กำลังอัดของบล็อกประสานที่ผลิตจากปูนซีเมนต์และเปลือกหอยเชอรี่บด

นายสุริยา การะเกษ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2557

สุริยา การะเกษ : กำลังอัดของบล็อกประสานที่ผลิตจากปูนซีเมนต์และเปลือกหอยเชอรี่บด (COMPRESSIVE STRENGTH OF INTERLOCKING BLOCK MANUFACTURED FROM CEMENT AND CRUSHED GOLDEN APPLE SNAIL SHELL) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์ หอพิบูลสุข

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เปลือกหอยเชอรี่บดในการแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสานที่ใช้ในงานโครงสร้างรับแรงแบกทาน (กำลังอัดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) และนำเสนออัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่บดที่เหมาะสม ดินลูกรังและเปลือกหอยเชอรี่ได้จากอำเภอโพนทราย จังหวัดร้อยเอ็ด การศึกษาครั้งนี้ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 และ 1:8 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันในทางปฏิบัติ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเชอรี่บดมีค่าเท่ากับ 100:0 90:10 80:20 70:30 และ60:40 ผลการการบดอัดแสดงให้เห็นว่าสำหรับทุกอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่บด ปริมาณความชื้นเหมาะสมเท่ากับร้อยละ 12 และ 11 สำหรับอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:6 และ 1:8 ตามลำดับ สำหรับช่วงอายุบ่มน้อยกว่า 28 วัน กำลังอัดของตัวอย่างมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่บด อย่างไรก็ตาม สำหรับช่วงอายุบ่มมากกว่า 28 วัน กำลังอัดของบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่บด จนถึงร้อยละ 20 (ค่าเหมาะสม) หลังจากนั้น กำลังอัดจะมีค่าลดลง กำลังอัดที่เพิ่มขึ้นนี้เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์อิสระจากปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยาปอซโซลานกับเปลือกหอยเชอรี่บด และช่วยเพิ่มกำลังอัดให้กับบล็อกประสาน อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตบล็อกประสานในงานโครงสร้างรับแรงแบกทานคือ 1:8 บล็อกประสานที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ (ไม่ใส่เปลือกหอยเชอรี่) มีกำลังอัดที่อายุบ่ม 7 วัน ได้ตามมาตรฐานบล็อกรับแรงและมีต้นทุนผลิตเท่ากับ 2.4 บาท ในขณะที่ บล็อกประสานที่ผลิตจากปูนซีเมนต์และเปลือกหอยเชอรี่บดสามารถใช้เป็นบล็อกรับแรงได้ที่อายุบ่ม 28 วัน และอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเชอรี่ที่เหมาะสมเท่ากับ 70:30 ซึ่งมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 1.9 บาท งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์อย่างมากที่แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้เปลือกหอยเชอรี่ในงานวิศวกรรม และการลดของเสีย (เปลือกหอยเชอรี่) ที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

SURIYA GARAGED : COMPRESSIVE STRENGTH OF INTERLOCKING BLOCK MANUFACTURED FROM CEMENT AND CRUSHED GOLDEN APPLE SNAIL SHELL. ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., P.E.

This research aims to study the possibility of replacing cement by crushed golden apple snail shell to manufacture the bearing interlocking block in which its strength must be greater than 7.5 MPa and to suggest an optimum crushed golden apple snail shell replacement ratio. The lateritic soil and golden apple snail shell were obtained from Phon Sai district, Roi Et province. The cement to lateritic soil ratios studied were 1 : 6 and 1 : 8, which are commonly used in practice. The cement to crushed golden apple snail shell ratios are 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30 and 60 : 40. The test results show that for all cement to crushed golden apple snail shell ratios tested, the optimum water contents (OWC) are 11 and 12 % for cement to soil ratios of 1 : 6 and 1 : 8, respectively. For curing times shorter than 28 days, the compressive strength of sample decreases with crushed golden apple snail shell replacement increases. However for curing times longer than 28 days, the strength of interlocking block increases as the cement to crushed golden apple snail shell ratios increases until cement to crushed golden apple snail shell ratio is 80 : 20. Beyond this value, the strength decreases. This increased strength is because the free lime from cement hydration reacts with golden apple snail shell (pozzolanic reaction) and increases strength. The economical cement to lateritic soil ratio for manufacturing the bearing interlocking block is 1 : 8. The cement block (without crushed golden apple snail shell) meets the strength requirement for bearing units after 7 days of curing and its manufacturing unit cost is 2.4 baht. Whereas the cement and crushed golden apple snail shell block meets the strength requirement for bearing units after 28 days of curing and its manufacturing unit cost at optimal cement : crushed golden apple snail shell of 70 : 30 is 1.9 baht. This implies that the manufacturing cost can be reduced when the crushed golden apple snail shell is used to replace cement and the longer curing time is allowed. This research is useful for the utilization of crushed golden apple snail shell in engineering applications and the reduction of waste (golden apple snail shell) releasing into the environment.

School of Civil Engineering
School Year 2014

Student's Signature_____
Advisor's Signature _____
Co-Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุขสันต์ หอพิบูลสุข และท่านอาจารย์ ดร.เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์ ซึ่งได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำปรึกษาให้คำสอนข้อชี้แนะคำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำการศึกษาวิจัยในทุกขั้นตอนตลอดมาขอขอบคุณคณะกรรมการสอบทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ขอขอบคุณโปรแกรมการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่วัสดุอุปกรณ์และเครื่องไม้เครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา – มารดาผู้ให้กำเนิดของผู้วิจัยที่ได้ให้การอุปการะเลี้ยงดูส่งเสียให้ได้รับการศึกษาตลอดมาได้อบรมสั่งสอนแนวคิดและการปฏิบัติตนทำให้ผู้วิจัยมีวันนี้ได้รวมถึงหลายๆกำลังใจจากญาติพี่น้องและครอบครัวที่เป็นกาลังใจอย่างยิ่งรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาสานักวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งเป็นสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนหลักสูตรการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภคทาให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสเข้ามาศึกษาจนสำเร็จได้ในวันนี้

สุริยา การะเกษ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กำลังอัดของบล็อกประสานที่ผลิตจากปูนซีเมนต์และเปลือกหอยเชอรี่บด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบโครงงาน

_____

(รศ. ดร.อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์)
ประธานกรรมการ

_____

(ศ. ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน)

_____

(ผศ. ดร.รัฐพล ภู่บุบผาพันธ์)
กรรมการ

_____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญรูปภาพ ช

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 บทนำ 3

2.2 ปูนซีเมนต์ 3

2.3 มวลรวม 6

2.4 น้ำ 7

2.5 หอยเชอรี่ 9

2.6 ดินลูกรัง 16

2.7 วิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ 18

2.8 วิธีการทดสอบความแน่น แบบสูงกว่ามาตรฐาน 20

3 วิธีดำเนินการศึกษา 25

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ 25

3.2 วิธีดำเนินการศึกษา 25

3.2.1 วิธีเตรียมตัวอย่างดินและเปลือกหอย 25

3.2.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างทดสอบ 26

3.3 สัญลักษณ์การทดลอง 27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล 29
4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรังและเปลือกหอยเชอรี่ 29
4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น 30
4.3 ผลการทดสอบกำลังอัด 32
4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตบล็อกประสานจากเปลือกหอยเชอรี่ 41
5 สรุปผลทดสอบ 43
5.1 สรุปผลงานโครงงานวิจัย 43
5.2 ข้อแนะนำในการทำโครงงานวิจัยต่อไป 44
เอกสารอ้างอิง 45
ภาคผนวก ก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน 47
ประวัติผู้เขียน 51

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณที่ยอมให้ของสารเจือปนในน้ำ 8

2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกหอยเชอรี่ 15

2.3 ขนาดคละของวัสดุ 20

3.1 อัตราส่วนผสมของงานวิจัย 26

3.2 สัญลักษณ์การทดสอบ 27

4.1 ผลการคำนวณขนาดคละของดินลูกรัง 29

4.2 ผลการคำนวณขนาดคละของเปลือกหอยเชอรี่ 30

4.3 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ ต่อดินเท่ากับ 1:6 ที่อายุบ่ม 7 วัน เปรียบเทียบตามสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน 32

4.4 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ ต่อดินเท่ากับ 1:8 ที่อายุบ่ม 7 วัน เปรียบเทียบตามสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน 33

4.5 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านแห้ง (DRY) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 35

4.6 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านแห้ง (DRY) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 36

4.7 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 37

4.8 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 38

4.9 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 39

4.10 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 40

4.11 ต้นทุนการผลิตบล็อกประสานจากปูนซีเมนต์ และเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก อายุบ่ม 7 วัน 41

4.12 การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการผลิตบล็อกประสานจากซีเมนต์และบล็อกประสานจากซีเมนต์ และเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก อายุบ่ม 7 และ28 วัน 42

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะทั่วไปของหอยเชอรี่ 11

2.2 ลักษณะทางชีวะวิทยาของเปลือกหอยเชอรี่ 11

2.3 โครงสร้างของชั้นเปลือกหอยเชอรี่ 12

3.1 ตัวอย่างดินลูกรังและเปลือกหอยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 26

4.1 ขนาดคละของดินลูกรัง เปลือกหอยเชอรี่ 30

4.2 ผลการทดลองค่าความหนาแน่นและปริมาณน้ำที่เหมาะสม อัตราส่วนปูนซีเมนต์กับเปลือกหอยเชอรี่ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:6 31

4.3 ผลการทดลองค่าความหนาแน่นและปริมาณน้ำที่เหมาะสม อัตราส่วนปูนซีเมนต์กับเปลือกหอยเชอรี่ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:8 31

4.4 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ที่อายุบ่ม 7 วัน เปรียบเทียบตามสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน 33

4.5 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ที่อายุบ่ม 7 วัน เปรียบเทียบตามสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน 34

4.6 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านแห้ง (DRY) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 35

4.7 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านแห้ง (DRY) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 36

4.8 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 37

4.9 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 38

4.10 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 39

4.11 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน 40

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ที่อยู่อาศัยก็เป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ที่สำคัญ ถึงแม้ว่าวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างที่อยู่อาศัยจะมีราคาสูงขึ้นแต่มนุษย์ก็จำเป็นที่จะต้องมีที่อยู่อาศัยจะเห็นได้ว่าการก่อสร้างหรือธุรกิจก่อสร้างที่อยู่อาศัยในสภาวะปัจจุบัน วัสดุก่อสร้างอย่างเช่น เหล็ก หิน ปูนซีเมนต์ ทราย เป็นต้น มีราคาสูงขึ้นตามสภาวะทางเศรษฐกิจทำให้การที่จะมีที่อยู่อาศัยเป็นเรื่องที่ยากขึ้นมากกว่าแต่ก่อน

บล็อกประสานคือวัสดุก่อสร้างอีกชนิดหนึ่งซึ่งเรียกได้ว่าเป็นทางเลือกใหม่ของการก่อสร้างที่อยู่อาศัยในประเทศไทยเทคโนโลยีบล็อกประสานสามารถที่จะทำให้คนที่ต้องการมีที่อยู่อาศัยสามารถมีที่อยู่อาศัยได้ในราคาที่ประหยัดและเหมาะสมกับสภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันมีความสมเหตุสมผลในตัวของบล็อกประสานนั้นเองทั้งในด้านของราคาค่าก่อสร้างและความสวยงามเป็นธรรมชาติของอาคารบล็อกประสานเป็นวัสดุที่เกิดจากดินลูกรังและปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลักทำให้บล็อกประสานเกิดความแข็งแรงและมีสีสันที่สวยงามเหมือนธรรมชาติ

การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน มผช.๖๐๒/๒๕๔๓ ต้องอาศัยองค์ประกอบหลายๆอย่างทั้งจากทางด้านแรงงานเครื่องจักรที่ใช้และคุณภาพของวัตถุดิบส่วนผสมหลักของหรือวัสดุที่นำมาผลิตเป็นบล็อกประสานต้องได้คุณภาพด้วย โดยทั่วไปวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตบล็อกประสานประกอบด้วยดินลูกรังทรายละเอียดหรือหินฝุ่นปูนซีเมนต์และน้ำสะอาด

ในพื้นที่ของผู้วิจัยนั้นได้มีการจับหอยเชอรี่เพื่อนำไปประกอบอาหารและส่งขายซึ่งส่งผลให้มีขยะจากเปลือกหอยเชอรี่เป็นจำนวนมากเพื่อเป็นการแก้ปัญหาขยะจากเปลือกหอยเชอรี่ที่มีเป็นจำนวนมากนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกหอยเชอรี่มาแทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อผลิตบล็อกประสานโดยการผสมดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ และเปลือกหอยเชอรี่ และเปรียบเทียบกำลังอัดกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน มผช.๖๐๒/๒๕๔๓เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกประสาน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษากำลังอัดของบล็อกประสานจากเปลือกหอยเชอรี่ และเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน มผช.๖๐๒/๒๕๔๓ มาเป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสาน

1.2.2 เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตระหว่างบล็อกประสานจากเปลือกหอยเชอรี่กับบล็อกประสานจากซีเมนต์

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

แนวทางและวิธีการทำโครงงานมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเปลือกหอยเชอรี่มาเป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสาน โดยศึกษาหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะที่สุดโดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการและเปรียบเทียบกับกับบล็อกประสานซีเมนต์วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษามีทั้งสิ้น4ชนิด คือ

- เปลือกหอยเชอรี่จากอำเภอโพนทรายจังหวัดร้อยเอ็ด
- ดินลูกรังจากอำเภอโพนทรายจังหวัดร้อยเอ็ด
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1
- น้ำประปา

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยจะกำหนดอัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเชื่อมประสาน (ปูนซีเมนต์และเปลือกหอยเชอรี่) ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:6 และ 1:8 โดยแปรผันตามอัตราส่วนระหว่างการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ของปูนซีเมนต์โดยใช้น้ำตามปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content ; OMC) จากการทำ Compaction Test ด้วยวิธี Modified Proctor Test ของแต่ละอัตราส่วนผสมที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 วันขนาดของตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำเปลือกหอยเชอรี่มาเป็นส่วนผสมในการผลิตบล็อกประสาน

1.4.2 ทราบถึงอิทธิพลของเปลือกหอยเชอรี่ต่อกำลังอัดของบล็อกประสาน

1.4.3 สามารถนำขยะที่เหลือทิ้งจากชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

บล็อกประสาน คือ วัสดุก่อรับน้ำหนักที่ได้ทำการพัฒนารูปแบบให้มีรู และเดือยบนตัวบล็อก เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสมนำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่มให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 7 วัน จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแกร่ง มีรูปลักษณะพิเศษ ที่สามารถใช้ในงานก่อสร้างอาคารต่าง ๆ หรือ เป็นถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม หรือ มวลรวมละเอียดของบล็อกประสานควรมีขนาดเล็กกว่า 4 มม.ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทรายหรือวัสดุอื่นๆที่เหมาะสม โดยมวลรวมละเอียดที่ใช้ควรมีลักษณะตามมาตรฐานการแบ่งชั้นคุณภาพดินและมวลรวม สำหรับงานก่อสร้างทางหลวง (ASTM D3282 Standard Classification of Soils and Soil – Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes) คือมีฝุ่นดินไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักหรือทดสอบเบื้องต้นโดยนำดินใส่ขวดครึ่งหนึ่ง เติมน้ำแล้วเขย่าให้เข้ากัน เมื่อหยุดเขย่า สังเกตส่วนที่ตกตะกอนทันทีแล้วขีดเส้นไว้ รอจนตกตะกอนทั้งหมดจนน้ำใสแล้ววัดตะกอนฝุ่นไม่ควรเกินร้อยละ 15 โดยปริมาตร ถ้าวัตถุดิบมีมวลหยาบผสมอยู่มาก สามารถใช้เครื่องบดร่อนให้ผิวบล็อกเรียบขึ้น

ปูนซีเมนต์สำหรับงานบล็อกประสาน คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ปูนโครงสร้าง) จะให้ก้อนบล็อกประสานมีความแข็งแกร่ง ทนการกัดกร่อนของน้ำได้ดี การใช้ปูนซีเมนต์ผสม (ปูนก่อฉาบ) คุณภาพจะต่ำกว่าทำให้ต้องใช้ปริมาณปูนมากขึ้น เพื่อให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้น

ส่วนผสมของบล็อกประสาน ส่วนผสมของบล็อกประสานที่เหมาะสมควรทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่มีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมประมาณ 1:6 ถึง 1:7 โดยน้ำหนักทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวมเป็นหลัก

2.2 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ จนรวมตัวผสมกันสุกพอดี มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ แคลเซียม และอลูมิเนียมซิลิเกต ปูนซีเมนต์ที่กล่าวถึงนี้จะหมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) ซึ่งเป็น

ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement) ที่เมื่อผสมกับน้ำตามส่วนแล้วสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์นั้น การทำปฏิกิริยาดังกล่าว เรียกว่า ไฮเดรชั่น (Hydration) ตำหรับของชื่อปูนซีเมนต์ที่เรียกกันว่า “ปอร์ตแลนด์” นี้ได้มาจากการตั้งชื่อของนายโจเซฟ แอสปดิน โดยที่ในปี ค.ศ.1824 เขาได้ทำการจดทะเบียนวิธีการผลิตปูนซีเมนต์อย่างหนึ่ง ซึ่งได้จากการเผาส่วนผสมระหว่างหินปูนและดินเหนียวและเมื่อนำมาบดจะได้เนื้อปูนซีเมนต์มีสีเหลือง – เทา คล้ายกับหินในเกาะของเมืองปอร์ตแลนด์ ประเทศอังกฤษ เขจึงตั้งชื่อว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้ในตอนแรกนี้ยังมีคุณภาพต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากการเผาส่วนผสมดังกล่าวใช้ความร้อนต่ำ ซึ่งทำให้หินปูนกับดินเหนียวยังรวมตัวไม่ดี

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญที่สุดในการก่อสร้างทางวิศวกรรมปัจจุบัน โดยที่เมื่อผสมกับ หิน กรวด ทรายและน้ำด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะได้เป็นคอนกรีต ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะแข็งและทนทานคล้ายหิน ตัวอย่าง สิ่งก่อสร้างคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ได้แก่ ฐานราก ตอม่อ เขื่อน กำแพงกั้นดิน พื้นและถนน เมื่อเสริมด้วยเหล็กเสริมจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก สำหรับพื้น หลังคา สะพาน อาคาร อุโมงค์ และอื่นๆหรือเมื่อผสมรวมกับทรายและปูนขาวจะเป็นปูนฉาบสำหรับการก่ออิฐหรือหิน เป็นต้น

ประเภทของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะผลิตตามมาตรฐานของ อเมริกา (ASTM C. 150) และของอังกฤษ (British Standard ; B.S.) ซึ่งตามมาตรฐาน มอก. 15 ของไทยได้แบ่งปูนซีเมนต์ออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. **ประเภทหนึ่ง (Normal Portland Cement)** เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะกับงานก่อสร้างคอนกรีตทั่วๆ ไปที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม เช่น คาน เสา พื้น ถนน ค.ส.ล. เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับเกลือซัลเฟตผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราช้าง เพชร(เม็ดเดียว) พญานาคเขียว TPI (แดง) ภูเขา และดาวเทียม
2. **ประเภทสอง (Modified Portland Cement)** เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดัดแปลงเพื่อให้สามารถต้านทานเกลือซัลเฟตได้ปานกลาง และจะเกิดความร้อนปานกลางในช่วงหล่อ เหมาะกับงานโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น ตอม่อ สะพาน ท่าเทียบเรือ เขื่อน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่เคยมีจำหน่ายได้แก่ ตราพญานาคเจ็ดเศียร (ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว)

3. **ประเภทสาม (High-early Strength Portland Cement)** เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่สามารถให้กำลังได้รวดเร็วในเวลาอันสั้น หลังจากเทแล้วสามารถใช้งานได้ภายใน 3-7 วัน เหมาะกับงานที่เร่งด่วน เช่น คอนกรีตอัดแรง เสาเข็ม พื้นถนนที่จราจรคับคั่ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราเอราวัณ สามเพชร TPI (ดำ) และพญานาคแดง
4. **ประเภทสี่ (Low-heat Portland Cement)** เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดพิเศษที่มีอัตราความร้อนต่ำกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ซึ่งส่งผลดีทำให้การขยายตัวน้อยช่วยลดการแตกร้าว เหมาะกับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตจำหน่าย
5. **ประเภท 5 (Sulfate-resistant Portland Cement)** เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่ทนต่อเกลือซัลเฟตได้สูงเหมาะกับงานก่อสร้างบริเวณดินเค็ม หรือใกล้กับทะเล ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราปลาฉลาม TPI (ฟ้า) และตราช้างฟ้า (ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว)

นอกจากปูนซีเมนต์ทั้ง 5 ประเภทแล้ว ยังมีปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นมาโดยดัดแปลงเพื่อให้เหมาะกับงาน และราคาถูกลง ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปได้แก่

- ปูนซีเมนต์ผสม (Mixed Cement) เป็นการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ผสมกับทรายหรือหินบดละเอียด ประมาณ25-30% ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งาน ลดการแตกร้าว เหมาะกับงานก่ออิฐ ฉาบปูน ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ตราเสือ งูเห่า นกอินทรีย์ TPI (เขียว)
- ปูนซีเมนต์ขาว (White Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่มีส่วนผสมหลัก คือ หินปูนและวัตถุดิบอื่น ๆ ที่มีปริมาณของแร่เหล็กน้อยกว่า 1% ลักษณะของผงสีปูนที่ได้จะเป็นสีขาว สามารถผสมกับสีฝุ่นเพื่อทำให้เป็นปูนซีเมนต์สีต่างๆ ตามต้องการ จึงนิยมใช้ในงานตกแต่งต่าง ๆ เพื่อความสวยงาม ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตในประเทศไทยได้แก่ ตราช้างเผือก ตราเสือเผือกและ ตรามังกร

จากการทดสอบเปรียบเทียบหากำลังอัดของปูนซีเมนต์ ทั้ง 5 ประเภท ในสภาพปัจจัยเดียวกัน ที่อายุคอนกรีต 1, 7, 28 และ 90 วัน ตามลำดับโดยกำหนดให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นตัวเปรียบเทียบที่ 100 % ผลที่ได้ดังตาราง

เปรียบเทียบกำลังอัดของปูนซีเมนต์ ทั้ง 5 ประเภท

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	กำลังอัดเป็นเปอร์เซ็นเมื่อเทียบกับประเภท 1			
	1 วัน	7 วัน	28 วัน	90 วัน
ประเภท 1	100	100	100	100
ประเภท 2	75	85	90	100
ประเภท 3	190	120	110	100
ประเภท 4	55	55	75	100
ประเภท 5	65	75	85	100

จากข้อมูลข้างต้นผู้อ่านคงจะได้ทราบถึงประวัติและประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพิ่มขึ้น ดังนั้น เมื่อถึงเวลาต้องใช้ปูนซีเมนต์ในการก่อสร้าง ก็หวังว่าข้อมูลจากบทความนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการตัดสินใจที่ถูกต้องเป็นอย่างดี

2.3 มวลรวม

มวลรวมหรือวัสดุผสม (Aggregate) คือวัสดุเฉลี่ย อันได้แก่ หินทราย กรวดที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีตเนื่องจากมวลรวมมีปริมาตร 70-80% ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่น่าเป็นที่สงสัยเลยว่า ทำไมคุณภาพของมวลรวมจึงมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติจองคอนกรีต และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมาก

ในอดีต มวลรวมถูกคิดว่าเป็นเพียงวัสดุเฉื่อย ที่เป็นตัวแทรกประสาน โดยกระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์เท่านั้น ในปัจจุบันนี้พบว่า มวลรวมยังทำหน้าที่อื่นที่สำคัญอีก ประการแรกเนื่องจากมวลรวมเป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ดังนั้นในส่วนผสม ของคอนกรีตจึงควรใช้ปริมาณมวลรวมให้พอเหมาะเพื่อที่จะให้ปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลง ประการต่อมาคุณสมบัติของมวลรวม จะช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน (Durability) และปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก (Volume Stability) รวมทั้งมวลรวมยังทำหน้าที่ต้านทานน้ำหนัก ที่กดลงบนคอนกรีตด้วย กำลังและคุณสมบัติทางกายภาพอีกหลายประการของมวลรวม มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต ทั้งในสภาพที่เป็นคอนกรีตเหลวและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ดังนั้น การเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสมไม่เพียงแต่เป็นการประหยัด แต่ยังคงช่วยให้คอนกรีตเหลวและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ดังนั้นการเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสมไม่เพียงแต่เป็นการประหยัด แต่เป็นการประหยัด แต่ยังคงช่วยให้คอนมีคุณภาพที่ดีขึ้นด้วย มวลรวมที่ดีจะส่งผลให้คอนกรีตมีความทนทานสูง ควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดีดังนี้คือ ต้องมีความคงทนไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบใสซีเมนต์ซึ่งอาจก่อให้เดผลเสีย ต่อ

เสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีตและมวลรวมจะต้อไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของซีเมนต์เพสต์คุณสมบัติของคอนกรีตคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วจะขึ้น อยู่กับขวนการย่อยแปรสภาพของมวลรวม

ประเภทของมวลรวม

แบ่งมวลรวมตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 กลุ่ม

1) มวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Mineral Aggregate) เกิดจากขบวนกัดกร่อนและเสียดสีตามธรรมชาติ
2) มวลรวมที่มนุษย์ทำขึ้น (Artificial Aggregate) เช่น มวลรวมเบาบางประเภทที่ได้จาการเผาดินเป็นต้น

แบ่งมวลรวมตามตามความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ

1. มวลรวมเบา (Lightweight Aggregate) มีความหนาแน่นตั้วงแต่ 300-1,100 กก./ลบ.ม.
2. มวลรวมปกติ (Normal Weight Aggregate) มีความหนาแน่นตั้งแต่ 2,400-3,000 กก./ลบ.ม.
3. มวลรวมหนัก (Heavyweight Aggregate) มีความหนาแน่นมากกว่า 4,000 กก./ลบ.ม.

แบ่งมวลรวมตามขนาดสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1) มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ได้แก่หินหรือกรวดที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม.ขึ้นไปหรือค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4
2) มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) ได้แก่ทรายที่ขนาดเล็กกว่า 4.5 มม.หรือสามารถผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07มม. หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200

ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่ามวลรวมละเอียดที่มีจำนวนน้อยมากในส่วนผสมคอนกรีตสามารถแบ่งได้เป็น

- Silt จะมีขนาดปริมาณ 0.70 มิลลิเมตร
- Clay จะมีขนาดอยู่ในช่วง 0.02 – 0.06 มิลลิเมตร

2.4 น้ำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งในการทำคอนกรีต น้ำในที่นี้อาจแบ่งได้ออกเป็น น้ำสำหรับผสมคอนกรีตให้มีความข้นเหลวทำงานง่าย น้ำสำหรับบ่มคอนกรีตให้แข็งตัว และมีกำลังรับแรง ได้ตามต้องการ น้ำสำหรับล้างวัสดุผสมที่จะใช้ผสมคอนกรีตให้สะอาด

น้ำสำหรับผสมคอนกรีต (Mixing water)

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ต้องสะอาด มีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. (ส่วนในล้าน) ปราศจากกรดด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่นๆ ในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริม โดยปกติน้ำประปาและน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรมถือว่ามีคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต ในกรณีที่สงสัยให้ทำแท่งทดสอบโดยใช้น้ำที่สงสัยและเปรียบเทียบกำลังอัดแท่งทดสอบที่ทำจากน้ำที่มีคุณภาพดี

หน้าที่ของน้ำที่ผสมคอนกรีต คือ

1. ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียกเพื่อปูนซีเมนต์จะเข้าเกาะโดยรอยและแข็งตัวยึดให้ติดกันได้
2. ทำหน้าที่หล่อลื่นในวัสดุทั้ง 3 อย่างนี้ เกิดความเหลว สามารถเทและกระทุ้งหรือเขย่าเข้าแบบหล่อให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้
3. ทำหน้าที่ผสมกับปูนซีเมนต์ทางปฏิกิริยาเคมีแล้วเกิดความร้อนที่เรียกว่า heat of hydration ทำให้ผงซีเมนต์นั้นกลายเป็นวุ้น และเป็นซีเมนต์เหนียวซึ่งเป็นตัวประสานผิวระหว่างเม็ดของวัสดุผสม เกาะยึดแน่นเมื่อแข็งตัว

สารเจือปนอยู่ในน้ำ ซึ่งจะทำให้คุณภาพของคอนกรีตเสียไปได้แก่ ฝุ่นหรือผง (Silt) น้ำมัน กรดด่าง เกลือด่าง สารอินทรีย์ต่าง ๆ น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมปริมาณสารต่าง ๆ ที่เจือปนอยู่ในน้ำจะต้องไม่เกินกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณที่ยอมให้ของสารเจือปนในน้ำ

สารเจือปน	ปริมาณที่ยอมให้สูงสุดส่วนต่อล้าน
เกลือ	
โซเดียมคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต	1,000
แคลเซียมและมักเนเซียมคาร์บอเนต	400
มักนิเซียมซัลเฟตและคลอไรด์	40,000
โซเดียมคลอไรด์	20,000
โซเดียมซัลเฟต	10,000
กรด	
เกลือของแร่เหล็ก	40,000
ฝุ่นหรือผงหรืออนุภาคลอยตัว	2,000

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สารเจือปน	ปริมาณที่ยอมให้สูงสุดส่วนต่อล้าน
น้ำทะเล	35,000
น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม	4,000
น้ำโสโครก	400
น้ำตาล	500
ตะไคร่น้ำ	1,000

2.5 หอยเชอรี่

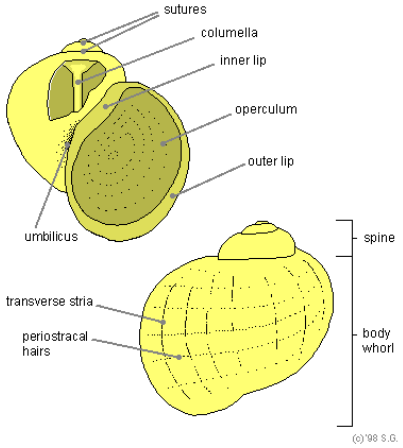
หอยเชอรี่ หรือ **หอยโข่งอเมริกาใต้** หรือ **หอยเป๋าฮื้อน้ำจืด** (Golden applesnail, Channeled applesnail; ชื่อวิทยาศาสตร์:Pomacea *canaliculata*) เป็นหอยน้ำจืดจำพวกหอยฝาเดียว สามารถแบ่งหอยเชอรี่ได้ 2 พวก คือ พวกที่มีเปลือกสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อและหนวดสีเหลือง และพวกมีเปลือกสีเขียวเข้มปนดำ และมีสีดำจาง ๆ พาดตามความยาว เนื้อและหนวดสีน้ำตาลอ่อน หอยเชอรี่เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ลูกหอยอายุเพียง 2 – 3 เดือน จะจับคู่ผสมพันธุ์ได้ตลอดเวลา หลังจากผสมพันธุ์ได้ 1 – 2 วัน ตัวเมียจะวางไข่ในเวลากลางคืน โดยคลานไปวางไข่ตามที่แห้งเหนือน้ำ เช่น ตามกิ่งไม้ ต้นหญ้าริมน้ำ โคนต้นไม้ริมน้ำ ข้าง ๆ คันนา และตามต้นข้าวในนา ไข่มีสีชมพูเกาะติดกันเป็นกลุ่มยาว 2 – 3 นิ้ว แต่ละกลุ่มประกอบด้วยไข่เป็นฟองเล็ก ๆ เรียงตัวเป็นระเบียบสวยงาม ประมาณ 388 – 3,000 ฟอง ไข่จะฟักออกเป็นตัวหอยภายใน 7 – 12 วัน หลังวางไข่หอยเชอรี่ เดิมเป็นหอยน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำทวีปอเมริกาใต้ ในประเทศไทยนำเข้ามาครั้งแรกจากประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน ในฐานะของหอยที่กำจัดตะไคร่น้ำและเศษอาหารในตู้ปลา ซึ่งนิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายราวก่อนปี พ.ศ. 2530 ต่อมาได้มีผู้คิดจะเลี้ยงเพาะขยายพันธุ์เป็นสัตว์เศรษฐกิจเพื่อการบริโภค แต่ทว่าไม่ได้รับความนิยมจึงปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติจนกลายเป็นปัญหาชนิดพันธุ์ต่างถิ่นในปัจจุบัน หอยเชอรี่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้เช่น ชิลี อาร์เจนตินา บราซิล อุรุกวัย ในทวีปอเมริกาเหนือ เช่น มลรัฐฟลอริด้าและเท็กซัสของสหรัฐอเมริกาในแถบอเมริกากลางเช่นจาไมก้า คิวบา ทรินิแดด โดมินิกัน เป็นต้น มีการนำหอยเชอรี่จากประเทศญี่ปุ่นและฟิลิปปินส์มาสู่ประเทศไทยประมาณพ.ศ. 2525-2526 เพื่อเลี้ยงเป็นการค้า โดยเลี้ยงขายเป็นหอยสวยงามในตู้ปลา นอกจากนั้นยังมีการทำฟาร์มเลี้ยงเพื่อหวังส่งออกเป็นอาหาร เมื่อหาตลาดไม่ได้ ประกอบกับหอยเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้รวดเร็ว จึงเพิ่มปริมาณมากและแพร่กระจายไปสู่แหล่งน้ำ ลำคลองและแม่น้ำ ในที่สุดได้แพร่ไปสู่นาข้าวในท้องที่รอบๆ กรุงเทพมหานคร และต่อไปสู่ที่ราบภาคกลางอันเป็นอู่ข้าวอู่น้ำของประเทศ ปัจจุบันพบหอยเชอรี่

ระบาดไปทั่วประเทศ ทำความเสียหายแก่ต้นข้าวและพืชน้ำต่างๆ ในท้องที่เกือบทุกจังหวัด หอยเชอรี่ทำลายพืชเศรษฐกิจต่างๆของประเทศเป็นมูลค่ามหาศาลเช่นเดียวกันกับที่ประเทศญี่ปุ่นและฟิลิปปินส์ประสบมาแล้วเมื่อ พ.ศ.2526 และ พ.ศ.2528 ในปัจจุบันหอยเชอรี่นับว่าเป็นปัญหาระดับโลก เนื่องจากสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามได้ร้องขอความช่วยเหลือเป็นทางการจากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติตั้งแต่พ.ศ.2538 เป็นต้นมา ปัญหาหอยเชอรี่ระบาดในประเทศแถบเอเชีย ซึ่งเป็นแหล่งปลูกข้าวและส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลกนับเป็นเรื่องที่องค์การนานาชาติหลายแห่งให้ความสนใจอย่างยิ่ง นอกจากประเทศไทย ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และเวียดนามแล้ว ประเทศที่มีปัญหาเช่นเดียวกันนี้อีกได้แก่ลาว กัมพูชา มาเลเซีย อินโดนีเซียไต้หวัน จีน ซาบาร์ ปาปัวนิวกินี มลรัฐฮาวายของสหรัฐอเมริกา ฮ่องกง ออสเตรเลีย เป็นต้น

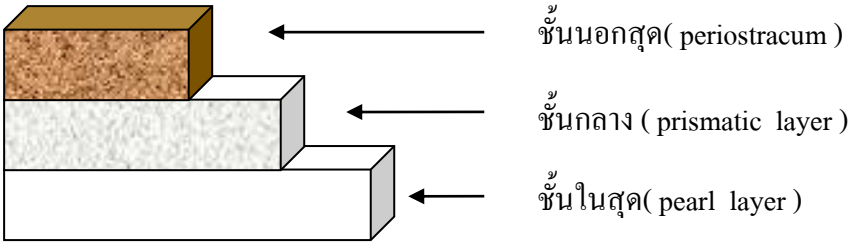
รูปร่างลักษณะหอยเชอรี่ (Pomacea canaliculata Lamarck) เป็นหอยฝาเดียวรูปร่างค่อนข้างใหญ่เปลือก (shell) เรียบมีฝาปิด (operculum) เป็นแผ่นแข็งสีน้ำตาลเข้มและใสซึ่งตัวหอยสามารถหลบเข้าอยู่ในเปลือกแล้วปิดฝาเพื่อป้องกันอันตรายหอยเชอรี่มีรูปร่างและขนาดคล้ายกับหอยโข่ง (apple snail, Pila spp.) ซึ่งเป็นหอยประจำถิ่นของประเทศไทยนั่นเองแต่เปลือกบางกว่าและมีร่อง (suture) ลึกกว่าส่งให้ส่วนยอดของเปลือกหอยนูนสูงขึ้นฝาปิดของหอยโข่งจะหนาแข็งมากและมีมุกเคลือบเห็นเป็นสีขาวเมื่อหงายขึ้นส่วนวงปาก (mouth) ในหอยเชอรี่จะกลมกว้างกว่าระยะแรกที่เริ่มระบาดในประเทศไทยพบหอยเชอรี่เป็นสองกลุ่มคือกลุ่มเปลือกสีเหลืองปนน้ำตาลเนื้อและหนวดสีเหลืองกับเปลือกสีเขียวเข้มปนดำและมีแถบสีดำจางๆพาดตามความยาวเนื้อและหนวดมีสีน้ำตาลอ่อนแต่ในปัจจุบันสีของเปลือกและเนื้อมีการแปรเปลี่ยนและผสมผสานกันมากกว่าเดิมเช่นพบหอยเปลือกเขียวเข้มเกือบดำมีเนื้อสีดำและเปลือกดำมีเนื้อสีเหลืองมีปริมาณมากกว่าชนิดที่มีเปลือกสีเหลืองน้ำตาลทองและเนื้อสีเหลืองสวยงามซึ่งกลายเป็นกลุ่มที่หาได้ยากหอยเชอรี่มีเปลือกหมุนเป็นเกลียววนขวา (dextral) เมื่อโตเต็มที่มีขนาดความสูงเฉลี่ย 80 มิลลิเมตร หนัก 112 กรัม หอยเชอรี่ขนาดใหญ่สุดที่เคยพบสูง 94.5 มิลลิเมตรหนัก 170 กรัมหอยเคลื่อนที่โดยใช้ (foot) ซึ่งมีลักษณะเป็นกล้ามเนื้อหนาอาจยืดยาวหรือกว้างแบนใช้คืบคลานสามารถคลานไปตามพื้นดินใต้น้ำหรือปล่อยตัวลอยไปตามกระแสน้ำหรือขึ้นสู่ผิวน้ำได้เมื่อถูกรบกวนจะหดลำตัวพร้อมทั้ง (foot) เข้าไปในเปลือกส่วนหัวประกอบด้วยตาเล็กๆตั้งอยู่บนก้านสั้นๆ 1 คู่และมีหนวดติดอยู่ด้านข้างก้านตาด้านละ 1 เส้นส่วนปากมีแผ่นริมฝีปากแผ่กว้างออกรอบปากและมีหนวดอีกด้านละ 1 เส้นไว้เขี่ยอาหารเข้าปาก

รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของหอยเชอรี่

การเจริญเติบโตลูกหอยที่ฟักออกมาจากไข่มีรูปร่างเหมือนกับตัวแม่แต่มีขนาดเล็กกว่าหอยเจริญเติบโตโดยมีการสร้างเปลือกต่อจากเดิมทางด้านขอบปากซึ่งอยู่ด้านล่างตรงข้ามกับยอดแหลม (spire) ทำให้ขนาดของเปลือกเพิ่มขึ้นโดยรูปร่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงเปลือกมี3 ชั้นชั้นนอกสุดคือชั้นเพอริโอสทราคัม (periostracum) ประกอบด้วยสารโปรตีนที่แข็งแรงเหมือนโปรตีนของเขาสัตว์มีชื่อว่าคอนคิโอลิน (conchiolin) ประกอบด้วยเม็ดสีซึ่งทำให้เปลือกหอยมีสีต่างๆชั้นนี้ทำหน้าที่ป้องกันกรดในน้ำชั้นกลาง(prismatic layer) เป็นชั้นที่แข็งแรงเพราะประกอบด้วยแคลเซียมโดยปกติไม่มีเม็ดสีจึงมีสีขาวแต่เปลือกที่มีอายุมากเม็ดสีจากชั้นนอกจะเคลื่อนย้ายมาที่ชั้นกลางอย่างช้า ๆ และชั้นในสุดเป็นผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เป็นแผ่นแบนบางมีความมันวาวเรียงซ้อนอยู่คือชั้นมุกการสร้างเปลือกเกิดจากการทำงานของเนื้อเยื่อแมนเทิลซึ่งอยู่ติดกับเปลือกรอบช่องลำตัวหรือโพรงแมนเทิลเกิดมีการจัดเรียงตัวกันของชั้นผลึกและการทับถมของผลึกมีสารอินทรีย์ถูกสกัดออกมาก่อนการทับถมของเปลือกด้านในแล้วจึงมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปสลับกับสารอินทรีย์ระยะแรกๆมีลักษณะเป็นผลึกเล็กๆจนในที่สุดเกิดเป็นชั้นของผลึกชั้นกลางขึ้นมาจากนั้นขอบด้านริมของเยื่อแมนเทิลซึ่งสกัดทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ทำให้ขอบของเปลือกเจริญและเปลือกจะหนาขึ้นโดยเซลล์ชั้นผิวของแมนเทิลที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเรียงตัวกันเป็นชั้นที่หักเหได้คล้ายปริซึมจึงทำให้มีความมันวาว



รูปที่ 2.2 ลักษณะทางชีวะวิทยาของเปลือกหอยเชอรี่



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของชั้นเปลือกหอยเชอรี่

การกินอาหารหอยเชอรี่เป็นสัตว์ที่กินทั้งพืชและสัตว์ (omnivores) สามารถกินพืชน้ำได้เกือบทุกชนิดที่มีลักษณะใบอ่อนนิ่มเช่นแหนแหนแดงจอกจอกหูหนูไข่น้ำผักบุ้งผักกะเฉดต้นแห้วกระจับใบบัวสาหร่ายต่างๆยอดอ่อนผักตบชวาต้นข้าวกล้าต้นหญ้าที่อยู่ริมน้ำรวมถึงซากพืชซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยในน้ำที่อยู่ใกล้ๆตัวสามารถกินได้รวดเร็วเฉลี่ยวันละ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวและกินได้ตลอด 24 ชั่วโมงในเวลากลางวันที่มีแดดจัดจะหลบอยู่ใต้ร่มเงาของพืชน้ำต่างๆหรืออาศัยอยู่ใต้ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ริมแหล่งน้ำหรือนาข้าวนั้น ๆ แล้วกินอาหารตลอดเวลาการกินอาหารต้องอยู่ในน้ำกล่าวคือมีน้ำช่วยพยุงให้ตัวลอยขึ้นแล้วใช้ส่วนขากรรไกร (jaw) กัดชิ้นส่วนของพืชให้ขาดจากกันแล้วส่งเข้าในช่องปากซึ่งอยู่ระหว่างรยางค์ที่แผ่ออกเป็นแผ่นกล้ามเนื้อทางด้านส่วนหัว ภายในปากมีกรามขนาดใหญ่1 คู่ใช้กัดกินอาหารถัดจากกรามเข้าไปภายในเป็นแรดูลาซึ่งแข็งแรงเป็นเส้นบางคล้ายโซ่เต็มไปด้วยฟันแหลมมีลักษณะเป็นฟันซี่เล็กๆสีแดงเรียงซ้อนกันอยู่5 แถวมีจำนวนหลายร้อยซี่เรียงเป็นแถวขวางมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันระหว่างซี่ตรงกลางและริมทำหน้าที่บดอาหาร โดยกล้ามเนื้อรอบๆจะทำงานให้ส่วนแรดูลาขยับไปมาขูดไปบนอาหารต่อมาจะถูกส่งผ่านไปถึงหลอดอาหาร (esophagus) และไปสู่กระเพาะซึ่งจะเริ่มมีการย่อยอาหารที่นั่นส่วนที่ไม่ย่อยจะผ่านออกไปทางทวารหนักซึ่งอยู่ใกล้ส่วนหัว

การสืบพันธุ์หอยเชอรี่มีเพศแยกเพศผู้และเพศเมียภายนอกสังเกตได้จากความนูนมากน้อยของแผ่น (operculum) ถ้าหากนูนมากเป็นหอยเพศผู้มีอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) เป็นก้อนเดี่ยวอัณฑะมีลักษณะเป็นท่อที่ยืดออกได้เพื่อสอดส่งสเปิร์ม (sperm) เข้าไปผสมกับไข่ก่อนที่ไข่จะมีการสร้างเปลือกหอยโตเต็มวัยพร้อมจะขยายพันธุ์มีอายุประมาณ 3 เดือนน้ำหนัก 5 กรัมมีขนาดเปลือกสูงประมาณ 25 มิลลิเมตรหอยจะจับคู่เพื่อถ่ายสเปิร์มได้ตลอดเวลาหลังจากนั้น 1-2 วันตัวเมียจะวางไข่ส่วนมากเป็นเวลากลางคืนตั้งแต่ดวงอาทิตย์ตกเป็นต้นไปจนถึงประมาณ 7.00 น. โดยคลานขึ้นไปวางไข่ตามที่แห้งเหนือน้ำเช่นตามกิ่งไม้ที่ปักในบ่อต้นหญ้าริมน้ำโคนไม้ริมน้ำข้าง ๆ คันนาและตามต้นข้าวในนาใช้เวลาในการออกไข่ตั้งแต่ 1-6 ชั่วโมงแล้วแต่ขนาดของกลุ่มไข่ไข่จะเคลื่อนออกมาทีละฟองบนกล้ามเนื้อ (foot) ซึ่งขยับเป็นระลอกดันส่งไข่ให้ขึ้นไปซ้อนเข้าใต้ฟองที่ออกมาก่อนเป็น

ชั้นๆไข่ที่ออกมาใหม่ๆจะอ่อนนิ่มและมีเมือกติดหลังจากนั้นจึงเริ่มแห้งและแข็งขึ้นไข่มีสีชมพูสดดูสวยงามเกาะติดกันเป็นกลุ่มยาว 5-8 เซนติเมตรแต่ละกลุ่มประกอบด้วยไข่ 388-3,000 ฟองขึ้นกับขนาดของแม่หอยไข่แต่ละฟองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0-2.5 มิลลิเมตรไข่ที่มีสีชมพูสดจะซีดจางลงจนเกือบเป็นสีขาวภายใน 7-12 วันแล้วแตกออกลูกหอยภายในซึ่งมีขนาดเท่าหัวเข็มหมุดเล็กๆหนักประมาณ 1.7 มิลลิกรัมและมีลักษณะเหมือนตัวแม่ทุกอย่างแต่เปลือกนิ่มจะร่วงลงน้ำเริ่มกินพืชพวกสาหร่ายต่างๆแล้วเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยเปลือกจะแข็งหลังหล่นลงน้ำ2 วันและเริ่มคืบคลานได้เมื่อมีขนาด2-5 มิลลิเมตรอัตราการฟักของไข่สูงมากคือ 77-91 เปอร์เซ็นที่อุณหภูมิประมาณ 34 องศาเซลเซียสหลังจากวางไข่ 4-10 วันตัวเมียจะวางไข่ได้อีกและสามารถวางไข่ได้ตลอดทั้งปีตลอดอายุขัย 2-3 ปี

การจำศีลโดยทั่วไปหอยเชอรี่ไม่จำเป็นต้องจำศีล (aestivation) หากมีน้ำและอาหารอุดมสมบูรณ์การจำศีลคือการที่หอยลดกระบวนการสร้างและกระบวนการทำลายภายในร่างกายลงเพื่อความอยู่รอดทั้งนี้โดยมีความแห้งแล้งเป็นสาเหตุดังนั้นหอยเชอรี่ที่อาศัยในนาข้าวเมื่อน้ำแห้งก็จะปิดฝาแล้วหมกตัวอยู่ในโคลนเป็นการทำตัวให้รอดจากความแห้งแล้งในประเทศญี่ปุ่นแม้น้ำจะแห้งจนดินแตกระแหงเป็นเวลานาน 3-4 เดือน หอยก็ยังรอดตายอยู่ได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์แต่ถ้าอยู่ตามพงหญ้าก็จะรอดตายเพียงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์และหอยเชอรี่สามารถมีชีวิตอยู่รอดผ่านฤดูหนาวที่มีหิมะปกคลุมได้จากการทดสอบโดยนำหอยใส่ตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิ 0-3 องศาเซลเซียสและ -6 องศาเซลเซียสพบว่าหอยจะตายภายใน 25 วัน 3 วันและ 1 วันตามลำดับแสดงว่าในเขตอบอุ่นหอยจะทนอยู่ในฤดูหนาวได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิว่าต่ำกว่า0องศาเซลเซียสเพียงใดหอยขนาด 20-30 มิลลิเมตรจะมีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำมากกว่าหอยขนาดใหญ่ในประเทศญี่ปุ่นประชากรหอยจะเพิ่มขึ้น 3-9 เท่าต่อปีแม้ว่าจะผ่านฤดูหนาวสำหรับประเทศไทยไม่มีฤดูหนาวดังนั้นในท้องที่ที่มีน้ำตลอดปีหอยจึงไม่มีการจำศีลคาดว่าประชากรของหอยน่าจะเพิ่มขึ้นมากกว่า9-10เท่าต่อปีนอกจากนี้ความแข็งของดินน้ำแห้งเร็วหรือช้าล้วนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการจำศีลด้วย

ในประเทศไทยเคยพบหอยขนาดใหญ่ 59.2 คูณ 63.4 มิลลิเมตรสามารถจำศีลอยู่ในดินแห้งนานถึง7 เดือนโดยปิดฝาเมื่อน้ำเริ่มแห้งและคว่ำอยู่ในดินเพียงครึ่งตัวจากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อปล่อยให้หอยจำศีลโดยฝังตัวในดินแห้งพบว่าฝังลึกไม่เกิน 4 เซนติเมตรแม้ว่าเวลาจะผ่านไปนานถึง 16 เดือนหอยเชอรี่ก็ยังมีชีวิตรอดอยู่ได้เฉลี่ย 7.87 เปอร์เซ็นต์และน้ำหนักเนื้อหอยลดลง 84.31 เปอร์เซ็นต์แต่ความชื้นในดินและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศไม่มีอิทธิพลต่อการรอดชีวิตเฉพาะช่วงเวลาการจำศีลเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับการรอดชีวิตกล่าวคือยิ่งจำศีลนานเปอร์เซ็นต์การตายก็จะยิ่งเพิ่มขึ้น

ที่อยู่อาศัยหอยเชอรี่อยู่ทั่วไปได้ตามแหล่งน้ำทุกประเภทได้แก่บึงสระหนองคลองแม่น้ำลำธารกล่าวคืออยู่ได้ทั้งในที่น้ำไหลและใสสะอาดมีออกซิเจนสูงพอๆกับในน้ำนิ่งและน้ำตื้นเพียงไม่กี่เซนติเมตรเต็มไปด้วยเศษพืชหรือเกือบไม่มีออกซิเจนอยู่เลยก็ยังเจริญเติบโตได้ดีขอเพียงแต่มีอาหารบ้างและสภาพน้ำไม่เป็นกรดมากนักอุณหภูมิที่พอเหมาะประมาณ 18-30 องศาเซลเซียสในอุณหภูมิต่ำหอยจะมีอายุขัยนานประมาณ 3 ปีหากอยู่ในที่อุณหภูมิสูงเช่นในนาข้าวจะมีอายุประมาณ 12-16 เดือนสังเกตพบว่าในคูที่แม้น้ำจะเน่าจนสีเกือบดำหอยก็ยังมีชีวิตอยู่ได้เพียงแต่อาจเจริญเติบโตไม่ดีและออกไข่น้อยครั้งกว่าปกติ

การเป็นพาหะนำโรคเนื่องจากหอยเชอรี่อยู่ในวงศ์เดียวกับหอยโข่ง (Pila sp.) จึงอาจเป็นเจ้าบ้านตัวกลาง (intermediate host) ของหนอนพยาธิตัวกลม (nematode) เช่นเดียวกับหอยโข่งนั่นคือพยาธิ (Angiostrongylus cantonensis Chen)ซึ่งผ่านเข้าสู่คนโดยการกินเนื้อหอยดิบๆเช่นพล่าหรือยำหอยถ้าหอยมีพยาธิอยู่ตัวอ่อนระยะที่1 ของพยาธิก็เข้าสู่คนถ้าหากไปอยู่ที่สมองจะมีอาการเยื่อหุ้มสมองบวมอักเสบ (Eosinophilic meningo-encephalitis) คือปวดศีรษะปวดท้องคลื่นไส้อาเจียนคอแข็งมีอัมพาตของส่วนใดส่วนหนึ่งถ้าพยาธิไชเข้าสู่ดวงตาก็ทำให้ตาบอดนอกจากนี้ยังอาจเป็นตัวนำเจ้าบ้านตัวกลางของหนอนพยาธิ (Echinostoma ilocanum Gerrison) ซึ่งเป็นพยาธิใบไม้ในลำไส้เมื่อคนกินหอยที่มีตัวอ่อนพยาธิเข้าไปจะเกิดอาการของกระเพาะอาหารและลำไส้เช่นปวดท้องท้องเดินเป็นต้นเช่นเดียวกับการบริโภคหอยโข่ง

ศัตรูธรรมชาติโดยทั่วไปศัตรูของหอยเชอรี่ในประเทศไทยมีหลายชนิดเช่นนกกะปูดใหญ่ (Greater Coucal, Centropus sinensis) นกกะปูดเล็ก (Lesser Coucal, Centropus bengalensis) ซึ่งพบทั่วทุกภาคหากินตามชายทุ่งและสวนทำรังตามพุ่มไม้เตี้ยๆมักอยู่ตามพื้นดินและกินสัตว์เล็กๆเป็นอาหารรวมทั้งกินหอยโข่งและหอยเชอรี่แต่เป็นนกที่หากินเดี่ยวอาจพบเป็นฝูงเล็กไม่เกิน4-5 ตัวจึงไม่มีผลในการกำจัดหอยเชอรี่มากนักอีกชนิดคือนกปากห่าง (Asian openbill, Anastomus osciltans) มีขนาดใหญ่ปากใหญ่ยาวและแข็งแรงส่วนที่ค่อนมาทางปลายจะมีช่องว่างระหว่างปากบนและล่างเพื่อใช้ประโยชน์ในการคาบหอยหากินตามทุ่งนาและแหล่งน้ำต่างๆเป็นนกที่อพยพเข้ามาประมาณ6 หมื่นถึง8 หมื่นตัวต่อปีกินหอยเชอรี่เป็นอาหารหลักเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ในการใช้ปากจิกหอยทางด้านฝาปิดจนเปิดออกแล้วกินเฉพาะส่วนเท้าหอยได้ทุกขนาดที่ใหญ่กว่า 10 มิลลิเมตรขึ้นไปออกหากินทั้งวันเป็นฝูงใหญ่หลายร้อยตัวกินหอยเชอรี่ได้ 70-120 ตัวต่อวันในช่วงที่เลี้ยงลูกอ่อนจะกินหอยมากขึ้นเพื่อนำมาสำรอกป้อนลูกนกนับเป็นศัตรูหอยเชอรี่ที่สำคัญช่วยกำจัดหอยได้มาก

นอกจากนี้ยังมีปลาไน (common carp, Cyprinus carpio) ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดวงศ์เดียวกับปลาตะเพียนมีถิ่นกำเนิดในจีนกินพืชและแมลงเป็นอาหารอาศัยตามแม่น้ำหนองบึงหรือแหล่งน้ำขนาด

ใหญ่และปลานิล (Nile Tilapia, Oreochromis niloticus) ซึ่งเข้าสู่ประเทศไทยครั้งแรกเมื่อ พ.ศ.2508 โดยเจ้าชายอากิฮิโตมกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่นในขณะนั้นจัดส่งเข้ามาทูลเกล้าฯถวายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวต่อมาพระราชทานชื่อว่าปลานิลกรมประมงได้เลี้ยงขยายพันธุ์และแจกจ่ายไปรวมทั้งปล่อยลงแหล่งน้ำต่างๆที่เห็นว่าเหมาะสมปลานิลกินอาหารได้ทุกชนิดเช่นไรน้ำตะไคร่น้ำตัวอ่อนของแมลงและสัตว์น้ำเล็กๆปลาทั้ง 2 ชนิดนี้มีผู้ทดสอบแล้วว่าสามารถกินลูกหอยเชอรี่เป็นอาหารแต่ปลาไนกินได้ดีกว่าและเร็วกว่าลูกปลาไนที่มีน้ำหนัก5กรัมจะกินลูกหอย 338 ตัว ใน 24 ชั่วโมง

ชนิดของหอยเชอรี่หอยเชอรี่เป็นหอยทากน้ำ (freshwater snail) ชื่อวิทยาศาสตร์ Pomacea canaliculata (Lamarck) บางครั้งเรียกว่าหอยโข่งอเมริกาใต้หรือเป๋าฮื้อน้ำจืดชื่อสามัญคือ golden apple snail อยู่ในไฟลัมมอลลัสคา (Mollusca) คลาสแกสโทรโพดา (Gastropoda) อันดับมีโซกาสโตรโปดา (Mesogastropoda) วงศ์แอมพูลลาริอิดี้ (Ampullariidae) ทั่วโลกมีหอยเชอรี่ประมาณ 150 ชนิดมีผู้ศึกษาและรายงานว่าในประเทศไทยพบหอยเชอรี่ 3 ชนิดคือ Pomacea canaliculata (Lamarck), P. insularus (Orbigny) และPomacea sp. แต่ต่อมาใน พ.ศ. 2547-2548 มีรายงานว่ามีเพียงชนิดเดียวเท่านั้นแม้ว่าจะมีเปลือกหลายสีก็ตาม

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกหอยเชอรี่

องค์ประกอบทางเคมี	**ร้อยละ**
Silica (SiO_2)	17.67
Alumina (Al_2O_3)	1.10
Ferric Oxide (Fe_2O_3)	0.29
Titanium Dioxide (TiO_2)	0.01
Calsium Oxide (CaO)	68.99
Magnesium Oxide (MgO)	2.43
Potassium Oxide (K_2O)	0.04
Sodium Oxide (Na_2O)	0.53

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.6 ดินลูกรัง

ดินลูกรัง เป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีไม่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรม เป็นดินตื้น มีกรวด ลูกรังหรือเศษหินปะปนในระดับความลึกของการเจริญเติบโตของรากพืชทั่วไปทำให้จำกัดการชอนไชของรากพืช และเป็นปัญหาในการเกษตรกรรม ปริมาณเนื้อดินละเอียดมีน้อย ทำให้มีธาตุอาหารพืชต่ำ มีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่ำ นอกจากนั้นมีผลทำให้การชะล้างผิวดินเกิดขึ้นได้ง่าย เพราะชั้นกรวดที่อัดตัวกันแน่น ทำให้เกิดความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้นและการซึมซาบน้ำลดลง (Vijarnsorn, 1984; Potichan, 1991) โดยเฉพาะในชั้นดินล่างตอนบน ในประเทศไทยมีดินลูกรังเป็นพื้นที่ประมาณ 68,765 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 13.4 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (Vijarnsorn, 1984) พื้นที่ส่วนใหญ่ของดินนี้อยู่ทางตอนเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนกลางของภาคเหนือและภาคตะวันออกและพบเล็กน้อยในภาคกลางและภาคใต้ โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นมีพื้นที่ถึงร้อยละ 42 ของพื้นที่ดินลูกรังทั่วประเทศ แม้ว่าดินเหล่านี้จะถูกจำแนกออกเป็นดินที่มีปัญหา แต่พื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตทางการเกษตร ดินเหล่านี้ในบางส่วนได้ถูกนำมาใช้ในการปลูกพืชหลายชนิด ได้แก่ ข้าว พืชไร่ หรือพืชเศรษฐกิจอื่นๆ รวมทั้งไม้ผลและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และบางส่วนมักถูกทิ้งร้างปล่อยให้พืชพรรณตามธรรมชาติขึ้นแทน (ประเทือง, 2532; Pramojanee และคณะ; 1984) ในความเป็นจริงแล้วดินชนิดนี้ให้ผลผลิตของพืชค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับดินอื่นๆ เพราะในสภาวะที่ซึ่งมีการเกิดของประชากรค่อนข้างสูง แต่พื้นที่การเกษตรมีจำกัดสภาพดังกล่าวจึงไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ความจริงข้อจำกัดอยู่ที่ลักษณะภูมิประเทศ และดินลูกรังที่ใช้ในการเกษตรจะเป็นประเภทดินลูกรังตื้น

ลักษณะของดินลูกรัง

Sivarajaisinghan and Alexander and Cady (1982) ได้ให้คำจำกัดความหินลูกรังว่าเป็นแร่ธาตุที่สลายตัวมานาน ส่วนมากประกอบไปด้วย Secodary oxide of iron หรือ อลูมินั่ม (Aluminum) หรือทั้งสองอย่าง ซึ่งเกือบจะไม่เป็นด่าง และส่วนมากประกอบด้วย Silica แต่อาจจะมีแร่ Quartz และแร่ Kaolinite เป็นจำนวนมากได้ มีลักษณะหรืออาจจะแข็งเมื่อเปียกและแห้ง มีสีของ Oxide คือ สีน้ำตาลหรือสีแดงหรือสีน้ำตาลแดง

ความหมายของดินลูกรัง หรือ ดินปนกรวด (skeletal soils) ตามระบบ อนุกรมวิธานดิน กระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา หมายถึงดินซึ่งมีชิ้นส่วนหยาบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร มากกว่าร้อยละ 35 โดยปริมาตรและมีอนุภาคดินที่พอจะแทรกอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดโตกว่า 1 มิลลิเมตร ภายในชั้นควบคุมชั้นวงศ์ดิน (soil survey staff,1992) จากคำนิยามของกองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน หมายถึงเศษส่วนหินและ/หรือก้อนกรวด

ลักษณะของดินลูกรัง จัดอยู่ในประเภทskeletal soilได้แก่ดินที่มีเศษหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่าในดินเป็นปริมาณ 35 เปอร์เซนต์หรือมากว่าโดยปริมาตรที่มีความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน เป็นได้ทั้ง ดินทราย (sandy-skeletal)ดินร่วน (loamy-skeletal)และดินเหนียว(clay-skeletal)เกิดได้ทุกสภาพพื้นที่ (landform)

ดินลูกรัง (lateriticsoil) จัดอยู่ในกลุ่มดิน skeletal soil หรือดินตื้นเป็นดินที่มีชั้นศิลาแลง (laterite) เกิดขึ้นในหน้าตัดดินซึ่งแสดงให้เห็นว่าขบวนการสลายตัวผุพังต่างๆเกือบสิ้นสุดแล้วธาตุอาหารพืชในวัตถุต้นกำเนิดเดิมถูกชะล้างออกไปจากดินหรืออยู่ในรูปที่พืชไม่อาจนำไปใช้ระโยชน์ได้ (วิทรู, 2534) โดยทั่วไปดินลูกรังแยกได้เป็น 2 ชนิดที่พบในชั้นของดินที่สามารถแยกได้ชัดเจนคือประเภทดินลูกรังร่วน หรือเป็นก้อนเกาะเป็นแผ่นแน่นทึบ ลูกรังร่วนโดยปกติแล้วจะมีขนาดแตกต่างกันมากตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 ถึง4-5 เซนติเมตร รายละเอียดของทั้ง 2 แบบสามารถแยกได้ดังนี้คือแบบแรก เมื่อใช้มือบิออกจะเห็นลักษณะ concentric lamination characteristic แต่แบบที่ 2 จะไม่เห็นโดยทางปฏิบัติแบบแรกเรียกว่า true laterite หรือ ground waterlaterite ส่วนแบบหลัง เรียกว่าpseudo laterite โดยทั่วไปจะพบ laterite ทั้ง 2 แบบปะปนในชั้นดินเสมอแต่จะมีชนิดหนึ่งชนิดใดมากกว่าขึ้นอยู่กับลักษณะและ/หรือบริเวณที่อยู่ในดิน เช่น Pseudoมักจะพบที่ส่วนบนสุดของที่ลาดเอียง มีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ ปกติแล้วมีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2 เซนติเมตร แบบที่สองของหินลูกรังเป็นชนิดแผ่นแน่นทึบ แต่ถ้าแบ่งย่อยต่อไปจะแยกได้ชัดว่ามี 3 ชนิด คือ แบบ Honey comb ซึ่งเป็นแบบที่ลูกรังร่วนเกาะกันแน่นหรือหินก้อนกรวดมายึดกันมากกว่าจะเป็น Laterite การเกิดของหินเหล่านี้แต่ละรูปแบบยังไม่แน่นอนนักเชื่อว่า Honey comb เกิดขึ้นมาจากแร่ธาตุที่มีเหล็กผสมอยู่มากหรือ Plinhite ถูกยกขึ้นบนผิวดินและนักวิทยาศาสตร์อื่นๆ ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า Plinhite สามารถที่จะแข็งตัวได้ หากเกิดสภาพแห้งและเปียกสลับกันในช่วงเวลาพอสมควรทั้งๆที่ไม่ต้องถูกอากาศ จากลักษณะรูปร่างดังกล่าว จึงไม่น่าสงสัยเลยว่า สำหรับอีก 2 ชนิด ต้องเกิดจากการเชื่อมติดกันของลูกรังร่วนและกรวดหินมากกว่าการเชื่อมของหินลูกรังโดยธาตุเหล็กอย่างไรก็ตามสภาวะสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่จะอำนวยให้เกิดเหตุการณ์เหล่านั้น ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ โดยธรรมชาติดินลูกรังชนิดที่เป็นแผ่นเกาะกันแน่นจะพบในชั้นของดินของรูปแบบหักหรือแตก หรือแบบที่เป็นชั้นหรือหินเป็นแผ่นต่อเนื่องกัน ดังนั้นแผ่นแข็งมีขนาดแตกต่างกันไปตั้งแต่เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เมตร ถึง 1-2 กิโลเมตร

โดยทั่วไปมักจะพบชนิดของหินลูกรังที่มีระดับความลึกที่แน่นอน บางสภาพภูมิประเทศที่ซึ่งชั้นหินหลวมเกิดโดยจากชั้นหินดินดานล่าง ซึ่งเป็นวัตถุตามธรรมชาติ บางแห่งวัตถุต้นกำเนิดดินลูกรังจะพบในชั้นของหินลูกรัง ลักษณะของชั้นดินจะผันแปรไปตามลักษณะของภูมิประเทศ

ชั้นของหินลูกรังที่พบในดิน ประกอบไปด้วย ดินชั้นบน และชั้นของหินลูกรัง และ Mottle pallid zone ชั้นของการสลาตัวของหินชั้นล่าง และชั้นของหินเปลี่ยนแปลงไปตามส่วนของสัณฐานธรณี (พิชัย, 2531)

ดินลูกรัง สามารถเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดได้แตกต่างกันในช่วงกว้างมากตั้งแต่หินอัคนีทั้งที่เป็นกรดถึงเป็นด่าง วัสดุตะกอนของหินดินดานควอร์ทไซต์ (Siew Kee และคณะ, 1984) จากชนิดของกรวดที่พบและวัตถุต้นกำเนิดจะเห็นว่าดินปนกรวดที่มีกรวดเป็นศิลาแลง หรือลูกรังและเศษหิน สามารถเกิดได้จากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ของหินพื้น (residuum) หรือเกิดจากการทับถมของหินดาดเชิงเขา (Colluvianum) หรือการชะล้างแบบแน่น (Shcctwah) บนพื้น ผิวเหลือค้างจากการชะล้างจะเป็นพื้นผิวราบที่เกิดจากการกัดกร่อน (plantion surface) หรือพื้นที่เกือบราบ (peneplain) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่หินพื้นเป็นหินตะกอนเนื้อละเอียดจะเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของศิลาแลงในรูปแบบต่างๆมาก ส่วนดินที่มีหินมนเล็ก จะเกิดจาการทับถมของลำน้ำในบริเวณส่วนบนของหุบเขา ตะพักลำน้ำ และเนินตะกอนรูปพัด (Vijanrsorn, 1984)

2.7 วิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ (sieve analysis) (มทช.(ท) 501.8-2545)

ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้เป็นการหาการกระจายของขนาดเม็ดดิน (particle size distribution) ทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบโดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กที่มีขนาดช่องผ่าน 0.075 มม. (เบอร์ 200) แล้วเปรียบเทียบน้ำหนักที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่าง ๆ กับน้ำหนักทั้งหมดของตัวอย่าง

นิยาม

การกระจายของขนาดเม็ดดินหมายถึงการที่มวลดินประกอบด้วยเม็ดดินหลายขนาดต่างๆ กันเช่นตั้งแต่ 10 ซม. ลงมาจนกระทั่ง 0.0002 มม. ซึ่งคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของมวลดินจะขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดดิน

การกระจายของขนาดเม็ดดินแสดงด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเม็ดดินในลอการิทึม (logarithm) อยู่บนแกนนอนและร้อยละ โดยน้ำหนักของเม็ดที่มีขนาดเล็กกว่าที่ระบุ (percent finer) อยู่บนแกนตั้งซึ่งเรียกว่ากราฟการกระจายของเม็ดดิน (grainsize distribution curve)

วิธีทำ

เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

- ตะแกรงร่อนดิน (sieve) ช่องผ่านต้องเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดช่องผ่านต่าง ๆ ได้ขนาดตามต้องการพร้อมเครื่องมือเขย่าตระแกรง

- เครื่องชั่งแบบบาล๊านซ์ (balance) จะต้องสามารถชั่งได้ละเอียดถึงร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักตัวอย่าง
- ตู้อบ (oven) ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่อุณหภูมิ 110 $\pm$5 องศาเซลเซียส (230$\pm$9 องศาฟาเรนไฮต์)
- เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (sample splitter)
- แปรงทำความสะอาดตะแกรงชนิดลวดทองเหลืองและแปรงขนหรือแปรงพลาสติก
- ภาชนะสำหรับใช้แช่และล้างตัวอย่างดินด้วยมือหรือด้วยชนิดใช้เครื่องเขย่า

การเตรียมตัวอย่าง

- การเตรียมตัวอย่างโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง

นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากันและแยกตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่างในขณะที่ตัวอย่างมีความชื้นเพื่อลดการแยกตัวถ้าตัวอย่างไม่มีส่วนละเอียดอาจจะแบ่งตัวอย่างแห้งอยู่ได้ ถ้ามีส่วนละเอียดจับเป็นก้อนใหญ่หรือมีส่วนละเอียดจับกันเองเป็นก้อนต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่โดยให้ทุบแยกดินออกเป็นเม็ดอิสระด้วยค้อนยางแต่ต้องระวังไม่ให้เม็ดดินแตก

- การเตรียมตัวอย่างโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

นำตัวอย่างที่มีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนไปแยกออกจากกันโดยใช้ค้อนยางทุบแล้วนำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส (230$\pm$9 องศาฟาเรนไฮต์) เพื่อหาน้ำหนักตัวอย่างแห้งนำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับใช้ล้างตัวอย่าง โดยใช้น้ำยาล้างส่วนละเอียด ซึ่งเตรียมได้จากการละลายผลึกโซเดียมเฮคซะเมตตาฟอสเฟตซึ่งทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมคาร์บอเนต (sodium hexametaphosphate buffered with sodium carbonate) 45.7 กรัมละลายในน้ำ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนผสมกันให้ทั่วตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชม.แล้วนำไปเข่าประมาณ 10 นาที ขณะเขย่าระวังอย่าให้น้ำกระฉอกออกจากภาชนะเทตัวอย่างดินในภาชนะลงบนตะแกรงเบอร์ 200 ถ้าหากมีตัวอย่างขนาดใหญ่ปนอยู่มากควรใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 200 ซ้อนไว้ข้างบนแล้วใช้น้ำล้างจนกว่าไม่มีวัสดุผ่านตะแกรงเบอร์ 200 อีกเทตัวอย่างลงบนภาชนะแล้วนำไปไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110$\pm$5 องศาเซลเซียส (230$\pm$9 องศาฟาเรนไฮต์)

การทดสอบ

นำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างแล้วแต่จะต้องการทดสอบแบบใดมาโดยประมาณให้ได้ตัวอย่างเมื่อแห้งแล้วตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ขนาดคละของวัสดุ

ขนาดตะแกรง	น้ำหนักตัวอย่างไม่น้อยกว่า (กก.)
4.75 มม. (เบอร์4)	0.5
9.5 มม. (3/8 นิ้ว)	1.0
12.5 มม. (1/2 นิ้ว)	2.0
19.0 มม. (3/4 นิ้ว)	5.0
25.0 มม. (1 นิ้ว)	10.0
37.5 มม. (11/2 นิ้ว)	15.0
50.8 มม. (2นิ้ว)	20.0
63.0 มม. (21/2 นิ้ว)	25.0
75.0 มม. (3 นิ้ว)	30.0
90.0 มม. (31/2 นิ้ว)	35.0

- นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆตามต้องการการเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่งรวมทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละชนิดใน 1 นาทีไม่เกินร้อยละ 1 ของตัวอย่างในตะแกรงนั้นหรือใช้เวลาเขย่านานทั้งหมดประมาณ 15 นาทีเมื่อเขย่าเสร็จแล้วถ้ามีตัวอย่างก้อนใหญ่กว่าตะแกรงขนาด4.75 มม. (เบอร์ 4) ต้องไม่มีก้อนตัวอย่างซ้อนกันในตะแกรงและตัวอย่างที่มีเม็ดเล็กกว่าตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ต้องมีตัวอย่างค้างตะแกรงแต่ละขนาดไม่เกิน 6 กรัมต่อ 1,000 ตร.มม. หรือไม่เกิน 200 กรัมสำหรับตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มม. (8 นิ้ว) นำตัวอย่างที่ค้างแต่ละขนาดของตะแกรงไปชั่ง

2.8 วิธีการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน (modified compaction test) มทช.(ท) 501.2-2545

ขอบข่าย

วิธีการทดสอบนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นขอดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดในแบบที่กำหนดขนาดไว้ด้วยตุ้มเหล็กหนัก 4.54 กก. (10ปอนด์) ระยะปล่อยตุ้มตกกระทบสูง 457 มม. (18 นิ้ว) วิธีทดสอบ มี 4 วิธี ต่าง ๆ กันดังนี้

วิธี ก. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ตามวิธีพร็อกเตอร์แบบสูงกว่ามาตรฐาน (modified proctor)

วิธี ข. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ตามวิธีแอสโต ที 180 (AASHTO T 180)

วิธี ค. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ตามวิธีพร็อกเตอร์แบบสูงกว่ามาตรฐาน

วิธี ง. ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) และดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ตามวิธีแอสโตที 180

การใช้วิธีทดสอบวิธีใดให้เป็นไปตามรายการที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ถ้าไม่ระบุวิธีการทดสอบให้ใช้วิธี ก.

วิธีทำ

เครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบด้วย

- แบบ (mold) ทำด้วยโลหะมีลักษณะทรงกระบอกกลวงผนังแข็งแรงมี 2 ขนาดมีปลอกที่สามารถถอดได้สูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว) เพื่อให้สามารถบดอัดดินให้สูงและมีปริมาตรตามต้องการแบบและปลอกต้องยึดกันได้อย่างมั่นคงกับฐานแบบซึ่งสามารถถอดได้ทำด้วยวัสดุชนิดเดียวกับ
- แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) สูง1 16.43 ± 0.1 2 7 มม. (4 . 5 8 4 ±0 . 0 0 5 นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในแบบ 101.6±0.406 มม. (4.000 ± 0.016 นิ้ว) โดยมีขนาดความจุ 0.000943±0.000008 ลบ.ม (0.0333 ± 0.0003 ลบ.ฟ.) และมีปลอกขนาดเดียวกันสูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว)
- แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) สูง 116.43 ± 0.127 มม.(4.584 ± 0.005 นิ้ว) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในแบบ 152.4 ± 0.6604 มม.(6.000 ± 0.026 นิ้ว) โดยมีความจุ 0.002124 ± 0. 000021ลบ. ม. (0. 07500 ± 0. 00075 ลบ.ฟ.) และมีปลอกขนาดเดียวกันสูง 60 มม. (2 3/8 นิ้ว)
- ตุ้ม (rammer) ทำด้วยโลหะทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 ± 0.127 มม. (2.000 ± 0.005 นิ้ว) น้ำหนักรวมทั้งด้ามถือ 2.5359 ± 0.0081 กก. (10.00 ± 0.05 ปอนด์) มีปลอกบังคับให้ยกได้สูง 457.2 ± 1.524 มม. (18.00 ± 0.06 นิ้ว) เหนือระดับดินที่บดอัดโดยตุ้มตกลงกระทบได้อย่างอิสระปลอกบังคับต้องรูระบายอากาศอย่างน้อย 4 รู

มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9.5 มม. (3/8 นิ้ว) ทำมุมกัน 90 องศา และห่างจากปลายปลอกทั้งสองข้างประมาณ19 มม. (3/4 นิ้ว)

- เครื่องดันตัวอย่างออกจากแบบ (sample extruder) ประกอบด้วยแม่แรง (jack) ก้านโยกแม่แรงโครงเหล็กจับแบบขณะดันตัวอย่างออกจากแบบใช้ดันตัวอย่างที่บดอัดในแบบแล้วออกจากแบบหรืออาจใช้เครื่องมืออย่างอื่นที่สามารถขุดแคะตัวอย่างดินออกจากแบบก็ได้
- เครื่องชั่ง (balance and scale) สามารถชั่งน้ำหนักได้อย่างน้อย 11.5 กก. และอ่านละเอียดได้ถึง 5 กรัม1 เครื่องและสามารถชั่งน้ำหนักได้อย่างน้อย 1,000 กรัมอ่านละเอียดได้ถึง 0.01 กรัมอีก1เครื่อง
- ตู้อบ (oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110±5 องศาเซลเซียส (230±9 องศาฟาเรนไฮต์) สำหรับอบดินชื้นให้แห้ง
- เหล็กปาดดิน (strainght edge) ทำด้วยเหล็กชุบแข็ง (hardened steel) มีขอบเรียบยาวไม่น้อยกว่า 254 มม. (10 นิ้ว) มีขอบที่ลบมุมด้านหนึ่งเรียบตรงตลอดความยาวของเหล็กปาดดินโดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 0.1 (0.01 นิ้วต่อความยาว10 นิ้ว) ในช่วงที่ใช้ปาดแต่งผิวดินในแบบ
- ตะแกรงร่อนดิน (sieve) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 203 มม. (8 นิ้ว) สูง 50.8 มม. (2 นิ้ว) มี 2 ขนาด คือ 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) และ 4.75 มม. (เบอร์ 4)
- เครื่องผสมดิน (mixing tool) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคลุกผสมดินให้เข้ากันได้แก่ ถาดใส่ดินช้อนตักดินพลั่วเกรียงถ้วยตวงวัดปริมาตรน้ำ เป็นต้น หรืออาจเป็น
- เครื่องผสมดินที่ทำงานด้วยเครื่องจักรซึ่งสามารถคลุกเคล้าผสมตัวอย่างดินให้เข้ากับน้ำที่ผสมเพิ่มลงไปในตัวอย่างดินทีละน้อย ๆ ได้
- ตลับบรรจุดิน (container) ทำด้วยโลหะมีฝาปิดป้องกันความชื้นระเหยออกไปก่อนชั่งน้ำหนักหรือระหว่างการชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นในดิน

การเตรียมตัวอย่าง

- ถ้าตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบชื้นให้ผึ่งให้แห้งจนสามารถใช้เกรียงบดให้ร่วนได้หรือใช้ตู้อบอบดินให้แห้งก็ได้แต่ต้องใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส (140 องศาฟาเรนไฮต์) แล้วบดให้เม็ดดินหลุดออกจากกันโดยไม่ทำให้เม็ดดินแตก
- ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุดโตกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ร่อนเอาดินที่ค้างบนตะแกรงนี้ออกแล้วแทนด้วยดินที่ร่อนผ่านตะแกรงนี้แล้วค้างบนตะแกรงขนาด

4.75 มม. (เบอร์ 4) จำนวนน้ำหนักเท่ากันใส่ลงแทนแล้วคลุกเคล้าให้ทั่วทำการแบ่งสี่ (quartering) หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (sample splitter)

- ในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุดไม่โตกว่า 19.0 มม. (3/4นิ้ว)ให้แบ่งตัวอย่างตามวิธีการแบ่งสีหรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง
- ในกรณีที่จะทำการทดสอบตามวิธี ค. หรือ ง. ให้ใช้ตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) เท่านั้น ส่วนที่ค้างบนตะแกรงนี้ให้ทิ้งไป
- ให้เตรียมตัวอย่างหนักประมาณ 6,000 กรัม (14 ปอนด์) สำหรับการทดสอบวิธี ข. และ ง. ต่อการทดสอบ 1 ครั้งและหนักประมาณ 3,000 กรัม (7 ปอนด์) สำหรับ

การทดสอบวิธี ก. และ ค. ต่อการทดสอบ 1 ครั้งการเตรียมตัวอย่างต้องเตรียมให้พอทดสอบได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง

การทดสอบ

การทดสอบวิธี ก.

- นำตัวอย่างดินที่เตรียมมาพรมน้ำให้ทั่วเพื่อให้ดินชื้นโดยเมื่อคลุกผสมกันแล้วจะมีความชื้นต่ำปริมาณความชื้นที่ให้ความแน่นสูงสุด (optimum moisture content) ร้อยละ 4 ใส่ดินที่ผสมน้ำแล้วลงในแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มม. (4 นิ้ว) ซึ่งมีปลอก (collar) สวมอยู่เรียบร้อยแล้วโดยประมาณว่าเมื่อบดอัดแล้วจะเหลือดินสูง 1/5 ของความสูงของแบบแล้วบดอัดโดยตุ้มยกสูง 457 มม. (18นิ้ว) จำนวน 25 ครั้ง ให้ทั่วผิวของดินในแบบ
- ทำซ้ำอีก 4 ครั้งจนดินที่ถูกบดอัดแน่นในแบบมีความสูงกว่าแบบประมาณ 10 มม.
- ถอดปลอกออกใช้เหล็กปาดดินปาดแต่งหน้าดินในแบบให้เรียบเท่ากับระดับขอบบนของแบบถ้าดินก้อนใหญ่หลุดออกให้เติมดินตัวอย่างลงไปแทนแล้วลดให้แน่นพอควรจนเรียบแล้วนำไปชั่งน้ำหนักเมื่อหักน้ำหนักของแบบออกจะได้น้ำหนักของดินชื้นต้องอ่านเครื่องชั่งละเอียดถึง 5 กรัม
- แกะดินออกจากแบบแล้วผ่าตามแนวตั้งผ่านจุดศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างดิน เก็บดินจากที่ผ่าประมาณ 300 กรัมใส่ตลับบรรจุดินชั่งน้ำหนักทันที อ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม
- นำดินในตลับบรรจุดินไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5 องศาเซลเซียส (230 $\pm$ 9 องศาฟาเรนไฮต์) อย่างน้อย 12 ชั่วโมงแล้วชั่งหาน้ำหนักอ่านละเอียดถึง 0.01 กรัม
- บดดินตัวอย่างที่แกะออกจากแบบที่เหลือให้ร่วนแล้วคลุกผสมกับดินในตอนแรกเข้ากันพรมน้ำให้ความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ถึง 2

- ดำเนินการโดยเพิ่มน้ำทุกครั้งจนกว่าน้ำหนักดินที่บดอัดในแบบลดลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงหรืออาจลดน้ำที่ผสมลงเมื่อพบว่าการเพิ่มน้ำแล้วหนักดินที่บดอัดในแบบกลับลดลง
- การทดสอบ วิธี ข. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ก. แต่ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) บดอัด 3 ชั้น ๆ ละ 56 ครั้ง
- การทดสอบ วิธี ค. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ก. แต่ใช้ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) บดอัด 3 ชั้น ๆ ละ 25 ครั้ง
- การทดสอบ วิธี ง. ดำเนินวิธีการทดสอบเช่นเดียวกับวิธี ค. แต่ใช้แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152 มม. (6 นิ้ว) บดอัด 3 ชั้น ๆ ละ 56 ครั้ง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงวิธีการเตรียมตัวอย่างของดิน ปูนซีเมนต์และเปลือกหอยเชอรี่ วิธีทดลองหาค่าความหนาแน่น วิธีหล่อตัวอย่าง และวิธีการทดสอบหาค่ากำลังอัดสูงสุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

1. ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง เลือกใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1
2. ดินลูกรัง ดินลูกรังที่ใช้ในการทดลอง เลือกใช้ดินลูกรังจากพื้นที่ อำเภอโพนทราย จังหวัดร้อยเอ็ด
3. เปลือกหอยเชอรี่ เปลือกหอยเชอรี่ที่ใช้ในการทดลอง เลือกใช้เปลือกหอยเชอรี่จากพื้นที่ อำเภอโพนทราย จังหวัดร้อยเอ็ด
4. น้ำสะอาด เลือกใช้น้ำประปา
5. ถังหิ้วปูน
6. จอบ – พลั่ว
7. ตาชั่ง เป็นตาชั่งไฟฟ้า
8. บัวรดน้ำ
9. กระบะผสมปูน
10. ช้อนตักส่วนผสม
11. เครื่องบดร่อนวัตถุดิบ
12. เครื่องผสม
13. เครื่องอัดก้อนตัวอย่างด้วยไฮโดรลิค
14. แผ่นเรียงก้อนตัวอย่าง
15. ชั้นวางก้อนตัวอย่าง

3.2 วิธีดำเนินการศึกษา

3.2.1 วิธีเตรียมตัวอย่างดินและเปลือกหอย

วิธีการเตรียมตัวอย่างดินลูกรังและเปลือกหอยเชอรี่ เมื่อจัดเตรียมวัสดุเพียงพอจนได้ปริมาณที่ต้องการแล้ว จากนั้นนำตัวอย่างดินลูกรังและเปลือกหอยเชอรี่บดให้ละเอียดนำมาร่อนผ่าน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 40 ดังแสดงในรูปที่ 3.1สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ดินลูกรังและเปลือกหอยเชอรี่ที่ผ่านตะแกรงนำมาใช้ศึกษา

ก) ดินลูกรัง ข) เปลือกหอยเชอรี่

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างดินลูกรังและเปลือกหอยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของงานวิจัย

ตัวแปร	จำนวน	หมายเหตุ
อัตราส่วนผสมการแทนที่ปูนซีเมนต์กับเปลือกหอยเชอรี่	5	100:0 90:10 80:20 70:30 และ 60:40
อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับเปลือกหอยเชอรี่ต่อดินลูกรัง	2	1: 6 และ 1: 8
ปริมาณน้ำ	3	dry side, OWCและ wet side
อายุการบ่ม	3	7, 14 และ28วัน
จำนวนตัวอย่าง	270	ชุดละ 5ตัวอย่าง

3.2.2 วิธีการเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ดินลูกรังจะถูกนำมาตากให้แห้งแล้วนำไปบดด้วยเครื่องโม่บดดินให้ละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ดินลูกรังจะถูกผสมเข้ากับเปลือกหอยเชอรี่และปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนผสมที่กำหนด (ตารางที่3.1) จนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วเติมน้ำในอัตราส่วนที่กำหนดและผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนผสมระหว่างดินลูกรังเปลือกหอยเชอรี่ และสารกระตุ้น จะถูกบดอัดในแบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร และสูง 100 มิลลิเมตร ภายใต้พลังงานการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน ตัวอย่างดินจะถูกนำมาบ่มในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ $28^{o}C$ จนได้อายุบ่มรวมเท่ากับ 7, 14 และ 28 วัน เมื่อได้ตัวอย่างดินที่ครบอายุบ่มตามต้องการแล้ว

นำตัวอย่างดินไปทดสอบกำลังอัด ตามมาตรฐาน ASTM C69 – 09 โดยการทดสอบดังนี้ นำตัวอย่างดินออกจากฟิล์มพลาสติก ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางให้ละเอียด 0.1 มิลลิเมตร โดยใช้ venirecaliper แล้วนำตัวอย่างดินลูกรังเปลือกหอยเชอรี่เข้าเครื่องทดสอบกำลังอัดแกนเดียว

3.3 สัญลักษณ์การทดลอง

สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงเพื่อใช้ในการทดสอบกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานตามอัตราส่วนของงานวิจัยนี้ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์การทดสอบ

สัญลักษณ์	ความหมาย
A100	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ100:0 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 6
B90	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 90:10 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 6
C80	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 80:20 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 6
D70	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 70:30 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 6
E60	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 60:40 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 6
F100	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 100:0 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 8
G90	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 90:10 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 8
H80	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 80:20 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 8
I70	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 70:30 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 8

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
J60	อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเท่ากับ 60:40 ที่อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์กับเปลือกหอย ต่อ ดินลูกรัง ที่ 1 : 8
DRY	สภาวะด้านแห้งที่อุณหภูมิห้อง
OWC	สภาวะด้านที่เหมาะสมที่อุณหภูมิห้อง
WET	สภาวะด้านเปียกที่อุณหภูมิห้อง
7	อายุการบ่มที่ 7 วัน
14	อายุการบ่มที่ 14 วัน
28	อายุการบ่มที่ 28 วัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้กล่าวถึงผลการทดสอบความหนาแน่น (Density) ผลการทดสอบกำลังอัด เปรียบเทียบกำลังอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช. ๖๐๒/๒๕๔๗) การทดสอบหาค่าความหนาแน่นเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบอัตราส่วนผสม

4.1 คุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรัง และเปลือกหอยเชอรี่

ดินลูกรังจากอำเภอโพนทราย จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งจำแนกเป็นทรายขนาดคละดี (SP) ตัวอย่างดินลูกรังประกอบด้วยทรายร้อยละ 93.23 และดินเหนียวร้อยละ 6.75 และมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.79 ขีดจำกัดเหลวและพิกัดพลาสติกของดินเท่ากับร้อยละ 23 และ 15 การกระจายขนาดของเม็ดดินแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

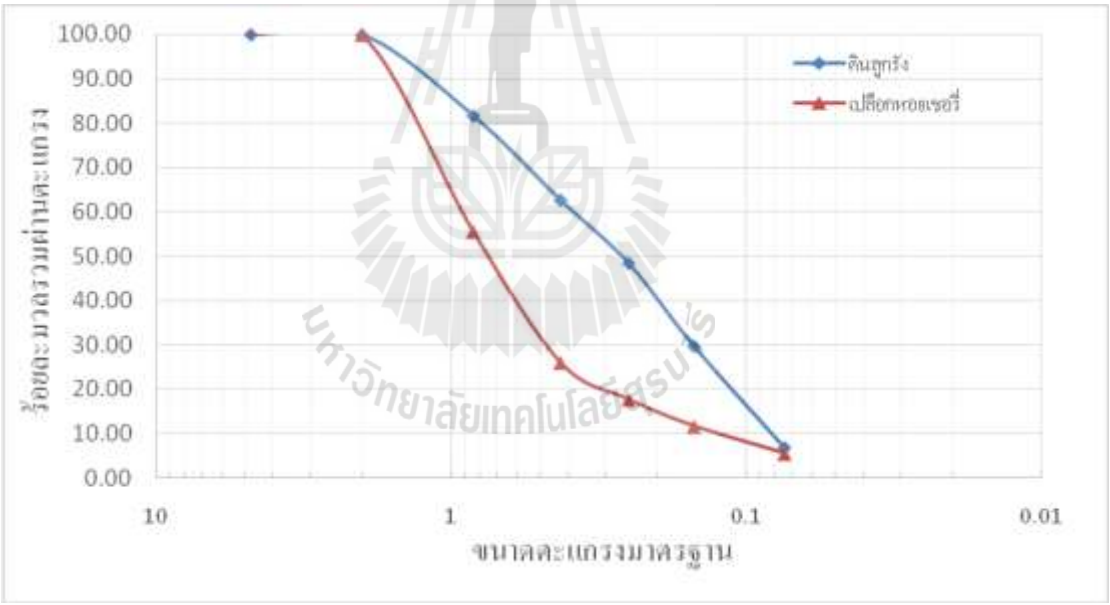
เปลือกหอย จากจากอำเภอโพนทราย จังหวัดร้อยเอ็ด ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จำแนกเป็นทรายขนาดคละสม่ำเสมอ (SW) ซึ่งจำแนกตามระบบเอกภาพ และมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.78 การกระจายขนาดของเม็ดดินแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 จากกราฟการกระจายขนาดของอนุภาคจะเห็นได้ว่าอนุภาคของดินลูกรังมีขนาดเล็กกว่าอนุภาคของเปลือกหอย

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณขนาดคละของดินลูกรัง

Sieve NO.	Weight Retain (g)	Retain (%)	Cumulative Retain (%)	Passing (%)
4	0.08	0.02	0.02	99.98
10	0.43	0.09	0.10	99.89
20	91.18	18.22	18.32	81.68
40	95.36	19.05	37.37	62.62
60	71.29	14.24	51.62	48.38
100	93.76	18.73	70.35	29.65
200	114.62	22.90	93.25	6.75
Pan	33.76	6.75	100.00	-

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณขนาดคละของเปลือกหอยเชอรี่

Sieve NO.	Weight Retain (g)	Retain (%)	Cumulative Retain (%)	Passing (%)
4	0.00	0.00	0.00	100.00
10	0.70	0.15	0.15	99.85
20	221.40	44.28	44.43	55.57
40	147.84	29.57	74.00	26.00
60	41.33	8.27	82.27	17.74
100	30.20	6.04	88.31	11.70
200	30.82	6.16	94.47	5.53
Pan	27.66	5.53	100.00	-

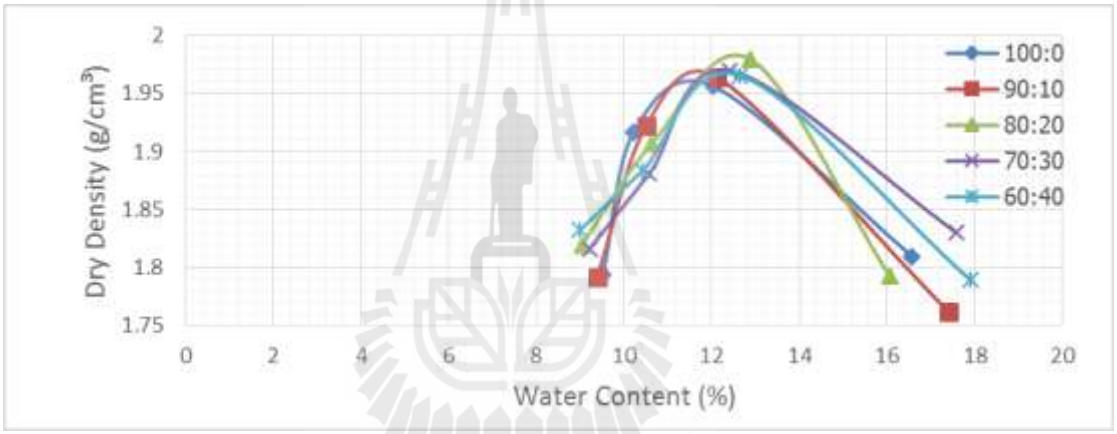


รูปที่ 4.1 ขนาดคละของดินลูกรัง เปลือกหอยเชอรี่

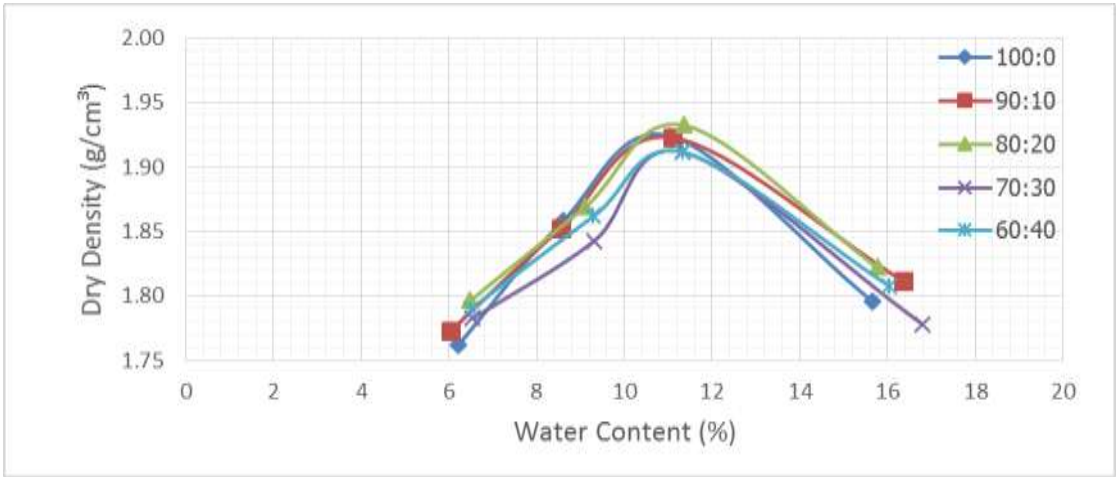
4.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น

รูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แสดงผลทดสอบการบดอัดในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าความหนาแน่นแห้งและปริมาณน้ำเหมาะสมสำหรับนำไปเตรียมตัวอย่างบล็อกประสานเปลือกหอยเชอรี่ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมเปลือกหอยต่อดิน (Cement/Soil) เท่ากับ 1:6 และ 1:8 การหาปริมาณน้ำ

เหมาะสม (Optimum Water Content : OWC) โดยการทำ Compaction Test ด้วยวิธี Modified Procter Test จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้น จนถึงค่าความหนาแน่นเหมาะสม หลังจากนั้นความหนาแน่นมีค่าลดลงกับการลดลงของปริมาณความชื้นสำหรับอัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมเปลือกหอยต่อดินเท่ากับ 1:6 ความชื้นเหมาะสมมีค่าประมาณร้อยละ 12 ของน้ำหนักดินลูกรังและเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับทุกอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่ ความหนาแน่นสูงสุดมีค่าประมาณ 1.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรสำหรับอัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมเปลือกหอยต่อดินเท่ากับ 1:8 ความแน่นแห้งสูงสุดมีค่าประมาณ 1.91 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรและปริมาณความชื้นเหมาะสมมีค่าประมาณร้อยละ 11 สำหรับทุกอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองค่าความหนาแน่นและปริมาณน้ำที่เหมาะสม อัตราส่วนปูนซีเมนต์กับเปลือกหอยเชอรี่ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:6



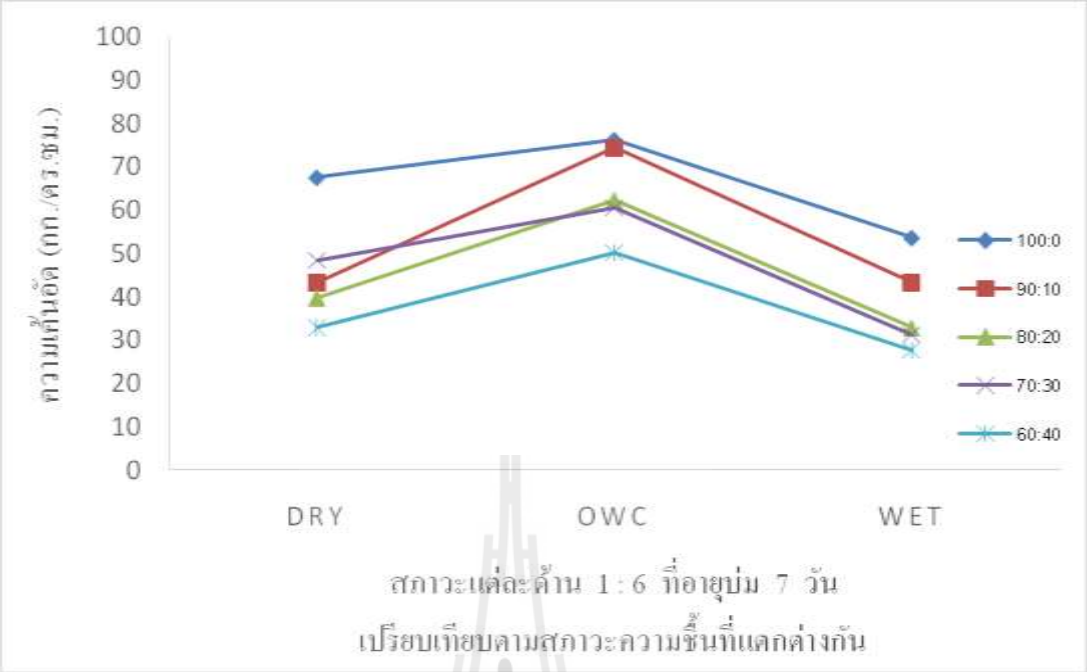
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองค่าความหนาแน่นและปริมาณน้ำที่เหมาะสม อัตราส่วนปูนซีเมนต์กับเปลือกหอยเชอรี่ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:8

4.3 ผลการทดสอบกำลังอัด

อิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อกำลังอัดของดินลูกรังเปลือกหอยเชอรี่ผสมปูนซีเมนต์แสดงดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 ซึ่งแสดงกำลังอัดที่อายุบ่ม 7 วัน ที่ ปูนซีเมนต์ผสมเปลือกหอย (B) ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:6 และ 1:8 ที่อัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่เท่ากับร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ40 ผลทดสอบแสดงให้เห็นว่า ทุกอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่กำลังอัดของตัวอย่างมีค่าสูงที่สุดที่ปริมาณความชื้นเหมาะสม กำลังอัดทางด้านแห้งและด้านเปียกของปริมาณความชื้นเหมาะสม มีค่าใกล้เคียงกัน อัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมเปลือกหอย (B) ต่อดินลูกรัง (S) เท่ากับ 1:6ให้กำลังอัดสูงกว่าอัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมเปลือกหอย (B) ต่อดินลูกรังเท่ากับ 1:8 เนื่องจากอัตราส่วน B:S เท่ากับ 1:6 มีปริมาณปูนซีเมนต์สูงกว่า กำลังอัดของดินลูกรังเปลือกหอยเชอรี่ผสมปูนซีเมนต์มีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับอัตราส่วน B:S เท่ากับ 1:6 กำลังอัดของตัวอย่างลดลงประมาณร้อยละ 2.27, 18.19, 20.46 และ 34.09 สำหรับการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่เท่ากับร้อยละ 10, 20, 302 และ 40 สำหรับอัตราส่วน B:S เท่ากับ 1:8 กำลังอัดของตัวอย่างลดลงประมาณร้อยละ 2.70, 24.32, 27.02 และ 29.72 สำหรับการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่เท่ากับร้อยละ 10, 20, 302 และ 40 ผลการทดสอบนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก.58-2530 ซึ่งระบุให้กำลังอัดมีค่าไม่น้อยกว่า 25 ksc. แสดงดังรูปที่ 4.3 และ4.4จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดของดินลูกรังเปลือกหอยผสมปูนซีเมนต์มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 25 ksc. ทุกสัดส่วนผสม ยกเว้นอัตราส่วน B:S เท่ากับ 1:8 ที่ปริมาณความชื้นด้านแห้ง (dry side) และอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่เท่ากับร้อยละ 30 และ 40 เนื่องจากปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการผสมตัวอย่าง (ค่อนข้างแห้ง) ซึ่งส่งผลกำลังอัดต่ำ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ที่อายุบ่ม 7 วัน เปรียบเทียบตามสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน

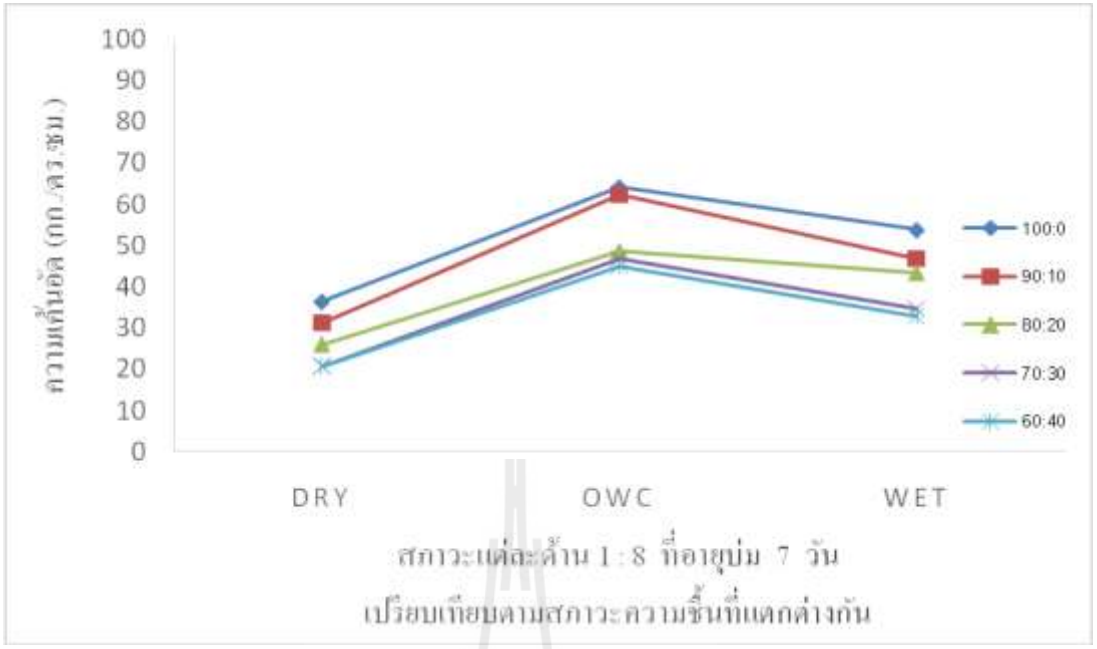
ลำดับที่	อัตราส่วนผสม		กำลังอัดเฉลี่ยด้านต่างๆ (กก./ตร.ซม.)		
	ส่วนผสม	ปูน : เปลือกหอย (%)	DRY	OWC	WET
1	1 : 6	100 : 0	67.49	76.15	53.65
2	1 : 6	90 : 10	43.26	74.42	43.27
3	1 : 6	80 : 20	39.80	62.30	32.88
4	1 : 6	70 : 30	48.46	60.57	31.15
5	1 : 6	60 : 40	32.88	50.19	27.69



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ที่อายุบ่ม 7 วัน เปรียบเทียบตามสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ที่อายุบ่ม 7 วัน เปรียบเทียบตามสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน

ลำดับที่	อัตราส่วนผสม		กำลังอัดเฉลี่ยด้านต่างๆ (กก./ตร.ซม.)		
	ส่วนผสม	ปูน : เปลือกหอย (%)	DRY	OWC	WET
1	1 : 8	100 : 0	36.34	64.03	53.65
2	1 : 8	90 : 10	31.15	62.30	46.73
3	1 : 8	80 : 20	25.96	48.46	43.27
4	1 : 8	70 : 30	20.77	46.73	34.61
5	1 : 8	60 : 40	20.77	45.00	32.88

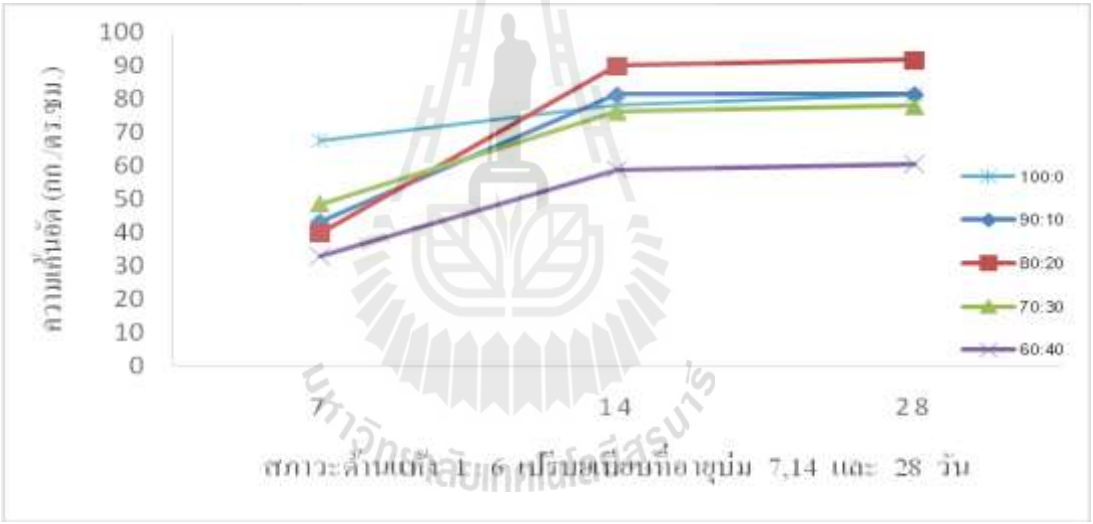


รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ที่อายุบ่ม 7 วันเปรียบเทียบตามสภาวะความชื้นที่แตกต่างกัน

รูปที่ 4.6-4.11 แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มและกำลังอัดของตัวอย่างดินลูกรังเปลือกหอยผสมปูนซีเมนต์ ที่อัตราส่วน B:S เท่ากับ 1:6 และ 1:8 และอายุการบ่ม 7,14 และ28 วัน ตัวอย่างถูกเตรียมที่ปริมาณความชื้นด้านแห้ง เหมาะสม และด้านเปียก และอัตราส่วนการแทนที่ด้วยเปลือกหอยเชอรี่เท่ากับร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ40 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดของดินลูกรังเปลือกหอยผสมปูนซีเมนต์มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอายุบ่ม สำหรับทุกอัตราส่วน B:S และ อัตราส่วนการแทนที่ด้วยเปลือกหอยเชอรี่กำลังอัดของดินลูกรังเปลือกหอยผสมปูนซีเมนต์ที่อายุบ่ม 28 วันมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก 25 ksc ทุกอัตราส่วนผสม

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านแห้ง (DRY) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

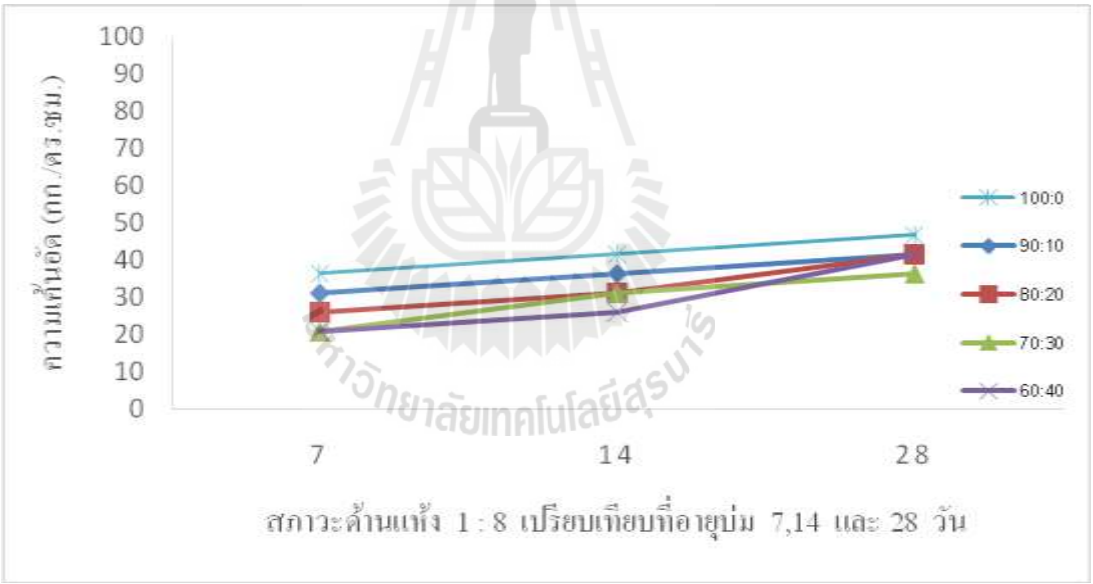
ลำดับที่	อัตราส่วนผสม		กำลังอัดเฉลี่ยด้านแห้งที่อายุบ่มต่างกัน (กก./ตร.ซม.)		
	ส่วนผสม	ปูน : เปลือกหอย (%)	7	14	28
1	1 : 6	100 : 0	67.49	78.21	81.34
2	1 : 6	90 : 10	43.26	81.34	81.34
3	1 : 6	80 : 20	39.8	89.99	91.72
4	1 : 6	70 : 30	48.46	76.15	77.88
5	1 : 6	60 : 40	32.88	58.89	60.57



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านแห้ง (DRY) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านแห้ง (DRY) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

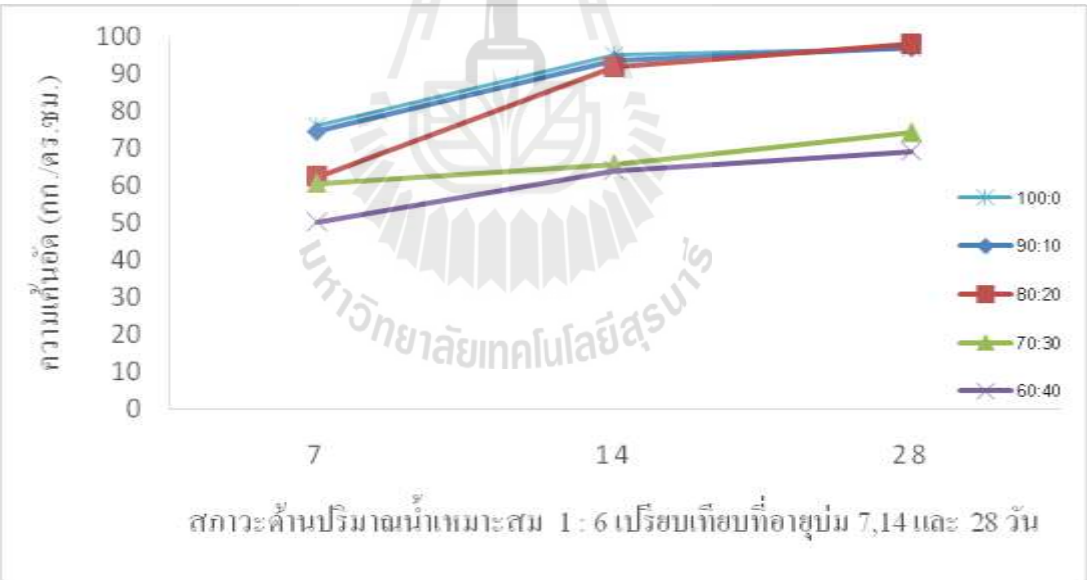
ลำดับที่	อัตราส่วนผสม		กำลังอัดเฉลี่ยด้านแห้งที่อายุบ่มต่างกัน (กก./ตร.ซม.)		
	ส่วนผสม	ปูน : เปลือกหอย (%)	7	14	28
1	1 : 8	100 : 0	36.34	41.53	46.73
2	1 : 8	90 : 10	31.15	36.34	41.53
3	1 : 8	80 : 20	25.96	31.15	41.53
4	1 : 8	70 : 30	20.77	31.15	36.34
5	1 : 8	60 : 40	20.77	25.96	41.53



รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านแห้ง (DRY) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

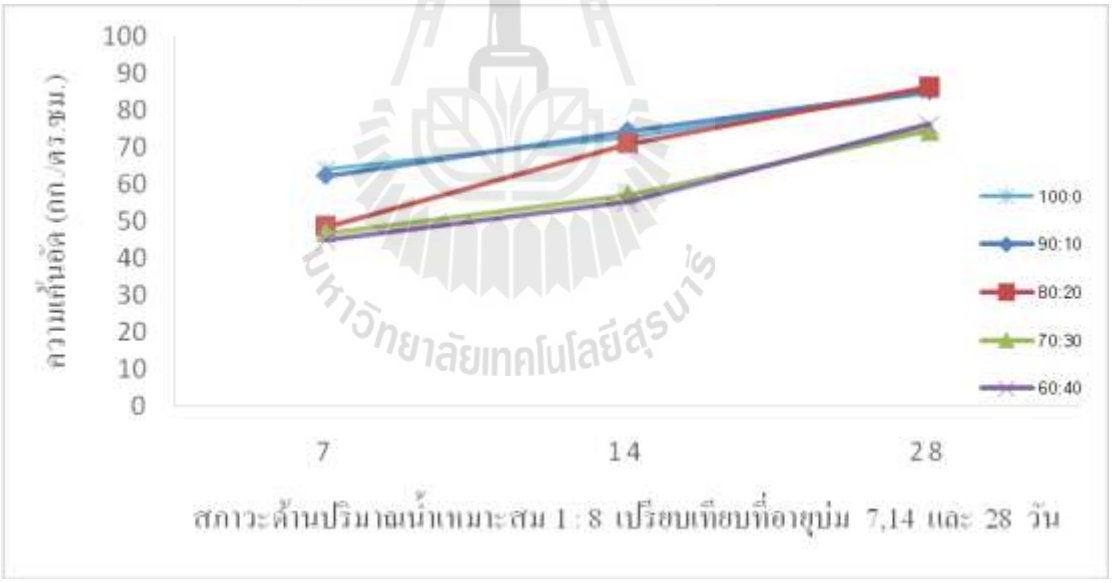
ลำดับที่	อัตราส่วนผสม		กำลังอัดเฉลี่ยด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC)ที่อายุบ่มต่างกัน (กก./ตร.ซม.)		
	ส่วนผสม	ปูน : เปลือกหอย (%)	7	14	28
1	1 : 6	100 : 0	76.15	95.18	96.91
2	1 : 6	90 : 10	74.42	93.45	97
3	1 : 6	80 : 20	62.3	91.72	98
4	1 : 6	70 : 30	60.57	65.76	74.41
5	1 : 6	60 : 40	50.19	64.03	69.22



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

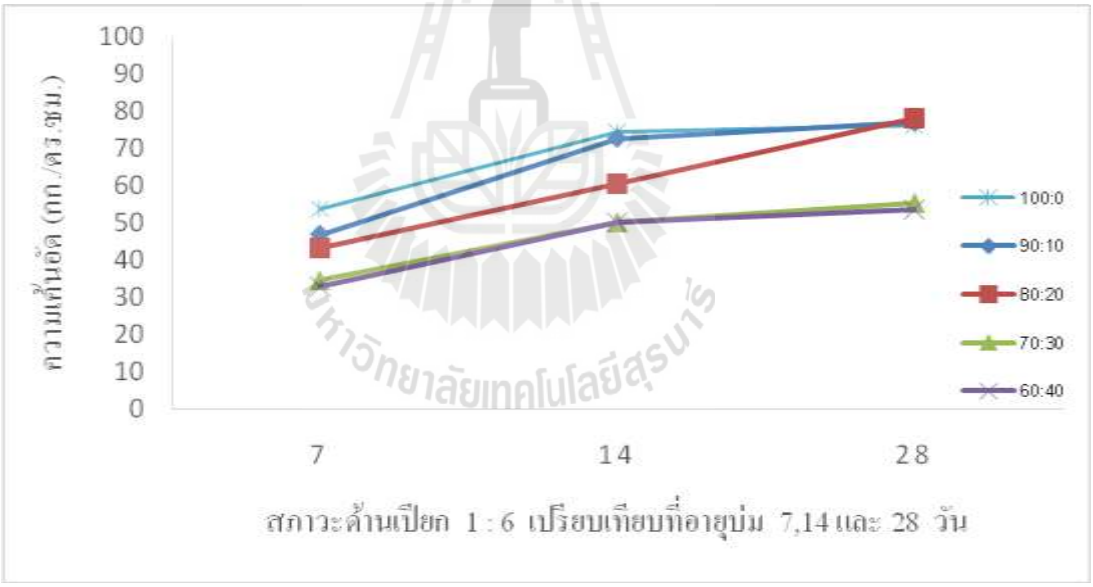
ลำดับที่	อัตราส่วนผสม		กำลังอัดเฉลี่ยด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) ที่อายุบ่มต่างกัน (กก./ตร.ซม.)		
	ส่วนผสม	ปูน : เปลือกหอย (%)	7	14	28
1	1 : 8	100 : 0	64.03	72.66	84.8
2	1 : 8	90 : 10	62.3	74.42	85.2
3	1 : 8	80 : 20	48.46	70.96	86.3
4	1 : 8	70 : 30	46.73	57.11	74.42
5	1 : 8	60 : 40	45	55.38	76.15



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OWC) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

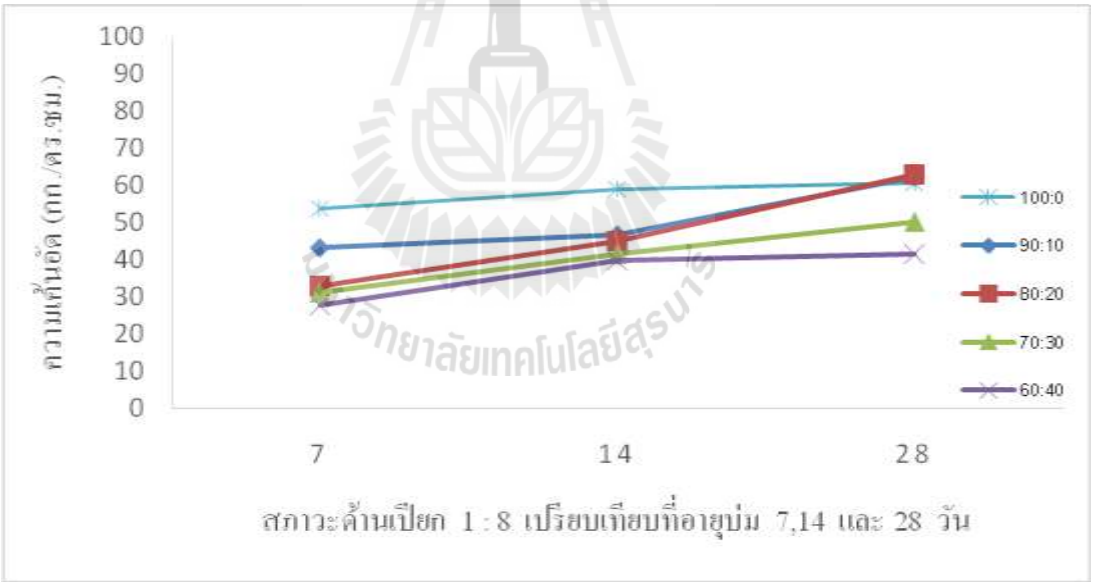
ลำดับที่	อัตราส่วนผสม		กำลังอัดเฉลี่ยด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET)ที่อายุบ่มต่างกัน (กก./ตร.ซม.)		
	ส่วนผสม	ปูน : เปลือกหอย (%)	7	14	28
1	1 : 6	100 : 0	53.65	74.42	76.15
2	1 : 6	90 : 10	46.73	72.68	77.05
3	1 : 6	80 : 20	43.27	60.57	78
4	1 : 6	70 : 30	34.61	50.19	55.38
5	1 : 6	60 : 40	32.88	50.19	53.65



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:6 ด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7,14 และ 28 วัน

ลำดับที่	อัตราส่วนผสม		กำลังอัดเฉลี่ยด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET)ที่อายุบ่มต่างกัน (กก./ตร.ซม.)		
	ส่วนผสม	**ปูน : เปลือกหอย (%)**	**7**	**14**	**28**
1	1 : 8	100 : 0	53.65	58.84	60.57
2	1 : 8	90 : 10	43.27	46.73	62.3
3	1 : 8	80 : 20	32.88	45	63
4	1 : 8	70 : 30	31.15	41.53	50.19
5	1 : 8	60 : 40	27.69	39.8	41.53



รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบกำลังอัดเปลือกหอยเชอรี่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินเท่ากับ 1:8 ด้านปริมาณความชื้นด้านเปียก (WET) เปรียบเทียบที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 วัน

4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตบล็อกประสานจากเปลือกหอยเชอรี่

ตารางที่ 4.11 แสดงต้นทุนการผลิตบล็อกประสานจากปูนซีเมนต์ และเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก.58-2530 ซึ่งระบุให้กำลังอัดมีค่าไม่น้อยกว่า 25 ksc ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าส่วนผสมที่เหมาะสมคือ อัตราส่วนดินต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1:8 และอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเชอรี่มีค่าเท่ากับ 60:40 ซึ่งให้กำลังอัดเท่ากับ 45 ksc ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.756 บาท ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการผลิตบล็อกประสานจากซีเมนต์ และ บล็อกประสานจากซีเมนต์ และเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก อายุบ่ม 7 และ28 วัน ตามลำดับ อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตบล็อกประสานในงานโครงสร้างรับแรงแบกทานคือ 1/8 หากพิจารณากำลังรับแรงอัดที่เท่ากับ 74 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเชอรี่บดที่เหมาะสมเท่ากับ 100:0 และ 70:30 ที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 2.448 และ 1.937 บาท

ตารางที่ 4.11 ต้นทุนการผลิตบล็อกประสานจากปูนซีเมนต์ และเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก อายุบ่ม 7 วัน

รายการ	**จำนวน**	**ค่าวัสดุ**	
		ราคาต่อหน่วย (บาท)	**จำนวนเงิน (บาท)**
<u>บล็อกประสานผลิตจากเปลือกหอยเชอรี่</u>			
1. ดิน(kg)	5.56	0.13	0.723
2. เปลือกหอย (kg)	0.28	0.028	0.008
3. ปูนซีเมนต์ (kg)	0.41	2.5	1.025
รวมต้นทุนต่อก้อน			**1.756**

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการผลิตบล็อกประสานจากซีเมนต์ และ บล็อกประสานจากซีเมนต์ และเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก อายุบ่ม 7 และ28 วัน ตามลำดับ

รายการ	**จำนวน**	**ค่าวัสดุ**	
		ราคาต่อหน่วย (บาท)	**จำนวนเงิน (บาท)**
1.บล็อกประสานผลิตจากปูนซีเมนต์ ที่อายุบ่ม 7 วัน			
1.1 ดิน(kg)	5.56	0.13	0.723
1.2 ปูนซีเมนต์ (kg)	0.69	2.5	1.725
รวมต้นทุนต่อก้อน			**2.448**
2.บล็อกประสานผลิตจากเปลือกหอย เชอรี่ ที่อายุบ่ม 28 วัน			
2.1 ดิน(kg)	5.56	0.13	0.723
2.2 เปลือกหอย (kg)	0.207	0.028	0.006
2.3 ปูนซีเมนต์ (kg)	0.483	2.5	1.208
รวมต้นทุนต่อก้อน			**1.937**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลทดสอบ

5.1 สรุปผลงานโครงงานวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาบล็อกประสานจากเปลือกหอยเชอรี่โดยการหาอัตราส่วนผสม (ดินลูกรังอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่ และปริมาณน้ำ) ที่เหมาะสมเพื่อผลิตบล็อกประสานที่มีกำลังอัดไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สรุปผลงานวิจัยได้ดังนี้

1. สำหรับอัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมเปลือกหอยต่อดินเท่ากับ 1:6 ความชื้นเหมาะสมมีค่าประมาณร้อยละ 12 ของน้ำหนักดินลูกรังและเปลือกหอยเชอรี่ สำหรับทุกอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่ ความหนาแน่นสูงสุดมีค่าประมาณ1.95กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรสำหรับอัตราส่วนปูนซีเมนต์ผสมเปลือกหอยต่อดินเท่ากับ 1:8 ความแน่นแห้งสูงสุดมีค่าประมาณ1.91กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรและปริมาณความชื้นเหมาะสมมีค่าประมาณร้อยละ 11 สำหรับทุกอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่
2. ทุกอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่กำลังอัดของตัวอย่างมีค่าสูงที่สุดที่ปริมาณความชื้นเหมาะสมกำลังอัดทางด้านแห้งและด้านเปียกของปริมาณความชื้นเหมาะสมมีค่าใกล้เคียงกัน
3. กำลังอัดของดินลูกรังเปลือกหอยผสมปูนซีเมนต์มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (2.5 เมกกะปาสคาล) ทุกอัตราส่วนผสมยกเว้นอัตราส่วน B:S เท่ากับ 1:8 ที่ปริมาณความชื้นด้านแห้ง(dry side)และอัตราส่วนแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยเชอรี่เท่ากับร้อยละ 30 และ 40 เนื่องจากปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการผสมตัวอย่าง (ค่อนข้างแห้ง) ซึ่งส่งผลให้กำลังอัดต่ำ
4. กำลังอัดของดินลูกรังเปลือกหอยผสมปูนซีเมนต์ที่อายุบ่ม 28 วันมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (2.5 เมกกะปาสคาล) ทุกอัตราส่วนผสม
5. อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับผลิตบล็อกประสานในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทานคือ อัตราส่วนดินต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1:8 และอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเชอรี่มีค่าเท่ากับ 60:40 ซึ่งให้กำลังอัดเท่ากับ 45 ksc ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.756 บาท

6. อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตบล็อกประสานในงานโครงสร้างรับแรงแบกทานคือ 1/8 หากพิจารณากำลังรับแรงอัดที่เท่ากับ 74 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเชอรี่บดที่เหมาะสมเท่ากับ 100:0 และ 70:30 ที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 2.448 และ 1.937 บาท

5.2 ข้อแนะนำในการทำโครงงานวิจัยต่อไป

5.2.1 การวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาบล็อกประสานจากเปลือกหอยเชอรี่ ที่พลังงานบดอัดสูงกว่ามาตรฐาน ควรจะมีการศึกษาอิทธิพลของพลังงานบดอัดต่อกำลังของบล็อกประสาน และควรศึกษาถึงโครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่างบล็อกประสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. (2547). **การจัดการดินลูกรัง.** คณะกรรมการกำหนดมาตรฐานและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการดิน.

จิระยุทธ สืบสุข. (2012). **ธรรมชาติของดินและการกำเนิด.** เอกสารประกอบการบรรยาย.

ทนงศักดิ์ มูลตรี. (ม.ป.ป.). **การผลิตอิฐบล็อกจากเปลือกหอยเชอรี่.** กองส่งเสริมการวิจัยและบริหารวิชาการหาวิทยาลัยมาหาสารคาม.

ทนงศักดิ์ มูลตรีและคณะ. (2552). **เซรามิกส์จากเปลือกหอยเชอรี่.** รายงานการวิจัย. กระทรวงวิทยาศาสตร์หาวิทยาลัยมาหาสารคาม.

พรพจน์ ตันเส็ง. (2554). **ปฐพีกลศาสตร์**. เอกสารประกอบการสอน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วราธร แก้วแสง. (ม.ป.ป.). **คุณสมบัติมางด้านวิศวกรรมของอิฐบล็อกประสานดินขาวที่ผสมด้วยกลวิธีโพลิเมอร์ไรเซชั่น**. การประชุมวิชาการครั้งที่ 8. วิทยาเขตบางแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง และคณะ. (2550). **การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว.** วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา. ปีที่ 1 ฉบับที่ 1. สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สำเร็จ สารมาคม. (2556). **การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน.** สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุกิจ นามพิชญ์และคณะ. (2549). **คู่มือทอดสอบทางปฐพีกลศาสตร์**. เล่ม 1. โครงการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับงานปฏิบัติการทดสอบวัสดุทางด้านวิศวกรรมโยธา. สำนักงานกองทุนการวิจัยแห่งชาติ (สกว.).

สำนักวิจัยและพัฒนา. (2551). **มาตรฐานการทดสอบขนาดคละของดินด้วยตะแกรง.** กรมชลประทาน. สวท.ทล.301/2551.

สำนักวิจัยและพัฒนา. (2551). **มาตรฐานการทดสอบความถ่วงจำเพาะของดิน**. กรมชลประทาน. สวท.ทล.301/2551.

ชัชวาลย์ เศรษบุตรและคณะ. (2000). **คู่มือการทดสอบหิน ทราย และคอนกรีต.**พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด.

อมร พิมานมาศและคณะ. (ม.ป.ป). **วิศวกรรมธรณีเทคนิคเบื้องต้น.** เอกสารประกอบการบรรยาย.

สุขสันติ์ หอพิบูลสุข และคณะ. (2554). **ปฐพีกลศาสตร์.**พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล.

Blasubramaniam, A.S. Sataporn Kuvijitjaru and Prateep Duangdeun. (1979). **Evaluation of Soil Parameters for an Embankment Dam of San Roque Muliti-Purpose Project**, Philippiness, Report Submitted to Electro Consult, s.p.A., by Division of Goetechnical and Transportation Begineering. AIT. Bangkok.

Proctor, R.R. (1993). **Fundamental Principles of Soil Compaction**, Engineering New-Record, August 31, September 7, 21 and 28.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. (2540). **คอนกรีตเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 4 บริษัทปูนซีเมนต์ไทย อุตสาหกรรม

มณเฑียร กังศศิเทียม. (2539). **กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 7.

มาตรฐานงานช่างกรมโยธาธิการ (มยผ.) ปี 2538.

วินิต ช่อวิเชียร. (2527). **คอนกรีตเทคโนโลยี.**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มผช.๖๐๒/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

อิฐบล็อกประสาน

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะอิฐบล็อกประสานที่มีดินลูกรังและปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว

๒.๒ อิฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้เช่น ก่อเสา ก่อผนัง

๒.๓ อิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร

๓. ชนิด

๓.๑ อิฐบล็อกประสาน แบ่งออกเป็น ๒ ชนิด คือ

๓.๑.๑ ชนิดรับน้ำหนัก

๓.๑.๒ ชนิดไม่รับน้ำหนัก

๔. คุณลักษณะที่ต้องการ

๔.๑ ลักษณะทั่วไป

ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย

๔.๒ มิติ

ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± ๒ มิลลิเมตร

๔.๓ ความต้านแรงอัด

๔.๓.๑ ชนิดรับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า ๗.๐ เมกะพาสคัล

๔.๓.๒ ชนิดไม่รับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า ๒.๕ เมกะพาสคัล

๔.๔ การดูดกลืนน้ำ (เฉพาะชนิดรับน้ำหนัก)

ต้องเป็นไปตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ การดูดกลืนน้ำ (ข้อ ๔.๔)

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง กิโลกรัม	**การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน ๕ ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร**
๑ ๖๘๐ และ น้อยกว่า	๒๘๘
๑ ๖๘๑ ถึง ๑ ๗๖๐	๒๗๒
๑ ๗๖๑ ถึง ๑ ๘๔๐	๒๕๖
๑ ๘๔๑ ถึง ๑ ๙๒๐	๒๔๐
๑ ๙๒๑ ถึง ๒ ๐๐๐	๒๒๔
มากกว่า ๒ ๐๐๐	๒๐๘

๕. การบรรจุ

๕.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุอิฐบล็อกประสานในภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอิฐบล็อกประสานได้

๖. เครื่องหมายและฉลาก

๖.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุอิฐบล็อกประสาน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(๑) ชื่อผลิตภัณฑ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(๒) มิติ

(๓) เดือน ปีที่ทำ

(๔) ข้อแนะนำในการใช้และการดูแลรักษา

(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในใน กรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

มผช.๖๐๒/๒๕๔๗

๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป มิติ การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๑ ข้อ ๔.๒ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัด ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๓ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการดูดกลืนน้ำ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ ตัวอย่าง เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๔.๔ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

๗.๓ เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างอิฐบล็อกประสานต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ และข้อ ๗.๒.๓ ทุกข้อ จึงจะถือว่าอิฐบล็อกประสานรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

๘. การทดสอบ

๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

๘.๒ การทดสอบมิติให้ใช้เครื่องวัดที่เหมาะสม

๘.๓ การทดสอบความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๗และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. ๕๘

ประวัติผู้เขียน

นายสุริยา การะเกษ เกิดเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2524 สำเร็จการศึกษาระดับอนุบาลจากโรงเรียนบ้านตาหยวกประชาสงค์เคราะห์ ตำบลทุ่งหลวง อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ระดับประถมศึกษาที่ 1–6 จากโรงเรียนบ้านตาหยวกประชาสงค์เคราะห์ ตำบลทุ่งหลวง อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 จากโรงเรียนทุ่งหลวงพลับพลาไชย ตำบลทุ่งหลวง อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) แผนกช่างก่อสร้าง จากวิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกช่างโยธา จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตวังไกลกังวล ระดับปริญญาตรี จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีก่อสร้าง ปี พ.ศ. 2557 นายสุริยาเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ด้านการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันรับราชการสังกัดกองช่างเทศบาลตำบลทุ่งหลวง อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ในตำแหน่ง หัวหน้าฝ่ายแบบแผนและก่อสร้าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี