



1965

321344

321344

P A T E N T E
D E
I N V E N C I Ó N

por "UN PROCEDIMIENTO PARA LA CONSOLIDACION DE LOS SUELOS"
a favor de la firma francesa PROGIL, S.A., domiciliada en
77, Rue de Miromesnil, PARIS-8è (Francia).

MEMORIA DESCRIPTIVA

La invención se refiere a un procedimiento que permite estabilizar los suelos y en particular consolidar los terrenos arcillosos y arcenosos, cuya superficie deba resistir cargas pesadas y cuya cohesión inicial no permite efectuar trabajos de ingeniería civil, tales como perforación de galerías subterráneas, túneles, etc.

La invención tiene también por objeto nuevas composiciones, a base de derivados acrílicos y de silicatos alcalinos destinados al tratamiento de los suelos.

BAD ORIGINAL



321344

- Ya se ha preconizado inyectar en los suelos, para consolidarlos, diversos tipos de polielectrolitos tales como, por ejemplo, poliacetato de vinilo, alcohol polivinílico, poliestireno sulfonado, carboxialcoileclulosa, poliacrilamida, poliacrilato de sodio, etc. Se ha descrito igualmente la utilización de polimetilolacrilamidas (patente americana 2.898.320 de 21 de Mayo de 1953) y de comonomeros: acrilamida-alcoolideno acrilamida, que se polimeriza in situ en el suelo en presencia de catalizador. (Gnaedinger, Industry and Power, Septiembre 1954, p. 79-81).
- 5.
- 10.

- Por otra parte, se ha sugerido reforzar los suelos por adición a estos últimos, de silicatos metálicos, en particular alcalinos, simultáneamente con un gelificante del tipo anídico derivado de un ácido alifático saturado, tal como, por ejemplo, formamida, acetamida, propionamida, etc. Se produce en este caso una verdadera reacción química entre el silicato y su reactivo gelificante. Como se ha mostrado en la patente francesa 1.298.359 del 12 de Mayo de 1961, los geles obtenidos no son estables; se disgregan con el tiempo y no se transforman en cemento susceptible de consolidar el suelo.
- 15.
- 20.

- Las nuevas composiciones según la invención permiten, por el contrario, obtener geles duros, insensibles al agua, y que provocan una consolidación duradera de los suelos sensible a la carga. Otras ventajas inherentes a estas composiciones
- 25.



321344

se pondrán de manifiesto en el curso de la descripción.

En su aspecto más general, la invención consiste en utilizar como coadyuvante de los suelos, una asociación de las composiciones siguientes:

5. - una solución acuosa de un silicato alcalino adicionada con un reactivo gelificante conveniente,
- una solución acuosa de una mezcla de acrilamida monómera y de formaldehído,
10. - uno o varios catalizadores susceptibles de provocar in situ en el suelo la polimerización de la mezcla acrílica.

- El silicato alcalino utilizable según la invención, puede ser un silicato o polisilicato de sodio o potasio tal que la relación molecular SiO_2/M_2O esté comprendida
15. entre 2.0 y 5.0 y, de preferencia, entre 3,3 y 4,0 ($M = K$ o Na). Se emplea bajo forma de solución acuosa que titula del 25 al 40% de extracto seco, adicionada con un reactivo gelificante de tipo conocido como, por ejemplo, la triacetina, el bicarbonato de sodio, el acetato de etilo, etc. La proporción de
 20. gelificante respecto al silicato (extracto seco) puede variar entre amplios límites, por ejemplo entre 10 y 30% en peso.



321344

La mezcla de acrilamida y de formaldehido se obtiene poniendo en contacto, a temperatura de 20 a 70°C, una solución acuosa de acrilamida y una solución acuosa de formaldehido en presencia de un catalizador básico como, por ejemplo, carbonato de sodio o una solución acuosa de hidróxido de sodio. Así se puede hacer reaccionar de 0,5 a 1,5 moles de formaldehido sobre un mol de acrilamida.

La solución acuosa de la mezcla obtenida puede comprender generalmente de 1 a 20% y, de preferencia, de 5 a 15% de extracto seco, pudiendo ser la proporción de formaldehido con respecto a la acrilamida, en este extracto, por ejemplo de 10 a 30% en peso. Antes de emplearla bajo forma de las composiciones según la invención, esta solución se presenta bajo forma de un líquido homogéneo cuyo pH está generalmente comprendido entre 6 y 8 (a 20°C), y presenta una viscosidad en general comprendida entre 1 y 5 centipoises (a 20°C).

El catalizador utilizado como tercer constituyente de los productos según la invención, puede ser elegido entre los catalizadores clásicos de polimerización, tales como peróxidos orgánicos, como el peróxido de benzilo, persales como el persulfato de potasio, sistemas Redox (por ejemplo ácido clórico-bisulfato alcalino) eventualmente adicionados con ácidos orgánicos o minerales o todavía con agentes alcalinos (tales como hidróxidos o carbonatos) solubles en el agua. Se puede también utilizar mezclas de catalizadores, tales como persales



321344

activados por poliaminas o nitrilos orgánicos como dialcoil-aminopropionitrilos.

- La aplicación a la consolidación de los suelos, según la invención, de las precitadas composiciones puede ser efectuada de diversas maneras. Según una forma preferida de realización, se introduce en recipientes separados, de una parte, la mezcla en solución acuosa de acrilamida, formaldehído y catalizador de polimerización, y de otra parte, la solución acuosa de silicato alcalino que comprende su reactivo gelificante.
- 5.
10. Después se asocia las dos mezclas, y tras agitación durante un tiempo conveniente, se inyecta la solución resultante en el suelo a estabilizar.

- Según una variante del procedimiento de la invención, se puede introducir la solución acuosa de silicato en la solución acuosa de acrilamida y formaldehído, que contiene un activador de polimerización y añadir después, bajo agitación, las cantidades calculadas de catalizador de polimerización de la amida y de reactivo gelificante del silicato.
- 15.

- Según otra forma de realización, se incorporan las cantidades adecuadas de catalizador de polimerización a las dos mezclas, preparadas separadamente, de la solución acuosa del silicato que contiene su reactivo gelificante y de la solución acrílica que comprende su activador de polimerización. Después de agitación durante algunos minutos, se efectúa la inyección en el suelo, según las técnicas conocidas.
- 20.
- 25.



321344

- Las proporciones respectivas de silicato alcalino y de acrilamida + formaldehido en las mezclas prestas a inyectar, según la invención, pueden variar entre amplios límites. Se puede decir, a título no restrictivo, que para
5. una parte en peso de componente: acrilamida-formaldehido (expresado en extracto seco) es particularmente ventajoso utilizar de 0,5 a 10 partes (y especialmente de 1 a 5 partes -en peso-) de silicato alcalino (igualmente expresado en extracto seco).
10. Como antes se ha dicho, los constituyentes de las mezclas, según la invención, son utilizados bajo forma de soluciones acuosas, pudiendo contener la masa resultante a inyectar, por ejemplo de 5 a 15% en peso de silicato, reactivo gelificante, mezcla acrílica, catalizador y activador.
15. En estas condiciones, las mezclas a inyectar presentan una viscosidad muy reducida, generalmente inferior a 5 centipoises, y lo más a menudo cercana a la del agua. Son pues de una manipulación extremadamente fácil durante la introducción en el terreno a consolidar.
20. Las composiciones, según la invención, presentan, según las proporciones respectivas de los constituyentes en el interior de los límites precitados, tiempos de fraguado (o de "gel") que pueden variar entre un minuto y una hora y que permiten obtener ya sea geles elásticos, ya
25. sea geles plásticos más resistentes al hundimiento, e incluso



321344

geles duros cuya resistencia al hundimiento es superior a 10 kg/cm². En todos los casos, los geles y masas plásticas o duras obtenidas no manifiestan el fenómeno de sinéresis y son absolutamente insensibles al agua.

5. Por último, las proporciones de las mezclas según la invención, a utilizar con respecto al suelo a tratar, son evidentemente variables según el tipo de terreno (arcilloso, arenoso, etc.). Sin embargo, se puede decir que estas proporciones se sitúan generalmente entre 10 y 50% de materia gelificante respecto al peso del suelo a consolidar, o sea alrededor de 1 a 10% calculadas en peso de extracto seco de los constituyentes según la invención. Los suelos inyectados con las precitadas composiciones poseen una cohesión muy grande, aún cuando se trate de terrenos de materiales muy finos, como la arcilla. Presentan además una excepcional resistencia al agua.
- 10.
- 15.

Los ejemplos siguientes, citados a título ilustrativo, muestran como la invención puede ser puesta en práctica.



321344

EJEMPLOS 1.a 5.

Se han preparado simultáneamente mezclas que comprenden:

5. a) una solución acuosa de silicato de sodio que contiene un reactivo gelificante, obtenido al disolver 6,5 g de triacetina en 112,5 g de agua y 80 g de silicato de sodio de 33,6º Baumé (o sea 30,5% de extracto seco) de relación molecular $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ igual a 3,9.

10. Esta solución acuosa se cuajó en gel en 30 minutos aproximadamente, y presentó una resistencia al hundimiento de 5 kg/cm^2 después de 48 horas de envejecimiento.

15. b) una solución acuosa de monómero acrílico que contiene un catalizador, obtenida al disolver 0,5 g de persulfato de potasio y 0,4 g de dimetilaminopropionitrilo en 200 g de una solución acuosa que comprende 10% en peso (extracto seco) de una mezcla reaccional de 1 mol de formaldehído y 2 moles de acrilamida (pH 6 a 8, viscosidad de la solución acuosa: 2 centipoises a 30°C).

20. Esta solución acuosa suministró, después de 5 a 6 minutos, un gel elástico para el cual fue imposible medir la resistencia al hundimiento.

Después de su preparación, las dos soluciones anteriores se mezclaron bajo agitación durante 1 a 2 minutos (velocidad)

321344



idad del agitador, 400 revoluciones/minuto). Se evaluó seguidamente el tiempo de fraguado y las características de los geles obtenidos.

La tabla siguiente resume los resultados obtenidos haciendo variar las proporciones del constituyente silicatado (mezcla (a) anterior) con respecto a las proporciones, mantenidas constantes, del constituyente acrílico (cantidades indicadas bajo (b)).

10. nº ejem plos	Solución de silicatos (peso en g)			Propiedades de las mezclas		
	Silicato a 33,6gB	Agua	Gelifican te	Tiempo de fragua do (mi nutos)	Caracte- rísticas del gel	Resis- tencia mínima al hun dimien to (kg/cm ²)
15.						
	80	112,5	6,5	6 a 7	muy e- lásti- co	-
	160	225	13	18 a 20	elásti co	2
20.	240	337,5	19,5	25 a 30	plásti co	5
	320	450	26	25 a 30	duro	6
	400	562,5	32,5	30 a 35	muy du ro	10

= 10 =

321344

3



5. Inyectando en un suelo arcilloso las composiciones según la invención de los ejemplos 3 y 4, después de su preparación, y en la proporción de 25 a 30% de solución acuosa (o sea de 3 a 4% de extracto seco total) con respecto al peso del terreno en la porción a consolidar, se ha obtenido sobre toda la profundidad del suelo tratado una masa sólida y dura resistente a la erosión y capaz de soportar cargas pesadas.

EJEMPLOS 6 a 8.

10. Estos ejemplos ponen en evidencia la influencia de las proporciones de reactivo gelificante en relación al peso total de las soluciones acrílicas y silicatadas.

A mezclas preparadas extemporáneamente de:

15. 100 g de solución acuosa acrílica con 10% de extracto seco (acrilamida + formaldehído) que comprende 0,5 g de persulfato de potasio y 0,4 g de dietilaminopropionitrilo.

30 g de silicato de sodio 33,62B (relación molecular $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 3,9$),

100 g de agua.

20. Se incorporaron, bajo agitación durante 3 minutos, proporciones crecientes de triacetina. Las características de los productos obtenidos fueron las siguientes:



321344

- 2,5 a 5 g de triacetina : gel muy elástico
- 5 a 10 g " : gel plástico
- 10 a 15 g " : gel duro pero plástico

5. Se obtuvieron resultados afines a éstos, cuando se reemplazó la triacetina por bicarbonato de sodio.

10. Las propiedades de los gels varían igualmente cuando, siendo sin embargo iguales todas las proporciones de los otros constituyentes, se hace variar la dosis de catalizador o de la asociación: catalizador + activador utilizada para polimerizar "in situ" el o los precitados monómeros acrílicos.



C. 1975

N O T A

321344

Hecha la descripción del presente invento se hace constar, que esta solicitud se acoge a la prioridad de la solicitud de patente francesa nº PV. 45 546 (Rhône), depositada el 26 de enero de 1965, y que se declaran como nuevas

5. y de propia invención las reivindicaciones siguientes:

1. Un procedimiento para la consolidación de los suelos, que consiste en inyectar, según las técnicas conocidas, en el terreno a tratar, composiciones preparadas extemporáneamente por mezcla (a) de una solución acuosa de un silicato alcalino adicionada con un reactivo gelificante, (b) de una solución acuosa de un producto de reacción de acrilamida y de formaldehído y (c) de un catalizador susceptible de provocar la polimerización de los constituyentes acrílicos, pudiendo ser elegido de manera arbitraria el orden de introducción de los reactivos para obtener las precisadas composiciones.

10. 2. Un procedimiento, según la reivindicación 1, en el cual la solución acuosa de silicato alcalino titula de preferencia de 25 a 40% en extracto seco de un silicato de relación molecular SiO_2/M_2O comprendida entre 2.0 y 5.0 (M = K, Na).

20. 3. Un procedimiento, según la reivindicación 1, en el cual el reactivo gelificante del silicato se elige entre



321344

los productos de tipo conocido tales como la triacetina, el bicarbonato de sodio y el acetato de etilo.

4. Un procedimiento, según la reivindicación 1, en el cual la solución acuosa acrílica comprende, de preferencia, de 1 a 20% en extracto seco de un producto obtenido por reacción de 0,5 a 1,5 moles de formaldehído con un mol de acrilamida.
5. Un procedimiento, según la reivindicación 1, en el cual el catalizador es de tipo conocido, tal como un persal, o asociado a un activador como mezclas de persal y de un aminonitrilo alifático.
6. Un procedimiento, según la reivindicación 1, en el cual las proporciones respectivas del constituyente acrílico y del constituyente silicatado están, de preferencia, comprendidas entre 0,5 y 10 partes en peso del segundo (calculado extracto seco) para una parte del primero.
7. Un procedimiento, según la reivindicación 1, en el cual se utiliza de 10 a 60% de composición total (es decir, de 1 a 10% en peso de extracto seco de los constituyentes) respecto al peso de suelo a tratar.
8. Un procedimiento para la consolidación de los suelos.

Según se describe y reivindica en la presente memoria

= 14 =



321344

descriptiva, que consta de 14 hojas, foliadas y escritas
a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, a 30 DIC. 1965

PROGIL, S.A.

5.

p.a. JAIME ISERRA
E. D.