

(19)



(11)

EP 2 900 876 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
22.04.2020 Bulletin 2020/17

(51) Int Cl.:
E02D 5/38 (2006.01) E02D 7/18 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13779320.4**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/052276

(22) Date de dépôt: **26.09.2013**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/049278 (03.04.2014 Gazette 2014/14)

(54) PROCÉDÉ DE RÉALISATION D'UNE STRUCTURE ARMÉE DANS UN SOL

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VERSTÄRKTEN STRUKTUR IM BODEN

METHOD OF MAKING A REINFORCED STRUCTURE IN THE GROUND

(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 1259136**

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

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

(72) Inventeurs:
• **VIARGUES, Daniel
92500 Rueil Malmaison (FR)**
• **GUILLON, Christophe
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
DE-A1-102007 000 328 US-A- 2 403 643**

EP 2 900 876 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 du renforcement de sol. L'invention concerne plus précisément un procédé de réalisation d'une structure armée dans un sol, tel que par exemple un pieu, un micropieu ou bien encore une structure armée pour une voute parapluie.

[0002] Généralement, la fabrication d'un pieu comprend une étape de réalisation d'un forage, une étape d'introduction d'un élément de renforcement dans le forage, une étape de mise en place du coulis de scellement, à l'issue de quoi on obtient une structure armée de type pieu.

10 **[0003]** Ce procédé traditionnel de fabrication d'une structure armée, bien que donnant toute satisfaction, est relativement lent à mettre en œuvre du fait qu'il nécessite des outillages différents pour réaliser le forage, l'introduction de l'élément de renforcement et le bétonnage, en fonction des terrains en présence et de la technique utilisée. En outre, on connaît du document DE 10 2007 000328A1 un procédé de réalisation d'une structure armée par un tube FRP dans un sol, ledit tube étant placé par des tubes de forage endo/exosquelettes qui sont retirés après le forage avant l'injection de coulis.

Objet et résumé de l'invention

20 **[0004]** Un but de la présente invention est de proposer un procédé de réalisation d'une structure armée dans un sol qui soit plus rapide que les procédés traditionnels.

[0005] L'invention atteint son but par le fait que le procédé selon l'invention comprend les étapes suivantes :

25 on fournit un outil de forage comprenant un tube de forage ayant une extrémité distale qui porte un organe de coupe, et des moyens pour faire vibrer le tube de forage ;

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;

30 lorsque le tube de forage a atteint la profondeur prédéterminée, on injecte un coulis de scellement dans le tube de forage afin de noyer le tube de forage dans le coulis de scellement, puis on détache le tube de forage de l'outil de forage, grâce à quoi on obtient une structure armée munie d'un élément de renforcement constitué par le tube de forage.

[0006] Ainsi, selon l'invention, le tube de forage est détaché et laissé dans le forage pour constituer l'élément de renforcement de la structure armée.

35 **[0007]** On comprend donc que, selon l'invention, le tube de forage sert à la fois de moyen de forage, de conduit de guidage pour le pompage du coulis de scellement dans le forage, et d'élément de renforcement de la structure armée. De préférence, l'extrémité distale du tube de forage présente au moins une perforation, et on injecte le fluide de forage dans le tube de forage, de sorte que le tube de forage sert également de conduit de guidage pour le pompage du fluide de forage dans le forage.

40 **[0008]** Ainsi, grâce à l'invention, les étapes d'injection de fluide de forage, de coulis de scellement dans le forage, et d'introduction de l'élément de renforcement sont réalisées bien plus rapidement que dans le procédé traditionnel.

[0009] En outre, la réalisation du forage en faisant vibrer le tube de forage, et donc l'organe de forage, permet de faciliter la pénétration de l'organe de forage dans le sol, grâce à quoi la vitesse d'installation de la structure armée dans le sol est encore améliorée. De préférence, pendant le forage, on fait également tourner le tube de forage, afin de modifier la position des dents de coupe disposées au niveau de l'extrémité distale du tube de forage.

45 **[0010]** Avantageusement, la fréquence de vibration appliquée au tube de forage est comprise entre 50 Hz et 200 Hz.

[0011] De préférence, le diamètre de l'organe de coupe est supérieur au diamètre du tube de forage, ce qui permet de s'assurer que le coulis de scellement enrobe correctement le tube de forage.

50 **[0012]** Par extrémité distale, on entend l'extrémité du tube de forage qui est distante des moyens pour entraîner en rotation le tube de forage. On appellera donc extrémité proximale, l'autre extrémité qui est située à proximité des moyens pour entraîner en rotation le tube de forage.

[0013] Pour permettre l'écoulement du fluide de forage et du coulis de scellement dans le forage, on comprend que l'extrémité distale du tube de forage présente au moins une perforation. De manière préférentielle, l'organe de forage comprend une périphérie annulaire munie de dents de coupe, et porte de préférence un élément de coupe diamétral. Par dents de coupe, on entend les outils de forage en général, comme les picots, les boutons, les pastilles de carbure de tungstène, etc. L'élément de coupe diamétral permet d'augmenter la surface d'interaction entre l'élément de coupe et le terrain, de sorte que l'élément de coupe peut réaliser un forage sur une surface supérieure à celle de l'organe de coupe. Par voie de conséquence, on améliore encore l'efficacité du procédé.

[0014] L'élément de coupe diamétral peut être étendu de sorte que l'outil de coupe est un outil « pleine face » comportant au moins une perforation.

[0015] Avantageusement, on injecte un fluide de forage dans le tube de forage pendant la réalisation du forage. De manière préférentielle, on utilise le coulis de scellement comme fluide de forage.

[0016] Selon une variante, on introduit en outre un équipement de renfort supplémentaire dans l'outil de forage, par exemple une barre métallique. Cet équipement de renfort supplémentaire est par exemple introduit après l'étape de forage et juste avant l'étape d'injection du coulis de scellement.

[0017] Avantageusement, pendant l'injection de coulis de scellement, on fait vibrer le tube de forage, de préférence sans l'entraîner en rotation. Par coulis de scellement, on entend tout produit de scellement à base de ciment, de laitier, ou de tout autre liant.

[0018] Ces vibrations permettent de faciliter l'écoulement du coulis de scellement dans le forage, ce qui a pour conséquence d'améliorer encore la vitesse d'exécution du procédé selon l'invention et la qualité du scellement de l'armature dans le sol.

[0019] De manière préférentielle, des moyens de centrage sont fixés au tube de forage afin d'assurer que l'élément de renforcement soit sensiblement centré dans le forage pendant l'injection du coulis de scellement, pour garantir le bon enrobage de l'élément de renforcement par le coulis de scellement.

[0020] On comprend que ces moyens de centrage, ensemble avec l'organe de coupe, vont permettre de garantir que l'élément de renforcement est bien enrobé de coulis de scellement.

[0021] Selon une variante, la direction du forage est inclinée par rapport à une direction verticale.

[0022] Le procédé permet notamment de réaliser des forages horizontaux.

[0023] De préférence, la direction du forage est inclinée par rapport à la direction verticale d'un angle strictement supérieur à 90°. Un intérêt est de pouvoir réaliser des structures armées remontantes.

[0024] Selon un mode de réalisation avantageux, 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.

[0025] 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.

[0026] 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, qui correspond de préférence à la fréquence maximale que peuvent développer les moyens pour faire vibrer le tube de forage. Cette valeur de fréquence maximale prédéterminée est comprise de préférence entre 100 et 160 Hz. 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.

[0027] De manière préférentielle mais non nécessaire, 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 $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{max}$,

[0028] 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.

[0029] Ce calcul est effectué par un ordinateur comportant des moyens de calculs appropriés.

[0030] 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.

[0031] De manière avantageuse, on recalcule la fréquence cible de vibration à chaque augmentation de la longueur du tube de forage.

[0032] Un intérêt est d'assurer un forage ayant une efficacité optimale sur toute la profondeur du forage.

[0033] Selon un premier mode de réalisation, le procédé selon l'invention est mis en œuvre pour réaliser un micropieu.

[0034] Selon un second mode de réalisation, le procédé selon l'invention est mis en œuvre pour réaliser une voute parapluie.

Brève description des dessins

[0035] 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'injection du coulis de scellement dans le tube de forage ;
- la figure **1C** est une vue en coupe longitudinale d'un micropieu obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;
- la figure **2** est une vue en coupe longitudinale d'une structure armée d'une voute parapluie obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'invention ; et
- la figure **3** schématise le procédé d'optimisation de la fréquence de vibration appliquée au tube de forage.

Description détaillée de l'invention

[0036] A l'aide des figures **1A** à **1C**, on va décrire un premier mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention dans lequel on réalise une structure armée dans un sol **S**, ladite structure armée étant dans cet exemple un micropieu **M**.

[0037] 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**.

[0038] 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**.

[0039] Le tube de forage **12** comprend une extrémité distale **14** 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. L'extrémité distale porte un organe de coupe **16**. Comme on le constate sur la figure **1A**, le diamètre **D** de l'organe de coupe est préférentiellement supérieur au diamètre **d** du tube de forage **12**.

[0040] Dans cet exemple, l'organe de coupe **16** est une pièce rapportée qui est montée à l'extrémité distale **14** du tube de forage **12**.

[0041] Le tube de forage **12** comporte par ailleurs une extrémité proximale **17** 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**.

[0042] Dans cet exemple, les moyens **18** pour entraîner en rotation le tube de forage **12** comprennent un moteur hydraulique.

[0043] 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 **17** vers l'extrémité distale **14**.

[0044] 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.

[0045] 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**.

[0046] Pendant la réalisation du forage, on injecte un fluide de forage dans le tube de forage de manière à évacuer les débris excavés par l'organe de coupe **16**. Comme on le constate sur la figure **1A**, l'organe de coupe **16** comprend des perforations **26** au travers desquelles s'écoule le fluide de forage hors du tube de forage avant de remonter en surface tout en s'écoulant entre le tube de forage et la paroi du forage **F**.

[0047] Ensuite, comme on l'a représenté sur la figure **1B**, lorsque le tube de forage **12** a atteint la profondeur prédéterminée **H**, on injecte un coulis de scellement **C** dans le tube de forage. Il s'agit ici d'un coulis de ciment. Le fait que le diamètre **D** de l'organe de coupe **16** soit supérieur au diamètre **d** du tube de forage permet de centrer sensiblement le tube de forage au niveau de son extrémité distale **16**. Par ailleurs, comme on le constate sur la figure **1B**, le tube de forage **12** est muni de moyens de centrage **30** qui sont fixés le long du tube de forage **12**.

[0048] Ces moyens de centrage **30** ont notamment pour but d'assurer le centrage du tube de forage **12** au pied du forage **F** pendant l'injection du coulis de scellement, afin d'assurer l'enrobage du tube de forage par le coulis de scellement. Les moyens de centrage **30** sont donc agencés pour éviter que la paroi du tube de forage ne vienne en contact avec le terrain. Dans cet exemple, les moyens de centrage **30** prennent la forme d'ailettes qui sont fixées sur la paroi extérieure du tube de forage **12**. Le coulis de scellement **C** s'écoule au travers des perforations **26** de sorte que le tube de forage **12** se trouve noyé dans le coulis de scellement **C**.

[0049] Dans cet exemple, pendant l'injection du coulis de scellement **C**, on fait vibrer le tube de forage **12** sans l'entraîner en rotation, ce qui permet de favoriser l'écoulement du coulis de scellement dans le forage **F**.

[0050] Après l'injection de coulis de scellement, on ajuste le tube de forage à sa position finale, généralement légèrement plus haute que la profondeur forée, on assure son maintien dans cette position, et on détache le tube de forage **12** de l'outil de forage **10**. En d'autres termes, le tube de forage **12** est laissé dans le forage rempli de coulis de scellement.

[0051] Avant la prise totale du coulis de scellement, on ajoute dans cet exemple un équipement de fixation **40**, par

exemple une courte barre métallique, à l'extrémité supérieure du forage **F**, à l'issu de quoi on obtient la structure armée en forme de micropieu **M**, comprenant un élément de renforcement qui est constitué par l'outil de forage **12**.

[0052] Sur la figure **2**, on a représenté une structure armée **100** qui est obtenue par la mise en œuvre du procédé selon l'invention, dans lequel la direction du forage **F'** est inclinée par rapport à la direction verticale d'un angle strictement supérieur à 90°. Dans cet exemple, on fabrique une voûte parapluie **V** constituée d'une pluralité de structures armées remontantes **100**.

[0053] Selon un aspect particulièrement avantageux de l'invention, lors de la réalisation des forages **F** et **F'** 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**.

[0054] On fait donc vibrer le tube de forage **12** à la fréquence cible de vibration lors de la réalisation des différents forages **F**, **F'**. 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 noeuds. 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 sur l'organe de coupe **16**, avec pour effet d'augmenter sensiblement l'efficacité du forage, et donc l'efficacité globale du procédé selon l'invention.

[0055] Le calcul de la fréquence cible de vibrations 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.

[0056] Puis, à partir de cette longueur on calcule la fréquence cible de vibrations 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 est réalisé en acier.

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] 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**.

[0060] De manière préférentielle mais non nécessaire, la fréquence cible de référence est égale à :

- F_{max} (la valeur de fréquence maximale prédéterminée) si $F_{max} < (V)/(2*L)$, 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 :
- $(n*V)/(2*L)$ si $F_{max} > (V)/(2*L)$, où n est un nombre entier supérieur ou égal à 1 choisi de sorte que $(n*V)/(2*L) \leq F_{max}$ et $((n+1)*V)/(2*L) > F_{max}$,

[0061] Dans l'exemple qui suit, V est égal 5000 m/s, F_{max} est égal à 130 Hz.

[0062] L , la longueur du tube de 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.

[0063] On obtient le tableau de résultats suivant :

Nbre de tubes	L(m)	2L	$V/(2*L)$	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

EP 2 900 876 B1

(suite)

5
10
15
20
25

Nbre de tubes	L(m)	2L	V/(2*L)	n	F cible (Hz)
13	39	78	64	2	128
14	42	84	60	2	120
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

30
35
40
45
50
55

- Procédé de réalisation d'une structure armée (M,100) dans un sol comprenant les étapes suivantes :
on fournit un outil de forage (10) comprenant un tube de forage (12) ayant une extrémité distale qui porte un organe de coupe (16), et des moyens (20) pour faire vibrer le tube de forage (12) ;
on réalise un forage (F,F') dans le sol (S) à l'aide de l'outil de forage (10) en faisant vibrer le tube de forage (12), le tube de forage (12) étant amené à une profondeur prédéterminée (H) ;
ledit procédé étant **caractérisé en ce que**
lorsque le tube de forage (12) a atteint la profondeur prédéterminée, on injecte un coulis de scellement (C) dans le tube de forage afin de noyer le tube de forage (12) dans le coulis de scellement (C) ; puis
on détache le tube de forage de l'outil de forage, grâce à quoi on obtient une structure armée (M,100) munie d'un élément de renforcement constitué par le tube de forage (12).
- Procédé selon la revendication 1, dans lequel le diamètre (D) de l'organe de coupe (16) est supérieur au diamètre (d) du tube de forage.
- Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, pendant l'injection de coulis de scellement, on fait vibrer le tube de forage (12).
- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel des moyens de centrage sont fixés au tube de forage (12) afin d'assurer le centrage de l'élément de renforcement dans le forage (F) pendant l'injection de coulis de scellement.
- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la direction (B) du forage (F') est inclinée par rapport à une direction verticale.
- Procédé selon la revendication 5, dans lequel la direction (B) du forage est inclinée par rapport à la direction verticale d'un angle strictement supérieur à 90°.
- Procédé d'injection selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, 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.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel 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.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel on augmente la longueur du tube de forage pendant la réalisation du forage, et on recalcule la fréquence cible de vibration à chaque augmentation de la longueur du tube de forage.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel, pour calculer la fréquence cible, on utilise 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).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, 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 $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{max}$.

12. Procédé de fabrication d'un micropieu (M) dans lequel on met en œuvre les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

13. Procédé de fabrication d'une voûte parapluie (V) dans lequel on met en œuvre les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer armierten Struktur (M, 100) in einem Boden, umfassend die folgenden Schritte:

Bereitstellen eines Bohrwerkzeugs (10), umfassend ein Bohrrohr (12), das ein distales Ende aufweist, welches ein Schneidorgan (16) trägt, sowie Mittel (20), um das Bohrrohr (12) in Schwingung zu versetzen, Durchführen eines Bohrens (F, F') in dem Boden (S) mit Hilfe des Bohrwerkzeugs (10) indem das Bohrrohr (12) in Schwingung versetzt wird, wobei das Bohrrohr (12) in eine vorbestimmte Tiefe (H) gebracht wird, wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet ist, dass** wenn das Bohrrohr (12) die vorbestimmte Tiefe erreicht hat, eine Vergussmasse (C) in das Bohrrohr injiziert wird, um das Bohrrohr (12) in die Vergussmasse (C) einzubetten, anschließend das Bohrrohr von dem Bohrwerkzeug abgenommen wird, wodurch eine verstärkte Struktur (M, 100) erhalten wird, die mit einem durch das Bohrrohr (12) gebildeten Verstärkungselement versehen ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Durchmesser (D) des Schneidorgans (16) größer als der Durchmesser (d) des Bohrrohrs ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem während des Injizierens von Vergussmasse das Bohrrohr (12) in Schwingung versetzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem Zentriermittel an dem Bohrrohr (12) befestigt sind, um die Zentrierung des Verstärkungselements in der Bohrung (F) während des Injizierens von Vergussmasse sicherzustellen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Richtung (B) der Bohrung (F') gegenüber einer vertikalen Richtung geneigt ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Richtung (B) der Bohrung gegenüber der vertikalen Richtung um einen Winkel streng größer als 90° geneigt ist.

7. Injektionsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Vergussmasse während des Bohrens in das

Bohrrohr injiziert wird, so dass die Vergussmasse auch als Bohrfluid verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem eine Zielschwingungsfrequenz berechnet wird und das Bohrrohr beim Ausbilden der Bohrung mit der Zielschwingungsfrequenz in Schwingung versetzt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Länge des Bohrrohrs während des Ausbildens der Bohrung vergrößert wird und die Zielschwingungsfrequenz bei jeder Vergrößerung der Länge des Bohrrohrs neu berechnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem zum Berechnen der Zielfrequenz die Länge (L) des Bohrrohrs (12), die Ausbreitungsgeschwindigkeit (V) der Druckwellen in dem Bohrrohr (12) und ein vorbestimmter maximaler Frequenzwert (Fmax) verwendet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem die Zielschwingungsfrequenz gleich ist:

- einem vorbestimmten maximalen Frequenzwert, genannt Fmax, wenn $F_{\max} < (V)/(2 \cdot L)$, wobei V die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Druckwellen in dem Bohrrohr ist und wobei L die Länge des Bohrrohrs ist, ODER:
- $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$ wenn $F_{\max} > (V)/(2 \cdot L)$, wobei n eine ganze Zahl größer als oder gleich 1 ist, die so gewählt ist, dass $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{\max}$ und $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{\max}$.

12. Verfahren zur Herstellung eines Mikropfahls (M), bei dem die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchgeführt werden.

13. Verfahren zur Herstellung eines Schirmgewölbes (V), bei dem die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchgeführt werden.

Claims

1. A method of making a reinforced structure (M, 100) in a ground comprising the following steps:

providing a boring tool (10) comprising a boring tube (12) having a distal end that carries a cutter member (16) and means (20) for causing the boring tube (12) to vibrate;
making a borehole (F, F') in the ground (S) with the help of the boring tool (10) while causing the boring tube (12) to vibrate, the boring tube (12) being taken to a predetermined depth (H);

said method being **characterized in that:**

when the boring tube (12) has reached the predetermined depth, a sealing grout (C) is injected into the boring tube in order to embed the boring tube (12) in the sealing grout (C); and then
the boring tube is detached from the boring tool, thereby obtaining a reinforced structure (M, 100) provided with a reinforcing element constituted by the boring tube (12).

2. A method according to claim 1, wherein the diameter (D) of the cutter member (16) is greater than the diameter (d) of the boring tube.

3. A method according to claim 1 or claim 2, wherein, while injecting the sealing grout, the boring tube (12) is caused to vibrate.

4. A method according to any one of claims 1 to 3, wherein centering means are fastened to the boring tube (12) in order to ensure that the reinforcing element is centered in the borehole (F) while the sealing grout is being injected.

5. A method according to any one of claims 1 to 4, wherein the direction (B) of the borehole (F') is inclined relative to a vertical direction.

6. A method according to claim 5, wherein the direction (B) of the borehole is inclined relative to the vertical direction by an angle that is strictly greater than 90°.

7. An injection method according to any one of claims 1 to 6, wherein the sealing grout is injected into the boring tube

during boring such that the sealing grout is also used as a boring fluid.

8. A method according to any one of claims 1 to 7, wherein a target vibration frequency is calculated and the boring tube is caused to vibrate at said target vibration frequency while making the borehole.

9. A method according to claim 8, wherein the length of the boring tube is increased while making the borehole, and the target vibration frequency is recalculated each time the length of the boring tube is increased.

10. A method according to claim 8 or claim 9, wherein, in order to calculate the target frequency, use is made of the length (L) of the boring tube (12), of the propagation speed (V) of compression waves in the boring tube (12), and of a predetermined maximum frequency value (Fmax).

11. A method according to any one of claims 8 to 10, wherein the target vibration frequency is equal to:

· Fmax (the predetermined maximum frequency value) if $F_{max} < (V)/(2 \cdot L)$, where V is the propagation speed of compression waves in the boring tube and L is the length of the boring tube; or
 $(n \cdot V)/(2 \cdot L)$ if $F_{max} > (V)/(2 \cdot L)$, where $\underline{n}$ is an integer greater than or equal to 1 selected so that $(n \cdot V)/(2 \cdot L) \leq F_{max}$ and $((n+1) \cdot V)/(2 \cdot L) > F_{max}$.

12. A method of fabricating a micropile (M) wherein the steps of the method according to any one of claims 1 to 11 are performed.

13. A method of fabricating an umbrella vault (V) wherein the steps of the method according to any one of claims 1 to 11 are performed.

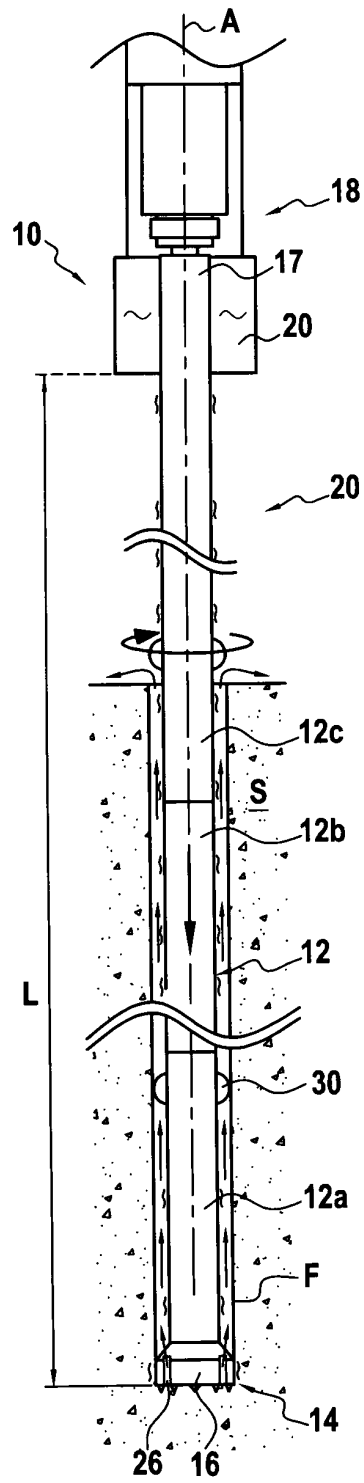


FIG.1A

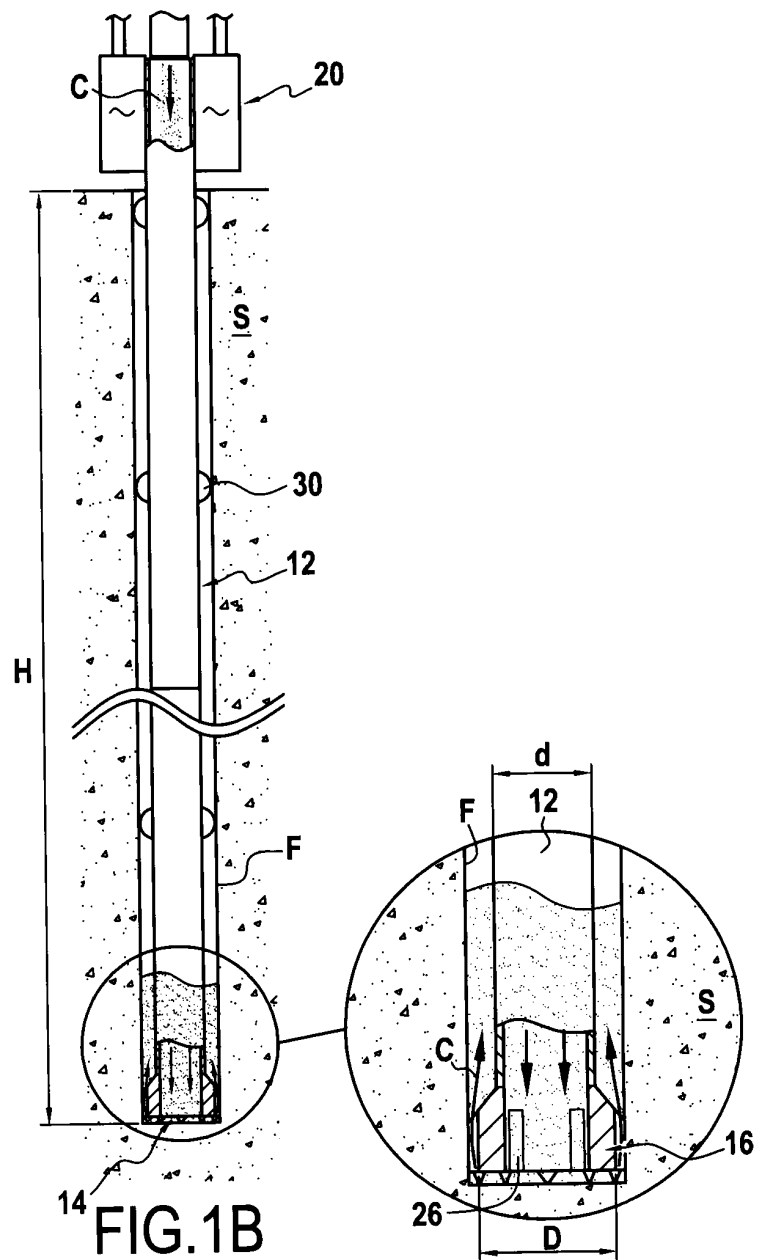


FIG. 1B

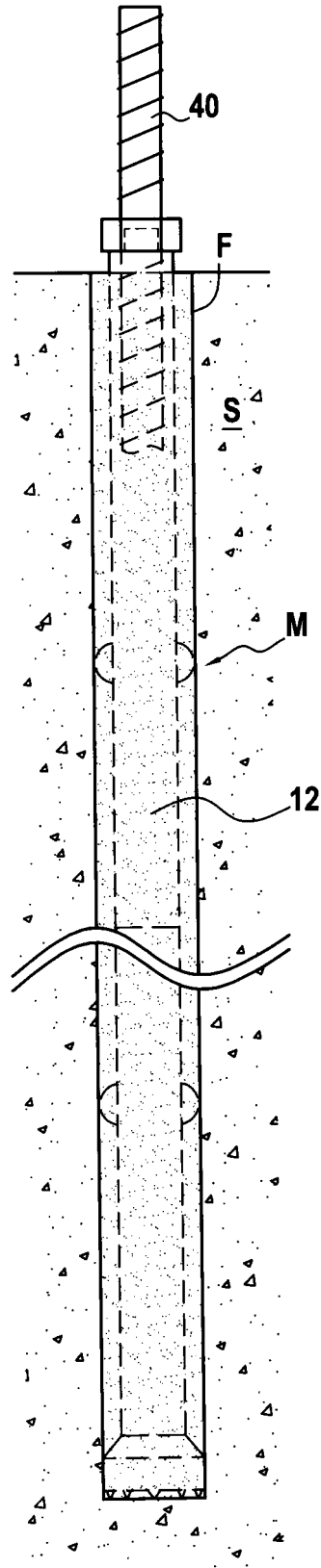
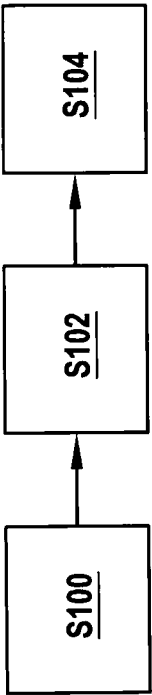
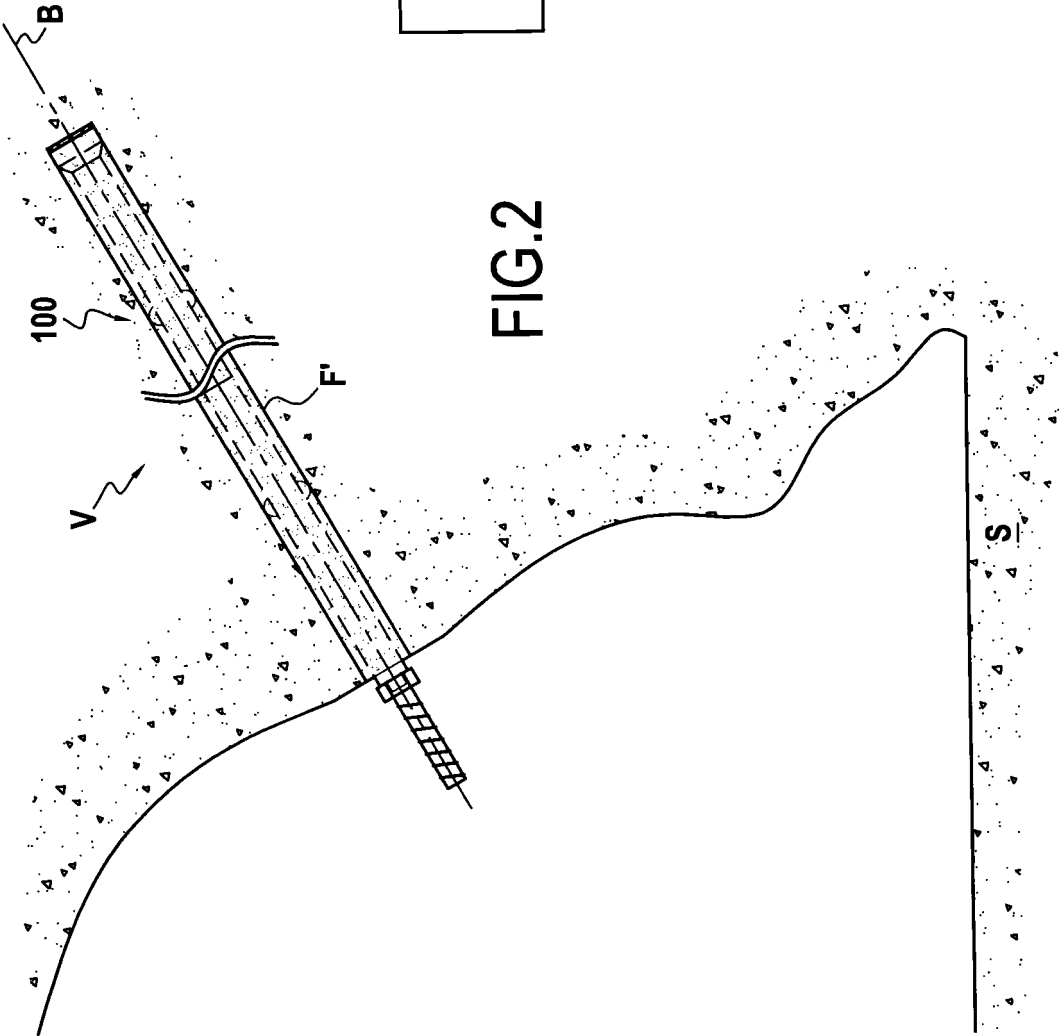


FIG.1C



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 102007000328 A1 **[0003]**