689 - 22

la carretera de hormigón

Hemos creído conveniente, por su interés, el dar a conocer el presente artículo aparecido en la revista "La Route en Béton".

Las nuevas normas suizas para firmes de hormigón. Edición 1961

La Unión Suiza de Profesionales de la Carretera (VSS) había publicado en 1945 y 1946 las antiguas "Directrices para la construcción de carreteras de hormigón" y las "Condiciones especiales para obras de carreteras", de las cuales la parte V del tercer capítulo se refería a los firmes de hormigón. Desde entonces, investigaciones y experiencias han dado lugar a modificaciones a veces fundamentales en lo que se refiere a la construcción de la carretera y, concretamente, a la ejecución de los pavimentos de hormigón. Durante los últimos quince años las cargas y densidad de tráfico han aumentado considerablemente, al mismo tiempo que han aparecido nuevas máquinas que permiten la construcción más racional de mejores cimientos y firmes.

Las nuevas normas establecidas por la Comisión de Firmes de VSS tienen en cuenta los nuevos conocimientos. Estas normas están contenidas en las siguientes hojas relativas a las carreteras de hormigón:

SNV 40 462	Principios de construcción.
40 462	Exigencias de calidad para los materiales.
40 465	Prescripciones de ejecución.
40 468	Condiciones de recepción del pavimento.
40 470	Obturación de juntas.
	Prescripciones de ejecución.

Nos proponemos comentar aquí los puntos principales de estas nuevas normas, dar explicaciones complementarias e indicar las modificaciones introducidas en relación con las normas antiguas. Seguiremos para ello el orden normal de operaciones de la construcción y no el de numeración, bien entendido que los presentes comentarios no sustituyen en nada a dichas normas.

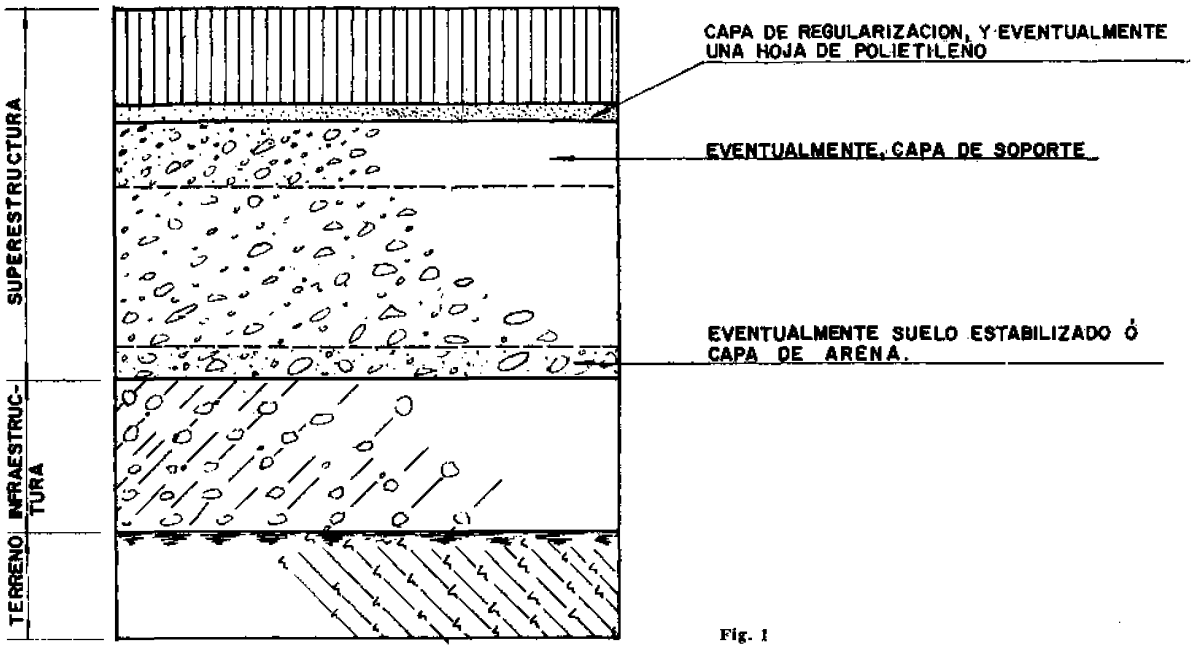

Fig. 1

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

Cimiento

El objeto de la norma 40 325 es determinar las dimensiones y calidad de los cimientos, en tanto que la 40 372 fija las condiciones de compactación.

En principio, el firme de hormigón reposa directamente sobre el cimiento terminado, a veces con una capa de regularización. En ciertos casos, se utilizan con éxito hojas de plástico desenrolladas sobre el cimiento, con el fin de evitar que el agua que pudiera encontrarse en éste suba al hormigón por efecto de la vibración, o que el mortero descienda a la capa de soporte. Cuando el cimiento está bien terminado y cerrado, puede prescindirse de la capa de regularización.

La superficie del cimiento no debe presentar desigualdades superiores a 2 cm medidas con un reglón de 4 metros.

Comoquiera que las losas de hormigón proporcionan un amplio reparto de cargas sobre el terreno, la capacidad resistente, ME = 1.000 kg/cm², prescrita por la norma 40 372 en la superficie del cimiento, se puede reducir a 500 kg/cm² para los firmes que soportan un tráfico ligero o medio. Lo que importa, esencialmente, es la regularidad de esta capacidad.

En ciertos casos especiales se puede, también, disponer una capa de soporte bajo el firme de hormigón (grava machacada, eventualmente con riego de penetración o revestimientos asfálticos). Puede presentarse este caso cuando la construcción del pavimento deba ser demorada, con objeto de dar lugar a que se produzcan eventuales deformaciones irregulares en la carretera para evitar las cuales no haya sido posible adoptar una medida más adecuada.

Las nuevas normas relativas al cimiento son, por lo tanto, sensiblemente diferentes de las antiguas que, sobre un suelo de mala sustentación, no preveían más que una simple capa de grava ligeramente apisonada.

Tipos de pavimentos

Las normas hacen una distinción entre el pavimento normal de una o dos capas y los pavimentos especiales, tales como firmes de hormigón pretensado de losa doble o de elementos prefabricados.

En Suiza se construyen *firmes de dos capas,* fundamentalmente por razones económicas. La capa inferior no precisa más que de grava rodada y barata porque se encuentra abundantemente, mientras que para la capa superior más delgada se utilizan, generalmente, gravas duras procedentes de machaqueo. De esta manera se evita que las piedras frecuentemente agrietadas que aparecen en las graveras de la meseta vayan a parar a la superficie del firme, donde serían destruídas por las heladas.

El *firme de doble losa* es necesario cuando el espesor total pasa de los 30 cm, porque el firme deba resistir cargas excepcionalmente fuertes. Las dos capas se compactan mejor separadamente por medio de vigas vibrantes, que si se trabajan a pleno espesor. Por otra parte, las tensiones que provocan en cada una de ellas las diferencias de temperatura entre la superficie superior e inferior son menores que en una losa única de mayor espesor. Los firmes de doble losa se utilizan también para reforzar los firmes demasiado débiles. Mencionemos, por ejemplo, el refuerzo reciente de la antigua pista de Cointrin (con y sin capas de separación) y el tramo de ensayo de Schottikon sobre la carretera Winterthur-St. Gall, sin capa de separación.

Solamente se ha tenido ocasión de construir en Suiza firmes de elementos prefabricados por vía de ensayo en un pequeño camino rural.

Espesores de firmes

Las normas fijan los espesores mínimos siguientes:

a)	Pistas para bicicletas y aceras	8 cm.
b)	Carreteras de urbanización y caminos rurales	14 cm.
c)	Carreteras con tráfico medio	16 cm.
d)	Carreteras con tráfico pesado	18 cm.
e)	Carreteras con tráfico muy pesado	20 cm

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

Dimensiones de las losas

En carreteras se aconseja que la anchura de las losas no rebase los 4,50 m y su longitud quede comprendida entre los 6 y 12 metros. La longitud menor, es decir, los 6 metros, debe emplearse en zonas donde el valor de la sustentacion sea variable de uno a otro perfil, en las curvas de radio pequeño y en las transiciones de desmonte a terraplén.

En los firmes que deben soportar cargas muy elevadas, como pistas de aviación, se debe tender, preferentemente, a paneles cuadrados.

Armadura

Todos los firmes de hormigón deben disponer de una armadura, a excepción de los que no soportan más que un tráfico pequeño. Para los casos normales, las nuevas normas confirman el uso, adoptado desde hace tiempo en Suiza, de una armadura de bordes de losa compuestas por mallas metálicas, colocadas entre las dos capas de hormigón inferior y superior, y barras de acero II, colocadas en la parte inferior.

Sobre un terreno que se comprima desigualmente, hace falta reforzar esta armadura cubriendo toda la superficie con un emparrillado de acero de, por lo menos, 1,7 kg/m².

Las normas establecen nuevas exigencias de calidad para los emparrillados de acero. Se fija, para los alambres, el límite aparente de elasticidad, el alargamiento de rotura y resistencia al doblado repetido; para las soldaduras se determina la dureza Vickers, la resistencia a la tracción, la resistencia a flexión, el esfuerzo de desgarramiento, y se determina el ensayo a esfuerzos repetidos.

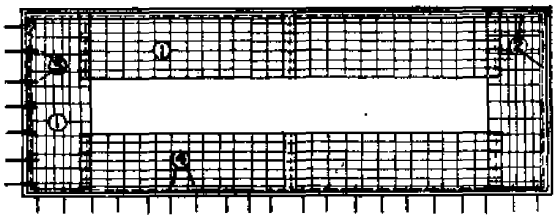

Fig. 2.—Armadura normal de una losa.

1. Emparrillado de acero a lo largo de los bordes, colocado entre las capas inferior y superior.—2. Armadura de bordes de la capa inferior Ø 10 ó 12 mm.—3. Pasadores de redondo en las juntas transversales.—4. Barras de atado en las juntas longitudinales (acero corrugado).

Juntas

Las nuevas normas tienen en cuenta los grandes progresos en la constitución de juntas, realizados en el curso de los últimos años. En las carreteras importantes, estas juntas deben ser desde ahora realizadas mecánicamente para evitar todas las desigualdades, desagradables a los usuarios, que pudiera dejar el trabajo manual.

En la mayoría de las carreteras, las *juntas longitudinales* son aserradas en el hormigón endurecido. En principio están provistas de barras de unión y, a veces, para las losas de espesor superior a los 18 centímetros, de un dispositivo de enlace en el hormigón.

En general, el corte superior de las *juntas transversales* de contracción o dilatación se realiza mecánicamente.

En las carreteras de montaña muy sinuosas y con curvas de poco radio, así como en los firmes de menos de 18 cm de espesor, se disponen de juntas de dilatación cada 40 a 60 m, como se hacía antes. En los pavimentos de más espesor se han suprimido definitivamente las juntas de dilatación, excepto en las curvas de débil radio y a la entrada y salida de zonas singulares tales como puentes. Las observaciones hechas en el extranjero, especialmente en los Estados Unidos, confirman que los pavimentos de cierto espesor pueden soportar, sin detrimento, la compresión debida a la dilatación térmica. La supresión de juntas de dilatación somete a las losas a un efecto de pretensado que, a pesar de no ser permanente, mejora las condiciones resistentes del pavimento.

En las carreteras de tráfico pesado, las juntas de contracción y las longitudinales se proveen de pasadores y, además, de un dispositivo de transmisión de esfuerzos en el hormigón, constituído o por un machihembrado o por la interposición de una lámina ondulada de fibrocemento. En este caso, es decir, cuando se pone una tira de fibrocemento ondulado en la parte inferior de la losa, la junta toma la forma de una superficie conoidal, en la que el fibrocemento constituye la directriz inferior y el corte rectilíneo de la superficie es la directriz superior. Esta forma de junta constituye en sí un buen dispositivo de transmisión de cargas.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

Para los pasadores se utiliza acero de alta calidad cuyo límite aparente de elasticidad es superior a 50 kg/mm².

Las diferentes prescripciones que acabamos de comentar contribuyen a asegurar la perfecta transmisión de cargas en las juntas, de tal suerte que no se produzcan los famosos "escalones" que sufren las viejas autopistas alemanas.

Aridos

Deben recibirse en la obra por separado. En ciertos casos especiales pueden ser mezclados por los proveedores que dispongan de instalaciones convenientes, pero en estos casos hay que tener cuidado de que no se segreguen en el transporte o en la descarga.

La composición granulométrica de la mezcla debe satisfacer a la norma SIA 162; puede también basarse en la curva de Fuller. El módulo de finura no debe separarse más del 5 % del de la curva teórica. Se pueden también utilizar mezclas de granulometría discontinua, establecida determinando el volumen de huecos. Sin embargo, en Suiza, donde se suele utilizar materiales de río o de gravera, esta granulometría discontinua se aplica raramente.

Cualquiera que sea la curva granulométrica adoptada, las normas fijan que la proporción de granos menores de 0,12 mm no debe pasar del 8 % y la de los granos inferiores a 0,5 mm no rebasará el 20 % de la fracción 0-8 mm. Además, para que el hormigón de la capa superior posea la rugosidad deseada, hay que añadirle una cantidad suficiente de grava dura 3-10 milímetros.

Dosificación del cemento y resistencias del hormigón

La proporción de cemento que fijan las normas que se comentan, queda igual que antes, o sea:

250 a 300 kg/m³, para el hormigón de la capa inferior.

300 a 350 kg/m³, para el hormigón de la capa superior.

Se han disminuído ligeramente las resistencias medias en relación con las de las antiguas normas, para aproximarlas un poco a las que exigen las normas SIA:

	RESISTENCIAS MEDIAS	
HORMIGON	Flexión (kg/cm²)	Compresión (kg/cm²)
BH 250	40	260
BH 300	45	320
BH 350	50	380

Estas resistencias pueden ser del 10 % inferiores para el hormigón de aire ocluído *.

Las normas exigen que la dosis de cemento sea adaptada a la calidad de los áridos y resistencias requeridas. Esta prescripción es importante en Suiza y, especialmente, en ciertas obras de montaña donde se utiliza para el hormigón de la capa inferior áridos procedentes de graveras graníticas próximos a los nacimientos de los ríos y en los que, por lo tanto, el granito ha sido muy poco rodado. Sin más, que al aumentar la dosis de cemento, a menudo se pueden obtener resistencias suficientes en hormigones fabricados con estos granitos, como se ha comprobado en las colinas de Grisons, en el Oberland bernés, en el Tessin y en la Leventine.

Esta grava granítica, que a menudo hay que utilizar con arena también granítica que contiene mica, da un excelente resultado para hormigones de la capa superior, pues jamás se pulimenta por efecto del tráfico. Damos como prueba de ello los firmes de hormigón sometidos desde hace más de veinte años a tráfico intenso en la rampa sur del Gothard.

* Normalmente conocido por hormigón aireado.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

Adiciones

Las normas mencionan la propiedad de los productos de adición llamados aireantes, que confieren a los hormigones una mayor resistencia a la acción de las sales empleadas para deshelar las calzadas. En Suiza se utilizan tales adiciones desde hace varios años en los hormigones de capa superior (contenido de aire: 3 a 4 %), aunque la resistencia a la compresión se disminuye ligeramente.

Los productos plastificantes, anticongelantes, etc., no pueden ser utilizados si no se ensayan previamente con los mismos áridos, el mismo cemento y en condiciones idénticas a las de la obra.

Ejecución del pavimento

Fabricación del hormigón

Las hormigoneras deben proporcionar una mezcla íntima y regular de los componentes del hormigón. A este respecto, las hormigoneras de paletas o mezcladoras son preferibles a las hormigoneras de caída libre. En obras de más de 3.000 m², la dosificación de materiales debe efectuarse en peso o por un procedimiento que dé la misma precisión. No son admitidas las hormigoneras de una capacidad inferior a los 250 l. Es importante que no se produzca segregación alguna en el silo de hormigón. Se cumplirá esta condición si el silo es de poca altura, sus paredes son rígidas y si está provisto de una abertura doble. Señalemos, pues, que en Suiza se pueden encontrar actualmente fábricas de hormigón bien equipadas, procedentes de obras de grandes presas.

Transporte

Si no es para los vehículos sin ballestas de suspensión, las normas no fijan límite a la distancia de transporte del hormigón fresco. Especifican, únicamente, que el hormigón debe estar protegido contra las influencias atmosféricas, no debe estar sujeto a segregación y que su puesta en obra debe terminar antes del comienzo del fraguado.

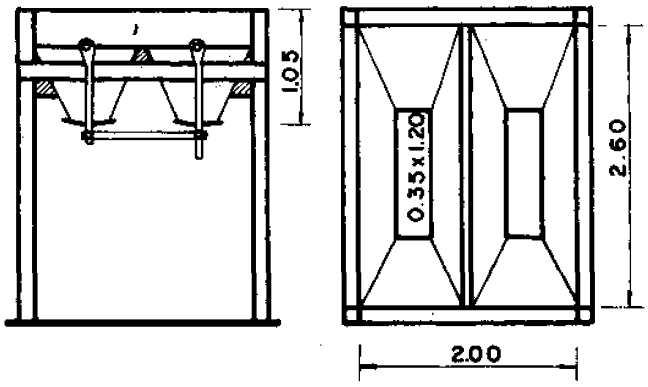

Fig. 3.—Croquis de un silo de hormigón fácil de instalar. Poca altura y 2,5 m³ de capacidad útil, aproximadamente. Las dos aberturas alargadas pueden ser maniobradas por el mismo camión.

Encofrados

Deben estar fijados sólidamente sobre una plantilla continua de hormigón o mortero fino, a fin de que no puedan desplazarse ni vertical ni horizontalmente.

Distribución

En las grandes obras no puede hacerse una distribución económica de hormigón más que por medios mecánicos, los cuales dan, además, una mejor calidad al firme. Los dos tipos de distribuidoras, de cuba o paleta, dan buenos resultados.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es

Fig. 4. — Carro vertedor para juntas. Calefacción indirecta, regulador de temperatura, mezcla automática. El conducto de salida está también calentado.

Cerrado

El hormigón debe ser compactado por medio de máquinas convenientes. Si la maquinaria utilizada es bastante potente, se podrá compactar las dos capas al mismo tiempo. Las normas admiten todos los medios de compactación, sean las vigas vibrantes, las agujas vibrantes o la maquinaria que actúa por apisonado.

Superficie

Para la terminación de la superficie, sólo pueden utilizarse máquinas que trabajen sobre el ancho completo de la banda a hormigonar. No se admite añadir mortero o agua para facilitar la terminación. El aspecto y la estructura de la superficie pueden adaptarse a las condiciones locales y nada se ha prescrito a este respecto. Las normas mencionan terminados especiales como fuertes acanaladuras y capas de rodadura de grava dura y hormigón sin arena. Este último tratamiento superficial consiste en un hormigón de alta dosificación compuesto por grava dura 3-6 mm, con muy poca o sin nada de arena.

Obturación de las juntas

Las prescripciones de ejecución para la obturación de juntas SNV 40 470, son totalmente nuevas y se han establecido basándose en numerosos ensayos efectuados en el LFEM y teniendo en cuenta las experiencias de la práctica.

En poco tiempo aparecieron, igualmente, las hojas SNV 71 620, 71 625 y 71 627, relativas a las exigencias de calidad de los materiales de rellenos de juntas tipo KBH (normales) y KTH (resistentes a aceites y esencias minerales).

Estas normas fijan, para las juntas y para el propio firme de hormigón, una duración de garantía de cinco años.

Estas garantías no afectan más que a obras realizadas de acuerdo con las nuevas prescripciones de calidad y de puesta en obra. En obras de alguna importancia, sólo pueden utilizarse los derretidores y carros vertedores con calefacción indirecta por baño de aceite, provistos de reguladores de temperatura y dispositivos mecánicos de mezcla.

Para todas las juntas, la altura del relleno con mástic debe ser, aproximadamente, igual a 1,5 veces la anchura de la junta, pero no inferior a 15 mm. Si el corte es más profundo, debe rectificarse mediante relleno previo con una materia inerte; tras el enfriamiento, la superficie del producto de obturación debe ser cóncava.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://materconstrucc.revistas.csic.es

Curado de hormigón

Aparte del curado tradicional por medio de arena húmeda, las nuevas normas autorizan también el uso de líquidos pulverizados formando una capa protectora (productos de curado).

Puesta en circulación

No podrá abrirse al tráfico antes de catorce días si se utiliza cemento Portland normal, y antes de siete días si es cemento de altas resistencias iniciales. Si hay razones que obligan a permitir la circulación antes de dichos plazos, será necesario comprobar que el hormigón tiene una resistencia, al menos, igual al 80 % de la que se exige a los veintiocho días.

Control de materiales y recepción del pavimento

Hormigón fresco

Hay que tomar, por lo menos, dos series de probetas por 10.000 m² de firme y por cada calidad de hormigón. Si las resistencias de estas probetas no alcanzan los valores requeridos, será determinante la resistencia a compresión de las muestras extraídas en obra.

Emparrillados de acero

Se tomará una muestra de la malla por cada 15 toneladas. Esta muestra tendrá, por lo menos, un metro cuadrado de superficie y se someterá a ensayo.

En obras de más de 50.000 m², será suficiente una muestra por cada 30 toneladas de acero recibido.

Productos de preparación y obturación de juntas

Se realizará un ensayo por 10 t de producto de obturación recibido. Durante las operaciones de relleno de juntas se extraerá, además, en la caldera una muestra por 5.000 m² de firme.

Regularidad de superficie del firme

Debe ser controlada a 70 cm del borde de la banda de rotación por medio de una regla de 4 m. Las desigualdades comprobadas con la regla deben ser inferiores a 3 mm en las carreteras nacionales y principales e inferiores a 5 mm para las demás carreteras.

Espesores del firme

Se controla mediante testigos obtenidos a razón de, por lo menos, cuatro unidades cada 10.000 metros cuadrados.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://materconstrucc.revistas.csic.es