Franck T. Sheets.

Elementos fundamentales de la construcción de pavimentos con concreto de cemento Portland.

Estudio presentado por el Sr. Frank T. Sheets, Ingeniero en Jefe de Caminos de la División de Caminos del Estado de Illinois, Estados Unidos de la América del Norte, al primer Congreso Pan-Americano de carreteras (Buenos Aires, Oct. 1925).

LA construcción de pavimentos con concreto de cemento Portland o de cualquier otro tipo de igual duración debe ir acompañada de un estudio completo, científico y lógico de los problemas de posición, alineación, curvatura, superelevación y pendientes, si se quieren obtener beneficios completos. No se tratará de estudiar estos particulares en este informe, pero no se les podrá dar demasiada importancia. Este informe se limitará a estudiar ciertos elementos fundamentales peculiares a la construcción de este tipo especial de pavimento.

Descarga, manejo y acarreo de materiales

Los materiales que se usan en los pavimentos de concreto casi invariablemente se producen a cierta distancia del lugar de la construcción. Esto requiere transporte por ferrocarril:

El cemento Portland, en la mayoría de los casos, se embarca en carros cerrados y se le descarga a mano. Para obtener trabajo continuo es prudente tener almacenada más o menos una tercera parte del cemento que se necesita. Para obtener esto se construyen cobertizos temporales adecuados para facilitar el manejo del material y para protegerlo contra la humedad.

La arena y el agregado grueso—sea *grava* o piedra triturada—se embarcan en carros sin techo. Para la descarga de estos materiales se ha demostrado que lo más satisfactorio es el uso de grúas de pie movible («stiff leg») o grúas locomotoras equipadas con cubos «bivalvos» (de abrir y cerrar). Para que las operaciones no se interrumpan, deben establecerse grandes montones de reserva de estos materiales. Al amontonar el agregado grueso, no debe permitirse que se dejen caer los materiales en el vértice del cono de materiales

previamente descargados, porque puede ocurrir una separación perjudicial de estos agregados. Deben edificarse estos montones en capas y este método, si se sigue hábilmente, evitará que se altere la uniformidad de proporción en el agregado.

Para facilitar el paso de los materiales desde estos montones o desde los carros de ferrocarril a los aparatos de acarreo, se construyen grandes arcones, los cuales se llenan por medio de la misma maquinaria de descarga. En algunos casos, en lugar de los arcones se usan túneles colocados bajo los montones de depósito; pero los arcones son de uso más general. En algunos casos se usan cubos transportadores en cadena sin fin, a guisa de noria para recoger los materiales de los montones de depósito y elevarlos a un arcón que es parte de la misma maquinaria de la noria. Esta máquina se usa por lo común en combinación con carros de carga automotores.

En todo caso debe equiparse a los arcones con tolvas medidoras automáticas para proporcionar los agregados que se necesiten para cada carga de concreto. Pueden calibrarse estas tolvas con exactitud, y así puede obtenerse una uniformidad absoluta en las proporciones. La proporción volumétrica es la más común, aunque también se ha usado con buen éxito la proporción por peso. El antiguo método de echar los materiales de la subrasante y proporcionarlos por medio de palas o carretillas de mano es anticuado y en la mayoría de los estados está prohibido.

Para acarrear los materiales desde la planta de descarga hasta el aparato mezclador, lo que se usa más comúnmente son carros de carga automotores y ferrocarriles industriales de vía de treinta pulgadas de ancho. Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas y generalmente, para determinar el equipo que haya de usarse se atiende a la topografía del lugar en que se efectúa el acarreo. Desde el punto de vista meramente de la ingeniería, el ferrocarril industrial es superior, pues evita la necesidad de efectuar el acarreo sobre la subrasante.

Ambos tipos de equipo tienen departamentos separados para cada carga de materiales de concreto. Esto es esencial. El cemento debe permanecer separado de los demás materiales, a no ser que la carga deba mezclarse dentro de un tiempo corto.

Los constructores más eficaces han substituído los grandes carros de carga automotores por carros menores equipados con llantas neumáticas y que llevan una o dos cargas de a cinco o seis sacos de concreto de proporciones de 1—2—3½ o 4.

Selección y proporción de los materiales

Es esencial que se elijan los materiales adecuados. Debe usarse arena, grava o piedra limpias, firmes y bien escogidas. La siguiente especificación para la selección de materiales es típica: El material fino debe graduarse bien desde grueso hasta fino y, cuando se le sujete a prueba por medio de tamices de laboratorio, debe satisfacer los siguientes requisitos:

El que pasa un tamiz de ¼ de pulgada no menos de 95%.

El que pasa un tamiz de malla de a 20, 35% a 70%.

El que pasa un tamiz de malla de a 50, no más de 20 %.

El que pasa un tamiz de malla de a 100, no más de 5%.

Todo el agregado grueso debe estar bien graduado y cuando se le sujete a prueba por medio de tamices de laboratorio debe satisfacer los siguientes requisitos:

Si pasa un tamiz de 2 pulgadas 100%.

Si pasa un tamiz de 1 pulgada, no menos de 50%.

Si pasa un tamiz de ½ pulgada no más de 30%.

Si pasa un tamiz de ¼ de pulgada no más de 5%.

En caso de que un concreto resultante de una mezcla de agregados grueso y fino, y que en los demás aspectos cumpla con las especificaciones de graduación dadas antes, no resulte propio para su uso, o, al terminarse no presente una superficie adecuada, como puede ocurrir cuando se usa un agregado fino que tenga aproximadamente la proporción mínima permitida y que pase un tamiz de malla de a veinte con un agregado grueso que tenga la máxima proporción permitida pasando un tamiz de media pulgada (½), el ingeniero, puede, según su juicio, exigir que se usen, sea un agregado fino que tenga una proporción mayor que pase el tamiz de malla de veinte o un agregado grueso que tenga una proporción menor que pase el tamiz de media (½) pulgada.

El cemento Portland es un artículo tan conocido que no requiere estudio especial.

Las proporciones generalmente usadas al hacer pavimentos de concreto son como sigue:

Cemento	Arena	Piedra
1	1½	3
1	2	3½
1	2	4

La proporción más comúnmente usada es 1 : 2 : 3½.

Es esencial la exactiud en las proporciones. La fuerza del pavimento depende principalmente de unas proporciones correctas. Los aparatos mecánicos que hoy se usan para este objeto son muy satisfactorios.

Subrasante y formas

(Marcos o plantillas)

Como sucede con toda clase de pavimentos, es necesaria una subrasante uniforme. Sin embargo, en el caso de ciertas clases de terrenos, existe el peligro de excesiva dureza. En las prácticas modernas por lo general se eliminan los rodillos apisonadores pesados y se emplean rodillos de peso ligero, cuya función es emparejar la superficie. Se ha descubierto que una subrasante demasiado apisonada se hinchara perceptiblemente cuando la alcance la humedad del concreto acabado de depositar. Esto es malo por muchas razones. Por consiguiente, son preferibles los rodillos ligeros, y también cuando se termina la subrasante debe humedecérsela bien por lo menos seis horas antes de que se coloque encima de ella el concreto. Esto producirá la hinchazón de la tierra antes que se deposite el concreto y eliminará la alteración subsiguiente.

Después de que se ha dado a la subrasante el nivel aproximado, se fijan las formas o marcos laterales. Estas formas deben ser muy rígidas y deben colocarse con precisión para obtener la superficie del pavimento en forma adecuada para el rodaje sobre ella. En las prácticas modernas sólo se admiten formas de acero. Las de madera han caído en desuso.

Cuando se han colocado las formas, se usa una máquina niveladora que corre sobre las formas y que corta la subrasante hasta darle la elevación definitiva. Este sistema produce grande exactitud y es uno de los medios mejores para obtener un espesor adecuado en el pavimento. Como una prueba más se usa un escantillón o solera que corre sobre las formas detrás de la mezcladora de concreto y delante del concreto acabado de depositar. Esto puede parecer poco importante, pero la experiencia ha demostrado lo contrario.

Cuando se usa para el acarreo el ferrocarril industrial, la subrasante puede terminarse a una larga distancia adelante de las mezcladoras. Esto no produce ventajas cuando se acarrea por me-

dio de carros automotores puesto que el acarreo sobre la subrasante definitivamente preparada debe ser limitado. Se usan plataformas giratorias para voltear los carros de modo que puedan hacerse retroceder hasta la mezcladora entre las formas laterales.

La colocación de las formas laterales requiere cuidado y habilidad. Deben fijarse estacas exactas que sean fácilmente accesibles al que establece la forma. Las formas deben descansar sobre soportes rígidos y después de su colocación deben confrontarse cuidadosamente. La superficie del pavimento seguramente nunca será mejor que la superficie superior de las formas. En trabajos modernos de pavimentación, las formas no sólo limitan el concreto, sino que sirven de pista o vía para las máquinas que dan los últimos toques a la subrasante y al pavimento. Si las formas se asientan, producirán invariablemente un pavimento áspero y delgado. Hay que cuidar mucho las formas.

Mezcla del concreto

Una mezcla perfecta y uniforme produce el máximo de fuerza en el concreto. Las mezcladoras deben ser juzgadas no por lo que pretenden hacer, sino por lo que hacen. En general, las mezcladoras de cargas mejores para trabajos de pavimento en el campo son las que tienen una capacidad no menor de una carga de cuatro sacos de concreto. No deben aceptarse en ningunas condiciones las mezcladoras continuas. La mezcladora debe estar equipada con un aparato que marque el tiempo y la cierre automáticamente. Esto pondrá a salvo de los caprichos del operador la operación vital de mezclar el concreto. Estos aparatos impiden la descarga del concreto antes de que haya sido mezclado el tiempo requerido, así como la introducción de todo nuevo material en la caja mezcladora, sino hasta cuando se haya descargado toda la carga precedente.

No debe cargarse la mezcladora más de la capacidad indicada por el fabricante. El tiempo de mezcla no debe ser menor de un minuto cuando la caja esté dando vueltas a razón de catorce a veinte revoluciones por minuto.

Es muy importante el control de la cantidad de agua. El uso excesivo de agua produce concreto débil.

La cantidad de agua que se use será tal que resulte uniforme la consistencia de todas las cargas. No se permitirá una consistencia tal que produzca tendencia hacia la separación de los materiales.

La consistencia del concreto examinado a la vista debe estar de acuerdo con los siguientes requisitos:

Cuando se deposite la carga de concreto sobre la subrasante deberá tender a asentarse lentamente. A las orillas de la carga el concreto debe tener una tendencia a rodar más bien que a correr. Al asentarse la carga, cada pedazo de material, que debe estar completamente cubierto con hormigón, debe separarse de las piezas de material agregado contiguas. El concreto debe tener tal consistencia que la mezcla no brille debido a un exceso de agua.

La prueba siguiente sirve para determinar la consistencia del concreto:

Se colocará sobre su base mayor un cono truncado de cuatro (4) y ocho (8) pulgadas de diámetro, respectivamente, en la cúspide y en la base, y de doce (12) pulgadas de altura, y se rellenará de concreto, el cual se apretará hasta que se llenen todos los huecos y aparezca en la superficie una ligera película de mortero. Luego se removerá lentamente el cono y se observará el asentamiento o caída del concreto. Este asentamiento no deberá exceder de dos (2) pulgadas, ni ser de menos de media pulgada.

Es indispensable la uniformidad de la consistencia. Con ella se asegura una superficie pareja y uniforme y un con-

creto razonablemente seco produce fuerza mucho mayor que el concreto húmedo o lodoso.

Colocación y acabado del concreto

Debe colocarse el concreto entre las formas laterales en cargas sucesivas en todo el ancho, en un grueso a lo menos igual al grueso total del pavimento, y debe ser traspalado cuidadosamente a lo largo de las formas. Después de ser depositado, debe ser aplanado de tal manera que la elevación de la corona resulte un cuarto de pulgada más alto que el pavimento terminado. Después se le dará mecánicamente la compacidad y los últimos toques.

Existen en el mercado muchas buenas máquinas de acabamiento. Estas máquinas corren sobre las formas laterales accionadas por motores de gasolina. Hay dos tipos generales de máquinas: una que golpea y otra que frota el concreto. Ambos han dado buenos resultados. La mayoría de las máquinas de acabamiento tienen suficiente poder y están equipadas de tal manera que recortan el concreto antes de la operación de dar compacidad. Hablando en términos generales, estas máquinas pasan por la superficie del pavimento por lo menos tres veces en intervalos adecuados antes de que termine la obra de apisonamiento. Inmediatamente después de que se ha terminado el último apisonamiento se trata la superficie con bandas de una anchura no menor de seis (6) pulgadas y de una longitud por lo menos dos pies más grande que el ancho del pavimento. Esta operación consiste en mover las bandas sobre el pavimento con movimientos laterales y transversales combinados. Debe cuidarse de no destruir la corona del pavimento ni permitir que las orillas de la banda se hundan en la superficie del concreto.

Inmediatamente después de que se ha dado a la superficie del pavimento el tratamiento preliminar con la banda, debe confrontársele en todos los puntos por medio de una regla recta de diez pulgadas y deben eliminarse todas las variaciones mayores de un cuarto (¼) de pulgada usando aplanadoras de madera de mangos largos o reglas derechas. Las operaciones de compacidad y el tratamiento por medio de la banda atraerán a la superficie una buena cantidad de agua excedente, exudación o materiales inertes. Es esencial que esto se retire de la superficie, pues tenderá a producir escamas si no se le remueven. Para remover este material, se usa una regla derecha de una longitud no menor de ocho (8) pies ni más de quince (15) pies, provista de un mango largo. Esto permite quitar de la superficie la exudación, el agua excesiva y los materiales inertes. Al realizar esta operación, la regla recta deberá irse colocando de modo que se recorra de nuevo parte de la superficie ya recorrida.

Frecuentemente para realizar esta operación se usa un rodillo o una combinación de regla recta y rodillo. Los inventores descubrirán mucho métodos para obtener este resultado; pero es muy importante que esta operación se realice. Un operador hábil puede manejar la máquina de acabamiento de tal manera que quede poca necesidad de remover bultos o llenar depresiones detrás de la máquina. Sin embargo, debe revisarse cuidadosamente la superficie antes de que el pavimento empiece su asentamiento inicial.

Cuando la superficie del concreto esté libre de agua e inmediatamente antes de que el concreto tenga su asentamiento inicial, debe tratársele por la vez última con la banda para producir un acabamiento uniforme. Este tratamiento final debe consistir en golpes transversales cortos y rápidos con un movimiento rasante longitudinal. Deben acabarse cuidadosamente los filos

del pavimento con un canteador de un radio de unos tres cuartos (¾) de pulgada.

Luego que el pavimento se haya asentado lo bastante para que se pueda caminar sobre él, y nunca después de las diez de la mañana siguiente a la colocación del concreto, debe pasársele una vez más cuidadosamente la regla recta y deben eliminarse todas las variaciones que excedan de un cuarto (¼) de pulgada, usando ladrillo «carborundum» y agua. El frotamiento no debe continuarse después de que se llegue a tocar el agregado grueso, ni debe hacerse de tal manera o llegar a tal extremo que se rompa la liga del concreto. Es importante, sin embargo, remover los pocos puntos salientes que queden mientras el concreto se encuentra en una condición que permita una remoción satisfactoria. Es también bueno tener en cada tramo de construcción equipo auxiliar de acabamiento, como un puente que pueda permitir ir a la superficie del pavimento para cualquier otra obra que se necesite; bandas extras y reglas derechas y un escantillón de aplanado que pueda usarse en casos de emergencia para apisonar y acabar el concreto en caso de que la máquina de acabamiento se descomponga.

Juntas

El autor de este trabajo no recomienda el uso de las llamadas juntas de expansión, a no ser que se coloquen a intervalos frecuentes y tengan espesor suficiente para que se atienda a toda expansión posible. De otra manera más bien producen que eliminan inconvenientes. Muchos pavimentos que han sido construídos con juntas angostas a intervalos de cincuenta pies o más han causado muchos trastornos. Cuando ocurre la expansión se produce presión excesiva en estas juntas. El material bituminoso que compone las juntas sirve de lubricante entre las dos láminas adyacentes y si la junta no es exactamente perpendicular al eje del pavimento, una lámina tenderá a subir sobre la otra, creando una saliente grave que sólo puede removerse cortando una parte del pavimento Para trabajos de campo, en donde no hay objeción contra las grietas transversales de contracción, pueden obtenerse mucho mejores resultados omitiendo enteramente las juntas transversales Así puede construirse un pavimento más parejo y cuando se forman las grietas puede atenderse a ellas tan fácilmente como a las juntas. Además, con esto se elimina el costo de instalar juntas.

Por supuesto, es necesario colocar juntas transversales de construcción al fin del trabajo de cada día, y cuando se detenga la labor de depositar concreto durante tal longitud de tiempo que el concreto realice su asentamiento inicial antes de que se reasuma el trabajo. Para este efecto debe hacerse una junta de construcción de tope perpendicular a la línea central del pavimento y no debe usarse ningún material de junta de expansión. Se recomienda el siguiente método: Debe usarse una tabla limpia de un espesor de no menos de tres (3) pulgadas, un ancho no menor que el grueso del pavimento y una longitud no menor que el ancho de este pavimento. Debe cortarse esta tabla en la misma forma que la corona del pavimento acabado y asentarse con toda precisión y mantenerse en su puesto en ángulo recto con la superficie longitudinal del pavimento. La junta central metálica, si se usa, debe quedar en contacto con la tabla del tope. Si se usan barras longitudinales, deben sobresalir por lo menos veinticuatro (24) pulgadas más allá de la junta de construcción Puede permitirse que se hagan incisiones verticales abiertas en la tabla del tope para facilitar la remoción de dicha tabla y la colocación de las

barras. Debe removerse todo excedente de concreto que haya quedado en la subrasante al reasumirse el trabajo. La tabla del tope debe en seguida removerse cuidadosamente y debe depositarse concreto fresco contra el concreto previamente depositado, de tal manera que se evite toda elevación o depresión en la junta, que varíe más de un cuarto (¼) de pulgada de la regla recta de diez pies. Este tipo de junta ligará la obra nueva con la vieja de modo que evite cualquiera tendencia a un levantamiento en este lugar.

Es verdad que los pavimentos construídos sin junta de expansión en ocasiones se levantarán o hincharán. Sin embargo, la observación de varios millares de millas de pavimentos construídos de esta manera y el estudio de las estadísticas del costo del mantenimiento indican que esta práctica es la más prudente tanto desde el punto de vista del costo de mantenimiento como de la superficie de rodaje del pavimento mismo. No hay razón para que se usen juntas transversales de expansión como no se eliminen o controlen las grietas transversales. Si se usan las juntas, deben colocarse bastante cercanas unas de otras para atender a toda la expansión posible, y evitar que se formen grietas transversales entre ellas. Se recomienda el uso de una junta de construcción de espiga central longitudinal. Esto se estudiará en la sección intitulada «Diseño».

Protección y curamiento

Después de haberse terminado el pavimento de concreto, debe protegérsele contra una desecación rápida cubriéndolo con arpillera de diez a doce onzas, completamente empapada y colocada inmediatamente sobre la superficie del pavimento luego que el concreto se haya asentado suficientemente para evitar echar a perder la superficie. Debe conservarse la arpillera constantemente húmeda por medio del riego. Luego que sea posible, después de que el concreto haya acabado de asentarse y nunca después de las diez de la mañana siguiente a la colocación del concreto, debe removerse toda la arpillera y debe curarse el pavimento por medio de uno de los métodos que en seguida se describen.

(*a*) *Cubierta de Tierra:* Debe acumularse tierra en las orillas del pavimento y toda la superficie debe cubrirse al menos con dos (2) pulgadas de tierra. El espesor de esta cubierta debe determinarse después de que se haya empapado la tierra bien con agua. Debe empaparse esta cubierta de tierra perfectamente con agua todos los días durante un período de ocho días, y debe permanecer sobre la superficie por lo menos durante catorce días desde el momento de su aplicación. Luego debe removerse y extenderse en las fajas laterales de tierra en ambos lados del pavimento en una capa delgada uniforme.

(*b*) *Cubierta de Paja:* Debe cubrirse toda la superficie inmediatamente con paja en un espesor por lo menos de cuatro (4) pulgadas. Esta cubierta debe empaparse con agua y mantenerse húmeda de la misma manera y durante el mismo tiempo que se ha indicado para la cubierta de tierra. Luego debe removerse, pero por ningún motivo debe quemarse la paja sobre la superficie del pavimento o muy cerca de las orillas de este pavimento.

(*c*) *Método de Estanques:* Este método consiste en construir pequeños diques de tierra alrededor de secciones rectangulares del pavimento. Luego se deposita agua en estos estanques y se conserva en ellos durante ocho (8) días.

(*d*) *Cloruro de Calcio:* Este método de curado ha empezado a usarse durante los últimos años. Se cubre la superficie uniformemente con cloruro de calcio en laminillas o granos aplicados en proporción de no menos de dos libras y media

(2½) por yarda cuadrada de pavimento, extendido por medio de una escobilla mecánica (squeegee) o por medio de otro aparato mecánico conveniente de manera que se obtenga una distribución uniforme. No debe permitirse que se extienda este material por medio de palas o escobas. Los terrenos deben romperse y distribuirse uniformemente en el pavimento o removerse enteramente. No debe aplicarse el cloruro de calcio sino hasta que haya pasado un período por lo menos de diez horas después de que se haya depositado el concreto. No debe aplicarse durante lluvia. Si lloviera dentro de dos horas, después de la aplicación del cloruro, deben hacerse nuevas aplicaciones. Este método de curamiento ha resultado muy eficaz y muy económico.

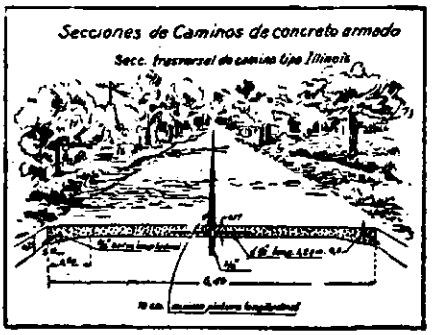
En general, debe permanecer el pavimento cerrado al tráfico por lo menos durante veintiún (21) días después de haberse colocado el concreto.

Diseño

El diseño usado para la lámina del pavimento en Illinois se determinó como resultado de las pruebas hechas en el camino experimental *Bates*, bajo la dirección de la División de Carreteras del Estado de Illinois. Los resultados de estos experimentos son bien conocidos. Este diseño se ha usado para la construcción de millares de millas de pavimento en Illinois y se usa mucho en todos los Estados Unidos. Se ha hecho en proporción adecuada para producir trabajo uniforme en toda la lámina del pavimento y está fundada no sólo en el análisis matemático, sino también en pruebas prácticas que se han hecho hasta obtener un principio de destrucción. Puede decirse que el diseño de Illinois, que consiste en un espesor central de seis (6) pulgadas y un espesor a las orillas de nueve (9) pulgadas, reforzados sostendrá indefinidamente cargas de ejes no mayores de 16,000 libras, sin deteriorarse. Este diseño tiene un factor de seguridad bastante para soportar esta carga. En los experimentos de Bates este corte natural soportó un peso de eje de 26,000 libras, sin romperse; pero se cree que en ese caso el concreto trabajó casi hasta su límite de fuerza, lo cual, por supuesto, no es una práctica buena al diseñar un sistema de carreteras. Por consiguiente, para pesos de eje mayores de 16 000 libras se recomienda un pavimento de una sección transversal mayor. Para este efecto, será conveniente un espesor central de siete (7) pulgadas y uno mayor en las orillas. Los detalles de construcción pueden verse examinando los planos correspondientes.

En todos los casos se usa una junta metálica longitudinal central de espigas. Las medidas que se han hecho en láminas construídas sin esta junta central, y que tienen una anchura de dieciocho pies han demostrado una notable combadura en diferentes condiciones de temperatura. En algunos casos, esto ha producido que la lámina se encorve separándose de la subrasante en la orilla a una distancia de un cuarto (¼) de pulgada. Si se sujeta la lámina a cargas pesadas en estas condiciones, las grietas longitudinales resultan inevitables. Cuando se ha formado una grieta longitudinal resulta un lugar débil en la lámina, pues las dos porciones de la lámina no están unidas suficientemente para proporcionar un sostén fuerte. La junta metálica longitudinal central, que tiene una forma conveniente para producir el enlace de las láminas adyacentes y a través de la cual se han colocado barras a intervalos frecuentes, mantiene las dos láminas constantemente entrabadas de tal manera que se obtiene el apoyo mutuo y al mismo tiempo se produce una especie de bisagra que elimina una gran parte de la acción de encorvamiento e hinchamiento descritos antes. Las observaciones y la experiencia han

demostrado que no hay peligro de grietas longitudinales en las láminas que tienen una anchura de diez pies o menos, y un espesor de seis pulgadas en el centro. Por consiguiente, la junta longitudinal elimina en lo absoluto la grieta longitudinal irregular, evita la debilidad que esta grieta produce y con ello crea confianza en el ánimo del que usa las carreteras.



Se han construído máquinas que colocan una cinta de asfalto de una anchura de unas cuatro pulgadas a lo largo del centro del pavimento. Esto sirve como relleno para conservar la junta y al mismo tiempo establece una línea en el centro del pavimento la cual divide el tráfico en sus caminos naturales. No es aventurado afirmar que un pavimento de dieciocho pies de ancho provisto de una línea central longitudinal es tan seguro para el tráfico como un pavimento de veinte pies sin dicha línea. Este rasgo de construcción de pavimentos ha producido más elogios de parte de los que usan las carreteras en el Estado de Illinois que cualquier otro.

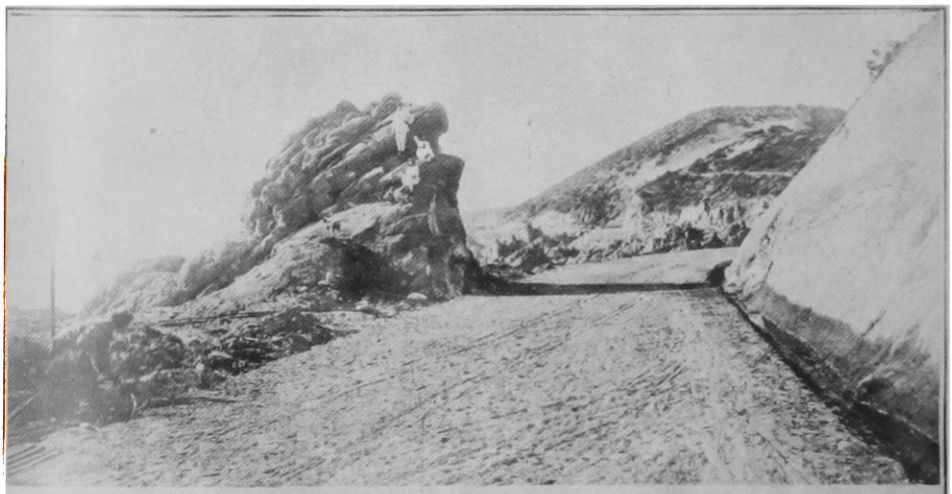
Como se dijo antes, el pavimento es más grueso a la orilla a efecto de atender a la fuerza adicional que en ella se requiere. Las grietas transversales de contracción son inevitables y producen ángulos expuestos más débiles que la orilla, por consiguiente, para eliminar en cuanto sea posible los ángulos expuestos, se ha colocado a lo largo de las orillas del pavimento una barra de acero. Se pinta y engrasa esta barra de tal manera que no se ligue con el concreto. Al mismo tiempo puede desarrollar presión completa sobre el concreto. Por consiguiente, cuando ocurre una grieta transversal, la falta de unión con el concreto elimina toda presión sobre la barra de acero y le permite servir de puente a través de la grieta. Esta barra tiene suficiente sección transversal para transmitir la mitad de la carga de rueda, para la cual se ha designado el pavimento, a través de la grieta. Por medio de medidas cuidadosas se ha demostrado que esta barra tiene una eficiencia de 85 o 90 por ciento y su uso es de gran valor. Antes de adoptar este diseño y antes de que se hubieran terminado las experiencias en la Carretera Bates, el Estado de Illinois usaba un pavimento de un espesor uniforme de ocho pulgadas. El diseño aquí descrito, que tiene un espesor central de seis pulgadas y un espesor lateral de nueve pulgadas tiene una fuerza casi doble del espesor de ocho pulgadas y puede construirse por 3 000 dólares menos por milla. Se han ahorrado millones de dólares en la construcción de sistemas de carreteras del Estado de Illinois como resultado del establecimiento de este tipo de sección transversal, y este hecho sirve para poner de relieve la grande importancia de los experimentos e investigaciones viales y la economía de las construcciones que resultan del conocimiento más bien que de tanteos.

Conclusión

En las líneas precedentes se ha presentado un resumen de los métodos de construcción de pavimentos de concreto que se siguen en Illinois. Estas conclusiones y estos métodos han resultado de unos quince años de experiencias en el diseño, construcción y mantenimiento de este tipo especial, durante el cual

se han invertido poco más o menos 150 000 000.00 de dólares en carreteras de concreto. Una observación cuidadosa de varios millares de millas de pavimentos como éstos y un examen de las estadísticas de costo de mantenimiento demuestran la prudencia de las recomendaciones que aquí se han presentado. En nuestra opinión los principios aquí expuestos representan con bastante exactitud los métodos que se usan comúnmente en la construcción de carreteras de concreto en todos los Estados Unidos.

SEÑALIZACION DE CAMINOS - LIMITES PROVINCIAL Y DEPARTAMENTAL



CAMINO DE VIÑA DEL MAR A CONCON