

Kajian Ciri-ciri Pasir Pengalas dan Pengisi Sambungan Turapan Blok Konkrit Saling Mengunci

Nur Izzi Md. Yusoff¹, Amiruddin Ismail¹, Rosli Hainin², Hasanan Md. Nor² dan Khairul Anwar Husin²

¹Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan Alam Bina,
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor,
Malaysia

²Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia
81310 UTM Skudai, Johor,
Malaysia

E-mail: evxnim@nottingham.ac.uk

Received Date: 19th December 2006 Accepted Date: 13rd July 2009

ABSTRAK

Dewasa ini penggunaan turapan blok konkrit saling mengunci sebagai lapisan permukaan turapan telah meningkat dalam pembangunan jalan raya. Penyelidikan ini dijalankan bertujuan untuk mengkaji permasalahan yang dihadapi terutamanya pada pasir pengalas dan pengisi sambungan antara blok-blok konkrit tersebut. Tambahan, kesan ketebalan pasir pengalas terhadap lembapan juga dikaji. Bahan tambah yang bersifat pozzolana seperti debu terbang kelapa sawit (POFA) dan wasap silika digunakan sebagai bahan campur dalam pasir pengisi sambungan. Bahan-bahan ini adalah hasil bahan buangan industri yang boleh didapati dengan mudah di Malaysia. Dengan peratusan campuran sebanyak 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%, ujian kebolehtelapan dilakukan menggunakan kaedah ujian turus tetap dan turus menurun. Model fizikal dibina untuk mengetahui tahap mampatan pasir pengalas dan penyerapan air melalui pasir pengisi sambungan. Ujian penyerapan air juga dilakukan ke atas model turapan yang mempunyai peratus campuran bahan tambah ke dalam pasir pengisi sambungan sebanyak 0%, 5% dan 10% dengan umur turapan yang berbeza iaitu 5 dan 10 hari. Hasil kajian menunjukkan penambahan bahan tambah ke dalam pasir pengisi sambungan dapat mengurangkan kebolehtelapan dengan nilai optimum campuran untuk POFA dan wasap silika masing-masing adalah pada 2%.

Kata kunci: Turapan konkrit saling mengunci, pasir pengalas, pasir pengisi sambungan, debu terbang kelapa sawit dan wasap silika.

ABSTRACT

The use of interlocking concrete block pavement as a road surface has increased in the road construction recently. This study was conducted to envisage the problems occur particularly for the bedding and joint filling

sand of the interlocking concrete block pavement. Moreover, the effect of the moisture on the bedding sand was also studied. Two type of additives namely as palm oil fly ash (POFA) and silica fume, which carry the pozzolanic behaviour, were mixed with joint filling sand in order to improve its quality. These materials are industrial waste compound which can be easily found in Malaysia. Two types of permeability experiments, the constant and falling head tests were conducted to evaluate the permeability of the joint filling sands with the percentage additives used of 2%, 4%, 6%, 8% and 10%. A physical model was developed to investigate the degree of compaction and water absorption via sand in joints. Water absorption test was also conducted onto the model with the addition of additives of 0%, 5% and 10% with the joint filling sand for 5 and 10 days. Study shown that the incorporation of additives reduced the permeability of joint filling sand with the optimum values obtained for both POFA and silica fume mixtures both were at 2% respectively.

Keywords: Interlocking concrete block pavement, bedding sand, joint filling sand, palm oil fly ash and silica fume.

PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan turapan konkrit saling mengunci di dalam pembinaan jalan raya adalah satu perkembangan yang sangat menggalakkan. Turapan blok konkrit saling mengunci ini bukan sahaja digunakan di kawasan pejalan kaki, tetapi telah diperluaskan lagi penggunaannya untuk turapan jalan raya. Peningkatan jumlah beban trafik, lori yang besar dan berat, reka bentuk gandar baru, peningkatan tekanan tayar dan faktor cuaca telah menyebabkan jalan raya dari jenis asfalt konkrit tidak lagi dapat menampung perubahan tersebut.

Salah satu kajian alternatif adalah penggunaan turapan blok konkrit saling mengunci sebagai bahan ganti untuk turapan jalan raya. Penggunaan turapan blok konkrit saling mengunci dipercayai mempunyai sejarah yang sangat panjang di negara-negara Eropah namun ia mula digunakan secara meluas bermula pada pertengahan 1960-an di Amerika (tengah dan selatan) dan Afrika Selatan. Pada 1970-an turapan blok konkrit saling mengunci mula diperkenalkan di Britain, Kanada, Amerika, Australia, New Zealand dan Jepun. Penggunaannya juga telah tersebar ke negara-negara Timur Tengah dan Asia (Shackel 2003). Turapan blok konkrit saling mengunci mempunyai kelebihan dari segi sifat fizikal dan nilai estetik.

Di samping itu, kesesuaian penggunaannya di tempat yang sukar dibina dan mampu menanggung beban trafik yang tinggi seperti di kawasan pelabuhan, lapangan terbang, stesen bas dan tempat parkir kenderaan menyebabkan turapan jenis ini menjadi pilihan. Di Malaysia, turapan blok konkrit saling mengunci mula digunakan pada sekitar tahun 1980-an dan banyak tertumpu di kawasan-kawasan seperti

di persimpangan jalan, perhentian bas, tempat parkir kenderaan dan taman rekreasi (News Strait Times 1997).

KAJIAN LITERATUR

Turapan turapan blok konkrit saling mengunci adalah berkonsepkan kepada blok konkrit atau batu bata yang diletakkan secara padat atau bahan penurapan diletakkan di atas asas yang mudah lentur. Turapan blok konkrit saling mengunci pada mulanya diperkenalkan di Belanda pada awal 1950-an untuk menggantikan jalan bata (Panda & Ghosh 2002) dan telah digunakan secara meluasnya dalam aplikasi komersial, perbandaran dan juga industri (Panda & Ghosh 2001). Di Eropah, sebanyak 100 000 000 m² turapan blok konkrit saling mengunci digunakan setiap tahun (Ghafoori & Mathis 1998) dan dianggarkan lebih daripada 280 000 000 m²/tahun bahan ini dihasilkan di seluruh dunia (Ghafoori & Mathis 1997).

Secara umumnya, struktur turapan blok konkrit saling mengunci adalah sama seperti struktur turapan untuk konkrit berasfalt dan juga konkrit tegar. Struktur turapan turapan blok konkrit saling mengunci ini hanya berbeza pada lapisan permukaan yang mana lapisan permukaan itu digantikan dengan lapisan blok-blok konkrit (Khairul Anwar & Hasanan 2002). Turapan blok konkrit terdiri daripada beberapa lapisan utama iaitu lapisan permukaan, lapisan tapak, lapisan sub-tapak dan lapisan subgred, yang mana setiap lapisan terdiri daripada jenis bahan yang berlainan. Struktur turapan blok konkrit saling mengunci ini secara umumnya boleh ditunjukkan seperti di dalam Rajah 1.

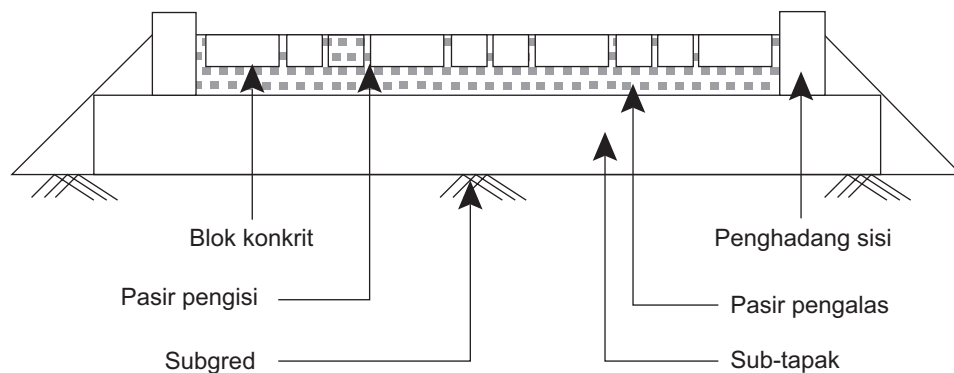
Blok konkrit boleh ditakrifkan sebagai unit individu yang mempunyai saiz yang cukup kecil yang tidak melebihi 0.09m², dan apabila disusun, blok-blok konkrit ini mempunyai sifat saling mengunci antara satu sama lain. Blok-blok konkrit ini boleh disusun dengan pelbagai susunan seperti tenun bakul (basket wave), usungan (stretcher) dan silang pangkah (herringbone) (Rada et al. 1990). Lapisan pasir pengalas bertindak sebagai satu sempadan yang menghalang penyerakan retak daripada lapisan tapak ke permukaan jalan raya dan memberikan satu permukaan yang licin dan rata untuk menempatkan blok-blok konkrit. Ianya juga bertindak sebagai sumber pasir untuk diisi pada bahagian bawah sambungan (Shackel 1990). Kebanyakan negara-negara di Eropah menggunakan pasir pengalas setebal 50mm selepas mampatan (Lilley & Dawson 1988; Panda & Ghosh 2002). Di Amerika Syarikat, ketebalan pasir pengalas selepas mampatan adalah antara 20mm hingga 30mm (Rada et al. 1990).

Menurut Beaty (1996), pemilihan ketebalan pasir pengalas adalah berbeza-beza mengikut keperluan di sesuatu tempat. Di Malaysia, penggunaan pasir pengalas adalah berdasarkan

kepada piawaian *Concrete Masonry Association of Australia* (selepas ini CMAA) seperti Jadual 1. Kandungan kelembapan pasir mestilah seragam iaitu di antara 4% hingga 8% dan pasir tepu tidak boleh digunakan (CMAA 1986).

Pasir pengalas juga mestilah bebas daripada garam terlarut atau agen pencemar yang lain untuk mengelakkan berlakunya tompokan garam. Ketebalan 80mm boleh menyebabkan berlakunya kegagalan seperti kecacatan plastik dan kesan tayar. Apabila dipadatkan, pasir pengalas cenderung untuk mengisi ruang di antara blok-blok konkrit pada ketebalan 20mm hingga 30mm.

Kekosongan ruang di antara sambungan perlu diisi dengan pasir melalui permukaannya. Untuk agihan beban yang optimum, jarak antara blok-blok konkrit saling mengunci mestilah antara 2mm hingga 5mm dengan pasir diisi penuh (Fwa 2006). Knapton dan O'Grady (1983) dan Panda dan Ghosh (2001) masing-masing mencadangkan penggunaan jarak sambungan antara 0.5mm hingga 5mm dan 2mm hingga 6mm. Di Malaysia pula, piawaian pengredan pasir pengisi sambungan adalah seperti Jadual 2 (CMAA 1986).



Rajah 1. Struktur turapan blok konkrit saling mengunci

Jadual 1. Piawaian untuk pasir pengalas

Saiz ayak	Peratus telus (%)
9.52mm	100
4.75mm	95 – 100
2.36mm	80 – 100
1.18mm	50 – 85
600µm	25 – 60
300µm	10 – 30
150µm	5 – 15
75µm	0 – 10

Jadual 2. Piawaian untuk pasir pengisi sambungan

Saiz ayak	Peratus telus (%)
2.36mm	100
1.18mm	90 – 100
600µm	60 – 90
300µm	30 – 60
150µm	15 – 30
75µm	5 – 10

Pasir pengisi sambungan yang dicampur dengan tanah liat yang melepasi ayakan bersaiz 75µm dalam lingkungan 5% hingga 10% adalah sesuai untuk digunakan. Walau bagaimanapun, kandungan sebenar tanah liat adalah bergantung kepada keadaan tempatan dan kewujudan bahan tersebut. Beberapa bahan tambah boleh dicampur bagi mendapatkan nilai penggredan yang sesuai.

Cara ini dapat membantu mengurangkan kemasukan air melalui sambungan semasa awal hayat turapan blok konkrit saling mengunci. Seperti pasir pengalasan, pasir pengisi sambungan juga perlulah bebas daripada kandungan garam ataupun bahan pencemar yang lain. Bagi memastikan pasir diisi dengan baik pada sambungan, bahan berkenaan mestilah dalam keadaan kering dan bebas daripada air (CMAA 1986).

Bahan Pozzolana

Menurut *American Society of Testing and Materials* (ASTM C618-84) pozzolana adalah bahan yang bersilika dan beralumina, apabila dalam keadaan asalnya tidak menunjukkan sifat-sifat simen (jelekit), tetapi dengan kehadiran air akan bertindak balas secara kimia dengan kalsium hidroksida untuk menghasilkan sebatian yang menunjukkan sifat simen. Sifat dan kelakuan bahan pozzolana adalah berbeza mengikut punca dan keadaan penggunaannya dan hanya boleh diketahui dengan ujian terperinci.

Secara umumnya, pozzolana terdiri daripada bahan semulajadi atau hasil buatan. Antara contoh pozzolana semulajadi adalah seperti debu dan batu gunung berapi manakala debu terbang dan wasap silika adalah termasuk dalam kategori pozzolana buatan. Dua jenis pozzolana buatan digunakan dalam kajian ini iaitu debu terbang kelapa sawit (POFA) dan wasap silika. Debu terbang ini terkumpul pada sistem

pemanasan relau yang memanaskan kelapa sawit. Penggunaan debu terbang ini masih terhad dan penyelidikan terhadapnya masih lagi dijalankan terutamanya untuk industri konkrit. Manakala wasap silika pula terhasil daripada hasil buangan logam dan aloi silika. Bahan ini lebih tekal berbanding dengan bahan pozzolana yang lain seperti debu terbang, debu gunung berapi dan sebagainya. Wasap silika banyak terdapat di Australia di mana ianya menjadi satu hasil jualan industri (Microsilica 1995).

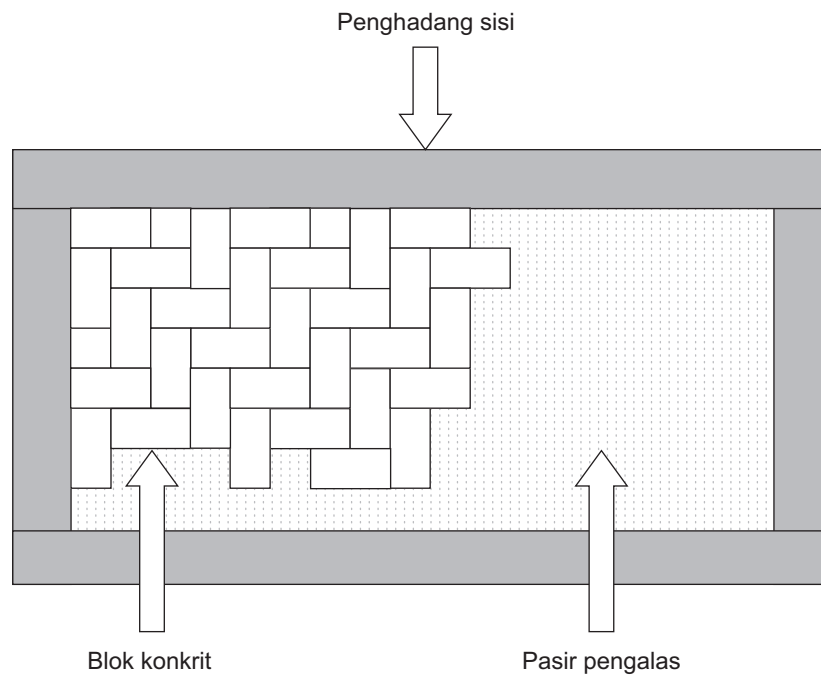
LATAR BELAKANG DAN SKOP KAJIAN

Menurut Shackel (1986), kegagalan yang berlaku pada turapan blok konkrit saling mengunci kebanyakannya adalah pada lapisan tapak dan bahagian sambungan di antara blok-blok tersebut. Penggunaan pasir adalah bahan pengisi sambungan biasanya terdedah kepada pelbagai masalah seperti penyerapan air, aliran air hujan dan tercabut akibat kerja pembersihan.

Aliran air hujan akan membawa pasir pengisi bersama-sama ketika mengalir melalui turapan blok konkrit saling mengunci. Pasir akan disedut bersama-sama sampah oleh mesin pembersih hampagas yang membersihkan di kawasan turapan blok konkrit saling mengunci. Di kawasan lapangan terbang pula, kuasa jet atau kipas kapal terbang yang kuat akan menerbangkan pasir pengisi sambungan. Oleh itu kajian ini dilakukan untuk mengkaji kelebihan penggunaan bahan tambah yang bersifat pozzolana seperti POFA dan wasap silika ke atas pasir pengisi sambungan turapan blok konkrit saling mengunci.

KAEDAH KAJIAN

Beberapa ujikaji seperti ujikaji kandungan lembapan pasir, analisis ayakan pasir, kebolehtelapan air (turus tetap dan turus menurun), penyerapan air, pengekapan dan pemadatan dilakukan di makmal jalan raya,



Rajah 2. Model fizikal ujikaji makmal

Universiti Teknologi Malaysia, Johor ke atas sama ada pasir pengalas dan juga pengisi sambungan turapan blok konkrit saling mengunci. Peratusan bahan campuran ke dalam pasir pengisi sambungan yang digunakan adalah sebanyak 0% (kawalan), 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Sumber

tanah berbutir kasar seperti kerikil dan pasir yang mana nilai k adalah lebih daripada 10^{-4} cm/s. Nilai k ditakrifkan sebagai aliran bendalir yang dihasilkan oleh satu unit kecerunan hidraulik dan dapat ditunjukkan dalam Jadual 3 (Whitlow 2001):

Jadual 3. Nilai kebolehtelapan, k

k (cm/s)	Jenis tanah	Sifat aliran
$10^2 - 10^{-1}$	Kerikil	Sangat baik
$10^{-2} - 10^{-4}$	Pasir, campuran pasir kerikil	Baik
$01^{-5} - 10^{-6}$	Pasir halus, kelodak	Lemah
$10^{-7} - 10^{-9}$	Tanah liat	Tidak boleh telap

pasir yang digunakan adalah dari daerah Kulai, Johor manakala blok-blok konkrit pula adalah dari kilang Monier, Senai. Kajian makmal ini dilakukan dengan menggunakan kerangka keluli yang berukuran 2.0m x 2.0m. Blok konkrit jenis uni-pave (keluaran monier) 80mm tebal digunakan dan corak susunan yang digunakan adalah susunan silang pangkah 90° (Rajah 2). Penggredan pasir pengalas dan pengisi sambungan dilakukan mengikut piawaian CMAA (1986).

Ujikaji kebolehtelapan dijalankan untuk mengira nilai pekali kebolehtelapan, k untuk

Ujikaji pemadatan pula dilakukan untuk menentukan masa mampatan yang sesuai yang diperlukan semasa pemadatan sehingga lapisan pasir pengalas mengenas di mana bacaan diambil setiap 20 saat. Dalam ujikaji penyerapan air, pasir pengisi sambungan dicampurkan dengan wasap silika pada peratusan 5%, 10% dan 15% di mana tangki air yang digunakan adalah berdiameter 300mm pada ketinggian 350mm.

Masa penyerapan diambil apabila air menyerap setiap 500ml sehingga isipadu 3000ml dan ujikaji dijalankan pada umur turapan 5 dan 10 hari

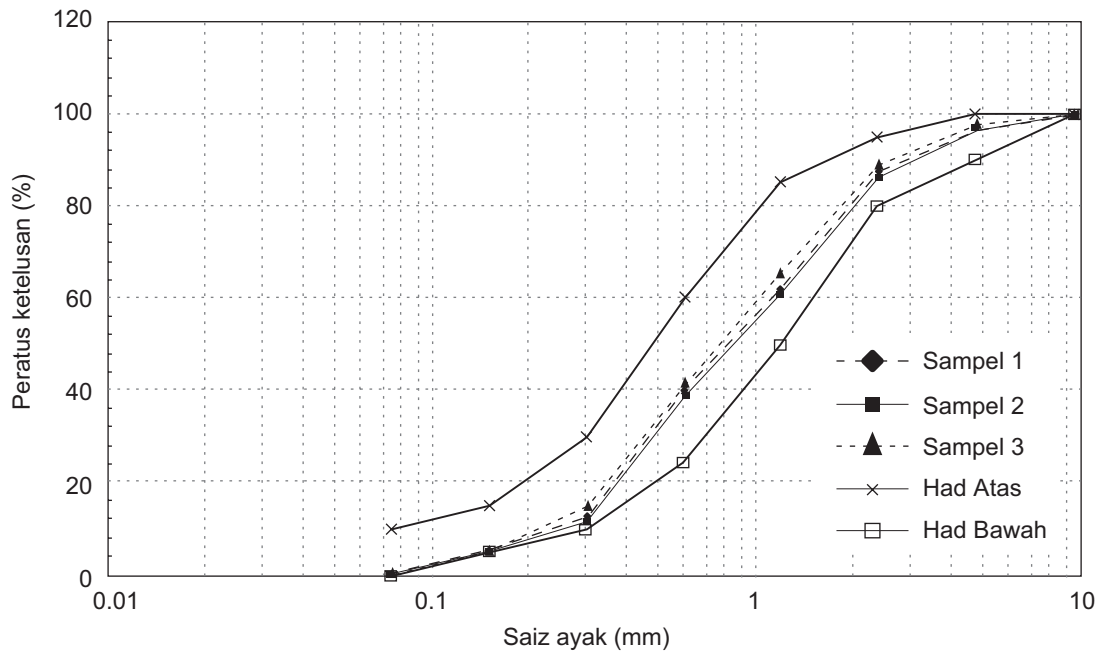
pada turapan yang sama. Pemendapan pada bahagian ujikaji dicatatkan bagi menentukan kesan penyerapan air kepada sambungan antara blok-blok konkrit.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

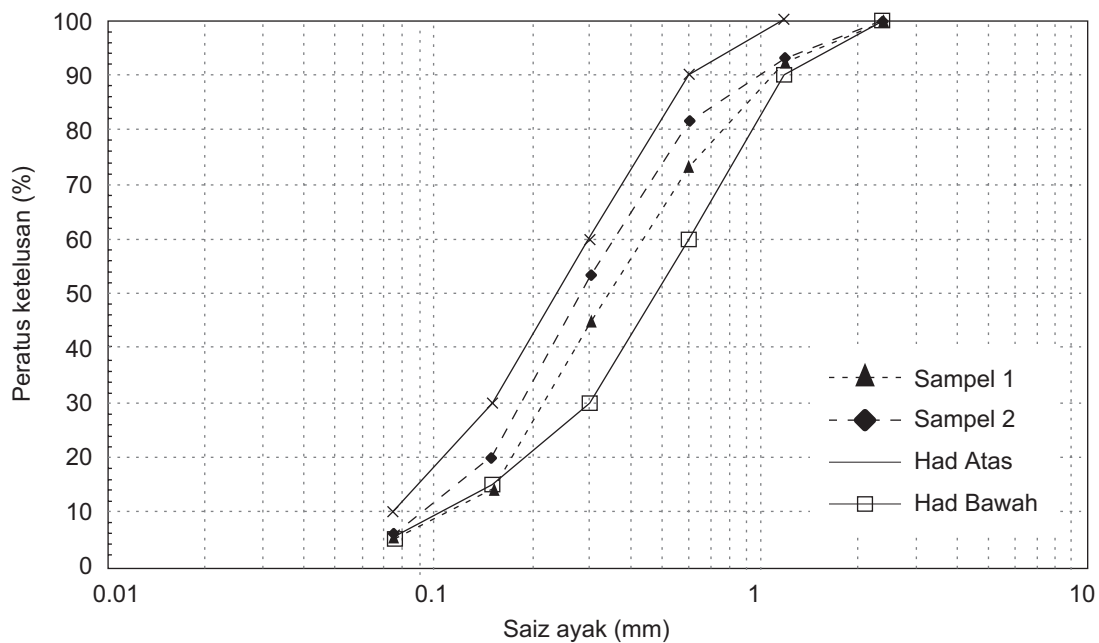
Keputusan ujikaji yang dijalankan akan dibincang seperti berikut.

Taburan Saiz Pasir Pengalas dan Pengisi Sambungan

Taburan saiz butir pasir pengalas adalah seperti ditunjukkan dalam Rajah 3, manakala taburan saiz butir pasir pengisi sambungan pula ditunjukkan dalam Rajah 4. Set-set pasir yang digunakan dalam ujikaji ini didapati memenuhi syarat penggedaran yang telah ditetapkan oleh CMAA (1986).



Rajah 3. Graf lengkungan penggedaran pasir pengalas



Rajah 4. Graf lengkungan penggedaran pasir pengisi sambungan

Kandungan Lembapan Pasir

Kandungan lembapan pasir diuji bagi lima sampel yang diambil secara rawak. Hasil keputusan didapati purata peratus kandungan lembapan adalah sekitar 6.78% dan ianya memenuhi piawaian yang ditetapkan oleh CMAA (1986).

Ciri Kebolehtelapan Pasir

Ciri kebolehtelapan pasir pengalas, pasir pengisi sambungan, dan pasir pengisi sambungan yang dicampurkan dengan wasap silika ditentukan dengan kaedah turus tetap dengan kadar

campuran sebanyak 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Manakala kebolehtelapan bagi pasir pengisi sambungan yang dicampurkan dengan POFA pula ditentukan dengan kedua-dua kaedah turus tetap dan turus menurun. Untuk campuran 2%, 4% dan 6%, ujikaji turus tetap digunakan. Untuk campuran 8% dan 10%, ujikaji turus menurun digunakan kerana ujikaji jenis awal tidak dapat memberikan bacaan atau tidak sesuai lagi untuk digunakan. Nilai *k* digunakan untuk mengukur rintangan kepada aliran di dalam tanah dan ditunjukkan dalam Jadual 4.

Jadual 4. Nilai pekali kebolehtelapan, *k*

Jenis pasir	Jenis campuran	Peratus (%)	Jenis ujikaji	<i>k</i> (x10 ⁻⁵ cm/s)	Jenis tanah	Sifat aliran
Pengalas	kawalan		Turus tetap	2.030	Pasir halus, kelodak	Lemah
Pengisi sambungan	kawalan		Turus tetap	0.109	Pasir halus, kelodak	Lemah
		2		1.220	Pasir halus, kelodak	Lemah
Pengisi sambungan	wasap silika	4	Turus tetap	0.669	Pasir halus, kelodak	Lemah
		6		0.416	Pasir halus, kelodak	Lemah
		8		0.099	Tanah liat	Tidak boleh telap
		10		0.019		
Pengisi sambungan	POFA	2	Turus tetap	0.019	Tanah liat	Tidak boleh telap
		4		0.074		
		6		0.081		
		8	Turus menurun	0.018	Tanah liat	Tidak boleh telap
		10		0.008		

Analisis Penyerapan Air

Jadual 5 menunjukkan analisis penyerapan air antara sambungan blok-blok konkrit saling mengunci.

Jadual 5. Analisis penyerapan air

Isipadu air (mm)	Hari/wasap silika (%)							
	5 kawalan		5% 10%		10% 15%		15%	
	Masa bertokok							
0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	18	27	23	31	38	43	63	73
1000	59	96	67	106	101	132	160	170
1500	149	220	162	237	222	303	334	360
2000	306	419	324	497	423	596	555	647
2500	527	708	551	796	734	954	874	1019
3000	854	1086	882	1187	1192	1577	1352	1750
Pemendapan (mm)	2.0	2.5	1.0	1.3	1.0	1.2	1.0	1.2

Hasil ujikaji menunjukkan bahawa apabila pasir pengisi sambungan dicampurkan dengan kadar peratusan wasap silika yang tinggi, kadar penyerapan akan berkurangan. Ini dapat diperhatikan apabila semakin lama masa diambil untuk membolehkan berlakunya penyerapan air. Keadaan ini boleh diterangkan di mana partikel-partikel wasap silika yang lebih kecil memenuhi ruang partikel pasir pengisi sambungan. Tambahan wasap silika mempunyai sifat lekatan yang tinggi, seterusnya meningkatkan lagi kadar ketidak boleh telapan. Kehadiran air juga dilihat sebagai satu faktor yang mempercepatkan kadar tindak balas wasap silika bersama pasir pengisi sambungan.

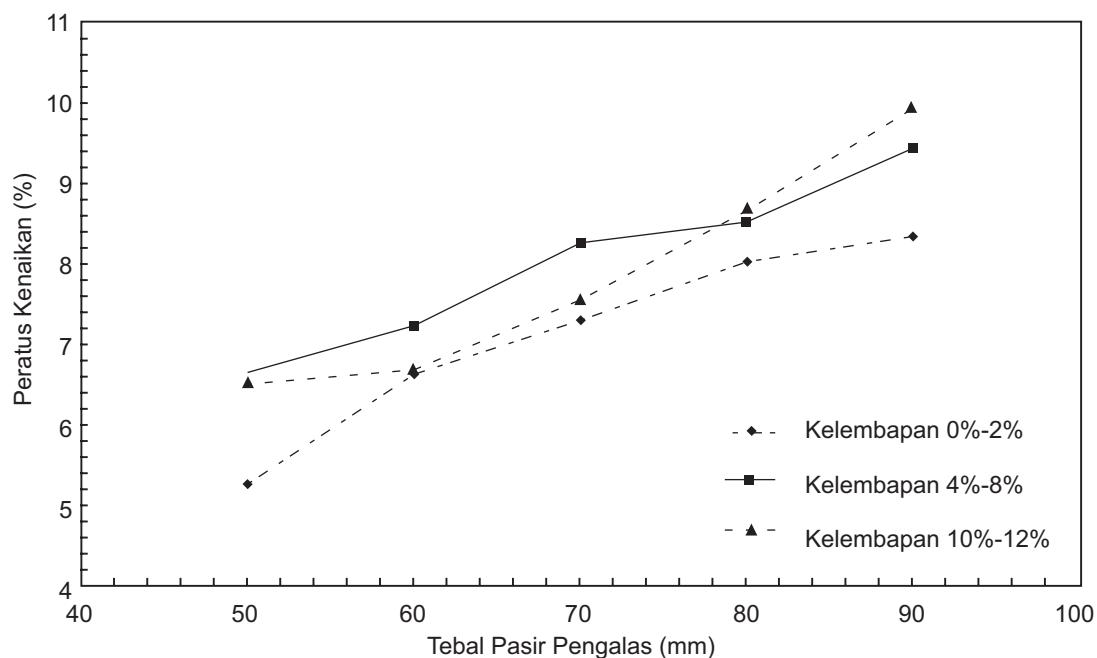
Peningkatan Pasir Pengalas Ke Ruang Sambungan

Rajah 5 menunjukkan purata kenaikan pasir pengalas memenuhi ruang antara blok konkrit saling mengunci. Pengukuran peningkatan ini diambil dan didapati berlakunya penurunan pasir pengalas.

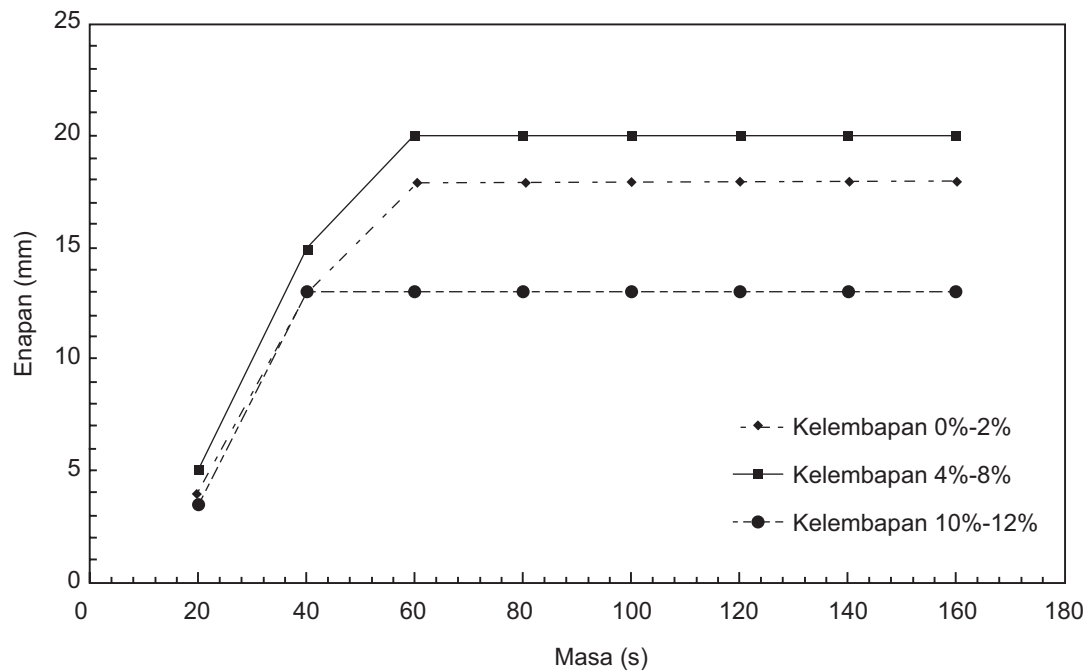
Menurut Pearson dan Hodgkinson (1992), lapisan pasir pengalas akan mengalami perubahan sebanyak +20% dan akan memenuhi ruang antara blok-blok konkrit saling mengunci tersebut. Daripada rajah di atas, didapati kenaikan pasir pengalas untuk memenuhi ruang antara blok-blok meningkat mengikut ketebalan pasir pengalas. Purata peningkatan bagi pasir pengalas yang mempunyai kelembapan sebanyak 0% hingga 2% adalah sekitar 5% hingga 8.5% dari ketinggian blok konkrit. Peningkatan pasir pengalas pada julat kelembapan dari 4% hingga 8% dan 10% hingga 12% adalah sekitar 6.5% hingga 9.5% dan 6.5 hingga 10%.

Pemadatan Lapisan Pasir Pengalas

Rajah 6 menunjukkan hasil selepas ujikaji bagi pasir pengalas yang mengandungi kelembapan 0% sehingga 2% pada ketebalan 50mm. Secara umumnya, terdapat bacaan untuk setiap ketebalan pada masa 0 saat untuk setiap ujikaji pemadatan yang dilakukan. Ini kerana proses pegenapan berlaku sebelum pemadatan akibat pegenapan berat blok-blok konkrit itu sendiri.



Rajah 5. Peratus kenaikan melawan tebal pasir pengalas



Rajah 6. Enapan melawan masa bagi ketebalan 50mm

Rajah di atas menunjukkan pasir pengalas yang mempunyai kelembapan yang rendah mengalami pegenapan yang tinggi berbanding dengan pasir pengalas yang mempunyai kelembapan yang rendah. Enapan berlaku pada 60 saat yang pertama dan seterusnya bacaan menjadi malar walaupun proses pemadatan dilakukan sehingga 160 saat bagi sampel yang berkelembapan antara 0% hingga 2% dan 4% hingga 8%.

Namun, bagi pasir pengalas yang berkelembapan antara 10% hingga 12% mengalami kadar malar yang lebih cepat iaitu enapan berlaku sebanyak 13mm selepas 40 saat, di mana ketinggian pasir pengisi pada ketika ini adalah 27mm. Ketebalan lapisan pasir pengalas yang baik adalah antara 25mm hingga 30mm dan ketebalan ini tidak boleh kurang daripada 25mm (Shackel 1980). Namun, ketebalan lapisan pasir pengalas ini tidak boleh dibuat terlalu tebal. Susunan zarah-zarah pasir tersebut mempunyai pengaruh ke atas geseran apabila dipadatkan di mana ia akan memberikan kelebihan pada permukaan lapisan pasir pengalas. Penggunaan pasir pengalas yang terlalu tebal akan menyulitkan proses penyusunan zarah-zarah pasir ketika pemadatan.

Kandungan kelembapan juga mempunyai pengaruh ke atas keberkesanan lapisan pasir pengalas ini. Daripada ujikaji yang dijalankan, julat kelembapan yang paling sesuai adalah

antara 4% hingga 8%. Pada kelembapan ini masa pemadatan didapati tidak terlalu lama dan menghasilkan jumlah enapan yang baik.

KESIMPULAN

1. Penambahan bahan pozzolana seperti debu terbang kelapa sawit (POFA) dan wasap silika dapat membantu mengurangkan kadar kebolehtelapan air di antara sambungan turapan blok konkrit saling mengunci.
2. Kadar campuran optimum POFA dan wasap silika bersama pasir pengisi sambungan masing-masing adalah sebanyak 2%.
3. Kadar penyerapan air berkurangan dengan kehadiran wasap silika dalam pasir pengisi sambungan. Partikel-partikel wasap silika yang lebih kecil memenuhi ruang partikel pasir pengisi sambungan dan mempunyai sifat lekatan yang akan meningkatkan lagi kadar ketidakelembapan.
4. Peratus kenaikan pasir pengalas untuk memenuhi ruang antara blok-blok turapan konkrit saling mengunci adalah optimum pada kelembapan antara 4% hingga 8%.
5. Terdapat bacaan untuk setiap ketebalan pada masa 0 saat untuk setiap ujikaji pemadatan yang dilakukan. Ini kerana proses pegenapan berlaku sebelum pemadatan akibat pegenapan berat blok-blok konkrit itu sendiri.

6. Kandungan kelembapan mempunyai pengaruh ke atas keberkesanan lapisan pasir pengalas. Daripada ujikaji yang dijalankan, julat kelembapan yang paling sesuai adalah antara 4% hingga 8%. Pada kelembapan ini masa pemadatan didapati tidak terlalu lama dan menghasilkan jumlah enapan yang baik.

RUJUKAN

- ASTM C 618-84. 1984. Standard specification for fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in portland cement concrete.
- Beaty, A. N. S. 1996. Research into paver interlock. *Highway and Transportation* 43: 124–132.
- Concrete Masonry Association of Australia. 1986. Specification for concrete segmental paving unit.
- Fwa, T. F. 2006. *The handbook of highway engineering*. CRC Press. Boca Raton, Fla.
- Ghafoori, N. & Mathis, R. 1997. Sulphate resistance of concrete pavers. *Journal of Materials in Civil Engineering* 9(1): 35–40.
- Ghafoori, N. & Mathis, R. 1998. Prediction and thawing durability of concrete Paving blocks. *Journal of Materials in Civil Engineering* 10(1): 45–51.
- Khairul Anwar Husin & Hasan Md. Nor. 2002. *Kajian terhadap penguncian turapan blok konkrit*. *Malaysian Journal of Civil Engineering* 15(2): 53–65.
- Knapton, J. & O'Grady, M. 1983. The behavior of a concrete block pavement. *Journal of Concrete Society* 17: 17–18.
- Lilley, A. A. & Dowson, A. J. 1988. Laying course sand for concrete block paving. *Proc. 3rd International Conference on Concrete Block Paving*. Rome; 457-462.
- Microsilica. 1995. *Providing the technology and material for high performance concrete*. Karrinyup: Western Australia.
- News Strait Times. 1997. New look for PJ new town walkways. 2 September.
- Panda, B. C. & Ghosh, A. K. 2001. Source of jointing sand for concrete block pavement. *Journal of Materials in Civil Engineering* 13(3): 235–237.
- Panda, B. C. & Ghosh, A. K. 2002. Structural behavior of concrete block paving. I: sand in bed and joints. *Journal of Transportation Engineering* 128(2): 123–129.
- Pearson, A. R. & Hodgkinson, J. R. 1992. Some factor affecting success and distress in segmental concrete block pavement in Australia. *Proc. 4th International Conference on Concrete Block Paving*, Auckland, New Zealand: 43–52.
- Rada, G. R., David R., John, S. M. & Matthew, W. W. 1990. Structural design of concrete block pavement. *Journal of Transportation Engineering* 116(5): 615–635.
- Shackel, B. 1980. An experimental investigation of the roles of the bedding and jointing sands in the performance of interlocking concrete block pavements. *Concrete/Beton*. No. 19: 5–15.
- Shackel, B. 1990. *The design and construction of interlocking concrete block pavements*. Chapman and Hall: London.
- Shackel, B. 2003. The challenges of concrete block paving as a mature technology. *Pave Africa 2003 – 7th International Conference on Concrete Block Paving*. Sun City, South Africa.
- Whitlow, R. 2001. *Basic soil mechanics*, 4th ed. Prentice Hall: Great Britain.