บทที่ 2

ทฤษฎี

ระบบเก็บขนมูลฝอย

George Tchobanoglous, Hilary Theisen และ Rolf Eliassen (1977) ได้ศึกษาและแนะนำว่า

1. ประเภทของระบบเก็บขนมูลฝอย

ระบบเก็บขนมูลฝอย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามวิธีดำเนินงาน ได้แก่ ระบบตู้กะบะลาก (hauled container system) และระบบถังมูลฝอยประจำที่ (stationary container system)

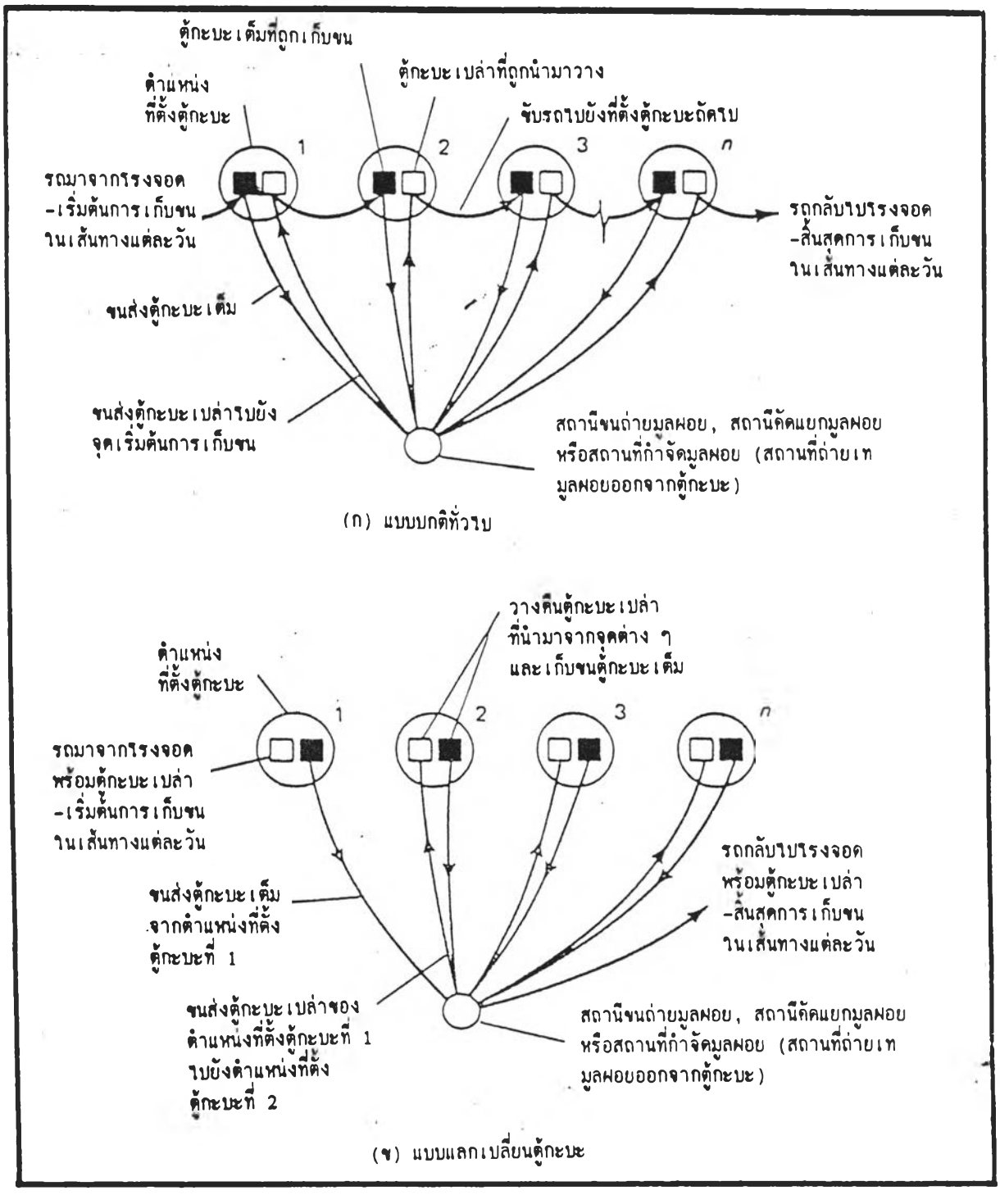
1.1 ระบบตู้กะบะลาก (Hauled Container System)

ระบบตู้กะบะลาก คือ ระบบเก็บขนมูลฝอย ซึ่งถังบรรจุมูลที่แหล่งกำเนิดถูกลากไปถ่ายเทที่สถานที่กำจัดมูลฝอย หรือสถานีขนถ่ายมูลฝอยโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 2-1 ระบบนี้เหมาะสมสำหรับแหล่งผลิตมูลฝอยปริมาณมาก เช่น ตลาด อาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ โรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากถังมูลฝอยจะมีขนาดใหญ่ประมาณ 8 - 30 ลูกบาศก์เมตร

ส่วนรถเก็บขนมูลฝอยที่ใช้กับระบบนี้ จะเป็นรถลาก ได้แก่ รถลากขนาดเล็ก (ขนาด 5 - 9 ลูกบาศก์เมตร) รถลากขนาดใหญ่ (ขนาด 9 - 38 ลูกบาศก์เมตร) และรถพ่วง (ขนาด 12 - 30 ลูกบาศก์เมตร) โดยมีพนักงานเก็บขนประมาณ 1 - 2 คน

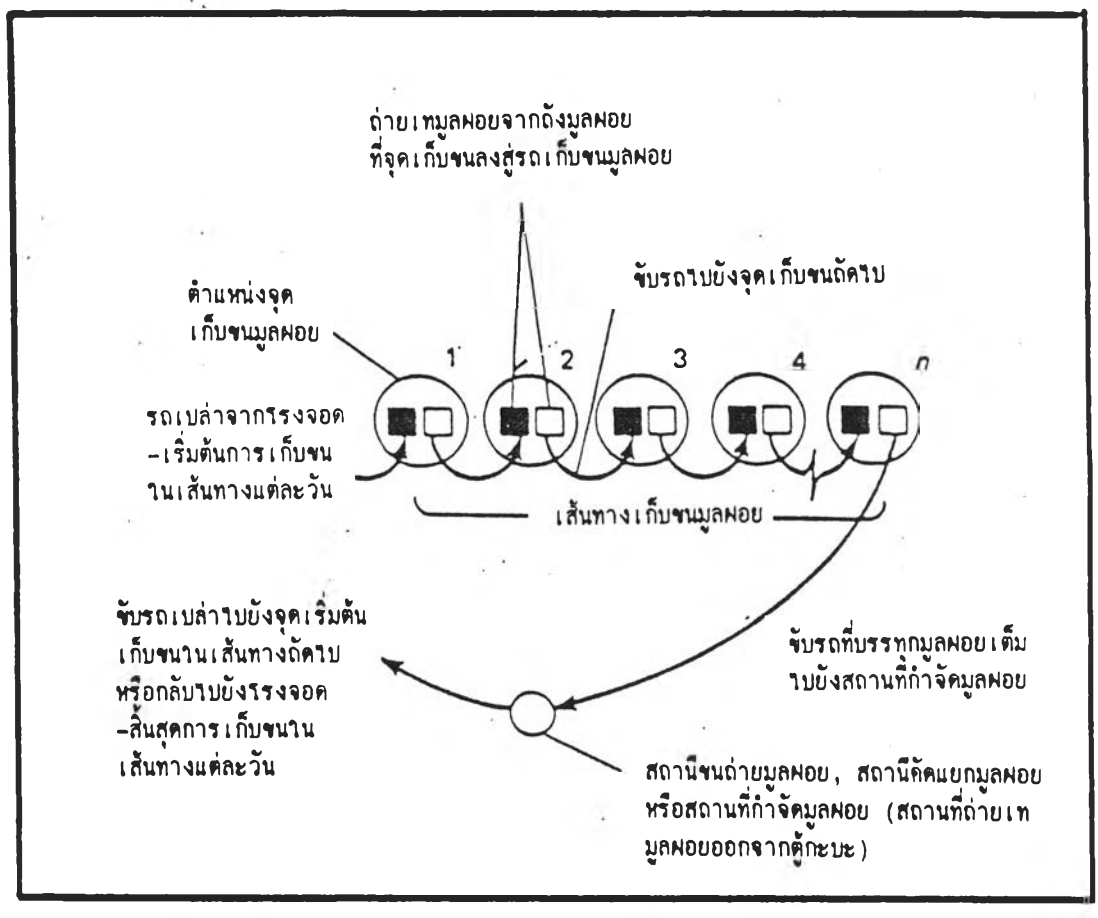
1.2 ระบบถังมูลฝอยประจำที่ (Stationary Container System)

ระบบถังมูลฝอยประจำที่ คือ ระบบเก็บขนมูลฝอย ซึ่งขนย้ายมูลฝอยจากถังมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิดลงสู่รถเก็บขน และนำถังมูลฝอยกลับคืนที่เดิม ดังแสดงในรูปที่ 2-2 ระบบนี้เป็นที่นิยมใช้โดยทั่วไป โดยจะตระเวนเก็บขนมูลฝอยตามแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในเส้นทางที่รับผิดชอบ แล้วนำไปถ่ายเทที่สถานที่กำจัดมูลฝอย หรือสถานีขนถ่ายมูลฝอย



รูปที่ 2-1 ระบบเก็บขนมูลฝอยแบบตู้กะบะลาก (Hauled Container System)

ที่มา : George Tchobanoglous, Hilary Theisen and Rolf Elieassen. 1977



รูปที่ 2-2 ระบบเก็บขนมูลฝอยแบบถังมูลฝอยประจำที่ (Stationary Container System)

ที่มา : George Tchobanoglous, Hilary Theisen and Rolf Elieassen. 1977

รถเก็บขนมูลฝอยที่ใช้กับระบบนี้ จะเป็นรถบรรจุมูลฝอย ได้แก่ รถเก็บขนมูลฝอยแบบมีเครื่องอัด (ขนาด 8 - 23 ลูกบาศก์เมตร) และรถเปิดข้างเทท้าย (ขนาด 7 - 11 ลูกบาศก์เมตร) โดยมีพนักงานเก็บขนประมาณ 4 - 5 คน

2. การวิเคราะห์ระบบเก็บขนมูลฝอย

ในการวิเคราะห์ระบบเก็บขนมูลฝอย ข้อมูลที่สำคัญ คือ เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานกิจกรรมต่าง ๆ ในระบบ ซึ่งประกอบด้วย 4 กิจกรรมหลัก ได้แก่ การขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิน (pick up) การขนส่ง (haul) การปฏิบัติงาน ณ สถานที่ปลายทาง (at site) และกิจกรรมอื่น (off route)

2.1 คำนิยามของเวลาที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ

2.2.1 สำหรับระบบตู้กะบะลาก

1) เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด (pick up time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการปลดตู้กะบะเปล่าที่ได้ถ่ายมูลฝอยออกแล้วไปตั้งไว้ใน ณ แหล่งกำเนิด รวมกับเวลาที่ใช้ในการขับรถจากที่ตั้งตู้กะบะใบเดิม ไปยังที่ตั้งตู้กะบะใบใหม่รวมกับเวลาที่ใช้ในการเกี่ยวตู้กะบะที่บรรจุมูลฝอยใบใหม่เข้ากับตัวรถลาก

2) เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (haul time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการขนลากตู้กะบะที่บรรมูลฝอยไปยังสถานที่ปลายทาง รวมกับเวลาที่ใช้ในการขนลากตู้กะบะเปล่ากลับไปตั้งยังที่กำหนด

3) เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ณ สถานที่ปลายทาง (at site time) หมายถึง เวลาที่ใช้ทั้งหมดตั้งแต่เริ่มไปถึงสถานที่ปลายทาง จนกระทั่งเริ่มออกจากสถานที่ปลายทาง

4) เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมอื่น (off route time) หมายถึง เวลาที่ใช้ทั้งหมดในการปฏิบัติกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเก็บขนมูลฝอยโดยตรง

2.2.2 สำหรับระบบถังมูลฝอยประจำที่

1) เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด (pick up time) หมายถึง เวลาที่ใช้ทั้งหมดตั้งแต่รถเก็บขนมูลฝอยหยุดที่ถังมูลฝอยจุดแรก และทำการขนถ่ายมูลฝอย จนกระทั่งขนถ่ายถังมูลฝอยใบสุดท้ายของการเก็บขนมูลฝอยในเที่ยวนั้น

2) เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (haul time) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการเดินทางโดยเริ่มจากเวลาที่ขนถ่ายมูลฝอยจากถังใบสุดท้ายในเที่ยวนั้นแล้วเสร็จ หรือรถเก็บขนมูลฝอยเต็ม และเดินทางไปสถานที่ปลายทาง รวมกันเวลาที่เริ่มออกเดินทางจากสถานที่ปลายทางไปยังถังมูลฝอยใบแรกของเที่ยวต่อไป

3) เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ณ สถานที่ปลายทาง (at site time) หมายถึง เวลาที่ใช้ทั้งหมดตั้งแต่เริ่มไปถึงสถานที่ปลายทาง จนกระทั่งเริ่มออกจากสถานที่ปลายทาง

4) เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมอื่น (off route time) หมายถึง เวลาที่ใช้ทั้งหมดในการปฏิบัติกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเก็บขนมูลฝอยโดยตรง

2.2 การวิเคราะห์ระบบตู้กะบะลาก

เวลาที่ใช้ในการเก็บขนมูลฝอย/เที่ยว หรือเวลาที่ใช้ในการเก็บขนมูลฝอย/ตู้กะบะลาก สามารถหาได้ตามสมการ

$$T_{hcs} = \frac{P_{hcs} + s + h}{1 - w} \qquad \ldots(2.1)$$

โดย T_{hcs} = เวลาที่ใช้ในการรวบรวม และขนส่งมูลฝอยระบบตู้กะบะลาก (ชั่วโมง/เที่ยว)

P_{hcs} = เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด (ชั่วโมง/เที่ยว)

s = เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานที่สถานที่ปลายทาง (ชั่วโมง/เที่ยว)

h = เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (ชั่วโมง/เที่ยว)

w = อัตราส่วนของกิจกรรมอื่น

จากคำนิยามของเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด จะได้

$$P_{Hcs} = pc + uc + dbc \qquad \ldots(2.2)$$

โดย pc = เวลาที่ใช้ในการเกี่ยวตู้กะบะที่มีมูลฝอยเข้ากับรถลาก (ชั่วโมง/เที่ยว)

uc = เวลาที่ใช้ในการปลดตู้กะบะเปล่าออกจากรถลาก และนำไปตั้งไว้ที่เดิม (ชั่วโมง/เที่ยว)

dbc = เวลาที่ใช้ในการขับรถระหว่างที่ตั้งตู้กะบะ (ชั่วโมง/เที่ยว)

สำหรับเวลาในการขนส่ง จะแปรผันตามระยะทาง และความเร็วของรถลาก ตามสมการ (2.3)

$$h = a + bx \qquad \ldots(2.3)$$

โดย a = ค่าคงที่ (ชั่วโมง/เที่ยว)
b = ค่าคงที่ (ชั่วโมง/เที่ยว)
x = ระยะทางขนส่งไป-กลับ (กิโลเมตร/เที่ยว)

ดังนั้น จำนวนตู้กะบะที่สามารถเก็บขนได้ในแต่ละวัน โดยรถลาก 1 คัน จะเป็นไปตามสมการ (2.4)

$$N_d = \frac{H}{T_{hcs}} \qquad \ldots(2.4)$$

โดย N_d = จำนวนเที่ยว หรือจำนวนตู้กะบะที่เก็บขนได้โดยใช้รถลาก 1 คัน (เที่ยว/วัน)
H = ช่วงเวลาทำงานในแต่ละวัน (ชั่วโมง/วัน)

หากทราบจำนวนตู้กะบะที่จะต้องเก็บขน/สัปดาห์ จะสามารถหาเวลาที่จะต้องใช้ในการเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ ตามสมการ (2.5)

$$D_w = \frac{t_w}{N_d} = \frac{t_w\, T_{hcs}}{H} \qquad \ldots(2.5)$$

โดย D_w = เวลาที่ใช้ในการเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ (วัน/สัปดาห์)
t_w = จำนวนเที่ยวในการเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ (เที่ยว/สัปดาห์)

หากไม่ทราบค่า t_w อาจสามารถประมาณได้จากสมการ (2.6) โดยการบัดเศษค่า N_w ให้เป็นเลขลงตัว

$$N_w = \frac{V_w}{cf} \qquad \ldots(2.6)$$

โดย N_w = จำนวนเที่ยว/สัปดาห์ (เที่ยว/สัปดาห์)
V_w = อัตราการเกิดมูลฝอย/สัปดาห์ (ลูกบาศก์เมตร/สัปดาห์)
c = ขนาดเฉลี่ยของตู้กะบะ (ลูกบาศก์เมตร/เที่ยว)

f = อัตราส่วนเฉลี่ยของการใช้งานตู้กะบะโดยน้ำหนัก

= ผลรวมของ $\frac{n_i f_i}{n_i}$

n_i = จำนวนของตู้กะบะในขนาดหนึ่ง ๆ

f_i = อัตราการใช้งานตู้กะบะโดยน้ำหนักของตู้กะบะขนาดนั้น ๆ

ดังนั้น แรงงานที่ต้องการ/สัปดาห์ สามารถหาได้โดยนำค่า D_w คูณด้วยจำนวนพนักงานเก็บขนมูลฝอย และจำนวนรถลากตู้กะบะ สามารถหาได้โดยนำค่า D_w หารด้วยจำนวนวันทำการในแต่ละสัปดาห์

2.3 การวิเคราะห์ระบบถังมูลฝอยประจำที่

เวลาที่ใช้ในการเก็บขนมูลฝอยแต่ละเที่ยว ได้จากสมการ (2.7)

$$T_{scs} = \frac{P_{scs} + s + h}{1 - w} \qquad ...(2.7)$$

โดย T_{scs} = เวลาที่ใช้ในการเก็บขนมูลฝอยในแต่ละเที่ยว (ชั่วโมง/เที่ยว)

P_{scs} = เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด (ชั่วโมง/เที่ยว)

s = เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานที่สถานที่ปลายทาง (ชั่วโมง/เที่ยว)

h = เวลาที่ใช้ในการขนส่ง (ชั่วโมง/เที่ยว)

w = อัตราส่วนของกิจกรรมอื่น

ความแตกต่างระหว่างสมการ (2.6) และสมการ (2.7) คือ เวลาที่ใช้ในการขนส่งมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด ซึ่งในระบบถังมูลฝอยประจำที่ ค่า P_{scs} จะเป็นไปตามสมการ (2.8)

$$P_{scs} = C_t\,(uc) + (n_p - 1)dbc \qquad ...(2.8)$$

โดย C_t = จำนวนถังมูลฝอยที่ต้องขนถ่ายลงสู่รถเก็บมูลฝอยในแต่ละเที่ยว (ชั่วโมง/เที่ยว)

uc = เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยในการถ่ายเทมูลฝอยแต่ละถัง (ชั่วโมง/ถัง)

n_p = จำนวนจุดขนถ่ายมูลฝอยในแต่ละเที่ยว (จุด/เที่ยว)

dbc = เวลาที่ใช้โดยเฉลี่ยในการขับรถระหว่างจุดขนถ่าย (ชั่วโมง/จุดขนถ่าย)

จำนวนถังมูลฝอยที่จะขนถ่ายได้ในแต่ละเที่ยว แปรผันตามความจุ และอัตราการอัดได้ของรถเก็บขนมูลฝอย ตามสมการ

$$C_t = \frac{vr}{cf} \qquad \ldots(2.9)$$

โดย v = ปริมาตรของรถเก็บขนมูลฝอย (ลูกบาศก์เมตร/เที่ยว)
r = อัตราการอัดได้ของรถเก็บขนมูลฝอย
c = ปริมาตรของถังมูลฝอย (ลูกบาศก์เมตร/ถัง)
f = อัตราส่วนการใช้งานของถังมูลฝอยโดยน้ำหนัก

จำนวนเที่ยวที่ต้องการสำหรับเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ สามารถประมาณได้จากสมการ (2.10)

$$N_w = \frac{V_w}{vr} \qquad \ldots(2.10)$$

โดย N_w = จำนวนเที่ยวที่ต้องการสำหรับเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ (เที่ยว/สัปดาห์)
V_w = ช่วงเวลาทำงานในแต่ละวัน (ชั่วโมง/วัน)

เวลาที่ต้องการสำหรับเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ ตามสมการ (2.11)

$$D_w = \frac{N_w P_{esc} + t_w(s + h)}{(1 - w)H} \qquad \ldots(2.11)$$

โดย D_w = เวลาที่ต้องการสำหรับเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ (วัน/สัปดาห์)

t_w = ค่าลงตัวของ N_w โดยการบัดเศษขึ้น โดยคิดจากหลักความจริงว่า แม้รถเก็บขนมูลฝอยในเที่ยวสุดท้ายจะบรรทุกมูลฝอยไม่เต็ม ก็จำเป็นต้องขนส่งมูลฝอยไปถ่ายเทที่สถานที่ปลายทาง

H = เวลาปฏิบัติงานในแต่ละวัน (ชั่วโมง/วัน)

หากกำหนดจำนวนเที่ยว/วันแล้ว จำนวนเที่ยว/วัน และขนาดของรถเก็บขนมูลฝอย จะมีความสัมพันธ์ตามสมการ (2.12)

$$N_d = \frac{H\,(1 - w)}{P_{scs} + s + h} \qquad \ldots(2.12)$$

โดย N_d = จำนวนเที่ยวสำหรับเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ (เที่ยว/สัปดาห์)

เพื่อทำการวิเคราะห์หาขนาดของรถเก็บขนมูลฝอย จะต้องทดลองกำหนดค่า N_d ในสมการ (2.12) หลาย ๆ ค่า แล้วหาค่าเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด (P_{scs}) /เที่ยว จากนั้นหาปริมาตรของรถเก็บขนมูลฝอย โดยใช้สมการ (2.8) และ (2.9) สำหรับค่า N_d แต่ละค่าที่ทดลองกำหนดขึ้น แล้วเลือกขนาดรถเก็บขนมูลฝอยที่ใกล้เคียงกับขนาดของรถเก็บขนมูลฝอยที่สามารถจัดหาได้ในท้องตลาด

ในกรณีใช้รถเก็บขนมูลฝอย ซึ่งมีพนักงานเก็บขน ทำการขนถ่ายมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในเส้นทางลงสู่รถเก็บขนมูลฝอย จะสามารถประเมินเวลาที่ใช้ในการเก็บขนได้ในทำนองเดียวกัน โดยหากกำหนดเวลาในการทำงาน (H) และจำนวนเที่ยวที่ต้องทำการเก็บขนมูลฝอย (N_d) ก็จะสามารถหาเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิดได้ โดยอาศัยสมการ (2.12) เนื่องจากทราบ หรือสามารถประมาณค่าตัวแปรต่าง ๆ ได้

จำนวนจุดขนถ่าย/เที่ยว สามารถประมาณได้จากสมการ (2.13)

$$N_p = \frac{60\,P_{scs}\,n}{t_p} \qquad \ldots(2.13)$$

โดย N_p = จำนวนจุดขนถ่ายมูลฝอย/เที่ยว (จุดขนถ่าย/เที่ยว)

P_{scs} = เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด (ชั่วโมง/เที่ยว)

n = จำนวนพนักงานเก็บขนมูลฝอย (คน)

t_p = เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายมูลฝอยแต่ละจุดขนถ่าย (นาที/คน/จุดขนถ่าย) หรือ (คน-นาที/จุดขนถ่าย)

ค่า t_p จะแปรผันไปตามจำนวนถังรองรับมูลฝอย/จุดขนถ่าย และวิธีการบริการเก็บขนมูลฝอย ซึ่งคิดเป็นค่าร้อยละที่บริการให้ถึงในบ้าน (% of rear-of-house) โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการ (2.14)

$$t_p = 0.72 + 0.18\,C_n + 0.014\,PRH \qquad \ldots(2.14)$$

โดย C_n = จำนวนถังรองรับมูลฝอยเฉลี่ยที่แต่ละจุดขนถ่าย (ใบ)

PRH = ร้อยละการให้บริการถึงในบ้าน (บริการถึงในบ้าน = 100 %)

สมการ (2.14) เกิดจากการสังเกตการณ์ในสนาม ซึ่งโดยทั่วไป ค่าแรก (0.72) จะแทนเวลาที่ใช้ในการขับรถระหว่างจุดขนถ่าย ซึ่งแปรผันตามลักษณะของพื้นที่ชุมชนที่พักอาศัยแต่ละพื้นที่ ดังนั้น เพื่อให้ได้ค่า t_p ที่ใกล้เคียงกับสภาพที่เป็นอยู่ จึงควรประเมินจากการสำรวจในสนาม

เมื่อทราบจำนวนจุดขนถ่าย/เที่ยว จะสามารถหาขนาดของรถเก็บขนมูลฝอยได้จากสมการ (2.15)

$$v = \frac{v_p N_p}{r} \qquad \ldots(2.15)$$

โดย v = ปริมาตรของรถเก็บขนมูลฝอย (ลูกบาศก์เมตร)
v_p = ปริมาตรของมูลฝอยที่ต้องขนถ่าย/จุดขนถ่าย (ลูกบาศก์เมตร/จุดขนถ่าย)
N_p = จำนวนจุดขนถ่าย/เที่ยว (จุดขนถ่าย/เที่ยว)
r = อัตราการอัดได้ของรถเก็บขนมูลฝอย

เมื่อทราบจำนวนจุดขนถ่าย/เที่ยว จะสามารถหาแรงงานที่ต้องการ/สัปดาห์ได้ โดยคูณสมการ (2.11) ด้วยจำนวนพนักงานเก็บขนมูลฝอย (n)

จำนวนเที่ยวสำหรับเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.16)

$$N_w = \frac{T_p F}{N_p} \qquad \ldots(2.16)$$

โดย N_w = จำนวนเที่ยวสำหรับเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ (เที่ยว/สัปดาห์)
T_p = จำนวนจุดขนถ่ายทั้งหมด (จุดขนถ่าย)
F = ความถี่ในการบริการเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ (ครั้ง/สัปดาห์)
N_p = จำนวนจุดขนถ่าย/เที่ยว (จุดขนถ่าย/เที่ยว)

จำนวนรถเก็บขนมูลฝอยที่ต้องการ สามารถคำนวณได้โดยการนำค่าเวลาค่าที่ต้องการสำหรับเก็บขนมูลฝอย/สัปดาห์ (D_w) มาหารด้วยจำนวนพนักงานเก็บขนมูลฝอย (n) และค่าเวลาปฏิบัติงานในแต่ละสัปดาห์

ระบบกำจัดมูลฝอย

วิธีการกำจัดมูลฝอย ซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่ามีลักษณะถูกหลักสุขาภิบาล มี 2 วิธีหลัก ได้แก่ การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) และการเผาในเตาเผา (incineration)

1. ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

George Tchobanoglous และคณะ (1977); ปรีดา แย้มเจริญวงศ์ (2531) ได้ศึกษาพบว่า ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล คือ วิธีการทางวิศวกรรมที่ใช้กำจัดมูลฝอยโดยไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญ และอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อม ด้วยการถ่ายเทมูลฝอยลงในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ ตามหลักปฏิบัติที่ถูกต้องเหมาะสม แล้วเกลี่ยกระจายเป็นชั้นบาง บดอัดให้มีปริมาตรน้อยที่สุด กลบทับด้วยดิน หรือวัสดุอื่นที่เหมาะสมเมื่อสิ้นสุดการทำงานในแต่ละวัน

1.1 วิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

วิธีการที่นิยมใช้ในการฝังกลบมูลฝอย แบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีฝังกลบบนพื้นที่ (area method) วิธีฝังกลบในร่องขุด (trench method) และวิธีฝังกลบในหลุมบ่อร่องขุด (depression method)

1.1.1 วิธีฝังกลบบนพื้นที่ (Area Method)

วิธีฝังกลบบนพื้นที่ จะใช้กับพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศ เป็นที่ราบกว้าง และมีสภาพธรณีวิทยาไม่เหมะสมสำหรับขุดเป็นร่อง เพื่อฝังกลบมูลฝอยได้ การดำเนินงานโดยวิธีนี้แสดงในรูปที่ 2-3 โดยเริ่มต้นจากการก่อสร้างคันดินกั้นเป็นขอบเขตพื้นที่ด้านหนึ่ง แล้วเทมูลฝอยที่พื้นที่ด้านหน้าคันดินดังกล่าว พร้อมเกลี่ยกระจายเป็นชั้นบาง ๆ ความกว้างประมาณ 2.5 - 6.0 เมตร ความหนาประมาณ 0.4 - 0.8 เมตร ความยาวขนานไปตามแนวคันดิน และทำการบดอัดตามต้องการ จากนั้น เริ่มต้นรอบต่อไป โดยการเทมูลฝอยชุดใหม่ลงบนชั้นเหนือขึ้นไป เกลี่ยกระจาย พร้อมบดอัดในทำนองเดียวกันกับชั้นแรก จนกระทั่งได้ความสูงของชั้นมูลฝอยบดอัดแล้วประมาณ 2 - 3 เมตร ซึ่งได้วางแผนการดำเนินงานไว้ให้มีปริมาณมูลฝอยใกล้เคียงปริมาณมูลฝอยในแต่ละรอบวัน จากนั้น ทำการกลบทับหน้าชั้นมูลฝอยที่บดอัดแล้วด้วยวัสดุกลบทับ (cover material) ความหนาประมาณ 0.15 - 0.3 เมตร ซึ่งเป็นอันสิ้นสุดการฝังกลบมูลฝอยใน 1 วัน ชั้นมูลฝอยที่ฝังกลบ และถูกบดอัด พร้อมทั้งกลบทับเรียบร้อยแล้วแต่ละชุดดังกล่าวนี้เรียกว่า "cell"

ในวันต่อไป จะเริ่มผังกลบมูลฝอย cell ต่อไป ถัดกันไปเรื่อย จนกระทั่งเต็มพื้นที่ที่วางแผนไว้ ซึ่งอาจจัดวางแผนดำเนินงานไว้เป็นรายปี หรือมากกว่าได้ตามความเหมาะสมในการลงทุน และชั้นมูลฝอยที่ผังกลบเรียบร้อยแล้วเต็มพื้นที่นี้ เรียกว่า "lift" โดย lift ต่อไปจะอยู่ถัดสูงขึ้นไปจาก lift แรก จนกระทั่งถึง lift สุดท้าย ซึ่งแต่ละสถานที่ผังกลบมูลฝอย จะประกอบด้วยจำนวน lift เท่าใด ขึ้นอยู่กับผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมข้างเคียง และความมีเสถียรภาพของชั้นมูลฝอยที่ความสูงในระดับต่าง ๆ

ในกรณีมีข้อจำกัดในด้านปริมาณวัสุกลบทับ อาจใช้วิธีการผังกลบบนพื้นที่แบบผังกลบบนทางลาด (ramp method) ซึ่งมีวิธีดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 2-4 โดยเกลี่ยกระจาย และบดอัดมูลฝอยบนทางลาด ด้วยวิธีการเช่นเดียวกันกับที่ใช้ในการผังกลบมูลฝอยบนพื้นที่ แล้วขุดดินบริเวณฐานของกองมูลฝอยขึ้นมากลบทับชั้นมูลฝอย

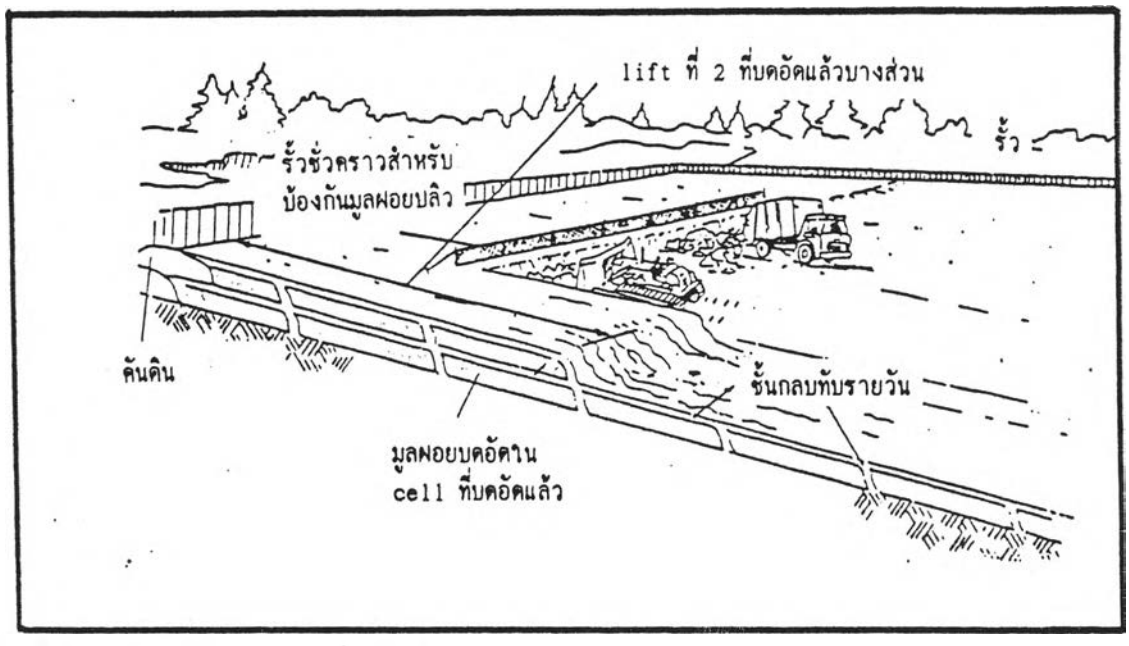
การผังกลบมูลฝอยบนพื้นที่ เหมาะสมกับสถานที่กำจัดมูลฝอย ซึ่งมีรถเก็บขนมูลฝอยเข้าไปถ่ายเทมูลฝอยในเวลาใกล้เคียงกันหลายคัน โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาการจราจรในพื้นที่ และไม่เสียเวลาในการรอเทมูลฝอย เนื่องจากมีพื้นที่ทำงานกว้างขวาง อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานโดยวิธีนี้จะต้องมีการจัดหาวัสดุกลบทับจากบ่อยืมที่อยู่นอกพื้นที่ผังกลบ ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ และขนส่งวัสดุกลบทับเพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการผังกลบแบบอื่น ๆ

1.1.2 วิธีผังกลบในร่องขุด (Trench Method)

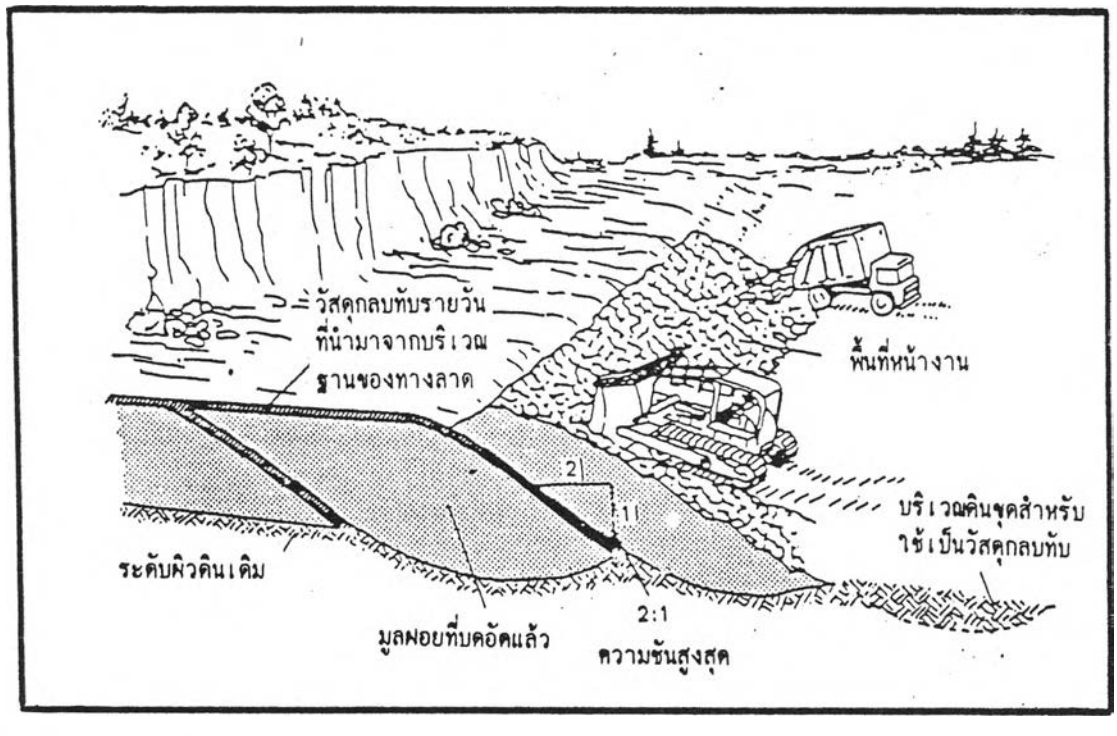
วิธีผังกลบในร่องขุด จะใช้กับพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่าระดับดินเดิมมาก ๆ และคุณสมบัติของดินโดยทั่วไปสามารถขุดให้ลึก และนำวัสดุที่ได้จากการขุดมาใช้เป็นวัสดุกลบทับได้ การดำเนินงานโดยวิธีนี้แสดงในรูปที่ 2-5 โดยขุดร่องความกว้างประมาณ 5 - 8 เมตร หรือประมาณ 2.5 เท่าของขนาดเครื่องจักรที่ใช้งาน เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้สะดวก ความลึกประมาณ 3 - 5 เมตร หรือตามระดับความลึกของน้ำใต้ดิน และปรับพื้นร่องขุดให้มีความลาดไปทางด้านปลายความยาวอีกด้านหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำขังในขณะฝนตก ส่วนความยาวของร่องขุด สามารถขุดให้มีความยาวตลอดพื้นที่ แล้วกองดินที่ขุดได้ไว้ด้านข้างร่องขุด เพื่อใช้เป็นวัสดุกลบทับรายวันและเป็นคันกั้นป้องกันมูลฝอยปลิวกระจายออกนอกขอบเขตร่องขุด จากนั้นทำการเทมูลฝอยลงในร่อง เกลี่ยกระจายเป็นชั้นบาง ๆ และบดอัดด้วยวิธีการเช่นเดียวกันกับวิธีผังกลบบนพื้นที่ จนกระทั่งเต็มร่อง กลบทับด้วยวัสดุกลบทับ แล้วเริ่มต้นขุดร่องขุดลำดับถัดไปดำเนินการในทำนองเดียวกันไปจนเต็มพื้นที่

1.1.3 วิธีผังกลบในหลุมบ่อ (Depression Method)

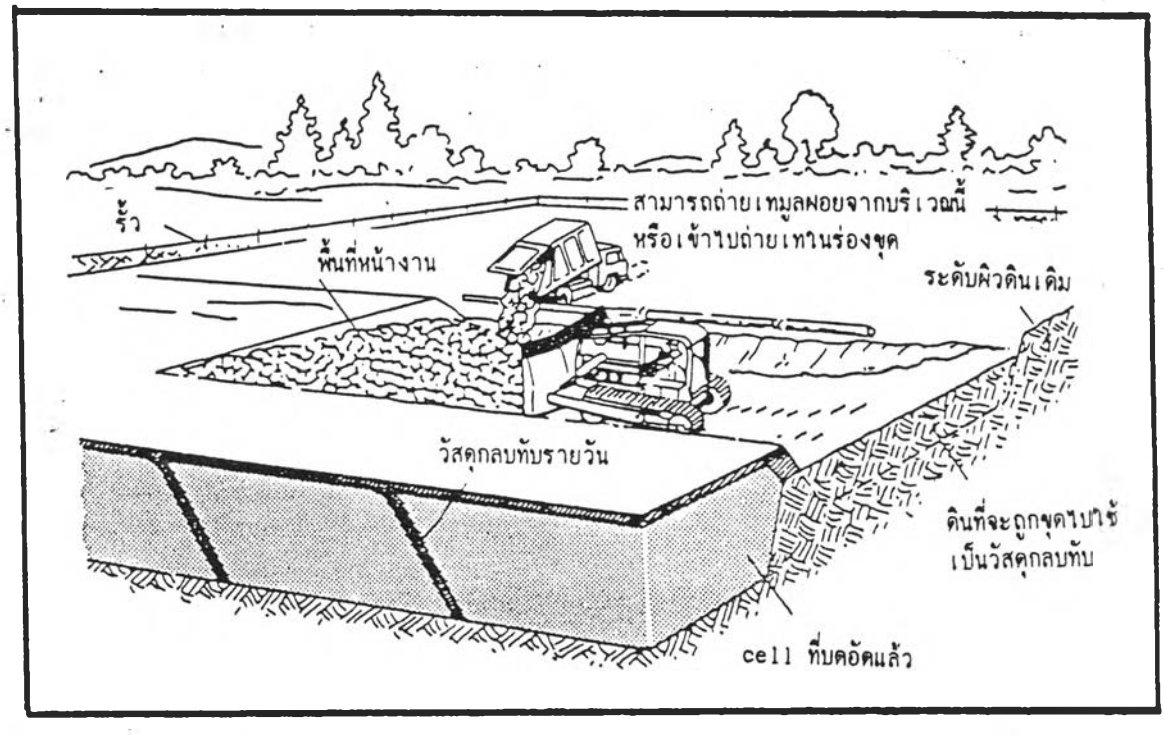
วิธีผังกลบในหลุมบ่อ จะใช้กับพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นหลุมบ่อโดยธรรมชาติ หรือเกิดจากการขุดเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ และมิได้ใช้ประโยชน์อื่นใดอีกต่อไปแล้ว เช่น หุบเหว บ่อยืมวัสดุที่ร้างไม่ได้ใช้ประโยชน์ บ่อเหมืองเก่า เป็นต้น วิธีการดำเนินงานโดยวิธีนี้ แปรเปลี่ยนไปตามสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ ลักษณะสมบัติของวัสดุกลบทับ สภาพธรณีวิทยาและอุทกวิทยา และลักษณะการเข้าถึงพื้นที่ หากพื้นก้นหลุมบ่อเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบ ดังแสดง



รูปที่ 2-3 วิธีฝังกลบมูลฝอยบนพื้นที่ (Area Method)
ที่มา : George Tchobanoglous, Hilary Theisen and Rolf Elieassen. 1977

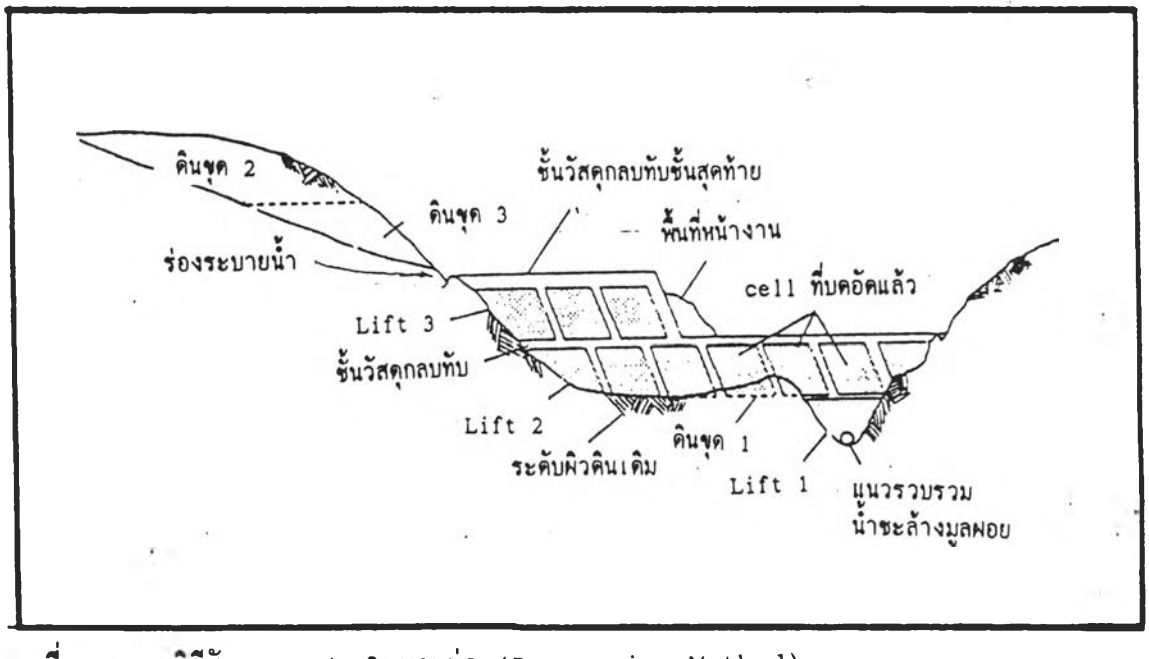


รูปที่ 2-4 วิธีฝังกลบมูลฝอยบนทางลาด (Ramp Method)
ที่มา : George Tchobanoglous, Hilary Theisen and Rolf Elieassen. 1977



รูปที่ 2-5 วิธีฝังกลบมูลฝอยในร่องขุด (Trench Method)

ที่มา : George Tchobanoglous, Hilary Theisen and Rolf Elieassen. 1977



รูปที่ 2-6 วิธีฝังกลบมูลฝอยในหลุมบ่อ (Depression Method)

ที่มา : George Tchobanoglous, Hilary Theisen and Rolf Elieassen. 1977

ในรูปที่ 2-6 การฝังกลบในชั้นแรกอาจใช้วิธีการฝังกลบในร่อง จนกระทั่งเต็มหลุมในบริเวณนั้น และเริ่มต้นฝังกลบชั้นเหนือขึ้นมา โดยเริ่มอัดมูลฝอยเข้าที่มุมอับปลายปิดของหลุมบ่อก่อน และถอยออกไปหาปากทางของปลายปิดนั้น เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง และการจราจรเข้าออกพื้นที่ และควรฝังกลบชั้นสุดท้ายให้มีระดับสูงกว่าระดับพื้นดินข้างเคียง เพื่อเผื่อการทรุดตัวของชั้นมูลฝอยที่อยู่ในหลุมบ่อ

1.2 กระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบฝังกลบ

1.2.1 การย่อยสลายของมูลฝอย

การย่อยสลายของมูลฝอย เกิดจากการดำเนินงานของจุลินทรีย์ ซึ่งมาจากดินที่นำมากลบทับชั้นมูลฝอยเป็นส่วนใหญ่ ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในมูลฝอย โดยในระยะแรกที่ยังมีอากาศขังอยู่ในชั้นมูลฝอย จุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน (aerobic condition) ต่อจากนั้น เมื่อออกซิเจนถูกใช้หมดไป การย่อยสลายจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic condition) อัตราการย่อยสลายรวมของมูลฝอย แปรผันตามลักษณะสมบัติของมูลฝอย และปริมาณความชื้นในมูลฝอย (moisture content)

โดยทั่วไป สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในมูลฝอย ประกอบด้วย 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มเซลลูโลส เช่น กระดาษ ต้นไม้ ใบไม้ กลุ่มที่ไม่ใช่เซลลูโลส เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และกลุ่มพลาสติก ยาง หนัง ซึ่งมีจำนวนน้อยมาก ดังนั้น ในสภาวะที่มีปริมาณความชื้นพอเพียง ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงประกอบด้วยสารอินทรีย์คงตัว กรดอินทรีย์ และแก๊สต่าง ๆ และปริมาณแก๊สจะเป็นตัวชี้วัดอัตราการย่อยสลายของมูลฝอย ซึ่งจะมีอัตราการเกิดสูงในช่วง 2 ปีแรกของการฝังกลบ และลดลงอย่างช้า ๆ ในปีถัด ๆ ไป

1.2.2 การเกิด และแพร่กระจายของแก๊ส

แก๊สที่พบในระบบฝังกลบมูลฝอย ได้แก่ อากาศ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีเทน ไนโตรเจน และออกซิเจน ซึ่งมีอัตราการเกิดประมาณ 1.2 - 7.5 ลูกบาศก์เมตร/ตัน/ปี และจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนมากที่สุด โดยเกิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายของมูลฝอยแบบไม่ใช้ออกซิเจน และมีสัดส่วนของปริมาณที่พบในชั้นฝังกลบมูลฝอย ดังแสดงในตารางที่ 2-1 ซึ่งแสดงว่าในช่วงแรกจะเกิดคาร์บอนไดออกไซด์มาก เนื่องจากเป็นผลจากปฏิกิริยาย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน และหลังจากระยะเวลาประมาณ 18 เดือนไปแล้ว สัดส่วนของแก๊สที่คงอยู่ค่อนข้างคงที่ ซึ่งจะกระจายอยู่ในชั้นฝังกลบมูลฝอยที่ระดับต่าง ๆ ประมาณร้อยละ 40 และส่วนที่เหลือจะแพร่ขึ้นสู่บรรยากาศและซึมลงสู่ชั้นดินด้านล่างของชั้นฝังกลบ โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ มักจะซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาน้ำกระด้างได้ ส่วนมีเทนมักจะแพร่ขึ้นสู่ชั้นบนเหนือชั้นฝังกลบมูลฝอย ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาการติดไฟระเบิดได้

ตารางที่ 2-1 สัดส่วนขององค์ประกอบหลักของแก๊สที่เกิดขึ้นในระบบฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

ระยะเวลานับจากสิ้นสุดการฝังกลบ (เดือน)	สัดส่วนเฉลี่ย (โดยปริมาตร)		
	ไนโตรเจน	คาร์บอนไดออกไซด์	มีเทน
0 - 3	5.2	88	5
6 - 6	3.8	76	21
6 - 12	0.4	65	29
12 - 18	1.1	52	40
18 - 24	0.4	53	47
24 - 30	0.2	52	48
30 - 36	1.3	46	51
36 - 42	0.9	50	47
42 - 48	0.4	51	48

ที่มา : George Tchobanoglous, Hilary Theisen and Rolf Eliassen. 1977

1.2.3 การเกิด และการแพร่กระจายของน้ำชะล้างมูลฝอย

น้ำชะล้างมูลฝอย หมายถึง ของเหลวใด ๆ ที่ไหลซึมผ่านชั้นมูลฝอย และละลาย หรือชะเอาสารต่าง ๆ จากมูลฝอยไปด้วย ของเหลวดังกล่าว ได้แก่ ของเหลวที่เกิดจากปฏิกิริยาย่อยสลายของมูลฝอย ของเหลวจากภายนอกที่ไหลผ่านเข้าไปในชั้นมูลฝอย และของเหลวที่ถูกบีบออกจากมูลฝอย เนื่องจากการบดอัดและน้ำหนักกดทับของชั้นมูลฝอย ของเหลวที่มีต่อปริมาณน้ำชะล้างมูลฝอยมากที่สุด คือ ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ และซึมผ่านลงไปในชั้นมูลฝอย ส่วนลักษณะสมบัติของน้ำชะล้างมูลฝอย มีความแปรเปลี่ยนค่อนข้างสูง ตามลักษณะสมบัติของมูลฝอย ระยะเวลาการฝังกลบ และปริมาณของเหลวที่ซึมผ่านลงสู่ชั้นฝังกลบมูลฝอย

1.2.4 การทรุดตัวของชั้นมูลฝอย

อัตราการทรุดตัวของชั้นฝังกลบมูลฝอย แปรเปลี่ยนไปตามอัตราการย่อยสลายและลักษณะสมบัติของมูลฝอย และลักษณะการอัดได้ของมูลฝอย ภายหลังจากน้ำและอากาศที่แทรกตัวอยู่ในชั้นมูลฝอยหมดไป อย่างไรก็ตาม ผลรวมของความสามารถทรุดตัวได้ (ultimate settlement) ประมาณร้อยละ 90 จะเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 5 ปีแรก ภายหลังการฝังกลบ

1.3 หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกสถานที่สำหรับฝังกลบมูลฝอย

Amalendu Bagchi (1990); American Society of Civil Engineers (1976) ได้ศึกษาพบว่า หากไม่มีกฎข้อบังคับ หรือกฎหมายที่ต้องปฏิบัติตามโดยเคร่งครัด ในการคัดเลือกสถานที่ตั้งระบบฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล ควรมีหลักเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1.3.1 ควรมีขนาดพื้นที่เพียงพอสำหรับฝังกลบมูลฝอย เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อให้คุ้มค่ากับการลงทุนจัดเตรียมสถานที่ และการจัดหาเครื่องจักรกลและควรตั้งอยู่หากจากชุมชนหลักไม่น้อยกว่า 5 กิโลเมตร เพื่อสำรองสำหรับการขยายตัวของชุมชนและควรห่างจากชุมชนขนาดกลางไม่น้อยกว่า 2 กิโลเมตร เพื่อป้องกันผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น กลิ่นรบกวน แมลงวัน เป็นต้น

1.3.2 ควรมีแหล่งดิน หรือบ่อยืมวัสดุ ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุกลบทับอยู่ใน หรือใกล้เคียงพื้นที่

1.3.3 ระดับน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ควรอยู่ต่ำกว่าระดับดินเดิมมากกว่า 1 เมตร เพื่อประหยัดพื้นที่ที่จะต้องจัดหาเพิ่มเติม หรือเพื่อยืดอายุการใช้งานพื้นที่ให้ยาวนานขึ้น

1.3.4 ควรตั้งอยู่ห่างจากทะเลสาบ สระ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ ไม่น้อยกว่า 300 เมตร

1.3.5 ควรตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำ ลำธาร ไม่น้อยกว่า 300 เมตร ทั้งนี้ไม่รวมถึงแม่น้ำ หรือลำธารที่คอนข้างตรง และมีความเร็ว อย่างไรก็ตาม ระบบฝังกลบมูลฝอยควรตั้งอยู่ห่างจากแม่น้ำ และลำธาร อย่างน้อย 30 เมตร ในทุก ๆ กรณี

1.3.6 ไม่ควรตั้งอยู่ในพื้นที่น้ำท่วม ยกเว้นมีระบบป้องกันอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม ควรหลีกเลี่ยงพื้นที่รับน้ำท่วมของแม่น้ำสายหลัก

1.3.7 ควรตั้งอยู่ห่างจากขอบเขตทางหลวง ไม่น้อยกว่า 300 เมตร เพื่อป้องกันผลกระทบทางด้านทัศนียภาพ ยกเว้นในกรณีที่มีการก่อสร้างแนวบังสายตา เช่น แนวรั้ว ต้นไม้ แนวยกคันดิน

1.3.8 ควรตั้งอยู่ห่างจากสวนสาธารณะไม่น้อยกว่า 300 เมตร ยกเว้นในกรณีที่มีการก่อสร้างแนวรั้วสูง ป้องกันการเข้า-ออกของผู้ที่ไม่เกี่ยวข้อง

1.3.9 ไม่ควรตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่วิกฤติอันตราย ในกรณีที่ไม่อาจระบุได้ จะต้องติดต่อสอบถามหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.3.10 ไม่ควรตั้งอยู่ในใกล้สนามบิน ในรัศมีน้อยกว่า 3,000 เมตร เพื่อป้องกันผลกระทบต่อระบบควบคุมการบิน

1.3.11 ควรตั้งอยู่ห่างจากบ่อน้ำสำหรับการผลิตน้ำประปา ไม่น้อยกว่า 360 เมตร โดยเฉพาะแหล่งน้ำบาดาลที่อยู่ท้ายน้ำในทางลาดที่มีระดับต่ำกว่าระดับของสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

1.4 เครื่องจักรกลที่ใช้ในการฝังกลบมูลฝอย

Caterpillar Inc. (1994) ได้แนะนำว่า เครื่องจักรกล มีความสำคัญต่อการฝังกลบมูลฝอยเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากค่าใช้จ่ายหลักของการดำเนินงานฝังกลบมูลฝอยในแต่ละวัน คือ ค่าจัดหา ค่าดำเนินการและค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรกล ดังนั้น การเลือกใช้เครื่องจักรกลที่มีขนาดไม่เหมาะสม จำนวนไม่พอเพียง หรือมีอายุการใช้งานต่ำจะก่อให้เกิดปัญหาการชำรุดเสียหายเนือง ๆ ค่าดำเนินงานสูง และทำการฝังกลบไม่ได้ประสิทธิภาพ เครื่องจักรกลที่ใช้ในการฝังกลบมูลฝอย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

กลุ่มที่ 1 : สำหรับฝังกลบ และบดอัดมูลฝอย ได้แก่ รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ (track-type tractor) รถตักตีนตะขาบ (track loader) และรถบดอัดมูลฝอยล้อเหล็ก (steel-wheel landfill compactor)

กลุ่มที่ 2 : สำหรับดำเนินงานขนย้ายวัสดุมากลบทับชั้นมูลฝอย เมื่อสิ้นสุดการดำเนินงานในรอบวัน หรือกลบทับชั้นมูลฝอยแต่ละ lift หรือกลบทับชั้นมูลฝอยชั้นสุดท้าย ประเภทของเครื่องจักรกลในกลุ่มนี้ แปรเปลี่ยนตามตัวแปรต่าง ๆ ของลักษณะการขนย้ายวัสดุ เช่น ชนิดและปริมาณของวัสดุที่จะต้องขนย้ายและระยะทางในการขนส่ง เพื่อให้ค่าใช้จ่ายต่ำ และสูญเสียเวลาน้อยที่สุด

กลุ่มที่ 3 : สำหรับสนับสนุนการดำเนินงานอื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น รถเกรด รถขุดไฮดรอลิค รถบรรทุกน้ำ เครื่องอัดลม รถตรวจการ เครื่องสูบน้ำ เครื่องปั่นไฟ เป็นต้น

1.4.1 ชนิดของเครื่องจักรกลที่สำคัญ

1) รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ (Track-type Tractor)

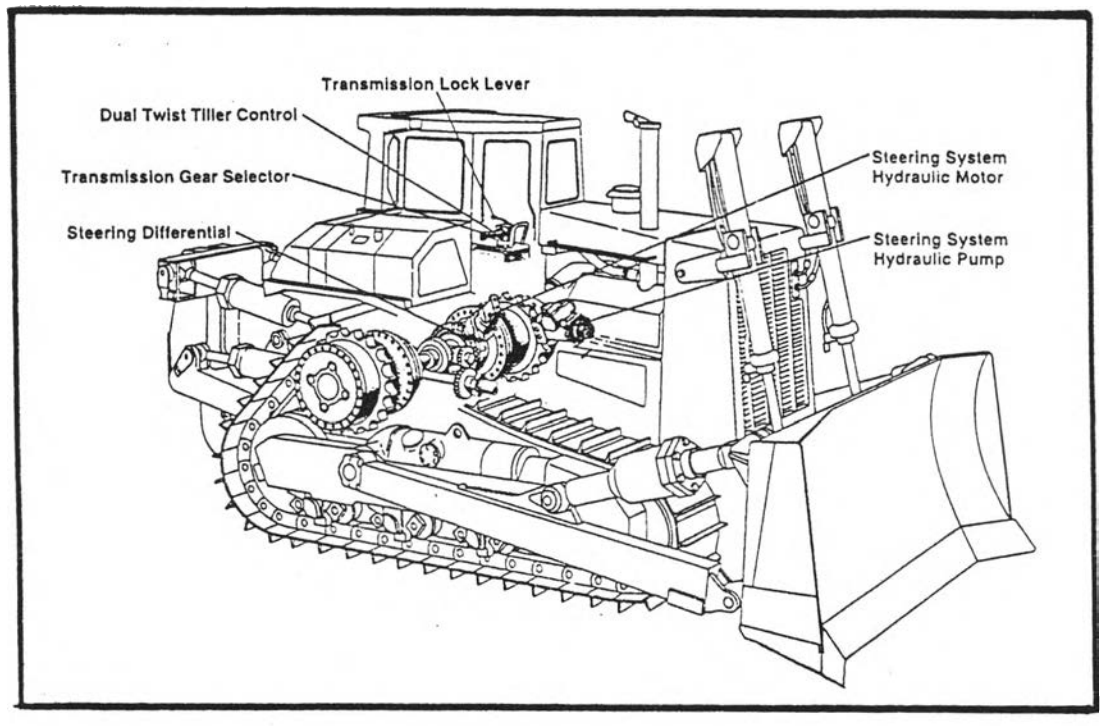
รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ ดังแสดงในรูปที่ 2-7 เป็นเครื่องจักรที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากมีความเหมาะสมสำหรับฝังกลบมูลฝอย คล่องตัวสูง สามารถทำงานได้หลายหน้าที่ในสภาพภูมิอากาศต่าง ๆ โดยไม่เพียงแต่จะทำการเกลี่ยกระจายและบดอัดมูลฝอยและวัสดุกลบทับได้แล้ว ยังสามารถทำการเตรียมสถานที่ฝังกลบ บดย่อยวัสดุกลบทับที่เป็นก้อนใหญ่ ก่อสร้างถนนชั่วคราว โค่นต้นไม้ และขนย้ายตอไม้ รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบสามารถบดอัดชั้นมูลฝอยให้มีความความหนาแน่นประมาณ 450 - 800 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยจะให้ความหนาแน่นสูงสุดเมื่อทำงานบนทางลาด ระดับแนวราบ : แนวดิ่ง ประมาณ 3 : 1 และขนย้ายมูลฝอย และวัสดุกลบทับได้ดีในระยะทางวิ่งไม่เกิน 100 เมตร

2) รถตักตีนตะขาบ (Track Loader)

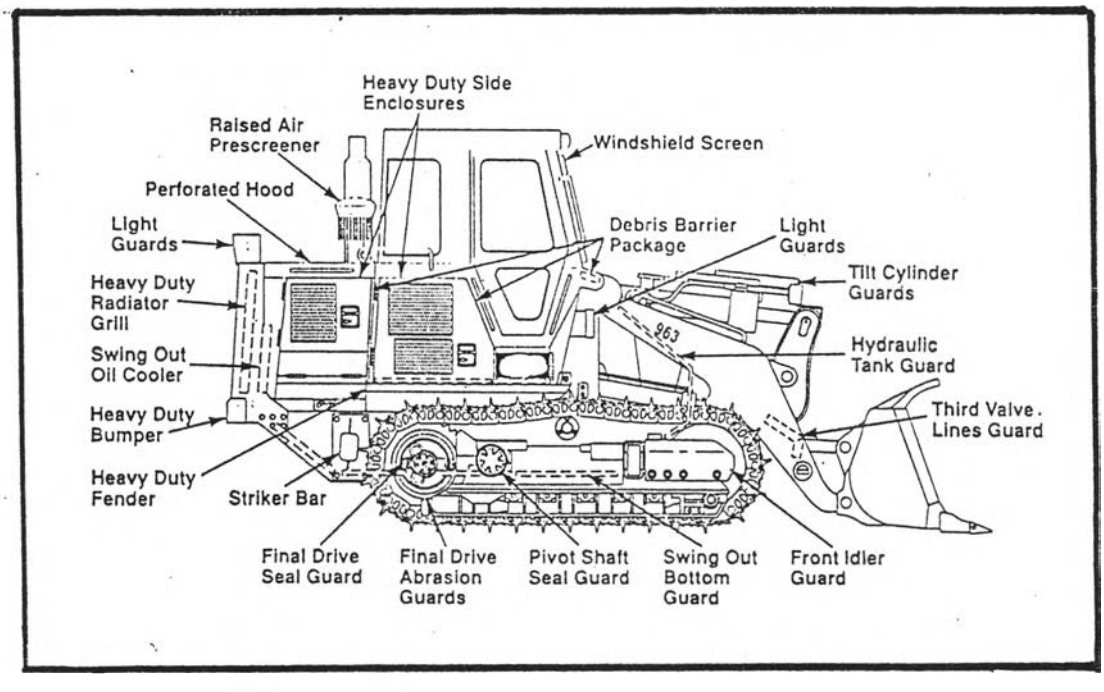
รถตักตีนตะขาบ ดังแสดงในรูปที่ 2-8 มีความเหมาะสมสำหรับฝังกลบมูลฝอยในร่องขุด เนื่องจากตัวบุ้งกี๋จะไม่ล้ำออกจากขอบเขตของร่องขุดและสามารถบดอัดได้เต็มที่ตลอดแนวระหว่างกำแพงดินทั้งสองด้านของร่องขุด รถตักตีนตะขาบ สามารถบดอัดมูลฝอยให้มีความหนาแน่นได้ใกล้เคียง หรือมากกว่ารถแทรกเตอร์ตีนตะขาบโดยทั่วไปเล็กน้อย

3) รถบดอัดมูลฝอยล้อเหล็ก (Steel-wheel Landfill Compactor)

รถบดอัดมูลฝอย ดังแสดงในรูปที่ 2-9 เป็นเครื่องจักรชนิดพิเศษที่ออกแบบสำหรับเกลี่ยกระจาย และบดอัดมูลฝอยปริมาณมาก ซึ่งต้องการรถแทรกเตอร์ทั่วไปมากกว่า 1 คัน และต้องดันมูลฝอยเป็นระยะทางไกลมากกว่า 100 เมตร รถบดอัดมูลฝอยโดยทั่วไป จะทำงานได้ดีบนพื้นที่ค่อนข้างราบ หรือมีความชันในระดับแนวราบ : แนวดิ่ง ไม่ชันกว่า 4 : 1 รถบดอัดมูลฝอย สามารถบดอัดมูลฝอยให้มีความหนาแน่นประมาณ 700 - 1,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตาม ไม่ควรนำรถบดอัดมูลฝอยไปใช้ในการขุดตักวัสดุกลบทับ



รูปที่ 2-7 รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ (Track-type Tractor)
ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994



รูปที่ 2-8 รถตักตีนตะขาบ (Track-type Loader)
ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994

I16756253

4) รถตักล้อยาง (Wheel Loader)

ถึงแม้ว่า รถตักล้อยาง ดังแสดงในรูปที่ 2-10 จะเป็นเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสมสำหรับเกลี่ยกระจาย และบดอัดมูลฝอย แต่ก็มีความคล่องตัวสูงในการขนวัสดุในระยะทางไกล โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ต้องทำการฝังกลบมูลฝอยปริมาณมาก และช่วยในงานเก็บกวาด หรือทำความสะอาดได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ รถตักล้อยางยังนิยมใช้ในสถานีขนถ่ายมูลฝอย (transfer station) เพื่อขนย้าย หรือแยกมูลฝอย อย่างไรก็ตาม รถตักล้อยาง มักประสบปัญหายางแตกหรือยางรั่ว เนื่องมาจากของแข็ง เศษโลหะ และของมีคมในมูลฝอย ดังนั้นในรถตักล้อยางบางรุ่นจะมีการเสริมมาตรการป้องกัน โดยการใช้ล้อชนิดพิเศษบรรจุโฟม (foam-filled tire) แต่ล้อยางชนิดพิเศษดังกล่าว จะทำให้ขีดความสามารถในการขนส่ง (ton-mile-per hour capacity) ของเครื่องจักรลดลง รถตักล้อยาง สามารถบดอัดมูลฝอยให้มีความหนาแน่นได้ประมาณ 500 - 650 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร แต่จะทำให้เกิดร่องหลุมในชั้นมูลฝอยมาก ซึ่งมีผลให้ต้องใช้ปริมาณวัสดุกลบทับมากขึ้น

1.4.1 ตัวแปรที่ต้องพิจารณาในการคัดเลือกเครื่องจักรกล

การคัดเลือกชนิด ขนาด และจำนวนเครื่องจักรกลที่จำเป็นสำหรับการฝังกลบ บดอัด และกลบทับมูลฝอย ขึ้นอยู่กับตัวแปรดังต่อไปนี้

1) ปริมาณมูลฝอย

ปริมาณมูลฝอยมีผลต่อชนิด และขนาดของเครื่องจักรกล ดังแสดงในตารางที่ 2-2

2) ปริมาณ และชนิดของวัสดุกลบทับ

โดยทั่วไปการฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล จะต้องการปริมาตรวัสดุกลบทับประมาณร้อยละ 20 - 25 ของปริมาตรมูลฝอยที่บดอัดแล้ว ดังนั้นขนาดเครื่องจักรจะต้องสอดคล้องกับปริมาตรวัสดุกลบทับที่ต้องจัดเตรียม และหากวัสดุกลบทับเป็นทราย หรือวัสดุที่มีผลทำให้เกิดการขัดสีสูง ควรใช้รถตักล้อยางจะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้เครื่องจักรที่เป็นตีนตะขาบ

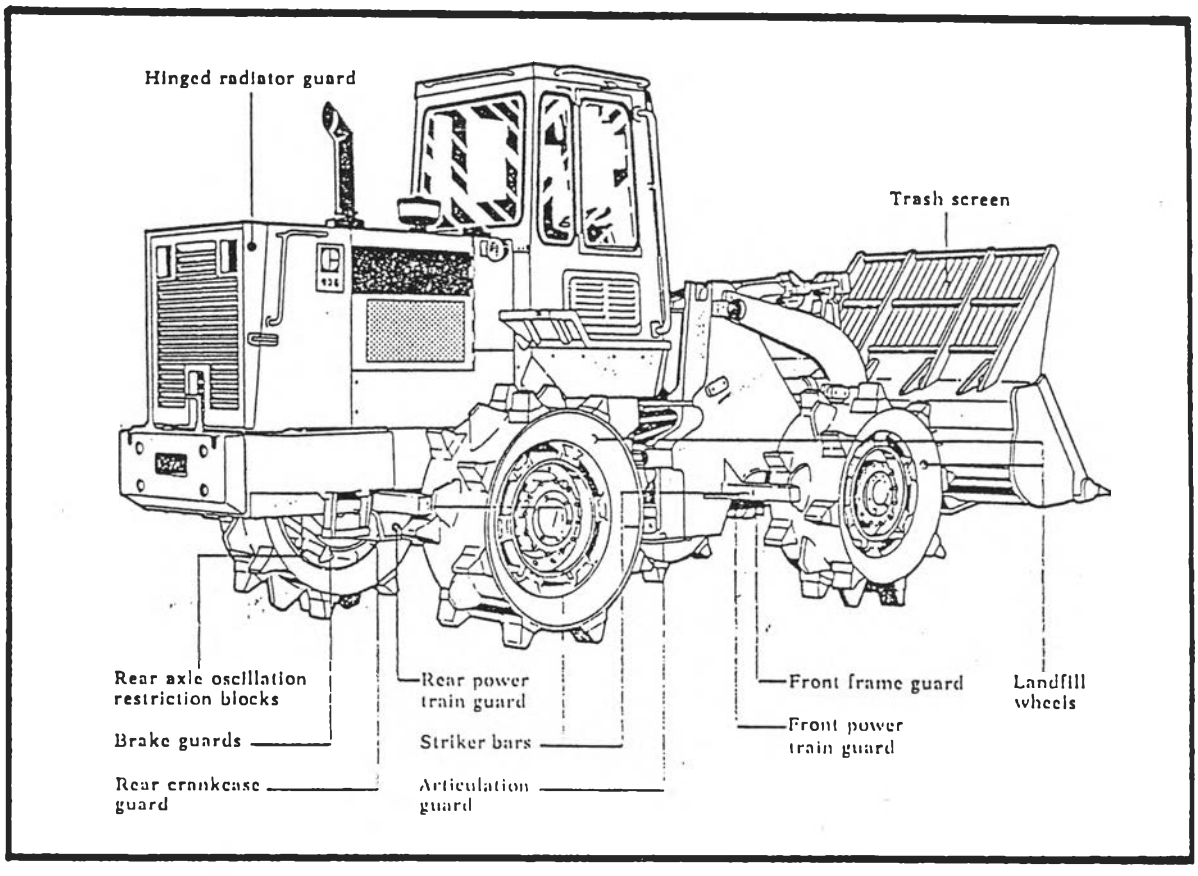
3) ระยะทางขนส่งวัสดุกลบทับ

แนวทางการคัดเลือกเครื่องจักรกล สำหรับงานขนส่งวัสดุกลบทับ แสดงในตารางที่ 2-3 ซึ่งควรพิจารณาร่วมกับปริมาณ และเวลาที่ใช้ในการขนส่งวัสดุกลบทับด้วย

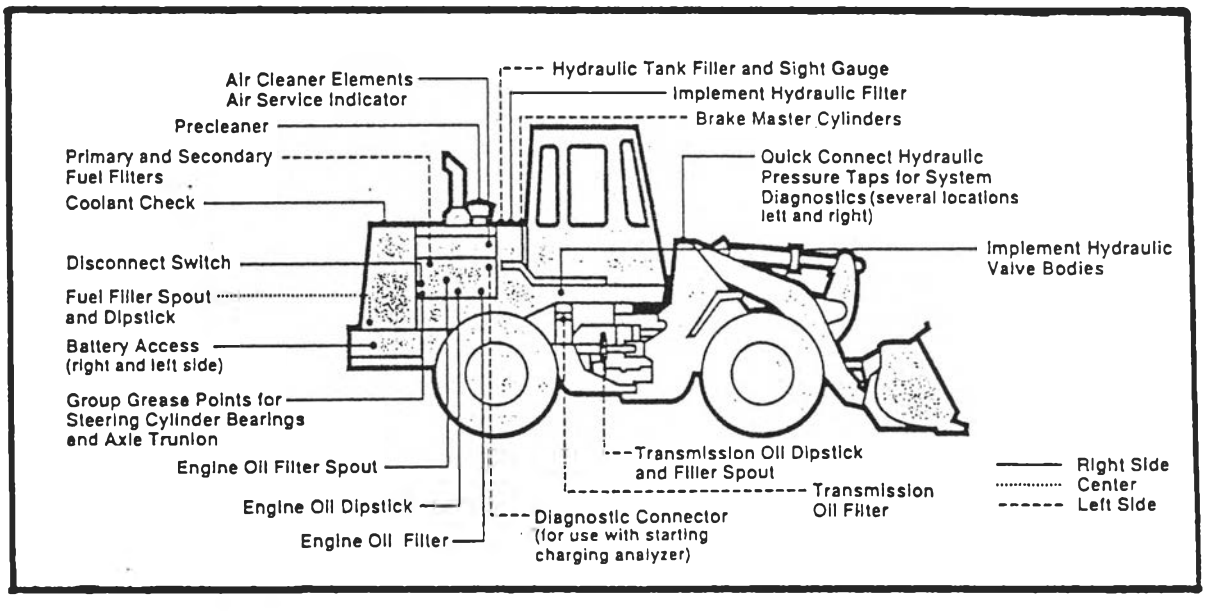
4) ความหนาแน่นบดอัดที่ต้องการ

เมื่อพิจารณาน้ำหนักของเครื่องจักรกล ที่ทำการบดอัดมูลฝอยโดยไม่คำนึงถึงชนิดของเครื่องจักรแล้ว ค่าความหนาแน่นของมูลฝอยที่บดอัดแล้ว จะแปรผันตามปัจจัยดังต่อไปนี้

- ความหนาของชั้นมูลฝอยที่บดอัดแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2-11 พบว่า ชั้นมูลฝอยที่ถูกบดอัดให้มีความหนาไม่



รูปที่ 2-9 รถบดอัดมูลฝอย (Landfill Compactor)
ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994



รูปที่ 2-10 รถตักล้อยาง (Wheel Loader)
ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994

ตารางที่ 2-2 การคัดเลือกเครื่องจักรกลตามปริมาณมูลฝอย

ปริมาณมูลฝอย (ตัน/วัน)	ลักษณะเครื่องจักรกลที่เหมาะสม		
< 40	รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D3 ขนาด 50 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 7 ตัน	หรือ	รถตักตีนตะขาบ ขนาด 50 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 8 ตัน
40 - 130	รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D4 ขนาด 70 - 80 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 10 - 12 ตัน	+	รถบดอัดมูลฝอย ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
	หรือ รถตักตีนตะขาบ ขนาด 70 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 10 ตัน	+	รถบดอัดมูลฝอย ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
130 - 220	รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D5 ขนาด 90 - 100 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 13 - 16 ตัน	+	รถบดอัดมูลฝอย ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
	หรือ รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D6 ขนาด 120 - 130 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 18 - 20 ตัน	+	รถบดอัดมูลฝอย ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
	หรือ รถตักตีนตะขาบ ขนาด 90 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 15 ตัน	+	รถบดอัดมูลฝอย ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
220 - 300	รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D6 ขนาด 120 - 130 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 18 - 20 ตัน	+	รถบดอัดมูลฝอย ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
	หรือ รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D7 ขนาด 160 - 170 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 24 - 27 ตัน	+	รถบดอัดมูลฝอย ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
	หรือ รถตักตีนตะขาบ ขนาด 120 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 18 ตัน	+	รถบดอัดมูลฝอย ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน

ตารางที่ 2-2 การคัดเลือกเครื่องจักรกลตามปริมาณมูลฝอย (ต่อ)

ปริมาณมูลฝอย (ตัน/วัน)	ลักษณะเครื่องจักรกลที่เหมาะสม		
300 - 450	<u>รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D7</u> ขนาด 160 - 170 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 24 - 27 ตัน	+	<u>รถบดอัดมูลฝอย</u> ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
	หรือ <u>รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D8</u> ขนาด 210 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 37 ตัน	+	<u>รถบดอัดมูลฝอย</u> ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
	หรือ <u>รถตักตีนตะขาบ</u> ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 25 ตัน	+	<u>รถบดอัดมูลฝอย</u> ขนาด 160 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 20 ตัน
450 - 680	<u>รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D8</u> ขนาด 210 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 37 ตัน	+	<u>รถบดอัดมูลฝอย</u> ขนาด 235 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 32 ตัน
	หรือ <u>รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D9</u> ขนาด 275 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 43 ตัน	+	<u>รถบดอัดมูลฝอย</u> ขนาด 235 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 32 ตัน
> 680	<u>รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D9</u> ขนาด 275 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 43 ตัน + <u>รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ D10</u> ขนาด 390 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 60 ตัน + <u>รถบดอัดมูลฝอย</u> ขนาด 335 กิโลวัตต์ น้ำหนัก 46 ตัน		

ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994

ตารางที่ 2-3 การคัดเลือกเครื่องจักรกลตามระยะทางขนส่งวัสดุกลบทับ

ประเภทเครื่องจักรกล	ระยะทางขนส่งวัสดุกลบที่เหมาะสม (เมตร)
รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ	0 - 90
รถตักตีนตะขาบ	0 - 150
รถตักล้อยาง	0 - 180

ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994

เกิน 0.5 เมตร จะให้ค่าความหนาแน่นดีที่สุด

- จำนวนเที่ยวที่เครื่องจักรแล่นบนชั้นมูลฝอย ดังแสดงในรูปที่ 2-12 พบว่า จำนวนเที่ยวที่ให้ความหนาแน่นดีที่สุด คือ 3 - 4 เที่ยว และการให้เครื่องจักรแล่นผ่านบนชั้นมูลฝอยมากกว่านี้ จะมีผลช่วยให้ค่าความหนาแน่นบดอัดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่คุ้มค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเครื่องจักร
- ความลาดของพื้นที่ทำงาน เครื่องจักรประเภทตีนตะขาบจะให้ค่าความหนาแน่นสูงสุด เมื่อทำงานบนชั้นมูลฝอยที่ลาดแนวราบ : แนวดิ่ง ประมาณ 3 : 1 เนื่องจากในขณะที่ไต่ความลาด เครื่องจักรประเภทนี้ จะตัดย่อยให้เป็นชิ้นเล็กและเกลี่ยชั้นมูลฝอยให้เป็นชั้นบางไปด้วย อย่างไรก็ตาม ปัจจัยนี้จะตรงกันข้ามกับกรณีของรถบดอัดมูลฝอย ซึ่งจะทำการบดอัดได้ดีเมื่อทำงานอยู่บนชั้นมูลฝอยที่ค่อนข้างราบ
- ปริมาณความชื้นของมูลฝอย ซึ่งควรมีค่าประมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก จึงจะทำให้ประสิทธิภาพในการบดอัดมีค่าสูงสุด เนื่องจากน้ำจะช่วยย่อยสลายมูลฝอยให้มีขนาดเล็กลง แต่ไม่ควรมีปริมาณมากจนเกิดปัญหาในการบำบัดน้ำชะล้างมูลฝอย นอกจากนี้ อาจเลือกใช้เครื่องจักรบดอัดมูลฝอยโดยตรง ซึ่งมีแนวทางการคัดเลือก ดังแสดงในรูปที่ 2-13

5) วิธีการฝังกลบมูลฝอย

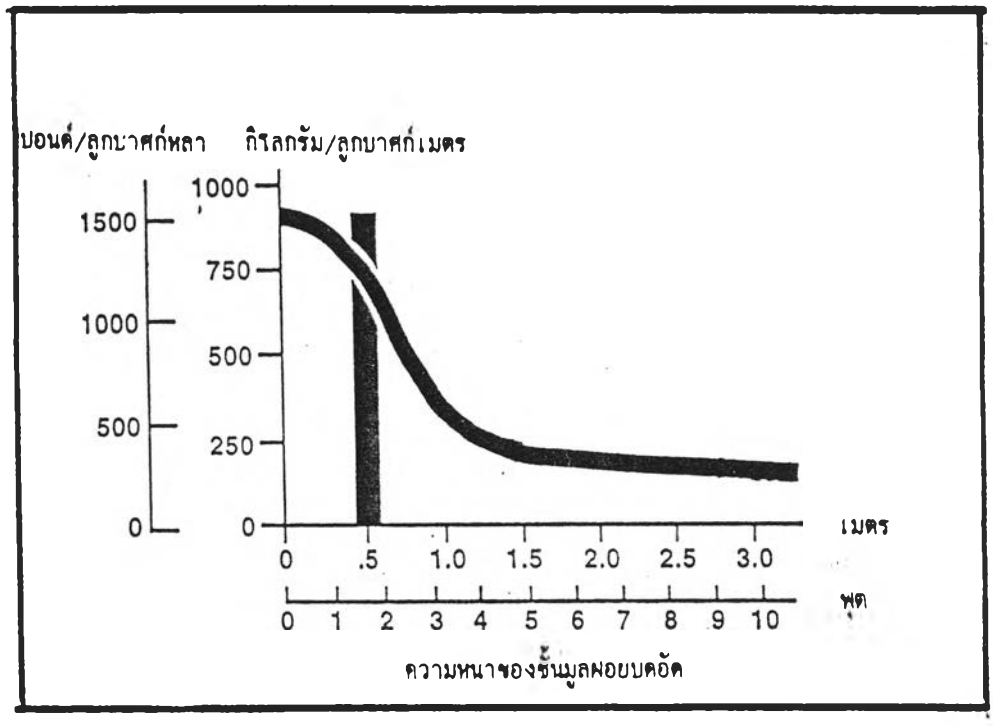
รถบดอัดมูลฝอย จะเหมาะสมกับวิธีฝังกลบมูลฝอยบนพื้นที่เนื่องจากมีพื้นที่ทำงานเป็นที่ราบ หรือมีความชันเพียงเล็กน้อย ส่วนวิธีฝังกลบมูลฝอยในร่องขุด ซึ่งมีงานขุดดินเป็นงานหลัก รถตักตีนตะขาบจะมีความเหมาะสมมากกว่า

6) งานประกอบอื่น ๆ

ควรพิจารณาร่วมด้วยว่า มีงานประกอบอื่น ๆ เช่น งานปรับพื้นที่ งานซ่อมแซมถนน งานขุดดิน เป็นต้น รวมอยู่ในงานฝังกลบมูลฝอยหรือไม่ เนื่องจากเครื่องจักรบางประเภท สามารถเพิ่มเติมอุปกรณ์พิเศษ เพื่อให้มีความสามารถทำงานได้หลายหน้าที่ ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าจัดซื้อเครื่องจักรหลายประเภท

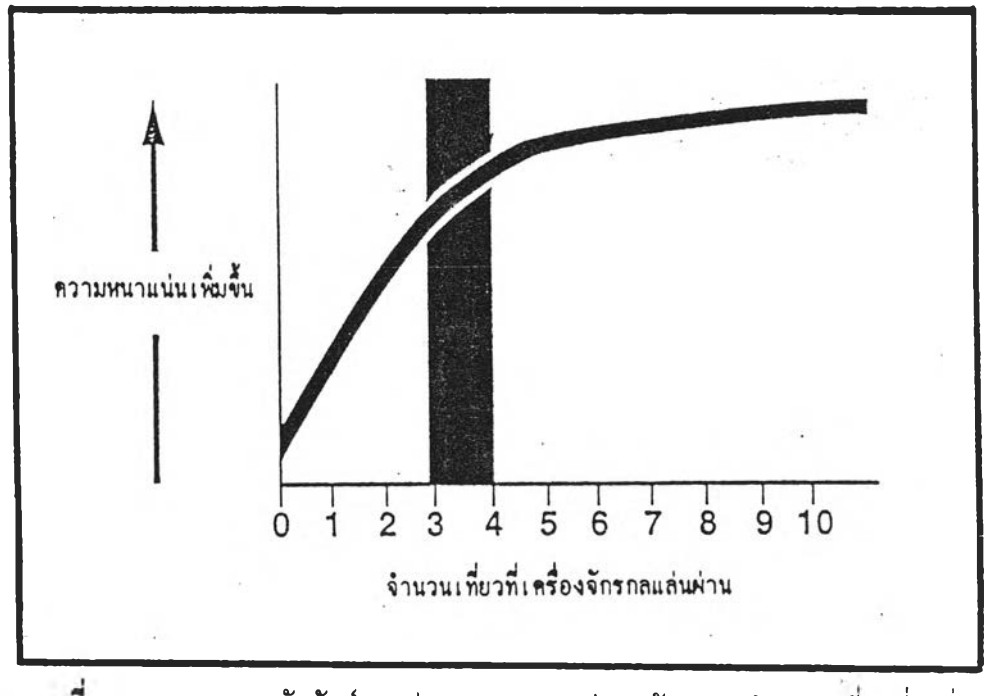
7) งบประมาณ

การดำเนินงานฝังกลบมูลฝอยขนาดเล็ก ควรเลือกใช้เครื่องจักรที่มีลักษณะ ซึ่งสามารถทำหน้าที่หลัก (ฝังกลบและบดอัดมูลฝอย) และทำหน้าที่แทนเครื่องจักรประเภทอื่น ๆ ได้ เพื่อให้คุ้มค่าใช้จ่ายในการลงทุน และค่าดำเนินงาน



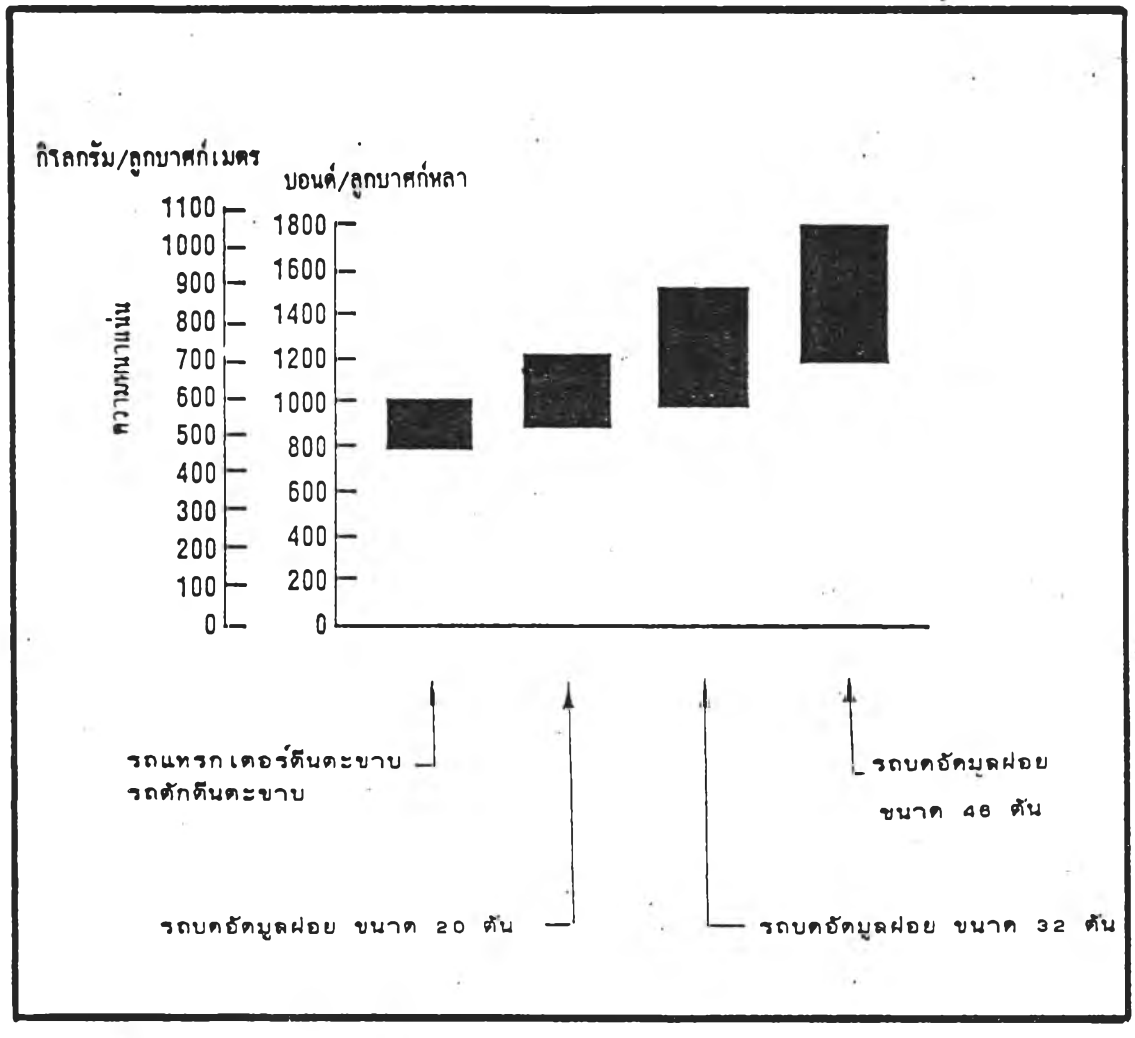
รูปที่ 2-11 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นบดอัด และความหนาชั้นมูลฝอย

ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994



รูปที่ 2-12 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นบดอัด และจำนวนเที่ยวที่เครื่องจักรกลแล่นผ่านชั้นมูลฝอย

ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994



รูปที่ 2-13 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นบดอัด และชนิดของเครื่องจักรกล

ที่มา : Caterpillar Inc.. 1994

8) อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณมูลฝอย

ปริมาณมูลฝอยที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต มีผลต่อการวางแผนการใช้งานเครื่องจักร ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้วิธีเพิ่มจำนวนเครื่องจักรตามระยะเวลา อย่างไรก็ตาม ในกรณีการขยายตัวของปริมาณมูลฝอยมีอัตราค่อนข้างสูง การเลือกเครื่องจักรขนาดใหญ่ในปัจจุบันจะมีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งจะต้องพิจารณาร่วมกับอายุการใช้งานของเครื่องจักรด้วย

1.5 การออกแบบองค์ประกอบของระบบฝังกลบมูลฝอย

Amalendu Bagchi (1990) ได้แนะนำว่า

1.5.1 การออกแบบระบบรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย

ท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอยโดยทั่วไป จะวางในรางที่กรุด้วยกรวด ภายในรางปูดาดด้วยวัสดุใยสังเคราะห์ (geotextile) เพื่อป้องกันมิให้เศษวัสดุละเอียดหลุดเข้าไปในราง หรือเข้าไปในท่อน้ำชะล้างมูลฝอย รูปแบบรางและท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอยแสดงในรูปที่ 2-14 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) รางน้ำชะล้างมูลฝอย (Leachate Trench)

รางน้ำชะล้างมูลฝอย ควรบรรจุด้วยกรวดให้เป็นเนิน ดังแสดงรูปที่ 2-14 เพื่อกระจายน้ำหนักบดอัดจากเครื่องจักร และป้องกันการแตกเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย ส่วนวัสดุใยสังเคราะห์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ควรหุ้มบนกรวดหรืออาจใช้ชั้นทรายแทนได้ โดยออกแบบขนาดของวัสดุกรอง (soil filter) ตามสมการ

$$\frac{D_{15} \text{ ของวัสดุกรอง}}{D_{85} \text{ ของดินกลบทับราง}} < 4 - 5 \qquad ...(2.17)$$

$$\frac{D_{15} \text{ ของวัสดุกรอง}}{D_{15} \text{ ของดินกลบทับราง}} > 4 - 5 \qquad ...(2.18)$$

โดย D_{15} = ขนาดของวัสดุที่ยังมีวัสดุขนาดที่เล็กกว่าอยู่อีกเป็นปริมาณร้อยละ 15

D_{85} = ขนาดของวัสดุที่ยังมีวัสดุขนาดที่เล็กกว่าอยู่อีกเป็นปริมาณร้อยละ 85

สมการ (2.17) มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุกลบทับหลุดเข้าไปในชั้นวัสดุกรอง และสมการ (2.18) เพื่อให้มั่นว่าชั้นวัสดุกรองสามารถทำหน้าที่ระบายน้ำได้ดี

การออกแบบวัสดุใยสังเคราะห์ มีข้อแนะนำดังต่อไปนี้

- สำหรับดินที่มีขนาดผ่านตะแกรง 0.074 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ได้ไม่เกินร้อยละ 50 ควรเลือกวัสดุใยสังเคราะห์ที่มีขนาดช่องเปิด ไม่มากกว่า 0.59 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 30)
- สำหรับดินที่มีขนาดผ่านตะแกรง 0.074 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 200) ได้มากกว่าร้อยละ 50 ควรเลือกวัสดุใยสังเคราะห์ที่มีขนาดช่องเปิด ไม่มากกว่า 0.297 มิลลิเมตร (ตะแกรงเบอร์ 50)

2) ท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย (Leachate Pipe)

การออกแบบท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย ควรคำนึงถึงปัญหา 2 ประการ คือ ปัญหาการอุดตัน เนื่องจากกระบวนการปฏิกิริยาทางชีววิทยาและเคมี และปัญหาการแตก เนื่องจากน้ำหนักบดอัดของเครื่องจักร

ในการลดปัญหาการอุดตัน มีวิธีแก้ไขเพียงวิธีเดียว คือ การทำความสะอาด ซึ่งมีรูปแบบทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2-15 โดยการฉีดน้ำล้างท่อ สำหรับปัญหาการแตก ซึ่งมักเกิดขึ้นในระหว่างทำการก่อสร้าง และในระหว่างดำเนินการฝังกลบสามารถป้องกันได้ โดยการดำเนินงานอย่างระมัดระวัง การออกแบบชั้นดินกลบทับให้มีความหนาเพียงพอสำหรับกระจายน้ำหนักบดอัด และการใช้ท่อที่มีความแข็งแรงสูง

โดยทั่วไป ท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย จะเป็นท่อชนิดพลาสติก ซึ่งจะต้องตรวจสอบความแข็งแรง โดยจะตรวจสอบโดยใช้ความแอ่น (deflection) เป็นเกณฑ์กำหนด กล่าวคือ ไม่เกินร้อยละ 5 โดยคำนวณจากสมการ modified Iowa ดังนี้

$$\% \frac{d}{D_p} = \frac{DBP \times 100}{0.149(E/Y) + 0.061E'} \quad ...(2.19)$$

$$\% \frac{d}{D} = \frac{DBP \times 100}{(2E/3(DR-1)^3) + 0.061E'} \quad ...(2.20)$$

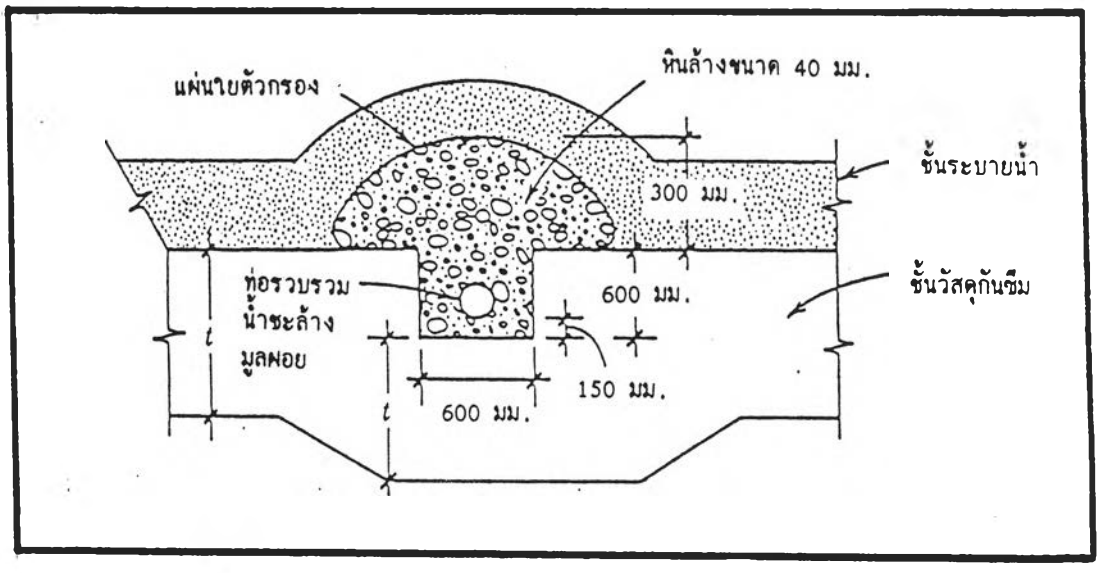
โดย D = ค่าคงที่ของความแอ่น (deflection log factor)

B = ค่าคงที่ของฐานรองรับท่อ (bedding constant)

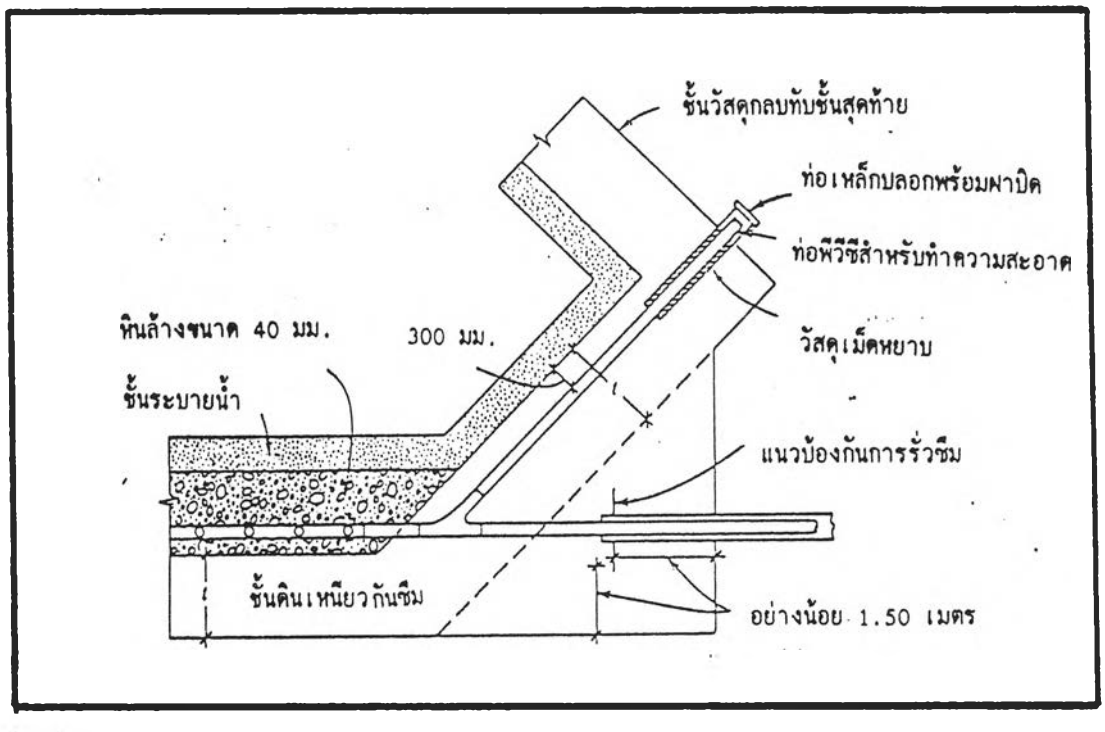
P = แรงดันเหนือท่อ (รวมแรงกดดันจากน้ำหนักจร) (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

D_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (นิ้ว)

d = ความแอ่น (นิ้ว)



รูปที่ 2-14 รูปแบบทั่วไปของท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-15 รูปแบบทั่วไปของระบบทำความสะอาดท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990

E = Modulus of Elasticity ของวัสดุที่ใช้ทำท่อ (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

E' = Modulus ของแรงปฏิกิริยาของดิน (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

DR = อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อและความหนาของท่อ

E/Y = Stiffness ของท่อ (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

$= 0.559\ E(t/r)^3$

t = ความหนาของท่อ (นิ้ว)

r = รัศมีเฉลี่ยของท่อ (นิ้ว)

สมการ (2.19) ใช้เมื่อทราบค่า Stiffness ของท่อ และใช้สมการ (2.20) เมื่อทราบค่า DR สำหรับแนวทางทั่วไปในการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2-4

ในระหว่างทำการก่อสร้าง น้ำหนักจรจากเครื่องจักรกลจะมีผลต่อความแข็งแรงของท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย ดังนั้น ในการตรวจสอบความแข็งแรงของท่อ ควรรวมแรงดันเนื่องจากเครื่องจักรกลไว้ในค่า P ในสมการ (2.19) และสมการ (2.20) ด้วย และการคำนวณหาแรงดันจากเครื่องจักรกลที่กระทำต่อท่อ ทำได้โดยเลือกค่าสัมประสิทธิ์ดังแสดงในตารางที่ 2-5 คูณกับค่าแรงกดดันจากเครื่องจักร

นอกจากนี้ การเจาะรูท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย ควรมีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2-16 โดยเจาะรูให้อยู่ในใต้แนวเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ เพื่อป้องกันมิให้ท่อสูญเสียความแข็งแรง

1.5.2 การออกแบบระบบแผ่นสังเคราะห์กันซึม (Synthetic Membrane)

1) การยึดแผ่นสังเคราะห์กันซึม

การยึดแผ่นสังเคราะห์กันซึม ดังแสดงในรูปที่ 2-17 จะต้องทำการออกแบบเพื่อป้องกันการเลื่อนหลุดโดยแรงดึง (F_p) ที่จุด A โดย

$$F_p = Syt \qquad \ldots(2.21)$$

โดย S_y = yield stress ของแผ่นสังเคราะห์กันซึม (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

t = ความหนาของแผ่นสังเคราะห์กันซึม (นิ้ว)

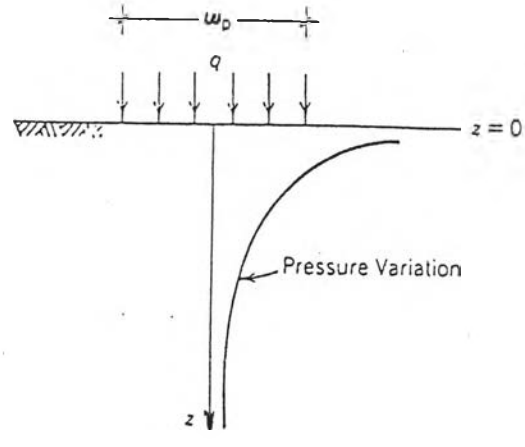
ตารางที่ 2-4 ค่าตัวแปรต่าง ๆ สำหรับสมการ (2.19) และสมการ (2.20)

ตัวแปร	หน่วย	ช่วง	หมายเหตุ
B	-	0.08 - 0.10	- ฐานรองรับท่อเป็นกรวดหรือทราย
D	-	1.50 - 2.50	- ใช้ค่าที่สูงกว่าในกรณีดินในรางไม่ถูกบดอัด
E/	ปอนด์/ตารางนิ้ว		- ใช้ค่าที่ต่ำกว่าในกรณีดินในรางไม่ถูกบดอัด
หิน		1,000 - 3,000	
ดินปนทราย และกรวดมน		100 - 400	
Stiffness	ปอนด์/ตารางนิ้ว		
Schedule 40		129	- สำหรับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว
Schedule 80		700	
SDR 35		46	
SDR 26		115	

ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990

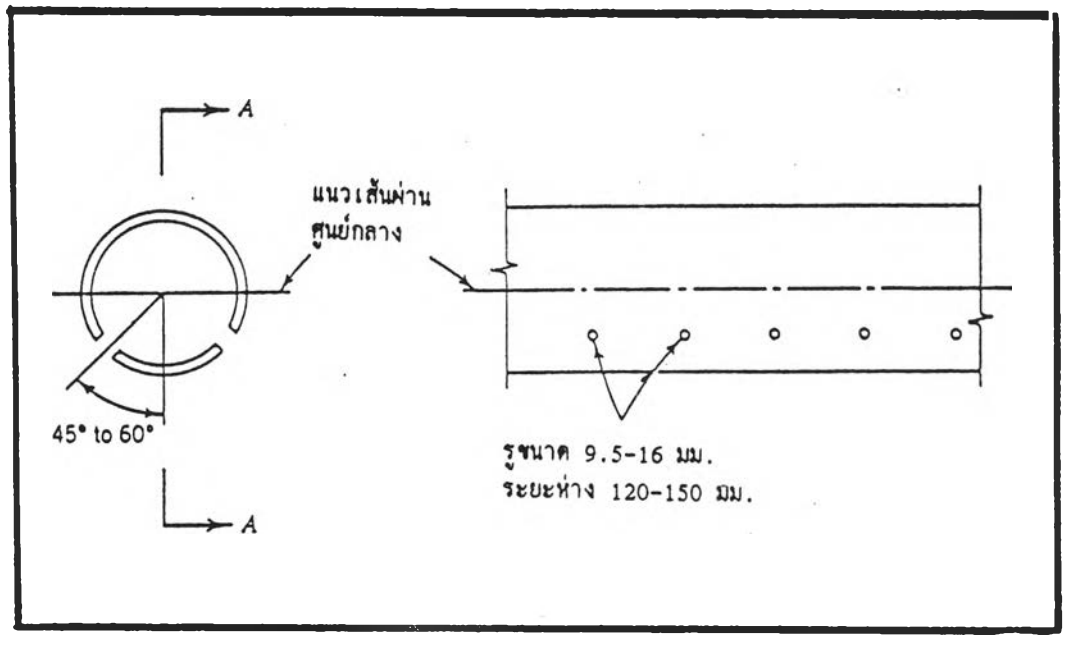
ตารางที่ 2-5 ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงกดดันที่เกิดจากน้ำหนักจร

ความลึกเหนือ ท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย	ค่าสัมประสิทธิ์ สำหรับคูณกับ ค่าแรงกดดันที่เกิดจากน้ำหนักจร
W_p	0.4
$2W_p$	0.1
$3W_p$	0.055
$4W_p$	0.03
$5W_p$	0.02
$6W_p$	0.01

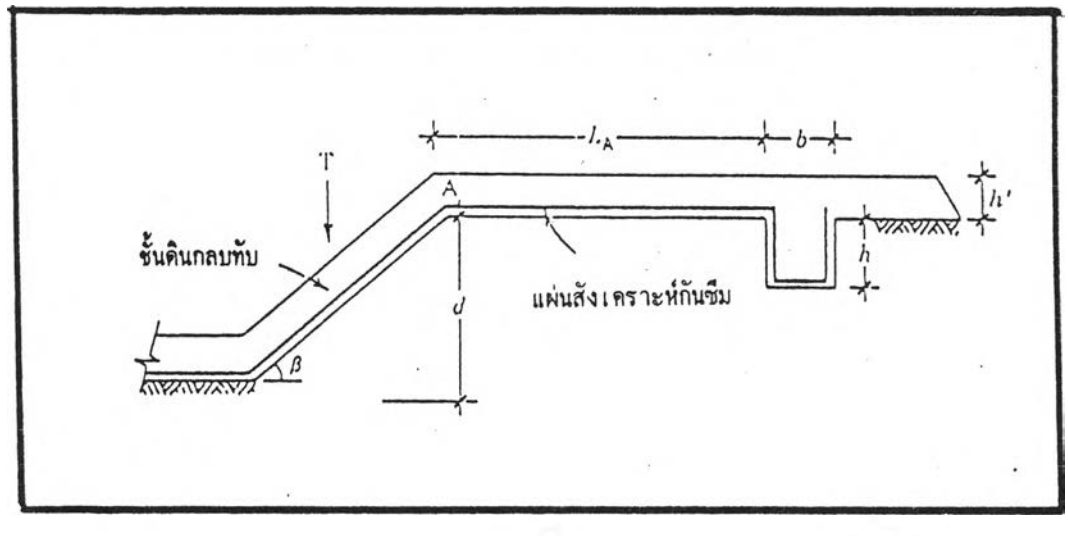


W_p = ความกว้างของล้อรถบดอัดที่สัมผัสพื้นดิน (นิ้ว)
q = แรงกดดันของรถบดอัด (ปอนด์/ตารางนิ้ว)
z = ความหนาของชั้นฝังกลบมูลฝอย (นิ้ว)

ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-16 รูปแบบทั่วไปของการเจาะรูท่อรวบรวมน้ำชะล้างมูลฝอย
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-17 รูปแบบทั่วไปของการยึดแผ่นพลาสติกสังเคราะห์กันซึม
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990

สำหรับแรงต้านแรงดึง (F_R) ในกรณีไม่มีดินกลบทับบนแผ่นใยสังเคราะห์กันซึม แต่มีดินผังอยู่ในร่องยึด จะมีค่าดังนี้

$$F_R = r_s hb(\tan \delta) + wL_A(\tan \delta) \quad ...(2.22)$$

โดย r_s = หน่วยน้ำหนักของดิน (ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต)

b = ความกว้างของร่องยึด (ฟุต)

h = ความลึกของร่องยึด (ฟุต)

δ = friction angle ระหว่างดิน และแผ่นใยสังเคราะห์กันซึม

w = อัตราส่วนระหว่างน้ำหนัก และพื้นที่ของแผ่นใยสังเคราะห์กันซึม (ปอนด์/ตารางฟุต)

สำหรับแรงต้านแรงดึง (F_{rc}) ในกรณีมีดินกลบทับบนแผ่นใยสังเคราะห์กันซึม จะมีค่าดังนี้

$$F_{rc} = r_s(h+h')b(\tan \delta) + (w+r_s)L_A(\tan \delta) \quad ...(2.23)$$

โดย w อาจตัดทิ้งได้ เนื่องจากมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ r_s และควรจะรวมค่าความปลอดภัยประมาณ 1.2 - 1.5 ในการคำนวนหาค่า F_{rc} ด้วย

2) การรับน้ำหนักเครื่องจักรกล

น้ำหนักมากที่สุดที่ยอมได้ (T) ของเครื่องจักรกล ซึ่งกระทำบนแผ่นใยสังเคราะห์กันซึม สามารถคำนวณได้โดย

$$T(\sin B) + W(\sin B) = W(\cos B)(\tan \delta) + F_{rc} + \frac{S_{vt}}{FS} \quad ...(2.24)$$

โดย T = น้ำหนักเครื่องจักรกลที่ยอมได้

W = น้ำหนักทั้งหมดของดินกลบทับบนทางลาด

$$= \frac{r_s\, h'\, d}{\sin B}$$

B = มุมของทางลาดกระทำต่อแนวระดับ

FS = ค่าความปลอดภัย

3) การเลื่อนไหลของดินกลบทับบนทางลาด

ค่าความปลอดภัยต่อการเลื่อนไหลของดิน คำนวณได้จาก

$$FS = \frac{W(\cos B)(\tan r)}{W(\sin B)} = \frac{\tan r}{\tan B} \quad ...(2.25)$$

โดย friction angle (r) ระหว่างดิน และแผ่นใยสังเคราะห์กันซึม ระหว่างดิน และ geotextile และระหว่างแผ่นใยสังเคราะห์กันซึม และ geotextile มีค่าเท่ากับ 17, 23 - 25 และ 6 - 8 องศา ตามลำดับ

1.5.3 การออกแบบคันดิน (Berm)

การออกแบบคันดิน จะต้องตรวจสอบเสถียรภาพของคันดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับความสูงของคันดิน มุมของทางลาด Internal friction (0') Effective cohesive (C') และหน่วยน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างคันดิน ซึ่งเป็นงานค่อนข้างละเอียด และสลับซับซ้อน อย่างไรก็ตาม คันดินโดยทั่วไปที่มีความลาดในระดับแนวราบ : แนวดิ่ง ประมาณ 2 : 1 - 2.5 : 1 ค่อนข้างมีความปลอดภัย สำหรับคันดินที่มีความสูงประมาณ 3 - 4 เมตร และก่อสร้างด้วยดินปนทราย นอกจากจะต้องมีเสถียรภาพแล้ว คันดินควรป้องกันการกัดเซาะจากลม และน้ำได้ โดยเฉพาะคันดินที่มีระยะทางลาดยาวมาก จะก่อให้เกิดปัญหามากยิ่งขึ้น

1.5.4 การออกแบบทางลาดของชั้นมูลฝอย

การวิเคราะห์เสถียรภาพของของชั้นมูลฝอย อาจวิเคราะห์ได้ในลักษณะเดียวกันกับกรณีของคันดิน แต่ควรเพิ่มค่าความปลอดภัยประมาณ 1.5 - 2.0 เนื่องจากมูลฝอยประกอบด้วยวัสดุหลากหลาย และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางปฏิกิริยาเคมี และชีววิทยาตลอดเวลา และมีข้อเสนอแนะทางลาดของชั้นมูลฝอย ซึ่งได้จากการสังเกตการณ์ในพื้นที่ฝังกลบที่ได้ดำเนินการแล้ว ดังนี้

	ความลาดแนวราบ : แนวดิ่ง
1) มูลฝอยชุมชน	3 : 1 - 4 : 1
2) มูลฝอยที่มีส่วนประกอบของดินอย่างน้อยร้อยละ 40	8 : 1
3) กากตะกอน (sludge)	6 : 1 - 7 : 1

1.5.5 การออกแบบชั้นวัสดุกลบทับชั้นสุดท้าย (Landfill Cover)

การออกแบบชั้นวัสดุกลบทับชั้นสุดท้าย มีวัตถุประสงค์ เพื่อลด

ปริมาณน้ำฝนไหลซึมลงสู่ระบบฝังกลบที่ฝังกลบเรียบร้อยแล้ว โดยมีรูปแบบทั่วไป ดังแสดงในรูปที่ 2-18 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) ชั้นแรกติดกับชั้นมูลฝอย เรียกว่า ชั้นปรับระดับ (grading layer) ประกอบด้วย วัสดุเม็ดหยาบ ความหนาประมาณ 0.15 - 0.60 เมตร ชั้นนี้จะทำหน้าที่เป็นฐานรากที่แข็งแรงให้กับชั้นเหนือขึ้นไป

2) ชั้นที่ 2 เรียกว่า ชั้นกันซึม (barrier layer) จะทำหน้าที่ป้องกันการซึมผ่านของน้ำ ประกอบด้วย ชั้นดินเหนียว ความหนาประมาณ 0.6 เมตร หรือชั้นเบนโทไนท์ ความหนา 0.3 เมตร หรือแผ่นใยสังเคราะห์กันซึม ความหนา 1.5 - 2.0 มิลลิเมตร

3) ชั้นที่ 3 เรียกว่า ชั้นป้องกันชั้นกันซึม (protective layer) จะทำหน้าที่ป้องกันชั้นกันซึมจากสาเหตุความเสียหายต่าง ๆ และเป็นตัวกลางสำหรับรับการชอนไชของรากพืช ชั้นนี้จะมีความหนาประมาณ 0.3 - 1.0 เมตร

4) ชั้นสุดท้าย เรียกว่า ชั้นหน้าดิน (top soil) จะทำหน้าที่เพาะกล้าไม้ปกคลุมระบบฝังกลบมูลฝอย ดังนั้น จึงควรมีการบำรุงรักษาโดยการใส่ปุ๋ยเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ชั้นนี้จะมีความหนาประมาณ 0.10 - 0.15 เมตร

1.5.6 การออกแบบระบบระบายแก๊ส

ระบบระบายแก๊ส แบ่งออกเป็น 2 ระบบ ได้แก่ Passive Venting System และ Active Venting System ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

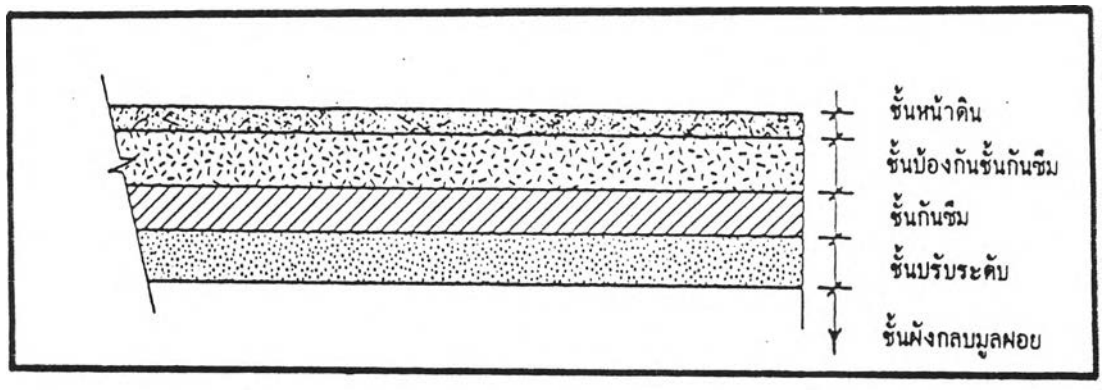
1) Passive Venting System

ระบบนี้เหมาะสมสำหรับระบบฝังกลบขนาดเล็ก ซึ่งมีอัตราการเกิดแก๊สต่ำ และมีโอกาสแพร่กระจายออกนอกพื้นที่น้อย องค์ประกอบของระบบ ประกอบด้วยการติดตั้งท่อระบายแก๊สบริเวณชั้นมูลฝอยชั้นสุดท้ายเป็นแห่ง ๆ อิสระต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-19 โดยแต่ละแห่งจะครอบคลุมชั้นมูลฝอยประมาณ 7,500 ลูกบาศก์เมตร แต่ในบางกรณี ท่อระบายแก๊สเหล่านี้อาจถูกเชื่อมต่อเข้าหากันด้วยท่อในแนวระดับบริเวณชั้นวัสดุกลบทับชั้นสุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ 2-20

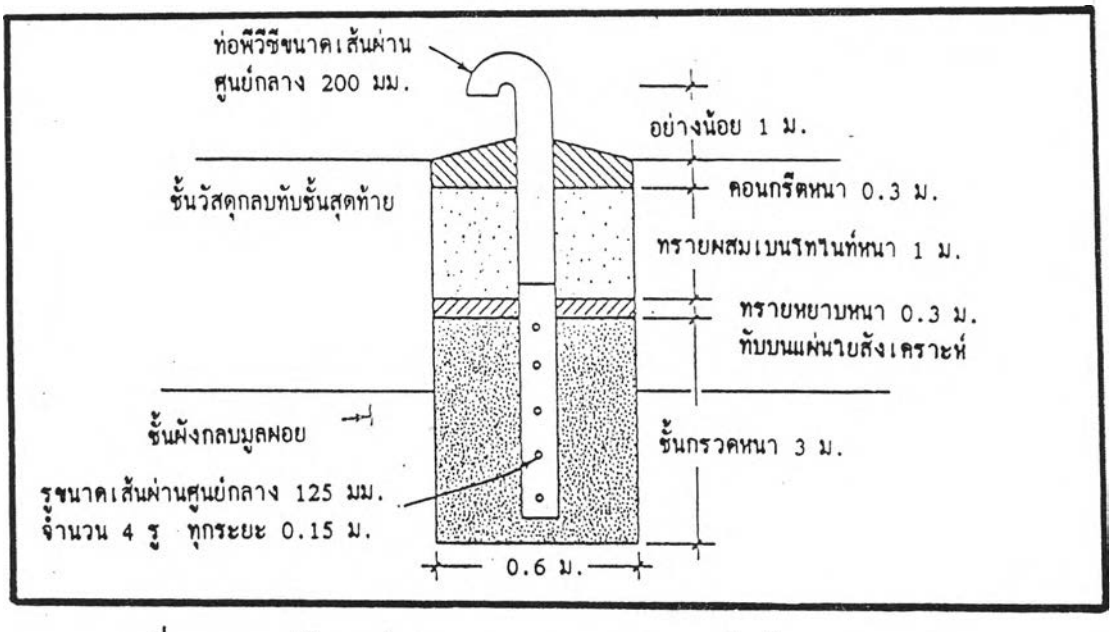
2) Active Venting System

ระบบนี้ มีลักษณะเป็นบ่อดักแก๊สลึกลงไปในชั้นมูลฝอย และเชื่อมต่อกันด้วยท่อเชื่อมต่อในแนวระดับไปยังเครื่องดูดอากาศ เพื่อดูดแก๊สออกจากชั้นมูลฝอย แล้วนำแก๊สไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ หรือนำไปทำลายโดยการเผาทิ้ง หรือปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยไม่ได้เผา การที่จะระบายแก๊สออกสู่บรรยากาศโดยไม่ต้องเผานั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ ได้แก่

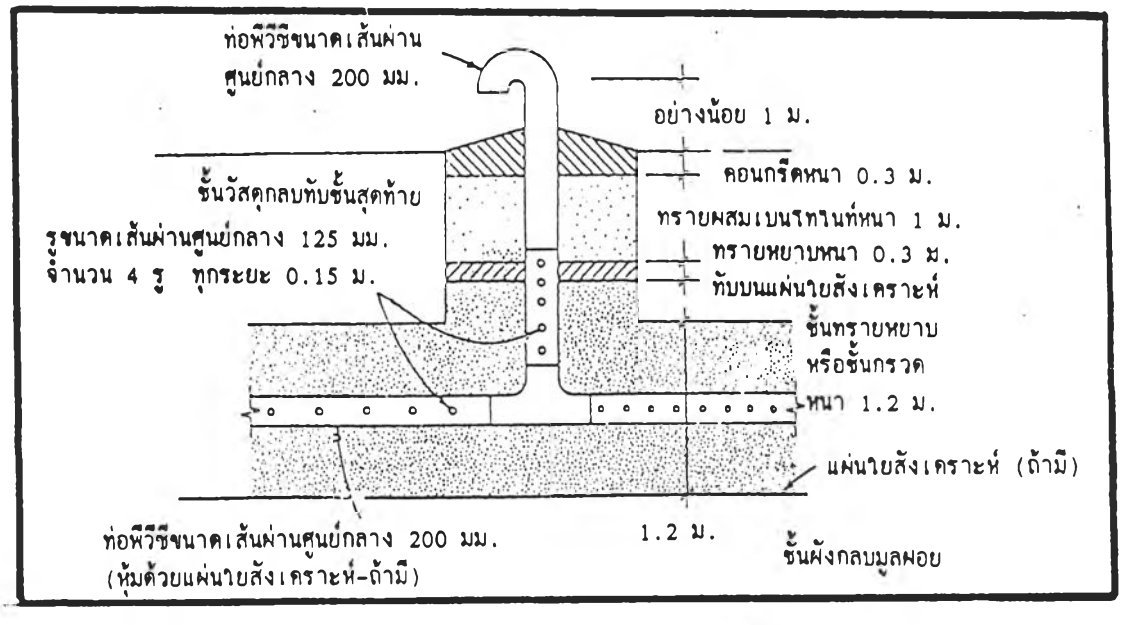
- องค์ประกอบทางเคมีของแก๊ส ไม่มีสารที่เป็นอันตรายเจือปนอยู่มาก เช่น ไวนิลคลอไรด์ เบนซิน



รูปที่ 2-18 รูปแบบทั่วไปของการกลบทับชั้นมูลฝอยชั้นสุดท้าย
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-19 ลักษณะทั่วไปของ Passive Vent ที่ติดตั้งแยกกันโดยอิสระ
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-20 ลักษณะทั่วไปของ Passive Vent ที่ติดตั้งเชื่อมต่อกัน
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990

- สถานที่ตั้งระบบผังกลบมูลฝอยห่างไกลชุมชน ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญอื่น ๆ เช่น กลิ่นรุนแรง

การจัดวางผังระบบระบายแก๊ส Active Vent แสดงในรูปที่ 2-21 ซึ่งประกอบด้วย

- บ่อดักแก๊ส (Extraction Well) ควรติดตั้งในตำแหน่งและระยะห่าง ซึ่งทำให้เกิดพื้นที่ครอบคลุมถึงทับซ้อนกันมากที่สุด เช่น ในรูปที่ 2-22 จะเกิดพื้นที่ทับซ้อนร้อยละ 27 โดยติดตั้งบ่อดักแก๊สที่มุมของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่มีความยาวแต่ละด้านเท่ากับ 1.73 R และจะได้พื้นที่ทับซ้อนร้อยละ 100 โดยติดตั้งบ่อดักแก๊สที่มุมของรูปแปดเหลี่ยมด้านเท่าที่มีความยาวแต่ละด้านเท่ากับ R ดังนั้น ในการคำนวณหาระยะห่างของบ่อดักแก๊ส สามารถใช้สมการดังนี้

$$\text{ระยะห่าง} = 2R - \frac{O_1}{100} R \qquad \ldots(2.26)$$

โดย R = รัศมีที่บ่อดักแก๊สสามารถครอบคลุมถึง

O_1 = สัดส่วนการทับซ้อนที่ต้องการ

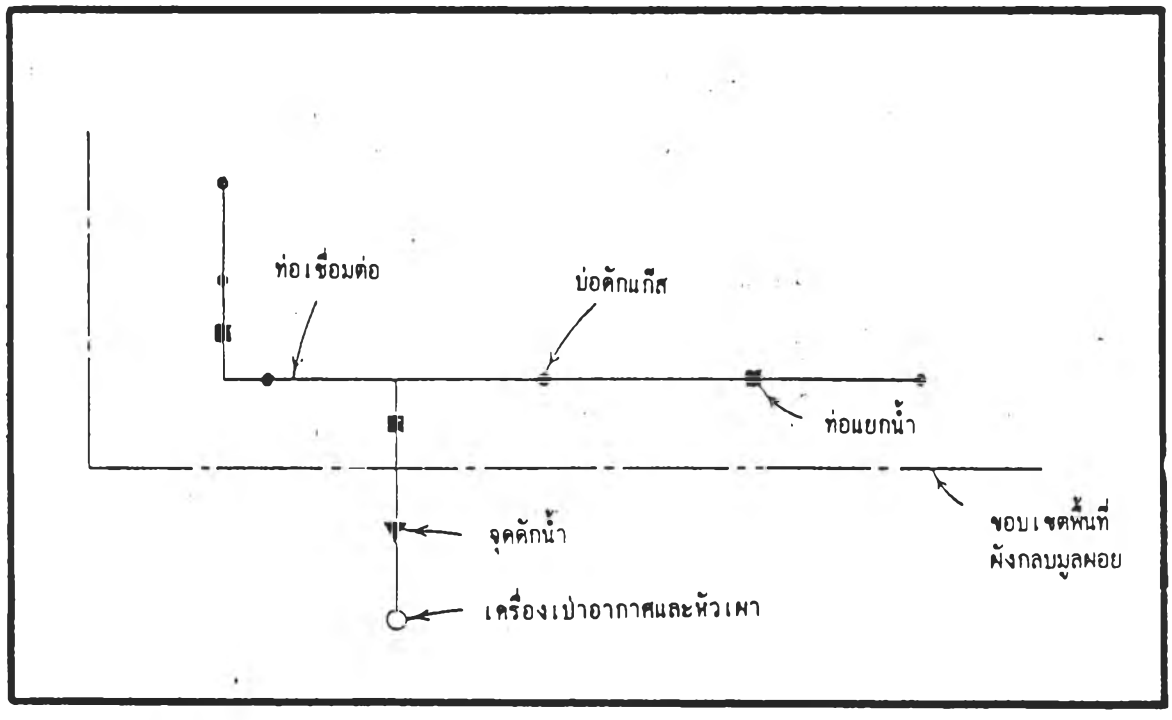
โดยทั่วไปค่า R เกิดจากการทดลองในสนาม อย่างไรก็ตาม หากไม่สามารถดำเนินการทดลองได้ อาจใช้ R = 45 เมตร และรูปแบบทั่วไปของบ่อดักแก๊ส แสดงในรูปที่ 2-23

- ท่อเชื่อมต่อ (Header Pipe)

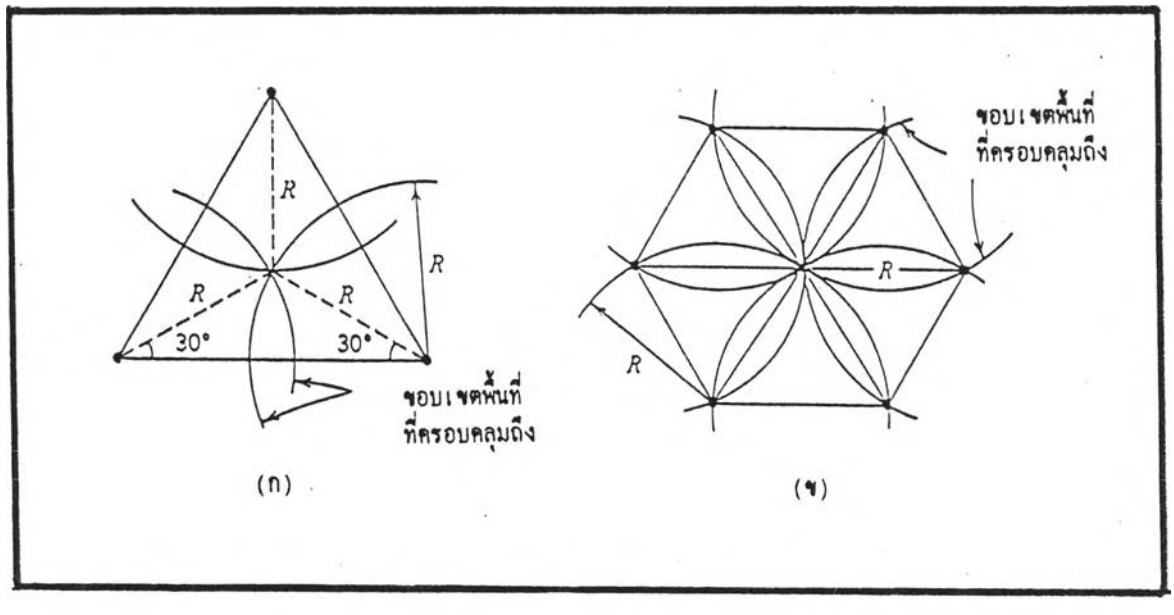
ท่อเชื่อมต่อโดยทั่วไป จะเป็นท่อพลาสติก (PVC) หรือท่อพลาสติกความหนาแน่นสูง (HDPE) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.15 - 0.20 เมตร ติดตั้งในรางซึ่งบรรจุด้วยทราย ดังแสดงในรูปที่ 2-24

- เครื่องเป่าอากาศ (Blower)

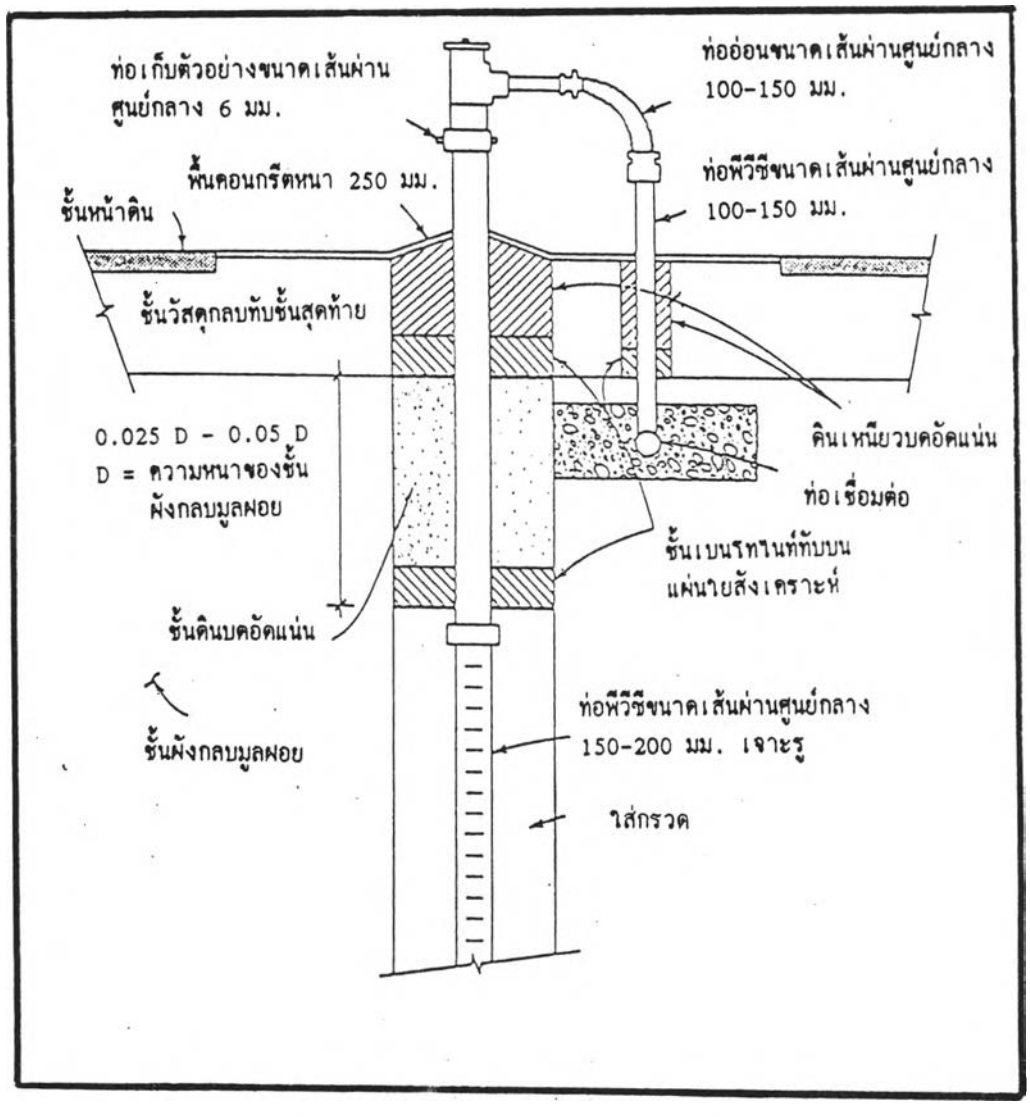
ขนาดของเครื่องเป่าอากาศ ขึ้นอยู่กับ negative head ทั้งหมด และปริมาณแก๊สที่ต้องการดักเก็บออกไป หากเครื่องเป่าอากาศมีขนาดใหญ่กว่า 5 แรงม้า ควรใช้ไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ในกรณีไม่มีไฟฟ้าแบบ 3 เฟส



รูปที่ 2-21 รูปแบบทั่วไปของการจัดวางผังระบบ Active Vent
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-22 ตำแหน่งการติดตั้งบ่อดักแก๊สที่ทำให้เกิดพื้นที่ทับซ้อนในสัดส่วนต่าง ๆ
(ก) แบบสามเหลี่ยม (ข) แบบสี่เหลี่ยม
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-23 รูปแบบทั่วไปของบ่อดักแก๊ส

ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990

ควรออกแบบเครื่องเป่าอากาศให้มีขนาดเล็กลง แต่มีจำนวนมากขึ้น

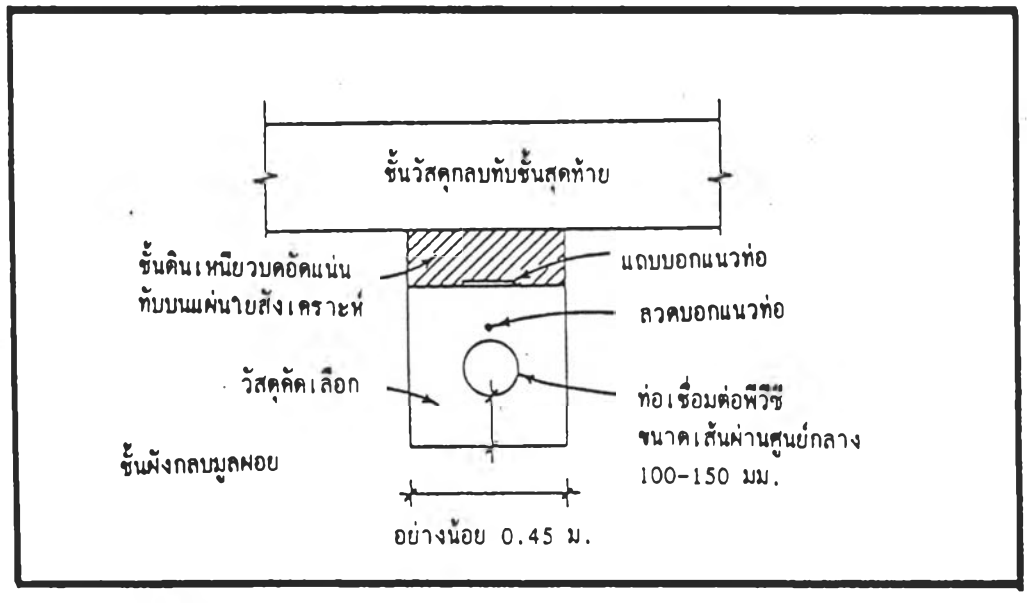
- เครื่องแยกน้ำ
แก๊สจากระบบฝังกลบมูลฝอยมักจะมีความชื้นสูง และจะกลั่นตัวในขณะที่ผ่านท่อเชื่อมต่อ เนื่องจากอุณหภูมิของแก๊สลดลง ดังนั้น จึงต้องทำการแยกน้ำออกจากแก๊สโดยติดตั้งจุดแยกน้ำเป็นระยะ ๆ ประมาณ 150 - 300 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2-25
- หัวเผา (Burner)
หัวเผามีความสำคัญ ในกรณีที่ต้องเผาทิ้งแก๊สอันตรายโดยจะต้องทำให้อุณหภูมิสูง ประมาณ 800 - 900 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาเผาประมาณ 0.3 - 0.5 วินาที เพื่อให้สามารถทำลายแก๊สได้ทั้งหมด และควรติดตั้งเครื่องป้องกันเปลวไฟลามกลับไปหาเครื่องเป่าอากาศ

2. ระบบเผาในเตาเผา (Incineration)

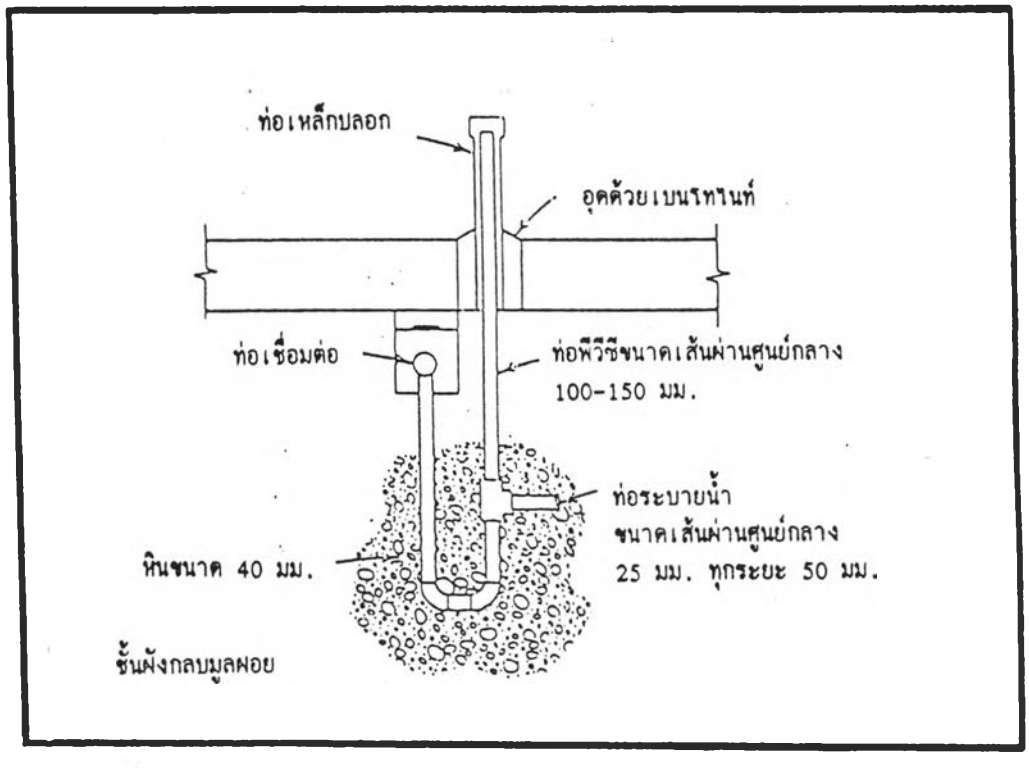
ระบบเผาในเตาเผา มีขั้นตอนการทำงานและองค์ประกอบของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2-26 และรูปที่ 2-27 ดังนี้

2.1 บ่อรวบรวมมูลฝอย (Refuse Pit)

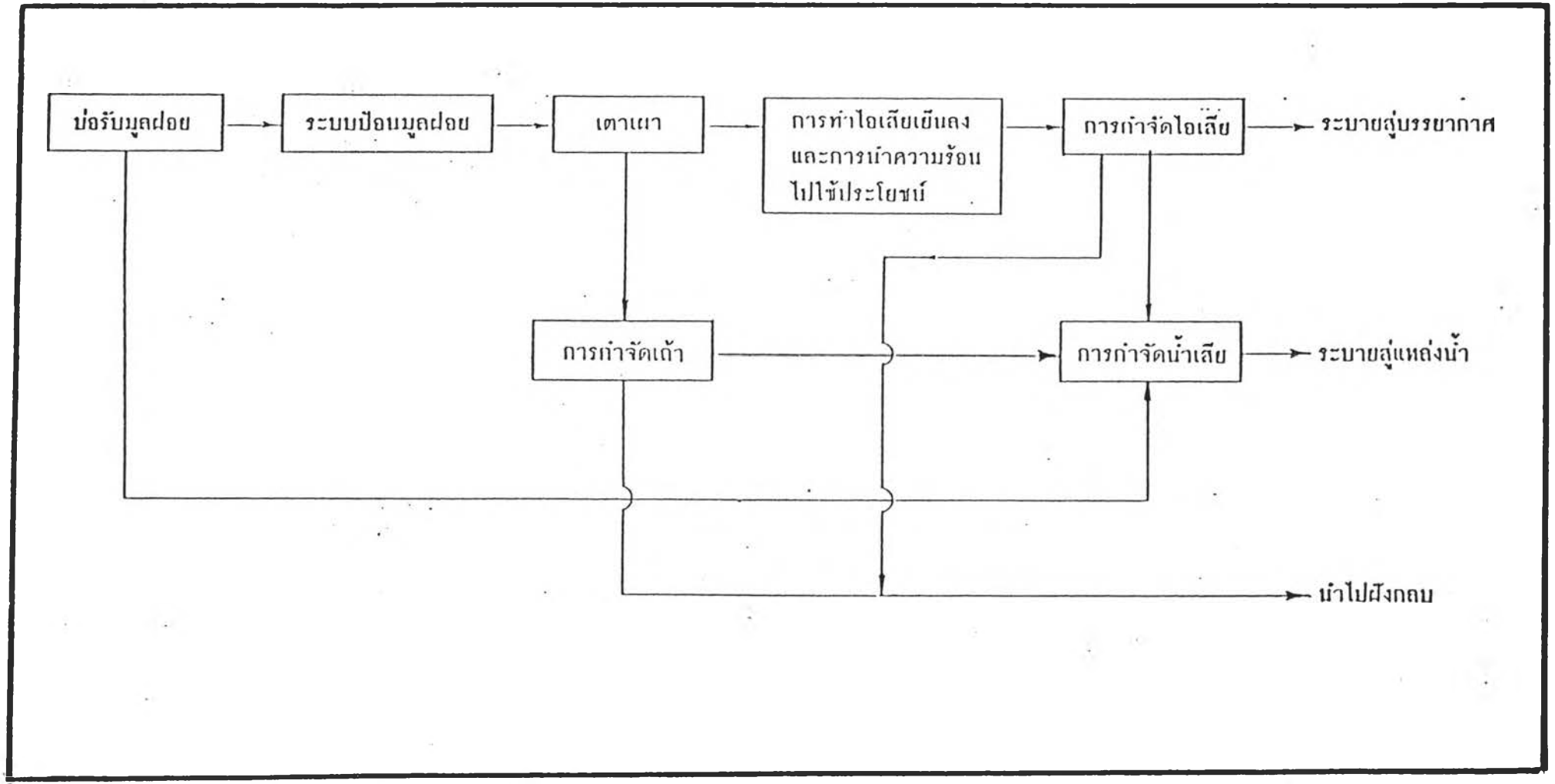
เป็นบ่อเก็บกักมูลฝอย เพื่อเตรียมขนถ่ายเข้าสู่เตาเผา โดยมีขนาดประมาณ 1 - 3 เท่าของปริมาณมูลฝอยที่จะต้องเผาทั้งหมด เพื่อช่วยให้เตาเผาทำงานได้อย่างสม่ำเสมอ มีจำนวนช่อง (bunker) เพียงพอสำหรับจำนวนรถเก็บขนมูลฝอยในการทำการถ่ายเทมูลฝอยออกจากรถพร้อมกันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งที่ปากช่องดังกล่าว จะมีประตูที่ถูกควบคุมให้เปิด-ปิดในช่วงที่มีการถ่ายเทมูลฝอยจากรถเก็บขนมูลฝอย การขนถ่ายมูลฝอยออกจากบ่อรวบรวมมูลฝอย กระทำได้โดยใช้ปั้นจั่นเคลื่อนที่ (crane) คีบปริมาณมูลฝอยไม่น้อยกว่า 10 ลูกบาศก์เมตร เข้าสู่กรวยป้อนมูลฝอย (charging hopper) เพื่อป้อนเข้าสู่เตาเผาต่อไป การดำเนินงานต่าง ๆ ในบ่อรวบรวมมูลฝอย จะมีเจ้าหน้าที่ควบคุมโดยตรงจากห้องควบคุม ซึ่งอยู่ในบริเวณที่สามารถมองเห็นการทำงานในบ่อรวบรวมมูลฝอยได้ทั่วถึง



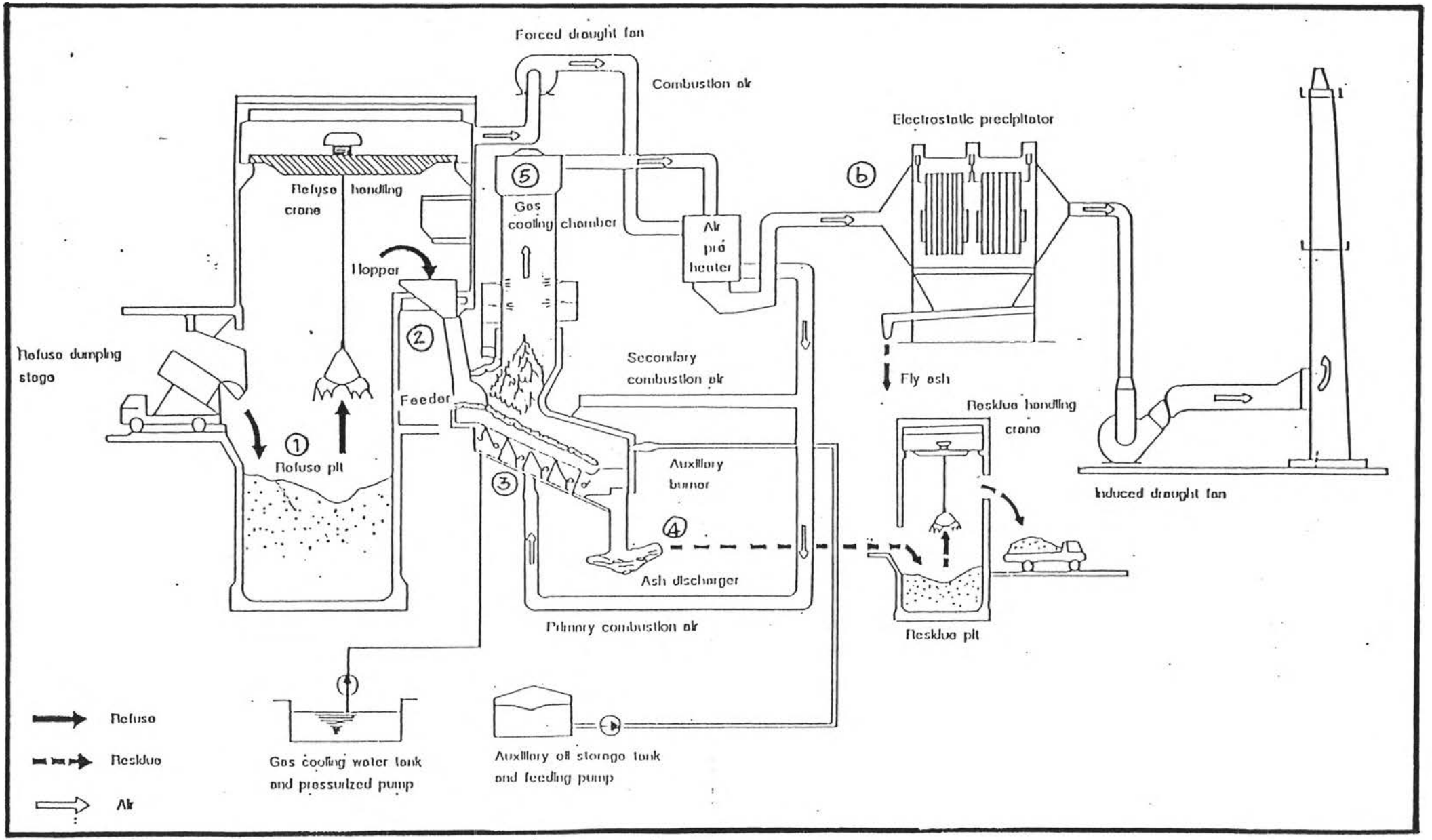
รูปที่ 2-24 รูปแบบทั่วไปของท่อเชื่อมต่อท่อรวบรวมแก๊ส
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-25 รูปแบบทั่วไปของท่อแยกน้ำออกจากแก๊ส (Dripleg)
ที่มา : Amalendu Bagchi. 1990



รูปที่ 2-26 ขั้นตอนการทำงานของระบบเตาเผามูลฝอย



รูปที่ 2-27 องค์ประกอบของระบบเตาเผามูลฝอย

ที่มา : Nissho Iwai Corporation. 1992

2.2 กรวยป้อนมูลฝอย (Charging Hopper)

เป็นองค์ประกอบ ซึ่งรับมูลฝอยจากบ่อรวบรวมมูลฝอย เพื่อส่งผ่านเข้าสู่ห้องเผา

2.3 เตาเผา (Furnace)

ชนิดของเตาเผาที่สำคัญ แบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

2.3.1 เตาเผาแบบแผงตะกรับ (Grate Type หรือ Stoker Type) ดังแสดงในรูปที่ 2-28 เป็นเตาเผาที่นิยมใช้เผามูลฝอยชุมชนและมีประสิทธภาพสูง

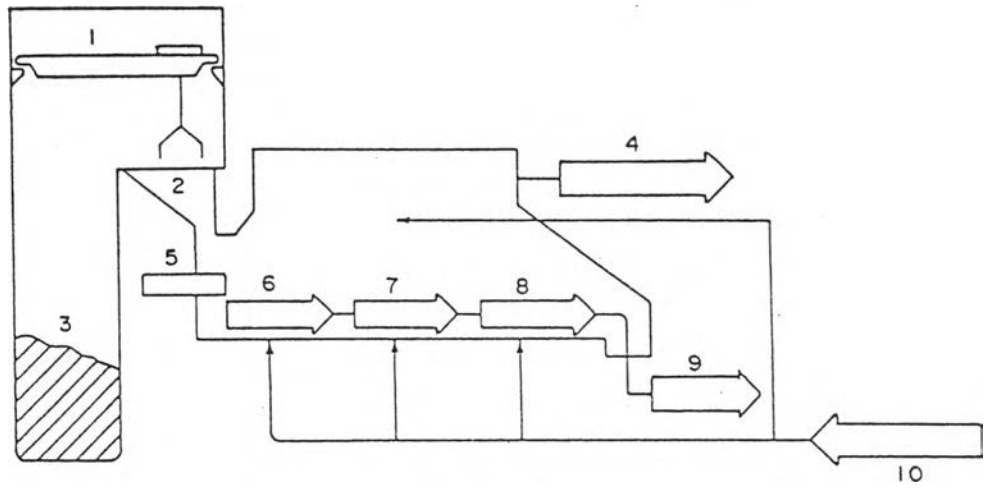
2.3.2 เตาเผาแบบทรงกระบอกหมุน (Rotary Type) ดังแสดงในรูปที่ 2-29 เป็นเตาเผาทรงกระบอก วางตัวในแนวระดับ มีความลาดเล็กน้อย ในขณะที่ทำการเผามูลฝอย จะหมุนรอบแกน เพื่อผสมและเคลื่อนที่มูลฝอย

2.3.3 เตาเผาแบบใช้ตัวกลางนำความร้อน (Fluidzed Bed Type) ดังแสดงในรูปที่ 2-30 เป็นเตาเผาที่ใช้อุณหภูมิในการเผาประมาณ 500 - 750 องศาเซลเซียส โดยบรรจุตัวกลางนำความร้อน เช่น แร่ควอทซ์ หรือทรายแม่น้ำไว้ภายใน และต้องทำให้มูลฝอยมีขนาดเล็กเพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์

2.3.4 เตาเผาแบบจำกัดอากาศ (Pyrolysis Type) ดังแสดงในรูปที่ 2-31 มูลฝอยที่จะส่งผ่านเข้าสู่เตาเผาประเภทนี้ จะต้องผ่านการคัดแยกส่วนที่ไม่ไหม้ไฟออกก่อน จากนั้นจะถูกส่งเข้าสู่ส่วนที่เรียกว่า waste distillator ซึ่งมีลักษณะคล้าย rotary kiln และทำหน้าที่เผามูลฝอยแบบจำกัดออกซิเจน จนเกิดแก๊สร้อนขึ้น จึงผ่านเข้าไปในเตาเผาอุณหภูมิสูง (high temperature incinerator) ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 1.140 องศาเซลเซียส และมีการให้ปริมาณออกซิเจนอย่างเต็มที่ เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

2.4 ระบบกำจัดเถ้า (Ash Handling System)

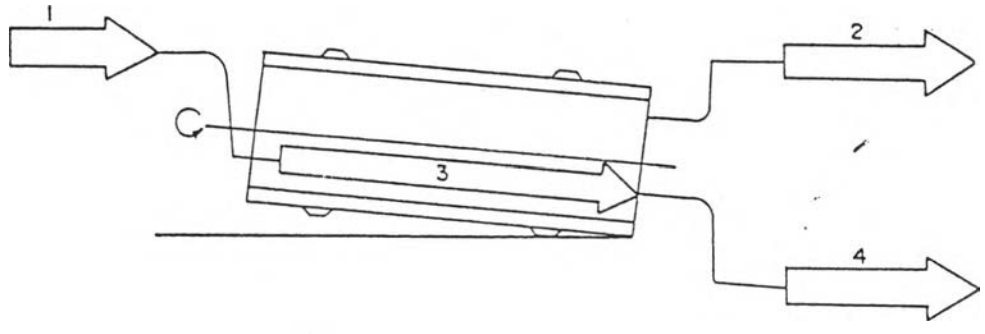
ผลจากการเผาในเตาเผา จะเกิดเถ้า 2 ประเภท ได้แก่ เถ้าที่ตกอยู่ภายในเตาเผา (bottom ash) และเถ้าที่ลอยไปกับแก๊สร้อน (fly ash) ซึ่งต้องทำการรวบรวม และนำไปกำจัดด้วยวิธีฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล



สัญลักษณ์

1. ปั้นจั่นคีบมูลฝอย (CRANE)
2 กรวยสำหรับเทมูลฝอยเข้าเตาเผา (CHARGING HOPPER)
3 บ่อรับมูลฝอย (REFUSE PIT)
4 ส่วนที่แก๊สเกิดการเผาไหม้ (COMBUSTION EXHAUST GAS)
5 เครื่องป้อนมูลฝอยเข้าเตา (FEEDER)
6 ส่วนที่อบมูลฝอยให้แห้ง (DRYING)
7 ส่วนที่มูลฝอยไหม้ไฟ (BURNING)
8 ส่วนหลังจากการเผาไหม้แล้ว (AFTER-BURNING)
9 เถ้า (COMBUSTION RESIDUE)
10 อากาศที่เข้าทางด้านใต้เพื่อลบับลบุนการเผาไหม้ (UNDERFIRE AIR)

รูปที่ 2-28 ระบบเตาเผามูลฝอยแบบแผงตะกรับ (Grate Type)
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535



สัญลักษณ์

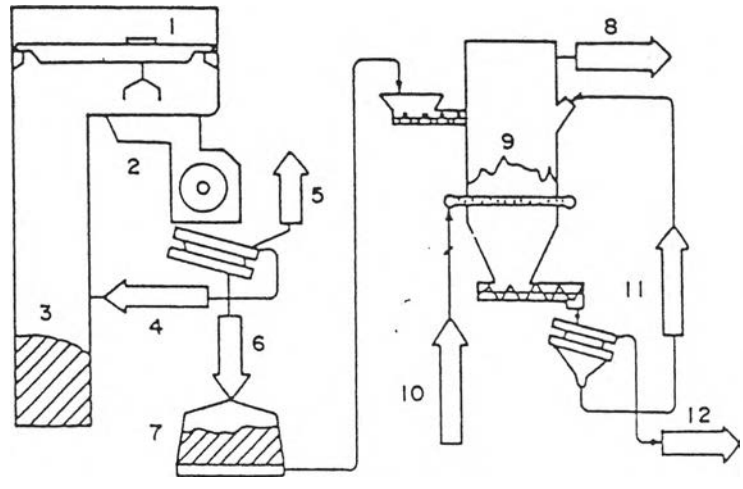
1 ส่วนที่มูลฝอย (REFUSE) เข้า

2 ไอเสียจากการเผาไหม้ (COMBUSTION EXHAUST GAS)

3 ส่วนที่มูลฝอยถูกอบจนแห้งแล้วจะเกิดการลุกไหม้ (DRYING, COMBUSTION)

4 เถ้าและกากที่เหลือจากการเผาไหม้ (ASH AND COMBUSTION RESIDUE)

รูปที่ 2-29 ระบบเตาเผามูลฝอยแบบทรงกระบอกหมุน (Rotary Type)
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535



สัญลักษณ์

1 ปั้นจั่นคีบมูลฝอย (CRANE)

2 เครื่องบดมูลฝอยขนาดธรรมดาให้มีขนาดเล็ก (SHREDDER)

3 บ่อรับมูลฝอย (REFUSE PIT)

4 เครื่องบดมูลฝอยขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็ก (BULKY SHREDDED MATTER)

5 เครื่องคัดแยกโลหะออกไป (METAL SEPARATOR)

6 มูลฝอยซึ่งถูกบดแล้ว (SHREDDED MATTER)

7 ห้องเก็บมูลฝอยก่อนส่งขึ้นเตาเผา (BANKER)

8 ไอเสียจากการเผาไหม้ (COMBUSTION EXHAUST GAS)

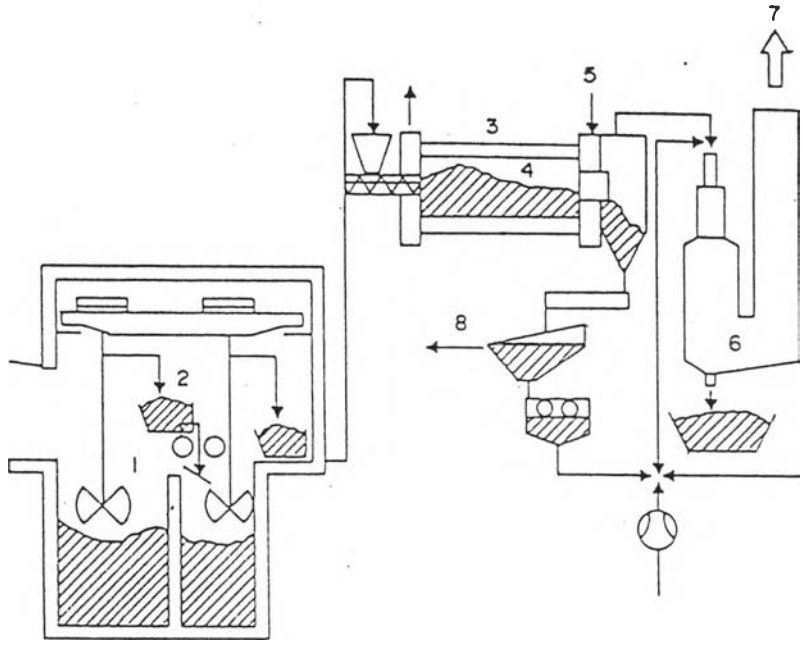
9 เตาเผาแบบ (FLUIDIZED BED)

10 อากาศที่เป่าเข้าเตาเพื่อช่วยการเผาไหม้ (COMBUSTION AIR)

11 ตัวกลางนำความร้อน (FLUIDIZED MEDIUM)

12 เถ้าและกากที่เหลือจากการเผาไหม้ (ASH AND COMBUSTION RESIDUE)

รูปที่ 2-30 ระบบเตาเผามูลฝอยแบบใช้ตัวกลางนำความร้อน (Fluidized Bed Type)
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535



สัญลักษณ์

1 บ่อรับมูลฝอยและปั้นจั่นดันมูลฝอย
2 เครื่องบดและแยกมูลฝอย
3 DRYER และ WASTE DISTILLATOR
4 การเผาแบบจำกัดออ๊กซิเจน (ไม่มีเปลวไฟ)
5 ก๊าซร้อนจากเตาเผาอุณหภูมิสูง
6 HIGH TAMPERATURE INCINERATOR
ซึ่งเผาไอจากมูลฝอยที่อุณหภูมิ 2,200° F
7 ไอเสียจากการเผาไหม้
8 กากที่เหลือจากการอบ (INERTS MATERIAL)

รูปที่ 2-31 ระบบเตาเผามูลฝอยแบบจำกัดอากาศ (Pyrolysis Type)
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535

2.5 ระบบลดอุณหภูมิของไอเสีย (Flue Gas Cooling System)

ไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ จะมีอุณหภูมิสูงประมาณ 700 - 950 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สามารถส่งเข้าสู่ระบบกำจัดมลพิษของไอเสียได้โดยตรง จำเป็นต้องลดอุณหภูมิลงให้เหลือประมาณ 250 - 300 องศาเซลเซียส โดยวิธีพ่นน้ำ หรือใช้หม้อไอน้ำ (steam boiler)

2.6 ระบบกำจัดไอเสีย (Flue Gas Treatment)

ไอเสียจากการเผาไหม้ ประกอบด้วยอนุภาคต่าง ๆ ซึ่งมีปริมาณที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ จึงต้องทำการบำบัดให้มีปริมาณสอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐานที่เกี่ยวข้องเสียก่อน วิธีการบำบัดไอเสียประเภทต่าง ได้แก่

1) วิธี Bag House Filter หรือ Electrostatic Precipitator สำหรับกำจัดเถ้า และฝุ่นละออง ให้มีปริมาณไม่เกิน 0.05 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

2) วิธี Dry Ventury Scrubber ร่วมกับการฉีดสารเคมี สำหรับกำจัดออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_x) และไฮโดรคลอไรด์ (HCl) ให้มีปริมาณไม่เกิน 100 และ 200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ตามลำดับ

3) วิธีควบคุมอุณหภูมิในเตาเผา ให้มีอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 850 องศาเซลเซียส สำหรับกำจัดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ให้มีปริมาณไม่เกิน 250 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

2.7 ระบบบำบัดน้ำเสีย

ปริมาณน้ำเสียจากการเผามูลฝอย ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในกระบวนการต่าง ๆ โดยทั่วไป น้ำเสียจากเตาเผาจะเกิดจากบ่อรวบรวมมูลฝอย ระบบกำจัดเถ้า ระบบลดอุณหภูมิของไอเสีย ระบบกำจัดไอเสีย และการทำความสะอาดทั่วไป ส่วนลักษณะสมบัติของน้ำเสียจะแปรผันค่อนข้างมาก ตามกระบวนการเผาไหม้ โดยลักษณะสมบัติหลักที่เปลี่ยนแปลงมาก คือ COD และ pH อย่างไรก็ตาม ในระบบเผาไหม้ที่สมบูรณ์ น้ำเสียโดยรวมที่มีค่า COD ต่ำ และ pH สูง