บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความซึมได้ของดิน

ดินประกอบไปด้วยส่วนของเม็ดดิน ช่องว่างระหว่าเม็ดดินที่ต่อเนื่องกัน การไหลของน้ำผ่านดินเกิดขึ้นได้เมื่อมีพลังงานต่างกันระหว่างจุดสองจุดในดิน โดยจะไหลจากจุดที่มีพลังงานสูงกว่าไปยังจุดที่มีพลังงานต่ำกว่า พลังงานในทางวิศวกรรมมักแสดงในรูปของความสูงหรือเฮด (Head) โดยอาศัยสมการของเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation) จะพบว่า

$$h = \frac{P}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + Z$$

$$= h_p + h_v + Z \qquad (2.1)$$

เมื่อ h = เฮดรวม (Total Head)

$h_p = \frac{P}{\gamma_w}$ = เฮดความดัน (Pressure Head)

$h_v = \frac{v^2}{2g}$ = เฮดความเร็ว (Velocity Head)

Z = เฮดระดับ

P = ความดันน้ำในดิน

γ_w = ความหนาแน่นของน้ำ

v = อัตราเร็วในการไหลของน้ำในดิน

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

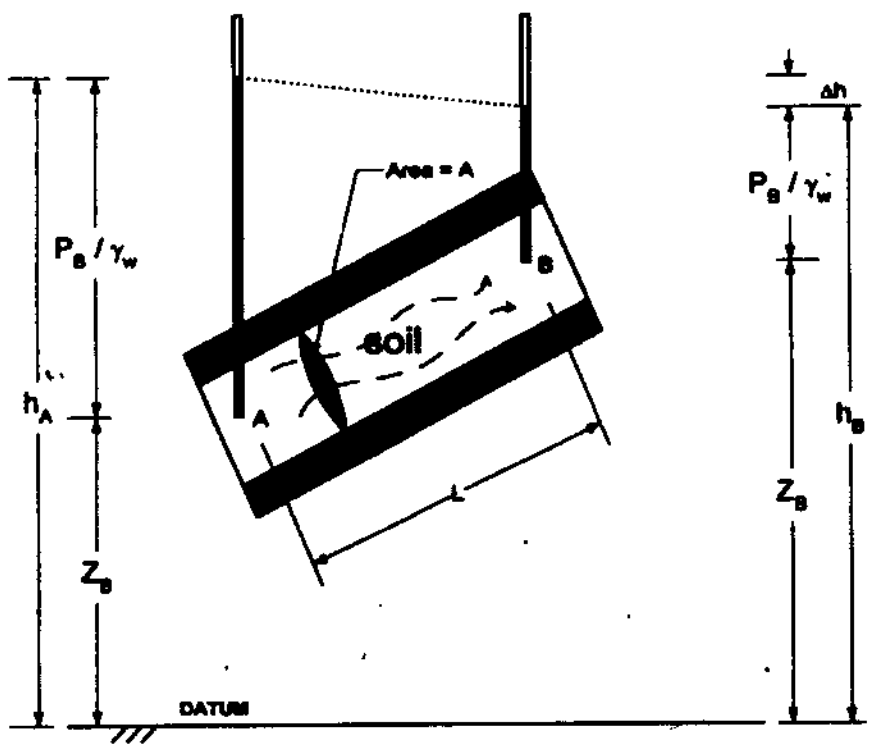
การไหลของน้ำผ่านดินนั้นมีลักษณะที่เรียกว่าการไหลแบบลามินาร์ (Laminar Flow) ไหลด้วยอัตราเร็วที่ต่ำมากและค่อนข้างคงที่ (Steady State Flow) เทอมของอัตราเร็วนั้นจึงมีค่าน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคำนึงถึงได้ ดังนั้น สมการ (2.1) จึงเป็น

$$h = \frac{P}{\gamma_w} + Z \qquad (2.2)$$

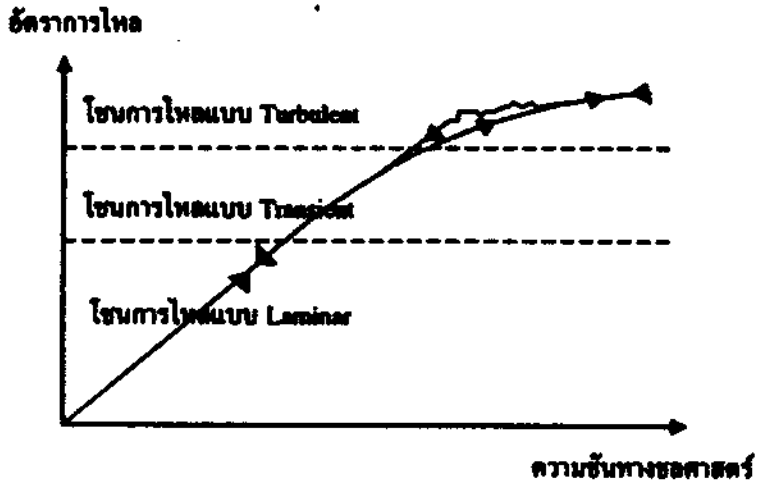
จากรูปที่ 2.1 ดินที่จุด A มีเฮดหรือพลังงงสูงกว่าที่จุด B จึงเกิดการไหลของน้ำผ่านดินจากจุด A ไปยังจุด B โดยที่มีความชันทางชลศาสตร์ (Hydraulic Gradient, i) คือ

$$i = \frac{\Delta h}{L} \qquad (2.3)$$

เมื่อ Δh = ผลต่างของเฮดระหว่างสองจุด



รูปที่ 2.1 การไหลของน้ำผ่านดิน และเฮดต่างๆ



รูปที่ 2.2 การไหลแบบต่างๆ

2.1.1 กฎของดาร์ซี (Darcy' Law)

อัตราการไหลของน้ำผ่านดินมีลักษณะการไหลแบบลามินาร์ ซึ่งจะมีค่าแปรผันโดยตรงกับความชันทางชลศาสตร์โดยได้ตั้งเป็นกฎ คือ

$$v \propto i$$
$$v = ki \qquad (2.4)$$

เมื่อ v = อัตราการไหลของน้ำผ่านดิน

i = ความชันทางชลศาสตร์

k = สัมประสิทธิ์การซึมได้ของดิน (Permeability of Soil)

และ

$$q = vA$$
$$= kiA \qquad (2.5)$$

เมื่อ q = ปริมาณการไหลของน้ำผ่านดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา

A = พื้นที่หน้าตัดของดินในทิศทางตั้งฉาก (Cross-Section Area)

สัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินเป็นคุณสมบัติเฉพาะสำหรับดินแต่ละชนิด แต่ละแห่ง จึงต้องมีการทดสอบเพื่อหาค่านี้สำหรับดินนั้นๆ ซึ่งจะได้กล่าวถึงวิธีการทดสอบในหัวข้อถัดๆ ไป จากความสัมพันธ์โดยสมการของดาร์ซี่ จะเห็นได้ว่าความชันทางชลศาสตร์ไม่มีหน่วย (Nondimensioal) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินจะมีหน่วยเหมือนกับอัตราเร็ว

ตารางที่ 2.1 ค่าโดยทั่วไปของสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินชนิดต่างๆ

ชนิดของดิน	สัมประสิทธิ์การซึมได้	
	cm/sec	ft/min
ทรายสะอาด (Clean Sand)	1-100	2-200
ทรายเม็ดหยาบ (Coarse Sand)	1-0.01	2-0.02
ทรายเม็ดละเอียด (Fine Sand)	0.01-0.001	0.02-0.002
ดินตะกอน (Silt)	0.001-0.00001	0.002-0.00002
ดินเหนียว (Clay)	<0.000001	<0.000002

สัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินจะมากหรือน้อยมาจากปัจจัยดังต่อไปนี้

- อัตราเร็วในการไหลของของเหลว (Fluid Velocity)
- ขนาด และการกระจายของช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (Pore Size Distribution)
- ขนาดคละของเม็ดดิน (Grain Size Distribution)
- อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio)
- ลักษณะความหยาบของเม็ดดิน
- ดีกรีความอิ่มตัว (Degree of Saturation)
- ลักษณะโครงสร้างของเม็ดดิน (Soil Structure)

อัตราเร็วในการไหลส่วนหนึ่งมีผลมาจากความหนืด (Viscosity) ของของไหล ซึ่งเป็นผลมีมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ของไหลในอุณหภูมิที่สูงย่อมมีความหนืดน้อยกว่าและอัตราการไหลมาก ดังนั้น โดยปรกติจะต้องระบุอุณหภูมิในหาสัมประสิทธิ์การซึมได้เสมอ และจะใช้อุณหภูมิเท่ากับ 20 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิมาตรฐาน เมื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินที่อุณหภูมิใดๆ จะสามารถแปรค่าให้เป็นที่อุณหภูมิมาตรฐานได้ดังนี้

$$k_{20} = k_T \frac{M_T}{M_{20}} \qquad (2.6)$$

เมื่อ k_{20} = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

k_T = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินที่อุณหภูมิใดๆ

M_{20} = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

M_T = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิใดๆ

ตารางที่ 2.2 ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิใดๆ

อุณหภูมิ	ความหนืด (millipoises)									
(องศาเซลเซียส)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17.94	17.32	16.74	16.19	15.66	15.19	14.73	14.29	13.87	13.48
10	13.10	12.74	12.39	12.06	11.75	11.45	11.16	10.88	10.60	10.34
20	10.09	9.84	9.61	9.38	9.16	8.95	8.75	8.55	8.36	8.18
30	8.00	7.83	7.67	7.51	7.36	7.21	7.06	6.92	6.79	6.66
40	6.54	6.42	6.30	6.18	6.08	5.97	5.87	5.77	5.68	5.58
50	5.49	5.40	5.32	5.24	5.15	5.07	4.99	4.92	4.84	4.77
60	4.70	4.63	4.56	4.50	4.43	4.37	4.31	4.24	4.19	4.13
70	4.07	4.02	3.96	3.91	3.86	3.81	3.76	3.71	3.66	3.62
80	3.57	3.53	3.48	3.44	3.40	3.36	3.32	3.28	3.24	3.20
90	3.17	3.13	3.10	3.06	3.03	2.99	2.96	2.93	2.90	2.87
100	2.84	2.82	2.79	2.76	2.73	2.70	2.67	2.64	2.62	2.59

2.1.2 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้

2.1.2.1 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ในห้องทดลอง

2.1.2.1.1 การทดลองแบบเฮดคงที่

การทดลองแบบเฮดคงที่ (Constant Head Test) มีลักษณะของเครื่องมือในการทดลองแสดงดังในรูปที่ 2.3 การทดลองต้องทำให้ผลต่างของเฮดมีค่าคงที่ตลอดเวลาโดยการเติมน้ำในอัตราที่คงที่ที่ด้านบนเพื่ออัตราการไหลของน้ำผ่านดินในลักษณะคงที่ และดินต้องอยู่ในสภาพอิ่มน้ำ เมื่อแน่ใจว่าอัตราการไหลของน้ำมีลักษณะคงที่ให้เริ่มเก็บน้ำที่ล้นออกมาในช่วงเวลาหนึ่ง

$$\frac{Q}{t} = kiA$$

$$Q = k\frac{h}{L}At$$

$$k = \frac{QL}{Aht} \qquad (2.7)$$

เมื่อ Q = ปริมาตรน้ำที่เก็บได้ในช่วงเวลา t

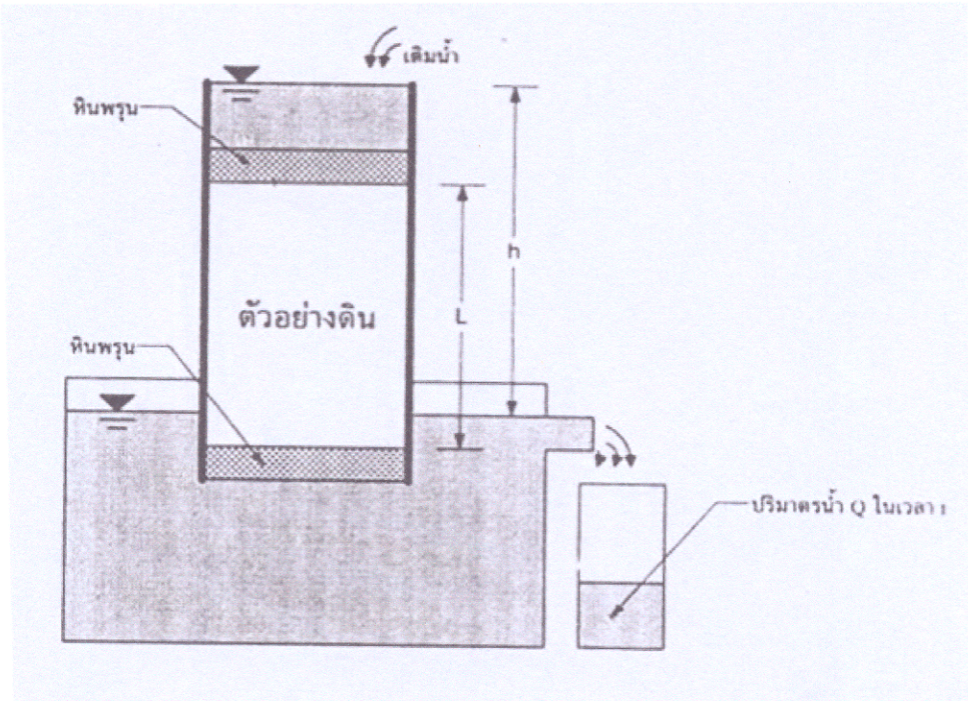
k = สัมประสิทธิ์การซึมได้ของดิน

t = เวลาที่ใช้ในการเก็บน้ำปริมาตร Q

L = ความยาวของตัวอย่างดิน

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

h = ผลต่างของเฮดระหว่างจุดเข้าและจุดออกของตัวอย่างดิน



รูปที่ 2.3 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้แบบเฮดคงที่

การทดลองแบบนี้เหมาะที่จะใช้ทดสอบเก็บเม็ดดินที่มีเม็ดค่อนข้างหยาบ ส่วนดินเม็ดละเอียดถ้านำมาทดสอบจะไม่ค่อยได้ผลเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ต่ำมากเกินไป การทดสอบแบบเฮดเปลี่ยนแปลงจึงเหมาะสมกว่าสำหรับกรณีของดินเม็ดละเอียด

2.1.2.1.2การทดลองแบบเฮดเปลี่ยนแปลง

ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองแบบเฮดเปลี่ยนแปลง (Variable Test) แสดงในรูปที่ 2.4 มีหลักการ คือให้น้ำไหลผ่านท่อ (Stand Pipe) ด้านบนด้วยอัตราคงที่ โดยน้ำจากด้านบนจะไหลผ่านตัวอย่างดินที่อิ่มน้ำลงสู่ด้านล่าง การทดสอบจะวัดค่าผลต่างของเฮดเมื่อเวลาเริ่มต้น และจะวัดผลต่างของเฮดที่เวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง

อัตราการไหลผ่านดิน = อัตราการลดระดับของน้ำในท่อ

$$\frac{Q}{t} = kiA = -a\frac{dh}{dt}$$

$$dt = \frac{aL}{Ak}(-\frac{dh}{h})$$

$$k = \frac{aL}{At}\ln\frac{h_1}{h_2} \qquad (2.8)$$

เมื่อ k = สัมประสิทธิ์การซึมได้ของดิน

h_1 = ผลต่างของเฮดระหว่างจุดเข้าและจุดออกของตัวอย่างดินที่เวลาเริ่มต้น

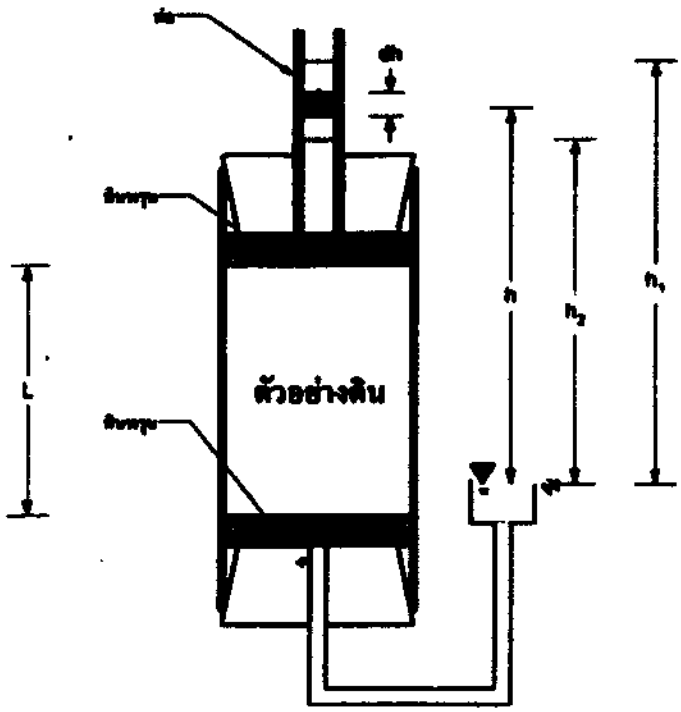
h_2 = ผลต่างของเฮดระหว่างจุดเข้าและจุดออกของตัวอย่างดินที่เวลาผ่านเท่ากับ t

t = เวลาที่ผลต่างของเฮดลดลงจาก h_1 เป็น h_2

L = ความยาวของตัวอย่างดิน

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

a = พื้นที่หน้าตัดของท่อ



รูปที่ 2.4 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้แบบเฮดเปลี่ยนแปลง

2.1.2.2 การวัดค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินด้วยวิธีการขุดเจาะดินในสนาม

การวัดค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินโดยวิธีนี้ประกอบด้วยวิธีขุดเจาะดินในสนาม บันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในหลุมเจาะ และการคำนวณหาค่าความนำชลศาสตร์ โดยวิธีขั้นตอนดังนี้คือ

(1) ใช้สว่านเจาะดินให้เป็นหลุมในแนวดิ่งลึกลงไปกว่าระดับน้ำใต้ดิน ระหว่าง 5-10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุม หลุมนี้จะต้องมีขนาดสม่ำเสมอและอยู่ในแนวดิ่ง

(2) สูบหรือตักน้ำออกจากหลุมหลายๆครั้ง เพื่อให้น้ำดันน้ำโคลนที่เคลือบอยู่ตามผนังของหลุมเจาะออกหมด เสร็จแล้วปล่อยให้น้ำในหลุมคืนสู่ระดับปรกติ คือเท่ากับระดับน้ำใต้ดิน

(3) เมื่อน้ำในหลุมคืนสู่ระดับปรกติแล้วก็เริ่มทำการทดสอบโดยสูบหรือตักน้ำออกจากหลุมอีกครั้ง การสูบน้ำจากหลุมเพื่อลดระดับน้ำลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความมั่นคงแข็งแรงของผนังหลุมในกรณีที่ดินในหลุมพังทลายลงมาได้ง่ายก็อาจจะลดระดับลงมาเพียงเล็กน้อย หรือถ้าจำเป็นก็อาจจะใช้ตะแกรงมุ้งลวดทำเป็นปลอกป้องกันไว้

(4) บันทึกระดับน้ำในหลุมหลังจากสิ้นสุดการสูบน้ำ และบันทึกระดับน้ำหลังจากนั้นที่ระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาคำนวณความแตกต่างระหว่างระดับน้ำใต้ดินกับระดับน้ำในหลุม (Residual Drawdown) นำค่านี้มาเขียนกราฟร่วมกับเวลานับจากการวัดระดับน้ำครั้งแรกหลังสิ้นสุดการสูบน้ำ โดยให้แกนตั้งเป็น Residual Drawdown และแกนราบเป็นเวลา

(5) เลือกช่องของกราฟที่เป็นแนวเส้นตรงโดยให้ h = ช่วงของ Residual Drawdown ที่กราฟเป็นเส้นตรง และ t = ช่วงเวลาที่ตรงกันกับ h

(6) นำค่า h และ t ที่เลือกได้มาคำนวณความนำชลศาสตร์ของดินโดยใช้สมการของ Kirkham คือ

$$K = 37\frac{r}{sd}\frac{\Delta h}{\Delta t} \qquad (2.9)$$

เมื่อ K = ความนำชลศาสตร์ของดินเป็น ซม./วินาที.

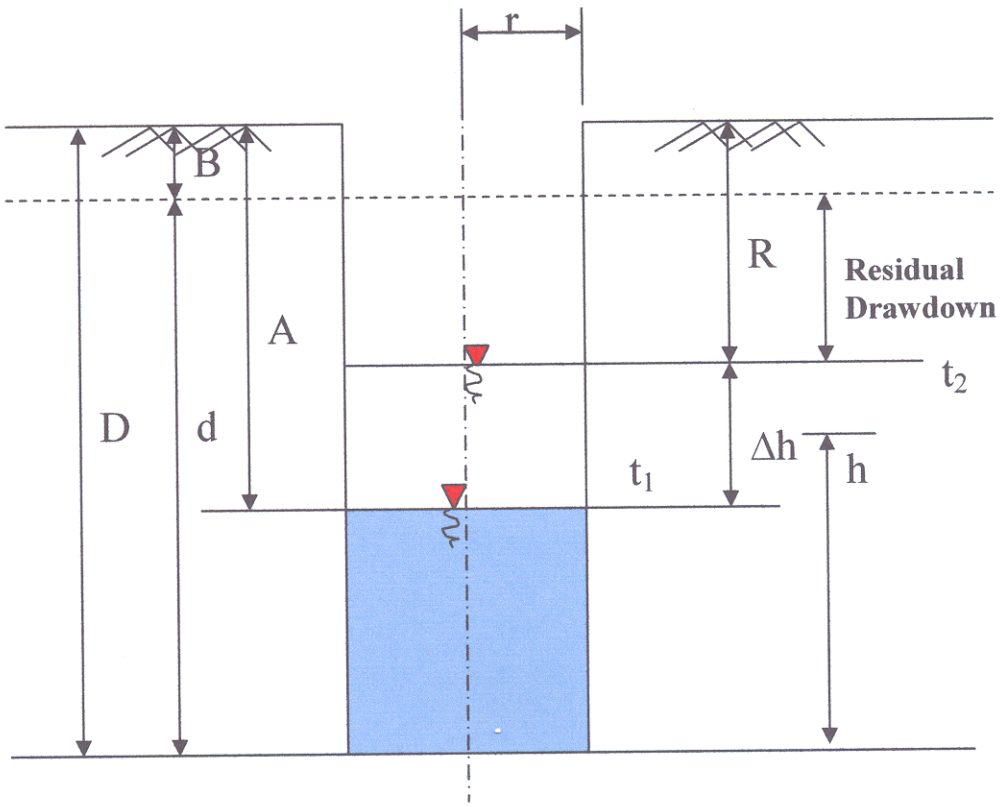
r = รัศมีของหลุมเจาะ เป็น ซม.

S = ค่าของฟังก์ชั่นซึ่งอ่านได้จากรูปที่

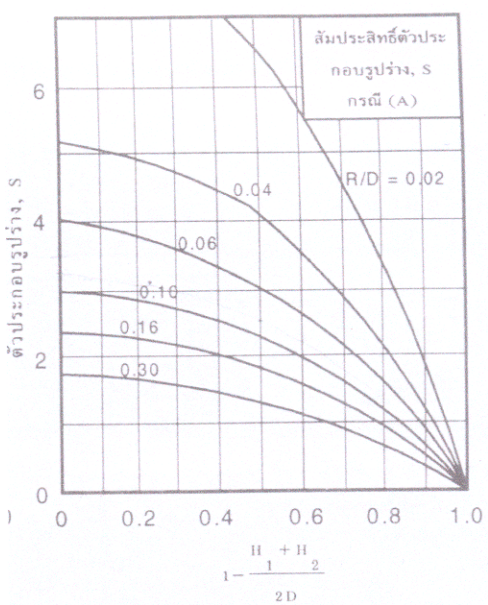
D = ความลึกของหลุมจากระดับน้ำใต้ดิน

h = การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในหลุมเป็นเซนติเมตร โดยใช้เวลา Δt วินาที ค่า Δh และ Δt ที่ใช้ เลือกมาจากช่วงที่กราฟของ Residual Drawdown กับเวลาเป็นเส้นตรง

h = ความลึกเฉลี่ยของน้ำในหลุมขณะที่ทำการวัด = $(D - A + \frac{\Delta h}{2})$



รูปที่ 2.5 รูปแสดงลักษณะการทดสอบค่า k โดยวิธีหลุมเจาะ



รูปที่ 2.6 กราฟสัมประสิทธิ์ตัวประกอบรูปร่าง

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

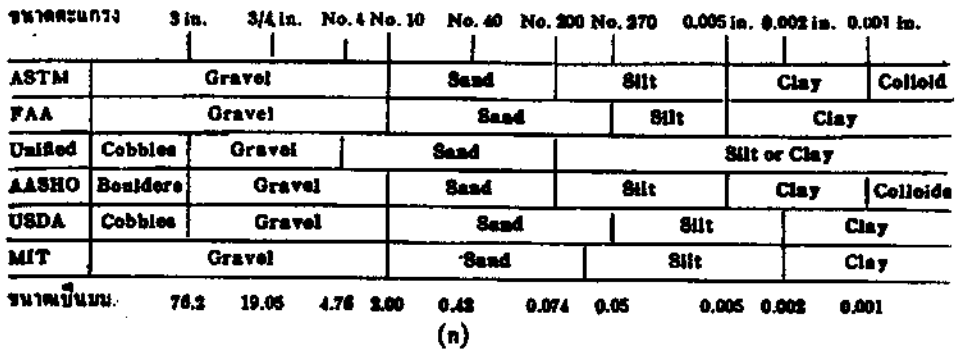
2.2.1 การจำแนกประเภทของดิน

การจำแนกประเภทของดิน เป็นการบ่งถึงลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างของดินแต่ละประเภท ดินมักถูกจำแนกประเภทตามลักษณะงานที่จะนำไปใช้ โดยอาศัยคุณสมบัติต่างๆของดินเป็นเกณฑ์ นักธรณีวิทยาก็แยกประเภทของดินตามสภาพธรณีวิทยา ตามปริมาณของแร่ธาตุที่ปนอยู่ วิศวกรก็แยกประเภทของดิน และหรือตามสภาวะความเหลวของดิน (Plasticity) แล้วจัดเป็นหมวดหมู่หรือกลุ่มที่มีพฤติกรรมเหมือนๆกัน มีชื่อเรียกต่างๆกัน การจำแนกนี้ช่วยให้ทราบในทันทีอย่างคร่าวๆว่า ดินตัวอย่างที่ได้มีความเหมาะสมกับงานนั้นๆหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางที่จะวางแผนการทดสอบหาคุณสมบัติอื่นๆของดินต่อไป

2.2.2 การจำแนกประเภทตามขนาดของดิน

ดินแยกออกเป็นดินเม็ดหยาบที่ไม่มีความเชื่อมแน่น ดินเม็ดละเอียดที่มีความเชื่อมแน่นและดินที่มีสารอินทรีย์ การหาขนาดของดินเม็ดหยาบที่ไม่มีความเชื่อมแน่นเพื่อแบ่งย่อยออกเป็นกรวด ทราย ทรายเม็ดป่น ใช้วิธีร่อนผ่าตะแกรงมาตรฐาน (Sieving) ส่วนการหาขนาดของเม็ดดินละเอียดที่มีความเชื่อมแน่นเพื่อแบ่งแยกเป็นดินเหนียว สารแขวนลอยคล้ายวุ้นใช้วิธีวัดอัตราการตกตะกอนในน้ำ (Sedimentation)

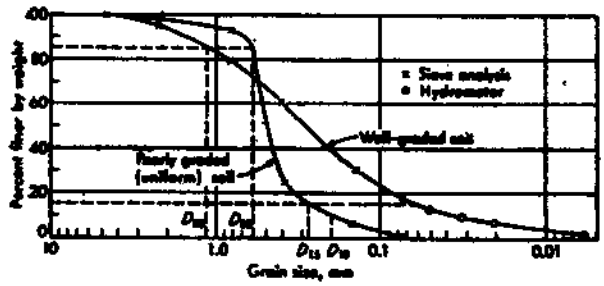
การจำแนกประเภทของดินโดยใช้ขนาดของเม็ดดินเป็นเกณฑ์นี้ ในแต่ละองค์การก็มีการจำแนกแตกต่างกันออกไป แล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละงานโดยทั่วไปขนาดเม็ดดินที่โตกว่า 2.00 มม. จัดเป็นพวกกรวด ส่วนขนาดเม็ดดินที่อยู่ระหว่าง 0.05-2.00 มม. จัดเป็นพวกทราย ขนาดเม็ดดินที่เล็กลงไปอยู่ระหว่าง 0.002-0.05 มม. จัดเป็นพวกทรายเม็ดป่น พวกดินเหนียวเป็นพวกเม็ดละเอียดมากมีขนาดเล็กกว่า 0.002 มม.



(ก)

U.S. Standard Sieve number	mm
4	4.76
10	2.00
20	0.84
30	0.59
40	0.42
50	0.297
60	0.25
80	0.177
100	0.149
140	0.105
170	0.088
200	0.074
270	0.053

(ข)



(ค)

รูปที่ 3.1

รูปที่ 2.7 แสดงการจำแนกประเภทของดิน

รูปที่ 2.7 แสดง (ก) การจำแนกประเภทของดิน ตามขนาดของเม็ดดินของมาตรฐานต่างๆ (ข) ขนาดตะแกรงเป็นมิลลิเมตรตามเบอร์ต่างๆของมาตรฐานสหรัฐอเมริกา และ (ค) ส่วนขนาดคละของดินทั่วๆไปรูปกราฟที่ตั้งค่อนข้างชันแสดงว่า ดินมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน (Uniform soil) ส่วนรูปกราฟที่ลาดลงมีความชันน้อยแสดงว่าดินมีขนาดโตและเล็กคละกัน ลดหลั่นดี (well-graded soil)

2.2.3การวิเคราะห์ขนาดของเม็ดดิน

การวิเคราะห์ขนาดของเม็ดดิน แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ วิเคราะห์ด้วยการร่อนผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐาน (Sieve Analysis) สำหรับดินที่มีเม็ดหยาบ และวิเคราะห์ด้วยวิธีวัดอัตราการตกตะกอนในน้ำ (sedimentation) สำหรับดินที่มีเม็ดละเอียด

วิธีวิเคราะห์ด้วยการร่อนผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐาน เป็นการหาขนาดของเม็ดดินโดยใช้การร่อนผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานของสหรัฐ (U.S. Standard Sieve) สำหรับเม็ดดินที่มีขนาด

ใหญ่กว่า 0.074 มม. หรือ 74 ไมครอน (1 ไมครอน เท่ากับ 0.001 มม.) ซึ่งเป็นขนาดของรูตะแกรงเบอร์ 200

ตะแกรงที่ใช้มีทั้งตะแกรงหยาบเช่น ขนาด 6″,4″,1″ เป็นต้น และตะแกรงละเอียดซึ่งใช้บอกเป็นเบอร์เช่น เบอร์ 4 ,20,40 เป็นต้น ตัวเลขเบอร์บอกถึงจำนวนตาของตะแกรงต่อความยาว 1 นิ้ว (เช่น ตะแกรงเบอร์ 20 หมายถึง ในความยาว 1 นิ้วจะมี 20 ช่อง ฉะนั้นใน 1 ตารางนิ้ว จะมีจำนวนตาทั้งสิ้น 400 ตา เป็นต้น) นำตะแกรงเหล่านี้มาวางซ้อนกันเป็นชุด โดยใช้ตะแกรงเบอร์ 200 อยู่ล่างสุดแล้วเรียงขึ้นไปตามลำดับตั้งแต่เบอร์ 100 ,60 ,40 ,20 ,10 แล้วนำดินจำพวกทรายซึ่งอบแห้งจำนวนหนึ่งใส่ลงในตะแกรงชั้นบนสุด ทำการร่อนด้วยเครื่องกายในระยะเวลาที่กำหนด ผลจากการวิเคราะห์จะได้น้ำหนักของดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด ค่าร้อยละของดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด และค่าร้อยละสะสมของดินที่ลอดผ่านตะแกรงมาตรฐาน

วิธีวิเคราะห์ด้วยการวัดอัตราการตกตะกอนในน้ำ เป็นการหาขนาดของดินเม็ดละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.074 มม. หรือส่วนที่ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 200 โดยอาศัยหลักการตกตะกอนของ Stoke กล่าวคือวัสดุเม็ดกลมที่มีขนาดโตกว่า ย่อมตกตะกอนเร็วกว่าวัสดุเม็ดกลมที่มีขนาดเล็กกว่า การวิเคราะห์อาศัยวิธีใช้หลอดแก้ว pipette หรือใช้ Hydrometer

วิธีวิเคราะห์โดยใช้ Hydrometer นำดินเม็ดละเอียดตัวอย่างจำนวนหนึ่งไปละลายน้ำและใส่ลงในกระบอกแก้วตวงปริมาตร 1000 ลบ.ซม. นำ Hydrometer นี้ไปลอยและวัดหาความหนาแน่นของดินตามระยะต่างๆ เช่น 0.25 ,0.5 ,1 ,2 ,4 ,8 ,15.....นาที แล้วใช้สูตรคำนวณของ Stoke คือ

$$v = \frac{(G - G_w)gd^2}{1800n} \qquad \text{ซม./วินาที}$$

$$= \frac{(G - G_w)gd^2}{30n} \qquad \text{ซม./นาที}$$

แต่ $v = h/t$

ดังนั้น $$d = \sqrt{\frac{30n}{980(G - G_w)}} \quad \sqrt{\frac{h}{t}} \qquad (2.10)$$

ในเมื่อ v = ความเร็วของการตกตะกอน

d = ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดิน

G = ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

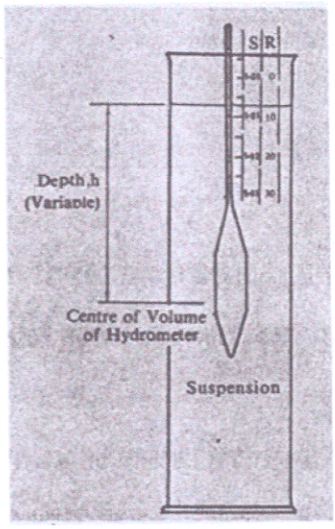
G_w = ความถ่วงจำเพาะของน้ำ

n = ความหนืดของของเหลวเป็นกรัม/ซม./วินาที

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก ซม./วินาที ^{2}

h = ระยะที่เม็ดดินตกตะกอน ซม.

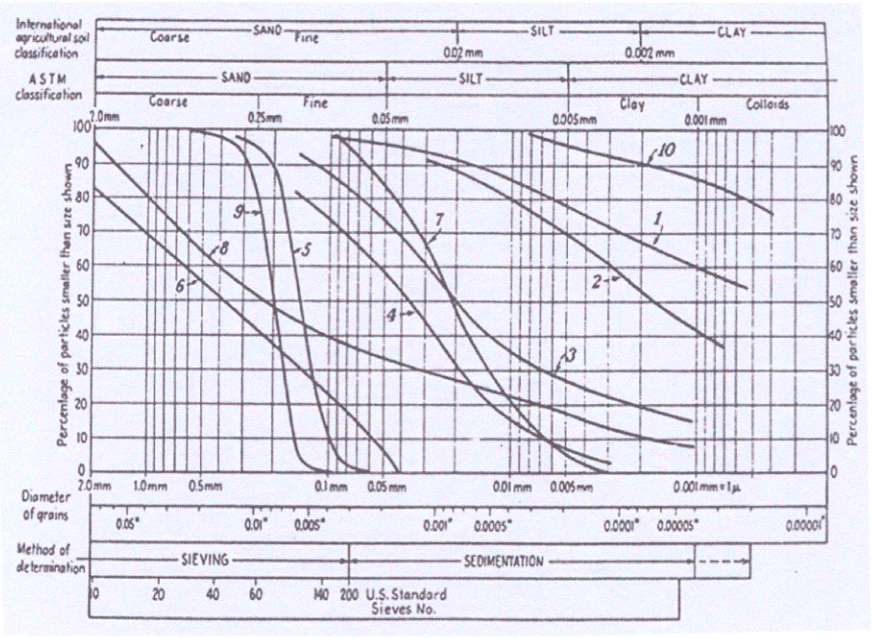
t = ระยะเวลาที่เม็ดดินตกตะกอน นาที



รูปที่ 2.8 Hydrometer

2.2.4ส่วนขนาดคละของดิน

เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟแสดงส่วนขนาดคละของดินบนกราฟ เซมิ-ลอก (Semi-log) โดยมีแกนตั้ง Y เป็นแกนของค่าร้อยละสะสมของดินที่ลอดผ่าน ตะแกรงมาตรฐาน (% finer) ส่วนแกนนอน X เป็นแกนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดินซึ่งใช้สเกลของลอกกาลิทึม เพื่อแสดงการกระจายขนาดต่างๆ ของเม็ดดินได้หมดภายในกราฟแผ่นเดียว กราฟที่ได้จะมีรูปร่างต่างๆกันดังแสดงในรูปที่ 2.9 จะเห็นว่ากราฟบางเส้นได้จากการวิเคราะห์ด้วยการร้อนผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเพียงอย่างเดียว เช่น # 9 หรือ #5และบางเส้นได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี เช่น # 8 และ #4 เป็นต้น



รูปที่ 2.9 Grain Size Distribution

ถ้าให้ D_{60}, D_{30} และ D_{60} แทนขนาดของดินที่ลอดผ่านตะแกรงได้ร้อยละ 60, 30, และ 10 ตามลำดับ เช่น D_{60} จากกราฟ # 8 เท่ากับ 0.4 มม. เป็นต้น ดังนั้น

สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniform coefficient) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

สัมประสิทธิ์ความโค้ง (Curvature Coefficient) $C_u = \frac{D_{30}^2}{D_{10} x D_{60}}$

ในที่นี้ขนาด D_{10} เรียกว่า ขนาดสัมฤทธิ์ผล (Effective size)

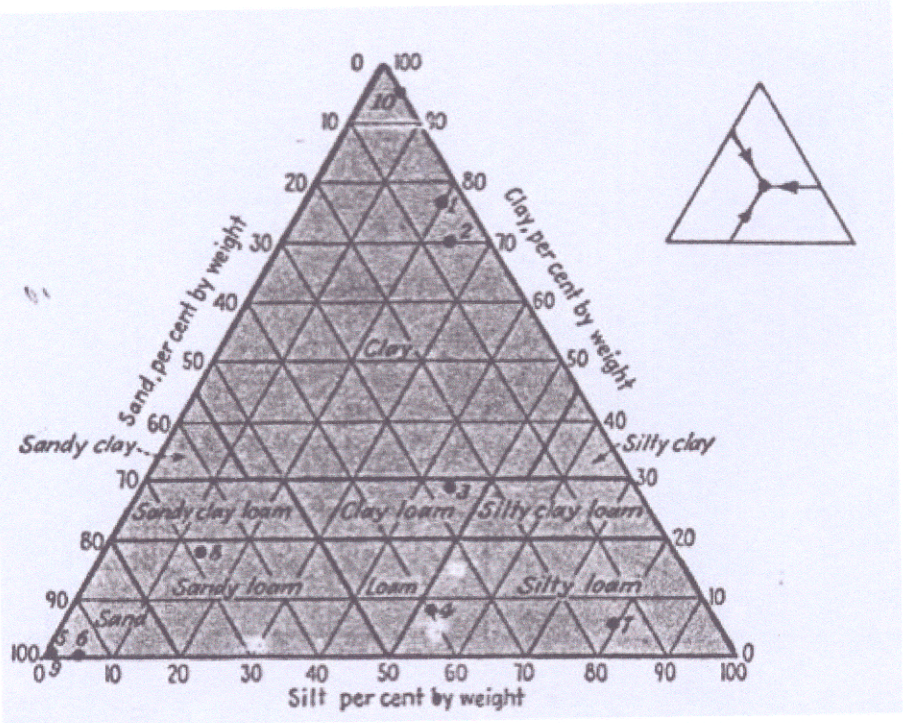
ถ้า C_u มีค่าสูง หมายถึงว่า ดินมีขนาดตั้งแต่ใหญ่ถึงเล็กคละกัน สำหรับดินที่มี $C_u \leq$ 4-5 จะมีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ และโค้งจะชัน ถ้า $C_u \geq 10$ ดินจะมีความสม่ำเสมอและโค้งจะมีความลาดมาก ดินที่มี C_cระหว่าง 1 ถึง 3 ถือว่ามีขนาดตั้งแต่ใหญ่ถึงเล็กคละกันแสดงการกระจายขนาดที่ดี

จากกราฟแสดงส่วนขนาดคละของดินนี้จะหาได้ว่า ในดินตัวอย่างมีปริมาณร้อยละของทราย ทรายเม็ดป่น ดินเหนียวอยู่อย่างละเท่าไร โดยการดูจุดตัดกันของกราฟเหล่านี้กับเส้นที่แบ่งขอบเขตของทราย หรือทรายเม็ดป่น หรือดินเหนียว เช่น ตามมาตรฐาน (ASTM)

ดินตัวอย่าง # 2 มีทราย = 0% ทรายเม็ดป่น = 100-70 =30%

ดินเหนียว	=	70%		
ดินตัวอย่าง # 3 มีทราย	=	100-74	=	26%
ทรายเม็ดป่น	=	74-27	=	47%
ดินเหนียว	=	27%		
ดินตัวอย่าง # 4 มีทราย	=	100-58	=	42%
ทรายเม็ดป่น	=	58-7	=	51%
ดินเหนียว	=	7%		

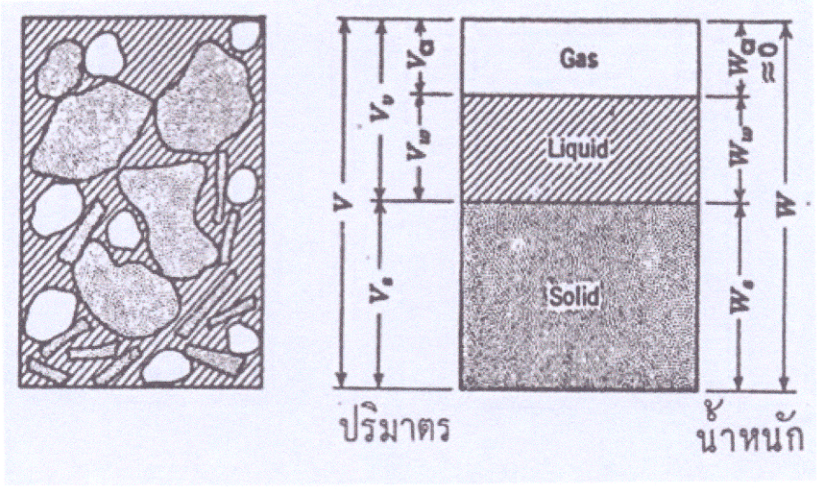
การเรียกชื่อของดินตัวอย่างอาศัย Triangular Soil Classification Chart ซึ่งเสนอโดย U.S. Burea of Soil และ Public Administration ดังรูปที่ 2.10 หรือที่เสนอโดย Mississippi River Commission โดยนำเอาเปอร์เซ็นต์ต่างๆที่หาได้จากวิธีการข้างต้น มาใส่ลงใน chart นี้แล้ว ลากเส้นตามรูปตามที่แสดงทางขวามือ เมื่อจุดตัดของเส้นเหล่านี้อยู่ในส่วนไหนก็เรียกชื่อของดินตัวอย่างนั้นได้ เช่น ดินตัวอย่าง #2 ชื่อ Clay ดินตัวอย่าง # 3 ชื่อ Clay loam ดินตัวอย่าง # 4 ชื่อ Silty loam ในที่นี้ loam คือดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ทราย ทรายเม็ดป่นและดินเหนียว



รูปที่ 2.10 Triangular Soil Classification Chart

2.2.5 ส่วนประกอบและคุณสมบัติของมวลดิน

มวลดินประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็ง (Solid) คือ เนื้อดินหรือเม็ดดินขนาดต่างๆที่รวมตัวอัดกันอยู่ และส่วนที่เป็นช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (Void) ซึ่งมีน้ำหนักและอากาศปนอยู่ แต่ในบางสภาวะ อาจมีอากาศเพียงอย่างเดียวหรือน้ำเพียงอย่างเดียวอยู่ภายในช่องว่างระหว่างเม็ดดินนี้ อัตราส่วนและความสัมพันธ์ของส่วนประกอบนี้เป็นตัววัดคุณภาพของดิน



รูปที่ 2.11 Phase Diagram

พิจารณามวลดินที่มีปริมาตรทั้งหมด เท่ากับ V และมีเนื้อที่หน้าตัดเท่ากับหนึ่งหน่วย ดังรูปที่ ซึ่งแสดงปริมาตรและน้ำหนักของส่วนประกอบของมวลดิน

ถ้าให้ V = ปริมาตรทั้งหมดของมวลดิน

V_a = ปริมาตรของอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

V_w = ปริมาตรน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

V_s = ปริมาตรของเม็ดดินในมวลดิน

V_v = ปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างระหว่างเม็ด $= V_a + V_w$

W = น้ำหนักทั้งหมดของมวลดินนั้น

W_s = น้ำหนักของเม็ดดินในมวลดินนั้น

W_w = น้ำหนักของน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

ดังนั้น $V = V_a + V_w + V_s = V_v + V_s$

และ $W = W_w + W_s$

อัตราส่วนช่องว่าง (void ratio) "e" ของมวลดินหมายถึง อัตราส่วนของปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างระหว่างเม็ดดินต่อปริมาตรทั้งหมดของเม็ดดิน นั่นคือ

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_a + V_w}{V_s} \qquad (2.11)$$

ความพรุน(Porosity) " n " ของมวลดิน หมายถึง อัตราส่วนของปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างระหว่างเม็ดดินต่อปริมาตรทั้งหมดของมวลดิน นั่นคือ

$$n = \frac{Vv}{V} = \frac{V_a + V_w}{V_a + V_w + V_s}$$

ถ้าเอา V_s หารทั้งเศษและส่วน จะได้

$$n = \frac{\frac{V_a + V_w}{V_s}}{1 + \frac{V_a + V_w}{V_s}} = \frac{e}{1+e}$$

จากสมการนี้อาจหาได้ว่า

$$(n-1)e = \frac{n}{1-n}$$

เมื่อ V_v = ปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

V_s = ปริมาณของเม็ดดินในมวลดิน

V_a = ปริมาตรของอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

V_w = ปริมาตรของน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน