

CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG BÊ TÔNG NHỰA BẰNG CEMENTS ITH Y TÍNH SOLUTIONS TO IMPROVE THE QUALITY OF ASPHALT CONCRETE USING FIBER-GLASS

*Nguyễn Biên Cường¹, Mai Triệu Quang², Bùi Hồng Trung³, Lê Đức Châu¹, Lý Quang Huy²,
Huỳnh Văn Quang Vinh¹, Bùi Văn Ba¹*

¹Trường Đại học Bách khoa, ²Trường Đại học Đà Nẵng, ³Công ty BK-ECC, ³Sở GTVT Đà Nẵng

TÓM TẮT

Trong quá trình thi công mặt đường, bê tông nhựa (Asphalt Concrete - AC) là lựa chọn phổ biến của các kỹ sư. Loại vật liệu này vẫn thường được sử dụng làm tầng mặt đường. AC có rất nhiều ưu điểm. Tuy nhiên, khi AC được sử dụng ở Việt Nam đã bộc lộ khá nhiều nhược điểm. AC sử dụng nhựa đường như một loại chất kết dính, vì vậy nó có nhiều nhược điểm tính kỹ thuật của nó. Chất lượng của AC giảm rất nhiều khi chịu các tác động bất lợi của nhiệt độ, độ ẩm. Đây là một trong những lý do làm cho đường nhựa ở Việt Nam hỏng nhanh chóng sau một thời gian ngắn sử dụng. Nghiên cứu này sử dụng các sợi thủy tinh nhằm tối ưu phương pháp nâng cao các tính chất kỹ thuật của AC dưới tác động đồng thời của nhiệt độ và độ ẩm cao.

Từ khóa: mặt đường; áo đường mặt trên; bê tông nhựa; cements i th y tính; cải thiện

ABSTRACT

In the process of pavement design, asphalt concrete (AC) is the popular choice of engineers. This material is typically used as the surface layer of the road surface. AC has many advantages. However, when AC is used in Vietnam, there are many disadvantages of it has revealed. AC using asphalt as a binder, so it has many properties similar to that of asphalt. Quality of AC greatly reduced when subjected to the adverse effects of temperature, water. The consequence of this problem is that after a short time using the roads in Vietnam damage very quickly. This study uses glass-fibers reinforced as a solution to improve the mechanical properties and physiology of AC under the simultaneous effects of water and high temperatures.

Key words: pavement; flexible pavement; surface course; asphalt concrete; glass-fibers; improve

1. Giới thiệu

Bê tông nhựa (AC) là vật liệu phổ biến làm tầng mặt của các loại mặt đường ô tô cấp cao và đường ô tô. Mặt đường AC có khá nhiều ưu điểm: độ bền cao; xe chạy êm, ít gây tiếng ồn; kết cấu chặt chẽ, ít bị nứt; mài mòn thấp, ít sinh bụi; có thể cơ giới hóa toàn bộ khâu thi công và thi công. Tuy nhiên, do sử dụng nhựa đường là chất kết dính nên các tính chất lý học, cơ học và hóa học của AC bộc lộ nhiều nhược điểm như tính chất của nhựa đường.

Nhựa đường là loại vật liệu hữu cơ vô định hình, vì vậy các tính chất cơ học của AC giảm rất nhiều khi khai thác đường khu vực có nền nhiệt cao, cường độ lưu thông lớn, mặt đường AC xuất hiện nhiều hư hỏng.

Những nguyên nhân nêu trên, hoặc trong các nút giao thông, trên các tuyến xe... nên xuất

hiện những sự cố liên quan đến các tác động về giá trị lớn, mặt đường AC xuất hiện bị biến dạng trượt, xô lệch. Hiện tượng này xuất hiện khá lâu trên các quốc gia có nền nhiệt độ cao, làm cho mặt đường gặp phải lún, nứt, biến dạng xe chạy và dễ gây ra các tai nạn giao thông.



Hình 1. Lắp đặt AC ở R. T. ng, QL IA bị phá

ho i do tr t

nh ng v trí có l u l ng xe l n, t i tr ng n ng, ch y v i t c ch m (làn xe t i trong ng ô th ho c các o n qu c l c t qua ô th ; tr c các nút giao thông, c bi t là các nút giao thông có i u khi n b ng tín hi u òn), n i xu t hi n ng su t c t l n do l c th ng ng c a xe c tác đ ng v i giá tr l n, trong th i gian dài xu t hi n bi n đ ng lún v t bánh xe dài và sâu. Hi n t ng này m i xu t hi n ph bi n trên các qu c l kho ng 7 n m nay, làm au u các n v thi công c ng nh qu n lý m ng l i giao thông ng b , gây nguy hi m cho ng i và ph ng ti n tham gia giao thông.



Hình 2. Lún v t bánh xe i l ông Tây, Tp HCM

Ngoài ra, khi ch u tác đ ng c a b c x m t tr i, m, và nhi t cao, AC đ n b “hóa già”, m t ng tr nên giòn, đ gãy v đ i tác đ ng c a xe c .

Vi c s đ ng c t s i th y tinh (Glass Fibers - GF) có th t o ra lo i AC c t s i (Asphalt Concrete using Glass-Fibers - ACGF) có c ng c ng nh n nh cao h n, làm t ng c tu i th c a AC, ã c nghiên c u các n c phát tri n. Tuy nhiên, các nghiên c u c th Vi t Nam v vi c s đ ng GF c i thi n c ch t l ng c a AC, h n ch các h h ng c a lo i m t ng này, t i t k i m c chi phí b o đ ng, s a ch a cho các tuy n ng, h n ch tại n n giao thông, l i ch a c nghiên c u y và th u áo.

2. K t qu nghiên c u và kh o sát

2.1. Cốt sợi dùng trong bê tông nhựa

S đ ng c t s i trong AC không ph i là m t vi c làm m i. T nh ng n m u c a th k

XX, ng đ ng c t s i a-mi- ng gia c ng cho h n h p á nh a ngu i nh m c i thi n hi n t ng AC ch y nh a vào mùa hè c a Warren Brothers Company ã c c p b ng sáng ch [1]. Tuy v y, mãi n nh ng n m 50 c a th k tr c, công b c a US Army Corps of Engineers, Vi n Asphalt M và công ty Johns-Manville m i ch ra c s gia t ng kh n ng ch u nén và ch u kéo, n nh c a AC r i n óng (HMA) s đ ng c t s i a-mi- ng [2].

Các nghiên c u ti p theo c a J. H. Kietzman và G. H. Zuehlke công b n m 1963 ã t i p t c ch ra u th c a HMA s s ng c t s i a-mi- ng so v i AC không s đ ng c t s i th hi n b n Marshall và kh n ng ch u kéo-u n c a AC [3].

Các k t qu nghiên c u c a Speer và Kietzman c ng t i p t c ch ra r ng: vi c HMA s đ ng c t s i a-mi- ng c ng làm cho bi n đ ng h n lún v t bánh xe ít h n so v i AC th ng [4].

T nh ng n m 1970, nhi u lo ng i v v n s c kh e và môi tr ng do s đ ng c t s i a-mi- ng, các nhà nghiên c u v AC c t s i (ACF) ã chuy n sang vi c s đ ng các lo i s i khác, có g c nh a cho ACF nh : s i polyester (PE), polypropylene (PP), và polyvilyn (PV) [5], [6].

Nh ng k t qu nghiên c u c a Freeman vào cu i nh ng n m 1980 cho th y hi u qu c a vi c s đ ng c t s i PE c ng cao có hi u qu không kém so v i c t s i a-mi- ng; ngoài ra, u th c a s i PE còn c k n là không làm t ng nhi u hàm l ng nh a trong AC và c i thi n c b n c a AC khi ch u tác đ ng c a m t [7]. Các công b này c ng ch ra r ng, vi c s đ ng c t s i thép m c dù c i thi n c áng k ch t l ng AC, nh ng l i kém b n vì c t s i thép trong AC nhanh b n mòn.

Các nghiên c u t i hi n tr ng ti u bang Indiana (USA) c a Y. Jiang and R. S. McDaniel (1993) [8], B. D. Prowell ti u bang Virginia (2000) [9] còn ch ra r ng: ACF s đ ng s i PE, PP còn có kh n ng h n ch c hi n t ng lún v t bánh xe và hi n t ng n t ph n ánh. Nh c i m l n nh t c a các lo i c t s i g c nh a là kh n ng ch u nhi t kém (160°C), và b hóa già theo th i gian do có ngu ng c là nh a h u c .

Gần đây, cùng với sự xuất hiện của các loại AC đặc biệt như: bê tông asphalt xốp dạng có cấu trúc rỗng (Porous Asphalt - PA), bê tông nhám cao có cấu trúc lỗ hở (Open Graded Friction Course - OGFC), bê tông nhựa nóng (Stone Mastic Asphalt - SMA) đòi hỏi hàm lượng nhớt cao hơn so với các loại AC thông thường. Vì vậy làm nảy sinh nhu cầu của AC khi vận chuyển và thi công. Loại nhớt này có thể lên tới 17% tổng lượng nhớt trong PA theo công thức của Y. Decoene [10].

Hiện nay, các loại sợi xen-lulo đã được sử dụng với hàm lượng khoảng 0,3% so với tổng khối lượng hỗn hợp AC. Tuy nhiên, việc sử dụng sợi xen-lulo trong PA thông thường làm tăng đáng kể hàm lượng nhớt, vì sợi xen-lulo hấp thụ khá nhiều bitum trong AC; ngoài ra, sợi này thường kém bền khi chịu tác động của nước. Bradley J. Putman và các nghiên cứu của mình, cho rằng: một số loại sợi xen-lulo tác động tiêu cực trong AC có thể làm xảy ra quá trình nhớt bám dính vào bề mặt sợi, làm tăng tính giòn của nhớt, dẫn tới việc làm giảm tuổi thọ của mặt đường AC [11].

Hiện nay, các loại sợi tổng hợp như PE, PP, PV, và nylon đang được nghiên cứu để thay thế các loại sợi tự nhiên. Các loại sợi tổng hợp (synthetic fibers) có cường độ kéo cao (620 MPa), khả năng chịu nhiệt cao (230°C) đang được nghiên cứu sử dụng làm cốt cho AC trong tương lai gần.

Sợi carbon đang được nghiên cứu làm cốt cho AC trong những năm gần đây. Đây là loại sợi có cường độ kéo cao nhất được sử dụng trong AC tại thời điểm này (3.2 GPa). Việc sử dụng sợi carbon trong AC (0.4%) có chiều dài 12.5 ÷ 20mm cho phép làm tăng đáng kể cường độ của AC và tăng cường khả năng chịu mài mòn khi bị dòng nước cuốn văng [14]. Tuy nhiên, với giá trị sản xuất của sợi carbon còn có giá thành quá cao (30 USD/kg) nên với loại này hiện vẫn chưa có ứng dụng.

2.2. Bê tông nhựa cốt sợi thủy tinh

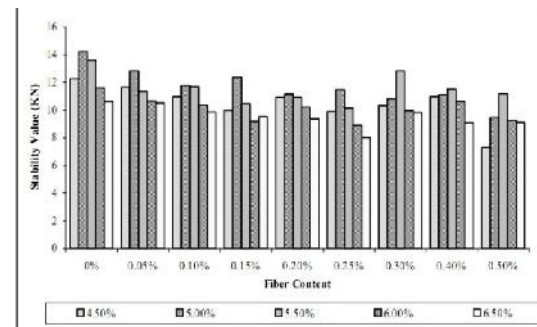
2.2.1. Cốt sợi thủy tinh

Cốt sợi thủy tinh (GF) là loại sợi vô cơ do GF là loại sợi không thấm nước, không hút ẩm, không mất nước, bền vững dưới tác động của môi trường các loại axit. Chiều dài của GF thường không đáng kể. Với cường độ, GF có cường độ khá cao (120 ÷ 1800 MPa). Loại sợi này khá mềm dẻo, dễ dàng thi công, nên khi phân tán vào hỗn hợp AC rất tốt. Mặt khác, đây là loại sợi không cháy, nên rất an toàn khi sử dụng trong các loại AC nóng.

Sản xuất GF phi nung nóng chủ yếu thủy tinh, sau đó có thể sử dụng công nghệ chuốt nhẵn, công nghệ ly tâm hoặc công nghệ dùng chất lỏng gia công thành các sợi có đường kính 10 ÷ 16 μm, dài từ 3 ÷ 50mm. Tỷ trọng của GF vào khoảng 2.59 ÷ 2.60 nên có thể dùng làm cốt cho AC và bê tông xi măng.

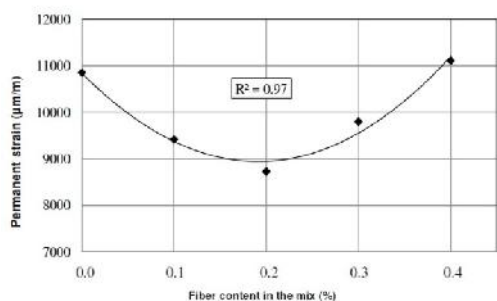
2.2.2. Nghiên cứu ACGF trên thực nghiệm

Khi trộn GF vào AC, chúng ta thường không thấy hiện tượng, không làm thay đổi tính chất của bitum có trong hỗn hợp. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng: hàm lượng GF sử dụng trong AC nên nằm trong khoảng 0.1 ÷ 0.5% so với tổng khối lượng hỗn hợp. Khi hàm lượng GF tăng lên, hàm lượng nhớt tại vị trí cốt sẽ tăng [15].



Hình 3. Tương quan bền Marshall với hàm lượng nhớt và cốt sợi, Mahrez và Karim, 2003

Tổng hàm lượng cốt sợi thủy tinh tiêu chuẩn của hỗn hợp bê tông nhựa nóng theo Mahrez và Karim [12]: hàm lượng GF tối ưu nên là 0.2%. Lúc này, AC tăng cường độ bền chịu mài mòn, giảm thiểu các hiện tượng nứt và hiện tượng biến dạng hỗn hợp bê tông nhựa nóng.



Hình 4. *T ng quan bi n d ng v nh c u và hàm l ng GF, Mahrez và Karim, 2010*

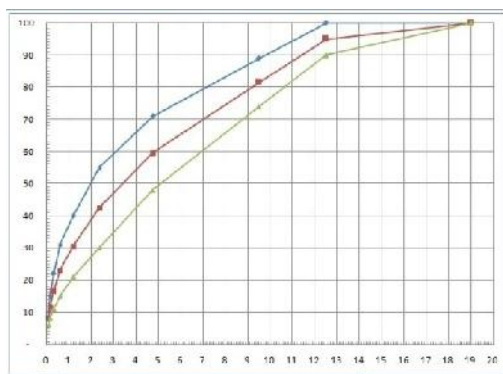
ACGF c nghiên c u Trung Qu c t nh ng n m 1990. K t qu nghiên c u m t cách có h th ng cho th y: ACGF mang l i hi u qu kinh t cao, c n c ng d ng và phát tri n r ng rãi [13].

M t s k t qu nghiên c u b c u v ACGF ã c công b b i nhóm tác gi tr ng H GTVT Hà N i [17], [18]. Lo i AC nghiên c u là AC PMB-III Dmax12.5, s d ng c t s i th y tinh có chi u dài 20mm. Các công b này cho th y: v i s có m t c a GF trong ACGF, b n Marshall c ng nh mô un àn h i c a ACGF u c c i thi n ch t l ng theo chi u h ng có l i. b n Marshall c a ACGF t ng 13,6% và 26,09% khi s d ng 0,3% và 0,5% GF. Mô un àn h i c a ACGF có gi m khi ch u nhi t cao (40°C) nh ng m c suy gi m nh h n nhi u so v i AC không s d ng c t s i GF.

2.2.3. Nghiên c u ACGF t i tr ng i h c Bách Khoa, i h c à N ng

Trên c s phân tích các k t qu nghiên c u có tr c, t i n hành nghiên c u c p ph i và các ch tiêu c lý c a ACGF t i PTN c u- ng, tr ng HBK. C t s i th y tinh s d ng là lo i c t s i có ng kính 10 µm, dài 12.5mm, hàm l ng c t s i 0% - 0.1% - 0.2% và 0.3% so v i kh i l ng h n h p AC. Nghiên c u c tri n khai v i lo i BTNC 12.5 (c h t l n nh t 19mm, c h t l n nh t danh nh 12.5mm). ây là lo i AC s d ng làm t ng m t cho các tuy n ng c p cao, ng th i c ng c dùng ph bi n làm các l p ph m t c u. C t li u s d ng các lo i á d m Dmax19, Dmax9.5 Ph c T ng; cát Hà Nha; cát xây Ph c T ng. B t

khóang s d ng b t khóang Long Th . Ph i h p các lo i c t li u t c c p ph i trung v c a BTNC 12.5.



Hình 5. *Bi u c p ph i c t li u BTNC 12.5*

T i n hành ch b các t m u thí nghi m theo TCVN 8820:2011 – *H n h p BTN nóng – Thi t k theo ph ng pháp Marshall*; Thí nghi m các ch tiêu c lý c a AC theo b tiêu chu n qu c gia TCVN 8860:2011.

K t qu kh o sát hàm l ng nh a t i u c a các lo i AC, và các ch tiêu c lý c b n c a chúng th hi n b ng 1.

Bảng 1. *Hàm l ng nh a t i u và các ch tiêu c lý c b n c a các lo i AC và ACGF*

Ch tiêu \ % GF	0%	0.1%	0.2%	0.3%
H.L nh a t i u, %	5,6	5,7	5,7	5,8
K.L th tích, g/cm ³	2,389	2,362	2,360	2,342
K.L riêng, g/cm ³	2,492	2,480	2,470	2,468
r ng còn d , %	4,0	4,3	4,3	5,1
Marshall 60 °C, 40', KN	8,9	9,0	9,2	8,7
d o Flow, mm	3,5	3,1	2,8	2,6
Marshall còn l i, %	83	86	91	82

Các m u ACGF t i p t c c nghiên c u n nh Marshall (S) các nhi t khác nhau (50, 60, 70, 80, 90°C), và th i gian ngâm m u khác nhau (40 phút và 10 gi). Các k t qu nh n c b ng 2.

3. Nh n xét

T các s li u b ng 1, có th nh n th y: - Hàm l ng nh a t i u c a ACGF có xu th

tăng lên khi tăng hàm lượng GF. Tuy nhiên, sự biến động này không đáng kể (tăng $0.1 \div 0.2\%$ so với hàm lượng nhớt tại mức tối đa mà không sử dụng chất bôi trơn). Mặc dù chất bôi trơn GF không hấp phụ nhớt, song do có tính kết dính nên tính dính của GF khá lớn, vì thế, cần phải bổ sung một hàm lượng nhớt nhất định để bảo vệ các tiếp xúc GF, làm cho hàm lượng nhớt tại mức tối đa của ACGF tăng so với AC thông thường.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian ngâm nhớt Marshall của AC và ACGF

Chi tiêu \ % GF	% GF			
	0%	0.1%	0.2%	0.3%
S (KN) 50°C, 40'	12.55	13.15	13.62	13.00
S (KN) 50°C, 10h	11.84	13.02	13.60	12.98
S (KN) 60°C, 40'	8,90	9,00	9,20	8,70
S (KN) 60°C, 10h	7.39	8.43	8.52	8.11
S (KN) 70°C, 40'	6.05	8.12	8.21	7.63
S (KN) 70°C, 10h	4.94	7.62	7.71	7.32
S (KN) 80°C, 40'	5.23	6.89	7.02	6.63
S (KN) 80°C, 10h	2.97	6.22	6.61	6.01
S (KN) 90°C, 40'	4.26	6.12	6.45	5.86
S (KN) 90°C, 10h	2.50	4.45	5.11	4.05

- Vì tính tăng hàm lượng GF ảnh hưởng rất nhiều đến việc làm tăng nhớt của nhớt và AC, nên cần làm tăng lượng nhớt của ACGF bằng cách tăng nhiệt độ khi nén ACGF để đạt yêu cầu (K0.98).

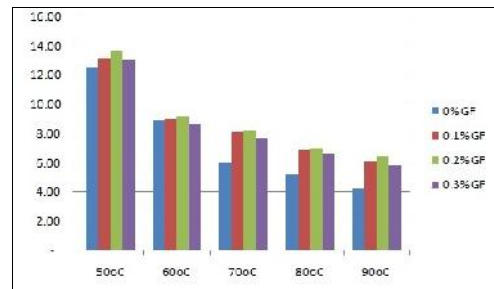
Từ bảng 2, có thể nhận thấy:

- Ảnh hưởng Marshall (S) của ACGF không khác biệt nhiều với AC thí nghiệm theo phương pháp Marshall tiêu chuẩn (60°C). Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng lên, sự khác biệt là khá rõ ràng: nhiệt độ 70°C, S của AC chỉ còn 48% so với S nhiệt độ 50°C. Với ACGF, nhiệt độ 90°C, S mà giảm giá trị % này (hình 6).

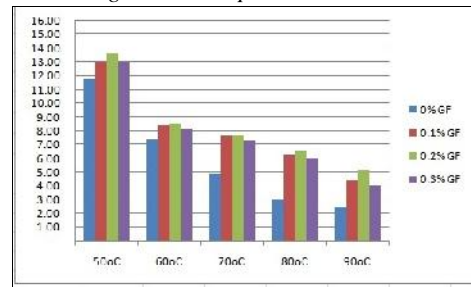
- Khi nhiệt độ có tác động của nhiệt độ ngâm trong thời gian dài (10h), AC không sử dụng GF có S suy giảm rất nhanh. Khi nhiệt độ khảo sát là 80°C, giá trị của S chỉ còn 25% so với S 50°C, trong khi các loại ACGF vẫn còn

gần 50% nhiệt độ này (hình 7). Điều này cho thấy khi thêm GF vào AC sẽ làm tăng nhiệt độ nhớt và nhớt của nhớt, đó làm tăng tính nhớt của nhớt và nhớt của AC, mặc dù, lượng của AC có thể tăng lên một chút.

- Không có sự khác biệt đáng kể về ảnh hưởng của ACGF khi hàm lượng GF thay đổi từ 0.1 ÷ 0.3% so với tính kết dính của nhớt.



Hình 6. Ảnh hưởng Marshall (KN) của AC và ACGF khi ngâm nhớt 40 phút ở nhiệt độ khác nhau



Hình 7. Ảnh hưởng Marshall (KN) của AC và ACGF khi thời gian ngâm nhớt 10 giờ

4. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu cho thấy: khi sử dụng GF với hàm lượng nhớt (0.1%) sẽ cải thiện đáng kể ảnh hưởng của ACGF khi chịu tác động của nhiệt độ cao trong thời gian dài. Tuy nhiên, với giá trị ảnh hưởng Marshall 60°C chỉ đạt 8.7 ÷ 9.2 KN cho thấy giá trị pháp dùng GF cải thiện chỉ tính năng AC chưa thể kết quả như mong muốn, cần phải có các giải pháp kỹ thuật khác.

Kết quả nghiên cứu bước đầu này là cơ sở để tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của GF đến các tính chất cơ học khác của ACGF như: mô đun đàn hồi, độ lún vết bánh xe.

Kết quả nghiên cứu sẽ được áp dụng trong các giải pháp nâng cao chỉ tính năng AC khi sử dụng vật liệu Thuần Phẩm 08/2013.

TÀI LI U THAM KH O

- [1] J. H. Kietzman, *Effect of Short Asbestos Fibers on Basic Physical Properties of Asphalt Pavement Mixes*, Highway Research Board Bulletin, no. 270, National Research Council, Washington, DC, USA, 1960.
- [2] J. H. Kietzman, M. W. Blackhurst, and J. A. Foxwell, *Performance of Asbestos-Asphalt Pavement Surface Courses with High Asphalt Contents*, Highway Research Record, no. 24, National Research Council, Washington, DC, USA, 1963.
- [3] G. H. Zuehlke, *Marshall and Flexural Properties of Bituminous Pavement Mixtures Containing Short Asbestos Fibers*, Highway Research Record, no. 24, National Research Council, Washington, DC, USA, 1963.
- [4] T. L. Speer and J. H. Kietzman, *Control of Asphalt Pavement Rutting with Asbestos Fiber*, Highway Research Record, no. 329, National Research Council, Washington, DC, USA, 1962.
- [5] H. W. Busching and J. D. Antrim, “*Fiber reinforcement of bituminous mixtures*,” in Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, vol. 37, pp. 629–659, 1968.
- [6] B. P. Martinez and J. E. Wilson, “*Polyester fibers replace asbestos in bridge deck membrane*”, Public Works, vol. 110, no. 6, 1979.
- [7] R. B. Freeman, J. L. Burati, S. N. Amirkhanian, and W. C. Bridges, “*Polyester fibers in asphalt paving mixtures*”, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, vol. 58, pp. 387–409, 1989.
- [8] Y. Jiang and R. S. McDaniel, *Application of Cracking and Sealing and Use of Fibers to Control Reflective Cracking*, Transportation Research Record, no. 1388, National Research Council, Washington, DC, USA, 1993.
- [9] B. D. Prowell, “*Design construction, and early performance of hot-mix asphalt stabilizer and modifier test sections interim report*”, Virginia Transportation Research Council, Interim Report VTRC 00-IR2, Charlottesville, VA, USA, 2000.
- [10] Y. Decoene, *Contribution of Cellulose Fibers to the Performance of Porous Asphalts*, Transportation Research Record, no. 1265, National Research Council, Washington, DC, USA, 1990.
- [11] Bradley J. Putman , *Effects of Fiber Finish on the Performance of Asphalt Binders and Mastics*, Advances in Civil Engineering, Vol2011, Article ID 172634, 2011.
- [12] Abdelaziz MAHREZ, Mohamed Rehan KARIM, “*Fatigue characteristics of stone mastic asphalt mix reinforced with fiber glass*”, International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(12), pp. 1840-1847, 2010.
- [13] J Zhang, “*The Research On Performance And Mix Design Of Fiber Glass Asphalt Concrete*”, GTID:2132360212497145, 2008.
- [14] Saeed Ghaffarpour Jahromi, Ali Khodaii, *Các-bon fiber reinforced asphalt concrete*, The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 33, Number 2B, 2008
- [15] Abdelaziz MAHREZ, Mohamed Rehan KARIM, Herda Yati Katman, *Prospect of using glass fiber reinforced bituminous mixes*, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.5, 2003
- [16] Sayyed Mahdi Abtahi, Milad Ghorban Ebrahimi, Mehmet M. Kunt, Sayyed Mahdi Hejazi, Saman Esfandiarpour, *Production of Polypropylene-reinforced Asphalt Concrete Mixtures Based on Dry*

Procedure and Superpave Gyrotory Compactor, Iranian Polymer Journal, Volume 20, Number 10, 2011

- [17] Bùi Xuân C y, H Anh C ng, V Ph ng Th o, Nguy n Ng c Lân, *K t qu nghiên c u b c u m t s c tính c a bê tông asphalt c t s i trong i u ki n phòng thí nghi m Vi t Nam*, T p chí c u ng Vi t Nam, s 11+12, 2012
- [18] Bùi Xuân C y, H Anh C ng, V Ph ng Th o, Nguy n Ng c Lân, *Nghiên c u th c nghi m nh h ng c a s i cellulose và s i th y tinh n mô un àn h i c a bê tông asphalt c t s i*, T p chí Giao thông v n t i, s 12/2012
- [19] Nguy n Biên C ng, Mai Tri u Quang, Bùi H ng Trung, Nguy n c Châu, Lý Quang Huy, Hu nh V n Quang Vinh, Tr n V n Ba, *C i thi n ch t l ng BTN b ng c t s i th y tinh*, Báo cáo tài NCKH do i h c à N ng qu n lý, n m 2013.