การเพิ่มประสิทธิภาพแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขุยมะพร้าว
OPTIMIZATION OF ASPHALT CONCRETE WITH COCONUT PEAT DUST.

ณัฐวัสส์ สุวรรณยอด

ศุพัฒพงศ์ สุขโชติ

ธนานนท์ แสนวิเศษ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMIZATION OF ASPHALT CONCRETE WITH COCONUT PEAT DUST.

NUTTAWAT SUWANNAYOD

SUPATPONG SUKCHOT

TANANON SAENWISAD

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มประสิทธิภาพแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยขุยมะพร้าว

นายณัฐวัสส์ สุวรรณยอด รหัสนักศึกษา 60015021
นายศุพัฒพงศ์ สุขโชติ รหัสนักศึกษา 60015046
นายธนานนท์ แสนวิเศษ รหัสนักศึกษา 60015026

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ขุยมะพร้าวบดละเอียดมาใช้เป็นฝุ่นแทนที่มวลรวม (หินแกรนิต) ในแอสฟัลท์คอนกรีตการศึกษาขุยมะพร้าวมีความเป็นไปได้อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแอสฟัลท์คอนกรีตเนื่องจากขุยมะพร้าวมีคุณสมบัติที่ดูดซับน้ำได้ดี ซึ่งคาดว่าจะเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการเสียหายเนื่องจากความชื้นได้เป็นอย่างดีด้วยเหตุนี้การศึกษาที่ลงลึกถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝุ่นขุยมะพร้าวผสมในแอสฟัลท์คอนกรีตเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อกำหนด ประสิทธิภาพและและยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานมากยิ่งขึ้น

จากเหตุผลเบื้องต้น บทความนี้จึงเป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพด้านเสถียรภาพของแอสฟัลท์คอนกรีตโดยเปรียบเทียบผลการศึกษาทดสอบเปรียบเทียบค่าแรงดึงทางอ้อม (Indirect tensile strength) ระหว่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ถูกแทนที่ด้วยขุยมะพร้าวและแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้ฝุ่นหินแกรนิตที่ใช้ในแอสฟัลต์คอนกรีตโดยทั่วไป โดยใช้สัดส่วนที่แตกต่างกันคือ แอสฟัลต์ผสมขุยมะพร้าว 20%, แอสฟัลต์ผสมขุยมะพร้าว 30%, แอสฟัลต์ผสมฝุ่นหินแกรนิต 20%, แอสฟัลต์ผสมฝุ่นหินแกรนิต 30% และแบ่งแต่ละตัวอย่างออกเป็นแห้งกับเปียก

ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่า ความแน่น (Density) ของแอสฟัลต์คอนกรีตที่แทนด้วยฝุ่นจากขุยมะพร้าว มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ฝุ่นจากหินแกรนิต เพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่ทาให้เกิดผลกระทบต่อปริมาณของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optimization of Asphalt Concrete with Coconut Peat Dust.

Nuttawat Suwannayod ID:60015021

Supatpong Sukchot ID:60015046

Tananon Saenwisad ID:60015026

Advisor : Dr. Preeda Chaturapong

Academic Year 2019

Abstract

This research studies the properties of asphalt concrete that uses finely ground coconut coir to be used as peat dust instead of aggregate (granite) in asphalt concrete. The study of coconut peat dust has a high potential to increase the efficiency of Asphalt concrete due to the coconut peat dust has good water absorption properties which is expected to increase the efficiency of resistance to damage due to moisture. For this reason, a deep study to the optimum ratio of coconut peat dust mixed in asphalt concrete is necessary to determine Efficiency and extend the service life even longer

From the primary reason This article therefore is an experimental research to study The enhancement of the stability performance of asphalt concrete by comparing the results of the study comparing the indirect tensile strength between asphalt concrete replaced by coconut peat dust and asphalt concrete using granite dust used in asphalt concrete. In general By using different proportions which are Asphalt mixed with 20% coconut peat dust, Asphalt mixed with 30% coconut peat dust, Asphalt mixed with 20% granite dust, Asphalt mixed with 30% granite dust and divided each sample into dry and wet

The test results can be seen that the density of asphalt concrete represented by coconut peat dust less dense Asphalt concrete using granite dust Just a little which does not cause much impact on the amount of asphalt cement used as a binder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร. ปรีดา จาตุรพงศ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง อีกทั้งสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษา กับคณะผู้จัดทำตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ปัญหา ให้ประสบการณ์ ที่ดี อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับงานวิจัยนี้ พวกเราผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุกๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำ ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาท่านต่างๆ ที่ให้คำแนะนำ และกำลังใจอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณพี่ปริญญาโทที่ให้คำปรึกษา คอยช่วยเหลือในการให้คำแนะนำในการทำโครงงานรวมถึงการให้กำลังใจและความรู้ตลอดระยะเวลา ที่ได้ศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมโยธานี้ตลอดมา

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและให้กำลังใจ ในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้คณะ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

นายณัฐวัสส์ สุวรรณยอด รหัสนักศึกษา 60015021
นายศุพัฒพงศ์ สุขโชติ รหัสนักศึกษา 60015046
นายธนานนท์ แสนวิเศษ รหัสนักศึกษา 60015026

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ **ง**

สารบัญรูป **ฉ**

สารบัญตาราง **ช**

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1กล่าวนำ 1

1.2วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3ขอบเขตงานวิจัย 2

1.4วิธีการดำเนินงานโดยสังเขป 2

1.5ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎี 3

2.1.1 แอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) 3

2.1.2 วัสดุในการทำแอสฟัลต์คอนกรีต 5

2.1.3 สัดส่วนในการผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม 5

2.1.4 แอสฟัลต์คอนกรีตแบบผสมร้อน 6

2.1.5 คุณสมบัติที่ต้องการในการออกแบบ 6

2.1.6 คุณลักษณะของส่วนผสมและข้อกำหนดแอสฟัลต์คอนกรีต 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง **หน้า**

2.1.7.มะพร้าว 10

2.1.8.หินแกรนิต 13

2.1.9.หินปูน 15

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 17

3.1 การเตรียมตัวอย่าง 17

3.2 การทดลอง กระบวนทดสอบ 21

3.3 การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตมิกซ์โดยวิธีมาร์แชล 21

3.3.1.เอกสารอ้างอิง 21

3.3.2.วัสดุสำหรับการทดสอบ 22

3.3.3.เครื่องมือทดสอบ 22

บทที่ 4 ผลการศึกษา 26

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 27

5.1 สรุปผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีต 27

5.2 ข้อเสนอแนะ 27

บรรณานุกรม 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

เรื่อง **หน้า**

รูปที่ 3.1 วัสดุมวลรวม 17

รูปที่ 3.2 ยางมะตอยเกรด 60/70 18

รูปที่ 3.3 ตู้อบ 18

รูปที่ 3.4 มวลรวมที่นำไปอบเสร็จแล้ว 18

รูปที่ 3.5 รูปผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม 19

รูปที่ 3.6 รูปแบบหล่อและค้อนบดอัด 19

รูปที่ 3.7 การนำตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อ 20

รูปที่ 3.8 แบบสำหรับบดอัด 22

รูปที่ 3.9 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) 24

รูปที่ 3.10 ชุดวงแหวนรับแรง (Ring Dynamometer Assembly) 25

รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบ Indirect tensile strength 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง **หน้า**

ตารางที่ 2.1 ขนาดคละของวัสดุผสมแทรก ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร **5**

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าแรงดึงทางอ้อมระหว่างแอสฟัลต์คอนกรีต ที่ถูกแทนที่ด้วยขุยมะพร้าวและแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้ฝุ่นหินแกรนิตที่ใช้ในแอสฟัลต์คอนกรีตโดยทั่วไป 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ในประเทศไทย ถนนส่วนใหญ่ถูกสร้างด้วยแอสฟัลท์คอนกรีต(ยางมะตอยผสมหิน) เนื่องจากถนนยางมะตอยสามารถให้ประสิทธิภาพในการขับขี่ได้ดีกว่าถนนคอนกรีต ซึ่งยางมะตอยเป็นวัสดุที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ราคาถูก หาได้ง่าย และมีความเหนียว จึงนิยมนำมาใช้ในการก่อสร้างผิวหน้าถนน ทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างมวลรวม ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของยางมะตอย ทำให้นักวิจัยพยายามพัฒนาและหาเทคโนโลยีใหม่ๆ ในกระปรับปรุงคุณสมบัตินี้ เพื่อนำไปใช้สร้างผิวหน้าถนนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพของถนน เช่น การเลือกใช้ชนิดของยางมะตอย การเลือกใช้ชนิดของมวลรวม การเลือกใช้ขนาดของมวลรวม เป็นต้น ณ ปัจจุบัน มีการนำขีวมวลมาใช้ในอุตสาหกรรมมากขึ้น รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการใช้ชีวมวลเพื่อเพิ่มมูลค่าเพื่อให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้น ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำผลผลิตจากเกษตรกรรมมาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากขึ้น เช่น การใช้ยางพาราผสมยางมะตอยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพยางมะตอยในการทำถนน โดยอันที่จริงมีผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพแอสฟัลท์คอนกรีต เช่น ขุยมะพร้าวบดละเอียดมาใช้เป็นฝุ่นแทนที่มวลรวม (หินแกรนิตหรือหินปูน) ซึ่งการศึกษาขุยมะพร้าวมีความเป็นไปได้อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับแอสฟัลท์คอนกรีตเนื่องจากขุยมะพร้าวมีคุณสมบัติที่ดูดซับน้ำได้ดี ซึ่งคาดว่าจะเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการเสียหายเนื่องจากความชื้นได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้การศึกษาที่ลงลึกถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของฝุ่นขุยมะพร้าวผสมในแอสฟัลท์คอนกรีตเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อกำหนด ประสิทธิภาพและและยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานมากยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ขุยมะพร้าวเพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของคุณสมบัติยางมะตอยในประเทศไทย มีแนวโน้มสำคัญในการเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยเพิ่มมูลค่าของขุยมะพร้าวในประเทศให้สูงขึ้น และสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ผลิตมะพร้าวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถช่วยส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมให้กับประเทศไทยได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านเสถียรภาพของแอสฟัลท์คอนกรีตด้วยฝุ่นจากขุยมะพร้าว

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1.วัสดุที่ใช้เสริมแรง ได้แก่ ขุยมะพร้าวที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200

1.3.2. ปริมาณฝุ่นจากขุยมะพร้าวใช้ที่ 20% และ 30% โดยปริมาตรแอสฟัลท์

1.3.3.วัสดุมวลรวมในการออกแบบการคละใช้หินแกรนิตและหินปูน

1.3.4.ทำการขึ้นรูปตัวอย่างสำหรับนำไปทดสอบการวัดเสถียรภาพด้วยวิธี Marshall

1.4 วิธีการดำเนินงานโดยสังเขป

1.4.1.ทำการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2.ออกแบบส่วนผสมในการทดลอง และวิธีการทดลอง

1.4.3.ดำเนินการทดลอง

1.4.4.วิเคราะห์ผลการทดลอง

1.4.5.สรุปผลการทดลอง

1.4.6.รายงานผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 การใช้ฝุ่นจากขุยมะพร้าวเป็นส่วนผสมในแอสฟัลท์คอนกรีตสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพในการรับแรงดึงได้

1.5.2 สามารถช่วยส่งเสริมเกษตรกรในการเพิ่มมูลค่าขุยมะพร้าว

1.5.3 นำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์

บทที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎี

แอสฟัลต์เป็นส่วนประกอบของปิโตรเลียม ส่วนมากปิโตรเลียมที่ยังไม่ได้กลั่น (Crude Petroleum) จะมีแอสฟัลต์บรรจุอยู่และบางครั้งน้ำมันดิบ (Crude Oil) อาจจะเป็นแอสฟัลต์เกือบทั้งหมด อย่างไรก็ตาม น้ำมันดิบบางชนิดไม่บรรจุแอสฟัลต์อยู่เลย จากมูลฐานของแอสฟัลต์ที่บรรจุอยู่จึงพอแบ่งแยก น้ำมันดิบอย่างกว้าง ๆ ดังนี้ ก. ประเภทฐานแอสฟัลต์ (Asphalt Base Crude) ข. ประเภทฐานพาราฟิน (Paraffin Base Crude) บรรจุพาราฟินไม่มีแอสฟัลต์ ค. ประเภทฐานผสม (Mixed – base Crude) บรรจุทั้งพาราฟินและแอสฟัลต์ ในโรงงานกล กลั่นน้ำมัน (Refinery) จะมีการแยกส่วนปิโตรเลียมดิบ (Crude Petroleum) ที่ได้จากบ่อน้ำมัน (Oil Wells) ออกเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ (Constituents or Fractions) ด้วยการกลั่น (Distillation) หลังจากแยกส่วนแล้วก็จะนำส่วนประกอบต่าง ๆ นั้นมากลั่น (Refined) ต่อไปอีกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ ผลิตภัณฑ์จากการกลั่นน้ำมัน ได้แก่แอสฟัลต์ พาราฟิน น้ำมันเบนซิน (Gasoline), น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil) และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีประโยชน์ ซึ่ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของน้ำมันดิบที่นำมาใช้ในการกลั่นด้วยแอสฟัลต์เป็น ส่วนประกอบหลักของน้ำมันดิบที่ไม่ระเหยเมื่อมีการกลั่น จึงเป็นผลิตภัณฑ์ส่วนที่เหลือจากการกลั่น (Residue or Residual Product) ซึ่งมีค่าและสำคัญอย่างมากสำหรับงานทางด้านวิศวกรรมและด้าน สถาปัตยกรรม ในทางปฏิบัติแอสฟัลต์ที่ใช้เป็นส่วนใหญ่มาจากการกลั่นน้ำมันและเรียกว่า ปิโตรเลียม แอสฟัลต์ (Petroleum Asphalt) แอสฟัลต์จัดเป็นวัสดุจำพวกบิทูมนัส (Bituminous Material) เพราะ ประกอบด้วยบิทูเมน (Bitumen) ซึ่งเป็นวัสดุไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Material) ที่ละลายใน คาร์บอนไดซั้วไฟล์ (Carbon Disulfide, CS2) ทารก (Tar) ซึ่งได้จากการกลั่นถ่านหิน (Coal) ก็ ประกอบด้วยบิทูเมน ดังนั้นทั้งแอสฟัลต์และทารกจึงจัดเป็นวัสดุจำพวกบิทูมนัส อย่างไรก็ตามต้องไม่สับสน ระหว่างแอสฟัลต์กับทารก เพราะวัสดุทั้งสองอย่างมีคุณสมบัติแตกต่างกันแอสฟัลต์ที่ได้จากการกลั่น ปิโตรเลียมมีปริมาณบิทูเมนประกอบอยู่มาก ในขณะที่ทารกซึ่งได้จากการกลั่นถ่านหินมีปริมาณบิทูเมน ประกอบอยู่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกันแล้ว

2.1.1 แอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ปิโตรเลียมแอสฟัลต์ที่นำมาใช้ในงานโครงสร้างถนนเรียกว่า แอสฟัลต์ลาดถนน (Paving Asphalt) หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) เพื่อแยกประเภทจากแอสฟัลต์ที่ใช้ในงานอย่างอื่นที่ ไม่ใช่งานลาดถนน เช่น งานมุงหลังคา หรืองานอุตสาหกรรม เป็นต้น

แอสฟัลต์ลาดถนน (Paving Asphalt) ที่อุณหภูมิบรรยากาศปกติจะมีสีดำเหนียวหนืดกึ่งแข็ง (Semisolid) เป็นวัสดุที่มีความหนืดสูง (Highly Viscous Material) ประกอบด้วยโมเลกุลของ ไฮโดรคาร์บอนที่ซับซ้อน และอะตอมอื่น ๆ เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ เนื่องจากแอสฟัลต์ ลาดถนนเหนียวหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงยึดเกาะกับอนุภาพของมวลรวม (Aggregate Particles) อย่างดี ใช้เป็นตัว ประสาน (Cement) สำหรับแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete) นอกจากนี้แอสฟัลต์ลาดถนนยังมี คุณสมบัติในการกันฝ้าได้ และไม่มีผลกระทบกระเทือนจากกรด ด่าง และเกลือ อาจเรียกว่า วัสดุเทอร์โม พลาสติก (Thermoplastic Material) เพราะค่อย ๆ อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นและแข็งตัวเมื่อเย็น ลง บางครั้งก็เรียกโครงสร้างถนนผิวลาดยาง (Asphalt Pavements) ว่าโครงสร้างถนนแบบยืดหยุ่น (Flexible Pavements) อาจเป็นเพราะแอสฟัลต์มีลักษณะของวัสดุเทอร์โมพลาสติกที่เหนียวหนืด ในปัจจุบันแอสฟัลต์ที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม (Petroleum Asphalt) มีการใช้ แอสฟัลต์ที่เกิดเองตามธรรมชาติ (Natural or Native Asphalt) อยู่บ้างเป็นเพียงบางส่วนน้อย ปิโตรเลียม แอสฟัลต์ทนทาน (Durable) ได้ดีเท่าแอสฟัลต์ตามธรรมชาติ และยังมีข้อดีกว่าในการกลั่นให้ได้คุณภาพไม่ สม่ำเสมอปราศจากสารอินทรีย์หรือสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ ในขณะที่แอสฟัลต์ตามธรรมชาติ อาจมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอและวัสดุที่ไม่พึงประสงค์ (Extraneous material) ปนอยู่ด้วยกรรมวิธีการผลิต แอสฟัลต์ซีเมนต์ปิโตรเลียมดิบจะถูกป้อนเข้าไปในท่อที่ให้ความร้อนซึ่งเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นการ เริ่มต้นของการกลั่น จากนั้นจะผ่านเข้าสู่หอกลั่นเพื่อแยกส่วนประกอบที่เบากว่า ซึ่งเป็นสารระเหยง่าย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นมี แนพธา น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ สารที่เหลือจากการ กลั่นจากกรรมวิธีการกลั่นที่หนักของปิโตรเลียม เมื่อนำเข้ากรรมวิธีต่อไปจะได้ผลิตภัณฑ์อื่นรวมทั้งแอสฟัลต์ ด้วย แอสฟัลต์ที่แยกออกมาจากส่วนที่เหลือเมื่อกลั่นตามกรรมวิธี จะได้แอสฟัลต์ซีเมนต์ แอสฟัลต์ซีเมนต์แบ่งกรดตามช่วงมาตรฐานของความข้นเหลว โดยใช้การทดสอบการทะลวง (Penetration Test) เป็นมาตรฐานของการวัด แบ่งออกเป็นเกรดมาตรฐาน 5 เกรด ดังนี้ 40 – 50 , 60-70, 80-100, 12-150, และ 200-300 ตัวเลขของเกรดบ่งบอกถึงช่วงของการทะลวงที่ยอมให้ได้ของแต่ ละเกรด เกรดอ่อนที่สุดคือเกรด 200- 300 จะแข็งพอประมาณที่อุณหภูมิห้อง เมื่อใช้นิ้วกดเพียงเบา ๆ จะมี รอยบุ๋ม ส่วนเกรดที่แข็งที่สุดคือเกรด 40- 50 เมื่อเอานิ้วกดหนัก ๆ จะปรากฏรอยนิ้วเพียงเล็กน้อย เกรดความหนืด (Viscosity Grades) ของแอสฟัลต์ซีเมนต์มีอยู่ 2 ชุด ชุดที่หนึ่งประกอบด้วย AC2.5, AC-5, AC-10, AC-20 และ AC-40 ค่าตัวเลขบอกถึงความหนืดเป็นร้อยของพอยส์ (Dyme.s/cm2) ที่ อุณหภูมิ 60°C อีกชุดหนึ่งประกอบด้วยเกรด AR-1000, AR-4000, AR-8000, และ AR-16000 ตัวเลขบอก ถึงค่าความหนืดในหน่วยพอยส์ แต่เป็นความหนืดที่วัดหลังจากผ่านการทดสอบโรลลิงธินฟิล์มโอเวน เนื่องจากการทดสอบความหนืด เป็นการทดสอบตามหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนการ ทดสอบแบบการทะลวงเป็นการทดสอบเชิงประสบการณ์ (Empirical) จึงไม่มีความสัมพันธ์กันโดยตรง และ ความสัมพันธ์ระหว่างการทะลวงกับความหนืดจะแตกต่างกัน สำหรับแอสฟัลต์ที่มาจากแหล่งน้ำมันดิบที่ต่างกัน โดยปกติแล้วแอสฟัลต์ที่มีเกรดความหนืดต่ำกว่า จะแสดงความเกี่ยวพันกับแอสฟัลต์ที่อ่อนกว่า และมีค่า ทะลวงสูงกว่า ในทางตรงกันข้ามแอสฟัลต์ที่มีค่าความหนืดสูงกว่าจะสัมพันธ์กับแอสฟัลต์ที่แข็งกว่าหรือมีค่า ทะลวงต่ำกว่า อย่างไรก็ตามอาจไม่เป็นเช่นนี้ทุกกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 วัสดุในการทำแอสฟัลต์คอนกรีต มวลรวม ประกอบด้วยมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) และมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) ในกรณีที่มวลรวมที่มีส่วนประกอบละเอียดไม่พอ หรือต้องการปรับปรุงคุณภาพและความ แข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีตอาจเพิ่มวัสดุแทรก (Mineral Filler) ด้วยก็ได้

1) มวลรวมหยาบ หมายถึง ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหิน อ่อน (Crushed Rock) หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ต้องเป็นวัสดุที่แข็งแรงและคงทน สะอาด ปราศจากวัสดุที่ไม่พึงประสงค์ใด ๆ ที่อาจทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีคุณภาพด้อยลง

2) มวลรวมละเอียด หมายถึง ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหิน ฝุ่นหรือทรายที่สะอาดปราศจากสิ่งสกปรกหรือวัสดุไม่พึงประสงค์ใด ๆ ปะปนอยู่ ซึ่งอาจให้แอสฟัลต์ คอนกรีตมีคุณภาพด้อยลง ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลรวมต้องมีคุณสมบัติดังนี้

ก) ต้องมีค่า Sand Equivalent ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

ข) ต้องมีค่า Soundness ไม่เกินร้อยละ 9

3) วัสดุผสมแทรก ใช้ผสมเพิ่มในกรณีเมื่อผสมมวลรวมหยาบกับมวลรวมละเอียดเป็นมวล รวมแล้วส่วนละเอียดในมวลยังไม่เพียงพอ หรือใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตวัสดุผสม แทรกอาจจะเป็น Stone Dust, Portland cement, Silica Cement, Hydrated lime หรือวัสดุอื่นใดที่ กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ วัสดุผสมแทรกนั้นต้องแห้ง ไม่จับเป็นก้อนและต้องมีขนาดคละตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดคละของวัสดุผสมแทรก ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร

ปริมาณผ่านตะแกรงร้อยละ โดยมวล	
0.600 (เบอร์ 30)	100
0.300(เบอร์ 50)	75-100
0.075(เบอร์ 100)	55-100

ที่มา : กรมทางหลวง.มาตรฐานทางหลวง.กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์, 2539: หน้า 266

2.1.3 สัดส่วนในการผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม จุดประสงค์ในการออกแบบวัสดุผสมของแอสฟัลต์กับมวลรวม ก็เพื่อหาอัตราส่วนที่ แน่นอนระหว่างแอสฟัลต์ต่อมวลรวม ให้ได้วัสดุที่ผสมที่มีเสถียรภาพเพียงพอและความคงทนสูงสุด การใช้ สัดส่วนอย่างถูกต้องของแอสฟัลต์กับมวลรวม และการควบคุมส่วนคละ (Gradation) ของมวลรวม เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในการก่อสร้างเพื่อให้ได้โครงสร้างถนนที่ดี ถ้าใช้ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแอสฟัลต์มากเกินไป จะมีผลให้ โครงสร้างถนนขาดเสถียรภาพ ถ้าใช้แอสฟัลต์ปริมาณน้อยเกินไปโครงสร้างถนนจะมีแนวโน้มที่จะหลุดร่อน ได้ง่าย ทั้งยังขาดคุณสมบัติในการกันน้ำและขาดความคงทน

2.1.4 แอสฟัลต์คอนกรีตแบบผสมร้อน วัสดุลาดยางร้อนประกอบด้วยการรวมของมวลรวมอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งผสมและเคลือบด้วย ยางแอสฟัลต์ซีเมนต์ ทั้งมวลรวม และแอสฟัลต์ต้องได้รับความร้อนก่อนการผสม เพื่อให้มวลรวมแห้งและ แอสฟัลต์เหลวเพียงพอสำหรับการผสม และการทำงานได้อย่างเหมาะสมที่อุณหภูมิสูง 325oF±15oF จึง เรียกว่า ผสมร้อน (Hot-mix) การผสมมวลรวมกับแอสฟัลต์กระทำในเครื่องผสม ซึ่งองค์ประกอบของวัสดุ จะได้รับความร้อน การจัดสัดส่วนและการผสม เพื่อผลิตวัสดุผสมของผิวทางลาดยางที่ต้องการ หลังจาก เสร็จสิ้นการผสม ก็ขนส่งวัสดุผสมร้อนไปยังที่ก่อสร้างและปูนลาดด้วยเครื่องจักร จากนั้นก็บดอัดให้แน่น ตามมาตรฐานที่กำหนด ผิวทางประเภทนี้เรียกว่า ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

2.1.5 คุณสมบัติที่ต้องการในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

2.1.5.1 เสถียรภาพ (Stability) เสถียรภาพของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักการจราจรโดยไม่เกิดร่องล้อเป็นคลื่น หรือการเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation)จากน้ำหนักบรรทุกที่มากระทำ เสถียรภาพของผิวทางขึ้นอยู่กับความเสียดทานภายใน (Internal friction)และแรงยึดเกาะ (Cohesion) ระหว่างเม็ดของวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ ความเสียด ทานภายในขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติของวัสดุมวลรวมซึ่งได้แก่ รูปร่างของเม็ดวัสดุ ลักษณะความเรียบหยาบ หรือขรุขระของผิว ส่วนแรงยึดเกาะเป็นผลมาจะคุณสมบัติของแอสฟัลต์ ช่วยให้อนุภาคของมวลรวมสัมผัส กันอย่างแน่น ผลของความเสียดทานและแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวม จะช่วยป้องกันไม่ให้เม็ด วัสดุเกิดการเคลื่อนที่ผ่านซึ่ง กันและกัน เมื่อถูกน้ำหนักรถยนต์กระทำ มวลรวมที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม ผิว หยาบขรุขระ จะให้ค่าเสถียรภาพสูง ส่วนแรงยึดเกาะจะมีมากถ้า แอสฟัลต์มีความหนืดสูง หรือในขณะที่ แอสฟัลต์มีอุณหภูมิต่ำ การเพิ่มปริมาณแอสฟัลต์ในส่วนผสมจะทำให้ ค่าแรงยึดเกาะเพิ่มขึ้น แต่พอถึงจุด หนึ่งจะทำให้แอสฟัลต์ที่เคลือบวัสดุมวลรวมหนาเกินไปมีผลทำให้ความเสียดทานระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวม ลดลง ทำให้เสถียรภาพลดลงด้วย

2.1.5.2 ความคงทน (Durability) คือ ความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพของแอสฟัลต์ อันเป็น สาเหตุของการแตกร้าวของผิวทางภายใต้น้ำหนักจากการจราจร ปัจจัยที่ทำให้แอสฟัลต์เสื่อมสภาพอาจเป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศ สภาพการจราจร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้แอสฟัลต์ที่ใช้เสื่อมสภาพเนื่องจากขบวนการกลายเป็นออกไซด์ (Oxidation) การระเหยกลายเป็นไอ (Volatilization) วัสดุมวลรวม เสื่อมสภาพจนเกิดการแตกกระจาย (Disintegration) และฟิล์มแอสฟัลต์ที่เคลือบวัสดุมวลรวมหลุดออก (Striping) การกระทำของน้ำก็มีผลต่อความคงทนของถนน ถ้าในช่องว่างของชั้นโครงสร้างแอสฟัลต์ ซีเมนต์มีปริมาณน้ำมากจะทำให้สามารถเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างชั้นของแอสฟัลต์ที่เคลือบเม็ดของวัสดุมวลรวมอยู่ จะมีผลทำให้เกิดการหลุดออกของแอสฟัลต์ เมื่อน้ำหนักอันเนื่องมาจากการจราจรมากระทำ นอกจากนี้เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนถนนด้วยความเร็วสูงจะทำให้เกิดแรงเค้นแตกต่างกันในแต่ละเม็ดวัสดุ มวลรวม และถ้าแอสฟัลต์แข็งเกินไปก็จะทำให้เกิดรอยแตกและเม็ดวัสดุมวลรวมก็จะหลุดล่อนออกได้ ใน อีกกรณีหนึ่งน้ำหนักเนื่องจากการบดทับของล้อรถลงบนผิวถนนจะทำให้เกิดการโค้งงอ และเกิดแรงเค้นดึง ในส่วนของชั้นซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดรอยแตกขึ้นได้ แต่ถ้าแอสฟัลต์อ่อนเกินไปจะทำให้แอสฟัลต์ ซีเมนต์มีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำไม่สามารถรับน้ำหนักได้ดีทำให้เกิดรอยร่องล้อ และผิวทางลื่นเนื่องจากเม็ด หินจมลงไปในเนื้อยางเร็วเกินไป

2.1.5.3 ความสามารถในการหยุ่นตัวได้ (Flexibility) หมายถึง ความสามารถทรุดตัว และแอ่นตัวของ โครงสร้างถนนชั้นผิวทางโดยปราศจากการแตกร้าว การหยุ่นตัวในแอสฟัลต์ซีเมนต์เกิดขึ้นเมื่อน้ำหนัก การจราจรที่เคลื่อนไปตามถนน ผิวทางที่ถูกกดชั่วขณะหนึ่งภายใต้น้ำหนักแต่ละล้อชั้นผิวทางจะเกิดแรงอัด และแรงดึงซ้ำๆ สลับกับไปที่ด้านบนและด้านล่างของชั้นนี้ความเค้นดึงจะเกิดที่ด้านล่างมากกว่าที่จะเกิด ด้านบน ดั้งนั้นแอสฟัลต์คอนกรีตที่ดีจะต้องมีความสามารถในการหยุ่นตัวได้สูง ซึ่งเมื่อเกิดการแอ่นตัวแล้วจะไม่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตเสียรูปร่างอย่างถาวร เพราะฉะนั้นความแข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีตจึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแอสฟัลต์และอุณหภูมิภายนอกในขณะที่เกิดความเค้น ในการออกแบบโครงสร้างชั้นต่างๆจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญคือ การแอ่นตัวของชั้นดินเดิมภายใต้น้ำหนักบรรทุกเมื่อแอสฟัลต์คอนกรีตมีความแข็งลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้ชั้นดินเดิมแอ่นตัวได้มาก และความเค้นดึงภายใต้น้ำหนักล้อรถ ความเค้นดึงจะเกิดขึ้นที่ด้านล่างของชั้นผิวทางมากที่สุด ในขณะผิวทางมีสภาพแข็งที่สุดเมื่ออุณหภูมิต่ำ ถ้าชั้นโครงสร้างถนนไม่แข็งแรงพออาจทำให้ชั้นทางเกิดการแอ่นตัวสูงและถ้าแอสฟัลต์คอนกรีตอยู่ในสภาพแข็งเปราะขณะอุณหภูมิต่ำจะทำให้ผิวทางเกิดการแตกร้าวภายหลังที่รับปริมาณการจราจรเพียงเล็กน้อยโดยทั่วไปส่วนผสมที่มีเสถียรภาพสูงและปริมาณแอสฟัลต์สูง จะเป็นส่วนผสมที่มีความต้านทานต่อการเสียหายที่สูงมาก มวลรวมคละที่มีหินหยาบชนิด Open Graded จะทำให้ส่วนผสมมีช่องว่างสูงจึงต้องใช้แอสฟัลต์ในปริมาณที่สูงเพื่อลดช่องว่างภายในลงได้ และจะสามารถแอ่นตัวได้ดีกว่าชนิด Dense Graded

2.1.5.4 ความต้านทานต่อการล้า (Fatigue Resistance) คือ ความสามารถในการ ต้านทานการดัดโค้งแบบซ้ำซาก (Repeated Bending) ของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่เกิดจากน้ำหนักล้อ กระทำปริมาณช่องว่างอากาศและความหนืดของแอสฟัลต์มีผลความต้านทานต่อการล้า กล่าวคือแอสฟัลต์ คอนกรีตที่มีปริมาตรช่องว่างอากาศมากไม่ว่าจะเป็นผลจากการออกแบบ หรือจากการบดอัดไม่เพียงพอจะ ทำให้ความทานต่อการล้าลดลงเช่นกัน นอกจากนี้ความหนาและความแข็งแรงของชั้นผิวทางตลอดจน ความแข็งแรงของชั้นโครงสร้างที่รองรับผิวทางก็จะมีผลต่ออายุ และความสามารถในการรับน้ำหนักของผิว ทางโดยไม่เกิดรอยแตก กล่าวคือผิวทางที่มีหนารวมทั้งชั้นโครงสร้างที่รองรับผิวทางแข็งแรงจะทำให้ไม่เกิด การแอ่นตัวมาก จึงมีอายุรับน้ำหนักล้อซึ่งกระทำได้นานกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.5 ความต้านทานต่อการลื่นไถล (Skid Resistance) คือความต้านทานต่อการลื่น ไถลของผิวถนนขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวถนน ซึ่งมีความสามารถระบายน้ำออกไปได้อย่างรวดเร็วเพียงพอ ที่จะให้ยางล้อรถสามารถสัมผัสกับส่วนของเม็ดวัสดุมวลรวมบนผิวถนน ความสามารถในการต้านทานต่อ การลื่นไถลจะเสียไปเมื่อแอสฟัลต์ทะลักขึ้นมาบนผิวถนน และเมื่อเม็ดวัสดุมวลรวมจมลงไปในแอสฟัลต์หรือ เมื่อเม็ดวัสดุมวลรวมถูกขัดสีจนเรียบ แอสฟัลต์ที่มีความแข็งต่ำจะมีผลทำให้เกิดการทะลักหรือไหลเยิ้มขึ้น ด้านบนได้ เมื่ออุณหภูมิในผิวทางสูงอันจะทำให้ผิวทางลื่นไถลได้

2.1.5.6 ความสามารถในการทำงานได้ (Workability) คือความง่ายในการเทและบดทับ วัสดุผสมจากการออกแบบที่เหมาะสม และใช้เครื่องจักรที่สมควรในการปูลาด ก็จะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานได้ มวลรวมซึ่งไม่มีคุณสมบัติช่วยส่งเสริมให้วัสดุผสมมีเสถียรภาพที่ดีจะทำให้ การเทและบดอัดวัสดุผสมยากยิ่งขึ้น สามารถปรับปรุงแก้ไขให้ดีได้โดยการเปลี่ยนแปลงส่วนผสม เปลี่ยนแปลงแหล่งวัสดุมวลรวมและหรือเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงขนาดส่วนผสมที่ทำงานได้ยากคือส่วนผสม ที่มีปริมาณมวลรวมหยาบมาก มีแนวโน้มที่จะเกิดการแยกตัวของเม็ดวัสดุมวลรวมในระหว่างการขนส่งและ การปู และอาจบดอัดได้ยาก รวมถึงความสะดวกในการทดลองส่วนผสมในห้องทดลอง ถ้าการเตรียม ตัวอย่างไม่ดีพอจะทำให้ได้ตัวอย่างไม่มีคุณสมบัติที่แน่นอน ปริมาณฝุ่นละเอียดถ้ามีสูงมากเกินไปก็อาจมี ผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานได้ และอาจทำให้ส่วนผสมมีลักษณะเป็นกาวยางทำให้บดอัดได้ ยาก ส่วนผสมที่ขาดฝุ่นละเอียดแต่มีทรายขนาดกลางที่มีลักษณะกลมและมีผิวเรียบในอัตราส่วนที่สูงมาก ถึงแม้ว่าจะสามารถทำการปูถนนได้ง่าย แต่ความบดอัดจะมีความแน่นต่ำและบดอัดให้ความแน่นยาก ชนิดของแอสฟัลต์อาจมีปัญหากับความสามารถในการทำงานได้ เนื่องจากอุณหภูมิและความหนืดในขณะผสมการบดอัดที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีความสามารถในการทำงานได้ไม่ดี แต่ถ้าอุณหภูมิสูง เกินไปก็จะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตเป็นวัสดุผสมที่มีลักษณะอ่อนเหลวเกินไป ชนิดและปริมาณของแอสฟัลต์จึงมี

2.1.6 คุณลักษณะของส่วนผสมและข้อกำหนดแอสฟัลต์คอนกรีต การออกแบบโครงสร้างของถนนชั้นผิวทางที่เป็นแอสฟัลต์คอนกรีตตามวิธีของ มาร์แชลล์ มีมาตรฐานและข้อกำหนด ดังนี้ อิทธิพลต่อความสามารถในการทำงานได้

2.1.6.1 ความหนาแน่น (Destiny) หมายถึง ปริมาณมวลรวมแอสฟัลต์คอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นมากพอ จะทำให้มีอายุการใช้งานยืนยาวและมีคุณภาพดี ความหนาแน่นเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องมีการควบคุมภายหลังการก่อสร้างเพราะว่าผิวถนนที่บดอัดเสร็จแล้วจะต้องมีความหนาแน่นสูงมากพอที่จะรับปริมาณการจราจร ในการทดลองออกแบบส่วนผสมและวิเคราะห์ความแน่นของตัวอย่างที่บดอัดโดยทั่วๆ ไปมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตหรือกิโลกรัมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกบาศก์เมตร ความแน่นที่ทดลองได้ในห้องปฏิบัติการทดลองจะนำมาเป็นค่ามาตรฐานสำหรับความแน่นที่บดอัดในสนาม โดยจะคิดเป็นร้อยละของความแน่นที่บดอัดได้ในห้องทดลอง

2.1.6.2 ช่องว่างอากาศ (Air Voids) แอสฟัลต์คอนกรีตประกอบด้วยเม็ดวัสดุมวลรวม ซึ่ง ถูกเคลือบด้วยฟิล์มของแอสฟัลต์ ระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมที่ถูกเคลือบด้วยแอสฟัลต์เหล่านี้จะมีช่องว่าง เล็กๆ เรียกว่า ช่องว่างอากาศ (Air Voids) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่บดอัดแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีปริมาตรช่องว่างอากาศที่เพียงพอแต่ไม่มากเกินไป เนื่องจากเมื่อเปิดการจราจร แล้วรถที่แล่นบนผิวทางจะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตแน่นขึ้นจากเดิม ปริมาตรช่องว่างอากาศลดลง ถ้า ปริมาตรช่องว่างอากาศขณะก่อสร้างเสร็จใหม่ๆ มีไม่เพียงพอ จะทำให้แอสฟัลต์ทะลักขึ้นมาบนผิวเกิด Bleeding นอกจากนี้ ช่องว่างอากาศยังเป็นที่รองรับยางที่ขยายตัวเมื่ออากาศร้อนด้วย

ปริมาตรช่องว่างอากาศมีผลต่อความคงทน (Durability) ของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต กล่าวคือ ปริมาตรช่องว่างอากาศยิ่งน้อยเท่าใดน้ำและอากาศจะซึมผ่านเข้าไปทำลายแอสฟัลต์และการยึด เกาะระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์ได้ยากเท่านั้น จะทำให้ผิวทางมีอายุยืนยาว

ความแน่นและปริมาตรช่องว่างอากาศมีความสัมพันธ์กันโดยตรง คือ ความแน่นยิ่งมาก ปริมาตรช่องว่างอากาศจะยิ่งน้อย และเป็นจริงในทางกลับกัน การกำหนดค่าความแน่นต่ำสุดของผิวทาง จะต้องคำนึงถึงปริมาตรช่องว่างอากาศด้วย โดยปกติผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ทำการบดอัดเสร็จใหม่ๆมักจะกำหนดค่าความแน่นต่ำสุด ซึ่งทำให้ปริมาตรช่องว่างอากาศน้อยกว่า 8%

2.1.6.3 ช่องว่างระหว่างมวลรวม (Voids in Mineral Aggregate หรือ VMA) คือ ปริมาตรช่องว่างทั้งหมดที่มีอยู่ระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมในแอสฟัลต์คอนกรีตที่บดอัดแล้ว ซึ่งรวมช่องว่างที่ ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (Voids Filled with Bitumen หรือ VFB)

โดยที่ VMA คือ ปริมาตรช่องว่างสำหรับรับปริมาตรของแอสฟัลต์ประสิทธิผล (Effective Asphalt ซึ่งหมายถึง ปริมาตรแอสฟัลต์ทั้งหมดที่ใส่ลงไปผสม หักด้วยปริมาตรแอสฟัลต์ส่วนที่ถูกดูดซึมเข้า ไปในเม็ดของวัสดุมวลรวม) ปริมาตรช่องว่างที่เหลือจากการแทนที่ของแอสฟัลต์ ประสิทธิผลคือปริมาตร ช่องว่างอากาศ ดังนั้น ถ้าหากออกแบบส่วนผสมให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีปริมาตรช่องว่างเท่ากันแล้ว แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีค่า VMA สูงกว่า จะมีความคงทนต่อการใช้งานนานกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีค่า VMA ต่ำกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยอาศัยหลักความจริงว่า การที่วัสดุมวลรวมมีค่า VMA สูง ย่อมหมายถึงมี ปริมาตรช่องว่างสำหรับใส่แอสฟัลต์มาก ทำให้ได้ฟิล์มแอสฟัลต์ที่ห่อหุ้มด้วยผิววัสดุมวลรวมหนา ซึ่งทำให้ แอสฟัลต์คอนกรีตมีความคงทนอายุการใช้งานยืนยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 มะพร้าว

งานวิจัยคุณสมบัติของขุยมะพร้าว เริ่มจากปัญหาขยะขุยมะพร้าวเหลือทิ้งจำนวนมาก จากอุตสาหกรรมทำที่นอนใยมะพร้าว โดยเฉพาะเศษขุยมะพร้าวที่มีขนาดเล็ก ไม่มีมูลค่า ส่วนใหญ่ทำเป็นวัสดุเพาะปลูก จึงนำมาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง

ลักษณะทั่วไป

มะพร้าว เป็นพืชยืนต้น ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเอพิคาร์ป (epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างในจะเป็นมีโซคาร์ป (mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (endocarp) หรือกะลามะพร้าว ซึ่งจะมีรูสีคล้ำอยู่ 3 รู สำหรับงอก ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว ภายในมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าวซึ่งน้ำมะพร้าวเกิดจากเอนโดสเปิร์มของมะพร้าวซึ่งจะมีเอนโดสเปิร์มทั้งของแข็งและของเหลว คือ เอนโดสเปิร์มของแข็งจะเป็นเนื้อมะพร้าว และเอนโดสเปิร์มทั้งของเหลวจะเป็นน้ำมะพร้าว ซึ่งเมื่อมะพร้าวแก่ เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปหมด ขณะที่มะพร้าวยังอ่อน ชั้นเอนโดสเปิร์ม (เนื้อมะพร้าว) ภายในผลมีลักษณะบางและอ่อนนุ่ม ภายในมีน้ำมะพร้าว ซึ่งในระยะนี้เรามักสอยเอามะพร้าวลงมารับประทานน้ำและเนื้อ เมื่อมะพร้าวแก่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ชั้นเอนโดสเปิร์มก็จะหนาและแข็งขึ้น จนในที่สุดมะพร้าวก็หล่นลงจากต้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะพร้าว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Cocos nucifera L. อยู่ในตระกูล Palmae มีระบบรากเป็นรากฝอยมีขนาดเท่าๆ กัน แผ่กระจายออกรอบต้น

ลำต้น มีลำต้นเดียว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12- 14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้น 12 – 14 รอยแผล

ใบ เป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทาง (rechis) มีขนาดใหญ่และยาว และมีใบย่อย (leaflet) บนก้านทางประมาณ 200 – 250 ใบ

ดอก ออกเป็นช่อชนิดพานิเคิล มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ สีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อยดอกตัวเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบดอกตัวผู้

ผล มะพร้าวเป็นชนิดไฟบรัสดรุป (fibrous drupe) เรียกว่า นัท (nut) มีเปลือก 3 ชั้นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เปลือกชั้นนอก (exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แดง เหลืองหรือน้ำตาล

2. เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ

3. เปลือกชั้นใน (endocarp) มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา (shell)

ระยะปลูก ระยะปลูกเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อจำนวนผลผลิตที่จะได้รับถ้าปลูกถี่เกินไปต้นมะพร้าวจะบังร่มกัน ไม่สามารถจะปรุงอาหารได้อย่างเต็มที่ ต้นสูงชะลูด ออกผลไม่ดก แต่ถ้าปลูกห่างกันมากจะได้จำนวนต้นน้อย ผลผลิตก็น้อย

ประโยชน์

มะพร้าวสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง

น้ำมะพร้าว ใช้เป็นเครื่องดื่มเกลือแร่ได้ เนื่องจากอุดมไปด้วยโพแทสเซียม นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติปลอดเชื้อโรค และเป็นสารละลายไอโซโทนิก ซึ่งด้วยเหตุนี้จึงสามารถนำน้ำมะพร้าวไปใช้ฉีดเข้าหลอดเลือดเวนในผู้ป่วยที่มีอาการขาดน้ำหรือปริมาณเลือดลดผิดปกติได้ น้ำมะพร้าวสามารถนำไปทำ วุ้นมะพร้าว ได้ โดยการเจือกรดอ่อนเล็กน้อยลงในน้ำมะพร้าว

เนื้อมะพร้าวแก่ นำไปทำกะทิได้ โดยการขูดเนื้อในเป็นเศษเล็ก ๆ แล้วบีบเอาน้ำกะทิออก

กากมะพร้าว ที่เหลือจากการคั้นกะทิ ยังสามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ได้

ยอดอ่อนของมะพร้าว หรือเรียกอีกชื่อว่า หัวใจมะพร้าว (coconut’s heart) สามารถนำไปใช้ทำอาหารได้ ซึ่งยอดอ่อนมีราคาแพงมาก เพราะการเก็บยอดอ่อนทำให้ต้นมะพร้าวตาย ด้วยเหตุนี้จึงมักเรียกยำยอดอ่อนมะพร้าวว่า “สลัดเจ้าสัว“ (millionaire's salad)

ใยมะพร้าว นำไปใช้ยัดฟูก ทำเสื่อ หรือนำไปใช้ในการเกษตร

น้ำมันมะพร้าว ได้จากการบีบหรือต้มกากมะพร้าวบด นำไปใช้ในการปรุงอาหารหรือนำไปทำเครื่องสำอางก็ได้ และในปัจจุบันยังมีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันมะพร้าวอีกด้วย

กะลามะพร้าว นำไปใช้ทำสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ เช่น กระบวย โคมไฟ กระดุม ซออู้ ฯลฯ

ก้านใบ หรือ ทางมะพร้าว ใช้ทำไม้กวาดทางมะพร้าว ใบนำไปสารทำหมวก ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาวมะพร้าว ใช้นำมาเป็นอาหารได้ ในจาวมะพร้าวมีฮอร์โมนออกซิน และฮอร์โมนอื่นๆแต่ มี ฮอร์โมนออกซินปริมาณมากที่สุด ซึ่งเมื่อนำไปคั้น และนำน้ำที่ได้จากจาวมะพร้าว ไปรดต้นพืช จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้

มะพร้าวในประเทศไทย

มะพร้าว เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากคนไทยรู้จักใช้เนื้อมะพร้าวในการบริโภคเป็นอาหารทั้งคาวและหวานในชีวิตประจำวัน

สำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทย 1 คน จะบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 8,273.2 กรัม หรือประมาณ 18 ผล/คน/ปี ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีพลเมืองประมาณ 55 ล้านคน จะใช้ผลมะพร้าวประมาณ 990 ล้านผล หรือประมาณ 65% ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ 35% ของผลผลิตทั้งหมด หรือ 489 ล้านผล ใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป

อุตสาหกรรมมะพร้าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อการบริโภค เช่น อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้งอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว อุตสาหกรรมกะทิเข้มข้น อุตสาหกรรมมะพร้าวขูดแห้ง อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว

2. ผลิตภัณฑ์เพื่ออุตสาหกรรมและอุปโภค เช่น อุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าว อุตสาหกรรมแท่งเพาะชำ อุตสาหกรรมเผาถ่านจากกะลามะพร้าว อุตสาหกรรมแปรรูปมะพร้าว

ผลผลิตมะพร้าวแต่ละปีจะมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าปีละ 2,700 ล้านบาท คิดแล้วมูลค่ามหาศาล ซึ่งเราไม่ควรที่จะละเลยและ ควรเร่งหาทางในการส่งเสริมและพัฒนามะพร้าวอีกต่อไป

มะพร้าวสามารถขึ้นได้ในทุกจังหวัดทั่วประเทศ แต่ขึ้นได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อยคือ (pH ระหว่าง 6-7) ลักษณะดินร่วน หรือร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี มีฝนตกกระจายสม่ำเสมอแทบทุกเดือน อากาศอบอุ่น หรือค่อนข้างร้อน และมีแสงแดดมาก

ภาคที่มีการปลูกมะพร้าวมากและปลูกเป็นอาชีพ คือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก

พื้นที่ปลูก

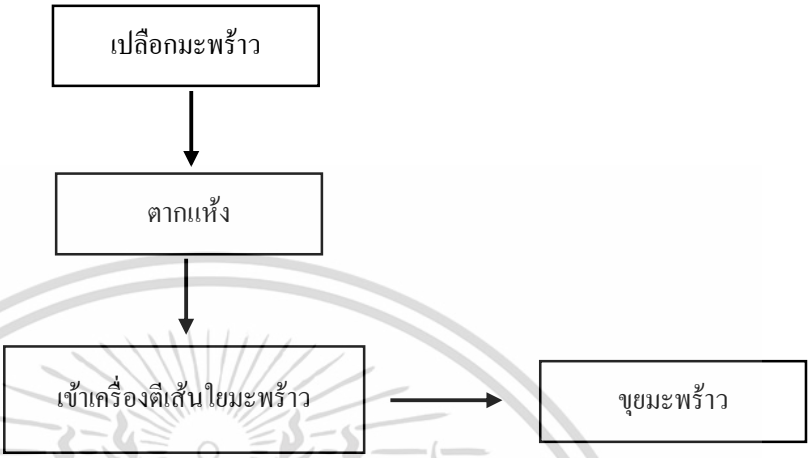
ภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ ตรัง

ภาคกลาง ได้แก่ประจวบคีรีขันธ์ สมุทรสงคราม นครปฐม เพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสาคร

ภาคตะวันออก ได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขุยมะพร้าว คือ เปลือกมะพร้าวที่ปั่นเอาใยออก หรือ ปั่นให้ใยละเอียด เป็นขุยๆละเอียดประมาณเม็ดทราย แห้งสนิท เป็นเศษเหลือของโรงงานทำเส้นใยมะพร้าวซึ่งได้ทุบกาบมะพร้าวเพื่อนำเส้นใยไปทำเบาะนั่ง เศษเหลือเหล่านี้เป็นผง มีคุณสมบัติเบา อุ้มน้ำได้ดี และเก็บความชื้นไว้ได้นาน



2.1.8.หินแกรนิต

หินแกรนิต (อังกฤษ: granite) เป็นหินอัคนีแทรกซอน สีจางพบได้ทั่วไปเป็นปกติ แกรนิตมีเนื้อขนาดปานกลางถึงเนื้อหยาบ บางครั้งจะพบผลึกเดี่ยวๆบางชนิดที่มีขนาดใหญ่กว่ามวลเนื้อพื้น (groundmass) เกิดเป็นหินที่รู้จักกันในนามของพอร์พายรี (porphyry) แกรนิตอาจมีสีชมพูจนถึงสีเทาเข้มหรือแม้แต่สีดำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบทางแร่ หินโผล่ของหินแกรนิตมีแนวโน้มจะเกิดเป็นมวลหินโผล่ขึ้นมาเป็นผิวโค้งมน บางทีหินแกรนิตก็เกิดเป็นหลุมยุบรูปวงกลมที่รายล้อมไปด้วยแนวเทือกเขาเกิดเป็นแนวการแปรสภาพแบบสัมผัสหรือฮอร์นเฟลส์

แกรนิตมีเนื้อแน่นเสมอ (ปราศจากโครงสร้างภายใน) แข็ง แรงทนทาน ดังนั้นจึงถูกนำไปใช้เป็นหินก่อสร้างกันอย่างกว้างขวาง ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของหินแกรนิตคือ 2.75 กรัม/ซม^3 และค่าความหนืดที่อุณหภูมิและความกดดันมาตรฐานคือ ~4.5 • 10^{19} Pa•s.[1]

สถานที่พบเจอ

จนถึงทุกวันนี้แกรนิตพบได้เฉพาะบนโลกโดยพบเป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกโลกในส่วนของทวีป มักพบแกรนิตเป็นสต็อคขนาดเล็กครอบคลุมเนื้อที่น้อยกว่า 100 ตารางกิโลเมตรและอาจพบเป็นแบโทลิตที่มักพบเกิดร่วมกับแนวเทือกเขา (orogenic mountain ranges) ไดค์ (dike) ขนาดเล็กที่มีองค์ประกอบเป็นแกรนิตเรียกว่า “แอพไพลต์” ซึ่งจะพบเกิดขึ้นบริเวณขอบของการแทรกดัน บางบริเวณก็พบเป็นเพคมาไทต์ (pegmatite) ซึ่งมีผลึกขนาดหยาบเกิดร่วมกับหินแกรนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หินแกรนิตได้แทรกดันเข้าไปในชั้นเปลือกโลกตลอดช่วงยุคทางธรณีวิทยาและก็พบได้มากในช่วงพรีแคมเบรียนด้วย หินแกรนิตพบกระจัดกระจายไปทั่วแผ่นเปลือกทวีปของโลกและพบมากเป็นหินพื้นฐานใต้ชั้นหินตะกอนที่มีขนาดบางกว่า

การกำเนิด

แกรนิตเป็นหินอัคนีเกิดขึ้นจากแมกมา แมกมาเนื้อแกรนิตมีต้นกำเนิดที่หลากหลายแต่มันต้องแทรกดันผ่านหินอื่นขึ้นมา การแทรกดันของแกรนิตทั้งหลายเกิดขึ้นที่ความลึกใต้ผิวโลกซึ่งปรกติแล้วจะลึกมากกว่า 1.5 กิโลเมตรและอาจลึกมากถึง 50 กิโลเมตรอยู่ในชั้นเปลือกโลกในส่วนของทวีป การกำเนิดของหินแกรนิตนั้นยังมีการโต้แย้งกันซึ่งนำไปสู่รูปแบบการจำแนกที่หลากหลาย การจำแนกนั้นถูกแบ่งออกตามภูมิภาคของโลก มีทั้งแบบฝรั่งเศส แบบอังกฤษ และแบบของอเมริกา ความสับสนนี้เกิดขึ้นเพราะว่ารูปแบบการจำแนกนั้นกำหนดให้แกรนิตมีความหมายที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วการจำแนกแบบ “อัลฟาเบ็ตซุป” (alphabet soup) นั้นมักถูกนำมาใช้เนื่องจากการจำแนกของมันอยู่บนพื้นฐานของการกำเนิดของแมกมา

การกำเนิดทางธรณีเคมี

แกรนิตอยด์เป็นองค์ประกอบของชั้นเปลือกโลกที่มีอยู่ทั่วไป มันตกผลึกจากแมกมาที่มีองค์ประกอบอยู่ที่จุดหรือใกล้ๆกับจุดยูเทคติก (eutectic point) (หรือที่จุดต่ำสุดของอุณหภูมิบนเส้นกราฟโคเทคติก) แมกมาจะวิวัฒน์ไปสู่จุดยูเทคติกเนื่องจากการแยกส่วนทางอัคนี (igneous differentiation) หรือเพราะว่ามันอยู่ที่ระดับล่างๆของการหลอมละลายบางส่วน การตกผลึกแบบแยกส่วนนี้ทำให้เกิดการลดลงในการหลอมเหลวของเหล็ก แมกนีเซียม ไททาเนียม แคลเซียม และโซเดียม และเพิ่มการหลอมเหลวของโปแตสเซียมและซิลิก้อน – แอลคาไลน์เฟลด์สปาร์ (อุดมไปด้วยโปแตสเซียม) และควอตซ์ (SiO_2) ถือเป็นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของแกรนิต

กระบวนการนี้ดำเนินไปโดยไม่คำนึงถึงแหล่งของแมกมาต้นกำเนิดที่จะพัฒนาไปเป็นแกรนิต และไม่คำนึงถึงองค์ประกอบทางเคมีของมันด้วย อย่างไรก็ตามแหล่งและองค์ประกอบของแมกมาที่ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นแกรนิตนั้นได้ทิ้งหลักฐานทางแร่และธรณีเคมีที่แน่นอนชัดเจนเอาไว้ที่จะระบุถึงหินต้นกำเนิดของแกรนิตนั้นได้ วิทยาแร่ เนื้อหิน และองค์ประกอบทางเคมีสุดท้ายของหินแกรนิตหนึ่งๆปรกติแล้วจะมีลักษณะเฉพาะตามหินต้นกำเนิด ยกตัวอย่างเช่นหินแกรนิตที่เกิดจากการหลอมละลายของตะกอนอาจมีแอลคาไลน์เฟลด์สปาร์สูง ขณะที่แกรนิตที่เกิดจากการหลอมมาจากหินบะซอลต์อาจอุดมไปด้วยแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ มันอยู่บนพื้นฐานนี้ที่ว่าการจำแนกแบบอัลฟาเบ็ตสมัยใหม่ได้ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์

การเกิดหินแกรนิต

ทฤษฎีการเกิดหินแกรนิตที่เก่าแก่ทฤษฎีหนึ่งที่ได้ลดการยอมรับไปมากแล้ว กล่าวเอาไว้ว่า แกรนิตนั้นเกิดขึ้นในที่ที่มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงโดยมีของไหลที่นำธาตุบางชนิดเข้าไป เช่น โปแตสเซียม แล้วดึงเอาธาตุอื่นๆออกมา เช่น แคลเซียมแล้วเปลี่ยนหินแปรไปเป็นหินแกรนิต กระบวนการนี้คาดว่าจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นได้ตามแนวด้านหน้าของการเคลื่อนย้าย การเกิดหินแกรนิตโดยความร้อนจากการแปรสภาพนั้นเป็นสิ่งยากยิ่งแต่ก็สังเกตได้ว่าเกิดขึ้นได้บริเวณภาคพื้นแอมฟิโบไลต์และแกรนูไลต์ การเกิดหินแกรนิตแบบอยู่กับที่ (in-situ granitisation) หรือการหลอมละลายโดยกระบวนการแปรสภาพนั้นยากยิ่งที่จะรับรู้ได้เว้นเสียแต่เนื้อหินแบบลิวโคโซม (leucosome) และเมลาโนโซม (melanosome) จะปรากฏให้เห็นอยู่ในหินไนส์ ทันทีที่หินแปรหนึ่งๆเกิดการหลอมละลายมันก็จะไม่เป็นหินแปรอีกต่อไปแต่จะเปลี่ยนไปเป็นแมกมา ดังนั้นหินเหล่านี้ก็จะดูมีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างทั้งสอง แต่ในทางเทคนิคแล้วไม่ถือว่าเป็นหินแกรนิต ด้วยจริงๆแล้วมันไม่ได้แทรกซอนเข้าไปในหินอื่นๆทั้งหลายทั้งปวงนั้นการหลอมละลายของหินแข็งนั้นต้องการอุณหภูมิที่สูงและมีน้ำเป็นส่วนเกี่ยวข้อง หรือสารระเหยอื่นๆซึ่งจะทำตัวเองเป็นสารกระตุ้นช่วยในการลดจุดหลอมเหลวของหินลงมา

2.1.9.หินปูน

หินปูน (อังกฤษ: limestone) เป็นหินในกลุ่มหินตะกอน มีชื่อวิทยาศาสตร์ที่รู้จักกันในหมู่นักธรณีว่า แร่แคลไซส์ (Calcite)(CaCO3) เป็นหินตะกอนคาร์บอเนต เกิดจากการทับถมของตะกอนคาร์บอเนตในท้องทะเล ทั้งจากสารอนินทรีย์ และซากสิ่งมีชีวิต เช่น ปะการัง และกระดองของสัตว์ทะเล ซึ่งถับถมกันภายใต้ความกดดันและตกผลึกใหม่เป็นแร่แคลไซต์จึงทำปฏิกิริยากับกรด เนื้อแน่นละเอียดทึบ มีสีออกขาว เทา ชมพู หรือสีดำ เพราะฉะนั้น อาจมีซากดึกดำบรรพ์ในหินได้ เช่น ซากหอย ปะการัง ภูเขาหินปูนมักมียอดยักแหลมเป็นหน้าผา และเป็นหินที่ละลายน้ำได้ดี

ข้อมูลทั่วไป

หินปูนจัดอยู่ในกลุ่มของหินชั้น ซึ่งประกอบขึ้นจากแร่แคลไซต์ (แคลเซียมคาร์บอเนต) และสารตกตะกอน หินปูนเกิดจาก การทับถมของสารอนินทรีย์และซากสิ่งมีชีวิตในท้องทะเลภายใต้ความกดดัน เช่น ปะการัง และกระดองสัตว์ จากนั้นซากฟอสซิล เหล่านี้จึงตกผลึกใหม่กลายเป็นแร่แคลไซต์

เมื่อหยดน้ำส้มสายชูลงบนหินปูน จะเกิดฟองฟู่ ซึ่งแสดง ให้เห็นว่าแร่ชนิดนี้ ละลายได้ดีในกรด หรือแช่หินปูนในกระปุก น้ำส้มสายชู ปิดฝาทิ้งไว้ จะสังเกตเห็นฟองที่เกิดจาก แคลเซียมคาร์บอเนต และหลังจากนั้นสองสามวันจะพบว่าก้อนหินละลายออกเป็นส่วนๆ

ชอล์กนับว่าเป็นหินปูนชนิดหนึ่งซึ่งทำมาจากอินทรียสาร ที่มีขนาดเล็กมาก ชอล์กมักมีสีขาวและเทา หินปูนเป็นแร่ที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจาก ใช้ผสมคอนกรีต ทำซีเมนต์ ปูน หรือใช้เป็นหินสำหรับก่อสร้างได้ นอกจากนี้ยังนำหินปูนมาใช้ในอุตสาหกรรม การผลิตแก้ว เป็นสารฟิลเลอร์ ผงขัด สารบำรุงดิน หรือผลิตสารเคมีอื่นๆ ส่วนปูนขาวเกิดจากกระบวนการ แคลซิเนชั่น (calcination) กล่าวคือ ทำให้หินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอุณหภูมิสูง ถึงจุดที่คาร์บอเนตหลอมละลาย (402- 898 องศาเซลเซียส) จนกระทั่งเกิดก๊าซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ นอกจากคำว่า “ปูน” จะหมายถึงหินปูนบดแล้ว ยังหมายถึงปูนขาวและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีกด้วย

ประโยชน์การใช้งาน

หินปูนสามารถใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง การผลิตปูนซีเมนต์ และแก้ว ส่วน หินปูนบดช่วยรักษาค่า PH ในดินและแหล่งน้ำซึ่งได้รับผลกระทบจากภาวะฝนกรด

วิธีการผลิตซีเมนต์ทำได้โดยอบการเผาหินปูนบดในเตาเผา นำซีเมนต์ไปผสมกับน้ำ ทราย และหินกรวด จนเกิดปฏิกิริยาทางเคมีก ลายเป็นคอนกรีต ส่วนวิธีการผลิตแก้วทำได้โดยผสมหินปูน ทราย และโซดา (โซเดียมคาร์บอเนต) เข้าด้วยกัน

- บริเวณที่พบ จังหวัดสระบุรี เพชรบุรี กระบี่ นครศรีธรรมราช พังงา ราชบุรี
- ประโยชน์ ใช้ในอุตสาหกรรมการทาง ทำถนน ทางรถไฟ ทำปูนขาว เผาทำปูนซิเมนต์ ปูนขาว หรือปูนกินหมาก ทำแคลเซียมคาร์ไบด์ ทำวัสดุทนไฟ ทำปุ๋ย และทำสีผม
- หินปูน (limestone) เป็นหินตะกอนเคมีที่ประกอบด้วยผลึกแร่แคลไซต์เป็นส่วนใหญ่ บางครั้ง อาจมีซากดึกดำบรรพ์ปะปนอยู่ด้วย โดยมากแสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นยอดเขาสูง มีผนังชัน และมียอดแหลมๆ มากมายหลายยอดซ้อนกัน เนื่องจากได้รับอิทธิพลการกัดเซาะ และการละลายโดยน้ำ ในประเทศไทยพบมากที่จังหวัดสระบุรี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ พังงา และชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

การหาปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสม (Optimum Asphalt Content) หรือหาส่วนขนาดคละของ มวลรวม จะแบ่งชุดตัวอย่างทดสอบออกเป็นหลาย ๆ ชุด โดยแต่ละชุด ตัวอย่างที่ ทดสอบจะมีปริมาณ แอสฟัลต์แตกต่างกันเมื่อ นำผลทดสอบไปเขียนความสัมพันธ์จะสามารถหาปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมได้ สำหรับการทดสอบ จะจัดให้ชุดตัวอย่างทดสอบมีปริมาณแอสฟัลต์แตกต่างกัน โดยแต่ละครั้ง เพิ่มปริมาณ ร้อยละ 0.5 และผลที่ จะนำไปเขียนความสัมพันธ์นั้น ควรมีค่าปริมาณแอสฟัลต์ไม่น้อยกว่า 2 ค่า ก่อนถึงค่า จุดเหมาะสม (Optimum) และมีอย่างน้อย 2 ค่า ที่เลยค่าจุดเหมาะสมไปแล้ว

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบควรมีอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อปริมาณแอสฟัลต์ค่าหนึ่ง ๆ ดังนั้น ในการศึกษาการออกแบบส่วนผสมร้อนโดยทั่วไป ซึ่งใช้ปริมาณแอสฟัลต์แตกต่างกัน 6 ค่า จะต้องการ ตัวอย่างทดสอบ 18 ตัวอย่าง โดยที่ แต่ละตัวอย่างจะต้องใช้มวลรวม (Aggregate) ประมาณ 1.2 กิโลกรัม แสดงว่าต้องการปริมาณมวลรวมไม่น้อยกว่า 23 กิโลกรัม และต้องใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์อย่างน้อย 4 ลิตร ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้

3.1.1 เตรียมมวลรวม ทำมวลรวมให้แห้งเพื่อให้มีน้ำหนักคงที่ โดยอบที่อุณหภูมิ 105 ถึง 110 °C แล้วแยกมวลรวมออกเป็นขนาดต่าง ๆ โดยร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ตามสัดส่วนขนาด (Size Fraction) ที่ต้องการ ทั้งนี้ Size Fraction จะแตกต่างกันขึ้นอยู่วัตถุประสงค์ในการใช้งานของผิวจราจร เช่น ใช้เป็นผิวจราจรของถนนที่มีปริมาณการจราจรน้อย ปานกลาง หรือมาก (light, medium, or heavy) เป็นต้น และมีปริมาณเพียงพอทำให้แต่ละตัวอย่างมีความสูง 63.5 ± 1.3 มิลลิเมตร หลังจากบดอัด แล้ว (ประมาณ 1,200 กรัมต่อหนึ่งตัวอย่าง) ตัวอย่างสัดส่วนขนาดคละสำหรับการทดสอบ

รูปที่ 3.1 วัสดุมวลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 เลือกยางที่ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพอากาศ สำหรับประเทศไทยซึ่งมีอากาศร้อนควร ใช้ยางชนิด Penetration เกรด 60 /70 เช่นเดียวกับสัดส่วนขนาดของมวลรวม ปริมาณยางที่ใช้ในการ ทดสอบก็จะแตกต่างกันตามจุดประสงค์ในการนำไปใช้งาน หลังจากนั้นนำยางที่จะใช้ไปให้ความร้อน ณ อุณหภูมิที่ทำให้ยางมีความหนืด 170 ± 20 ตารางมิลลิเมตร ต่อวินาที (หรือ Centi-stoke, CSt) สำหรับอุณหภูมิการผสม และ ที่ความหนืด 280 ± 30 ตารางมิลลิเมตร สำหรับอุณหภูมิการบดอัด

- สำหรับอุณหภูมิที่วัดได้ของยางมะตอยเกรด 60/70

- ที่ความหนืด 170 ± 20 ตารางมิลลิเมตร ต่อวินาที คือ 160 °C และ

- ที่ความหนืด 280 ± 30 ตารางมิลลิเมตร คือ 150 °C

รูปที่ 3.2 ยางมะตอยเกรด 60/70

3.1.3 มวลรวมไปอบในเตาอบ ณ อุณหภูมิที่สูงกว่าของอุณหภูมิที่ให้ความร้อนแก่ยาง ใน ข้อ 3.1.2ไม่น้อยกว่า 28 °C

รูปที่ 3.3 ตู้อบ

รูปที่ 3.4 มวลรวมที่นำไปอบเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 เทมวลรวมลงในภาชนะผสม จากนั้นก่อมวลรวมส่วนผสมให้พูนสูงและเป็นเบ้าตรง กลาง เทยางแอสฟัลต์ร้อนที่ชั่งน้ำหนักเตรียมพร้อมแล้ว ลงในเบ้ามวลรวม แล้วผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม อย่างรวดเร็วจนกระทั้งแอสฟัลต์เคลือบผิวมวลรวมอย่างทั่วถึง อุณหภูมิระหว่างผสมจะต้องอยู่ในช่วงของ อุณหภูมิที่กำหนดในข้อ 3.1.2

รูปที่ 3.5 รูปผสมแอสฟัลต์กับมวลรวม

3.1.5 เตรียมแบบหล่อและค้อนบดอัด แบบหล่อตัวอย่างทดสอบและผิวของค้อนบดอัด จะต้องสะอาด นำไปทำ ให้ร้อนโดยการอบหรือวางบนแผ่นร้อน (Hot Plate) จนมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 93 ℃ ถึง 149 ℃ อนึ่ง ก่อนเทส่วนผสมลงในแบบหล่อให้วางกระดาษชุบไขที่ตัดได้ขนาดลง ที่ก้นแบบหล่ออาจใช้กระดาษกรองแทนได้

รูปที่ 3.6 รูปแบบหล่อและค้อนบดอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบหล่อใช้พาย หรือเกรียงร้อน ขุดแซะส่วนผสมอย่าง รวดเร็ว 15 ครั้ง รอบ ๆ บริเวณขอบของแบบหล่อและตรงกลางภายในอีก 10 ครั้ง นำปลอกต่อด้านบนออกปรับแต่งผิวให้มีลักษณะโค้งมนเล็กน้อย

3.1.7 สวมปลอกต่อเข้ากับแบบอย่างเดิม จากนั้นนำแบบหล่อไปวางลงบนแท่นรองการ บดอัด ทำการบดอัดด้วยค้อนบดอัดที่มีน้ำหนัก 4,536 กรัม ระยะตกกระทบ 457.2 มิลลิเมตร จำนวนครั้งที่บดอัดขึ้นอยู่กับปริมาณจราจรของผิวทาง (35, 50, หรือ 75 ครั้ง สำหรับปริมาณจราจรน้อย ปานกลางหรือ มาก ตามลำดับ) หลังจากบดอัดได้ครบตามจำนวนที่ต้องการแล้ว ให้ถอดฐานรองและปลอกต่อออก จากนั้นประกอบแบบหล่อเข้าไปใหม่โดยกลับแบบเอาด้านล่างขึ้นมา แล้วบดอัดแท่งตัวอย่างด้วยจำนวนครั้งที่เท่ากัน (บนด้านที่กลับขึ้นมา) จากนั้นถอดฐานรองและปลอกต่อออกแล้วปล่อยตัวอย่างทดสอบให้เย็นลงใน อากาศจนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนรูปร่าง โดยอาจใช้พัดลมเป่าให้อุณหภูมิลดลงเร็วขึ้น

3.1.8 เอาตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่ออย่างระมัดระวังโดยใช้เครื่องดันก้อน ตัวอย่าง แล้วนำไปวางบนผิวที่เรียบและได้ระดับ ปล่อยให้ตัวอย่างเย็นที่อุณหภูมิห้อง เอาตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อ

รูปที่ 3.7 การนำตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดลอง กระบวนทดสอบ มีดังนี้

3.2.1 การหาปริมาตรและความหนาแน่นรวมของก้อนตัวอย่าง การทดสอบหาค่าปริมาตรและความหนาแน่นรวมของก้อนตัวอย่าง มีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.2.1.1 ภายหลังจากบดอัดตัวอย่างแล้วเสร็จไม่นานนัก โดยทิ้งตัวอย่างให้เย็นภายใต้ อุณหภูมิห้อง25 ± 1 C ° จากนั้นให้ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง น้ำหนักที่ได้จะเป็นน้ำหนักแห้ง (Weight of Sample in Air)

3.2.1.2 นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิ 25 ± 1oC เป็นเวลา 4 ± 1 นาทีจากนั้นชั่ง น้ำหนักตัวอย่างในน้ำ น้ำหนักที่ได้จะเป็นน้ำหนักที่ชั่งในน้ำ (Weight of Sample in Water)

3.2.1.3 นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้งอย่างรวดเร็ว ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง จะ ได้น้ำหนักผิวแห้ง (Weight of Saturated Sample and Dry Surface)

3.3.การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตมิกซ์โดยวิธีมาร์แชล

การทดลองนี้จะทำการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลท์คอนกรีตตามวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) และทำการผสมแอสฟัลท์คอนกรีตจากการผสมร้อนระหว่างวัสดุมวลรวม (Aggregate) กับ แอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) และควบคุมอัตราส่วนผสมและอุณหภูมิตามที่กำหนด

3.3.1.เอกสารอ้างอิง

ASTM D 6926 Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens using Marshall Apparatus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASTM D 6927 Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures

3.3.2.วัสดุสำหรับการทดสอบ

1.วัสดุมวลหยาบ (Coarse Aggregate) หมายถึง วัสดุมวลรวมที่ค้างบนตะแกรงร่อนเบอร์ 4 โดยอาจมีวัสดุมวลรวมละเอียดปนอยู่บ้าง ปกติจะใช้วัสดุมวลรวมหยาบตั้งแต่ 2 ขนาดขึ้นไปผสมกันเช่นใช้หินขนาดโตสุด19.0 มิลลิเมตร ผสมกับหินขนาดโตสุด 9.5 มิลลิเมตร เป็นต้น เพื่อลดการแยกตัว(Segregation)

2.วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) หมายถึง วัสดุมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4

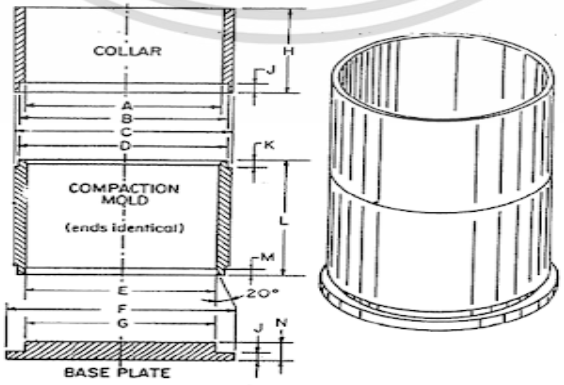
3.วัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) หมายถึง วัสดุมวลรวมที่มีความละเอียดสำหรับใช้ผสมกับวัสดุมวลรวมคละเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะ ในกรณีที่เมื่อผสมวัสดุมวลรวมหยาบและวัสดุมวลรวมละเอียดเป็นวัสดุมวลรวมคละแล้วส่วนละเอียดมีไม่เพียงพอ วัสดุผสมแทรกได้แก่ ฝุ่นหิน (Stone Dust) ปูนซีเมนต์ (Portland Cement) ปูนขาว (Hydrate Lime) หรือวัสดุพวก Non-Plastic

4.แอสฟัลต์ (Asphalt) ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่นให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70

5.วัสดุอื่นๆ อาจใช้วัสดุอื่นๆ นอกจากวัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามที่กล่าวมาแล้วด้วยก็ได้ วัสดุเหล่านี้ เช่น สารผสมเพิ่มแอสฟัลต์ (Asphalt Additive) ชนิดต่างๆ ใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตให้มีลักษณะเด่นเฉพาะอย่าง เช่น สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น

3.3.3.เครื่องมือทดสอบ

1. แบบสำหรับบดอัด (Compaction mold) ประกอบด้วย แผ่นฐาน (Base Plate) แบบ (Mold) และแบบปลอก (collar extension mold) ดังรูป



รูปที่ 3.8 แบบสำหรับบดอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ค้อนบดอัด ที่ใช้เป็นแบบยึดด้านปล่อยด้วยมือ

3.แท่นรองรับการบดอัด (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยฐานไม้ขนาดประมาณ 20x20x45 เซนติเมตร มีแผ่นโลหะขนาดประมาณ 30x30x25 เซนติเมตร ติดอยู่ที่ขอบบนของฐานไม้

4.ที่จับแบบ (Mold Holder) ใช้บังคับให้แบบสำหรับกดทับอยู่กับที่ในขนาดที่ทำการบดทับ

5.ชุดดันตัวอย่าง

6.เตาอบ

7.ชุดเครื่องผสม

8.อุปกรณ์อื่นๆ

8.1 ภาชนะสำหรับอบมวลรวม เช่นภาชนะเหล็กก้นแบนหรือภาชนะอื่นๆ

8.2 ภาชนะฝาปิดสำหรับอบวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์

8.3 เครื่องมือช่วยผสม

8.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ แอสฟัลต์ซีเมนต์ และส่วนผสม โดยช่วงที่ต้องการคือ 10-200°C

8.5 ตาชั่ง ความละเอียด 0.1 กรัม

8.6 ถุงมือสำหรับจับวัสดุร้อน

8.7 สีเทียน สำหรับเขียนบนตัวอย่าง

8.8 ช้อนตักก้นแบนสำหรับตักมวลรวม

8.9 ช้อนตักขนาดใหญ่สำหรับตักวัสดุผสมลงในแบบหล่อ

9. แบบทดสอบเสถียรภาพ (Stability Mold or Breaking Head) ประกอบด้วยส่วนบนและส่วนล่างของรูป ทรงกระบอกผ่าซีก สำหรับใส่ตัวอย่างที่จะทดสอบหาเสถียรภาพ แบบทดสอบนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 50.8 ม.ม. ส่วนล่างของแบบติดตั้งอยู่บนฐานและมีแกนนำตั้งขึ้นสำหรับให้ส่วนบนสวมประกอบ หัวทดสอบ

10. เครื่องทดสอบกำลังอัด จะต้องสามารถให้แรงกระทำในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอ เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50±5 มม. ต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.ชุดวงแหวนรับแรง (Ring Dynamometer Assembly) เป็นวงแหวนวัดแรงกดได้ถึง 20 กิโลนิวตัน (2,000 ปอนด์) มีความไวในการรับน้ำหนักถึง 50 นิวตัน (10 ปอนด์) ต้องมีอัตราการเพิ่มได้ 0.0025 มม. (0.0001 นิ้ว) หรือละเอียดกว่า ชุดวงแหวนนี้ติดกับโครงของแม่แรงกดทับตัวอย่างเพื่อถ่ายแรงกดไปยังแบบทดสอบเสถียรภาพในการทดสอบหาเสถียรภาพของตัวอย่าง

12.เครื่องวัดการไหล (Flow Meter)

13.อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

14.เตาอบ สามารตั้งอุณหภูมิตามที่กำหนด

15.เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3.9 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 ชุดวงแหวนรับแรง (Ring Dynamometer Assembly)

รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบ Indirect tensile strength

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการศึกษา

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าแรงดึงทางอ้อม ระหว่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ถูกแทนที่ด้วยขุยมะพร้าวและแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้ฝุ่นหินแกรนิตที่ใช้ในแอสฟัลต์คอนกรีตโดยทั่วไป

Volume of fillers	**20%**		**%TSR**	**30%**		**%TSR**
Type of fillers	Dry condition (psf)	Wet condition (psf)		Dry condition (psf)	wet condition (psf)	
Coconut peat	5676.82	3003.09	52.90	4965.67	3033.07	64.08
Granite	6184.79	3360.99	54.34	6110.01	4049.12	66.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีต

จากการศึกษาคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยการแทนที่ฝุ่นจากใยมะพร้าวเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ถูกแทนที่ด้วยขุยมะพร้าวและแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้ฝุ่นหินแกรนิตที่ใช้ในแอสฟัลต์คอนกรีตโดยทั่วไปสรุปได้ดังนี้

- แอสฟัลต์ผสมขุยมะพร้าว 20% ผลทดสอบอัตราส่วนความต้านแรงดึง 52.90%
- แอสฟัลต์ผสมขุยมะพร้าว 30% ผลทดสอบอัตราส่วนความต้านแรงดึง 64.08%
- แอสฟัลต์ผสมฝุ่นหินแกรนิต 20% ผลทดสอบอัตราส่วนความต้านแรงดึง 54.34%
- แอสฟัลต์ผสมฝุ่นหินแกรนิต 30% ผลทดสอบอัตราส่วนความต้านแรงดึง 66.27%

จะเห็นได้ว่า ความแน่น (Density) ของแอสฟัลต์คอนกรีตที่แทนด้วยฝุ่นจากขุยมะพร้าว มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า แอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ฝุ่นจากหินแกรนิต เพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่ทาให้เกิดผลกระทบต่อปริมาณของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสานมากนัก

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การศึกษาวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานและการวิจัยที่เกี่ยวข้องในโอกาส ต่อไปให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอเสนอประเด็นการวิจัยและข้อแนะนำงานแอสฟัลต์ คอนกรีต ดังนี้ ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้วัสดุมวลรวมชนิดเดียว คือ หินแกรนิต ซึ่งในประเทศ ไทยมีหินหลายชนิดที่มีการนำมาใช้ในงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต เช่น หินปูน และ หินบะซอลท์ เป็นต้น ซึ่งหินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่ต่างกัน เช่น ความแข็งแกร่ง และ อัตราการดูดซึม แอสฟัลต์ซีเมนต์ ที่จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ ครอบคลุมทุกประเภทของหินที่มีใช้งานในประเทศไทยควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเลือกใช้วัสดุหิน ทุกชนิด

ในการทดสอบครั้งนี้ก็เลยไม่ค่อยเห็นความแตกต่างในการทดสอบมากนักควรมีการทดสอบ การใช้ขุยมะพร้าวที่เป็นส่วนผสม ในวัสดุมวลรวมหลายๆชนิดเพื่อที่จะเห็นความแตกต่างในการใช้งานมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Cheng, D., Little, D. N., Lytton, R. L., & Holste, J. C. (2002). Surface energy measurement of asphalt and its application to predicting fatigue and healing in asphalt mixtures. Transportation Reserach Record Journal of Transportation Reserach Board, 1810, 44-53.

[2] Kanitpong, K., & Bahia, H. (2003). Role of adhesion and thin film tackiness of asphalt binders in moisture damage. Asphalt Paving Technology, 72, 502-528.

[3] Moraes, R., Velasquez, R., & Bahia, H. (2011). Measuring effect of moisture on asphalt aggregate bond with the Bitumen Bond Strength test. Journal of the Transportation Research Board, 2209, 70-81.

[4] P.Chaturabong & H.U. Bahia (2016). Effect of moisture on the cohesion of asphalt mastics and bonding with surface of aggregates. Road Materials and Pavement Design, 22, 741-753.

[5] Terrel, R. L., & Al-Swailmi, S. (1994). Water sensitivity of asphalt-aggregate mixes: Test selection. Washington, DC: SHRP Report A-403. Strategeric Highway Research Program, National Researach Council.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้