

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG GIỮA CƯỜNG ĐỘ BÊ TÔNG NHỰA VÀ HÀM LƯỢNG THÀNH PHẦN CỐT LIỆU

Trần Huỳnh Chương¹

Lâm Ngọc Trà My²

TÓM TẮT

Ở Việt Nam, đường cao tốc sử dụng bê tông nhựa nóng là chủ yếu. Tuy nhiên, kết cấu áo đường bằng bê tông nhựa có tuổi thọ thấp. Trên đường cao tốc, với lưu lượng giao thông lớn, tốc độ cao, tải trọng nặng là những nguyên nhân làm kết cấu áo đường sớm hư hỏng. Dựa trên kết quả nghiên cứu, tác giả đề xuất thành phần cốt liệu cho bê tông nhựa để nâng cao chất lượng cho kết cấu áo đường.

Từ khóa: bê tông nhựa, thành phần cốt liệu bê tông nhựa, kết cấu áo đường mềm.

ABSTRACT

Most of highways are paved with hot-mix asphalt concrete. However, there is evidence that the number of premature distresses in the asphalt pavements is increasing. Heavier truck axle weights, traffic volumes are some of the factors leading to the increase in premature distress. Based on research, the author proposes components of asphalt concrete for improving the quality of asphalt pavements.

Keywords: asphalt concrete, components of asphalt concrete, asphalt pavement.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tầng mặt của kết cấu áo đường phải trực tiếp chịu tác dụng phá hoại của xe cộ và các yếu tố bất lợi về thời tiết, khí hậu. Do đó, tầng mặt phải đảm bảo về mặt cường độ nhằm chịu đựng sự phá hoại trực tiếp của xe cộ cũng như phải có tính ổn định nhiệt, ổn định nước để chống chọi với sự thay đổi của thời tiết. Việc nghiên cứu sử dụng hợp lý các loại vật liệu để tạo thành hỗn hợp bê tông nhựa làm tầng mặt của kết cấu áo đường đảm bảo yêu cầu kỹ thuật là cần thiết. Điều này không những có ý nghĩa về mặt kỹ thuật mà còn có ý nghĩa về mặt kinh tế, do giá thành về vật liệu chiếm hơn 50% giá trị công trình.

Từ ý nghĩa thực tiễn đó, tác giả tiến hành nghiên cứu lý thuyết kết hợp với

thí nghiệm trong phòng để tìm ra mối quan hệ giữa độ bền Marshall, độ dẻo Marshall, cường độ nén, mô đun đàn hồi và độ rỗng của bê tông nhựa hạt trung với hàm lượng đá dăm (cỡ hạt > 4 mm), bột khoáng (cỡ hạt < 0.075 mm) và nhựa đường 60/70. Từ đó đề xuất hỗn hợp vật liệu hợp lý để chế tạo bê tông nhựa có cường độ cao, ứng dụng với kết cấu áo đường của đường cao tốc.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Chuẩn bị thành phần cấp phối cho các tổ mẫu (17 tổ mẫu: Marshall và 17 tổ mẫu: nén ở 50°C, xác định mô đun đàn hồi; mỗi tổ mẫu có 3 viên). Thành phần của mỗi tổ mẫu được xác định theo phương pháp trực giao cấp 2, 3 yếu tố.

¹ Trung tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng 3.

² Trường Đại học Mở Tp.HCM.

- Ghi lại các kết quả thí nghiệm.
- Xử lý số liệu thí nghiệm các mẫu bê tông nhựa dựa trên quy hoạch thực nghiệm để lập mô hình toán học, sau đó tìm ra các hệ số trong các phương trình và sử dụng chương trình MATLAB để mô phỏng. Các phương trình tìm ra biểu diễn quan hệ giữa độ bền, mô đun đàn hồi và độ rỗng của các mẫu bê tông nhựa với hàm lượng đá dăm, bột khoáng và hàm lượng nhựa 60/70.

3. QUAN HỆ GIỮA ĐỘ BỀN, MÔ ĐUN ĐÀN HỒI, ĐỘ RỘNG VỚI THÀNH PHẦN CẤP PHỐI, HÀM LƯỢNG BITUM TRONG HỖN HỢP BÊ TÔNG NHỰA

3.1. Quan hệ giữa độ ổn định Marshall S (kN) với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 và hàm lượng nhựa x_3

Phương trình hồi quy độ ổn định
Marshall S (kN).

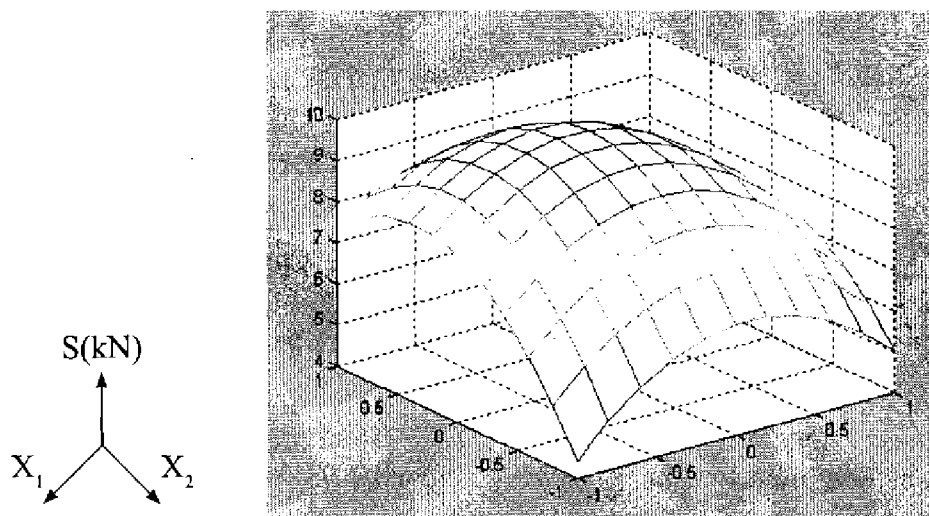
$$S = 5,58 - 0,35x_1 + 0,55x_2 + 0,81x_3 - 1,98(x_1^2 - 0,73) - 2,18(x_2^2 - 0,73) - 1,37(x_3^2 - 0,73) - 0,64x_1x_2 + 1,41x_1x_3 \quad (3-1)$$

Bảng 3 - 1. Quan hệ giữa độ ổn định Marshall S (kN) với hàm lượng đá dăm x1, bột khoáng x2 khi hàm lượng nhựa x3 đạt 6,0%

6	% ĐÁ	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	
	$S_{Max} = 9.82$ $S_{TB} = 8.06$ $S_{Min} = 4.44$												
% BK	0.2	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
2.0	-1	4.44	5.21	5.83	6.28	6.57	6.71	6.69	6.51	6.17	5.68	5.02	
3.0	-0.8	5.52	6.27	6.85	7.28	7.55	7.66	7.62	7.41	7.05	6.53	5.85	
4.0	-0.6	6.43	7.15	7.71							7.75	7.20	6.49
5.0	-0.4	7.16	7.85								7.70	6.97	
6.0	-0.2	7.71									8.03	7.27	

7.0	0	8.09	8.74	9.22	9.55	9.74	9.72	9.57	9.27	8.80	8.18	7.39
8.0	0.2	8.70	8.92	9.38	9.68	9.82	9.80	9.63	9.30	8.80	8.15	7.35
9.0	0.4	8.89	8.93	9.36	9.65	9.75	9.71	9.51	9.15	8.65	7.96	7.12
10.0	0.6	8.19	8.76	9.17	9.42	9.51	9.44	9.14	8.83	8.29	7.58	6.72
11.0	0.8	7.88	8.42	8.80	9.02	9.09	8.99	8.74	8.33	7.76	7.04	6.15
12.0	1	7.39	7.90	8.26	8.46	8.49	8.38	8.10	7.66	7.07	6.32	5.41

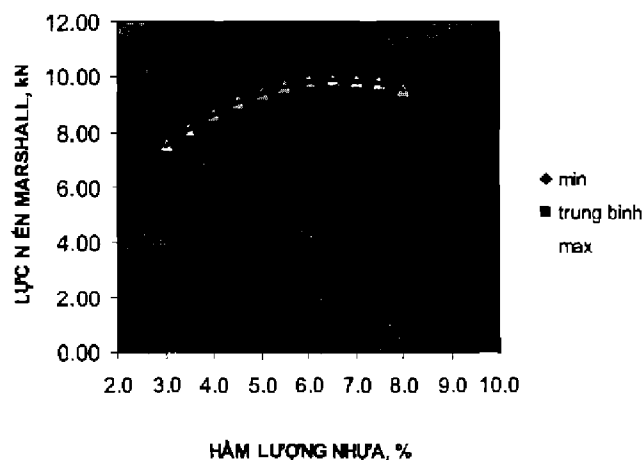
Hình 3 - 1A. Biểu đồ không gian tương quan giữa độ ổn định Marshall S (kN) với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 ; khi hàm lượng nhựa x_3 đạt 6,0%



Độ bền của bê tông nhựa thay đổi không chỉ phụ thuộc vào hàm lượng đá dăm, bột khoáng mà cũng phụ thuộc vào sự thay đổi của hàm lượng nhựa B.

Trong đồ thị hình 3-1B cho thấy độ ổn định S đạt lớn nhất khi hàm lượng nhựa B = 5% ÷ 7%.

Hình 3 - 1B. Biểu đồ tương quan giữa độ ổn định Marshall S(kN) và hàm lượng nhựa B(%)



Từ các kết quả thí nghiệm ta rút ra những kết luận sau:

- Đồ thị về độ ổn định Marshall S (kN) có dạng đường cong bậc hai theo phương trình (3-1). Trị số độ ổn định đạt lớn nhất tại vị trí gần tâm của ma trận quy hoạch, tương ứng với hàm lượng đá dăm x_1 đạt 46 %÷50 %, hàm lượng bột khoáng x_2 đạt 7% ÷ 8 % và có xu hướng giảm dần khi đi xa khỏi tâm.
- Muốn có S (kN) cao ta nên lựa chọn cấp phối có hàm lượng đá dăm, bột

khoáng tập trung ở tâm ma trận quy hoạch. Ngoài ra khi hàm lượng nhựa thay đổi B = 3 % ÷ 8 %, S (kN) cũng thay đổi theo đường parapol và lớn nhất với hàm lượng nhựa B = 6 %.

3.2. Quan hệ giữa chỉ số dẻo Marshall F (mm) với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 và hàm lượng nhựa x_3

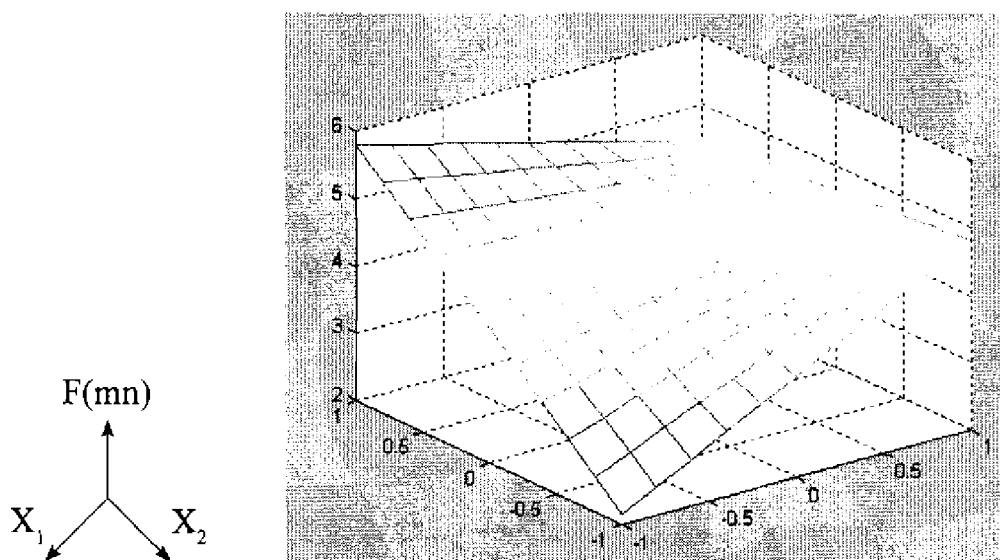
Phương trình hồi quy chỉ số dẻo F(mm) trong thí nghiệm Marshall.

$$F=4,31+0,33x_1+0,82x_2+2,05x_3-x_1x_2+1,05x_1x_3 \quad (3-2)$$

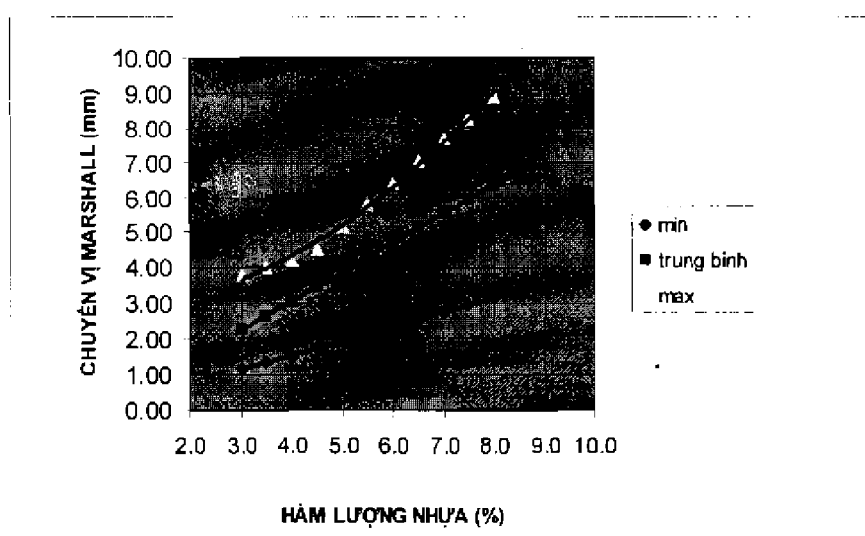
Bảng 3 - 2. Quan hệ giữa chỉ số dẻo Marshall F(mm) với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 khi hàm lượng nhựa x_3 đạt 5,5%

5.5	% ĐÁ	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70
		$F_{Max} = 5.80$				$F_{TB} = 4.31$				$F_{Min} = 2.16$		
% BK	0	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
2.0	-1	2.16	2.43	2.69	2.96	3.22	3.49	3.76	4.02	4.29	4.56	4.82
3.0	-0.8	2.52	2.75	2.98	3.20	3.43	3.65	3.88	4.11	4.33	4.55	4.77
4.0	-0.6	2.89	3.07	3.26	3.45	3.63	3.82	4.00	4.19	4.38	4.56	4.75
5.0	-0.4	3.25	3.40	3.54	3.69	3.84	3.98	4.13	4.27	4.42	4.57	4.71
6.0	-0.2	3.62	3.72	3.83	3.93	4.04	4.15	4.25	4.36	4.46	4.57	4.67
7.0	0	3.98	4.05	4.11	4.18	4.24	4.31	4.38	4.44	4.51	4.57	4.64
8.0	0.2	4.34	4.37	4.40	4.43	4.45	4.47	4.50	4.53	4.55	4.58	4.60
9.0	0.4	4.71	4.69	4.66	4.63	4.60	4.57	4.54	4.51	4.48	4.45	4.42
10.0	0.6	5.07	5.02	4.96	4.90	4.83	4.77	4.70	4.63	4.56	4.49	4.42
11.0	0.8	5.44	5.34	5.26	5.18	5.09	4.99	4.89	4.78	4.68	4.58	4.48
12.0	1	5.80	5.67	5.53	5.40	5.26	5.13	5.00	4.86	4.73	4.59	4.45

Hình 3 - 2A. Biểu đồ không gian tương quan giữa chỉ số dẻo Marshall F (mm) với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 ; khi hàm lượng nhựa x_3 đạt 5,5%



Hình 3 - 2B. Biểu đồ tương quan giữa chỉ số dẻo Marshall F (mm) và hàm lượng nhựa B (%)



Từ các đồ thị quan hệ giữa chỉ số dẻo F (mm) với hàm lượng đá dăm, bột khoáng và nhựa ta rút ra kết luận sau:

- Tất cả các đồ thị về chỉ số dẻo Marshall F (mm) dốc về phía có hàm lượng đá dăm và bột khoáng đều ít và đạt giá trị cao khi có hàm lượng đá dăm và bột khoáng cùng cao.
- Khi hàm lượng nhựa thay đổi tăng dần ($B = 3\% \div 8\%$) thì chỉ số dẻo

Marshall F cũng có xu hướng tăng dần. Điều này cho thấy hàm lượng đá dăm, bột khoáng và nhựa đường tỷ lệ thuận với chỉ số dẻo F .

3.3. Quan hệ giữa độ bền Marshall P (kN) với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 và hàm lượng nhựa x_3

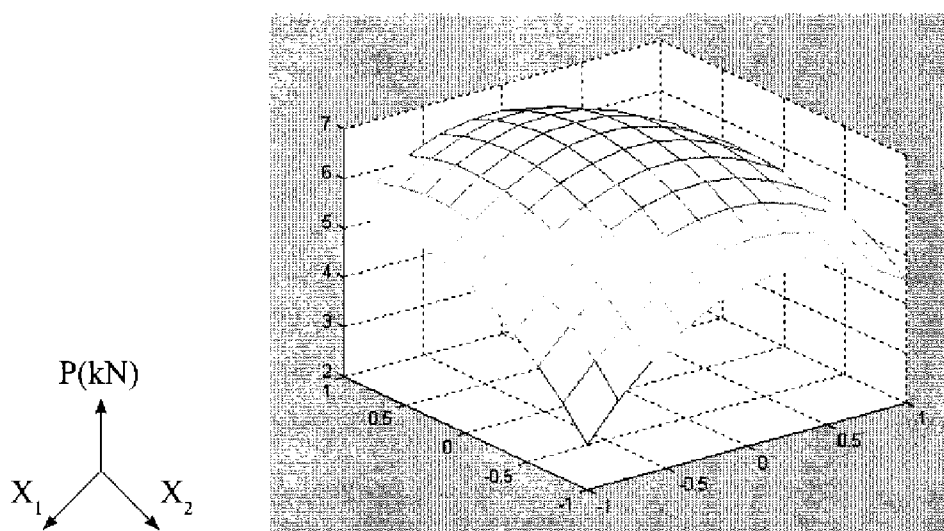
Phương trình hồi quy độ bền P (kN) khi bê tông nhựa ở 50°C

$$P = 3,95 + 0,23x_1 + 0,62x_2 + 1,08x_3 - 1,54(x_1^2 - 0,73) - (x_2^2 - 0,73) - 1,10x_3^2 - 0,73 - 0,55 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (3-3)$$

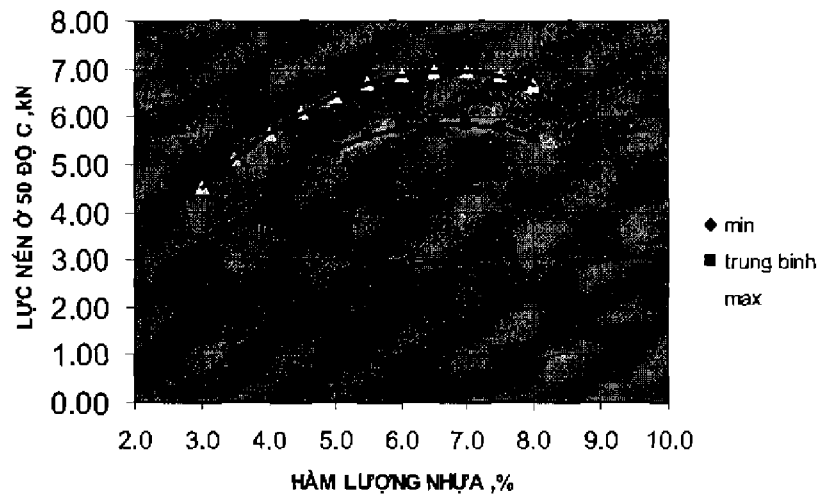
Bảng 3 - 3. Quan hệ giữa độ bền P (kN) ở 500C với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 khi hàm lượng nhựa x_3 đạt 6,5%

6.5	% ĐÁ	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70
		$P_{Max} = 6.95$				$P_{TB} = 5.85$				$P_{Min} = 2.92$		
% BK	0.4	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
2.0	-1	2.92	3.63	4.22	4.68	5.03	5.24	5.34	5.31	5.16	4.88	4.48
3.0	-0.8	3.52	4.21	4.77	5.21	5.53	5.73	5.80	5.75	5.57	5.28	4.86
4.0	-0.6	4.03	4.70	5.24	5.66	5.96	6.13	6.18	6.11	5.91	5.59	5.15
5.0	-0.4	4.47	5.11	5.63	6.03	6.30	6.46	6.48	6.39	6.17	5.83	5.37
6.0	-0.2	4.82	5.44	5.94	6.32	6.57	6.70	6.71	6.59	6.35	5.99	5.50
7.0	0	5.09	5.69	6.17	6.52	6.76	6.86	6.85	6.71	6.45	6.06	5.55
8.0	0.2	5.29	5.87	6.32	6.65	6.86	6.95	6.91	6.75	6.46	6.06	5.53
9.0	0.4	5.40	5.96	6.39	6.70	6.89	6.95	6.89	6.71	6.40	5.97	5.42
10.0	0.6	5.44	5.97	6.38	6.67	6.83	6.88	6.79	6.59	6.26	5.81	5.24
11.0	0.8	5.39	5.90	6.29	6.56	6.70	6.72	6.62	6.39	6.04	5.57	4.97
12.0	1	5.26	5.75	6.12	6.36	6.49	6.48	6.36	6.11	5.74	5.24	4.62

Hình 3 - 3A. Biểu đồ không gian tương quan giữa độ bền P (kN) ở 500C với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 ; khi hàm lượng nhựa x_3 đạt 6,5%



Hình 3 - 3B. Biểu đồ tương quan giữa độ bền P(kN) ở 50°C và hàm lượng nhựa B(%)



Từ các biểu đồ hình 3-3A, 3-3B ta có nhận xét:

- Tất cả các đồ thị về độ ổn định P(kN) ở 50°C đều có dạng đường cong bậc hai theo phương trình (3-3). Đường cong này có trị số lớn nhất tại vị trí gần tâm của ma trận quy hoạch (hàm lượng đá dăm x_1 đạt 50 %, hàm lượng bột khoáng x_2 đạt 9 %) và có xu hướng giảm dần khi đi xa khỏi tâm.
- Với độ ổn định P (kN) ở 50°C, ta nên lựa chọn cấp phối có hàm lượng

đá dăm, bột khoáng tập trung ở tâm ma trận quy hoạch. Ngoài ra khi hàm lượng nhựa thay đổi ($B = 3 \% \div 8 \%$) độ ổn định P ở 50°C cũng thay đổi theo đường parabol và đạt trị số lớn với hàm lượng nhựa $B = 6,5 \%$.

3.4. Quan hệ giữa mô đun đàn hồi E(MPa) khi bê tông nhựa ở 30°C với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 và hàm lượng nhựa x_3

Phương trình hồi quy mô đun đàn hồi E(MPa) khi bê tông nhựa ở 30°C

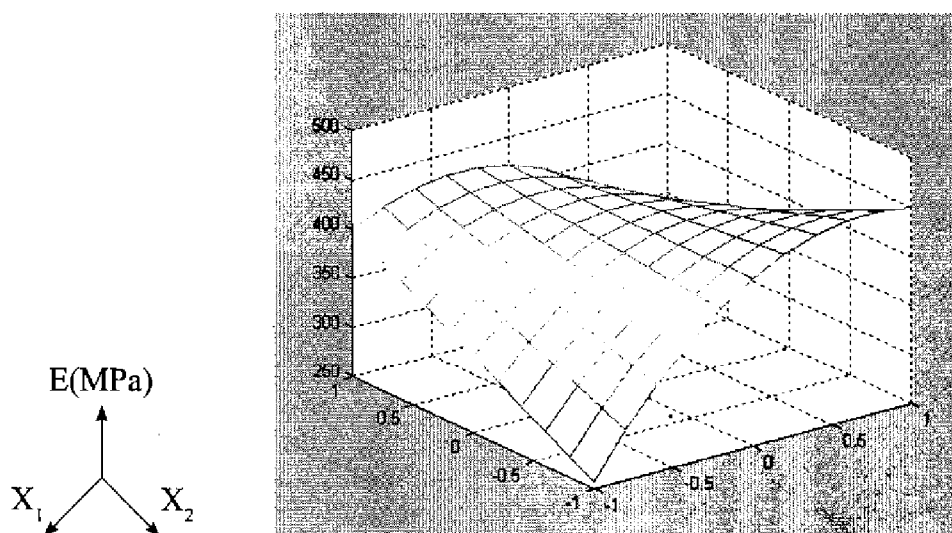
$$E = 302,24 + 25,68x_1 - 67,44(x_1^2 - 0,73) - 95,53(x_2^2 - 0,73) - 70,83x_1x_2 \quad (3-4)$$

Bảng 3 - 4. Quan hệ giữa mô đun đàn hồi E (MPa) ở 30°C với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 khi hàm lượng nhựa x_3 đạt 5,5%

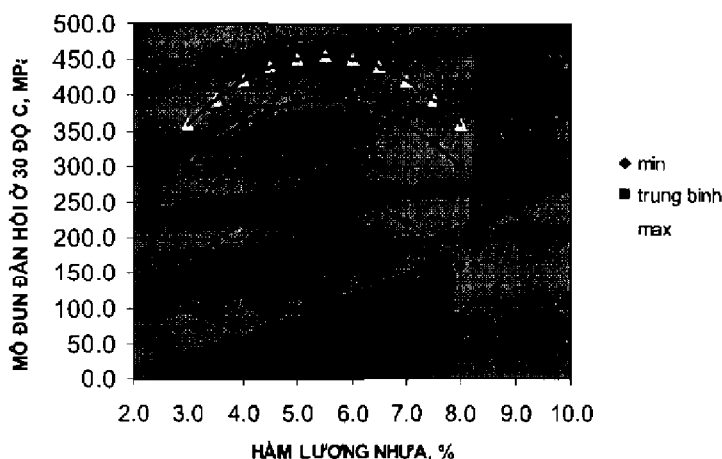
5.5	% ĐÁ	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70
	E_{Max}	455.3					$E_{TB} = 394.2$			$E_{Min} = 257.3$		
% BK	0	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
2.0	-1	257.3	300.8	339.0	371.8	394.2	421.2	437.8	449.0	454.8	450.3	436.1
3.0	-0.8	271.4	312.2	347.5	377.5	392.0	421.2	435.0	443.4	446.3	443.9	436.1

4.0	-0.6	285.6	323.5	356.0	383.1	404.9	421.2	432.1	437.7	435.8	432.6	421.6
5.0	-0.4	299.8	334.8	364.5	388.8	407.7	421.2	429.3	432.0	429.3	421.1	407.8
6.0	-0.2	313.9	346.2	373.0	394.5	410.5	421.2	426.5	426.4	420.8	409.9	393.6
7.0	0	328.1	357.5	381.5	400.1	418.4	421.2	423.6	420.7	412.3	398.6	379.4
8.0	0.2	342.3	368.8	390.0	405.8	416.2	421.2	420.8	415.0	403.8	387.3	365.3
9.0	0.4	356.4	380.2	398.5	411.5	419.0	421.2	418.0	409.4	395.3	375.9	351.1
10.0	0.6	370.6	391.5	407.0	417.1	421.9	421.2	418.1	403.7	386.8	364.6	337.0
11.0	0.8	384.8	402.8	415.5	422.8	424.7	421.2	412.3	398.0	378.3	353.3	322.8
12.0	1	398.9	414.9	424.0	428.5	427.5	421.2	409.5	392.4	369.8	341.9	308.6

Hình 3 - 4A. Biểu đồ không gian tương quan giữa mô đun hồi E (MPa) ở 300C với hàm lượng đá dăm x1, bột khoáng x2; khi hàm lượng nhựa đạt 5,5%



Hình 3 - 4B. Biểu đồ tương quan giữa mô đun đàn hồi E (MPa) ở 300C và hàm lượng nhựa B (%)



Từ phương trình hồi quy và các đồ thị ta có các kết luận sau:

- Đồ thị mô đun đàn hồi E(MPa) ở 30°C đều có dạng đường cong phương trình bậc hai (3-4), giá trị lớn tập trung trên một đường chéo của ma trận (đá nhiều + bột khoáng ít hoặc đá ít + bột khoáng nhiều), đạt cực trị khi có hàm lượng đá dăm cao: 66 % và hàm lượng bột khoáng nhỏ: 2 % và đạt cực tiểu khi hàm lượng đá dăm thấp: 30 % và hàm lượng bột khoáng thấp: 2 %.

- Khi hàm lượng nhựa thay đổi ($B = 3\% \div 8\%$) mô đun đàn hồi E (MPa) ở 30°C cũng thay đổi theo đường parapol và có trị số lớn nhất tại hàm lượng nhựa $B = 5,5\%$.

3.5. Quan hệ giữa độ rỗng $V_a(\%)$ với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 và hàm lượng nhựa x_3

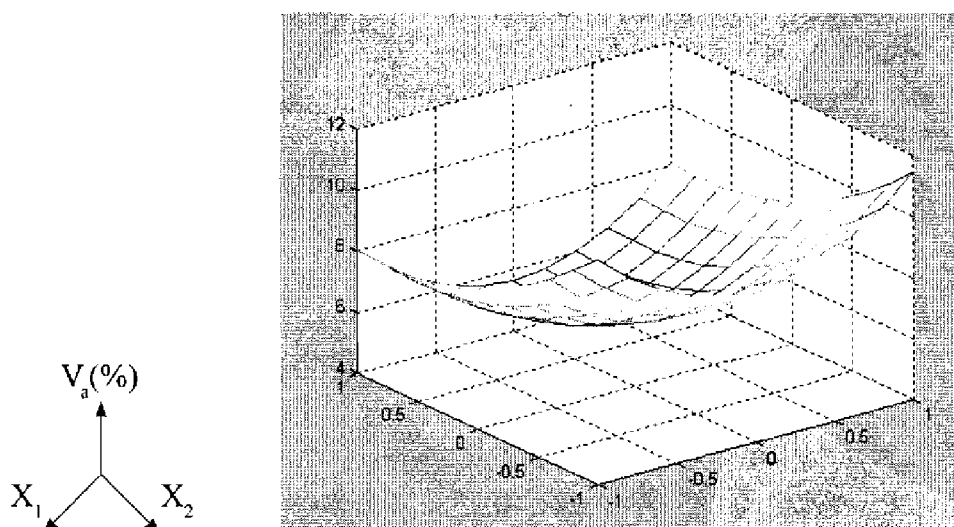
Phương trình hồi quy độ rỗng $V_a(\%)$ - đối với mẫu Marshall.

$$V_a = 8,79 + 0,02x_1 - 1,67x_2 - 3,53x_3 + 2,44(x_1^2 - 0,73) + 1,12(x_2^2 - 0,73) + 1,03x_1x_3 \quad (3-5)$$

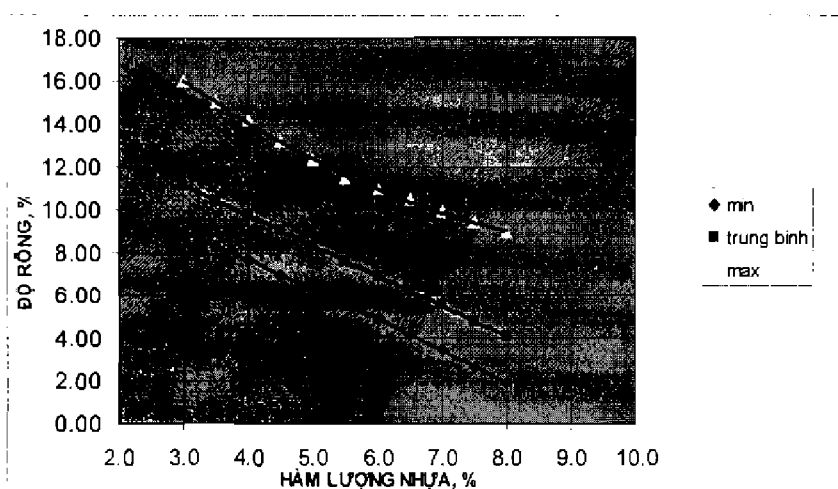
Bảng 3 - 5. Quan hệ giữa độ rỗng $V_a(\%)$ với hàm lượng đá dăm x_1 , bột khoáng x_2 khi hàm lượng nhựa x_3 đạt 5,5%

5.5	% ĐÁ	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70
		$V_{a_{\max}} = 11.44$			$V_{a_{TB}} = 7.62$				$V_{a_{\min}} = 5.57$			
% BK	0	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
2.0	-1	11.40	10.53	9.85	9.36	9.07	8.98	9.08	9.38	9.87	10.56	11.44
3.0	-0.8	10.66	9.79	9.11	8.63	8.34	8.24	8.35	8.64	9.13	9.82	10.70
4.0	-0.6	10.02	9.14	8.46	7.98	7.69	7.60	7.70	7.99	8.49	9.17	10.06
5.0	-0.4	9.46	8.58	7.90	7.42	7.13	7.04	7.14	7.44	7.93	8.62	9.50
6.0	-0.2	8.99	8.12	7.44	6.95	6.66	6.57	6.67	6.97	7.46	8.15	9.03
7.0	0	8.61	7.74	7.06	6.57	6.28	6.19	6.29	6.59	7.08	7.77	8.65
8.0	0.2	8.32	7.45	6.77	6.28	6.00	5.90	6.00	6.30	6.79	7.48	8.36
9.0	0.4	8.12	7.25	6.57	6.08	5.80	5.70	5.80	6.10	6.59	7.28	8.16
10.0	0.6	8.01	7.14	6.46	5.97	5.69	5.59	5.69	5.99	6.48	7.17	8.05
11.0	0.8	7.99	7.12	6.44	5.95	5.67		5.67	5.97	6.46	7.15	8.03
12.0	1	8.06	7.19	6.51	6.02	5.73	5.64	5.74	6.04	6.53	7.22	8.10

Hình 3 - 5A. Biểu đồ không gian tương quan giữa độ rỗng $V_a(\%)$ với hàm lượng đá x_1 , bột khoáng x_2 ; khi hàm lượng nhựa đạt 5,5%



Hình 3 - 5B. Biểu đồ tương quan giữa độ rỗng $V_a(\%)$ và hàm lượng nhựa B(%)



Nhận xét:

- Đường cong độ rỗng đều có dạng hình lòng chảo và đạt cực tiểu tại vị trí gần tâm của ma trận quy hoạch (hàm lượng đá dăm x_1 đạt: 46 % ÷ 54 %, hàm lượng bột khoáng x_2 đạt: 11 %) và có xu hướng tăng dần khi đi xa khỏi tâm.
- Muốn có độ rỗng thấp ta nên lựa chọn cấp phối có hàm lượng đá dăm, bột khoáng tập trung ở tâm ma trận quy hoạch.

- Khi hàm lượng nhựa thay đổi tăng dần ($B = 3 \% \div 8 \%$) thì độ rỗng cũng có xu hướng thay đổi giảm dần và bắt đầu đạt 6 % khi hàm lượng nhựa 5,5%.

Ghi chú:

Các biến x_1, x_2, x_3 trong các phương trình hồi quy là các giá trị trong hệ trục không thứ nguyên có mức trên là 1, mức dưới là -1, mức ở tâm là 0. Cụ thể:

- $x_1 = -1$ ứng với hàm lượng đá dăm bằng 30 %, $x_1 = 1$ ứng với hàm lượng

đá dăm bằng 70 %, $x_1 = 0$ ứng với hàm lượng đá dăm 50 %

- $x_2 = -1$ ứng với hàm lượng bột khoáng bằng 2 %, $x_2 = 1$ ứng với hàm lượng bột khoáng bằng 12 %, $x_2 = 0$ ứng với hàm lượng bột khoáng 7 %
- $x_3 = -1$ ứng với hàm lượng nhựa B = 3 %, $x_3 = 1$ ứng với hàm lượng nhựa

bằng 8 %, $x_3 = 0$ ứng với hàm lượng nhựa B = 5,5 %

4. KẾT LUẬN

Mối quan hệ giữa độ bền, mô đun đàn hồi, độ rỗng với thành phần cấp phối, hàm lượng bitum trong hỗn hợp bê tông nhựa được biểu diễn bằng các phương trình thực nghiệm như sau:

1. Phương trình độ ổn định Marshall S (kN)

$$S = -13,236 + 0,522x_1 + 1,030x_2 + 1,946x_3 - 0,005x_1^2 - 0,087x_2^2 - 0,219x_3^2 - 0,006x_1x_2 + 0,113x_2x_3$$

2. Phương trình chỉ số dẻo trong thử nghiệm Marshall, F(mm)

$$F = -2,439 + 0,087x_1 + 0,202x_2 + 0,232x_3 - 0,010x_1x_2 + 0,084x_2x_3$$

3. Phương trình độ ổn định ở 50°C, P(kN)

$$P = -16,046 + 0,435x_1 + 0,959x_2 + 2,368x_3 - 0,004x_1^2 - 0,040x_2^2 - 0,176x_3^2 - 0,006x_1x_2$$

4. Phương trình mô đun đàn hồi ở 30°C, E(MPa)

$$E = 10,455 + 23,102x_1 + 35,415x_2 - 168,133x_3 - 0,169x_1^2 + 15,285x_3^2 - 0,708x_1x_2$$

5. Phương trình độ rỗng (đối với mẫu Marshall), $V_a(\%)$

$$V_a = 37,97 - 8 - 0,722x_1 - 0,334x_2 - 2,442x_3 + 0,006x_1^2 + 0,021x_1x_3$$

x_1 - Hàm lượng đá dăm (30÷70%)

x_2 - Hàm lượng bột khoáng (2÷12%)

x_3 - Hàm lượng nhựa (3÷8%)

Đề xuất thành phần vật liệu của bê tông nhựa để làm lớp móng dưới cho đường cao tốc như bảng (4-1).

Bảng 4 - 1. Thành phần vật liệu của bê tông nhựa đề xuất cho đường cao tốc

Tên vật liệu	Cỡ hạt/ Loại	Hàm lượng	Ghi chú
Đá dăm	16-19 mm	5%	50%
	8-16 mm	25%	
	4-8 mm	20%	
Cốt liệu mịn	2-4 mm	12%	
	0.075-2 mm	29%	
Bột khoáng	0-0.075 mm	9%	9%
Nhựa đường	60/70	5.5%	Theo cốt liệu

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. 22 TCN 62 - 84 *Quy trình thí nghiệm bê tông nhựa*.
2. 22 TCN 211 - 06 *Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế*.
3. 22 TCN 249 - 98 *Quy trình công nghệ thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa*.
4. 22 TCN 279-01 *Tiêu chuẩn vật liệu nhựa đường đặc, yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thí nghiệm*.
5. ASTM D 1559 - 89 *Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*.
6. ASTM D 2041 - 03 *Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures*.
7. ASTM D 2726 - 04 *Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Bituminous Mixtures*.
8. ASTM D 3515 - 01 *Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures*.
9. Bộ Giao Thông Vận Tải, *Tiêu chuẩn kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường*, Nhà xuất bản GTVT, Hà Nội 2007.
10. Đỗ Bá Chương, *Thiết kế đường ô tô tập 1*, Nhà xuất bản Giáo dục 1998.
11. Nguyễn Cảnh, *Quy hoạch thực nghiệm*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TP.HCM, 2004.
12. Nguyễn Hoàng Hải, Nguyễn Việt Anh, *Lập Trình MATLAB và ứng dụng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2005.
13. Nguyễn Quang Chiêu, *Nhựa đường và các loại mặt đường nhựa*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội 2005.
14. Nguyễn Xuân Vinh, *Thiết kế đường ô tô và điều khiển giao thông bằng đèn tín hiệu*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia TP.HCM 2003.
15. Phạm Duy Hữu, *Vật Liệu Xây Dựng Mới*, NXB GTVT, Hà Nội 2005.
16. Phạm Duy Hữu, Ngô Xuân Quảng, *Vật liệu xây dựng*, NXB GTVT, Hà Nội 2006.
17. Phạm Duy Hữu, Ngô Xuân Quảng, *Vật liệu xây dựng đường ô tô và sân bay*, NXB Xây dựng, Hà Nội 2004.
18. Phạm Hữu Hanh, *Vật liệu hiệu quả trong xây dựng các công trình giao thông*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội 2007.
19. TCVN 5729 - 1993 *Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô cao tốc*.
20. TCVN 7570 : 2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*.
21. TCVN 7572 : 2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa – Phương pháp thử*.
22. Trần Đình Bửu, Dương Học Hải, *Giáo trình xây dựng mặt đường ô tô tập II*, Nhà xuất bản Giáo dục.
23. Trần Quang Hạ, *Bài giảng cao học: Lý thuyết tính toán kết cấu mặt đường mềm*, Đại học Bách Khoa TP.HCM 2007.

24. Vũ Bá Tú, Luận văn thạc sĩ: *Nghiên cứu hỗn hợp hạt mịn để xây dựng lớp trên của mặt đường bê tông nhựa làm việc trong điều kiện vật liệu và khí hậu ở khu vực phía Nam*, Trường Đại học Bách Khoa TP HCM 2007, GVHD: Nguyễn Xuân Vinh.
25. Vũ Đức Chính, *Một số kết quả nghiên cứu phục vụ việc xây dựng tiêu chuẩn ngành "Quy trình công nghệ thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông nhựa chặt sử dụng nhựa đường Polime"*, Viện Khoa học và Công nghệ GTVT.

(Ngày nhận bài: 05/06/2012; Ngày chấp nhận đăng: 05/10/2012).