บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ลานตากสลัดจ์ โดยการแยกน้ำส่วนบนออกเปรียบเทียบกับลานตากที่ไม่แยกน้ำ รวมทั้งศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการใช้ลานตากสลัดจ์ในการลดปริมาตรของสลัดจ์ โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 การศึกษาขั้นต้นและวางแผนการทดลอง

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ทั้งทางด้านงานวิจัยเกี่ยวกับสลัดจ์และการตรวจวัดสภาพอากาศ

เมื่อได้ศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ จนพอจะกำหนดแนวทางทั้งหมดได้แล้ว จึงได้วางแผนการทดลองวิจัย โดยมีข้อกำหนดในการทดลองต่างๆ ดังต่อไปนี้

สถานที่ทดลองตากสลัดจ์	ใช้พื้นที่บริเวณดาดฟ้าอาคารจุลจักรพงษ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สลัดจ์	ใช้สลัดจ์จากสลัดจ์รูบกลับ (return sludge) หรือสลัดจ์ที่ผ่านการทำข้นจากโรงบำบัดน้ำเสียของโรงงานประเภทต่างๆ และมีรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 3.1
ลานตาก	เป็นลานตากจำลองซึ่งสร้างขึ้นมาจากถังเหล็กทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 570 มม. สูง 900 มม. มีท่อระบายน้ำด้านล่างของถัง รายละเอียดดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1 และภาพที่ 3.1
ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา	ตั้งเครื่องมือวัดในบริเวณที่ใกล้เคียงกับบริเวณที่ตากสลัดจ์ พร้อมทั้งขอข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียง โดยห่างจากสถานที่ทดลองประมาณ 3 กิโลเมตร
ความเข้มข้นสุดท้ายของกาก	กำหนดให้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20

ตารางที่ 3.1 ชนิดของสลัดจ์ที่นำมาทดลอง

การทดลอง	ประเภทสลัดจ์/ระบบบำบัด	ประเภทโรงงาน	แหล่งเก็บ	หมายเหตุ
B1	ชีวภาพ/AS	ฟอกย้อม	บ่อพักสลัดจ์	ค่า MLSS ประมาณ 3,200 มก./ล. อายุสลัดจ์ประมาณ 13 วัน DO ประมาณ 1.1-1.2 มก./ล. พีเอช 7.5-7.9
B2	ชีวภาพ/AS	ฟอกย้อม	ถังย่อยสลัดจ์	เวลากักน้ำในถังย่อยประมาณ 24-48 ชั่วโมง DO ประมาณ 0.6 มก./ล. พีเอช ประมาณ 7.5-7.9
B3	ชีวภาพ/AS	ผลิตผลไม้กระป๋อง	ถังทำข้น	สลัดจ์ผ่านการทำข้นแล้ว โดยในถังเติมอากาศมี MLVSS ประมาณ 4,000 มก./ล. DO มากกว่า 2 มก./ล. พีเอช ประมาณ 7
B4	ชีวภาพ/แอนแอโรบิก	ผลิตเบียร์	ถัง UASB	สลัดจ์แอนแอโรบิกจากระบบบำบัดแบบ upflow anaerobic sludge blanket
B5	ชีวภาพ/AS	ฟอกหนัง	บ่อเติมอากาศ(SBR)	แอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบ sequencing batch reactors พีเอช ประมาณ 7
B6	ชีวภาพ/AS	ผลิตยางยืด	บ่อเติมอากาศ	แอกทิเวเต็ดสลัดจ์ อายุสลัดจ์ประมาณ 15 วัน
C1	เคมี	อะลูมิเนียม	บ่อพักสลัดจ์	สลัดจ์จากกระบวนการโคแอกกูเลชั่นให้เกิดอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ด้วยการปรับพีเอช และเติมต่อด้วยโพลิเมอร์ (flocculant)
C2	เคมี	ประกอบรถยนต์	บ่อพักสลัดจ์	สลัดจ์จากกระบวนการโคแอกกูเลชั่นด้วยสารประกอบเหล็กและใช้โพลิเมอร์ชนิดประจุบวก (kurifix 312) ด้วยอัตราการเติมประมาณ 0.1-0.2 มก./ลิตรน้ำเสีย

หมายเหตุ : AS = Activated Sludge

DO = Dissolved Oxygen(ออกซิเจนละลาย)

MLSS = Mixed Liquor Suspended Solids

MLVSS = Mixed Liquor Volatile Suspended Solids

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- ถังเหล็กทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 570 มม. ความสูง 900 มม. 200 ลิตร นำมาดัดแปลงเป็นลานตากจำลอง 8 ใบ
- ถังเก็บสลัดจ์ขนาด 500 ลิตร 2 ใบ
- ถังพักสลัดจ์ขนาด 180 ลิตร(ใช้เตรียมสลัดจ์ให้ได้ความเข้มข้นของของแข็งต่าง ๆ) 4 ใบ
- ถังตวงสลัดจ์ขนาด 83 ลิตร 2 ใบ
- ภาชนะรองรับน้ำขนาด 20-25 ลิตร (มีฝาปิดเพื่อกันระเหย) 8 ใบ
- อุปกรณ์กวนช้าหรือมอเตอร์ 1 ชุด

สำหรับรายละเอียดในการสร้างอุปกรณ์ต่างๆ มีดังนี้

3.2.1 ลานตากจำลอง

ใช้ถังเหล็กทรงกระบอกขนาดความจุ 200 ลิตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 570 มม. สูง 900 มม. มีฉนวนใยแก้วหนา 25 มม.(1 นิ้ว) หุ้มรอบถังเพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนถ่ายเทเข้าออกด้านข้างถัง(รูปที่ 3.1) การระบายน้ำที่พื้นชั้นล่างของถังใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม.(1 นิ้ว) เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 มม.(3/8 นิ้ว) สองแถวทำมุมประมาณ 80 องศา โดยมีระยะห่างระหว่างรูที่เจาะในแต่ละแถว 50 มม. ต่อท่อเป็นรูปกากบาท ที่ปลายสามด้านปิด ปลายอีกด้านหนึ่งเปิดเพื่อให้น้ำไหลออกมาได้

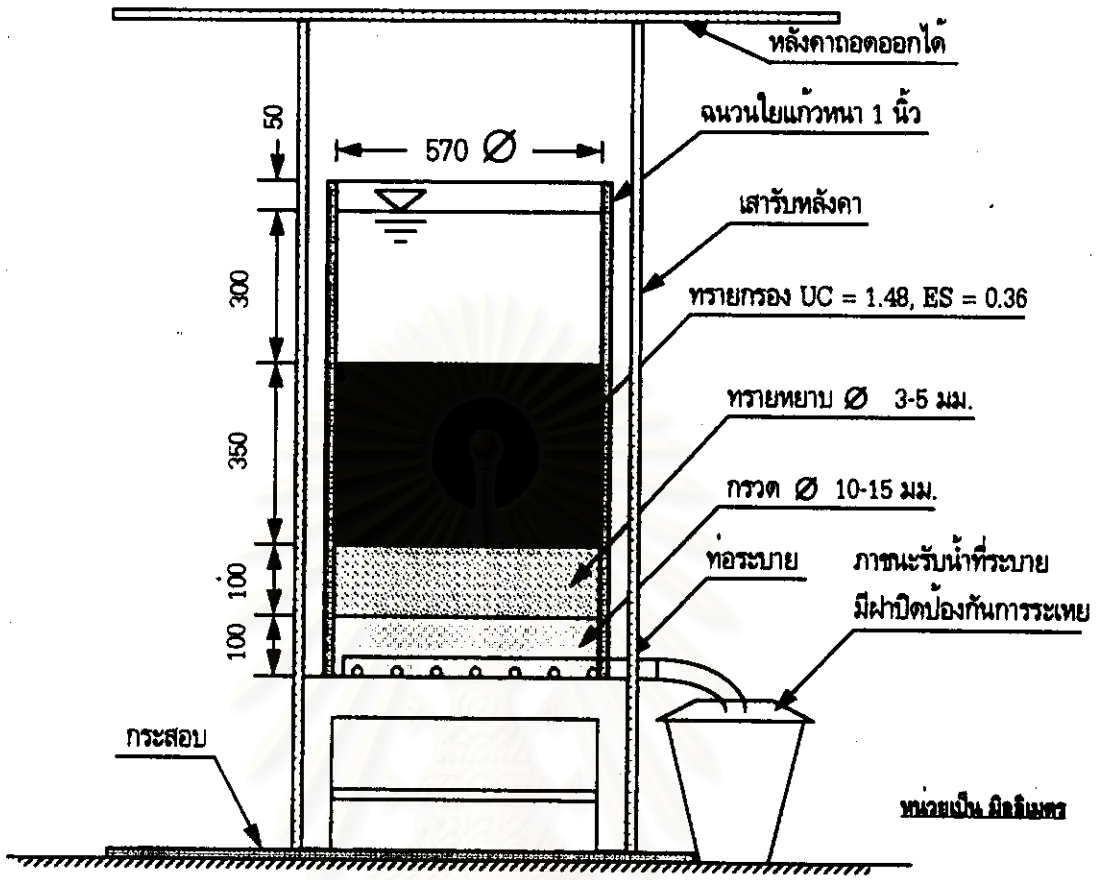
ลานตากที่ใช้ในการทดลองจะมีทั้งหมด 8 ถัง และมีลักษณะเหมือนกัน(ภาพที่ 3.1 และ 3.2) ตั้งอยู่บนขาตั้งซึ่งมีกระสอบปูรองอยู่ด้านล่างเพื่อลดผลกระทบจากความร้อนของพื้นดาดฟ้า มีภาชนะขนาดความจุประมาณ 20 ลิตร รองรับน้ำที่ไหลออกจากท่อระบายทางด้านล่าง และมีฝาปิดเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นหายไปโดยการระเหยออกจากภาชนะรองรับน้ำ ที่แต่ละมุมของขาตั้งของลานตากจำลองทั้ง 4 มุมได้ต่อเสาขึ้นไว้เพื่อให้สามารถนำโครงหลังคาสังกะสีมาประกอบติดตั้งได้ในทันทีขณะที่ฝนกำลังจะตก และเมื่อฝนหยุดตกแล้วจะถอดโครงหลังคาทั้งหมดออก

3.2.2 ชั้นกรอง

ชั้นกรองประกอบไปด้วยชั้นของกรวดและทรายจำนวน 3 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 มีรายละเอียดดังนี้

3.2.2.1 ชั้นล่างสุดใช้กรวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในช่วงระหว่าง 10-15 มม. ใช้ความหนา 100 มม.

3.2.2.2 ชั้นกลางใช้ทรายหยาบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในช่วง 3-5 มม. หนา 100 มม.



รูปที่ 3.1 ลานตากจำลอง (ใช้ในการทดลองจำนวน 8 ชุด)

3.2.2.3 ชั้นบนสุดใช้ทรายกรองน้ำหนา 350 มม. โดยได้นำตัวอย่างทรายจำนวนหนึ่งมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของขนาดและการกระจายตัวของทราย โดยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานแล้วพบว่ามีขนาดประสิทธิผลประมาณ 0.36 มม. และมีสัมประสิทธิความสม่ำเสมอประมาณ 1.48 (ดูภาคผนวก ก)

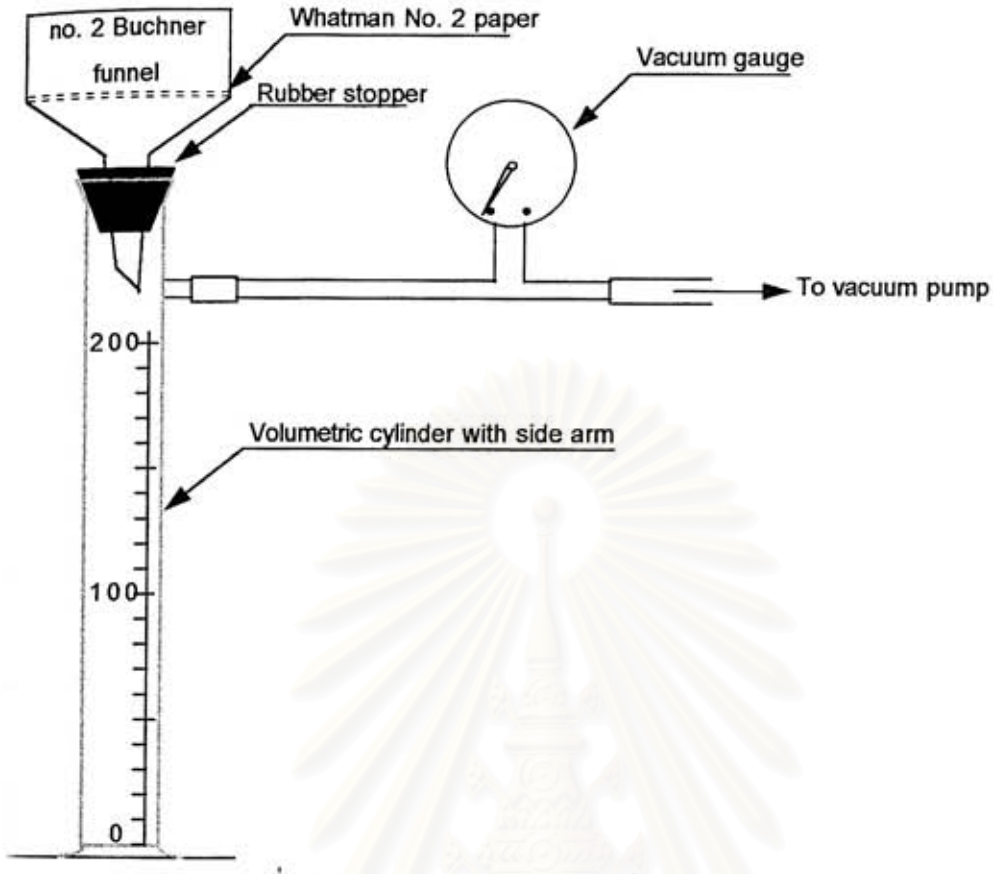
3.2.3 อุปกรณ์วัดค่าความต้านทานจำเพาะ (Specific Resistance Apparatus)

ในการวัดค่าความต้านทานจำเพาะต่อการกรองได้ใช้อุปกรณ์ชุดกรวยบุคเนอร์ ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.2 และภาพที่ 3.3 ซึ่งประกอบไปด้วย

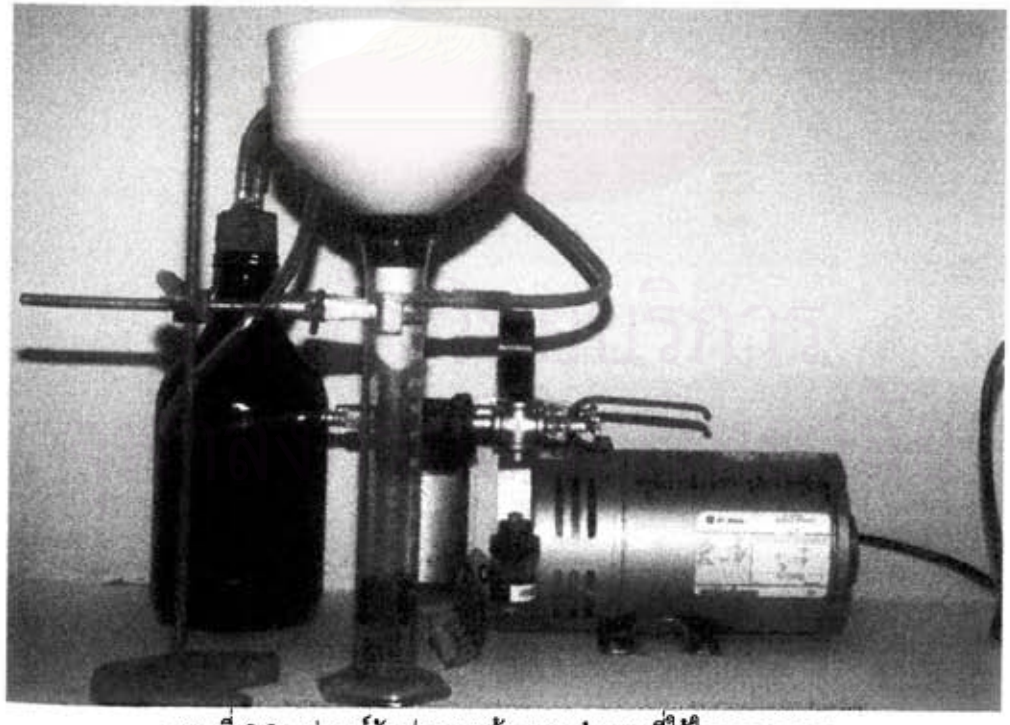
- บุคเนอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มม.
- จุกยาง (rubber stopper)
- กระบอกตวงขนาดความจุ 250 มล.
- ปั๊มสุญญากาศ
- กระดาษกรอง Whatman No. 2 ซึ่งมีช่องเปิดที่สามารถกักอนุภาคขนาด 8 ไมโครเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มม.

ภาพที่ 3.1 ลานตากจำลองซึ่งติดตั้งชั่วคราวบนสถานที่ทดลอง(ชั้นดาดฟ้าอาคารจุลจักรพงษ์)

ภาพที่ 3.2 ลานตากจำลองใช้ในการทดลองจำนวน 8 ถัง มีลักษณะเหมือนกัน



รูปที่ 3.2 ลักษณะของชุดการวัดมุดเดอร์ (Ekenfelder, 1989)



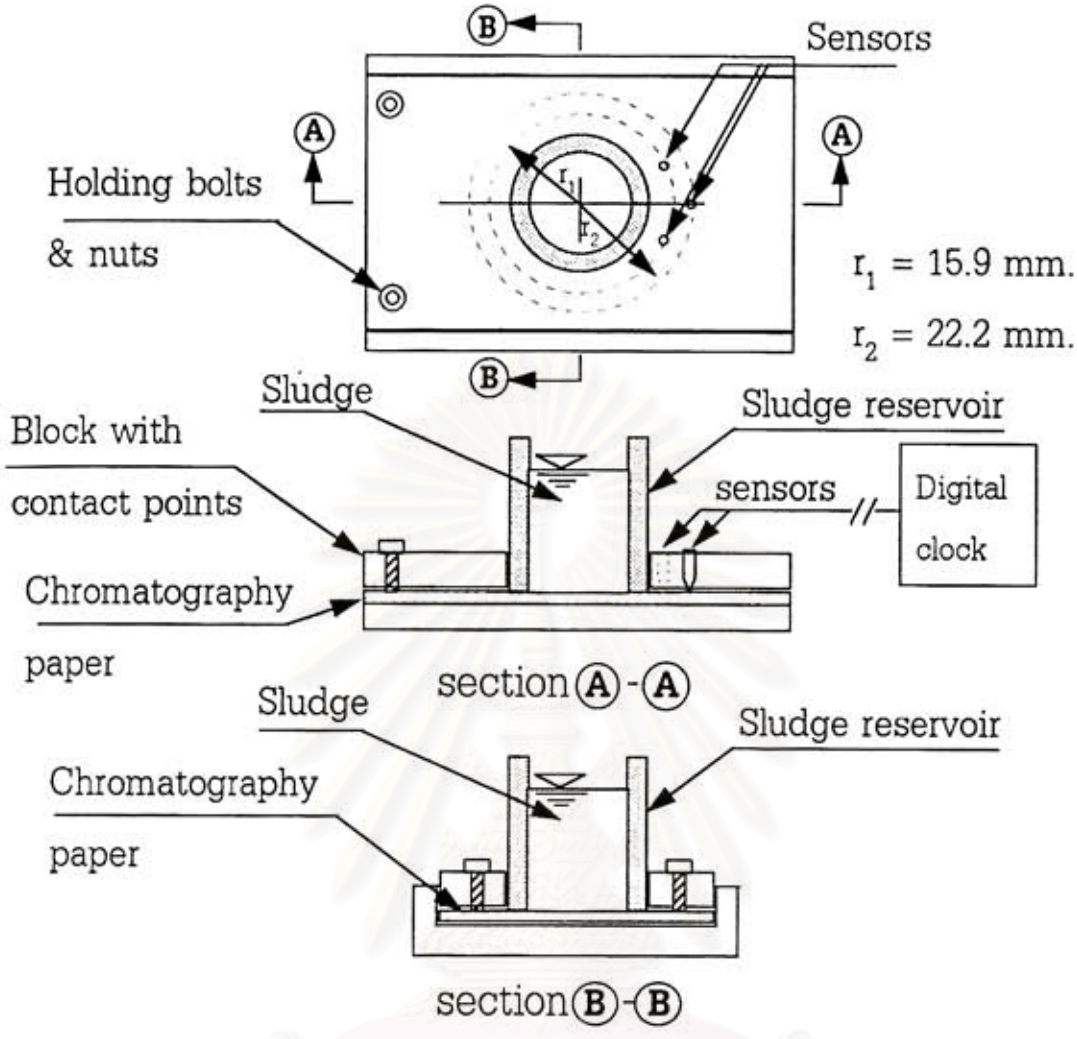
ภาพที่ 3.3 อุปกรณ์วัดค่าความต้านทานจำเพาะที่ใช้ในการทดลอง

3.2.4 Capillary Suction Apparatus

เครื่อง capillary suction apparatus ที่ใช้ในการทดลองวิจัยนี้ จัดสร้างขึ้นเองที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาพที่ 3.4 แสดงเครื่องวัด CST ที่ได้สร้างขึ้นเอง โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้(ดูรูปที่ 3.3)

- ตัวเครื่อง CST ประกอบไปด้วยวงจรหลัก 3 ส่วน คือ
  - สวิทส์สัมผัส
  - ตัวสร้างสัญญาณนาฬิกา(clock generater)
  - ตัวนับสัญญาณ(counter)
- ทรงกระบอกกลวงสเตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10 มม. และ 18 มม. (โดยในการทดลองใช้ขนาดเดียวคือขนาดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.)
- แผ่นพลาสติกอาคริลิค 2 แผ่น โดยแผ่นล่างใช้วางกระดาษโครมาโตรกราฟี่ และแผ่นบนติดตั้งเซนเซอร์ไว้
- กระดาษโครมาโตรกราฟี่ Whatman No.17 chr. ซึ่งมีขนาด 46 x 57 ซม. นำมาใช้โดยตัดให้มีขนาด 70 x 90 มม. (เพื่อให้วางลงบนแผ่นพลาสติกได้)

ภาพที่ 3.4 เครื่องวัด CST ที่สร้างขึ้นที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 3.3 Capillary Suction Apparatus

เครื่อง CST ที่สร้างขึ้นนี้ได้นำไปเปรียบเทียบผลการวัดค่า CST กับเครื่อง CST รุ่น type 165 ที่มีใช้อยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ซึ่งผลิตขึ้นโดย บริษัท Triton Electronics จำกัด ประเทศอังกฤษ ในการทดลองใช้ตัวอย่างสลัดจ์เดียวกันและทดลองเปรียบเทียบในเวลาขณะเดียวกัน ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

3.2.5 อุปกรณ์วัดสภาพอากาศ

ในการวัดสภาพอากาศ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประกอบในการวิจัย โดยมีข้อมูลที่วัดและอุปกรณ์ที่ใช้วัดดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 และมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลสภาพอากาศที่วัดและอุปกรณ์ที่ใช้วัด

ข้อมูลที่วัด	อุปกรณ์ที่ใช้วัด
อัตราการระเหย	ถาดระเหย class A pan+เครื่องวัดฝน
ความเข้มแสงอาทิตย์	เครื่องวัดความเข้มแสง LI-189 ของบริษัท LI-Cor Inc.
ความชื้นสัมพัทธ์	เทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียก-ตุ้มแห้ง

3.2.5.1 อัตราการระเหย

การวัดอัตราการระเหยในการทดลองนี้ได้วัดโดยใช้ถาดระเหยแบบตั้งบนดินชนิด U. S. Weather Bureau Class A Pan หรือเรียกสั้นๆ ว่า Class A Pan ดังแสดงในภาพที่ 3.5 สำหรับรายละเอียดในการวัดอัตราการระเหยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค.

3.2.5.2 ความเข้มแสงอาทิตย์

ความเข้มแสงอาทิตย์ได้วัดโดยใช้เครื่องวัด radiometer รุ่น LI-189 ของบริษัท LI-Cor Inc.(ภาพที่ 3.6) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความเข้มแสง โดยจะมีตัว sensor และมีตัวเครื่องอ่านความเข้มแสงที่วัดได้ การวัดทำได้โดยนำตัว sensor ไปวางในบริเวณที่ต้องการวัด เปิดเครื่องวัดแล้วอ่านค่าที่ได้ (ภาคผนวก ง. กล่าวถึงรายละเอียดทั่วๆไปเกี่ยวกับการวัดความเข้มแสง)

ภาพที่ 3.5 ถาดวัดอัตราการระเหย Class A pan ซึ่งนำไปใช้วัดอัตราการระเหยบนสถานที่ทดลอง

3.2.5.3 ความชื้นสัมพัทธ์

การวัดความชื้นสัมพัทธ์ใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบตุ้มเปียก-ตุ้มแห้ง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.7 การวัดทำได้โดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียก-ตุ้มแห้ง นำค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มแห้งและผลต่างระหว่างค่าจากเทอร์โมมิเตอร์ตุ้มเปียกและตุ้มแห้งไปเปิดหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้จากตารางสำเร็จหรือใช้วิธีคำนวณจากสมการที่ 3-1

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์ (R. H.)} = (E' - (t-t')/2)x100/E \qquad (3\text{-}1)$$

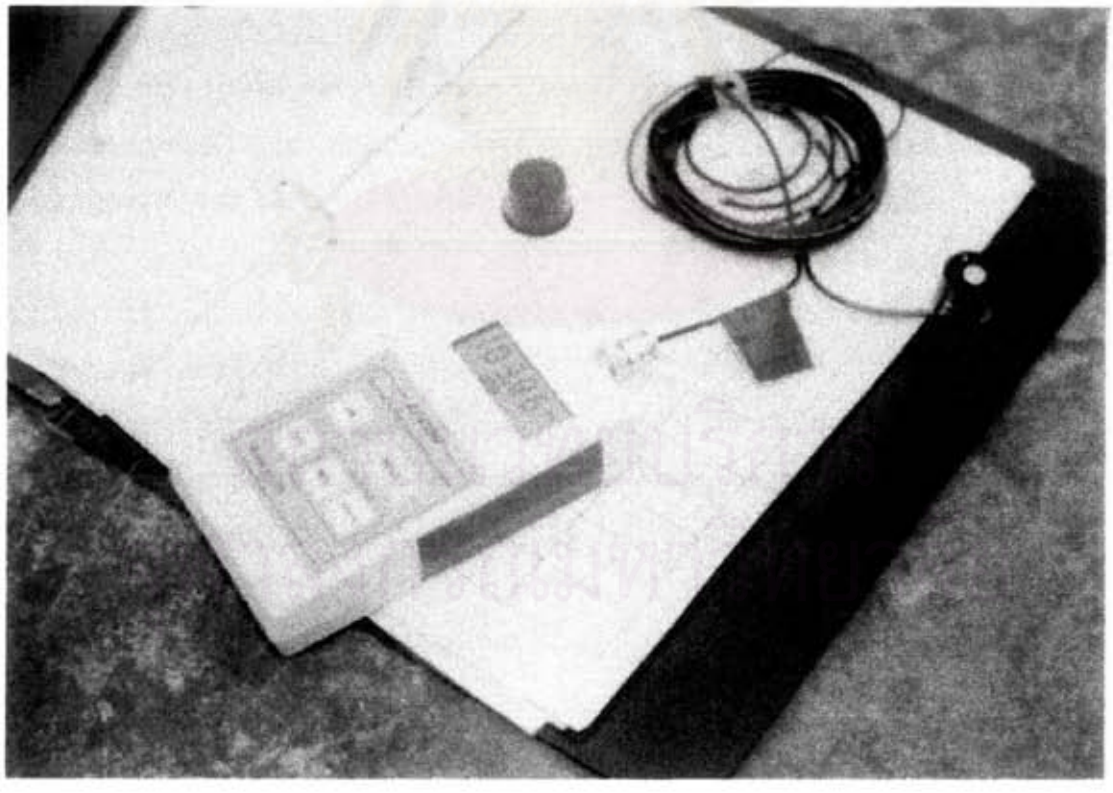
เมื่อ t เป็นอุณหภูมิตุ้มแห้ง (องศาเซลเซียส)

t' เป็นอุณหภูมิตุ้มเปียก (องศาเซลเซียส)

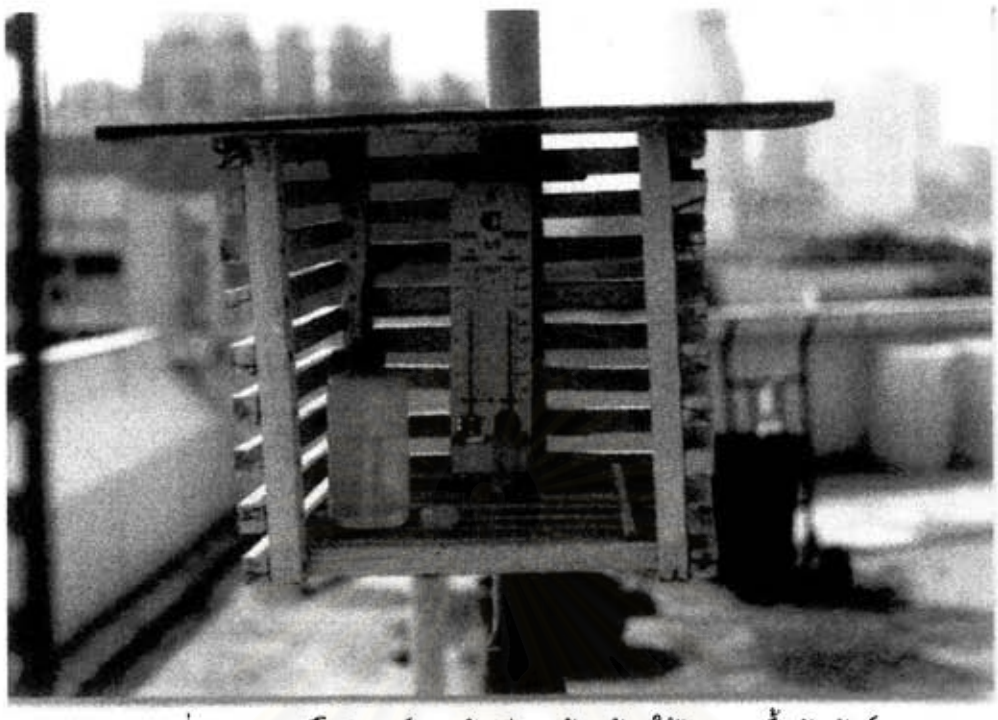
E เป็นความกดไอน้ำอิ่มตัว ณ. อุณหภูมิตุ้มแห้ง (มิลลิเมตร)

E' เป็นความกดไอน้ำอิ่มตัว ณ. อุณหภูมิตุ้มเปียก (มิลลิเมตร)

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับความชื้นในบรรยากาศและการวัดความชื้นแสดงไว้ในภาคผนวก จ. และค่าความกดไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิใดๆ แสดงไว้ในตารางที่ จ-1



ภาพที่ 3.6 เครื่องวัดความเข้มแสง LI-189



ภาพที่ 3.7 เทอร์โมมิเตอร์แบบตุ้มเปียก-ตุ้มแห้ง ใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์

3.3 วิธีการทดลอง

ก). การเก็บสลัดจ์

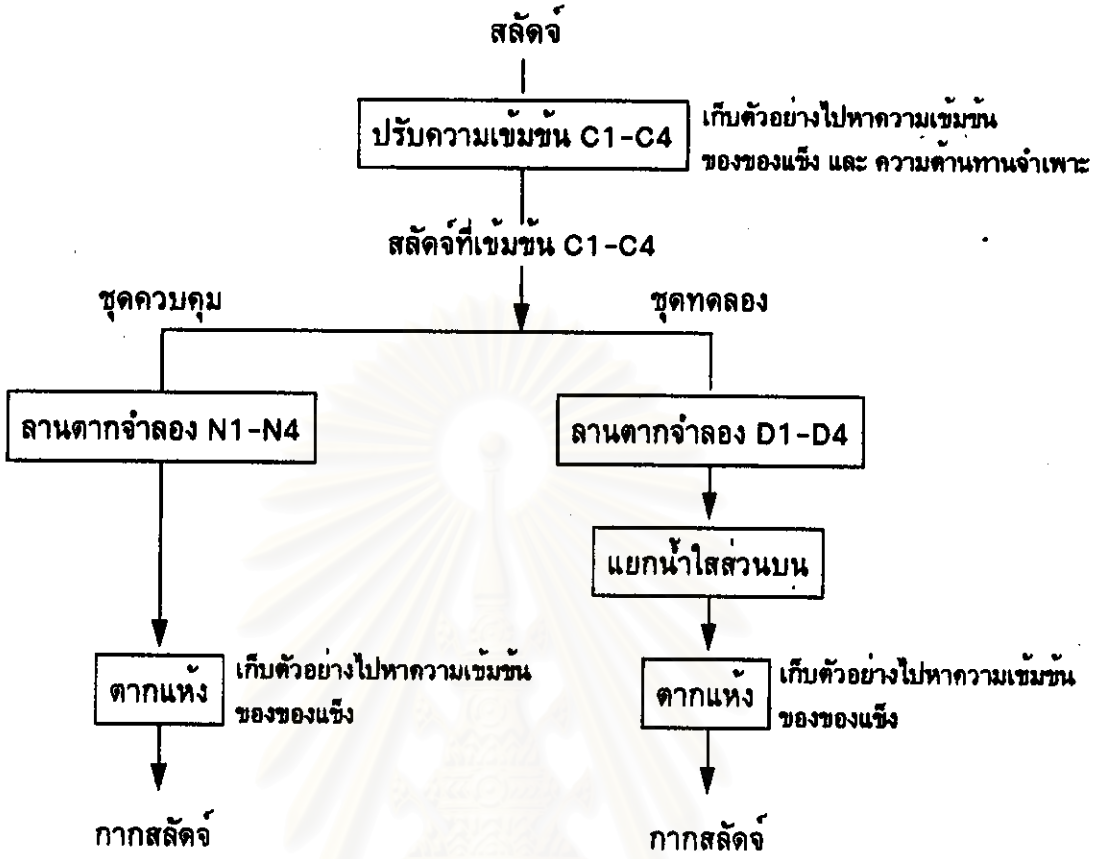
ในการเก็บสลัดจ์เก็บจากบริเวณสลัดจ์สูบกลับ(recycled sludge) นำไปเข้าถังเก็บสลัดจ์และปล่อยให้สลัดจ์เกิดการจมตัว แยกน้ำส่วนบนออกเพื่อให้มีปริมาตรลดลง เก็บสลัดจ์ส่วนที่เข้มข้นนี้ประมาณ 800 ลิตรไปทำการทดลองต่อไป ในกรณีที่โรงบำบัดน้ำเสียมีการทำข้นสลัดจ์อยู่แล้ว จึงเก็บสลัดจ์ที่ผ่านการทำข้นแล้วแทน และในกรณีนี้เนื่องจากสลัดจ์มีความเข้มข้นมาก ดังนั้นจึงได้เก็บสลัดจ์ส่วนที่เข้มข้นนี้ประมาณ 400 ลิตร พร้อมทั้งเก็บน้ำใสจากถังตกตะกอนเพื่อนำมาใช้ในการแปรความเข้มข้นของสลัดจ์

ข). การตากสลัดจ์

หลังจากที่ได้สูบสลัดจ์ขึ้นไปบนดาดฟ้าอาคารจุลจักรพงษ์ซึ่งเป็นสถานที่ทดลองตากสลัดจ์แล้ว ได้เตรียมสลัดจ์ให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อใช้ในการทดลองตามขั้นตอนที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.4 ดังนี้

1). สูบสลัดจ์ลงใส่ในถังเตรียมความเข้มข้นสลัดจ์ (ซึ่งเป็นถังใสมองเห็นระดับภายใน) ขนาดประมาณ 180 ลิตร จำนวน 4 ใบ

2). รอให้สลัดจ์จมตัวแยกเห็นชั้นน้ำใสชัดเจน จึงแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์โดยใช้วิธีดูระดับของสลัดจ์ที่จมตัวอยู่ในถังใสทั้ง 4 ใบ และแปรความเข้มข้นโดยใช้สายยางแบบใช้มือบีบมาสูบเอาส่วนที่เป็นสลัดจ์หรือน้ำส่วนบนออก แล้วเติมส่วนของสลัดจ์หรือน้ำส่วนบนที่ได้แยกออกมาหลังสลัดจ์จมตัวเพื่อให้มีอัตราส่วนของเนื้อสลัดจ์ข้น : ปริมาตรทั้งหมดเป็น 1 : 4 (เรียกตัวอย่างนี้ว่า C1), 2 : 4 (เรียกตัวอย่างนี้ว่า C2), 3 : 4 (เรียกตัวอย่างนี้ว่า C3) และ 4 : 4 (เรียกตัวอย่างนี้ว่า C4) ตามลำดับ(ดูรูปที่ 3.5)

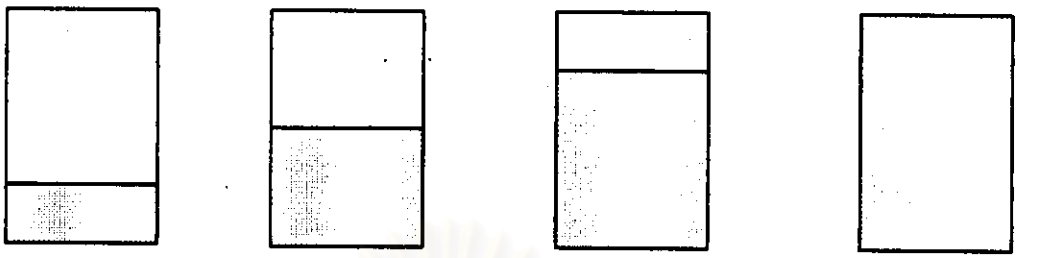


หมายเหตุ วัดระดับน้ำในถาดระเหย, การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์, ความชื้นสัมพัทธ์, ปริมาณน้ำที่ระบายผ่านชั้นทราย, ความหนาของสลัดจ์ในถัง และค่าความเข้มข้นของแข็งในสลัดจ์ทุกวัน

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนในการทดลอง

3). นำเครื่องกวนมากวนผสมให้สลัดจ์ในถังเตรียม C1 ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เก็บสลัดจ์ที่ความเข้มข้น C1 นี้ประมาณ 500 มล. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความต้านทานจำเพาะ, ความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ และ ค่า capillary suction time ตวงสลัดจ์ออกมา 76.5 ลิตร (V ; สมดุลกับความหนาของสลัดจ์ 30 ซม. เมื่อเริ่มตากในลานตากจำลอง) โดยใช้เครื่องสูบสูบสลัดจ์ขึ้นไปไว้ในภาชนะตวงสลัดจ์ ซึ่งตั้งอยู่บนชั้นที่สูงกว่าลานตากจำลอง(รูปที่ 3.6) แล้วเปิดวาล์วให้สลัดจ์ไหลลงสู่ลานตากจำลอง D1 ใช้แผ่นไม้รองเพื่อกันไม่ให้การไหลของสลัดจ์ไปทำให้ชั้นทรายกระจายตัวออก และตวงสลัดจ์อีก 76.5 ลิตร นำมาใส่ในลานตากจำลอง N1 โดยทำเช่นเดียวกัน

4). คอยสังเกตดูชั้นสลัดจ์ในลานตากจำลอง D1 หากเกิดการจมตัวและมีชั้นน้ำใสค้างอยู่ ใช้สายยางขนาดเล็กดูดเอาน้ำใสส่วนบนออก โดยใช้ลูกยางดูดน้ำออกมาแล้วปล่อยให้ไหลเองโดยวิธีกาลักน้ำ(ดูรูป 3.7) จับเวลาโดยประมาณตั้งแต่ใส่สลัดจ์ลงในลานตากจนกระทั่งแยกน้ำใสเสร็จ วัดปริมาตรที่ได้ (V2) รวมทั้งอ่านปริมาตรของน้ำส่วนที่ระบายผ่านชั้นทรายที่อยู่ในภาชนะรองรับน้ำ (V1)



C1 (ใช้ทดลองกับ N1, D1) C2 (ใช้ทดลองกับ N2, D2) C3 (ใช้ทดลองกับ N3, D3) C4 (ใช้ทดลองกับ N4, D4)

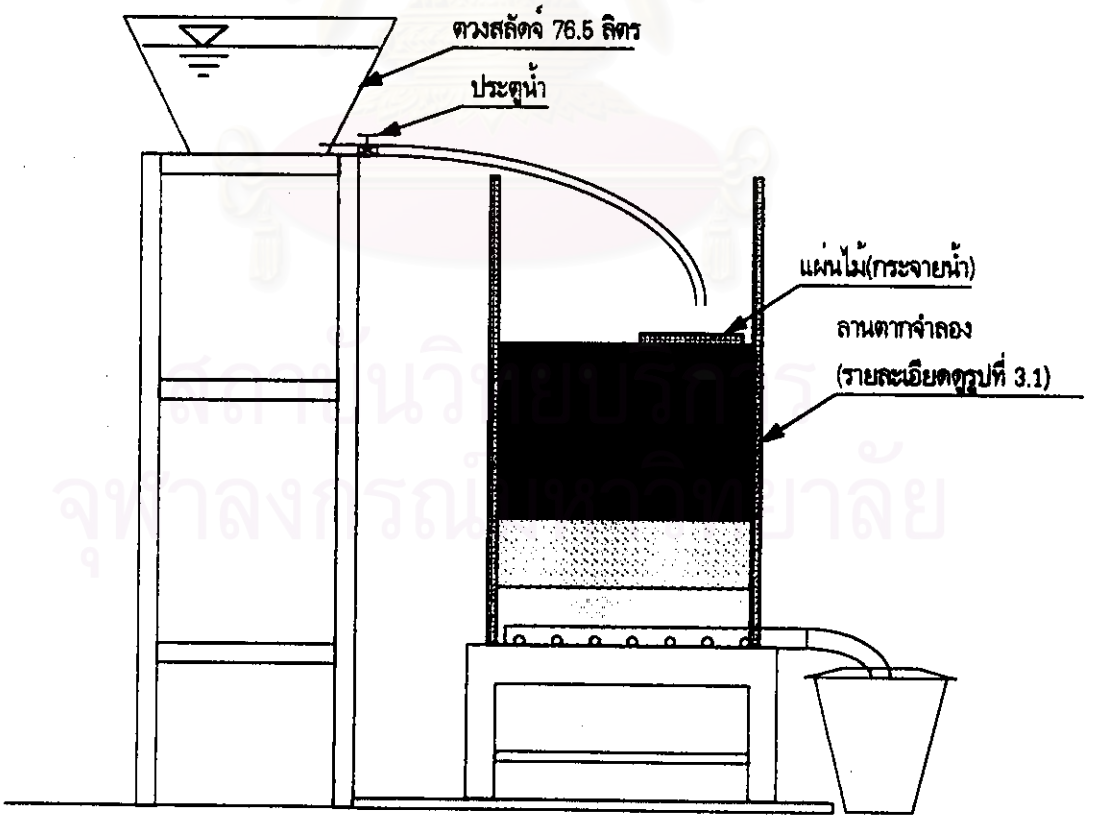
หมายเหตุ D หมายถึงหมายเลขลานตากจำลองที่จะแยกน้ำ

N หมายถึงหมายเลขลานตากจำลองที่ไม่แยกน้ำ

หมายถึงส่วนที่เป็นน้ำใส

หมายถึงส่วนที่เป็นเนื้อสลัดจ์

รูปที่ 3.5 การเตรียมความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ที่ใช้ในการทดลอง



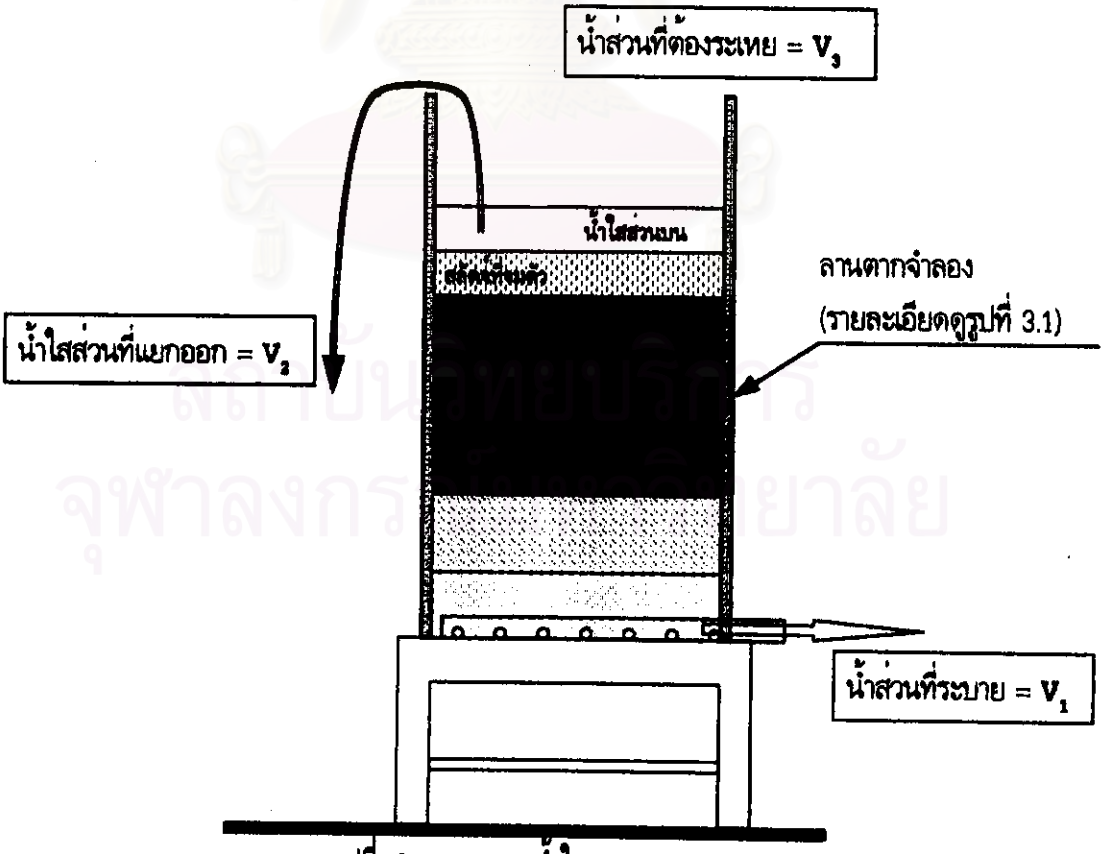
รูปที่ 3.6 การนำสลัดจ์ใส่ลงลานตากจำลอง

5). ทำเช่นเดียวกับข้อ 3). และ 4). กับสลัดจ์ในถังเตรียม C2, C3 และ C4 โดยเตรียมลงในลานตากจำลอง D2 และ N2, D3 และ N3 และ D4 และ N4 ตามลำดับ

6). หลังจากนำสลัดจ์ลงใส่ในลานตากจำลอง แยกน้ำใสจากลานตากจำลอง D1 ถึง D4 แล้ว วัดความหนา, วัดปริมาตรน้ำส่วนที่ระบายของแต่ละลานตาก

7). ปล่อยให้สลัดจ์ในลานตากจำลองทั้ง 8 ถังตากแห้ง โดยจะมีการสังเกตวัดความหนาของชั้นสลัดจ์ในแต่ละถังทุกวัน สังเกตดูรอยแตกที่เกิดขึ้น วัดปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์, ความชื้นสัมพัทธ์ และเก็บตัวอย่างจากหลายๆ จุดเพื่อนำไปผสมกันก่อนนำไปวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ (ดูวิธีเก็บตัวอย่างในข้อ ค.) ตารางที่ 3.3 แสดงความถี่ในการเก็บตัวอย่าง, อ่านค่าและวิเคราะห์ผล ถ้าในระหว่างการทดลองมีฝนตกจะใช้หลังคาที่เตรียมไว้ใกล้กับลานตากจำลองไปปิดเพื่อป้องกันฝนโดยนำไปสวมไว้บนเสาที่ต่อขึ้นมาจากขาตั้งของลานตากจำลอง สวมน็อตไว้เพื่อป้องกันลมพัดปลิว และจะถอดหลังคาออกในทันทีที่ฝนหยุดตกแล้ว

8). เมื่อสลัดจ์ที่ตากในลานตากมีค่าความเข้มข้นของของแข็งเท่ากับหรือมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ จึงสิ้นสุดการตากในแต่ละการทดลอง วัดความหนาของชั้นกากสลัดจ์และทำการเก็บกากสลัดจ์จากทั้ง 8 ถังออกมา นำไปหาค่าความเข้มข้นของของแข็ง



รูปที่ 3.7 การแยกน้ำใสออกจากลานตาก

9). ทำความสะอาดชุดทดลองโดยกวาดหน้าทรายออกมาและเติมทรายชนิดเดียวกันให้ได้ระดับเดิม (คือมีความหนาของทราย 350 มม.)ก่อนที่จะทำการทดลองในครั้งต่อไป

ค). การเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์

ในการเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์นั้น ในกรณีที่สลัดจ์ในถังทดลองยังมีความชื้นอยู่มาก และสลัดจ์ยังมีสภาพเหลวหรือมีชั้นน้ำใสอยู่ด้านบน จะยังไม่เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ เนื่องจากจะทำให้ชั้นน้ำใสที่ค้างอยู่ระบายออกไปได้ และในกรณีที่สลัดจ์ในลานตากไม่มีชั้นน้ำใสและไม่มีสภาพเหลวแล้วจึงเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ และเนื่องจากว่าสลัดจ์ในแต่ละระดับความลึกจะมีค่าความเข้มข้นของของแข็งไม่เท่ากัน ในการเก็บตัวอย่างสลัดจ์ในถังทดลองไปวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของของแข็ง เพื่อที่จะให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของสลัดจ์ในถังทดลอง จึงจะเก็บตัวอย่างโดยใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 มม. กดลงไปในชั้นสลัดจ์จนเกือบแตะชั้นทราย เมื่อยกท่อขึ้นมาแล้วแยกเอาเศษทรายออก เก็บตัวอย่าง ณ. หลายๆ จุดจนได้ปริมาตรตามที่ต้องการ ภาพที่ 3.8 แสดงภาพการใช้ท่อเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 3.3 ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง, อ่านค่าและวิเคราะห์ผล

พารามิเตอร์	เครื่องมือ/วิธี	ความถี่(จำนวนตัวอย่าง)			
		ก่อนลงลานตาก	หลังจมตัว	วันละครั้ง	วันละหลายครั้ง
1). ความต้านทานจำเพาะต่อการกรอง	ชุดกรวยบุคเนอร์	x (4)			
2). capillary suction time	CSA(ทำเอง)	x (4)			
3). ความเข้มข้นของของแข็ง	กูชดรูซิเบิล	x (4)		x (8)	
4). ความหนาของชั้นสลัดจ์ในถัง	วัดตรง			x (8)	
5). ปริมาณน้ำที่ระบายออกมา	วัดตรง			x (8)	
6). ปริมาณน้ำใสส่วนบน (เฉพาะถังทดลองที่แยกน้ำ)	วัดตรง		x (4)		
7). ความชื้นสัมพัทธ์	ตุ้มเปียก-ตุ้มแห้ง				x
8) ระดับน้ำในถาดระเหย	ถาดระเหย			x (8)	
9). ความเข้มแสงอาทิตย์	radiometer รุ่น LI-189				x

ภาพที่ 3.8 การใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาด 10 มม. เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์

ง). การหาค่าความเข้มข้นของของแข็งแขวนลอย

เนื่องจากความเข้มข้นของของแข็งที่เตรียมได้ในการทดลองมีค่าค่อนข้างมาก ทำให้กระดาษกรองอุดตันและใช้เวลากรองนานเกินควร การหาความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์จึงได้ *ประยุกต์จากวิธีมาตรฐาน โดยเตรียมถ้วยกูชครูซิเบิลขนาด 30 มล. ที่มีรูพรุนก้นถ้วย รองก้นถ้วยด้วยกระดาษกรองจีเอฟ/ซี(ขนาดช่องเปิดเท่ากับ 1.2 ไมโครเมตร) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.4 ซม. ฉีดน้ำแล้วเปิดปั๊มสุญญากาศเพื่อดูดให้กระดาษกรองแนบติดกับก้นถ้วย จากนั้นใช้ใยแก้วซึ่งแช่น้ำเตรียมไว้นานประมาณ 1 ชั่วโมงไปวางในถ้วยบนกระดาษกรอง ใช้ปากคีบคีบแผ่นกระเบื้องไปวางบนใยแก้ว ฉีดน้ำแล้วเปิดปั๊มสุญญากาศพร้อมทั้งกดแผ่นกระเบื้องให้ใยแก้วอัดกันแน่น* นำไปอบที่ 103 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ ก่อนนำไปใช้งานในการกรองของแข็งต่อไป

ความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ (เปอร์เซ็นต์) = น้ำหนักเป็นกรัมที่เพิ่มขึ้น x 10^6 / ลบ.ซม. ตัวอย่างสลัดจ์

จ). การวัดค่าความต้านทานจำเพาะมีวิธีการดังนี้ (USEPA, 1987)

1). เตรียมกรวยบุคเนอร์ และกระบอกตวงพร้อมปั๊มสุญญากาศ(ดูรูปที่ 3.2 และภาพที่ 3.3)

2). วางกระดาษกรองลงบนกรวยบุคเนอร์ ทำให้กระดาษกรองชื้น เดินเครื่องสูบสุญญากาศจนกระดาษกรองติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์จึงหยุดเครื่อง

3). นำสลัดจ์มาประมาณ 200 มล. กวนผสมก่อนเทลงในกรวยบุคเนอร์ ทิ้งระยะเวลาประมาณ 2 นาที เพื่อให้เกิดเป็นแผ่นหรือชั้นสลัดจ์ จึงเริ่มเดินเครื่องสูบสุญญากาศ

4). บันทึกปริมาตรน้ำ(v) ที่กรองได้ทุกระยะ 5 หรือ 10 วินาที(t)

5). กรองต่อไปจนแผ่นสลัดจ์แห้งจึงหยุด

6). หาปริมาณของของแข็งในสลัดจ์ก่อนกรองและในแผ่นสลัดจ์แห้ง

7). จัดทำกราฟระหว่างค่า t/v กับ v จะได้กราฟลักษณะดังรูปที่ 3.8 หาความชันของเส้นกราฟซึ่งจะเท่ากับค่า b นำไปใช้หาค่าความต้านทานจำเพาะ; r โดยสมการ (USEPA, 1987 ; Vesilind, 1979)

$$r = (2 P A^2 b) / (\mu w) \qquad (3\text{-}2)$$

โดยที่

r = ค่าความต้านทานจำเพาะ (specific resistance) , ม./กก.

P = ความดันที่ใช้กรอง (pressure of filtration), นิวตัน/ตร.ม.

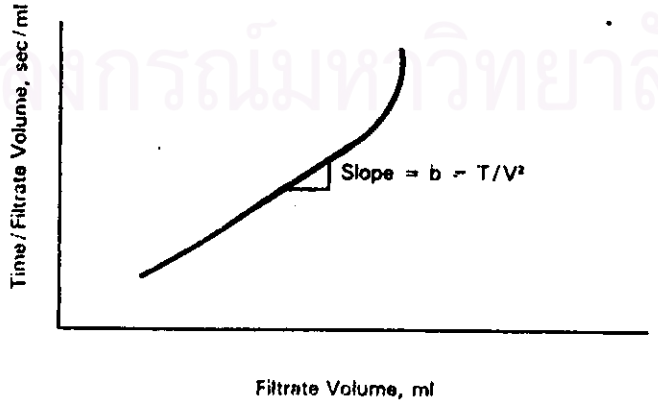
A = พื้นที่กระดาษกรอง (area of filter), ตร.ม.

b = ความชันจากกราฟ (slope of time/volume VS. volume curve), วินาที/ม.^{6}

μ = ความหนืดของน้ำที่ผ่านการกรอง (viscosity of filtrate), นิวตัน. วินาที/ตร.ม.

w = น้ำหนักแห้งของของแข็งต่อหน่วยปริมาตรของน้ำที่กรองออกจากตะกอน (weight of dry solids / volume of filtrate), กก./ลบ.ม.

= Ck Co / 100 (Ck-Co)



รูปที่ 3.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t/v กับ v (USEPA, 1987)

โดยที่

Ck = ความเข้มข้นของกากของแข็ง (cake solids concentration), %

Co = ความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ (feeds solids concentration), %

ภาคผนวก ฉ. แสดงตัวอย่างของการวิเคราะห์หาค่าความต้านทานจำเพาะ

ฉ). การวัดค่า capillary suction time

1). เตรียมชุดวัด CST โดยนำกระดาษโครมาโตกราฟีไปวางไว้ระหว่างแผ่นพลาสติก และนำแท่งทรงกระบอกที่ใช้บรรจุตัวอย่างสลัดจ์ไปวางลงในช่องตรงกลางแผ่นพลาสติกแผ่นบน(ดูรูปที่ 3.3 และภาพที่ 3.4)

2). นำตัวอย่างสลัดจ์ (C1, C2, C3 และ C4) ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.4 นำมาแยกกันใส่ในบีกเกอร์ 4 ใบ กวนผสมด้วยแท่งกวนพลาสติกให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันก่อนทดลองวัด CST

3). ใช้ปิเปตพลาสติก(ตัดปาก)ดูดตัวอย่างสลัดจ์ขึ้นมา 10 มล. นำไปใส่ลงในแท่งทรงกระบอกจำนวน 6.4 มล.

4). เมื่อน้ำที่ซึมผ่านกระดาษโครมาโตกราฟีไปถึง sensors 2 ตัวแรก ตัวจับเวลาจะเริ่มทำงาน และเมื่อน้ำซึมไปถึง sensor ตัวที่ 3 ตัวจับเวลาจะหยุดทำงาน อ่านค่า CST ที่วัดได้ บันทึกผล

5). ทำซ้ำอีกอย่างน้อย 2 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ช). การคำนวณสัดส่วนของปริมาณน้ำที่ระบาย, ปริมาณน้ำใสส่วนบนที่แยกออก และปริมาณน้ำที่ระเหย

การคำนวณสัดส่วนของปริมาณน้ำต่างๆ จะคิดจากปริมาณของน้ำที่เป็นส่วนของความชื้นที่หายไปจากสลัดจ์ที่ตากโดยการระบาย, โดยการแยกน้ำใสส่วนบนออก และโดยการระเหย และมีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

1). คำนวณปริมาตรสุดท้ายของสลัดจ์จาก สมการ

$$(C_i \times V_i) / C_f = V_f \quad . \qquad (3\text{-}3)$$

โดยที่

C_i = ความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ตอนเริ่มตาก, เปอร์เซ็นต์

C_f = ความเข้มข้นของของแข็งในสลัดจ์ตอนสุดท้าย, เปอร์เซ็นต์

V_i = ปริมาตรเริ่มต้น, ลิตร (ในการทดลองใช้ 76.5 ลิตร)

V_f = ปริมาตรสุดท้ายที่เป็นกากของแข็ง, ลิตร

2). นำปริมาตรสุดท้ายของกากที่คำนวณได้ไปลบออกจากปริมาตรเริ่มต้น คือ 76.5 ลิตร จะได้ปริมาตรที่หายไป(V_1)โดยการระบาย, โดยการแยกน้ำใสส่วนบนออก และโดยการระเหย

3). หาปริมาตรที่ระเหย(V_3)โดยใช้ปริมาตรส่วนที่ระบาย(V_1)และน้ำใสส่วนบนที่แยกได้(V_2)(ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูล)ไปลบออกจาก 2). (ดูรูปที่ 3.7)

4). หาเปอร์เซ็นต์ของส่วนต่างๆ โดยปริมาตรของทั้ง 3 ส่วน หรือ V_t เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

ช) การคำนวณแปอร์เซ็นต์การระเหยเปรียบเทียบกับการระเหยจากถาดระเหย

การคำนวณแปอร์เซ็นต์การระเหยเทียบกับการระเหยจากถาดระเหย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1). การระเหยจากถาดระเหย

การคำนวณทำได้โดยคิดการระเหยที่วัดได้จากถาดระเหย(ที่ตั้งวัดค่าบนสถานที่ทดลอง, ดูภาพที่ 3.5)ในแต่ละวัน มาหาค่าเฉลี่ยของอัตราการระเหยต่อวัน ค่าที่ได้นำไปคูณกับจำนวนวันที่ตากสลัดจ์ จะได้ความสูงของน้ำที่ระเหยจากถาดระเหย นำไปคูณกับพื้นที่ของถาดระเหยจะเป็นปริมาณของน้ำที่ระเหยจากถาดระเหยตลอดการทดลอง

2). การระเหยจากลานตากสลัดจ์

ใช้ค่าการระเหยจากสลัดจ์ที่แต่ละความเข้มข้นที่ได้จากการคำนวณในข้อ ช. 3) นำไปเทียบหาเปอร์เซ็นต์ จากข้อ 1).

3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างสลัดจ์ (ดูตารางที่ 3.3)

1) ก่อนตาก เก็บตัวอย่างไว้เพื่อนำไปวัด
   - ค่าความต้านทานจำเพาะ (r)
   - ค่าความเข้มข้นของของแข็ง (C1-C4)
   - CST
2) หลังสลัดจ์จมตัว
   - ความหนาของชั้นสลัดจ์ในถังทดลองทั้งหมด
3) หลังแยกน้ำใสออกแล้ว (เฉพาะ 4 ถังที่ทำการแยกน้ำ)
   - ความหนาของชั้นสลัดจ์ในถังทดลองทั้งหมด
   - ปริมาตรของน้ำส่วนที่แยกออกแล้ว
   - ปริมาตรของน้ำส่วนที่ระบายผ่านชั้นทราย

4) ขณะตาก

- ความหนาของชั้นสลัดจ์
- ความเข้มข้นของของแข็ง
- สังเกตดูรอยแตกบนผิวหน้าของสลัดจ์ที่ตากและวัดขนาดรอยแตก
- วัดค่าอัตราการระเหยจากถังที่ตั้งไว้เปรียบเทียบ
- ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์
- ความชื้นสัมพัทธ์

5) หลังตาก

- วัดค่าความหนาสุดท้าย
- นำกากสลัดจ์ไปหาค่าความเข้มข้นของของแข็ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย