

บันทึกวิชาการฉบับที่ 12

การเสริมเสถียรภาพเชิงกล (Mechanical Stabilization)

บันทึกวิชาการฉบับที่ 12

การเสริมเสถียรภาพเชิงกล

(Mechanical Stabilization)

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ	1
2. การนำไปใช้	1
3. คุณสมบัติของวัสดุกรวด (Properties of Granular Materials)	2
4. องค์ประกอบที่มีผลต่อเสถียรภาพเชิงกล	2
5. การจัดสัดส่วนวัสดุ	10
6. การทดสอบในห้องทดลอง	13
7. การก่อสร้าง	13
8. การทดสอบควบคุมในสนาม	13
9. การบำรุงรักษา	13
10. สรุป	14

สารบัญตารางและรูปภาพ

หน้า

ตารางที่ 1 :	ขอบเขตการกระจายขนาดเม็ดดิน สำหรับชั้นพื้นทางและผิวทาง (ASTM : D 556 - 40T และ ASTM D 557 - 40T)	4
ตารางที่ 2 :	ขอบเขตของการกระจายขนาดเม็ดดินเสนอสำหรับชั้นพื้นทางและ ผิวทาง โดยมีส่วนขยาย (Tolerances)	6
ตารางที่ 3 :	ตัวอย่างการใช้วิธีการของ ROTHFUCH สำหรับการจัดสัดส่วน ส่วนผสมมวลรวม, ส่วนผสมสำหรับชั้นผิวทาง	11
รูปที่ 1 :	ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทาง มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3 นิ้ว	7
รูปที่ 2 :	ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทาง มวลรวมขนาดใหญ่สุด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว	7
รูปที่ 3 :	ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทาง มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3/4 นิ้ว	8
รูปที่ 4 :	ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นผิวทาง มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3/4 นิ้ว	8
รูปที่ 5 :	ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทางหรือผิวทาง มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3/8 นิ้ว	9
รูปที่ 6 :	ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทางหรือผิวทาง มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3/16 นิ้ว	9
รูปที่ 7 :	การพิจารณาส่วนผสมสำหรับผิวทางเสริมเสถียรภาพ	12
รูปที่ 8 :	เปรียบเทียบระหว่างตะแกรงมาตรฐานอังกฤษและมาตรฐานอเมริกัน	15
รูปที่ 9 :	การแบ่งชนิดตามขนาดของเม็ดดิน	16

คำนำ

บทความทางวิชาการฉบับนี้ เกี่ยวข้องกับชั้นโครงสร้างผิวทาง (Pavement Structural Courses) โดยอาจเป็นชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นพื้นทาง รวมทั้งเป็นผิวทางเองด้วย ที่เรียก Untreated Surface Course การเสริมเสถียรภาพเชิงกล จะช่วยให้ชั้นโครงสร้างผิวทาง หรือเมื่อใช้เป็นผิวทางไม่ลาดยาง มีความคงทนถาวรเท่าที่ผิวทางแบบ Untreated Surface Course จะคงสภาพอยู่ได้ภายใต้การกระทำจากน้ำหนักล้อรถที่จะทำให้วัสดุเคลื่อนตัว และจากดินฟ้าอากาศ โดยเฉพาะฝนที่มีผลกระทบกับส่วนละเอียดของดิน (Soil Binder) เป็นอย่างยิ่ง

หลังจากบทความฉบับนี้จะมีการนำเสนอการเสริมเสถียรภาพดิน, ดินปนกรวด ในลักษณะต่าง ๆ เช่น ใช้ซีเมนต์ผสม ที่เรียกว่า Soil Cement ฯลฯ เป็นชั้นโครงสร้างผิวทางที่แข็งแรงขึ้นตามลำดับ

ปัญหาของประเทศกำลังพัฒนาทางตะวันออก เช่น ประเทศไทย จะขาดความต่อเนื่องด้านการถ่ายทอดวิชาการ คนมีความรู้ที่นั่นพอมีอยู่แต่ไม่บันทึกไว้เป็นลายลักษณ์อักษร จึงทำให้ความรู้ไม่แพร่หลาย เยาวชนรุ่นหลังต้องตั้งหลักกันใหม่ แทนที่จะต่อเนื่องกันไป เป็นที่น่าเสียดายยิ่งนัก ซึ่งผิดกับชาติตะวันตก ที่มีการบันทึก ผ่านทาง Journal, Bulletin ของสมาคมวิชาชีพมากมาย ทำให้เกิดความสะดวกกับการทำงานและเพิ่มความรู้ความสามารถขึ้นเป็นลำดับ

การจัดเตรียมบันทึกวิชาการเช่นนี้ แม้จะเป็นการเริ่มต้น ก็คิดว่าน่าจะเป็นประโยชน์มากกว่า “ขบวนการชาตินิยมทางวิชาชีพ” ที่เห็นกระทำกันอยู่โดยไม่ได้ดูตัวเองว่ามีศักยภาพเพียงพอ

การเสริมเสถียรภาพเชิงกล (Mechanical Stabilization)

1. บทนำ

เมื่อโครงสร้างชั้นผิวทางจำพวกกรวด (Granular Structure) เช่น ชั้นพื้นทางหรือผิวทาง มีคุณสมบัติต้านทานการเคลื่อน (Displacement) ภายใต้น้ำหนักกระทำในลักษณะเช่นนั้นเรียกว่ามีเสถียรภาพเชิงกล (Mechanically Stable) ชั้นพื้นทางหรือผิวทางที่มีเสถียรภาพเชิงกลที่ดี ปกติจะประกอบด้วยส่วนผสมมวลรวมหยาบ (กรวด, หินย่อย, Slag เป็นต้น) มวลรวมละเอียด (หินตามธรรมชาติหรือย่อยทราย เป็นต้น) ดินเหนียว และทรายแป้ง มีสัดส่วนที่ถูกต้องและบดอัดเต็ม การใช้สัดส่วนของวัสดุอย่างถูกต้อง มีความสำคัญโดยเฉพาะในการก่อสร้างถนนราคาถูก และโดยความเป็นจริงหลักการควบคุมขนาดถือว่าเป็นวิธีการควบคุมการก่อสร้างในตัวของมันเอง ซึ่งเรียกว่า การเสริมเสถียรภาพเชิงกล (Mechanical Stabilization) อย่างไรก็ตาม การเสริมเสถียรภาพที่เกี่ยวข้องนี้ หมายถึงการเพิ่มเสถียรภาพของวัสดุภายใต้สภาพความชื้นหนึ่งที่กำหนด มากกว่าการคงสภาพสมรรถนะรองรับน้ำหนักภายใต้สภาพความชื้นที่แปรเปลี่ยน

2. การนำไปใช้

หลักการของการปรับขนาดลดหลั่นของดิน อาจนำไปใช้กับการปรับปรุงดินชั้นรองรับ ซึ่งมีสมรรถนะรองรับน้ำหนักต่ำ โดยการเพิ่มวัสดุซึ่งมีขนาดของเม็ดวัสดุที่ดินนั้นขาดอยู่ ตัวอย่างเช่น ผสมทรายเข้ากับดินเหนียว โดยปกติอาจไม่จำเป็นต้องได้ขนาดลดหลั่นตามที่กำหนด เพียงแต่เพื่อปรับขนาดลดหลั่นที่เป็นอยู่ โดยการแก้ไขส่วนที่บกพร่องหรือขาดแคลนมากที่สุด

การนำไปใช้ที่สำคัญของการควบคุมขนาดลดหลั่นของดิน และมวลรวมคุณภาพต่ำ (Low Grade Aggregate) คือใช้เป็นชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง หลักการลดช่องว่างให้ต่ำสุด เป็นที่ทราบกันดีในการเตรียมผิวทาง Macadam ทุกชนิด โดยใช้มวลรวมธรรมดาและการใช้ดินหรือมวลรวมคุณภาพต่ำ โดยการจัดสัดส่วนอย่างดี อาจถือได้ว่าเป็นการขยายช่วงวัสดุที่จะนำไปใช้

วัสดุคุณภาพต่ำได้นำไปใช้เป็นผิวทางในประเทศที่ต้องการถนนเป็นจำนวนมาก ผิวทางดังกล่าวถือว่าเป็นอีกก้าวหนึ่งที่ต่อจากถนนกรวดหรือดิน โดยเข้าไปแทนที่หรือสร้างเสริมขึ้น เนื่องจากสามารถรองรับการจราจรได้มากกว่าและใช้งานได้นานกว่า

3. คุณสมบัติของวัสดุกรวด (Properties of Granular Materials)

คุณสมบัติสำคัญนี้มีผลต่อเสถียรภาพของวัสดุกรวด คือ แรงเสียดทานภายในและการยึดเกาะ และที่มีผลในขอบเขตที่น้อยกว่า คือ การอัดตัว (Compressibility) และส่วนที่มีผลต่อการขยายตัวและหดตัวที่จะบันทึกไว้เป็นหลักการก็คือ แรงเสียดทานภายในเป็นลักษณะสมบัติสำคัญของส่วนผสมของดิน เช่น กรวด หยาบ และทรายแป้ง ขณะที่การยึดเกาะ, การอัดตัว, การขยายตัวและการหดตัวจะเกี่ยวข้องกับส่วนที่เป็นดินเหนียว

4. องค์ประกอบที่มีผลต่อเสถียรภาพเชิงกล

ก) กำลังเชิงกลของมวลรวม

เป็นที่ทราบกันดีว่าถนนที่ใช้วัสดุเสริมเสถียรภาพทางเชิงกล โดยจัดสัดส่วนอย่างดีและบดอัดอย่างทั่วถึงนั้น อนุญาตให้ใช้มวลรวมที่มีกำลังเชิงกลต่ำ และได้เสนอความคิดว่ามวลรวมส่วนมากที่มีกำลังรับแรงอัดประมาณสูงกว่า 12,000 ปอนด์ ต่อดาวงนิ้ว ถือว่าแข็งแรงเพียงพอสำหรับวัตถุประสงค์โดยรวมเป็นส่วนใหญ่

มีข้อเสนอแนะว่า มวลรวมที่มีกำลังรับแรงอัดไม่มากนัก นิยมนำมาใช้เสริมเสถียรภาพทางเชิงกล เนื่องจากมันจะแตกตัวภายใต้การบดอัด ซึ่งจะได้ขนาดลดหลั่นใกล้เคียงกับที่ต้องการสำหรับความหนาแน่นแห้งสูงสุด ถึงแม้ว่าข้อนี้จะเป็นเหตุผลทำไมมวลรวมที่อ่อนมาก ในบางครั้งให้ผลดีกว่าที่คาดไว้ ไม่อาจแนะนำให้ใช้มวลรวมที่อ่อนมากในเหตุผลดังกล่าวได้ในกรณีที่สามารถกระทำได้มวลรวมควรจัดสัดส่วนให้ถูกต้องก่อนนำไปปู และควรมีกำลังเชิงกลเพียงพอ เพื่อคงขนาดลดหลั่นให้คงเดิมขณะการบดอัดและเมื่อเปิดการจราจร

(ข) ส่วนประกอบแร่ของวัสดุ (Mineral Composition of the Materials)

จากประสบการณ์พบว่าวัสดุเกือบทั้งหมดที่มีความต้านทานกับสภาพอากาศ (Weathering) มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นมวลรวมในถนนที่มีวัสดุเสริมเสถียรภาพเชิงกล หินตามธรรมชาติ กรวดและทราย และวัสดุประดิษฐ์ (Artificial Materials (เช่น Slag, Burnt Shale ฯลฯ) เกือบทั้งหมดได้นำมาใช้และประสบผลสำเร็จ วัสดุคุณภาพต่ำ อาทิเช่น ดินลูกรัง, Coral และ Limerock ได้นำมาสร้างถนนมีความหนาแน่นและเสถียรภาพเชิงกลดี

(ค) การกระจายของขนาดเม็ดดิน (Particle - size Distribution)

เพื่อบรรลุความมีเสถียรภาพทางเชิงกล จำเป็นต้องมีการจัดสัดส่วนอย่างดีระหว่างวัสดุส่วนหยาบ และส่วนดินเหนียวที่เป็นตัวประสาน สำหรับส่วนหยาบปกติจะสมมติให้การกระจายขนาดเม็ดดินที่ทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีแรงเสียดทานภายในสูงสุด ถึงแม้ว่าลักษณะดังกล่าวจะยังไม่มีผลการทดลองพิสูจน์ การวิจัยของ Fuller และยืนยันโดย Rothfuchs และอีกหลาย ๆ คน พบว่ามวลวัสดุพวงกรวด (Granular Mass) จะมีความหนาแน่นแห้งสูงสุดเมื่อการกระจายของขนาดเม็ดดินมีลักษณะตามกฎที่แน่นอน ซึ่งในเชิงปฏิบัติกำหนดไว้คือ

$$\text{จำนวนร้อยละผ่านตะแกรงหนึ่งตะแกรงใด} = 100 \sqrt{\frac{\text{ขนาดช่องเปิดของตะแกรงนั้น}}{\text{ขนาดของเม็ดที่ใหญ่ที่สุด}}}$$

อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์พบว่าเพื่อให้มีแรงยึดเกาะเพียงพอ จำเป็นต้องให้มีสัดส่วนของวัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่าที่ได้จากสูตรข้างต้น โดยเฉพาะเมื่อใช้เป็นผิว (Surfacing) เมื่อได้ทำการปรับแก้โดยวัตถุประสงค์ดังกล่าว จะสามารถเขียนอนุกรมของขอบเขตการกระจายของขนาดเม็ดดิน สำหรับมวลรวมที่มีขนาดใหญ่สุดแตกต่างกัน ซึ่งแทนส่วนประกอบที่มีเสถียรภาพสูงสุด และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับประเภทของส่วนผสมมวลรวมที่ต้องการในเชิงปฏิบัติ อย่างไรก็ตาม ยังไม่ทราบว่า การกระจายของขนาดเม็ดห่างจาก Fuller Curve ได้มากเท่าไรที่จะไม่มีผลกระทบต่อเสถียรภาพเชิงกลอย่างร้ายแรง แต่จากประสบการณ์พบว่าขอบเขตช่วงกว้างมากก็ยังคงมีความเหมาะสม

จากการศึกษาขอบเขตการกระจายขนาดของเม็ดดิน ในข้อกำหนดของสหรัฐอเมริกา แคนาดา, สวีเดน และนอร์เวย์ โดยเกือบทั้งหมดพบว่าใกล้เคียงกับ Fuller Curves ส่วนขยาย (Tolerance) ที่ยินยอมแตกต่างกันไป แต่ที่รับทราบโดยทั่วไปที่ได้จากการศึกษาก็คือ วิทยาการในปัจจุบันยังไม่มีเหตุผลสนับสนุนที่จะใช้ขอบเขตที่แคบ และในแง่ปฏิบัติไม่สามารถดำเนินการได้

ในสหรัฐอเมริกา ขอบเขตของข้อกำหนดแสดงในตารางที่ 1 มีพื้นฐานจากวัสดุที่พบว่าได้ผลดีในเชิงปฏิบัติ แต่ก็ยอมรับมวลรวมเป็นจำนวนมากที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดดังกล่าว โดยสาเหตุหนึ่งใดหรือหลายสาเหตุแต่ก็พบว่าใช้งานได้ดี ที่อ้างถึงข้อกำหนดก็คือวัสดุที่สอดคล้องกับข้อกำหนดส่วนใหญ่จะได้ผลดีสำหรับการเสริมเสถียรภาพเชิงกล มากกว่าวัสดุที่ไม่สอดคล้อง

ขอบเขตของการกระจายขนาดเม็ดดินตามข้อกำหนดของสหรัฐอเมริกา แสดงในรูปของจำนวนสะสม นั่นคือในรูปจำนวนร้อยละรวมที่ผ่านตะแกรงใดตะแกรงหนึ่ง วิธีการระบุขอบเขตของเม็ดดินในลักษณะเช่นนั้นจะมีข้อเสียก็คือ ถ้าส่วนขยาย (Tolerance) ที่ยินยอมค่อนข้างกว้าง อาจจะเป็นไปได้ว่าบางขนาดของเม็ดดินอาจขาดหายไป ข้อเสียดังกล่าวเป็นข้อคัดค้านโดยเฉพาะ สำหรับข้อกำหนดมวลรวมสำหรับการเสริมเสถียรภาพเชิงกลที่ต้องการขนาดเม็ดดินต่าง ๆ

ตารางที่ 1

ขอบเขตการกระจายขนาดเม็ดดินสำหรับชั้นพื้นทางและผิวทาง
(ASTM : D 556 - 40T และ ASTM D 557 - 40T)

BS Sieve Size	ผ่านร้อยละ				
	TYPE A (ดินเหนียว - ทราย) ชั้นพื้นทาง หรือผิวทาง	TYPE B (ดินเหนียว - ทราย - กรวด)			TYPE C ชั้นพื้นทาง หรือผิวทาง
		พื้นทาง		ผิวทาง	
		ขนาดใหญ่สุด 2"	ขนาดใหญ่สุด 1"		
2"	-	100	-	-	-
1 1/2"	-	70-100	-	-	-
1"	-	55-85	100	100	-
3/4"	-	50-80	70-100	85-100	100
3/8"	-	40-70	50-80	65-100	-
3/16"	-	30-60	35-65	55-85	70-100
No. 7	100 ^{⊕⊕⊕}	20-50	25-50	40-70	35-80
No. 18	55-90	-	-	-	-
No. 36 [⊕]	35-70	13-30	15-30	25-45	25-50
No. 200 [⊕]	8-25	5-15	5-15	10-25	8-25

⊕ ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 36 จะต้องมีความลักษณะสมบัติดังนี้

สำหรับชั้นพื้นทาง : Liquid Limit ไม่เกินร้อยละ 25 Plasticity Index ไม่เกินร้อยละ 6

สำหรับ Type A และ B ไม่เกินร้อยละ 3 สำหรับ Type C

สำหรับชั้นผิวทาง : Liquid Limit ไม่เกินร้อยละ 35 Plasticity Index ไม่เกินร้อยละ 4
ถึง 9

- ⊕⊕ ส่วนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ต้องไม่เกินครึ่งหนึ่งของส่วนผ่านตะแกรงเบอร์ 36 สำหรับชั้นพื้นทาง และไม่เกิน 2/3 สำหรับชั้นผิวทาง
- ⊕⊕⊕ ส่วนผสม Type A อาจมีส่วนค้างตะแกรงเบอร์ 7 ได้ถึงร้อยละ 35 ขอบเขตที่แสดงนั้นหมายถึงถึงส่วนของวัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7

วิธีการที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว ก็คือ ระบุจำนวนปริมาณไม่น้อยกว่าจำนวนหนึ่ง ต้องค้างระหว่างคู่ของตะแกรงที่อยู่ติดกัน นอกเหนือไปจากกำหนดจำนวนร้อยละผ่านแต่ละตะแกรง ในตารางที่ 2 ได้แสดงมวลรวมสำหรับการเสริมเสถียรภาพเชิงกลแนะนำเป็นการนำเสนอ โดยมีพื้นฐานจากการศึกษา Fuller Curves ตารางที่ 2 มีความมุ่งหมายเพื่อให้ข้อแนะนำในการเลือกหรือผสมมวลรวมสำหรับการเสริมเสถียรภาพทางเชิงกล แต่ไม่มีความมุ่งหมายนำไปใช้เป็นข้อกำหนดที่เคร่งครัด (Rigid Specifications) ความต้องการหลักก็คือ ส่วนผสมประกอบด้วยสัดส่วนของขนาดต่าง ๆ จากใหญ่สุดถึงเล็กสุด โดยมีขนาดเล็กสุดเพียงพอเพื่อให้เกิดการยึดเกาะ โดยเฉพาะเมื่อใช้เป็นผิวทาง ขีดจำกัดของการกระจายขนาดจากตารางที่ 2 แสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 1 ถึง 6 โดยได้แสดง Fuller Curve ไว้ในรูปดังกล่าวด้วย ความต้องการของตารางที่ 2 หมายถึง โค้งแสดงการกระจายของเม็ดดินของมวลรวมหรือส่วนผสมของมวลรวมสำหรับการเสถียรภาพทางเชิงกลควรอยู่ในพื้นที่เงา (Shaded Area) บนแผนภาพใดแผนภาพหนึ่งและควรที่จะขนานกับโค้งแสดงขอบเขต

(ง) คุณสมบัติของส่วนละเอียดดิน (The Properties of the Soil Mortar)

คุณสมบัติดังกล่าวได้จากการทดสอบความเหนียว (Plasticity Test) ประกอบด้วย Liquid Limit และ Plastic Limit Tests โดยจะทำการทดสอบกับส่วนที่ผ่านตะแกรง No.36 BS.Sieve ผลการทดสอบขึ้นกับปริมาณและประเภทของดินเหนียว

ในด้านปฏิบัติได้พบว่า ดัชนีความเหนียว (Plasticity Index) ไม่ควรเกินร้อยละ 6 สำหรับชั้นพื้นทาง และควรอยู่ระหว่างร้อยละ 4 ถึง 9 Liquid Limit ไม่ควรเกินร้อยละ 25 สำหรับวัสดุชั้นพื้นทาง และร้อยละ 35 สำหรับชั้นผิวทาง ต้องการ Liquid Limit และ Plasticity Index สูงกว่าในชั้นผิวทาง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการยึดเกาะสูงขึ้นเพื่อให้ความชื้นเกิดสมดุลย์เพิ่มขึ้นจากการสูญเสียเนื่องจากการระเหย ลักษณะดังกล่าวไม่เหมาะสมสำหรับชั้นพื้นทาง และจะใช้เฉพาะชั้นผิวทางเป็นการชั่วคราว ซึ่งต่อไปจะมีการทำผิวถาวร

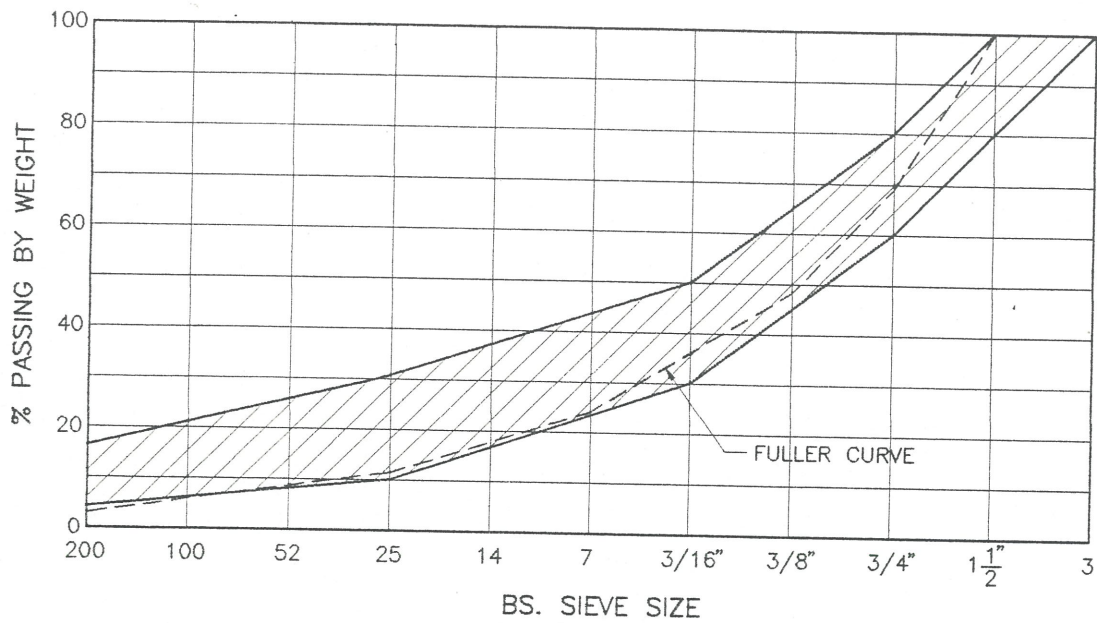
ตารางที่ 2

ขอบเขตของการกระจายขนาดเม็ดดินเสนอสำหรับชั้นพื้นทางและ
ผิวทาง โดยมีส่วนขยาย (Tolerances)

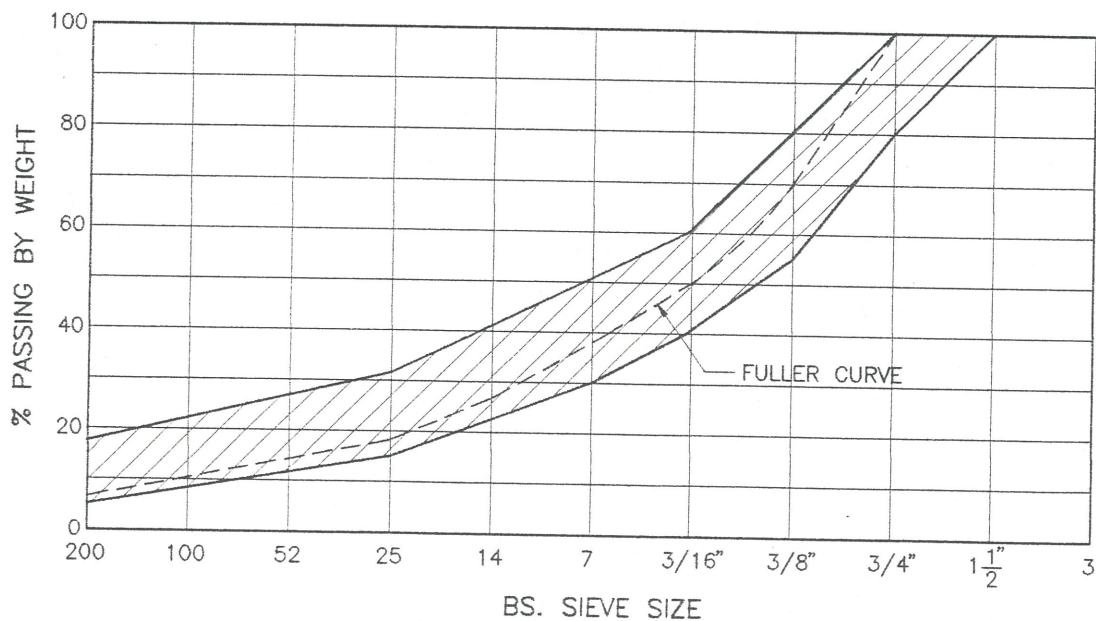
BS Sieve Size	ผ่านร้อยละ					
	ชั้นพื้นทาง			ผิวทาง	ชั้นพื้นทางหรือผิวทาง	
	ขนาดใหญ่สุด			ขนาดใหญ่สุด	ขนาดใหญ่สุด	
	3"	1 1/2"	3/4"	3/4"	3/8"	3/16"
3"	100	-	-	-	-	-
1 1/2"	80-100	100	-	-	-	-
3/4"	60-80	80-100	100	100	-	-
3/8"	45-65	55-80	80-100	80-100	100	-
3/16"	30-60	40-60	50-75	60-85	80-100	100
No. 7	-	30-50	35-60	45-70	50-80	80-100
No. 14	-	-	-	35-60	40-65	50-80
No. 25	10-30	15-30	15-35	-	-	30-60
No. 52	-	-	-	20-40	20-40	20-45
No. 200	5-15	5-15	5-15	10-25	10-25	10-25

หมายเหตุ

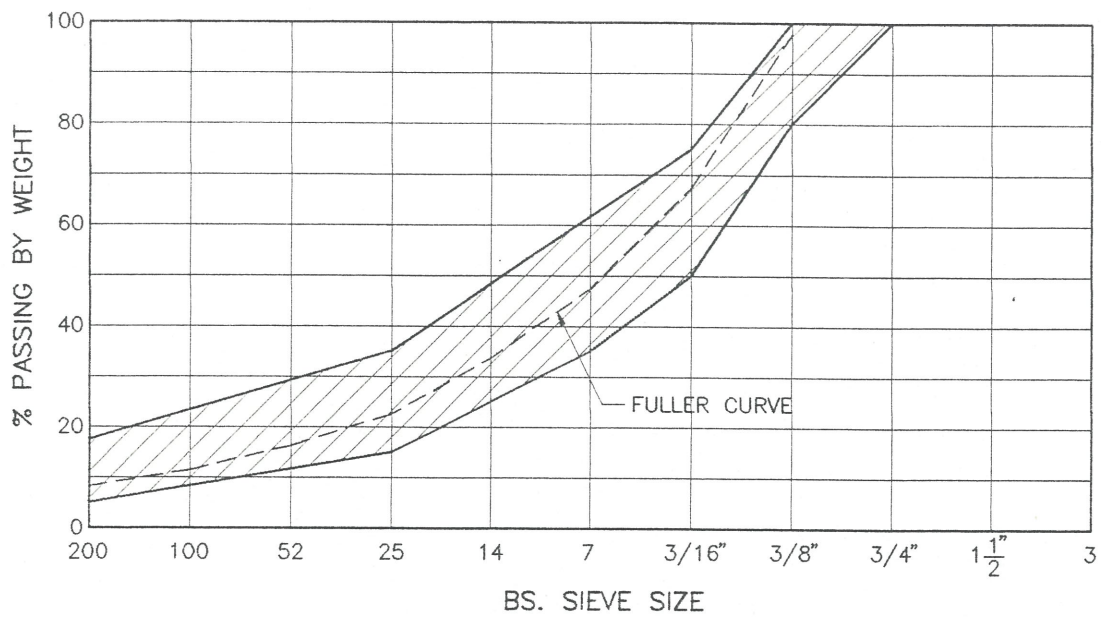
- แต่ละคู่ของตะแกรงตามระบุที่อยู่ติดกัน ยกเว้นตะแกรงคู่บนสุดจะต้องมีส่วนค้ำไม่น้อยกว่าร้อยละ 10
- วัสดุที่มีขนาดเล็กสุด (3/8" และ 3/16") อาจมีขนาดเล็กกว่า 1 1/2 นิ้ว ได้ถึงร้อยละ 35 แต่มีข้อแม้ว่าส่วนที่ผ่านตะแกรง 3/16" นี้ จะต้องอยู่ในขอบเขตที่ระบุ
- วัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 36 จะต้องมีลักษณะสมบัติดังนี้
 สำหรับชั้นพื้นทาง : Liquid Limit ไม่เกินร้อยละ 25 Plasticity Index ไม่เกินร้อยละ 6
 สำหรับชั้นผิวทาง : Liquid Limit ไม่เกินร้อยละ 35 Plasticity Index อยู่ระหว่างร้อยละ 4 ถึง 9



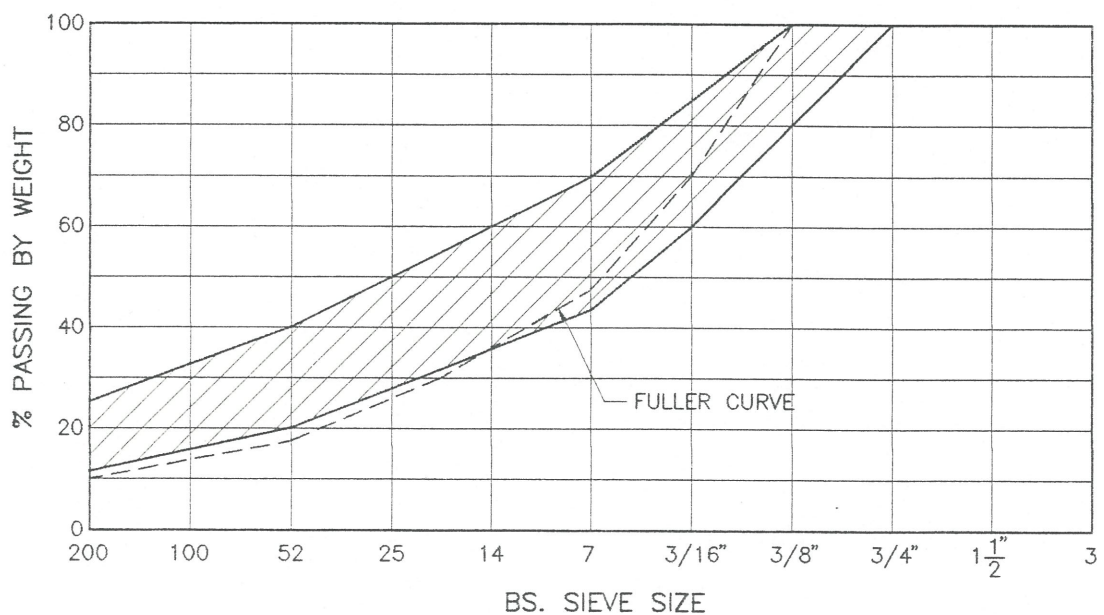
รูปที่ 1 ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทาง
มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3 นิ้ว



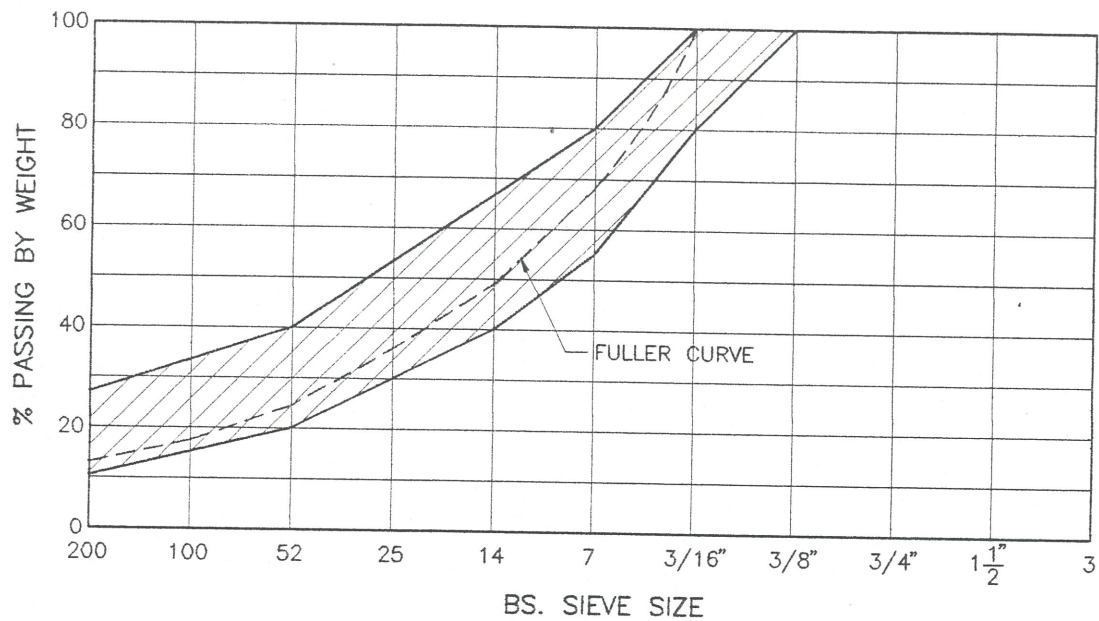
รูปที่ 2 ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทาง
มวลรวมขนาดใหญ่สุด 1 1/2 นิ้ว



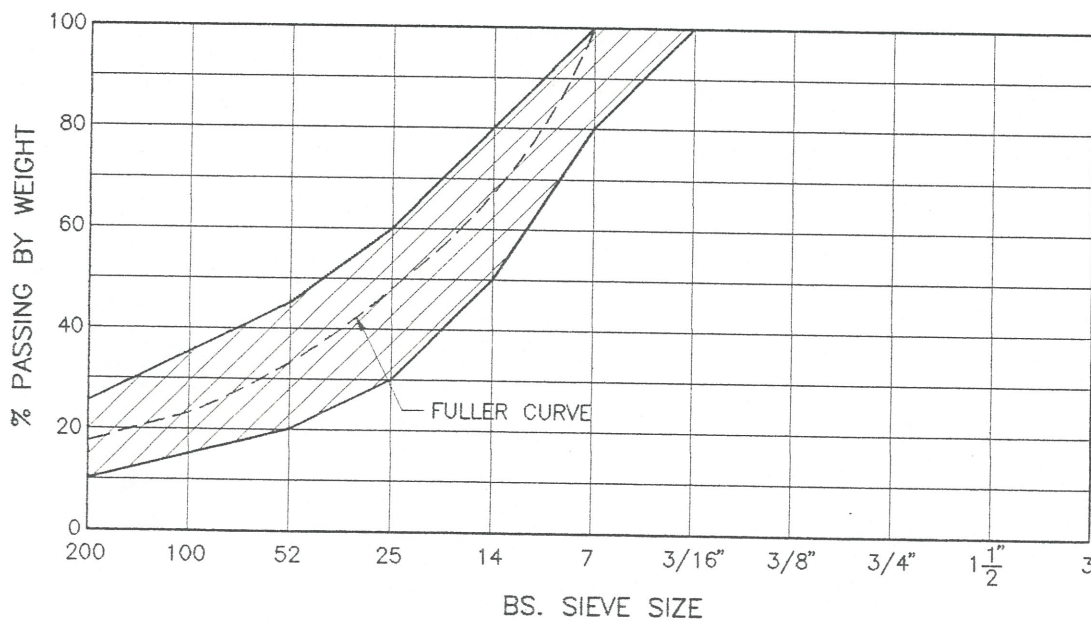
รูปที่ 3 ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทาง
มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3/4 นิ้ว



รูปที่ 4 ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นผิวทาง
มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3/4 นิ้ว



รูปที่ 5 ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทางหรือผิวทาง
มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3/8 นิ้ว



รูปที่ 6 ขอบเขตขนาดลดหลั่นที่แนะนำสำหรับชั้นพื้นทางหรือผิวทาง
มวลรวมขนาดใหญ่สุด 3/16 นิ้ว

(จ) การบดอัด

การบดอัดอย่างเพียงพอมีความสำคัญเป็นอย่างมากเมื่อต้องก่อสร้างถนนด้วยดินหรือส่วนผสมมวลรวมคุณภาพต่ำ ถ้าผสมวัสดุกรวดอย่างได้สัดส่วนจะได้ความหนาแน่นแห้งสูงกว่า 140 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ซึ่งเท่ากับร้อยละ 90 ของความหนาแน่นของหิน

จากประสบการณ์พบว่า การบดอัดชั้นพื้นทางที่ดี เกิดขึ้นจากการปล่อยให้ยวดยานใช้ถนนนั้นเป็นระยะเวลาแรมเดือนก่อนที่จะทำผิวทาง

5. การจัดสัดส่วนวัสดุ

การกระจายขนาดเม็ดดินของวัสดุตามธรรมชาติอาจอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ สำหรับการเสริมเสถียรภาพเชิงกล และวัสดุจะต้องมีดินเหนียวเพียงพอที่จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสาน (Binder) วัสดุตามธรรมชาติโดยทั่วไปจะขาดขนาดวัสดุบางขนาด หรือบางขนาดมีมากเกินไป และจะจัดเตรียมวัสดุเสริมเสถียรภาพทางเชิงกลด้วยการผสมวัสดุตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไปในสัดส่วนที่ถูกต้อง

มีวิธีการเป็นจำนวนมากที่ใช้พิจารณาสัดส่วนของวัสดุซึ่งทราบขนาดแน่นอน นำมาผสมเพื่อให้ได้ขนาดลดหลั่นตามระบุ วิธีการของ Rothfuchs เป็นวิธีการที่มีประโยชน์มากที่สุด และสะดวกในการใช้และสามารถประยุกต์ใช้องค์ประกอบไม่จำกัดจำนวน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

- (1) ลงจุด (Plot) โค้งสะสมของการกระจายขนาดเม็ดมวลรวมที่ต้องการโดยให้พิกัดฉากแสดงปริมาณผ่านเป็นร้อยละ แต่ต้องเลือกมาตราส่วนของขนาดตะแกรง เพื่อให้การลงจุดเป็นเส้นตรง ซึ่งสามารถกระทำโดยการลากเส้นตรงเฉียง (Inclined Straight Line) และแสดงขนาดที่สอดคล้องกับจำนวนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ เป็นร้อยละ
- (2) โค้งแสดงการกระจายของขนาดเม็ดของมวลรวมที่จะนำมาผสมลงจุดบนมาตราส่วนในข้อ (1) โดยทั่วไปจะพบว่าไม่เป็นเส้นตรง
- (3) โดยใช้ไม้บรรทัดตรงใส ลากเส้นตรงซึ่งประมาณเท่ากับโค้งกระจายขนาดเล็กของมวลรวมวัสดุ ทั้งนี้กระทำโดยแต่ละโค้ง โดยที่ครอบคลุมระหว่างเส้นตรงและโค้งน้อยที่สุด และเกิดสมดุลย์ โดยเส้นตรงที่ลาก
- (4) ให้ต่อเชื่อมปลายเส้นตรงที่อยู่ตรงข้าม และสัดส่วนที่ต้องการอ่านจากจุดที่เป็นเส้นต่อเชื่อม (Joining Lines) ตัดกับเส้นตรงที่แทนวัสดุที่ต้องการ

วิธีการที่ดำเนินการ ปรากฏจากตัวอย่างต่อไปนี้ จากหัวข้อตารางช่อง 4,5 และ 6 ในตารางที่ 3 จะแสดงการกระจายของขนาดเม็ดดิน ของหินย่อย (Crusher - run Stone) หกราย และดินเหนียวปนทราย ซึ่งต้องการให้นำมาผสมกันเพื่อผลิตผิวทางที่มีเสถียรภาพทางเชิงกล (Mechanically Stable Surface) อยู่ภายในขอบเขตของ A.S.T.M ค่าเฉลี่ยของขอบเขตแสดงในช่อง 3 ของตารางที่ 3 และเป็นการกระจายขนาดลดหลั่นที่ต้องการ

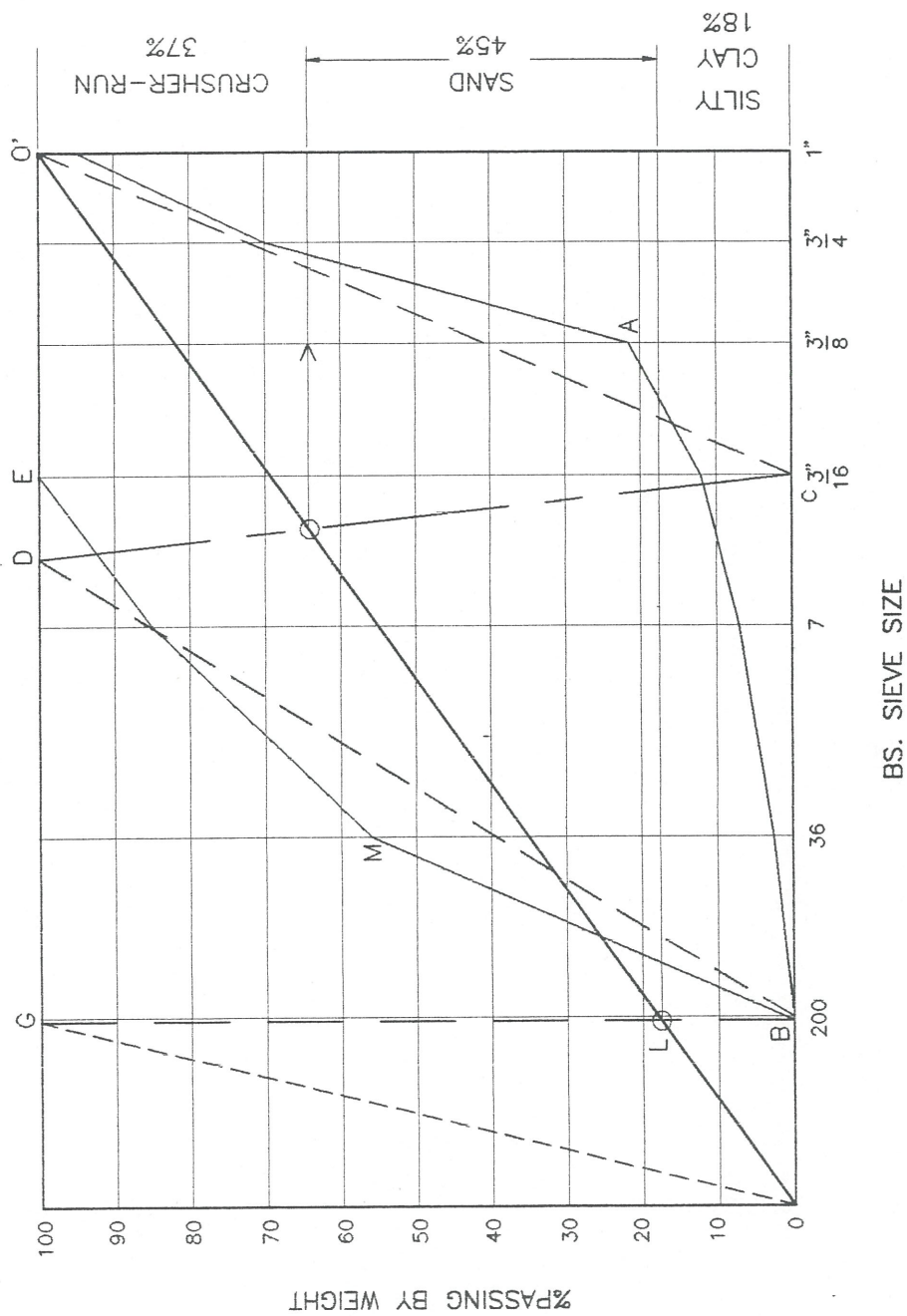
- (1) การกระจายขนาดลดหลั่นที่ต้องการแสดงโดยเส้นทแยง $O O'$ ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (รูปที่ 7) เส้นพิกัดจากของรูปดังกล่าวให้แบ่งเป็นร้อยละจาก 0 ถึง 100 โดยใช้มาตราส่วนเชิงเส้น (Linear Scale) มาตราส่วนตามแนวราบสำหรับขนาดของช่องเปิดของตะแกรง โดยการแบ่งขนาดต่าง ๆ ของตะแกรงจากเส้นดิ่งที่ตัดกับเส้นทแยงโดยที่พิกัดจากเท่ากับร้อยละที่ผ่านตะแกรงนั้น เช่น ร้อยละ 100 สำหรับ 1 นิ้ว, ร้อยละ 92 สำหรับ 3/4 นิ้ว ร้อยละ 82 สำหรับ 3/8 นิ้ว ฯลฯ
- (2) ขนาดลดหลั่นของมวลรวมที่จะนำมาผสม (ตารางที่ 3 ช่อง 4, 5 และ 6) ลงจุดบนมาตราส่วนของขนาดตะแกรง (รูปที่ 7) คือเส้น BAO' (Crusher - run), BFE (หกราย) และ OG (ดินเหนียวปนทรายแบ่ง)
- (3) ลากเส้นตรงที่ใกล้เคียงกับขนาดลดหลั่น โดยวิธีพื้นที่สมดุลต่ำสุด (Minimum Balanced Areas) แสดงในรูปที่ 7 เป็นเส้นปะ CO' , BD และ OG
- (4) ต่อเชื่อมปลายแต่ละข้างของเส้นตรงจากข้อ (3) ที่อยู่ตรงกันข้าม เกิดเป็นเส้นต่อเนื่องคือ CD และ BG จุดที่ตัดกับเส้นขนาดลดหลั่นคือ จุด L และ M สัดส่วน ซึ่งควรผสมมวลรวมทั้งสามได้จากผลต่างของพิกัดจากของจุดดังกล่าว และได้แสดงในด้านขวามือของรูปที่ 7

ตารางที่ 3

ตัวอย่างการใช้วิธีการของ ROTHFUCH สำหรับการจัดสัดส่วน

ส่วนผสมมวลรวม, ส่วนผสมสำหรับชั้นผิวทาง

1	2	3	4	5	6	7
BS Sieve Size	ผ่านร้อยละ					ส่วนผสม A 37% B 45% C 18%
	การกระจายขนาดที่ต้องการ		มวลรวมที่มีอยู่			
	ขอบเขต	ค่าเฉลี่ย	(A) หินย่อย	(B) ทราย	(C) ดินปนทรายแบ่ง	
1"	100	100	95	-	-	98
3/4"	85-100	92	70	-	-	89
3/8"	65-100	82	21	-	-	71
3/16"	55-85	70	11	100	-	67
No. 7	40-70	55	7	85	-	58
No. 38	25-45	35	2	55	-	43
No. 200	10-25	18	เล็กน้อย	ไม่มี	100	18



(มาตรฐานปรับปรุงจำนวนร้อยละผ่านแต่ละการง)

รูปที่ 7 การพิจารณาส่วนผสมสำหรับผิวทางเสริมเสถียรภาพ

6. การทดสอบในห้องทดลอง

การทดสอบในห้องทดลองต้องการเพื่อควบคุมส่วนประกอบของดินและมวลรวมคุณภาพต่ำ คือ การวิเคราะห์ขนาดลดหลั่น และการทดสอบความเหนียว (Plasticity Tests)

นอกจากนี้อาจทำการทดสอบการบดอัด เพื่อเป็นข้อมูลกับวัสดุหรือส่วนผสมของวัสดุ และต่อจากนั้นทำการทดสอบ California Bearing Ratio กับตัวอย่างที่บดอัดให้ได้ความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นที่ได้จากการทดสอบบดอัด

7. การก่อสร้าง

วิธีการที่ใช้ในการก่อสร้างถนนดินหรือถนนมวลรวม จะคล้ายคลึงกับที่ใช้ในขบวนการสร้างเสถียรภาพดิน นั่นคือวิธีการผสมในที่ (Mix - in - place) เครื่องผสมเคลื่อนที่ (Travelling Plant) หรือผสมในโรงงานผสม (Stationary Plant)

8. การทดสอบควบคุมในสนาม

ในสนาม คุณภาพของวัสดุที่ผลิตขึ้นมาควบคุมโดยการพิจารณาองค์ประกอบ (การวิเคราะห์ขนาดลดหลั่น) และการวัดปริมาณความชื้นและความหนาแน่นแห้ง นอกจากนี้ต้องควบคุมคุณสมบัติของดินละเอียด (Soil Morlar) โดยการทดสอบความเหนียว (Plasticity Test)

วัสดุที่ทำการบดอัดแล้ว ให้ทดสอบหาความหนาแน่นแห้ง โดยใช้การแทนที่ด้วยทราย (Sand - replacement Method)

9. การบำรุงรักษา

ผิวถนนดินจำเป็นต้องทำการปาด (Blading) เป็นระยะ ๆ เพื่อคงสภาพผิวเรียบและความลาดชันขวาง (Crown) เพื่อระบายน้ำฝน ขณะฤดูแล้งผิวจะต้องปราศจากวัสดุหลุดลุ่ย ซึ่งควรปาดให้ไปอยู่ด้านข้าง เมื่อปริมาณวัสดุหลุดลุ่ยสะสมมีปริมาณพอสมควร ให้ผสมด้วยวัสดุเกาะเชื่อม (Soil Binder) และรดน้ำเพื่อให้มีเสถียรภาพ ปูซ้ำและบดอัด ซึ่งจะกลบการหลุดร่อน, ร่องล้อ หรือหลุม

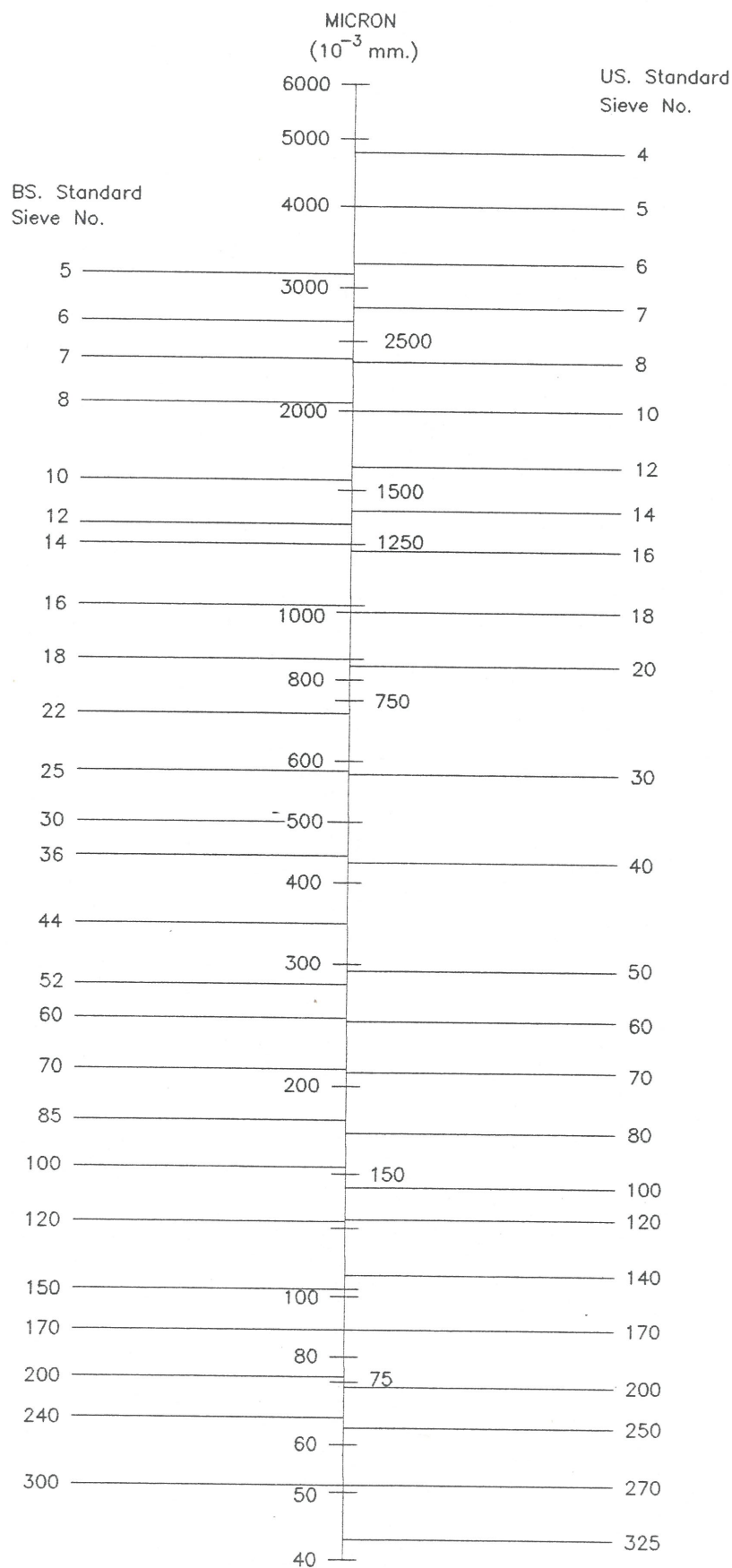
10. สรุป

มีความเป็นไปได้ที่จะใช้คุณสมบัติที่มีอยู่เฉพาะของวัสดุ เพื่อให้มีเสถียรภาพทางเชิงกล เมื่อทำการก่อสร้างถนนด้วยดิน หรือมวลรวมคุณภาพต่ำ คุณสมบัติที่มีความสำคัญสูงสุด คือ แรงเสียดทานภายใน และแรงยึดเกาะ อย่างแรกเป็นลักษณะสมบัติของวัสดุหยาบ และประการหลังของส่วนละเอียด ขอบเขตซึ่งดินหรือมวลรวมมีคุณสมบัติดังกล่าว พิจารณาได้จากการกระจายของขนาดเม็ดดิน ความต้องการหลักก็คือ จะต้องประกอบด้วยสัดส่วนของวัสดุทุกขนาด ปริมาณสัดส่วนส่วนละเอียดต้องการสำหรับงานผิวทางมากกว่า เมื่อใช้เป็นชั้นพื้นทาง เพื่อช่วยในการดึงดูดปริมาณน้ำสำหรับการยึดเกาะ

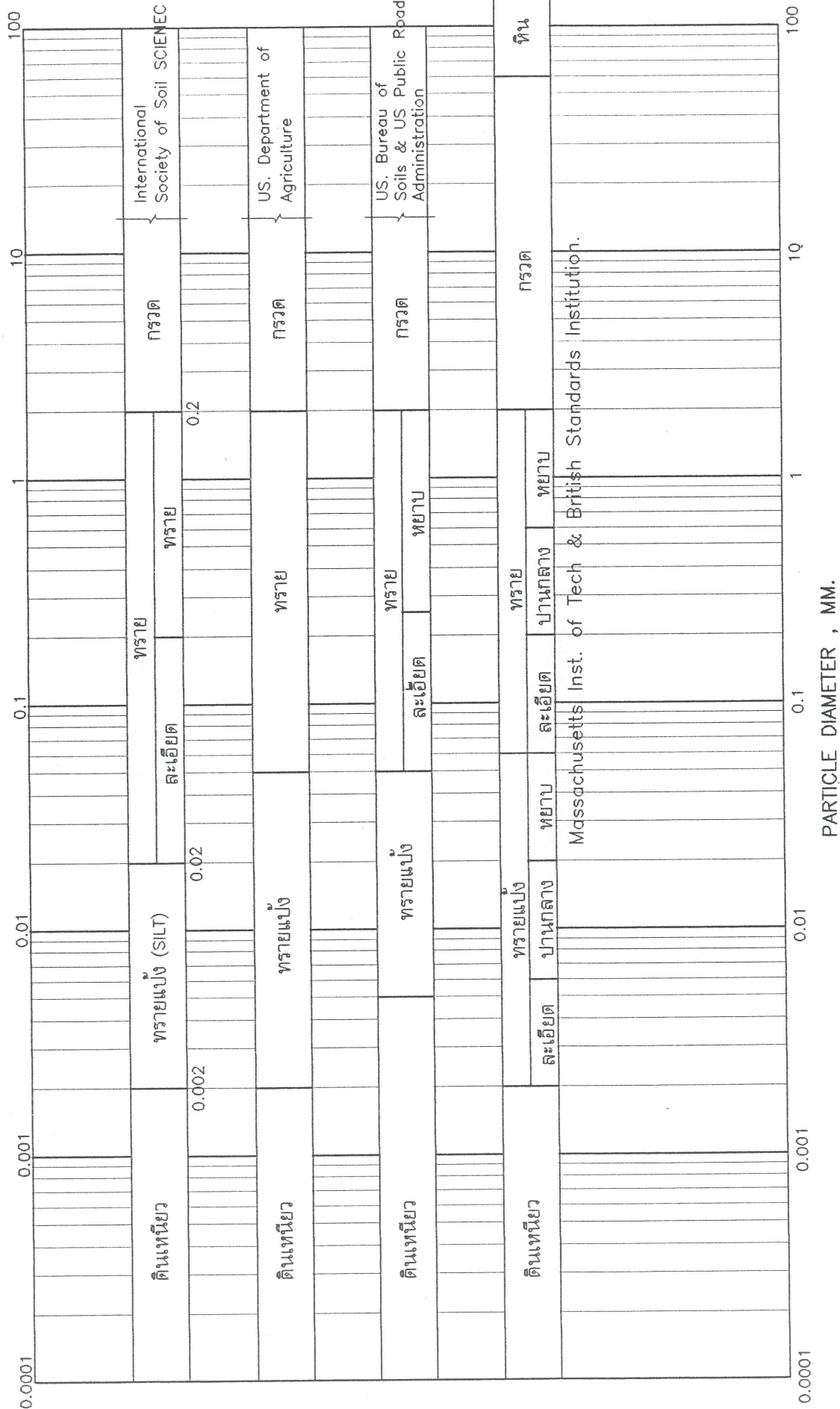
ประเภทของส่วนผสมที่ต้องการแสดงในรูปตารางและแผนภาพได้แสดงวิธีการให้สัดส่วนของส่วนผสม

หลักการควบคุมส่วนผสมประสบผลสำเร็จในการปรับปรุงชั้นงานดินคุณภาพต่ำ และในการก่อสร้างชั้นพื้นทางเพื่อรองรับผิวประเภทต่าง ๆ และในการก่อสร้างผิวทางสำหรับถนนในชนบท เครื่องจักรที่ใช้ และวิธีการก่อสร้างจะเหมือนกับเครื่องจักรที่ใช้เสริมเสถียรภาพวิธีอื่น ๆ

เนื่องจากในบทความนี้ได้แสดงขนาดของตะแกรงในมาตรฐานของประเทศอังกฤษ (BS Standard Sieve) ปัจจุบันที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศไทยมักเป็นตะแกรงมาตรฐานอเมริกัน (US Standard Sieve) จึงได้ทำการเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 8 การแบ่งชนิดตามขนาดของเม็ดดินของสถาบันต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 8 เปรียบเทียบระหว่างตารางมาตรฐานอังกฤษ
และมาตรฐานอเมริกัน



รูปที่ 9 การแบ่งชนิดตามขนาดของเมล็ดดิน