STUDY OF WEAR RESISTANT PAVEMENT ON HIGH STRENGTH CONCRETE PAVING BLOCKS [1] [2]

Kazukuki MURAKAMI

CHICHIBU ONODA CEMENT CORPORATION
Saitama-ken, Japan

Shigeo SUDA

CHICHIBU ONODA CEMENT CORPORATION
Saitama-ken, Japan

Norihiro EZUMI

ONODA OLB GROUP
Japan

SUMMARY

The road surface in a cold district costs a lot for repairs and maintenance because it undergoes severe wearing by tire chains and spiked tires. The dust and powder influencing health and surrounding environment is causing big environmental pollution, too.

The object of this study is to clarify the relationship between different kinds and mixing conditions for the paste matrix; strength properties as well as wear resistance of concrete pavers produced under the normal production method used for concrete pavers. Three different types of components were used for the binder to obtain high strength: Silica fume, blast furnace fine slag powder and normal Portland cement. We took the content of the binder, water/binder ratio and fine aggregate ratio as parameters and we report on how these parameters influence strength properties and wear resistance of concrete paving blocks.

1. INTRODUCTION

Concrete paving blocks in Japan are now mainly used for sidewalks. But such concrete blocks, since they can give a landscaping effect to the road surface, are used for crossings, parking lots and light-traffic roads. Although asphalt and concrete are mainly used for road pavements, it is assumed that concrete paving blocks will be used more for road pavement; thus, concrete blocks with good wear resistance are desired. The pavement surface in a cold district undergoes especially severe wearing by tire chains and spiked tires.

This study deals with the kinds of paste matrix and the mixing conditions, regarding the wear property of concrete paving blocks.

2. OUTLINE OF THE TEST

2.1 MIXING CONDITIONS

The binder was a mix of ordinary Portland cement, silica fume and fine slag powder, with a constant fineness for the three components. The mixing ratio of cement, silica fume and ground granulated blast furnace slag was 75 : 5 : 10. By this, it was anticipated a high filling effect and flowabillity. The properties of the materials used are:

1. Silica fume, with specific surface area of 19,82 m^2/g, average particle size of 0,1 μm and SiO_2 content of 95 %.
2. Fine slag powder with specific surface area of 0,8 m^2/g and average particle size of 10 μm.
3. As fine aggregate, crushed hard sandstone with specific gravity of 2,62 and fineness modulus of 2,7.
4. As coarse aggregate, a 1:1 mixture of #6 (13 mm to 5 mm) and #7 (5 mm to 2,5 mm) crushed hard sandstone for road use with specific gravity of 2,71 and a solid content of 58 %.
5. The unit content of binder was changed from 300 kg/m^3 to 600 kg/m^3 in the mix dosage to see the influence of the unit content of binder.
6. Sand-aggregate ratio (s/a) which is assumed to greatly influence the wearing properties was changed from 20 % to 60 % to see the optimal aggregate mixing ratio.

The mixture used in the test is shown in Table 1. However, I adopted unit quantity of water of maximum quantity with the field, which could form it because filling factor of 95 % or more wasn't provided from shortage of bond materials in case of quantity of bond materials 300 kg/m^3.[3]

2.2 STRENGTH TEST

The samples for the strength test were produced on a vibrating molding machine with mold dimensions of L = 200 mm x W = 100 mm x H = 80 mm, with a vi-

---

1 The editors used the International System of Units (SI) in this book of Proceedings, and the comma "," as the Decimal Marker. Each paper is presented first in English and then in Spanish, with the Tables and Figures, in both languages, placed in between.

2 This is the original version of this paper.

3 This paragraph is published as the authors sent it.

bration frequency of 4 800 rpm and with an acceleration during vibration of 20 g. It was molded by vibration and compaction for 7 s and demolded instantly. The dimensions and weight of the test samples were measured after demolding to obtain a filling rate as shown in Formula 1:

$$\text{Filling rate} = \frac{\text{surveyed unit weight}}{\text{theoretical unit weigth}} \times 100 \qquad (1).$$

After curing at room temperature of 20 °C and relative humidity of 65 % for 14 d, a strength test was carried out. The rate of deformation was obtained before the strength test in such a way that the measured average value of three points on the test sample dimensions toward the short side is divided by the mold dimensions.

2.3 WEARING TEST

The test samples for the wearing test is a trapezoid with a lower base of 200 mm, an upper base of 150 mm and a height of 100 mm. The molding and curing conditions were the same as for the test samples for the strength test.

The wearing test was carried out using a rotary wearing tester (see Photo 1) under the test conditions shown in Table 2. The average wear figures were obtained from the worn depths at 36 points as shown in Figure 1.

3. TESTS RESULTS

3.1 RELATIONSHIP BETWEEN UNIT CONTENT OF BINDER AND STRENGTH

The relationship between the unit content of binder and bending and compressive strengths are shown in Figure 2 and Figure 3 respectively. Bending and compressive strengths tend to increase as the binder content increases but becomes stable at the binder content of approximately 500 kg/m^3. This cause is thought about so that depression of W/B becomes at the uppermost limit. In addition, when the binder content is 300 kg/m^3, the 4 % lower filling rate, as compared to other cases, caused a decline in strength.[4]

3.2 RELATIONSHIP BETWEEN UNIT CONTENT OF BINDER AND MOLDING

The relationship between the unit content of binder and deformations is shown in Figure 4. Deformation increase as the unit content of binder increases. In case of the stripping method, it is important it is small at that moment, and to hold down the volume of deformation, so it is necessary to limit the quantity of paste for that purpose. It may be necessary because paste among aggregate exceed air voids. As a result, an appropriate amount of paste is necessary in concrete block molding and according to the test, the unit content of binder from 400 kg/m^3 to 500 kg/m^3 is supposed to be reasonable in consideration of the strength and molding aspects.

3.3 RELATIONSHIP BETWEEN S/A AND WEARS

The relationship between s/a and the average wear as well as bending strength, when the content of binder is fixed at 460 kg/m^3, is shown in Figure 5. The theoretical s/a that is necessary is 20 % for the rate of coarse aggregate to be 58 %, and to fill up the spaces among coarse aggregates. In other words, s/a on mix is calculated by doing bond materials and remaining capacity except capacity of aqua with capacity of fine aggregate from void between coarse aggregate.[5] Production of concrete blocks with this s/a ratio is difficult and the filling rate can not go up by merely adjusting the water content. Therefore, if the s/a ratio ranges between 20 % and 25 %, the molding of the paving blocks is poorer than with other ranges of s/a with a filling rate of 93 % to 94 %, pushing up the average wear. But if s/a ratio ranges between 30 % to 40 %, and a filling factor of 95 % or more was provided, the average wear was approximately 2,6 mm, being 30 % smaller than for the other ranges. And the average wear became big when the s/a ratio became fixed in 50 % by shortage of coarse aggregate when s/a ratio exceeded 40 %.

It is known that there is an obvious relationship between the average wear and bending strength as shown in Figure 5. Samples with s/a ratios of 20 % and 25 %, with small filling rate of the concrete paving blocks, show less bending strength, and a filling rate of more than 95 % is required to obtain high strength. Similar properties as for normal high strength concrete are seen in the filling rate range of more than 95 %. The smaller the s/a ratio is, the higher the strength of the high strength concrete. This is due to the bonding properties of the interface between paste and the aggregate, and it is considered that the surface area of aggregate decreases as the quantity of coarse aggregate increases substantiating paste bonding.[6]

4. WEARING COMPARISON ABOUT OTHER PAVING MATERIALS

The paving materials used for wearing comparison are as follows;

A = The mixture B-5 used in this test.
B = Normal concrete blocks (s/a = 50 %) without surface layer mortar.
C = Concrete for paving.
D = Surface layer asphalt concrete.

Wear values after 50 000 rotations are shown in Figure 6. The above-mentioned A mix used in this

[4] This paragraph is published as the authors sent it.

[5] This paragraph is published as the authors sent it.

[6] This paragraph is published as the authors sent it.

test shows much better wearing properties than other paving materials. Wear is less than half compared to normal concrete paving blocks B and it is acknowledged that the influence of the paste matrix and fine aggregate ratio is big.

All these tests were carried out in the laboratory and the relation to the actual job site could not be obtained. It is henceforth necessary to relate the laboratory tests to the actual job site by follow-up survey.

5. CONCLUSION

The following is to be mentioned in regard to this test:

1. The appropriate amount of paste exists in concrete paving block molding, and 400 kg/m^3 to 500 k/m^3 of unit content of binder seems to be reasonable taking strength and molding aspects into consideration, as far as this test is concerned.
2. There is a relationship between the average wear and bending strength, and the higher the strength the better the wear resistance.
3. Wear resistance becomes higher with a higher strength, between s/a ratios from 30 % to 45 %.
4. Wear resistance of concrete paving blocks is excellent compared to other paving materials.
5. It is henceforth necessary to get the relationship between the test and the actual job site by follow-up survey.

TYPE OF CONCRETE *TIPO DE CONCRETO*	B=C+SF+BC (%)	W/B (%)	s/a (%)	UNIT WEIGHT / *PESO UNITARIO* (kg/m3)							FILLING RATE *RATA DE LLENADO*
				W	C	SF	BC	S	G	Ad.	
A-1	300	40,0	36,2	120	255	15	30	661	1 436	3,0	94,8
A-2	400	32,5	28,4	136	360	20	40	550	1 436	4,0	98,9
A-3	500	25,0	24,5	125	425	25	50	447	1 436	5,0	98,1
A-4	600	24,0	19,8	144	510	30	60	340	1 436	6,0	99,1
B-1	460	24,0	20,0	128	391	23	46	373	1 544	4,6	92,6
B-2	460	24,0	25,0	128	391	23	46	466	1 448	4,6	91,9
B-3	460	24,0	30,0	124	391	23	46	571	1 376	4,6	97,2
B-4	460	24,0	35,0	124	391	23	46	666	1 280	4,6	97,3
B-5	460	24,0	40,0	124	391	23	46	761	1 180	4,6	98,9
B-6	460	24,0	45,0	124	391	23	46	856	1 082	4,6	98,8
B-7	460	24,0	50,0	124	391	23	46	951	984	4,6	96,4
B-8	460	24,0	55,0	124	391	23	46	1 046	886	4,6	98,1
B-9	460	24,0	60,0	124	391	23	46	1 141	788	4,6	98,2

SF = Silica fume / *Humo de sílice*
BS = Blast-furnace slag / *Escoria de alto horno*

Table 1. Mix proportions of concretes.
Tabla 1. *Dosificación de los concretos.*

ITEM	TEST CONDITIONS / *CONDICIONES DE ENSAYO*
Temperature / *Temperatura*	Room temperature 0 °C (0,15m^3/h water sprinkling) one round / *Temperatura ambiente 0 °C (0,15 m3/h de riego de agua) una vez*
Running times / *Tiempo de ensayo*	50 000 times / *pasadas*
Tires / *Llantas*	3,50-5 spiked tires (76 studs) / *llanatas con taches (76 taches)*
Wheel load / *Carga por llanta*	100 kg
Rotation speed / *Velocidad de rotación*	Tire / *Llanta*: 30 km/h, Table / *Mesa*: 24,5 km/h

Table 2. Test Conditions.
Tabla 2. *Condiciones de ensayo.*

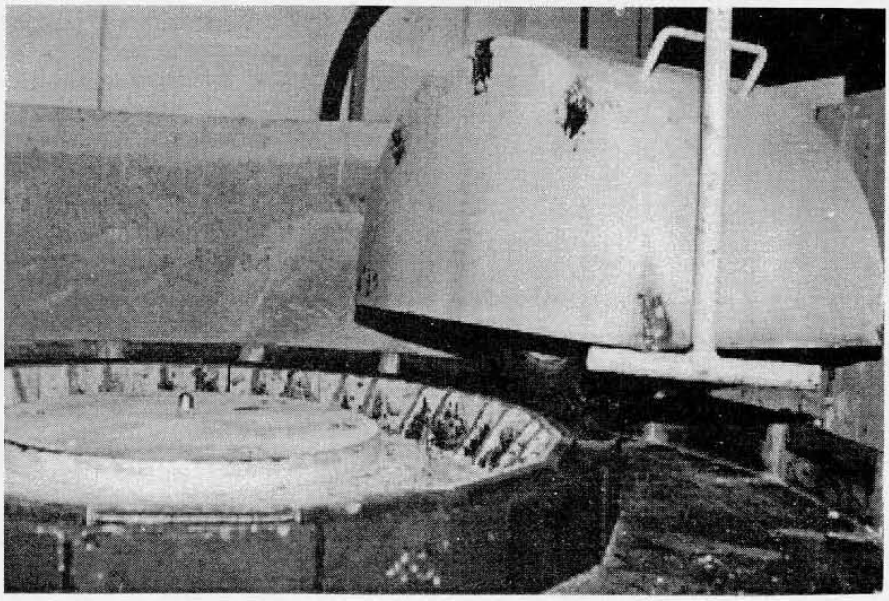


Photo 1. Abrasion testing machine.
Foto 1. *Máquina para el ensayo de abrasión.*

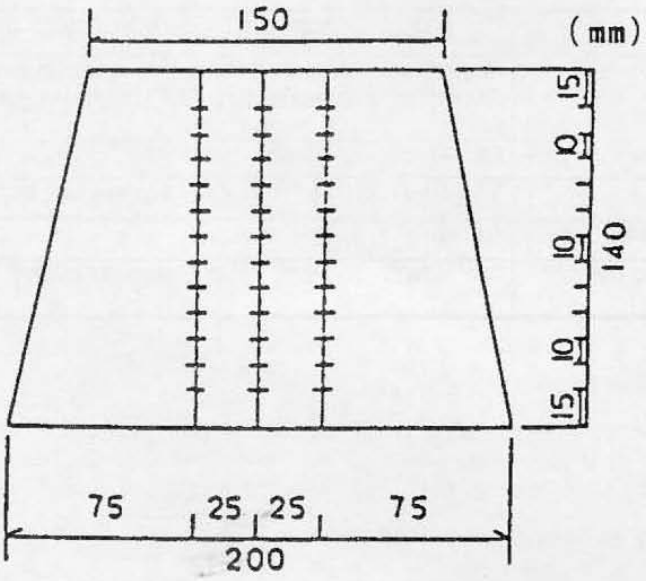
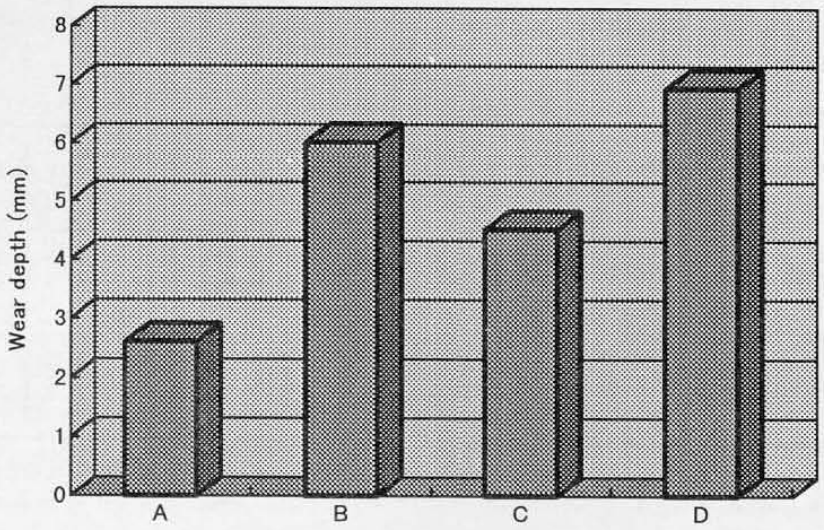


Figure 1. Measuring Position of Wearing Depth.
Figura 1. *Posiciones para la medición de la profundidad de abrasión.*



PROFUNDIDAD DE DESGASTE (mm) vs MATERIALES DE PAVIMENTACIÓN (A - B - C - D)

Figure 6. Wear of each paving material.
Figura 6. *Desgaste de cada material.*

ESTUDIO DE UN PAVIMENTO RESISTENTE AL DESGASTE, CON ADOQUINES DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA [7] [8]

Kazukuki MURAKAMI

CHICHIBU ONODA CEMENT CORPORATION
Saitama-ken, Japón

Shigeo SUDA

CHICHIBU ONODA CEMENT CORPORATION
Saitama-ken, Japón

Norihiro EZUMI

ONODA OLB GROUP
Japón

RESUMEN

La superficie vial en un distrito frío cuesta mucho para reparar y mantener, puesto que está sometida al severo desgaste de las llantas con cadenas o con taches. El polvo influye sobre la salud y el ambiente circundante, y está causando contaminación medioambiental.

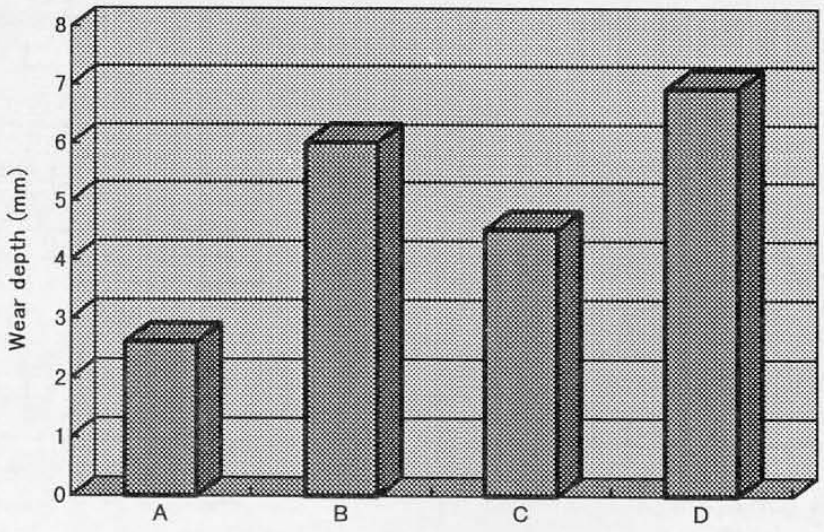
El objeto de este estudio es clarificar la relación entre las diferentes clases de la matriz, sus características de mezcla y las propiedades de resistencia mecánica y de resistencia al desgaste en los adoquines de concreto producidos por métodos normales. Se utilizaron tres tipos de componentes como material cementante, con el fin de obtener alta resistencia: humo de sílice, polvo fino de escoria de alto horno y cemento Pórtland normal. Se tomaron como parámetros el contenido de cementante, la proporción agua / cementante y proporción de agregado fino, y se reporta de qué manera influyen estos parámetros sobre las propiedades de resistencia mecánica y al desgaste en los adoquines de concreto.

1. INTRODUCCIÓN

En Japón se utilizan los adoquines de concreto principalmente en las aceras; pero tales adoquines, puesto que pueden producir un efecto paisajístico a la superficie de la vía, se usan para pasajes, parqueaderos y vías con tráfico liviano. Aunque para las vías pavimentadas se utiliza principalmente el asfalto y el concreto, se supone que los adoquines de concreto serán utilizados para pavimento de vías, así pues, se buscan adoquines con buena resistencia al desgaste.

7 Los editores utilizaron el Sistema Internacional de Unidades (SI) en estas Memorias, y la coma "," como Puntuación Decimal. Cada ponencia se presenta primero en Inglés y luego en Español, con las Tablas y Figuras, en ambos idiomas, colocadas en medio de ellas.

8 Esta es una traducción de la ponencia original escrita en Inglés, realizada por Esperanza Tardáguila y Germán G. Madrid, no sometida a la aprobación del autor.



PROFUNDIDAD DE DESGASTE (mm) vs MATERIALES DE PAVIMENTACIÓN (A - B - C - D)

Figure 6. Wear of each paving material.
Figura 6. *Desgaste de cada material.*

ESTUDIO DE UN PAVIMENTO RESISTENTE AL DESGASTE, CON ADOQUINES DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA [7] [8]

Kazukuki MURAKAMI

CHICHIBU ONODA CEMENT CORPORATION
Saitama-ken, Japón

Shigeo SUDA

CHICHIBU ONODA CEMENT CORPORATION
Saitama-ken, Japón

Norihiro EZUMI

ONODA OLB GROUP
Japón

RESUMEN

La superficie vial en un distrito frío cuesta mucho para reparar y mantener, puesto que está sometida al severo desgaste de las llantas con cadenas o con taches. El polvo influye sobre la salud y el ambiente circundante, y está causando contaminación medioambiental.

El objeto de este estudio es clarificar la relación entre las diferentes clases de la matriz, sus características de mezcla y las propiedades de resistencia mecánica y de resistencia al desgaste en los adoquines de concreto producidos por métodos normales. Se utilizaron tres tipos de componentes como material cementante, con el fin de obtener alta resistencia: humo de sílice, polvo fino de escoria de alto horno y cemento Pórtland normal. Se tomaron como parámetros el contenido de cementante, la proporción agua / cementante y proporción de agregado fino, y se reporta de qué manera influyen estos parámetros sobre las propiedades de resistencia mecánica y al desgaste en los adoquines de concreto.

1. INTRODUCCIÓN

En Japón se utilizan los adoquines de concreto principalmente en las aceras; pero tales adoquines, puesto que pueden producir un efecto paisajístico a la superficie de la vía, se usan para pasajes, parqueaderos y vías con tráfico liviano. Aunque para las vías pavimentadas se utiliza principalmente el asfalto y el concreto, se supone que los adoquines de concreto serán utilizados para pavimento de vías, así pues, se buscan adoquines con buena resistencia al desgaste.

---

7 Los editores utilizaron el Sistema Internacional de Unidades (SI) en estas Memorias, y la coma "," como Puntuación Decimal. Cada ponencia se presenta primero en Inglés y luego en Español, con las Tablas y Figuras, en ambos idiomas, colocadas en medio de ellas.

8 Esta es una traducción de la ponencia original escrita en Inglés, realizada por Esperanza Tardáguila y Germán G. Madrid, no sometida a la aprobación del autor.

Este estudio se ocupa de las clases de matriz de pasta y las características de mezcla de la misma, relacionadas con las propiedades de resistencia a la abrasión de los adoquines de concreto.

2. PERFIL DEL ENSAYO

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA

El cementante fue una mezcla de cemento Pórtland ordinario, humo de sílice y polvo fino de escoria, con una finura constante en cada uno de los tres elementos. La proporción de la mezcla de cemento, humo de sílice y escoria de alto horno granulada, fue de 75 : 5 : 10. De esta manera se anticipó un alto efecto de llenado y fluidez. Las propiedades de los materiales utilizados fueron:

1. Humo de sílice, con un área específica de 19,82 m²/g, un contenido de SiO2 de 95 % con finura promedio de 0,1 µm.
2. Polvo fino de escoria, con una superficie específica de 0,8 m²/g y una finura promedio de 10 µm.
3. Arenisca finamente triturada, con una gravedad específica de 2,62 y un módulo de 2,7.
4. Como agregado grueso, una mezcla 1 : 1 de arenisca N° 6 (13 mm a 5 mm) y N° 7 (5 mm a 2,5 mm) para vías, con gravedad específica de 2,71; se utilizó también un contenido sólido de 58 % de agregado grueso.
5. Un contenido unitario del cementante entre 300 kg/m³ y 600 kg/m³, para evaluar su influencia.
6. La proporción de arena / agregado (s/a), que se supone que influye grandemente en el desgaste, se varió entre 20 % y 60 %, con el fin de ver la proporción óptima de mezcla del agregado.

Las mezclas utilizadas en los ensayos se muestran en la Tabla 1. Sin embargo, se adoptó un contenido de agua unitario máximo, porque el factor de relleno de 95 % o más no fue provisto, debido a la escasez de materiales cementante cuando la cantidad de éstos fue de 300 kg/m³.[9]

2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA

Los especímenes para el ensayo de resistencia se produjeron en una máquina moldeadora, vibratoria, cuyo molde tenía las dimensiones: L = 200mm x W = 100mm x H = 80 mm, una vibración a 4 800 r.p.m. y una aceleración de vibración de 20 g. Se moldearon por vibración y compactación durante 7 s y se desmoldaron inmediatamente. Las dimensiones y peso de los especímenes se tomaron después del desmoldado para obtener un porcentaje de llenado como se muestra en la Fórmula 1.

Porcentaje de llenado = (peso unitario verificado x 100) / (peso unitario teórico) (1)

Después de curarlos a una temperatura ambiente de 20 °C, y a una humedad relativa del 65 % durante 14 d, se llevó a cabo el ensayo de resistencia. El porcentaje de deformación se obtuvo antes del ensayo de resistencia, de tal manera que el valor medido de tres puntos en la dimensión del espécimen en el lado corto, se dividió por la dimensión del molde.

2.3 ENSAYO DE DESGASTE

Los especímenes para el ensayo de desgaste son trapezoides con una base inferior de 200 mm, una base superior de 150 mm y la altura de 100 mm. Las propiedades de curado y moldeado fueron las mismas que para los especímenes del ensayo de resistencia.

El ensayo de desgaste se realizó utilizando un probador de desgaste rotatorio (Foto 1) bajo las condiciones mostradas en la Tabla 2. Las cifras de resistencia promedio se obtuvieron de la profundidad de desgaste tomada en 36 puntos como se muestra en la Figura 1.

3. RESULTADO DEL ENSAYO

3.1 RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO UNITARIO DE CEMENTANTE Y LA RESISTENCIA

La relación entre el contenido unitario de cementante, la flexotracción y la resistencia a la compresión, se muestran en la Figura 2 y la Figura 3 respectivamente. La flexotracción y la resistencia a la compresión tienden a aumentar cuando aumenta el contenido de cementante, pero resultan estables cuando el contenido de cementante es de aproximadamente 500 kg/m³. Esto es debido a que la disminución en la relación agua / cementante llega al límite máximo. Además, cuando el contenido de cementante es de 300 kg/m³, el porcentaje de relleno es más bajo en 4%, comparado con otros casos, lo que produce un descenso en la resistencia.[10]

3.2 RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO UNITARIO DE CEMENTANTE Y EL MOLDEADO

La relación entre el contenido unitario de cementante y las deformaciones se muestra en la Figura 4. Las deformaciones aumentan cuando aumenta el contenido unitario de cementante. En el caso del desmoldado, es importante que en ese momento la deformación sea pequeña y mantener bajo el volumen de deformación, por lo cual es necesario limitar la cantidad de pasta. Esto se puede deber a que la pasta entre los agregados excede el espacio disponible. Como resultado, para el moldeado de adoquines, se necesita una cantidad apropiada de pasta, y de acuerdo con el ensayo está entre 400 kg/m³ y 500 kg/m³, como cifra razonable en consideración al moldeado y a la resistencia.

[9] Traducción libre.

[10] Traducción libre.

3.3 RELACIÓN ENTRE S/A Y EL DESGASTE

La relación s/a y el desgaste promedio, como también la resistencia a la flexotracción cuando el contenido de cementante se fija en 460 kg/m³ se muestra en la Figura 5.

La relación s/a teórica necesaria es de 20 % cuando el agregado grueso es de 58 %, y cuando se llenan las cavidades con agregado grueso. En otras palabras, la relación s/a en las mezclas se calcula tomando el volumen del material cementante y restándolo del de vacíos entre el agregado grueso, sin contar el volumen del agua, y el resto será el volumen de arena.[11] La producción de adoquines con esta relación s/a es difícil y el porcentaje de relleno no puede aproximarse simplemente ajustando el contenido de agua. Por lo tanto, si la relación s/a se ubica entre el 20 % y el 25 %, el estado de moldeado de los adoquines es más pobre que otras series de relación s/a con el porcentaje de relleno de 93 % a 94 % aumentando el promedio de desgaste. Pero si la relación s/a se ubicó entre 30 % y 40 % y si se proporcionó un factor de relleno de 95 % o más, el promedio de desgaste fue de aproximadamente 2,6 mm, mostrando un 30 % menos que otras series. Los desgastes promedios resultan grandes cuando la relación s/a se fijó en 50 % por escasez de agregado grueso cuando la relación s/a superó el 40 %.

Se sabe que hay una relación obvia entre los desgastes promedios y la resistencia a la flexotracción, como se muestra en la Figura 5. Las muestras con relaciones s/a de 20 % y 25 %, con bajo porcentaje de relleno del adoquín, muestran menos resistencia a la flexotracción, y para obtener alta resistencia se requiere un porcentaje de relleno de más de 95 %. Propiedades semejantes a la alta resistencia del concreto se ven en el porcentaje de relleno de más de 95 %. Mientras más pequeña sea la relación s/a, el concreto fuerte tiende a mostrar más resistencia. Esto se debe a las propiedades de adherencia de la interface entre la pasta y el agregado y se considera que el área superficial del agregado decrece cuando la cantidad de agregado grueso aumenta haciendo más importante la capacidad de adherencia de la pasta.

4. COMPARACIÓN DEL DESGASTE CON OTROS MATERIALES DE PAVIMENTACIÓN

Los materiales de pavimentación utilizados para comparar el desgaste son como siguen:

A = La mezcla B-5 utilizada en este ensayo.
B = Adoquines normales (s/a = 50%) sin mortero en la capa superficial.
C = Concreto para pavimentación.
D = Capa superficial de concreto asfáltico.

En la Figura 6 se muestran los desgastes después de 50 000 ciclos. La mezcla A mencionada arriba, utilizada en este ensayo, muestra mucho mejores propiedades de desgaste que los otros materiales de pavimentación. Los desgastes son menos de la mitad comparados con los adoquines normales B y se reconoce que la influencia de la matriz de pasta y de la proporción de agregado fino es grande.

Todos estos ensayos fueron llevados a cabo en el laboratorio y la relación con el trabajo en el sitio no se pudo obtener. De aquí que sea necesario relacionar las pruebas de laboratorio con el trabajo actual en el sitio en un estudio posterior.

5. CONCLUSIÓN

Con respecto a estos ensayos se debe mencionar lo siguiente:

1. La cantidad apropiada de pasta existe para el moldeado de adoquines de concreto, y está entre un contenido de 400 kg/m³ y de 500 kg/m³ cementante que parece ser razonables, tomando en consideración los aspectos de moldeado y resistencia, en la medida en que fue mostrado en este ensayo.
2. Existe una relación entre los valores del desgaste promedio y la resistencia a la flexotracción y mientras mayor es la resistencia, mejor es la resistencia al desgaste.
3. La resistencia al desgaste resulta más alta con una mayor resistencia, para relaciones s/a entre 30 % y 40 %.
4. La resistencia al desgaste de los adoquines de concreto es excelente comparada con otros materiales de pavimentación.
5. De aquí que sea necesario encontrar la relación entre los ensayos y las condiciones de trabajo en el sitio.

[11] Traducción libre.