

ตัวอย่างการคำนวณดินตัดและดินถมที่มีลักษณะเป็นผืนใหญ่

1. คำนวณค่าที่ต้องใช้

	W - E				SUM	H	S	SH
	2.82	2.55	2.40	2.52	10.29	2.57	1	2.57
	3.21	2.88	2.48	2.48	11.05	2.76	2	5.52
	3.03	2.75	2.76	2.45	10.99	2.75	3	8.25
	2.55	2.85	2.76	2.27	10.43	2.61	4	10.44
	2.27	2.45	2.52	2.18	9.42	2.36	5	11.80
					52.18	13.05	15	38.58
SUM	13.88	13.48	12.92	11.9	52.18			
H	2.78	2.70	2.58	2.38	10.44			Hm = 52.18 / 20 = 2.61
S	1	2	3	4	10			
SH	2.78	5.40	7.74	9.52	25.44			

$$Gns, Gwe = \frac{\sum(SH) - \frac{(\sum S)(\sum H)}{n}}{\sum(S)^2 - \frac{(\sum S)^2}{n}}$$

Gns หรือ Gwe = Best fit slope ความลาดเอียงตามแนวเหนือ-ใต้ หรือ ตะวันตก-ตะวันออก
ที่สอดคล้องกับสภาพเดิมตามธรรมชาติซึ่งจะทำให้ปริมาตรของดินตัดเท่ากับปริมาตร
ของดินถม

S = Station distance ระยะห่างระหว่างหมุด
H = ค่าระดับเฉลี่ยของหมุดต่างๆทั้งหมด
n = จำนวนแถวของหมุดตามทิศทางความลาดเท

2. หาค่าความลาดเอียงของพื้นที่ตามแนวเหนือใต้ (Gns)

$$\sum (SH) = 38.58$$

$$\sum S = 15$$

$$\sum H = 13.05$$

$$n = 5 \quad \text{แถว}$$

$$\sum (S)^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 = 55$$

$$(\sum S)^2 = 15^2 = 225$$

แทนค่าในสูตรตามข้อ 1 จะได้

$$\text{ค่าความลาดเอียงของพื้นที่ตามแนวเหนือใต้ (Gns)} = -0.057 = -0.06 \text{ ม./ station}$$

หาค่าความลาดเอียงของพื้นที่ตามแนวตะวันตกตะวันออก (Gwe)

$$\sum (SH) = 25.44$$

$$\sum S = 10$$

$$\sum H = 10.44$$

$$n = 4 \quad \text{แถว}$$

$$\sum (S)^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 = 30$$

$$(\sum S)^2 = 10^2 = 100$$

แทนค่าในสูตรตามข้อ 1 จะได้

$$\text{ค่าความลาดเอียงของพื้นที่ตามแนวตะวันตกตะวันออก (Gwe)} = -0.132 = -0.13 \text{ ม./ station}$$

3. หาจุดศูนย์กลางของพื้นที่เมื่อเทียบกับจุดกำเนิด

ตามแนวแกน X

$$X_m = \frac{L_x}{N_x}$$

X_m = จุดศูนย์กลางของพื้นที่เมื่อเทียบกับจุดกำเนิดตามแนวแกน X

L_x = ระยะห่างจากจุดกำเนิดตามแนวแกน X ของหมุดแถวที่ 1 + 2 + 3 + ...n

N_x = จำนวนแถวของหมุดที่อยู่ห่างจากจุดกำเนิดตามแนวแกน X

$$X_m = (1+2+3+4) / 4 = 2.5 \text{ stations}$$

ตามแนวแกน Y

$$Y_m = \frac{L_y}{N_y}$$

Y_m = จุดศูนย์กลางของพื้นที่เมื่อเทียบกับจุดกำเนิดตามแนวแกน Y

L_y = ระยะห่างจากจุดกำเนิดตามแนวแกน y ของหมุดแถวที่ 1 + 2 + 3 + ...n

N_y = จำนวนแถวของหมุดที่อยู่ห่างจากจุดกำเนิดตามแนวแกน Y

$$Y_m = (1+2+3+4+5) / 5 = 3 \text{ stations}$$

4. หากระดับของจุดกำเนิด จากสมการ

$$H = a + G_{WE}X + G_{NS}Y$$

H	=	ระดับความสูงที่จุดใดๆที่ต้องการ
a	=	ระดับของจุดกำเนิด
G _{WE}	=	ความลาดเอียงของพื้นที่ตามแนวทิศตะวันตกตะวันออก
G _{NS}	=	ความลาดเอียงของพื้นที่ตามแนวทิศเหนือทิศใต้
X	=	หมุดที่ต้องการตามแนวแกน X
Y	=	หมุดที่ต้องการตามแนวแกน Y

แทนค่า	H	=	H _m	=	2.61
	G _{WE}	=	- 0.13	m / station	
	G _{NS}	=	- 0.06	m / station	
	X	=	X _m	=	2.5 stations
	Y	=	Y _m	=	3 stations

จะได้	a	=	3.12
-------	---	---	------

5. หาระดับพื้หมดได้ๆที่ต้องการเพื่อให้ดินตัดเท่ากับดินถมพอดีจากสูตร

$$H = a + G_{HE}X + G_{NS}Y$$

$$H = 3.12 - 0.13X - 0.06Y$$

ดังนั้น	H11	=	$3.12 - 0.13(1) - 0.06(1)$	=	2.93
	H12	=	$3.12 - 0.13(1) - 0.06(2)$	=	2.87
	H13	=	$3.12 - 0.13(1) - 0.06(3)$	=	2.81
	H14	=	$3.12 - 0.13(1) - 0.06(4)$	=	2.75
	H15	=	$3.12 - 0.13(1) - 0.06(5)$	=	2.69
	H21	=	$3.12 - 0.13(2) - 0.06(1)$	=	2.80
	H22	=	$3.12 - 0.13(2) - 0.06(2)$	=	2.74
	H23	=	$3.12 - 0.13(2) - 0.06(3)$	=	2.68
	H24	=	$3.12 - 0.13(2) - 0.06(4)$	=	2.62
	H25	=	$3.12 - 0.13(2) - 0.06(5)$	=	2.56
	H31	=	$3.12 - 0.13(3) - 0.06(1)$	=	2.67
	H32	=	$3.12 - 0.13(3) - 0.06(2)$	=	2.61
	H33	=	$3.12 - 0.13(3) - 0.06(3)$	=	2.55
	H34	=	$3.12 - 0.13(3) - 0.06(4)$	=	2.49
	H35	=	$3.12 - 0.13(3) - 0.06(5)$	=	2.43
	H41	=	$3.12 - 0.13(4) - 0.06(1)$	=	2.54
	H42	=	$3.12 - 0.13(4) - 0.06(2)$	=	2.48
	H43	=	$3.12 - 0.13(4) - 0.06(3)$	=	2.42
	H44	=	$3.12 - 0.13(4) - 0.06(4)$	=	2.36
	H45	=	$3.12 - 0.13(4) - 0.06(5)$	=	2.30

6. หาความลึกของดินที่จะต้องตัด (cut หรือ -) หรือถม (fill หรือ +)

ระดับดินเดิม

W - E			
2.82	2.55	2.40	2.52
3.21	2.88	2.48	2.48
3.03	2.75	2.76	2.45
2.55	2.85	2.76	2.27
2.27	2.45	2.52	2.18

ระดับดินใหม่ที่ต้องการที่ทำให้ปริมาตรของดินตัดเท่ากับปริมาตรดินถมพอดี

W - E			
2.93	2.80	2.67	2.54
2.87	2.74	2.61	2.48
2.81	2.68	2.55	2.42
2.75	2.62	2.49	2.36
2.69	2.56	2.43	2.30

ความลึกของดินที่จะต้องตัดหรือถม (ระดับใหม่ที่ต้องการ – ระดับดินเดิม)

W - E				
	+11	+25	+27	+2
	-34	-14	+13	0
	-22	-7	-21	-3
	+20	-23	-27	+9
	+42	+11	-9	+12

ผลรวมของดินตัด (-)	-56	-44	- 57	-3	รวม 160
ผลรวมของดินถม (+)	+73	+36	+40	+23	รวม 172

$$\text{ผลรวมของดินตัด} / \text{ผลรวมของดินถม} = 160 / 172 = 0.93$$

จะเห็นว่า ผลรวมของดินตัด / ผลรวมของดินถม มีค่าเท่ากับ 0.93 ซึ่งไม่เท่ากับ 1 ทั้งนี้เนื่องจากการปัดเศษตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณ เช่น ค่า Gns จาก 0.057 ใช้ 0.06 และ Gwe 0.132 ใช้ 0.13 เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนรวมในระหว่างการคำนวณเกิดขึ้นอีก

แต่อย่างไรก็ตามความละเอียดของการคำนวณถึงทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ซม.) ถือว่าเพียงพอในการปฏิบัติจริงในสนาม

7. ในการปรับระดับดินจริงๆจะต้องนำค่าการหดตัวของดิน (shrinkage) เมื่อมีเครื่องจักรมาดทับมาพิจารณาด้วย ในทางปฏิบัติทำได้โดยการตัดดินเมื่อมากขึ้นและลดการถมดินลงในจำนวนที่เท่ากันทุกๆหนุด และหาอัตราส่วนระหว่าง ผลรวมของความลึกของดินตัด กับ ผลรวมของความลึกของดินถม มีค่าเท่ากับ ค่า shrinkage พอดี

โดยปกติดินเหนียวโดยทั่วไปจะมีค่า shrinkage ประมาณ 10 % – 30 % ซึ่งค่าที่แน่นอนของดินแต่ละชนิดจะหาได้จากห้องทดลอง

ตามตัวอย่างนี้สมมุติว่าดินเหนียวมีค่า shrinkage 15 % ดังนั้น จึงต้องเพิ่มความลึกของดินตัดและลดความลึกของดินที่จะต้องถมให้น้อยลงจนกระทั่ง อัตราส่วนระหว่าง ผลรวมของความลึกของดินตัด กับ ผลรวมของความลึกของดินถม มีค่า 1.15 หรือใกล้เคียงมากที่สุดจึงจะถือว่าใช้ได้

วิธีการปรับแก้การตัดดินทำได้ดังนี้ คือ ตัดดินเพิ่มทุกๆหนุดๆละ 1 ซม. จากนั้นกลับไปคำนวณค่าอัตราส่วนระหว่าง ผลรวมของความลึกของดินตัด กับ ผลรวมของความลึกของดินถม มีค่าเท่ากับ 1.15 หรือไม่ ถ้ายังไม่เท่าต้องทำใหม่จนกว่าจะได้เท่าหรือใกล้เคียงที่สุดถือว่าใช้ได้

8. จากข้อ 6 ระดับใหม่ที่ต้องการที่ทำให้ค่า $\Sigma C / \Sigma F$ มีค่า 0.93 คือตัวเลขข้างล่าง

W - E				
	2.93	2.80	2.67	2.54
	2.87	2.74	2.61	2.48
	2.81	2.68	2.55	2.42
	2.75	2.62	2.49	2.36
	2.69	2.56	2.43	2.30

ความลึกของดินที่จะต้องตัดหรือถมเดิม (ระดับใหม่ - ระดับเดิม) ซึ่งทำให้ค่า $\Sigma C / \Sigma F$ มีค่า 0.93 คือ

W - E				
	+11	+25	+27	+2
	-34	-14	+13	0
	-22	-7	-21	-3
	+20	-23	-27	+9
	+42	+11	-9	+12

ถ้าต้องตัดดินเพิ่มขึ้นอีก 1 ซม. (เอา -1 บวกเข้ากับทุกหมวด) จะทำให้

$$\Sigma C / \Sigma F = (-160 + (-10)) / (+172 + (-10)) = 170 / 162 = 1.05 < 1.15$$

ถ้าต้องตัดดินเพิ่มขึ้นอีก 2 ซม. (เอา -2 บวกเข้ากับทุกหมวด) จะทำให้

$$\Sigma C / \Sigma F = (-160 + (-20)) / (+172 + (-20)) = 180 / 152 = 1.18 \cong 1.15 \text{ OK.}$$

9. ระดับใหม่ครั้งแรกที่ทำให้ $\Sigma C / \Sigma F = 0.93$ คือ

W - E				
	2.93	2.80	2.67	2.54
	2.87	2.74	2.61	2.48
	2.81	2.68	2.55	2.42
	2.75	2.62	2.49	2.36
	2.69	2.56	2.43	2.30

ต้องตัดดินเพิ่มขึ้นอีกหมดละ 2 ซม. (เอา - 2 บวกเข้ากับทุกหมุด) จะทำให้ $\Sigma C / \Sigma F = 1.18 \cong 1.15$
 ดังนั้นระดับสุดท้ายที่ต้องการจะเท่ากับ

W - E				
	2.91	2.78	2.65	2.52
	2.85	2.72	2.59	2.46
	2.79	2.66	2.53	2.40
	2.73	2.60	2.47	2.34
	2.67	2.54	2.41	2.28

เปรียบเทียบระดับเดิมกับระดับครั้งสุดท้ายที่ $\Sigma C / \Sigma F = 1.18 \cong 1.15$

W - E			
2.82	2.55	2.40	2.52
3.21	2.88	2.48	2.48
3.03	2.75	2.76	2.45
2.55	2.85	2.76	2.27
2.27	2.45	2.52	2.18

W - E			
2.91	2.78	2.65	2.52
2.85	2.72	2.59	2.46
2.79	2.66	2.53	2.40
2.73	2.60	2.47	2.34
2.67	2.54	2.41	2.28

ความลึกของดินที่จะต้องตัด หรือ ถม เมื่อเทียบระหว่างระดับดินเดิมกับระดับครั้งสุดท้ายที่ทำให้ $\Sigma C / \Sigma F = 180 / 152 = 1.18 \cong 1.15$ จะมีค่าแต่ละหมุดดังนี้ (ระดับใหม่ - ระดับเดิม)

W - E				
	+9	+23	+25	0
	-36	-16	+11	-2
	-24	-9	-23	-5
	+18	-25	-29	+7
	+40	+9	-11	+10

ΣC	-60	-50	-63	-7	รวม	180
ΣF	+67	+32	+36	+17	รวม	152

10. การวางแผนการเคลื่อนย้ายดิน

ทิศทางการเคลื่อนย้ายดินมีประโยชน์สำหรับสิ่งให้รถแทรกเตอร์ทำงานว่าจะต้องตัดดินตรงจุดใด ลึกเท่าใด และจะเคลื่อนย้ายดินไปยังจุดใด ปริมาณดินเท่าใด เป็นต้น เพราะถ้าหากว่าไม่กำหนดทิศทางการเคลื่อนย้ายดินแล้วคนขับรถแทรกเตอร์จะตัดสินใจเองซึ่งจะเสียเวลาทำงานมากและไม่ได้งานที่มีคุณภาพตามต้องการ

หลักการในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนย้ายดิน

1. ตัดดินจากที่สูงไปที่ต่ำ (จาก cut หรือ - ไปยัง fill หรือ +)
2. ทิศทางการเคลื่อนย้ายดินสามารถวิ่งเข้าหากันได้แต่ต้องไม่ตัดกัน หรือ ต้องไม่สวนกัน
3. ปริมาณความลึกที่จะต้องถมที่หมดได้ๆจะเท่ากับความลึกที่จะต้องถมเดิมคูณด้วยค่า shrinkage ซึ่งในกรณีนี้คือ 1.18
4. พยายามให้รถแทรกเตอร์กลับตัวน้อยที่สุด นอกจากสภาพพื้นที่บังคับก็สามารถทำได้

11. ตัวอย่างการกำหนดทิศทางการเคลื่อนย้ายดิน

+9

+23

+25

0

-36

-16

+11

-2

-24

-9

-23

-5

+18

-25

-29

+7

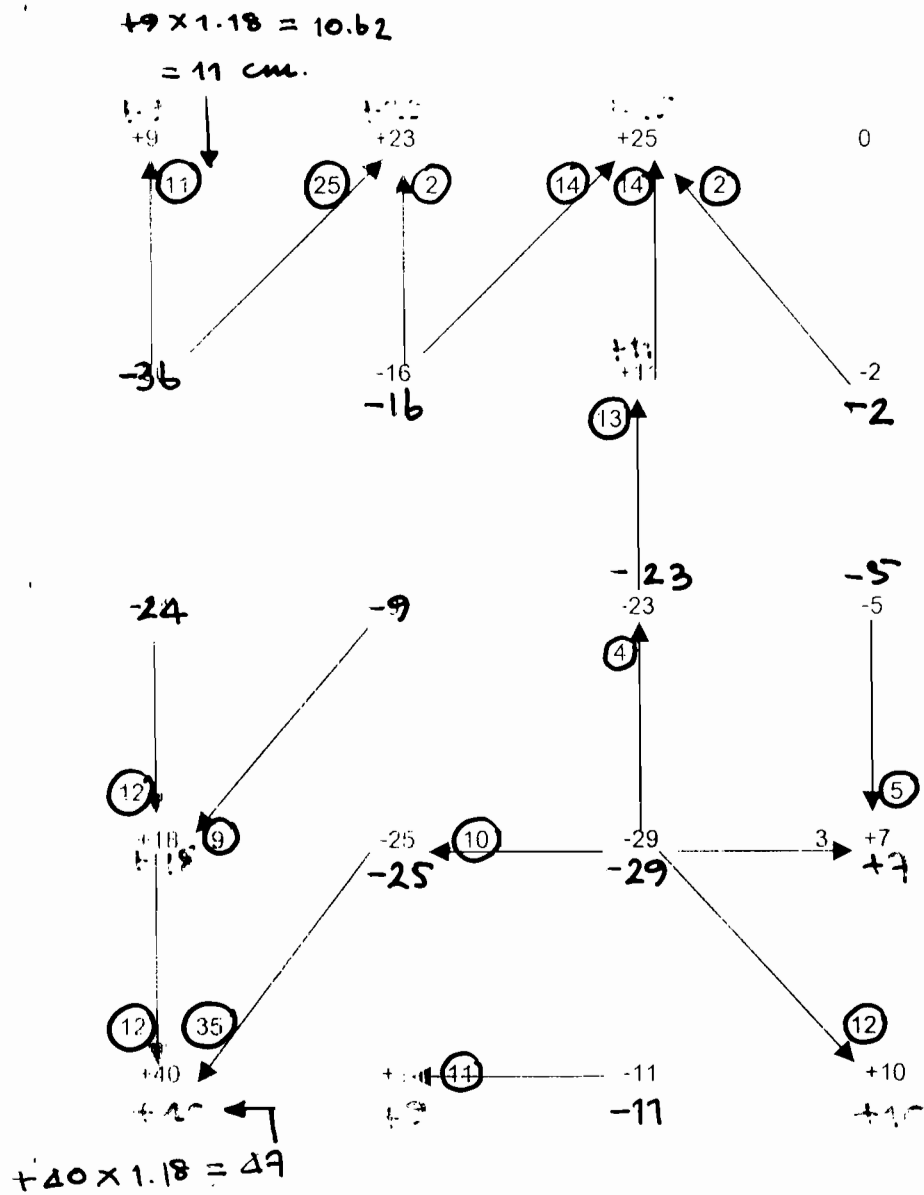
+40

+9

-11

+10

12 ตัวอย่างการกำหนดทิศทางกระแสดิน



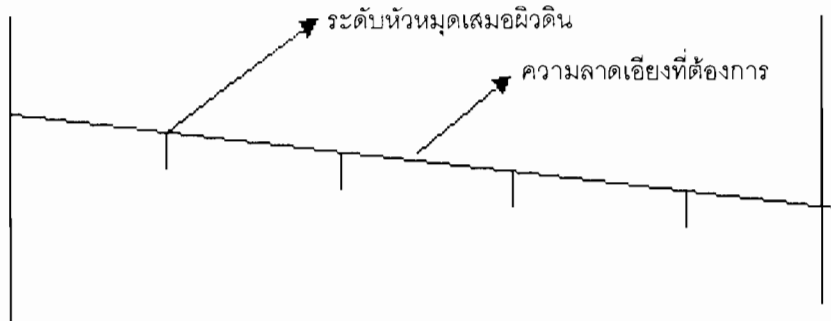
จาก cut (-) \rightarrow fill (+)

filling \rightarrow ระบายน้ำ

13. การปักหมุดเพื่อกำหนดความลาดเทสุดท้ายที่ต้องการหลังจากการปรับระดับเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำได้ 2 แบบ คือ

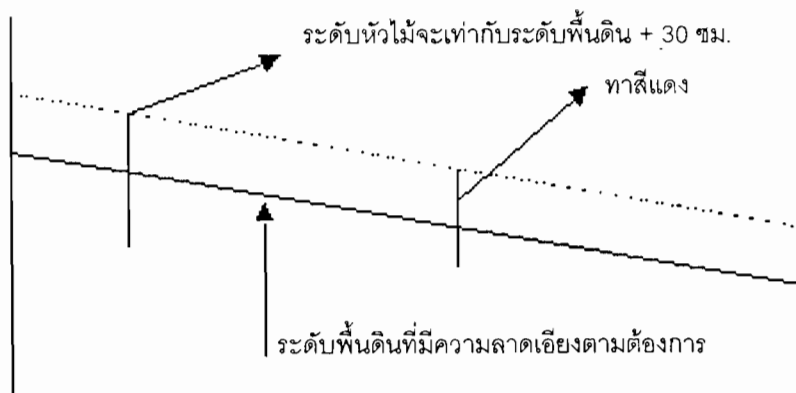
แบบที่ 1 ระดับหัวหมุดทุกหมุดอยู่เสมอพื้นดินพอดี

วิธีนี้ทำงานง่าย แต่จะมีหมุดปักอยู่ในดินมาก ถอนยาก การทำการเกษตรทำได้ลำบาก
เปลืองหมุด



แบบที่ 2 ระดับหัวหมุดทุกหมุดอยู่สูงกว่าพื้นดินเท่าๆกัน เช่น 10 - 30 ซม. แต่ที่นิยมคือ 30 ซม.

เพราะง่ายต่อการตรวจสอบสามารถใช้ไม้บรรทัดธรรมดาทั่วไปซึ่งมีราคาถูกได้ และเมื่อเสร็จ
แล้วก็สามารถถอนเก็บได้โดยง่ายและนำไปใช้ในพื้นที่อื่นต่อไป



14. การหาปริมาตรของดินที่จะต้องตัด และถม สามารถหาได้จากสูตร

1. FOUR - POINT
2. SUMMATION

เมื่อเรารู้ปริมาตรหรือปริมาณงานดิน, ระยะเวลาที่จะต้องทำการก่อสร้าง และรู้ว่ารถแทรคเตอร์
และรถอื่นๆทำงานได้ปริมาณงานเท่าใดต่อชั่วโมง จากนั้นเราก็จะรู้ว่าจะต้องใช้รถแทรคเตอร์
และรถอื่นๆจำนวนเท่าใดสำหรับงานโครงการนี้

Four-point

$$V_c = L^2 H_c^2 / 4 (H_c + H_F)$$

$$V_F = L^2 H_F^2 / 4 (H_c + H_F)$$

V_c = Vol. of cut m^3 ปริมาตรขุดหัว 4

V_F = Vol. of Fill m^3 ปริมาตรถมหัว 4

H_c = ความสูงของหน้าตัดขุด cut ที่มุมหัว 4

H_F = ความสูงของหน้าตัดถม fill ที่มุมหัว 4.

L = Station distance m.

summation: $V_c = \sum \text{cut} \cdot A$ ← sum 4 มุม
 $V_F = \sum \text{fill} \cdot A$ ← sum 4 มุม

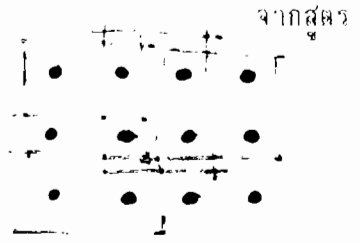
V_c = Vol. of cut m^3 ทั้ง 4 มุม

ก. คำนวณหาปริมาตรดินตัด (CUT) และดินถม (FILL) โดยวิธี FOUR-POINT METHOD

$V_C = \frac{L^2 (H_C)^2}{4 (H_C + H_F)}$	$V_C =$ ปริมาตรของดินตัด	ลบ.ม.
	$V_F =$ ปริมาตรของดินถม	ลบ.ม.
	$H_C =$ ผลรวมของความลึกของดินตัดทั้งหมดทั้งสี่	ม.
$V_F = \frac{L^2 (H_F)^2}{4 (H_C + H_F)}$	$H_F =$ ผลรวมของความลึกของดินถมทั้งหมดทั้งสี่	ม.
	$L =$ ระยะทางระหว่างหมุด	ม.

โดยการคำนวณทีละ 4 หมุด

$\begin{array}{cc} -4 & +13 \\ & \\ -43 & -20 \end{array}$	$H_C = 4 + 43 + 20 = 67 = 0.67 \text{ ม.}$
	$H_F = 13 \text{ ซม.} = 0.13 \text{ ม.}$



$V_C = \frac{L^2 (H_C)^2}{4 (H_C + H_F)} = \frac{(20)^2 (0.67)^2}{4 (0.67 + 0.13)} = 56.11 \text{ ลบ.ม.}$
$V_F = \frac{L^2 (H_F)^2}{4 (H_C + H_F)} = \frac{(20)^2 (0.13)^2}{4 (0.67 + 0.13)} = 2.11 \text{ ลบ.ม.}$

ในทำนองเดียวกัน โดยการคำนวณทีละ 4 หมุด

$\begin{array}{cc} +13 & +19 \\ & \\ -20 & +11 \end{array}$	$H_C = 20 = 20 = 0.20 \text{ ม.}$
	$H_F = 13 + 19 + 11 = 43 \text{ ซม.} = 0.43 \text{ ม.}$

$V_C = \frac{L^2 (H_C)^2}{4 (H_C + H_F)} = \frac{(20)^2 (0.20)^2}{4 (0.20 + 0.43)} = 6.35 \text{ ลบ.ม.}$
$V_F = \frac{L^2 (H_F)^2}{4 (H_C + H_F)} = \frac{(20)^2 (0.43)^2}{4 (0.20 + 0.43)} = 29.35 \text{ ลบ.ม.}$

คำนวณไปเรื่อยๆจนครบทุกหมุด ตามวิธี FOUR-POINT METHOD จะได้

ปริมาตรดินตัดทั้งหมด	=	471.06	ลบ.ม.
ปริมาตรดินถมทั้งหมด	=	370.06	ลบ.ม.

ข. การหาปริมาตรดินตัดและดินถมบริเวณขอบ

แปลงโดยการถือว่าที่ขอบแปลงมีความลึกที่

ต้องตัดและถมเท่ากับหมุดที่อยู่ใกล้สุด

	- 4	- 4	+ 13	+ 19	- 2	- 8	- 8
- 4	- 4	+ 13	+ 19	- 2	- 8	- 8	
-43	- 43				- 18	-18	
-25	- 25				5	- 5	
+23	+ 23				- 18	-18	
+51	+ 51	+ 23	+ 7	+ 32	- 8	- 8	
+51	+ 51	+ 23	+ 7	+ 32	- 8	- 8	

การคำนวณหาค่าปริมาตรดินตัดและดินถมโดยใช้

สูตร FOUR-POINT ตามปกติ

โดยใช้ STATION DISTANCE เท่ากับด้านในคือ
20 ม. จะได้

$$\text{ปริมาตรดินตัดทั้งหมด} = 557.50 \quad \text{ลบ.ม.}$$

$$\text{ปริมาตรดินถมทั้งหมด} = 829.50 \quad \text{ลบ.ม.}$$

แต่การคิดปริมาตรของดินตัดและดินถมบริเวณขอบ
แปลง จะคิดเป็นปริมาตรเพียงครึ่งเดียวของด้านใน
เท่านั้น ดังนั้นปริมาตรจริงๆจะเป็นดังนี้

$$\text{ปริมาตรดินตัดทั้งหมด} = 278.75 \quad \text{ลบ.ม.}$$

$$\text{ปริมาตรดินถมทั้งหมด} = 414.75 \quad \text{ลบ.ม.}$$

ดังนั้น ปริมาตรดินตัดและดินถมของทั้งแปลงโดย
รวมบริเวณขอบแปลงด้วย จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรดินตัดทั้งหมด} &= 471.06 + 278.75 \\ &= 749.81 \quad \text{ลบ.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรดินถมทั้งหมด} &= 370.06 + 414.75 \\ &= 784.81 \quad \text{ลบ.ม.} \end{aligned}$$

การคำนวณหาปริมาตรดินตัดและดินถม

โดยวิธี SUMMATION METHOD

$$V_C = (\Sigma \text{ CUT}) A$$

$$V_F = (\Sigma \text{ FILL}) A$$

V_C = ปริมาตรของดินชุดทั้งแปลง ลบ.ม.

V_F = ปริมาตรของดินถมทั้งแปลง ลบ.ม.

$\Sigma \text{ CUT}$ = ผลรวมของความลึกของดินชุดที่หมดต่างๆ
ตลอดทั้งแปลง ม.

$\Sigma \text{ FILL}$ = ผลรวมของความลึกของดินถมที่หมดต่างๆ
ตลอดทั้งแปลง ม.

A = พื้นที่ระหว่างหมุด 4 หมุด

โดยการแทนค่าตามสูตรข้างต้น จะได้

$$\begin{aligned} V_C &= (\Sigma \text{ CUT}) A \\ &= 2.26 \times (20 \times 20) \Rightarrow 904 \text{ ลบ.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_F &= (\Sigma \text{ FILL}) A \\ &= 2.35 \times (20 \times 20) \Rightarrow 940 \text{ ลบ.ม.} \end{aligned}$$