

การควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง



นายกมล สุทธิจันทร์ณา

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-677-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

23 ก.ย. 2545

CONTROL OF DUST EMISSION FROM UNPAVED ROADS



Mr.Kamon Suttijannapa

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

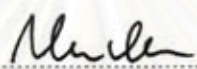
Chulalongkorn University

Academic Year 1999

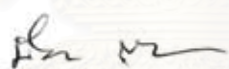
ISBN 974-334-677-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง
โดย นายกมล สุทธิจันทร์นภา
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล

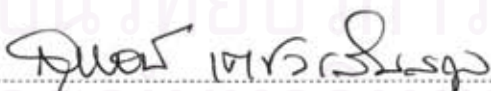
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มันลีน ตันจูลเวศม์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอด)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

กมล สุทธิจันทร์ณา : การควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (CONTROL OF DUST EMISSION FROM UNPAVED ROADS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 174 หน้า, ISBN 974-334-677-5

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำ การฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ลงบนผิวถนน รวมทั้งประเมินค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางทั้ง 3 วิธี พร้อมทั้งเปรียบเทียบความเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติ

ในการศึกษาเลือกใช้ถนนลูกรัง ที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์เป็นถนนชนบทที่เชื่อมต่อบริเวณหมู่บ้านกับหมู่บ้าน หรือเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก ใช้ช่วงความยาวของถนนประมาณ 200 เมตร สำหรับแต่ละส่วนที่ทำการศึกษาทดลอง โดยตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองจากถนนในส่วนควบคุมที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีใดๆ ส่วนที่มีการฉีดน้ำ ส่วนที่มีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนที่มีการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองทั้ง 3 วิธี

จากการศึกษาพบว่าอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางในสภาพปกติที่ไม่มีการควบคุม และในกรณีที่มีการควบคุมโดยวิธีต่างๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1322 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ชม ความเร็วจำกัดของยานยนต์ที่ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองรวม TSP จากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อวัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 16 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองรวม TSP โดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์ มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 31 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ และประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 และ 5 ครั้งต่อวัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 39 และ 72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 โดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์ มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 40 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ

ค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 และ 5 ครั้งต่อวัน มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 1,042 และ 1,105 บาทต่อกิโลเมตรต่อวัน ส่วนค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 63,000 และ 950,000 บาทต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

โดยพบว่า การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการควบคุมสูงขึ้น จำเป็นต้องมีการฉีดน้ำจำนวนหลายครั้งต่อวัน และเนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีการควบคุมแบบวันต่อวัน จำเป็นต้องมีการฉีดน้ำในทุกๆวัน ดังนั้นการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำจึงมีความเหมาะสมสำหรับการควบคุมในระยะเวลาลำดับๆ เท่านั้น ส่วนการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันมีประสิทธิภาพในการช่วยลดฝุ่นละอองได้ดี จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้กับถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์เป็นถนนชนบท มีปริมาณการจราจรค่อนข้างน้อย โดยการฉีดพ่นสารเคมีอาจกระทำไปพร้อมกับการซ่อมบำรุงถนนประจำปี และการใช้สารโพลีเมอร์ผสมกับดินสามารถช่วยให้เกิดการยึดเกาะกันของอนุภาคดินได้ดี ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละออง ดังนั้นวิธีนี้จึงอาจมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ผสมกับดินแทนน้ำระหว่างการก่อสร้างถนนในชั้นรองพื้นทาง ซึ่งเป็นช่วงที่ก่อให้เกิดปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองมากที่สุด

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา ๒๕๕๒

ลายมือชื่อผู้ผลิต กมล สุทธิจันทร์ณา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Au Amn
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Au Amn

3970016221 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : DUST / UNPAVED ROADS / CHEMICAL DUST SUPPRESSANTS

KAMON SUTTIJANNAPA :CONTROL OF DUST EMISSION FROM UNPAVED ROADS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WONGPUN LIMPASENI, THESIS CO-ADVISOR : DR. SUPOT TEACHAVORASINSKUN, 174 pp. ISBN 974-334-677-5

The objectives of this research were to determine the dust emission rate and the efficiency of controlling dust emission from unpaved road by spraying water , asphalt emulsion and polymer emulsion, to compare the cost of different methods of controlling dust emission and to find the appropriate way of practice. The road was divided into 4 sections for different applications of spraying water , asphalt emulsion , polymer emulsion and controlled section (no application). The control efficiency was determined by measurement of dust concentration. In the field experiments, the 200-meters-long laterite road, which connects between villages, was chosen for the study.

The results show that dust emission rates from different sections of experimental road were between 0 - 1322 g PM-10/VKT at vehicle speed of 30 km/hr. The average efficiency of controlling TSP dust emission from unpaved road by spraying water at 0.5 l/m² twice per day is about 16%. The average efficiency of controlling TSP dust emission by spraying asphalt and polymer emulsion is about 31% and 0% respectively 8th month after spraying the chemicals. The average efficiency of controlling PM-10 dust emission by spraying water at 0.5 l/m² twice and five times/day, was about 39% and 72% respectively. The average efficiency of controlling PM-10 dust emission by spraying asphalt and polymer emulsion was about 40% and 33% respectively 8th month after spraying the chemicals.

The total estimated cost of controlling dust emission from unpaved road by spraying water at 0.5 l/m² twice and five times/day is about 1,042 and 1,105 baht/km/day. And the estimated cost of controlling dust emission by spraying water asphalt and polymer emulsion is about 63,000 and 950,000 baht/km respectively.

For higher efficiency of water spraying, it is necessary to spray water several times/day everyday, therefore water spraying is appropriate for a short period control method. The asphalt emulsion is appropriate for controlling dust emission of unpaved roads in villages where there is less traffic, therefore spraying these chemical may be done together with annual maintenance. And the polymer emulsion mixed with soil instead of water is appropriate for controlling dust emission in the construction of sub-based because of its adhesive property.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา ๒๕๔๒

ลายมือชื่อผู้ผลิต พล. สวัสดิ์ อังกร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ. อ. อ. อ.
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ. อ.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาตามวิทยานิพนธ์สามารถสำเร็จได้ต้องขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ให้ความรัก ความเอาใจใส่ และคอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ อาจารย์ที่ปรึกษา และ อาจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาสอน ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ จนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ได้เป็นผลสำเร็จ รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณา ให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และมูลนิธิชิน โสภณฉนิช ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม และห้องวิจัยปฐพีกลศาสตร์ ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลบึงชำอ้อ อำเภอหนองเสือ จังหวัด ปทุมธานี ที่ให้ความร่วมมือต่อการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณบริษัท เซลล์แห่งประเทศไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีนำมาใช้ในงานวิจัย

และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้อง ที่คอยให้ความช่วยเหลือในยาม จำเป็นมาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ท
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	3
3 ทบทวนเอกสาร	5
3.1 คัพท์และความหมาย	5
3.2 การกระจายขนาดของอนุภาค	6
3.3 อันตรายของฝุ่นละออง	7
3.3.1 อันตรายของฝุ่นละอองต่อสภาพแวดล้อม การทำงาน และการดำเนินชีวิต	7
3.3.2 อันตรายของฝุ่นละอองต่อสุขภาพ	8
3.3.2.1 กระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อฝุ่นละอองเข้าสู่ระบบ ทางเดินหายใจ	8
3.3.2.2 อันตรายของฝุ่นละอองต่อระบบทางเดินหายใจ	9
3.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ	9
3.5 แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองและวิธีการควบคุม	11
3.5.1 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง	11
3.5.2 วิธีการควบคุมฝุ่นละออง	11
3.6 ฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง	13
3.6.1 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง	13
3.6.2 การคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่าน ถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 วิธีการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง	15
3.7.1 การควบคุมปริมาณการจราจร	16
3.7.2 การปรับปรุงสภาพพื้นผิวถนนโดยใช้วัสดุปูผิวทาง	16
3.7.3 การปรับปรุงสภาพพื้นผิวถนน	17
3.7.3.1 การปรับปรุงสภาพพื้นผิวถนนโดยวิธีการฉีดน้ำ	17
3.7.3.2 การปรับปรุงสภาพพื้นผิวถนนโดยวิธีการฉีดพ่น สารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง	17
3.8 การศึกษาที่ผ่านมา	20
4 แผนการศึกษาวิจัย	24
4.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ	24
4.1.1 ชนิดของสารเคมีที่เลือกใช้ในการทดสอบ	24
4.1.2 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ	24
4.1.2.1 การทดสอบการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน	25
4.1.2.2 การทดสอบสมบัติด้านพลาสติก	25
4.1.2.3 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน	26
4.1.3 การศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ในด้านต่างๆ	26
4.1.3.1 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน ผสมสารเคมี	26
4.1.3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่น ผิวหน้าด้วยสารเคมี	32
4.1.3.3 การศึกษาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริง	34
4.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในภาคสนาม	37
4.2.1 สถานที่ทดลอง	37
4.2.2 ชนิดของสารเคมีที่เลือกใช้และอัตราการฉีดพ่นสารเคมี	38
4.2.3 แผนการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ ของสารเคมีที่ใช้	40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	41
4.2.3.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม TSP	44
4.2.3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10	44
4.2.3.4 การตรวจวัดข้อมูลประกอบอื่นๆ	46
4.2.3.5 การคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละออง	47
4.2.3.6 การวัดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นบนผิวถนน	47
4.2.4 การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	48
4.3 แผนผังขั้นตอนการศึกษาวิจัย	49
4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	50
5 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	51
5.1 ผลการศึกษาในห้วงปฏิบัติการ	51
5.1.1 ผลการศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ	51
5.1.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนัก ของดินผสมสารเคมี	52
5.1.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดิน ภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมี	55
5.1.4 ผลการศึกษาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริง	61
5.1.5 สรุปผลการเลือกชนิดของสารเคมีและปริมาณการใช้ที่เหมาะสม สำหรับการนำไปใช้ฉีดพ่นในภาคสนาม	65
5.2 ผลการศึกษาในภาคสนาม	66
5.2.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP	66
5.2.2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10	72
5.2.3 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10	80
5.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ AP-42	86
5.2.5 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP	88
5.2.6 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10	92

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.7	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองทั้ง 3 วิธี	99
5.2.8	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่น , สัดส่วนปริมาณซิลท์ , ปริมาณซิลท์ และปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนน	102
5.2.9	การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการควบคุมฝุ่นละอองทั้ง 3 วิธี	105
6	สรุปผลการศึกษา	109
7	ข้อเสนอแนะ	111
8	ความสำคัญทางวิศวกรรม	112
	รายการอ้างอิง	113
	ภาคผนวก	116
	ภาคผนวก ก. ข้อมูลรายละเอียดของสารเคมี (สารโพลีเมอร์ , สารแอสฟัลต์อิมัลชัน และน้ำกากส่า)	117
	ภาคผนวก ข. ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละออง TSP และ PM-10	123
	ภาคผนวก ค. ผลอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ	138
	ภาคผนวก ง. ผลประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละออง TSP และ PM-10	144
	ภาคผนวก จ. ข้อมูลอุตุวิทยามหาวิทยาลัยและปริมาณจราจร	157
	ภาคผนวก ฉ. ตัวอย่างการคำนวณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากการทดลอง และ AP-42	166
	ประวัติผู้เขียน	174

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1	มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ , 2538)	10
ตารางที่ 3.2	ประเภทของแหล่งกำเนิดฝุ่นแบบเปิด (Kinsey and Cowherd , 1992)	12
ตารางที่ 3.3	วิธีการควบคุมฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดฝุ่นแบบเปิด (Kinsey and Cowherd , 1992)	12
ตารางที่ 3.4	ค่าคงที่ตัวคูณขนาดอนุภาคตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (k) ของสมการที่ 3.1 (U.S. EPA. ; AP-42 , 1995)	14
ตารางที่ 3.5	ค่าคงที่ตัวคูณขนาดอนุภาคตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (k) ของสมการที่ 3.2 (U.S. EPA. ; AP-42 , 1995)	15
ตารางที่ 3.6	ช่วงของค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ 3.2 (U.S. EPA. ; AP-42 , 1995)	15
ตารางที่ 3.7	วิธีการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (Cowherd , 1988)	16
ตารางที่ 3.8	ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของการควบคุมฝุ่นละอองแปรตามสารเคมีที่สะสม บนพื้นผิวถนนที่ได้จากการทดลอง (Muleski et al. , 1984)	21
ตารางที่ 4.1	วิธีการทดสอบลักษณะสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ	25
ตารางที่ 4.2	ความสัมพันธ์ของ % CBR และการใช้งาน (วราร , 2525)	31
ตารางที่ 4.3	ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	50
ตารางที่ 5.1	ลักษณะสมบัติของดินที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ	51
ตารางที่ 5.2	ผลการทดสอบการบดอัดส่วนผสมดินกับสารเคมี	52
ตารางที่ 5.3	ผลการทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR) สภาพแห้งน้ำ ของส่วนผสมดินกับสารเคมี	54
ตารางที่ 5.4	ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลา ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	56
ตารางที่ 5.5	สัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	56
ตารางที่ 5.6	ผลปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	62
ตารางที่ 5.7	ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทาง ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.8	ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน	67
ตารางที่ 5.9	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ใต้ลม-เหนือลมของถนนที่ใช้ทดสอบระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน	67
ตารางที่ 5.10	ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี	68
ตารางที่ 5.11	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ใต้ลม-เหนือลมของถนนที่ใช้ทดสอบช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี	68
ตารางที่ 5.12	ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี	73
ตารางที่ 5.13	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลมของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี	73
ตารางที่ 5.14	ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน	74
ตารางที่ 5.15	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลมของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน	74
ตารางที่ 5.16	ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 5 ครั้ง/วัน	75
ตารางที่ 5.17	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลมของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 5 ครั้ง/วัน	75
ตารางที่ 5.18	ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.19	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ได้ลม-เหนือลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี	76
ตารางที่ 5.20	อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี	82
ตารางที่ 5.21	อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนน ที่ใช้ทดสอบระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน	82
ตารางที่ 5.22	อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนน ที่ใช้ทดสอบระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 5 ครั้ง/วัน	83
ตารางที่ 5.23	อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนน ที่ใช้ทดสอบช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี	83
ตารางที่ 5.24	สรุปประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน	89
ตารางที่ 5.25	สรุปประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมี	89
ตารางที่ 5.26	สรุปประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน และ 5 ครั้ง/วัน	94
ตารางที่ 5.27	สรุปประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมี	94
ตารางที่ 5.28	ปริมาณฝุ่น , สัดส่วนปริมาณซิลท์ , ปริมาณซิลท์ และปริมาณความชื้นของดิน บนผิวถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี	103
ตารางที่ 5.29	สรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานการฉีดพ่นสารเคมีลงบนถนนลูกรังของทั้ง 3 วิธี	108

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1	เครื่องเก็บตัวอย่างแบบ cascade impactor	7
รูปที่ 3.2	ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นน้ำ (Cowherd et at., 1988)	22
รูปที่ 4.1	อุปกรณ์ทดสอบ Compaction (ASTM , 1990)	27
รูปที่ 4.2	Compaction curve ของส่วนผสมดินลูกรังกับน้ำ	28
รูปที่ 4.3	อุปกรณ์ทดสอบ CBR (ASTM , 1990)	30
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงกดและระยะจมของส่วนผสมดินลูกรังกับน้ำ	30
รูปที่ 4.5	การติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลง ปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมี	33
รูปที่ 4.6	เครื่องมือในการทดสอบการศึกษาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริง	35
รูปที่ 4.7	ถนนลูกรังที่ใช้ทดลอง ณ อบต. บึงชำอ้อ อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี	39
รูปที่ 4.8	การแบ่งถนนลูกรังที่ใช้ทดลองออกเป็น 4 ส่วน ตามความยาวของถนน	39
รูปที่ 4.9	เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูงและอุปกรณ์ต่างๆ ภายใน	42
รูปที่ 4.10	เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	43
รูปที่ 4.11	ตำแหน่งจุดตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองบนถนนที่ใช้ทดสอบ ก่อนการฉีดพ่นสารเคมี	45
รูปที่ 4.12	ตำแหน่งจุดตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองบนถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการทดลองการฉีดน้ำ	45
รูปที่ 4.13	ตำแหน่งจุดตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองบนถนนที่ใช้ทดสอบ หลังการฉีดพ่นสารเคมี	46
รูปที่ 5.1	ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างส่วนผสมของดินกับสารเคมี	53
รูปที่ 5.2	ค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR) เปรียบเทียบระหว่างส่วนผสมของดินกับสารเคมี	55
รูปที่ 5.3	ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นตามระยะเวลาหลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์	57
รูปที่ 5.4	ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นตามระยะเวลาหลังการฉีดพ่น สารแอสฟัลต์อีมีลชัน	57
รูปที่ 5.5	ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นตามระยะเวลาหลังการฉีดพ่นน้ำจากลำ	58
รูปที่ 5.6	ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นตามระยะเวลาหลังการฉีดพ่นสารเคมีชนิดต่างๆ ..	58
รูปที่ 5.7	สัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	60

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมตามระยะเวลาของผิวทางที่ฉีดพ่นสารโพลีเมอร์	63
รูปที่ 5.9 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมตามระยะเวลาของผิวทางที่ฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน	63
รูปที่ 5.10 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมตามระยะเวลาของผิวทางที่ฉีดพ่นน้ำกาบสา	64
รูปที่ 5.11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมตามระยะเวลาของผิวทางที่ฉีดพ่นสารเคมีชนิดต่างๆ	64
รูปที่ 5.12 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	65
รูปที่ 5.13 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	70
รูปที่ 5.14 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ได้ลม-เหนือลม ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	78
รูปที่ 5.15 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	84
รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากการทดลอง เปรียบเทียบกับสมการ AP-42	87
รูปที่ 5.17 ปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนหลังการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน	90
รูปที่ 5.18 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP ภายหลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน	91
รูปที่ 5.19 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP ภายหลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์	93
รูปที่ 5.20 ปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนหลังการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน	96
รูปที่ 5.21 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ภายหลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน	97
รูปที่ 5.22 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ภายหลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์	98
รูปที่ 5.23 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	101
รูปที่ 5.24 ปริมาณฝุ่น , สัดส่วนปริมาณซิลท์ , ปริมาณซิลท์ และปริมาณความชื้นของดิน ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี	104



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ชื่อวิทยานิพนธ์

ภาษาไทย : การควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง

ภาษาอังกฤษ : Control of Dust Emission from Unpaved Roads

1.2 คำสำคัญ (Key Word)

ฝุ่นละออง (dust)

ถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (unpaved roads)

สารเคมียัดเกาะฝุ่นละออง (chemical dust suppressants)

สารโพลีเมอร์ (polymer emulsion)

สารแอสฟัลต์อิมัลชัน (asphalt emulsion)

1.3 คำนำ

โดยทั่วไปถนนที่ใช้ในการสัญจรไปมาระหว่างที่ต่างๆ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ถนนที่มีการปูผิวทางด้วยวัสดุปูผิวทาง เช่น ยางมะตอยหรือคอนกรีตเสริมเหล็ก และถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง เช่น ถนนลูกรังหรือหินคลุก สำหรับในประเทศไทยหน่วยงานหลักซึ่งรับผิดชอบดูแลเกี่ยวกับการก่อสร้างทางและบำรุงรักษาทางมีอยู่หลายหน่วยงาน ได้แก่ กรมทางหลวง กรมโยธาธิการ และสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท เป็นต้น

ถนนในประเทศไทยมีการแบ่งมาตรฐานชั้นทาง ซึ่งหมายถึง การแบ่งชั้นทาง (classification) ตามคุณลักษณะหรือมาตรฐาน (standard) ของถนนแต่ละชั้น เพื่อแสดงคุณลักษณะหรือมาตรฐานของถนนในแต่ละชั้นที่แตกต่างกัน เช่น กรมโยธาธิการแบ่งมาตรฐานชั้นทางของทางหลวงชนบทออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้น 1 , ชั้น 2 และชั้น 3 ซึ่งถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางประเภทถนนลูกรังหรือหินคลุกนี้ จะจัดอยู่ในมาตรฐานทางหลวงชนบทชั้นที่ 3 ของกรมโยธาธิการ โดยถนนประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นถนนชนบท ซึ่งหมายถึง ถนนที่มีปริมาณการจราจรค่อนข้างน้อย ราคาประหยัด ตัดผ่านพื้นที่ทางการเกษตร เชื่อมต่อระหว่างหมู่บ้านกับหมู่บ้าน หรือเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก

ถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง เช่น ถนนลูกรังหรือหินคลุก จะก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองเมื่อมียานยนต์แล่นผ่าน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเสียดสีระหว่างล้อรถกับพื้นผิวถนน โดยฝุ่นละอองประเภทนี้ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ หรือทำให้การมองเห็นลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อการสัญจรไปมาของยานยนต์

การควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางมีอยู่หลายวิธี ได้แก่

1. การควบคุมปริมาณของการจราจรและความเร็วของยานยนต์ แต่วิธีนี้ยากต่อการนำไปใช้ปฏิบัติกับถนนสาธารณะ เนื่องจากการควบคุมปริมาณของการจราจรกระทำได้ยาก

2. การปรับปรุงพื้นผิวถนนโดยใช้วัสดุปูผิวทาง โดยปูทับพื้นผิวถนนด้วยวัสดุปูผิวทาง เช่น ยางมะตอยหรือคอนกรีตเสริมเหล็ก ถึงแม้วิธีนี้จะเป็นการควบคุมปัญหาได้ในระยะยาว แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นสูง วิธีนี้จึงอาจไม่เหมาะสมในกรณีที่มีงบประมาณจำกัด

3. การปรับสภาพพื้นผิวถนนโดยวิธีการฉีดน้ำหรือฉีดพ่นสารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง ข้อดีของวิธีนี้ คือ เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นไม่มากจนเกินไป ใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติไม่นาน แต่เป็นการควบคุมปัญหาแบบชั่วคราว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปฏิบัติซ้ำเป็นครั้งคราวไป

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ จะศึกษาถึงอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง และวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำ การฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ลงบนถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง รวมทั้งประเมินค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองทั้ง 3 วิธี พร้อมทั้งเปรียบเทียบความเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์

2.1.1 เพื่อศึกษาและคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง

2.1.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำ การฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ลงบนผิวถนน

2.1.3 เพื่อศึกษาค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางทั้ง 3 วิธี พร้อมทั้งเปรียบเทียบความเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติ

2.2 ขอบเขตการวิจัย

2.2.1 ในการทดลองภาคสนามเลือกใช้ถนนลูกรัง ที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์เป็นถนนชนบทที่เชื่อมต่อระหว่างหมู่บ้านกับหมู่บ้าน หรือเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก มีความยาวไม่ต่ำกว่า 1 กิโลเมตร โดยใช้ช่วงความยาวของถนนประมาณ 200 เมตร สำหรับแต่ละการทดลอง

2.2.2 เลือกใช้ชนิดของสารเคมีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ สารโพลีเมอร์ สารแอสฟัลต์อิมัลชัน และน้ำยากำจัด เพื่อศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ และสรุปเลือกชนิดของสารเคมีและอัตราการฉีดพ่นที่เหมาะสมจำนวน 2 ชนิด เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพจริงในภาคสนาม

2.2.3 ตรวจสอบความเข้มข้นฝุ่นละอองจากถนนในส่วนที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีและส่วนที่มีการฉีดน้ำจำนวน 2 และ 5 ครั้งต่อวัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองหลังการฉีดน้ำ โดยตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน ในแต่ละการทดลอง

2.2.4 ตรวจสอบความเข้มข้นฝุ่นละอองจากถนนในส่วนที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมี ส่วนที่มีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนที่มีการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองหลังการฉีดพ่นสารเคมี โดยตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน

2.2.5 ตรวจสอบปริมาณฝุ่น สัปดาห์ปริมาณซิลต์ ปริมาณซิลต์ และปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนในส่วนที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมี ส่วนที่มีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนที่มีการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ หลังการฉีดพ่นสารเคมี เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน

2.2.6 ตรวจวัดข้อมูลประกอบอื่นๆ ในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง ได้แก่ ทิศทางและ
ความเร็วลม อุณหภูมิบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณ
และชนิดของยานพาหนะ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

บททวนเอกสาร

3.1 คัพท์และความหมาย

มีคัพท์หลายคำเกี่ยวกับอนุภาคมลพิษอากาศที่จะต้องถูกอธิบายให้มีความหมายและความเข้าใจตรงกัน เพื่อจะใช้ในการศึกษาและประยุกต์ใช้ในวงการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม โดยมีผู้นิยามคัพท์เหล่านี้ไว้หลายท่าน ซึ่งถ้าเป็นในวงการวิศวกรรม ส่วนใหญ่จะมีความหมายใกล้เคียงกัน Howard E. Hesketh (1974) ได้ให้ความหมายของคัพท์เหล่านี้ไว้ดังนี้

อนุภาคมลพิษ (particulate matter) คือ วัตถุหรือสสารที่เป็นของเหลวหรือของแข็งใด ๆ ที่อยู่ในอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.0002 ถึง 500 ไมครอน

ละอองไอ (aerosol) คือ อนุภาคของแข็งหรือของเหลวขนาดเล็กซึ่งแขวนลอยอยู่ในอากาศได้ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 50 ไมครอน เล็กลงไปจนถึง 1 ไมครอน ซึ่งสิ่งที่ถูกจัดรวมเป็นละอองไอ ได้แก่ ผุ่น หมอก ฟุ้ง ควัน ละอองน้ำและเมฆหมอก

ผุ่น (dust) คือ อนุภาคขนาดเล็กซึ่งเกิดจากการแตกตัว การถูกบดอัด หรือการสลายตัวที่เกิดจากกระบวนการทางกล โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 1 ถึง หลายร้อยไมครอน ผุ่นโดยทั่วไปมีรูปร่างของอนุภาคที่ไม่แน่นอน

ฟุ้ง (fumes) คือ อนุภาคของแข็งที่เกิดจากการควบแน่นของโลหะจากสถานะที่เป็นก๊าซ โดยทั่วไปมีรูปร่างกลม มีขนาดระหว่าง 0.001 ถึง 1 ไมครอน

หมอก (fog or mist) คือ ละอองไอที่ฟุ้งกระจายเป็นของเหลว โดยสามารถเกิดขึ้นจากการกลั่นตัวของสภาวะอิมิตัววยอดยิ่งของไอระเหย หรือมาจากการกระจายของเหลวด้วยการตีฟุ้งหรือกวนให้เป็นฟอง มีขนาดตั้งแต่ 0.001 ถึง 10 ไมครอน

ควัน (smoke) คือ อนุภาคของเหลวหรือของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ และอนุภาคที่เผาไหม้ได้อื่น ๆ มีขนาดตั้งแต่ 0.001 ถึง 1 ไมครอน

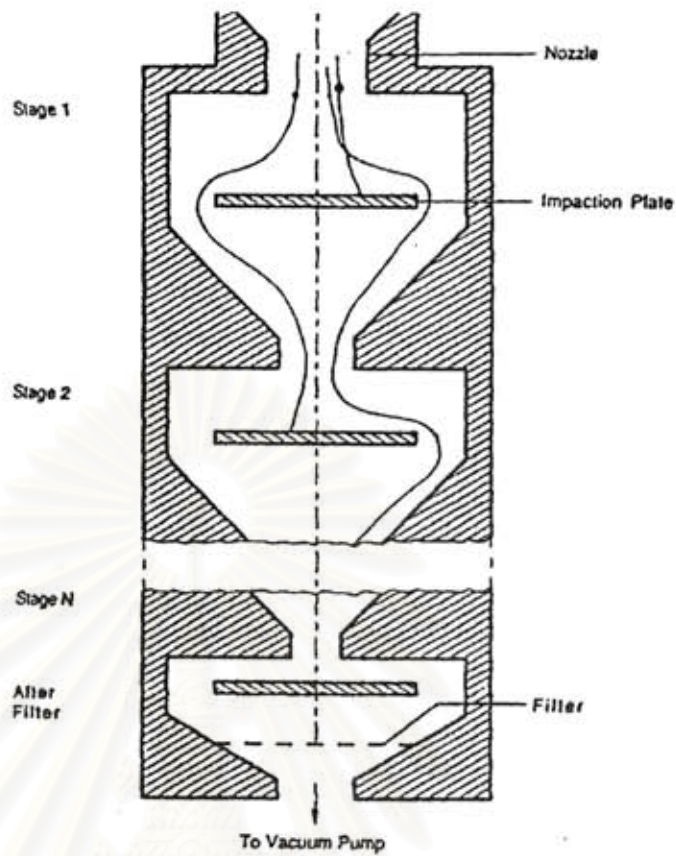
มลพิษอากาศ (air pollution) คือ การดำรงอยู่ของสสารหรือวัตถุที่ผิดปกติ (abnormol) ในอากาศหรือบรรยากาศ ที่เป็นผลให้เกิดอันตรายหรือผลร้ายต่อสุขภาพหรือสวัสดิภาพของมนุษย์

ตัวคูณอัตราการปล่อยอนุภาคมลพิษจากแหล่งกำเนิด (emission factor) คือ ค่าเฉพาะที่บ่งชี้ให้เห็นถึงระดับปกติของอัตราการปล่อยอนุภาคมลพิษ ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งปล่อย (emission source) เมื่อมีการทำงานหรือกิจกรรมปกติของแหล่งกำเนิด

3.2 การกระจายขนาดของอนุภาค

อนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 50 ไมครอน จะอยู่ในรูปของฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate matter , TSP) สามารถลอยตัวอยู่ในบรรยากาศได้ และอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน ซึ่งอยู่ในรูปของ PM-10 สามารถเคลื่อนที่ไปได้ในระยะทางที่ไกล (Lancaster and Nickling , 1993) และเข้าสู่ระบบหายใจของมนุษย์ (Ferris et al. , 1979 ; Miller et al. , 1979) ส่วนอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน มักจะมีผลกระทบต่อ การกระจายแสงและมีผลกระทบอย่างมากต่อการมองเห็น (Maim , 1979) และสมดุลการแผ่รังสีของโลก (Charlson et al. ,1992)

พฤติกรรมของฝุ่นละอองขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ทั้งกลไกการทับถมด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก การแพร่ผ่าน แรงเฉื่อย และกลไกทางไฟฟ้าสถิตย์ ผลกระทบของการกระจายแสงและผลกระทบต่อสุขภาพมีค่าขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคด้วย (Cooper , 1994) โดยทั่วไปการแสดงผลการกระจายขนาดของอนุภาคมักจะแสดงอยู่ในรูปของความถี่ฮิสโตแกรม หรือการกระจายความถี่สะสม ซึ่งสามารถที่จะทำการแยกขนาดของอนุภาคได้ว่าปริมาณของอนุภาคขนาดต่าง ๆ กันมีค่าเท่าไร วิธี การวัดการกระจายขนาดของอนุภาคมีหลาย ๆ วิธี แต่วิธีที่สะดวกรวดเร็วในการวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับสุขภาพ คือ การวัดขนาดแบบปะทะ โดยใช้ความเฉื่อยของอนุภาคในการเก็บตัวอย่าง ความสำคัญจึง อยู่ที่มวลและความเร็วของอนุภาค หลักการที่กล่าวมานี้ได้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบ cascade impactor ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ชุดของรูก้นและแผ่นกีดขวาง โดยเพิ่มความเร็วของกระแสอากาศออกเป็นชั้น ๆ และ/หรือลดช่องว่างระหว่างรูก้นและแผ่นกีดขวาง เมื่อกระแสอากาศไหลผ่านรูก้นไปในแต่ละชั้นที่ความเร็วสูงขึ้น เครื่องมือนี้จะเก็บอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ได้ด้วยประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลที่ได้คือ cascade impactor สามารถแยกขนาดของอนุภาคในตัวอย่างอากาศได้ แต่ในบางครั้งอนุภาคก้อนใหญ่อาจจะแตกกระจายเมื่อชนแผ่นกีดขวางและลอยไป ทำให้การ จำแนกขนาดไม่ถูกต้อง (วงศ์พันธ์ และคณะ , 2536)



รูปที่ 3.1 เครื่องเก็บตัวอย่างแบบ cascade impactor

3.3 อันตรายของฝุ่น

ฝุ่นก่อให้เกิดอันตรายและผลเสียต่าง ๆ ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมหลายประการ ซึ่งสามารถจำแนกอันตรายของฝุ่นได้เป็น 2 ประเภท ตามผลที่เกิดตามมาดังนี้

3.3.1 อันตรายของฝุ่นต่อสภาพแวดล้อม การทำงาน และการดำเนินชีวิต

ฝุ่นได้ก่อให้เกิดความรำคาญ ลดการมองเห็น เป็นสาเหตุที่ทำให้รู้สึกไม่สะดวกสบาย ระคายเคือง ทำให้ทำงานได้ไม่สะดวกเป็นผลให้การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เครื่องจักรกลและอุปกรณ์ต่าง ๆ เสียหาย ซึ่งฝุ่นที่ก่อให้เกิดปัญหาเหล่านี้ ได้แก่ ฝุ่นเกือบทุกขนาดโดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นขนาดใหญ่ (International Labour Office , 1965) นอกจากนี้ยังมีฝุ่นจำนวนหนึ่งซึ่งสามารถลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานานและลอยไปได้ไกล ถ้าบริเวณนั้นเกิดฝุ่นเป็น

จำนวนมาก จะทำให้การมองเห็นลดลงอย่างเห็นได้ชัด ทำให้บริเวณนั้นมืดลงและมีปัญหาในการสัญจรไปมาโดยรถยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเข้ามืดและช่วงเย็นถึงค่ำ

3.3.2 อันตรายของฝุ่นต่อสุขภาพ

ฝุ่นจำนวนมากที่ลอยอยู่ในบรรยากาศ จะส่งผลให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง เกิดความรู้สึกแสบร้อนรำคาญ หงุดหงิด ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตา และที่เป็นอันตรายที่สุด คือ ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและปอด ซึ่งจะกล่าวอย่างละเอียดต่อไป

3.3.2.1 กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อฝุ่นละอองเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

ฝุ่นจะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจโดยการหายใจ (International Labour Office , 1965) อากาศที่หายใจจะเข้าสู่จมูก คอ ผ่านสู่หลอดลม ขั้วปอด และจากขั้วปอดจะแยกออกสู่ปอดทั้งสองข้างและกระจายออกสู่ท่อขนาดเล็ก ท่อฝอย และถุงลมปอดในที่สุด ซึ่งที่ถุงลมปอดจะมีเส้นเลือดฝอยและท่อน้ำเหลืองอยู่รอบ ๆ ด้วย

แต่ส่วนของระบบทางเดินหายใจโดยการหายใจจะมีกลไกในการป้องกันที่จะดักจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาที่อากาศที่เราหายใจอยู่ อนุภาคของฝุ่นขนาดใหญ่ (ใหญ่กว่า 10 ไมครอน) ส่วนใหญ่จะถูกจับภายในช่องจมูกและคอ ฝุ่นที่สามารถลอดผ่านไปได้บางส่วนจะถูกจับโดยการคัดหลั่งน้ำเมือกออกจากผิวของหลอดลมและท่อลมสาขา เมือกและอนุภาคที่ถูกจับเหล่านี้จะถูกดันขึ้นมาโดยขนขนาดเล็ก (hairs or cilia) จำนวนมากที่ทำให้เมือกหรือเสมหะเหล่านี้เคลื่อนที่ออกมาจากหลอดลมด้วยอัตราครึ่งนิ้วต่อนาที และถูกขับออกในที่สุด อนุภาคที่เล็กกว่านี้ซึ่งส่วนใหญ่จะเล็กกว่า 5 ไมครอน อาจจะผ่านเข้าสู่ถุงลมปอดในที่สุด ที่นี้จะมีเซลล์ชนิดหนึ่งที่เคลื่อนที่ได้เก็บอนุภาคที่หลุดเข้ามา (mobile scavenger cell) เรียกว่า phagocyte ซึ่งจะดูดกลืนอนุภาคเหล่านี้ และนำอนุภาคเหล่านี้ออกไปยังหลอดลมฝอยซึ่งจะถูกฝังตัวอยู่ในเนื้อเยื่อปอด และจะทะลุเข้าท่อน้ำเหลืองไปยังท่อน้ำเหลืองซึ่งทำหน้าที่คล้ายตัวกลาง ซึ่งฝุ่นจำนวนหนึ่งจะติดอยู่ที่นั่นบางส่วนจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาเส้นใย หรือการเกิดขึ้นของเยื่อเหนียวหรือเยื่อพังผืดที่ปอดจะเกิดขึ้นที่เนื้อเยื่อที่ฝุ่นฝังตัวหรือติดอยู่ ส่วนอนุภาคที่เล็กซึ่งโดยมากมีขนาดเล็กมากจะออกมากับลมหายใจออก

3.3.2.2 อันตรายของฝุ่นละอองต่อระบบทางเดินหายใจ

ฝุ่นละอองโดยทั่วไปจะมีผลต่อร่างกายมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของฝุ่น ปริมาณที่ได้รับ ระยะเวลาที่สัมผัส ความแข็งแรงหรือภูมิคุ้มกันทานของผู้ที่สูดเข้าไป (วินัย อยู่สุข , 2527) ซึ่งอันตรายของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นต่อระบบทางเดินหายใจ ได้แก่

- เกิดเป็นโรคภูมิแพ้ (allergio reaction) โดยการหายใจเอาฝุ่นบางชนิดเข้าไปแล้วไปเกิดการกระตุ้นที่เนื้อเยื่อปล่อยเยื่อเมือกออกมาต่อหุ้มและค่อย ๆ ขับออกมาโดยชนเล็ก ๆ การสะสมของฝุ่นอยู่ที่ผิวของระบบทางเดินหายใจจะทำให้ระบบทางเดินหายใจเกิดอาการนี้ขึ้นชั่วคราวหรือเป็นอาการที่ไม่รุนแรงมากนัก

- นิวโมโคนิโอซิส (pneumoconiosis) หมายถึง ปอดที่มีอาการผิดปกติหรือโรคปอดที่เกิดจากการหายใจเอาฝุ่นอนินทรีย์ (inorganic dust) จากบรรยากาศเข้าไปสะสมในปอด ลักษณะของนิวโมโคนิโอซิสนั้นจะเป็นเส้นใยค่อนข้างแข็งที่ติดอยู่กับปอด มีสาเหตุเนื่องมาจากการระคายเคืองของฝุ่นที่เราหายใจผ่านทะลุหลอดลมเข้าไปแล้ว ปอดจะสร้างเยื่อเหนียวหรือเส้นใยมาต่อหุ้มไว้ไม่ให้ปอดต้องระคายเคืองมาก ซึ่งจะทำให้เนื้อเยื่อปอดเกิดอาการแข็งตัว (fibrosis) ถ้าหากเรายิ่งหายใจเอาฝุ่นเข้าปอดมากเท่าไร โอกาสที่จะเป็นโรคปอดแข็งหรือนิวโมโคนิโอซิสก็มากขึ้นเท่านั้น และถ้าเป็นโรคปอดแข็งประสิทธิภาพการทำงานของปอดย่อมลดลง อาการขั้นแรกของโรคปอด คือ หายใจลำบาก ฝุ่นที่ก่อให้เกิดโรคนี้นี้มีหลายชนิด โรคที่เกิดขึ้นจะมีชื่อเรียกตามชนิดของฝุ่นที่ก่อให้เกิดโรค เช่น ซิลิโคซิส แอสเบสโตซิส เบอริลลิโอซิส เป็นต้น

3.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2516 ได้กำหนดให้มีคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ซึ่งมีอำนาจหน้าที่ต่าง ๆ เกี่ยวกับการส่งเสริมและอนุรักษ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น การกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

สำหรับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยและวิธีการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทย (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ , 2538)

ชนิดของก๊าซหรือสาร	ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ชม. ไม่เกิน สนล. (มก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยในเวลา 8 ชม. ไม่เกิน สนล. (มก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชม. ไม่เกิน สนล. (มก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 เดือน ไม่เกิน สนล. (มก./ลบ.ม.)	ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี ไม่เกิน สนล. (มก./ลบ.ม.)	วิธีการตรวจวัด
1. คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	30 (34.2)	9 (10.26)	-	-	-	Non-Dispersive infrared detection
2. ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	0.17 (0.32)	-	-	-	-	Chemiluminescence
3. โอโซน (O ₃)	0.10 (0.20)	-	-	-	-	Chemiluminescence
4. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	0.30 (0.70)*	-	0.11 (0.30)	-	0.04 (0.10)	Pararosaniline
5. ตะกั่ว (Pb)	-	-	-	1.5	-	Atomic Absorption Spectrometer
6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10)	-	-	(0.12)	-	(0.05)	Gravimetric
7. ฝุ่นละอองรวม (TSP)	-	-	(0.33)	-	(0.10)	Gravimetric

ทั้งนี้ คำนวณค่าความเข้มข้นของก๊าซเทียบเท่าที่ ความดัน 1 บรรยากาศ และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย 1 ปี เป็นค่ามัธยฐานเลขาคณิต (geometric mean)

* เฉพาะพื้นที่ที่กำหนดในอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ต้องไม่เกิน 0.05 สนล. (1.3 มก./ลบ.ม.)

3.5 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองและวิธีการควบคุม

3.5.1 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง

แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองที่ถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการ (process sources) เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีหรือลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม เช่น การไหม้หินของโรงไหมหิน ฯ

2. ฝุ่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดฝุ่นแบบเปิด (open dust sources) เกิดขึ้นเนื่องจากพื้นผิวของวัสดุถูกขัดหรือสึกกร่อนจากแรงกระทำทางกลผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ล้อรถยนต์ ฯ หรือเกิดจากการที่อนุภาคฝุ่นได้รับแรงกระทำจากความปั่นป่วนของกระแสลม

ฝุ่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดฝุ่นแบบเปิดนั้น รวมถึงแหล่งกำเนิดที่มาจากอุตสาหกรรมด้วย เช่น จากการขนส่ง , จัดเก็บ และลำเลียงวัตถุดิบ เป็นต้น ซึ่งประเภทของแหล่งกำเนิดฝุ่นแบบเปิดแสดงดังตารางที่ 3.2 (Kinsey and Cowherd , 1992)

3.5.2 วิธีการควบคุมฝุ่นละออง

วิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยทั่วไปมีอยู่หลาย ๆ วิธี เช่น การฉีดน้ำ , การฉีดพ่นสารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง หรือการลดพื้นที่เปิดโล่งด้วยการสร้างสิ่งป้องกันลมหรือสร้างเป็นระบบปิด สำหรับวิธีการฉีดน้ำเป็นวิธีที่สามารถปฏิบัติได้สะดวกรวดเร็ว , เสียค่าใช้จ่ายไม่แพง แต่เป็นการควบคุมปัญหาแบบชั่วคราวเท่านั้น วิธีการฉีดพ่นสารเคมียึดเกาะฝุ่นละอองบนพื้นผิวที่ไม่ได้ปูผิวสามารถช่วยระงับการเกิดฝุ่นละอองได้ในเวลาที่นานขึ้น แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน การสร้างสิ่งป้องกันลมหรือสร้างเป็นระบบปิดบ่อยครั้งไม่สามารถกระทำได้เนื่องจากแหล่งกำเนิดฝุ่นมีขนาดใหญ่เกินไป วิธีการต่าง ๆ ในการควบคุมฝุ่นที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดฝุ่นแบบเปิดแสดงดังตารางที่ 3.3 (Kinsey and Cowherd , 1992)

ตารางที่ 3.2 ประเภทของแหล่งกำเนิดฝุ่นแบบเปิด (Kinsey and Cowherd , 1992)

- 1.การกระทำผ่านพื้นผิวที่ไม่ได้ปูผิวทาง
 - ถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง
 - ลานจอดรถ
 - กองวัสดุ เช่น กองหิน , กองดิน
- 2.การกระทำผ่านพื้นผิวที่มีการปูผิวทาง
 - ถนนและทางหลวง
 - ลานจอดรถ
- 3.การกระทำผ่านพื้นที่เปิดโล่ง (การกระทำของลม)
 - กองวัสดุ
 - พื้นที่เตียนโล่ง
- 4.การกระทำผ่านวัสดุ
 - การเทกองวัสดุ
 - การขนส่งลำเลียงวัสดุ เช่น การลำเลียงผ่านสายพาน
 - การเกลี่ยดิน
 - การขุดดิน

ตารางที่ 3.3 วิธีการควบคุมฝุ่นละอองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดฝุ่นแบบเปิด (Kinsey and Cowherd , 1992)

ประเภทของแหล่งกำเนิด	วิธีการควบคุมฝุ่นละออง						
	การสร้างระบบปิด	การฉีดพ่นน้ำ	การฉีกละออง	การปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ	การปลูกพืชคลุมดิน	การทำความสะอาดพื้นผิว	การดักจับและเคลื่อนย้าย
ถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง		•	•	•			
ลานจอดรถที่ไม่ได้ปูผิว		•	•	•			
กองวัสดุ	•	•	•	•			
ถนนและทางหลวง						•	
ลานจอดรถที่ปูผิว						•	
พื้นที่เตียนโล่ง	•	•	•	•	•		
การเทกองวัสดุ	•	•					•
การขนส่งลำเลียงวัสดุ	•	•					•
การเกลี่ยดิน		•	•				

3.6 ผุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง

3.6.1 แหล่งกำเนิดของผุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง

เมื่อยานยนต์แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง การเสียดสีระหว่างล้อรถกับพื้นผิวถนน เป็นสาเหตุทำให้อนุภาคที่อยู่บนพื้นผิวถนนถูกบดอัดและแตกละเอียดมากขึ้น อนุภาคเหล่านี้จะถูกยกขึ้นและหลุดออกจากล้อรถที่กำลังหมุนอยู่ และกระแสน้ำมันป่วนของอากาศที่เกิดขึ้นบริเวณด้านหลังของยานยนต์ที่กำลังแล่นผ่าน จะเป็นตัวก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคผุ่นละอองสู่บรรยากาศ (U.S. EPA. ; AP-42 , 1995)

3.6.2 การคำนวณหาอัตราการปล่อยผุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง

อัตราการปล่อยผุ่นละอองที่เกิดจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณความหนาแน่นของการจราจรที่เกิดขึ้น และขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ความเร็วเฉลี่ยของยานยนต์
- น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์
- จำนวนเฉลี่ยของล้อ
- ความหยาบหรือความละเอียดของพื้นผิวถนน
- ปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนน

ปริมาณผุ่นละอองที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปสามารถแสดงได้ในรูปของผุ่นละอองรวม (total suspended particulate , TSP) ซึ่งถูกเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างมาตรฐานชนิดปริมาตรสูง (standard high volume sampler) จากการศึกษาในอุโมงค์ลมพบว่า ประสิทธิภาพในการดักจับมวลของอนุภาคจากการใช้เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูงมีค่ากว้างมาก โดยสามารถดักจับอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอนได้ 100% จนถึงไม่กี่เปอร์เซ็นต์สำหรับอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100 ไมครอน ประสิทธิภาพในการดักจับมีค่าขึ้นอยู่กับความเร็วลมและทิศทางของลม ดังนั้นการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูงไม่สามารถใช้ระบุเป็นขนาดอนุภาคสำหรับปริมาณที่ปล่อยออกมาได้ แต่อย่างไรก็ตาม ขนาดตัดจำเพาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ไมครอน มักจะใช้สำหรับเครื่องเก็บตัวอย่างชนิดปริมาตรสูงโดยพบว่าขนาดที่ใหญ่ที่สุดของผุ่นละอองที่สามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 75 ไมครอน ซึ่งมี

ขนาดเท่ากับขนาดที่เล็กที่สุดของอนุภาคที่ทำการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ตามมาตรฐาน ASTM โดยเรียกว่า ซิลต์ (silt) (Cowherd , 1993)

สำหรับการคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการจราจรของยานยนต์สามารถใช้สูตรที่กล่าวไว้ในหนังสือ AP-42 ของ U.S. EPA. ในการหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ปูผิวทางและถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง โดยจะมีหน่วยเป็นกรัมหรือกิโลกรัมต่อกิโลเมตรต่อคันของยานยนต์ที่แล่นผ่าน (gram or kilogram per vehicle kilometer traveled , g/VKT or Kg/VKT) แสดงดังสมการที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ถนนที่ปูผิวทาง (Paved Road)

$$E = k (sL/2)^{0.65} (W/3)^{1.5} \dots\dots\dots (สมการที่ 3.1)$$

โดยที่ :

- E = อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม/กิโลเมตร-คัน)
- k = ค่าคงที่ของตัวคูณขนาดอนุภาค มีค่าแปรผันตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาค ดังแสดงในตารางที่ 3.4 (ไม่มีหน่วย)
- sL = ปริมาณซิลต์บนผิวถนน (กรัม/ตารางเมตร)
- W = น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์ (ตัน)

ตารางที่ 3.4 ค่าคงที่ตัวคูณขนาดอนุภาคตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (k) ของสมการที่ 3.1 (U.S. EPA. ; AP-42 , 1995)

≤ 30 ไมครอน	≤ 15 ไมครอน	≤ 10 ไมครอน	≤ 2.5 ไมครอน
24	5.5	4.6	2.1

ถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (Unpaved Road)

$$E = k (1.7) [s/12] [S/48] [W/2.7]^{0.7} [w/4]^{0.6} [(365-p)/365] \dots\dots\dots (สมการที่ 3.2)$$

โดยที่ :

- E = อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กิโลกรัม/กิโลเมตร-คัน)
- k = ค่าคงที่ของตัวคูณขนาดอนุภาค มีค่าแปรผันตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาค ดังแสดงในตารางที่ 3.5 (ไม่มีหน่วย)

- s = สัดส่วนของปริมาณซิลท์บนผิวดิน (%)
 S = ความเร็วเฉลี่ยของยานยนต์ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
 W = น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์ (ตัน)
 w = จำนวนเฉลี่ยของล้อ
 p = จำนวนวันที่มีปริมาณฝนตก ≥ 0.254 มิลลิเมตร (0.01 นิ้ว) ต่อปี

ตารางที่ 3.5 ค่าคงที่ตัวคูณขนาดอนุภาคตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (k) ของสมการที่ 3.2 (U.S. EPA. ; AP-42 , 1995)

≤ 30 ไมครอน	≤ 15 ไมครอน	≤ 10 ไมครอน	≤ 5 ไมครอน	≤ 2.5 ไมครอน
0.80	0.50	0.36	0.20	0.095

ผลการศึกษาช่วงของค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับสมการที่ 3.2 แสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ช่วงของค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ 3.2 (U.S. EPA. ; AP-42 , 1995)

สัดส่วนของปริมาณซิลท์บนผิวดิน (%)	น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์ (ตัน)	ความเร็วเฉลี่ยของยานยนต์ (กม./ชม.)	จำนวนเฉลี่ยของล้อ
4.3 - 20	2.7 - 142	21 - 64	4 - 13

3.7 วิธีการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง

วิธีการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางมีอยู่หลายวิธี ดังแสดงในตารางที่ 3.7 (Cowherd , 1988) โดยสามารถแบ่งวิธีการควบคุมออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ การควบคุมปริมาณของการจราจร การปรับปรุงพื้นผิวดินโดยใช้วัสดุปูผิวทาง และการปรับสภาพพื้นผิวดิน ซึ่งในแต่ละวิธีจะได้กล่าวถึงต่อไป

ตารางที่ 3.7 วิธีการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (Cowherd , 1988)

วิธีการควบคุม	การปฏิบัติ
การควบคุมปริมาณของการจราจร	- ควบคุมปริมาณของยานยนต์ - จำกัดความเร็วของยานยนต์
การปรับปรุงพื้นผิวถนนโดยใช้วัสดุปูผิวทาง	- ใช้วัสดุปูผิวทาง เช่น ยางมะตอย คอนกรีตเสริมเหล็ก - ใช้วัสดุทำพื้นผิวถนนที่มีสัดส่วนของปริมาณซิลท์ต่ำ
การปรับสภาพพื้นผิวถนน	- ฉีดน้ำ - ฉีดพ่นด้วยสารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง

3.7.1 การควบคุมปริมาณของการจราจร

วิธีนี้เป็นการควบคุมปริมาณของยานยนต์ที่จะแล่นผ่านถนนเพื่อช่วยลดอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง หรือจำกัดความเร็วของยานยนต์ที่จะแล่นผ่านถนนเพื่อลดค่าตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองในสมการที่ 3.2 โดยวิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างรวดเร็วกับถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถควบคุมชนิดและปริมาณของยานยนต์ที่จะแล่นผ่านถนน หรือจำกัดความเร็วของยานยนต์ที่แล่นผ่านได้ แต่การนำไปประยุกต์ใช้กับถนนสาธารณะอาจจะกระทำได้ยาก

3.7.2 การปรับปรุงพื้นผิวถนนโดยใช้วัสดุปูผิวทาง

วิธีนี้เป็นการควบคุมปัญหาได้ในระยะยาว โดยปูทับพื้นผิวถนนด้วยวัสดุปูผิวทาง เช่น ยางมะตอย , คอนกรีตเสริมเหล็ก วิธีนี้เหมาะสมสำหรับการใช้กับถนนที่มีปริมาณของการจราจรหนาแน่นสูง ถนนที่ใช้เป็นทางหลวงแผ่นดิน แต่ไม่เหมาะสมกับการใช้กับถนนในโรงงานอุตสาหกรรม ที่ถูกใช้เพื่อรองรับรถบรรทุกหนัก หรือพื้นที่ว่างที่ใช้ในการลำเลียงขนส่งวัสดุ สำหรับข้อเสียของวิธีนี้คือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการลงทุนสูง

การใช้วัสดุทำพื้นผิวถนนชนิดอื่น ๆ เช่น การเลือกใช้วัสดุทำพื้นผิวถนนที่มีสัดส่วนของปริมาณซิลท์ต่ำ ได้แก่ กรวดหรือหินเกล็ด เนื่องจากในสมการที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่าอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจะแปรผันโดยตรงกับสัดส่วนของปริมาณซิลท์ของวัสดุที่ใช้ทำพื้นผิวถนน ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุทำพื้นผิวถนนที่มีสัดส่วนของปริมาณซิลท์ต่ำย่อมช่วยลดอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากถนนได้ วิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนน้อยกว่าการปูผิวทางด้วยยางมะตอยหรือคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่อาจต้องได้รับการซ่อมแซมบำรุงรักษา เช่น การเกลี่ยหรือเติมวัสดุที่ใช้ทำพื้นผิวถนนชนิดนั้น ๆ

3.7.3 การปรับสภาพพื้นผิวดิน

วิธีนี้เป็นการควบคุมโดยการปรับสภาพพื้นผิวดินโดยวิธีการฉีดน้ำหรือสารฉีดพ่นสารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง ข้อดีของวิธีนี้คือเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่มากเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ แต่เป็นการควบคุมปัญหาแบบชั่วคราว ดังนั้นจึงต้องมีการปฏิบัติซ้ำเป็นครั้งคราวไปตามความเหมาะสม

3.7.3.1 การปรับสภาพพื้นผิวดินโดยวิธีการฉีดน้ำ

วิธีนี้เป็นการเพิ่มปริมาณความชื้นให้กับพื้นผิวดิน ช่วยทำให้อนุภาคดินเกาะรวมตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความหนาแน่นมากขึ้น จึงเป็นการช่วยลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางได้ เนื่องจากประสิทธิภาพของวิธีนี้จะแปรตามปริมาณความชื้นของดินบนผิวดิน ดังนั้นการฉีดน้ำซ้ำบ่อย ๆ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อรักษาปริมาณความชื้นของดินบนผิวดินให้คงอยู่

ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำขึ้นอยู่กับ

- ปริมาณของน้ำที่ใช้ต่อหน่วยพื้นที่ของถนน
- ระยะห่างของช่วงเวลาในการปฏิบัติซ้ำ
- ปริมาณของการจราจรในช่วงเวลาที่ทำการปฏิบัติ
- สภาพภูมิอากาศในช่วงที่ทำการปฏิบัติ

3.7.3.2 การปรับสภาพพื้นผิวดินโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง

วิธีนี้เป็นการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยใช้สารเคมีเพื่อทำให้เกิดการยึดเกาะกันของอนุภาคดินบนพื้นผิวดิน และทำให้พื้นผิวดินมีเสถียรภาพมากขึ้น ช่วยรักษาปริมาณความชื้นของดินบนผิวดินให้คงอยู่ยาวนานขึ้น ช่วยลดหรือป้องกันการเกิดหลุม ร่องรอยโหว่หรือรอยร้าวของผิวดิน วิธีนี้ยังจำเป็นต้องมีการฉีดพ่นสารเคมีซ้ำเช่นเดียวกับวิธีการฉีดน้ำ แต่สามารถทิ้งช่วงเวลาในการฉีดซ้ำได้เป็นเวลาหลาย ๆ เดือน

ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- อัตราส่วนผสมระหว่างสารเคมีกับน้ำ
- ปริมาณสารละลายที่ใช้ต่อพื้นที่ของถนน
- ช่วงเวลาของความถี่ในการปฏิบัติซ้ำ
- ลักษณะสมบัติของยานยนต์ (เช่น ปริมาณของยานยนต์, น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์)
- ลักษณะสมบัติของถนน (เช่น ค่าความแข็งแรงของถนน, สัดส่วนของปริมาณซิลิโคนผิวถนน)

บนผิวถนน)

สารเคมียึดเกาะฝุ่นละอองเมื่ออยู่ด้วยกันหลายประเภท ซึ่งพอจะจำแนกประเภทของสารและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้ดังนี้

- สารโพลีเมอร์ เป็นสารเคมีที่ประกอบด้วยโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันในลักษณะที่เป็น long chained จึงสามารถจับอนุภาคดินให้เกิดการยึดเกาะกันได้จำนวนมาก ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีน้อยเพราะโดยตัวเองเมื่อแห้งแล้วจะไม่ละลายน้ำ และไม่เคลื่อนย้ายไปสู่ที่อื่นๆ

- ปีโตรเลียมเรซิน คุณสมบัติของสารประเภทนี้ก็คือ ไม่ละลายน้ำ แต่แขวนลอย (suspended) หรือเป็นอิมัลชัน มักจะเรียกว่า แอสฟัลต์อิมัลชัน เพราะไม่ได้ใช้ solvent เป็นตัวกลาง เมื่อฉีดพ่นบนถนนจะทำให้อนุภาคของดินยึดเกาะกัน และเมื่อแห้งก็จะจับเป็นก้อนแข็ง เนื่องจากสารประเภทนี้ ไม่มีการเคลื่อนย้ายด้วยน้ำฝน หรือเคลื่อนย้ายลงไปในดินได้ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีน้อยและปลอดภัยในขณะที่ฉีดพ่น เพราะไม่ได้ใช้สารตัวทำละลาย หรือสารระเหยเป็นส่วนผสม

- ยางมะตอยหรือน้ำมันจากกระบวนการปิโตรเลียม ลักษณะสมบัติของสารตระกูลนี้จะคล้ายกับปิโตรเลียมเรซิน แต่มักจะใช้ในการปูถนนแบบถาวรกว่า เมื่อแห้งแล้วไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัญหาที่เกิดขึ้นจะเป็นในช่วงการปูถนน ซึ่งจะมีกลิ่นและไอระเหยของสารตัวทำละลาย

- สารจำพวกตระกูลเกลือ ได้แก่ แมกนีเซียมคลอไรด์ หรือ แคลเซียมคลอไรด์ สารเหล่านี้มีลักษณะสมบัติเป็นไฮโดรสโคปิก (Hydroscopic) คือ ดึงน้ำเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศเกินกว่า 50% ทำให้อนุภาคของดินยึดเกาะกันและเกิดฝุ่นได้น้อยลง แต่สารทั้งสองนี้ละลายน้ำได้ดีและเมื่อฝนตกจะไหลออกไปจากถนนเข้าสู่แหล่งน้ำลำธาร และดินได้ง่าย

- สารพวก Adhesives ลักษณะคล้ายคลึง ได้แก่ พวกลิกนินซัลโฟเนต (lignin sulfonate) จากอุตสาหกรรมไม้, เยื่อกระดาษ ซึ่งทำให้พื้นถนนมีลักษณะเหนียว (sticky) แต่ละลายน้ำได้ และมีสีน้ำตาลเห็นได้ชัด ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม คือ สามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้เมื่อฝนตก

- สารอื่นๆ เช่น ของเสียเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตร ประกอบด้วยสารเหลือใช้จากการเกษตร เช่น เซลลูโลสไฟเบอร์ น้ำกากส่าที่เหลือจากการหมักสุรา น้ำมันเครื่องที่ใช้แล้ว (waste oil) สารเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามลักษณะสมบัติของตัวเอง

กลไกในการทำให้อนุภาคดินเกิดการรวมตัวหรือยึดเกาะกันของสารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง พบว่าจากการศึกษาของ Lambe (Lambe, 1953 อ้างถึงใน อาคม, 2535) ได้ทำการศึกษาปรับปรุงคุณสมบัติดินด้วยสารเคมีประเภทโพลีเมอร์ อธิบายได้ว่า สารประเภทโพลีเมอร์ประกอบด้วยโมเลกุลที่เชื่อมกันมีลักษณะคล้ายโซ่ อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) ของอนุภาคสารเคมีอินทรีย์ที่เรียกว่าโมโนเมอร์ (monomer) การนำสารโพลีเมอร์ไปใช้ผสมกับดินจะเกิดปฏิกิริยา 1 หรือ 2 ขั้นตอน กล่าวคือ เมื่อเติมโมโนเมอร์ลงไปพร้อมกับระบบช่วยทำปฏิกิริยา (Catalyst system) ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันรวมตัวกันระหว่างดินและโมโนเมอร์หรือโพลีเมอร์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ หลังจากนั้นโพลีเมอร์ที่ประกอบตัวกันแล้ว (preformed polymer) ในรูปของแข็ง สารละลาย หรืออิมัลชัน (emulsion) จะทำปฏิกิริยากับดิน

ชนิดของสารประเภทโพลีเมอร์ที่ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติดิน แบ่งตามประโยชน์การใช้งานได้ 3 ชนิด คือ สารทำให้เกิดการรวมตัว (Aggregant) สารทำให้อนุภาคดินจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ (Dispersant) และสารกันน้ำ (Water proofing) โดยสารทำให้เกิดการรวมตัว ซึ่งเป็นสารที่ใช้ปริมาณน้อยแต่สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติดินละเอียดได้มาก สารชนิดนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาคดินซึ่งมีสภาพเป็นคอลลอยด์ แต่ไม่เกิดการยึดติดอนุภาคข้างเคียง ดังเช่น ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์

สารประเภท Aggregant เป็นสารที่เพิ่มแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาคดินเม็ดละเอียดที่อยู่ข้างเคียง ทำให้เกิดการรวมตัวแบบระเกะระกะ (Flocculate) ในมวลดิน สารประเภทนี้ที่ใช้กันได้แก่ พวกเกลืออนินทรีย์ เช่น (Calcium Chloride หรือ Ferric Oxide และวัสดุโพลีเมอร์อื่น ๆ เป็นต้น สารละลายประเภทเกลือเมื่อละลายในชั้นนํ้า (pore water) ของดินจะแตกตัวให้ประจุลบ (cation) และประจุบวก (anion) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยามากกว่า 1 ปฏิกิริยาขึ้นไปดังนี้

- 1) แลกเปลี่ยนประจุกับประจุในดิน
- 2) เริ่มดูดซึมประจุเข้ามาสู้อนุภาค
- 3) ประจุที่แตกตัวออกสามารถยึดเกาะอนุภาคดิน
- 4) เพิ่มความเข้มข้นประจุ ทำให้เกิดการลดแรงผลัทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาค

นอกเหนือจากปฏิกิริยาทั้ง 4 แบบ ข้างต้นนี้ วัสดุโพลีเมอร์ยังสามารถยึดเกาะกับอนุภาคดินข้างเคียงได้ เนื่องจากส่วนปลายของโมเลกุลโพลีเมอร์ซึ่งติดกันเป็นโซ่ยาวติดพันกับอนุภาคดิน

3.8 การศึกษาที่ผ่านมา

Pilaj et al. (1970) ทำการศึกษาถึงอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากถนน โดยการใช้เครื่องเก็บตัวอย่างแบบ cascade impactor นำขึ้นผูกไว้บนรถพ่วงหลังรถยนต์ที่แล่นด้วยความเร็ว 16, 32 และ 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง พบว่าน้ำหนักของฝุ่นละอองที่ถูกเก็บมีการเพิ่มขึ้นแบบ exponential ตามความเร็วของรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นจาก 16 จนถึง 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง และที่ความเร็วคงที่ที่ 32 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีค่าตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองเท่ากับ 2.1 กิโลกรัม/กิโลเมตร-คัน โดยมีปริมาณการจราจรของยานยนต์ที่ 100 คันต่อวัน หรือจะมีปริมาณของวัสดุขนาดละเอียดถึง 76 ตันต่อกิโลเมตรต่อปี ถูกกำจัดออกจากพื้นผิวถนน

Jultze et al. (1974) ทำการทดลองควบคุมฝุ่นละอองจากถนนโดยการฉีดน้ำ พบว่าประสิทธิภาพของการควบคุมขึ้นอยู่กับจำนวนความถี่ของการฉีดน้ำ โดยแนะนำว่าถ้าทำการฉีดน้ำวันละ 2 ครั้งให้ทั่ว จะสามารถประมาณการลดลงของการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์

Jones (1984) ทำการศึกษาถึงปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากถนนที่ไม่ได้ลาดยางในประเทศเคนยา พบว่าอัตราการสูญเสียของวัสดุผิวถนนที่แพร่กระจายสู่อากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วและชนิดของยานยนต์ และได้มีการทดลองในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดาด้วยเพื่อหาข้อสรุปของเหตุผล โดยมีการใช้วัสดุผิวทางชนิดต่าง ๆ เช่น ยางมะตอย สารเคมี กากเคมี ของเสีย และการฉีดน้ำ เพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง จากการสังเกตในประเทศเคนยาพบว่าเมื่อทดลองการฉีดน้ำภายหลังจากคืนที่มีฝนตกเล็กน้อย (น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร) ปริมาณฝุ่นละอองยังไม่มีการฟุ้งกระจายจนถึงกลางวันของอีกวันหนึ่ง การฉีดน้ำหรือฝนตกช่วยบรรเทาการเกิดฝุ่นละอองได้ โดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมของถนนเป็นตัวควบคุมอัตราการแห้งของพื้นผิวถนน

Muleski et al. (1984) ทำการทดลองควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมียึดเกาะฝุ่นละอองชนิดปิโตรเลียมเรซิน ปริมาณสารละลายที่ใช้ต่อพื้นที่ของถนนมีค่าเท่ากับ 1 ลิตร/ตารางเมตร (อัตราส่วนผสม : สารปิโตรเลียมเรซิน 1 ส่วน ต่อน้ำ 5 ส่วน) ทำการฉีดพ่นครั้งแรกในวันที่ 1 พฤษภาคม และฉีดซ้ำครั้งต่อ ๆ ไปทุกวันที่ 1 ของเดือนจนถึงเดือนกันยายน ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของการควบคุมที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองแปรตามสารเคมีที่สะสมบนพื้นผิวถนนที่ได้จากการทดลอง (Muleski et al. , 1984)

เดือน	ปริมาณสารเคมีที่สะสมบนพื้นผิวถนน (ลิตร/ตารางเมตร)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย (%)	อัตราการปล่อยฝุ่นละอองเฉลี่ย (กิโลกรัม/กิโลเมตร-คัน)
พฤษภาคม	0.17	0	2.0
มิถุนายน	0.33	62	0.76
กรกฎาคม	0.50	68	0.64
สิงหาคม	0.67	74	0.52
กันยายน	0.83	80	0.40

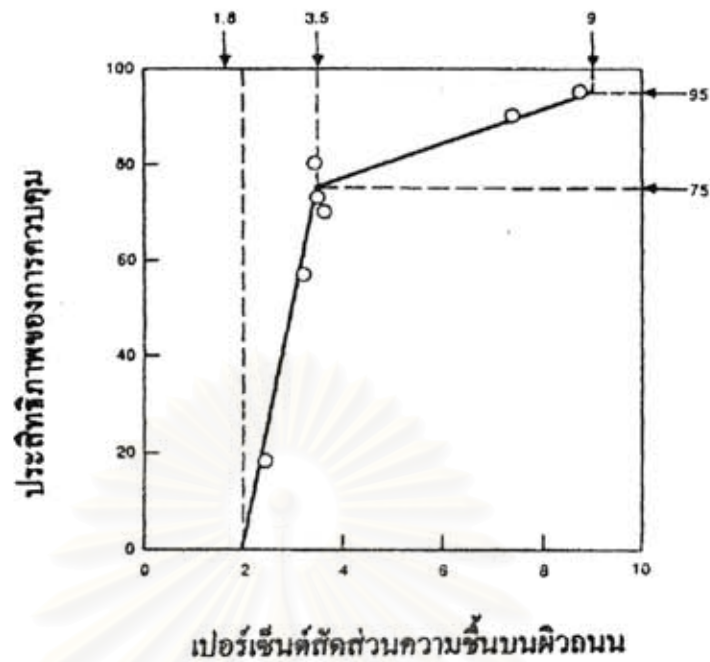
Cowherd et al. (1988) เสนอแบบจำลองของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยการฉีดน้ำ ทำการทดลองทั้งหมด 14 การทดลอง ใน 4 มลรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นเวลา 5 เดือนในช่วงฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง สมการที่ได้จากการทดลองนี้แสดงดังสมการที่ 3.3

$$C = 100 - \frac{0.8 p d t}{i} \dots\dots\dots (สมการที่ 3.3)$$

โดยที่ :

- C = ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของการควบคุม , เปอร์เซ็นต์
- p = อัตราการระเหยใน 1 ชั่วโมง , มิลลิเมตร/ชั่วโมง
- d = ปริมาณการจราจรต่อชั่วโมง , ชั่วโมง⁻¹
- i = ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อพื้นที่ , ลิตรตารางเมตร
- t = ระยะห่างของช่วงเวลาในการปฏิบัติซ้ำ

การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพในการควบคุมฝุ่นละอองระหว่างกรณีที่มีการฉีดน้ำกับกรณีที่ไม่มีการฉีดน้ำแสดงดังรูปที่ 3.2 พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นของดินบนพื้นผิวถนนเพียงเล็กน้อยจะเป็นผลให้ค่าประสิทธิภาพในการควบคุมฝุ่นละอองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 3.2 ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ (Cowherd et al., 1988)

Gillies et al. (1997) ทำการศึกษาเพื่อหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองและประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง โดยใช้สารเคมียึดเกาะฝุ่นละออง 4 ชนิด ได้แก่ 1) สารทำให้คงตัวซึ่งช่วยเร่งปฏิกิริยาชีวภาพ (biocatalyst stabilizer; BS) , 2) สารโพลีเมอร์เหลว (polymer emulsion; PE) , 3) สารปิโตรเลียมเหลวผสมกับสารโพลีเมอร์ (petroleum emulsion with polymer; PEP) , 4) สารที่มีส่วนผสมของน้ำมันดิบที่ไม่เป็นอันตราย (non-hazardous crude-oil-containing materials; NHCO) ใช้ช่วงระยะเวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 14 เดือน

พบว่าอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางในสภาพปกติที่ไม่มีการควบคุมและในกรณีที่มีการควบคุมโดยวิธีต่าง ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 800 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ณ ความเร็วจำกัดของยานยนต์ที่ 40 กม./ชม. และมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1,471 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ณ ความเร็วจำกัดของยานยนต์ที่ 55 กม./ชม.

พบว่าสาร PE เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคงทนและมีความยืดหยุ่นดีในการใช้ฉีดพ่นลงบนผิวถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง โดยมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยมากกว่า 80 % ที่ระยะเวลา 12 เดือนหลังจากการฉีดพ่น , สาร NHCO มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 95 % หลังการฉีดพ่นสารเคมีผ่านไปเป็นเวลา 8 เดือน , ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของสาร PEP มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 79 % หลังการฉีดพ่นสารเคมีผ่านไปเป็นเวลา 3 เดือน และลดลงเหลือเพียง 44 % ที่ระยะเวลา 12 เดือนหลังการฉีดพ่น , สาร BS มีค่า

ประสิทธิภาพเฉลี่ยเพียง 38 % ในช่วงระยะเวลาแรกของการฉีดพ่นสารเคมี และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วก่อนที่จะเข้าสู่ช่วงฤดูหนาว

พบว่าค่าสัดส่วนของปริมาณซิลิโคนบนผิวถนนเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีถึงค่าประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละออง โดยปริมาณซิลิโคนบนผิวถนนที่มีค่าน้อยกว่า 22 กรัม/ตร.ม. จะทำให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของการควบคุมฝุ่นละอองมีค่ามากกว่า 90 %

ประโพธิ (2540) ได้ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองและการกระจายขนาดของฝุ่นละอองจากการก่อสร้างถนนและศึกษาความถี่ในการฉีดน้ำที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการสร้างถนน ในการศึกษาได้ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองที่ฟุ้งจากถนนที่ระดับความสูงต่างๆ คือ 1.5 เมตร , 2.5 เมตร และ 3.5 เมตร บริเวณขอบถนน พบว่าก่อนการฉีดน้ำมีอัตราการปล่อยฝุ่นละอองรวม 1.73 มก./ม.³-วินาที (ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 0.387 มก./ม.³) เมื่อทำการควบคุมด้วยการฉีดน้ำในอัตรา 0.76 ลิตร/ตารางเมตร วันละ 5 ครั้ง จะทำให้ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวมในบรรยากาศผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป โดยมีประสิทธิภาพการลดฝุ่นดังนี้ ฉีดน้ำจำนวน 3 , 4 และ 5 ครั้งต่อวัน ประสิทธิภาพการลดฝุ่นมีค่า 35.3 % , 60.1 % และ 75.2 %ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลงตามความสูง และมีค่าน้อยมากที่ระยะความสูงเกินกว่า 5 เมตรขึ้นไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
แผนการศึกษาวิจัย



4.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการมีวัตถุประสงค์ คือ การสรรหาชนิดของสารเคมีและปริมาณที่เหมาะสมในการใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันการเกิดฝุ่น โดยจะศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดินผสมสารเคมี ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดิน และผลกระทบต่อการหลุดร่อนของดินจากผิวทางจำลอง

4.1.1 ชนิดของสารเคมีที่เลือกใช้ในการทดสอบ

สารเคมีที่ช่วยลดฝุ่นนั้นมีอยู่หลายชนิด แต่จากการทดลองในต่างประเทศ พบว่าที่มีประสิทธิภาพดี อายุใช้งานนานพอสมควรนั้น มีอยู่ 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มโพลีเมอร์อิมัลชัน 2) กลุ่มปิโตรเลียมเรซิน และที่น่าพิจารณาใช้ในประเทศไทย คือ ของเสียเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น เซลลูโลสไฟเบอร์ น้ำกากสำจากโรงงานทำสุรา เป็นต้น ดังนั้นในขั้นตอนการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการจึงเลือกชนิดของสารเคมีที่ช่วยลดฝุ่นในแต่ละกลุ่มรวม 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

ชนิดที่ 1 สารโพลีเมอร์ (รายละเอียดของสารเคมีแสดงไว้ในภาคผนวก ก.)

ชนิดที่ 2 สารแอสฟัลต์อิมัลชัน (รายละเอียดของสารเคมีแสดงไว้ในภาคผนวก ก.)

ชนิดที่ 3 น้ำกากสำ (รายละเอียดของสารเคมีแสดงไว้ในภาคผนวก ก.)

4.1.2 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการทดสอบ เป็นดินลูกรังที่ใช้ทำชั้นรองพื้นทาง (subbase) ของบริเวณพื้นที่ก่อสร้างถนนประมาณ 1,500 กิโลกรัม โดยจะนำตัวอย่างดินไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างดินไปทดสอบเพื่อศึกษาสมบัติของดิน ได้แก่ การกระจายขนาดคละของเม็ดดิน ลักษณะสมบัติด้านพลาสติก และค่าความถ่วงจำเพาะของดิน ตามวิธีในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 วิธีการทดสอบลักษณะสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบ	วิธีการทดสอบ	ขีดจำกัด
1.การกระจายขนาดคละของเม็ดดิน	ASTM D 422	เบอร์ตะแกรง % ร่อนผ่านตะแกรง 1" 3/4" 3/8" # 4 # 10 # 40 # 200
2.สมบัติด้านพลาสติก	ASTM D 4318	Liquid Limit % Plastic Limit % Plasticity Limit%
3.ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน	ASTM D 854

4.1.2.1 การทดสอบการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน

การทดสอบกระทำตามมาตรฐาน ASTM D 422 : Method for particle size analysis of soils โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างดินที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส แล้วนำดินอบแห้งไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 (0.074 มม.) ในน้ำ ล้างดินส่วนที่มีขนาดเม็ดดินละเอียดกว่าลงในภาชนะ แล้วนำไปอบแห้งเพื่อหาปริมาณตัวอย่างดินที่มีขนาดละเอียดกว่าเบอร์ 200 จากนั้นนำดินแห้งที่ตกค้างบนตะแกรงร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 1, 3/4, 3/8, 4, 10 และเบอร์ 40 ตามลำดับ

4.1.2.2 การทดสอบสมบัติด้านพลาสติก

การทดสอบกระทำตามมาตรฐาน ASTM D 4318 : Test method for liquid limit , plastic limit and plasticity index of soils โดยใช้ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ในการทดสอบ ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

4.1.2.3 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

การทดสอบกระทำตามมาตรฐาน ASTM D 854 : Test method gravity of soils โดยใช้ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ในการทดสอบ ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

4.1.3 การศึกษาผลกระทบของปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อประสิทธิภาพในด้านต่างๆ

การศึกษาในส่วนนี้ จะเป็นการศึกษาถึงผลกระทบของปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดินผสมสารเคมี ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดิน และผลกระทบต่อการหลุร่อนของดินจากผิวทางจำลอง โดยตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดสอบได้จากดินที่เตรียมตามหัวข้อ 4.1.2

4.1.3.1 การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดินผสมสารเคมี

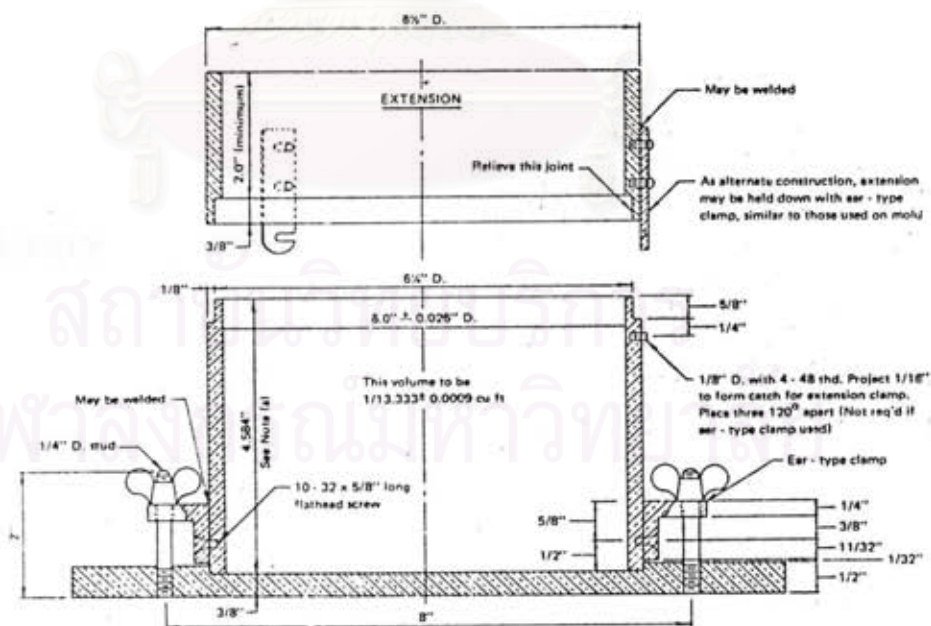
ในการศึกษาส่วนนี้ จะเป็นการประมาณหาค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมดินกับสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ โดยมีอยู่ 2 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่ การหาความหนาแน่นแห้งสูงสุดโดยการบดอัด (Compaction) และการหาค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR) โดยทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน คือ การทดสอบหาค่า CBR นั้น จะทดสอบในภาวะที่ดินตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ทั้งนี้ค่า CBR ที่ได้จากการทดสอบ จะทำให้ทราบถึงค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมดินกับสารเคมีชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบได้ว่าสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมในการศึกษาครั้งนี้ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดินมากน้อยเพียงใดซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเลือกใช้วัสดุ การออกแบบความหนาของผิวทาง และความคงทนของผิวทาง เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบการบดอัด (Compaction Characteristics)

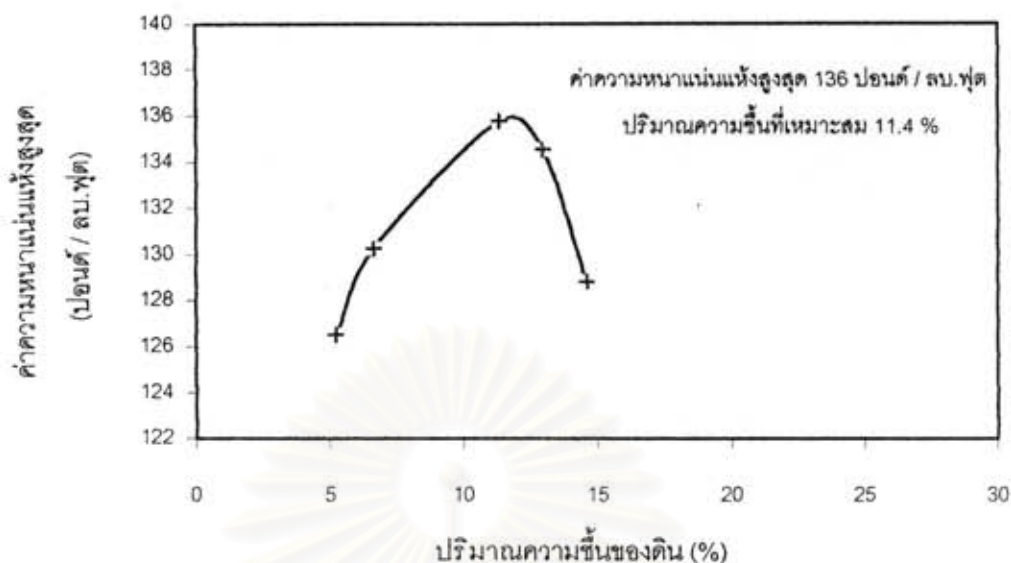
การทดสอบการบดอัด ในขั้นตอนนี้ จะศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของส่วนผสมดินกับสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบผลของสารเคมีแต่ละชนิดที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม โดยอาศัยผลการทดสอบของการใช้น้ำเป็นมาตรฐานอ้างอิง

วิธีการทดสอบการบดอัด (Compaction Test)

การทดสอบกระทำตามมาตรฐาน ASTM D 1557 : Modified Proctor Compaction โดยทำการคลุกส่วนผสมระหว่างดินลูกรังกับสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ แล้วตักใส่ลงในแบบ (Mold) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว ส่วนสูง 5 นิ้ว ดังรูปที่ 4.1 บดอัดเป็น 5 ชั้น แต่ละชั้นจะใช้ตุ้ม (Hammer) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว หนัก 10 ปอนด์ ยกสูง 18 นิ้ว แล้วปล่อยลงเป็นจำนวน 56 ครั้ง การทดลองจะค่อยๆ เพิ่มปริมาณน้ำในตัวอย่างดินจนถึงปริมาณน้ำปริมาณหนึ่งที่ทำให้หน่วยน้ำหนักของดินที่ทำการบดอัดลดลงหรือไม่เพิ่มขึ้นมาก นำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นของส่วนผสมภายหลังการบดอัด (Compaction curve) ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) และปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของก้อนตัวอย่างที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ทดสอบ Compaction (ASTM , 1990)



รูปที่ 4.2 Compaction curve ของส่วนผสมดินลูกรังกับน้ำ

ขอบเขตการศึกษาของการทดสอบการบดอัด มีดังนี้

ตัวแปรกำหนดที่ต้องการให้คงที่ ได้แก่

- ประเภทของดินที่ใช้ในการทดสอบ คือ ดินลูกรัง
- วิธีการทดสอบกระทำตามมาตรฐาน ASTM D 1557

ตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษา ได้แก่

- ชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

(1) น้ำ ใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสารเคมีชนิดอื่นๆ

(2) สารโพลีเมอร์ (Polymer) เลือกใช้ 3 อัตราส่วนผสม ได้แก่

- สารโพลีเมอร์เข้มข้น 12.5 % โดยปริมาตร (สารโพลีเมอร์ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 7 ส่วน)
- สารโพลีเมอร์เข้มข้น 16.7 % โดยปริมาตร (สารโพลีเมอร์ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 5 ส่วน)
- สารโพลีเมอร์เข้มข้น 25 % โดยปริมาตร (สารโพลีเมอร์ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 3 ส่วน)

(3) น้ำกาส่า เลือกใช้โดยไม่ต้องเจือจางด้วยน้ำ

ตัวแปรตามที่ต้องการวิเคราะห์ ได้แก่

- ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมดินกับสารเคมี ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม

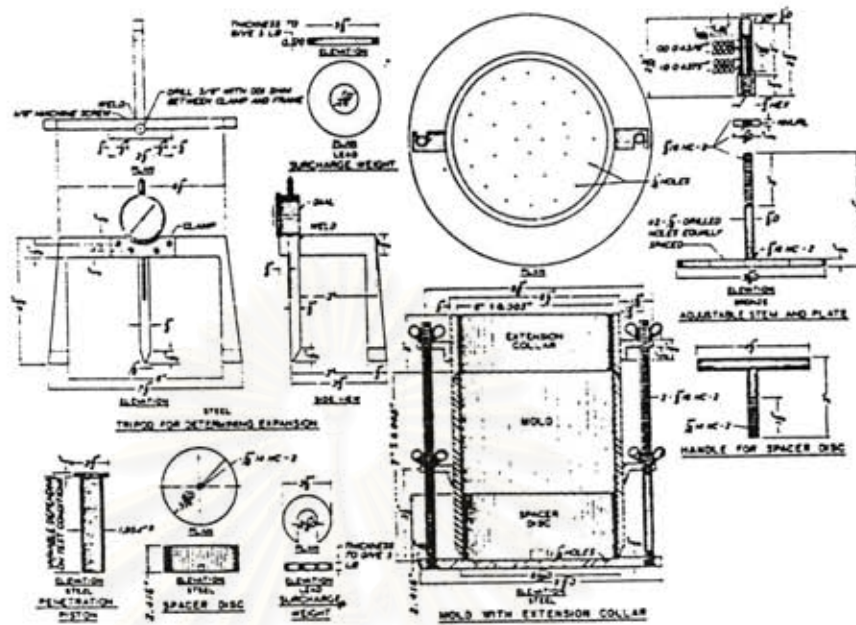
ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนัก (California Bearing Ratio)

การทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนัก ในขั้นตอนนี้ เพื่อพิจารณาถึงผลกระทบของสารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการออกแบบทางวิศวกรรม

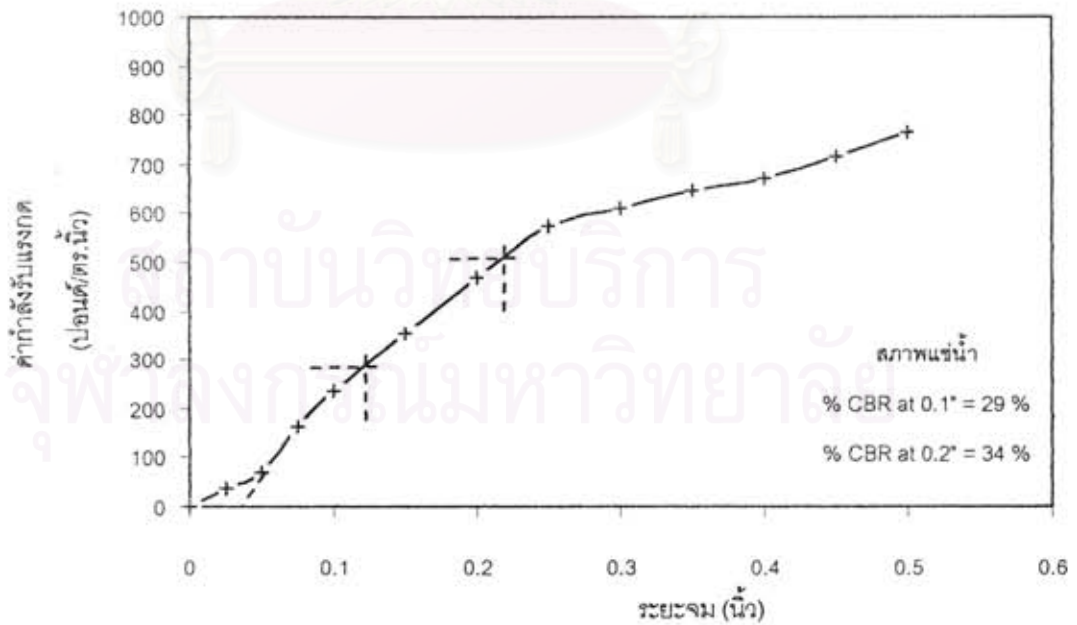
วิธีการทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR)

การทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมดินลูกรังกับสารเคมีชนิดต่างๆ กระทำตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 1833 : CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory - Compacted Soils ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน โดยใช้แบบที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว สูง 7 นิ้ว และเมื่อใช้แผ่นเหล็กทรง (Spacer Disc) สูง 2.416 นิ้ว วางรองขณะบดอัดตัวอย่าง จะทำให้ดินที่บดอัดแล้วมีความสูง 4.58 นิ้ว ดังรูปที่ 4.3

ในการทดสอบหาค่า CBR ของส่วนผสมดินลูกรังกับสารเคมีชนิดต่างๆ จะเตรียมตัวอย่างดินที่ใช้ทดสอบเช่นเดียวกับวิธีการทดสอบการบดอัด (Compaction Test) แต่จะเตรียมตัวอย่างดิน ณ ค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของสารเคมีแต่ละชนิด จากนั้นจึงนำไปแช่น้ำ (Soaked) เป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยมีน้ำหนัก (Surcharge) ขนาด 10 ปอนด์ กดทับดินตัวอย่างขณะที่แช่น้ำ พร้อมกับวัดการพองตัว (Swelling) โดยใช้ dial gage และชั่งน้ำหนักดินตัวอย่างหลังจากแช่น้ำ เพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่าง (Water absorption) หลังจากนั้นนำไปกดบนเครื่องทดสอบ CBR เพื่อหาค่ากำลังรับแรงกด (Stress) โดยใช้กระบอกเหล็ก (Piston) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 ตร.นิ้ว กดลงบนดินตัวอย่างที่เตรียมไว้ด้วยอัตรา 0.05 นิ้วต่อนาที นำผลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงกดกับระยะจม (Penetration) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงค่ากำลังรับแรงกด (Test unit load) ที่ระยะจม 0.1 นิ้ว และ 0.2 นิ้ว ดังรูปที่ 4.4 แล้วนำไปหาอัตราส่วนเปรียบเทียบกับค่ากำลังรับแรงกดมาตรฐาน (Standard unit load) ที่ได้จากการทดลองกด Piston ขนาดเดียวกันนั้นบนหินที่บดอัดแน่นที่ระยะจมเท่ากัน (ที่ 0.1 นิ้ว และ 0.2 นิ้ว) ค่าที่ได้นี้เรียกว่า "% CBR"



รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ทดสอบ CBR (ASTM , 1990)



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงกดและระยะจมของส่วนผสมดินลูกรังกับน้ำ

จากค่า CBR ของดินแต่ละชนิดยังสามารถกำหนดคุณสมบัติของดินอย่างคร่าวๆ ว่าเหมาะที่จะใช้กับงานก่อสร้างถนนในชั้นดินถม ชั้นรองพื้นทาง (subbase) หรือชั้นพื้นทาง (base) ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของ % CBR และการใช้งาน (วรากร และคณะ , 2525)

CBR %	สมบัติเหมาะสมทางวิศวกรรม	การใช้งาน
0 - 3	Very poor	subgrade
3 - 7	Poor to fair	subgrade
7 - 20	fair	subbase
20 - 50	good	subbase , base
50 - 80	Very good	base
> 80	Excellent	base

ขอบเขตการศึกษาของการทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนัก มีดังนี้

ตัวแปรกำหนดที่ต้องการให้คงที่ ได้แก่

- ประเภทของดินที่ใช้ในการทดสอบ คือ ดินลูกรัง
- วิธีการทดสอบกระทำตามมาตรฐาน ASTM D 1833

ตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษา ได้แก่

- ชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ
 - (1) น้ำ ใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับสารเคมีชนิดอื่นๆ
 - (2) สารโพลีเมอร์ (Polymer) เลือกใช้ 3 อัตราส่วนผสม ได้แก่
 - สารโพลีเมอร์เข้มข้น 12.5 % โดยปริมาตร (สารโพลีเมอร์ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 7 ส่วน)
 - สารโพลีเมอร์เข้มข้น 16.7 % โดยปริมาตร (สารโพลีเมอร์ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 5 ส่วน)
 - สารโพลีเมอร์เข้มข้น 25 % โดยปริมาตร (สารโพลีเมอร์ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 3 ส่วน)
 - (3) น้ำกาฬสำ เลือกใช้โดยไม่ต้องเจือจางด้วยน้ำ

ตัวแปรตามที่ต้องการวิเคราะห์ ได้แก่

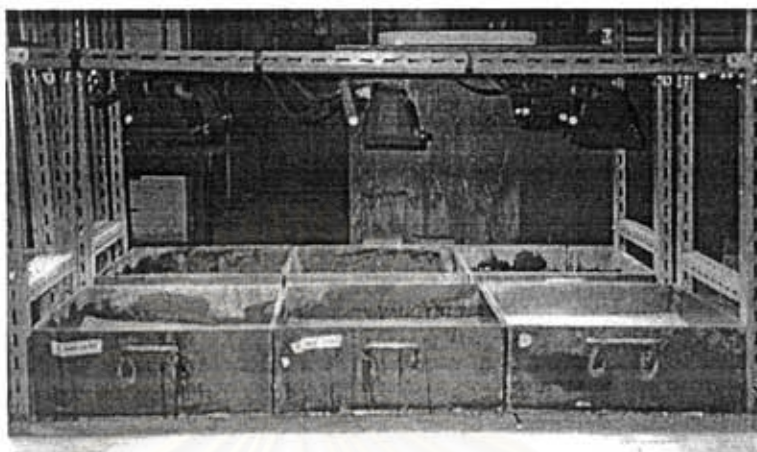
- ค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมดินกับสารเคมี

4.1.3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมี

เนื่องจากความสามารถในการป้องกันการสูญเสียความชื้นของดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการควบคุมการเกิดฝุ่น ดังนั้นในการศึกษาส่วนนี้ จึงพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการป้องกันการสูญเสียน้ำของเม็ดดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ควบคุมและระยะเวลาที่ใช้ศึกษาเป็นหลัก

วิธีการทดสอบหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมี

การทดสอบกระทำโดยนำดินลูกรังมาผสมกับน้ำตามปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบตามหัวข้อ 4.1.3.1 นำไปบดอัดลงในกระบอกทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $0.5 \times 0.5 \times 0.2$ ม.³ ให้มีความหนาของชั้นดินประมาณ 10 เซนติเมตร โดยควบคุมให้ได้ความหนาแน่นแห้งของดินที่บดอัดในแต่ละการทดสอบประมาณ 2 ตัน/ลบ.ม. หลังจากนั้นจึงเตรียมสารเคมีชนิดต่างๆ ตามอัตราส่วนผสมและอัตราการฉีดพ่นที่กำหนดไว้ มาฉีดพ่นลงบนผิวหน้าของตัวอย่างดินที่บดอัดในกระบอก ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมีแต่ละชนิดเสร็จสิ้นแล้ว จะติดตั้งคอมไพขนาด 500 วัตต์ ให้อยู่สูงเหนือกระบอกแต่ละใบประมาณ 50 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.5 เปิดไฟฉายกระบอกใบวันละ 5 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ 28 วัน โดยควบคุมให้เหมือนกันทุกกระบอก เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่อการระเหยของน้ำในเม็ดดิน ใช้แทนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากอาจเกิดฝนตกกระหว่างที่ทำการทดลอง การศึกษาหาค่าปริมาณความชื้นของดินที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบจะศึกษาโดยการเจาะเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระบอกตลอดความลึก เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าปริมาณความชื้นที่คงอยู่ในดินภายหลังการฉีดพ่นสารเคมีชนิดต่างๆ ผ่านไป 0 , 1 , 3 , 7 , 14 และ 28 วัน ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 การติดตั้งและจัดวางอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดิน
ภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมี

ขอบเขตการศึกษาของการทดสอบหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภาย
หลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมี มีดังนี้

ตัวแปรกำหนดที่ต้องการให้คงที่ ได้แก่

- ประเภทของดินที่ใช้ในการทดสอบ คือ ดินลูกรัง
- ความหนาของชั้นดินประมาณ 10 เซนติเมตร
- ระยะเวลาที่ฉายไฟ 5 ชั่วโมงต่อวัน

ตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษา ได้แก่

- ชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

(1) สารโพลีเมอร์ (Polymer) เลือกใช้ 3 อัตราส่วนผสม และ 2 อัตราการฉีดพ่น

ได้แก่

- สารโพลีเมอร์เข้มข้น 12.5 % โดยปริมาตร ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตร/ตร.ม.
- สารโพลีเมอร์เข้มข้น 16.7 % โดยปริมาตร ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตร/ตร.ม.
- สารโพลีเมอร์เข้มข้น 25 % โดยปริมาตร ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตร/ตร.ม.
- สารโพลีเมอร์เข้มข้น 16.7 % โดยปริมาตร ที่อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตร/ตร.ม.

(2) สารแอสฟัลต์อิมัลชัน (Asphalt Emulsion) เลือกใช้ 2 อัตราส่วนผสม และ 2 อัตราการฉีดพ่น ได้แก่

- สารแอสฟัลต์อิมัลชันเข้มข้น 16.7% โดยปริมาตรที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตร/ตร.ม.
- สารแอสฟัลต์อิมัลชันเข้มข้น 25 % โดยปริมาตร ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตร/ตร.ม.
- สารแอสฟัลต์อิมัลชันเข้มข้น 25 % โดยปริมาตร ที่อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตร/ตร.ม.

(3) น้ำกาส่า เลือกใช้โดยไม่ต้องเจือจางด้วยน้ำ เลือกใช้ 2 อัตราการฉีดพ่น ได้แก่

- น้ำกาส่า ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตร/ตร.ม.
- น้ำกาส่า ที่อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตร/ตร.ม.

ตัวแปรตามที่ต้องการวิเคราะห์ ได้แก่

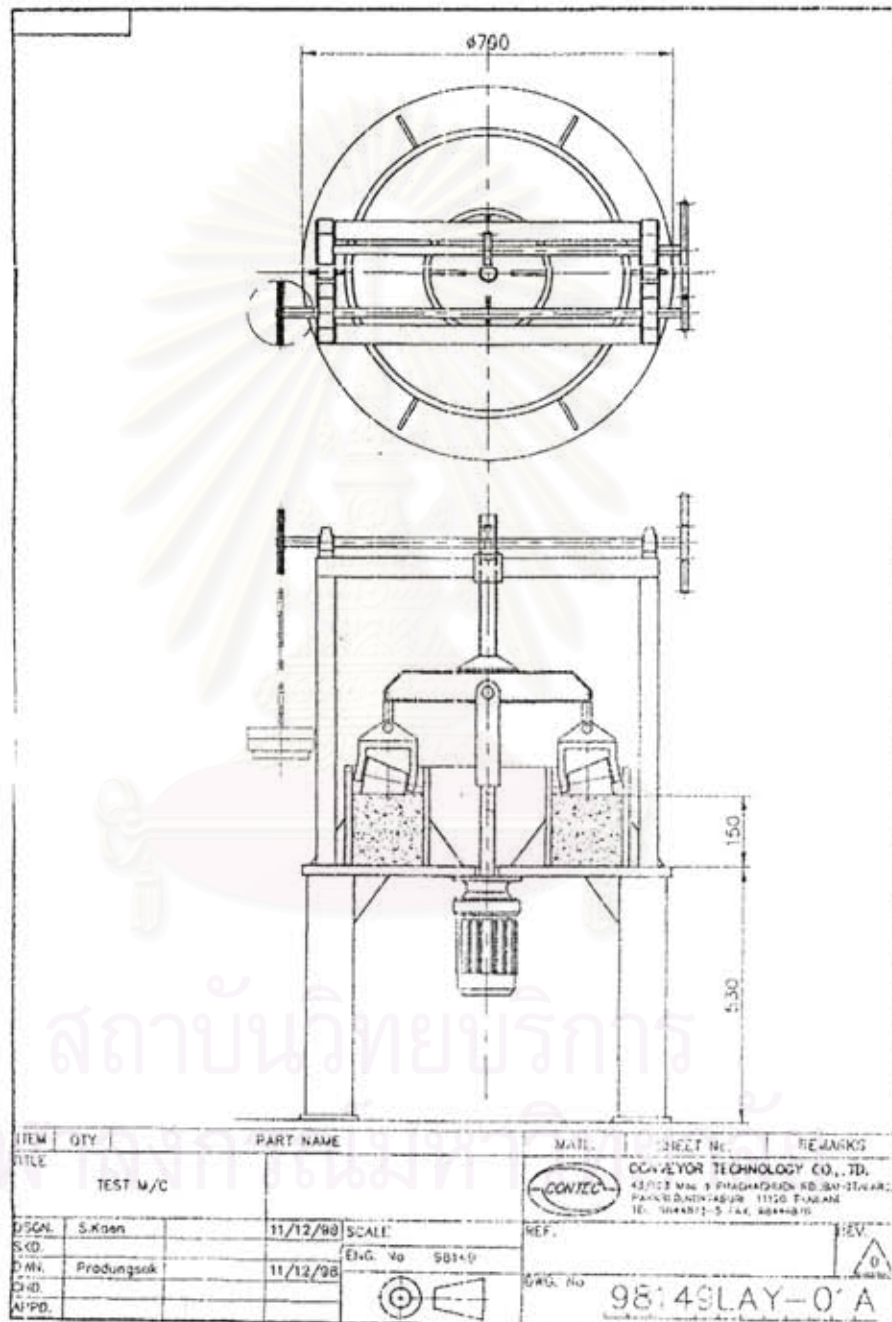
- ปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลาภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมี

4.1.3.3 การศึกษาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริง

ในการศึกษาส่วนนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการลดการเกิดฝุ่นจากผิวทางที่ฉีดพ่นสารเคมีชนิดต่างๆ ในสภาพจำลองการใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการ โดยปัจจัยที่จะทำการศึกษาในการทดสอบนี้ ได้แก่ ปริมาณของสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้รับซึ่งตัวแปรที่ไข่งถึงถึงประสิทธิภาพของสารเคมีแต่ละชนิดในการศึกษานี้ คือ ปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางจำลองที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมี

วิธีการทดสอบหาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริง

การทดสอบกระทำโดยนำดินลูกรังมาผสมกับน้ำตามปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่ได้จากการทดสอบตามหัวข้อ 4.1.3.1 นำไปบดอัดลงในแบบจำลองทดสอบสภาพการใช้งานจริงของผิวทางในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปวงแหวนมีรัศมีวงนอก 30 เซนติเมตร และรัศมีวงใน 15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.6 ให้มีความหนาของชั้นดินประมาณ 12 เซนติเมตร โดยควบคุมให้ได้ความหนา



รูปที่ 4.6 เครื่องมือในการทดสอบการศึกษาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริง

แน่นแห้งของดินที่บดอัดในแต่ละการทดสอบประมาณ 2 ตัน/ลบ.ม. หลังจากนั้นจึงเตรียมสารเคมีชนิดต่างๆ ตามอัตราส่วนผสมและอัตราการฉีดพ่นที่กำหนดไว้ มาฉีดพ่นลงบนผิวหน้าของผิวทางจำลอง ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมีแต่ละชนิดเสร็จสิ้นแล้ว จะติดตั้งโคมไพขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ให้อยู่สูงเหนือผิวทางจำลองประมาณ 50 เซนติเมตร เปิดไฟฉายไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อให้ผิวหน้าของผิวทางที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมีแห้งพอสำหรับใช้ทดสอบต่อไป โดยใช้น้ำหนักลงบนผิวหน้าที่ฉีดพ่นสารสังเกตุว่าไม่มีการยุบตัวของผิวหน้าหรือมีส่วนของผิวหน้าติดขึ้นมากับนิ้ว ภายหลังจากนั้นจึงทำการทดสอบโดยเดินเครื่องให้ล้อรถจำลองที่มีแรงกดทับประมาณ 100 กิโลกรัม วิ่งหมุนด้วยอัตรา 24 รอบต่อนาที บนผิวทางจำลองเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ในการทดสอบกับสารโพลีเมอร์ที่ปริมาณการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ 0.4 ลิตร/ตร.ม. ได้ทดลองผสมส่วนผสมสารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้น 16.7 % (แทนการใช้น้ำ) กับดินลูกรังให้ได้ปริมาณความชื้นในดินที่เหมาะสม (ความชื้น 11.6 %) คิดเป็นปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้ 4.6 ลิตร/ตร.ม. เมื่อผสมกับดินลึก 12 เซนติเมตร จากนั้นทำการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ที่ผิวดิน 0.4 ลิตร/ตร.ม. แล้วทำการทดสอบตามวิธีในวรรคก่อน

การศึกษาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริงในการทดสอบนี้ จะศึกษาโดยการเก็บฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางจำลองภายหลังการเดินเครื่องผ่านไป 35, 60, 120, 180, 240 และ 300 นาที ตามลำดับ แล้วจึงนำฝุ่นที่เก็บได้ไปอบแห้งเพื่อนำไปชั่งน้ำหนักของปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อน

ขอบเขตการศึกษาของการทดสอบหาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริง มีดังนี้

ตัวแปรกำหนดที่ต้องการให้คงที่ ได้แก่

- ประเภทของดินที่ใช้ในการทดสอบ คือ ดินลูกรัง
- ความหนาของชั้นดินประมาณ 12 เซนติเมตร
- น้ำหนักที่ใช้กดทับ 100 กิโลกรัม
- อัตราการหมุนของมอเตอร์ 24 รอบต่อนาที

ตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษา ได้แก่

- ชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

(1) สารโพลีเมอร์ (Polymer) เลือกใช้ที่ความเข้มข้น 16.7 % โดยปริมาตร (สารโพลีเมอร์ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 5 ส่วน) โดยมีปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวดิน ได้แก่

- ปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 0.4 ลิตร/ตร.ม.
(ใช้สารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้น 16.7 % อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตร/ตร.ม.)
 - ปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 0.8 ลิตร/ตร.ม.
(ใช้สารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้น 16.7 % อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตร/ตร.ม.)
- (2) สารแอสฟัลต์อิมัลชัน (Asphalt Emulsion) เลือกใช้ที่ความเข้มข้น 25 % โดยปริมาตร (สารแอสฟัลต์อิมัลชัน 1 ส่วน ต่อ น้ำ 3 ส่วน) โดยมีปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน ได้แก่
- ปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 0.6 ลิตร/ตร.ม.
(ใช้สารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ความเข้มข้น 25 % อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตร/ตร.ม.)
 - ปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 1.25 ลิตร/ตร.ม.
(ใช้สารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ความเข้มข้น 25 % อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตร/ตร.ม.)
- (3) น้ำกากสำ เลือกใช้โดยไม่ต้องเจือจางด้วยน้ำ โดยมีปริมาณน้ำกากสำที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน ได้แก่
- ปริมาณน้ำกากสำที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 5.0 ลิตร/ตร.ม.
(ใช้น้ำกากสำโดยไม่ต้องเจือจางด้วยน้ำ ที่อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตร/ตร.ม.)
- ตัวแปรตามที่ต้องการวิเคราะห์ ได้แก่
- ปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางจำลองที่ฉีดพ่นด้วยสารเคมี

4.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในภาคสนาม

การศึกษาวิจัยในภาคสนามมีวัตถุประสงค์ คือ การประเมินประสิทธิภาพและความคงทนถาวรของการใช้สารเคมีในการลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (ถนนลูกรัง) รวมถึงการศึกษาและคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง และประเมินค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมีชนิดต่างๆ

4.2.1 สถานที่ทดลอง

ในการทดลองภาคสนามกับถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง ผู้ศึกษาได้เลือกใช้ถนนหลังที่ทำการองค์การบริหารส่วนตำบลบึงชำอ้อ อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี เป็นถนนลูกรังตัดเชื่อมระหว่าง

คลองเท่ากับคลองส่งน้ำ (คลองแอน) ดังรูปที่ 4.7 สภาพถนนอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการทดลองฉีดพ่นสารเคมีเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง คือ ช่วงถนนที่ใช้ทดลอง มีความกว้าง 6 เมตร มีความยาวไม่ต่ำกว่า 1 กิโลเมตร และเป็นเส้นตรงวางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก ซึ่งตั้งฉากกับแนวลมประจำถิ่นของประเทศไทยคือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สภาพถนนไม่เป็นหลุมบ่อ และ 2 ข้างทางเป็นทุ่งนา ไม่มีแหล่งกำเนิดมลพิษที่เป็นฝุ่นละอองอื่นๆ นอกจากฝุ่นละอองจากถนน

ในการทดลองแบ่งถนนออกเป็น 4 ส่วน ตามความยาว ส่วนละประมาณ 200 เมตร ดังรูปที่ 4.8 เพื่อให้แต่ละส่วนมีระยะห่างมากพอที่จะไม่รบกวนผลการเกิดฝุ่นซึ่งกันและกัน ประกอบด้วย

- ส่วนที่ 1. ส่วนน้ำ
- ส่วนที่ 2. ส่วนควบคุม (ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมี)
- ส่วนที่ 3. ส่วนสารแอสฟัลต์อิมัลชัน
- ส่วนที่ 4. ส่วนสารโพลีเมอร์

4.2.2 ชนิดของสารเคมีที่เลือกใช้และอัตราการฉีดพ่นสารเคมี

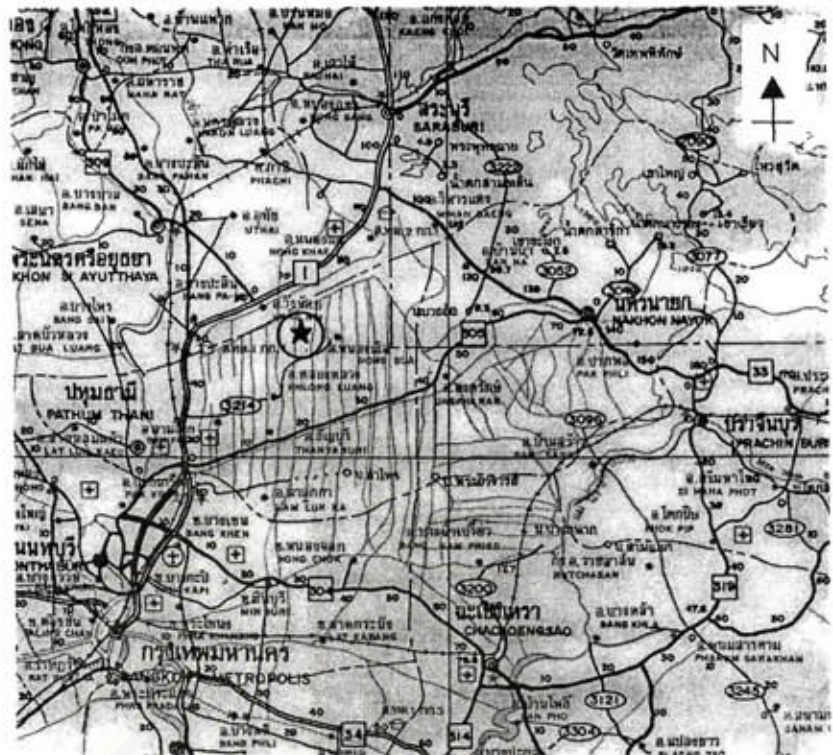
ในการทดลองภาคสนามเลือกใช้ชนิดของสารเคมีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่

(1) น้ำ ทดลองฉีดน้ำในอัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร โดยการศึกษาแบ่งเป็นการฉีดน้ำวันละ 2 ครั้ง และ 5 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละออง รายละเอียดการฉีดน้ำแสดงดังนี้

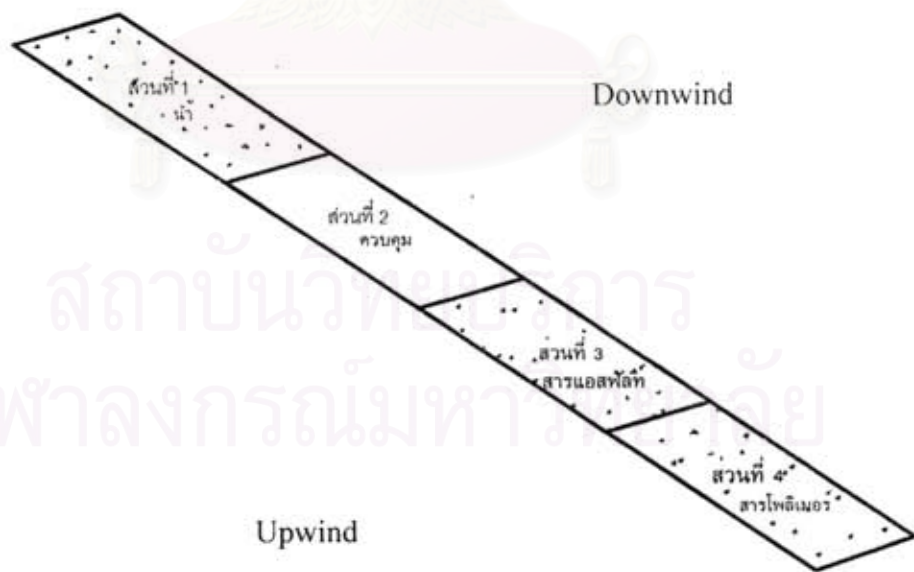
- 2 ครั้งต่อวัน ฉีดน้ำในเวลา 7.30 น. และ 11.30 น.
- 5 ครั้งต่อวัน ฉีดน้ำในเวลา 7.30 น. , 9.30 น. , 11.30 น. , 13.30 น. และ

15.30 น.

(2) สารแอสฟัลต์อิมัลชัน จากการทดลองในห้องปฏิบัติการสรุปเลือกใช้สารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 1 ลิตรต่อตารางเมตร ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ The Asphalt Institute (1983) ที่แนะนำให้ใช้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.45 - 2.25 ลิตรต่อตารางเมตร รายละเอียดขั้นตอนการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันแสดงดังนี้



รูปที่ 4.7 ถนนลูกรังที่ใช้ทดลอง ณ อบต. บึงขำอ้อ อ.หนองเสือ จ.ปทุมธานี



รูปที่ 4.8 การแบ่งถนนลูกรังที่ใช้ทดลองออกเป็น 4 ส่วน ตามความยาวของถนน

- ฉีดน้ำบนผิวถนนให้เปียกพอหมาดๆ เพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นของดินซึ่งจะช่วยให้การซึมผ่านของสารแอสฟัลต์อิมัลชันดีขึ้น

- ฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันในอัตรา 1 ลิตรต่อตารางเมตร

- หลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันเสร็จสิ้นแล้ว ปิดการจราจรเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อรอให้สารแห้งตัว

(3) สารโพลีเมอร์ จากการทดลองในห้องปฏิบัติการสรุปเลือกใช้สารโพลีเมอร์ที่ปริมาณสารโพลีเมอร์ต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 2.0 ลิตรต่อตารางเมตร โดยใช้สารโพลีเมอร์ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:9 ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของผู้ผลิตที่แนะนำให้ใช้อยู่ในช่วงระหว่าง 0.8 - 2.0 ลิตรต่อตารางเมตร แยกเป็นการใช้สารโพลีเมอร์ผสมกับดินที่ปริมาณสารโพลีเมอร์ 1.6 ลิตรต่อตารางเมตร และใช้สารโพลีเมอร์ฉีดพ่นทับบนผิวหน้าดินอีกครั้งที่ปริมาณสารโพลีเมอร์ 0.4 ลิตรต่อตารางเมตร รายละเอียดขั้นตอนการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์แสดงดังนี้

- ค่อยผิวถนนโดยขูดหน้าดินลึกประมาณ 15 เซนติเมตร ตลอดส่วนที่จะทำการฉีดสารโพลีเมอร์ ค่อยกลับหน้าดินไปมาประมาณ 2-3 เทียว เพื่อให้ก้อนดินมีขนาดเล็กลง

- ปรับเกลี่ยให้กองดินรวมอยู่ตรงกลางถนน แล้วใช้สารโพลีเมอร์ผสมกับดินที่ปริมาณสารโพลีเมอร์ 1.6 ลิตรต่อตารางเมตร ปรับเกลี่ยให้สารโพลีเมอร์คลุกเคล้ากับดินอย่างทั่วถึง

- บดอัดพื้นถนนให้เรียบ แล้วฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ปิดทับผิวหน้าดินอีกครั้งที่ปริมาณสารโพลีเมอร์ 0.4 ลิตรต่อตารางเมตร

- หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์เสร็จสิ้นแล้ว ปิดการจราจรเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อรอให้สารแห้งตัว

4.2.3 แผนการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้

การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีที่ใช้ในภาคสนาม จะเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) โดยใช้เครื่อง High Volume Sampler และเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM-10) โดยใช้เครื่อง Mini Vol PM-10 Sampler รวมทั้งการตรวจวัดข้อมูลประกอบอื่นๆ ได้แก่ ทิศทางลม ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณและชนิดของยานพาหนะ โดยตรวจวัดในช่วงเวลากลางวันระหว่างเวลา 8.00-16.00 น. รวมวันละ 8 ชั่วโมง

4.2.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

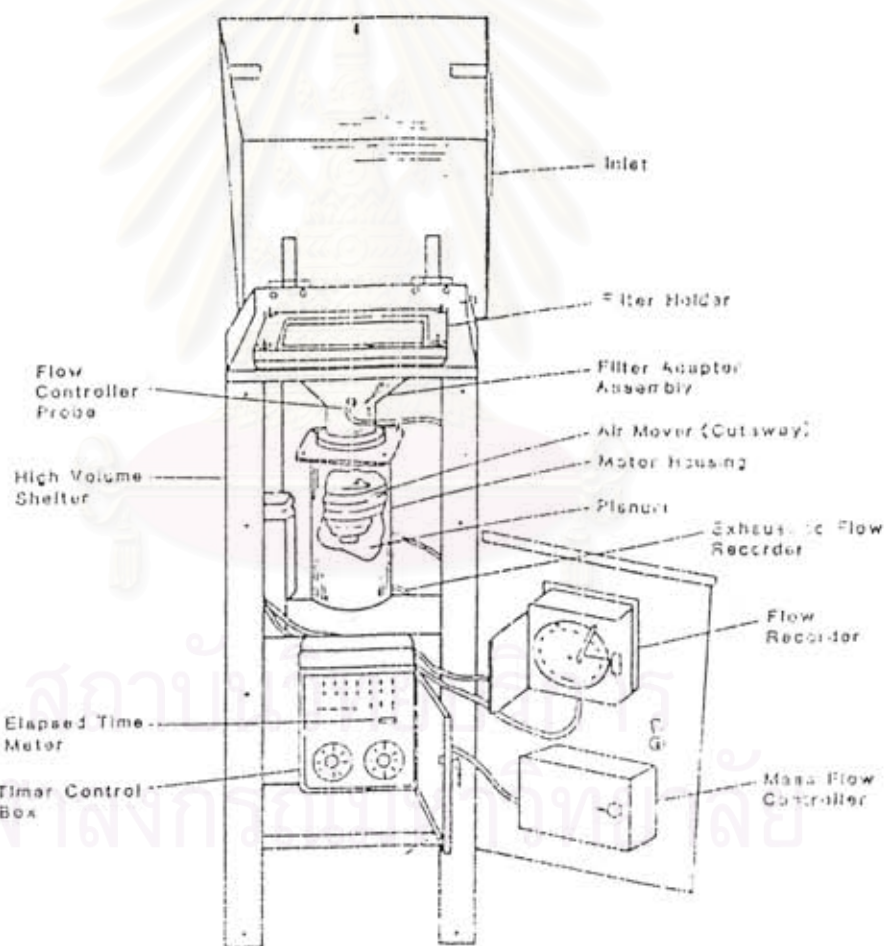
1) เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง (High Volume Sampler) วิธีการตรวจวัดโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูงนี้ อากาศจะถูกดูดผ่านช่องภายใต้รูปทรงคล้ายหลังคา ดังรูปที่ 4.9 และผ่านกระดาดกรองโดยเครื่องดูดกำลังแรงสูงที่มีการควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ในช่วง 1.1-1.7 ลบ.ม./นาที อนุภาคที่แขวนลอยในบรรยากาศจะถูกดักไว้โดยกระดาดกรองซึ่งจะดักอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.1-100 ไมครอน โดยมีการวัดอัตราการไหลต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลาที่ตรวจวัด (World Health Organization , 1976)

ใช้หลักการของการเปรียบเทียบการชั่งน้ำหนักกระดาดกรองก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของอนุภาคที่แขวนลอยในบรรยากาศ อัตราการไหลของอากาศขณะทำการเก็บตัวอย่างจะถูกบันทึกไว้โดยเครื่องวัดอัตราการไหล และน้ำหนักของอัตราการไหลที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณอากาศทั้งหมดที่ไหลผ่านกระดาดกรองในช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองคำนวณได้จากสมการที่ 4.1

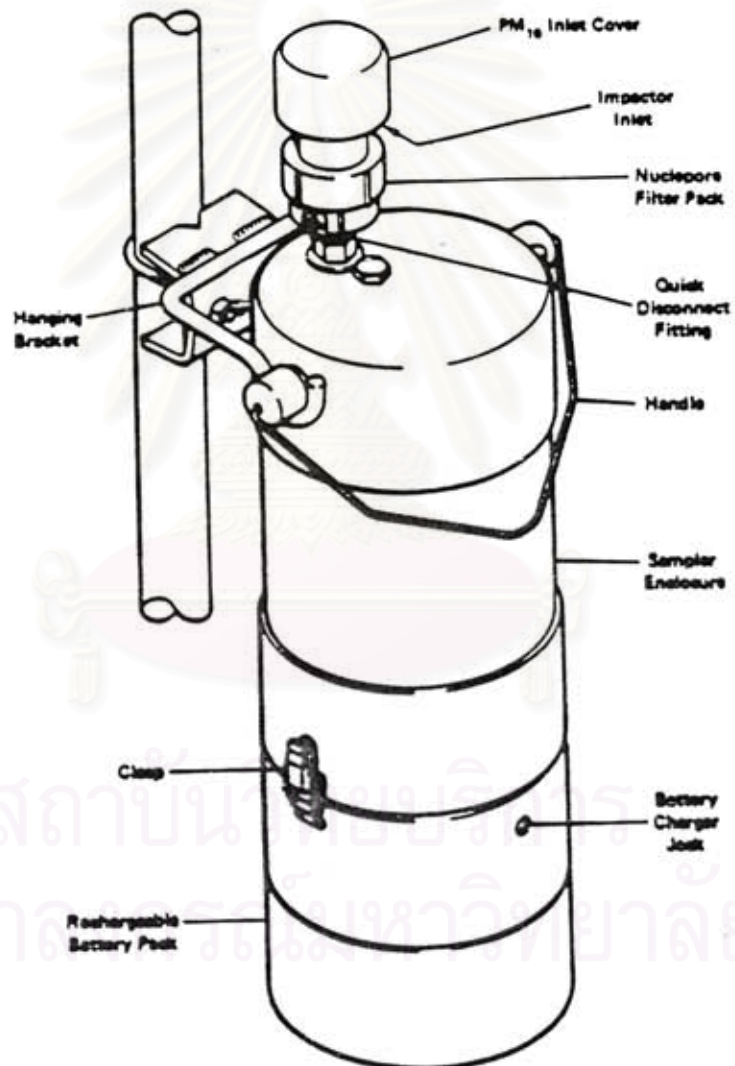
$$C = (b-a) / Q \dots\dots\dots (\text{สมการที่ 4.1})$$

โดยที่: C = ความเข้มข้นของฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
 a = น้ำหนักกระดาดกรองก่อนการเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)
 b = น้ำหนักกระดาดกรองหลังการเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัม)
 Q = ปริมาณอากาศทั้งหมดที่ไหลผ่านกระดาดกรอง (ลูกบาศก์เมตร)

2) เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (Mini Vol PM-10 Sampler) วิธีการตรวจวัดโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ใช้หลักการเดียวกับเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูง แต่ใช้เครื่องดูดกำลังต่ำซึ่งควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ที่ 5 ลิตร/นาที โดยอากาศจะถูกดูดผ่านช่องภายใต้หัวเก็บตัวอย่าง แล้วผ่านอุปกรณ์ซึ่งจะดักจับอนุภาคแขวนลอยขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนไว้ อนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน จะถูกดักไว้โดยกระดาดกรองขนาด 47 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมชนิดปริมาตรสูงและอุปกรณ์ต่างๆ ภายใน



รูปที่ 4.10 เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

4.2.3.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม TSP

แผนการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม TSP ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

(1) ระหว่างการทดลองการฉีดน้ำ ตั้งเครื่อง High Volume Sampler ในทิศเหนือลม 2 จุด ในส่วนควบคุมและส่วนน้ำ ที่ระยะห่างจากขอบถนน 30 เมตร ที่ความสูง 2 เมตร ในทิศใต้ลม 2 จุด ที่ส่วนควบคุมและส่วนน้ำ ที่ระยะห่างจากขอบถนน 2 เมตร ที่ความสูง 1.25 เมตร ดังรูปที่ 4.12 ตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน จำนวน 1 การทดลอง

(2) หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตั้งเครื่อง High Volume Sampler ในทิศเหนือลม 1 จุด ในส่วนควบคุม ที่ระยะห่างจากขอบถนน 30 เมตร ที่ความสูง 2 เมตร ในทิศใต้ลม 3 จุด ที่ส่วนควบคุม ส่วนสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนสารโพลีเมอร์ ที่ระยะห่างจากขอบถนน 2 เมตร ที่ความสูง 1.25 เมตร ดังรูปที่ 4.13 ตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน

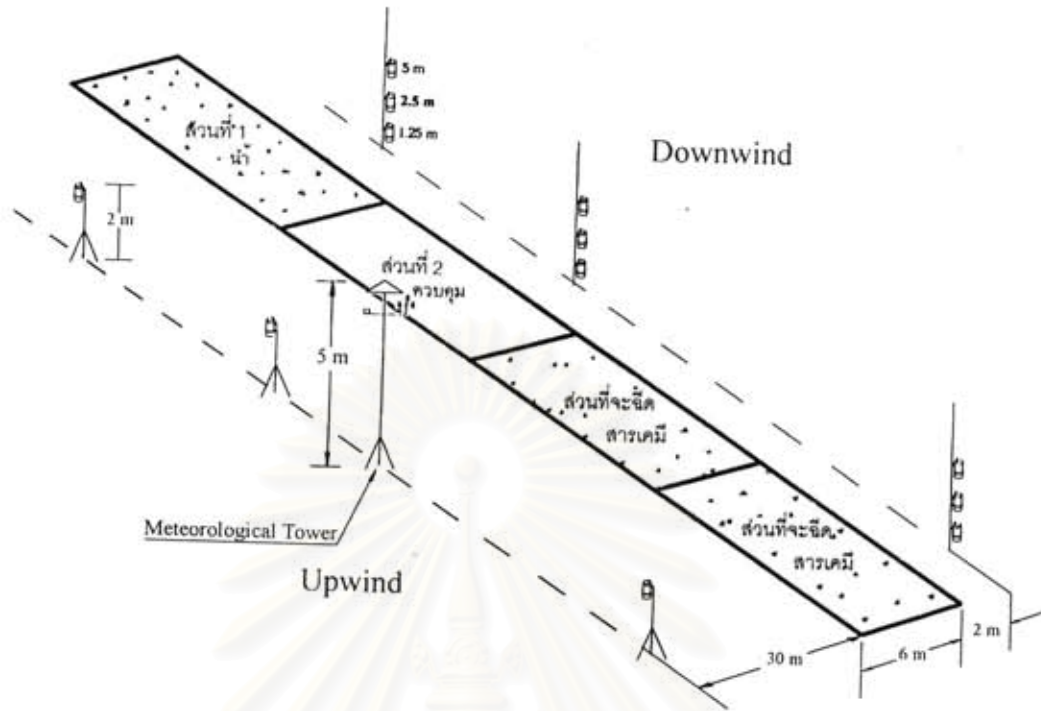
4.2.3.3 การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10

แผนการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

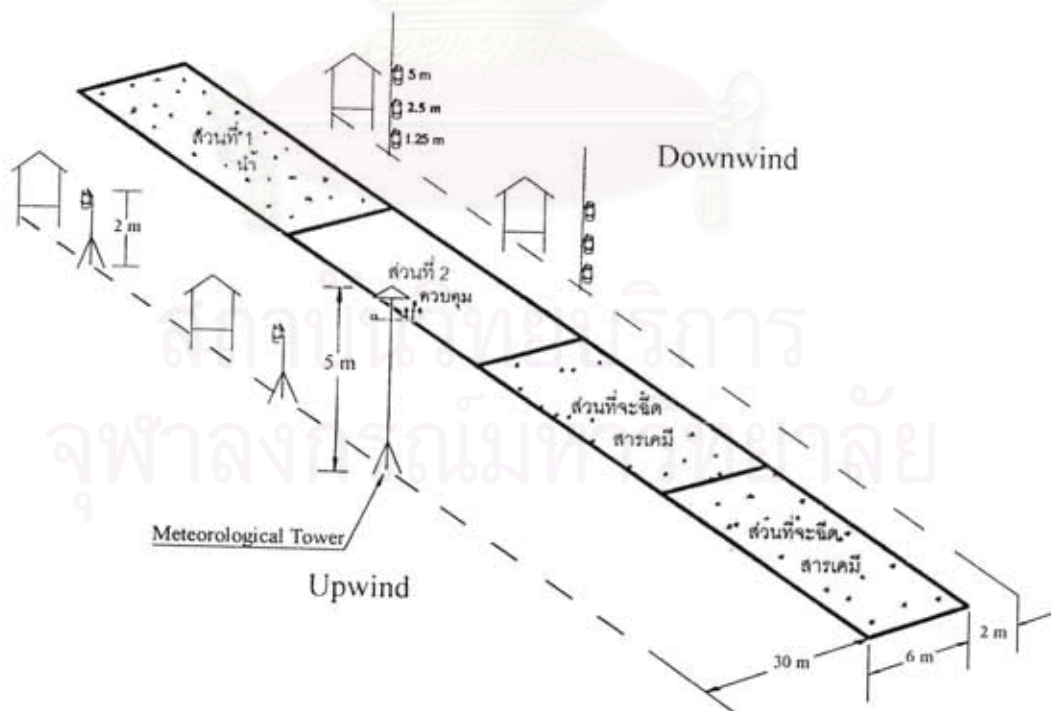
(1) ก่อนการฉีดพ่นสารเคมี ตั้งเครื่อง Mini Vol ในทิศเหนือลม 1 จุด ที่ระยะห่างจากขอบถนน 30 เมตร ที่ความสูง 2 เมตร ในทิศใต้ลม 3 จุด ที่ระยะห่างจากขอบถนน 2 เมตร ที่ความสูง 1.25 , 2.5 และ 5 เมตร ตั้งเครื่องตรวจวัดในส่วนควบคุม ส่วนที่จะฉีดน้ำ และส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมี ดังรูปที่ 4.11 ตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน

(2) ระหว่างการทดลองการฉีดน้ำ ตั้งเครื่อง Mini Vol ในทิศเหนือลม 1 จุด ที่ระยะห่างจากขอบถนน 30 เมตร ที่ความสูง 2 เมตร ในทิศใต้ลม 3 จุด ที่ระยะห่างจากขอบถนน 2 เมตร ที่ความสูง 1.25 , 2.5 และ 5 เมตร ตั้งเครื่องตรวจวัดในส่วนควบคุม และส่วนน้ำ ดังรูปที่ 4.12 ตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน จำนวน 2 การทดลอง

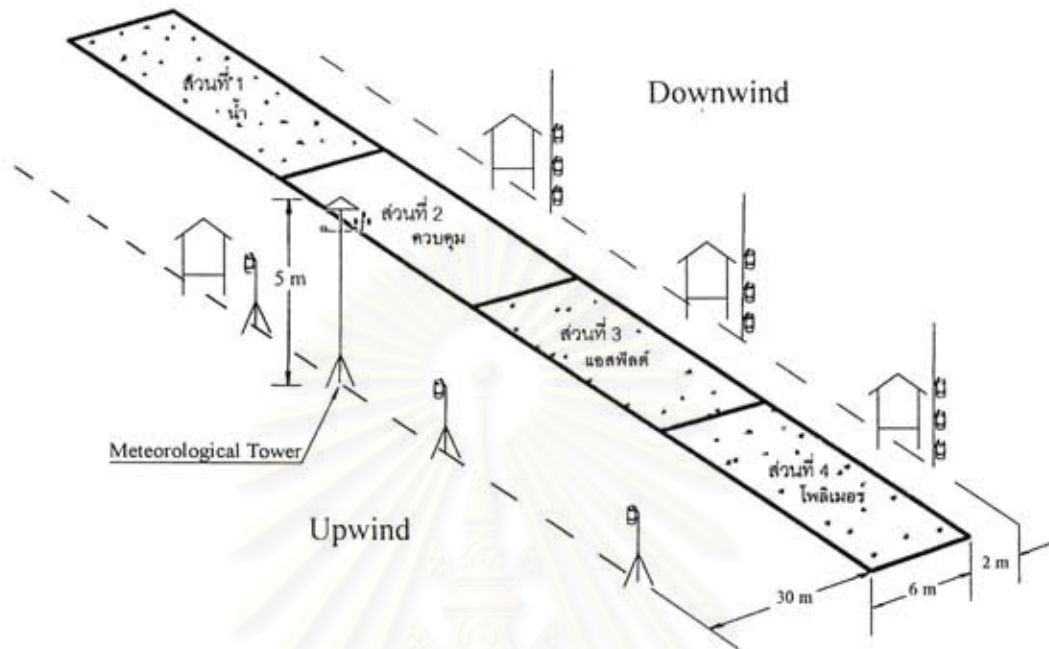
(3) หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตั้งเครื่อง Mini Vol ในทิศเหนือลม 1 จุด ที่ระยะห่างจากขอบถนน 30 เมตร ที่ความสูง 2 เมตร ในทิศใต้ลม 3 จุด ที่ระยะห่างจากขอบถนน 2 เมตร ที่ความสูง 1.25 , 2.5 และ 5 เมตร ตั้งเครื่องตรวจวัดในส่วนควบคุม ส่วนสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนสารโพลีเมอร์ ดังรูปที่ 4.13 ตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน



รูปที่ 4.11 ตำแหน่งจุดตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองบนถนนที่ใช้ทดสอบ
ก่อนการฉีดพ่นสารเคมี



รูปที่ 4.12 ตำแหน่งจุดตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองบนถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการทดลองการฉีดน้ำ



รูปที่ 4.13 ตำแหน่งจุดตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองบนถนนที่ใช้ทดสอบ
หลังการฉีดพ่นสารเคมี

4.2.3.4 การตรวจวัดข้อมูลประกอบอื่นๆ

ในการทดลองเพื่อให้ได้ฝุ่นพุ่งปลิวในอากาศปริมาณมากพอที่เครื่องมือจะตรวจวัดได้ จึงใช้รถกระบะซึ่งมีน้ำหนักเปล่า 1,400 กิโลกรัม ใส่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 300 กิโลกรัม วิ่งไปมา ด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จำนวน 80 เที่ยวต่อวัน ตลอดการทดลอง (หากมีรถอื่นวิ่งจะ ตรวจนับไว้ด้วย) รวมทั้งตรวจวัดข้อมูลประกอบอื่นๆ ซึ่งจะใช้ในการวิเคราะห์ผลและคำนวณหา ปริมาณการเกิดฝุ่น ได้แก่

- ทิศทางลม ความเร็วลม
- อุณหภูมิบรรยากาศ
- ความชื้นสัมพัทธ์
- ความดันบรรยากาศ
- ปริมาณน้ำฝน
- ปริมาณและชนิดของยานพาหนะ

4.2.3.5 การคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10

การคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (ถนนลูกรัง) สามารถหาได้จากการแปลงค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ตรวจวัดได้ตามความสูงจากระดับพื้นถนน ให้เป็นค่าฟลักซ์ของอนุภาคที่ปล่อยออกมาจากการสัญจรของยานยนต์ ตามสมการที่ 4.2

$$F = CVhL \dots\dots\dots (สมการที่ 4.2)$$

โดยที่

- F = ฟลักซ์ของ PM-10 (กรัม PM-10/วินาที)
- C = ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ควบคุม (กรัม PM-10/ลบ.ม.)
- V = ความเร็วลมเฉลี่ยในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่ควบคุม (เมตร/วินาที)
- h = ความสูงของพื้นที่ควบคุม (เมตร)
- L = ความยาวของพื้นที่ควบคุม (เมตร)

อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หรือค่าฟลักซ์ต่อหนึ่งคันของยานยนต์ที่แล่นผ่านถนน คำนวณได้จากสมการที่ 4.3

$$E = (F \times T) / D \dots\dots\dots (สมการที่ 4.3)$$

โดยที่

- E = อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)
- F = ฟลักซ์ของ PM-10 (กรัม PM-10/วินาที)
- T = ระยะเวลาที่ตรวจวัด (วินาที)
- D = ระยะทางทั้งหมดที่ยานยนต์แล่นผ่านในช่วงเวลาที่ตรวจวัด (กิโลเมตร-คัน)

4.2.3.6 การวัดปริมาณซิลท์บนผิวถนน

การวัดปริมาณซิลท์บนผิวถนนจะเก็บตัวอย่างฝุ่นบนผิวถนนใน 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนควบคุม ส่วนสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนสารโพลีเมอร์ เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน การวัดปริมาณซิลท์บนผิวถนน จะกระทำโดยการดูดฝุ่นบนผิวถนนที่ใช้ในการทดสอบ ณ บริเวณที่กำหนดไว้เพื่อนำไปหาปริมาณซิลท์ในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีมาตรฐาน ASTM C 136 : Standard method

for sieve analysis of fine and coarse aggregates โดยปริมาณซิลท์คือปริมาณฝุ่นที่สามารถร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.074 มม.)

วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นบนผิวถนนโดยวิธีการดูดฝุ่น

- 1) ใช้ตลับเทปวางพาดผ่านตามความกว้างของถนน เพื่อกำหนดพื้นที่ของบริเวณที่จะใช้ทำการเก็บตัวอย่าง
- 2) ใช้เครื่องดูดฝุ่นดูดฝุ่นที่อยู่บนผิวถนนให้ทั่วทั้งบริเวณพื้นที่ที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งจดบันทึกค่าความยาวและความกว้างของพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง
- 3) นำฝุ่นที่เก็บได้ใส่ลงในถุงเก็บตัวอย่างที่มีการปิดปากถุงอย่างมิดชิด พยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้มือไปสัมผัสวัสดุตัวฝุ่นโดยตรง จดรายละเอียดเกี่ยวกับวันที่ ตำแหน่งพื้นที่ของบริเวณที่เก็บตัวอย่าง
- 4) นำตัวอย่างฝุ่นที่ดูดได้กลับไปยังห้องปฏิบัติการ เพื่อชั่งหาน้ำหนักของฝุ่นหลังจากที่หักออกด้วยน้ำหนักของถุงเก็บตัวอย่างแล้ว
- 5) แสดงผลของปริมาณฝุ่นที่เก็บได้ ในหน่วยของปริมาณฝุ่นต่อพื้นที่ (กรัมต่อตารางเมตร)
- 6) หลังจากนั้นนำตัวอย่างฝุ่นที่เก็บได้ไปร่อนผ่านบนตะแกรงเบอร์ 4, 10, 40 และเบอร์ 200 ตามลำดับ โดยน้ำหนักของฝุ่นที่ค้างอยู่บนภาชนะหลังจากผ่านตะแกรงเบอร์ 200 นี้ คือปริมาณซิลท์ ซึ่งสามารถแสดงผลในหน่วยของปริมาณซิลท์ต่อพื้นที่ได้ (กรัมต่อตารางเมตร)

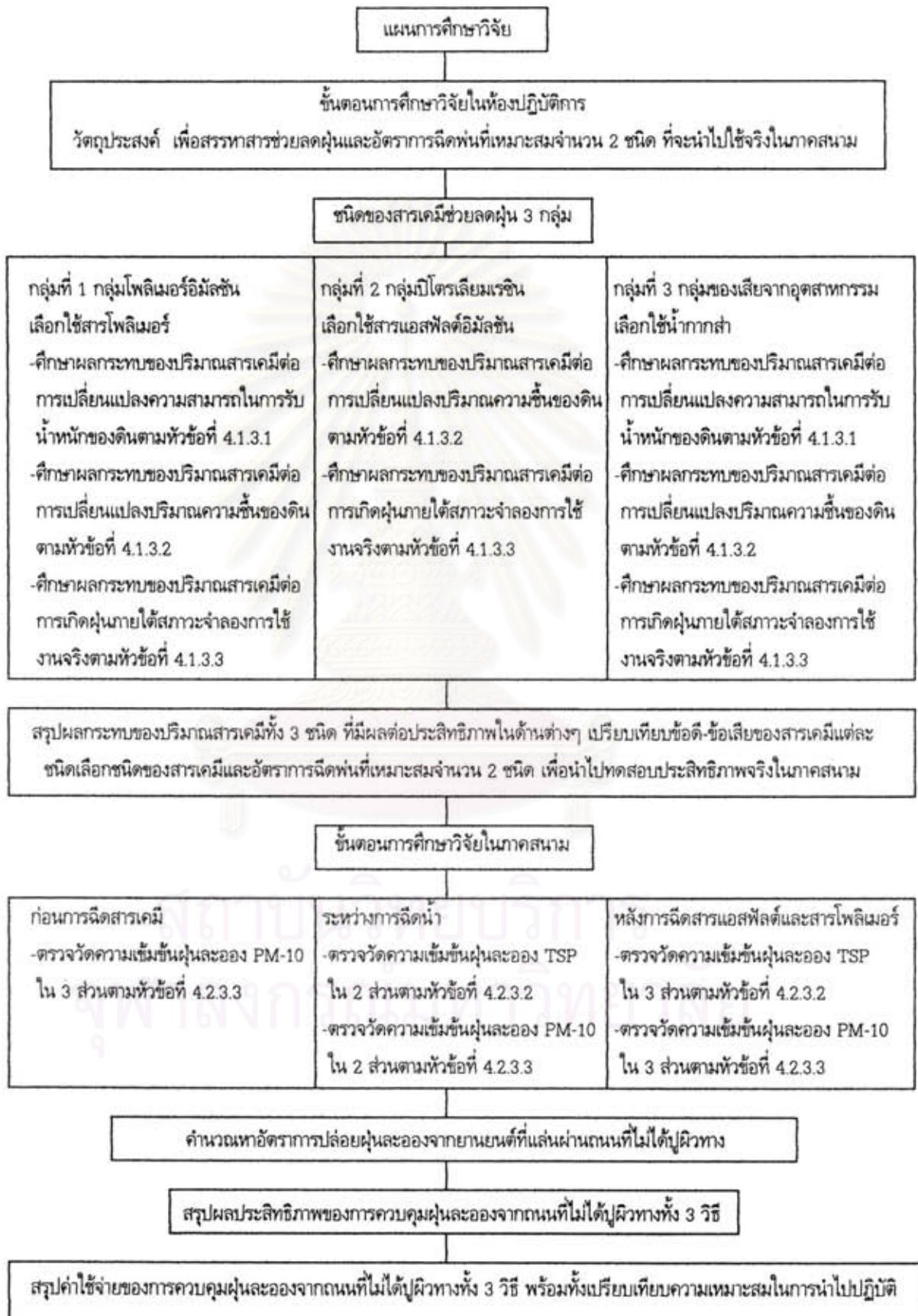
4.2.4 การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

การปฏิบัติงานการฉีดพ่นสารเคมีเพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองในภาคสนาม จะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอยู่ 2 ประเภท ได้แก่

- 1) ค่าสารเคมี (Material Cost)
- 2) ค่าปฏิบัติงานในภาคสนาม (Application Cost) ซึ่งจะรวมถึงค่าเช่าเครื่องจักรกล และค่าแรงงานของคนงานที่ใช้ในการฉีดพ่นสารเคมี

ในการสรุปรวมค่าใช้จ่ายการปฏิบัติงานการฉีดพ่นสารเคมีเพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองในภาคสนาม จะคิดรวมจากค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ประเภทนี้ โดยจะคิดเป็นหน่วยของจำนวนเงินที่ใช้จ่ายไปต่อพื้นที่ควบคุม (บาทต่อตารางเมตร) หรือต่อระยะทางที่ควบคุม (บาทต่อกิโลเมตร)

4.3 แผนผังขั้นตอนการศึกษาวิจัย



4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

แผนงาน	ปี 2541								ปี 2542											ปี 2543										
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.							
1.ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ	█																													
2.ขั้นตอนการศึกษาวิจัยในภาคสนาม									█																					
3.วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง																					█									
4.จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์																							█							
5.สอบวิทยานิพนธ์																								█						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล



5.1 ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ผลการศึกษาในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสรรหาชนิดของสารเคมีและปริมาณที่เหมาะสมในการใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกันการเกิดฝุ่น โดยจะศึกษาถึงผลกระทบของปริมาณสารเคมีที่มีผลต่อประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดินผสมสารเคมี ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดิน และผลกระทบต่อการหลุดร่อนของดินจากผิวทางจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลการศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ

จากการทดสอบสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ การกระจายขนาดคละของเม็ดดิน สมบัติด้านพลาสติก และค่าความถ่วงจำเพาะของดิน ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ลักษณะสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบ	วิธีการทดสอบ	ขีดจำกัด	
1.การกระจายขนาดคละของเม็ดดิน	ASTM D 422	เบอร์ตะแกรง	% ร่อนผ่านตะแกรง
		1"	100
		3/4"	95.7
		3/8"	90.2
		# 4	67.3
		# 10	49.3
		# 40	39.4
2.สมบัติด้านพลาสติก	ASTM D 4318	# 200	21.4
		Liquid Limit	26.5 %
		Plastic Limit	20.0 %
		Plasticity Limit	6.5 %
3.ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน	ASTM D 854	2.731	

5.1.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดินผสมสารเคมี

จากผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการรับน้ำหนักของดินผสมสารเคมี ซึ่งมีขั้นตอนในการทดสอบ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบการบดอัด และขั้นตอนที่ 2 การทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR) ผลการทดสอบมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบการบดอัด

จากการทดสอบการบดอัด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของส่วนผสมดินกับสารเคมี ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบการบดอัดส่วนผสมดินกับสารเคมี

ชนิดของสารเคมี	ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด		ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม %
	ปอนด์ / ลบ.ฟุต	ตัน / ลบ.ม.	
น้ำ	136	2.179	11.4
โพลีเมอร์ 12.5 %	134	2.146	11.5
โพลีเมอร์ 16.7 %	132	2.114	11.6
โพลีเมอร์ 25 %	129	2.066	11.9
น้ำกาสะ	136	2.179	11.2

วิจารณ์ผลการทดลอง

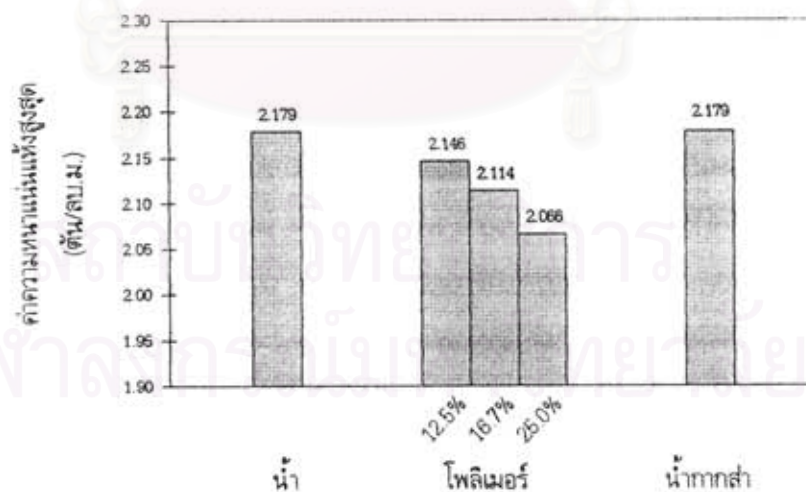
จากการทดสอบพบว่าการใช้สารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้นสูง 12.5 , 16.7 และ 25 % ทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมมีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.146 , 2.114 และ 2.066 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 11.5 , 11.6 , 11.9 % ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.1 และพบว่าค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมดินกับสารโพลีเมอร์เมอร์ที่ความเข้มข้น 12.5 , 16.7 และ 25 % นี้ มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับส่วนผสมดินกับน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.179 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 11.4 % อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากสารโพลีเมอร์ที่เข้าไปแทรกระหว่างเม็ดดิน มีผลทำให้ขนาดของ Double layer ใหญ่ขึ้น และก่อให้เกิดการลื่น (Slip) ของเม็ด

ดิน ทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมดินกับสารโพลีเมอร์มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมดินกับน้ำ

จากการทดสอบพบว่าค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมดินกับน้ำกากส่า มีค่าเท่ากับ 2.179 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 11.2 % โดยพบว่าค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมดินกับน้ำกากส่ามีค่าเท่ากับของส่วนผสมดินกับน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.179 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 11.4 % ดังรูปที่ 5.1 อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากในน้ำกากส่ามีน้ำเป็นส่วนผสมหลักอยู่แล้ว จึงทำให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมดินกับน้ำกากส่าเมื่อเทียบกับค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของส่วนผสมดินกับน้ำมีค่าไม่แตกต่างกัน

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR)

จากการทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนัก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมดินกับสารเคมี ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.3



รูปที่ 5.1 ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเปรียบเทียบระหว่างส่วนผสมของดินกับสารเคมี

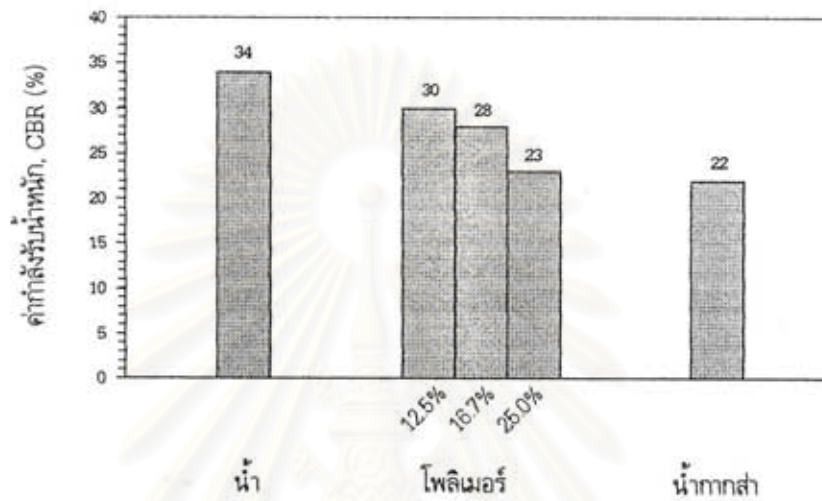
ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR) สภาพแห้งของส่วนผสมดินกับสารเคมี

ชนิดของสารเคมี	การทดสอบค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR) สภาพแห้ง		
	ค่ากำลังรับน้ำหนัก ที่ 0.2 นิ้ว (%)	การพองตัว (%)	การดูดซึมน้ำ (%)
น้ำ	34	0.04	0.75
โพลีเมอร์ 12.5 %	30	0.05	0.82
โพลีเมอร์ 16.7 %	28	0.05	0.55
โพลีเมอร์ 25 %	23	0.06	0.47
น้ำกาสะ	22	0.08	0.46

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบพบว่าการใช้สารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้นสูงขึ้น 12.5 , 16.7 , และ 25 % ทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมมีแนวโน้มลดลง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30 , 28 และ 23 % ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.2 และพบว่าค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมดินกับสารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้น 12.5 , 16.7 , และ 25 % มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับส่วนผสมดินกับน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34 % โดยมีค่าลดลง 12 , 18 และ 32 % ตามลำดับ อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากในดินที่มีสารโพลีเมอร์ ขนาดของ Double layer จะมีขนาดใหญ่มากขึ้นตามปริมาณของสารเคมี เมื่อขนาดของ Double layer มีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อดินก็จะมีศักยภาพที่จะเกิดการลื่นไถล (Slip) โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะการรับแรง จึงส่งผลทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมมีแนวโน้มลดลง

จากการทดสอบพบว่าค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมดินกับน้ำกาสะ มีค่าเท่ากับ 22 % โดยพบว่าการใช้น้ำกาสะผสมกับดิน มีผลทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมดินกับน้ำกาสะมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับส่วนผสมดินกับน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34 % โดยมีค่าลดลง 35 % ดังรูปที่ 5.2 อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาภายในตัวอย่างส่วนผสมดินกับน้ำกาสะ ทำให้เกิดการพองตัวของตัวอย่างดิน และการพองตัวในลักษณะเช่นนี้จะทำลายโครงสร้างของเม็ดดิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการรับน้ำหนัก จึงส่งผลทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักของส่วนผสมมีค่าลดลงอย่างมาก



รูปที่ 5.2 ค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR) เปรียบเทียบระหว่างส่วนผสมของดินกับสารเคมี

5.1.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมี

จากผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.4 ถึง 5.5 และรูปที่ 5.3 ถึง 5.6

ตารางที่ 5.4 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลาภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี

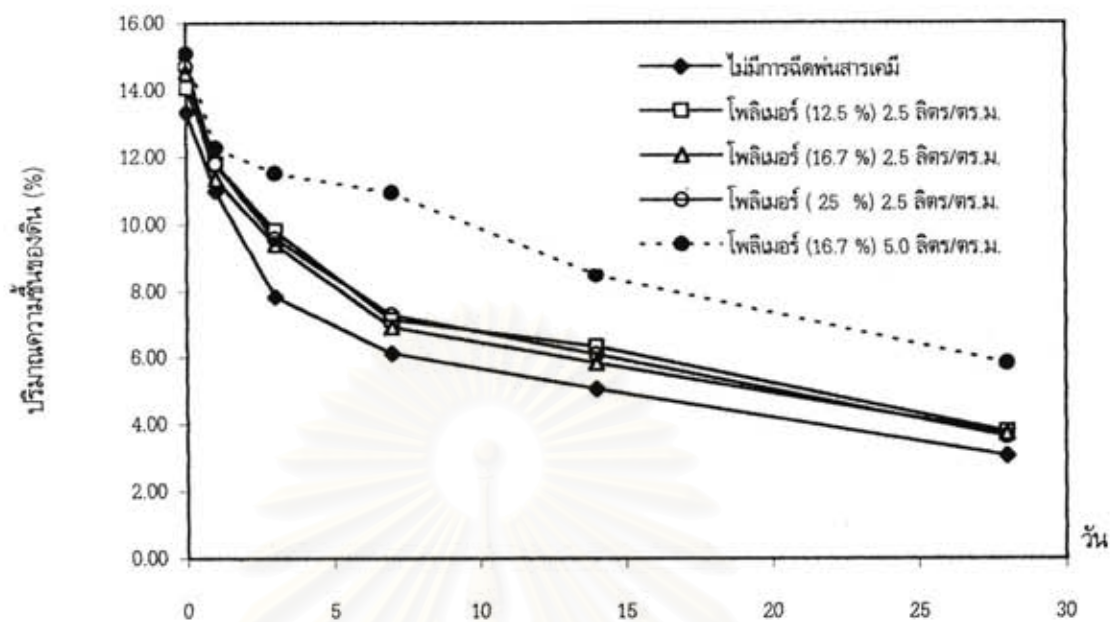
ชนิดของสารเคมี	อัตราการฉีดพ่น ลิตร/ตร.ม.	ค่าปริมาณความชื้นของดิน (%)					
		หลังการฉีดพ่นสารผ่านไป					
		0 วัน	1 วัน	3 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน
ไม่มี (ควบคุม)	-	13.35	11.00	7.83	6.14	5.07	3.06
โพลีเมอร์ 12.5 %	2.5	14.08	11.81	9.82	7.15	6.34	3.78
โพลีเมอร์ 16.7 %	2.5	14.52	11.36	9.40	6.92	5.85	3.73
โพลีเมอร์ 25 %	2.5	14.72	11.80	9.58	7.29	6.10	3.64
โพลีเมอร์ 16.7 %	5.0	15.09	12.28	11.52	10.95	8.49	5.83
แอสฟัลต์อิมัลชัน 16.7 %	2.5	14.61	11.60	8.63	6.79	6.02	3.82
แอสฟัลต์อิมัลชัน 25 %	2.5	14.22	11.27	10.87	8.72	6.50	4.18
แอสฟัลต์อิมัลชัน 25 %	5.0	14.39	13.57	11.64	9.58	7.29	5.23
น้ำกากส่า	2.5	13.86	11.28	9.45	7.66	6.33	4.08
น้ำกากส่า	5.0	15.83	13.22	11.96	9.75	7.43	4.87

ตารางที่ 5.5 สัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่ภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี

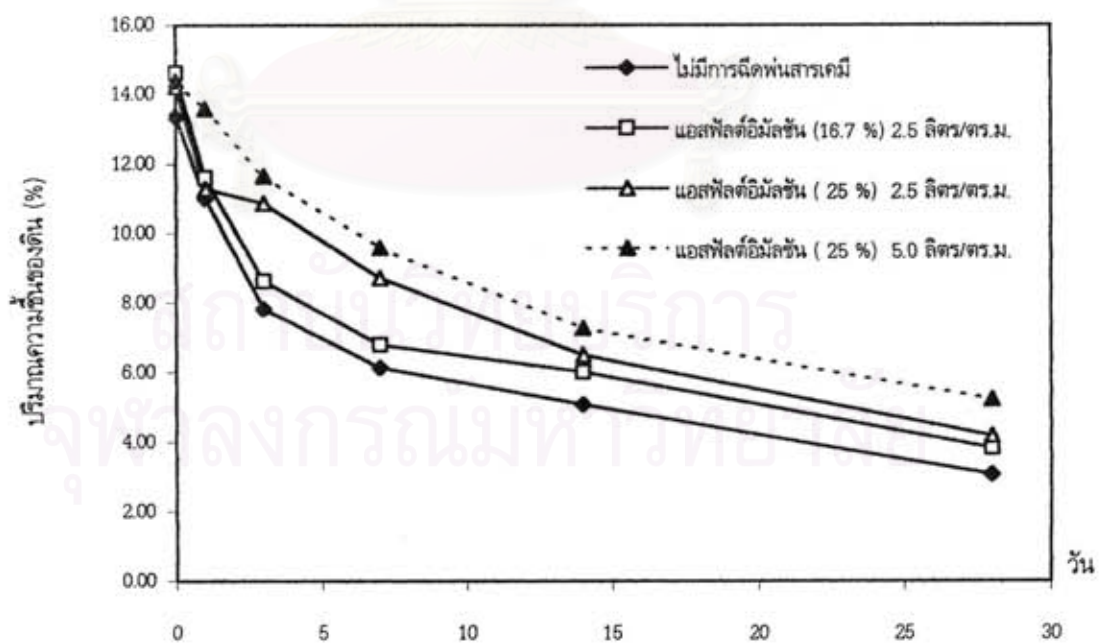
ชนิดของสารเคมี	อัตราการฉีดพ่น ลิตร/ตร.ม.	สัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่ (%) [*] ภายหลังการฉีดพ่นสารผ่านไป 28 วัน
โพลีเมอร์ 12.5 %	2.5	27
โพลีเมอร์ 16.7 %	2.5	26
โพลีเมอร์ 25 %	2.5	25
โพลีเมอร์ 16.7 %	5.0	39
แอสฟัลต์อิมัลชัน 16.7 %	2.5	26
แอสฟัลต์อิมัลชัน 25 %	2.5	29
แอสฟัลต์อิมัลชัน 25 %	5.0	36
น้ำกากส่า	2.5	29
น้ำกากส่า	5.0	31

หมายเหตุ

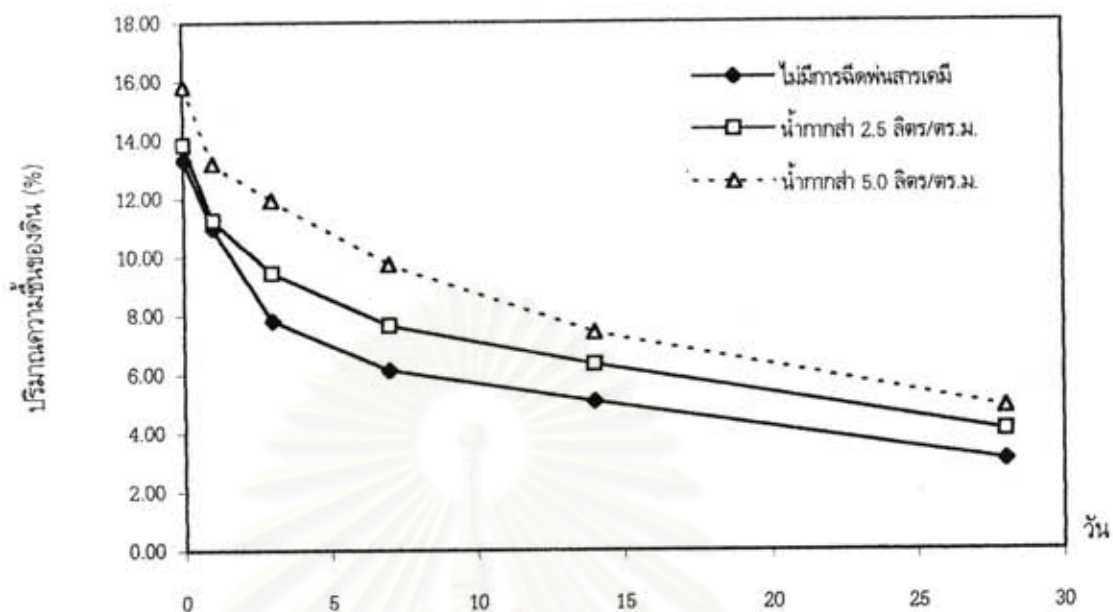
$$* \text{ สัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่ (\%)} = \left[\frac{\text{ปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นสารผ่านไป 28 วัน}}{\text{ปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นสารผ่านไป 0 วัน}} \right] \cdot 100$$



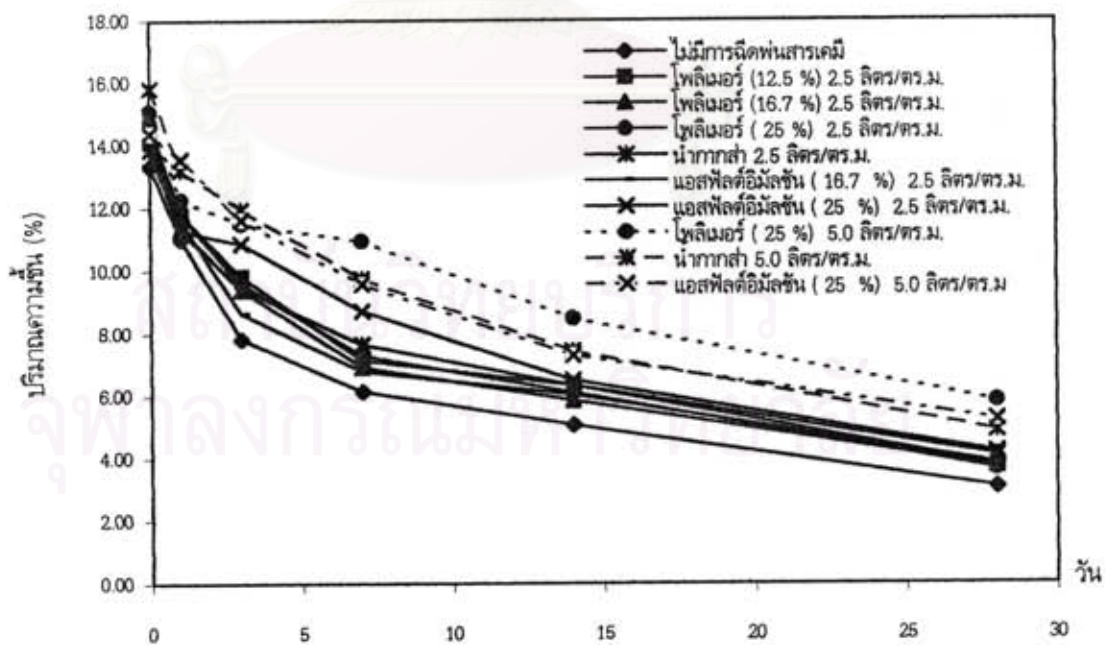
รูปที่ 5.3 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลา
หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์



รูปที่ 5.4 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลา
หลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน



รูปที่ 5.5 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลา
หลังการฉีดพ่นน้ำกากส่า

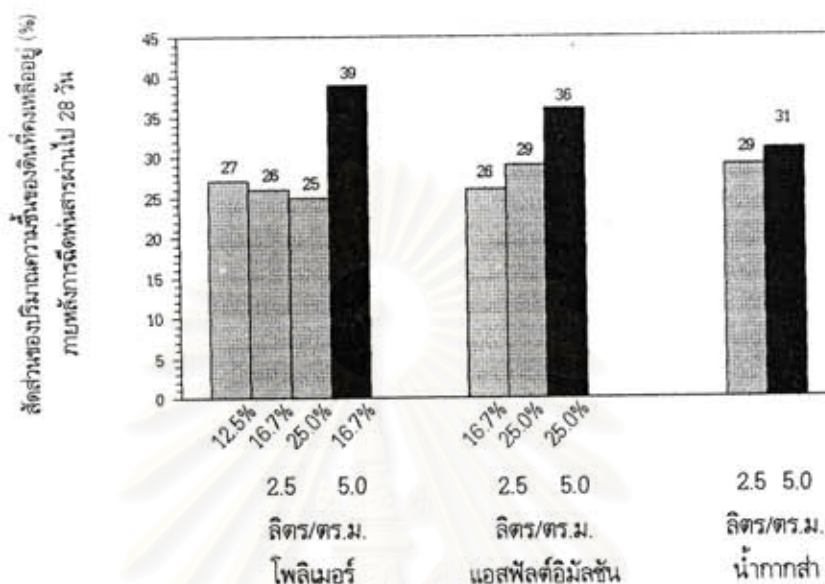


รูปที่ 5.6 ผลเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของดินตามระยะเวลา
หลังการฉีดพ่นสารเคมีชนิดต่างๆ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารโพลิเมอร์ที่ใช้ 12.5 , 16.7 , และ 25 % ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร มีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเมื่อดินได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารโพลิเมอร์ที่ใช้ 12.5 , 16.7 และ 25 % ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร เมื่อคิดเทียบเป็นปริมาณสารที่ใช้ต่อพื้นที่ฉีดพ่น จะมีค่าเท่ากับ 0.3 , 0.4 และ 0.6 ลิตรต่อตารางเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณสารที่ใช้ทั้ง 3 ค่า นี้ มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงอาจไม่สามารถชี้ให้เห็นความแตกต่างของผลการทดสอบได้ โดยพบว่า ปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารโพลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 12.5 , 16.7 และ 25 % ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร มีค่าลดลงเหลือ 3.78 , 3.73 และ 3.64 % หรือคิดเป็นสัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 27 , 26 , 25 % หลังการฉีดพ่นสารผ่านไป 28 วัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.7 และพบว่า การเพิ่มอัตราการฉีดพ่นสารโพลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 16.7 % จาก 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร เป็น 5.0 ลิตรต่อตารางเมตร (คิดเป็นปริมาณสารที่ใช้ต่อพื้นที่ฉีดพ่นเท่ากับ 0.4 และ 0.8 ลิตรต่อตารางเมตร) มีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเมื่อดินได้ดีขึ้น โดยพบว่าปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารโพลิเมอร์ที่ความเข้มข้น 16.7 % ที่อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตรต่อตารางเมตร มีค่าลดลงเหลือ 5.83 % หรือคิดเป็นสัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 39 % หลังการฉีดพ่นสารผ่านไป 28 วัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับการใช้สารโพลิเมอร์ที่ความเข้มข้นเดียวกัน ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26% โดยพบว่า มีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเมื่อดินเพิ่มขึ้น 36 %

จากการทดสอบพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้ 16.7 และ 25 % ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร (คิดเป็นปริมาณสารที่ใช้ต่อพื้นที่ฉีดพ่นเท่ากับ 0.4 และ 0.6 ลิตรต่อตารางเมตร) มีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเมื่อดินได้ดีขึ้นเล็กน้อย โดยพบว่าปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ความเข้มข้น 16.7 และ 25 % ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร มีค่าลดลงเหลือ 3.82 และ 4.18 % หรือคิดเป็นสัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 26 และ 29 % หลังการฉีดพ่นสารผ่านไป 28 วัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.7 และพบว่า การเพิ่มอัตราการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ความเข้มข้น 25 % จาก 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร เป็น 5.0 ลิตรต่อตารางเมตร (คิดเป็นปริมาณสารที่ใช้ต่อพื้นที่ฉีดพ่นเท่ากับ 0.6 และ 1.25 ลิตรต่อตารางเมตร) มีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเมื่อดินได้ดีขึ้น โดยพบว่าปริมาณความชื้นของดินภายหลังการฉีดพ่นผิวหน้าด้วยสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ความเข้มข้น 25 % ที่อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตรต่อตารางเมตร มีค่าลดลงเหลือ 5.23 % หรือคิดเป็นสัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 36 % ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับการใช้สารแอสฟัลต์



รูปที่ 5.7 สัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่ภายหลังจากฉีดพ่นสารเคมี

อิมัลชันที่ความเข้มข้นเดียวกัน ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 29% โดยพบว่ามีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเม็ดดินเพิ่มขึ้น 19 %

จากการทดสอบพบว่าการเพิ่มอัตราการฉีดพ่นน้ำกากส่าจาก 2.5 ลิตรต่อตารางเมตร เป็น 5.0 ลิตรต่อตารางเมตร มีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเม็ดดินได้ดีขึ้นเล็กน้อย โดยพบว่าปริมาณความชื้นของดินภายหลังจากฉีดพ่นผิวหน้าด้วยน้ำกากส่า ที่อัตราการฉีดพ่น 2.5 และ 5.0 ลิตรต่อตารางเมตร มีค่าลดลงเหลือ 4.08 และ 4.87 % หรือคิดเป็นสัดส่วนของปริมาณความชื้นของดินที่คงเหลืออยู่เท่ากับ 29 และ 31 % หลังการฉีดพ่นสารผ่านไ้ 28 วัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.7

จากการเปรียบเทียบพบว่าการใช้สารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้น 16.7 % ที่อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตรต่อตารางเมตร (คิดเป็นปริมาณสารที่ใช้ต่อพื้นที่ฉีดพ่นเท่ากับ 0.8 ลิตรต่อตารางเมตร) มีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเม็ดดินได้ดีที่สุด ส่วนการใช้สารแอสพาร์ตอิมัลชันที่ความเข้มข้น 25 % ที่อัตราการฉีดพ่น 5.0 ลิตรต่อตารางเมตร (คิดเป็นปริมาณสารที่ใช้ต่อพื้นที่ฉีดพ่นเท่ากับ 1.25 ลิตรต่อตารางเมตร) มีผลต่อการช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเม็ดดินรองลงมา ดังรูปที่ 5.7

5.1.4 ผลการศึกษาการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริง

จากผลการทดสอบการเกิดฝุ่นภายใต้สภาวะจำลองการใช้งานจริงภายหลังการฉีดพ่นสารเคมีลงบนผิวทางจำลอง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.6 ถึง 5.7 และรูปที่ 5.8 ถึง 5.11

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบพบว่า การเพิ่มปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้ฉีดพ่นที่อัตรา 0.4 ลิตรต่อตารางเมตร เป็น 0.8 ลิตรต่อตารางเมตร มีผลต่อการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ได้ดีขึ้น ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 35 และ 46 % ที่การทดสอบ ณ เวลา 300 นาที ตามลำดับ และพบว่า การใช้สารโพลีเมอร์ผสมกับดินแทนน้ำระหว่างการบดอัดรวมกับการใช้สารโพลีเมอร์ฉีดพ่นที่อัตรา 0.4 ลิตรต่อตารางเมตร ทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็น 56 % ที่การทดสอบ ณ เวลา 300 นาที ซึ่งผลการทดสอบนี้เป็นผลที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้สารโพลีเมอร์ฉีดพ่นที่อัตรา 0.4 และ 0.8 ลิตรต่อตารางเมตร เพียงอย่างเดียว ดังรูปที่ 5.12

จากการทดสอบพบว่า การเพิ่มปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้ฉีดพ่นที่อัตรา 0.6 ลิตรต่อตารางเมตร เป็น 1.25 ลิตรต่อตารางเมตร มีผลต่อการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันได้ดีขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 28 และ 30 % ที่การทดสอบ ณ เวลา 300 นาที ตามลำดับ ดังนั้นจึงอาจไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันในอัตราที่สูงเกินไป ดังรูปที่ 5.12

จากการทดสอบพบว่า การใช้น้ำกากส่าฉีดพ่นที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นน้ำกากส่า มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 19 % ที่การทดสอบ ณ เวลา 300 นาที ดังรูปที่ 5.12

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางของสารเคมีทั้ง 3 ชนิด พบว่า การใช้สารโพลีเมอร์ผสมกับดินแทนน้ำระหว่างการบดอัดรวมกับการใช้สารโพลีเมอร์ฉีดพ่นที่อัตรา 0.4 ลิตรต่อตารางเมตร มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางได้ดีที่สุด และการใช้สารแอสฟัลต์อิมัลชันฉีดพ่นที่อัตรา 1.25 ลิตรต่อตารางเมตร มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางรองลงมา ดังรูปที่ 5.12



ตารางที่ 5.6 ผลปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี

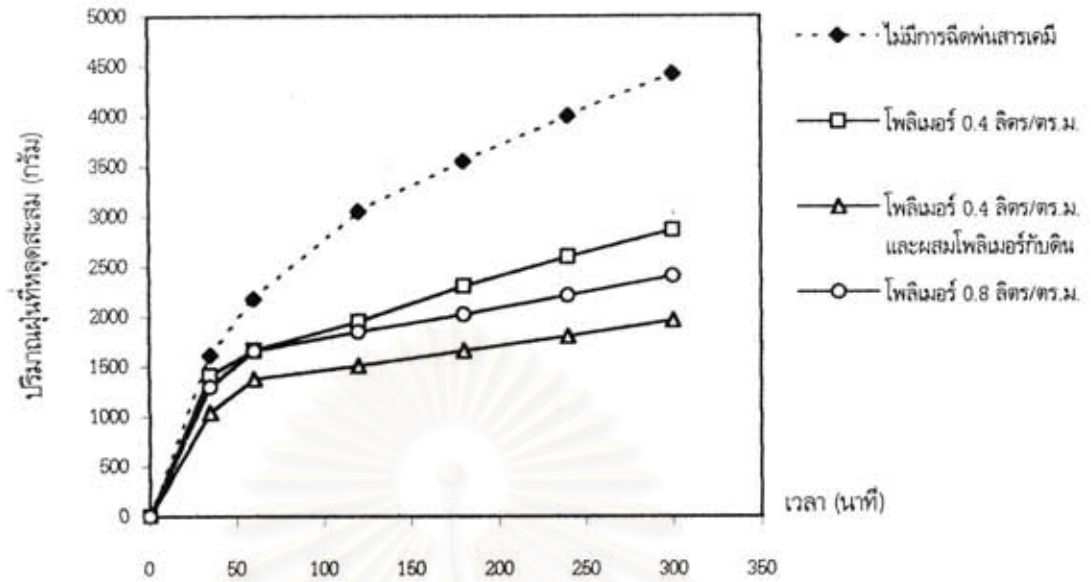
ชนิดของสารเคมีและปริมาณสารที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน	ชนิดของสารเคมีที่ใช้ผสมดินระหว่างการบดอัด	ปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสม (กรัม) หลังการเดินเครื่องผ่านไป					
		35 นาที	60 นาที	120 นาที	180 นาที	240 นาที	300 นาที
ไม่มี (ควบคุม)	น้ำ	1618	2182	3053	3551	4004	4425
โพลีเมอร์ 0.4 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	1415	1664	1950	2311	2603	2866
โพลีเมอร์ 0.4 ลิตร/ตร.ม.	โพลีเมอร์	1040	1379	1509	1658	1801	1961
โพลีเมอร์ 0.8 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	1298	1661	1849	2019	2213	2409
แอสฟัลต์อิมัลชัน 0.6 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	1425	1813	2127	2465	2788	3181
แอสฟัลต์อิมัลชัน 1.25 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	1478	1706	2017	2355	2748	3099
น้ำกาส่า 5.0 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	1552	1973	2380	2805	3208	3574

ตารางที่ 5.7 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี

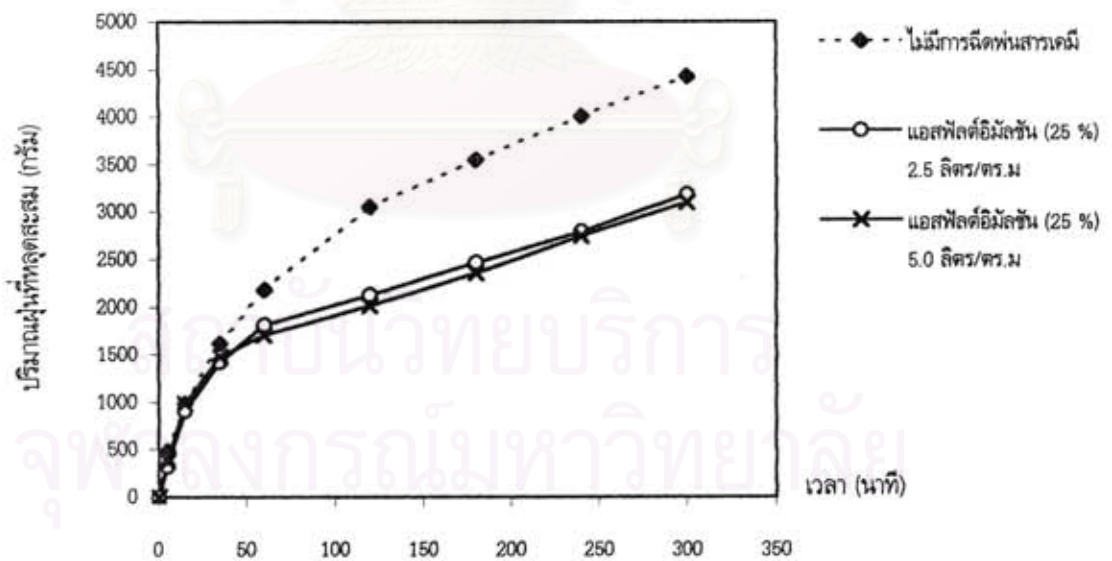
ชนิดของสารเคมีและปริมาณสารที่ใช้ฉีดพ่นต่อพื้นที่ผิวถนน	ชนิดของสารเคมีที่ใช้ผสมดินระหว่างการบดอัด	ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อน (%) [*] ที่การทดสอบ ณ เวลา 300 นาที
โพลีเมอร์ 0.4 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	35
โพลีเมอร์ 0.4 ลิตร/ตร.ม.	โพลีเมอร์	56
โพลีเมอร์ 0.8 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	46
แอสฟัลต์อิมัลชัน 0.6 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	28
แอสฟัลต์อิมัลชัน 1.25 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	30
น้ำกาส่า 5.0 ลิตร/ตร.ม.	น้ำ	19

หมายเหตุ

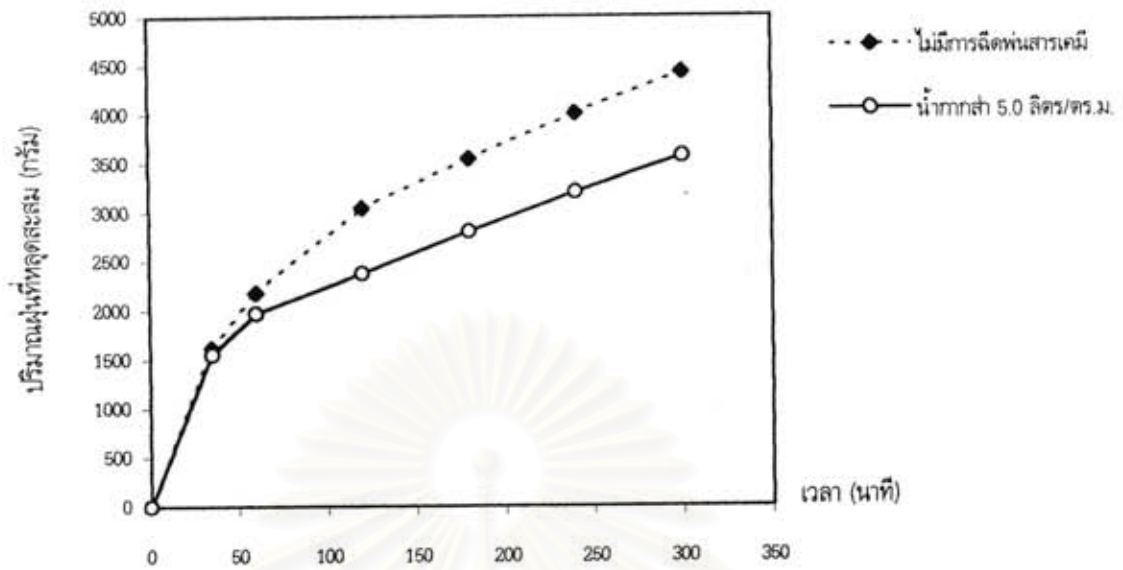
$$* \text{ ประสิทธิภาพ (\%)} = \left[\frac{\text{ปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นสารเคมีที่การทดสอบ ณ เวลา 300 นาที}}{\text{ปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมจากผิวทางที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีที่การทดสอบ ณ เวลา 300 นาที}} \right] \cdot 100$$



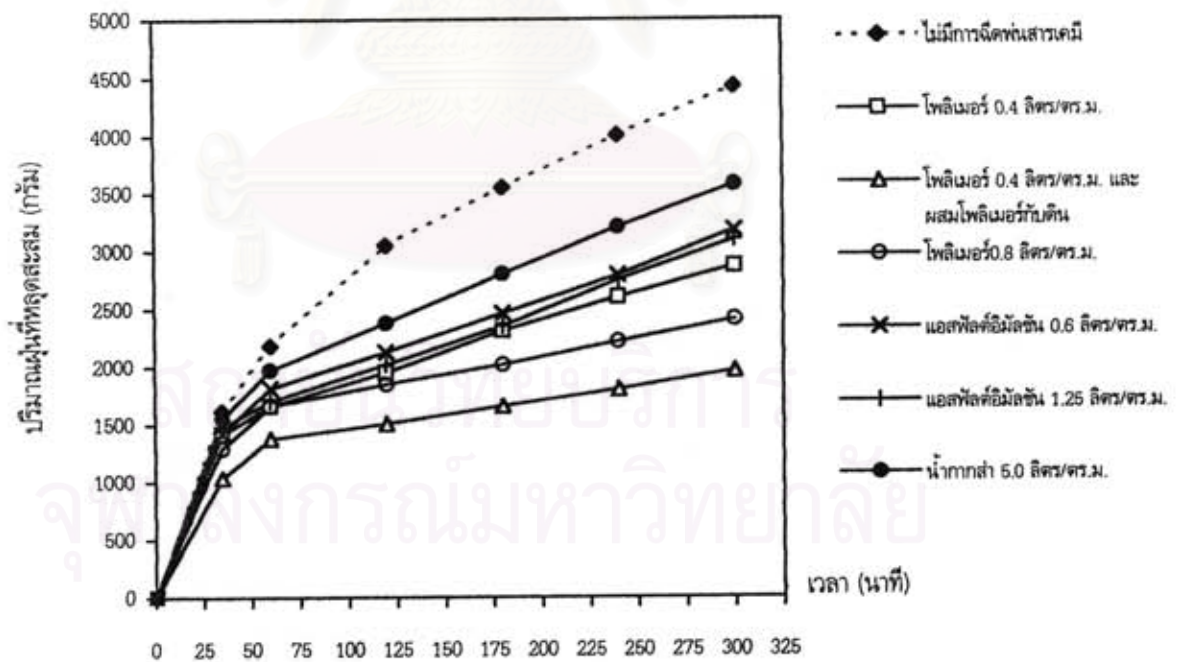
รูปที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมตามระยะเวลา
ของผิวทางที่ฉีดพ่นสารโพลีเมอร์



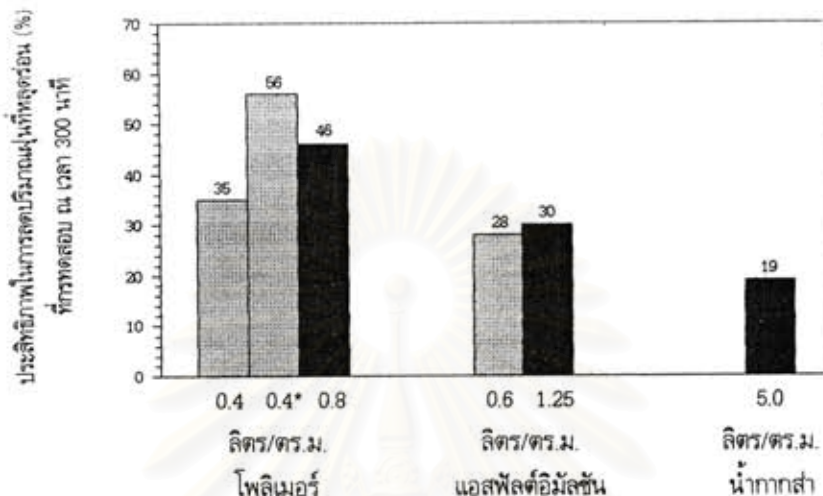
รูปที่ 5.9 ผลการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่หลุดร่อนสะสมตามระยะเวลา
ของผิวทางที่ฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน



รูปที่ 5.10 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไอน้ำที่หลุดร้อนสะสมตามระยะเวลา
ของผิวทางที่ฉีดพ่นน้ำกากส่า



รูปที่ 5.11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไอน้ำที่หลุดร้อนสะสมตามระยะเวลา
ของผิวทางที่ฉีดพ่นสารเคมีชนิดต่างๆ



รูปที่ 5.12 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฝุ่นที่ลุดร่อนจากผิวทางภายหลังการฉีดพ่นสารเคมี

5.1.5 สรุปผลการเลือกชนิดของสารเคมีและปริมาณการใช้ที่เหมาะสม สำหรับการนำไปใช้ฉีดพ่นในภาคสนาม

ผลการเลือกชนิดของสารเคมีและปริมาณการใช้ที่เหมาะสม สำหรับการนำไปใช้ฉีดพ่นในภาคสนาม สรุปผลได้ดังนี้ คือ

สารเคมีชนิดที่ 1 คือ สารโพลีเมอร์ ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่าควรมีการใช้สารโพลีเมอร์ใน 2 ขั้นตอน ได้แก่

- ขั้นตอนที่ 1 ใช้สารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้น 10 % โดยปริมาตร (สารโพลีเมอร์ 1 ส่วน ต่อ น้ำ 9 ส่วน) ผสมคลุกเข้ากับดินเดิมที่คู้ขึ้นมาที่ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมกับดินในภาคสนาม (จากการทดลองดินในภาคสนามมีค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมเท่ากับ 7.2 %) ก่อนการบดอัด โดยความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์ที่ปรับลดจาก 16.7 % เป็น 10 % นี้ เนื่องจากต้องการลดผลกระทบในเรื่องการเปลี่ยนแปลงกำลังรับน้ำหนักของดิน ซึ่งจากการทดสอบในหัวข้อ 5.1.2 แสดงให้เห็นว่าการใช้สารโพลีเมอร์ที่ความเข้มข้นน้อยลงมีผลทำให้ค่ากำลังรับน้ำหนักของดินมีค่าเพิ่มขึ้น และปริมาณความเข้มข้นของสารโพลีเมอร์ที่ 10 % นี้ ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ทางบริษัทผู้ขายแนะนำ เมื่อผสมกับชั้นดินลึก 15 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้เท่ากับ 1.6 ลิตรต่อตารางเมตร

- ขั้นตอนที่ 2 ใช้สารโพลีเมอร์ฉีดพ่นที่ผิวหน้าของถนนลูกรังภายหลังการบดอัด โดยให้มีปริมาณสารโพลีเมอร์ที่สะสมอยู่บนผิวหน้าของถนนที่อัตรา 0.4 ลิตรต่อตารางเมตร รวมปริมาณสารที่ใช้ทั้งสองขั้นตอนเท่ากับ 2.0 ลิตรต่อตารางเมตร

สาเหตุที่เลือกใช้วิธีผสมสารโพลีเมอร์กับดินควบคู่กับการฉีดพ่นที่ผิวหน้าเพื่อลดการหลุดร่อนของดิน แต่ทั้งนี้ต้องควบคุมปริมาณสารโพลีเมอร์ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของชั้นดิน

สารเคมีชนิดที่ 2 คือ สารแอสฟัลต์อิมัลชัน ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่าควรใช้สารแอสฟัลต์อิมัลชันฉีดพ่นที่ผิวหน้าของถนนลูกรัง โดยให้มีปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่สะสมอยู่บนผิวหน้าของถนนที่อัตรา 1.0 ลิตรต่อตารางเมตร เนื่องจากผลการทดสอบพบว่าการใช้ปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันฉีดพ่นผิวหน้าที่อัตรา 0.6 - 1.25 ลิตรต่อตารางเมตร ช่วยลดปริมาณการหลุดร่อนของดินได้ประมาณ 30 % แต่ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มปริมาณการฉีดพ่นสูงกว่านี้ เนื่องจากจะไม่ได้รับผลที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณการฉีดพ่นสารที่อัตรา 1.0 ลิตรต่อตารางเมตร จะสามารถควบคุมการปฏิบัติงานในภาคสนามได้อย่างสะดวก

5.2 ผลการศึกษาในภาคสนาม

ผลการศึกษาในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลการทดลองที่ตรวจวัดได้ไปใช้คำนวณหาอัตราการปล่อยการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (ถนนลูกรัง) และคำนวณหาประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำ การฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ รวมทั้งการประเมินค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางทั้ง 3 วิธี พร้อมทั้งเปรียบเทียบความเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP

จากการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการทดลองการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน ในส่วนควบคุมและส่วนน้ำ โดยตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน และหลังการฉีดพ่นสารเคมีในส่วนควบคุม ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนโพลีเมอร์ โดยตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน ผลการตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 5.8 ถึง

ตารางที่ 5.8 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน	
	เหนือลม	ใต้ลม	เหนือลม	ใต้ลม
21/4/42	76	614	71	459
23/4/42*	18	273	92	325
24/4/42*	41	247	45	350
25/4/42	120	1304	59	1115
26/4/42	82	1044	41	847
27/4/42*	29	87	27	83
4/5/42	65	918	50	840
เฉลี่ย	62	641	55	574

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ 5.9 ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ใต้ลม-เหนือลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ใต้ลม-เหนือลม	
	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน
21/4/42	538	388
23/4/42*	255	233
24/4/42*	206	305
25/4/42	1184	1056
26/4/42	962	806
27/4/42*	58	56
4/5/42	853	790
เฉลี่ย	579	519

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ 5.10 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

เดือนที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่าง			
	เหนือลม	ใต้ลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
1	67	701	87	116
2	40	296	189	161
3	51	556	291	309
4	54	1380	246	1064
5	41	521	225	596
6	57	191	218	272
7*	-	-	-	-
8	74	648	417	900
เฉลี่ย	55	613	239	488

หมายเหตุ * ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ 5.11 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ใต้ลม-เหนือลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

เดือนที่	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ใต้ลม-เหนือลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
1	634	20	49
2	256	149	121
3	505	240	258
4	1326	192	1010
5	480	184	555
6	134	161	215
7*	-	-	-
8	574	343	826
เฉลี่ย	558	184	433

หมายเหตุ * ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

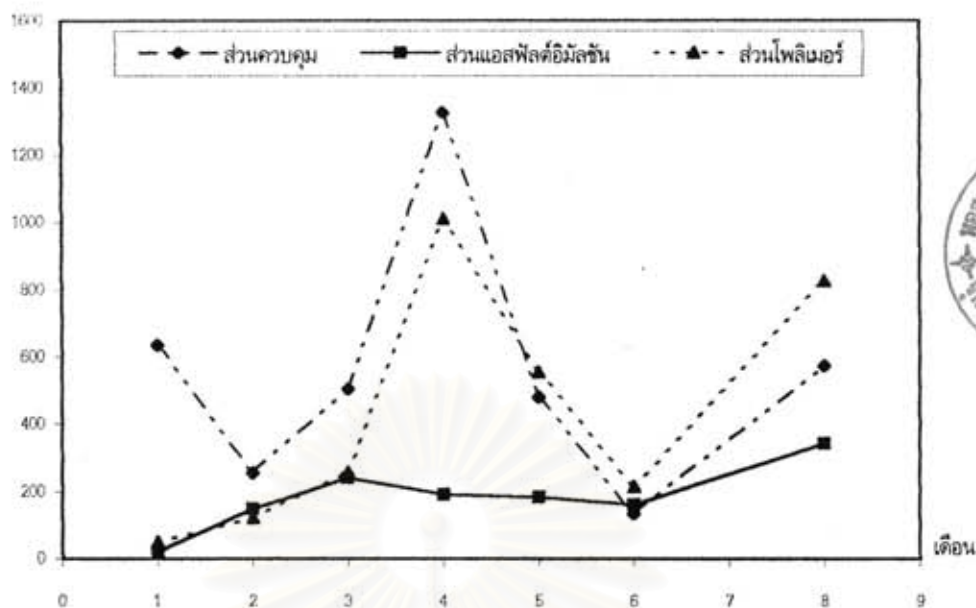
จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนควบคุมความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 29 - 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 62 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ได้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 87 - 1304 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 641 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนน้ำความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 27 - 92 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 55 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ได้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 83 - 1115 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 574 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่เหนือลมในส่วนควบคุมและส่วนน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 62 และ 55 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.8 และพบค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมและส่วนน้ำ มีค่าเท่ากับ 579 และ 519 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.9 โดยค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม มีค่ามากกว่าในส่วนน้ำ 1.12 เท่า เนื่องมาจากในส่วนน้ำมีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

2. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมี

จากผลการตรวจวัดช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนควบคุมค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 40 - 74 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 55 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ได้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 191 - 1380 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 613 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดังตารางที่ 5.10 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมช่วงเดือนแรก มีค่าเท่ากับ 634 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงเหลือเพียง 256 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ช่วงเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ดังรูปที่ 5.13 เนื่องมาจากช่วงเดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนควบคุมบางส่วนถูกชะล้างออกไป และฝนที่ตกลงมาระหว่างที่ทำการทดลองจึงเสมือนกับที่มีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำในส่วนควบคุม จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมช่วงเดือนที่ 2 นี้ มีค่าต่ำกว่าปกติ และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 505 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 3 ส่วนในช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 1326 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องมาจากหลังสิ้นสุดการทดลองช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีความจำเป็นต้องปรับปรุงผิวถนนในส่วนควบคุมเพราะมีสภาพทรุดโทรม มีหลุมบ่อขนาดใหญ่ ทำให้ยานยนต์ไม่



รูปที่ 5.13 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม
หลังการฉีดพ่นสารเคมี

สามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วปกติเช่นเดียวกับช่วงเดือนก่อนๆ จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนควบคุมมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้นผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมช่วงเดือนที่ 4 นี้ จึงมีค่าสูงกว่าปกติ และพบว่ามีค่าลดลงเหลือ 480 และ 134 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 5 และ 6 ตามลำดับ เนื่องจากเหตุผลเดียวกับในช่วงเดือนที่ 2 ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว และค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 574 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

จากผลการตรวจวัดช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่ได้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 87 - 417 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 239 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดังตารางที่ 5.10 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 3 เดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20 , 149 และ 240 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.13 และมีค่าลดลงเหลือ 192 , 184 และ 161 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 4 ถึง เดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ เนื่องจากช่วง 3 เดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันบางส่วนถูกชะล้างออกไป จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันในช่วง 3 เดือนนี้ มีค่าลดลง และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น

343 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

จากผลการตรวจวัดช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนโพลีเมอร์ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่ได้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 116 - 1064 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 488 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดังตารางที่ 5.10 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนโพลีเมอร์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 3 เดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 49 , 121 และ 258 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.13 และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1010 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี เนื่องมาจากหลังสิ้นสุดการทดลองช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีการปรับปรุงผิวถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับส่วนโพลีเมอร์เพราะมีสภาพทรุดโทรม มีหลุมบ่อขนาดใหญ่ จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย และในช่วงเดือนนี้มีฝนตกหนักมาก จนทำให้ถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับส่วนโพลีเมอร์มีสภาพเป็นดินโคลน จึงอาจส่งผลให้มีดินโคลนติดล้อรถจากถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบเข้ามาเปื้อนบนผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์ และเมื่อแห้งตัวจึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในเดือนนี้ของส่วนโพลีเมอร์มีปริมาณมากกว่าปกติ และพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนโพลีเมอร์ มีค่าลดลงเหลือ 555 และ 215 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี เนื่องมาจากในช่วง 2 เดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์บางส่วนถูกชะล้างออกไป จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนโพลีเมอร์ในช่วง 2 เดือนนี้ มีค่าลดลง และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 826 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

จากผลการตรวจวัดช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนโพลีเมอร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 558 , 184 และ 433 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ได้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม มีค่ามากกว่าในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนโพลีเมอร์ 3.03 และ 1.29 เท่า ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.11 เนื่องจากทั้ง 2 ส่วนมีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์

5.2.2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10

จากการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม PM-10 ที่จุดเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมีในส่วนควบคุม ส่วนที่จะฉีดน้ำ และส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมี โดยตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน ระหว่างการทดลองการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน และ 5 ครั้งต่อวัน ในส่วนควบคุมและส่วนน้ำ โดยตรวจวัดติดต่อกันการทดลองละ 7 วัน และหลังการฉีดพ่นสารเคมีในส่วนควบคุม ส่วนแอสฟัลต์อีมีลชัน และส่วนโพลีเมอร์ โดยตรวจวัดติดต่อกัน 7 วัน เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน ผลการตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 5.12 ถึง 5.19

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ช่วงก่อนการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมี

จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนควบคุมความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 13 - 108 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 63 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 232 - 378 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 316 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนที่จะฉีดน้ำความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 46 - 158 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 98 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 195 - 339 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 262 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมีความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 38 - 212 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 230 - 358 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 301 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมในส่วนที่จะฉีดน้ำและในส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมีมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 98 และ 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.12 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในส่วนควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 63 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องมาจากพื้นที่บริเวณเหนือลมในส่วนที่จะฉีดน้ำและในส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมี มีลักษณะเป็นที่โล่งแจ้งกว่าในส่วนควบคุมที่มีต้นไม้ใหญ่ขึ้นอยู่บ้าง และพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนที่จะฉีดน้ำ มีค่าใกล้เคียงกับส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมี คือ 164 และ 181 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.13 ซึ่งมี

ตารางที่ 5.12 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนที่จะฉีดน้ำ		ส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมี	
	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ
15/3/42	53	242	49	197	212	246
16/3/42	53	232	46	195	38	230
17/3/42	54	363	114	246	129	291
18/3/42	13	360	129	314	96	301
19/3/42	54	306	46	243	54	327
20/3/42	104	378	142	339	158	357
21/3/42	108	329	158	302	154	358
เฉลี่ย	63	316	98	262	120	301

ตารางที่ 5.13 ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนที่จะฉีดน้ำ	ส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมี
15/3/42	189	148	34
16/3/42	179	149	192
17/3/42	309	132	162
18/3/42	347	185	205
19/3/42	252	197	273
20/3/42	274	197	199
21/3/42	221	144	204
เฉลี่ย	253	164	181



ตารางที่ 5.14 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน	
	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ
21/4/42	100	129	50	111
23/4/42*	83	90	42	71
24/4/42*	92	100	92	110
25/4/42	33	251	83	168
26/4/42	102	230	98	181
27/4/42*	100	102	117	100
4/5/42	138	268	88	145
เฉลี่ย	93	167	81	127

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ 5.15 ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม	
	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน
21/4/42	29	61
23/4/42*	7	29
24/4/42*	8	18
25/4/42	218	85
26/4/42	128	83
27/4/42*	2	0
4/5/42	130	57
เฉลี่ย	74	48

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ 5.16 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 5 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนฉีดน้ำ 5 ครั้ง/วัน	
	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ
22/3/42	125	315	188	203
23/3/42	21	185	46	99
24/3/42*	92	57	46	71
25/3/42*	33	75	108	92
26/3/42	113	157	75	102
27/3/42	13	171	46	75
28/3/42	29	138	42	42
เฉลี่ย	61	157	79	98

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ 5.17 ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 5 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม	
	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 5 ครั้ง/วัน
22/3/42	190	15
23/3/42	164	53
24/3/42*	0	25
25/3/42*	42	0
26/3/42	44	27
27/3/42	158	29
28/3/42	109	0
เฉลี่ย	101	21

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ 5.18 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มก./ม.³

เดือนที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่าง					
	ส่วนควบคุม		ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ	เหนือลม	เฉลี่ยใต้ลม 3 ระดับ
1	41	190	82	68	59	60
2	85	117	84	96	84	100
3	59	167	60	71	42	82
4	60	268	58	76	52	153
5	48	108	62	71	56	100
6	75	79	75	65	66	86
7*	-	-	-	-	-	-
8	44	116	42	77	35	80
เฉลี่ย	59	149	66	75	56	94

หมายเหตุ * ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ 5.19 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
1	149	0	1
2	32	12	16
3	108	11	40
4	208	18	101
5	60	9	44
6	4	0	20
7*	-	-	-
8	72	35	45
เฉลี่ย	90	12	38

หมายเหตุ * ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลอง

ค่าน้อยกว่าในส่วนควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 253 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากในส่วนที่จะฉีดน้ำและส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมีเป็นส่วนปลายของถนน ดังนั้นยานยนต์ที่วิ่งผ่านถนนทั้ง 2 ส่วนนี้อาจมีค่าความเร็วน้อยกว่าในส่วนควบคุมซึ่งเป็นช่วงกลางของถนนอยู่บ้าง จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ใน 2 ส่วนนี้มีค่าน้อยกว่าในส่วนควบคุม

2. การควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนควบคุมความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 33 - 138 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 93 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 90 - 268 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 167 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนน้ำความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 42 - 117 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 81 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 71 - 181 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 127 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมในส่วนควบคุมและส่วนน้ำ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 93 และ 81 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.14 และพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมและส่วนน้ำ มีค่าเท่ากับ 74 และ 48 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.15 โดยค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม มีค่ามากกว่าในส่วนน้ำ 1.61 เท่า เนื่องจากในส่วนน้ำมีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

3. การควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน

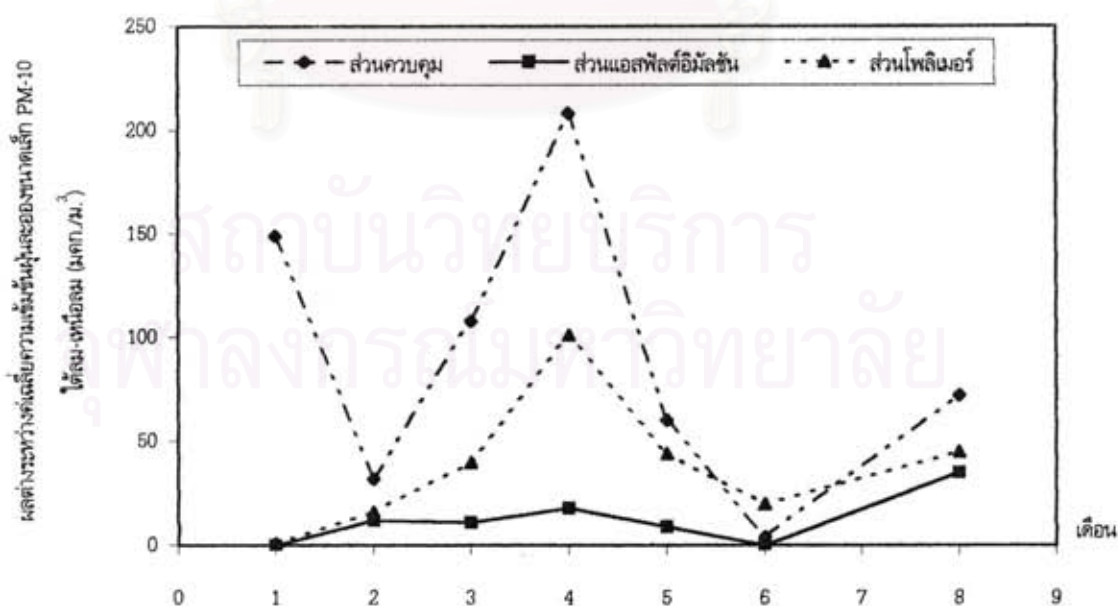
จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนควบคุมความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 13 - 125 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 61 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 57 - 315 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 157 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าในส่วนน้ำความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 42 - 188 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 79 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 71 - 203 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 98 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

จากผลการตรวจวัดพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมในส่วนควบคุมและส่วนน้ำ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 61 และ 79 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.16 และพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมและส่วนน้ำ มีค่าเท่ากับ 101 และ 21 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.17 โดยค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม มีค่ามากกว่าในส่วนน้ำ 4.81 เท่า เนื่องมาจากในส่วนน้ำมีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน

4. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมี

จากผลการตรวจวัดช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนควบคุมค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 41 - 85 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 59 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 79 - 268 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 149 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดังตารางที่ 5.18 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมช่วงเดือนแรก มีค่าเท่ากับ 149 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าลดลงเหลือเพียง 32 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ดังรูปที่ 5.14 เนื่องมาจากช่วงเดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนควบคุมบางส่วนถูกชะล้างออกไป และฝนที่



รูปที่ 5.14 ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม หลังการฉีดพ่นสารเคมี

ตกลงมาระหว่างที่ทำการทดลองจึงเสมือนกับว่ามีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม ช่วงเดือนที่ 2 นี้ มีค่าต่ำกว่าปกติ และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 108 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 3 ส่วนในช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 208 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากหลังสิ้นสุดการทดลองช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีความจำเป็นต้องปรับปรุงผิวถนนในส่วนควบคุมเพราะมีสภาพทรุดโทรม มีหลุมบ่อขนาดใหญ่ ทำให้ยานยนต์ไม่สามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วปกติเช่นเดียวกับช่วงเดือนก่อนๆ จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนควบคุมมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้นค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมช่วงเดือนที่ 4 นี้ จึงมีค่าสูงกว่าปกติ และพบว่า มีค่าลดลงเหลือ 60 และ 4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 5 และ 6 ตามลำดับ เนื่องจากเหตุผลเดียวกับในช่วงเดือนที่ 2 ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว และมีค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุมเพิ่มขึ้นเป็น 72 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

จากผลการตรวจวัดช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนแอสฟัลต์ อิมัลชันค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 42 - 84 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 66 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 71 - 96 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดังตารางที่ 5.18 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนแอสฟัลต์ อิมัลชัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 4 เดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0 , 12 , 11 และ 18 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.14 และมีค่าลดลงเหลือ 9 และ 0 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี เนื่องจากช่วง 2 เดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันบางส่วนถูกชะล้างออกไป จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันในช่วง 2 เดือนนี้มีค่าลดลง และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

จากผลการตรวจวัดช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนโพลีเมอร์ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมมีค่าอยู่ในช่วง 35 - 84 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 56 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ใต้ลมมีค่าอยู่ในช่วง 60 - 153 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (เฉลี่ย 94 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดังตารางที่ 5.18 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่าง

ระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนโพลีเมอร์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 3 เดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 , 16 และ 40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.14 และมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 101 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี เนื่องจากหลังจากสิ้นสุดการทดลองช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีการปรับปรุงผิวถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับส่วนโพลีเมอร์เพราะมีสภาพทรุดโทรม มีหลุมบ่อขนาดใหญ่ จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย และในช่วงเดือนนี้มีฝนตกหนักมาก จนทำให้ถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับส่วนโพลีเมอร์มีสภาพเป็นดินโคลน จึงอาจส่งผลให้มีดินโคลนติดล้อรถจากถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบเข้ามาเประอบบ่อนบนผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์ และเมื่อแห้งตัวจึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในเดือนนี้ของส่วนโพลีเมอร์มีปริมาณมากกว่าปกติ และพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนโพลีเมอร์ มีค่าลดลงเหลือ 44 และ 20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี เนื่องจากในช่วง 2 เดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์บางส่วนถูกชะล้างออกไป จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนโพลีเมอร์ช่วง 2 เดือนนี้ มีค่าลดลง และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 45 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

จากผลการตรวจวัดช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เหนือลมในส่วนควบคุม ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนโพลีเมอร์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 59 , 66 และ 56 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนโพลีเมอร์ มีค่าเท่ากับ 90 , 12 และ 38 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.19 โดยค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใต้ลม-เหนือลม ในส่วนควบคุม มีค่ามากกว่าในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนโพลีเมอร์ 7.50 และ 2.37 เท่า ตามลำดับ เนื่องจากทั้ง 2 ส่วนมีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์

5.2.3 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10

จากผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในหัวข้อ 5.2.4 สามารถแปลงให้อยู่ในรูปอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในหน่วย (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

ตามสมการที่ 4.2 และ 4.3 โดยตัวอย่างการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ฉ. ผลการคำนวณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี ระหว่างการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน และ 5 ครั้งต่อวัน และช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี แสดงดังตารางที่ 5.20 ถึง 5.23

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ช่วงก่อนการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมี

จากการทดลองพบว่าในส่วนควบคุมอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 271 - 488 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 383 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

จากการทดลองพบว่าในส่วนที่จะฉีดน้ำอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 170 - 340 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 248 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

จากการทดลองพบว่าในส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมีอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 144 - 443 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 280 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

จากการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนที่จะฉีดน้ำและส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมี มีค่าใกล้เคียงกันคือ 248 และ 280 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.20 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าในส่วนควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 เท่ากับ 383 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน เนื่องจากในส่วนที่จะฉีดน้ำและส่วนที่จะฉีดพ่นสารเคมีเป็นส่วนปลายของถนน ดังนั้นยานยนต์ที่วิ่งผ่านถนนทั้ง 2 ส่วนนี้อาจมีความเร็วต่ำกว่าในส่วนควบคุมซึ่งเป็นช่วงกลางของถนนอยู่บ้าง จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่เกิดจากถนนใน 2 ส่วนนี้มีค่าน้อยกว่าในส่วนควบคุม

2. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

จากการทดลองพบว่าในส่วนควบคุมอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 9 - 197 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 81 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

จากการทดลองพบว่าในส่วนน้ำอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 2 - 84 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 51 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

จากการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุมและในส่วนน้ำ มีค่าเท่ากับ 81 และ 51 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.21 โดยค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุม มีค่ามากกว่าในส่วนน้ำ 1.59 เท่า เนื่องจากในส่วนน้ำมีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

ตารางที่ 5.20 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนที่จะฉีดน้ำ	ส่วนที่จะฉีดสารเคมี
15/3/42	358	274	144
16/3/42	413	340	443
17/3/42	467	192	241
18/3/42	488	257	291
19/3/42	359	277	378
20/3/42	325	223	222
21/3/42	271	170	239
เฉลี่ย	383	248	280

ตารางที่ 5.21 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)	
	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน
21/4/42	31	35
23/4/42*	36	84
24/4/42*	9	23
25/4/42	197	73
26/4/42	94	60
27/4/42*	13	2
4/5/42	188	79
เฉลี่ย	81	51

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ 5.22 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 5 ครั้ง/วัน

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)	
	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 5 ครั้ง/วัน
22/3/42	261	40
23/3/42	247	84
24/3/42*	0	55
25/3/42*	107	15
26/3/42	74	49
27/3/42	184	36
28/3/42	171	5
เฉลี่ย	149	41

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ 5.23 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี

เดือนที่	ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
1	159	11	20
2	52	24	37
3	158	21	55
4	429	35	196
5	90	21	66
6	6	4	13
7*	-	-	-
8	66	49	57
เฉลี่ย	137	24	63

หมายเหตุ * ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลอง

3. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน

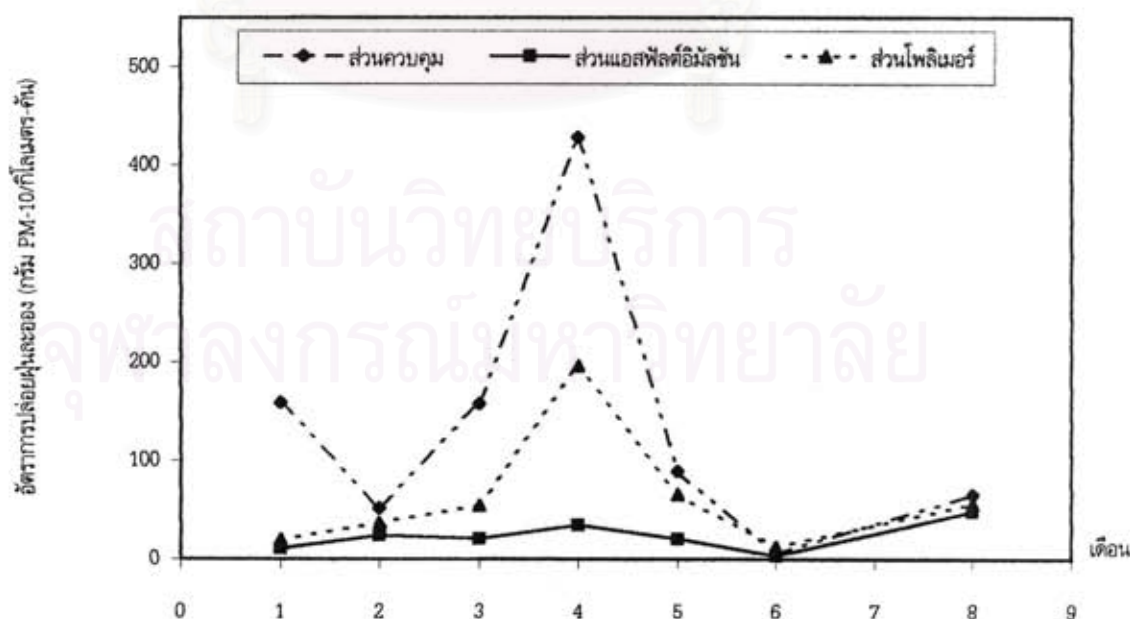
จากการทดลองพบว่าในส่วนควบคุมอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 261 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 149 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

จากการทดลองพบว่าในส่วนน้ำอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 5 - 84 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 41 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

จากการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุมและในส่วนน้ำ มีค่าเท่ากับ 149 และ 41 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.22 โดยค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุม มีค่ามากกว่าในส่วนน้ำ 3.63 เท่า เนื่องมาจากในส่วนน้ำมีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน

4. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารเคมี

จากการทดลองช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนควบคุมค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 6 - 429 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 137 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุม ช่วงเดือนแรกมีค่าเท่ากับ 159 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน และมีค่าลดลงเหลือเพียง 52 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ดังรูปที่ 5.15 เนื่องมาจากช่วงเดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนควบคุมบาง



รูปที่ 5.15 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

ส่วนถูกชะล้างออกไป และฝนที่ตกลงมาระหว่างที่ทำการทดลองจึงเสมือนกับว่ามีการควบคุมฝุ่นละออง โดยวิธีการฉีดน้ำ จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุมช่วง เดือนที่ 2 นี้ มีค่าต่ำกว่าปกติ และพบว่ามีความเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 158 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วง เดือนที่ 3 ส่วนในช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีความเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 429 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องมาจากหลังสิ้นสุดการทดลองช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีความจำเป็นต้องปรับปรุงผิวถนนในส่วนควบคุมเพราะมีสภาพทรุดโทรม มีหลุมบ่อขนาดใหญ่ ทำให้ ยานยนต์ไม่สามารถวิ่งได้ด้วยความเร็วปกติเช่นเดียวกับช่วงเดือนก่อนๆ จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิว ถนนในส่วนควบคุมมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้นค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุมช่วงเดือนที่ 4 นี้ จึงมีค่าสูงกว่าปกติ และพบว่ามีค่าลดลงเหลือ 90 และ 6 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 5 และ 6 ตามลำดับ เนื่องมาจากเหตุผลเดียวกับในช่วง เดือนที่ 2 ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว และมีค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วน ควบคุมเพิ่มขึ้นเป็น 66 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือน ที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

จากการทดลองช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันค่า เฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 4 - 49 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 24 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 4 เดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11 , 24 , 21 และ 35 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.15 และมีค่าลดลงเหลือ 21 และ 4 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี เนื่องมา จากช่วง 2 เดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนแอสฟัลต์ อิมัลชันบางส่วนถูกชะล้างออกไป จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ใน ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันในช่วง 2 เดือนนี้ มีค่าลดลง และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 49 กรัม PM-10/ กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอ ให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

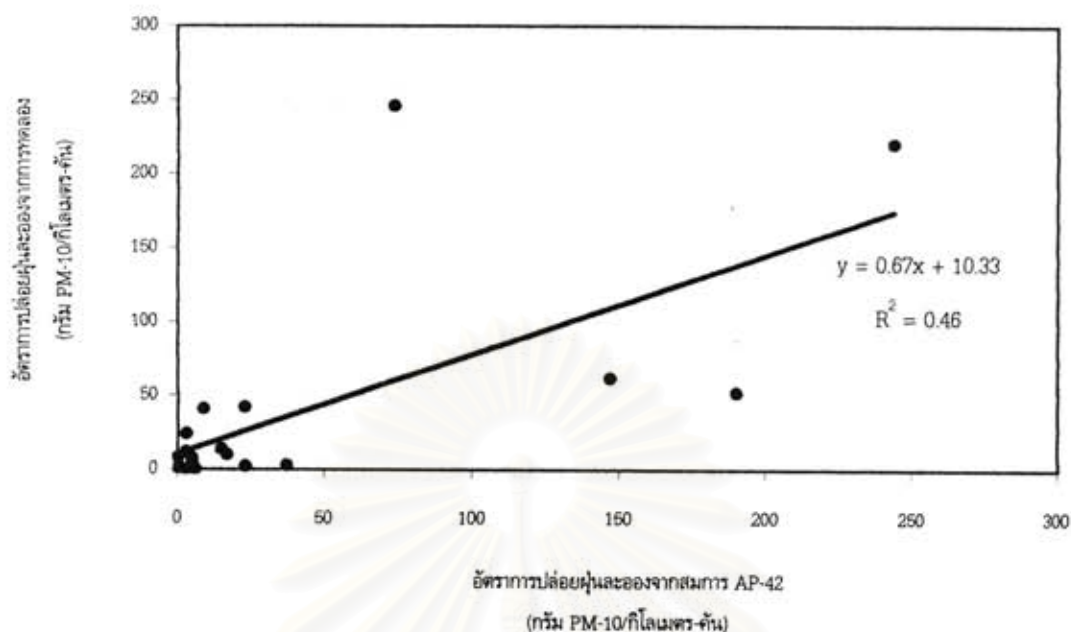
จากการทดลองช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าในส่วนโพลีเมอร์ค่าเฉลี่ย อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าอยู่ในช่วง 13 - 196 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน (เฉลี่ย 63 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนโพลีเมอร์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 3 เดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20 , 37 และ 55 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.15 และมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 196 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี เนื่องมาจากหลังสิ้นสุดการ

ทดลองช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีการปรับปรุงผิวถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับส่วนโพลีเมอร์เพราะมีสภาพทรุดโทรม มีหลุมบ่อขนาดใหญ่ จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนนอกพื้นที่ทดสอบมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย และในช่วงเดือนนี้มีฝนตกหนักมาก จนทำให้ถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับส่วนโพลีเมอร์มีสภาพเป็นดินโคลน จึงอาจส่งผลให้มีดินโคลนติดล้อรถจากถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบเข้ามาเปื้อนบนผิวถนนในส่วน โพลีเมอร์ และเมื่อแห้งตัวจึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในเดือนนี้ของส่วนโพลีเมอร์มีปริมาณมากกว่าปกติ และพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าลดลงเหลือ 66 และ 13 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี เนื่องมาจากในช่วง 2 เดือนนี้มีฝนตกบ่อยและมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์บางส่วนถูกชะล้างออกไป จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนโพลีเมอร์ในช่วง 2 เดือนนี้มีค่าลดลง และพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 57 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี (ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากรอให้ผ่านช่วงหน้าฝนไปก่อน)

จากการทดลองช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุม ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนโพลีเมอร์ มีค่าเท่ากับ 137 , 24 และ 63 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 5.23 โดยค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุม มีค่ามากกว่าในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนโพลีเมอร์ 5.71 และ 2.17 เท่า ตามลำดับ เนื่องมาจากทั้ง 2 ส่วนมีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์

5.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ AP-42

ผลความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ AP-42 แสดงดังรูปที่ 5.16 โดยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากการทดลองคำนวณได้ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.2.3 และอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จาก AP-42 คำนวณได้จากสมการ 3.1 และ 3.2 ในหัวข้อ 3.6.2 ซึ่งตัวอย่างการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก จ.



รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากการทดลองเปรียบเทียบกับสมการ AP-42

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากการทดลองกับ AP-42 พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นสมการเชิงเส้นตรง คือ

$$y = 0.67x + 10.33$$

โดยที่ :

y = อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากการทดลอง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

x = อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากสมการ AP-42 (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

2. จากสมการเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ AP-42 พบว่ามีค่า $R^2 = 0.46$ ซึ่งแสดงได้ว่า

อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากทั้ง 2 วิธี มีค่าแตกต่างกันพอสมควร เนื่องจากสมการที่ใช้คำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของ AP-42 เป็นสมการที่สรุปมาจากการทดลองที่มีขอบเขตของตัวแปรที่ศึกษาในช่วงกว้าง เช่น สัดส่วนของปริมาณซิลท์บนผิวถนนมีค่าอยู่ในช่วง 4.3 - 20 % ปริมาณซิลท์บนผิวถนนมีค่าอยู่ในช่วง 0.02 - 400 กรัมต่อตารางเมตร หรือความเร็วเฉลี่ยของยานยนต์มีค่าอยู่ในช่วง 21 - 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นค่าความผิดพลาดของสมการจึงมีค่าสูงตามไปด้วย รวมถึงความแตกต่างกันของสภาพภูมิอากาศของสถานที่ทดลอง จึงทำให้ผลความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คำนวณได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับ AP-42 มีค่าไม่ใกล้เคียงกัน

5.2.5 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP

ผลประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP ของการควบคุมโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน การฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ แสดงดังตารางที่ 5.24 ถึง 5.25 โดยประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP คำนวณได้จากสมการที่ 5.1

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = \left[\frac{1 - \text{ผลต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP (ได้ลม-เหนือลม) ในส่วนที่ฉีดพ่นสารเคมี}}{\text{ผลต่างความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP (ได้ลม-เหนือลม) ในส่วนควบคุม}} \right] \cdot 100 \dots\dots\dots (\text{สมการที่ 5.1})$$

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก (เฉลี่ย 16 %) มีค่ามากกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง (เฉลี่ย 11 %) ดังตารางที่ 5.24 เนื่องจากในวันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลองปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนในส่วนควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเสมือนกับว่ามี การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำในส่วนควบคุมไปโดยปริยาย ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองรวม TSP ที่ตรวจวัดได้ในส่วนควบคุมมีค่าน้อยกว่าปกติ ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นการวิจารณ์ผลต่อจากนี้ไปจะใช้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกเท่านั้น

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP ของการควบคุมโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเพียง 16 % เนื่องมาจากการควบคุมฝุ่นละอองรวม TSP โดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน ไม่สามารถช่วยเพิ่มปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนให้มี

ตารางที่ 5.24 สรุปประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน

หลังการฉีดน้ำ	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดทุกวัน)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก)
2 ครั้ง/วัน	11	16

ตารางที่ 5.25 สรุปประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หลังการฉีดพ่นสารเคมี เดือนที่	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดทุกวัน)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดทุกวัน)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก)
1	95	96	87	91
2	41	71	44	59
3	40	47	39	46
4	69	88	25	21
5	29	65	0	0
6	9	*	0	*
7	-	-	-	-
8	32	31	0	0

หมายเหตุ

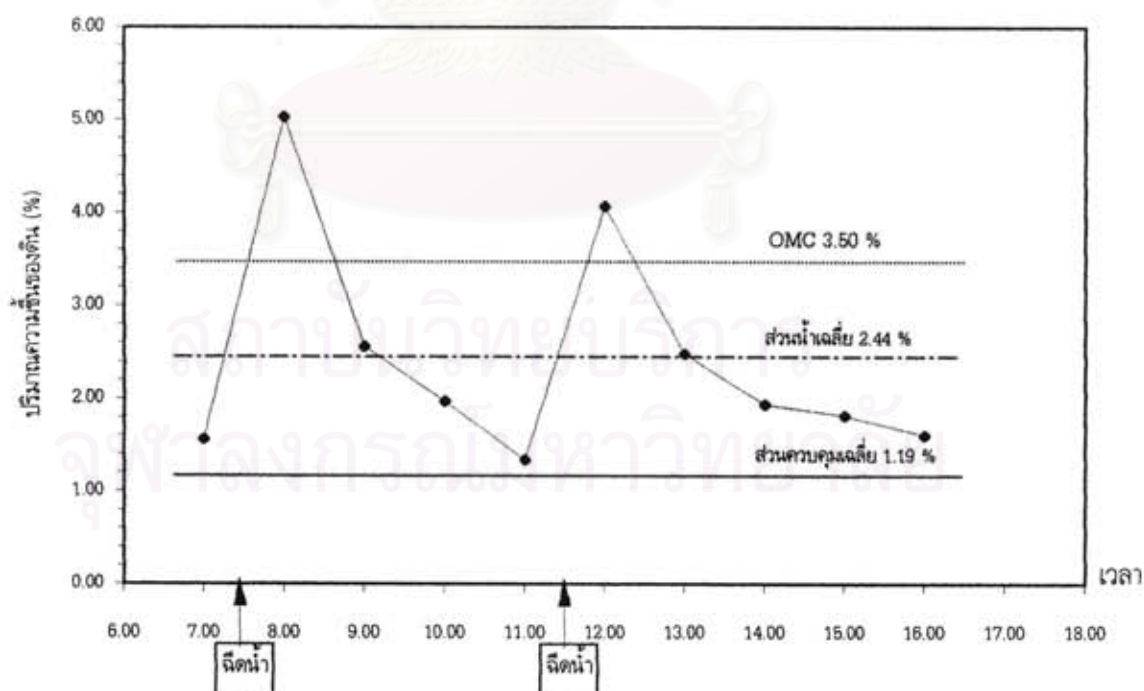
* มีฝนตกทุกวันที่ทำกรทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าสูงเพียงพอที่จะควบคุมฝุ่นละอองได้ตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด (จากการทดลองของ Cowherd et al. , 1988 พบว่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 3.50 %) โดยมีค่าปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนเฉลี่ย 2.44 % ตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนเฉลี่ยในส่วนควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.19 % เพียงเล็กน้อย ดังรูปที่ 5.17

2. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน

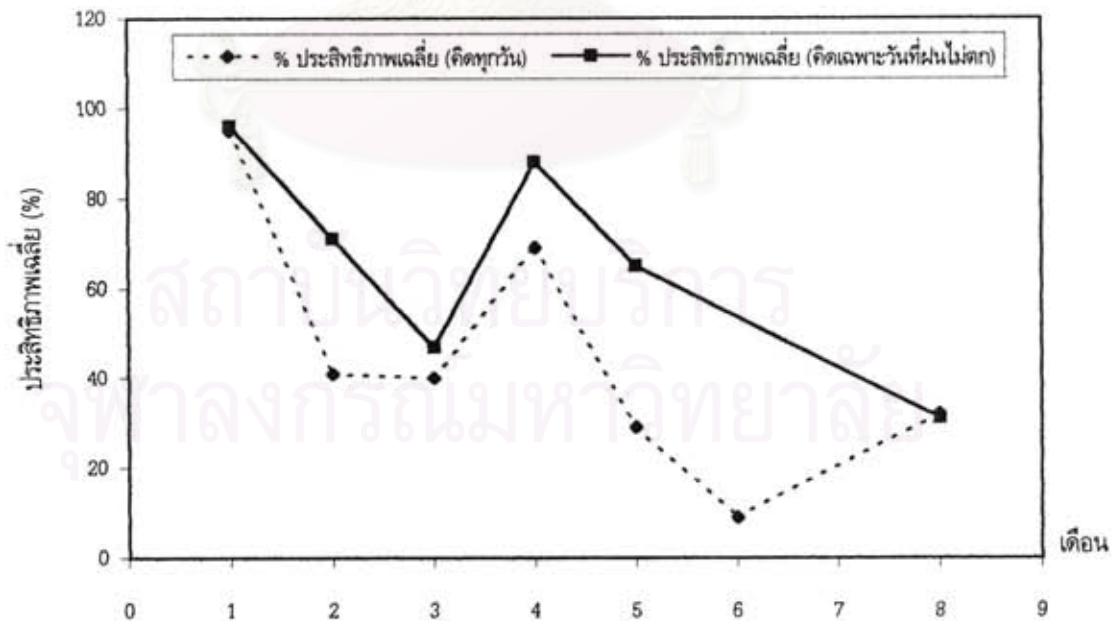
จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองรวม TSP ช่วง 6 เดือนหลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน ที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกมีค่ามากกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง ดังตารางที่ 5.25 เนื่องจากในวันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลองปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนในส่วนควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเสมือนกับว่ามีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำในส่วนควบคุมไปโดยปริยาย ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองรวม TSP ที่ตรวจวัดได้ในส่วนควบคุมมีค่าน้อยกว่าปกติ ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ยกเว้นในช่วงเดือนที่ 8 ที่ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก (เฉลี่ย 31 %) มีค่าใกล้เคียงกับที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง (เฉลี่ย 32 %) เนื่องจากในช่วงเดือนนี้มีฝนตกน้อยลงและมี



รูปที่ 5.17 ปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนหลังการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

ปริมาณน้ำฝนไม่มาก ทำให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในส่วนควบคุมและส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันไม่ถูกชะล้างออกไป จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกมีค่าใกล้เคียงกับที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง ส่วนการวิจารณ์ผลต่อจากนี้ไปจะใช้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกเท่านั้น

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองรวม TSP มีแนวโน้มลดลงในช่วง 3 เดือนแรก หลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 96 , 71 และ 47 % ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.18 และในเดือนที่ 4 ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นมาก คือ 88 % เนื่องจากหลังสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 3 ส่วนควบคุมที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีใดๆ มีสภาพเป็นหลุมบ่อมาก ต้องทำการปรับผิวถนนใหม่ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ ทำให้สภาพผิวถนนในส่วนควบคุมมีปริมาณฝุ่นบนผิวถนนเพิ่มขึ้นจากเดิม ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่เกิดจากถนน (ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นฝุ่นละออง ใต้ลม-เหนือลม) ในส่วนควบคุม ในช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีค่าเท่ากับ 505 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเพิ่มเป็น 1326 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในช่วงเดือนที่ 4 หรือมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 163 % จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในเดือนที่ 4 มีค่าเพิ่มขึ้นมากอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนในเดือนที่ 5 และเดือนที่ 8 ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 65 และ 31 % ตามลำดับ



รูปที่ 5.18 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน

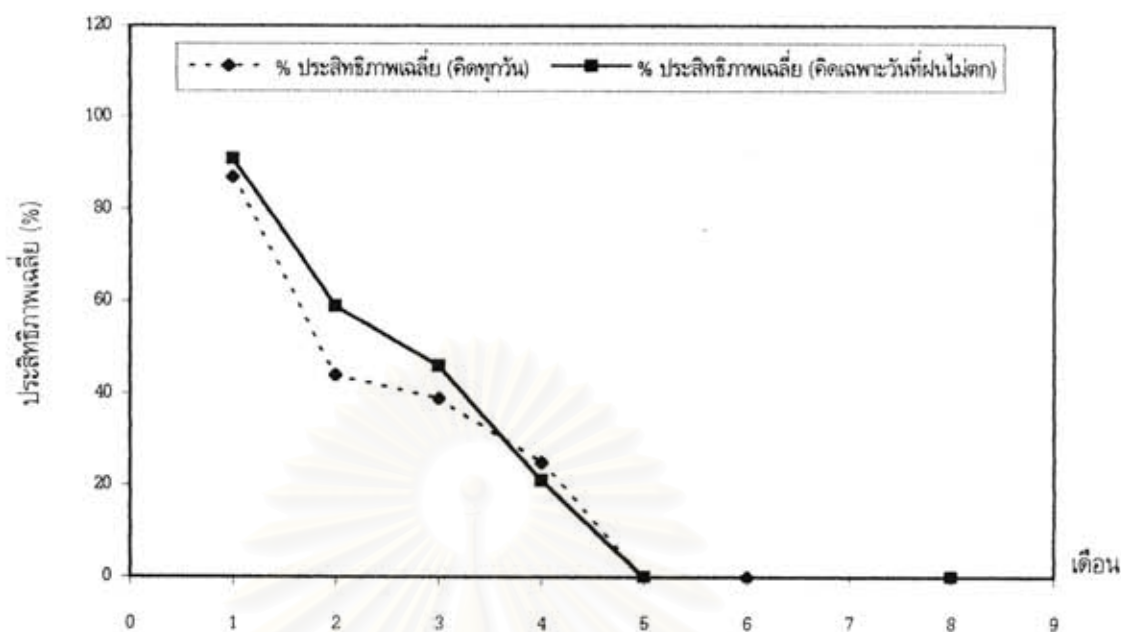
3. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองรวม TSP ช่วง 3 เดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ ที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกมีค่ามากกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง ดังตารางที่ 5.25 เนื่องมาจากในวันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลองปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนในส่วนควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเสมือนกับที่มีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำในส่วนควบคุมไปโดยปริยาย ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองรวม TSP ในส่วนควบคุมมีค่าน้อยกว่าปกติ ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ยกเว้นในช่วงเดือนที่ 4 ที่ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก (เฉลี่ย 21 %) มีค่าน้อยกว่าที่คิดทุกวันที่ทำการทดลอง (เฉลี่ย 25 %) เนื่องมาจากหลังสิ้นสุดการทดลองในช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีการปรับปรุงผิวถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับสวนโพลีเมอร์เพราะมีสภาพทรุดโทรม มีหลุมบ่อขนาดใหญ่ จึงส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นด้วย และในช่วงเดือนนี้มีฝนตกหนักมาก จนทำให้ถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับสวนโพลีเมอร์มีสภาพเป็นดินโคลน จึงอาจส่งผลให้มีดินโคลนติดล้อรถจากถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบเข้ามาเปื้อนบนผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์ และช่วงระหว่างที่ทำการทดลองไม่มีฝนตกลงมาอีก ดินจึงแห้งตัวส่งผลให้ปริมาณฝุ่นบนผิวถนนในเดือนนี้ของสวนโพลีเมอร์ในวันที่ฝนไม่ตกมีปริมาณมากกว่าปกติ ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองรวม TSP ที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกมีค่าน้อยกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง และในช่วงเดือนที่ 5 เดือนที่ 6 และเดือนที่ 8 พบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดจากทั้ง 2 วิธี มีค่าเท่ากับ 0 % ส่วนในการวิจารณ์ผลต่อจากนี้ไปจะใช้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกเท่านั้น

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองรวม TSP มีแนวโน้มลดลงในช่วง 4 เดือนแรก หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ โดยมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 91 , 59 , 46 และ 21 % ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.19 ส่วนในเดือนที่ 5 และเดือนที่ 8 ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0 %

5.2.6 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10

ผลประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของการควบคุมโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน และ 5 ครั้งต่อวัน การฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ แสดงดังตารางที่ 5.26 ถึง 5.27 โดยประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 คำนวณได้จากสมการที่ 5.2



รูปที่ 5.19 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = \left[1 - \frac{\text{อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนที่ฉีดพ่นสารเคมี}}{\text{อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุม}} \right] \cdot 100 \dots\dots\dots (\text{สมการที่ 5.2})$$

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก (เฉลี่ย 39 %) มีค่ามากกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง (เฉลี่ย 35 %) ดังตารางที่ 5.26 เนื่องจากในวันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลองปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนในส่วนควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเสมือนกับว่ามีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำในส่วนควบคุมไปโดยปริยาย ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่ตรวจวัดได้ในส่วนควบคุมมีค่าน้อยกว่าปกติ ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นการวิจารณ์ผลต่อจากนี้ไปจะใช้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกเท่านั้น

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของการควบคุมโดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเพียง 39 % เนื่องมาจากการควบคุม

ตารางที่ 5.26 สรุปประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน และ 5 ครั้ง/วัน

หลังการฉีดน้ำ	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดทุกวัน)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก)
2 ครั้ง/วัน	35	39
5 ครั้ง/วัน	64	72

ตารางที่ 5.27 สรุปประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หลังการฉีดพ่นสารเคมี เดือนที่	ส่วนแอสฟัลต์ซีเมนต์		ส่วนโพลีเมอร์	
	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดทุกวัน)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดทุกวัน)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย , % (คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก)
1	93	94	78	97
2	46	67	37	39
3	73	75	49	57
4	60	84	34	47
5	61	77	37	19
6	69	*	0	*
7	-	-	-	-
8	31	40	25	33

หมายเหตุ

* มีฝนตกทุกวันที่ทำให้การทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 โดยวิธีการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน ไม่สามารถช่วยเพิ่มปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนให้มีค่าสูงเพียงพอที่จะควบคุมฝุ่นละอองได้ตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด (ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 3.50 %) โดยมีค่าปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนเฉลี่ย 2.44 % ตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนเฉลี่ยในส่วนควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.19 % เพียงเล็กน้อย ดังรูปที่ 5.17 ในหัวข้อที่ 5.2.5

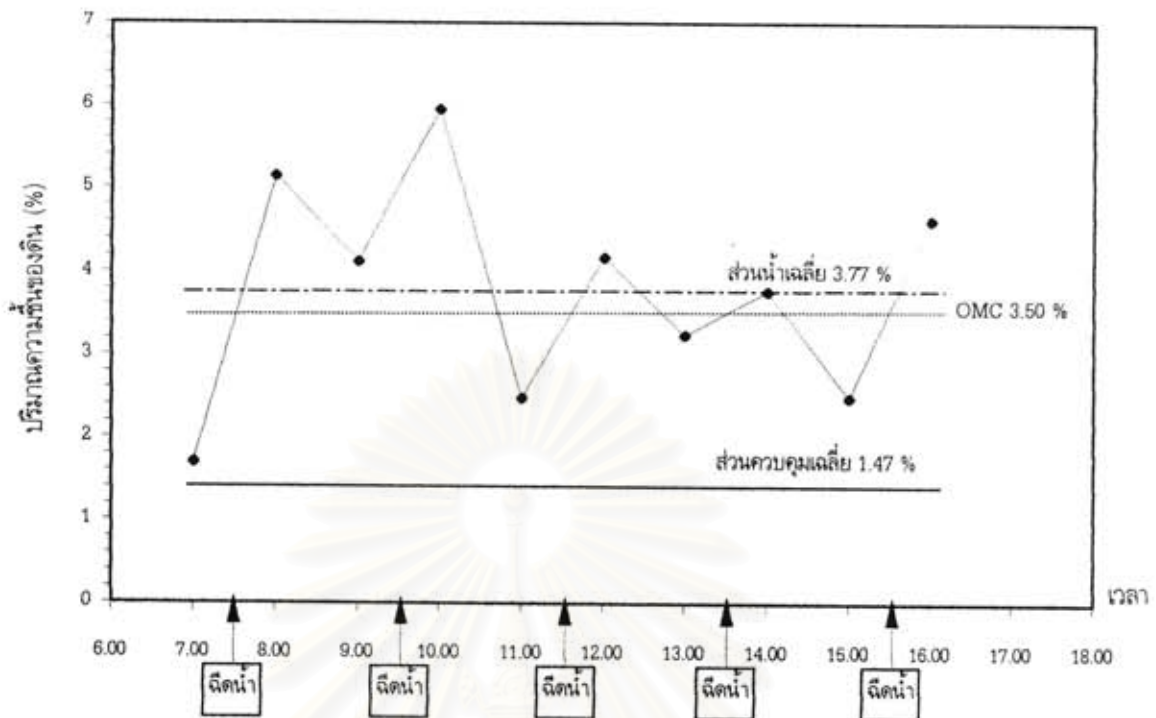
2. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก (เฉลี่ย 72 %) มีค่ามากกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง (เฉลี่ย 64 %) ดังตารางที่ 5.26 เนื่องมาจากในวันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลองปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนในส่วนควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเสมือนกับว่ามีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำในส่วนควบคุมไปโดยปริยาย ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่ตรวจวัดได้ในส่วนควบคุมมีค่าน้อยกว่าปกติ ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นการวิจารณ์ผลต่อจากนี้ไปจะใช้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกเท่านั้น

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของการควบคุมโดยวิธีการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยถึง 72 % เนื่องมาจากการควบคุมฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 โดยวิธีการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน สามารถช่วยเพิ่มปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนให้มีค่าสูงเพียงพอที่จะควบคุมฝุ่นละอองได้ตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด (ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 3.50 %) โดยมีค่าปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนเฉลี่ย 3.77 % ตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนเฉลี่ยในส่วนควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.47 % พอสมควร ดังรูปที่ 5.20

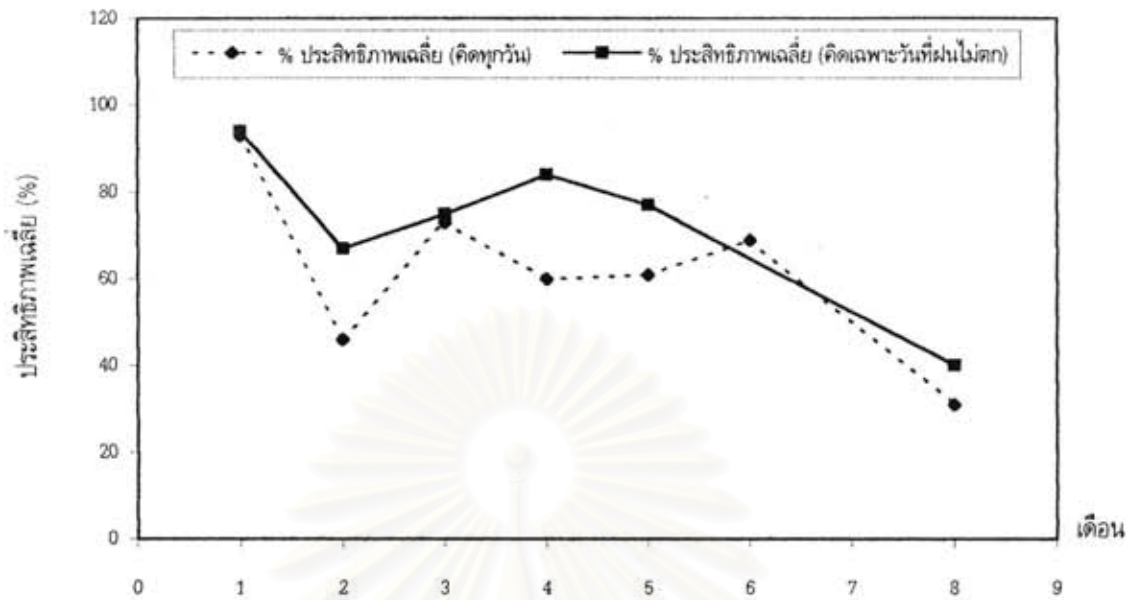
3. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน ที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกมีค่ามากกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง ดังตารางที่ 5.27 เนื่องมาจากในวันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลองปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนในส่วนควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเสมือนกับว่ามีการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำในส่วนควบคุมไปโดยปริยาย ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่ตรวจวัดได้ในส่วนควบคุมมีค่าน้อยกว่าปกติ ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นการวิจารณ์ผลต่อจากนี้ไปจะใช้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกเท่านั้น



รูปที่ 5.20 ปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนหลังการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในช่วงเดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อีมีลชัน มีค่าเท่ากับ 94 % และในช่วงเดือนที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 67 % ดังรูปที่ 5.21 เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกระหว่างที่ทำการทดลองในเดือนนี้มีปริมาณสูง ทำให้มีการชะล้างปริมาณฝุ่นที่อยู่บนผิวถนนในส่วนควบคุมออกไปมาก ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุม ช่วงเดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อีมีลชัน มีค่าเท่ากับ 159 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน และ มีค่าลดลงเหลือเพียง 52 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 2 หรือมีค่าลดลงไปถึง 67 % จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในช่วงเดือนที่ 2 ลดลงไปอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 75 % และในช่วงเดือนที่ 4 ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยมีค่าเพิ่มมากขึ้นเป็น 84 % เนื่องจากหลังสิ้นสุดการทดลองในช่วงเดือนที่ 3 ส่วนควบคุมที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเคมีใดๆ มีสภาพเป็นหลุมบ่อมาก ต้องทำการปรับผิวถนนใหม่ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ ทำให้สภาพผิวถนนในส่วนควบคุมมีปริมาณฝุ่นบนผิวถนนเพิ่มขึ้นจากเดิม ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุมช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีค่าเท่ากับ 158 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 429 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 4 หรือมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 172 % จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย



รูปที่ 5.21 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อีมีลชัน

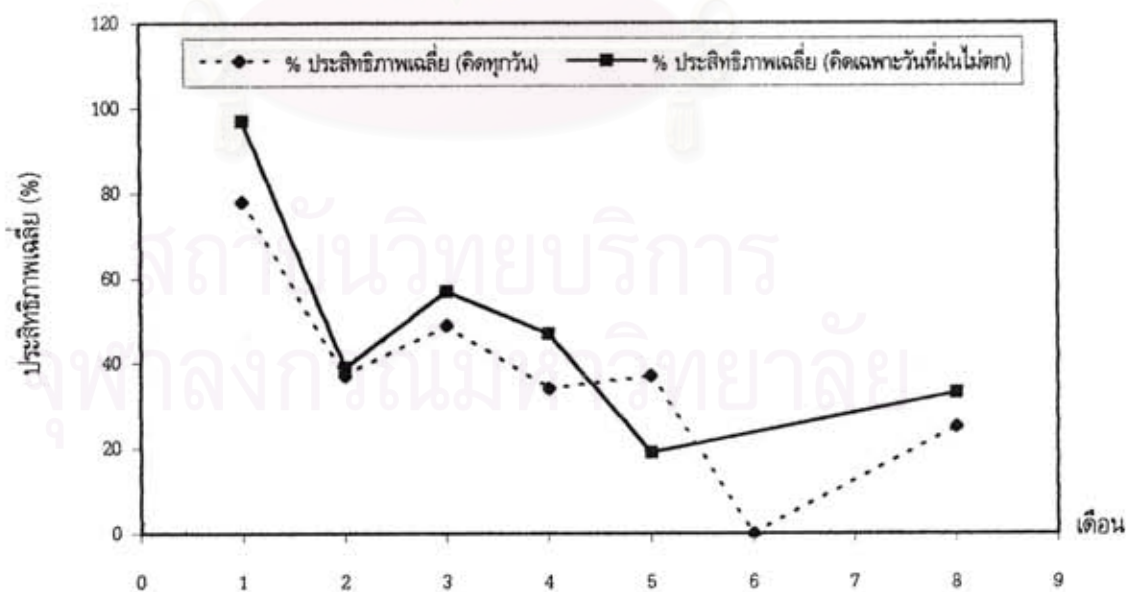
ในช่วงเดือนที่ 4 มีค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก ส่วนในช่วงเดือนที่ 5 และเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อีมีลชัน ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีค่าเท่ากับ 77 และ 40 % ตามลำดับ

4. การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ ที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกมีค่ามากกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง ดังตารางที่ 5.27 เนื่องจากในวันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลองปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนในส่วนควบคุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเสมือนกับการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำในส่วนควบคุมไปโดยปริยาย ทำให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่ตรวจวัดได้ในส่วนควบคุมมีค่าน้อยกว่าปกติ ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง ยกเว้นในช่วงเดือนที่ 5 ซึ่งค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก (เฉลี่ย 19 %) มีค่าน้อยกว่าที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลอง (เฉลี่ย 37 %) เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกระหว่างที่ทำการทดลองในเดือนนี้มีปริมาณสูง ทำให้มีการชะล้างปริมาณฝุ่นที่อยู่บนผิวถนนในส่วนควบคุมและส่วนโพลีเมอร์ออกไปมาก ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10

ในวันที่ฝนตกระหว่างทำการทดลองในส่วนโพลีเมอร์ มีค่าเท่ากับ 0 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ถึง 2 วัน ดังตารางที่ ง.15 ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่คิดจากทุกวันที่ทำการทดลองมีค่าสูงกว่าที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตก ส่วนในการวิจารณ์ผลต่อจากนี้ไปจะใช้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่คิดเฉพาะวันที่ฝนไม่ตกเท่านั้น

จากการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในช่วงเดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าเท่ากับ 97 % และในช่วงเดือนที่ 2 มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 39 % ดังรูปที่ 5.22 เนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกระหว่างที่ทำการทดลองในเดือนนี้มีปริมาณสูง ทำให้มีการชะล้างปริมาณฝุ่นที่อยู่บนผิวถนนในส่วนควบคุมออกไปมาก ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุมช่วงเดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าเท่ากับ 159 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน และมีค่าลดลงเหลือเพียง 52 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 2 หรือมีค่าลดลงไปถึง 67 % จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในช่วงเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าลดลงไปอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 และเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 57 , 47 % ตามลำดับ และในช่วงเดือนที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยมีค่าลดลงเหลือเพียง 19 % เนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกระหว่างที่ทำการทดลองในเดือนนี้มีปริมาณ



รูปที่ 5.22 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์

สูง ทำให้มีการชะล้างปริมาณฝุ่นที่อยู่บนผิวถนนในส่วนควบคุมออกไปมาก ซึ่งจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในส่วนควบคุมช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าเท่ากับ 429 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน และมีค่าลดลงเหลือเพียง 90 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ในช่วงเดือนที่ 5 หรือมีค่าลดลงไปถึง 79 % จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในช่วงเดือนที่ 5 หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าลดลงไปอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 33 %

5.2.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองทั้ง 3 วิธี

เนื่องจากวิธีการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 สามารถตรวจวัดการแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศได้ครอบคลุมกว่าวิธีการตรวจวัดฝุ่นละอองรวม TSP เพราะความสูงของการตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศในทิศใต้ลม ของวิธีการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 มีอยู่ 3 ระดับความสูงจากพื้นดินที่ 1.25 , 2.50 และ 5.0 เมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.11 ถึง 4.13 ส่วนการตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศในทิศใต้ลมของวิธีการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP มีเพียงที่ระดับความสูงเดียว คือ 2.0 เมตรจากพื้นดิน ดังนั้นค่าความถูกต้องของการนำผลข้อมูลที่ตรวจวัดได้ของทั้ง 2 วิธี มาใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละออง วิธีการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จึงมีค่าความถูกต้องมากกว่า รวมทั้งฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน นี้ เป็นขนาดที่สามารถผ่านช่องจมูกและคอเข้าสู่ภายในร่างกายของผู้สูดดม ซึ่งจะส่งผลให้เกิดโรครทางเดินหายใจขึ้นได้ (International Labour Office , 1965) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองทั้ง 3 วิธี ต่อจากนี้ไปจึงใช้เฉพาะผลประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน และ 5 ครั้งต่อวัน

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อวัน และ 5 ครั้งต่อวัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 39 และ 72 % ตามลำดับ โดยพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน เนื่องมาจากการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร

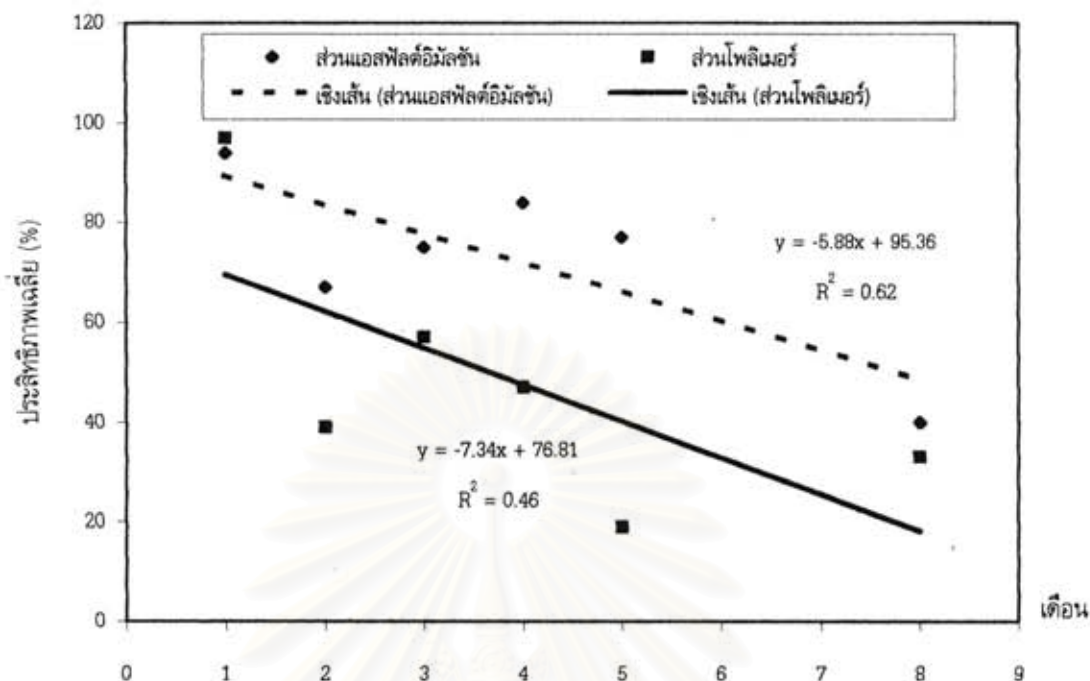
ต่อตารางเมตร จำนวน 5 ครั้งต่อวัน สามารถช่วยเพิ่มปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนให้มีค่าเฉลี่ย 3.77 % ดังรูปที่ 5.20 ซึ่งเป็นค่าปริมาณความชื้นที่เพียงพอสำหรับการควบคุมฝุ่นละอองได้ตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด (ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม 3.50 %) ส่วนการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อวัน ช่วยเพิ่มปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนให้มีค่าเฉลี่ยเพียง 2.44 % ตลอดช่วงเวลาที่ตรวจวัด ดังรูปที่ 5.17 ในหัวข้อที่ 5.2.6 จึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน มีค่ามากกว่าวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูง จำเป็นต้องมีการฉีดน้ำจำนวนหลายๆ ครั้งต่อวัน และต้องมีการฉีดน้ำในทุกๆ วัน เนื่องจากการควบคุมแบบวันต่อวัน จึงอาจไม่สะดวกในการนำไปใช้ปฏิบัติงานจริงสำหรับในบางกรณี

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 94 , 75 และ 40 % ในช่วงเดือนที่ 1 , เดือนที่ 3 และเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ โดยค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเหลือ 0 % ในช่วงเดือนที่ 16 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งทำนายได้จากสมการเชิงเส้นตรง $y = -5.88x + 95.36$ โดยมีค่า $R^2 = 0.62$ ดังรูปที่ 5.23

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 97 , 57 และ 33 % ในช่วงเดือนที่ 1 , เดือนที่ 3 และเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ โดยค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเหลือ 0 % ในช่วงเดือนที่ 10 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ซึ่งทำนายได้จากสมการเชิงเส้นตรง $y = -7.34x + 76.81$ โดยมีค่า $R^2 = 0.46$ ดังรูปที่ 5.23

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์ ในช่วงเดือนที่ 1 หลังการฉีดพ่นสารเคมี มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในส่วนโพลีเมอร์สูงกว่าส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยมีค่าเท่ากับ 97 และ 94 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ คือ มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 75 และ 57 % ตามลำดับ ส่วนค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนโพลีเมอร์ มีค่าเท่ากับ



รูปที่ 5.23 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

40 และ 33 % ตามลำดับ โดยพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ลดลงจากช่วงเดือนแรกประมาณ 57 % สำหรับวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และ 66 % สำหรับวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ และพบว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และสารโพลีเมอร์มีแนวโน้มลดลงเหลือ 0 % ในช่วงเดือนที่ 16 และเดือนที่ 10 ตามลำดับ จึงสามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ โดยพบว่าค่าประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ของวิธีการควบคุมฝุ่นละอองโดยการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์ ยังคงมีค่าประสิทธิภาพมากกว่า 50 % ในช่วงเดือนที่ 8 และเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ และพบว่าวิธีการควบคุมฝุ่นละอองทั้ง 2 วิธีนี้ สามารถช่วยรักษาผิวถนนในส่วนที่ฉีดพ่นสารเคมีทั้ง 2 ชนิด ไม่ให้เกิดสภาพทรุดโทรมเป็นหลุมบ่อหลังจากผ่านช่วงหน้าฝนไปแล้ว

5.2.8 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่น , สัดส่วนปริมาณซิลท์ , ปริมาณซิลท์ และปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนน

ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่น , สัดส่วนปริมาณซิลท์ , ปริมาณซิลท์และปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนน ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมีในส่วนควบคุม ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนโพลีเมอร์ แสดงดังตารางที่ 5.28

วิจารณ์ผลการทดลอง

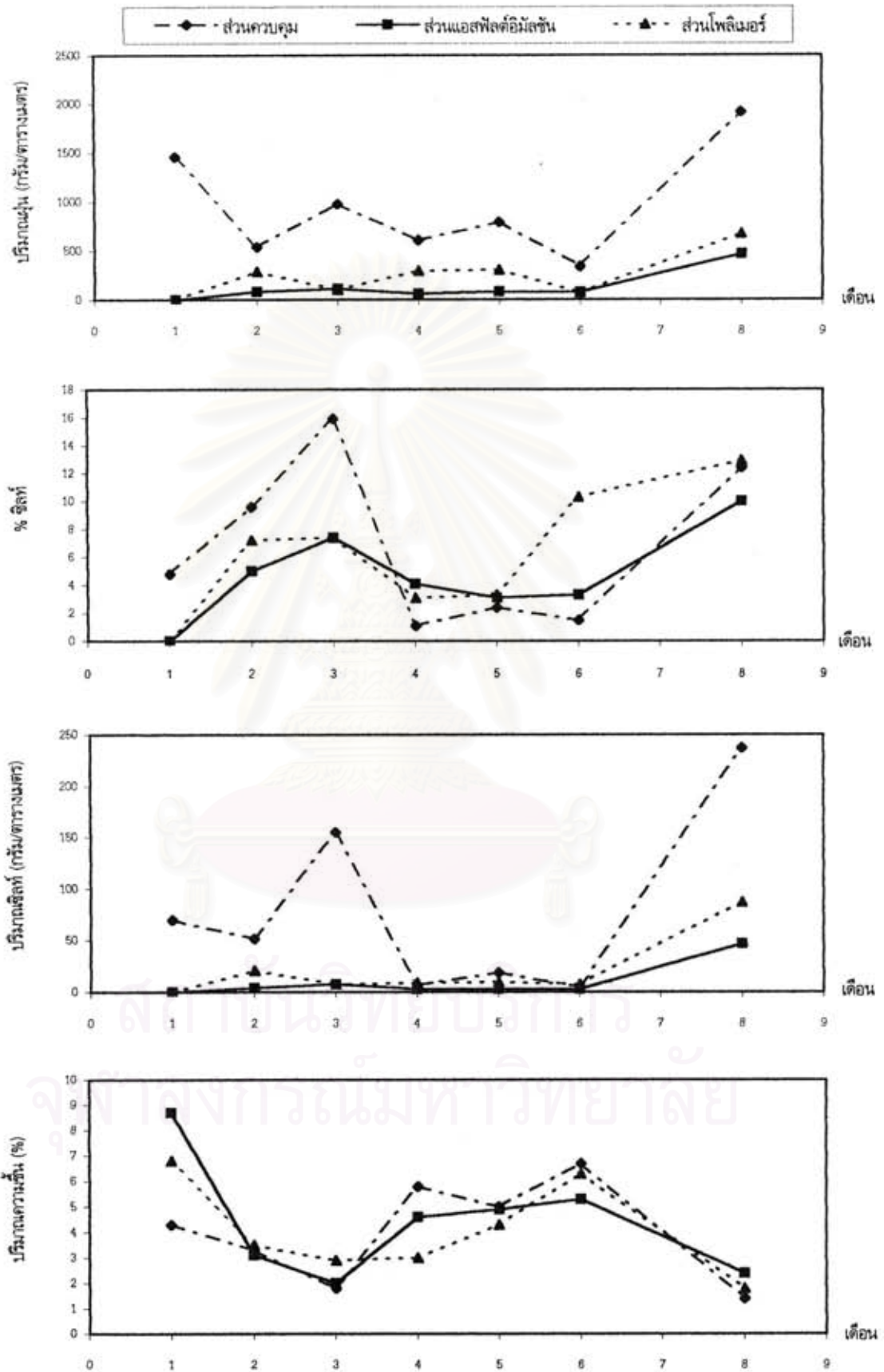
จากการทดลองพบว่าในส่วนควบคุมปริมาณซิลท์บนผิวถนนในช่วงเดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี มีค่าเท่ากับ 70 กรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณซิลท์เท่ากับ 4.8 % และมีค่าลดลงเหลือ 52 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วงเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารเคมี โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณซิลท์เท่ากับ 9.6 % ดังรูปที่ 5.24 เนื่องจากในช่วงเดือนนี้เริ่มมีฝนตกในช่วงที่ทำการทดลองทำให้ปริมาณน้ำฝนชะล้างปริมาณซิลท์บนผิวถนนในส่วนควบคุมออกไปบ้าง และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 155 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ส่วนในช่วงเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 6 ซึ่งเริ่มมีฝนตกบ่อยขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณซิลท์บนผิวถนนในช่วง 3 เดือนนี้ มีค่าลดลงเหลือ 7 , 19 และ 5 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนของปริมาณซิลท์ในช่วง 3 เดือนนี้ ที่มีค่าเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 1.1 , 2.4 และ 1.5 % ตามลำดับ และสอดคล้องกับปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนที่เพิ่มขึ้นเป็น 5.8 , 5.0 และ 6.7 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมีปริมาณฝุ่นซิลท์บนผิวถนนมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 237 กรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณซิลท์เท่ากับ 12.4 %

จากการทดลองพบว่าในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันปริมาณซิลท์บนผิวถนนในช่วงเดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี มีค่าเท่ากับ 0 กรัมต่อตารางเมตร และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 4 และ 8 กรัมต่อตารางเมตร ในช่วงเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณซิลท์เท่ากับ 5.0 และ 7.4 % ตามลำดับ ดังรูปที่ 5.24 ส่วนในช่วงเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 6 ปริมาณซิลท์บนผิวถนนมีค่าลดลงเหลือ 7 , 19 และ 5 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ เนื่องจากในช่วง 3 เดือนนี้เริ่มมีฝนตกบ่อยขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำฝนชะล้างปริมาณซิลท์บนผิวถนนในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันออกไปบ้าง ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนของปริมาณซิลท์ในช่วง 3 เดือนนี้ ที่มีค่าเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 1.1 , 2.4 และ 1.5 % และสอดคล้องกับปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนที่เพิ่มขึ้นเป็น 5.8 , 5.0 และ 6.7 % ตามลำดับ จึงส่งผลให้ปริมาณซิลท์บนผิวถนนในช่วงเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 6 นี้ มีค่าลดลงไปจากเดิม

ตารางที่ 5.28 ปริมาณฝุ่น , สัดส่วนปริมาณซิลท์ , ปริมาณซิลท์ และปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนที่ใช้ทดลอง ช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี

เดือนที่	ส่วนควบคุม				ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน				ส่วนโพลีเมอร์			
	ปริมาณฝุ่น	% ซิลท์	ปริมาณซิลท์	ปริมาณความชื้นดิน	ปริมาณฝุ่น	% ซิลท์	ปริมาณซิลท์	ปริมาณความชื้นดิน	ปริมาณฝุ่น	% ซิลท์	ปริมาณซิลท์	ปริมาณความชื้นดิน
	(กรัม/ตร.ม.)		(กรัม/ตร.ม.)	(%)	(กรัม/ตร.ม.)		(กรัม/ตร.ม.)	(%)	(กรัม/ตร.ม.)		(กรัม/ตร.ม.)	(%)
1	1458	4.8	70	4.3	1	0.0	0	8.7	3	0.0	0	6.8
2	537	9.6	52	3.3	83	5.0	4	3.1	286	7.2	21	3.5
3	976	15.9	155	1.8	113	7.4	8	2.0	102	7.4	8	2.9
4	607	1.1	7	5.8	62	4.1	3	4.6	293	3.1	9	3.0
5	790	2.4	19	5.0	81	3.1	3	4.9	304	3.3	10	4.3
6	339	1.5	5	6.7	77	3.3	3	5.3	73	10.3	8	6.3
7*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	1913	12.4	237	1.4	466	10.0	47	2.4	671	12.9	87	1.8

หมายเหตุ * ช่วงเดือนที่ 7 ไม่ได้ทำการทดลอง



รูปที่ 5.24 ปริมาณน้ำ, สัดส่วนปริมาณชีลล์, ปริมาณชีลล์ และปริมาณความชื้นของดินหลังการฉีดพ่นสารเคมี

ส่วนในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ปริมาณซิลท์บนผิวถนนมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 47 กรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณซิลท์เท่ากับ 10.0 %

จากการทดลองพบว่าในส่วนโพลีเมอร์ปริมาณซิลท์บนผิวถนนในช่วงเดือนแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมี มีค่าเท่ากับ 0 กรัมต่อตารางเมตร และในช่วงเดือนที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 21 กรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณซิลท์เท่ากับ 7.2 % ดังรูปที่ 5.24 เนื่องจากในช่วงเดือนที่ 2 นี้ มีฝนตกหนักจนทำให้ถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบซึ่งอยู่ติดกับส่วนโพลีเมอร์มีสภาพเป็นดินโคลน จึงอาจส่งผลให้มีดินโคลนติดล้อรถจากถนนลูกรังนอกพื้นที่ทดสอบเข้ามาเปื้อนบนผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์ และเมื่อดินแห้งตัวจึงส่งผลให้ปริมาณซิลท์บนผิวถนนในเดือนนี้ของส่วนโพลีเมอร์มีปริมาณมากกว่าปกติ ส่วนในช่วงเดือนที่ 3 ปริมาณซิลท์บนผิวถนนมีค่าเท่ากับ 8 กรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณซิลท์เท่ากับ 7.4 % และในช่วงเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 6 ปริมาณซิลท์บนผิวถนนมีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากเดิมไม่มาก คือ มีค่าเท่ากับ 9 ,10 และ 8 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ เนื่องจากในช่วง 3 เดือนนี้เริ่มมีฝนตกบ่อยขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำฝนชะล้างปริมาณซิลท์บนผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์ออกไปบ้าง ซึ่งสอดคล้องกับสัดส่วนของปริมาณซิลท์ในช่วง 3 เดือนนี้ ที่มีค่าเฉลี่ยลดลงเหลือ 3.1 , 3.3 และ 10.3 % และสอดคล้องกับปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนที่เพิ่มขึ้นเป็น 3.0 , 4.3 และ 6.3 % ตามลำดับ จึงส่งผลให้ปริมาณซิลท์บนผิวถนนในช่วงเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 6 นี้ มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากเดิมไม่มาก ส่วนในช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ปริมาณซิลท์บนผิวถนนมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 87 กรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่าสัดส่วนปริมาณซิลท์เท่ากับ 12.9 %

จากการทดลองช่วง 8 เดือนหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณซิลท์บนผิวถนนในส่วนควบคุม ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนโพลีเมอร์ มีค่าเท่ากับ 78 , 8 และ 20 กรัมต่อตารางเมตร โดยพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณซิลท์บนผิวถนนในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน และส่วนโพลีเมอร์ มีค่าลดลงไปถึง 90 และ 74 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับในส่วนควบคุม ซึ่งแสดงได้ว่าการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์ลงบนผิวถนนลูกรัง สามารถช่วยลดฝุ่นฟุ้งปลิวจากถนนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.9 การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการควบคุมฝุ่นละอองทั้ง 3 วิธี

การปฏิบัติงานการฉีดพ่นสารเคมีเพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองในภาคสนามจะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอยู่ 2 ประเภท คือ

- 1.ค่าสารเคมี (Material Cost)
- 2.ค่าปฏิบัติงานในภาคสนาม (Application Cost) จะรวมถึงค่าเช่าเครื่องจักรกลและค่าแรงของคอนงานที่ใช้ในการฉีดพ่นสารเคมี

รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ การฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และการฉีดน้ำ มีดังต่อไปนี้

การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์

1.ค่าสารเคมี ทางบริษัทผู้ขายคิดราคาสารโพลีเมอร์ที่ลิตรละ 75 บาท ซึ่งการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ลงบนถนนลูกรังในภาคสนาม (ระยะทาง 200 เมตร ผิวจราจรกว้าง 6 เมตร) ใช้ปริมาณสารโพลีเมอร์ต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 2 ลิตรต่อตารางเมตร คิดเป็นปริมาณสารโพลีเมอร์ที่ใช้ทั้งหมด 2,400 ลิตร ดังนั้น จึงมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าสารเคมีเป็นเงิน 180,000 บาท ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าสารเคมีที่ใช้ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของถนนที่ฉีดพ่นสารเคมี เท่ากับ 900,000 บาทต่อกิโลเมตร

2.ค่าปฏิบัติงานในภาคสนามของการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ลงบนถนนลูกรังที่ใช้ทดสอบ (ค่าเช่าเครื่องจักรกล ค่าขนย้ายเครื่องจักรกล และค่าแรงของคอนงาน) คิดเป็นเงินประมาณ 50,000 บาทต่อกิโลเมตร

เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของถนนที่ฉีดพ่นสารเคมี มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 950,000 บาทต่อกิโลเมตร

การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน

1.ค่าสารเคมี ทางบริษัทผู้ขายคิดราคาสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ลิตรละ 10 บาท ซึ่งการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันลงบนถนนลูกรังในภาคสนาม (ระยะทาง 200 เมตร ผิวจราจรกว้าง 6 เมตร) ใช้ปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันต่อพื้นที่ผิวถนน เท่ากับ 1 ลิตรต่อตารางเมตร คิดเป็นปริมาณสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้ทั้งหมด 1,200 ลิตร ดังนั้น จึงมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าสารเคมีเป็นเงิน 12,000 บาท ซึ่งสามารถคิดเป็นค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าสารเคมีที่ใช้ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของถนนที่ฉีดพ่นสารเคมี เท่ากับ 60,000 บาทต่อกิโลเมตร

2.ค่าปฏิบัติงานในภาคสนามของการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันลงบนถนนลูกรังที่ใช้ทดสอบ (ค่าเช่ารถฉีดพ่นสารเคมี และค่าแรงของคอนงาน) คิดเป็นเงิน 3,000 บาทต่อกิโลเมตร

เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์-อิมัลชันต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของถนนที่ฉีดพ่นสารเคมี มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 63,000 บาทต่อกิโลเมตร

การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดน้ำ 2 ครั้งต่อวัน

1.ค่าสารเคมี คิดราคาน้ำตามราคาน้ำประปาของการประปานครหลวง ซึ่งมีราคาอยู่ที่ลูกบาศก์เมตรละ 7 บาท ซึ่งการฉีดพ่นน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อวัน ลงบนถนนลูกรังในภาคสนาม (ระยะทาง 200 เมตร ผิวจราจรกว้าง 6 เมตร) ใช้ปริมาณน้ำทั้งหมด 1,200 ลิตร ดังนั้น จึงมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าน้ำคิดเป็นเงิน 8.40 บาทต่อระยะทาง 200 เมตรต่อวัน หรือคิดเป็นเงิน 42 บาทต่อกิโลเมตรต่อวัน

2.ค่าปฏิบัติงานในภาคสนามของการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อวัน ลงบนถนนลูกรังที่ใช้ทดสอบ (ค่าเช่ารถฉีดพ่นน้ำและค่าแรงของคนงาน) คิดเป็นเงิน 1,000 บาทต่อวัน

เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดพ่นน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อวัน ต่อถนนระยะทาง 1 กิโลเมตร มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 1,042 บาทต่อกิโลเมตรต่อวัน

การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดน้ำ 5 ครั้งต่อวัน

1.ค่าสารเคมี คิดราคาน้ำตามราคาน้ำประปาของการประปานครหลวง ซึ่งมีราคาอยู่ที่ลูกบาศก์เมตรละ 7 บาท ซึ่งการฉีดพ่นน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 5 ครั้งต่อวัน ลงบนถนนลูกรังในภาคสนาม (ระยะทาง 200 เมตร ผิวจราจรกว้าง 6 เมตร) ใช้ปริมาณน้ำทั้งหมด 3,000 ลิตร ดังนั้น จึงมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าน้ำคิดเป็นเงิน 21 บาทต่อระยะทาง 200 เมตรต่อวัน หรือคิดเป็นเงิน 105 บาทต่อกิโลเมตรต่อวัน

2.ค่าปฏิบัติงานในภาคสนามของการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 5 ครั้งต่อวัน ลงบนถนนลูกรังที่ใช้ทดสอบ (ค่าเช่ารถฉีดพ่นน้ำและค่าแรงของคนงาน) คิดเป็นเงิน 1,000 บาทต่อวัน

เพราะฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของการฉีดพ่นน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 5 ครั้งต่อวัน ต่อถนนระยะทาง 1 กิโลเมตร มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 1,042 บาทต่อกิโลเมตรต่อวัน

ผลสรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานการฉีดพ่นสารเคมีลงบนถนนลูกรังของทั้ง 3 วิธี
แสดงดังตารางที่ 5.29

ตารางที่ 5.29 สรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานการฉีดพ่นสารเคมีลงบนถนนลูกรังของทั้ง 3 วิธี

สารเคมีที่ใช้	ค่าสารเคมี	ค่าปฏิบัติงาน	รวม
1.สารโพลีเมอร์	900,000 บาท/กม.	50,000 บาท/กม.	950,000 บาท/กม.
2.แอสฟัลต์อีมีลชัน	60,000 บาท/กม.	3,000 บาท/กม.	63,000 บาท/กม.
3.น้ำ			
- 2 ครั้ง/วัน	42 บาท/กม./วัน	1,000 บาท/วัน	1,042 บาท/กม./วัน
- 5 ครั้ง/วัน	105 บาท/กม./วัน	1,000 บาท/วัน	1,105 บาท/กม./วัน

หมายเหตุ

จากการทดลองพบว่าหลังสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี
จำเป็นต้องมีการปรับผิวถนนในส่วนควบคุม (ระยะทาง 200 เมตร ผิวจราจรกว้าง 6 เมตร) คิดเป็น
ค่าใช้จ่ายประมาณ 30,000 บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา



การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและคำนวณหาอัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำ การฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน และการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ลงบนผิวถนน รวมทั้งประเมินค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางทั้ง 3 วิธี ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. จากผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการ สามารถสรุปเลือกชนิดของสารเคมีและปริมาณการใช้ที่เหมาะสม สำหรับการนำไปใช้ฉีดพ่นในภาคสนาม คือ สารแอสฟัลต์อิมัลชันและสารโพลีเมอร์ โดยเลือกใช้อัตราการฉีดพ่นสารเคมีต่อพื้นที่ผิวถนนที่ 1 และ 2 ลิตรต่อตารางเมตร ตามลำดับ

2. อัตราการปล่อยฝุ่นละอองจากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางในสภาพปกติที่ไม่มีการควบคุมและในกรณีที่มีการควบคุมโดยวิธีต่างๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1322 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน ณ ความเร็วจำกัดของยานยนต์ที่ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

3. ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองรวม TSP จากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 ครั้งต่อวัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 16 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองรวม TSP โดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 96 , 47 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือนที่ 1 เดือนที่ 3 และเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ และประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองรวม TSP โดยวิธีการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 91 , 46 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือนที่ 1 เดือนที่ 3 และเดือนที่ 5 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ

4. ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 และ 5 ครั้งต่อวัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 39 และ 72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 โดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชัน มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 94 , 75 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือนที่ 1 เดือนที่ 3 และเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ และประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 โดยวิธีการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย 97 , 57 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเดือนที่ 1 เดือนที่ 3 และเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี ตามลำดับ

5. ค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองจากถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางโดยวิธีการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร จำนวน 2 และ 5 ครั้งต่อวัน มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 1,042 และ 1,106 บาทต่อกิโลเมตรต่อวัน ส่วนค่าใช้จ่ายของการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันและการฉีดพ่นสารโพลีเมอร์ มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานรวมทั้งสิ้น 63,000 และ 950,000 บาทต่อกิโลเมตร ตามลำดับ

6. จากผลการศึกษาพบว่าสารแอสฟัลต์อิมัลชันมีประสิทธิภาพในการควบคุมฝุ่นละอองดีกว่าสารโพลีเมอร์ รวมทั้งมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่ต่ำกว่า แต่อาจต้องพิจารณาถึงความคงทนประกอบ และจากการสังเกตในเดือนสุดท้ายของการทดลอง ผิวถนนในส่วนโพลีเมอร์จะแข็งแรงกว่า เนื่องจากมีการคลุกดินหนา 15 เซนติเมตร ผสมกับสารโพลีเมอร์ ส่วนผิวถนนในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชันนั้น ถ้าผิวหน้าส่วนใดหลุดออกไปจะเกิดเป็นหลุมบ่อที่เห็นเป็นฝุ่นอย่างชัดเจน เนื่องจากฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันที่ผิวหน้าเท่านั้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

ข้อเสนอแนะ

1.ศึกษาถึงการนำสารเคมียัดเกาะฝุ่นละออง (chemical dust suppressants) ไปใช้ในการควบคุมฝุ่นละอองจากบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง หรือในการควบคุมฝุ่นละอองจากไหล่ทางที่ไม่ได้ปูผิวทาง

2.ศึกษาถึงศักยภาพในการผลิตสารเคมียัดเกาะฝุ่นละอองประเภทสารโพลิเมอร์ (polymer emulsion) ภายในประเทศ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมฝุ่นละอองได้ดี แต่มีราคาจำหน่ายที่สูงพอสมควรเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บทที่ 8

ความสำคัญทางวิศวกรรม

1. จากผลการศึกษาพบว่า การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการควบคุมสูงขึ้น จำเป็นต้องมีการฉีดน้ำจำนวนหลายครั้งต่อวัน เพื่อช่วยรักษาปริมาณความชื้นของดินบนผิวถนนให้มีค่าสูงเพียงพอต่อการควบคุมฝุ่นละออง (ปริมาณความชื้นของดินที่เหมาะสม 3.5 เปอร์เซ็นต์) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงบ่ายที่มีอัตราการระเหยของน้ำเร็วขึ้น จึงอาจต้องเพิ่มอัตราการฉีดน้ำหรือเพิ่มจำนวนความถี่ให้มากขึ้นด้วย และเนื่องจากวิธีนี้เป็นการควบคุมแบบวันต่อวัน จำเป็นต้องมีการฉีดน้ำในทุกๆวัน เมื่อเทียบกับการควบคุมในระยะยาวค่าใช้จ่ายของวิธีนี้จะมีการจ่ายที่สูงพอสมควร ดังนั้นการควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดน้ำจึงมีความเหมาะสมสำหรับการควบคุมในระยะเวลาล้านๆ เท่านั้น

2. จากผลการศึกษาพบว่า การควบคุมฝุ่นละอองโดยวิธีการฉีดพ่นสารแอสฟัลต์อิมัลชันมีประสิทธิภาพในการช่วยลดฝุ่นละอองได้ดี จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้กับถนนที่ไม่ได้ปูผิวทางที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์เป็นถนนขนบ มีปริมาณการจราจรค่อนข้างน้อย โดยการฉีดพ่นสารเคมีอาจกระทำไปพร้อมกับการซ่อมบำรุงถนนประจำปี ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะกระทำหลังผ่านช่วงหน้าฝนไปแล้ว ดังนั้นประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองในช่วงแรกหลังการฉีดพ่นสารเคมีซึ่งยังคงมีประสิทธิภาพสูงอยู่ จึงครอบคลุมพอดีกับช่วงหน้าแล้งที่มีปัญหาของการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองมากที่สุด

3. จากผลการศึกษาพบว่า การใช้สารโพลีเมอร์ผสมกับดินสามารถช่วยทำให้เกิดการยึดเกาะกันของอนุภาคดินได้ดี ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละออง ดังนั้นวิธีนี้จึงอาจมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ผสมกับดินแทนน้ำระหว่างการทำก่อสร้างถนนในชั้นรองพื้นทาง ซึ่งเป็นช่วงที่ก่อให้เกิดปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองมากที่สุด เนื่องจากประสิทธิภาพของการควบคุมฝุ่นละอองน่าจะเพียงพอที่จะควบคุมฝุ่นละอองได้ตลอดระยะเวลาก่อนการก่อสร้างชั้นพื้นทาง

รายการอ้างอิง



ภาษาไทย

ประไพธิ อุปถัมภ์. 2540. การควบคุมฝุ่นละอองจากการก่อสร้างถนน. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล, และ ชีระ เกรอต. 2536. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทยา อยู่สุข. 2527. อาชีวอนามัย สุขศาสตร์อุตสาหกรรม และความปลอดภัย. 1000 เล่ม. พิมพ์
ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาอาชีวอนามัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัย
มหิดล.

ภาษาอังกฤษ

American Society for Testing Material, **Annual Book of ASTM Standards**. Vol. 04.08 ,
1990.

Charlson, R.J., S.E. Schwartz, J.M. Hales, R.D. Cess, J.A. Coakley, Jr., J.E. Hansen, and
D.J. Hoffmann. 1992. Climate forcing by anthropogenic aerosols. **Science** 255 :
423-599.

Cooper, D.W. 1993. Method of size distribution data analysis and presentation. In K.
Willeke, and P.A. Baron (ed.), **Aerosol Measurement : Principles, Techniques
and Applications**. New York : Van Nostrand Reinhold, pp. 146-175.

Cowherd, C., Jr. 1993. Fugitive dust emission. In K. Willeke, and P.A. Baron (ed.),
Aerosol Measurement : Principles, Techniques and Applications. New York
:Van Nostrand Reinhold, pp. 640-658.

- Cowherd, C. Jr., G.E. Muleski, and J.S. Kinsey. 1988. **Control of Open Fugitive Dust Sources**, EPA-450/3-88-008. Research Triangle Park, NC : U.S. EPA.
- Ferris, B.G. Jr., F.E. Speizer, J.D. Spengler, D.W. Dockery, Y.M.M. Bishop, J.M. Wolfson, and C. Humble. 1979. Effects of sulfur oxides and respirable particle on human health. **American Review of Respiratory Disease**, 120 : 767-779.
- Gillies, J.A., J.G. Watson, C.F. Roger, and J.C. Chow. 1997. PM_{10} emissions and dust suppressant efficiencies on an unpaved road, merced county, ca. **Presentation at the Air & Waste Management Association's 90th Annual Meeting & Exhibition**, June 8-13, 1997, Toronto, Ontario, Canada.
- Hesketh, H.E. 1974. **Understanding and Controlling Air Pollution**. 2nd ed. Michigan : Ann Arbor Science Publisher Inc.
- International Labour Office. 1965. **Guide to the Prevention and Suppression of Dust in Mining, Tunnelling and Quarrying**. Geneva : ATAR S.A.
- Jutze, G.A., K. Axetell, Jr., and W. Parker. 1974. Investigation of fugitive dust-sources emission and control. **PEDCo Environmental Specialists, Inc.**, Cincinnati, Ohio. Prepared for Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C. under Contract No. 68-02-0044. Publication No. EPA-450/3-74-036a. June 1974.
- Kinsey, J.S., and C. Cowherd, Jr. 1992. Fugitive emission. In A.J. Buonicore, and W.T. Davis (ed.), **Air Pollution Engineering Manual: Air & Waste Management Association**. New York : Van Nostrand Reinhold, pp. 133-146.
- Lambe, T.W. 1953. The effect of polymers on soil properties. **Proc. Third Intern. Conf. on Soil Mech. and Foundation Eng.** Switzerland. อ้างถึงใน อาคม เศษชัยบุญกุล. 2535. การปรับปรุงคุณสมบัติดินด้วยสารเคมี RRP. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต สาขา วิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- Lancaster, N. and N.G. Nickling. 1993. Aeolian sediment transport. **In: Geomorphology of the Desert Environment**, A. abrahmas and A.J. Parson, Eds. New York : Chapman and Hall, pp. 447-473.
- Maim, W. 1979. Consideration in the measurement of visibility. **J. Air Pollution Control Assoc.**, 29 : 1042-1052.
- Miller, F.J., D.E. Gardner, J.A. Graham, R.E. lee, Jr., W.E. Wilson, and J.D. Bachmann. 1979. Size consideration for establishing a standard for inhalable particles. **J. Air Pollution Control Assoc.**, 29 : 610-615.
- Muleski, G.E., T. Cuscino, Jr., and C. Cowherd, Jr. 1984. **Extened Evaluation of Unpaved Road Dust Suppressants in the Iron and Steel Industry**, EPA-600/2-84-027. Research Triangle Park, NC : U.S. EPA.
- Pilaj, M.J., D.S. Enson, and J.C. Bosch. 1970. **Source test cascade impactor. Atmospheric Environment.**, 4 : 671.
- The Asphalt Institute. 1983. **Asphalt Technology and Construction Practices Instructor' s Guide**, Educational Series No. 1 (ES - 1) Second Edition January 1983.
- U.S. environmental protection agency. 1995. **Compilation of Air Pollution Emission Factors (AP-42)**. Vol. 1 . North Carolina: Research Triangle Park.
- World Health Organization. 1976. **Selected Methods of Measuring Air Pollutions**. Geneva : WHO.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลรายละเอียดของสารเคมี (สารโพลีเมอร์ , สารแอสฟัลต์อิมัลชัน และน้ำกาส่า)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

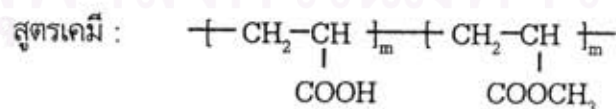
ข้อมูลรายละเอียดของสารโพลีเมอร์

โพลีเมอร์ที่นิยมใช้สำหรับยึดเกาะฝุ่นละออง ส่วนใหญ่จะเป็นโคโพลีเมอร์ (copolymer) ของ อะคริลิก ผู้ศึกษาได้สอบถามบริษัทตัวแทนจำหน่ายโพลีเมอร์อิมัลชันในประเทศไทย คือ บริษัท เทคโนโลยีการแพทย์และสิ่งแวดล้อม จำกัด เป็นตัวแทนจำหน่าย Soil-Sement ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ Midwest Industrial Supply , USA. และมีใบรับรองผลิตภัณฑ์ Soil-Sement ว่าจะไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากหน่วยงานของรัฐในหลายๆรัฐของสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีข้อมูลรายละเอียดของสารดังต่อไปนี้

Soil-Sement เป็น อิมัลชันของโคโพลีเมอร์ของไวนิลอะซิเตตและอะคริลิก เป็นโพลีเมอร์อิมัลชันที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีใบรับรองจากหน่วยงานของรัฐในสหรัฐอเมริกา ลักษณะพิเศษของโพลีเมอร์อิมัลชัน คือ ความสามารถพิเศษเฉพาะตัวในการซึมผ่าน ทำให้เกิดการอิ่มตัว (Saturation) และทำให้ฝุ่นเกาะติดกันพร้อมทั้งยึดให้ติดกันแน่นกับฐาน เกิดเป็นพื้นผิวที่แข็งแรง ไร้ฝุ่น หนา ประสิทธิภาพของโคโพลีเมอร์ของไวนิลอะซิเตต เป็นผลมาจากความยาวและความแข็งแรง (Strength) ของโมเลกุลโพลีเมอร์และความสามารถที่จะยึดเกาะกับพื้นผิววัสดุ โคลิโพลีเมอร์ของไวนิลอะซิเตตและอะคริลิก มีโครงสร้างทางเคมีที่พิเศษ คือ ประกอบด้วย โมเลกุลที่ยึดติดกันด้วย Straight Linked Chains แล้ว Cross-Linked ระหว่าง Chains อื่นๆ หรือ Grids ที่อาจยาวถึง 1,000,000 โมเลกุล นับว่าใหญ่มากๆ เมื่อเทียบกับโครงสร้างโมเลกุลที่เล็กกว่ามากอย่างเช่น น้ำมันปิโตรเลียม เรซิน และผลิตภัณฑ์ Asphalt Emulsion ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุล 100 ถึง 10,000 โมเลกุล

ชื่อในทางการค้า : Soil-Sement

ชื่อในทางเคมี : โคลิโพลีเมอร์ของไวนิลอะซิเตตโพลีเมอร์
(Acrylic Vinyl Acetate Polymer)



ลักษณะ : เป็นโพลีเมอร์อิมัลชัน เป็นของเหลวมีสีขาวขุ่น มีความยืดหยุ่นคล้ายยาง และมีคุณสมบัติคล้ายกาว

ใช้งานร่วมกับน้ำปริมาตร 95-50% โดยน้ำหนักผสมกับโพลีเมอร์ชนิดนี้ ปริมาตร 5-50% โดยน้ำหนัก

ลักษณะสมบัติทางกายภาพ :

จุดเดือด 212°F
 จุดหลอมเหลว 100°C
 ความถ่วงจำเพาะ 1.01-1.15
 กลิ่นอะคริลิก
 แฉวนลอยในน้ำ
 มี pH ~4.0-9.5 มีฤทธิ์เป็นกลางถึงเป็นด่าง

ความเป็นอันตรายต่อร่างกาย :

ระบบหายใจ ไอที่เกิดจากโพลีเมอร์ที่เข้มข้นจะทำให้ปวดศีรษะและมีอาการคลื่นไส้
 ผิวหนัง ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังเพียงเล็กน้อย
 ตา ทำให้เกิดการระคายเคือง
 ระบบย่อยอาหาร อาจทำให้ระบบย่อยอาหารอักเสบ

ความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม :

ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมในบรรยากาศปกติ แต่เมื่อความร้อนสูง อาจทำให้โพลีเมอร์สลายเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และ/หรือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อันตรายจากการระเบิดและไฟไหม้ : ไม่สามารถถูกติดไฟ

การเก็บ : เก็บในที่ที่มีการระบายอากาศที่ดี

ข้อมูลรายละเอียดของสารแอสฟัลต์อิมัลชัน

ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ CSS-1 ซึ่งบริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย เป็นตัวแทนจำหน่าย ซึ่งมีข้อมูลรายละเอียดของสารดังต่อไปนี้

CSS-1 คือ อิมัลชันของแอสฟัลต์ที่มีประจุบวกอยู่รอบอนุภาคของแอสฟัลต์และแข็งตัวช้า (Cationic Slow-Setting Bitumen Emulsion) ส่วนผสมหลักของแอสฟัลต์อิมัลชันคือ แอสฟัลต์ น้ำ และ สารก่อเกิดอิมัลชัน การแบ่งประเภทของอิมัลชันของแอสฟัลต์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมีของแอสฟัลต์ ความสามารถในการแข็งตัวของแอสฟัลต์ ขนาดของอนุภาคของแอสฟัลต์ในอิมัลชัน ชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดอิมัลชัน ลำดับการเติมชนิดของส่วนผสม ภาวะในการผลิต เช่น อุณหภูมิ ความดัน และความกด และประจุบนอนุภาคของแอสฟัลต์อิมัลชัน

อิมัลชันของแอสฟัลต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- 1) Cationic Emulsion เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าไปในอิมัลชันชนิดนี้ อนุภาคของอิมัลชันจะเคลื่อนไปที่ขั้วลบ
- 2) Anionic Emulsion เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าไปในอิมัลชันชนิดนี้ อนุภาคของอิมัลชันจะเคลื่อนไปที่ขั้วบวก
- 3) Nonionic Emulsion เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าไปในอิมัลชันชนิดนี้ อนุภาคของอิมัลชันจะไม่เคลื่อนที่

นอกจากนี้การแบ่งชนิดของอิมัลชันของแอสฟัลต์ยังขึ้นกับความสามารถในการแข็งตัวเป็นซีเมนต์ของอิมัลชัน ซึ่งทำให้แบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

- 1) Rapid-Setting สามารถแข็งตัวได้เร็ว ใช้ตัวย่อว่า RS
- 2) Medium-Setting สามารถแข็งตัวได้ปานกลาง ใช้ตัวย่อว่า MS
- 3) Slow-Setting สามารถแข็งตัวได้ช้า ใช้ตัวย่อว่า SS

โดยทั่วไปจะใช้เกณฑ์ในการแบ่งอิมัลชันทั้งสองประเภทนี้ CSS-1 คือ Cationic Slow Setting Emulsion บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย เป็นตัวแทนจำหน่ายอิมัลชันประเภทนี้ อิมัลชันประเภทนี้มีความสามารถในการยึดเกาะกับพื้นผิวได้ดี การใช้ CSS-1 เพื่อจุดประสงค์ของ

การลดฝุ่น จะใช้มีลชั้นของ CSS-1 หนึ่งส่วนผสมกับน้ำทำส่วนหรือมากกว่า ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสาร CSS-1 ดังแสดงในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ลักษณะสมบัติของสาร CSS-1*

การทดสอบ	วิธีทดสอบ	ขีดจำกัด
ความหนืด ที่ 25°C (วินาที)	ASTM D-244	20-200
ความนอนกัน 5 วัน (% โดยน้ำหนักมากที่สุด)	ASTM D-244	5
ความเสถียรภาพในการเก็บที่ 24 ชั่วโมง (% โดยน้ำหนักมากที่สุด)	ASTM D-244	1
การทดสอบขนาดของอนุภาคที่ 20 mesh (% โดยน้ำหนักมากที่สุด)	ASTM D-244	0.1
การผสมซีเมนต์ (% โดยน้ำหนักมากที่สุด)	ASTM D-244	2
การทดสอบประจุอนุภาค	ASTM D-244	ประจุบวก
ตกจากการกลั่น (% โดยน้ำหนักน้อยที่สุด)	ASTM D-244	57
การซึมผ่านที่ 25°C , 100 g , 5 วินาที 0.1 mm	ASTM D-5	100-250
ความอ่อนตัวที่ 25°C , cm/mim	ASTM D-113	40
ความสามารถในการละลายใน trichloroethylene (% โดยน้ำหนักน้อยที่สุด)	ASTM D-2042	97.5

หมายเหตุ * วิเคราะห์โดยฝ่ายเทคนิค , บริษัทชลล์แห่งประเทศไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลรายละเอียดของน้ำกากส่า

น้ำกากส่าเป็นน้ำเสียที่ได้จากกันทอกันของโรงงานทำสุรา องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้แก่ น้ำตาล สี คชาเมล และตะกอนซึ่งเป็นพวกเซลล์ที่ตายแล้ว นอกจากนี้ยังมีเกลือแร่ชนิดต่างๆ ในปริมาณสูง เช่น โพแทสเซียม , โซเดียม , ซัลเฟต เป็นต้น น้ำกากส่าจะมีสีน้ำตาลเข้ม ชุ่น ทึบแสง และมีกลิ่นคล้ายน้ำตาล ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำกากส่า ดังแสดงในตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 ลักษณะสมบัติของน้ำกากส่า*

พารามิเตอร์ (หน่วย)	ช่วงค่าที่วิเคราะห์ได้
Temperature (°C)	95-100
BOD ₅ (mg/l)	28,000-42,000
COD (mg/l)	90,000-120,000
pH	4.6-5.8
Total Solids (mg/l)	91,000-94,000
Suspended Solids (mg/l)	6,000-11,000
Dissolved Solids (mg/l)	83,000-85,000
Total Nitrogen (mg/l)	2,200-3,000
Potassium (K ⁺) (mg/l)	10,000-13,750
Phosphate (PO ₄ ⁻³) (mg/l)	10-20
SO ₄ ⁻² (mg/l)	3,050-4,000
Ca ⁺² (mg/l)	2,100-2,815

หมายเหตุ * วิเคราะห์โดยฝ่ายเทคนิค , โรงงานสุราแสงโสม



ภาคผนวก ข.

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละออง TSP และ PM-10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน	
	เหนือลม	ใต้ลม	เหนือลม	ใต้ลม
21/4/42	76	614	71	459
23/4/42*	18	273	92	325
24/4/42*	41	247	45	350
25/4/42	120	1304	59	1115
26/4/42	82	1044	41	847
27/4/42*	29	87	27	83
4/5/42	65	918	50	840
เฉลี่ย	62	641	55	574
S.D.	35	461	21	366

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.2 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงเดือนที่ 1 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	เหนือลม	ใต้ลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
6/4/42	43	299	66	101
7/4/42*	73	233	76	121
8/4/42	69	1236	132	155
9/4/42	77	1060	92	126
10/4/42	97	1177	104	145
11/4/42	63	691	75	88
12/4/42*	45	209	67	78
เฉลี่ย	67	701	87	116
S.D.	19	459	24	29

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.3 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	เหนือลม	ใต้ลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
11/5/42*	31	92	250	163
18/5/42	54	402	170	194
19/5/42*	34	251	337	94
28/5/42	40	203	101	135
29/5/42	41	599	184	231
30/5/42	43	382	110	147
31/5/42*	40	146	174	165
เฉลี่ย	40	296	189	161
S.D.	7	176	82	44

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.4 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	เหนือลม	ใต้ลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
11/6/42*	23	21	40	35
13/6/42	31	230	287	185
14/6/42	38	542	357	355
15/6/42	50	720	427	289
16/6/42	39	887	340	397
17/6/42	103	453	217	291
18/6/42	73	1040	372	608
เฉลี่ย	51	556	291	309
S.D.	28	359	129	178

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.5 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	เหนือลม	ใต้ลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
14/7/42	39	826	204	685
15/7/42	67	1593	247	1163
16/7/42	72	2402	333	2329
17/7/42	83	3425	295	2291
18/7/42*	53	851	342	557
19/7/42*	29	452	168	335
20/7/42*	32	108	134	89
เฉลี่ย	54	1380	246	1064
S.D.	21	1179	81	913

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.6 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงเดือนที่ 5 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	เหนือลม	ใต้ลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
21/8/42	67	540	269	655
22/8/42	47	982	391	1179
23/8/42	52	1701	440	1774
24/8/42*	26	32	60	45
25/8/42*	34	90	92	114
26/8/42*	34	200	228	293
27/8/42*	25	103	97	111
เฉลี่ย	41	521	225	596
S.D.	15	620	151	658

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.7 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงเดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	เหนือลม	ใต้ลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
6/9/42*	122	505	366	783
7/9/42*	42	98	161	121
8/9/42*	44	90	227	151
9/9/42*	69	358	289	478
10/9/42*	45	111	195	148
11/9/42*	36	110	159	151
12/9/42*	42	64	129	75
เฉลี่ย	57	191	218	272
S.D.	30	171	84	261

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ ข.8 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลม
ของถนนที่ใช้ทดสอบ ช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	เหนือลม	ใต้ลม		
	ส่วนควบคุม	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
3/11/42*	29	119	85	172
4/11/42*	35	262	186	454
5/11/42	46	333	342	862
6/11/42	42	712	596	1101
7/11/42	95	685	614	703
8/11/42	143	1263	621	1293
9/11/42	125	1163	472	1718
เฉลี่ย	74	648	417	900
S.D.	47	443	218	522

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ ข.9 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนที่จะฉีดน้ำ					ส่วนที่จะฉีดสารเคมี				
	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		D 1	D 2	D 5			D 1	D 2	D 5			D 1	D 2	D 5	
15/3/42	53	371	273	83	242	49	413	140	38	197	212	436	231	72	246
16/3/42	53	352	254	91	232	46	314	208	64	195	38	394	186	110	230
17/3/42	54	581	338	171	363	114	381	233	124	246	129	524	124	224	291
18/3/42	13	583	308	188	360	129	575	267	100	314	96	558	288	58	301
19/3/42	54	538	208	171	306	46	417	225	88	243	54	621	263	96	327
20/3/42	104	521	379	233	378	142	542	317	158	339	158	621	271	179	357
21/3/42	108	492	317	179	329	158	467	275	163	302	154	625	296	154	358
เฉลี่ย	63				316	98				262	120				301
S.D.	33					49					62				

หมายเหตุ U 2 จุดเก็บตัวอย่างที่เหนือลม ณ ระดับความสูง 2.0 ม. จากพื้นถนน
D 1 จุดเก็บตัวอย่างที่ใต้ลม ณ ระดับความสูง 1.25 ม. จากพื้นถนน
D 2 จุดเก็บตัวอย่างที่ใต้ลม ณ ระดับความสูง 2.5 ม. จากพื้นถนน
D 5 จุดเก็บตัวอย่างที่ใต้ลม ณ ระดับความสูง 5.0 ม. จากพื้นถนน

ตารางที่ ข.10 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน				
	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		D 1	D 2	D 5			D 1	D 2	D 5	
21/4/42	100	188	179	21	129	50	171	83	79	111
23/4/42*	83	104	104	63	90	42	63	67	83	71
24/4/42*	92	100	100	100	100	92	125	125	79	110
25/4/42	33	367	229	158	251	83	242	163	100	168
26/4/42	102	358	233	100	230	98	287	143	113	181
27/4/42*	100	88	129	88	102	117	88	92	121	100
4/5/42	138	354	246	204	268	88	196	150	88	145
เฉลี่ย	93				167	81				127
S.D.	31					27				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.11 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 5 ครั้ง/วัน

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนฉีดน้ำ 5 ครั้ง/วัน				
	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		D 1	D 2	D 5			D 1	D 2	D 5	
22/3/42	125	538	250	158	315	188	242	221	146	203
23/3/42	21	350	167	38	185	46	129	79	88	99
24/3/42*	92	29	67	75	57	46	67	58	88	71
25/3/42*	33	88	83	54	75	108	96	125	54	92
26/3/42	113	246	117	108	157	75	113	88	104	102
27/3/42	13	254	200	58	171	46	79	104	42	75
28/3/42	29	258	123	33	138	42	33	50	42	42
เฉลี่ย	61				157	79				98
S.D.	47					54				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.12 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 1 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน					ส่วนโพลีเมอร์				
	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		U 2	D 1	D 2			D 5	U 2	D 1			D 2	D 5	U 2	
6/4/42	63	308	138	117	188	42	67	67	42	59	79	63	50	42	52
7/4/42*	33	96	79	92	89	50	54	50	75	60	33	79	163	58	100
8/4/42	21	404	229	108	247	79	42	100	67	70	54	58	4	17	26
9/4/42	17	383	263	142	263	92	67	83	25	58	83	79	58	92	76
10/4/42	108	471	367	183	340	75	142	96	92	110	88	96	96	96	96
11/4/42	25	213	154	104	157	163	92	54	113	86	21	42	25	21	29
12/4/42*	17	67	21	58	49	71	13	42	42	32	54	21	96	4	40
เฉลี่ย	41				190	82				68	59				60
S.D.	34					40					26				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.13 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน					ส่วนโพลีเมอร์				
	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		U 2	D 1	D 2			D 5	U 2	D 1			D 2	D 5	U 2	
11/5/42*	42	88	67	67	74	75	100	100	83	94	113	63	108	100	90
18/5/42	104	154	125	88	122	92	104	75	79	86	108	133	108	88	110
19/5/42*	83	108	96	104	103	58	104	71	50	75	79	96	125	50	90
28/5/42	83	121	142	108	124	79	117	54	121	97	71	138	79	88	102
29/5/42	83	200	121	121	147	92	133	113	104	117	71	113	138	88	113
30/5/42	100	171	138	104	138	100	108	79	88	92	71	108	96	88	97
31/5/42*	98	145	88	108	114	92	125	121	83	110	75	117	104	71	97
เฉลี่ย	85				117	84				96	84				100
S.D.	21					14					18				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ ข.14 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน					ส่วนโพลีเมอร์				
	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		U 2	D 1	D 2			D 5	U 2	D 1			D 2	D 5	U 2	
11/6/42*	88	88	96	83	89	104	104	108	96	103	79	113	125	92	110
13/6/42	129	163	163	121	149	4	63	38	21	41	17	42	46	25	38
14/6/42	4	150	158	88	132	54	63	75	46	61	29	92	83	72	82
15/6/42	58	250	121	104	158	88	96	46	50	64	88	79	71	58	69
16/6/42	54	317	238	138	231	46	108	96	79	94	38	129	54	96	93
17/6/42	46	200	180	104	161	67	92	71	83	82	29	150	88	79	106
18/6/42	33	308	288	150	249	54	67	67	29	54	13	108	75	38	74
เฉลี่ย	59				167	60				71	42				82
S.D.	40					32					30				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.15 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน					ส่วนโพลีเมอร์				
	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		U 2	D 1	D 2			D 5	U 2	D 1			D 2	D 5	U 2	
14/7/42	79	250	192	108	183	29	104	79	67	83	33	179	100	54	111
15/7/42	79	404	325	79	269	108	100	113	79	97	71	254	192	121	189
16/7/42	79	779	633	350	587	79	100	125	108	111	42	438	275	154	289
17/7/42	71	829	671	263	588	83	104	71	54	76	125	421	292	100	271
18/7/42*	46	175	129	113	139	46	79	67	25	57	29	113	108	50	90
19/7/42*	25	104	54	58	72	4	75	63	13	50	13	74	92	71	79
20/7/42*	42	29	38	50	39	54	50	54	63	56	54	63	54	17	45
เฉลี่ย	60				268	58				76	52				153
S.D.	22					35					37				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.16 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 5 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน					ส่วนโพลีเมอร์				
	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม U 2	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		D 1	D 2	D 5			D 1	D 2	D 5			D 1	D 2	D 5	
21/8/42	71	179	125	100	135	92	104	108	113	108	79	158	146	108	137
22/8/42	61	217	189	83	163	61	100	89	61	83	39	200	83	94	126
23/8/42	21	396	250	121	256	17	79	58	58	65	63	321	217	96	211
24/8/42*	42	54	58	29	47	79	38	46	29	38	71	67	46	38	50
25/8/42*	42	46	58	46	50	50	63	54	67	61	46	46	38	67	50
26/8/42*	58	83	71	38	64	83	83	71	71	75	38	92	108	67	89
27/8/42*	38	54	38	29	40	50	54	58	83	65	58	50	25	38	38
เฉลี่ย	48				108	62				71	56				100
S.D.	17					26					16				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.17 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน					ส่วนโพลีเมอร์				
	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		U 2	D 1	D 2			D 5	U 2	D 1			D 2	D 5	U 2	
6/9/42*	67	133	125	58	105	63	63	38	25	42	67	179	133	121	144
7/9/42*	96	88	83	29	67	71	113	67	50	77	92	92	71	104	89
8/9/42*	88	96	113	83	97	96	50	33	88	57	63	50	67	88	68
9/9/42*	96	104	113	92	103	92	83	83	92	86	63	146	108	21	92
10/9/42*	50	63	38	83	61	79	54	92	58	68	71	96	96	71	88
11/9/42*	79	71	71	75	72	50	79	83	67	76	46	54	54	54	54
12/9/42*	46	50	38	50	46	71	67	46	33	49	63	58	58	83	66
เฉลี่ย	75				79	75				65	66				86
S.D.	21					16					14				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ข.18 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 ที่จุดเก็บตัวอย่างเหนือลมและใต้ลมของถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม					ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน					ส่วนโพลีเมอร์				
	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)	เหนือลม	ใต้ลม			เฉลี่ยใต้ลม (3 ระดับ)
		U 2	D 1	D 2			D 5	U 2	D 1			D 2	D 5	U 2	
3/11/43*	21	38	33	25	32	17	33	25	21	26	21	38	33	21	31
4/11/43*	46	63	58	33	51	33	54	50	38	47	29	50	42	38	43
5/11/43	50	75	71	33	60	46	108	50	50	69	38	83	50	46	60
6/11/43	54	171	121	54	115	42	146	83	67	99	21	129	96	58	94
7/11/43	21	150	133	83	122	46	121	75	58	85	58	108	67	42	72
8/11/43	67	350	213	121	228	50	158	100	79	112	54	167	100	79	115
9/11/43	46	288	192	125	202	58	138	96	71	102	21	188	171	79	146
เฉลี่ย	44				116	42				77	35				80
S.D.	17					13					16				

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง



ภาคผนวก ค.

ผลอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนที่จะฉีดน้ำ	ส่วนที่จะฉีดสารเคมี
15/3/42	358	274	144
16/3/42	413	340	443
17/3/42	467	192	241
18/3/42	488	257	291
19/3/42	359	277	378
20/3/42	325	223	222
21/3/42	271	170	239
เฉลี่ย	383	248	280
S.D.	78	58	101

ตารางที่ ค.2 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 2 ครั้ง/วัน

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)	
	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน
21/4/42	31	35
23/4/42*	36	84
24/4/42*	9	23
25/4/42	197	73
26/4/42	94	60
27/4/42*	13	2
4/5/42	188	79
เฉลี่ย	81	51
S.D.	81	31

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ค.3 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ระหว่างการฉีดน้ำที่อัตรา 0.5 ลิตร/ตร.ม. จำนวน 5 ครั้ง/วัน

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)	
	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 5 ครั้ง/วัน
22/3/42	261	40
23/3/42	247	84
24/3/42*	0	55
25/3/42*	107	15
26/3/42	74	49
27/3/42	184	36
28/3/42	171	5
เฉลี่ย	149	41
S.D.	94	26

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ค.4 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 1 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
6/4/42	29	4	0
7/4/42*	63	12	74
8/4/42	246	8	1
9/4/42	132	0	2
10/4/42	356	53	13
11/4/42	193	0	11
12/4/42*	97	0	42
เฉลี่ย	159	11	20
S.D.	114	19	28

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ค.5 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
11/5/42*	38	23	0
18/5/42	16	3	5
19/5/42*	41	36	42
28/5/42	46	31	33
29/5/42	62	24	41
30/5/42	116	8	86
31/5/42*	42	46	52
เฉลี่ย	52	24	37
S.D.	31	15	29

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ค.6 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 3 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
11/6/42*	3	1	33
13/6/42	27	44	25
14/6/42	228	17	96
15/6/42	221	5	0
16/6/42	200	55	64
17/6/42	132	17	87
18/6/42	295	11	81
เฉลี่ย	158	21	55
S.D.	109	20	36

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ค.7 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 4 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
14/7/42	113	61	83
15/7/42	405	4	260
16/7/42	992	66	475
17/7/42	1322	16	378
18/7/42*	81	15	53
19/7/42*	77	74	112
20/7/42*	10	11	8
เฉลี่ย	429	35	196
S.D.	522	30	178

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ค.8 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 5 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
21/8/42	65	18	61
22/8/42	133	28	114
23/8/42	396	84	246
24/8/42*	17	0	0
25/8/42*	6	8	6
26/8/42*	9	0	37
27/8/42*	3	12	0
เฉลี่ย	90	21	66
S.D.	143	29	89

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ค.9 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 6 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
6/9/42*	22	0	43
7/9/42*	0	19	7
8/9/42*	13	0	14
9/9/42*	3	0	12
10/9/42*	5	1	5
11/9/42*	0	10	3
12/9/42*	2	0	5
เฉลี่ย	6	4	13
S.D.	8	7	14

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ค.10 อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากยานยนต์ที่แล่นผ่านถนนที่ใช้ทดสอบ
ช่วงเดือนที่ 8 หลังการฉีดพ่นสารเคมี

วัน-เดือน-ปี	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)		
	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน	ส่วนโพลีเมอร์
3/11/42*	26	22	22
4/11/42*	20	31	31
5/11/42	52	77	78
6/11/42	137	131	173
7/11/42	71	26	13
8/11/42	103	40	39
9/11/42	52	14	42
เฉลี่ย	66	49	57
S.D.	42	42	55

หมายเหตุ * วันที่มีฝนตกกระหว่างทำการทดลอง



ภาคผนวก ง.

ผลประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละออง TSP และ PM-10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน

ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน		
	เหนือลม	ใต้ลม	เหนือลม	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)
21/4/42	76	614	71	459	28
23/4/42*	18	273	92	325	9
24/4/42	41	247	45	350	0
25/4/42	120	1304	59	1115	11
26/4/42	82	1044	41	847	16
27/4/42*	29	87	27	83	3
4/5/42	65	918	50	840	7
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %					11
S.D.					9

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ ง.2 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 1

ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	เหนือลม	ใต้ลม	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)
6/4/42	43	299	66	91	101	77
7/4/42*	73	233	76	98	121	70
8/4/42	69	1236	132	95	155	93
9/4/42	77	1060	92	98	126	95
10/4/42	97	1177	104	99	145	96
11/4/42	63	691	75	98	88	96
12/4/42*	45	209	67	87	78	80
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %				95		87
S.D.				5		11

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ ง.3 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 2

ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP หน่วย : มกค./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	เหนือลม	ใต้ลม	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)
11/5/42*	31	92	250	0	163	0
18/5/42	54	402	170	67	194	60
19/5/42*	34	251	337	0	94	72
28/5/42	40	203	101	63	135	42
29/5/42	41	599	184	74	231	66
30/5/42	43	382	110	80	147	69
31/5/42*	40	146	174	0	165	0
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %				41		44
S.D.				38		32

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระท่วงทำการทดลอง

ตารางที่ ง.4 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 3

ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP หน่วย : มกค./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	เหนือลม	ใต้ลม	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)
11/6/42*	23	21	40	0	35	0
13/6/42	31	230	287	0	185	23
14/6/42	38	542	357	37	355	37
15/6/42	50	720	427	44	289	64
16/6/42	39	887	340	65	397	58
17/6/42	103	453	217	67	291	46
18/6/42	73	1040	372	69	608	45
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %				40		39
S.D.				30		22

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระท่วงทำการทดลอง

ตารางที่ ง.5 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 4

ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	เหนือลม	ใต้ลม	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)
14/7/42	39	826	204	79	685	18
15/7/42	67	1593	247	88	1163	28
16/7/42	72	2402	333	89	2329	3
17/7/42	83	3425	295	94	2291	34
18/7/42*	53	851	342	64	557	37
19/7/42*	29	452	168	67	335	28
20/7/42*	32	108	134	0	89	25
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %				69		25
S.D.				32		11

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ง.6 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 5

ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม		ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	เหนือลม	ใต้ลม	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)
21/8/42	67	540	269	57	655	0
22/8/42	47	982	391	63	1179	0
23/8/42	52	1701	440	76	1774	0
24/8/42*	26	32	60	0	45	0
25/8/42*	34	90	92	0	114	0
26/8/42*	34	200	228	0	293	0
27/8/42*	25	103	97	8	111	0
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %				29		0
S.D.				35		0

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ง.7 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 6

ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุ่ม		ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	เหนื่อลม	ใต้ลม	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)
6/9/42*	122	505	366	36	783	0
7/9/42*	42	98	161	0	121	0
8/9/42*	44	90	227	0	151	0
9/9/42*	69	358	289	24	478	0
10/9/42*	45	111	195	0	148	0
11/9/42*	36	110	159	0	151	0
12/9/42*	42	64	129	0	75	0
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %				9		0
S.D.				15		0

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ง.8 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองรวม TSP หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 8

ความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม TSP หน่วย : มคก./ม.³

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุ่ม		ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	เหนื่อลม	ใต้ลม	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)	ใต้ลม	ประสิทธิภาพ (%)
3/11/42*	29	119	85	38	172	0
4/11/42*	35	262	186	33	454	0
5/11/42	46	333	342	0	862	0
6/11/42	42	712	596	17	1101	0
7/11/42	95	685	614	12	703	0
8/11/42	143	1263	621	57	1293	0
9/11/42	125	1163	472	67	1718	0
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %				32		0
S.D.				24		0

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

ตารางที่ ง.9 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 2 ครั้ง/วัน	
	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
21/4/42	31	35	0
23/4/42*	36	84	0
24/4/42*	9	23	0
25/4/42	197	73	63
26/4/42	94	60	36
27/4/42*	13	2	85
4/5/42	188	79	58
ประสิทธิภาพเฉลี่ย, %			35
S.D.			35

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ ง.10 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดน้ำ 5 ครั้ง/วัน

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนฉีดน้ำ 5 ครั้ง/วัน	
	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
22/3/42	261	40	85
23/3/42	247	84	66
24/3/42*	0	55	0
25/3/42*	107	15	86
26/3/42	74	49	34
27/3/42	184	36	80
28/3/42	171	5	97
ประสิทธิภาพเฉลี่ย, %			64
S.D.			35

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ ง.11 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 1

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
6/4/42	29	4	86	0	100
7/4/42*	63	12	81	74	0
8/4/42	246	8	97	1	99
9/4/42	132	0	100	2	98
10/4/42	356	53	85	13	96
11/4/42	193	0	100	11	94
12/4/42*	97	0	100	42	57
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %			93		78
S.D.			8		37

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ตารางที่ ง.12 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 2

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
		อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
11/5/42*	38	23	39	0	100
18/5/42	16	3	81	5	69
19/5/42*	41	36	12	42	0
28/5/42	46	31	33	33	28
29/5/42	62	24	61	41	34
30/5/42	116	8	93	86	26
31/5/42*	42	46	0	52	0
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %			46		37
S.D.			35		36

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ศูนย์วิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.13 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 3

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
		อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
11/6/42*	3	1	67	33	0
13/6/42	27	44	0	25	7
14/6/42	228	17	93	96	58
15/6/42	221	5	98	0	100
16/6/42	200	55	73	64	68
17/6/42	132	17	87	87	34
18/6/42	295	11	96	81	73
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %			73		49
S.D.			34		37

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระท่วงทำการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.14 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 4

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
		อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
14/7/42	113	61	46	83	27
15/7/42	405	4	99	260	36
16/7/42	992	66	93	475	52
17/7/42	1322	16	99	378	71
18/7/42*	81	15	81	53	35
19/7/42*	77	74	4	112	0
20/7/42*	10	11	0	8	20
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %			60		34
S.D.			44		23

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระท่วงทำการทดลอง

ตารางที่ ง.15 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 5

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
21/8/42	65	18	72	61	6
22/8/42	133	28	79	114	14
23/8/42	396	84	79	246	38
24/8/42*	17	0	100	0	100
25/8/42*	6	8	0	6	0
26/8/42*	9	0	100	37	0
27/8/42*	3	12	0	0	100
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %			61		37
S.D.			43		45

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระท่วงทำการทดลอง

ศูนย์วิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.16 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 6

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
6/9/42*	22	0	100	43	0
7/9/42*	0	19	0	7	0
8/9/42*	13	0	100	14	0
9/9/42*	3	0	100	12	0
10/9/42*	5	1	80	5	0
11/9/42*	0	10	0	3	0
12/9/42*	2	0	100	5	0
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %			69		0
S.D.			47		0

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกกระหน่ำทำการทดลอง

ศูนย์วิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.17 ประสิทธิภาพในการลดฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หลังการฉีดพ่นสารเคมีเดือนที่ 8

อัตราการปล่อยฝุ่นละออง หน่วย : กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน		ส่วนโพลีเมอร์	
		อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)	อัตราการปล่อยฝุ่นละออง	ประสิทธิภาพ (%)
3/11/43*	26	22	15	22	15
4/11/43*	20	31	0	31	0
5/11/43	52	77	0	78	0
6/11/43	137	131	4	173	0
7/11/43	72	26	64	13	82
8/11/43	103	40	61	39	62
9/11/43	52	14	73	42	19
ประสิทธิภาพเฉลี่ย , %			31		25
S.D.			33		33

หมายเหตุ

* วันที่มีฝนตกระหว่างทำการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก จ.

ข้อมูลศูนย์นิเทศวิทยาและปริมาณจราจร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองจากถนนเส้นที่ใช้ทดลอง
ที่ระดับความสูง 5 เมตร

วัน-เดือน-ปี	เวลา	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางลม	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความดันบรรยากาศ (hPa)	ปริมาณน้ำฝน* (mm)
15/3/42	8.00-16.00	2.4	SSW	32	78	1007	0.0
16/3/42	8.00-16.00	2.8	SSW	32	75	1006	0.0
17/3/42	8.00-16.00	2.3	SSW	32	76	1005	0.0
18/3/42	8.00-16.00	2.0	SSW	33	78	1005	0.0
19/3/42	8.00-16.00	2.0	SSW	34	68	1005	0.0
20/3/42	8.00-16.00	1.7	SSE	32	69	1005	0.0
21/3/42	8.00-16.00	1.4	S	34	70	1005	0.0
22/3/42	8.00-16.00	1.7	SSE	34	80	1008	0.0
23/3/42	8.00-16.00	1.8	SSE	30	86	1010	0.0
24/3/42	8.00-16.00	2.1	SSW	31	78	1011	21.6
25/3/42	8.00-16.00	2.6	SSW	30	84	1010	3.3
26/3/42	8.00-16.00	1.8	SSW	32	78	1009	0.0
27/3/42	8.00-16.00	1.6	SSW	32	75	1008	0.0
28/3/42	8.00-16.00	1.9	SSW	33	78	1008	0.0
6/4/42	8.00-16.00	0.6	ESE	28	91	1010	0.7
7/4/42	8.00-16.00	1.2	SSE	31	82	1008	3.4
8/4/42	8.00-16.00	1.5	S	30	81	1009	0.0
9/4/42	8.00-16.00	1.5	WSW	32	77	1009	0.0
10/4/42	8.00-16.00	1.6	SSW	31	80	1008	0.0
11/4/42	8.00-16.00	1.6	SSW	31	87	1008	4.0
12/4/42	8.00-16.00	2.1	S	31	87	1007	44.0

หมายเหตุ * ปริมาณน้ำฝนเป็นรายวัน

ตารางที่ จ.1(ต่อ) ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองจากถนนเส้นที่ใช้ทดลอง
ที่ระดับความสูง 5 เมตร

วัน-เดือน-ปี	เวลา	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางลม	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความดันบรรยากาศ (hPa)	ปริมาณน้ำฝน* (mm)
21/4/42	8.00-16.00	1.2	WSW	32	85	1009	0.0
23/4/42	8.00-16.00	2.3	S	31	87	1006	13.8
24/4/42	8.00-16.00	3.0	WSW	30	78	1005	4.2
25/4/42	8.00-16.00	3.3	WSW	32	73	1004	0.0
26/4/42	8.00-16.00	2.0	WSW	32	76	1004	0.0
27/4/42	8.00-16.00	1.4	SSE	27	87	1005	4.3
4/5/42	8.00-16.00	1.9	SW	31	84	1008	0.0
11/5/42	8.00-16.00	1.3	SSW	29	90	1009	19.4
18/5/42	8.00-16.00	1.8	WSW	31	81	1007	0.0
19/5/42	8.00-16.00	2.0	SSE	30	85	1007	86.8
28/5/42	8.00-16.00	2.3	WSW	30	79	1009	0.0
29/5/42	8.00-16.00	2.3	WSW	31	77	1008	0.0
30/5/42	8.00-16.00	2.1	S	28	84	1007	0.0
31/5/42	8.00-16.00	2.2	SSW	31	79	1008	17.8
11/6/42	8.00-16.00	2.3	WSW	26	84	1009	5.0
13/6/42	8.00-16.00	2.8	WSW	30	81	1008	0.0
14/6/42	8.00-16.00	2.5	SW	30	75	1008	0.0
15/6/42	8.00-16.00	2.2	S	31	73	1008	0.0
16/6/42	8.00-16.00	2.8	WSW	30	79	1007	0.0
17/6/42	8.00-16.00	2.3	WSW	30	77	1007	0.0
18/6/42	8.00-16.00	3.2	WSW	30	84	1007	0.0

หมายเหตุ * ปริมาณน้ำฝนเป็นรายวัน

ตารางที่ จ.1(ต่อ) ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองจากถนนเส้นที่ใช้ทดลอง
ที่ระดับความสูง 5 เมตร

วัน-เดือน-ปี	เวลา	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางลม	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความดันบรรยากาศ (hPa)	ปริมาณน้ำฝน* (mm)
14/7/42	8.00-16.00	2.8	WSW	29	73	1007	0.0
15/7/42	8.00-16.00	3.3	SW	31	80	1007	0.0
16/7/42	8.00-16.00	3.3	SW	32	71	1007	0.0
17/7/42	8.00-16.00	3.6	SSW	31	75	1008	0.0
18/7/42	8.00-16.00	1.8	SW	33	81	1008	20.0
19/7/42	8.00-16.00	2.6	SW	33	82	1007	77.0
20/7/42	8.00-16.00	3.3	SSW	30	81	1007	7.2
21/8/42	8.00-16.00	1.2	SSW	30	75	1007	0.0
22/8/42	8.00-16.00	1.3	S	31	77	1008	0.0
23/8/42	8.00-16.00	1.9	SSE	29	74	1008	0.0
24/8/42	8.00-16.00	1.4	S	27	81	1007	3.6
25/8/42	8.00-16.00	1.2	WSW	29	78	1009	31.0
26/8/42	8.00-16.00	1.6	WSW	29	79	1008	12.2
27/8/42	8.00-16.00	1.2	WSW	29	82	1008	5.5
6/9/42	8.00-16.00	0.4	SSE	29	73	1006	3.6
7/9/42	8.00-16.00	1.2	SSE	29	72	1006	6.2
8/9/42	8.00-16.00	1.0	SSE	30	60	1007	14.6
9/9/42	8.00-16.00	0.7	WSW	31	57	1006	16.0
10/9/42	8.00-16.00	0.6	WSW	30	69	1007	24.0
11/9/42	8.00-16.00	0.6	WSW	29	70	1007	7.2
12/9/42	8.00-16.00	0.4	S	28	74	1006	2.6

หมายเหตุ * ปริมาณน้ำฝนเป็นรายวัน

ตารางที่ จ.1(ต่อ) ค่าเฉลี่ยสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองจากถนนเส้นที่ใช้ทดลอง
ที่ระดับความสูง 5 เมตร

วัน-เดือน-ปี	เวลา	ความเร็วลม (m/s)	ทิศทางลม	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	ความดันบรรยากาศ (hPa)	ปริมาณน้ำฝน* (mm)
3/11/42	8.00-16.00	2.2	N	27	75	1008	22.4
4/11/42	8.00-16.00	1.9	N	27	70	1009	1.0
5/11/42	8.00-16.00	3.2	NNE	28	66	1007	0.0
6/11/42	8.00-16.00	2.1	N	29	68	1007	0.0
7/11/42	8.00-16.00	0.9	NE	28	71	1007	0.0
8/11/42	8.00-16.00	0.7	N	29	74	1007	0.0
9/11/42	8.00-16.00	0.9	ENE	30	71	1007	0.0

หมายเหตุ * ปริมาณน้ำฝนเป็นรายวัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 ชนิดและปริมาณยานพาหนะที่วิ่งผ่านถนนเส้นที่ใช้ทดลอง ณ ช่วงเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้น
ฝุ่นละอองในบรรยากาศ

วัน-เดือน-ปี	เวลา	ชนิดยานพาหนะ (คัน)	
		รถบรรทุก 4 ล้อ	รถจักรยานยนต์
15/3/42	8.00-16.00	157	56
16/3/42	8.00-16.00	151	61
17/3/42	8.00-16.00	191	65
18/3/42	8.00-16.00	180	54
19/3/42	8.00-16.00	175	81
20/3/42	8.00-16.00	182	65
21/3/42	8.00-16.00	154	68
22/3/42	8.00-16.00	150	54
23/3/42	8.00-16.00	145	65
24/3/42	8.00-16.00	134	60
25/3/42	8.00-16.00	131	64
26/3/42	8.00-16.00	129	53
27/3/42	8.00-16.00	172	79
28/3/42	8.00-16.00	158	53
6/4/42	8.00-16.00	131	45
7/4/42	8.00-16.00	142	44
8/4/42	8.00-16.00	187	82
9/4/42	8.00-16.00	147	51
10/4/42	8.00-16.00	131	56
11/4/42	8.00-16.00	141	74
12/4/42	8.00-16.00	99	50

ตารางที่ จ.2(ต่อ) ชนิดและปริมาณยานพาหนะที่วิ่งผ่านถนนเส้นที่ใช้ทดลอง ณ ช่วงเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้น
ฝุ่นละอองในบรรยากาศ

วัน-เดือน-ปี	เวลา	ชนิดยานพาหนะ (คัน)	
		รถบรรทุก 4 ล้อ	รถจักรยานยนต์
21/4/42	8.00-16.00	109	44
23/4/42	8.00-16.00	118	35
24/4/42	8.00-16.00	147	44
25/4/42	8.00-16.00	197	73
26/4/42	8.00-16.00	138	59
27/4/42	8.00-16.00	135	40
4/5/42	8.00-16.00	127	35
11/5/42	8.00-16.00	141	35
18/5/42	8.00-16.00	132	42
19/5/42	8.00-16.00	128	33
28/5/42	8.00-16.00	110	39
29/5/42	8.00-16.00	125	35
30/5/42	8.00-16.00	90	34
31/5/42	8.00-16.00	121	44
11/6/42	8.00-16.00	114	34
13/6/42	8.00-16.00	122	43
14/6/42	8.00-16.00	140	49
15/6/42	8.00-16.00	135	42
16/6/42	8.00-16.00	131	48
17/6/42	8.00-16.00	107	51
18/6/42	8.00-16.00	125	45

ตารางที่ จ.2(ต่อ) ชนิดและปริมาณยานพาหนะที่วิ่งผ่านถนนเส้นที่ใช้ทดลอง ณ ช่วงเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้น
ฝุ่นละอองในบรรยากาศ

วัน-เดือน-ปี	เวลา	ชนิดยานพาหนะ (คัน)	
		รถบรรทุก 4 ล้อ	รถจักรยานยนต์
14/7/42	8.00-16.00	134	39
15/7/42	8.00-16.00	145	47
16/7/42	8.00-16.00	166	57
17/7/42	8.00-16.00	178	48
18/7/42	8.00-16.00	204	175
19/7/42	8.00-16.00	156	72
20/7/42	8.00-16.00	141	53
21/8/42	8.00-16.00	147	63
22/8/42	8.00-16.00	135	54
23/8/42	8.00-16.00	142	43
24/8/42	8.00-16.00	103	52
25/8/42	8.00-16.00	95	38
26/8/42	8.00-16.00	118	47
27/8/42	8.00-16.00	90	44
6/9/42	8.00-16.00	94	40
7/9/42	8.00-16.00	102	45
8/9/42	8.00-16.00	108	36
9/9/42	8.00-16.00	122	38
10/9/42	8.00-16.00	110	32
11/9/42	8.00-16.00	90	42
12/9/42	8.00-16.00	90	48

ตารางที่ จ.2(ต่อ) ชนิดและปริมาณยานพาหนะที่วิ่งผ่านถนนเส้นที่ใช้ทดลอง ณ ช่วงเวลาที่ตรวจวัดความเข้มข้น
ฝุ่นละอองในบรรยากาศ

วัน-เดือน-ปี	เวลา	ชนิดยานพาหนะ (คัน)	
		รถบรรทุก 4 ล้อ	รถจักรยานยนต์
3/11/42	8.00-16.00	127	38
4/11/42	8.00-16.00	122	34
5/11/42	8.00-16.00	115	41
6/11/42	8.00-16.00	123	35
7/11/42	8.00-16.00	125	39
8/11/42	8.00-16.00	148	44
9/11/42	8.00-16.00	143	40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ฉ.

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากการทดลอง และ AP-42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จากการทดลอง

การแปลงค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ตรวจวัดได้ตามความสูงจากระดับพื้นถนน ให้เป็นค่าฟลักซ์ของอนุภาคที่ปล่อยออกมาจากการสัญจรของยานยนต์ ตามสมการที่ 4.2

$$F = CVhL \dots\dots\dots (สมการที่ 4.2)$$

โดยที่

- F = ฟลักซ์ของ PM-10 (กรัม PM-10/วินาที)
- C = ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ควบคุม (กรัม PM-10/ลบ.ม.)
- V = ความเร็วลมเฉลี่ยในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่ควบคุม (เมตร/วินาที)
- h = ความสูงของพื้นที่ควบคุม (เมตร)
- L = ความยาวของพื้นที่ควบคุม (เมตร)

อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 หรือค่าฟลักซ์ต่อหนึ่งคันของยานยนต์ที่แล่นผ่านถนน คำนวณได้จากสมการที่ 4.3

$$E = (F \times T) / D \dots\dots\dots (สมการที่ 4.3)$$

โดยที่

- E = อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)
- F = ฟลักซ์ของ PM-10 (กรัม PM-10/วินาที)
- T = ระยะเวลาที่ตรวจวัด (วินาที)
- D = ระยะทางทั้งหมดที่ยานยนต์แล่นผ่านในช่วงเวลาที่ตรวจวัด (กิโลเมตร-คัน)

ข้อมูลตัวอย่าง

หน่วย : ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

วัน-เดือน-ปี	ส่วนควบคุม			
	เหนือลม	ใต้ลม		
	U 2	D 1	D 2	D 5
15/3/42	53	371	273	83

หมายเหตุ	U 2	จุดเก็บตัวอย่างที่เหนือลม ณ ระดับความสูง 2.0 ม. จากพื้นถนน
	D 1	จุดเก็บตัวอย่างที่ใต้ลม ณ ระดับความสูง 1.25 ม. จากพื้นถนน
	D 2	จุดเก็บตัวอย่างที่ใต้ลม ณ ระดับความสูง 2.5 ม. จากพื้นถนน
	D 5	จุดเก็บตัวอย่างที่ใต้ลม ณ ระดับความสูง 5.0 ม. จากพื้นถนน

ความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 5 เมตร เท่ากับ 2.40 เมตร/วินาที ทิศทาง SSW

จากสมการ
$$U_H = U_0 (H/Z_0)^n$$

โดยที่ : U_H = ความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง H
 U_0 = ความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง Z_0 ที่วัดได้
 n = เลขยกกำลังแสดงสภาพของอากาศ ($n = 0.2$)

ดังนั้นจากการแทนค่าในสมการ

จะได้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 2.5 เมตร เท่ากับ 2.09 เมตร/วินาที ทิศทาง SSW
 และค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับความสูง 1.25 เมตร เท่ากับ 1.82 เมตร/วินาที ทิศทาง SSW

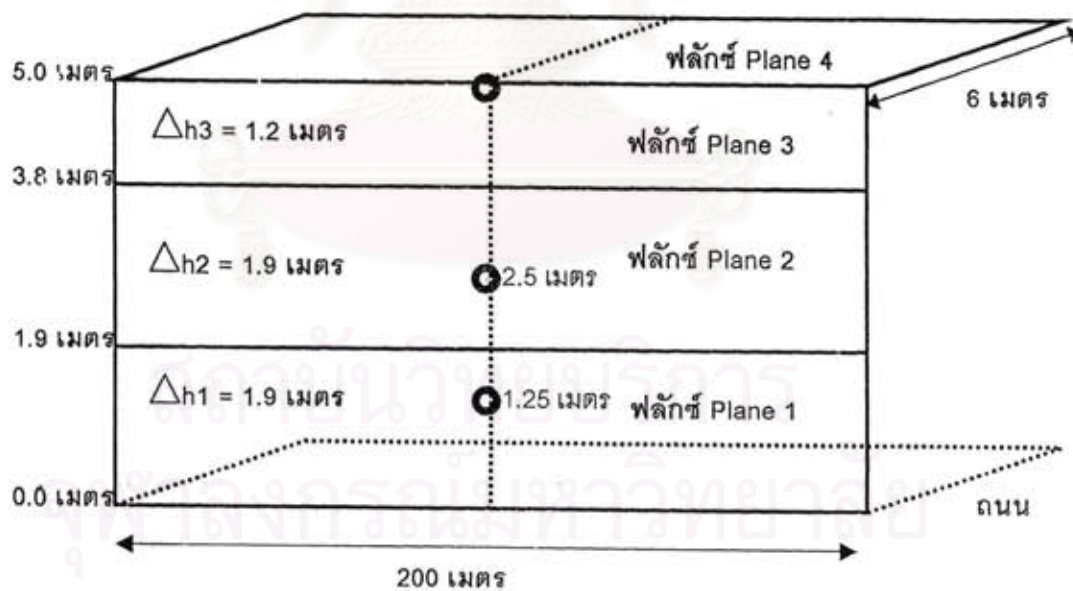
ความเร็วลมในทิศแนวตั้ง (Wind friction speed, u^*)

จากสมการ
$$\frac{U_z}{U^*} = \frac{1}{k} \ln(Z/Z_0)$$

โดยที่ : U_z = ความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง Z
 U^* = ความเร็วลมเฉลี่ยในทิศแนวตั้ง
 k = ค่าคงที่ von Karman's ($k = 0.4$)
 Z = ระดับความสูงที่ตรวจวัดความเร็วลมเฉลี่ย
 Z_0 = สัมประสิทธิ์ความขรุขระ ($Z_0 = 0.2$)

ดังนั้นจากการแทนค่าในสมการ

จะได้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยในทิศแนวตั้งที่ระดับความสูง 5.0 เมตร เท่ากับ 0.30 เมตร/วินาที



รูปที่ จ.1 การแบ่งพื้นที่ควบคุมออกเป็น 4 ส่วน

แทนค่าตามสมการที่ 4.2

$$\begin{aligned} \text{ฟลักซ์ plane 1} \quad F &= (371 - 53) (1.81 * \cos 22.5^\circ) (1.9) (200) \\ &= 203214 \text{ ไมโครกรัม PM-10/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ฟลักซ์ plane 2} \quad F &= (273 - 53) (2.09 * \cos 22.5^\circ) (1.9) (200) \\ &= 161445 \text{ ไมโครกรัม PM-10/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ฟลักซ์ plane 3} \quad F &= (83 - 53) (2.40 * \cos 22.5^\circ) (1.2) (200) \\ &= 15967 \text{ ไมโครกรัม PM-10/วินาที} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ฟลักซ์ plane 4} \quad F &= (83 - 53) (0.30 * \cos 22.5^\circ) (6) (200) \\ &= 9979 \text{ ไมโครกรัม PM-10/วินาที} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ฟลักซ์ของ PM-10 ในส่วนควบคุมรวม 4 plane
มีค่าเท่ากับ 390605 ไมโครกรัม PM-10/วินาที

แทนค่าตามสมการที่ 4.3

$$\begin{aligned} E &= (390605 * 10^{-6} * 8 * 3600) / (157 * 0.2) \\ &= 358 \text{ กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จาก AP-42 ในส่วนควบคุม
มีค่าเท่ากับ 358 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จาก AP-42

ถนนที่ปูผิวทาง (Paved Road)

$$E = k (sL/2)^{0.65} (W/3)^{1.5} \dots\dots\dots (สมการที่ 3.1)$$

โดยที่

E = อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

k = ค่าคงที่ของตัวคูณขนาดอนุภาค (k = 4.6)

sL = ปริมาณซิลท์บนผิวถนน (กรัม/ตารางเมตร)

W = น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์ (ตัน)

ข้อมูลตัวอย่าง

เดือนที่	ส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน			
	ปริมาณฝุ่น	% ซิลท์	ปริมาณซิลท์	ปริมาณความชื้นดิน
	(กรัม/ตร.ม.)		(กรัม/ตร.ม.)	(%)
8	466	10.0	47	2.4

- ปริมาณซิลท์บนผิวถนนเท่ากับ 47 กรัม/ตารางเมตร

- น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์เท่ากับ 1.7 ตัน

แทนค่าในสมการ

$$E = (4.6) (47/2)^{0.65} (1.7/3)^{1.5}$$

$$= 15 \text{ กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน}$$

เพราะฉะนั้น อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จาก AP-42 ในส่วนแอสฟัลต์อิมัลชัน มีค่าเท่ากับ 15 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน

ถนนที่ไม่ได้ปูผิวทาง (Unpaved Road)

$$E = k (1.7) [s/12] [S/48] [W/2.7]^{0.7} [w/4]^{0.5} [(365-p)/365] \dots\dots\dots \text{(สมการที่ 3.2)}$$

โดยที่

E = อัตราการปล่อยฝุ่นละออง (กิโลกรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน)

k = ค่าคงที่ของตัวคูณขนาดอนุภาค (k = 0.36)

s = สัดส่วนของปริมาณซิลท์บนผิวถนน (%)

S = ความเร็วเฉลี่ยของยานยนต์ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

W = น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์ (ตัน)

w = จำนวนเฉลี่ยของล้อ

p = จำนวนวันที่มีปริมาณฝนตก ≥ 0.254 มิลลิเมตร (0.01 นิ้ว) ต่อปี

ข้อมูลตัวอย่าง

เดือนที่	ส่วนควบคุม			
	ปริมาณฝุ่น	% ซิลท์	ปริมาณซิลท์	ปริมาณความชื้นดิน
	(กรัม/ตร.ม.)		(กรัม/ตร.ม.)	(%)
8	1913	12.4	237	1.4

- สัดส่วนของปริมาณซิลท์บนผิวถนนเท่ากับ 12.4 %
- ความเร็วเฉลี่ยของยานยนต์เท่ากับ 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง
- น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์เท่ากับ 1.7 ตัน
- จำนวนเฉลี่ยของล้อเท่ากับ 4 ล้อ
- จำนวนวันที่มีปริมาณฝนตก ≥ 0.254 มิลลิเมตร (0.01 นิ้ว) ต่อปี เท่ากับ 122 วัน
- น้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์เท่ากับ 1.7 ตัน

แทนค่าในสมการ

$$\begin{aligned} E &= k (1.7) [s/12] [S/48] [W/2.7]^{0.7} [w/4]^{0.5} [(365-p)/365] \\ &= (0.36) (1.7) [12.4/12] [30/48] [1.7/2.7]^{0.7} [4/4]^{0.5} [(365-122)/365] \\ &= 0.190 \text{ กิโลกรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น อัตราการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM-10 จาก AP-42 ในส่วนควบคุม
มีค่าเท่ากับ 0.190 กิโลกรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน
หรือ 190 กรัม PM-10/กิโลเมตร-คัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน



นายกมล สุทธิจันทร์นภา เกิดเมื่อวันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2518 ณ จังหวัดจันทบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2539



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย