

กรมทางหลวง

วิธีการทดลองหาค่าความแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวมในสนาม
ระดับต้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์

* * * * *

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่าความแน่น (in-place density) และค่าความชื้น (moisture content) ของดินและวัสดุมวลรวมในสนามระดับต้นที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) โดยใช้เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ (nuclear gauge)

1.1 การทดลองหาค่าความแน่นทำได้ 2 วิธี

วิธี ก การทดลองแบบส่งผ่านโดยตรง (direct transmission method) เป็นการวัดการลดความเข้มของรังสีแกมมา (gamma radiation) โดยต้นกำเนิดรังสี (radiation source) อยู่ที่ระดับความลึกที่กำหนด ส่วนอุปกรณ์ตรวจจับรังสี (detector) อยู่ที่ระดับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง หรือต้นกำเนิดรังสีอยู่ที่ระดับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง ส่วนอุปกรณ์ตรวจจับรังสีอยู่ที่ระดับความลึกที่กำหนด โดยความลึกที่กำหนดสูงสุดไม่เกิน 300 มิลลิเมตร

วิธี ข การทดลองแบบกระเจิงกลับ (backscatter method) เป็นการวัดการกระเจิงกลับของรังสีแกมมา โดยแหล่งกำเนิดรังสีและอุปกรณ์ตรวจจับรังสีอยู่ที่ระดับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีการทดลอง ให้ใช้วิธี ก

1.2 การทดลองหาค่าความชื้น เป็นการวัดเทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron) ที่เกิดจากการสูญเสียพลังงานจากการชนอนุภาคไฮโดรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำบริเวณรอบข้างของนิวตรอนเร็ว (fast neutron) โดยต้นกำเนิดนิวตรอน (neutron sources) และอุปกรณ์ตรวจจับเทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron detector) อยู่ที่ระดับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ (nuclear gauge) สำหรับหาค่าความแน่นและค่าความชื้น ต้องประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐาน ดังต่อไปนี้



(1) ต้นกำเนิดรังสีแกมมา (gamma source) เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานสูงชนิดปิดผนึก (sealed source of high – energy gamma radiation) เช่น ซีเซียม (cesium) และเรเดียม (radium)

(2) อุปกรณ์ตรวจจ็ับรังสีแกมมา (gamma detector) เป็นเครื่องตรวจจ็ับรังสีแกมมาแบบต่าง ๆ ที่สามารถตรวจจ็ับรังสีแกมมาได้ เช่น อุปกรณ์ไกเกอร์มูลเลอร์ (Geiger – Mueller tubes)

(3) ต้นกำเนิดนิวตรอนเร็ว (fast neutron source) เป็นต้นกำเนิดชนิดปิดผนึก ซึ่งประกอบด้วยวัสดุแกมมันตรังสี เช่น อเมอริเซียม (americium) เรเดียม (radium) หรือ แคลิฟอร์เนียม – 252 (californium - 252) และวัสดุเป้าหมาย (target materials) เช่น เบอริลเลียม (beryllium)

(4) อุปกรณ์ตรวจจ็ับนิวตรอนช้า (slow neutron detector) เป็นเครื่องตรวจจ็ับนิวตรอนช้าประเภทต่าง ๆ เช่น เครื่องนับสัดส่วนโบรอนไตรฟลูออไรด์หรือฮีเลียม-3 (boron trifluoride or helium-3 proportional counter)

2.1.2 อุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิง (reference standard) เป็นวัสดุมาตรฐานที่ใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ ปรับแก้ค่าการสลายตัวของต้นกำเนิดรังสี และกำหนดอัตราการตรวจนับอ้างอิง (reference count rate) ในครั้งต่อไป

2.1.3 อุปกรณ์เตรียมพื้นที่ (site preparation device) เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสามารถใช้ปรับระดับพื้นที่ทดลองให้ได้ระดับและราบเรียบตามที่ต้องการ เช่น แผ่นโลหะที่มีตัวนำแท่งตอก (drive pin guide) ติดตั้งอยู่ เหล็กปาด (straightedge)

2.1.4 แท่งตอก (drive pin) เป็นแท่งโลหะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าขนาดแท่งทดลอง (probe) ที่ใช้ในการทดลองแบบส่งผ่านโดยตรง ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร หรือมีขนาดตามที่แนะนำโดยผู้ผลิต แท่งตอกนี้ใช้สำหรับเตรียมหลุมเจาะในวัสดุที่ต้องการทดลองหาค่าความแน่น

2.1.5 ตัวนำแท่งตอก (drive pin guide) เป็นตัวนำที่ช่วยให้แท่งตอกอยู่ในแนวตั้งฉากกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง

2.1.6 ตัวถอนแท่งตอก (drive pin extractor) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถถอนแท่งตอกขึ้นมาได้ในขณะที่แท่งตอกยังอยู่ในแนวตั้งฉาก เพื่อป้องกันไม่ให้แท่งตอกกระทบกับผนังของหลุมเจาะจนเกิดความเสียหายในขั้นตอนการถอนออก

2.1.7 ค้อน (hammer) ต้องหนักและแข็งแรงเพียงพอที่จะตอกแท่งตอกจนถึงระดับความลึกที่ต้องการ โดยไม่ทำให้หลุมเจาะที่จะใช้ทดลองเสียหาย

2.1.8 ค้อนแบบเลื่อน (slide hammer) ที่มีแท่งตอกติดอยู่ อาจนำมาใช้ในการเตรียมหลุมเจาะในวัสดุที่ต้องการทดลองหาค่าความแน่นและใช้ในการถอนแท่งตอกโดยไม่ทำให้หลุมเจาะเสียหาย

2.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 607

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.5 การทดลอง

2.5.1 การเทียบค่ามาตรฐาน (standardization)

(1) เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดรังสีซึ่งมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โดยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการตรวจนับ (count rate) กับค่าความแน่น และค่าความชื้นของวัสดุ จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุการใช้งาน จึงต้องทำการสอบเทียบ (calibration) เพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดเนื่องจากอายุการใช้งาน โดยหาอัตราส่วนของอัตราการตรวจนับจากการวัดกับอัตราการตรวจนับจากอุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิงหรือวิธีการทดสอบตรวจนับจากช่องว่างอากาศ (air-gap count) สำหรับการทดลองแบบกระเจิงกลับ

(2) การเทียบค่ามาตรฐานกับอุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิงจะต้องทำก่อนเริ่มการทดลองในแต่ละวัน และจะต้องบันทึกข้อมูลเป็นลายลักษณ์อักษรเก็บไว้ โดยในการเทียบค่ามาตรฐาน เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์จะต้องอยู่ห่างจากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์อื่นๆ ไม่น้อยกว่า 10 เมตร ห่างจากแหล่งน้ำที่มีปริมาณมากและวัสดุอื่นใดที่อาจมีผลกระทบต่ออัตราการตรวจนับอ้างอิง นอกจากนี้การวัดอัตราการตรวจนับมาตรฐานจะต้องทำในสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกับสภาพแวดล้อมที่ใช้ทดลองจริงในสนาม โดยมีขั้นตอนในการเทียบค่ามาตรฐาน ดังนี้

(ก) เปิดสวิตช์เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์และปล่อยให้ระยะเวลาหนึ่ง (warm up) เพื่อให้เครื่องวัดเสถียรตามวิธีการที่ผู้ผลิตแนะนำ ถ้าต้องการใช้อย่างต่อเนื่องหรือใช้เป็นช่วงๆ ในแต่ละวัน ควรเปิดสวิตช์ไว้ เพื่อให้มีเสถียรภาพและพร้อมใช้งานตลอดเวลาหรือให้ทำตามคำแนะนำของผู้ผลิต ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะไม่คลาดเคลื่อน

(ข) วางเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ ให้ทุกส่วนของฐานเครื่องวัดอยู่บนอุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิง และให้ปลายด้านหนึ่งชิดกับขอบเหล็ก โดยให้แท่งทดลองอยู่ที่ตำแหน่งมาตรฐาน (standard, STD) ซึ่งเป็นตำแหน่งปลอดภัย (safe position) ตรวจสอบและบันทึกค่าการตรวจนับมาตรฐานของค่าความแน่น (density standard count, DS) และค่าการตรวจนับมาตรฐานของค่าความชื้น (moisture standard count, MS) จากการเทียบค่ามาตรฐานครั้งล่าสุด

(ค) เริ่มทำการตรวจนับมาตรฐานจากอุปกรณ์มาตรฐานอ้างอิง โดยอ่านค่าที่ช่วงเวลาการวัดปกติ (normal measurement period) ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เวลาครั้งละ 1 นาที ให้ได้อย่างน้อย

4 ค่า จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าการตรวจนับมาตรฐาน เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์บางรุ่นอาจสามารถทำการวัดเพียง 1 ครั้งโดยใช้เวลา 4 เท่า หรือมากกว่า 4 เท่าของช่วงเวลาการวัดปกติ ก็สามารถใช้ได้ ถือเป็นค่าการตรวจนับมาตรฐาน 1 ครั้ง จากนั้นตรวจสอบและบันทึกค่าการตรวจนับมาตรฐานที่ได้ตามที่ผู้ผลิตแนะนำ ถ้าไม่มีข้อแนะนำโดยเฉพาะ ให้ทำตามวิธีการในข้อ (ง)

(ง) ถ้าค่าการตรวจนับมาตรฐานที่ได้ อยู่นอกขอบเขตที่กำหนดไว้ ตามสมการที่ (1) ให้ทำการอ่านค่าการตรวจนับมาตรฐานซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ถ้าค่าการตรวจนับมาตรฐานในครั้งที่ 2 เป็นไปตามสมการที่ (1) แสดงว่าเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน แต่หากค่าการตรวจนับมาตรฐานในครั้งที่ 2 ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดตามสมการที่ (1) ให้ส่งซ่อมและทำการสอบเทียบใหม่อีกครั้งหนึ่ง

$$N_s = N_0 \pm 1.96 \sqrt{N_0/F} \quad (1)$$

เมื่อ

$$N_s = \text{ค่าการตรวจนับมาตรฐานครั้งนี้}$$

$$N_0 = \text{ค่าเฉลี่ยของการตรวจนับมาตรฐาน 4 ครั้ง ก่อนหน้า}$$

$$F = \text{ค่าปรับแก้ของเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์จากผู้ผลิต}$$

2.5.2 วิธีการทดลอง

(1) กำหนดจุดทดลองโดยต้องอยู่ห่างจากผนังหรือวัตถุอื่นใดอย่างน้อย 150 มิลลิเมตร และถ้าจุดทดลองอยู่ใกล้กับผนังหรือวัตถุอื่นใดมากกว่า 150 มิลลิเมตรแต่น้อยกว่า 600 มิลลิเมตร เช่น จุดทดลองอยู่ในวางระบายน้ำ ให้ใช้วิธีการปรับแก้ตามวิธีการที่ผู้ผลิตแนะนำ

(2) การเตรียมพื้นที่ทดลองให้ดำเนินการดังนี้

(ก) จัดเตรียมผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองให้เหมาะสม โดยขูดปาดให้เรียบและได้ระดับ เพื่อให้ฐานเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์สนิทกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองมากที่สุด

(ข) ช่องว่างระหว่างฐานเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์กับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองต้องไม่มากกว่า 3 มิลลิเมตร และอาจใช้ส่วนละเอียดของวัสดุทดลองหรือทรายละเอียดปรับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองให้เรียบและได้ระดับโดยใช้แผ่นโลหะหรือเครื่องมือที่เหมาะสม ทั้งนี้ความหนาของวัสดุส่วนละเอียดที่ใช้ปรับระดับต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

(3) เริ่มทำการทดลอง โดยเปิดสวิตช์เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์และปล่อยทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เครื่องวัดเสถียรตามวิธีการที่ผู้ผลิตแนะนำ

วิธี ก การทดลองแบบส่งผ่านโดยตรง

(ก) จากจุดทดลองตามข้อ 2.5.2 (1) เตรียมหลุมเจาะให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองโดยใช้ตัวนำแทงตอกและแทงตอก ตอกลงไปชั้นวัสดุทดลองให้ได้ความลึกของหลุมเจาะลึกกว่าระดับที่กำหนดอย่างน้อย 50 มิลลิเมตรโดยแนวของหลุมเจาะเมื่อสอดแท่งทดลองลงไปจะต้องไม่ทำให้เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์เอียงหรือกระดกจากผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง

(ข) ทำเครื่องหมายบนผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองเพื่อกำหนดตำแหน่งวางเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์และกำหนดแนวที่จะสอดแท่งทดลองลงในหลุมเจาะ หรือทำตามวิธีการที่ผู้ผลิตแนะนำ

(ค) ถอนแท่งทดลองออกด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันหลุมเจาะเสียหาย ก่อนที่จะสอดแท่งทดลองลงไป

(ง) วางเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์บนผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองโดยให้ฐานเครื่องวัดสนิทกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองมากที่สุด

(จ) กดแท่งทดลองลงในหลุมเจาะให้ได้ความลึกตามกำหนด จากนั้นค่อยๆ ขยับเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ไปทางด้านที่ใกล้กับจุดศูนย์กลางของเครื่องวัดเพื่อให้แท่งทดลองสัมผัสสนิทกับผนังของหลุมเจาะ ซึ่งจะเป็นแนวการตรวจวัดรังสีแกมมา

(ฉ) นำต้นกำเนิดรังสีอื่น ๆ ออกไปให้ห่างจากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์อย่างน้อย 10 เมตรเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อผลการทดลอง

(ช) ถ้าเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์มีอุปกรณ์ที่กำหนดค่าความลึกได้ ให้กำหนดความลึกเท่ากับระดับความลึกของแท่งทดลอง

(ซ) กดสวิตช์ทดลอง (start) อ่านและบันทึกค่าความแน่นและค่าความชื้น โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองไม่น้อยกว่า 1 นาทีอย่างน้อย 1 ครั้ง หากต้องการอ่านค่ามากกว่า 1 ครั้ง ให้หมุนเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ไปยังตำแหน่งอื่นๆ รอบแกนแท่งทดลอง แล้วกดสวิตช์ทดลองเพื่ออ่านค่าอีกครั้ง

(ฌ) ในกรณีที่เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ไม่สามารถอ่านค่าความแน่นและค่าความชื้นได้โดยตรง ให้หาค่าความแน่นและค่าความชื้นจากกราฟสอบเทียบ

วิธี ข การทดลองแบบกระเจิงกลับ

(ก) จากจุดทดลองตามข้อ 2.5.2 (1) วางเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ให้มั่นคง

(ข) นำต้นกำเนิดรังสีอื่น ๆ ออกไปให้ห่างจากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์อย่างน้อย 10 เมตร เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อผลการทดลอง

(ค) กดแท่งทดลองให้อยู่ในตำแหน่งการทดลองแบบกระเจิงกลับ (backscatter, BS)

(ง) กดสวิตช์ทดลอง อ่านและบันทึกค่าความแน่นและค่าความชื้น โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองไม่น้อยกว่า 1 นาที อย่างน้อย 1 ครั้ง หากต้องการอ่านค่ามากกว่า 1 ครั้ง ให้หมุนเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ไปยังตำแหน่งอื่นๆ รอบแกนแท่งทดลอง แล้วกดสวิตช์ทดลองเพื่ออ่านค่าอีกครั้ง

(จ) ในกรณีที่เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ไม่สามารถอ่านค่าความแน่นและค่าความชื้นได้โดยตรง ให้หาค่าความแน่นและค่าความชื้นจากกราฟสอบเทียบ

3. การคำนวณ

3.1 การหาค่าความชื้น (moisture content)

3.1.1 อ่านค่าโดยตรงจากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์หรือจากกราฟสอบเทียบ

3.1.2 เก็บตัวอย่างวัสดุไปทดลองหาค่าความชื้นโดยวิธีอื่น

3.2 การหาค่าความแน่นแห้ง (dry density)

3.2.1 กรณีค่าความชื้นอ่านได้จากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ ค่าความแน่นแห้งสามารถอ่านจากเครื่องวัดได้โดยตรง

3.2.2 กรณีค่าความชื้นไม่สามารถอ่านได้จากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ ให้หาค่าความชื้นโดยวิธีการทดลองอื่น และให้คำนวณค่าความแน่นแห้งตามสมการที่ (2)

$$\gamma_d = \frac{100}{100 + w} (\gamma) \quad (2)$$

เมื่อ $\gamma_d =$ ค่าความแน่นแห้งของวัสดุ (g/ml) $\gamma =$ ค่าความแน่นเปียกของวัสดุที่อ่านได้จากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ (g/ml) $w =$ ค่าความชื้นเป็นร้อยละ

3.3 การหาค่าร้อยละของการบดทับ (percent compaction determination)

3.3.1 กรณีเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์สามารถอ่านค่าร้อยละของการบดทับได้โดยตรง จะต้องนำค่าความแน่นแห้งสูงสุดของวัสดุที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการลงในเครื่องวัดก่อนเริ่มทำการทดลอง

3.3.2 กรณีเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ไม่สามารถอ่านค่าได้โดยตรง ให้คำนวณค่าร้อยละของการบดทับตามสมการที่ (3)

$$P_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ $P_c =$ ค่าร้อยละของการบดทับ $\gamma_d =$ ค่าความแน่นแห้งของวัสดุจากการทดลองในสนาม (g/ml) $\gamma_{dmax} =$ ค่าความแน่นแห้งสูงสุดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ (g/ml)

3.3.3 กรณีที่ต้องการเก็บตัวอย่างตัวแทนวัสดุ เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์กับวิธีการทดลองอื่นๆ หรือเพื่อปรับแก้เนื่องจากมีเม็ดหิน (rock correction) ให้เก็บตัวอย่างทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 200 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ได้แนวกึ่งกลางระหว่างต้นกำเนิดรังสี และอุปกรณ์ตรวจจับรังสี

ความสูงของทรงกระบอกที่เจาะเท่ากับความลึกของแท่งทดลองเมื่อใช้วิธีการทดลองแบบส่งผ่านโดยตรง หรือประมาณ 75 มิลลิเมตร เมื่อใช้วิธีการทดลองแบบกระเจิงกลับ

3.3.4 วิธีการปรับแก้สำหรับวัสดุโตเกินขนาดอาจปฏิบัติตาม AASHTO T 224 หรืออาจใช้วิธีการทดลองหลายครั้ง โดยอาจทดลอง 3 ครั้งในบริเวณใกล้เคียงแล้วหาค่าเฉลี่ย กรณีที่ต้องการตรวจสอบว่ามีวัสดุโตเกินขนาดหรือโพรงในดินที่จะทำให้ได้ค่าความแน่นที่ไม่ใช่ค่าตัวแทน ให้ทำการเปรียบเทียบค่าความแน่นทั้ง 3 ค่า ถ้าสงสัยในค่าความแน่นที่ทดลองได้ให้ชุดบริเวณที่ทดลองแล้วตรวจสอบด้วยสายตา

4. การรายงาน

ให้รายงานรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 รายงานชื่อโครงการ สายทาง ชั้นของวัสดุ ชนิดของวัสดุ เจ้าหน้าที่ทดลอง วัน เวลาที่ทดลอง ตำแหน่งที่ทดลอง ความหนาของวัสดุชั้นต่างๆ ตามสัญญา และความหนาจริงในการก่อสร้าง รวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ

4.2 รายงานค่าต่างๆ ตามแบบฟอร์ม สำหรับค่าความแน่นของดินและวัสดุรวมให้ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง ส่วนค่าความชื้นและค่าร้อยละของการบดทับให้ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

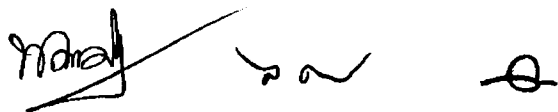
5. ข้อควรระวัง

5.1 การวางเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ลงบนผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองมีความสำคัญมากต่อการทดลองหาค่าความแน่น โดยฐานเครื่องวัดต้องสัมผัสกับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองทั้งหมด ถ้าไม่สัมผัสทั้งหมดจะต้องปรับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองโดยใช้ส่วนละเอียดของวัสดุทดลองหรือทรายละเอียดซึ่งผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองที่ปรับจะต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของพื้นที่ฐานเครื่องวัด

5.2 เพื่อความปลอดภัยก่อนวางเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ลงบนผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลอง ห้ามกดแท่งทดลองที่มีต้นกำเนิดรังสีบรรจุอยู่ออกนอกตำแหน่งปลอดภัย และควรจัดเครื่องวัดให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถกดแท่งทดลองออกจากตำแหน่งปลอดภัย ลงไปในหลุมเจาะได้โดยตรง

5.3 อันตรายจากการใช้เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์

5.3.1 เครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ประกอบด้วยวัสดุกัมมันตรังสี ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ทดลองดังนั้นจึงต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูง ผู้ใช้เครื่องวัดจะต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับของทางราชการอย่างเคร่งครัด



5.3.2 ในการใช้งานและการเก็บรักษาเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ควรปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานและการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยประจำวัน เช่น การตรวจสอบการรั่วของต้นกำเนิดรังสี บันทึกลงและประเมินเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล

5.4 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทดลอง

5.4.1 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความแน่น

(1) องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุทดลองบางชนิด อาจมีผลกระทบต่อค่าที่ได้จากการทดลอง จำเป็นต้องปรับแก้ผลทดลอง

(2) วิธีการทดลองแบบกระเจิงกลับ ค่าความแน่นของวัสดุทดลองที่อยู่ใกล้กับผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองจะมีอิทธิพลต่อค่าที่วัดได้มากกว่า ดังนั้นโดยทั่วไปควรใช้วิธีการทดลองแบบส่งผ่านโดยตรง

(3) วัสดุโตเกินขนาดหรือโพรงในดินที่อยู่ระหว่างแนวต้นกำเนิดรังสีกับอุปกรณ์ตรวจจับรังสี อาจทำให้ค่าความแน่นที่ได้จากการทดลองสูงหรือต่ำกว่าปกติ ในกรณีวัสดุทดลองไม่เป็นเนื้อเดียวกันเนื่องจากการแยกเป็นชั้น หรือมีวัสดุโตเกินขนาดหรือมีโพรงในดิน จะต้องทำการชดเชยบริเวณที่ทดลองและตรวจสอบด้วยสายตาว่าวัสดุที่ทดลองสามารถเป็นตัวแทนของวัสดุโดยรวมหรือไม่ ซึ่งอาจต้องปรับแก้ค่าเนื่องจากมีเม็ดหินขนาดใหญ่

(4) วิธีการทดลองแบบส่งผ่านโดยตรงที่ความลึก 150 มิลลิเมตร จะครอบคลุมปริมาตรวัสดุทดลองประมาณ 0.0057 ลูกบาศก์เมตรและวิธีการทดลองแบบกระเจิงกลับจะครอบคลุมปริมาตรวัสดุทดลองประมาณ 0.0028 ลูกบาศก์เมตร สำหรับปริมาตรที่แท้จริงจะไม่สามารถระบุได้ โดยจะแปรเปลี่ยนตามชนิดของเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ และความแน่นของวัสดุ โดยทั่วไปวัสดุที่มีความแน่นสูงจะครอบคลุมปริมาตรวัสดุทดลองน้อยกว่า

(5) ต้นกำเนิดรังสีอินโด ต้องอยู่ห่างจากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ที่ทำการทดลองอย่างน้อย 10 เมตร

5.4.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความชื้น

(1) องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุทดลองอาจมีผลกระทบต่อค่าที่วัดได้ จำเป็นต้องปรับแก้ ในกรณีที่มีอนุภาคไฮโดรเจนในรูปแบบอื่นนอกจากน้ำ ตามที่ระบุไว้ใน ASTM D 2216 หรือมีอนุภาคคาร์บอนจะส่งผลให้ค่าที่วัดได้สูงกว่าความเป็นจริง นอกจากนั้นองค์ประกอบทางเคมีบางชนิด เช่น โบรอน (boron) คลอรีน (chlorine) และแคดเมียม (cadmium) ปริมาณเพียงเล็กน้อยจะมีผลให้ค่าที่วัดได้ต่ำกว่าความเป็นจริง

(2) ค่าความชื้นที่วัดได้จากการทดลอง ไม่ใช่ค่าความชื้นเฉลี่ยที่ครอบคลุมปริมาตรวัสดุทดลอง ค่าความชื้นที่วัดได้จะเป็นค่าความชื้นของวัสดุที่อยู่ใกล้ผิวหน้าของชั้นวัสดุทดลองมากที่สุด สำหรับ

ปริมาณที่แท้จริงจะไม่สามารถระบุได้ โดยจะแปรเปลี่ยนตามค่าความชื้นของวัสดุทดลอง โดยทั่วไปวัสดุที่มีความชื้นสูงจะครอบคลุมปริมาตรวัสดุทดลองได้น้อยกว่า

(3) ต้นกำเนิดนิวตรอนอื่นใด ต้องอยู่ห่างจากเครื่องวัดเชิงนิวเคลียร์ที่ทำการทดลอง อย่างน้อย 10 เมตร

6. หนังสืออ้างอิง

6.1 The American Association of State Highway and Transportation Officials. Specifications for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing, AASHTO Designation: T 310 – 10

6.2 The American Society of Testing and Materials. ASTM Standard, ASTM Designation: D 6938 – 08a

6.3 สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ.ศัพทานุกรมนิวเคลียร์.กรุงเทพมหานคร:สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2547

* * * * *



สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง
วิธีการทดสอบหาค่าความแน่นและค่าความชื้นของดินและวัสดุผสมรวมในสนาม
ระดับต้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์

โครงการ _____

วัสดุชั้น _____ ชนิดของวัสดุ _____

เจ้าหน้าที่ทดลอง _____ วันที่ทดลอง _____

ข้อมูลเครื่องมือ _____

ยี่ห้อ : _____

รุ่น : _____

หมายเลขเครื่อง : _____

การตรวจนับมาตรฐาน (STANDARD COUNT)						
อ่านครั้งที่ (read no.)	ครั้งล่าสุด	1	2	3	4	5
ค่าการตรวจนับมาตรฐานของค่าความแน่นครั้งที่ 1 (Density standard count, DS1)						
ค่าการตรวจนับมาตรฐานของค่าความแน่นครั้งที่ 2 (Density standard count, DS2)						
ค่าการตรวจนับมาตรฐานของค่าความชื้น (Moisture standard count, MS)						
<input type="checkbox"/> ผ่าน (Pass) <input type="checkbox"/> ไม่ผ่าน (Fail)						

ระยะ (station)	km					
	off set	m				
วิธีการทดลอง (Mode) <input type="checkbox"/> BS <input type="checkbox"/> DT						
ความลึกแทงทดลอง (Probe depth) (cm)						
ค่าความชื้น (Moisture content) (%)						
ค่าความแน่นเปียก (Wet density) (g/ml)						
ค่าความแน่นแห้ง (Dry density) (g/ml)						

การหาค่าร้อยละของการบดทับ (PERCENT COMPACTION DETERMINATION)						
ค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum dry density) (g/ml)						
ค่าร้อยละของการบดทับ (% Compaction)						
ความหนาออกแบบ (Designed depth) (cm)						
ความหนาจริง (Actual depth) (cm)						

หมายเหตุ: BS - Backscatter method

DT - Direct transmission method

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน บาท



