บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

ในการทำการวิจัยเรื่องการทดสอบคุณภาพของดินนั้นได้ทำการทดสอบทฤษฎีทางด้านวิศวกรรมเพื่อให้ได้ดินที่ได้คุณสมบัติถูกต้องตามหลักการในกรณีของงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อประโยชน์ด้านการสำรวจไปใช้ในงานด้านอุทกวิทยาและเกษตรกรรมจึงต้องมีการทดสอบทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางด้านที่เกี่ยวข้องกับอุทกวิทยาซึ่งมีวิธีและทฤษฎีที่ใช้ดังนี้

2.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเป็นการทดสอบคุณสมบัติเพื่อจำแนกลักษณะของดินแต่ละชนิดที่ใช้พิจารณาเบื้องต้น เช่น การหา Moisture Content, Liquid Limit, Plastic Limit, Grain Size Analysisทั้งนี้เพื่อเป็นการจำแนกชนิดของดินในแต่ละชั้นที่เหมาะสมในการวางเสาเข็มซึ่งมีลักษณะและทฤษฎีการทดสอบแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

2.1.1 การทดสอบการหาปริมาณความชื้นในดิน (Water Content)

ความชื้นในมวลดิน (Water Content, w) เป็นคุณสมบัติของดินที่มักใช้บ่อยที่สุดและมีประโยชน์มากเนื่องจากเมื่อปริมาณเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้ดินเปลี่ยนแปลงสภาพ และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ไปซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดด้วย อัตราส่วนของน้ำหนักต่อน้ำหนักดินแห้ง ดินประเภท Sedimentation clay นั้น จะมีความชื้นในมวลดินที่แตกต่างกันในแต่ละชั้น ในการหาตัวอย่างตัวแทน (Representative Specimen) เพื่อนำมาหาความชื้นมวลดินนั้น จำเป็นต้องเลือกมวลดินที่นำมาหาความชื้นในมวลดินขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณที่มีอยู่ ซึ่งยิ่งมีปริมาณดินมากยิ่งทำให้ค่าถูกต้องมากยิ่งขึ้นและถ้าจำเป็นต้องทำการชั่งวัดน้ำหนักดินอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เกิดการสูญเสียน้ำน้อยที่สุด ภาชนะที่บรรจุที่ใช้ควรมีน้ำหนักที่เหมาะสมกับดิน อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ควรอยู่ที่

105 °C หรือ 110 °C

โดยปกติมักอบตัวอย่างดินตลอดทั้งคืน ถึงแม้ว่าเวลาในการอบดินแห้งนั้น ขึ้นอยู่กับชนิด จำนวน และรูปร่างของดิน เช่น ทราย 2-3 กรัมสามารถอบแห้งเป็นเวลา 1.00 ชั่วโมง การอบ บอกความชื้นในมวลดินมักบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ดังสมการ

$$w = (W_1 - W_2) / (W_2 - W_0) \times 100$$

W_1 = น้ำหนักภาชนะบรรจุรวมกับน้ำหนักดินที่มีความชื้น

W_2 = น้ำหนักภาชนะบรรจุรวมกับน้ำหนักดินอบแห้ง

W_0 = น้ำหนักของภาชนะบรรจุ

2.1.2 การทดสอบขีดจำกัดอัตเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limit Test)

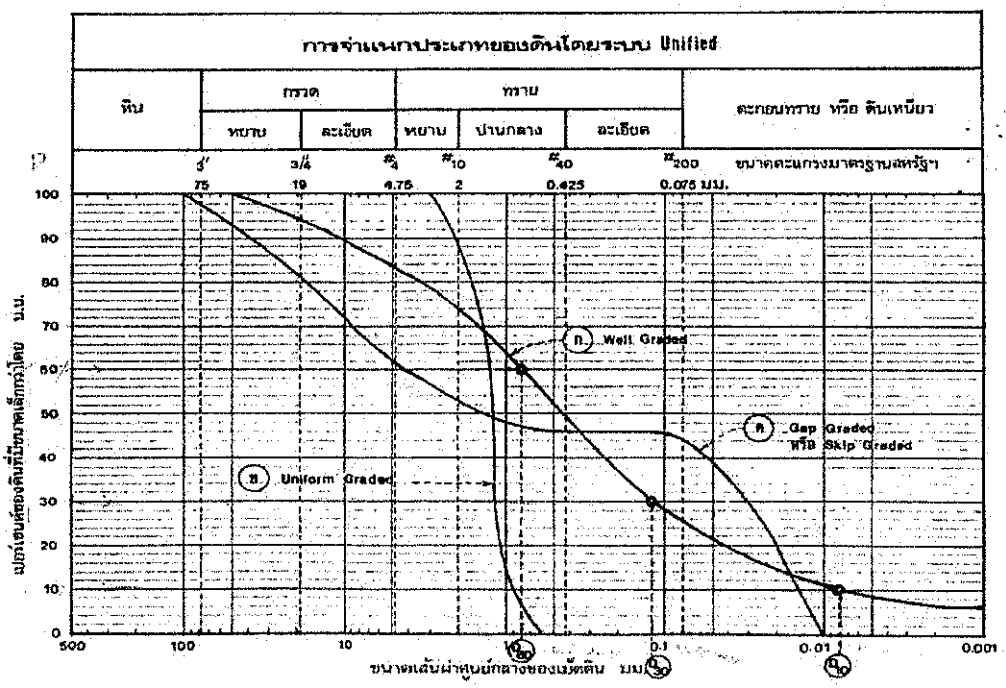
ปริมาณความชื้นในมวลดินมีผลในการเปลี่ยนแปลงของดินทางฟิสิกส์และทางสภาพของมวลดินโดยเฉพาะดินที่มีขนาดเม็ดเล็กเช่น ดินเหนียว (Cohesive Soil) เนื่องจากดินฉนิดนี้ยึดเกาะกันอยู่ได้เพราะประจุไฟฟ้าบวกและลบที่มีอยู่ในดิน โดยมีน้ำเป็นแนวทางเชื่อมประสานระหว่างประจุทั้งสองนี้ สำหรับความชื้นในมวลดินที่จุดขณะเปลี่ยนแปลงสภาพที่เรียกว่า "ขีดจำกัด" (Limit) โดยมีอยู่หลายสภาวะและเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่ใช้จำแนกประเภทของดิน (Soil classification) การทรุดตัวของดิน ดินประเภทเม็ดละเอียด (Find-Grained soil) ปรากฏได้หลายสถานะ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่อยู่รอบ ๆ มวลดิน Atterberg กำหนดสภาวะต่าง ๆ ของมวลดินในรูปของ Limit เช่น

Liquid limit เป็นขอบเขตที่อยู่ระหว่างสภาวะของเหลวและสภาวะ plastic

Plastic Limit เป็นขอบเขตที่อยู่ระหว่างสภาวะ Plastic และสภาวะกึ่งของแข็ง

2.1.3 การทดสอบหาขนาดของเม็ดดิน (Grain Size Analysis)

การร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) จะเป็นวิธีที่เหมาะสมเมื่อปริมาณเม็ดดินเกือบทั้งหมดนั้น ไม่สามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ได้ และสามารถบอกได้ว่าเม็ดดินมีลักษณะเหลี่ยมหรือกลม แต่บอกได้ว่ามีลักษณะเล็กหรือใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ที่เท่าไหร่เท่านั้น ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หาขนาดเม็ดดิน โดยการนำขนาดของเม็ดดินและค่าของเปอร์เซ็นต์ผ่านตระแกรง (Percent Passing หรือ Percent finer) ไปเขียนกราฟ Semi-log ก็จะได้เส้นโค้งของการกระจายขนาดของเม็ดดิน (Gradation Curve) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟการกระจายตัว

จากกราฟสามารถนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Coefficient of Uniformity) ได้ดังนี้

$$Cu = D_{60} / D_{10}$$

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้ง (Coefficient of Concavity) จะหาได้ดังนี้

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10}D_{60})$$

เมื่อ D_i = ขนาดของเม็ดดินที่ I เปอร์เซ็นต์ โดยขนาดของดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded) จะมีคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Cu) และค่าสัมประสิทธิ์ของความโค้งดังรูปที่ 2.1

ตาราง 2.1 คุณสมบัติของค่าสัมประสิทธิ์ สำหรับดินที่มีขนาดคละกันดี

ชนิด	Cu	Cc
หิน	มากกว่า 4	1 – 3
ทราย	มากกว่า 6	1 - 3

สำหรับดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี (Poorly Graded) โดยจะไม่เป็นไปตามตารางที่ 2.1 จะเป็นดินที่มีขนาดขนาดเม็ดเดียว (Uniform Graded) และเป็นดินลักษณะที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (Gab Graded) ซึ่งเส้นกราฟจะมีความชันมากและเป็นเส้นระนาบตามลำดับดังรูป 2.1 (เส้น ข และ ค) จากข้อมูลที่ได้ทำการจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification System ต่อไปได้

2.1.4 การไหลซึมผ่านของดิน (Permeability)

การไหลซึมของน้ำผ่านดิน ก็คือการไหลของน้ำผ่านช่องว่างระหว่างเม็ดดินนั่นเองแรงดันของน้ำจะต้องสูญเสียไปเพราะแรงเสียดทานของผิวเม็ดดิน Darcy นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้เสนอกฎแห่งการไหลซึมไว้ว่า "ความเร็วของการไหลซึมของของเหลวผ่านตัวกลางพรุน จะเป็นปฏิภาคกับไฮดรอลิคเกรเดียน (hydraulic gadient)" ดังสมการ

$$v \quad i.$$

$$v = ki = k\frac{\Delta h}{\Delta L}$$

เมื่อ

v = ความเร็วในการไหลซึม ,(LT^{-1})

I = hydraulic gradient ,(LT^{-1})

K = สัมประสิทธิ์ของความซึมน้ำของตัวกลางซึ่งเป็นค่าคงที่ ,(L)

Δh = ความต่างระดับของน้ำ (head difference) ในช่วงความยาวของการซึม ΔL ,(L)

ΔL = ช่วงความยาวของการไหลซึม ,(L)

ปริมาณน้ำไหลซึมผ่านดิน สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$q = Av$$

$$\frac{Q}{t} = Aki.$$

$$Q = Akit$$

เมื่อ

q = อัตราไหลของน้ำผ่านดิน ,(L^3T^{-1})

Q = ปริมาณที่ไหลผ่านดินในช่วงเวลา t ,(L^3)

t = ช่วงเวลา(ที่ปริมาณน้ำ Q ไหลซึมผ่าน ,(T)

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวกลางที่น้ำไหลซึมผ่าน ,(L^2)

ค่าความซึมได้ของน้ำในดิน (K) เป็นค่าคงที่เฉพาะช่องว่างภายในมวลดินนั้นๆซึ่งค่าความซึมได้ของน้ำในดินนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งต่อไปนี้

1. <u>ขนาดและรูปร่างของเม็ดดิน</u> (Grain Size Shape) เนื่องจากช่องว่างภายในดินขึ้นอยู่กับรูปร่างในมวลดินขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดของเม็ดดิน ทำให้ค่าความซึมได้ของน้ำอยู่กับขนาดและรูปร่างของเม็ดดินด้วย โดยค่าความซึมได้ของน้ำในดินจะเป็นปฏิภาคกำลังสองของขนาดประสิทธิผลของเม็ดดิน (D^2_{10}) สำหรับดินทรายและกรวดได้มีผู้พยายามที่จะประมาณค่าความซึมได้ของน้ำ ดังสมการ

$$K = 100(D^2_{10}) \quad \text{ซม./วินาที}$$

เมื่อ D_1 = ขนาดเม็ดดินเมื่อมี 1% ที่อุณหภูมิ 20^0c

สมการนี้เสนอโดย Allen Hazen ใช้ได้เฉพาะกับดินทรายหรือกรวดเท่านั้น

2. <u>คุณสมบัติของของเหลวในช่องว่าง</u> ซึ่งคือ ความหนืดของของเหลวนั้นเอง ในทางวิศวกรรมโยธาของเหลวที่ใช้ คือน้ำ โดยส่วนใหญ่ ความหนืดของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิขึ้นสูง ความหนืดจะลดลง ทำให้น้ำสามารถไหลซึมผ่านได้ง่าย โดยปกติ อุณหภูมิมาตรฐานที่ใช้บอกค่าความซึมได้ของน้ำในดินคือ ที่ 20^0C การหาค่าความสัมพันธ์ของค่าความซึมได้ของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆสามารถได้จากสมการ

$$K_{20} = K_t \frac{\mu_T}{\mu_{20}}$$

เมื่อ K_{20} = ส.ป.ส. ความซึมได้ของน้ำที่อุณหภูมิ 20^0C

K_t = ส.ป.ส. ความซึมได้ของน้ำที่อุณหภูมิที่ทำการทดสอบ

μ_T = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิที่ทำการทดสอบ

μ_{20} = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ 20^0 C

ตาราง 2.2 ค่าความหนืดของน้ำ ณ อุณหภูมิต่างๆ (หน่วยเป็น millipoises)

C^0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17.94	17.32	16.74	16.19	15.68	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

3. อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) คืออัตราส่วนของช่องว่างระหว่างมวลดินต่อปริมาตรเม็ดดิน ถ้ามีช่องว่างมากน้ำย่อมไหลได้ดีกว่าช่องว่างน้อย เช่น ทรายหลวม ย่อมมีความซึมได้ของน้ำสูงกว่าทรายแน่น ได้มีผู้พยายามจะประมาณความสัมพันธ์ระหว่าง e และ k แต่ยังไม่มีการศึกษาที่แน่นอนออกมาเป็นสมการ

4. รูปร่างและการจัดเรียงตัวของช่องว่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินเหนียว ที่รูปร่างของเม็ดดินเป็นแบบแผ่น เมื่อจับตัวกันแบบเรียงซ้อนๆกัน การซึมผ่านของน้ำในทิศตั้งฉากกับการเรียงตัวของเม็ดดินจะมีค่าต่ำ ในขณะที่ค่าความซึมน้ำในทิศทางขนานกับการวางตัวของชั้นดินจะมีค่าความซึมได้ของน้ำมีค่าสูงขึ้นด้วย

5. ระดับความอิ่มตัว ฟองอากาศที่อยู่ในมวลดินจะเป็นสิ่งที่คอยกั้นขวางการไหลของน้ำผ่านดิน ดังนั้นถ้าระดับความอิ่มตัวมีค่าสูงขึ้น ค่าความซึมได้ของน้ำจะมีค่าสูงขึ้นด้วย

การหาค่าความซึมได้ของน้ำผ่านดิน ในห้องปฏิบัติการ มีอยู่ 2 วิธี คือ

1. แบบความดันคงที่ (constant head)
2. แบบความดันน้ำแปรเปลี่ยน (variable head)

ซึ่งแต่ละวิธีก็จะเหมาะกับดินแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับค่า k โดยทั่วๆไปดังแสดงในตาราง ที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 วิธีทดสอบหาค่าความซึมน้ำที่เหมาะสม

ลักษณะดิน	ช่วงค่าความซึมน้ำ ,ซม/วินาที	วิธีที่ควรใช้
ดินเหนียวคงสภาพ	10^{-5}-10^{-9}	Variable head
ดินทราย	10^{-1}-10^{-4}	Constant head
ดินลูกรังบดอัด	10^{-3}-10^{-2}	Constant head โดยใช้ความดัน
ดินเหนียวบดอัด	10^{-4}-10^{-9}	Constant head

2.1.5 การจำแนกลักษณะดินทางวิศวกรรม (Soil Classification)

ดิน คือ วัตถุที่เกิดจากการสลายตัวของอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ซึ่งได้แก่หิน ซากพืช ซากสัตว์ ที่ได้ผุพังเกิดเป็นตะกอนทับถมกันเป็นเวลานาน และการจัดหมู่ของดินทางวิศวกรรมนั้นจะใช้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณา เช่น ขนาดของเม็ดดิน และความอ่อนตัวของเนื้อดิน เป็นต้น จากการที่ดินแต่ละชนิดนั้น มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป จึงมีหน่วยงานและผู้เกี่ยวข้องได้พยายามจำแนกดินออกเป็นกลุ่ม หรือประเภทของดินตามลักษณะหน่วยงานและวัตถุประสงค์ที่นำไปใช้ สำหรับงานทางวิศวกรรมโยธามักจะใช้สัญลักษณ์ที่วิศวกรส่วนใหญ่ใช้เป็นมาตราฐานอยู่แล้ว ซึ่งสามารถจดจำได้ง่ายและสำหรับการจำแนกดินจะมีหลายวิธีเช่น ระบบการจำแนกดินของ American Association of state Highway and transport Official System (AASHTO) , Unified Soil Classification System (USCS), American Standard Testing Material System (ASTM), Federal Aviation Agency (FAA) นอกจากนี้ยังมีระบบอื่นที่ไม่เป็นที่นิยมนักในปัจจุบันการจำแนกดินที่ใช้กันอยู่มักจะขึ้นอยู่กับลักษณะหรือประเภทของงานที่นำไปใช้ เช่น ระบบ AASHTO จะใช้กับงานถนน ระบบ FAA จะใช้กับการสร้างสนามบิน และระบบ USC จะใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมทั่วไปและเป็นที่นิยมกว่าระบบอื่น

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การจำแนกดินตามระบบ USCS ซึ่งมีหลักวิเคราะห์ดังแสดงในรูป 2.2

ระบบการจำแนกดินแบบ USCS นี้ถูกกำหนดโดย A.Casagrande ในปี ค.ศ. 1942 ต่อมาหน่วยทหารช่างขิงสหรัฐอเมริกาได้นำไปปรับรุงเพื่อนำไปใช้ในการก่อสร้างสนามบินและมีการปรับปรุงในหน่วยงานอื่น ๆ อีกและตั้งเป็นระบบที่มีความเหมาะสมกับประเภทของประเทศนั้น สำหรับการจำแนกดินด้วยระบบนี้จะพิจารณาจาก

- ขนาดเม็ดดินเป็นดินหยาบ (Coarse – Grained Soil) หมายถึงดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 50 % เช่น กรวด (Gravel) ทราย (Sand) และสำหรับดินเม็ดละเอียด (Fine – Grained Soil)หมายถึงดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50 % เช่น ทรายแป้ง (Silt) ดินเหนียว (Clay) เป็นต้น

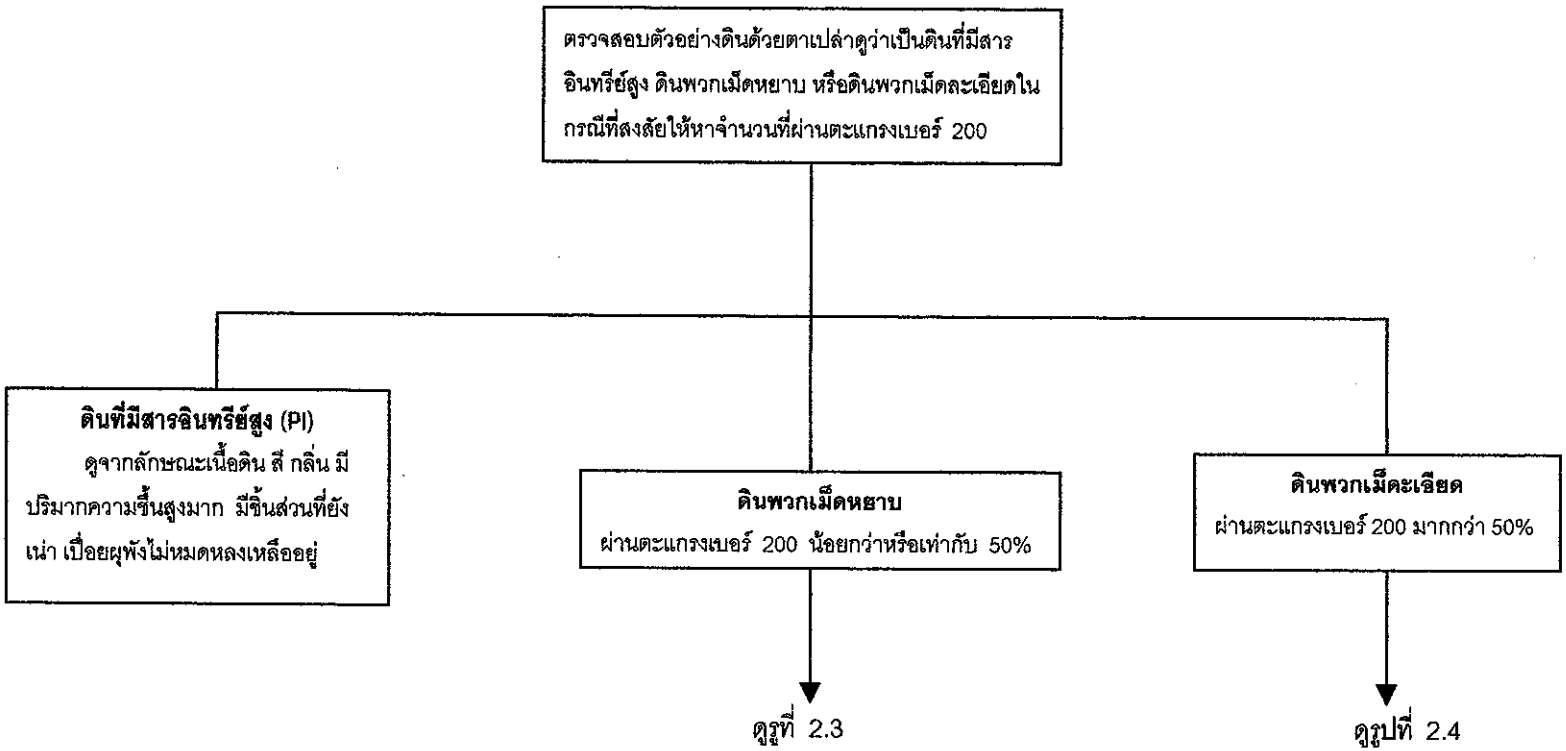
-สำหรับดินเม็ดหยาบจะพิจารณาแยกย่อยโดยพิจารณาจากการกระจายขนาดของเม็ดดิน เช่น ลักษณะการคละกันดี (Well Grade) ไม่คละกันดี (Poorly Grade)

-สำหรับดินเม็ดละเอียดจะพิจารณาแยกย่อยโดยขีดจำกัดอัลเตอร์เบิร์ก (Atterberg's Limit) ค่า Liquid Limit และค่า Plastic Index

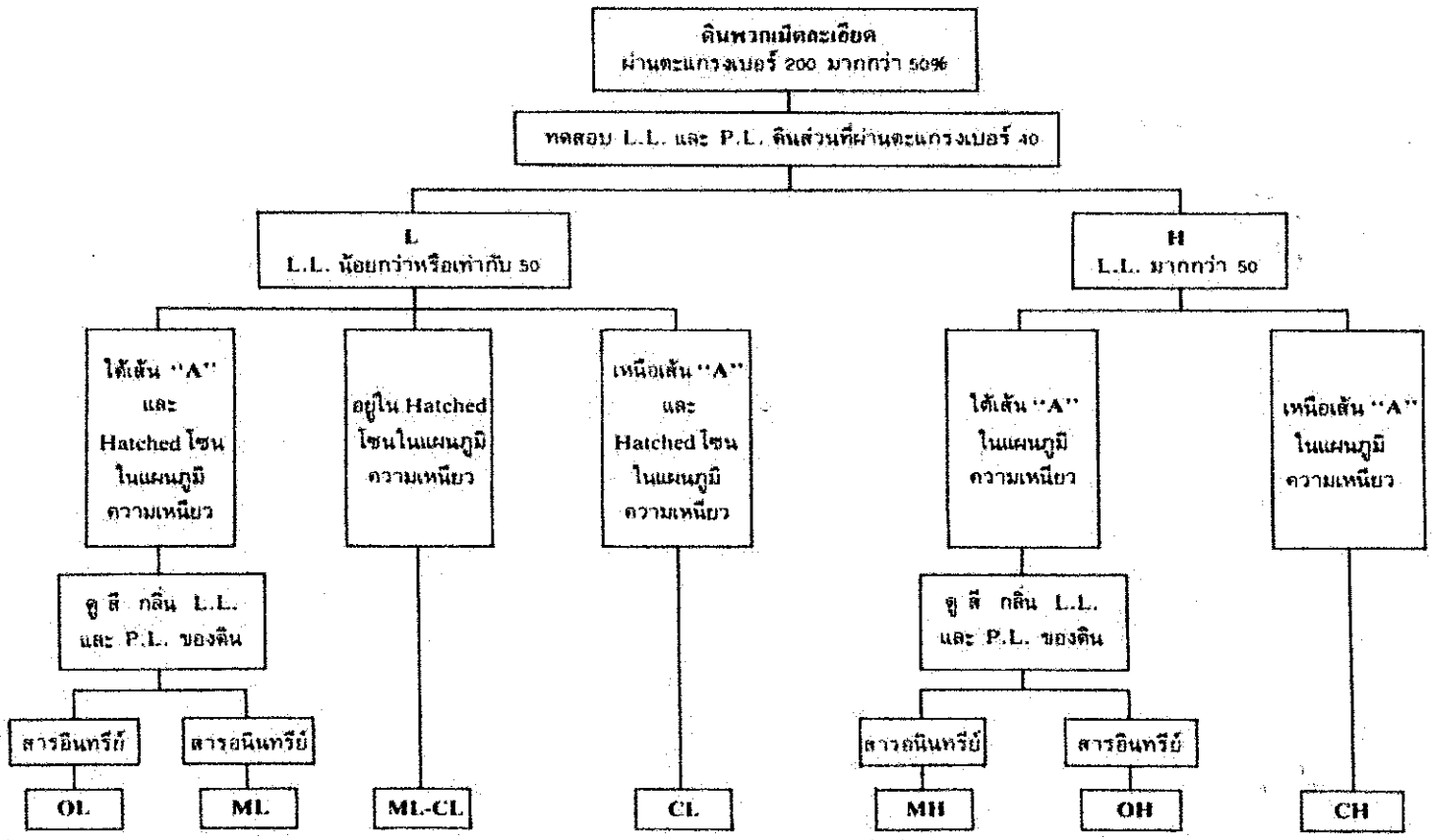
สำหรับการจำแนกดินด้วยระบบนี้มักจะบอเป็นอักษรย่อ ดังต่อไปนี้

ตาราง 2.4 แสดงสัญลักษณ์ของชนิดดินตามระบบ USCS

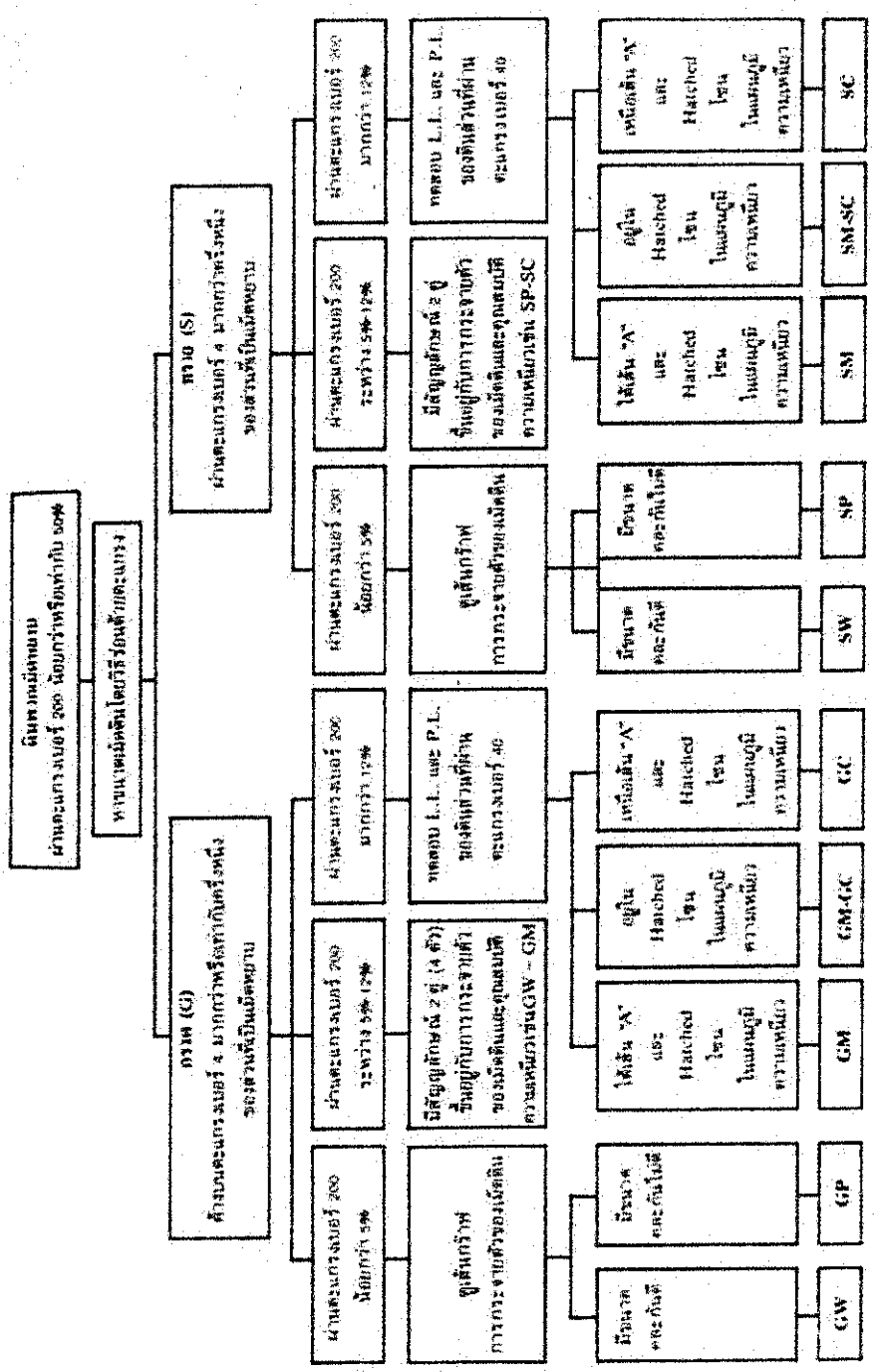
สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก
G	พวกกรวด	Gravel
S	พวกทราย	Sand
M	พวกตะกอนทราย	Mo = Silt
C	พวกดินเหนียว	Clay
O	พวกสารอินทรีย์	Organic
Pt	มีสารอินทรีย์สูง	Peat
W	มีขนาดคละกันดี	Well graded
P	มีขนาดคละกันไม่ดี	Poorly graded
L	L.L น้อยกว่า 50%	Low liquid limit
H	L.L มากกว่า 50%	High liquid limit



รูปที่ 2.2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ USCS ขั้นที่ 1



รูปที่ 2.3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ USCS ขั้นที่ 2



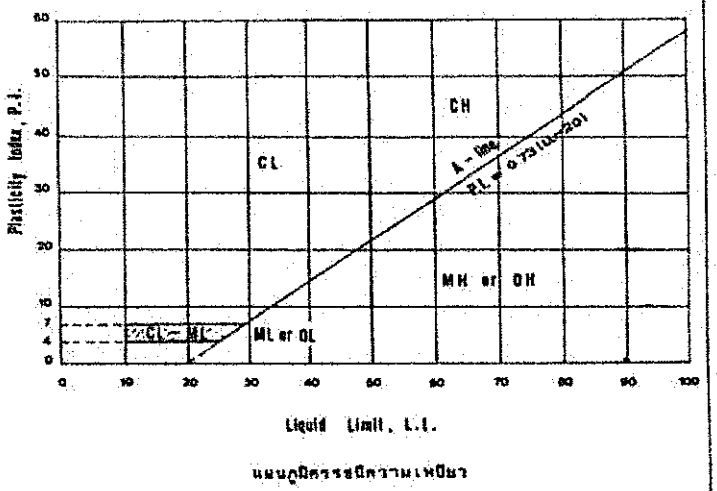
รูปที่ 2.4 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทดินโดยระบบ USCS ขั้นที่ 3

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ USCS

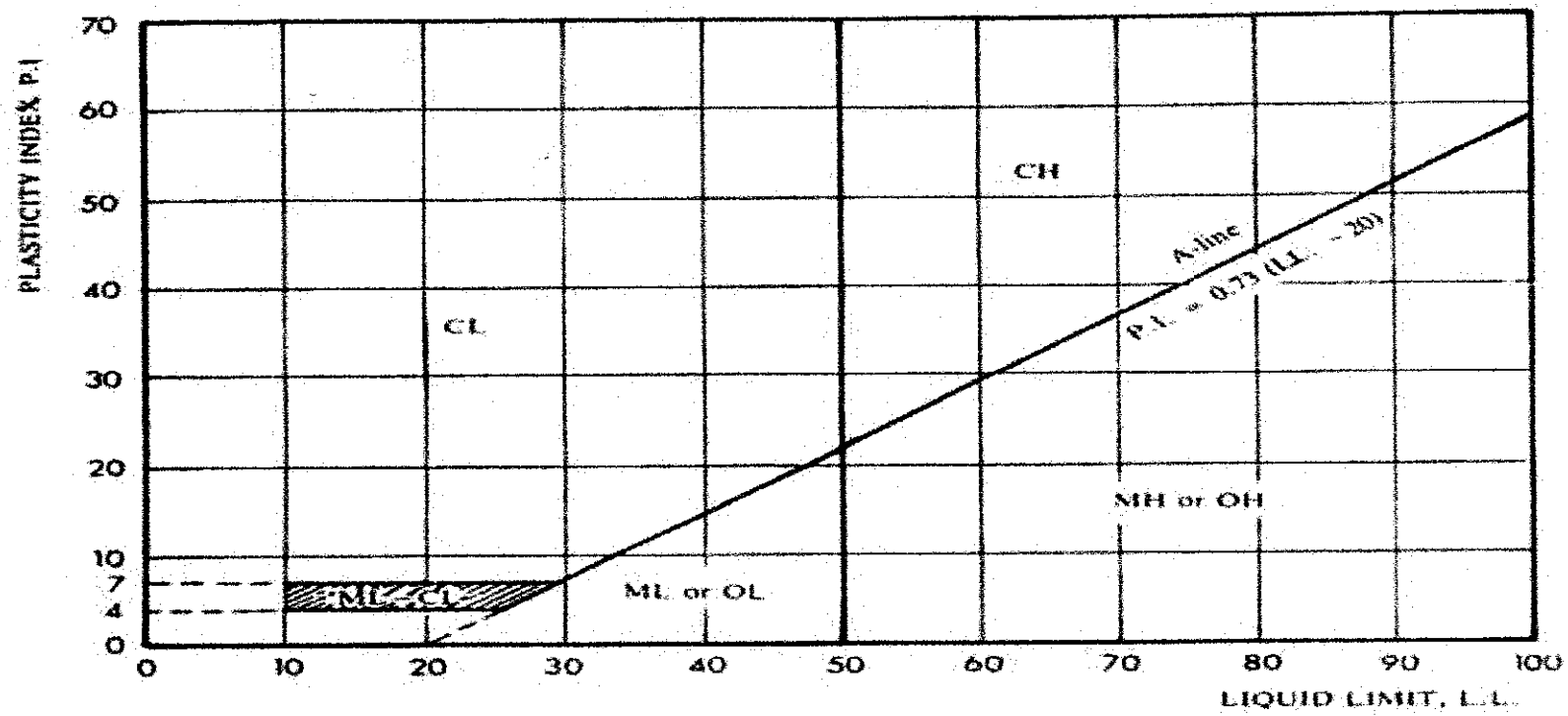
การจำแนกประเภทหลัก			สัญลักษณ์กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท	
ดินหยาบ ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 %	กรวด ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ	กรวดสะอาด (มีเม็ดละเอียดบนอยู่บ้างหรือไม่มีเลย)	GW	กรวดมีขนาดคละกันดี กรวดผสมทราย มีเม็ดละเอียดบนบ้างหรือไม่มีเลย	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ มากกว่า 4 $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ อยู่ระหว่าง 1-3	
			GP	กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี กรวดผสมทราย มีเม็ดละเอียดบนบ้างหรือไม่มีเลย	ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท GW	
		กรวดมีเม็ดละเอียดบน	GM	กรวดมีตะกอนทรายบน กรวด-ทราย-ตะกอนทรายผสมกัน	Atterberg limits อยู่ใต้เส้น "A" หรือ P.I. น้อยกว่า 4	Atterberg limits อยู่บน Hatched ของบริเวณเดียวกัน ใช้สัญญลักษณ์ 2 คู่
			GC	กรวดมีดินเหนียวบน กรวด-ทราย-ดินเหนียวผสมกัน	Atterberg limits อยู่เหนือเส้น "A" และ P.I. มากกว่า 7	
	ทราย ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าครึ่งหนึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ	ทรายสะอาด (มีเม็ดละเอียดบนอยู่บ้างหรือไม่มีเลย)	SW	ทรายมีขนาดคละกันดี ทรายบนกรวด มีเม็ดละเอียดบนบ้างหรือไม่มีเลย	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ มากกว่า 6 $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ อยู่ระหว่าง 1-3	
			SP	ทรายมีขนาดคละกันไม่ดี ทรายบนกรวด มีเม็ดละเอียดบนบ้างหรือไม่มีเลย	ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท SW	
		ทรายมีเม็ดละเอียดบน	SM	ทรายมีตะกอนทรายบน ทราย-ตะกอนทรายผสมกัน	Atterberg limits อยู่ใต้เส้น "A" หรือ P.I. น้อยกว่า 4	Atterberg limits อยู่บน Hatched ของบริเวณเดียวกัน ใช้สัญญลักษณ์ 2 คู่
			SC	ทรายมีดินเหนียวบน ทราย-ดินเหนียวผสมกัน	Atterberg limits อยู่เหนือเส้น "A" และ P.I. มากกว่า 7	

การจำแนกประเภทเกรดของดินที่มีส่วนผสมของเม็ดละเอียด
ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5 % : GW, GP, SW, SP
ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 12 % : GM, GC, SM, SC
ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ระหว่าง 5-12 % : ตามเกียรติ์สัญลักษณ์ 2 ตัว (4 ตัว)

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ USCS

การจำแนกประเภทห้าวน		สัญลักษณ์กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท
ดินหยาบ เม็ดละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50 %	ตะกอนทรายและดินเหนียว L.L. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50	ML	ตะกอนทรายอินทรีย์และ ทรายละเอียดมาก ดินฝุ่น ทรายละเอียดปนตะกอนทราย หรือดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย	
		CL	ดินเหนียวอินทรีย์มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวล้วน	
		OL	ตะกอนทรายอินทรีย์และดินเหนียว ปนตะกอนทรายอินทรีย์ มีความเหนียวต่ำ	
	ตะกอนทรายและดินเหนียว L.L. มากกว่า 50	MH	ตะกอนทรายอินทรีย์ ทรายละเอียด หรือ ตะกอนทราย ปนฟ้าหรือดินเบา ตะกอนทรายที่มีคหนุน	
		CH	ดินเหนียวอินทรีย์มีความเหนียวสูง ดินเหนียวมีความหนืดสูง	
		OH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีความเหนียว ปานกลางถึงสูง ตะกอนทรายอินทรีย์	
ดินหวกสารอินทรีย์สูง		PT	ก- วหลนสิกา และดินอินทรีย์สูงอื่นๆ	แยกวิธีลง 8 กลุ่ม การสังเกตและสีกลมกลืน

แผนภูมิการจำแนกความเหนียว



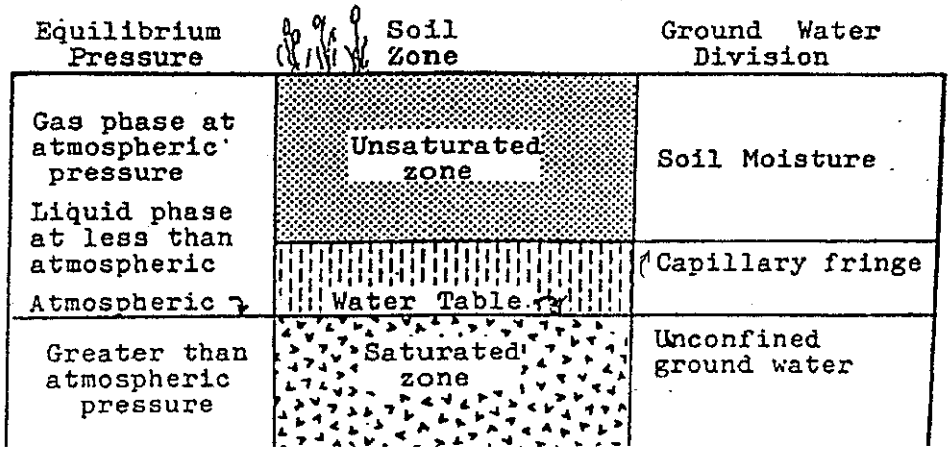
รูปที่ 2.5 แผนภูมิความเหนียว สำหรับการจำแนกประเภทของดินจำพวกดินเม็ดละเอียด

2.2 การเกิดของน้ำใต้ดิน (OCCURRENCE OF SUBSURFACE WATER)

ชั้นของน้ำใต้ผิวดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ด้วยเส้นระดับน้ำใต้ดิน (water table) เส้นระดับน้ำใต้ดินก็คือ จุดโลกัส (ในกรณี unconfined material) ซึ่งความดันของน้ำใต้ผิวดินหรือเรียกว่า hydrostatic pressure เท่ากับความดันของบรรยากาศ (atmospheric pressure) ชั้นดินที่อยู่เหนือเส้นระดับน้ำ ใต้ดินเรียกว่า Vadose Zone เนื่องจากในชั้นดินนี้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของดิน ประกอบด้วยอากาศและน้ำ จึงนิยมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า aeration zone น้ำที่อยู่ในชั้นดินนี้เรียกว่า vadose water หรือ soil moisture ความหนาของชั้นดินชนิดนี้จะแปรผันไปตามลักษณะโครงสร้างทางธรณีของดิน กล่าวคือบริเวณ บ่อ หนอง บึง ความหนาจะเท่ากับศูนย์ และจะหนาเป็นหลายร้อยฟุตที่บริเวณอยู่เหนือระดับน้ำทะเลมากๆ เป็นต้น ถัดจาก aeration zone ลงมาหรือชั้นดินที่อยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินเรียกว่า phreatic zone หรือ ground water zone เนื่องจากช่องว่างในระหว่างอนุภาคของดินจะเต็มไปด้วยน้ำ จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า saturation zone น้ำที่อยู่ในชั้นนี้ยิ่งลึกลงไปจะมีน้ำน้อยลงตามลำดับ ทั้งนี้เพราะว่าช่องว่างระหว่างอนุภาคดินที่อยู่ข้างบนกดทับลงมา

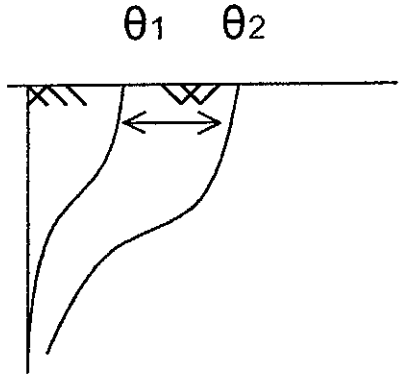
2.3.1 ความชื้นในชั้นดิน VADOSE ZONE

ในชั้น vadose zone นี้สามารถแบ่งชั้นความชื้นออกได้เป็น สามลักษณะ ดังแสดงในรูปที่2.6 ความชื้นในชั้นที่รากพืชแทงลึกลงไปถึง เรียกว่า soil water ซึ่งปริมาณน้ำหรือความชื้นจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากการที่พืชดูดน้ำไปใช้หลังจากฝนตก เหนือระดับน้ำใต้ดินขึ้นไป ความชื้นจะถูกดูดขึ้นไปถึงระดับ capillary fringe ด้วยแรง capillarity ระดับของ capillary fringe นี้อาจจะอยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินเพียงไม่กี่นิ้วจนถึงระดับหลายฟุต ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดช่องว่างระหว่างอนุภาคของดิน ในกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ใกล้ผิวดินชั้น soil water และ capillary fringe อาจจะอยู่ในลักษณะทาบกัน ในทางตรงข้าม ถ้าหากว่าระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกมากก็จะเกิดชั้นตรงกลางที่มีความชื้นคงที่ที่จุด field capacity



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชั้นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturation zone) และชั้นดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturation zone) รูปนี้แสดง capillary fringe ซึ่งเป็นระดับที่ดินอิ่มตัวที่จุดสมดุลแต่มีความดันน้อยกว่าความดันบรรยากาศ ความสูงที่ capillary fringe จะขึ้นไปได้นั้นจะขึ้นอยู่กับว่าระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นหรือต่ำลง และขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินหรือชนิดดิน

2.3.2 ความชื้นที่จุดสมดุลย์



รูปแสดงความชื้นในดินบริเวณผิวดินโดยที่

θ_1 คือ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉา (wilting point) เป็นความชื้นที่จุดซึ่งพืชไม่สามารถจะดึงเอาความชื้นในดินไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ และ พืชจะเริ่มอับเฉา ,(L^3L^{-3})

θ_2 คือ ความชื้นที่จุด field capacity เป็นความชื้นของดินหลังจากที่ gravity water ในช่องว่างของเม็ดดินได้ระบายออกไปหมดแล้วด้วยแรงดึงดูดของโลก,(L^3L^{-3})

$\theta_2 - \theta_1$ = ความชื้นที่ดินสามารถกักเก็บได้โดยที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ หรือ เรียกว่า Available Water,(L^3L^{-3})

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าความชื้น Field Capacity และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉา ของดินชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	ความชื้น Field Capacity % โดยน้ำหนักดินแห้ง	ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉา % โดยน้ำหนักดินแห้ง
ดินทราย (Sand)	6 – 12 (เฉลี่ย 9)	2 – 6 (เฉลี่ย 4)
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	10 – 18 (เฉลี่ย 14)	4 – 8 (เฉลี่ย 6)
ดินร่วน (Loam)	18 – 26 (เฉลี่ย 22)	8 – 12 (เฉลี่ย 10)
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)	23 – 31 (เฉลี่ย 27)	11 – 15 (เฉลี่ย 13)
ดินเหนียวปนตะกอนทราย (Silty Clay)	27 – 35 (เฉลี่ย 31)	13 – 17 (เฉลี่ย 15)
ดินเหนียว (Clay)	31 – 39 (เฉลี่ย 36)	15 – 19 (เฉลี่ย 17)

เนื่องจากเป็นดินชนิดเดียวกันทั้ง 4 แปลงทดสอบ ค่า wilting point ,field capacity จะใช้ค่าในตาราง ที่ 2.6