บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

ในการทำวิจัยได้ใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีนิวตรอนและแกมมาเพื่อวัดความชื้นและความหนาแน่นของทรายและตัวอย่างดิน 2 ชนิด ความชื้นที่ทำการวัดอยู่ในช่วง 5-15% ความหนาแน่นที่อัดตัวอย่างดินอยู่ในช่วง 1.2-2.4 กรัม/ซม.^{3} และการทำวิจัยได้สร้างอินเตอร์เฟสสำหรับรับข้อมูลจากเครื่องนับรังสีไปยังซิงเกิลบอร์ดเพื่อให้ประมวลผลและแสดงผลความชื้นและความหนาแน่นออกมาเป็นตัวเลขได้ทันที ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอนช้ากับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน จากกราฟรูปที่ 4.1 พบว่าระยะที่วางหัววัดรังสีไว้ใกล้ต้นกำเนิดรังสีมากสุดจะได้จำนวนนับรังสีสูงสุดแต่เมื่อเลื่อนหัววัดออกห่างจากต้นกำเนิดรังสีจำนวนนับรังสีจะลดลง ดังนั้นในการวางหัววัดจึงวางไว้ให้ใกล้กับต้นกำเนิดรังสีมากที่สุดเพื่อจะได้จำนวนนับรังสีมาก

5.1.2 การตรวจสอบขนาดภาชนะใส่ดิน ในการวิจัยในข้อนี้ใช้ดินลูกรังที่มีความชื้น 5% และความหนาแน่น 1.2 กรัม/ซม.^{3} ใส่ในถังเหล็กสูงราว 60 ซม. มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 57 ซม. จากรูปที่ 3.4 เมื่อเลื่อนหัววัดรังสีนิวตรอนและต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนออกจากจุดศูนย์กลางของภาชนะใส่ดินไปทางซ้ายและขวาจากตารางที่ 4.2 และกราฟรูปที่ 4.2 พบว่าในช่วงห่างจากจุดศูนย์กลางไป $\pm$ 5 ซม. จำนวนนับรังสีนิวตรอนช้าใกล้เคียงกันกับที่วัดได้ที่จุดศูนย์กลาง แสดงว่าภาชนะมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากพอที่จะใช้ในการวิจัยได้ สาเหตุที่ไม่ได้ทดสอบกับดินลูกรังที่มีความชื้นและความหนาแน่นสูงขึ้นไปเนื่องจากที่ความชื้นและความหนาแน่นต่ำสุด radius of influence มีค่ามากที่สุด ดังนั้นเมื่อภาชนะที่ใช้ทดสอบมีขนาดเพียงพอสำหรับที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์ และความหนาแน่นของดินไม่ได้อัดให้แน่น ก็จะใช้ได้กับที่ความชื้นและความหนาแน่นที่สูงขึ้นไปได้ด้วย

5.1.3 การศึกษาผลกระทบของดินที่อยู่ทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนและระยะความลึกที่หย่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนลงไป พบว่าระยะความลึกในการหย่อนต้น

กำเนิดรังสีนิวตรอนลงไปในตัวอย่างดินที่มีความหนาแน่น 1.2 กรัม/ซม.^{3} และมีความชื้น 5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ นั้นเมื่อหย่อนต้นกำเนิดรังสี (ไม่หุ้มพาราฟิน) ลงไปลึก 15 ซม. จะได้จำนวนนับรังสีสูงสุดและที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์ ต้องใช้ดินด้านล่างหนา 25 ซม. แต่ในการวัดความชื้นของดินในการวิจัยนี้ต้องการให้ดินที่อยู่ด้านบน คือจากผิวดินลึกลงไปราว 15 ซม. เท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้า ดั้งนั้นจึงได้ทดลองลด diffusion length ของนิวตรอนโดยหุ้มต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนด้วยพาราฟินซึ่งมีความหนาทางด้านล่าง 2 และ 4 ซม. พบว่าได้จำนวนนับรังสีนิวตรอนช้าสูงสุดเมื่อหย่อนต้นกำเนิดรังสีลึกลงไปจากผิวดิน 10 และ 5 ซม. ตามลำดับและความหนาของดินด้านล่าง 20 และ 10 ซม. ที่มีผลต่อจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้าตามลำดับ การวิจัยต่อไปจึงใช้ต้นกำเนิดรังสีหุ้มด้วยพาราฟินที่มีความหนาทางด้านล่าง 4 ซม. และหย่อนต้นกำเนิดรังสีลงไปลึก 5 ซม. จะได้ diffusion length ไม่เกิน 15 ซม. ตามที่ต้องการ

5.1.4 การศึกษาการวัดความชื้นและความหนาแน่นของตัวอย่างดินและทราย จากการวิจัยได้ทำการวัดความชื้นในช่วง 5-15% และความหนาแน่นที่อัดตัวอย่างดินอยู่ในช่วง 1.2-2.4 กรัม/ซม.^{3} จากกราฟรูปที่ 4.3, 4.5 พบว่า ผลกระทบของความหนาแน่นมีผลต่อการวัดความชื้นด้วยรังสีนิวตรอน กล่าวคือที่ความหนาแน่นต่ำ (1.2 กรัม/ซม.^{3}) เมื่อเพิ่มความชื้นในดินตั้งแต่ 5-15% จะได้จำนวนนับรังสีเพิ่มขึ้นตามความชื้นที่เพิ่มเข้าไปในดิน เมื่อทำการอัดดินให้มีความหนาแน่นสูงขึ้น (2.4 กรัม/ซม.^{3}) จำนวนนับรังสีนิวตรอนก็จะเพิ่มตามความหนาแน่นเนื่องจากเมื่อดินมีความหนาแน่นต่ำ (1.2 กรัม/ซม.^{3}) สภาพภายในเนื้อดินจะพรุนมากจึงทำให้รังสีนิวตรอนเคลื่อนที่ไปได้ไกลทำให้จำนวนนิวตรอนช้าต่อปริมาตรน้อยลงและเมื่อเพิ่มความหนาแน่นในดินให้สูงขึ้นสภาพความพรุนภายในเนื้อดินจะถูกอัดให้ชิดกันมากทำให้รังสีนิวตรอนเคลื่อนที่ได้สั้นลงทำให้จำนวนนิวตรอนช้าต่อปริมาตรมีมากขึ้นและพบว่าผลกระทบของความชื้นมีผลต่อการวัดความหนาแน่นด้วยรังสีแกมมากล่าวคือเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นน้ำจะดูดกลืนรังสีแกมมาด้วย ดังนั้นอัตราส่วนความเข้มรังสีแกมมาที่ส่งผ่าน (I/I_o) จึงลดลงตามเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เพิ่มขึ้น

5.1.5 การสร้างกราฟปรับเทียบก็เพื่อจะหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นเพื่อที่จะทำการปรับเทียบข้อมูลที่วัดให้มีความถูกต้องแม่นยำและวิธีการปรับเทียบนี้อาจเป็นแนวความคิดที่จะนำไปทำการปรับเทียบกับข้อมูลที่มีลักษณะแบบเดียวกันในช่วงความหนาแน่นสูง ๆ ได้

ในการวิจัยนี้ได้ทดสอบที่ความหนาแน่นของดิน 1.2-2.4 กรัม/ซม.^{3} แต่ในการวัด

ความชื้นในการสร้างถนนสามารถใช้การปรับเทียบและการคำนวณผลในลักษณะเดียวกันได้ การอ่านผลจากกราฟนั้นใช้หลักการของวิธีอินเตอร์โปเลตระหว่างกราฟปรับเทียบที่มีความชื้นต่ำสุดกับสูงสุดและมีความหนาแน่นต่ำสุดกับสูงสุดโดยสมมติฐานว่าในช่วงการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วงแคบ ๆ (ในที่นี้ 5-15%) ผลที่เกิดขึ้นต่อความเข้มรังสีแกมมาส่งผ่านที่ความหนาแน่นหนึ่ง ๆ เปลี่ยนแปลงไปแบบเชิงเส้นตรง (ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.4 และ 4.6) และทำนองเดียวกันการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นในช่วงแคบ ๆ (ในที่นี้ 1.2-2.4 กรัม/ซม^3) มีผลต่อการวัดความเข้มรังสีนิวตรอนช้าที่ความชื้นหนึ่ง ๆ เป็นแบบเชิงเส้นตรงเช่นกัน (ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.3 และ 4.5) ในกรณีที่การใช้งานอยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและความหนาแน่นกว้าง ๆ ก็สามารถใช้หลักการเดียวกันได้ แต่อาจต้องเพิ่มเส้นกราฟปรับเทียบมากขึ้นจากการทดลองการหาความชื้นและความหนาแน่นโดยหลักการดังกล่าวโดยการกำหนดจำนวนนับรังสีนิวตรอนช้าและอัตราส่วนการส่งผ่านรังสีแกมมาต่าง ๆ กัน พบว่าผลการอ่านจากกราฟเส้นบนสุดและเส้นล่างสุดโดยใช้วิธีอินเตอร์โปเลต มีค่าใกล้เคียงกับการอ่านจากกราฟปรับเทียบโดยตรง สำหรับในการใช้งานนั้นในบางครั้งอาจจะมีปัญหาต่อจำนวนนับรังสีนิวตรอนคือจำนวนนับรังสีที่นับได้อาจนับได้มากหรือน้อยกว่าที่ควรจะนับได้ดังนั้นจึงต้องการปรับโดยวิธี normolization จำนวนนับรังสีนิวตรอนเพื่อจะทำให้ผลการวัดยังคงถูกต้อง

5.1.6 การออกแบบโปรแกรมได้ออกแบบโปรแกรมแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ

ก. โปรแกรมตรวจสอบและควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณระหว่างอินเตอร์เฟสและเครื่องวัดรังสีและนำข้อมูลเข้ามาเก็บลงในหน่วยความจำที่กันที่เอาไว้และนำไปแสดงผลบนตัวเลข 7 เซกเมนต์ด้วย

ข. โปรแกรมประมวลผล ทำหน้านำข้อมูลในหน่วยความจำที่เก็บไว้มาทำการคำนวณ หาค่าความชื้นและความหนาแน่นและแสดงผลออกมาเป็นตัวเลข หลักการทำงานของโปรแกรม ทั้ง 2 เป็นไปตามภาคผนวก ข.

5.1.7 การออกแบบโปรบแยกออกเป็น 2 แบบคือโปรบวัดความชื้นและโปรบวัดความหนาแน่น ลักษณะส่วนประกอบทั้ง 2 โบรบนั้นมีลักษณะดังนี้คือประกอบด้วยถังเก็บต้นกำเนิดรังสีลักษณะเป็นทรงกระบอกตรงกลางถังมีท่อ 2 ชั้น ท่อชั้นนอกนั้นจะทำหน้าที่ยึดท่อชั้นในเอาไว้ส่วนท่อชั้นในจะบรรจุบรรจุต้นกำเนิดรังสีเอาไว้ สำหรับโปรบวัดความชื้นภายในถังบรรจุด้วยพาราฟินผสมโบริคในอัตราส่วน 2:1 เป็นตัวกำบังรังสี ส่วนโปรบวัดความหนาแน่นนั้นภายในถังบรรจุด้วยตะกั่วเป็นตัวกำบังรังสีเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่ปฏิบัติงาน

สำหรับต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีที่ใช้ในโปรบนั้นโปรบวัดความชื้นใช้ต้นกำเนิดรังสี ^{241}Am-Be ความแรง 1.11 GBq และใช้หัววัด BF_3 สำหรับวัดรังสี ส่วนโปรบวัดความหนาแน่นนั้นใช้ต้นกำเนิดรังสี ^{137}Cs ความแรง 0.185 GBq และใช้หัววัด NaI(Tl) สำหรับวัดรังสีรายละเอียดในการออกแบบโปรบแสดงไว้ในภาคผนวก ง.

5.2 ข้อเสอนแนะ

5.2.1 ควรศึกษาใช้ต้นกำเนิดรังสีชนิดอื่น ๆ ที่มีพลังงานเฉลี่ยของนิวตรอนต่ำกว่าอะเมริเซียม-เบริลเลียม เพื่อลด radius of influence เช่น แคลิฟอร์เนียม-252 อะเมริเซียม-สิเทียม เป็นต้น

5.2.2 ควรศึกษาอย่างละเอียดเกี่ยวกับการใช้วัสดุลดพลังงานนิวตรอนเช่น โพลีเอทิลีน (polyethylene) หุ้มต้นกำเนิดรังสีเพื่อลด radius of influence

5.2.3 ควรศึกษาการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณความเข้มรังสีนิวตรอนช้าในดินชนิดต่าง ๆ ที่ความชื้นต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาการใช้เทคนิคการวัดความชื้นด้วยรังสีนิวตรอนให้ได้ผลถูกต้องยิ่งขึ้นต่อไปและสามารถจำลองการทดองได้หลายรูปแบบ

5.2.4 ควรทดสอบการวัดความชื้นและความหนาแน่นกับวิธีการที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันในสภาพการณ์จริง ๆ เพื่อหารายละเอียดข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย