บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 เพื่อให้ได้จำนวนนับรังสีนิวตรอนสูงสุดและเพิ่มประสิทธิภาพของการวัดความชื้น จะต้องจัดอุปกรณ์ทั้งหมดดังรูป 4.9 ซึ่งเรียกว่าโปรบวัดความชื้น โดยให้ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนอยู่ชิดที่กึ่งกลางของหัววัดรังสีนิวตรอนพลังงานต่ำ โดยทั้งหมดถูกหุ้มห่อ(บางส่วน)ด้วยพาราฟินซึ่งเป็นวัสดุลดพลังงานของนิวตรอนพลังงานสูงจากต้นกำเนิดก่อนที่จะแพร่กระจาย และทำอันตรกิริยากับโมเลกุลน้ำในเนื้อวัสดุ และจะต้องวางโปรบวัดความชื้นให้แนบชิดกับผิวหน้าของชิ้นงานที่ต้องการวัด

6.1.2 ด้วยผลการทดลองดังกล่าวในหัวข้อ 6.1.1 จึงได้ออกแบบและสร้างโปรบวัดความชื้นดังต้นแบบในรูป 4.9 โดยคำนึงถึงผลประโยชน์ของการใช้งานและสะดวกต่องานภาคสนาม ความปลอดภัยต่อรังสีในขณะปฏิบัติงานและการขนส่ง และส่วนของการป้องกันการสูญหายของต้นกำเนิดรังสี จึงได้สร้างโปรบและภาชนะบรรจุโปรบตามรูป 5.13 โดยมีน้ำหนักรวมทั้งหมด 33.04 กิโลกรัม

6.1.3 ขนาดวิกฤตของอิฐมอญซึ่งเป็นขนาดน้อยที่สุดแต่ให้ค่าจำนวนนับสูงที่สุด มีขนาดกว้าง 32.5 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร และสูง 14 เซนติเมตร และขนาดดังกล่าวได้ใช้ในการสร้างกราฟปรับเทียบ

6.1.4 กราฟปรับเทียบของอิฐมอญ ดังกราฟรูป 5.5 เพื่อสะดวกต่อการใช้งานในทางปฏิบัติจึงได้ปรับให้เป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ดังกราฟรูป 5.6 โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ 3-4% และ 10-37% เนื่องจากค่ามาตรฐานสูงสุดของทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ที่กำหนดให้ความชื้นในอิฐมอญ คือ 30% (ภาคผนวก จ) ดังนั้นกราฟที่ได้จึงเหมาะในการใช้งาน

6.1.5 ขนาดวิกฤตของตัวอย่างดินลูกรัง มีขนาด 35 เซนติเมตร ยาว 123 เซนติเมตร และสูง 18 เซนติเมตร ซึ่งได้ใช้เพื่อออกแบบถังปรับเทียบเพื่อบรรจุดินลูกรัง และใช้ทดลองสร้างกราฟปรับเทียบ โดยสร้างถังขนาดรัศมี 40 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร ลักษณะตามแบบมาตรฐานของ JIS(ภาคผนวก ฎ) ดังรูป 5.7

6.1.6 กราฟปรับเทียบของดินลูกรัง ดังกราฟรูป 5.8 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรงมีช่วงการใช้งาน 5-14% เหมาะต่อการใช้งานในการก่อสร้างทางของกรมทางหลวง ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานของความชื้นของดินก่อนการเทคอนกรีตหรือลาดยางอยู่ระหว่าง 7-10% และจากการทดสอบเส้นกราฟที่ได้(หัวข้อ 4.3.11) ผลที่ออกมาอยู่ในเกณฑ์ที่ดีจึงนำไปใช้งานในทางปฏิบัติได้

6.1.7 การทดสอบชุดวัดความชื้น ดังรูป 5.14 กับตัวอย่างดินลูกรัง เพื่อเปรียบเทียบกับกราฟปรับเทียบ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีพร้อมที่ออกทดสอบปฏิบัติในภาคสนาม

6.1.8 การทดสอบชุดวัดความชื้นในภาคสนาม ณ สถานที่ก่อสร้างทาง ผลที่ได้ดีพอสมควรแม้นจะไม่สามารถวัดถังดินชนิดเดียวกับที่ใช้ในห้องปฏิบัติการได้ แต่เมื่อเทียบกับดินที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงแล้ว ก็ให้ผลดี

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 จากการทดลองวัดความชื้นกับผลกระทบของพื้นที่ที่รองรับชิ้นงานที่ต้องการหาความชื้น หากมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนหรือธาตุเบาที่มีขนาดใกล้เคียง ย่อมมีผลกระทบต่อการวัดความชื้นด้วย ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังต่อการหาวัสดุที่จะรองรับชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบความชื้น แต่ก็อาจเป็นผลดีต่อการใช้ตรวจสอบหาปริมาณของสารตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจนจากอะตอมอื่น ซึ่งไม่ได้ทำอันตรกิริยาหรือน้อยมากกับรังสีนิวตรอน

6.2.2 การวิจัยนี้อาจดัดแปลงใช้ประโยชน์อื่นๆได้ เช่น การสร้างทาง การวัดความชื้นในวัสดุอื่นๆ ณจุดผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม การเกษตร(การวัดความชื้นในดิน) และอาจนำไปประยุกต์ใช้งานด้านการสำรวจแหล่งน้ำมัน ถ่านหิน ตลอดจนทดสอบคุณสมบัติของถ่านหิน หรือน้ำมันต่อปริมาณความชื้นที่มีอยู่ได้ด้วย เป็นต้น

6.2.3 ขอบเขตของการวิจัยได้กำหนดไว้ในการทดลองกับวัสดุก่อสร้าง 2 ชนิด คือ อิฐมอญและดินลูกรัง ซึ่งมุ่งเพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ของหลักการการวัดความชื้นด้วยวิธีการกระเจิงกลับของนิวตรอน จึงมิได้ศึกษาให้ลึกซึ้งในวัสดุใดโดยเฉพาะ แต่โดยความจริงจะต้องศึกษาถึงอิฐมอญและอิฐในลักษณะอื่นๆที่ใช้ในการก่อสร้าง หรือดินลูกรังทุกชนิดที่ใช้เช่นเดียวกัน

6.2.4 ความจำเป็นอีกประการหนึ่งของการก่อสร้างทาง คือจะต้องทราบค่าความหนาแน่นของดิน ดังนั้นผู้เขียนใคร่ขอเสนอให้มีการศึกษาถึงการใช้รังสีแกมมา ในการหาค่าความหนาแน่นควบคู่กับการใช้นิวตรอนหาปริมาณความชื้นด้วย

6.2.5 การบดอัดดินอาจมีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งเดิมได้ใช้มาตรฐานของของ JIS (ภาคผนวก ฎ) เมื่อศึกษาในภาคสนามพบว่า ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงมีความแตกต่างมากซึ่งแล้วแต่ชนิดของถนนและดิน ดังนั้นการทดลองในห้องปฏิบัติการจะต้องคำนึงถึงด้วย เพื่อให้มีสภาพใกล้กับสภาพการก่อสร้างทางจริงมากที่สุด ตลอดจนความหนาของเนื้อดินที่ใช้ในการก่อสร้างด้วย

6.2.6 ในหัวข้อ 6.2.3 และ 6.2.4 ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างกราฟปรับเทียบของแต่ละชนิดขึ้นมา โดยเฉพาะกับดินซึ่งมีความยุ่งยากเพิ่มขึ้นคือ ในดินชนิดหนึ่งจะต้องประกอบด้วยกราฟปรับเทียบความชื้นและความหนาแน่น และเพื่อประโยชน์ใช้งานในภาคสนามจึงควรประกอบเครื่องวัดที่สามารถอ่านค่าทั้งสองออกมาได้เลย ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงระบบทางอิเล็กทรอนิคส์ของเครื่องอ่าน ได้แก่การเพิ่มหน่วยความจำและหน่วยวิเคราะห์ว่าดินที่กำลังวัดเป็นดินชนิดใด ควรใช้กราฟปรับเทียบ(ทั้งความชื้นและความหนาแน่น) เส้นใดจึงสามารถอ่านค่าทั้งสองออกมาถูกต้อง ซึ่งอาจเก็บข้อมูลในรูปของกราฟ 5.8 หรืออาจใช้กราฟรูป 5.15 มาเป็นประโยชน์ซึ่งได้อธิบายในหัวข้อ 5.15 มาแล้ว

6.2.7 นอกจากการปรับปรุงตัวเครื่องดังกล่าวแล้ว แหล่งจ่ายไฟฟ้าก็เป็นสิ่งที่ควรจะให้มีความ

สะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น ดังที่ได้พบปัญหาต่อการเคลื่อนย้ายกับต้นแบบที่ใช้ในภาคสนาม (รูป 5.14)

6.2.8 ผู้เขียนใคร่ขอเสนอวิธีการวัดความชื้นอีกวิธีคือ การใช้หลักการส่งผ่าน(Transmission) ซึ่งน่าจะให้ผลที่ดีกว่าวิธีที่ศึกษาอยู่ โดยนำต้นกำเนิดรังสีหย่อนลึกลงไปในเนื้อดินแล้วให้รังสีผ่านเนื้อดินแล้วเข้าหัววัดซึ่งอยู่ด้านบนอีกที