



Memoria descriptiva que se acompaña a la solicitud de Patente de Invención por VEINTE años, a favor de G i o v a n n i R o - a i o, residente en Milano (Italia), por: " UN PROCEDIMIENTO PARA LA SOLIDIFICACION DE SUELOS ARCILLOSOS", presentada en el Ministerio de Industria y Comercio.

El invento se refiere a un procedimiento para la solidificación de suelos arcillosos por vía electro-química.

Es sabido que la resistencia de los suelos impermeables al agua se aumenta por un caldeo intensivo de los mismos. Pero la ejecución práctica de este procedimiento es muy complicada. Debe introducirse durante largo tiempo gases combustibles en los barrenos, inflamarse por la electricidad y quemarse. O se deben dichos barrenos calentarse eléctricamente hasta que el suelo se caliente tanto en el contorno de dichos barrenos que la arcilla existente no pueda ya alterarse por el agua, o sea se calcine o cueza.

También se ha propuesto ya solidificar los suelos arcillosos inyectando sustancias que después se endurecen o disoluciones que formen precipitados. El suelo solo se solidifica sin embargo por la superficie con tales procedimientos, pues el proceso de endurecimiento no penetra en la profundidad.

Frente a esto se produce la solidificación, según el invento, de los suelos arcillosos en toda la extensión y profundidad que se quiera mediante tratamiento eléctrico del suelo, lo que hasta ahora no era conocido ni podía lograrse hasta el presente con tal alcance y tal sencillez por ninguna otra forma.

Según el invento, se realiza esto disponiendo en el suelo



que se ha de tratar dos o varios electrodos metálicos unidos entre si
conductoramente y cuya forma y magnitud puedan acomodarse a las con-
diciones de cada caso y de los que un electrodo siempre se componga
de aluminio y el otro de cobre o de otro metal, el cual en la serie
25 de tensiones de los metales se encuentre preferentemente lo mas ale-
jado posible del aluminio. Si se meten estos electrodos en el suelo
arcilloso, entonces el suelo situado en el campo de la línea de co-
rriente de los electrodos se endurece a pesar de humedecerse cuidada-
mente con el tiempo bajo la acción de la corriente eléctrica auto-
30 expontánea entre los electrodos. Naturalmente que en lugar de un elec-
trodo pueden emplearse correspondientes grupos de ellos, por ejemplo
disponiendo alrededor de un electrodo (u una corona de electrodos Al.
Esta solidificación tiene lugar únicamente por el cambio de carga
eléctrica de las partículas de arcilla bajo la caída de potencial
35 de la corriente eléctrica. El cambio de carga eléctrica realiza esen-
cialmente, (en cuanto permiten apreciarlo hasta ahora estos fenómenos
complicadísimos) un recambio de los cationes mono y bivalente uni-
dos en forma intercambiable a la superficie de las partículas de
arcilla, en especial el Na por H, o de cationes trivalentes, en es-
40 pecial el Al, que se originan por descomposición del agua existente
o disolución del ánodo Al.

La acción del electrodo Al empleado según el invento con-
siste según esto especialmente en que tratando convenientemente el
suelo el Al se disuelve y análogamente al hidrógeno del agua, expulsa
45 de las partículas de arcilla los cationes mono y bivalentes. Una ar-
cilla tiene tanta mas tendencia a fijar mas cantidad de agua, o sea
a hincharse y por tanto a deslizarse, cuanto más Na contiene en su
superficie. Una arcilla ácida saturada preponderantemente con H ó
Al no se hincha por el contrario bajo el agua aún después de algunos
50 meses y conserva prácticamente su forma. Por estas razones el pre-
sente procedimiento realiza el extraordinario progreso de impedir
sustituyendo por H o Al mediante la corriente eléctrica los cationes



136270

mono y bivalentes de las partículas de arcilla que son la causa del hinchamiento y deslizabilidad de ésta, el que la misma arcilla vuelva a hincharse y de impedir por tanto los inconvenientes y dificultades anejas a ello, aumentando por el contrario la resistencia y solidez del suelo arcilloso.

Este cambio de carga eléctrica o el intercambio de estos cationes unidos a las partículas de arcilla en forma intercambiable, los cuales fijan mucha agua y ésta en forma suelta (especialmente Na) por aquellos otros cationes que fijan poca agua y esto en forma sólida (especialmente K y Al) no puede, sin embargo, como arriba ya se ha indicado, obtenerse jamás por simple calentamiento. Por eso las arcillas desecadas se disgregan inmediatamente por hinchazón cuando se ponen de nuevo en contacto con agua, y el efecto contrario obtenido por el presente procedimiento demuestra por si solo el extraordinario progreso que éste representa.

El proceso de endurecimiento que se realiza según la idea del presente invento, puede acelerarse por el hecho de que por los electrodos y el suelo situado entre ellos se lance una corriente eléctrica, uniendo el polo positivo de una fuente de corriente continua al electrodo Al y el polo negativo al otro electrodo, por ejemplo al electrodo de cobre, suprimiéndose naturalmente la unión conductora en otro caso prevista entre los electrodos. Entonces se hace pasar simplemente a través del suelo que se ha de tratar, una corriente con tensión adecuada, hasta que dicho suelo se solidifique.

Según la tensión y la intensidad de la corriente se deseca mas o menos rápidamente el suelo en el electrodo Al, y en el polo que no es ^{de} aluminio, por ejemplo en el polo Cu se separa agua con desprendimiento de gases. Si ahora al polo positivo no se agrega agua, el suelo se seca en breve tiempo y el proceso eléctrico se acaba brevemente. Para conseguir una solidificación suficiente del suelo se recomienda por eso impedir toda desecación prematura del suelo mante-



136875

niendo constantemente húmedas las porciones del mismo situadas cerca del polo Al, y escoger el valor de la tensión y de la corriente de
85 manera que el suelo no se caliente excesivamente. En tal caso el proceso de endurecimiento no tiene su fin natural sino después de transcurrido más largo tiempo. Entonces el suelo no fija ya más agua ni presenta prácticamente permeabilidad. Un caldeo excesivo o simplemente un calentamiento del suelo y la formación subsiguiente inevitable
90 de grietas debe impedirse cuanto sea posible.

Por muy grande que haya podido ser el contenido de agua del suelo aún antes del tratamiento, al terminarse éste naturalmente según el invento desciende en todo caso en alto grado, por ejemplo a unos 30-40% según la clase del terreno. La solidificación es tal que
95 aún mojándose fuertemente el suelo tratado, el contenido de agua permanece inalterado y ya no tiene lugar ninguna disgregación del mismo aún cuando durante el proceso de endurecimiento se hayan originado grietas en el material tratado. La compresibilidad extraordinariamente pequeña del suelo tratado demuestra que el proceso de solidifi-
100 cación aparece relacionado con la formación de una nueva estructura aún en casos de suelo completamente perturbado. Junto con la carga o cambio de carga antes mencionada de las partículas de arcilla pueden las bombinaciones de Al precipitadas por el proceso electrolítico contribuir también a aumentar la resistencia del suelo.

105 Para el proceso de solidificación según el invento se pueden emplear, como ya se ha dicho, en lugar del electrodo de cobre otros materiales de electrodo. Si el proceso se realiza sin el empleo activo de corriente eléctrica, entonces se habrán preferentemente de escoger aquellos metales cuya electroafinidad proporcione la FEM máxima,
110 por ejemplo

133875



Al - Cu (- 1,28) - (+ 1,34) = 2,62 voltios.

o

Al - Fe (- 1,28) - (- 0,43) = 0,85 voltios.

115

El proceso dura en el segundo caso correspondientemente más tiempo, Independientemente de esto la solidificación del suelo arcilloso exige que el electrodo positivo se componga siempre de aluminio.

120

El tratamiento del suelo puede también dentro de la esencia del presente invento activarse esencialmente incorporándole medios químicos adecuados que permitan activar el proceso de intercambio, por ejemplo combinaciones o sales de cationes bi y trivalentes. Conviene por ejemplo impregnar el suelo, especialmente cerca del electrodo de Al con acetato o sulfato de alúmina. En este caso se eleva esencialmente el efecto de relleno y el proceso se acelera por ello notablemente.

125

Ejemplo de ejecución.

130

En una caja de madera de forma cúbica de un metro cúbico de cabida se dispone paralelamente a una de sus paredes laterales una placa de aluminio y a la distancia de 65 cm. de ésta un cuerpo hueco de madera recubierto de chapa de cobre de sección transversal cuadrada. El cuerpo hueco de madera y su cubierta de cobre¹⁶ hacen perforados.

135

En esta caja de madera se introduce como material del suelo que se ha de tratar una arcilla fuertemente hinchable y con tendencia al deslizamiento, de la región del bajo Elva de Hemmoor. En ésta un sedimento marino que se caracteriza por un contenido de 6 miliequivalentes de iones Na intercambiables por cada 100 gr. de sustancia seca en el complejo arcilloso. La cantidad total de las bases mono y bivalentes combinadas en forma intercambiable fué de 26 miliequivalentes por cada 100 gr. de sustancia seca. La arcilla poseía en estado natural un límite de fluidez de próximamente 90% según Atterberg (determinado en el aparato Casagrande). Esta arcilla se

140



empleó en una mezcla de 1:4 con arena de grano fino (tamaño de los granos, 0-1 mm. de diámetro). El contenido de agua de la mezcla era de 80% de la sustancia seca.

Al electrodo Al y Cu se aplicó luego corriente continua, sirviendo de ánodo la placa Al. Se empezó con una tensión de 220 voltios y unos 7,5 amperios, los cuales se elevaron después pasajeramente a 400 voltios y 1,5 amperios. En el decurso del ensayo aumentó la resistencia, aumento que representaba una medida relativa de la solidificación progresiva. Este aumento se debe no solamente a disminuir el contenido de agua, sino también a reemplazarse por H o Al en especial los cationes Na de la arcilla combinados en forma intercambiable.

La resistencia del material del suelo obtenida con el anterior tratamiento se determinó midiendo la profundidad de penetración de una barra de hierro redonda lastrada con 9,4 Kgs/cm² a diversas distancias del ánodo Al después de diversas horas de servicio.

El proceso de la solidificación en dependencia de los kilovatios-hora empleados y de la distancia al ánodo Al se ilustra en la figura 1. Para completar esto presenta la figura 2 la profundidad media de penetración en dirección del corte presentado en la figura 1, también en dependencia del consumo de corriente y de la distancia del ánodo Al.

Por Al y Cu se indican en la figura 1 respectivamente el ánodo y el cátodo. En el eje de abscisas se señalan las distancias al ánodo Al y en el de ordenadas, las profundidades de penetración. El trozo mas grueso por la ordenada 70 de la figura 1 señala la sección por que se ha medido la profundidad de penetración como se ilustra en la figura 2. La porción rayada corresponde a la zona solidificada del suelo arcilloso después de 66,5 horas de servicio = 91 kWh, en la cual con 9,4 kg/cm² de carga la profundidad de penetración fue = 0.

En la figura 2 la línea inferior de trazos representa las pro-

136875



8

Esta patente recae sobre: " UN PROCEDIMIENTO PARA LA SOLIDIFICACION DE SUELOS ARCILLOSOS", como queda descrito en la presente memoria, caracterizado en la anterior Nota y representado en el adjunto dibujo.

Madrid 14 de Enero de 1935

A handwritten signature in dark ink, written over the date. The signature is cursive and appears to be 'J. Sancho'.



Fig. 1

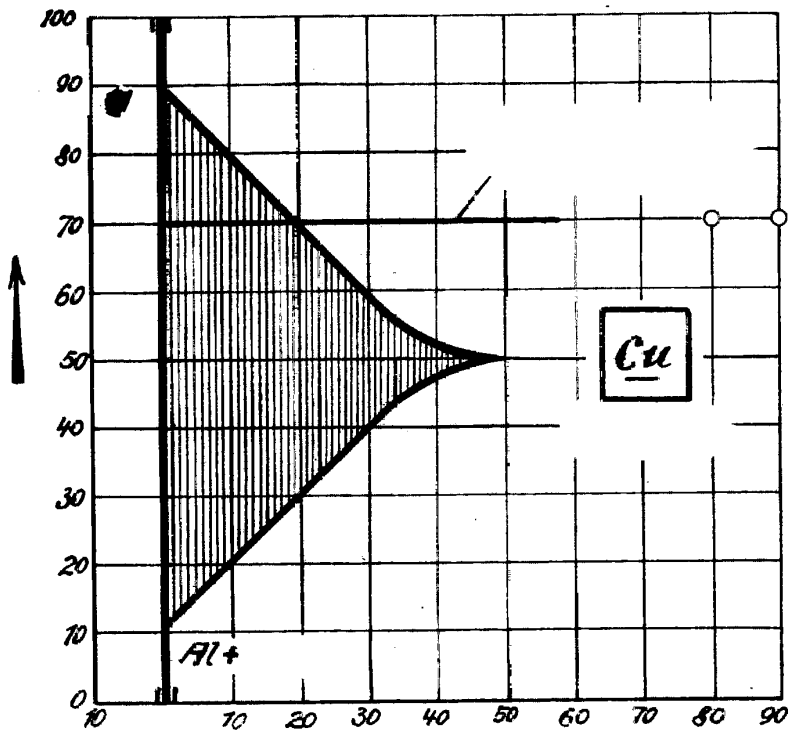
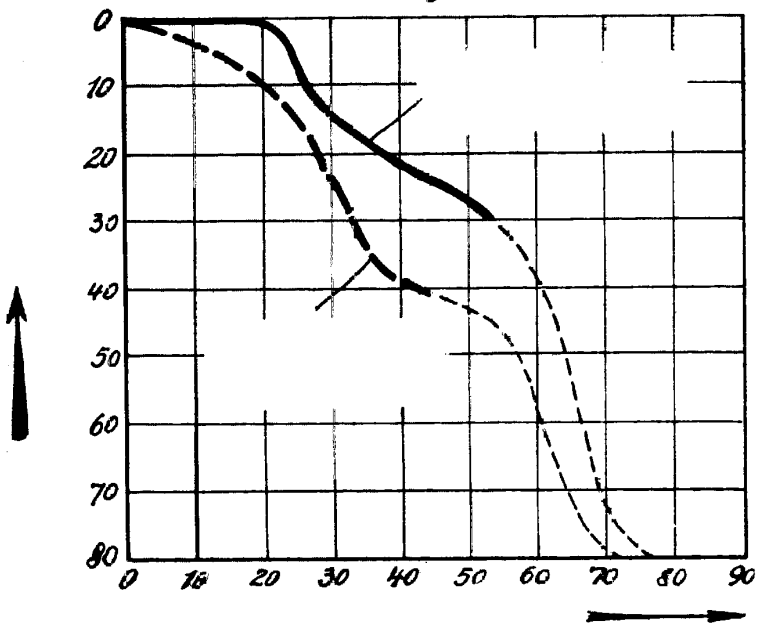


Fig. 2



Escala variable
por Giovanni Rodio
[Signature]