บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

หินบะซอลต์เป็นหินอัคนีผุเนื้อละเอียด ส่วนมากมีสีเทาถึงดำ น้ำตาลแกมแดง ม่วงปนดำ เกิดจากหินหนืด ขึ้นมาเย็นตัวบนพื้นโลกอาศัยรอยแตกของเปลือกโลกหรือปล่องภูเขาไฟ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของบรรดาเกาะในมหาสมุทรและส่วนประกอบทั่วไปในภาคพื้นทวีปเช่นกัน (ดนุพล, 2553) องค์ประกอบทางเคมีออกไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก แคลไซต์ แมกนีไซต์ และที่สำคัญรองลงมาได้แก่ โซดา โพแทสเซียม ไททาเนียม แมงกานีส และฟอสฟอรัส หรือพิจารณาชนิดแร่ปริมาณชนิดต่างๆ ได้แก่ เฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส และไพรอกซีน ปกติแร่ออไจต์ (augite) เป็นแร่สำคัญอันดับรอง บางครั้งยังปรากฏว่ามีแนกนีไทต์ โอลิวีน (olivine) และแร่รองชนิดอื่นๆ ปนอยู่ด้วย (ดนุพล, 2552) หินบะซอลต์ในประเทศไทย พบเป็นหินต้นกำเนิดแร่พลอยในจังหวัดกาญจนบุรี แพร่ ลำปาง ศรีษะเกษ จันทบุรี และตราด ส่วนหินบะซอลต์ ไม่ให้พลอยพบในจังหวัดเชียงราย ลำปาง เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครราชสีมา ชลบุรี สระบุรี อุทัยธานี บุรีรัมย์ อุบลราชธานี และสุรินทร์ ในลักษณะภูเขาไฟดับสนิทแล้ว หินบะซอลต์แยกออกสองกลุ่มใหญ่คือ กึ่งแอลคาไล และแอลคาไล กลุ่มแรกประกอบด้วยหินบะซอลต์ปนโทลิไอต์และหินบะซอลต์แคลก์-แอลคาไล (tholeiitic and calc-alkaline basalts) ส่วนกลุ่มที่สองคือ หินบะซอลต์แอลคาไลและหินบะซอลต์แอคคาไล โอลิวีน จวบถึงปัจจุบันหินก่อสร้างส่วนมากใช้หินบะซอลต์ ปนโทลิไอต์หรือหินไดอะเบส (diabase) เนื่องจากมีความหนืดสูงกว่า จึงมีลักษณะแนวโน้มลดการตกผลึกตามธรรมชาติ ในอีกด้านหนึ่งหินบะซอลต์แอลคาไนมีความหนืดต่ำเหมาะสมกับการผลิตวัสดุเซรามิกอบผลึกและแก้วเซรามิกส่วนใหญนำหินมาใช้งานก่อสร้าง โดยคัดหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย (vesicular basalt) และตะกรันภูเขาไฟ (scoria) ออก

อุตสาหกรรมการผลิตหินเพื่อการก่อสร้างชนิดนี้มีมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างซึ่งขาดแคลนหินก่อสร้างชนิดอื่น ประเทศไทยมีปริมาณแหล่งหินบะซอลต์สำรองพิสูจน์ (proven reserve) 152.8 ล้านตัน และมีแหล่งหินศักยภาพ (potential reserve) 42252.8 ล้านตัน (ยงยุทธ และคณะ, 2551) การโม่หินบะซอลต์ทำให้ได้มวลรวมขนาดต่าง ๆ สำหรับงานก่อสร้างโดยเฉพาะมวลรวมละเอียด ที่ปนกับหินผุส่วนบนที่เหลือ คงเหลืออยู่มาก เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้อย ที่เรียกว่า หินเกล็ดและหินฝุ่น (quarry dust) หินเกล็ดมีขนาดประมาณ 5-10 มิลลิเมตร ในขณะที่หินฝุ่นมีขนาดเล็กตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรลงมา ก่อนหน้านี้ได้มีการศึกษานำหินคงเหลือมาใช้ประโยชน์หลายประการ อาทิ เช่น ปุ๋ยแก้ดินฤทธิ์เป็นกรด การผลิตอิฐและกระเบื้องเซรามิก (El-Mahllawy, 2008; El-Alfi et al., 1999; El-Alfi et al., 2004; Youssef et al., 2004) และในการผลิตเซรามิกแก้ว (Yilmaz et al., 1996; Abdel et al., 2007; Karamanov et al., 2007)

พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ พบหินอัคนีจำพวกหินภูเขาไฟชนิดบะซอลต์ แผ่กระจายบริเวณทางใต้ของตัวเมืองบุรีรัมย์ มีจุดศูนย์กลางที่เขากระโดงและเขาใหญ่ ซึ่งเป็นปากปล่องภูเขาไฟที่ดับและยังคงเหลือสภาพ สัณฐานภูเขาไฟให้เห็น บริเวณที่ปล่องภูเขาไฟจะพบชิ้นส่วนของหินตะกรันภูเขาไฟ และหินบะซอลต์โพรงข่าย (vasicular basalt) สีดำ รูพรุนมาก และหินบอมบ์ภูเขาไฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร จนถึง 50 เซนติเมตร รูปร่างแบบกระสวย (bipolar fusiform, fusiform bomb) ทรงกระบอกยาว (cylindrical ribbon bomb) และเม็ดอัลมอนด์ (almond shaped bomb) บางบริเวณหินบะซอลต์จะแสดงลักษณะการไหลของลาวาแบบลอนคลื่นและเกลียวเชือก “ปาฮอยฮอย (pahoehoe)” ซึ่งแสดงถึงลาวาต้นกำเนิดมีปริมาณซิลิกาค่อนข้างต่ำ ความหนืดน้อย จึงไหลปกคลุมพื้นที่

เป็นบริเวณกว้าง บริเวณที่มีการเปิดหน้าดินลึกลงไปเพื่อทำเหมือง มักจะพบลำดับชั้นการไหลที่ส่วนบนเป็นหินบะซอลต์โพรงข่าย เนื้อหินละเอียด สีเทาดำถึงดำ ความหนาตั้งแต่ 0.5-5 เมตร ส่วนกลางเป็นหินบะซอลต์เนื้อแน่นแสดงการแตกเสาเหลี่ยม (columnar jointing) และส่วนล่างเป็นหินบะซอลต์เนื้อแน่น แสดงการแตกเป็นระนาบแนวนอน (platy joint) ความหนาตั้งแต่ 15-30 เมตร ความหนาของหินบะซอลต์จะมากสุดบริเวณใกล้ปากปล่องและบางลงเมื่อห่างออกไป การวัดหาอายุของหินบะซอลต์บริเวณเขากระโดง โดยวิธี K/Ar ได้อายุ 0.92±0.30 ล้านปี (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)

รูปที่ 1.1 หินตะกรันภูเขาไฟ (scoria) สีเทาดำ เขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์

รูปที่ 1.2 หินบะซอลต์โพรงข่าย เขากระโดง บ้านเขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์

รูปที่ 1.3 หินบะซอลต์แบบปาฮอยฮอย เขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์

รูปที่ 1.4 หินบะซอลต์แสดงลำดับชั้นของการไหลของลาวาอย่างน้อย 4 ครั้ง
บริเวณบ่อเหมืองหินนิสิทธสวัสดิ์ ตำบลเสม็ด อำเภอเมืองบุรีรัมย์

รูปที่ 1.5 ลักษณะหินบะซอลต์โผล่บริเวณวัดป่าบำรุงธรรม ตำบลเขาคอก อำเภอประโคนชัย

รูปที่ 1.6 โครงสร้างรูปเสาเหลี่ยมขนาดใหญ่บริเวณเหมืองหินของ บริษัท BLACK SEA 1994 จำกัด
ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ

การนำหินภูเขาไฟของจังหวัดบุรีรัมย์ไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป จะเป็นการนำหินที่มีขนาดมวลรวม หยาบไปใช้ในการก่อสร้างทำถนน ถมที่ดิน การทำเซรามิก ตลอดจนเป็นหินประดับสำหรับการจัดสวน ซึ่งจะเหลือเป็นหิน มวลรวมละเอียด หรือหินฝุ่น ที่ชาวบ้านเชื่อกันว่าไม่แข็งแรง และไม่สามารถที่จะใช้งาน ก่อสร้างประเภทอื่นได้ แม้กระทั่งคอนกรีตบล็อกสำหรับก่อผนังหรืออิฐบล็อกปูพื้น ประชากรในพื้นที่ของ จังหวัดบุรีรัมย์ยังต้องสั่งซื้อคอนกรีตบล็อกและบล็อกปูพื้นจากจังหวัดในเขตภาคกลาง เพื่อนำมาก่อสร้าง บ้านพักอาศัยในพื้นที่ ซึ่งหินฝุ่นที่ใช้ในการผลิตบล็อกต่าง ๆ ที่จำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจุบัน

ได้มาจาก เหมืองหินปูนของจังหวัดสระบุรี ซึ่งบางส่วนของจังหวัดสระบุรีก็ยังมีเหมืองหินภูเขาไฟที่เป็นส่วนต่อเนื่อง มาจากจังหวัดบุรีรัมย์เช่นเดียวกัน ซึ่งการนำวัตถุดิบจากภายนอกพื้นที่มาใช้แทนวัตถุดิบที่มีอยู่แล้วในพื้นที่ เพียงเพราะไม่มั่นใจหรือไม่ทราบว่าทรัพยากรในท้องถิ่นนั้นมีศักยภาพเพียงใด ย่อมเป็นการสูญเสียโอกาส ในการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรภายในท้องถิ่นให้กับชุมชนอย่างน่าเสียดาย

ดังนั้น โครงการวิจัยเพื่อศึกษาถึงการใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น จึงเป็นการตอบสนองความต้องการของชุมชนภายในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ที่เป็นเหมืองหินภูเขาไฟ อีกทั้งชุมชนในพื้นที่เหมืองหินของจังหวัดอื่นๆ เช่น จังหวัดสระบุรี จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดอุบลราชธานี เป็นต้น ซึ่งเมื่อดำเนินการวิจัยสำเร็จแล้ว จะทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องและสนใจ สามารถพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ของชุมชน เพื่อสร้างรายได้ให้กับประชากรในพื้นที่อย่างยั่งยืนตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงเชิงสร้างสรรค์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตบล็อกปูพื้นผสมเศษหินภูเขาไฟจากจังหวัดบุรีรัมย์

1.2.2 เพื่อทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตบล็อกปูพื้นผสมเศษหินภูเขาไฟจากจังหวัดบุรีรัมย์เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน

1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผลิตภัณฑ์ บล็อกปูพื้นผสมเศษหินภูเขาไฟจากจังหวัดบุรีรัมย์

1.2.4 เพื่อทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นผสมเศษหินภูเขาไฟสู่ชุมชนท้องถิ่น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ทำการวิจัยบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟจังหวัดจังหวัดบุรีรัมย์

1.3.2 ทำการอัดตัวอย่างบล็อกปูพื้นขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเครื่องอัดแบบกึ่งไฮโดรลิค

1.3.3 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเศษหินภูเขาไฟตามมาตรฐาน ASTM (ASTM, 2012)

1.3.4 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเศษหินภูเขาไฟโดยส่งตัวอย่างทดสอบด้วยวิธี XRF

1.3.5 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของบล็อกปูพื้นตามมาตรฐาน มอก.378 – 2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (สมอ., 2531ก) และมาตรฐาน ASTM (ASTM, 2012)

1.3.6 ทำการทดสอบอุณหภูมิที่ผิวหน้าของบล็อกปูพื้นด้วยอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์

1.3.7 ทำการผลิตและทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1.3.8 ทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ด้านวิชาการ

1) สามารถเผยแพร่บทความวิจัยในวารสารวิชาการภายในประเทศหรือต่างประเทศ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 บทความ

2) สามารถเผยแพร่บทความวิจัยในงานประชุมสัมมนาวิชาการภายในประเทศหรือต่างประเทศ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เรื่อง

3) เข้าร่วมจัดนิทรรศการในงานที่เกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

4) จดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร เรื่อง “ผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ”

1.4.2 ด้านนโยบาย

1) ช่วยเป็นข้อมูลในการเสนอนโยบายการพัฒนาชุมชนขององค์การปกครองส่วน ท้องถิ่นภายในพื้นที่แหล่งเหมืองหินภูเขาไฟได้

2) สามารถนำเสนอเป็นแผนพัฒนาการใช้ทรัพยากรของจังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสระบุรีได้

3) ส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มชุมชนในพื้นที่ได้ในอนาคต

1.4.3 ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์

1) เพิ่มรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่นภายในพื้นที่แหล่งเหมืองหินภูเขาไฟ

2) ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากแหล่งอื่น

3) ส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน และเป็นแนวทางในการนำไปขยายผลสู่เชิงพาณิชย์

1.4.4 ด้านสังคมและชุมชน

1) สามารถสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชน ในการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและสร้างความสามัคคีร่วมมือร่วมใจกันในการผลิตสินค้าของชุมชน

2) ใช้เป็นเครื่องมือและเป็นแนวทางในการสร้างชุมชนให้เป็นชุมชนที่มีสังคมสันติสุข

3) มีความเป็นไปได้ที่จะลดปัญหาความยากจนของประชากรในชุมชน ลดปัญหา การลักขโมย ลดปัญหายาเสพติด และลดคดีอาชญากรรม ทำให้ชุมชนมีความปลอดภัยมากขึ้น

1.4.5 หน่วยงานภาครัฐที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ คือ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นภายในอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ และ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นภายในอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ชุมชนต่าง ๆ ในพื้นที่ ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ ทั่วไปที่สนใจ

1.4.6 หน่วยงานภาคเอกชนที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ คือ บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด และ บริษัท เอ.เอ็ม.ที ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด ตลอดจนบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด ร้านค้าที่ผลิตและจำหน่ายวัสดุก่อสร้างทั่วไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการ “การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น” สามารถสรุปทฤษฎี งานวิจัยที่ผ่านมา สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดได้ ดังนี้

2.1 หินภูเขาไฟ

หินภูเขาไฟ (Volcanic rock) หรือหินอัคนีพุ (Extrusive rock) (วิกิพิเดียสารานุกรมเสรี, 2555) เกิดขึ้นเมื่อหินร้อนเหลวหรือแมกมาถูกดันและปะทุออกมานอกเปลือกโลก ซึ่งอาจจะออกมาตามรอยแตกหรือระเบิดออกมาเป็นภูเขาไฟกลายเป็นลาวา ลาวาจะเย็นตัวอย่างรวดเร็ว และแข็งตัวเป็นหินซึ่งมีผลึกขนาดเล็กถึงเล็กมาก ส่วนใหญ่จะมองไม่เห็นรูปของผลึกด้วยตาเปล่า ลาวาที่ถูกขับมาจากส่วนลึกของเปลือกโลกจะประกอบด้วยแร่ที่มีธาตุเหล็กและแมกนีเซียมสูง เมื่อแข็งตัวก็จะได้หินภูเขาไฟสีดำ ลาวาที่ถูกขับออกมาจากเปลือกโลกในระดับความลึกไม่มากนัก จะกลายเป็นหินภูเขาไฟสีอ่อน การปะทุขึ้นมาของแมกม่าเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ ได้แก่

1) การปะทุแบบไม่รุนแรง

การปะทุแบบไม่รุนแรง เป็นการปะทุตามปล่องหรือรอยแตก รอยแยกของแผ่นเปลือกโลกลาวาไหลหลากเอ่อล้นไป ตามลักษณะภูมิประเทศ ลาวาจะถ่ายโอนความร้อนให้กับบรรยากาศภายนอกอย่างรวดเร็ว ทำให้อะตอมของธาตุ ต่าง ๆ มีเวลาน้อยในการจับตัวเป็นผลึก หินลาวาหลากจึงประกอบด้วยแร่ที่มีผลึกขนาดเล็กหรือเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นและจำแนกผลึกได้ด้วยตาเปล่า เช่น หินไรโอไลต์ (Ryolite), หินแอนดีไซต์ (Andesite), และหินบะซอลต์ (Basalt) เป็นต้น

หินไรโอไลต์ (Ryolite) เป็นหินอัคนีพุซึ่งเกิดจากการเย็นตัวของลาวาที่มีความหนืดมาก มีปริมาณซิลิกามากกว่า 66 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อละเอียดซึ่งประกอบด้วยผลึกแร่ขนาดเล็ก มีแร่องค์ประกอบเหมือนกับหินแกรนิต แต่ทว่าผลึกเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้ ส่วนมากมีสีชมพู และสีเหลือง

หินแอนดีไซต์ (Andesite) เป็นหินอัคนีพุซึ่งเกิดจากการเย็นตัวของลาวาที่มีความหนืดปานกลาง มีปริมาณซิลิกาอยู่ในช่วง 52-66 เปอร์เซ็นต์ เกิดในลักษณะเดียวกับหินไรโอไรต์ แต่มีองค์ประกอบของแมกนีเซียมและเหล็กมากกว่า จึงมีสีเขียวเข้ม

หินบะซอลต์ (Basalt) เป็นหินอัคนีพุ เนื้อละเอียด เกิดจากการเย็นตัวของลาวาที่มีความหนืดน้อย มีปริมาณซิลิกาอยู่ในช่วง 45-52 เปอร์เซ็นต์ มีสีเข้มเนื่องจากประกอบด้วยแร่ไพร็อกซีนเป็นส่วนใหญ่ อาจมีแร่โอลิวีนปนมาด้วย เนื่องจากเกิดขึ้นจากแมกมาใต้เปลือกโลก หินบะซอลต์หลายแห่งในประเทศไทยเป็นแหล่งกำเนิดของอัญมณี (พลอยชนิดต่างๆ) เนื่องจากแมกมาดันผลึกแร่ซึ่งอยู่ลึกใต้เปลือกโลก ให้โผล่ขึ้นมาเหนือพื้นผิว

หินออบซีเดียน (Obsedian) เป็นหินอัคนีพุชนิดหนึ่งที่เกิดจากการเย็นตัวอย่างรวดเร็วจนผลึกมีขนาดเล็กมากจนถึงไม่มีเลย หินออบซีเดียนเป็นหินอัคนีพุที่มีเนื้อแก้วสีดำ

2) การปะทุแบบรุนแรง

การปะทุแบบรุนแรง เป็นการปะทุแบบระเบิด เกิดตามปล่องภูเขาไฟ ขณะที่แมกมาเกิดปะทุพ่นขึ้นมาด้วยแรง ระเบิดพร้อมกับฝุ่น ก๊าซ เถ้า ไอน้ำ และชิ้นวัตถุที่มีรูปร่างขนาดต่างๆ กันกระเด็นขึ้นไปบนอากาศ ชิ้นวัตถุเหล่านี้อาจเป็นเศษหินและแร่ เย็นตัวบนผิวโลกตกลงมาสะสมตัวทำให้เกิดแหล่งสะสมชิ้นภูเขาไฟ เมื่อแข็งตัวจะเป็นหินชิ้นภูเขาไฟหรือหินตะกอนภูเขาไฟ (pyroclastic rock)ได้แก่ หินทัฟฟ์

(tuff), หินแอกโกเมอเรต (agglomerate), หินพัมมิซ (Pumice), หินสคอเรีย (Scoria), หินออบซีเดียน (Obsedian) เป็นต้น

หินทัฟฟ์ (Tuff) เป็นหินเถ้าภูเขาไฟ พบมากในบริเวณที่ราบภาคกลาง โดยพบเป็นบริเวณแคบทางด้านตะวันตกตั้งแต่ด้านตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานี จนถึงด้านตะวันออกของจังหวัดนครสวรรค์, บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ และบริเวณฝั่งทะเลภาคตะวันออก

หินพัมมิซ (Pumice) เป็นหินแก้วภูเขาไฟชนิดหนึ่งซึ่งมีฟองก๊าซเล็กๆ อยู่ในเนื้อมากมายจนโพรกคล้ายฟองน้ำ มีส่วนประกอบเหมือนหินไรโอไลต์ มีน้ำหนักเบา ชาวบ้านเรียกว่า หินส้ม ใช้ขัดถูภาชนะทำให้มีผิววาว

หินสคอเรีย (Scoria) เป็นหินแข็ง สาก เปราะ เบา และมีรูพรุน ไม่ทนต่อการสึกกร่อน ใช้ทำหินสำหรับขัด

จากการสำรวจของนักธรณีวิทยา จากกรมทรัพยากรธรณีของประเทศไทย พบหินภูเขาไฟอยู่ในบริเวณต่างๆ ของภาคเหนือ ที่ราบภาคกลาง แนวเขาเพชรบูรณ์ ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก และที่ราบสูงโคราช ซึ่งหินภูเขาไฟเหล่านี้จะมีส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ ตั้งแต่ แร่ธาตุที่มีสีเข้มดำ จนถึงแร่ธาตุที่มีสีจาง หินภูเขาไฟที่พบมีช่วงอายุการเกิดต่างกันที่มีอายุแก่ที่สุดที่พบจะมีอายุอยู่ในยุคไซลูเรียน ถึงช่วงล่างของยุคเพอร์เมียน (ประมาณ 435 ล้านปี จนถึง 280 ล้านปี) ซึ่งหินภูเขาไฟที่เกิดขึ้นในยุคนี้ ส่วนใหญ่มักจะถูกแปรสภาพกลายเป็นหินแปรไปมากแล้ว ต่อมาในช่วงเวลา ตั้งแต่ตอนบนของยุคเพอร์เมียนถึงตอนล่างของยุคไทรแอสซิก (ประมาณ 250 ล้านปี ถึง 200 ล้านปี) มีหินภูเขาไฟเกิดขึ้นมากในบริเวณต่าง ๆ ของไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือภาคกลางตอนบน และขอบที่ราบสูงตอนล่าง และในช่วงปลายมหายุคซีโนโซอิก (ประมาณ 0.9-0.6 ล้านปี) นับเป็นช่วงสุดท้ายของการเกิดการระเบิดของภูเขาไฟในประเทศไทย ซึ่งทำให้เกิดหินบะซอลต์เป็นส่วนใหญ่ โดยแหล่งหินภูเขาไฟที่พบมากในเมืองไทย คือ

1) วัดเมืองเก่าแสนตุ่ม บ้านเขาตาโม๊ะ อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด
2) อ่าวตาลคู่ อำเภอเมือง จังหวัดตราด
3) เขากระโดง ตำบลเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์
4) เขาพนมรุ้ง ตำบลตาเป็ก อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์
5) ภูพระอังคาร อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์
6) เขาหินกลิ้ง อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี
7) เขาพระพุทธฉาย อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี
8) เขาแก้ว อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์

หินไรโอไลต์ (Rhyolite)

หินบะซอลต์ (Basalt)

หินออบซีเดียน (Obsidian)

หินทัฟฟ์ (Tuff)

หินแอกโกเมอเรต (Agglomerate)

หินพัมมิซ (Pumice)

หินสคอเรีย (Scoria)

รูปที่ 2.1 ลักษณะตัวอย่างหินภูเขาไฟแต่ละชนิด (วิกิพิเดียสารานุกรมเสรี, 2555)

2.2 หินบะซอลต์

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้มีแหล่งหินปูนอยู่เฉพาะทางด้านตะวันตกของจังหวัดนครราชสีมา ทำให้ขาดแคลนหินปูนที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้าง จึงจำเป็นต้องใช้หินบะซอลต์ที่มีอยู่ในพื้นที่ทดแทน โดยทั่วไปหินบะซอลต์จะมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ดีกว่าหินปูน ทั้งด้านความคงทน และความแข็งแรง แต่ใน ทางกลับกันคุณสมบัติดังกล่าว กลับส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น เนื่องจากอายุการใช้งานของเครื่องจักรที่ใช้ที่สั้นลง พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์พบว่ามีแหล่งหินภูเขาไฟที่เป็นหินบะซอลต์อยู่ 3 แหล่ง ได้แก่ แหล่งหินบะซอลต์ เขากระโดง แหล่งหินบะซอลต์เขาพระอังคาร และแหล่งหินบะซอลต์เขาพนมรุ้ง ปัจจุบันมีการเปิดทำเหมืองหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างเพียง 2 แหล่ง ดังนี้

1) แหล่งหินบะซอลต์เขากระโดง ครอบคลุมเนื้อที่รวม 68.7 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาขนาดเล็กและที่ราบเชิงเขา ความสูงของพื้นที่เฉลี่ย 180 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง อยู่ในแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7017 ระวางจังหวัดบุรีรัมย์ (5638 IV) ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ของแหล่งบะซอลต์ แบ่งได้ 5 ชั้น เรียงลำดับจากบนลงล่าง ประกอบ ด้วย ชั้นบนเป็นตะกอนดิน ทราย ยุคควอเทอร์นารี หนาประมาณ 5 เมตร ชั้นที่สองเป็นหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย เนื้อหินผุสีน้ำตาลแดงถึงเทาแดง หนาประมาณ 5 เมตร ชั้นที่สามเป็นหินบะซอลต์สีเทาดำ รูพรุนน้อย รอยแตกน้อย หนาประมาณ 10 เมตร ชั้นที่สี่เป็นหินบะซอลต์สีเทาดำเนื้อแน่น รอยแตกน้อย หนาประมาณ 10 เมตร และชั้นล่างสุดเป็นดินสีแดงปนเถ้าภูเขาไฟ ความหนารวมโดยประมาณของหินบะซอลต์แหล่งนี้อยู่ระหว่าง 25-35 เมตร หินบะซอลต์บางบริเวณแสดงแนวแตกแบบแยกเป็นกาบมัน (exfoliation joints) และ/หรือ แสดงลักษณะการไหลของลาวาคล้ายคลื่นหรือเกลียวเชือก การหาอายุของหินบะซอลต์บริเวณเขากระโดงโดยวิธีโพแทชเซียม-อาร์กอน (K/Ar) ได้อายุ 0.92 ± 0.30 ล้านปี (กรมทรัพยากรธรณี, 2553) ปริมาณสำรองของหินบะซอลต์จากแหล่งนี้ คำนวณโดยใช้ความหนาเฉลี่ยของหินบะซอลต์ 25 เมตร ค่าความหนาแน่นของหินบะซอลต์ 2.5 เมตริกตันต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสัมประสิทธิ์แปรผัน (K) ของหินบะซอลต์ร้อยละ 90 (0.9) หรือหักปริมาตรเนื้อหินที่ไม่ได้คุณภาพ รอยแตก เนื้อดินใน

เนื้อหินออกร้อยละ 10 จะได้ปริมาณทรัพยากรหินสำรองมีศักยภาพเป็นไปได้ของหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างเท่ากับ 3,864 ล้านเมตริกตัน ปัจจุบันมีปริมาณหินที่ใช้ไปแล้ว 30.26 ล้านเมตริกตัน คงเหลือปริมาณสำรองของหินบะซอลต์ 3,834 ล้านเมตริกตัน

รูปที่ 2.2 แหล่งหินบะซอลต์เขากระโดง (ก) ภาพมุมกว้างหน้าเหมืองในพื้นที่อำเภอเมือง (ข) ลักษณะปากปล่องภูเขาไฟกระโดง (ค) ลักษณะการไหลของลาวาคล้ายริ้วเชือกบิด เรียกว่า ลาวาปาฮอยฮอย (pahoehoe flow) (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)

2) แหล่งหินบะซอลต์เขาพระอังคาร อยู่บริเวณด้านทิศตะวันออกของอำเภอนางรอง และด้านตะวันตกของอำเภอเฉลิมพระเกียรติ ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขารูปฝาชีคว่ำ ฐานกว้างและที่ลาดเชิงเขาความสูงของพื้นที่ประมาณ 200-220 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 103.3 ตารางกิโลเมตร อยู่ในแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราสวน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวางนางรอง (5538II) ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ของแหล่งหินบะซอลต์เขาพระอังคาร แบ่งได้ 6 ชั้นจากบนลงล่างประกอบด้วย ชั้นบนสุดเป็นตะกอนดิน ทราย อายุควอเทอร์นารี ชั้นที่สองเป็นหินบะซอลต์เนื้อโพรงข่าย เนื้อหินผุ สีน้ำตาลแดงถึงเทาแดง หนาประมาณ 6 เมตร ชั้นที่สามเป็นหินบะซอลต์สีเทาดำ รูพรุนน้อย รอยแตกน้อย หนาประมาณ 3 เมตร ชั้นที่สี่เป็นหินบะซอลต์สีเทาดำถึงดำ เนื้อดอก (porphyritic texture) แน่น รอยแตกน้อย หนาประมาณ 9 เมตร ชั้นที่ห้าพบดินปนทราย หนาประมาณ 6 เมตร และชั้นล่างสุดเป็นดินดานสีเทา ความหนารวมโดยประมาณของหินบะซอลต์แหล่งนี้ระหว่าง 18-21 เมตร หินมักแสดงการแตกคล้ายเสาเหลี่ยม (columnar joints) อย่างชัดเจน

รูปที่ 2.3 แหล่งหินบะซอลต์ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ (ก) ภาพมุมกว้างหน้าเหมือง ในพื้นที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ (ข) และ (ค) ลักษณะแนวแตกเสาเหลี่ยม ของหินบะซอลต์ (columnar joint) (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)

ปริมาณสำรองของหินบะซอลต์เขาพระอังคาร คำนวณโดยใชความหนาเฉลี่ยของหินบะซอลต์ 20 เมตร ค่าความหนาแน่นของหินบะซอลต์ 2.5 เมตริกตันต่อลูกบาศก์เมตร ค่าสัมประสิทธิ์แปรผัน (K) ของหินบะซอลต์ร้อยละ 90 (0.9) จะได้ปริมาณทรัพยากรหินบะซอลต์สำรองมีศักยภาพเป็นไปได้ จำนวน 4,558 ล้านเมตริกตัน ปัจจุบันถูกนำไปใช้ประโยชน์แล้ว 12.03 ล้านเมตริกตัน คงเหลือปริมาณสำรองของหินบะซอลต์ 4,546 ล้านเมตริกตัน สำหรับแหล่งหินบะซอลต์เขาพนมรุ้ง เนื่องจากไม่มีการเปิดทำเหมือง จึงทำให้ไม่มีข้อมูลธรณีวิทยาแหล่งหิน และความหนาเฉลี่ยของหินบะซอลต์ แต่หากทำการคำนวณเบื้องต้นโดยใช้ปัจจัยเช่นเดียวกับเขาพระอังคาร จะได้ปริมาณทรัพยากรหินสำรองมีศักยภาพเป็นไปได้ของหินบะซอลต์ เท่ากับ 4,573 ล้านเมตริกตัน กล่าวโดยสรุป พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์มีปริมาณทรัพยากรแร่สำรองมีศักยภาพเป็นไปได้ของหินบะซอลต์จากทั้งสามแหล่งข้างต้นรวมกันประมาณ 12,996 ล้านเมตริกตัน และจากข้อมูลสถิติการผลิตหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างในเขตจังหวัดบุรีรัมย์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-2552 ซึ่งผลิตในอัตราเฉลี่ยปีละ 3,314,422 เมตริกตัน จึงสามารถสรุปได้ว่าจังหวัดบุรีรัมย์จะมีหินบะซอลต์เพียงพอต่อความต้องการใช้ทั้งในเขตจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดใกล้เคียงได้อีกหลายสิบปี ปัจจุบันในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์มีประทานบัตรเหมืองแร่ชนิดหินอุตสาหกรรมชนิดหินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างรวม 16 แปลง

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลการผลิตหินบะซอลต์เพื่อก่อสร้างในจังหวัดบุรีรัมย์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)

ลำดับ	ปี (พ.ศ.)	ปริมาณหิน (เมตริกตัน)	ค่าภาคหลวงแร่ (บาท)
1	2547	3,223,591.8	12,894,367.20
2	2548	3,766,461.4	15,065,845.57
3	2549	3,399,258.4	13,597,033.60
4	2550	3,006,669.6	12,026,678.24
5	2551	2,981,055.8	13,302,800.84
6	2552	3,509,501.0	18,951,305.30

ที่มา: อุตสาหกรรมจังหวัดบุรีรัมย์ เดือนกุมภาพันธ์ 2553

ตารางที่ 2.2 ประทานบัตรเหมืองหินบะซอลต์ในเขตจังหวัดบุรีรัมย์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2553)

ลำดับ	ประทานบัตรเลขที่	ชื่อผู้ถือประทานบัตร	ที่ตั้งประทานบัตร
1	27271/15204	หจก. กริชมีชัย (บุรีรัมย์รัชดา รับช่วง)	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
2	27272/15205	หจก. กริชมีชัย (บุรีรัมย์รัชดา รับช่วง)	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
3	27275/15472	หจก. จิบฮงล้งการช่างบุรีรัมย์ (หินเพชร รับช่วง)	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
4	27259/15324	หจก. นางรองศิลาทิพย์ (นางรองศิลาทอง รับช่วง)	ต.ถาวร อ.เฉลิมพระเกียรติ
5	27262/15369	บริษัท นิสิทธิ์สวัสดิ์ จำกัด	ต.เสม็ด และ ต.อิสาณ อ.เมืองบุรีรัมย์
6	27264/15242	บริษัท บุรีรัมย์ นวรัตน์ จำกัด	ต.อิสาณ และ ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
7	27253/15240	บริษัท แบล็กซี จำกัด	ต.เจริญสุข อ.เฉลิมพระเกียรติ
8	27273/15241	บริษัท แบล็กซี จำกัด	ต.เจริญสุข อ.เฉลิมพระเกียรติ
9	แปลงใหม่	บริษัท แบล็กซี จำกัด	ต.เจริญสุข อ.เฉลิมพระเกียรติ
10	27270/15611	บริษัท ศิลาเพชร จำกัด (หินเพชร รับช่วง)	ต.อิสาณ อ.เมืองบุรีรัมย์
11	27268/15239	บริษัท สหชัย ศิลาทอง จำกัด	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
12	27261/15163	บริษัท ศิลาชัย บุรีรัมย์ (1991) จำกัด	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
13	27265/15279	หจก. หินบุรีรัมย์	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
14	27256/15375	บริษัท หินเพชร จำกัด	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
15	27267/15243	บริษัท หินราช จำกัด	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์
16	แปลงใหม่	บริษัท หินราช จำกัด	ต.สวายจีก อ.เมืองบุรีรัมย์

2.3 ปูนซีเมนต์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามมาตรฐาน ASTM C 150 The American Society for Testing Material ได้กำหนดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานก่อสร้างได้ 5 ชนิด (ชัชวาล, 2552) ดังนี้

1.1) ชนิด 1 Normal Portland Cement บางที่เรียก Standard Portland cement เป็นชนิดมาตรฐานเหมาะที่จะให้กับงานก่อสร้างทั่งไปโดยเฉพาะงานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete) ในงานอาคาร สะพาน ผิวถนน ลานบิน และอื่นๆ ได้ ประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว ตราเพชร และตราดอกบิกปูนซีเมนต์

1.2) ชนิด 2 Modified Portland cement เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นเพื่อต้านทานเกลือซัลเฟต เมื่อปูนซีเมนต์มีปฏิกิริยากับน้ำ (Hydration) จะเกิดความร้อนต่ำ และเพิ่มขึ้นช้ากว่าปูนซีเมนต์ชนิด 1 เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานคอนกรีตหลา (Mass Concrete) อุณหภูมิจะค่อยเพิ่มไม่ทำให้ เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนในคอนกรีต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

1.3) ชนิด 3 High-early strength Portland cement เป็นชนิดของปูนซีเมนต์ ที่ให้กำลังรวดเร็วในช่วงอายุ 24 ชั่วโมง จะมีความแข็งแรงของคอนกรีตที่ผสมด้วยปูนซีเมนต์ชนิดที่ I ที่อายุ 3 วัน

และอายุ 7 วัน เท่ากับปูนซีเมนต์ชนิด I อายุ 28 วัน เป็นต้น จึงเหมาะที่จะนำมาใช้กับงานที่ต้องการเร่งด่วน เช่น ถนนที่มีการสัญจรคับคั่ง สนามบินจะต้องเปิดใช้ และยังเหมาะสมที่จะนำมาใช้ กับช่วงที่มีอากาศหนาว (Cold weather) เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว ได้อย่างรวดเร็วก่อนที่น้ำที่ผสมจะแข็งตัวเสียก่อน ได้แก่ ปูนซีเมนต์ของไทยตราเอราวัณตราสามเพชร และตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง

1.4) ชนิด 4 Low – Heat Portland Cement เป็นปูนซีเมนต์ชนิดพิเศษ มีอัตราความร้อนต่ำและกำลังก็เพิ่มขึ้นช้า ๆ เหมาะที่จะเลือกใช้กับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่

1.5) ชนิด 5 Sulfate – resistant Portland cement เป็นการจงใจที่ให้ต้านทานซัลเฟต เช่น การสร้างในบริเวณใกล้ทะเล หรือมิฉะนั้นก็อยู่ในดินเค็ม เทียบปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ได้กับตามปลาฉลามของบริษัทปูนซีเมนต์เอเชีย

ตารางที่ 2.3 สารประกอบและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ถึง 5

ข้อกำหนดทางเคมีเพิ่มเติม	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท				
	1	2	3	4	5
C_3S	49	46	56	25	43
C_2S	25	29	15	50	36
C_3A	12	6	12	5	5
C_4AF	8	12	8	12	13
ความละเอียด (เบลน,ตร.ซม/กรัม)	3000	3000	4500	3000	3000
กำลังอัด (3 วัน,กก/ซม)	180	150	310	80	120
ความร้อนปฏิกิริยา (28 วัน, จูล/กรัม)	400	330	430	270	310

หมายเหตุ กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ต้าร์ขนาด 50 มิลลิเมตร

ส่วนปูนซีเมนต์ตราเสือ ตรางูเห่า และตรานกอินทรีย์ เป็นพวกซิลิก้าซีเมนต์ โดยนำทราย หรือหินบดให้ละเอียด ผสมเข้าไปในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด ประมาณร้อยละ 25 – 30 เพื่อให้มีคุณสมบัติง่ายต่อการใช้งาน ลดการหดตัวเมื่อเกิดการก่อตัวของปูนซีเมนต์ ทำให้ไม่เกิดการแตกร้าว ราคาถูก เหมาะสำหรับอาคารเล็กและงานก่ออิฐฉาบปูน เพราะไม่รับกำลังมากนัก (วินิต, 2527)

2) องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยออกไซด์หลัก (Major Oxides) และออกไซด์รอง(Minor Oxides) ออกไซด์หลักได้แก่แคลเซียมออกไซด์ (CaO), ซิลิก้า (SiO_2), อลูมินา (Al_2O_3) และเฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) รวมกันได้กว่าร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์รอง (Minor Oxide) ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ออกไซด์ของอัลคาไล (Na_2O) และ (K_2O) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และยังมีส่วนประกอบของออกไซด์อื่นผสมอยู่บ้าง เช่น ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2) และฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (P_2O_5) นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่แปลกปลอมและส่วนประกอบอื่นซึ่งจะจัดรวมอยู่ในการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition) และกากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง (Insoluble residue) ออกไซด์เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันและรวมตัวกันอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีรูปร่างต่างๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบการเผาและการเย็นลงของปูนเม็ด ขนาดและรูปร่างของสารประกอบสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาส่องดู ได้สารประกอบที่สำคัญมีอยู่ 4 ชนิด คือ

2.1) ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate) $3CaO.SiO_2$ (C_3S)

2.2) ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) $2CaO.SiO_2$ ($C2_S$)

2.3) ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium Alumnate) $3CaO.Al_2O_3$ (C_3A)

2.4) เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (Tetracalcium Aluminoferrite) $4CaO.A1_2O.Fe_2O_3$(C_4AF)

3) คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามข้อกำหนดเพื่อการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM

ความต้องการที่เป็นข้อกำหนด เพื่อใช้สำหรับทดสอบตามมาตรฐานให้มีคุณสมบัติเทียบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ ดังนี้

3.1) ความละเอียด (Fineness) ASTM C 115 หรือ C 204 เป็นคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ (Hydration) ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดมากจะทำให้เกิดกำลังได้เร็ว เพียง 7 วันก็สามารถรับกำลังได้เต็มที่

3.2) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ASTM C 188, C 204 การทดลองซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พบว่าอยู่ในค่าเฉลี่ยประมาณ 3.12 ถึง 3.16 แต่ปูนซีเมนต์ตราเสือ 2.90 ตราเอราวัณ และตราช้าง 3.05 ค่าเหล่านี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Mixed Design)

3.3) ความอยู่ตัว (Soundness) ASTM C 151 เป็นการทดสอบทางกายภาพ โดยการหาความสามารถในการแข็งตัวของซีเมนต์เพสท์ (Hardened Cement Paste) ที่คงอยู่ในสภาปริมาตรภายหลังการก่อตัวแล้ว

3.4) เวลาของการก่อตัว (Time of Setting) ASTM C 226 หรือ C 191 การก่อตัวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของปูนซีเมนต์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา เป็นความจำเป็น ที่จะต้องให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวนานพอที่จะทำการเท แต่งผิว ในช่วงเวลาดังกล่าว จึงต้องกระทำงานให้เสร็จก่อน การทดลองการก่อตัวได้แบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ การก่อตัวครั้งแรก (Intial set) การทดสอบไวแคท (Vicat) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 45 นาที แต่การทดสอบแบบกิลล์มอร์(Gilmore) ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 60 นาที ส่วนการก่อตัวครั้งสุดท้าย (Final Set) เกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 10 ซม. แต่ปูนซีเมนต์ตราช้างหรือตราเสือ มีเวลาก่อตัวครั้งแรก 90 นาที นับว่าให้ประโยชน์ที่จะลำเลียงคอนกรีตหรือปูนก่อ แม้กระทั่งการตกแต่งได้นานขึ้น

3.5) กำลัง (Strength) ASTM C 109 หมายถึง ความสามารถในการรับกำลังอัด (Compressive strength) ปูนซีเมนต์ในลักษณะที่เป็นคอนกรีตประการหนึ่ง กับการทดสอบกำลังอัดด้วยก้อนลูกบาศก์ของมอร์ต้าร์ (Mortar) ตามมาตรฐาน ASTM 109 โดยนำก้อนตัวอย่างทดลองไปกดตามอายุ 7 และ 28 วัน ผลลัพธ์จะเป็นการรับกำลังต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กก./ตร.ซม. เป็นต้น ส่วนการทดสอบการรับแรงดึง (Tensile Strength) หล่อมอร์ต้าร์ รูปบริเคท (Briquettes) เป็นรูปโค้งหัวมน 2 ข้าง เพื่อการจับยึดตอนกลางมีพื้นที่ 1 ตร.นิ้ว มีการทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM C 190 และ BS 12 กำลังต่อหน่วยพื้นที่เช่นเดียวกัน

3.6) ความร้อนที่เกิดเนื่องจากปฏิกิริยากับน้ำ (Heat of Hydration) เป็นความร้อน ที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ในปูนซีเมนต์ธรรมดา (Normal) ชนิด 1 มีค่าระหว่าง 85 -100 แคลอรี่ต่อกรัม ส่วนปูนซีเมนต์ (Low – Heat) ชนิดIV เกิดความร้อนขึ้นประมาณ 60 – 70 แคลอรี่ต่อกรัม เมื่อเกิดความร้อนสะสมมากขึ้นเป็นอันตรายต่อคอนกรีต จึงได้มีการควบคุมความร้อน โดยใช้น้ำแข็งทำให้มวลรวมเย็นลง แต่ในการหล่อคอนกรีต เขื่อนใหญ่ ๆ ใช้ท่อน้ำเย็น (Cooling Pipe) วิ่งผ่าน นอกจากนี้อาจต้องปรับจำนวนไตรแคลเซียมซิลิเกตและไตรแคลเซียมอลูมิเนตด้วย เป็นต้น

3.7) การทดสอบความข้นเหลว (Consistency test) โดยการทดลองใส่น้ำลงร้อยละ 25 โดยน้ำหนักในปูนซีเมนต์จำนวน 500 กรัม แล้วนำเครื่องทดลองไวแคทด้านที่เรียก Plunger มาปล่อยในซีเมนต์เพสท์ให้จมในเวลา 30 วินาที อ่านค่าทรุดตัว (Penetration) เป็น มม. จากนั้นเพิ่มน้ำขึ้น 1-2 ลบ.ซม. จนกระทั่งน้ำรวมทั้งสิ้นที่ทดลองผสมประมาณร้อยละ 30 นำค่า มาเขียนกราฟเส้นนอน เป็นระยะ

การทรุดตัวของ Plunger ด้านตั้งเป็นจำนวนน้ำ ลบ.ซม. (CC) ให้ลากเส้น จากส่วนการทรุดตัวที่ 10 มม. ไปสัมผัสกับเส้นโค้งในกราฟ แล้วขีดเส้นฉากไปทางเส้นตั้งที่แสดงจำนวนน้ำที่ใส่คิดเป็นร้อยละ จากนั้นก็เอาจำนวนน้ำ ตั้ง แล้วหารด้วยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ตราเดียวกัน) คูณด้วย 100 ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นจำนวน ร้อยละของน้ำที่พอดี สำหรับความข้นเหลวที่พอเหมาะ เพื่อความแข็งแรงมากที่สุด

4) ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย

ในการก่อสร้างอาคาร ถนน ลานบิน สะพาน เขื่อน และอื่นๆ ที่กำลังสร้างอยู่ในปัจจุบัน เกิดขึ้นจากการใช้ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทยทั้งสิ้น เว้นแต่บางปีการผลิตปูนซีเมนต์ไม่ทันกับการใช้ จึงต้องสั่งปูนซีเมนต์จากต่างประเทศเข้ามาใช้ เช่น ปัจจุบันก็มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิด 1 ได้ส่งเข้ามาสมทบกับปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศใช้ตราดอกจิกซึ่งสั่งจากไต้หวันโดยสามบริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์ร่วมกัน แต่ละบริษัทได้กำหนดปูนซีเมนต์ไว้ ดังนี้

4.1) บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด เป็นบริษัทแรกที่ผลิตเมื่อ 14 มิถุนายน 2456 (68 ปีมาแล้ว) ปัจจุบันมีผลิตอยู่ 4 ตราดังนี้

- ปูนซีเมนต์ตราเสือ บางทีเรียก ซิลิก้าซีเมนต์ เป็นการนำทรายบดเข้าผสม กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ตราช้าง) ด้วยอัตราร้อยละ 30 เพื่อช่วยลดการหดตัว ทำให้ผิวไม่แตกร้าวและลดราคาก่อสร้างลง ทั้งให้กำลังต่ำเหมาะสมกับงานที่ไม่ต้องการ ความแข็งแรงมานัก เช่น หล่อกระเบื้องปูพื้น การผสมทำปูนก่อ – ฉาบ การหล่อคอนกรีตทางเดินภายในอาคารเป็นต้น

- ปูนซีเมนต์ตราช้าง เป็นปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติเทียบได้กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามมาตรฐาน ASTM C 150 -58 ของอเมริกา หรือ BS 12 ของอังกฤษ เป็นปูนซีเมนต์เนื้อแท้ ที่ใช้ทำงานก่อสร้างทั่วไป มีความแข็งแรงเต็มที่ เวลาการแข็งตัวก็เป็นไปอย่างปกติ เหมาะที่ใช้กับการรับกำลังในโครงสร้าง เช่น หล่อคอนกรีตของฐานราก คาน เสา และโครงหลังคา เป็นต้น

- ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ เป็นปูนซีเมนต์แข็งตัวได้เร็ว มีอายุของคอนกรีตเพียง 7 วัน ก็มีความแข็งแรงเท่ากับการใช้ปูนซีเมนต์ตราช้างที่มีอายุ 28 วัน เหมาะที่ใช้กับงานเร่งด่วน อาจเป็นการเทพื้นถนนที่มียวดยานคับคั่ง หรือลานบิน หรืออาคารที่ต้องการความแข็งแรงอย่างรวดเร็ว

- ปูนซีเมนต์ตราช้างเผือก ใช้เพื่อตกแต่งและการทำหินขัด หินล้าง หินปู กระเบื้องเคลือบ กระเบื้องโมเสด และงานทางสถาปัตยกรรมอื่น ๆ

4.2) บริษัทชลประทานซีเมนต์ จำกัด เบื้องต้นก็ผลิต เพื่อการก่อสร้างเขื่อน และงานของกรชลประทานเท่านั้น ต่อมาก็ขยายงานออกใช้ทั่วไปดังนี้

- ตรางูเห่า เป็นปูนซีเมนต์ที่นำหินบดเข้าผสมมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับตราเสือ
- ตราพญานาคเศียรเดียวสีเขียว มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับตราช้าง
- ตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง เป็นปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็วเช่นเดียวกับตราเอราวัณ
- ตราพญานาค 7 เศียร เทียบได้กับปูนซีเมนต์ชนิด 2 ของ ASTM
- ตราปลาฉลาม เป็นปูนซีเมนต์ต้านทานเกลือซัลเฟต เหมาะที่ใช้กับงานสร้างใกล้ทะเลหรือบริเวณเขื่อนที่ต้องสัมผัสกับน้ำเค็ม เทียบได้กับปูนซีเมนต์ชนิด 5 ของ ASTM

4.3) บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด มี 3 ตราดังนี้

- ตรานกอินทรีย์ เทียบได้กับตราเสือ
- ตราเพชร เทียบได้กับตราช้าง
- ตราสามเพชร เทียบได้กับตราเอราวัณ

2.4 คอนกรีต

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันเพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่างๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ ผสมกับวัสดุผสม ได้แก่ ทราย หิน หรือกรวดเมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่งพอที่จะไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็งมีความแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่มากขึ้น

องค์ประกอบของคอนกรีต ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะ (ชัชวาล, 2540) ดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ ผสมกับ น้ำ เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

2) ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้าร์ (Mortar)

3) มอร์ต้าร์ ผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสมที่ใช้ในคอนกรีตสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ซีเมนต์เพสต์ ทำหน้าที่เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเท ให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ

2) มวลรวม ทำหน้าที่เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก

3) น้ำ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ ใช้ผสมทำคอนกรีต ใช้บ่มทำคอนกรีต ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น กับปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ เคลือบ หิน ทรายให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์จะสามารถเข้าเกาะได้โดยตรง

4) การก่อตัวและการแข็งตัว ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ ก่อให้เกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัวถึงแม้มันจะยังนิ่มอยู่แต่ไม่สามารถลื่นไหลเข้าแบบได้แล้วจุดนี้เราเรียกว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) เวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวเริ่มต้น เรียกว่า เวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) การก่อตัวของเพสต์จะยังคงดำเนินต่อไปจนถึงสภาพที่เป็นของแข็งหรือจุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Setting Time) เพสต์ยังคงแข็งตัวต่อไป และสามารถรับน้ำหนักได้ ขบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การแข็งตัว (Hardening)

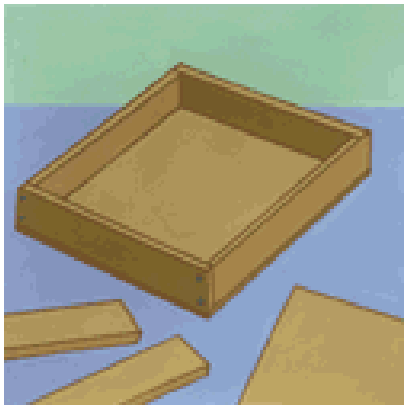
2.5 บล็อกปูพื้น

บล็อกปูพื้น ประกอบไปด้วย ส่วนผสมที่สำคัญ คือ ปูนซีเมนต์ หินฝุ่น และ น้ำ แล้วนำมาผสมขึ้นรูปในอัตราส่วนที่เหมาะสม ใช้หลักการกลไกการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโดยการนำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดบล็อกปูพื้น หลังจากนั้นบล็อกปูพื้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้ตามอายุของคอนกรีตที่มากขึ้น ซึ่งในบล็อกปูพื้นนั้นมีมวลรวมเป็นส่วนผสมที่สำคัญ เนื่องจากมวลรวมมีปริมาตร 70% - 80% ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด เห็นได้ว่า มวลรวมมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของบล็อกปูพื้น โดยมวลรวมจะเป็นตัวแทรกประสานที่กระจายอยู่ทั่วบล็อกปูพื้น และมวลรวมต้องไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของบล็อกปูพื้น

มาตรฐานในการผลิตบล็อกปูพื้น สามารถทำการผลิตและทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (สมอ., 2531ข) และตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (สมอ., 2531ก) โดยวิธีการทำบล็อกปูพื้นมีการดำเนินการ อย่างง่ายดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างแบบ กำหนดขนาดของแผ่นปูทางเดิน (ไม่ควรมีขนาดใหญ่มากเกินไป เพราะจะทำให้แผ่นปูที่ได้มีน้ำหนักมาก) ในที่นี้เลือกเศษไม้มาเลื่อยเป็น 4 ชิ้น เพื่อเป็นขอบและความหนาของแผ่นปู

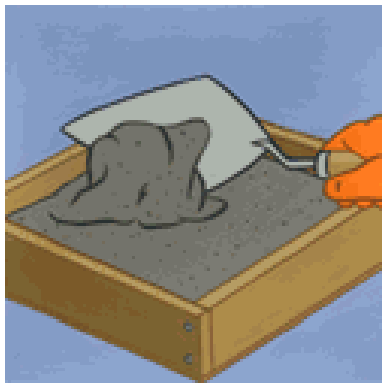
โดยให้มีขนาดความยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร และเตรียมแผ่นไม้บางทำเป็นพื้นรองปูน โดยตอกตะปูให้ไม้ทั้ง 5 ชิ้นนี้ เป็นแบบเริ่มต้นของพื้นทางเดิน หรือตัวแบบ



รูปที่ 2.4 แบบสำหรับการทำแบบบล็อกปูพื้น

ขั้นตอนที่ 2 จากนั้นลงมือผสมปูนโดยใช้ปูนขาวสำเร็จรูปผสมกับทรายละเอียด อาจใช้ทรายหยาบก็ได้แล้วแต่ความชอบ เพราะหากใช้เนื้อทรายที่หยาบ แผ่นปูพื้นจะมี TEXTURE ที่หยาบ ใช้อัตราส่วนปูนกับทรายเท่ากับ 1:1 แล้วผสมน้ำลงไป ในขณะผสมปูนอย่าให้ปูนเหลวจนเกินไป จะทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจะแห้ง และแผ่นปูพื้นอาจกร่อนง่าย

ขั้นตอนที่ 3 หล่อพื้นปูนตามตัวแบบ - เมื่อผสมปูนเรียบร้อยแล้ว เทหรือตักปูนที่ผสมลงในแบบ โดยในขณะที่ทำควรใช้ไม้กวนปูน ไล่ฟองอากาศเพื่อให้แผ่นปูพื้น มีผิวหน้าที่ค่อนข้างเรียบไม่เป็นหลุมเป็นฟองอากาศมากจนเกินไป



รูปที่ 2.5 การเทหล่อพื้นบล็อกปูพื้น

ขั้นตอนที่ 4 สร้างลวดลาย - ควรออกแบบคร่าวๆ ไว้ในใจแล้วว่าลักษณะของแผ่นปูพื้นในส่วนสวยจะเป็นรูปแบบใด ซึ่งหากเป็นแบบเรียบ-เก๋ เล่นลวดลายของรูปทรงใบไม้แปลกๆ อาจผสมสีในขั้นตอนการผสมปูนได้เลย โดยมีเทคนิคว่า ควรใช้สีแม่สีผสมให้ได้สีที่ต้องการ เมื่อผสมในปูนเปียก ควรให้สีมีความเข้มหนักกว่าที่ต้องการ เพราะเมื่อปูนแห้งสีที่ได้จะจางลงไปอีกและเมื่อต้องการแต่งผิวหน้าของแผ่นปูพื้น ควรรอเวลาที่ปูนเริ่มเกาะตัวแต่ยังไม่แห้งสนิท มีความหนืดยืดหยุ่น ซึ่งลวดลายบนแผ่นทางเดินในสวนมีหลายรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 5 สร้างเส้นทางในสวน - จากนั้นปล่อยให้แผ่นปูทางเดินที่ตกแต่งเล่นลวดลายตามใจชอบเมื่อแห้งสนิท จึงค่อย ๆ เคาะเอาแบบที่สร้างขึ้นออกจากแผ่นไม้แล้วนำแผ่นปูพื้นทั้งหมดที่ได้สร้างขึ้นแต่งเติมตามมุมต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องใช้แบบเพียงแบบเดียว อาจทำแบบสวยสมบูรณ์เพียงหนึ่งแผ่น ใช้พื้นปูพื้นประกอบกับแผ่นหินทรายที่มีอยู่เดิมหรือปูในส่วนทางเข้าสวน วางประดับใกล้กับมุมนั่งเล่น หรือตามมุมที่ชื่นชอบ สำหรับคนที่มีสวนริมระเบียงห้องคอนโดฯ หรือมุมเล็กๆ ในสำนักงาน แผ่นปูพื้นก็เป็นส่วนหนึ่งที่เพิ่มรายละเอียดให้สวนเล็ก ๆ น่าสนใจขึ้น

2.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันในประเทศไทยยังประสบปัญหาในการขนส่งวัสดุก่อสร้างต่างๆ อาทิเช่น คอนกรีตบล็อก บล็อกปูพื้น บล็อกประสาน จากแหล่งพื้นที่อื่นๆ มาใช้ในพื้นชุมชนของตนเอง ทั้งๆ ที่หลายพื้นที่ก็เป็นแหล่งของเหมือนหิน เพียงแต่พื้นที่นั้น ไม่ใช่เป็นเหมืองหินปูน ซึ่งความเชื่อที่สั่งสมมาช้านาน เกี่ยวกับหินปูน มีสารที่ช่วยทำให้ยึดติดวัสดุมวลรวมอื่นได้ ทั้งๆ ที่การจะทำหินปูนให้มีคุณสมบัติในการเป็นตัวประสาน ได้นั้น ต้องผ่านการเผาและบดละเอียดก่อน ดังนั้น เศษหินที่เหลือทิ้งจากกระบวนการบดย่อยหินจาก เหมืองหินทุกประเภท อาทิเช่น เหมืองดินขาว เหมืองโดโลไมต์ หรือเหมืองหินภูเขาไฟ ฯลฯ เหล่านี้เป็นต้น ก็มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผสมในผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆ เทียบเคียงกับหินปูนเพียงแต่ ต้องมีการวิจัยพัฒนาถึงส่วนผสมที่พอเหมาะกับการขึ้นรูป และมีการทดสอบสมบัติในด้านต่างๆ ตาม มาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หากผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดตามมาตรฐานดังกล่าว ก็จะสามารถนำมา ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

เมื่อพิจารณาในอดีตพบว่ามีการบันทึกถึงการใช้เถ้าจากภูเขาไฟเป็นวัสดุสำคัญในการทำคอนกรีตโดยชาวกรีกและชาวโรมันโบราณ ใช้เถ้าภูเขาไฟที่บดละเอียดผสมกับปูนขาวและทรายทำเป็นมอต้าร์ที่มีความแข็งแรงขึ้น และสามารถทนทานต่อการละลายของน้ำได้ดี ชาวกรีกใช้เถ้าภูเขาไฟจากเกาะซานทอริน (Santorin Island) ส่วนชาวโรมันใช้เถ้าภูเขาไฟจากบริเวณอ่าวเนเปิลส์ (Bay of Naples) ในเถ้าภูเขาไฟ มีธาตุซิลิกาและอลูมินาที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับปูนขาว ปฏิกิริยานี้มีชื่อว่า “ปฏิกิริยาปอซโซลาน (pozzolanic reaction)” เนื่องจากเถ้าภูเขาไฟที่ดีที่สุดมาจากหมู่บ้านปอซซูโอลิ (Pozzuoli) ใกล้กับภูเขาไฟวิซูเวียส (Vesuvius) ซึ่งเคยระเบิดพ่นลาวา (lava) และเถ้าถ่านออกมาอย่างมากมายในอดีต ดังนั้นคำว่า “ปอซโซลาน” จึงใช้ต่อกันมา และหมายถึงวัสดุที่ละเอียดคล้ายเถ้าภูเขาไฟเมื่อใช้ผสมกับปูนขาว และน้ำทำให้ได้สารซีเมนต์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยึดประสาน (ปริญญา และชัย, 2555)

ซึ่งจากหลักฐานดังกล่าวย่อมเป็นการบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ว่า หินภูเขาไฟจากแหล่งเหมืองแร่ภูเขาไฟ ก็ย่อมที่จะมีศักยภาพในการเป็นวัสดุที่ใช้สำหรับผสมกับปูนซีเมนต์ในงานวัสดุก่อสร้างเช่นดียวกัน โดยในปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำหินภูเขาไฟมาใช้ในงานวัสดุก่อสร้างยังมีอยู่น้อยมาก คณะผู้วิจัยได้มีโอกาสดำเนินวิจัยเกี่ยวกับอิฐบล็อกปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ จึงได้นำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการดำเนินโครงการและ วิเคราะห์ผลการดำเนินงานให้เป็นไปในแนวทางที่เกิดประสิทธิผลมากที่สุดดังต่อไปนี้

โครงการพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ (ประชุม, 2552) งานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกใช้เทคโนโลยีคอนกรีตพรุนมาใช้เป็นเนื้อวัสดุของอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ เพื่อให้ความชื้นใต้อิฐปูพื้นสามารถผ่านขึ้นมาระบายความร้อนที่ผิวหน้าและสามารถระบายน้ำที่ท่วมขังผิวหน้าวัสดุได้ดี ส่วนผิวหน้ายังใช้เทคโนโลยีของหินล้าง โดยการเลือกใช้กรวดสีเหลืองทองจากงานวิจัยเดิมมาเป็นวัสดุผสม ซึ่งกรวดสีเหลืองทองได้ผ่านการทดสอบมาแล้วว่าสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวหน้าได้ดีที่สุด ทำการศึกษาพัฒนาคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตพรุน (ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ให้มีสมบัติต่าง ๆ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) และสามารถระบายน้ำได้ดี ซึ่งงานวิจัย

นี้ทำการเปรียบเทียบวัสดุมวลรวมหยาบ 2 ชนิด คือ หินเกล็ดสีขาว-ดำและหินเหลือง-ขาว โดยหินที่ใช้จะมีขนาดคละช่วงแคบ ๆ หรือมีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อให้โครงสร้างของคอนกรีตเกิดความพรุน ขนาดคละที่เลือกใช้คือ หินเบอร์ 4 (คือ หินเกล็ดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว และค้างบนตะแกรงเบอร์ 4), หินเบอร์ 8 (คือ หินเกล็ดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 8) และปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้อยู่ระหว่าง ร้อยละ 15-20 ของน้ำหนักหิน โดยทุกส่วนผสมจะมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์โดยน้ำหนักเท่ากับ 0.4 และปริมาณมวลรวมละเอียดหรือทรายใช้ประมาณ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักหิน เพื่อไม่ให้มีปริมาณซีเมนต์เพสต์ไปอุดช่องว่างทำให้ความพรุนของเนื้อคอนกรีตลดลง ผสมส่วนผสมทั้งหมด แล้วเทขึ้นรูปเป็นแผ่นตัวอย่างอิฐปูพื้น ทำผิวหน้าหินล้าง ทิ้งไว้ให้แห้งในบรรยากาศ แล้วทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติอื่น ที่ระยะเวลาต่างๆ

ส่วนงานอื่นที่ใกล้เคียงกับโครงการวิจัยนี้ ยกตัวอย่าง 2 โครงการ ดังต่อไปนี้ คือ การศึกษาอัตราส่วนผสมและชนิดของหินที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตระบายน้ำได้ เพื่อใช้ในการทำบล็อกปูถนนเพื่อก่อสร้างลานจอดรถหรือทางเดินเท้าในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร เพื่อลดการก่อสร้างพื้นที่ทึบน้ำ ทำให้น้ำผิวดินสามารถไหลซึมผ่านผิวลงสู่ชั้นดินได้ ช่วยลดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ และปัญหาน้ำท่วมการไหลนองของน้ำฝนได้ โดยได้ทำการวิจัยคุณสมบัติด้านกำลังอัดและความซึมน้ำของส่วนผสมคอนกรีตที่ทำจากหินเกล็ดและหินกรวดที่มีขนาดอยู่ระหว่างตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 8 ซึ่งจากการวิจัยพบว่า ส่วนผสมคอนกรีตมีความเหมาะสมคือ ส่วนผสมที่ใช้หินกรวดที่มีขนาดคละและมีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ 20% โดยน้ำหนักหิน และจะมีค่าความซึมน้ำของคอนกรีตเหมาะสมกับค่าความซึมน้ำของดินในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร และมีกำลังอัดเฉลี่ย 242 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ยุวดี และคณะ, 2550) และการศึกษาการใช้เถ้าตะกรันลิกไนต์เป็นมวลรวมในการทำบล็อกปูถนน โดยนำเถ้าตะกรันลิกไนต์มาเป็นวัสดุใช้ทดแทนหินฝุ่น ที่อัตราส่วนการแทนที่หินฝุ่นต่อเถ้าตะกรันลิกไนต์ เท่ากับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 โดยน้ำหนัก ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์วิธีการชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีตตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 คุณสมบัติที่ทดสอบประกอบด้วย คุณสมบัติทางเคมี หน่วยน้ำหนัก ค่าปริมาณความชื้น การทดสอบการดูดซึมน้ำ การทดสอบกำลังรับแรงอัดและความคงทนสภาวะเปียกสลับแห้งของบล็อกปูถนน จากการทดสอบพบว่าการแทนที่เถ้าตะกรันในบล็อกปูถนนที่ร้อยละ 10 และ 20 มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน มอก.57-2530 ในขณะที่อัตราการแทนที่ของเถ้าตะกรันลิกไนต์มากขึ้นค่าการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้นจะเพิ่มมากขึ้น (ภาคภูมิ, 2550)

2.7 สมมติฐาน

2.7.1 เศษหินภูเขาไฟจากจังหวัดบุรีรัมย์สามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมในผลิตภัณฑ์ บล็อกปูพื้นทดแทนหินปูนหรือหินเกร็ดได้ เมื่อทำการออกแบบส่วนผสมให้เหมาะสมกับการอัดขึ้นรูป

2.7.2 ผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟของจังหวัดบุรีรัมย์ สามารถมีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378 – 2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น

2.7.3 ผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟของจังหวัดบุรีรัมย์ สามารถนำไป ใช้งานได้จริงและพัฒนาส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่นได้

2.8 กรอบแนวความคิด

จากข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจและรวบรวมมา จะเห็นได้ว่า จังหวัดบุรีรัมย์เป็นแหล่งเหมืองหินภูเขาไฟ ที่มีอยู่มากมายภายในพื้นที่ แต่ประชากรภายในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ยังต้องซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างชนิด ต่าง ๆ เพื่อทำการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนจากจังหวัดอื่น ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็นอย่างมาก และเมื่อพิจารณาจากฝุ่นหินภูเขาไฟที่เหลือทิ้งเป็นปริมาณมากจากข้อมูลเหมืองหินในจังหวัดบุรีรัมย์แล้ว หากนำมาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นเพื่อใช้ภายในพื้นที่ชุมชนได้นั้น นอกจากจะเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีมากมายในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัสดุ และช่วยสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน สามารถส่งเสริมให้เกิดวิสาหกิจชุมชนภายในพื้นที่และชุมชนในจังหวัดใกล้เคียงที่มี ลักษณะภูมิประเทศคล้ายคลึงกันได้อีกด้วย

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

โครงการ “การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น” เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งานในสภาพจริง ณ ศูนย์การเรียนรู้อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

2) ปูนซีเมนต์ขาวชนิดผสมซิลิก้า

3) เศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ ที่เหลือจากโรงโม่หินใน ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ ได้แก่ หินเกล็ด ขนาดระหว่าง 5 – 10 มิลลิเมตร จากเครื่องย่อยหิน และหินฝุ่นขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร จากบ่อรับน้ำตะกอน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของเศษหินภูเขาไฟ

ชนิดมวลรวม	โมดูลัสความละเอียด (F.M.)	ความถ่วงจำเพาะ (G.S.)
เศษหินภูเขาไฟ (หินเกล็ด) ขนาด 5-10 มิลลิเมตร	6.53 (ใหญ่)	2.50
เศษหินภูเขาไฟ (หินฝุ่น) ขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร	4.77 (เล็ก)	2.50

รูปที่ 3.1 เศษหินภูเขาไฟขนาดหินเกล็ด

รูปที่ 3.2 เศษหินภูเขาไฟขนาดหินฝุ่น

4) น้ำประปา
5) กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
6) กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ
7) กระเบื้องหินล้างสีเหลือง
8) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียด 0.05 กรัม
9) เครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.3 เครื่องผสมคอนกรีต

10) เครื่องอัดบล็อกปูพื้น

รูปที่ 3.4 เครื่องอัดบล็อกปูพื้น

11) แบบหล่อบล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

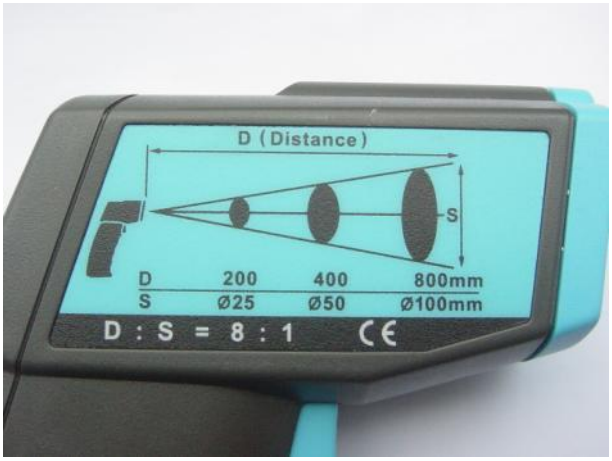
รูปที่ 3.5 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกตัน ขนาด 30x30x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

12) แบบหล่อบล็อกปูพื้นแบบถอดประกอบได้ ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

รูปที่ 3.6 แบบหล่อคอนกรีตบล็อกตันแบบถอดประกอบได้ ขนาด 30x30x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

13) ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ขนาดมวลรวม (Sieve Analysis of Aggregate)
14) ชุดอุปกรณ์ทดสอบการดูดซึมน้ำ
15) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน
16) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)
17) อุปกรณ์ก่อสร้างอื่นๆ เช่น กระป๋องปูน, พลั่ว, ค้อน และเกียงก่อ เป็นต้น
18) แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 สูง 10 เซนติเมตร
19) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง
20) อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์

รูปที่ 3.7 อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์



รูปที่ 3.8 ระยะการใช้งานของอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์

รูปที่ 3.9 ผลการใช้งานวัดอุณหภูมิของอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์

3.2 การกำหนดอัตราส่วนผสมของบล็อกปูพื้น

ทำการออกแบบอัตราส่วนผสมให้ได้บล็อกปูพื้นที่มีความใกล้เคียงกับบล็อกปูพื้นในท้องตลาด พร้อมทำการปรับปริมาณเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์จากน้อยไปมาก ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมบล็อกปูพื้นผสมเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์โดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เศษหินภูเขาไฟ	น้ำประปา
1:6	1	6	0.4
1:7	1	7	0.4
1:8	1	8	0.4
1:9	1	9	0.4
1:10	1	10	0.4
1:11	1	11	0.4

3.3 การอัดขึ้นรูปบล็อกปูพื้น

บล็อกปูพื้น เป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบ 2 ชั้น แบ่งเป็นส่วนบนและส่วนล่าง ส่วนล่างทำหน้าที่เป็นฐานของบล็อกที่มีความแข็งแรง และส่วนบนทำหน้าที่เป็นผิวหน้าที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้วัสดุทั้งหมดสามารถซึมผ่านน้ำได้ โดยวิธีการขึ้นรูปสามารถทำได้ ดังนี้

1) เตรียมแบบหล่อและเครื่องอัดบล็อกปูพื้นสำหรับขึ้นรูป

2) ทำความสะอาด และเตรียมส่วนผสม ตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้ โดยทำการผสมแยกเป็น 2 ส่วน ตามชนิดของปูนซีเมนต์ คือ ส่วนที่ 1 (ส่วนล่างหรือส่วนฐาน) ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 และส่วนที่ 2 (ส่วนบนหรือส่วนผิวหน้า) ใช้ปูนซีเมนต์ขาวชนิดผสมซิลิก้า โดยให้ส่วนผสมอื่นเหมือนกันตามที่ออกแบบไว้

3) ผสมส่วนผสมที่จัดเตรียมทั้งหมดให้เข้ากัน โดยแยกตามชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้

4) ขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ แบ่งเป็น 2 ชั้น ได้แก่ ส่วนฐาน (ชั้นล่าง) ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ความหนาเท่ากับ ร้อยละ 60 ของความหนาทั้งหมด อัดขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดบล็อกปูพื้น และส่วนผิวหน้า (ชั้นบน) ใช้อัตราส่วนเดียวกัน แต่ใช้ปูนซีเมนต์ขาวชนิดผสมซิลิก้า ความหนาเท่ากับ ร้อยละ 40 ของความหนาทั้งหมด และอัดขึ้นรูปโดยใช้แบบหล่อบล็อกปูพื้นแบบถอดประกอบได้

5) ทิ้งไว้ 1 คืน หรือ 12 ชั่วโมง แล้วจึงทำการล้างผิวหน้าตามกรรมวิธีการทำหินล้างทั่ว ๆ ไป ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และแปรงน้ำ จากนั้นทำการบ่มด้วยการคลุมด้วยกระสอบ แล้วรดน้ำจนบล็อกปูพื้นมีอายุตามที่กำหนด จึงนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบต่อไป

รูปที่ 3.10 การผสมวัสดุสำหรับขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

รูปที่ 3.11 การเทส่วนผสมสำหรับส่วนฐานลงในเครื่องอัดขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

รูปที่ 3.12 การจัดเรียงส่วนผสมให้พร้อมต่อการอัดขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟส่วนฐาน

รูปที่ 3.13 การอัดขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟส่วนฐานด้วยเครื่องอัดบล็อกปูพื้น

รูปที่ 3.14 บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟส่วนฐานภายหลังการอัดขึ้นรูป

รูปที่ 3.15 การเทส่วนผสมส่วนผิวหน้าลงในแบบหล่อของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

รูปที่ 3.16 ผิวหน้าของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

3.4 การบ่มบล็อกปูพื้น

หลังจากถอดแบบบล็อกปูพื้นแล้ว ให้นำบล็อกปูพื้นมาจัดเรียงในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน เริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือฉีดพ่นเป็นละอองให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก ทิ้งไว้ตามอายุที่ต้องการ จึงนำไปทดสอบต่อไป

3.5 การทดสอบสมบัติของบล็อกปูพื้น

มาตรฐานการทดสอบบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ อ้างอิงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.378-2531) เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (สมอ., 2531ก) และมาตรฐานอื่นๆ (ASTM, 2012) ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.5.1 การทดสอบตามมาตรฐาน มอก.378-2531 ประกอบด้วย

1) ลักษณะทั่วไป ที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง

2) การดูดซึมน้ำ ที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง

3) ความต้านทานแรงดัดตามขวาง ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง

รูปที่ 3.17 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

รูปที่ 3.18 การทดสอบความต้านทานแรงดัดของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟด้วยเครื่อง UTM

3.5.2 การทดสอบเพิ่มเติม (ASTM, 2012) ประกอบด้วย

1) ความหนาแน่น ที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง

2) ความต้านทานแรงอัด ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง

รูปที่ 3.19 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟด้วยเครื่อง UTM

3) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 177-10 (ASTM, 2012) ที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 5 ตัวอย่าง

4) เวลาที่ใช้ในการระบายน้ำ ทำการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นหนา 5 เซนติเมตร ด้วยแบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ทดสอบการระบายน้ำโดยตวงน้ำให้ได้ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือซีซี เทน้ำลงบนคอนกรีต แล้วทำการจับเวลาการระบายน้ำ พร้อมบันทึกผล ทดสอบที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง

รูปที่ 3.20 การขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟสำหรับทดสอบการระบายน้ำ

รูปที่ 3.21 ตวงน้ำให้ได้ปริมาณ 500 ซีซี สำหรับทดสอบการระบายน้ำ

รูปที่ 3.22 เทน้ำลงในแบบหล่อบล็อกปูพื้นทรงกระบอกจากเศษหินภูเขาไฟพร้อมจับเวลา

รูปที่ 3.23 การระบายน้ำผ่านบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

5) อัตราส่วนโพรงรวม เป็นการหาค่าโพรงหรือช่องว่างระหว่างมวลรวมในชั้นต่าง ๆ สามารถหาได้ด้วยค่าอัตราส่วนโพรงรวม โดยวิธีปริมาตร (At; Total void ratio) ตามมาตรฐาน ASTM C138 ซึ่งทำการขึ้นรูปตัวอย่างด้วยแบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ทดสอบที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

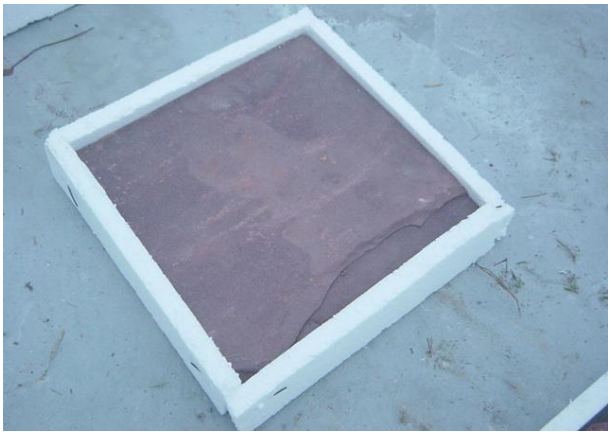
$$At\ (\%) = 1 - [(W_2 - W_1) / V_1] \times 100\%$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งในน้ำภายหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

W_2 = น้ำหนักที่ชั่งในอากาศภายหลังทิ้งให้แห้ง 24 ชั่วโมง

V_1 = ปริมาตรของตัวอย่างบล็อกปูพื้น

6) อุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นและวัสดุอื่นๆ นำบล็อกปูพื้นอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อายุการบ่ม 28 วัน และวัสดุอื่นๆ ได้แก่ กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ และกระเบื้องหินล้างสีเหลือง โดยนำไปวางไว้กลางแจ้ง แล้วทำการวัดอุณหภูมิด้วยอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง พร้อมบันทึกผล จำนวนชนิดละ 5 ตัวอย่าง



รูปที่ 3.24 กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นสำหรับทดสอบอุณหภูมิผิวหน้า

รูปที่ 3.25 กระเบื้องหินล้างสีเหลืองสำหรับทดสอบอุณหภูมิผิวหน้า

รูปที่ 3.26 การวัดอุณหภูมิผิวหน้าด้วยอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์

3.6 การวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ของบล็อกปูพื้น

สำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ เปรียบเทียบกับกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นทั่วไป เพื่อสรุปว่า คุ้มค่ากับต้นทุนการผลิตหรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบการผลิตภายในจังหวัดบุรีรัมย์

3.7 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบทั้งหมดถูกจัดทำให้อยู่ในรูปของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต่างๆ และอัตราส่วนผสม ทั้งกราฟเส้นและแผนภูมิแท่ง สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

3.8 การขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา

บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ เป็นงานประดิษฐ์คิดค้นใหม่ ซึ่งสามารถยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์/อนุสิทธิบัตรได้ โดยมีชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ว่า “บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ” ทั้งนี้ดำเนินการร่าง จัดเตรียมเอกสาร และยื่นคำขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์หรืออนุสิทธิบัตร โดยหน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (TLO – RMUT)

3.9 การเผยแพร่ผลงานแก่กลุ่มเป้าหมาย

จัดทำบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ รวมทั้งจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน หน่วยงานภาครัฐ และหน่วยงานภาคเอกชน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมาย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน การใช้งานจริง และผลการดำเนินงานอื่นๆ ของ “การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น” สามารถสรุปผลได้ ดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะทั่วไป

จากการขึ้นรูปและสังเกตลักษณะโดยทั่วไปของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทั่วไปของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

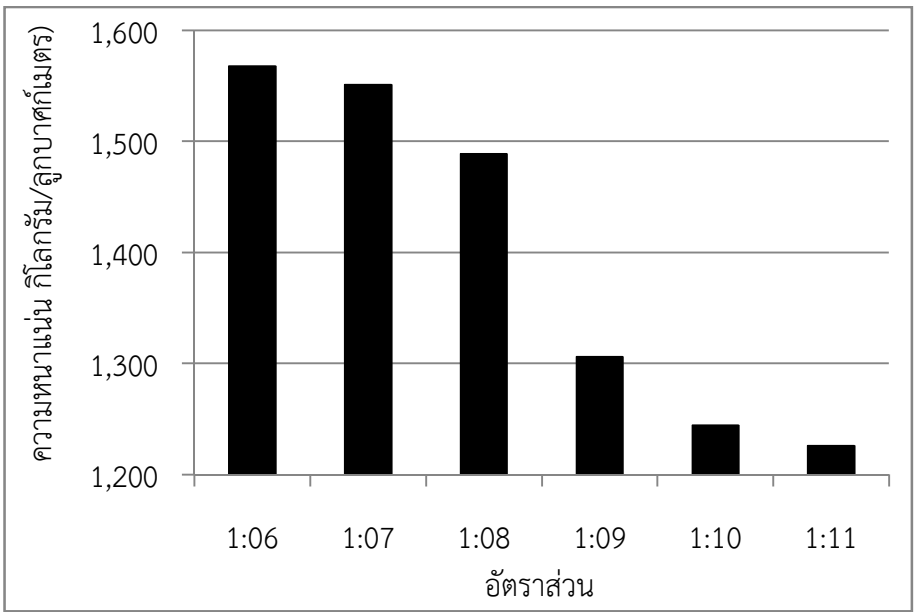
อัตราส่วน	ความหนาเท่ากันตลอด	ไม่ร้าว ได้ฉาก ขอบคม	สีสม่ำเสมอ ไม่ละลายน้ำ
1:6	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว	-
1:7	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว	-
1:8	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว	-
1:9	เรียบและหนาเท่ากัน	ขอบบิ่นได้ง่าย	-
1:10	เรียบและหนาเท่ากัน	ขอบบิ่นได้ง่าย	-
1:11	เรียบและหนาเท่ากัน	ขอบบิ่นได้ง่าย	-

จากตารางที่ 4.1 พบว่า บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟทุกอัตราส่วน สามารถขึ้นรูปตามที่ต้องการได้ทั้งหมด แต่จากการทดสอบและสังเกตลักษณะโดยทั่วไป สรุปได้ว่า อัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินภูเขาไฟมาก ตั้งแต่ 1:9 ขึ้นไป ถึง 1:11 มีการบิ่นของขอบบล็อกได้ง่าย จึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานจริง และไม่ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นกำหนด (สมอ., 2531ก)

4.2 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมและลักษณะของวัสดุที่นำมาผสม ซึ่งเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ที่นำมาผสม มีค่าโมดูลัสความละเอียด เท่ากับ 6.53 และ 4.77 ถือว่า เป็นมวลรวมที่มีความละเอียดใกล้เคียงกับฝุ่นหินปูนที่นิยมใช้ในคอนกรีตบล็อก ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียดอยู่ที่ประมาณ 5.4 – 5.6 และในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะของเศษหินภูเขาไฟ พบว่า เศษหินภูเขาไฟมีความถ่วงจำเพาะต่ำเพียง 2.50 ซึ่งต่ำกว่าหินฝุ่นที่มีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.60 – 2.80 (ดนุพล, 2553; ดนุพล, 2552) ทำให้บล็อกปูพื้นที่มีส่วนผสมของเศษหินภูเขาไฟมีแนวโน้มของน้ำหนักที่เบากว่าบล็อกปูพื้นทั่วไปซึ่งใช้ฝุ่นหินปูน ทั้งนี้ผลการทดสอบความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นสามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งพบว่า บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่มีปริมาณเศษหินภูเขาไฟมากจะมีความหนาแน่นที่ต่ำ ส่วนบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่มีปริมาณเศษหินภูเขาไฟน้อยจะมีความหนาแน่นที่สูง โดยอัตราส่วน 1:6 เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินภูเขาไฟน้อยที่สุด มีความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากขนาดคละ การยึดเกาะและแทรกตัวของปูนซีเมนต์ รวมทั้งการเรียงตัวของส่วนผสม (ปริญญา และชัย, 2555) โดยอัตราส่วนที่มีปริมาณมวลรวมหรือเศษหินภูเขาไฟค่อนข้างมาก

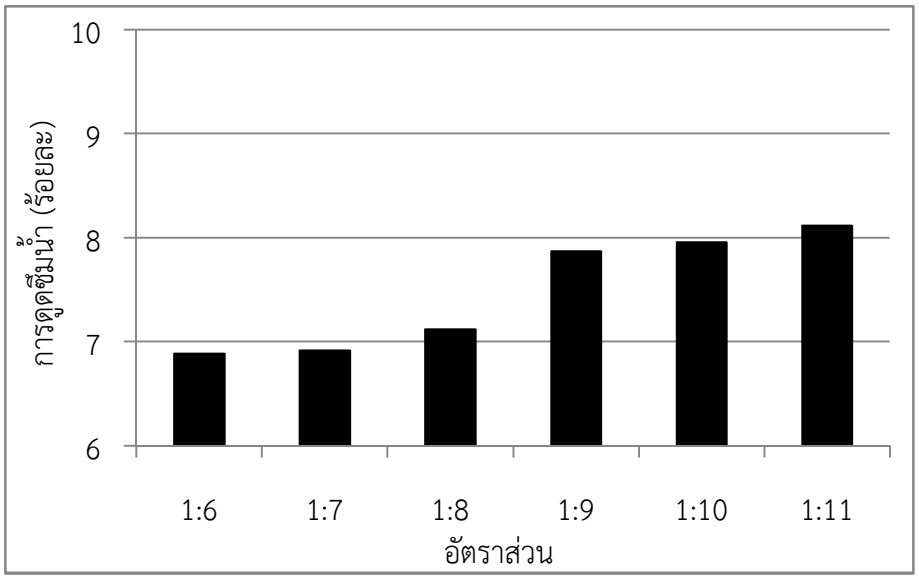
จะมีผลทำให้การเรียงตัวของส่วนผสมไม่ค่อยดีนักเมื่อทำการขึ้นรูป เนื่องจากขนาดของมวลรวมหรือเศษหินภูเขาไฟที่นำมาผสม มีขนาดใกล้เคียงกัน และเมื่อมวลรวมมีการเรียงตัวไม่ดี จึงมีช่องว่างภายในบล็อกปูพื้นมาก ทำให้ความหนาแน่นลดลงดังกล่าว ส่วนอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินภูเขาไฟน้อย จะมีปริมาณปูนซีเมนต์มาก ทำให้มีการแทรกตัวของปูนซีเมนต์ได้ดีขึ้น จึงเป็นการลดช่องว่างภายในเนื้อบล็อกปูพื้นได้ (วุฒินัย และนรา, 2553)



รูปที่ 4.1 ความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

4.3 การดูดซึมน้ำ

สำหรับผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟทุกอัตราส่วน สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.2

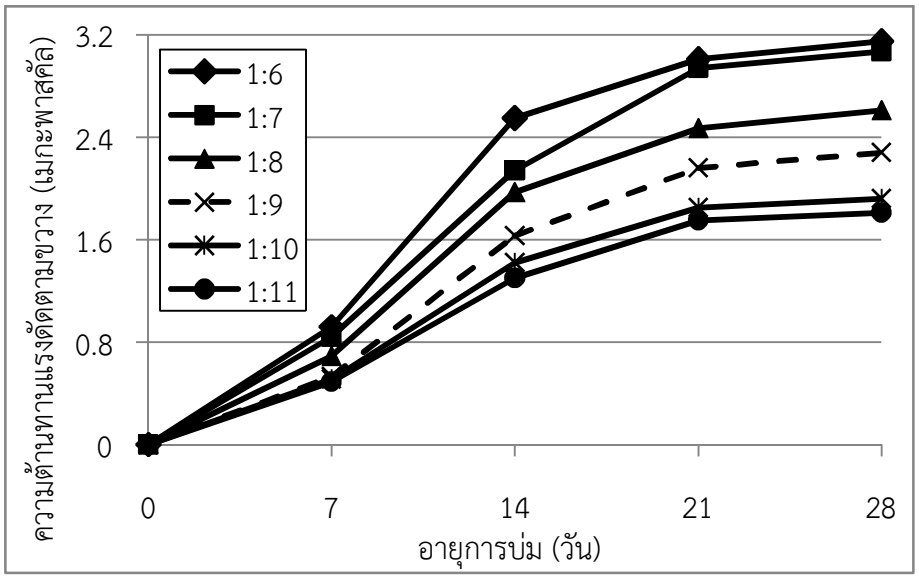


รูปที่ 4.2 การดูดซึมน้ำของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟทั้งหมด มีค่าการดูดซึมน้ำที่ไม่สูงมาก โดยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน มอก.378-2531 ที่กำหนดให้กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ต้องมีการดูดซึมน้ำ ไม่เกินร้อยละ 10 (สมอ., 2531ก) และจากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นแนวโน้มว่า การเพิ่มปริมาณของหินภูเขาไฟมีผลให้บล็อกปูพื้นมีการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในบล็อกมากตามไปด้วย โดยอัตราส่วน 1:6 มีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11 เป็นอัตราส่วนที่มีการดูดซึมน้ำสูงที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากความพรุนของเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ที่นำมาผสม (El-Alfi et al., 2004; Youssef et al., 2004) โดยหินที่มีความพรุนมาก จะมีช่องว่างสำหรับอากาศและช่องว่างในการดูดซึมน้ำที่มาก

4.4 ความต้านทานแรงดัดตามขวาง

การทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางหรือกำลังดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 4.3

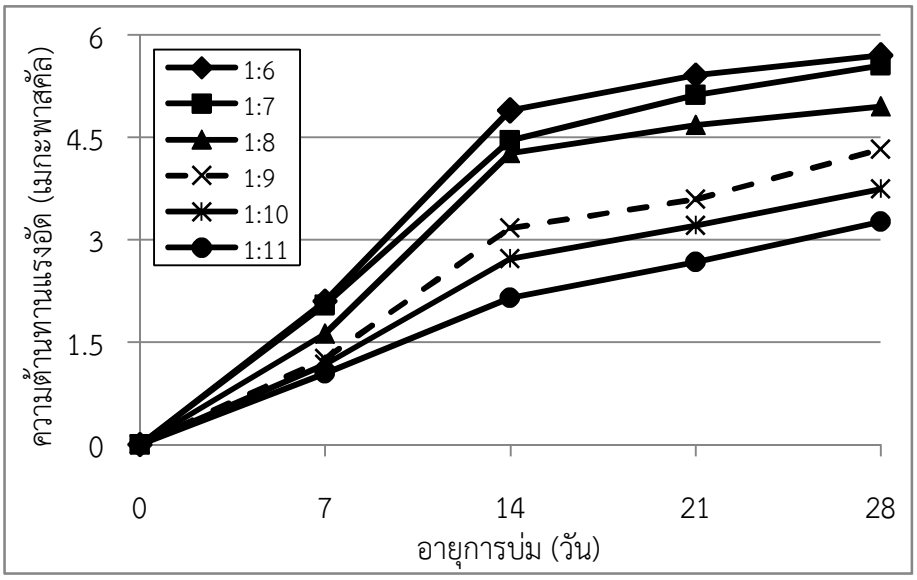


รูปที่ 4.3 ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นที่มีปริมาณมวลรวมจากเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์น้อยที่สุด อย่างอัตราส่วน 1:6 มีค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัดตามขวางต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากลักษณะเนื้อหินบะซอลต์ที่นำมาผสมมีความพรุนค่อนข้างสูง ทำให้มีพื้นที่รับแรงค่อนข้างต่ำ เมื่อผสมหินบะซอลต์ในปริมาณมาก จึงมีพื้นที่รับแรงดัดลดลง และความต้านทานแรงดัดตามขวางมีค่าลดลง (El-Alfi et al., 2004; Youssef et al., 2004; ประชุม และกิตติพงษ์, 2557) เมื่อเทียบค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นที่ได้กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.378-2531) เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (สมอ., 2531ก) กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้น ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 3 เมกะพาสคัล เห็นได้ว่าอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินภูเขาไฟ 1:6 และ 1:7 ที่อายุ 28 วัน สามารถผ่านมาตรฐานได้ โดยอัตราส่วน 1:6 มีความต้านทานแรงดัดตามขวาง เท่ากับ 3.15 เมกะพาสคัล และอัตราส่วน 1:7 เท่ากับ 3.07 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

4.5 ความต้านทานแรงอัด

ในการทดสอบความต้านทานแรงอัดหรือกำลังอัดของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน นั้น สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังรูปที่ 4.4

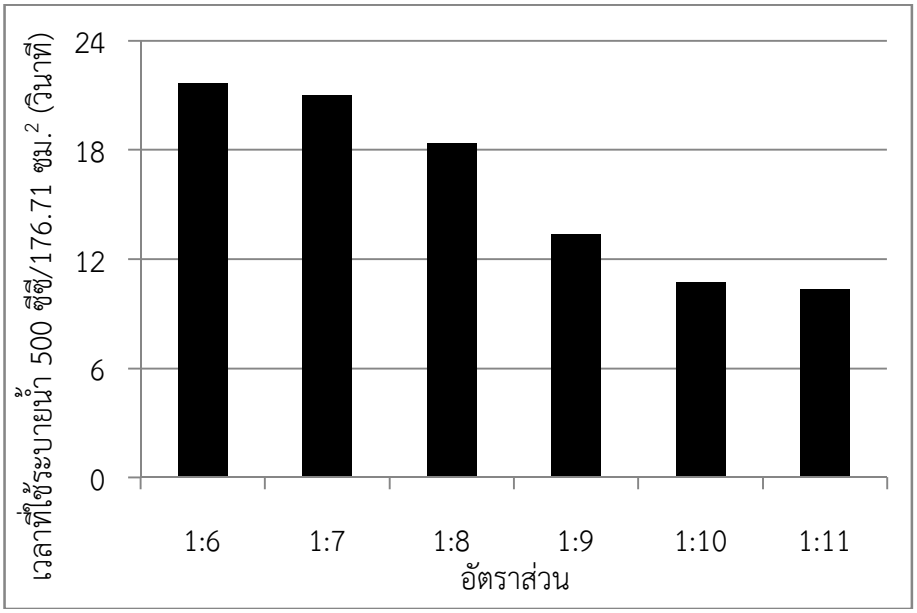


รูปที่ 4.4 ความต้านทานแรงอัดของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

ความต้านทานแรงอัด เป็นสมบัติทางกลที่ไม่มีระบุอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.378-2531) เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (สมอ., 2531ก) แต่ก็เป็นสมบัติทางกลที่สำคัญ เนื่องจากการใช้งานหลักของบล็อกปูพื้นเป็นการวางลงบนพื้นดินและมีการให้น้ำหนักกดทับ ทั้งน้ำหนักจากการใช้งานปกติและน้ำหนักจากการใช้งานที่ต้องรับน้ำหนักมาก เช่น การรับน้ำหนักรถยนต์ เป็นต้น จากรูปที่ 4.4 พบว่า ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการเพิ่มปริมาณเศษหินภูเขาไฟมากขึ้น ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับความต้านทานแรงดัดตามขวาง (ประชุม และกิตติพงษ์, 2557)

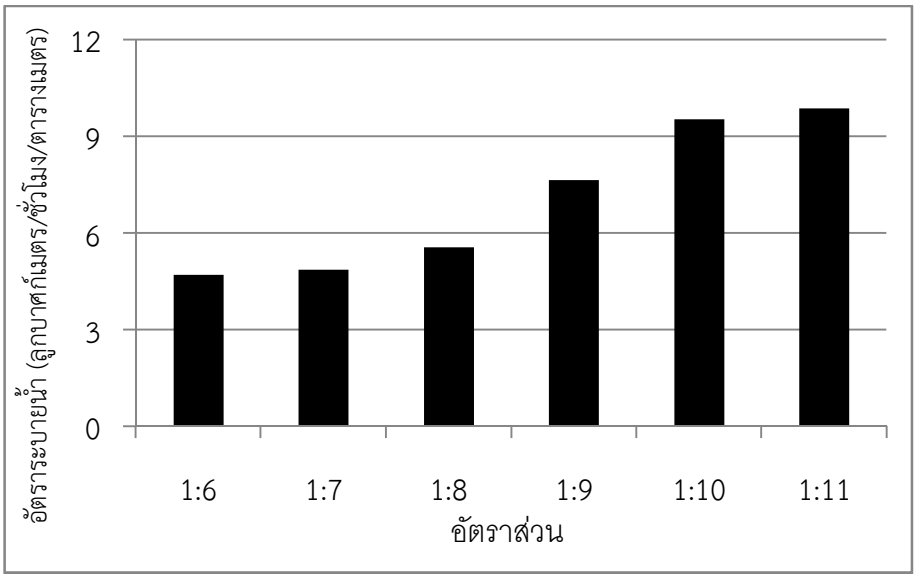
4.6 เวลาที่ใช้ในการระบายน้ำ

จากผลการทดสอบเวลาที่ใช้ในการระบายน้ำของอิฐปูพื้นในรูปที่ 4.5 แสดงถึงผลกระทบของปริมาณช่องว่าง โพรง และความความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นที่มีต่อเวลาที่ใช้ในการระบายน้ำ กล่าวคือ บล็อกปูพื้นมีปริมาณช่องว่างมาก โพรงมาก และความหนาแน่นต่ำ จะทำให้ความสามารถในการระบายน้ำที่ดี โดยจะใช้เวลาในการระบายน้ำน้อยลง (ถนัดกิจ และปริญญา, 2552) ทั้งนี้บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่มีปริมาณของปูนซีเมนต์ต่ำหรือมีปริมาณของหินมาก จะมีผลต่อการเกิดช่องว่างที่มากและระบายน้ำได้ดี ซึ่งบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟอัตราส่วน 1:11 ใช้เวลาในการระบายน้ำปริมาตร 500 ซีซี บนขนาดพื้นที่ 176.71 ตารางเซนติเมตร น้อยที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:10, 1:9, 1:8, 1:7 และอัตราส่วน 1:6 มีเวลาที่ใช้ในการระบายน้ำมากที่สุด ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 เวลาที่ใช้ระบายน้ำของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

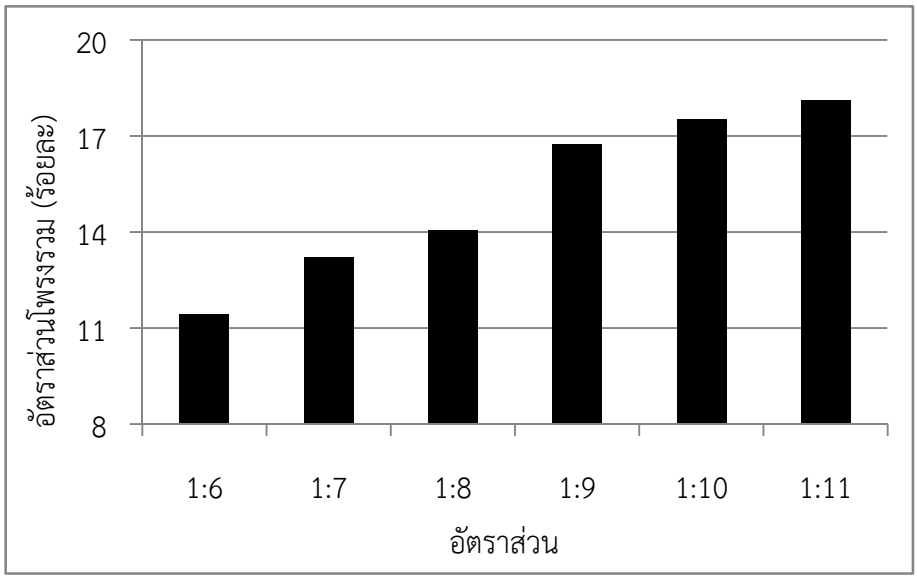
เมื่อคำนวณเวลาที่ใช้ระบายน้ำให้เป็นอัตราการระบายน้ำใน 1 ชั่วโมง (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) บนพื้นที่รับน้ำ 1 ตารางเมตร สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งยังคงแสดงให้เห็นว่า บล็อกปูพื้นอัตราส่วนที่เศษหินภูเขาไฟมากจะมีอัตราการระบายน้ำ สูงกว่าบล็อกปูพื้นอัตราส่วนที่เศษหินภูเขาไฟน้อย



รูปที่ 4.6 อัตราการระบายน้ำของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

4.7 อัตราส่วนโพรงรวม

เมื่อทำการหาปริมาณช่องว่างของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่อัตราส่วนต่างๆ สามารถสรุปเป็นผลการทดสอบอัตราส่วนโพรงรวมได้ ดังนี้

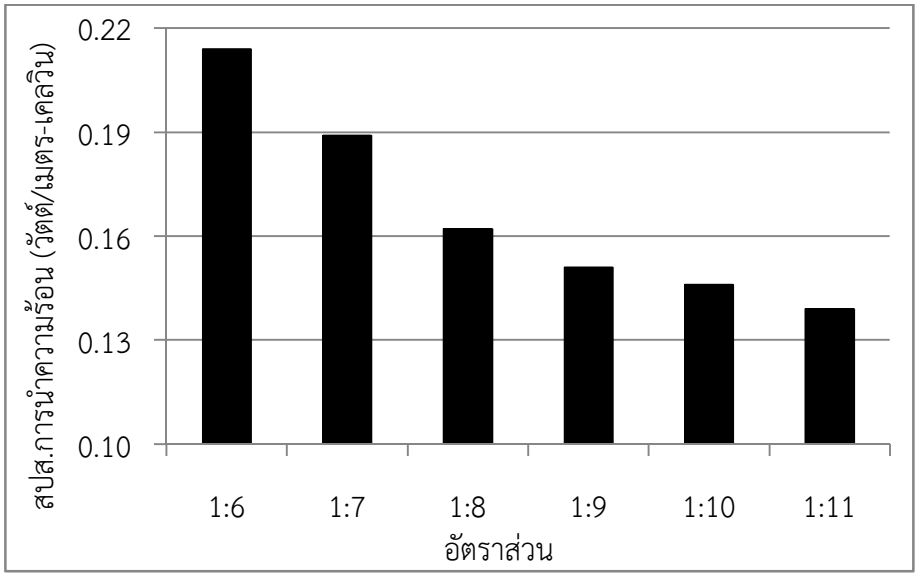


รูปที่ 4.7 อัตราส่วนโพรงรวมของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

จากรูปที่ 4.7 พบว่า อัตราส่วนโพรงรวมของบล็อกปูพื้นที่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากปริมาณของเศษหินภูเขาไฟหรือปูนซีเมนต์เป็นหลัก โดยบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่มีปริมาณเศษหินภูเขาไฟมากจะมีอัตราส่วนโพรงรวมสูงกว่าบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่มีปริมาณของเศษหินภูเขาไฟน้อย ดังเห็นจากบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟอัตราส่วน 1:11 มีอัตราส่วนโพรงรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:10, 1:9, 1:8, 1:7 และ 1:6 เป็นอัตราส่วนที่มีโพรงรวมต่ำที่สุด ตามลำดับ

4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

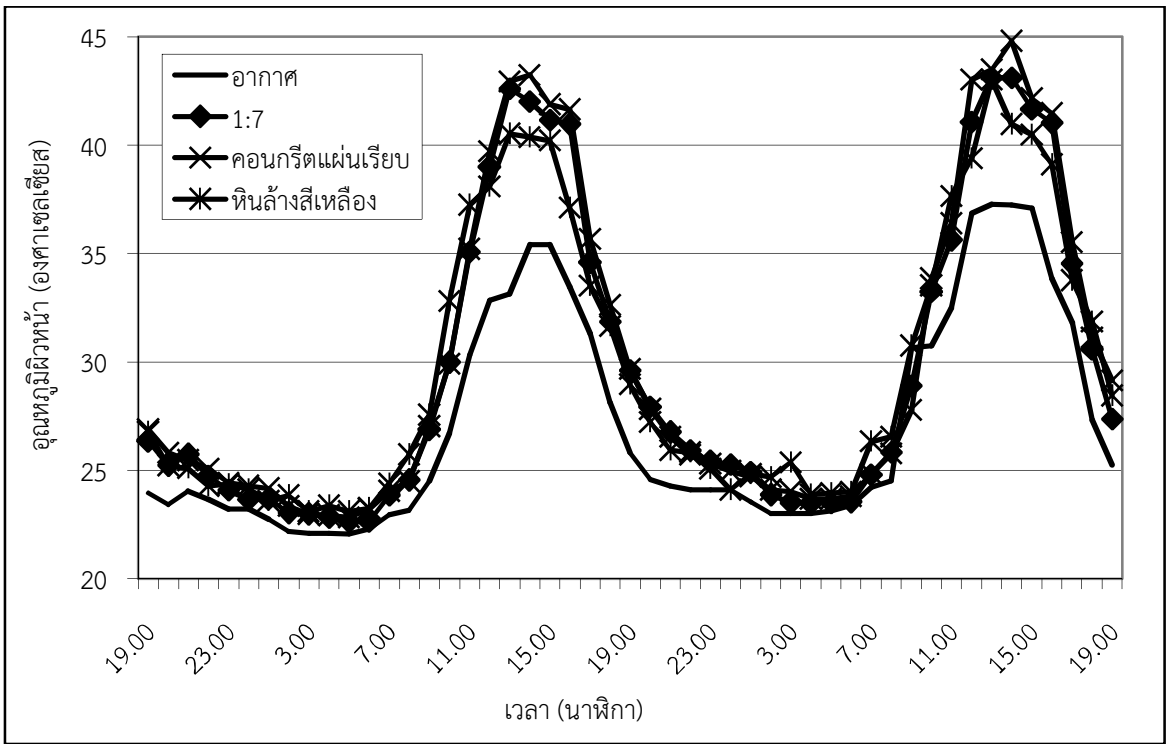
ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ สามารถวัดได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ซึ่งมีผลการทดสอบ ดังรูปที่ 4.8 โดยแสดงให้เห็นว่า บล็อกปูพื้นผสมเศษหินภูเขาไฟมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี โดยเฉพาะเมื่อมีการผสมเศษหินภูเขาไฟในปริมาณที่มากขึ้น สังเกตได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดต่ำลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของเศษหินภูเขาไฟที่มีรูพรุนมาก (El-Alfi et al., 2004; Youssef et al., 2004) ทำให้สมบัติด้านการนำความร้อนต่ำ ความร้อนจึงผ่านเนื้อหินภูเขาไฟได้ช้า (สมพิศ และคณะ, 2555) ถือได้ว่า เศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ เป็นมวลรวมที่ดีในด้านความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน นอกจากนี้ ช่องว่างหรือโพรงของบล็อกปูพื้นที่มาก ก็มีผลต่อความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีเช่นกัน



รูปที่ 4.8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ

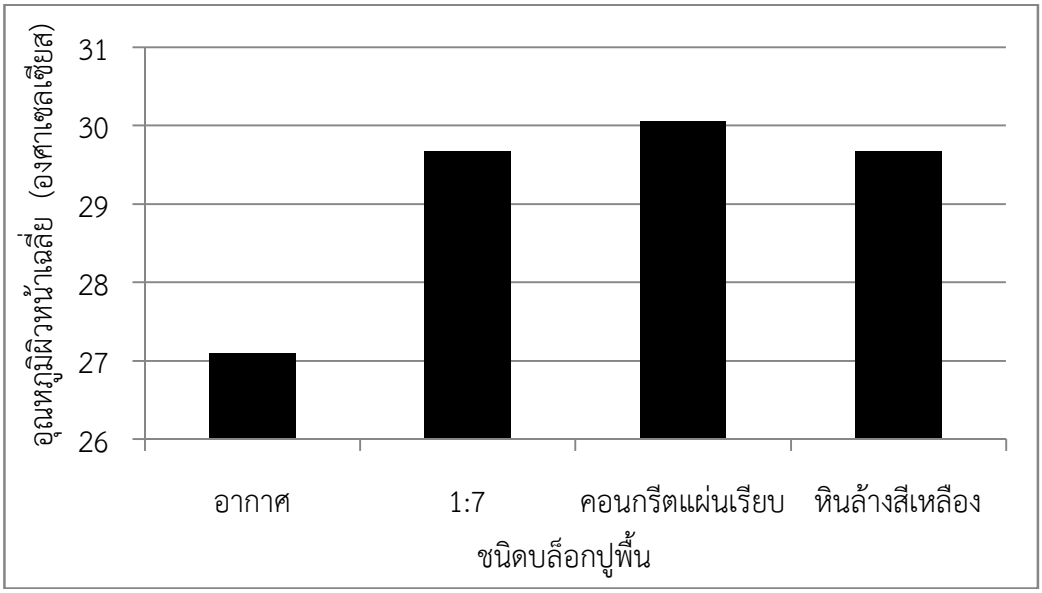
4.9 อุณหภูมิผิวหน้า

เมื่อนำบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟอัตราส่วน 1:7 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์มากที่สุด และยังคงมีสมบัติทางกายภาพและทางกลผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (สมอ., 2531ก) กำหนด มาทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าเทียบกับกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ และกระเบื้องหินล้างสีเหลือง ระหว่างวันที่ 16 – 17 สิงหาคม 2557 สามารถสรุปผลได้ ดังนี้



รูปที่ 4.9 อุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นชนิดต่างๆ

จากผลการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นชนิดต่างๆ พบว่า กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบมีแนวโน้มของอุณหภูมิผิวหน้าสูงที่สุด ส่วนบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟอัตราส่วน 1:7 และกระเบื้องหินล้างสีเหลืองทอง มีแนวโน้มของอุณหภูมิผิวหน้าที่ใกล้เคียงกัน แต่หากพิจารณาจากอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวัน (เวลาประมาณ 14.00 น.) เห็นได้ว่า กระเบื้องหินล้างสีเหลืองทอง เป็นบล็อกปูพื้นที่มีอุณหภูมิผิวหน้าต่ำที่สุด รองลงมาคือ บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟอัตราส่วน 1:7 และกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ เป็นบล็อกปูพื้นที่มีอุณหภูมิผิวหน้าสูงที่สุด ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม หากนำอุณหภูมิผิวหน้าที่เก็บข้อมูลได้มาทำการเฉลี่ยทั้งหมด สามารถสรุปได้ ดังรูปที่ 4.10 ซึ่งก็พบว่า กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ เป็นบล็อกปูพื้นที่มีอุณหภูมิผิวหน้าสูงที่สุดอย่างชัดเจน แต่สำหรับบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟอัตราส่วน 1:7 และกระเบื้องหินล้างสีเหลือง เป็นบล็อกปูพื้นที่มีอุณหภูมิผิวหน้าใกล้เคียงกันมาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากสี ความหนาแน่น และพื้นผิวของผิวหน้าบล็อกปูพื้นที่แตกต่างกัน (ประชุม และกิตติพงษ์, 2549)



รูปที่ 4.10 อุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยของบล็อกปูพื้นชนิดต่างๆ

4.10 การวิเคราะห์ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์

ต้นทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่อัตราส่วนต่างๆ เปรียบเทียบกับกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบทั่วไป สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนของบล็อกปูพื้นในวันที่ 25 สิงหาคม 2557 ณ จังหวัดบุรีรัมย์ (บาท)

ประเภทต้นทุน	กระเบื้องคอนกรีต	บล็อกปูพื้น 1:6	บล็อกปูพื้น 1:7	บล็อกปูพื้น 1:8	บล็อกปูพื้น 1:9	บล็อกปูพื้น 1:10	บล็อกปูพื้น 1:11
ต้นทุนวัสดุต่อก้อน	4.68	2.83	2.50	2.17	1.74	1.54	1.41
ต้นทุนแรงงานต่อก้อน	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ต้นทุนรวม	**7.68**	**5.83**	**5.50**	**5.17**	**4.74**	**4.54**	**4.41**

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า ต้นทุนวัสดุ เป็นต้นทุนที่มีผลกระทบต่อต้นทุนรวมของบล็อกปูพื้นมากกว่าต้นทุนแรงงานอย่างชัดเจน ทั้งบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟและกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ ทำให้การเปลี่ยนชนิดและปรับปริมาณวัสดุส่งผลต่อต้นทุนรวมของบล็อกปูพื้น ทั้งนี้บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่ได้ มีต้นทุนรวมต่ำกว่ากระเบื้องคอนกรีตปูพื้น อย่างน้อย 1.84 – 2.51 บาทต่อก้อน แต่ยังคงมีสมบัติทางกายภาพและทางกลผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้นกำหนด (สมอ., 2531ก) ซึ่งต้นทุนรวมดังกล่าวเป็นต้นทุนในวันที่ 25 สิงหาคม 2557 ณ จังหวัดบุรีรัมย์ โดยมีรายละเอียดต้นทุนของบล็อกปูพื้นชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดต้นทุนของบล็อกปูพื้นในวันที่ 25 สิงหาคม 2557 ณ จังหวัดบุรีรัมย์ (บาท)

ส่วนผสม	กระเบื้องคอนกรีต	บล็อกปูพื้น 1:6	บล็อกปูพื้น 1:7	บล็อกปูพื้น 1:8	บล็อกปูพื้น 1:9	บล็อกปูพื้น 1:10	บล็อกปูพื้น 1:11
ปูนซีเมนต์ประเภท1 และปูนซีเมนต์ขาวผสมซิลิก้า (125 บาท/ 50 กก.)	3.33 (1.33กก.)	2.52 (1.01กก.)	2.18 (0.87กก.)	1.86 (0.74กก.)	1.47 (0.59กก.)	1.27 (0.51กก.)	1.15 (0.46กก.)
ทรายหยาบ (200บาท/1,000 กก.)	1.33 (6.67กก.)	-	-	-	-	-	-
เศษหินภูเขาไฟ (50บาท/1,000 กก.)	-	0.30 (6.05กก.)	0.31 (6.11กก.)	0.30 (5.96กก.)	0.26 (5.29กก.)	0.25 (5.09กก.)	0.25 (5.06กก.)
น้ำประปา (21.90 บาท/ลบ.ม.)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
แรงงานคน (1 บาท/ก้อน)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
รวมทั้งสิ้น	**7.68**	**5.83**	**5.50**	**5.17**	**4.74**	**4.54**	**4.41**

หมายเหตุราคาปูนซีเมนต์จาก ร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง อ.เมืองบุรีรัมย์ จ.บุรีรัมย์
ราคาทรายหยาบจาก โรงโม่หิน ศิลาชัยบุรีรัมย์ อ.เมืองบุรีรัมย์ จ.บุรีรัมย์
ราคาเศษหินภูเขาไฟคำนวณจากค่าขนส่งจาก บริษัท แบล็คซี จำกัด อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.บุรีรัมย์
ราคาน้ำประปาจาก การประปาส่วนภูมิภาค

4.11 การขอรับความคุ้มครองด้านทรัพย์สินทางปัญญา

บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ เป็นงานประดิษฐ์คิดค้นใหม่ ซึ่งสามารถยื่นขอรับอนุสิทธิบัตรได้ โดยใช้ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ว่า “กรรมวิธีการผลิตบล็อกปูพื้นจากเศษหินบะซอลต์”

ทั้งนี้ ได้รับความช่วยเหลือในการร่าง การจัดเตรียมเอกสาร และการยื่นคำขอรับอนุสิทธิบัตร จากหน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (TLO – RMUT)

4.12 การเผยแพร่ผลงานแก่กลุ่มเป้าหมาย

บทความวิจัยจากผลการดำเนินโครงการ “การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น” ถูกเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการ รวมทั้งมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน หน่วยงานภาครัฐ และหน่วยงานภาคเอกชน ดังนี้

1) บทความวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ” ได้รับการตีพิมพ์และนำเสนอในการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 10 ในวันที่ 20-22 ตุลาคม 2557 ณ โรงแรมดุสิต ไอส์แลนด์ รีสอร์ท จังหวัดเชียงราย

2) ผู้ประกอบการสนใจรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และได้นำไปประยุกต์ใช้เบื้องต้นแล้ว จำนวน 2 ราย ประกอบด้วย

2.1) บริษัท อริยะสุทธิ อินเตอร์เทรด จำกัด

2.2) บริษัท เอ.เอ็ม.ที ดีไซน์ แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานโครงการ “การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น” ที่ผ่านมา สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

5.1 สรุปผล

เมื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานและวัตถุประสงค์ของโครงการ สามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์ได้ ดังนี้

1) เศษหินภูเขาไฟที่เหลือจากโรงโม่หินในตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ ได้แก่ ขนาดระหว่าง 5 – 10 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร เมื่อนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1 หรือปูนซีเมนต์ขาวชนิดผสมซิลิก้า และน้ำประปา จากนั้นอัดขึ้นรูปเป็นบล็อกปูพื้นได้ด้วยเครื่องอัดบล็อกปูพื้นและแบบหล่อบล็อกปูพื้นชนิดถอดประกอบได้เช่นเดียวกับบล็อกปูพื้นทั่วไป ได้บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่สามารถใช้งานได้ในเชิงพาณิชย์

2) อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของบล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟ คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเศษหินภูเขาไฟต่อน้ำประปา เท่ากับ 1:7:0.4 โดยน้ำหนัก ได้บล็อกปูพื้นจากเศษหินภูเขาไฟที่มีสมบัติทางกายภาพและทางกลผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น กำหนด รวมทั้งต้นทุนของบล็อกปูพื้นดังกล่าว ยังต่ำกว่ากระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบทั่วไป ประมาณ 2.18 บาทต่อก้อน

3) เศษหินภูเขาไฟจากจังหวัดบุรีรัมย์ที่ผสมลงในบล็อกปูพื้น ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลที่ด้อยลง แต่ช่วยให้สมบัติด้านน้ำหนักหรือความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นที่เบาขึ้น นอกจากนี้ เศษหินภูเขาไฟยังช่วยให้บล็อกปูพื้นมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้น

4) โครงการ “การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น” ได้เผยแพร่เป็นบทความในงานประชุมวิชาการ จำนวน 1 ครั้ง และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับหน่วยงานภาคเอกชน จำนวน 2 บริษัท

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยต่อไป ควรหาแนวทางการนำเศษหินภูเขาไฟไปใช้ประโยชน์เพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากเศษหินภูเขาไฟ และลดค่าขนส่งวัสดุจากนอกพื้นที่ ซึ่งจะเป็นการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเป็นการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี, 2553. **การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดบุรีรัมย์.** กรมทรัพยากรธรณี. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 96 หน้า.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2540, **คอนกรีตเทคโนโลยี**, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 5, หน้า 25-30.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2552. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน**, กรุงเทพฯ, บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย อุตสาหกรรม จำกัด.

ดนุพล ตันนโยภาส, 2552. **วิทยาแร่.** พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ดนุพล ตันนโยภาส, 2553. **แร่และหิน.** พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ถนัดกิจ ชารีรัตน์ และปริญญา จินดาประเสริฐ, 2552. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนโพรงและกำลังอัดของคอนกรีตพรุน. **เอกสารประกอบการประชุมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: นครราชสีมา. 13-15 พฤษภาคม 2552, หน้า 1,727-1,732.

ประชุม คำพุฒ, 2552. **โครงการพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ.** รายงานฉบับ สมบูรณ์ โครงการวิจัยภาครัฐร่วมเอกชนเชิงพาณิชย์ ประจำปี 2552, เครือข่ายการวิจัยเครือข่าย ภาคกลางตอนบน, สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2549. การศึกษาอิฐประกอบสำหรับปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ, **รายงานฉบับสมบูรณ์**, สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน: กรุงเทพฯ.

ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2557. การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก. **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19**.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 7, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (ส.ค.ท.), หน้า 2.

ภาคภูมิ มงคลสังข์, 2550. **การศึกษาการใช้เถ้าตะกรันลิกไนต์เป็นมวลรวมในการทำบล็อกปูถนน.** การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3, ณ โรงแรม ลองบีช การ์เด้น โฮเทล แอนด์ สปา, พัทยา, ชลบุรี, MAT-01-MAT-06.

ยงยุทธ ชัยเขตร, ปิยนัฐ สุขรัฐ, สนธยา จวนเจริญ และวีระ เนตราทิพย์, 2551. **การใช้ประโยชน์จากผงหินบะซอลต์ในการทำเนื้อดินหล่อเซรามิกส์,** ในโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี 2551. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ยุวดี หิรัญ, พีรพงษ์ ศิวินา และสุรชาติ ราโชติ, 2550, **การศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับผลิตบล็อกปูผิวทางระบายน้ำได้**, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3, ณ โรงแรม ลองบีช การ์เด้น โฮเทล แอนด์ สปา, พัทยา, ชลบุรี, MAT-145-MAT-149.

วิกิพิเดียสารานุกรมเสรี, 2555. **หินภูเขาไฟ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.wikipedia.org/wiki/. 15 สิงหาคม 2555.

วุฒินัย กกกำแหง และนรา รัตนวงศ์, 2553. **บล็อกประสานจากหน้าดินขาว**, งานวิจัยวิศวกรโยธา ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.).

วินิต ช่อวิเชียร, 2527. **คอนกรีตเทคโนโลยี**, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 5.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2531ก. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น**, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2531ข. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.827-2531 เรื่อง คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น**, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.

สมพิศ ตันตวรนาท, ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2555. **การเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวนความร้อนและการรับกำลังของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางธรรมชาติ : กรณีผสมมวลรวมขนาดต่างกัน.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 “วิศวกรรมโยธากับการพัฒนาเชิงบูรณาการ”, ณ โรงแรม เซ็นทารา แอนด์คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์, อุดรธานี, 9-11 พฤษภาคม 2555, หน้า MAT029-1- MAT029-8.

Abdel-Hameed, S.A.M. and Bakr, I.M., 2007. Effect of alumina on ceramic properties of cordierite glass–ceramic from basalt rock. **Journal of the European Ceramic Society.** 27(2-3), 1893–1897.

American Society for Testing and Materials (ASTM), 2012. **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia.

El-Mahllawy, M.S., 2008. Characteristics of acid resisting bricks made from quarry residues and waste steel slag. **Construction and Building Materials**. 22(8), 1887-1896.

El-Alfi, E.A., Othman, A.G. and Elwan, M.M., 1999. Physico-mechanical propert ies of basalt-clay bricks. **Industrial Ceramics.** 19(3), 145-150.

El-Alfi, E.A., Radwan, A.M. and Ali, M.H., 2004. Physico-mechanical properties of basalt bricks. **International Ceramic Review**. 53(3), 178–181.

Karamanov, A., Ergul, S., Akyildiz, M. and Pelino, M., 2007. Sinter-crystallization of a glass obtained from basaltic tuffs. **Journal of Non-Crystalline Solids**. 354(2-9), 290-295.

Yilmaz, S., Ozkan, O.T. and Gunay, V., 1996. Crystallization kinetics of basalt glass. **Ceramics International**. 22(6), 477-481.

Youssef, N.F., Osman, T.A. and El-Shimy, E., 2004. Utilization of granite–basalt fine quarry waste in a ceramic floor tile mixture. **Journal Silicate Industries.** 69(1–2), 7–13.

ภาคผนวก