บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

ปูนก่อและปูนฉาบนั้นเตรียมได้โดยนำปูนขาวจากการหมักในน้ำผสมกับทรายในอัตราส่วนที่พอเหมาะตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน สำหรับงานก่อและฉาบที่ต้องการความแข็งแรง ความคงทนต่อการรับน้ำหนักหรือแรงอัดสูง ส่วนมากใช้ทรายขนาดใหญ่หรือหยาบมากกว่าทรายที่มีขนาดเล็กหรือทรายละเอียด งานวิจัยนี้พบว่าปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมโดยใช้ทรายขนาดใหญ่จะมีความสามารถในการรับน้ำหนักหรือมีความคงทนต่อแรงอัดสูงกว่าทรายที่มีความละเอียด ทั้งนี้ได้วิจัยโดยเตรียมปูนก่อและปูนฉาบจากทราย 3 ประเภท ได้แก่ ทรายหยาบ ทรายละเอียดและทรายคละ

ความแตกต่างของทรายทั้ง 3 ประเภท คือ ขนาดที่แตกต่างกัน ทรายหยาบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 0.448 เฟมโตเมตร (fm) (4.48×10^{-17} ม.) ทรายละเอียดและทรายคละมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 0.036 fm (3.6×10^{-17} ม.) และ 0.0402 fm (4.02×10^{-17} ม.) ตามลำดับ

เมื่อนำทรายหยาบมาผสมกับปูนขาวเพื่อเตรียมเป็นปูนก่อและปูนฉาบ จะมีการอัดแน่นระหว่างอนุภาค ทรายที่มีขนาดใหญ่กว่าทำให้การอัดแน่นเกิดขึ้นได้ยากกว่าทรายที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อนำปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากทรายทั้ง 3 ประเภทข้างต้น วิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทดสอบความพรุน (Mercury porosimeter) จึงพบว่า ทรายหยาบให้ค่า Median pore diameter (area) และค่า Median pore diameter (vol.) เท่ากับ 1×10^{-17} ม. และ 6.348×10^{-16} ม. มากกว่าทรายละเอียด ซึ่งให้ค่า Median pore diameter (area) และค่า Median pore diameter (vol.) เท่ากับ 9.2×10^{-18} และ 2.883×10^{-16} ม. สอดคล้องกับ

เป็นที่น่าสังเกตว่าทรายคละนั้นรายงานได้เฉพาะค่า Median pore diameter (vol.) ได้เท่ากับ 3.624×10^{-16} แต่ไม่สามารถรายงาน ค่า Median pore diameter (area) ด้วยเครื่องมือทดสอบความพรุน (Porosimeter) ได้ ทั้งนี้เนื่องจากทรายคละมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง (Range) ที่กว้างมาก เนื่องจากเป็นทรายที่คละด้วยทรายหยาบและทรายละเอียด

อย่างไรก็ตามเนื่องจากขนาดของอนุภาคที่ใหญ่ ทำให้ในขั้นตอนการขึ้นรูปของปูนก่อและปูนฉาบ ซึ่งต้องมีการอัดแน่นของปูนก่อและปูนฉาบนั้น จะพบว่าปูนก่อและปูนฉาบจากทรายหยาบ

อัดแน่นยากที่สุดในทรายทั้ง 3 ประเภท ทำให้ขนาดความพรุนที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่กว่า แต่เมื่อเทียบพื้นที่รวมของความพรุนหรือความพรุนจะน้อยกว่าในทรายละเอียดและทรายคละ ดังนั้นค่า Total intrusion volume และค่า Total pore area ที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่า 0.1060 ml/o และ 9.457 $sq^{-m/0}$ ต่ำกว่าทรายละเอียดที่มีค่า 0.1289 ml/o และ 14.346 $sq^{-m/0}$ ตามลำดับ สำหรับทรายคละนั้น ค่าที่รายงานจะมีค่าระหว่างทรายหยาบและทรายละเอียด นั่นคือ ค่า Total intrusion volume เท่ากับ 0.1131 ml/o และ Total pore area 11.258 $sq^{-m/0}$ ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลเดียวกันที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

อนึ่งการที่ทรายหยาบมีลักษณะของอนุภาคที่ใหญ่กว่า เมื่อนำมาหล่อหรือขึ้นรูปจะอัดแน่นได้ยากกว่าทรายที่มีลักษณะละเอียด ปริมาณช่องว่างหรือความพรุนเมื่อคิดเทียบเป็นหน่วยของช่องว่างของปูนก่อและปูนฉาบจากทรายหยาบจะมีน้อยกว่าทรายละเอียด ทำให้ค่า Total pore area ในปูนก่อและปูนฉาบจากทรายหยาบที่วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ต่ำกว่าปูนก่อและปูนฉาบจากทรายที่ละเอียดกว่าหรือมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าดังที่รายงานไว้แล้ว

เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นปูนก่อและปูนฉาบ อากาศสามารถแทรกสู่ช่องว่างหรือความพรุนนั้น ๆ จึงเป็นสาเหตุให้ปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนขาวและทรายหยาบมีความแข็งแรงและทนต่อการรับน้ำหนักหรือการรับแรงอัดได้ 8.6 – 9.5 N/mm^2 มากกว่าปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากทรายคละที่ทนต่อแรงอัดได้ 7.2 – 7.7 N/mm^2 และทรายละเอียดทนต่อแรงอัดได้น้อยที่สุดในการเปรียบเทียบระหว่างปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากทรายทั้ง 3 ประเภท คือ ที่ระดับแรงอัด 6.1 – 7.1 N/mm^2 ก็หักพังได้ สอดคล้องกับงานวิจัยที่กล่าวว่าพันธะของโมเลกุลปูนก่อจากปูนขาวจะแข็งแรงมากขึ้นเมื่อปริมาณอากาศในเนื้อปูนนั้นต่ำ และถ้าปริมาณอากาศในเนื้อปูนนั้นเพิ่มมากขึ้นปูนก่อนั้นจะมีความแข็งแรงลดลง (Graymont Dolime (OH) Inc., 2002)

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ความทนต่อแรงอัด (Compressive strength) ของปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนหมักและไม่หมัก พบว่าการใช้ปูนหมักให้ผลที่ดีกว่า รายงานค่าความทนต่อแรงอัดอยู่ระหว่าง 7.2 – 7.7 N/mm^2 มากกว่าปูนขาวที่ไม่หมักที่ทนต่อแรงอัดโดยเฉลี่ยท่ากับ 6.1 – 7.2 N/mm^2

การที่ปูนขาวหมักมีความคงทนต่อแรงอัดได้มากกว่าปูนขาวไม่หมักเมื่อนำมาขึ้นรูปกับทรายประเภทเดียวกันนั้น ความแตกต่างของปูนขาวทั้ง 2 ประเภท คือ ปูนขาวที่หมักในน้ำที่ระบบปิดเป็นระยะเวลา 2 เดือนจะเกิดปฏิกิริยาที่แคลเซียมออกไซด์ทำปฏิกิริยารวมกับน้ำ (Combination or Synthesis reaction) แล้วเปลี่ยนแปลงเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังสมการ

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Ca(OH)_{2\ (aq)}$$

แคลเซียมออกไซด์ น้ำ แคลเซียมไฮดรอกไซด์

เมื่อนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาผสมกับทราย ขึ้นรูป แล้วทิ้งให้แห้งสนิทภายใต้อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ จะเกิดปฏิกิริยา ดังนี้

$$Ca(OH)_{2\ (aq)} + CO_{2\ (g)} \longrightarrow CaCO_3$$

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต

ปฏิกิริยาทั้ง 2 ข้างต้นมีความสำคัญ เนื่องจากส่งผลต่อความแข็งแรงของปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียม เพราะแคลเซียมไฮดรอกไซด์เท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาคาร์บอเนชั่นแล้วสร้างพันธะใหม่จากเดิมที่โมเลกุลของแคลเซียมยึดเกาะกับอนุมูลไฮดรอกไซด์เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีการสร้างพันธะเกิดเป็นผลึกของแคลไซด์ (Calcite) ที่มีโครงร่างผลึกลักษณะ Rhombohedral ซึ่งเป็นการเกิดผลึกที่อุณหภูมิต่ำและส่วนน้อยจะเกิดโครงร่างผลึกลักษณะ Orthorhombic ที่อุณหภูมิสูง (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2540) อย่างไรก็ดีการสร้างพันธะดังกล่าวก็ทำให้มีความแข็งแรงและคงรูปได้สูง ดังนั้นถ้าแคลเซียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนแปลงเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตได้มาก ความแข็งแรงก็จะยิ่งมากขึ้น

ด้วยสาเหตุดังที่กล่าวมาทำให้ปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนขาวที่ไม่หมักในน้ำ เมื่อนำมาขึ้นรูปโดยนำปูนขาวมาผสมกับทรายโดยใช้น้ำเพื่อการรวมตัวเท่าที่จำเป็น ปูนขาวหรือแคลเซียมคาร์บอเนตในขณะนั้นไม่สามารถเกิดปฏิกิริยากับน้ำเปลี่ยนรูปเป็นแคลเซียมออกไซด์ได้อย่างสมบูรณ์ เป็นสาเหตุให้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดขึ้นน้อยกว่าปูนขาวจากการหมัก ดังนั้นเมื่อตั้งทิ้งไว้ในสภาวะเดียวกันเพื่อให้แห้งสนิท ปฏิกิริยาการรวมระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเกิดขึ้นน้อยกว่า การสร้างพันธะเป็นผลึกเกิดความไม่สมบูรณ์ ไอออนในผลึกขาดความเป็นระเบียบ ความแข็งแรงจึงน้อยกว่าปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนหมัก สอดคล้องกับรายงานวิจัยที่พบว่าการหมักปูนขาวทำให้ แคลเซียมออกไซด์เปลี่ยนเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้ดีกว่าไม่หมัก คือ ปูนหมักจะมีโครงร่างผลึกมากกว่า เมื่อนำมาใช้งานจะเกิดปฏิกิริยาคาร์บอเนชันได้เร็ว ช่องว่างในชิ้นงานจะลดลง ขณะที่ปูนขาวที่ไม่ได้หมักนั้นผลึกไม่สมบูรณ์ คือ มีลักษณะเป็นแผ่น เกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าจึงมีช่องว่างในชิ้นงานมากกว่า ทำให้ความแข็งแรงของปูนก่อและปูนฉาบที่สร้างจากปูนขาวไม่หมักน้อยกว่าปูนขาวหมัก (Cazalla et al, 2000)

หลังการขึ้นรูป ทดสอบความแตกต่างของปูนก่อและปูนฉาบที่ขึ้นรูปแล้ว ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งในระบบเปิดที่มีการแลกเปลี่ยนทั้งพลังงานและมวลของปูนก่อและปูนฉาบนั้นอย่างอิสระ กับได้

ใช้น้ำปูนที่ได้จากการแช่ปูนขาวในน้ำ น้ำปูนที่ได้ คือ สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ [Ca $(OH)_2$] พีเอช เท่ากับ 12 ซึ่งเป็นเบสแก่เพราะ $Ca(OH)_2$ เป็นสารประกอบไฮดรอกไซด์แบบไอออน (Ionic hydroxide) ทำปฏิกิริยากับน้ำจะแตกตัวได้สมบูรณ์ น้ำปูนที่ได้จะนำมาพรมบนปูนก่อและปูนฉาบ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งในระบบเดียวกัน ภายหลังที่ปูนก่อและปูนฉาบแห้งสนิทพบความแตกต่างระหว่างทั้งปูนขาวที่พรมและไม่ได้พรมน้ำปูนก่อนทิ้งไว้ให้แห้ง นั่นคือ ในกลุ่มที่พรมน้ำปูนจะแข็งเร็วกว่าและป้องกันการดูดซึมของน้ำได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้พรมน้ำปูน

ทั้งนี้เนื่องมาจากขณะที่ขึ้นรูปปูนโดยผสมปูนขาวกับทราย ปูนขาวในขณะนั้นอยู่ในรูปแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งยังไม่แข็งแรง และยังไม่สามารถคงรูปอยู่ได้ โมเลกุลแคลเซียมไฮดรอกไซด์ขณะนั้นจะอยู่ในสภาพที่กระจายอยู่ทั่วไปในชิ้นงานปูนก่อและปูนฉาบ ต้องใช้เวลาพอสมควรในการเปลี่ยนแปลงจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตและสร้างพันธะเชื่อมระหว่างกันเป็นปูนก่อและปูนฉาบที่แข็งแรง แต่เมื่อพรมน้ำปูนพบว่าผิวของปูนก่อและปูนฉาบนั้นจะถูกอาบด้วยน้ำปูน น้ำปูนหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเปลี่ยนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีการเชื่อมโยงของพันธะบริเวณนั้นมากขึ้น ในลักษณะคล้ายแผ่นฟิลม์บาง ๆ จึงพบว่าบริเวณผิวนอกของปูนก่อและปูนฉาบที่พรมด้วยน้ำปูนมีสีขาวกว่าและยังป้องกันการซึมเข้าของน้ำได้ในระดับหนึ่งเพราะบริเวณดังกล่าวมีการสร้างพันธะระหว่างแคลเซียม คาร์บอนและออกซิเจนที่มากขึ้นกว่าการไม่ได้ใช้น้ำปูนพรมนั่นเอง

จากนั้นนำปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมเพื่อการทดสอบไปทาสารกันน้ำซิลิโคนทั้ง 9 ชนิดตามวิธีที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งสนิท เพื่อให้ปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์สมบูรณ์ อันจะส่งผลให้ปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมมีความแข็งแรง ก่อนที่จะนำมาทาสารกันน้ำซิลิโคนในปริมาณ 10, 20 และ 30 มล. บนปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากวัสดุชนิดเดียวกันซึ่งพบว่าสังเกตความแตกต่างได้ยากมากเนื่องจากสารกันน้ำที่ทาบนปูนไม่ได้ทำให้เกิดความมันวาว สีเข้มขึ้นหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกแต่อย่างใด ดังนั้นเพื่อให้เห็นความชัดเจน จึงใช้น้ำที่เจือสีน้ำเงินเป็นอินดิเคเตอร์ให้เห็นความต่างพบว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นนั้นชัดเจนมากและสามารถแยกความแตกต่างได้ด้วยสายตาและเครื่องมือวัดความยาวหรือไม้บรรทัด พบว่าการทาในปริมาณมากกว่าทำให้การซึมเข้าสู่เนื้อปูนก่อและปูนฉาบของสารกันน้ำเกิดขึ้นได้ดีกว่า บริเวณพื้นที่สารกันน้ำสามารถซึมเข้าไปได้จะไม่ติดเป็นสีน้ำเงินเหมือนในพื้นที่ที่สารกันน้ำไม่ไปได้ แสดงว่าไม่มีการซึมเข้าของน้ำสู่บริเวณที่ทาสารกันน้ำนั่นเอง เนื่องจากการทาในปริมาณที่มากกว่าทำให้สารกันน้ำสามารถซึมเข้าสู่ปูนก่อและปูนฉาบได้ดีกว่า จึงพบว่าปูนก่อและปูนฉาบที่ทาสารกันน้ำ 30 มล. ติดสีได้น้อยกว่า 20 และ 10 มล. ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของการดูดซึมน้ำเมื่อทาสารกันน้ำซิลิโคนในปริมาณที่เท่ากันบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายประเภทต่างกัน คือ ทรายหยาบ ทรายละเอียด และทรายคละ รวมถึงปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวที่ไม่ได้หมักในน้ำก่อนการขึ้นรูปกับทรายคละด้วย สารกันน้ำซิลิโคนสามารถแทรกซึมเข้าสู่ปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากทรายหยาบ ได้ดีกว่า ทรายคละและทรายละเอียดตามลำดับ และการแทรกซึมของสารกันน้ำซิลิโคนสู่ปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนขาวไม่หมักและหมักนั้น ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการแทรกซึมผ่านรูเล็ก (Capillary force) ที่กล่าวว่า ของเหลวจะแทรกซึมสู่วัสดุหรือวัตถุที่มีความพรุนหรือความพรุนขนาดเล็กได้ดีกว่าความพรุนหรือความพรุนขนาดใหญ่ การวิเคราะห์ลักษณะความพรุนหรือความพรุนด้วย Porosimeter ซึ่งรายงานผลว่าเส้นผ่านศูนย์กลางความพรุนหรือความพรุนของปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากทรายหยาบมีขนาดใหญ่ที่สุด รองลงไปเป็นทรายคละและทรายละเอียด ค่าที่วิเคราะห์ได้อนุมานสู่ผลการวิจัยในส่วนนี้ได้เป็นอย่างดี

5.1 ประสิทธิภาพของสารกันน้ำเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายประเภทเดียวกัน

จากผลการทดสอบในส่วนต่างๆ นั้น พบว่าการทาสารกันน้ำในปริมาณที่ต่างกัน มีผลต่อการป้องกันการดูดซึมน้ำ คือ โดยมากการเพิ่มปริมาณการทาต่อพื้นที่ผิวทดสอบจะเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันการดูดซึมน้ำ แต่ไม่มีผลต่อการระเหยของน้ำ นั่นคือ แม้ว่าจะใช้ปริมาณที่แตกต่างกันแต่การระเหยที่เกิดขึ้นก็มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การเพิ่มปริมาณการทาหรือเพิ่มความเข้มข้น จะ มีผลต่อสารกันน้ำบางชนิดเท่านั้น ซึ่งทดสอบด้วยสถิติแล้วพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่น Rhoximat™ HD 224, Rhoximat RC 80, ICI, SS – 101 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพสารกันน้ำทั้ง 9 ชนิดไม่ได้เป็นไปในแนวโน้มเดียวกัน แต่ละชนิดให้ประสิทธิภาพที่ต่างกันออกไป ดังนั้นการพิจารณาประสิทธิภาพของสารกันน้ำที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาโดยรวมจากประสิทธิภาพป้องกันการดูดซึม ประสิทธิภาพการระเหยและความคงทนต่อการใช้งาน ในลักษณะถ่วงน้ำหนักตามความสำคัญ ในการนี้จึงได้แบ่งพิจารณาประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ของสารกันน้ำเป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพดีมาก ดี พอใช้ และต่ำ

กลุ่ม A : ประสิทธิภาพดีมาก
กลุ่ม B : ประสิทธิภาพดี
กลุ่ม C : ประสิทธิภาพพอใช้
กลุ่ม D : ประสิทธิภาพต่ำ

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพสารกันน้ำซิลิโคน 9 ชนิดเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบชนิดเดียวกัน

ชนิดที่	ปริมาณที่ทาต่อพื้นที่ทดสอบ			ประสิทธิภาพ
	10 มล.	20 มล.	30 มล.	
1 Wacker BS 290 10%	✓			C
Wacker BS 290 10%		✓		C
Wacker BS 290 10%			✓	C
Wacker BS 290 20%	✓			C
Wacker BS 290 20%		✓		C
Wacker BS 290 20%			✓	C
2 Wacker BS SMK 550 10%	✓			C
Wacker BS SMK 550 10%		✓		C
Wacker BS SMK 550 10%			✓	B
Wacker BS SMK 550 20%	✓			C
Wacker BS SMK 550 20%		✓		B
Wacker BS SMK 550 20%			✓	B
3 Wacker BS SMK 1311 10%	✓			C
Wacker BS SMK 1311 10%		✓		C
Wacker BS SMK 1311 10%			✓	C
Wacker BS SMK 1311 20%	✓			B
Wacker BS SMK 1311 20%		✓		B
Wacker BS SMK 1311 20%			✓	B
4 Wacker BS SMK 2100 20%	✓			C
Wacker BS SMK 2100 20%			✓	B
Wacker BS SMK 2100 20%	✓			B
Wacker BS SMK 2100 20%		✓		A
Wacker BS SMK 2100 20%			✓	A
5 Rhoximat RC 80	✓			D
Rhoximat RC 80		✓		D
Rhoximat RC 80			✓	B
6 Rhoximat™ HD 224	✓			D
Rhoximat™ HD 224		✓		C
Rhoximat™ HD 224			✓	B

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพสารกันน้ำซิลิโคน 9 ชนิดเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบชนิดเดียวกัน (ต่อ)

ชนิดที่	ปริมาณที่ทาต่อพื้นที่ทดสอบ			ประสิทธิภาพ
	10 มล.	20 มล.	30 มล.	
7 ICI	✓			D
ICI		✓		D
ICI			✓	D
8 Evercreate topsealer	✓			D
Evercreate topsealer		✓		D
Evercreate topsealer			✓	D
9 SS – 101	✓			D
SS – 101		✓		C
SS – 101			✓	C

จากตารางข้างต้น จะเห็นว่าได้แบ่งกลุ่มของสารกันน้ำที่มีประสิทธิภาพดีมาก ดี พอใช้ และต่ำ ทั้งนี้เมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนขาวหมักในน้ำผสมกับทรายคละ และด้วยความเข้มข้นที่ต่างกันในบางชนิด อีกทั้งปริมาณสารกันน้ำซิลิโคนที่ใช้ทาบนผิวปูนก่อและปูนฉาบใน 3 ปริมาณนั้น

ในกลุ่มของสารกันน้ำที่มีประสิทธิภาพดีมากหรือสารกันน้ำกลุ่ม A คือ Wacker BS SMK 2100 ความเข้มข้นร้อยละ 20 ทั้งที่ทา 20 และ 30 มล. ซึ่งให้ประสิทธิภาพต่อการป้องกันการดูดซึมเข้าของน้ำผ่านสารกันน้ำกลุ่มนี้ได้ดีมากคือสูงถึงกว่าร้อยละ 98 ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำเท่านั้นที่สามารถซึมผ่านเข้าสู่ปูนก่อและปูนฉาบได้ การระเหยของน้ำนั้นพบว่าค่อนข้างต่ำใกล้เคียงกันกับสารกันน้ำกลุ่มอื่นๆ แสดงว่าการระเหยของน้ำไม่มีผลต่อการพิจารณาประสิทธิภาพของสารกันน้ำ และถึงแม้ว่าการดูดซึมของน้ำนั้นมีค่าน้อยกว่าสารกันน้ำในกลุ่ม B ไม่มาก แต่พบว่าความเร่งต่อการเสื่อมสภาพของสารกันน้ำกลุ่มนี้ต่ำมาก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยมากและคงที่ ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าเมื่อใช้งานต่อไป คือ ใช้เวลามากกว่าที่ทำการทดสอบนี้ ถึงแม้การเสื่อมสภาพจะเกิดขึ้นแต่ก็น้อยกว่าสารกันน้ำอื่นๆ อย่างชัดเจน

เป็นที่น่าสังเกตว่า การทาในปริมาณ 20 และ 30 มล.นอกจากป้องกันการดูดซึมเข้าของน้ำได้ใกล้เคียงกันแล้ว แนวโน้มของการเสื่อมสภาพยังเป็นไปในแนวทางเดียวกันด้วย

Wacker BS SMK 2100 ดังนั้นในการเลือกใช้อาจใช้เพียง 20 มล. ทั้งนี้เพื่อความคุ้มค่าและประโยชน์สูงสุด

พิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของ Wacker BS SMK 2100 พบว่าใน ประกอบด้วยออแกโนโพลีไซลอกเซน และเอทิลซิลิเกตหรือเตตระเอทิลออโธซิลิเกต $[Si(OC_2H_5)_4]$ เมื่อจะใช้งานต้องนำมาผสมกับน้ำ ซึ่งจะทำให้ได้ไมโครอิมัลชัน (Micro emulsion) ที่มีผลให้แรงยึดเหนี่ยว (Adhesion) สารกันน้ำที่มีแรงยึดเหนี่ยวลักษณะนี้จะยึดติดกับพื้นผิวที่ทาได้ดี และโมเลกุลของเอทิลซิลิเกตก็ทำหน้าที่เสมือนตัวป้องกันน้ำที่ดี เพราะเอทิลซิลิเกตสามารถเกาะติดบนอนุภาคทรายได้ขณะที่ไซเลนและไซลอกเซนซึมสู่เนื้อปูนได้สูงด้วยคุณสมบัติไมโครอิมัลชัน การซึมเข้าไปในเนื้อปูนของทั้งเอทิลซิลิเกต ไซเลน และไซลอกเซนจะจับอนุภาคปูนขาวและทรายในลักษณะคล้ายฟิลม์แล้วแสดงสมบติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic)

สารกันน้ำในกลุ่ม B, C และ D นั้น พบว่าสารกันน้ำกลุ่ม B มีประสิทธิภาพป้องกันการดูดซึมน้ำได้ใกล้เคียงกับกลุ่ม A มาก แต่ความเร่งของการเสื่อมสภาพเกิดได้มากกว่า พิจารณาเมื่อครบ 24 วงจร การเสื่อมสภาพอาจจะไม่มากกว่า กลุ่ม A นัก แต่เนื่องจากความเร่งต่อการเสื่อมสภาพที่มีมากกว่าและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างคงที่นั้น คาดคะเนได้ว่าเมื่อเวลาของการใช้งานมากขึ้นการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นจะมากกว่ากลุ่ม A

ส่วนสารกันน้ำกลุ่ม C นั้น เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดสอบประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งาน น้ำสามารถซึมผ่านสารกันน้ำกลุ่มนี้ได้มากกว่าร้อยละ 5 แต่สารกลุ่มนี้มีความเร่งของการเสื่อมสภาพในลักษณะที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นต่อไป ซึ่งถึงแม้ว่าความเร่งนั้นจะใกล้เคียงกับสารกันน้ำกลุ่ม B แต่เพราะการป้องกันการดูดซึมน้ำต่ำกว่าจึงจัดเป็นสารกันน้ำกลุ่มนี้ อย่างไรก็ดีถ้าช่วงเวลาของการใช้งานไม่มาก ก็อาจสามารถใช้สารกันน้ำกลุ่ม B ได้เพราะการป้องกันการดูดซึมน้ำ การเสื่อมสภาพไม่ต่างกันมาก

สารกันน้ำที่มีประสิทธิภาพต่อการป้องกันการดูดซึมของน้ำสู่เนื้อปูนต่ำ คือ สารกันน้ำกลุ่ม D สารกันน้ำกลุ่มนี้บางชนิดจะมีประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อใช้ในปริมาณต่อพื้นที่ผิวทดสอบที่เพิ่มขึ้น เช่น Rhoximat RC 80, Rhoximat ™ HD 224, ICI และ SS – 101 อย่างไรก็ดีเนื่องจากประสิทธิภาพป้องกันการดูดซึมของน้ำที่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับสารกันน้ำชนิดอื่นจึงมีประสิทธิภาพต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด แม้ว่าในบางชนิดจะไม่มีความเร่งของการเปลี่ยนแปลงก็ตาม จึงเป็นสิ่งที่น่าศึกษาต่อไปว่าในเมื่อสารกลุ่มนี้บางชนิด เช่น Evercreate topsealer เป็นสารกันน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงหลังการใช้งานน้อยมาก ถ้าใช้ในปริมาณที่มากขึ้นจะลดการดูดซึมเข้าของน้ำอีกได้หรือไม่และอย่างไร

5.2 ประสิทธิภาพของสารกันน้ำเมื่อทาบนปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายต่างประเภท

5.2.1 ประสิทธิภาพป้องกันการดูดซึมของน้ำ

สำหรับการใช้ทรายต่างประเภทกัน พบว่าทรายละเอียดให้ค่าการดูดซึมที่สูงกว่าทรายหยาบและทรายคละตามลำดับ กล่าวคือ ค่าการดูดซึมน้ำของปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวและทรายละเอียดมีค่าประมาณร้อยละ 2.2 – 2.5 มากกว่าทรายหยาบและทรายคละที่ให้ค่าการดูดซึมประมาณร้อยละ 1.8 – 2 และ 1.5 – 1.7 ผลที่ได้นี้อธิบายด้วยทฤษฎีการแทรกซึมผ่านรูเล็ก (Capillary force) ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

สำหรับความแตกต่างระหว่างปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนขาวทั้งที่หมักและไม่หมักกับทรายประเภทเดียวกันด้วย การหมักปูนจะลดการดูดซึมน้ำสู่เนื้องานได้มากกว่าไม่ได้หมักประมาณร้อยละ 25 เนื่องจากปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวไม่หมักจะมีผลึกของแคลเซียมไฮดรอกไซด์มากกว่าปูนขาวไม่หมักซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วจะพบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปูนก่อและปูนฉาบจากการหมักน้อยกว่า ผลึกของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งมีการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลแคลเซียม ออกซิเจนและไฮโดรเจนนั้น สามารถดูดซึมน้ำได้ดี สอดคล้องกับค่าคงที่ผลคูณการละลายของ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่มีค่า 1.3×10^{-6} และแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีค่า 4.7×10^{-9} (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2540)

5.2.2 ประสิทธิภาพการระเหยของสารกันน้ำ

การระเหยของน้ำเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อปูนก่อและปูนฉาบ จากการวิจัยพบว่าการเสื่อมสภาพจากน้ำนั้นมีลักษณะที่เสื่อมสภาพจากผิวภายนอกก่อน แล้วค่อย ๆ เข้าสู่ภายใน

ในส่วนนี้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยออกของน้ำ เมื่อใช้ปูนก่อและปูนฉาบจากทรายคละ ทำให้การระเหยออกของน้ำดีกว่าจากทรายละเอียดและทรายหยาบ ผลที่ได้อธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกับการที่น้ำสามารถดูดซึมสู่ทรายละเอียดได้มากกว่าทรายคละ และทรายหยาบ คือ ใช้ทฤษฎีการซึมผ่านตามรูเล็กที่กล่าวมาแล้วนั่นเอง

สำหรับความแตกต่างของการระเหยน้ำสำหรับปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวหมักและไม่หมักนั้น ปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนขาวหมัก ให้การระเหยน้ำมากกว่าปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากปูนขาวไม่หมัก 4 – 5 เท่า อธิบายได้ด้วยสมการที่กล่าวมาแล้ว คือ แคลเซียมออกไซด์บางส่วนไม่ได้เปลี่ยนเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพราะไม่ได้หมักในน้ำก่อน ดังนั้นเมื่อนำชิ้นงานปูนก่อและปูนฉาบนั้นมาแช่น้ำอีกครั้งเพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหย น้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปก็ยังสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับผลึกแคลเซียมออกไซด์ได้ น้ำที่เหลือจากปฏิกิริยาแล้วระเหยออกมาจึงน้อยกว่าปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวหมัก

5.2.3 ประสิทธิภาพความคงทนต่อการใช้งาน

ความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำซิลิโคนบนปูนก่อและปูนฉาบที่เตรียมจากทรายหยาบน้อยกว่า ทรายคละและทรายละเอียดตามลำดับ การเสื่อมสภาพของปูนก่อและปูนฉาบจากทรายหยาบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้วค่อนข้างคงที่ในภายหลัง . ขณะที่การเสื่อมสภาพของปูนก่อและปูนฉาบจากทรายคละและละเอียดเกิดขึ้นช้ากว่า แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

ความแตกต่างของความคงทนต่อการใช้งานของสารกันน้ำซิลิโคนที่ทาบนผิวทดสอบปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาว 2 ประเภท คือ ปูนขาวหมักและไม่หมักนั้น พบว่าการทาสารกันน้ำดังกล่าวบนปูนก่อและปูนขาวไม่หมักเสื่อมสภาพได้เร็วกว่า ภายหลังชะลอลงและค่อนข้างคงที่สังเกตเห็นได้เมื่อพ้นวงจรที่ 14 ไป ต่างจากในกลุ่มปูนก่อและปูนฉาบจากปูนขาวไม่หมักที่มีการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเป็นที่สังเกตว่าความแตกต่างจะพบเมื่อล่วงเข้าสู่วงจรที่ 15 สาเหตุที่เป็นไปในลักษณะนี้เนื่องจากปูนก่อและปูนฉาบทั้ง 2 ประเภทนี้ทำจากทรายประเภทเดียวกัน ปูนขาวที่ใช้ก็ต่างกันเพียงหมักหรือไม่หมักเท่านั้น องค์ประกอบที่คล้ายกันมากทำให้ความคงทนต่อการใช้งานใกล้เคียงกัน แต่ภายในเนื้อปูนก่อและปูนฉาบนั้น ดังที่กล่าวมาแล้วว่าปูนหมักจะมีการสร้างพันธะระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นผลึกได้ดีกว่าปูนที่ไม่หมัก เมื่อทาสารกันน้ำซิลิโคน ซึ่งโดยปกติแล้วถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับปูนขาวในรูปผลึกแคลไซด์ (Calcite) หรืออราโกไนต์ (Aragonite) และผลึกดังกล่าวก็มีในปูนขาวหมักมากกว่า การเกิดปฏิริยาจึงเกิดดีกว่า ความคงทนจึงมีมากกว่านั่นเอง