

การศึกษาและพัฒนาเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

STUDY AND DEVELOPMENT OF LIGNITE FLY ASH  
AS CONCRETE PAVING BLOCKS

ปวิณรัตน์ สุดประเสริฐ  
PAWINRAT SUDPRASERT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สาขาวิชาเทคโนโลยีศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

การศึกษาและพัฒนาเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

STUDY AND DEVELOPMENT OF LIGNITE FLY ASH  
AS CONCRETE PAVING BLOCKS



ปวิรินทร์ณ์ สุดประเสริฐ  
PAWINRAT SUDPRASERT

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... **76718**  
วัน,เดือน,ปี..... **-6 S.ค. 2550**

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2550

STUDY AND DEVELOPMENT OF LIGNITE FLY ASH  
AS CONCRETE PAVING BLOCKS

PAWINRAT SUDPRASERT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION  
IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

**COPYRIGHT2007**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**บัณฑิตวิทยาลัย**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**  
**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
-----

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การศึกษาและพัฒนาเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น  
Study and Development of Lignite Fly Ash as Concrete Paving Blocks

ชื่อนักศึกษา              นางปวิินทร์รัตน์      สูดประเสริฐ

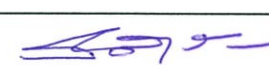




รหัสประจำตัว              47065352

ปริญญา                      ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา                  เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์      ผศ.ดร.เลิศลักษณ์      กลิ่นหอม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม      รศ.อุดมศักดิ์      สาริบุตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.สถาพร              คีบุญมี ฅ ชุมแพ	
ผศ.ดร.เลิศลักษณ์      กลิ่นหอม	
รศ.อุดมศักดิ์              สาริบุตร	
ผศ.ศิริพรณ์              ปีเตอร์	
รศ.ดร.ปรียาพร              วงศ์อนุตรโรจน์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 15 พฤษภาคม 2550 เวลา 14.00 น. เป็นต้นไป  
สถานที่สอบ ฅ ห้อง ค 407 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

  
บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว  
(รศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....30.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ.....๕๐๐.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น
นักศึกษา	นางปวิณทร์รัตน์ สูดประเสริฐ
รหัสประจำตัว	47065352
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลอยลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543 และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

การวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น
2. การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลอยลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543
3. การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลอยลิกไนต์แบบใหม่

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 ราย ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อก จำนวน 2 ราย ผู้จำหน่ายคอนกรีตบล็อก จำนวน 10 คน ผู้บริโภค จำนวน 130 คน รวมทั้งหมด 145 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ร้อยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.1 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอน การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค

1.1.1 จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.2$ )

1.1.2 จากผู้ผลิตและผู้จำหน่ายโดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.2$ )

1.1.3 จากผู้บริโภค โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.4$ )

1.2 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์แบบใหม่ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต และผู้จำหน่ายโดยภาพรวมคือรูปแบบธรรมชาติ ได้แก่ หนา ร้อยละ 40.0 สีลาวดี ร้อยละ 26.7 ฝี่เสื่อ ปลา และใบไม้ ร้อยละ 6.7 เท่าๆ กัน

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ ด้านการทดสอบคุณลักษณะโดยการตรวจพินิจ ด้านการทดสอบความต้านทานแรงอัด ด้านการทดสอบการดูดซึมน้ำ เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อ ถั่วลยถิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์ มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) เท่ากับ 3.9

ด้านความสวยงาม มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) เท่ากับ 4.0

ด้านความเหมาะสมในการใช้งาน มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) เท่ากับ 4.1

<b>Thesis Title</b>	Study and Development of Lignite Fly Ash as Concrete Paving Blocks
<b>Student</b>	Pawinrat Sudprasert
<b>Student ID.</b>	47065352
<b>Degree</b>	Master of Science in Industrial Education
<b>Program</b>	Industrial Design Technology
<b>Year</b>	2007
<b>Thesis Advisor</b>	Assistant Professor Dr. Lertlak Klinhom
<b>Thesis Co-Advisor</b>	Associate Professor Udomsak Saributr

### ABSTRACT

The purposes of this research were to study and develop lignite fly ash as concrete paving blocks, to test the strength of the blocks according to the industrial product standard 2035-2543 and to study customers' satisfaction toward the blocks.

These are the three steps of the research.

1. Studying and developing new design of lignite fly ash as concrete paving blocks
2. Testing the strength of the blocks according to the industrial product standard 2035-2543
3. Studying customers' satisfaction toward the blocks

The 154 samples of this research consisted of three product design specialists, two concrete block producers, ten dealers of concrete blocks, and 130 customers. Data were collected by mean of questionnaires. The data were then analyzed using descriptive statistics such as percentage, frequency, mean and standard deviation.

The result showed that

Step 1. Studying and developing new design of lignite fly ash as concrete paving blocks

1.1 The analysis result of studying and developing step of the product design specialists, the concrete block producers, the dealers of concrete blocks, and the customers.

1.1.1 The result from product design specialist showed a high demand in all areas ( $\bar{X} = 4.2$ )

1.1.2 The result from concrete block producers and dealers showed a high demand in all areas ( $\bar{X} = 4.2$ )

1.1.3 The result from customers showed a high demand in all areas ( $\bar{X} = 4.4$ )

1.2 The research to decide the desired sketched designs found that the product design specialists, the concrete block producers, and the dealers of concrete blocks preferred natural designs; 40%: hibiscus, 26.7%: plumeria, 6.7: butterfly, fish and leaf respectively.

Step 2. Testing the strength of the blocks according to the industrial product standard 2035-2543 by observing physical quality, compressive strength testing, and water absorption testing.

Step 3. Studying customers' satisfaction toward the blocks

In design, there was a very high satisfaction ( $\bar{X} = 3.9$ )

In beauty, there was a very high satisfaction ( $\bar{X} = 4.0$ )

In practicality, there was a very high satisfaction ( $\bar{X} = 4.1$ )

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรศ. อุดมศักดิ์ สาริบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และช่วยตรวจสอบ ตลอดจนปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ปรียาพร วงศ์อนุสาตรโรจน์ รศ.สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ รศ.ดร.นิรัช สุดสังข์ ผศ.ศิริพรรณ ปีเตอร์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณ คุณธีระศักดิ์ คุณยวิทย์ คุณจรรยา เกียรติพัชรพงศ์ คุณสายมิตร มุขแจ้ง แห่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับขบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจนกระทั่งได้ผลพลอยได้ คือแก๊สอลยลิกไนต์ และขอขอบคุณที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้วัสดุและสถานที่ในการทดสอบและการผลิตคอนกรีตบดอัดกบุงพื้น

ขอขอบคุณ อาจารย์โกศล ทองเสมอ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ เขต 3 วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จังหวัดลำปาง ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทดสอบประสิทธิภาพคอนกรีตให้เป็นไปได้ด้วยความเรียบร้อยและสมบูรณ์ยิ่ง

ขอขอบคุณ สมาชิกในครอบครัวของผู้ทำการวิจัยทุกคน เพื่อนๆ อาจารย์มหาวิทยาลัยโยนก นักศึกษาสาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยโยนก และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่า และประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และครูอาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

ปวินทร์รัตน์ สุดประเสริฐ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 เถ้าลอยลิกไนต์(fly ash) .....	7
2.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ผลิต.....	13
2.3 การผลิตเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	17
2.4 การออกแบบส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	22
2.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	23
2.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	26
2.7 การใช้เถ้าลอยลิกไนต์เป็นสารประสานเพื่อผลิตคอนกรีตบล็อก ปูพื้นเชิงเศรษฐศาสตร์.....	29
2.8 การออกแบบลวดลายเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	30
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	46

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	49
3.1 ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาเค้าลอมลิกไนต์เป็นคอนกรีต บล็อกปูพื้น .....	49
3.2 ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีต บล็อกปูพื้นจากเค้าลอมลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543.....	54
3.3 ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่มีต่อคอนกรีต บล็อกปูพื้นจากเค้าลอมลิกไนต์แบบใหม่.....	56
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	111
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	111
5.2 ผู้ให้ข้อมูล.....	111
5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	111
5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	113
5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	114
5.6 สรุปผลการวิจัย.....	114
5.7 อภิปรายผลการวิจัย.....	115
5.7 ข้อเสนอแนะ.....	119
บรรณานุกรม.....	121
ภาคผนวก.....	124
ประวัติผู้เขียน.....	147



## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14 แสดงการพัฒนาตลาดชายธรรมชาติ ด้านความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่.....	79
4.15 แสดงการพัฒนาตลาดชายเรขาคณิต ด้านความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่.....	80
4.16 แสดงการพัฒนาตลาดชายอิสระ ด้านความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่.....	81
4.17 แสดงจำนวนและคำร้อยละ แบบสรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่างของผู้เชี่ยวชาญผู้ผลิต และผู้จำหน่าย.....	84
4.18 ผลการทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	86
4.19 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	87
4.20 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้น.....	88
4.21 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่.....	96

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง.....	8
2.2 แสดงการขนส่งถ่านล้อยลิกไนต์แม่เมาะ จังหวัดลำปาง.....	10
2.3 แสดงห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพของถ่านล้อยลิกไนต์.....	11
2.4 แสดงวัสดุที่ใช้ในการผลิตบดลือกปูพื้นจากถ่านล้อยลิกไนต์.....	13
2.5 แสดงอุปกรณ์ เครื่องมือ-เครื่องใช้ในการผลิตบดลือกปูพื้นจากถ่านล้อยลิกไนต์.....	14
2.6 แสดงขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบดลือกปูพื้นโดยทั่วไป.....	14
2.7 แสดงแผนภูมิการผลิตซีเมนต์บดลือก.....	16
2.8 แสดงถ่านลิกไนต์ ถ่านล้อยลิกไนต์ คอนกรีตบดลือกปูพื้น.....	17
2.9 แสดงอัตราส่วนต่างๆของวัสดุที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์.....	19
2.10 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบคอนกรีตบดลือกปูพื้น.....	26
3.1 แสดงแบบร่างที่พัฒนาปรับปรุงแล้ว.....	52
3.2 แสดงการทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบดลือกปูพื้น.....	55
3.3 เครื่องมือทดสอบความต้านทานแรงอัด.....	55
3.4 แสดงขั้นตอนการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบดลือกปูพื้น.....	56
3.5 แสดงขั้นตอนการพัฒนาแบบคอนกรีตบดลือกปูพื้นแบบใหม่.....	61
4.1 แสดงการออกแบบภาพร่างเพื่อการพัฒนา.....	72
4.2 แบบพิมพ์มือทำด้วยโลหะเหล็ก.....	89
4.3 แสดงการผสมปูน.....	90
4.4 แสดงลำดับขั้นตอนการนำส่วนผสมใส่ลงในแบบพิมพ์โลหะ.....	91
4.5 แสดงแบบพิมพ์โลหะแบบต่างๆ ที่เตรียมแล้ว.....	92
4.6 แสดงการถอดแบบพิมพ์โลหะออกขณะที่ส่วนผสมยังไม่แห้ง.....	92
4.7 แสดงคอนกรีตบดลือกปูพื้นจากถ่านล้อยลิกไนต์แบบใหม่.....	93
4.8 แสดงคอนกรีตบดลือกปูพื้นจากถ่านล้อยลิกไนต์แบบใหม่ที่ได้รับการตกแต่งสี พื้นผิว และลวดลาย.....	94
4.9 แสดงรูปทัศนียภาพเพื่อการพิจารณาความพึงพอใจของผู้บริโภค.....	95
4.10 การนำคอนกรีตบดลือกปูพื้นมาจัดวางเป็นรูปแบบใหม่.....	95

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เถ้าลอยลิกไนต์ (lignite fly ash) เป็นผลพลอยได้ (by-product) จากการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ที่ใช้ถ่านหินลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะจังหวัดลำปางเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า ถ่านหินลิกไนต์ที่บดละเอียดจะถูกเผาเพื่อเอาพลังงานความร้อน ได้เถ้าที่ลอยไปกับอากาศร้อนคือเถ้าลอยลิกไนต์ (lignite fly ash) โดยการดักไฟฟ้าสถิต (electrostatic precipitator) จากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ประมาณวันละกว่า 40,000 ตัน/วัน จะได้กากเชื้อเพลิงเรียกว่าเถ้าลอยลิกไนต์ประมาณ 9,000 ตัน/วัน ก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องการหาสถานที่เก็บเถ้าลอยลิกไนต์ และปัญหาสภาพแวดล้อม

เถ้าลอยลิกไนต์มีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลาน (pozzolan) ซึ่งเมื่อผสมน้ำในปริมาณที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิปกติจะเกิดเป็นสารประกอบซึ่งมีคุณสมบัติในการยึดประสาน ฝ้ายผลิตคอนกรีตการไฟฟ้าฝ้ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ ลำปาง (2539 : 1-2) ได้นำเถ้าลิกไนต์มาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น งานก่อสร้างถนน งานสร้างฐานรากสถานีไฟฟ้าย่อย และงานก่อสร้างเขื่อนปากมูล เถ้าลอยลิกไนต์มาผสมกับปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วน 85 ต่อ 15 และ 70 ต่อ 30 โดยน้ำหนักตามลำดับ จะได้สารประสานซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปผสมมวลรวมอื่น ได้แก่ ทราย หินเกล็ด (ขนาดใหญ่ที่สุดไม่เกิน 3/8 นิ้ว) และน้ำ นำส่วนผสมที่ได้ไปบดอัดขึ้นรูป เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น จากการวิจัยของอเนก ศิริพานิชกร (2535 : 1-5) พบว่าสามารถนำไปใช้ในงานปูพื้นได้ดี มีราคาถูกกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด ส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้น จากการตรวจสอบยังไม่พบสิ่งที่เป็นอันตรายกับสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อม เถ้าลอยลิกไนต์จึงเป็นวัสดุที่นิยมใช้ผสมลงในคอนกรีตอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงข้อดีในการนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัสดุส่วนผสมทดแทนในงานคอนกรีตได้ดี เนื่องจากมีคุณสมบัติพื้นฐานทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าลอย (วราภรณ์ คุณาวานากิจ. 2542 : 7-18)

ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดนำเถ้าลอยลิกไนต์ ที่ผ่านการวิจัยและทดลองทางกายภาพและเชิงกลเป็นส่วนผสมทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน โดยยึดหลักตามคุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบของ ฝ้ายผลิตคอนกรีต การไฟฟ้าฝ้ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ ลำปาง (2542 : 65-76) สร้างเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ ที่มีแนวทางอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มีรูปแบบที่เหมาะสมกับการใช้งาน และสร้างมูลค่าเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นรูปแบบใหม่

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น
- 1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลอยลิกไนต์ ตาม มอก. 2035-2543
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

## 1.3 สมมุติฐานการวิจัย

- 1.3.1 คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลอยลิกไนต์แบบใหม่เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ ที่ผู้วิจัยออกแบบใหม่ มีรูปแบบที่เหมาะสมกับการใช้งาน และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.2035-2543)
- 1.3.2 ผู้บริโภคมีความพึงพอใจของต่อเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

## 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นมีแนวทางการใช้กรอบแนวคิดดังนี้

1.4.1 ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดเพื่อการพัฒนาแบบของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลอยลิกไนต์ของ ศุภสิณี ทิพทัส (2530 : 21-36) การเลือกใช้ลักษณะของพื้นผิว โดยคำนึงถึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1.4.1.1 ลักษณะผิว (texture) ที่ปรากฏบนพื้นผิวที่ใช้ในการก่อสร้างหรือ เพื่อการตกแต่งพื้นผิว มีจุดประสงค์เพื่อสนองความต้องการจากประโยชน์ใช้สอย ความปลอดภัย มีความสวยงาม จึงมีเทคนิคการตกแต่งผิววัสดุในงานนั้นๆ เช่น การฉาบหรือตกแต่งด้วยสีผสมปูนซีเมนต์ และการฉาบหรือการตกแต่งให้มีผิวเรียบหรือขรุขระ เป็นต้น

1.4.1.2 รูปแบบลวดลาย (pattern) ของวัสดุพวกคอนกรีตบล็อกมีทั้งกว้าง ยาว และความหนา มีการตัดขาดเนื้อที่บางส่วนในแต่ละก้อนออกไป มีรูปร่างต่างๆกัน แผ่นคอนกรีตที่หล่อให้เป็นแผ่นขนาดมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป เช่น สีเหลี่ยม จัตุรัส สีเหลี่ยมผืนผ้า รูปหกเหลี่ยม รูปกลม รูปจากลวดลายธรรมชาติต่างๆ เป็นต้น ใช้ปูเป็นทางเท้า ทางเดินในสวนหรือปูพื้นที่กว้างๆ ภายนอกได้ โดยนำแต่ละแผ่นมาเรียงต่อกันให้เกิดเป็นรูปแบบต่างๆ แล้วแต่ความต้องการ หรือใช้เทคนิคการปูสี่เหลี่ยมด้านสลับแบบมีสีชัดเจน นอกจากนี้สามารถใช้แผ่นคอนกรีตต่างขนาดต่างรูปร่างกันมาเรียงต่อกันไป ทำให้รูปแบบของพื้นผิวมีลักษณะต่างกันไป

1.4.1.3 สีที่ใช้บนพื้นผิวที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือเป็นสีที่ผลิตขึ้น การใช้สีที่เกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้าง เพื่อการตกแต่งประดับ เช่นพื้นส่วนสัญจรไปมา ควรให้ความรู้สึกเกี่ยวข้องกับ

แรงดึงดูดของโลก ดังนั้นจึงควรใช้สีในเครื่องสีน้ำตาลหรือสีเทา เหมือนสีของพื้นดินตามธรรมชาติ แต่ปัจจุบัน ทัศนียภาพในการตกแต่งของผู้บริโภคด้านการเลือกใช้สีแตกต่างไปจากเดิมเป็นอย่างมาก มีการใช้สีผสมปูนซีเมนต์ที่หลากหลายเฉดสีมาทดแทนสีจากธรรมชาติของตัววัสดุเอง เพื่อการตกแต่ง ทำให้เกิดรูปแบบใหม่ๆ และการตกแต่งเฉพาะตำแหน่งสามารถใช้ได้หลายสีสันตามแต่ความนิยมของผู้บริโภค

#### 1.4.2 กรอบแนวคิดด้านการผสมคอนกรีตจากเถ้าลอยลิกไนต์

ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ ลำปาง (2542 : 65-76) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2135-2545 โดยการนำเอาเถ้าลอยไปใช้เป็นส่วนผสมเพิ่มหรือแทนปูนซีเมนต์บางส่วนในงานคอนกรีต เพื่อให้มีคอนกรีตมีสมบัติพิเศษบางอย่างตามที่ต้องการ และเพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการทำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพจึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด รายละเอียดเกี่ยวกับเถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นส่วนผสมเพิ่มหรือใช้แทนปูนซีเมนต์บางส่วนในคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานหลัก เพื่อให้ได้สมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่าง ดังต่อไปนี้

1) เพื่อให้เกิดการประสานในเนื้อคอนกรีต (cementation) หรือปฏิกิริยาปอซโซลาน (pozzolanic action) หรือทั้งสองอย่าง

2) เพื่อให้ได้สมบัติอื่น ที่อาศัยความละเอียดของเถ้าลอย

กำหนดสัดส่วนโดยการนำเอาเถ้าลอยลิกไนต์มาผสมกับปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วน 70 ต่อ 30 โดยน้ำหนักตามลำดับจะได้สารประสานซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปผสมมวลรวมอื่น ได้แก่ ทราย หินเกล็ด (ขนาดใหญ่ที่สุดไม่เกิน 3/8 นิ้ว) และน้ำ นำส่วนผสมที่ได้ไปบดอัดขึ้นรูป เป็นคอนกรีตบดอัดปูพื้น

1.4.3 กรอบแนวคิดด้านประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบดอัดปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2035-2543 ที่ผู้วิจัยได้นำมาพิจารณามีดังนี้

1.4.3.1 คุณลักษณะที่ต้องการทั่วไปคอนกรีตต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ไม่บิ่น และสี ผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

1.4.3.2 ความต้านทานแรงอัด เมื่อทดสอบแล้วความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบดอัดแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 45 เมกะพาสคัล และผิวหน้า (ถ้ามี) ต้องไม่แยกจากชั้นพื้น

1.4.3.3 การดูดซึมน้ำ มีวิธีทดสอบ โดยการแช่คอนกรีตบดอัดตัวอย่างในน้ำเสร็จแล้วนำไปชั่ง หลังจากนั้นวางคอนกรีตตัวอย่าง ในตู้อบ อบให้แห้ง แล้วปล่อยให้เย็นแล้วชั่ง การดูดซึมน้ำเมื่อทดสอบแล้วการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบดอัดเฉลี่ยต้องไม่มากกว่า ร้อยละ 5 และต้องไม่มีก้อนใดก้อนหนึ่งมากกว่าร้อยละ 7

1.4.4 กรอบแนวคิดเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเถ้าลอยลิกไนต์ เป็นคอนกรีตบดอัดปูพื้นแบบใหม่ โดยหลักเกณฑ์ทางด้านการออกแบบ ของ นवलน้อย บุญวงศ์ (2539 : 189)

1.4.4.1 ประโยชน์ใช้สอย

1.4.4.2 ความงาม

1.4.4.3 การเลือกใช้วัสดุและคุณภาพการผลิต

1.4.4.4 ความเหมาะสมในการตลาด ความถูกต้องตามกฎระเบียบ ระบบ และการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 พื้นที่ทำการวิจัยคือ ฝ่ายผลิตคอนกรีต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ ลำปาง

1.5.2 ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ

1.5.2.1 ประสิทธิภาพความแข็งแรงคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์

1.5.2.2 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลิกไนต์ ที่ได้รับการออกแบบใหม่ โดยหลักเกณฑ์ทางการออกแบบของ นวลน้อย บุญวงศ์ (2539 : 189)

1) ประโยชน์ใช้สอย

2) ความงาม

3) การเลือกใช้วัสดุและคุณภาพการผลิต

4) ความเหมาะสมในการตลาด ความถูกต้องตามกฎระเบียบ ระบบ และการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม

1.5.3 แหล่งข้อมูลและผู้ให้ข้อมูล

1.5.3.1 ฝ่ายผลิตคอนกรีต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ ลำปาง

1.5.3.2 แหล่งผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ แม่เมาะ จังหวัดลำปาง

1.5.3.3 สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จังหวัดลำปาง

1.5.3.4 ผู้ให้ข้อมูลขั้นตอนต่างๆมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 1 ผู้ให้ข้อมูลมีดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในหน่วยงานราชการหรือรัฐวิสาหกิจ ประสบการณ์ทำงานไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน

2. ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้น จังหวัดลำปาง จำนวน 2 ราย

3. ผู้จัดการขายคอนกรีตบล็อกปูพื้น จังหวัดลำปาง จาก 5 ร้านค้า จำนวน 10 คน

4. ผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้น จำนวน 130 คน

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ที่ได้รับการออกแบบและพัฒนาแล้วเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ผลิตนำไปใช้ประโยชน์ได้ ขั้นตอนที่ 3 ผู้ให้ข้อมูล คือ ผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้น จำนวน 130 คน

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยทางการศึกษาและพัฒนาเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น จึงกำหนดความหมายของคำศัพท์ต่างๆที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1.6.1 การศึกษาพัฒนา หมายถึง การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน

1.6.2 คอนกรีตบล็อกปูพื้น หมายถึง ก้อนคอนกรีตตัน มีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอยกเว้นบริเวณที่มีการลบมุม หรือไม่มีการลบมุม สามารถนำมาปูเรียงประสานกันได้อย่างต่อเนื่อง มีสีตามธรรมชาติ หรืออาจมีผงสีเจือปนอยู่ทั้งก้อนหรือเฉพาะที่ชั้นผิวหน้า และจะมีรูปร่างอย่างใดก็ได้ เหมาะสำหรับใช้ปูพื้นเพื่อรับงานหนัก เช่น ถนน ลานอเนกประสงค์ ผลจากฝ่ายผลิตคอนกรีต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ทำการผลิตคอนกรีตผสมเถ้าลอยลิกไนต์ 70% และมีซีเมนต์ 30% มีขนาด 60 x 110 x 220 มิลลิเมตร โดยมีความหนาของชั้นผิวหน้า 5 มิลลิเมตรน้ำหนักต่อก้อนประมาณ 3.2 - 3.5 กิโลกรัม

1.6.3 ประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ หมายถึง มีความแข็งแรง และมีความเหมาะสมกับการใช้งาน ตามมาตรฐาน มอก.2035-2543 คือ กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ที่มีความต้านทานแรงอัดของบล็อกแต่ละก้อนไม่น้อยกว่า 45 เมกะพาสคัล

1.6.4 คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2035-2543

1.6.4.1 กรรมวิธีการผลิตคือ การนำเอาเถ้าลอยไปใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่ม หรือแทนปูนซีเมนต์บางส่วนในงานคอนกรีต เพื่อให้มีคอนกรีตมีสมบัติพิเศษบางอย่างตามที่ต้องการ และเพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการทำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีตขึ้น จากส่วนผสมดังนี้ ใช้เถ้าลอยลิกไนต์ 70 % ผสมกับปูนซีเมนต์ จำนวน 30 % โดยน้ำหนัก (สารประสาน) ผสมลงในโม่นานประมาณ 15 นาที จนส่วนผสมเข้ากันหมดแล้ว นำมาบรรจุในถุงไว้ใช้งานและป้องกันความชื้น การผสมเพื่อทำเป็นบล็อกใช้สารประสาน 50 กก. ทราย 100 กก. หินเกร็ด 100 กก. หินฝุ่น 100 กก. และน้ำ 1.6-16.5 กก. นำวัสดุทั้งหมดผสมในโม่ประมาณ 3-5 นาที และตัดส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ การทำผิวหน้าบล็อก โดยใช้อัตราส่วน 1 ต่อ 3 คือ ปูนซีเมนต์ 8 กก. และทรายละเอียด 24 กก. ผสมน้ำให้หมาดๆ ใส่ทับลงไปบนแม่พิมพ์ของเครื่องอัดบล็อก จะทำให้ผิวบล็อกเรียบ

สวยงาม และทนต่อการขีดสี รอยนกระทั้งส่วนผสมทั้งหมดแห้ง กลายเป็นคอนกรีตบล็อก สามารถนำไปใช้งานปูพื้นได้

1.6.4.2 การทดสอบศักยภาพเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น หมายถึง การทดสอบกำลังอัด (compression test) โดยใช้อัตราส่วนอย่างเดียวกับท้องตลาดผสมซีเมนต์ 100 % ทำเพื่อทดสอบเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เถ้าลิกไนต์การทดสอบเถ้าลอยลิกไนต์เป็นวัสดุก่อสร้างในรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น

1) การทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกปูพื้นที่ 7 , 14 , 28 , 90 , 120 วัน คอนกรีตบล็อกปูพื้น ทำการทดลองโดยใช้ซีเมนต์ portland type 1

อัตราส่วนผสม cement 30% (โดยน้ำหนัก) คือ

1 : 2 : 4

(ซีเมนต์+ เถ้าลิกไนต์) : ทรายหยาบ : หินเกล็ด + หินฝุ่น

2) การทดสอบทำซีเมนต์บล็อกปูพื้น โดยใช้อัตราส่วนอย่างเดียวกับท้องตลาดผสมซีเมนต์ 100 % ทำเพื่อทดสอบเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เถ้าลิกไนต์ โดยใช้ code เป็น C 100% หน่วยที่ใช้เป็น MPa และ Kg/ cm<sup>2</sup> (mega Pascal)

3) การทดสอบเถ้าลอยลิกไนต์เป็นวัสดุก่อสร้าง ในรูปลักษณะของผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น เพื่อทำการหาความต้านทานแรงอัดที่ 7, 14, 28, 90, 120 วัน

1.6.5 ความพึงพอใจหมายถึง ผู้ผลิต ผู้จำหน่ายและผู้บริโภคเกิดความรู้สึกพอใจ พอใจ ต่อกอนกรีตบล็อกปูพื้นที่พัฒนาจากเถ้าลอยลิกไนต์รูปแบบที่สวยงาม มีความเหมาะสมกับการปูพื้น โดยหลักเกณฑ์ทางด้านการออกแบบของ นวลน้อย บุญวงศ์ (2539 : 189)

1.6.5.1 ประโยชน์ใช้สอย

1.6.5.2 ความงาม

1.6.5.3 การเลือกใช้วัสดุและคุณภาพการผลิต

1.6.5.4 ความเหมาะสมในการตลาด ความถูกต้องตามกฎระเบียบ ระบบ และการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม

## บทที่ 2

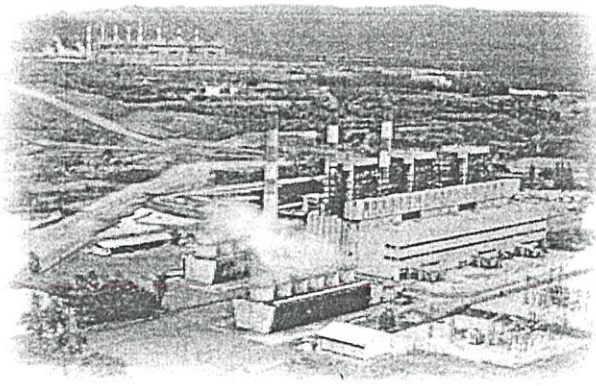
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนาเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานดังนี้คือ

- 2.1 เถ้าลอยลิกไนต์ (fly ash)
- 2.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ผลิต
- 2.3 การผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์
- 2.4 การออกแบบส่วนผสมของเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น
- 2.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์
- 2.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์
- 2.7 การใช้เถ้าลอยลิกไนต์เป็นสารประสานเพื่อผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นเชิงเศรษฐศาสตร์
- 2.8 การออกแบบลวดลายคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เถ้าลอยลิกไนต์ (fly ash)

เถ้าลอย (fly ash) เป็นผลพลอยได้ (by-product) จากการเผาถ่านหินเพื่อเป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า ถ่านหินที่บดละเอียดจะถูกเผาเพื่อเอาพลังงานความร้อน เถ้าถ่านหินที่มีขนาดเล็ก่อนข้างใหญ่จะตกลงยังก้นเตา จึงเรียกกันว่าเถ้าก้นเตา (bottom ash) ส่วนเถ้าถ่านหินขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน (ไมโครเมตร) จนถึงประมาณ 200 ไมครอนจะลอยไปกับอากาศร้อนจึงเรียกว่าเถ้าลอย เถ้าลอยที่ถูกดักจับโดยที่ดักจับไฟฟ้าสถิต (electrostatic precipitator) เพื่อไม่ให้ออกไปกับอากาศร้อนและเป็นมลภาวะต่อพื้นที่รอบบริเวณ โรงไฟฟ้าเถ้าลอยมีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลานที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์ทำคอนกรีตได้ (พิชัย นิमितยงสกุล, 2542 : 1) บทนี้จะกล่าวถึงเถ้าลอยโดยทั่วไปและพยายามกล่าวถึงคุณสมบัติของเถ้าลอยแม่เมาะ เนื่องจากมีปริมาณมากและใช้กันมากในประเทศไทย นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงเถ้าก้นเตาและเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้าอื่น เนื่องจากปัจจุบันมีเถ้าถ่านหินมากขึ้น จึงจำเป็นต้องกำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์เพื่อลดปัญหาด้านมลภาวะและลดการใช้พลังงานจากการลดปริมาณปูนซีเมนต์



ภาพที่ 2.1 โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

ที่มา : ประชาสัมพันธ์ กฟผ. แม่เมาะลำปาง . 2549

### 2.1.1 ถ่านหินและการเผา

2.1.1.1 ถ่านหินสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้ามีอยู่ด้วยกัน 4 ชนิดได้แก่แอนทราไซต์ (anthracite) บิทูมินัส (bituminous) ซับบิทูมินัส (sub-bituminous) และลิกไนต์ (lignite) ถ่านหินคุณภาพดีที่สุดได้แก่แอนทราไซต์ สามารถให้ความร้อนสูงสุด และมีปริมาณความชื้นต่ำ ตามด้วย บิทูมินัส ซับบิทูมินัส และลิกไนต์ตามลำดับ โดยลิกไนต์ให้ความร้อนต่ำและมีความชื้นสูง นอกจากถ่านหินทั้ง 4 ชนิดแล้วยังมี พีท (peat) ซึ่งเป็นถ่านหินคุณภาพต่ำสุดให้ความร้อนต่ำสุด และมีความชื้นสูงสุด จึงไม่นิยมใช้ในการเผาเป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้าประเทศไทยมีแหล่งถ่านหินที่สำคัญอยู่หลายแห่ง ได้แก่ ที่แม่เมาะ อำเภอมะเมาะและแม่ตึบ อำเภองาว จังหวัดลำปาง ที่บ้านปู และบ้านป่าคา อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน และที่เหมืองกระบี่ บ้านปูด้า จังหวัดกระบี่ โดยเฉพาะที่แม่เมาะมีโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดใหญ่และเป็นแหล่งผลิตถ่านล้อยที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย โดยผลิตได้ถึงประมาณ 3 ล้านตันต่อปี (พิชัย นิมิตรยงสกุล, 2542 : 2)

2.1.1.2 การเผาถ่านหินการเผาถ่านหินชนิดเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า มีใช้กันอยู่ 3 ระบบด้วยกัน ได้แก่ การเผาความร้อนสูง ร้อนปานกลาง และเผาความร้อนต่ำ

1) การเผาความร้อนสูงในเตาเผาความร้อนสูง อุณหภูมิจะสูงถึง 1500-1700 องศาเซลเซียส เป็นการเผาในเตาเผาแบบใช้แรงลม (cyclone combustion) ที่อุณหภูมิสูง ถ่านหินส่วนใหญ่จะหลอมละลาย และปะทะรวมกันเป็นเม็ดหรือก้อน ถ่านหินที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นถ่านก้นเตาและตกลงในอ่างน้ำข้างล่าง ถ่านหินขนาดเล็กจะเป็นถ่านล้อย ซึ่งในระบบการเผาจะมีปริมาณค่อนข้างน้อย ถ่านหินที่ได้จะมีลักษณะเป็นแก้วเม็ดออกใสๆ (vitreous particle)

2) การเผาความร้อนปานกลางอุณหภูมิของการเผาถ่านหินชนิด ในการเผา ความร้อนปานกลาง อยู่ในช่วงระหว่าง 1,100-1,400 องศาเซลเซียส เป็นการเผาเตาเผาแบบใช้ถ่านหินบด (pulverized coal combustion) ถ่านหินส่วนใหญ่จะเป็นถ่านล้อย ที่เหลือจะเป็นถ่านหนัก

2) การเผาความร้อนปานกลางอุณหภูมิของการเผาถ่านหินบด ในการเผา ความร้อนปานกลาง อยู่ในช่วงระหว่าง 1,100-1,400 องศาเซลเซียส เป็นการเผาเตาเผาแบบใช้ถ่านหินบด (pulverized coal combustion) ถ่านหินส่วนใหญ่จะเป็นถ่านลอยที่เหลือจะเป็นถ่านหนักหรือถ่านก้นเตาถ่านลอยที่ได้จากการเผาประมาณร้อยละ 70-90 มีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลาน เป็นถ่านที่เหมาะสมสำหรับใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเพื่อทำคอนกรีต โรงไฟฟ้าแม่เมาะใช้ในการเผา

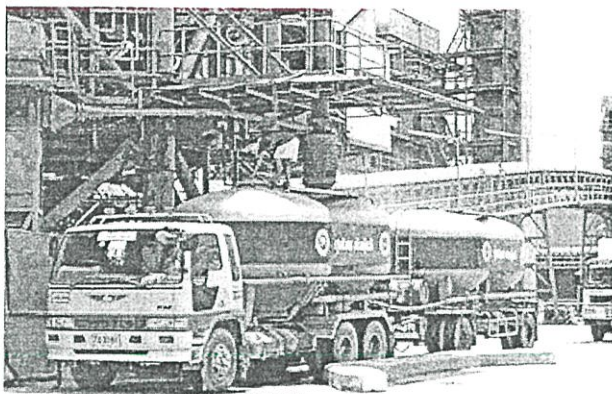
3) การเผาความร้อนต่ำการเผาความร้อนต่ำ เป็นการเผาแบบฟลูอิดไคซ์เบด (fluidized-bed combustion) อุณหภูมิของการเผาถ่านหินจะค่อนข้างต่ำคือไม่เกิน 900 องศาเซลเซียส ถ่านหินที่ได้มีรูปร่างที่ไม่แน่นอน (irregular) และมีส่วนประกอบที่เป็นผลึกค่อนข้างสูง เนื่องจากถ่านหินที่ได้ไม่ผ่านที่อุณหภูมิที่สูงพอ แม้จะสามารถใช้เป็นสารปอซโซลานได้แต่ไม่ดีเท่าถ่านลอยที่ได้จากการเผาความร้อนปานกลาง (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2539: 1-2)

## 2.1.2 ชนิดของถ่านลอยตามมาตรฐาน ASTM C618 แบ่งถ่านลอยออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

2.1.2.1 ชนิด F (class F) เป็นถ่านลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินแอนทราไซต์ และซับบิทูมินัสมีปริมาณผลรวมของซิลิกา (silica,  $\text{SiO}_2$ ) อลูมินา (alumina,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) และเฟอร์ริกออกไซด์ (ferric oxide,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) มากกว่าร้อยละ 70 และมีคุณสมบัติอื่นตามที่ระบุในมาตรฐาน ASTM C618 วิธีเก็บตัวอย่างและทำการทดลองเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C311 โดยทั่วไปถ่านลอยชนิด F มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide,  $\text{CaO}$ ) ต่ำจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ถ่านลอยแคลเซียมต่ำสำหรับ  $\text{SiO}_2$  มาจากแร่ดินเหนียวและควอทซ์ถ่านหินแอนทราไซต์และบิทูมินัสมีแร่ดินเหนียวสูงจึงให้ถ่านลอยที่มี  $\text{SiO}_2$  สูง (สมชัย กกกำแหง. 2536 : 5-11)

2.1.2.2 ชนิด C (class C) เป็นถ่านลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินลิกไนต์ และซับบิทูมินัสเป็นส่วนใหญ่ มีปริมาณของ  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  มากกว่าร้อยละ 50 ปริมาณ  $\text{CaO}$  สูงและมีคุณสมบัติอื่นตามที่ระบุในมาตรฐาน ASTM C618 ถ่านลอยชนิดนี้เรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าถ่านลอยแคลเซียมสูง สำหรับ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  มาจากแร่ดินเหนียว โดยที่ลิกไนต์ประกอบไปด้วยดินเหนียวที่มี  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ต่ำทำให้ถ่านลอยชนิด C นอกจากมี  $\text{SiO}_2$  ต่ำแล้วยังมี  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ต่ำด้วยถ่านลอยทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติเป็นปอซโซลาน นอกจากนี้ถ่านลอยชนิด C ยังมีความเป็นสารซีเมนต์ในตัวเองเนื่องจากมีปริมาณ  $\text{CaO}$  ถ่านลอยแม่เมาะในระยะแรกส่วนใหญ่เป็นถ่านลอยแคลเซียมสูงโดยมีปริมาณ  $\text{CaO}$  สูงถึงร้อยละ 40 และมีความเป็นสารซีเมนต์ในตัวเอง ในปัจจุบันถ่านลอยแม่เมาะมีปริมาณ  $\text{CaO}$  ต่ำลงโดยมีสารนี้อยู่ประมาณร้อยละ 10 ในปัจจุบันโรงไฟฟ้าแม่เมาะของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ใช้ถ่านลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าประมาณวันละ 40,000 ตัน ถ่านหินดังกล่าวได้รับการควบคุมปริมาณเหล็ก ซิลิกา แคลเซียม และองค์ประกอบอื่นอีกบางประการให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาหมอกควันและป้องกันการก่อตัวของ slag ไปจับอุปกรณ์ boiler ซึ่งสามารถก่อความเสียหายแก่ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก ผลพลอยได้จากการควบคุมนี้คือ ได้ถ่านลิกไนต์ที่มีคุณภาพค่อนข้างสม่ำเสมอประมาณวันละ 9,000 ตัน และมีปริมาณ  $\text{SO}_3$

ไม่เกิน 5% ตามเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน ASTM C 618 ดังนั้น ในขณะที่เถ้าลอยลิกไนต์ แม่เมาะจึงได้รับการยอมรับให้นำไปใช้งานร่วมกับซีเมนต์ เพื่อเป็นสารเชื่อมประสาน (cementations material) (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2539 : 3)



ภาพที่ 2.2 แสดงการขนส่งเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะ จังหวัดลำปาง

ที่มา : ประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ ลำปาง . 2549

**2.1.3 ทฤษฎีพื้นฐานเมื่อใช้เถ้าลอยในฐานะสารเชื่อมประสาน (cementations material)**  
เมื่อผสมเถ้าลอยกับน้ำอย่างพอเหมาะ free lime ( $\text{CaO}$ ) ที่มีอยู่เล็กน้อยในเถ้าลอย จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็น  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  และต่อไปจะเกิดปฏิกิริยา pozzolanic ระหว่าง  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ระหว่าง  $\text{SiO}_2$  และ  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ที่มีอยู่มากในเนื้อเถ้าลอยกลายเป็น calcium silicate hydrate กับ calcium aluminate hydrate จำนวนหนึ่งซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ Free lime ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารเชื่อมประสาน ความแข็งแรงของสารเชื่อมประสานจะเพิ่มขึ้นตามอายุ นับตั้งแต่เริ่มปฏิกิริยา pozzolanic ไปนานนับปี สารเชื่อมประสานส่วนที่แข็งแรงแล้วนี้จะมีคุณสมบัติไม่สูญเสียความแข็งแรงเมื่อเปียกน้ำ ดังนั้นจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างได้ นับอเนกประการ แต่อย่างไรก็ตามหาก ไม่ได้ผสมกับซีเมนต์ในปริมาณที่มากพอ ความแข็งแรงที่ได้จะจำกัดอยู่ในระดับต่ำเท่านั้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2539 : 3)

#### 2.1.4 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย คล้ายกับปูนซีเมนต์ แต่มีข้อที่น่าสังเกตคือ ปูนซีเมนต์จะมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูงกว่า เถ้าลอยลิกไนต์ และเถ้าลอยจะมีปริมาณของซิลิกาออกไซด์ (silica oxide) สูงกว่าปูนซีเมนต์ ดังนั้นปฏิกิริยาเคมีของปูนซีเมนต์จะมีแคลเซียมไฮดรอกไซด์เหลืออยู่ ปฏิกิริยาเคมีของปูนซีเมนต์ ให้สารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารเชื่อมประสานที่ต้องการ แต่เมื่อผสมเถ้าลอยลงไปด้วย แคลเซียมไฮดรอกไซด์

ที่เหลืออยู่จากปฏิกิริยาของซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับเถ้าลอย ซึ่งมีซิลิกาออกไซด์สูง ทำให้เกิดสารเชื่อมประสานแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต เช่นเดียวกับผลที่ได้จากปฏิกิริยาในซีเมนต์ (วารสาร วิศวกรรมกิจ. 2536 : 13)



ภาพที่ 2.3 แสดงห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพของเถ้าลอยลิกไนต์

ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ สิงหาคม 2549

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะเทียบกับพอร์ตแลนด์ซีเมนต์

chemical composition	average quantity (%)				
	fly ash			portland cement	
	1991	1992	1993	sample 1	sample 2
SiO <sub>2</sub>	42.8	40.3	54.2	22.6	20.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.3	24.0	16.3	4.3	5.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.0	15.0	11.7	2.4	2.9
CaO	10.5	11.2	7.8	64.4	63.8
MgO	2.4	2.8	1.4	2.1	1.5
SO <sub>3</sub>	3.9	3.1	4.3	2.3	2.6
Na <sub>2</sub> O	0.8	1.0	1.1	0.6	-
K <sub>2</sub> O	2.3	2.6	-	-	-

2.1.5 คุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะ ได้แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะ ไว้ในตารางที่ 2.2 พบว่าสารที่เหลือจากการเผาไหม้ (ignition loss) ของปูนซีเมนต์สูงกว่าเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีปริมาณนี้มีผลทางด้านเกิดการเกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต

นอกจากนี้ เมื่อศึกษาด้วยเทคนิคการขยายภาพของเถ้าลอย โดยใช้ scanning electron microscope พบว่าอนุภาค เถ้าลอยลิกไนต์มีลักษณะเป็นทรงกลมมน ขณะที่อนุภาคปูนซีเมนต์ จะมีลักษณะเป็นก้อนมีเหลี่ยมคมชัดเจนซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นจุดเด่นของเถ้าลอยลิกไนต์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539 : 4)

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะ

physical properties	fly ash		cement
	1992	1993	avg
specific gravity	1.99	2.51	3.15
specific surface, sq.m/kg	270.6	295.7	345.6
ignition loss, %	0.64	0.69	2.72
bulk density, kg/cu.m	1261.2	1268.1	-
pozzolanic Index			
at 7 days % control	90.6	85.8	-
at 28 days % control	102.8	89.0	-

2.1.6 คุณสมบัติทั่วไปของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบทางเคมีของเถ้าลอยเป็นวัสดุ pozzolan หมายถึง วัสดุที่มีส่วนประกอบเคมีส่วนใหญ่เป็น ซิลิกา หรือซิลิกาและอะลูมินา ซึ่งมีคุณสมบัติในการยึดประสานเล็กน้อยหรือไม่มีเลย แต่เมื่ออยู่ในสภาพเป็นผงละเอียดและมีความชื้นอยู่ด้วยจะสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ แล้วเกิดเป็นสารประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยึดประสาน) ในการทดลองครั้งนี้ได้นำเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ซึ่งมีปริมาณ  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  มากกว่าร้อยละ 50 และ มีคุณสมบัติทางเคมีอื่นๆซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน ASTM C 618 มาใช้ในการทดลอง สำหรับเถ้าลอยลิกไนต์ที่ใช้ในการทดลอง มีคุณสมบัติทางกายภาพคือ

ความถ่วงจำเพาะ	2.27 – 2.45
ปริมาณความชื้นปกติ (%)	0.3 – 0.4
ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (ตัน/ลบ.เมตร)	1.48 – 1.54
กำลังต้านรับแรงกด (กก./ตร.ซม.) อายุ 28 วัน	54 - 163
ความละเอียด (specific surface) $\text{cm}^2/\text{gm}$	2,103 – 3,650
(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2539 : 6)	

2.1.6.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 1 (portland cement type 1)

2.1.6.2 สารประสาน (ส่วนผสมของเถ้าลอยและซีเมนต์) เมื่อนำเถ้าลอยลิกไนต์มาผสมกับปูนซีเมนต์ จากการทดลองพบว่า การใช้ปูนซีเมนต์บดร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ จะมีกำลังรับแรงอัดดีขึ้นในช่วงต้นของการทดสอบ และจะมีค่าเท่ากับการผสมแบบธรรมดาในช่วงปลาย ฉะนั้นในการทดลองครั้งนี้เพื่อความสะดวก และง่ายต่อการนำปฏิกิริยาจริงในท้องถิ่นจึงในท้องถิ่น จึงใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผสมกับเถ้าลอยลิกไนต์ โดยใช้เครื่องผสมเครื่องมือในการผสมวัสดุทั้งสอง

ชนิดองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 และสารประสาน ส่วนผสมของเถ้าลอยและซีเมนต์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539 : 7)

2.1.6.3 ทรายใช้เป็นทรายจากลำน้ำแม่วัง มีความหนาแน่น 1.63 ตันต่อลูกบาศก์เมตร และมีขนาดคละกัน

2.1.6.4 หินฝุ่นที่ใช้เป็นหินฝุ่นจากโรงงาน โม่หินจากจังหวัดลำปางมีความหนาแน่น 1.58 ตันต่อลูกบาศก์เมตร และมีขนาดคละกัน

2.1.6.5 หินเกล็ด เป็นหินย่อยที่มีขนาดใหญ่ไม่เกิน 3/8 นิ้ว จากโรงโม่หินในจังหวัด ลำปาง มีความหนาแน่น 1.43 ลูกบาศก์เมตร และมีขนาดคละกัน

2.1.6.6 น้ำที่ใช้ผสมกับมวลรวม คือน้ำประปาจากของเหมืองแม่เมาะ

## 2.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบดอัดปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์

### 2.2.1 วัสดุ

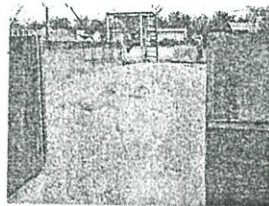
- 1) เถ้าลอยลิกไนต์
- 2) ปูนซีเมนต์
- 3) ทรายหยาบ (ทรายคูด หรือ ทรายที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต)
- 4) หินฝุ่น
- 5) หินเกล็ด 3/8 นิ้ว
- 6) น้ำ



(1)



(2)



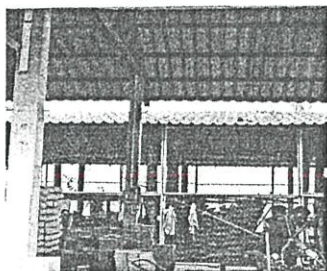
(3)



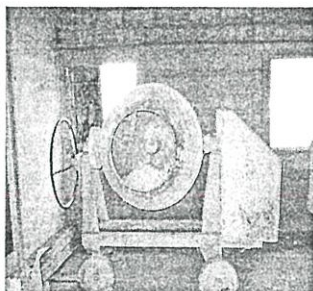
(4)

ภาพที่ 2.4 แสดงวัสดุที่ใช้ในการผลิตบดอัดปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ได้แก่ (1) เถ้าลอยลิกไนต์ (2) ทรายหยาบ (3) หินฝุ่น (4) หินเกล็ด ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ ตุลาคม 2549

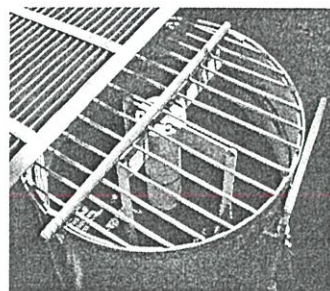
## 2.2.2 อุปกรณ์ เครื่องมือ-เครื่องใช้ในโรงงาน



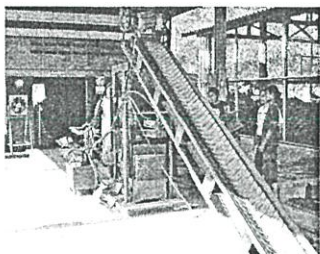
(1)



(2)



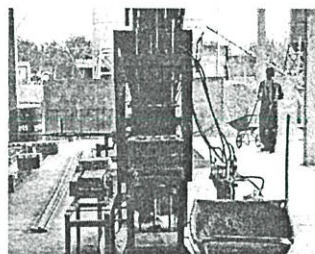
(3)



(4)



(5)



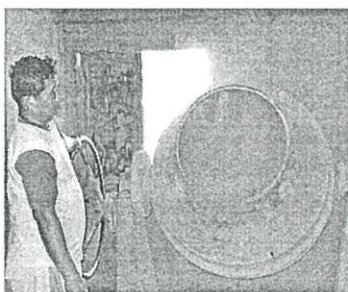
(6)

ภาพที่ 2.5 แสดงอุปกรณ์ เครื่องมือ-เครื่องใช้ในการผลิตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ตามลำดับได้แก่ (1) สถานที่ทำการผลิต (2) โม่ (3) ถังผสม (4) สายพานลำเลียง (5) รถเข็นปูน (6) เครื่องไฮดรอลิก

ที่มา : ถ่ายภาพเมื่อ ตุลาคม 2549



(1)



(2)

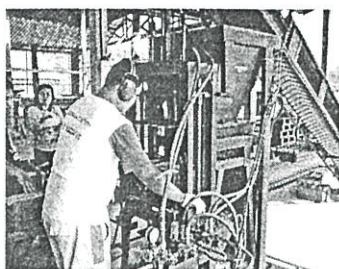


(3)

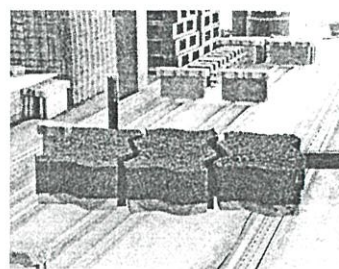
ภาพที่ 2.6 แสดงขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นโดยทั่วไป (1)ให้ข้อมูล (2)ผสมในโม่ (3)ผสมในถัง (4)ผสมสี (5)เครื่องไฮดรอลิก (6) ชั้ในงาน



(4)



(5)



(6)

ภาพที่ 2.6 (ต่อ)

ที่มา : ถ่ายภาพเมื่อ ตุลาคม 2549

2.2.2.1 โม่ผสมปูน ใช้ในการผสมแห้ง คือ ถ้ำลอยลิกไนต์ + ซีเมนต์ และ ผสมเปียก คือ ผสมระหว่างสารประสาน + ทราย + หินฝุ่น + หินเกล็ด + น้ำ (เพื่อนำมาขึ้นรูป)

2.2.2.2 เครื่องอัดบล็อก หรือแบบพิมพ์ขึ้นรูปด้วยมือ

2.2.2.3 พลั่วตัดทราย และถังตักปูน

2.2.2.4 เครื่องชั่ง

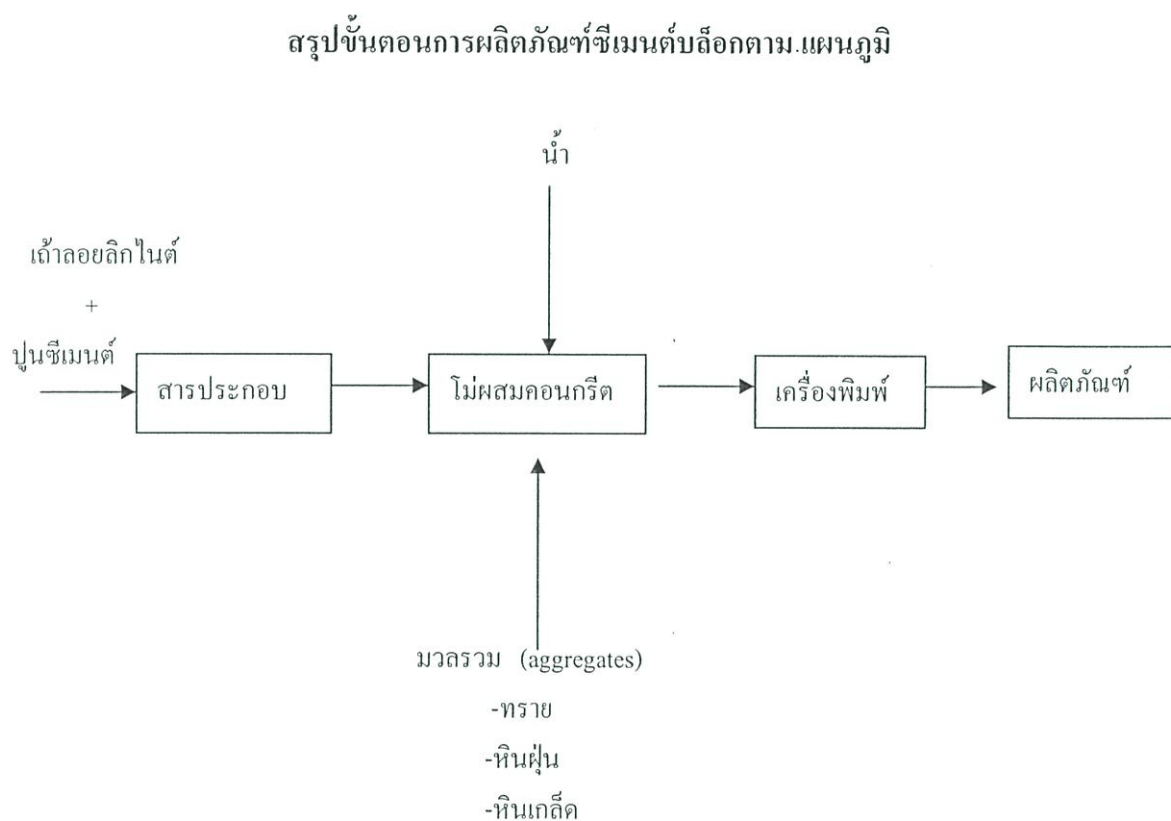
2.2.2.5 รถเข็นปูน

2.2.3 การเก็บถ้ำลอยลิกไนต์ นำรถผสมคอนกรีตขนาดความจุประมาณ 3 ลูกบาศก์เมตร ไปรองรับถ้ำลอยลิกไนต์จากไซโลที่เก็บถ้ำลอยลิกไนต์ของโรงไฟฟ้า จากนั้นขนมาส่งเข้าห้องเก็บถ้ำลอยลิกไนต์ในบริเวณที่ทำการศึกษาคดลอง นำบรรจุถุงพลาสติก เพื่อป้องกันความชื้น ถุงละประมาณ 25 กิโลกรัม

2.2.4 การผสมถ้ำลอยลิกไนต์กับปูนซีเมนต์ ผลจากการทดลอง ในอดีตปรากฏว่าวิธีการผสมแบบธรรมดา กับวิธีการผสมด้วยการบด (ball mill) ให้ผลของความแข็งแรงแตกต่างกันไม่มากนัก ฉะนั้นเพื่อความสะดวกในการศึกษา และการนำไปใช้งานจริงจึงใช้วิธีการผสมแบบธรรมดา ในการผสมถ้ำลอยลิกไนต์กับปูนซีเมนต์นั้นการผสมก็ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของวัสดุทั้งสองชนิดตามอัตราส่วนที่ต้องการ โดยน้ำหนัก โดยแบ่งถ้ำลอยลิกไนต์ที่ต้องการผสมเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน นำส่วนที่หนึ่งใส่เข้าไปในโม่ผสมคอนกรีต และนำซีเมนต์ที่เตรียมไว้ ใส่ทับลงไปบนถ้ำลอยลิกไนต์แล้ว นำถ้ำลอยลิกไนต์ส่วนที่สองใส่ลงไปบนซีเมนต์ นำพลาสติกมาปิดฝาโม่ผสมคอนกรีตเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย ทำการผสมวัสดุทั้งสองชนิดนานประมาณ 15 นาที จึงนำวัสดุผสมดังกล่าว (ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า สารประสาน) เข้าบรรจุในถุงพลาสติกถุงละ 25 กิโลกรัม (สมชัย กกกำแหง. 2536 : 1-8)

### 2.2.5 การผลิตด้วยแบบพิมพ์มือ

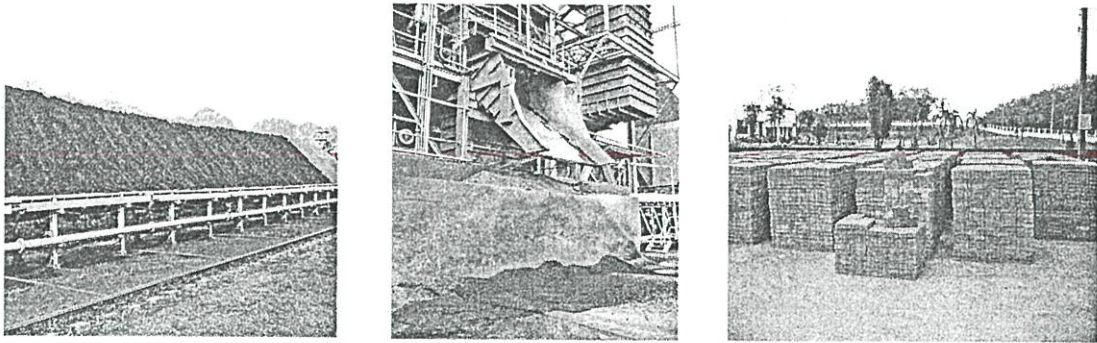
เป็นการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่นิยมใช้ในระดับชุมชน ที่ไม่สามารถลงทุนทางด้านเครื่องจักร อัดแรงบล็อกคอนกรีตในระบบอุตสาหกรรมได้ เพราะต้องใช้การลงทุนที่ค่อนข้างสูง จึงมีการออกแบบเครื่องผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นด้วยมือ ที่ใช้การลงทุนน้อย และเป็นการลดความเสี่ยงด้านการตลาดหากการจำหน่าย ไม่เป็นความนิยมของท้องตลาด หรือทำการผลิตในปริมาณที่ไม่มาก และเพียงพอแก่การบริโภคเท่านั้น ทำให้ชุมชนได้รับประโยชน์จากการใช้ถั่วลอยลิกไนต์มาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นมากขึ้น ซึ่งเป็นข้อดีของการผลิตในรูปแบบนี้ แต่ข้อเสีย คงเป็นมาตรฐานที่ได้จากการผลิตที่ใช้แรงอัดไม่มากเพียงพอ ทำให้ไม่สามารถใช้รับแรงกดสูงๆ ได้ ปริมาณการผลิตที่ได้ค่อนข้างน้อย หรือต้องใช้เวลานานเพื่อให้ได้ปริมาณที่ต้องการ



ภาพที่ 2.7 แสดงแผนภูมิการผลิตซีเมนต์บล็อก

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2539 : 18)

### 2.3 การผลิตแฉ่ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น



(1)

(2)

(3)

ภาพที่ 2.8 แสดงถ่านลิกไนต์ ผลพลอยได้คือแฉ่ำลอยลิกไนต์นำมาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

(1) ถ่านหินลิกไนต์ (2) แฉ่ำลอยลิกไนต์ (3) คอนกรีตบล็อกปูพื้น

ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ ตุลาคม 2549

#### 2.3.1 การศึกษาการผลิตซีเมนต์บล็อกปูพื้น (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

2542:65-76)

โดยการใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกปูพื้น มอก. 2135-2545 โดยมีขนาด 60 x 110 x 220 มิลลิเมตร จากพื้นที่ผิวหน้า 191.48 ตารางเซนติเมตร โดยมีความหนาของชั้นผิวหน้า 5 มิลลิเมตร น้ำหนักต่อก้อนประมาณ 3.2 -3.5 กิโลกรัม

ในการทดลอง ได้ใช้สารประสานที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ เท่ากับร้อยละ 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนัก และได้ใช้อัตราส่วนระหว่างสารประสานต่อทรายหยาบ ต่อมวลหยาบ (หินเกล็ด ร้อยละ 100) ต่างๆกันดังนี้ 1 : 1 : 2 , 1 : 1 : 3 , 1 : 1 : 5 : 3 , 1 : 2 : 3 , 1 : 1 : 4 และ 1 : 2 : 4 ขึ้นต่อไปเปลี่ยนมวลรวมหยาบเป็นหินเกล็ดร้อยละ 50 และหินเกล็ดร้อยละ 50 และหินฝุ่นร้อยละ 50 โดยใช้อัตราส่วนผสมอื่นเหมือนเดิม

ดำเนินขั้นตอนในการผลิต โดยการนำหินฝุ่น สารประสาน และทราย ใส่ในโม่ผสมคอนกรีตตามลำดับผสมแห้ง ประมาณ 3-5 นาที และผสมน้ำให้มีปริมาณเพียงพอที่จะขึ้นรูปได้ประมาณ 3 นาที เสร็จแล้วเทใส่รถเข็น เตรียมรอไว้สำหรับขึ้นรูปแบบพิมพ์ ในการศึกษาการผลิตซีเมนต์บล็อกปูพื้นจะต้องขึ้นผิวหน้า โดยใช้ปูนซีเมนต์ ผสมกับทรายละเอียด ในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 โดยน้ำหนักตามลำดับ และผสมน้ำพอหมาดๆ ไม่ให้มากเกินไป เพราะจะทำให้ติดแบบพิมพ์ (ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ประมาณ 0.2 โดยน้ำหนัก) สำหรับแม่พิมพ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้พิมพ์ได้ครั้งละ 3 ก้อน วิธีการขึ้นรูปทำในลักษณะการใช้แรงงานคนเหยียบอัดแม่พิมพ์ จากนั้นนำมาเก็บไว้ภายในและภายนอกโรงงาน (ปริญา จินดาประเสริฐ. 2536 : 3-7)

2.3.2 การศึกษาหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม ในการผลิตซีเมนต์บล็อกรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส วัสดุที่เหมาะสมคือ 1 : 2 : 4 ซึ่งสามารถนำไปศึกษาคุณสมบัติด้านอื่นๆต่อไป จึงนำอัตราส่วนดังกล่าวมาทดลอง อัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสม ใช้ปูนซีเมนต์ผสมในสารประสานคงที่ ร้อยละ 30 สำหรับซีเมนต์ บล็อกรูปร่างสี่เหลี่ยม มอก. 827-2531

การทดลองหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมนั้น เริ่มจากการผสมน้ำที่น้อยที่สุด และมากที่สุดที่สามารถขึ้นรูปบล็อก โดยไม่ติดแบบพิมพ์ และใช้น้ำในการทดลองจาก ปริมาณน้อยที่สุดไปหาปริมาณ มากที่สุดจำนวน 5 ตัวอย่าง (ใช้ปริมาณน้ำ 7 , 7.5 , 8 , 8.5 และ 9 กิโลกรัมต่อ cement fly ash เท่าใด ตามลำดับ)

### 2.3.3 การทดสอบหาปริมาณวัสดุผลิตถ่อลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

การทดลองในขั้นตอนนี้จะเป็น การทดลองเพื่อหาปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสม และประหยัด เพื่อการผลิตซีเมนต์บล็อกรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุต่างๆคงที่ (1: 2: 4) ผลจากการทดลอง ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2 โดยใช้ปริมาณน้ำคงที่ (น้ำหนักน้ำต่อสารประสาน ประมาณ 0.33) (เอนก ศิริพานิชกร. 2536 : 9)

ถั่วลยถิกไนต์ + ปูนซีเมนต์

สารประสาน



ซีเมนต์บล็อกรูปสี่

มอก. 827-2531

สารประสาน	:	ทราย	:	หินเกล็ด
1	:	1	:	2
1	:	1	:	3
1	:	1.5	:	3
1	:	2	:	3
1	:	1	:	4
1	:	2	:	4

สารประสาน	:	ทราย	:	หินฝุ่น 50% + หินเกล็ด 50%
1	:	1	:	2
1	:	1	:	3
1	:	1.5	:	3
1	:	2	:	3
1	:	1	:	4
1	:	2	:	4

ภาพที่ 2.9 แสดงอัตราส่วนต่างๆ ของวัสดุผสมที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2539 : 23)

2.3.4 ผลการทำสีในผลิตภัณฑ์ซีเมนต์บล็อกรูปพื้น จะเหมือนกับการทำชั้นผิวหน้าของคอนกรีต บล็อกสีที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยใช้วัสดุและอัตราส่วนเหมือนกัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการยึดติดของชั้นผิวหน้ากับตัวซีเมนต์บล็อกอยู่ในเกณฑ์ ชั้นผิวหน้าไม่หลุดออกไปเมื่อนำมาใช้งาน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2539 : 41)

2.3.5 ผลการทดสอบหาปริมาณโลหะหนักใน ซีเมนต์บล็อกจากรายงานผลการวิเคราะห์ ปริมาณโลหะหนักในสารละลายตัวอย่างสกัด ทั้งกรรมวิธีที่ละลายในกรดหรือละลายในน้ำ ปรากฏว่าปริมาณโลหะที่ละลายออกมา ตรวจพบได้น้อยชนิด และโลหะหนักแต่ละชนิดที่ตรวจพบ ก็มีปริมาณไม่เกินมาตรฐาน ที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 25 (พ.ศ.2531) ซึ่งเป็นบัญชีลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว จากตัวอย่างทั้งหมดจะพบว่าในกรณีที่มีลักษณะ เป็นผลิตภัณฑ์แล้ว ปริมาณโลหะหนักที่ละลายออกมาจะมีชนิดของโลหะหนัก น้อยกว่า ที่ออกมาจากเถ้าลิกไนต์ผสมซีเมนต์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำเถ้าลิกไนต์มาทำผลิตภัณฑ์ แล้ว ปริมาณโลหะหนักที่จะละลายออกมามีน้อยมากและไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2539 : 29)

2.3.6 ผลการทดสอบหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีของซีเมนต์บล็อก การทดสอบทำได้ 2 วิธี

2.3.6.1 วิธีที่หนึ่ง นำเครื่องมือวัดระดับรังสี (ludlum microratemeter) มาตรวจวัดบริเวณ อาคารโครงการวิจัย ซึ่งใช้กองวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ซีเมนต์บล็อก และบริเวณภายนอกต่างๆ ไป ปรากฏว่าระดับรังสีที่วัดได้อยู่ในระดับต่ำ คือระดับรังสีจากผลิตภัณฑ์ซีเมนต์บล็อกมีค่า 5-6 ไมโครเรินเกินต่อชั่วโมง ในขณะที่บรรยากาศต่างๆ ไป ภายใน กฟผ.(แม่เมาะ) มีค่า 3-5 ไมโครเรินเกินต่อชั่วโมง และเมื่อเทียบกับระดับรังสีซึ่งเป็นเกณฑ์ปลอดภัย (reference background) ของ กรุงเทพมหานครซึ่ง มีค่า 7-8 ไมโครเรินเกินต่อชั่วโมงจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ซีเมนต์บล็อกอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยมากในแง่ของการได้ปริมาณกัมมันตภาพรังสี(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2539 : 41)

2.3.6.2 วิธีที่สอง คือการตรวจวัดในห้องปฏิบัติการ โดยเทียบกับวัสดุมาตรฐานคือ Potassium-4 ปรากฏว่าปริมาณรังสีจากเถ้าลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ(1,192.91 Bq/Kg) มีค่าต่ำกว่าปริมาณรังสีจากเถ้าลิกไนต์ในแหล่งอื่นๆของโลก(1,500 Bq/Kg) และเมื่อนำเถ้าลิกไนต์แม่เมาะมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ซีเมนต์บล็อกแล้ว ปริมาณรังสีจากซีเมนต์บล็อกก่อผนังมีประมาณ 308 Bq/Kg และปริมาณรังสีจากซีเมนต์บล็อกปูพื้นมีเพียง 199 Bq/Kg จึงอยู่ในระดับต่ำมากเทียบกับปูนซีเมนต์ซึ่งมีปริมาณรังสีประมาณ 206 Bq/Kg และวัสดุทรายหยาบ ซึ่งมีปริมาณรังสีประมาณ 363 Bq/Kg จากการตรวจวัดปริมาณรังสีจากซีเมนต์บล็อกทั้ง 2 วิธี พบว่ามีรังสีอยู่ในระดับเดียวกับปริมาณรังสีที่มีอยู่ตามปกติในสิ่งแวดล้อม (background radiation) จึงสรุปได้ว่าซีเมนต์บล็อกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย สามารถนำมาใช้งานได้ และอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยสำหรับผู้ที่อยู่ในอาคารที่

ใช้ผลิตภัณฑ์นี้ หรืออยู่ใกล้บริเวณดังกล่าว ตามข้อกำหนดของคณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539 : 44)

ตารางที่ 2.3 ผลการตรวจวัดรังสีที่บริเวณอาคาร โครงการนำศักยภาพเฝ้าลดยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์

ตำแหน่งที่ตรวจวัด	ระดับรังสีไมโครเรินเกนท์ต่อชั่วโมง	ระดับรังสีมิลลิเรินเกนท์ต่อชั่วโมง
ภายในอาคารเรือนรับรองของเหมืองแม่เมาะ	6 – 7	0.006 – 0.008
นอกอาคารเรือนรับรองบนพื้นถนนลาดยาง	7 – 9	0.007 – 0.009
ภายในอาคารโครงการวิจัย		
ห้องผสมวัตถุดิบ	7 – 8	0.007 – 0.008
ห้องทำงาน	7 – 8	0.007 – 0.008
บนโต๊ะทำงาน	7 – 8	0.007 – 0.008
กองซีเมนต์บล็อกข้างอาคาร	5 – 6	0.005 – 0.006
วัตถุดิบที่ใช้ในการทำซีเมนต์บล็อก		
fly ash	7 – 8	0.007 – 0.008
cement	4 – 5	0.004 – 0.005
หินกลีต	4.5 – 5.5	0.0045 – 0.0055
ชุดซีเมนต์ตัวอย่าง		
อัตราส่วน 1:1:2	5 – 6	0.005 – 0.006
1:1:3	5 – 6	0.005 – 0.006
1:1:4	5 – 6	0.005 – 0.006
1:1:5:3	5 – 6	0.005 – 0.006
1:2:3	5 – 6	0.005 – 0.006
1:2:4	5 – 6	0.005 – 0.006

### 2.3.7 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปใช้

ศึกษาหาปริมาณโลหะหนักในซีเมนต์บดที่ จะจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้ทดสอบตามวิธีการที่ระบุไว้ในประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมเรื่องกำหนดวิธีการ เก็บทำลายฤทธิ์ กำจัดฝัง ทิ้ง เคลื่อนย้าย และการขนส่งสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2531 ข้อ 6 โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มาสกัดสารที่เป็นโลหะหนักตามวิธีการสกัดสารที่ระบุไว้ (extraction procedure) และการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารพิษในน้ำสกัด ดังต่อไปนี้

- 1) บดตัวอย่างซีเมนต์บด ให้เป็นผงแล้วร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดของผงซีเมนต์บด ระหว่าง 0.5 มิลลิเมตร ถึง 9 มิลลิเมตร
- 2) นำตัวอย่างที่ได้จาก ข้อ1)หนัก 50 กรัม ใส่ในถ้วยละลาย (ซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นผสมกับกรดไฮโดรคลอริก) ที่มีความเป็นกรด ระหว่าง 5.8 ถึง 6.3 และใช้อัตราส่วนโดยปริมาตรของสารละลายเป็น 10 เท่า (มิลลิเมตร) ของน้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่างซีเมนต์บด
- 3) เขย่าด้วยเครื่องเขย่า (agitator) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้ความเร็วรอบของเครื่องเขย่า 200 รอบ/นาที
- 4) กรองสารละลาย โดยใช้กระดาษกรองใยแก้ว ที่มีขนาดช่องเปิดของรูกระดาษกรอง 1 ไมครอน
- 5) นำของเหลวที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษต่างๆตามวิธีมาตรฐาน ในการวิเคราะห์น้ำทิ้งโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

## 2.4 หลักเกณฑ์การออกแบบส่วนผสมของถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบดลูกรูพื้น

คอนกรีตบดลูกรูพื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 2135-2545 การนำเอาถ้ำลอยไปใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มหรือ แทนปูนซีเมนต์บางส่วนในงานคอนกรีตเพื่อให้มีคอนกรีตมีสมบัติพิเศษบางอย่างตามที่ต้องการ และเพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการทำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ้ำลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีตขึ้น

ASTM C 204-96a	Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air Permeability Apparatus
ASTM C 618-99	Coal Fly Ash and Raw or Claimed Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete
ASTM C 311-98b	Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland-Cement Concrete

2.4.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต

ขอบข่ายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดรายละเอียดเถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มหรือใช้แทนปูนซีเมนต์บางส่วนในคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานหลัก เพื่อให้ได้สมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่าง ดังต่อไปนี้

2.4.1.1 เพื่อให้เกิดการประสานในเนื้อคอนกรีต (cementation) หรือเกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน (pozzolanic action) หรือทั้งสองอย่าง

2.4.1.2 เพื่อให้ได้สมบัติอื่นที่อาศัยความละเอียดของเถ้าลอย

2.4.2 บทนิยามความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังนี้

2.4.2.1 เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีตซึ่งต่อไป ในมาตรฐานนี้จะ เรียกว่า “เถ้าลอย” หมายถึงเถ้าที่ลอยขึ้นมาพร้อมกับก๊าซร้อนซึ่งได้มาจากการเผาไหม้ถ่านหิน ที่บดละเอียดหรือผงถ่านหินใช้เติมลงในส่วนผสมคอนกรีตก่อนผสมหรือขณะผสม โดยปกติเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินแอนทราไซต์และบิทูมินัสจะมีสมบัติปอซโซลาน ส่วนเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินซับบิทูมินัสหรือลิกไนต์ มีสมบัติปอซโซลานแล้ว อาจมีสมบัติในการประสานด้วย

2.4.2.2 ปอซโซลาน (pozzolan) หมายถึง สารประกอบทางเคมีซึ่งส่วนใหญ่เป็นซิลิกาและอะลูมินา มีสมบัติในการประสานเล็กน้อยหรือไม่มีเลย แต่เมื่ออยู่ในรูปเป็นผงละเอียดและเมื่อมีความชื้นจะทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติและเกิดเป็นสารประกอบ ซึ่งมีสมบัติในการประสาน

คุณภาพและชนิดแบ่งตามคุณลักษณะทางเคมีและทางฟิสิกส์ 3 ชั้น

- 1) ชั้นคุณภาพ 1 ใช้สำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการคุณภาพดีเป็นพิเศษ
- 2) ชั้นคุณภาพ 2 ใช้สำหรับงานคอนกรีตทั่วไป มี 2 ชนิด คือ ชนิด ก ชนิด ข
- 3) ชั้นคุณภาพ 3 ใช้สำหรับกำลังอัดไม่สูงเช่น เขื่อน งานคอนกรีตหยาบ

## 2.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นสำหรับงานหนัก

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2544)

2.5.1 ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดรายละเอียด เกี่ยวกับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นสำหรับงานหนักที่มีความต้านแรงอัดของบล็อกแต่ละก้อนไม่น้อยกว่า 45 เมกะพาสคัล

2.5.2 บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมีดังต่อไปนี้

2.5.2.1 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นสำหรับงานหนัก ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “คอนกรีตบล็อก” หมายถึง ก้อนคอนกรีตตัน มีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอเว้นบริเวณที่มีการลบมุม สามารถนำมาปูเรียงประสานกันได้อย่างต่อเนื่อง มีสีตามธรรมชาติ หรืออาจมีผงสีเจือ

ปนอยู่ทั้งก้อนหรือเฉพาะที่ชั้นผิวหน้า และจะมีรูปร่างอย่างไรก็ได้ เหมาะสำหรับใช้ปูพื้นเพื่อรับงานหนัก เช่น ถนน ลานจอดเครื่องบิน ลานอเนกประสงค์ ลานกองเก็บวัสดุและลานที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรอบแบบพื้นที่ที่รับรอง และขอบกั้นด้านข้าง ให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งาน

2.5.2.2 ผิวหน้า หมายถึง ผิวบนสุดของชั้นผิวหน้าส่วนที่รับการเสียดสี

2.5.2.3 ชั้นผิวหน้า หมายถึง ชั้นความหนาชั้นบนสุดของคอนกรีตบล็อก

2.5.2.4 ความได้ฉาก (square ness) หมายถึง ความได้ฉากของด้านข้างขอบโดยรอบกับพื้นผิวล่างของคอนกรีตบล็อกและความขนานกันของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่าง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2544 : 1)

2.5.3 คอนกรีตบล็อกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.5.3.1 ชนิดมีสีตามธรรมชาติ

2.5.3.2 ชนิดมีผงสีเจือปน

2.5.4 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

2.5.4.1 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของคอนกรีตบล็อกเป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน มอก.

2.5.5 ส่วนประกอบและการทำ

2.5.5.1 การทำส่วนประกอบของปูนซีเมนต์ให้ใช้อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่เป็นไปตาม มอก.15 เล่ม 1
- 2) ปูนซีเมนต์ผสม ที่เป็นไปตาม มอก.80

2.5.5.2 มวลผสม ให้เป็นไปตาม มอก.566

2.5.5.3 ผงสี (ถ้ามี) ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผงสี (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ให้เป็นไปตาม BS 1014)

2.5.5.4 น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำสะอาด

2.5.5.5 ส่วนผสมอื่นๆ (ถ้ามี) ต้องไม่มีผลเสียต่อการใช้งานของคอนกรีตบล็อก

2.5.5.6 การใช้เครื่องอัดและเครื่องเขย่า เขย่าและอัดส่วนประกอบต่างๆ ให้เป็นบล็อก ถ้าผิวหน้าทำเป็นสีน้ำหนักรวมของผงสีที่ผสมต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่ใช้ ส่วนผสมของผิวหน้านั้น ในกระบวนการผลิตต้องทำให้ผิวหน้าติดตัวเป็นก้อนในเวลาที่ต้องเนื่องกัน และเมื่อนำคอนกรีตบล็อกออกจากแม่พิมพ์แล้วให้นำไปบ่มด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม

2.5.6 คุณลักษณะที่ต้องการทั่วไป

คอนกรีตบล็อกต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าวไม่บิ่น สีของผิวหน้าต้องสม่ำเสมอการทดสอบให้ทำการตรวจพินิจ

### 2.5.7 ความได้ฉาก

2.5.7.1 คอนกรีตบล็อกที่มีความหนา  $\geq 80$  มิลลิเมตรจะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากไม่เกิน 2 มิลลิเมตร

2.5.7.2 คอนกรีตบล็อกที่มีความหนาเกิน 80 มิลลิเมตรจะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

2.5.8 ความต้านอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 45 เมกะพาสคัล และผิวหน้า (ถ้ามี) ต้องไม่แยกจากชั้นพื้น

2.5.9 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก เฉลี่ยต้องไม่มีก้อนใด ก้อนหนึ่งมากกว่าร้อยละ 7

2.5.10 ทดสอบความทนการกัดกร่อนของผิวหน้า ASTM C 936 แล้วปริมาตรของชั้นทดสอบที่หายไปต้องไม่มากกว่า 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อพื้นที่ 50 ตารางเซนติเมตร และความหนาเฉลี่ยที่หายไปต้องไม่มากกว่า 3 มิลลิเมตร ค่าความทนการกัดกร่อนของผิวหน้าต้องไม่น้อยกว่า 1.2

### 2.5.11 เครื่องหมายและฉลาก

2.5.11.1 ในกรณีที่ไม่มีการ ผูก/มัด คอนกรีตบล็อกเข้าเป็นหน่วยเดียวกันที่คอนกรีตบล็อกทุกก้อน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน คำว่า "HD" และมีชื่อผู้ทำหรือ โรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

2.5.11.2 ในกรณีที่มีการ ผูก/มัด คอนกรีตบล็อกเข้าด้วยกันเป็นหน่วยเดียวกันและแต่ละหน่วยต้องขนย้ายได้ทั้งหน่วยโดยไม่แยกจากกัน ให้ทำเครื่องหมายและฉลาก

2.5.11.3 แถบวัสดุที่ใช้ผูก/มัดเข้าด้วยกัน อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน มีคำว่า "HD" ความกว้าง x ความยาว x ความหนา เป็นมิลลิเมตร x มิลลิเมตร x มิลลิเมตร บอกจำนวน บอกรหัสรุ่นที่ทำ บอกชื่อผู้ทำหรือ โรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

2.5.11.4 ที่คอนกรีตบล็อกที่อยู่ด้านข้าง ทุกด้านอย่างน้อย 1 ก้อน จะต้องมีเลข อักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน มีคำว่า "HD" ชื่อผู้ทำหรือ โรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนหมายถึง heavy duty ในกรณี ภาษาอังกฤษ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2544 : 4)

2.5.12 การทดสอบคอนกรีตบล็อกที่นำมาทดสอบ ต้องมีอายุ ไม่น้อยกว่า 14 วัน

#### 2.5.12.1 มิติความกว้างและความยาว

1) ใช้เครื่องมือวัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร วัดความกว้างและความยาวของคอนกรีตบล็อกตัวอย่างบริเวณที่กว้างและยาวที่สุด

2) ความหนาของคอนกรีตบล็อกใช้เครื่องมือวัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร วัดความหนาของคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง (รวมชั้นผิวหน้า) 4 แห่ง แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

3) ความหนาของชั้นผิวหน้า(ถ้ามี)หักคอนกรีตบล็อกตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความต้านแรงอัดแล้วออกเป็น 2 ชั้น แล้ววัดความหนาของชั้นผิวหน้าของชั้นตัวอย่างด้วยเครื่องวัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร โดยวัดอย่างน้อย 4 แห่ง

หมายเหตุ : ชั้นตัวอย่าง ที่นำมาวัดความหนาของชั้นผิวหน้า อย่างน้อยต้องมีพื้นที่ 1 ใน 4 ของชั้นตัวอย่างเต็มก้อน และตำแหน่งที่วัดแต่ละตำแหน่งควรเป็นบริเวณที่มีความหนาของชั้นผิวหน้าสม่ำเสมอ และไม่เป็นบริเวณที่มีการลอบม

2.5.12.2 การลอบมมใช้เครื่องมือวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร วัดการลอบมมทั้ง 2 ด้าน

2.5.12.3 ความได้จากด้านข้างโดยรอบกับพื้นผิวล่างของคอนกรีตบล็อก

- 1) พื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ
- 2) เครื่องวัดแบบสอด
- 3) เหล็กฉาก

2.5.12.4 วิธีวัดความเบี่ยงเบนของความได้จากของด้านข้างกับพื้นผิวล่างของคอนกรีตบล็อกทุกๆด้าน ด้านละ 1 แห่ง

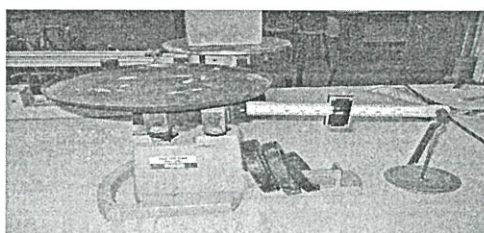
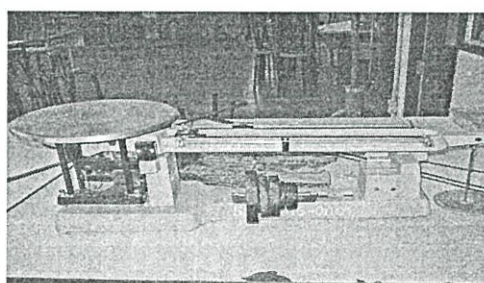
2.5.13 วัดความขนานของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่างของคอนกรีตบล็อก

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2544 : 5-6)

## 2.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบคอนกรีตบล็อกปูพื้น



(1)



(2), (3)

ภาพที่ 2.10 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบคอนกรีตบล็อกปูพื้น

(1) เครื่องทดสอบแรงกด (2),(3) เครื่องชั่งอย่างละเอียด

ที่มา : ถ่ายภาพเมื่อ ธันวาคม 2549

## 2.6.1 เครื่องมือวัดพื้นที่เรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ มีดังนี้

2.6.1.1 เครื่องวัดแบบมีหน้าปัดพร้อมขาตั้งวิธี วัดวางคอนกรีตบล็อกตัวอย่างด้านที่เรียบและสม่ำเสมอบนพื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ แล้วใช้เครื่องวัดแบบมีหน้าปัด วัดความเบี่ยงเบนของความขนานของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่าง วัดความต้านแรงอัด

2.6.1.2 เครื่องมือทดสอบแรงกดได้ไม่น้อยกว่า 1000 กิโลนิวตัน โดยสามารถวัดได้ละเอียด ไม่น้อยกว่า 10 กิโลนิวตัน และสามารถปรับความเร็วในการเพิ่มแรงกดได้

1) แผ่นกดแต่ละแผ่นต้องหนาไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร ทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งไม่น้อยกว่า 60 HRC สำหรับแผ่นกดแผ่นบนสามารถปรับหมุนได้ทุกทิศทาง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร

2) วัสดุช่วยกดแผ่นกดแผ่นบน ไม่ครอบคลุมพื้นที่ ของคอนกรีตบล็อกตัวอย่างได้ทั้งหมดให้ใช้วัสดุช่วยกดที่หนาไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตรและมีความแข็งไม่น้อยกว่า 60 HRC ช่วยกด

3) วัสดุรองกดเป็นกระดาดแข็ง และไม่อัดหรือไม่เนื้ออ่อน หรือแผ่นยางหรือแผ่นสั๊กพลาสติกหรือแผ่นยิปซัมหนา ไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตรและต้องมีพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่ของคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง

## 2.6.2 วิธีทดสอบแรงกดคอนกรีตปูพื้น มีดังนี้

2.6.2.1 การทดสอบให้คำนวณหาค่าแรงกดสูงสุด ที่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างรับได้มากกว่า 2,000 กิโลนิวตัน และเครื่องทดสอบแรงกดให้แรงกดได้มากกว่า 2,000 กิโลนิวตัน ใช้คอนกรีตบล็อกตัวอย่างมาทดสอบ แต่ถ้าเครื่องทดสอบแรงกด ไม่สามารถให้แรงกดได้มากกว่า 2,000 กิโลนิวตัน ให้ทำตัวอย่างเป็นชั้นทดสอบขนาดความกว้าง 15 เซนติเมตร x ความยาว 15 เซนติเมตร หากแรงกดสูงสุดที่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างรับได้ไม่เกิน 2,000 กิโลนิวตัน ให้ใช้คอนกรีตบล็อกตัวอย่างมาทดสอบ

2.6.2.2 วิธีทดสอบโดยจัดแนวศูนย์กลาง ของคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง (ในกรณีที่มีรูปร่างสมมาตร ศูนย์กลางของคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง คือจุดรวมมวล) หัวกด แผ่นกด และวัสดุช่วยกด (ถ้ามี) ให้อยู่ในแนวเดียวกัน กดคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง โดยเพิ่มแรงกดในอัตราที่สม่ำเสมอ จน ได้แรงกดประมาณครึ่งหนึ่งของแรงกดสูงสุดที่คาดว่าคอนกรีตบล็อก ตัวอย่างจะรับได้และเพิ่มแรงกด ในอัตราที่สม่ำเสมอจนถึงแรงกดสูงสุดที่คอนกรีตบล็อกตัวอย่าง ได้รับได้ภายในเวลา 1 ถึง 2 นาที บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างรับได้

2.6.2.3 วิธีคำนวณหาค่าความต้านแรงอัด ของคอนกรีตบล็อก เป็นเมกะพาสคัล

$$\text{จากสูตร} \quad P = \frac{F \times C}{A}$$

เมื่อ P คือ ความต้านแรงอัด เป็นเมกะพาสคัล  
 F คือ แรงกดสูงสุดที่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างรับได้ เป็นนิวตัน  
 C คือ ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัด ตามตารางที่ 2  
 A คือ พื้นที่ผิวหน้าที่ได้รับแรงกดของคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2543 : 6-7)

### 2.6.3 การดูดซึมน้ำ

2.6.3.1 มีวิธีทดสอบโดยการแช่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างที่มีอุณหภูมิ  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  (หรืออุณหภูมิน้ำในห้อง) โดยให้ผิวน้ำอยู่เหนือผิวบนของคอนกรีตบล็อกตัวอย่างไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตรและไม่เกิน 50 มิลลิเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง  $\pm \frac{1}{2}$  ชั่วโมง นำบล็อกตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ใช้ผ้าชื้นเช็ดน้ำที่ผิวภายนอกให้หมดโดยที่ภายในอิมน้ำ แล้วนำไปชั่ง ( $M_2$ )

2.6.3.2 การวางคอนกรีตตัวอย่างในตู้อบ โดยที่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างต้องห่างจากผิวที่ได้รับความร้อน หรือคอนกรีตบล็อกตัวอย่างอื่น อย่างน้อย 25 มิลลิเมตรรอบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ  $65^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่ง ( $M_1$ )

2.6.3.3 วิธีคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำเป็นร้อยละให้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่

1

$$\text{จากสูตร} \quad \text{การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100$$

เมื่อ  $M_2$  คือ มวลคอนกรีตบล็อก ตัวอย่างเมื่อ อิมน้ำ เป็นกรัม

$M_1$  คือ มวลคอนกรีตบล็อก ตัวอย่าง อบแห้ง เป็นกรัม

(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2543 : 8)

## 2.7 การใช้เถ้าลอยลิกไนต์เป็นสารประสานเพื่อผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นเชิงเศรษฐกิจ

2.7.1 หลักความสามารถในการใช้ประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

2.7.1.1 การนำเถ้าลอยลิกไนต์ที่เป็นวัสดุเหลือใช้ (waste) จากการผลิตไฟฟ้ามาผลิตเป็นซีเมนต์บล็อก เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเถ้าลอยลิกไนต์และสามารถสร้างรายได้ให้กับ กฟผ.อีกทางสอดคล้องกับนโยบายการเป็นหน่วยธุรกิจ

2.7.1.2 ช่วยลดภาระและงบประมาณค่าใช้จ่าย ในการจัดเก็บเถ้าลอยลิกไนต์ นอกจากนั้นการนำไปใช้ประโยชน์ ยังเป็นการช่วยลดปริมาณมลภาวะ และเป็นการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมไปในเวลาเดียวกัน

2.7.1.3 การผลิตซีเมนต์บล็อกโดยใช้วัสดุผสมในรูปแบบใหม่สามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้มากนับเป็นการพัฒนาต้นแบบอุตสาหกรรมการผลิตที่ประหยัดขึ้นในท้องถิ่น

2.7.1.4 เปิดโอกาสให้เกิดการจ้างงานในอุตสาหกรรมขนาดย่อมและมีการกระจายได้เพิ่มขึ้น

2.7.1.5 ผู้บริโภคมีโอกาสเลือกซื้อซีเมนต์บล็อกคุณภาพดีในราคาต่ำลง

2.7.2 งบประมาณในงานศึกษาศักยภาพการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์

2.7.2.1 ในงานศึกษาศักยภาพการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ได้จัดงบประมาณออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนงบประมาณลงทุนจำนวน 438,000 บาท ซึ่งใช้จ่ายเป็นเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลอง เช่นเครื่องอัดซีเมนต์บล็อก และเครื่องทดสอบกำลังอัดเบื้องต้นตัวอย่างคอนกรีต เป็นต้น อีกส่วนหนึ่งเป็นงบประมาณทำการจำนวน 471,700 บาท โดยแบ่งเป็นค่าที่ปรึกษา ค่าตรวจสอบวัสดุ ค่าแรงงาน ตลอดจนค่าวัสดุที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองซึ่งได้กระทำในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 ถึงปี พ.ศ. 2538 รวมเป็นเงินงบประมาณทั้งสิ้น 909,700 บาท ในช่วงเวลาดังกล่าวได้นำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตตาม สัดส่วนที่เหมาะสมซึ่งได้ จากการทดลองไปใช้งานในสถานที่ต่างๆ แล้วหลายแห่ง เช่นที่โรงเรียนและส่วนราชการในเขตอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่โครงการของสำนักงานวิจัยและพัฒนาของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนั้นยังได้นำไปใช้งาน ในบริเวณพื้นที่ต่างๆ ในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ และเหมืองแม่เมาะอีกด้วย

ต้นทุนการผลิตเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นในเชิงธุรกิจ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.2539:45)

2.7.2.2 การพิจารณาด้านทุนการผลิตซีเมนต์บล็อก จากเถ้าลอยลิกไนต์ จากการศึกษาวิจัยการผลิตซีเมนต์บล็อกจากเถ้าลอยลิกไนต์ตามโครงการนี้เป็นการทดลองผลิตขึ้น โดยใช้เครื่องจักรอุปกรณ์และวัตถุดิบต่างๆ โดยกำหนดให้เครื่องจักรอุปกรณ์มีอายุการใช้งาน 6 ปี วัตถุดิบประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ทรายหยาบ ทรายละเอียด หินเกล็ด หินฝุ่น และเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะในการผลิต

ซีเมนต์บล็อกลอกโดยใช้เถ้าลอยลิกไนต์เป็นส่วนผสมหลักในสารประสานได้ทดลองผลิตซีเมนต์บล็อกลอกปูพื้นต้นทุนการผลิตซีเมนต์บล็อกลอกปูพื้น ต้นทุนการผลิตซีเมนต์บล็อกลอกปูพื้นที่ใช้สารประสานหลักเป็นเถ้าลอยลิกไนต์ ประกอบด้วยค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ ค่าวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้า และค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนการผลิต และราคาจำหน่ายของซีเมนต์บล็อกลอกปูพื้นที่ได้ทดลองผลิตขึ้นมา 2 ชนิด คือ ชนิดธรรมดาไม่มีสี และชนิดที่ชั้นผิวบนมีสี ซึ่งได้คำนวณต้นทุนเฉลี่ยได้ก้อนละ 1.391 บาท และ 1.571 บาท ตามลำดับ จะเห็นว่าซีเมนต์บล็อกลอกชนิดที่ชั้นผิวบนมีสีต้นทุนสูงกว่าชนิดธรรมดา ก้อนละ 0.18 บาท

2.7.2.3 ต้นทุนการผลิตซีเมนต์บล็อกลอกปูพื้นจากโรงงานซึ่งใช้สารประสาน เป็นปูนซีเมนต์ร้อยละ 100 มีชนิดธรรมดาและชนิดที่ชั้นผิวบนมีสีเป็น ก้อนละ 1.961 บาท และ 2.141 บาท ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การผลิตซีเมนต์บล็อกลอกปูพื้น โดยใช้สารประสานเถ้าลอยลิกไนต์ ทั้งสองชนิดมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าซีเมนต์บล็อกลอกทั่วไปก้อนละ 0.57 บาท และ 0.67 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 40.98 และ 36.28 ตามลำดับ

2.7.2.4 ราคาจำหน่ายคอนกรีตบล็อกลอกปูพื้น ณ โรงงานผลิตชนิดธรรมดาและชนิดที่ชั้นผิวบนมีสีเป็นก้อนละ 3.50 บาทและ 4.25 บาท ทั้งนี้ผู้ผลิตจะมีกำไรก้อนละ 1.539 บาทและ 2.109 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 78.48 และ 98.50 ตามลำดับ กรณีเปรียบเทียบ โดยสมมติให้ราคาจำหน่ายจากโรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกลอกทั่วไป คือก้อนละ 3.50 บาทและ 4.25 บาทแล้ว จะทำให้มีกำไรก้อนละ 2.109 บาทและ 2.679 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 151.62 และ 170.53 ตามลำดับ

ดังนั้นถ้ากำหนดราคาจำหน่ายให้ต่ำกว่าราคาตลาดอีกร้อยละ 20-30 ก็ยังมีกำไรสูงมาก ซึ่งจะเป็นแรงจูงใจให้สามารถลงทุนผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ ยิ่งเมื่อผลิตปริมาณมากด้วยเครื่องจักรและการจัดการในระดับอุตสาหกรรมแล้ว ต้นทุนต่อหน่วยก็จะลดต่ำลงไปอีก ซึ่งจะเพิ่มความสามารถแข่งขันในตลาดผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกลอกที่มีแนวโน้ม ความต้องการเพิ่มขึ้นในอนาคตได้อีกมาก ในการผลิตเชิงพาณิชย์มีประเด็นสำคัญที่ต้องการพิจารณา คือ เรื่องการหาตลาดและสร้างค่านิยมให้ผู้ซื้อมีความเชื่อมั่นในคุณภาพของซีเมนต์บล็อกลอกจากเถ้าลอยลิกไนต์ว่า สามารถใช้ทดแทนคอนกรีตบล็อกลอกได้ โดยการโฆษณาประชาสัมพันธ์ให้แพร่หลาย นอกจากนั้นยังสามารถใช้กลยุทธ์การตลาด กำหนดราคาจำหน่ายให้ต่ำกว่าราคาตลาดของคอนกรีตบล็อกลอกทั่วไปได้อีกทางหนึ่ง (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539 : 47)

## 2.8 การออกแบบลวดลายเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกลอกปูพื้น

ปี ค.ศ. 1930 Davis และคณะได้ตีพิมพ์ผลงานเรื่องคุณสมบัติของปูนซีเมนต์และคอนกรีตผสมเถ้าลอยในปี ค.ศ. 1937 การใช้เถ้าลอยในการก่อสร้างที่สำคัญชิ้นแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา คือการก่อสร้างเขื่อน Hungry Horse ที่มณฑล Montana เมื่อปี ค.ศ. 1948 การวิจัยและการใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีตได้ขยายและเริ่มจริงจังมากขึ้นเมื่อน้ำมันแพงและต้องแก้ไขปัญหามลภาวะได้มีการรวบรวม

การค้นคว้าเกี่ยวกับเถ้าลอย โดยจัดทำเป็นเอกสาร สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (American Concrete Institute , ACI) ได้ปรับปรุงเอกสาร ACI 232.2R-96 , Use of Ash in Concrete แทน ACI 226.3R-87 นอกจากนี้สถาบันเทคโนโลยีแร่ธาตุและพลังงานแห่งประเทศไทย (Canada Centre for Mineral and Energy Technology , CANMET) ได้ปรับปรุงหนังสือชื่อ Fly Ash in Concrete ในปี ค.ศ.1994 แทนเล่มแรกที่ออกในปี ค.ศ. 1985 เช่นเดียวกัน RILEM ได้ออกหนังสือ Fly Ash in Concrete , Proportion and Performance ในปี ค.ศ. 1991 ซึ่งเอกสารทั้ง 3 เล่มได้รวบรวมเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเถ้าลอยกว่า 1,000 เรื่อง และคะเนว่า การใช้เถ้าลอยจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยในปี พ.ศ. 2553 จะมีเถ้าลอยถึงปีละ 800 ล้านตัน งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์เถ้าลอยลิกไนต์ไทย เริ่มขึ้นเมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว ผลงานวิจัยคอนกรีตผสมเถ้าลอยของไทยครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2523 และ 2526 ท่อมาการวิจัยด้านนี้ได้ขยายวงกว้างขึ้น และในปี พ.ศ. 2535 ได้มีการนำเถ้าลอยลิกไนต์แม่เมาะประมาณ 1 แสนตันมาผลิตแท่นฐานรากขนาด 30,000 ตร.เมตร เพื่อรองรับน้ำหนักของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดในสถานีไฟฟ้าแรงสูงแม่เมาะ แทนการใช้เสาเข็มเจาะรับน้ำหนัก และไม่พบการทรุดตัวถึงปัจจุบันจากการผลักดันการวิจัยโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ทำให้เริ่มมีการนำเถ้าลอยไปใช้งานการวิจัยภายในประเทศที่มากพอเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้เกิดการใช้เถ้าลอยอย่างจริงจังและเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติอย่างมาก ส่งผลให้ กลุ่มพัฒนาเถ้าลอยลิกไนต์ขึ้นใช้ประโยชน์ในประเทศไทย ได้รับรางวัลนักเทคโนโลยีดีเด่น ปี 2545 จากมูลนิธิส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในพระบรมราชูปถัมภ์ นอกจากนี้งานวิจัยด้านเถ้าลอยของไทย ยังสามารถลงตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ แสดงให้เห็นถึงความสามารถของนักวิจัยไทย สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (สวท.) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของเถ้าลอยจึงได้ตีพิมพ์หนังสือการใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีต พ.ศ. 2544 ทั้งนี้งานก่อสร้างสำคัญที่ใช้เถ้าลอยในประเทศไทย ได้แก่ การก่อสร้างเขื่อนท่าด่าน โดยใช้คอนกรีตบดอัด (roller compacted concrete) ผสมเถ้าลอยแม่เมาะซึ่งแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2546 งานสร้างสนามบินสุวรรณภูมิ เป็นต้น

2.8.1 คอนกรีตบล็อกมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมเป็นมุมเป็นฉากกันตลอด หน้าเรียบ ไม่แอ่นตามมาตรฐาน ASTM C 90 & C – 129 ส่วนผสมของคอนกรีตใช้ปอร์ตแลนด์ไม่น้อยกว่า 222 กก. ต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ส่วนคละของเม็ดกรวด หรือหินกับทราย จะต้องได้ส่วนสัมพัทธ์กัน ส่วนกำลังอัดประลัยของคอนกรีต ต้องไม่น้อยกว่า 140 กก.ต่อตารางซม. ขนาดและการดูน้ำจากความกว้างยาว ส่วนสูงของคอนกรีตบล็อกจะต้องมีส่วนผิดพลาดจากรายการที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3 มม. เพื่อป้องกันน้ำฝนเมื่อเกิดการขยายตัวกันแตก หรือเกิดรอยแตกร้าวขึ้นกับฝาผนังบล็อก จะต้องมีการเจาะรูระบายน้ำไม่เกิน 6 – 8 % ขนาดและรูปร่างของคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐานที่โรงงานผู้ผลิตจำหน่าย ทำตามขนาดปกติ เช่น 7 5/8 นิ้ว x 7 5/8 นิ้ว x 15 5/8 นิ้ว ซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าขนาด 8 นิ้ว x 8 นิ้ว x 16 นิ้ว คือรวมรอยต่อมอร์ต้าหนาไปด้วย

2.8.2 คอนกรีตบล็อกปูถนนซีแพค 6 ซม. เหมาะสำหรับงานปูทางเท้าและจอดรถในอาคาร คอนกรีตบล็อกปูถนนซีแพค 10 ซม. เหมาะสำหรับใช้งานที่ต้องรับน้ำหนักสูง เช่นลานจอดรถในโรงงาน พื้นโกดังสินค้า ถนนสาธารณะ ฯลฯ ขอบกันหินซีแพค สำหรับก่อกำของคันทางเดินหรือขอบของถนนที่ปูด้วยบล็อกชนิดนี้ ทำให้เกิดความสวยงามเรียบร้อย คอนกรีตบล็อกปูถนน รูปตัวไอ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการปูซ้อนเพื่อทำพื้นถนน นอกจากนี้จากคุณสมบัติที่มีความคงทนถาวรดี มีรูปร่าง เป็นเหลี่ยมเป็นมุมได้ฉากกันตลอดหน้าเรียบไม่แอ่น หรือบิดเนื่องมาจากกรรมวิธีการผลิต ก็ต้องทำโดยเครื่องจักรของต่างประเทศ ผลิตตามข้อกำหนดของ ASTM สำหรับในประเทศไทย ได้กำหนดคุณลักษณะที่ผลิตจากโรงงานตามมาตรฐาน และคอนกรีตบล็อกในท้องนี้แบ่งตามลักษณะการใช้งานคือ คอนกรีตบล็อกผนัง คอนกรีตบล็อกปูพื้น คอนกรีตบล็อกปูถนนมีรูปลักษณะสวยงามแปลกตา สามารถออกแบบสร้างสรรค์ให้ปูเป็น ลวดลายต่างๆ ได้นานาชนิด ไม่รู้จบ จึงนิยมให้อิสระ ในการสร้างถนนแก่นักออกแบบโดยทั่วไปจะมีการปูอยู่ 3 ลายคือ ลายอิฐ ลายปาร์เก้ ลายก้างปลา รูปคคกริช มีขนาดยาว 22.5 เซนติเมตร กว้าง 11.25 เซนติเมตร หนา 6 และ 10 เซนติเมตร ชนิดหนา 6 เซนติเมตรใช้สำหรับปูทางเท้า ที่จอดรถทำถนนในบ้าน ส่วนชนิดหนา 10 เซนติเมตร ใช้สำหรับพื้นที่ที่ต้องรับน้ำหนักสูง เช่น ถนนสาธารณะ ลานจอดรถ มีสีแดง เทา เหลือง ดำ พื้นที่ 1 ตารางเมตรใช้ 40 ก้อน

2.8.3 บล็อกปูถนนซีแพค รูปตัว I จะมีขนาดกว้าง 16.3 เซนติเมตร ยาว 19.8 เซนติเมตร หนา 6 เซนติเมตร หนัก 3.8 กิโลกรัม มีสีแดง เทา สีอิฐ พื้นที่ 1 ตารางเมตรใช้ 35 ก้อน

2.8.4 รูปรวงผึ้ง มีขนาดกว้าง 18.8 เซนติเมตร ยาว 23.4 เซนติเมตร หนา 6 เซนติเมตร หนัก 4 กิโลกรัม มีสีแดง เทา พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้ 33 ก้อน

2.8.5 ซ็อบล็อกปูถนนซีแพค ตามลายมีดังนี้คือ ลายรวงผึ้ง 1 ลายรวงผึ้ง 2 ลายจัตุรัส – อัญศิลา ลายจัตุรัส ลายกออิฐ ลายกออิฐ 4 แนว ลายก้างปลา 1 ลายก้างปลา 2 ลายก้างปลา ลายปาร์เก้ ลายตัว I

2.8.6 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลการออกแบบเอกลักษณ์ไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น จากการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นมารวมกัน เพื่อทำการออกแบบให้เกิดรูปแบบใหม่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความงามทางด้านศิลปะ การออกแบบคอนกรีตปูพื้นจากเอกลักษณ์ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

2.8.6.1 ประโยชน์ใช้สอย (function) เป็นการแสดงแนวความคิดจาก ทฤษฎี หรือแนวคิดกับประโยชน์ใช้สอยที่มีคุณค่าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดคือ ต้องออกแบบคอนกรีตปูพื้นจากเอกลักษณ์ ให้มีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เพื่อสนองความต้องการของผลิต ผู้จำหน่ายและผู้บริโภค ที่ต้องการความสวยงาม เพื่อการประดับตกแต่งต้องการความสะดวกรวดเร็วจากการปู เสร็จแล้วใช้งานได้ทันที คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ต่างๆ ที่ต้องการใช้งาน

ทั้งภายในและภายนอกอาคารเอนกประสงค์ ออกแบบให้สามารถลือคประสานกันได้ในตัว การปูสามารถทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่ทิ้งร่องรอยสกปรกเลอะเทอะ เช่น การเทคอนกรีต เสร็จแล้วที่มีลักษณะเป็นก้อนต่อเนื่องกัน คอนกรีตบล็อกปูพื้น จึงไม่แตกหักเป็นรอยร้าว เช่นพื้นคอนกรีตทั่วไป แต่ในกรณีที่ต้องเปลี่ยน หรือซ่อมสามารถเปลี่ยนได้เฉพาะก้อน ความแข็งแรงทนทาน (construction) หมายถึง ความแข็งแรงทนทานของคอนกรีตปูพื้น ควรมีโครงสร้างที่เกิดจากเก้าอี้เหล็กในค้ำผสมคอนกรีตในอัตราส่วนคอนกรีตบล็อกเพื่อการปูพื้นควรเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีน้ำหนักเบา มีขอบเรียบคม ทำให้การ ก่อประณีต สะดวกและรวดเร็วแข็งแรงทนทานถาวร มีคุณภาพทนไฟ อีกทั้งระบายความร้อนได้ ในประเทศที่พัฒนาแล้ว มีการใช้วัสดุก่อสร้างมากมาย เพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคให้ได้ใช้วัสดุที่มีคุณภาพ ทนทาน ปลอดภัย จึงมีหน่วยงานที่ควบคุม ทดสอบ กำหนดคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างที่มีบริษัทผู้ผลิตออกจำหน่ายขึ้น ประเทศไทยมีสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือชื่อย่อว่า สมอ.สังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม ทำหน้าที่ตรวจสอบ กำหนดคุณภาพและวิธีทดสอบผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีผู้ผลิตขึ้นจำหน่าย เช่น สินค้าที่ใช้อุปโภค บริโภค รวมถึงวัสดุก่อสร้างต่างๆด้วย บริษัทผู้ผลิตต่างๆ หากมีวัตถุประสงค์ที่จะได้เครื่องหมายรับรองคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้แล้ว สมอ.ก็จะออกเครื่องหมายรับรองคุณภาพให้ ในทางวัสดุก่อสร้างนั้น เนื่องจากคณะรัฐมนตรีได้มีมติว่า ในการก่อสร้างอาคารสถานที่ต่างๆของทางราชการ ถ้าวัสดุใดมีเครื่องหมายรับรองคุณภาพของ สมอ.แล้ว จะต้องใช้วัสดุนั้นเป็นอันดับแรก ถ้าไม่มีจึงจะใช้อย่างอื่นได้ ตัวอย่างเช่นในปัจจุบันคอนกรีตบล็อกใช้ปูถนน มีบริษัทที่ได้รับเครื่องหมายรับรองคุณภาพจาก สมอ.แล้ว เป็นที่รับรองของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยทั่วไป คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุก่อนที่ทำจากปูนซีเมนต์ผสมกับทราย หินเล็กๆ และน้ำ ผสมให้เข้ากันดีแล้วนำไปใส่เครื่องอัดในแบบเหล็กให้แน่น แล้วนำเอาออกจากแบบไปเรียงบ่มในที่ร่มประมาณ 7-14 วันจึงจะมีความแข็งตัวพอที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างได้ คอนกรีตบล็อกชนิดนี้มีทั้งแบบรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก ซึ่งมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดรายละเอียดของแต่ละชนิดไว้ดังนี้

มอก. 57-2516 หมายถึงคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

มอก. 58-2516 หมายถึงคอกยกรตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

มอก. 59-2516 หมายถึงอิฐคอนกรีต

มอก. 60-2516 หมายถึงคอนกรีตบล็อกเชิงตันรับน้ำหนัก

ถ้าลดยมีคุณสมบัติได้ตามข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับ โครงสร้างคอนกรีต (มาตรฐาน ว.ส.ท.1014-40[26])

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตผสมเถ้าลอยที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก15เล่ม 1 [27])

2.8.6.2 วัสดุในการผลิต(materials) นักออกแบบ ควรเลือกใช้วัสดุให้ถูกต้อง และเหมาะสมกับงานมากกว่า คอนกรีตปูพื้นใช้ยังสถานที่ใด เช่น คอนกรีตบล็อกปูพื้นถนนซีแพค 6 ซม. เหมาะสำหรับปูพื้นทางเดิน และจอดรถถนนทางเดิน ในบริเวณอาคาร คอนกรีตบล็อกปูถนนซีแพค 10 ซม. เหมาะสำหรับใช้งานที่ต้องรับน้ำหนักสูง เช่น ลานจอดรถในโรงงาน พื้นโกดังสินค้า ถนนสาธารณะ ฯลฯ คอนกรีตบล็อกที่ใช้ปูทางเท้า ทางเดินในสวน หรือปูพื้นที่กว้างๆ ภายนอกตามลักษณะการใช้งานมักมีลักษณะเกิดจากการหล่อให้เป็นแผ่นขนาดย่อม มีรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปห้าเหลี่ยม หกเหลี่ยม หรือรูปทรงกลม โดยใช้เทคนิคการต่อเรียงกันให้เกิดเป็นรูปต่างๆ และอาจใช้วัสดุอื่น ๆ รวมประกอบด้วยเช่น ใช้สีที่เป็นแบบด้านเรียงสลับกับสีแบบมันของคอนกรีต เพื่อให้เกิดสีที่แตกต่างกัน หรือใช้เทคนิคเป็นการเน้นเส้นให้ต่อเนื่องกัน

2.8.6.3 ความสวยงามน่าใช้ (aesthetics or sales appeal) มาจากการคิดสร้างสรรค์ของนักออกแบบ ที่จะเปลี่ยนจากการเป็นเพียงแนวความคิดให้กลายเป็นต้นแบบสำหรับการผลิตและจำหน่ายต่อไป เนื่องจากในปัจจุบันที่ปัญหาทางการออกแบบมีความซับซ้อนมากขึ้นจำเป็นต้องมีเทคนิคการสร้างผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการผลิตแบบเป็นระบบร่วมกับวิธีวิจัยโดยเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องวิทยาศาสตร์และศิลปะร่วมกันคือ ศิลปะประยุกต์ (applied arts) ศิลปะการตกแต่ง (decorative art) ศิลปะอุตสาหกรรม (industrial art) และงานออกแบบ (design) ซึ่งแต่ละชื่อของงานศิลปะต่างมีความหมายในขอบเขตเฉพาะที่แตกต่างกัน ศตวรรษที่ 20 (Department of Twentieth Century Art) สรุปคำว่า design จากผลงานศิลปะแบ่งออกเป็น 3 จำพวกคือ

1) decorative design หมายถึง ผลงานที่คิดค้นออกแบบโดยคนหนึ่งและผลิตขึ้นโดยอีกคนหนึ่งทั่วไปเป็นงานตกแต่งที่ผลิตเป็นจำนวนมาก จำกัดลักษณะหยาบทำด้วยมือ

2) industrial design หมายถึง ผลงานที่ออกแบบโดยคนหนึ่ง และผลิตเป็นปริมาณมาก โดยคนอีกกลุ่ม ทั้ง 2 จำพวกนี้จึงมีวิธีการทำงานคล้ายคลึงกันคือมีนักออกแบบคิดค้นและถ่ายทอดความคิดเป็นภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆ สำหรับการนำไปผลิต

3) craft หมายถึง ผลงานที่คิดและลงมือทำโดยคน ๆ เดียวกัน มักเป็นงานที่มีเพียงชิ้นเดียวที่แสดงความคิดและฝีมือของช่างที่ออกแบบ จากหลักการสร้างสรรค์ดังกล่าวข้างต้นความสวยงามน่าใช้ของเด้าลอยติกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นจึงควรเป็นดังนี้ คือต้องออกแบบให้คอนกรีตบล็อกปูพื้น เช่น ใช้ในการปูถนนมีรูปลักษณะสวยงามแปลกตาสามารถออกแบบสร้างสรรค์จากวัสดุที่ปิดทับด้วยเทคนิคเช่น ผิวหินล้าง กรวดล้าง หินขัด หรือใช้กระเบื้องชนิดต่างปิดทับหรือผสมกับผิวเดิม แม้แต่การใช้เทคนิคในการฉาบต่างๆเพื่อให้เกิดเป็น พื้นผิวเรียบหรือหยาบขรุขระ เช่นการใช้เทคนิคฉาบปูนถอนเกรียง ฉาบปูนสลัดเป็นคั้น ดังตัวอย่างที่สถาปนิก พอล รูคอล์ฟ (Paul Rudolph) นิยมการสร้างงานคอนกรีตเป็นแบบร่องลูกฟูก (corduroy-textured surface) ซึ่งเป็นการเทคอนกรีตลงในไม้แบบที่เป็นร่องลูกฟูกถี่ๆ ตามแนวตั้ง เมื่อถอดไม้แบบแล้ว ใช้สั๊กด้วยก้อนให้มีผิวขรุขระ ร่วมกันไปกับร่องลูกฟูก และเส้นตามแนวตั้งลักษณะผิวชนิดนี้ ได้กลายเป็นลักษณะเฉพาะตัวของการใช้ผิววัสดุ สำหรับงานคอนกรีตของพอล รูคอล์ฟ ที่มีชื่อเสียง สามารถสร้างเป็น

เทคนิคให้รูปเป็นลวดลายต่างๆ ได้หลากหลายจากเดิมให้แตกต่างจากการปูที่มีอยู่เดิม 3 ลาย คือ ลายก่ออิฐ ลายปาร์เก้ ลายก้างปลา มีรูปร่างที่หลากหลายสร้างเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นได้

4) ยึดหลักเกณฑ์การจัดองค์ประกอบในงานสถาปัตยกรรม โดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยเป็นหลักสำคัญ ประกอบด้วยการเลือกใช้วัสดุ ชนิดของผิว เส้นสาย ลวดลาย รูปแบบที่ใช้สวยงาม นำใช้ชวนให้ซื้อ นอกจากนี้ควรช่วยยกระดับเกี่ยวกับบรรณนิมในเรื่องราวรูปร่าง ขนาด สี สัน ซึ่งโดยทั่วไปนิยมสีอิฐ สีเทา และสีแดงจึงควรพัฒนาให้มีสีสันที่เป็นธรรมชาติของเผ่าลอยลิกไนต์เพิ่มเติม นอก และควรพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้น ให้มีเอกลักษณ์ท้องถิ่น จังหวัดลำปาง ให้ผู้ผลิตผู้จำหน่ายและผู้บริโภคได้มีแนวทางในการเลือกเพื่อนำไปประดับตกแต่งได้มากขึ้นยิ่งกว่าเดิมตลอดจนการเลือกใช้สีที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้นๆ มีความเหมาะสมกับพื้นผิว คอนกรีตบล็อกปูพื้น ที่มีความสวยงามอยู่ในตัวโดยไม่ต้องฉาบปูน วัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ การก่อ หรือการปูคอนกรีตบล็อกบนพื้น ทางทางเดินจึงทำได้หลายวิธีให้เป็นไป ตามวัตถุประสงค์ของผู้ก่อหรือการปูของผู้ออกแบบ ที่เหมาะสมมีความแข็งแรงทนทาน ควรคำนึงถึงการประหยัดวัสดุที่ใช้ในการผลิต นอกจากนี้ควรยึดหลักเกณฑ์ในการจัดองค์ประกอบ (composition)

2.8.6.4 ความสมดุล (balance) หมายถึง ความทัดเทียมกันลักษณะที่ถ่วงหรือคานกันพอดี การอยู่ได้ด้วยตนเองแบบมั่นคง การไม่เน้นหนักไปทางใดทางหนึ่งจนเกินไปซึ่งเป็นพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีในการจัดองค์ประกอบโดยทั่วไป หรือการใช้โครงสี (colour scheme) ที่เหมาะสมกับการออกแบบนั้นๆ

2.8.6.5 ความกลมกลืน (harmony) หมายถึงความสอดคล้องกันมีแนวทางในแนวทางเดียวกัน ในงานที่เกี่ยวข้องที่มีศิลปะ จะต้องมีการพิจารณาถึงการทำให้สอดคล้องต้องกันเข้ากันได้ดีขึ้นในงานนั้นๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานเบื้องต้นของการออกแบบ

2.8.6.6 ความเปรียบเทียบ (contrast) หมายถึง การจัดองค์ประกอบที่นำความแตกต่างมาเปรียบเทียบ หรือใช้ร่วมกันอย่างมีความเหมาะสมเช่น ใช้สีตรงข้ามมาอยู่ด้วยกัน แสดงถึงสีที่มีจุดเด่นเห็นชัดเจนขึ้น หรือการใช้พื้นผิวที่เรียบกับพื้นผิวที่แตกต่าง มาประกอบเรียงกันเพื่อให้เกิดจุดเด่นกับงานนั้นๆ

2.8.6.7 จังหวะลีลา (rhythm) หมายถึงองค์ประกอบการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของจังหวะลีลาเส้นและรูปร่างที่ซ้ำกัน (repetition of shape) จังหวะที่เกิดจากขนาดและระยะห่างที่ซ้ำกัน (repetition of sizes and dimensions) จังหวะของเส้นสายหรือรูปทรง ที่ไม่คงที่ (unequal rhythm) จังหวะที่เปลี่ยนขนาดตามแนวนอน (progressive horizontal rhythm) จังหวะที่เปลี่ยนตามแนวตั้ง (progressive vertical rhythm) จังหวะที่เปลี่ยนรัศมีความโค้ง (progressive change in the radius of curvature)

2.8.6.8 สัดส่วน (proportion) หมายถึง การเปรียบเทียบระหว่างส่วนประกอบแต่ละส่วนของวัตถุเดียวกัน หรือภายในรูปทรงเดียวกันว่าเหมาะสมหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุหรือรูปทรงทั้งหมดโดยคำนึงถึงความกลมกลืนเป็นสำคัญ เช่น จากรูปร่าง (shape) ของการออกแบบ

โดยอาศัยหลักทางเรขาคณิตการเลือกใช้โครงสร้าง และวัสดุก่อสร้าง (structure and material) ลักษณะของการใช้สอย

2.8.6.9 มาตรฐานหรือขนาดส่วน (scale) หมายถึง การเปรียบเทียบระหว่าง ส่วนประกอบของวัตถุหรือรูปทรงนั้นทั้งหมดโดยส่วนรวม หรืองานประเภทที่เกี่ยวข้องมนุษย์และการใช้สอยเป็นสำคัญ

2.8.6.10 เอกภาพ (unity) หมายถึงความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ควรมีจุดมุ่งหมายร่วมกัน ไม่แตกแยกกัน ทำให้เกิดผลงานที่เกี่ยวข้องกับศิลปะมีความสมบูรณ์ มีความสอดคล้อง สัมพันธ์กันจึงเกิดจุดเด่นและมีส่วนประกอบช่วยส่งเสริมให้เป็นผลงานที่มีคุณค่า (มุสตี ทิพทัส. 2530 : 68-69)

2.8.6.11 เพื่อพัฒนารูปแบบของเก้าอี้ลวดลายในค้เป็นคอนกรีตปูพื้น ประกอบด้วยรูปแบบจากรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมแนวตั้ง สี่เหลี่ยมแนวนอน และรูปทรงอิสระแบบต่างๆ ที่มีความสวยงาม อ้อยทิพย์ พลศรี (2542 : 25-52) กล่าวว่า การออกแบบลวดลายสามารถนำองค์ประกอบ มาสร้างสรรค์ให้เกิดผลงานได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ โดยมีต้นกำเนิดมาจากแหล่งต่างๆ หลายลักษณะ แต่ลักษณะรูปแบบที่ปรากฏในตัวผลงาน จะมีความแตกต่างกัน จัดได้เป็น 3 ประการคือ ลายธรรมชาติ ลายเรขาคณิต ลายอิสระ เป็นต้น

2.8.6.12 การออกแบบลวดลายจะต้อง อาศัยองค์ประกอบหลายประการ ที่ทำให้นักออกแบบสามารถสร้างสรรค์งานขึ้นได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งมีต้นกำเนิดจากสิ่งต่างๆ ดังนี้ ธรรมชาติกับลวดลาย รูปทรงเรขาคณิตกับลวดลาย รูปทรงอิสระกับลวดลาย แต่ละรูปแบบที่ปรากฏ จะมีความเกี่ยวเนื่องของรูปทรงที่เกิดจากจุด (point) , เส้น line), รูปร่าง (shape), ลักษณะผิว (texture), สี (color) , วัสดุ (material)

2.8.6.13 ลักษณะของลวดลายในชีวิตประจำวัน ของเราได้พบเห็นลักษณะของลวดลายมากมายลวดลายบางอย่างมีลักษณะ เรียบง่ายบางอย่างมีลักษณะสลับซับซ้อนซึ่งงดงามที่ปรากฏก็ จะทำให้ความรู้สึกแตกต่างกันออกไป ดังนั้นเรื่องของลักษณะของลวดลาย จึงสามารถจัดแบ่งได้ เป็นหลายประเภทด้วยกัน แบ่งลักษณะตามรูปแบบที่ปรากฏในตัวผลงาน เป็นการแบ่งลักษณะของ ลวดลายโดยพิจารณาจากรูปแบบที่แตกต่างกัน จัดเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) ลวดลายธรรมชาติ คือ ลวดลายที่สร้างขึ้นโดยอาศัยรูปแบบธรรมชาติเป็น สื่อหรือแรงบันดาลใจในการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งอาจจะเหมือนจริงหรือตัดต่อบางส่วน แต่ยังคง ลักษณะของธรรมชาติอยู่

2) ลวดลายเรขาคณิต คือ ลวดลายที่ยึดรูปแบบขงรูปทรงเรขาคณิตเป็นหลักในการออกแบบ ซึ่งสร้างสรรค์ได้ทั้งผลงาน 2 มิติ และ 3 มิติ

3) ลวดลายอิสระคือ ลวดลายที่เป็นไปตามแนวคิดของผู้ออกแบบ อย่างอิสระ ไม่ยึดติดอยู่กับรูปทรงของธรรมชาติ หรือเรขาคณิตมักเน้นลายเส้นที่ลื่นไหลไปตามจินตนาการ

2.8.7 หลักในการออกแบบจะเป็นการพัฒนาที่ถูกต้องและควรดัดแปลงโดยถือหลักดังนี้

2.8.7.1 ต้นกำเนิดหรือรากฐาน (origin) ได้แก่ การศึกษาให้เข้าใจ ความเป็นมาของบรรดาสิ่งของดั้งเดิมที่มีอยู่ในอดีต เพื่อศึกษาให้ชัดซึ่งถึงรูปร่างลักษณะว่าเป็นอย่างไร เพราะสิ่งของที่ปรากฏอยู่ทุกวันนี้ย่อมต้องมีการกำเนิดหรือรากฐานทั้งสิ้นในประเทศที่มีการจัดรวบรวมของเก่า เพื่อไว้ศึกษาก็จะทำให้เป็นการง่ายที่จะศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับต้นกำเนิดทำให้ทราบถึงสาเหตุที่กำเนิดขึ้น และกำเนิดขึ้นตอบสนองต่อสิ่งใดเพื่อจะได้เข้าใจและสามารถคลี่คลายจากสิ่งของดั้งเดิมได้อย่างถูกต้อง

2.8.7.2 การวิวัฒนาการ (evolution) ได้แก่ การคลี่คลายแบบอย่างที่เกิดขึ้นเป็นการศึกษาความเป็นมาและความเปลี่ยนแปลงมาตามลำดับ ว่าได้มีการวิวัฒนาการมาอย่างไรบ้าง และการวิวัฒนาการนี้จะต้องเป็นไปตามรายงาน โดยอาจมีการจัดทำเป็นลำดับขั้นของการวิวัฒนาการ เพื่อง่ายต่อการศึกษา

2.8.7.3 การพัฒนาการ (development) ได้แก่ แบบอย่างที่เจริญขึ้นตามสายงานนั้น จะมีการดัดแปลงแก้ไขปรับปรุงกันเรื่อยมา เพราะแบบอย่างที่ใช้ได้ดีในสมัยหนึ่งนั้น อาจไม่เหมาะสมอีกสมัยหนึ่งหรือใช้กันไม่ได้ ถ้าหากไม่มีการพัฒนาให้ทัดเทียมกันกับสภาพความเจริญในวิชาการ สังคม เศรษฐกิจ ดังนั้น เรื่องการพัฒนาจึงเป็นความต้องการแบบอย่างที่ดีและเหมาะสมนั่นเอง

2.8.7.4 การต่อเนื่อง (transition) ได้แก่ การศึกษาค้นคว้า การต่อเนื่องของแบบอย่างในระหว่างสมัยหนึ่งกับอีกสมัยหนึ่งนั้น ผลของการเปลี่ยนแปลงสืบเนื่องจากอะไร เช่น การเปลี่ยนแปลงในสมัยก่อนประวัติศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้ก็สืบเนื่องจากสภาพโดยทั่วไปในสมัยก่อนประวัติศาสตร์นั้นมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่เมื่อถึงสมัยประวัติศาสตร์มีการแยกออกเป็นเผ่า เป็นชาติ รูปแบบต่างๆจึงเกิดมากขึ้นเป็นลักษณะประจำชาติ ลักษณะประจำเผ่า

2.8.7.5 อิทธิพล (influence) หมายถึง การศึกษาให้ลึกซึ่งถึงสิ่งที่ก่อให้เกิดผลต่อบรรดาความเปลี่ยนแปลงของแบบอย่าง กล่าวคือของดั้งเดิมที่ชนเผ่าอื่นสร้างสรรค์ไว้บ้างของประเทศข้างเคียงสร้างสรรค์ไว้บ้าง หรือจากผลของสังคม ศาสนา สิ่งเหล่านี้เป็นอิทธิพลที่ได้รับมาและทำให้แบบอย่างเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงทางอิทธิพลอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) อิทธิพลที่มองไม่เห็น (invisible influence) เป็นอิทธิพลที่ได้รับแล้วมีการศึกษาค้นคว้า ดัดแปลงแก้ไขเป็นอย่างดีให้เหมาะสม ทั้งนี้เพราะผู้ออกแบบมีความซาบซึ้ง แล้วนำมาดัดแปลงโดยมิได้เจตนาลอกแบบ

2) อิทธิพลที่มองเห็น (visible influence) เป็นอิทธิพลที่รับเอามาโดยตรงไม่มีการดัดแปลง หรือมีเจตนาที่จะนำมาโดยการลอกแบบและการนำมาโดยมิได้ไตร่ตรองถึงผลเสียหาย ซึ่งนับว่าเป็นการขาดบุคลิกลักษณะ

2.8.7.6 การประยุกต์ (apply) หมายถึง ขั้นการใช้งานด้วยการศึกษาหลักการต่างๆจากแนวความคิดของตนเอง เพื่อให้งานหรือแบบอย่างที่เหมาะสมกับยุคสมัยนั้นเกิดประโยชน์และเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

### 2.8.7.7 แนวคิดในการออกแบบ

เศรษฐกิจนับเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาประเทศ ดังนั้น ทุกประเทศจึงให้ความสนใจในการส่งเสริมด้านอุตสาหกรรม เพื่อการผลิตสินค้าออกจำหน่ายเงินตราเข้าประเทศให้มากที่สุด ทำให้เกิดการแข่งขันกันในการค้า การตลาดการค้า สิ่งที่ทำให้สินค้าได้รับความสนใจและอยู่ในความนิยมของตลาดประการหนึ่ง คือการออกแบบการออกแบบจึงจะต้องได้มาจากความคิด เนื่องจากความคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ นักออกแบบเป็นผู้ที่จะสร้างผลงานออกมาจะต้องมีการแข่งขันกันระหว่างนักออกแบบด้วยกัน คือทำอะไร ผลงานของตนจะมีความแปลกและใหม่ เป็นที่สนใจของผู้บริโภค ทำอย่างไร ผลงานจึงจะเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย และทำอะไรผลงานจึงจะมีรูปแบบอยู่ในความนิยมได้นานๆ ข้อคิดในการออกแบบต่อไปนี้ นักออกแบบควรจะให้ความสนใจ และถือเป็นหลักปฏิบัติ เพื่อที่จะทำให้งานเกิดผลสำเร็จได้ตามที่ต้องการคือ

- 1) แบบแผนหรือรูปแบบต่างๆ ในอดีตเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ที่จะกระตุ้นและท้าทายความคิดสร้างสรรค์ของนักออกแบบแต่มิใช่เป็นกฎเกณฑ์ที่ตายตัว
- 2) ไม่มีขอบเขตแน่นอนว่าการออกแบบเพื่อผลิตด้วยเครื่องจักรกลจะดีหรือเร็วกว่าการออกแบบ เพื่อผลิตด้วยเครื่องมือ トラบใดที่เครื่องจักรกลยังมีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ในปัจจุบัน トラบนั้นนักออกแบบจักต้องพยายามบังคับเครื่องจักรเวลาให้รู้สึกว่าเป็นเพียงเครื่องมือธรรมดาให้ได้
- 3) ธรรมชาติและความสัมพันธ์ของวัสดุนั้นมีความสำคัญและมีคุณค่ายิ่ง การสร้างสรรค์ความงดงามขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของการทำงานของเครื่องจักรและจะต้องเป็นภายใต้เงื่อนไขของการออกแบบ
- 4) การออกแบบขึ้นอยู่กับแสดงออกอิสระเสรี ด้วยการพิจารณา การสังเกตของผู้ออกแบบต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และสามารถปรุงแต่งให้เกิดความกลมกลืนขึ้นระหว่างการแสดงออกกับการสังเกตนั้น
- 5) การออกแบบ จะต้องมาจากแนวคิด อันเป็นบุคลิกลักษณะ โดยเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งเกี่ยวกับรสนิยม และคุณค่าทางด้านสุนทรียภาพ ของนักออกแบบผู้นั้นแสดงออกมา
- 6) การออกแบบไม่ขึ้นอยู่กับความคิดที่ฝังแน่นตายตัว ตรงข้ามจะต้องเปลี่ยนแปลงขยายขอบข่ายการตอบสนองให้กว้างขวางขึ้น ตามความเปลี่ยนแปลงและการขยายตัวของสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรม

### 2.8.7.8 หลักการออกแบบ (principle of design)

ความมุ่งหมายของการออกแบบ โดยทั่วไปก็เพื่อการที่จะทำให้เกิดสิ่งที่ดีกว่าในด้านของประโยชน์ใช้สอย และมีความสวยงาม โดยพิจารณาจากความมุ่งหมายของแต่ละสาขาช่าง เช่น การออกแบบตกแต่งก็เกี่ยวกับการใช้พื้นที่ที่ประหยัดที่สุดสะดวกที่สุดการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับวัสดุ กรรมวิธีผลิตและการตลาด การออกแบบก่อสร้างเกี่ยวกับ โครงสร้าง ความแข็งแรง รากฐาน ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องมีประสบการณ์ และผ่านการปฏิบัติงานมาอย่างดีพอ นอกจากนี้แล้ว

ผู้ออกแบบจะต้องมีหลักการออกแบบเป็นพื้นฐาน สำหรับนำไปเป็นเครื่องช่วยคิดในการออกแบบงานช่างต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย

1) ความเป็นหน่วย (unity) ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงงานทั้งหมดให้อยู่ในหน่วยงานเดียวกัน เป็นกลุ่มเป็นก้อน หรือมีความสัมพันธ์กันทั้งหมดของงานนั้นๆ

2) ความสมดุล (balance) เป็นหลักทั่วไปของงานศิลปะที่จะต้องการความสมดุลของงานนั้นๆ ความรู้สึกทางสมดุลนี้เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นในส่วนของความคิดในเรื่องของความงามในสิ่งนั้นๆ มีหลักความสมดุลอยู่ 3 ประการ คือ

(1) ความสมดุลในลักษณะเท่ากัน คือ มีลักษณะเป็นซ้าย ขวา ล่างบน เท่ากัน ความสมดุลในลักษณะนี้ดูและเข้าใจได้ง่าย

(2) ความสมดุลในลักษณะไม่เท่ากัน (asymmetry balancing) คือ มีลักษณะสมดุลกันในตัวเองไม่จำเป็นจะต้องเท่ากัน แต่ดูในด้านความรู้สึกแล้วเกิดความสมดุล การสมดุลแบบนี้ผู้ออกแบบจะต้องมีการประลองทดสอบดูให้แน่ใจในความรู้สึกของผู้พบเห็นด้วย เพราะมีสิ่งที่ทำให้เกิดความสมดุลที่เกิดในลักษณะแตกต่างกันได้ เช่น ความรู้สึกความสมดุลด้วยพื้นผิวที่ต่างกัน ด้วยน้ำหนัก ด้วยแสงเงา ด้วยสี เป็นต้น

(3) ความศูนย์ถ่วง (gravity balance) การออกแบบใดๆที่เกี่ยวกับวัตถุสิ่งของและจะต้องใช้งานด้านการทรงตัว ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงจุดศูนย์ถ่วง ได้แก่ การไม่โยกเอียง หรือให้ความรู้สึกที่ไม่มั่นคงแข็งแรง เช่น การออกแบบสิ่งก่อสร้างออกแบบเครื่องเขียน

3) ความสัมพันธ์ทางศิลปะ (relativity of art) ในเรื่องของศิลปะนั้น เป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณากันหลายขั้นตอน เพราะเป็นเรื่องของความรู้สึกที่สัมพันธ์กัน และการนำไปใช้งานออกแบบก็จะต้องพิจารณาเฉพาะสิ่งที่มีความจำเป็น อันได้แก่

4) การเน้นหรือจุดสนใจ (emphasis or center of interest) งานด้านศิลปะนั้น ผู้ออกแบบจะต้องมีจุดเน้นให้เกิดสิ่งที่ประทับใจแก่ผู้พบเห็น โดยมีต้องมีการบอกกล่าว เพราะเป็นความรู้สึกที่รวมที่เกิดขึ้นเองจากตัวศิลปกรรมนั้นๆ ความรู้สึกนี้ผู้ออกแบบจะต้องพยายามเน้นให้เกิดขึ้น

5) จุดสำคัญรอง (subordinate) เป็นจุดหรือบริเวณที่คล้ายๆกับจุดเน้นนั่นเอง แต่มีความสำคัญรองลงไปตามลำดับ ซึ่งอาจจะเป็นส่วนสำคัญรองที่ 1 ที่ 2 ก็ได้ ส่วนนี้จะช่วยให้เกิดความลดหล่นทางผลงาน

6) จังหวะ (rhythm) เป็นความรู้สึกที่ให้ความเคลื่อนไหว โดยทั่วไปสิ่งที่สัมพันธ์กันของสิ่งต่างๆย่อมมีจังหวะระยะ หรือความถี่ห่างในตัวที่ดี หรือสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์อยู่ก็จะเป็นเส้น รูปทรง สี เช่น การทำขนาดให้เล็กลง หรือเพิ่มขนาดให้ใหญ่เป็นไปโดยสม่ำเสมอ เป็นต้น

7) ความแตกต่างกัน (contrast) เป็นความรู้สึกที่ต้องการให้เกิดความรู้สึกขัดกันเพื่อแก้ไขซ้ำซาก จำเจจนเกินไป เช่น การใช้สีที่ตัดกันหรือการใช้รูปแบบที่ต่างยุคสมัยร่วมกันบ้าง เป็นต้น

8) ความกลมกลืน (harmony) เป็นความรู้สึกของความกลมกลืนในการพิจารณาส่วนรวมทั้งหมด แม้จะมีบางสิ่งบางอย่างที่แตกต่างกัน การใช้สีติดกันหรือการใช้พื้นผิวแตกต่างหรือเส้นที่ขัดกัน ความรู้ส่วนย่อยนี้ไม่ทำให้ส่วนรวมเสีย และเป็นส่วนที่ทำให้เกิดความกลมกลืนในส่วนรวม เพราะมีสิ่งที่ขัดกัน แตกต่างกันรวมๆ อยู่นั่นเอง

#### 2.8.7.9 ส่วนประกอบมูลฐานในการออกแบบ (elementary of design)

หลักของการออกแบบที่ได้กล่าวแล้วเป็นความคิดหรือมโนภาพ การที่จะแสดงความคิดต่างๆ เหล่านั้นได้ จำเป็นจะต้องอาศัยส่วนประกอบมูลฐานต่างๆ ต่อไปนี้คือ เส้น (line), รูปทรง (form), น้ำหนัก (tone), รูปแท่ง (mass), ช่องว่าง (space), พื้นผิว (texture), สี (color), พื้นที่ (area) ซึ่งผู้ออกแบบจำเป็นต้องศึกษา และเข้าใจการจัดส่วนประกอบมูลฐานต่างๆ เหล่านี้เป็นอย่างดี จึงจะสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องช่วยส่งเสริมในการออกแบบได้ดีต่อไป

2.8.7.9 การจัดเส้น (arrangement of line) เส้นเกิดจากจุดจำนวนมากๆ ที่เรียงติดต่อกัน เส้นนับเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของงานศิลปะและการออกแบบเพราะงานศิลปะทั้งหลายจะต้องเริ่มต้นจากเส้น ในวิชาการวาดเส้นหรือวิชาวาดเขียน (drawing) งานจิตรกรรมไทย ความสำคัญประการหนึ่งคือเน้นเรื่องของเส้น เส้นสามารถให้ความรู้ได้แตกต่างกันตามรูปร่างลักษณะของเส้นในงานเขียนแบบมีการกำหนดขนาดรูปแบบของเส้นเป็นลักษณะต่างๆ มีชื่อเรียกกำหนดให้มีหน้าที่และให้ความหมายไว้เป็นสากลสามารถอ่านเข้าใจตรงกันได้ เส้นพื้นฐานประกอบด้วย เส้นตั้งตรง เส้นตรงนอน เส้นโค้ง-คด เส้นซิกแซกหรือฟันปลา

ความรู้สึกที่ได้รับจากการใช้เส้นพื้นฐานต่างๆ ในการนำไปใช้ในการออกแบบ คือ

- 1) เส้นตรงที่ลากนอนราบจะให้ความรู้สึก ทางความกว้าง การแผ่ขยาย ความสงบเยือก
- 2) เส้นที่ลากซิกแซก เป็นเส้นหักเหไปมา จะให้ความรู้สึกของความรุนแรง

ความรวดเร็ว

- 3) เส้นที่ลากให้โค้งคดกันอย่างสม่ำเสมอ จะให้ความรู้สึกอ่อนนุ่ม การเคลื่อนไหว
- 4) เส้นที่ลากตรงตั้งฉากกับพื้นราบ จะให้ความรู้สึกมั่นคง แข็งแรงและให้ความรู้สึกแคบ
- 5) เส้นตรงเอียง หรือเฉียง จะให้ความรู้สึกและความหมายของการแสดงทิศทางนำ

ทาง เป็นต้น

2.8.7.10 ความหมายและความรู้สึกของเส้นต่างๆ นั้น จะเกิดเป็นสื่อความหมายได้ตรงและถูกต้องตามความหมาย ในการนำไปใช้จะต้องคำนึงถึง ลักษณะของโอกาสเรื่องราวประเภทของงานที่จะนำเส้นไปใช้ด้วย ความหมายของเส้นในการเขียนแบบ เส้นที่ลากหนักโดยสม่ำเสมอตลอดเป็นเส้นที่ทำหน้าที่เป็นเส้นของวัตถุใช้แสดงขอบเขตของรูปทรงวัตถุต่างๆ เรียกว่า เส้นเต็ม เส้นหนัก เส้นวัตถุ (full line) เส้นที่ลากที่เป็นเส้นเบาบางโดยสม่ำเสมอ จะมีหน้าที่เป็นเส้นร่าง ใช้ลากเพื่อการหาโครงสร้างของงานเขียนแบบ เรียกว่า เส้นนำ เส้นร่าง (extension Line) เป็นต้น การจัดเส้นโดยการนำเอาเส้นชนิดใดชนิดหนึ่งมาจัดหรือหลายๆ ชนิดมาจัดรวมกัน โดยอาศัยหลัก

ความสัมพันธ์ทางศิลปะ เป็นแนวทางในการจัด เช่น การเน้นจุดสนใจ จังหวะ ความกลมกลืน หรือความแตกต่างกันตามที่ต้องการจะให้ความรู้สึกเหล่านั้นเกิดขึ้น

2.8.7.11 การจัดรูปทรง (arrangement of form) รูปทรงคือ เส้นตรงที่ลากมาบรรจบกัน หรือนำเส้นต่างๆมาประกอบกันทำให้เกิดเป็น 2 มิติ คือมีความกว้าง ความยาว รูปทรงเป็นส่วนประกอบในการออกแบบที่สามารถพบเห็นอย่างมากมายในชีวิตประจำวัน อาจกล่าวได้กล่าวได้ว่า การออกแบบแขนงใดๆ ก็ตามย่อมประกอบด้วยรูปทรง ในการออกแบบต่างๆ ไปแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

- 1) รูปทรงมูลฐาน (basic form)
- 2) รูปทรงเหมือนจริง (realistic form)
- 3) รูปทรงตัดทอน คัดแปลง (abstract)

รูปทรงมูลฐาน อันได้แก่ รูปทรงที่มาจากวิชาเรขาคณิต ได้แก่ รูปวงกลม สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม และเมื่อนำเอารูปทรงมูลฐานต่างๆ เหล่านี้มาประกอบกันเข้าโดยการวางเรียงกันข้าง วางทับซ้อนกันบ้าง ก็จะทำให้เกิดรูปทรงอื่นๆ อีกมากมายหลายแบบ สามารถนำไปใช้ในการออกแบบได้หลายแขนง รูปทรงเหมือนจริง ได้แก่ รูปที่แสดงให้เห็นในลักษณะที่ถูกต้องตามความเป็นจริง ด้วยการถ่ายทอดเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่าย ซึ่งเป็นรูปทรงที่ปรากฏอยู่ตามธรรมชาติหรือรูปทรงที่เป็นที่ยอมรับและเข้าใจกันมาเป็นเวลายาวนาน เช่น หน้าปัดนาฬิกา คือ รูปวงกลม โตะ ที่รูปสี่เหลี่ยม เป็นต้น

รูปทรงตัดทอน คัดแปลง ได้แก่ รูปทรงที่ตัดแปลงจากธรรมชาติ หรือรูปทรงที่คุ้นเคย ให้เกิดรูปทรงที่แปลกใหม่ขึ้น วิธีการตัดทอนคัดแปลงสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการตัดทอนคัดแปลงโดยการทำให้เหลือกว่าความจริง ตกแต่งให้เกินจากความเป็นจริง หรือคัดแปลงให้ดูมีระเบียบกว่าที่เป็นจริง (exaggerate) การตัดทอนคัดแปลงมิให้มีรูปทรงเดิม (true abstract) เป็นการนำรูปทรงมูลฐาน รูปทรงเหมือนจริงมาคัดแปลงมิให้เป็นรูปเดิม เช่น รูปกลมก็ทำให้ไม่กลม แต่กลับให้เบี้ยวจนไม่สามารถเห็นรูปทรงเดิมอยู่เลย เป็นต้น

#### 2.8.7.12 การจัดมวล (arrangement of mass)

มวลหมายถึง รูปทรงที่เป็นแท่งต่างๆที่เป็น 3 มิติ กินเนื้อที่มีในอากาศ เช่น รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ แท่งสามเหลี่ยมพีระมิด รูปทรงกลม หรือรูปทรงกระบอก เป็นต้น การจัดมวลที่เกี่ยวกับการออกแบบเครื่องแต่งกาย จะต้องคำนึงถึงคนที่สวมเสื้อผ้านั้น มีรูปทรง อ้วนใหญ่ สูงผอม อย่างไร เพื่อจะได้ออกแบบให้เหมาะสม โดยอาจใช้เส้นต่างๆเข้าประกอบรูปทรงแท่งนั้น ให้มีความเหมาะสม เช่น คนที่มี mass สี่เหลี่ยมยาวก็อาจใช้เส้นขวาง หรือเส้นระดับเข้าช่วย

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จะต้องมีการออกแบบให้แน่นอนบนแผ่นกระดาษเสียก่อน แล้วจะต้องมีการสร้างหุ่นจำลองออกมาเป็นแบบโดยกำหนด mass ให้เหมือนของจริงที่จะผลิต เป็นต้น

2.8.7.13 การจัดนำหน้า (arrangement of tone) นำหน้าหมายถึง สภาพที่แสงสว่างส่องผ่านไปกระทบวัตถุทำให้สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ อันเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่ทำให้เกิดความอ่อนแก่ เป็นความเข้มของเงา ซึ่งย่อมเกิดความรู้สึก เกิดความแตกต่างในการออกแบบ เช่น ทำให้เกิดมิติใกล้ไกล ลึกตื้น หนักเบา

เรื่องของนำหน้า แสงสว่างและเงามืด แบ่งออกได้เป็นส่วนใหญ่ได้ 3 ระยะคือ ระยะอ่อน ระยะกลาง และระยะแก่ และแสงเงา ทั้ง 3 ระยะนี้ยังสามารถแบ่งละเอียดออกได้ถึง 9 ระยะ โดยแบ่งความอ่อนแก่ของแต่ละระยะออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะอ่อนก็จะแบ่งเป็นสว่างสุด ปานกลาง และสว่างน้อย ระยะกลางก็มีอีก 3 ระยะ และระยะแก่ก็มี 3 ระยะ และเมื่อแบ่งนำหน้าให้เกิดความกลมกลืนกันมากขึ้น ก็สามารถแบ่งนำหน้าของแสงเงาได้ตามที่ต้องการ

2.8.7.14 การจัดผิว (arrangement of texture) ผิวเป็นส่วนประกอบในการออกแบบที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือผิวช่วยเน้นให้เกิดความแตกต่าง ช่วยให้เกิดความสนใจ สร้างความตื่นตัวแก่ผู้พบเห็น ผิวเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกแก่ผู้พบเห็นได้เป็น 2 ทาง คือ

1) ความรู้สึกทางกาย หมายถึง การออกแบบที่ใช้ผิวช่วยในการตกแต่ง และมีหน้าที่ในด้านการสัมผัส เช่น ผิวบริเวณส่วนที่เป็นด้ามต้องจับถือ ก็จะใช้ผิวหยาบให้จับได้ถนัด ไม่ลื่น เป็นต้น

2) ความรู้สึกทางใจ ความรู้สึกนี้เกิดขึ้นโดยที่ผิวเป็นเครื่องนำ เมื่อมีความรู้สึกทางกายแล้ว ผิวบางชนิดทำให้เกิดความรู้สึกเตือนใสน้ำเคารพยับถือ เช่น คุณค่าทางลวดลายของ โบสถ์ วิหาร เป็นต้น

นอกจากความรู้สึกของผิว ที่เกิดทางกายและทางใจแล้ว คุณค่าของผิวยังเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบแสดงคุณค่าของผิวทางสถาปัตยกรรม นิยมอาคารทำผิวคอนกรีต คือปูนเรียบแล้วมีการฉาบผิวปูนขรุขระในลักษณะต่างๆ หรือการประดับผิวด้วย หินล้าง ทรายล้าง หินขัด เป็นต้น

2.8.7.15 สิ่งคลใจในการออกแบบ (inspiration of design)

ผู้ออกแบบจะต้องรู้จักเลือกรูปทรงของสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวมาเป็นสิ่งคลใจให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบตามสาขาต่างๆ ในทางวิชาการถือว่า รูปทรงต่างๆ นั้นเป็นวัสดุทัศนสังเคราะห์ ซึ่งแบ่งไว้ได้ดังนี้

1) รูปทรงของธรรมชาติ ได้แก่รูปแบบรูปทรงที่มีอยู่ตามธรรมชาติซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. พืช ได้แก่ รูปทรงของต้นไม้ ใบไม้ ดอกไม้ กิ่งก้าน
2. สัตว์ ได้แก่ สัตว์บก สัตว์น้ำ สัตว์ปีก
3. แร่ธาตุ ได้แก่ หิน ภูเขา ลำธาร ดิน กรวด ทราย ฯลฯ

2) รูปทรงของมนุษย์ ได้แก่ รูปทรงของเด็ก ผู้ใหญ่ คนแก่ ผู้ชาย ผู้หญิง

3) รูปทรงเรขาคณิต เป็นรูปทรงที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะและเป็นที่ยอมรับกันในรูปทรงเหล่านั้นเป็นสากล ได้แก่ วงกลม สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม ทรงกลม ทรงกระบอก ลูกบาศก์ ทรงกรวย

4) รูปทรงอิสระ เป็นรูปทรงที่เกิดจากเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาจากรูปทรงอื่นๆ โดยที่เป็นรูปทรงที่ไม่สามารถจะบอกได้ว่าเป็นรูปทรงอะไร ในศิลปะสมัยใหม่นิยมใช้กันมากเกือบทุกวงการ

5) รูปทรงที่มนุษย์ประดิษฐ์ ได้แก่ สิ่งที่มนุษย์ผลิตขึ้นมาเป็นเครื่องใช้สอยต่างๆ มีชื่อและรูปทรงโดยเฉพาะ ได้แก่ แก้ว ไวโอลิน ตู้เย็น รถยนต์ ฯลฯ

2.8.8 หลักเกณฑ์การพิจารณางานออกแบบที่ดี ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ กรรมวิธีการผลิต และการตลาด ใช้หลักการออกแบบเป็นพื้นฐาน มาใช้เป็นองค์ประกอบสำคัญ มักคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญ ( กฤตย์ เวียงอำพล. 2540 : 7-28)

งานออกแบบมีอิทธิพลต่อวิถีการดำเนินชีวิตของเราอย่างปฏิเสธมิได้ หากพิจารณาออกไปถึงสาเหตุของการเกิดงานออกแบบ จะพบว่าจุดกำเนิดของมันนั้นมาจากความต้องการของมนุษย์ไม่ว่า จะเป็นความต้องการเพื่อสนองด้านการใช้สอยหรือด้านจิตใจ จึงทำให้เกิดแรงผลักดันในการคิดค้นและสร้างสรรค์ให้เกิดเป็นผลผลิต ที่เป็นงานออกแบบขึ้นมา เมื่อนำผลผลิตนั้นๆ มาใช้งานตามหน้าที่ ยิ่งเป็นลักษณะการใช้งานที่ไม่เคยมีมาก่อนมากเท่าใดก็จะพบว่ามีผลต่อพฤติกรรมและสร้างให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในการดำรงชีวิตของมนุษย์ได้มากขึ้นเท่านั้น ดังตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องทุ่นแรงต่างๆ ในบ้านช่วยให้กิจวัตรประจำวันของแม่บ้านสมัยใหม่มีความแตกต่างไปจากเดิมอย่างมาก แม่บ้านใช้เวลาและพลังงานในการทำงานบ้านลดน้อยลง จึงสามารถจัดการงานบ้านได้ตามลำพังโดยไม่ต้องมีผู้ช่วย มีเวลาสำหรับการพักผ่อนหรือทำงานนอกบ้านได้มากขึ้น และมีชีวิตที่เป็นอิสระจากความผูกพันกับงานและจากการพึ่งพาผู้อื่นดีขึ้นนอกจากนี้ตัวอย่างดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีช่วยให้เกิดการประดิษฐ์คิดค้น เพื่อผลผลิตภัณฑ์ ทำงานแทนมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีสมัยใหม่เสนอแนะให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทั้งในทางที่ดี แต่ในขณะเดียวกันก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นปัญหาทางสังคมด้วย นั่นคือช่วยลดความต้องการใช้แรงงานของคนลง แต่เพิ่มในด้านการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น ยิ่งในปัจจุบันมีการแข่งขันกันผลิตสินค้าเพื่อจำหน่าย ผู้ผลิตมักใช้วิธีการต่างๆ นานาตั้งแต่ในการออกแบบตัวสินค้าให้มีความหลากหลายการสร้างหน้าตาของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนจนถึงการโฆษณาประชาสัมพันธ์เพื่อดึงดูดความสนใจเหล่านี้ล้วนมีความสับสนให้แก่ผู้บริโภคในการเลือกซื้อสินค้า อีกทั้งงานออกแบบเองก็เพิ่มความซับซ้อนในองค์ประกอบมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ บางกลุ่มเน้นทางด้านรูปแบบหน้าตาที่แสดงถึงความสวยงามมีราคาสินค้าที่ดี และมีราคาสูง ในขณะที่ไม่สามารถสนองประโยชน์ใช้สอยตามหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงทำให้เกิดความพยายามในการค้นหาและการพิจารณาถึงงานออกแบบที่ดี (good design) ว่าควรมีลักษณะและขอบเขตอย่างไร การพิจารณาเกี่ยวกับการออกแบบที่ดีอย่างเป็นทางการเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกโดย มีหน่วยงานสนับสนุน 2 ฝ่าย คือ

พิพิธภัณฑ์ศิลปะสมัยใหม่ (Museum of Modern Art) ในนครนิวยอร์ก และห้างสรรพสินค้า Merchandise Mart แห่งนครชิคาโกร่วมกันโดยมี Edgar Kaufman Jr. เป็นผู้อำนวยการในการคัดเลือกงานออกแบบที่ดี และนำมาจัดนิทรรศการเผยแพร่ต่อสาธารณชน ในระหว่างปี ค.ศ. 1950 ถึงปี 1955 การจัดทำโครงการคัดเลือกงานออกแบบที่ดีนี้มีหลักเกณฑ์การพิจารณา 4 ด้านด้วยกัน ได้แก่

1. ดึงดูดสายตาด้วยลักษณะรูปทรงที่น่าสนใจ (eye appeal)
2. สนองประโยชน์ใช้สอยได้ครบถ้วนชัดเจน (function)
3. สร้างขึ้นอย่างถูกต้องให้ความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน (construction)
4. มีราคาพอเหมาะ (price)

ด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาดังกล่าวผู้จัดทำโครงการสามารถคัดเลือกผลงานออกแบบที่ดีของแต่ละปีนำมาจัดนิทรรศการ ผลที่ตามมานอกจากจะเป็นการช่วยแนะนำผู้บริโภคในการคัดเลือกซื้อสินค้าแล้ว ยังเป็นการกระตุ้นนักออกแบบให้หันมาออกแบบงานที่มีคุณภาพมากขึ้น เพราะงานออกแบบที่ดีย่อมเป็นที่ต้องการของตลาด จึงมีส่วนสนับสนุนให้สามารถจำหน่ายได้ดีกว่าสินค้าของกลุ่มแข่ง จากการริเริ่มเป็นครั้งแรกในสหรัฐอเมริกา ต่อมาจึงมีประเทศอื่นๆ จัดทำโครงการเดียวกันนี้ตามมา ได้แก่ อิตาลีจัดประกวดแบบในปี ค.ศ. 1954 และญี่ปุ่นเริ่มทำการคัดเลือกงานออกแบบที่ดีขึ้นในปี ค.ศ. 1957 หัวข้อการออกแบบที่ดีจึงกลายเป็นสิ่งที่ช่วยกระตุ้นให้หน่วยงานของรัฐและสมาคมนักออกแบบตระหนักถึงความสำคัญของการออกแบบมากขึ้น เพราะผลงานออกแบบที่ดีสามารถนำมา ซึ่งยอดการจำหน่ายที่สูงขึ้นในตลาดนานาชาติ จึงมีส่วนในการช่วยแก้ปัญหาทางเศรษฐกิจของประเทศ และยังเป็นการช่วยให้ความคุ้มครองแก่ผู้บริโภคให้ได้ใช้งานออกแบบที่เหมาะสมในขณะเดียวกันด้วย

หลักเกณฑ์การพิจารณางานออกแบบเป็นผลรวมในขั้นสุดท้าย จากกระบวนการทำงานของฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมกันพัฒนาแบบ

ดังนั้นงานออกแบบที่ดีจึงเกิดขึ้น จากการทำงานประสานกันอย่างรอบคอบในการรวบรวมข้อมูลและแยกแยะและจัดอันดับความสำคัญของปัญหาได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ในงานการออกแบบเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดีจนทำให้เหลือปัญหาตกค้างอยู่น้อยที่สุด หลักเกณฑ์การพิจารณางานออกแบบโดยทั่วไปมักมาจากการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบนั้นๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นปัจจัยภายนอกและภายใน เกณฑ์ดังกล่าวนี้สามารถสรุปออกได้เป็นดังนี้

ประโยชน์ใช้สอยเป็นศูนย์กลางของการออกแบบ จำเป็นต้องคำนึงถึงเป็นประการแรก เพราะถ้างานออกแบบที่นำมาพิจารณาขาดความเหมาะสมทางการใช้สอยตลอดจนไม่ให้ความสะดวกสบาย และความปลอดภัย ก็นับว่าเป็นการสิ้นเปลืองและความสูญเปล่า ประโยชน์ใช้สอยมีผลต่อการเลือกใช้ลักษณะรูปทรง วัสดุและกรรมวิธีการผลิต งานออกแบบที่ดีอย่างแท้จริงจึงควรเป็นงานที่มีประโยชน์ครอบคลุมตั้งแต่ก่อนการใช้งาน ขณะใช้งานและภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานแล้ว

มีลักษณะถูกต้องสอดคล้องกับสรีระส่วนที่ใช้งาน จึงไม่ก่อให้เกิดความขัดข้อง เมื่อขี้ อั้นเป็นการบั่นทอนประสิทธิภาพในการทำงาน

ความงามมักเกิดขึ้นจากลักษณะโดยรวมของรูปทรง ตลอดจนการตกแต่งหน้าตาของงาน ออกแบบเป็นสิ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าด้านประโยชน์ใช้สอยลักษณะความงามของงาน ออกแบบควรพิจารณาตามประเภทหรือธรรมชาติเฉพาะของงานออกแบบนั้นๆ ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีหน้าที่ใช้สอยเฉพาะอย่างและทำขึ้นให้เหมาะสมกับผู้ใช้เฉพาะกลุ่ม ดังนั้นลักษณะหน้าตาที่ปรากฏจึงควรสามารถสื่อถึงลักษณะการใช้งานและอยู่ในแนวทางที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ จึงจะเรียกได้ว่าเป็นงานออกแบบที่มีความงามอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ลักษณะหน้าตาที่สื่อได้เหมาะสมดังกล่าวแล้ว งานออกแบบที่ดียังต้องมีลักษณะเฉพาะซึ่งสามารถสร้างความสนใจต่อผู้พบเห็น มีความใหม่ และมีเอกลักษณ์แตกต่างจากงานออกแบบที่มีอยู่ทั่วไป

การเลือกใช้วัสดุและคุณภาพการผลิต ในปัจจุบันนักออกแบบมีทางเลือกอย่างกว้างขวาง สำหรับการนำวัสดุชนิดต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยีทางการผลิตที่มีความก้าวหน้ามาใช้กับงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอย ในด้านความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ผลิตได้ง่ายไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียระหว่างการผลิต และเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้งานออกแบบมีความประณีตเรียบร้อยปราศจากตำหนิแม้ในส่วนรายละเอียดให้สังเกตเห็นได้ลักษณะโดยรวมที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้วัสดุและกรรมวิธีการผลิตอย่างถูกต้องช่วยให้งานออกแบบมีคุณภาพดี อันเป็นคุณภาพดี อันเป็นคุณค่าที่สำคัญสำหรับงานออกแบบในปัจจุบันซึ่งผู้บริโภคมีมาตรฐาน การดำรงชีวิตที่ดีขึ้นและต้องการงานออกแบบที่มีคุณภาพสูง

ความเหมาะสมในทางการตลาด ความถูกต้องตามกฎระเบียบ ระบบและการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เกณฑ์การพิจารณาเหล่านี้มาจากปัจจัยภายนอกงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาด มีราคาที่เหมาะสมสามารถแข่งขันได้เป็นอย่างดี มีการออกแบบอย่างรอบคอบไม่ขัดกับกฎระเบียบที่ใช้กันเป็นมาตรฐานสากลในขณะนั้น นอกจากนี้ยังเป็นงานออกแบบที่แสดงสำนึกความมีส่วนรับผิดชอบต่อปัญหาสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น ปัจจัยจากภายนอกเหล่านี้แม้จะไม่ใช่วิธีเกณฑ์สำคัญเป็นอันดับแรกของการพิจารณางานออกแบบ แต่ก็อาจเป็นเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินขนาดเมื่อเปรียบเทียบกับกันในด้านต่างๆแล้ว

ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น นอกเหนือจากเกณฑ์พื้นฐานแล้ว ในปัจจุบันจะพบว่างานออกแบบส่วนใหญ่ได้รับการออกแบบให้ถูกต้องตามมาตรฐาน และมีลักษณะสอดคล้องตามเกณฑ์เบื้องต้นครบถ้วนจึงทำให้การพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่ดีของสมัยใหม่นี้มุ่งเน้นไปในประเด็นเกี่ยวกับการประดิษฐ์คิดค้นหรือการสร้างให้เกิดสิ่งใหม่ การริเริ่มใหม่ (innovation) นั้นอาจทำได้ 2 ลักษณะ คือ การนำงานออกแบบเก่ามาปรับปรุงทั้งทางด้านการใช้สอยให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และอยู่ในลักษณะหน้าตาใหม่ และการสร้างให้เกิดการใช้งานอย่างใหม่สอดคล้องตามวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปโดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกิดมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม

เกณฑ์การพิจารณางานออกแบบทั้ง 5 ข้อดังกล่าวแล้ว เป็นการกำหนดหัวข้อหรือประเด็นในขอบเขตที่สำหรับการตรวจสอบ เพื่อคัดแยกงานออกแบบที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมออกไป จากนั้นในการพิจารณาตัดสินเพื่อเฟ้นหางานออกแบบที่ดีที่สุดผู้พิจารณาคัดเลือกจะมุ่งเปรียบเทียบงานออกแบบด้วยคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ

ความคิดริเริ่ม (originality) ความคิดริเริ่มในงานออกแบบไม่ได้หมายถึงความแปลกประหลาดมหัศจรรย์ และก็ไม่ใช่แค่การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบบางอย่างเพื่อให้ซ้ำใครหรือการยืมความคิดแนวทางจากงานออกแบบของผู้อื่นตลอดจนของเก่าจากประวัติศาสตร์ แต่เป็นงานออกแบบที่มีแนวคิดริเริ่มเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว และสามารถพัฒนาแนวความคิดนั้นต่อไปได้ตลอดจนบรรลุเป็นผลงานขั้นสุดท้าย ความโดดเด่นแตกต่างของแนวความคิดนี้ย่อมยังคงอยู่ในเงื่อนงำที่ว่ามันต้องมีความสอดคล้องกันกับเกณฑ์การพิจารณาทั้ง 5 ข้อ ดังข้างต้น ความคิดริเริ่มแสดงถึงความสามารถทางการสร้างสรรค์อันเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับงานออกแบบ

ความเรียบง่าย (simplicity) ความเรียบง่ายเป็นสิ่งจำเป็น ในงานออกแบบ ความเรียบง่ายไม่ได้หมายถึงความโล้นเกลี้ยงปราศจากการประดับตกแต่งของรูปทรง แต่หมายถึงความหมจดจดของแนวความคิด ลักษณะการใช้งานตลอดจนลักษณะ ภาพพจน์ของงาน งานออกแบบที่ดีจำเป็นต้องแสดงถึงความพอเหมาะพอดี ความตรงไปตรงมา ความชัดเจนและความสามารถในการหลอมรวมองค์ประกอบต่างๆ ให้เกิดความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันในงานออกแบบสามารถกำจัดความรุงรัง สิ่งแปลกปลอมและส่วนเกินจนเหลือแต่เฉพาะความจำเป็น

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บริษัท สตาร์คอน จำกัด (2545:1-3) ได้ทำการศึกษาการใช้ขี้เถ้าลอย(lignite Ash) ในการผลิตคอนกรีต โดยมุ่งศึกษาความเป็นได้ใน การนำขี้เถ้าลอยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้ง จากการเผาถ่านหินมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตพบว่าขี้เถ้าลอย สามารถใช้ทดแทน ปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตได้ถึง 10-40% ของปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะต้องใส่ ช่วยให้ต้นทุน การผลิตลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งขณะนี้มีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์ ในช่วงแรกบริษัท ได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นจึงได้ขออนุญาตการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) เพื่อนำขี้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้า จ.กระบี่ มาใช้ในการศึกษา ได้แบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการทดลอง ในห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของขี้เถ้าลอย และทดสอบโดยใช้วิธีการตามมาตรฐานสากล ส่วนที่สองเป็นการทดลองผลิตชิ้นงานในโรงงานต้นแบบ หาสัดส่วน และวิธีผสมปูนซีเมนต์ รวมทั้งทดสอบคุณภาพของชิ้นงานคอนกรีต ตามมาตรฐานสากล และการทดสอบการใช้งานของผลิตภัณฑ์

ปีติ สุคนธ์สุขกุล และ สุพรชัย อุทัยนฤมล (2536:1-10) ได้ทำการศึกษาการใช้ผงจากยางรถยนต์เก่าในคอนกรีตบล็อกปูผิวทางแบบอ่อน โดยที่ยางเก่าที่ใช้แล้วนั้นเป็นปัญหาใหญ่ ของประเทศ และระดับโลก ยกตัวอย่างเช่น ในสหรัฐอเมริกา ยางเก่าใช้แล้วมากกว่า 250 ล้านเส้นในทุกปีถูกนำมาทิ้งรวมกัน ก่อให้เกิดปัญหาทางมลภาวะ และเป็นแหล่งต้นกำเนิดไฟในหลายพื้นที่ประเทศไทย ด้วยปริมาณรถยนต์โดยสารมากกว่า 10 ล้านคันและ ในฐานะที่เป็นผู้ผลิตยางรายใหญ่ของโลก กำลังประสบปัญหานี้เช่นกัน ถึงแม้ไม่มีตัวเลขที่เป็นทางการ ประมาณการว่าปริมาณยางใช้แล้วถูกทิ้งมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นทุกปีการศึกษาเรื่อง การนำกลับมาใช้ใหม่ของยางเก่านั้นมีมากกว่า 20 ปี โดยมากจะเป็น ในเรื่องของถนนลาดยางแผ่นกันซึมระบบป้องกันการรั่วซึมในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการนำเอาเม็ดวัสดุที่ทำจากยางเก่า มาผสมกับคอนกรีตแทน ที่มวลรวมหยาบและละเอียด ในการทำคอนกรีตบล็อก คาดว่าความยืดหยุ่นของยางจะสามารถ ทำให้คอนกรีตบล็อกที่ได้มีความเหนียว ไม่แตกหักง่าย อีกทั้งมีความอ่อนนุ่มที่พื้นผิว สามารถลดการบาดเจ็บจากการล้มกระแทกของ ผู้คนเดินถนนอิทธิพร ศิริสวัสดิ์ อนันทรรัตน์ อยู่สบาย และประเสริฐ เชิงจิ่ง (2548:3-60) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้ล้อยแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน ในงานซีเมนต์เสริมใยแก้วเป็นการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของซีเมนต์มอร์ต้าเมื่อลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ โดยใช้ล้อยแทนที่บางส่วน ในงานซีเมนต์เสริมใยแก้ว ซึ่งศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของล้อยและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่เปลี่ยนไปคือความถ่วงจำเพาะ ระยะเวลาก่อตัว การไหลแผ่ ปริมาณฟองอากาศ กำลังแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงดึง การหดตัวและความต้านทานสารเคมี โดยการเปรียบเทียบกับคุณสมบัติที่ได้จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง เพียงอย่างเดียว ในการดำเนินงานวิจัยได้กำหนดขอบเขตของส่วนผสมไว้คือ ใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณปูนซีเมนต์ต่อล้อยเท่ากับ 100 : 0 , 70 : 30 , 60 : 40 และ 50 : 50 โดยน้ำหนัก ทำการบ่มน้ำเป็นเวลา 7 , 14 , 28 และ 60 วัน ตามลำดับ และใช้ปริมาณใยแก้วร้อยละสามโดยน้ำหนักของมอร์ต้า โดยทำการหล่อตัวอย่างละสามตัวอย่าง ผลจากการวิจัยพบว่าการนำล้อยมาแทนที่ปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนร้อยละต่างๆ จะส่งผลทำให้ความสามารถในการก่อตัว การรับแรงอัด แรงดัดและแรงดึงลดลงตามปริมาณล้อยที่เพิ่มขึ้นในการแทนที่ปูนซีเมนต์ และพบว่าเมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มมากขึ้น กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึงจะมีการพัฒนากำลังเข้าใกล้กำลังแรงอัดของซีเมนต์เสริมใยแก้วที่ใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียว ปริมาณฟองอากาศ ค่าร้อยละการไหลแผ่ และความสามารถต้านทานสารเคมีจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณล้อยที่เพิ่มขึ้นด้วย และการหดตัวที่ร้อยละล้อย 30 มีค่าน้อยที่สุดในช่วงระยะเวลาการบ่มที่ 7 วัน ซึ่งอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อล้อยที่เหมาะสมคือร้อยละ 70 : 30 โดยน้ำหนัก

เมตตา เจริญพานิช และ จำรัส ลิ้มตระกูล (2542 : 3-15) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตสารเคมีมูลค่าเพิ่มจากถ่านหินลิกไนต์โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด ผลการวิจัยคือ ถ่านหินลิกไนต์จากแหล่งแม่เมาะมีสารประกอบออกซิเจน ไนโตรเจน และกำมะถัน และแร่ธาตุต่าง ๆ ปะปนอยู่ในปริมาณสูง มีปริมาณสารระเหย 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (เมื่อไม่คิดความชื้นและเถ้า) สารระเหย

ดังกล่าวประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนชนิดอะลิฟาติกขนาดเล็กเป็นองค์ประกอบหลัก และมีออกไซด์ของคาร์บอนปะปนอยู่ด้วย พบว่ามีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดอะโรแมติก 15 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก จากการให้ความร้อนถ่านหิน ในบรรยากาศของก๊าซไฮโดรเจน การแยกส่งก๊าซอะลิฟาติกเข้ากระบวนการรีฟอร์มมิงโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าสามารถเพิ่มปริมาณ BTX ได้มากกว่า 15 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักโดยคิดจากสายป้อน สรุปเชิงอภิปราย :จากการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพถ่านหิน ที่ผ่านมาพบว่ากระบวนการไฮโดรไพโรลิซิสควบคู่กับการแตกโมเลกุลสารระเหยที่ได้ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด Y เหมาะกับการผลิต BTX จากถ่านหินลักษณะบิทูมินัส อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ถ่านหินลิกไนต์จากแหล่งแม่เมาะ ซึ่งมีปริมาณไฮโดรคาร์บอนชนิดอะโรแมติกต่ำเป็นสารตั้งต้น

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น เป็นการศึกษาความต้องการด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

ดังนั้นในการศึกษาเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนในการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

3.2 ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543

3.3 ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์แบบใหม่

#### 3.1 ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

3.1.1 กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

3.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

##### 3.1.1 กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

3.1.1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในหน่วยงานราชการหรือรัฐวิสาหกิจ ประสบการณ์ทำงานไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน คือ

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กฤตย์ เวียงอำพล หัวหน้าสาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยโยนก จังหวัด ลำปาง
- อาจารย์สุธรรม สิรินทรวรเวทย์ อาจารย์ประจำ สาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยโยนก จังหวัด ลำปาง
- อาจารย์ ชีระ สุกประเสริฐ อดีตอาจารย์คณะวิชาออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ จังหวัด

3.1.1.2 ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ ในจังหวัดลำปาง จำนวน 2 ราย

3.1.1.3 ผู้จำหน่ายคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ ในจังหวัดลำปางจาก 5 ร้านค้า จำนวน 10 คน

3.1.1.4 ผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ จำนวน 130 คน

**3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** ขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาถั่วลยถิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค ได้แก่

3.1.2.1 แบบสอบถาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในด้านการศึกษาและพัฒนาถั่วลยถิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับ ประสิทธิภาพในการทำงานเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การพัฒนารูปแบบ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ เป็นลักษณะแบบสอบถามแบบเลือกตอบ (check list)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ ของผู้บริโภค โดยเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale)

3.1.2.2 แบบสอบถาม ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในด้านการศึกษาและพัฒนาถั่วลยถิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับ ประสิทธิภาพของผู้ผลิต และผู้จำหน่าย เกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้น การพัฒนารูปแบบ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ เป็นลักษณะแบบสอบถามแบบเลือกตอบ (check list)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ ของผู้บริโภค โดยเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale)

3.1.2.3 แบบสอบถาม ผู้บริโภค

ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในด้านการศึกษาและพัฒนาถั่วลยถิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ  
คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ เป็นลักษณะแบบสอบถามแบบเลือกตอบ (check list)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์  
คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ของผู้บริโภคร โดยเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน  
ประมาณค่า (rating scale)

### 3.1.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

จากการวิจัย โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในการศึกษาและพัฒนาเถ้าลอย  
ลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น ใช้เครื่องมือเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังต่อไปนี้

1. แบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน
2. แบบสอบถามสำหรับผู้ผลิต และผู้จำหน่าย จำนวน 12 ราย
3. แบบสอบถามผู้บริโภค จำนวน 130 ราย

ซึ่งสามารถสรุปรวบรวมเพื่อดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามลำดับดังนี้

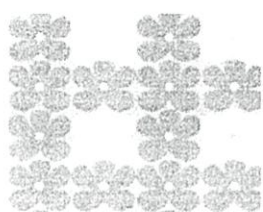
3.1.3.1 ทำการออกแบบภาพร่างเพื่อพัฒนารูปแบบของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอย  
ลิกไนต์ จำนวน 3 รูปแบบๆ ละ 5 ตัวอย่าง คือ รูปแบบธรรมชาติ รูปแบบเรขาคณิต รูปแบบ  
อิสระ โดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย ความงาม การเลือกใช้วัสดุ คุณภาพการผลิตที่เหมาะสม  
ในทางการตลาด และความถูกต้องตามกฎระเบียบระบบ และการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม

3.1.3.2 นำแบบร่าง (sketch design) ไปเสนอ ปรีกษาหารือ และขอคำแนะนำจาก  
ผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอข้อเสนอแนะในการออกแบบจำนวน 3 รูปแบบๆ ละ 5 ตัวอย่าง คือ รูปแบบ  
ธรรมชาติ รูปแบบเรขาคณิต รูปแบบอิสระ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อการนำเสนอแบบสรุป  
การประเมินคัดเลือกรูปแบบร่าง ดังรายชื่อผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ดังนี้

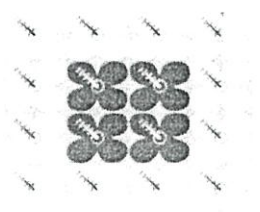
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กฤตย์ เวียงอำพล หัวหน้าสาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์  
คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยโยนก จังหวัด ลำปาง
- อาจารย์ สุธรรม สิริทรวรเวทย์ อาจารย์ประจำสาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์  
คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยโยนก จังหวัด ลำปาง
- อาจารย์ ชีระ สุกประเสริฐ อดีตอาจารย์ คณะวิชาออกแบบ สถาบันเทคโนโลยี  
ราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่

3.1.3.3 นำแบบร่างมาปรับปรุงแก้ไข ตามที่ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ  
แนะนำ ตกแต่งและสร้างสรรค์สีสันทันสำหรับผลิตภัณฑ์ตามแบบร่างที่ร่างเอาไว้และนำเสนอไปแล้ว

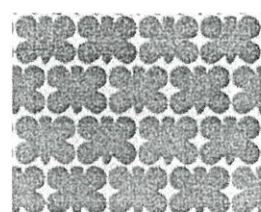
3.1.3.4 นำแบบร่างเพื่อพัฒนารูปแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์  
จำนวน 3 รูปแบบๆ ละ 5 ตัวอย่าง คือ รูปแบบธรรมชาติ รูปแบบเรขาคณิต รูปแบบอิสระ ไปให้  
ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผู้ผลิต 2 ราย และผู้จำหน่าย 10 ราย ทำการประเมิน



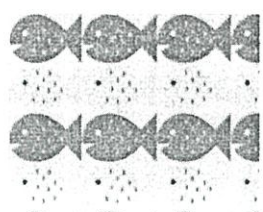
1. ลีลาวดี



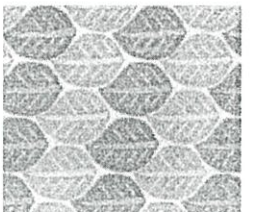
2. ชบา



3. ฝี่เสื่อ



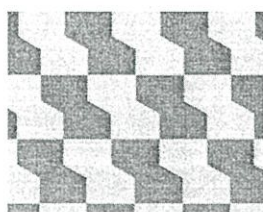
4. ปลา



5. ใบไม้



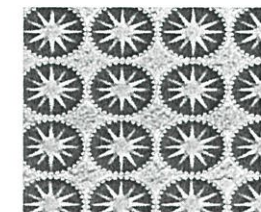
6. ตีเหล็ก



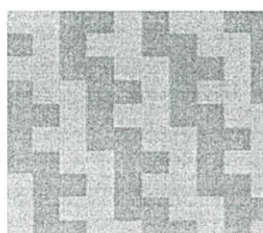
7. ห้าเหลี่ยม



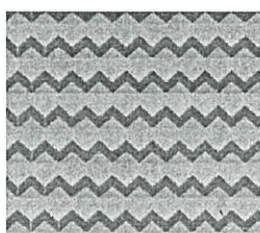
8. หกเหลี่ยม



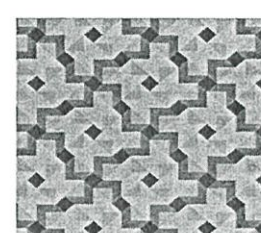
9. วงกลม



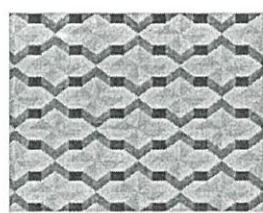
10. ตัว C



11. สายทอง



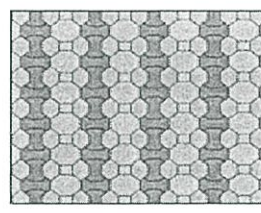
12. กาญจนนา



13. จตุรัส



14. รวงผึ้ง



15. สร้อยฟ้า

ภาพที่ 3.1 แสดงแบบร่างที่พัฒนาปรับปรุงแล้ว จำนวน 3 รูปแบบๆ ละ 5 ตัวอย่าง  
รวม 15 ตัวอย่าง นำเสนอสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ  
ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

### 3.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในการศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

3.1.4.1 ขอบหนังสือตอบแบบสอบถามจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์

อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ดังนี้

- 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ จำนวน 3 ท่าน
- 2) ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จำนวน 2 ราย
- 3) ผู้จัดการคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จำนวน 10 ราย
- 4) ผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จำนวน 130 ราย

3.1.4.2 ติดต่อประสานงานเพื่อทำการสอบถาม ด้วยแบบสอบถาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจำนวน 3 ท่าน ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จำนวน 2 ราย และผู้จัดการคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จำนวน 10 ราย

3.1.4.3 ทำการสอบถาม ด้วยแบบสอบถาม ต่อผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จำนวน 130 คน

3.1.4.4 เก็บข้อมูล และตรวจสอบจำนวนและความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม จากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด

3.1.4.5 นำข้อมูลของแบบสอบถามทั้งหมดมาสรุป วิเคราะห์เพื่อการออกแบบภาพร่างเพื่อการพัฒนาารูปแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล ที่ได้จากแบบสอบถาม เพื่อหาความคิดเห็นถึงการศึกษและพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จัดการ และผู้บริโภค อีกทั้งจากแบบสอบถามเพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ ของผู้บริโภค

โดยวิเคราะห์ตามลำดับดังนี้

- 1) ตรวจสอบจำนวนแบบสอบถามที่ผ่านการกรอกให้ครบถ้วนสมบูรณ์
- 2) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการทางสถิติ การวิเคราะห์ความคิดเห็นทั่วไป

เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น คือ ใช้ความถี่ (frequency) และค่าร้อยละ (percentage)

โดยมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

### 3.2 ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้น จากถ้ำลอยลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543 มีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

#### 3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543 ทำการทดสอบที่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 วิทยาลัยเทคนิค ลำปาง จังหวัดลำปาง ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ 3 แบบ ดังนี้

3.2.1.1 เครื่องมือทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ เป็นการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ โดยการตรวจคุณลักษณะที่ต้องการทั่วไปคอนกรีตต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ไม่บิ่น และสี ผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ

3.2.1.2 เครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์แต่ละก้อน เมื่อทดสอบแล้ว ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 45 เมกะพาสคัล และผิวหน้า (ถ้ามี) ต้องไม่แยกจากชั้นพื้น จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ

3.2.1.3 เครื่องมือทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ มีวิธีทดสอบ โดยการแช่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างในน้ำเสร็จแล้วนำไปชั่ง หลังจากนั้นวางคอนกรีตตัวอย่าง ในคูปอบ อบให้แห้ง แล้วปล่อยให้เย็นแล้วชั่ง การดูดซึมน้ำเมื่อทดสอบแล้วการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ยต้องไม่มากกว่า ร้อยละ 5 และต้องไม่มีก้อนใดก้อนหนึ่งมากกว่าร้อยละ 7 จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ

#### 3.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในด้านการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543 ดังนี้

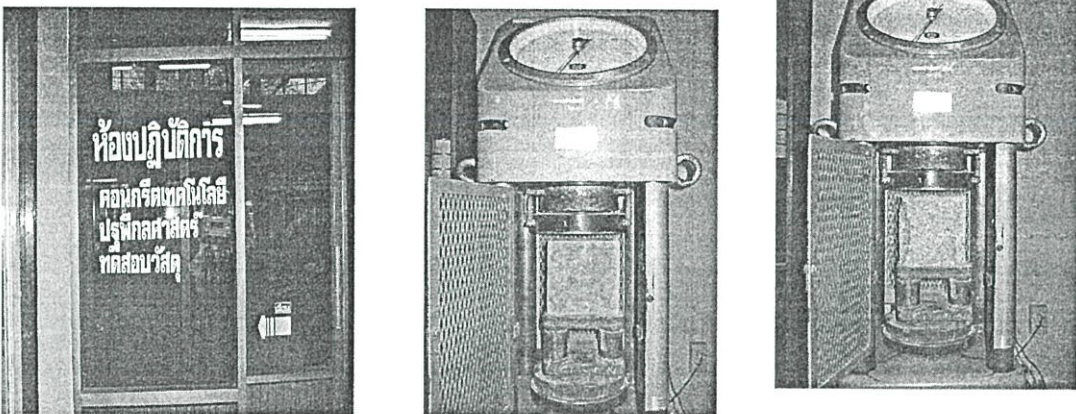
3.2.2.1 การทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ เป็นการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ โดยการตรวจคุณลักษณะที่ต้องการทั่วไปคอนกรีตต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ไม่บิ่น และสี ผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ จำนวน 10 ก้อน ต่อการทดสอบ



ภาพที่ 3.2 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์

ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ ธันวาคม 2549

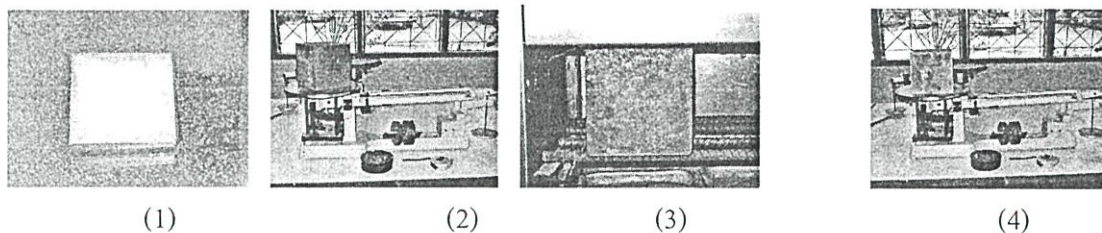
3.2.2.2 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ เมื่อทำการทดสอบแล้ว ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 45 เมกะพาสคัล และผิวหน้า (ถ้ามี) ต้องไม่แยกจากชั้น จำนวน 10 ก้อน ต่อการทดสอบ



ภาพที่ 3.3 เครื่องมือทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์

ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ ธันวาคม 2549

3.2.2.3 แบบทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์  
วิธีทดสอบ โดยการแช่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างในน้ำเสร็จแล้วนำไปชั่ง หลังจากนั้นวางคอนกรีตตัวอย่าง ในตู้อบ อบให้แห้ง แล้วปล่อยให้เย็นแล้วชั่ง การดูดซึมน้ำเมื่อทดสอบแล้วการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ยต้องไม่มากกว่า ร้อยละ 5 และต้องไม่มีก้อนใดก้อนหนึ่งมากกว่าร้อยละ 7 จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ



ภาพที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์  
(1) แฉบล็อกจากตัวอย่าง (2) นำไปชั่ง (3) อบให้แห้งในตู้อบ (4) ปล่อยให้เย็นแล้วชั่ง

ที่มา: ภาพถ่ายเมื่อ ธันวาคม 2549

### 3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543 ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

## 3.3 ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์

3.3.1 การผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์แบบใหม่ เพื่อการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อ ผู้บริโภค

3.3.2 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ มีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

#### 3.3.2.1 กลุ่มผู้ให้ข้อมูล

ผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ จำนวน 130 คน

#### 3.3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อ ผู้บริโภค เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) มี 1 ตอน

ในการประเมินค่าแบ่งออกเป็น 5 ระดับ โดยกำหนดค่าในแต่ละระดับ ดังนี้

- |           |                         |
|-----------|-------------------------|
| 5 หมายถึง | มีความพึงพอใจมากที่สุด  |
| 4 หมายถึง | มีความพึงพอใจมาก        |
| 3 หมายถึง | มีความพึงพอใจปานกลาง    |
| 2 หมายถึง | มีความพึงพอใจน้อย       |
| 1 หมายถึง | มีความพึงพอใจน้อยที่สุด |

### การสร้างเครื่องมือ

1. การสร้างแบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในด้านการศึกษาและพัฒนาเ้าลอยลิกไนต์ เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเ้าลอยลิกไนต์ คอนกรีต บล็อกปูพื้น และการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.2 ศึกษาด้านความสวยงาม เพื่อการพัฒนาและการออกแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจาก เ้าลอยลิกไนต์

1.3 ศึกษา ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ที่ได้รับการออกแบบใหม่ ตามหลักการต่อลาย โดยการคำนึงถึงลักษณะผิวสี การประสานกันของรูปและพื้น จังหวะ ลดหล่น เกิดรูปแบบใหม่ๆ ที่นำมาใช้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดวางคอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.4 ศึกษาด้านความเหมาะสมในการใช้งาน การคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย ความงาม การเลือกใช้วัสดุ คุณภาพการผลิตที่เหมาะสมในทางการตลาด และความถูกต้องตามกฎระเบียบระบบ และการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม

1.5 สร้างแบบสอบถาม โดยอาศัยทฤษฎี หลักการ ที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัย โดยนำมาดัดแปลงสร้างเป็นเครื่องมือให้เหมาะสม เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการ ศึกษา

1.6 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาแก้ไขปรับปรุง

1.7 นำแบบสอบถาม ที่ผ่านการตรวจสอบความตรง เสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขและนำไปใช้เก็บข้อมูลกับ ผู้ให้ข้อมูลต่อไป

### การสร้างเครื่องมือ

1. การสร้างแบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในด้านการศึกษา และพัฒนาเ้าลอยลิกไนต์ เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเ้าลอยลิกไนต์คอนกรีต บล็อกปูพื้น และการออกแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.2 ศึกษาด้านความสวยงาม เพื่อการพัฒนาและการออกแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจาก เ้าลอยลิกไนต์

1.3 ศึกษา ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ที่ได้รับการออกแบบใหม่ ตามหลักการต่อลาย โดยการคำนึงถึงลักษณะผิวสี การประสานกันของรูปและพื้น จังหวะ ลดหล่น เกิดรูปแบบใหม่ๆ ที่นำมาใช้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดวางคอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.4 ศึกษาด้านความเหมาะสมในการใช้งาน การคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย ความงาม การเลือกใช้วัสดุ คุณภาพการผลิตที่เหมาะสมในทางการตลาด และความถูกต้องตามกฎระเบียบระบบ และการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม

1.5 สร้างแบบสอบถาม โดยอาศัยทฤษฎี หลักการ ที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัย โดยนำมาดัดแปลงสร้างเป็นเครื่องมือที่เหมาะสม เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการศึกษา

1.6 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาแก้ไขปรับปรุง

1.7 นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข และนำไปใช้เก็บข้อมูลกับผู้ให้ข้อมูลต่อไป

2. การสร้าง แบบสรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่าง เพื่อการสรุปคัดเลือกแบบร่าง สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

2.1 ผู้วิจัยทำการออกแบบภาพร่าง รูปแบบธรรมชาติ รูปแบบเรขาคณิต และรูปแบบอิสระ รูปแบบละ 5 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 15 ตัวอย่าง

2.2 นำเสนอเป็นตารางมีรูปภาพประกอบการตัดสินใจ คัดเลือกแบบร่าง

3. การสร้างแบบสอบถามสำหรับผู้บริโภค โดยการกำหนดประเด็นวัตถุประสงค์ในการศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์แบบใหม่

3.1 ศึกษาด้านความสวยงามของผลิตภัณฑ์ เพื่อการออกแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์แบบใหม่

3.2 ศึกษา ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ที่ได้รับการออกแบบใหม่ ตามหลักการต่อลาย โดยการคำนึงถึงลักษณะผิวสี การประสานกันของรูปและพื้น จังหวะ ลดหล่น เกิดรูปแบบใหม่ๆ ที่นำมาใช้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดวางคอนกรีตบล็อกปูพื้น

3.3 ศึกษาด้านประโยชน์ใช้สอยและหน้าที่การใช้งาน ความงาม

3.4 ศึกษาด้านวัสดุที่ใช้ผลิต การเลือกใช้วัสดุ และความถูกต้องตามกฎระเบียบระบบ และการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม

3.5 ศึกษาด้านราคาที่จำหน่าย คุณภาพการผลิตที่เหมาะสมในทางการตลาด

3.6 ศึกษาด้านช่วยสร้างภาพพจน์ที่ดี ความถูกต้องตามกฎระเบียบระบบ และการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม

3.7 สร้างแบบสอบถาม โดยอาศัยทฤษฎี หลักการ ที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัย โดยนำมาดัดแปลงสร้างเป็นเครื่องมือให้เหมาะสม เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการศึกษา

3.8 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้น ไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาแก้ไขปรับปรุง

3.9 นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข และนำไปใช้เก็บข้อมูลกับผู้ใช้ข้อมูลต่อไป

### การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

#### พิจารณาความตรง ( validity )

เพื่อให้แบบสอบถามนี้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือแบบสอบถาม แบบ IOC (Index of item objective congruence) ดังมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 นำวัตถุประสงค์โดยดูความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของการวิจัย และส่งแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความเห็นว่าเป็นแบบสอบถามแต่ละข้อตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ประกอบด้วย

1. รศ.ดร.นิรัช สุกสังข์ อาจารย์ประจำ สาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กทม.

2. ดร. ศรีสุภรณ์ นิลกรรณ ผู้อำนวยการงานวิจัย มหาวิทยาลัยโยนก จังหวัด ลำปาง

3. ผศ. กฤตย์ เวียงอำพล หัวหน้าสาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยโยนก จังหวัดลำปาง

ขั้นที่ 2 นำค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ โดยกำหนดถ้าค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าข้อคำถามข้อนั้นสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ผลการตรวจสอบพบว่าทุกข้อมีค่าเท่ากับ 1

ขั้นที่ 3 ปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปเก็บข้อมูลต่อไป

#### 3.3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือเก็บข้อมูล จากแบบสอบถามที่ได้จากกลุ่มผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดที่เป็นผู้บริหาร/คณบดี/คณบดีจากพื้นที่จากเจ้าลอยลิกไนต์ จำนวน 130 คน แล้วนำข้อมูลจากแบบสอบถามทั้งหมดมาสรุปวิเคราะห์

### 3.3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ ใช้ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) แล้วนำเสนอในรูปแบบตาราง และคำบรรยายประกอบ โดยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยดังนี้

โดยมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งตามลักษณะรูปแบบ และมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

4.50-5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจมากที่สุด
3.50-4.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับมาก
2.50-3.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.50-2.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00-1.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

### สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

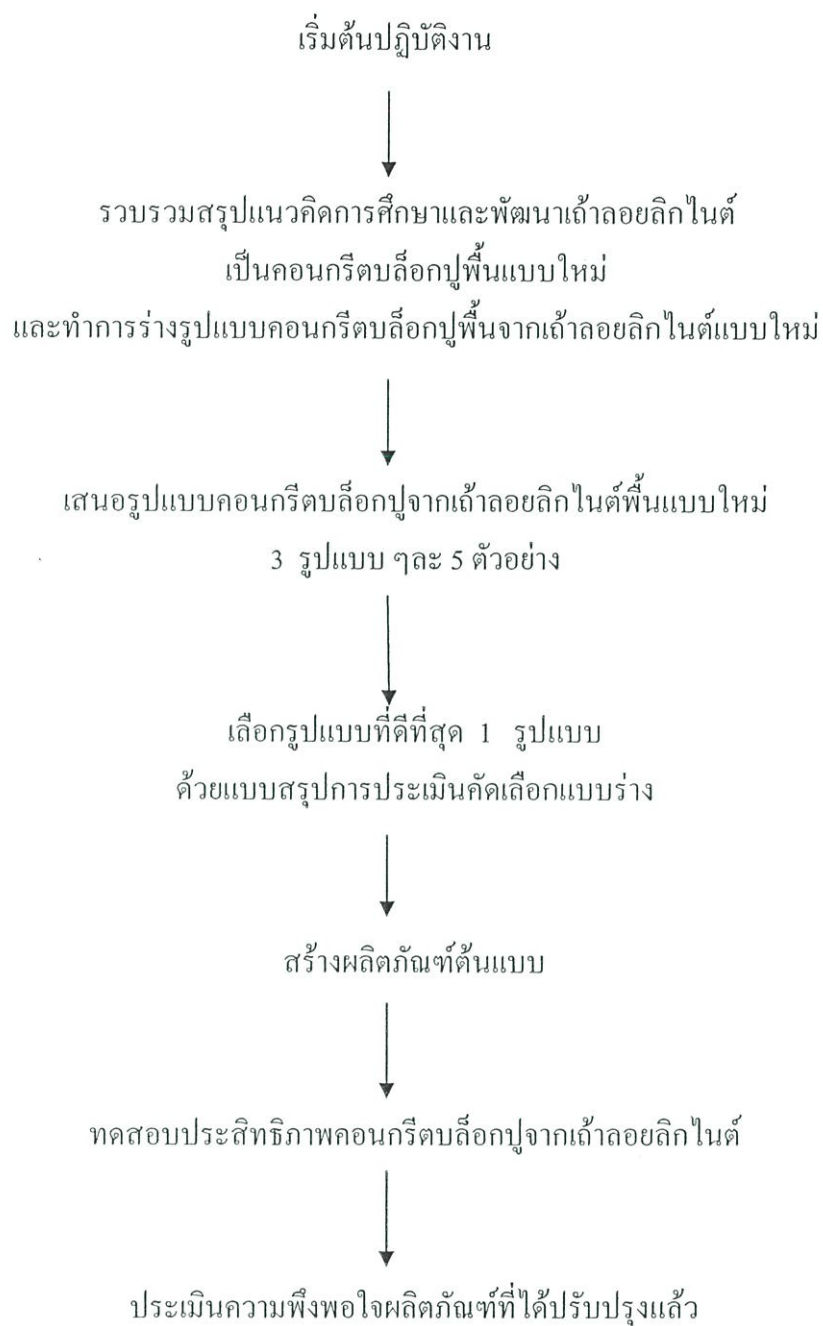
3.4.1 ค่าร้อยละ(percent)

3.4.2 ความถี่ (frequency)

3.4.3 ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean)

3.4.4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังนี้



ภาพที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการพัฒนาารูปแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลิกไนต์แบบใหม่

### ตารางที่ 3.1 ประกอบวิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย					
ขั้นตอนการวิจัย(วัตถุประสงค์)	กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	ผู้ให้ข้อมูล	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	การวิเคราะห์ข้อมูล	
1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาเอกลักษณ์ในศตวรรษที่ 21-36) การเลือกใช้ลักษณะพื้นผิว (texture) รูปแบบลวดลาย (pattern) สี(color) การพิมพ์ผ้าผลิตแห่งประเทศไทย แม่แบบต่าง (2542: 65-76) การนำเอาเอกลักษณ์เป็นวัสดุผสมเพิ่มหรือแทนปูนซีเมนต์ในงานคอนกรีต	กรอบแนวคิดเพื่อการพัฒนาแบบของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเอกลักษณ์ของ ผุสดีทิพย์ (2530: 21-36) การเลือกใช้ลักษณะพื้นผิว (texture) รูปแบบลวดลาย (pattern) สี(color) การพิมพ์ผ้าผลิตแห่งประเทศไทย แม่แบบต่าง (2542: 65-76) การนำเอาเอกลักษณ์เป็นวัสดุผสมเพิ่มหรือแทนปูนซีเมนต์ในงานคอนกรีต	ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ประสบการณ์ทำงานไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นใน คอนกรีตบล็อกปูพื้นจังหวัด ลำปาง จำนวน 2 ราย ผู้จำหน่ายคอนกรีตบล็อกปูพื้นใน จังหวัดลำปาง จาก 5 ร้านค้า จำนวน 10 คน ผู้บริโภคนจำนวน 130 คน	แบบสอบถาม	คำร้อยละ ค่าเฉลี่ย	
1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเอกลักษณ์ในศตวรรษที่ 2035-2543	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2035-2543 กำหนดการทดสอบโดยการตรวจพิจารณาความต้านทานแรงอัดและการดูดซึมน้ำ	สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3 วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จังหวัด ลำปาง	แบบทดสอบ	คำเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเอกลักษณ์ในศตวรรษที่ 2035-2543	โดยหลักเกณฑ์ทางด้านารออกแบบ ของ นวนน้อย บุญวงศ์(2539: 189) ด้าน ประโยชน์ ความงาม วัสดุ การผลิต การตลาด และ สภาพแวดล้อม	ผู้บริโภคน จำนวน 130 คน	แบบสอบถาม	คำเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถาม สำหรับ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ มาวิเคราะห์ แล้วนำเสนอในรูปแบบของตารางและเรียบเรียงโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

**ตอนที่ 1** ผลการวิเคราะห์ขั้นตอน การศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.1 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอน การศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค ดังนี้

1.1.1 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค เป็นรายชื่อ โดยหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ และนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1.1.1.1 ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

1.1.1.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับ ความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ้ำลอยลิกไนต์เป็น คอนกรีตบล็อกปูพื้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

1.1.2 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถาม ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย เป็นรายชื่อ โดยหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ และนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1.1.2.1 ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์ เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

1.1.2.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับ ความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ้ำลอยลิกไนต์เป็น คอนกรีตบล็อกปูพื้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

1.1.3 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามผู้บริโภค เป็นรายชื่อ โดยหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ และนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1.1.3.1 ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

1.1.3.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับ ความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ้ำลอยลิกไนต์เป็น คอนกรีตบล็อกปูพื้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.6

1.2 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ มีดังนี้

1.2.1 การสรุปแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตามตารางที่ 4.7

1.2.2 การออกแบบภาพร่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 4.1

1.2.3 แบบสรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่าง ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย โดยหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ และนำเสนอตามตารางที่ 4.8

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ตาม มอก. 2035-2543

ตอนที่ 3 การผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์รูปแบบใหม่ ด้วยแบบพิมพ์มือ

ตอนที่ 4 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอน การศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

1.1 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอน การศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น ของ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนและค่าร้อยละ ของความคิดเห็นทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ที่มีต่อการศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

รายการ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
1. ประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม		
1.1 น้อยกว่า 5 ปี	-	-
1.2 ระหว่าง 5 – 10 ปี	-	-
1.3 มากกว่า 10 ปี	3	100.0
<b>รวม</b>	<b>3</b>	<b>100.0</b>
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้น		
2.1 มีความรู้ความเข้าใจมาก	3	100.0
2.2 มีความรู้ความเข้าใจปานกลาง	-	-
2.3 มีความรู้ความเข้าใจน้อย	0	-
<b>รวม</b>	<b>3</b>	<b>100.0</b>

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
3. ความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำถ้ำลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์		
3.1 ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง	3	100.0
3.2 ทำให้คุณภาพของคอนกรีตบล็อกปูพื้นเพิ่มขึ้น	-	-
3.3 ลดปัญหามลพิษ	-	-
<b>รวม</b>	<b>3</b>	<b>100.0</b>

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ มีความคิดเห็นทั่วไปต่อการศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น ด้านประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีมากกว่า 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 100.0 ด้านความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้น มีความรู้ความเข้าใจในมาก คิดเป็นร้อยละ 100.0 ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำถ้ำลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง คิดเป็นร้อยละ 100.0

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์  
 คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ของ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ

รายการ	n = 3		ระดับความต้องการ
	$\bar{X}$	S.D.	
1. ผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพัฒนาในส่วนตัว			
1.1 รูปแบบ สี สัน พื้นผิวของผลิตภัณฑ์	4.7	0.58	มากที่สุด
1.2 ความทนทาน การบำรุงรักษาความสะอาด	3.3	0.58	ปานกลาง
1.3 ความหลากหลาย การจัดวางรูปแบบ	3.7	0.58	มาก
1.4 ขนาดของผลิตภัณฑ์	2.3	0.58	น้อย
<b>รวม</b>	<b>3.5</b>	<b>0.58</b>	<b>มาก</b>
2. ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์			
2.1 รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ฝักเสื่อ	4.3	0.58	มาก
2.2 รูปแบบเรขาคณิตได้แก่ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม	3.7	0.58	มาก
2.3 รูปแบบอิสระได้แก่ รูปแบบที่จินตนาการตามอิสระ	3.3	0.58	ปานกลาง
<b>รวม</b>	<b>3.8</b>	<b>0.58</b>	<b>มาก</b>
3. สี สันของผลิตภัณฑ์			
3.1 สีธรรมชาติ	4.0	1.00	มาก
3.2 สีสังเคราะห์	4.3	0.58	มาก
<b>รวม</b>	<b>4.2</b>	<b>0.79</b>	<b>มาก</b>

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ระดับความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ

ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 3.5$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือ รูปแบบ สี สัน พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.7$ )

ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 3.8$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือ รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ฝักเสื่อ ( $\bar{X} = 4.3$ )

ด้านสี สันของผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.2$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือ สีสังเคราะห์ ( $\bar{X} = 4.3$ )

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนและค่าร้อยละ ของความคิดเห็นทั่วไปของผู้ผลิต และผู้จำหน่ายที่มีต่อ การศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลึกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับด้านการผลิต หรือการจำหน่าย ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้น		
1.1 น้อยกว่า 5 ปี	2	16.7
1.2 ระหว่าง 5 – 10 ปี	4	33.3
1.3 มากกว่า 10 ปี	6	50.0
<b>รวม</b>	<b>12</b>	<b>100.0</b>
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้น		
2.1 มีความรู้ความเข้าใจมาก	8	66.7
2.2 มีความรู้ความเข้าใจปานกลาง	3	25
2.3 มีความรู้ความเข้าใจน้อย	1	8.3
<b>รวม</b>	<b>12</b>	<b>100.0</b>
3. ความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำถ้ำลอยลึกไนต์มาใช้ประโยชน์		
3.1 ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง	9	75
3.2 ทำให้คุณภาพของคอนกรีตบล็อกปูพื้นเพิ่มขึ้น	1	8.3
3.3 ลดปัญหามลพิษ	2	16.7
<b>รวม</b>	<b>12</b>	<b>100.0</b>

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผู้ผลิต และผู้จำหน่ายมีความคิดเห็นทั่วไปต่อการศึกษาและพัฒนา ถ้ำลอยลึกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น ด้านประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับด้านการผลิต หรือ การจำหน่าย ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้น มีมากกว่า 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 50.0 ด้านความรู้ทั่วไป เกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้น มีความรู้ความเข้าใจในมาก คิดเป็นร้อยละ 66.7 ด้านความคิดเห็น เกี่ยวกับการนำถ้ำลอยลึกไนต์มาใช้ประโยชน์ ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง คิดเป็นร้อยละ 75.0

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์  
คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ ของ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

รายการ	n = 12		ระดับความต้องการ
	$\bar{X}$	S.D.	
1. ผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพัฒนาในส่วนตัว			
1.1 รูปแบบ สี สัน พื้นผิวของผลิตภัณฑ์	4.6	0.50	มากที่สุด
1.2 ความทนทาน การบำรุงรักษาความสะอาด	3.6	0.52	มาก
1.3 ความหลากหลาย การจัดวางรูปแบบ	4.0	0.60	มาก
1.4 ขนาดของผลิตภัณฑ์	2.2	0.46	น้อย
<b>รวม</b>	<b>3.6</b>	<b>0.52</b>	<b>มาก</b>
2. ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์			
2.1 รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ผีเสื้อ	4.5	0.52	มากที่สุด
2.2 รูปแบบเรขาคณิตได้แก่ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม	3.2	0.58	ปานกลาง
2.3 รูปแบบอิสระได้แก่ รูปแบบที่จินตนาการตามอิสระ	3.0	0.60	ปานกลาง
<b>รวม</b>	<b>3.6</b>	<b>0.57</b>	<b>มาก</b>
3. สี สันของผลิตภัณฑ์			
3.1 สีธรรมชาติ	3.7	0.65	มาก
3.2 สีสังเคราะห์	4.7	0.49	มากที่สุด
<b>รวม</b>	<b>4.2</b>	<b>0.57</b>	<b>มาก</b>
4. แนวทางในการผลิต จำหน่าย ผลิตภัณฑ์			
4.1 รูปแบบที่สวยงาม	4.6	0.53	มากที่สุด
4.2 ประโยชน์ใช้สอย	3.9	0.39	มาก
4.3 ความพึงพอใจของผู้บริโภค	3.5	0.52	มาก
4.4 ความประณีต	2.7	0.49	ปานกลาง
4.5 ราคา	2.6	0.52	ปานกลาง
<b>รวม</b>	<b>3.5</b>	<b>0.49</b>	<b>มาก</b>

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ระดับความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอย  
ลิกไนต์ ของผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 3.6$ ) เมื่อพิจารณา  
เป็นรายข้อ คือ รูปแบบ สีสัณ พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ ( $\bar{X} = 4.6$ )

ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 3.6$ ) เมื่อพิจารณา  
เป็นรายข้อ คือ รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ฝึเสื่อ ( $\bar{X} = 4.5$ )

ด้านสีสัณของผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.2$ ) เมื่อพิจารณา  
เป็นรายข้อ คือ สีสังเคราะห์ ( $\bar{X} = 4.7$ )

ด้านแนวทางในการผลิต จำหน่าย ผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก  
( $\bar{X} = 3.5$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือ รูปแบบที่สวยงาม ( $\bar{X} = 4.6$ )

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนและค่าร้อยละ ของความคิดเห็นทั่วไปของผู้บริโภคที่มีต่อการศึกษาและ  
พัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. การนำถ้ำลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์		
1.1 ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง	74	57.0
1.2 ทำให้คุณภาพของคอนกรีตบล็อกปูพื้นเพิ่มขึ้น	24	18.4
1.3 ลดปัญหามลพิษ	32	24.6
<b>รวม</b>	<b>130</b>	<b>100.0</b>
2. ผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพัฒนาในส่วนตัว		
2.1 รูปแบบ สีสัณ และพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์	89	68.4
2.2 ความทนทาน การบำรุงรักษาความสะอาด	12	9.2
2.3 ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ	21	16.2
2.4 ขนาดของผลิตภัณฑ์	8	6.2
<b>รวม</b>	<b>130</b>	<b>100.0</b>
3. แนวทางในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์		
3.1 รูปแบบที่สวยงาม	65	50
3.2 ประโยชน์ใช้สอย	23	17.7
3.3 ความพึงพอใจของผู้บริโภค	21	16.1
3.4 ความประณีต	11	8.5
3.5 ราคา	10	7.7
<b>รวม</b>	<b>130</b>	<b>100.0</b>

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ผู้บริโภคมีความคิดเห็นทั่วไปต่อการศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์ เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น ด้านการนำถ้ำลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ แล้วทำให้ต้นทุนในการผลิต คอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง ร้อยละ 57.0 ผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพัฒนาในส่วนของ รูปแบบ สีลัน และพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 68.4 แนวทางในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เน้นที่รูปแบบ ที่สวยงาม ร้อยละ 50.0

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ ของผู้บริโภค

รายการ	n = 130		ระดับความต้องการ
	$\bar{X}$	S.D.	
1. ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์			
1.1 รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ฝีเสื้อ	4.6	0.50	มากที่สุด
1.2 รูปแบบเรขาคณิตได้แก่ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม	3.5	0.61	มาก
1.3 รูปแบบอิสระได้แก่ รูปแบบที่จินตนาการตามอิสระ	2.9	0.70	ปานกลาง
รวม	3.7	0.60	มาก
2. ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ			
รวม	4.2	0.42	มาก
3. สีลันของผลิตภัณฑ์			
3.1 สีธรรมชาติ	4.2	0.58	มาก
3.2 สีสังเคราะห์	4.6	0.50	มากที่สุด
รวม	4.4	0.54	มาก

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ระดับความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ ของผู้บริโภค

ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 3.7$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือ รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ฝีเสื้ออยู่ในระดับมีความต้องการมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.6$ )

ด้านความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.2$ )

ด้านสีส้มของผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 3.8$ ) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ คือ สีสังเคราะห์อยู่ในระดับมีความต้องการมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.6$ )

1.2 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์แบบใหม่ ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาซึ่งสรุปได้จากการวิเคราะห์ ข้อ 1.1 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอน การศึกษาและพัฒนาถั่วลยถิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค

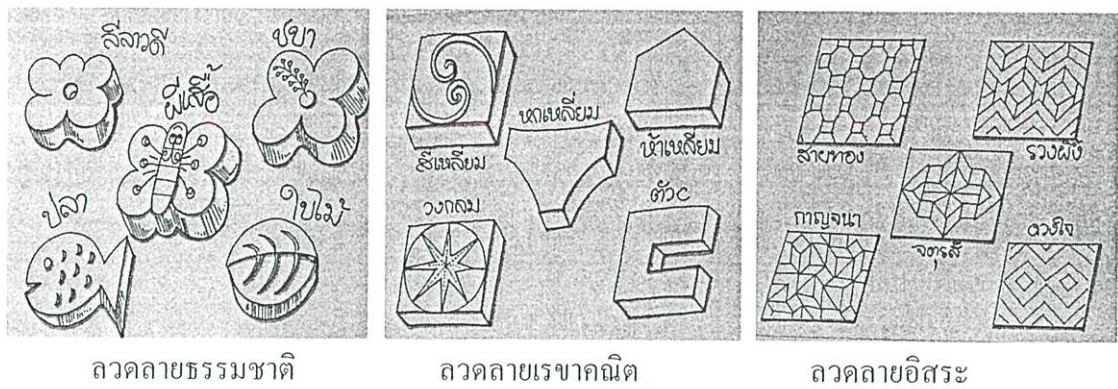
1.2.1 การสรุปแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์

แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ระดับความต้องการ		
	ผู้เชี่ยวชาญ	ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย	ผู้บริโภค
1. รูปแบบ สีส้ม พื้นผิวของผลิตภัณฑ์	มากที่สุด ( $\bar{X} = 4.7$ )	มากที่สุด ( $\bar{X} = 4.6$ )	มากที่สุด ( $\bar{X} = 4.6$ )
2. ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ	มาก ( $\bar{X} = 3.7$ )	มาก ( $\bar{X} = 4.0$ )	มาก ( $\bar{X} = 4.2$ )
3. สีส้มของผลิตภัณฑ์	มาก ( $\bar{X} = 4.2$ )	มาก ( $\bar{X} = 4.2$ )	มาก ( $\bar{X} = 4.4$ )
เฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	4.2	4.3	4.4

จากตารางที่ 4.7 สามารถกำหนดแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการออกแบบภาพร่าง (sketch design) ต่อไปได้

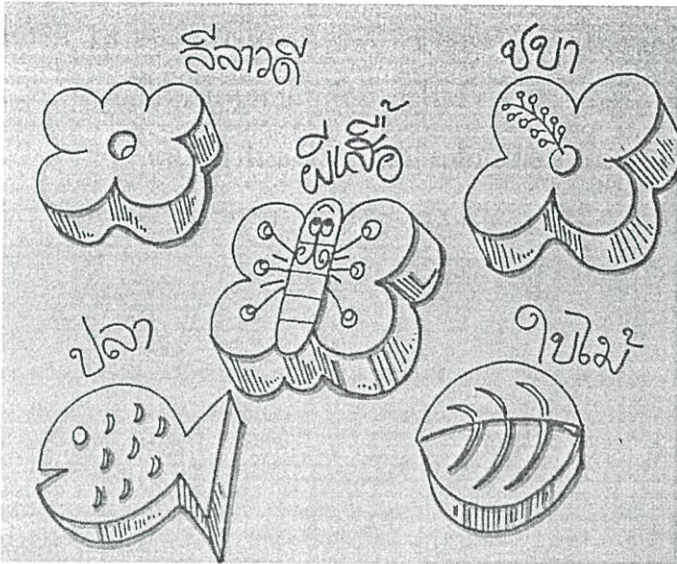
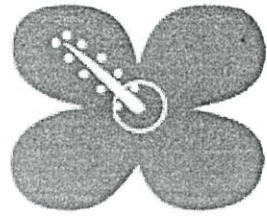
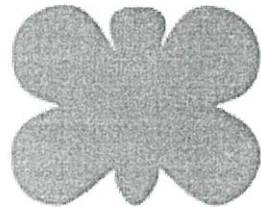
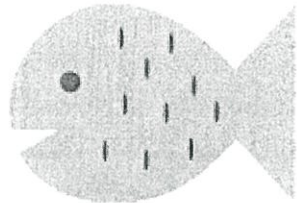


## 1.2.2 ออกแบบภาพร่าง(sketch design) การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่



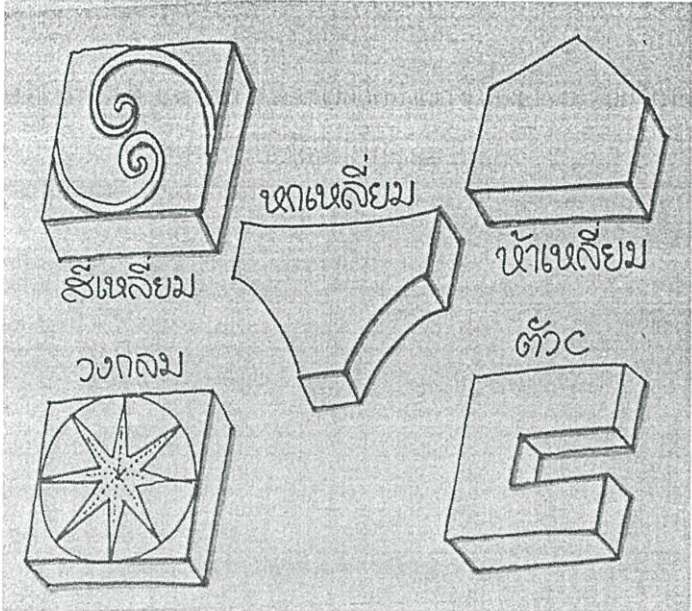





ภาพที่ 4.1 แสดงการออกแบบภาพร่าง (sketch design) เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

1.2.3 นำภาพร่าง(sketch design)มาพัฒนาให้เกิดรูปแบบ สี สัน ขนาด และการจัดวางผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ โดยนำไปปรึกษาและขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อการนำเสนอแบบสรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่าง

ตารางที่ 4.8 แสดงการพัฒนาลวดลายธรรมชาติ ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ และสีสันทงผลิตภัณฑ์  
คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์	
ภาพร่งที่นำเสนอ	รูปแบบ สีสันทง พื้นผิวของผลิตภัณฑ์
 <p>ลวดลายธรรมชาติ</p>	<p>ลิลาวดี</p>  <p>ชบา</p>  <p>ผีเสื้อ</p>  <p>ปลา</p>  <p>ใบไม้</p> 

ตารางที่ 4.9 แสดงการพัฒนาลวดลายเรขาคณิต ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ และสีสันทันของผลิตภัณฑ์  
คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์	
ภาพร่างที่นำเสนอ	
 <p>ลวดลายเรขาคณิต</p>	 <p>สี่เหลี่ยม</p>
	 <p>ห้าเหลี่ยม</p>
	 <p>หกเหลี่ยม</p>
	 <p>วงกลม</p>
	 <p>ตัว C</p>

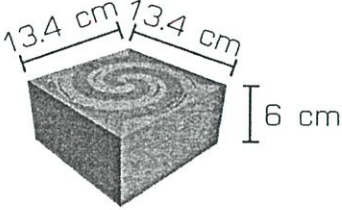
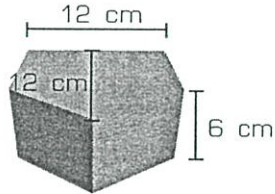
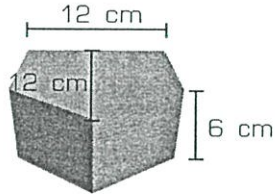
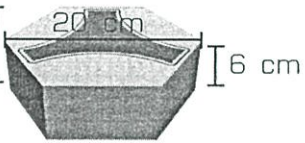
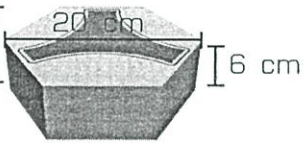
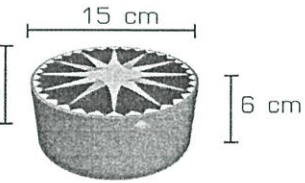
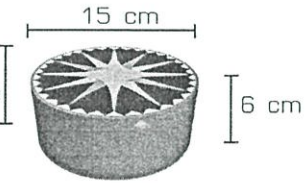
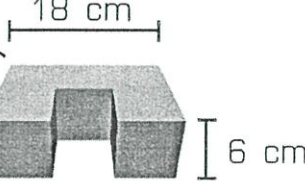
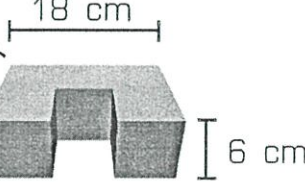
ตารางที่ 4.10 แสดงการพัฒนาลวดลายอิสระ ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ และสีสັນของผลิตภัณฑ์  
คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์	
ภาพร่างที่นำเสนอ	
<p>ลวดลายอิสระ</p>	<p>ชวนชม</p>
	<p>ชวนฝัน</p>
	<p>सानฝัน</p>
	<p>सानใจ</p>
	<p>สมใจ</p>

ตารางที่ 4.11 แสดงการพัฒนาลวดลายธรรมชาติ ด้านขนาดของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

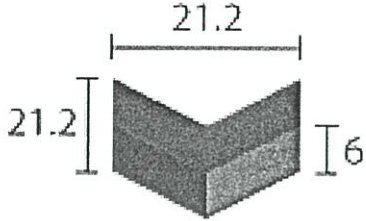
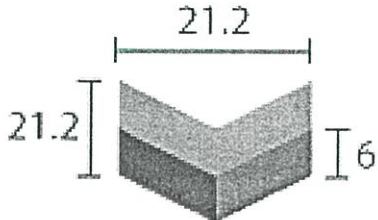
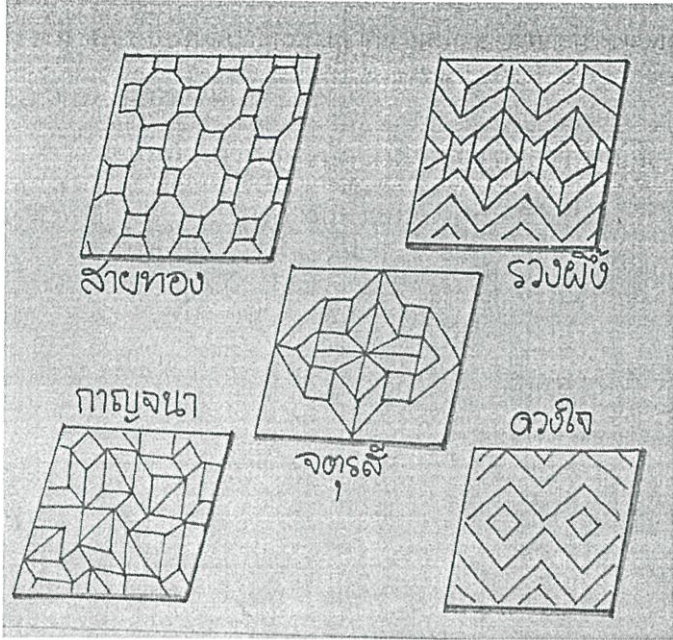
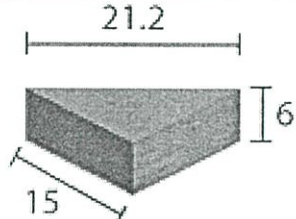
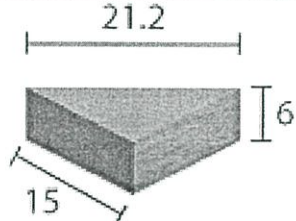
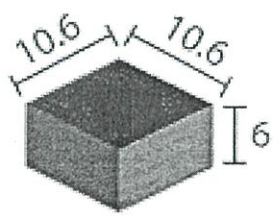
ภาพร่างที่นำเสนอ	ขนาดของผลิตภัณฑ์(cm.)
<p style="text-align: center;">ลวดลายธรรมชาติ</p>	<p style="text-align: center;">ลิลาวดี</p>
	<p style="text-align: center;">ชบา</p>
	<p style="text-align: center;">ผีเสื้อ</p>
	<p style="text-align: center;">ปลา</p>
	<p style="text-align: center;">โอบไม้</p>

ตารางที่ 4.12 แสดงการพัฒนาลวดลายเรขาคณิต ด้านขนาดของผลิตภัณฑ์ คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

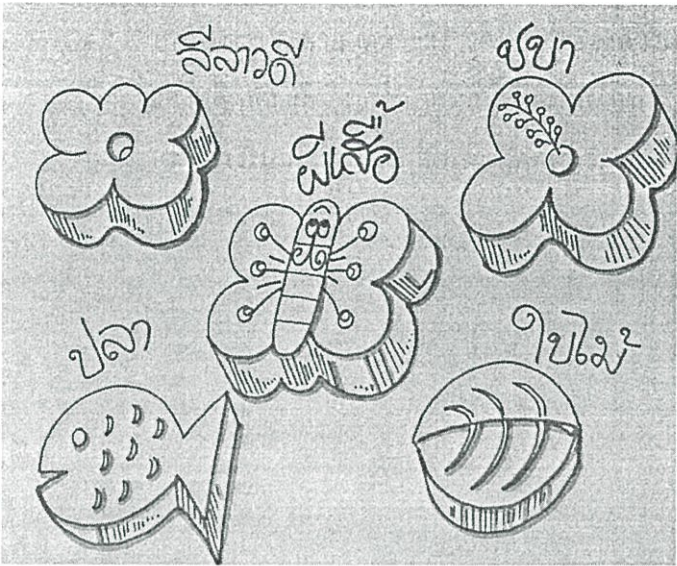
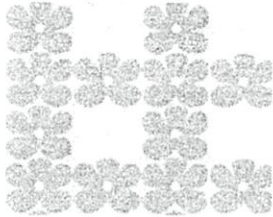
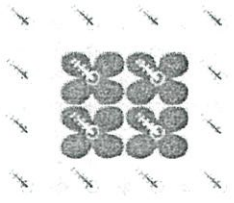
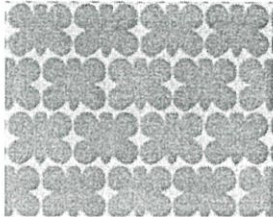
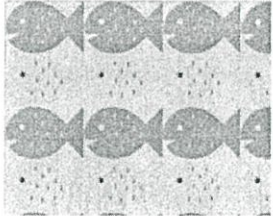
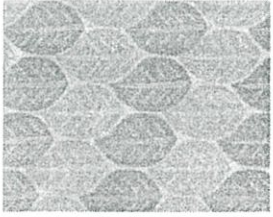
ภาพร่างที่นำเสนอ	ขนาดของผลิตภัณฑ์(cm.)
	 <p>สี่เหลี่ยม</p>
 <p>ห้าเหลี่ยม</p>	 <p>ห้าเหลี่ยม</p>
 <p>หกเหลี่ยม</p>	 <p>หกเหลี่ยม</p>
 <p>วงกลม</p>	 <p>วงกลม</p>
 <p>ตัว C</p>	 <p>ตัว C</p>

ลวดลายเรขาคณิต

ตารางที่ 4.13 แสดงการพัฒนาลวดลายอิสระ ด้านขนาดของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

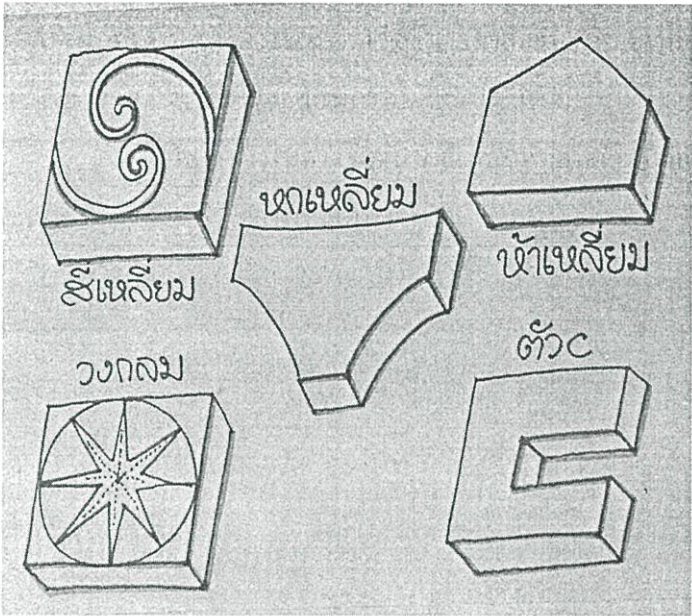

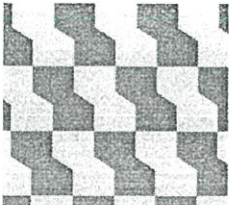
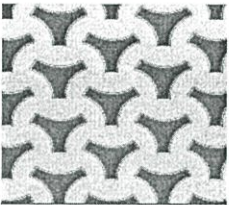


ภาพร่างที่นำเสนอ	ขนาดของผลิตภัณฑ์(cm.)
	 <p>ชวนชม</p>
	 <p>ชวนฝัน</p>
 <p>ลวดลายอิสระ</p>	 <p>สามฝัน</p>
	 <p>สามใจ</p>
	 <p>สามใจ</p>

ตารางที่ 4.14 แสดงการพัฒนาลวดลายธรรมชาติ ด้านความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

ภาพร่างที่นำเสนอ	ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ
 <p data-bbox="465 1496 673 1532">ลวดลายธรรมชาติ</p>	 <p data-bbox="1077 670 1163 707">ลิลาวดี</p>
	 <p data-bbox="1092 1015 1148 1052">ชบา</p>
	 <p data-bbox="1084 1338 1148 1375">ผีเสื้อ</p>
	 <p data-bbox="1089 1683 1148 1720">ปลา</p>
	 <p data-bbox="1089 2007 1163 2043">ใบไม้</p>

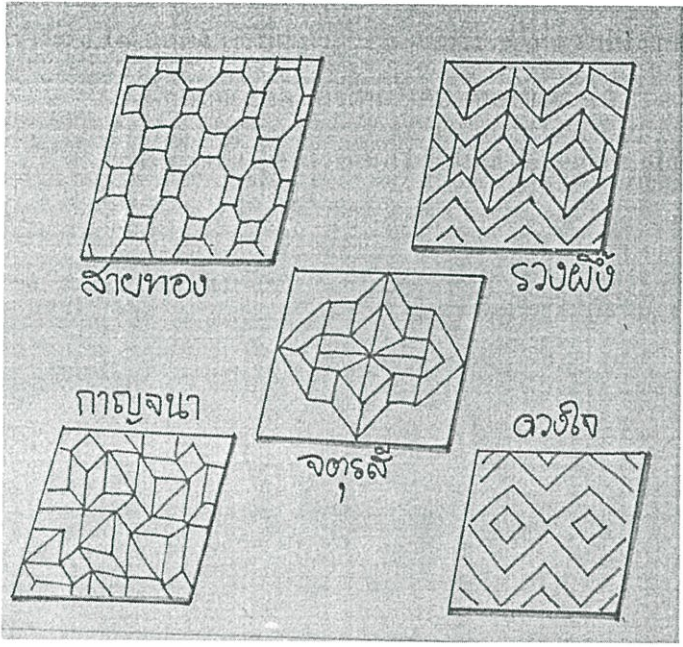


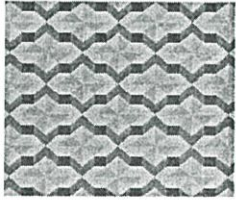

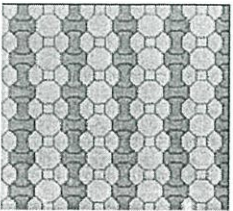
ตารางที่ 4.15 แสดงการพัฒนาลวดลายเรขาคณิต ด้านความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบของผลิตภัณฑ์ คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลันเตา

ภาพร่างที่นำเสนอ	ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ
 <p data-bbox="465 1548 669 1580">ลวดลายเรขาคณิต</p>	 <p data-bbox="1059 655 1163 698">สี่เหลี่ยม</p>
	 <p data-bbox="1065 983 1178 1026">ห้าเหลี่ยม</p>
	 <p data-bbox="1050 1313 1163 1356">หกเหลี่ยม</p>
	 <p data-bbox="1065 1636 1148 1679">วงกลม</p>
	 <p data-bbox="1074 1959 1133 2002">ตัว C</p>

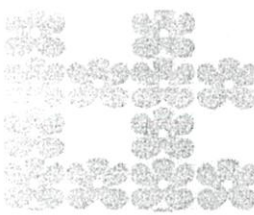
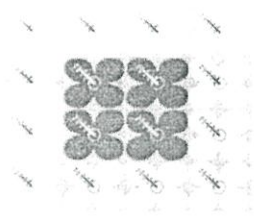
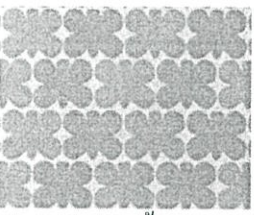
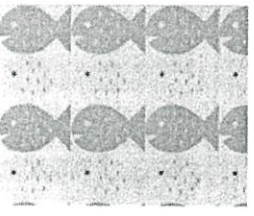
ตารางที่ 4.16 แสดงการพัฒนาลวดลายอิสระ ด้านความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบของ  
ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเค้าลวดลายใน

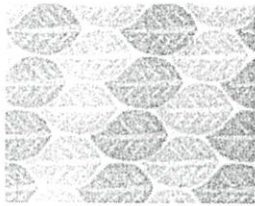

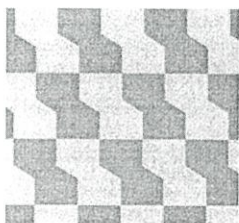

ภาพร่างที่นำเสนอ	ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ
 <p data-bbox="480 1576 639 1612">ลวดลายอิสระ</p>	 <p data-bbox="1074 692 1173 728">สายทอง</p>
	 <p data-bbox="1062 1015 1166 1052">กาญจนา</p>
	 <p data-bbox="1074 1328 1144 1364">จตุรัส</p>
	 <p data-bbox="1074 1640 1151 1677">รวงผึ้ง</p>
	 <p data-bbox="1074 1974 1144 2011">ดวงใจ</p>

1.2.4 นำเสนอรูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ ต่อผู้เชี่ยวชาญ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ดังตารางที่ 4.8

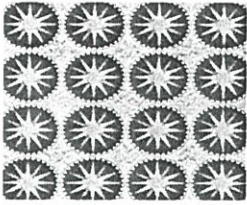
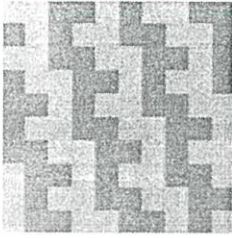

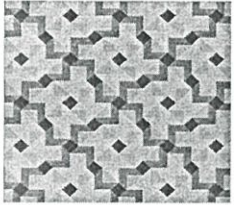
ตารางที่ 4.17 แสดงจำนวนและค่าร้อยละ แบบสรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่าง ของผู้เชี่ยวชาญ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

รูปแบบนำเสนอ	ผู้เชี่ยวชาญ		ผู้ผลิต		ผู้จำหน่าย		รวม
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	
 1. ลีลาวดี	1	33.3	1	50.0	2	20.0	26.7
 2. ชบา	2	66.7	1	50.0	3	30.0	40.0
 3. ฝีเสื่อ	-	-	-	-	1	10.0	6.7
 4. ปลา	-	-	-	-	1	10.0	6.7


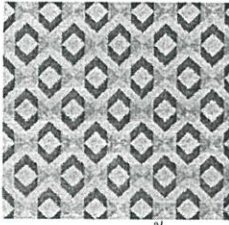
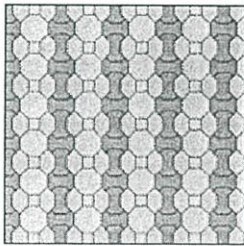
ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

รูปแบบนำเสนอ	ผู้เชี่ยวชาญ		ผู้ผลิต		ผู้จำหน่าย		รวม
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	ร้อยละ
 5. โป้ไม้	-	-	-	-	1	10.0	6.7
 6. สีเหลี่ยม	-	-	-	-	1	10.0	6.7
 7. ห้าเหลี่ยม	-	-	-	-	1	10.0	6.7
 8. หกเหลี่ยม	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

รูปแบบนำเสนอ	ผู้เชี่ยวชาญ		ผู้ผลิต		ผู้จำหน่าย		รวม
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	ร้อยละ
 <p>9. วงกลม</p>	-	-	-	-	-	-	-
 <p>10. ตัว C</p>	-	-	-	-	1	10.0	6.7
 <p>11. สายทอง</p>	-	-	-	-	-	-	-
 <p>12. กาญจนา</p>	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

รูปแบบนำเสนอ	ผู้เชี่ยวชาญ		ผู้ผลิต		ผู้จำหน่าย		รวม
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	ร้อยละ
 13. จตุรสี	-	-	-	-	-	-	-
 14. รวงผึ้ง	-	-	-	-	-	-	-
 15. ควงใจ	-	-	-	-	1	10.0	6.7
รวม	3	100.0	2	100.0	10	100.0	100.0

จากตารางที่ 4.17 พบว่า สรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่าง ความต้องการคอนกรีตบดบล็อกปูพื้นจากถั่วลยถิกไนต์ แบบใหม่ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย โดยภาพรวมคือ รูปแบบธรรมชาติ ได้แก่ รูปแบบ(2)ชบา ร้อยละ 40.0 รูปแบบ (1) ลีลาวดี ร้อยละ 26.7 รูปแบบ (3) ผีเสื้อ (4) ปลา และ (5) ใบไม้ ร้อยละ 6.7 เท่าๆ กัน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ตาม มอก. 2035-2543

2.1 ผลการวิเคราะห์การทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ เป็นการทดสอบ โดยการตรวจพินิจ ตรวจสอบคุณลักษณะที่ต้องการทั่วไปคอนกรีตต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ไม่บิ่น และสี ผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ ซึ่งมีผลโดยสรุปดังนี้

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์

ก้อนที่	เนื้อแน่น	ไม่ร้าว	ไม่บิ่น	สีผิวหน้าสม่ำเสมอ	หมายเหตุ
1	/	/	/	/	/ หมายถึง ผ่านการ ทดสอบ
2	/	/	/	/	
3	/	/	/	/	
4	/	/	/	/	
5	/	/	/	/	
6	/	/	/	/	
7	/	/	/	/	
8	/	/	/	/	
9	/	/	/	/	
10	/	/	/	/	
เฉลี่ย	/	/	/	/	

จากตารางที่ 4.18 พบว่า คุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ โดยการตรวจพินิจ ซึ่งได้ คอนกรีตที่มีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ไม่บิ่น และสี ผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543

ที่มา : วิทยาลัยเทคนิคลำปาง ทำการทดสอบเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2549

2.2 ผลการวิเคราะห์ การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ เมื่อทำการทดสอบแล้ว ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 45 เมกะพาสคัล และผิวหน้า (ถ้ามี) ต้องไม่แยกจากชั้นพื้น จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์

ก้อนที่	7 วัน	14 วัน	28 วัน	90 วัน	120 วัน	ชั้นผิวหน้า
1	32.17	33.94	42.65	43.45	46.38	ไม่แยกชั้น
2	32.70	33.77	43.01	43.54	46.92	ไม่แยกชั้น
3	33.59	33.94	42.65	43.36	47.10	ไม่แยกชั้น
4	33.23	34.30	42.83	43.01	47.63	ไม่แยกชั้น
5	32.52	33.86	43.01	43.90	47.89	ไม่แยกชั้น
6	33.77	33.86	42.47	43.36	47.27	ไม่แยกชั้น
7	31.99	33.59	42.30	43.72	47.27	ไม่แยกชั้น
8	32.34	33.41	42.65	43.54	47.63	ไม่แยกชั้น
9	32.88	33.59	42.83	44.07	46.74	ไม่แยกชั้น
10	32.34	33.94	43.01	43.90	46.92	ไม่แยกชั้น
$\bar{X}$	32.75	33.82	42.74	43.59	47.17	ไม่แยกชั้น
S.D.	0.68	0.34	0.24	0.32	0.46	

จากตารางที่ 4.19 พบว่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ที่เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543 คือคอนกรีตที่ใช้เวลาบ่มนาน 120 วัน

ที่มา: วิทยาลัยเทคนิคลำปาง ทำการทดสอบเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2549

2.3 ผลการวิเคราะห์ การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ วิธีทดสอบ โดยการแช่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างในน้ำเสร็จแล้วนำไปชั่ง หลังจากนั้นวางคอนกรีตตัวอย่าง ในตู้อบ อบให้แห้ง แล้วปล่อยให้เย็นแล้วชั่ง การดูดซึมน้ำเมื่อทดสอบแล้วการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ยต้องไม่มากกว่า ร้อยละ 5 และต้องไม่มีก้อนใดก้อนหนึ่งมากกว่า ร้อยละ 7 จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์

ก่อนที่ 1-10	การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก คิดเป็นร้อยละ	หมายเหตุ
1	4	- ไม่มีก้อนใดที่มีการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 7 - โดยเฉลี่ยมีการดูดซึมน้ำไม่มากกว่าร้อยละ 5
2	5	
3	6	
4	5	
5	4	
6	5	
7	4	
8	5	
9	5	
10	5	
$\bar{X}$	4.8	
S.D	0.63	

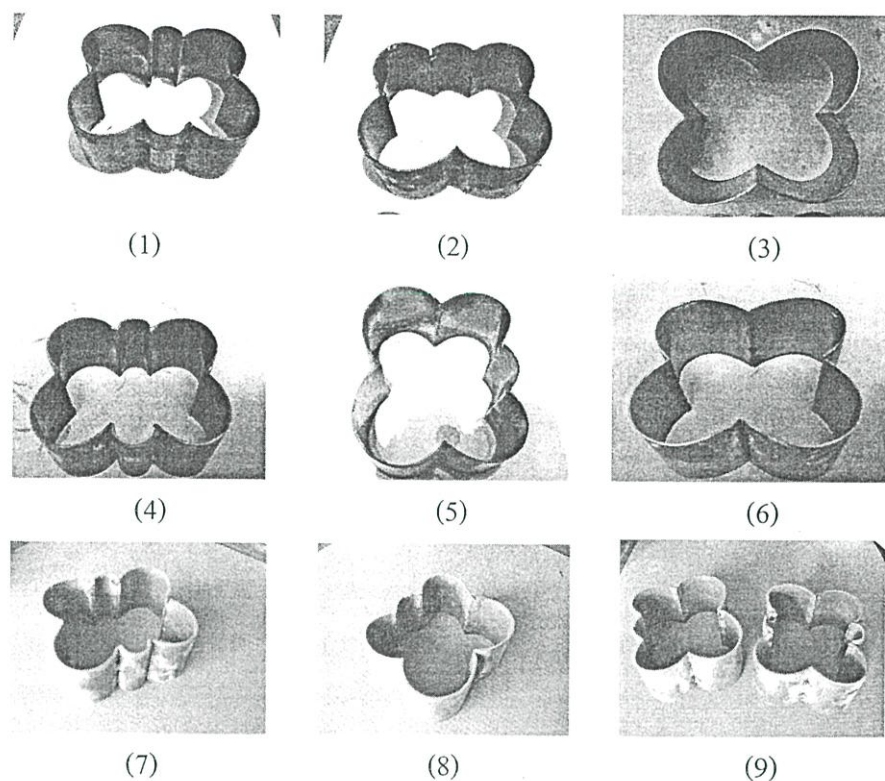
จากตารางที่ 4.20 พบว่า การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543

ที่มา : วิทยาลัยเทคนิคลำปาง ทำการทดสอบเมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2549

ตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อ แก้วลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

3.1 การผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแก้วลอยลิกไนต์แบบใหม่ เพื่อการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อ ผู้บริโภค

3.1.1 แบบพิมพ์มือทำด้วยโลหะรูปแบบต่างๆ



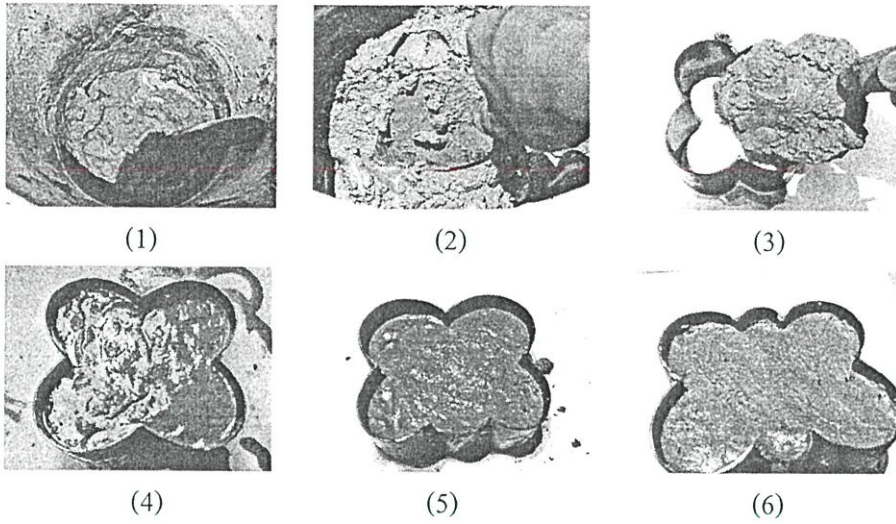
ภาพที่ 4.2 แบบพิมพ์มือทำด้วยโลหะเหล็ก มีขนาด 10 X 12 X 6 cm. (1)-(9)

รูปผีเสื้อ (1), (4), (7) รูปดอกสี่กลีบ (2), (5), (8) และรูปดอกชบา (3), (6)

ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ มกราคม 2550

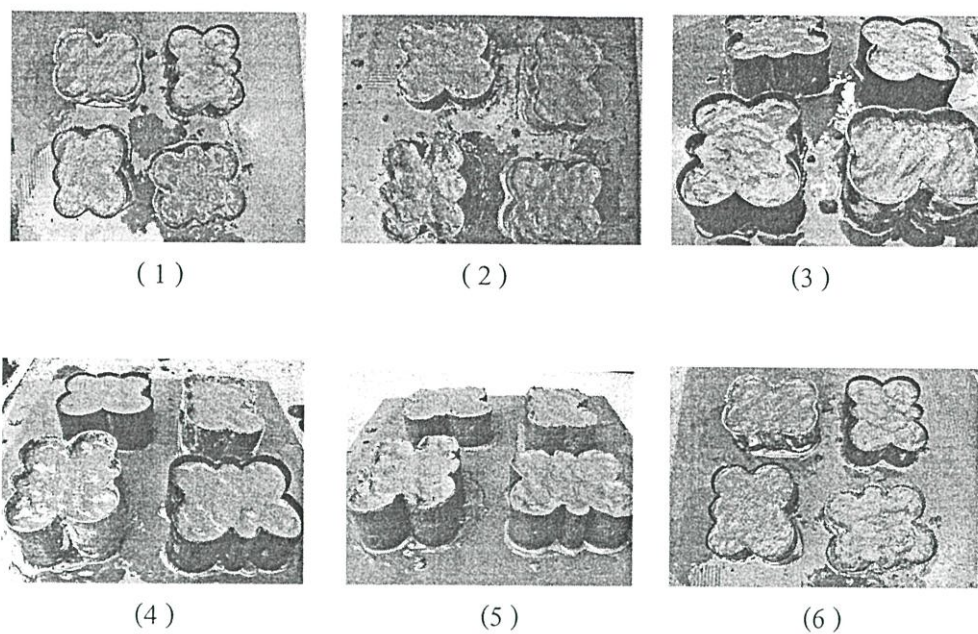


### 3.1.3 การเทส่วนผสมลงในแบบพิมพ์



ภาพที่ 4.4 ลำดับขั้นตอนการนำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงในแบบพิมพ์โลหะ (1) ถึง (6)

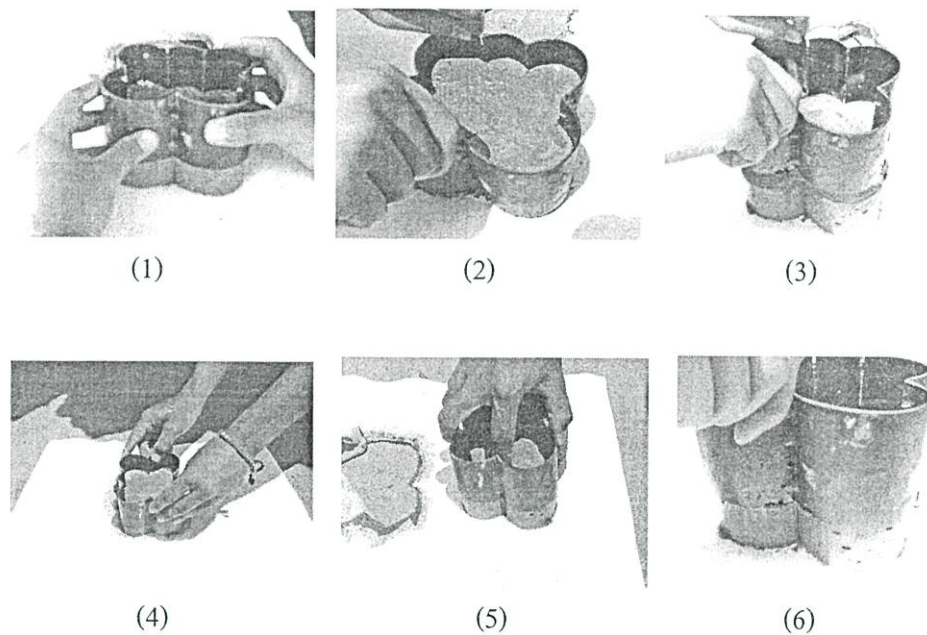
ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ มกราคม 2550



ภาพที่ 4.5 แบบพิมพ์โลหะแบบต่างๆ ที่เตรียมแล้ว ดังรูปที่ (1)-(6)

ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ มกราคม 2550

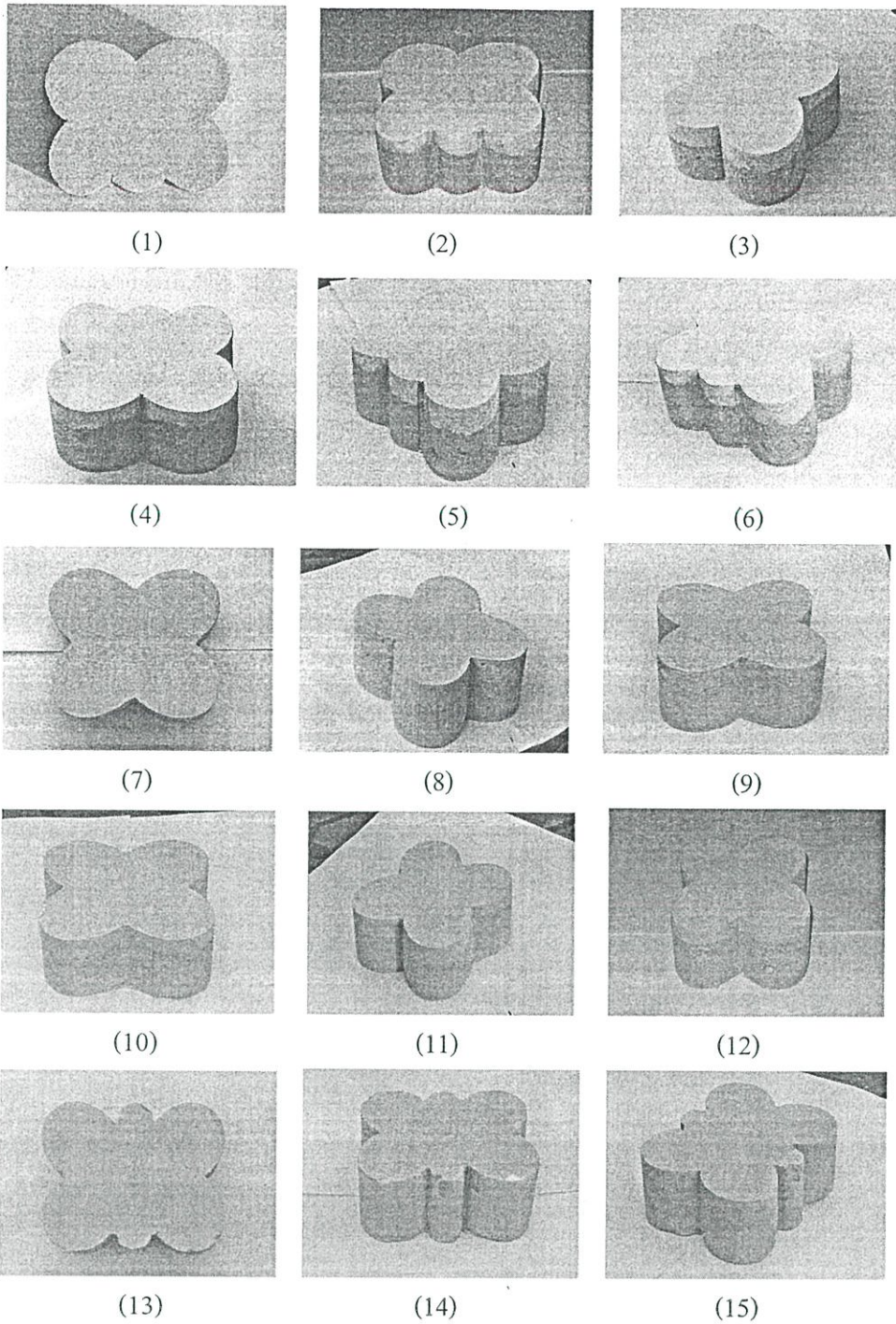
#### 3.1.4 การถอดแบบพิมพ์มือ



ภาพที่ 4.6 การถอดแบบพิมพ์โลหะออกขณะที่ยังไม่แห้งสนิท ดังรูป (1)-(6)

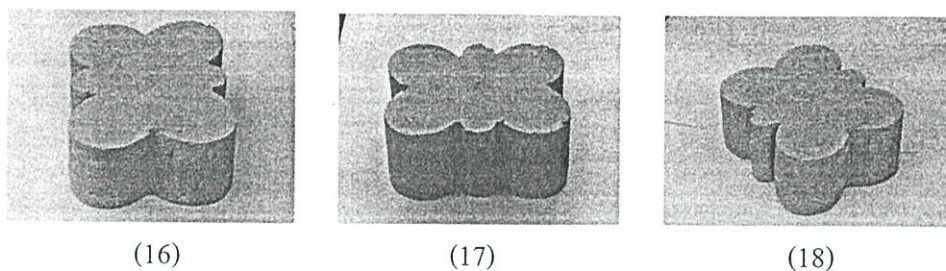
ที่มา : ภาพถ่ายเมื่อ มกราคม 2550

### 3.1.5 ชิ้นงานจากรูปแบบต่างๆ ที่ผลิตได้



ภาพที่ 4.7 แสดงคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเส้นลวดเหล็กไนต์แบบใหม่

(1)-(6)รูปผีเสื้อ (7)-(12)รูปดอกกลีลาวดี (13)-(18)รูปดอกชบา



(16)

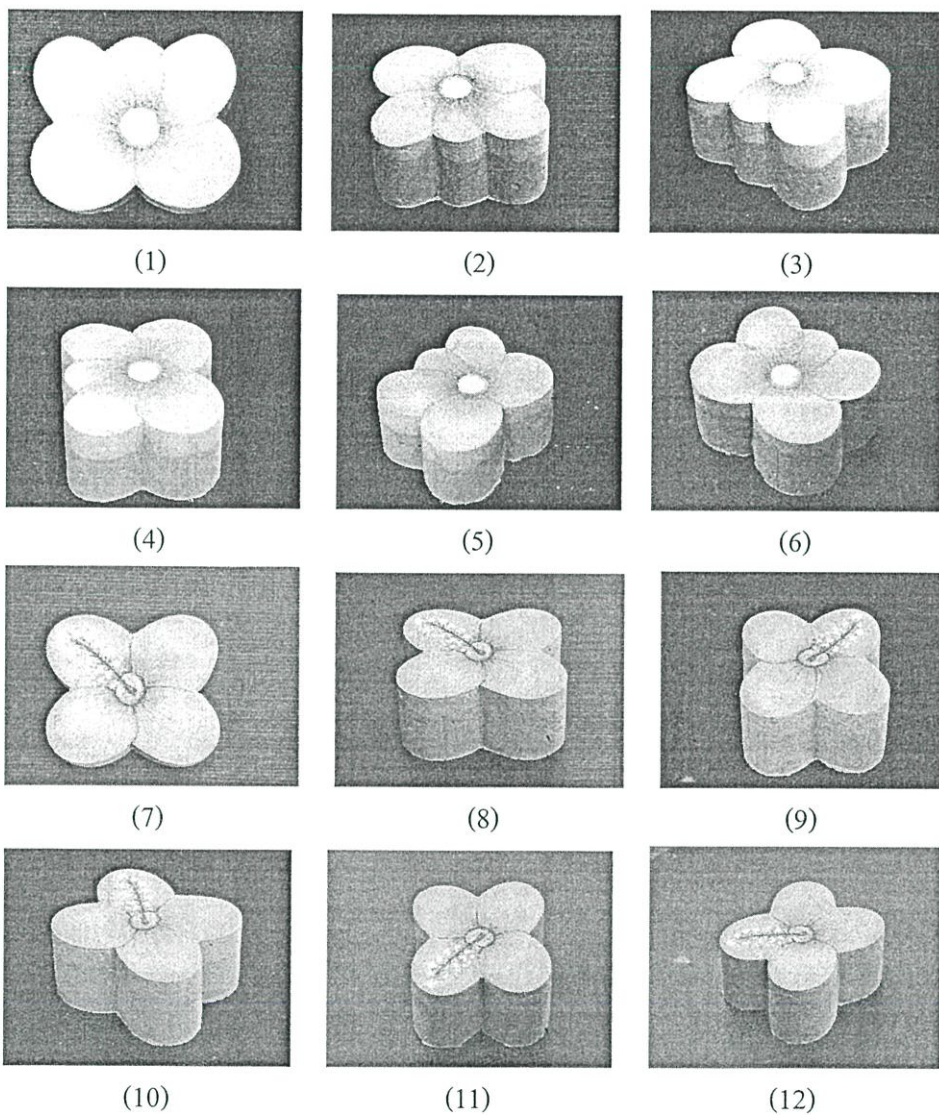
(17)

(18)

ภาพที่ 4.7 (ต่อ)

ที่มา : ถ่ายภาพเมื่อ กุมภาพันธ์ 2550

## 3.1.6 ชิ้นงานที่ได้รับการตกแต่งสี พื้นผิว และลวดลาย



(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

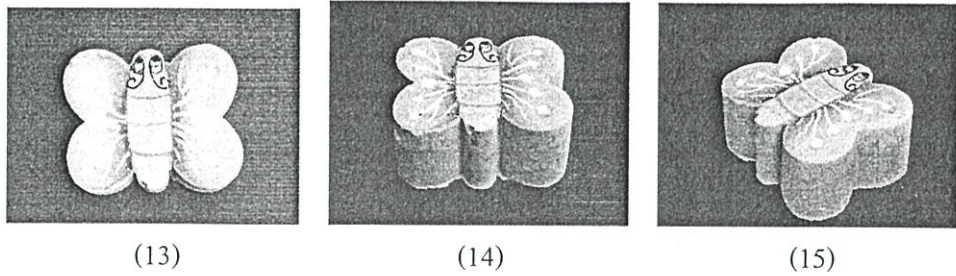
(9)

(10)

(11)

(12)

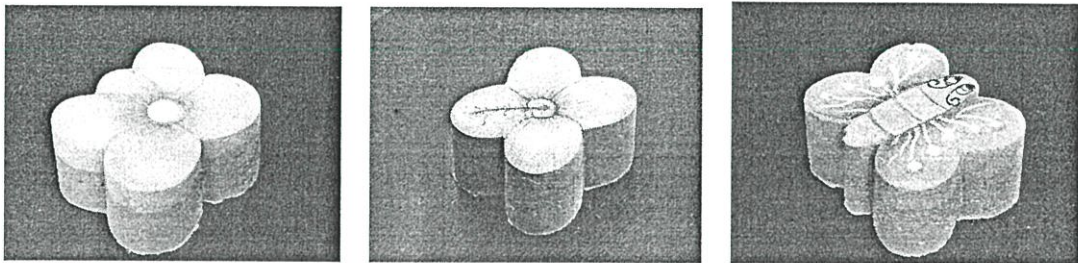
ภาพที่ 4.8 แสดงคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยลิกไนต์แบบใหม่ที่ได้รับการตกแต่งสี พื้นผิว และลวดลาย (1)-(6)รูปผีเสื้อ (7)-(12)รูปดอกสี่ลาวดี (13)-(18)รูปดอกชบา



ภาพที่ 4.8 (ต่อ)

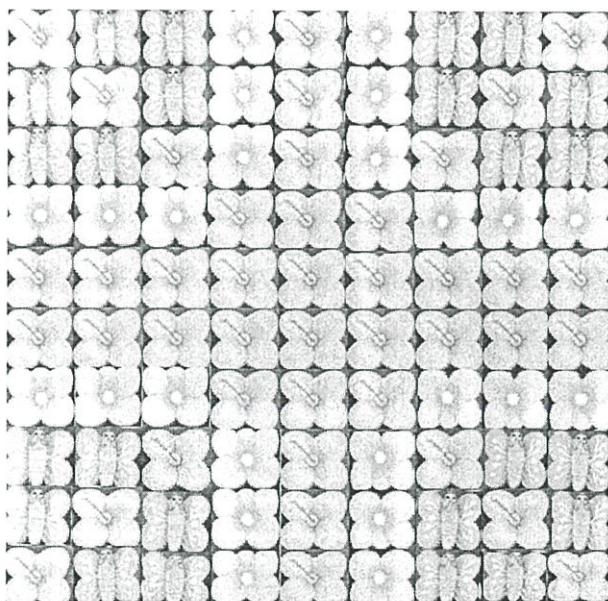
ที่มา : ถ่ายภาพเมื่อ กุมภาพันธ์ 2550

### 3.2 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อ คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่



ภาพที่ 4.9 รูปทัศนียภาพเพื่อการพิจารณาความพึงพอใจของผู้บริโภค ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์ ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการใช้งาน

ที่มา : ถ่ายภาพเมื่อ กุมภาพันธ์ 2550



1 ตารางเมตร	ประกอบด้วย
-รูปผีเสื้อ	จำนวน 24 ก้อน
-รูปดอกกลีลาวดี	จำนวน 24 ก้อน
-รูปดอกชบา	จำนวน 42 ก้อน
รวม	จำนวน 90 ก้อน

ภาพที่ 4.10 การนำคอนกรีตบล็อกปูพื้น รูปผีเสื้อ รูปดอกกลีลาวดี รูปดอกชบา ที่ได้รับการตกแต่งสี พื้นผิว และลวดลาย มาจัดวางเป็นรูปแบบใหม่

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของผู้บริโภค  
คอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

รายการ	ผู้บริโภค		ระดับความพึง พอใจ
	n = 130		
	$\bar{X}$	S.D.	
<b>ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์</b>			
1.1 รูปแบบมีความแปลกใหม่ ทันสมัย	4.7	0.48	มากที่สุด
1.2 รูปแบบสามารถนำมาประกอบกันเป็น รูปแบบใหม่ได้	3.8	0.57	มาก
1.3 รูปแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานปูพื้น	4.0	0.70	มาก
1.4 รูปแบบสามารถนำวัสดุชนิดอื่นๆตกแต่ง เพิ่มเติม ให้สวยงาม สะดุดตา	3.2	0.47	ปานกลาง
<b>รวม</b>	<b>3.9</b>	<b>0.56</b>	<b>มาก</b>
<b>ด้านความสวยงาม</b>			
2.1 สีของผลิตภัณฑ์สวยงาม แปลกใหม่ สะดุดตา	4.6	0.52	มากที่สุด
2.2 สีของผลิตภัณฑ์กลมกลืนกับสิ่งแวดล้อม	3.6	0.53	มาก
2.3 สีของผลิตภัณฑ์สามารถจัดวางตำแหน่งได้ หลายรูปแบบ เหมาะสม และสวยงาม	3.8	0.52	มาก
<b>รวม</b>	<b>4.0</b>	<b>0.52</b>	<b>มาก</b>
<b>ด้านความเหมาะสมในการใช้งาน</b>			
3.1 ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน	4.3	0.48	มาก
3.2 ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนและการจัดวาง	4.4	0.51	มาก
3.3 ผลิตภัณฑ์สามารถนำพาสะดวก และง่ายต่อ การนำไปใช้ใหม่	3.2	0.46	ปานกลาง
3.4 ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากการใช้งาน	4.2	0.42	มาก
3.5 ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการบำรุงรักษาความสะอาด	4.2	0.42	มาก
3.6 ผลิตภัณฑ์เหมาะสมที่จะนำไปผลิตเพื่อการ จำหน่ายจริง	4.2	0.44	มาก
<b>รวม</b>	<b>4.1</b>	<b>0.46</b>	<b>มาก</b>
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>4.0</b>	<b>0.51</b>	<b>มาก</b>

จากตารางที่ 4.21 พบว่า สามารถสรุปผลการสอบถามความพึงพอใจ ได้เป็น 3 ด้านดังนี้

#### ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์

พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจ ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์ รูปแบบธรรมชาติ เป็นรูปแบบที่มีความแปลกใหม่ ทันสมัย ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.7$ ) โดยรวมมีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ในระดับ มาก เท่ากับ 3.9 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.56

#### ด้านความสวยงาม

พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจด้านความสวยงาม รูปแบบธรรมชาติ สีของผลิตภัณฑ์ที่มีความสวยงาม แปลกใหม่ สะดุดตาอยู่ในระดับ มากที่สุด ( $\bar{X}=4.6$ ) โดยรวมมีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ในระดับ มาก เท่ากับ 4.0 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.52

#### ด้านความเหมาะสมในการใช้งาน

พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจ ด้านความเหมาะสมในการใช้งาน ในรูปแบบธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนและการจัดวาง อยู่ในระดับ มาก ( $\bar{X}=4.4$ ) โดยรวมมีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ในระดับมาก เท่ากับ 4.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.46

สรุปความพึงพอใจทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการใช้งาน ในรูปแบบธรรมชาติอยู่ในระดับ มาก โดยรวมมีค่าเฉลี่ยรวม ( $\bar{X}$ ) ในระดับ มาก เท่ากับ 4.0 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.51

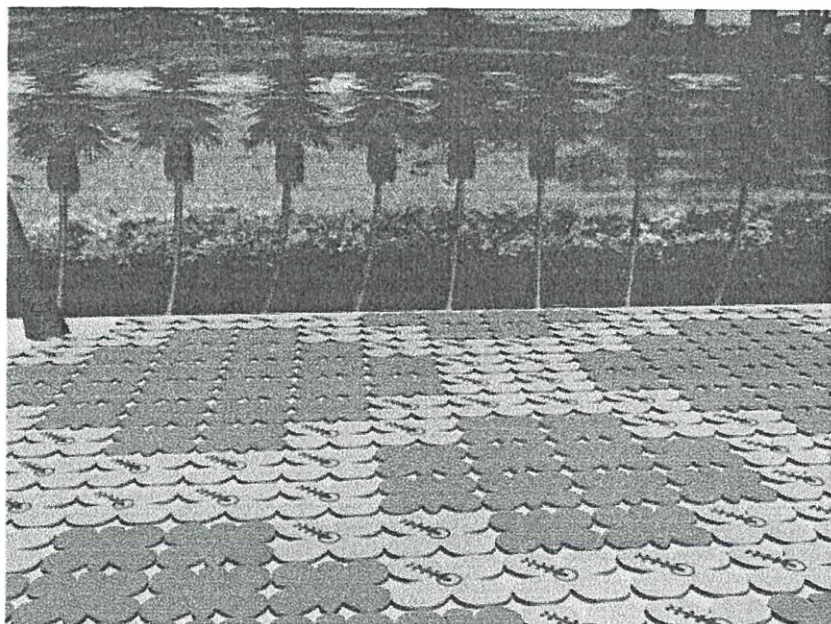
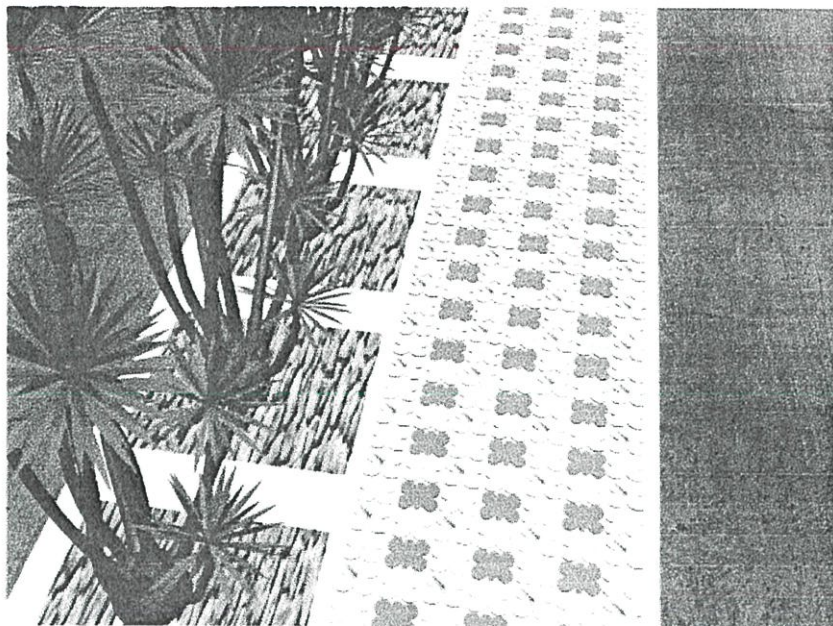
ภาพแสดง

ทัศนียภาพคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลึกไนต์

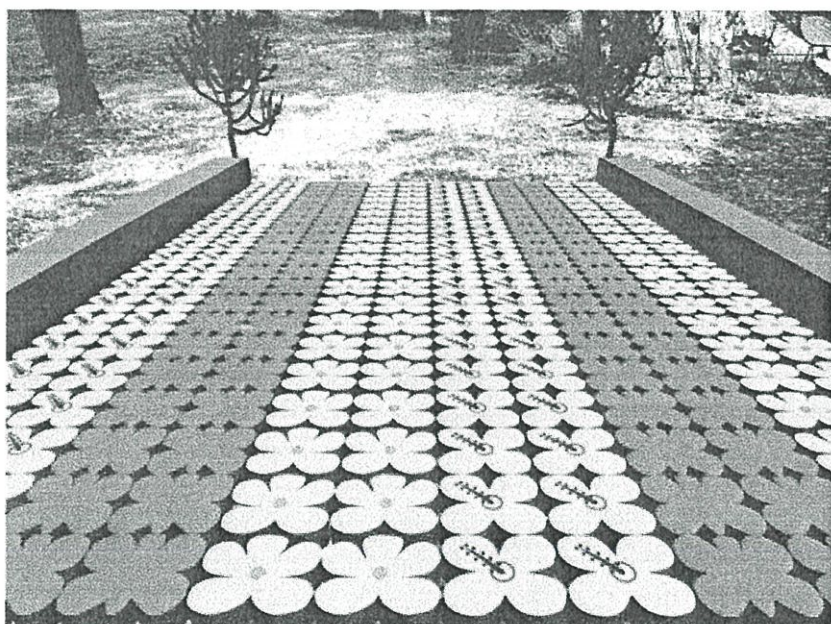
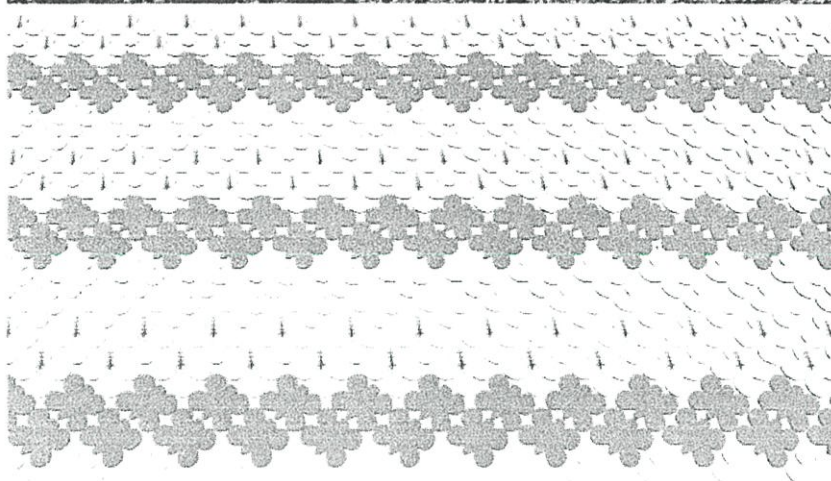
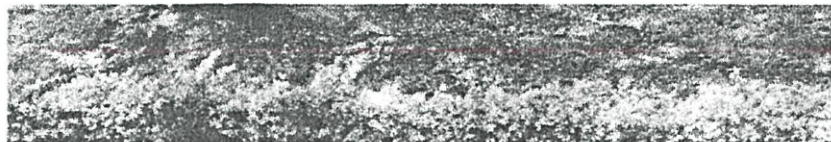
แบบลวดลายคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลึกไนต์

ภาพเขียนแบบเพื่อการผลิต

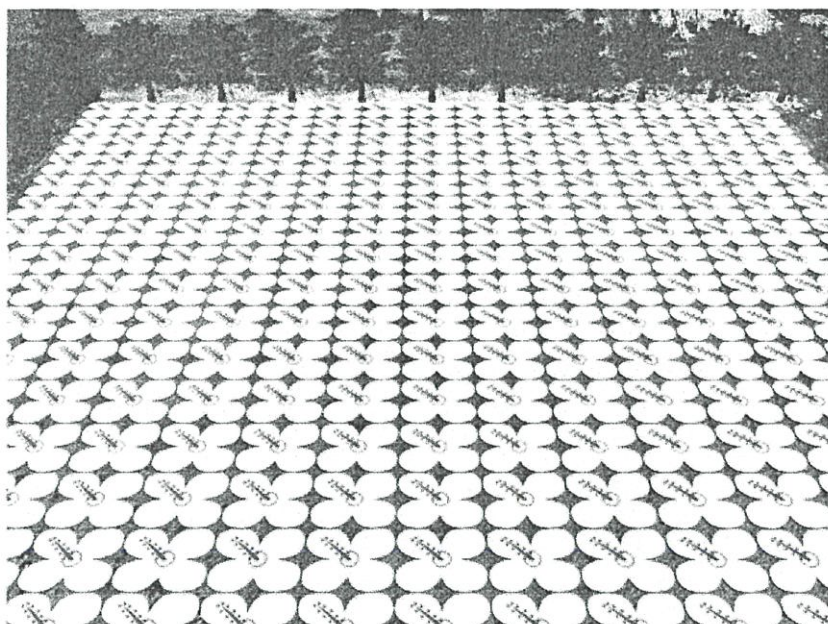
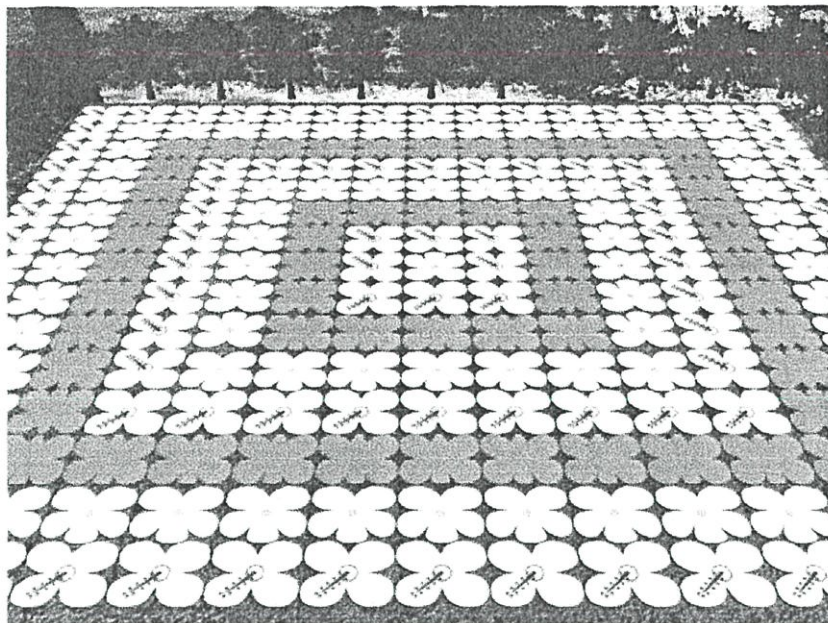
# ทัศนียภาพคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิคนัด



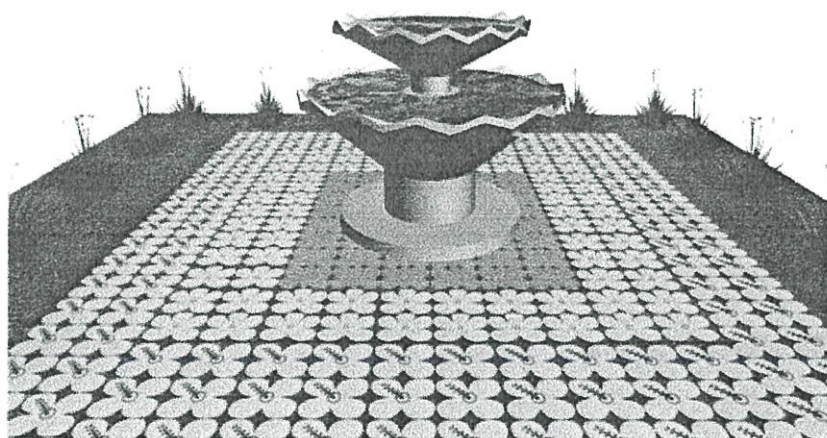
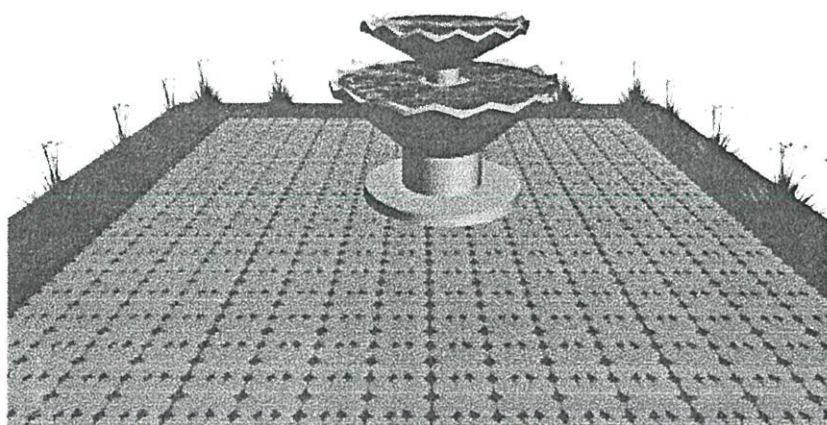
## ทัศนียภาพคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์



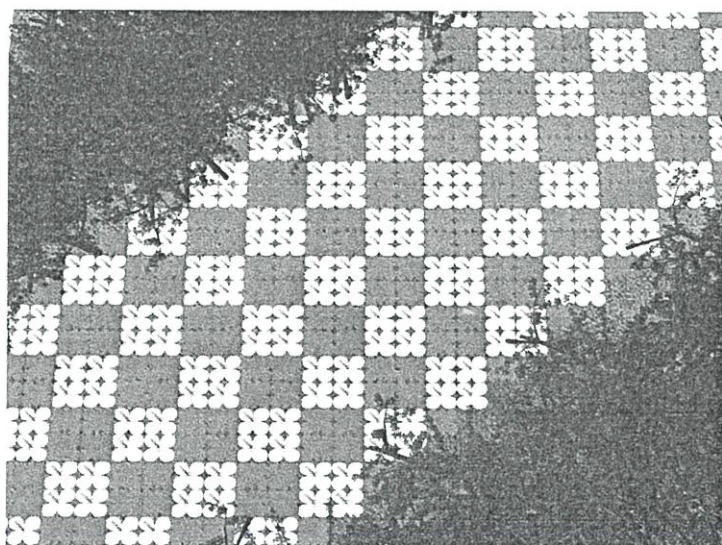
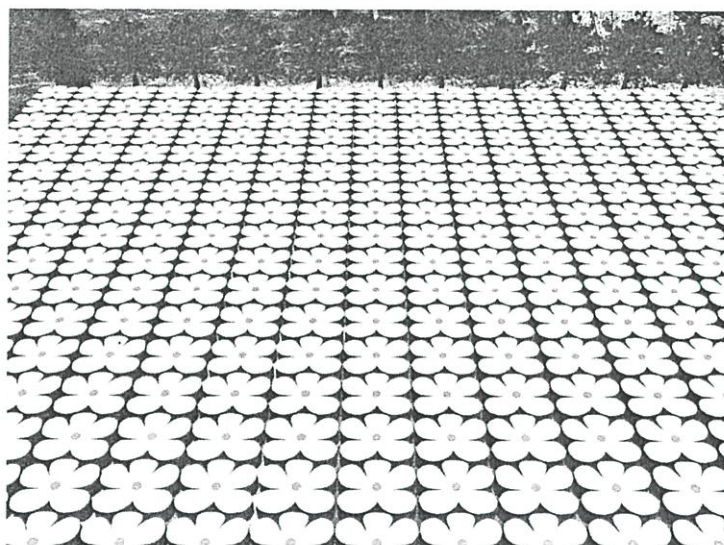
## ทัศนียภาพคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์



# ทัศนียภาพคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์



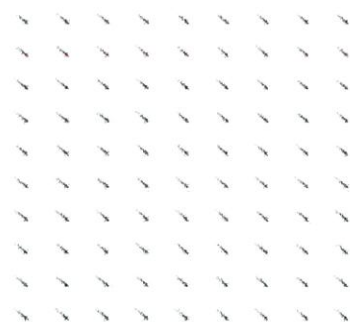
ทัศนียภาพคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์



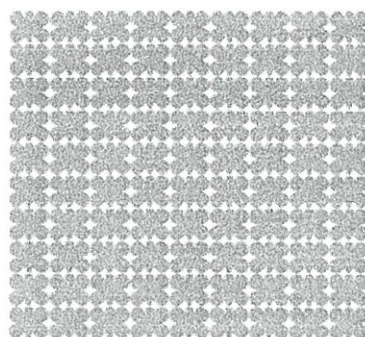
# แบบลวดลายคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์

ปูได้ 20 รูปแบบ 1 ตารางเมตร ใช้ 83 ก้อน

1

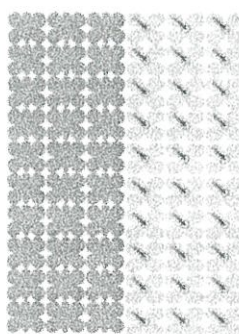


2



3

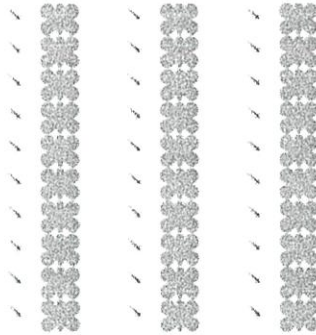
4



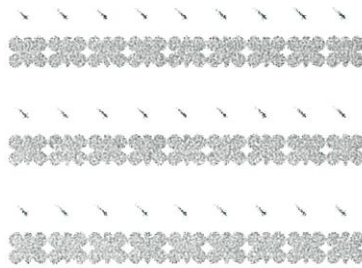
# แบบลวดลายคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์

ปูได้ 20 รูปแบบ 1 ตารางเมตร ใช้ 83 ก้อน

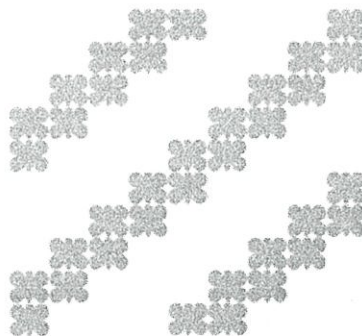
5



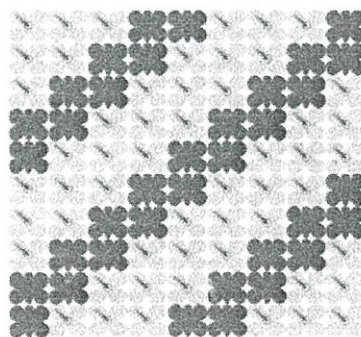
6



7



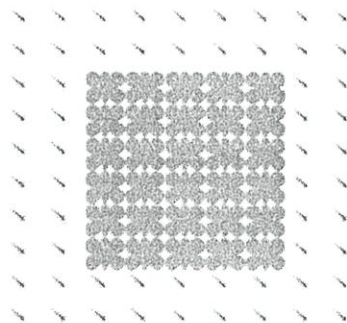
8



# แบบลวดลายคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์

ปูได้ 20 รูปแบบ 1 ตารางเมตร ใช้ 83 ก้อน

9



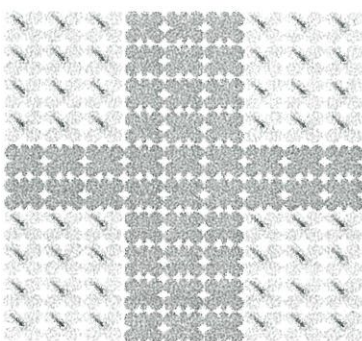
10



11



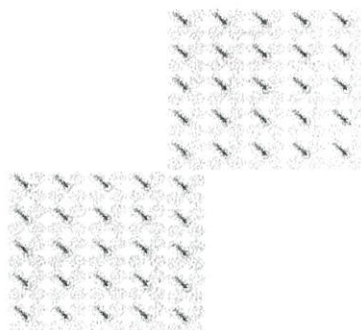
12



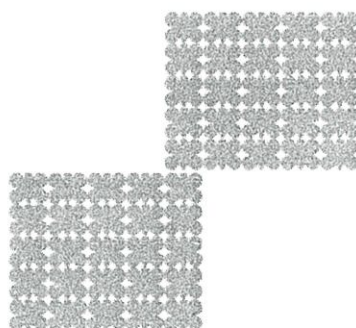
# แบบลวดลายคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์

ปูได้ 20 รูปแบบ 1 ตารางเมตร ใช้ 83 ก้อน

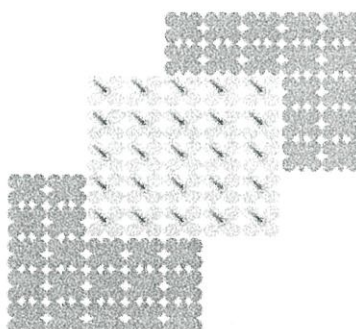
13



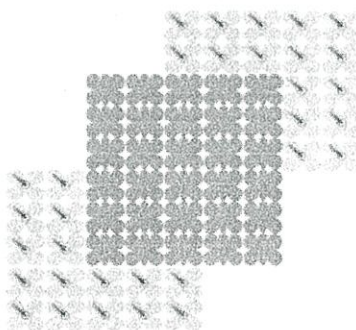
14



15



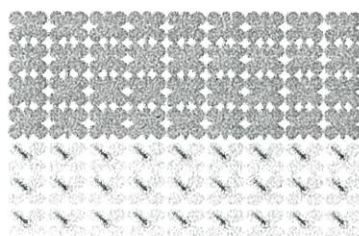
16



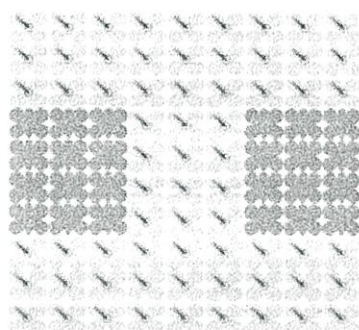
# แบบลวดลายคอนกรีตปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์

ปูได้ 20 รูปแบบ 1 ตารางเมตร ใช้ 83 ก้อน

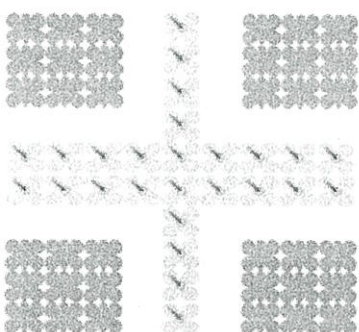
17



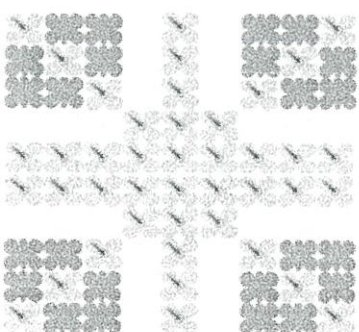
18

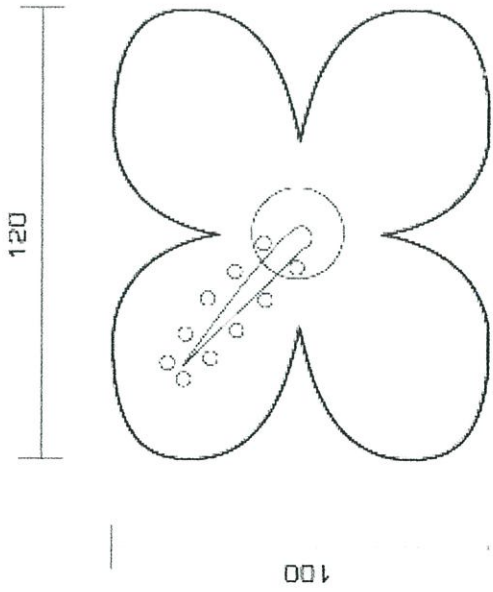


19

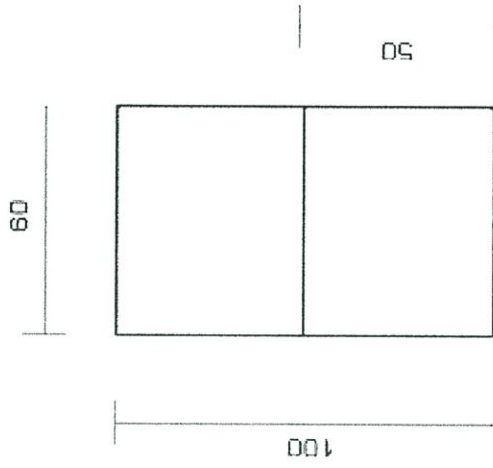


20

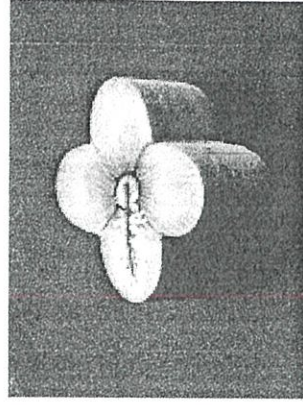




FRONT VIEW



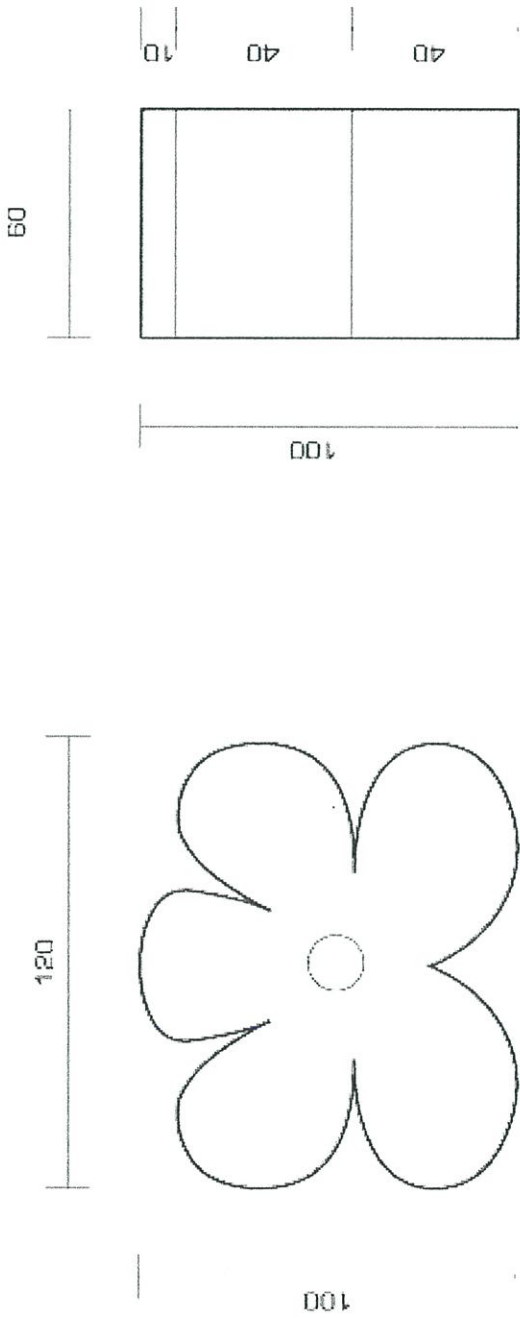
SIDE VIEW



SCALE 1:2  
UNIT MM.

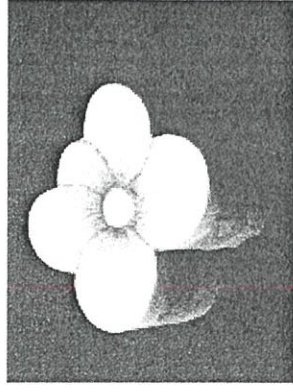
ว/ศ/ป	ชื่อ-นามสกุล	รหัส	แผ่นที่
20/02/50	นางขวิมพรรัตน์ สุตประเสริฐ	47065352	1/3
การศึกษาระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง			
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศศึกษา สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ			
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง			





FRONT VIEW

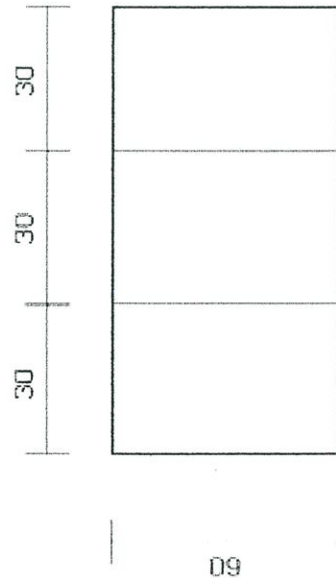
SIDE VIEW



SCALE 1:2  
UNIT MM.

III

ว/ด/ป	ชื่อ-นามสกุล	รหัส	แผ่นที่
20/02/50	นางบิณทิรัตน์ สุศประเสริฐ	47065352	3/3
การศึกษาและพัฒนาเข้าลยล็กนตเป็นคอนกรีตเปลือยกุพื้น			
สาขาเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์อุตสาหกรรม			
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง			



TOP VIEW

## บทที่ 5

# สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

### 5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชันเป็น คอนกรีตบล็อกปูพื้น มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน

ตาม มอก. 2035-2543

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อแอปพลิเคชันเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

### 5.2 ผู้ให้ข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยประกอบด้วย

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในหน่วยงานราชการหรือรัฐวิสาหกิจ ประสบการณ์ทำงานไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน
2. ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จังหวัดลำปาง จำนวน 2 ราย
3. ผู้จำหน่ายคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จังหวัดลำปาง จาก 5 ร้านค้า จำนวน 10 คน
4. ผู้บริโภคคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน จำนวน 130 คน

### 5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ได้แก่

1. แบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค เพื่อการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ

1.1 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแอปพลิเคชัน สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค

ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยการกำหนดประเด็น วัตถุประสงค์ในด้านการศึกษาและพัฒนาเ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ คอนกรีต บล็อกปูพื้น เป็นลักษณะแบบสอบถามแบบเลือกตอบ (check list)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีต บล็อกปูพื้นจากเ้าลอยลิกไนต์ โดยเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale)

## 2. แบบสรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่าง

ผู้วิจัยได้ใช้แบบสรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่าง เพื่อการสรุปคัดเลือกแบบร่าง สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย ซึ่งมีขั้นตอนคือ

1. ผู้วิจัยทำการออกแบบภาพร่าง รูปแบบธรรมชาติ รูปแบบเรขาคณิต และรูปแบบ อีสระ รูปแบบละ 5 ตัวอย่าง

2. นำเสนอเป็นตารางมีรูปภาพประกอบการตัดสินใจ คัดเลือกแบบร่าง 15 แบบ

3. เครื่องมือทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเ้าลอยลิกไนต์ ตาม มอก.2035-2543 ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ 3 แบบ ดังนี้

1. เครื่องมือทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเ้าลอยลิกไนต์
2. เครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเ้าลอยลิกไนต์
3. เครื่องมือทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเ้าลอยลิกไนต์

4. แบบสอบถาม ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเ้าลอยลิกไนต์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ

### 4.1 แบบสอบถาม ผู้บริโภค

ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล โดยการกำหนดประเด็น วัตถุประสงค์ในด้าน การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ แบ่งเป็น 1 ตอน คือ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีต บล็อกปูพื้น จากเ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ โดยเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

## 5.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอหนังสือแนะนำตัวจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขอ

อนุญาตผู้จัดการ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย แม่เมาะ ลำปาง ในการเก็บรวบรวมข้อมูลใน โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ลำปาง เมื่อได้รับอนุญาตแล้วจึงได้ไปทำการสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ และนำข้อมูลเหล่านี้เป็นแนวทางจัดทำแบบสอบถาม สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย จัดทำแบบสอบถามสำหรับผู้บริโภค พร้อมทั้งแบบสรุป การประเมินคัดเลือกแบบร่าง ในการการกรออกแบบสอบถาม ตลอดจนการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสัมภาษณ์ แจกแบบสอบถาม และเก็บกลับคืนด้วยตนเอง

## 5.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์ด้วยวิธีหาค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เสนอเป็นตารางประกอบคำบรรยาย
2. ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่ว ลอยลิกไนต์ ด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เสนอเป็น ตารางประกอบคำบรรยาย
3. การวิเคราะห์ เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เสนอเป็นตารางประกอบคำบรรยาย

## 5.6 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัยเป็น 3 ตอน ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาถั่วลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค ปรากฏผลดังนี้

ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้บริโภค มีความคิดเห็น ด้านการนำถั่วลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ เพราะทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง ในด้านการพัฒนานั้นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นควรได้รับการพัฒนาในด้าน รูปแบบ สี สัน และพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์พร้อมทั้ง ผู้ผลิตและผู้จำหน่ายมีความคิดเห็นเรื่องแนวทาง ในการผลิต เพื่อการจำหน่าย ผลิตภัณฑ์คือ เน้นที่ รูปแบบที่สวยงาม เป็นหลัก ผู้บริโภคมีแนวทาง ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เน้นที่รูปแบบที่สวยงาม เช่นกัน

**ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์**  
ปรากฏผลดังนี้

การประเมินคัดเลือกแบบร่าง ความต้องการคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย ตามลำดับความต้องการเพื่อการพัฒนา คือ รูปแบบธรรมชาติ ได้แก่ ชวา ลีลาวดี ฝี่เสื่อ ปลา และใบไม้

**ตอนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์** ตาม มอก.2035-2543 ปรากฏผลดังนี้

คุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ด้านการตรวจพินิจ ด้านความต้านทานแรงอัด และด้านการดูดซึมน้ำ เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543

**ตอนที่ 4 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่** ปรากฏผลดังนี้

ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการใช้งาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการใช้งาน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากเช่นกัน

## 5.7 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำมาอภิปรายโดยแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1 การศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์** ปรากฏผลดังนี้

### 1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

จากผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบฯ โดยภาพรวมมีระดับความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.2$ ) ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้น ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนลดลง จากการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ มีความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบธรรมชาติ รูปแบบของดอกไม้ ใบไม้ ฝี่เสื่อ โดยคำนึงถึงการใช้หลักการออกแบบด้วยการใช้ สี สัน พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความหลากหลาย ในการจัดวางรูปแบบในหลายๆรูปแบบ ด้วยรูปแบบเพียงไม่กี่รูปแบบ หรือสีเพียงไม่กี่สี ก็สามารถสร้างสรรค์โดยการจัดวางสลับรูปแบบจนเกิดเป็นลวดลายตามสีสันของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ได้ โดยมีการใช้สีสังเคราะห์ มากขึ้น แทนสีธรรมชาติ

## 2. ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

จากผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยอก  
 ลิกไนต์ ของผู้ผลิต และผู้จำหน่าย โดยภาพรวมมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.2$ ) ดังนั้น ในการ  
 พัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้น ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนลดลง จากการนำถั่วลยอก  
 ลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ มีความต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบธรรมชาติในรูปแบบของ ดอกไม้ ไบไม้ ฝี่เสื่อ  
 โดยคำนึงถึงการใช้หลักการออกแบบด้วยการใช้ สี สัน พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความ  
 หลากหลาย ในการจัดวางรูปแบบในหลายๆรูปแบบ ด้วยรูปแบบเพียงไม่กี่รูปแบบ หรือสีเพียง  
 ไม่กี่สี ก็สามารถสร้างสรรค์โดยการจัดวางสลับรูปแบบจนเกิดเป็นลวดลายตามสีสันของผลิตภัณฑ์  
 ที่ใช้ได้เช่นกัน โดยมีการใช้สีสังเคราะห์ มากขึ้น แทนสีธรรมชาติ แนวทางในการผลิต และการ  
 จำหน่ายผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้น ต้องการผลิตภัณฑ์รูปแบบที่สวยงาม และมุ่งเน้นประ โยชน์  
 ใช้สอยควบคู่กันไปด้วย

## 3. ผู้บริโภค

จากผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยอก  
 ลิกไนต์ ของผู้ผลิต และผู้จำหน่าย โดยภาพรวมมีความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.4$ ) ดังนั้น ในการ  
 พัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ให้เกิดขึ้นให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีต้นทุนลดลง จากการนำถั่ว  
 ลยอกลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ ผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพัฒนาในส่วน ของรูปแบบ สี สัน และพื้นผิว  
 ของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ แนวทางในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ยังคงเน้นที่รูปแบบที่สวยงาม  
 นิยมรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ที่เป็นรูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ไบไม้ ฝี่เสื่อ ส่วนสีสันของ  
 ผลิตภัณฑ์ เน้นสีสังเคราะห์มากขึ้น กว่าสีธรรมชาติ

ตอนที่ 2 ขั้นตอนพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยอกลิกไนต์ ปรากฏผล  
 ดังนี้

1. จากผลการวิเคราะห์ขั้นตอนพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถั่วลยอก  
 ลิกไนต์แบบใหม่ ด้านรูปแบบ สี สัน พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ ด้านความหลากหลายในการจัดวาง  
 รูปแบบและด้านสีสันของผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์  
 มีระดับความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.2$ ) ผู้ผลิตมีระดับความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.3$ ) และผู้จำหน่าย  
 มีระดับความต้องการมาก ( $\bar{X} = 4.4$ )

2. สรุปการประเมินคัดเลือกแบบร่าง ความต้องการคอนกรีตบล็อกปูพื้นจาก  
 ถั่วลยอกลิกไนต์ แบบใหม่ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิต และผู้จำหน่าย โดยภาพ  
 รวมคือ รูปแบบธรรมชาติ ได้แก่ รูปแบบ (2) ขบา ร้อยละ 40.0 รูปแบบ (1) ลีลาวดี ร้อยละ 26.7  
 รูปแบบ (3) ฝี่เสื่อ (4) ปลา และ (5) ไบไม้ ร้อยละ 6.7 เท่าๆ กัน ดังนั้น โดยภาพรวมที่ต้องการ  
 พัฒนาคือ รูปแบบธรรมชาติตามลำดับ ได้แก่ ขบา ลีลาวดี ฝี่เสื่อ ปลา และไบไม้

ตอนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ตามมาตรฐาน มอก.2035-2543 ได้กำหนดมาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพในด้านต่างๆดังนี้

1. ใช้ห้องปฏิบัติการ ทดสอบคอนกรีตของสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ เขต 3 วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นหน่วยงานรัฐบาลที่เปิดให้บริการการทดสอบประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกปูพื้นคอนกรีตที่ได้รับการยอมรับตามมาตรฐาน มอก.2035-2543
2. ใช้บุคลากรและทีมงานที่มีความรู้ความสามารถของวิทยาลัยเทคนิคลำปาง ดำเนินการการทดสอบประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกปูพื้น
3. ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือการทดสอบประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มี ประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงในการทดสอบ
4. ใช้แบบรายงานผลการทดสอบที่สมบูรณ์ ครบถ้วน และเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543

ผลการทดสอบมีดังนี้

1. การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ เป็นการทดสอบโดยการตรวจพินิจ ตรวจสอบคุณสมบัติที่ต้องการทั่วไป ได้คอนกรีตที่มี เนื้อแน่น ไม่ร้าว ไม่บิ่น และสี ผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ ซึ่งมีผลโดยสรุปคือ ทั้งหมดผ่านการทดสอบ และเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543
2. การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ เมื่อทำการทดสอบแล้ว ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อนตามระยะเวลา บ่มตั้งแต่ 7 วันขึ้นไปไม่เท่ากัน และถ้าต้องการความต้านทานแรงอัดมากกว่า 45 เมกะพาสคัล (MPa) ขึ้นไป จะต้องใช้เวลาบ่มคอนกรีตนาน 120 วัน จึงจะมีค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงอัด ( $\bar{X}$ ) เท่ากับ 47.17 MPa และเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543
3. การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ การดูดซึมน้ำเมื่อทดสอบแล้ว ไม่มีก้อนใดที่มีการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 7 และโดย เฉลี่ยมีการดูดซึมน้ำไม่มากกว่าร้อยละ 5 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543

ตอนที่ 4 การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ ได้กำหนดมาตรฐาน การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ ดังนี้

1. ใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภค ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เครื่องมือ โดยผ่านการพิจารณาความตรง (validity)จากผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถาม จำนวน 3 ท่าน

2. ใช้การเก็บข้อมูลจากกลุ่มคนจำนวน 130 คน ซึ่งมีจำนวนที่มากเพียงพอ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลตามค่าทางสถิติ ทำให้ได้ค่าสถิติความพึงพอใจของผู้บริโภคที่เป็นตัวแทนของกลุ่มประชากร

ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ มีดังนี้

**ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์** ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในภาพรวม อยู่ในระดับมีความพึงพอใจมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่ามีความพึงพอใจในระดับมาก จำนวน 3 รายการคือ รูปแบบที่มีความแปลกใหม่ ทันสมัย รูปแบบสามารถนำมาประกอบกันเป็นรูปแบบใหม่ได้ รูปแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานปูพื้น ซึ่งสอดคล้องกับ ผุสดี ทิพทัส (2530 : 21-36) กล่าวถึงการเลือกใช้ลักษณะของพื้นผิว (texture) เพื่อการตกแต่งพื้นผิว มีจุดประสงค์เพื่อสนองความต้องการจากประโยชน์ใช้สอย ได้รูปแบบที่มีความแปลกใหม่ ความสวยงาม ด้านรูปแบบลวดลาย (pattern) คอนกรีตบล็อก มีรูปร่างต่างๆ กัน เมื่อนำแต่ละแผ่นมาเรียงต่อกันให้เกิดเป็นรูปแบบต่างๆ หรือใช้เทคนิคการปูสี่เหลี่ยมด้านสลับแบบมีสีชัดเจน และสามารถใช้แผ่นคอนกรีตต่างขนาดต่างรูปร่างกันมาเรียงต่อกันไป ทำให้ได้รูปแบบของพื้นผิวที่มีลักษณะต่างกันไป

**ด้านความสวยงาม** ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในภาพรวม อยู่ในระดับมีความพึงพอใจมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่ามีความพึงพอใจในระดับมาก จำนวน 3 รายการ คือ สีของผลิตภัณฑ์ มีความสวยงาม แปลกใหม่ สะดุดตา สีของผลิตภัณฑ์กลมกลืนกับสิ่งแวดล้อม สีของผลิตภัณฑ์สามารถจัดวางตำแหน่งได้หลายรูปแบบ เหมาะสม และสวยงาม ซึ่งสอดคล้องกับนวนน้อย บุญวงศ์ (2539 : 189) กล่าวถึงหลักเกณฑ์ทางด้านการออกแบบได้แก่ ความงาม ประโยชน์ใช้สอย และการเลือกใช้วัสดุ

**ด้านความเหมาะสมในการใช้งาน** ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในภาพรวม อยู่ในระดับมีความพึงพอใจมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายการพบว่ามีความพึงพอใจในระดับมาก จำนวน 5 รายการ คือ ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนและการจัดวางผลิตภัณฑ์ มีความปลอดภัยจากการใช้งาน ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการบำรุงรักษาความสะอาด ผลิตภัณฑ์เหมาะสมที่จะนำไปผลิตเพื่อการจำหน่ายจริง ซึ่งสอดคล้องกับนวนน้อย บุญวงศ์ (2539 : 189) กล่าวถึงหลักเกณฑ์ทางด้านการออกแบบได้แก่ ประโยชน์ใช้สอย การเลือกใช้วัสดุและคุณภาพการผลิต ความงาม ความเหมาะสมในการตลาด ความถูกต้องตามกฎระเบียบ ระบบ และการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม

## 5.8 ข้อเสนอแนะ

### 5.8.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ ผู้วิจัยขอ  
นำเสนอดังต่อไปนี้

5.8.1.1 คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ ที่ได้นำเสนอนี้ สามารถ  
เพิ่มมูลค่าให้แก่ตัวสินค้าได้เป็นอย่างดี ทั้งที่เป็นมูลค่าด้านราคา และมูลค่าด้านความงาม ความ  
ประทับใจสำหรับผู้พบเห็น โดยทั่วไป โดยเฉพาะผู้บริโภคที่มีรสนิยมด้านการออกแบบตกแต่งย่อม  
สามารถนำไปสร้างสรรค์งานด้านการจัดภูมิทัศน์ตามสถานที่ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

5.8.1.2 คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ จากการวิจัยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก  
ขบวนการผลิตด้วยแบบพิมพ์มือ ปริมาณที่ได้อาจจะได้ไม่มากเพียงพอต่อการลงทุนทางการค้า แต่  
บล็อกปูพื้นที่ได้เหล่านี้สามารถเป็นต้นแบบทางด้านการนำเสนอทางการค้าของร้านค้าได้เป็นอย่างดี  
เพราะสามารถสอบถามความพึงพอใจจากผู้บริโภคได้ จากการนำเสนอหน้าร้านค้า

5.8.1.3 การตกแต่งพื้นผิวบนบล็อกคอนกรีตปูพื้นสามารถกระทำได้หลากหลายลวดลาย  
หลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นแบบนูนต่ำ นูนสูงก็สามารถสร้างสรรค์เป็นผลงานทางการออกแบบ  
ได้ทั้งสิ้น

5.8.1.4 ผลที่เกิดขึ้นทางด้านสิ่งแวดล้อม จากการใช้ปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์มากขึ้น  
ทำให้ปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลดลงไปอย่างมาก ทำให้การใช้วัสดุเชิงทางธรรมชาติในการผลิต  
ปูนซีเมนต์ลดลงไป ธรรมชาติถูกทำลายช้าลง ปัญหามลพิษ รวมทั้งปัญหาโลกร้อนจะสามารถ  
ลดลงไปได้

### 5.8.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำการวิจัยต่อไป

5.8.2.1 การศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ โดยการใช้  
กรรมวิธีการผลิตในอัตราส่วนที่มีการใช้ปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์มากกว่า ร้อยละ 70 เช่น เถ้าลอย  
ลิกไนต์ ร้อยละ 80 กับปูนซีเมนต์ ร้อยละ 20 โดยพิจารณาเน้นย้ำที่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะ  
เกิดขึ้นต่อไปในภายหน้า เพราะการใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่น้อยลงแต่มีการใช้เถ้าลอยลิกไนต์เพิ่ม  
มากขึ้น ซึ่งจะยังผลดีให้เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมได้ในระดับหนึ่ง

5.8.2.2 ควรมีการศึกษาหาแนวทางการพัฒนาวัสดุที่มีลักษณะเดียวกันกับเถ้าลอยลิกไนต์  
สร้างสรรค์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าให้เกิดขึ้นกับสังคมส่วนรวม เพราะ โดยธรรมชาติวัสดุที่มีคุณสมบัติ  
ทางกายภาพ หรือทางเคมี มักจะสามารถนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วมกันเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ได้  
จึงควรมีการศึกษาค้นหาวัสดุร่วมที่จะมาประยุกต์กับวัสดุจากธรรมชาติ โดยศึกษาที่คุณสมบัติ  
ใกล้เคียงกัน หรือต่างกันก็ได้ การคิดค้น การสร้างสรรค์จัดทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากการใช้เถ้าลอย  
ลิกไนต์ สามารถสร้างมูลค่าให้เกิดขึ้นกับเถ้าลอยลิกไนต์ได้

5.8.2.3 การวิจัยเพื่อการออกแบบและผลิตเครื่องอัดบล็อกปูพื้นแบบชาวบ้านราคาประหยัด สามารถสร้างงานเพื่อใช้กับชุมชนได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น เพราะปัญหาเครื่องอัดบล็อกระบบอุตสาหกรรมที่มีราคาแพง ทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มมากขึ้น ถ้าหากมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกด้วยมือแบบราคาประหยัด จะทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตทำให้สามารถผลิตบล็อกคอนกรีตได้ในราคาถูก และเป็นประโยชน์ต่อชาวชนบทได้เป็นอย่างดี

5.8.2.5 เทคนิควิธีการออกแบบตกแต่งคอนกรีตบล็อกปูพื้นด้วยวัสดุที่แตกต่างกันไป เพื่อการสร้างสรรค์ลวดลายและรูปแบบให้เกิดขึ้นบนคอนกรีตบล็อกปูพื้น จะทำให้เกิดความหลากหลายในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์บล็อกคอนกรีตได้มากขึ้น

5.8.2.6 ควรมีการศึกษาแนวทางการนำเอกลักษณ์ ประเพณี ศิลปะ วัฒนธรรมท้องถิ่น มาใช้ในงานออกแบบสร้างสรรค์ลวดลาย และรูปแบบต่างๆ เพื่อสร้างความกลมกลืนให้เกิดขึ้นให้เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมในวิถีชีวิตของชุมชนนั้นๆ

5.8.2.7 ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่ ที่ได้ทำการวิจัยไปแล้วนั้น เป็นบทสรุปความพึงพอใจเฉพาะผู้บริโภคในจังหวัดลำปาง หากนำไปเทียบเคียงกับความพึงพอใจของจังหวัดอื่นอาจมีความคลาดเคลื่อนแตกต่างกันไปได้ จึงควรมีการศึกษาวิจัยในแง่มุมอื่นๆ ด้วยในการวิจัยในโอกาสต่อไป

## บรรณานุกรม

- กฤตย์ เวียงอำพล. 2540. “การออกแบบเขียนแบบ.” พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.  
 กสานต์ ศิวะบวร. 2545. “การออกแบบผลิตภัณฑ์ กลยุทธ์ การผลิตได้และขายดี.” กรุงเทพฯ  
 ฐานเศรษฐกิจ.
- คลด์ รัตน์ทัศนีย์. 2528. “ขบวนการออกแบบทางศิลปะนิยม.” กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี  
 พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .
- ทวิศ เฟ็งสา . 2528. “รูปร่างและประโยชน์ใช้สอย.” กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
 เจ้าคุณทหารลาดกระบัง .
- ธีระชัย สุขสด. 2544 . “ การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.” กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.  
 นवलน้อย บุญวงษ์. 2538. “หลักการออกแบบ.” กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิรัช สุดสังข์. 2543. “ออกแบบอุตสาหกรรม.” กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
 เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บริษัท สตาร์คอน จำกัด. 2545. “การใช้ซีเอ็มแอลในการผลิตคอนกรีต.” กรุงเทพฯ : กฟผ.  
 บุญชม ศรีสะอาด. 2538. “วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย.” กรุงเทพฯ : สุริยาสาสน์.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ และอินทรชัย หอวิจิตร. 2528. “การศึกษาปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์  
 ผสมซีเอ็มแอลแม่มาะ.” สำนักงานเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชนบทจังหวัดขอนแก่น:  
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ อินทรชัย หอวิจิตร และชุมพล จันทร์สม. 2530. “ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์  
 ผสมซีเอ็มแอลและซีเอ็มแอล.” กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ. 2536. “ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมซีเอ็มแอลและสาร  
 ลดน้ำพิเศษ.” เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่อง ศักยภาพการนำ  
 ซีเอ็มแอลลิคไนต์มาใช้ประโยชน์ สำนักงานวิจัยและพัฒนา : กฟผ.
- ปิติ สุคนธสุขกุล และสุพรชัย อุทัยนฤมล. 2536. “การใช้ผงกากยางรถยนต์เก่าในคอนกรีต  
 บล็อกปูผิวทางแบบอ่อน.” กรุงเทพฯ : กฟผ.
- มุสดี ทิพทัส. 2530. “หลักเบื้องต้นในการจัดองค์ประกอบในงานสถาปัตยกรรม” กรุงเทพฯ :  
 โอเดียนสโตร์.ไทยวัฒนาพานิช.
- พิชัย นิมิตรยงสกุล. มปป. “คุณสมบัติของคอนกรีตผสมซีเอ็มแอล.” ภาควิชาวิศวกรรมโครงสร้าง.  
 กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.
- พิชัย นิมิตรยงสกุลและมาโกโตะ อาชิโน. 2536. “คุณสมบัติของคอนกรีตผสมซีเอ็มแอลจากโรงไฟฟ้า  
 แม่มาะ”.เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องศักยภาพการนำซีเอ็มแอลลิคไนต์  
 มาใช้ประโยชน์ สำนักงานวิจัยและพัฒนา : กฟผ.

- มนตรี ยอดบางเตย. 2538. “ ออกแบบผลิตภัณฑ์.” กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียนสโตร์.
- เมตตา เจริญพานิช และจรัส ลิ้มตระกูล. 2542. “การผลิตสารเคมีมูลค่าเพิ่มจากถ่านหินลิกไนต์โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด.” กรุงเทพฯ ฯ : กฟผ.
- วรารักษ์ คุณวานากิจ. 2536. “คุณสมบัติพื้นฐานของถ่านลิกไนต์”. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องศักยภาพการนำถ่านลิกไนต์มาใช้ประโยชน์สำนักงานวิจัยและพัฒนา : กฟผ.
- วรารักษ์ คุณวานากิจ. 2537. “ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขี้ถ่านลิกไนต์แม่เมาะ.” ลำปาง : กฟผ.
- วิรุณ ตั้งเจริญ. 2539. “ การออกแบบ.” กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียนสโตร์.
- สถาพร ศิบุญมี ณ ชุมแพ. 2540. “การออกแบบอุตสาหกรรม.” กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมชัย กกกำแหง. 2535. “ การนำถ่านลิกไนต์มาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุก่อสร้างงานดิน ”. เอกสารในการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2535. กรุงเทพฯ ฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.
- สมชัย กกกำแหง. 2536. “ การนำถ่านลิกไนต์ไปใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างของกฟผ.” เอกสารในการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2536. กรุงเทพฯ ฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.
- สมชัย กกกำแหง. 2537. “การใช้ถ่านลิกไนต์แม่เมาะเป็นส่วนผสมสำคัญในงานก่อสร้างเขื่อนคอนกรีตบดอัดที่ปากมูล.” เอกสารในการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2537. กรุงเทพฯ ฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.
- สมชัย กกกำแหง. 2538. “การทดลองนำถ่านลิกไนต์แม่เมาะมาใช้ในงานคอนกรีตที่โครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแม่เมาะ.” เอกสารในการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2538. กรุงเทพฯ ฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.
- สาคร คັນชโชติ. 2528. “ การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์.” กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียนสโตร์.
- สุเมธ ต้นดิเวชกุล. 2534. “รายงานผลการทดสอบ และวิเคราะห์อิทธิพลที่อัดจากลิกไนต์.” กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงาน กปร.
- อนุชิต กิจสวัสดิ์. มปป. “กรรมวิธีผลิตวัสดุก่อสร้างจากถ่านลิกไนต์ (โดยย่อ).” เอกสารงานวิจัยของกลุ่มวิจัยพัฒนา 2 .กรุงเทพฯ ฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและพลังงาน.
- เอนก ศิริพานิชกร. 2536. “การพัฒนาคอนกรีตขี้ถ่านแม่เมาะที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.” กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- อิทธิพร ศิริสวัสดิ์ และคณะ. 2548 “การใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในงานซีเมนต์อัดเสริมใยแก้ว.” กรุงเทพฯ : กฟผ.
- อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2545. “ออกแบบอุตสาหกรรม 6.” กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Muller, C., Hardtl, R. and Schiebl , P., 1997. “High-Performance Concrete with Fly Ash”. Proceedings of the Third CANMET/ACI International Conference, Auckland, New Zealand. SD 171-7, pp. 173-208.
- Hwang, C.L and Liu, J.J., 1995. “Effect of Fly Ash on the Characteristics of High Performance Concrete”, Proceedings of the Fifth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Supplementary Papers. Milwaukee, U.S.A .pp. 171-188.
- Sivasundaram, V., Bilodeau, A., and Malhotra, V., 1995. “Effect of Curing Conditions on High-Volume Fly Ash Concrete Made with ASTM Type I and II Cementa and Silica Fume”. Proceeding of the Second CANMET/ACI International Conference, Las Vegas , Nevada, U.S.A. SP 154-27, pp. 509-530.
- Naik, T.R., Lechuga, J.A. and Allegre S., 1995. “Influence of Fly Ash on Setting and Hardening Characteristics of Concrete Systems”. Proceedings of the Fifth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash ,Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete ,Supplementary Milwaukee, U.S.A. pp. 189-204.
- Sribua-laum, P., 1996. “Mix Design and Performance Test on Roller Compacted Concrete Pavement Using Lignite Fly Ash”. AIT Thesis no. ST 96-10. Asian Institute of Technology, Thailand.

ภาคผนวก



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 3303

วันที่ 9 สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.นิรัช สุกสังข์

ด้วย นางปวิณรัตน์ สุกประเสริฐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น” โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามตามที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นางปวิณรัตน์ สุกประเสริฐ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบทแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04/ 3309

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑ สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ศรีสุภกร นิลกรรณ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

ด้วย นางปวิณรัตน์ สุขประเสริฐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาถ้ำลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น” โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนางปวิณรัตน์ สุขประเสริฐ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร.02-326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 3309

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑ สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามและเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กฤตย์ เวียงอำพล

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

ด้วย นางปวิณทร์รัตน์ สุคประเสริฐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเด้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น”  
โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สารินุตร  
เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหา  
ถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด และเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ  
นางปวิณทร์รัตน์ สุคประเสริฐ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 3309

คณะกรรมการอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๙ สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สุธรรม สิรินทรเวช

ด้วย นางปวิณรัตน์ สุคประเสริฐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรอุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น”  
โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร  
เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ  
นางปวิณรัตน์ สุคประเสริฐ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)  
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 3309

คณะกรรมการอำนวยการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑ สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ธีระ สุกประเสริฐ

ด้วย นางปวิณรัตน์ สุกประเสริฐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยติกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น”  
โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สารินุตร  
เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอำนวยการ พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ  
นางปวิณรัตน์ สุกประเสริฐ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)  
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 3522

คณะกรรมการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

&gt;&gt; สิงหาคม 2549

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้คอนกรีตบล็อกปูพื้นเพื่อการวิจัย

เรียน หัวหน้าคณะ แผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคลำปาง (อาจารย์โกศล ทองเสมอ)

ด้วย นางปวิณรัตน์ สุขประเสริฐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น” โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นางปวิณรัตน์ สุขประเสริฐ ทดลองใช้คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์มาทำการทดสอบเพื่อตรวจพินิจทดสอบการต้านทานแรงอัด ทดสอบการดูดซึมน้ำ และทดสอบความทนการขัดถูของผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์เพื่อการวิจัยภายในแผนกท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

ที่ ศธ 0622.12 / 1๕๑๖



วิทยาลัยเทคนิคลำปาง  
ถ.ท่าคราวน้อย ต.สบตุ๋ย  
อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

29 ธันวาคม 2549

เรื่อง ส่งผลการทดสอบวัสดุ

เรียน คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

อ้างถึง หนังสือ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง  
ที่ ศธ 0524.04/3522 ลงวันที่ 22 สิงหาคม 2549

สิ่งที่ส่งมาด้วย ผลการทดสอบวัสดุ จำนวน 1 ชุด

ตามหนังสือที่อ้างถึง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ด้วย นางปวิณทร์รัตน์ สุดประเสริฐ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น” และได้ให้วิทยาลัยเทคนิคลำปาง อนุญาตให้นางปวิณทร์รัตน์ สุดประเสริฐ ทำการทดสอบวัสดุร่วมกับบุคลากรในแผนกวิชาช่างก่อสร้าง ตามความละเอียดทราบแล้วนั้น บัดนี้ วิทยาลัยฯ ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว จึงส่งผลการทดสอบดังกล่าว มาพร้อมหนังสือนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายศูย์ สุวงศ์)

รองผู้อำนวยการวิทยาลัย ทำการแทน  
ผู้อำนวยการ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง

ฝ่ายบริหารทรัพยากร

โทร. 0 5421 7106

0 5422 3006

โทรสาร 0 5422 4426

การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ตาม

มอก. 2035-2543

.....

แบบทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์

เป็นการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ โดยการตรวจคุณลักษณะที่ต้องการทั่วไป คอนกรีตต้องมีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ไม่บิ่น และสีผิวหน้าต้องสม่ำเสมอ จำนวน 10 ก่อนต่อการทดสอบ ซึ่งมีผลโดยสรุปดังนี้

ก้อนที่	เนื้อแน่น	ไม่ร้าว	ไม่บิ่น	สีผิวหน้าสม่ำเสมอ	หมายเหตุ
1	✓	✓	✓	✓	
2	✓	✓	✓	✓	
3	✓	✓	✓	✓	
4	✓	✓	✓	✓	
5	✓	✓	✓	✓	
6	✓	✓	✓	✓	
7	✓	✓	✓	✓	
8	✓	✓	✓	✓	
9	✓	✓	✓	✓	
10	✓	✓	✓	✓	
เฉลี่ย	✓	✓	✓	✓	



สรุป การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ตามแบบทดสอบคุณลักษณะของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ เป็นไปตามมาตรฐานมอก. 2035-2543

ผู้ทดสอบ.....  
(นายภาณุวัฒน์ สุวงษ์)

ผู้ตรวจสอบ.....  
(นายโกศล ทองเสมอ)  
หัวหน้าแผนกวิชาช่างก่อสร้าง

**แบบทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจาก  
เถ้าลอยลิกไนต์แต่ละก้อน**

เมื่อทดสอบแล้ว ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ต้องไม่น้อยกว่า 45 เมกะพาสคัล และผิวหน้า (ถ้ามี) ต้องไม่แยกจากชั้นพื้น จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ

ลำดับที่	7 วัน	14 วัน	28 วัน	90 วัน	120 วัน	ชั้นผิวหน้า	หมายเหตุ
1	32.17	33.94	42.65	43.45	46.38	ไม่แยกชั้น	
2	32.70	33.77	43.01	43.54	46.92	ไม่แยกชั้น	
3	33.59	33.94	42.65	43.36	47.10	ไม่แยกชั้น	
4	33.23	34.30	42.83	43.01	47.63	ไม่แยกชั้น	
5	32.52	33.86	43.01	43.90	47.89	ไม่แยกชั้น	
6	33.77	33.86	42.47	43.36	47.27	ไม่แยกชั้น	
7	31.99	33.59	42.30	43.72	47.27	ไม่แยกชั้น	
8	32.34	33.41	42.65	43.54	47.63	ไม่แยกชั้น	
9	32.88	33.59	42.83	44.07	46.74	ไม่แยกชั้น	
10	32.34	33.94	43.01	43.90	46.92	ไม่แยกชั้น	
เฉลี่ย	32.75	33.82	42.74	43.59	47.17	ไม่แยกชั้น	

สรุป การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์ตาม  
แบบทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แต่ละก้อน เป็นไปตาม  
มาตรฐาน มอก. 2035-2543



ผู้ทดสอบ.....  
(นายภาณุวัฒน์ สุวงษ์)

ผู้ตรวจสอบ.....  
(นายโกศล ทองเสมอ)  
หัวหน้าแผนกวิชาช่างก่อสร้าง

## แบบทดสอบการดูชิมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์

วิธีทดสอบ โดยการแช่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างในน้ำเสร็จแล้วนำไปชั่ง หลังจากนั้นวางคอนกรีตตัวอย่าง ในตู้อบ อบให้แห้ง แล้วปล่อยให้เย็นแล้วชั่ง การดูชิมน้ำเมื่อทดสอบแล้วการดูชิมน้ำของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ยต้องไม่มากกว่า ร้อยละ 5 และต้องไม่มีก้อนใดก้อนหนึ่งมากกว่าร้อยละ 7 จำนวน 10 ก้อนต่อการทดสอบ

ก้อนที่	การดูชิมน้ำของคอนกรีตบล็อก คิดเป็นร้อยละ	หมายเหตุ
1	4	-ไม่มีก้อนใดที่มีการดูชิมน้ำมากกว่า ร้อยละ 7 -โดยเฉลี่ยมีการดูชิมไม่มากกว่าร้อยละ 5
2	5	
3	6	
4	5	
5	4	
6	5	
7	4	
8	5	
9	5	
10	5	
เฉลี่ย	4.8	



สรุป การทดสอบประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ตามแบบทดสอบการดูชิมน้ำของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากถ้ำลอยลิกไนต์ เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2035-2543

ผู้ทดสอบ.....  
(นายภาโนดม สุวงษ์)

ผู้ตรวจสอบ.....  
(นายโกศล ทองเสมอ)  
หัวหน้าแผนกวิชาช่างก่อสร้าง

# แบบสอบถามกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย เรื่อง

## การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้ลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

### คำชี้แจง

แบบสอบถามเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ของการสอบถามเพื่อนำผลที่ได้ไป พัฒนา คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลิกไนต์ ผู้วิจัยจึงขอความกรุณาจากท่านช่วยตอบแบบสอบถาม ตามความเป็นจริง เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลิกไนต์รูปแบบใหม่ต่อไป

แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน คือ

**ตอนที่ 1** แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลิกไนต์ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ

**ตอนที่ 2** แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลิกไนต์ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ

นางปวิณรัตน์ สุคประเสริฐ นักศึกษาปริญญาโท

สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....  
ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้ลิกไนต์ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอย

ลิกไนต์ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงใน ( ) หน้าข้อความที่ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด

1. ประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

(ตอบได้เพียง 1 ข้อ)

( ) น้อยกว่า 5 ปี

( ) 5 – 10 ปี

( ) มากกว่า 10 ปี

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้น (ตอบได้เพียง 1 ข้อ)

( ) มีความรู้ความเข้าใจมาก

( ) มีความรู้ความเข้าใจปานกลาง

( ) มีความรู้ความเข้าใจน้อย

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

3. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง

( ) ทำให้คุณภาพของคอนกรีตบล็อกปูพื้นเพิ่มขึ้น

( ) ลดปัญหามลพิษ

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบดสีกบู่พื้นจาก  
ถ้ำลอยลิกไนต์ ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ฯ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง ..... หน้าข้อความที่ตรงกับความต้องการของท่าน  
มากที่สุด

โดยมีความหมายของ ระดับค่าความต้องการ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความต้องการมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความต้องการมาก
- 3 หมายถึง มีความต้องการปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความต้องการน้อย
- 1 หมายถึง มีความต้องการน้อยที่สุด

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพัฒนาในส่วนใด 1.1..รูปแบบ สีสัน และพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ของ ผลิตภัณฑ์ 1.2 ความทนทาน การบำรุงรักษาความสะอาด 1.3..ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ 1.4 ขนาดของผลิตภัณฑ์	.....	.....	.....	.....	.....
2	ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ 2.1 รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ผีเสื้อ 2.2 รูปแบบเรขาคณิตได้แก่ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้า เหลี่ยม 2.3 รูปแบบอิสระได้แก่ รูปแบบที่จินตนาการตามอิสระ	.....	.....	.....	.....	.....
3	สีสันของผลิตภัณฑ์ 3.1 สีธรรมชาติ 3.2 สีสังเคราะห์	.....	.....	.....	.....	.....

ผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือตอบแบบสอบถาม

**แบบสอบถามกลุ่มผู้ผลิต และผู้จำหน่าย เพื่อการวิจัย**  
**เรื่อง**  
**การศึกษาและพัฒนาเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้าเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น**

**คำชี้แจง**

แบบสอบถามเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ของการสอบถามเพื่อนำผลที่ได้ไป พัฒนา คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า ผู้วิจัยจึงขอความกรุณาจากท่านช่วยตอบแบบสอบถาม ตามความเป็นจริง เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้ารูปแบบใหม่ต่อไป

แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน คือ

**ตอนที่ 1** แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า ของผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

**ตอนที่ 2** แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า ของผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

นางปวิณรัตน์ สุดประเสริฐ นักศึกษาปริญญาโท

สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเก้าอี้รถเข็นไฟฟ้า มา ณ โอกาสนี้ด้วย

**ตอนที่ 1** แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนากรีตบล็อกรูปปั้นจากถ้ำลอย  
ลิกไนต์ ของผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย/ ลงใน ( ) หน้าข้อความที่ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด

1. ประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับด้านการผลิต หรือการจำหน่าย (ตอบได้เพียง 1 ข้อ)
  - ( ) น้อยกว่า 5 ปี
  - ( ) 5 – 10 ปี
  - ( ) มากกว่า 10 ปี
  - ( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตบล็อกรูปปั้น (ตอบได้เพียง 1 ข้อ)
  - ( ) มีความรู้ความเข้าใจมาก
  - ( ) มีความรู้ความเข้าใจปานกลาง
  - ( ) มีความรู้ความเข้าใจน้อย
  - ( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....
3. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำถ้ำลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
  - ( ) ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกรูปปั้นลดลง
  - ( ) ทำให้คุณภาพของคอนกรีตบล็อกรูปปั้นเพิ่มขึ้น
  - ( ) ลดปัญหามลพิษ
  - ( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจาก  
ถ้ำลอยลิกไนต์ ของผู้ผลิต และผู้จำหน่าย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง ..... หน้าข้อความที่ตรงกับความต้องการของท่าน  
มากที่สุด โดยมีความหมายของ ระดับค่าความต้องการ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความต้องการมากที่สุด  
4 หมายถึง มีความต้องการมาก  
3 หมายถึง มีความต้องการปานกลาง  
2 หมายถึง มีความต้องการน้อย  
1 หมายถึง มีความต้องการน้อยที่สุด

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ผลิตภัณฑ์ควรได้รับการพัฒนาในส่วนตัว 1.1..รูปแบบ สีสีน และพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ของ ผลิตภัณฑ์ 1.2 ความทนทาน การบำรุงรักษาความสะอาด 1.3..ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ 1.4 ขนาดของผลิตภัณฑ์	.....	.....	.....	.....	.....
2	ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ 2.1 รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ผีเสื้อ 2.2 รูปแบบเรขาคณิตได้แก่ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้า เหลี่ยม 2.3 รูปแบบอิสระได้แก่ รูปแบบที่จินตนาการตามอิสระ	.....	.....	.....	.....	.....
3	สีสีนของผลิตภัณฑ์ 3.1 สีธรรมชาติ 3.2 สีสังเคราะห์	.....	.....	.....	.....	.....
4	แนวทางในการผลิต จำหน่าย ผลิตภัณฑ์ 4.1 รูปแบบที่สวยงาม 4.2 ประโยชน์ใช้สอย 4.3 ความพึงพอใจของผู้บริโภค 4.4 ความประณีต 4.5 ราคา	.....	.....	.....	.....	.....

ผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือนัดตอบแบบสอบถาม

## แบบสอบถาม กลุ่มผู้บริโภคร เพื่อการวิจัย เรื่อง การศึกษาและพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น

### คำชี้แจง

แบบสอบถามเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ของการสอบถามเพื่อนำผลที่ได้ไป พัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแพลตฟอร์มดิจิทัล ผู้วิจัยจึงขอความกรุณาจากท่านช่วยตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริง เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแพลตฟอร์มดิจิทัลรูปแบบใหม่ต่อไป

แบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอน คือ

**ตอนที่ 1** แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแพลตฟอร์มดิจิทัล ของผู้บริโภค

**ตอนที่ 2** แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแพลตฟอร์มดิจิทัล ของผู้บริโภค

นางปวิณรัตน์ สุคประเสริฐ นักศึกษาปริญญาโท

สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากแพลตฟอร์มดิจิทัล มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบ คอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้า  
ลอยลิกไนต์ ของผู้บริโภคน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงใน ( ) หน้าข้อความที่ตรงกับความต้องการของท่านมากที่สุด

1. ท่านมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ (ตอบได้เพียง 1 ข้อ)

( ) ทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกปูพื้นลดลง

( ) ทำให้คุณภาพของคอนกรีตบล็อกปูพื้นเพิ่มขึ้น

( ) ลดปัญหามลพิษ

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

2. ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นควรได้รับการพัฒนาในส่วนตัว (ตอบได้เพียง 1 ข้อ)

( ) รูปแบบ สี สัน และพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์

( ) ความทนทาน การบำรุงรักษาความสะอาด

( ) ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ

( ) ขนาดของผลิตภัณฑ์

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

3. ท่านมีแนวทางในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นอย่างไร (ตอบได้เพียง 1 ข้อ)

( ) รูปแบบที่สวยงาม

( ) ประโยชน์ใช้สอย

( ) ความพึงพอใจของผู้บริโภค

( ) ความประหยัด

( ) ราคา

( ) อื่นๆ โปรดระบุ .....

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็น ด้านความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกปูพื้นจาก  
 ถั่วลยถิกไนต์ ของผู้บริโภคน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง ..... หน้าข้อความที่ตรงกับความต้องการของท่าน  
 มากที่สุด

โดยมีความหมายของ ระดับค่าความต้องการ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความต้องการมากที่สุด  
 4 หมายถึง มีความต้องการมาก  
 3 หมายถึง มีความต้องการปานกลาง  
 2 หมายถึง มีความต้องการน้อย  
 1 หมายถึง มีความต้องการน้อยที่สุด

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ด้านรูปแบบของผลิตภัณฑ์ 1.1 รูปแบบธรรมชาติได้แก่ ดอกไม้ ใบไม้ ผีเสื้อ 1.2 รูปแบบเรขาคณิตได้แก่ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม 1.3 รูปแบบอิสระได้แก่ รูปแบบที่จินตนาการตามอิสระ	.....	.....	.....	.....	.....
2	ความหลากหลายในการจัดวางรูปแบบ	.....	.....	.....	.....	.....
3	สีถิ่นของผลิตภัณฑ์ 3.1 สีธรรมชาติ 3.2 สีสังเคราะห์	.....	.....	.....	.....	.....

ผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือนี้ออบแบบสอบถาม

.....

## แบบสอบถามความพึงพอใจ สำหรับผู้บริโภคที่มีต่อคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่

### คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่นี้ เป็นแบบสอบถามที่จัดขึ้นเพื่อศึกษารวบรวมข้อมูลและสรุปผลการวิจัยสำหรับประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนางปวิินทร์รัตน์ สูดประเสริฐ ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอยลิกไนต์แบบใหม่ ในด้านความงาม รูปแบบ และความเหมาะสมในการใช้งาน ของคอนกรีตบล็อกปูพื้นแบบใหม่

2. แบบสอบถามนี้มี 1 ตอน คือ แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อการพัฒนาคอนกรีตบล็อกปูพื้นจากเถ้าลอย ลิกไนต์แบบใหม่

3. ให้พิจารณาความพึงพอใจของผู้บริโภค ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์ ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการใช้งาน จากรูปทัศนียภาพตามที่แนบมาด้วย

ดังนั้น เพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาเถ้าลอยลิกไนต์เป็นคอนกรีตบล็อกปูพื้น จึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามครั้งนี้ให้ครบทุกข้อคำถาม ด้วยข้อมูลและความคิดเห็นที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง

นางปวิินทร์รัตน์ สูดประเสริฐ  
ผู้ศึกษาวิจัย

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อการพัฒนาคอนกรีตปูพื้นจากเถ้าลอย  
ลิกไนต์แบบใหม่

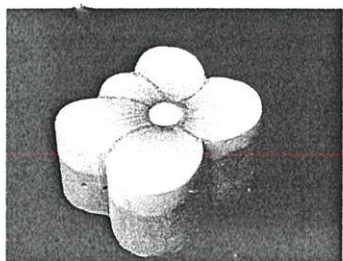
คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องว่าง ..... หน้าข้อความที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน  
มากที่สุด โดยมีความหมายของ ระดับค่าความต้องการ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความพึงพอใจมากที่สุด  
4 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก  
3 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง  
2 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย  
1 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

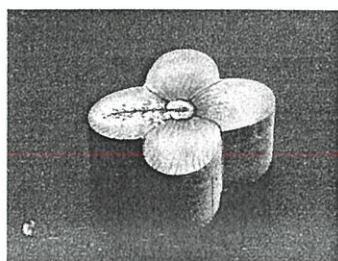
ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1	<b>ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์</b> 1.1 รูปแบบมีความแปลกใหม่ ทันสมัย 1.2 รูปแบบสามารถนำมาประกอบกันเป็นรูปแบบใหม่ได้ 1.3 รูปแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานปูพื้น 1.4 รูปแบบสามารถนำวัสดุชนิดอื่นๆตกแต่งเพิ่มเติม ให้สวยงาม สะดุดตา	.....	.....	.....	.....	.....
2	<b>ด้านความสวยงาม</b> 2.1 สีของผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม แปลกใหม่ สะดุดตา 2.2 สีของผลิตภัณฑ์กลมกลืนกับสิ่งแวดล้อม 2.3 สีของผลิตภัณฑ์สามารถจัดวางตำแหน่งได้หลาย รูปแบบ เหมาะสม และสวยงาม	.....	.....	.....	.....	.....
3	<b>ด้านความเหมาะสมในการใช้งาน</b> 3.1 ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน 3.2 ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนและการจัดวาง 3.3 ผลิตภัณฑ์สามารถนำพาสะดวก และง่ายต่อการ นำไปใช้ใหม่ 3.4 ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากการใช้งาน 3.5 ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการบำรุงรักษาความสะอาด 3.6 ผลิตภัณฑ์เหมาะสมที่จะนำไปผลิตเพื่อการ จำหน่ายจริง	.....	.....	.....	.....	.....

ผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือนัดตอบแบบสอบถาม

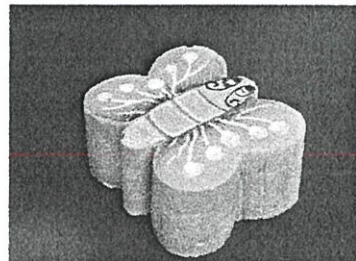
รูปทัศนียภาพเพื่อการพิจารณาความพึงพอใจของผู้บริโภค  
ด้านรูปแบบผลิตภัณฑ์ ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการใช้งาน



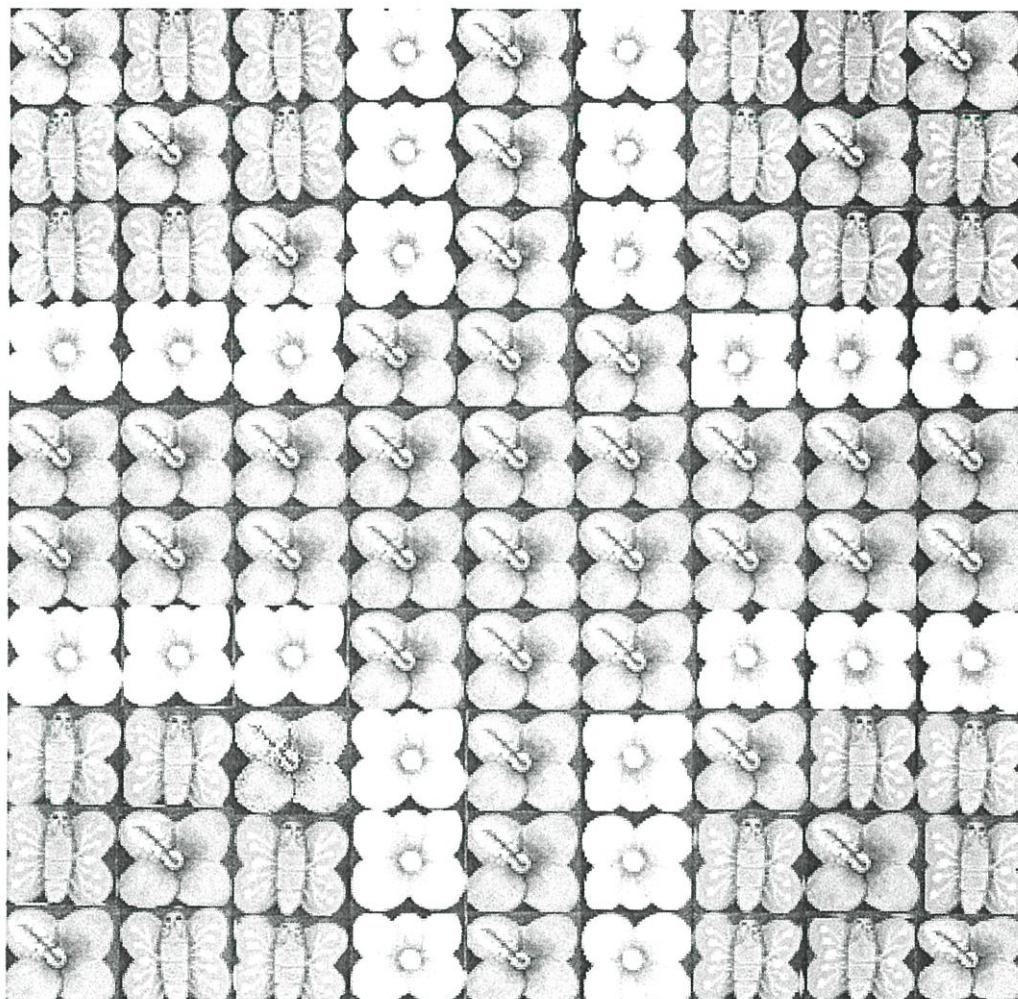
รูปดอกกลีลาวดี



รูปดอกชบา



รูปผีเสื้อ



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางปวิณทร์รัตน์ สุขประเสริฐ
วัน เดือน ปีเกิด	5 เมษายน 2506
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
ที่อยู่ปัจจุบัน	171 หมู่ 9 ต.บ่อแฮ้ว อ.เมือง จ.ลำปาง 52000
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2530 สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษา ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่ทำงาน/ปัจจุบัน	อาจารย์ประจำ สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยโยนก จังหวัดลำปาง