

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเตรียมเส้นใยจากโรงงานเผาอิฐ โดยเผาซ้ำที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส พบเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาเท่ากับ 98.14 เปอร์เซ็นต์ นำเส้นใยที่ผ่านการเผาซ้ำมาทำการสกัดซิลิกาโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.5 นอร์มอล ให้ปริมาณร้อยละของซิลิกาเท่ากับ 90.3 เปอร์เซ็นต์ และทำการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันนัลของตัวอย่างที่สกัดได้ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FTIR) หลังจากนั้นนำซิลิกามาทำการเตรียมให้มีขนาดอนุภาคระดับนาโนเมตรโดยวิธีการตกตะกอน ที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนของสารคือ เวลาในการรีฟลักซ์สารละลาย ความเข้มข้นเริ่มต้นของตัวทำละลาย และสารจะตกตะกอนในช่วงพีเอชที่เหมาะสม คือพีเอชประมาณ 7.5-8.5 นอกจากนี้ยังได้ทำการควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยการควบคุมการหยดกรดซัลฟูริกสม่ำเสมอด้วยอัตรา 2.0 มิลลิลิตร/นาที่ เพื่อเป็นการลดอัตราเร็วของการตกตะกอน และทำตะกอนให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำตัวอย่างที่เตรียมได้ถูกนำไปตรวจสอบหาลักษณะเฉพาะ

การตรวจสอบลักษณะเฉพาะ พบว่าสารตัวอย่างที่เตรียมได้จากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2.5 นอร์มอล และใช้เวลาในการรีฟลักซ์เพื่อให้ตกตะกอน 10 ชั่วโมง และเมื่อนำสารตัวอย่างมาวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและลักษณะพื้นฐานด้วยเทคนิค TEM พบว่าขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 5-10 นาโนเมตร มีลักษณะเกาะกลุ่ม (agglomerate) มีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน มีพื้นที่ผิวจำเพาะโดยคำนวณด้วยเทคนิค BET เท่ากับ 656 ตารางเมตร/กรัม นำตัวอย่างมาตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันนัลด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FTIR) พบพันธะหลักในโมเลกุลของซิลิกาคือกลุ่มซิลานอล (Si-OH) และกลุ่มซิลิเซน (Si-O-Si) และทำการยืนยันเฟสของตัวอย่างที่เตรียมได้ด้วยการตรวจสอบรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ด้วยเทคนิค XRD พบว่ามีลักษณะออสติฐาน ฟังก์ชันกว้างที่ตำแหน่ง 22-23 องศา โดยสอดคล้องกับการศึกษารูปแบบการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน (Selected area electron diffraction pattern) ในเทคนิค TEM พบว่าโครงสร้างมีลักษณะวงแหวน (Diffuse ring) แสดงถึงตัวอย่างมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลในโครงสร้างของซิลิกานั้นไม่เป็นระเบียบ

ผลจากการนำผงนาโนซิลิกาที่เตรียมได้ มาทำการปรับปรุงสมบัติค่ากำลังอัด (Compressive strength) ของซีเมนต์เพสต์ โดยนำผงนาโนซิลิกามาทดแทนปูนปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์ในอัตราส่วน 0 2 4 6 และ 10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และผ่านการบ่มเป็นระยะเวลา 1 7 14 และ 28 วัน ผลการทดสอบค่ากำลังอัดที่ระยะเวลาการบ่มที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อทำการเติมผงนาโนซิลิกามีค่ากำลังอัดสูงกว่าปูนเพสต์ปอร์ตแลนด์ และเมื่อทำการติดตามโครงสร้างระดับจุลภาคของปูนเพสต์ปอร์ตแลนด์และปูนเพสต์ที่ทำการเติมผงนาโนซิลิกา พบว่าจากโครงสร้างระดับจุลภาคของปูนเพสต์ปอร์ตแลนด์หลังจากเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันยังคงเหลือปริมาณปูนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนปูนเพสต์ที่เติมผงนาโนซิลิกาพบว่ามีปริมาณของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเชื่อมโยงกับเอททริงไกต์แผ่ขยายอยู่รอบเม็ดปูนซีเมนต์และปิดโพรงและช่องว่างโดยทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสาน และทำการติดตามปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ด้วยเทคนิค XRD พบว่าความเข้มของพีค  $d_{001}$  ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของปูนเพสต์ที่เติมนานาซิลิกามีความเข้มต่ำกว่าปูนเพสต์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการเตรียมอนุภาคนาโนซิลิกาเพื่อให้มีขนาดเล็กกว่าเดิมโดยใช้กระบวนการเฟลมสเปรย์ไพโรไลซิส ซึ่งเป็นวิธีการเตรียมที่ต่อเนื่อง สามารถควบคุมขนาดและเตรียมได้ในปริมาณที่ต้องการในขั้นตอนเดียว
2. ทำการศึกษากระบวนการเผาผนึก (sinter) ผงตัวอย่างเพื่อให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นผลึก และศึกษาประโยชน์จากผงนาโนซิลิกาที่มีลักษณะเป็นผลึก โดยทำการดัดแปลงผงนาโนซิลิกาที่เตรียมได้โดยให้มีสมบัติเป็นSuperhydrophobic
3. การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปูนเพสต์ที่เติมนานาซิลิกา โดยการศึกษาสมบัติอื่นเพิ่มเติม เช่น การซึมผ่านของน้ำ, การไหลตัวเข้าสู่แบบได้เอง, การป้องกันไม่ให้รอยแตกขยายตัวขึ้น โดยการศึกษารับแรงเฉือน, แรงดึง, แรงคด
4. ทำการศึกษาเปรียบเทียบปูนเพสต์ที่เติมนานาซิลิกาที่เตรียมได้กับนาโนซิลิกาในท้องตลาด
5. ควรจะมีการนำมาผสมเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น มอร์ต้า และคอนกรีต เพื่อดูแนวโน้มการนำไปใช้จริง
6. ในการวิเคราะห์ปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้นหลังจากผสมกันแล้วของปูนเพสต์ที่เติมนานาซิลิกาและปูนเพสต์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ควรใช้เทคนิคอื่นประกอบ เช่น เทคนิค Thermal Gravimetric Analysis