



**การทดลองที่ ทล.-ท. 607/2555**

**วิธีการทดลองหาค่าความหนาแน่นและ  
ค่าความชื้นของดินและวัสดุมวลรวม  
ในสนามระดับต้นโดยใช้วิธีนิวเคลียร์**

ปีที่จัดทำ พ.ศ. 2555



## **คลังความรู้**

มาตรฐาน ข้อกำหนด  
คู่มือกลาง

มาตรฐานวิธีการทดลอง (ทล.-ท.)



**สำนักมาตรฐานและประเมินผล**

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

## 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 ซึ่งประกอบด้วยวัสดุแกมมาต้นรังสี 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 วัสดุประกอบการทดลอง

## 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

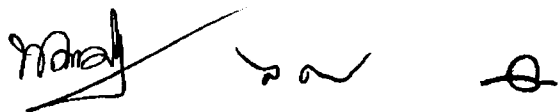
#### 5. ข้อควรระวัง

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) ต้นกำเนิดรังสีอินได 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



