

การศึกษาคุณสมบัติของอิฐทนไฟโดยใช้ทรายชนาทเป็นวัตถุดิบหลัก

ภาณุวัฒน์ สุริยฉัตร¹ และ สาโรจน์ ขาวดี²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

รับเมื่อ 25 กันยายน 2545 ตอรับเมื่อ 6 สิงหาคม 2546

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือศึกษาคุณสมบัติทรายชนาทจากแหล่งเขาน้อย อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาทผสมกับแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และดินทนไฟในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐทนไฟตามมาตรฐาน ASTM ผลที่ได้เปรียบเทียบกับอิฐทนไฟของที่ผลิตขายทั่วไป 2 ชนิด

ทรายชนาทมีส่วนประกอบของแร่ควอตซ์ร้อยละ 80 และแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 20 ซึ่งเป็นตัวประสาน (binder) ตามธรรมชาติ มีขนาดคละกันไม่ค่อยดี มีค่า Fineness Modulus เท่ากับ 1.42 จำแนกตามระบบ Unified Soil Classification จัดเป็นกลุ่ม SP มีชื่อว่า Poorly Graded Sand ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานได้แก่ การดูดซึมน้ำ (water absorption), ความพรุน (apparent porosity), ความถ่วงจำเพาะ (apparent specific gravity), ความหนาแน่น (bulk density), แรงต้านทานเมื่อเย็น (cold crushing strength), การนำความร้อน (thermal conductivity), และ การหดตัวหลังการเผา (burning shrinkage) ของส่วนผสมระหว่างทรายชนาทกับแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และทรายชนาทกับดินทนไฟ ในอัตราส่วนต่างๆ ที่ความดัน 300 350 และ 400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยแสดงค่าเปรียบเทียบผลในรูปของตาราง ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าทรายชนาท เมื่อผสมกับแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ หรือผสมกับดินทนไฟ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมสามารถใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอิฐทนไฟตามมาตรฐาน ASTM นอกจากนี้ได้ให้ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดสำหรับการศึกษารั้งนี้

คำสำคัญ: ทรายชนาท / อิฐทนไฟ / โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ / ดินทนไฟ / แรงต้านทานเมื่อเย็น / ค่าความนำความร้อน / การหดตัวหลังการเผา

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

² นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Properties of Refractory Brick Using Chainat Sand as Raw Material

Phanuwat Suriyachat¹ and Sarot Koadee²

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

Received 25 September 2002 ; accepted 6 August 2003

Abstract

The objective of this paper is to study the utilization of the on land deposited sand from Kuoanoi, Hunka district, Chainat province. By mixing with K-Feldspar and fire clay in various ratios, the Chainat sand is used as raw material for insulator brick production according to ASTM Standard. The results are compared with two commercially available refractory bricks.

Chainat sand consists of 80% Quartz and 20% K-Feldspar which is the natural binder. The grain size distribution of Chainat sand is not well graded with fineness modulus of 1.42. According to Unified Soil Classification system it is in SP group, namely as poorly graded sand. The basic properties of admixtures namely Water Absorption, Apparent porosity, Apparent Specific Gravity, Bulk Density, Cold Crushing Strength, Thermal Conductivity, and Burning Shrinkage at 300, 350, and 400 kg/cm² forming pressures are tested and presented in table forms. In conclusion, the Chainat sand mixing in proper ratios with K-Feldspar and fire clay can be used as main raw material for refractory brick according to ASTM standard. Furthermore, some limitations and recommendation are pointed out.

Keywords : Chainat Sand / Refractory Brick / K-Feldspar / Fire Clay / Cold Crushing Strength / Thermal Conductivity / Burning Shrinkage

¹ Assistant Professor, Department of Civil Engineering.

² Graduate Student, Department of Civil Engineering.

1. บทนำ

แหล่งกำเนิดทรายแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ทรายทะเล และทรายบก ทรายทะเลเกิดจากการผุพังย่อยสลายของหินทรายยุค Mesozoic ในภาคตะวันออกเฉียงและหินแกรนิตยุค Cretaceous ในภาคใต้ ถูกชะล้างพัดพามาสะสมในทะเล แล้วถูกอิทธิพลของคลื่นและการยกตัวของแผ่นดิน คัดเอาแร่อื่นๆ ที่มีขนาดเล็กและไม่มีซิลิกาออกจนเกือบหมดทำให้มีความบริสุทธิ์สูง ในขณะที่ทรายบกตามที่ราบลุ่มเจ้าพระยาเกิดจากการผุพังย่อยสลายตามธรรมชาติของหินแกรนิตและหินทรายแหล่งต่างๆ ตะกอนจะถูกพัดพามาสะสมตัวโดยแม่น้ำหรือน้ำพามา และมีปริมาณลำรองมหาศาล เช่น ทรายบกบริเวณเขาน้อย จังหวัดชัยนาท ทรายบกจึงมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปขึ้นกับตัวแปรหลายประการได้แก่ ลักษณะการเกิด การสะสมตัว ระยะการพัดพาหรือการนำพาของน้ำ แหล่งหินที่ให้กำเนิด การศึกษาคูณสมบัติทางเคมีของทรายบกยังไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากผู้ใช้นำทรายบกไปใช้ในภาคการก่อสร้าง และจะให้ความสนใจเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพและสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ มากกว่า อย่างไรก็ตามจากรายงานของกรมทรัพยากรธรณีวิทยาพบว่ามีการสำรวจและรายงานคุณภาพของตะกอนทรายของแหล่งทรายบางแหล่งไว้ชัดเจน โดยจะพบแร่ประกอบหินแกรนิตสะสมตัวรวมอยู่ด้วย เช่น แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไมกา [1]

ทรายบกมีคุณสมบัติไม่แน่นอน บางแหล่งมีคุณภาพสูง มีซิลิกาถึงร้อยละ 98 บางแหล่งมีคุณภาพต่ำ มีซิลิการ้อยละ 60-80 ขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิด การพัดพา การคัดพวก และการขัดสีตามธรรมชาติ ทำให้มีการดำเนินการแต่งแร่ทรายบกคุณภาพดีเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมกระจกและแก้วบ้างแล้วเช่นที่อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ลิน ลินสกุล [2] รายงานว่า ปริมาณทรายที่ถูกนำมาใช้งานจริงในประเทศไทย ยังไม่มีการจัดบันทึกไว้ในภาคการก่อสร้างประมาณว่าตั้งแต่ปี 2540-2547 จะมีการใช้ปูนซีเมนต์ภายในประเทศประมาณ 451.71 ล้านตัน คิดเป็นส่วนผสมทรายประมาณ 900 ล้านตัน ทั้งนี้ไม่รวมทรายถมที่ใช้ในการปรับพื้นที่ และประมาณว่าประเทศไทยมีการใช้ทรายในภาคการก่อสร้างประมาณร้อยละ 85 และภาคอุตสาหกรรมร้อยละ 15

อิฐทนไฟเป็นวัสดุทนไฟชนิดหนึ่งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมเซรามิกที่ใช้ประโยชน์ไม่เฉพาะแต่ในอุตสาหกรรมเซรามิกเท่านั้น หากยังใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ต้องใช้ความร้อนสูงในการผลิต เช่น เตาหลอมโลหะในอุตสาหกรรมเหล็ก เตาเผาผลิตไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและอื่นๆ การใช้อิฐทนไฟส่วนใหญ่ใช้ในการก่อสร้างเตาเผาชนิดต่างๆ รูปลักษณะและขนาดของอิฐจึงมีต่างๆ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการก่อสร้างให้ได้รูปแบบและขนาดตามความต้องการของแบบแปลน ซึ่งการผลิตอิฐทนไฟแต่ละชนิดสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกันแต่ทุกวิธีมีหลักการในการขึ้นรูปอิฐเหมือนกัน คือ ผสมวัสดุอันได้แก่ ดินทนไฟ ดินเหนียว ดินขาว หรือดินเกลินเป็นหลัก ร่วมกับวัสดุเสริมของอิฐทนไฟแต่ละชนิดและน้ำในเครื่องผสม แล้วนำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องไฮดรอลิค คุณสมบัติของอิฐสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสาร [3]-[6] วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือศึกษาคุณสมบัติทรายบกจากแหล่งเขาน้อย อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท นำผสมกับแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์และดินทนไฟ ในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐทนไฟตามมาตรฐาน ASTM เป็นโครงการวิจัยพื้นฐานในการเพิ่มมูลค่าของทรายบกแทนที่จะนำไปใช้เฉพาะการก่อสร้างซึ่งมีมูลค่าต่อหน่วยต่ำ

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดสอบ

2.1 ตัวอย่างทราย

ตัวอย่างทรายบดที่ใช้ทดสอบเก็บจากบริเวณ เขาน้อย อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท

2.2 การเตรียมวัสดุดิบ

ขึ้นรูปส่วนผสมวัสดุดิบเป็นก้อนลูกบาศก์ขนาดด้านละ 50 มม. ตามมาตรฐาน ASTM C 20-97 หลังขึ้นรูปแล้วผึ่งให้แห้ง 1 วัน แล้วเผาด้วยอุณหภูมิ 1,310^oซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง สำหรับหลอมตัวอย่างทดสอบ เพราะว่าเป็นอุณหภูมิหลอมตัวของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

2.3 การปรับอัตราส่วนในการผสมตัวอย่างทดสอบ

นำทรายชัยนาทผสมแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (K-feldspar) ให้ได้อัตราส่วนผสมทรายชัยนาทต่อแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ เท่ากับ 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ให้ชื่อว่าอิฐชัยนาทโพแทส และผสมดินทนไฟ ให้ได้อัตราส่วนผสมทรายชัยนาทต่อดินทนไฟ เท่ากับ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ให้ชื่อว่าอิฐชัยนาทดินทนไฟ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์และอัตราส่วนในการผสมตัวอย่างทดสอบ

สัญลักษณ์	อิฐชัยนาทโพแทส		สัญลักษณ์	อิฐชัยนาทดินทนไฟ	
	ทรายชัยนาท (ร้อยละ)	โพแทสเซียม เฟลด์สปาร์ (ร้อยละ)		ทรายชัยนาท (ร้อยละ)	ดินทนไฟ (ร้อยละ)
S8K2	80	20	S9F1	90	10
S7K3	70	30	S8F2	80	20
S6K4	60	40	S7F3	70	30
S5K5	50	50	S6F4	60	40
			S5F5	50	50

2.4 วิธีการทดสอบแรงต้านทานเมื่อเย็น

โดยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 135-97 [8]

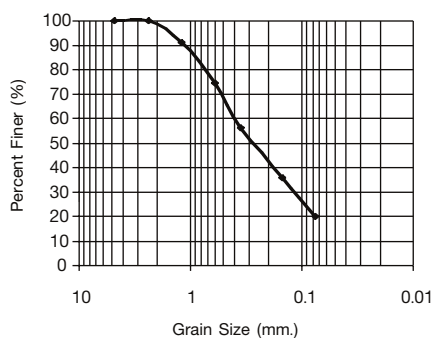
2.5 วิธีการทดสอบการนำความร้อน

ใช้การทดสอบทางอ้อมโดยการวัดอุณหภูมิเปรียบเทียบกับอิฐทนไฟจากโรงงานของบริษัทสยามวัสดุทนไฟและบริษัทบางกอกแสงไทยจำกัด แล้วนำมาคำนวณหาค่าความนำความร้อน มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ นำอิฐทดสอบที่ขึ้นรูปเผาแล้ว โดยเสียบแท่นผนังเตาดังรูปที่ 1 โดยจะเสียบอิฐทดสอบตั้งแต่เริ่มใช้เตาเผาจับเวลา จนกระทั่งอุณหภูมิถึงที่กำหนด แล้วปรับอุณหภูมิให้คงที่ ทำการวัดอุณหภูมิจากอิฐทดสอบด้านนอกผนัง จนได้อุณหภูมิคงที่

บันทึกค่า จะได้ผลต่างอุณหภูมิข้างในเตาและนอกเตา ทำการทดลองที่อุณหภูมิในเตาเผาเท่ากับ 700, 800, 900 และ 1,000 °ซ แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นคำตอบ ต่อจากนั้นทดสอบการนำความร้อนของอิฐทนไฟ จากบริษัทที่หนึ่ง (อิฐสยาม) และบริษัทที่สอง (อิฐบางกอก) แล้วเปรียบเทียบผลการทดสอบกับอิฐชั้นนาตามแนวทาง ASTM C 20-97 และ C 133-97 [8]



รูปที่ 1 ภาพด้านบนของเตาเผาที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 2 Grain-Size Distribution Curve ของทรายชั้นนา

2.6 วิธีการทดสอบหาการหดตัวหลังการเผา

วัดความยาวของตัวอย่างก่อนเข้าเตาเผาและหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1,310 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง [9] คำนวณค่าการหดตัว

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ทางแร่วิทยาของทรายชั้นนา

จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ทรายบดจากแหล่งเขาน้อย อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท มีส่วนประกอบของแร่ควอตซ์ (SiO_2) ร้อยละ 80 และแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (KAlSi_3O_8) ร้อยละ 20 ซึ่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ เป็นตัวประสานตามธรรมชาติในการทำอิฐทนไฟ

3.2 ผลการทดสอบการกระจายขนาดของทรายชั้นนา

รูปที่ 2 แสดงการกระจายขนาด (Grain-Size Distribution Curve) ของทรายชั้นนา จะเห็นว่าทรายชั้นนามีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่เส้นกราฟจะมีลักษณะค่อนข้างชัน มีค่า Fineness Modulus เท่ากับ 1.42 ซึ่งเป็นค่าความละเอียดสูงตาม Unified Soil Classification system จัดเป็นกลุ่ม SP มีชื่อว่า poorly graded sand

3.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของอิฐชั้นนา

อิฐชั้นนามีคุณสมบัติพื้นฐานได้แก่ ค่าการดูดซึมน้ำ, ค่าความพรุน, ค่าความถ่วงจำเพาะ, และค่าความหนาแน่น ในอัตราส่วนผสมต่างๆ กับแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และแร่ดินทนไฟ ที่ความดัน 300 350 และ 400 กก./ซม.² เปรียบเทียบกับอิฐสยามและอิฐบางกอกดังแสดงในตารางที่ 2

3.4 ผลการทดสอบแรงต้านทานเมื่อเย็น

ผลการทดสอบแรงต้านทานเมื่อเย็นของอิฐชัชนาโทโพแทส ที่ขึ้นรูปด้วยความดัน 300 350 และ 400 กก./ซม.² แสดงในรูปที่ 3 แรงต้านทานเมื่อเย็นที่อัตราส่วนผสมต่างๆ จะเห็นว่าที่ส่วนผสมเดียวกันแต่เพิ่มความดันของการขึ้นรูป แรงต้านทานเมื่อเย็นมีค่าเพิ่มขึ้น เป็นไปตามหลักที่ว่าเมื่อเพิ่มความดันในการขึ้นรูปการประสานของทรายกับแร่โพแทสซีแอมเฟลด์สปาร์ของเนื้ออิฐจะดีขึ้น แต่กรณีส่วนผสมต่างกันโดยเพิ่มร้อยละ แร่โพแทสซีแอมเฟลด์สปาร์ ขึ้นรูปด้วยความดันเท่ากันจะได้แรงต้านทานเมื่อเย็น มีแนวโน้มไม่แน่นอน กลุ่มนี้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 126 กก./ซม.² ของตัวอย่าง S7K3 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 118 กก./ซม.² ของตัวอย่าง S6K4 รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบแรงต้านทานเมื่อเย็นของอิฐชัชนาดินทนไฟ พบว่าถ้าขึ้นรูปด้วยส่วนผสมเดียวกันแต่ความดันขึ้นรูปเพิ่มขึ้น จะได้แรงต้านทานเมื่อเย็นเพิ่มขึ้น เหตุผลเช่นเดียวกับของอิฐชัชนาโทโพแทส แต่ที่อัตราส่วนผสมต่างกันโดยเพิ่มร้อยละของดินทนไฟและขึ้นรูปด้วยความดันเท่ากัน จะได้แรงต้านทานเมื่อเย็นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น กลุ่มนี้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 172 กก./ซม.² ของตัวอย่าง S6F4 และค่าต่ำสุดเท่ากับ 124 กก./ซม.² ของตัวอย่าง S9F1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของอิฐสยามมีค่าเท่ากับ 186 กก./ซม.² และอิฐบางกอกมีค่าเท่ากับ 171 กก./ซม.²

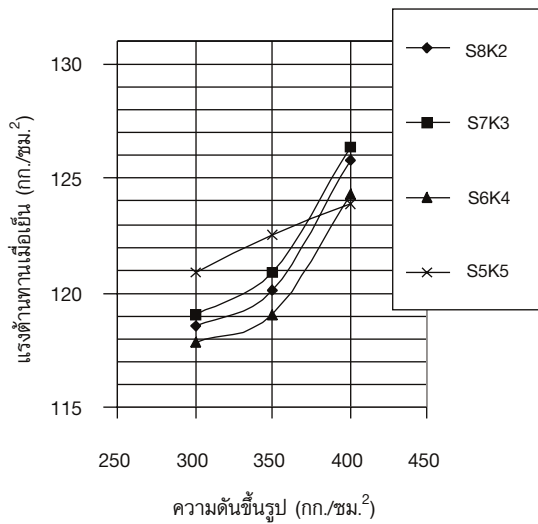
3.5 ผลการทดสอบการนำความร้อน

รูปที่ 5 แสดงค่าการนำความร้อน (K) ของอิฐชัชนาโทโพแทสและของอิฐชัชนาดินทนไฟ ในอัตราส่วนผสมต่างๆ ที่ความดันขึ้นรูป 300 350 และ 400 กก./ซม.² เมื่อเปรียบเทียบกับค่า K ของอิฐสยามและอิฐบางกอกซึ่งมีค่า K เท่ากับ 0.50 kcal./hr.m. °C และ 0.55 kcal./hr.m. °C ตามลำดับ

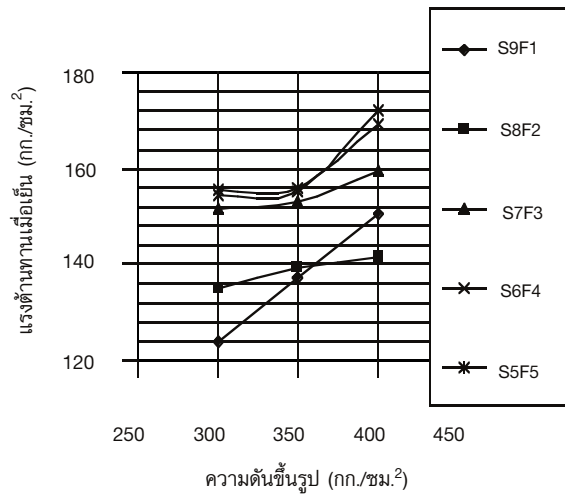
ผลการทดสอบค่า K ของอิฐชัชนาโทโพแทสและของอิฐชัชนาดินทนไฟ ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน พบว่าถ้าอัตราส่วนผสมเท่ากันแต่การขึ้นรูปด้วยความดันมากขึ้นค่า K ที่ได้มีค่าแนวโน้มสูงขึ้น มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นไปตามหลักที่ว่าเมื่อเพิ่มความดันในการขึ้นรูปการประสานของทรายกับแร่โพแทสซีแอมเฟลด์สปาร์หรือกับดินทนไฟของเนื้ออิฐจะดีขึ้น การถ่ายเทความร้อนก็ดีขึ้น ซึ่งค่า K สูงขึ้นถือว่าคุณภาพการเป็นฉนวนทนไฟลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่า K ของอิฐของสองบริษัท จะพบว่ากลุ่มที่มีค่า K สูงกว่าได้แก่ S9F1, S8F2, S7F3, S6F4, S5K5, และ S5F5 ส่วนกลุ่มที่มีค่า K ต่ำกว่าได้แก่ S8K2, S7K3, และ S6K4

ตารางที่ 2 คุณสมบัติพื้นฐานของอิฐชั้นนาท อิฐสยาม และอิฐบางกอก

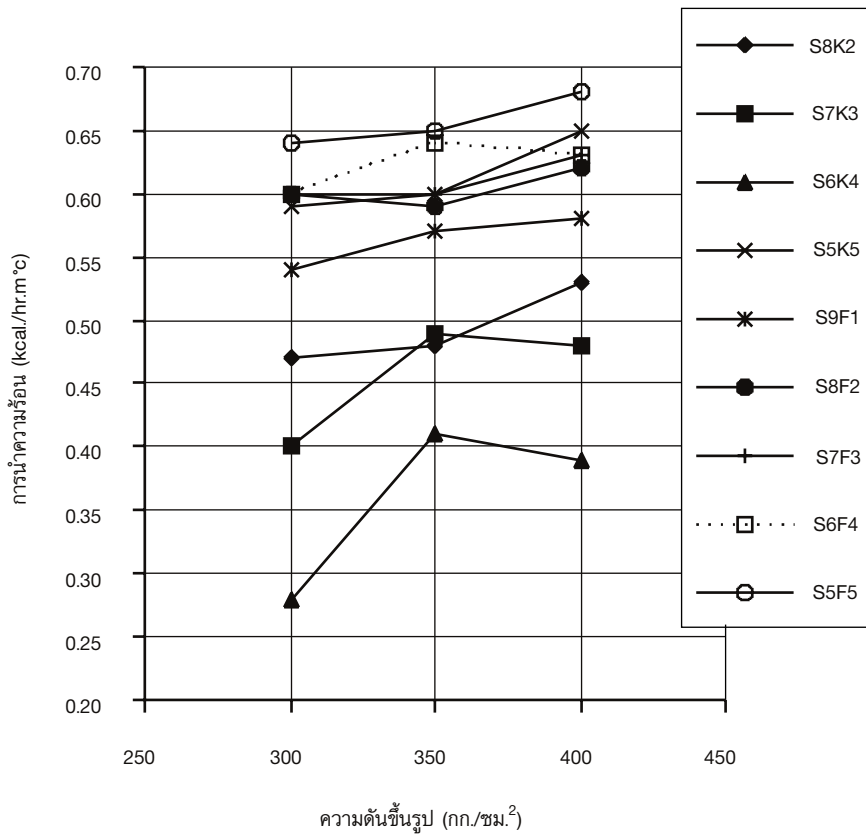
สัญลักษณ์	ความดันของการขึ้นรูป (กก./ซม. ²)			คุณสมบัติพื้นฐาน			
				การดูดซึมน้ำ (%)	ความพรุน (%)	ความถ่วง จำเพาะ	ความ หนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.)
S8K2	300			13.88	30.67	3.19	2.21
S7K3	300			14.84	32.35	3.22	2.18
S6K4	300			16.50	35.69	3.36	2.16
S5K5	300			12.94	28.48	3.08	2.20
S8K2		350		13.28	29.61	3.17	2.23
S7K3		350		14.49	31.88	3.23	2.20
S6K4		350		15.42	33.78	3.31	2.19
S5K5		350		11.57	26.74	3.15	2.31
S8K2			400	11.83	28.16	3.31	2.38
S7K3			400	13.86	30.92	3.23	2.23
S6K4			400	15.38	33.92	3.34	2.21
S5K5			400	10.61	25.99	3.31	2.45
S9F1	300			14.69	25.61	2.34	1.74
S8F2	300			14.55	24.88	2.28	1.71
S7F3	300			13.92	24.80	2.37	1.74
S6F4	300			12.54	23.07	2.39	1.84
S5K5	300			12.11	22.88	2.45	1.89
S9F1		350		13.25	25.04	2.52	1.89
S8F2		350		13.72	24.00	2.30	1.75
S7F3		350		13.14	23.91	2.39	1.82
S6F4		350		11.56	23.00	2.58	1.99
S5K5		350		11.02	22.05	2.57	2.00
S9K1			400	11.55	23.91	2.72	2.07
S8K2			400	12.83	23.99	2.46	1.87
S7K3			400	10.55	22.27	2.71	2.11
S6K4			400	10.33	22.01	2.73	2.13
S5K5			400	8.50	22.06	2.95	2.36
อิฐสยาม				10.61-16.50	25.99-35.69	3.15-3.36	2.16-2.45
อิฐบางกอก				8.50-14.69	22.01-25.61	2.28-2.95	1.71-2.36



รูปที่ 3 แรงต้านทานเมื่อเย็นของอิฐฉนวนไฟฟอส



รูปที่ 4 แรงต้านทานเมื่อเย็นของอิฐฉนวนหินทนไฟ

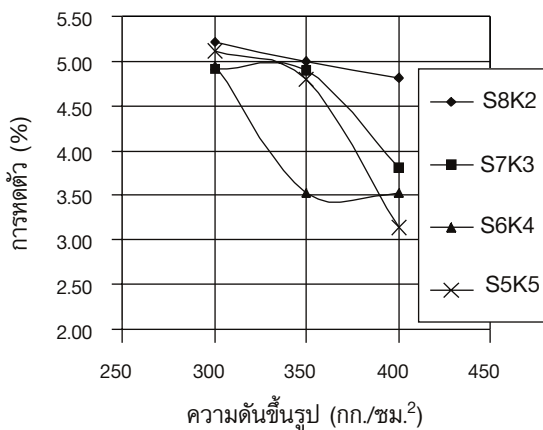


รูปที่ 5 ค่าการนำความร้อนของอิฐฉนวนไฟฟอสและอิฐฉนวนหินทนไฟ

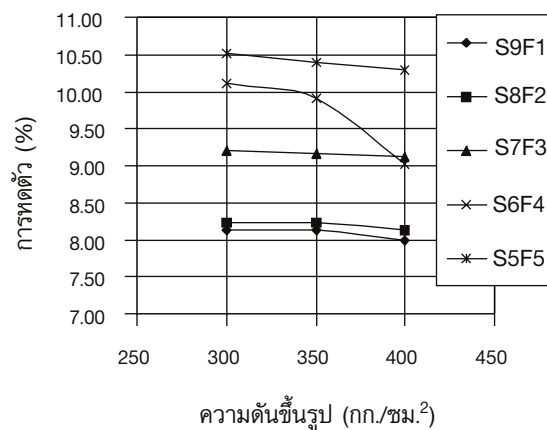
ค่า K สูงสุดเท่ากับ 0.65 kcal./hr.m.²°C ของตัวอย่าง S5K5 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.28 kcal./hr.m.²°C ของตัวอย่าง S6K4 แต่ที่อัตราส่วนผสมต่างกันโดยขึ้นรูปด้วยความดันเดียวกันการเพิ่มปริมาณแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์หรือดินทนไฟของเนื้ออิฐ จะได้ค่า K มีแนวโน้มลดลงถือว่าคุณภาพการเป็นฉนวนทนไฟดีขึ้น สรุปผลจากการทดสอบค่า K สูงสุดมีค่าสูงกว่าของอิฐของสองบริษัทประมาณร้อยละ 26 ส่วนค่า K. ต่ำสุดมีค่าต่ำกว่าอิฐของสองบริษัทประมาณร้อยละ 100

3.6 ผลการทดสอบการหดตัวหลังการเผา

รูปที่ 6 และรูปที่ 7 แสดงค่าการหดตัวหลังการเผา ของอิฐชัณนาทโพแทสเซียมและอิฐชัณนาทดินทนไฟ ในอัตราส่วนผสมต่างๆ ที่ความดันขึ้นรูป 300 350 และ 400 กก./ซม.² รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบการหดตัวหลังการเผาของอิฐชัณนาทโพแทสเซียม พบว่าที่ส่วนผสมเท่ากันแต่ขึ้นรูปด้วยความดันมากขึ้น ค่าการหดตัวมีแนวโน้มลดลง ถ้าอัตราส่วนผสมต่างกันการเพิ่มแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ขึ้นรูปด้วยความดันเท่ากัน ค่าการหดตัวมีแนวโน้มลดลง ค่าการหดตัวสูงสุดร้อยละ 5.22 ของตัวอย่าง S8K2 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 3.13 ของตัวอย่าง S5K5 รูปที่ 7 แสดง ผลการทดสอบการหดตัวหลังการเผาของอิฐชัณนาทดินทนไฟ พบว่าที่ส่วนผสมเท่ากันแต่ขึ้นรูปด้วยความดันมากขึ้น ค่าการหดตัวมีแนวโน้มลดลง แต่ถ้าอัตราส่วนต่างกันการเพิ่มดินทนไฟที่ขึ้นรูปด้วยความดันเดียวกัน ค่าการหดตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตรงข้ามกับค่าของอิฐชัณนาทโพแทสเซียม กลุ่มนี้ได้ค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 10.51 ของตัวอย่าง S6F4 และได้ค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 7.98 ของตัวอย่าง S9F1 สรุปได้ว่าค่าการหดตัวของอิฐชัณนาทโพแทสเซียมใกล้เคียงกับมาตรฐาน ASTM คือร้อยละ 3-5 ส่วนของทรายชัณนาทกับดินทนไฟมีค่าเกินมาตรฐาน



รูปที่ 6 การหดตัวหลังการเผา
ของอิฐชัณนาทโพแทสเซียม



รูปที่ 7 การหดตัวหลังการเผา
ของอิฐชัณนาทดินทนไฟ

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. ทรายชัชนาถ มีส่วนประกอบของแร่ควอตซ์ร้อยละ 80 และแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ร้อยละ 20 ซึ่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เป็นตัวประสานตามธรรมชาติ มีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ มีขนาดคละกันไม่ค่อยดี มีค่า Fineness Modulus เท่ากับ 1.42 จำแนกตาม Unified Soil Classification system จัดเป็นกลุ่ม SP มีชื่อว่า poorly graded sand

2. อิฐชัชนาถโพแทสเซียมมีค่าความหนาแน่นระหว่าง 2.16-2.45 กรัม/ลบ.ซม. มีค่าความถ่วงจำเพาะระหว่าง 3.15-3.36 มีค่าความพรุนระหว่าง 25.99-35.69 และมีค่าการดูดซึมน้ำระหว่างร้อยละ 10.61-16.50 ขณะที่อิฐชัชนาถดินเหนียวมีค่าความหนาแน่นระหว่าง 1.71-2.36 กรัม/ลบ.ซม. มีค่าความถ่วงจำเพาะระหว่าง 2.28-2.95 มีค่าความพรุนระหว่าง 22.01-25.61 และมีค่าการดูดซึมน้ำระหว่างร้อยละ 8.50-14.69 เมื่อเทียบกับคุณสมบัติของอิฐสยามและอิฐบางกอกแล้วเป็นคุณสมบัติที่ยอมรับได้ในทางการค้า

3. ผลการทดสอบแรงต้านทานเมื่อเย็นของอิฐชัชนาถทั้งสองชนิด จะเห็นว่าที่ส่วนผสมเดียวกันแต่ความดันขึ้นรูปเพิ่ม แรงต้านทานเมื่อเย็นจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ถ้าส่วนผสมต่างกันโดยเพิ่มร้อยละดินเหนียวที่ขึ้นรูปด้วยความดันเท่ากัน แรงต้านทานเมื่อเย็นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสูงสุดของอิฐชัชนาถทั้งสองชนิด เทียบกับของอิฐสยามและอิฐบางกอกมีค่าต่ำกว่าประมาณร้อยละ 10

4. ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของอิฐชัชนาถ ที่อัตราส่วนผสมต่างกัน พบว่าถ้าอัตราส่วนผสมเท่ากันแต่การขึ้นรูปด้วยความดันสูงขึ้น ค่าการนำความร้อนที่ได้มีค่าแนวโน้มสูงขึ้น แต่ที่อัตราส่วนผสมขึ้นรูปต่างกัน โดยขึ้นรูปด้วยความดันเดียวกัน จะได้ค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มลดลง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.28-0.65 kcal./hr.m.^oC และค่าการนำความร้อนสูงสุดมีค่าสูงกว่าอิฐของสองบริษัทประมาณร้อยละ 26 ส่วนค่าการนำความร้อนต่ำสุดมีค่าต่ำกว่าอิฐของสองบริษัทประมาณร้อยละ 100

5. ผลการทดสอบค่าการหดตัวหลังการเผาของอิฐชัชนาถทั้งสองชนิด ที่ส่วนผสมเท่ากันแต่ขึ้นรูปด้วยความดันมากขึ้น ค่าการหดตัวมีแนวโน้มลดลง ถ้าอัตราส่วนผสมต่างกันการเพิ่มแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์หรือดินเหนียวที่ขึ้นรูปด้วยความดันเท่ากัน ค่าการหดตัวมีแนวโน้มตรงกันข้าม ค่าการหดตัวของอิฐชัชนาถโพแทสเซียมได้มาตรฐาน ASTM

6. ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าทรายชัชนาถ เมื่อผสมกับแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ หรือผสมกับดินเหนียว จะให้ค่าคุณสมบัติที่หลากหลาย สามารถเลือกใช้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามความต้องการ สามารถใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอิฐทนไฟได้ตามมาตรฐาน ASTM

ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดมีดังนี้

1. การศึกษาวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นหาคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพของอิฐทนไฟโดยใช้ทรายจากแหล่งชัชนาถ โดยไม่ได้แยกขนาดผสมกับแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ถ้ามีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยแยกขนาดผสมสามารถนำผลเปรียบเทียบกันได้อีก น่าจะหาได้ว่าทรายแหล่งนี้ ขนาดใดเหมาะสำหรับทำอิฐทนไฟและมีคุณภาพดียิ่งขึ้น

2. ควรผสมตัวประสานหลากหลาย เพราะประเทศไทยยังมีทรัพยากรแร่ชนิดอื่นๆ ที่ควรส่งเสริมริเริ่มนำมาทดลอง ศึกษา วิจัย เพื่อปรับปรุงพัฒนาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมให้ดียิ่งขึ้น

3. ควรปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในเตาหลอมตัวอย่างเพื่อหาจุดหลอมตัวที่เหมาะสม ควรศึกษาอัตราส่วนของน้ำในการผสมตัวอย่างขึ้นรูปว่ามีความเหมาะสมที่อัตราส่วนใด

4. การศึกษานี้ไม่ได้หาค่า Pyrometric Cone Equivalent (PCE), Thermal Shock, Reheat Test เพื่อหาจุดหลอมตัวของอิฐทนไฟ ตามมาตรฐาน ASTM C 24-89 ซึ่งจะทนไฟที่อุณหภูมิต่างกัน ก่อนที่จะหลอมยุบตัว เนื่องจากไม่มีเครื่องมือสำหรับการทดสอบ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณ คุณณรงค์ ยืนยงหัตถกรรม ซึ่งได้ให้คำแนะนำ แนวทาง วิธีการและขั้นตอนในการศึกษา ตลอดจนช่วยติดตาม ดูแล และให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน และขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์และความช่วยเหลือในระหว่างทำการทดสอบ จนทำให้การศึกษานี้สำเร็จได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

1. ขวลิต ธรรมรักษ์, 2541, “มาตรฐานและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทรายในประเทศไทย สำหรับคอนกรีตผสมเสร็จ,” *เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการธรณีวิทยา*, กรมทรัพยากรธรณี, 116-119.

2. ลิน ลินสกุล, 2540, “ทรายในประเทศไทย,” *เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการธรณีวิทยา*, กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 1-12.

3. Parmelee, C.W., 1975, *Ceramic Glazes*, 3rd ed., Massachusetts, CBI Publishing, pp. 175-177.

4. Grim, R.E., 1981, *Apply Clay Mineralogy*, Singapore, McGraw-Hill, pp. 132-139.

5. James, S.R., 1986, *Introduction to the Principle of Ceramic Processing*, Singapore, McGraw-Hill, pp. 41-42.

6. Nandi, D.N., 1987, *Handbook on Refractory*, New Delhi, McGraw-Hill, pp. 30-31.

7. ณรงค์ ยืนยงหัตถกรรม และ อัมพร จิตต์สมบูรณ์, 2540, “แนวทางการเพิ่มมูลค่าทรายบกแหล่งเขาน้อย อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท,” *เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการธรณีวิทยา*, กรมทรัพยากรธรณี, หน้า 3-17.

8. American Society for Testing and Material, 2000, “ASTM Designation C 20-97, ASTM Designation C 128, ASTM Designation C 133-97, ASTM Designation C 201-93, ASTM Designation C 135-97,” *Annual Book of ASTM Standard*, Vol. 04.01, Philadelphia, ASTM, pp. 149-162.

9. ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539, “วัสดุทนไฟ,” *วารสารเซรามิกส์*, พิมพ์ครั้งที่ 4, หน้า 490-495.