การเปรียบเทียบคุณสมบัติการกำบังรังสีของอิฐมอญที่มีส่วนผสมระหว่างขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าลอยและเปลือกหอย

โชตินันทร ปฏิการ[1] สุจินต์ ศรีสว่าง[1] กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ[1*] และมัทนี เสียงเสนาะ[2]

[1]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000
[2]กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดห้วยจระเข้วิทยาคม อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

** kittipongpat@webmail.npru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติการกำบังรังสีของอิฐมอญที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบขี้เถ้าลอยและเปลือกหอยโดยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งใช้แหล่งกำเนิดรังสี Ba-133 Cs-137 Na-22 และ Co-60 ที่ค่าพลังงานตั้งแต่ 0.365 - 1.332 MeV ผลพบว่าอิฐมอญที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบ มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลเท่ากับ 0.098174 cm^2/g ที่พลังงาน 0.365 MeV และลดลงเป็น 0.054671 cm^2/g เมื่อพลังงานเพิ่มขึ้นจนถึง 1.332 MeV อิฐมอญที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าลอย มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลเท่ากับ 0.098278 cm^2/g ที่พลังงาน 0.365 MeV และลดลงเป็น 0.053406 cm^2/g เมื่อพลังงานเพิ่มขึ้นจนถึง 1.332 MeV อิฐมอญที่มีส่วนผสมของเปลือกหอย มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล เท่ากับ 0.097982 cm^2/g ที่พลังงาน 0.365 MeV และลดลงเป็น 0.054221 cm^2/g เมื่อพลังงานเพิ่มขึ้นจนถึง 1.332 MeV จึงสามารถสรุปได้ว่า อิฐมอญที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าลอยมีคุณสมบัติการกำบังรังสีได้ดีกว่าอิฐมอญที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบและเปลือกหอย

คำสำคัญ: อิฐมอญ , ขี้เถ้าลอย , ขี้เถ้าแกลบ , เปลือกหอย , สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล

Comparison of radiation shielding between fly ash rice husk ash brick and Shell

Chotinan Patigran[1], Sujin Srisawang[1], Kittipong Siengsanoh[1*] and Mattanee Siengsanoh[2]

[1]Department of Science and Physics, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat, University, Nakhon Pathom, Thailand
[2]Department of Science, Wathuaichorakhe Witthayakhom School, Nakhon Pathom, Thailand
** kittipongpat@webmail.npru.ac.th*

Abstract

This research compares the radiation shielding properties of clay bricks containing rice husk ash, fly ash and shells by gamma spectrometer. Which uses the Ba-133 Cs-137 Na-22 and Co-60 radiation source at the energy values from 0.365 - 1.332 MeV. The results showed that the brick has the content of rice husk ash The coefficient of attenuation is equal to 0.098174 cm^2/g at energy 0.365 MeV and decreases to 0.054671 cm^2/g when the energy increases to 1.332 MeV. Mon brick with fly ash. The coefficient of attenuation is equal to 0.098278 cm^2/g at energy 0.365 MeV and decreases to 0.053406 cm^2/g when the energy is increased to 1.332 MeV. It has a coefficient of mass attenuation equal to 0.097982 cm^2/g at energy 0.365 MeV and decreases to 0.054221 cm^2/g. When the energy increases to 1.332 MeV. Therefore, it can be concluded that Clay bricks that contain fly ash have better radiation barrier properties than clay bricks containing rice husk ash and shells.

Keywords: Clay brick, Rice husk , Fly ask , shell , Mass attenuation coefficient

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการศึกษาค้นคว้าในหลายด้านมากขึ้นจึงทำให้เกิดความเจริญก้าวหน้า ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และตอนนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งในด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรมและด้านการแพทย์ ความเจริญก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนี้ยังรวมไปถึงการนำรังสีไปใช้ประโยชน์ในหลายๆด้าน เช่นด้านการถนอมอาหาร ด้านพลังงานและด้านการศึกษา เป็นต้น จากที่กล่าวมาการที่จะนำรังสีไปใช้ประโยชน์นั้นต้องมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง เพราะรังสีสามารถทำให้เกิดประโยชน์และเกิดโทษต่อผู้ที่ใช้งานและสาธารณะได้ ยกตัวอย่าง เช่นหน่วยงานความปลอดภัยนิวเคลียร์ในฝรั่งเศสเผยว่า ตรวจพบกัมมันตภาพรังสีระดับสูงในชั้นบรรยากาศปกคลุมหลายประเทศในยุโรป เชื่อเกิดอุบัติเหตุนิวเคลียร์ขึ้นในรัสเซียหรือคาซัคสถานสำนักข่าวต่างประเทศรายงานว่า ‘ไออาร์เอสเอ็น’ สถาบันความปลอดภัยนิวเคลียร์ของฝรั่งเศสเปิดเผยว่า ในช่วงไม่กี่สัปดาห์ที่ผ่านมา เกิดเมฆหมอกกัมมันตภาพรังสีลอยปกคลุมหลายพื้นที่ในทวีปยุโรป ซึ่งนี่อาจเป็นข้อบ่งชี้ว่า อาจเกิดอุบัติเหตุบางอย่างขึ้นที่โรงงานนิวเคลียร์ในประเทศรัสเซียหรือที่คาซัคสถานในช่วงสัปดาห์สุดท้ายของเดือนกันยายน ฌอง-มาร์ค เปเรส ผู้อำนวยการไออาร์เอสเอ็น ระบุในแถลงการณ์ว่า ในช่วงไม่กี่สัปดาห์ที่ผ่านมา หน่วยงานความปลอดภัยนิวเคลียร์อีกหลายแห่งในยุโรป ตรวจพบธาตุ รูทีเนียม 106 ในระดับสูงในชั้นบรรยากาศครอบคลุมหลายประเทศในยุโรปเริ่มตั้งแต่ต้นเดือนตุลาคม และค่อยๆ ลดลงตั้งแต่ 6 ตุลาคม เป็นต้นไป โดยธาตุดังกล่าวไม่สามารถเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ แต่เกิดจากการแยกอะตอมในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เพื่อความปลอดภัยของมนุษย์และผู้ที่เกี่ยวข้องกับรังสีจึงจำเป็นต้องหาวิธีการการป้องกันที่ปลอดภัยที่สุดจึงมีผู้ที่ศึกษาอุปกรณ์กำบังรังสีขึ้นมา โดยอาศัยหลักการขององค์กรป้องกันอันตรายจากรังสีนานาชาติ คือ ALARA (As Low As Reasonably Achievable) ด้วยการใช้เวลาในการปฏิบัติงานน้อยที่สุดใช้ระยะทางไกลที่สุด และใช้อุปกรณ์กำบังรังสีเพื่อป้องกันไม่ให้ร่างกายได้รับรังสีเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างห้องปฏิบัติการเพื่อกำบังรังสีมีความสำคัญอย่างมาก วัสดุที่ใช้ส่วนมากคืออิฐมอญ ซึ่งการผลิตอิฐมอญจำเป็นต้องอาศัยวัตถุดิบในการผลิต คือ ดิน เป็นส่วนประกอบหลัก

จากงานวิจัยนี้ จึงทดลองเพิ่มส่วนประกอบในการผลิตอิฐมอญเป็น 3 ตัวอย่าง คือ ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าลอย และเปลือกหอย ในการศึกษา เพื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติการกำบังรังสีของอิฐมอญที่มีส่วนผสมระหว่าง ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าลอย และเปลือกหอย

การพัฒนาวัสดุกำบังรังสีแกมมาระดับพลังงานต่ำที่มีความยืดหยุ่นที่ประกอบด้วย ยางพาราธรรมชาติยางสังเคราะห์เอสบีอาร์และบิสมัท ผลการวิจัยพบว่าส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ ในอัตราส่วนในอัตราส่วน 50:50 สามารถลดทอนรังสีแกมมาได้ดีเมื่อเทียบกับสัดส่วน ทั้งหมด เมื่อนำมารวมกับบิสมัทชนิดผง 100 phr มีค่าการ ลดทอนรังสีแกมมา จากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม -137(662 kev) ที่ 27.7 % และไอโอดีน –131(364 kev) ที่ 48.9 % และน้ำายางพรีวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอารฺ อัตราส่วน 50:50 ร่วมกับบิสมัทชนิดสารละลาย 20 phr มีค่าการลดทอน รังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม -137 (662 kev) ที่ 26.6 % และไอโอดีน–131(364 kev) ที่ 39.4 % และจากการ ถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาพบว่า มีการกระจายตัวของวัสดุกำบังรังสีสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงานและสามารถกำบังรังสีแกมมาจาก ต้นกำเนิดรังสีพลังงานต่ำได้ดี (นิพัฒน์ เขาทอง และดุลยพงศ์ทองสุข, 2556)

อิฐกันรังสี ผลการทดสอบการกันรังสี พบว่า อิฐมอญที่มีส่วนผสม BaSO4 ในสัดส่วน 5-20% เมื่อนำไปสร้างกำแพงให้มีความหนา 12 เซนติเมตร แล้วสามารถกันรังสีให้ อัตรารังสีเอ็กซ์หลังกำแพงไม่เกินค่าระดับความปลอดภัย ที่กำหนด (ICRP60) คือไม่เกิน 2 mR/hr. ได้ทั้งสิ้น ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าอิฐมอญ ที่มีส่วนผสมBaSO4 ตั้งแต่ 5-20 % เมื่อนำไปใช้งานก่อกำแพงห้องเอกซเรย์แล้วสามารถ กันรังสีเอ็กซ์ทั้งรังสีปฐมภูมิและรังสีทุติยภูมิที่ระดับค่าพารามิเตอร์การให้ปริมาณรังสีไม่เกิน 100 kV 30 mAS. วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ (สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ, 2548)

การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอิฐมอญด้วยมือของกลุ่ม ชาวบ้านในท้องถิ่น จากผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตอิฐมอญด้วยมือโดย ใช้ขี้เลื่อยเป็นส่วนผสม คือ ดินเหนียวต่อขี้เลื่อย เท่ากับ 5:2 โดยปริมาตร อิฐที่ได้จากการวิจัยมี กำลังอัด 37.60 กก. / ซม.^{2} เมื่อเผาด้วยฟืน การเผาอิฐโดยใช้ฟืนหรือแกลบให้ค่ากำลังอัดใกล้เคียงกัน แต่การเผาด้วยแกลบอิฐมีการดูดซึมน้ำน้อยกว่า อิฐที่ได้ถือว่ามีกำลังอัดตามมาตรฐาน มอก. 77-2545 โดยมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตในส่วนของการทำอิฐดิบและวิธีการเผาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ชัยวัฒน์ ธีร์วรากุล, 2545)

การพัฒนาส่วนผสมผลิตภัณฑ์อิฐดินเผา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอ่างทอง จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแกลบจะทำให้ชิ้นงานอิฐดินเผามีความสามารถใน การรับแรงอัดและความหนาแน่นลดลง โดยชิ้นงานอิฐดินเผาจะมีสมบัติดีที่สุดเมื่อเติมเถ้าแกลบลงไป ร้อยละ 2 โดยน้ำหนักมีความสามารถในการรับแรงอัด 6.20 เมกะพาสคัล ความหนาแน่น 1.68 กรัมลูกบาศก์เซนติเมตรและร้อยละของการดูดซึมน้ำเท่ากับ 15.20 (สุทัศน์ อันบัวลา, 2555)

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการกำบังรังสีของอิฐมอญ
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าคุณสมบัติการกำบังรังสีของอิฐมอญ

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลอง เพื่อศึกษาการกำบังรังสีของอิฐมอญ โดยนำอิฐมอญที่มีส่วนผสมระหว่างขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าแกลบมาศึกษาสมบัติกำบังรังสี จากนั้นนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าทฤษฎี โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ตัวอย่างอิฐ

ตัวอย่างอิฐมอญที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอิฐมอญที่มีส่วนผสมระหว่าง ขี้เถ้าลอย ขี้เถ้าแกลบ และเปลือกหอย โดยลักษณะของอิฐมอญ

3.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิต

1.ดินเหนียว
2.ทราย
3.ขี้เถ้าลอย
4.ขี้เถ้าแกลบ
5.เปลือกหอย

3.3 การเตรียมทำอิฐมอญ

การเลือกดินที่มาทำอิฐมอญต้องเป็นดินร่วนและมีทรายปนได้บ้าง แต่ห้ามทรายเยอะเพราะจะทำให้อิฐเปราะง่ายซึ่งการทดลองนี้จะทำการเปรียบเทียบส่วนผสมระหว่างดินกับตัวกลางที่ใช้ในการผสานอิฐทั้ง 3 ตัวกลางในการทดลอง

3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การเตรียมทำอิฐมอญ การนำดินตัวอย่างโดยจะต้องเป็นดินเหนียวปนดินร่วนและมีดินทรายได้บ้าง แต่ห้ามปนดินทรายเยอะเพราะจะทำให้อิฐเปราะง่าย

การทดลองครั้งที่ 1

ตัวอย่างที่ 1 อัตราส่วนของ ขี้เถ้าแกลบ คือ 40 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิ 500 กับ 700 องศา
ตัวอย่างที่ 2 อัตราส่วนของ ขี้เถ้าลอย คือ 40 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิ 500 กับ 700 องศา
ตัวอย่างที่ 3 อัตราส่วนของ เปลือกหอย คือ 40 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิ 500 กับ 700 องศา

จากนั้นนำไปวัดค่าความหนาแน่น , ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล , ค่าดูดซึมน้ำ , ค่าแรงที่กดทับ เพื่อหาอิฐมอญที่มีคุณสมบัติในการกำบังรังสีที่ดีที่สุดและมีความสมบูรณ์ที่สุดไปทำการทดลองต่อในรอบที่สอง

การทดลองครั้งที่ 2

เลือกตัวอย่างที่ดีที่สุดมาทำการทดลองต่อโดยเปลี่ยนอัตราส่วนของส่วนประกอบ คือ อิฐที่มีส่วนประกอบเป็นขี้เถ้าลอยที่เผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศา

ตัวอย่างที่ 1 อัตราส่วนของ ขี้เถ้าลอย คือ 30 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศา
ตัวอย่างที่ 2 อัตราส่วนของ ขี้เถ้าลอย คือ 35 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศา
ตัวอย่างที่ 3 อัตราส่วนของ ขี้เถ้าลอย คือ 40 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศา
ตัวอย่างที่ 4 อัตราส่วนของ ขี้เถ้าลอย คือ 45 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศา
ตัวอย่างที่ 5 อัตราส่วนของ ขี้เถ้าลอย คือ 50 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศา

จากนั้นนำไปวัดค่าความหนาแน่น , ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล , ค่าดูดซึมน้ำ , ค่าแรงที่กดทับ เพื่อหาอิฐมอญที่มีคุณสมบัติในการกำบังรังสีได้ดีที่สุด

3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและวิเคราะห์ผลประกอบไปด้วย

1. เครื่องตีดิน
2. แม่แบบที่ใช้ในการทำตัวอย่างอิฐ
3. เครื่องมือวัดขนาด Vernier Caliper
4. เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์สเปกโตรมิเตอร์
5. เครื่องรังสีแกมมาสเปกโตรมิเตอร์แบบกระเจิงพลังงาน

4. ผลการวิจัย

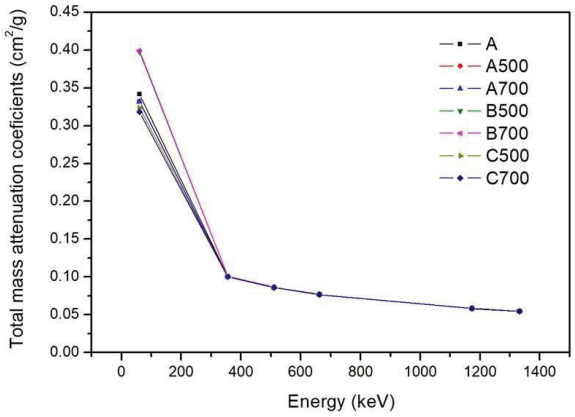
4.1 ความหนาแน่น

จากการวัดค่าความหนาแน่นของอิฐใช้หลักการของ อาร์คีมีดิส (Archimedes's principie) โดยใช้เครื่องชั่ง ได้ผลความหนาแน่นของอิฐรอบที่ 1 คือ อิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอยที่อุณหภูมิ 500 กับ 700 องศาเซลเซียสมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.847 g/cm^3 , 1.834 g/cm^3 อิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าแกลบที่อุณหภูมิ 500 กับ700 องศาเซลเซียสมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.739 g/cm^3 , 1.556 g/cm^3 อิฐมอญที่ผสมเปลือกหอยที่อุณหภูมิ 500 กับ 700 องศาเซลเซียสมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.814 g/cm^3 , 1.724 g/cm^3 ผลของความหนาแน่นของอิฐรอบที่ 2 คืออิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอย30%ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.682 g/cm^3 อิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอย 35% ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.660 g/cm^3 อิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอย 45% ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.627 g/cm^3 อิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอย 50% ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.643 g/cm^3

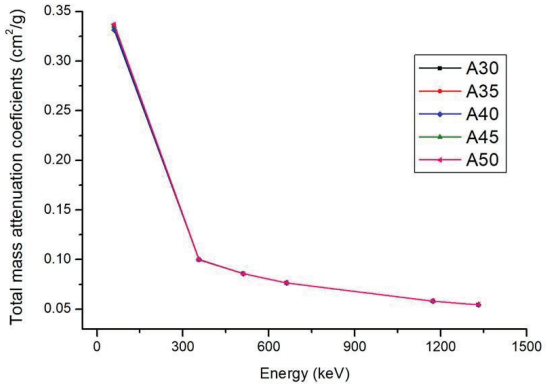
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล

จากการได้วัดค่าจากเครื่องรังสีแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ แล้วนำมาคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการทดลอง แล้วเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ได้จากโปรแกรม winxcom พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ลดทอนรังสีเชิงมวลของอิฐอยู่ในช่วงพลังงาน

356 ,511, 662 , 1173 และ 1332 ตามลำดับ โดยการทดลองรอบที่ 1 พบว่าอิฐมอญที่ผสมเปลือกหอย มีคุณสมบัติในการกำบังรังสีได้ดีกว่าอิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าแกลบและอิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอย แต่อิฐมอญที่ผสมด้วยเปลือกหอยนั้นไม่สามารถขึ้นรูปให้เป็นอิฐที่สมบูรณ์ได้เนื่องจากส่วนประกอบไม่เกาะตัวทำให้หลังจากการเผาอิฐเกิดการแตก จึงได้มีการคัดเลือกอิฐที่เหลือที่มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลที่ดีที่สุดรองลงมาได้แก่ อิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าแกลบที่เผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ส่วนการทดลองรอบที่ 2 อิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอย 50% มีคุณสมบัติในการกำบังรังสีได้ดีกว่าอิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอย 30% , 35% , 40% และ 45%



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลทฤษฎีและทดลองของอิฐมอญตามร้านค้า (A) ที่ผสมขี้เถ้าแกลบ (C500 – C700) ขี้เถ้าลอย (A500 – A700) และเปลือกหอย (B500 – B700)



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลทฤษฎีและทดลองของอิฐมอญที่ผสมขี้เถ้าลอย 30 , 35 , 40 , 45 และ 50 เปอร์เซ็นต์

4.3 ค่าการดูดซึมน้ำ

อิฐที่ดีจะต้องดูดน้ำประมาณ 10-17% ของน้ำหนักของอิฐซึ่งจากการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่เวลาครึ่งชั่วโมง และการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมงแล้วพบว่าอิฐมอญที่มีส่วนผสมขี้เถ้าลอย 30% มีค่าการดูดซึมน้ำได้ดีกว่าอิฐชนิดอื่นที่ 15.920 % และ 17.193% ตามลำดับ

4.4 ค่าแรงที่กดทับ

จากการทดสอบค่าแรงที่กดทับจากเครื่องทดสอบความแข็งแรงในการรับแรงอัดของคอนกรีตแบบตั้งพื้นเป็นระบบไฮดรอลิกแบบมอเตอร์ไฟฟ้าพบว่าอิฐมอญที่มีส่วนผสมขี้เถ้าลอย 30% มีค่าความทนทานต่อแรงกดทับได้ดีกว่าส่วนผสมของอิฐชนิดอื่นเท่ากับ 48,300N

4.5 ข้อเสนอแนะ

- ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวัดหาค่าการกำบังรังสี เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายจากเครื่องมือ

- ควรศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือวัดมวลและปริมาตร (เวอร์เนียร์) เพื่อทำการทดลองให้ได้ผลการทดลองที่ไม่คลาดเคลื่อนและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

- ควรศึกษาการวัดปริมาตรให้ดีในการตวงสัดส่วนของส่วนผสมต่าง ๆ ให้แม่นยำเพื่อลดการคลาดเคลื่อนของค่าต่างๆ ที่นำไปใช้ในการทดลอง

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติการกำบังรังสีของอิฐมอญที่มีส่วนประกอบระหว่าง ขี้เถ้าแกลบ ขี้เถ้าลอย และเปลือกหอย ว่าอิฐมอญชนิดใดจะมีคุณสมบัติในการกำบังรังสีได้ดีกว่า โดยตัวอย่างของอิฐมอญจะแบ่งการทำเป็นสองรอบซึ่งรอบที่หนึ่งจะมีอิฐ 3 ชนิด คือ อิฐมอญที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าลอยที่เผาด้วยอุณหภูมิ 500 กับ 700 องศาเซลเซียส อิฐมอญที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าแกลบที่เผาด้วยอุณหภูมิ 500 กับ 700 องศาเซลเซียส และอิฐมอญที่มีส่วนผสมของเปลือกหอยที่เผาด้วยอุณหภูมิ 500 กับ 700 องศาเซลเซียส

จากนั้นเลือกอิฐมอญที่มีส่วนผสมของขี้เถ้าลอยที่เผาด้วยอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอิฐมอญที่มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลดีที่สุด มาทดลองรอบที่ 2 แล้วทำการศึกษาต่อโดยใช้อัตราส่วนของขี้เถ้าลอยเป็น 30% , 35% , 40% , 45% และ 50% จากผลการทดลองจึงสามารถสรุปได้ว่าอิฐมอญที่มีส่วนประกอบของขี้เถ้าลอยในอัตราส่วน 50% มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลดีที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณา และความช่วยเหลือจาก ผศ.ดร. กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดี ทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องและมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียง ผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง (References)

นิพัฒน์ เขาทอง ดุลยพงศ์ ทองสุข. 2556 .**การพัฒนาวัสดุกำบังรังสีแกมมาระดับพลังงานต่ำที่มีความยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยยางพาราธรรมชาติ ยางสังเคราะห์เอสบีอาร์และบิสมัท.** ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุทัศน์ อันบัวลา. 2555. **การพัฒนาส่วนผสมผลิตภัณฑ์อิฐดินเผา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และอ่างทอง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

สุชาติ เกียรติวัฒนเจริญ. 2548. **อิฐกันรังสี.** ภาควิชารังสีเทคนิค. คณะเทคนิคการแพทย์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชัยวัฒน์ ธีร์วรากุล พงศ์เกษม ของดีงาม จิราภรณ์ พรมณีวรรณ และ สนธยา ทองอรุณศรี. 2545. **การวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตอิฐมอญด้วยมือของกลุ่มชาวบ้านในท้องถิ่น.** สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก