

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้พิจารณาคุณสมบัติของเครื่องกำบังรังสีแกมมาที่เหมาะสม ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 แร่ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ อันได้แก่ แร่แบไรท์ เฮมาไทท์ อิลเมไนท์และแร่กาดีน้า เมื่อเปรียบเทียบความสามารถกำบังรังสี ปรากฏว่าแร่แต่ละชนิดมีความสามารถกำบังรังสีได้ตามค่าความถ่วงจำเพาะ โดยที่แร่ที่มีความถ่วงจำเพาะสูงก็จะมีสามารถกำบังรังสีได้ดีกว่าแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ สำหรับแร่กาดีน้าที่แต่งแล้วซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ 7.319 เป็นแร่ที่มีความสามารถกำบังรังสีได้ดีที่สุดในการวิจัยนี้

5.1.2 จากแต่ละชนิดของวัสดุผสม สีนแร่กาดีน้ามีความถ่วงจำเพาะมากที่สุดคือประมาณ 5 จึงทำให้คอนกรีตหนักที่หล่อขึ้น คือกาดีน้าคอนกรีตมีความหนาแน่นมากที่สุดประมาณ 3.7 กรัม/ซม.³ ซึ่งสามารถกำบังรังสีได้ดีมาก โดยสามารถกำบังรังสีได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา ซึ่งมีความหนาแน่น 2.48 กรัม/ซม.³ ถึง 3 เท่า สำหรับคอนกรีตหนักชนิดอื่น ๆ ก็มีความสามารถกำบังรังสีได้ตามระดับของความหนาแน่น ดังตารางที่ 4.3

แต่ถ้าพิจารณาถึงราคาของวัสดุผสมที่ใช้จากรายงานการเก็บค่าภาคหลวงของกรมทรัพยากรธรณี จะได้ว่าราคาของแร่ต่าง ๆ ดังนี้

ชนิดของแร่	ราคาเฉลี่ยปี 2523 (บาท/ตัน)	ราคาปัจจุบัน (บาท/ตัน)
แม่ไรท์	689.35	755 (11 มี.ค.24)
เฮมาไทท์	160	160 (9 มี.ค.24)
อิลเมไนท์	370	370 (18 มี.ย.20)
กาดีนา	8856.19	6264 (11 มี.ค.24)

จะเห็นได้ว่า ถึงแม้ว่าแร่กาดีนาจะเป็นแร่ที่ใ้ค่าบ่งรังสีได้ดี แต่ก็มีราคาแพง จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้เป็นวัสดุผสมของคอนกรีตหนัก ควรพิจารณาแร่ที่มีราคาถูกลงกว่า ได้แก่ แม่ไรท์ อิลเมไนท์ และเฮมาไทท์ ซึ่งก็มีคุณสมบัติในการกำบังรังสีได้ดีเช่นกัน

5.1.3 จากการผสมคอนกรีตหนักโดยให้มีปริมาณของวัสดุผสมมากขึ้น เมื่อเพิ่มความหนาแน่นและความสามารถกำบังรังสี แต่เนื่องจากแร่แต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการใช้เป็นวัสดุผสมต่างกัน เช่น อำนาจการดูดซึมน้ำและความชื้นที่ผิว การทดลองผสมคอนกรีตหนักแต่ละชนิด จึงได้อัตราส่วนผสมต่างกันไปเป็นไปอยู่ที่คอนกรีตจะมีปริมาณของวัสดุผสมมากที่สุด แต่อัตราส่วนดังกล่าวจะทำให้การผสมและเทคอนกรีตยากขึ้น สำหรับกาดีนาคอนกรีต ซึ่งเป็นวัสดุกำบังรังสีที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้ 1:2:4 เป็นอัตราส่วนผสมที่มากที่สุดที่ปริมาณของซีเมนต์ พอร์ตแลนด์เพียงที่จะอุดช่องว่างและยึดเกาะวัสดุผสมทำให้แน่น

5.1.4 พิจารณากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่หล่อขึ้น จากตารางที่ 4.6 พบว่าคอนกรีตที่มีอัตราส่วนผสมปริมาตรของปูนซีเมนต์มากจะมีความสามารถต้านทานแรงอัดที่สูง กล่าวคือ กาลังน้ำหนักคอนกรีต อัตราส่วนผสม 1:1:2 สามารถรับแรงอัดได้ถึง 235 กก./ซม.² แต่เมื่อมีอัตราส่วนผสม 1:2:4 จะสามารถรับแรงอัดได้เพียง 90 กก./ซม.² เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายและวัตถุประสงค์หลักของคอนกรีตหนักแล้ว การใช้ปริมาณของปูนซีเมนต์มากทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง อีกทั้งยังทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่นน้อยลงด้วย ซึ่งเป็นการลดความสามารถกำบังรังสี แต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนผสมของคอนกรีตหนักที่พิจารณาเพื่อใช้กำบังรังสี ก็มีกำลังต้านทานแรงอัดเพียงพอที่จะใช้เป็นผนังของห้องปฏิบัติการรังสี

5.1.5 การใช้กาลังน้ำหนักกำบังรังสีแกมมา พร้อมทั้งหาค่า HVL และ TVL นั้น สำหรับต้นกำเนิดรังสีแกมมาชนิดซีเซียม-137 ซึ่งให้อัตราการนับรังสีสุทธิ 79737 ครั้ง/วินาที เมื่อกาลังน้ำหนักมีค่า HVL = 2.46 ซม. จะให้อัตราการนับรังสีลดลง $\frac{1}{2}$ ของอัตราเดิมและได้ค่า TVL = 8.165 ซม. ซึ่งจากการทดลองหาค่า HVL และ TVL นี้ได้ผลดีมาก โดยเปรียบเทียบกับ การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล x (ความหนาของกาลังน้ำหนัก) กับ y - (ค่าของ $\ln I_x/I_0$) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรงดีมาก โดยได้ค่า $r = -0.9984$ และหาสมการรีเกรสชันได้ดังนี้

$$\ln I_x/I_0 = -0.0726404 - 0.2515867 x$$

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ห้องปฏิบัติการรังสีที่มีอยู่ในประเทศไทย มักจะมีผนังที่ทำด้วยอิฐมวลยว หรือคอนกรีตธรรมดา ซึ่งมีความสามารถกำบังรังสีได้น้อย พิจารณาซีเซียม-137 ความแรง 1 คูรี จะให้ค่าโดสเรท (dose rate) ที่ระยะ 1 เมตร เท่ากับ 0.292 เรนท์เกิน/ชม. จะเห็นว่าจำเป็นต้องพิจารณาถึงความปลอดภัยของบุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีด้วย ซึ่งถ้าจะใช้ผนังคอนกรีตธรรมดาจะต้องมี

ขนาดหนา มาก เช่น ห้องปฏิบัติการรังสีที่มีคนกำเนิกรังสี ซีซีเอ็ม-137 ความแรง 5 คูรี ต้องใช้ผนังคอนกรีตหนาถึง 50 ซม. ที่ระยะประมาณ 2 เมตร ซึ่งถ้าใช้ผนังคอนกรีต หนักแล้วก็จะเป็นการลดความหนาของผนังลง

5.2.2 เนื่องจากแร่ฮิลเมไนท์มีลักษณะเป็นผงละเอียด เมื่อใช้เป็นวัสดุผสมละเอียดทำให้ผสมคอนกรีตได้ง่ายและมีความคงจำเพาะใกล้เคียงกับแร่แบไรท์ ซึ่งแร่แบไรท์ เหมมาไทท์ กาลีน่า เมื่อผ่านเครื่องย่อยเพื่อลดขนาดให้เป็นวัสดุผสมละเอียด จะมีขนาดคละ ที่ไม่คืนักทำให้ผสมคอนกรีตได้มาก และส่วนที่ละเอียดเป็นฝุ่นก็มีมากด้วย ดังนั้นจึงควรพิจารณาใช้แร่ฮิลเมไนท์เป็นวัสดุผสมละเอียด ซึ่งไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลดขนาดแร่ด้วย

5.2.3 การพิจารณาเลือกใช้ชนิดของคอนกรีตหนักควรคำนึงถึงแหล่งที่จะจัดหาวัสดุผสมได้สะดวก สำหรับแร่ที่ใช้ในการวิจัยนี้มีรายละเอียดของแหล่งที่พบดังนี้

แหล่งแร่แบไรท์

ภาคเหนือ	จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง ตาก สุโขทัย อุตรดิตถ์ เชียงราย เพชรบูรณ์
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	จังหวัดเลย อุบลราชธานี
ภาคกลาง	จังหวัดราชบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี อุทัยธานี
ภาคตะวันออก	จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี
ภาคใต้	จังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ตรัง สตูล กระบี่

แหล่งแร่เหมมาไทท์

ที่พบและเปิดกิจการเหมืองได้แก่ที่จังหวัดลพบุรี สุราษฎร์ธานี นครสวรรค์ นครศรีธรรมราช อุทัยธานี

แหล่งแร่โอลิเมไนท์

พบที่บริเวณจังหวัดที่มีชายหาภาคตะวันออกเฉียงเหนือและแหลมไทย เช่น เพชรบุรี ประจวบฯ และยังมีพบในเหมืองแร่เกือบทุกแห่ง

แหล่งแร่กาดีนา

ที่พบเป็นแหล่งใหญ่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ และมีการผลิตได้แก่ แหล่งแร่ที่จังหวัดกาญจนบุรี และบริเวณอื่น ๆ ได้แก่จังหวัดแม่ฮ่องสอน แพร่ เพชรบูรณ์ เลย เพชรบุรี ยะลา เชียงใหม่ ลำปาง แพร่

ดังนั้นการก่อสร้างห้องปฏิบัติการรังสีสูงจึงควรพิจารณาถึงราคา ความสะดวกในการจัดหา รวมทั้งค่าขนส่งด้วย เนื่องจากแร่แบไรท์มีราคาไม่แพงมากนัก และพบได้มากกว่าแร่กาดีนาและเฮมาไทท์ อีกทั้งแร่ทั้ง 2 ชนิดมักนิยมลดลงเอาโลหะเหล็กและตะกั่วมาใช้งานมากกว่า และแร่โอลิเมไนท์ก็เป็นวัสดุผสมละเอียดที่ดี ดังนั้นแร่โอลิเมไนท์คอนกรีต ที่มีอัตราส่วนผสม 1:3:6 จึงเป็นคอนกรีตหนักที่เหมาะสมที่สุด

5.2.4 คุณภาพของแร่ที่ใช้ จำเป็นต้องคำนึงถึงด้วย แร่กาดีนาที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแร่เปอร์เซนต์ต่ำ มีความดวงจำเพาะเพียง 4.92 ถ้าใช้แร่ที่มีความดวงจำเพาะสูง ความสามารถกำบังรังสีก็จะยิ่งขึ้น ซึ่งจำเป็นมากสำหรับการทำเครื่องกำบังรังสีขนาดเล็กที่ต้องการแต่งแร่

5.2.5 ยังมีวัสดุผสมอื่น ๆ อีกที่เหมาะสมในการหลอคอนกรีตหนัก เช่น

- (1) เหล็กคัทเป็นชิ้นเล็ก ๆ
- (2) แร่แมกเนไทท์ (Magnetite) สูตรเคมี Fe_3O_4 เป็นแร่ ออกไซด์ สีดำแบบเหล็ก ความแข็ง 6 ความดวงจำเพาะ 5.18 สำหรับประเทศไทยพบที่ ลพบุรี นครสวรรค์ เลย ชลบุรี ระยอง

(3) แร่ลิโมนาइट (Limonite) สูตรเคมีประกอบด้วย $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (OH) เป็นแร่ออกไซด์ มีความแข็ง 5 - 5.5 มีความถ่วงจำเพาะ 3.6 - 4 ประเทศไทยพบได้ตามแหล่งแร่เหล็กทั่ว ๆ ไป

5.2.6 ในกรณีที่ผนังคอนกรีตจะต่อนามาก ๆ เพื่อกำบังรังสีจากต้นกำเนิดที่มีความแรงมาก อาจพิจารณาทำผนังคอนกรีตหนักเป็นชั้น โดยระหว่างชั้นก็บรรจุวัสดุกำบังรังสี ซึ่งอาจจะเป็นแร่แบไรท์ หรือเฮมาไทต์ แล้วกระทุ้งให้แน่น โดยไม่ต้องผสมกับซีเมนต์ ซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายและกำบังรังสีได้ดีด้วย

5.2.7 ในการวิจัยนี้ คำนึงถึงคุณสมบัติในการกำบังรังสีเป็นหลัก โดยละเอียดรายละเอียดในด้านโยธา การวิจัยขั้นต่อไปควรพิจารณาคุณสมบัติอื่น ๆ ของคอนกรีตหนัก เพื่อให้มีวิธีการผสมและหล่อคอนกรีตที่มีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งต้องพิจารณาถึงการเลือกค่ายุบตัวที่เหมาะสม ขนาดโคที่สุกของวัสดุผสม อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์และการคำนวณหาปริมาณของซีเมนต์และวัสดุผสมที่ใช้