บทที่ 3

ลักษณะและคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1 วัสดุดิน

ดิน (Soil) เป็นคำที่อธิบายได้มากมายเพราะความสำคัญจะขึ้นกับประเภทของงานที่เกี่ยวข้อง ดินมักจะประกอบด้วย แร่ธาตุและขนาดรวมถึงรูปร่างต่าง ๆ ของเม็ดวัสดุ อีกทั้งยังมีสารอินทรีย์ น้ำ และอากาศซึ่งจับยึดกันเป็นเม็ดดินและแสดงคุณสมบัติออกมาทั้งทางกายภาพและเคมี ดังนั้นดินในทางวิศวกรรมจึงหมายถึงมวลสารที่เกิดขึ้นจากการตกตะกอน รวมตัวกันของอนุภาคที่มาจากการแตกทำลายของหิน นอกจากนี้คุณสมบัติทางวิศวกรรมยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่างได้แก่ สภาพภูมิอากาศ อายุ การพัดพา การผุกร่อน และ Soil Texture เป็นต้น โดยทั่วไปดินมักจะถูกแบ่งออกอย่างง่าย ๆ ได้ 4 ประเภทด้วยกันขึ้นกับขนาดของเม็ดดินได้แก่ ดินกรวด (Gravel) จะมีขนาดอยู่ระหว่าง 2.00-6.00 มิลลิเมตร ดินทราย (Sand) จะมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.05-2.00 มิลลิเมตร ดินทรายละเอียด (Silt) ขนาดอยู่ระหว่าง 0.005-0.05 มิลลิเมตร และ ดินเหนียว (Clay) ขนาดของเม็ดดินจะเล็กกว่า 0.005 มิลลิเมตร

ส่วนประกอบทางเคมีของดินจะประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ หลายอย่าง แร่ธาตุที่มักจะพบเห็นได้แก่ ธาตุเหล็ก แคลเซี่ยม โซเดียม โปแตสเซียม และมักนีเซียม จับกันเป็นรูปผลึก ส่วนดินที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์จะมีธาตุคาร์บอนอยู่เป็นจำนวนมาก จากองค์ประกอบที่แตกต่างกันรูปร่างจึงแตกต่างกันด้วยโดยทั่วไปจะมีด้วยกัน 3 รูปแบบคือ

ก. Bulk Grain มีรูปร่างลักษณะค่อนข้างกลม ได้แก่ดินประเภทกรวด และทราย

ข. Flaky Grain มีรูปร่างลักษณะเป็นแผ่นแบน คล้ายใบไม้มีเนื้อไม่ละเอียด ได้แก่ดินประเภททรายละเอียด (Silt)

ค. Needle-Shaped grains มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กรูปเข็ม มีเนื้อละเอียด ได้แก่ดินเหนียว (Clay)

วัสดุดินที่นำมาเป็นวัสดุหลักในงานวิจัย ประกอบด้วยดินสองประเภท คือ

ก. ดิน Silty Clay มีลักษณะสีน้ำตาลปนเหลือง มีขนาดเม็ดวัสดุ (Grain) เล็กละเอียด มีแหล่งวัสดุอยู่ที่จังหวัดสิงห์บุรี และอยู่บนที่ราบ

ข. ดิน Silty Sand เป็นวัสดุที่ได้จากการปรับขนาดคละของดิน Silty Clay ด้วยทรายที่มีขนาดเม็ดวัสดุต่าง ๆ กัน ทั้งนี้อ้างอิงถึงการจัดขนาดคละของ Soil-Aggregate ของ ASTM D.1241 แบบ D หรือ E ดังตารางที่ 3.1

วัสดุดินทั้งสองประเภทมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน คุณสมบัติดังกล่าวประกอบด้วย การหาขนาดคละของดิน ค่า Liquid Limit ค่า Plastic Limit ค่า Plasticity Index ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดพร้อมค่าความชื้นสูงสุด และค่า Sand Equivalent ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน Silty Clay และตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของดิน Silty Sand ส่วนภาพที่ 3.1 และ 3.2 แสดงขนาดคละของดิน Silty Clay และ Silty Sand ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แสดงขนาดต่าง ๆ ของดินที่เหมาะในการนำมาใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง

Sieve Size (Square Openings)	Weight Percent Passing Square Mesh Sieves					
	Type I				Type II	
	Gradation A	Gradation B	Gradation C	Gradation D	Gradation E	Gradation F
2-in (50-mm)	100	100	...	...	...	...
1-in (25.0-mm)	...	75 to 96	100	100	100	100
in (9.5-mm)	30 to 75	40 to 75	50 to 85	60 to 100	...	...
No.4 (4.75-mm)	25 to 55	30 to 60	35 to 65	50 to 85	55 to 100	70 to 100
No.10 (2.00-mm)	15 to 40	20 to 45	25 to 50	40 to 70	40 to 100	55 to 100
No.40 (425-mm)	8 to 20	15 to 30	25 to 30	25 to 45	20 to 50	30 to 70
No.200 (75-um)	2 to 15	5 to 15	5 to 15	8 to 15	6 to 15	8 to 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของดิน Silty Clay

ขนาดของตะแกรง	#4	#10	#20	#40	#100	#200
% ผ่านตะแกรง	-	-	100	89.1	54.4	35.9

ค่าความถ่วงจำเพาะ	:	2.618
Liquid Limit (LL)	:	28.8
Plastic Limit (PL)	:	21.8
Plasticity Index (PI)	:	7.0
ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (gm/cm^3)	:	1.91
ความชื้นสูงสุด (%)	:	10.40
ค่า Sand Equivalent	:	1.1

การจำแนกประเภทดินโดยวิธี Unified Soil Classification : Sandy Clay (SC)

AASHTO : Silty Soils (A-4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของดิน Silty Sand

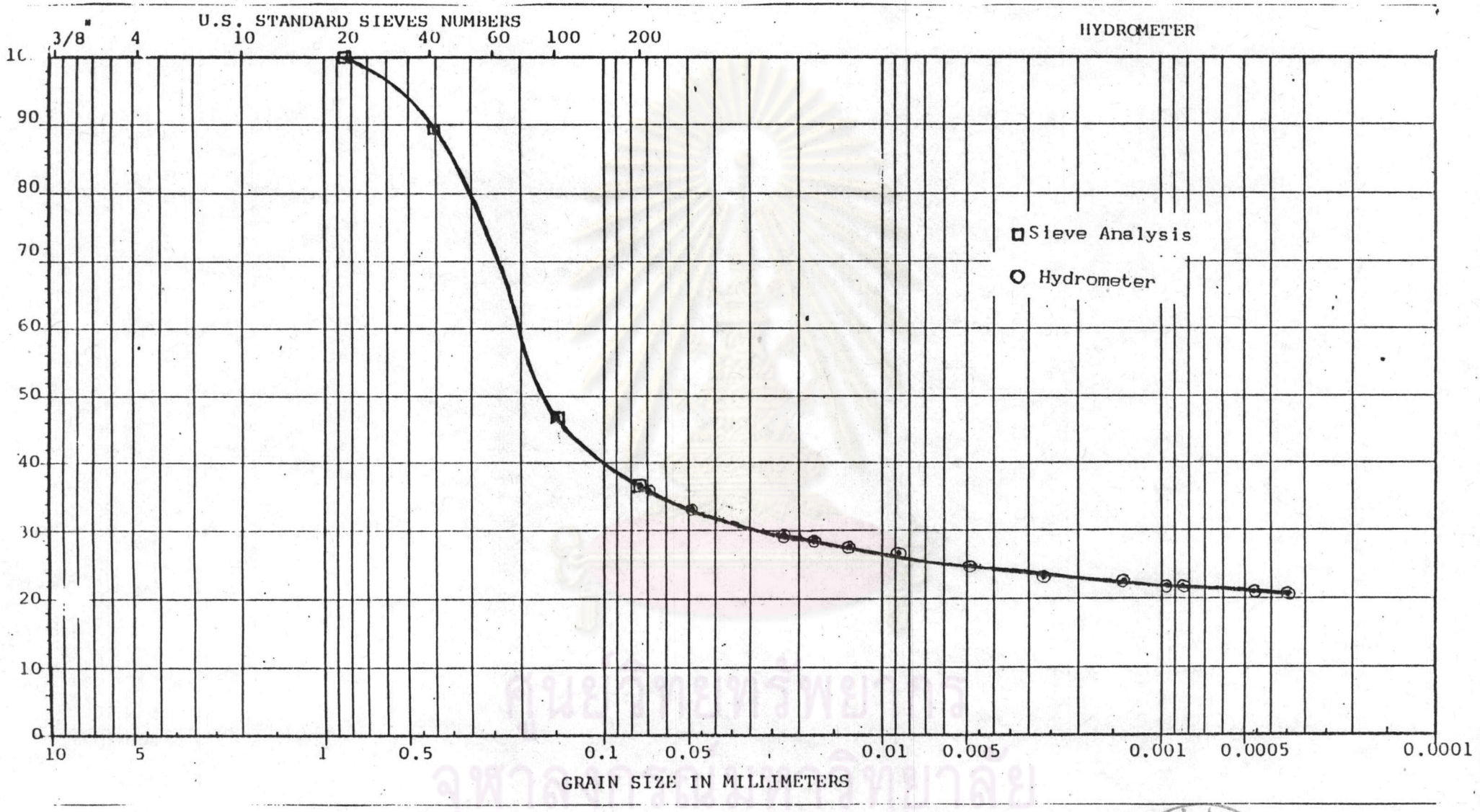
ขนาดของตะแกรง	1/2"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200
% ผ่านตะแกรง	100	95.5	80.0	62.5	-	36.6	25.9	14.0
% ขอบเขตกำหนด		60-100	50-85	40-70	-	25-45	-	8-15

ค่าความถ่วงจำเพาะ	:	2.638
Liquid Limit (LL)	:	19.1
Plastic Limit (PL)	:	14.0
Plasticity Index (PI)	:	5.1
ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (gm/cm^3)	:	2.05
ความชื้นสูงสุด (%)	:	9.65
ค่า Sand Equivalent	:	14.5

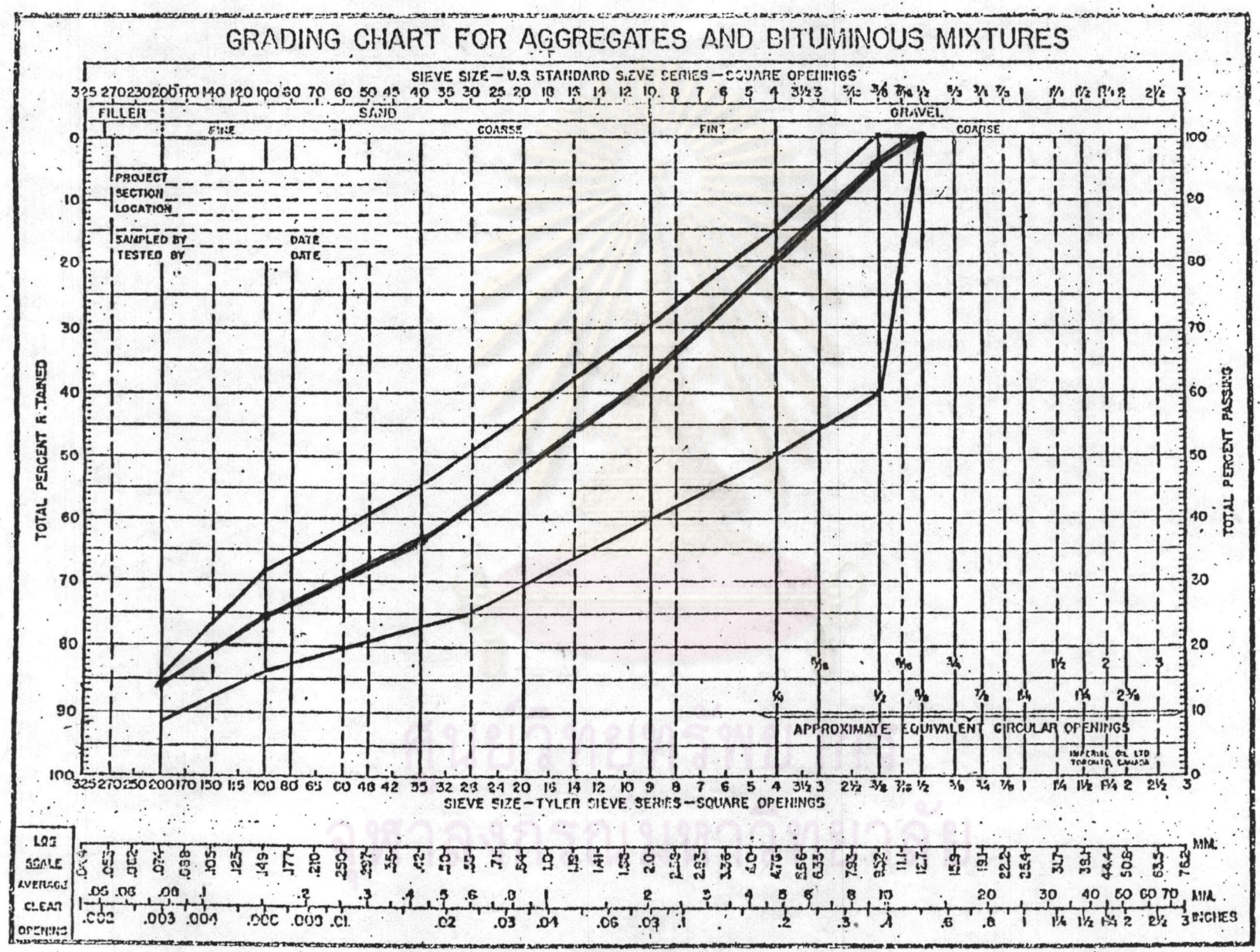
การจำแนกประเภทดินโดยวิธี Unified Soil Classification : Silty Sand (SM)

AASHTO : Silty Soils (A-2-4)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.1 ขนาดคละของดิน Silty Clay



ภาพที่ 3.2 การจัดขนาดคละของดิน Silty Sand

3.2 วัสดุมวลรวมหินคลุก

วัสดุผสมแอสฟัลต์ที่ใช้ลาดถนน โดยทั่วไปจะประกอบด้วยมวลรวม (aggregate) ประมาณ 90 ถึง 95 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และ 75 ถึง 85 เปอร์เซนต์ โดยปริมาตร มวลรวมจัดเป็นส่วนสำคัญในการรับน้ำหนักบรรทุก

มวลรวมตามนิยามของ ASTM Designation D8 กล่าวไว้ว่า เป็นวัสดุเม็ดของส่วนประกอบแร่ เช่น ทราย กรวด ตะกรัน หรือหินย่อย ซึ่งใช้เป็นตัวกลางทำหน้าที่เชื่อมประสานให้เป็นคอนกรีต

มวลรวมที่นำมาใช้เป็นมวลรวมที่ได้จากกรรมวิธีโดยการนำหินมาย่อย(crush) หรือโม่ แล้วทำการร่อน การย่อยจะช่วยปรับปรุงคุณภาพโดยเปลี่ยนผิวที่เรียบกลมให้เป็นเหลี่ยมเป็นมุมและยังช่วยการกระจายขนาดของอนุภาค

ทั้งนี้มวลรวมที่จะนำมาใช้จะต้องประกอบด้วยมวลรวมต่าง ๆ ในการจัดขนาดคละดังต่อไปนี้

ก. มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) หมายถึงวัสดุมวลรวมที่มีขนาดอนุภาคค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 2.36 มม. (มาตรฐานอเมริกันหมายเลข 8) มวลรวมหยาบ (Coarse aggregate) เสถียรภาพของส่วนผสมได้จาก การขัดกันของมวลรวมหยาบและแรงเสียดทานระหว่างเม็ดวัสดุ

ข. มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) หมายถึงวัสดุมวลรวมขนาดอนุภาคลอดผ่านตะแกรงขนาด 2.36 มม. (มาตรฐานอเมริกันหมายเลข 8) ค้างตะแกรงขนาด .75 mm. (มาตรฐานอเมริกันหมายเลข 200) มวลรวมละเอียด (Fine aggregate) เป็นส่วนเพิ่มความแข็งแรงให้กับแอสฟัลต์คอนกรีตโดยการขัดกันของเม็ดวัสดุ และในเวลาเดียวกันมวลรวมละเอียดจะทำหน้าที่ลดช่องว่าง (Void) ในมวลรวมหยาบ

ค. ฝุ่นหิน (Mineral Dust) หมายถึงส่วนของมวลรวมละเอียดที่มีขนาดอนุภาคลอดผ่านตะแกรงขนาด 75 mm. (มาตรฐานอเมริกันหมายเลข 200) ฝุ่น (Filler) จะทำหน้าที่อุดช่องว่างในส่วนผสมและในขณะเดียวกันเป็นตัวเพิ่มความแข็งแรงให้กับแอสฟัลท์ที่เคลือบวัสดุ ฝุ่นละเอียดเป็นส่วนประกอบที่มีพื้นที่ผิวสูงและโดยทั่วไปจะเป็นสิ่งที่แผ่กระจายอยู่ในแอสฟัลต์เพื่อช่วยเพิ่มความหนืด

วัสดุมวลรวมหินคลุกที่นำมาทำการทดสอบ เป็นวัสดุหินคลุกที่เก็บแยกกันเป็น 4 ขนาด ประกอบด้วย หิน 3/4", หิน 1/2", หิน 3/8" และหินฝุ่น มีคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม ประกอบด้วยการหาขนาดคละของหิน, ค่าการสึกหรอ ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าดรรชนีความแบน ค่าดรรชนีความยาว และค่า Soundness ของหินแต่ละขนาด ทั้งนี้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4

นอกจากนี้ยังได้ทำการจัดขนาดคละของมวลรวม เพื่อให้ได้เกรดแน่น (Dense Grade) โดยอ้างอิงถึงขอบเขตการจัดขนาดคละตามมาตรฐานกรมทางหลวง ในการทำแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับชั้นพื้นทางและผิวทางของถนน ซึ่งปรากฏว่าได้อัตราส่วนผสมหินผสมหินคลุกประเภท หิน 3/4" : หิน 1/2" : หิน 3/8" : หินฝุ่น เท่ากับ 10 : 15 : 25 : 50 ตารางที่ 3.5 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของมวลรวมหินคลุกที่ได้จากการจัดขนาดคละ และภาพที่ 3.3 แสดงการจัดขนาดคละพร้อมขอบเขตที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของมวลรวมหินคลุก

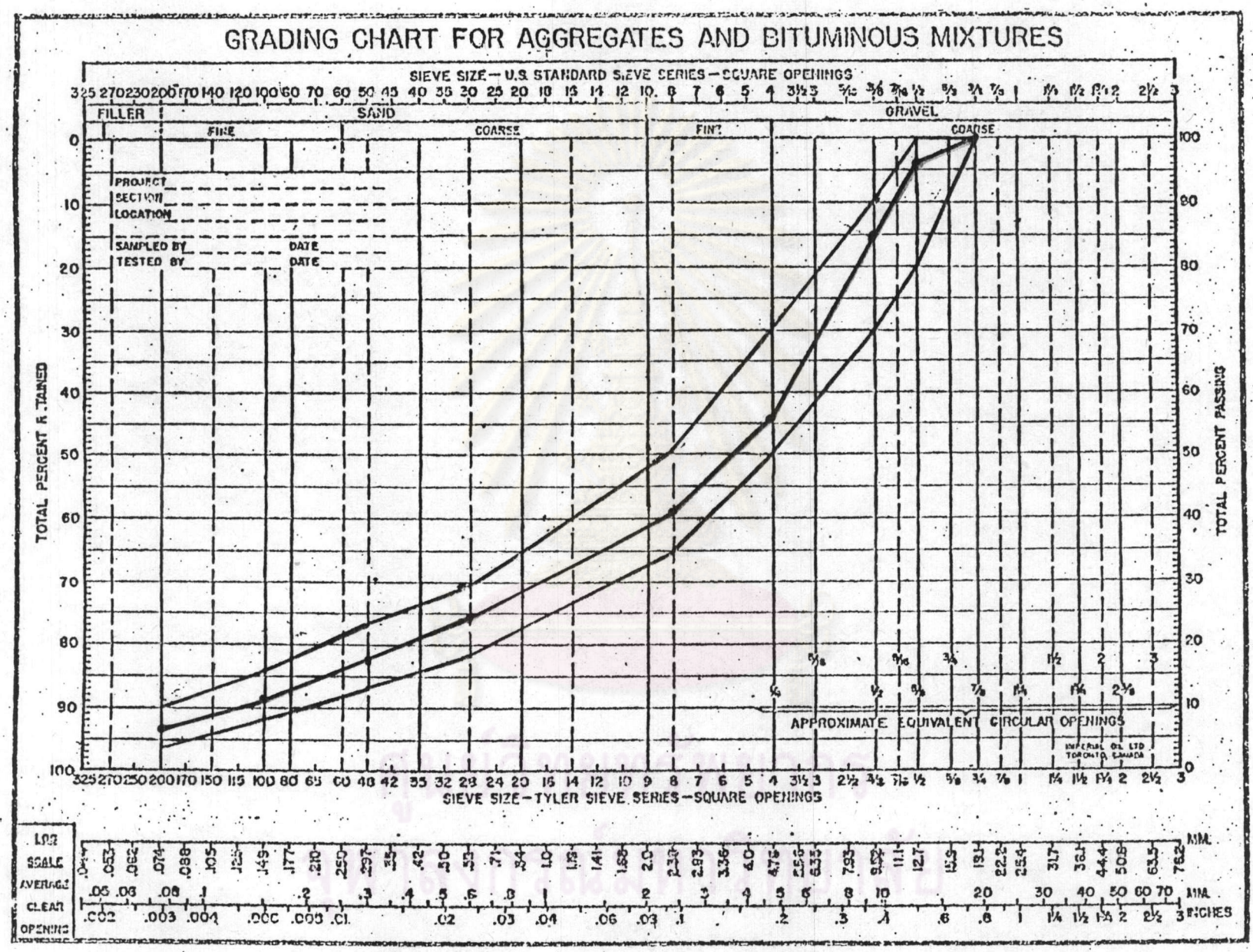
ขนาดตะแกรง		% ผ่านตะแกรง			
		หิน 3/4 นิ้ว	หิน 1/2 นิ้ว	หิน 3/8 นิ้ว	ฝุ่นหิน
3/4"		100			
1/2"		68.1	100		
3/8"		32.8	42.1	100	
#4		2.1	2.8	19.6	100
#8		1.2	0.8	8.3	77.2
#30				4.5	46.2
#50				2.0	33.6
#100					22.3
#200					13.5
ค่าความสึกหรอ	%	26.5	30.4	32.3	27.8
ค่าความถ่วงจำเพาะแบบรวม		2.705	2.675	2.673	2.667
ค่าความถ่วงจำเพาะแบบปรากฏ		2.721	2.702	2.705	2.706
การดูดซึมน้ำ	%	0.31	0.38	0.42	0.65
ค่าดรรชนีความแบน	%	24.4	24.7	26.8	-
ค่าดรรชนีความยาว	%	26.0	20.0	18.2	-
Soundness	%	0.61	0.62	0.64	0.63

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 แสดงผลการจัดขนาดคละแบบแน่นของหินคลุก

ขนาดตะแกรง	% ผ่านตะแกรง					
	หิน 3/4 นิ้ว	หิน 1/2 นิ้ว	หิน 3/8 นิ้ว	ฝุ่น	มวลรวมผสม	ขอบเขตที่กำหนด
3/4"	100				100	100
1/2"	68.1	100			96.8	80-100
3/8"	32.8	42.1	100		84.6	70-90
#4	2.1	2.8	19.6	100	55.5	50-70
#8	1.2	0.8	8.3	77.2	40.9	35-50
#30			4.5	46.2	24.2	18-29
#50			2.0	33.6	17.3	13-23
#100				22.3	11.2	8-16
#200				13.5	6.8	4-10
อัตราส่วนผสม	10	15	25	50		
ค่าความถ่วงจำเพาะ	2.705	2.675	2.673	2.667	2.673	
% ดูดซึมแอสฟัลต์	-	-	-	-	0.24	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.3 การจัดขนาดคละของหินคลุก

3.3 แอสฟัลต์

มนุษย์รู้จักการนำวัสดุแอสฟัลต์มาใช้ในการก่อสร้างถนนมีมานานกว่า 1800 ปีแล้ว และในราวร้อยปีเศษนี้เองที่ได้เริ่มมีการปรับปรุงการทำถนนอย่างจริงจัง โดยประเทศฝรั่งเศสได้นำเอาแอสฟัลต์จากลุ่มแม่น้ำไรน์มาเป็นวัตสุก่อสร้างถนนได้ มีการปรับปรุงเครื่องจักรและเทคนิคการทำงานรวมถึงบุคลากรผู้เชี่ยวชาญ ทำให้การทำงานเกิดทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผล

แอสฟัลต์จัดเป็นวัสดุประสานที่นิยมใช้ในการก่อสร้างถนน นอกจากจะช่วยการยึดเกาะวัสดุเพื่อเพิ่มความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้สูง ยังช่วยป้องกันการซึมของน้ำได้ แอสฟัลต์ตามความหมายของ ASTM หมายถึงวัสดุประสานที่มีสีน้ำตาลปนดำหรือสีดำเป็นวัสดุหลัก มีชื่อเรียกว่า บิทูเมนเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรืออาจได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ส่วนสารบิทูเมน (Bitumens) หมายถึง สารประกอบของไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbons) มีคุณสมบัติในการยึดประสานอยู่ในสถานะของแข็งหรือกึ่งของแข็ง เหนียวหนืด สีดำหรือน้ำตาลปนดำ ละลายในคาร์บอนไดซัลไฟด์(CS_2) อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือจากการกลั่นน้ำมันดิบ อย่างไรก็ตามน้ำมันดิบบางชนิดอาจไม่มีแอสฟัสต์อยู่เลยก็ได้ ทั้งนี้ทั้งนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพของแหล่งกำเนิดเป็นสำคัญ จากมูลฐานที่ว่าแอสฟัสท์มีอยู่ในน้ำมันดิบ อาจแยกให้เห็นเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ถึง 3 ประเภทด้วยกัน

ก. ประเภทฐานแอสฟัลต์ (Asphalt base crude) กลั่นแล้วได้แอสฟัลต์เป็นส่วนใหญ่

ข. ประเภทฐานพาราฟิน (Paraffin base crude) กลั่นแล้วจะได้สารพาราฟินเป็นส่วนใหญ่

ค. ประเภทฐานผสม (Mixed - base crude) กลั่นแล้วจะได้ทั้งสารแอสฟัลต์และพาราฟินผสมกัน

การกลั่นน้ำมันดิบจะเป็นการแยกส่วนผสมของปิโตรเลียม ที่ได้จากบ่อน้ำมันเป็นส่วนๆ ผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้จะประกอบด้วยน้ำมันเบนซิน (Gasoline) น้ำมันก๊าด (Kerosene) น้ำมันดีเซล (Diesel Oil) น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil) และแอสฟัลต์ (Asphalt) โดยทั่วไปมักจะเรียกแอสฟัสท์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันนี้ว่า ปิโตรเลียมแอสฟัลต์

สารแอสฟัลต์ (Asphalt) สามารถจะแบ่งตามคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีประกอบกันได้ถึง 3 ประเภทด้วยกันคือ

ก. แอสฟัลต์ซิเมนต์ (Asphalt Cement)

ข. คัทแบคแอสฟัลต์ (Cut-back Asphalt)

ค. อิมัลซิไฟด์แอสฟัลต์ (Emulsified Asphalt)

วัสดุแอสฟัลต์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นแอสฟัลต์ซิเมนต์ AC 85-100 มีคุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3.6 คุณสมบัติดังกล่าวประกอบด้วย ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ค่าเพนนิเตรชั่น (Penetration) ค่าการยืดตัว (Ductility) ค่าจุดอ่อนตัว (Softening Point) ค่าจุดวาบไฟ (Flash Point) ค่าการสูญเสียเนื่องจากความร้อน (Loss on Heating) และค่าความหนืดแบบคิเนมาติค (Kinematic Viscosity)

ตารางที่ 3.6 แสดงคุณสมบัติของแอสฟัลต์ซิเมนต์

Properties		
Specific Gravity		1.009
Penetration (25 °C)	before TFOT	95
	after TFOT	72
Ductility (25 °C) (cm)	before TFOT	114
	after TFOT	102
Ring & Ball Softening Point (°C)	before TFOT	46
	after TFOT	48
Flash Point (°C)		316
Lost on Heating (163 °C) (%)		0.14
Kinematic Viscosity (135 °C) (CSt)	Defore TFOT	343.5
	after TFOT	374.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 สารอีวีเอโคโพลีเมอร์ (E.V.A. - Ethylene Vinyl Acetate)

สารที่นำมาศึกษาคราวนี้คือ สารประเภท Copolymer ที่มีชื่อว่า Ethylene Vinyl Acetate หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า E.V.A. เป็นสารประเภทพลาสติค (plastics) เป็นที่นิยมแพร่หลายมากในวงการวิศวกรรมการทางทั้งในต่างประเทศและในบ้านเมืองเรา โดยเฉพาะในการก่อสร้างผิวทางของสะพานพระราม 9 สาร E.V.A. ได้เข้ามามีบทบาทมากทีเดียว โดยใช้เป็นสารช่วยการยึดเกาะ

พลาสติคเป็นสารเคมีที่พึ่งจะถูกค้นพบเมื่อปี ค.ศ. 1865 โดยช่างพิมพ์ชาวอเมริกาที่มีชื่อว่า John Wesley Hyat และให้ชื่อสารเคมีนี้ว่า เซลลูลอยด์ (Celluloid) ทำขึ้นจากการนำไพลอกซิลีน (Pyroxylin) ซึ่งทำขึ้นจากฝ้าย และให้ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริคผสมกับการบูร (Solid Campher) ทำเป็นลูกบิลเลียด ต่อจากนั้นมาก็มีการค้นพบสารพลาสติคมากขึ้นเรื่อย ๆ พลาสติกคือสารสังเคราะห์ (Synthetic materials) ซึ่งมนุษย์เป็นผู้ค้นคิดขึ้นองค์ประกอบหลักคือ ธาตุคาร์บอน (C) ธาตุออกซิเจน (O) ธาตุไฮโดรเจน (H) ธาตุไนโตรเจน (N) และธาตคลอรีน (Cl)

สมาคมวิศวกรรมพลาสติค (SPE) และสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก (SPI) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้จำกัดความของพลาสติกคือ "วัสดุที่ประกอบด้วยสารหลายอย่างมีน้ำหนักของโมเลกุลสูงคงรูปเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต ลักษณะอ่อนตัวขณะทำการผลิต ซึ่งโดยมากใช้กรรมวิธีการผลิตกระบวนการความร้อนและการเพิ่มแรงอัด" พลาสติคจัดเป็นสารที่มีโครงสร้างเป็นพิเศษที่เรียกว่า High Molecular weight ความหมายก็คือในหนึ่งโมเลกุลจะมีจำนวนอะตอมของสารชนิดต่าง ๆ มากมาย จึงทำให้เกิดคุณสมบัติหลาย ๆ อย่างประกอบกันไป ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical) มีความแข็งแรง เหนียว และยืดหยุ่นได้ ฯลฯ คุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical) เป็นฉนวนไฟฟ้า คุณสมบัติทางเคมี (Chemical) ทนต่อสภาพความเป็นกรดหรือด่าง และสารเคมีอื่น ๆ

อุตสาหกรรมพลาสติคได้มีการพัฒนาให้มีความเจริญเติบโตรวดเร็วมาก มีปริมาณความต้องการและการผลิตสูงขึ้นในทุก ๆ ปี พอจะสรุปเป็นตัวเลขคร่าว ๆ ได้ว่า ในช่วงระยะเวลาเพียงแค่ 20 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970-1976 ปริมาณการผลิตพลาสติกได้เพิ่มสูงขึ้นถึงเท่าตัว และสำหรับปริมาณการผลิตพลาสติคในอุตสาหกรรมประเภทใช้ประโยชน์เป็นวัสดุเคลือบผิว ได้แก่ สาร E.V.A. Copolymer ในปี ค.ศ. 1975 ใช้ถึง 36,000 ตัน และในปี ค.ศ. 1976 ใช้ถึง 37,000 ตัน

พลาสติคจัดเป็นสารที่มีสภาพแบบ Thermal Energy คือ ต้องใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสภาพมีการส่งผ่านพลังงานเพื่อให้เกิดการขยายตัวและลั่นหรือคนเข้าช่วย (Vibrational of rotational movement of molecule) พลาสติกมีการเชื่อมต่อจับกันทั้งภายนอกและภายในขึ้นกับสภาพความสมดุลย์ของ Thermal energy และ Internal Friction ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปของคุณสมบัติของการไหล Rheological properties พลาสติกจึงถูกแบ่งออกได้ 2 ประเภท ด้วยกันคือ

1. Thermosettings

2. Thermoplastics

เทอร์โมเซตติ้ง Thermosettings หมายถึงพลาสติคที่มีรูปทรงเมื่อผ่านกรรมวิธีการใช้ความร้อน (Heating process) และกรรมวิธีการใช้แรงอัด (Pressure process) ประกอบกันและเมื่อได้วัสดุพลาสติคแล้ว จะไม่สามารถนำมาหลอมละลายเปลี่ยนรูปทางได้อีก เพราะจะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติไป เปรียบเสมือนไข่เมื่อนำไปต้มให้สุกและจะทำให้ข้นเหลวเหมือนเดิมอีกไม่ได้ มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Duroplastics องค์ประกอบของสารประเภทเทอร์โมเซตติ้งจะประกอบด้วย Resin และ Hardener โดยตัว resin จะเป็นตัวทำให้เกิดสภาพการอ่อนตัว ส่วน Hardener จะทำให้เกิดสภาพการแข็งตัว ดังนั้นสารทั้งสองชนิดจึงส่งผลถึงค่าความแข็งแรง และสภาพความยากง่ายของการทำงาน ซึ่งเป็นความเกี่ยวเนื่องจากสภาพ Thermal energy ที่สภาพแวดล้อมนั้น ๆ หากมีค่าน้อยกว่าค่า Interna Friction ก็จะไม่ส่งผลถึงพันธะที่มี

เทอร์โมพลาสติค (Thermoplastics) หมายถึง พลาสติคที่สามารถจะเปลี่ยนแปลงสภาพสามารถนำกลับมาใช้ใหม่อีกได้ หลังจากนำไปหล่อทำเป็นรูปทรงหรือผลิตภัณฑ์ไปแล้ว เปรียบเสมือนน้ำถูกทำเป็นน้ำแข็งเมื่อถูกความร้อนก็จะละลายกลายเป็นน้ำได้อีก คือสามารถจะเปลี่ยนรูปกลับมาได้ไม่มีที่สิ้นสุด โดยเฉพาะ E V A Copolymer จัดอยู่ในสารพลาสติคสารประเภทนี้มีการสร้างพันธะลักษณะที่เรียกว่า Secondary valence การยึดเกาะจะช่วยต่อต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพจากอุณหภูมิสูงได้ สารพลาสติคเหล่านี้ความสามารถยึดเกาะจะขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุล (High Molecular Weight) และลักษณะโครงสร้างและค่าความสามารถของพลังงานยึดเหนี่ยวของโมเลกุล (High Energy of Molar Cohesion.)

สาร EVA จัดเป็นสารประเภทพลาสติคที่ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1964 เร็ว ๆ นี้เอง และพึ่งจะถูกนำมาใช้ในวงการวิศวกรรมการทาง ในค.ศ. 1970 นี้เอง สาร EVA

เป็นสารที่มีองค์ประกอบพื้นฐานคือ Ethylene, Vinyle และ an organic acid จะมีลักษณะเหนียวไม่มีสี เป็นสารประเภท Thermoptastics ซึ่งจะยังคงอ่อนตัวได้แม้อยู่ในที่อุณหภูมิต่ำ มีน้ำหนักเบาไม่จับกันเป็นผลึก โคโพลิเมอร์ของเอททีลีนไวนิลอะซิเตด ($CH_3, C^{=O}_{-OCH=(OH)_2}$) โพลิเมอร์ ชนิดนี้เตรียมได้จากกระบวนการแบบใช้ความดันสูง การมีหมู่ของไวนิลอะซิเตดอย่างไม่เป็นระเบียบในโซ่ของโพลิเมอร์จะทำให้ความเป็นผลึกและความแข็งลดลงและหากมีมากถึง 20 เปอร์เซนต์ โคโพลิเมอร์จะไม่มีคุณสมบัติเป็นผลึกเลยมีคุณสมบัติคล้ายยาง โดยทั่วไปแล้วเอททีลีน (Ethylene) เป็นสารที่นิยมนำมาทำ Copolymerised กับพวก Non-olefinic monomers ซึ่งปัจจุบันถูกนำออกสู่วงการธุรกิจอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะสารอีวีเอโคโพลีเมอร์ (EVA Copolymer) เป็นการนำเอทีลีน (ethylene) เข้าจับเป็น โคโพลิเมอร์กับสาร Vinyl acetate แล้วจับกันลักษณะเป็นผลึก ปัจจุบันทางบริษัทของดูปองค์ Dupont de-Nemours & Co.Inc ได้เข้าทำลิซลิทธิ์ผลิตสารประเภทนี้ โดยให้ชื่อทางการค้าว่า "Elvax" จะมีการควมคุมปริมาณของ Vinyle acetate ต่าง ๆ กัน เหมาะกับงานแต่ละประเภทแล้วจัดเป็นเกรดต่าง ๆ กัน นอกจากจะมีการควบคุมปริมาณของไวนิลอะซิเตดแล้ว ยังควบคุมขนาดของน้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight) เพื่อจัดเป็นเกรดต่าง ๆ ร่วมได้ ดังนั้นหากปรากฏว่ามีปริมาณของไวนิลอะซิเตดสูง จะทำให้ความข้นเหลวน้อย และความแข็งแรงก็จะลดลงตามไปด้วย แต่จุดหลอมเหลวก็จะต่ำลงและสภาพการใช้งานก็จะง่ายขึ้น อีกทั้งทำการผสมกับสารอื่น ๆ ได้ดีขึ้น ส่วนขนาดของน้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight) ยิ่งมีมาก จะได้ความแข็งแรงที่สูงขึ้น แต่ในด้านการทำงานหากนำไปผสมกับสารอื่นจะยิ่งผสมยากขึ้น และทำงานได้ยากขึ้นตามมา ดังนั้นในการเลือกใช้สารอีวีเอ จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานที่จะนำมาใช้ และอ้างอิงถึงผลงานวิจัยต่าง ๆ รวมถึงขนาดความต้องการของงานประเภทนั้น ๆ

คุณสมบัติของ EVA มีความยืดหยุ่นตัวสูงถูกนำมาใช้แทนยางธรรมชาติได้ทนต่ออุณหภูมิสูงและต่ำได้ปานกลางรับแรงกระแทกได้ดีละลายได้ในโทลูอีน (Toluene) และเบนซิน (Benzene) ที่อุณหภูมิห้อง ค่าความต้านทานแรงดึง(Tensile strength) 1,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว(6.9×10^7 นิวตันต่อตารางเมตร) ความหนาแน่น 0.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร นิยมนำไปใช้เพิ่มกำลังในงานเกาะติดโดยทั่วไปจะมีปริมาณของไวนิลอะซิเตดร้อยละ 10-15 ของโมลยืดหยุ่นได้ดีและให้ค่า Toughness ที่ดี ลดการจับกันเป็นผลึกเป็นสารเคลือบเพิ่มการ

ยึดเกาะ (Adhesive) ได้ดีจากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นสามารถจะสรุปลักษณะทางกายภาพดังต่อไปนี้

สรุปลักษณะทางกายภาพ

ค่าความถ่วงจะเพาะ	0.92-0.95
ปริมาตร	0.29-0.3 in^3/โมล
ทนต่อแรงดึง	2.500 $lb/_{in}$
ทนต่อแรงอัด	หยุ่นตัวได้
ทนต่อความร้อน	140-210 °F
ความใส	ใส
ทนแสงแดด	เหลืองเล็กน้อย
ทนต่อกรด	ทนต่อกรดอ่อนได้บ้าง
ทนต่อด่าง	ทนได้ดี
ทนต่อการละลาย	ละลายใน Chlorinated และ Aromatic ที่อุณหภูมิสูงเกิน 125 °F ละลายใน Toluene และ Benzene ที่อุณหภูมิห้อง

อีวีเอโคโพลีเมอร์ ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วส่วนประกอบหลักของสารประเภทนี้ก็คือค่าของ Molecular Weight และค่าของปริมาณของไวนิลอะซิเตด (Vinyle acetate content จะวัดออกมาในรูปของค่าการละลาย (Melt Index level of Vinyle acetate)

ขนาดของน้ำหนักโมลเลกุล (Low Molecular Weight)	=	ค่า Melt Index สูง (High melt index)
ขนาดของน้ำหนักโมเลกุลสูง (High Molecular Weight)	=	ค่า Melt Index ต่ำ (Low Melt index)

ผลกระทบจากขนาดของน้ำหนักโมลกับปริมาณของไวนิลอะซิเตด เมื่อเปรียบเทียบความยากง่ายของการผสมจะเห็นได้ว่า ยิ่งค่าของน้ำหนักโมเลกุลสูง (Molecular weight) จะยิ่งผสมยากขึ้น แต่ยิ่งค่าน้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้นจะยิ่งเพิ่มค่าของการยึดเกาะเป็นกลุ่มก้อน (Crystallinity) ได้ดีขึ้นและทำให้ค่าของอัตราส่วนระหว่าง ไฮโดรเจน (H) กับคาร์บอน (C) ต่ำลงด้วย แต่ขณะเดียวกันก็จะเกี่ยวพันถึงค่าของความแข็งแรง (Strength) สูงขึ้นตามไปด้วย จากแผนภาพหากกำหนดปริมาณของไวนิลอะซิเตดคงที่และเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักโมเลกุลจะยิ่งเห็นเด่นชัดว่า ค่าของความแข็งแรงจะสูงขึ้นตามค่าของน้ำหนักโมเลกุลนั้น ๆ และเมื่อให้น้ำหนักโมลคงที่ แล้วเปลี่ยนแปลงค่าของปริมาณไวนิลอะวิเตด ค่าของความแข็งแรงกลับจะแปรผันกลับ ปริมาณของไวนิลอะซิเตดยิ่งมาก (MI สูง) จะละลายได้ดีแต่ความแข็งแรงต่ำ และเมื่อปริมาณของไวนิลอะซิเตดต่ำ (MI ต่ำ) ค่าของความแข็งแรงจะกลับสูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย