



(10) **DE 103 33 613 B4** 2011.06.30

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 33 613.3**
(22) Anmeldetag: **24.07.2003**
(43) Offenlegungstag: **24.02.2005**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **30.06.2011**

(51) Int Cl.: **E02D 3/08 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Keller Grundbau GmbH, 63067, Offenbach, DE

(74) Vertreter:
Neumann Müller Oberwalleney & Partner
Patentanwälte, 50677, Köln, DE

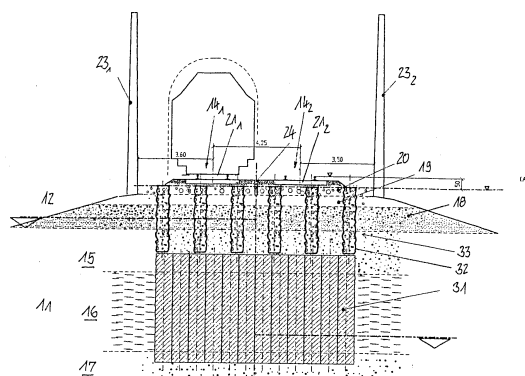
(72) Erfinder:
Trunk, Ulrich, Dr.-Ing., 16548, Glienicke, DE;
Schneider, Albert, 26382, Wilhelmshaven, DE;
Völzke, Burghardt, 22941, Bargteheide, DE;
Zimmermann, Kai-Uwe, 14621, Schönwalde, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

| | | |
|-----------|-------------------|-----------|
| DE | 195 18 830 | A1 |
| DE | 102 19 862 | A1 |
| DE | 101 45 288 | A1 |
| DE | 101 33 122 | A1 |
| DE | 101 08 602 | A1 |

(54) Bezeichnung: **Verbesserung einer Weichschicht**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Bodenverbesserung eines Bodens (11), der unterhalb zumindest einer oberen Bodenschicht (15) mit höherer Tragfähigkeit eine Weichschicht (16) mit geringer Tragfähigkeit und großer Verformbarkeit aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß in die Weichschicht (16) vertikale Säulen (31) eingebracht werden, die sich im wesentlichen nur über die Dicke der Weichschicht (16) erstrecken, wobei die zumindest eine obere Bodenschicht (15) mit höherer Tragfähigkeit im wesentlichen unverändert durchfahren wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bodenverbesserung eines Bodens, der unterhalb zumindest einer oberen Bodenschicht mit höherer Tragfähigkeit eine Weichschicht mit geringer Tragfähigkeit und großer Verformbarkeit aufweist. Solche Schichten können beispielsweise Torfschichten mit einem hohen Wasseranteil sein.

[0002] Es sind vielfältige Verfahren zur Bodenverbesserung bekannt, bei denen von der Bodenoberfläche aus Säulen aus Zusatzmaterial in den Boden eingebracht werden, die eine tieferliegende Weichschicht durchdringen und in einer tragfähigeren Tragschicht gründen. Die entsprechenden Säulen dienen dabei dem Lastabtrag von der Bodenoberfläche durch die Weichschicht hindurch in den tragfähigen Bodenbereich. Zugleich bewirkt das Einbringen des Zusatzmaterials der Säulen eine Bodenverbesserung. Säulen der hier angesprochenen Art können Stopfsäulen sein, die mit einem Schleusenrüttler, der zunächst in den Boden eingerüttelt wird, beim Ziehen des Schleusenrüttlers erzeugt werden. Als Material für genannte Säulen kommt Kies, Mörtel oder Sand in Betracht.

[0003] Andere Arten der Säulen werden durch Vermischen des Bodens mit flüssigen erhärtbaren Zusatzstoffen wie Zementsuspension hergestellt, wobei die Durchmischung durch die Wirkung von Hochdruckschneidstrahlen oder durch mechanisches Unterrühren erfolgen kann. Die Bodenverdichtung bleibt hierbei gering.

[0004] Verfahren zur Herstellung von Stopfsäulen der hiermit genannten Art sind beispielsweise in DE 101 08 602 A1, DE 101 33 122 A1 und DE 101 45 288 A1 der Anmelderin beschrieben.

[0005] Aus der DE 195 18 830 A1 ist es bekannt, zur Stabilisierung des Untergrundes an diskreten Stellen einen säulenförmigen Bereich nicht ausreichend tragfähigen Bodenmaterials auszuheben, in das ausgehobene Loch eine Ummantelung aus zugfestem Material einzubringen und tragfähiges körniges Material in die Ummantelung einzufüllen und dort zu verdichten. Danach kann auf diesem Untergrund ein Damm aus relativ wenig tragfähigem Material aufgeschüttet werden.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verbesserung einer tieferliegenden Weichschicht bereitzustellen, das kostengünstig durchzuführen ist und insbesondere verbesserte Bodeneigenschaften bezüglich dynamischer Auflasten liefert. Die Lösung hierfür besteht darin, daß in die Weichschicht vertikale Säulen aus einer Durchmischung von Bodenmaterial mit Zusatzmaterial eingebracht werden, die sich im wesentli-

chen nur über die Dicke der Weichschicht erstrecken, wobei die zumindest eine obere Bodenschicht mit höherer Tragfähigkeit im wesentlichen unverändert durchfahren wird, d. h. mit diesen säulenartigen Bodenverbesserungselementen wird die genannte Weichschicht im wesentlichen zur Durchleitung von Belastungen überspannt oder überbrückt. Die im wesentlichen zylindrischen säulenartigen Elemente können mit Abstand voneinander oder einander berührend oder durchdringend ausgebildet werden. Obwohl keine wesentliche Verdichtung des Bodens als Folge der Verbesserung des Bodens mit dem Zusatzmaterial erfolgt, zeigen die säulenartigen Elemente unter dynamischer Last eine pfahlartige Tragwirkung.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nach dem Prinzip der Bodenvermörtelung oder des Deep soil mixing in der Weichschicht zur Anwendung gebracht. In bevorzugter Ausführung beträgt der Volumenanteil der Säulen in der Weichschicht 20–100%, insbesondere 50–60%.

[0008] Die Säulen haben in der Weichschicht einen Durchmesser von bevorzugt 500–1000 mm, insbesondere 600–800 mm.

[0009] Nach einer ersten Alternative können die Säulen durch Einmischen von trockenem Bindemittel wie Kalk und/oder Zement in den Boden hergestellt werden. Alternativ dazu können die Säulen durch Einmischen von Mörtel oder Suspension wie Zementsuspension oder Zement-Kalk-Suspension erzeugt werden.

[0010] Vorzugsweise wird die Steifigkeit der Säulen gegen Auflasten also in vertikaler Richtung, auf das höchstens zehnfache, insbesondere das drei- bis fünffache der Steifigkeit des Bodens in der Weichschicht eingestellt, in dem der Anteil des Zugabematerials entsprechend eingestellt wird.

[0011] Um die Bodenverbesserung auf die Weichschicht zu beschränken und darüber liegende Bodenschichten im wesentlichen ungestört zu belassen, wird vorgeschlagen, daß die Säulen mittels eines verstellbaren Werkzeuges hergestellt werden, das mit kleinem Wirkdurchmesser die oberen tragfähigen Bodenschichten durchfahren kann und die Säulen durch Bodenvermischung mit großem Wirkdurchmesser erzeugen kann. Ein derartiges Werkzeug wird von der Chemical Grout, Tokio, Japan unter der Bezeichnung Swing I hergestellt und verwendet.

[0012] Zur zusätzlichen Bodenverbesserung der über der verbesserten Weichschicht liegenden Bereiche wird vorgeschlagen, daß in über der Weichschicht liegenden Bodenschichten bzw. Dammschüttungen Stopfsäulen eingebracht werden, wobei diese auch als geokunststoffummantelte Bodensäulen her-

gestellt sein können. Zusätzlich kann eine obere Abdeckung aus Geotextilbahnen erfolgen.

[0013] Das Ergebnis einer erfindungsgemäßen Bodenverbesserungsmaßnahme ist in den folgenden Zeichnungen dargestellt. Hierin zeigt

[0014] [Fig. 1](#) einen Vertikalschnitt durch einen verbesserten Bodenbereich mit darauf aufgebautem Dammbauwerk;

[0015] [Fig. 2](#) einen Querschnitt durch den Boden und das Dammbauwerk nach [Fig. 1](#) in zwei Schnittebenen.

[0016] In [Fig. 1](#) ist ein gewachsener Boden **11** mit darauf liegender Dammschüttung **12** und darauf aufliegendem Schienenbett für zwei Bahnstränge im Vertikalschnitt quer durch das Dammbauwerk gezeigt. Der gewachsene Boden **11** umfaßt eine obere Schicht **15** höherer Tragfähigkeit aus Sand, eine darunterliegende Schicht **16** mit geringer Tragfähigkeit und großer Verformbarkeit, die hier aus Torf besteht und eine darunterliegende dritte Schicht **17** wieder höherer Tragfähigkeit, die wiederum aus Sand besteht. Die Dammschüttung **12** besteht aus einer unteren Schicht **18** aus Kies, darüberliegenden Schutzschichten **19** (Planumschutzschicht, Frostschutzschicht) und einer Schotterbetung **20** und einem Gleisbett **22**, in dem die Bahnschwellen **211**, **212** eingebettet sind. Auf einem der Schienenstränge **141**, **142** ist ein Fahrzeugprofil **Z** eingezeichnet, seitlich auf der Dammschüttung stehen zwei Oberleitungs- bzw. Signalmasten **231**, **232**. Mittig im Schienenbett ist ein Schotterfang **24** eingebaut.

[0017] Die Weichschicht **16** aus Torf ist mit einer Bodenverbesserung/Stabilisierung aus vertikalen Säulen **31** aus mit Bindemittel, insbesondere Zement verbessertem Boden versehen, die in einem Rechteckraster angeordnet sind, wobei sich die Säulen **31** etwa tangieren, d. h. also, daß bei einem Säulendurchmesser von ca. 800 mm auch der Abstand der Säulenmitten voneinander ca. 800 mm beträgt. Bei der hier gezeigten Packung der Säulen beträgt der Volumenanteil $\pi/4$, d. h. ca. 78%. Da eine Vermischung des eingebachten Bindemittels oder der eingebrachten Bindemittelsuspension mit dem Boden stattfindet, ist die mit der Stabilisierung verbundene Bodenverdichtung gering. Es können auch andere Packungsformen als hier gezeigte verwendet werden, d. h. die Säulen können auch mit Abstand voneinander oder in sich durchdringender Anordnung gesetzt werden.

[0018] Die Säulen **31** reichen in der Tiefe über dem gesamten Bereich der Weichschicht **16**, wobei sie in die darüber- und darunterliegenden Schichten **15**, **17** besserer Tragfähigkeit nur in begrenztem Maße eindringen. Die darüberliegenden Bodenschichten **15**,

und Dammschichten **18**, **19**, **20** werden bei der Herstellung der Bodenverbesserung in der Weichschicht im wesentlichen unverändert durchfahren.

[0019] Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind in die über der Bodenverbesserung durch die Säulen **31** liegende Bodenschicht **15** und in die Dammschüttung **12** mit Geokunststoffummantelung **32** oder Geogitterummantelung bewehrte Kiesstopfsäulen **33** eingebaut. Diese sind in einem rechteckigen Raster mit einem Rastermaß von 1,80 m bzw. 2 m bei einem Säulendurchmesser, der im wesentlichen mit dem der Zementsäulen vergleichbar ist, angeordnet. Diese Säulen **31** können in bekannter Weise hergestellt werden, indem ein Schleusenrüttler mit übergezogenem Textilschlauch in den Boden eingerüttelt und dann unter Herstellen einer Kiesstopfsäule aus dem Boden zurückgezogen wird. Es können auch zunächst Bohrungen niedergebracht werden, in die dann Textilschläuche eingeführt werden, die schließlich von einem Schleusenrüttler verfüllt werden. Das Herstellen solcher Stopfsäulen ist vielfältig beschrieben werden.

[0020] Die für den säulenartigen Abtrag von dynamischen Auflasten durch die Weichschicht **16** ist in vielen Fällen bereits durch die erfindungsgemäße Verbesserung der Weichschicht **16** mit in erstgenannten Säulen **31** alleine herstellbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bodenverbesserung eines Bodens (**11**), der unterhalb zumindest einer oberen Bodenschicht (**15**) mit höherer Tragfähigkeit eine Weichschicht (**16**) mit geringer Tragfähigkeit und großer Verformbarkeit aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Weichschicht (**16**) vertikale Säulen (**31**) eingebracht werden, die sich im wesentlichen nur über die Dicke der Weichschicht (**16**) erstrecken, wobei die zumindest eine obere Bodenschicht (**15**) mit höherer Tragfähigkeit im wesentlichen unverändert durchfahren wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenanteil der Säulen (**31**) in der Weichschicht (**16**) 20–100%, insbesondere 40–60% beträgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Säulen (**31**) einen Durchmesser von 500–1000 mm, insbesondere von 600–800 mm haben.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Säulen (**31**) durch Einmischen von trockenem Bindemittel wie Kalk und/oder Zement in den Boden hergestellt werden. (Deep soil mixing).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Säulen **(31)** durch Einmischen von Mörtel oder Suspension wie Zementsuspension oder Zement-Kalk-Suspension hergestellt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Säulen **(31)** mittels eines verstellbaren Werkzeugs hergestellt werden, das mit kleinem Wirkdurchmesser durch die oberen Bodenschichten **(15)** fahren kann und die Säulen **(31)** durch Bodenvermischung mit großem Wirkdurchmesser erzeugen kann.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in über der Weichschicht **(16)** liegende Bodenschichten **(15)** und gegebenenfalls Dammschüttungen **(12)** Stopfsäulen **(33)** oder Rüttelstopfsäulen eingebracht werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stopfsäulen **(33)** oder Rüttelstopfsäulen als geokunststoffummantelte Bodensäulen hergestellt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Steifigkeit der Säulen **(31)** auf das höchstens zehnfache, insbesondere das drei- bis fünffache der Steifigkeit des Bodens eingestellt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

