CONCRETE BLOCK PAVING AT THE NEW AIRPORT FOR HONG KONG [1] [2]

Larry MUJAJ
Design Manager - Airside
AIRPORT AUTHORITY HONG KONG
Wanchai, Hong Kong

SUMMARY

The new airport for Hong Kong located at Chek Lap Kok is one of the many new international airports either currently being designed or constructed in the South East Asia region to meet with the growing regional demands for air travel.

Here in Hong Kong, the Airport Authority has used sound engineering standards and proven technology to address age old problems.

One milestone, is the design and construction of over 400 000 m^2 of concrete block paving as aircraft pavements.

1. THE NEW AIRPORT

Hong Kong's new airport is constructed on reclaimed land encompassing Chek Lap Kok and Lam Chau Island. The airside civil infrastructure of the airport consists of two runways and associated taxiways leading to parking aprons for passenger aircraft, cargo, maintenance and business aviation.

Pavements are structurally designed to cater for unrestricted use by current aircraft and allow for the future introduction of ultra large aircraft weighing up to 770 t.

The completion of the civil infrastructure has been phased to match forecast demands. As such, the second runway will be operational within 12 months of the first runway. Also, 10 additional parking stands for the passenger apron will shortly follow the opening of the airport.

The airport will open with a capacity to serve over 35 million passengers and to handle over 3 million t of cargo per annum.

Physical construction of the civil airside infrastructure began in May 1995 and by the end of 1998, over 3,7 million m^2 of airfield pavement will have been constructed as shown in Figure 1.

This consists of 2,6 million m^2 of asphalt pavements primarily for the two runways and the taxiway systems, 700 000 m^2 of concrete pavements for aircraft parking stands and 400 000 m^2 of concrete block paving. Figure 2 shows the three pavement types used where full aircraft loads are expected.

2. THE CHOICE OF CONCRETE BLOCK PAVING

Traditionally, heavily trafficked aircraft parking aprons are constructed in concrete but, at the new airport at Chek Lap Kok, the expected differential settlement in portions of the site constructed on reclamation led to a review of this approach.

In areas where a rigid pavement could not tolerate the estimated differential movements, a flexible pavement was needed.

In choosing to design a flexible pavement capable of accommodating the expected movement, it was necessary to identify solutions for common problems associated with asphalt surfaced flexible pavements. These include:

1. Long duration aircraft loads on one spot in hot weather can cause creep deformation and plastic flow of the asphalt.
2. Service equipment causes channelized rutting when they continually track the same path to aircraft doors.
3. Metal stabiliser legs on service equipment or jacking operations press into and damage the asphalt surface.
4. Fuel spills from ground equipment or from the aircraft refuelling process soften the asphalt and exacerbate the above problems.
5. Major fuel spills from aircraft refuelling can destroy the asphalt surface and require its replacement.

A block surfaced flexible pavement was considered the most practical solution. The hard surfacing mitigates the problems that occur with asphalt surfacing but still provides a pavement that can accommodate a greater degree of differential settlement than rigid concrete pavements. A review of known block pavement failures also indicated that they were perhaps due to inadequate specifications for airfield work or a failure to implement specific workmanship and tolerance requirements during construction. By implementing rigorously, a tight sound specification and by closely monitoring the construction this could be overcome.

Another advantage gained by specifying concrete block surfacing is the relative ease of repair. On an airport, it is necessary to minimise the down time of aircraft parking bays and as such, the ability to use semi-skilled workers with little or no specialist equipment who are able to start and finish repairs in

---

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. The References are included only in the original version of each paper.

2 This is the original version of this paper.

an off peak period is a major advantage when carrying out repairs.
Concrete blocks permit pavement shape correction of areas that have settled out of tolerance with time. The loss of shape can be quickly corrected by lifting the blocks and bedding sand, reshaping the base with a dry lean concrete and then replacing the concrete block surfacing. Also, any broken or damaged blocks can be replaced with little disruption.

Other areas that would benefit from an easily replaceable surfacing were investigated. The most obvious was over the complex utility corridors running adjacent to the building face. Ease of access to these services led to the selection of concrete block surfacing in these areas.

3. THE PAVEMENT STRUCTURE

The concrete block pavements for the new airport follow the traditional structure of a flexible pavement; a surfacing on a bound or unbound granular pavement. As shown in Figure 2, the surfacing (concrete blocks on a sand bed) overlays a bound base course on further layers of granular material.

The layer thicknesses of the pavement structure were determined using proven existing airfield flexible pavement design methods for asphalt pavements. A one for one substitution of the concrete blocks and the sand bedding was then made for the thin asphalt surfacing [1]. This approach assumes no material equivalency and discounts 'lock-up' on the basis that loss of jointing sand can occur over time.

3.1 BASE COURSE

The upper layer of base course immediately below the concrete block bedding sand was specified to be cement stabilised. Three percent cement was added to the crushed rock base course to stiffen the support and reduce its elastic deformation. Reports [2] of trials of macadam bases and stabilised bases clearly show that if the elastic deformation is maintained below 1,5 mm, the occurrence of spalling and block cracking is greatly reduced. The reduction in the occurrence of small particles of concrete that can be ingested by aircraft engines is an important criterion in the acceptance of concrete block paving as a surfacing for aircraft pavements.

During construction, it became evident that a cement stabilised material could not effectively be placed and compacted in small restricted areas around pits and structures. Here, an alternative of 5 MPa lean mix concrete was substituted and, to ensure large shrinkage cracks did not occur, microcracking was induced by rolling the green concrete with a vibrating roller. Similar microcracking was induced in the cement stabilised base course by proof rolling with 8 passes of a pneumatic tyred roller with a wheel load of 5 t shortly after initial set of the cement.

Some shrinkage or movement cracks will however inevitably occur over time This could result in a direct path for the bedding sand to wash or migrate downwards. The resulting loss of support under the blocks would then result in failure. To mitigate this, a geotextile layer was placed over the cement stabilised base course.

The long term performance of geotextile under bedding sands has been questioned following removal of failed block pavement trial areas at Sydney Airport. Here it was found that the geotextile disintegrated under load. To try to guard against this occurring at the airport at Chek Lap Kok, a bitumen rich tack coat was applied to the cement stabilised base course. Additional free bitumen was then applied to soak into the geotextile. This bitumen rich layer aids in the sealing of cracks in the base course and acts to bind the lower layers of sand with the geotextile and the base course.

The apron pavements for the new Airport at Chek Lap Kok generally only have a fall of 1 % (the maximum allowable apron slope permitted by the International Civil Aviation Authority). Finished pavement tolerances thus are tight to minimise surface ponding.

With the blocks generally being of a fixed thickness and the desire to minimise variability in the bedding sand thickness, it was necessary to specify very tight tolerances on surface smoothness (± 7 mm over 3 m) and level control (± 5 mm) for the base course. The 175 mm thick cement stabilized base course was placed in two layers by paver to achieve the finished tolerances. A profilometer was used to ensure that the surface finish did not deviate by more than 7 mm over any 3 m length. The Contractor also proposed a 20 mm maximum stone size for the cement stabilized base course to aid him in attaining a smooth surface texture so that no voids were formed under the geotextile.

3.2 BEDDING SAND

Numerous failures of block paving world wide are attributed to the quality or thickness of the bedding sand [3, 4]. The sand can be placed with variable thickness and density, it breaks down, compacts or is lost.

A sand bedding is necessary to give uniform support to the blocks, to account for irregularities in block thickness and to smooth out the base.

The specification for the new airport at Chek Lap Kok was written to ensure a uniform thin sand layer while specifying a clean, strong, well graded material. A compacted thickness of 20 mm was specified following successful application at Cairns Airport in Australia.

Most specifications also call for the bedding sand to be loose screeded to permit the blocks to adequately bed. With variability in moisture content and lack of care when placing the sand, variations result in the density of the sand placed. This results in level differences between areas following bedding of the blocks. To overcome this, initial compaction of the sand was specified. With nibs specified to all block

faces, the need for the bedding sand to rise between the joints during initial bedding to ensure the joint spacings were maintained was not necessary for this project. The Contractor thus chose to use a modified asphalt paving machine with a rear vibrating screed to place the sand. This produced a very smooth surface and ensured control of the layer thickness while significantly speeding the process and reducing labour and survey costs. A further advantage was that the sand could be spread and compacted in short sections immediately in front of the block laying operation. This proved beneficial as only small areas were exposed to inclement weather thus reducing the amount that needed to be removed and replaced.

Areas of paving were removed as a trial to check the performance of the sand. It was evident that even though the sand was compacted, it did still migrate up the joint when the blocks were vibrated in place confirming past reports by Woodman and Halliday [5]. Also, where bedding blocks of irregular height occurred, the sand bedding compensated such that little or no lipping resulted on the surface.

The sand was also specified to be well graded and to exhibit little or no breakdown when tested using the Micro Deval Degradation test [6]. The goal of the specification was to restrict clay/silt particles to 3 % or less. Knapton [7] has shown that fines in bedding sands are transported by water and recommends that material passing the 75 μm sieve should be minimised. The Contractor achieved better than the specified requirement by processing the sand. The on-site dredged marine sand was found to be extremely durable when tested and thus the grading adopted (Table 1) was developed to permit processing of this sand. Fines and over size particles were removed by processing the sand through the on-site asphalt plant and the Contractor generally achieved only 0 % to 1 % passing the 75 μm sieve. Following the Micro Deval Degradation test, the percentage passing the 75 μm sieve occasionally increased to 2 % but this easily met the maximum requirement of no more than 3 % passing of 75 μm sieve. Also other specified Micro Deval Degradation limits as recommended in the ICPI guide [6] and shown in Table 2 were easily achieved.

3.3 CONCRETE BLOCKS

In specifying the blocks, the first consideration was whether they should be shaped or rectangular.

Numerous papers by various supporters of rectangular blocks have argued that shaped blocks are no better than rectangular blocks. Interlocking block proponents however state that shaped blocks offer a degree of resistance to joint spread [8] and their interlock may provide some load transfer.

Lilley [9] reports that with shaped blocks, there is potential risk of excessive joint widths developing during laying unless there is strict control of all the plan dimensions of the block.

The Airport Authority in assessing these points, chose to pursue interlocking blocks laid in true herringbone pattern with an onus on the Contractor to propose his methods for dimensional control of the blocks during manufacture to ensure joint width was controlled.

The specification also required that the Contractor model the effect of his proposed plan dimension tolerances to confirm that the joint spacing criterion set in the specification would be achieved. (1,5 mm to 4 mm).

On advice from the mould manufacturer, the Contractor limited wear in the mould to not exceed the case hardening thickness. This generally occurred at 80 000 cycles.

The Contractor also implemented a system of sequenced laying to match the change in block size. Blocks were graded for size, labelled and sequentially stored on site. Laying generally worked from large blocks to small blocks in any given laying area and were generally from one mould. At no time were attempts made to fit large blocks in amongst smaller blocks. Checks on block size where constantly made on site by comparison against a template.

Because of the compaction of the bedding sand, the British Standard (BS 6717) [12] for block thickness was also reviewed by the Contractor. With a ± 3 mm tolerance, the lipping requirement of the specification would be difficult to achieve. The Contractor imposed tighter tolerances of ± 2 mm on his block manufacturer to overcome this. Site observations confirmed even better was achieved.

The blocks were manufactured on a Columbia Model 50 machine in Shenzen, China following extensive factory upgrading specifically for this project. This was brought about by the realisation that the specification requirements for airfield pavements exceeds the general requirements of the British Standards. Modifications to the plant included construction of covered sand/aggregate storage area, covering of external conveyor belts, modification and upgrading of the weigh batcher, mixer and general overhaul of the machine and ancillary equipment. The machine has a mould grid capacity of 16 blocks per cycle and also makes half and closure blocks. The mould did not produce the blocks in herringbone pattern thus, following curing, the blocks were manually stacked on the pallets in herringbone pattern ready for machine laying.

The blocks have 12 spacer nibs that finish approximately 5 mm below the chamfer. The specification called for the nibs to terminate 25 mm below the chamfer to eliminate block to block contact at the surface. This created a problem with clamping clusters of blocks when mechanically laying as they would spring out. By allowing the nib to be within 5 mm of the chamfer, clamping was possible while still maintaining no block to block contact at the surface which, with block rotation under load, could produce spalling.

The surface finish of the blocks was specified to be

hard and dense to ensure aircraft loads would not dislodge aggregate. This required greater control in block manufacture than what was normally necessary to produce blocks for general use. A boney surface will, under high tyre pressure and heavy loads, result in dislodgement of stone particles that may then be ingested by aircraft engines.

A hard dense surface was specified for the blocks with the finish being checked by use of the modified sand patch test as developed for use on the Cairns Airport Project. To minimise the need to test every block, sample panels for use in visual assessments at the manufacturing plant and on site, showing clear passes, fails and suspect blocks that should be fully tested were used. As the blocks were stacked or laid, they were visually assessed and, if necessary, rejected by the workmen prior to incorporation into the finished pavement thus reducing the need for rejection and removal of finished works.

3.4 EDGE RESTRAINTS

Airport pavements inevitably are subjected to high vertical and horizontal surface loads from aircraft and from some of the service equipment. When these loads occur near the edge of a block pavement, the edge restraint can rotate thus allowing the pavement to ride up and flare. This was considered in the design for the new airport at Chek Lap Kok and substantial full depth concrete edge restraints up to 1,5 m deep were specified.

These edge restraints occurred mainly at the high side of the block paving while the low points are mainly surface drainage channels (Figure 3). At the low points, 32 mm diameter weep holes were cast into the wall of the drainage channel at 1 m centres at the level of the bedding sand to aid in the drainage of the bedding sand. This is considered good practice [10] to dissipate excess water and reduce the chance of pore pressure build up. To ensure that the bedding sand was not washed away through the weep holes, the geotextile underlayer was continued up the face of the drainage channel to 10 mm below the surface.

4. LAYING OF THE BLOCKS

With over 400 000 m^2 to be laid to an average of 1 000 m^2 per day, it was necessary to implement mechanical laying.

Mechanical laying has usually occurred with rectangular, Uni-coloc or other shaped blocks in clusters that do not fully link to produce a completely homogenous surface. These clusters can separate under horizontal load. With the decision already made that there would be a benefit in using interlocking pavers to reduce joint spread this benefit would be lost if the laid clusters did not also interlock and joint spread occurred between the clusters.

To overcome this and enable to true continuous herringbone pattern to be achieved, the blocks were hand stacked on pallets in the factory in Shenzen to the required herringbone patterns. Two stack bonded blocks were placed in diagonally opposite corners to help in the locating and laying of the cluster. When the cluster was laid, the corner blocks were removed and the clusters were locked together as shown in Figure 4.

Laying was done using three modified Probst VM 205 block laying machines and, following training of site personnel and some further development of the machines, laying rates of 500 m^2 per day were easily achieved with each machine.

String lines were laid on a 5 m x 5 m grid to permit adjustment for straightness and alignment. Small adjustments in joint spacing were made within the grid to minimise the effect of block creep and to maintain the specified joint spacing. The surface density of the blocks was then visually rechecked at this point and suspect blocks were discarded.

The blocks where then bedded utilising a 350 kg plate compactor on a rubber pad that transmitted an effective force of 0,08 MPa. This is a similar force to traditional smaller plate compactors but with the larger size, the area of blocks could be covered more quickly and with the added weight, contact with the pavement was constant.

Block laying usually commenced against on edge restraint and progressed parallel to the long datum. Special hand laid edge blocks and half blocks were used to start the herringbone pattern and to establish the interlock datum [11].

At the closing edge, around pits and manholes and at changes in direction of laying, it was necessary to cut blocks. Diamond saw cutting was specified to ensure a clean face and bolstering or guillotine cutting was not permitted to ensure a uniform joint and contact area. All cut blocks were larger than 25 % of the full block and this, at times, necessitated the introduction of manufactured half blocks and associated compromising of the herringbone pattern. Cut faces were always chamfered to replicate full blocks. At this stage, random checks of a 1 m^2 area for every 250 m^2 of pavement was made to confirm that the specified joint spacing was being achieved.

Jointing sand was also manufactured on site by processing and drying imported silica sand used in the production of concrete for the rigid pavements. The grading is shown in Table 3.

This grading was derived from the British Standard (BS 6717 : 3) [12] with modification to the 2,36 mm sieve to eliminate larger particles that would not flow into the minimum specified joint spacing of 1,5 mm. This fine sand was swept into the joints and the entire area re-vibrated. Pneumatic tyred rolling followed to ensure each block was individually bedded and the jointing sand was topped up.

Generally, sealing did not progress soon after joint filling and large areas of blocks remained exposed to the elements. This provided an added benefit in that rain and time ensured that the joints were fully filled and no sand was hanging in the joints. To the Contractors credit, few joints required topping up thus

confirming the chosen sand flowed freely into the joints.

One problem did however become evident when the sealer was applied. Pavements left unsealed for long periods in dusty areas develop a layer of silt in the joints. This effectively prevented the sealer from soaking into the blocks and joints resulting in a skin on the surface which had to be removed by high pressure water jetting.

The sealer used was "ACM Pavseel", a low viscosity liquid elastomeric prepolymer by Advanced Construction Materials Ltd. The penetration of the sealer into the joints averaged between 20 mm and 30 mm. Higher penetration was avoided because if deep penetration occurred near the bedding sand weep hole, the geotextile over the weep holes would clog and become ineffective.

The required penetration was satisfactorily achieved using an average application rate for the Pavseel of 2,6 m²/l. Measured on site application rates varied from 2,2 m²/l to 2,9 m²/l.

The Contractor developed a motorised applicator that was able to apply and squeegee the sealer at a rate of up to 2 000 m^2/h.

The completed pavement was then ready for linemarking and traffic.

5. SUMMARY

Block paving is generally associated with footpaths, driveways, backyards and the home handyman. As such, there is an inherent feeling that anyone can lay a block pavement and who needs a specification.

The industry needs to press users that block pavements need to be engineered and require specialised contractors to implement the rigid requirements. This is especially so for heavy duty applications such as airports and container ports.

Here at Chek Lap Kok, an exacting specification combined with a committed knowledgeable contractor has resulted in a pavement that will perform its design intent well into the next century and will serve as a model for future airport concrete block paving projects.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

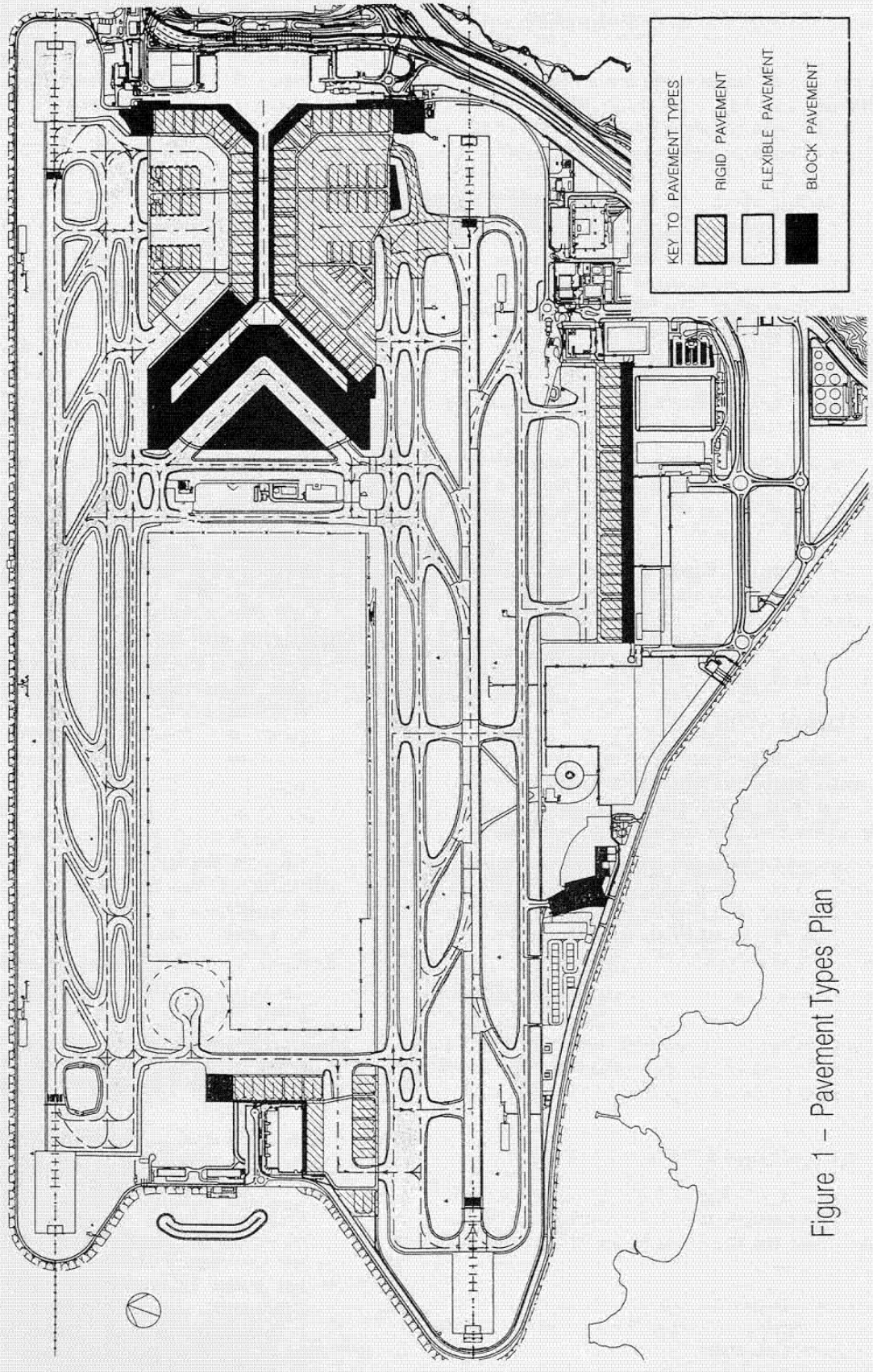
The Author would like to thank Dr. Graham Plant, Head of Engineering the Airport Authority for his assistance and the Airport Authority for permission to publish this paper.

Thanks also go to my many colleagues in the Airport Authority whose contributions have led to successful completion of the works.

Special thanks also go to John Howe at the Airfield Works Joint Venture for his commitment to a quality end product and his passion to block paving. His training of unskilled labour in the implementation of good practices in block paving ensured the works were constructed to world class standards.

7. REFERENCES

1. VROOMBOUT, F., MONTEITH, Ross and SHARP, Kieran G. The Use of Interlocking Concrete Blocks on an Aircraft Pavement in Australia. -- P.217-230. // In : CONCRETE BLOCK PAVING : PAVE NEW ZEALAND'92 : INTERNATIONAL CONFERENCE (4 : 1992 : Auckland). Proceedings. – Porirua : C&CA of NZ, 1992. – 3 Vol.
2. HATA, Minoru, ISHIOROSHI, Koji and YASINUMA, Hiroshi. Study Concerning Breakage of Concrete Block Paving Used in Paving of Roadways. -- P.183-191. // In : CONCRETE BLOCK PAVING : INTERNATIONAL WORKSHOP (2 : 1994 : Oslo). Proceedings. -- Oslo : BLF, 1994. -- 495P.
3. BEATY, Anthony N.S. Bedding Sands For Concrete Block Pavements Subject to Heavy Channelised Loading. P.234-241. // In : CONCRETE BLOCK PAVING : INTERNATIONAL WORKSHOP (2 : 1994 : Oslo). Proceedings. -- Oslo : BLF, 1994. -- 495P.
4. KNAPTON, John. Paver Laying Course Materials: State of the Art. -- P.246-264. // In : CONCRETE BLOCK PAVING : INTERNATIONAL WORKSHOP (2 : 1994 : Oslo). Proceedings. -- Oslo : BLF, 1994. -- 495P.
5. WOODMAN, G.R. and HALLIDAY, A.R. The Performance of Concrete Block Surfacing on a Cement Bound Base in Airfield Pavements. -- P.253-262. // In : CONCRETE BLOCK PAVING : PAVE NEW ZEALAND'92 : INTERNATIONAL CONFERENCE (4 : 1992 : Auckland). Proceedings. – Porirua : C&CA of NZ, 1992. -- 3 Vol.
6. McQUEEN, Roy D., KNAPTON, John., EMERY, John A. and SMITH, D. Airfield Pavement Design with Concrete Pavers. – Sterling : ICPI, 1993. – P.v.
7. KNAPTON, J. The Nature And Classification Of Bedding Sand. -- P.137-141. // In : BIBM'93. Proceedings. – Washington, BIBM, 1993. -- P.v.
8. SHACKEL, Brian. Interlocking Concrete Block Paving. // In : Beton-Fertigteil Technik. -- No. 8 (1987); P.541-547.
9. LILLEY, Alan Alfred. Shaped Versus Rectangular Paving Blocks in Flexible Pavements. // In : Highways and Transportation. – (Jan., 1994); P.24, 27-29.
10. HOWE, John D.G.F. Interlocking Concrete Pavement : A Guide to Design and Construction for Road and Industrial Pavements. Boral Calsil, April, 1993.
11. HOWE, John D.G.F. A Practical Approach to Design and Construction Detailing for Road, Industrial and Aircraft Pavements. – P.265-279. // In : CONCRETE BLOCK PAVING : INTERNATIONAL WORKSHOP (2 : 1994 : Oslo). Proceedings. – Oslo : BLF, 1994. -- 495P.
12. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Code of Practice for Laying of Concrete or Clay Block Pavements. – London : BSI, 1986. -- P.v. -- (BS 6717 : Part 3).



Key to pavement types / *Guía para los tipos de pavimento* - Rigid pavement / *Pavimento Rígido* - Flexible pavement / *Pavimento rígido* - Block pavement / *Pavimento de adoquines.*

Figure 1. Pavement types plan.
Figura 1. *Plano de los tipos de pavimento en el proyecto.*

Sieve *Tamiz (mm)*	5	2,96	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Specified Limits (%) *Límites Especificados*	90 - 100	75 - 100	50 - 90	25 - 55	10 - 30	0 - 10	0 - 3
Actual Target Grading (%) *Granulometría Buscada*	100	92	67	38	11	2	1

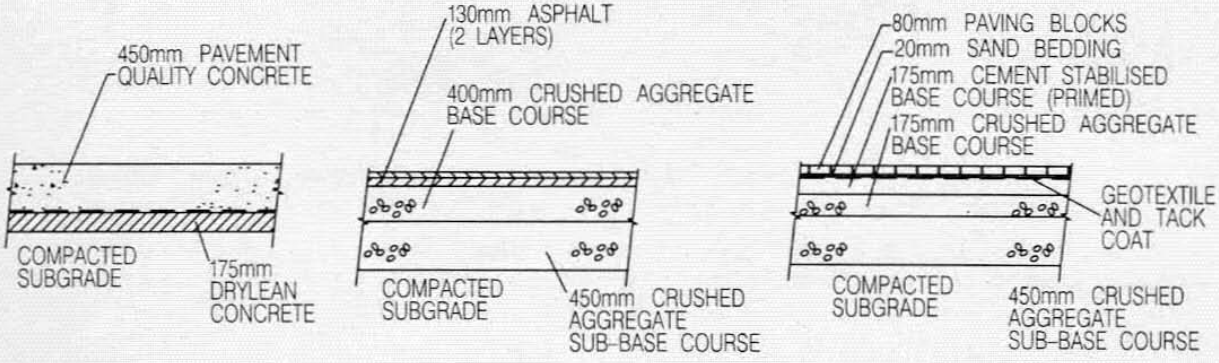
Table 1. Bedding Sand Grading.
Tabla 1. *Granulometría de la capa de arena.*

Sieve / *Tamiz* (mm)	0,6	0,3	0,15	0,075
Specified Limits (%) *Límites Especificados*	10	8	5	2
Actual Target Grading (%) *Granulometría Buscada*	5	2,5	1	0,5

Table 2. Micro Deval Limits.
Tabla 2. *Límites del Ensayo Micro Deval.*

Sieve / *Tamiz* (mm)	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Specified Limits (%) *Límites Especificados*	90 - 100	55 - 100	15 - 50	0 - 15	0 - 3
Actual Target Grading (%) *Granulometría Buscada*	99	60	25	2	0

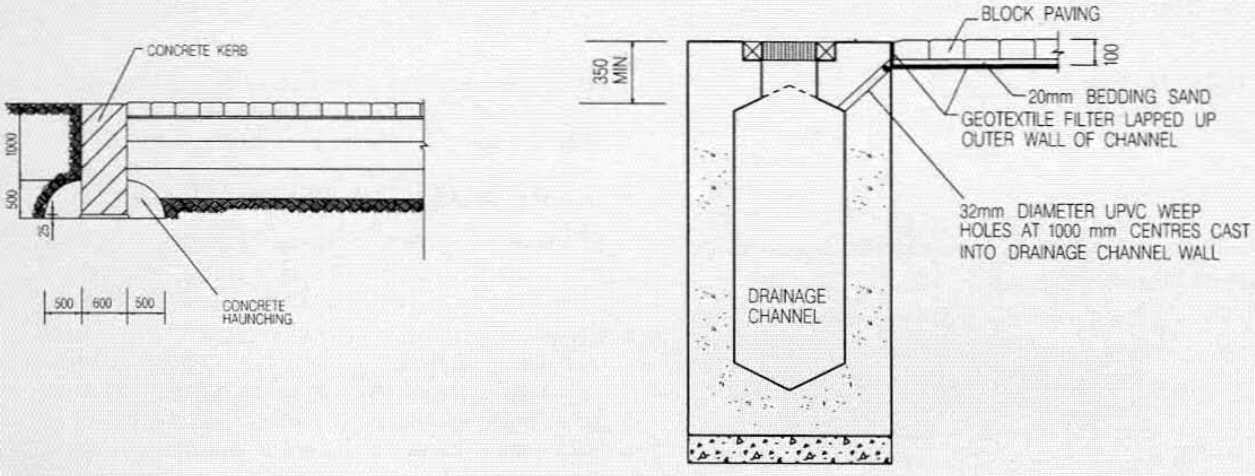
Table 3. Jointing Sand Grading.
Tabla 3. *Granulometría de arena de junta.*



CONCRETE PAVEMENT ***PAVIMENTO DE CONCRETO*** | **ASPHALT PAVEMENT** ***PAVIMENTO DE ASFALTO*** | **BLOCK PAVEMENT** ***PAVIMENTO DE ADOQUINES***

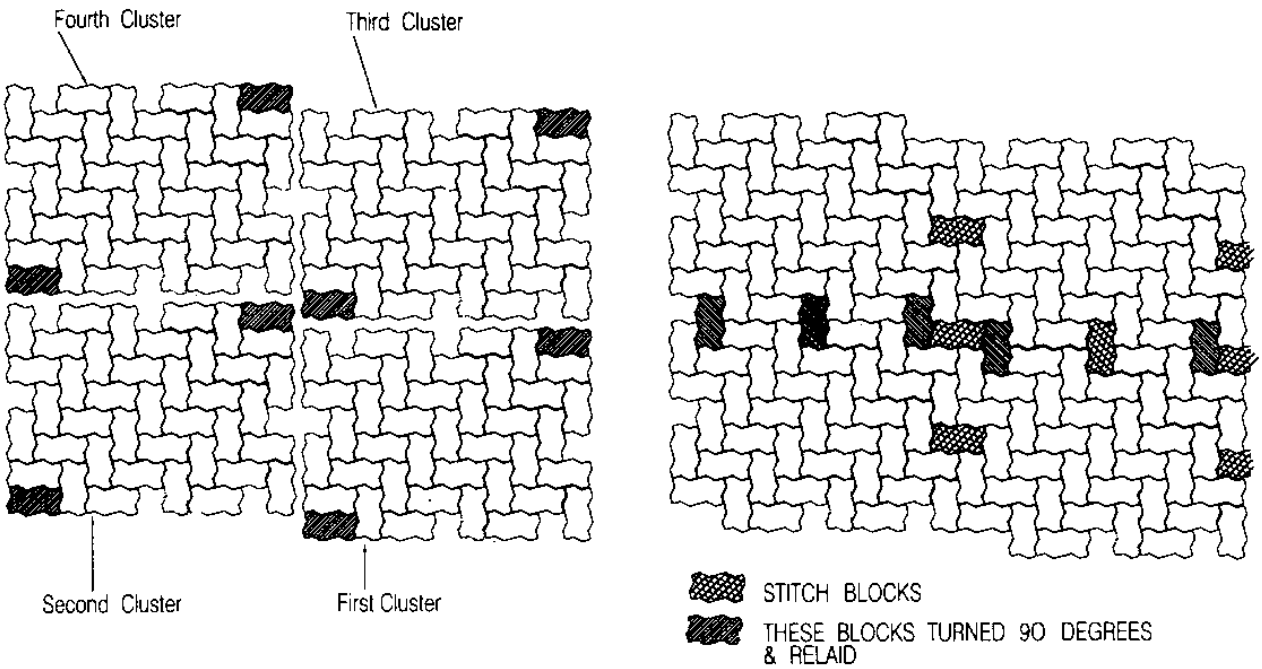
Pavement quality concrete / *Concreto para pavimentos* - Compacted subgrade / *Subrasante compactada* - Dry lean concrete / *Concreto pobre* - Asphalt (2 layers) / *Asfalto (2 capas)* - Crushed aggregate base course / *Base granular triturada* - Crushed aggregate sub-base course / *Subbase granular triturada* - Paving blocks / *Adoquines* - Sand bedding / *Capa de arena* - Cement stabilised base cours (primed) / *Base estabilizada con cemento impregnada* - Geotextile and tack coat / *Geotextil y riego adherente.*

Figure 2. Various constructed pavement types.
Figura 2. *Tipos de pavimento construídos.*



Concrete kerb / *Bordillo de concreto* - Concrete haunching / *Contrafuerte de concreto* - Block paving / *Pavimento de adoquines* - Bedding sand / *Capa de arena* - Geotextile filter lapped up outer wall of channel / *Filtro de geotextil doblado hacia arriba de la pared exterior del canal* - 32 mm diameter UPVC weep holes at 1 m center cast into drainage channel wall / *Oídos elaborados con tubería de UPVC de 32 mm de diámetro, durante el vaciado, separados 1 m* - Drainage channel / *Canal de drenaje.*

Figure 3. Edge restraint and channel drain.
Figura 3. *Confinamiento de borde y canal de drenaje.*



CLUSTERS FROM PALLETS
GRUPOS TOMADOS DE LAS ESTIBAS

CLUSTERS STITCHED INTO PAVEMENT
GRUPOS COSIDOS EN EL PAVIMENTO

First cluster / *Primer grupo* - Second cluster / *Segundo grupo* - Third cluster / *Tercer grupo* - Fourth cluster / *Cuarto grupo* - Stitch blocks / *Adoquines cosedores* - These blocks turned 90 degrees & relaid / *Estos bloques se giran 90 ° y se colocan de nuevo.*

Figure 4. Block laying.
Figura 4. *Colocación de los adoquines.*

PAVIMENTACIÓN CON ADOQUINES DE CONCRETO EN EL NUEVO AEROPUERTO PARA HONG KONG [3] [4]

Larry MUJAJ
Director de Diseño - Aéreo
AUTORIDAD AEROPORTUARIA DE HONG KONG
Wanchai, Hong Kong

RESUMEN

El nuevo aeropuerto para Hong Kong en Chek Lap Kok es uno de los muchos nuevos aeropuertos internacionales que se están diseñando o construyendo en la actualidad en el sureste asiático, con el fin de satisfacer las crecientes demandas por transporte aéreo.

En Hong Kong, la Autoridad Aeroportuaria ha usado sólidos estándares de ingeniería y tecnologías experimentadas para resolver problemas antiguos. Uno de los asuntos claves es el diseño y construcción de 400 000 m^2 de pavimento de adoquines de concreto como pavimento para aeronaves.

1. EL NUEVO AEROPUERTO

El nuevo aeropuerto de Hong Kong está construido sobre un terreno ganado al mar que comprende Chek Lap Kok y la isla de Lam Chau. La infraestructura civil aérea del aeropuerto consiste de dos pistas principales con sus correspondientes pistas de carreteo que conducen a las plataformas de estacionamiento para aviones de pasajeros y de carga, áreas de mantenimiento y aviación privada.

Los pavimentos se han diseñado para soportar un uso irrestricto por las aeronaves actuales y para la introducción de las futuras aeronaves ultra grandes, que pesarán hasta 770 t.

El proceso constructivo de la infraestructura civil se ha dividido en fases para acomodar las demandas

[3] 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. La Bibliografía se incluse sólo en la versión original de cada ponencia.

[4] Esta es una traducción de la ponencia original escrita en Inglés, realizada por Germán G. Madrid, no sometida a la aprobación del autor.

esperadas. Así, la segunda pista entrará en operación 12 meses después que la primera. Adicionalmente, después de la apertura del aeropuerto se adicionarán 10 puestos de estacionamiento para aviones de pasajeros.

El aeropuerto abrirá con una capacidad suficiente para servir a más de 35 millones de pasajeros y para manejar más de 3 millones de t de carga al año.

La construcción de las obras civiles de aviación comenzó en mayo de 1995 y para finales de 1998, se habrán construido más de 3,5 millones de m^2 de pavimentos, como se muestra en la Figura 1.

Esta área consiste en 2,6 millones de m^2 de pavimentos asfálticos, fundamentalmente para las dos pistas y el sistema de carreteo, 700 000 m^2 de pavimentos de concreto para estacionamiento de aeronaves y 400 000 m^2 de pavimentos de adoquines. La Figura 2 muestra la estructura de los tres tipos de pavimento utilizados donde se esperan las cargas más altas.

2. LA ELECCIÓN DEL PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO

Tradicionalmente las áreas de plataforma con alto tráfico de aeronaves se han construido en pavimentos de concreto, pero en el nuevo aeropuerto de Chek Lap Kok, los asentamientos diferenciales esperados en algunas áreas construidas sobre terrenos ganados al mar, llevaron a una reconsideración de esta aproximación.

En las áreas donde el pavimento de concreto no podía tolerar los movimientos diferenciales estimados, se necesitaba un pavimento flexible.

Al seleccionar el diseño de un pavimento flexible capaz de acomodar los movimientos esperados, fue necesario identificar las soluciones para los problemas comunes asociados con las superficies flexibles de pavimento de asfalto. Estos incluyen:

1. Las cargas de las aeronaves que se estacionan por largo tiempo en un punto durante clima cálido, pueden ocasionar deformaciones y flujo del asfalto.
2. El equipo de servicio origina ahuellamiento canalizado puesto que siempre viajan por el mismo lugar hacia las puertas de las aeronaves.
3. Las patas metálicas que sirven para estabilizar los equipos de servicio y los dispositivos para levantar las aeronaves para cambio de llantas, presionan el pavimento y dañan la superficie de asfalto.
4. Los derrames de combustibles del equipo de tierra o de las aeronaves durante al proceso de llenado de los tanques, ablanda el asfalto y empeora los problemas mencionados.
5. Grandes derrames de combustibles durante el llenado de los tanques pueden destruir la superficie de asfalto y requerir de su remplazo.

Se consideró que un pavimento flexible con superficie de adoquines de concreto era la solución más práctica. La superficie dura mitiga los problemas que ocurrirían con la superficie de asfalto y, además, provee un pavimento que puede acomodar un grado de deformación más grande que los pavimentos de concreto rígido. Una revisión de las fallas conocidas en pavimentos de adoquines de concreto indicó que se debieron, posiblemente, a la falta de especificaciones adecuadas para la obra y la falta de implementar los requisitos de calidad de la mano de obra y tolerancias necesarios durante la construcción. Al implementar rigurosamente unas especificaciones estrictas y monitorear muy de cerca la construcción, dichas fallas se evitarían.

Otra ventaja que se ganó al especificar un pavimento de adoquines de concreto es la facilidad relativa para las reparaciones. En un aeropuerto, es indispensable minimizar el tiempo de cierre de los puestos de estacionamiento y, además, la posibilidad de emplear trabajadores semicapacitados con poco o ningún equipo especializado, que pueden empezar y terminar las reparaciones en un período no pico, son una ventaja inmensa del pavimento de adoquines de concreto cuando se habla de reparaciones.

El pavimento de adoquines de concreto permite la la corrección de áreas que se han asentado más allá de las tolerancias especificadas, después de un tiempo. Esta pérdida de la forma se puede corregir rápidamente levantando los adoquines de concreto y la capa de arena, devolviéndole la forma y el nivel a la base y colocando de nuevo la superficie de adoquines. Además, cualquier número de adoquines dañados o rotos se pueden reemplazar sin ninguna molestia.

Se investigaron también otras áreas que se podrían beneficiar de una superficie fácilmente reparable. Las más obvias fueron los complejos corredores por los cuales van las redes frente de los edificios. La facilidad de acceso a dichos servicios llevó a la selección del recubrimiento con adoquines de concreto para esas áreas.

3. LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

El pavimento de adoquines de concreto para el nuevo aeropuerto sigue la estructura tradicional de un pavimento flexible; una superficie sobre una estructura de pavimento de material granular, estabilizado o no. Como se muestra en la Figura 2, la superficie (adoquines de concreto sobre una capa de arena) se superpone a una base estabilizada sobre otras de material granular.

Los espesores de las capas para el pavimento de adoquines de concreto se determinaron utilizando métodos reconocidos de diseño de pavimentos flexibles de asfalto para aeropuertos. Luego se sustituyó parte de la rodadura de asfalto por un espesor igual de adoquines de concreto más la capa de

arena [1]. Esta aproximación asume que no existe una efectividad mayor del espesor de la rodadura de adoquines sobre uno igual de la rodadura de asfalto y desconoce el efecto de "lock-up" pues asume también que la arena de la junta se puede llegar a perder con el tiempo.

3.1 BASE

La capa superior de la base, inmediatamente debajo de la capa de arena se especificó que fuera estabilizada con cemento. Se adicionaron tres porcentajes de cemento diferentes a la base de roca triturada con el fin de rigidizar el soporte y reducir las deformaciones elásticas. Los informes [2] sobre ensayos de bases de macadam y bases estabilizadas muestran que si la deformación elástica se mantiene por debajo de 1,5 mm, el riesgo de desbordamiento y fisuración de los adoquines se reduce inmensamente. La reducción en la ocurrencia de pequeñas partículas de concreto que pudieran ser ingeridas por las turbinas de las aeronaves, es un criterio importante en la aceptación de los pavimentos de adoquines de concreto como superficie de pavimentos para aeronaves.

Durante la construcción se evidenció que un material estabilizado con cemento no se podría estabilizar y compactar efectivamente en áreas pequeñas alrededor de los "pits" y las estructuras. En esos lugares se sustituyó por un concreto pobre de 5 MPa de resistencia a la compresión y para asegurar que no se tendrían grandes fisuras por encogimiento, se introdujo microfisuración al darle pasadas de un rodillo vibrador al concreto, todavía en estado verde. Una microfisuración similar se indujo en la base estabilizada con cemento al compactarla con 8 pasadas de un compactador de llantas neumáticas con un peso de 5 t, un poco después de que se presentaba el fraguado inicial del cemento.

Sin embargo, algún movimiento y algunas fisuras se presentarán con el tiempo. Esto podría crear una ruta directa para que la arena de la capa de arena se lavara o migrara hacia abajo. La consecuente pérdida de soporte de los adoquines generaría una falla. Con el fin de mitigar esto, se colocó una capa de geotextil sobre la base estabilizada con cemento.

El comportamiento de geotextiles por debajo de la capa de arena, a largo tiempo, ha sido cuestionado después de la remoción de tramos de ensayo en el aeropuerto de Sydney. Allí se encontró que los geotextiles se desintegraban bajo la carga. Con el fin de evitar que esto ocurriera en el aeropuerto de Chek Lap Kok, se aplicó una capa gruesa de brea sobre la capa estabilizada con cemento. Adicionalmente se aplicó brea adicional para que empapara el geotextil. Esta capa rica en brea ayuda el sellado de las fisuras en la base y actúa como un ligante entre la parte inferior de la capa de arena, el geotextil y la capa de base.

El pavimento para la plataforma del nuevo aeropuerto de Chek Lap Kok tiene en general una pendiente de 1 % (la máxima pendiente permitida para plataformas por la Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido). Las tolerancias finales para un pavimento son muy precisas con el fin de minimizar el encharcamiento.

Dado que los adoquines tienen un mismo espesor, por lo general, y el deseo por minimizar la variabilidad en el espesor de la capa de arena, fue necesario especificar tolerancias muy precisas para la suavidad de la superficie (± 7 mm en 3 m) y un control de nivel (± 5 mm) para la base. La base estabilizada con cemento, de 175 mm de espesor, se colocó en dos capas por medio de una máquina pavimentadora, para lograr las tolerancias de acabado. Se usó un perfilómetro para asegurar que la superficie terminada no se desviaba en más de 7 mm en una distancia de 3 m. El contratista también propuso un tamaño máximo de 20 mm para la piedra de la base estabilizada con cemento, con el fin de que se le ayudara a alcanzar una superficie de textura suave y que no se formaran vacíos debajo del geotextil.

3.2 CAPA DE ARENA

Numerosas fallas en pavimentos de adoquines, alrededor del mundo, se atribuyen a la calidad o al espesor de la arena de la capa de arena [3, 4]. Puede ocurrir que la arena se coloque con espesores y densidades variables, se desintegre, se compacte o se pierda.

Se necesita una capa de arena para darle un soporte uniforme a los adoquines, para acomodar sus irregularidades y para alisar la base.

Las especificaciones para el nuevo aeropuerto de Chek Lap Kok fueron escritas para asegurar un capa de arena uniforme, al solicitar una arena limpia, resistente y bien gradada. Se especificó también un espesor compactado de 20 mm, después de conocer los éxitos que se tuvieron en el aeropuerto de Cairns en Australia.

La mayoría de las especificaciones piden que la arena se coloque suelta para que los adoquines se acomoden adecuadamente. Con un contenido de humedad variable y la falta de cuidado al colocar la capa de arena, se tienen variaciones en la densidad de la arena colocada. Esto resulta en diferencias de niveles entre áreas después de la colocación de los adoquines. Para resolver esto, se especificó la compactación inicial de arena. Dado que todos los adoquines de este proyecto tendrían separadores, no sería necesario que la arena fluyera hacia arriba de las juntas durante la compactación inicial para asegurar que los espesores de juntas se mantuvieran. El Contratista optó por usar, para colocar la arena, una máquina asfaltadora, modificada con un enrasador vibratorio trasero. Esto produjo una superficie muy suave, aseguró el control del espesor de la capa y aceleró el proceso con reducción en la mano de obra y costos de nivelación. Una ventaja adicional fue que la arena se podía colocar y compactar en pequeñas secciones inmediatamente antes de la colocación de los adoquines. Esto fue muy benéfico ya que sólo pequeñas áreas se

exponían al clima inclemente, reduciendo la cantidad de arena que tuvo que ser removida y reemplazada.

Se removieron algunas áreas pavimentadas para verificar el comportamiento de la arena. Fue evidente que aunque la arena se hubiera precompactado, todavía migraba hacia arriba de la junta cuando se vibraban los adoquines colocado, lo que confirma los reportes de Woodman y Halliday [5]. También, cuando se tenían adoquines de diferente altura, la capa de arena compensaba dichas diferencias de manera que muy poco o ningún escalonamiento existía entre adoquines.

Se especificó que la arena fuera bien gradada y que tuviera un deterioro, por fragmentación, pequeño o nulo, cuando se evaluara mediante el Ensayo de Degradación Micro Deval [6]. El propósito de la especificación fue el reducir el contenido de partículas de limo y arcilla al 3 % o menos. Knapton [7] ha demostrado que los finos en las arenas para la capa de arena son transportados por agua y recomienda que el material que pase el tamiz 75 μm sea reducido al mínimo. El contratista reprocesó la arena de modo que superó la especificación. Se comprobó que la arena de mar dragada del lugar era muy duradera y se adoptó la granulometría de la Tabla 1 para posibilitar el tratamiento de la arena. Los finos y los sobretamaños se removieron al procesar la arena en una planta de asfaltos y el contratista obtuvo frecuentemente un 0 % o un 1 % de material que pasa el tamiz 75 μm. Después de efectuar el Ensayo Micro Deval, el porcentaje que pasaba el tamiz 75 μm se incrementaba ocasionalmente hasta el 2 %, pero aún con esto se cumplía satisfactoriamente el límite de no más del 3 % que pasa el tamiz 75 μm. Se recomiendan otros límites para el Ensayo Micro Deval en la guía del ICPI [6], tal y como se muestra en la Tabla 2.

3.3 ADOQUINES

Al especificar los adoquines, la primera preocupación fue si debían ser rectangulares o no.

Numerosos documentos de varios partidarios de los adoquines rectangulares han argumentado que los adoquines no rectangulares no son mejores que los rectangulares. Los partidarios de los no rectangulares afirman, sin embargo, que éstos ofrecen un grado adicional de resistencia a la continuidad de las juntas [8] y que la trabazón horizontal brinda alguna transferencia de carga horizontalmente.

Lilley [9] manifiesta que con adoquines no rectangulares, existe el riesgo de anchos de junta excesivos que se desarrollan durante la colocación de los adoquines a nos ser que exista un control estricto de las dimensiones del adoquín en planta.

La Autoridad Aeroportuaria, con el fin de considerar todos estos puntos, eligió colocar adoquines no rectangulares colocados en patrón de espina de pescado con una condición para el Contratista de que propusiera métodos para el control dimensional de los adoquines durante la producción, con el fin de asegurar el control del ancho de las juntas.

La especificación también le requería al Contratista el modelar el efecto de su plan para confirmar que la separación de juntas determinada en las especificaciones se cumpliría (1,5 mm a 4 mm).

Por consejo del productor de adoquines, el Contratista limitó el desgaste del molde para que no se excediera el espesor de la capa endurecida del mismo. Esto ocurrió generalmente a los 80 000 ciclos.

El Contratista también implementó un sistema de colocación secuencial con el fin de absorber los cambios en el tamaño de los adoquines. Los adoquines se clasificaron por tamaño, se marcaron y se almacenaron en consecuencia. La colocación se hizo partiendo de adoquines grandes, con los más pequeños al final, para cada zona de colocación, y fueron, por lo general, del mismo molde. En ningún momento se hizo ningún esfuerzo por colocar adoquines grandes entre adoquines pequeños. La verificación de la dimensión de los adoquines se hizo constante en el sitio, comparándolos con una plantilla.

Debido a la compactación de la capa de arena, se revisó la Norma Británica BS 6717 [12] en cuanto a la altura (espesor) de los adoquines. Con una tolerancia de ± 3 mm, el requisito de escalonamiento de la especificación del contrato hubiera sido difícil de cumplir. El Contratista le impuso al productor tolerancias más precisas de ± 2 mm con el fin de evitar esto. La evaluación en el campo confirmó que se lograron tolerancias aún menores.

Los adoquines se fabricaron en una máquina Columbia 50, en Shenzen, China, después de una intensa mejora en la planta, específicamente para este proyecto. Ésto se hizo pues las especificaciones para este pavimento para aeropuerto excedían los requisitos generales de las Normas Británicas. Las mejoras en la planta incluyeron la construcción de áreas de almacenamiento de arena y agregados gruesos, el cubrimiento de las bandas transportadoras exteriores, la modificación y mejora del sistema de peso de los materiales y una reparación general de la máquina productora y equipos adicionales. La máquina tiene un molde con capacidad para 16 adoquines por ciclo y también fabrica adoquines medios y de borde. El molde no producía los adoquines en patrón de espina de pescado por lo cual, después del curado, se almacenaron a mano, sobre estibas, siguiendo el patrón de espina de pescado para que se pudieran colocar mecánicamente.

Los adoquines tienen 12 separadores que terminan aproximadamente 5 mm por debajo del bisel. La especificación pedía que los separadores terminaran 25 mm por debajo del bisel con el fin de eliminar el contacto entre adoquines en la superficie. Esto creó un problema con la sujeción de los grupos de adoquines al colocarlos mecánicamente puesto que salían disparados hacia afuera y se desbarataban.

Al permitir que los separadores fueran hasta 5 mm del bisel, se hizo posible la sujeción con la tenazas y todavía se evitaba el contacto adoquín con adoquín en la superficie que era lo que, una vez se presentaba rotación, podía producir desbordamiento.

El acabado de la superficie de los adoquines se especificó para que fuera duro y denso, para asegurar que las cargas de las aeronaves no desprendería agregado. Esto requirió un mejor control en la producción de los adoquines que el que era normalmente necesario para producir adoquines de uso común. Una superficie huesuda haría posible que, bajo la alta presión de las llantas y las grandes cargas, se desprendieran partículas que pudieran ser ingeridas por los motores de las aeronaves.

Se especificó una superficie dura y densa para los adoquines de concreto, cuyo acabado se debería verificar usando el método del parche de arena, desarrollado para ser usado en la construcción del aeropuerto de Cairns. Con el fin de minimizar la necesidad de evaluar cada adoquín, se crearon paneles con ejemplos, para evaluación visual en la planta y en el sitio, mostrando los tipos de adoquines que pasaban, los que no y los que eran sospechosos que se debían ensayar para poder ser utilizados. A medida que los adoquines se almacenaban o colocaban, se evaluaban visualmente y, si era necesario, se rechazaban visualmente por parte de los trabajadores antes de ser incorporados en el pavimento terminado, reduciendo así la necesidad de rechazar y removerlos después de colocados.

3.4 CONFINAMIENTOS LATERALES

Los pavimentos para aeropuertos están sometidos, inevitablemente, a grandes cargas verticales y horizontales, de superficie, provenientes tanto de las aeronaves como de los equipos de servicio. Cuando esas cargas ocurren cerca de los bordes del pavimento, el confinamiento lateral puede rotar y permitir que el pavimento se desplace y se desbarate. Esto se tuvo en cuenta en el diseño del nuevo aeropuerto de Chek Lap Kok y se colocaron confinamientos laterales para todo el espesor del pavimento, de 1,5 m de profundidad.

Estos confinamientos se construyeron principalmente en los bordes altos del pavimento puesto que los bordes bajos están delimitados, por lo general, con canales de drenaje (Figura 3). En estos bordes bajos, se dejaron en las paredes de los canales, oídos de 32 mm de diámetro cada metro, centro a centro, a nivel con la capa de arena, con el fin de ayudar al drenaje de dicha arena. Esto se ha considerado como una buena práctica [10] para disipar el exceso de agua y reducir la posibilidad de generación de presión de poros. Para asegurar que la arena no se lavara a través de los oídos, la capa de geotextil se volteó hacia arriba al llegar a los confinamientos hasta 10 mm por debajo del nivel de la superficie.

4. COLOCACIÓN DE LOS ADOQUINES

Con más de 400 000 m^2 de adoquines por colocar con un promedio de 1 000 m^2 por día, fue necesario implementar la colocación mecanizada de los adoquines.

La colocación mecanizada se ha llevado a cabo tradicionalmente con adoquines rectangulares, Unicoloc u otros formas, en grupos que no se unen entre si para producir una superficie completamente homogénea. Esos grupos se pueden separar bajo cargas horizontales. Con la decisión ya tomada por usar adoquines no rectangulares, con el fin de reducir el ensanchamiento de las juntas, se perderia este beneficio si los grupos no se trabaran unos con otros y se pudieran abrir las juntas entre ellos.

Para superar esto y permitir la que el patrón de espina de pescado se pudiera alcanzar, se arrumaron los adoquines a mano en la planta en Shenzen siguiendo el patrón de espina de pescado requerido. Se colocaron dos adoquines en hilera, en dos esquina diagonales, con el fin de ayudar a colocar y localizar los grupos. Cuando se colocaron los grupos, se removieron los adoquines de las esquinas y los grupos se unieron como se indica en la Figura 4.

La colocación se hizo utilizando tres máquinas colocadoras Probst VM 205 modificadas; y después de entrenar al personal y haber hecho unas modificaciones a las máquinas, se lograron rendimientos de 500 m^2 por día, fácilmente, con cada máquina.

Se colocaron hilos conformando una cuadrícula de 5 m, para poder ajustar el patrón tanto para rectitud como para alineamiento. Para esto se hicieron pequeños ajustes en la separación entre cada cuadrado para minimizar el efecto del flujo de los adoquines y conservar la separación especificada. Una vez colocados, se evaluaba de nuevo, visualmente, la densidad superficial de los adoquines y los que eran sospechosos se reemplazaban.

Los adoquines se compactaron con un vibrocompactador de placa de 350 kg, sobre una lámina de caucho, que transmitía una fuerza efectiva de 0,08 MPa. Esta es una fuerza similar a la que transmiten los compactadores pequeños tradicionales, pero con un compactador de mayor área se podia cubrir el área a compacta, en un tiempo menor, y con el peso adicional, se logró que hubiera contacto permanente entre los adoquines y la placa.

La colocación de los adoquines comenzó casi siempre contra un confinamiento lateral y avanzó paralelamente a lo largo [11].

En los bordes de terminación, alrededor de las cajas de los "pits" y cámaras de inspección, y en cualquier cambio de dirección de la colocación, era necesario cortar adoquines. Se especificó el corte con sierra de disco de metal y diamante, con el fin de garantizar una cara de corte limpia. La irregularidad del corte con cizalla no se permitió para poder asegurar la uniformidad de las juntas y el área de contacto. Todos los trozos cortados de adoquines

que se colocaron fueron de más del 25 % del área, y para poder garantizar esto fue necesario, algunas veces, usar medios adoquines fabricados y alterar localmente el patrón de colocación en espina de pescado. A todas las caras cortadas se les reconstruyó el bisel de manera que se asemejaran a adoquines completos. En esta etapa del proyecto se hicieron verificaciones del ancho de junta en áreas de 1 m^2 cada 250 m^2 del pavimento.

La arena para el sello también se modificó en el sitio, procesando y secando arena de sílice importada, usada para la producción de concreto para pavimentos rígidos. La granulometría se muestra en la Tabla 3.

La granulometria se derivó de la de la Norma Británica BS 6717 : 3 [12], modificando el contenido del tamiz 2,36 mm con el fin de no tener partículas mayores que este diámetro que no cabrían dentro del espacio mínimo especificado de 1,5 mm. Esta arena fina se barrió para que penetrara dentro de las juntas y luego se revibró el pavimento. Luego se hizo una compactación completa con un compactador de llanta neumática para asegurar que cada adoquín estaba asentado y las juntas llenas.

Por lo general, el sellado de la superficie no siguió inmediatamente al sellado, y grandes áreas se dejaron expuestas a la intemperie. Esto brindó el beneficio adicional de que la lluvia y el tiempo aseguraron que las juntas estuvieran completamente llenas y que no hubiera arena atascada sin descender dentro de ellas. Para crédito del Contratista, muy pocas juntas necesitaron ser rellenadas, confirmando con ello que la arena elegida había fluido dentro de las juntas.

Sin embargo se hizo evidente un problema cuando se aplicó el sellante. Los pavimentos que se dejaron sin sellar, acumularon una capa de limo en las juntas, que evitó que penetrara el sellante en los adoquines y las juntas, que generó una piel que se tuvo que remover con chorro de agua a presión.

El sellante usado fue ACM Paveseel, un polímero elastomérico líquido de baja viscosidad producido or Advanced Materials Ltd. La penetración del sellante en las juntas estuvo entre 20 mm y 30 mm. Se evitó alcanzar una penetración mayor puesto que si se tenía una penetración mayor cerca a los oídos frente a los confinamientos, el geotextil que los tapaba se podría bloquear, volverse impermeable e inútil.

La penetración requerida se alcanzó satisfactoriamente con una rata de aplicación promedio del Paveseel de 2,6 m^2/l. Las ratas de aplicación medidas en el sitio estuvieron entre 2,2 m^2/l y 2,9 m^2/l.

El Contratista desarrollo un aplicador de sello motorizado que podía aplicar y alisar el sellante a una rata de 2 000 m^2/h.

El pavimento acabado quedaba listo para la demarcación y el tráfico.

5. RESUMEN FINAL

Los pavimentos de adoquines se asocian generalmente con senderos peatonales, vías de acceso, patios traseros y el práctico casero. Por esto existe un sentimiento de que cualquiera puede colocar un pavimento de adoquines y ¡quién necesita para esto una especificación!.

La industria necesita hacer presión sobre los usuarios para que se den cuenta de que los pavimentos de adoquines necesitan ser manejados con ingeniería y necesitan contratistas especiales para implementar los requisitos estrictos que poseen. Ésto, de manera especial, para pavimentos para aplicaciones pesadas como aeropuertos y puertos para contenedores.

Aquí en Chek Lap Kok, unas especificaciones estrictas, combinadas con un Contratista dedicado y conocedor del tema, ha resultado en un pavimento que se comportará de acuerdo con su intención de diseño, hasta bien entrado el siglo próximo y servirá de modelo para la futura pavimentación con adoquines de concreto en proyectos de aeropuertos.

6. RECONOCIMIENTOS

El Autor quisiera agradecer al Dr. Graham Plant, Director de Ingeniería de la Autoridad Aeroportuaria por su ayuda y a la Autoridad Aeroportuaria por el permiso para publicar esta ponencia.

También van mis agradecimientos para mis colegas en la Autoridad Aeroportuaria, cuyas contribuciones llevaron a la exitosa terminación de los trabajos.

Agradecimientos especiales para John Howe de la Airfield Works Joint Venture por su dedicación para obtener un producto final de calidad y su pasión por los adoquines de concreto. Su entrenamiento de mano de obra no calificada para la implementación de buenas prácticas de pavimentación con adoquines, aseguró que los trabajos fueran realizados a niveles de talla mundial.