(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 705 941 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
31.05.2000 Bulletin 2000/22

(51) Int. Cl.[7]: **E02D 1/02**, E21B 47/06, E21B 49/00

(21) Numéro de dépôt: **94400638.6**

(22) Date de dépôt: **24.03.1994**

(54) **Pressiomètre à deux piézomètres**

Pressiometer mit zwei Piezometer

Two piezometers pressuremeter

(84) Etats contractants désignés:
DE GB NL

(43) Date de publication de la demande:
10.04.1996 Bulletin 1996/15

(73) Titulaire:
Iskander, Khalil Fahmy
F-75526 Paris Cédex 11 (FR)

(72) Inventeur:
Iskander, Khalil Fahmy
F-75526 Paris Cédex 11 (FR)

(56) Documents cités:
FR-A- 2 217 484
FR-A- 2 631 654
US-A- 2 303 727
US-A- 3 858 441
US-A- 4 408 481

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 705 941 B1

Printed by Xerox (UK) Business Services
2.16.7 (HRS)/3.6

Description

INTRODUCTION

[0001] Différents essais in-situ sont utilisés pour étudier les caractéristiques de mécanique du sol, ainsi que la capacité portante et le tassement du sol dont :

1. essai de pénétration statique
2. essai pressiométrique

1. ESSAI DE PÉNÉTRATION STATIQUE

[0002] Ce type d'experience consiste à utiliser un tube vertical, dont l'extremité contient un capteur de force et un autre de la pression interstitielle.

La méthode de mise en oeuvre s'effectue de la manière suivante:

- Faire pénétrer le tube vertical dans le sol avec une vitesse connue.
- Au cours de la pénétration et à chaque 20 cms de profondeur, on enregistre la mesure de résistance du sol contre la pénétration du tube et ainsi, la mesure de la pression interstitielle.

[0003] Alors dans ce type d'experience, touts les mesures sont en fonction de la pénétration, et la vitesse de pénétration est un facteur de la méthode de mise en oeuvre.

[0004] L'inconvénient de ce type d'experience est qu'il :

1 apparait le problème de colmatage qui empeche de mesurer la pression interstitielle.

2 il s'est avéré que :

a. toute modification de la vitesse de pénétration provoque un effet important sur la valeur de la pression interstitielle.

b. si on fait des essais avec deux appareils differents de meme type dans le meme endroit du meme site. Alors, les mesures obtenues sont différentes les unes des autres.

[0005] En conséquence, la mesure de la pression interstitielle au cours des experiences de pénétration manque de précision et se heurte au problème du colmatage.

Or, on ne peut pas admettre des mesures de la pression interstitielle en fonction de la résistance du sol au cours de pénétration pour déterminer la capacité portante et le tassement du sol.

2. ESSAI PRESSIOMÉTRIQUE

[0006] Il existe trois catégories de pressiomètre reposant sur leur methode de mise en oeuvre:

2.1 pressiomètre avec forage préalable (PFP)

2.2 pressiomètre à enfoncé (PMF)

2.3 pressiomètre auto-foreur (PAF)

2.1 pressiometre avec forage préalable (PFP)

[0007] C'est une sonde à trois cellules installé dans une cavité. La sonde est alimenteé par un liquide sous pression. L'augmentation de la pression de ce liquide fait gonfler la sonde. Pour chaque mètre de profondeur, on détermine la capacité portante et le tassement du sol par la relation entre les mesures de changement de la pression antérieur et le changement du volume de la cellule centrale de mesure.

[0008] L'inconvénient de ce type d'appareils :

a) L'inexistance des mesures de la pression interstitielle,

b) La détermination de la capacité portante et le tassement dépendent des expériences et des déductions,

c) Ce genre d'essai nécissite un temps assez long sur le site.

2.2 PRESSIOMÈTRE A ENFONCÉ (PMF)

[0009] Pénétration dans le sol par l'intermédiaire de tube vertical terminé par une sonde mono-cellulaire à membrane alimentée par un liquide sous pression.

[0010] Pour chaque mètre de profondeur on arrète la pénétration du système pour déterminer la capacité portante et le tassement suivis des mêmes étappes de la précendente procédure.

[0011] Cet appareils a les mêmes avantages et les mêmes défauts que celui décrits (2.1) mais le remaniement dans ce cas est le résultat du refoulement.

2.3 PRESSIOMÈTRE AUTO-FOREUR (PAF)

[0012] L'appareil consiste d'une sonde mono-cellulaire précédé d'une carottier à paroi mince portant la cellule à membrane de mesure.

[0013] Il existe deux genres d'appareils :

- l'appareil français:
  pressiomètre auto-foreur (PAF) du LCPC avec sa membrane soutenue par un liquide.
- l'appareil anglais:
  pressiomètre auto-foreur de Cambridge.

[0014] Les deux appareils s'accordent sur le principe, mais l'appareil anglais comprend en plus un capteur de la pression interstitielle au milieu de la cellule à membrane, cette cellule à membrane est équipé de ressorts avec des jauges des déformations.

[0015] Ce deux genres d'appareils permet d'élimi-

ner les inconvénients du remaniement du sol au contact de la sonde par le forage préalable ou par le refoulement à cuase de l'enfoncement.

[0016] L'inconvénient de ce type d'appareils :

a) Dans l'appareil anglais Le pressiomètre de Cambridge (PAF), étant donné que le capteur de la pression interstitielle est fixé dans la cellule de mesure, celui-ci mesure la pression interstitielle en fonction de la pression horizontale exercée par la sonde sur le sol dans l'anneau plastique constitué directement autour de la cavité; surtout dans le cas des sols cohérants et par rapport aux sols non-cohérants les liens entre les contraintes crées just autour la cavité et la consolidation du sol deviennent trop complex. Mais, pour déterminer la capacité portante et le tassement du sol, l'intérêt est de relever les mesures dans l'anneau élastique en son extérieur.

b) Mesurer les déformations d'une cavité s'exprime ni les déformations plastiques ni élastiques étant donné que l'anneau élastique empêche l'anneau plastique qu'il déforme librement plastique.

[0017] Je souhaitrais affirmer que :

Il est impossible de déterminer la capacité portante et le tassement du sol par l'unique mesure de la pression interstitielle. Mais, il faut mesurer des relations de chacun de changements de la pression interstitielle et la résistance du sol en fonction d'une charge exercée.

Ainsi,le but de l'appareil objet de la présente invention est de construire et d'enregistrer les mesures des relations entre les trois parametres suivantes:

- La pression du fluide alimentant la cellule à membrane.
- Le volume de la cellule à membrane.
- La pression interstitielle d'un élément, sa place est précis avec certaines conditions pour que le mesures s'accomodent avec la concept de la méthode scientifique concernant l'appareil objet de la présente invention. Ces conditions du placement du capteur de la pression interstitielle (piézomètre) sont :

  a. au niveau des déformations maximales de la cellule à membrane.
  b. au voisinage de la cellule à membrane et en deça d'une distance de 10 cms.

C'est porquoi L'appareil l'objet de la présente invention comme définie dans la revendication 2 est constitué de deux parties principales, ne peut pas séparer l'un de l'autre. Les deux parties sont:

a. appareil à membrane: l'origine(la ressource) de la charge. La pression du fluide alimentant la cellule à membrane, exerce une pression horizontale sur la cavité du sol. Cette pression conduit a une expansion de la cavité resultant du gonflement de la cellule à membrane.

b. piézomètre (capteur de la pression interstitielle): au voisinage de l'appareil à membrane dans un emplacement précis avec ses certaines conditions .

[0018] Alors, si on compose l'invention d'un ensemble d'un des appareils à membrane en parallel avec un des piézomètres existants, et etant donné que, les piézomètres existants peuvent etre classés en deux catégories :

1. piézomètre à enfoncé.
2. piézomètre pour forage.

on se heurte à l'inconvenient qui suit :

1. Etant donné que; la distance requise entre l'axe de l'appareil à membrane et celui du piezomètre, doit etre loin d'une courte distance. Alors, l'installation de deux appareils en parallel conduit à des remaniements trop élèvés, non-acceptable quel que soit la méthode d'installation de chacun des deux appareils:

   a. dans le cas d'un ensemble, soit de deux appareils pour forage ou soit un appareil à enfoncé et l'autre pour forage; l'installation conduit à détruire la partie du sol entre les deux appareils.
   b. dans le cas d'installation d'un ensemble de deux appareils à enfoncé en parallel il resulte un refoulement trop élèvé.

2. Les piézomètres qui sont actuellement utilisés ne sont pas adaptés à mesurer la pression interstitielle à chaque mètre de profondeur.

[0019] On confirme que l'essentiel dans la conception de la présente invention peut se résumer comme suit :

1. Montage d'un capteur de la pression interstitielle (piézomètre) a l'extrémité de tube de manoeuvre d'un piston incliné directement juste au dessus d'une cellule à membrane (d'un appareil à membrane) qui exerce une pression horizontale sur la cavité du sol.
   Le but du piston incliné est d'amener le capteur de la pression interstitielle (piézomètre) au voisinage de la cellule à membrane pour que le piézomètre soit au niveau des déformations maximales de la cellule et sur une distance supérieure ou égale au maximum au rayon de l'anneau plastique crée autour de la cavité.

2. L'introduction du piézomètre (capteur de la pression interstitielle) s'effectue par pénétration au moyen du tube de manoeuvre du piston incliné; Pour éviter le problème du colmatage qui gene la mesure de la pression interstitielle -ce qui est le cas dans l'essai de pénétration - on procéde de la manière suivante:

2.1 Maintenir en permanence le piézomètre dans un fourreau dans le tube d'intermédiaire de l'appareil, quel que soit la méthode de mise en place de l'appareil l'objet de la présente invention.

2.2 Le piézomètre, au bout du tube de manoeuvre du piston incliné, est emboité dans un cylindre qui sert à éviter le colmatage pendant la pénétration du tube de manoeuvre du piston incliné. Lors du mouvement où le piézomètre s'approche du niveau de mesure, il se dégage du cylindre qui reste sur place tout en étant relié à celui-ci par des liens souples attachés a l'extrémité profonde de la chambre d'huile du piston incliné. Le tube de manoeuvre contenant le piézomètre continue sa course jusqu'au niveau des mesures .

2.3 Le tube de manoeuvre du piston incliné contenant le piézomètre a son embout, contient un élément hydraulique assurant le decolmatage pendant sa pénétration .

[0020] A la suite des explications qui précédent, il est à signaler que:

- Le piston incliné est une partie indivisible de l'appareil objet de la présente invention (appareil à membrane à piézo - incliné) et son role est une partie de la méthode de mise en oeuvre .

  Le piston incliné est dimensioné sous le condition suivante :

  Le déplacement du piston incliné (double track) est suffisamment long pour permettre au tube de manoeuvre du piston incliné d'amener le piézomètre, qui est fixé à son extrémité, jusau'à l'endroit précis.
- On n'enregistre jamais les mesures de la pression interstitielle au cours de la pénétration ni du tube de manoeuvre du piston incliné ni de l'appareil objet de la présente invention .

DESCRIPTION DE L'APPAREIL

[0021] L'appareil objet de l'invention peut être en deux catégories reposant sur la méthode de mise en place de la sonde.

Type I : Appareil à membrane à enfoncer à piézoincliné

[0022]

La sonde (l'ensemble de l'appareil à membrane et du piézomètre) est enfoncée dans le sol par l'intermédiaire d'une tige verticale d'un diamètre d'au moins 4.0 cm. Toutes les canalisations qui alimentent la sonde, passent dans la tige verticale et dans le corps du piston incliné dehors de sa chambre d'huile.

Type II :Appareil à membrane pour forage à piézoincliné

[0023]

Soit par forage (d'un diamètre d'au moins 6.00cm) préalable ou soit par autoforeur, car toutes les canalisations qui alimentent la sonde passent dans la cavité et autour du piston incliné.
Le tube de manoeuvre du piston incliné est en forme téléscopique.

[0024] Détails explicatifs des dessins de l'appareil objet de la présente invention de type I : de page 1/4 à 4/4

fig 1 : montre l'assemblage global du système de l'appareil de l'invention du type I pour l'étude de mécanique des sols.

(7) : cellule à membrane.

(18) : L'appareil objet de la présente invention à enfoncer de type I (appareil à membrane à enfoncé à piézo-incliné)

(6) : Niveau de mesure . Ce niveau de mesure se répète tous les mètres par rapport à la surface du sol.

(5) : Le piézomètre (pierre poreuse contient le capteur de la pression interstitielle)

(8) : Piston à l'extrémité de son tube de manoeuvre (12) est le piézomètre (5)

(15) : Ordinateur raccordé au piézomètre (5) pour enregistrer la pression interstitielle au niveau (6) au voisinage de la cellule à membrane (7) .

[0025] Coupe verticale suivant S-S, montre:

- l'emplacement des coupes suivant A-A, B-B, C-C et D-D, voir page page 3 / 4
- l'emplacement du détail (F), voir page 4/4

(8) : piston incliné par rapport à l'axe vertical du système

canalisations (1), (3) :

ressources de pression pour faire sortir et rentrer du tube de manoeuvre (12) du piston (8).

canalisation (2) :

comprend deux voies :

- une pour raccorder le capteur dans le piézomètre (5) à l'ordinateur (15) (fig (1)).
- l'autre voie pour fournir du fluide sous pression qui nettoie la pierre poreuse du piézomètre (5)

(20) : espace autour du piézomètre (5)

(13) : la chambre d'huile du piston (8)

(12) : le tube de manoeuvre du piston (8) qui glisse autour d'un tube fixe (17).

[0026] page 3/4 : coupe suivant A-A , B-B, C-C, D-D.

detail (F) : detail au bout du tube de manoeuvre (12) du piston (8) et le systéme de la protection du piézomètre (5) (pierre poreuse et le capteur) du colmatage pendant la pénétration dans le sol

(16) : piéces d'etanchéietés.

(10) : cylindre qui emboite la pierre poreuse du piézomètre(5).

(14) : lien qui relie le cylindre (10) au systéme et est en longueur de 5 cm moins long que la longueur du tube de manoeuvre (12) du piston (8).

[0027] L'appareil objet de l'invention de type (I), (appareil à membrane à enfoncé à piézo - incliné), contient quatre canalisations numérotées de (1) à (4) :

(1) : Dans la canalisation (1) l'huile sous pression fait sotir le tube (12) de manoeuvre du piston (8) de sa place à une distance suffisante pour arriver au niveau (6); niveau de déformation maximale de la sonde pressiométrique (7).

(2) : La canalisation (2) comprend deux voies :

- L'une pour contient un cable électrique qui joint le capteur du piézomètre (5) à un ordinateur (15) de l'enregistrement de la pression interstitielle.
- Dans l'autre voie passe un fluide sous pression qui assure le nettoyage de la pierre poreuse du piézomètre (5).

(3) : La canalisation (3) contient l'huile sous pression permettant la retour du tube de manoeuvre (12) du piston (8) à sa position initiale.

(4) : La canalisation (4) alimente la sonde pressiométrique (7) par ses ressources des chargements (fluide sous pression).

[0028] La pierre poreuse du piézomètre (5) est emboitée par un cylindre (10) qui sert à éviter le colmatage pendant la pénétration du système ainsi qu'à éviter la rentrée des petits grains du sol dans la chambre (13) d'huile du piston (8).

[0029] L'espace (20) permet la mise en place des liens (14).

[0030] Le fluide sous pression circulant dans la canalisation (2) évite le déplacement du cylindre (10) par rapport à la pierre poreuse du piézomètre (5). Lors du mouvement ou le piézomètre (5) s'approche du niveau (6), elle se dégage du cylindre (10) qui reste sur place par l'effet du lien (14).

[0031] Le tube de manoeuvre (12) contenant le piézomètre (5) continue sa course jusqu'au niveau (6). Le fluide dans la canalisation (2) s'évacue à travérs la pierre poreuse du piézomètre (5).

Dans son mouvement de retour à sa position initiale, le tube de manoeuvre (12) du piston (8) s'emboite dans le cylindre (10) et l'entraine dans son mouvement.

Revendications

1. Procédé de mesure de caractéristiques mécaniques des sols du type consistant à enfoncer verticalement dans le sol ou par forage une cellule à membrane (7) dans laquelle on introduit sous pression un liquide, à mesurer l'augmentation de volume de la cellule à membrane en fonction de la pression exercée caractérisé en ce qu'il consiste à introduire dans le sol selon une direction inclinée à partir de la partie juste supérieure de la cellule à membrane (7) un capteur de pression jusqu'à une position en vis-à-vis du niveau (6) des déformations maximales de la cellule à membrane (7) et à mesurer le changement des mesures du capteur de la pression audit niveau (6) en fonction de la pression dans la cellule à membrane(7) de manière à mesurer la pression interstitielle au voisinage de la cellule à membrane (7).

2. Dispositif pour mesurer des caractéristiques mécaniques des sols et pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, du type comprenant

un tube vertical intermédiaire comportant une cellule à membrane(7), caractérisé en ce qu'il est constitué d'un fourreau muni d'un piston incliné (8) par rapport à l'axe du tube vertical intermédiaire et, à l'extrémité du tube de manoeuvre (12) du piston (8), d'un piézomètre(5) muni d'un capteur de la pression interstitielle et d'un élément hydraulique pour éviter le colmatage du piézomètre.

3. Dispositif selon la revendication 2 caractérisé en ce que cette cellule à membrane (7) est alimentée en pression par un tube intermédiaire et en ce qu'il comporte en plus trois canalisations, les canalisations (1,3) sous pression destinées à faire sortir et rentrer le tube de manoeuvre(12) du piston (8) et la canalisation (2) comprenant deux voies, une pour raccorder le capteur de la pression interstitielle à un ordinateur (15) d'enregistrement et l'autre pour fournir du fluide sous pression assurant le décolmatage du piézomètre (5).

4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3 caractérisé en ce que la canalisation (2) est emboitée dans un tube fixe (17) pour la protéger de l'effet de la pression d'huile dans la chambre d'huile (13) du piston incliné (8).

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4 caractérisé en ce que le piézomètre (5) est muni d'un cylindre (10) de protection et est retenu par des liens(14).

Claims

1. A system of measuring the soil mechanical characteristics copmrises pushing or drilling vertically a cellular membrane in which one introduces a liquid under pressure so as to measure the cellular membrane volume increase as a function of the applied pressure; characterized in that said system comprising the introduction in the soil from the part just above the membrane cell and following an inclined direction, a pressure sensor be directed to the position of the maximum deformation level of the membrane cell so that, one measures the pressure changes in the sensor at level (6) as a function of the applied pressure in the membrane cell (7) in a way to measure the soil pore water pressure in the vicinity of the membrane cell (7).

2. A system to measure the mechanical characteristics of the soil as defined in claim 1 of the type with a vertical tube the intermediate which is provided with a cellular membrane (7), characterized in that said system comprises a sheath equipped by an inclined piston (8) relative to the intermediate vertical tube axe. At the edge of the manoeuvre pivot tube of piston (8), a piezometer (5) is provided with a pore water pressure sensor and a hydraulic element to avoid getting plugged up.

3. A system as defined in claim 2 characterized in that said system comprises the cellular membrane (7) being supplied by pressure through intermediate tube that comprises also three pipelines; pipelines (1,3) under pressure distinated to make the piston (8) manoeuvre tube (12) go out and return back, the pipeline (2) is double track, one to attatch the pore pressure sensor to a recording computer (15) and the other is to supply with fluid under pressure to assure that piezometer (5) is not getting plugged up.

4. A system as defined in claims 2 or 3 characterized in that said system comprises, pipeline (2) is surrounded by a fixed tube (17) to protect it from the influence of the pressure in the oil chamber (13) of the inclined piston (8).

5. A system as defined in any of the claims 2 until 4 characterized in that said system comprises, the piezometer (5) that is provided by a protection cylinder (10) and is retained by bonds (14).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der mechanischen Eigenschaften von Böden, darin bestehend, eine Zellmembran (7) senkrecht in den Boden zu treiben oder mittels Bohrung einzuführen, wobei in diese Zellmembran unter Druck eine Flüssigkeit eingeführt wird, um die volumenmäßige Ausdehnung der Zellmembran (7) auf Grundlage des ausgeübten Drucks zu messen; gekennzeichnet durch die Tatsache, dass ab dem genau über der Zellmembran (7) befindlichen Teil ein Druckmesser schräg in den Boden eingeführt wird, bis er sich auf der Ebene (6) des maximalen Verformungsgrads der Zellmembran befindet, um die Druckschwankungen des sich auf besagter Ebene befindlichen Druckmessers (6), auf Grundlage des Drucks in der Zellmembran (7), zu messen, um somit den Porenwasserdruck in der Nähe der Zellmembran (7) messen zu können.

2. Eine Vorrichtung zur Messung der mechanischen Eigenschaften des Bodens, gemäß der Festlegung in Anspruch 1, wobei die besagte Vorrichtung aus einem senkrechten Rohr als Zwischenteil, versehen mit einer Zellmembran (7), besteht; gekennzeichnet durch die Tatsache, dass besagte Vorrichtung eine Ummantelung aufweist, ausgerüstet mit einem Kolben (8), der in schräger Lage im Verhältnis zum Achse des senkrechten Zwischenrohrs liegt. Am Ende des Drehrohrs des Kolbens (8) ist ein Piezometer (5) mit einem Porenwasser-

Druckmesser und eine hydraulische Vorrichtung zur Vermeidung einer Verschlammung des Piezometers (5) angebracht.

3. Eine Vorrichtung gemäß der Festlegung unter Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass besagte Vorrichtung die durch ein Zwischenrohr mit Druck versorgte Zellmembran, sowie zusätzlich drei Rohrleitungen aufweist, wobei die unter Druck stehenden Rohrleitungen (1,3) dazu bestimmt sind, das Drehrohr (12) des Kolbens (8) rückwärts und vorwärts zu bewegen, während die doppelt ausgelegte Rohrleitung (2) dazu dient, über den einen Weg den Porenwasser-Druckmesser mit einem Mess-Computer (15) zu verbinden, und über den anderen Weg Druckflüssigkeit zu liefern, um die Entschlammung des Piezometers (5) zu gewährleisten.

4. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohrleitung (2) in einem festen Rohr (17) eingefügt wird, um sie vor den Auswirkungen des Öldrucks in der Ölkammer (13) des schräg positionierten Kolbens (8) zu schützen.

5. Eine Vorrichtung gemäß eines jedweden der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Piezometer (5) mit einem Schutzzylinder (10) versehen ist, und durch Befestigungen (14) gesichert wird.

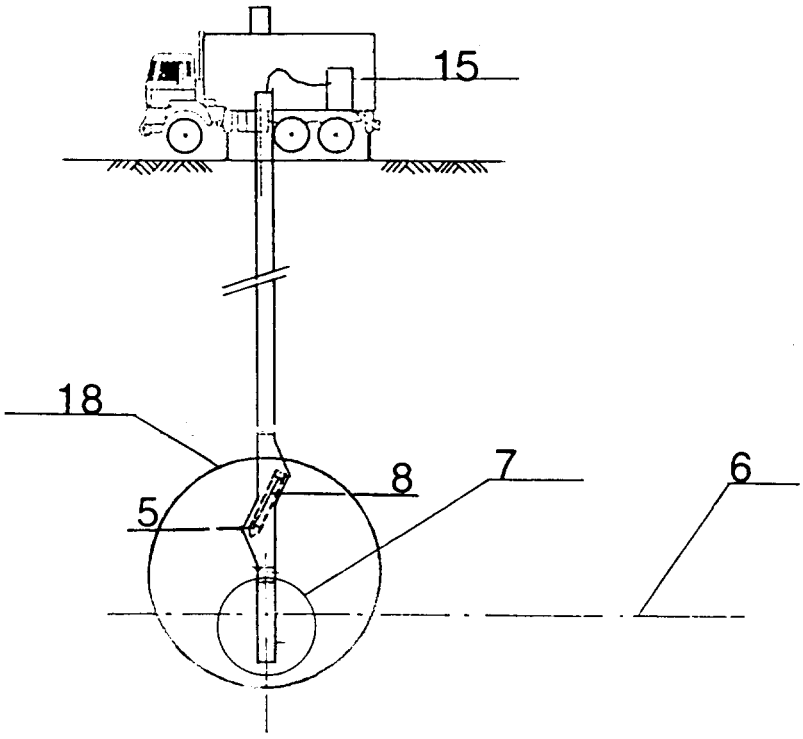
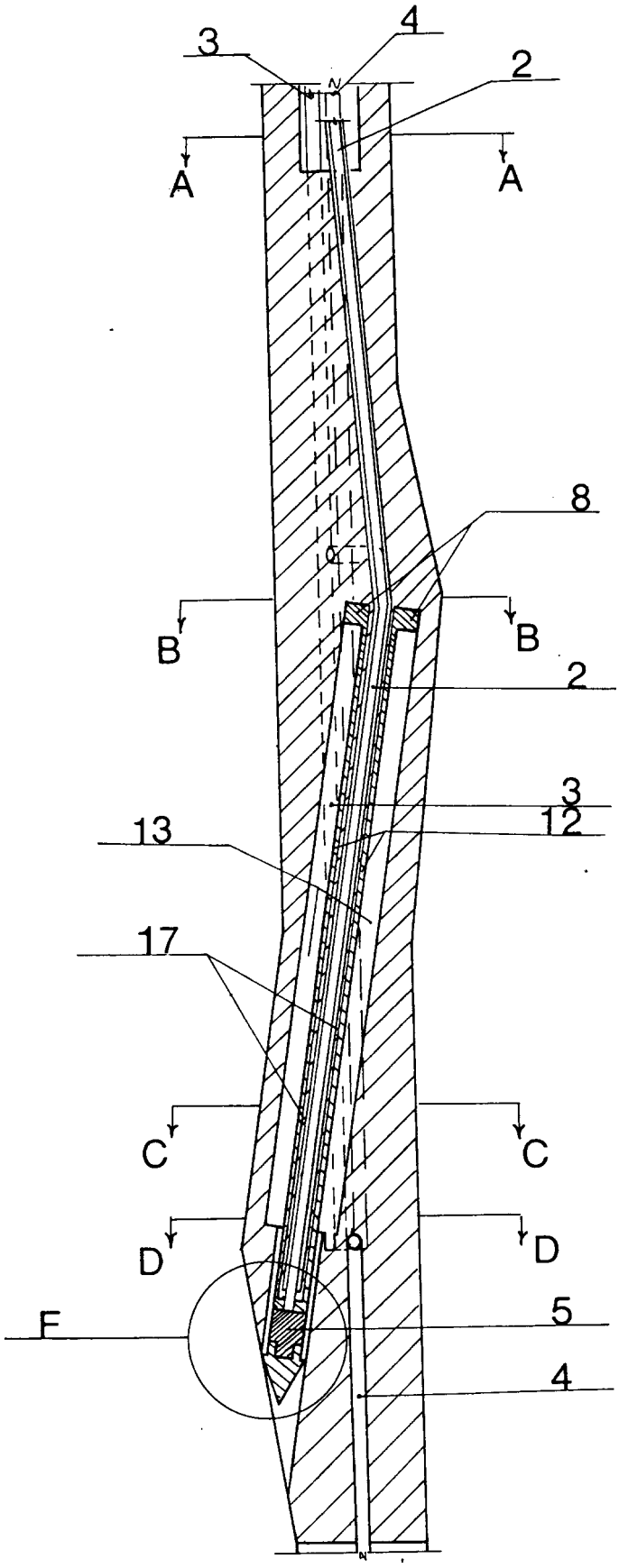
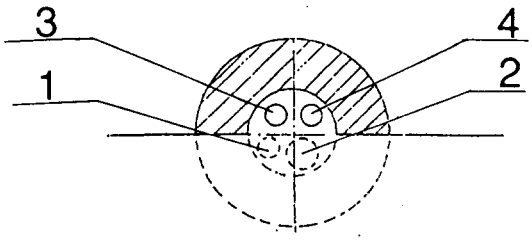


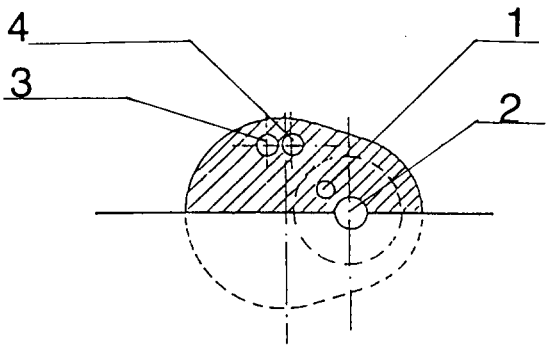
FIG (1)



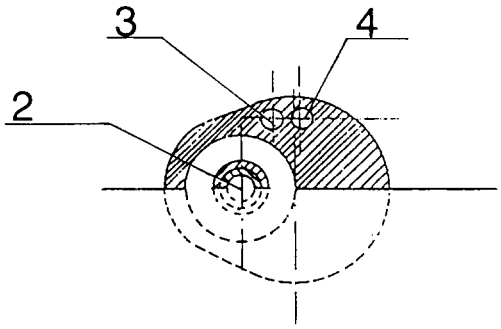
COUPE S : S



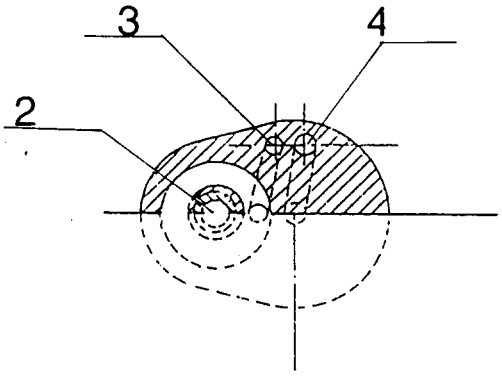
COUPE A : A



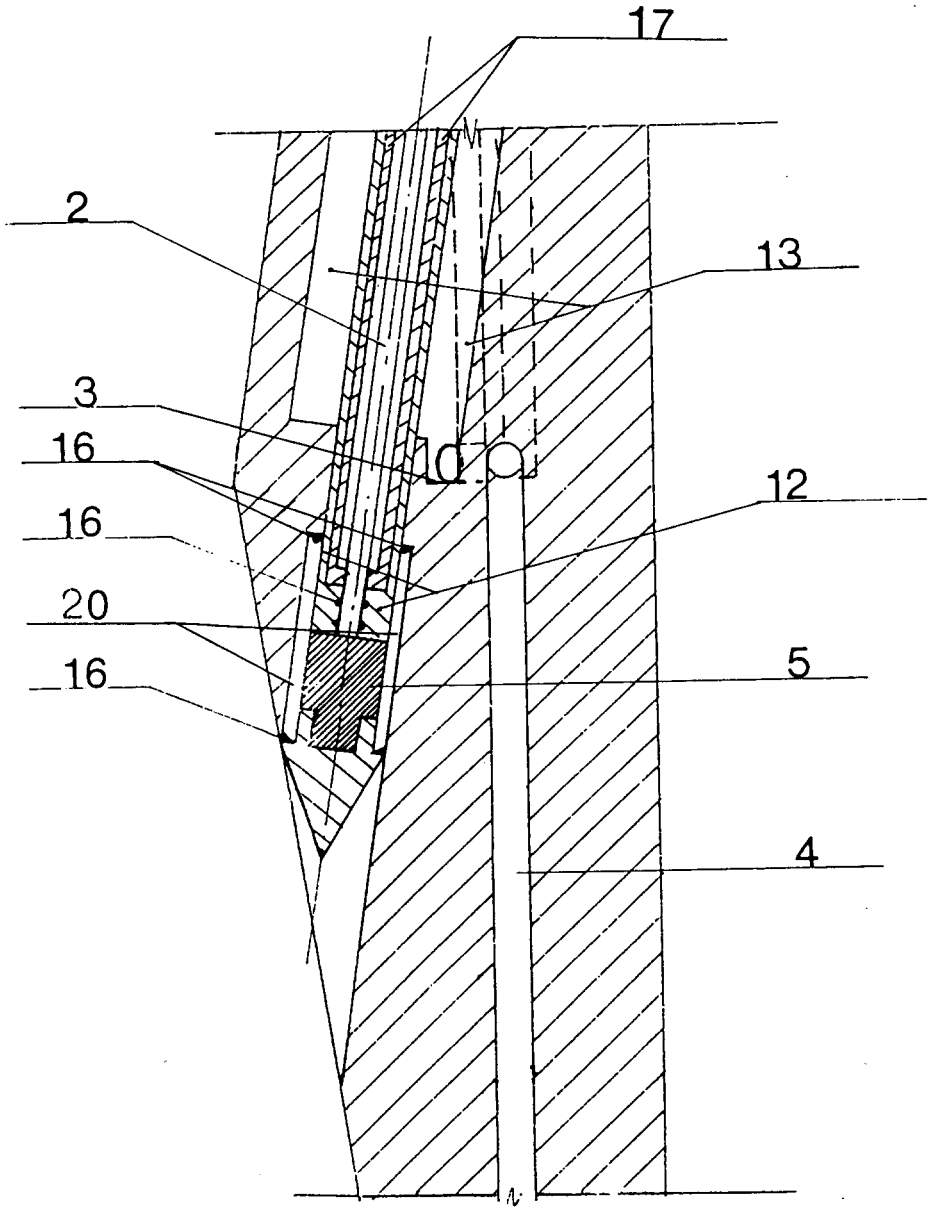
COUPE B : B



COUPE C : C



COUPE D : D



DETAIL (F)