ผลกระทบของปริมาณก๊าซเรดอนและแนวทางแก้ไขของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุเปลือกอาคาร

ประชุม คำพุฒ[1] สมพิศ ตันตวรนาท[1] และ เกียรติสุดา สมนา[2*]

prachoom_k@rmutt.ac.th[1], sompit_t@rmutt.ac.th[1] kiatsuda.so@rmuti.ac.th[2*]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

Received : 23-May-2022
Revised : 11-Jun-2022
Accepted : 14-Jun-2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาปริมาณก๊าซเรดอนและแนวทางแก้ไขของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุเปลือกอาคาร ซึ่งก๊าซเรดอนเกิดจากสลายตัวของธาตุเรเดียมและยูเรเนียม เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น พบมากในธรรมชาติ ได้แก่ ดิน หิน ทราย ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ทำให้วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างมีโอกาสปลดปล่อยก๊าซเรดอนออกมาได้ โดยเฉพาในอาคารและห้องที่ไม่มีการระบายอากาศที่ดีและเลือกใช้ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่ไม่เหมาะสม การศึกษาในงานวิจัย ศึกษาการปลดปล่อยของเรดอนจากวัตถุดิบวัสดุก่อสร้าง 4 ชนิด ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทเปลือกอาคาร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง, พื้น และวัสดุก่อสร้างประเภทอื่นๆ หลังจากนั้น คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากที่สุดมาจำลองเป็นห้องเพื่อศึกษาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนและการคำนวณปริมาณรังสียังผลรายปีที่ผู้อยู่อาศัยมีโอกาสได้รับ เพื่อทดลองวิธีและแนวทางในการแก้ไขปัญหา จากการศึกษาพบว่า ทรายเป็นวัตถุดิบที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากที่สุด บล็อกมวลเบาจากภาคเหนือเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากที่สุด เมื่อทำการสร้างห้องจำลอง พบว่า การปลดปล่อยก๊าซเรดอนมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่มีการแนะนำไว้ เช่นเดียวกับการคำนวณปริมาณรังสีของผู้อาศัยรายปี โดยงานวิจัยแนะนำการฉาบปูนและทาสีพลาสติกชนิดทาภายในสำหรับเป็นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างเพื่อลดมลพิษทางอากาศและเป็นการรักษาสุขภาพของผู้อยู่อาศัยในอาคารอีกด้วย

คำสำคัญ: เรดอน การปลดปล่อยก๊าซ ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง

The Effect of Radon Gas Volume and Solutions of Construction Material Products as Building Envelopes

Prachoom Khamput[1] Sompit Tantavoranart[1] and Kiatsuda Somna[2*]

prachoom_k@rmutt.ac.th[1], sompit_t@rmutt.ac.th, kiatsuda.so@rmuti.ac.th[2*]

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan

Received	: 23-May-2022
Revised	: 11-Jun-2022
Accepted	: 14-Jun-2022

Abstract

This research aimed to investigate the effect of radon gas volume and solutions of construction material products as building envelopes. Radon gas is an odorless gas naturally found in soil, rock and sand and is produced by the decay of the elements radium and uranium . This is the main raw material in the construction industry which causes the raw materials and building materials to release radon gas. Especially in buildings and rooms with poor ventilation and improper building materials. This research investigated radon emissions from 4 types of raw building materials and building envelope material products such as wall building materials, floor and other building materials. After that, the product with the highest radon emissions was selected and modelled into a room to study the radon emission value and calculate the annual effective radiation dose that residents were likely to experience. Moreover, this was to try develop methods and solving problems guideline. From the study, it was found that sand had the most radon gas emissions of all raw materials. Aerated blocks from North area were the most radon-emitting building material products. When a mock room was built, radon emission values did not exceed the recommended values similar to calculating the radiation volume of annual resident. From the research, plastering and interior plastic painting reduced radon emissions from building materials in turn reducing air pollution and maintaining the health of the residents of the building as well.

Keywords: radon, emissions, building materials products

1. บทนำ

ก๊าซเรดอนเป็นก๊าซกัมมันตรังสี เกิดจากการสลายตัวของแร่เรเดียม (^{225}Ra) และยูเรเนียม (^{238}U) เกิดขึ้นจากธรรมชาติ เป็นก๊าซเฉื่อยที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส ทำให้มนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยสัมผัสใดๆ ก๊าซเรดอนที่สะสมในบ้านเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งปอดที่ส่งผลอันตรายถึงชีวิต ด้วยกลไกของการหายใจนำฝุ่นละอองและก๊าซเรดอนเข้าไปและฝังตัวอยู่ในระบบทางเดินหายใจ จากนั้นรังสีอัลฟ่าพลังงานสูงที่ปลดปล่อยออกมา จะทะลุทะลวงทำลายเซลล์ที่อยู่โดยรอบและอาจทำลายชั้น Epithelium ของหลอดลมปอด ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเกิดมะเร็งได้ [1] โดยแหล่งกำเนิดของก๊าซเรดอนแบ่งได้เป็น 4 แหล่งใหญ่ ๆ ได้แก่ ยูเรเนียมในดิน น้ำบาดาล วัสดุก่อสร้างและก๊าซธรรมชาติ [2] สำหรับในประเทศไทย พบก๊าซในเขตกรุงเทพมหานครในปริมาณน้อยมาก แต่พบมากในทางภาคเหนือและอีสาน จากงานวิจัยก๊าซเรดอนในจังหวัดมหาสารคาม [3] พบว่าภาคอีสานมีลักษณะภูมิประเทศแบบราบลุ่มแม่น้ำ เป็นพื้นที่รองรับด้วยหินแข็งอายุตั้งแต่ยุคครีเทเชียส พบหินตะกอนครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ รวมถึงกลุ่มหินโคราชที่มีตะกอนสีแดง และมีหินทราย หินทรายแป้งและหินดินดาน มีทรายโมนาไซต์ปะปนอยู่ ซึ่งจะมีธาตุยูเรเนียมและทอเรียมเป็นส่วนประกอบที่สลายตัวให้ก๊าซเรดอนได้ หากสำรวจข้อมูลภายในและภายนอกองค์อาคาร พบว่าภายในอาคารมีการสะสมของก๊าซเรดอนมากกว่าภายนอกอาคาร การสะสมเกิดจากการซึมออกมาจากพื้นดินด้านล่าง ทางพื้นบ้านและรอยแตกร้าวขององค์อาคารภายในบ้าน และเมื่ออากาศภายในไม่เกิดการถ่ายเท จึงทำให้มีการสะสมของก๊าซเรดอนภายในบ้านในปริมาณมาก [4]

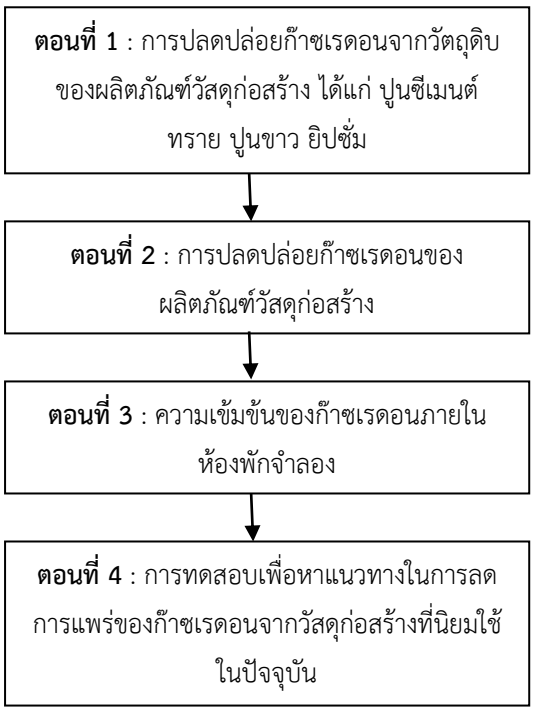
จากการที่ก๊าซเรดอนสามารถพบได้ในดินและหินทั่วไปบนพื้นโลกนั้น [5] ในงานก่อสร้าง มนุษย์นำหิน ดิน ทราย มาใช้เป็นวัสดุประสานและมวลรวมในงานก่อสร้างอาคารต่าง ๆ วัสดุเหล่านั้นมีการปล่อยก๊าซเรดอนออกมาตามปริมาณของธาตุเรเดียมที่ปะปนอยู่ ซึ่งหากระบบองค์อาคารไม่มีการระบายอากาศที่ดี จะทำให้เกิดมลพิษภายในอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานในอาคารโดยตรง ซึ่งปัจจุบันการใช้งานในอาคารเฉลี่ยของมนุษย์ประมาณ 2 ใน 3 ของช่วงชีวิต เมื่อได้รับมลพิษเพียงเล็กน้อยก็สามารถเกิดการสะสมจนเมื่อระยะเวลานานก็จะส่งผลต่อสุขภาพได้ [6] อย่างไรก็ตามการอยู่อาศัยไม่สามารถหลีกเลี่ยงก๊าซเรดอนได้ แต่หากมีข้อมูลถึงการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง ตลอดจนแนวทางการแก้ไข ก็มีส่วนช่วยให้การลดปริมาณก๊าซเรดอนและยังเป็นการดูแลสุขภาพร่างกายของคนเราเพื่อไม่ให้รับผลกระทบจากก๊าซเรดอนอีกด้วย ทั้งนี้การสร้างมาตรฐานสำหรับใช้ควบคุมปริมาณการได้รับก๊าซเรดอนจากสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคารนั้น ได้กำหนดค่าระดับเรดอนภายในอาคารเฉลี่ยไว้ที่ 148 Bq/m^3 ตามคณะกรรมาธิการนานาชาติว่าด้วยการป้องกันอันตรายจากรังสี (International Commission on Radiological Protection: ICRP) ซึ่งได้จากค่าระดับที่ใช้เป็นเกณฑ์เฉลี่ยจากองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ US EPA หากตรวจพบว่าอาคารใดมีค่าเกินจากนี้จะต้องรีบหาวิธีการลดปริมาณก๊าซเรดอนลงให้ต่ำกว่าค่าดังกล่าวโดยเร็ว อย่างไรก็ตามระดับอ้างอิงเป็นเพียงข้อแนะนำ (Recommendation) ที่ในแต่ละประเทศกำหนดขึ้นไม่ได้มีผลบังคับทางกฎหมาย [7]

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาปริมาณก๊าซเรดอนและแนวทางแก้ไขของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุเปลือกอาคาร ซึ่งในประเทศไทยยังพบการศึกษาข้อมูลของการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากวัสดุก่อสร้างค่อนข้างน้อย โดยในงานวิจัยได้ทำการศึกษาปริมาณก๊าซเรดอนที่ปลดปล่อยจากวัตถุดิบของวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทราย ยิปซัม และผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากแหล่งต่าง ๆ เช่น คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา อิฐมอญ กระเบื้องปูพื้น ยิปซัมเพดาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังจำลองการสร้างห้องที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง และศึกษาการปล่อยก๊าซเรดอน และการคำนวณปริมาณก๊าซเรดอนเมื่อพักอาศัยในห้องจำลองเป็นระยะเวลาหนึ่งปี อีกทั้งยังมีการเสนอแนะแนวทางแก้ไขเพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรดอนในตัวอาคาร เพื่อเป็นข้อมูล

ให้กับงานก่อสร้างทำไปใช้ในการดูแลและลดปัญหาการเกิดมลพิษทางอากาศจากก๊าซเรดอนสำหรับอาคารต่อไป

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์และทดสอบ ซึ่งมีแผนภาพการดำเนินงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 แผนภาพขั้นตอนการทำงานวิจัย

2.1 วัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ศึกษาวัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุเปลือกอาคาร ได้แก่ คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตบล็อกอิฐมอญ หินแกรนิตและหินอ่อน วัสดุปูพื้นแกรนิตโต้ วัสดุผนัง วัสดุปูพื้น กระเบื้องเคลือบ แผ่นฝ้าฉาบเรียบและแผ่นฝ้าทีบาร์

2.2 ถังทดสอบเพื่อศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรดอน

ลักษณะของถังเป็นถังสแตนเลสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 43 เซนติเมตร ที่มีการปิดฝาให้สนิท ป้องกันอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในถังตัวอย่าง ที่ฝามีการติดตั้งวาล์วข้อต่อสำหรับต่อท่อเข้ากับมาตรวัดแบบไอออไนเซชั่น ATMOS 12 DPX เพื่อวัดปริมาณก๊าซเรดอน แสดงถังทดสอบ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ถังบรรจุตัวอย่างทดสอบ

2.3 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน ATMOS 12 DPX (gammadata)

เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน ATMOS 12 DPX (gammadata) เป็นแบบพกพา model THE ATMOS 12 DPX (gammadata) ที่ได้รับการพัฒนามาจากเครื่อง Ionization chamber แสดงผลผ่านหน้า LCD โดยความเข้มข้นของก๊าซเรดอนถูกเก็บและบันทึกไว้ในหน่วยความจำของไมโครคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน ATMOS 12 DPX (gammadata) ผลิตจากประเทศสวีเดน

2.4 วิธีการวัดการปลดปล่อยของก๊าซเรดอน

นำตัวอย่างวัสดุก่อสร้างทีละชิ้นวางลงในถังทดสอบ ทาฝาถังด้วยสารหล่อลื่นซิลิโคนชนิดหนืด (High Vacuum Grease) วาง โอริง (O-Ring) และปิดฝาถัง โดยยึดฝากับตัวถังด้วยปากกาจับเหล็กซีแคลมป์ (C Clamp) เพื่อไม่ให้อากาศเข้า-ออก หลังจากนั้นใช้ปั๊มสุญญากาศสูบอากาศออกจากวาล์วข้อต่อที่ต่อเชื่อมจากฝาถัง ทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที เพื่อสังเกตค่าความดันที่เกจวัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าฝาถังปิดสนิทไม่มีอากาศเข้าและออก หลังจากนั้นต่อกระบอกถ่านกัมมันต์เข้ากับวาล์วข้อต่อเพื่อเป็นการเติมอากาศสะอาดที่ปราศจากก๊าซเรดอนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ถังบรรจุตัวอย่าง เพื่อให้ภายในถังมีแรงดันเท่ากับสภาวะปกติ วัดปริมาณก๊าซเรดอนโดยใช้เครื่อง ATMOS 12 DPX (gammadata) ซึ่งรูปที่ 4 แสดงการต่อสายวัดระหว่างเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน ATMOS 12 DPX และถังบรรจุตัวอย่าง โดยจอแสดงผลของเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟ และค่าเฉลี่ยของปริมาณก๊าซเรดอนที่ประมวลผลแล้วแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

รูปที่ 4 การต่อสายวัดระหว่างเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน ATMOS 12 DPX และถังบรรจุตัวอย่าง

2.5 การศึกษาพฤติกรรมการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากวัสดุก่อสร้าง (โดยการคำนวณ) กรณีนำมาสร้างเป็นห้องพักอาศัย

ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่นำมาศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรดอน ได้นำมาจำลองเป็นห้องพักอาศัย ขนาด 4x3x2.8 เมตร ประกอบด้วยหน้าต่างขนาด 2.4x1.1 เมตร และประตูขนาด 1x2 เมตร โดยกำหนดให้ห้องพักนี้มีอัตราการระบายอากาศที่ 0.35 ต่อชั่วโมง (Board of Standard Mechanical Systems in the Building, 2002) และนำค่าอัตราการปล่อยก๊าซเรดอนที่คำนวณได้จากวัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดมาคำนวณปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในห้องพัก

การคำนวณปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอน หากมีการพักอาศัยในห้องพักนี้ตลอดระยะเวลา 1 ปี คำนวณตามวิธีการที่เสนอโดย UNSCEAR (2000) ดังสมการที่ 1 ซึ่งผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1

ปริมาณรังสียังผลรายปีที่ผู้อาศัยมีโอกาสได้รับสามารถอธิบายได้ด้วยสมการที่ 1 (UNSCEAR, 2000)

$$H = C \times F \times T \times D \qquad (1)$$

เมื่อ

C คือ ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในห้องพักอาศัย (Bq m^{-3})

F คือ ตัวคูณปรับค่าปริมาณรังสีสมมูล (Equilibrium factor = 0.4 สำหรับภายในอาคาร)

T คือ ระยะเวลาการอยู่อาศัย (Exposure period; 7,000 ชั่วโมงต่อปี)

D คือ ตัวคูณค่าปริมาณรังสียังผล (Dose Conversion Factor; DCF = 9 $X10^{-9}$ Sv (Bq h m^{-3})$^{-1}$)

H คือ ปริมาณรังสียังผลรายปี ที่ผู้อยู่อาศัยมีโอกาสได้รับ (Sv y^{-1}) ซึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานสากลแล้วไม่ควรเกิน 1 mSv y^{-1} (ICRP, 1990)

2.6 วิธีการทดสอบเพื่อหาแนวทางในการละการแพร่ของก๊าซเรดอนจากวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

เตรียมวัสดุก่อสร้างชนิดที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรดอนในปริมาณสูงที่สุด มาตัดให้มีขนาดกว้างx ยาว เท่ากับ 20x20 เซนติเมตร โดยจะทำการทดสอบต่างกัน 5 รูปแบบ คือ

1) วัสดุก่อสร้างธรรมดาไม่มีการฉาบปูนและทาสี

2) วัสดุก่อสร้าง + ฉาบปูน

3) วัสดุก่อสร้าง + ฉาบปูน + ทาสีพลาสติกชนิดทาภายใน

4) วัสดุก่อสร้าง + ฉาบปูน + ทาสีพลาสติกชนิดทาภายนอก

5) วัสดุก่อสร้าง + ฉาบปูน + ทาสีพลาสติกชนิดเช็ดล้างทำความสะอาดได้

นำตัวอย่างวัสดุที่ใช้ในการทดสอบวางลงในถังทดสอบวัดปริมาณก๊าซเรดอนด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน ATMOS 12 DPX

3. ผลการทดลอง

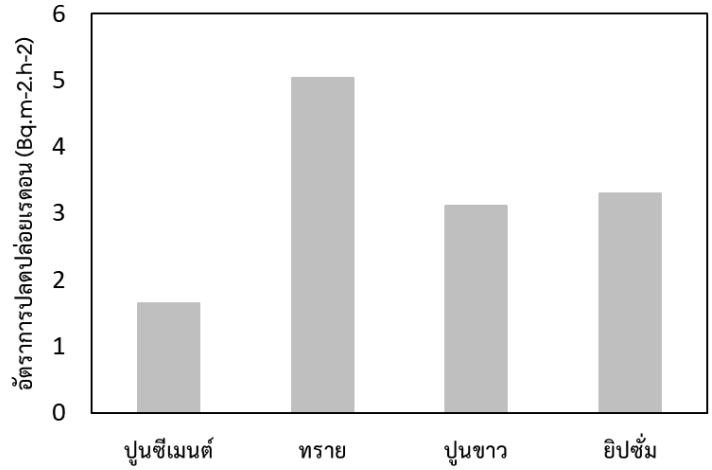
3.1 ผลการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง

รูปที่ 5 แสดงค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างพบว่า ทรายมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากที่สุด คือ มีค่า 5.0317 $Bq.kg^{-1}$ ซึ่งทรายเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง หากต้องการลดการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมสามารถทำได้โดยการใช้ทรายในอัตราส่วนที่น้อยลง หรือใช้วัสดุอื่นทดแทนบางส่วน ทั้งนี้ต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง สำหรับปูนซีเมนต์มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนน้อยที่สุด คือ มีค่า 1.6453 $Bq.kg^{-1}$

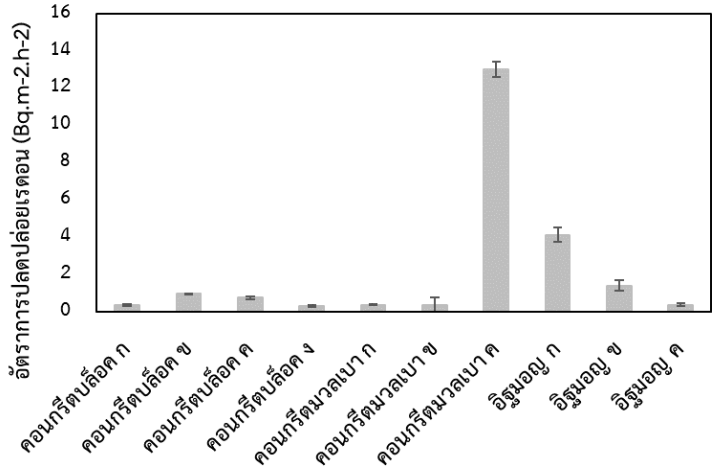
3.2 ผลการปลดปล่อยก๊าซเรดอนของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง

รูปที่ 6 แสดงการปลดปล่อยก๊าซเรดอนของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง โดยผนังจากแหล่ง ก ได้จากภาคกลาง แหล่ง ข ได้จากภาคอีสานและแหล่ง ค ได้จากภาคเหนือ พบว่า ผนังคอนกรีตมวลเบาจากโรงงาน ค มีการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากที่สุด มีค่า 13.014 $Bq.m^{-2}.h^{-1}$ ซึ่งแตกต่างจากคอนกรีตมวลเบาอีกสองแหล่งอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแหล่งของโรงงาน ค ได้จาก ภาคเหนือ ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีศักย์เรดอนสูง จึงอาจทำให้มีวัตถุดิบบางอย่างที่เป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซเรดอนได้ อีกทั้งส่วนประกอบหลักของคอนกรีตมวลเบา ได้แก่ ปูนซีเมนต์และ ทราย นอกจากนี้ตัวอย่างอิฐมอญส่วนใหญ่ก็มีค่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรดอนค่อนข้างสูงเช่นกัน โดยอิฐมอญจากภาคอีสานมีค่าการปลดปล่อยเรดอนสูงกว่าจากภาคกลางและภาคเหนือ ซึ่งเป็นไปได้ว่าปริมาณก๊าซเรดอนจะปลดปล่อยออกมาจากดินเหนียวที่ใช้ในการผลิตอิฐมอญ ซึ่งอาจมีปริมาณของแร่ยูเรเนียมอยู่ในดินนั้น ๆ ในขณะที่อิฐบล็อกเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทผนังต่ำที่สุด โดยมีค่าในช่วง 0.36 – 0.97 $Bq.m^{-2}.h^{-1}$

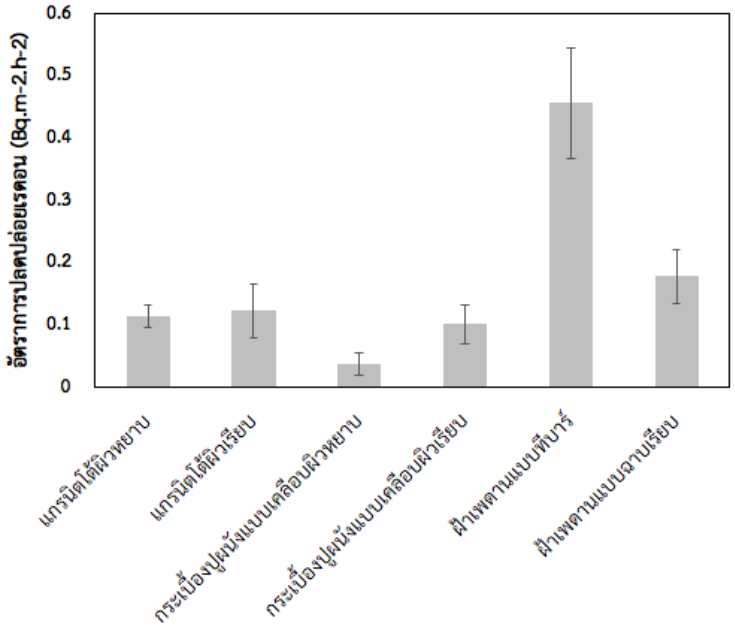
รูปที่ 7 แสดงการปลดปล่อยก๊าซเรดอนของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น พบว่า หินอ่อนเทาขาวมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนสูงที่สุด เท่ากับ 0.31 $Bq.m^{-2}.h^{-1}$ รองลงมา ได้แก่ แกรนิตเขาโทน แกรนิตดำไทย กระเบื้องปูพื้นแบบเคลือบผิวหยาบ และ กระเบื้องปูพื้นแบบเคลือบผิวเรียบ มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอน 0.29, 0.12, 0.09 และ 0.04 $Bq.m^{-2}.h^{-1}$ ตามลำดับ เห็นได้ว่า วัสดุปูพื้นชนิดที่เป็นหินธรรมชาติจะมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนสูงกว่าวัสดุปูพื้นที่ผลิตขึ้นใหม่ เนื่องจากก๊าซเรดอนเกิดจากการสลายตัวของแร่เรเดียมและยูเรเนียม ซึ่งมีอยู่ในดินและหินทั่วไปบนพื้นโลก ดังนั้นจึงทำให้วัสดุปูพื้นที่เป็นหินธรรมชาติมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนสูง



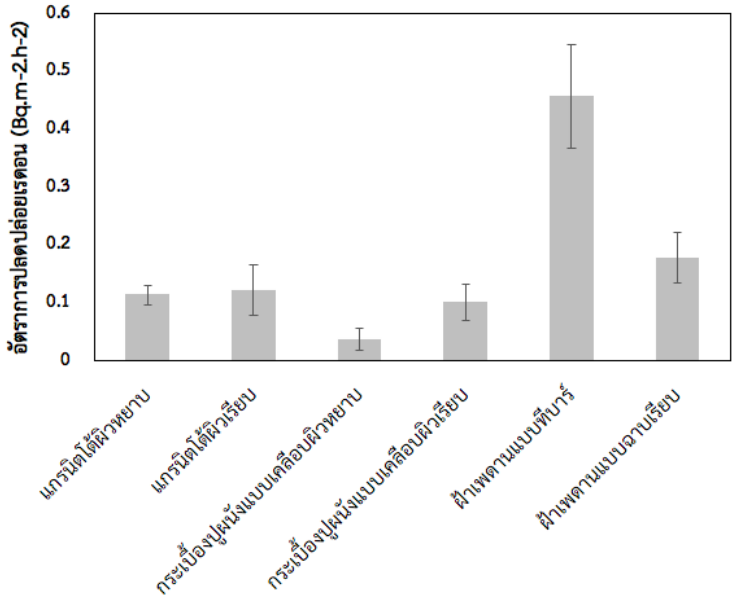
รูปที่ 5 การปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง



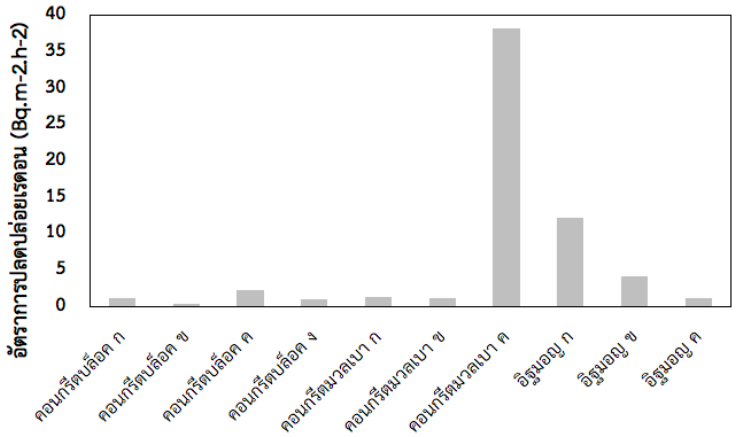
รูปที่ 6 การปลดปล่อยก๊าซเรดอนของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง



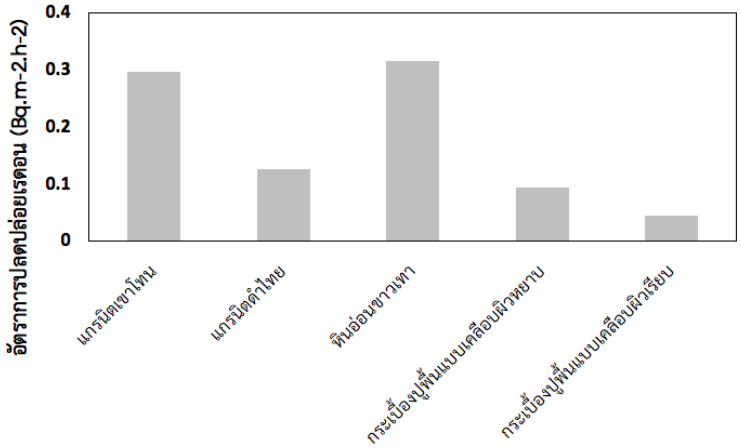
รูปที่ 7 การปลดปล่อยก๊าซเรดอนของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทพื้น



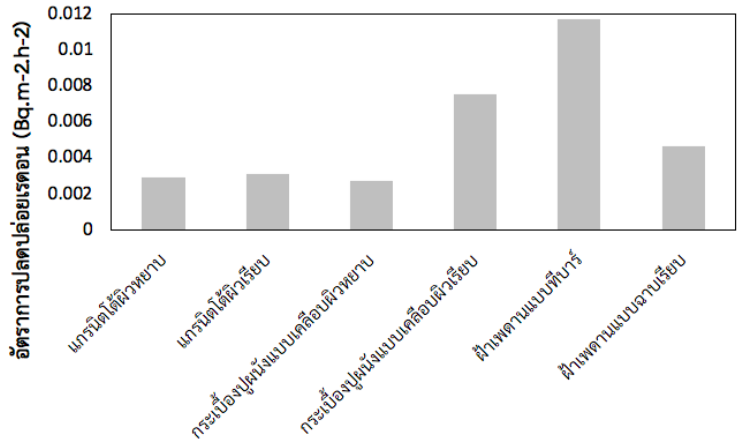
รูปที่ 8 การปลดปล่อยก๊าซเรดอนของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างวัสดุอื่น ๆ



รูปที่ 9 ความเข้มข้นของก๊าซเรดอนจากผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทผนังภายในห้องพักจำลอง



รูปที่ 10 ความเข้มข้นของก๊าซเรดอนจากผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทพื้นภายในห้องพักจำลอง



รูปที่ 11 ความเข้มข้นของก๊าซเรดอนจากผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุอื่น ๆ ภายในห้องพักจำลอง

รูปที่ 8 แสดงการปลดปล่อยก๊าซเรดอนของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างวัสดุอื่น ๆ พบว่า ฝ้าเพดานแบบทีบาร์มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.456 $Bq.m^{-2}.h^{-1}$ และกระเบื้องปูผนังแบบเคลือบผิวหยาบที่ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.037 $Bq.m^{-2}.h^{-1}$ เนื่องจากลักษณะพื้นผิวของแผ่นฝ้าทั้ง 2 ชนิดต่างกัน โดยแผ่นฝ้าฉาบเรียบมีวัสดุปิดผิวอยู่ที่พื้นผิวของแผ่นฝ้าทั้งสองด้าน ทำให้ก๊าซเรดอนสามารถแพร่ออกมาสู่อากาศได้ยากกว่าแผ่นฝ้าทีบาร์ซึ่งไม่มีวัสดุปกปิดพื้นผิว แต่เป็นเพียงการอัดลายเพื่อให้เกิดลวดลายต่าง ๆ จึงทำให้ก๊าซเรดอนสามารถเกิดการแพร่ได้ง่ายกว่า

3.3 ความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในห้องพักจำลอง

รูปที่ 9, 10 และ 11 ความเข้มข้นของก๊าซเรดอนจากผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทผนัง พื้น และวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ ภายในห้องพักจำลอง

การสร้างมาตรฐานสำหรับใช้ควบคุมปริมาณการได้รับก๊าซเรดอนจากสิ่งแวดล้อม ทั้งภายในและภายนอกอาคาร กำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ แต่ด้วยคุณสมบัติของก๊าซเรดอนทำให้เป็นการยากที่จะกำหนด “ระดับปฏิบัติ (Action level)” ขึ้นมา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปฏิบัติในแต่ละปะเทศแต่ควรมีระดับค่าปริมาณควบคุมก๊าซเรดอนที่ปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมที่ชัดเจนหรือทำตามได้ [8] นอกจากนี้ในบางประเทศยังใช้วิธีการกำหนด “ระดับอ้างอิง (Reference level)” ขึ้นมา ซึ่งเป็นการอ้างอิงจากค่าระดับที่ใช้เป็นเกณฑ์เฉลี่ยจากองค์กรที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency : US EPA) ที่ได้มีการกำหนดระดับเรดอนภายในอาคารโดยเฉลี่ยไว้ที่ 148 $Bq\ m^{-3}$

เมื่อพิจารณาเลือกวัสดุก่อสร้างชนิดที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนสูงที่สุดมาจำลองเป็นห้องพักอาศัย โดยใช้คอนกรีตมวลเบา หินอ่อน และแผ่นฝ้าทีบาร์ เป็นวัสดุก่อผนัง วัสดุปูพื้น และวัสดุฝ้าเพดาน ตามลำดับ พบว่าอย่างไรก็ตามองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA) ก็ยังเชื่อว่า ไม่มีระดับเรดอนที่ปลอดภัยจริง ไม่ว่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนจะอยู่ในระดับใดก็ตาม (US EPA, 2001) สำหรับในประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานความเข้มข้นของเรดอนขึ้นใช้ ซึ่งระดับที่เหมาะสมกับประเทศไทยอาจจะสูงกว่าหรือต่ำกว่ามาตรฐานของประเทศอื่น ๆ ก็เป็นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของเรดอนเฉลี่ยทั่วประเทศ [6]

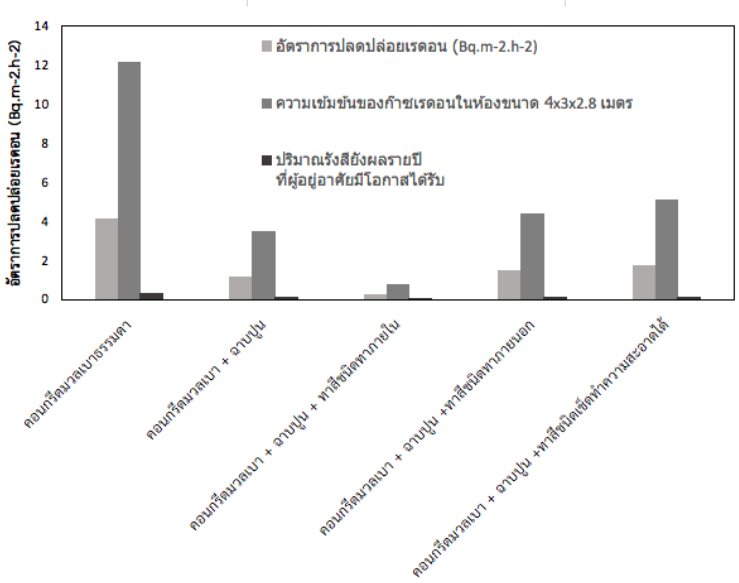
เคลือบผิวเรียบมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากกว่ากระเบื้องปูผนังแบบเคลือบผิวหยาบ และวัสดุฝ้าเพดาน พบว่าฝ้าเพดานแบบทีบาร์มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากกว่าฝ้าเพดานแบบฉาบเรียบ ดังนั้นภายในห้องพักอาศัยจะมีปริมาณรังสียังผลรายปีที่ผู้อยู่อาศัยมีโอกาสได้รับ ประมาณ 0.983 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยตามเกณฑ์มาตรฐานสากลแล้วไม่ควรมีค่าเกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี [8]

ตารางที่ 1 ปริมาณรังสียังผลรายปีที่ผู้อยู่อาศัยมีโอกาสได้รับ

วัสดุก่อสร้าง	ปริมาณรังสียังผลรายปีที่ผู้อยู่อาศัยมีโอกาสได้รับ (mSv y^{-1})
ประเภทวัสดุก่อผนัง	
คอนกรีตบล็อก ก	0.0267
คอนกรีตมวลเบา ก	0.0292
อิฐมอญ ก	0.3066
คอนกรีตบล็อก ข	0.0072
คอนกรีตมวลเบา ข	0.0274
อิฐมอญ ข	0.1045
คอนกรีตบล็อก ค	0.0558
คอนกรีตมวลเบา ค	0.9638
อิฐมอญ ค	0.0288
คอนกรีตบล็อกที่ผลิตเอง	0.0218
ประเภทวัสดุปูพื้น	
แกรนิตเขาโทน	0.0075
แกรนิตดำไทย	0.0032
หินอ่อนขาวเทา	0.0080
กระเบื้องปูพื้นแบบเคลือบผิวหยาบ	0.0024
กระเบื้องปูพื้นแบบเคลือบผิวเรียบ	0.0011
แกรนิตโต้ผิวหยาบ	0.0029
แกรนิตโต้ผิวเรียบ	0.0031
ประเภทวัสดุปูผนัง	
กระเบื้องปูผนังแบบเคลือบผิวหยาบ	0.0027
กระเบื้องปูผนังแบบเคลือบผิวเรียบ	0.0075
ประเภทวัสดุฝ้าเพดาน	
ฝ้าเพดานแบบทีบาร์	0.0117
ฝ้าเพดานแบบฉาบเรียบ	0.0046

3.4 ผลการทดสอบเพื่อหาแนวทางในการลดการแพร่ของก๊าซเรดอนจากวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

รูปที่ 12 แสดงการทดสอบเพื่อหาแนวทางในการลดการแพร่ของก๊าซเรดอนจากวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน พบว่าคอนกรีตมวลเบาเมื่อมีการฉาบปูนและทาสีพลาสติกชนิดทาภายในจะทำให้สามารถลดค่าการแพร่ของก๊าซเรดอนออกสู่อากาศได้มากที่สุด โดยเมื่อนำมาสร้างเป็นห้องห้องพักอาศัยขนาด 4x3x2.8 เมตร ประกอบด้วยหน้าต่างขนาด 2.4x1.1 เมตร และประตูขนาด 1x2 เมตร และกำหนดให้ห้องพักนี้มีอัตราการระบายอากาศที่ 0.35 ต่อชั่วโมง จะทำให้ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในห้องลดลงเหลือ 0.788 เบคเคอเรลต่อลูกบาศก์เมตร และทำให้ปริมาณรังสียังผลรายปีที่ผู้อยู่อาศัยมีโอกาสได้รับมีค่าลดลงเหลือเพียง 0.020 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี นอกจากนี้ผลการทดสอบยังพบว่าคอนกรีตมวลเบาเมื่อมีการฉาบปูนและทาสีชนิดทาภายนอกและทาสีชนิดเช็ดล้างทำความสะอาดได้ จะทำให้ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่แพร่ออกมามีค่าสูงกว่าการที่คอนกรีตมวลเบามีการฉาบปูนเพียงอย่างเดียว แสดงว่าสีทั้ง 2 ชนิดนี้มีการปลดปล่อยก๊าซเรดอนออกมาด้วย ข้อมูลวิจัยที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ ธัชพงศ์ ศรีสุวรรณ และคณะ [6] พบว่าการนำวัสดุปิดผิวมาเคลือบหรือทาทับที่ผิวหน้าสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซเรดอนที่ถูกปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศได้ โดยวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ การฉาบปูนที่ผิวหน้าแล้วทาทับด้วยสีพลาสติก และสอดคล้องกับบทความของภาวนา ปริยวาทกุล [4] ที่แนะนำการทาสีเคลือบผิวหน้าของพื้นหรือผนัง การบุทับฝาผนังด้วยแผ่นอลูมิเนียมในบริเวณบ้านที่ก่อสร้างสามารถลดปริมาณของรังสีได้



รูปที่ 12 การทดสอบเพื่อหาแนวทางในการลดการแพร่ของก๊าซเรดอนจากวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

4. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการศึกษาปริมาณก๊าซเรดอนและแนวทางแก้ไขของผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทวัสดุเปลือกอาคาร สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1) ทรายมีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากที่สุดในกลุ่มวัตถุดิบของการผลิตวัสดุก่อสร้าง

2) บล็อกมวลเบาแหล่ง ค มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนมากที่สุดในกลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง

3) เมื่อทดลองจำลองผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างเป็นห้องจำลอง พบว่าการเลือกวัสดุก่อสร้างชนิดที่มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนสูงที่สุดมาจำลองเป็นห้องพักอาศัย โดยใช้คอนกรีตมวลเบา หินอ่อน และแผ่นฝ้าทีบาร์ เป็นวัสดุก่อผนัง วัสดุปูพื้น และวัสดุฝ้าเพดาน มีค่าการปลดปล่อยก๊าซเรดอนไม่เกินกว่าค่าที่แนะนำจาก US EPA

4) การคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรดอนภายในห้องพักอาศัยรายปีที่ผู้อยู่อาศัยมีโอกาสได้รับ มีค่าประมาณ 0.983 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยตามเกณฑ์มาตรฐานสากลแล้วไม่ควรมีค่าเกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี

5) แนวทางในการลดการแพร่ก๊าซเรดอนจากคอนกรีตมวลเบาซึ่งเป็นวัสดุที่มีการปลอดปล่อยก๊าซเรดอนมากที่สุด คือการฉาบปูนและทาสีพลาสติกชนิดทาภายในจะทำให้สามารถลดค่าการแพร่ของก๊าซเรดอนออกสู่อากาศได้มากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555

6. เอกสารอ้างอิง

[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Sources and Effects of Ionizing Radiation. Sources and Effect of Ionizing Radiation. UNSCEAR, New York, 2008.

[2] Kumnuantip C, Radon gas in buildings and construction materials. Journal of Engineering RMUTT. 2009;7(1):1–11. (in Thai)

[3] Panpiboon P, Atyotha V, Choawanklarng V, Sola P, Measuring the concentration of radonin the air at Amphur Meaung, mahasarakham Province. Research report. Rajabhat Maha Sarakham University; 2016. (in Thai)

[4] Pariyawatkul P, Radon. Working Conditions Safety Group, Office of Safety Technology; 2014 [sited 2022 May 1]. Available from:http://php.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2014/03/8Radon.pdf

[5] Otoo F, Darko E. O, Emi-Reynolds G, Andam A.B, Adukpo O.K, Radiological impact of soil as a source of Building material, Radiat. Prot. Environ, 2012;35:22-8.

[6] Srisuwan T, Wanabonges P, Tantasavasdi C, The influence of finishing materials on radon exhalation from concrete with phosphogypsum additives, Journal of Architectural/ Planning Research and Studies (JARS). 2012;9(2):105–12. (in Thai)

[7] National Cancer Institute. Indoor air pollution, Aggressive cancer news, Cancer Institute National Medical Department, Ministry of Public Health; [sited 2022 May 1]. Available from : https://www.nci.go.th/en/Knowledge/download/4.pdf.

[8] International Commission on Radiological Protection, Age-dependent doses to members of the public from Intake of Radionuclides-Part 1. ICRP Publication 56. 1990;20(2)