

บทที่ 4

ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุผสมรวมจากยุงหินร้อน ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ค่าความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ค่า Sand Equivalent ค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index) ค่าดัชนีความยาว (Elongation Index) ค่าความสึกหรอโดยวิธี Los Angeles Abrasion ค่าความคงทน (Soundness) โดยใช้สารละลายโซเดียมซิลิเฟตจำนวน 5 รอบ ดังภาคผนวก ก

4.1.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ของวัสดุผสมรวม ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

Mix Proportion, Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 45 : 15 : 20 : 20 (by mass)				Pen. Grade 60-70			
Avg. Sp. Gr. of Agg. And Filler (Gag) = 2.672				Sp. Gr. of AC (Gac) = 1.02			
Compaction, number of blows at each end = 75				Bitumen Absorption (x) = 0.24 %			
Temperature (°C)		80			100		
No. of Sample		1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. of Agg. (a)		5.00			5.00		
% AC by Wgt. of Mix. (b)		4.76			4.76		
% Eff. AC by Wgt. of Mix. (c) : $b - x(100-b)/100$		4.53			4.53		
Spec. Hgt. Lab. (in.), Field (cm) (d)		2.563	2.500	2.563	2.563	2.563	2.500
DENSITY							
Wt. in Air gm (e)		1237.5	1232.8	1241.2	1240.3	1241.3	1241.4
Wt. Sat. Surface Dry gm (f)		1239.4	1234.7	1242.8	1241.7	1244.1	1245.0
Wt. in Water gm (g)		714.0	713.0	716.6	719.0	721.3	722.8
Bulk Volume ml (h) : $f - g$		525.4	521.7	526.2	522.7	522.8	522.2
Bulk Density gm/ml (i) : e/h		2.355	2.363	2.359	2.373	2.374	2.377
Average Density		2.359			2.375		
VOIDS ANALYSIS							
Volume of Eff. AC % (j) : $c * i/Gac$		10.5			10.5		
Volume of Agg. % (k) : $(100 - b) * i/Gag$		84.1			84.7		
VMA. % (l) : $100 - k$		15.9			15.3		

Air Voids	% (m) : l - j	5.4			4.8		
VFB.	% (N) : 100 * j/l	66.0			68.6		
STABILITY	Meas. (Lbs)	1550	1610	1580	1630	1910	1870
	Adjust (Lbs)	1440	1500	1470	1520	1780	1740
Average Stability		1470			1680		
FLOWS	Meas. 1/100"	16	15	16	15	14	14
Average Flows		16			14		

ตารางที่ 4.2 ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ของวัสดุรวม
ที่อุณหภูมิ 120 และ 140 องศาเซลเซียส

Mix Proportion, Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 45 : 15 : 20 : 20 (by mass)				Pen. Grade 60-70			
Avg. Sp. Gr. of Agg. And Filler (Gag) = 2.672				Sp. Gr. of AC (Gac) = 1.02			
Compaction, number of blows at each end = 75				Bitumen Absorption (x) = 0.24 %			
Temperature (°C)		120			140		
No. of Sample		1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. of Agg. (a)		5.00			5.00		
% AC by Wgt. of Mix. (b)		4.76			4.76		
% Eff. AC by Wgt. of Mix. (c) : b - x(100-b)/100		4.53			4.53		
Spec. Hgt. Lab. (in.), Field (cm) (d)		2.500	2.500	2.563	2.500	2.500	2.500
DENSITY							
Wt. in Air	gm (e)	1245.7	1245.8	1248.0	1245.8	1249.6	1249.8
Wt. Sat. Surface Dry	gm (f)	1247.1	1248.0	1250.7	1247.3	1251.3	1251.1
Wt. in Water	gm (g)	724.9	727.4	726.7	726.2	729.5	729.0
Bulk Volume	ml (h) : f - g	522.2	520.6	524.0	521.1	521.8	522.1
Bulk Density	gm/ml (i) : e/h	2.385	2.393	2.382	2.391	2.395	2.394
Average Density		2.387			2.393		
VOIDS ANALYSIS							
Volume of Eff. AC	% (J) : c * i/Gac	10.6			10.6		
Volume of Agg.	% (k) : (100 - b) * i/Gag	85.1			85.3		
VMA.	% (l) : 100 - k	14.9			14.7		
Air Voids	% (m) : l - j	4.3			4.1		
VFB.	% (N) : 100 * j/l	71.1			72.1		
STABILITY	Meas. (Lbs)	2290	2290	2270	2620	2600	2750
	Adjust (Lbs)	2200	2200	2180	2520	2500	2640
Average Stability		2190			2550		
FLOWS	Meas. 1/100"	14	13	13	12	13	12
Average Flows		13			12		

ตารางที่ 4.3 ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ของวัสดุรวม
ที่อุณหภูมิ 160 และ 180 องศาเซลเซียส

Mix Proportion, Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 45 : 15 : 20 : 20 (by mass)				Pen. Grade 60-70			
Avg. Sp. Gr. of Agg. And Filler (Gag) = 2.672				Sp. Gr. of AC (Gac) = 1.02			
Compaction, number of blows at each end = 75				Bitumen Absorption (x) = 0.24 %			
Temperature (°C)		160			180		
No. of Sample		1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. of Agg. (a)		5.00			5.00		
% AC by Wgt. of Mix. (b)		4.76			4.76		
% Eff. AC by Wgt. of Mix. (c) : $b - x(100-b)/100$		4.53			4.53		
Spec. Hgt. Lab. (in.), Field (cm) (d)		2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
DENSITY							
Wt. in Air gm (e)		1242.4	1244.6	1244.1	1244.8	1239.9	1244.0
Wt. Sat. Surface Dry gm (f)		1243.8	1245.6	1245.0	1245.7	1241.5	1244.9
Wt. in Water gm (g)		726.3	726.5	724.6	724.5	723.2	723.9
Bulk Volume ml (h) : $f - g$		517.5	519.1	520.4	521.2	518.3	521.0
Bulk Density gm/ml (i) : e/h		2.401	2.398	2.391	2.388	2.392	2.388
Average Density		2.397			2.389		
VOIDS ANALYSIS							
Volume of Eff. AC % (j) : $c * i/Gac$		10.6			10.6		
Volume of Agg. % (k) : $(100 - b) * i/Gag$		85.4			85.2		
VMA. % (l) : $100 - k$		14.6			14.8		
Air Voids % (m) : $l - j$		4.0			4.2		
VFB. % (N) : $100 * j/l$		72.6			71.6		
STABILITY Meas. (Lbs)		2890	2620	2730	3470	3640	3520
Adjust (Lbs)		2890	2620	2730	3330	3490	3380

Average Stability			2750			3400		
FLOWS	Meas.	1/100"	14	13	14	13	14	15
Average Flows			14			14		

ตารางที่ 4.4 ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ของวัสดุรวม
ที่อุณหภูมิ 200 และ 220 องศาเซลเซียส

Mix Proportion, Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 45 : 15 : 20 : 20 (by mass)				Pen. Grade 60-70			
Avg. Sp. Gr. of Agg. And Filler (Gag) = 2.672				Sp. Gr. of AC (Gac) = 1.02			
Compaction, number of blows at each end = 75				Bitumen Absorption (x) = 0.24 %			
Temperature (°C)		200			220		
No. of Sample		1	2	3	1	2	3
% AC by Wgt. of Agg. (a)		5.00			5.00		
% AC by Wgt. of Mix. (b)		4.76			4.76		
% Eff. AC by Wgt. of Mix. (c) : $b - x(100-b)/100$		4.53			4.53		
Spec. Hgt. Lab. (in.), Field (cm) (d)		2.500	2.500	2.563	2.563	2.563	2.500
DENSITY							
Wt. in Air	gm (e)	1232.9	1236.1	1243.2	1234.8	1239.9	1237.1
Wt. Sat. Surface Dry	gm (f)	1233.6	1237.1	1244.2	1236.1	1241.1	1237.9
Wt. in Water	gm (g)	714.4	716.0	721.0	712.3	716.4	715.8
Bulk Volume	ml (h) : $f - g$	519.2	521.1	523.2	523.8	524.7	522.1
Bulk Density	gm/ml (i) : e/h	2.375	2.372	2.376	2.357	2.363	2.369
Average Density		2.374			2.363		
VOIDS ANALYSIS							
Volume of Eff. AC	% (J) : $c * i/Gac$	10.5			10.5		

Volume of Agg.	% (k) : (100 - b) * i/Gag	84.6			84.2		
VMA.	% (l) : 100 - k	15.4			15.8		
Air Voids	% (m) : l - j	4.9			5.3		
VFB.	% (N) : 100 * j/l	68.2			66.5		
STABILITY	Meas. (Lbs)	3830	3600	3750	3640	3410	3520
	Adjust (Lbs)	3680	3460	3600	3490	3270	3380
Average Stability		3580			3380		
FLOWS	Meas. 1/100"	12	13	13	14	14	15
	Average Flows	13			14		

4.1.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่างกัน แสดงถึงค่าขนาด
 คละ อัตราส่วนผสม ความหนาแน่น ช่องว่างอากาศ ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม ช่องว่างที่ถูก
 แทนที่ด้วยแอสฟัลต์ เสถียรภาพ ค่าการไหลและดัชนีความแข็งแรง ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5
 และภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่างกัน

Temperature (°C)	80	100	120	140	160	180	200	220	Tolerant Limit
Density	2.359	2.375	2.387	2.393	2.397	2.389	2.374	2.363	2.387 - 2.403
Air Voids	5.4	4.8	4.3	4.1	4.0	4.2	4.9	5.3	3.3 - 4.7
VMA.	15.9	15.3	14.9	14.7	14.6	14.8	15.4	15.8	> 14
VFB.	66.0	68.6	71.1	72.1	72.6	71.6	68.2	66.5	68 - 78
Stability	1470	1682	2190	2550	2750	3400	3580	3380	> 1900

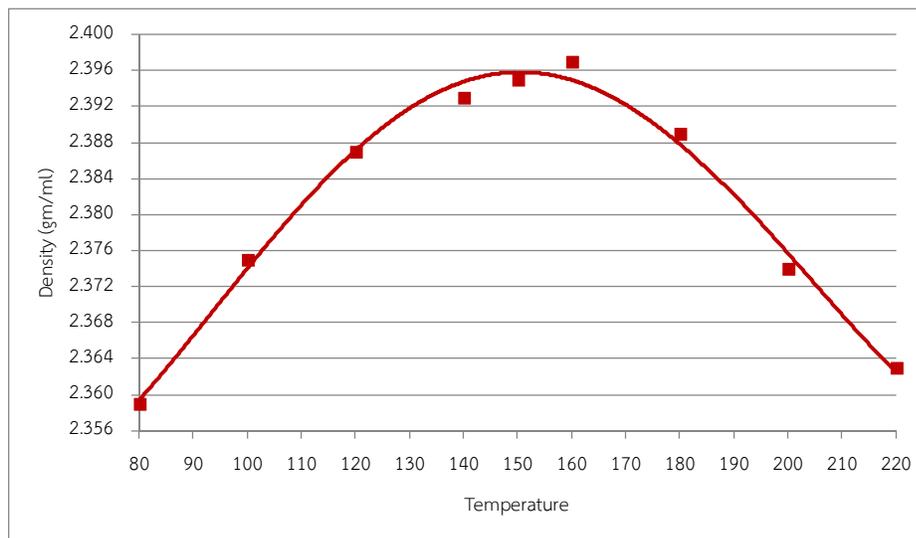
Flow	16	14	13	12	14	14	13	14	10 - 12
Strength Index	68.8	74.3	76.3	76.6	76.5	75.5	74.4	73.6	> 75

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1 วิเคราะห์ผลการทดลองการหาขนาดคละของวัสดุมวลรวมแหล่งที่ 1 โครงการทางหลวงหมายเลข 4 สายชุมพร - ระนอง (ตอน 1) จ.ระนอง พบว่า ขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่ BIN 1, BIN 2, BIN 3 และ BIN 4 มีค่าเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงตามเกณฑ์ของแต่ละ BIN จึงสามารถนำวัสดุมวลรวมมาใช้เพื่อกำหนดอัตราส่วนผสม (Mix Proportion) ต่อไป ดังตารางที่ 3.1

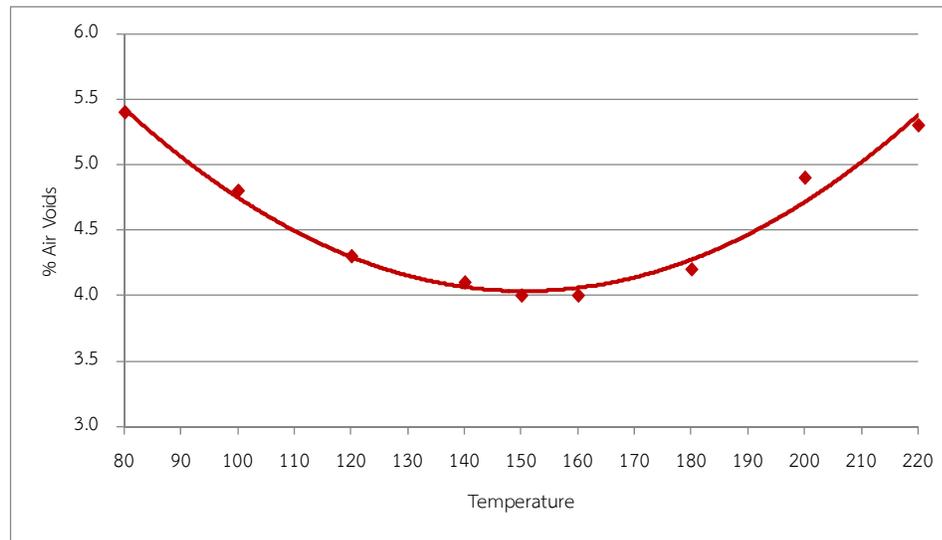
4.2.2 วิเคราะห์ผลการกำหนดอัตราส่วนผสมเพื่อให้วัสดุมวลรวมผสม (Combined Gradation) อยู่ในเกณฑ์กำหนดสำหรับชั้น Wearing Course ขนาด 12.5 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานการทดสอบที่ ทล.ท.-408/2532 โดยกำหนดขนาดคละของวัสดุมวลรวมจำนวน 1 อัตราส่วนผสมต่อวัสดุมวลรวม 1 แหล่ง พบว่า อัตราส่วนผสมของ BIN 1, BIN 2, BIN 3 และ BIN 4 เท่ากับ 45 : 15 : 20 : 20 ทำให้ค่ามวลรวมผสมอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

4.2.3 วิเคราะห์คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่างกัน แสดงถึงค่าความหนาแน่น (Density) ช่องว่างอากาศ (Air Voids) ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (Voids in Mineral Aggregate) ช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (Voids Filled with Bitumen) เสถียรภาพ (Stability) ค่าการไหล (Flow) และดัชนีความแข็งแรง (Strength Index) ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5 สามารถนำมา Plot กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่างกับคุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 ค่าคือ ความหนาแน่น ช่องว่างอากาศ ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม ช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ เสถียรภาพ ค่าการไหล และดัชนีความแข็งแรง ดังรูปที่ 4.1 ถึง 4.7



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต

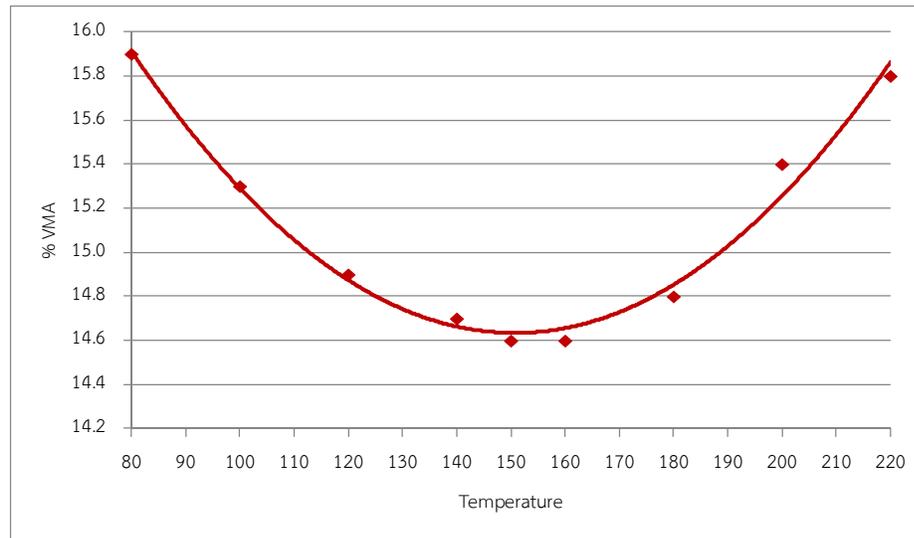
พิจารณาจากรูปที่ 4.1 ค่าความหนาแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีตมีผลกระทบต่ออิทธิพลของอุณหภูมิต่างกันคือ เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส จะมีค่าความหนาแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับ 2.359, 2.375, 2.387, 2.393, 2.397, 2.389, 2.374 และ 2.363 กรัมต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบดทับตามข้อกำหนดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส จะได้ความหนาแน่นสูงสุด เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้ความหนาแน่นมีค่าลดลง ฉะนั้นการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์ลดลง แต่เมื่ออุณหภูมิในการบดทับมากขึ้นจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์จะสูงสุด มีผลทำให้แนวโน้มของความหนาแน่นสูงสุดเช่นกัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเกินกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้การขยายตัวของแอสฟัลต์มีมากขึ้นทำให้เกิดระยะห่างระหว่างอนุภาคของวัสดุรวมรวมมีมากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้ค่าเพนิเทรชันของแอสฟัลต์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จึงทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศกับที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต

พิจารณาจากรูปที่ 4.2 ค่าช่องว่างอากาศของแอสฟัลต์คอนกรีตมีผลกระทบต่ออิทธิพลของอุณหภูมิต่างกันคือ เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส จะมีค่าช่องว่างอากาศของแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับร้อยละ 5.4, 4.8, 4.3, 4.1, 4.0, 4.2, 4.9 และ 5.3 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตต่ำ จะทำให้เกิดช่องว่างอากาศมีปริมาณมาก แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบดทับตามข้อกำหนดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส นั้น จะได้ช่องว่างอากาศต่ำสุดซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนดของชั้นทาง Wearing Course เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดช่องว่างของอากาศที่มีค่าปริมาณมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะที่มีอุณหภูมิต่ำ จะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์ลดลงจึงทำให้ปริมาตรช่องว่างอากาศเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการบดทับมากขึ้นจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์จะมีค่าสูงสุด ทำให้แนวโน้มของช่องว่างอากาศต่ำสุดเช่นกันซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนด เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเกินกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้การขยายตัวของแอสฟัลต์มากขึ้น ทำให้เกิดระยะห่างระหว่างอนุภาคของวัสดุรวมรวมมาก ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้

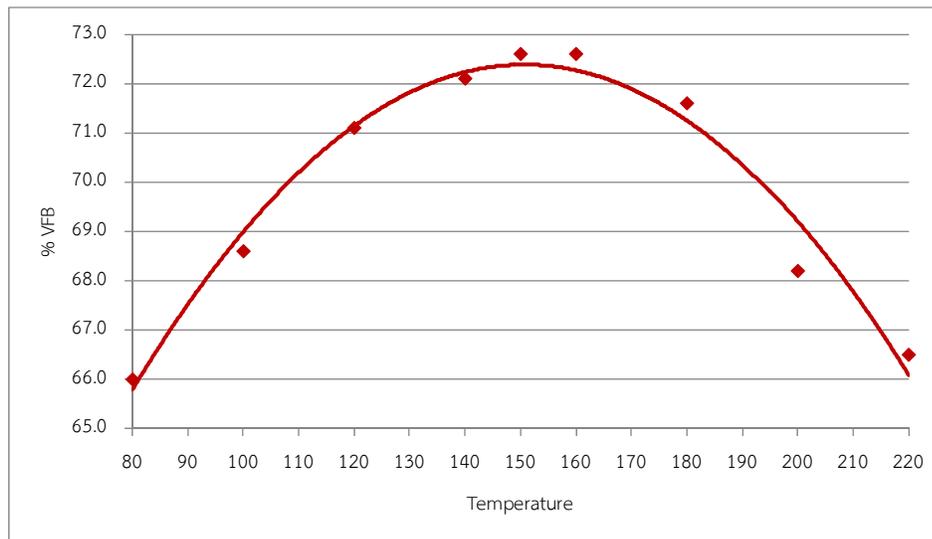
ค่าเพนิเทรชันของแอสฟัลต์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้เกิดปริมาตรช่องว่างอากาศเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างในวัสดุผสมรวม (VMA) กับที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต

พิจารณาจากรูปที่ 4.3 ค่าช่องว่างในวัสดุผสมรวมของแอสฟัลต์คอนกรีตมีผลกระทบต่ออิทธิพลของอุณหภูมิต่างกันคือ เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิต่างกัน 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส จะมีค่าช่องว่างในวัสดุผสมรวมของแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับร้อยละ 15.9, 15.3, 14.9, 14.7, 14.6, 14.8, 15.4 และ 15.8 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิต่ำขณะบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตจะทำให้เกิดปริมาตรช่องว่างในวัสดุผสมรวมสูง แต่เมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบดทับตามข้อกำหนดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส จะได้ช่องว่างในวัสดุผสมรวมต่ำสุดแต่อยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนด เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดช่องว่างในวัสดุผสมรวมที่มีค่าปริมาณมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุผสมรวมกับแอสฟัลต์ลดลงจึงทำให้ปริมาตรช่องว่างในวัสดุผสมรวมเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการบดทับมากขึ้นจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุผสมรวมกับแอสฟัลต์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุ

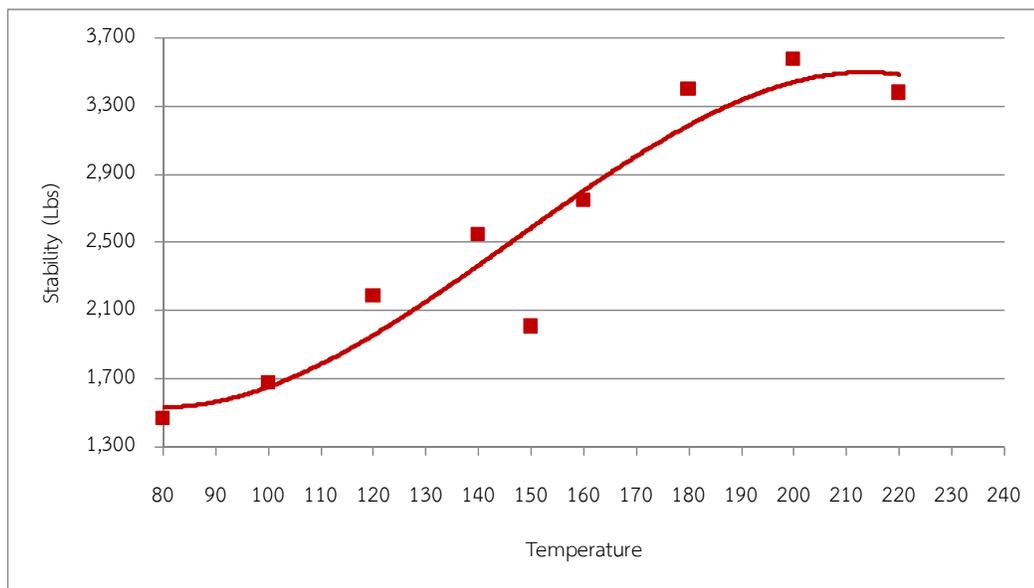
มวลรวมกับแอสฟัลต์จะมีค่าสูงสุด ทำให้แนวโน้มของช่องว่างในวัสดุมวลรวมต่ำสุดเช่นกันซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของข้อกำหนด เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเกินกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้การขยายตัวของแอสฟัลต์มากขึ้นทำให้เกิดระยะห่างระหว่างอนุภาคของวัสดุมวลรวมมาก ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้ค่าเพนิเทรชันของแอสฟัลต์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้เกิดปริมาตรช่องว่างในวัสดุมวลรวมเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (VFB) กับที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต

พิจารณาจากรูปที่ 4.4 ค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ของแอสฟัลต์คอนกรีต มีผลกระทบต่ออิทธิพลของอุณหภูมิต่างกันคือ เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส จะมีค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ของแอสฟัลต์คอนกรีต เท่ากับร้อยละ 66.0, 68.6, 71.1, 72.1, 72.6, 71.6, 68.2 และ 66.5 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ของแอสฟัลต์คอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบดทับตามข้อกำหนดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส จะได้ค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์มีค่าสูงสุด เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์มีค่าลดลงตามลำดับ การบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะที่มีอุณหภูมิต่ำ จะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ลดลง และปริมาตรช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วย

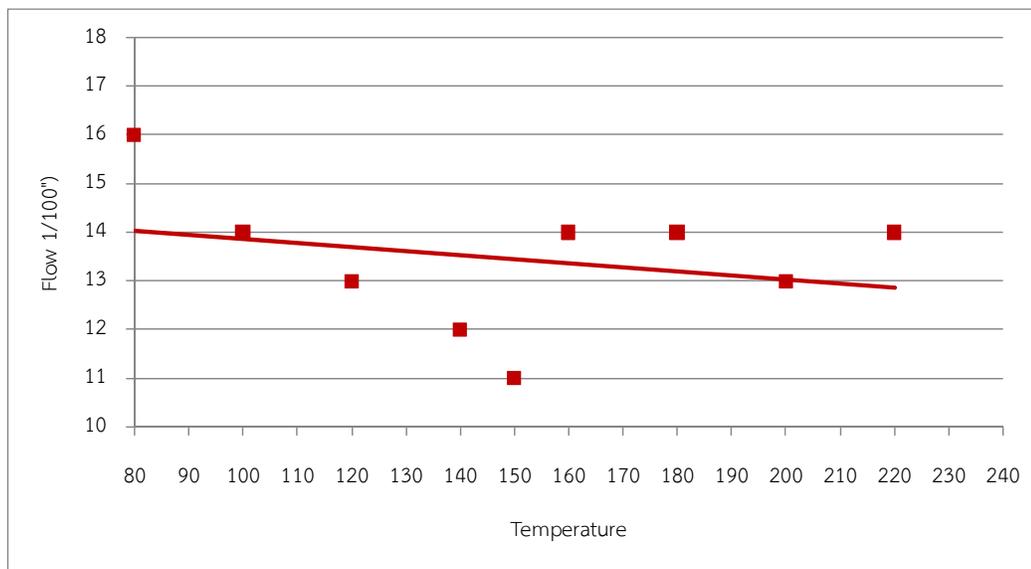
แอสฟัลต์ลดลงเนื่องจากแอสฟัลต์มีการขยายตัวต่ำ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการบดทับมากขึ้นจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์เพิ่มขึ้นเนื่องจากแอสฟัลต์มีการขยายตัวมากขึ้นจนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์จะมีค่าสูงสุดมีผลทำให้แนวโน้มของช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์สูงสุด เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเกินกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้การขยายตัวของแอสฟัลต์มีมากทำให้เกิดระยะห่างระหว่างอนุภาคของวัสดุรวมรวมทำให้ค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ลดลง ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจมีผลทำให้ค่าเพนิเทรชันของแอสฟัลต์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดขนาดคุณสมบัติด้านความยึดติดมีผลต่อค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์เช่นกัน



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพและที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต

พิจารณาจากรูปที่ 4.5 ค่าเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตมีผลกระทบจากอิทธิพลของอุณหภูมิต่างกันคือ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส จะมีค่าเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับ 1,470, 1,680, 2,190, 2,550, 2,750, 3,400, 3,580 และ 3,380 ปอนด์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เสถียรภาพของแอสฟัลต์

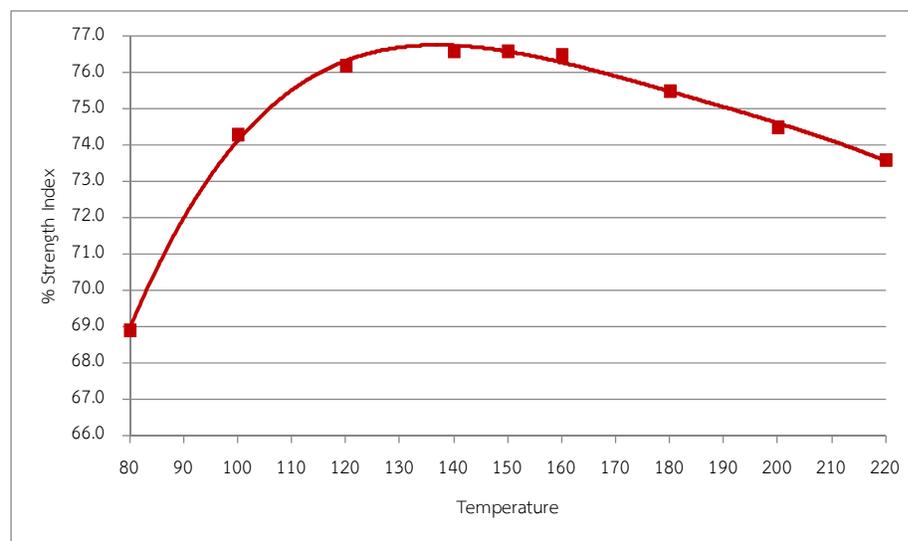
คอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการบดทับตามข้อกำหนดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส จะได้เสถียรภาพเท่ากับ 2,010 ปอนด์ เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้เสถียรภาพมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ที่อุณหภูมิมากกว่า 200 องศาเซลเซียส ค่าเสถียรภาพมีแนวโน้มที่จะลดลง การบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์ลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการบดทับมากขึ้นจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเกินกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้การขยายตัวของแอสฟัลต์มีมากทำให้เกิดระยะห่างระหว่างอนุภาคของวัสดุรวมรวมมีมากขึ้น ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจมีผลทำให้ค่าเพนิเทรชันของแอสฟัลต์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จึงทำให้ค่าเสถียรภาพลดลง



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการไหลและที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต

พิจารณาจากรูปที่ 4.6 ค่าการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตมีผลกระทบจากอิทธิพลของอุณหภูมิต่างกันคือ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส จะมีค่าการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับ 16, 14, 13, 12, 14, 14, 13 และ 14 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่าการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบดทับตามข้อกำหนดเท่ากับ 150 องศาเซลเซียส จะได้ค่าการไหลเท่ากับ 11 เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าการไหลมีค่าลดลงตามลำดับ การบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการบดทับมากขึ้นจะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์จะสูงสุด มีผลทำให้แนวโน้มของค่าการไหลลดลงเช่นกัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเกินกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้การขยายตัวของแอสฟัลต์มีมากทำให้เกิดระยะห่างระหว่างอนุภาคของวัสดุมวลรวมมีมากเช่นกัน ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจมีผลทำให้ค่าเพนิเทรชันของแอสฟัลต์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จึงทำให้ค่าการไหลลดลง



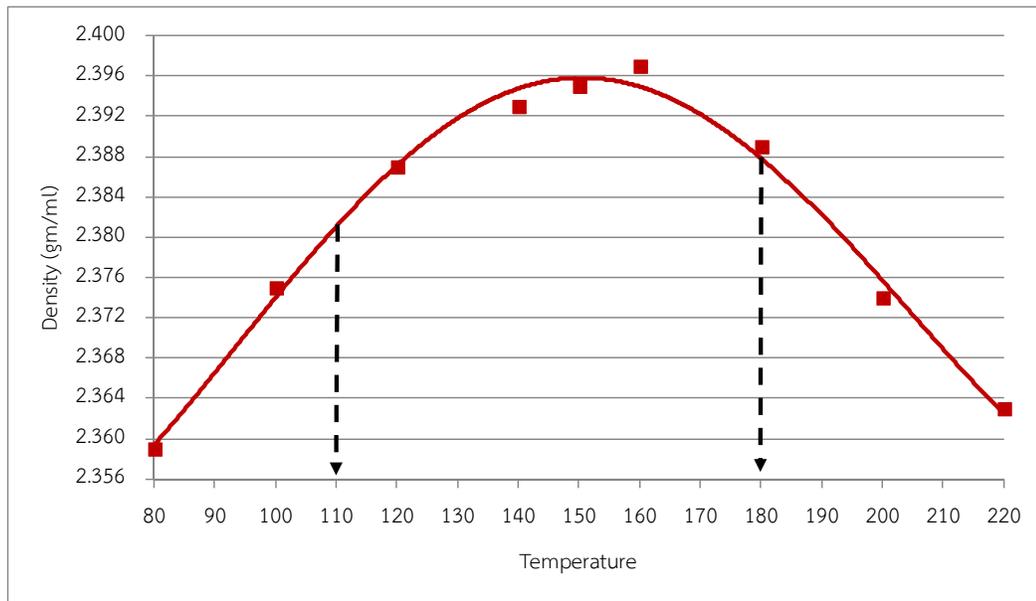
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความแข็งแรงและที่อุณหภูมิต่างกันเท่ากับ 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส ของแอสฟัลต์คอนกรีต

พิจารณาจากรูปที่ 4.7 ค่าดัชนีความแข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีตมีผลกระทบบต่ออิทธิพลของอุณหภูมิต่างกันคือ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิต่างกัน 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 และ 220 องศาเซลเซียส จะมีค่าดัชนีความแข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับร้อยละ 68.9, 74.3, 76.2, 76.6, 76.5, 75.5, 74.5 และ 73.6 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ดัชนีความแข็งแรงของแอสฟัลต์

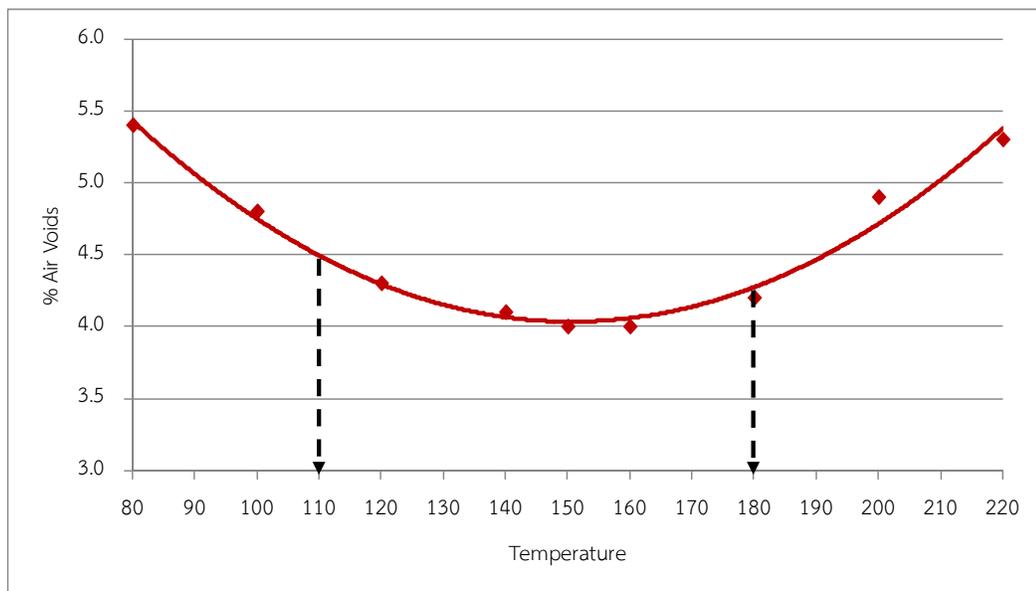
คอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบดทับตามข้อกำหนด เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส จะได้ดัชนีความแข็งแรงสูงสุด เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้ดัชนีความแข็งแรงมีค่าลดลงตามลำดับ การบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะที่มีอุณหภูมิต่ำ จะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์ลดลง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการบดทับมากขึ้น จะทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์เพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุรวมรวมกับแอสฟัลต์จะมีค่าสูงสุด มีผลทำให้แนวโน้มของดัชนีความแข็งแรงสูงสุด เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเกินกว่า 150 องศาเซลเซียส จะทำให้การขยายตัวของแอสฟัลต์มีมาก ทำให้เกิดระยะห่างระหว่างอนุภาคของวัสดุรวมรวมมีมากเช่นกัน ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงเกินไป อาจมีผลทำให้ค่าเพนิเทรชันของแอสฟัลต์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จึงทำให้ค่าดัชนีความแข็งแรงลดลง

4.2.4 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่อุณหภูมิต่างกัน โดยพิจารณา เลือกใช้อุณหภูมิที่พอยอมรับได้ในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามควรอยู่ในช่วงระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส ซึ่งข้อกำหนดการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามอุณหภูมิต้องไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส นั้น จากผลการศึกษาคูณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตทั้ง 7 ค่า พอยอมรับได้ในอุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส และไม่ควรมีอุณหภูมิเกิน 180 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าทั้ง 7 ค่าคือ ความหนาแน่น ช่องว่างอากาศ ช่องว่างในวัสดุรวมรวม ช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ เสถียรภาพ ค่าการไหล และดัชนีความแข็งแรง พบว่า

- 1) ค่าความหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง 2.381 ถึง 2.388 กรัมต่อมิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.8
- 2) ค่าช่องว่างอากาศมีค่าในช่วงร้อยละ 4.5 ถึง 4.3 ดังรูปที่ 4.9
- 3) ค่าช่องว่างในวัสดุรวมรวมมีค่าในช่วงร้อยละ 15.1 ถึง 14.9 ดังรูปที่ 4.10
- 4) ค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์มีค่าในช่วงร้อยละ 70.1 ถึง 71.2 ดังรูปที่ 4.11
- 5) ค่าเสถียรภาพมีค่าในช่วง 1,810 ถึง 3,200 ปอนด์ ดังรูปที่ 4.12
- 6) ค่าการไหลมีค่าในช่วง 13.8 ถึง 13.2 ดังรูปที่ 4.13
- 7) ค่าดัชนีความแข็งแรงมีค่าในช่วงร้อยละ 75.5 ถึง 76.6 ดังรูปที่ 4.14

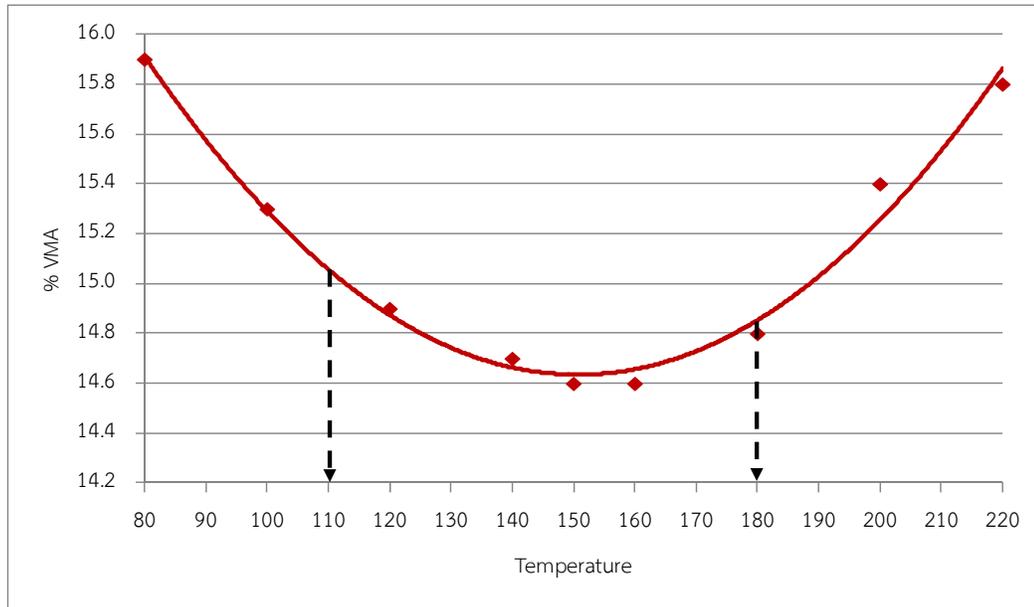


รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับ
แอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส

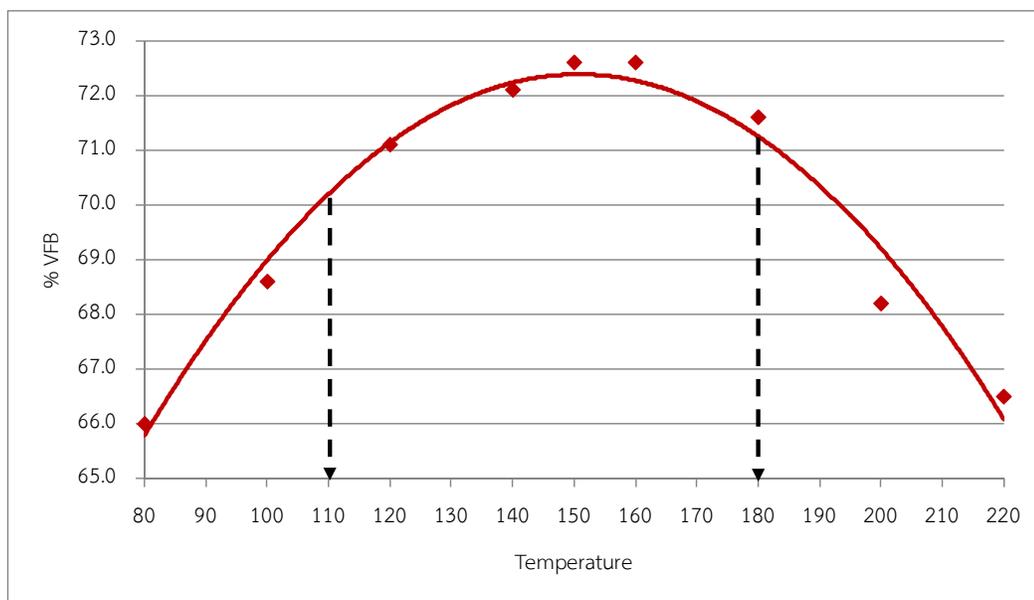


รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าช่องว่างอากาศของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับ

แอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส

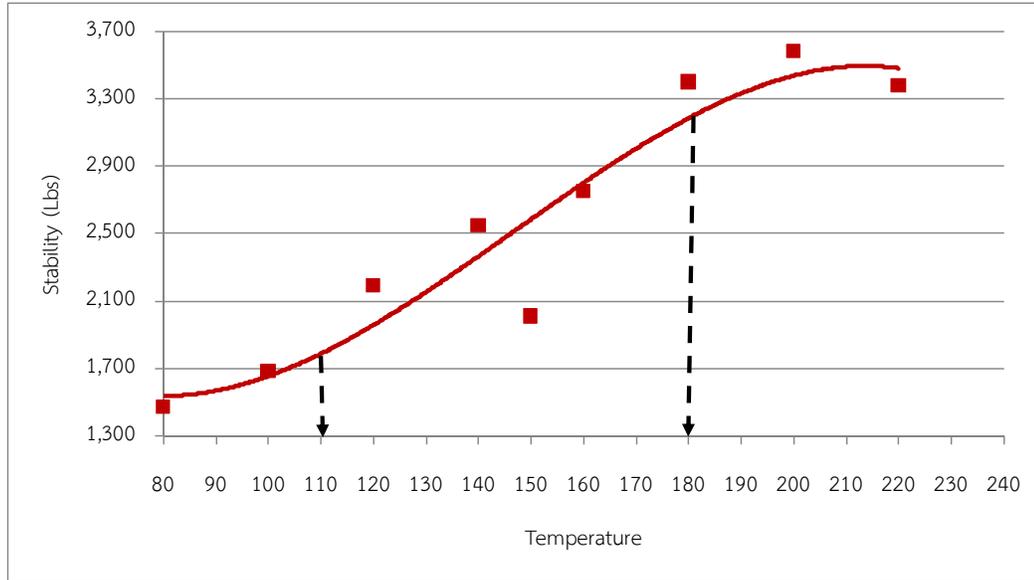


รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าช่องว่างในวัสดุรวมรวมของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิต่ำในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส

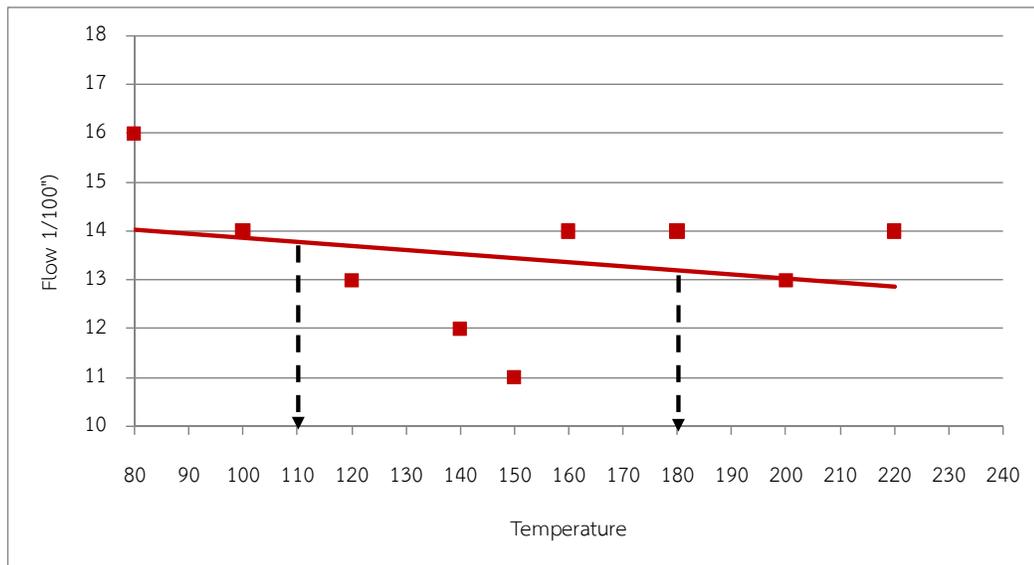


รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้

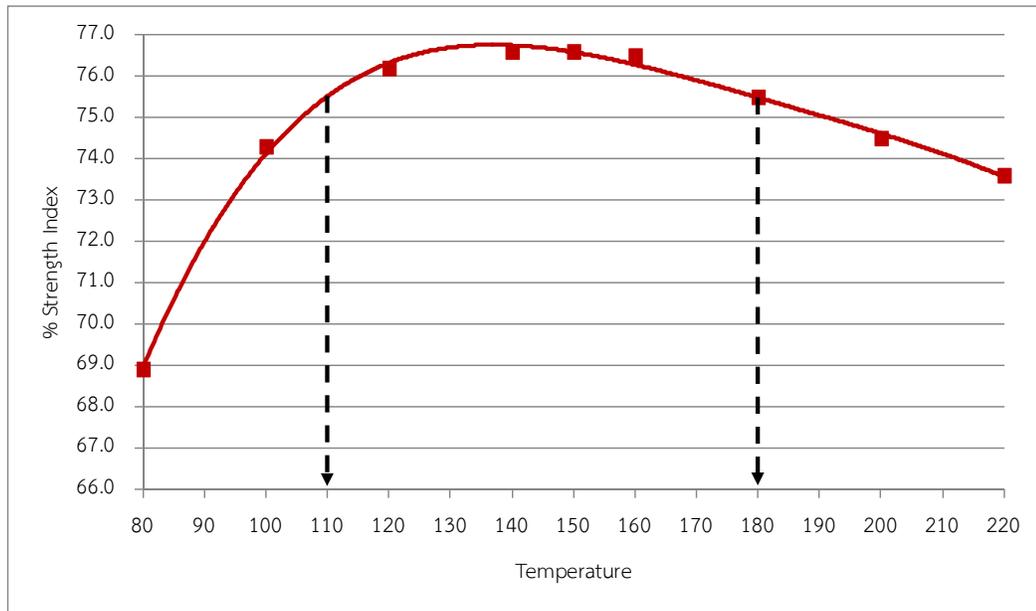
อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าดัชนีความแข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเลือกใช้อุณหภูมิในการบดทับแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่าง 110 ถึง 180 องศาเซลเซียส