

## **PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO DE ESPESOR REDUCIDO**

### **CAMPO DE LA INVENCION**

5           La presente invención se refiere a un pavimento de hormigón armado de espesor reducido.

          La invención es aplicable a obras lineales y superficiales tales como carreteras, autopistas, explanadas de hormigón, etc.

### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

          En los pavimentos de hormigón armado continuo se colocan armaduras en la fibra neutra para unir los elementos resultantes de las fisuras que se producen en el mismo. Cuantías longitudinales de acero, del orden del 0,6% al  
15   0,7% de la sección de hormigón, consiguen una resistencia a tracción del acero mayor que la del hormigón en las secciones perpendiculares al eje de la carretera y no se rompe el acero y sí se fisura el hormigón. Es un gran coste de acero y una dificultad en la ejecución del pavimento.

          La malla metálica empleada en naves en la parte superior del pavimento,  
20   tiene como objeto evitar las juntas de retracción y permitir también un hormigón sin juntas. Requiere emplear igualmente armaduras en toda la extensión del pavimento como manera de controlar la retracción del hormigón y las fisuras originadas por las cargas.

          Entre los inconvenientes de los pavimentos de hormigón armado  
25   conocidos destaca su alto coste.

          La presente invención está dirigida a la solución de ese inconveniente.

### **SUMARIO DE LA INVENCION**

30           La invención proporciona un pavimento formado por un conjunto de losas de hormigón (de una superficie comprendida, preferentemente, entre 2x2 m<sup>2</sup> y 25\*25 m<sup>2</sup>) de un espesor H (comprendido preferentemente entre 6-80 cm) en el

que cada una de dichas losas comprende una pluralidad de hendiduras superficiales (preferentemente paralelas a los bordes de las losas) de una altura H3 delimitando sub-losas (de una superficie comprendida preferentemente entre 0,4x0,4 m<sup>2</sup> y 5\*5 m<sup>2</sup>) y, como armadura un conjunto de barras de atado de las sub-losas contiguas a ambos lados de dichas hendiduras superficiales.

Preferiblemente, la suma de H2 y H3 debe ser menor de H/2.

En una realización las barras de atado son perpendiculares a las hendiduras superficiales. Por razones constructivas, el conjunto de barras de atado entre dos sub-losas incluye barras secundarias de unión de manera que tiene forma de malla.

En otra realización, las barras de atado tienen una forma apropiada para quedar situadas alternativamente a un lado y otro de las hendiduras superficiales y dispuestas bajo ellas a una distancia H2. La longitud de esas barras de atado puede estar comprendida entre 1,5 y 5 veces la longitud de las hendiduras superficiales.

Preferiblemente las barras de atado son barras corrugadas de acero inoxidable con un diámetro comprendido entre 2-10 mm.

Así pues, en su parte superior, las secciones transversales del pavimento están debilitadas por un lado, y reforzadas por otro para anular en ellas los momentos flectores positivos (tracciones abajo y compresiones arriba). De esa manera, con el paso del tiempo, en cada una de las losas iniciales del pavimento se formarán sub-losas más pequeñas trabadas entre sí.

Esa estructuración de pavimento permite reducir de una manera eficiente económicamente las tensiones de tracción de los pavimentos de hormigón para posibilitar una mayor durabilidad, una reducción del espesor de las losas, un aumento de las dimensiones en planta de las losas (con la consiguiente disminución del número de juntas de retracción) y una mayor superficie de suelo para el reparto de presiones verticales.

Se disminuyen los momentos flectores positivos bajo la carga en las losas iniciales por la disminución de tamaño de las sub-losas. Dichos momentos se anulan en las sub-losas no cargadas. La transmisión eficaz de cargas a las losas

colindantes hace colaborar al reparto al suelo a través de las losas cercanas a la losa cargada.

Es decir, en la losa inicial, se transmite el momento flector negativo (tracciones arriba y compresiones abajo), que es un momento flector favorable.

5 El momento flector positivo, que es desfavorable, se hace cero a partir de los bordes de la sub-losa cargada hacia afuera.

Las tracciones en las fibras inferiores son las que rompen el pavimento, por eso, se considera favorable tracciones arriba, porque implica compresiones abajo que restan magnitud a las tracciones existentes bajo la carga en las fibras inferiores.

10

Los momentos flectores negativos son de menor magnitud que los positivos, una vez creadas las sub-losas.

Combinando la presente invención con la posibilidad de conectar entre sí losas con transferencia de cargas, de forma permanente, podemos obtener un pavimento constituido por sub-losas de menor espesor y mayor durabilidad.

15

Otra consecuencia es poder aumentar la superficie de contacto con el terreno de apoyo, permitiendo suelos con menor capacidad de soporte.

Otras consecuencias son poder disminuir las armaduras de las losas armadas o diseñar de forma diferente los pavimentos continuos de hormigón.

20

Algunas secciones de losas quedan debilitadas mediante la ejecución en fresco de hendiduras verticales superficiales o con cortes posteriores del pavimento. En estos mismos sitios se instalan previamente armaduras para coser ambas partes de las secciones. Una losa inicial formará fisuras en dichas secciones debido a los momentos flectores que tienen tracciones abajo y compresiones arriba, porque en dichas secciones el espesor es más pequeño y las armaduras están preferiblemente en la parte de arriba para optimizar la cuantía a utilizar.

25

Se formarán, en el interior de las losas iniciales, sub-losas más pequeñas unidas por las armaduras colocadas. En las que no tienen carga los momentos flectores positivos son cero y los momentos negativos se transmiten debido a las armaduras.

30

El armado puede ser discontinuo porque se sabe dónde se van a producir las fisuras y se pueden coser pues sólo las fisuras, no toda la superficie del pavimento.

5 Las superficies a ambos lados de una fisura rugosa, formadas por los áridos del hormigón en contacto, transmitirán la carga entre sub-losas pequeñas unidas por las armaduras y también el momento flector cuando hay tracciones en la parte superior comportándose como una sección sin fisura, en relación a los momentos negativos.

10 Estos momentos flectores pueden transmitir compresiones a la sección crítica correspondiente (normalmente la que contenga a la carga o cargas actuantes), disminuyendo su tensión de tracción en las fibras inferiores, en el caso de existir contacto entre las fibras inferiores de la sub-losa cargada con las colindantes.

15 Los bordes de las sub-losas son rótulas con giro entre losas en uno de los sentidos. Desaparecen las tracciones en las fibras inferiores de las losas no cargadas.

El pavimento requiere, cada cierta distancia, de un sistema de transmisión que permita a las losas iniciales dilatar y contraer.

20 El diseño de los pavimentos requiere espesores menores para la misma durabilidad por la disminución de tensiones conseguida al unir y debilitar el pavimento superiormente.

25 Para utilizar cuantías pequeñas de acero la longitud de la losa inicial no puede ser indefinida y se requieren juntas. Sin embargo, la anchura de la carretera, que no es una gran anchura (del orden de 10 metros), puede hacerse con una sola losa inicial. Para una explanada debe haber juntas en ambos sentidos.

30 La tensión crítica para el hormigón es la tensión de tracción y la máxima tensión de tracción se produce habitualmente bajo la carga y en la fibra inferior. Cuando los bordes de la losa inicial están apoyados rígida o elásticamente en los bordes de las losas colindantes, siempre la tensión de tracción máxima está bajo la carga, en la fibra inferior y con la carga en el centro de la losa.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de realizaciones ilustrativas de su objeto en relación con las figuras que se acompañan.

## 5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 es una vista en planta de un pavimento formado por dos filas de losas.

10 Las Figuras 2a y 2b son vistas esquemáticas en planta de una de las losas del pavimento según la invención ilustrando dos realizaciones de las barras de atado.

La Figura 3 es una vista esquemática parcial en sección de una losa del pavimento con una hendidura vertical superficial y una barra de atado de las dos sub-losas que se generan a ambos lados de ella.

15 La Figura 4a es un diagrama que muestra esquemáticamente la distribución de tensiones de un momento flector positivo en una sección de una losa de altura  $H$  con tracciones abajo y compresiones arriba, debido a una carga vertical hacia abajo.

20 La Figura 4b es un diagrama que muestra esquemáticamente la distribución de tensiones perpendiculares en una sección de borde de una sub-losa con una barra de atado a una distancia  $H_2$  del fondo de una hendidura vertical superficial de altura  $H_3$  debida a una carga tangente a un lado de dicha hendidura.

25 La Figura 4c es un diagrama que muestra esquemáticamente la distribución de tensiones perpendiculares en una sección de borde de una sub-losa con una barra de atado a una distancia  $H_1$  de la mitad de la losa de altura  $H$ , debidas a un momento flector negativo.

30 Las Figuras 5a y 5b son diagramas que muestran las deformadas en una sección de una losa según la invención con la carga actuando en una hendidura y en el interior de una sub-losa.

La Figura 5c es un diagrama similar al de las Figuras 5a y 5b en una losa convencional, con los bordes apoyados en las losas colindantes, en el que se

pueden observar los puntos de inflexión existentes y la distancia o separación entre los mismos, dando lugar a momentos flectores positivos grandes.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

5

En un pavimento 11 formado por losas 13 conectadas entre sí para transferir las cargas de borde y permitir los movimientos horizontales de dilatación, se puede conseguir optimizar su espesor con la consiguiente reducción de costes y lograr una durabilidad mayor induciendo la subdivisión de  
10 cada una ellas en una pluralidad de sub-losas 21 para obtener menores tensiones de flexo-tracción en su interior mediante unas hendiduras longitudinales 15, 17 de una altura H3 y unas barras de atado 25, 27; 26, 28 dispuestas por debajo de ellas a una distancia H2.

De esa manera se pueden transmitir los esfuerzos cortantes en un  
15 pavimento de forma duradera, con los áridos a ambos lados de una fisura, sin interposición de elemento alguno y sin separación entre dichos áridos.

Esta fisura debe tener una anchura cero para que los áridos de uno de sus lados se apoyen en los áridos del otro lado. Si hay holgura la transferencia no será buena porque el apoyo entre áridos no es horizontal y el sistema no será  
20 duradero.

Se consigue el objetivo de anchura cero de la fisura con dichas barras de atado 25, 27; 26, 28 ya que en el hormigón coincidente con su perímetro, que está adherido a ellas, no hay separación entre los áridos, ya que esas barras de atado 25, 27; 26, 28 no están rotas. Es decir, se consigue la anchura cero de la  
25 fisura entre la parte inferior y la superior de las barras de atado 25, 27; 26, 28.

La parte superior tiene la rugosidad debida a los áridos, ya que la fisura entre el borde inferior de las hendiduras 15, 17 y las barras de atado 25, 27; 26, 28 se produce por tracción de la parte superior de las losas 13. La fisura se frena porque esa tracción es soportada por las barras de atado 25, 27; 26, 28.

30 Entre las barras de atado 25, 27; 26, 28 y la parte inferior de las losas 13 se forman las fisuras causadas por las cargas debidas a los momentos flectores

cuyas tracciones empiezan por la parte inferior. Estas fisuras pueden romper sin contornear los áridos produciendo una rugosidad menor que en las producidas por encima de las barras de atado 25, 27; 26, 28.

5 Considerando que las barras de atado 25, 27; 26, 28 deben “coser” la fisura en puntos que están en una línea horizontal (paralela a la superficie), para que la sección pueda tener giro en relación a dicha línea, los puntos por encima, (entre las barras de atado 25, 27; 26, 28 y la parte inferior de las hendiduras 15, 17) estarán a compresión y los puntos por debajo dejarán de tener contacto y tensiones, como se ven en la Fig. 4b.

10 Por otro lado, los puntos de atado de las barras de atado 25, 27; 26, 28 deben estar próximos, no como habitualmente se hace en carreteras con distancias de 1 metro entre barras de atado, que pueden cumplir con la función de atado asignada de evitar la separación entre losas, pero no con el atado que se requiere de separación teórica cero entre árido en esta invención para evitar  
15 rozamientos dinámicos entre los áridos que perjudicarían la durabilidad. Los puntos de atado separados entre sí a una distancia inferior a la altura del pavimento son una solución indicativa o adecuada, siendo mejor cuanto más próximos estén entre ellos.

Preferiblemente la situación de los puntos de atado debe ser lo más alta  
20 posible porque se quiere transmitir los momentos flectores con tracciones arriba, necesitando la armadura lo más lejos del borde inferior para aguantar mayores momentos flectores negativos. Una posible opción es la colocación de la armadura con su parte superior tangente a la parte inferior de la hendidura.

Hay que transferir la carga a la mayor extensión de suelo posible,  
25 formando en las losas 13 una curvatura convexa a ambos lados de las sub-losas 21 en las que actúa la carga, como se ve en las Figs. 5a y 5b, mediante la transmisión de los momentos flectores negativos.

Para la correcta ejecución de un pavimento 11 según la invención deben dimensionarse las barras de atado 25, 27; 26, 28 en función de la posición de  
30 las hendiduras superficiales 15, 17 y colocarlas a la altura H2 mencionada respecto a ellas.

En cuanto a las hendiduras superficiales 15, 17 pueden realizarse sobre el hormigón en fresco con un rodillo que lleve un disco en su punto medio, junto con una pletina posterior que mantenga inicialmente la hendidura o bien efectuando un corte del pavimento ya endurecido.

5 Además de las hendiduras superficiales 15, 17 puede ser conveniente colocar sobre el suelo un plástico o una goma (no representada en las Figuras) que induzca verticalmente la fisura de abajo hacia arriba. Esa goma puede servir también para impermeabilizar la fisura.

10 Respecto al comportamiento del pavimento según la invención, puede verse siguiendo la Figura 4a que, cuando la carga esté situada en un punto interior de una sub-losa 21 de espesor H, las tracciones se sitúan en la parte inferior.

15 Cuando el eje de la carga esté sobre un borde entre sub-losas 21 no hay cortante a transmitir ya que el reparto a ambas sub-losas de apoyo es idéntico. La parte superior tiende a juntarse y la inferior a separarse. Para que haya contacto entre las paredes de la fisura la fuerza de tracción de la armadura (ver Figura 4b) debe ser igual a las fuerzas de compresión del hormigón producidas entre las barras de atado 25, 27; 26, 28 y las hendiduras longitudinales 15, 17.

20 Cuando hay apoyo entre las secciones de borde de las sub-losas 21, las tensiones se muestran en la Figura 4c. Las tensiones de compresión C son iguales a las de tracción  $T = c \cdot (H/2 + H_1)/2$ . El momento flector negativo es  $\frac{1}{2} \cdot c \cdot (H/2 + H_1) \cdot (H/2 + H_1)^2/3$ , o bien  $T \cdot 2/3 \cdot (H/2 + H_1)$ . Por tanto, H<sub>1</sub> debe ser lo mayor posible para que la tracción T sea la menor posible.

25 Sabemos que las losas de pequeñas dimensiones tienen momentos flectores pequeños e implican un número mayor de juntas. Si tenemos una solución de juntas baratas y eficaces podemos trocear las losas 13 en porciones más pequeñas que nos dan tensiones más pequeñas y nos permiten disminuir los espesores originales de las losas.

30 Debido a la transmisión de los momentos negativos se pueden hacer losas más grandes que las originales 13.

La cuantía mínima de la armadura correspondiente a las barras de atado 25, 27; 26, 28 debe ser tal que:

1°.- Aguanten frenadas de los vehículos. En situaciones críticas de rozamiento nulo entre el terreno y el pavimento se puede suponer que el frenazo lo aguanta únicamente la armadura. Una cuantía indicativa para carreteras puede ser  $(13000/2)*0,4=2.600$  kg de tracción por metro. Es equivalente a 4 puntos de atado de 4 mm de diámetro, es decir, cada 25 cm.

2°.- Superen el rozamiento con el suelo debido a la retracción del hormigón de las losas. Cuanto mayor es la losa 13 mayor será esa cuantía. Por ejemplo, una losa 13 de  $8*8*0,20$  m, con un coeficiente de rozamiento con el suelo de 0,5 y con un peso específico de  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  tendrá una tracción por metro hacia el centro de la losa de  $(8/2)*0,2*2,5*0,5=1$  Ton=1.000 kg, necesitando los bordes de las sub-losas 21 dos puntos de atado de 4 mm de diámetro por metro, es decir, cada 50 cm.

3°.- La resistencia a tracción de la armadura aguante los momentos flectores negativos debidos a la posición de voladizo a la que tienden las sub-losas 21 que están fuera de la carga. Si consideramos en la misma losa anterior el momento por peso propio de un voladizo de 1 metro, es decir,  $0,2*2,5*1*1*0,5=0,25 \text{ m}*\text{Ton/m}$  y  $H1=6 \text{ cm}$  tenemos una tracción T de 2,34 Ton por metro de hendidura, ya que  $T*2/3*(0,20/2+0,06)=0,25$ , necesitando cuatro puntos de atado de 4mm de diámetro, es decir, cada 25 cm.

4°.- Un caso bastante desfavorable es cuando los áridos de la superficie rugosa entre el fondo de las hendiduras longitudinales 15, 17 y las barras de atado 25, 27; 26, 28 pierden su macro-rugosidad al cabo del tiempo, o bien, cuando H2 es casi cero, es decir, cuando las barras de atado 25, 27; 26, 28 son tangentes a la parte inferior de la hendiduras 15,17. Consideraremos entre las superficies de la fisura un coeficiente de rozamiento estático de 0,6 y un cortante a transferir, que en el peor de los casos será la mitad de la carga, siendo la fuerza de tracción entre las superficies perpendicular al esfuerzo cortante.

En el caso de una carretera, la tracción para el eje de 13 Ton cuyo cortante máximo en 3 metros sería  $13/2$  daría  $(13/2)/3/0,6=3,6$  Ton por metro de hendidura, necesitando 1 punto de atado de 4 mm cada 18 m.

5°.- La tracción que resista la armadura debe ser superior a las compresiones del hormigón que existan entre la armadura y la parte inferior de las hendiduras 15, 17, mostradas en la Fig. 4b.

La cuantía máxima es aquella en la que la resistencia a compresión de la armadura sea menor que la resistencia a compresión del hormigón por encima de la armadura, ya que la fisura de la parte inferior (de la armadura hacia abajo) no se formaría por carga en donde queremos; tendríamos que debilitar también la parte inferior. Con el mismo caso de antes ( $H=20$  cm y  $H_1=6$  cm), sería  $\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 300 \cdot 100 = 5000 \cdot S$ . El resultado es  $S=12$  cm<sup>2</sup>, es decir, que la tracción de la armadura deberá ser inferior a 60.000 kg por metro, es decir, menos de 11 puntos de atado de 12 mm de diámetro por metro.

Previamente a la hendidura se debe colocar la armadura, que puede ser una barra curvada formando semicircunferencias alternadas respecto el eje de la hendidura. El radio determina los puntos de atado que proporciona la barra.

No es objeto de esta invención la colocación de la armadura porque existen múltiples procedimientos y por su relativa sencillez.

No obstante, se propone, con el hormigón en fresco, sobre una plataforma o dos con las ranuras de anchura adecuada a las armaduras a colocar. Rodillos con púas separadas aran dicha anchura para descomprimir el hormigón. Se colocan las armaduras sobre la superficie descomprimida hasta la profundidad a la que va a quedar la armadura y con otro rodillo, provisto de dos discos con huecos pequeños perimetrales para enganchar bien las armaduras, introducirlas en la masa suelta de hormigón. Finalmente sobre las plataformas un rodillo con un disco central y chapa de alisado-vibrado provisto seguidamente de una pletina de la profundidad adecuada deja la hendidura en el hormigón fresco.

Aunque se ha descrito la presente invención en conexión con varias realizaciones, puede apreciarse a partir de la descripción que pueden hacerse varias combinaciones de elementos, variaciones o mejoras en ellas y que están dentro del alcance de la invención definido en las reivindicaciones adjuntas.