

Pavimentos - T 047

PATOLOGIA EN UN PAVIMENTO RIGIDO DE LA CIUDAD DE BAHIA BLANCA (PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

C. PRIANO¹
S. A. MARFIL^{2,3}
L. SEÑAS¹
P. J. MAIZA^{2,4}

¹ Dpto. de Ingeniería. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.

² Dpto. de Geología. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.

³ Investigador Independiente CIC – INGEOSUR.

⁴ Investigador Principal CONICET – INGEOSUR.

ARGENTINA

RESUMEN

Uno de los accesos a la ciudad de Bahía Blanca es una autovía de pavimento rígido de 3 km de longitud, construida en el año 1995. En distintos tramos de esta estructura se produjeron levantamientos de placas y estados de fisuración diversos, en coincidencia con el período estival. Las placas sufrieron un desplazamiento vertical de hasta 40 cm en la zona de juntas transversales y se generó un estado de fisuramiento que comprometió a las losas contiguas, lo que provocó la salida de servicio del tramo deteriorado.

Se efectuó un relevamiento y muestreo del pavimento para determinar las posibles causas de esta patología. Se realizó un estudio petrográfico del hormigón con estereomicroscopio y microscopía de polarización sobre secciones delgadas. Se evaluó el estado de la pasta; composición de los agregados finos y gruesos, desarrollo de coronas de reacción, zonas de contacto agregado – mortero; presencia de microfisuras y productos de neoformación. Estos últimos fueron analizados por difracción de rayos X. El agregado grueso está constituido por piedra partida granítica y el agregado fino es una arena natural. En la pasta cementícea, se identificó ettringita, portlandita y calcita como materiales de neoformación. El hormigón no presenta evidencias del desarrollo de reacciones deletéreas tipo RAS.

Se realizaron ensayos de densidad, absorción y espacios vacíos, según lo establecido en la norma ASTM C642-97 y determinación de resistencia a compresión según norma IRAM 1551. El hormigón, como material, demostró un buen desempeño.

En algunos tramos se encontró que los bordes de losas contiguas estaban en contacto y el material bituminoso había sido expulsado. En otros sectores las juntas evidenciaron una mala conservación con la presencia de material granular de relleno y ausencia de material sellador.

Las causas del fisuramiento y levantamiento se pueden atribuir a problemas de conservación, a los que deben adicionarse condiciones climáticas especiales. El estado en que se encontraban las juntas no permitió absorber las dilataciones generadas por la elevada temperatura que alcanzó el material.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los accesos a la ciudad de Bahía Blanca (Prov. de Bs. As.) están constituidos por pavimentos rígidos, y algunos de ellos han sufrido cierto deterioro. Hay antecedentes de deformaciones, cierre de juntas de contracción, fracturas de placas contiguas, levantamientos de losas en contacto con pavimentos flexibles y desarrollo de reacción álcali-sílice.

En trabajos previos se estudiaron pavimentos rígidos de algunos sectores de la ciudad y rutas de acceso afectados por diferentes patologías [1,2,3,4]. En el año 1999 se produjo un levantamiento de 60 cm de las losas de un pavimento urbano, el que se debió al desarrollo de la reacción álcali-sílice. En diciembre del 2006, una placa de una autovía de acceso a la ciudad, se levantó más de 30 cm del suelo, desarrollando un intenso cuadro de fisuras que provocó el desprendimiento de grandes trozos de material. Las losas contiguas presentaban fracturas visibles, en una dirección longitudinal predominante. Placa por medio se observó un levantamiento de unos pocos centímetros en la zona de junta.

Se estudió la petrografía de los agregados y del hormigón, para evaluar la posibilidad del desarrollo de reacciones deletéreas tipo álcali-sílice, y se analizó el caso desde el punto de vista estructural. Se concluyó que el material no presentaba patologías, pero había defectos constructivos que sumados a las condiciones climáticas especiales (elevada temperatura) produjeron el daño descrito [5].

Los levantamientos de losas o blow up ocurren en tiempo cálido, por lo general en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la disminución que sufrió por la incorporación de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando dicha expansión está limitada, se producen esfuerzos, que considerados por sí solos son menores que la resistencia del hormigón, pero en combinación con la restricción al desplazamiento pueden producir un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa o fragmentación en la vecindad de la junta [6].

Las juntas de dilatación o expansión proporcionan espacio para que los extremos de losas contiguas puedan moverse ante un cambio en la temperatura o en el contenido de humedad del pavimento. Generalmente son de 2 cm de espesor y están provistas de barras de acero,

pasadores, para una mejor transmisión de cargas. Los pasadores se fijan en una de las losas y la otra mitad se lubrica para permitir el libre movimiento en la losa contigua. Una condición fundamental que deben cumplir los pasadores para un buen comportamiento de las juntas de expansión, es que se coloquen en forma paralela entre sí y paralelos al eje del camino y a la superficie del pavimento.

En antiguos pavimentos de hormigón la instalación de juntas de dilatación a cortas distancias constituyó una práctica habitual, pero actualmente la tendencia se ha invertido: se realizan únicamente en cruces con otros pavimentos, o en encuentros con otras estructuras fijas como por ejemplo, un puente o líneas férreas [7]. La experiencia ha demostrado que el aserrado de juntas de contracción a poca distancia (4 a 6 m) provee espacio suficiente para la expansión del pavimento [8].

Las juntas de contracción tienen como función básica la de controlar la formación de grietas y/o fisuras derivadas de la retracción del hormigón en su proceso de endurecimiento. Cuando la losa se contrae uniformemente por una disminución de su temperatura media, o de su contenido de humedad, aparecen, por roce con la subrasante, tensiones de tracción. Colocando juntas transversales a distancias apropiadas, estas tensiones quedan reducidas a límites admisibles. Las juntas de contracción pueden ser construidas en el hormigón fresco o endurecido, mediante aserrado de una ranura en la parte superior de la calzada, de una profundidad entre un cuarto y un sexto del espesor de la losa. De tal manera que cuando el pavimento se contrae, la fisura se produce en correspondencia con la junta, es decir, se controla la ubicación de las posibles grietas transversales.

Todas las juntas deben sellarse para evitar que el agua superficial se infiltre en el suelo de la subrasante con la consecuente disminución de su valor soporte. El sellado evita también que material granular no compresible, se introduzca dentro de las cavidades de las juntas, generando tensiones localizadas en el hormigón cuando éstas tienden a cerrarse por la dilatación de las losas.

Los pavimentos de hormigón bien proyectados y construidos necesitan trabajo de mantenimiento, y es imprescindible que éste se realice en forma periódica y constante, porque de lo contrario, una pequeña falla inicial, reparable a poco costo, se convertirá en un daño progresivo que encarecerá los trabajos de remediación. La conservación normal de los pavimentos de hormigón consiste en el sellado de juntas, tanto de contracción como de

dilatación, tarea fácil y sencilla que se realiza con equipo simple y no requiere personal muy especializado. Si se hace correcta y periódicamente, se conseguirá prolongar la vida útil del pavimento.

En el presente trabajo se estudiaron las causas que provocaron el levantamiento de losas en un tramo de una autovía de acceso a la ciudad de Bahía Blanca, construida en el año 1995. En el transcurso de su vida en servicio, este tipo de patología se ha presentado en tres ocasiones, en todos los casos durante el período estival.

METODOS

Se efectuó un relevamiento del pavimento rígido del camino de acceso a la ciudad de Bahía Blanca de 3 km de extensión. Se obtuvieron fotografías de los sectores afectados por el levantamiento de placas.

Se calaron testigos de 7,5 cm de diámetro y altura variable entre 15 y 20 cm, según los diferentes sectores de pavimento relevados, a fin de evaluar el comportamiento físico-mecánico del hormigón. Se realizaron ensayos de: resistencia a la compresión según norma IRAM 1551 "Hormigón de cemento portland. Extracción, preparación y ensayo de testigos de hormigón endurecido" [9] y densidad, absorción y espacios vacíos, según lo establecido en norma ASTM C642-97 "Standard Test Method for Density, Absorption and Voids in Hardened Concrete" [10].

Se realizó un estudio petrográfico de los agregados y del hormigón poniendo especial énfasis en las zonas de contacto agregado-mortero, identificación de fisuras, desarrollo de productos de reacción, etc.

Para los estudios petrográficos se utilizó estereomicroscopio y microscopio de polarización Olympus, trinocular, con cámara de video y programas computarizados para el tratamiento de imágenes. Para identificar los productos de neoformación se trabajó con un difractómetro de rayos X (Rigaku D-Max III - C con radiación de Cu K α y monocromador de grafito, con 35 Kv y 15 mA).

RESULTADOS

Relevamiento del sector afectado:

El pavimento rígido presenta una junta longitudinal central y juntas transversales de contracción aserradas cada 6 m. La profundidad en el corte es del orden de un tercio del espesor de la losa, el cual varía entre 15 y 20 cm en los diferentes sectores relevados. Sólo se observaron juntas de dilatación en los cruces con otros pavimentos distanciados aproximadamente 1 km.

Se verificó la ausencia de material sellador entre paños contiguos de losas, permitiendo el ingreso de agua hacia la base. En las juntas de contracción se observó la presencia de barras de acero (pasadores) de 25 mm de diámetro distanciados cada 50 cm y ubicados aproximadamente a 9 cm de la superficie. No se observó crecimiento de vegetación en las juntas, pero sí material granular incompresible de relleno que produjo una sensible disminución del ancho efectivo.

En la figura 1a se muestra la placa que se levantó unos 40 cm del suelo. Se observan fracturas transversales al eje del camino, con desprendimiento del hormigón de la superficie. La figura 1b permite observar el cordón cuneta destruido, y parcialmente desprendido de la carpeta de rodamiento. La figura 1c muestra un detalle del fenómeno desarrollado, desprendimiento del hormigón y cordón cuneta y el importante levantamiento de la totalidad de la placa. La figura 1d es un detalle de las anteriores. En la figura 1e se observa el estado del pavimento desde la parte superior con la apertura de la junta de contracción y 1f corresponde al sector lateral con las fisuras de liberación de tensiones paralelas al eje de la ruta.



Figura 1 a y b: Vista de la placa que se levantó 40 cm del suelo. **c y d:** Detalle de las fotos anteriores. **e:** Observación del fenómeno de la parte superior. **f:** Vista lateral.

Se determinó la resistencia a compresión sobre testigos según norma IRAM 1551. Los resultados se detallan en la tabla 1. Se prepararon las bases de las muestras de tal manera que la relación altura/diámetro de cada uno de los testigos fuera dos.

Testigo	Resistencia a compresión (Mpa)
1	36,3
2	37,2
3	35,4

Tabla 1. Resistencia a compresión.

Se realizaron determinaciones de densidad, absorción y espacios vacíos según la norma ASTM C642-97. Los resultados se detallan en la tabla 2.

Muestra	Densidad (g/cm ³)	Absorción (%)	Porosidad (%)
1	2,48	3,7	9,3
2	2,44	4,1	9,9
3	2,49	3,9	9,8

Tabla 2. Densidad, absorción y porosidad.

Los valores obtenidos no evidencian alteraciones físico-mecánicas en el hormigón del pavimento.

Petrografía del Hormigón

Observaciones con estereomicroscopio:

El agregado grueso está constituido por una piedra partida granítica. El agregado fino es una arena natural de origen marino.

Se observaron abundantes productos de neoformación alrededor de las partículas del agregado grueso y sobre el mortero. Las cavidades de aire accidental se presentan

parcialmente rellenas con ettringita. Los contactos agregado grueso – mortero no son netos. Se encuentran parcialmente separados y rellenos por un material blanquecino.

En la figura 2a se muestra un contacto agregado grueso – mortero. Este último tiene su textura modificada por procesos de carbonatación superficial. En la figura 2b se observa el desarrollo de abundante material de neoformación en el contacto con el mortero, que enmascara las características de la interfase. Estos productos fueron separados para su posterior identificación por difracción de rayos X. En la figura 2c se observan cavidades de aire accidental parcialmente rellenas con ettringita.

Microscopía de polarización:

La roca granítica que constituye el agregado grueso está formada por fenocristales de plagioclasa subhedrales y ortosa, con cuarzo anhedral intersticial y escasos minerales ferromagnesianos. El cuarzo presenta extinción ondulante. La alteración es incipiente (argilización de minerales félsicos y máficos).

En la figura 2d se muestra la textura y los minerales presentes en la roca que constituye el agregado grueso. (Con nicols cruzados). El agregado fino es una arena natural constituida en forma predominante por cuarzo, valvas carbonáticas y rocas volcánicas (la mayoría con pastas vítreas). En menor proporción se identificó feldespato y rocas graníticas (figura 2e). Hay fisuras en las zonas de contacto agregado grueso – mortero. Alrededor de ellas se observa carbonatación del mortero. Las cavidades de aire accidental se encuentran parcial o totalmente rellenas con ettringita. En la figura 2f se observa una partícula granítica, se destaca la abundancia de cuarzo anhedral con extinción ondulante, textura en mortero y escasos fenocristales de plagioclasa. Se presenta separada del mortero, carbonatado en el sector próximo a la fisura y una cavidad de aire accidental parcialmente rellena con ettringita.

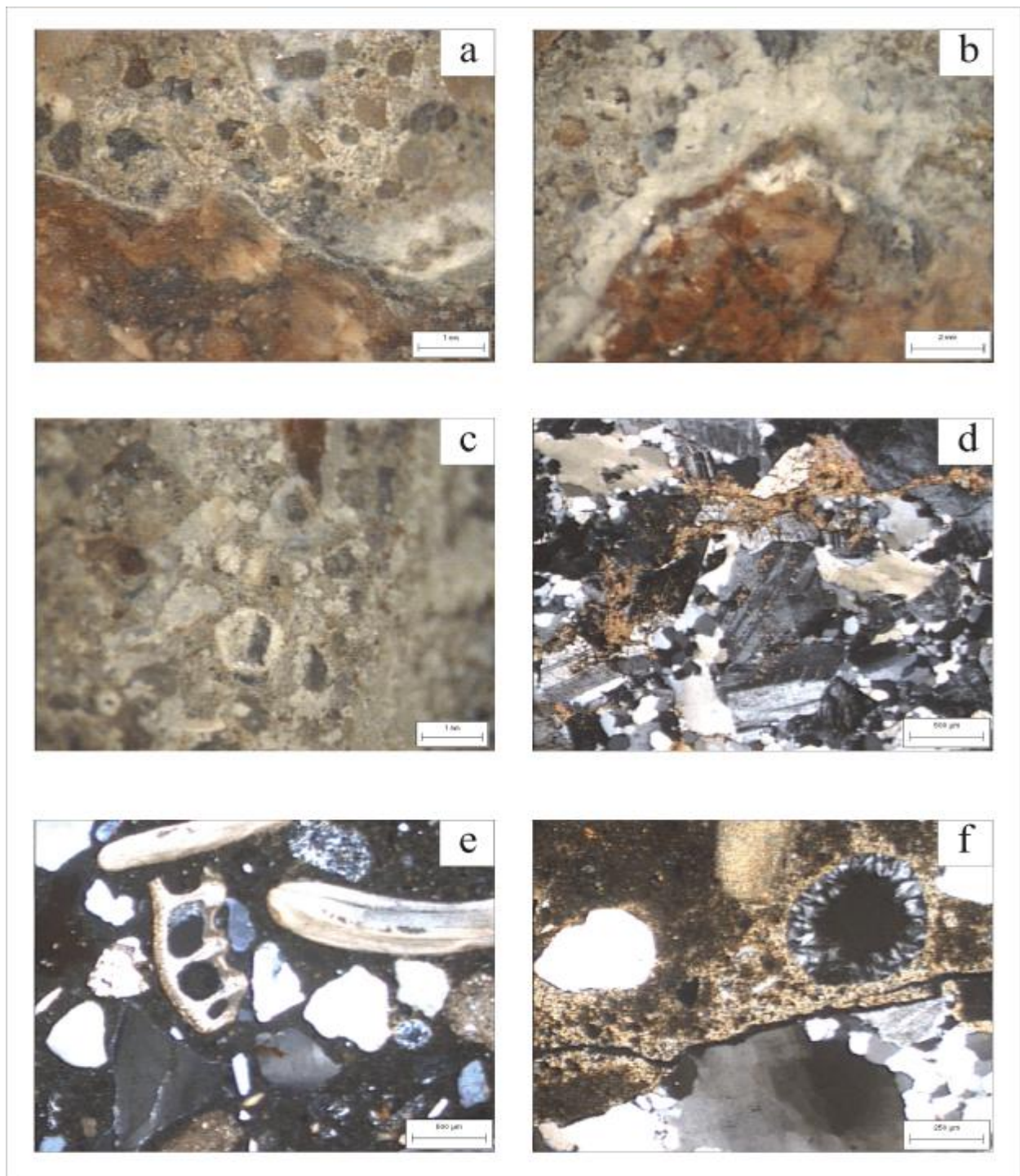


Figura 2 **a:** Borde de reacción en el contacto agregado grueso–mortero. **b:** Material de neoformación en el contacto con el mortero. **c:** Cavidades de aire accidental parcialmente rellenas con ettringita. **d:** Roca granítica que constituye el agregado grueso (con nicoles cruzados). **e:** Composición del agregado fino y el buen estado del mortero. **f:** Partícula granítica separada del mortero y cavidad de aire accidental parcialmente rellena con ettringita.

Difractometría de rayos X:

El material de neoformación separado bajo estereomicroscopio fue analizado por DRX. Se identificó calcita (CO_3Ca), portlandita ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y ettringita ($\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$). Se observó una reflexión de muy baja intensidad en 7.54 Å adjudicada a yeso. ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

CONCLUSIONES

- Si bien se identificaron especies deletéreas (cuarzo con extinción ondulante y rocas volcánicas con pastas vítreas) no hay evidencias del desarrollo de reacciones expansivas atribuibles a la composición petrográfica-mineralógica de los agregados.
- La elección de los materiales y el proyecto de las mezclas es adecuado para este tipo de estructura, así lo indican los resultados obtenidos en los ensayos físico-mecánicos realizados.
- Durante un período de elevadas temperaturas el pavimento de hormigón sufrió una dilatación, que se vio restringida por la acumulación de material granular incompresible en las juntas. Esta restricción al desplazamiento originó fuerzas de compresión sobre el plano de las mismas generando el levantamiento (blow up) y la rotura de placas contiguas a la junta.
- La patología que presentó el pavimento estudiado, sometido a condiciones climáticas severas, se debe a la ineficiencia en el sellado y mantenimiento de las juntas, las cuales no pudieron absorber las dilataciones producidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Dptos. de Ingeniería y Geología de la UNS, al CONICET-INGEOSUR y a la CIC de la Prov. de Bs. As. por el apoyo brindado y al Sr. Rodolfo Salomón por la colaboración en la compaginación de las fotomicrografías.

REFERENCIAS

1. S. Marfil, P. Maiza, R. Salomón. "Pavimentos de hormigón de la ciudad de Bahía Blanca. Su comportamiento frente a la RAS", Revista de la Asociación de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. (ASAGAI). 16. (2001) pp. 146-152.
2. S. Marfil, P. Maiza. "Deteriorated pavements due to the alkali - silica reaction. A petrographic study of three cases in Argentina". Cement and Concrete Research, 31, 7 (2001) pp. 1017-1021.
3. P. Maiza, S. Marfil. "Examen petrográfico aplicado al estudio del hormigón de una ruta interurbana con evidencias de deterioro", Revista de la Asociación de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. (ASAGAI). 17 (2002) pp. 75-79.
4. S. Marfil, P. Maiza, R. Salomón. "ASR Induced Blow-up in an Urban Concrete Pavement (Bahía Blanca-Argentina)". The International Journal of Pavement Engineering UK. 2, 4. (2001) pp. 271-276.
5. P. Maiza, S. Marfil. "Estallido de una placa de hormigón en una autopista de la ciudad de Bahía Blanca (Prov. de Bs. As. – Argentina)". IX Congreso Latinoamericano de Patología y XI Congreso de Control de Calidad en la Construcción. Quito. Ecuador. Publicado en CD. ISBN 978-9978-77-136-5. (2007). 8 pág.
6. Brûlé Bianchi, V. "Estudio experimental: dilatación explosiva de pavimentos de hormigón". Instituto de Obras Civiles, Universidad Austral de Chile. (2007). 99 pág.
7. L. Hewes, C. Oglesby. "Ingeniería de carreteras". Compañía Editorial Continental S.A. México. (1992). 858 pág.
8. A. Fava, J. Zuker. "Técnicas y equipos actuales para el aserrado de juntas en los pavimentos de hormigón". ITH Instituto Tecnológico del Hormigón. VI Simposio del Equipo Vial, Buenos Aires (1971). 10 pág.
9. IRAM 1551 "Hormigón de cemento Portland. Extracción, preparación y ensayo de testigos de hormigón endurecido" (2000). 12 pág.
10. ASTM C642-97 "Standard Test Method for Density, Absorption and Voids in Hardened Concrete". (1997). 2 pág.