

การศึกษาถนนระบายน้ำอัตโนมัติ

A Study of Self Draining Road



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study of Self Draining Road



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาถนนระบายน้ำอัตโนมัติ
A Study of Self Draining Road

นักศึกษา นายกานต์ ไกรเกตุ รหัสนักศึกษา 59010105
นายเกศพงษ์ รัชมิกรรัตน์ รหัสนักศึกษา 57010147
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์
ดร.ประทีป ลือประเสริฐ

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.จรัส พิทักษ์ศฤงคาร	
ผศ.ดร.นัฐพร นวกิจรังสรรค์	
ผศ.ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาถนนระบายน้ำอัตโนมัติ

นายกานต์ ไกรเกตุ รหัสนักศึกษา 59010105
นายเกษตรพงษ์ รัชมิภรณ์ รหัสนักศึกษา 59010147

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์
ดร.ประทีป ลือประเสริฐ
ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการเติบโตขึ้นของสังคมเมืองอย่างรวดเร็วจึงมีการพัฒนาพื้นที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง ทำให้พื้นที่ธรรมชาติเดิมที่สามารถซึมซับน้ำได้ ถูกแทนที่ด้วยพื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ ส่งผลต่อการระบายน้ำในเมือง เมื่อเกิดฝนที่ตกหนักในช่วงเวลาสั้นๆจะเกิดน้ำที่ผิวน้ำทำให้เกิดการจราจรติดขัดในหลายพื้นที่ต้องใช้เวลามากมายชั่วโมงเพื่อระบายน้ำซึ่งที่ผิวน้ำผู้ศึกษาจึงตระหนักว่าถึงแม้จะมีระบบระบายน้ำเดิมที่มีประสิทธิภาพและครอบคลุม แต่ยังไม่สามารถระบายน้ำซึ่งที่ผิวน้ำอันเกิดจากฝนที่มีความเข้มข้นสูง ผู้ศึกษาจึงต้องการศึกษาถนนที่ไม่เกิดน้ำซึ่งที่บริเวณที่ผิวน้ำ โดยปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการก่อสร้างถนนลาดยางที่มีความพรุนสูงเหมือนฟองน้ำเรียกว่า “พอร์สแอสฟัลท์” โดยใช้แอสฟัลท์ชนิดที่เพิ่มโพลิเมอร์ และ ใช้มวลรวมที่มีสัดส่วนของหินขนาดใหญ่กว่าปกติทำให้น้ำสามารถซึมผ่านลงมาจากชั้นถนน โดยชั้นถนนออกแบบเป็นแหล่งเก็บน้ำชั่วคราวและลำเลียงน้ำด้วยชั้นถนนเองเข้าสู่ระบบระบายน้ำหลักที่มีความสามารถในการระบายสูง ทั้งนี้ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาแนวทางชั้นถนนที่สามารถระบายน้ำที่ผิว การศึกษาในโครงการนี้จึงศึกษาแนวคิดในการก่อสร้างถนนที่สามารถระบายน้ำที่ผิวด้วยตัวเองได้

คำสำคัญ: น้ำซึ่งที่ผิวน้ำ, พอร์สแอสฟัลท์, ถนนที่สามารถระบายน้ำที่ผิวด้วยตัวเอง

A STUDY OF Self Draining Road

Karn Kraiket Student ID. 59010105
Kedpong Thummikarat Student ID. 57010147

Advisor: Asst. Prof. Dr. Preeda Chaturabong
Dr.Prateep Lueprasert
Academic Year 2019

ABSTRACT

In recently, Thailand have been facing growth of urbanization rapidly. The land has been developed to be the building. The natural ground that absorb precipitation have been replace by impervious surface affect to drainage system in the city. When the heavy rainfall event occurs in short time. Water on the road surface can't be drain in time. Lead to traffic jam in many areas. Spend many hours to drain the water on road surface. Although drainage system is efficiency and cover but water on the road surface can't be drained in short time when the high intensity precipitation occurs. The researcher has the intention to study road pavement that solve water on road surface problem. At the present, Technology of road construction has high porosity in asphalt concrete. As known as "porous asphalt". Modified asphalt binder and larger size of aggregates are used in porous asphalt mixtures. The water on road surface can infiltrate though the road pavement. The road pavement has designed for using as temporary reservoir and deliver the water to main drainage system by themselves. In Thailand haven't the study in road that can drain water on the surface yet. In the project will study the guild line of road that can drain water on the surface by themselves.

KEYWORDS: fresh concrete, construction industrial waste, recycled fresh concrete

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร. ปรีดา จาตุรพงศ์ และ ดร.ประทีป ลือประเสริฐ ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเราผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยคณาจารย์ท่านต่าง ๆ ได้ถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ต่าง ๆ จนสามารถนำมาใช้ในการทำงานและการดำเนินชีวิตได้อย่างดีเยี่ยม ตลอดจนขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นกรรมการในการทดสอบ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำโครงการ รวมถึงตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้ศึกษาในภาควิชาโยธาทั้งหมดมา

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วน

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและกำลังใจในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

นายกานต์ ไกรเกตุ
นายเกศพงษ์ ธัมมิรัตน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญ และ ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 การออกแบบส่วนผสม และ คุณสมบัติของพอร์สแอสฟัลท์.....	4
2.2.1 ปัจจัยผลของขนาดคละมวลรวม	4
2.2.2 ปัจจัยจากพลังงานในการบดอัด.....	5
2.2.3 ปัจจัยชนิดของแอสฟัลท์.....	6
2.2.4 คุณสมบัติของส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์.....	6
2.3 การนำพอร์สแอสฟัลท์มาใช้ในการกักเก็บน้ำฝน และการปรับปรุงคุณภาพน้ำ.....	13
2.3.1 หลักการออกแบบชั้นทางที่น้ำสามารถซึมผ่านได้.....	13
2.3.2 รายละเอียดของโมเดลการทดลอง.....	14
2.3.3 ปริมาณน้ำไหลผ่านโมเดล.....	16
2.3.4 การออกแบบทางชลศาสตร์ของพอร์สแอสฟัลท์.....	17
บทที่ 3 วิธีการวิเคราะห์.....	18
3.1 การเลือกใช้วัสดุพอร์สแอสฟัลท์.....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.1 การออกแบบมวลรวม.....	18
3.1.2 คุณสมบัติของโมดิฟายแอสฟัลท์.....	19
3.1.3 การหาเปอร์เซ็นต์ช่องว่างในพอร์สแอสฟัลท์.....	19
3.1.4 ความถ่วงจำเพาะสูงสุดทางทฤษฎี (Theoretical Maximum Specific Gravity)...	20
3.1.5 ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity).....	21
3.1.6 การทดสอบความสามารถในการไหลผ่านของน้ำในแอสฟัลท์คอนกรีต.....	21
3.1.7 สรุปภาพรวมในขั้นตอนการเลือกใช้วัสดุ.....	23
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์.....	25
4.1.1 ผลการทดสอบ Marshall Stability Test.....	25
4.1.2 พฤติกรรมรับแรงของส่วนผสมพอร์สแอสฟัลท์.....	26
4.2 ผลการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในแอสฟัลท์คอนกรีต.....	26
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	27
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	27
5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ.....	27
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	27
เอกสารอ้างอิง.....	28
ประวัติผู้เขียน.....	29

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1.1 แสดงข้อจำกัดในแต่ละวิธีในการเร่งการระบายน้ำที่บริเวณผิว.....	2
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการกระจายของขนาดคละ ตัวอย่าง G1-G8.....	5
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงระดับการบดแบบไจเรชั่นที่ระดับต่างๆ.....	5
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงตัวแปรต่างๆในส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์.....	6
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงความถ่วงจำเพาะกับส่วนผสมพอร์สแอสฟัลท์.....	7
ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ช่องว่างและความสามารถในการซึมผ่านน้ำของ ตัวอย่าง	8
ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงการทดลองการนำได้ของโมเดลทั้งสองแบบ.....	17
ตาราง 3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงที่ใช้ในการออกแบบที่อยู่ระหว่างค่าขอบบนและ ขอบล่าง	18
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงคุณสมบัติการซึมผ่านของน้ำในแอสฟัลท์ที่โมดิฟายด้วย SBS Polymer.....	19
ตาราง 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบ Marshall Stability Test.....	25
ตาราง 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในแอสฟัลท์คอนกรีต.....	26

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 รูปแสดงระบบอุทกวิทยาในเมืองเมื่อพื้นที่ธรรมชาติถูกแทนที่โดยพื้นที่ ที่น้ำไม่ซึมผ่าน	1
รูปที่ 1.2 รูปแสดงน้ำข้างบริเวณผิวจราจรนำไปสู่ปัญหาจราจร	2
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV) และ มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 มม. ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด Pen 60/70	9
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง การซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 มม. ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด Pen 60/70	10
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 มม. ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด PG 76	10
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง การซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 มม. ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด PG 76	11
รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV) และ มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 4.75 มม. ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด Pen 60/70	11
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง การซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 4.75 มม. ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด Pen 60/70	12
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV) และ มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 4.75 มม. ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ของแอสฟัลท์ชนิด PG 76	12
รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง การซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 4.75 มม. ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ของแอสฟัลท์ชนิด PG 76	13

รูปที่ 2.9	รูปแสดงแนวคิดการออกแบบชั้นทางที่ให้น้ำซึมผ่านได้	14
รูปที่ 2.10	รูปแสดงโครงสร้างแต่ละชั้นของโมเดลทั้งสองแบบ	15
รูปที่ 2.11	รูปแสดงการทดลองความผ่านได้ของโมเดลทั้งสอง	15
รูปที่ 3.6	รูปแสดงขั้นตอนในการหาความถ่วงจำเพาะสูงสุดทางทฤษฎี	20
รูปที่ 3.7	แสดงสมการในการหาความถ่วงจำเพาะทั้งหมด	21
รูปที่ 3.8	ตัวอย่างของส่วนผสมพอร์สแอสฟัลท์ที่ถูกลบอัด	21
รูปที่ 3.9	แสดงการจำลอง และ สมการที่ใช้ ในการทดลองหาค่าความซึมผ่านของน้ำ	22
รูปที่ 3.10	แสดงการจำลอง และ สมการที่ใช้ ในการทดลองหาค่าความซึมผ่านของน้ำ	22
รูปที่ 3.11	แสดงการจำลอง และ สมการที่ใช้ ในการทดลองหาค่าความซึมผ่านของน้ำ	22
รูปที่ 3.12	รูปแสดงแผนผังภาพรวมกระบวนการทดสอบในการคัดเลือกวัสดุ	23
รูป 3.13	รูปแบบร่างของโมเดล A	24
รูป 3.14	รูปแบบร่างของโมเดล B	24

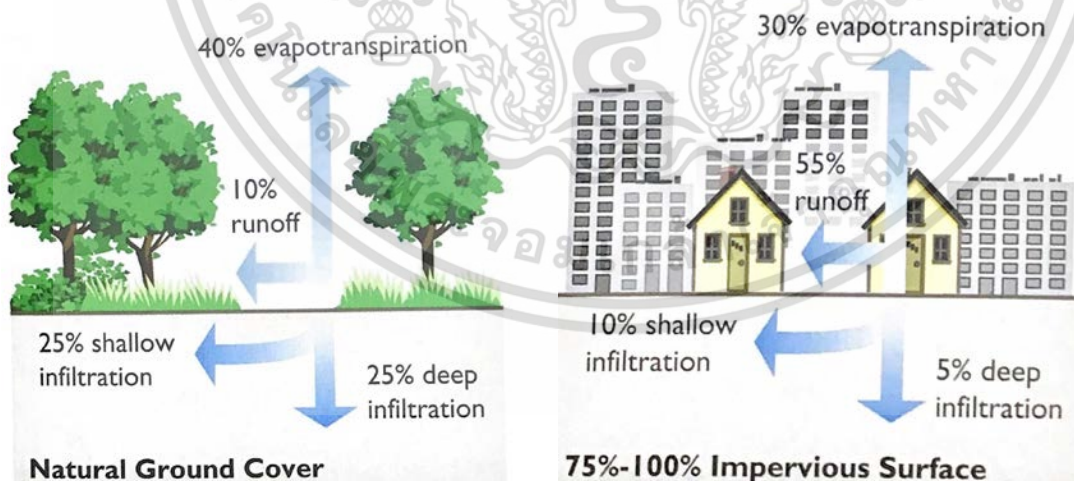
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และ ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยเผชิญกับการเติบโตของสังคมเมืองอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มความหนาแน่นของประชากรอยู่อาศัยทำให้เกิดการพัฒนาของพื้นที่มากขึ้นเช่นกัน ทำให้เกิดอาคารสิ่งก่อสร้างมากที่เป็นอุปสรรคต่อทางระบายน้ำ ทำให้บ่อยครั้งเมื่อเกิดฝนตกหนักน้ำฝนไม่สามารถระบายได้อย่างรวดเร็วจึงเกิดน้ำท่วมซึ่งเป็นเวลานาน เรามักเรียกน้ำท่วมขังนี้ว่าน้ำรอการระบาย ซึ่งก่อให้เกิดในบริเวณผิวจราจรไม่สามารถสัญจรได้สะดวก

ทำให้เกิดการจราจรติดขัดอยู่บ่อยครั้ง ในรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อพื้นธรรมชาติเดิมถูกแทนที่ด้วยสิ่งปลูกสร้างที่พื้นที่ผิวที่น้ำซึมผ่านได้ยาก ยิ่งเวลาผ่านไปพื้นที่นั้นยิ่งเพิ่มขึ้นตามการพัฒนาของเมือง ทำให้ส่งผลกระทบต่อ ระบบอุทกวิทยาในเมือง ปัญหาเหล่านี้จึงเป็นปัญหาที่ไม่สามารถละเลยได้ รูปที่ 2.2 แสดงน้ำท่วมขังบริเวณผิวจราจรหลังจากเกิดฝนตกหลัง จนเกิดปัญหาด้านการจราจรในกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 1.1 รูปแสดงระบบอุทกวิทยาในเมืองเมื่อพื้นที่ธรรมชาติถูกแทนที่โดยพื้นที่ ที่น้ำไม่ซึมผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 รูปแสดงน้ำขังบริเวณผิวจราจรนำไปสู่ปัญหาจราจร

จากปัญหาที่กล่าวมามีวิธีแก้ไขการเร่งการระบายน้ำได้หลากหลายวิธีแต่ในแต่วิธีมักมีข้อจำกัดและปัญหาที่ต่างกันออกไป แต่ใช้หลักการเดียวกันคือน้ำบริเวณผิวต้องถูกกำจัดไปอย่างรวดเร็วที่สุด วิธีการแก้ไขอาจมีการใช้เครื่องปั้มน้ำช่วยเร่งการระบาย หรือการสร้างแหล่งเก็บน้ำเพื่อรับน้ำรอการระบาย แต่วิธีนั้นมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันไปจึงสรุปวิธีแก้ปัญหาลักษณะข้อจำกัดดังตาราง 1.1

วิธีแก้ปัญห	ข้อจำกัด
สร้างอ่างเก็บน้ำบริเวณผิวดิน สำหรับรับน้ำรอระบายในแต่ละพื้นที่	ยากในการขอเวียนคืนที่ดินในสภาพปัจจุบัน
สร้างแหล่งเก็บน้ำใต้ดินดิน สำหรับรับน้ำรอระบายในแต่ละพื้นที่	ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูง
เพิ่มระบบสถานีสูบน้ำ	มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และการดำเนินการ มักมีปัญหาอุดตันที่รูระบาย

ตาราง 1.1 แสดงข้อจำกัดในแต่ละวิธีในการเร่งการระบายน้ำที่บริเวณผิว

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ทางคณะผู้ทำวิจัยจึงอยากคิดวิธีแก้ปัญหาก็ไปเติมเต็มประสิทธิภาพในการเร่งระบายน้ำจากระบบเดิม เป็นไปได้จริงใช้ประโยชน์จากพื้นที่อย่างคุ้มค่า จึงคิดระบบโครงข่ายถนนระบายน้ำขึ้นมา ซึ่งสามารถสรุป รายละเอียดของวัตถุประสงค์ได้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อคิดค้นโมเดลต้นแบบใหม่ของถนนที่สามารถระบายน้ำเองโดยอัตโนมัติ
2. เพื่อที่จะนำเสนออีกหนึ่งวิธีเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่เมือง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้มีการทดลองในวัสดุจริง และ บางส่วนเป็นการจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการศึกษาในเรื่องที่ทำการทดสอบในหน้างานจริงได้ยาก โดยขอบเขตการศึกษามีดังนี้

1. ศึกษาความเป็นไปได้ของโมเดลต้นแบบของถนนระบายน้ำ
2. ศึกษาภาพรวมเมื่อโมเดลถนนระบายน้ำถูกนำมาใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้บรรยายเนื้อหาองค์ความรู้ที่ใช้ในการทำวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ 1.งานวิจัยส่วนของพอร์สแอสฟัลท์ 2.งานวิจัยในด้านการวิเคราะห์ทางทฤษฎีในการรับกำลังของถนน 3.งานวิจัยในเรื่องแนวคิดใช้ผิวทางพอร์สแอสฟัลท์มาประยุกต์ใช้ในการเก็บน้ำฝนเพื่อการนำไปใช้

2.2 การออกแบบส่วนผสม และ คุณสมบัติของพอร์สแอสฟัลท์

ส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์ เป็นอนุภาคของแอสฟัลท์ที่มีรูพรุนสูง โดยมีช่องว่างในแอสฟัลท์คอนกรีตเป็นจำนวนมาก โดยปกติ 18 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปโดยมีการกระจายของขนาดคละของหินที่เรียกว่าเป็นแบบเปิดคือการใช้หินขนาดใหญ่เป็นส่วนมากในขนาดคละของมวลรวม ขณะที่ใช้หินที่มีขนาดเล็กเพื่อเพื่อแรงเสียดทานในมวลรวม ข้อดีของส่วนผสมของแอสฟัลท์ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ มีทั้งการเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อคุณสมบัติของพอร์สแอสฟัลท์คือ

- 1.การกระจายของขนาดคละในมวลรวม
- 2.พลังงานในการบดอัด
- 3.ชนิดของแอสฟัลท์

2.2.1 ปัจจัยผลของขนาดคละมวลรวม

ขนาดคละของมวลรวมถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดของส่วนผสมของคุณสมบัติพอร์สแอสฟัลท์ โดยขนาดคละมีความสัมพันธ์โดยตรงของความสามารถในการระบายน้ำ โดยตรง โดยหินขนาดใหญ่ต่อกันจะทำให้เกิดช่องว่างและหินขนาดเล็กเต็มเต็มระหว่างช่องว่างนั้นในสัดส่วนที่ช่องว่างนั้น โดยในการทดลองได้ใช้การกระจายของขนาดคละที่สัดส่วนต่างๆ ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง โดยมีขนาดคละดังตารางที่ 2.1

sieve size, mm	passing, % by mass							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
19.0	100	100	100	100	100	100	100	100
13.2	80	90	85	95	90	80	95	85
9.5	74	54	70	59	66	72	51	75
6.3	50	30	60	50	30	40	40	60
4.75	14	20	30	42	21	35	24	44
2.36	5	5	10	10	15	15	20	20
1.18	5	5	9	9	13	13	17	17
0.6	5	5	8	8	11	11	14	14
0.3	5	5	7	7	9	9	11	11
0.15	5	5	6	6	7	7	8	8
0.075	5	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการกระจายของขนาดคละ ตัวอย่าง G1-G8

2.2.2 ปัจจัยจากพลังงานในการบดอัด

โดยการบดอัดในพอร์สแอสฟัลท์ยิ่งพลังงานในการบดอัดมาช่องว่างอากาศยิ่งน้อย ถ้าต้องการให้พอร์สแอสฟัลท์มีช่องว่างอากาศมากสามารถทำได้โดยลดระดับการบดโดยลดความดันในการบดอัดหรือลดจำนวนครั้งในการบดอัด โดยการทดลองทำการทดสอบด้วยการบดอัดแบบไจเรชั่น ที่ระดับการบดอัดที่แตกต่างกันดังตาราง

gyration level	compaction pressure (kPa)	gyration count	gyratory angle ($^{\circ}$)	gyration rate (rpm)
P600_N50	600	50	1.25	30
P300_N100	300	100		
P300_N50	300	50		

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงระดับการบดแบบไจเรชั่นที่ระดับต่างๆ

2.2.3 ปัจจัยชนิดของแอสฟัลท์

โดยชนิดของแอสฟัลท์เป็นปัจจัยสำคัญต่อส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์ ทั้งผลของการรับแรงเชิงกล, การใช้งานระยะยาว, การป้องกันผลกระทบจากความชื้น และมีผลต่อกระบวนการในการบดอัด โดยในการทดสอบใช้แอสฟัลท์สองชนิดคือ ชนิด Pen60/70 และ โมดิฟายด์แอสฟัลท์ โดยใช้แอสฟัลท์ชนิด PG76 ผสมกับ Styrene Butadiene Styrene (SBS) Polymer.

design factor	aggregate gradation	gyration compaction level	asphalt binder type
abbreviation	G	GCL	ABT
level	G1~G8	P600_N50 P300_N100 P300_N50	Pen 60/70 PG 76

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงตัวแปรต่างๆในส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์

2.2.4 คุณสมบัติของส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์

จากส่วนผสมจากขนาดที่ขนาดคละ ระดับการบดอัด และชนิดของแอสฟัลท์ จะได้ตัวอย่างทั้งหมด 48 รูปแบบที่แตกต่างกันที่ปริมาณแอสฟัลท์ที่กำหนด แล้วนำตัวอย่างมาทดสอบ permeability test, unconditioned and moisture-conditioned Marshall tests, and ITSM test. In addition, given that ITSM test ที่ไม่ทำลาย โดยค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity, Gmb), ช่องว่างอากาศทั้งหมด (Total Air Void, TAV), และ ความสามารถในการผ่านของน้ำในช่องว่างอากาศ (water-accessible air voids, WAAV), โดยค่าต่างๆดังตาราง ที่ 2.4 และ 2.5

G	ABT	GCL		
		P600_N50	P300_N100	P300_N50
G1	Pen 60/70	1.846	1.778	1.743
	PG 76	1.872	1.817	1.784
G2	Pen 60/70	1.890	1.815	1.800
	PG 76	1.888	1.835	1.791
G3	Pen 60/70	1.944	1.897	1.869
	PG 76	1.988	1.930	1.880
G4	Pen 60/70	1.975	1.924	1.872
	PG 76	2.003	1.954	1.926
G5	Pen 60/70	2.028	1.953	1.910
	PG 76	2.047	1.999	1.958
G6	Pen 60/70	2.062	2.010	1.971
	PG 76	2.079	2.034	1.993
G7	Pen 60/70	2.108	2.065	2.023
	PG 76	2.153	2.107	2.042
G8	Pen 60/70	2.134	2.092	2.049
	PG 76	2.146	2.127	2.071

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงความถ่วงจำเพาะกับส่วนผสมพอร์สแอสฟัลท์

จะเห็นได้ว่าช่องว่างอากาศทั้งหมด และความสามารถผ่านได้ของน้ำ ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการออกแบบ ทั้งสาม ทั้งขนาดคละของมวลรวม (G), ระดับการบดอัดเจาะชั้น (GCL) และชนิดของแอสฟัลท์ (ABT) โดยกล่าวขนาดคละของมวลรวม, การเพิ่มช่องว่างอากาศมีความสัมพันธ์ในโดยประมาณแบบเชิงเส้นต่อการลดของมวลรวมที่ผ่านตะแกรง 2.36 มม. ในส่วนผสมสำหรับการบดอัดทั้งสามระดับ และ ชนิดของแอสฟัลท์ทั้งสอง ดังรูปที่ 2.1 ละ 2.2 สำหรับตัวอย่าง ส่วนผสม G1 , G2

ซึ่งมีส่วนประกอบของมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรง 2.36 mm ต่ำที่สุดในบรรดาตัวอย่างทั้งแปดขนาดคละ โดยมี 5เปอร์เซ็นต์ส่วนเติมเต็มเป็นมวลรวมขนาดผ่านตะแกรง 2.36-0.075 มม. โดยแสดงถึง ปริมาณช่องว่างทั้งหมด (TAV) และการซึมผ่านน้ำได้ (WAAV) ทั้งนี้เป็นผลมาจากทั้งสองตัวอย่างมีสัดส่วนมวลรวมที่มีขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 ที่มากที่สุด โดยทั้งสองตัวอย่างมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของช่องว่างทั้งหมด ส่งผลให้ทั้งสองตัวอย่างมีค่าความถ่วงจำเพาะที่มากที่สุด ขณะที่ตัวอย่างที่มีความหนาแน่นของมวล

รวมมาก จะทำให้ความถ่วงจำเพาะมาก และ อัตราช่องว่างทั้งหมด และความสามารถในการผ่านของน้ำจะต่ำ ด้วย จะสังเกตได้จากตารางที่ 2.5

G	ABT	TAV (%)			WAAV (%)		
		P600_N 50	P300_N 100	P300_N 50	P600_N 50	P300_N 100	P300_N 50
G1	Pen 60/70	26.2	28.7	30.3	20.2	24.3	24.8
	PG 76	25.0	27.0	28.3	18.8	21.4	23.3
G2	Pen 60/70	24.3	27.4	28.0	18.2	22.4	22.7
	PG 76	24.3	26.2	28.0	18.1	21.0	23.2
G3	Pen 60/70	21.5	23.4	24.6	14.9	17.3	18.3
	PG 76	19.1	21.5	23.9	12.4	14.7	17.5
G4	Pen 60/70	20.2	22.2	24.4	13.4	16.0	18.1
	PG 76	18.6	20.5	21.7	12.3	13.9	15.4
G5	Pen 60/70	18.5	21.0	22.6	12.6	16.0	17.3
	PG 76	16.0	18.2	19.5	11.3	12.4	14.3
G6	Pen 60/70	16.0	18.0	19.6	10.5	12.4	14.0
	PG 76	14.1	16.2	18.7	9.7	11.4	12.9
G7	Pen 60/70	13.6	15.4	17.1	9.6	11.1	12.2
	PG 76	11.6	13.0	16.4	8.1	9.0	11.1
G8	Pen 60/70	12.6	14.3	16.1	7.9	8.9	10.4
	PG 76	11.7	12.3	14.9	7.2	7.9	8.9

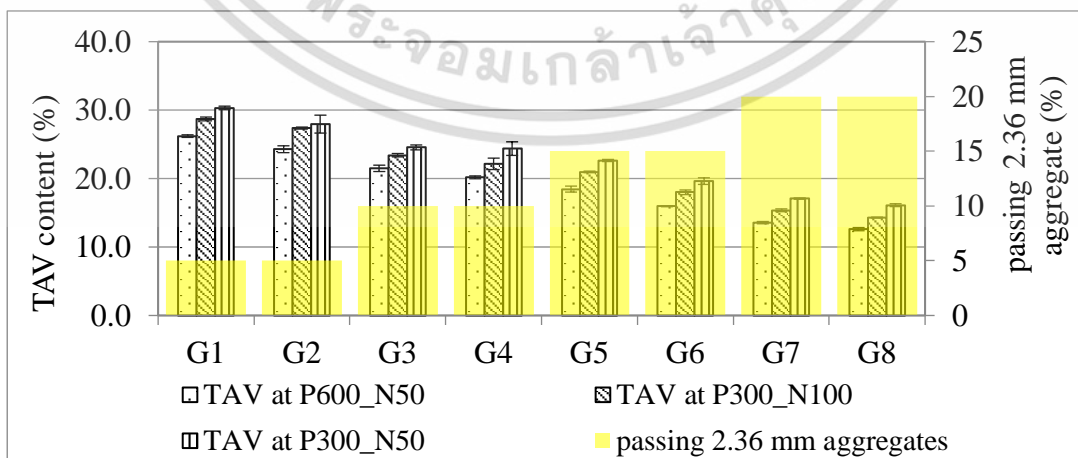
ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ช่องว่างและความสามารถในการซึมผ่านน้ำของ ของตัวอย่าง

แสดงให้เห็นว่าแอสฟัลท์จะเพิ่มขึ้นไปตามมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรง 2.36 มม. ที่เพิ่มขึ้นด้วย เป็นเพราะแอสฟัลท์ที่เคลือบหินที่มากขึ้นทำให้ช่องว่างอากาศจึงถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลท์ที่เคลือบหิน ดังนั้น ส่วนผสมที่มีมวลรวมขนาดละเอียดที่มากทำให้พื้นที่ผิวที่มากแอสฟัลท์ที่ต้องเคลือบผิวต้องมากเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ทั้งช่องว่างทั้งหมด และ ความสามารถในการผ่านของน้ำ ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ มีแนวโน้มที่จะลดลง จากการเพิ่มของมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรง 4.75 มม.ในบางกรณี แสดงให้เห็นว่ามวลรวมขนาดผ่านตะแกรง 4.75 มม.แสดงให้เห็นว่ามวลรวมขนาดผ่านตะแกรง 4.75 มม. ในบางส่วนแทรกกระหว่างหินที่ขนาดใหญ่กว่าทำให้การจัดเรียงของมวลรวมเปลี่ยนไปจึงเกิดโครงสร้างของช่องว่างใหม่ สังเกตได้จาก ตัวอย่าง G4 และ G8 ซึ่งสัดส่วนมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรง 4.75 มม. คล้ายกันที่ 44 เปอร์เซ็นต์ และ 42

เปอร์เซ็นต์ แต่กลับมีความแตกต่าง ในปริมาณช่องว่างทั้งหมด และ ความสามารถผ่านน้ำได้ ต่างกันอย่างมา อยู่ในช่วง 6.8-8.3 เปอร์เซ็นต์ และ 5.1-7.7 เปอร์เซ็นต์ และจะเห็นว่าความแตกต่างของสัดส่วนมวลรวมขนาด ผ่านตะแกรง 4.75-2.36 มม. ซึ่งเป็น 32 เปอร์เซ็นต์ และ 24 เปอร์เซ็นต์ ในตัวอย่างที่ G4 และ G8 จะเห็นได้ว่า ช่องว่างขึ้นอยู่กับมวลรวมขนาดผ่านตะแกรงใหญ่กว่า 4.75 มม. และ โครงสร้างแอสฟัลท์คอนกรีตจะมั่นคง จากการการเสริมด้วยมวลรวมขนาดผ่านตะแกรง 2.36 มม. โดยสามารถอธิบายได้บางส่วนในความแตกต่าง ช่องว่างอากาศระหว่างตัวอย่าง G2 และ G5 โดยทั้งสองตัวอย่างมีมวลรวมขนาดผ่านตะแกรง 4.75 มม. คล้ายกัน ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 21 เปอร์เซ็นต์ โดยความแตกต่างของอัตราช่องว่างทั้งหมด และ ความสามารถ ผ่านของน้ำ อยู่ที่ 5.4-8.5 เปอร์เซ็นต์ และ 5.4-8.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ระหว่าง การบดอัดแบบโรเจอร์สัน ทั้ง 3 ระดับ ที่แต่ละขนาดคละของมวลรวม และ ชนิดแอสฟัลท์ต่างๆ ที่สัญลักษณ์แสดง P600_N50 มีการบดอัดมากที่สุดโดยมีความถ่วงจำเพาะมากที่สุด โดยสังเกตเห็นได้จาก ตารางที่ 2.4 โดยมีลำดับต่อมา เป็น ตามลำดับ สามารถเปรียบเทียบได้ว่า ที่ความดันในการบดอัด น้อยลง และจำนวนครั้งในการบดอัดที่น้อยลง มีผลต่อ ความถ่วงจำเพาะน้อยลง อัตราส่วนช่องว่างทั้งหมด และ ความสามารถผ่านได้ของน้ำ

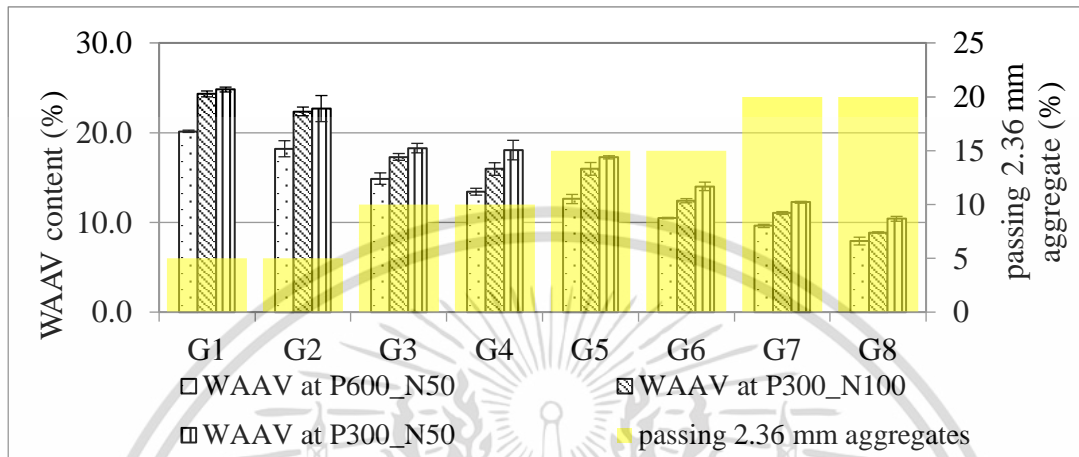
และผลจากการเพิ่มแรงดันเป็น 2 เท่า เพื่อแทนการ เพิ่มของจำนวน ครั้งการบดอัดเพื่อจะให้ได้พลังงาน เท่ากัน จะได้ว่า การเพิ่มแรงดัน มีผล มากกว่า การเพิ่มจำนวนครั้งบดอัด ในการเพิ่มความถ่วงจำเพาะ ส่วน ผลของแอสฟัลท์นั้น แสดงให้เห็นว่า PG76 กับ Pen60/70 โดยชนิด PG76 ให้ความถ่วงจำเพาะที่มากกว่า ในตัวอย่าง ที่บดอัด และมีช่องว่างอากาศต่ำกว่า สำหรับช่องว่างอากาศ มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น กลับ อัตราช่องว่างอากาศทั้งหมด และ การผ่านได้ของน้ำ ดังรูป



Note: the bar on each column refers to standard deviation

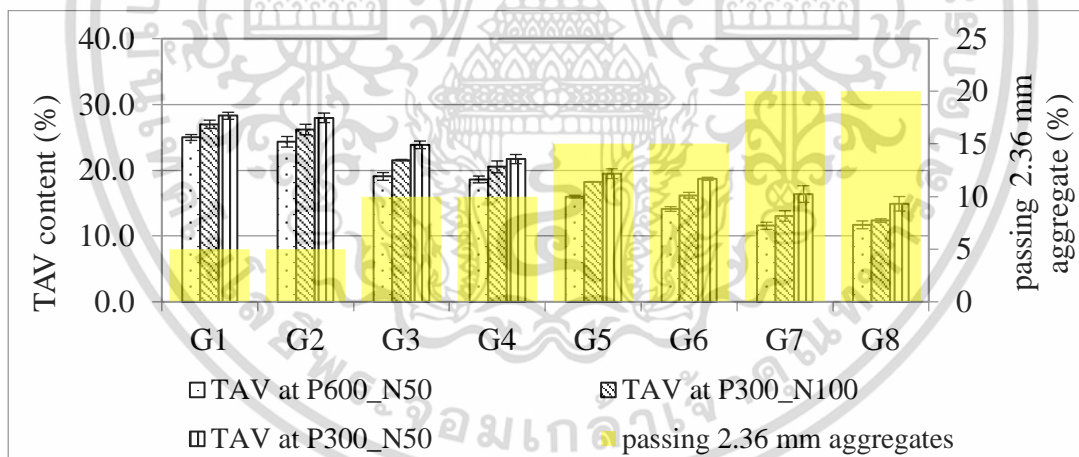
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV) และ มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 มม.

ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด Pen 60/70



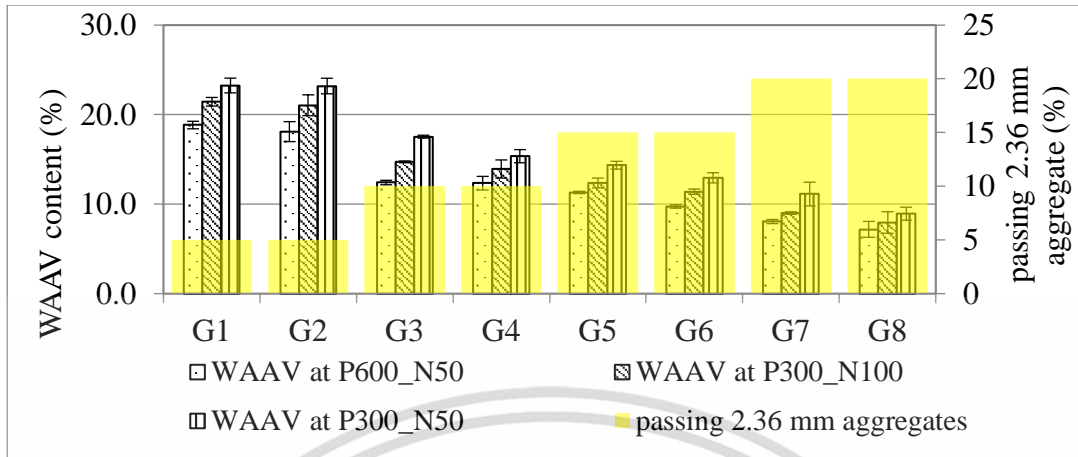
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 มม. ใน

การออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด Pen 60/70



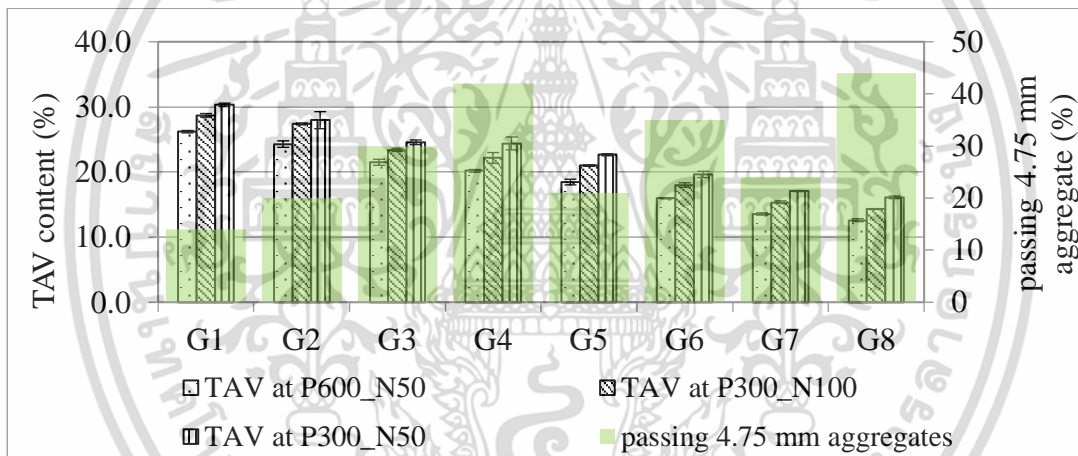
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 มม. ใน

การออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด PG 76



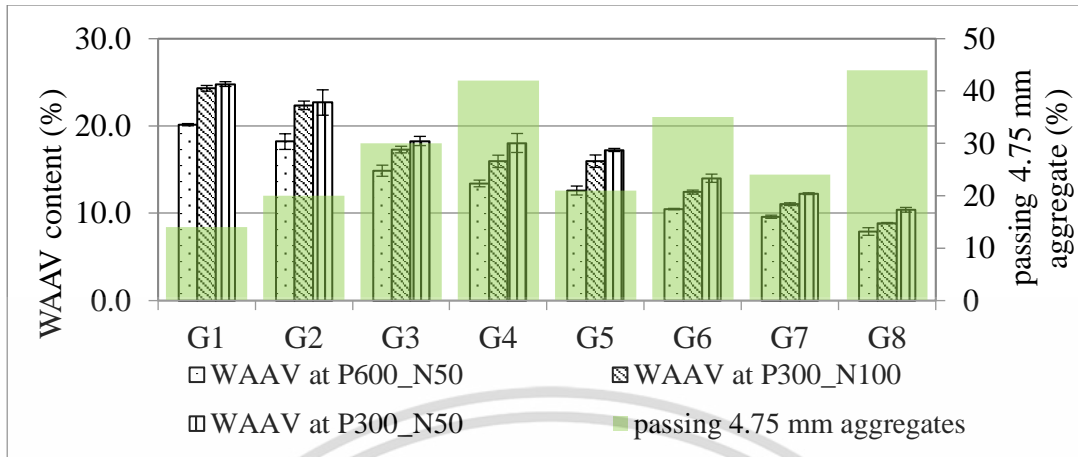
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 2.36 มม. ใน

การออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด PG 76

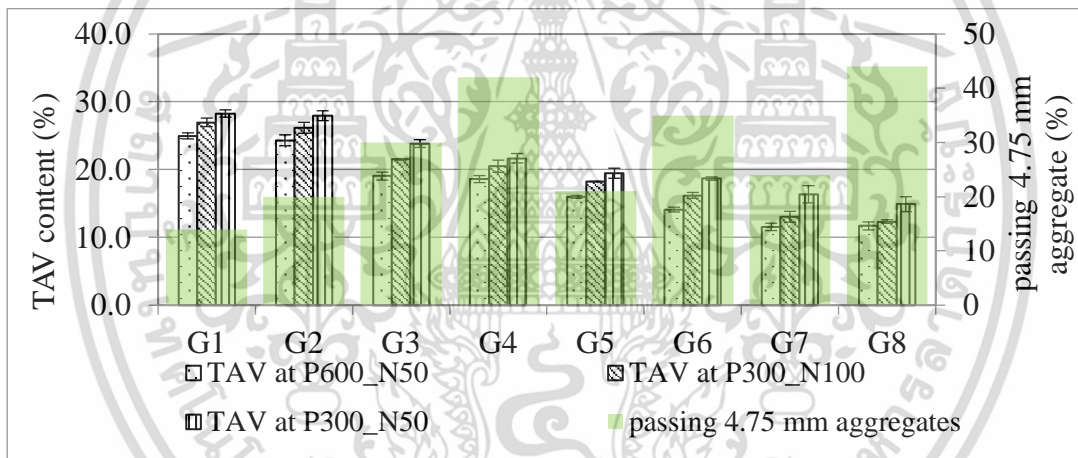


รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV) และ มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 4.75 มม.

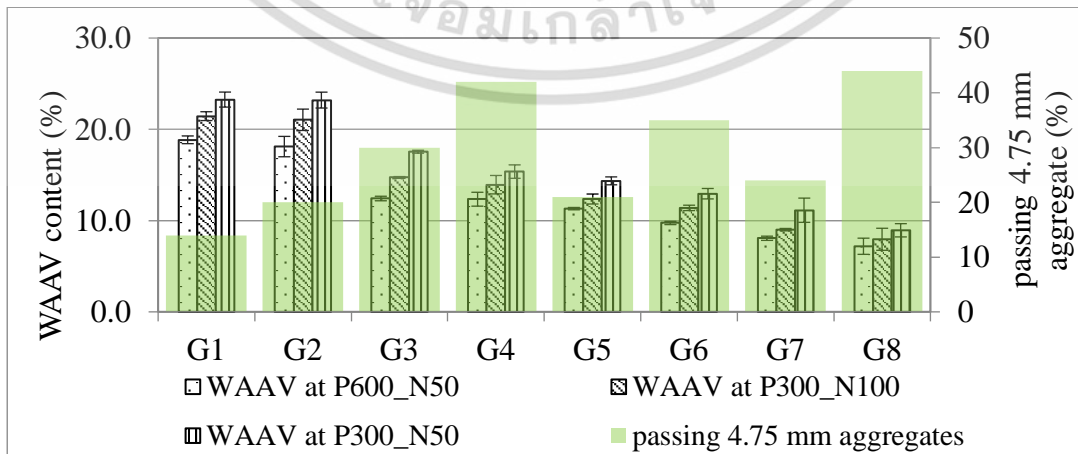
ในการออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ ของแอสฟัลท์ชนิด Pen 60/70



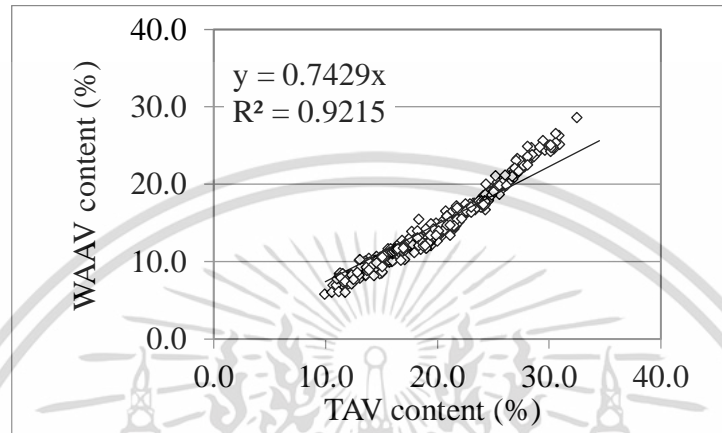
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 4.75 มม. ในการออกแบบפורสแอสฟิลท์ ของแอสฟิลท์ชนิด Pen 60/70



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง ช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV) และ มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 4.75 มม. ในการออกแบบפורสแอสฟิลท์ของแอสฟิลท์ชนิด PG 76



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างการซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) มวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 4.75 มม. ใน การออกแบบพอร์สแอสฟัลท์ของแอสฟัลท์ชนิด PG 76



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างการซึมผ่านได้ของน้ำ(WAAV) และช่องว่างอากาศทั้งหมด(TAV)

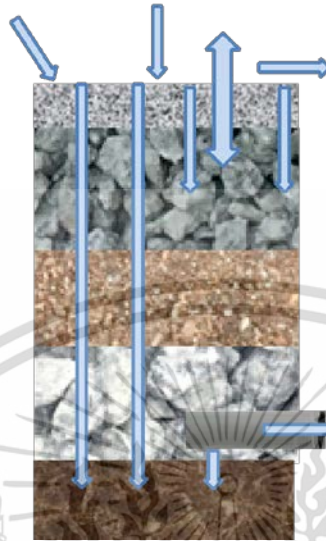
2.3 การนำพอร์สแอสฟัลท์มาใช้ในการกักเก็บน้ำฝน และการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการประหยัดน้ำในอาคารโดยใช้น้ำฝน กรองโดย พอร์สแอสฟัลท์ที่ปูเป็นผิวทางลานจอดรถ ส่วนน้ำฝนที่ถูกกรองนั้นมีไว้เพื่อใช้สำหรับวัตถุประสงค์ที่ไม่สามารถ บริโภคได้เช่น ใช้ในระบบสุขาภิบาล และทำการทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพน้ำที่กรองผ่านพอร์สแอสฟัลท์

2.3.1 หลักการออกแบบชั้นทางที่น้ำสามารถซึมผ่านได้

ผิวทางพอร์สแอสฟัลท์เป็นประโยชน์อย่างมากในการกักเก็บน้ำฝนในพื้นที่เมืองและช่วยลดปริมาณน้ำ ที่ผิว ที่เข้าสู่โครงข่ายระบายน้ำของเมือง โดยผิวทางจะกักเก็บน้ำฝนและกรองผ่านลงมาทางชั้นโครงสร้าง ของพื้นผิวทาง จากนั้นน้ำฝนจะถูกกักเก็บไว้ ส่วนผสมพอร์สแอสฟัลท์ มีช่องว่างอากาศที่สูงประมาณ 18 ถึง 25% และจะใช้แอสฟัลท์เป็นตัวเชื่อมประสานส่วนมวลรวมควรเป็นขนาดคละแบบ open graded แล้วเติม ส่วนเติมเต็มไปเล็กน้อย (เป็นมวลรวมขนาดคละผ่านตะแกรง 5 เพอร์เซ็นต์)

Subsidence and Flow



รูปที่ 2.9 รูปแสดงแนวคิดการออกแบบชั้นทางที่ให้น้ำซึมผ่านได้

เพื่อที่จะกักเก็บน้ำฝนใช้งาน ท่อส่งน้ำถูกวางไว้ในชั้นกักเก็บประมาณ 3 ถึง 8 เมตรวัดจากด้านล่างใน ระดับนี้ ต้องการการคาดการณ์การไหลของปริมาณน้ำในระยะเวลา 6 ถึง 12 ชั่วโมง และสามารถพิจารณาถึง ช่วงเวลาที่ 24 ถึง 72 ชั่วโมงโดยค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำ พอร์สแอสฟัลท์อยู่ที่ประมาณ 0.16 ถึง 0.41 เซนติเมตรต่อวินาที ข้อเสียอย่างหนึ่งของพอร์สแอสฟัลท์คือการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันการอุดตันที่ผิวชั้นทาง จากการใช้งานจราจรโดยผิวทางนั้นจะต้องถูกทำความสะอาดด้วยน้ำที่มีแรงดันเป็นเวลา 4 ครั้งต่อปี

น้ำฝนที่บริเวณผิวทางจากบริเวณถนนในเมือง เป็นแหล่งปล่อยมลพิษที่สำคัญลงแม่น้ำและทะเลสาบ ทางเลือกหนึ่งเพื่อลดมลพิษนี้ คือการเลือกใช้ผิวทางพอร์สแอสฟัลท์แทนผิวทางปกติเพื่อให้น้ำที่ผิวไหลลงสู่ชั้น กรองเพื่อกรองมลพิษก่อนปล่อยน้ำลง

2.3.2 รายละเอียดของโมเดลการทดลอง

แบบจำลองถูกสร้างขึ้นด้วยพอร์สแอสฟัลต์เป็นชั้นบนซึ่งมีความสามารถดูดซับน้ำได้ ส่วนผสมของ พอร์สแอสฟัลต์ผลิตด้วยหินแกรนิตมวลรวมมีลักษณะตามกฎระเบียบที่กำหนดโดยกรมการขนส่งแห่งชาติ บราซิล

โดยใช้ยางแอสฟัลต์(Tyreflex,AB8) และปริมาณแอสฟัลต์กำหนดโดยวิธี SUPERPAVE ในการออกแบบที่ ปริมาณ5.0% โดยในสองโมเดลมีส่วนประกอบต่างๆดังนี้

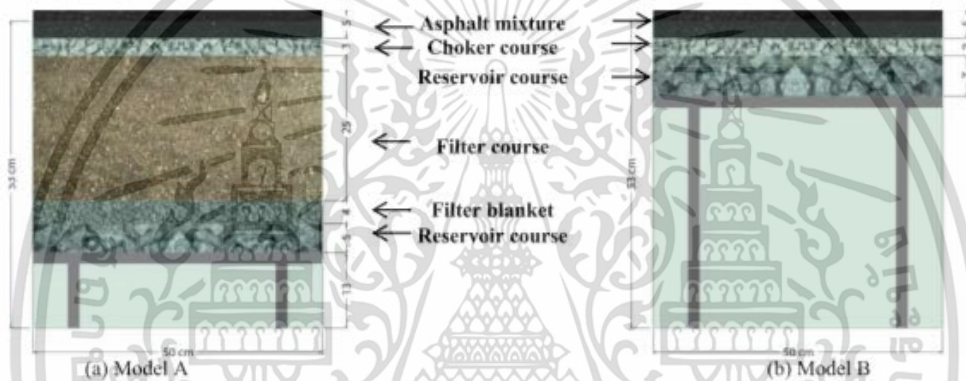
แผ่นแอสฟัลท์คอนกรีต (50.0 × 18.0 × 5.0 ซม.) ถูกบดอัดบนโต๊ะบีบอัด

ชั้นมวลรวมหยาบด้วยขนาดสูงสุดเท่ากับ19.00 มม.

ชั้นตัวกรองมวลรวมละเอียด (ทราย) ที่มีขนาดสูงสุดเท่ากันถึง 4.75 มม.

ชั้นกรองมวลรวมหยาบด้วยขนาดสูงสุดเท่ากับ9.50 มม.

ชั้นเก็บกักเป็นมวลรวมหยาบกับขนาดสูงสุดเท่ากัน



รูปที่ 2.10 รูปแสดงโครงสร้างแต่ละชั้นของโมเดลทั้งสองแบบ



รูปที่ 2.11 รูปแสดงการทดลองความผ่านได้ของโมเดลทั้งสอง

แบบจำลองถูกประกอบในกล่องแก้วอะคริลิก กล่องเปล่าใช้เป็นตัวควบคุมในการวัดความสูงของ น้ำฝนโดยตรงกล่องมีขนาดดังต่อไปนี้: ฐานภายใน 50.0 × 18.0 ซม. และความสูง 53.0 ซม. ติดตั้ง filets อะคริลิกเพื่อรองรับการบีบอัดส่วนผสมที่เป็นพอร์สแอสฟัลท์ให้แน่ใจว่ามีทางลาดชัน 2.5% เพื่อจำลองถนน

ความชันตามขวางและผลกระทบต่อไหลทาง ใช้กล่องเปล่าเพื่อวัดความสูงของน้ำฝนที่ในแต่ละเหตุการณ์ฝนตก

ระบบขาลูที่เชื่อมต่อกับฐานโดยมีความสูงที่สามารถปรับได้ใช้เพื่อรองรับชั้นที่ซึมเข้าไปได้ของโมเดล แบบจำลองนั้นวางบนพื้นผิวโลหะ ระบบขาลูให้ความแตกต่างความสูงของรุ่นต่าง ๆ ท่อพลาสติกได้รับการแก้ไขภายในกล่องเพื่อให้สามารถเก็บน้ำฝนหลังจากเหตุการณ์ฝนตกแต่ละครั้ง

ชั้นที่ดูดซึมได้ถูกคลุมด้วย geotextile เพื่อให้ให้น้ำผ่านได้และหลีกเลี่ยงการผสมวัสดุระหว่างที่แตกต่างกันชั้น โดยทั้งลองโมเดล 2 ตัวอย่าง (A และ B) แสดงในรูปที่ 2.11

โมเดล A มีความหนารวม 42 ซม. และประกอบด้วยห้าชั้น ชั้นบนพอร์สแอสฟัลท์หนา 5 ซม. ชั้นหินละเอียดอัดแน่น 3 ซม. ชั้นกรงทรายหยาบ 25 ซม. ชั้นกรงหินละเอียด 4 ซม. ชั้นหินกักเก็บน้ำ 5 ซม.

แบบ B ประกอบด้วยสามชั้นที่มีความหนารวม 15 ซม. คือ ชั้นด้านบนสุดพอร์สแอสฟัลท์หนา 5 ซม. ชั้นหินละเอียดอัดแน่น 3 ซม. ชั้นหินกักเก็บน้ำ 7 ซม.

2.3.3 ปริมาณน้ำไหลผ่านโมเดล

หลังจากสร้างโมเดลแล้วเพื่อจำลองการรับปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นจริง ถือว่าเป็นปริมาณน้ำฝนที่มีการกระจายตัวเดียวกันโดยมากกว่าพื้นผิวของกล่อง จากนั้นเพื่อประเมินปริมาณน้ำที่ซึมผ่านแบบจำลองลงในกล่อง ปริมาณ น้ำฝนที่เกิดถูกจำลองโดยระดับน้ำฝนที่กล่องควบคุม ถูกเปรียบเทียบกับน้ำที่ผ่านแบบจำลองหลังจากเหตุการณ์ฝนตกแต่ละครั้ง ปริมาณน้ำซึมผ่านเป็นสมการ

$$I = \left(\frac{h_1}{h_2}\right) \times 100$$

เมื่อ I คือ อัตราเปอร์เซ็นต์น้ำที่ผ่านโมเดลจากปริมาณน้ำทั้งหมด

h_1 คือ คือความสูงของน้ำที่ผ่านโมเดล (mm.)

h_2 คือ คือความสูงของน้ำที่กล่องควบคุม (mm.)

2.3.4 การออกแบบทางชลศาสตร์ของพอร์สแอสฟัลท์

โดยชั้นกักเก็บน้ำจะใช้ในการจัดเก็บน้ำฝนที่ซึมผ่านชั้นพอร์สแอสฟัลท์ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นแหล่งเก็บน้ำชั่วคราวอ่างเก็บน้ำ ความหนาของชั้นเก็บกักนี้ถูกคำนวณให้สอดคล้องปริมาณน้ำฝนของท้องถิ่น

$$h = t \times \frac{(R \times i - q)}{n}$$

เมื่อ h คือ ความหนาของชั้นเก็บกัก (มม.)

t คือ ความสูงของน้ำที่ผ่านโมเดล (มม.)

R คือ อัตราการระบายน้ำระหว่างพื้นที่ในการระบายระหว่างพื้นที่ต้องระบายน้ำที่ผิวกับพื้นที่พอร์สแอสฟัลท์

i คือ ความหนาแน่นของฝนสำหรับการออกแบบ (มม./ชั่วโมง)

q คือ การดักของน้ำในชั้น *subgrade* (มม./ชั่วโมง)

n คือ ปริมาณช่องว่างในชั้นเก็บกักเป็นเปอร์เซ็นต์

2.3.5 การทดสอบความสามารถในการผ่านของน้ำพอร์สแอสฟัลท์ในโมเดลที่ออกแบบ

โดยทำการทดลองโดยการสร้างโมเดลชั้นทาง2แบบโดยจะได้ผลทดลองดังตารางที่ 2.7

Amount of rainwater infiltrated through the models.

Rainfall events	Date	Rainfall (mm)	Model A		Model B		Amount retained in the filter course of model A (%)
			Height of rainwater (mm)	Amount infiltrated (%)	Height of rainwater (mm)	Amount infiltrated (%)	
1	28/02	13.5	5.5	40.7	11.0	81.5	50.0
2	05/03	32.5	15.0	46.2	26.0	80.0	42.3
3	06/03	28.0	25.5	91.1	26.0	92.9	1.9
4	08/03	14.5	8.0	55.2	9.0	62.1	11.1
5	09/03	9.0	7.5	83.3	8.5	94.4	11.8
6	13/03	15.0	11.5	76.7	12.0	80.0	4.2
7	16/03	6.0	3.5	58.3	4.5	75.0	22.2
8	20/03	17.5	12.5	71.4	13.5	77.1	7.4
9	22/03	18.5	12.5	67.6	13.5	73.0	7.4
10	29/03	15.0	9.5	63.3	10.5	70.0	9.5
11	01/04	20.0	15.5	77.5	16.5	82.5	6.1
12	02/04	23.0	18.5	80.4	19.0	82.6	2.6
13	03/04	18.0	14.0	77.8	15.0	83.3	6.7
14	10/04	20.5	16.0	78.0	17.5	85.4	8.6
15	17/04	14.5	10.5	72.4	11.5	79.3	8.7
16	18/04	8.5	6.5	76.5	7.0	82.4	7.1
17	19/04	10.5	7.5	71.4	8.5	81.0	11.8
18	26/04	11.5	8.5	73.9	9.0	78.3	5.6
Average				70.1	-	80.0	12.5
Standard deviation				13.0	-	7.4	13.1

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงการทดลองการน้ำได้ของโมเดลทั้งสองแบบ

บทที่ 3

วิธีการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวขึ้นในการทำงานแบ่งเป็น 3 ระยะในการทำงาน ในช่วงการทำงานที่ 1 เป็นช่วงการเลือกวัสดุ วัสดุที่เลือกใช้คือพอร์สแอสฟัลท์ ในระยะที่ 2 จะกล่าวถึงแนวคิดในการออกแบบโมเดลถนน และการวิเคราะห์ในโปรแกรม Plaxis 3D ในระยะที่ 3 กล่าวถึง การใช้เครื่องมือ GIS ร่วมกับข้อมูลพิกัดในการออกโครงสร้างถนนระบายน้ำ

3.1 การเลือกวัสดุพอร์สแอสฟัลท์

ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงการออกแบบมวลรวมในพอร์สแอสฟัลท์ การเลือกใช้ไมดิฟายแอสฟัลท์ในการออกแบบส่วนผสม การหาเปอร์เซ็นต์ช่องว่างในพอร์สแอสฟัลท์ การทดสอบเสถียรภาพด้วยวิธีมาเซล

3.1.1 การออกแบบมวลรวม

ในการออกแบบมวลรวมในการทดลองนี้ได้นำมามาตรฐานของทางหลวงชนบทในการก่อสร้างถนนทางเข้าพืชสวนโลก ที่จังหวัดเชียงใหม่เป็นมาตรฐานในการออกแบบ โดยส่วนผสมที่ใช้ออกแบบนั้นอยู่ในช่วงระหว่างขอบเขตบน และ ขอบเขตล่าง ของเปอร์ผ่านตะแกรงดังแสดงในตาราง 3.1.1

Sieve size (mm.)	Percent passing		
	Upper	Design	Lower
19	100	100	100
12.5	85	85	60
9.5	60	60	40
4.75(No.4)	30	20	5
2.36(No.8)	20	5	5
0.3	15	5	4

ตาราง 3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงที่ใช้ในการออกแบบที่อยู่ระหว่างค่าขอบบนและขอบล่าง

3.1.2 คุณสมบัติของโม่ดีฟายแอสฟัลท์

คุณสมบัติของโม่ดีฟายแอสฟัลท์ที่ถูกเพิ่มด้วย Styrene Butadiene Styrene (SBS) ช่วยเพิ่มความเหนียวของแอสฟัลท์ คุณสมบัติของโม่ดีฟายแอสฟัลท์ถูกแสดงในตาราง 3.1.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น

Test Item	Test Value	Reference
Penetration	1/10 mm	43 JIS K 2207
Softening Point	°C	92.5 JIS K 2207
Ductility (15 °C)	cm	95 JIS K 2207
Flash Point	°C	310 JIS K 2207
Fraass Breaking Point	°C	-23 JIS K 2207
Loss on Heating Asphalt	%	-0.07 JIS K 2207
Penetration Ratio of Asphalt After Loss on Heating	%	84.5 JIS K 2207
Toughness	kg-cm	313 JEAAS
Tenacity	kg-cm	241 JEAAS
Density (15 °C)	g/cm ³	1.025 JIS K 2207
Resistance of Coarse Aggregate to Stripping of Asphalt Film	%	0 JIS K 2207
Viscosity at 60 °C	poise	2,530,000 JAA-001

ที่มา: Kawanaka และ Nakanishi (n.d.)

3.1.3 การหาเปอร์เซ็นต์ช่องว่างในพอร์สแอสฟัลท์

ทำได้โดยการใช้ค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดมาทฤษฎี และค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง โดยใช้สมดังรูป 3.1.3

$$\text{Air Voids (percent)} = \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \times 100$$

รูปที่ 3.3 รูปแสดงสมการการคำนวณการเปอร์เซ็นต์ช่องว่างในแอสฟัลท์คอนกรีต

3.1.4 ความถ่วงจำเพาะสูงสุดมาทฤษฎี (Theoretical Maximum Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะสูงสุดมาทฤษฎีคือความถ่วงจำเพาะของมวลรวม และ แอสฟัลท์ ไม่รวมกับช่องว่างอากาศโดยมีสมการคำนวณดังรูป 3.4 (1) ขั้นตอนในการหาความถ่วงจำเพาะสูงสุดมาทฤษฎี มีดังนี้

1. นำส่วนแอสฟัลท์คอนกรีตที่พึงผสมเสร็จแผ่นโดยแบ่งการแผ่เป็น 4 ส่วนของพื้นที่เท่าๆกัน
2. ทิ้งไว้ 24 ชม. จากนั้นนำ 2 ส่วนในแนวทแยงมาหาความถ่วงจำเพาะ
3. นำ 2 ส่วนที่เหลือหาความถ่วงจำเพาะเหมือนขั้น 2.
4. นำค่าความถ่วงจำเพาะในการหา 2 ครั้งมาเฉลี่ยกัน

ขั้นตอนในการทำการทดลองหาความถ่วงจำเพาะสูงสุดมาทฤษฎี แสดงในรูป 3.1.4 (2) ตามลำดับ

Weighing in Air Method

$$\text{Theoretical Maximum Specific Gravity} = G_{mm} = \frac{A}{(A + D - E)}$$

Where:

- A = sample mass in air (g)
- D = mass of flask filled with water (g)
- E = mass of flask and sample filled with water (g)

รูปที่ 3.5 รูปแสดงสมการในการหาค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดมางทฤษฎี



รูปที่ 3.6 รูปแสดงขั้นตอนในการหาค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดมางทฤษฎี

3.1.5 ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity)

เป็นความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างของแอสฟัลท์คอนกรีต ที่มี มวลรวม แอสฟัลท์ และ ช่องว่างอากาศ
ในรูปที่ 3.1.5 แสดงสมการในการหาค่าความถ่วงจำเพาะทั้งหมด

$$\text{Bulk Specific Gravity} = G_{mb} = \frac{A}{(B - C)}$$

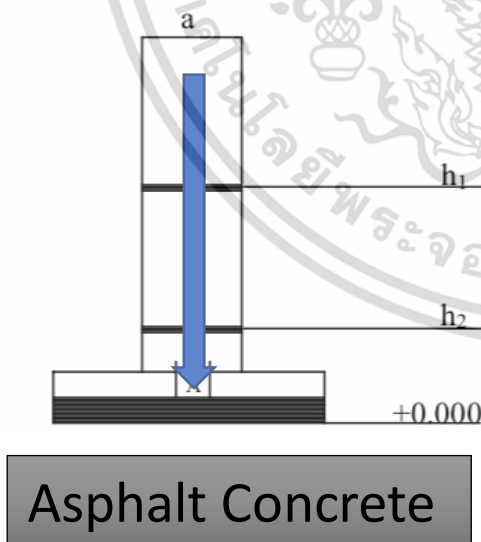
รูปที่ 3.7 แสดงสมการในการหาค่าความถ่วงจำเพาะทั้งหมด



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างของส่วนผสมพอร์สแอสฟัลท์ที่ถูกบดอัด

3.1.6 การทดสอบความสามารถในการไหลผ่านของน้ำในแอสฟัลท์คอนกรีต

เป็นการทดลองเพื่อดูพฤติกรรมในการไหลของน้ำในแอสฟัลท์คอนกรีตโดยวัดค่าจากความสัมพันธ์ของการลดลงของหัวพลังงานของน้ำ และ เวลาที่ใช้ สารถักคำนวณจากสมการในรูป 3.1.6 โดยการทดลองนี้ ผลของความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิต่างไม่นำมาพิจารณา และ ให้น้ำไหลผ่านตัวอย่างเฉพาะในแนวตั้ง



$$k = \frac{aL}{At} \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

รูปที่ 3.9 แสดงการจำลอง และ สมการที่ใช้ ในการทดลองหาค่าความซึมผ่านของน้ำ



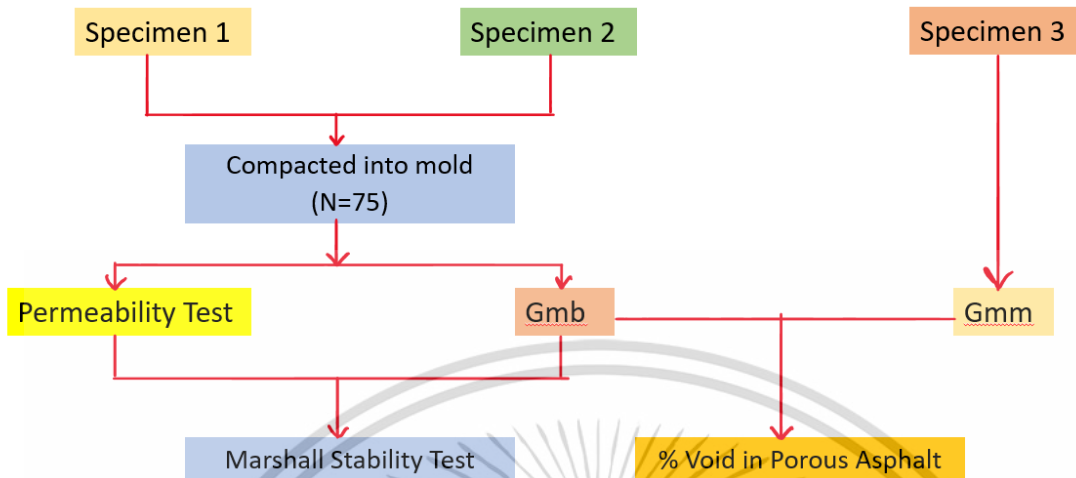
รูปที่ 3.10 แสดงการจำลอง และ สมการที่ใช้ ในการทดลองหาค่าความชื้นผ่านของน้ำ



รูปที่ 3.11 แสดงการจำลอง และ สมการที่ใช้ ในการทดลองหาค่าความชื้นผ่านของน้ำ

3.1.7 สรุปภาพรวมในขั้นตอนการเลือกใช้วัสดุ

ในการหาคุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุนั้นมีหลายขั้นตอน ต่อการคัดเลือกส่วนผสมต่อหนึ่งสูตรอาจต้องมีการออกแบบส่วนหลายครั้งเพื่อให้ได้ส่วนผสมที่ได้ค่าการทดสอบที่น่าพอใจ ในการออกแบบส่วนผสมหนึ่งๆ จะทำการผสมแอสฟัลท์คอนกรีต 3 ตัวอย่าง และ ทำกระบวนการทดลองดัง รูป 3.1.7



รูปที่ 3.12 รูปแสดงแผนผังภาพรวมกระบวนการทดสอบในการคัดเลือกวัสดุ

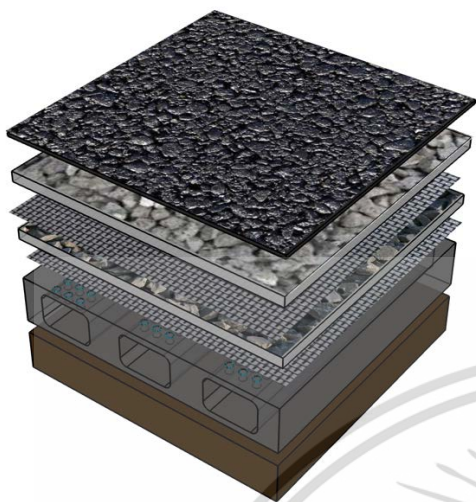
3.2 การวิเคราะห์ทางทฤษฎี

ในขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงแนวคิดในการออกแบบโมเดลทั้ง 3 แบบและค่าที่จะหาในโปรแกรม Plaxis 3D โดยจะอธิบายรายละเอียดแต่ละโมเดลดังนี้

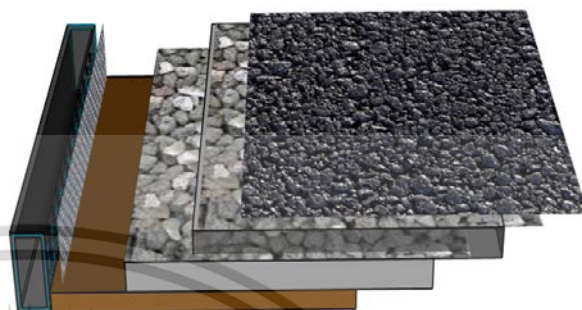
โมเดล A โดยจะมีชั้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่มีรูให้น้ำบนผิวระบายมาสู่โครงสร้างคอนกรีต และในตัวโครงสร้างคอนกรีตจะเป็นรูกลวงสำหรับการให้น้ำไหลไปตามใต้ถนน และใช้ geotextile ในการแยกชั้นป้องกันการอุดตันของรูคอนกรีต ด้านบนเป็นชั้นของมวลรวมหยาบเพื่อเป็นแหล่งเก็บน้ำช่วงคราว และบนสุดเป็นพอร์สแอสฟัลท์เพื่อใช้เป็นผิวจราจรได้ แบบร่างของโมเดล A แสดงในรูป 3.13

โมเดล B ใช้หลักการเดียวกันกับโมเดล A แต่โครงสร้างสำหรับระบายน้ำจะเป็นท่อคอนกรีตสี่เหลี่ยมที่อยู่ด้านข้าง ดังแสดงในรูป 3.14

โมเดล C เป็นโมเดลที่ต่อยอดจากโมเดล A โดยจะมีโครงสร้างที่เป็นเหมือนเป็นกล่องย่อย ช่วยในการบังคับการเคลื่อนตัวของวัสดุผิวทาง และ น้ำยังถูกระบายลงด้านล่างผ่านใต้ถนนเหมือนโมเดล A ดังแสดงในรูป 3.15



รูป 3.13 รูปแบบร่างของโมเดล A



รูป 3.14 รูปแบบร่างของโมเดล B



รูป 3.15 รูปแบบร่างของโมเดล C

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบทนี้กล่าวถึงผลในผลการทดลองหา Marshall Stability Test การ พฤติกรรมของพอร์สแอสฟัลท์ ในการรับแรง และ การทดสอบความสามารถไหลผ่านได้ของน้ำของพอร์สแอสฟัลท์ โดยทำการในหลายอัตรา หลายส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์ แต่ในบทนี้แสดงผลของส่วนผสมที่ผ่านมาตรฐาน

4.1.1.1 ผลการทดสอบ Marshall Stability Test

ใช้เกณฑ์การทดสอบในสภาวะการจราจรหนาแน่น ใช้แอสฟัลท์ 5 เปอร์เซ็นต์ของแอสฟัลท์คอนกรีตโดย น้ำหนักหินมวลรวมอยู่ที่ 1200 กรัม โดยในหนึ่งอัตราส่วนผสมจะมีหนึ่งตัวอย่างที่ไม่บดอัดเพื่อหาความ ถ่วงจำเพาะสูงสุดมาทฤษฎี(Theoretical Maximum Specific Gravity) และ สองตัวอย่างที่ถูกบดอัดเพื่อ หาความถ่วงจำเพาะทั้งหมดของตั้งอย่าง(Bulk Specific Gravity) เพื่อนำค่าทั้งสองหาอัตราส่วนช่องว่างใน ตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างมาทำการทดสอบเสถียรภาพในการใช้งานได้ค่าเสถียรภาพที่ถูกปรับแก้ และ ค่า การไหลดังตาราง 4.1.1

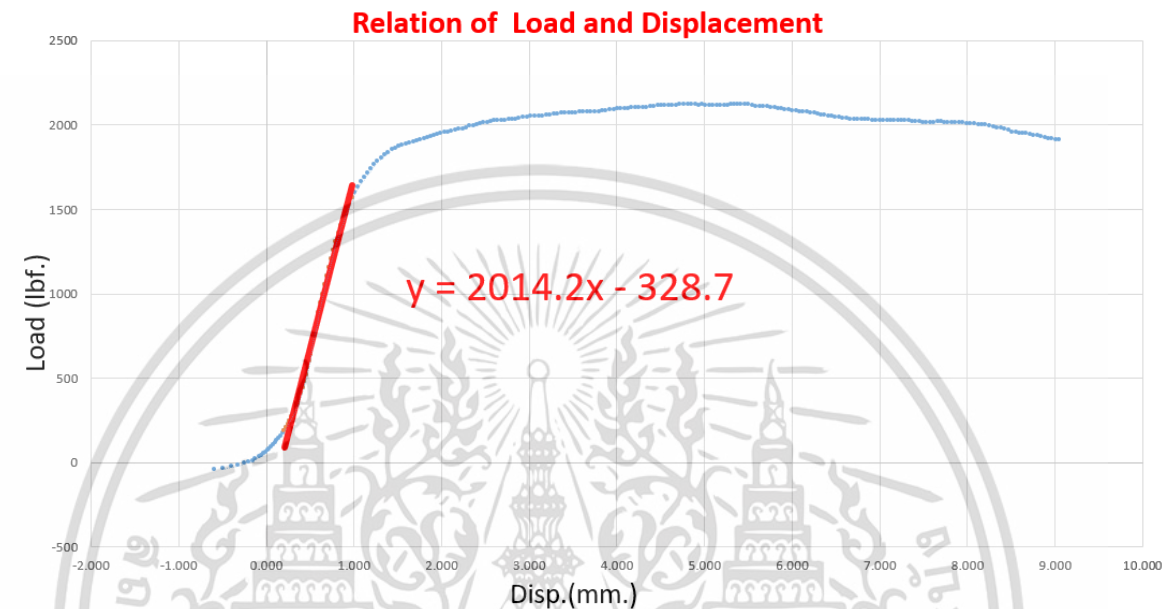
ผลการทดสอบแสดงดังตาราง 4.1.1 จากผลการทดลองส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์ มีค่าเสถียรภาพ ที่ผ่านมาตรฐานในสภาพที่มีการจราจรหนาแน่นโดยมีค่าเสถียรภาพมากกว่า 1800 ปอนด์ และ ส่วนผสมนี้มีได้ค่า เปอร์เซ็นต์ช่องว่างที่ 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผ่านเกณฑ์พอร์สแอสฟัลท์พอ แต่มีค่าการไหลที่ มากกว่าค่ามาตรฐานซึ่ง มาตรฐานยอมให้ที่ 14 ได้ในส่วนผสมนี้ได้ค่าการไหลที่ 21

No.	Weight			Specimen Hight	Sample weight			Bulk S.G. (Gmb)	Max S.G (Gmm)	Air Void	Peak Load	Deform at peak	Corr. Ratio	Stability		Flow (0.25 mm)
	%AC	Agg.	AC		in air	in water	SSD							measured	corrected	
	%	g	g		mm	g	g							g	lb	
1	5	1201.05	61.26	64.15	1127.64	626.87	1185.64	2.018075416	2.485406419	18.803	1905.64	6.823	0.96	1905.64	1829.414	27.292
2	5	1200.64	60.68	69.22	1138.41	624.43	1186.45	2.025568485		18.50152	2123.6	5.38	0.86	2123.6	1826.296	21.52
AVG.														2014.62	1827.855	24.406

ตาราง 4.1ตารางแสดงผลการทดสอบ Marshall Stability Test

4.1.2 พฤติกรรมรับแรงของส่วนผสมพอร์สแอสฟัลท์

จากการทดสอบ Marshall Stability Test จะได้กราฟ 4.1.1 แสดงสัมพันธ์ ระหว่างแรง และการเคลื่อนตัวของวัสดุ ทำให้รู้ถึงพฤติกรรมในช่วงอีลาสติคของวัสดุพอร์สแอสฟัลท์ดังแสดงจากกราฟ



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเคลื่อนตัวของวัสดุในการทดสอบเสถียรภาพ

4.2 ผลการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในแอสฟัลท์คอนกรีต

จากการทดลองบังคับให้น้ำผ่านตัวอย่างได้เฉพาะในแนวตั้งเท่านั้น แล้วจับเวลาเมื่อระดับน้ำลดลง 10 ซม. ได้ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำแสดงดังตาราง 4.2

No.	a	A	L (h1-h2)	h1	h2	time	k
	cm ²	cm ²	cm.	cm.	cm.	sec.	cm/s
1	76.4722665	76.47227	10	33	23	19.95	0.180959
2	75.699434	75.69943	10	33	23	21.32	0.169331
AVG.							0.175145

ตาราง 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในแอสฟัลท์คอนกรีต

บทที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการออกแบบส่วนผสมพอร์สแอสฟัลท์ โดยให้มีทั้งความสามารถผ่านที่สูง จึงต้องใช้มวลรวมชนิดใหญ่กว่าปกติและมีเสถียรภาพเพียงพอต่อการใช้งานโดยลองส่วนผสมแอสฟัลท์จนได้ส่วนผสมที่เหมาะสมผ่านการทดลอง marshall stability test และ permeability test ได้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจโดย และออกแบบโมเดลต้นแบบแต่ยังไม่ได้วิเคราะห์ในสภาวะใช้งานอันเนื่องมาจากสถานการณ์ในปัจจุบันไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้ห้องปฏิบัติการ

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

เนื่องจากโมดิแอสฟัลท์มีความหนืดที่มากกว่าปกติจึงมีความยากต่อการผสมแอสฟัลท์กับมวลรวมทำให้การควบคุมคุณภาพของตัวอย่างเป็นไปได้ยาก อีกทั้งในการทดลองส่วนผสมของพอร์สแอสฟัลท์เป็นการทดลองเพียงส่วนผสมเดียวที่ผ่านมาตรฐาน อาจมีส่วนที่ของมวลรวมและแอสฟัลท์ที่ให้เสถียรภาพ และความสามารถไหลผ่านของน้ำได้ดีกว่า

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้ยังเหลือขั้นตอนในการนำพอร์สแอสฟัลท์มาใช้ประโยชน์ในการจำลองคิวดันโมเดลเพื่อใช้เป็นระบบระบายน้ำโดยได้วาดโมเดลตั้งไว้ และต้องทำการวิเคราะห์โมเดลผ่าน finite element แต่เกิดเหตุที่ไม่สามารถใช้อุปกรณ์แลบได้จึงยังไม่ได้ศึกษาขั้นตอนนี้ จากการศึกษาทั้งหมดนี้ได้ว่าการคิดค้นระบบระบายน้ำสามารถเกิดขึ้นได้จริง

เอกสารอ้างอิง

Chen Mengjia, (2016). Design and Performance of Porous Asphalt Mixture for Pedestrian/Cyclist Applications in Singapore. (Doctoral dissertation). Nanyang Technological University . Singapore.

Paravita S.W., Daniel T., (2015). Analysis of geotextile reinforced road embankment using PLAXIS 2D. (Doctoral dissertation). Petra Christian University . Indonesia.

Gabriela H., Liseane P.T., Enedir G., (2018). Application of stormwater collected from porous asphalt pavements for non- potable uses in buildings. Retrieved September 12 2019 . from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718306169>

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา, (2552). โครงการประเมินสภาพผิวทางแบบพอร์สแอสฟัลท์คอนกรีต. ค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2562, จากกรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม เว็บไซต์ : https://research.drr.go.th/wp-content/uploads/2020/02/drr-2020-02-04_08-24-25_871193.pdf

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นายกานต์ ไกรเกต

วัน เดือน ปีเกิด : 23 สิงหาคม 2540 ที่พิษณุโลก

ที่อยู่ : 242 ม.4 ต.บึงกอก อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก 65140

โทร. 092-935-1491

ชื่อ-นามสกุล นายเกษตรพงษ์ รัชมิภรณ์

วัน เดือน ปีเกิด 28 กันยายน 2540 ที่กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ 77/18 ถ.เพชรเกษม แขวงบางแค เขตบางแค กรุงเทพมหานคร 10160

โทร. 084-532-5324