

(19)



(11)

EP 2 998 448 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
09.11.2016 Patentblatt 2016/45

(51) Int Cl.:
E02D 5/80 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14185746.6**

(22) Anmeldetag: **22.09.2014**

(54) **Verfahren zur Tragfähigkeitsverbesserung von im Baugrund gesetzten offenen Profilen sowie damit erstelltes System**

Method for improving the bearing capacity of open profiles placed in the foundation and system produced using the same

Procédé d'amélioration de la portance de profilés ouverts disposés dans le sol de fondation et système réalisé grâce à ce procédé

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.03.2016 Patentblatt 2016/12

(73) Patentinhaber:
• **TuTech Innovation GmbH**
21079 Hamburg (DE)
• **Technische Universität Hamburg-Harburg**
21073 Hamburg (DE)

(72) Erfinder: **Grabe, Jürgen**
21075 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **Hansen, Jochen**
Hansen und Heeschen
Patentanwälte
Eisenbahnstrasse 5
21680 Stade (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 151 389 EP-A1- 0 264 998
EP-A1- 2 706 148

EP 2 998 448 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tragfähigkeitsverbesserung von in einem Baugrund gesetzten offenen Profilen. Ferner betrifft die Erfindung ein System aus einem offenen Profil und einem vom offenen Profil umschlossenen Baugrund.

[0002] Offenes Profil bedeutet dabei ein Bauteil mit einem in sich geschlossenen, in Längsrichtung entlang des Profils im Wesentlichen gleichen Querschnitt. Das Profil ist unten und oben offen. Entsprechend können offene Profile neben kreisförmigen Verrohrungen auch Vierkantrohre, Kastenprofile, Schächte, Senkkästen und dergleichen sein. Ferner sind offene Profile auch I-Träger (Doppel-T-Träger), II-Träger (Doppel-Doppel-T-Träger), Spundwände oder dergleichen, die teils einen nicht vollständig umschlossenen Bereich zwischen den im Baugrund liegenden Schenkeln des Profils haben, sowie im weitesten Sinne Tragelemente aus textillumantelten Granulaten beispielsweise GCC (geotextile coated columns).

[0003] Beim Einvibrieren oder Einstellen eines Profils in den Baugrund entsteht eine je nach Porenraum mehr oder minder starke Bodenverdichtung und damit eine Spannungsänderung im Bereich der Kontaktfläche zwischen dem eingebrachten Profil und dem Baugrund. Durch Einbringung mittels Vibration und Rammung wird die über die Kontaktfläche stattfindende Verspannung im Baugrund stark herabgesetzt, womit die Gesamttragfähigkeit der eingebrachten Profile gegenüber einem eingerammten Profil deutlich verringert ist. Es wurde daher bisher zum Erreichen einer besseren Verspannung des einvibrierten oder eingestellten Profils mit dem Baugrund das Profil kurz vor Erreichen der Endteufe nachgerammt oder nachverpresst. Da an vielen Lokationen ein Rammen sich aus bautechnischen oder Umweltschutzgründen verbietet, ist dieses Vorgehen häufig nicht zielführend. Zudem ist ein zusätzliches Rammen mit deutlichen Zusatzkosten und Zeitverzögerungen für das Heranschaffen, Tauschen der Gerätschaften und Aufrüsten der Rammvorrichtung verbunden.

[0004] Ausgehend davon ist aus der EP 2 706 148 A1 ein Verfahren zur Tragfähigkeitsverbesserung von in einem Baugrund mit Porenraum gesetzten offenen Profilen bekannt, bei dem durch Setzen des Profils in den Baugrund und nachträgliches Verspannen des vom offenen Profil umschlossenen Bereichs des Baugrunds mit der Profilwandung durch Einbringen eines Verdrängungsmittels in den vom offenen Profil umschlossenen Bereich des Baugrunds durch die Verdrängung des Baugrunds im vom offenen Profil umschlossenen Bereich ein erheblicher Druck auf die Innenseite der Profilwandung ausgeübt wird, womit eine Verspannung dieses umschlossenen Bereichs des Baugrunds mit dem Profil erreicht wird. Damit wird quasi ein Verschluss des offenen Profils erzielt und die Tragfähigkeit entsprechend der am Fuß des Profils herrschenden vertikalen Bodenspannung erhöht. Dabei kann das Verdrängungsmittel ein ei-

nen Teil der Querschnittsdimension des offenen Profils einnehmendes Vollprofil sein, das in den vom offenen Profil umschlossenen Bereich des Baugrunds eingesetzt wird. Durch das in den Baugrund eingetriebene Vollprofil wird der Baugrund im vom offenen Profil umschlossenen Bereich kompaktiert, womit eine deutliche Spannungserhöhung eintritt und dieser wiederum quasi wie ein Verschluss des offenen Profils wirkt. Entsprechend erhöht sich die Tragfähigkeit des eingebrachten Profils.

[0005] In Grabe, J., T. Pucker und T. Hamänn, Numerical simulation of pile installation processes in dry and saturated granular soils (8th European Conference on Numerical Method in Geotechnical Engineering (NUMGE), 2014, TU Delft) wird die erhöhte Bodenspannung durch Einbringen eines Vollverdrängungspfahlwerkzeugs (FDP full displacement pile der Firma Bauer Maschinenbau GmbH, Bauerstraße 1, 86529 Schropfenhausen) numerisch modelliert.

[0006] Ferner ist es aus der EP 0 264 998 A1 bekannt, zur Gründung in den Untergrund aufschäumendes Material einzubringen, um so vor dem Setzen von Pfeilern oder Ankern eine Verfestigung der Bodenformation zu erreichen. Ferner ist darin auch beschrieben, eine Verfestigung unterhalb eines existierenden Gründungselementes einzubringen. Ferner ist alternativ beschrieben, den Untergrund mit dem expandierenden Material zu verfestigen und anschließend einen Pfahl in den so verfestigten Untergrund einzubringen.

[0007] Ausgehend von der EP 2 706 148 A1 ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Tragfähigkeitsverbesserung nach dem Setzen des Profils gezielt und kontrolliert einsetzbar zu gestalten.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe verfahrensgemäß durch Anspruch 1 und vorrichtungsgemäß durch Anspruch 8.

[0009] Durch Drehantrieb des Verdrängungskörpers und Steuern des Verhältnisses von Vortriebsgeschwindigkeit zu Rotationsgeschwindigkeit wird Boden gefördert und/oder zur Seite verdrängt. Damit kann die jeweils im offenen Profil erreichte Verspannung gesteuert werden, so dass bei einer gewünschten hohen Verspannung des Bodens der Verdrängungskörper mit geringer Rotationsgeschwindigkeit rotiert und dabei kräftig in den Boden gedrückt wird, womit vor allem eine Bodenkompaktierung innerhalb des offenen Profils im Bereich der Bohrtiefe erfolgt. Wird jedoch mit höherer Rotationsgeschwindigkeit bei geringer Vortriebsgeschwindigkeit gebohrt, wird der Boden eher gefördert, womit die Kompaktierung und damit die Spannung im Boden im Bereich der Bohrspitze weniger stark steigt.

[0010] Um eine möglichst gleichmäßige Spannungserhöhung auf der Innenseite der Profilwandung durch das Verdrängen des in diesem Bereich vorliegenden Bodens zu erreichen, wird der Verdrängungskörper entlang der Profillachse zentral eingebracht. Bei größeren Profildurchmessern kann es zum wirtschaftlichen Aufbau einer Verspannung vorteilhaft sein, wenn mehrere Verdrängungskörper gleichzeitig verteilt und parallel zuein-

ander eingebracht werden.

[0011] Wenn beim Niederbringen des Verdrängungskörpers momentan zur Bohrtiefe das aufgewendete Drehmoment und die wirkende Auflast gemessen und gesteuert werden, wird der Eindringvorgang des Verdrängungskörpers zum Nachweis der Standfestigkeit und der Qualität der Ausführung dokumentiert, wobei die Steuerung des aufgewendeten Drehmoments und die wirkende Auflast nach Vorgaben und/oder den gemessenen Werten gesteuert werden kann.

[0012] Wenn durch das nachträgliche Verspannen des vom offenen Profil umschlossenen Bereichs des Baugrunds mit der Profilwandung durch Einbringen eines Verdrängungskörpers das offene Profil leicht aufgedehnt wird, erfolgt ebenfalls eine Spannungserhöhung auf der Außenseite des Profils, also auf der Kontaktfläche der Profilwandung mit dem äußeren Baugrund. Durch die erhöhte Verspannung der Kontaktfläche zwischen Profil und äußerem Baugrund erhöht sich entsprechend die Mantelreibung, womit eine weiter erhöhte Tragfähigkeit einhergeht.

[0013] Dadurch, dass am offenen Profil beim Niederbringen des Verdrängungskörpers momentan zur Bohrtiefe der wirkende Bodendruck gemessen und davon abhängig das aufgewendete Drehmoment und die wirkende Auflast geregelt werden, kann auch die beim Niederbringen des Verdrängungskörpers im Untergrund erreichte Spannungserhöhung kontrolliert und davon abhängig das Bohrgerät gesteuert werden. Es wird somit ein sehr kontrolliertes Einbringen des Verdrängungskörpers und damit eine genau kontrollierte Tragfähigkeitsverbesserung erreicht. Dabei können auch in der jeweiligen Tiefenlage unterschiedliche Verspannungen im Untergrund erzielt werden, wobei der im Pfropfen sich bildende Druckaufbau durch die Messung bekannt ist, überwacht und daraus abgeleitet das Bohrgerät gesteuert werden kann.

[0014] Durch Anwendung des Verfahrens über die ganze Höhe des vom offenen Profil umschlossenen Bereichs des Baugrunds (innere Bodensäule) und der Möglichkeit in beliebiger Tiefe durch noch stärkeren Druck das offene Profil aufzuweiten, kann die Mantelreibung und die Bettungsspannung zwischen Außenwand des offenen Profils und Boden mobilisiert werden, was die laterale und/oder axiale Tragfähigkeit erhöht. Die Erhöhung ist dabei wesentlich vom durch den Verdrängungskörper mobilisierten Pfropfendruck und der radialen Steifigkeit des Rohres abhängig. Um so größer der Rohrdurchmesser und geringer die Wanddicke, um so größer ist die Aufweitung und damit die mobilisierte Bettungsspannung und Mantelreibung außenseitig des offenen Profils. Ferner kann das Profil durch Schlitzte oder dergleichen geschwächt ausgebildet sein.

[0015] Wenn das Setzen des Profils durch Vibrieren oder Einstellen erfolgt, wird zwar die Verspannung des Profils im Baugrund beim Setzen des Profils deutlich verringert, da der anfänglich locker bis mitteldicht gelagerte Boden durch das Einvibrieren des Profils verdichtet wird.

Jedoch ist ein solcher Einbringvorgang mit geringeren Beeinträchtigungen von umliegenden Bauten und mit heutigen Umweltschutzmaßnahmen bevorzugt, wobei durch das nachträgliche Ausführen der Tragfähigkeitsverbesserung durch Einbringen des Verdrängungskörpers die Verspannung des Profils im Untergrund erhöht wird. Das erfolgt dadurch, dass bevorzugt zentral eine Aufweitung durch den Verdrängungskörper passiert. Dabei wird der Boden geschert. In der Scherfuge vergrößert sich durch Dilatanz sein Volumen, was aufgrund der Randbedingung, nämlich dem umschlossenen Profil verhindert ist und zu erheblichen Verspannungen führt. Damit wird eine deutliche Erhöhung des Spannungszustandes an der Kontaktfläche zwischen Profil und Boden (Baugrund) erreicht. Somit können auch geringer tragfähige Böden durch den Verdrängungsvorgang zur Lastabtragung (H, V, M) gegebenenfalls herangezogen werden.

[0016] Dadurch, dass aus dem angewendeten Drehmoment und der aufgebrachten Axialkraft zur jeweiligen Bohrtiefe auf die dort erzeugte Verspannung zurückgeschlossen wird, kann die im Untergrund erreichte Verspannung über beim Einbringvorgang einfach zu ermittelnde Parameter berechnet werden. Bei einem System aus einem offenen Profil und einem einen Porenraum aufweisenden Baugrund, in dem das Profil gesetzt ist, wobei der vom offenen Profil umschlossene Bereich des Baugrundes durch eingebrachte Verdrängungskörper mit der Profilwandung des Profils verspannt ist, ist der Verdrängungskörper ein Verdrängerpfahlwerkzeug, der drehantreibbar und einstellbar ist. Mit dem Verdrängerpfahlwerkzeug, das an einem Bohrgerät in der üblichen Weise drehantreibbar und mit einem entsprechenden Auflastdruck in den Boden gedrückt wird, wird die Bodenverdrängung innerhalb des offenen Profils der Art durchgeführt, dass je nach Ansteuerung des Bohrgeräts, also Auswahl eines höheren oder geringen Auflastdrucks bzw. einer höheren oder geringeren Rotationsgeschwindigkeit des Bohrgestänges, kann die Tragfähigkeitsverbesserung durch Kompaktierung des Bodens innerhalb des im Boden eingebrachten offenen Profils kontrolliert verbessert werden.

[0017] Bei größeren Profilen sind bevorzugt mehrere Verdrängungskörper vorgesehen, die gleichmäßig zueinander auf den Querschnitt des umschlossenen Bereichs parallel zueinander und zur Profilachse verteilt sind.

[0018] Dadurch, dass verlorene Drucksensoren an dem offenen Profil außen und/oder innen an der Profilwandung vorgesehen sind, die Wirkverbindungen zu einer Auswerteeinheit an der Bodenoberfläche haben, kann beim Niederbringen des Verdrängungskörpers die momentan wirkende Bodenspannung gemessen werden. Als kostengünstige Drucksensoren können beispielsweise Dehnungsmessstreifen oder dergleichen verwendet werden.

[0019] Wenn das Verdrängerpfahlwerkzeug eine verlorene Bohrspitze hat, so dass beim Ziehen des Verdrängerpfahlwerkzeuges eine Öffnung entsteht, durch die der

einzufüllende Beton zur Bildung eines Verdrängerpfahles fließt, kann das Verdrängerpfahlwerkzeug nach dem Niederbringen innerhalb des offenen Profils unter Verlust der Bohrspitze und gleichzeitigem Einfüllen von Beton gezogen werden und somit quasi durch einen aus Beton erstellten Verdrängerpfahl ersetzt werden. Die im Boden erreichte Kompaktierung und damit Spannungserhöhung und Pfropfenbildung bleibt dabei im Wesentlichen erhalten, also die Verspannung wird durch Ausbetonieren mit der FDP-Pfahlerstellung dauerhaft gesichert. Nötigenfalls kann der Beton unter Druck zugeführt werden, um eine unerwünschte Bodenentlastung zu vermeiden. Dies kann zudem über die am offenen Profil angebrachten Drucksensoren auch noch nach Abbinden des Verdrängerpfahles kontrolliert werden.

[0020] Wenn das Verdrängerpfahlwerkzeug und entsprechend der betonierte Verdrängerpfahl als Vollprofil 2 % bis 20 % der Querschnittsfläche des offenen Profils einnimmt, welches entlang der Profilachse zentral in den vom offenen Profil umschlossenen Bereich des Baugrunds eingesetzt ist, wird der Boden durch das Einsetzen des Verdrängungspfahles im vom offenen Profil umschlossenen Bereich kompaktiert und verspannt, womit dieser Bereich quasi einen Pfropfen bildet und entsprechend die Tragfähigkeit des Profils erhöht wird. Bevorzugt hat der Verdrängungspfahl ca. 5 bis 10 % der Querschnittsdimension des offenen Profils.

[0021] Dadurch, dass das Profil in seiner Profilwandung Schwächungszonen oder Schlitze aufweist, an denen eine stärkere Aufdehnung des Profils möglich ist, wird beim Verspannen des vom offenen Profil umschlossenen Bereichs des Baugrunds eine stärkere Aufdehnung des Profils ermöglicht, so dass dieses auch mit der Außenseite der Profilwandung einen stärkeren Kontakt zu dem außen umgebenden Baugrund bewirkt, so dass hier die Bettungsspannung und die Mantelreibung weiter steigen. Entsprechend kann die Tragfähigkeit des eingebrachten Profils weiter erhöht werden. Schwächungszonen sind beispielsweise lokale Bereiche in der Profilwandung, die eine deutlich geringere Materialstärke aufweisen oder aus einem anderen, weicheeren Material hergestellt sind. Bei der Verwendung von Schlitzen, die bevorzugt im Wesentlichen Profilachsen parallel ausgerichtet sind, kann das Aufweiten des Profils erheblich erleichtert werden. Die Schwächungszonen und/oder Schlitze dürfen jedoch die Festigkeit des Profils zur Einbringung in den Baugrund und Einleitung der Traglasten möglichst wenig schwächen.

[0022] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beiliegenden Figuren detailliert beschrieben.

[0023] Darin zeigt:

Fig. 1 ein offenes Profil in Rohrform, mit einem darin aufgenommenen Verdrängungskörper und

Fig. 2 die in Fig. 1 dargestellte Situation in einem Querschnitt.

[0024] Fig. 1 zeigt ein offenes Profil 1, das mit einer Profilwandung 10 in Rohrform ausgebildet ist. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, ist das offene Profil 1 für eine Bauwerksgründung senkrecht im Baugrund 2 eingebracht und steht zur weiteren baulichen Verwendung geringfügig mit seinem Profilkopf 11 über Bodenoberfläche 20 hinaus.

[0025] Das offene Profil 1 ist beispielsweise durch Vibrieren in den Baugrund 2 eingebracht worden. Dabei erfolgt eine Bodenverdichtung mit Volumenabnahme und daraus resultierender deutlicher Abnahme der horizontalen Spannungen an den Kontaktflächen sowohl außenseitig um die Profilwandung 10 des offenen Profils 1, wie auch innenseitig. Erkennbar ist diese Volumenabnahme an einem sich ausbildenden Rutschtrichter außenseitig um das offene Profil 1 sowie auch analog innenseitig. Entsprechend verringert sich die Verspannung des eingebrachten offenen Profils 1 mit dem Baugrund 2, da durch die Volumenabnahme die Bodenspannung lokal deutlich verringert wird.

[0026] Im vom offenen Profil 1 umschlossenen Bereich 21 ist im Baugrund 2 ein Verdrängungskörper 4 in Form eines Verdrängerpfahlwerkzeuges 40 nahezu bis zum Profifuß 12 des offenen Profils 1 niedergebracht. Dabei ist der Verdrängungskörper 4 im Wesentlichen entlang der Profilachse zentral innerhalb des offenen Profils 1 eingebracht worden. Diese Situation ist im Querschnitt in Fig. 2 dargestellt.

[0027] Beim Niederbringen des Verdrängungspfahlwerkzeuges 40 innerhalb des offenen Profils 1 mit einem entsprechenden Bohrgerät wird das auf das Verdrängerpfahlwerkzeug 40 wirkende Drehmoment sowie die Auflast vom Bohrgerät gesteuert. Zur Überwachung der durch das Eindringen des Verdrängungskörpers 4 in dem offenen Profil 1 bewirkten Kompaktierung und damit Verspannung des Bodens 2 sind Drucksensoren 5 an der Profilwandung 10 des offenen Profils 1 angeordnet. Die Drucksensoren bestehen beispielsweise aus Dehnungsmessstreifen, die über eine Wirkverbindung 51 zu einer Auswerteeinheit 50 an der Bodenoberfläche 20 verbunden sind.

[0028] Die an der Auswerteeinheit 50 ermittelten Bodenspannungswerte werden zur Dokumentation der Tragfähigkeitsverbesserung aufgezeichnet und in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung unmittelbar zur Regelung des Einbringvorganges, also der vom Bohrgerät aufzubringenden Auflast und Drehmoment verwendet.

[0029] Durch die Steuerung/Regelung des Verhältnisses von Vortriebsgeschwindigkeit zu Rotationsgeschwindigkeit wird entweder mehr Boden gefördert oder mehr Boden zur Seite verdrängt. Im letzteren Fall wird somit eine stärkere Bodenkompaktierung, Verspannung und somit Propfenbildung erreicht werden.

[0030] Durch diese Verspannung des umschlossenen Bereichs 21 im Inneren des offenen Profils 1 wird somit quasi ein Verschluss des offenen Profils 1 erreicht und die Tragfähigkeit entsprechend der am Fuß 12 des Profils 1 herrschenden vertikalen Bodenspannung (hier parallele Pfeile am Profifuß 12) erhöht.

[0031] Durch den zentral in der Profilachse eingebrachten Verdrängungskörper 4 wird der Boden 2 im umschlossenen Bereich 21 stark verdichtet, so dass die mit radial nach außen gerichteten Pfeilen dargestellten Horizontalspannungen entstehen, die den Boden an die Innenseite der Profilwandung 10 des Profils 1 drängen. Entsprechend verspannt sich der Boden mit dem Profil 1 und bildet quasi einen Verschluss, so dass das gesetzte Profil 1 zusätzlich die im Bereich des Profilfußes 12 herrschende vertikale Bodenspannung, wie in Fig. 1 mit den parallelen Pfeilen dargestellt, als Last aufnehmen kann.

[0032] Dabei sind in der Querschnittsdarstellung gem. Fig. 2 die im offenen Profil 1 im umschlossenen Bereich 21 des Baugrunds 2 radial wirkenden Horizontalkräfte so hoch, dass das offene Profil von der unverspannten Situation (gestrichelter Kreis; Grundzustand) leicht aufgeweitet wird (durchgehender Kreis). Diese elastische Aufweitung des Profils 1 kann beispielsweise durch Schwächungszonen oder Schlitze in der Profilwandung 10 weiter unterstützt werden. In dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel sitzen außenseitig auf der Profilwandung 10 des offenen Profils 1 drei gleichwinklig umlaufend verteilte Drucksensoren 5 in Form von Dehnungsmessstreifen auf der Profilwandung 10, um die durch die Verspannung bewirkte Aufdehnung des offenen Profils kontrollieren zu können.

[0033] Durch die Aufdehnung des offenen Profils wird auch die Verspannung mit dem außenseitig des offenen Profils 1 liegenden Baugrundes 2 erhöht, wie durch die radial nach innen gerichteten Spannungspfeile angedeutet ist. Folglich wird die Mantelreibung an der Außenseite der Profilwandung 10 erhöht, womit die Tragfähigkeit des Profils 1 weiter gesteigert wird. Somit kann die Verspannung längs des Profils gezielt dort angebracht werden, wo eine Verspannung oder Traglasterrhöhung gewünscht ist.

Bezugszeichenliste

[0034]

1	offenes Profil
10	Profilwandung
11	Profilkopf
12	Profilfuß
2	Baugrund
20	Bodenoberfläche
21	umschlossener Bereich
4	Verdrängungskörper
40	Verdrängerpfahlwerkzeug
41	Schneckengang
42	verlorene Bohrspitze
5	Drucksensor
50	Auswerteeinheit
51	Wirkverbindung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tragfähigkeitsverbesserung von in einem Baugrund (2) mit Porenraum gesetzten, offenen Profilen (1) mit einer Profilwandung (10) mit den Schritten:

- Setzen des Profils (1) in den Baugrund (2) und
- nachträgliches Verspannen des vom offenen Profil (1) umschlossenen Bereichs (21) des Baugrunds (2) mit der Profilwandung (10) durch Einbringen von Verdrängungskörper (4) in den vom offenen Profil (1) umschlossenen Bereich (21) des Baugrunds (2),

wobei der Verdrängungskörper (4) beim Einsetzen in den vom offenen Profil (1) umschlossenen Bereich (21) des Baugrunds (2) einen Teil der Querschnittsdimension des offenen Profils (1) einnimmt, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Drehantrieb des Verdrängungskörpers und Steuern des Verhältnisses von Vortriebsgeschwindigkeit zu Rotationsgeschwindigkeit Boden gefördert und/oder zur Seite verdrängt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** entlang der Profilachse ein der Verdrängungskörper (4) zentral oder mehrere Verdrängungskörper gleichmäßig verteilt und parallel zueinander eingebracht werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Niederbringen des Verdrängungskörpers (4) momentan zur Bohrtiefe das aufgewendete Drehmoment und die wirkende Auflast gemessen und gesteuert werden.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das nachträgliche Verspannen des vom offenen Profil (1) umschlossenen Bereichs (21) des Baugrunds (2) mit der Profilwandung (10) durch Einbringen des Verdrängungskörpers (4) das offene Profil (1) leicht aufgedehnt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** am offenen Profil (1) beim Niederbringen des Verdrängungskörpers (4) momentan zur Bohrtiefe der wirkende Bodendruck gemessen und davon abhängig das aufgewendete Drehmoment und die wirkende Auflast geregelt werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem angewendeten Drehmoment und der aufgebrachten Axialkraft zur jeweiligen Bohrtiefe auf die dort erzeugte Verspannung zurückgeschlossen wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Setzen des offenen Profils (1) durch Vibrieren oder Einstellen erfolgt.
8. System aus einem offenen Profil (1) und einem einen Porenraum aufweisenden Baugrund (2), in dem das Profil (1) gesetzt ist, wobei der vom offenen Profil (1) umschlossene Bereich (21) des Baugrundes (2) durch eingebrachte Verdrängungskörper (4) mit der Profilwandung (10) des Profils (1) verspannt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdrängungskörper (4) ein Verdrängerpfahlwerkzeug (40) ist, der drehantreibbar und einstellbar ist.
9. System nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Verdrängungskörper (4) vorgesehen sind, die gleichmäßig zueinander auf den Querschnitt des umschlossenen Bereichs (21) parallel zueinander und zur Profilachse verteilt sind.
10. System nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** verlorene Drucksensoren (5) an dem offenen Profil (1) außen und/oder innen an der Profilwandung (10) vorgesehen sind, die Wirkverbindungen (51) zu einer Auswerteeinheit (50) an der Bodenoberfläche (20) haben.
11. System nach Anspruch 8, 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdrängerpfahlwerkzeug (40) eine verlorene Bohrspitze (42) hat, so dass beim Ziehen des Verdrängerpfahlwerkzeuges (40) eine Öffnung entsteht, durch die der einzufüllende Beton zur Bildung eines Verdrängerpfahles fließt.
12. System nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdrängerpfahlwerkzeug (40) und entsprechend der betonierte Verdrängerpfahl als Vollprofil (4) 2 % bis 20 % der Querschnittsfläche des offenen Profils (1) einnimmt, welches entlang der Profilachse zentral in den vom offenen Profil (1) umschlossenen Bereich (21) des Baugrundes (2) eingesetzt ist.
13. System nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verdrängerpfahlwerkzeug (40) an seiner Außenwandung einen Schneckengang (41) hat.
14. System nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profil (1) in seiner Profilwandung (10) Schwächungszonen oder Schlitz aufweist, an denen eine stärkere Aufdehnung des Profils (1) möglich ist.

Claims

1. A method of improving the load-bearing capacity of open profiles (1) with a profile wall (10) which are placed in a subsoil (2) with pore space, having the steps:
 - placing the profile (1) into the subsoil (2) and
 - subsequently bracing that region (21) of the subsoil (2) which is surrounded by the open profile (1) with the profile wall (10) by introducing displacement bodies (4) into that region (21) of the subsoil (2) which is surrounded by the open profile (1),
 wherein the displacement body (4) occupies part of the cross-sectional dimension of the open profile (1) upon insertion into that region (21) of the subsoil (2) which is surrounded by the open profile (1), **characterized in that** earth is conveyed and/or displaced to the side through rotary driving of the displacement body and control of the ratio of forward speed to rotation speed.
2. A method according to claim 1, **characterized in that** along the profile axis, a displacement body (4) is introduced centrally or a plurality of displacement bodies are introduced so as to be uniformly distributed and parallel to one another.
3. A method according to claim 1 or 2, **characterized in that** upon lowering the displacement body (4) momentarily to the drilling depth, the applied torque and the active load are measured and controlled.
4. A method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the open profile (1) is expanded slightly through the subsequent bracing of that region (21) of the subsoil (2) which is surrounded by the open profile (1) with the profile wall (10) by the introduction of the displacement body (4).
5. A method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** upon lowering of the displacement body (4) momentarily to the drilling depth, the active earth pressure is measured at the open profile (1) and the applied torque and the active load are regulated dependent thereon.
6. A method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** from the exerted torque and the applied axial force at the respective drilling depth there is determined the bracing produced there.
7. A method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the placing of the open profile (1) takes place through vibration or installa-

tion.

8. A system consisting of an open profile (1) and a subsoil (2) having a pore space, in which subsoil the profile (1) is placed, wherein that region (21) of the subsoil (2) which is surrounded by the open profile (1) is braced, through introduced displacement bodies (4), with the profile wall (10) of the profile (1), **characterized in that** the displacement body (4) is a displacement pile tool (40) which can be driven in rotation and which can be installed. 5
9. A system according to claim 8, **characterized in that** a plurality of displacement bodies (4) are provided, which are distributed uniformly on the cross-section of the surrounded region (21) in a manner parallel to one another and to the profile axis. 10
10. A system according to claim 8 or 9, **characterized in that** single-use pressure sensors (5) are provided externally on the open profile (1) and/or internally on the profile wall (10), which pressure sensors have active connections (5) to an evaluation unit (50) at the ground surface (20). 15
11. A system according to claim 8, 9 or 10, **characterized in that** the displacement pile tool (40) has a single-use drilling bit (42), so that upon drawing out of the displacement pile tool (40) there arises an opening through which there flows the concrete which is to be poured in to form a displacement pile. 20
12. A system according to claim 11, **characterized in that** the displacement pile tool (40) and accordingly the concreted displacement pile as a solid profile (4) occupies 2% to 20% of the cross-sectional area of the open profile (1), which solid profile is inserted centrally along the profile axis into that region (21) of the subsoil (2) which is surrounded by the open profile (1). 25
13. A system according to any one of claims 8 to 12, **characterized in that** the displacement pile tool (40) has a flight (41) at its outer wall. 30
14. A system according to any one of claims 8 to 13, **characterized in that** the profile (1) has in its profile wall (10) zones of weakness or slits at which a greater expansion of the profile (1) is possible. 35

Revendications

1. Procédé pour améliorer la portance de profilés ouverts (1) mis en place dans un sol de fondation (2) comprenant un espace poral et pourvus d'une paroi de profilé (10), avec les étapes suivantes : 40

- mise en place du profilé (1) dans le sol de fondation (2) et
- mise en tension ultérieure de la zone (21) du sol de fondation (2) entourée par le profilé ouvert (1) avec la paroi de profilé (10) par introduction de corps de refoulement (4) dans la zone (21) du sol de fondation (2) entourée par le profilé (1) ouvert, 45

le corps de refoulement (4), lors de sa mise en place dans la zone (21) du sol de fondation (2) entourée par le profilé (1) ouvert, occupant une partie de la section transversale du profilé (1) ouvert, **caractérisé en ce que** le sol est refoulé sur le côté et/ou déplacé par entraînement en rotation du corps de refoulement et par contrôle du rapport de la vitesse d'avancement sur la vitesse de rotation. 50

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, le long de l'axe du profilé, l'un des corps de refoulement (4) est disposé de manière centrale ou plusieurs corps de refoulement sont répartis uniformément et sont disposés parallèlement les uns aux autres. 55
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, lorsque le corps de refoulement (4) est enfoncé, le couple appliqué et la charge s'exerçant à l'instant à la profondeur de forage sont mesurés et commandés. 60
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le profilé ouvert (1) s'élargit légèrement suite à la mise en tension ultérieure de la zone (21) du sol de fondation (2) entourée par le profilé ouvert (1) avec la paroi de profilé (10) par l'introduction du corps de refoulement (4). 65
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pression du sol s'exerçant à l'instant à la profondeur de forage est mesurée sur le profilé ouvert (1) lorsque le corps de refoulement (4) est enfoncé et le couple exercé et la charge opérante sont régulés en fonction de cela. 70
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**à partir du couple utilisé et de la force axiale appliquée à la profondeur de forage considérée, il en est déduit la mise en tension produite à cet endroit. 75
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mise en place du profilé ouvert (1) est réalisée par vibration ou par ajustement. 80
8. Système constitué d'un profilé ouvert (1) et d'un sol de fondation (2) qui comprend un espace poral dans 85

lequel le profilé (1) est mis en place, la zone (21) du sol de fondation (2) entourée par le profilé ouvert (1) étant mise en tension avec la paroi de profilé (10) du profilé (1) par des corps de refoulement (4) introduits, **caractérisé en ce que** le corps de refoulement (4) est un outil de pieu de refoulement (40) qui peut être entraîné en rotation et réglé. 5

9. Système selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** plusieurs corps de refoulement (4) sont prévus, lesquels sont répartis uniformément les uns par rapport aux autres sur la section transversale de la zone (21) entourée, parallèlement les uns aux autres et à l'axe du profilé. 10

10. Système selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** des capteurs de pression (5) perdus sont prévus sur le profilé ouvert (1) à l'extérieur et/ou à l'intérieur de la paroi du profilé (10), et sont en liaison fonctionnelle (51) avec une unité d'évaluation (50) située sur la surface de sol (20). 15 20

11. Système selon la revendication 8, 9 ou 10, **caractérisé en ce que** l'outil de pieu de refoulement (40) présente une pointe de forage (42) perdue, de sorte que lors d'une traction sur l'outil de pieu de refoulement (40) il se forme une ouverture par laquelle le béton à verser s'écoule pour former un pieu de refoulement. 25

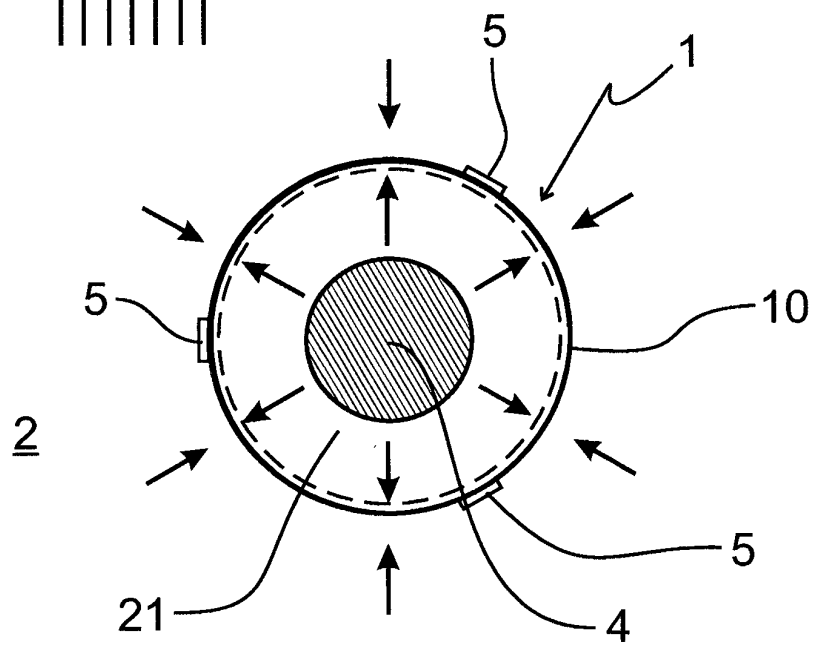
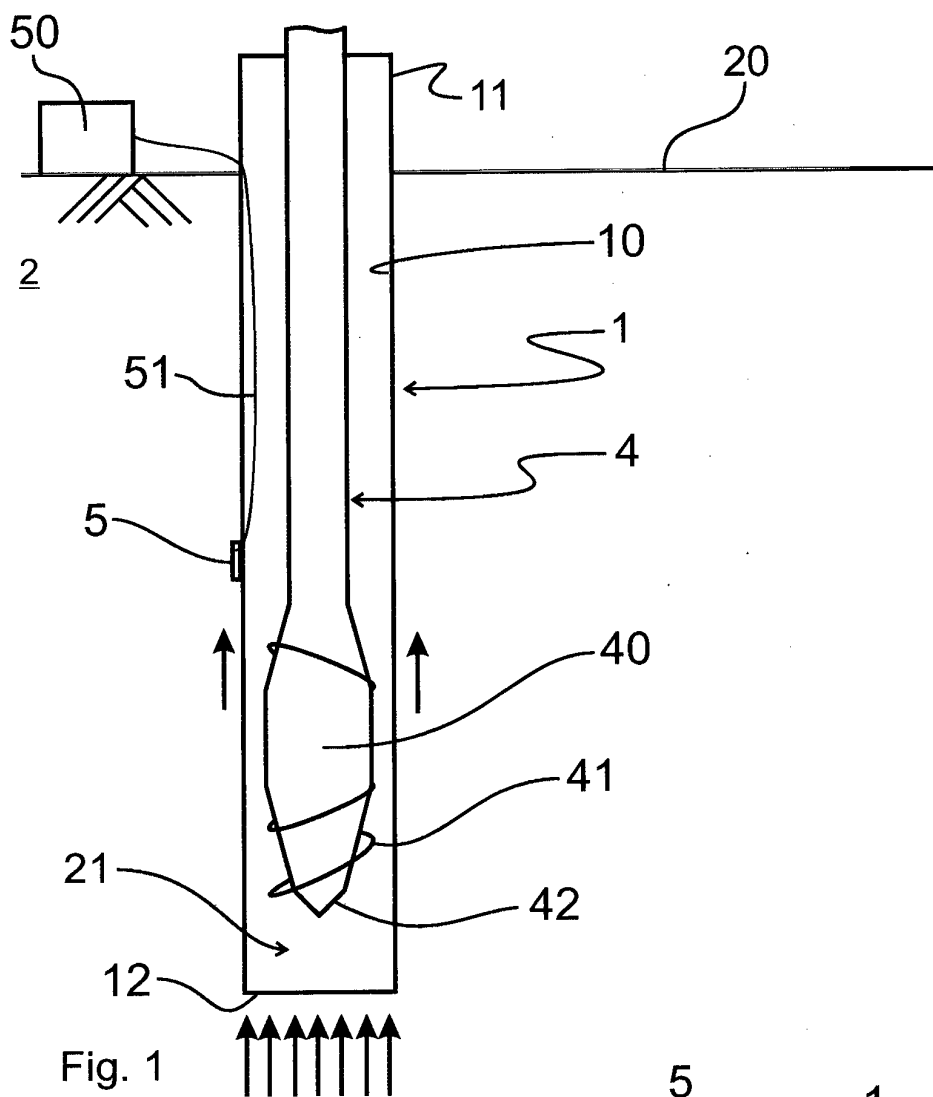
12. Système selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'outil de pieu de refoulement (40), et de manière correspondante le pieu de refoulement bétonné, occupe en tant que profilé plein (4) 2 % à 20 % de la superficie de section du profilé ouvert (1), et est inséré le long de l'axe du profilé de manière centrale dans la zone (21) du sol de fondation (2) entourée par le profilé ouvert (1). 30 35

13. Système selon l'une des revendications 8 à 12, **caractérisé en ce que** l'outil de pieu de refoulement (40) présente sur sa paroi extérieure un pas de vis (41). 40

14. Système selon l'une des revendications 8 à 13, **caractérisé en ce que** le profilé (1) présente dans sa paroi de profilé (10) des zones de fragilité ou des fentes sur lesquelles un élargissement plus important du profilé (1) est possible. 45

50

55



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2706148 A1 [0004] [0007]
- EP 0264998 A1 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **GRABE, J. ; T. PUCKER ; T. HAMÄNN.** Numerical simulation of pile installation processes in dry and saturated granular soils. *8th European Conference on Numerical Method in Geotechnical Engineering (NUMGE)*, 2014 [0005]