

บทที่ 4
วิเคราะห์ผลการศึกษา

4.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน

วัสดุเชื่อมประสาน (Binders) ที่ใช้ซึ่งได้แก่แอสฟัลต์ซีเมนต์ เกรด AC60/70 ที่ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 3 สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน

No.	คุณลักษณะ	หน่วย	เกณฑ์	วิธีทดสอบ	AC60/70	จำนวนตัวอย่าง
1	เพนิเทรชัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (น้ำหนักกด 100 กรัม เวลา 5 วินาที)	0.1mm	60 - 70	มอก.1201	68	3
2	จุดวาบไฟ องศาเซลเซียส	°C	≥ 232	มอก.1182 เล่ม 2	310	3
3	จุดอ่อนตัว องศาเซลเซียส	°C	45 - 55	มอก.1216	48	2
4	ความยืดดึง (Ductility) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อัตราเร็วของเครื่องดึง 5 เซนติเมตรต่อนาที)	cm	≥ 100	มอก.1202	>150	3
5	การละลายในไตรคลอโรเอทิลีน ร้อยละ โดยน้ำหนัก	%	≥ 99	มอก.1203	99.93	2

ภาคที่เหลือจากการอบ

6	น้ำหนักที่สูญเสียไปเมื่อให้ความร้อน ร้อยละ	%	≤ 0.8	มอก.1223	0.05	3
7	เพนิเทรชัน ร้อยละของเพนิเทรชันเดิม	%	≥ 54	มอก.1223 และ มอก.1201	72.59	3
8	ความยืดดึง (Ductility) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อัตราเร็วของเครื่องดึง 5 เซนติเมตรต่อนาที)	cm	≥ 50	มอก.1223 และ มอก.1202	>150	3

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม

ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม ทั้งมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวม

ประเภทของมวลรวม	คุณสมบัติ				วิธีการทดสอบ
	Bulk Specific Gravity (Dry)	Bulk Specific Gravity (SSD)	Apparent Specific Gravity	% Water Absorption	
มวลรวมหยาบ					ASTM C127
- ผ่านตะแกรง 3/4" ค้างบนตะแกรง 1/2"	2.702	2.711	2.726	0.33	
- ผ่านตะแกรง 1/2" ค้างบนตะแกรง เบอร์ 4	2.661	2.686	2.730	0.96	
มวลรวมละเอียด					ASTM C128
- ผ่านตะแกรง เบอร์ 4 ค้างบนตะแกรง เบอร์ 8	2.597	2.644	2.725	1.81	
- ผ่านตะแกรง เบอร์ 8 ค้างบนตะแกรง เบอร์ 50	2.473	2.514	2.579	1.65	
- ผ่านตะแกรง เบอร์ 50 ค้างบนตะแกรง เบอร์ 200	2.304	2.378	2.488	3.20	
เฉลี่ย	2.588	2.623	2.681	0.93	

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม

ลำดับ ที่	คุณลักษณะ	ค่า ที่ได้	เกณฑ์ตามข้อกำหนด ของกรมทางหลวง	วิธีการทดสอบ
มวลรวมหยาบ				
1	ค่าความสึกหรอของมวลรวม ร้อยละ			
	- ผ่านตะแกรง 3/4" ค้างบนตะแกรง 1/2" - ผ่านตะแกรง 1/2" ค้างบนตะแกรง เบอร์ 4	22.41 28.20	≤ 40	ASTM C131 หรือ ทล.-ท.202/2515
2	ค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness) ร้อยละ			
	- ผ่านตะแกรง 3/4" ค้างบนตะแกรง 1/2" - ผ่านตะแกรง 1/2" ค้างบนตะแกรง เบอร์ 4	0.90 1.80	≤ 9	AASHTO T104 หรือ ทล.-ท.213/2531
3	แอสฟัลต์ที่เคลือบผิว (Coating) ร้อยละ	> 95	≥ 95	AASHTO T182
4	ดัชนีความแบนของมวลรวม (FI)	26.67	≤ 30	ทล.-ท.210/2518
5	ดัชนีความยาวของมวลรวม (EI)	28.70	≤ 30	ทล.-ท.211/2518
มวลรวมละเอียด				
1	ค่าสมมูลย์ของทราย ร้อยละ	58	≥ 50	AASHTO T176 หรือ ทล.-ท.203/2515
2	ค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness) ร้อยละ			
	- ผ่านตะแกรง เบอร์ 4 ค้างบนตะแกรง เบอร์ 8 - ผ่านตะแกรง เบอร์ 8 ค้างบนตะแกรง เบอร์ 50	1.18 2.36	≤ 9	AASHTO T104 หรือ ทล.-ท.213/2531

เมื่อพิจารณาผลทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม ทั้งมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด จะพบว่าค่าที่ได้ผ่านตามเกณฑ์ข้อกำหนดของกรมทางหลวงที่ใช้เป็นข้อกำหนดในการก่อสร้างทางในประเทศไทยทุกประการ สามารถนำไปก่อสร้างชั้นผิวทาง (Wearing course) ได้

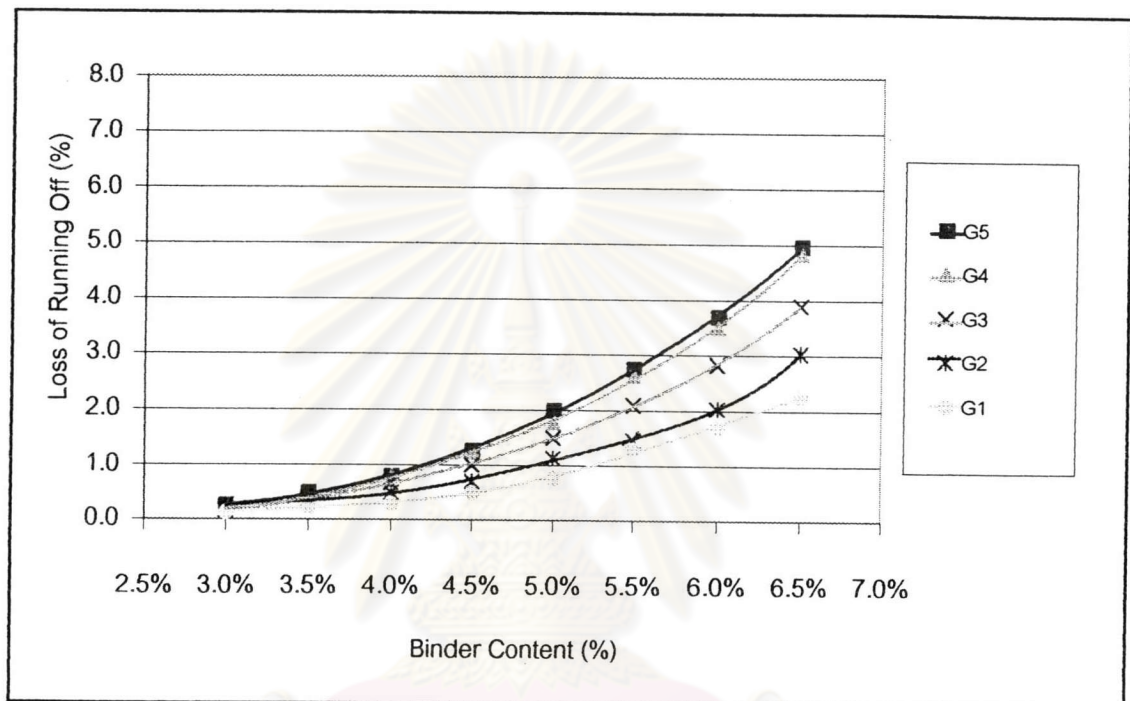
4.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

จากการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสานที่ใช้ในการทดลอง คือ แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด AC 60/70 ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่า แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่นำมาใช้ในการศึกษานั้นผ่านตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ซึ่งเหมาะสมในการที่จะนำมาใช้ในการผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อทำการทดสอบในขั้นตอนต่างๆ

4.3.1 การออกแบบเพื่อหาปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เหมาะสม

4.3.1.1 การทดสอบด้วยวิธี Running Off

การทดสอบ Running Off เป็นค่าแสดงถึงความต้านทานการหลุดลอกตามการจราจร เพื่อหาสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีต ระบายน้ำที่มีขนาดคละของมวลรวมที่แตกต่างกัน



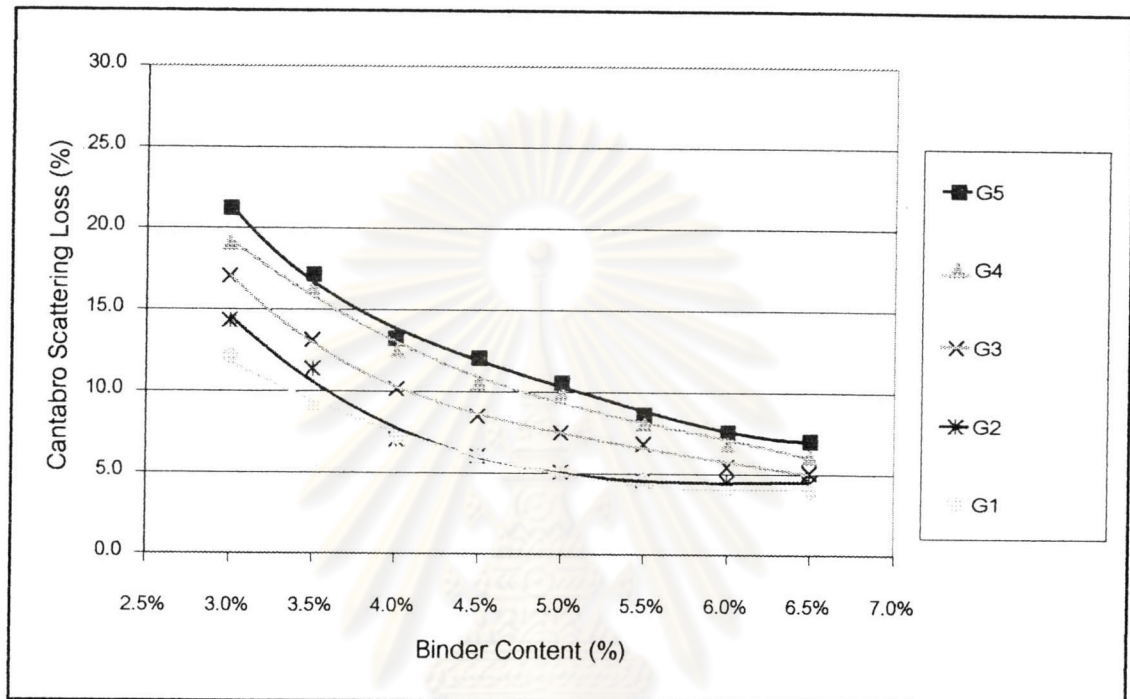
รูปที่ 4.1 ค่าร้อยละการหลุดลอกของวัสดุเชื่อมประสานกับปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมอยู่ในแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของมวลรวมละเอียดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การหลุดลอกของวัสดุเชื่อมประสานมีค่าลดลง คือ ส่วนผสมที่ใช้ขนาดคละมวลรวมที่มีมวลรวมละเอียดอยู่มากกว่าจะทำให้การหลุดลอกของวัสดุเชื่อมประสานลดลง ที่ปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เท่ากัน

การพิจารณาหาปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ จะดูว่ากราฟมีความชันที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ณ จุดใด ปริมาณของวัสดุเชื่อมประสาน ณ จุดนั้นคือ ปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่สุดของวัสดุเชื่อมประสานในการใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ นั่นคือปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่สุดของวัสดุเชื่อมประสานในการศึกษา นี้ อยู่ในช่วงระหว่าง 4.5 % ถึง 5.0 % โดยน้ำหนักของมวลรวม

4.3.1.2 การทดสอบด้วยวิธี Cantabro

การทดสอบ Cantabro เป็นค่าแสดงถึงความสามารถในการรับการขัดสีของวัสดุผสมรวม ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เพื่อหาสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำของขนาดคละมวลรวมแต่ละรูปแบบ



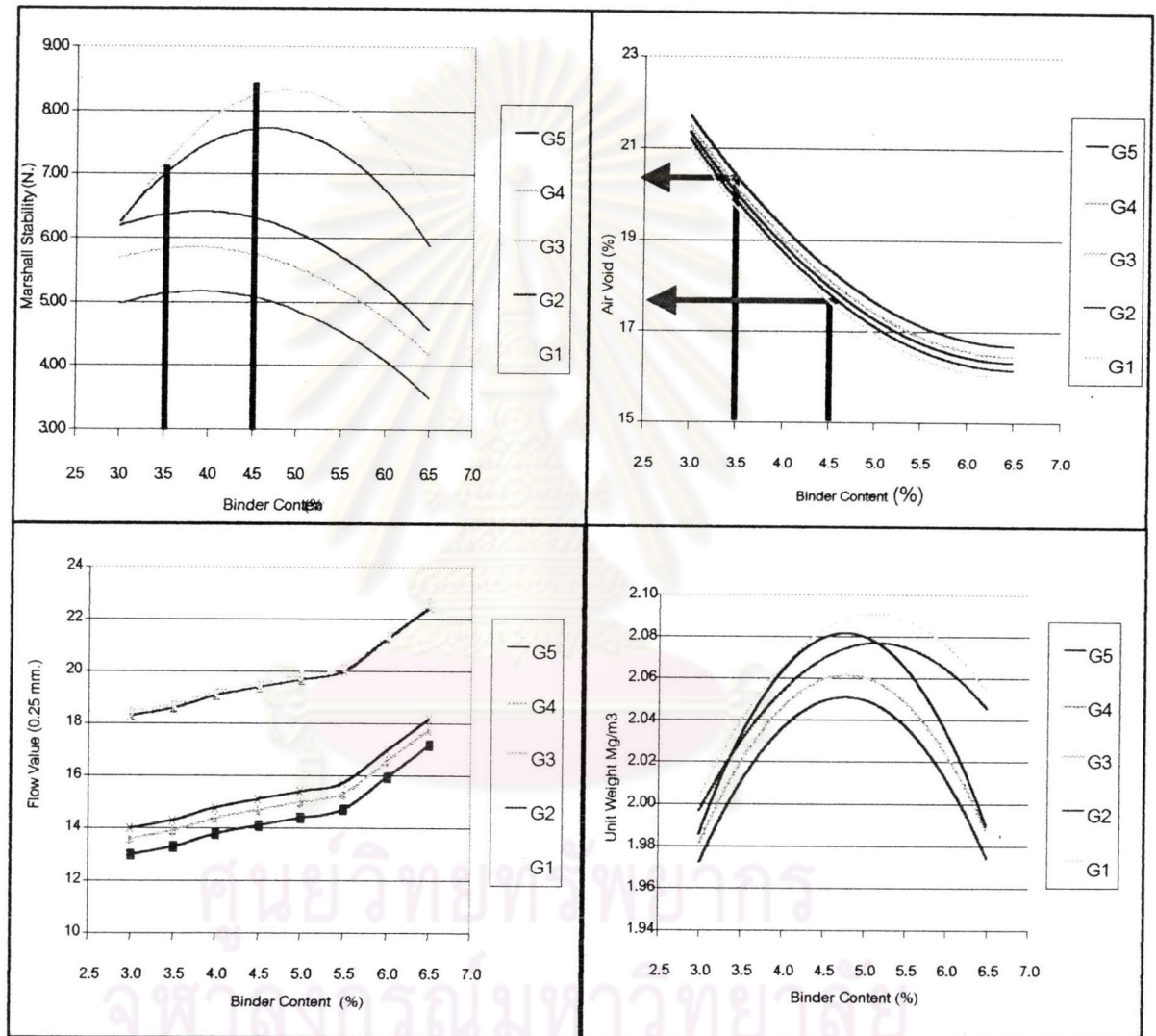
รูปที่ 4.2 ค่าร้อยละการสูญเสียของวัสดุผสมรวมเนื่องจากการขัดสี กับปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่ผสมอยู่ในแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของมวลรวมละเอียดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการรับการขัดสีของวัสดุผสมรวมมีค่าเพิ่มขึ้น

การพิจารณาหาปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ จะดูว่ากราฟมีความชันที่ค่อนข้างคงที่ ณ จุดใด ปริมาณของวัสดุเชื่อมประสาน ณ จุดนั้นคือ ปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดของวัสดุเชื่อมประสานแต่ละชนิดที่ควรจะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ นั่นคือปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดของวัสดุเชื่อมประสานในการศึกษานี้ อยู่ในช่วงระหว่าง 3.5 % ถึง 4.5 % โดยนำหนักของมวลรวม

4.3.1.3 การทดสอบคุณสมบัติของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชล

การทดสอบ Marshall สำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ เป็นการทดสอบเพื่อหาปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสม (Optimum binder content) ที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงได้มากที่สุด โดยที่ค่าร้อยละช่องว่างของอากาศ (% Air void) อยู่ระหว่าง 18 – 25 %



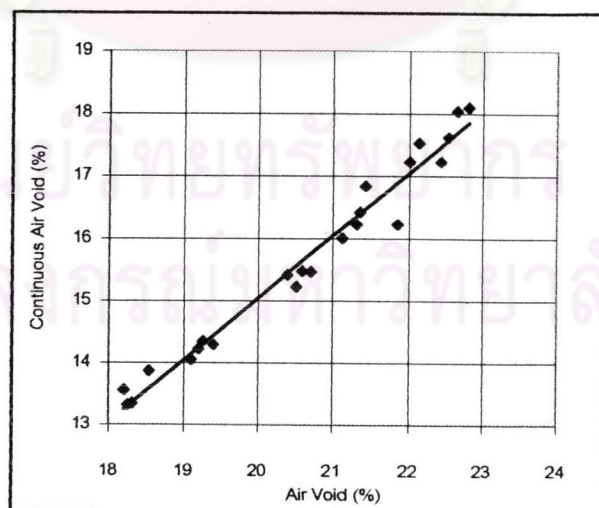
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบ Marshall ของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่มีปริมาณมวลรวมละเอียดอยู่มากจะส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำมีค่ามากขึ้น รวมถึงยังเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับแรงของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ ซึ่งจะเห็นได้จากค่าของ Marshall Stability จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณมวลรวมละเอียดที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ปริมาณของมวลรวมละเอียดที่เพิ่มมากขึ้นยังส่งผลต่อความสามารถในการยึดหยุ่นของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำอีกด้วย ซึ่งยังส่งผลทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตสามารถรับแรงกระแทกได้มากขึ้น โดยสามารถเห็นได้จากค่าของการไหล (Flow) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของวัสดุมวลรวมละเอียดที่เพิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานทุกชนิดที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงได้มากที่สุดอยู่ในช่วง 3.5 – 4.5 % โดยน้ำหนักมวลรวม และเมื่อนำแอสฟัลต์คอนกรีตซึ่งมีปริมาณวัสดุเชื่อมประสานอยู่ระหว่าง 3.5 – 4.5% โดยน้ำหนักมวลรวม มาพิจารณาถึงปริมาณของช่องว่างอากาศใน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 18 – 21 % ซึ่งเป็นไปตามข้อจำกัดของการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

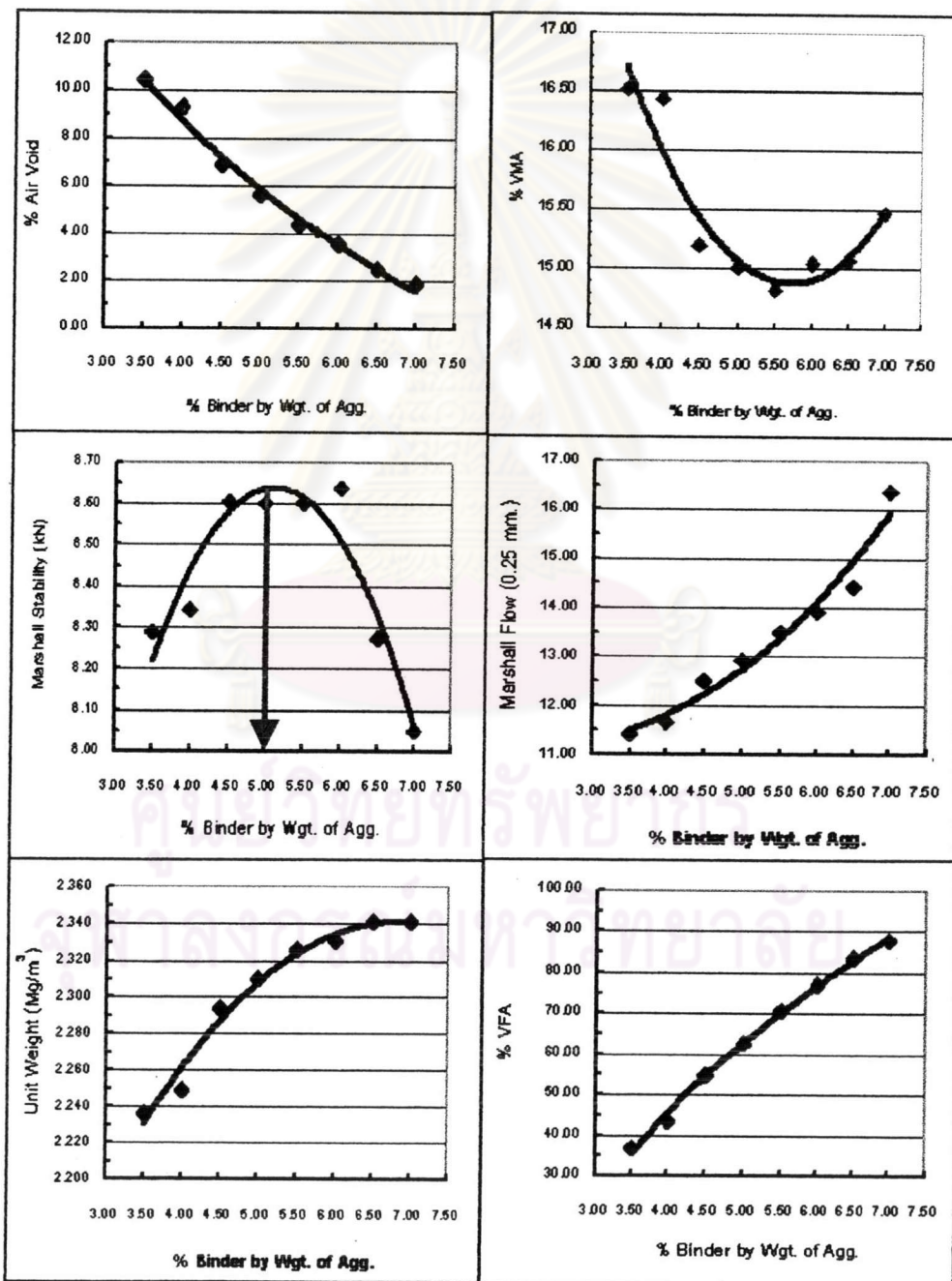
ดังนั้นเมื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบ Running Off การทดสอบ Cantabro และการทดสอบ Marshall มาพิจารณาร่วมกันในการหาปริมาณวัสดุเชื่อมประสานเพื่อใช้ผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในการทดสอบประสิทธิภาพ จากผลการทดสอบจึงเลือกใช้ปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานในสัดส่วน ดังนี้ 3.5% 4.0% และ 4.5% โดยน้ำหนักมวลรวม

นอกจากนี้ ยังทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศและช่องว่างอากาศต่อเนื่อง ซึ่งจะพบว่า ปริมาณช่องว่างอากาศต่อเนื่องเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณช่องว่างอากาศในแอสฟัลต์คอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างอากาศและช่องว่างอากาศต่อเนื่องของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

สำหรับการทดสอบ Marshall เพื่อหาปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมในการเตรียมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งในการศึกษานี้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด AC 60/70 จากผลการทดสอบดังรูปที่ 4.5 พบว่า ปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมในการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงมีค่าเท่ากับ 5.0% โดยน้ำหนักมวลรวม ดังนั้นในการศึกษานี้ จะเลือกใช้ปริมาณวัสดุเชื่อมประสาน เท่ากับ 5.0% โดยน้ำหนักมวลรวมในการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง เพื่อใช้ในการเตรียมการทดสอบการปูทับของแอสฟัลต์คอนกรีต ระบายน้ำต่อไป



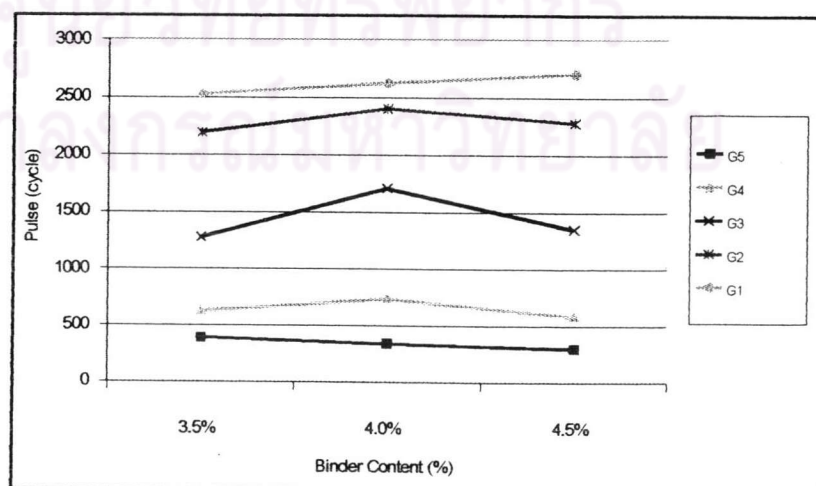
รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบ Marshall ของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

4.3.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

เนื่องจากค่าปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสม (Optimum binder content) ของวัสดุเชื่อมประสานแต่ละชนิดที่ได้จากการทดสอบ Running Off การทดสอบ Cantabro และการทดสอบ Marshall มีค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 3.5 – 4.5 % โดยน้ำหนักมวลรวม ดังนั้น จึงใช้ค่าปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานครอบคลุม 3 ค่า คือ 3.5% 4.0% และ 4.5% โดยน้ำหนักมวลรวม นำมาทำการบดอัดส่วนผสมด้วยเครื่อง Gyratory compactor เพื่อให้ได้ร้อยละปริมาณของช่องว่างอากาศ เท่ากับ 20 สำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ ส่วนในกรณีของการเตรียมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงเพื่อใช้ในการทดสอบหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในการปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงนั้น จะทำการบดอัดส่วนผสมด้วยเครื่อง Gyratory compactor เพื่อให้ได้ร้อยละปริมาณของช่องว่างอากาศ เท่ากับ 7 ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณช่องว่างอากาศของผิวทางที่ก่อสร้างเสร็จใหม่โดยทั่วไป นอกจากนี้ การบดอัดตัวอย่างด้วยเครื่อง Gyratory compactor จะช่วยให้ได้ก้อนตัวอย่างที่มีความหนาแน่นสม่ำเสมอ ทำให้สามารถเตรียมก้อนตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ทุกก้อน จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งาน (Performance) ของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตต่อไป

4.3.2.1 การทดสอบความต้านทานการยุบตัวแบบถาวร

การทดสอบความต้านทานการยุบตัวแบบถาวร (Permanent deformation) จะพิจารณาจำนวนรอบในการรับน้ำหนักแบบกระทำซ้ำตามแนวแกนของก้อนตัวอย่างทดสอบ ที่ทำให้ก้อนตัวอย่างทดสอบเกิดความเครียดสะสม (Accumulated strain) และมีการยุบตัวคิดเป็น 3% ของความสูงก้อนตัวอย่าง หรือที่ 3% Accumulated strain ด้วยการทดสอบ Dynamic creep ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยผลการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบ Dynamic creep ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำมีความต้านทานการยุบตัวแบบถาวรที่ดีมีค่าที่แตกต่างกัน โดยแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ขนาดคละของมวลรวมมีปริมาณของมวลรวมละเอียดอยู่มาก จะใช้ปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่มากกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ขนาดคละของมวลรวมมีปริมาณมวลรวมละเอียดผสมอยู่น้อยเพื่อที่จะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำมีความต้านทานการยุบตัวที่ดี

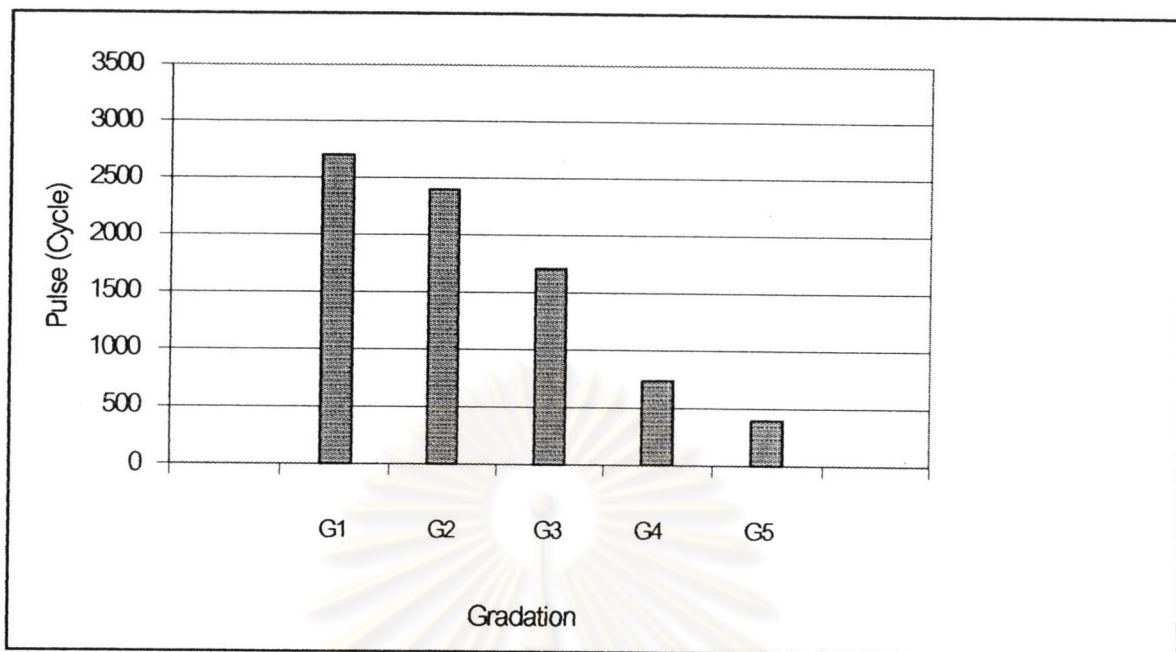
อย่างไรก็ตาม พบว่า ที่ปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานเท่ากัน แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ขนาดคละของมวลรวมมีปริมาณมวลรวมละเอียดอยู่มากจะมีความต้านทานการยุบตัวแบบถาวรที่ดีกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ขนาดคละของมวลรวมมีปริมาณของมวลรวมละเอียดผสมอยู่น้อย

ดังนั้น ในการทดสอบประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป จะพิจารณาเฉพาะปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่จะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำมีความต้านทานการยุบตัวแบบถาวรสูงสุดสำหรับขนาดคละของมวลรวมแต่ละรูปแบบ ซึ่งจากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่า

- ปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่ใช้ กับ G5 เท่ากับ 3.5%
- ปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่ใช้ กับ G2 G3 และ G4 เท่ากับ 4.0%
- ปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่ใช้ กับ G1 เท่ากับ 4.5%

จากการทดสอบความสามารถในการต้านทานการยุบตัวแบบถาวรของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำจะสังเกตได้ว่า แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ใช้ขนาดคละมวลรวมที่มีปริมาณของมวลรวมละเอียดอยู่มากกว่าจะมีความต้านทานการยุบตัวที่สูงกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ใช้ขนาดคละมวลรวมที่มีปริมาณของมวลรวมละเอียดผสมอยู่น้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.7 นอกจากนี้ ถ้าลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ขนาดคละ G1 G2 G3 G4 และ G5 จะได้เส้นโค้งที่มีลักษณะคล้ายตัว S

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบ Dynamic creep ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

4.3.2.2 การทดสอบการหลุดลอก

ในการศึกษานี้ ทำการทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ด้วยวิธี Splitting test เพื่อหาความต้านทานการแตกร้าว (Cracking Resistance) ซึ่งโดยทั่วไป ค่า Splitting strength ratio ควรีค่ามากกว่า 75% จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ค่า Splitting strength ratio ของขนาดคละมวลรวมแต่ละรูปแบบ มีค่ามากกว่า 75%

นอกจากนี้ จะสังเกตเห็นว่า ขนาดคละมวลรวมที่มีปริมาณของมวลรวมละเอียดอยู่มากจะมีค่า Splitting strength ratio สูงกว่าขนาดคละมวลรวมที่มีปริมาณของมวลรวมละเอียดอยู่น้อยกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ค่า Splitting strength ratio จากการทดสอบการหลุดลอกด้วยวิธี Splitting test

Type of Gradation	Splitting Strength Ratio
G1	87.48
G2	86.21
G3	82.65
G4	85.50
G5	84.51

4.3.2.3 การทดสอบหาความต้านทานแรงเสียดทาน

ความต้านทานแรงเสียดทานของพื้นผิว (Skid Resistance) มีความสำคัญอย่างมากในเรื่องของความปลอดภัยในการขับขี่ นั่นคือ ผิวทางที่มีความต้านทานแรงเสียดทานของพื้นผิวสูง จะมีความปลอดภัยในการขับขี่มากกว่าผิวทางที่มีความต้านทานแรงเสียดทานของพื้นผิวต่ำ

ผิวทางระบายน้ำ เป็นผิวทางที่ใช้วัสดุผสมที่มีขนาดใหญ่มากกว่าผิวทางโดยทั่วไป นอกจากนี้ ยังมีความสามารถในการระบายน้ำลงสู่ใต้ชั้นผิวทางได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ ผิวทางระบายน้ำเป็นที่มีความต้านทานแรงเสียดทานของพื้นผิวทั้งในสภาพแห้งและเปียก

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า ความต้านทานแรงเสียดทานของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มีการใช้ขนาดคละมวลรวมที่แตกต่างกันจะมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในสภาพแห้งและเปียก โดย ความต้านทานแรงเสียดทานของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในสภาพแห้งอาจมีค่ามากกว่าความต้านทานแรงเสียดทานในสภาพเปียกอยู่เล็กน้อย และนอกจากนี้จะเห็นได้ว่าปริมาณของมวลรวมละเอียดที่มีอยู่ในขนาดคละมวลรวมแต่ละรูปแบบจะไม่ส่งผลต่อความต้านทานแรงเสียดทานของผิวแอสฟัลต์คอนกรีต

ตารางที่ 4.5 ค่าแรงเสียดทานของก้อนตัวอย่างทั้งในสภาพแห้ง และสภาพเปียก

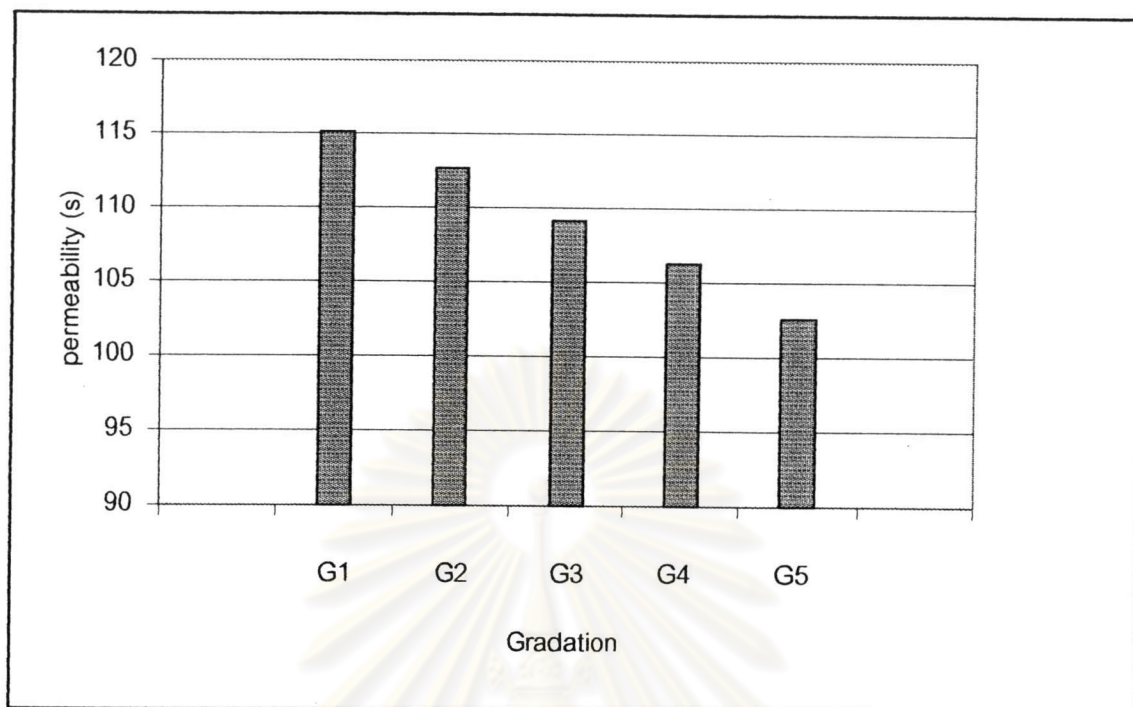
	Gradation	Dry Condition	Wet Condition
Porous Asphalt Concrete	G1	94	92
	G2	94	93
	G3	95	93
	G4	94	94
	G5	95	93

4.3.2.4 การทดสอบหาความสามารถในการระบายน้ำ

แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวถนนกับล้อรถจะมีค่าต่ำลงเมื่อถนนมีน้ำท่วมขัง ดังนั้นผิวทางที่สามารถระบายน้ำลงสู่ด้านล่างได้อย่างรวดเร็วจะช่วยลดปัญหาการท่วมขังของน้ำ ทำให้การขับขี่มีความปลอดภัยมากขึ้น นอกจากนี้ ยังช่วยลดการกระเด็นของละอองน้ำด้านหลังยานพาหนะเมื่อยานพาหนะแล่นผ่าน อีกทั้งยังช่วยลดแสงสะท้อนจากผิวทางที่เปียกทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ซึ่งช่วยให้มีทัศนวิสัยในการขับขี่ที่ดี

จากการศึกษาซึ่งประยุกต์มาจากการทดลองในภาคสนาม (In situ) ตามข้อแนะนำของกรมทางหลวงเบลเยียม พบว่าความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีขนาดคละของส่วนผสมที่ประกอบด้วยมวลรวมละเอียดมากกว่า จะมีค่าน้อยกว่าความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ขนาดคละที่ประกอบด้วยมวลรวมละเอียดที่น้อยกว่า ซึ่งจะอยู่ในช่วง 96 - 115 วินาที ดังแสดงดังรูปที่ 4.8 ซึ่งผ่านตาม เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 180 วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



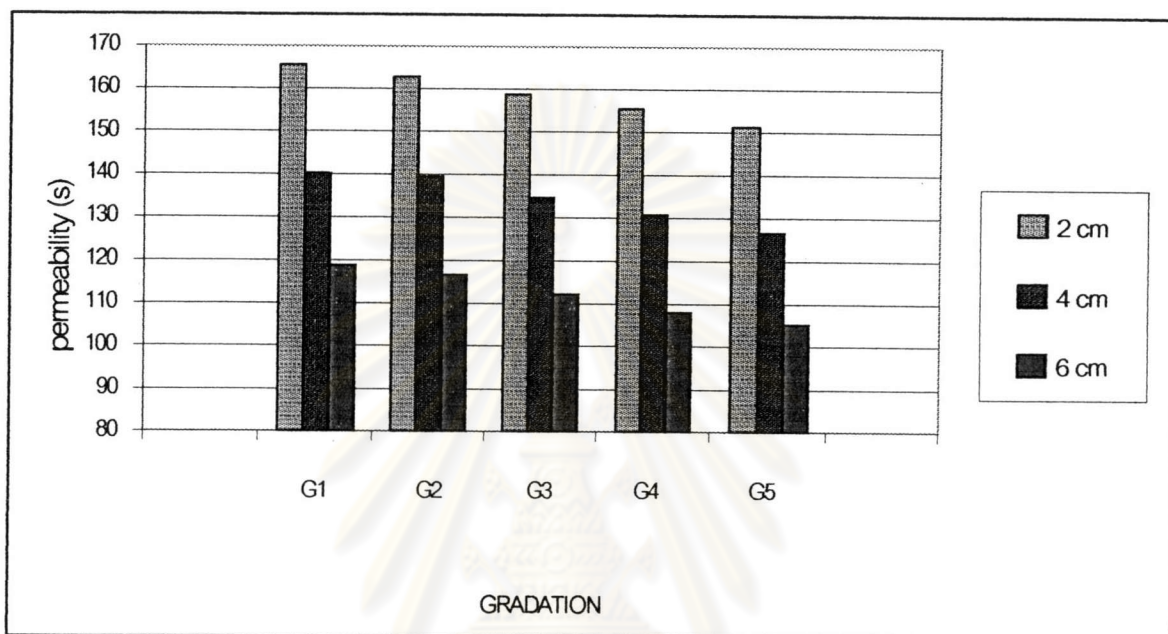
รูปที่ 4.8 ความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ
ที่มีขนาดคละของมวลรวมแตกต่างกัน

4.3.3 การทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ ในการปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

ในการประยุกต์ใช้ผิวทางระบายน้ำนั้น จะปูผิวทางระบายน้ำทับบนผิวทางที่มีความหนาแน่นสูง เพื่อให้ถนนสามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น โดยเปรียบเสมือนว่า ผิวทางระบายน้ำทำหน้าที่เป็นชั้นที่ช่วยในการระบายน้ำลงสู่ด้านล่างของพื้นผิวถนน ส่วนผิวทางที่มีความหนาแน่นสูงทำหน้าที่รับแรงที่มาจากปริมาณการจราจร และเป็นชั้นกันน้ำไม่ให้ไหลลงสู่ชั้นถัดไป นอกจากนี้ ยังช่วยในการระบายน้ำออกจากด้านข้างของถนน

ในการทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในการปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง จะศึกษาถึงผลของความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการยุบตัวแบบถาวร และความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีต โดยในการศึกษานี้จะทดสอบด้วยการเปลี่ยนแปลงความหนาของแอสฟัลต์ระบายน้ำตามที่กำหนดไว้ คือ 2 เซนติเมตร 4 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร

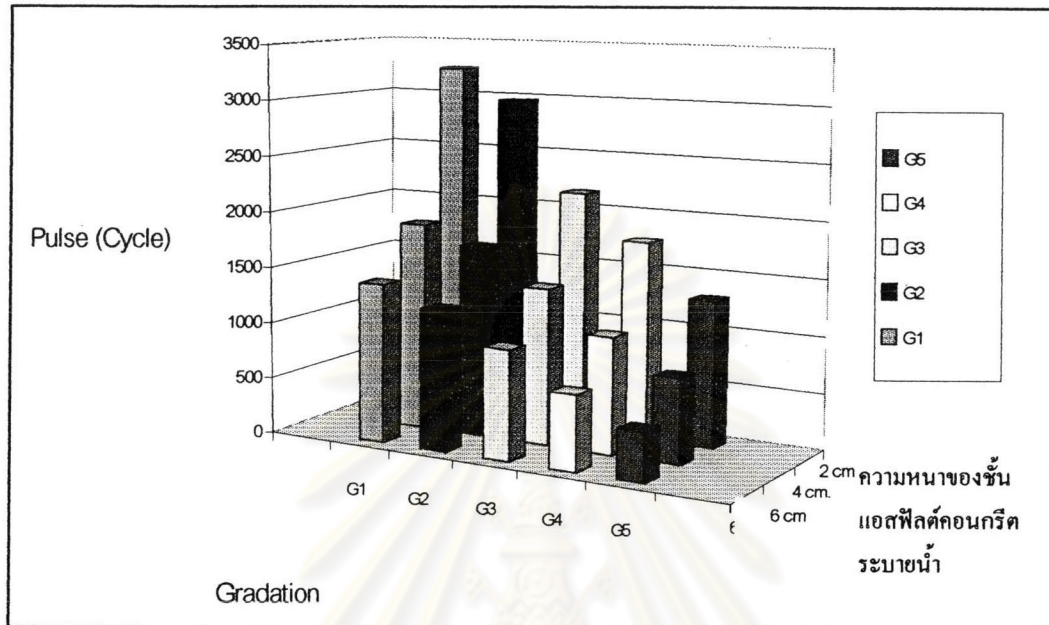
จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงมีผลต่อความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีต โดยแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีชั้นของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มากกว่าจะมีความสามารถในการระบายน้ำที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้ทั้งหมดมีค่าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 180 วินาที



รูปที่ 4.9 ความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ 2cm 4cm และ 6cm ปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่า ความหนาของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำมีผลต่อความต้านทานการยุบตัวแบบถาวรของแอสฟัลต์คอนกรีต โดยแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีชั้นของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำหนาน้อยกว่าจะมีความต้านทานการยุบตัวแบบถาวรที่สูงกว่า



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบ Dynamic creep ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ 2cm 4cm และ 6cm ปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

นอกจากนี้จากผลการทดสอบ ยังพบว่าส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ใช้ขนาดคละมวลรวม G1 ที่มีความหนาของผิวทาง 6 cm. ยังสามารถที่จะมีความต้านทานการยุบตัวแบบถาวรที่สูงกว่า ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ใช้ขนาดคละมวลรวม G5 ที่มีความหนาของชั้นผิวทาง 2 cm. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในกรณีนี้ ผลของขนาดคละมวลรวมส่งผลต่อความต้านทานการยุบตัวแบบถาวร มากกว่า ความหนาของชั้นผิวทางระบายน้ำที่ปูทับบนผิวทางที่มีความหนาแน่นสูง

4.3.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติในด้านต่างๆ ของผิวทางระบายน้ำ เมื่อมีขนาดคละมวลรวมต่างกัน

ตารางที่ 4.6 คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ใช้ขนาดคละมวลรวมที่ต่างกัน

	% binder	Cantabro		Loss of Running (N)	Marshall Test				Performance Test				
		Scattering Loss (%)	Loss (%)		Stability (N)	Flow (0.25mm.)	Unit Weight (Mg/m ³)	% Air Void	Strength Ratio (%)	Skid Resistance		Permeability (s)	Dynamic Creep(cycle)
										Dry	Wet		
G1	4.5	6.0	0.5	8.57	19.53	2.046	17.36	87.48	94	92	115	2706	
G2	4.0	7.0	0.5	8.31	19.05	2.028	18.68	86.21	94	93	113	2400	
G3	4.0	10.2	0.7	7.46	14.77	2.026	18.81	82.65	95	93	109	1707	
G4	4.0	12.5	0.8	6.51	14.37	2.022	18.96	85.5	94	94	106	735	
G5	3.5	17.2	0.5	5.47	13.29	2.008	20.13	84.51	95	93	103	391	

จากตารางที่ 4.6 เมื่อผสมแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำด้วยค่า % ของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมจะพบว่า

- ในส่วนของการทดสอบมาร์แชล เมื่อขนาดคละมวลรวมมีปริมาณของมวลรวมละเอียดอยู่มากกว่าจะส่งผลต่อคุณสมบัติต่างๆของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ ดังนี้
 - ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีค่า Marshall Stability สูงขึ้น
 - ค่า flow ของส่วนผสมมีค่าสูงขึ้น
 - unit weight ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น
 - % Air Void ในส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตมีค่าลดลง
- เกี่ยวกับ Cantabro Scattering Loss พบว่าเมื่อขนาดคละของมวลรวม มีปริมาณของมวลรวมละเอียดอยู่มาก จะส่งผลให้ค่า Loss ลดลงปริมาณของมวลรวมละเอียดที่สูงขึ้น จะช่วยให้แอสฟัลต์คอนกรีต สามารถที่จะต้านทานต่อการขัดสีได้ดีกว่า
- กรณีของการทดสอบ Loss of Running Off จะพบว่าที่ปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เท่ากัน ปริมาณของมวลรวมละเอียดที่มีอยู่ในขนาดคละมวลรวม จะส่งผลให้ค่า Loss of Running Off มีค่าน้อยลง ซึ่งหมายถึง การที่มีมวลรวมละเอียดอยู่ในขนาดคละมาก จะทำให้การหลุดลอกตามการจราจรมีค่าต่ำลง

4. เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับความต้านทานการแตกร้าวโดยพิจารณาจากค่า Strength Ratio ของแอสฟัลต์คอนกรีต จะพบว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ขนาดคละมวลรวม มีปริมาณมวลรวมละเอียดอยู่สูงจะสามารถที่จะต้านทานการแตกร้าวได้ดีกว่า

5. ในเรื่องความต้านทานต่อแรงเสียดทาน ในการศึกษาพบว่า ขนาดคละของมวลรวมที่แตกต่างกัน จะไม่ส่งผลต่อความต้านทานต่อแรงเสียดทาน ทั้งในสภาพแห้งและเปียก ของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ โดยค่าความต้านทานแรงเสียดทานในสภาพแห้งนั้นมีค่ามากกว่า ค่าความต้านทานแรงเสียดทานในสภาพเปียกอยู่เล็กน้อย

6. จากตารางที่ 4.6 พบว่าค่าของการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ จะมีค่าน้อยลงเมื่อมีปริมาณมวลรวมละเอียด ในขนาดคละมวลรวมที่มากกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับค่า % ช่องว่าง ในส่วนผลสม จึงสามารถสรุปได้ว่า เมื่อมีมวลรวมละเอียดอยู่ในส่วนผลสมมาก จะทำให้ % ของช่องว่างในส่วนผลสมลดลง จึงทำให้ค่าการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ มีค่าน้อยลง

7. ในส่วนของความต้านทานต่อการยุบตัวถาวร โดยการทดสอบด้วยวิธี dynamic Creep Test พบว่าเมื่อใช้ขนาดคละมวลรวมที่มีปริมาณมวลรวมละเอียดอยู่สูง แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำจะสามารถต้านทานการยุบตัวแบบถาวร ได้ดีกว่าเมื่อใช้ ขนาดคละที่มีปริมาณมวลรวมละเอียดผลสมอยู่น้อย ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณของช่องว่าง ในแอสฟัลต์คอนกรีตที่น้อยกว่า จึงทำให้แอสฟัลต์คอนกรีต ทนต่อการยุบตัวแบบถาวรได้มากกว่า

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ ระหว่างประสิทธิภาพในการใช้งานของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ จะพบว่า

1. เมื่อความต้านทานการแตกร้าวของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำมีค่าสูงขึ้น คุณสมบัติด้านการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีต จะมีค่าลดลง

2. เมื่อความต้านทานต่อการยุบตัวแบบถาวรของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ มีค่าสูงขึ้น ความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตจะมีค่าต่ำลง ซึ่งจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความสัมพันธ์ระหว่าง ความต้านทานต่อการแตกร้าวของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ กับ คุณสมบัติด้านการระบายน้ำ

3. จากการศึกษา ยังไม่สามารถที่จะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติด้านการระบายน้ำกับความต้านทานแรงเสียดทานของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำได้อย่างชัดเจนเนื่องจากความต้านทานแรงเสียดทานมีแนวโน้มที่จะไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อความสามารถในการระบายน้ำมีค่าเปลี่ยนแปลงไป

4. เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเสถียรภาพ (stability) และ การไหล (flow) ของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ กับ ความสามารถในการระบายน้ำจะพบว่า หากต้องการให้แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ มีเสถียรภาพสูง หรือต้องการให้มีค่าการไหล ที่มาก จะต้องชดเชยกับความสามารถในการระบายน้ำที่ลดลงไป

5. เมื่อแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ มีความหนาแน่นมากขึ้น ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำสูงขึ้น จะทำให้ช่องว่างในส่วนผสมลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำลดลงด้วย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย