

24 MAR



298366

P A T E N T E
D E
I N V E N C I O N

a favor de Don Henri VIDAL, de nacionalidad francesa, residente en Saint-Cloud (Seine-et-Oise, Francia), 17 Rue Armengaud, por "PERFECCIONAMIENTOS EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN ARMADAS".

MEMORIA DESCRIPTIVA

Las primeras obras salidas de la mano del hombre han tomado lo esencial de sus materiales de la naturaleza, particularmente del suelo. Es así que entre las construcciones más antiguas, los fosos, terraplenes, canales, chozas, etc., han sido hechos de tierra. Aún en nuestros días, algunas regiones comocen, para la ejecución de edificios, el empleo de la argamasa de barro, es decir, una mezcla de tierra arcillera y paja o hierba.

5.

En el transcurso de los siglos el progreso de las técnicas ha conducido a una reducción del campo de aplicaciones de la tierra como material de construcción.

10.

Es así que el hormigón armado, si bien utiliza elementos



298366

sacados del suelo cuales son los agregados --las más de las veces después de tratamiento (trituration, cribado, lavado, etc.,)-- exige la puesta en práctica de dos constituyentes de origen esencialmente industrial: el acero para las armaduras, y el cemento para la unión entre los agregados y las armaduras.

5.

Sólo en el transcurso de los últimos años y bajo el efecto de la utilización generalizada de los ingenios de explanación y del desarrollo de la mecánica de los suelos, han sido ejecutadas numerosas obras de elevado tecnicismo, en condiciones económicas, a base de tierra: diques, carreteras, pistas de aeródromos, presas, etc.

10.

La presente invención se propone realizar una nueva aplicación de la tierra como material de construcción. Tiene por objeto, más particularmente, una obra de construcción caracterizada por el hecho de comprender principalmente elementos granulosos y armaduras, dispuestos de tal manera que estos elementos sean mantenidos los unos con respecto de los otros, por rozamiento directo con las armaduras, o bien por rozamiento con otros elementos que se encuentran en contacto con las mismas, formando el conjunto, de esta manera, un volumen dotado de cohesión y capaz de resistencia.

15.

20.

Por "elementos granulosos" es necesario entender los granos naturales o artificiales, y el término "armadura" se refiere a elementos de gran longitud que resisten a la tracción, tales como los utilizados en el hormigón armado y en los plásticos armados.

25.

Mientras que en un macizo de tierra no coherente, el único factor de equilibrio proviene del efecto de

30.



- rozamiento interno de los granos, en una obra de acuerdo con la invención el rozamiento granos - armaduras es un factor de estabilidad complementario que, combinado con el rozamiento de los granos entre sí, permite obtener perfiles de equilibrio o volúmenes estables que serían imposibles en ausencia de armadura. Así, de acuerdo con la invención, la cohesión es obtenida por la cohecombinación de dos tipos de elementos, granos y armaduras. En las obras de acuerdo con la invención la cohesión tiene, pues, un origen muy diferente que el que caracteriza los macizos de hormigón, armado o no, en los que élla es debida a la ligazón rígida creada por el fraguado y endurecimiento del cemento, igualmente diferente de las construcciones de argamasa de barro, en las que la cohesión es creada por el efecto de adherencia de la arcilla.
- 5.
- 10.
- 15.

- En las obras de acuerdo con la invención las armaduras hacen sentir su acción sobre una cierta zona que las rodea, pero es evidente que, aun cuando las armaduras sean prolongadas hasta la superficie libre de la obra, esta acción generadora de cohesión, es menos eficaz en la superficie libre, donde el empuje de los granos tiende a forzar a estos hacia fuera del macizo, de suerte que en las más de las veces es necesario prever en la superficie libre de una obra de acuerdo con la invención, un medio para retener los granos que se encuentran en la superficie o en la cercanía de esta última.
- 20.
- 25.

- En muchos casos este medio está constituido por una suerte de revestimiento distinto de los granos y de la armadura; en lo que sigue será denominado "cáscara". Esta cáscara puede ser realizada bajo diversas formas. Un
- 30.

298366



- modo de ejecución posible está constituido por elementos de perfil en U, cuyas alas sirven a la vez para anclarlos dentro del macizo de granos y para yuxtaponerlos los unos con respecto de los otros. Esta cáscara no juega, hablando con propiedad, ningún papel dentro de la estabilidad de la obra, estando destinado simplemente a contener los granos dispuestos cerca de las superficies libres de la obra. Por tanto, ha de poder resistir las acciones locales, y ser capaz de una flexibilidad que le permita adaptarse a deformaciones eventuales.
- 5.
- 10.

Para simplificar se designará bajo la expresión "tierra armada" la asociación granos - armaduras, que constituye la base de las obras construídas de acuerdo con la invención.

- 15.
- 20.
- Estas obras pueden ser muy diversas y presentar todas las formas posibles. El campo de aplicación principal de la tierra armada comprende, no obstante, las obras pesadas, es decir, aquéllas en que la superficie libre es relativamente pequeña en relación con el volumen total de la obra. Ello quiere decir que las obras de acuerdo con la invención serán principalmente diques, macizos de fundación, presas, ataguías, túneles, etc., sin que sean excluídas, no obstante, las obras más ligeras, como postes, vigas y bóvedas.

- 25.
- Las obras de acuerdo con la invención presentan numerosas ventajas.

- 30.
- Son económicas y de puesta en práctica fácil ya que uno de sus constituyentes, la tierra, en la mayoría de las veces puede ser encontrada en el mismo lugar de la construcción, y puesto en obra con ingenios de obras usua-

298366

24



les, mientras que los elementos ligeros, armaduras y cáscara, pueden ser manipulados a mano o bien con pequeños ingenios elevadores.

5. Las obras de tierra armada, al tiempo que se benefician de la resistencia necesaria para su conservación, no tienen la rigidez de las obras de hormigón o de hormigón armado, de suerte que pueden adaptarse a deformaciones, normales o accidentales, del medio con el cual se encuentran en contacto. En particular pueden resistir incluso cuando el suelo de fundación es malo.

10. El cálculo de las obras de tierra armada es relativamente simple y se apoya principalmente sobre los métodos de la resistencia de materiales, de la mecánica de los suelos y del hormigón armado. El hecho de que los elementos de construcción de tierra armada son, generalmente, elásticos, contribuye a la comodidad del cálculo. Además, es fácil construir modelos reducidos de tierra armada para conformar o precisar los resultados de los cálculos.

15. La demolición de las obras de tierra armada es fácil y permite recuperar los elementos caros, armaduras y cáscara. De ello se desprende una ventaja evidente para las obras provisionales. Para las obras definitivas esta ventaja no es paradójica más que en apariencia; en efecto, la aceleración del progreso técnico tiende frecuentemente a hacer anticuadas las obras para las cuales se había prometido la perennidad.

20. Las características y ventaja de la invención aparecerán mejor en el transcurso de la siguiente descripción.

25. En el dibujo anexo, citado únicamente a título

30.

298366



de ejemplo:

La figura 1 es un esquema ilustrando el rozamiento granos - armaduras que confiere a la tierra armada su cohesión;

5. La figura 2 es una vista esquemática que muestra un apilamiento de granos y de armaduras en el que el paramento, vertical, es estable;

la figura 3 es una vista esquemática que muestra una suela de fundación de tierra armada;

10. las figuras 4 y 5 son vistas que muestran un modo de ejecución de cáscara de acuerdo con la invención;

las figuras 6 y 7 representan una armadura compuesta, de coeficiente de rozamiento elevado;

15. la figura 8 representa una armadura en forma de rosario;

las figuras 9 y 10 son cortes esquemáticos que representan el perfil transversal de un elemento de cáscara;

20. las figuras 11 y 12 representan dos modos de ensamblamiento por testa de perfiles para la ejecución de un elemento de cáscara;

la figura 13 es una cubrejunta utilizada en el ensamblamiento de la figura 12;

25. la figura 14 representa una variante de cubrejunta;

La figura 15 representa el ensamblamiento de perfiles de acuerdo con otro modo de realización.

30. la figura 16 es una vista en alzado de un paramento provisto de una cáscara formada por perfiles superpuestos, con juntas alternadas;

298366

24



la figura 17 representa elementos de cáscara del tipo de escama de pez;

la figura 18 representa una cáscara obtenida por medio de ligante plástico;

5. la figura 19 representa una cáscara formada por elementos en rosario;

la figura 20 representa una cáscara continua, provista de ondulaciones;

10. las figuras 21 a 23 representan modos de ligazón entre las armaduras y los elementos de cáscara;

las figuras 24 a 26 son esquemas ilustrativos de la interacción de los granos y de las armaduras;

las figuras 27 a 30 se refieren al cálculo de la tierra armada en el caso de la compresión simple;

15. las figuras 31 y 32 son esquemas relativos al cálculo de los esfuerzos dentro de un volumen de forma cualquiera;

las figuras 33 y 34 representan un ejemplo de puesta en práctica de la tierra armada;

20. las figuras 35 a 37 se refieren a la ejecución y al cálculo de un muro triangular de tierra armada;

las figuras 42 a 44 se refieren a la construcción de una presa de gravedad o atagüa;

25. la figura 45 se refiere a la construcción de una bóveda de tierra armada;

la figura 46 se refiere a la ejecución de un poste de tierra armada;

30. la figura 47 es una vista en perspectiva que muestra una parte de viga de tierra armada, de sección rectangular;

298366



la figura 48 es una sección esquemática de una viga de tierra armada, de sección circular;

las figuras 49 y 50 representan, en secciones longitudinal y transversal, respectivamente, un modelo reducido de viga de tierra armada de sección circular.

5.

I - GENERALIDADES.

En la figura 1 se ha representado esquemáticamente la ligazón por rozamiento entre dos granos -1- y una armadura -2- que da su cohesión al material constitutivo de las obras de acuerdo con la invención, llamadas en lo que sigue "tierra armada". Cuando se respeta ciertas condiciones de adherencia que son definidas más adelante, los esfuerzos transmitidos por los granos a la armadura hacen, con la normal correspondiente, ángulos α, α' , que son inferiores al ángulo de rozamiento físico entre granos y armadura, de tal manera que dichos granos se encuentran estrechamente ligados a la armadura -2- y, por consiguiente, a todos los demás granos que se encuentran en contacto con la armadura en las mismas condiciones.

10.

15.

20.

El ensamblamiento -Z₁- de la figura 2 está constituido por capas alternadas de un solo espesor de granos -1- y de armaduras -2- en forma de bandas horizontales. Como que cada grano se encuentra en contacto con las dos armaduras adyacentes, el paramento vertical -3- de este apilamiento es estable. Se trata, como es evidente, de un caso teórico, puesto que en la práctica las armaduras se encuentran dispuestas dentro del volumen de tierra armada, a una distancia las unas de las otras que es superior al espesor de un grano. La cohesión de la tierra armada no queda menos asegurada en este caso, como quedará precisado en lo que

25.

30.

298366



sigue, a condición de repartir juiciosamente las armaduras, y de adoptar, en caso dado, disposiciones especiales para garantizar la estabilidad de ciertos paramentos.

5. En la mayoría de los casos, en efecto, la cohesión ha de ser reforzada en las superficies libres de una obra de tierra armada, ya que a lo largo de estas superficies las armaduras no ejercen sobre los granos más que una acción limitada, y los granos cercanos a estas superficies deben ser retenidos por un medio apropiado.

10. En la figura 3 se ha representado una suela de fundación $-Z_2-$ de un poste $-W-$ sometidos a cargas verticales, en la cual se ha dispuesto dos lechos de armaduras horizontales -2_b- , -2_b- , perpendiculares las unas con respecto de las otras. Sobre las superficies libres verticales $-3-$ de la suela, los granos de la tierra armada se encuentran, de acuerdo con este ejemplo, contenidos y estabilizados por la tierra $-5-$ en la que se hallan empotrados la suela y la parte inferior del poste.

15. En el caso más general de un volumen, de tierra armada de forma cualquiera, se ha previsto un medio independiente para asegurar la cohesión de los granos sobre la superficie libre de las obras de la tierra armada. Este medio será llamado "cáscara" en el curso de la descripción.

20. De una manera general, la cáscara ha de ser lo bastante resistente localmente para retener los granos de tierra que se encuentran comprendidos entre dos armaduras vecinas y que se encuentran en proximidad de la superficie del cuerpo de tierra armada.

25. Pero ha de ser, igualmente, suficientemente,

30.

298366

24



- flexible en su conjunto para seguir todas las deformaciones del volumen de tierra armada, solidariamente con él, ya que la tierra, incluso si está armada, puede sufrir deformaciones relativamente grandes (particularmente asentamientos). Si el paramento fuera rígido, se encontraría forzosamente en contacto con elementos exteriores al cuerpo de tierra armada, (el suelo de apoyo, por ejemplo) y la transmitiría fuerzas exteriores suplementarias importantes y mal conocidas, retirando completamente de la tierra armada su carácter de material homogéneo.
- 5.
- 10.

Finalmente la cáscara ha de tener un papel protector resistiendo a los choques y a la acción de erosión ejercida por el medio exterior, y ha de ser concebida de tal manera que su puesta en obra, así como la de la tierra y la de las armaduras sean extremadamente fáciles.

15.

Un ejemplo típico de cáscara está representado en las figuras 4 y 5 en el caso de un paramento vertical. Según este modo de ejecución, la cáscara -6- está constituida por un apilamiento de elementos horizontales -7-, de sección en U, rellenos por los granos -1- de la obra, los cuales son, de esta manera, contenidos por el fondo -7a- de los elementos. Las alas planas -7b-, -7c- de estos elementos permiten, a la vez, la superposición de los mismos, su anclaje dentro de la masa de granos y su ligazón con las armaduras -2-.

20.

25.

II - CONSTITUYENTES DE LAS OBRAS DE TIERRA ARMADA.

GRANOS.

El término "grano" designa todo elemento cuya forma se acerca a la de la esfera, es decir, que no comprende ninguna dimensión preponderante. Los granos utili-

30.

298366

24



5. zados en las obras de acuerdo con la invención son extraídos, en la mayoría de los casos, de los más diversos terrenos que se encuentran en la naturaleza. Aunque en lo que precede se haya hecho referencia implícitamente a los granos extraídos de macizos denominados "pulverulentos", es decir, exentos de toda cohesión natural, es natural que el término "grano" engloba los aglomerados formados por tierra "coherente".

10. De la misma manera, si se utiliza el término "tierra" como sinónimo de "granos", es necesario comprender que ello no excluye los granos que no tuvieran su origen en el suelo, siendo, por ejemplo, fabricados industrialmente con materiales cualesquiera y bajo las formas más diversas.

15. La granulometría de los granos puede ser cualquiera (harinas, arenas, gravas, piedras, rocas, etc.), a reserva que el grosor máximo de los mismos sea compatible con la resistencia de las armaduras y de la cáscara utilizada en las obras a ejecutar. Así, una obra hecha de rocas podría, en ciertos casos, imponer la utilización
20. de armaduras y de cáscara de un espesor que harían su precio prohibitivo.

Armaduras.

25. El termino armadura se aplica a todo elemento susceptible de ser hecho soportar importantes esfuerzos de tracción. En la ejecución de obras de tierra armada se puede utilizar todos los tipos de armaduras empleadas principalmente en el hormigón armado y en los productos de materiales plásticos armados.

30. Estas armaduras pueden, pues, tomar las formas



2 8366

24

5. más diversas, como placas, bandas, barras, hilos, cables, enrejados, rejillas, fieltros, etc. Los materiales que las constituyen pueden ser, igualmente, muy variados: metales, materiales textiles, madera (principalmente en forma de contráplacados), materiales plásticos, vidrio, etc.

10. Es de notar que las armaduras de obras de tierra armada deben tener, además, características propias que se hallan ligadas a sus condiciones de empleo, es decir, un coeficiente de rozamiento apreciable y una resistencia suficiente a la corrosión.

15. Se puede combinar materiales que comprendan individualmente estas características particulares, para constituir un material compuesto, utilizado para la fabricación de armaduras de tierra armada. Así, la resistencia a la tracción puede ser aportada por hilos de acero o de vidrio, y la resistencia a la corrosión por un material plástico que envuelva al acero o al vidrio, mientras que la característica de rozamiento es obtenida por un tratamiento superficial apropiado del revestimiento de material plástico (chorro de arena, por ejemplo) o por un perfil especial dado a las superficies destinadas a entrar en contacto con los granos (acanaladuras, estrías, gofrado, etc.).

20. Las figuras 6 y 7 dan un ejemplo de armaduras dotadas de un coeficiente de rozamiento muy elevado. Estas armaduras están constituidas por el acoplamiento de tres hilos de acero -2A-, -2b-, -2c-, y de discos travesaños circulares -22-, dispuestos paralelamente los unos a los otros. Estos discos están provistos de tres muescas periféricas -23- en las que se acoplan los hilos respectivos, supuestos tendidos. Los puntos de paso de cada hilo se en-

25.

30.



24

2 98366

cuentran desplazados angularmente de un disco travesaño al siguiente, de suerte que entre dos discos sucesivos, se obtiene napas de hilos no paralelos en relación con el eje de la armadura.

- 5. Ello hace el efecto de que el cilindro de tierra comprendido entre dos discos travesaños, -22- forme virtualmente cuerpo con ellos. De aquí resulta que una armadura -21- es equivalente a una funda cilíndrica de la misma sección que la sección de los discos travesaños, siendo el coeficiente de rozamiento que se ha de tomar en cuenta el coeficiente tierra - tierra, que es superior al de un hilo cualquiera rozando contra la tierra.
- 10.

La armadura -24- de la figura 8 es una cadena del tipo descrito en la solicitud de patente copendiente depositada por el propio solicitante, constituida por un cable -25- sobre el que se hallan fijados, a la manera de las cuentas de un rosario, unos bucles de hormigón -25a-.
Cáscara.

- 15.
- 20. Los elementos de cáscara cilíndricos -7- de las figuras 4 y 5 comprenden un fondo -7a- que, como se aprecia en la figura 9, tiene aproximadamente la forma de una semielipse de semiejes -a-, -b-. El cálculo muestra que bajo la acción del empuje de los granos contenidos dentro de los elementos y cuyo ángulo de rozamiento interno es designado por el perfil alíptico queda tal que si -a- y -b- son relacionados por la ecuación:
- 25.

$$b = a \sqrt{i}$$

en la que i es el coeficiente de empuje, igual a:

$$\text{tg}^2 \left(\frac{-}{4} - \frac{-}{2} \right)$$

30.

298366

24



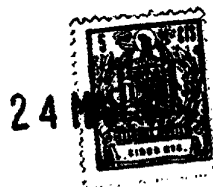
- La forma sensiblemente elíptica de la sección se mantiene de manera homotética después del asentamiento de la tierra y de acuerdo con una dirección perpendicular a los planos de anclaje -7b-, 7c-, tal como se indica en la figura 9 (en la que $b' = a' \sqrt{-i}$) a condición de que no varíen las características de la tierra. Si las características de la tierra variasen, pasando el coeficiente de empuje de i a i_1 , la relación de los ejes de la elipse variaría asimismo tal como se indica en la figura 10, en la que $b_1 = a \sqrt{i_1}$. En todos los casos la envuelta resulta perfectamente estable a condición de que las cualidades mecánicas del material que la constituye permitan tales deformaciones sin riesgo de rotura. Un cálculo conducido de acuerdo con los métodos clásicos, permite hacer una elección de las características de la cáscara que garanticen esta estabilidad.
- 5.
- 10.
- 15.

- Los elementos de cáscara -7- están constituidos normalmente por perfiles de longitud determinada (5 m por ejemplo) que son embalsamados por testa en el número deseado para adaptarse a las dimensiones de la obra a realizar.
- 20.

En la figura 11 la unión entre dos perfiles adyacentes es obtenida por simple solapamiento.

- En el ejemplo de las figuras 12 y 13 las extremidades adyacentes de los dos perfiles a ensamblar están separadas por un juego -j- que permite los desplazamientos longitudinales de los elementos y en el interior, de las zonas extremas de los perfiles se encuentra insertada una cubrejunta -11a-, cuyo perfil transversal se adapta al de los perfiles. Las alas -11b-, -11c-, de esta cubrejunta
- 25.
- 30.

298366



5. tienen, en el ejemplo representado, la forma de un trapecio cuya base menor coincide con el borde del ala. El fondo -lla- de la cubrejunta presenta, de esta manera, con respecto de los perfiles adyacentes, un gran solapamiento gracias al cual el empuje de los granos tiende a apretar la cubrejunta de forma estanca contra los perfiles.

10. Esta estanqueidad es asegurada con miras tanto de la tierra como del agua, a menos que se desee prever entre los perfiles unas "juntas de drenage", en cuyo caso se utiliza cubrejuntas provistas de perforaciones -12-, tales como la representada en la figura 14. Tales perforaciones pueden estar previstas igualmente en los perfiles propiamente dichos.

15. En la figura 15 la ligazón entre dos perfiles -73- adyacentes es obtenida sin cubrejuntas. Los nervios o bordes rebatidos -16- son acercados simplemente los unos contra los otros y se ha previsto una membrana -19-, adherida sobre cada nervio -16- y que cubre toda la sección extrema.

20. Bajo la presión de la tierra estas dos membranas son aplicadas la una contra la otra de una manera prácticamente estanca. En previsión de movimientos longitudinales importantes, cada perfil -73- puede estar provisto de uno o varios pliegues transversales -31- que formen fuelle.

25. En lugar de las membranas -19- se puede prever un ensamblamiento de los bordes -16- por un medio cualquiera, por ejemplo tornillos.

30. De la misma manera, la ligazón de dos perfiles tales como los -73-, podría ser obtenida por encaje del

298360

24



borde rebatido -16- de uno de los perfiles dentro de una garganta terminal del otro perfil, análoga al pliegue -31-.

Los elementos de cáscara que han sido descritos a título de ejemplo son ejecutados a partir de materiales cualesquiera que permitan satisfacer las condiciones de resistencia y de flexibilidad ya enunciadas. Los materiales apropiados para la fabricación de las armaduras convienen, en particular, para la de los elementos de cáscara. Se citará como materiales característicos los estratificados de resina poliéster o epoxi armados con acero o hilos de fibras de vidrio, el acero dulce, el acero inoxidable, el cobre. Se puede utilizar igualmente diversas materias plásticas distintas de las mencionadas anteriormente.

5.

10.

15.

En la figura 16 se ha representado a título de ejemplo una obra -Z₃- vista en alzado, en la que la cáscara está formada por varias hileras de perfiles de acuerdo con los descritos y en los que las juntas se hallan alternadas. Estas juntas podrían, igualmente, estar dispuestas las unas encima de las otras.

20.

En lugar de presentar una superficie lisa, dos perfiles adyacentes podrían estar ondulados transversalmente, a fin de poder ser ensamblados el uno con el otro gracias al solapamiento de sus ondulaciones dentro de su zona terminal.

25.

Los elementos de cáscara o perfiles -7- y -73- han sido supuestos como teniendo una dirección general rectilínea. Es natural que podrían presentar una curvatura que les confiriese la forma de un segmento tórico de eje perpendicular a los planos de anclaje o paralelo a

30.

2 38366

24



estos planos. La curvatura podría ser múltiple. De la misma manera se podría prever elementos cuya altura, medida entre planos de anclaje, fuera variable.

5. Es de notar que los planos de anclaje de los elementos de cáscara descritos anteriormente, juegan, en relación con los granos de tierra, un papel análogo al de las armaduras. En ciertas obras, de las que se verán algunos ejemplos más adelante, esta función particular de los elementos de cáscara permite suprimir la incorporación de armaduras independientes.

10. La cáscara -6- de una obra de tierra armada puede, en lugar de comprender elementos de forma general cilíndrica o tórica, estar constituida, a la manera de las escamas de pez, por placas rígidas, planas o bombadas, dispuestas para ser ancladas dentro de los granos de la obra.

15. En la figura 17 se ha representado una cáscara -6-, formada por placas cuadradas -8-, provistas de dos nervios -81- reunidos por un ánima -82-. Para constituir un paramento estas placas pueden ser ensambladas a recubrimiento, disponiéndose entre los nervios -81- y paralelamente a las ánimas -82- de las placas -8-, unas armaduras formadas por bandas planas.

20. En la figura 18 la cáscara -6- está constituida por un ligante plástico que envuelve los granos -1- situados en la vecindad del paramento. Este ligante puede ser

25. hecho a base de materias plásticas que se mantienen deformables bajo las cargas aplicadas a la obra, o bien un betún o un ligante bituminoso.

30. Para contener los granos en la región de un paramento entre dos lechos de armaduras, se puede prever

2 98366

24 MAR



- igualmente una empaquetadura formada por elementos de forma alargada y entrecruzados, tales como fibras vegetales, minerales o sintéticas, o cabos metálicos dispuestos al azar, a modo de paja de hierro, o, incluso, elementos de construcción tales como los descritos en la solicitud de patente precitada. Así, en la obra -Z₄- de la figura 19 se utiliza cadenas de bolas -24- tanto como armaduras como a modo de elementos de cáscara, formando estos últimos una zona coherente -6- en la vecindad de la superficie, gracias a los replegamientos sucesivos de las cadenas de bolas. Las cadenas de bolas podrían, por lo demás, ser utilizadas exclusivamente para la ejecución de la cáscara -6-.

- Finalmente, la figura 20 representa una cáscara -6- constituida por una chapa ondulada y continua -9- en la que las ondulaciones son horizontales, estando las armaduras -2- fijadas por soldaduras -9a-, o por pernos, en los huecos de las ondulaciones.

- En las disposiciones dadas precedentemente en las figuras 5 y 19, la ligazón de los elementos de cáscara y de las armaduras es realizada por rozamiento, tanto si las armaduras se encuentran directamente en contacto con los planos de anclaje, como si la ligazón es obtenida por el intermediario de granos dispuestos entre los planos de anclaje y las armaduras. Este último caso es el representado en la figura 21, donde se ha previsto dos armaduras -2- en el interior de un mismo perfil -7-.

- En la figura 22, la armadura -2- termina en un gancho -26- que se adapta con el perfil interior del elemento -7- y aumenta la superficie de ligazón.

- La conexión entre los elementos de cáscara pue-



298366

de ser una ligazón positiva, obtenida por encolado, soldadura, (fig. 20), remachado, atornillado, etc. Así, en la figura 23 se ha representado una armadura -2- solidarizada con los planos de anclaje adyacentes -7b-, -7c- de dos perfiles -7- superpuestos mediante un perno -27-, dos arandelas -28- y una tuerca -29-.

5.

III - CÁLCULO DE LA TIERRA ARMADA.

El cálculo de una obra de tierra armada comprende de los tres tipos de verificaciones siguientes:

10.

debe existir adherencia o, mejor, rozamiento sin deslizamiento entre la tierra y las armaduras;

las armaduras deben resistir los esfuerzos de tracción, y la tierra los esfuerzos de compresión y de cizallamiento a los cuales sean sometidas;

15.

los elementos de cáscara deben resistir los esfuerzos a los que son sometidos, habida cuenta de sus deformaciones eventuales.

A - Adherencia tierra - armaduras.

20.

La acción de las armaduras sobre la tierra se efectúa por rozamiento. Es, pues, necesario verificar que este rozamiento tenga lugar perfectamente sin deslizamientos, y si ello es así, todo sucede como si cada grano estuviera realmente encadenado a su vecino.

25.

En efecto, cuando la tensión dentro de una armadura se mantiene constante, es que esta armadura no cede nada de su tensión a la tierra y, por consiguiente, no tiene ninguna acción sobre ella, y en particular no crea ninguna ligazón entre dos granos y vecinos.

30.

Si sobre una longitud -dl- de la armadura plana -2- de anchura igual a la unidad, la tracción varía



298366 24

- de $-dF-$, y si la fuerza principal $-N-$ en la tierra es normal a la armadura, la fuerza normal a la armadura sobre esta longitud $-dl-$ tiene por valor $2 N dl$, significando el coeficiente $-2-$ que existe presión y rozamiento sobre las dos caras (fig. 24). Es necesario verificar que el rozamiento tenga lugar sin deslizamiento, es decir, si $-s-$ es el coeficiente de seguridad adoptado para el rozamiento, $-f-$ el coeficiente de rozamiento, y si $-K-$ designa la proporción de armadura sobre una longitud igual a la unidad, verificar que:

$$\frac{dF}{2 K N dl} < \frac{f}{s}$$

Esta desigualdad puede ser escrita:

$$\frac{dF}{dl} < \frac{2 K N f}{s} \tag{1}$$

15.

En el caso de armaduras en forma de hilos, se tendría una fórmula análoga:

$$\frac{dF}{dl} < \frac{\phi K N f}{s} \tag{2}$$

20.

(ϕ diámetro de los hilos, K número de hilos por metro, N presión media alrededor del hilo).

25.

En el cálculo precedente se ha considerado el hecho de que los granos se hallen en contacto directo con una armadura. Para la tierra armada, igual que para el hormigón armado, es evidente que un grano directamente en contacto con una armadura, tiene una acción sobre los granos comprendidos entre dos armaduras dentro de una cierta zona, que depende de la distancia de estas armaduras.

30.

De manera más precisa, para armaduras uniformemente repartidas dentro de la tierra, en altura y en ancho,

298366



5. cada armadura -2- tiene una influencia sobre los granos de tierra situados dentro de una prisma que tiene como eje el centro de la armadura y como sección recta un rectángulo de superficie -S- cuyos lados corresponden al medio de los
10. 25. intervalos entre armaduras vecinas. El perfil de una obra, perpendicularmente a la dirección de las armaduras -2-, puede, por tanto, ser descompuesto en zonas de influencia adyacentes -S-, tal como se ha representado en la figura 25. Sobre una longitud -dl- de armadura, esta transmite por rozamiento a la tierra una acción -dF- (fig. 26) y todo sucede como si, entre dos secciones -S- de la tierra, distantes de -dl-, la presión media de la tierra sobre un plano perpendicular a las armaduras hubiese variado bajo la acción de las mismas de $\frac{dl}{S}$, y para que no exista deslizamiento, es necesario que se satisfaga la desigualdad
15. (1).

B - Cálculo de los esfuerzos en las armaduras y en la tierra

20. En lo que sigue se establecerá que, contrariamente a las apariencias, la tierra armada puede ser considerada, en muchos casos, como un material elástico. Después del estudio de los casos fundamentales de la tracción simple de la compresión simple, y de la flexión, se indicará una manera de calcular los esfuerzos en el caso más general.

25. En todos los casos es de notar que durante la deformación inicial las armaduras se ponen en tensión de manera automática por deslizamiento de los granos, los unos con respecto de los otros, pero, evidentemente, sin provocar fisuras como ocurre para el hormigón armado, y
30. sin que sea necesario desarrollar por adelantado esfuerzos

298366.24



importantes como en el caso del hormigón pretensado.

a - Compresión simple.

5. El material formado por un conjunto de granos sin armaduras tiene propiedades idénticas en todas las direcciones. La teoría de la curva intrínseca (constituida por dos rectas) resulta, pues, aplicable en este caso. Así, un cubo de tierra (fig. 27) sometido a un esfuerzo de compresión $-N_1-$ sobre dos de sus caras, no puede quedar en equilibrio más que si se ejerce sobre sus otras caras esfuerzos de compresión $-N_2-$ al menos iguales a $i N_1$, siendo i el coeficiente de empuje. Cuando esta condición es satisfecha el círculo de Mohr C , para el centro O del cubo, es tangente a las dos rectas de Coulomb $-D_1-$, $-D_2-$, que representan la curva intrínseca (fig. 28).
- 10.

15. En ausencia de armaduras estos esfuerzos $-N_2-$ no pueden ser engendrados más que por fuerzas exteriores. Pero entonces ya no se trata de una compresión simple, sino de una opresión. La tierra pulverulenta, sin armadura, no puede resistir una compresión simple. Se va a examinar como las armaduras permiten volver estable un cubo de tierra armada sometido a una compresión simple.
- 20.

25. Sea un cubo elemental de tierra armada (fig. 29) dentro del que se ha dispuesto una armadura perpendicularmente a la dirección de la compresión simple $-N_1-$ según una dirección principal de los esfuerzos en la tierra. Para que esta armadura pueda jugar su papel, es necesario que sean respetadas las condiciones de no-deslizamiento definidas precedentemente. Dos granos vecinos $-A-$ y $-B-$ se encuentran, entonces, unidos rígidamente por una armadura.
30. Si estos dos granos pertenecen a las dos porciones de tie-

298366



1964

rra más vecinas a dos caras del cubo pero en el interior del mismo, todo sucede como si las dos placas de granos exteriores, que pueden ejercer un esfuerzo sobre estas dos caras del cubo, estuvieran ligados por la armadura.

- 5. Cuando se ejerce el esfuerzo de compresión simple $-N_1-$, como que no se ejerce simultáneamente ningún esfuerzo de compresión sobre los granos en la dirección $-AB-$, se produce automáticamente un deslizamiento de los granos, los unos con respecto de los otros, ya que el círculo de Mohr (fig. 30) sale de la curva intrínseca. Los granos del cubo se encuentran en un estado plástico. Pero el cubo elemental tiene tendencia a contraerse en la dirección de la compresión, y como que el conjunto de los granos ocupa un volumen sensiblemente constante, suponiendo, evidentemente, que la tierra haya sido apisonada bien, con el mínimo de cavidades, tiene una tendencia a dilatarse según las dos direcciones principales perpendiculares a $-N_1-$.
- 10.
- 15.

Si el volumen ocupado por los granos permanece constante, si tiene la siguiente relación entre el encogimiento del cubo $\frac{\Delta l_1}{l_1} = a_1$ según la dirección de la compresión y las dilataciones según las dos direcciones perpendiculares:

25.
$$\frac{\Delta l_2}{l_1} = a_2 \quad \text{y} \quad \frac{\Delta l_3}{l_1} = a_3$$

$a_2 = a_3 = \sigma a_1$ (que es una relación clásica en medio plástico).

- 30. Pero a estas dilataciones corresponden alargamientos de las armaduras, los cuales tienen por consecuen-



29836624

cia el nacimiento de esfuerzos de compresión ejercidos sobre las caras del cubo por las placas de granos exteriores al mismo, perpendicularmente a las direcciones de las dilataciones a_2 y a_3 .

- 5. Este deslizamiento de los granos del cubo se interrumpe cuando estos esfuerzos de compresión llegan a ser iguales a $i N_1$, de tal manera que el círculo de Mohr vuelve a ser tangente a la curva intrínseca.

- 10. Si S_0 es la sección de la armadura por unidad de superficie y E su módulo de elasticidad, el alargamiento $a_2 = a_3$ de las armaduras es igual a $\frac{i N_1}{E S_0}$.

Se tiene, pues:

$$a_1 = \frac{a_2}{\sigma} = \frac{a_3}{\sigma} = \frac{i N_1}{\sigma E S_0} \quad (3)$$

- 15. Todo sucede como si se tratase de un cuerpo elástico de módulo de elasticidad: $\frac{\sigma E S_0}{i}$.

El esfuerzo de tracción en las armaduras tiene por valor $\frac{i N_1}{S_0}$.

b - Tracción simple.

- 20. En tracción simple, la tracción dentro de la tierra armada es asegurada únicamente por las armaduras; la tierra armada es elástica como si existiese la armadura sola, siendo el módulo de elasticidad $E S_0$.

c - Flexión.

- 25. Así la tierra armada se comporta como un cuerpo elástico, tanto en tracción como en compresión, tanto si no existe deslizamiento entre granos y armaduras, pero su elasticidad no es la misma en los dos casos y varía con la densidad de armadura. Además, si la tierra armada es un material elástico, este material presenta como
- 30.



8366

ventaja el poder sufrir deformaciones plásticas de gran amplitud antes de la rotura.

5. Como que el hormigón armado tiene una elasticidad de un carácter muy vecino, es lógico admitir para la tierra armada, como es corriente hacerlo para el hormigón armado, que las deformaciones de una viga se efectúan en flexión de tal manera que las secciones planas normales al eje de la viga se mantienen planas después de la flexión. El cálculo de una viga o de una columna de tierra armada es, en estas condiciones, muy parecido al cálculo correspondiente para el hormigón armado; es suficiente escribir las tres ecuaciones expresando respectivamente:

10. - que el conjunto de los esfuerzos equilibra el momento flector y el esfuerzo normal;
15. - que en cada punto el módulo de elasticidad de la tierra armada bajo compresión tiene por valor $\frac{E S_0}{21}$;
- que bajo tracción el módulo de elasticidad de las armaduras es E.

20. Estas ecuaciones han sido establecidas admitiendo que las secciones normales del eje de la viga se mantienen planas en el transcurso de las deformaciones.

25. Es de notar que se puede aplicar las fórmulas clásicas del hormigón armado, tomando como equivalente de la relación m entre el módulo de elasticidad del acero y el del hormigón, el valor $\frac{21}{S_0}$.

30. En lo que se refiere a los elementos de cáscara, no se ha juzgado útil entrar en el detalle de los cálculos que permiten determinar los esfuerzos que los solicitan; tales cálculos no presentan dificultades particulares, tal como ya se ha indicado.



298366

d - Cálculo de un volumen de cualquier forma.

Se puede utilizar dos métodos de cálculo; uno de ellos más matemático, que se deriva de la teoría de la elasticidad y que no será descrito; el otro más físico, inspirado en ciertos cálculos de mecánica de los suelos y, en particular, en los cálculos de diques de tierra.

5.

Se corta el volumen de tierra armada (fig. 31) por una superficie Σ que lo divide en dos partes A y B. Para que la parte A no se deslice con respecto de la parte B, a lo largo de la superficie Σ , bajo el efecto de las fuerzas que solicitan A, es necesario, generalmente, disponer armaduras que unan A y B. Estas armaduras, cuando son necesarias, deben estar dispuestas de tal manera que no exista deslizamiento sobre ninguna superficie elemental dS de la superficie general Σ .

10.

15.

Si se supone que sobre una superficie elemental dS (fig. 32), la resultante de los esfuerzos de A sobre B sea $-R_1$ y que haga con la normal a dS un ángulo superior a φ , ángulo de rozamiento interno del terreno, es posible disponer una armadura que conecta la parte A a la parte B con una fuerza de tracción F tal que la resultante $-R_2$ de $-R_1$ y F haga con la normal a dS un ángulo inferior a φ . Como que esta disposición puede ser asegurada para todas las superficies elementales dS de la superficie Σ , resulta que las armaduras pueden impedir el deslizamiento de A sobre B, y el valor de las armaduras necesarias en cada punto es fácilmente calculable.

20.

25.

Si esta condición de equilibrio puede ser asegurada sea la que sea la superficie Σ , con la cual se corta el volumen de tierra armada, se puede afirmar que

30.

298366

24



éste se encuentra en equilibrio.

En la práctica las superficies Σ pueden ser reemplazadas por planos, y los esfuerzos de la tierra sobre estos planos son conocidos con una aproximación suficiente suponiendo una repartición lineal de las acciones de contacto a lo largo de estos planos.

5.

Esta repartición lineal es rigurosamente exacta si se supone, como en resistencia de materiales, que el plano considerado se mantiene como un plano después de la deformación, y si la sección de las armaduras se mantiene constante a lo largo de este plano.

10.

IV - PUESTA EN OBRA DE LA TIERRA ARMADA.

Para ejecutar una obra del tipo del de la figura 4, se coloca sobre una banda -32-, groseramente nivelada, del suelo de fundación, una primera hilera de elementos de cáscara -7-, con nervaduras -13- y los cubrejuntas correspondientes -11-, después se coloca en posición el primer lecho de armaduras -2-. Cuando los elementos de cáscara están convenientemente anclados en el suelo, se coloca en posición la tierra hasta el nivel del plano de anclaje superior, siendo esta tierra extraída normalmente del terreno que constituye el suelo de fundación. Esta puesta en posición se efectúa normalmente por medio de un bulldozer, (pala empujadora), cargadora e explanadora u otros ingenios análogos. La pala I del bulldozer hace entrar la tierra dentro del elemento de cáscara y la comprime más o menos fuertemente, según las necesidades. Esta operación es ejecutada sin daño para el elemento de cáscara, gracias a las nervaduras de rigidez -13-.

15.

20.

25.

30.

Para las hileras superiores de los elementos de

298366



cáscara, se utiliza perfiles -71- que comprenden, no solamente nervaduras -13-, sino también ganchos de ligazón -14- (fig. 33 y 34).

5. Emplazada y rellena de tierra la primera hilera, las operaciones de puesta en posición de la segunda hilera son las siguientes:

- limpieza de la tierra restante sobre los planos de anclaje superiores -7c- de la primera hilera;

10. - colocación yuxtapuesta de los perfiles -71- de la segunda hilera, disponiendo la longitud de junta -j- necesaria para la deformación longitudinal y disponiendo las nervaduras -13- de las dos hileras las unas encima de las otras;

- colocación de las cubrejuntas;

15. - puesta en posición de las armaduras;

- puesta en obra de la tierra, que es efectuada como anteriormente.

20. Cuando el bulldozer empuja la tierra al interior del elemento de cáscara, este último debe estar anclado a los elementos de cáscara subyacentes, a fin de evitar todo deslizamiento y todo vuelco. Este anclaje es realizado por medio de los ganchos -14-, que son acoplados sobre el canto del plano de anclaje subyacente -7c-, en la región de los dos nervios de refuerzo -13- (fig. 34).

25. Los ganchos -14- pueden ser substituídos eventualmente por pernos u otros medios de fijación.

30. El bulldozer utilizado para la puesta en posición de la tierra asegura, al mismo tiempo, una compactación de esta última. En casos excepcionales la compactación puede ser asegurada por medio de agujas vibrantes o,



298366

mejor, pisonos análogos a los utilizados en fundición.

Se puede ensamblar anticipadamente cierto número de elementos unitarios de cáscara y cierto número de armaduras antes de la puesta en posición de la tierra.

5. Los mismos pueden ser ensamblados en su posición definitiva o cierta distancia de ella. En los dos casos, pero más especialmente en el caso del transporte, puede ser necesario consolidar el conjunto mediante bulones, cables, tirantes que no juegan un papel útil más que durante el transporte y la puesta en posición de la tierra. La ligazón entre dos conjuntos prefabricados se realiza por medio de los cubrejuntas de los elementos de cáscara.

10. La tierra es puesta en posición, ya sea hidráulicamente, por medio de aspiradoras, que son ingenios de terraplenado muy económicos, ya sea por simple vertido mediante camiones, palas excavadoras, dragas, etc.

15. Si el relleno se efectúa con arena, esta última también puede ser transportada por medio de tubos recorridos por aire que circula a gran velocidad. En ciertos casos se puede disponer en el interior de los elementos de cáscara, cubiertas tubulares de material económico (por ejemplo fundas de chapa) y rellenar estas cubiertas con aire, agua o cualquier otro medio, asegurando estas cubiertas llenas la retención de los elementos de cáscara durante los trabajos.

20. El interés de los conjuntos prefabricados es particularmente grande para las obras que deban ser ejecutadas bajo el agua; los conjuntos prefabricados son colocados unos al lado de los otros y, en caso dado, los unos encima de los otros; el único trabajo a realizar en
- 25.
- 30.



298366

24

la obra es la colocación de los cubrejuntas, que puede ser llevada a cabo ya sea muy rápidamente en seco, en el caso de una obra marítima descubierta a marea baja, ya sea bajo el agua, con puesta en posición por buzos autónomos del tipo de los hombres-rana.

5.

V - EJEMPLOS DE OBRAS DE TIERRA ARMADA.

1 - Muro triangular, ancho en la cresta, estrecho en la base.

10.

El muro -Z₆- de la figura 35, en forma de triángulo rectangular de vértice vuelto hacia abajo, está particularmente bien adaptado a los terrenos que se encuentra en la naturaleza antes de todo principio de trabajos, en los que el talud forma un ángulo φ , inferior o igual al ángulo de talud natural. Se supondrá que la pendiente del talud -30- corresponde a un ángulo φ de 30°.

15.

El muro representado comprende un paramento vertical -6- delimitado por elementos de cáscara, de acuerdo, por ejemplo, a los perfiles -7-, -71- o -73-, y comprende armaduras horizontales -2-.

20.

Se examinará, aquí, sólo el caso de muro de retención, y no el del muro de muelle, que se deduce de aquél fácilmente, haciendo variar el valor de la densidad de las tierras si los cubrejuntas son permeables, lo que tiene por consecuencia disminuir en proporciones considerables la importancia de las armaduras.

25.

Cálculo de las armaduras.

El cálculo es supuesto relacionado a una longitud de muro igual a la unidad.

30.

Para calcular las armaduras, se corta el sólido por planos que forman el ángulo α con la horizontal



298366

(fig. 36) en aplicación del método de las superficies de deslizamiento, y se busca las armaduras que es necesario prever para que sobre cada uno de estos planos el equilibrio de la porción (1) del volumen de tierra armada sea asegurado; esta condición se traduce por:

5.

$$\frac{\text{componente tangencial}}{\text{componente normal}} \leq \text{tg } \varphi$$

Las fuerzas que actúan sobre el volumen (1), a excepción de las fuerzas de ligazón por las armaduras, son:

10.

- por una parte, su peso propio P, bien definido;
- por otra parte las acciones de contacto de los granos de tierra del volumen (1) sobre los del volumen (2).

15.

Se admitirá que estas acciones de contacto pueden ser representadas por un triángulo y que, por tanto, su resultante pasa por el punto A situado en el tercio inferior del plano de sección. Como que el peso P pasa igualmente por este punto A resulta que lo es, asimismo, de la resultante F de las fuerzas de tracción en las armaduras, y se supondrá que la repartición de estas fuerzas de tracción a lo largo del plano también es sensiblemente triangular. Para que el volumen (1) se encuentre en equilibrio, es necesario que la resultante de P y F forme con la normal un ángulo a lo sumo igual a:

20.

25.

$$\frac{F}{P} = \text{tg } (\alpha - \varphi)$$

Reemplazando P por su valor:

$$P = \frac{\omega h^2}{2 \text{tg } \alpha}$$

en la que ω es la densidad de la tierra, y haciendo:

30.

$$C = \frac{\text{tg } (\alpha - \varphi)}{\text{tg } \alpha} \quad (4)$$

298366



se obtiene:

$$F = C \frac{\omega h^2}{2}$$

de donde el máximo F_{\max} es obtenido para :

5.

$$\alpha = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} = 60^\circ$$

$$F_{\max} = i \frac{\omega h^2}{2}$$

en la que i es el coeficiente de empuje.

10.

El valor de la tracción en una armadura, situada en un punto M , a una profundidad h_1 dentro del volumen de tierra armada es:

$$F_1 = C \omega h_1 S$$

15.

en la que S es la superficie de la sección recta del cilindro o prisma de tierra sobre el cual tiene una acción la armadura considerada, y en la que C es dada por (4).

Para $\alpha \geq \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}$, es decir, en el interior de un prisma comprendido entre el paramento vertical y un plano que forme un ángulo de 60° , la tensión es constante a lo largo de la armadura horizontal que pasa por M_1 .

20.

Entre el plano que forma el ángulo de 60° con la horizontal y el que hace el ángulo de 30° , la tracción de las armaduras varía como C , es decir, de hecho, en forma casi lineal.

25.

Si la altura de las secciones elementales coincide con la altura de un elemento de cáscara, supuesto igual a 0,5 metro, se tiene:

$$S = \frac{0,50}{K}$$

30.

donde K es la densidad lineal de armaduras, y la fórmula

298366

24



se convierte en:

$$F_1 = C \omega \frac{0,5}{K} h_1$$

La marcha de estos resultados ha sido confirmada aproximadamente por numerosos ensayos sobre maqueta.

Adherencia tierra - armadura.

- 5. La adherencia tierra - armadura es asegurada con el coeficiente de seguridad s dado por la fórmula (1):

$$\frac{dF}{dl} = \frac{2 K N f}{s}$$

- 10. en la que $\frac{dF}{dl}$ es la pendiente de la curva que representa el valor de F a lo largo de una armadura. A lo largo de la armadura situada a la profundidad h_1 , el valor máximo de esta pendiente es, para $h = 25$ metros:

$$\frac{0,33 \omega 0,5 h_1}{K \times 0,5 (25-h_1) \times 1,7} = \frac{0,19 h_1 \omega}{K (25-h_1)}$$

- 15. El coeficiente de seguridad s es igual a:

$$\frac{2 K^2 N f (25 - h_1)}{0,19 h_1 \omega}$$

Como que es sensiblemente igual a ωh_1 , se tiene:

- 20. $s = 10,5 K^2 f (25 - h_1).$

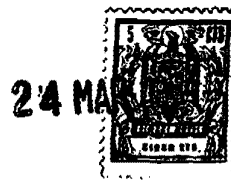
Se aprecia, así, que el coeficiente de seguridad no resulta inferior a 2 mas que en el vértice extremo inferior de la obra. A 0,90 m de altura de la extremidad de este vértice (o sea para una longitud de armaduras de aproximadamente 1,50 m), el coeficiente de seguridad es del

- 25. orden de:

$$s = 10,5 K^2 \times 0,25 \times 0,90 = 2,4 K^2$$

o sea, por ejemplo, para $K = 1$, $s = 2,4$.

- 30. Ello demuestra que si, teóricamente, se ha dado al muro la forma de un triángulo ideal, en la práctica será



298366

necesario prever la forma de la figura 37, debiendo ser la longitud AB suficiente para que la adherencia tierra - armada sea asegurada en la parte inferior, lo que es fácil de satisfacer con una longitud AB del orden de 1,5 m.

5. 2 - Presa - bóveda.

Una presa-bóveda de tierra armada puede ser realizada sobre terrenos que no permiten la fundación de una presa-bóveda de hormigón; una presa de tierra armada se adapta fácilmente a malas fundaciones y puede presentar grandes deformaciones, mientras que una presa de hormigón soporta difícilmente deformaciones de algunos centímetros en sus apoyos.

10. Por otra parte, los diques-bóveda de tierra armada presentan un grandísimo interés ya que son económicos, de ejecución muy rápida sin instalaciones; pueden ser realizados bajo el agua, pueden ser vertederos y son demolidos muy fácilmente con recuperación de los elementos correspondientes a la mayor parte del precio de la obra.

15. En la figura 38 se ha representado esquemáticamente una presa-bóveda -Z₇-, construida en un emplazamiento cuyas curvas de nivel -37- forman dos salientes -38- que constituyen apoyos para la obra. Los paramentos curso arriba y curso abajo presentan una cierta escarpa y están provistos de elementos de cáscara horizontales -7-. Unas armaduras horizontales, no representadas, conectan los dos paramentos.

20. Para calcular la presa-bóveda -Z₇- (Fig. 39), se considerará los esfuerzos en un punto de un arco situado a una profundidad h, de espesor e y de radio de extrados

25. 30.



298366

24

R. El esfuerzo medio N_2 perpendicular a una sección recta vertical vale:

$$N_2 = \frac{h R}{e}$$

5. Si no se ha previsto armaduras verticales, la carga vertical N_1 sobre un plano horizontal es debida al peso de tierra y vale:

$$N_1 = \omega h$$

Se designará por N_3 la carga perpendicular a los paramentos.

10. Estas tres cargas son esfuerzos principales. N_1 es función del peso de la tierra, N_2 se desarrolla bajo el efecto de la presión del agua. Pero para que la tierra se encuentre en equilibrio, es necesario que N_1 y N_2 se encuentren en el interior del círculo de Mohr (fig. 40). Es necesario, pues, que se tenga:

$$15. \quad N_1 > i N_2$$

en la que $\omega h > i \frac{hR}{e}$, o sea $e > \frac{iR}{\omega}$

correspondiendo, evidentemente, la presa económica a:

$$e = \frac{iR}{\omega}$$

20. En estas condiciones N_1 y N_3 se confunden (fig. 41) y las armaduras horizontales que reúnen los dos paramentos tienen por tensión:

$$N_1 = \omega h T/m^2.$$

25. Si los elementos de cáscara son perfiles dispuestos horizontalmente, lo que es más cómodo para la ejecución de la obra, el fondo de su sección resulta circular cuando la presa se encuentra totalmente llena.

30. El solicitante ha podido verificar con una gran precisión, sobre una maqueta de papel y arena, correspondiente a un tramo de presa-bóveda sobre la que se ejercía

298366



una presión normal N_2 , que se tenía bien $N_1 = N_3 = iN_2$.

El precio de construcción de una presa-bóveda de tierra armada es del mismo orden de magnitud que el de una obra clásica de hormigón, pero esta igualdad aparente no tiene en cuenta las ventajas propias de la tierra armada, que han sido expuestas precedentemente.

5.

Se sobreentiende que es posible realizar en tierra armada presas de bóvedas múltiples, que presentan, en relación con las obras clásicas de hormigón la ventaja de adaptarse mucho mejor a terrenos de fundación de calidad mediocre.

10.

3 - Presa de gravedad o dique de sección triangular.

El perfil de una presa de gravedad clásica de hormigón tiene un paramento curso arriba sensiblemente vertical y un paramento curso abajo de pendiente próxima a 0,75.

15.

Si se conserva un paramento curso abajo vertical para la presa de gravedad de tierra armada, la pendiente curso abajo debe ser tal que se satisfaga la condición de Maurice Lévy sobre el paramento de curso arriba, a fin de asegurar la estanquidad de este paramento.

20.

La presa de tierra armada -Z₈- (fig. 42), que está constituida por elementos relativamente grandes (guijarros por ejemplo) y cuyo paramento curso abajo -39- es permeable, presenta la gran ventaja sobre la obra similar de hormigón de no estar sometida a subpresiones porque la obra es enteramente permeable. Ahora bien, las subpresiones, siempre mal conocidas en las presas de gravedad de hormigón, son la causa de la mayoría de las catástrofes de este tipo de obras.

25.

30.



298366²⁴

La pendiente relativamente pequeña del paramento aguas abajo -39- se presta mal a la puesta en posición de la tierra en el interior de los elementos de cáscara.

5. Es por este motivo que es preferible adoptar el perfil de la figura 43, cuyo perfil total es, muy ligeramente, mayor, pero que tiene un paramento curso arriba -41- de pendiente 0,4 y un paramento curso abajo -42- de pendiente 0,9.

10. Teniendo en cuenta la oblicuidad de la resultante de empuje Q, los planos de anclaje del paramento aguas arriba de la presa -Z₉- y las armaduras -2- forman con la horizontal un ángulo de 22°, y los del paramento curso abajo un ángulo de 42°; estos dos ángulos son compatibles con la puesta en posición de los granos de tierra previstos y que comprenden una cáscara de elementos finos.

15. Como que la mayor parte del coste de la obra está representada por el precio de la cáscara, existe un gran interés en hacer bajar el coste de la obra suprimiendo la cáscara del paramento aguas abajo, tal como en la obra -Z₁₀- de la figura 44. En esta presa las armaduras -2- se extienden a la parte superior entre la cáscara curso arriba -43- y el paramento aguas abajo -44-, y en la parte inferior entre esta cáscara y el plano -46- que, partiendo del pie de la obra, forma un ángulo de 50° con la horizontal.

25. 4 - Arco, bóveda y túnel.

30. Entre los arcos realizables en tierra armada se puede citar los puentes de arco clásicos, los viaductos, los subterráneos y túneles en terrenos blandos, y en general todos los pasos inferiores a reservar en los taludes

298366



de autorrutas.

5. Las bóvedas son realizables de manera muy fácil en tierra armada, y a menudo es posible ejecutarlas como en el caso de la pequeña bóveda -Z₁₁- de la figura 45, no utilizando más que elementos de cáscara cuyos planos de anclaje juegan el papel de armaduras. En estas condiciones es suficiente disponer todos los elementos de cáscara en arco de círculo sobre dos cintas circulares, y luego rellenar el conjunto con la tierra.

10. El volumen de la tierra armada es limitado por el intradós visible y por el cilindro que tiene por directriz la línea -47- que une los extremos de los planos de anclaje. El arco correspondiente a este volumen ha de estar en equilibrio bajo el efecto de las acciones exteriores. Su cálculo es clásico. Es suficiente verificar que este arco considerado como un conjunto de dovelas independientes, se encuentra en equilibrio. Por otra parte, entre la carga principal en la tierra, paralela al intradós, N₁ y la perpendicular N₂, se ha de tener N₂ < iN₁.

20. En el ejemplo de un arco de 3 metros de diámetro, sometido a una presión constante de 10 metros de tierra y para el cual los planos de anclaje tienen una anchura de aproximadamente 0,50 m. la carga N₂ vale 1,8 x 10 = 18 T/m², el esfuerzo N₁ vale:

25.
$$\frac{N_2 R}{e} = \frac{N_2 \times 1,5}{0,50} = 3 N_2$$

y se tiene que N₂ ≤ 0,33 N₁.

5 - Fundaciones.

30. Es posible realizar toda clase de obras de fundación de tierra armada, desde las simples losas de funda-



298366

ción (para rutas o pistas de aviación), hasta zampeados, soletas o pozos.

5. Es necesario darse buena cuenta, antes que nada, que una tierra poco arcillosa, bien compactada, prácticamente no se puede asentar más en lo sucesivo. Por consiguiente, si un volumen de terreno de fundación convenientemente compactado, es armado suficientemente para resistir los esfuerzos que lo solicitan, su comportamiento será poco distinto del de una obra similar de hormigón armado.

10. Las obras de fundación pueden ser particularmente económicas puesto que en la mayoría de los casos no se necesitan elementos de cáscara como en el ejemplo de la fundación de pilastra -Z₂- de la figura 3, donde todo sucede como si se tratase de una verdadera soleta rígida, limitada por la línea de trazos -3-.

15. 6 - Pilotes o columnas.

20. Aquí no se examinará mas que el caso de un pilote sometido a un esfuerzo normal sin flexión, siendo el caso de la flexión tratado en el ejemplo siguiente, consagrado a la viga.

El pilote -Z₁₂- de la figura 46 tiene una forma cilíndrica, obtenida por el apilamiento de elementos de cáscara -77- en forma de toro cuya sección recta es de acuerdo con la de los perfiles -7- y -73-.

25. En estas condiciones no hay cuadrícula de armaduras horizontales y los elementos tóricos -77- juegan el papel de elementos de cáscara y de armaduras.

7 - Viga recta.

30. La viga -Z₁₃- representada parcial y esquemáticamente en la figura 47, está delimitada por una cáscara



29836624 MAR 1964

constituída por elementos -78- de sección en U, en forma de cuadros rectangulares y yuxtapuestos. Comprende armaduras -2a-, -2b-, -2c- dispuestas según tres direcciones perpendiculares dos a dos.

5. El cálculo de una tal viga, que presenta secciones sometidas a momentos flectores importantes, se parece al del hormigón armado.

10. Se puede admitir que el esfuerzo de compresión dentro de los granos, paralelamente al eje de la viga es constante e igual a N ; la fuerza total de tracción en las armaduras horizontales -2a- o de compresión en los granos es Nhb (siendo b la anchura de la viga y h su altura) y el momento flector:

$$M = N \frac{h^2 b}{2}$$

15. La tracción en la armadura longitudinal es, pues:

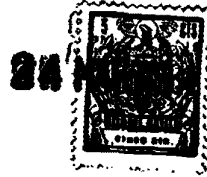
$$F = N h b = \frac{2N}{h}$$

Para que los granos queden en equilibrio es necesario que las armaduras transversales -2b-, -2c- puedan soportar una presión de tierra igual a iN .

20. La viga -Z₁₄- de la figura 48 tiene una sección circular, estando su cáscara constituída por un cilindro continuo -79- que juega el papel de armaduras conjuntamente con las armaduras longitudinales -2a-. En estas condiciones, para una sección circular de radio R , si n es la carga admisible del material de la armadura -2a- y de la cáscara -79-, la sección de los aceros longitudinales es igual a $\frac{M}{n R}$, el espesor de la cáscara es:

$$e = \frac{i N R}{n}, \text{ con } N = \frac{M}{\pi R^3}$$

30. y por tanto:



$$e = \frac{i M}{n \pi R^2}$$

298366

y la sección de la cáscara tiene, pues, por valor:

$$2 \pi r e = \frac{2 \cdot i M}{n R}$$

5. Si se considera una viga de tierra armada de sección circular, de acero dulce, de 10 metros de luz y 2 metros de diámetro, destinada a soportar una carga de 100 toneladas, uniformemente repartida, su precio sería aproximadamente la mitad del de una viga constituida por dos viguetas en H de características equivalentes.

10.

Puede, pues, ser interesante ejecutar vigas de tierra armada, destinadas a soportar cargas muy pesadas, utilizando simples tubos o cilindros rellenos con la tierra que se encuentra en el lugar. Estos tubos o cilindros podrían ser realizados con material plástico ligero, en particular para instalaciones de obras o trabajos de carácter utilitario.

15.

Se ha ejecutado numerosas maquetas de vigas y se ha podido constatar que una viga de tierra armada, realizada con arena y papel era perfectamente elástica y podría soportar sobrecargas considerables.

20.

Una de estas vigas, -2₁₅-, (fig. 49, 50) tenía como cáscara un cilindro -79- de papel de calcar transparente, armado en su parte baja por una armadura longitudinal única -2a-, constituida por 30 capas de cinta adhesiva de 1,9 cm de anchura, estando la capa inferior pegada sobre la cáscara. Estas capas tenían una longitud decreciente hacia arriba, de tal manera que el espesor máximo era conseguido en el centro. El cilindro de cáscara estaba rodeado en hélice por papel adhesivo -79a-, con espiras jun-

25.

30.

2 98366



tas en el centro y muy flojas cerca de los apoyos. La luz libre era de 30 cm y el diámetro de 6 cm.

5. Para una primera carga de 3 Kg en el centro, la viga ha adoptado una flecha de 1 mm y se recupera elásticamente, de manera perfecta, al retirar la carga. Esta elasticidad perfecta ha sido constatada igualmente para una carga en el centro de 20 Kg; para una carga de 40 Kg se ha constatado una ligera flecha permanente. Finalmente, ha sido posible aumentar la carga hasta 90 Kg sin rotura, pero con una flecha permanente de 1 cm. Ningún cambio de forma de la sección ha sido constatado en el centro, lo que parece confirmar la hipótesis de una compresión sensiblemente uniforme de la tierra dentro de una sección.
- 10.

Para la carga de 90 Kg, el momento era de:

15.
$$M = \frac{90 \times 30}{4} = 670 \text{ Kg.cm}$$

La fuerza en el centro de la armadura valía, pues:

$$\frac{670}{3} = 220 \text{ Kg.}$$

20. La fuerza de tracción media de una cinta de 1,9 cm de ancho era de 7 Kg aproximadamente y las treinta capas daban al centro una armadura justamente suficiente.

25. La compresión longitudinal dentro de la tierra era, pues, de:

$$\frac{220}{x \cdot g} = 8 \text{ Kg/cm}^2$$

- y la compresión normal: $8 \times 0,25 = 2 \text{ Kg/cm}^2$ aproximadamente, lo que corresponde a una tracción en la cáscara de: $2 \times 3 = 6 \text{ Kg}$ por centímetro longitudinal. Esta trac-
- 30.

2 98366

24 MAR



ción apreciable justifica la utilización de un papel adhesivo a espiras jutas en el centro de la viga para reformar el papel de calcar.

5. Se sobreentiende que los ejemplos que han sido facilitados no son, en modo alguno, limitativos, y que es posible ejecutar en tierra armada obras, partes de obras, elementos de construcción, etc., que presenten formas diferentes de las descritas. Es por ello que resulta posible ejecutar, de acuerdo con la invención, volúmenes que comprendan proyecciones afustadas o reentrantes.
- 10.

N O T A

Se reivindica como objeto de la presente patente de invención:

15. 1. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas caracterizados por el hecho de disponer esencialmente de elementos granulosos o pulvulentos y armaduras, de tal modo que estos elementos son sostenidos los unos con respecto de los otros, ya sea por zazonamiento directo con las armaduras, ya sea por rozamiento con otros elementos en contacto con dichas armaduras.
20. 2. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizados por el hecho de que se ha previsto un medio para sostener los granos en la superficie o en la vecindad de la superficie libre de la obra.
25. 3. Perfeccionamientos en obras de construcción

2 98366



armadas de acuerdo con la reivindicación 2, bandeadas en una masa de tierra, caracterizados por el hecho de que esta masa contiene los granos a lo largo de la citada superficie libre.

5. 4. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizados por el hecho de que el citado medio está constituido por un revestimiento o "cáscara" independiente.

10. 5. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizados por el hecho de que la cáscara está constituida principalmente por elementos huecos de forma abierta para recibir los granos, y yuxtapuestos de manera que delimiten un perfil externo coincidente con la citada superficie libre.

15. 6. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizados por el hecho de que los elementos tienen una sección en forma de U y se hallan yuxtapuestos por las alas de la U.

20. 7. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizados por el hecho de que los elementos están anclados en el macizo de granos por sus alas.

25. 8. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizados por el hecho de que los elementos tienen un eje rectilíneo.

9. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizados por el hecho de que el eje de los elementos presenta una curvatura comprendida dentro de un plano paralelo a las alas.

30. 10. Perfeccionamientos en obras de construcción

258366

24



armadas, de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizados por el hecho de que los elementos presentan una curvatura comprendida dentro de un plano perpendicular a las alas.

5. 11. Perfeccionamientos en obras de construcción armada, de acuerdo con la reivindicación, 5, caracterizados por el hecho de que el eje de los elementos es de curvatura múltiple.

10. 12. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizados por el hecho de que la distancia entre las alas del elemento es variable.

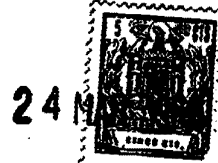
13. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizados por el hecho de que la forma del fondo del elemento es elíptica.

15. 14. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizados por el hecho de que los elementos son provistos de nervios de rigidez.

20. 15. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación, 6, caracterizados por el hecho de que una de las alas del elemento es provista de ganchos, destinados a acoplarse con el ala de un elemento yuxtapuesto.

25. 16. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizados por el hecho de que al menos una de las alas del elemento es solidarizada con una armadura o un lecho de armaduras.

30. 17. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizados por el hecho de que esta solidarización es obtenida por roza-



2 08366

miento de la armadura, con o sin interposición de granos.

5. 18. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizados por el hecho de que esta solidarización es obtenida mediante tornillería, soldadura, roblonado, etc.

19. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizados por el hecho de que las armaduras de la obra están constituidas por las alas de los elementos.

10. 20. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizados por el hecho de que cada elemento comprende varios perfiles unidos por testa.

15. 21. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizados por el hecho de que dos perfiles adyacentes forman un juego en la región del cual se ha dispuesto una cubrejunta insertada en el interior de los extremos correspondientes de los dos perfiles.

20. 22. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizados por el hecho de que los extremos adyacentes de los dos perfiles son provistos, cada uno de ellos, de una membrana, estando las dos membranas dispuestas para ser apretadas la una contra la otra, en forma estanca por el empuje de la tierra.

25. 23. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizados por el hecho de que la cubrejunta está provista de perforaciones.

30. 24. Perfeccionamientos en obras de construcción

298366



5. armadas, provista de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizados por el hecho de que la cáscara formada por elementos planos p, de escasa curvatura, dispuestos a recubrimiento y adaptado, cada uno de ellos, para ser anclados en la masa de granos.

10. 25. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizados por el hecho de que la cáscara es formada por un ligante plástico que envuelve los granos de la obra en la superficie libre y en la vecindad de la citada superficie.

15. 26. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizados por el hecho de que la cáscara constituida por elementos formados por una ligazón flexible provista de bolas, u otras cabezas, y dispuestos de forma justa y/o entrecruzados, a fin de realizar una imbricación de las cabezas de un elemento con los intervalos que separan las cabezas de los elementos adyacentes.

20. 27. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 26, caracterizados por el hecho de que las armaduras son realizadas igualmente en forma de ligazones flexibles provistas de cabezas que son independientes o bien prolongan las ligazones flexibles que forman la cáscara.

25. 28. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizados por el hecho de que la cáscara es forzada por una superficie continua que presenta ondulaciones en una dirección perpendicular a la de los esfuerzos principales.

30. 29. Perfeccionamientos en obras de construcción

2 98366 2



armadas, de acuerdo con la reivindicación 28, caracterizados por el hecho de que las armaduras son ligadas rígidamente, por ejemplo mediante soldadura a la superficie ondulada.

5. 30. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 6, que tiene la forma general de un cilindro vertical, caracterizados por el hecho de que los elementos de cáscara son constituidos por anillos de sección en U y que se hallan apilados por sus alas.

10. 31. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 6, que tiene la forma general de un prisma de eje horizontal o poco inclinado sobre la horizontal, caracterizados por el hecho de que los elementos de cáscara son constituidos por cuadros juntos de sección en U.

15. 32. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 4, que tiene la forma de un cilindro de eje horizontal o poco inclinado sobre la horizontal, caracterizados por el hecho de que la cáscara es constituida por un cilindro continuo.

20. 33. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, de acuerdo con la reivindicación 4, ejecutada en forma de presa de gravedad o dique, caracterizados por el hecho de que el paramento curso abajo está desprovisto de cáscara pero forma con la horizontal un ángulo mayor que el que correspondería al talud de un macizo sin armaduras

25. 34. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, según la reivindicación 1, caracterizados por el hecho de que las armaduras están constituidas por cierto número de discos-travesaño, dispuestos en línea paralelamente

30.

2 98366 24 M



los unos a los otros y provistos de cierto número de muescas que periféricas en las cuales se acoplan, bajo tensión unos hilos, estando los puntos de paso de los hilos de dos discos-travesaño sucesivos, secalados angularmente.

5. 35. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas, según las reivindicaciones 5 a 33, caracterizados por el hecho de que los elementos de cáscara tienen una acción en U que define dos alas que permiten la yuxtaposición de elementos y su anclaje en el macizo de granos.

10. 36. Perfeccionamientos en obras de construcción armadas.

La presente memoria consta de cuarenta y nueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Barcelona, 24 de marzo de 1964

Henri VIDAL

p. a.

Fig. 1

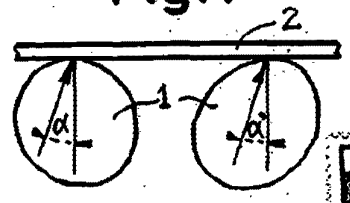


Fig. 2

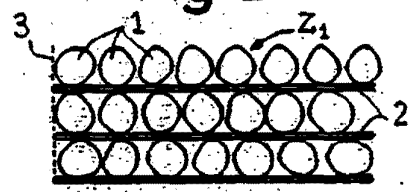


Fig. 3

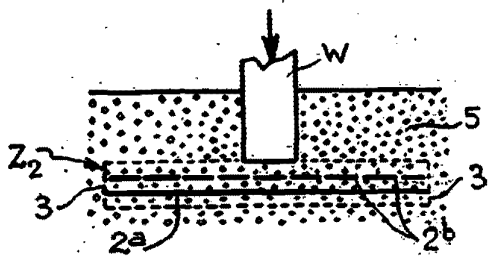


Fig. 4

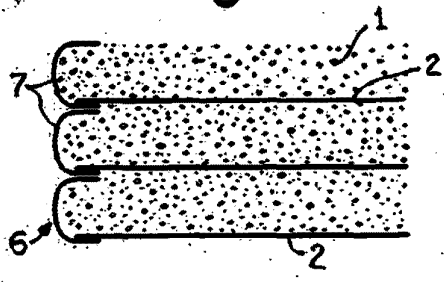


Fig. 5

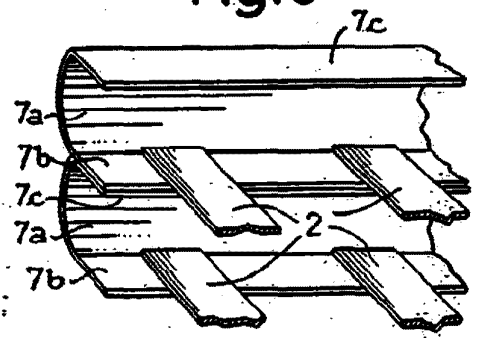


Fig. 6

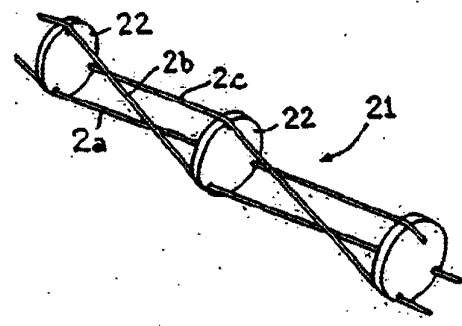


Fig. 7

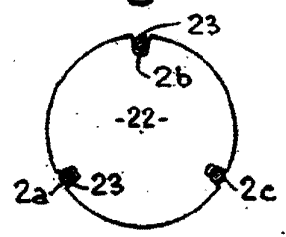


Fig. 9

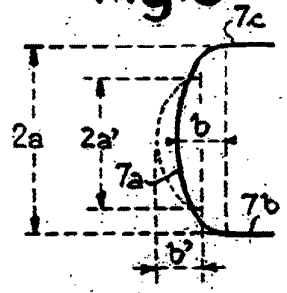


Fig. 10

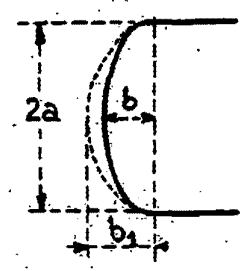
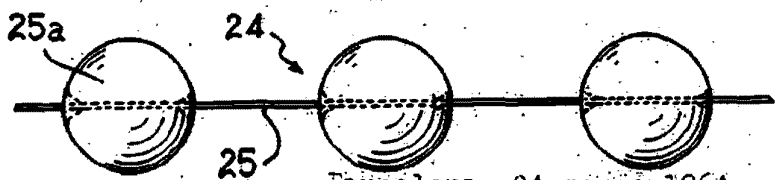


Fig. 8



Barcelona, 24 marzo 1964
 Henri Vidal
 p.e.

2 983 66



Fig.11

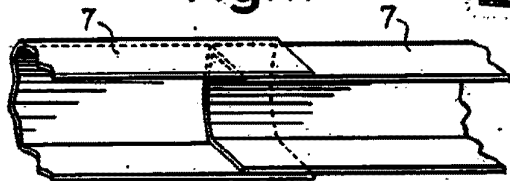


Fig.12

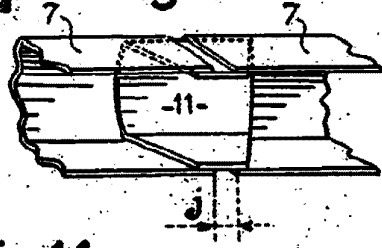


Fig.13

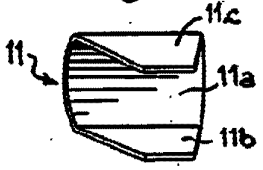


Fig.14

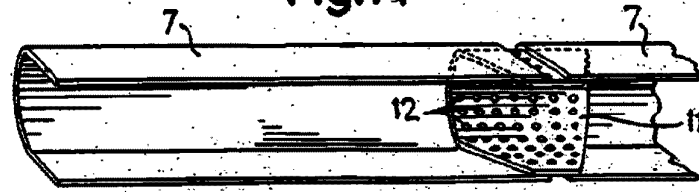


Fig.15

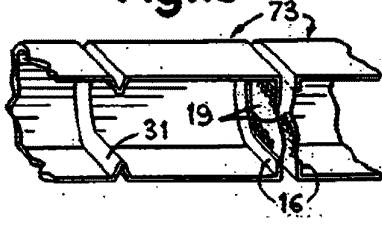


Fig.16

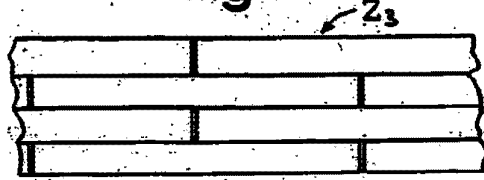


Fig.17

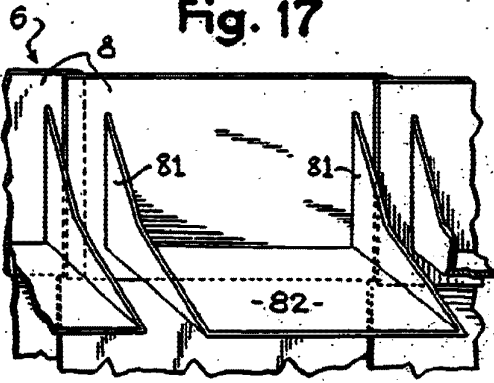


Fig.19

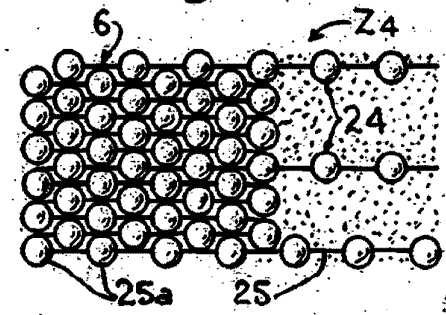


Fig.18

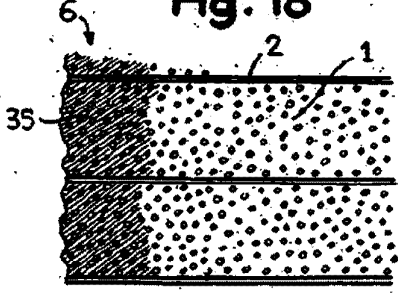
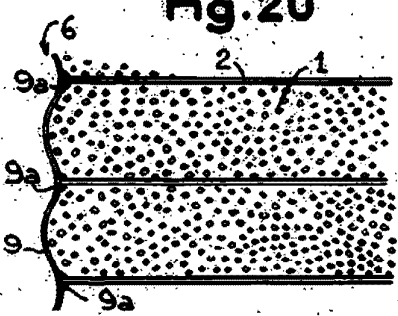


Fig.20



Barcelona, 24 marzo 1964
Henri Vidal
O.A.

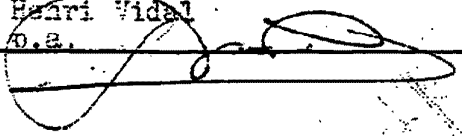


Fig. 21

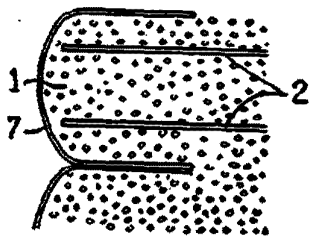


Fig. 22

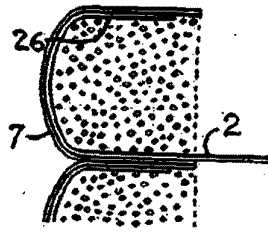


Fig. 23

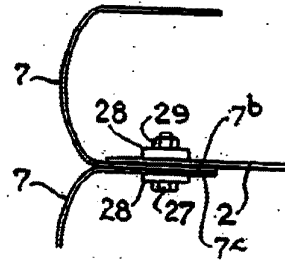


Fig. 24

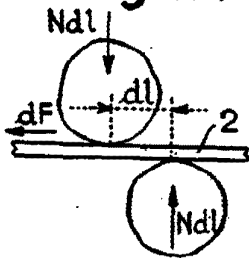


Fig. 25

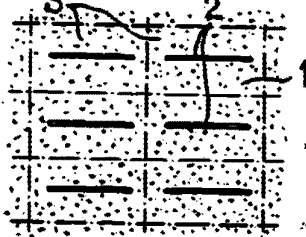


Fig. 26

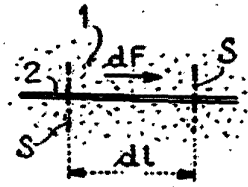


Fig. 27

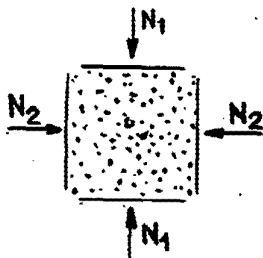


Fig. 28

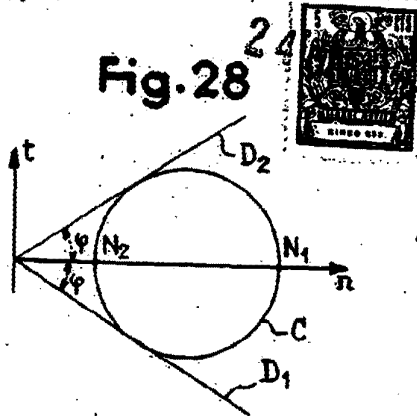


Fig. 29

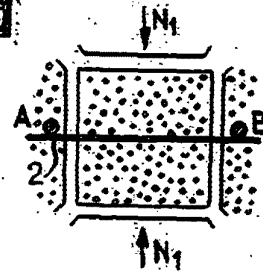


Fig. 30

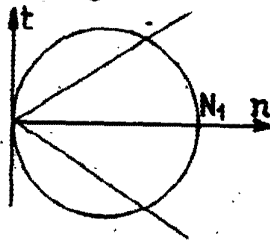


Fig. 31

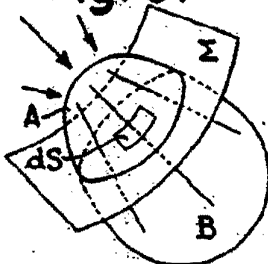


Fig. 32

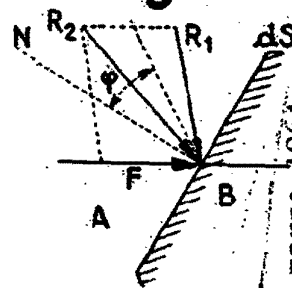
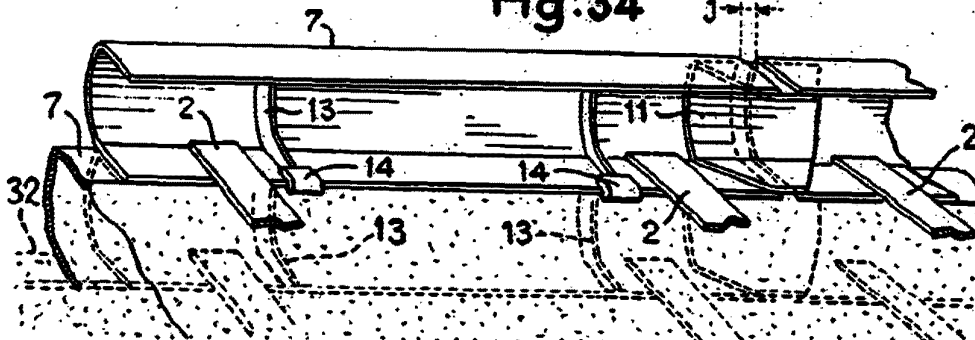
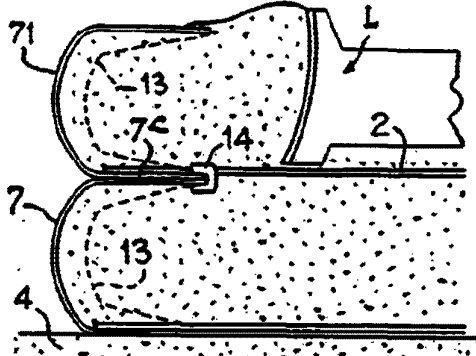


Fig. 34



Barcelona, 24 marzo 1964
Henri Vidal

Fig. 33



2 98366

Fig. 35



Fig. 36

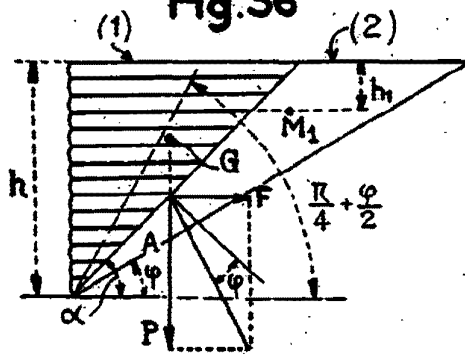


Fig. 37

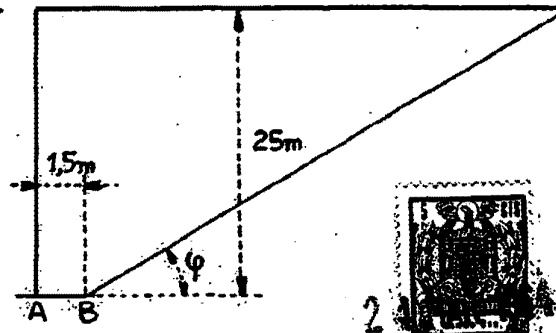


Fig. 38

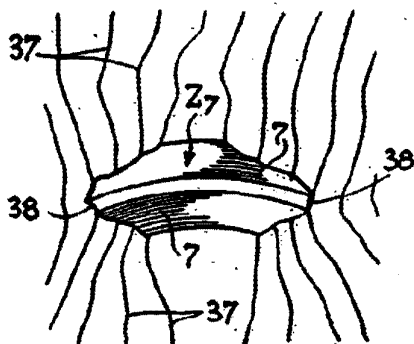


Fig. 39

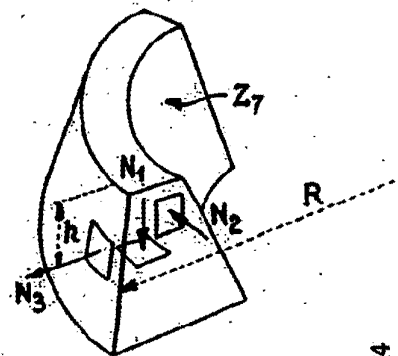


Fig. 40

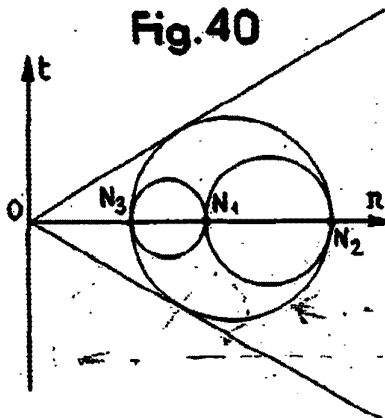
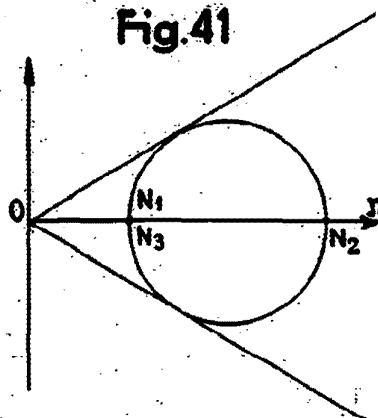


Fig. 41



Barcelona., 24. marzo. 1964

Henri Vidal

P.a.

Fig.42

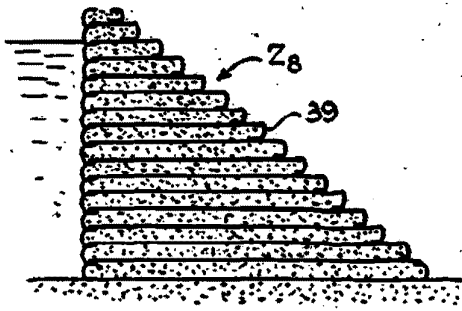
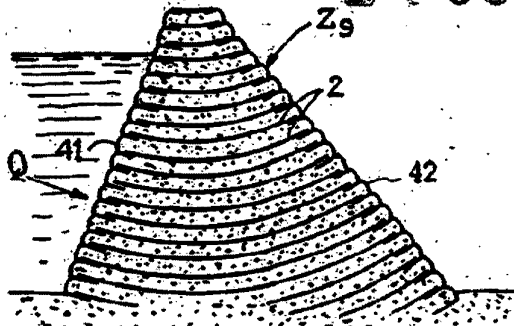


Fig.43

2 98366



1 1964

Fig.44

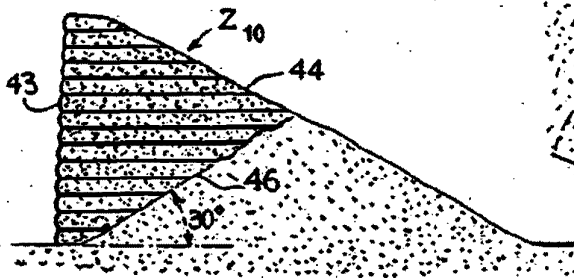


Fig.45

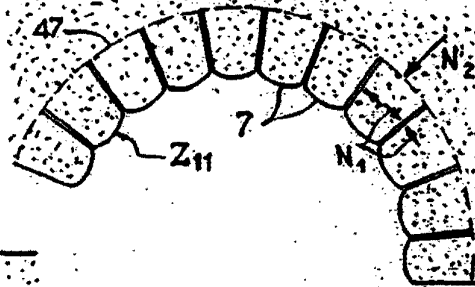


Fig.46

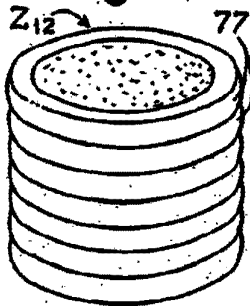


Fig.47

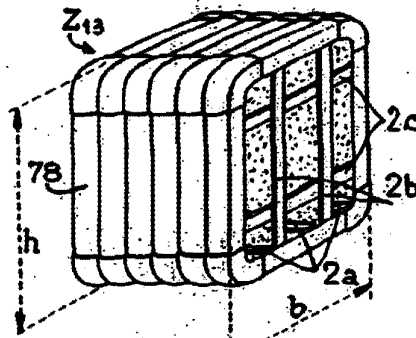


Fig.48

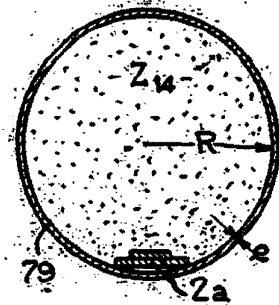
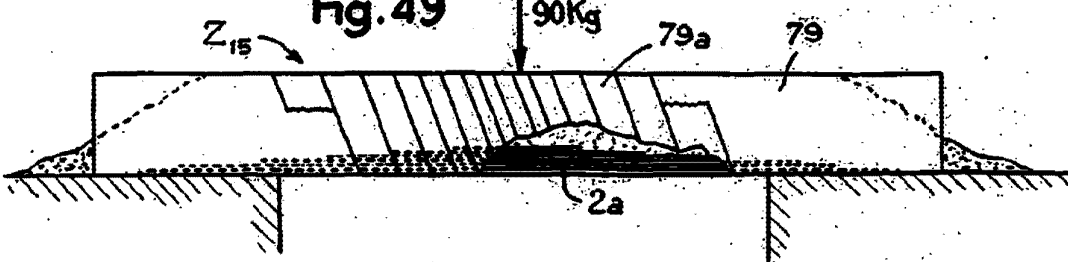


Fig.49



Barcelona, 24 marzo 1964
 Henri Vidal
 p.a.

Fig.50

