

การเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานของพื้นโรงเรือนสุกร โดยใช้การออกแบบ
ส่วนผสมที่มีเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม

SWINE HOUSE FLOOR DURABILITY ENHANCEMENT USING POZZOLAN
CONCRETE MIX DESIGN WITH FLYASH AND SILICA FUME



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWINE HOUSE FLOOR DURABILITY ENHANCEMENT USING POZZOLAN
CONCRETE MIX DESIGN WITH FLYASH AND SILICA FUME



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้

ภาคให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานของพื้นโรงเรือนสุกร โดยใช้การออกแบบส่วนผสมที่มีเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม
นักศึกษา	นางสาว ลัดดาวัลย์ ลากจรัสแสงโรจน์
รหัสประจำตัว	58601038
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ดร.ชลิตา อุตะเกา

บทคัดย่อ

ธุรกิจฟาร์มสุกรไทยการเติบโตอย่างต่อเนื่องทุกปี ผลผลิตจากสุกรเป็นสินค้าจำเป็นต่อการบริโภคภายในประเทศ โดยสัดส่วนตลาดในประเทศอยู่ที่ 92.97% ส่วนส่งออกอยู่ที่ 7.07% อย่างไรก็ตามนอกจากปัญหาด้านราคาผันผวน เกษตรกรผู้เลี้ยงประสบปัญหาพื้นคอนกรีตเสียหายก่อนกำหนด ระยะเวลาปิดซ่อมแซมพื้นคอนกรีตโรงเรือนส่งผลต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงขาดสภาพคล่องทางการเงิน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพื้นคอนกรีตโรงเรือนสุกร, การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่แทนที่ด้วยวัสดุปอซโซลานิกบางส่วน ได้แก่ เถ้าลอย และซิลิกาฟุ่ม และการนำไปใช้งานเพื่อแก้ปัญหาพื้นคอนกรีตให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรที่จังหวัดชลบุรี ทั้งนี้ได้ทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตทั้งหมด 9 ส่วนผสม ได้แก่ คอนกรีตที่ไม่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) พื้นคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย 15% 30% 45% และพื้นคอนกรีตที่มีเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) ทดสอบการรับกำลังอัด, ความต้านทานต่อการขัดสี และความต้านทานต่อการกรดแลคติกและซัลฟิวริก จากนั้นพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยวิธี t-test กับผลทดสอบของทุกส่วนผสมคอนกรีต เพื่อทำการก่อสร้างพื้นคอนกรีตโรงเรือน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าวัสดุปอซโซลานิกช่วยปรับปรุงตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับการออกแบบส่วนผสมที่พื้นคอนกรีตทั่วไป (การควบคุม) ผลการศึกษาพบว่าพื้นคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งสามารถต้านทานต่อการขัดสีและกรดสูงสุด แต่เมื่อได้รับความเสียหายจากกรดอย่างรุนแรงภายใต้สภาวะแทรกซ้อน ขณะเดียวกันพื้นคอนกรีตที่มีซิลิกาฟุ่มและเถ้าลอย (CSF-FA) ผลทดสอบกำลังอัดและความต้านทานกรดสูงสุดภายใต้สภาวะแทรกซ้อน และยังแสดงให้เห็นว่าต้นทุนการก่อสร้างพื้นคอนกรีตที่มีซิลิกาฟุ่มและเถ้าลอย (118 - 121 บาท ต่อตารางเมตร) และพื้นคอนกรีตทั่วไป (119 บาท ต่อ

ตารางเมตร) นั้นเทียบเคียงกันได้ ทั้งนี้ราคาต่ำกว่าคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งมาก (199 บาท ต่อตารางเมตร) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์หรือการบริการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บาทต่อตารางเมตร) ด้วยเหตุนี้จึงนำการออกแบบผสมคอนกรีตที่มีซิลิกาฟูมและเถ้าลอย CSF8FA22 มาใช้ในการก่อสร้างพื้นโรงเรือนสุกรที่จังหวัดชลบุรี และเปิดใช้งานเป็นเวลา 5 เดือน พบว่า ผู้ประกอบการฟาร์มสุกรพึงพอใจกับพื้นคอกคอนกรีต เนื่องจากคอนกรีตไหลตัวดี ระยะเวลาตัวของคอนกรีตเหมาะสม พื้นผิวคอนกรีตทนทานกว่าเมื่อเทียบกับคอนกรีตทั่วไป และผลตอบแทนการลงทุนที่ดีกว่าสามารถใช้ในอุตสาหกรรมฟาร์มสุกรขนาดเล็กและใหญ่ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Swine House Floor Durability Enhancement Using Pozzolan Concrete Mix Design with Fly ash and Silica fume
Student	Miss. Laddawan Lapcharatsangroj
Student ID.	58601038
Degree	Doctor of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2021
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Dr.Chalida U-tapao

ABSTRACT

Thailand's economy is an upper middle-income country with a trend of increasing human population growth and increasing demand for agriculture and livestock products. The domestic pork consumption has been seen steadily increasing around 97% and export 3%. Apart from the volatile market prices, Farmers were facing deterioration in concrete floor and a variety of reasons. Pig farm operation is suspended for an extended period of time during repair of damaged concrete floor.

In light of the limited durability of non-pozzolanic conventional concrete and concrete with floor hardener, this research experiments with pozzolans in concrete mix designs and determines the effect of pozzolanic materials on the performance of swine house concrete floor. The pozzolans under study are fly ash (FA) and silica fume (SF), and the performance metrics include compressive strength, abrasion resistance and resistance to lactic and sulfuric acids. In the study, there are nine experimental concrete mix designs: concrete without floor hardener (conventional concrete or non-CFH), concrete with floor hardener (CFH), concrete with 15%, 30%, 45% fly ash, and concrete with silica fume and fly ash (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20). To simulate floor spallation caused by pigs' mechanical impact, a groove is deliberately cut across the specimen surface prior to acid resistance tests. The CFH floor achieves the highest abrasion and acid resistance but shows signs of severe acid damage in the event of spallation. The CSF10FA20 floor exhibits the highest compressive strength and acid resistance in the event of spallation. The statistical analysis indicated that the pozzolanic materials significantly improved the performance metrics of concrete mix

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อคุณอยู่ที่หน้าเว็บไซต์นี้ หมายความว่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

designs ($p < 0.05$), compared with the non-CFH mix design (control). The construction costs of CSF-FA floors (THB 118 – 121) and non-CFH floor (THB 119) were comparable, but they were considerably lower than that of CFH floor (THB 199). The acid resistance of CSF-FA floors was higher than that of non-CFH and CFH floors. As a result, the CSF-FA concrete mix designs should be adopted for the construction of swine house floor due to longer durability and better investment return, in comparison with non-CFH and CFH floors which are commonly used in small- and industrial-scale swine farms.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชลิตา อุตะภา และ ศาสตราจารย์ ปริญา จินดาประเสริฐ เป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยเหลือ สนับสนุนและให้กำลังใจ เป็นเวลาหลายปี ขอขอบพระคุณอาจารย์อย่างสูงสุด

ขอขอบพระคุณ อาจารย์คลินิกวิจัยและคลินิกภาษา รุ่นพี่และรุ่นน้องคณะวิศวกรรมศาสตร์ โยธา สำนักทะเบียนและประมวลผลที่ให้ความช่วยเหลือในหลายๆครั้ง

ขอขอบพระคุณ ครอบครัว และเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจกำลังใจ เป็นที่ปรึกษา สนับสนุน ช่วยเหลือ ในทุกๆเรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ลัดดาวัลย์ ลากจรัสแสงโรจน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	7
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	9
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	10
1.4.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลเชิงทุติยภูมิ, เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (เฉพาะเจาะจง) และ การสังเกตแบบมีส่วนร่วมภาคสนาม.....	10
1.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นำมาวิเคราะห์ออกแบบ สัดส่วนผสมคอนกรีตที่มีวัสดุปอซโซลาน (เถ้าลอย และ ซิลิกาฟุม) และรวบรวม ผลทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ.....	10
1.4.3 พิจารณาผลทดสอบต่างๆที่ได้จากการออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต เพื่อนำมาคำนวณค่าการก่อสร้างให้เหมาะสมต่อการลงทุน.....	11
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย.....	11
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย.....	12
2.1 การออกแบบสอบถามและการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัมภาษณ์ (Questionnaire).....	12
2.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัมภาษณ์ (Interview).....	13
2.2 ธุรกิจปศุสัตว์ (สุกร) และ โรงเรือนเลี้ยงสุกร	14
2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อราคาสุกร.....	14
2.2.2 คอนกรีตสำหรับการก่อสร้างภาคธุรกิจปศุสัตว์ (ฟาร์มสุกร).....	15
2.2 การทดสอบ.....	16
2.2.1 คอนกรีต (Concrete).....	16
2.2.2 ปูนซีเมนต์ (Cement)	16
2.2.3 การใช้เถ้าลอยในคอนกรีต (Fly ash)	17
2.2.4 การใช้ซิลิกาฟุมในคอนกรีต (Silica fume)	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 กรดอินทรีย์จากอาหารสัตว์ (Organic acids)	19
2.2.6 วิธีการคัดเลือกส่วนผสมคอนกรีตเพื่อใช้ก่อสร้างพื้นโรงเรือนสุกร	20
2.2.6.1 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (t-test)	20
2.2.6.2 การวิเคราะห์ค่า T-test ด้วย Excel.....	21
2.2.6.3 ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติแบบ t.....	21
2.2.6.4 ระดับความมีนัยสำคัญ (Level of Significant : α).....	21
2.2.7 การทดลองก่อสร้างพื้นคอนกรีต สำหรับโรงเรือนสุกรจังหวัดชลบุรี...	22
2.3 การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา	18
2.3.1 วัสดุผสมเพิ่ม.....	18
2.3.2.1 เถ้าลอย.....	19
2.3.2.2 ซิลิกาฟุ้ง.....	19
2.3.2.3 การผสมเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟุ้ง.....	20
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 การวิจัยแบบสำรวจ (Survey Research).....	23
3.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ และ ข้อมูลทุติยภูมิ.....	23
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	24
3.2.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือในการสัมภาษณ์.....	24
3.2.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview).....	24
3.2.5 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล.....	25
3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	25
3.2 การสำรวจฟาร์มสุกรในประเทศไทย.....	25
3.3 วัสดุสำหรับการวิจัย.....	25
3.3.1 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก.....	26
3.3.2 เถ้าลอย (Fly Ash).....	26
3.3.3 ซิลิกาฟุ้ง (Silica Fume)	27
3.3.4 น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทลดน้ำและหน่วงการก่อตัว.....	28
3.3.5 ซีเมนต์ขัดพื้น (Sikafloor® -3 QuartzTop).....	28
3.3.6 การวิเคราะห์หาส่วนขนาดละเอียดของมวลรวมด้วยตะแกรง.....	29
3.4 ค่าโครงการของการทดลอง.....	30
3.5 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบ.....	31
3.6 วิธีการทดลอง.....	31
3.6.1 การก่อตัวของคอนกรีต (Setting Time of Concrete).....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การทดสอบเพื่อหาค่าการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage).....	32
3.6.3 กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength).....	33
3.6.4 พื้นคอนกรีตจำลอง (Mock up).....	33
3.6.5 การทดสอบความต้านทานต่อการขีดสี.....	34
3.6.6 การทดสอบความต้านทานกรด (Acid resistance).....	36
3.7 การตัดสินใจเลือกสัดส่วนผสมคอนกรีตเพื่อใช้ในการก่อสร้าง.....	38
3.7.1 วิธีการคัดเลือกสัดส่วนผสมคอนกรีตเพื่อใช้ก่อสร้างพื้นโรงเรือนสุกร.	38
3.7.1.1 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (t-test)	38
3.7.1.2 การวิเคราะห์ค่า T-test ด้วย Excel.....	39
3.7.1.3 ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติแบบ t.....	39
3.7.1.4 ระดับความมีนัยสำคัญ (Level of Significant : α).....	39
3.7.2 วิธีการทดลองก่อสร้างพื้นคอนกรีตสำหรับโรงเรือนสุกรจังหวัดชลบุรี	41
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลและอภิปรายผลทดสอบ.....	43
4.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ ผู้จัดการฟาร์ม และ	43
สัตว์บาล.....	43
4.1.1 โปรแกรมอาหาร.....	43
4.1.2 การจัดการขั้นพื้นฐาน.....	44
4.1.4 พื้นโรงเรือนสุกร และปัญหาที่เกิดขึ้น.....	45
4.1.5 การวิเคราะห์การสัมภาษณ์.....	46
4.2 ผลการวิเคราะห์ผลทดสอบห้องปฏิบัติการ.....	47
4.2.1 ระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์.....	47
4.2.2 การหดตัวแบบแห้งช่วงระยะยาว	48
4.2.3 กำลังรับแรงอัด.....	50
4.2.4 การต้านทานต่อการขีดสี.....	51
4.2.5 การต้านทานกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก.....	54
4.2.6 ค่าก่อสร้างและประสิทธิภาพของการออกแบบคอนกรีต non-CFH,	57
CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ	
CSF10FA20.....	
4.3 การประยุกต์ใช้งานพื้นคอกคอนกรีต และอภิปรายผลการทดลอง.....	59
4.3.1 การทดลองใช้สัดส่วนผสม CSF8FA22 เทียบกับ non-CFH ที่นิยมใช้	59
ในพื้นที่คอนกรีตโรงเรือนสุกรในประเทศ.....	
4.4 อภิปรายผลการทดลอง.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	66
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	66
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	69
เอกสารอ้างอิง.....	70
ภาคผนวก.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	97



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอยตามมาตรฐาน ASTM C618.....	4
3.1 คุณสมบัติทั่วไป และสัญลักษณ์ย่อของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ.....	28
3.2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์และวัสดุผสมเพิ่ม.....	29
3.3 ข้อกำหนดส่วนขนาดคละของมวลรวม.....	29
3.4 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบ.....	31
4.1 กำลังอัดของการออกแบบส่วนผสม non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ที่ 7, 14 และ 28 วัน.....	50
4.2 แสดงค่าความลึกของการสึกหรอสูงสุดของชิ้นงานทดสอบที่ไม่ผ่านการบ่มด้วยน้ำ 7 วัน และทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 วัน.....	52
4.3 แสดงค่าความลึกของการสึกหรอสูงสุดของชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการบ่มด้วยน้ำ 7 วัน และทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 วัน.....	53
4.4 ราคาก่อสร้างและประสิทธิภาพของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20	58

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ผิวหน้าพื้นคอนกรีตหลุดร่อน และแตกร้าวแตกเป็นหลุมลึก.....	2
3.1 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement)	26
3.2 แก้วลอยจากโรงไฟฟ้าบี แอล ซี พี เพาเวอร์ จำกัด.....	27
3.3 ซิลิกาฟูม (SF)	27
3.4 น้ำยาผสมคอนกรีต Daracem S21C ประเภทประเภทลดน้ำและหน่วงการก่อตัว ...	28
3.5 ซีเมนต์ขัดพื้น (Sikafloor® -3 QuartzTop)	28
3.6 ตะแกรงร่อน Sieve ASTM Standard	29
3.7 ค่าโครงของการทดลอง.....	30
3.8 อุปกรณ์ทดสอบหาระยะเวลาในการก่อตัวของคอนกรีต.....	32
3.9 ชุดแบบหล่อตัวอย่างทดสอบการหดรวมของคอนกรีต.....	33
3.10 ชุดทดสอบวัดการหดตัวแห้งของคอนกรีต.....	33
3.11 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด.....	34
3.12 จำลองพื้นเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม (100x100x7 ซม.)	34
3.13 ชุดเครื่องทดสอบการขัดสี.....	35
3.14 BCA Abrasion test machine.....	35
3.15 Marking out template และ Depth gauge.....	36
3.16 ตัวอย่างสำหรับทดสอบ จำลองการวิบัติ (0.2x0.2x10 ซม.)	37
3.17 ตัวอย่างสำหรับทดสอบผิวหน้าคอนกรีตสมบูรณ์.....	37
3.18 เครื่องทดสอบความทนการขัดสี มาตรฐาน ASTM C944.....	37
3.19 ประเภทของการทดสอบค่าที่.....	40
3.20 ตัวอย่างโรงเรือนสำหรับการทดลอง ขนาด 9.2 x 44 เมตร.....	41
3.21 จัดแผนงานก่อสร้างและตารางเวลาสำหรับจัดส่งคอนกรีต.....	42
3.22 ทำการเทคอนกรีตพร้อมปรับระดับคอนกรีตบริเวณที่จัดเตรียมไว้.....	42
4.1 เตรียมโรงเรือนและทำความสะอาดบริเวณพื้นคอก.....	44
4.2 ทำความสะอาดเยื่อกระดาษและองค์ประกอบต่างๆ.....	45
4.3 การสัมภาษณ์ระหว่างการเทคอนกรีตกับตัวแทนฟาร์ม อ. พันสนิม จ. ชลบุรี.....	45
4.4 การสัมภาษณ์ตัวแทนฟาร์มในเครือบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)....	46
4.5 กราฟแสดงระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและระยะเวลาก่อตัวสุดท้ายของการ ออกแบบส่วนผสม non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20.....	48

4.6 กราฟแสดงการหดตัวรวมในช่วงระยะยาวของของ non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20	49
4.7 กำลังอัดของการออกแบบส่วนผสม non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ในวันที่ 7, 14 และ 28 วัน (เส้นแนวตั้งแสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	51
4.8 ความลึกของการสึกหรอสูงสุดของการออกแบบส่วนผสมที่ไม่ผ่านการบ่มด้วยน้ำ, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ในวันที่ 28 (ข้อผิดพลาดแสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	53
4.9 ความลึกของการสึกหรอสูงสุดของการออกแบบส่วนผสมที่ผ่านการบ่มด้วยน้ำ 7 วัน, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ที่อายุ 28 วัน(ข้อผิดพลาดแสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	53
4.10 การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างไม่มีการตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงาน หลังจากสัมผัสกับกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก เป็นเวลา 90 วัน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)....	54
4.11 การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างมีการตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงาน หลังจากสัมผัสกับกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก เป็นเวลา 90 วัน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)....	56
4.12 การเตรียมพื้นที่ และปรับระดับพื้นดินของฟาร์ม.....	60
4.13 แบ่งกันพื้นที่ตามแบบมาตรฐานโรงเรียนสุกร.....	60
4.14 ก่อนการเทคอนกรีต ตรวจสอบทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต หาความชื้น เหลวของคอนกรีตภาคสนาม.....	60
4.15 เสริมลูกปูนก่อนที่จะวางตะแกรงเหล็ก Wire Mesh ทับ แล้วเทคอนกรีตลงไปให้ทั่วพื้นที่จนได้ในระดับที่ต้องการ.....	61
4.16 ทำการแต่งผิวหน้าให้เรียบร้อย ช่วงระหว่าง/หลังการเทคอนกรีตแล้วเสร็จ.....	61
4.17 ผิวคอนกรีตเริ่มแข็งตัว เข้าสู่ขั้นตอน บ่มพื้นถนนคอนกรีตด้วยจากฉีดน้ำให้ชุ่มเป็นเวลา 3-7 วัน.....	61
4.18 ปล่อยลูกสุกรเข้าพื้นที่ ใช้เวลาเลี้ยง 5 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 120 กิโลกรัม.....	62
4.19 ตรวจสอบพื้นที่ผิวคอนกรีตหลังใช้งาน 5 เดือน ระหว่างสัดส่วนผสมคอนกรีต CSF8FA22 เทียบกับ non-CFH.....	62

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

ธุรกิจฟาร์มสุกรไทยมีการเติบโต 6.8% และมูลค่าประมาณ 1.14 แสนล้านบาท ผลผลิตภัณฑ์ การบริโภคภายในประเทศมีสัดส่วนตลาดในประเทศอยู่ที่ 92.97% ส่วนส่งออกอยู่ที่ 7.07% ในปี 2563 ประเทศไทยส่งออกเนื้อสุกรและเนื้อสุกรแปรรูปร้อยละ 0.76 และสุกรมีชีวิตร้อยละ 6.31 อย่างไรก็ตามอนาคตคาดว่าแนวโน้มราคาสุกรภายในประเทศปรับตัวสูงขึ้น ปริมาณและมูลค่าการส่งออกสุกรมีชีวิตและผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรจะมีมูลค่าถึง 24,000 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปีก่อนถึง 3 เท่า ผลมาจากปัจจัยสนับสนุนอุปสงค์การบริโภคเนื้อสัตว์ที่ขยายตัวต่อเนื่องและการขยายตัวของตลาดส่งออกสุกรมีชีวิตไปยังตลาดส่งออกสำคัญ ได้แก่ กัมพูชา ลาว เวียดนาม และเมียนมาร์ เนื่องจากประเทศเหล่านี้มีการระบาดของโรคอหิวาต์แอฟริกาในสุกร (African Swine Fever: ASF) ทำให้มีความต้องการสุกรมีชีวิตจากไทยไปทดแทน ทั้งนี้จากการพยากรณ์ปี 2564-2565 ธุรกิจฟาร์มสุกรจะมีแนวโน้มเติบโตอย่างน้อยร้อยละ 0.6-1.1 ทั้งนี้การชะลอตัวของแนวโน้มเศรษฐกิจ ผู้บริโภคเลือกซื้อแหล่งโปรตีนอื่นที่ราคาถูกกว่าเนื้อสุกร และความเข้มงวดในการนำเข้าสุกรของประเทศคู่ค้าจะเป็นอุปสรรคต่อธุรกิจในระยะต่อไปได้ [1]

การเลี้ยงปศุสัตว์ (สุกร) เป็นหนึ่งในกิจกรรมทางการเกษตรหลักซึ่งส่วนใหญ่อยู่ภาคกลางของประเทศไทย เช่น นครปฐม ราชบุรี และฉะเชิงเทรา ฟาร์มปศุสัตว์และสัตว์ปีกแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ฟาร์มเชิงพาณิชย์ (ผู้ประกอบการรายใหญ่) และฟาร์มที่ไม่ใช่เชิงพาณิชย์ (ฟาร์มเลี้ยงเพื่อการอยู่อาศัย) ผลการสำรวจฟาร์มสุกรในประเทศไทยในช่วงปี 2553 จนถึงปัจจุบัน ธุรกิจสุกรยังคงเติบโต รวมทั้งปริมาณความต้องการ และการผลิตที่คาดว่าจะขยายตัวจากแรงจูงใจด้านราคา ส่งให้เกษตรกรให้ความสนใจเลี้ยงสุกรมากขึ้นทุกปี [2] ไม่เพียงแต่ทำให้จำนวนสุกรเพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่ยังรวมถึงเกณฑ์ของข้อกำหนดน้ำหนักฆ่าของสุกรด้วย ในปี 2553 น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 80-90 กิโลกรัม แต่ในปี 2559 เป็นต้นมาน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่า 100 กิโลกรัม ส่งผลต่อด้านต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักสุกรเพิ่มขึ้น สุกรจะถูกคัดแยกตามอายุ ช่วงอายุ 4-9 สัปดาห์ ไปจนถึงประมาณ 23-24 สัปดาห์ เพื่อความสะดวกในการเลือกคุณค่าอาหารในช่วงอายุต่างๆ สุกรอนุบาล และ สุกรขุน นิยมให้อาหารที่มีคุณค่าทางพลังงาน โปรตีน กรดอะมิโน ที่สำคัญ รวมถึงวิตามิน แร่ธาตุครบตามความต้องการของสุกร เช่น รำข้าว, ปลายข้าวและข้าวโพดเป็นอาหารสุกรทั่วไป เพื่อขุนสุกรมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น นิยมให้ครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้ง ประมาณวันละ 5 –6 ครั้ง/วัน อาหารสัตว์ส่วนใหญ่จะมีกรดแลคติกเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ และของเสียจากสัตว์มีกรดซัลฟิวริก [3]

พื้นที่คอกของโรงเรือนสุกรในประเทศไทยสำหรับสุกรระยะรุ่น-ขุนทั่วไปมากกว่า 80% เป็นพื้นคอนกรีต ความหนามาตรฐานของพื้นคอนกรีตโรงเรือนสุกรในประเทศไทยคือ 7 ซม. พื้นลักษณะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอียงไปทางด้านหลังเพื่อความสะดวกในการทำความสะดวกได้อย่างสะดวก และ โรงเลี้ยงถ่ายเทอากาศที่ดี ปัจจุบันประเทศไทยการก่อสร้างพื้นคอกโรงเรือนสุกรมีหลายแบบ เช่น การเทคอนกรีตทั่วไป และการเทพื้นคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (Floor hardener, CFH) เป็นวัสดุที่ช่วยในการเพิ่มความแข็งแรงให้กับพื้นคอนกรีต [4] ต่อมาพื้นคอกโรงเรือนสุกรพบปัญหาผิวหน้าพื้นคอนกรีตหลุดร่อน กะเทาะล่อน หรือแตกร้าวแตกเป็นหลุมลึก แสดงดังรูปที่ 1.1 มาจากสาเหตุที่แตกต่างกัน ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผิวหน้าคอนกรีตไม่แข็งแรง เกิดขึ้นได้ในระดับพื้นผิวต้น และ ระดับผิวลึก (ความหนาของผิวคอนกรีตจะลดลง) อย่างไรก็ตามสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้สุกรได้รับบาดเจ็บและติดเชื้อ การซ่อมแซม ปรับปรุง หรือก่อสร้างพื้นคอกโรงเรือนสุกรแต่ละครั้งอาจใช้เวลานาน 1-2 เดือน และส่งผลกระทบต่อสภาพคล่องทางการเงินของผู้ประกอบการฟาร์ม หรือเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรรายย่อย



รูปที่ 1.1 ผิวหน้าพื้นคอนกรีตหลุดร่อน และแตกร้าวแตกเป็นหลุมลึก

การลดการเกิดปัญหาคอนกรีตหลุดร่อน กะเทาะล่อน หรือแตกร้าวเป็นหลุม มีหลายวิธี เช่น วัสดุเคลือบผิวแกร่ง หรือทรายซิลิกา (ทรายสำหรับงานอุตสาหกรรม) เป็นแร่ควอทซ์ทนต่อการเสียดสีและสึกกร่อนของผิวคอนกรีต หรือควบคุมตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบส่วนผสม เช่น ใส่สารผสมเพิ่มที่มีความละเอียดสูง ชนิดที่มีปริมาณ SiO_2 มาก ค่าการซึมน้ำผ่านที่ต่ำ [5] หรือ การออกแบบคอนกรีตให้มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำ ปัญหาดังกล่าวนี้อาจสามารถลดลงได้ ทั้งนี้ปัจจุบันประเทศไทยสามารถใช้วัสดุพอซโซลานที่มีซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น เถ้าลอย (Fly Ash (FA)), ซิลิกาฟุ้ง (Silica fume, (SF)) วัสดุพอซโซลานที่มีความละเอียด หรือความชื้นที่เพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุดมภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน [6] ผลที่ได้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพลดอัตราการซึมน้ำผ่านคอนกรีต ลดการหดตัว และกำลังอัดของคอนกรีตทั้งระยะสั้นและระยะยาว สามารถใส่ลงไปในขณะที่ทำการผสมเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือซีเมนต์เพสต์ (Paste) และวัสดุผสมเพิ่ม (Aggregates) ซีเมนต์เพสต์ที่ได้แก่ ปูนซีเมนต์น้ำและอากาศ วัสดุผสมได้แก่ หิน ทราย หรือ กรวด เมื่อผสมกันจะอยู่ในสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะนำไปเทในแบบหล่อมีรูปร่างตามต้องการ หลังจากแปรสภาพเป็นของแข็งมีความแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักได้มาก ขึ้นอยู่ตาอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น [7] ปูนซีเมนต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนต่างๆ จนรวมตัวกันพอที มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ แคลเซียมและอลูมิเนียมซิลิเกต ปูนซีเมนต์ที่กล่าวนี้หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ที่ผสมกับน้ำตามส่วนแล้วสามารถก่อตัวแข็งตัวในน้ำได้เนื่องจากปฏิกิริยาบางส่วนประกอบของปูนซีเมนต์นั้นมีปฏิกิริยาไฮเดรชันและปฏิกิริยาไฮเดรชันนี้จะเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตในสภาพที่แข็งตัวแล้ว แสดงในสมการที่ 2-1 ถึง 2-4



การใช้เถ้าลอยในคอนกรีต (Fly ash) องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยหลักๆ ประกอบด้วย ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) และเฟอร์รัสออกไซด์ (Fe_2O_3) มาตรฐาน ASTM C618 ได้แบ่งเถ้าลอยออกเป็น 2 ชนิดคือ Class C และ Class F โดยปกติ Class C จะเป็นผลจากการเผาถ่านหินชนิด ซับบิทูมินัส (Subbituminous) และลิกไนต์ (Lignite) ส่วน Class F นั้นได้จากการเผาถ่านหินชนิดแอนทราไซต์ (Anthracite) และบิทูมินัส (Bituminous) เถ้าลอยทั้ง 2 ชนิดต่างก็มีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลาน องค์ประกอบทางเคมีจะต่างกัน ปริมาณสารประกอบหลักคือ SiO_2 , Al_2O_3 และ Fe_2O_3 รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 (Class F) และ 50 (Class C) ตามลำดับ [7] ตามตารางที่ 2.1 เถ้าลอยสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นผลผลิตที่ได้จากไฮเดรชันและก่อได้สารเชื่อมประสาน [8] ช่วยเพิ่มคุณสมบัติให้คอนกรีต เช่น ลดความร้อนจากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน, เพิ่มอัตราการไหล, ช่วยลดการหดตัว รวมถึงเป็นการประหยัดพลังงาน และลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตปูนซีเมนต์ อย่างไรก็ตามความคงทนของคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับอัตราน้ำต่อซีเมนต์ (W/C ratio) และความสามารถในการซึมผ่านลดลงหรือที่บ่งชี้มากขึ้นของคอนกรีต (Permeability of Concrete) ตัวแปรที่มีความสำคัญที่สุดต่อความคงทนเช่นกัน [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอยตามมาตรฐาน ASTM C618

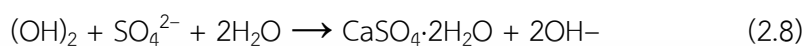
รายละเอียด	ชนิดเถ้าลอย	
	Class F	Class C
คุณสมบัติทางเคมี		
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	75	50
SO ₃ ไม่เกินร้อยละ	5	5
ความชื้น ไม่เกินร้อยละ	3	3
การสูญเสียเนื่องจากการเผา ไม่เกินร้อยละ	6	6
คุณสมบัติทางกายภาพ		
น้ำหนักที่ค้างตะแกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ	34	34

ปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าลอยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เมื่อรวมตัวกับน้ำ จะเกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชัน เป็นปฏิกิริยาแรกในมอร์ต้าหรือคอนกรีตโดยมีสารตั้งต้นคือ CaO, SiO₂ และ H₂O ผลที่ทำให้เกิดซีเมนต์เจล (Cement gel) ซึ่งเป็นสารประกอบสองชนิดคือ คัลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) มีปริมาณร้อยละ 50-90 และคัลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaOH₂) มีปริมาณร้อยละ 20-25 โดยปริมาตร คัลเซียมซิลิเกตไฮเดรตจะทำหน้าที่เชื่อมประสานส่วนผสมของคอนกรีตให้จับตัวกัน แต่สำหรับสารคัลเซียมไฮดรอกไซด์จะไม่ก่อประโยชน์ใดๆเลย คัลเซียมไฮดรอกไซด์นี้ จะทำปฏิกิริยากับซิลิกาและอลูมินาจากเถ้าลอยได้เป็น คัลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (CAH) และคัลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) ปฏิกิริยาทั้งสองจะเกิดขึ้นตลอดเวลาหากปูนซีเมนต์มีสารปอซโซลานหรือเถ้าลอยผสมอยู่ซึ่งทั้ง CSH และ CAH จะช่วยเพิ่มกำลังอัดให้คอนกรีต และจะช่วยลดช่องว่างระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ ทำให้อัตราการซึมผ่านของน้ำผ่านคอนกรีตลดลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีครั้งที่สองจะขึ้นอยู่กับรูปร่าง ความละเอียด ความพรุน และความถ่วงจำเพาะของอนุภาคเถ้าลอยตามสมการที่ 2.5 ถึง 2.7 [8,10]



การใช้ซิลิกาฟุ้งในคอนกรีต (Silica fume) เป็นวัสดุผสมเพิ่มชนิดหนึ่งซึ่งเป็นผลพลอยได้ของโรงงานผลิต Silicon Metal และ Ferrosilicon Alloy เป็นขบวนการ Reduction จาก Quartz ที่บริสุทธิ์ไปเป็น Silicon โดยวิธี Electric Arc ที่อุณหภูมิสูงถึง 2000 C ทำให้เกิดไอ (Fume) ของ SiO₂ ซึ่งต่อมาจะออกซิไดซ์ (Oxidize) และกลั่นตัว (Condense) ที่อุณหภูมิต่ำๆ ได้เป็นอนุภาคขนาดเล็กหลายๆของซิลิกาที่ไม่เป็นผลึก (Glassy Phase) และถูกดักจับ เพื่อบรรจุใส่ถุงไว้โดยทั่วไปซิลิกาฟุ้งจะมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 0.1 mm และมีพื้นที่ผิวประมาณ 20 ถึง 25 ม²/ก (โดยวิธี Nitrogen) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absorption) ขนาดของซิลิกาฟุ้ง (0.1 mm) เป็นขนาดที่เล็กมากๆ ความถ่วงจำเพาะของซิลิกาฟุ้งมีค่าประมาณ 2.2 ความละเอียดทดสอบโดยวิธีของเบลนมีค่าประมาณ 150,000 ซม²/ก ขณะที่ของปูนซีเมนต์มีค่าเพียง 3,400 ซม²/ก กล่าวคือมีขนาดเล็กกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ถึงกว่า 100 เท่า [8,9] เนื่องจากมีขนาดที่เล็กมากจึงมีปัญหาในการขนย้ายดังนั้น จึงนิยมนำ ซิลิกาฟุ้งมาอัดรวมกันเพื่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกว่า “คอนกรีตซิลิกาฟุ้ง” อนุภาคของซิลิกาฟุ้งที่เล็กมากๆจึงมีพื้นที่ผิวสูงมากและอยู่ในรูปที่ไม่เป็นผลึกตามสมการที่ 2.8



ทำให้ซิลิกาฟุ้งเป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิกได้เร็วมากและเมื่อใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตทำให้ต้องใช้ปริมาณน้ำที่มากขึ้น จึงใช้สารลดน้ำหรือสารลดน้ำพิเศษเข้าช่วยเพื่อไม่ให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตน้ำสูงจนเกินไป อย่างไรก็ตามซิลิกาฟุ้งมีประโยชน์หลายด้าน อาทิเช่น ลดการเยิ้ม (Bleeding) และการแยกตัวของคอนกรีตสด, เพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว, เพิ่มความหนาแน่น ทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นมาก ส่งผลให้มีความทนทานสูง การซึมผ่านน้ำและอากาศเป็นไปได้ยาก [10,12] อีกทั้งสามารถเพิ่มความทนสารเคมีประเภทกรดอ่อนได้ [9] อย่างไรก็ตามปัญหาของการใช้ซิลิกาฟุ้งในงาน คอนกรีตคือส่วนผสมคอนกรีตต้องการปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ขนาดอนุภาคที่เล็กมากของซิลิกาฟุ้งทำให้มีพื้นที่ผิวมากจึงต้องการปริมาณน้ำในการหล่อลื่นพื้นที่ผิวของอนุภาคสูงขึ้น

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูล พบว่าพื้นคอกคอนกรีตสำหรับการก่อสร้างทางการเกษตรภาคธุรกิจปศุสัตว์ถูกทำลายจากสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน เช่น พฤติกรรมของสุกร และ กรดที่มีฤทธิ์รุนแรงจะเกิดขึ้นในอาหารสัตว์ หรืออาหารเสริมต่างๆ เนื่องจากในประเทศไทยนิยมให้อาหารเปียกในช่วง 2 สัปดาห์แรก จากนั้นเปลี่ยนเป็นอาหารอัดเม็ดสำเร็จรูป และกึ่งเหลวที่มีคุณค่าทางพลังงาน โปรตีน กรดอะมิโน ที่สำคัญรวมถึงวิตามิน กรดอินทรีย์สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของสัตว์ และแร่ธาตุครบตามความต้องการของสุกรในช่วงระยะรุ่นและขุน ซึ่งอาหารเม็ดจะผสมกับน้ำเล็กน้อย เพื่อสามารถดูดซึมไปใช้เสริมสร้างส่วนต่าง ๆ ของร่างกายง่ายขึ้น [29] แสดงให้เห็นว่าค่า pH ลดลงอย่างกะทันหันระหว่างให้อาหาร และหลังการผสม 2-3 วัน กรณีที่เศษอาหารกระจายไปทั่วบริเวณเครื่องให้อาหารเปียกและพื้นคอกสุกรคอนกรีต ทำให้เกิดจากกรดแลคติกกรดแลคติกประมาณ 31.5 มิลลิกรัม และกรดอะซิติก 3.9 มิลลิกรัม ซึ่งสอดคล้องกับ pH ระหว่าง 3.8 ถึง 4.5 ในอาหารผสมกับน้ำ [13] กรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids) ที่มีความรุนแรงทำให้ผิวเคลือบบริเวณผิวหนัง ได้แก่ NH⁴⁺, Mg²⁺, Cl⁻ และ SO₄²⁻ ดังนั้นกรดอะซิติก หรือกรดแลคติกจึงดูเหมือนเป็นสาเหตุของการโจมตีคอนกรีตอย่างรุนแรงบริเวณเครื่องให้อาหารเปียกและพื้นคอกสุกรคอนกรีต [14]

กรดแลคติก สามารถทำลายสารประกอบแคลเซียมที่มีอยู่ในคอนกรีต ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂), แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลมิเนตไฮเดรต (C-A-H) กรดทั้งสองตัวสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบประเภทแคลเซียม และได้ผลผลิตเป็นเกลือ

แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl₂) สามารถละลายน้ำได้ดี [9] เมื่อสารประกอบแคลเซียมถูกเปลี่ยนไปเป็น
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือจะทำให้บริเวณเครื่องให้อาหารเปียกและพื้นคอกสุกรคอนกรีตเกิดความเสียหายในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด ที่มี pH ต่ำกว่า 6.5 และเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงหาก pH ต่ำกว่า 4.5 [12-14] คอนกรีตสูญเสียความสามารถในการยึดเกาะระหว่างซีเมนต์เพสต์กับมวลรวม เกลือที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของคอนกรีตจะสามารถถูกชะล้างออกไปได้ง่าย ทำให้รูพรุนคอนกรีตจะลดลง คอนกรีตถูกทำลาย และมวลรวมจึงหลุดออกจากคอนกรีต [15]

กรดซัลฟิวริก เริ่มกระบวนการที่เรียกว่าการกัดกร่อนที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ได้สารประกอบหลักคือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, C-S-H) ซึ่งทำหน้าที่ให้กำลังแก่คอนกรีตส่วนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) จะทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติเป็นต่างอย่างมากโดยที่สารประกอบทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดซัลฟิวริกได้เป็นยิปซัมและซิลิกาเจล ตามสมการที่ 2.9 ถึง 2.10



โดยแบคทีเรียออกซิไดซ์ซัลเฟต (SOB) ไอออนไฮโดรเจน (H^+) และซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) สามารถซึมผ่านรูพรุนภายในของคอนกรีต โดยทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ยิปซัมจะทำปฏิกิริยากับ C_3A ก่อให้เกิด ettringite โดยธรรมชาติของ Ettringite มีความหนาแน่นต่ำกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ของปฏิกิริยาไฮเดรชัน ทำให้ Ettringite สามารถขยายตัว ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดการแตกร้าวของคอนกรีต รอยแตกช่วยให้จุลินทรีย์และสารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อนแพร่กระจายไปยังเนื้อคอนกรีตได้เร็วขึ้น pH ภายในคอนกรีตลดลงและเร่งการกัดกร่อนของเหล็ก [16] คอนกรีตวิบัติรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด และความเข้มข้นของกรด นอกจากนี้ยังพบว่าผลกระทบทางกลจากสัตว์หรือการทำความสะอาดของฟาร์มที่มีการระเหยแอมโมเนีย-ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส คอนกรีตเกิดการวิบัติหลุดร่อนจนสามารถเห็นมวลรวมหยาบ และ มวลรวมละเอียดของคอนกรีตบางส่วนได้ภายใน 2 ปีของการใช้งาน [17]

ทั้งนี้งานวิจัยที่ผสมวัสดุพอลิโพรพิลีนมากกว่า 1 ชนิด เพื่อเพิ่มความทนทานของพื้นคอกโรงเลี้ยงสุกรมีค่อนข้างน้อย และประดิษฐ์พื้นคอนกรีตจำลอง (Mock up) เพื่อทดสอบความต้านทานต่อการขัดสี และ การต้านทานการกัดกร่อนของกรด ที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจังในประเทศไทย และในต่างประเทศ ทั้งนี้งานวิจัยส่วนใหญ่ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ที่มีห้องควบคุมอุณหภูมิ 25°C ซึ่งไม่ครอบคลุมสภาพอากาศในประเทศไทย ทำให้ความเข้าใจไม่เพียงพอในการประยุกต์ใช้วัสดุผสมเพิ่มเหล่านี้ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประยุกต์ใช้วัสดุในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบก่อสร้างพื้นคอนกรีตสำหรับโรงเรือนสุกร เพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีเหมาะสมกับการใช้งาน และช่วยลดปัญหาพื้นคอกคอนกรีตหลุดร่อน กะเทาะล่อน หรือแตกร้าวแตกเป็นหลุมผิวหน้าคอนกรีต

การคัดเลือกวัสดุคอนกรีตที่นำมาก่อสร้างจริงเพื่อทดลองใช้จริงในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการคัดเลือกจากการวิเคราะห์ผลทดสอบด้วยวิธี t-test ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกันอย่างอิสระ เมื่อได้ผลข้อมูลทางสถิติที่มีสัดส่วนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมคอนกรีตที่เหมาะสมในด้านต่างๆแล้ว ทำการก่อสร้างพื้นคอนกรีตโรงเรือนสุกร พื้นที่จังหวัดชลบุรี จำนวน 2 โรงเรือน โดยเปรียบเทียบระหว่างพื้นคอนกรีตที่ใช้อยู่ปัจจุบัน และสัดส่วนผสมคอนกรีตที่ได้รับการคัดเลือก หลังเทคอนกรีตเสร็จทำการติดตั้งตั้งอุปกรณ์ให้อาหาร ทำความสะอาดฆ่าเชื้อภายใน และภายนอกโรงเรือน จากนั้นนำสุกรหมูขุนระยะแรกเข้าเลี้ยง เป็นเวลา 5-6 เดือน เมื่อครบกำหนดเวลาส่งขายสุกรเรียบร้อย ทางฟาร์มจะทำความสะอาดพื้นคอกคอนกรีตและโรงเรือนเพื่อทำการตรวจสอบพื้นหลังการใช้งาน จากนั้นผู้วิจัยทำการพร้อมเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพของประสิทธิภาพพื้นคอนกรีตก่อนและหลังการใช้งาน สอบถามความพึงพอใจของผู้ประกอบการฟาร์มด้านคุณภาพคอนกรีตอีกครั้ง

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปี 2558-2562 การส่งออกตลาดต่างประเทศเนื้อสุกรของประเทศคู่ค้าเพิ่มขึ้นในอัตรา 5.48% โดยในปี 2562 การส่งออกเนื้อสุกรมีปริมาณรวม 9.40 ล้านตัน เพิ่มขึ้น 11.32% จากปี 2561 ซึ่งมีปริมาณ 8.45 ล้านตัน เนื่องจากมีความต้องการบริโภคเนื้อสุกรเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ส่วนของราคาส่งออกเนื้อสุกรชำแหละสูงขึ้นในอัตรา 13.84% ต่อปี โดยในปี 2563 ราคาส่งออกเนื้อสุกรชำแหละเฉลี่ยกิโลกรัมละ 108.8 บาท สูงขึ้น 22.81% จากปี 2562 [1] ขณะเดียวกันปี 2563 การส่งออกสุกรของไทยมีปริมาณเพียง 7.07% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยเป็นสุกรมีชีวิต 6.31% ส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ กัมพูชา เมียนมาร์และลาว ส่วนการส่งออกเนื้อสุกรและเนื้อสุกรแปรรูปเพียง 0.76% ส่งออกไปยังฮ่องกง ลาว เมียนมาร์กัมพูชาเป็นหลัก

ตลาดในประเทศไทย การผลิตสุกรขุนของไทย ในปี 2558-2562 เพิ่มขึ้นในอัตรา 0.7% ต่อปี ซึ่งสุกรที่ผลิตได้ใช้บริโภคภายในประเทศเป็นหลักประมาณร้อยละ 97 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ทั้งนี้ราคาสุกรมีชีวิตที่เกษตรกรขายได้ปี 2558 - 2562 ลดลงในอัตรา 1.74% ต่อปี อย่างไรก็ตามราคาสุกรมีชีวิตในปี 2563 ปรับสูงขึ้นจากปีก่อนหน้า 4.95% อยู่ที่เฉลี่ยกิโลกรัมละ 73 บาท/กิโลกรัม โดยมีเหตุผล 2 ปัจจัย ได้แก่ประเทศเพื่อนบ้านมีความต้องการสุกรที่มีชีวิตสูง ส่งผลให้มีการส่งออกได้อย่างต่อเนื่องหลังจากคลายล็อกดาวน์โรคระบาดโควิด-19 สุกรในฟาร์มโตไม่ทัน ส่งผลให้สุกรเริ่มขาดตลาด เนื่องจากเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์ ทำฟาร์มสุกรลดลงจากการขาดทุนสะสมต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงปี 2561 ส่งผลให้เกษตรกรลดปริมาณการเลี้ยงลงจนกระทั่งช่วงวิกฤตโควิด-19 ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยนี้ทำให้ราคาในประเทศปรับตัวสูงขึ้นตามไปด้วย ราคาสุกรขายปลีกเนื้อแดงเฉลี่ยในปี 2563 เฉลี่ยกิโลกรัมละ 145.0 บาท/กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปีก่อน 5.5% แต่ราคาสุกรมีชีวิตถูกจำกัดไว้ที่ไม่เกิน 80 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ราคาส่งออกสุกรมีชีวิตปรับสูงขึ้นตามความต้องการจากประเทศเพื่อนบ้านสูง เป็นผลให้ราคาในประเทศปรับตัวสูงขึ้น [1] อย่างไรก็ตามความต้องการบริโภคเนื้อสุกรของไทย

ผลกระทบจากฟาร์มสุกรลดลงที่ลดลง อันเนื่องมาจากการขาดทุนสะสม เกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ ราคาขายสุกร, ราคาอาหารของสุกร, ปรับเพิ่มน้ำหนักส่งออกตลาด, ยารักษาโรค และ การซ่อมแซมก่อสร้างโรงเรือน จากการสำรวจและสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ/เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือนสุกร, การทำความสะอาดและการซ่อมแซมก่อสร้างโรงเรือน พบว่าการก่อสร้างและซ่อมบำรุงพื้นคอกโรงเรือนสุกรระยะรุ่น-ขุนเป็นค่าใช้จ่ายที่ผู้ประกอบการสามารถควบคุมได้ การยืดอายุการใช้งานซ่อมบำรุงพื้นคอกคอนกรีตเป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการให้ความสนใจ เพราะสามารถเลี้ยงสุกรได้ต่อเนื่องและส่งขายได้รวดเร็ว เนื่องจากผู้ประกอบการประสบปัญหาพื้นคอกคอนกรีตที่ใช้งานช่วงระยะเวลาหนึ่ง เกิดลักษณะพื้นคอนกรีตเป็นรูพรุน หรือผิวคอนกรีตแตกกระเทาะ หลุดร่อน 6-12 มิลลิเมตร [14] หากปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน บริเวณจุดวิบัติสามารถขยายกว้าง อาจจะไปส่งผลกระทบต่อสุขภาพและอนามัยของสุกร ด้วยเหตุเช่นนี้ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรต้องวางแผนเพื่อทำการปรับปรุงพื้นคอกโรงเรือนสุกรและทำการฆ่าเชื้อ ซึ่งบางครั้งปัญหาพื้นคอกคอนกรีตสุกรเกิดปัญหาเร็วกว่าที่คาดการณ์ไว้ การก่อสร้างหรือปรับปรุงพื้นที่คอกสุกรใช้งบประมาณการซ่อมแซม หรือราคาค่าก่อสร้างสูงขึ้นทุกปี [4] สาเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น การก่อสร้างพบปัญหาการเติมน้ำที่หน้างาน เพื่อเพิ่มค่ายุบตัวของคอนกรีตให้สามารถทำงานได้สะดวกขึ้น ทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่นรวมต่ำ ความแข็งแรงต่ำและความสามารถในการซึมผ่านสูงขึ้น ส่งผลให้การออกแบบสัดส่วนคอนกรีตไม่เป็นไปตามที่ออกแบบและความหนาแน่นต่ำลง [10], กรดอินทรีย์จากอาหารสัตว์ เนื่องจากอาหารสุกรเหลวหรือกึ่งเหลวจะมีสัดส่วนผสมของแบคทีเรียกรดแลคติกที่เสริมสุขภาพทางเดินอาหารของสุกร กรดแลคติกจากอาหารสัตว์สามารถละลายน้ำ และเป็นตัวทำละลายได้ดี เมื่อสัมผัสกับคอนกรีตและเคลือบบนผิวคอนกรีต จะทำปฏิกิริยากับคอนกรีต เปลี่ยนแปลงค่า pH ของคอนกรีตจาก 12.5 ลดลงต่ำกว่า 7 พื้นคอนกรีตบริเวณดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นคราบสีขาวเริ่มเกิดขึ้นก่อน จากนั้นซีเมนต์เพสต์จะค่อยๆ อ่อนตัวลง อันเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างกรดและสารประกอบแคลเซียมเช่นแคลเซียมโมโนไฮดรอกไซด์ (CAH) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) และแคลเซียมซิลิเกตไฮดรต (CSH) เพื่อสร้างเอทริงไนต์ส่งผลให้เกิดการขยายตัวภายในคอนกรีต จนทำให้คอนกรีตแตกร้าว และหลุดร่อน รวมไปถึงพฤติกรรมของสุกรที่ช่วยเร่งการวิบัติคอนกรีตที่ผิวหน้า [3,9] เมื่อปิดใช้งานพบว่าพื้นคอกโรงเรือนสุกรได้รับความเสียหายเริ่มต้นเริ่มจากร่องเล็ก ๆ บนพื้นผิว จากนั้นเริ่มหลุดร่อน เป็นฝุ่น จนสามารถสังเกตเห็นมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบอย่างชัดเจน

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ปูนซีเมนต์เมื่อเกิดปฏิกิริยากับน้ำแล้วเกิดการเซ็ทตัว มักจะเกิดรูพรุนในเนื้อคอนกรีต การใช้วัสดุปอซโซลาน ที่มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยซิลิกา (Silica, SiO_2) ในปริมาณที่สูง ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic reaction) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium hydroxide, $\text{Ca}(\text{OH})_2$) ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration reaction) ระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำก่อให้เกิดสารเชื่อมประสาน แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium silicate hydrate, C-S-H) สามารถเข้าไปแทรกซึมในช่องว่างระหว่างอนุภาคของซีเมนต์ ส่งผลให้รูพรุนในคอนกรีตก็ลดลงไปด้วย สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้คอนกรีต และ เพิ่มความสามารถในการซึมผ่านน้ำได้ดี [11,12] ในประเทศไทยวัสดุปอซโซลานบางประเภทราคาสูง หากสามารถใช้ถ่้าลอยซึ่งเป็นวัสดุในประเทศไทยที่มีราคาถูกในปริมาณที่เหมาะสม ร่วมกับวัสดุปอซโซลานชนิดอื่นๆ เพียงบางส่วนสามารถช่วยให้ประหยัดการใช้สารผสมเพิ่มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการสอบถามที่เกิดขึ้นภายในฟาร์มสุกร รวมไปถึงปัญหาพื้นคอนกรีต โรงเรือนสุกรเสียหายลักษณะต่างๆ เช่น หลุดร่อน แตกกระเทาะ กับผู้ที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น เกษตรผู้เลี้ยงสุกร สัตวบาล และผู้จัดการฟาร์ม เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาสาเหตุ และความเป็นไปได้ของปัญหาดังกล่าว นำมาออกแบบสัดส่วนผสมพื้นคอนกรีตโรงเรือนสุกรและแก้ไขปัญหาย่างถูกต้องเหมาะสม จากนั้นวิเคราะห์สาเหตุและเลือกใช้วัสดุปอซโซลาน คือเถ้าลอย (FA) และซิลิกาฟูม (SF) ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอย 15% 30% 45% (CFA15, CFA30, CFA45) และคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟูม (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) เทียบพื้นคอกคอนกรีตที่นิยมในประเทศไทยได้แก่ คอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) เพื่อทดสอบความสามารถในการรับกำลังแรงอัด จากนั้นประดิษฐ์พื้นคอนกรีตจำลองขนาด 100x100x7 ซม. 1 แผ่นต่อการออกแบบ 1 สัดส่วนผสม เพื่อทำการทดสอบและวิเคราะห์ความต้านทานต่อการขีดสี และการต้านทานการกัดกร่อนของกรด จากนั้นผู้วิจัยใช้วิธีสถิติ t-test โดยมีเงื่อนไขว่าข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ลักษณะเป็นตัวอย่างที่อิสระกัน (Independent Samples) เพื่อนำค่าการทดสอบต่างๆ ของแต่ละสัดส่วนผสมทั้งหมดเปรียบเทียบกับสัดส่วนผสมคอนกรีตตั้งต้นและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม จากนั้นคำนวณราคาวัสดุเพื่อใช้ในการประเมินการก่อสร้างพื้นคอกโรงเลี้ยงสุกรแต่ละสัดส่วนคอนกรีต และนำสัดส่วนผสมที่ออกแบบที่มีค่าการทดสอบและราคาก่อสร้างที่เหมาะสมที่สุดจากการทดสอบทางสถิติไปใช้ก่อสร้างพื้นคอกโรงเลี้ยงสุกรในสถานที่จริง จ. ชลบุรี และทำการใช้งานจริงเป็นเวลา 5-6 เดือน

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

จากการอภิปรายข้างต้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยจะมุ่งเน้นดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลกระทบและแนวทางการแก้ไขปัญหาพื้นคอนกรีตของธุรกิจภาคปศุสัตว์ (สุกร)
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนผสมคอนกรีต และเปรียบเทียบคุณสมบัติความทนทานคอนกรีต ด้านการรับแรงอัด ความต้านทานต่อการขีดสี และความต้านทานต่อกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก รวมไปถึงการประเมินราคาวัสดุของแต่ละสัดส่วนผสมสำหรับการลงทุนก่อสร้างของพื้นคอกโรงเลี้ยงสุกรที่มีความคุ้มค่าในประเทศไทย
3. เพื่อสำรวจความพึงพอใจจากผู้ประกอบการฟาร์มสุกรหลังการใช้งานที่พื้นที่ทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1.4.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลภาพรวมของธุรกิจฟาร์มสุกรของประเทศไทย, เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (เฉพาะเจาะจง) และ การสังเกตแบบมีส่วนร่วมภาคสนาม ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่าง, พื้นที่วิจัย, ข้อมูลที่ศึกษา และการสร้างปฏิสัมพันธ์และทำกิจกรรมร่วมกับกลุ่มตัวอย่าง

- (1) กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร ผู้ประกอบการ/เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร, ผู้จัดการฟาร์ม และสัตวบาล
- (2) พื้นที่วิจัยและเก็บข้อมูลคือ พื้นที่จังหวัดกรุงเทพฯ, ชลบุรี และ ราชบุรี
- (3) ข้อมูลที่ศึกษา ประกอบด้วย การดูแลทำความสะอาดโรงเรือนสุกร, อาหารสุกรแต่ละช่วงอายุ, ปัญหาพื้นคอนกรีตที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือน และความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสุกร เป็นต้น

ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือโดยใช้ การวิจัยประยุกต์ เพื่อมาปรับใช้วางแผนพัฒนาและปรับปรุงองค์กรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพนี้จะอาศัยคุณลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงคุณภาพตามแนวคิดของ M. Patton (1990) บางส่วนมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่มีคุณภาพตรงกับวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยมากที่สุด ครอบคลุมหลักการในการบริหารจัดการองค์กรได้อย่างครบถ้วน โดยแบ่งการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ข้อมูลด้านทฤษฎี ขั้นตอนที่ 2 ด้านข้อมูลจากบุคคล โดยทา การศึกษาการจัดการและกลยุทธ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจัดการต้นทุน ขั้นตอนที่ 3 การสัมภาษณ์แบบรายบุคคล (Interview) โดยผู้วิจัยจะให้เทคนิคการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกที่เป็นลักษณะของการสื่อสารแบบสองทางระหว่างผู้วิจัยกับผู้ให้ข้อมูล [13,14]

1.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นำมาวิเคราะห์ออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีตที่มีวัสดุปอซโซลาน (เถ้าลอย และ ซิลิกาฟุ้ง) และรวบรวมผลทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ โดยใช้วัสดุดิบได้แก่ ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement, (C)) ชนิดใช้งานทั่วไป ตามมาตรฐาน ASTM C1157 TYPE GU, ซิลิกาฟุ้ง (Silica fume, (SF)) มาตรฐาน ASTM C124, เถ้าลอย (Fly Ash, (FA)) ตามมาตรฐาน ASTM C618 class C, สารลดน้ำประเภท Superplasticiser ASTM C494 Type-F, หิน 3/8” (20mm) และ ทราหยาบ ขนาดละเอียดตามมาตรฐาน ASTM C33 และ น้ำประปา จากนั้นนำเสนอข้อมูลด้วยผลทดสอบต่างๆดังนี้

- (1) ระยะเวลาการก่อตัว (Setting Time)
- (2) การหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage)
- (3) กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength)
- (4) ความต้านทานต่อการขัดสี (Abrasion Resistance)
- (5) ความต้านทานต่อกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก (Lactic and Sulfuric Acid Resistance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 พิจารณาผลทดสอบต่างๆที่ได้จากการออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต เพื่อนำมาคำนวณค่าการก่อสร้างให้เหมาะสมต่อการลงทุน โดยการใช้ t-test แบบ Independent วิธีการนี้ใช้ในกรณีข้อมูลมีจำนวนน้อย ($n < 30$) ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกันผู้ที่ค้นพบการแจกแจงของ t มีชื่อว่า W.S.Gosset เขียนผลงานชิ้นนี้ออกเผยแพร่โดยใช้นามปากกาว่า “student” ให้ความรู้ใหม่ว่า ถ้าข้อมูลมีจำนวนน้อย การแจกแจงจะไม่เป็นโค้งปกติตามทฤษฎี [15] ผู้วิจัยนำผลการทดสอบสัดส่วนผสมคอนกรีตที่มีผลทดสอบกำลังอัด, ผลทดสอบการขัดสีและผลทดสอบความต้านทานต่อการรูดสูงสุดภายใต้สภาวะพื้นคอนกรีตวิบัติที่เหมาะสม สถิติตัวนี้ใช้มากทั้งในการวิจัยเชิงเปรียบเทียบและการวิจัยเชิงทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างพื้นคอกคอนกรีตที่นิยมนำมาใช้โดยทั่วไปในฟาร์มสุกรขนาดเล็กและระดับอุตสาหกรรมในประเทศไทย เพื่อนำมาก่อสร้างโรงเรือนจริงและเก็บข้อมูลความพึงพอใจหลังการใช้งานจากสัดส่วนผสมพื้นคอนกรีตที่เลือก

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัย

1. การใช้ปริมาณวัสดุป่อซีเมนต์ประเภทเถ้าลอยและซิลิกาฟูมที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นของพื้นคอกโรงเรือนสุกร
2. ผลิตภัณฑ์พื้นคอนกรีตสำหรับภาคธุรกิจการปศุสัตว์ ประเภทสุกร และอุตสาหกรรมอาหาร ที่สามารถความต้านทานต่อการขัดสี และความต้านทานต่อการรูดแลคติกและกรดซัลฟิวริกคอนกรีต
3. ผลการวิจัยสามารถเป็นประโยชน์สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตที่เสี่ยงต่อการก่อร่อนของกรดหรือพื้นที่ที่มีสภาพดินเปรี้ยวในประเทศไทย อาทิเช่น นครนายก ฉะเชิงเทรา เป็นต้น

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

บทนี้นำเสนอการทบทวนวรรณกรรม เอกสารงานวิจัยที่ผ่านมา การวางแผนการวิจัยและวิธีการทดสอบของโครงการ โดยมีการออกแบบการวิจัยและรายละเอียดแนวทาง คำอธิบายจะรวมวิธีการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไว้ในข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิคือตอบคำถาม และรวมถึงการทดสอบในห้องปฏิบัติการ การตรวจสอบจากความเป็นจริงดำเนินการโดยนักวิจัยเป็นกรณีศึกษา

2.1 การออกแบบสอบถามและการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัมภาษณ์ (Questionnaire)

หมายถึง รูปแบบของคำถามเป็นชุดๆ ที่ได้ถูกรวบรวมไว้อย่างมีหลักเกณฑ์และเป็นระบบเพื่อใช้วัดสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการวัดจากกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรเป้าหมายให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงทั้งในอดีต ปัจจุบันและการคาดคะเนเหตุการณ์ในอนาคต แบบสอบถามประกอบด้วยรายการคำถามที่สร้างอย่างประณีต เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นหรือข้อเท็จจริง โดยส่งให้กลุ่มตัวอย่างตามความสมัครใจ การใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น การสร้างคำถามเป็นงานที่สำคัญสำหรับผู้วิจัยและเป็นเครื่องมือวิจัยชนิดหนึ่งที่มีนิยามกันมาก เพราะการเก็บรวบรวมข้อมูลสะดวกและสามารถใช้วัดได้อย่างกว้างขวาง การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามสามารถทำได้ด้วยการสัมภาษณ์ด้วยตัวเองหรือให้ผู้ตอบตอบด้วยตนเอง [18]

การออกแบบสอบถามควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย และเลือกใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายเหมาะสมกับผู้ตอบ แต่ละความถามควรมีนัย เพียงประเด็นเดียว อย่างไรก็ตามคำถามต้องน่าสนใจสามารถกระตุ้นให้เกิดความอยากตอบ คำถาม กะทัดรัด ได้ใจความ นอกจากนี้ข้อคำถามควรถามประเด็นที่เฉพาะเจาะจงตามเป้าหมายของการวิจัย ทั้งนี้ควรหลีกเลี่ยงการใช้ประโยคปฏิเสธซ้อน ไม่ควรใช้คำย่อ และไม่ขึ้นนำการตอบให้เป็นไปแนวทางใดแนวทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามคำตอบที่มีให้เลือกต้องชัดเจนและครอบคลุมคำตอบที่เป็นไปได้ หรือการสัมภาษณ์ต้องไม่ทำให้ผู้ตอบเกิดความลำบากใจในการตอบ

โครงสร้างของคำถาม ในการทำแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ โดยทั่วไป มีโครงสร้างคำถามอยู่สองประเภท คือ คำถามแบบปลายปิด (closed-ended questions) คำถามแบบปลายปิดจะเป็นคำถามที่มี คำตอบหลายคำตอบให้ผู้ตอบ มีโอกาสเลือกคำตอบที่ตรงกับทัศนคติของผู้ตอบมากที่สุด บรรดาคำถามแบบปลายปิด ผู้ตอบทำการตอบได้ง่าย และรวดเร็ว และการวิเคราะห์ก็ตรงไปตรงมา แต่มีจุดอ่อนที่สำคัญคือ อาจเกิดความลำเอียงในการตอบได้ โดยการที่บังคับให้ผู้ตอบเลือกคำตอบ ซึ่งบางทีผู้ตอบก็เลือกตอบไปโดยไม่ตรงกับความรู้สึกที่แท้จริง คำถามปลายเปิด (open-ended questions) จะไม่มีการกำหนดให้ผู้ตอบเลือกคำตอบ และผู้ถามจะบันทึกคำตอบของผู้ตอบแบบสอบถามทางด้านความคิดเห็นของสาธารณชน ข้อดีของคำถามแบบนี้ก็คือการไม่บังคับให้ผู้ตอบเตรียมตอบตามคำตอบที่กำหนดไว้เมื่อผู้ตอบมีความเข้าใจคำถามแล้ว ก็สามารถแสดงความคิดเห็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างอิสระ และพูดได้ตามภาษาที่ถนัดและ ถ้าคำตอบที่ไม่ชัดเจนพอ ผู้ถามก็สามารถสอบถามเหตุผลต่อได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้สัมภาษณ์หมดข้อข้องใจในคำตอบและช่วยเสริมสร้างความเป็นเหตุผลต่อไต่สวน อย่างไรก็ตามคำถามแบบปลายเปิดก็ยากแก่การตอบและยากแก่การวิเคราะห์อีกด้วย [19-20]

ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม ควรกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบสอบถาม ระบุเนื้อหาหรือประเด็นหลักที่จะถามให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ที่จะประเมิน กำหนดประเภทของคำถาม โดยอาจจะเป็นคำถามปลายเปิดหรือปลายปิด พร้อมทั้งตรวจสอบข้อความว่าครอบคลุมเรื่องที่จะวัดตามวัตถุประสงค์หรือไม่ และควรทดลองใช้แบบสอบถามเพื่อดูความเป็นปรนัย ความเชื่อมั่นและเพื่อประมาณเวลาที่ใช้ โดยร่างแบบสอบถาม โครงสร้างแบบสอบถามอาจแบ่งเป็น 3 ตอน คือ ข้อมูลเบื้องต้น/ข้อมูลทั่วไป, ข้อมูลหลักเกี่ยวกับเรื่องที่จะถาม และข้อเสนอแนะ [21]

ปรับปรุงแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ผู้วิจัยจะต้องทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่ได้จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถาม และตรวจสอบความถูกต้องของถ้อยคำหรือสำนวน เพื่อให้แบบสอบถามมีความสมบูรณ์และมีคุณภาพผู้ตอบอ่านเข้าใจได้ตรงประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการ ซึ่งจะทำให้ผลงานวิจัยเป็นที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

2.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัมภาษณ์ (Interview)

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic Induction) โดยนำข้อมูลมาเรียบเรียงและจำแนกอย่างเป็นระบบ จากนั้นนำมาตีความหมายเชื่อมโยงความสัมพันธ์และสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ โดยทำไปพร้อมๆ กับการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้เพื่อจะได้ศึกษาประเด็นต่างๆ ได้ลึกซึ้ง เมื่อประเด็นใดวิเคราะห์แล้วไม่มีความชัดเจนก็จะตามไปเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ในประเด็นต่างๆ เหล่านั้น เพื่อตอบคำถามหลักตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อมูลเชิงคุณภาพได้นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความเชื่อมโยง ความสัมพันธ์เชิงทฤษฎี [20]

การตรวจสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นแรกผู้วิจัยได้ตรวจสอบว่าได้ข้อมูลเพียงพอแล้วหรือยัง ข้อมูลนั้นได้ตอบปัญหาของการวิจัยแล้วหรือไม่ หากผู้วิจัยพบว่าข้อมูลที่ไม่ตรงกัน ผู้วิจัยจะตรวจสอบว่าข้อมูลที่แท้จริงเป็นอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกวิธีการตรวจสอบข้อมูลที่ใช้กันมากในการวิจัยเชิงคุณภาพคือการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) ดังต่อไปนี้ การตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data Triangulation) คือ การพิสูจน์ว่าข้อมูลที่ผู้วิจัยได้มานั้นถูกต้องหรือไม่ วิธีการตรวจสอบคือการตรวจสอบแหล่งของข้อมูล แหล่งที่มาที่จะพิจารณาในการตรวจสอบ ได้แก่ แหล่งเวลา ถ้าเวลาต่างกันข้อมูลที่รับจะเหมือนกันหรือไม่ แหล่งสถานที่ ถ้าสถานที่ต่างกันข้อมูลที่รับจะเหมือนกันหรือไม่ และแหล่งบุคคล ถ้าบุคคลผู้ให้ ข้อมูลเปลี่ยนไปข้อมูลจะเหมือนเดิมอยู่อีกหรือไม่ และการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigator Triangulation) คือ การตรวจสอบว่าข้อมูลที่ผู้วิจัยลงไปเก็บแต่ละครั้งจะแตกต่างกันอย่างไร ในกรณีที่ไม่แน่ใจในคุณภาพของผู้รวบรวมข้อมูล

สนาม ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนตัวผู้วิจัยให้มีหลายคนขึ้น สุดท้ายการตรวจสอบสามเส้าด้านทฤษฎี (Theory Triangulation) คือ การตรวจสอบว่าถ้าใช้แนวคิดทฤษฎีที่แตกต่างไปจากเดิมจะทำให้การตีความข้อมูลแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด จากนั้นการตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีรวบรวมข้อมูล

(methodology triangulation) คือการใช้วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ กัน เพื่อรวบรวมข้อมูลเรื่องเดียวกันเช่น ใช้วิธีการสังเกตควบคู่กับการซักถามพร้อมกัน นั่นก็คือการศึกษาข้อมูลจากแหล่งเอกสารประกอบด้วยตัวเอง การสร้างบทสรุปและการพิสูจน์บทสรุป เป็นการนำแนวคิด ทฤษฎีงานวิจัยต่างๆ ทางวิชาการ มาสร้างเป็นบทสรุปพร้อมกับข้อมูลที่เชื่อถือได้อีกครั้งหนึ่ง โดยเน้นความเชื่อมโยงเพื่อนำไปสู่การพิสูจน์ที่เป็นรูปธรรมและตรงต่อข้อเท็จจริงที่ปรากฏ [19-21]

2.2 ธุรกิจปศุสัตว์ (สุกร) และ โรงเรือนเลี้ยงสุกร

สุกรที่เลี้ยงในปัจจุบันมีอยู่หลายพันธุ์ รูปร่างลักษณะของสุกรเกิดจากการผสมพันธุ์และการคัดเลือกพันธุ์ตามความต้องการของผู้ผสมพันธุ์ สายพันธุ์สุกรทางการค้า โดยส่วนใหญ่จะมีการผสมข้ามสายพันธุ์เพื่อให้ได้ลักษณะตามที่ต้องการ จนได้ลูกที่มีลักษณะการเจริญเติบโตสูง ทนทานต่อโรค คุณภาพซากดี อัตราการแลกเนื้อสูง เป็นที่ต้องการของตลาด [22-23]

ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการเลือกสถานที่สร้างโรงเรือนสุกร ได้แก่ ไม่อยู่ใกล้แหล่งที่อยู่อาศัยหรือชุมชนมากเกินไป, บริเวณที่จะสร้างควรเป็นที่ราบ มีการจัดแบ่งทางระบายน้ำกับของเสียควรเป็นสถานที่ที่มีแหล่งน้ำสะอาด และ มีการคมนาคมขนส่งสะดวก ประเภทของโรงเรือนแบ่งออกเป็นโรงเรือนพ่อแม่พันธุ์, โรงเรือนคลอด, โรงเรือนอนุบาลและ โรงเรือนสุกรขุน ควรทำให้หลังคามีการหมุนเวียนอากาศภายในโรงเรือนที่ดี ความสูงของโรงเรือน ขั้นต่ำควรสูง 4-5 เมตรจากพื้น ส่วนพื้นคอกไม่ควรหยาบเกินไป (สุกรจะเจ็บกีบ) และไม่ควรถล่มเกินไป (อันตรายสำหรับคนเลี้ยงและสุกร) ต้องมีการระบายน้ำได้ดี แห้งง่าย หากพื้นคอกทำด้วยซีเมนต์ต้องมีความลาดเอียง 3% ถ้าพื้นมีร่องไม่ต้องการให้ลาดเอียง โดยส่วนใหญ่จะใช้พื้นโรงเรือนเป็นพื้นคอกสุกร ทั้งนี้คอกสุกรควรมีความเหมาะสมตามอายุของสุกรขนาดต่าง ๆ เช่น สุกรเล็ก ขนาด 50-70 เซนติเมตร และสุกรขุน ขนาด 1.30-1.50 เมตร [1,2] โดยในโรงเรือนอาจมีการแยกคอกออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

1. คอกพ่อสุกร เป็นคอกเดี่ยว ๆ คอกละ 1 ตัว ขนาดของคอกต่ำสุด 1.5x3 เมตร ความสูงของคอกอย่างต่ำ 1.01 เมตร อยู่ใกล้กับแม่สุกรอุ้มท้อง นิยมทำแบบคอกโปร่ง คอกทำด้วยเหล็กแป๊บ มีกล่องที่ให้อาหารและที่ให้น้ำ
2. ชองอุ้มท้อง มีเหล็กกั้นไม่ให้สุกรพลิกตัว ทำด้วยเหล็กแป๊บ แนวกันแนว แรกสูงจากพื้น 20 เซนติเมตร แนวที่ 2 -4 ห่างกันประมาณ 25 เซนติเมตร แนวของประตูกั้นห่างกัน 20 เซนติเมตร พื้นของชองอุ้มท้องเป็นพื้นปูน มีความลาดเอียง 3%
3. คอกคลอด นิยมใช้กันแบบ น็อกดาวน(ถอดประกอบได้) พื้นอาจเป็นพื้นทึบหรือเป็นร่อง (ถ้าแม่สุกรควรเป็นพื้นปูน, ลูกสุกรเป็นพื้นปูนหรือพลาสติก) พื้นปูนต้องมีความลาดเอียง แต่ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นร่อง ขนาดของคอก ประมาณ 2x2 เมตร ในคอกคลอดควรมีพื้นที่ให้ความอบอุ่น(ตรงมุมคอก) ต้องมีที่ให้น้ำ, รางอาหาร (สัปดาห์ที่ 2) ให้ลูกสุกรที่ตรงมุมคอก ให้ไฟกกสัปดาห์แรกเมื่อลูกสุกรเกิด มีเหล็กกั้นในคอกเพื่อป้องกันแม่สุกรทับลูกสุกร ความกว้างของคอกที่แม่สุกรอยู่

สบายคือ กว้าง 65-70 เซนติเมตร ยาว 2 เมตร ความสูงจากพื้น 20 เซนติเมตร จากพื้นเป็นแนวแรก , แนวที่ 2 สูงจากแนวแรก 25 เซนติเมตร, และแนวเหล็กกั้นมีประมาณ 4-5แนว [2]

4. คอกอนุบาล สำหรับสุกรหย่านมแล้ว พื้นคอกต้องแห้งเสมอพื้นจะเป็นพื้นปูนทึบหรือพลาสติกก็ได้ จะทำให้เป็นคอกทึบหรือคอกโปร่งก็ได้(ถ้าเป็นแบบน็อกดาวน์ จะเป็นคอกโปร่ง) ที่ให้น้ำเป็นแบบ Nipple (จุกน้ำ)บริเวณใดก็ได้

5. คอกสุกรเล็ก - รุ่น - ชุน ไม่ค่อยยุ่งยากจะเลี้ยงก็ตัวก็ได้ ใช้พื้นโรงเรือนทำเป็นพื้นคอก รางอาหารเป็นแบบรางกลหรืออิฐแดงก่อก็ได้ ระยะสุกรรุ่นต้องการพื้นที่ 1 ตารางเมตรต่อ 1 ตัว (พื้นทึบ) ระยะสุกรรุ่นต้องการพื้นที่ 0.7 ตารางเมตรต่อ 1 ตัว (พื้นคอกแบบแอสเลต)

การรางอาหาร และรางน้ำ ควรอยู่คนละที่กับรางอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ที่ให้น้ำแบบ Nipple (หัวดูด) อาศัยแรงดันของน้ำ ความสูงของการติดตั้งที่ให้น้ำขึ้นอยู่กับคอกสุกร ลูกสุกรคุดนม 15-20 เซนติเมตร จากพื้น สุกรหลังหย่านม 30-40 เซนติเมตร จากพื้น สุกรขนาดใหญ่ 40-50 เซนติเมตร จากพื้น ส่วนของรางอาหาร มีหลายชนิด ได้แก่รางอาหารกล นิยมใช้กันมากที่สุด สุกรกินอาหารได้ตลอดเวลา มีช่องบังคับการไหลของอาหาร สุกรจะคุ่นเขี่ยอาหารมากแค่ไหนขึ้นอยู่กับช่องที่ให้อาหาร ไหลออกมา มี 2 แบบ คือ แบบกลม ตัวถึงทำด้วยแอสเทนเลส, สังกะสี และฐานจะหล่อด้วยเหล็กเพื่อไม่ให้ลื่น และแบบสี่เหลี่ยม มี 2 แบบคือให้กินด้านเดียวอีกด้านหนึ่งจะขีดติดกำแพง หรือตั้งไว้ตรงกลางคอกโดยให้กิน 2 ด้าน วัสดุที่ใช้ทำคือ สังกะสี หรืออะลูมิเนียม [5]

การให้อาหารฟาร์มขนาดใหญ่นิยมใช้อาหารแปรรูป/สำเร็จรูป อาหารที่มีส่วนผสมของโปรตีน แรธาตุ และวิตามินอยู่ในปริมาณสูง ประกอบด้วยโปรตีน 65% และกากไขมันอิมตัวสูง วิธีให้อาหารนิยมผสมกับน้ำเล็กน้อยเพื่อช่วยให้สุกรกินง่ายขึ้น ฟาร์มขนาดกลางหรือเล็กนิยมให้อาหารผสม เป็นอาหารที่ผู้เลี้ยงต้องนำวัตถุดิบ เช่น รำละเอียด ปลาช่อน ข้าวโพด ปลาป่น กากถั่วเหลือง วิตามิน และ แรธาตุ มาผสมกันตามสูตรอาหารที่คำนวณ [22]ตามความต้องการอาหารของสุกรในแต่ละช่วงอายุ อาหารสุกรมีค่าความเป็นกรด - ด่างเมื่อสัมผัสของน้ำ เมื่อใช้ผสมอาหารประมาณค่า pH 6 [3] แบบที่เรียจากหมักในแหล่งกำเนิด สามารถแพร่กระจายและย่อยคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ นำไปสู่การผลิตกรดแลคติกที่มาจากส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตในอาหารเม็ด และกรดอื่นๆ มี pH ต่ำ กรดแลคติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตร $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$ เมื่อเศษอาหาร ตกหล่น หรือ กระจายบนพื้นคอกคอนกรีต เคลือบอยู่บนผิวคอนกรีต และสามารถลดความเป็นด่างบนพื้นผิวคอนกรีต ดังนั้นเมื่อเกลือเหล่านั้นถูกชะล้างด้วยการทำความสะอาดประจำวัน หรือพฤติกรรมสุกร ทำให้ผิวหน้าคอนกรีตอ่อน ค่า pH เข้าไปทำลายพันธะภายในของรูคอนกรีต ความพรุนของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น ความทนทานการขัดสีลดลง เป็นเหตุให้การสึกกร่อนได้ง่าย และเมื่อถูกรบกวนจากพฤติกรรมของสุกร ทำให้แรงการหลุดร่อนของคอนกรีตรุนแรงมากขึ้น [24]

การทำความสะอาดพื้นคอกส่วนใหญ่เกษตรกรใช้สายยางหรือน้ำที่มีแรงดันเฉลี่ย 1 บาร์ ฟนล้างทำความสะอาดทุกซอกทุกมุม ใช้แปรงขัดพื้นคอกและฝาผนัง รวมทั้งทำความสะอาดอุปกรณ์ให้น้ำและรางอาหารทิ้งไว้ให้แห้ง ส่วนใหญ่การกำจัดเชื้อโรคให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น นิยมใช้ปูนขาวโรยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางๆ หรือ ใช้น้ำละลายปูนขาวในอัตราส่วนน้ำ 4 ส่วนต่อปูนขาว 1 ส่วน รดให้ทั่ว สำหรับฟาร์มขนาดใหญ่ก่อนปล่อยสุกรเข้าพื้นที่จะพ่นฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อออกฤทธิ์กว้าง ทำลายเชื้อไวรัสแบคทีเรีย และเชื้อราได้ดี เพื่อตัดวงจรเชื้อโรคและช่วงป้องกันเชื้อโรคได้อีกทางหนึ่ง ส่วนบริเวณร่องน้ำควรวาดล้างและลาดน้ำด้วยละลายโซดาไฟ หลังจากนั้นจะการทำความสะอาดพื้นคอกอย่างน้อยสัปดาห์ละ 2-4 ครั้ง อย่างไรก็ตามจากการค้นคว้าเพิ่มเติมพบว่า แผ่นคอนกรีตที่หล่อสำเร็จ หรือ หล่อในที่ มีการย่อยสลายภายในห้าปีของการใช้งานในฟาร์ม 40% ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการทำความสะอาดด้วยแรงดันสูงรวมไปถึงการใช้น้ำยาทำความสะอาดที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาหลุดร่อน หรือ แตกกระเทาะที่ผิวหน้าคอนกรีต [5,10]

2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อราคาสุกร

ราคาสุกรมีการขึ้นลงค่อนข้างสูงมาก การที่จะเข้าถึงปัญหาและแนวทางการคาดการณ์ราคาสุกรได้จำเป็นต้องเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อราคาสุกรก่อน อาทิเช่น ภาวะเศรษฐกิจของประเทศ หรือ ภาวะราคาเนื้อสัตว์อื่นๆ เช่น ไก่ เนื้อ ไข่ และปลา ในภาวะที่ราคาเนื้อสัตว์เหล่านี้ต่ำกว่าปกติ ทั้งนี้เปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการบริโภคชั่วคราว หรือช่วงกระทบเชิงลบต่อการบริโภคสุกร ทำให้การบริโภคเนื้อสุกรลดลงอย่างตั้งตัวไม่ทัน ทำให้ราคาสุกรมีชีวิตตกต่ำลงมาก [1] อย่างไรก็ตามประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตสุกรเพิ่มกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันมาก ขั้นตอนทางการตลาด ซึ่งต้องส่งผ่านสุกรจากผู้เลี้ยงถึงผู้บริโภค ซึ่งแต่ละขั้นตอนจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายและมีการสร้างกำไร โดยการเพิ่มราคาจำหน่ายในขั้นตอนต่อไป ทำให้ผู้บริโภคต้องซื้อเนื้อสุกรในราคาที่สูงขึ้นหรือเกษตรกรขายสุกรได้ในราคาที่ต่ำลง เกิดส่วนเหลือของราคาสูง แต่เนื่องจากสุกรเป็นสินค้าที่มีความอ่อนตัวสูง เมื่อมีการขึ้นราคาเนื้อสุกร มักมีการตอบสนองค่อนข้างแรงจากผู้บริโภคและรัฐบาล ทำให้การขึ้นราคาทำได้ยากมาก ดังนั้นเกษตรกรจึงอยู่ในภาวะจำยอม เป็นผู้รับภาระในส่วนต้นทุนด้านการตลาดนี้ ผู้ทำหน้าที่การตลาดเหล่านี้ ได้แก่ ผู้รวบรวมสุกรหรือคนจับหมู หรือพ่อค้าคนกลาง ซึ่งซื้อสุกรจากเกษตรกร เพื่อนำไปจำหน่ายให้ผู้รวบรวมกรุงเทพ หรือผู้ชำแหละ หรือนำไปประมูลในตลาดประมูลอีกที่หนึ่ง นอกจากนี้ยังรวมถึง ผู้ชำแหละสุกร และเขียงสุกรอีกด้วย หากเกษตรกรสามารถนำสุกรไปเข้าตลาดประมูลได้เอง หรือมีเขียงสุกรเองก็จะสามารถสร้างกำไรได้เพิ่มขึ้น การเลี้ยงสุกรของประเทศนับว่ามีปัญหาอุปสรรคต่างๆ มาก ทำให้อาชีพการเลี้ยงไม่ค่อยมั่นคง ซึ่งอุปสรรคและปัญหาหลักๆ [23]

การเลี้ยงสุกรประสบปัญหาต่าง ๆ มากจึงจำเป็นต้องมีการแก้ปัญหาและพัฒนาอุตสาหกรรม การเลี้ยงสุกรทั้งระยะสั้นและยาวอย่างจริงจัง ซึ่งพอสรุปได้ ดังนี้ พัฒนาเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรให้มีความรู้ความเข้าใจการเลี้ยงสุกรสมัยใหม่และพัฒนาระบบของเสียจากฟาร์มสุกรที่มีประสิทธิภาพสูง และให้ผลคุ้มค่าต่อการลงทุน เช่น ระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ Biogas แบบ Cover Lagoons ส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ยังมีราคาถูกในประเทศ เพื่อใช้เป็นอาหารสุกรมากขึ้น รวมไปถึงการลดและเลิกธรรมเนียมพิเศษในการนำเข้าวัตถุดิบอาหารสัตว์ รวมไปถึงการพัฒนาฟาร์มคอกโรงเรือนเพื่อยืดอายุการใช้งานของพื้นโรงเรือน ชะลอระยะเวลาการซ่อมแซมที่มากว่าที่คาดการณ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ ทั้งนี้ควรมีหน่วยงานที่ทำการประเมินค่าส่วนเหลือการตลาดเพื่อเกิดความยุติธรรมแก่ผู้เลี้ยงสุกร ผู้ค้าสุกร และผู้บริโภค ทั้งนี้ควรมีหน่วยงานหรือคณะกรรมการทำการเก็บข้อมูลและประเมินสถานการณ์การค้าและการผลิตสุกรอย่างถูกต้องและใกล้เคียงความจริง การพัฒนาระบบสหกรณ์ผู้เลี้ยงสุกรจังหวัดต่างๆ ให้สามารถทำธุรกิจและเอื้ออำนวยประโยชน์แก่เกษตรกรรายย่อยอย่างแท้จริง และหยุดนำเข้าสุกรจากต่างประเทศในขณะที่สุกรขาดตลาด อย่างไรก็ตามการจดทะเบียนฟาร์มสุกรเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรจะทำเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมปริมาณการผลิตและจำหน่ายวัคซีนที่มีคุณภาพและราคาถูกลง และมีหลายขนาดให้เกษตรกรรายย่อยเลือกซื้อในปริมาณที่เหมาะสม และควรยกเลิกนโยบายการฉีดวัคซีนฟรีแก่เกษตรกร เพราะ เป็นหนทางในการทุจริต และมีการฉีดวัคซีนน้อยกว่าตัวเลขที่รายงานจริง นอกจากนี้ควรออกกฎหมายควบคุมโรคระบาดที่รุนแรงลงโทษผู้แพร่กระจายเชื้อโรคระบาดและให้การสนับสนุน รวมทั้งเงินชดเชยเมื่อเกิดโรคระบาด [1]

ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตสุกร ได้แก่ ภัยแล้งหรืออุทกภัย ทำให้ราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาสูงขึ้น เช่น ราคาข้าวโพดและกากถั่วเหลือง โดยเฉพาะกากถั่วเหลืองซึ่งประเทศไทยต้องนำเข้าจากต่างประเทศกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณการใช้ภายในประเทศ รวมไปถึงนโยบายรับจำนำของรัฐบาล ส่งผลให้ราคาข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ในระดับสูง ราคาน้ำมันและก๊าซ ซึ่งเป็นต้นทุนค่าขนส่งต่างๆ เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังส่งผลต่อความต้องการใช้พืชพลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นด้วยส่งผลต่อปริมาณวัตถุดิบอาหารสัตว์ลดลงและทำให้ราคาปรับตัวสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ความผันผวนของค่าเงินบาท หากค่าเงินบาทแข็งค่าขึ้นเมื่อเทียบกับประเทศคู่ค้า จะทำให้ขีดความสามารถในการแข่งขันการส่งออกลดลง แต่สำหรับสุกรอาจได้รับผลกระทบไม่มากนัก เนื่องจากไทยมีการส่งออกสุกรไม่มาก [1,2]

2.2.2 คอนกรีตสำหรับการก่อสร้างภาคธุรกิจปศุสัตว์ (ฟาร์มสุกร)

พื้นคอนกรีตในประเทศไทยคือ คอนกรีตปกติที่นิยมใช้กันทั่วไป ถูกออกแบบให้มีกำลังอัดตั้งแต่ 180-400 กก./ตร.ซม. ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว คอนกรีตประเภทนี้เหมาะสำหรับงานในโครงสร้างทั่วไป เช่น เสา, คาน, ฐานราก, พื้น เป็นต้น [7] พื้นคอกโดยพื้นทั่วไปสร้างโรงเรือนเลี้ยงสุกรด้วย พื้นคอนกรีตซึ่งจะประหยัดเงินลงทุน กรณีสร้างโรงเรือนสุกรพ่อแม่พันธุ์ นิยมเป็นพื้นสองชั้น หรือเรียกว่าพื้นสแลต (พื้นสแลตสำเร็จรูปเป็นแผ่นมีรูเป็นช่องๆ) ใช้สำหรับให้น้ำไหลจากพื้นชั้นบนลงไปยังพื้นชั้นล่าง) ใช้เงินลงทุนมาก แต่จะสะดวกในการจัดการดูแลสุกรพ่อแม่พันธุ์ และแม่พันธุ์สุกรเลี้ยงลูก

การตรวจสอบการเสื่อมสภาพ และ การสังเกตความเสียหายประเภทต่างๆ ของโครงสร้างคอนกรีตในพื้นที่ต่างๆในประเทศไทยได้ดำเนินการมาหลายปีแล้ว ความเสียหายของโครงสร้างที่เกิดจากได้หลายกรณีเช่น การบรกรทุกหรือโครงสร้างรับน้ำหนักมากกว่าที่ออกแบบไว้จะเรียก้องให้มีการซ่อมแซมทันทีแต่พบไม่มากในประเทศไทย เมื่อเทียบกับความเสียหายเนื่องจากปัญหาด้านความทนทาน ข้อเท็จจริงนี้ เน้นย้ำว่าแนวทางปฏิบัติในปัจจุบันไม่เพียงพอที่จะรับประกันความทนทานตลอดจนอายุการใช้งานตามออกแบบไว้ของโครงสร้าง นำไปสู่ความต้องการของการซ่อมบำรุงรักษา

จำนวนมาก ดังนั้นจึงเห็นได้ชัดว่ามาตรฐานการปฏิบัติสำหรับการก่อสร้างและใหม่สามารถนำไปเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัติเพื่อให้โครงสร้างสามารถทนทานมากขึ้น [4,18] มาตรฐานการปฏิบัติใช้ได้กับการก่อสร้างและสภาพแวดล้อมต่างๆ สำหรับงานวิจัยนี้สภาพแวดล้อมทางการเกษตรมีอิทธิพลหลักต่อพื้นคอนกรีตและโครงสร้างภายในโรงเรือนสุกร พื้นผิวสัมผัสกับสภาพแวดล้อมทางเคมีและทางกายภาพ เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มาจากมูลสัตว์ ตีมน้ำ และอาหาร วัสดุคอนกรีตที่นำมาใช้ก่อสร้างพื้นคอกและผนังคอกควรมีคุณสมบัติต้านทานการโจมตีทางเคมีและทางกายภาพ [24-25]

โครงสร้างคอนกรีตส่วนใหญ่ออกแบบโดยไม่คำนึงถึงเงื่อนไข และคุณสมบัติที่จำเป็นต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในระยะยาว แต่ส่วนใหญ่สนใจแต่เพียงความแข็งแรงเท่านั้น สภาพแวดล้อมโดยรอบ รวมไปถึงการใช้งานที่เหมาะสม ดังนั้นผลกระทบที่เกิดขึ้นเป็นเรื่องของความทนทานมีอายุการใช้งานสั้นกว่าที่คาดการณ์ไว้ ในส่วนนี้เป็นแนวคิดสำหรับการออกแบบและประสิทธิภาพของคอนกรีตที่สอดคล้องกับการใช้งาน ทั้งนี้การออกแบบสัดส่วนผสมเบื้องต้นตามคำแนะนำตามมาตรฐานการออกแบบ มยผ. 1332-50 มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทน และอายุการใช้งาน โดย กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ.2550 [26] การออกแบบคอนกรีตขึ้นอยู่กับทางเลือกวัสดุปอซโซลาน ประเภทของสารยึดเกาะ และรายละเอียดของการออกแบบคอนกรีตขึ้นอยู่กับปัญหาความทนทานที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพแวดล้อมโดยรอบ การกัดกร่อนของสารเคมี และการขีดสี เป็นต้น [24]

ปัจจุบันประเทศไทยมีข้อกำหนดที่เข้มงวดเกินไป ร่วมกับ การนำข้อกำหนดจากต่างประเทศเข้ามาใช้ในประเทศไทย ซึ่งไม่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น ไม่ครอบคลุม นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้ไม่เพียงพอ ทำให้ยากที่จะความรู้ใหม่ๆ และใช้วัสดุที่ยั่งยืนมากขึ้น ในความเป็นจริงแล้วปูนซีเมนต์สามารถผสมร่วมกับวัสดุปอซโซลานได้หลายประเภท [27] และสามารถผสมในดมากกว่า 1 ชนิด ที่เป็นวัสดุต่างๆที่มีศักยภาพสูงในทางเทคนิคเช่น เถ้าลอย ซิลิกาฟูม ผงหินปูน และ ชีวมวล เป็นต้น แต่ในประเทศไทยมีเพียงเถ้าลอย และ ผงหินปูนเท่านั้นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย นี่คือนอกจากการศึกษาไม่เพียงพอมาตรฐานและข้อกำหนดไม่รองรับ

2.3 วัสดุผสมเพิ่ม

2.3.1 เถ้าลอย

Tangtermsirikul. S., et al. (2013) : การใช้เถ้าลอยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในปัจจุบันพิจารณาทั้งปริมาณและคุณภาพของเถ้าลอยที่อยู่ในพื้นที่คอนกรีต การเปลี่ยนปูนซีเมนต์เป็นเถ้าลอย หรือ แทนที่วัสดุด้วยเถ้าลอยจะเป็นประโยชน์ทั้งสองอย่าง ได้แก่ด้านการช่วยลดของเสียรักษาสิ่งแวดล้อม และปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต แม้ว่าคุณสมบัติบางอย่างของคอนกรีตที่มีเถ้าลอยอาจส่งผลต่อกำลังอัดคอนกรีตที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าลอย แต่การใช้เถ้าลอยเพื่อทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนสามารถปรับปรุงคุณสมบัติอื่น ๆ ของคอนกรีตโดยเฉพาะความทนทานโดยเฉพาะ [28]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฤติยา แก้วมณี และ สมนึก ตั้งเต็มสิริกกุล (2006) : ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐาน และ ความคงทนของคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์, เถ้าลอย และผงแคลเซียมคาร์บอเนต พบว่า ระยะเวลา ก่อตัวของคอนกรีตเร็วขึ้น สามารถเร่งการพัฒนากำลังของคอนกรีต เมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ล้วน นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องการลดการเยิ้มน้ำที่ผิวหน้าของคอนกรีต, ลดการหดตัว, เพิ่มความต้านทาน ซัลเฟต และความต้านทานกรด [29]

Krammart, P. and Tangtermsirikul, S., 2004 : เถ้าลอยมีคุณสมบัติที่ดีว่าซีเมนต์ ล้วนในหลายรูปแบบเช่น ปรับปรุงความสามารถในการทำงาน ลดความร้อนของการทำการทำ ปฏิกริยาไฮเดชัน ลดการหดตัวแบบออโตจีเนียสและการหดตัวแบบแห้ง, ความแข็งแรงในระยะยาว, ความสามารถในการซึมผ่านต่ำ, ต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ที่ดี, ความต้านทานโซเดียมซัลเฟต และ ปฏิกริยาระหว่างต่างและแร่ซิลิกาในมวลรวมต่ำ ในทางตรงกันข้าม คุณสมบัติบางอย่างลดลง เช่น ระยะเวลาก่อตัวล่าช้า, คาร์บอเนตที่ต่ำ และความต้านทานแมกนีเซียมซัลเฟตต่ำ [30]

Jakpisal, V. and Limsuwan, E., 2003 : เถ้าลอยยังใช้ในการเสริมสร้างพันธะภายใน คอนกรีตและลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมวัสดุบางส่วนวัสดุ เถ้าลอยคือยังมีการศึกษาเพื่อใช้เป็นสาร ผสมเพิ่มช่วยควบคุมการขยายตัวของซีเมนต์อย่างมีประสิทธิภาพ [31]

Belie, N. et al. (1997) : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่แทนที่ด้วยวัสดุปอนโซลานต่อต้าน การโจมตีกรดแลคติก ดีกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานิกของเถ้าลอย สามารถลดปริมาณ Ca(OH)_2 ในคอนกรีต และทำให้รูพรุนของโพรงคาปิลลารีสมบูรณ์มากขึ้น ทั้งนี้ การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยด้วยเถ้าลอยประมาณ 30% สามารถต้านทานกรดที่เกิดจากกระบวนการหมัก ซึ่งประกอบด้วยกรดแลคติกและกรดอะซิติก [24]

2.3.2 ซิลิกาฟุ่ม

Mahdikhani, M., et al. (2018) : ออกแบบสัดส่วนคอนกรีตที่แทนที่นาโนซิลิกา ตั้งแต่ 0% ถึง 6% โดยการจำลองสถานะที่เป็นกรดด้วยค่า pH ต่างๆ, การความต้านทานไฟฟ้าและการดูด ซึมน้ำในสภาพ Acid Rain Simulator (ARAS) ผลการวิจัยพบว่านาโนซิลิกามีผลในเชิงบวกต่อ คุณสมบัติเชิงกลและความทนทานของคอนกรีต [32]

Amudhavalli & Mathew (2012) : การศึกษาคอนกรีตที่รับกำลังอัดที่ 35Mpa ที่มี สัดส่วนผสมของปูนซีเมนต์แทนที่ด้วยซิลิกาฟุ่ม 0, 5, 10, 15 และ 20% ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าซิลิกา ฟุ่มในคอนกรีตช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีตในด้านกำลังรับแรงอัด, ความต้านทานแรงดึง และ ความต้านทานแรงดัดที่อายุ 7 และ 28 วัน และความทนทาน [33]

Bertron, A., et al. (2005) : การเปรียบเทียบความแปรผันของ pH จากกรด 5 ชนิด กรดอินทรีย์ห้าชนิด (กรดอะซิติก, กรดโพธิโอนิก, กรดบิวทีริก, กรดไอโซบิวทีริก และ พืชอาหาร สัตว์หมัก) ที่มีส่วนประกอบของกรดแลคติก และกรดอะซิติก แช่ในสารละลาย 150 วัน พบว่าความ ต้านทานสารเคมีที่ลดลงน้อยที่สุดคือ 90% ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แทนที่ด้วยซิลิกาฟุ่ม 10% ,

ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ 50% แทนที่ด้วยเถ้าลอย 50% และ ปูนซีเมนต์ตะกอนเตาถลุงเหล็กตามลำดับ [34]

Ghafoori. N., and Diawara, H., (2000) : ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เมื่อแทนที่ทรายด้วยซิลิกาฟุ่ม ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการสรุปได้ว่าความต้านทานต่อการสึกหรอของทรายที่แทนที่ด้วยซิลิกาฟุ่ม 10% ขึ้นไป สามารถเพิ่มความต้านทานต่อการขัดสีและกำลังแรงอัดปัจจัยของอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์และอายุการบ่ม พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความลึกของการสึกหรอและกำลังอัด [35]

Sriravindrarah. R., (2002) : ผลการศึกษาคอนกรีตที่แทนที่ด้วยซิลิกาฟุ่ม 8% และ 15% จากการวิจัยพบว่าชะลอการโจมตีของกรดแลคติกภายใต้สภาวะไร้สิ่งรบกวน นอกจากนี้สามารถช่วยเพิ่มความต้านทานกรดไฮโดรคลอริกกรดซัลฟิวริก [14]

Durning, T.A. and Hicks, C., (1991) : คอนกรีตที่มีสัดส่วนผสมของไมโครซิลิกา ทำการสัมผัสกับวัฏจักรเปียก - แห้งสลับ ของกรดอินทรีย์และอนินทรีย์ทั่วไปหลายชนิด เป็นเวลา 2 ปี ผลการศึกษาไมโครซิลิกาช่วยเพิ่มยืดระยะเวลาการวิบัติในสารละลายทั้งหมดที่ทดสอบ [11]

2.3.3 การผสมเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟุ่ม

Singh, N. B. et al. (1986) : สารยัดเกาะ 2 แห้ง มีความทนทานในสารละลายกรดสูงกว่าสารยัดเกาะชนิดเดียว นอกจากนี้ได้รับคุณสมบัติที่ต้องการอื่น ๆ อีกมากมาย เมื่อค่า pH ของสารละลายกรดมีค่ามาก ผลกระทบต่อกระบวนการย่อยสลายของสารยัดเกาะทั้งหมด โดยไม่คำนึงถึงของปฏิกิริยาเคมีที่ควบคุมหรือกระบวนการแพร่กระจายของกรด [55]

Kazim Turka and Mehmet Karatasb, (2011) : มีการตรวจสอบอิทธิพลของ FA ต่อความต้านทานต่อการขัดสีของคอนกรีตอย่างกว้างขวาง โดยทั่วไปยังไม่มีการใช้เถ้าลอยในการปรับปรุงความต้านทานการขัดสีอย่างชัดเจน บางการศึกษาพบว่าการแทนที่ หรือเปลี่ยนปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์บางส่วนโดยใช้เถ้าลอย หรือ ซิลิกาฟุ่ม 15% สามารถ ช่วยลดการขัดสี และความต้านทานเนื่องจากการสูญเสียกำลังอัดเทียบได้กับคอนกรีตควบคุม [36]

Kazuyuki Torii and Mitsunori Kawamura (1994) : ข้อมูลการทดสอบการแช่คอนกรีตใน สารละลาย 2% H_2SO_4 , 10% Na_2SO_4 และ 10% $MgSO_4$ เป็นเวลา 3 พบว่าสัดส่วนผสมที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการโจมตีของกรดซัลฟิวริกและซัลเฟตได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การทดแทนด้วยเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่มนัยสำคัญที่จำเป็นในการป้องกันการโจมตีของกรดซัลฟิวริกและสารละลายซัลเฟต [9]

Taylor, P et al. (2012) : ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ผสมเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม ทำให้โครงสร้างโพรงช่องว่างของซีเมนต์เพสต์ดีขึ้น และความเสถียรทางแนวโน้มที่จะเป็นต่างมากกว่าปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ คุณสมบัติเหล่านี้ของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม สามารถนำมาใช้อธิบายความต้านทานกรดที่ดีขึ้นและการป้องกันกัดกร่อน นอกจากนี้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำหน้าที่

ของสารละลายบัฟเฟอร์ คือ รักษาสภาพ pH ของสารละลายเอาไว้ จึงช่วยป้องกันการกัดกร่อนของคอนกรีตและเหล็กเสริม [37]

Chang, Z.T. et al. (2005) : ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในคอนกรีตเหล่านี้ ได้แก่ ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ปูนซีเมนต์โบนารีที่มีตะกรันเตาหลอมพื้นดินและซีเมนต์เทอร์นารีสองตัวที่มีตะกรันและซิลิกาควันหรือเถ้าลอยและซิลิกาควัน คอนกรีตทั้งหมดมีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.4 โดยมีกำลังรับแรงอัดอยู่ในช่วง 45 MPa และ 58 MPa ที่อายุ 28 วัน ในการทดลองถึงคอนกรีตถูกแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก 1% และได้รับการตรวจสอบลักษณะเป็นระยะโดยวัดการเปลี่ยนแปลงมวลและทดสอบในการบีบอัดนานถึง 168 วัน คอนกรีตที่ใช้มวลรวมหินปูนและซีเมนต์เทอร์นารีที่มีซิลิกาควันและเถ้าลอยทำได้ดีที่สุด [38]

Vladimir Zivica and Adolf Bajzaa (2002) : ทั้งความก้าวร้าวของสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดและความต้านทานต่อการกัดกร่อนของวัสดุที่ทำจากปูนซีเมนต์มีลักษณะที่ซับซ้อน ทั้งสองขึ้นอยู่กับปัจจัยการปรับสภาพหลายประการ ขึ้นอยู่กับตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุดขององค์ประกอบของส่วนผสมการรวมตัวและการบ่มโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้แน่ใจว่ามีความหนาแน่นสูงสุดและการซึมผ่านของวัสดุชุปแข็งน้อยที่สุด ความเป็นไปได้เพิ่มเติมแสดงถึงการใช้สารเคลือบพื้นผิว [39]

N. De Belie., et al (1997) : สารเคมีที่สัมผัสพื้นคอนกรีตพื้นคอนกรีตภายในโรงเรือนสุกรมาจากอาหารสัตว์และปุ๋ยคอก พื้นคอนกรีตโจมตีจากกรดที่มีอยู่ในอาหารสัตว์มากที่สุด ได้แก่ กรดแลคติก, กรดอะซิติก, การขัดสีที่เกิดจากสัตว์ และการทำความสะอาดถูก งานวิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้การทดสอบการกัดกร่อนแบบเร่ง ได้ทำการตรวจสอบความต้านทานของคอนกรีตที่มีเปอร์เซ็นต์เถ้าลอยหรือซิลิกาฟูมที่แตกต่างกันต่อของเหลวจำลองที่มีค่า pH ต่างกัน [19]

Caijun Shi and Stegemann JA. (2000) : จากการศึกษาและทดสอบการกัดกร่อนของคอนกรีตที่มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน ได้แก่ ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ (PC) กากถลุงซีเมนต์ (ASC) ปูนขาวผสมเถ้าลอย (LFA) และอะลูมินาซีเมนต์ผสมยิปซัมและปูนขาว (HAC) แช่ใน กรดไนตริก และกรดอะซิติก ที่ค่า pH 3 และสารละลายกรดอะซิติก pH 5 ผลทดสอบพบว่าส่วนผสมของกากถลุงซีเมนต์ผสมเถ้าลอย สามารถทนสารละลายกรดเหล่านี้ได้ดีกว่าปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เนื่องจาก Ca(OH)₂ สลายตัวเมื่อ pH ลดลงต่ำกว่า 12 และ C-S-H จะลดลงเมื่อ pH ลดลงและสลายตัวตามค่า pH ที่ต่ำกว่า 9 [40]

Liu, W. et al (2017) : ปูนซีเมนต์แทนที่ด้วยซิลิกาฟูม 10%และ เถ้าลอย12% ด้วยวิธี XRD และ SEM พบว่ากำลังอัดและกลไกการกัดกร่อนความต้านทานกรดหลังจากชะล้างในสารละลาย 5% H₂SO₄ และ 5% CH₃COOH เป็นเวลา 28 วัน ผลทดสอบกำลังอัด และต้านทานกรดดีกว่าปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ [61]

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ทฤษฎีของ Patton, M. Q. (1990) and Rita S. Y. Berry ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสัมภาษณ์เชิงลึกว่าแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ซึ่งเหมาะกับสภาพการทำงานที่เป็นแบบกึ่งทางการ แต่ต้องการบรรยากาศที่ทำให้ผู้ถูกสัมภาษณ์รู้สึกสบายใจ ได้แก่ ขั้นเริ่มสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์ควรแนะนำตนเอง บอกจุดมุ่งหมายของการสัมภาษณ์พร้อมทั้งพยายามชี้แนะให้ผู้สัมภาษณ์ตระหนักว่าเขามีส่วนสำคัญมากในการทำให้งานเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์ และควรชี้แจงให้ผู้สัมภาษณ์ด้วยว่าข้อมูลที่ได้ในครั้งนี้เป็นความลับ ขั้นสัมภาษณ์เนื้อหา ผู้สัมภาษณ์ไม่ควรจะเร่งรัดหรือคาดคั้นคำตอบจากผู้ให้สัมภาษณ์ และถ้าคนทั้งสองยังไม่คุ้นเคยกันก็อาจจะผ่านคำถามนั้นไปก่อน เมื่อจบการสัมภาษณ์แล้วจึงค่อยย้อนกลับมาถามใหม่ โดยกล่าวในเชิงทบทวนคำถาม หรือทบทวนคำตอบอย่างสุภาพ ในขณะที่ผู้สัมภาษณ์ต้องจดบันทึกการสัมภาษณ์อย่างรวดเร็ว เพื่อมิให้เสียบรรยากาศการสัมภาษณ์ และสุดท้ายขั้นยุติการสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์ควรกล่าวคำขอบคุณผู้ให้สัมภาษณ์ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการสัมภาษณ์ [42-43]

3.1 การวิจัยแบบสำรวจ (Survey Research)

3.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ และ ข้อมูลทุติยภูมิ

ในโครงการนี้หลักเป็นส่วนแรกของกระบวนการคือรายละเอียดของวิธีการรวบรวมข้อมูลและกลยุทธ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายข้อมูลหลักอย่างละเอียด โดยมีส่วนร่วมการสังเกตโดยตรงการและสัมภาษณ์เชิงลึก นำมาวิเคราะห์ข้อมูลเอกสารและวัสดุที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย จากนั้นสรุปและข้อเสนอแนะจะให้การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิจัยทั้งหมด แบบสอบถามจะกระจายไปยังเจ้าหน้าที่ในแผนกต่างๆ ซึ่งอาจนำไปสู่มุมมองที่หลากหลายเกี่ยวกับผลกระทบในฟาร์มสุกรไปจนถึงขั้นพื้นฐานในการทำงานประจำวัน วิธีการตอบแบบสอบถาม สามารถช่วยผู้วิจัยจำแนกตัวแปรข้อมูลในรูปแบบต่อไปนี้: ความคิดเห็นพฤติกรรมสุกร และคุณลักษณะของกลุ่มเป้าหมาย และสามารถอธิบายผลลัพธ์ในแง่ของความรู้สึกประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม [44] การวิจัยได้รับประโยชน์จากข้อมูลเชิงลึกและการตรวจสอบปัญหาที่ซับซ้อนซึ่งสังเกตได้ยากในเหตุการณ์ เพื่ออภิปรายและตอบในขอบเขตของการวิจัย

ข้อมูลปฐมภูมิ ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร, ผู้จัดการฟาร์ม, สัตวบาล, เจ้าหน้าที่ฝ่ายก่อสร้าง การวิเคราะห์นี้ขึ้นอยู่กับคำถามเปิดคำถามปิดและการสัมภาษณ์คำถามข้อเท็จจริง มีคำถามหลายประเภทที่สามารถปรับแต่งได้ในระหว่างการสัมภาษณ์เช่นคำถามเปิด เพื่อค้นหาปัญหาที่แท้จริงตั้งข้อสังเกต และแนวความคิดเห็นจากประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ส่วนคำถามปิด ใช้สรุปความเข้าใจเนื้อหาและช่วยผู้สัมภาษณ์ในการตัดสินใจ อย่างไรก็ตามโปรดระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามเปิดที่วางผิดตำแหน่งนี้อาจทำลายความต่อเนื่องของการสนทนาได้ สุดท้ายคำถามที่เป็นข้อเท็จจริงมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องออกเป็นสามรูปแบบ: ประกอบด้วยข้อมูลภูมิหลังของบุคคลหรือองค์กรของพวกเขา ข้อมูลการทำงานเช่นรายละเอียดงานและความรับผิดชอบและข้อมูลทั่วไปที่รวบรวมจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ สิ่งเหล่านี้สามารถอยู่ในรูปแบบสถิติหรือเชิงพรรณนา [43]

ข้อมูลทุติยภูมิหมายถึงข้อมูลดิบและข้อมูลที่รวบรวมหรือสรุปซึ่งอยู่ในรูปแบบของเอกสารที่เชื่อถือได้และน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ข้อมูลรายละเอียดของการสัมภาษณ์ยังใช้สำหรับการรวบรวมข้อมูลทางเทคนิคสำหรับกรณีศึกษา จำเป็นต้องมีข้อมูลของบริษัท นโยบายวิสัยทัศน์กลยุทธ์ขั้นตอนการทำงาน และคำแนะนำเครื่องมือการจัดการความรู้เทคนิค จากนั้นจำแนกตามข้อมูลที่ได้รับและข้อมูลต่างๆ

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้แบบสัมภาษณ์ ซึ่งประเด็นข้อคำถามที่ใช้เป็นแนวทางในการสัมภาษณ์โดยยึดตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยเป็นการสัมภาษณ์แบบเปิดกว้างไม่จำกัดคำตอบ ซึ่งการสัมภาษณ์ในลักษณะนี้จะมีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากมีความประสงค์ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์มีอิสระที่จะอธิบายไม่จำกัดขอบเขตในการสัมภาษณ์

2 เครื่องบันทึกเทปหรือเครื่องบันทึกเสียงระบบดิจิทัล หรือกล้องถ่ายรูป

3.1.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือในการสัมภาษณ์

1 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา มารวบรวมประมวลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดในการวิจัย

2 กำหนดกรอบแนวคิดในการสัมภาษณ์สร้างข้อคำถามในการสัมภาษณ์โดยใช้คำถามปลายเปิด ซึ่งเป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ให้ข้อมูลสำคัญได้แสดงออกถึงความรู้สึกนึกคิด และความคิดเห็นอย่างอิสระไม่มีการชักนำด้วยความคิดของผู้วิจัยหรือทีมงาน รวมถึงการใช้คำถามที่มีความชัดเจนเข้าใจได้ง่ายและเป็นที่ยอมรับกันทุกฝ่าย

3. นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นมาให้ผู้ทรงวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญ ที่มีความรู้เกี่ยวกับหัวข้อการวิจัย รวมทั้งนำมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความชัดเจนของเนื้อหาและความเหมาะสมของการจัดเรียงลำดับความสำคัญสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาตลอดความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการสัมภาษณ์จริง

3.1.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview)

ผู้วิจัยเลือกที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ แบบไม่มีโครงสร้างซึ่งเป็นการสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยมีการกำหนดประเด็นที่ชัดเจน แต่รูปแบบการสัมภาษณ์ของผู้วิจัยใช้ลักษณะเป็นกันเองไม่มีพิธีรีตอง ไม่เคร่งครัดขั้นตอนหรือลำดับของข้อคำถาม ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลให้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับความเป็นจริง บนพื้นฐานของความเป็นธรรมชาติให้มากที่สุด โดยผู้วิจัยไม่ได้มีการเสริมแต่งแต่อย่างใดทั้งสิ้น [43]

3.1.5 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบข้อมูลจากระเบียบวิธีวิจัยที่ต่างกัน (Methodological Triangulation) ทำการสังเกตพฤติกรรมของผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ขณะที่ทำการสัมภาษณ์โดยสังเกตจากสีหน้าท่าทาง ขณะที่ให้ข้อมูล พฤติกรรมต่างๆ ที่แสดงการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลรอบข้างการติดตามเก็บรายละเอียด บรรยากาศขณะปฏิบัติงานของบุคคลในองค์กร สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป การทำงาน และการประสานงานกับบุคคลหรือหน่วยงานอื่นๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความรู้สึกนึกคิดของผู้ให้ข้อมูลสำคัญมากขึ้น ซึ่งการติดตามเก็บรายละเอียดบรรยากาศขององค์กรจะท าให้ทราบถึงความแม่นยำ และสอดคล้องในคำบอกเล่า ของผู้ให้ข้อมูลสำคัญในการปฏิบัติจริง และใช้วิธีการสอบถามโดยใช้คำถามเดิมซ้ำเพื่อตรวจสอบความตรงกันของคำถามที่ได้ในครั้งแรก [43]

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) ผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญทั้งหมด นำมาเปรียบเทียบกันในด้านความคิดเห็นของแต่ละคนจากใบสอบถามเพิ่มเติมที่ได้จากผู้สัมภาษณ์ จากนั้นนำมาจัดเรียงข้อมูลใหม่เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่าย และมีความชัดเจนยิ่งขึ้น [41-43]

3.2 การสำรวจฟาร์มสุกรในประเทศไทย

งานวิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารต่างๆ และการวัดผลของข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่สนใจให้เป็นระบบ สามารถนำข้อมูลไปใช้ต่อได้ โดยการเตรียมคำถามที่เป็นไปได้ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับการกระบวนการทำความสะอาดพื้นคอกสุกร, พฤติกรรมของสุกรในทุกช่วงอายุรุ่น-ขุน, กระบวนการจัดการของเสียต่างๆภายในฟาร์ม, การเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นคอกโรงเรือน, อิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของคอนกรีตภายในโรงเรือน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความรู้ รายละเอียดต่างๆที่ครอบคลุมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโครงสร้างรายได้ และรายจ่ายของครัวเรือนเกษตรกร งานวิจัยได้ทำการสำรวจจากตัวแทนฟาร์มสุกรขนาดใหญ่, กลาง และ เล็กของประเทศไทย 1. ฟาร์มในเครือบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ในฐานะผู้นำอุตสาหกรรมการเกษตรครบวงจร 2.ฟาร์มในเครือบริษัท ไทย ฟู้ดส์ สโวน ฟาร์ม จำกัด และ 3. วีระชัยฟาร์ม จังหวัดราชบุรี 4. ศรีสวัสดิ์ฟาร์ม จังหวัดนครปฐม

3.3 วัสดุสำหรับการวิจัย

วัสดุที่ใช้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement, (C)) ชนิดใช้งานทั่วไป ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม มอก. 2594 - 2556 และ ตามมาตรฐานASTM C1157 TYPE GU ที่มีความถ่วงจำเพาะ 3.08 และความละเอียดที่ 3,453 cm² / g และน้ำยาผสมคอนกรีตเพิ่มเพื่อเพิ่มเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการทำงาน ประเภทลดน้ำอย่างมากและหน่วงการก่อตัวของคอนกรีต (Daracem S21C; ASTM C494) มีคุณสมบัติช่วยลดการใช้น้ำปริมาณสูงถึง 30% มวลรวมละเอียดและหยาบ เถ้าลอย (FA) ที่มีความถ่วงจำเพาะ 2.15 และความละเอียดที่ $3,746 \text{ cm}^2 / \text{g}$ ได้มาจากผลพลอยได้จากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจังหวัดระยอง และซิลิกาฟูม (SF) ที่มีความถ่วงจำเพาะ 2.23 และพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET) ที่ $24.2 \text{ m}^2 / \text{g}$ ถูกจัดจำหน่ายในรูปแบบที่แห้ง ประเทศนอร์เวย์ ตามมาตรฐาน ASTM C 33, ASTM C 618 และ ASTM C1240 ตามลำดับ และซีเมนต์ขัดพื้นผิวแกร่งชนิดไม่มีผงโลหะ (Sikafloor 3 Quartz Top) ความหนาแน่น $1.55 \text{ g} / \text{cm}^3$ ประกอบด้วยซิลิกาควอตซ์ โดยฝังตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับพื้นผิวคอนกรีตด้วยการหว่านโปรย และทำการบดอัด-ขัดผิวด้วยเกรียงฉาบ หรือเครื่องขัดชนิดต่างๆ

3.3.1 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement, (C)) เป็นปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2594-2556 ชนิดใช้งานทั่วไป ตามมาตรฐาน ASTM C1157 TYPE GU. [45]



รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

3.3.2 เถ้าลอย (Fly Ash)

เถ้าลอย (FA) ตามมาตรฐาน ASTM C618 Class F จากโรงไฟฟ้า บี แอล ซี พี เพาเวอร์ จำกัด จังหวัดระยอง ประเทศไทย เถ้าลอยชั้นคุณภาพ F เป็นเถ้าลอยที่มีผลรวมของซิลิกาออกไซด์ เฟอริก ออกไซด์ และ อะลูมินาออกไซด์ มากกว่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก เกิดจากการเผาถ่านหินประเภท แอนทราไซต์ และบิทูมินัส มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 5 ดังนั้นเถ้าลอยประเภทนี้ บางครั้งจะเรียกว่า Low-calcium Fly Ash หมายถึงเถ้าลอยที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำ [46]



รูปที่ 3.2 ถ้ำลอยจากโรงไฟฟ้าบีแอล ซี พี เพาเวอร์ จำกัด

3.3.3 ซิลิกาฟวม (SF)

เป็นฟูนผงที่ละเอียดมากสีเทาอมขาว ความถ่วงจำเพาะของซิลิกาฟวมมีค่าประมาณ 2.2 มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 0.1 ไมโครเมตร และพื้นที่ผิวประมาณ 200,000 ถึง 250,000 ซม.²/ก ผลพลอยได้ของการผลิตซิลิกอนเมททัลและเฟอร์โรซิลิกอนอัลลอยด์ เป็นกระบวนการรีดักชันจากควอร์ต (quartz) ที่บริสุทธิ์ไปเป็นซิลิกอนโดยวิธี electric arc ที่อุณหภูมิสูงถึง 2,000 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดไอ (fume) ของ SiO₂ ซึ่งต่อมาจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและกลั่นตัวที่อุณหภูมิต่ำได้เป็นอนุภาคของซิลิกาขนาดเล็กมากที่ไม่เป็นผลึก [47]

รูปที่ 3.3 ซิลิกาฟวม (SF)

3.3.4 น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทลดน้ำและหน่วงการก่อตัว (Daracem S21C)

เป็นสารละลายของแนฟทาซีนซัลโฟเนตที่ผ่านการดัดแปลงแล้ว ไม่มีคลอไรด์ปนสวนผสมหนึ่งลิตรมีน้ำหนักประมาณ 1.20 กิโลกรัม ± 0.02 กิโลกรัม ของ บริษัท GCP Applied Technologies Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา ตามมาตรฐาน ASTM C494 [48]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Daracem S21C ประเภทประเภทลดน้ำและหน่วงการก่อตัว

3.3.5 ซีเมนต์ขัดพื้น (Sikafloor® -3 QuartzTop)

ผงซีเมนต์พิเศษงานขัดพื้นผิวแกร่ง ชนิดไม่มีผงโลหะ คุณสมบัติช่วยต้านทานการซึมผ่านของน้ำ และแข็งแกร่ง ปริมาณการใช้งาน 5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ค่าการยุบตัวที่ 75 มม. ถึง 110 มม. ผลิตโดยบริษัท Sika ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ [49]



รูปที่ 3.5 ซีเมนต์ขัดพื้น (Sikafloor® -3 QuartzTop)

คุณสมบัติทั่วไปและสัญลักษณ์ย่อของวัสดุแสดงในตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุผงแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทั่วไป และสัญลักษณ์ย่อของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุ	รายละเอียด	สัญลักษณ์	มาตรฐาน
ปูนซีเมนต์	Hydraulic Cement	C	ASTM C1157 Type GU
วัสดุประสาน	Fly ash	FA	ASTM C618 class C
	Silica Fume	SF	ASTM C1240
น้ำยาผสมคอนกรีต	Daracem S21C	S21C	ASTM C494 Naphthalene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์และวัสดุผสมเพิ่ม

วัสดุ	ส่วนประกอบทางเคมี (wt%)						ส่วนประกอบทางฟิสิกส์ (wt%)	
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	SO ₃	Fe ₂ O ₃	LOI	Specific Gravity (g/ml)	Fineness (cm ² /g)
ปูนซีเมนต์	19.19	64.15	4.75	2.84	3.08	2.85	3.04	4,053
เถ้าลอย	67.24	2.09	17.33	0.02	5.08	3.39	2.15	3,746
ซิลิกาฟูม	86.73	0.76	0.58	1.11	2.50	0	2.23	-

3.3.6 การวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของมวลรวมด้วยตะแกรง

ส่วนขนาดคละที่เหมาะสมของมวลรวมในปฏิภาคส่วนของคอนกรีตจะช่วยให้ได้คอนกรีตมีราคาถูก มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ คุณภาพดี และทำงานง่าย ตามมาตรฐาน ASTM C33 [50] ขนาดตะแกรงแสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตะแกรงร่อน Sieve ASTM Standard

ตารางที่ 3.3 ข้อกำหนดส่วนขนาดคละของมวลรวม

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักร้อยละผสมที่ค้างบนแต่ละตะแกรง					
	มวลรวมละเอียด	มวลรวมหยาบ				มวลรวมผสม
		¾ - no.4	1" - no.4	1 ½" - no.4	2" / no.4	
2"				0	0 - 5	
1 ½"			0	0 - 5		0 - 2
1"		0	0 - 5		30 - 65	
¾"		0 - 10		30 - 65		20 - 32
½"			40-75		70 - 90	
3/8"	0	45 - 80		70 - 90		43 - 53
No.4	0 - 5	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100	55 - 65

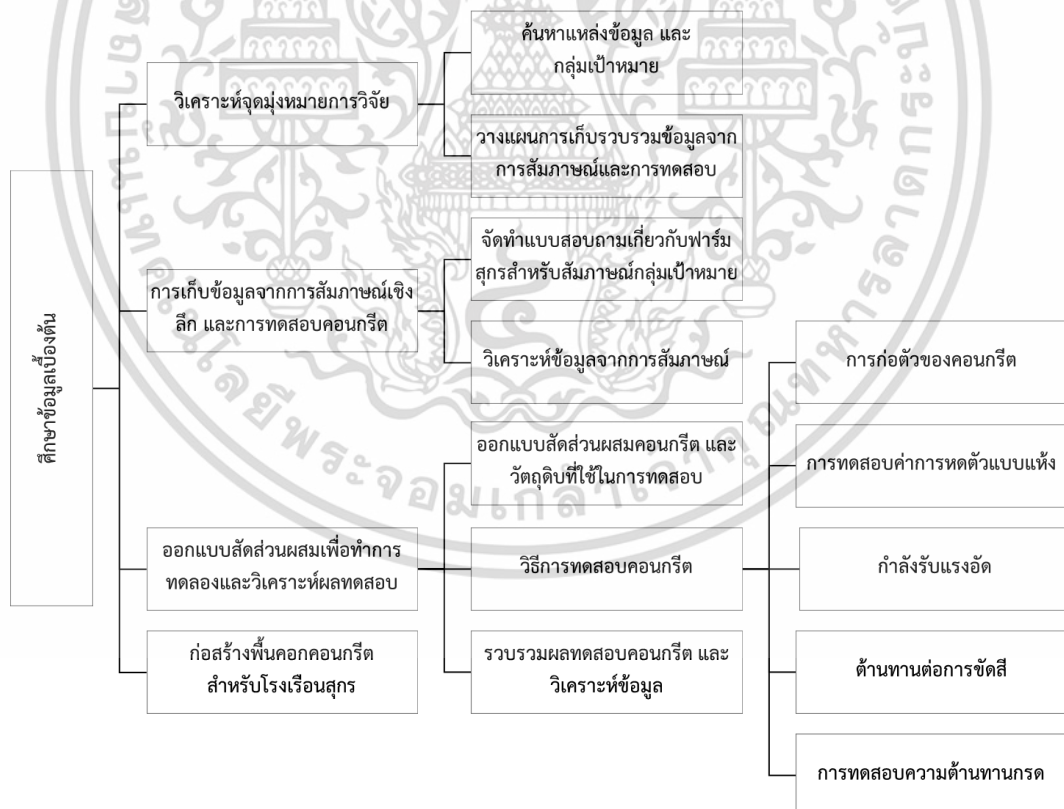
เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.8	0 - 20	95 - 100	95 - 100			64 - 74
No.16	15 - 50					73 - 82
No.30	40 - 75					81 - 89
No.50	70 - 90					92 - 98
No.100	90 - 98					98 - 99

3.4 เค้าโครงของการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของวัสดุพอลิโพรพิลีนต่อประสิทธิภาพของพื้นคอนกรีตโรงเรือนสุกร พอลิโพรพิลีนที่ทดลอง ได้แก่ เถ้าลอย (FA) และซิลิกาฟูม (SF) เพื่อทดสอบความสามารถในการรับกำลังแรงอัด จากนั้นประดิษฐ์พื้นคอนกรีตจำลองขนาด 100x100x7 ซม. 1 แผ่นต่อการออกแบบ1ส่วนผสมเพื่อทำการทดสอบและวิเคราะห์ความต้านทานต่อการขัดสี และการต้านทานการกัดกร่อนของกรด จากนั้นนำค่าการทดสอบต่างๆของแต่ละสัดส่วนผสมทั้งหมด มาคำนวณราคาวัสดุเพื่อใช้ในการประเมินการก่อสร้างพื้นคอกโรงเลี้ยงสุกร และนำสัดส่วนผสมที่ออกแบบที่มีค่าการทดสอบและราคาก่อสร้างที่เหมาะสมที่สุดไปใช้ก่อสร้างพื้นคอกโรงเลี้ยงสุกรในสถานที่จริง เค้าโครงของการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เค้าโครงของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบ

งานวิจัยนี้ทำการทดลองผสมคอนกรีต สำหรับพื้นโรงเรือนสุกร ได้แก่ คอนกรีตที่ไม่มีน้ำยาเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีน้ำยาเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) คอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอย 15% 30% 45 (CFA15, CFA30) , CFA45) คอนกรีตที่แทนที่ด้วยซิลิกาฟูมและเถ้าลอย (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลของสัสด่วนชิ้นงานคอนกรีตแตกต่างกัน

ตารางที่ 3.4 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบ

Mix design	Cement (kg/m ³)	Fly ash (kg/m ³)	Silica Fume (kg/m ³)	Fine aggregate (kg/m ³)	Coarse aggregate (kg/m ³)	S21C Admixture 1,000mL / 100kg of cementitious	Sikafloor-3Quartz Top (powder)	Water (kg/m ³)	W/C ration
Non-CFH	350	-	-	835	1100	10		150	0.42
CFH	350	-	-	835	1100	10	5kg/m ³	150	0.42
CFA15	297	53	-	835	1100	10	-	150	0.42
CFA30	245	105	-	835	1100	10	-	150	0.42
CFA45	192	158	-	835	1100	10	--	150	0.42
CSF4FA26	248	91	11	835	1100	10	-	150	0.42
CSF6FA24	250	84	16	835	1100	10	-	150	0.42
CSF8FA22	251	77	22	835	1100	10	-	150	0.42
CSF10FA20	252	70	28	835	1100	10	-	150	0.42

3.6 วิธีการทดลอง

3.6.1 การก่อตัวของคอนกรีต (Setting Time of Concrete)

กระบวนการเริ่มแข็งตัวของคอนกรีตสด ระยะเวลาที่สำคัญ คือ ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) ช่วงเวลาที่คอนกรีตสามารถเท อัดแน่น ตกแต่งผิว และระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เป็นระยะเวลาที่คอนกรีตเริ่มเข้าสู่สภาพการแข็งตัวและเริ่มพัฒนากำลังอัด (Beginning of Mechanical strength) ทดสอบทำได้โดยการเทมอร์รต่ำลงในภาชนะทรงลูกบาศก์แล้ววัดแรงที่ใช้ในการกดหัวกดให้จมลงในเนื้อคอนกรีตลึก 2.5 ซม. ต่อจากนั้นคำนวณหาค่าแรงกดต่อพื้นที่เพื่อนำมาเขียนกราฟ ทั้งนี้ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น เท่ากับ 500 ปอนด์/ตร.นิ้ว (3.5 เมกะพาสคัล) ระยะเวลาการก่อตัวสุดท้าย 4,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว (27.6 เมกะพาสคัล) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คัล) อย่างไรก็ตามชนิดของปูนซีเมนต์ อุณหภูมิ และสารผสมเพิ่มส่งผลต่อระยะเวลาการก่อตัวเช่นกัน ความต้านทานแรงกดหาได้ตามสมการที่ 3.1

$$P_R = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

โดยที่ P_R = แรงต้านทาน (Penetration Resistance), ปอนด์/ตร.นิ้ว
 P = แรงกดที่อ่านได้, ปอนด์
 A = พื้นที่หัวกด, ตร.นิ้ว



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ทดสอบหาระยะเวลาในการก่อตัวของคอนกรีต

3.6.2 การทดสอบเพื่อหาค่าการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage)

อิทธิพลที่มีผลต่อการหดตัวของคอนกรีต องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ มวลรวม ปริมาณของน้ำ และปูนซีเมนต์ คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ รูปร่างและขนาดของคอนกรีต เป็นต้น บางโครงสร้างสามารถลดการหดตัวด้วยการใช้เสริมเหล็กเข้ามาช่วยยึดไม่ให้คอนกรีตหดตัว แต่ทำให้เกิดแรงอัดในเหล็กและแรงดึงในคอนกรีตได้ อย่างไรก็ตาม คอนกรีตที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะเกิดการหดตัวสูง งานวิจัยครั้งนี้ได้ทดสอบโดยใช้เครื่องมือวัดตามมาตรฐาน ASTM C490 [69] และวัดค่าการหดตัวของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C157 [70] ขึ้นงานตัวอย่างขนาด 75x75x285 มิลลิเมตร จำนวน 3ตัวอย่าง เป็นผลรวมของแบบแห้งที่เกิดขึ้นในขึ้นงานตัวอย่าง จากนั้นเริ่มทำการวัดขึ้นงานตัวอย่างตั้งแต่หลังระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายไม่เกิน 2 ชั่วโมง ทำการวัดการหดตัวครั้งแรก (L_0) นั้นบ่มก้อนตัวอย่างในอากาศตามอุณหภูมิปกติ ($30 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$) จนกระทั่งครบอายุ 90 วัน



รูปที่ 3.9 ชุดแบบหล่อตัวอย่างทดสอบการหดรวมของคอนกรีต



รูปที่ 3.10 ชุดทดสอบวัดการหดตัวแห้งของคอนกรีต

3.6.3 กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength)

ทำการเก็บตัวอย่างในแบบหล่อทรงกระบอกขนาดที่ใช้คือ ขนาดรูปทรงลูกบาศก์ (15x15x15 ซม.) จำนวน 3 ตัวอย่างในทุกส่วนผสมและทุกช่วงอายุตามมาตรฐาน ACI 318 [53] และถอดออกจากแบบในวันที่ทำการทดสอบกำลังอัดประลัยที่ 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C 39 [54] งานวิจัยมีทั้งหมด 9 ก้อนตัวอย่างต่อการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (ทั้งหมด 81 ตัวอย่าง) คำนวณค่ากำลังรับแรงอัดจากกำลังอัดประลัยตามสมการที่ 3.2

$$F_c = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

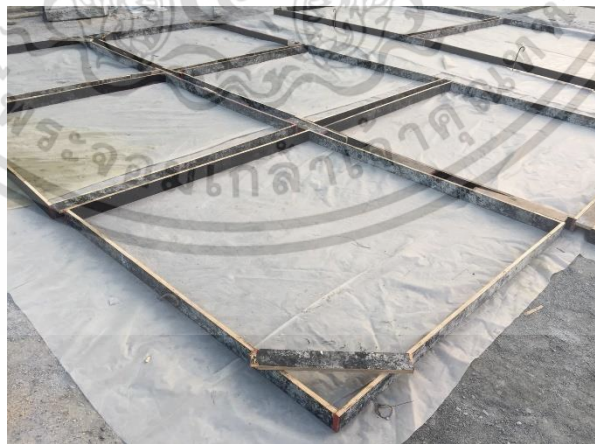
- เมื่อ F_c = กำลังรับแรงอัดประลัย มีหน่วยเป็น psi หรือ MPa
 P = แรงอัด มีหน่วยเป็น lbf หรือ N
 A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง มีหน่วยเป็น in^2 หรือ mm^2



รูปที่ 3.11 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

3.6.4 พื้นคอนกรีตจำลอง (Mock up)

ในการวิเคราะห์ความต้านทานต่อการขีดสี และการต้านทานการกัดกร่อนของกรด ได้ทำการประดิษฐ์พื้นคอนกรีตทรงสี่เหลี่ยม (100x100x7 ซม.) 1 แผ่นต่อการออกแบบ 1 ส่วนผสม ทั้งหมด 9 แผ่น



รูปที่ 3.12 จำลองพื้นเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม (100x100x7 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 ด้านทานต่อการขัดสี (Mock up)

การทดสอบความต้านทานต่อการขัดถูจะดำเนินการในวันที่ 28 เพื่อตรวจสอบความลึกของการสึกหรอตามมาตรฐาน EN13892-4 [55] และการทดลองจะดำเนินการเป็นสามเท่า ความต้านทานต่อการขัดถูคำนวณโดยสมการ (1) โดย AR คือความต้านทานต่อการขัดถูของ British Cement Association (BCA) d_0 คือความลึกของการสึกหรอเริ่มต้นและ d_w คือความลึกของการสึกหรอเมื่อสิ้นสุด ตามสมการที่ 3.3 [56]

$$AR = d_w - d_0 \quad (3.3)$$

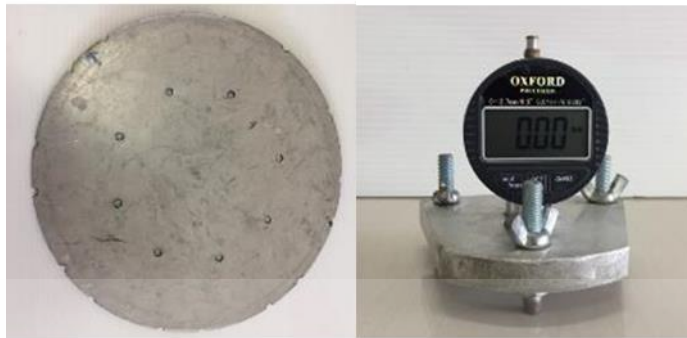


รูปที่ 3.13 ชุดเครื่องทดสอบการขัดสี



รูปที่ 3.14 BCA Abrasion test machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 Marking out template และ Depth gauge

3.6.6 การทดสอบความต้านทานกรด (Acid resistance)

การวิเคราะห์การโจมตีของกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกต่อพื้นคอนกรีต ซึ่งกรดแลคติกเป็นตัวแทนของอาหารสัตว์ และกรดซัลฟิวริกเป็นตัวแทนของของเสียจากสัตว์ ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ทำการเจาะแบบจำลองพื้นคอนกรีต เป็นทรงกระบอกขนาดหน้าตัด 10 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C42 [57] จำนวนตัวอย่าง 12 ชิ้นงานก่อนตัวอย่างต่อการออกแบบส่วนผสมแต่ละตัว (รวม 108 ตัวอย่าง) จากนั้นนำ 12 ก้อนตัวอย่างแต่ละสัดส่วนคอนกรีต แยกเป็น 6 ตัวอย่างทำการตัดร่องขนาด 0.2×0.2 เซนติเมตรบนพื้นผิวชิ้นงาน เพื่อเป็นการเร่งปฏิกิริยาให้กรดซึมผ่านได้ง่ายขึ้น โดยแ่งที่ผิวหน้าของคอนกรีต จุ่มลึกลงไปประมาณ 3 เซนติเมตร ในสารละลายกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกอย่างละ 3 ก้อนตัวอย่าง และทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 และ 90 วัน เทียบกับชิ้นงานตัวอย่างไม่มีการตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงาน ซึ่งความเข้มข้นของสารละลายถูกควบคุมเป็นระยะ โดยการวัดค่า pH ของสารละลายในระหว่างการทดสอบ อุณหภูมิของสารละลายคือ 30 ± 2 เซลเซียส การวิเคราะห์ความต้านทานกรดเป็นไปตาม ASTM C944 โดยใช้โหลดสองเท่าที่ $196 \text{ N} \pm 2\text{N}$ [58] ตัวอย่างจะขึ้นมาทดสอบที่อายุ 28 และ 90 วัน หลังการทดสอบตามช่วงอายุต่างๆจะนำไปจุ่มสารละลายต่อ เมื่อรอทดสอบอายุถัดไป ทำเหมือนกันทั้งแบบผิวปกติ และ ผิวจำลองการวิบัติ (เป็นเวลา 90 วัน) เพื่อเลียนแบบการเสื่อมสภาพของคอนกรีตและตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนักคอนกรีตจากการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างสำหรับทดสอบ จำลองการวิบัติ (0.2x0.2x10 ซม.)



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างสำหรับทดสอบผิวหน้าคอนกรีตสมบูรณ์



รูปที่ 3.18 เครื่องทดสอบความทนการขีดสี มาตรฐาน ASTM C944

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การตัดสินใจเลือกสัดส่วนผสมคอนกรีตเพื่อใช้ในการก่อสร้าง

3.7.1 วิธีการคัดเลือกสัดส่วนผสมคอนกรีตเพื่อใช้ก่อสร้างพื้นโรงเรือนสุกร

3.7.1.1 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ (t test)

t เป็นค่าสถิติทดสอบ (test statistic value) ค่าหนึ่งที่ใช้ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ

ค่าเฉลี่ย สัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ตัวแปร (Variable) ของค่า t มีการแจกแจง t (t distribution) ค้นพบโดยนักสถิติชื่อวิลเลียม กอสเสต (William Gosset) ในปี ค.ศ. 1908 ขณะที่เขาทำงานในบริษัท Guinness Browning เป็นบริษัทพิมพ์หนังสือซึ่งบริษัทแห่งนี้ไม่อนุญาตให้พิมพ์ผลงานที่วิลเลียมค้นพบ เพื่อหลีกเลี่ยงข้อห้ามดังกล่าววิลเลียมจึงนำผลงานนี้ไปพิมพ์ในนาม สติวเดนต์ (Student) ดังนั้นการแจกแจง t จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การแจกแจง t ของสติวเดนต์ (Student's t distribution)

t-test เป็นสถิติเชิงอนุมานประเภทหนึ่งที่ใช้เพื่อตรวจสอบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้ใช้การทดสอบ t-test แบบ Independent เป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน ข้อมูลที่รวบรวมได้ อยู่ในระดับอันตรภาคหรืออัตราส่วน ใช้สถิติการทดสอบค่า t มีชื่อเฉพาะว่า t - test for Independent มีวิธีการคำนวณหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตั้งสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน มีค่าไม่เท่ากัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) (t-test แบบ Separated variance) ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองค่าว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ [59]

สูตรคำนวณ

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} : df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\frac{s_1^2}{n_1}}{n_1-1} + \frac{\frac{s_2^2}{n_2}}{n_2-1}}$$

3.7.1.2 การวิเคราะห์ค่า T-test ด้วย Excel

ตั้งสมมติฐานทางสถิติมี 2 ชนิดคือ

1. สมมติฐานที่เป็นกลางหรือสมมติฐานที่ไร้นัยสำคัญ (Null hypothesis) ซึ่งเป็นสมมติฐานที่แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ H_0 ตัวอย่างเช่น $H_0 : u_1 = u_2$ หมายถึงว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรทั้งสองไม่แตกต่างกันหรือเท่ากัน
2. สมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis) สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ H_1 การตั้งสมมติฐานทางเลือก ในการวิเคราะห์สถิติแบบ t-Test มีสองรูปแบบคือ การทดสอบแบบมีทิศทางหรือบางที่เรียกว่า การทดสอบแบบหางเดียว (One-tailed test) มี 2 กรณี คือ หางเดียวทางขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกรณีทางเดียวทางซ้าย เช่น $H_1 : u_1 > u_2$ หรือ $H_1 : u_1 < u_2$ แบบไม่มีทิศทาง หรือการทดสอบแบบสองหาง (Two - tailed test) ซึ่งเป็นการทดสอบเมื่อ $H_1 : u_1$ ไม่เท่ากับ u_2

t-test เป็นสถิติเชิงอนุมานประเภทหนึ่งที่ใช้เพื่อตรวจสอบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างวิธีการของสองกลุ่มซึ่งอาจเกี่ยวข้องข้อในคุณลักษณะบางอย่าง การทดสอบค่าที่จะพิจารณาจากสถิติที่ค่าการแจกแจงค่าที่และระดับของอิสระเพื่อกำหนดนัยสำคัญทางสถิติ และผลลัพธ์แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้ t-test อิสระเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกลุ่มโดยให้ระดับนัยสำคัญ 5% ($p < 0.05$) ผู้วิจัยจะนำผลคำนวณ t-test มาทำการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อพิจารณาตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธ สมมุติฐานหลักของการออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต [46] จากนั้นนำออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีตที่ได้รับการยอมรับทางสถิติทำการก่อสร้างพื้นคอกคอนกรีตเปรียบเทียบกับสัดส่วนผสมคอนกรีตตั้งต้นมาทำการก่อสร้างโรงเรือนสุกรที่จังหวัดชลบุรี และติดตามคุณภาพคอนกรีตหลังการใช้งานอย่างน้อย 5-6 เดือน

2.7.1.3 ขั้นตอนการทดสอบสมมุติฐานด้วยสถิติแบบ t

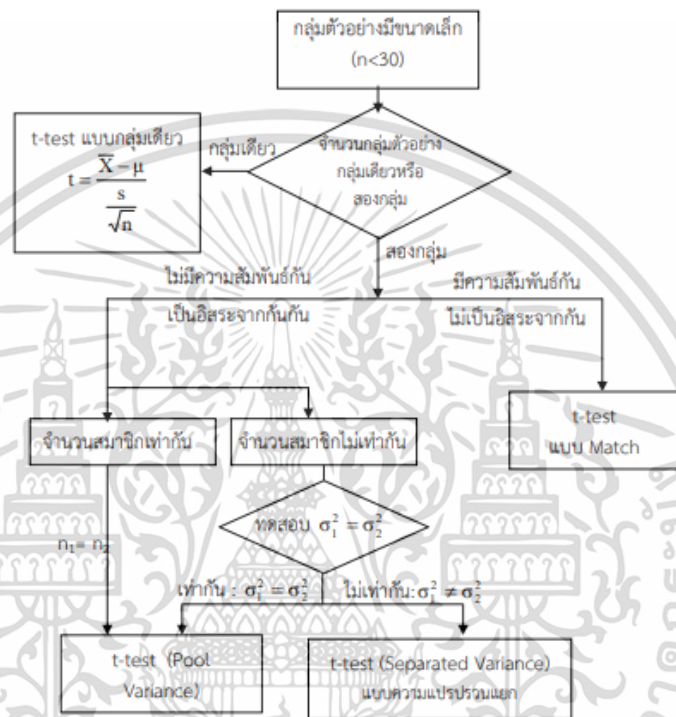
ตั้งสมมุติฐานทางสถิติ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติคำนวณค่า t stat หาค่า P-Value จากนั้นเปรียบเทียบค่า t stat กับค่า t Critical (ไม่พิจารณาเครื่องหมาย) หรือ P-Value กับ ระดับนัยสำคัญและตัดสินใจเพื่อยอมรับสมมุติฐานทางสถิติซึ่งแบ่งออกเป็นสองกรณีหากค่า P-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ หรือ หาก $t \text{ stat} > t \text{ critical}$ จะ ปฏิเสธ H_0 แต่หากค่า P-Value มากกว่าหรือเท่ากับ ระดับนัยสำคัญ หรือ หาก $t \text{ stat} \leq t \text{ critical}$ จะยอมรับ H_0 และอีกกรณีคือ ค่า P-Value/2 น้อยกว่า ระดับนัยสำคัญ/2 หรือ หาก $t \text{ stat} > t \text{ critical}$ จะปฏิเสธ H_0 หรือ กรณีค่า P-Value/2 มากกว่าหรือเท่ากับ ระดับนัยสำคัญ/2 หรือ หาก $t \text{ stat} \leq t \text{ critical}$ จะยอมรับ H_0 จากที่ได้นำเสนอมาเป็นการนำเสนอให้รู้จักสถิติ t และขั้นตอนการทดสอบสมมุติฐาน ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการนำเสนอการใช้ excel เพื่อทดสอบสมมุติฐาน โดย excel ได้เตรียมสูตร excel เพื่อช่วยในการคำนวณค่า t stat และ P-Value รวมถึงเครื่องมือสำเร็จรูปภายใน excel ซึ่งทำให้ผู้ใช้สะดวกต่อการใช้งาน [59]

2.7.1.4 ระดับความมีนัยสำคัญ (Level of Significant: α)

ค่าของความน่าจะเป็นที่กำหนดขึ้น เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นที่ผลที่ได้รับตามข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจะเกิดขึ้น ที่จะยอมรับหรือปฏิเสธสมมุติฐานหลัก โดยจะปฏิเสธสมมุติฐานหลักก็ต่อเมื่อความน่าจะเป็นของผลที่ได้รับจะน้อยกว่าหรือเท่ากับระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้หรือจะยอมรับสมมุติฐานหลักก็ต่อเมื่อความน่าจะเป็นของผลที่ได้รับจะมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ในการทดสอบสมมุติฐานหนึ่ง ๆ อาจยอมรับที่ระดับนัยสำคัญหนึ่งและจะปฏิเสธที่อีกระดับนัยสำคัญหนึ่งก็ได้ ดังนั้นระดับนัยสำคัญเป็นสิ่งที่ต้องระบุไว้ด้วยเสมอในการทดสอบความมีนัยสำคัญ และระดับนัยสำคัญที่กำหนดในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ส่วนมากจะอยู่ที่ระดับ 0.05 หรือ 0.01 [60]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยจะนำผลคำนวณ t-test มาทำการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญทางสถิติ ระบุว่าผลที่ได้จากการศึกษาหรือการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมีนัยหรือไม่ เพื่อพิจารณาตัดสินใจว่าจะยอมรับ (Accept) หรือปฏิเสธ (Reject) สมมติฐานหลักของการออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต จากนั้น นำออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีตที่ได้รับการยอมรับหรือเปรียบเทียบกับสัดส่วนผสมคอนกรีตตั้งต้นดีกว่ามาทำการก่อสร้างโรงเรือนสุกร



รูปที่ 3.19 ประเภทของการทดสอบค่าที

3.7.2 วิธีการทดลองก่อสร้างพื้นคอนกรีต สำหรับโรงเรือนสุกรจังหวัดชลบุรี

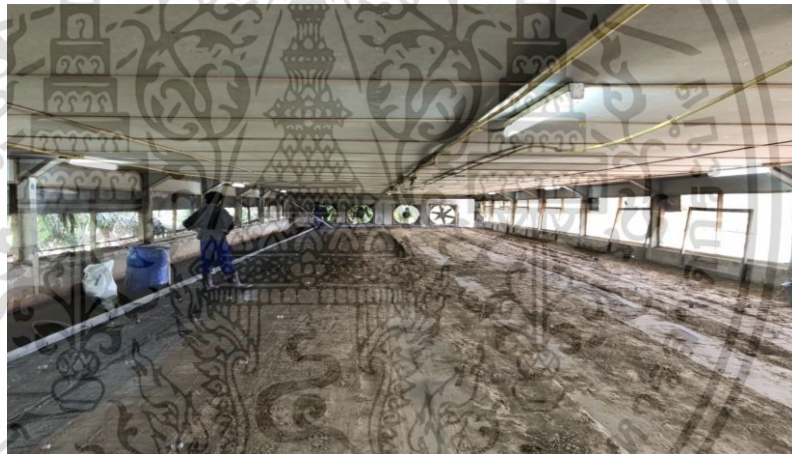
ผู้วิจัยทำการจัดทำแผนงานนำเสนอข้อมูลพื้นฐาน ภาพแสดงรายละเอียดการวิบัติของพื้นคอนกรีตชนิดต่างๆ รวมไปถึง ข้อมูลเชิงวิศวกรรม และให้คำปรึกษาแนะนำเชิงลึกแก่ผู้ประกอบการฟาร์มสุกรรายย่อย พื้นที่จังหวัดชลบุรี เพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้อย่างมีขั้นตอนและทราบถึงสาเหตุของการเกิดรอยร้าว กระจุกและร่อนของพื้นผิวหน้าคอนกรีต นอกจากนี้แนะนำวิธีการแก้ไขเบื้องต้นให้ทราบรวมถึงขออาสาสมัครและความร่วมมือจากผู้ประกอบการฟาร์มสุกรที่มีแผนงานเรื่องของการบำรุงซ่อมแซมโรงเรือนสุกร ทั้งนี้ทางผู้วิจัยจะดำเนินการสนับสนุนด้านคอนกรีต โดยนำเสนอสัดส่วนผสมคอนกรีตที่ได้รับการคัดเลือกจากผลทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีเหมาะสมและสอดคล้องกับค่าใช้จ่ายก่อสร้างเทียบเท่าคอนกรีตที่ผู้ประกอบการใช้อยู่ในปัจจุบัน

ผู้ประกอบการฟาร์มสุกร อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี ได้อนุเคราะห์โรงเรือนที่มีแผนการก่อสร้างพื้นคอนกรีตใหม่ ขนาด 9.2 x 44 เมตร และ 11.5 x 44 เมตร ความหนาพื้น 7 เซนติเมตร (ค่าความลาดเอียง 1% และ 3% ตามลำดับ จำนวน 2 โรงเรือน ตามรูปที่ 2.2 สำหรับทดสอบเทียบระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตทั่วไป (non-CFH) และ สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ได้รับการคัดเลือก โดยแผนการเริ่มการก่อสร้าง อยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม 2563 ใช้เวลาก่อสร้างพื้นที่ทั้งหมด 2 วัน สำหรับทั้ง 2 โรงเรือน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ ทำประสานงานเพื่อจัดเตรียมคอนกรีตสำหรับโรงเรือนดังกล่าว และเก็บผลของการสอบถามข้อมูล ระหว่างการใช้งานและหลังการใช้งานเหล่านี้ หลังจากการเทคอนกรีตแล้วเสร็จ ทางผู้ประกอบการจะ ทำการก่อสร้างสาธาดูประเภทต่างๆ ภายในโรงเรือน และทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคทั้งภายในและ ภายนอกก่อนนำลูกสุกรขุนเข้าเลี้ยง

การเลี้ยงลูกสุกรขุน จนถึงระยะขายใช้เวลาทั้งหมด 150-180 วัน จนน้ำหนักของสุกรถึง เกณฑ์กำหนด ประมาณ 110 กก.เป็นต้นไป เมื่อสิ้นสุกรระยะเวลาดังกล่าวแล้ว ทางผู้วิจัยจะทำการนัด หมายผู้ประกอบการฟาร์มสุกรเพื่อเข้าตรวจสอบ และสอบถามความพึงพอใจหลังจากการใช้งานเทียบ กับคอนกรีตทั่วไปที่ใช้อยู่ เพื่อรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์นำไปปรับใช้ที่หน่วยงานอื่นๆส่งผลให้ ผู้ประกอบการและปรับเหมาะก่อสร้างโรงเรือนมีความเข้าใจมากขึ้น สามารถการปฏิบัติงานได้ดีขึ้น และทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในเชิงพาณิชย์และเชิงวิศวกรรม



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างโรงเรือนสำหรับการทดลอง ขนาด 9.2 x 44 เมตร

ทางผู้วิจัยทำการประสานงานกับทางเจ้าฟาร์ม เพื่อนำเสนอสัดส่วนคอนกรีตที่ได้รับการคัดเลือก อธิบายคุณสมบัติพื้นฐาน และการเก็บข้อมูลหลังการใช้งานจากผู้ประกอบการ และผู้รับเหมาก่อสร้าง โรงเรือน นอกจากนี้ผู้วิจัยประสานงานผู้เกี่ยวข้องด้านต่างๆ อาทิเช่น ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดส่ง และผู้รับเหมาหน่วยงานที่รับผิดชอบโครงการฟาร์มสุกร อำเภอพนสนิมคม จังหวัดชลบุรี เพื่อทำการจัด แผนงานก่อสร้างและตารางเวลาสำหรับจัดส่งคอนกรีตแสดงดังรูป 3.19

ผู้ประกอบการฟาร์มจัดเตรียมพื้นที่ เริ่มต้นด้วยการปรับระดับดินเดิมให้เรียบ (ไม่เป็นหลุม เป็นบ่อ) และลดระดับหน้าดินเพื่อความหนาของทรายและคอนกรีตที่จะเท ทำการตั้งแบบเทคอนกรีต โดยใช้แบบไม้เนื้อแข็งหรือแบบเหล็กสำเร็จรูปวางตามแนว เเททรายจนได้ระดับความหนา 5

เซนติเมตร แล้วบดอัดด้วยเครื่องตบดินหรือทุบให้แน่น เสริมลูกปูนก่อนจะวางตะแกรงเหล็กวายเมท เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทับลงไป นอกจากนี้ต้องเตรียมพื้นที่สำหรับรองรับคอนกรีตจะต้องพร้อมใช้งานได้ในทันที พื้นที่แคบๆ จำเป็นต้องรถขนส่งขนาดเล็กหรือท่อสำหรับลำเลียงคอนกรีตเข้าไปสู่พื้นที่ภายในให้เรียบร้อย

ผู้วิจัยประสานงานกับทีมจัดส่งคอนกรีตและเจ้าหน้าที่หน้างาน เพื่อเตรียมเส้นทางสำหรับรถโมบิล ระยะทางการขนส่งคอนกรีตจะต้องไม่ไกลเกินกว่า รัศมีโดยรอบของหน่วยผลิตคอนกรีตผสมเสร็จในระยะ 15 กม. เผื่อระวังไม่ให้ผสมน้ำลงในคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้ว เพราะจะทำให้คอนกรีตเจือจาง และมีกำลังอัดที่ลดน้อยลง ทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตลดลง

จากนั้นทำการเทคอนกรีตภายในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ ตลอดระยะเวลาการเทคอนกรีตจะต้องใช้เครื่องเขย่าคอนกรีต เครื่องมือหรืออุปกรณ์อื่นๆ และจำนวนคนงานที่ใช้ในการลำเลียงคอนกรีต ต้องเพียงพอสำหรับการทำงาน แสดงดังรูป 3.20 ทั้งนี้ควรประสานงานเรื่องปริมาณคอนกรีตในการเทคอนกรีตแต่ละครั้งว่าควรจัดสรรให้เพียงพอต่อการเทตั้งแต่ต้นจนสิ้นสุดการเท หลังจากแต่งผิวหน้าคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้วควรทำการบ่มผิวคอนกรีตอย่างน้อย 3-7 วัน



รูปที่ 3.21 จัดแผนงานก่อสร้างและตารางเวลาสำหรับจัดส่งคอนกรีต



รูปที่ 3.22 ทำการเทคอนกรีตพร้อมปรับระดับคอนกรีตบริเวณที่จัดเตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ผลและอภิปรายผลทดสอบ

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้ประกอบการ ผู้จัดการฟาร์ม และ สัตวบาล

การสัมภาษณ์เพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลต่อพื้นคอกคอนกรีต และภาพรวมของธุรกิจปศุสัตว์ ผู้วิจัยใช้การวิจัยแบบผสมวิธี (Mixed Research Method) โดยส่วนแรกจะศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ด้วยแบบสอบถามสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยไปสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลด้วยตนเอง เพื่อทราบข้อมูลเชิงลึก เพื่อทราบทัศนคติ แนวคิด และให้ได้ข้อมูลการวิจัยที่มีประสิทธิภาพทั้งในแง่ของข้อมูลเชิงพรรณนา ในการวิจัยการศึกษาเชิงคุณภาพนิยมใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง ประเภทการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เพื่อช่วยเพิ่มข้อมูลที่ได้รวบรวมมาจากวิธีการอื่นๆ ได้มากขึ้น สามารถตรวจสอบความเป็นจริงของข้อมูลที่ได้โดยเก็บรวบรวมมาก่อน หรือตรวจสอบร่องรอยอื่นๆที่ไม่สามารถแสดงออกมาด้วยคำพูด การสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นการติดต่อสื่อสารโดยตรงระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ให้สัมภาษณ์ สามารถทำให้เข้าใจข้อมูลระหว่างกันและกันได้ตรงกัน ถ้ามีความเข้าใจผิดก็สามารถแก้ไขได้ทันที จึงมีลักษณะยืดหยุ่นมาก สามารถนำไปตัดแปลงและแก้ไขคำถามจนกว่าผู้ตอบจะเข้าใจคำถามและสามารถใช้วิธีการสังเกตด้วยว่าผู้ตอบมีความจริงใจกับการตอบหรือไม่ [42-43]

โดยสรุปบทสัมภาษณ์งานวิจัยได้ทำการสำรวจจากตัวแทนฟาร์มสุกรขนาดใหญ่, กลาง และ เล็กของประเทศไทย ได้แก่ 1. ฟาร์มในเครือบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ในฐานะผู้นำอุตสาหกรรมการเกษตรครบวงจร 2. ฟาร์มในเครือบริษัท ไทย ฟู้ดส์ สโวน ฟาร์ม จำกัด และ 3. วัชรชัยฟาร์ม จังหวัดราชบุรี 4. ศรีสวัสดิ์ฟาร์ม ผู้วิจัยนำเสนอด้วยภาพ ช่วยให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจภาพรวม เน้นประเด็นหรือข้อสรุป แสดงแบบแผนความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของข้อมูล ตัวแปร ได้ชัดเจน สรุปได้ตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1.1 โปรแกรมอาหาร

จากการสัมภาษณ์ประเด็นคุณค่าอาหาร เกษตรผู้เลี้ยงสุกรนิยมเลือกให้อาหารที่มีคุณค่าทางพลังงาน โปรตีน กรดอะมิโน ที่สำคัญรวมถึงวิตามิน แร่ธาตุครบสมบูรณ์ รูปแบบของอาหาร ในช่วง 1-2 สัปดาห์แรก ให้อาหารเปียกในรางอาหารแยก หรือที่ให้อาหารแบบกลมตัวถึงจะทำด้วยแอสแตนเลส ฐานจะหล่อด้วยเหล็กหนัก ๆ เพื่อไม่ให้ลื่น และอาหารที่ให้แก่สุกรอนุบาลให้เป็นอาหารอัดเม็ดกึ่งเหลว จะช่วยเพิ่มกระตุนการกินอาหารของลูกสุกรได้ดี เฉลี่ย 320-400 กรัม/ตัว/วัน และให้ทีละน้อยแต่วันละ 5-6 ครั้ง/วัน เมื่อสุกรระยะน้ำหนัก 30 กิโลกรัม-ส่งตลาด จะให้สุกรกินอาหารประมาณวันละ 2.5-3.5 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามในความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการโปรแกรมอาหาร ผู้ให้สัมภาษณ์มีความเห็นดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“คุณภาพของอาหารอยู่ในสภาพใหม่สดปราศจากการปนเปื้อนจากเชื้อโรคและเชื้อรา ความต้องการอาหารของสัตว์มีความสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ในแต่ละวัน เป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสัตว์”

“สัตว์แต่ละขนาดจึงต้องการโภชนาสำหรับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน อาหารประเภทพลังงาน โปรตีน แร่ธาตุวิตามิน และน้ำมีความสำคัญมาก รวมถึงอุปกรณ์การให้อาหาร ต้องตรวจเช็ค ซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพใช้งานได้และผ่านการทำความสะอาดอย่างดีก่อนการนำสุกรเข้าเลี้ยง”

“ฟาร์มต้องรู้จักพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่มียารักษา มีคุณภาพดี มาทำการผสมอาหารให้สัตว์แต่ละช่วงอายุ เพื่อให้ได้น้ำหนักตามที่ต้องการ”

4.1.2 การจัดการขั้นพื้นฐาน

การเตรียมโรงเรือนก่อนรับเข้าเลี้ยงทำความสะอาดบริเวณพื้นคอก ได้แก่ เก็บ/ล้าง อุจจาระ , เก็บขยะ, ทำความสะอาดส้วมน้ำ, ล้างอาหาร / ผนังคอก, ขัดล้างอาหาร / ผนังคอก และ อุปกรณ์อื่นๆ ในความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการจัดการภายในโรงเรือน ผู้ให้สัมภาษณ์มีความเห็นดังต่อไปนี้

“การทำความสะอาด และการฆ่าเชื้อโรคมีความจำเป็นอย่างมาก กรณีการซ่อมแซม / ทาสี / เก็บเศษวัสดุหลังซ่อมเตรียมความพร้อมทำหลังจากพ่นยาฆ่าแมลง ได้ทันทีล้างฝุ่น และพ่นยาฆ่าเชื้ออีกครั้ง พักโรงเลี้ยง (อย่างน้อย 12 ชั่วโมง) นอกจากนี้ทำความสะอาดตู้ควบคุมไฟฟ้า, ทำความสะอาด พัดลม และ ส้วม/ปิดรูรั่ว” ตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ทำความสะอาดเยื่อกระดาษและองค์ประกอบต่างๆ

“การดูแลรักษาความสะอาดภายใน และ พื้นที่โดยรอบโรงเรือน ต้องทำเป็นประจำเพื่อ ป้องกันไม่ให้สุกรติดเชื้อ และเกิดโรคระบาดในฟาร์ม หลังจากการส่งขายสุกรขุนแล้ว ควรพ่นยาฆ่าแมลงรอบโรงเลี้ยง และพ่นยาฆ่าเชื้อ (อย่างน้อยก่อนรับสุกร 12 ชั่วโมง) พักโรงเลี้ยง อย่างน้อย 72 ชั่วโมง รวมไปถึงการล้างบ่อน้ำรดเยื่อกระดาษ / เยื่อกระดาษ ควรล้างล้างข้างในออกนอก ข้างนอก เข้าใน วิตน้ำจากบ่อ/ตักตะกอน และล้างท่อ น้ำรดเยื่อกระดาษ” ตามรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ทำความสะอาดเยื่อกระดาษและองค์ประกอบต่างๆ

“โรงเรือนต้องเป็นพื้นที่ที่มีลมโกรก/ช่องลมผ่าน ทำความสะอาดบริเวณพื้นที่ซับถ่ายและเปลี่ยนส้วมน้ำเป็นประจำทุกวัน (ระดับน้ำที่เต็ม ความถี่ที่เปลี่ยนส้วมน้ำ จัดตารางการเปลี่ยนส้วม) เพื่อกำหนดพื้นที่ซับถ่ายให้ถูกที่ไม่สกปรกในคอก และสะดวกในการจัดการของเสียที่เกิดจากสุกรได้ง่าย”

4.1.4 พื้นโรงเรือนสุกร และปัญหาที่เกิดขึ้น

ในความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการโปรแกรมอาหาร ผู้ให้สัมภาษณ์มีความเห็นดังต่อไปนี้ “ฟาร์มสุกรนิยมใช้วัสดุในการก่อสร้างพื้นคอกประเภทคอนกรีต แตกต่างเล็กน้อยในเรื่องของกระบวนการก่อสร้าง เนื่องจากฟาร์มสุกรขนาดใหญ่เลือกใช้วัสดุคอนกรีตและใช้สารเคมีผสมเพิ่มใช้โรยบนผิวหน้าคอนกรีต ส่วนฟาร์มทั่วไปนิยมใช้คอนกรีตทั่วไปที่มีกำลังอัดเฉลี่ยประมาณ 240-280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรเท่านั้น”

“ฟาร์มสุกรขนาดกลางและเล็กใช้วัสดุคอนกรีต ก่อสร้างตามตามคำแนะนำของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [4] หลังการเทคอนกรีตใหม่หรือใช้คอนกรีตในช่วงเวลาหนึ่ง มักพบว่าพื้นคอนกรีตบางส่วนหลุดร่อน และบางส่วนพบมวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียดที่ผิวหน้าคอนกรีต เป็นเหตุให้เกษตรกรต้องปรับปรุงพื้นคอก เพื่อป้องกันสุกรได้รับบาดเจ็บและติดเชื้อ”



รูปที่ 4.3 การสัมภาษณ์ระหว่างการเทคอนกรีตกับตัวแทนฟาร์ม อ. พันธ์นิคม จ. ชลบุรี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การวิเคราะห์การสัมภาษณ์

ผลจากการสัมภาษณ์พบว่า พื้นคอกคอนกรีตต้องมีการระบายน้ำได้ดี,แห้งง่าย พื้นคอนกรีตต้องมีความลาดเอียง 3% ถ้าพื้นมีร่องไม่ต้องทำให้ลาดเอียง และไม่ผิวหยาบเกินไป (สุกรจะเจ็บกีบ) และไม่ควรถูเกินไป (อันตรายสำหรับคนเลี้ยงและสุกร) และหมั่นทำความสะอาดเป็นประจำ มีการเปลี่ยนถ่ายส้วมน้ำ เมื่อหลังจากส่งขายสุกรขุนแล้ว ต้องทำการทำความสะอาด ฆ่าเชื้อโรคทั้งภายในและภายนอก รอบบริเวณโรงเรือนทุกครั้ง อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่จะทำการซ่อมแซม/ก่อสร้างพื้นคอกโรงเรือนทั้งหมดประมาณ 2-3ปี/ครั้ง แต่แต่ละครั้งระยะเวลาการซ่อม/สร้างประมาณ 2 เดือน พื้นที่ต้องทำการซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน คือ พื้นคอนกรีตแตกกระเทาะเป็นวงกว้างและลึกมากกว่า 3-4 มิลลิเมตร หรือ ให้น้ำนองรวมอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เป็นรูปธรรมในการก่อสร้างพื้นคอก อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งเรื่องเศษวัสดุที่เกิดจากการก่อสร้าง ฝุ่นละออง คาดว่าจะรุนแรงที่สุด ระหว่างการก่อสร้างยังพบปัญหาจากการเติมน้ำลงในคอนกรีตในระหว่างกระบวนการขนถ่ายเพื่อปรับปรุงความสามารถในการทำงานของผู้ใช้แรงงานก่อสร้าง กรณีการก่อสร้างพื้นคอกที่ใช้สารเคมีผสมเพิ่มโรยบนผิวหน้าคอนกรีต (Floor hardener powder) พบว่าไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่คอนกรีต ส่งผลให้พื้นที่บางส่วนแข็งแรงแรงไม่เท่ากัน เป็นเหตุให้ปัญหาดังกล่าวไม่ได้รับการแก้ไขอย่างจริงจัง

ปัจจุบันมีการซ่อมแซมถี่กว่าเดิม มาจากปัจจัยหลายด้านขึ้นอยู่กับการควบคุมคุณภาพที่หน้างานมากพอๆ กับการออกแบบพื้นที่ถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน การซ่อมแซมที่ถี่มากขึ้นส่งผลทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสภาพคล่องทางการเงินของฟาร์มอีกด้วย



รูปที่ 4.4 การสัมภาษณ์ตัวแทนฟาร์มในเครือข่าย เจริญโกคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)

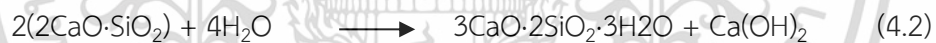
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ผลทดสอบห้องปฏิบัติการ

4.2.1 ระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์

ระยะเวลาเริ่มต้นการก่อตัวของคอนกรีต (Stiffening Setting time) ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) และระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายของคอนกรีต (Final Setting time) ของได้แก่ คอนกรีตที่ไม่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) คอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอย 15% 30% 45 (CFA15, CFA30) , CFA45) คอนกรีตที่แทนที่ด้วยซิลิกาฟูมและเถ้าลอย(CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) แสดงดังรูปที่ 4.5 ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น และระยะเวลาการก่อตัวสุดท้ายของคอนกรีต จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการแทนที่ซีเมนต์โดยเฉพาะการผสมเถ้าลอยในปริมาณสูงที่ 45%

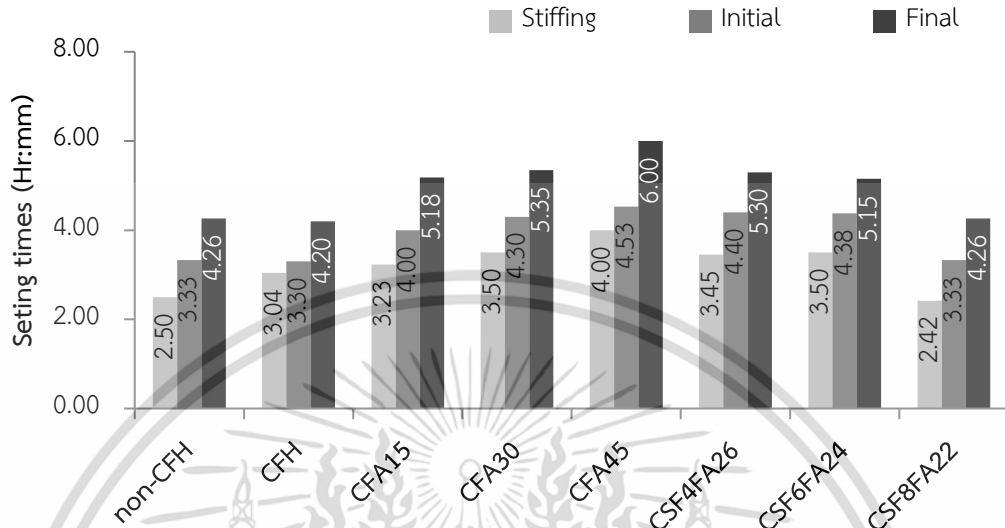
ผลกระทบของการผสมเถ้าลอย กรณีที่ผสมเถ้าลอยในปริมาณสูงจะทำให้ระยะเวลาการก่อตัวยาวนานขึ้น เนื่องจากวัสดุปอซโซลานภายหลังจากการ ทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน ของปูนซีเมนต์กับน้ำ เพื่อใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) เป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ในวัสดุปอซโซลาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลาน คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-SH) และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (C-A-H) เรียกว่า “ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการ ทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน ของปูนซีเมนต์กับน้ำ [61] ดังแสดงในสมการที่ (4.1) ถึง (4.5)



ค่า x , y และ z ในสมการที่ 4.4 และ 4.5 เป็นค่าที่แปรไปตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ซึ่งทั้ง C-S-H และ C-A-H ที่เกิดจากปฏิกิริยาปอซโซลานนี้ เมื่อเทียบกับการใช้เถ้าลอยแทนที่ซีเมนต์ 15% (CFA15) 30% (CFA30) และ 45% (CFA45) จะส่งผลให้ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นเพิ่มขึ้น 67 นาที, 97 นาที 120 นาที ตามลำดับ ในอีกแง่มุมหนึ่งระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นเพิ่มขึ้นอาจจะส่งผลต่อการขนส่งและช่วยเพิ่มระยะเวลาการทำงานคอนกรีตได้นานยิ่งขึ้น [61]

อย่างไรก็ตามสัดส่วนผสมที่ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานช่วงของคอนกรีตสด ได้แก่ ความสามารถต่อการไหล (Flow ability) ระยะเวลาการก่อตัว (Setting time) และความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Heat of hydration) และ ผลของซิลิกาฟูมมีความไวต่อการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าถ้าลอยต่อสมบัติของคอนกรีตสด [48,49] เมื่อเทียบกับการออกแบบส่วนผสมที่ไม่ใช่ปอซโซลาน (non-CFH และ CFH)



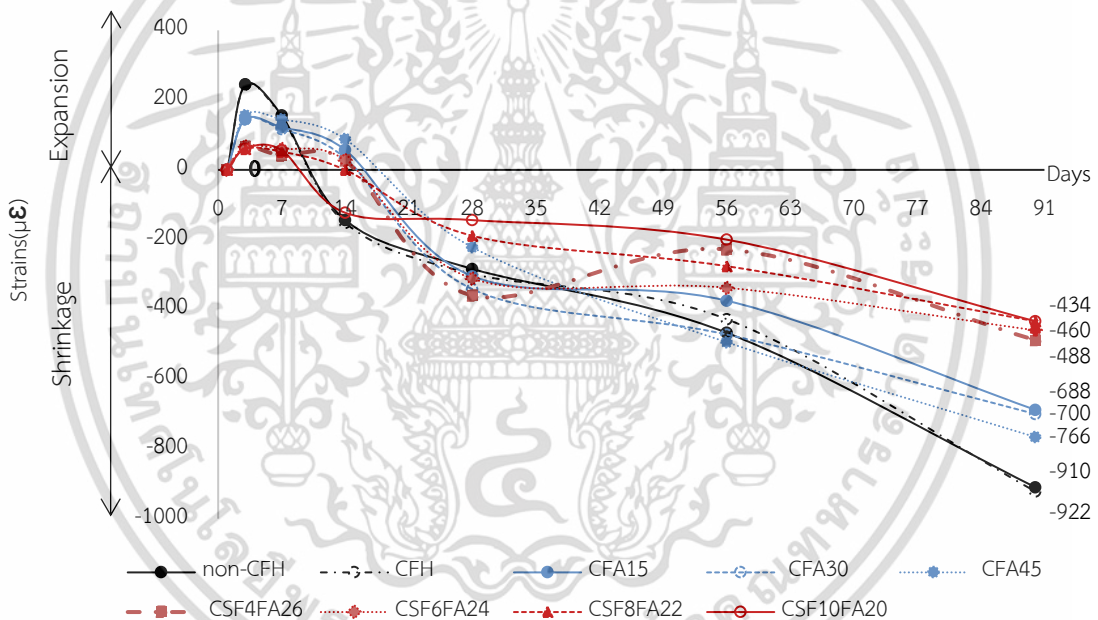
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและระยะเวลาก่อตัวสุดท้ายของการออกแบบส่วนผสม non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20

4.2.2 การหดตัวแบบแห้งช่วงระยะยาว ในช่วงระยะยาว (1 -90 วัน) ของ non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20

พบว่าการใช้เถ้าช่วยลดการหดตัวโดยรวมของคอนกรีต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [81,82] เนื่องจากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยทำให้ปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลงส่งผลให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันลดลง และช่วยเพิ่มปริมาณน้ำอิสระในคอนกรีต การหดตัวแบบออโตจีนีจึงลดลง นอกจากนี้ในเถ้าลอย และเมื่อใช้เถ้าลอยผสมร่วมกับซิลิกาฟุ่ม ทำให้ค่ากำลังอัดเพิ่มมากขึ้น ค่าการซึมผ่านน้ำต่ำ แต่ด้วยส่วนประกอบของ SO_3 เถ้าลอย และซิลิกาฟุ่มมีจำนวนมาก จึงทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวในช่วงแรก จากนั้นจะช่วยชดเชยการหดตัวอิสระของคอนกรีตที่เกิดขึ้นภายหลัง ทำให้การหดตัวโดยรวมลดลง อีกทั้งเถ้าลอยที่ไม่ทำปฏิกิริยายังทำหน้าที่เสมือนเป็นมวลรวมขนาดเล็ก (Micro Aggregate) ช่วยต้านทานการหดตัวของคอนกรีตได้อีกทางหนึ่ง [83] อย่างไรก็ตามอัตราส่วนผสมน้ำต่อคอนกรีต (w/c) สูงกว่า 0.42 พบการหดตัวแบบออโตจีนีน้อยมาก ถือว่าไม่มีนัยสำคัญ [38] ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณน้ำเพียงพอต่อการทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน ปฏิกิริยาไฮเดรชันสมบูรณ์ น้ำส่วนเกินหรือน้ำที่มาจากการบ่มถูกนำกลับไปใช้ ช่วงระยะอายุเริ่มต้น การหดตัวแบบแห้ง และแบบออโตจีนี ยังไม่มีข้อมูลในหลายกรณี [64,65]

ช่วงอายุเริ่มต้นสัดส่วนผสมที่ประกอบด้วยปอซโซลานแทนที่ปูนซีเมนต์ สามารถลดการหดตัวได้ดี และส่งผลต่อการลดการหดตัวในช่วงระยะยาว ทั้งนี้ในระยะที่ 90 วัน non-CFH (-910 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ขึ้นต้นการพิมพ์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

microstrain), CFH (-922microstrain), CFA15 (-688 microstrain), CFA30 (-700 microstrain) CSF4 FA2 6 (-488 microstrain), CSF6 FA2 4 (-460 microstrain), CSF8 FA2 2 (-434 microstrain) และ CSF10FA20 (-434 microstrain) ตามลำดับ การหดตัวแบบแห้งเกิดจากการที่คอนกรีตอยู่ในสภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่องว่างและโพรงอากาศในคอนกรีต ทำให้คอนกรีตบริเวณผิวที่สัมผัสกับอากาศสูญเสียความชื้นไปสู่สิ่งแวดล้อม และเกิดการหดตัว โดยการหดตัวที่เกิดขึ้นนั้น บางส่วนไม่อาจกลับคืนสู่สภาพเดิมได้แม้ว่าจะทำให้คอนกรีตเปียกชื้นขึ้นมาใหม่ [66] คอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานสูงจะมีช่องว่างคาпилลารี (Capillary Pores) และปริมาณน้ำอิสระมาก ทำให้น้ำระเหยออกจากคอนกรีตได้สะดวกและมาก ดังนั้นจึงมีการหดตัวแบบแห้งที่สูง [67] เมื่อคอนกรีตเกิดการหดตัวจะทำให้เกิดหน่วยแรงดึงหรือความเครียดยึดรั้ง (Restrained strain) ในคอนกรีตและหากหน่วยแรงดึงหรือความเครียดยึดรั้ง มีค่ามากกว่ากำลังรับแรงดึงหรือความสามารถในการยึดตัวจากแรงดึงของคอนกรีต คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าว [87]



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการหดตัวรวมในช่วงระยะยาวของของ non-CFH, CFH, CFA15, CFA30,CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20

จากรูปที่ 4.6 การใช้เถ้าลอยผสมร่วมซิลิกาฟุ่ม หรือ เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละไม่เกิน 30 ช่วยลดการหดตัวโดยรวมของคอนกรีต ค่าการหดตัวลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุมหรือคอนกรีตที่ไม่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) และผลการทดสอบพบว่าทั้งในช่วงอายุเริ่มต้นและระยะยาว การบ่มก้อนตัวอย่างที่อุณหภูมิ $30^{\circ}C \pm 2$ สัดส่วนผสมที่มีวัสดุพอซโซลานช่วยลดการหดตัวจึงมีประสิทธิภาพอย่างมาก [68-69]

4.2.3 กำลังรับแรงอัด

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่มีการบ่มด้วยน้ำอุณหภูมิ 30°C ในช่วงอายุ 7 วัน จากนั้นนำชิ้นมาบ่มอากาศ เพื่อทดสอบที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 พบว่า สัดส่วนผสมที่ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์มากกว่า 30% (CFA45) แสดงค่ากำลังรับแรงอัดต่ำสุดช่วงอายุต้น ซึ่งปกติปฏิกิริยาปอซโซลาน (เถ้าลอย) นี้จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่ออายุประมาณ 7 วัน [13] ทั้งนี้ ภาพรวมเถ้าลอยผสมรวมซิลิกาฟุม แทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์บางส่วน อาจส่งผลดีต่อคอนกรีตแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะตัว โดยเถ้าลอยช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาปฏิกิริยาไฮเดรชัน และ ซิลิกาฟุมมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮเดรชันมากกว่าเถ้าลอย [70] เมื่อปริมาณซิลิกาฟุมที่สูงขึ้น ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของคอนกรีตจะลดลง แต่สามารถเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตเร็วขึ้น

ตารางที่ 4.1 กำลังอัดของการออกแบบส่วนผสม non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ที่ 7, 14 และ 28 วัน

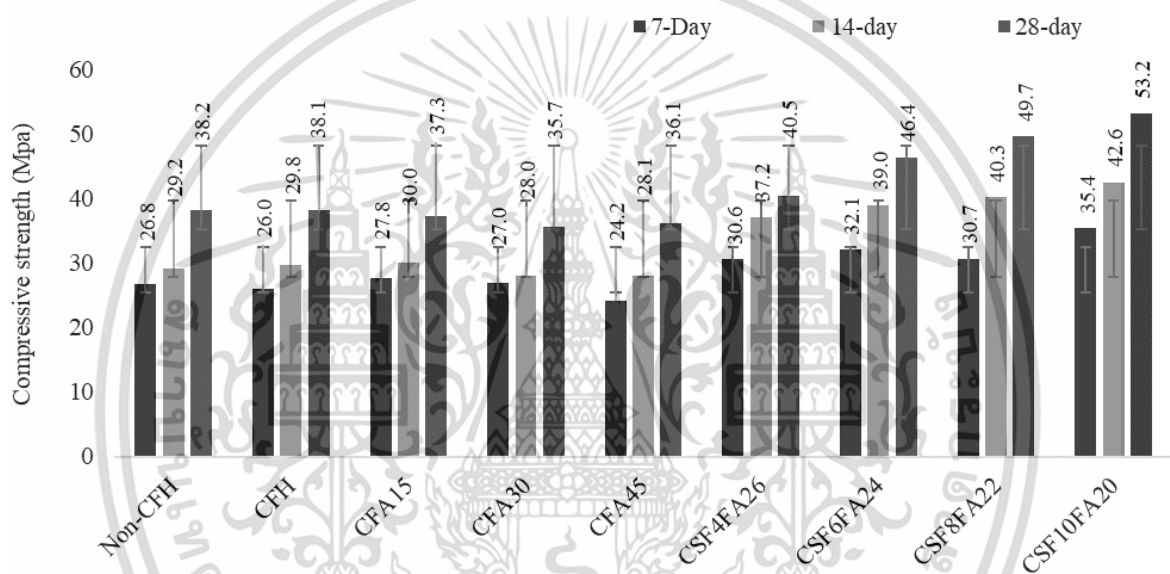
Mix design	Compressive strength (MPa)		
	Day 7	Day 14	Day 28
Non-CFH	26.82 (0.52)	29.17 (0.17)	38.21 (0.88)
CFH	25.97 (0.20)	29.80 (0.65)	38.15 (0.28)
CFA15	27.77 (0.45)	29.99 (0.54)	37.26 (0.11)
CFA30	25.83 (0.67)	28.09 (0.63)	35.72 (0.32)*
CFA45	24.23 (0.30)*	28.13 (0.54)*	36.15 (0.29)*
CSF4FA26	30.65 (0.74)*	37.16 (0.15)*	40.54 (1.19)*
CSF6FA24	32.06 (0.58)*	39.03 (0.45)*	46.43 (0.45)*
CSF8FA22	30.68 (0.15)*	40.28 (0.00)*	49.71 (1.20)*
CSF10FA20	35.40 (0.44)*	42.57 (0.13)*	53.21 (0.15)*

หมายเหตุ: * แสดงนัยสำคัญทางสถิติที่ 5% ($p < 0.05$) ซึ่งบ่งชี้ว่าวัสดุปอซโซลานิกช่วยปรับปรุงตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมของการออกแบบทั่วไป (non-CFH) ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $n = 3$

จากตารางที่ 4.1 พบว่า การออกแบบที่มีสัดส่วนผสมของเถ้าลอยและซิลิกาฟุม ได้แก่ การออกแบบส่วนผสมที่ประกอบด้วยปอซโซลาน (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20) แสดงค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดทุกช่วงอายุ เนื่องจากซิลิกาฟุมมีขนาดอนุภาคที่เล็กสามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างของซีเมนต์มอร์ตาร์ได้ รวมทั้งอุดมด้วยซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณที่สูง ทำให้อัตราส่วนของซิลิกาต่ออลูมินามีค่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลของปฏิกิริยาปอซโซลานที่เกิดขึ้นได้มีความรวดเร็ว สามารถเข้าไปเติมเต็มในช่องว่าง และลดความสามารถในการซึมผ่านของคอนกรีตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ช่วยเพิ่มกำลังอัด และทำให้มีพันธะที่แข็งแรง ในขณะที่เดียวกันถ้าลดช่วยลดความต้องการน้ำและลดเซยความร้อนของการให้น้ำอันเป็นผลมาจากการเติมซิลิกาฟูม ดังนั้นผลกระทบของถ้าลดที่มีต่อโครงสร้างของรูปทรงจึงไม่สะท้อนให้เห็นมากนักในเรื่องของการซึมผ่าน แต่อยู่ที่การแพร่กระจายของไอออน [71-72] ส่วนของปริมาณน้ำต่อวัสดุประสาน (W/C) ไม่มีอิทธิพลกับ ปริมาณการแทนที่ของซิลิกาฟูม เมื่อมีการใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.42 ค่ากำลังอัดที่สูงสุดจะอยู่ที่ปริมาณการแทนที่ร้อยละ 10



รูปที่ 4.7 กำลังอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ไม่ใช่ CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ในวันที่ 7, 14 และ 28 วัน (เส้นแนวตั้งแสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

4.2.4 การต้านทานการขีดสี

ส่วนใหญ่ออกแบบโครงสร้างคอนกรีตไม่คำนึงถึงเงื่อนไขการก่อสร้างและสภาพแวดล้อมโดยรอบที่ต้องการการก่อสร้าง ปัญหาเรื่องของความทนทานของอายุการใช้งานคอนกรีตที่สั้นกว่าที่ออกแบบหรือกำหนดไว้ จึงเป็นสาเหตุหลักที่พบเห็นมากในประเทศไทย [73] งานวิจัยนี้ใช้แนวคิดและมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับความทนทาน ตามกรมโยธาธิการและผังเมืองของประเทศไทย การทดสอบส่วนนี้ใช้เครื่องมือการทดสอบแบบเร่งปฏิกิริยาการขีดสี โดยไม่มีสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง ตามมาตรฐาน EN 13892-4 ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินความต้านทานต่อการขีดสีของชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ และแผ่นพื้นในแหล่งกำเนิด เกณฑ์ประสิทธิภาพเพื่อประเมินความทนทานต่อการขีดสีของแผ่นพื้นคอนกรีตจำลองตามมาตรฐาน BS 8204: ตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 - 4.9 เปรียบเทียบความลึกสูงสุดของการสึกหรอของการออกแบบส่วนผสม non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ที่อายุ 28 วัน แบบบ่มผิวหน้าคอนกรีตด้วยน้ำ 7 วัน จากนั้นทำการบ่มหน้าคอนกรีตในสภาพอากาศปกติ จากผลการทดสอบการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง non-CFH แสดงให้เห็นถึงความต้านทานต่อการขัดสีที่ต่ำที่สุด เห็นได้จากความลึกของการสึกหรอสูงสุด 0.44 มม. ที่อายุ 28 วัน ในขณะที่เดียวกันการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง มีความทนทานต่อการขัดสีสูงสุด ดังที่เห็นได้ชัดในความลึกของการสึกหรอสูงสุดต่ำสุด 0.08 มม. เป็นผลมาจากความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของพื้นผิวคอนกรีตและวัสดุที่ตกแต่งเคลือบผิวคอนกรีต (Floor Hardener) ประกอบด้วยวัสดุผสมรวมจำพวกควอทซ์-ซิลิกา (Quartz-Silica) สามารถปิดกั้นรูพรุนของภายในซีเมนต์ เมื่อโรยบนพื้นผิวของคอนกรีตที่ปูพื้นใหม่ [74,75] และขัดหน้าเรียบ ด้วยเหตุนี้สารเพิ่มความแข็งพื้นจึงช่วยเพิ่มความทนทานต่อการขัดสีของพื้นคอนกรีต ตามด้วย CSF8FA22 และ CSF10FA20 (0.13 มม.) CSF6FA24 (0.17 มม.) CSF4FA26 (0.18 มม.) CFA15 (0.19 มม.) CFA30 (0.22 มม.) และ CFA45 (0.30 มม.)

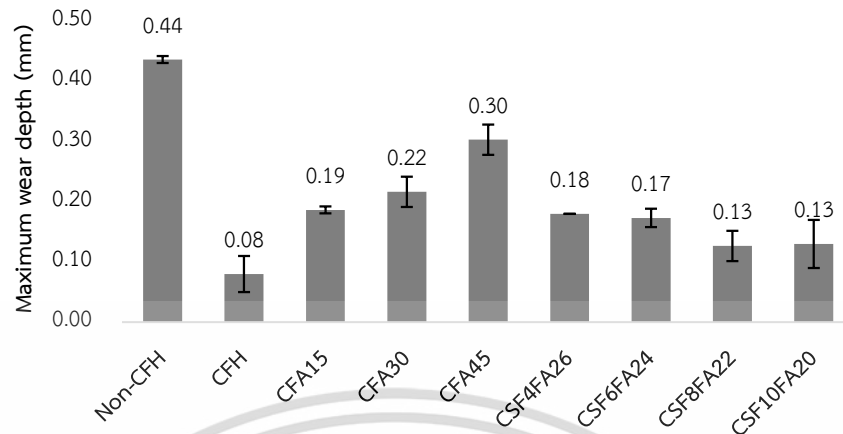
ตารางที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความลึกของการสึกหรอสูงสุดของชิ้นงานทดสอบที่ไม่ผ่าน และผ่านการบ่มด้วยน้ำที่ 7 วันของชิ้นงานคอนกรีต และทดสอบที่อายุ 28 วัน ตามมาตรฐาน BS 8204-2 ผลการทดสอบการออกแบบแบบผสม non-CFH, CFA30 และ CFA45 เป็นของระดับ AR4 (พื้นคอนกรีตอุตสาหกรรมความทนทานระดับเบา) CSF8FA22, CSF10FA20, CSF6FA24, CSF4FA26 และ CFA15 อยู่ในระดับ AR2 (พื้นคอนกรีตอุตสาหกรรมความทนทานระดับปานกลาง) และ CFH เป็นของระดับ AR 1 (พื้นคอนกรีตอุตสาหกรรมความทนทานระดับหนัก)

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความลึกของการสึกหรอสูงสุดของชิ้นงานทดสอบที่ไม่ผ่านการบ่มด้วยน้ำ 7 วัน และทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 วัน

Mix design	Non-CFH	CFH	CFA15	CFA30	CFA45	CSF4FA26	CSF6FA24	CSF8FA22	CSF10FA20
Maximum wear depth (mm)	0.44 (0.01)	0.08 (0.08)*	0.19 (0.01)*	0.22 (0.03)*	0.30 (0.03)*	0.18 (0.00)*	0.17 (0.02)*	0.13 (0.03)*	0.13 (0.04)*

หมายเหตุ: * แสดงนัยสำคัญทางสถิติที่ 5% ($p < 0.05$) ดัชนีชี้วัดว่าฐานปอซโซนิคช่วยคิดชี้วัดประสิทธิภาพของการออกแบบวิธีการได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการออกแบบทั่วไป (ไม่ใช่ CFH) ข้อมูลแสดงเป็นค่าราก (ส่วนเบี่ยงเบนปกติ), $n = 3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

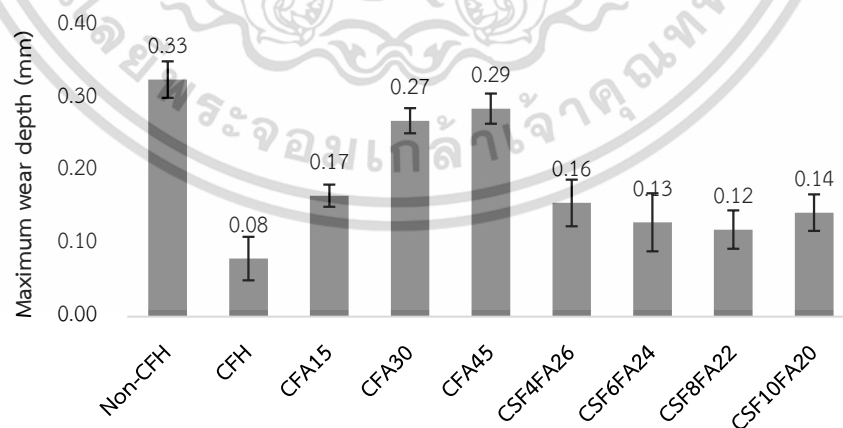


รูปที่ 4.8 ความลึกของการสึกหรอสูงสุดของการออกแบบส่วนผสมที่ไม่ผ่านการบ่มด้วยน้ำ, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ในวันที่ 28 (ข้อผิดพลาดแสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความลึกของการสึกหรอสูงสุดของชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการบ่มด้วยน้ำ 7 วัน และทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 วัน

Mix design	Non-CFH	CFH	CFA15	CFA30	CFA45	CSF4FA26	CSF6FA24	CSF8FA22	CSF10FA20
Maximum wear depth (mm)	0.33 (0.02)	0.08 (0.06)*	0.17 (0.02)*	0.27 (0.03)*	0.29 (0.03)*	0.16 (0.01)*	0.13 (0.02)*	0.12 (0.03)*	0.14 (0.00)*

หมายเหตุ: * แสดงนัยสำคัญทางสถิติที่ 5% ($p < 0.05$) ดัชนีชี้วัดว่าฐานปอซโซนิคช่วยคิดชีวิตประสิทธิภาพของการออกแบบวิธีการได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการออกแบบทั่วไป (ไม่ใช่ CFH) ข้อมูลแสดงเป็นค่าราก (ส่วนเบี่ยงเบนปกติ), $n = 3$



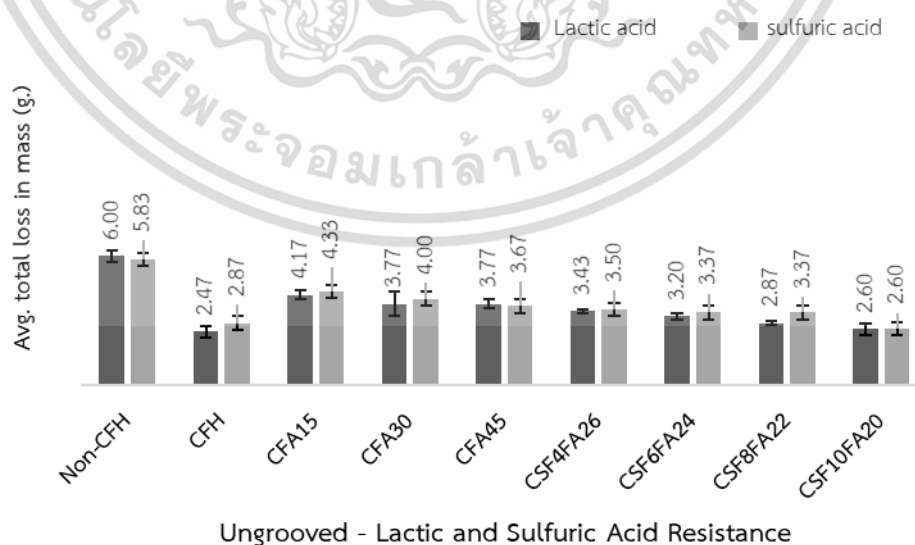
รูปที่ 4.9 ความลึกของการสึกหรอสูงสุดของการออกแบบส่วนผสมที่ผ่านการบ่มด้วยน้ำ 7 วัน, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20 ที่อายุ 28 วัน (ข้อผิดพลาดแสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การต้านทานกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก

ทดสอบโดยวิธี Rotating-Cutter Method ตามมาตรฐาน ASTM C944 จากนั้นนำตัวอย่างคอนกรีตมาขัดด้วยหัวขัด (Dressing Wheel) โดยมีความเร็วในการขัด 200 รอบต่อนาที ภายใต้น้ำหนักกด 98 นิวตัน เป็นเวลา 12 นาที โดยทดสอบเมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 และ 90 วัน ที่ถูกแช่ในสารละลายกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก พื้นคอกคอนกรีตสัมผัสสารละลายกรดโดยตรงนั้น สภาวะสารละลายที่มีการไหลเวียน และในสภาวะเปียกสลับแห้ง จะมีสภาพการกัดกร่อนมากกว่าน้อยกว่าแช่อยู่ในสารละลายที่มีการไม่ไหลเวียน เนื่องจากบริเวณผิวสัมผัสของคอนกรีตเกิดการทำปฏิกิริยาของต่าง (Ca(OH)₂) ในคอนกรีตกับกรดจะทำให้ความเข้มข้นของกรดที่ผิวสัมผัสเจือจางลง แต่เมื่อเกิดการไหลเวียนของสารละลายความเข้มข้นของกรดบริเวณผิวสัมผัสที่เปลี่ยนแปลง จะถูกพัดพาไปทำให้ผิวสัมผัสกรดมีความเข้มข้นคงที่ตลอดเวลา และเกิดการเสียดสีระหว่างอนุภาคของสารละลายกับคอนกรีตอีกด้วย ส่วนสภาวะเปียกสลับแห้งจะเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของกรดให้สูงขึ้นเมื่อเกิดการตกผลึกที่บริเวณผิวสัมผัส [76-77]

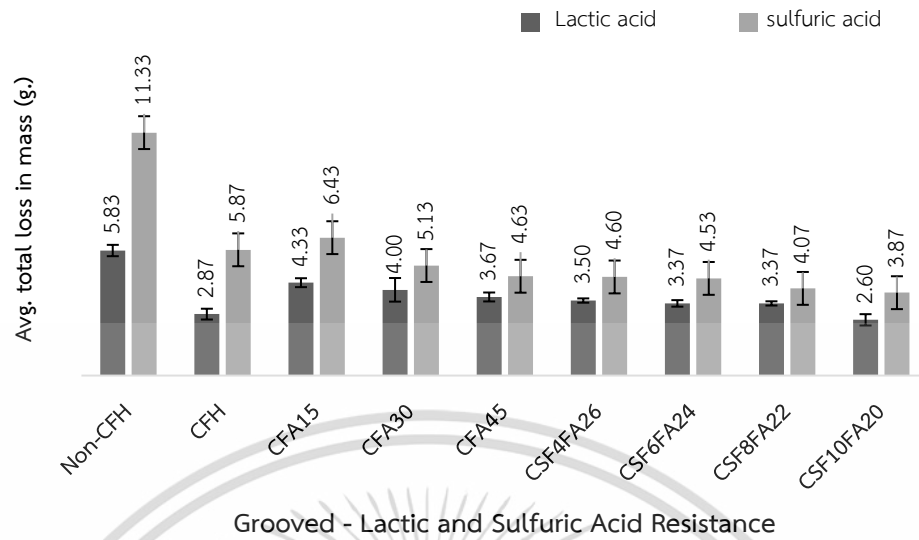
ในรูปที่ 4.10 (ชิ้นงานตัวอย่างที่สมบูรณ์) เมื่อนำไปแช่สารละลายกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกสูงสุด สามารถต้านทานการกัดสัดที่สูงสุด คือคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (2.47 กรัม และ 2.87 กรัม) เป็นผลจากวัสดุที่ตกแต่งเคลือบผิวคอนกรีต ทั้งนี้จากการออกแบบส่วนผสม คอนกรีตที่ไม่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง มีความต้านทานต่อกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกต่ำสุด (6.00 กรัม และ 5.83 กรัม) เนื่องจากกรดที่เกิดจากการหมักนั้น เคลือบบริเวณพื้นคอกคอนกรีต จากนั้นทำหน้าที่ในการละลายของไฮดรตของปูนซีเมนต์ อันที่จริงปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์และเฟสไฮดรตซีเมนต์ (portlandite, C-S-H และไฮดรตอะลูมิเนต) เป็นหลักผลิตเกลือแคลเซียมและอลูมิเนียมซึ่งสูงมากละลายในน้ำ [78-79]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างไม่มีการตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงาน หลังจากสัมผัสกับกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก เป็นเวลา 90 วัน (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ในรูปที่ 4.11 (ชิ้นงานตัวอย่างมีการตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงานจำลองการวิบัติ) คอนกรีตที่ไม่มีรอยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) ได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง (5.83 กรัมและ 11.33 กรัม) เนื่องจากคอนกรีตส่วนใหญ่มีค่า pH ช่วง 12.5 ถึง 12 เมื่อคอนกรีตสัมผัส และถูกโจมตีของกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก และเข้าทำลายสารประกอบแคลเซียมทุกประเภทที่มีอยู่ในคอนกรีต เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮดรอกไซด์ (C-A-H) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) ทำให้เกิดการก่อตัวของเอทริงไนต์ ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) การโจมตีของกรดภายในหรือภายนอกเป็นสาเหตุหลักนำไปสู่การขยายตัวและการเสื่อมสภาพของคอนกรีต [80,81] ค่า pH ในคอนกรีตลดลงในช่วง 11.6 ถึง 10.6 ยิปซั่มเกิดขึ้นภายในกระบวนการทางเคมีของคอนกรีต เมื่อค่า pH ต่ำกว่า 10.6 เอทริงไนต์ไม่เสถียรอีกต่อไป เมื่อค่า pH ลดลง แคลเซียมถูกชะออก และคอนกรีตซีเมนต์เฟลส์ที่เคลือบมวลรวมเริ่มอ่อนตัวลงและสลายตัว [21,23] กรดก็จะเข้าไปภายในโครงสร้างทำลายพันธะระหว่างมวลรวม ทำให้คอนกรีตลดคุณสมบัติในการเชื่อมประสาน และความสามารถซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดการซัดสีทำให้เกิดชั้นผิวคอนกรีตอ่อนตัว จากนั้นคอนกรีตจะเริ่มเกิดความเสียหาย [82-83] การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเมทริกซ์ซีเมนต์ถูกจำกัด ซึ่งในที่สุดก็นำไปสู่การหลุดออก เช่นเดียวกับผลการทดสอบพื้นคอนกรีตทั่วไปที่มีเคลือบผิวหน้าแกร่ง ชิ้นงานตัวอย่างมีการตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงานจำลองการวิบัติ หลังจากสัมผัสกับสำหรับกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกของตัวอย่าง คอนกรีตที่มีรอยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง เพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่า (2.87 กรัมและ 5.87 กรัม) เมื่อเทียบกับตัวอย่าง คอนกรีตที่มีรอยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งที่ไม่มีการตัดร่องบนพื้นผิวเห็นได้ว่าการสูญเสียน้ำหนักคอนกรีตน้อยที่สุด (2.47 กรัม และ 2.87 กรัม) นั้นเป็นผลมาจากการเพิ่มประสิทธิภาพให้ผลิตภัณฑ์ด้วยวัสดุที่ตกแต่งเคลือบผิวคอนกรีต (Floor Hardener) แต่ความเป็นจริง เมื่อวัสดุที่ตกแต่งเคลือบผิวคอนกรีตถูกทำลายด้วยการซัดสีซ้ำๆจนผิวเคลือบจางลง ผลกระทบเชิงกลของสุกรทำให้พื้นคอนกรีตที่ถูกแทรกซึมหรือสัมผัสกับกรดแลคติกและซัลฟิวริกถูกทำลายรวดเร็วกว่า CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20



รูปที่ 4.11 การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างที่มีการตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงานจำลองการวิบัติ หลังจากสัมผัสกับกรดกรดแลคติก และ กรดซัลฟิวริกเป็นเวลา 90 วัน (ค่าเบี่ยงเบน

อย่างไรก็ตามความรุนแรงของการกัดกร่อนจะขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของกรด กรดที่มีการกัดกร่อนรุนแรงจะเป็นชนิดที่เปลี่ยนสารประกอบแคลเซียมในคอนกรีตไปเป็นเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ง่าย ดังนั้น กรดเกลือ (HCl) จะเป็นกรดที่มีการกัดกร่อนคอนกรีตที่รุนแรงมาก เนื่องจากเกลือแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าเกลือแคลเซียมที่เกิดจากกรดชนิดอื่นๆ หลักการลดปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ในคอนกรีต โดยการผสมวัสดุปอซโซลานที่มีปริมาณ SiO_2 สูงมาก [83-84] เช่น ถ้าวาลอยที่บดละเอียดและซิลิกาฟูมถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในเทคโนโลยีคอนกรีตเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและประสิทธิภาพความทนทานของคอนกรีตและยังช่วยลดการใช้พลังงานโดยรวมอีกด้วย ผลกระทบต่อความทนทานของคอนกรีตเป็นที่ทราบกันดี ทั้งนี้การใช้วัสดุปอซโซลานิก (ถ้าวาลอยและซิลิกาฟูม) เป็นตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อโมดูลัสยืดหยุ่น และเปลี่ยนแปลงโครงสร้างรูพรุนของปูนซีเมนต์ ลดความสามารถในการซึมผ่าน ช่วยสร้างพันธะระหวางมวลรวมของปูนซีเมนต์ให้หนาแน่นมากจึงช่วยเพิ่มความต้านทานกรดของคอนกรีต [85]

สรุปผลการผลทดสอบชิ้นงานตัวอย่างที่มีการตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงานจำลองการวิบัติ (แบบเร่ง) พบว่าคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปอซโซลานมีความหนาแน่นและเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน ซิลิกาฟูมช่วยทำให้คอนกรีตต้านทานต่อการขัดสีและเพิ่มความสามารถในการต้านแรงกระทำ แบบซ้ำ ไปซ้ำ มาได้เป็นอย่างดี [86,87] นอกจากนี้มีความเสถียรทางเคมีที่ดี และช่วยปรับปรุงโครงสร้างรูภายในคอนกรีตที่ดี สามารถต่อต้านการดูดซึบและการแพร่กระจายของความชื้นและสารเคมีที่รุนแรง คอนกรีตที่มีส่วนผสมของปอซโซลานหรือมีอัลคาไลอะลูมิโนซิลิเกตไฮเดรตมาก มีแนวโน้มที่จะเป็นต่างมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้ของสามารถนำมาใช้อธิบายความต้านทานกรดที่ดีขึ้นและการป้องกันเหล็กจากการกัดกร่อน ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์สำหรับการรักษา pH ของสารละลายจึงช่วยป้องกันการกัดกร่อน [89]

4.2.6 ค่าก่อสร้างและประสิทธิภาพของการออกแบบคอนกรีต non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20

จากผลการทดสอบ t-test จะพบว่า CSF-FA (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) ได้ผลลัพธ์ค่า P-value ของการทดสอบ t-test น้อยกว่า 0.05 และ S.D. จะดูต่างกันเล็กน้อย แต่ก็ไม่ถึงว่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าสัดส่วนผสมคอนกรีต CSF-FA (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) ส่งผลต่อความแข็งแรง, การต้านทานการขีดสี และการต้านทานกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ความเชื่อมั่น 95%) เมื่อเทียบกับสัดส่วนผสมคอนกรีตตั้งต้น การเปลี่ยนสัดส่วนผสมคอนกรีตส่งผลต่อค่าเฉลี่ยและความผันแปรของประสิทธิภาพต่างๆของคอนกรีต จากผลการทดลองนี้ผู้วิจัยสามารถปรับปรุงกระบวนการได้ โดยการเปลี่ยนวัสดุเพื่อประสิทธิภาพต่างๆของคอนกรีต และสามารถใช้ในการทดสอบสมมติฐาน การทดสอบ t-test ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลนับ เพื่อตรวจสอบผลการปรับปรุงงานและช่วยในการสรุปผลได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.4 สำหรับการเปรียบเทียบในทางปฏิบัติต้นทุนการก่อสร้างต่อลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.) ของพื้นคอนกรีตโรงเรือนสุกรและประสิทธิภาพของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) คอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอย 15% 30% 45% (CFA15, CFA30, CFA45) คอนกรีตที่แทนที่ด้วยซิลิกาฟูมและเถ้าลอย (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) ที่มีความหนา 7 ซม. (0.07 ม.) เป็นความหนามาตรฐานของพื้นคอนกรีตโรงเรือนสุกรในประเทศไทย การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากคอนกรีตประมาณ 80 บาทต่อตารางเมตร สำหรับโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งและค่าแรงการโรยผิวหน้า ซึ่งรูปแบบคอนกรีตแบบไม่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง และมีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง มักนำมาใช้ในฟาร์มสุกรขนาดเล็กและระดับอุตสาหกรรมในประเทศไทย [10]

ต้นทุนการก่อสร้างพื้นคอนกรีตของสัดส่วนทั้ง 9 อยู่ระหว่าง 95 - 199 บาทต่อตารางเมตร ต้นทุนการก่อสร้างต่อตารางเมตรของคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งสูงที่สุด (199 บาท) และ CFA45 ต่ำสุด (95 บาท) เนื่องจากเถ้าลอยมีราคาไม่แพงกรณีพื้นเกิดการวิบัติจากสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ, พฤติกรรมของคอนกรีต และ สัตว์ การออกแบบแบบผสม CSF10FA20 เหมาะสมที่สุด เนื่องจากกำลังอัดสูงสุด (53.4 Mpa) และความต้านทานสูงสุดต่อกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกที่ดีที่สุด โดยเห็นได้จากการสูญเสียน้ำหนักคอนกรีตน้อยที่สุด (3.30 กรัมและ 3.93 กรัมตามลำดับ)

ตารางที่ 4.4 ราคาก่อสร้างและประสิทธิภาพของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต non-CFH, CFH, CFA15, CFA30, CFA45, CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20

Mix design	Material cost (THB/m ³)	Thickness 0.07 m. (THB/m ²)	Floor hardener powder (baht/m ²)	Total cost/ m ² (baht)	Compressive strength 28 days (Mpa)	Abrasion resistance (mm; maximum wear depth)	Acid Resistance			
							Ungrooved 90วัน		Grooved 90วัน	
							Lactic	Sulfuric	Lactic	Sulfuric
							(g; concrete weight loss)			
Non-CFH	1420	99	-	119	38.21	0.44 (0.01)	6.00 (1.80)	5.83 (0.12)	9.87 (1.05)	11.33(1.85)
CFH	1420	99	80	199	38.15	0.08 (0.08)	2.47 (0.06)	2.87(0.65)*	6.00 (0.00)	5.87 (1.15)
CFA15	1400	98	-	118	37.25	0.19 (0.01)	4.17 (0.35)	4.33 (0.06)*	5.27 (0.65)*	6.43 (0.15)*
CFA30	1370	96	-	115	35.72	0.22 (0.03)	3.77 (0.15)	4.00 (0.40)*	4.63 (0.06)*	5.13 (0.35)*
CFA45	1078	75	-	95	36.15	0.30 (0.03)	3.77 (0.06)	3.67 (0.06)*	4.50 (0.10)*	4.63 (0.35)*
CSF4FA26	1397	98	-	117	40.54	0.18 (0.00)	3.43 (0.06)	3.50 (0.20)*	4.23 (0.35)*	4.60 (0.00)*
CSF6FA24	1410	99	-	118	46.43	0.17 (0.02)	3.20 (0.06)	3.37 (0.06)*	4.10 (0.20)*	4.53 (0.35)*
CSF8FA22	1425	100	-	120	49.71	0.13 (0.03)	2.87 (0.45)	3.37 (0.45)*	3.87 (0.06)*	4.07 (0.65)*
CSF10FA20	1440	101	-	121	53.21	0.13 (0.04)	2.60 (0.00)*	2.60 (0.10)*	3.30 (0.70)*	3.87 (0.32)*

จากการเปรียบเทียบการออกแบบผสม CSF-FA (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) เป็นทางเลือกที่ประหยัดและใช้งานได้จริง ค่าก่อสร้างแบบผสมคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟุ่ม อยู่ในช่วง 118 - 121 บาทต่อตารางเมตรเทียบกับ 119 บาทและ 199 บาท สำหรับพื้นคอนกรีตทั่วไปไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่งและพื้นคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (เช่นพื้นคอนกรีตโรงเรียนสุรศักดิ์ใช้กันทั่วไปในประเทศไทย) กล่าวอีกนัยหนึ่งพื้นคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟุ่ม (CSF-FA) มีราคาใกล้เคียงกับพื้นคอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง แต่ต่ำกว่าพื้นคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งมาก (CFH) นอกจากนี้ประสิทธิภาพของคอนกรีต (เช่นกำลังอัดความต้านทานต่อการขีดสีและความต้านทานต่อการรูดแลคติกและกรดซัลฟิวริก) ของพื้นคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟุ่ม มีประสิทธิภาพสูงกว่าพื้นคอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่งและ พื้นคอนกรีตที่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีพื้นคอนกรีตเกิดการวิบัติ (อ้างอิงชิ้นงานตัวอย่างที่มีตัดร่อง) การตัดสินใจเลือกระหว่างการออกแบบผสมคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟุ่ม ทั้งสี่ส่วนผสมนั้นอยู่ภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณ อย่างไรก็ตาม การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอย (CFA) นั้นต้นทุนการก่อสร้างที่ต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ประสิทธิภาพของคอนกรีตปานกลาง เมื่อเทียบกับคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟุ่ม โดยพื้นฐานแล้วมันสมเหตุผลทางเศรษฐกิจสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในประเทศไทยที่จะเปลี่ยนมาใช้คอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟุ่ม (CSF-FA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การประยุกต์ใช้งานพื้นคอกคอนกรีต และอภิปรายผลการทดลอง

นำเสนอทางเลือกหรือแนวทางการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ทำให้พฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป จากเดิมอันเป็นผลจากการฝึกฝนและประสบการณ์ แต่มีใช้ผลจากการตอบสนองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ผู้วิจัยต้องการให้ผู้ประกอบการฟาร์ม และ เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในประเทศไทยใช้งาน คอนกรีตให้เหมาะสมกับการใช้งาน มุ่งพัฒนากระบวนการคิดให้กับผู้ประกอบการฟาร์ม และ เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร และการนำทฤษฎี และปัญหาที่เกิดขึ้นไปสู่การแก้ไขและทดลองปฏิบัติงานจริง เพื่อเป็นวิธีพัฒนาพฤติกรรมที่เป็นรูปแบบการใช้วัสดุผสมเพิ่มที่แตกต่างกัน เพื่อการวัดผลลัพธ์และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ดังนั้นการเรียนรู้เน้นเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นผู้ประกอบการฟาร์ม และ เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรเข้าใจจะรู้ด้วยตนเอง พบเอง เห็นเอง และเปลี่ยนประสบการณ์และพฤติกรรมด้วยตนเอง

อย่างไรก็ตามการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ใน 3 ด้าน คือ ความรู้ ทักษะ และ ความรู้สึกที่เป็นผลจากสิ่งเร้า ซึ่งการนำไปใช้งานจริงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์เดิมกับสิ่งใหม่ ๆ จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ ถ่ายทอดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อลดปัญหาการอึดใจ หลุนร้อน และ อายุการใช้งานสั้น จากการปฏิบัติสามารถทำให้ผู้ประกอบการฟาร์ม และ เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรเข้าใจง่ายขึ้น และเห็นภาพที่ชัดเจน

4.3.1 การทดลองใช้วัสดุผสม CSF8FA22 เทียบกับ non-CFH ที่นิยมใช้ในพื้นคอกกรีตโรงเรือนสุกรในประเทศ

ทางผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จากฟาร์มสุกร จังหวัดชลบุรี ในใช้พื้นที่สำหรับโรงเรือนสุกร เนื่องจากเจ้าของฟาร์มสุกร มีความประสงค์ต้องการซ่อมแซมโรงเรือน และยินดีสนับสนุนโครงการที่จะพัฒนาคอนกรีตที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าในกลุ่มผู้เลี้ยงฟาร์มสุกร โดยทางทีมวิจัยมุ่งเน้นศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อบริเวณพื้นคอกคอนกรีตจากผู้ใช้งานจริง และแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาบริเวณพื้นคอกสุกรดังกล่าวและความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อนำไปพัฒนาและต่อยอดให้สอดคล้องและเกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับฟาร์มสุกร

ทางผู้วิจัยสำรวจพื้นที่ให้อย่างละเอียดรอบคอบก่อนการเทคอนกรีต เป็นโรงเรือนขนาด 9.2x 4.4 เมตร และ 11.5 x 44 เมตร จำนวน 2 โรงเรือน ความหนาของพื้นโรงเรือน 0.7 เมตร ความลาดชันของพื้นประมาณ 1-3% ทางผู้วิจัยร่วมกับบริษัทปูนซีเมนต์นครหลวงได้เข้าแนะนำข้อควรระวังต่างๆของการเทคอนกรีตให้ทุกหน่วยงานรับทราบ เพื่อลดการแตกร้าวและป้องกันปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเทคอนกรีต และหลังการเทคอนกรีต และสามารถการทำงานสะดวกเร็วขึ้น



รูปที่ 4.12 การเตรียมพื้นที่ และปรับระดับพื้นดินของฟาร์ม



รูปที่ 4.13 แบ่งกันพื้นที่ตามแบบมาตรฐานโรงเรือนสุกร



รูปที่ 4.14 การตรวจสอบทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต ทหาความชื้นเหลือของคอนกรีตภาคสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 เสริมลูกปูนก่อนที่จะวางตะแกรงเหล็ก Wire Mesh ทับ แล้วเทคอนกรีตลงไปให้ทั่วพื้นที่จนได้ในระดับที่ต้องการ



รูปที่ 4.16 ทำการแต่งผิวหน้าให้เรียบร้อย ช่วงระหว่าง/หลังการเทคอนกรีตแล้วเสร็จ

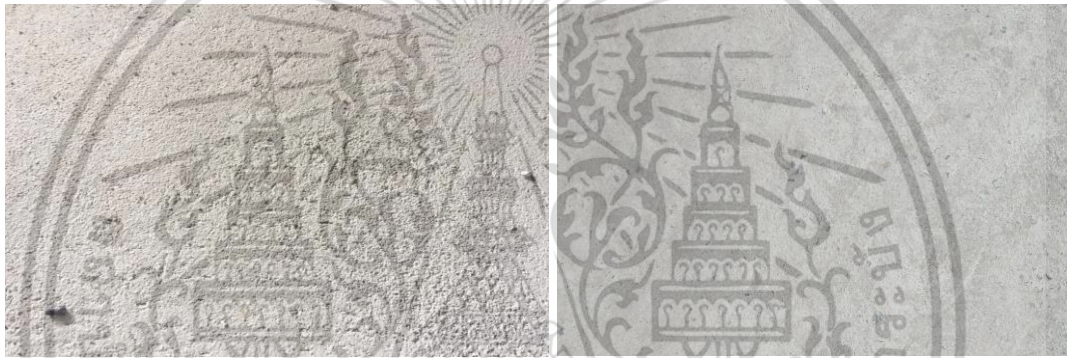


รูปที่ 4.17 ผิวคอนกรีตเริ่มแข็งตัว เข้าสู่ขั้นตอน บ่มพื้นถนนคอนกรีตด้วยจากฉีดน้ำให้ชุ่มเป็นเวลา 3-7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ปลอ่ยลูกสุกรเข้าพื้นที่ ใช้เวลาเลี้ยง 5 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 120 กิโลกรัม



(a)

(b)

รูปที่ 4.19 ตรวจสอบพื้นที่ผิวคอนกรีตหลังใช้งาน 5 เดือน (a) พื้นคอนกรีตสัดส่วนผสมคอนกรีต CSF8FA22 เทียบกับ (b) พื้นคอนกรีตสัดส่วนผสมคอนกรีต non-CFH

4.4. อภิปรายผลการทดลอง

สมมติฐานของงานวิจัยนี้คือการใช้วัสดุพอลิโพรพิลีน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพต้านทานการขีดสี และต้านทานกรด ทั้งนี้วัสดุพอลิโพรพิลีนขนาดเล็กกว่าซีเมนต์ สามารถช่วยลดขนาดของรูพรุนให้เล็กลงและทำให้เกิดความตันโพรงคาปิลลารี (capillary pore) เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าลดยังสามารถช่วยในการลดการหดตัว บางกรณีอาจส่งผลให้เกิดจากการเย็นน้ำที่ผิวหน้าทำให้ใช้เวลาในการระเหยน้ำที่ผิวนานขึ้น หากอุณหภูมิสูง แสงแดดจัด ลมพัด อาจยังมีความเสี่ยงต่อการหดตัวช่วงระหว่างระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและระยะการก่อตัว การใช้สมการความตันโพรงคาปิลลารี (capillary pore) อาจยังไม่สามารถอธิบายความรุนแรงของการหดตัวได้ [89-90] นอกจากนี้การใช้ปริมาณซิลิกาฟุ่มเกินกว่า 5% จะทำให้ความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตเหลวลดลงทั้งจากค่าการยุบตัว และค่าการไหลแผ่จึงต้องมีการปรับแต่งให้มีการไหลดีขึ้นด้วยการเติมปริมาณสารลดน้ำพิเศษเพิ่ม ดังนั้นการใช้ซิลิกาฟุ่มให้มีประสิทธิภาพทั้งกำลังอัดและความสามารถทำงานด้วย [91,92]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเก็บตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดการบ่มที่อุณหภูมิปกติสามารถมองภาพรวมได้ว่า คอนกรีตที่ใช้ซิลิกาฟูม หรือเถ้าลอยแทนที่วัสดุประสาน มีกำลังอัดสูงกว่า คอนกรีตทั่วไปและการใช้ซิลิกาฟูมและเถ้าลอยผสมในคอนกรีต ยังมีส่วนช่วยให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิกได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย [93] ได้แก่ การออกแบบส่วนผสมที่ประกอบด้วยปอซโซลาน (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22 และ CSF10FA20) แสดงค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดทุกช่วงอายุ เนื่องจากซิลิกาฟูมที่นำมาผสมร่วมกับสารลดน้ำพิเศษ ให้ผลทดสอบค่ากำลังอัดที่สูงมาก เพราะซิลิกาฟูมช่วยอุดพวกโครงสร้างของรูพรุน (Pore) ของไฮเดรตซีเมนต์เพสต์ไว้ [94] การใช้ปริมาณซิลิกาฟูมที่เหมาะสมแทนที่ปูนซีเมนต์เพิ่มประสิทธิภาพเหมือนใช้ปูนซีเมนต์ เมื่อเทียบกับคอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) และพื้นคอนกรีตที่มีรอยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) ผลทดสอบการต้านทานกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริก จากการสัมผัสกรด 28 วัน สัดส่วนผสมของ CSF-FA ขึ้นตัวอย่างตั้งร่องบนพื้นผิวชิ้นงานเพื่อจำลองการวิบัติของพื้นพบว่าสามารถทนการกัดกร่อนของกรดดี เมื่อเทียบกับตัวอย่างคอนกรีตที่มีรอยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) ไม่มีการตั้งร่องบนพื้นผิวชิ้นงานคอนกรีตที่มีรอยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) สาเหตุมาจากการปิดกั้นรูพรุนของคอนกรีตที่เชื่อมต่อกันโดยอนุภาคขนาดเล็กของวัสดุปอซโซลาน (เถ้าลอยและซิลิกาฟูม) และ การลดลงของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จากการทำปฏิกิริยา ปอซโซลานิก (pozzolanic) ของ วัสดุปอซโซลาน [94]

โดยทั่วไปผิวคอนกรีตที่เกิดจากการสัมผัสกรด จะมีคราบขาวที่โดดเด่นกว่าเกิดขึ้นบนพื้นผิวสามารถสังเกตเห็นด้วยตาเปล่า เกิดจากการสัมผัสอย่างต่อเนื่องภายใต้สารละลายกรดเป็นเวลานาน การเสื่อมสภาพของชั้นผิวคอนกรีตเริ่มสลายไปอ่อนตัว เมื่อพื้นคอนกรีตได้รับรับแรงกระแทก และการขัดสี ผิวคอนกรีตจะเผยให้เห็นเม็ดทรายบนพื้นผิวคอนกรีตและพื้นผิวคอนกรีตขรุขระ [96] ต่อจากนั้นชั้นผิวจะอ่อนตัวและเป็นผง ผลการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบความต้านทานกรดโดยการตั้งร่องบนพื้นผิวชิ้นงานเพื่อจำลองการวิบัติของพื้น เทียบกับตัวอย่างไม่มีการตั้งร่องบนพื้นผิวชิ้นงาน ผลการศึกษาพบว่าพื้นคอนกรีตที่มีรอยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) มีความต้านทานต่อการขัดสีและกรดสูงสุด แต่เมื่อคอนกรีตได้รับความเสียหายที่ผิวหน้า ทำให้กรดสามารถแทรกซึมเข้าไปทำลายคอนกรีตอย่างรุนแรงภายใต้สภาวะแตกร้า

ผลการทดสอบความลึกของการสึกหรอตามมาตรฐาน EN13892-4 ที่อายุ 28วัน คอนกรีตที่มีรอยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งสึกหรอน้อยที่สุด จากผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้น เมื่ออายุคอนกรีตได้รับการบ่มอย่างน้อย 7วัน และส่งผลทำให้ค่าความลึกของการสึกหรอเนื่องจากการขัดสีของคอนกรีตมีค่าลดลง นอกจากนี้ลักษณะของทรายมีอิทธิพลอย่างมากต่อความทนทานต่อการขัดสี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดูแลเอาใจใส่ในการเลือกใช้วัสดุชนิดต่างๆในการผสมคอนกรีต [57] พื้นคอกคอนกรีต ผง และบ่อมูลสัตว์ในโรงเรือนสุกร คอนกรีตสัมผัสกับการกัดกร่อนของกรดอินทรีย์จากอาหาร และกรดซัลฟิวริกทางชีวภาพ โครงสร้างคอนกรีตคุณภาพสูงและทนทานต้องการคุณสมบัติที่ถูกต้องของส่วนผสมคอนกรีต (อัตราส่วนน้ำ /ปริมาณซีเมนต์) รวมทั้งการการบ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอิทธิพลของปูนซีเมนต์ที่ผสมร่วมปอซโซลานิก เพื่อให้ชั้นผิวของปูนซีเมนต์ชุ่มด้วยสารกันน้ำหรือตัวปิดกั้นรูขุมขนและการใช้สารเคลือบต่อความต้านทานการกัดกร่อน [94,97]

การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าวัสดุปอซโซลานิกช่วยปรับปรุงตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับการออกแบบส่วนผสมที่พื้นคอนกรีตทั่วไปไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง รวมไปถึงต้นทุนการก่อสร้างพื้นคอนกรีตที่มีซิลิกาฟูมและเถ้าลอย (118 - 121 บาท) ต่อตารางเมตร และพื้นคอนกรีตทั่วไป (116 บาท) ต่อตารางเมตร นั้นเทียบเคียงกันได้ แต่ต่ำกว่าพื้นคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งมาก (196 บาท) ความต้านทานการคายไ้สภาวะแตกร้าวของพื้นคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟูม (CSF-FA) สูงกว่าพื้นคอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) และคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) ด้วยเหตุนี้จึงควรนำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟูม (CSF-FA) มาใช้ในการก่อสร้างพื้นโรงเรือนสุกรเนื่องจากความทนทานที่ยาวนานขึ้นและผลตอบแทนการลงทุนที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นคอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) และ คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) ซึ่งสามารถใช้ในอุตสาหกรรมฟาร์มสุกรขนาดเล็กและใหญ่

ผลจากการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก ภาพรวม เป็นไปในทิศทางเดียวกับการส่งอิทธิพลของตัวแปรที่เป็นข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามช่วยอธิบายให้เห็นแนวทางการความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการแก้ไขปัญหาพื้นคอกคอนกรีต และการทดลองเปรียบเทียบพื้นคอนกรีตทั่วไป และ พื้นคอนกรีตที่เหมาะสมกับการใช้งาน ผู้ประกอบการฟาร์มสุกรและผู้ที่เกี่ยวข้องได้เห็นพฤติกรรมคอนกรีตที่แตกต่างกันอย่างเห็นชัด สามารถวัดได้ สังเกตได้และทดสอบได้ ทั้งหลักเกณฑ์, การปฏิบัติงานและผลลัพธ์เป็นไปในลักษณะความรู้ และความเข้าใจ ผู้ประกอบการฟาร์มสุกรและผู้ที่เกี่ยวข้องมีประสบการณ์เดิมซึ่งสามารถเชื่อมโยงเข้ากับการเรียนรู้ใหม่ได้ ไม่ได้เป็นการเรียนสิ่งใหม่ทั้งหมดโดยไม่ได้นำความรู้เดิมมาใช้จึงสามารถเห็นความแตกต่างของสิ่งของประเภทเดียวกัน

ผู้วิจัยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) โดยการตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย (inductive) ระหว่างการก่อสร้างและหลังจากการทดลองใช้สัดส่วนผสมคอนกรีต CSF8FA22 เทียบกับ non-CFH ในความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการใช้งานพื้นคอกคอนกรีตสำหรับโรงเรือนสุกร ผู้ให้สัมภาษณ์มีความเห็นดังต่อไปนี้

ด้านผู้รับเหมาก่อสร้างพื้นคอนกรีตโรงเรือนพึงพอใจอย่างมาก “คอนกรีตจัดส่งตรงตามเวลานัดหมาย เนื้อคอนกรีตเข้ากันดี ความชื้นเหลวของคอนกรีตทำให้กรรมกรทำงานได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตทั่วไปที่ใช้อยู่ ทั้งนี้คอนกรีตสดสามารถไหลเข้าแบบหล่อได้ดี ทำให้คอนกรีตที่หล่อในที่ปราศจากรูโพรงต่างๆดีกว่า ระยะเวลาการเซตตัวเหมาะสมกับการทำงาน ไม่เซตตัวนาน หรือ เร็วจนเกินไป เก็บหน้าง่าย ไม่มีการเอี่ยมน้ำที่ผิวหน้ามากเท่ากับคอนกรีตทั่วไป เมื่อ

แข็งตัวเลยผิวหน้าคอนกรีตสีสวย และไม่พบรอยร้าวแบบไร้ทิศทางหลังจากการเทคอนกรีตไปแล้ว 3 วัน”

ด้านผู้ประกอบการฟาร์มสุกร อำเภอพนสนิม จังหวัดชลบุรี ที่ตรวจสอบและตรวจรับงานพื้นคอกคอนกรีตสำหรับโรงเรือนฟักพอใจอย่างมากพึงพอใจอย่างมาก “หลังการเทคอนกรีต 7 วัน พื้นคอนกรีตแข็งแรง ไม่มีพบรอยร้าวที่ผิวหน้าของคอนกรีต ค่ากำลังอัดได้ตรงตามที่ต้องการของหลังการเทคอนกรีตเพียง 14 วัน ทำให้สามารถดำเนินการก่อสร้างได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น ลดระยะเวลาการทำงาน และ ลดระยะเวลาการก่อสร้างได้ดีกว่าคอนกรีตที่เคยใช้อยู่ ทั้งหลังจากการใช้งานไปแล้ว 5 เดือน ไม่พบเม็ดหินขนาดเล็กโผล่และผิวหน้าคอนกรีตเป็นฝุ่นเล็กน้อย ผลลัพธ์ที่ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value added) ตอบโจทย์ลูกค้าในการช่วยประหยัดเวลาในการเทหน้างาน คุณภาพคอนกรีตที่แก้ไขปัญหาอย่างแท้จริง และสามารถยืดอายุการใช้งานขึ้น”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ ผู้จัดการฟาร์ม และ สัตวบาล พบว่าฟาร์มสุกรลดลงจากการขาดทุนสะสม เกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ ราคาขายสุกร, ราคาอาหารของสุกร, ปรับเพิ่มน้ำหนักส่งออกตลาด และ การซ่อมแซมก่อสร้างโรงเรือน ทั้งนี้จากการสำรวจ และ สัมภาษณ์ผู้ประกอบการ/เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร เกี่ยวกับปัญหาและการซ่อมแซมก่อสร้างโรงเรือน อย่างไรก็ตามปัจจัยที่เกษตรกรผู้เลี้ยงสามารถควบคุมได้ คือการลดต้นทุนการก่อสร้างโรงเรือนสุกรและชะลอการซ่อมแซมพื้นคอนกรีตโรงเรือน/พื้นคอก ซึ่งสาเหตุที่ทำให้พื้นคอนกรีตเกิดความเสียหายนั้นมาจากองค์ประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์พวกคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย เช่น ข้าวโพด หรือ กากมันสำปะหลัง ที่มีคุณค่าทางอาหาร เป็นต้น เมื่อผ่านกระบวนการหมักสามารถเกิดเป็นกรดอินทรีย์ มีฤทธิ์ทำลายสารประกอบแคลเซียมที่มีอยู่ในคอนกรีต ส่งผลให้บริเวณผิวหน้าคอนกรีตเกิดการเสียหาย ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น และ สัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์เพื่อนำมาออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเพื่อใช้ในการก่อสร้างพื้นโรงเรือนสุกรโดยเลือกจากผลทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนผสมคอนกรีต และการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลานิก เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นคอนกรีตของโรงเรือนสุกร ด้านการรับแรงอัด, ความต้านทานต่อการขีดสี และความต้านทานต่อการรูดแลคติกและกรดซัลฟิวริก วัสดุปอซโซลานิกที่อยู่ระหว่างการศึกษา ได้แก่ เถ้าลอย (FA) และซิลิกาฟุ่ม (SF) และการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตสำหรับทดลอง ได้แก่ คอนกรีตที่ไม่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) คอนกรีตแทนที่ด้วยเถ้าลอย 15% 30% เถ้าลอย 45% (CFA15, CFA30, CFA45) และคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่ม (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) ผลทดสอบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน พบว่า สัดส่วนผสมคอนกรีตที่มีเถ้าลอยและซิลิกาฟุ่มให้กำลังอัดที่สูงสุดเมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมกับวัสดุปอซโซลานิก อย่างไรก็ตาม ปริมาณซิลิกาฟุ่มที่น้อยหรือมากเกินไปไม่ส่งผลดีต่อการพัฒนากำลัง เนื่องจากปริมาณที่น้อยไปจะมีปริมาณ SiO_2 ในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกน้อย พัฒนากำลังได้น้อยเช่นกัน ปริมาณการแทนที่มากเกินไปหมายถึงต้องลดปูนซีเมนต์ในส่วนผสมลง ปฏิกิริยาไฮเดรชันจึงเกิดได้น้อยตามสัดส่วนของซีเมนต์ และเกิดแคลเซียมและเกิดแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการไปทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกน้อยเช่นเดียวกัน นั่นคือมีอนุภาคของซิลิกาฟุ่มมาก แต่ปฏิกิริยาปอซโซลานิกไม่ได้สูงตามไปด้วย ดังนั้นกำลังรวมของซีเมนต์มอร์ตาร์จึงลดลงเมื่อแทนที่ซีเมนต์ด้วยนาโนซิลิกาในปริมาณสูงเกินไป

งานวิจัยระบุในอดีต [96, 97, 98] ศึกษาหาปริมาณการแทนที่ซีเมนต์ด้วยซิลิกาฟุ่ม พบได้ในงานวิจัยของ Wolsiefer, J., [97] เช่นกัน ซึ่งผลการศึกษพบว่าปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยซิลิกาฟุ่มร้อยละ 8 เป็นปริมาณที่พอเหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ เมื่อเพิ่มปริมาณแทนที่เถ้าลอย 45% อาจสามารถส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการก่อตัวยาวนานขึ้น, กำลังอัดช่วงต้นและช่วงปลายน้อยกว่าคอนกรีตที่ไม่มีสัดส่วนผสมกับวัสดุปอซโซลาน เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์นี้เองที่ทำปฏิกิริยากับ ซิลิกาไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ในวัสดุปอซโซลาน เกิดเป็นสารประกอบที่เรียกว่าแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (CAH) ตามลำดับ [91,95]

อย่างไรก็ตามผลทดสอบการขัดสี เปรียบเทียบความลึกสูงสุดของการสึกหรอของการออกแบบส่วนผสม พบว่าพื้นคอนกรีตที่จัดทำขึ้นนั้น คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) มีความทนทานต่อการขัดสีดีที่สุด ผลมาจากวัสดุที่นำมาเคลือบที่ผิวหน้ามีส่วนประกอบทางเคมีเป็นซิลิกา (SiO_2) หรือ ทรายที่สะอาด มีเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาสูงกว่า 95% และเปอร์เซ็นต์ของเหล็กต่ำตลอดจนมีสารมลทินอื่นๆ เจือปนอยู่เพียงเล็กน้อย ทำให้ทนต่อการสึกหรอมากกว่าพื้นคอนกรีตที่ไม่ได้โรยผงเคลือบ สำหรับการทดสอบความต้านทานการสึกกร่อนเนื่องจากการการสูญเสียน้ำหนักของชิ้นงานก่อนตัวอย่าง หลังการแช่ในสารละลายกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 และ 90 วัน ผลการวิจัยพบว่าคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) สามารถทนทานต่อการขัดถูและความต้านทานต่อกรดแลคติกและกรดซัลฟิวริกสูงสุด อย่างไรก็ตามพื้นคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่งได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงจากกรด (ชิ้นงานตัวอย่างตัดร่อง) ที่เกิดจากกรดสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับคอนกรีต ได้แก่ tricalcium aluminate (C_3A) และ Calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัว ผิวหน้าคอนกรีตเสื่อมสภาพและอ่อนตัวลง ค่า pH ของคอนกรีตลดลง เมื่อสัมผัสกับพฤติกรรมทางกลจากสุกร และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ทำให้คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง ไม่สามารถทนทานต่อการขัดสีได้ ขณะเดียวกันการออกแบบแบบผสม CSF10FA20 แสดงให้เห็นถึงกำลังอัดสูงสุดและความต้านทานกรดสูงสุดจากผลทดสอบชิ้นงานตัวอย่างตัดร่อง (พื้นคอนกรีตดิบ) อันเป็นผลมาจากปฏิกิริยา pozzolanic ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของรูพรุน เพราะมีขนาดละเอียดกว่าปูนซีเมนต์มาก สามารถแทรกซึมอุดรูพรุนและช่องว่างระหว่างพันธะได้ดี จึงช่วยปรับปรุงโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตให้หนาแน่นขึ้นและสม่ำเสมอ ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มคุณสมบัติต่างๆ เช่นความแข็งแรง, การขัดสี และความต้านทานต่อกรด [80,81]

นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการทดสอบ t - test เพื่อนำค่าการทดสอบต่างๆของแต่ละสัดส่วนผสมทั้งหมดเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลการทดลองกับค่ามาตรฐาน หรือค่าอ้างอิง กำหนดระดับความเชื่อมั่น $\alpha = .05$ ซึ่งเป็นการกำหนดความน่าจะเป็นที่ผู้วิจัยจะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ จากนั้นเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างพื้นคอกคอนกรีตและคัดเลือกสัดส่วนผสมคอนกรีตเพื่อใช้ก่อสร้างพื้นโรงเรือนสุกร ผู้วิจัยได้คัดเลือก CSF8FA22 ในการก่อสร้างโรงเรือนสุกรที่จังหวัดชลบุรี เทียบกับพื้นคอนกรีตทั่วไปที่นิยมใช้ฟาร์มสุกรขนาดเล็ก และกลาง คือคอนกรีตไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) หลังจากการก่อสร้างและเปิดใช้งานพื้นคอกสุกรดังกล่าวเป็นเวลา 5 เดือน พบว่าผู้ประกอบการนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟาร์มสุกร พึ่งพอใจอย่างมากกับพื้นคอนกรีต CSF8FA22 ที่มีความคงทนมากขึ้น ด้านกำลังอัด คอนกรีตจากการเก็บข้อมูลที่หน้างานพบว่า สามารถพัฒนากำลังอัดตามที่ต้องการภายใน 14 วัน เมื่อเทียบกับคอนกรีตทั่วไป ทำให้ประหยัดเวลาในการก่อสร้างหรือซ่อมแซมโรงเรือนสุกร 2 เท่า ส่วนของ กระบวนการเทคอนกรีตที่หน้างานจากการเก็บข้อมูลกับทางผู้รับเหมาก่อสร้าง พบว่าพึ่งพอใจอย่างมากเนื่องจากทำงานง่าย สะดวกรวดเร็ว คอนกรีตมีการไหลตัวได้ดี, ความชื้นเหลือ และระยะเวลา การเซตตัวของพื้นคอนกรีตเหมาะสมกับการใช้งาน

ด้านต้นทุนการก่อสร้างพื้นคอกคอนกรีตที่นิยมนำมาใช้โดยทั่วไปในฟาร์มสุกรขนาดเล็กและระดับอุตสาหกรรมในประเทศไทย ได้แก่ ก่อสร้างพื้นคอนกรีตแบบคอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) ราคาวัสดุคอนกรีตอยู่ที่ 119 บาทและ 199 บาทต่อตารางเมตร จากผลการทดสอบพื้นคอนกรีตสัดส่วนผสมเถ้าลอย 45% มีประสิทธิภาพด้านต่างๆใกล้เคียงกับได้แก่ คอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) ราคา การก่อสร้างต่ำสุด (92 บาทต่อตารางเมตร) และพื้นคอนกรีตสัดส่วนผสมแบบ CSF-FA (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) ราคาวัสดุคอนกรีตอยู่ที่ 118 - 121 บาทต่อตารางเมตร จาก ผลทดสอบจะเห็นได้ว่าการออกแบบคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟูม นั้นเป็นประโยชน์ ต่อการดำเนินการก่อสร้างมากกว่า ทั้งด้านราคา, ประสิทธิภาพเชิงกลดีกว่า และต้นทุนราคาวัสดุ คอนกรีต ด้วยเหตุนี้จึงมีความเหมาะสมผลทางเศรษฐกิจสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็กและระดับ อุตสาหกรรมที่จะเปลี่ยนไปใช้ คอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟูม (CSF-FA) เนื่องจาก ความทนทานที่ยาวนานขึ้นและความคุ้มค่าในการลงทุนที่มากกว่า

- คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง CFH มีความต้านทานต่อการขีดสีและความต้านทาน ต่อกรดแลคติกและซัลฟิวริกสูงสุดแต่เมื่อพื้นคอนกรีตได้รับความเสียหายอันเนื่องมาจากสภาวะการตัด ร่องบนพื้นผิวชั้นงาน พื้นคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH) ได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง จากกรดทันที การออกแบบส่วนผสม CSF10FA20 มีกำลังอัดสูงสุดและความต้านทานต่อกรดสูงสุด ภายใต้สภาวะพื้นคอนกรีตวิบัติ

- การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าวัสดุพอลิซิลานิกช่วยปรับปรุงตัวชี้วัดประสิทธิภาพของ การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับส่วนผสมคอนกรีตไม่มีโรย ผงเคลือบผิวหน้าแกร่งแบบเดิม

- ต้นทุนราคาวัสดุคอนกรีต พื้นคอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง สูงที่สุด (199 บาทต่อ ตารางเมตร) และ คอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอย 45% (CFA45) ต่ำสุด (95 บาทต่อตารางเมตร) และ ราคาวัสดุคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟูม (CSF4FA26, CSF6FA24, CSF8FA22, CSF10FA20) อยู่ที่ 118 - 121 บาทต่อตารางเมตร

- การเลือกใช้พื้นคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าลอยร่วมกับซิลิกาฟูม (CSF-FA) ทำงานได้ดีกว่าพื้น คอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะการวิบัติ (การตัดร่องบนพื้นผิวชิ้นงาน) ดังนั้นจึงสมเหตุสมผลทางเศรษฐกิจสำหรับฟาร์มสุกรขนาดเล็กและระดับอุตสาหกรรมที่จะเปลี่ยนไปใช้พื้นคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าย่อยร่วมกับซิลิกาฟูม เนื่องจากความทนทานที่ยาวนานขึ้นและผลตอบแทนการลงทุนที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นคอนกรีตทั่วไป ไม่มีผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (non-CFH) คอนกรีตที่มีโรยผงเคลือบผิวหน้าแกร่ง (CFH)

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเพิ่มปริมาณแทนที่เถ้าย่อยมากกว่า 30% อาจสามารถส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการก่อตัวยาวนานขึ้น และระยะเวลาการก่อสร้าง, ความต้านทานการขีดสีลดลง, กำลังอัดช่วงต้นและช่วงปลายน้อยกว่าคอนกรีตที่ไม่มีสัดส่วนผสมกับวัสดุปอซโซลาน
2. ผลการวิจัยคาดว่าจะจะเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกรโยธาในการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตที่เสี่ยงต่อการกัดกร่อนของกรดหรือในพื้นที่ที่มีดินเปรี้ยว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] นภสินธุ์ ปิยะสินธ์ชาติ “TMB Analytics - ธุรกิจฟาร์มสุกร ปี 2563” TMB Bank PCL
[Online]. Available: https://media.tmbbank.com/uploads/analytics_industry/file/media/761_file_th.pdf ,2563
- [2] Srikanchai, T., & Charoensook, R. “The Direction of Pig Breeding and Raising in Thailand.” *World Congress on Genetics Applied to Livestock Production 2018*. Aotea Centre Auckland.
- [3] Sansak, N., & Saengthong, P. “Case study – pig production in Thailand”. Retrieved from Department of Livestock Development.” [Online]. Available: http://breeding.dld.go.th/small/sansak_papers/CSLPigProductionThailand_JD_20171214.pdf, 2017
- [4] De Belie, N., Verselder, H. J. , Deblaere B., Vannieuwenburg D., & Verschoore R. “Influence of the cement type on the resistance of concrete to feed acids.” *Cement and Concrete Research*, vol.26, no.11, 1996, pp.1717-1725.
- [5] Committee, A. S. “Good Agricultural Practices for Pig Farm.” Retrieved from National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. [Online]. Available: <https://www.acfs.go.th/standard/download/eng/GAPPigfarm.pdf>, 2009
- [6] McCarthy, M. J., & Dyer, T. D. “Pozzolanas and pozzolanic materials.” *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, (5th ed), pp. 363-467. Oxford Elsevier, 2019
- [7] ศ.ดร. วินิต ช่อวิเชียร 2557. หนังสือคอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology) พิมพ์ครั้งที่ 9, ป. สัมพันธ์พาณิชย์. กรุงเทพฯ,
- [8] Sant, G., Bentz, D.P., & Weiss, J. “Capillary porosity depercolation in cement-based materials: measurement techniques and factors which influence their interpretation.” *Cement and Concrete Research.*, Vol 41(8), 2001, pp. 854-864.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [9] Kazuyuki Torii and Mitsunori Kawamura “Effects of fly ash and silica fume on the resistance of mortar to sulfuric acid and sulfate attack.”, **Cement and Concrete Research**, Vol.24, no2, 1994, pp.361–370.
- [10] Thanongsak. N., Wongkeo, W., & Chaipanich, A. “Utilization of fly ash with silica fume and properties of Portland cement–fly ash–silica fume concrete.” **Fuel**, vol.83, no. 3, 2010, pp.768-774.
- [11] Durning, T.A. and Hicks, C., “Using Microsilica to Increase Concrete's Resistance to Aggressive Chemicals.” **Concrete international**, 1991, pp.42–48.
- [11] Lapcharatsangroj, L. and U-tapao, Chalida. “Trial to Determine Durability and Serviceability for Swine Farm in Thailand”., **MATEC Web Conf.** Vol.206, 2018.
- [12] Kossler, Donald & Sheppard, Walter. “Acid-resistant floor construction.” **Metal Finishing**. Vol.105, no.10. 2007, pp. 572-580.
- [13] Allahverdi, Ali & Škvára, F. “Acidic corrosion of hydrated cement-based materials Part 1. Mechanism of the phenomenon.” **Ceramics Silikaty**. Vol.44, no.3, 2000, pp.114-120.
- [14] Sriravindrarah. R., 2002 “Acids attack on silica fume concrete.” **Conference: 22nd Australasian Conf. on the Mechanics of Structures and Materials**. Sydney, Australia.
- [15] Bertron, A., Duchesne, J., & Escadeillas, G. 2007 “Degradation of cement pastes by organic acids”. **Materials and Structures**, 40 : 341–354
- [16] De Belie, N., Monteny, J., & Taerwe, L. 2002 “Accelerated degradation testing of concrete in acidic environment: resistance to lactic and sulfuric acid.” (1) :1-10. **Proceedings of the 9th International Conference on Durability of Building Materials and Components**. Brisbane, Australia,
- [17] Dyer, Tom. 2016 "Influence of cement type on resistance to organic acids.” **Magazine of Concrete Research**. 69 : 1-26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [18] กิติพัฒน์ นนทปัทมะดุลย์. (2554). เครื่องมือในการเก็บข้อมูลวิจัยเชิงคุณภาพและการสนทนากลุ่ม (Focus Group Study). [Online]. Available: http://www.priv.nrct.go.th/ewt_dl.php?nid=896.
- [19] Eisner, H., “Essentials of project and systems engineering management.” 3rd edn., 2008, **John Wiley & Son Inc.**, United States of America
- [20] Saunders. M, Lewis, P. Thornhill, A. “**Research method for business students.**” 4th end., England : Pearson Education Limited, 2007
- [21] Threfall, D.K. 1999 “Using focus groups as a consumer research tool”, *Journal of Marketing Practice: Applied Marketing Science*, 5(4) : 102-105
- [22] Herrero, M., & Thornton, P. K. 2013, “Livestock and global change: emerging issues for sustainable food systems.” 110(52) : 20878-20881. **Proceedings of the National Academy of Sciences.**, United States of America
- [23] Thanapongtharm, W., Linard, C., Chinson, P., Kasemsuwan, S., Visser, M., Gaughan, A. E., & Gilbert, M. 2016 “Spatial Analysis and Characteristics of Pig Farming in Thailand.” **BMC veterinary research**, 12(1) : 218.
- [24] De Belie, N., Coster, V.D., & Nieuwenburg, D.V. 1997 “Use of fly ash or silica fume to increase the resistance of concrete to feed acids.” **Magazine of Concrete Research**, 49 : 337-344.
- [25] De Belie, N. 1997 “A Survey on Concrete Floors in Pig Houses and their Degradation” **Journal of Agricultural Engineering Research**, 66(3) : 151-156.
- [26] มยพ. 1332-50, 2550. “มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทน และอายุการใช้งาน”, **กรมโยธาธิการและผังเมือง**, กรุงเทพฯ
- [27] ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์, ทวีช พูลเงิน และสมชาย ชูชีพสกุล. 2554. กำลังอัดและโครงสร้างจุลภาคของซีเมนต์มอร์ตาร์ผสมนาโนซิลิกา. **วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี**. 3(34) : 31-244
- [28] Tangtermsirikul, S., Wanichlamlerd, C., Kaewmanee, K., Samrnwanich, T., Krammart, P., Ittiporn Sirisawat I., and Khunthonkeaw. J., 2013 “Sustainable development

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- for concrete construction: design and materials” **Journal of Thailand Concrete Association.**, 1(2)
- [29] กฤติยา แก้วมณี และ สมนึก ตังเต็มสิริกุล, 2006. คุณสมบัติพื้นฐานและความคงทนของคอนกรีตและคอนกรีตผสมเถ้าลอยที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์และเถ้าลอยด้วยผงแคลเซียมคาร์บอเนต, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2, vol.3, no.2, 2015
- [30] Krammart, P. and Tangtermsirikul, S., 2014 “Expansion, strength reduction and weight loss of fly ash concrete in sulphate solution.” **ASEAN Journal on Science and Technology for Development**, 21(4) : 373-390.
- [31] Jakpisal, V. and Limsuwan, E., “Development of shrinkage-compensating cement”, 23-27. **Proceedings of the 1st National Concrete Convention.** Kanchanaburi,
- [32] Mahdikhani M, Bamshad O, Fallah Shirvani M. 2018 “Mechanical properties and durability of concrete specimens containing nano silica in sulfuric acid rain condition.” **Construction and Building Materials**, 167 : 929-935
- [33] Amudhavalli, N. K. & Mathew, J. 2002 “Effect of silica fume on strength and durability parameters of concrete.” **International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies**. 3(1) : 28-35
- [34] Bertron, A., J. Duchesne, G. 2015 “Attack of cement pastes exposed to organic acids in manure.” **Cement and Concrete Composites**. 27(9) : 898-909
- [35] Ghafoori., N. and Diawara, H., 1999 “Abrasion resistance of fine aggregate replaced silica fume concrete,” **ACI Materials Journal**, 96(5) : 559–567,
- [36] Singh, N. B., Prabha Singh, S., and Singh, A. K., 1986 “Effect of lactic acid on the hydration of portland cement.” **Cement and Concrete Research**. 16(4) : 545-553.
- [37] Taylor, Peter., Tikalsky, Paul J., Wang, Kejin., Fick, Gary and Wang, Xuhao, (2012). "Development of Performance Properties of Ternary Mixtures: Field Demonstrations and Project Summary" **InTrans Project Reports**. 93.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [38] Zhen-Tian Chang, Xiu-Jiang Song, Robert Munn, Marton Marosszeky, 2005. “Using limestone aggregates and different cements for enhancing resistance of concrete to sulphuric acid attack.”, **Cement and Concrete Research**, 35(8)
- [39] Vladimir Zivica and Adolf Bajzaa. 2002 “Acidic attack of cement-based materials— a review Part 2. Factors of rate of acidic attack and protective measures” **Construction and Building Materials**, 6(4) : 215-222.
- [40] Caijun Shi, Stegemann JA. 2002 “Acid corrosion resistance of different cementing materials.”, **Cement Concrete Res**, 30(5) : 803–808.
- [41] Liu, W., Tan, H. L., Ni, C. L., Chen, Z. B., Luo, T. Z., & Yu, L. 2017 “Effect of Silica Fume and Fly Ash on Compressive Strength and Weight Loss of High Strength Concrete Material in Sulfuric and Acetic Acid Attack.”, **Key Engineering Materials**, 748 : 301–310.
- [42] Patton, M. Q. (1990). Qualitative evaluation and research methods. (2nd ed.). Newbury Park, CA Sage.
- [43] Rita S. Y. Berry (1999). Collecting data by in-depth interviewing. Retrieved June 7, 2016, [Online]. Available <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/000001172.htm>.
- [44] Coladarci, T. (2010). Student's t statistic. In I. B. Weiner & W. E. Craighead (Eds.), Corsini Encyclopedia of Psychology (4th ed). Hoboken, NJ: Wiley.
- [45] ASTM C1157 / C1157M-11, Standard Performance Specification for Hydraulic Cement, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2011
- [46] ASTM C618. 2008 “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.” **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2008
- [47] ASTM C1240. “Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures.” **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2008
- [48] ASTM C494. “Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2008
- [49] Tantt, A. “Dry-shake Hardeners for concrete floor”. **Sika group**. Retrieved from <https://www.sika.com/en/knowledge-hub/dry-shake-hardeners-for-concrete-floors.html>, 2019.
- [50] ASTM C33. “Specification for Concrete Aggregates.” **American Society for Testing and Materials.**, West Conshohocken, PA, 2008
- [51] ASTM C490 / C490M-17, Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2017
- [52] ASTM C157 / C157M-17, Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2017
- [53] ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete: (ACI 318-95); and Commentary (ACI 318R-95). Farmington Hills, MI: **American Concrete Institute**, 1995.
- [54] ASTM C39 “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.” Retrieved from: http://www.rangson.com/pdf/astm%20concrete/CON020_C39.pdf., 2011
- [55] BS EN 13892-4:2002. “Methods of test for screed materials. Determination of wear resistance-BCA.” **British Standards Institution.**, 2003
- [56] BS 8204: Screeds, bases and insitu floorings Part 2: Concrete wearing surfaces. (2003), Code of practice, **British Standards Institution.**, 2003
- [57] ASTM C42 ASTM C42 / C42M-20, Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2020

- [58] ASTM C944 / C944M-19, Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2019
- [59] Goulden, C. H. *Methods of Statistical Analysis*, 2nd ed. New York: Wiley, pp. 50-55, 1956.
- [60] Mood, A. M., Graybill, F. A., & Boes, D. C. (1974). *Introduction to the Theory of Statistics: McGraw-Hill Series in Probability and Statistics* (3rd ed.)
- [61] Tangtermsirikul. S., “Effect of chemical composition and particle size of fly ash on autogenous shrinkage of paste,” in **Proc. of the international workshop. Autogenous shrinkage of concrete**, 1998: 75-186.
- [62] Behnood, A., Tittelboom, K. V., & Belie, N. D. 2016.” Methods for measuring pH in concrete: A review.” *Construction and Building Materials*, 105 : 176-188
- [63] Sriravindrarah, R. 2012 “Acids attack on silica fume high-strength concrete.”, Conference: 22nd Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials, Sydney, Australia
- [64] Dao, V.T.N., Duxand, P.F., Morris. P.H., 2010 “Plastic Shrinkage Cracking of Concrete”, *Australian Journal of Structural Engineering*, 10 : 207-214.
- [65] Menzel, A. 1954. “Causes and Prevention of Crack Development in Plastic Concrete”, **Portland Cement Association Annual Meeting**, 130-136.
- [66] Tongaroonsri., S. and Tangtermsirikul, S. 2009 "Effect of mineral admixtures and curing periods on shrinkage and cracking age under restrained condition," **Construction and Building Materials**, 23(2) : 1050–1056.
- [67] ACI Committee 223, 2010 “Guide for the Use of Shrinkage-Compensating Concrete.”, *ACI Journal*, 67(8) : 582-610
- [68] Amudhavalli, N. K. & Mathew, J. “Effect of silica fume on strength and durability parameters of concrete.” **International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies**. Vol3, no.1, 2002, pp. 28-35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [69] Ghoddousi, P., Raiss ghasemi A.M., and Parhizkar, T. “A comparison between plastic shrinkage of concrete containing silica fume and the normal concrete”, **International Journal of Civil Engineering**, 5(4): 266-273
- [70] ACI 201.2R-92. 1992 “Guide to Durable Concrete,” **American Concrete Institute**, Farmington, Hills, Michigan.
- [71] Thanongsak. N., Wongkeo, W., & Chaipanich, A. 2010, “Utilization of fly ash with silica fume and properties of Portland cement–fly ash–silica fume concrete.” **Fuel**, 83(3) : 768-774.
- [72] Chindaprasert, P. and Jaturapitakkul, C., **Cement Pozzolan and Concrete**, Sixth Edition, **Thailand Concrete Association**. (In Thai), 2008
- [73] Thanongsak. N., Wongkeo, W., & Chaipanich, A. 2010, “Utilization of fly ash with silica fume and properties of Portland cement–fly ash–silica fume concrete.” **Fuel**, 83(3) : 768-774.
- [74] Chindaprasert, P. and Jaturapitakkul, C., **Cement Pozzolan and Concrete**, Sixth Edition, **Thailand Concrete Association**. (In Thai), 2008
- [75] Kazim Turka and Mehmet Karatasb., 2011 “Abrasion resistance and mechanical properties of self-compacting concrete with different dosages of fly ash/silica fume” **Indian Journal of Engineering and Materials Sciences**. 18(1) : 49-60
- [76] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, “การใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีต”, [Online]. Available: www.pcd.go.th/info_serv/pol_suc_ash.html.
- [77] Zelic, J., Krstulovic, R., Tkalcec, E., and Krolo, P., 2000, “The Properties of Portland Cement-Limestone-Silica Fume Mortars”, **Cement and Concrete Research**, 30 : 145-152.
- [78] R Sersale, G Frigione, L Bonavita, 1998 “Acid Depositions and Concrete Attack: Main Influences” 11Communicated by F.W. Locher., **Cement and Concrete Research**, 28 (1)
- [79] N. De Belie, J.J. Lenehan, C.R. Braam, B. Svennerstedt, M. Richardson, B. Sonck,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2000 “Durability of Building Materials and Components in the Agricultural Environment, Part III: Concrete Structures”, **Journal of Agricultural Engineering Research**, 76 (1)

- [80] Li H, Zhang M, Ou J, 2006. Abrasion resistance of concrete containing nano-particles for pavement. **Wear**,260:1262-1266.
- [81] Setina, J., Gabrene, A., & Juhneva, I. 2013. “Effect of Pozzolanic Additives on Structure and Chemical Durability of Concrete.” **Procedia Engineering**, 1005-1012.
- [82] Vili L., Ivan R., Ognyan P., Yana T. & Plamen S. 2014 “Long term study of hardened cement pastes containing silica fume and fly ash.” **Construction and Building Materials**. 60: 48-56.
- [83] Maraveas, C. 2020 “Durability Issues and Corrosion of Structural Materials and Systems in Farm Environment.” **Applied Sciences**,10(3) : 990.
- [84] Oueslati, O., & Duchesne, J. 2014 “Resistance of blended cement pastes subjected to organic acids: Quantification of anhydrous and hydrated phases.” **Cement and Concrete Composites**, 45: 89–101
- [85] F. Girardi, R. Di Maggio, 2011 “Resistance of concrete mixtures to cyclic sulfuric acid exposure and mixed sulfates: effect of the type of aggregate”, **Cement and Concrete Composites**. 33 (2) : 276–285
- [86] ACI 302.1R-96 “Guide for Concrete Floor and Slab Construction”, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan. 2003
- [87] M.-C. Chen, K. Wang, L. Xie. 2013 “Deterioration mechanism of cementitious materials under acid rain attack”, **Eng. Fail. Anal.** 27 : 272–285.
- [88] Song, H.W., Pack, S.W., Nam, S.H., Jang, J.C., Saraswathy, V., 2010 “Estimation of the permeability of silica fume cement concrete.” **Construct. Build. Mater.** 24 : 315–321.

[89] Wolsiefer, J., 1984. “Ultra High-Strength Field Placeable Concrete with Silica Fume

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Admixture”, **Concrete International: Design & Construction**, 6(4) :. 25-31.
- [90] Ghoddousi, P., Raiss ghasemi A.M., and Parhizkar, T. “A comparison between plastic shrinkage of concrete containing silica fume and the normal concrete”, **International Journal of Civil Engineerng**, 5(4): 266-273
- [91] Senff, L., Labrincha, J.A., Ferreira V.M., Hotza, D., and Repette W., 2009, “Effect of Nano-Silica on Rheology and Fresh Properties of Cement Paste and Mortars”, **Construction and Building Materials**, 23 : 2489-2491
- [92] PCA. 2002 “Types and Causes of Concrete Deterioration.” Retrieved from **Portland Cement Association.**, [Online]. Available : https://www.academia.edu/38589908/Types_and_causes_of_deterioration_in_concrete
- [93] Khitab, A., Arshad, M.T., Awan, F., & Khan, I. 2013, “Development of an Acid Resistant Concrete: A Review.” **International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology**, 4(2) : 3-38
- [94] De Belie, N, Lenehan, J.J., Braam, C.R., Svennerstedt, B., Richardson, M. & Sonck, B. 2002 “Durability of Building Materials and Components in the Agricultural Environment, Part III. Concrete Structures.” **Journal of Agricultural Engineering Research**, 76 : 3-16.,



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้จัดการฟาร์มสุกร เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร และสัตวบาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการฟื้นคอกโรงเรือนสุกร

และความพึงพอใจหลังใช้ฟื้นคอกคอนกรีตปรับปรุงใหม่สำหรับสุกร

วันที่สัมภาษณ์ 9 มิ.ย. 2560 สถานที่

ชื่อฟาร์ม วัชรชัยฟาร์ม จังหวัด ราชบุรี

ชนิดของฟื้นคอกกรีต หล่อพื้นในที่ แผ่นพื้นสำเร็จ อื่นๆระบุ

ระยะเวลาการก่อสร้าง 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

อธิบายวิธีการทำความสะอาดคอกสุกร, ส้วมน้ำ และทางเดิน

ล้างทำความสะอาด: อาบน้ำส้วมน้ำฟุ้ง ทำการฆ่าเชื้อทุกๆ 2 สัปดาห์ บริเวณส้วมน้ำ และจุดในคอกที่สกปรก คอกพื้นคอนกรีตไม่ถอดทาบ: ฟุ้ง ไอโซโพรพิลทำคอกฆ่าเชื้อทั่วคอก และทำการฉีดโรงเรือน 7 วัน

ชนิดของอาหารสุกร อาหารเม็ด อาหารเปียก อาหารกึ่งเปียกกึ่งแห้ง

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมื้อของหมูขุนบาล

อาหารผสมตามสูตรคำนวณของพ่อแม่ โดยในข้าวโพด 1 กิโลกรัม: ไข่แดง 1 ฟอง กล้วย 2 ลูก ไข่ไก่ 1 ฟอง ระยะเวลา 2 กิโลกรัมต่อวัน

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมื้อของหมูขุน

อาหารคั่วข้าวผสมน้ำเล็กน้อย เพื่อใช้คอกกินโตเร็วขึ้น เป็นอันเก็บขน กล้วยข้าว และอาหารประเภทโปรตีน ระยะเวลา 18-20 วัน: 2 มื้อ

อธิบายปัญหาเกี่ยวกับฟื้นคอกคอนกรีต

พื้นคอกฉีก แตก: เศษดินเหนียวขึ้นเป็นวงกว้าง บริเวณจุดในคอก และตามลำพง เล้าเลี้ยง

ระยะเวลาซ่อมแซม 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

กำลังอัดของคอนกรีตที่เลือกใช้ (Compressive strength) 240 Ksc.CU/CY ที่อายุ 28 วัน

โรคระบาดที่เกิดขึ้นบ่อยในฟาร์ม

ขาดน้ำ เบื่อ

ระดับการให้คะแนนความพึงพอใจต่อหลังใช้พื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกร 6 เดือน

ระดับคะแนน 3 ดีมาก

ระดับคะแนน 2 พอใช้/เฉยๆ/เหมือนกัน

ระดับคะแนน 1 ไม่ชอบ

No.	รายละเอียด	ดีมาก	พอใช้	ไม่ชอบ	หมายเหตุ
1	ความสามารถใช้งานเป็นไปตามความต้องการของท่าน (Workability) หรือไม่				
2	สีและผิวหน้าของพื้นคอนกรีตตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่				
4	ระยะเวลาทำงานของคอนกรีตบดล็อก เพียงพอต่อการทำงานที่ท่านต้องการหรือไม่				
5	ขนส่งคอนกรีตที่รวดเร็วตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่				
6	ความเสียหายหลังจากการใช้งาน ตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่				

บอกรายละเอียดเกี่ยวกับผิวของคอนกรีตที่ท่านชอบ

ดีเยี่ยม

โดยภาพรวมพื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกรเทียบกับที่ใช้งานอยู่ พื้นแบบไหนที่คุณภาพตรงตามที่ท่านต้องการมากที่สุด

ดีกว่า เมื่อเปิดใช้งาน 1 อาทิตย์แล้ว

ข้อเสนอแนะ

ราคาแพงเท่า คอนกรีต ที่ใช้อยู่เดิม

ผู้ขอสัมภาษณ์

กิตติวัฒน์ ลากจรัสแสงโรจน์

วันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการฟื้นคอกโรงเรือนสุกร

และความพึงพอใจหลังใช้ฟื้นคอกคอนกรีตปรับปรุงใหม่สำหรับสุกร

วันที่สัมภาษณ์ ๙ มิ.ย ๒๕๖๐ สถานที่ ต.หนองไผ่
ชื่อฟาร์ม บจก. ไทยฟู้ดส์ ตรีป จังหวัด ราชบุรี
ชนิดของฟื้นคอกกรีต หล่อพื้นในที่ แผ่นพื้นสำเร็จ อื่นๆระบุ

ระยะเวลาการก่อสร้าง 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

อธิบายวิธีการทำความสะอาดคอกสุกร, ส้วมน้ำ และทางเดิน

ล้างด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อและน้ำร้อนทุกวัน 1 ครั้ง
ฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ คอกสุกรทุก ๓-๕ วัน
ฆ่าเชื้อส้วมน้ำทุกวัน

ชนิดของอาหารสุกร อาหารเม็ด อาหารเปียก อาหารกึ่งเปียกกึ่งแห้ง

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมื้อของหมูขุน

คอกสุกรขุนที่ไม่เลี้ยง ๓๕ kg. กินอาหารวันละ 1-2 kg.
คอกสุกรขุนที่เลี้ยง 18%.

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมื้อของหมูขุน

คอกสุกรขุนขนาดใหญ่ ๒๐ kg. กินอาหารวันละ 2.๕ kg.
คอกสุกรขุนที่เลี้ยง ๒๕% กินอาหารวันละ 2 ครั้งต่อวัน
อาหารประเภทตำราย่อย

อธิบายปัญหาเกี่ยวกับฟื้นคอกคอนกรีต

ไม่พบปัญหาเกี่ยวกับฟื้นคอกคอนกรีต

ระยะเวลาซ่อมแซม 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

กำลังอัดของคอนกรีตที่เลือกใช้ (Compressive strength) ๒๘๐ Ksc.CU/CY ที่อายุ ๒๘ วัน

โรคระบาดที่เกิดขึ้นบ่อยในฟาร์ม

อหิวาต์

ระดับการให้คะแนนความพึงพอใจต่อหลังใช้พื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกร 6 เดือน

ระดับคะแนน 3 ดีมาก

ระดับคะแนน 2 พอใช้/เฉยๆ/เหมือนกัน

ระดับคะแนน 1 ไม่ชอบ

No.	รายละเอียด	ดีมาก	พอใช้	ไม่ชอบ	หมายเหตุ
1	ความสามารถใช้งานเป็นไปตามความต้องการของท่าน (Workability) หรือไม่	✓			
2	สีและผิวหน้าของพื้นคอนกรีตตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
4	ระยะเวลาทำงานของคอนกรีตบล็อก เพียงพอต่อการทำงานที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
5	ขนส่งคอนกรีตที่รวดเร็วตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
6	ความเสียหายหลังจากการใช้งาน ตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			

บอกรายละเอียดเกี่ยวกับผิวของคอนกรีตที่ท่านชอบ

ผิวดี

โดยภาพรวมพื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกรเทียบกับที่ใช้งานอยู่พื้นแบบไหนที่คุณภาพตรงตามที่ท่านต้องการมากที่สุด

พื้นคอนกรีตที่วางที่ฟาร์มสุกร

ข้อเสนอแนะ

อย่าให้ราคาแพงเกินไป

ผู้ขอสัมภาษณ์

ถัดดาวลัย อากจรัสแสงโรจน์

วันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการฟื้นคอกโรงเรือนสุกร

และความพึงพอใจหลังใช้ฟื้นคอกคอนกรีตปรับปรุงใหม่สำหรับสุกร

วันที่สัมภาษณ์ 13 มิ.ย. 2560 สถานที่ หนึ่งนิคมฯท่าเรือ จ.บุรีรัมย์

ชื่อฟาร์ม ทัตชัย สันทอง จังหวัด

ชนิดของฟื้นคอกคอนกรีต หล่อพื้นในที่ แผ่นพื้นสำเร็จ อื่นๆระบุ

ระยะเวลาการก่อสร้าง 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

อธิบายวิธีการทำความสะอาดคอกสุกร, ส้วมน้ำ และทางเดิน

..... ใช้ผงซักฟอกหรือน้ำยาโซลิดด้วยแปรงเพื่อล้างคอกบสกปรก
..... ซึ่งได้ 1 วัน ฟันน้ำยาฆ่าเชื้อโรคบริเวณพื้นคอก ส่วนทงเดินไม่ขด้วยปูนขาว
..... สบจนกไวเวร้อน ฟันยาฆ่าแมลง จากนั้นฉีดไวเวร้อนประมาณ 5 วัน ทิ้งครด้า
..... ฟันทงออก ก้อนน้ำส้วมเห้ไวเวร้อน

ชนิดของอาหารสุกร อาหารเม็ด อาหารเปียก อาหารกึ่งเปียกกึ่งแห้ง

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมือของหมูขุนบาล

..... ตามลำดับรูป สูตรโปรตีน 16 ตามรผสมน้ำเล็กน้อย เพื่อให้กินได้ง่ายขึ้น

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมือของหมูขุน

..... ตามลำดับรูป ประเภทคอกบึงโงเดรสและโปรตีน 16 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ 2-3 กก.
..... สัปดาห์สูงๆที่น้ำหนักมากกว่า 60 กก ขึ้นไป และวิตามิน แร่ธาตุต่างๆ เสริม ระหว่างสัปดาห์

อธิบายปัญหาเกี่ยวกับฟื้นคอกคอนกรีต

..... บริเวณจุดให้ทาน้ำ และ ส้วม น้ำคั่งในถังคอก เป็นนูลานาลเล็กตั้งกลาง มงคอก
..... พื้นเหนียว และทราย

ระยะเวลาซ่อมแซม 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

กำลังอัดของคอนกรีตที่เลือกใช้ (Compressive strength) 240 Ksc.CU/CY ที่อายุ 28 วัน

โรคระบาดที่เกิดขึ้นบ่อยในฟาร์ม

..... ตามฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับการให้คะแนนความพึงพอใจต่อหลังใช้พื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกร 6 เดือน

ระดับคะแนน 3 ดีมาก

ระดับคะแนน 2 พอใช้/เฉยๆ/เหมือนกัน

ระดับคะแนน 1 ไม่ชอบ

No.	รายละเอียด	ดีมาก	พอใช้	ไม่ชอบ	หมายเหตุ
1	ความสามารถใช้งานเป็นไปตามความต้องการของท่าน (Workability) หรือไม่	✓			
2	สีและผิวหน้าของพื้นคอนกรีตตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
4	ระยะเวลาทำงานของคอนกรีตบดล็อก เพียงพอต่อการทำงานที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
5	ขนส่งคอนกรีตที่รวดเร็วตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
6	ความเสียหายหลังจากการใช้งาน ตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			

บอกรายละเอียดเกี่ยวกับผิวของคอนกรีตที่ท่านชอบ

.....

โดยภาพรวมพื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกรเทียบกับที่ใช้งานอยู่ พื้นแบบไหนที่คุณภาพตรงตามที่ท่านต้องการมากที่สุด

.....
ดีกว่าที่ใช้อยู่มาก พื้นแบบ เรียง พื้นเรียบขยดลง

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ผู้ขอสัมภาษณ์

กิตติวัลย์ ลากจรัสแสงโรจน์

วันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการฟื้นคอกโรงเรือนสุกร

และความพึงพอใจหลังใช้ฟื้นคอกคอนกรีตปรับปรุงใหม่สำหรับสุกร

วันที่สัมภาษณ์ 10/08/60 สถานที่

ชื่อฟาร์ม ไร่สวรรค์ฟาร์ม จังหวัด จ.เชียงราย

ชนิดของฟื้นคอกคอนกรีต หล่อพื้นในที่ แผ่นพื้นสำเร็จ อื่นๆระบุ

ระยะเวลาการก่อสร้าง 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

อธิบายวิธีการทำความสะอาดคอกสุกร, ส้วมน้ำ และทางเดิน

ล้างโรงเรือนด้วยน้ำร้อน ใช้ยาฆ่าเชื้อ ล้างผนังคอกและจัดคอกใหม่
น้ำจากคอกน้ำเสีย และ ทรายไฟ ทรายหิน ทราย และ ส้วม ก่อนนำ ทรายคอกในคอกใหม่

ชนิดของอาหารสุกร อาหารเม็ด อาหารเปียก อาหารกึ่งเปียกกึ่งแห้ง

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมื้อของหมูขุนบาล

ในเช้า 15% - 15% และ 1-2 กก. ทรายคอก 2% และ 1 ฟันปลายคอก 3%
คอก อ้อ 15% อ้อ ทรายคอก 15% ทรายคอก 15% ทรายคอก 15%

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมื้อของหมูขุน

อาหารเม็ด 15% ทรายคอก 15% ทรายคอก 15% ทรายคอก 15% ทรายคอก 15%
ทรายคอก 15%

อธิบายปัญหาเกี่ยวกับฟื้นคอกคอนกรีต

พื้นคอกแตก และ รอย

ระยะเวลาซ่อมแซม 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

กำลังอัดของคอนกรีตที่เลือกใช้ (Compressive strength) 250 Ksc.CU/CY ที่อายุ 280 วัน

โรคระบาดที่เกิดขึ้นบ่อยในฟาร์ม

โรคพยาธิปากขอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับการให้คะแนนความพึงพอใจต่อหลังใช้พื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกร 6 เดือน

ระดับคะแนน 3 ดีมาก

ระดับคะแนน 2 พอใช้/เฉยๆ/เหมือนกัน

ระดับคะแนน 1 ไม่ชอบ

No.	รายละเอียด	ดีมาก	พอใช้	ไม่ชอบ	หมายเหตุ
1	ความสามารถใช้งานเป็นไปตามความต้องการของท่าน (Workability) หรือไม่	/			
2	สีและผิวหน้าของพื้นคอนกรีตตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	/			
4	ระยะเวลาทำงานของคอนกรีตบดล็อก เพียงพอต่อการทำงานที่ท่านต้องการหรือไม่	/			
5	ขนส่งคอนกรีตที่รวดเร็วตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	/			
6	ความเสียหายหลังจากการใช้งาน ตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	/			

บอกรายละเอียดเกี่ยวกับผิวของคอนกรีตที่ท่านชอบ

สี/ผิว หนัก

โดยภาพรวมพื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกรเทียบกับที่ใช้งานอยู่ พื้นแบบไหนที่คุณภาพตรงตามที่ท่านต้องการมากที่สุด

ดีกว่าพื้นเดิม

ข้อเสนอแนะ

—

ผู้ขอสัมภาษณ์

ถิตดาวลัย อภางัสแสงโรจน์

วันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการฟื้นคอกโรงเรือนสุกร

และความพึงพอใจหลังใช้ฟื้นคอกคอนกรีตปรับปรุงใหม่สำหรับสุกร

วันที่สัมภาษณ์ 18 สิงหาคม 2560 สถานที่

ชื่อฟาร์ม สว่างดี หอจ.อ. จังหวัด ชลบุรี

ชนิดของฟื้นคอกกรีต หล่อพื้นในที่ แผ่นพื้นสำเร็จ อื่นๆระบุ

ระยะเวลาการก่อสร้าง 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

อธิบายวิธีการทำความสะอาดคอกสุกร, ส้วมน้ำ และทางเดิน
ทำความสะอาดด้วยผงซักฟอก และใช้แรงดันฉีดล้างด้วยน้ำแรงดันสูง
เพื่อ ฆ่าเชื้อโรค ทางเดินใช้ปูนทรายที่ไว้ 3 วัน ทำการฉาบฉวย

ชนิดของอาหารสุกร อาหารเม็ด อาหารเปียก อาหารกึ่งเปียกกึ่งแห้ง

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมื้อของหมูขุน
ถาวร เติบเต็มชาม

อธิบายวิธีการให้อาหารแต่ละมื้อของหมูขุน
ถาวร เติบเต็มชาม

อธิบายปัญหาเกี่ยวกับฟื้นคอกคอนกรีต
ตอหรือแตก กว้างใหญ่

ระยะเวลาซ่อมแซม 1-2 เดือน 3-4 เดือน มากกว่า 4 เดือน

กำลังอัดของคอนกรีตที่เลือกใช้ (Compressive strength) 240 Ksc.CU/CY ที่อายุ 28 วัน

โรคระบาดที่เกิดขึ้นบ่อยในฟาร์ม
ท้องเสีย

ระดับการให้คะแนนความพึงพอใจต่อหลังใช้พื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกร 6 เดือน

ระดับคะแนน 3 ดีมาก

ระดับคะแนน 2 พอใช้/เฉยๆ/เหมือนกัน

ระดับคะแนน 1 ไม่ชอบ

No.	รายละเอียด	ดีมาก	พอใช้	ไม่ชอบ	หมายเหตุ
1	ความสามารถใช้งานเป็นไปตามความต้องการของท่าน (Workability) หรือไม่	✓			
2	สีและผิวหน้าของพื้นคอนกรีตตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
4	ระยะเวลาทำงานของคอนกรีตบล็อกรับเพียงพอต่อการทำงานที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
5	ขนส่งคอนกรีตที่รวดเร็วตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			
6	ความเสียหายหลังจากการใช้งาน ตรงตามที่ท่านต้องการหรือไม่	✓			

บอกรายละเอียดเกี่ยวกับผิวของคอนกรีตที่ท่านชอบ

โดยภาพรวมพื้นคอนกรีตสำหรับฟาร์มสุกรเทียบกับที่ใช้งานอยู่ พื้นแบบไหนที่คุณภาพตรงตามที่ท่านต้องการมากที่สุด

ดีกว่าที่ใช่เลย

ข้อเสนอแนะ


หากถูกที่ใช่เลย

ผู้ขอสัมภาษณ์

ถนัดวณิช์ ภาตงวัสนแสงโรจน์

วันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.
องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์และวัสดุปอซโซลาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์และวัสดุปอซโซลานในงานวิจัยนี้ แสดงดังตารางที่ ข.1-ข.

ตารางที่ ข.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement)		
รายการ	วิธีทดสอบ	ผลทดสอบ
ส่วนประกอบทางเคมี		
SiO ₂ (%)	ASTM C1271-99 by X ray fluorescence (Powder)	19.9
Al ₂ O ₃ (%)		4.6
Fe ₂ O ₃ (%)		3.14
CaO(%)		65.1
MgO(%)		1.2
SO ₃ (%)		3.06
Na ₂ O(%)		0.16
K ₂ O(%)		0.37
Free Lime%		ASTM C114-11b
Ignition loss (%)	TISI accreditation	3.0
Normal Consistency (%)	TIS 2752 Vol8-2562 (2016)	25.4
Initial setting time (min)	TIS 2752 Vol9-2560 (2017)	117
Final setting time (min)		205
Compressive strength of mortar (Mpa)		
1-Day	TIS 2752 Vol12-2562 (2019)	18.0
3-Day		32.5
28-Day		44.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอย ของโรงงานไฟฟ้า บีแอลซีพี เพาเวอร์ จำกัด (Class F) และ ซิลิกาฟุ้ง Condensed Silica Fume)

เถ้าลอย	ผลทดสอบ	
	เถ้าลอย	ซิลิกาฟุ้ง
รายการ		
ส่วนประกอบทางเคมี		
SiO ₂ (%)	67.24	88.3
Al ₂ O ₃ (%)	17.33	1.17
Fe ₂ O ₃ (%)	5.08	4.77
CaO (%)	2.09	0.45
MgO (%)	0.69	2.15
K ₂ O (%)	0.90	-
Na ₂ O (%)	0.19	-
SO ₃ (%)	0.02	1.07
Ignition loss (%)	3.07	2.1
Cl (%)	0.01	-
Insoluble (%)	90.88	-
Free lime (%)	0.17	-
Clay Content (%)	0.22	-
ส่วนประกอบทางกายภาพ		
Blaine (cm ² /g)	2,947	150,000
Sieve 36mm (%)	28.00	
Sieve 45mm (%)	22.52	
Sieve 75mm (%)	9.52	
Bulk Density (%)	-	
Water Requirement (%)	101.24	
Specific Gravity	2.18	2.2
Strength index (%)		
7-Day	95.64	
28-Day	101.17	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.

ราคาวัตถุดิบต่างๆของสัดส่วนผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาวัตถุดิบต่างๆของสัดส่วนผสมคอนกรีตในงานวิจัยนี้ แสดงดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์

รายการ	ราคา(บาท/ตัน)	Mix design								
		Non-CFH	CFH	CFA15	CFA30	CFA45	CSF4FA26	CSF6FA24	CSF8FA22	CSF10FA20
ปูนซีเมนต์ (บาท/ตัน)	2100	735	735	623	515	141	520	525	527	530
ซิลิกาฟูม (บาท/ตัน)	3500	-	-	-	147	221	38	56	77	98
เถ้าลอย (บาท/ตัน)	1530	-	-	75	234	217	127	117	108	98
ทรายหยาบ (บาท/ตัน)	260	250	250	250	250	2	250	250	250	250
หิน 20 มม (บาท/ตัน)	375	385	385	385	385	385	385	385	385	385
ราคาต่อสัดส่วน คอนกรีต (1คิว)		1420	1420	1400	1370	1078	1397	1410	1425	1440

หมายเหตุ

1. ค่าน้ำและไฟฟ้าสำหรับการผลิตคอนกรีตต่อคิว ประมาณ 20 บาท
2. น้ำยาผสมคอนกรีตราคาอัตราละ 22 บาท
3. เฉลี่ยราคาขจัดหยาบพื้นคอกคอนกรีต 20บาท/ตรม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาว ลัดดาวัลย์ ลากจรัสแสงโรจน์
วัน เดือน ปีเกิด	22 เมษายน 2530 ที่ กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	47 หมู่บ้านนภาลัย ซ.5 สุขุมวิท70/3 ตำบลบางนา อำเภอบางนา จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10260
ประวัติการศึกษา	2549 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 2555 Master of Science (MSc.) Civil Engineering, Coventry University, England.
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2561 -ปัจจุบัน	Technical Consultant Engineer at Siam City Cement Public Company Limited
พ.ศ.2556-2560	Product and Research Development (cement) at Siam City Cement Public Company Limited
พ.ศ.2555-2556	Railway Engineering (Junior) at TEAM Consulting Engineering and Management Co., Ltd.
พ.ศ.2563	“Swine House Floor Durability Enhancement Using Pozzolan-containing” Applied Engineering in Agriculture. 36(6): 839-846.
พ.ศ.2561	“Trial to Determine Durability and Serviceability for Swine Farm in Thailand”., MATEC Web Conf. Vol.206, 2018. DOI: https://doi.org/10.1051/matecconf/201820602001
พ.ศ.2561	“Feasibilities to Develop Concrete Floor of Swine Farm in Thailand.”, Annual Conference on Engineering and Information Technology (ACEAIT), ISBN: 978-986-89298-6-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้