

# การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมผงหินปูน และซิลิกาฟุ้งที่ส่งผลต่อการรับกำลังอัดประลัย ของคอนกรีตสมรรถนะสูง The Study on Properties of Concrete Mixed with Limestone Powder and Silica Fume that Affect the Compressive Strength of High Performance Concrete.



วิชัย คุ่มมณี<sup>1</sup> รังสิต ยศศิริ<sup>2</sup>

Wichai Kummanee<sup>1</sup> Rangsit Yodsiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยี วิทยาลัยพัฒนาชุมชนเมือง มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช E-mail: wichai.k@nmu.ac.th

<sup>2</sup> นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคดุสิต E-mail: 6541060417@dstc.ac.th

Received: 2024-09-03 Revised: 2024-11-12 Accepted: 2024-12-09

182

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติผงหินปูนและซิลิกาฟุ้ง โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงหินปูนและซิลิกาฟุ้ง และ 2) เพื่อหาอัตราส่วนผสมใช้ผงหินปูนและซิลิกาฟุ้ง โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงหินปูนและซิลิกาฟุ้ง ที่ส่งผลต่อกำลังอัดประลัย ผลการวิจัย พบว่า

1) อัตราส่วนผสมผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัด 200 ksc. ใช้ผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 5 - 20% ลดปูนซีเมนต์ 5 - 20% ค่ากำลังอัดสูงสุด ได้แก่ สูตรที่ 5 ได้กำลังอัดที่ 137.61 ksc.

2) อัตราส่วนผสมซิลิกาฟุ้งแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัด 200 ksc. ใช้ซิลิกาฟุ้งแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 5 - 20% ลดปูนซีเมนต์ 5 - 20% ค่ากำลังอัดสูงสุด ได้แก่สูตรที่ 3 ได้กำลังอัดที่ 109.02 ksc.

3) อัตราส่วนผสมผงหินปูนและซิลิกาฟุ้งแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัด 200 ksc. ใช้ผงหินปูนและซิลิกาฟุ้งแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 5 - 20% ลดปูนซีเมนต์ 5 - 20% ค่ากำลังอัดสูงสุด ได้แก่สูตรที่ 3 ได้กำลังอัดที่ 177.55 ksc.

4) อัตราส่วนผสมผงหินปูนและซิลิกาฟุ้งแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัด 300 ksc. ใช้ผงหินปูนและซิลิกาฟุ้งแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 5 - 20% ลดปูนซีเมนต์ 5 - 20% ค่ากำลังอัดสูงสุด ได้แก่สูตรที่ 3 ได้กำลังอัดที่ 241.57 ksc.

**คำสำคัญ :** คอนกรีต, คอนกรีตสมรรถนะสูง, ผงหินปูน, ซิลิกาฟุ้ง



## Abstract

This research was an experimental research. The objectives were 1) to study the properties of limestone powder and silica fume by replacing cement with limestone powder and silica fume, and, 2) to find the mixing ratio of limestone powder and silica fume by replacing cement with limestone powder and silica fume. That affects the compressive strength.

The findings were as follows:

1) The mixing ratio of limestone powder in place of cement was at a compressive strength of 200 ksc. The use of limestone powder in place of cement was at a ratio of 5 - 20%, reducing cement by 5 -20%. The highest compressive strength value was a compressive strength of 137.61. ksc.

2) The mixing ratio of silica fume in place of cement was at a compressive strength of 200 ksc. The use of silica fume in place of cement was at a ratio of 5 - 20%, reducing cement by 5 - 20%, maximum strength value Including Formula 3, which had a compressive strength of 109.02 ksc.

3) The result of the mixing ratio of limestone powder and silica fume in place of cement was at a compressive strength of 200 ksc. of samples 1-5, using limestone powder and silica fume in place of cement was at a ratio of 5 - 20%, reducing cement 5 - 20% maximum compressive strength Including Formula 3, a compressive strength of 177.55 ksc.

4) The result of the mixing ratio of limestone powder and silica fume in place of cement was at a compressive strength of 300 ksc. The use of limestone powder and silica fume in place of cement was at a ratio of 5 - 20%, reducing cement by 5 - 20%. Strength value Maximum compression Namely, Formula 3 had a compressive strength of 241.57 ksc.

**Keywords :** Concrete, high performance concrete, Limestone powder, Silica fume

## 1. บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างหลัก ที่ใช้ในงานก่อสร้าง ซึ่งส่วนประกอบของคอนกรีตประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน และน้ำ โดยสภาพแวดล้อมภายนอก ส่งผลให้โครงสร้างคอนกรีตมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของคอนกรีต โดยเฉพาะการรับแรงอัดในระยะยาว อาจมีค่าต่ำลง หรืออาจจะส่งผลต่อเหล็กเสริมที่อยู่ภายในโครงสร้างของคอนกรีต ทำให้เหล็กเสริมภายในคอนกรีตมีการขึ้นสนิม จึงส่งผลให้ต้องมีการซ่อมแซม และบำรุงรักษา เพื่อที่จะสามารถยืดระยะเวลาการใช้งานของ โครงสร้างคอนกรีตออกไปให้ใช้งานได้นานขึ้น

จากปัญหาภาวะโลกร้อนจากกระบวนการก๊าซเรือนกระจก ในปี 2561-2566 พบว่า ก๊าซเรือนกระจกมีการดูดรังสีความร้อนไว้ ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน โดยในชั้นบรรยากาศมีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ คือ ไอน้ำ, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, โอโซน, มีเทน และไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น หากในชั้นบรรยากาศมีก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้สะสมอยู่มากเกินไป ย่อมส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น จนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกโลก และการใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และยังเป็นต้นเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศ และก๊าซเรือนกระจก สำหรับประเทศไทยก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ถูกปล่อยจากทุกภาคและสาขารวมทั้งสิ้น 318,662 กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (GgCO<sub>2</sub>e) หรือ 318.66 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO<sub>2</sub>e) และที่ถูกปล่อยจากภาคการขนส่งมีค่าเท่ากับ 61,175 กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (GgCO<sub>2</sub>e) หรือ 61.175 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (MtCO<sub>2</sub>e) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25.82 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากภาคพลังงาน หรือคิดเป็นร้อยละ 19.2 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศไทย [1]

ผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตผสมผงหินปูน และซิลิกาฟุ่ม เพื่อที่จะประยุกต์การทดสอบกำลังอัดคอนกรีต โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงหินปูน และซิลิกาฟุ่มเป็นส่วนผสมของคอนกรีต โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของการก่อตัวของคอนกรีตด้วยกำลังอัด เมื่อเทียบกับกำลังอัดของคอนกรีตแบบปกติ และได้มีการนำประโยชน์จากการใช้วัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ ได้แก่ ผงหินปูนและซิลิกาฟุ่ม ซึ่งได้มาจากอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งการนำผงหินปูนจากโรงงาอุตสาหกรรมมาใช้งานในการก่อสร้างเป็นปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า ผงหินปูนและซิลิกาฟุ่ม ที่นำมาผสมคอนกรีตนั้น มีความไวต่อปฏิกิริยาปอซโซลานสูง และให้ผลดีต่อคุณสมบัติในเชิงคอนกรีต และคอนกรีตที่มีการแข็งตัว ตลอดจนมีผลกระทบเชิงบวกในทางเศรษฐศาสตร์ และลดปัญหาสภาพแวดล้อม ดังนั้น จึงเป็นที่คาดการณ์ว่า ความต้องการใช้ผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มจะเพิ่มขึ้นต่อไปอีกเป็นเวลาระยะเวลาที่ยาวนาน ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีตได้อย่างเหมาะสมต่อไปในอนาคต [2,3]



## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติผงหินปูนและซีลีกาฟุ่ม โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงหินปูนและซีลีกาฟุ่ม

2.2 เพื่อหาอัตราส่วนผสมใช้ผงหินปูนและซีลีกาฟุ่ม โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงหินปูนและซีลีกาฟุ่ม ที่ส่งผลต่อกำลังอัดประลัย

## 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีการจัดแบ่งขั้นตอนในการทดสอบกำลังอัดคอนกรีต โดยการแทนที่ผงหินปูนและซีลีกาฟุ่ม ออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เอกสารที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้ผงหินปูนและซีลีกาฟุ่ม

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาอัตราส่วนผสมใช้ผงหินปูนและซีลีกาฟุ่ม เพื่อทำการทดสอบความต้านทานของแรงอัดของคอนกรีต โดยใช้ผงหินปูนที่ใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วนร้อยละ 5% - 20% โดยน้ำหนัก และซีลีกาฟุ่ม ในอัตราส่วนร้อยละ 5% - 20% โดยน้ำหนัก สารเคมีผสมเพิ่มในอัตราส่วน 5 ซีซี ดังแสดงตามตารางดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนผสมผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัดคอนกรีต 200 ksc.

| ตัวอย่าง | ผงหินปูน (%) | ปูนซีเมนต์ (กก.) | น้ำ (กรัม) | ทราย (กก.) | หิน (กก.) | สารผสมเพิ่ม (ซีซี) |
|----------|--------------|------------------|------------|------------|-----------|--------------------|
| MIX 1    | 0            | 1.34             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 2    | 5            | 1.28             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 3    | 10           | 1.21             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 4    | 15           | 1.14             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 5    | 20           | 1.07             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |

ตารางที่ 2 แสดงอัตราส่วนผสมผงซีลีกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัดคอนกรีต 200 ksc.

| ตัวอย่าง | ผงหินปูน (%) | ปูนซีเมนต์ (กก.) | น้ำ (กรัม) | ทราย (กก.) | หิน (กก.) | สารผสมเพิ่ม (ซีซี) |
|----------|--------------|------------------|------------|------------|-----------|--------------------|
| MIX 1    | 0            | 1.34             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 2    | 5            | 1.28             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 3    | 10           | 1.21             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 4    | 15           | 1.14             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 5    | 20           | 1.07             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |

ตารางที่ 3 แสดงอัตราส่วนผสมผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย ที่กำลังอัดคอนกรีต 200 ksc.

| ตัวอย่าง | ซิลิกาฟุ่ม (%) | ผงหินปูน (%) | ปูนซีเมนต์ (กก.) | น้ำ (กรัม) | ทราย (กก.) | หิน (กก.) | สารผสมเพิ่ม (ซีซี) |
|----------|----------------|--------------|------------------|------------|------------|-----------|--------------------|
| MIX 1    | 0              | 0            | 1.34             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 2    | 5              | 5            | 1.21             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 3    | 10             | 10           | 1.17             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 4    | 15             | 15           | 1.03             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |
| MIX 5    | 20             | 20           | 0.81             | 890        | 4.24       | 4.80      | 5                  |

ตารางที่ 4 แสดงปริมาตรสัดส่วนผสมต่อ 1 คิว ที่กำลังอัดคอนกรีต 200 ksc.

| ปริมาตรสัดส่วนผสมต่อ 1 คิว |            |           |           |                      |
|----------------------------|------------|-----------|-----------|----------------------|
| ปูนซีเมนต์ (กก.)           | ทราย (กก.) | หิน (กก.) | น้ำ (กก.) | น้ำยาผสมเพิ่ม (ลิตร) |
| 286                        | 904        | 1,012     | 200       | 1.144                |

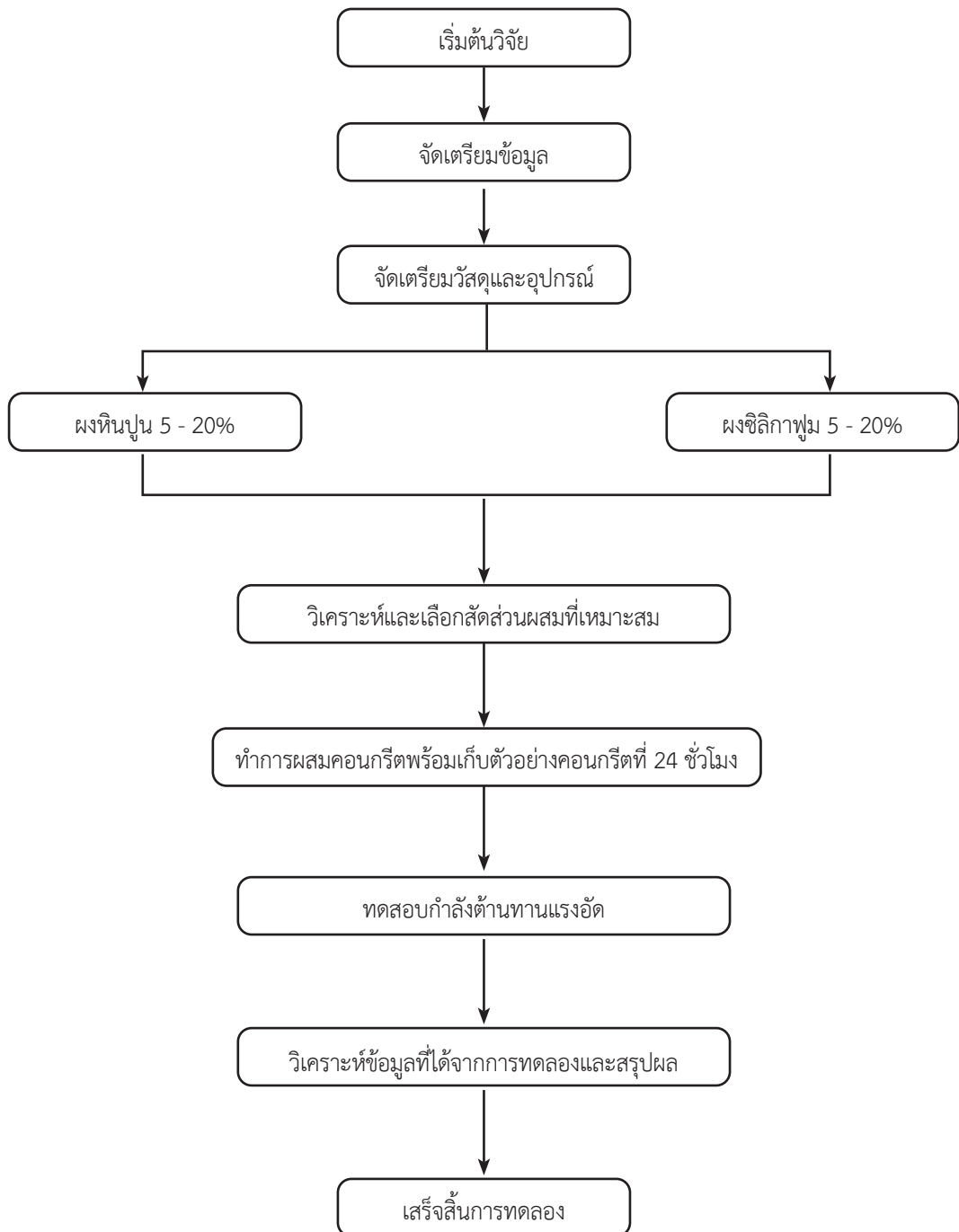
ตารางที่ 5 แสดงปริมาตรสัดส่วนผสมต่อ 1 คิว ที่กำลังอัดคอนกรีต 300 ksc.

| ปริมาตรสัดส่วนผสมต่อ 1 คิว |            |           |           |                      |
|----------------------------|------------|-----------|-----------|----------------------|
| ปูนซีเมนต์ (กก.)           | ทราย (กก.) | หิน (กก.) | น้ำ (กก.) | น้ำยาผสมเพิ่ม (ลิตร) |
| 350                        | 902        | 1,012     | 185       | 1.75                 |

ตารางที่ 6 แสดงอัตราส่วนผสมผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย ที่กำลังอัดคอนกรีต 300 ksc.

| ตัวอย่าง | ซิลิกาฟุ่ม (%) | ปูนซีเมนต์ (กก.) | น้ำ (กรัม) | ทราย (กก.) | หิน (กก.) | สารผสมเพิ่ม (ซีซี) |
|----------|----------------|------------------|------------|------------|-----------|--------------------|
| MIX 1    | 0              | 1.65             | 820        | 4.10       | 4.70      | 8                  |
| MIX 2    | 5              | 1.56             | 820        | 4.10       | 4.70      | 8                  |
| MIX 3    | 10             | 1.48             | 820        | 4.10       | 4.70      | 8                  |
| MIX 4    | 15             | 1.40             | 820        | 4.10       | 4.70      | 8                  |
| MIX 5    | 20             | 1.32             | 820        | 4.10       | 4.70      | 8                  |





ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองกำลังอัดคอนกรีตโดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงหินปูน และซิลิกาฟุ่ม

- 1) ชั่งน้ำหนักผงหินปูน จะได้ค่าน้ำหนัก  
ของผงหินปูน 260 กรัม



ภาพที่ 2 น้ำหนักของผงหินปูน

- 2) ชั่งน้ำหนักซิลิกาฟุ่ม ใช้น้ำหนักของ  
ซิลิกาฟุ่ม 262 กรัม



ภาพที่ 3 น้ำหนักของซิลิกาฟุ่ม

- 3) ชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก  
1,345 กรัม



ภาพที่ 4 น้ำหนักของ  
ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

- 4) ชั่งน้ำหนักทรายหยาบ จะได้ค่าน้ำหนัก  
ของทราย 4,453 กรัม



ภาพที่ 5 น้ำหนักของทรายหยาบ

- 5) ชั่งน้ำหนักหิน จะได้ค่าน้ำหนักของหิน  
5,003 กรัม



ภาพที่ 6 น้ำหนักของหิน

- 6) ทำการชั่งน้ำหนักน้ำ จะได้ค่าน้ำหนัก  
ของน้ำ 890 มิลลิลิตร



ภาพที่ 7 น้ำหนักของน้ำ

- 7) ใช้ไซริงค์ดูดน้ำยาผสมเพิ่ม 5 ซีซี



ภาพที่ 8 การใช้ไซริงค์ดูด  
น้ำยาผสมเพิ่ม

- 8) ผสมวัสดุที่ได้จัดเตรียมไว้ และเทใส่ลง  
ไปในกระบะ



ภาพที่ 9 การผสมวัสดุที่ได้  
จัดเตรียมไว้ลงในกระบะ

- 9) ผสมวัสดุที่ได้จัดเตรียมไว้ และเทใส่ลง  
ไปในอ่างผสมปูน



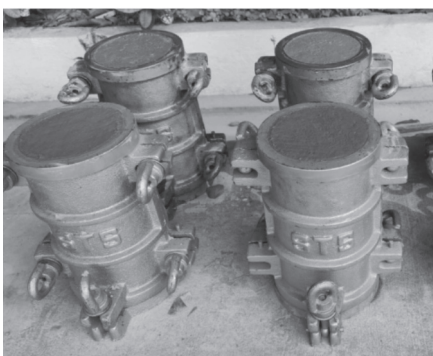
ภาพที่ 10 การผสมวัสดุที่ได้จัด  
เตรียมไว้ลงในอ่างผสมปูน

- 10) เทน้ำเข้าไปผสมกับวัสดุที่ได้จัด  
เตรียมไว้



ภาพที่ 11 การเทน้ำเข้าไปผสมกับ  
วัสดุที่ได้จัดเตรียมไว้

- 11) การเก็บก้อนตัวอย่างคอนกรีต



ภาพที่ 12 การเก็บก้อน  
ตัวอย่างคอนกรีต

- 12) ถอดแบบก้อนคอนกรีตที่อายุ 24  
ชั่วโมง



ภาพที่ 13 ถอดแบบก้อน  
คอนกรีตที่อายุ 24 ชั่วโมง

- 13) ชั่งน้ำหนักคอนกรีต พร้อมกับ  
จดบันทึกค่า



ภาพที่ 14 การชั่งน้ำหนัก  
คอนกรีต พร้อมกับจดบันทึกค่า

- 14) ทดสอบก้อนตัวอย่างคอนกรีตด้วย  
เครื่องทดสอบความต้านทานกำลังของ  
แรงอัด และทำการอ่านค่ากำลังอัดจาก  
หน้าจอดิจิทัล



ภาพที่ 15 การนำก้อนตัวอย่างคอนกรีต  
ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความ  
ต้านทานกำลังของแรงอัด

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยหาอัตราส่วนผสมใช้ผงหินปูนและซิลิกาฟุ่ม โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มที่ส่งผลต่อกำลังอัด แล้วผสมส่วนผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่ได้กำหนด จำนวนอย่างละ 5 ชุด แล้วเก็บตัวอย่างลงในแบบหล่อรูปทรงกระบอก จำนวนชุดละ 3 ตัวอย่าง ที่อายุ 24 ชั่วโมง แล้วนำเข้าเครื่องทดสอบการรับกำลังแรงอัด เพื่อนำผลการทดลองไปวิเคราะห์และสรุป

## 4 ผลการวิจัย

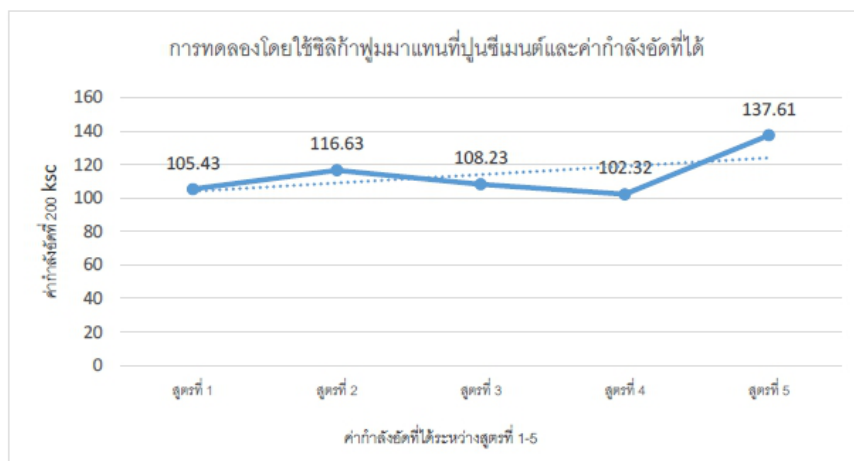
4.1.1 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ 200 ksc. จากการทดลองสูตรที่ 5 มีผลกำลังอัดที่มากที่สุดอยู่ที่ 137.61 ksc. มีส่วนผสมจากผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ในบางส่วนที่ 20% หรือใช้ผงหินปูนที่ 268 กรัม

4.1.2 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ 200 ksc. จากการทดลองสูตรที่ 3 มีผลกำลังอัดที่มากที่สุดอยู่ที่ 109.02 ksc. ซึ่งมีส่วนผสมจากซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ในบางส่วนที่ 10% หรือใช้ผงหินปูนที่ 134 กรัม

4.1.3 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ 200 ksc. จากการทดลองสูตรที่ 3 มีผลกำลังอัดที่มากที่สุดอยู่ที่ 177.55 ksc. ซึ่งมีส่วนผสมจากผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ในบางส่วนที่ 10% หรือใช้ผงหินปูนที่ 134 กรัม และซิลิกาฟุ่มอยู่ที่ 134 กรัม

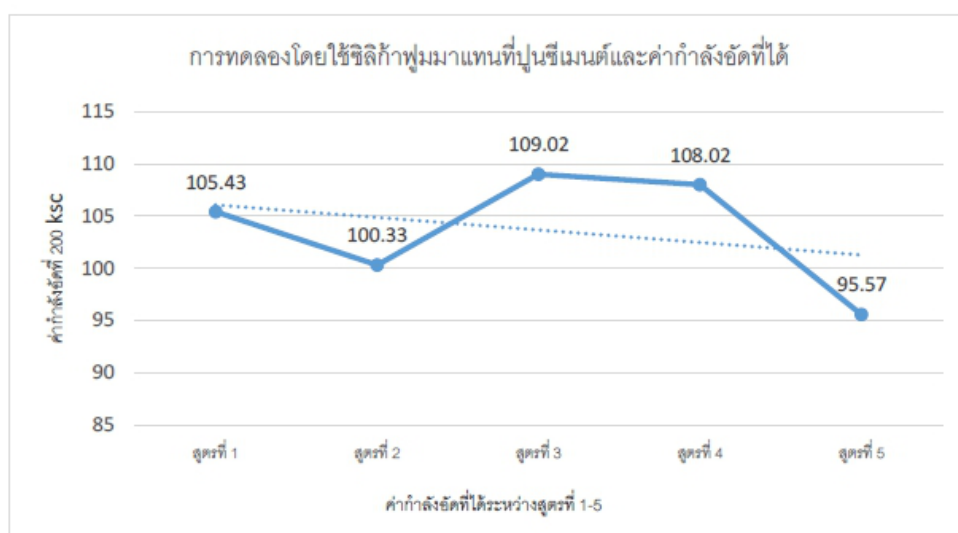
4.1.4 ผลการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ 300 ksc. จากการทดลองสูตรที่ 3 มีผลกำลังอัดที่มากที่สุดอยู่ที่ 241.57 ksc. ซึ่งมีส่วนผสมจากซิลิกาฟูมแทนที่ปูนซีเมนต์ในบางส่วนที่ 10% หรือใช้ซิลิกาฟูมอยู่ที่ 164 กรัม

แผนภูมิที่ 1 การทดลองผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัดคอนกรีต 200 ksc.



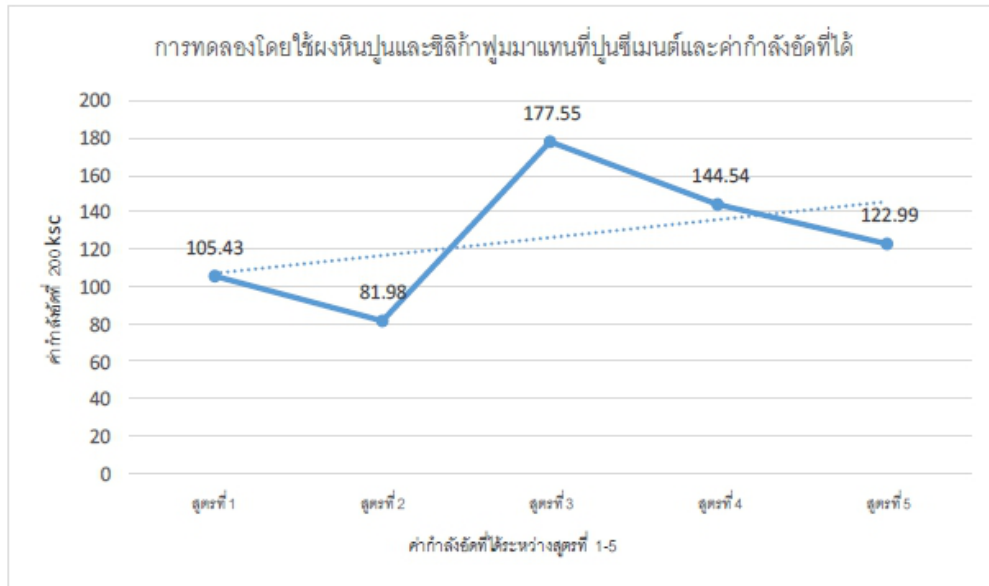
จากแผนภูมิที่ 1 ทำการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ 200 ksc. จากการทดลองสูตรที่ 5 มีผลกำลังอัดที่มากที่สุดอยู่ที่ 137.61 ksc. มีส่วนผสมจากผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ในบางส่วนที่ 20% หรือใช้ผงหินปูนที่ 268 กรัม

แผนภูมิที่ 2 การทดลองซิลิกาฟูมแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัดคอนกรีต 200 ksc.



จากแผนภูมิที่ 4-2 ทำการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ 200 ksc. จากการทดลองสูตรที่ 3 มีผลกำลังอัดที่มากที่สุดอยู่ที่ 109.02 ksc. ซึ่งมีส่วนผสมจากซิลิกาฟูมแทนที่ปูนซีเมนต์ในบางส่วนที่ 10% หรือใช้ผงหินปูนที่ 134 กรัม

แผนภูมิที่ 3 การทดลองผงหินปูนและซิลิกาฟูมแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัดคอนกรีต 200 ksc.



จากแผนภูมิที่ 4-3 ทำการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ 200 ksc. จากการทดลองสูตรที่ 3 มีผลกำลังอัดที่มากที่สุดอยู่ที่ 177.55 ksc. ซึ่งมีส่วนผสมจากผงหินปูนและซิลิกาฟูมแทนที่ปูนซีเมนต์ในบางส่วนที่ 10% หรือใช้ผงหินปูนที่ 134 กรัม และซิลิกาฟูมอยู่ที่ 134 กรัม

แผนภูมิที่ 4 การทดลองซิลิกาฟูมแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัดคอนกรีต 300 ksc.



จากแผนภูมิที่ 4-4 ทำการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดที่ 300 ksc. จากการทดลองสูตรที่ 3 มีผลกำลังอัดที่มากที่สุดอยู่ที่ 241.57 ksc. ซึ่งมีส่วนผสมจากซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ในบางส่วนที่ 10% หรือใช้ซิลิกาฟุ่มอยู่ที่ 164 กรัม

## 5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 อัตราส่วนผสมผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัด 200 ksc. ใช้ผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 5%-20% ลดปูนซีเมนต์ 5%-20% ค่ากำลังอัดสูงสุด ได้แก่ สูตรที่ 5 ได้กำลังอัดที่ 137.61 ksc. สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชีรภาพ ศรีบุญเรือง [4] เรื่องผลกระทบของความละเอียดของผงหินปูนต่อสมบัติของคอนกรีตชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองผสมเถ้าแกลบ ที่พบว่า ผงหินปูนและเถ้าแกลบไม่พบมีแคลเซียมออกไซด์ และซิลิกอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักตามลำดับ เถ้าแกลบมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย เท่ากับ 69.33 ไมโครเมตร สามารถนำมาใช้ร่วมในงานคอนกรีตชนิดไหลอัดแน่นได้ด้วยตัวเอง

5.2 อัตราส่วนผสมซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัด 200 ksc. ใช้ ซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 5% - 20% ลดปูนซีเมนต์ 5 - 20% ค่ากำลังอัดสูงสุด ได้แก่ สูตรที่ 3 ได้กำลังอัดที่ 109.02 ksc.

5.3 อัตราส่วนผสมผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัด 200 ksc. ใช้ผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 5 - 20% ลดปูนซีเมนต์ 5 - 20% ค่ากำลังอัดสูงสุด ได้แก่ สูตรที่ 3 ได้กำลังอัดที่ 177.55 ksc.

5.4 อัตราส่วนผสมผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ ที่กำลังอัด 300 ksc. ใช้ผงหินปูนและซิลิกาฟุ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วน 5 - 20% ลดปูนซีเมนต์ 5 - 20% ค่ากำลังอัดสูงสุด ได้แก่ สูตรที่ 3 ได้กำลังอัดที่ 241.57 ksc. สอดคล้องกับงานวิจัยของ อัมพรพรณดี ยูโซะ [5] เรื่องการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิน้ำที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต ที่พบว่า อุณหภูมิน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตมีผลต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีตอย่างมีนัยสำคัญ โดยคอนกรีตที่ผสมด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิสูงมีอัตราการพัฒนากำลังอัดในช่วงอายุ 7 วันแรกสูงกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำในทางกลับกันเมื่ออายุการบ่มเพิ่มสูงขึ้น คอนกรีตที่ผสมด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำมีการพัฒนากำลังในอัตราที่สูงกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิสูง

### 5.5 ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

ผู้ใช้งานเสนอแนะว่า ควรทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคอนกรีตให้มากกว่านี้ควรทำการทดสอบหลายๆ ครั้ง เพื่อหาข้อบกพร่องที่แท้จริง ควรทำการศึกษาผงหินปูน และซิลิกาฟุ่มให้มากขึ้น ควรปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมให้เป็นไปตามมาตรฐานงานก่อสร้าง และควรลดปริมาณส่วนผสมให้ลดลง เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้ดี



## เอกสารอ้างอิง

- [1] วรรณพงศ์ คล่องแคล่ว. (2553). การศึกษาความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดกับอายุบ่มของวัสดุทางเดิมที่ใช้ในงานบูรณะทางผิวทางแอสฟัลต์. (พิมพ์ครั้งที่ 1). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [2] วริศ มณีรัตน์. (2558). คุณสมบัติความคงทนของคอนกรีตผสมสารเพิ่มกำลังอัด. (พิมพ์ครั้งที่ 1). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [3] สัญชัย สะอาดกิตินันท์. (2545). การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะแบบคัดและไม่คัดแยกขนาดโดยปรับปรุงตามมาตรฐานเอซีไอ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] อธิภพ ศรีบุญเรือง. (2558). ผลกระทบของความละเอียดของผงหินปูนต่อสมบัติของคอนกรีตชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองผสมเถ้าแกลบ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [5] อัมพรพรณดี ยูโซะ. (2552). การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิน้ำที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต. (พิมพ์ครั้งที่ 1). มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.