บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 คุณสมบัติของแอสฟัลท์คอนกรีตที่เหมาะสม

ในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต ต้องให้มีคุณสมบัติ และคุณภาพเหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นเฉพาะงานไป การออกแบบใช้วิธีกำหนดสูตรส่วนผสมเฉพาะกิจ (Job Mix Formular) คุณสมบัติแอสฟัลท์คอนกรีตเหมาะสม Mcleod (1970) ได้กล่าวถึงมีดังต่อไปนี้

2.1.1 เสถียรภาพ (Stability) หมายถึง ความสามารถต้านทานต่อการแอ่นตัว เสียรูปของแอสฟัลท์คอนกรีต เมื่อมีน้ำหนักจากการจราจรมาทำ หรือกล่าวได้ว่าเสถียรภาพของแอสฟัลท์คอนกรีต เกิดจากความฝืด (Friction), การยึดกัน (Interlocking) ของมวลรวมและแรง ยึดเหนี่ยว (Cohesion) ของแอสฟัลท์คอนกรีต ค่าเสถียรภาพจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมวลรวมมีลักษณะเป็นเหลี่ยม เป็นมุม ผิวขรุขระและความสามารถในการเรียงตัวจะได้ความแน่นที่ดี สำหรับแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่เป็นตัวประสานระหว่างขนาดคละของมวลรวม จะต้องมีค่าความแข็งแรงที่เหมาะสมและปริมาณของแอสฟัลท์ซีเมนต์ เพียงพอที่จะเคลือบมวลรวม เพื่อให้เกิดการยึดเกาะระหว่างขนาดคละของมวลรวมได้ดี

2.1.2 ความคงทน (Durability) หมายถึง ความต้านทานต่อการเสื่อมคุณภาพของแอสฟัลท์คอนกรีต อันเป็นสาเหตุจากความเสียหายของผิวทางภายใต้น้ำหนักจราจร ความต้านทานของแอสฟัลท์คอนกรีตจะลดลงเนื่องมาจากผลกระทำของสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น อากาศและแสงแดดจะทำให้ออกซิเจนสันดาปกับแอสฟัลท์ซีเมนต์ เกิดการแข็งตัวขึ้น ทำให้ความต้านทานของผิวลดลง น้ำเป็นสาเหตุทำให้การยึดเกาะระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลท์ซีเมนต์ไม่ดี ทำให้เกิดของการแตกร้าวของผิวทาง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้เกิดการขยายตัวและหดตัวในโครงสร้างชั้นทางต่าง ๆ ของถนน ซึ่งทำให้เกิดแรงเค้น (Stress) ในโครงสร้างจะทำให้ความต้านทานของแอสฟัลท์คอนกรีตลดลงเป็นต้น

2.1.3 ความสามารถในการยืดหยุ่นตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการทรุดตัวและแอ่นตัวของโครงสร้างผิวทาง โดยปราศจากความเสียหาย และการเสียรูปของผิวทางเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำหนักจราจรกดชั่วขณะเวลาหนึ่ง ชั้นผิวทางจะเกิดแรงอัดและแรงดึงซ้ำ ๆ สลับกันที่ด้านบน และด้านล่างของชั้นผิวทาง ดังนั้น แอสฟัลท์คอนกรีตที่ดีจะต้องมีความสามารถในการยืดหยุ่นตัวได้ดี ส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต ที่มีค่าเสถียรภาพสูงและปริมาณแอสฟัลท์ซีเมนต์สูงจะสามารถต้านทานต่อการเสียรูปร่าง (Deformation) ได้สูง

2.1.4 ความสามารถต่อการลื่นไถล (Skid Resistance) หมายถึง ความต้านทานต่อการลื่นไถลของผิวทางกับยางล้อรถ ซึ่งมีความสำคัญมากต่อความปลอดภัยของยวดยาน เป็นผลทำให้เกิดอุบัติเหตุในการหยุดรถ เมื่อความสามารถต่อการลื่นไถลของผิวทางลดลง ความต้านทานต่อการลื่นไถลจะลดลง เมื่อวัสดุมวลรวมจมลงไปชั้นผิวทางแล้วแอสฟัลท์ซีเมนต์ทะลักขึ้นมาบนผิวทางทำให้ผิวทางเป็นมันลื่น ดังนั้นแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงต่ำ จะทำให้เกิดการทะลักขึ้นมาบนผิวทางได้ง่าย

2.1.5 ความสามารถในการใช้งาน (Workability) หมายถึง ความสามารถในการปูลาดและบดอัดได้ง่าย หรือส่วนผสมที่จะสามารถทำงานง่าย ในกรณีที่ส่วนผสมมีความสามารถในการทำงานยากสามารถแก้ไขให้ได้ดีด้วยการเปลี่ยนแปลงส่วนผสม เปลี่ยนวัสดุและขนาดของมวลรวมใหม่ ส่วนผสมที่ทำงานได้ยาก โดยมีแนวโน้มว่าจะเกิดการแยกตัวออกจากกันทั้งในระหว่างการขนส่งและการปูลาดบดทับส่วนปริมาณฝุ่นมากเกินไปอาจมีผลทำให้บดอัดได้ยากเพราะจะมีการเคลื่อนตัวของส่วนผสมตลอดเวลาที่มีการบดอัด ทำให้ได้ค่าความหนาแน่นต่ำ

2.1.6 ความสามารถในการต้านทานซึมผ่าน (Impermeability) หมายถึง การที่แอสฟัลท์คอนกรีตมีความแน่นดีมีช่องว่างของอากาศพอที่จะทำให้น้ำซึมเข้าไปในตัวไม่ได้ ทำให้มีค่าความทนทานสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การยึดเกาะของส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต

การยึดเกาะ (Adhesion) ของแอสฟัลท์ซีเมนต์ กับมวลรวม เป็นปรากฏการณ์ทางด้านฟิสิกส์และเคมี (Physicochemical properties) ที่เกิดขึ้นบนผิวสัมผัสของวัตถุทั้งสองภายใต้ระบบสองเฟส (Two Phase System) ซึ่งเป็นระบบที่มวลรวมอยู่รวมกันเป็นกลุ่มได้ด้วย มีแอสฟัลท์ซีเมนต์เป็นตัวประสาน

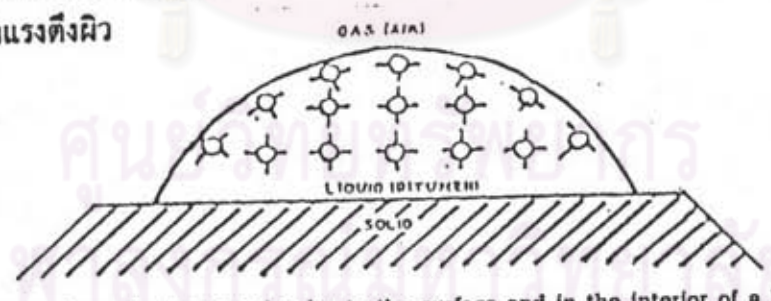
Majidzadeh and Brovold (1968) สรุปว่า ปัจจัยที่ทำให้ยึดเกาะได้ดีนั้น ไม่ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ดีเพียงอย่างเดียว ยังต้องมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องภายนอก เช่น กรรมวิธีการผสมและสภาวะแวดล้อมภายนอกด้วย เช่น ความสะอาดของมวลรวม อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการยึดเกาะของส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต สรุปได้ดังนี้

2.2.1 คุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement Properties)

แอสฟัลท์ซีเมนต์มีคุณสมบัติที่มีอิทธิพลต่อการยึดเกาะ ดังนี้

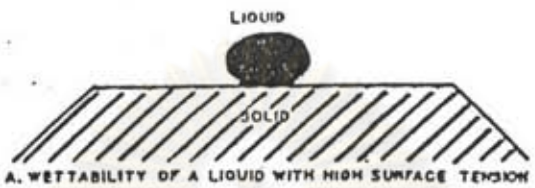
2.2.1.1 แรงตึงผิว (Surface Tension) เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงดูดกันระหว่างโมเลกุลที่ผิวของของเหลวขาดสมดุลย์ ตามรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นโมเลกุลของของเหลวที่อยู่ด้านในซึ่งจะมีแรงดูดกันทุกทิศทางต่างจากโมเลกุล ที่อยู่ด้านผิวจะดูดกันเฉพาะด้านในเท่านั้น มีหน่วยพลังงานที่ผิว (Surface Energy) ซึ่งเมื่อพื้นที่ผิวแผ่ออกไปในขณะที่เข้า สัมผัสกับของแข็ง ซึ่งมีค่าเท่ากัน กับค่าแรงตึงผิว



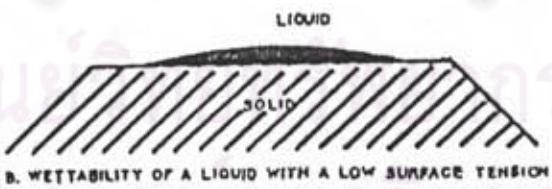
Attractive forces between molecules to the surface and in the interior of a liquid.

รูปที่ 2.1 แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่ผิว และภายในของเหลว

แรงตึงผิวมีผลต่อการเคลือบและการแผ่ (Wetting and Spreading) ของแอสฟัลท์ซีเมนต์บนผิวมวลรวม ซึ่งของเหลวที่มีแรงตึงผิวสูง จะทำให้ความสามารถในการเคลือบต่ำและของเหลวที่มีแรงตึงผิวต่ำก็จะมีความสามารถในการเคลือบ และการแผ่สูง ตามรูปที่ 2.2



ก) แรงตึงผิวสูง

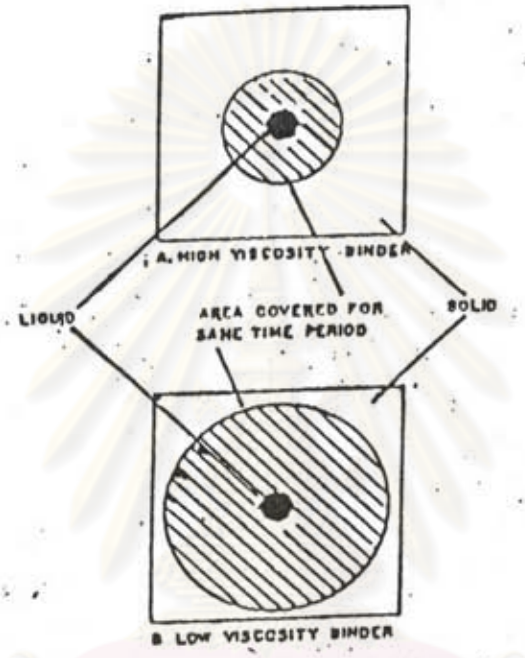


ข) แรงตึงผิวต่ำ

รูปที่ 2.2 ความสามารถในการเปียก หรือการแผ่กระจายของของเหลว บนผิวของแข็ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

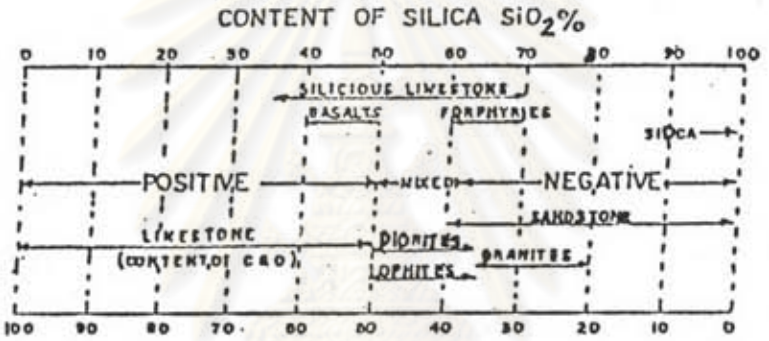
2.2.1.2 ความหนืด (Viscosity) เป็นคุณสมบัติของแอสฟัลท์ซีเมนต์ ที่แสดงการเคลื่อนตัวของโมเลกุล และขนาดของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล อุณหภูมิจะมีผลต่อค่าความหนืดการเคลือบผิวมวลรวมด้วยแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่มีอุณหภูมิสูง จะสามารถเคลือบได้ดีกว่า รูปที่ 2.3 ผลของความหนืดสูงจะแผ่น้อยแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่มีความหนืดต่ำ



Influence of the binder viscosity on its wettability.

รูปที่ 2.3 ผลของความหนืดของแอสฟัลท์ ต่อความสามารถในการแผ่กระจาย

2.2.1.3 ความหนาของฟิลม์ที่เคลือบ (Film Thickness) เป็นพฤติกรรมการยึดเกาะตัวของแอสฟัลท์ซีเมนต์กับมวลรวม ความแข็งแรงของแอสฟัลท์คอนกรีตจะแปรเปลี่ยนไปตามความหนาของแผ่นฟิล์มที่เคลือบ ฟิล์มของแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่เคลือบบาง ๆ ทำให้ให้เกิดการแตกเปราะฉีกขาดได้ง่าย ส่วนฟิล์มของซีเมนต์ที่หนามาก จะเกิดความเสียหาย เพราะการยึดตัวจนขาดของแอสฟัลท์เอง



Classification of aggregates (13)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.4 การแบ่งมวลรวมตามปริมาตร Silica $(Sio)_2$

2.2.1.4 องค์ประกอบและแหล่งที่มาของแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Composition and Source) แอสฟัลท์ซีเมนต์ประกอบด้วยสารของไฮโดคาร์บอน มีคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติของโมเลกุล (Molecular Property) ที่แตกต่างกัน โมเลกุลบางส่วนมีพฤติกรรมเป็นไดโพล (Dipolar Moleular) ซึ่งทำให้เกิดสภาวะสมดุลย์ทางพลังงานที่ผิวของมวลรวมได้ในการเข้าสัมผัสกัน พบว่าองค์ประกอบของแอสฟัลท์ซีเมนต์จากแหล่งที่ต่างกันจะมีความอ่อนไหวต่อการหลุดลอกและมีคุณสมบัติต่อการยึดเกาะที่แตกต่างกันด้วย

2.2.1.5 ความทนทาน (Durability) เป็นคุณสมบัติในการใช้งานที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมทำให้แอสฟัลท์ซีเมนต์มีการเปลี่ยนแปลง ค่าความหนืด แรงตึงผิว ซึ่งมีผลอย่างมากต่อความแข็งแรงของผิวสัมผัส เมื่อมีน้ำหนักมากระทำในอุณหภูมิที่ต่ำ แอสฟัลท์ซีเมนต์ที่แข็งจะแตกเปราะเสียหายได้ ในกรณีที่อุณหภูมิสูงเมื่อมีน้ำหนักมากระทำจะทำให้เกิดการไหลตัว (Viscous Flow) มีมากทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างได้

2.2.2 คุณสมบัติของมวลรวม (Aggregate Properties)

คุณสมบัติของมวลรวมที่มีผลต่อการยึดเกาะของแอสฟัลท์คอนกรีตมีดังต่อไปนี้

2.2.2.1 ส่วนประกอบด้านแร่ (Mineralogy Composition)

มวลรวมทุกชนิดจะมีประจุไฟฟ้าที่ผิวขาดสมดุลย์ (Unbalanced Surface Change) ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดแรงตึงผิวเมื่อเข้าสัมผัสกับของเหลวที่มีประจุไฟตรงกันข้ามจะทำให้เกิดสมดุลย์ของพลังงานที่ผิวสัมผัสเกิดเป็นแรงยึดเกาะขึ้น โดยทั่วไปมวลรวมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่หนึ่งเป็นพวกที่เกาะยึดกับแอสฟัลท์ซีเมนต์ได้ดีกว่าน้ำ (Hydrophobic) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นมวลรวมประเภทเบสิก (Basic Type) จะมีปริมาณของ Sio_2 ต่ำ แต่มีส่วนประกอบของ Al_2O_2, FeO, Mgo, Cao, Na_2O และ K_2O เป็นส่วนประกอบอยู่มาก ประเภทที่สอง เป็นพวกที่เกาะยึดกับน้ำได้ดีกว่าแอสฟัลท์คอนกรีต ซึ่งมักจะเป็นมวลประเภทแอซีดิค (Acidic Type) จะมีปริมาณของ SiO_2 และ CO_2 เป็นสัดส่วนอยู่มากตามตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามรูปที่ 2.4

2.2.2.2 ความหยาบของผิว (Surface Roughness)

ความหยาบของผิวมวลรวม ทำให้เกิดแรงยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์กับมวลรวมโดยที่ ถ้าผิวมวลรวมหยาบมากขึ้นเท่าใด ก็จะเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับแอสฟัลท์ซีเมนต์มากขึ้นเท่านั้นนอกจากนี้ น้ำและอากาศที่แทรกอยู่ในรอยแยกของผิวมวลรวมจะมีผลทำให้การยึดเกาะของแอสฟัลท์ซีเมนต์ไม่สมบูรณ์ ทำให้มีผลต่อกำลังความแข็งแรงในการยึดเกาะของระบบด้วย

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทมวลรวม ตามปริมาณ SiO_2

ACIDIC CLASSIFICATION BASED ON SiO_2 CONTENT

Classification	Percentage SiO_2	
	Knight	Kraus
Acidic rocks	66 or more	65 to 80
Intermediate rocks	55 to 66	52 to 65
Basic rocks	Less than 55	Less than 52
Ultra-basic rocks	No maximum agreed upon	--

ตารางที่ 2.2 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยส่วนประกอบเนื้อแร่ของมวลรวม

AVERAGE PERCENTAGE MINERALOGICAL COMPOSITION

Rock	Quartz	Orthoclase	Plagioclase	Augite	Hornblende	Biotite	Muscovite	Epidote	Rock Glass
Igneous Rocks									
Granite	30	41	8	-	-	3	3	1	-
Diorite	9	7	30	3	27	4	0.1	5	-
Gabbro	0.5	-	44	29	9	2	-	1	-
Diabase	-	-	44	46	-	-	-	-	7
Rhyolite	37	45	3	-	0.7	3	3	2	0.4
Trachyte	3	42	1	2	6	0.5	-	8	9
Andesite	0.8	-	48	14	3	-	-	3	13
Basalt	-	-	38	35	-	-	-	-	21
Metamorphic Rocks									
Quartzite	86	3	-	-	1	2	2	2	-
Feldspathic-quartzite	48	27	1	-	-	2	5	1	-
Hornblende-gneiss	30	18	15	3	45	3	1	2	-
Granite-gneiss	27	32	3	-	-	7	11	2	-
Biotite-schist	24	13	3	-	1	38	3	3	-
Mica-schist	27	16	1	-	-	13	38	3	-
Slate	29	4	-	-	-	-	55	2	-
Marble	3	0.2	0.2	-	-	-	Calcite = 96		-
Amphibolite	3	1	8	-	70	1	0.2	12	-
Sedimentary Rocks									
Sandstone	78	5	0.3	-	-	0.2	1	-	-
Feldspathic-sandstone	35	28.	3	-	-	0.6	2	1	-
Calcareous-sandstone	45	3	2	-	-	-	Calcite = 42		-
Chert	93	-	-	-	-	-	Calcite = 1		-
Limestone	6	-	-	-	Dolomite = 9		Calcite = 83		-
Dolomite	5	-	-	-	Dolomite = 82		Calcite = 11		-

2.2.2.3 ความพรุน (Porosity)

รูพรุน (Pores) รอยแยก (Crevices) และรูเล็ก ๆ (Capillaries) ที่ผิวของมวลรวมมีผลทำให้การยึดเกาะของแอสฟัลท์ซีเมนต์ดีขึ้น และช่วยให้เกิดการเกาะเกี่ยวกัน (Interlocking) ดียิ่งขึ้น เนื่องมาจากอากาศที่แทรกอยู่ภายในรูเหล่านั้น เมื่อถูกความร้อนจะทำให้อากาศภายในขยายตัวเมื่อเสร็จขั้นตอนการผสมแล้วอุณหภูมิลดลง ทำให้อากาศเย็นตัวลงเป็นผลให้แอสฟัลท์ซีเมนต์เคลื่อนตัวเข้าไปแทนที่ได้ง่าย

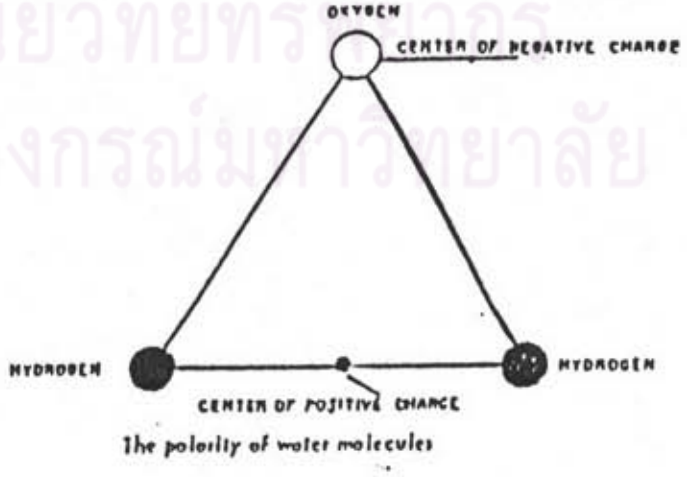
2.2.2.4 สิ่งติดปนที่ผิว (Surface Coating)

ผิวมวลรวมอาจมีฝุ่นละเอียดและน้ำติดอยู่ โดยที่สิ่งติดปนเหล่านี้ทำให้เกิดการยึดเกาะของแอสฟัลท์ซีเมนต์เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ดังนั้นมวลรวมที่สะอาดและมีความแห้งจะช่วยให้มีการยึดเกาะที่ดีขึ้น

2.2.3 คุณสมบัติของน้ำ

น้ำมีของเหลวที่มีขั้วประจุ 2 ขั้ว (Dipole) ซึ่งมีประจุบวกตรงกลาง และมีประจุลบไม่สมดุลย์ดังรูปที่ 2.5 ในสนามไฟฟ้าสถิตโมเลกุลของน้ำสามารถดึงดูดผิวของมวลรวมประเภท Acidic ได้เพียงพอกับประจุที่ผิวไม่สมดุลย์ค่า pH ของน้ำก็มีผลต่อการยึดเกาะ Gzemski (1948) พบว่า สารละลายที่มีค่า pH สูงจะจับกับมวลรวมประเภท Basic ได้ดีกว่า ส่วนสารละลายที่มี pH ต่ำจะจับกับมวลรวมประเภท Acidic ได้ดีกว่า

น้ำในรูปของของเหลว และไอ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีตเกิดความเสียหาย โดยที่น้ำจะซึมผ่านเข้าไปโพรงอากาศ (Voids) ภายในส่วนผสมและแทรกตัวเข้าไปที่หน้าสัมผัสระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์กับมวลรวม ทางรอยแยกของแผ่นแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่เคลือบมวลรวมอยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดการยึดเกาะที่ไม่แข็งแรงและนำไปสู่การหลุดลอกในที่สุด



The polarity of water molecules

รูปที่ 2.5 ขั้วประจุโมเลกุลของน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 กลวิธีการยึดเกาะ (Mechanical of Adhesion)

Rice (1958) ได้สรุปทฤษฎีหลัก ๆ ไว้ดังนี้

2.3.1 ทฤษฎีทางกล (Mechanical Theory)

ลักษณะของผิว (Surface Texture) ของมวลรวม และการเกาะเกี่ยวกันเชิงกล (Mechanical Interlocking) ระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์กับมวลรวม เป็นปัจจัยสำคัญต่อการยึดเกาะ Mc.Bain and Hopkins (1926) ได้เสนอทฤษฎีนี้เพื่อใช้อธิบาย พฤติกรรมการยึดเกาะระหว่างของเหลวที่แผ่กระจายบนผิวของมวลรวม กล่าวว่า การเกาะติดในรูพรุน และความหยาบของผิวจะทำให้เกิดการเกาะเกี่ยวกันเชิงกล และการแผ่กระจายเคลือบที่สมบูรณ์สามารถทำให้เกิดการยึดเกาะแข็งแรงกว่าผิวที่เรียบ

2.3.2 ทฤษฎีการจัดเรียงตัวของโมเลกุล (Molecular Orientation)

จากนิยาม ได้อธิบายเกี่ยวกับโมเลกุลของแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่อยู่ใกล้บริเวณผิวสัมผัสจะเรียงตัวกันอย่างมีระบบ และเกาะกันกับผิวของมวลรวมอย่างแนบแน่น การจัดเรียงตัวของโมเลกุลของแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่ผิวมวลรวมเกิดจาก อิทธิพลของประจุไฟฟ้าโดยแรงนี้สามารถส่งผลไปยังโมเลกุลของแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่อยู่ในช่วง 0–100 อังสตรอมจากผิวสัมผัส

2.3.3 ทฤษฎีแรงปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Reaction Theory)

การยึดเกาะระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์กับมวลรวมเป็นผลมาจาก การเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบบางตัวในมวลรวมและแอสฟัลท์ซีเมนต์จากการที่แบ่งมวลรวมออกเป็น 2 ประเภท ตามอัตราส่วนของ Sio_2 คือ Acidic และ Basic จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าการหลุดลอกของแอสฟัลท์ซีเมนต์ จะเกิดขึ้นในมวลรวมประเภท Acidic มากกว่า Basic

2.3.4 ทฤษฎีพลังงานระหว่างผิวสัมผัส (Theory of Interfacial Energy)

ทฤษฎีนี้ได้รับการยอมรับมากที่สุด ในการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับ การยึดเกาะระหว่างของเหลวกับของแข็ง เมื่อของเหลวแผ่กระจายไปบนผิวของแข็ง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานอิสระที่ผิว

หลักการที่ว่า ที่ผิวของแข็งจะมีแรงที่ขาดสมดุลย์อยู่ (Unbalanced Force) ซึ่งทำให้เกิดแรงดึงผิวพลังงานที่ผิว การที่ของเหลวแผ่กระจายบนผิวของแข็งจึงทำให้เกิดความสมดุลย์ของพลังขึ้น ทำให้เกิดการยึดเกาะเพิ่มมากขึ้น เป็นปรากฏการณ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่ผิวของวัตถุ

ทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญของการเกิดขั้วประจุไฟฟ้า (Polarity) ในโมเลกุลของของเหลว กล่าวคือโมเลกุลเป็นแบบมีขั้วประจุไฟฟ้าจะสามารถเกาะติดกับผิวของแข็งได้ดีกว่า โมเลกุลที่ไม่มีขั้วประจุไฟฟ้าดังสามารถนำมาอธิบาย พฤติกรรมของการหลุดลอกของแอสฟัลท์ซีเมนต์ได้ โดยให้เหตุผลที่ว่าน้ำเป็นของเหลวที่มีประจุไฟฟ้า จึงสามารถเกาะติดกับผิวมวลรวมได้ดีกว่ายางแอสฟัลท์ที่เป็นของเหลว แบบไม่มีขั้วประจุไฟฟ้า

2.4 รูปแบบของความเสีย (Mode of Failure)

ความเสียหายที่เกิดขึ้นในส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีต สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือความยึดเหนี่ยวของแรงยึดเหนี่ยว (Cohesion Failure) และความเสียหายของแรงยึดเกาะ (Adhesion Failure)

โดยที่ความเสียหายของแรงยึดเหนี่ยว จะเกิดขึ้นที่ระนาบหรือภายในเนื้อแอสฟัลท์ซีเมนต์จนเกิดการแยกตัว จนมวลรวมหลุดร่อน เพราะขาดแรงเกาะติด (Adhesive Bond) ซึ่งสาเหตุมาจากคุณสมบัติการหดตัว (Rheological) ของแอสฟัลท์ซีเมนต์เอง ส่วนความเสียหายของแรงยึดเกาะจะเกิดขึ้นที่ระนาบของผิวสัมผัสของแอสฟัลท์กับมวลรวม เมื่อมวลรวมมีความชื้นและสภาพไม่ปกติทำให้แอสฟัลท์ซีเมนต์ หลุดลอกออกจากผิวมวลรวมโดยมีสาเหตุจากน้ำ, การจราจร, อุณหภูมิ, ช่องว่างในแอสฟัลท์คอนกรีต เป็นต้น

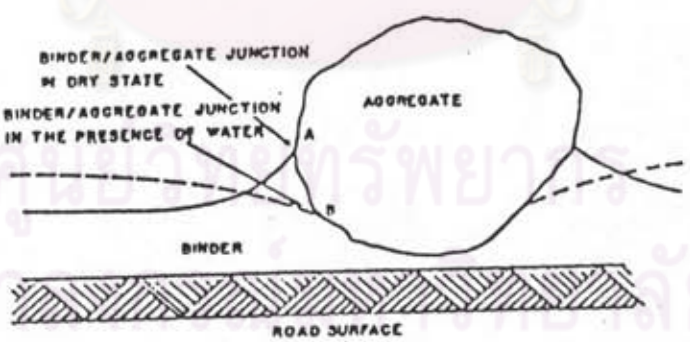
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 กลวิธีการหลุดลอก (Mechanism fo Stripping)

ความเสียหายที่เกิดขึ้นที่ระนาบสัมผัสของแอสฟัลท์ซีเมนต์กับมวลรวม สามารถสรุปได้ดังนี้

2.5.1 การถูกแทนที่ (Displacement Concept)

Blott (1954) กล่าวว่า การถูกแทนที่มีความสัมพันธ์กับความตึงของผิวสัมผัสร่วม (Interfacial Tension) ระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์ น้ำ และผิวของมวลรวม ดังรูปที่ 2.6 ที่จุด A แสดงความสมดุลย์ของตำแหน่งสัมผัสของแอสฟัลท์กับมวลรวมในสภาพแห้ง เมื่อมีการเปลี่ยนสภาวะไปอยู่ในสภาพเปียกชื้น ความตึงผิวสัมผัสร่วมจะเปลี่ยนแปลงระบบจะปรับสภาพสมดุลย์ใหม่โดยเคลื่อนตัวมาที่จุด B พบว่าระดับของการถูกแทนที่จะขึ้นอยู่กับความหนืดของแอสฟัลท์ซีเมนต์ถ้าแอสฟัลท์ซีเมนต์ มีความหนืดสูงในขณะใช้งานพบว่ามีความต้านทานต่อการแทนที่สูงกว่า ดังนั้นการที่น้ำท่วมขังผิวทางที่ก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ แอสฟัลท์คอนกรีตจะมีระดับของการถูกแทนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากความหนืดของแอสฟัลท์ซิเมนต์ยังพัฒนาไม่เต็มที่



Retraction of the binder/water interface over the aggregate surface in the presence of water,

รูปที่ 2.6 การร่นตัวของจุดสัมผัส แอสฟัลท์-มวลรวม เมื่อมีน้ำกระทำ

2.5.2 การชำรุดของแผ่นฟิล์มแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Film Rupture Theory)

แผ่นฟิล์มแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่เคลือบตรงเหลี่ยมขอบของมวลรวมจะบางกว่าบริเวณอื่นมีโอกาสที่จะเสียหาย ในระหว่างขั้นตอนของการบดอัด หรือภายใต้น้ำหนักกระทำจากยวดยาน ทำให้แผ่นฟิล์มเกิดการขัดสี ฉีกขาดได้ง่าย และน้ำสามารถเข้าไปในรอยชำรุดเหล่านั้นทำลายการยึดเกาะจนเกิดการหลุดลอกในที่สุด

2.5.3 การเกิดออสโมซิส (Osmosis Process)

เกิดจากน้ำสามารถกระจายผ่านเยื่อบาง (Membrane) ของแอสฟัลท์ซีเมนต์ เข้าไปได้ Mack (1964) กล่าวว่า ขบวนการออสโมซิสจะเกิดขึ้นแบบต่อเนื่องอย่างช้า ๆ ผ่านเยื่อบางที่สามารถดูดซับน้ำเข้าโพรง (Pores) ที่มีอยู่ตามผิวมวลรวม ซึ่งมีสารประกอบจำพวกเกลือตกค้างอยู่ด้วยความกดดันออสโมติก (Osmotic Pressure)

2.5.4 ความดันโพรง (Pour Pressure)

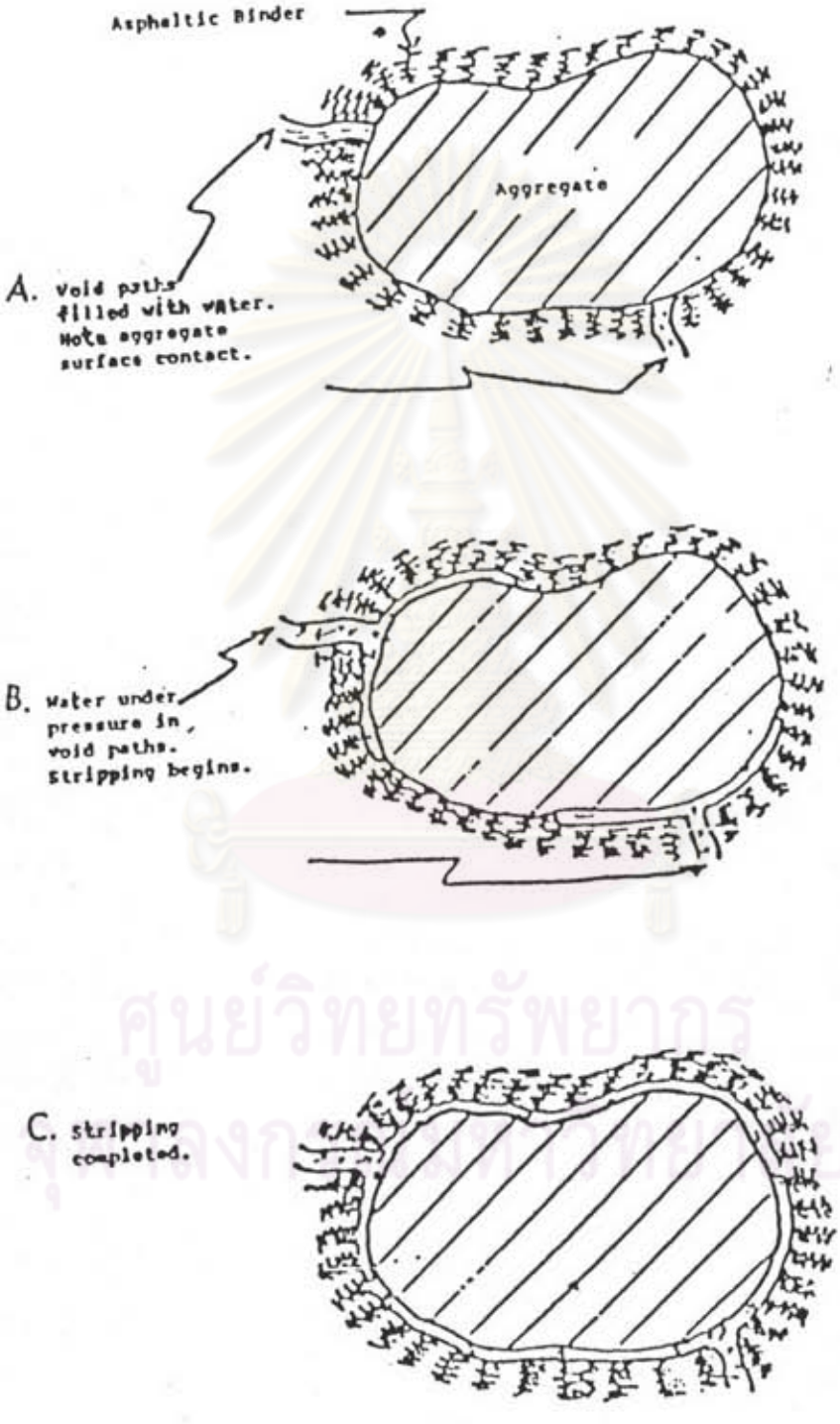
Lottman (1971) กล่าวว่า น้ำสามารถหมุนเวียนได้อิสระภายในช่องว่างของแอสฟัลท์คอนกรีตและมีน้ำหนักจากยวดยานกระทำด้วยแล้ว น้ำจะหมุนเวียนในช่องว่างด้วยความเค้น (Stress) ทำให้เกิดความดันขึ้นตรงโพรงที่ผิวของมวลรวม น้ำจะเข้าออกและแทรกเข้าไปตามรอยต่อ ผิวสัมผัสระหว่างแอสฟัลท์ซีเมนต์กับมวลรวม ตามรูปที่ 2.7

2.5.5 รูพรุนที่ฟิล์มแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Pinholes)

Thelen (1958) กล่าวว่า รูพรุนที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์มแอสฟัลท์ซีเมนต์ เกิดจากฝุ่นหรือวัสดุอื่น ๆ ขนาดเล็กมาเกาะอยู่ตามผิวของมวลรวมก่อนถูกเคลือบด้วยแอสฟัลท์ น้ำสามารถผ่านเข้าไปตามรูพรุนเหล่านี้ได้

2.5.6 การเกิดอิมิลชั่น (Emulsion Formation)

สารประกอบ Sodium Napthenate ในแอสฟัลท์ซีเมนต์สามารถรวมตัวกับน้ำกลายเป็นอิมัลชั่นด้วยกระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์ ได้โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกรรมวิธีทางกล (Machanical Process) และการเกิดอิมัลชั่นนี้ จะทำให้แรงยึดเกาะของมวลรวมกับแอสฟัลท์ซีเมนต์ลดลง



รูปที่ 2.7 การเกิดความดันโพรงในส่วนผสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย