บทที่ 2

วัสดุ เครื่องมือ และวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 ยางมะตอย ยางมะตอยที่ใช้ทดลองเป็นยางมะตอยที่มีค่า Penetration Grade 80-100 ซึ่งได้จากห้องปฏิบัติการทดลองกองวิเคราะห์และวิจัยกรมทางหลวงแผ่นดิน คุณสมบัติแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

Penetretion at 25°C (1oog, 5 sec)	89	ASTM D5-65
Softening point, ring and ball, °C	48.5	ASTM D36-66T
Saybolt-Furol viscosity at 140°C, sec	125	ASTM D88-56
Flash point, Cleveland open cup, °C	318	ASTM D92-66
Fire point, Cleveland open cup, °C	335	ASTM D92-66
Specific gravity at 25°C	1.020	ASTM D70-52

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบยางมะตอย Penetretion Grade 80-100

2.1.2 หินฝุ่น เป็นหินฝุ่นหินปูน ซึ่งได้มาจากโรงโม่สากลพัฒนา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา การกระจายของขนาดเม็ด (Grain Size Distribution) แสดงไว้ในรูปที่ 2.8 สำหรับการทดลองที่ควบคุมปริมาณฝุ่น หินฝุ่นที่ใช้จะนำมาล้างและร่อนเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ออก

2.1.3 ฝุ่น ฝุ่นที่ใช้ทดลองเป็นฝุ่นหินปูน ได้จากการร่อนหินฝุ่นผ่านตะแกรงเบอร์ 200 นอกจากการทดลองของทรายบกโคราชและทรายบกขอนแก่น ฝุ่นที่ใช้จะเป็นมวลรวมละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ของมันเอง

2.1.4 ทราย ทรายซึ่งใช้เป็นวัสดุมวลรวมหลักในวัสดุผสมทรายกับยางมะตอยในการทำวิจัยนี้เป็นทรายธรรมชาติ ซึ่งเก็บตัวอย่างมาจากแหล่งต่าง ๆ 6 ชนิดดังนี้

1. ทรายแม่น้ำปิง อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร
2. ทรายแม่น้ำมูล อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา
3. ทรายคลองบางริ้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง
4. ทรายบกแหลมฉบัง แหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี
5. ทรายบกโคราช อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
6. ทรายบกขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ส่วนประกอบทางเคมีและรูปร่างลักษณะของเม็ดของทรายทั้ง 6 ชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.1 ตามลำดับ

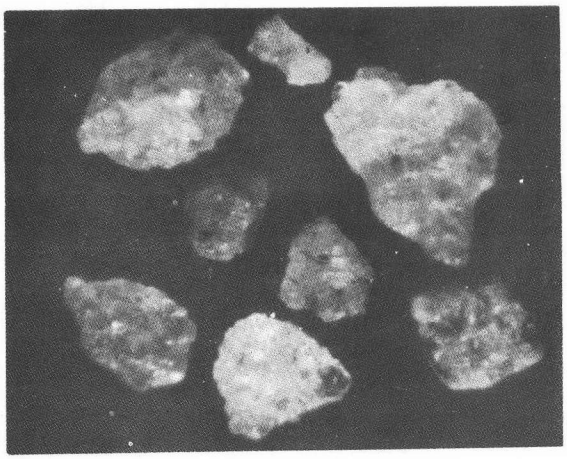
สำหรับการทดลองที่ควบคุมปริมาณฝุ่น ทรายบกโคราชและทรายบกขอนแก่นที่ใช้ทดลองจะเป็นส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 200 ทั้งหมดของมันเอง

ส่วนคละของทราย เนื่องจากทรายที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นทรายธรรมชาติ ส่วนคละของมันขึ้นอยู่กับอิทธิพลของธรรมชาติ ชนิด ส่วนประกอบ ตลอดจนคุณสมบัติต่าง ๆ ของมัน ดังนั้นในทางปฏิบัติ จึงเป็นการไม่สะดวกที่จะกำหนดส่วนคละของทรายธรรมชาติเหล่านี้ให้เข้าตามมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่ง คงใช้ส่วนคละตามธรรมชาติของมัน การกระจายของขนาดเม็ดของทรายทั้ง 6 ชนิด แสดงไว้ในรูปที่ 2.2-2.7 เพื่อเป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลอันเนื่องมาจากส่วนคละของทราย จึงนำเอาทรายธรรมชาติมาร่อนแยกขนาดและจัดขนาดตามปริมาณที่ต้องการเพื่อให้มีส่วนคละเข้าเกณฑ์ตามวัสดุผสมประเภทที่ 7 (Type VII) และประเภทที่ 8 (Type VIII) ซึ่งแนะนำโดย The Asphalt Institute การกระจาย

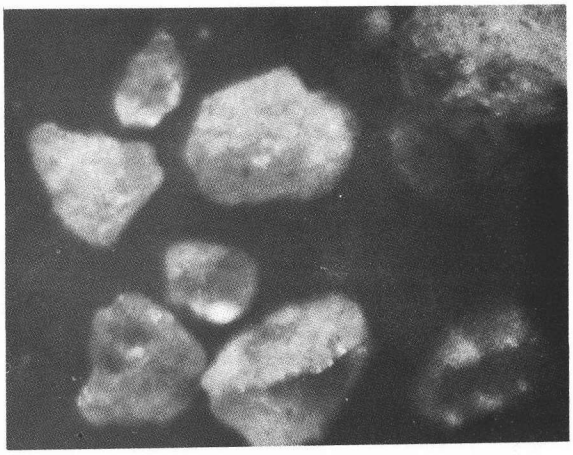
001738

ตัวอย่างทราย	% SiO_2	% Al_2O_3	% Fe_2O_3	% CaO	% MgO	% $SO_4^{=}$	pH
ทรายแม่น้ำปิง	84.12	8.78	0.52	1.10	2.43	0.05	7.64
ทรายแม่น้ำมูล	93.82	3.18	0.72	0.70	1.30	0.07	7.34
ทรายคลองบางริ้น	86.36	8.03	1.16	0.90	1.88	0.06	7.52
ทรายบกแหลมฉบัง	95.76	1.96	0.24	0.90	1.48	0.08	6.89
ทรายบกโคราช	96.98	1.10	0.40	0.60	1.52	0.11	7.40
ทรายบกขอนแก่น	95.74	1.44	0.36	0.90	1.19	0.23	7.56

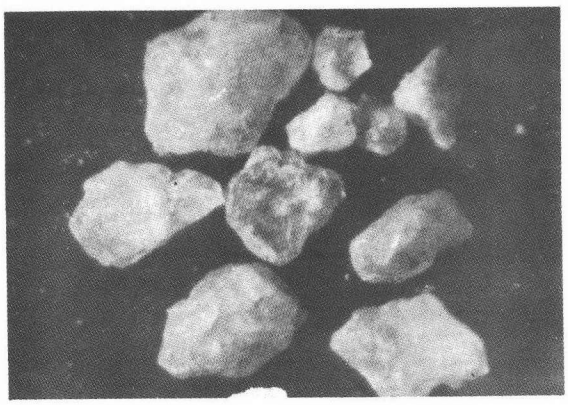
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของทรายเป็นจำนวนร้อยละ



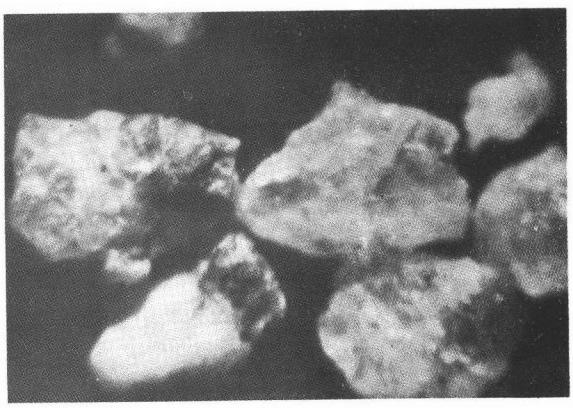
ทรายแม่น้ำปิง (ขยาย 150 เท่า)



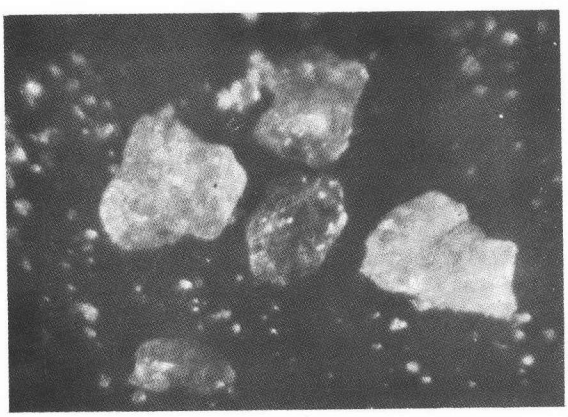
ทรายแม่น้ำมูล (ขยาย 150 เท่า)



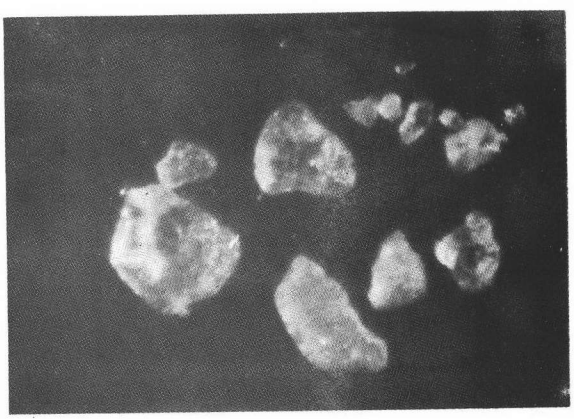
ทรายบกแหลมฉบัง (ขยาย 150 เท่า)



ทรายคลองบางริ้น (ขยาย 100 เท่า)



ทรายบกโคราช (ขยาย 400 เท่า)



ทรายบกข่อนแก่น (ขยาย 400 เท่า)

รูปที่ 2.1 แสดงภาพขยายรูปร่างลักษณะของเม็ดทราย

ของขนาดเม็ดแสดงไว้ในรูปที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 เครื่องทดสอบเสถียรภาพแบบของมาร์แชล แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 เป็นอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นตัวทำให้เกิดน้ำหนักกระทำต่อก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ฯ ด้วยอัตราการเคลื่อนที่ขึ้นของแท่นรองรับก้อนตัวอย่างคงที่ 2 นิ้วต่อนาที จนก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ฯ ไม่สามารถรับน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้อีกต่อไป น้ำหนักกระทำสูงสุดที่ก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ฯ สามารถรับได้มีค่าเป็นปอนด์จะเป็นค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ฯ นั้น การทรุดตัวทั้งหมดของก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ฯ ขณะรับน้ำหนักกระทำสูงสุดจะเป็นค่าการไหลของก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ฯ นั้น มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{100}$ นิ้วต่อหน่วย

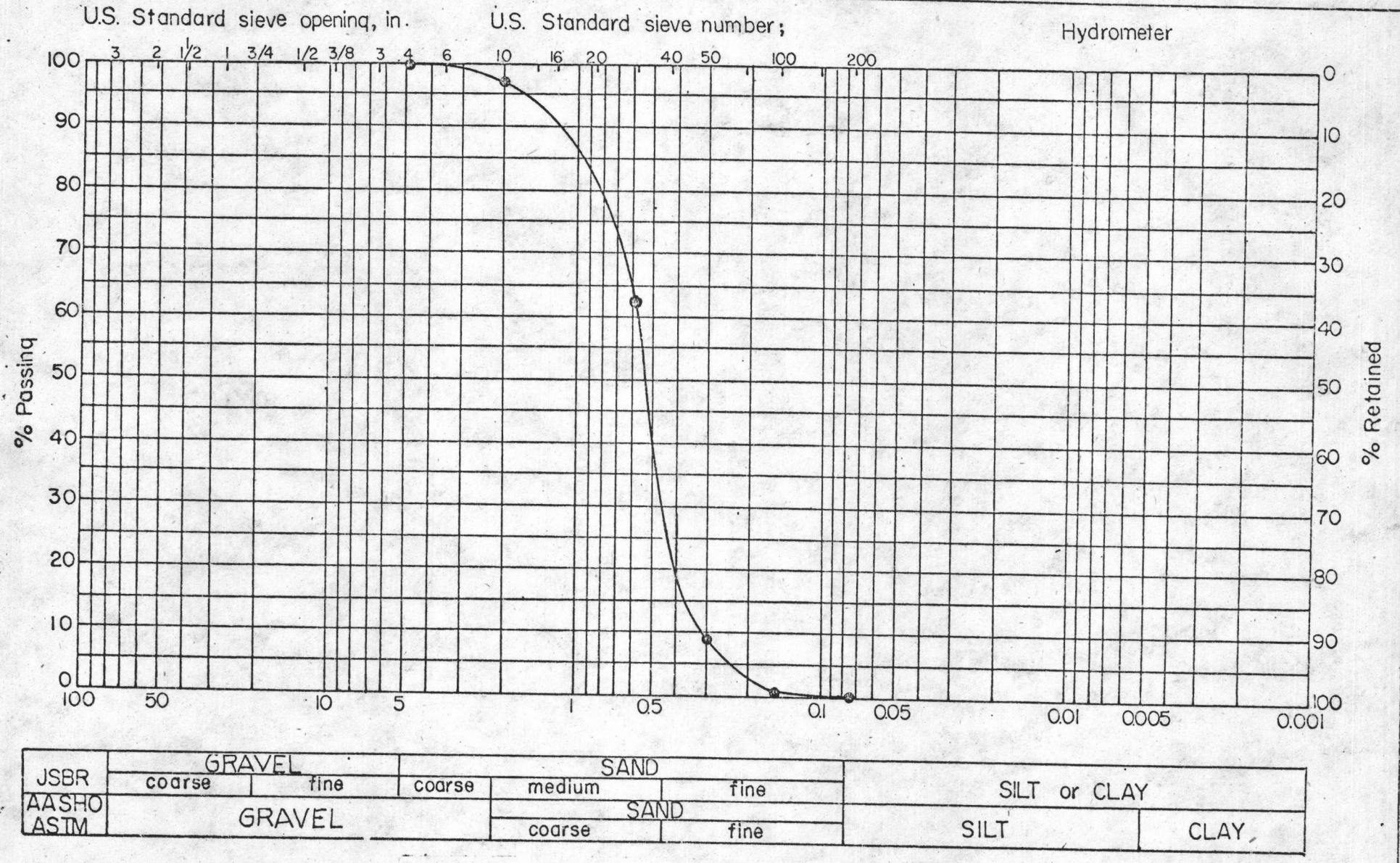
2.2.2 อ่างต้มน้ำร้อน อ่างต้มน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นอ่างต้มน้ำร้อนที่ใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามความต้องการ และประกอบด้วยเครื่องกวนเพื่อหมุนเวียนให้น้ำมีอุณหภูมิเท่ากันทั่วทั้งอ่าง

2.2.3 เครื่องบดทับแบบของมาร์แชล เป็นเครื่องบดทับที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการยกลูกตุ้มเหล็กซึ่งหนัก 10 ปอนด์ขึ้น และปล่อยลงมาเมื่อความสูง 18 นิ้ว สามารถบดทับและหยุดตามจำนวนครั้งที่กำหนดได้ แสดงไว้ในรูปที่ 2.12

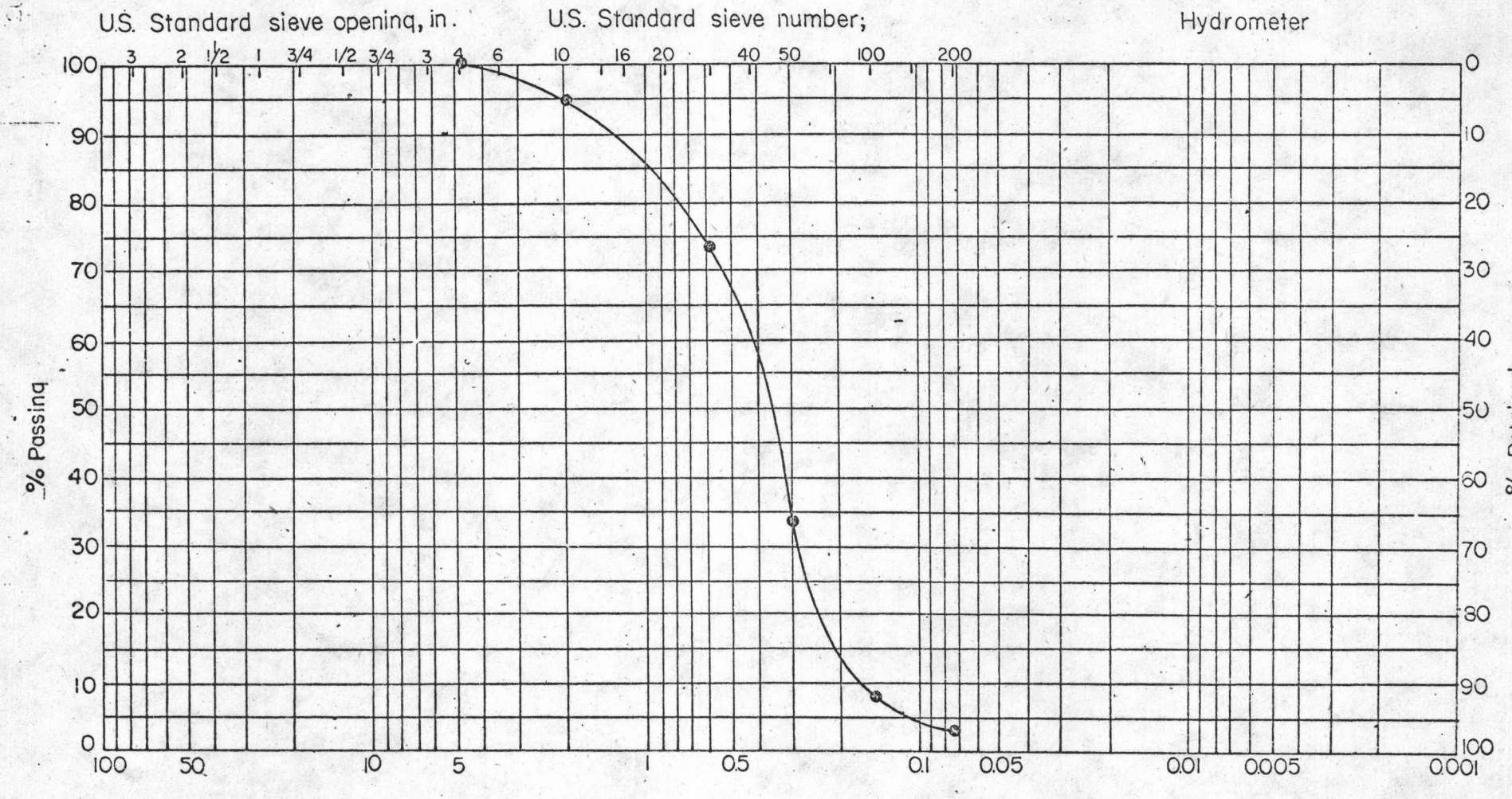
2.2.4 อุปกรณ์ในการผสมตัวอย่างวัสดุผสม ฯ ใช้ภาชนะโลหะมีขอบสูงประมาณ 15 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 เซนติเมตร พร้อมทั้งเกรียงผสม

2.2.5 เครื่องดันตัวอย่างวัสดุผสม ฯ ที่บดทับแล้วออกจากแบบ ประกอบด้วยแม่แรงยกน้ำหนักแบบมือโยกธรรมดา แต่ส่วนที่รับน้ำหนักมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 4 นิ้วเล็กน้อยเพื่อสอดเข้าไปในแบบโลหะและดันก้อนตัวอย่างวัสดุผสม ฯ ออกจากแบบได้

2.2.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้เครื่องชั่งที่สามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 5 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งน้ำหนักวัสดุมวลรวมและยางมะตอยเพื่อการผสม และใช้เครื่องชั่งที่สามารถชั่งได้ 2610 กรัม มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

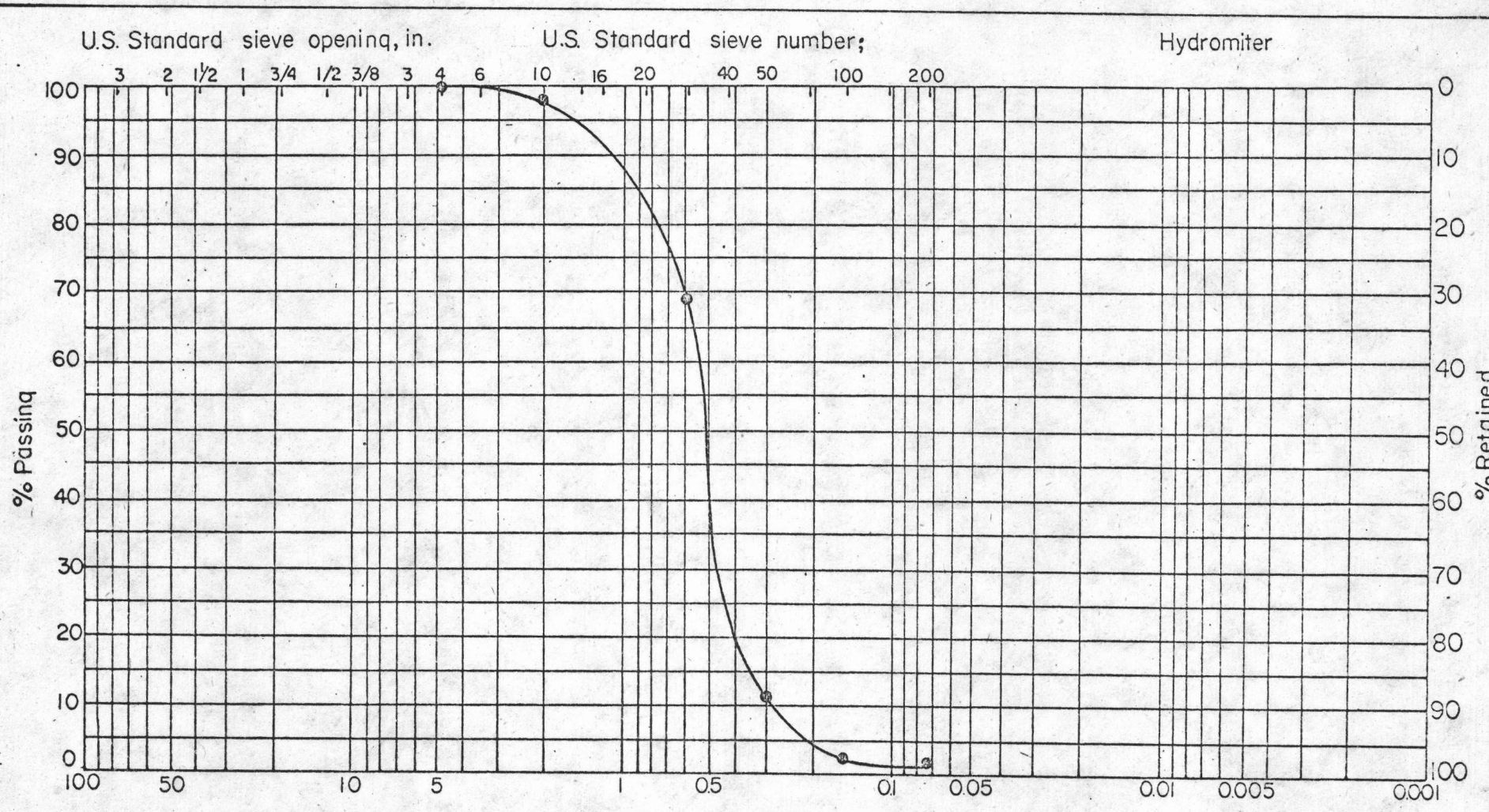


รูปที่ 2.2 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของทรายแม่น้ำปิง

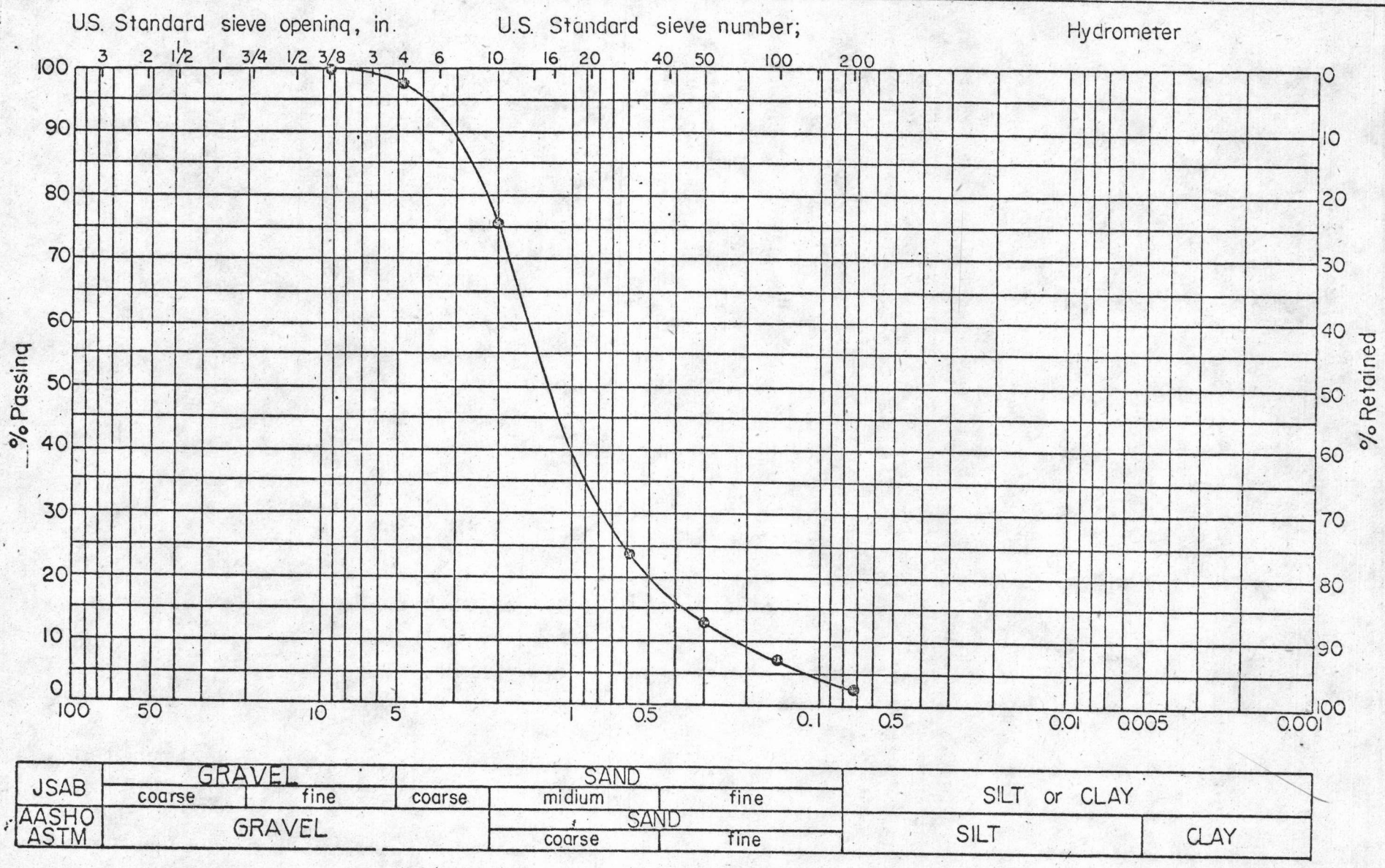


JSBR	GRAVEL		SAND			SILT or CLAY	
	coarse	fine	coarse	medium	fine		
AASHO ASTM	GRAVEL		SAND			SILT	CLAY
			coarse		fine		

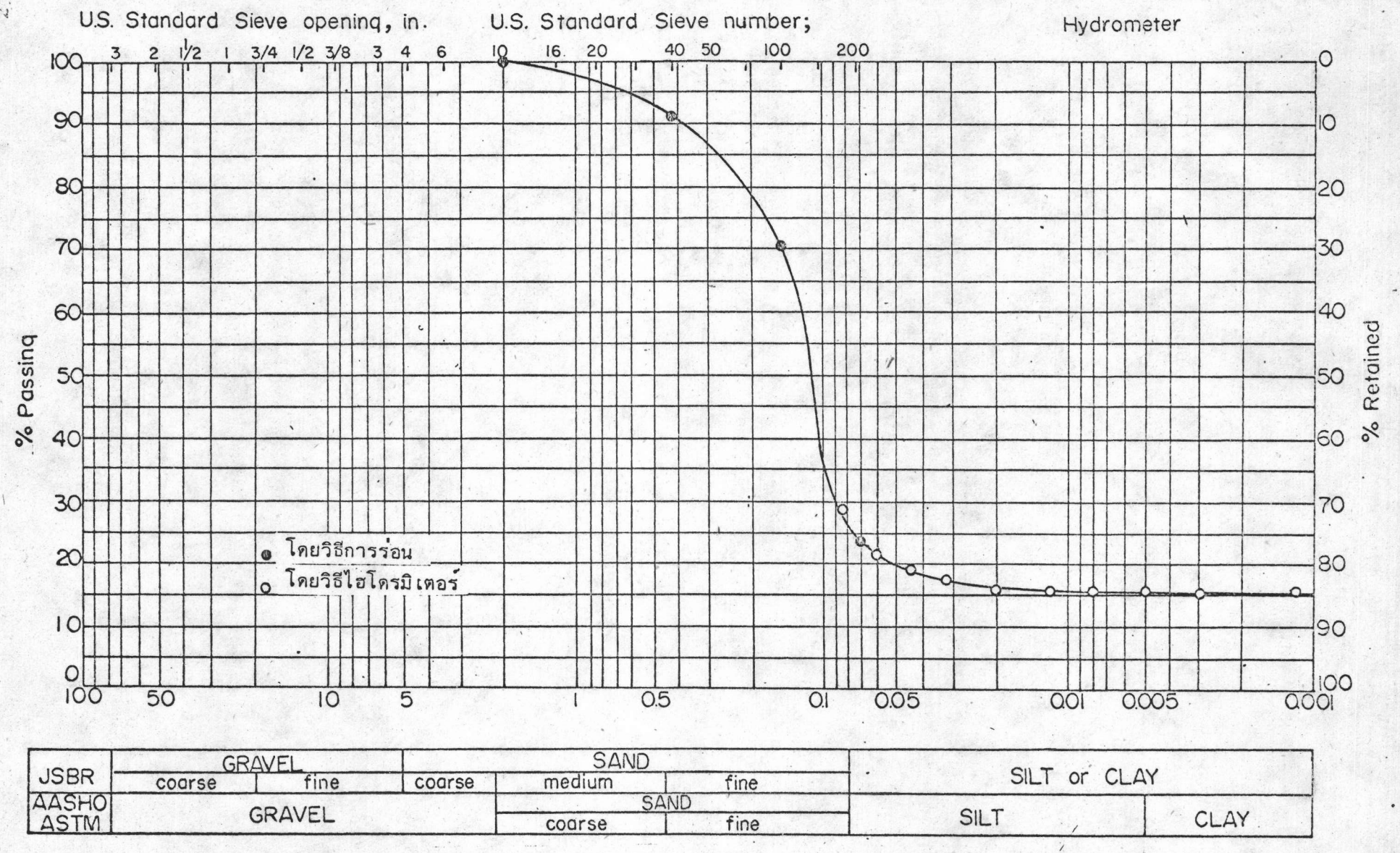
รูปที่ 2.3 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของทรายแม่น้ำมูล



รูปที่ 2.4 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของทรายบกแหลมฉบัง

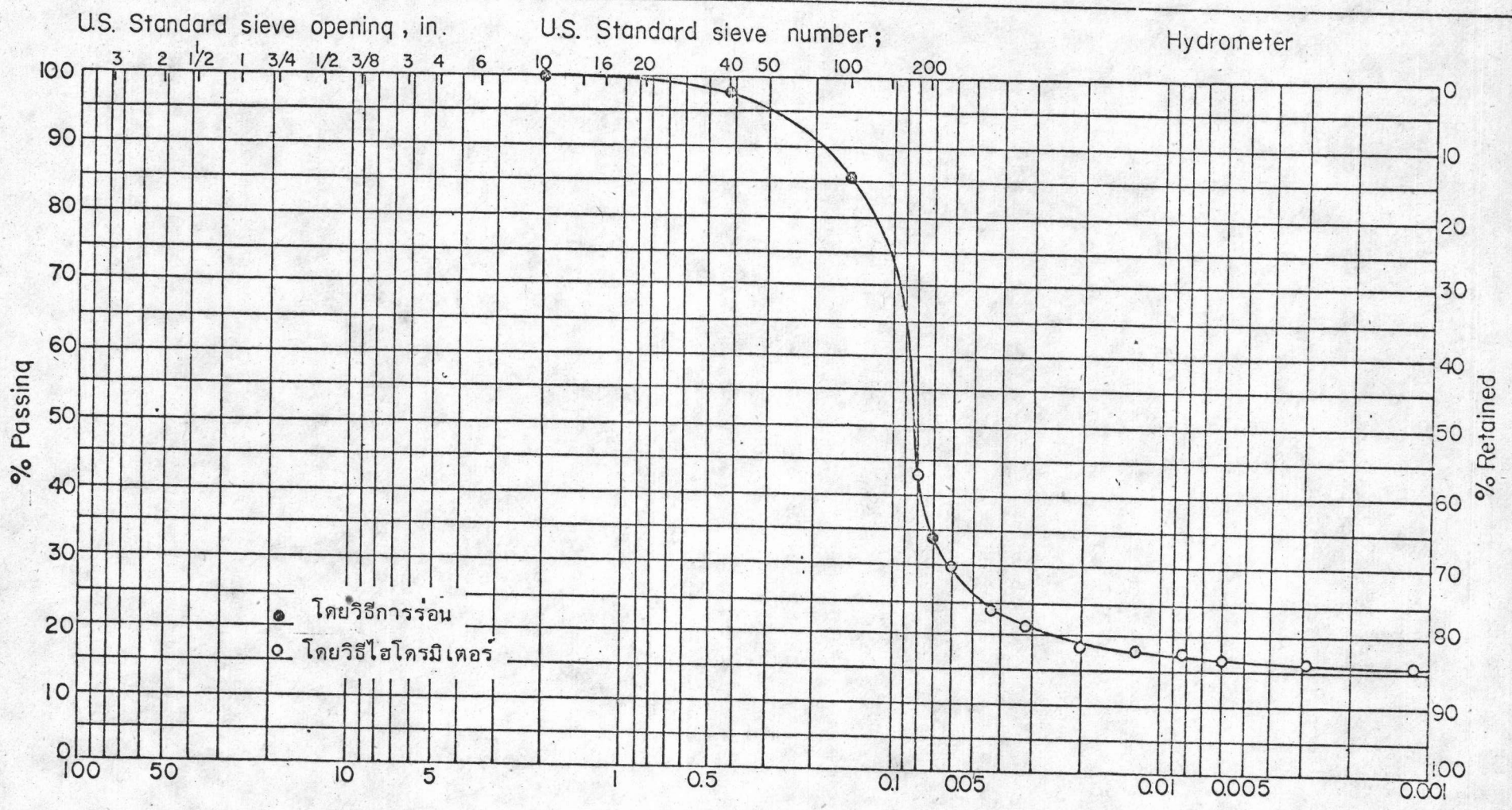


รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของทรายคลองบางริ้น



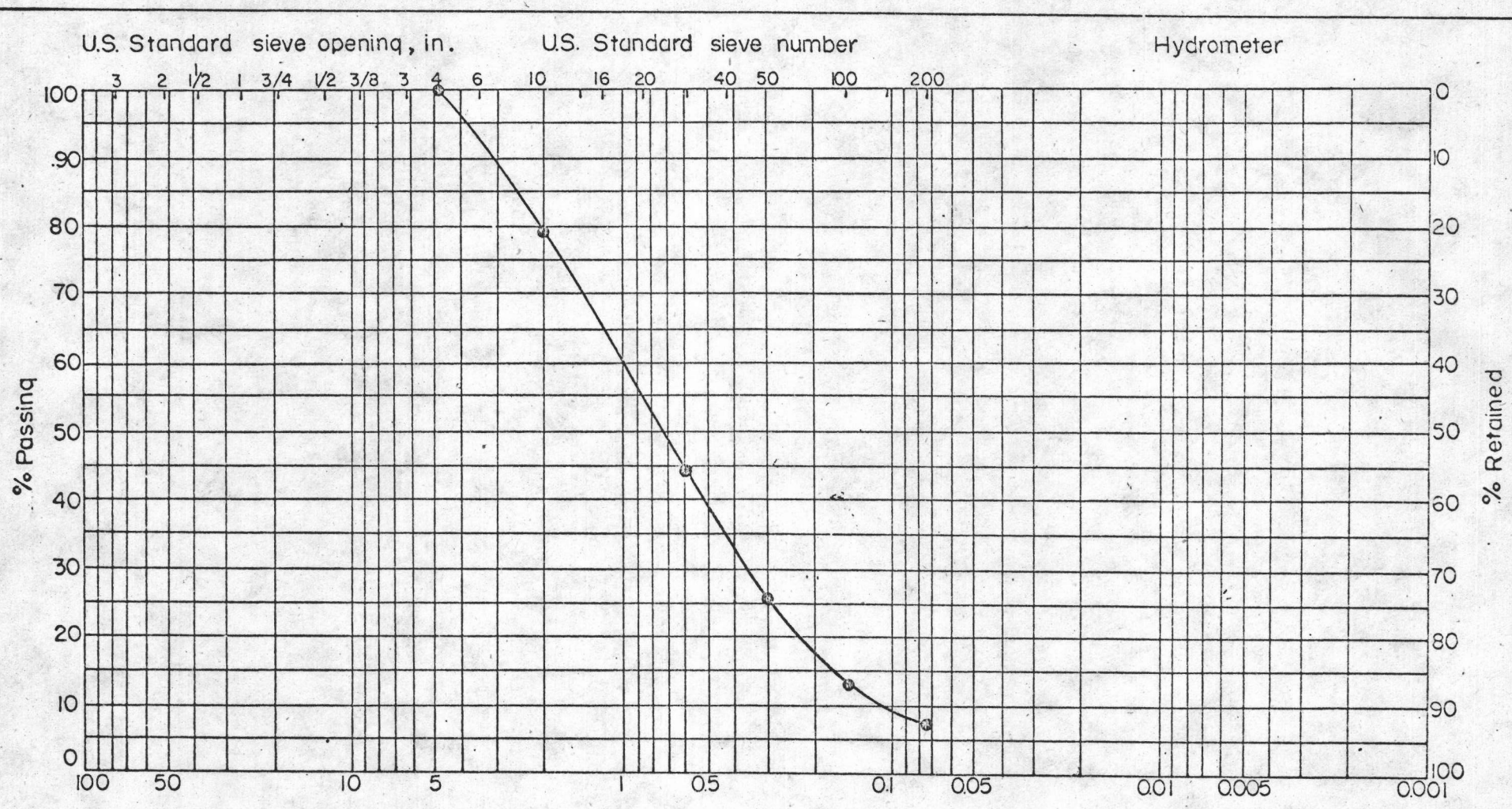
JSBR	GRAVEL		SAND			SILT or CLAY	
	coarse	fine	coarse	medium	fine		
AASHO ASTM	GRAVEL		SAND			SILT	CLAY
			coarse		fine		

รูปที่ 2.6 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของทรายบกโคราช



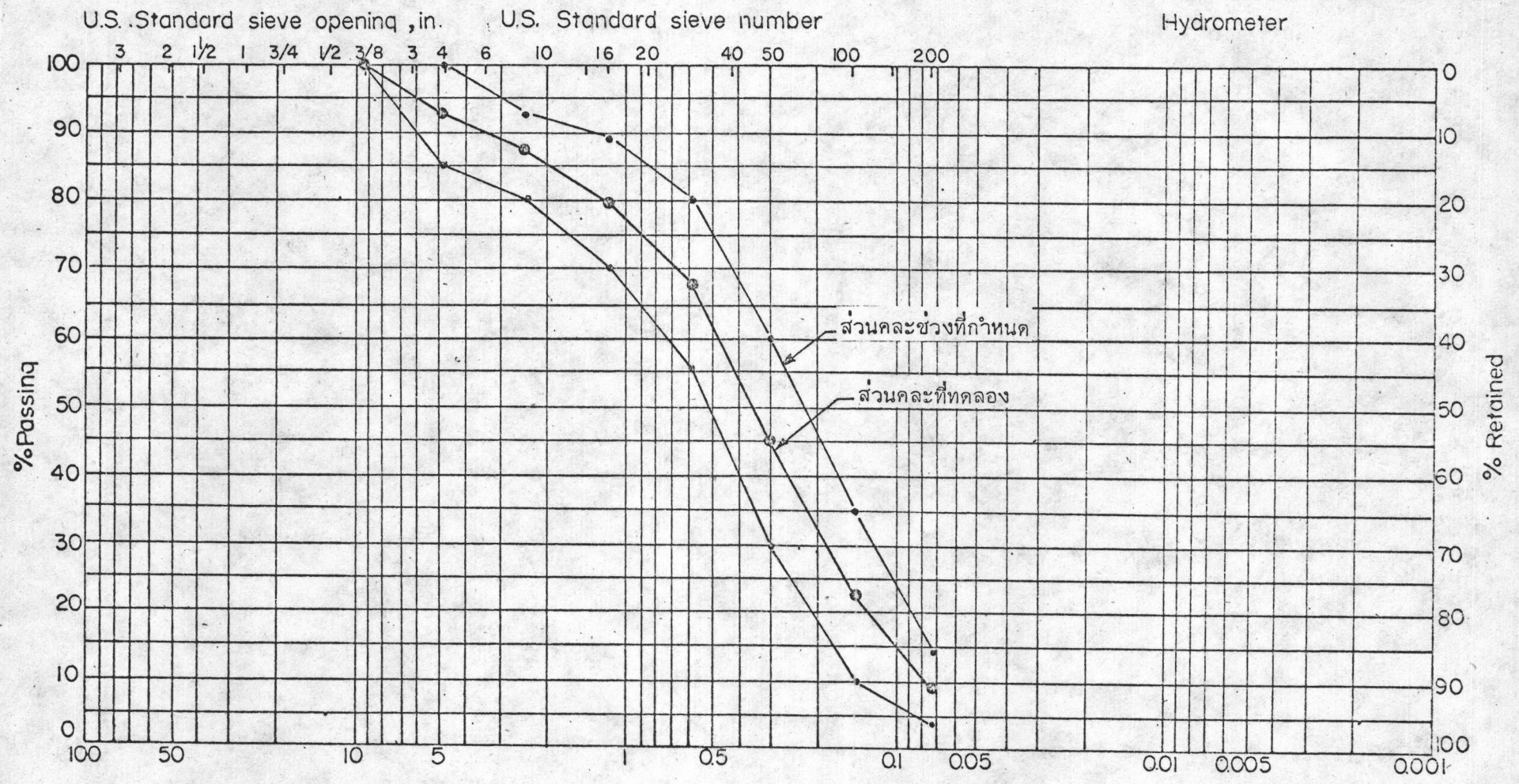
JSBR	GRAVEL		SAND			SILT or CLAL	
	coarse	fine	coarse	medium	fine		
AASHO ASTM	GRAVEL		SAND				
			coarse		fine	SILT	CLAY

รูปที่ 2.7 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของทรายบกขอนแก่น



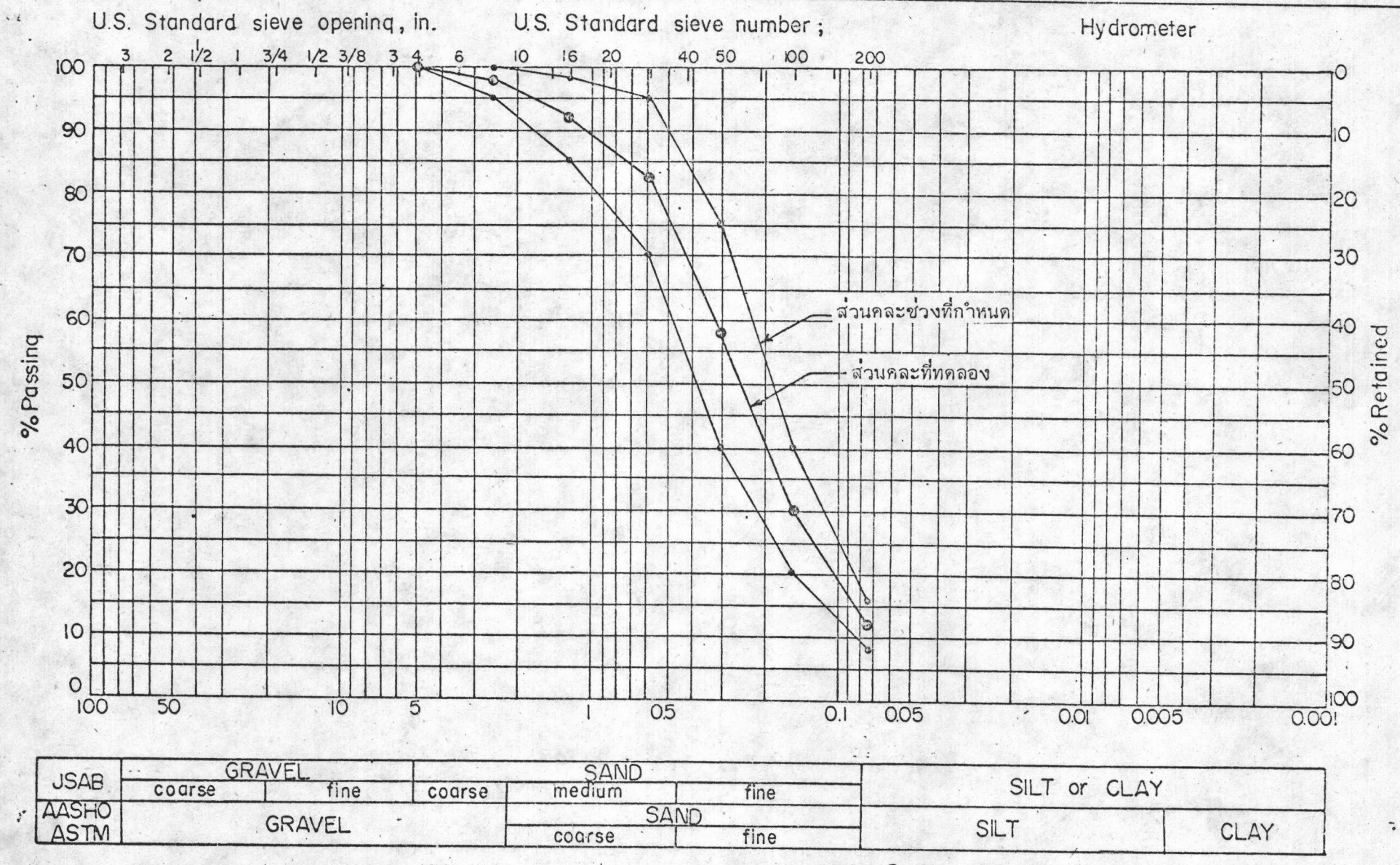
JSAB	GRAVEL		SAND			SILT or CLAY	
	coarse	fine	coarse	medium	fine		
AASHO ASTM	GRAVEL			SAND		SILT	CLAY
				coarse	fine		

รูปที่ 2.8 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของหินฝุ่น



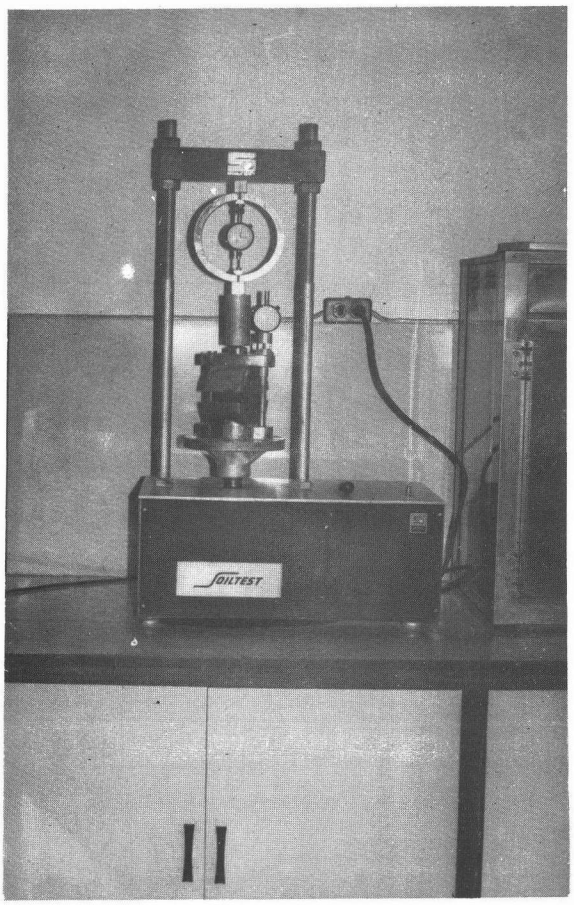
JSAB	GRAVEL		SAND			SILT or CLAY	
	coarse	fine	coarse	medium	fine		
AASHO ASTM	GRAVEL		SAND			SILT	CLAY
			coarse		fine		

รูปที่ 2.9 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของทรายในวัสดุผสมประเภทที่ 7

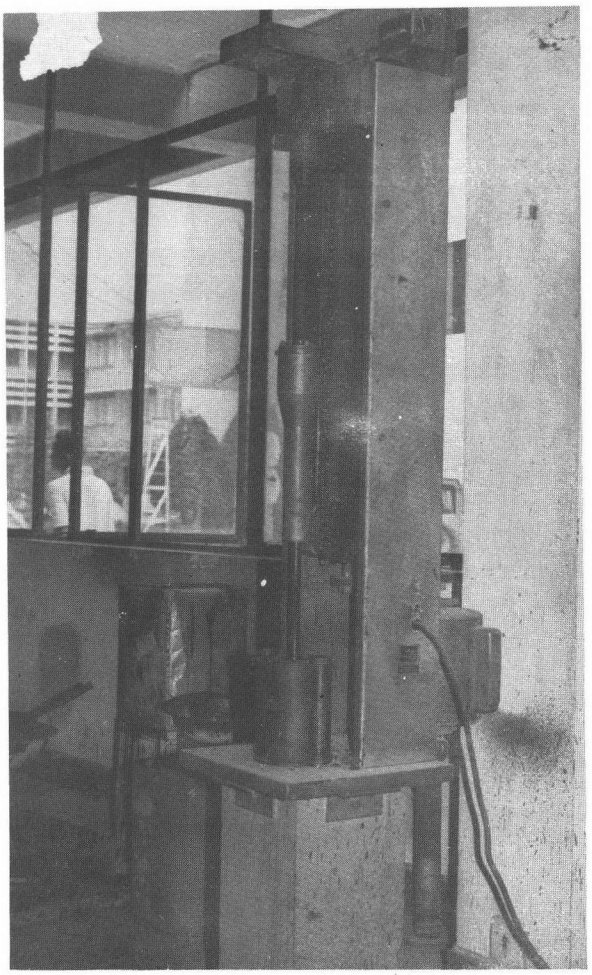


รูปที่ 2.10 แสดงการกระจายขนาดเม็ดของทรายในวัสดุผสมประเภทที่ 8

2.10



รูปที่ 2.11 เครื่องทดสอบเสถียรภาพแบบของมาร์แชล



รูปที่ 2.12 เครื่องบดทับตัวอย่างวัสดุผสมแบบของมาร์แชล

วัสดุผสม ฯ ที่บดทับแล้ว

2.2.7 เตาอบไฟฟ้า ใช้เตาอบที่สามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 250° เซนติเกรด สำหรับให้ความร้อนแก่วัสดุมวลรวม

2.2.8 เตาแบบแผ่นโลหะร้อน (Hot Plate) ใช้เตาที่สามารถให้อุณหภูมิได้สูงถึง 200° เซนติเกรด เพื่อใช้สำหรับให้ความร้อนยางมะตอย แบบโลหะ และเครื่องมือที่ใช้ในการบดทับ

2.3 การเตรียมและการทดลองตัวอย่างวัสดุผสม ฯ โดยวิธีของมาร์แชล

วิธีการเตรียมและการทดลองตามวิธีของมาร์แชล เทียบเท่ากับมาตรฐาน ASTM. D 1559 นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เพราะสะดวกในการปฏิบัติ ปัจจุบันกรมทางหลวงแผ่นดินก็ใช้วิธีการทดลองตามวิธีของมาร์แชลออกแบบวัสดุผสม ฯ ที่ใช้ในการก่อสร้างชั้นผิวถนน และชั้นพื้นถนนของถนนที่รับผิดชอบ

อุณหภูมิในการผสมและการบดทับวัสดุผสม ฯ เป็นสิ่งสำคัญมาก อุณหภูมิที่เหมาะในการผสมประมาณ 300° ฟาเรนไฮท์ ซึ่งยางมะตอยจะมีความหนืดประมาณ 75- 95 Second Saybolt Furol และอุณหภูมิที่เหมาะในการบดทับวัสดุผสม ฯ จะอยู่ประมาณ 275° ฟาเรนไฮท์ ซึ่งยางมะตอยจะมีความหนืดประมาณ 140 ± 15 Second Saybolt Furol แต่ในการทดลองวัสดุผสมทรายกับยางมะตอย พบว่าในการบดทับตัวอย่างที่มีอุณหภูมิประมาณ 275° ฟาเรนไฮท์นั้น ตัวอย่างวัสดุผสม ฯ จะไหลหลุดออกจากแบบในขณะที่พลิกแบบเพื่อทำการบดทับอีกข้างหนึ่ง ทำให้การบดทับไม่ได้ผล ดังนั้น เพื่อความสะดวกและให้ได้ผลแน่นอนในการบดทับ จึงทำการบดทับที่อุณหภูมิประมาณ 200 ฟาเรนไฮท์

ตัวอย่างวัสดุผสม ฯ ที่บดทับแล้ว จะปล่อยทิ้งไว้จนอุณหภูมิต่ำกว่า 140° ฟาเรนไฮท์ จึงทำการถอดออกจากแบบ และทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง จึงนำไปทดลองขั้นต่อไป

การทดลองหาเสถียรภาพและค่าการไหลจะทำการทดลองเมื่อตัวอย่างวัสดุผสม ฯ มีอุณหภูมิ 140° ฟาเรนไฮท์ โดยนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 140° ฟาเรนไฮท์ เป็นเวลา 30 นาที