avant ou après avoir introduit l'armature
- 35 dans le tube de forage.
- [0012]** Par coulis de scellement, on entend tout produit de scellement à base de ciment, de laitier, ou de tout autre liant.
- [0013]** Ainsi, à l'issue de la mise en œuvre du procédé selon l'invention, on obtient un ancrage dans le sol dans lequel l'armature est noyée dans le coulis de scellement.
- 40 **[0014]** Ainsi, grâce à l'invention, le tube de forage peut être retiré tout en laissant l'armature dans le forage grâce au fait que l'extrémité distale du tube de forage est ouverte. Le tube de forage sert donc à la fois de moyen pour excaver le sol, mais aussi de moyen pour injecter le fluide de forage et le coulis de scellement dans le forage, en plus de garantir le maintien du forage pendant l'insertion de l'armature.
- [0015]** De manière avantageuse, la fréquence de vibration est choisie de manière à faire vibrer le tube de forage à sa fréquence de résonance ou à tout le moins à une fréquence proche de ladite fréquence de résonance.
- 45 **[0016]** Avantageusement, la fréquence de vibration appliquée au tube de forage est comprise entre 50 Hz et 200 Hz.
- [0017]** Il s'ensuit que la rapidité de la mise en œuvre du procédé selon l'invention résulte notamment du fait que le forage est réalisé en faisant vibrer le tube de forage. La vibration, qui fait entrer le tube de forage et notamment son extrémité distale à la fréquence de résonance ou à tout le moins à une fréquence proche de la fréquence de résonance,
- 50 facilite la pénétration du tube de forage dans le sol.
- [0018]** De préférence, mais non nécessairement, pendant le forage, on fait également tourner le tube de forage pour modifier la position de dents de coupe disposées au niveau de l'extrémité distale du tube de forage.
- [0019]** Aussi, selon l'invention, le tube de forage sert à la fois d'organe de forage et de tube de protection pour la mise en place de l'armature.
- 55 **[0020]** Encore de préférence, on injecte un fluide de forage dans le tube de forage pendant la réalisation du forage.
- [0021]** Selon une première variante, on introduit l'armature dans le tube de forage avant l'injection de coulis de scellement.
- [0022]** Avantageusement, après avoir introduit l'armature dans le tube de forage, on maintient ladite armature par des

moyens appropriés pendant l'injection de coulis de scellement. Un intérêt est d'obtenir un ancrage muni d'une armature correctement centrée dans l'ancrage. Selon une autre variante, on introduit l'armature dans le tube de forage après l'injection de coulis de scellement.

[0023] De préférence, l'armature est maintenue de sorte que son extrémité inférieure soit légèrement distante du fond du forage, ce qui permet de s'assurer que la partie distale de l'armature soit totalement noyée dans le coulis de scellement.

[0024] Selon un premier mode de mise en œuvre, on retire le tube de forage après avoir injecté le coulis de scellement dans le forage. Dans ce cas, l'armature est préférentiellement introduite avant le retrait du tube de forage.

[0025] Selon un deuxième mode de mise en œuvre, on retire le tube de forage tout en injectant le coulis de scellement dans le forage.

[0026] De manière avantageuse, on injecte le coulis de scellement tout en faisant vibrer ledit tube de forage. Cette mise en vibration peut être effectuée dans le cadre du premier ou du deuxième mode de mise en œuvre de l'invention.

[0027] Un intérêt est d'améliorer l'écoulement et la répartition du coulis de scellement dans le forage.

[0028] Ainsi, grâce à la vibration du tube de forage pendant le forage, et pendant l'injection de coulis de scellement, on améliore la vitesse d'exécution du procédé.

[0029] Selon une variante de mise en œuvre, on retire le tube de forage tout en le faisant vibrer et tout en injectant le coulis de scellement. Dans ce cas, un intérêt de la mise en vibration du tube de forage est de permettre le retrait du tube de forage sans rotation, ce qui a pour effet de réduire sensiblement le risque de circulation de coulis de scellement entre le tube de forage et le sol. Un autre intérêt de la mise en vibration du tube de forage est de resserrer le terrain autour du tube de forage, ce qui diminue encore le risque de circulation du coulis de scellement entre le tube de forage et le sol.

[0030] Selon un troisième mode de mise en œuvre, on met le coulis de scellement sous pression, on retire le tube de forage tout en injectant le coulis mis sous pression à travers le tube de forage, et tout en faisant vibrer le tube de forage.

[0031] Pour effectuer cette mise sous pression, on utilise préférentiellement une pompe permettant d'injecter le coulis de scellement à une pression comprise entre 0,5 et 5 MPa.

[0032] L'injection sous pression permet de créer un bulbe de coulis de scellement dont le diamètre est sensiblement supérieur au diamètre du forage, ce qui a pour effet d'améliorer encore le soutènement.

[0033] Comme on l'a mentionné plus haut, la mise en vibration permet avantageusement de resserrer le terrain autour du tube de forage. Ce resserrement a pour effet de consolider le sol et permet ainsi de réaliser une injection sous pression du coulis de scellement dans de nombreux types de sols sans requérir l'utilisation traditionnelle d'accessoires complémentaires de type tubes à manchettes.

[0034] Le plus souvent, la direction de forage est verticale. Dans ce cas, l'extrémité distale est constituée par l'extrémité inférieure du tube de forage.

[0035] Selon une variante, la direction du forage est inclinée par rapport à une direction verticale.

[0036] Un intérêt est de pouvoir réaliser des ancrages inclinés. Une application avantageuse réside dans la fabrication de tirants d'ancrage inclinés.

[0037] De préférence, la direction du forage est inclinée par rapport à la direction verticale d'un angle strictement supérieur à 90°. Un intérêt est par exemple de pouvoir réaliser des ancrages remontants dans un tunnel.

[0038] Dans une variante, on utilise le coulis de scellement comme fluide de forage.

[0039] Selon l'invention, on calcule une fréquence cible de vibration, et on fait vibrer le tube de forage à ladite fréquence cible de vibration lors de la réalisation du forage.

[0040] Cette fréquence cible de vibration, qui est appliquée au tube de forage, est choisie de manière optimale afin de faciliter l'opération de forage, notamment dans des sols particulièrement durs. D'une façon générale, le calcul est effectué à partir d'une modélisation des phénomènes de perforation.

[0041] De manière avantageuse, le calcul utilise la longueur du tube de forage. De préférence, la fréquence cible de vibration est fonction de la longueur du tube de forage, tout en étant bornée par une valeur de fréquence maximale prédéterminée, notée F_{max} . Cette valeur de fréquence maximale prédéterminée, qui correspond de préférence à la fréquence maximale que peuvent développer les moyens pour faire vibrer le tube de forage est comprise de préférence entre 100 et 160 Hz.

[0042] Encore de préférence, le calcul utilise une valeur constante correspondant à la vitesse de propagation des ondes de compression dans le tube de forage, cette vitesse dépendant du matériau constitutif du tube de forage.

[0043] De manière préférentielle mais non nécessairement, la fréquence cible de référence est égale à :

- F_{max} (la valeur de fréquence maximale prédéterminée) si $F_{max} < (V)/(2 \cdot L)$, où V est la vitesse de propagation des ondes de compression dans le tube de forage, et L la longueur du tube de forage, OU :
- $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$ si $F_{max} > (V)/(2 \cdot L)$, où n est un nombre entier supérieur ou égal à 1 choisi de sorte que $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{max}$ et $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{max}$,

[0044] Les inventeurs ont constaté que cette formule permet d'obtenir une fréquence cible de vibration optimale qui

accroît sensiblement l'efficacité de l'opération de forage.

[0045] Ce calcul est effectué par un ordinateur comportant des moyens de calculs appropriés.

[0046] Selon l'invention, pour réaliser des forages profonds, on augmente la longueur du tube de forage pendant la réalisation du forage. Pour ce faire, on utilise des portions de tube qui sont fixées bout à bout au cours du forage afin d'augmenter la longueur du forage. Par conséquent, au sens de l'invention, on entend par tube de forage aussi bien un

unique tube de forage, qu'une pluralité d'éléments tubulaires fixés bout à bout, par exemple par vissage.

[0047] Selon l'invention, on recalcule la fréquence cible de vibration à chaque augmentation de la longueur du tube de forage.

[0048] Un intérêt est d'assurer un forage ayant une efficacité optimale sur toute la profondeur du forage.

[0049] Selon un premier mode de mise en œuvre avantageux, le procédé est un procédé de réalisation d'un tirant d'ancrage dans lequel l'armature est une armature de tirant.

[0050] Selon un deuxième mode de mise en œuvre avantageux, le procédé est un procédé de réalisation d'un micropieu, dans lequel l'armature est une armature de micropieu.

Brève description des dessins

[0051] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure **1A** illustre l'étape de forage du procédé selon l'invention ;
- la figure **1B** illustre l'étape d'introduction d'une armature à l'intérieur du tube de forage ;
- la figure **1C** illustre l'étape d'injection du coulis de scellement dans le tube de forage afin de noyer l'armature ;
- la figure **1D** illustre l'étape de retrait du tube de forage ;
- la figure **1E** illustre de manière schématique un micropieu obtenu à l'issue des étapes **1A** à **1D** ;
- la figure **2A** illustre une variante dans laquelle on injecte du coulis de scellement dans le forage tout en retirant le tube de forage ;
- la figure **2B** illustre l'étape d'introduction de l'armature dans le forage rempli de coulis de scellement ;
- la figure **3A** illustre une autre variante de l'invention dans laquelle on injecte du coulis de scellement sous pression tout en remontant et en faisant vibrer le tube de forage afin de former un bulbe de coulis de scellement ;
- la figure **3B** illustre l'introduction de l'armature dans le bulbe de coulis de scellement ;
- la figure **3C** illustre l'ancrage obtenu à l'issue de l'étape de la figure **3B** ;
- la figure **4** illustre des variantes de l'ancrage obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'invention ; et
- la figure **5** schématise le procédé d'optimisation de la fréquence de vibration appliquée au tube de forage.

Description détaillée de l'invention

[0052] A l'aide des figures **1A** à **1E**, on va décrire un premier mode de réalisation du procédé de réalisation d'un ancrage dans un sol conforme à la présente invention. Dans ce premier mode de réalisation, on réalise un micropieu **M** muni d'une armature **30** qui est particulièrement visible sur la figure **1E**.

[0053] Conformément au procédé selon l'invention, on fournit un outil de forage **10** qui comprend un tube de forage **12** constitué d'une pluralité d'éléments tubulaires **12a**, **12b**, **12c**,.... Ces éléments tubulaires sont fixés les uns aux autres bout à bout de manière à constituer le tube de forage **12**.

[0054] On comprend donc que la longueur **L** du tube de forage **12** varie lors de la réalisation du forage. Plus exactement, lors de la réalisation du forage, on ajoute au fur et à mesure de la pénétration de l'outil de forage dans le sol un nouvel élément tubulaire à ceux déjà introduits dans le sol, afin d'augmenter la longueur **L** du tube de forage **12**.

[0055] Le tube de forage **12** comprend une extrémité distale **14** qui est ouverte. Dans l'exemple de la figure **1A**, la direction du forage est verticale vers le bas, de sorte que l'extrémité distale correspond ici à l'extrémité inférieure du tube de forage.

[0056] Le tube de forage **12** comporte par ailleurs une extrémité proximale **16** qui est reliée dans cet exemple à des moyens **18** pour entraîner en rotation le tube de forage **12** et à des moyens **20** pour faire vibrer le tube de forage **12**. Dans cet exemple, les moyens **18** pour entraîner en rotation le tube de forage **12** comprennent un moteur hydraulique.

[0057] Les moyens **20** pour faire vibrer le tube de forage, en l'espèce un générateur de vibrations **20**, permettent de générer des ondes de compression qui se transmettent le long du tube de forage **12** depuis l'extrémité proximale **16** vers l'extrémité distale **14**.

[0058] Par extrémité distale ouverte, on entend que l'extrémité distale **14** du tube de forage **12** présente une ouverture débouchante qui est ménagée au centre de l'extrémité distale **14**. Comme il sera expliqué ci-dessous, cette ouverture débouchante présente une section de dimension suffisante pour être traversée par l'armature **30**.

[0059] Dans ce mode de réalisation, l'extrémité distale **14** est totalement ouverte, ce qui signifie en particulier que

l'extrémité distale est notamment dépourvue d'organe de découpe diamétral.

[0060] L'extrémité distale ouverte **14** présente un bord périphérique annulaire qui est pourvu de dents de coupe **22**. Par dents de coupe, on entend les outils de forage en général, comme les picots, les boutons, les pastilles de carbure de tungstène, etc. Ces dents de coupe **22** sont dimensionnées pour excaver le sol **S** lors de la réalisation du forage.

5 [0061] Sur la figure **1A**, on a référencé par **L** la longueur du tube de forage **12**. Cette longueur correspond en fait à la distance entre les moyens **20** pour faire vibrer le tube de forage **12** et l'extrémité distale **14** du tube de forage **12**, qui correspond essentiellement à la distance entre les extrémités distale et proximale du tube de forage.

[0062] Conformément à l'invention, on réalise un forage **F** dans le sol **S** à l'aide de l'outil de forage **10** en faisant tourner le tube de forage autour de l'axe vertical **A** grâce aux moyens d'entraînement en rotation **18** et en le faisant vibrer grâce aux moyens **20** pour faire vibrer le tube de forage **12**.

10 [0063] Pendant la réalisation du forage, on injecte un fluide de forage dans le tube de forage de manière à évacuer les débris excavés par les dents de coupe **22**. Comme on le constate sur la figure **1A**, l'extrémité distale **14** comprend des perforations **26** au travers desquelles s'écoule le fluide de forage hors du tube de forage **12** avant de remonter en surface tout en s'écoulant entre le tube de forage et la paroi du forage **F**.

15 [0064] Le forage est réalisé de manière à amener l'extrémité distale du tube de forage jusqu'à une profondeur prédéterminée **H**.

[0065] Dans cet exemple non limitatif, après que le tube de forage a atteint la profondeur prédéterminée **H**, on introduit l'armature **30** dans le tube de forage. On pourrait également introduire l'armature dans le tube de forage avant la substitution du fluide de forage par le coulis de scellement. Dans cet exemple, l'armature **30** est un barreau métallique dont la longueur est légèrement supérieure à la hauteur **H** du forage **F**.

20 [0066] L'armature **30** est descendue au fond du forage tout en étant maintenue sensiblement centrée dans le tube de forage par des moyens de maintien **32**. Comme on le constate sur la figure **1C**, l'armature **30** est maintenue de sorte que son extrémité distale **30a** soit légèrement surélevée par rapport au fond **Fa** du forage **F**.

[0067] Tout en maintenant l'armature **30**, on injecte un coulis de scellement **C**, par exemple un coulis de ciment, dans le tube de forage par son extrémité supérieure **15** afin de noyer l'armature **30** dans le coulis de scellement. Dans une autre variante, l'armature est tubulaire de sorte qu'on peut l'utiliser avantageusement comme conduite et injecter le coulis de scellement à partir de son extrémité supérieure. Le coulis se substitue alors progressivement au fluide de forage à partir de l'extrémité inférieure en le chassant vers l'extrémité supérieure du forage.

25 [0068] Dans cet exemple, on injecte le coulis de scellement dans le tube de forage **12** tout en faisant vibrer le tube de forage grâce au générateur de vibrations **20**.

[0069] Après avoir injecté le coulis de scellement dans le forage **12**, on retire le tube de forage **12** comme cela est représenté sur la figure **1D**. Dans une variante, on pourra commencer à extraire le tube de forage avant d'avoir complètement rempli le forage avec le coulis de scellement.

[0070] On obtient alors le micropieu **M** représenté sur la figure **1E**.

30 [0071] Bien entendu, des moyens de connexion (non représentés ici) pourront le cas échéant être fixés à l'extrémité proximale **30b** de l'armature **30** qui émerge hors du sol.

[0072] Sur les figures **2A** et **2B**, on a représenté un deuxième mode de mise en œuvre dans lequel on retire le tube de forage **12** tout en injectant le coulis de scellement **C**. Selon une variante, le retrait du tube de forage est accompagné d'une mise en vibration du tube de forage afin d'éviter que le coulis de scellement circule entre le tube de forage **12** et le sol **S**. Dans cet exemple, l'armature **30** est introduite après retrait du tube de forage. Toutefois, sans sortir du cadre de l'invention, l'armature pourrait être introduite avant le retrait du tube de forage.

35 [0073] Les figures **3A** à **3C** divulguent un troisième mode de mise en œuvre de l'invention.

[0074] Ce troisième mode de mise en œuvre se distingue de celui des figures **1A** à **1E** par le fait que le coulis de scellement **C** est mis sous pression par une pompe **P** afin d'être injecté sous pression dans le tube de forage **12**. Dans cet exemple, la pression du coulis de scellement injecté est de l'ordre de 5 MPa.

40 [0075] Pendant l'injection du coulis de scellement sous pression, le tube de forage est remonté tout en étant mis en vibration. La mise en vibration a pour effet de resserrer le terrain autour du tube de forage **12** et permet de réaliser une injection sous pression, laquelle a pour effet de créer un bulbe **B** de coulis de scellement dont le diamètre est très supérieur à celui du forage.

45 [0076] Dans cet exemple, le bulbe **B** est réalisé sur toute la hauteur du forage. Cependant, sans sortir du cadre de l'invention, le bulbe pourrait être plus court, en étant par exemple localisé en pied de forage.

[0077] Dans cet exemple, l'armature **30** est introduite dans le bulbe **B** après le retrait du tube de forage **12**. Là encore, l'armature **30** pourrait être introduite avant le retrait du tube de forage **12**.

50 [0078] Sur la figure **4**, on a représenté un autre exemple de réalisation d'ancrages obtenus par la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

55 [0079] Dans cet exemple, les ancres réalisés sont des tirants d'ancrage référencés **T1** et **T2**, qui sont obtenus par la mise en œuvre du procédé décrit précédemment, à ceci près que les directions des forages **F1** pour le tirant **T1** et **F2** pour le tirant **T2**, sont inclinées par rapport à une direction verticale.

[0080] On constate notamment que la direction du forage **F1** est inclinée par rapport à la direction verticale d'un angle strictement supérieur à 90°, tandis que la direction du forage **F2** est inclinée par rapport à la direction verticale d'un angle inférieur à 90° mais strictement supérieur à 0°.

[0081] Selon un aspect particulièrement avantageux de l'invention, lors de la réalisation des forages **F**, **F1**, et **F2** décrits précédemment, on cherche à optimiser la fréquence de vibration afin de maximiser l'énergie de forage transmise par le tube de forage **12**. Pour ce faire, on calcule une fréquence cible de vibrations que l'on applique grâce au générateur de vibrations au tube de forage **12**.

[0082] On fait donc vibrer le tube de forage **12** à la fréquence cible de vibration lors de la réalisation des différents forages **F**, **F1** et **F2**. On comprend donc que cette fréquence cible de vibration est une fréquence de vibration qui est appliquée au tube de forage. En l'espèce, ces vibrations sont des ondes de compression qui se transmettent le long du tube de forage définissant des ventres et des nœuds. Ces ondes de vibration font entrer le tube de forage **12** en résonance, ou à tout le moins à une fréquence proche de sa fréquence de résonance, ce qui produit une énergie maximale à l'extrémité distale **14** portant les dents de coupe **22**, avec pour effet d'augmenter sensiblement l'efficacité du forage, et donc l'efficacité globale du procédé selon l'invention.

[0083] Comme on l'a représenté sur la figure **5**, le calcul de la fréquence cible de vibration comporte tout d'abord une étape **S100** au cours de laquelle on saisit manuellement ou on détermine de manière automatisée la longueur **L** du tube de forage **12**. On suppose donc ici que le tube de forage est mis en vibration sur toute sa longueur.

[0084] Puis, à partir de cette longueur, on calcule la fréquence cible de vibration au cours d'une étape **S102** à partir de la longueur **L** du tube de forage, de la vitesse de propagation de l'onde de compression dans le tube de forage **12**. Dans cet exemple, le tube de forage est réalisé en acier.

[0085] Encore de préférence, le calcul utilise une valeur constante correspondant à la vitesse de propagation des ondes de compression dans le tube de forage, cette vitesse dépendant du matériau constitutif du tube de forage.

[0086] Conformément à l'invention, dans la mesure où la longueur du tube de forage **12** augmente pendant la réalisation du forage en raison de l'ajout successif des éléments tubulaires **12a**, **12b**, ..., on recalcule la fréquence cible de vibrations à chaque augmentation de la longueur du tube de forage. Cela permet de conserver une fréquence de vibration optimale pendant toute la durée du forage.

[0087] La fréquence cible de vibration ainsi calculée est ensuite affichée en tant que suggestion à l'opérateur. Elle peut aussi dans un autre mode de réalisation être envoyée en tant que consigne au générateur de vibrations **20** au cours d'une étape **S104**.

[0088] De manière préférentielle, mais non nécessairement, la fréquence cible de référence est égale à :

- F_{max} (la valeur de fréquence maximale prédéterminée) si $F_{max} < (V)/(2 \cdot L)$, où V est la vitesse de propagation des ondes de compression dans le tube de forage, et L la longueur du tube de forage, OU :
- $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$ si $F_{max} > (V)/(2 \cdot L)$, où n est un nombre entier supérieur ou égal à 1 choisi de sorte que $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{max}$ et $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{max}$,

[0089] Dans l'exemple qui suit, V est égal 5000 m/s, F_{max} est égal à 130 Hz. L , la longueur du forage, est égale à la somme des longueurs des éléments tubulaires **12a**, **12b**, **12c**, Dans cet exemple, les éléments tubulaires ont la même longueur unitaire, à savoir une longueur de 3 mètres.

[0090] On obtient le tableau de résultats suivant :

Nbre de tubes	L(m)	2L	$V/(2 \cdot L)$	n	F cible (Hz)
5	15	30	167		130 (F_{max})
6	18	36	139		130 (F_{max})
7	21	42	119	1	119
8	24	48	104	1	104
9	27	54	93	1	93
10	30	60	83	1	83
11	33	66	76	1	76
12	36	72	69	1	69
13	39	78	64	2	128
14	42	84	60	2	120

(suite)

Nbre de tubes	L(m)	2L	V/(2*L)	n	F cible (Hz)
15	45	90	56	2	112
16	48	96	52	2	104
17	51	102	49	2	98
18	54	108	46	2	93
19	57	114	44	2	88
20	60	120	42	3	126
21	63	126	40	3	120
22	66	132	38	3	114
23	69	138	36	3	108
24	72	144	35	3	105
25	75	150	33	3	99
26	78	156	32	4	128
27	81	162	31	4	124

Revendications

1. Procédé de réalisation d'un ancrage dans un sol, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

on fournit un outil de forage (10) comprenant un tube de forage (12) qui présente une extrémité distale ouverte (14), et des moyens (20) pour faire vibrer le tube de forage, **caractérisé en ce qu'on** calcule une fréquence cible de vibration ;

on réalise un forage (F, F1, F2) dans le sol (S) à l'aide de l'outil de forage (10) en faisant vibrer le tube de forage (12) à ladite fréquence cible de vibration, le tube de forage étant amené à une profondeur prédéterminée ;

on augmente la longueur du tube de forage (12) pendant la réalisation du forage, et on recalcule la fréquence cible de vibration à chaque augmentation de la longueur du tube de forage;

lorsque le tube de forage (12) a atteint la profondeur prédéterminée (H), on introduit une armature dans le tube de forage (12) et on injecte un coulis de scellement dans le forage (F) via le tube de forage avant ou après avoir introduit l'armature dans le tube de forage.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on retire le tube de forage après avoir injecté le coulis de scellement dans le forage (12).

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on retire le tube de forage (12) tout en injectant le coulis de scellement dans le forage.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, dans lequel on injecte le coulis de scellement tout en faisant vibrer ledit tube de forage (12).

5. Procédé selon les revendications 3 et 4, dans lequel on met le coulis de scellement sous pression, on retire le tube de forage tout en injectant le coulis de scellement sous pression dans le forage, et tout en faisant vibrer le tube de forage (12).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la direction du forage (F1, F2) est inclinée par rapport à une direction verticale.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel la direction du forage (F1) est inclinée par rapport à la direction verticale d'un angle strictement supérieur à 90°.

8. Procédé d'injection selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel on injecte le coulis de scellement dans le tube de forage pendant le forage de sorte que le coulis de scellement est également utilisé comme fluide de forage.
- 5 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, pour calculer la fréquence cible, on utilise au moins la longueur (L) du tube de forage (12), la vitesse de propagation (V) des ondes de compression dans le tube de forage (12), et une valeur de fréquence maximale prédéterminée (Fmax).
- 10 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel, la fréquence cible de vibration est égale à :
- une valeur de fréquence maximale prédéterminée, notée Fmax, si $F_{max} < (V)/(2 \cdot L)$, où V est la vitesse de propagation des ondes de compression dans le tube de forage, et où L est la longueur du tube de forage, OU :
 - $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$ si $F_{max} > (V)/(2 \cdot L)$, où n est un nombre entier supérieur ou égal à 1 choisi de sorte que $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{max}$ et $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{max}$.
- 15 11. Procédé de réalisation d'un tirant d'ancrage (T1, T2) mettant en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel l'armature est une armature de tirant.
- 20 12. Procédé de réalisation d'un micropieu (M) mettant en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel l'armature est une armature de micropieu.

Patentansprüche

- 25 1. Verfahren zur Herstellung einer Verankerung in einem Boden, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
- Bereitstellen eines Bohrwerkzeugs (10), das ein Bohrrohr (12), das ein offenes distales Ende (14) aufweist, und Mittel (20), um das Bohrrohr in Schwingung zu versetzen, umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zielschwingungsfrequenz berechnet wird;
- 30 Herstellen einer Bohrung (F, F1, F2) im Boden (S) mittels des Bohrwerkzeugs (10), indem das Bohrrohr (12) mit der Zielschwingungsfrequenz in Schwingung versetzt wird, wobei das Bohrrohr in eine vorbestimmte Tiefe geführt wird;
- Erhöhen der Länge des Bohrrohrs (12) während der Herstellung der Bohrung und Neuberechnen der Zielschwingungsfrequenz bei jeder Erhöhung der Länge des Bohrrohrs;
- 35 wenn das Bohrrohr (12) die vorbestimmte Tiefe (H) erreicht hat, Einführen einer Armierung in das Bohrrohr (12) und Einspritzen einer Vergussmasse in die Bohrung (F) über das Bohrrohr vor oder nach der Einführung der Armierung in das Bohrrohr.
- 40 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bohrrohr eingezogen wird, nachdem die Vergussmasse in die Bohrung (12) eingespritzt wurde.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Bohrrohr (12) eingezogen wird und dabei die Vergussmasse in die Bohrung eingespritzt wird.
- 45 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei die Vergussmasse eingespritzt wird und dabei das Bohrrohr (12) in Schwingung versetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, wobei die Vergussmasse mit Druck beaufschlagt wird, das Bohrrohr eingezogen wird und dabei die Vergussmasse unter Druck in die Bohrung eingespritzt wird und dabei das Bohrrohr (12) in Schwingung versetzt wird.
- 50 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Richtung der Bohrung (F1, F2) in Bezug auf eine vertikale Richtung geneigt ist.
- 55 7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Richtung der Bohrung (F1) in Bezug auf die vertikale Richtung in einem Winkel von streng über 90° geneigt ist.
8. Einspritzverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Vergussmasse derart während des Bohrens in das

Bohrrohr eingespritzt wird, dass die Vergussmasse auch als Bohrfluid verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei zum Berechnen der Zielfrequenz mindestens die Länge (L) des Bohrrohrs (12), die Ausbreitungsgeschwindigkeit (V) der Verdichtungswellen in dem Bohrrohr (12) und ein vorbestimmter Höchstfrequenzwert (Fmax) verwendet werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Zielschwingungsfrequenz gleich Folgendem ist:

- einem vorbestimmten Höchstfrequenzwert, als Fmax bezeichnet, wenn $F_{max} < (V)/(2 \cdot L)$, wo V die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Verdichtungswellen in dem Bohrrohr ist und wo L die Länge des Bohrrohrs ist, ODER:
- $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$, wenn $F_{max} < (V)/(2 \cdot L)$, wo n eine Ganzzahl größer oder gleich 1 ist, die derart ausgewählt wird, dass $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{max}$ und $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{max}$.

11. Verfahren zur Herstellung eines Zugankers (T1, T2), welches das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchführt, wobei die Armierung eine Zugarmierung ist.

12. Verfahren zur Herstellung eines Mikropfahls (M), welches das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchführt, wobei die Armierung eine Mikropfahlarmierung ist.

Claims

1. A method for making an anchorage in the ground, said method comprising the following steps:

a drilling tool (10) is provided comprising a drilling tube (12) that has an open distal end (14), and means (20) for vibrating the drilling tube, **characterized in that** a target vibration frequency is calculated; a borehole (F, F1, F2) is carried out in the ground (S) using the drilling tool (10) by vibrating the drilling tube (12) at said target vibration frequency, the drilling tube being brought to a predetermined depth; the length of the drilling tube (12) is increased during drilling, and the target vibration frequency is recalculated each time the length of the drilling tube is increased; when the drilling tube (12) has reached the predetermined depth (H), a reinforcement is introduced into the drilling tube (12) and a sealing grout is injected into the borehole (F) via the drilling tube before or after having introduced the reinforcement into the drilling tube.

2. The method according to claim 1, wherein the drilling tube is withdrawn after having injected the sealing grout into the borehole (12).

3. The method according to claim 1, wherein the drilling tube (12) is withdrawn while injecting the sealing grout into the borehole.

4. The method according to any one of claims 2 or 3, wherein the sealing grout is injected while vibrating said drilling tube (12).

5. The method according to claims 3 and 4, wherein the sealing grout is pressurized, the drilling tube is withdrawn while injecting the pressurized sealing grout into the borehole, and while vibrating the drilling tube (12).

6. The method according to any one of claims 1 to 5, wherein the direction of the borehole (F1, F2) is inclined with respect to a vertical direction.

7. The method according to claim 6, wherein the direction of the borehole (F1) is inclined with respect to the vertical direction by an angle strictly greater than 90°.

8. The injection method according to any one of claims 1 to 7, wherein the sealing grout is injected into the drilling tube during the drilling so that the sealing grout is also used as drilling fluid.

9. The method according to any one of claims 1 to 8, wherein, to calculate the target frequency, at least the length (L) of the drilling tube (12), the propagation speed (V) of the compression waves in the drilling tube (12) and a predetermined maximum frequency value (Fmax) are used.

10. The method according to any one of claims 1 to 9, wherein the target vibration frequency is equal to:

- a predetermined maximum frequency value, denoted F_{max} , if $F_{max} < (V)/(2 \cdot L)$, where V is the propagation speed of the compression waves in the drilling tube, and where L is the length of the drilling tube, OR:
- $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$ if $F_{max} > (V)/(2 \cdot L)$, where n is an integer greater than or equal to 1 chosen so that $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{max}$ and $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{max}$.

11. A method for making an anchoring tie rod (T1, T2) implementing the method according to any one of claims 1 to 10, wherein the reinforcement is a tie rod reinforcement.

12. A method for making a micropile (M) implementing the method according to any one of claims 1 to 10, wherein the reinforcement is a micropile reinforcement.

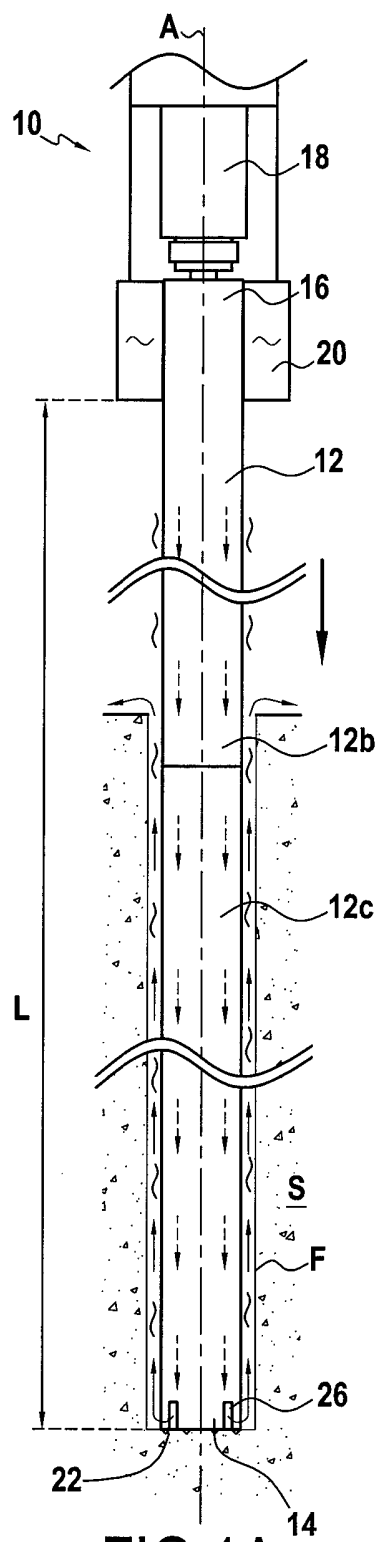


FIG. 1A

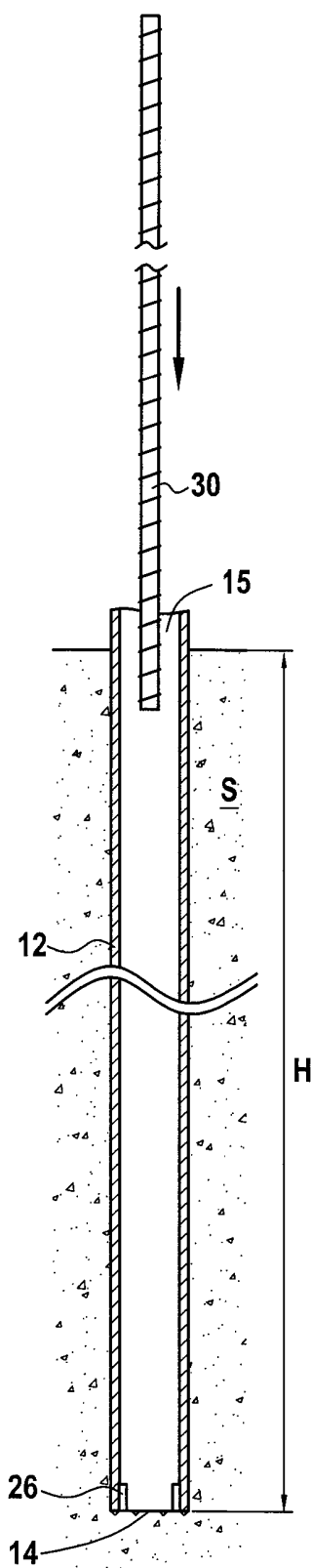


FIG. 1B

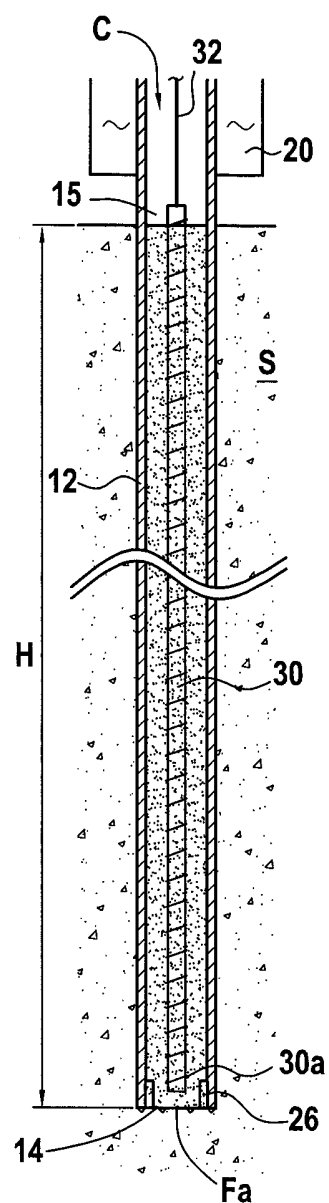


FIG. 1C

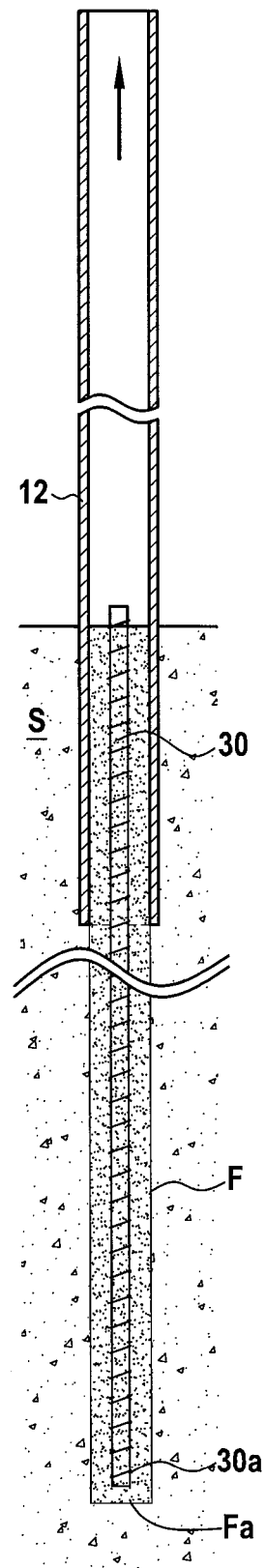


FIG. 1D

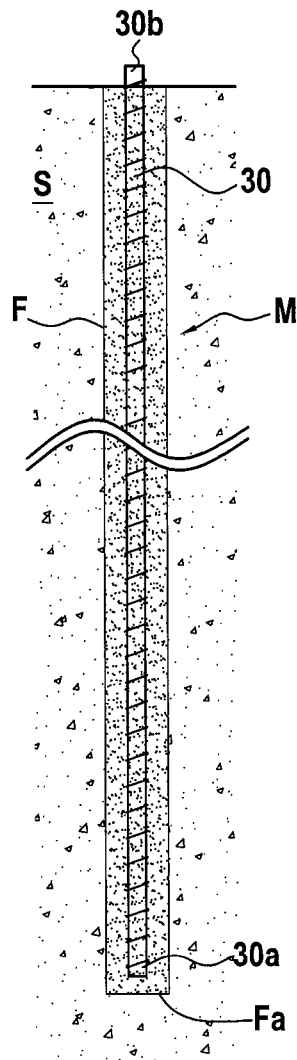


FIG. 1E

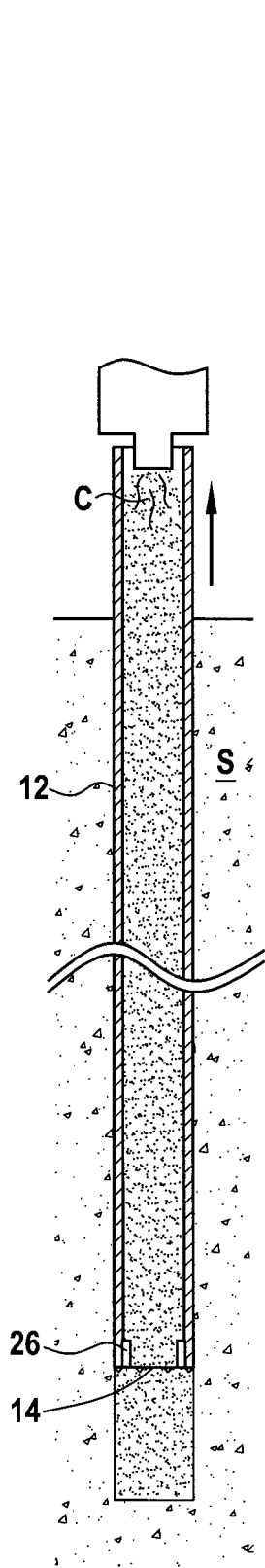


FIG. 2A

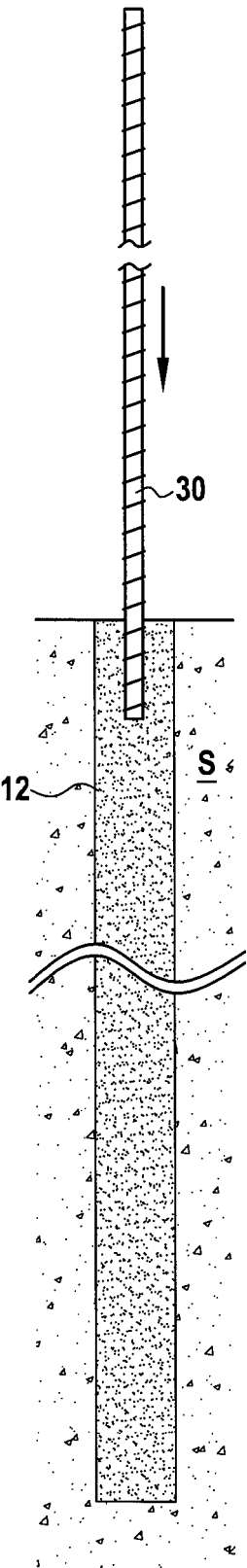


FIG. 2B

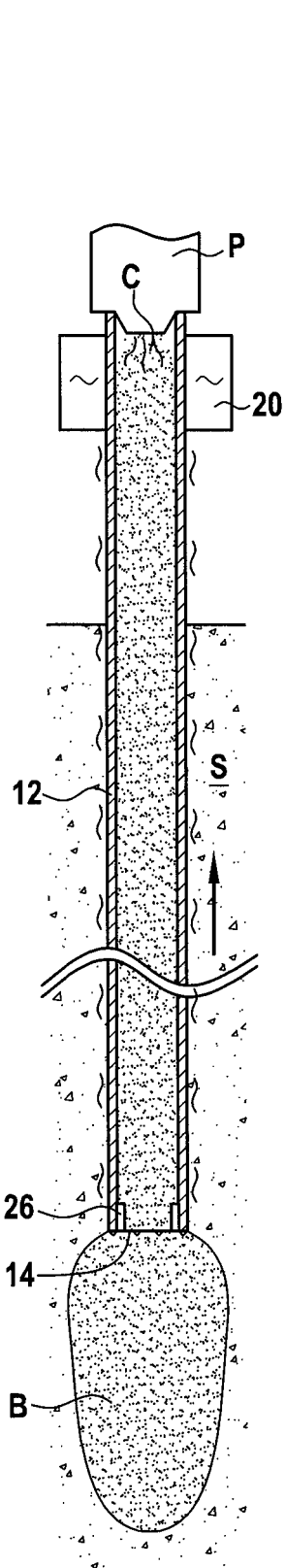


FIG. 3A

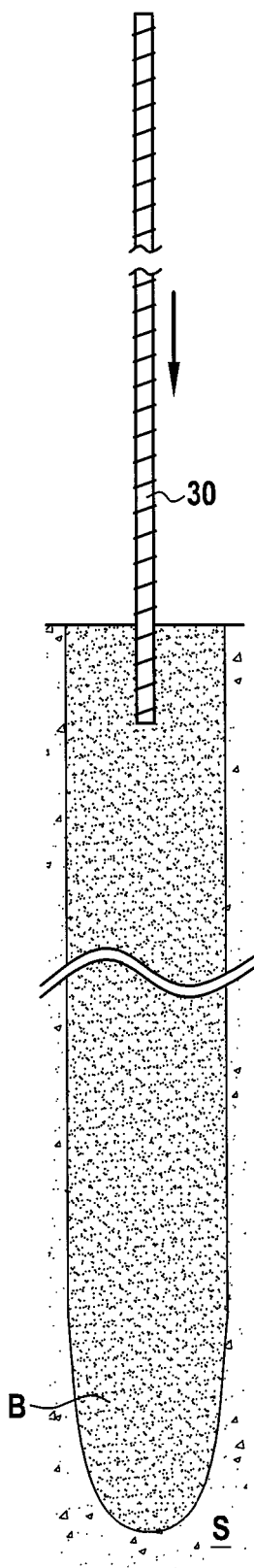


FIG. 3B

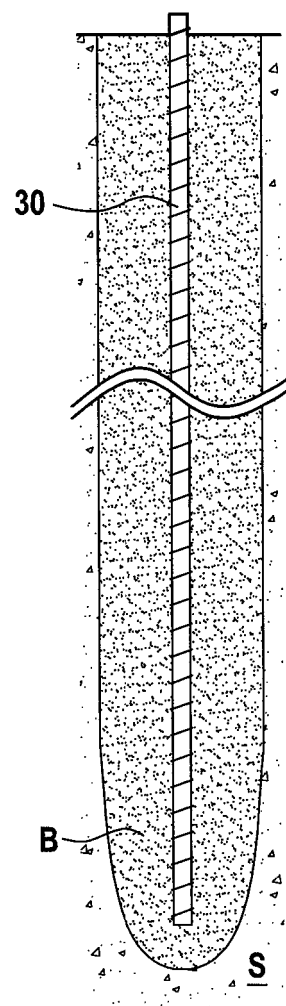


FIG. 3C

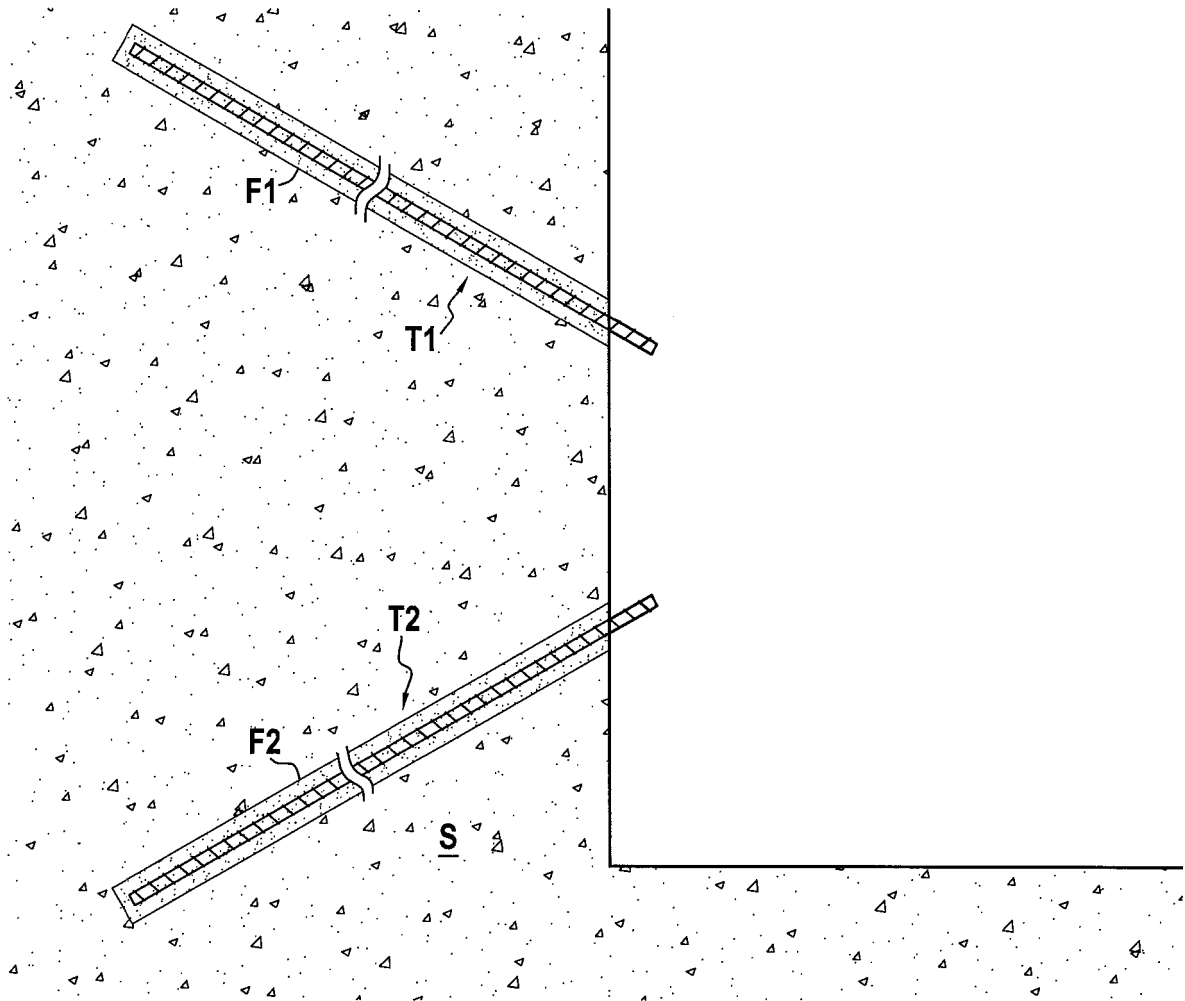


FIG. 4

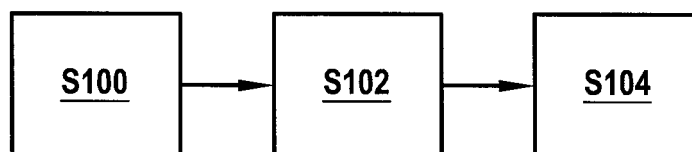


FIG. 5

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- DE 3612437 A1 [0008]