บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

4.1 <u>การออกแบบส่วนผสม</u> (Mix Design) เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการในห้องทดลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาปฏิภาคส่วนผสม (Mix Proportion) ของแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่เหมาะสม โดยเมื่อนำมาทำการผลิตแล้ว จะได้แอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่มีคุณภาพดีอยู่ในขอบเขตมาตรฐานกำหนด ใช้เป็นบรรทัดฐานในการกำหนดปฏิภาคส่วนผสม (Job-Mix Formula) ของงานก่อสร้างในสนามต่อไป

ก่อนทำการออกแบบส่วนผสม ได้ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม โดยใช้มาตรฐานกำหนดการทดสอบ AASHO, ASTM และกรมทางหลวงฯ ในด้านการออกแบบใช้วิธีการออกแบบตาม Marshall Method ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับที่กรมทางหลวงฯ ใช้ออกแบบผิวแอสฟัลท์ติคหินปูนของผิวทางข้างเคียง ลักษณะการผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีตเป็นแบบผสมร้อน (Hot-Mix) โดยมีส่วนขนาดคละเป็นแบบ Dense Graded มาตรฐานกำหนดที่ใช้ออกแบบดูได้ในบทที่ 3 ผลการออกแบบส่วนผสมแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

4.2 <u>การดำเนินการวิจัยในสนาม</u>

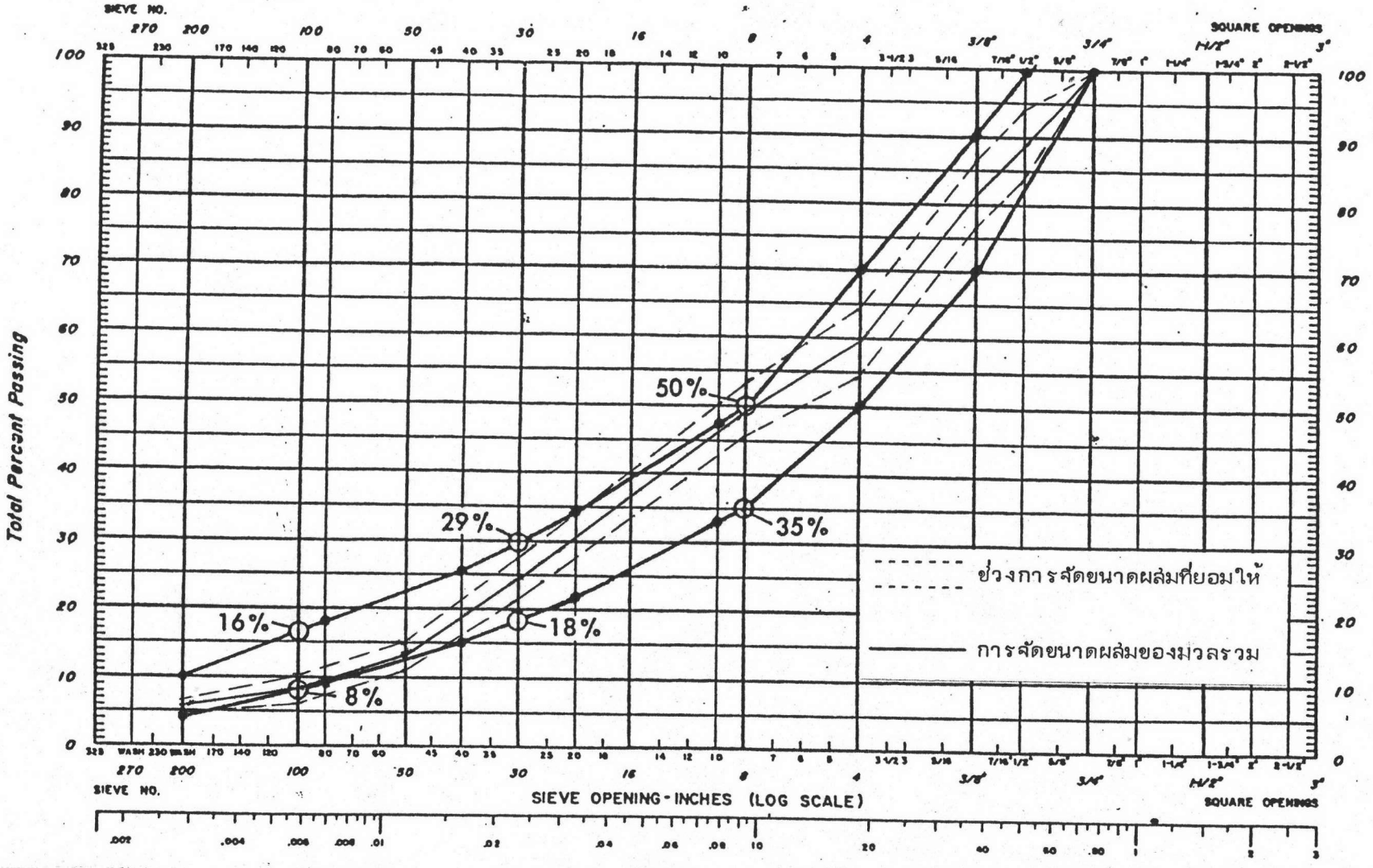
4.2.1 <u>ส่วนของผิวทางในการวิจัย</u> กรมทางหลวงฯ ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการวิจัย โดยจัดส่วนของผิวทางบนเส้นทางหลวงจังหวัดหมายเลข 3195 เป็นเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างจังหวัดอ่างทองกับอำเภอวิเศษชัยชาญ และสามารถเดินทางต่อไปยังจังหวัดสุพรรณบุรีได้ เส้นทางนี้แยกจากเส้นทางสายอ่างทอง-โพธิ์ทอง ปากทางแยกอยู่ห่างจากตัวจังหวัดอ่างทองประมาณ 4 กิโลเมตร (ดูรูปที่ 4.2, 4.3) เส้นทางสาย 3195 นี้ กรมทางหลวงฯ กำลังจะดำเนินการปรับปรุงผิวทางด้วยแอสฟัลท์ติคหินปูน จึงได้ติดต่อเจ้าหน้าที่ฝ่ายก่อสร้างของกรมฯ ในการกำหนดส่วนของผิวทางตรงหลักกิโลเมตร 29 และอยู่บนเลนด้านทิศใต้ของช่องจราจร (ดูรูปที่ 4.3) ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำและการติดตามวิจัยต่อไป ผิวทดลองมีความกว้างเท่ากับความกว้างของเลน พื้นที่ผิวทดลองประมาณ 7 ตารางเมตร ความหนาของผิวประมาณ 5.8 ซม. ระยะทางจากผิวที่ทดลองไปยังแหล่งผลิต (Plant) ที่จังหวัดสุพรรณบุรีประมาณ 37 กิโลเมตร

ตัวอย่างทดสอบในห้องทดลอง									ตัวอย่างในสนาม		
ขนาดตะแกรง	กรวดดินเผา			ทราย	หินฝุ่น	การจัดขนาดผสม	การจัดขนาดผสมกำหนด	ช่วงการจัดขนาดผสมที่ยอมให้	ทราย	หินฝุ่น	การจัดขนาดผสม
	$\frac{3}{4}$"	$\frac{1}{2}$"	$\frac{3}{8}$"								
$\frac{3}{4}$"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$\frac{1}{2}$"	25.6	100	100	100	100	88.8	80-100	83.8-93.8	100	100	88.8
$\frac{3}{8}$"	13.6	21.5	99.4	100	100	81.4	70-90	76.4-86.4	100	100	81.4
# 4	7.6	0.3	0.7	96.5	98.6	59.8	50-70	54.8-64.8	98.0	97.4	59.9
# 8	-	-	-	88.5	75.0	49.2	35-50	45.2-53.2	91.8	66.1	46.3
# 30	-	-	-	41.2	40.5	24.5	18-29	21.5-27.5	52.9	35.3	25.8
# 50	-	-	-	13.6	30.8	13.1	13-23	11.1-15.1	16.5	27.1	13.5
#100	-	-	-	3.9	23.7	8.1	8-16	6.1-10.1	2.6	19.8	7.4
#200	-	-	-	2.2	17.7	5.8	4-10	4.8-6.8	0.9	13.5	4.8

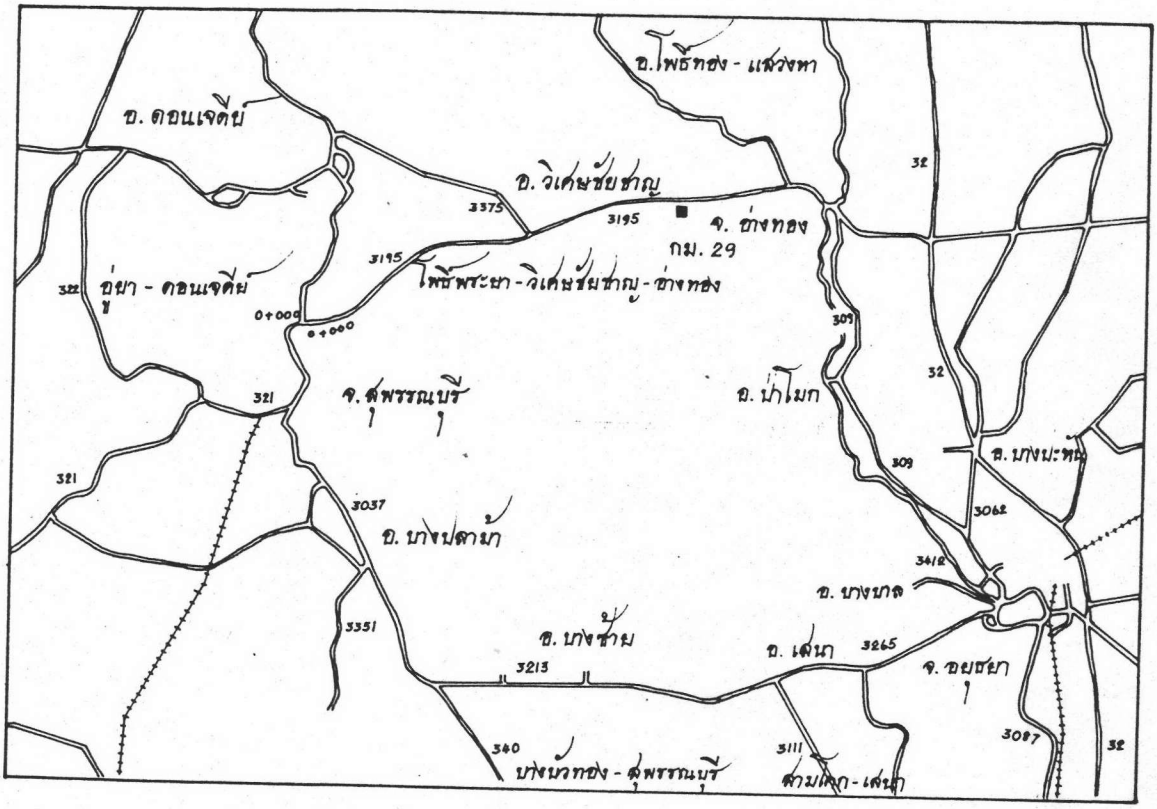
ปฏิภาคส่วนผสมที่ออกแบบในห้องปฏิบัติการ $\frac{3}{4}$" : $\frac{1}{2}$" : $\frac{3}{8}$" : ทราย : หินฝุ่น = 15:7:18:31:29

ปฏิภาคส่วนผสมที่ปรับในสนาม $\frac{3}{4}$" : $\frac{1}{2}$" : $\frac{3}{8}$" : ทราย : หินฝุ่น = 15:7:18:26:34

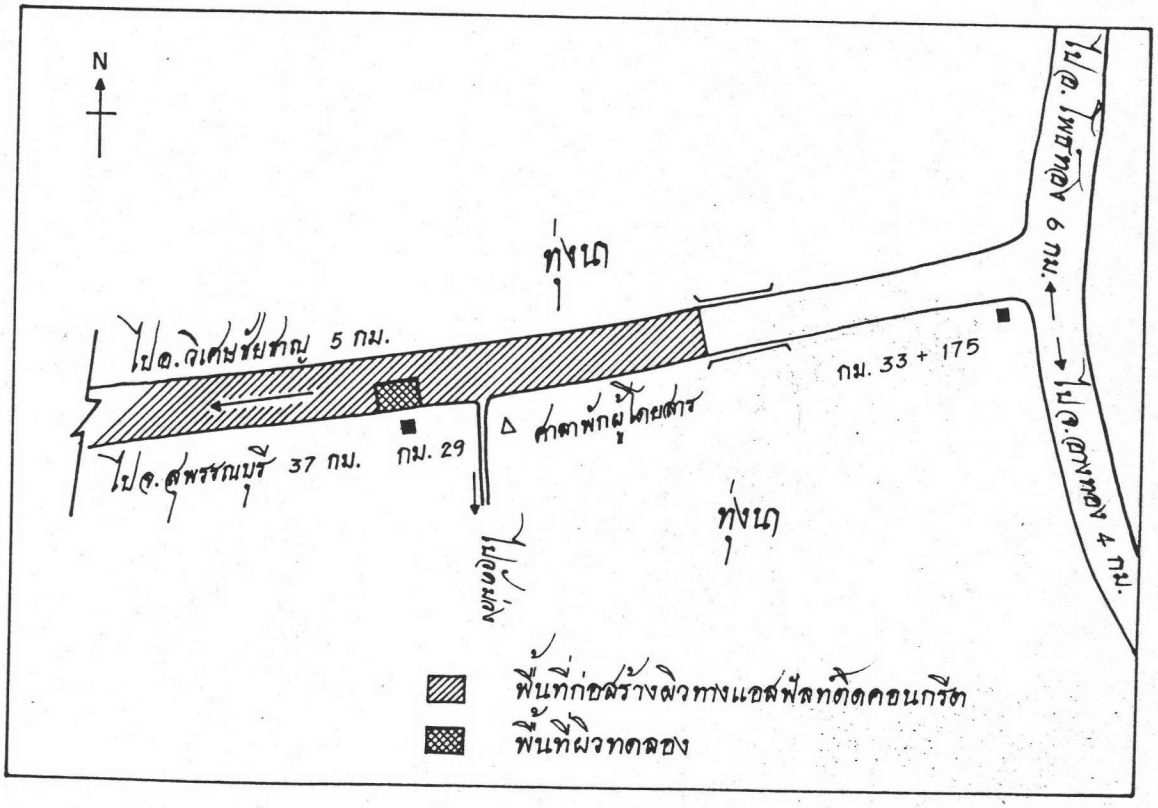
ตารางที่ 4.1 แสดงการกระจายขนาดของมวลรวมแต่ละชนิด และการจัดขนาดผสมของส่วนผสม



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงส่วนขนาดคละของมวลรวมแอสฟัลท์ติดดินเผาที่ออกแบบ



รูปที่ 4.2 แผนที่แสดงเส้นทางของผิวทดลอง



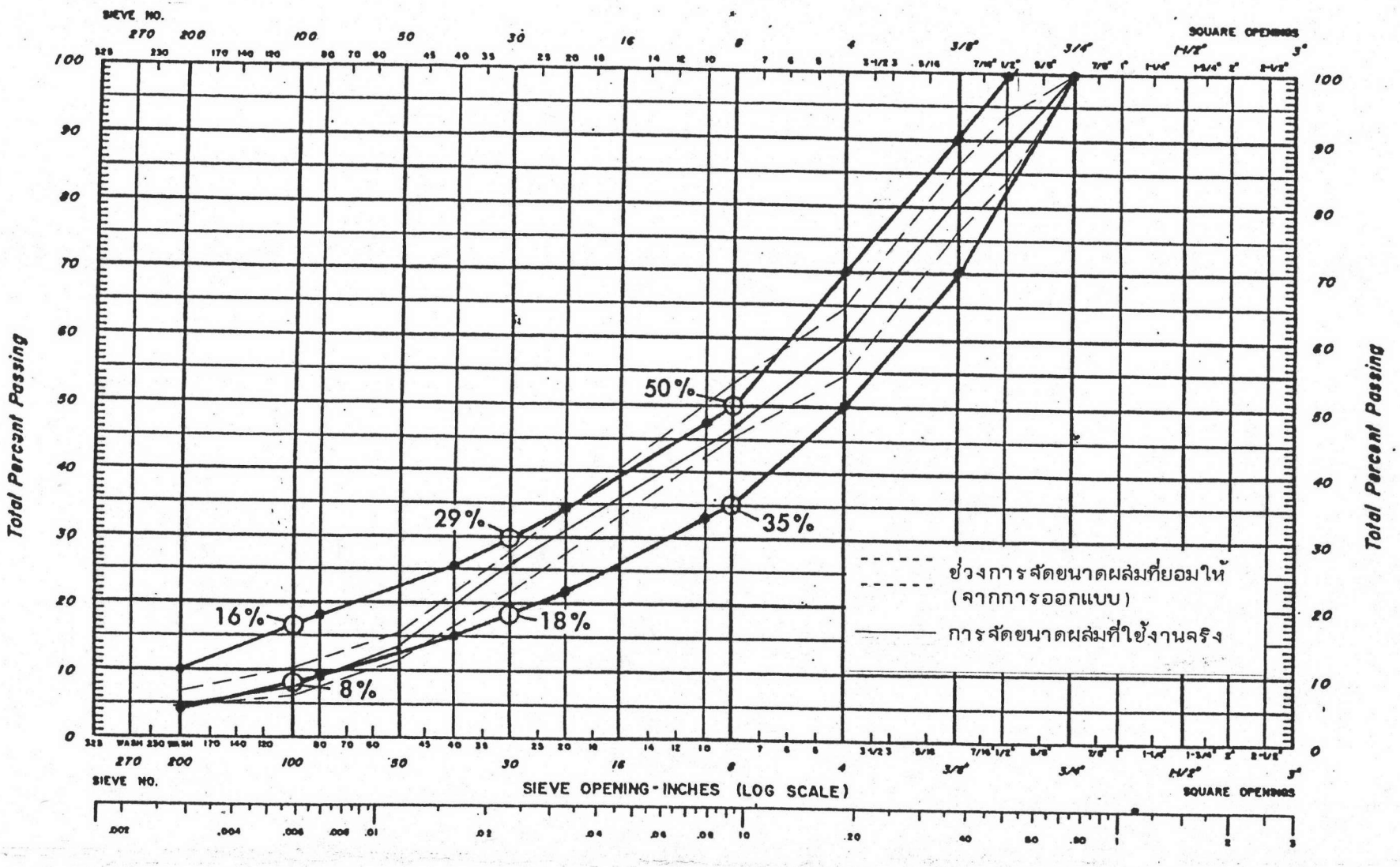
รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ผิวทดลองโดยสังเขป

4.2.2 <u>การปรับปฏิภาคส่วนผสมมวลรวมคละ</u> (Mix Proportion Adjustment) ตัวอย่างทรายและหินฝุ่นที่นำมาออกแบบส่วนผสมมีส่วนขนาดคละ (Gradation) แตกต่างจากทรายและหินฝุ่นที่ใช้งานจริงในสนาม ถึงแม้ว่ามวลรวมทั้งสองจะนำมาจากแหล่งเดียวกัน แต่ช่วงเวลาที่ได้มวลรวมมาต่างกัน ส่วนขนาดคละของมวลรวมจึงมีโอกาสเปลี่ยนไปได้ ดังนั้นก่อนดำเนินการผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีต จึงได้ทำการตรวจสอบส่วนขนาดคละของมวลรวมแล้วปรับปฏิภาคส่วนผสมมวลรวมคละเสียใหม่ เพื่อให้ได้การจัดขนาดผสม (Combined Grading) อยู่ในช่วงการจัดขนาดผสมกำหนด (Allowable Tolerance) ผลการปรับปฏิภาคส่วนผสมมวลรวมคละแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4

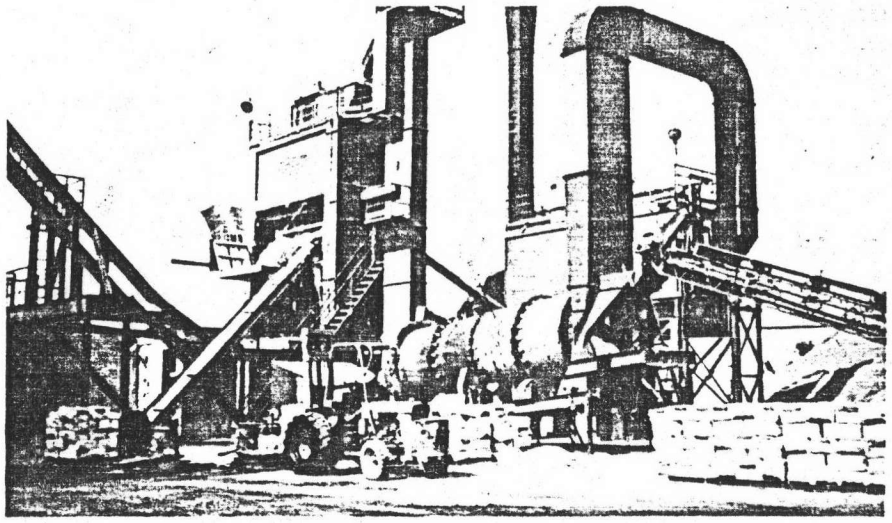
ปฏิภาคส่วนผสมของงานก่อสร้างในสนาม (Job-Mix Formula) กำหนดได้โดยใช้ปฏิภาคส่วนผสมจากการออกแบบเป็นบรรทัดฐานและมีช่วงการจัดขนาดผสมกำหนด (Allowable Tolerance) ดังนี้

มวลรวม	ผ่านตะแกรงเบอร์	4	± 5 %
	"	8	± 4 %
	"	30	± 3 %
	"	50	± 2 %
	"	100	± 2 %
	"	200	± 1 %
ยางแอสฟัลท์			± 0.3 %

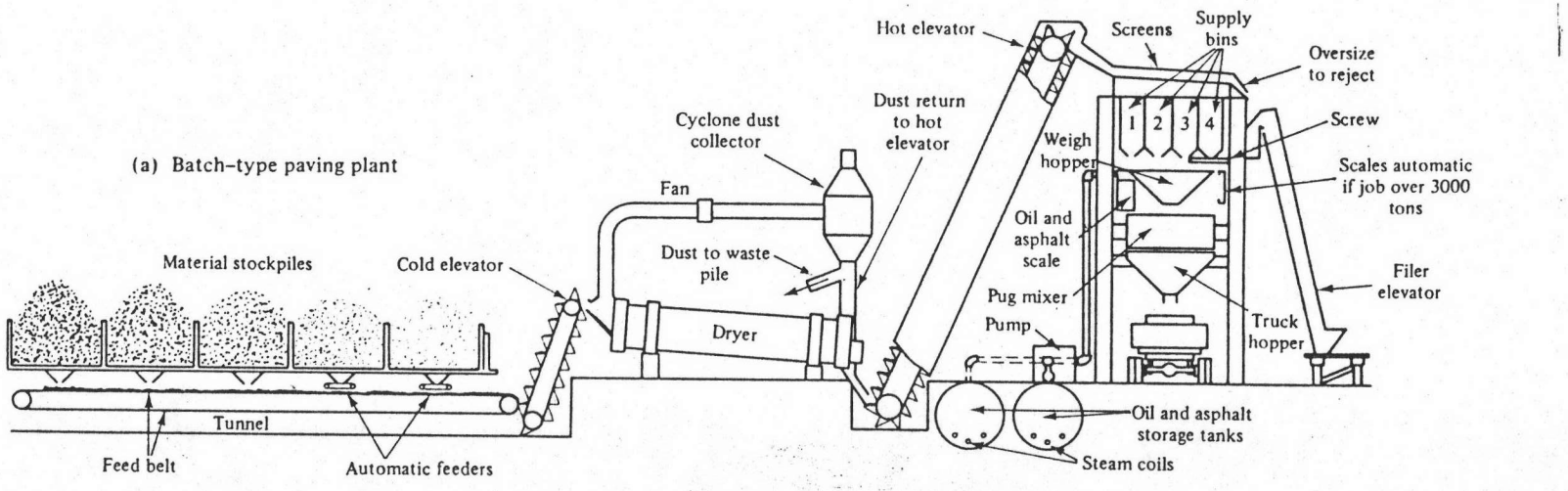
4.2.3 <u>การผลิตแอสฟัลท์ติคคอนกรีต</u> เครื่องมือผสมใช้ Plant Mix เป็น Plant ที่ใช้ผลิตแอสฟัลท์ติคหินปูนของงานก่อสร้าง ตัว Plant ติดตั้งอยู่ที่ข่านเมืองจังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีระยะทางจาก Plant ถึงหน้างานบริเวณก่อสร้างประมาณ 37 กิโลเมตร ลักษณะของ Plant เป็นแบบ Batch Type (ดูรูปที่ 4.5) มวลรวมทั้งหมดจาก Cold Bin จะถูกลำเลียงด้วยสายพาน โดยมีสัดส่วนของมวลรวมแต่ละขนิดตามปฏิภาคส่วนผสมอย่างคร่าว ๆ ผ่านเข้าไปยัง Drier ซึ่งจะหมุนและพลิกมวลรวมให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงเพื่ออบมวลรวมให้แห้งและมีอุณหภูมิสูงเพียงพอต่อการผสม จากนั้นมวลรวมจะถูกลำเลียงขึ้นไปด้านบน ผ่านตะแกรงร่อนเพื่อแยกขนาดของมวลรวมแล้วลงไปเก็บไว้ในถังเก็บ (Hot Bin) เมื่อมวลรวมในถังเก็บมีปริมาณเพียงพอและยางแอสฟัลท์ถูกทำให้มีอุณหภูมิเพียงพอต่อการผสม ให้ปล่อยมวลรวมแต่ละขนาดจากถังเก็บ



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงส่วนขนาดคละของมวลรวมแอสฟัลท์ติดดินเผาในสนาม



รูปที่ 4.5 เครื่องผลิตแอสฟัลท์ติคคอนกรีตแบบ Batch Type



4.2.5 <u>การเตรียมผิวทดลอง</u> ผิวทดลองได้จากการตัดผิวแอสฟัลท์ติคหินปูนที่ปูเสร็จใหม่ ๆ ให้ได้ปริมาณพื้นที่ตามต้องการประมาณ 7 ตารางเมตร ลักษณะของผิวทดลองจะครอบคลุมตลอดความกว้างของเลนเพียงเลนเดียวของเส้นทาง เลนนี้จะอยู่ทางด้านทิศใต้ของเส้นทาง ซึ่งเป็นเส้นทางของการเดินทางจากจังหวัดอ่างทองไปอำเภอวิเศษชัยชาญ ตำแหน่งของผิวทดลองจะอยู่ตรงหลักกิโลเมตรที่ 29 ดูรูปที่ 4.6 ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการจดจำและติดตามศึกษาวิจัยต่อไป

เมื่อได้ตัดผิวแอสฟัลท์ติคหินปูนออกตามปริมาณพื้นที่ที่ต้องการแล้ว ได้ทำความสะอาดผิวชั้นล่าง โดยกวาดเอาสิ่งสกปรกออกไป จากนั้นลาดผิวชั้นล่างและบริเวณรอยตัดเป็นชั้นบางๆ ด้วยยาง Tack Coat ซึ่งใช้ยาง Emulsion ผสมน้ำปล่อยทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้ยางแตกตัวและน้ำที่ผสมอยู่ระเหยออกไปจนเหลือแต่ยาง ทำการปูแอสฟัลท์ติคที่สำเลียงมาถึงโดยทันที Tack Coat ที่ลาดผิวชั้นล่างนี้ จุดประสงค์เพื่อให้ผิวชั้นบนที่ปูใหม่ยึดเกาะกับผิวเดิมชั้นล่างได้ดี การลาด Tack Coat จะต้องไม่มากจนเกินไป จะทำให้เป็นการเพิ่มปริมาณยางในส่วนผสม-แอสฟัลท์ติคคอนกรีต ซึ่งจะก่อให้เกิดการเยิ้มของยางที่ผิวได้ (Bleeding)

อนึ่ง การเตรียมผิวทดลอง จะต้องให้สัมพันธ์กับวัสดุผสมที่จะสำเลียงมาถึง เพื่อไม่ให้เกิดการรอคอย และให้การดำเนินการเป็นไปอย่างต่อเนื่องจนเสร็จสิ้นก่อนที่อุณหภูมิของส่วนผสมจะลดต่ำเกินไป

4.2.6 <u>การปูผิวทาง</u> วัสดุผสมแอสฟัลท์ติคดินเผาที่ผลิตมีปริมาณน้อย การปูผิวทางด้วยเครื่องปู (Paver) จึงกระทำไม่ได้ ในการปูผิวจึงใช้คนปู เมื่อสำเลียงวัสดุผสมถึงผิวทดลองใช้พลั่วตักวัสดุผสมเทลงในพื้นที่ผิวทดลองให้เต็ม ทำการตกแต่งผิวและรอยต่อต่างๆ ให้เรียบร้อยด้วยตะเกรา (Scraper) การปูต้องเผื่อความหนาของผิวที่ปูนี้ให้สูงกว่าผิวข้างเคียงเล็กน้อยเมื่อบดอัดแล้วจะได้ระดับเท่ากับผิวข้างเคียง ทำให้ไม่เกิดคลื่นกระดอนตรงรอยต่อ การปูผิวจะต้องกระทำด้วยความรวดเร็ว เพื่อมิให้อุณหภูมิของวัสดุผสมก่อนการบดอัดต่ำกว่ากำหนด

กรวดดินเผาที่ผลิตมี 3 ขนาด คือ 3/4", 1/2", 3/8" แต่ละขนาดจัดอยู่ในประเภทมวลรวมขนาดเดียวกัน (Single Sized Aggregate) แต่ละก้อนมีขนาดใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ เมื่อใช้เป็นมวลรวมของแอสฟัลท์ติคคอนกรีต จะเห็นลักษณะการแยกกันระหว่างกลุ่มวัสดุผสมขนาดใหญ่และกลุ่มวัสดุผสมละเอียด โดยพวกกลุ่มวัสดุผสมละเอียดจะเกาะยึดเป็นกลุ่มก้อนและหุ้มพวกวัสดุผสมขนาดใหญ่บางส่วนไว้ พวกที่ไม่ถูกหุ้มก็จะหลุดแยกออกมาได้ง่าย ปรากฏการณ์นี้จะเห็นได้ชัดเจนกับมวลรวมขนาด 3/4" ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าวัสดุผสม

ละเอียดมาก จากการสังเกตพบว่า ในขณะทำการตบแต่งผิวด้วยตะเกรา วัสดุผสมขนาดใหญ่ที่อยู่บริเวณผิว จะถูกตะเกราเขี่ยกลิ้งแยกออกไปบ้าง ในการปูผิวจึงต้องระมัดระวังเรื่องนี้ให้ดี ปัญหาเหล่านี้จะลดลงถ้าปูผิวด้วยเครื่องปู (Paver) นอกจากจะแก้ปัญหาดังกล่าวแล้ว ยังได้ผิวที่เรียบอีกด้วย

4.2.7 <u>การบดอัด</u> (Compaction) เครื่องมือที่ใช้บดอัดได้แก่ รถบดล้อเหล็กแบบ 2 ล้อ (Tandem Steel - Wheeled Roller) หนักประมาณ 6 - 8 ตัน ทำการบดอัดทันทีหลังจากการปูผิวเสร็จสิ้น โดยบดที่รอยต่อกึ่งกลางเลน แล้วมาบดที่ขอบเลนด้านที่ติดกับไหล่ทาง แล้วจึงเข้าบดในพื้นที่ การที่ต้องบดบริเวณ 2 แห่งดังกล่าวก่อน ก็เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุเกิดการทะลักเคลื่อนออกไปด้านข้างขณะทำการบดในพื้นที่ อุณหภูมิขณะทำการบดในพื้นที่ อุณหภูมิขณะบดอัดวัดได้ 120°C ต่อจากนั้นจึงนำรถบดอัดล้อยางแบบ 11 ล้อ หน้า 5 ล้อ หลัง 6 ล้อ (Pneumatic - tired Roller) หนักประมาณ 8 - 10 ตัน เข้าทำการบดอัดจนได้ความแน่นตามต้องการ และได้ผิวที่เรียบ รถบดทั้งสองชนิดขณะบดอัดมีน้ำหล่อที่ล้อให้เปียกเพื่อกันไม่ให้วัสดุผสมติดล้อรถ (ดูรูปที่ 4.7)

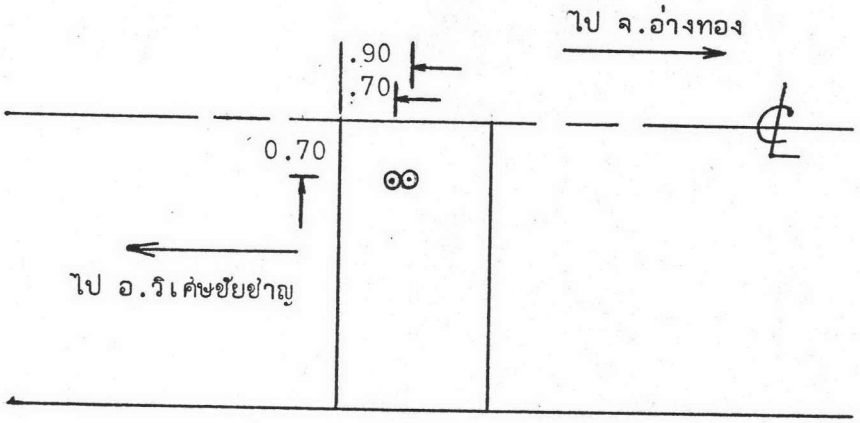
4.2.8 <u>การตรวจสอบการบดอัด</u> ได้ทำการเจาะตัวอย่าง (Coring) จำนวน 2 ตัวอย่าง หลังจากได้เปิดผิวจราจรให้รถวิ่งประมาณ 4 - 5 วัน นำตัวอย่างที่เจาะได้มาหาความหนาแน่น (Density) ในห้องทดลองได้ค่า Density 1.969 และ 1.964 กรัม/ลบ.ซม. ตำแหน่งที่ทำการเจาะตัวอย่างและลักษณะตัวอย่างที่เจาะได้ ดูได้ในรูปที่ 4.8 และ 4.9

4.2.9 <u>การวัดค่าในสนาม</u> ได้ทำการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance Value) ทั้งสภาพผิวแห้งและผิวเปียกของผิวทางแอสฟัลท์ติคคอนกรีตและดินเผา โดยใช้เครื่องมือ British Portable skid Resistance Tester โดยการวัดค่าในสภาพผิวทางเปียก ทำการวัดในสภาพที่ผิวทางมีความหนาของฟิล์มน้ำ 0.010 นิ้ว (0.25 มม.) ทำการวัดค่าความลึกผิว (Surface Texture Depth) ของผิวทางทั้ง 2 ชนิด โดย Sand Path Method นอกจากนี้ขณะทำการวัดค่าต่าง ๆ ในสนามได้สำรวจปริมาณการจราจรในช่วงนั้นด้วย ผังแสดงตำแหน่งของการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลและค่าความลึกผิว ดูได้ในรูปที่ 4.10, 4.11

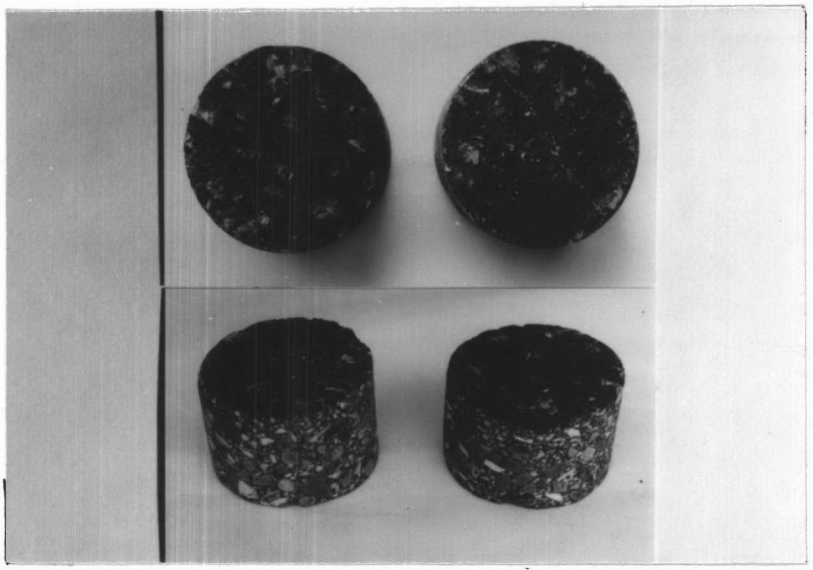
รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งผิวทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

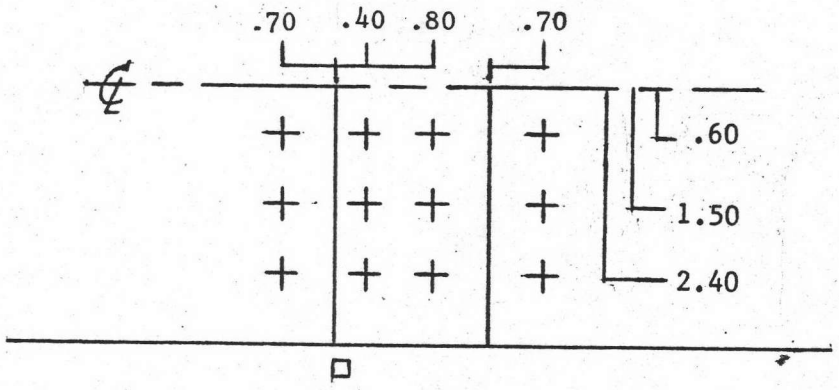
รูปที่ 4.7 เครื่องบดอัดล้อเหล็กและล้อยาง



รูปที่ 4.8 แสดงตำแหน่งที่ทำการเจาะตัวอย่าง

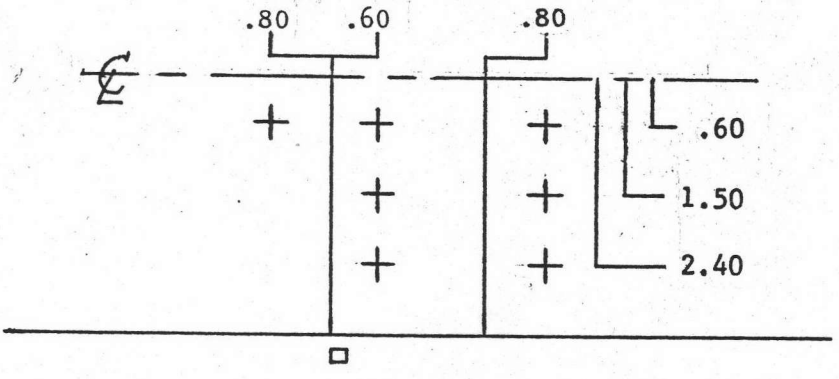


รูปที่ 4.9 ตัวอย่างที่เจาะจากสนาม



หลัก กม.29

รูปที่ 4.10 ผังแสดงตำแหน่งวัดค่าความต้านทานการลื่นไถล



หลัก กม.29

รูปที่ 4.11 ผังแสดงตำแหน่งวัดค่าความลึกผิว