

①⑨



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

①⑪

Veröffentlichungsnummer: **0 135 478**
B1

①⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤

Veröffentlichungstag der Patentschrift:
07.01.88

⑤①

Int. Cl.⁴: **E 02 D 3/00, E 01 C 3/04,**
E 04 C 5/01

②①

Anmeldenummer: **84810421.2**

②②

Anmeldetag: **27.08.84**

⑤④

Verfahren zur Stabilisierung von Böden zwecks Verbesserung ihrer Tragfähigkeit.

③⑩

Priorität: **01.09.83 CH 4806/83**

④③

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.03.85 Patentblatt 85/13

④⑤

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.01.88 Patentblatt 88/1

⑧④

Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB IT NL

⑤⑥

Entgegenhaltungen:
EP - A - 0 017 548
DE - A - 1 924 154
DE - A - 1 941 223
DE - A - 2 952 783
DE - A - 3 127 350
FR - A - 1 113 604
US - A - 2 677 955
US - A - 3 616 589

⑦③

Patentinhaber: **Plana Engineering AG,**
CH-6331 Hünenberg (CH)

⑦②

Erfinder: **Claus, Hermann, Kronenplatz 2, CH-7310 Bad**
Ragaz (CH)

⑦④

Vertreter: **Gehrig, Peter et al, A. Braun, Braun, Héritier,**
Eschmann AG Holbeinstrasse 36-38, CH-4051 Basel
(CH)

EP 0 135 478 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Stabilisierung von weichen, feinkörnigen Böden zwecks Verbesserung ihrer Tragfähigkeit, nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Es ist bekannt, für bestimmte Belastungsarten ungenügend stabile oder tragfähige Böden durch Beimischung von verfestigenden Bindemitteln oder den Einbau von sogenannten Geotextilien aus unverrottbaren Kunststoffmaterialien oder nicht korrodierender Flächengebilde mit Gitter- oder Netzstruktur wenigstens für eine beschränkte Zeit, aber auch dauernd so zu verbessern, dass eine für die Anforderungen ausreichende Stabilität oder Tragfähigkeit erreicht wird. Unter «ungenügend stabilen Böden» sollen insbesondere solche verstanden werden, welche eine hohe Wasserempfindlichkeit aufweisen und auf Umgebungseinflüsse wie z.B. Wasserzutritt, Belastungsänderungen, aber auch Gefrieren und Auftauen, mit Volumen- und/oder Festigkeitsänderungen reagieren. Bekannt sind vor allem Stabilisierungen mit Zement oder Kalk, wobei der Zement oder der Kalk vor einer allfälligen Verdichtung möglichst gleichmässig verteilt zugegeben und nach dem Verdichten einige Tage ungestört abbindet bzw. aushärtet. Solchermassen stabilisierte Böden sind in der Regel infolge ausreichender Resistenz gegen Wasseraufnahme nach dem Abbinden bzw. Aushärten zwar stabil gegen Wasser und Frost. Nachteilig ist aber, dass diese Verfahren nur angewandt werden können, wenn der bearbeitete Boden einen Wassergehalt deutlich unter dem der Fließgrenze aufweist, was bei weichen und/oder aufgeweichten Böden nicht der Fall ist.

Zement- und/oder kalkstabilisierte Böden weisen je nach Bindemittelgehalt und Bodenaufbau eine mehr oder weniger grosse Druckfestigkeit, aber praktisch keine Zugfestigkeit auf. So besteht namentlich beim Auftreten von häufiger oder ständiger Wechselbeanspruchung die Gefahr, dass der Zusammenhalt der stabilisierten Schicht durch mechanische Beanspruchung verloren geht und sich die Schicht in mehr oder weniger grosse Schollen auflöst, sofern die stabilisierte Schicht nicht eine grosse Dicke aufweist. Solche Schollen können dann in einen weichen Untergrund absinken, oder bei starker dynamischer Beanspruchung wie z.B. bei Bahntrassen durch Pumpwirkung in die Schotter- bzw. Tragschicht aufsteigen. In beiden Fällen tritt eine fortschreitende Verkleinerung der stabilisierten Bodenschicht auf und die durch die Stabilisierung erwünschte Wirkung wird zunehmend geringer.

Die deutsche Offenlegungsschrift 31 27 350 beschreibt ein Verfahren zur Bodenverfestigung, das jedoch zur anerkannt schwierigen Stabilisierung feinkörniger Böden nicht verwendet werden kann, zumal das bekannte Verfahren keinerlei Armierungselemente erwähnt, so dass die Aufnahme nennenswerter Zugkräfte praktisch ausgeschlossen ist. Auch wird das Bodenmaterial gemäss dieser Offenlegungsschrift zwecks Durch-

tränkung lediglich besprüht, wogegen von der Bildung einer breiartigen Masse, die eine Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens darstellt, nicht die Rede ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Stabilisierung von weichen, feinkörnigen Böden, wie tonige Silte, Silte, Feinsande sowie organisch verunreinigte Böden, zwecks Verbesserung der Tragfähigkeit einer oberliegenden Bodenschicht vorzuschlagen, um die Lastaufnahme durch den gewachsenen, darunterliegenden Boden ohne Materialersatz möglichst «fliessend» zu gestalten, das Arbeitsvermögen und die Flexibilität durch Steigerung der Biegezug- und Scherfestigkeit innerhalb des verfestigten Bodenbereich zu erhöhen und um die durch Belastung und Schwinden bedingte Risseentstehung zu begrenzen und die Risseausbreitung zu behindern. Eine weitere Aufgabe ist das Erzielen gesteigerter Frühfestigkeitseigenschaften, d.h. die Fähigkeit der stabilisierten Bodenschicht, bereits kurz nach Einbau bzw. Erstellung grössere Belastungen aufnehmen zu können.

Das Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur Stabilisierung von Böden, bei dem die Nachteile bisheriger Bodenstabilisierungsverfahren mit relativ einfachen Mitteln wirksam eliminierbar sind. Es soll insbesondere ein Verfahren geschaffen werden, das vorzugsweise für die Verbesserung der Tragfähigkeit des von Verkehrswegen und anderem stark mechanisch beanspruchtem Baugrund die Durchführung von Bodenstabilisierungen auch unter schwierigen Witterungsverhältnissen, z.B. Regen ermöglicht. Dabei soll bereits kurz nach Arbeitsabschluss eine tragfähige Bodenschicht zwischen dem gewachsenen Boden und einer Verschleiss- bzw. Lastaufnahmeschicht erzielbar sein.

Die erfindungsgemässe Lösung der gestellten Aufgabe und die Mittel zu Erreichung des Erfindungszieles sind durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 definiert. Ausführungsformen davon gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

Eine Ausführungsbeispiele des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. der durch das Verfahren zu erzielenden stabilisierten Bodenschicht sind nachstehend anhand der Zeichnung beschrieben. In diesen zeigt:

Fig. 1a, b Querschnitte durch a) einen Bahngleisekörper mit einer unter der Schotterauflage, und b) im gewachsenen Boden eines Strassen- oder Platzterrains unter der Verschleisschicht eingebauten stabilisierten Schicht nach der Erfindung;

Fig. 2a, b, c drei Beispiele für nach dem Streuverfahren in eine zu stabilisierende Schicht eingebrachte Armierungselemente aus a) offenen, beliebig biegbaren, schnitzelartigen Materialien, b) in sich geschlossenen Gebilden aus federsteifen Ringgliedern, und c) aus nadel- oder stabförmigen länglichen Fasern oder Fasergebilden und

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform der erfin-

dungsgemässen Bodenstabilisierung mit einer die Materialverzahnung und die Bruchfestigkeit im Übergangsbereich zum gewachsenen Boden mechanisch steigernden Gittereinlage im Bereich der zu stabilisierenden Schicht.

Die Fig. 1a, b zeigen zwei typische Anwendungsformen der Erfindung an bestehenden Tiefbauobjekten. Das erstgezeigte Beispiel (Fig. 1a) betrifft eine speziell aber nicht ausschliesslich beim Geleiseunterhalt praktikierbare Anwendung. Ein durch jahrelanges Befahren unelastisch gewordenen Schotterbett 1, in das aus dem ursprünglich darunterliegenden Kieskoffer infolge Pumpwirkung aufgestiegenes Baumaterial (= gewachsener Boden oder Dammschüttung) eingedrungen ist, soll ersetzt werden. Zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens wird zunächst der mit Erde durchsetzte Schotter und der Kieskoffer entfernt und hierauf der darunterliegende gewachsene Boden im Ortsmischverfahren aufbereitet, wobei der Boden zunächst durch Zufuhr eines Gemisches von Wasser und eines silikathaltigen Bindemittels in einen breiigen Zustand gebracht wird. Anschliessend gibt man in diesen Brei eine Vielzahl von Armierungsteilchen, welche nicht länger als die Dicke der Bodenschicht sein sollten und möglichst gleichmässig in der breiigen Bodenmasse verteilt werden. Die Aufbereitung des gewachsenen Bodens erfolgt zweckmässig mit einer Bodenfräse. Die verfestigte Schicht sichert eine gute Lastübertragung, so dass der gesamte Kieskoffer entfallen kann.

Die übliche Beimischung der Bindemittel erfolgt in flüssigem Zustand, so dass automatisch durch Infiltration eine unterste bindemittelärmere Basisschicht 3 von 2 bis 3 cm Höhe bei einer z.B. insgesamt 12 bis 15 cm hohen zu stabilisierenden und zu verfestigenden Schicht 2 entsteht. Es ist aber auch möglich, die Bindemittelbeimischung zusammen mit der Wasserbeigabe vorzunehmen.

Das zweitgezeigte Beispiel (Fig. 1b) betrifft eine Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens beim Bau oder Unterhalt von schwach belastbaren Strassen, sowie bei der Erstellung von Trottoirs und Plätzen. Das Verfahren ist auch anwendbar für die Erstellung des Unterbaus von Hauptstrassen in Gebieten mit wenig tragfähigem Untergrund. Das Aufbereiten des Bindemittel-, Flüssigkeits-, bzw. Wasser-Erdgemisches erfolgt auch hier nach dem Ortsmischverfahren wie oben beschrieben. Ebenso wird zweckmässig eine bindemittelärmere Basisschicht vorgesehen. Unter Bindemitteln soll im Rahmen vorliegender Erfindung mindestens ein silikathaltiges Bindemittel verstanden werden, das je nach Bedarf durch Zement oder Kalk ergänzt werden kann. Die Hauptschicht 5 aus stabilisiertem Bodenmaterial erhält dann eine Deckschicht 6 in der Form einer Verschleisschicht. Vorteilhaft kann beim Ortsmischverfahren die Höhe der Basisschicht 4 beispielsweise durch höhenverstellbare Mittel des Mischgerätes festgelegt werden.

Dem weichen bis viskosen Bodenmaterial-Bindemittel-Wasser-Gemisch werden erfindungsgemäss Armierungselemente beigegeben, die in die

genannte Mischung eingearbeitet und in dieser im wesentlichen gleichmässig verteilt suspendiert werden. Das Einarbeiten der Armierungselemente erfolgt grundsätzlich nur im breiigen Zustand des zu stabilisierenden Bodens und erfolgt zweckmässig mittels fahrbarer Verteil- und Einbringgeräte, z.B. mittels der auch zum Aufbereiten des Bodens benützten Bodenfräse. Als Beispiel eines typischen Arbeitsablaufes beim erfindungsgemässen Bodenstabilisieren kann nach dem Entfernen allfälliger nicht näher zu beschreibender Deckschichten folgender Vorgang betrachtet werden:

1. Auffräsen der zu stabilisierenden Bodenschicht;
2. Vorinfiltration von Bindemitteln bzw. Bindemitteln und Flüssigkeit bzw. Wasser;
3. Einstreuen von Armierungselementen;
4. Mischen des mit Bindemittel vorinfiltrierten Bodenmaterials, Wasser und Armierungselementen und allfälliger Beigabe von weiterem Wasser zur Erzielung des breiigen Zustandes;
5. Beigabe von allenfalls weiterem (weiteren) Bindemittel (Bindemitteln);
6. Einmischen der allenfalls nach 5) beigegebenen weiteren Bindemittelbeigabe.

Die Armierungselemente können nach Fig. 2a aus beliebig geformten und beliebig biegsamen, stab- oder schnitzelartigen, etwa 4 bis 20 cm langen Armierungselementen 7 aus einem elastisch, dehnbaren Material bestehen. Bei nach Fig. 2b ringförmig geschlossenen Armierungselementen sollen die Elemente – in einer wenigstens kreisförmig gedachten Konfiguration – 4 bis 10 cm Durchmesser aufweisen. Stab- oder nadelförmige Elemente nach Fig. 2c sollen ca. 4–10 cm lang sein. Die Element-Dicke in der zu stabilisierenden Bodenmaterialmischung wird je nach der gewünschten Belastbarkeit so gewählt, dass sich pro Schnittflächeneinheit – in beliebigen Richtungen gesehen – ein Armierungselementenflächenanteil von mehr als 2 % ergibt.

Die Armierungselemente 9 sollen in beliebigen Richtungen in der Materialmischung orientiert sein, um eine rundum etwa gleichmässige Verankerungswirkung zu erzielen.

Grundsätzlich besitzen die in den Beispielen nach Fig. 2a–c gezeigten Armierungselemente eine Länge, die höchstens etwa der Dicke der zu stabilisierenden Bodenschicht entspricht. Der Querschnitt der Armierungselemente beträgt zur Erhaltung der beschriebenen Flexibilität höchstens etwa 12 mm².

Eine weitere Möglichkeit der Armierung eines für höhere Belastbarkeit zu stabilisierenden und zu verfestigenden Bodenabschnitts ist in Fig. 3 gezeigt. Auf einer bindemittelarmen- und im wesentlichen armierungselementfreien Basisschicht 10 wird z.B. auf einem relativ weitmaschigen Distanzierungsrost 11, der hier als Stabrost dargestellt ist, ein gitter- oder netzartiges Flächengebinde 12, z.B. ein Geotextil oder Stahldrahtnetz als Grundarmierung aufgelegt, das von der stabilisierten Schicht durchdrungen wird. Anschlies-

send erfolgt die Elementarmierung der beschriebenen Art des Gemisches.

Mehrere Gitter oder netzartige Flächengebilde 12 können in vertikalen Abständen in das weiche bis viskose Gemisch eingebettet werden. Zusätzlich zu den genannten Flächengebilden werden in allen Fällen Armierungsteilchen nach den Fig. 2a-c eingestreut.

Selbstverständlich ist es möglich, durch Schnellabbindezusätze namentlich im Bahnunterbau-Unterhalt so kurze Abbindezeiten zu erzielen, dass die beschriebene Bodenstabilisierung auch in den normalerweise relativ kurzen Betriebspausen abschnittsweise erfolgen kann. Ausschlaggebend ist jedoch das Vorhandensein der beschriebenen Armierungselemente, welche die üblicherweise auch bei Schnellabbindern notwendige Ruhezeit durch ihre innere Stabilisierung zu steigern imstande sind. Indessen bringt das erfindungsgemässe Verfahren nicht nur in solchen Fällen Vorteile, wo ein rascher Arbeitsfortschritt oder -abschluss wichtig ist. Das Verfahren bietet für alle Baugrund- und Hangstabilisierungen Vorteile, wo es praktisch anwendbar ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Stabilisierung weicher, feinkörniger Böden wie Silte, Feinsande etc. ohne Gewichtsverdichtung, zwecks Erzielung gesteigerter Frühfestigkeitseigenschaften, welche eine Bodenbelastung schon wenige Stunden nach der Stabilisierung gestatten, wobei der zu stabilisierende Boden im Ortsmischverfahren aufbereitet und mit mindestens einem silikathaltigen Bindemittel versetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die zu stabilisierende Bodenschicht zunächst durch Zufuhr eines Gemisches von Wasser und des silikathaltigen Bindemittels in einen breiigen Zustand überführt wird, worauf in den auf diese Weise gebildeten Brei eine Vielzahl einzelner Armierungsteilchen, deren Hauptabmessung höchstens der Dicke der zu stabilisierenden Bodenschicht entspricht, gleichmässig verteilt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Armierungselemente (7) stab- oder schnitzelartige Elemente sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Armierungselemente (8) ringförmig geschlossene Gebilde sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem gewachsenen Boden und der zu stabilisierenden Schicht eine bindemittelarme Basisschicht im gleichen Arbeitsgang erstellt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in die zu stabilisierende Schicht ein gitterartiges Flächengebilde eingebaut wird, das sich auf einen Distanzierungsrost abstützt.

Revendications

1. Méthode pour stabiliser des sols mous à grains fins comme des silts, des sables fins, etc., sans damage, en vue d'obtenir des propriétés de résistance initiale accrue qui permettent déjà une mise en charge du sol quelques heures après la stabilisation, le sol à stabiliser étant préparé par mélange sur la place et étant mélangé à au moins un liant silicaté, caractérisée en ce que la couche de sol à stabiliser est transformée en une pâte par rapport d'un mélange d'eau et du liant silicaté, après quoi des éléments d'armature individuels, dont la dimension principale correspond tout au plus à l'épaisseur de la couche de sol à stabiliser, sont répartis en grand nombre de manière uniforme.

2. Méthode suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les éléments d'armature (7) sont des éléments en forme de rognures ou de barrettes.

3. Méthode suivant la revendication 1, caractérisée en ce que les éléments d'armature (8) sont des éléments en forme de bagues fermées.

4. Méthode suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'au cours de la même opération, une couche de base à faible teneur en liant est formée entre le sol ferme et la couche à stabiliser.

5. Méthode suivant la revendication 1, caractérisée en ce qu'un article plat en forme de treillis est incorporé dans la couche à stabiliser et prend appui sur un grillage d'espacement.

Claims

1. A method of stabilizing soft, fine-grained soils, such as silts, fine sands, etc., without weight densification to obtain enhanced rapid strength properties which allow the soil to be loaded only a few hours after stabilization, the soil to be stabilized being prepared by in situ mixing processes with the addition of at least one silicate-containing binder, characterized in that the soil layer to be stabilized is first brought into a slurry condition by the addition of a mixture of water and the silicate-containing binder, whereafter a plurality of individual reinforcing particles whose main dimension corresponds at most to the thickness of the soil layer to be stabilized are uniformly distributed in the resulting slurry.

2. A method according to Claim 1, characterized in that the reinforcing elements (7) are rod-like or chip-like elements.

3. A method according to Claim 1, characterized in that the reinforcing elements (8) are shapes closed in a ring.

4. A method according to Claim 1, characterized in that a low-binder base layer is produced in the same operation between the natural soil and the layer to be stabilized.

5. A method according to Claim 1, characterized in that a lattice-like web bearing against a spacing grid is incorporated in the layer to be stabilized.

