

กรมทางหลวง

วิธีการทดลองหาปริมาณน้ำในดินโดยใช้เตาไมโครเวฟ

* * * * *

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาปริมาณน้ำในดินจากการอบแห้งโดยใช้เตาไมโครเวฟ ซึ่งสามารถใช้ทดแทนวิธีการทดลองหาปริมาณน้ำในดิน โดยใช้วิธีเตาอบไฟฟ้าในกรณีที่ต้องการทราบผลการทดลองที่รวดเร็ว และค่าที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยแต่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หากต้องการผลทดลองที่มีความถูกต้องสูงให้ทดลองโดยใช้วิธีเตาอบไฟฟ้า

วิธีการทดลองนี้ใช้ได้กับดินเกือบทุกชนิด ยกเว้นดินบางชนิดที่มีองค์ประกอบของแร่ดินเหนียว อัลลอยไซต์ (halloysite) ไมกา (mica) มอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) แร่ยิปซัม (gypsum) หรือวัสดุอื่นที่สามารถเกิดขบวนการไฮเดรชันได้ (hydrated materials) ดินอินทรีย์สูงหรือดินที่มีของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เช่น ดินตะกอนทะเล (marine deposits) ที่มีเกลืออยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน อาจได้ค่าปริมาณน้ำในดินที่ไม่ถูกต้อง

หมายเหตุ ก่อนใช้วิธีการทดลองนี้ ต้องทวนสอบ (verification) ผลการทดลองที่ได้โดยวิธีการนี้ กับผลการทดลองที่ได้โดยวิธีการใช้เตาอบไฟฟ้า เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนต้องไม่เกิน ร้อยละ 1

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เตาไมโครเวฟ (microwave oven) ต้องมีขนาดและช่องระบายอากาศที่เหมาะสมมีกำลังไฟฟ้าประมาณ 700 วัตต์ และสามารถปรับตั้งค่ากำลังไฟฟ้าได้

2.1.2 เครื่องชั่ง (balances) สามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 2 000 กรัม และชั่งได้ละเอียด 0.1 กรัม

2.1.3 ภาชนะบรรจุตัวอย่าง (specimen containers) ทำจากวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ ไม่ซึมน้ำ ทนต่อความร้อนสูงและไม่เปลี่ยนแปลงมวลหรือรูปทรงเมื่อได้รับความร้อนและความเย็นหรือการทำความสะอาดบ่อยครั้ง เช่น ถ้วยกระเบื้องเคลือบดินเผา (porcelain evaporating dishes) ถ้วยแก้วทนความร้อน (standard borosilicate glass dishes) เป็นต้น

2.1.4 อุปกรณ์สำหรับหยิบจับภาชนะบรรจุตัวอย่าง (container handling apparatus) เป็นอุปกรณ์สำหรับหยิบจับภาชนะบรรจุตัวอย่างออกจากเตาไมโครเวฟ เช่น ถังมือกันความร้อน คีมคีบภาชนะบรรจุตัวอย่าง เป็นต้น

2.1.5 อุปกรณ์ดูดความชื้น (desiccator) เป็นภาชนะที่มีขนาดเหมาะสม เช่น ตู้หรือโถแก้วที่บรรจุซิลิกาเจล (silica gel) แคลเซียมฟอสเฟตชนิดแห้ง (anhydrous calcium phosphate) หรือสารดูดความชื้นอื่นใดที่เทียบเท่า

2.1.6 อุปกรณ์ดูดซับพลังงาน (heat sink) เป็นอุปกรณ์หรือวัสดุที่ใส่วางในเตาไมโครเวฟ เพื่อช่วยดูดซับพลังงานหลังจากที่ตัวอย่างคายความชื้นออกมา ซึ่งจะช่วยลดการเกิดความร้อนที่สูงเกินไปและป้องกันเตาไมโครเวฟเสียหาย เช่น อลูมิเนียม ถ้วยแก้วบรรจุน้ำ และวัสดุไม่ติดไฟที่มีจุดเดือดสูงกว่าน้ำ

2.1.7 เครื่องมือกวนตัวอย่าง (stirring tools) เป็นเครื่องมือสำหรับกวนและตัดแบ่งตัวอย่างทั้งก่อนและระหว่างการทดลอง เช่น มีดปาด เกรียง แท่งแก้ว เป็นต้น

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว.608

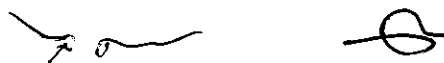
2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 ลักษณะตัวอย่างที่ใช้ทดลองขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลอง ชนิดวัสดุ และลักษณะการเก็บตัวอย่าง เช่น ตัวอย่างจากถุงเก็บตัวอย่าง จากกระบอกเก็บตัวอย่าง จากกระบอกผ่าและจากการเก็บลักษณะอื่นๆ ในกรณีที่ตัวอย่างประกอบด้วยชั้นบางๆ หลายชั้น หรือตัวอย่างมีวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิด อาจเตรียมตัวอย่างโดยการนำวัสดุแต่ละชั้นหรือแต่ละชนิดทั้งหมดมารวมกันใช้เป็นตัวอย่างทดลอง หรืออาจแยกแต่ละชั้น หรือชนิดตัวอย่าง โดยต้องบันทึกข้อมูลการเตรียมตัวอย่าง

2.4.2 ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ทดลอง

(1) กรณีตัวอย่างทดลองไม่จับตัวเป็นก้อน นำตัวอย่างมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วแบ่งตัวอย่างด้วยวิธีแบ่งสี่หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง ให้ได้ปริมาณตัวอย่างทดลองตามตารางที่ 1

(2) กรณีตัวอย่างทดลองจับตัวเป็นก้อน ให้ตัดแต่งตัวอย่างส่วนที่เป็นขอบนอกออกประมาณ 3 มิลลิเมตร เพื่อตรวจสอบลักษณะตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างมีลักษณะแยกเป็นชั้นให้ปฏิบัติตามข้อ 2.4.1 ควรทุบหรือตัดตัวอย่างให้มีขนาดประมาณ 6 มิลลิเมตร ($\frac{1}{4}$ นิ้ว) เพื่อลดเวลาในการอบแห้งและป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสูงเกินไปที่ผิวบนอกขณะที่ยังไม่แห้ง ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ทดลองให้เป็นไปตามตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ปริมาณตัวอย่างทดลอง

ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร	ร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยมวล	ปริมาณตัวอย่าง(กรัม)
19.00 (¼ นิ้ว)	90 - 100	500 ถึง 1000
4.75 (เบอร์ 4)	90 - 100	300 ถึง 500
2.00 (เบอร์ 10)	90 - 100	100 ถึง 200

2.5 การทดลอง

2.5.1 ซึ่งหามวลภาชนะบรรจุตัวอย่างที่แห้งและสะอาด บันทึกค่า (M_c)

2.5.2 นำตัวอย่างใส่ลงในภาชนะบรรจุตัวอย่าง ซึ่งหามวล บันทึกเป็นมวลเริ่มต้นของการทดลอง (M_1)

2.5.3 นำภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมตัวอย่างจากข้อ 2.5.2 และอุปกรณ์ดูดซับพลังงาน วางลงบนเตาไมโครเวฟ ทำการอบแห้งเริ่มต้นเป็นเวลา 3 นาที ถ้ามีข้อมูลเวลาที่ใช้ออบแห้งตัวอย่างแต่ละชนิดซึ่งอาจน้อยหรือมากกว่านี้สามารถให้ข้อมูลดังกล่าวได้ แต่ต้องไม่ทำให้เกิดความร้อนที่สูงเกินไป เวลาในการอบแห้งเริ่มต้นและการอบแห้งครั้งต่อไป อาจปรับได้ตามความเหมาะสม

2.5.4 หลังจากอบแห้งตามเวลาที่กำหนดแล้วเสร็จ นำภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมตัวอย่างออกจากเตาไมโครเวฟ ซึ่งหามวลทันที หรือนำไปใส่ในอุปกรณ์ดูดความชื้น ให้ตัวอย่างคายความร้อนก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องชั่งเสียหาย แล้วจึงชั่งหามวลและบันทึกค่า

2.5.5 ให้เครื่องมือชั่งตัวอย่าง คลุกเคล้าตัวอย่างอย่างระมัดระวังไม่ให้มวลของตัวอย่างสูญหาย

2.5.6 นำภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมตัวอย่างจากข้อ 2.5.5 อบแห้งต่อในเตาไมโครเวฟ เป็นเวลา 1 นาที

2.5.7 ทำซ้ำข้อ 2.5.4 – 2.5.6 จนมวลตัวอย่างคงที่ (มวลตัวอย่างต่างกันไม่เกินร้อยละ 0.1 ถือว่าใช้ได้) บันทึกเป็นมวลสุดท้ายของการทดลอง (M_2)

2.5.8 หากมีการทดลองตัวอย่างที่เหมือนเดิมเป็นประจำ อาจบันทึกระยะเวลาในการอบแห้งและจำนวนครั้งในการอบแห้ง ไว้เป็นข้อมูลสำหรับเตาไมโครเวฟแต่ละเตาได้ โดยทำการตรวจสอบเป็นระยะเพื่อความมั่นใจในผลการทดลองหามวลสุดท้ายเทียบกับที่ทำตามข้อ 2.5.7

3. การคำนวณ

การคำนวณหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$w = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_c} \times 100$$

เมื่อ w = ร้อยละของปริมาณน้ำในดิน

M_1 = มวลเริ่มต้นของการทดลอง มีหน่วยเป็นกรัม

M_2 = มวลสุดท้ายของการทดลอง มีหน่วยเป็นกรัม

M_c = มวลของภาชนะบรรจุตัวอย่าง มีหน่วยเป็นกรัม

4. การรายงาน

รายงานค่าต่างๆ ตามแบบฟอร์ม จ.608 สำหรับร้อยละของปริมาณน้ำในดินให้ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

5. ข้อควรระวัง

5.1 การใช้เตาไมโครเวฟ ต้องปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานของผู้ผลิตและต้องศึกษาข้อควรระวังที่ผู้ผลิตเตาไมโครเวฟแนะนำไว้อย่างละเอียด โดยเฉพาะส่วนของยางขอบประตู และตัวล็อกประตูจะต้องอยู่ในสภาพสะอาดและพร้อมใช้งาน

5.2 ผู้ผลิตเตาไมโครเวฟอาจจะปฏิเสธในการรับประกันการใช้งานของเตาไมโครเวฟ ในกรณีที่นำมาใช้ในการอบแห้งวัสดุ การอบแห้งวัสดุที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบอาจทำให้เกิดประกายไฟขึ้นในเตาไมโครเวฟขณะอบแห้งได้ ส่วนการอบแห้งดินอินทรีย์ดินที่มีน้ำมันหรือถ่านหินเป็นองค์ประกอบอาจเกิดการติดไฟและเกิดการไหม้ในระหว่างการอบแห้ง นอกจากนี้การใช้งานเตาไมโครเวฟในการอบแห้งต่อไปอีกหลังจากที่ตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่แล้วอาจมีผลทำให้เตาไมโครเวฟเสียหายได้

5.3 เตาไมโครเวฟส่วนใหญ่สามารถปรับกำลังไฟฟ้าได้ ซึ่งในการอบแห้งนั้นควรปรับตั้งค่ากำลังไฟฟ้าไว้ที่ตำแหน่งที่ได้จากการทวนสอบ ซึ่งเป็นตำแหน่งเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามในวัสดุบางชนิดการปรับตั้งค่ากำลังไฟฟ้านี้อาจสูงเกินไป การปรับตั้งค่าที่เหมาะสมควรขึ้นอยู่กับประสบการณ์การใช้เตาไมโครเวฟกับวัสดุชนิดต่างๆ และปริมาณตัวอย่าง นอกจากนี้พลังงานของเตาไมโครเวฟอาจลดลงตามอายุการใช้งาน ดังนั้นการปรับตั้งค่ากำลังไฟฟ้าและเวลาในการอบแห้ง ให้ทำการทวนสอบทุก 6 เดือน

5.4 ห้ามใช้ภาชนะบรรจุตัวอย่างที่เป็นโลหะในเตาไมโครเวฟ เพราะจะเกิดประกายไฟและอาจส่งผลให้เตาไมโครเวฟเสียหาย

5.5 ควรมีฝาปิดภาชนะบรรจุตัวอย่าง เพื่อป้องกันการกระจายของตัวอย่างในเตาไมโครเวฟ ระหว่างการอบแห้ง และป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับบาดเจ็บหรือเตาไมโครเวฟเกิดความเสียหาย เนื่องจากอาจเกิดการระเบิดของไอน้ำ หรือวัสดุที่มีรูพรุนหรือวัสดุที่เปราะเมื่อได้รับความร้อนแล้วเกิดการแตกเป็นชิ้น

5.6 ควรใช้อุปกรณ์กันความร้อน ในการหยิบจับภาชนะบรรจุตัวอย่าง เพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงานเกิดการบาดเจ็บหรือเกิดแผลไหม้รุนแรงได้

5.7 ควรมีอุปกรณ์ป้องกันดวงตาที่เหมาะสม เนื่องจากอาจเกิดการแตกป่นของวัสดุในระหว่างให้ความร้อน ระหว่างกวน และระหว่างซั่งหามวลได้

5.8 ดินอินทรีย์และดินที่มีน้ำมันหรือสารปนเปื้อนอื่นใด อาจติดไฟในระหว่างการอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟ ควรมีวิธีการป้องกันการลุกไหม้ของเปลวไฟในระหว่างทำการทดลองเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับบาดเจ็บหรือเตาไมโครเวฟได้รับความเสียหาย ครันที่เกิดจากดินที่มีสารปนเปื้อนหรือมีของเสียปนเปื้อนอาจเป็นพิษต่อสุขภาพ เตาไมโครเวฟควรมีช่องระบายอากาศที่เหมาะสม

5.9 เวลาการอบแห้งเริ่มต้น 3 นาทีใช้สำหรับตัวอย่างปริมาณอย่างน้อย 100 กรัม ไม่ควรใช้เตาไมโครเวฟกับตัวอย่างที่มีปริมาณน้อยกว่าที่ระบุไว้ตามตารางที่ 1 เพราะจะทำให้การอบแห้งเร็วเกินไป และในกรณีที่ต้องการทดลองตัวอย่างที่มีเม็ดวัสดุขนาดใหญ่ปนอยู่ เพื่อให้ได้ตัวอย่างตัวแทนที่เหมาะสมต้องใช้ตัวอย่างในปริมาณมากขึ้น อาจต้องแบ่งตัวอย่างเป็นหลายส่วนและแยกอบแห้งทีละส่วน แล้วจึงนำผลทดลองมารวมกันเพื่อให้ได้มวลแห้งของตัวอย่างทั้งหมด

5.10 หลังจากการทดลองตัวอย่างเพื่อหาปริมาณน้ำในดินแล้วเสร็จควรทิ้งตัวอย่างดังกล่าว ไม่ควรนำไปใช้ในการทดลองอื่นใดอีก เนื่องจากตัวอย่างเกิดการสลายอนุภาค การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การหลอมละลาย หรือการสูญเสียองค์ประกอบของสารอินทรีย์

6. หนังสืออ้างอิง

6.1 The American Society of Testing and Materials. ASTM Standard, ASTM Designation: D 4643 – 08

* * * * *

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่..... วันที่รับตัวอย่าง..... วันที่ทดลอง.....
 เจ้าของตัวอย่าง..... หนังสือที่.....
 โครงการ..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

การหาปริมาณน้ำในดินโดยใช้เตาไมโครเวฟ

วัสดุ..... มวลตัวอย่างทดลอง.....
 แหล่งวัสดุ.....

ภาชนะบรรจุตัวอย่างเลขที่.....
 มวลภาชนะบรรจุตัวอย่าง (M_c)..... กรัม
 มวลภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมตัวอย่าง หรือมวลเริ่มต้น (M_1)..... กรัม

ข้อมูลเตาไมโครเวฟ

ยี่ห้อ : รุ่น : กำลังไฟฟ้า : การปรับตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ :

รายการ		การอบแห้งครั้งที่						
		1	2	3	4	5	6	7
เวลาอบแห้ง	นาที							
มวลภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมตัวอย่างอบแห้ง (M_2)	กรัม							
มวลตัวอย่างแห้ง ($M_2 - M_c$)	กรัม							
ร้อยละของมวลตัวอย่างแห้งที่เปลี่ยนแปลง		-						

มวลภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมตัวอย่างอบแห้ง หรือมวลสุดท้าย (M_2)* กรัม

ร้อยละของปริมาณน้ำในดิน $W = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_c} \times 100 = \dots\dots\dots$

หมายเหตุ : * มวลภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมตัวอย่างอบแห้ง หรือมวลสุดท้าย (M_2) คือ มวลภาชนะบรรจุตัวอย่างพร้อมตัวอย่างอบแห้งจนมีค่าคงที่ ค่าของมวลตัวอย่างแห้งที่เปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 0.1

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน บาท