

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

องค์ประกอบของภูมิประเทศที่มีส่วนกับเหตุการณ์ อุทกภัยและโคลนถล่มมีองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ ดิน น้ำฝน สภาพความลาดชัน ป่าไม้ สิ่งปลูกสร้างของมนุษย์ เช่นบ้านเรือน เขื่อน ถนน เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีความแตกต่างตามสภาพพื้นที่การศึกษาก่อให้เกิดอุทกภัยและโคลนถล่ม จึงจำเป็นต้องศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

#### 2.1 ความหมายของดิน

ดินเกิดจากการกักร่อน ผุพัง และแตกสลายของหินต่างๆ โดยธรรมชาติ ทั้งจากอิทธิพลของดินฟ้าอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความกดดัน แรงดึงดูดของโลก และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้วมีการเคลื่อนย้ายพัดพา โดยตัวกลางต่างๆ เช่น ลม น้ำ ธารน้ำแข็ง เป็นต้น นำไปตกตะกอนทับถมในที่ต่างๆ เป็นชั้นดินขึ้นมาทำให้คุณสมบัติของดินแต่ละชั้นและแต่ละแห่งแตกต่างกันไปไม่เหมือนกัน

วิศวกรได้แบ่งวัสดุที่ตกตะกอนทับถมกันเป็นผิวโลกออกเป็นดินและหิน ดินคือส่วนที่ตกตะกอนทับถมกันไม่แน่น สามารถแยกออกจากกันได้ง่ายๆ เช่น นำไปละลายน้ำ เป็นต้น หินคือส่วนที่แข็งและบีบจับตัวกันแน่นมาก ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ง่ายๆ เหมือนดิน

ดังนั้น ความหมายของดินในทางวิศวกรรมคือ วัสดุอะไรก็ตามที่ตกตะกอนและทับถมกันไม่แน่น เช่นกรวด (Gravel) ทราย (Sand) ตะกอนทราย (Silt) และดินเหนียว (Clay) หรือส่วนผสมของสิ่งเหล่านี้ ซึ่งอาจเป็นพวกที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesion) หรือไม่มีความเชื่อมแน่น (Cohesionless) ก็ได้

Residual soil คือดินส่วนที่ยังไม่ถูกเคลื่อนย้ายหรืออยู่ไม่ห่างจากแหล่งกำเนิด

Top soil คือดินส่วนที่อยู่บนผิวซึ่งอาจเกิดจากการเนาเปื้อยผุพังและสลายตัวของพวกพืชและสัตว์ที่ล้มตายทับถมกันเป็นเวลานาน จะเป็นสารอินทรีย์ (Organic matter) สูง และมีหน่วยน้ำหนักต่ำ ดังนั้น โดยปกติจะต้องขุดออกหรือไม่นำมาใช้ในงานวิศวกรรม

#### 2.2 ค่าคุณสมบัติของดิน

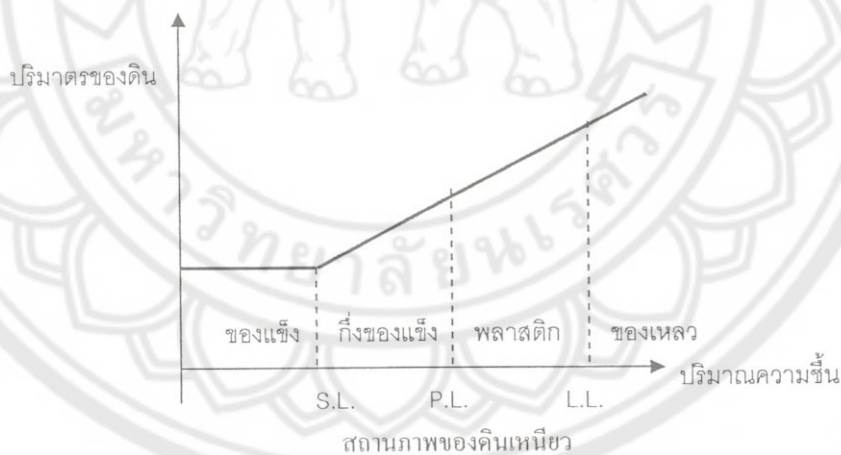
##### 2.2.1 Water content

เป็นการหาค่าความชื้นตามธรรมชาติของดินที่อยู่ในสนาม น้ำในดินจะเป็นสิ่งที่ชี้ให้เห็นถึงความแข็งแรงหรือความหนาแน่นของดินแม้ว่าจะมีส่วนประกอบของดินเหมือนกัน โดยทั่วไปแล้วดินเหนียวจะมีค่าความชื้นน้อยกว่าทราย ข้อมูลที่ได้จากความเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำใต้ดินที่ใช้เป็นประโยชน์ในการแบ่งแยกขอบเขตของชั้นดินได้

##### 2.2.2 สถานะภาพของดิน

ดินพวกเม็ดละเอียดโดยเฉพาะดินเหนียว จะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปตามจำนวนน้ำที่มีอยู่ในดิน และจำนวนน้ำในดินนี้จะมีความสำคัญต่อสถานภาพของดิน เพราะจะทำให้ดินอยู่ในสภาพต่างๆ กัน เช่น ดินอาจมีสถานภาพเป็นของเหลว (Liquid state) เมื่อน้ำมีมากจนกระทั่งเนื้อดินมีสถานภาพเป็นพลาสติก (Plastic state) มีลักษณะเหนียวมาสามารถปั้นเป็นรูปต่างๆ ได้ง่ายโดยไม่มีรอยแตกร้าว และเมื่อปริมาณน้ำลดลงอีก ดินก็จะมีสถานภาพเป็นวัสดุแข็งของแข็ง (Semi-soil state) เพราะ ปั้นเป็นรูปต่างๆ ได้ยาก มักจะมีรอยแตกร้าว จนในที่สุด อาจจะมีสถานภาพเป็นของแข็ง (Solid state) เมื่อมีปริมาณน้ำน้อยมากหรือไม่มีเลย ปริมาณน้ำที่เป็นจุดแบ่งสถานภาพต่างๆ ของดินนี้เรียกว่า Consistency Limits หรือ Atterberg's Limits ดังรูปที่ 2-2-1

1. Liquid Limit (L.L.) คือปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนแปลงสถานภาพจากของเหลวเป็นพลาสติก คือปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถไหลไปได้ด้วยน้ำหนักของดินเอง
2. Plastic Limit (P.L.) คือปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากพลาสติกเป็นวัสดุแข็งของแข็ง หรือคือปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถถูกกลึงเป็นเส้นกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มม.(1/8 นิ้ว) ได้โดยไม่เกิดรอยแตกที่ผิว
3. Shrinkage Limit (S.L.) คือปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากวัสดุแข็งของแข็งเป็นของแข็ง คือปริมาณน้ำมากที่สุดถึงแม้ว่าจะมีการสูญเสียน้ำอีกต่อไปก็ไม่ทำให้ดินหดตัวหรือลดปริมาตรลง



รูปที่ 2-1 แผนภูมิแสดงสถานะของดินตามปริมาณความชื้น (BRAJA M. DAS, 2002)

### 2.3 การจำแนกดินในระบบ Unified Soil Classification System (USCS)

การจำแนกดิน (Soil Classification) ในงานวิศวกรรม คือ การแบ่งดินออกเป็นพวกๆ ตามสมบัติชั้นพื้นฐาน ดินจำพวกเดียวกันจึงมีพฤติกรรมทางด้านวิศวกรรมคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างเช่นดิน

เหนียวที่มีพลาสติกซิติสูง (High Plasticity Clay) จะมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกัน คือ น้ำไหลซึมเข้าออกได้ลำบาก มีการทรุดตัวค่อนข้างสูงและมีการทรุดตัวต่อเนื่องกับเวลา เป็นต้น

ประโยชน์ของการจำแนกดิน ได้แก่

1. ทำให้วิศวกรสามารถใช้ประสบการณ์ในการทำงานของผู้อื่นหรือตัวเองจากงานในที่อื่น มาใช้งานที่กำลังทำอยู่

2. ทำให้วิศวกรสามารถหาสมบัติของดินทางด้านวิศวกรรมโดยคร่าวๆเพื่อใช้เป็นแนวทาง ในการออกแบบโดยอาศัยผลของการจำแนกดิน

ขั้นตอนการจำแนกดิน แบ่งออกเป็นขั้นๆดังต่อไปนี้

1. เก็บตัวอย่างดินตรงบริเวณที่ต้องการจะทราบชนิดของดิน ตัวอย่างสำหรับใช้ในการ จำแนกดินไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (Undisturbed Sample) แต่การเก็บ ตัวอย่างจำเป็นต้องรักษาปริมาณของส่วนประกอบของชนิดดิน เช่น ส่วนที่เป็นทราย ซิลต์และดินเหนียวให้คงสภาพที่เป็นอยู่ในธรรมชาติ

2. ทำการจำแนกชนิดของดินข้างต้นด้วยตาเปล่า (Visual Soil Classification) โดยดูด้วยตา เป็นส่วนใหญ่ และอาศัยการสัมผัสด้วยมือประกอบด้วย เพื่อดูชนิดของดินอย่างคร่าวๆและใช้เป็น ข้อมูลขั้นต้นสำหรับเลือกชนิดของการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาสมบัติของดินขั้นพื้นฐาน สำหรับใช้ในการจำแนกดินเพื่องานทางด้านวิศวกรรมต่อไป

1. ทดสอบการจำแนกหาคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบที่สำคัญ ได้แก่ การหาการกระจายของขนาดเม็ดดิน (Sieve Analysis) ในดินชนิดที่ไม่มีแรงเชื่อมแน่น และการหาขีดเหลว (Liquid Limit) และขีดพลาสติก (Plastic Limit) สำหรับดินที่มีแรงเชื่อมแน่น สำหรับ Intermediate Soil และดินที่ไม่มีแรงเชื่อมแน่นแต่มีดินเหนียว และซิลต์หรือทรายแป่งปนอยู่ การทดสอบต้องทำทั้งสองอย่าง ถ้าต้องการขนาดดินเม็ดละเอียด จำเป็นต้องทำ hydrometer analysis ด้วย

2. จำแนกดิน เพื่องานทางด้านวิศวกรรมโดยอาศัยข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ ระบบการ จำแนกดินที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบ Unified Soil Classification, ระบบของ AASHTO, ระบบของ FAA

ขั้นตอนของการจำแนกดินในระบบ Unified Soil Classification System (USCS)

1. แยกดินเสียก่อนว่าเป็นดินชนิดเม็ดหยาบ หรือชนิดเม็ดละเอียด โดยอาศัยข้อมูลจาก ปริมาณของดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 200 ถ้ามีปริมาณดินค้างอยู่เกิน 50% ถือว่าเป็นดินที่มา จำแนกเป็นชนิดที่มีเม็ดหยาบ (Coarse Grained Soil) ดินจำพวกนี้ ได้แก่

กรวด (Gravel) – G

ดินเหนียว (Sand) – S

ถ้าปริมาณของดินที่ล้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับหรือน้อยกว่า 50% ถือว่าดินดังกล่าวเป็นดินชนิดเม็ดละเอียด ดินจำพวกนี้ได้แก่

ซิลท์ (Silt) – M

ดินเหนียว (Clay) – C

ถ้าดินมีสารอินทรีย์ปนอยู่ด้วย ระบบนี้จะจัดไว้ในจำพวก O และ Pt สำหรับ Peat

สำหรับดินเม็ดหยาบการจำแนกชนิดของดินว่าเป็นดินชนิดใด ดูได้จากผลการทดสอบการกระจายตัวของเม็ดดิน ว่าปริมาณของชนิดดินชนิดใด (แยกตามขนาด) มีมากที่สุด ส่วนดินเม็ดละเอียดนั้นดูจากกราฟซึ่งเสนอโดย Casagrande ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างขีดเหลว (Liquid Limit) กับดัชนีพลาสติกซิตี (Plasticity Index) ซึ่งแสดงว่าซิลท์จะอยู่ต่ำกว่า A line ส่วนดินเหนียวจะอยู่สูงกว่า

2. ตรวจสอบสมบัติของดินที่ได้จากห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้แก่ กราฟการกระจาย ของขนาดเม็ดดินเพื่อหาปริมาณของดินแต่ละชนิดและการกระจายของเม็ดดิน ดินที่มีขนาดของเม็ดดินคละกันดี (Well graded soil) ควรมีค่า  $C_u$  (Uniformity Coefficient) มากกว่า 4 ถ้าเป็นกรวดและมากกว่า 6 ถ้าเป็นทราย ส่วนค่า  $C_z$  (Coefficient of Concavity) ควรอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 ค่า  $C_u$  และ  $C_z$  นี้ จะมีความหมายต่อเมื่อปริมาณของดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ( 0.74 มม. ) มีน้อยกว่า 12 % ถ้าสูงกว่านี้ นั้นการจำแนกดินต้องหาขีดเหลว และขีดพลาสติกด้วย

อักษรที่ใช้แทนสมบัติที่หาในห้องปฏิบัติการนี้ใช้เป็นอักษรย่อตัวที่สองซึ่งได้แก่ W, P, L และ H ซึ่งมีหลักการใช้ดังนี้

1. ใช้กับดินเม็ดหยาบที่มีขนาดเม็ดคละกันดี (Well graded) – W ค่า  $C_u > 4$  และ  $C_z$  อยู่ระหว่าง 1-3
2. ใช้กับดินเม็ดหยาบที่มีขนาดเม็ดดินคละกันไม่ดี (Poorly graded) – P มีค่า  $C_u < 4$  หรือ  $C_z$  อยู่ระหว่าง 1-3
3. ใช้กับดินเม็ดละเอียดที่มีพลาสติกซิตีต่ำ (Low Plastic) – L มีค่าขีดเหลว  $W_L < 50\%$
4. ใช้กับดินเม็ดละเอียดที่มีพลาสติกซิตีสูง (High Plastic) – H มีค่าขีดเหลว  $W_L > 50\%$

นอกจากนี้ถ้าดินเม็ดหยาบมีดินเม็ดละเอียดผสมอยู่เกิน 12% แต่น้อยกว่า 50% ก็ให้ใช้ตัวอักษรย่อตัวที่สองเป็น M สำหรับซิลท์ และ C สำหรับดินเหนียวจะให้ตัว M หรือตัว C นั้นขึ้นอยู่กับค่าขีดเหลว ( $W_L$ ) และดัชนีพลาสติกซิตี (Plasticity Index, PI) ถ้าจุดที่พล็อตอยู่ต่ำกว่า A line ในผังพลาสติกซิตีอักษรย่อที่ใช้คือ M ถ้าสูงกว่าใช้ C

ดังนั้นการจำแนกดินของ Unified Soil Classification จึงมีดินชนิดต่อไปนี้

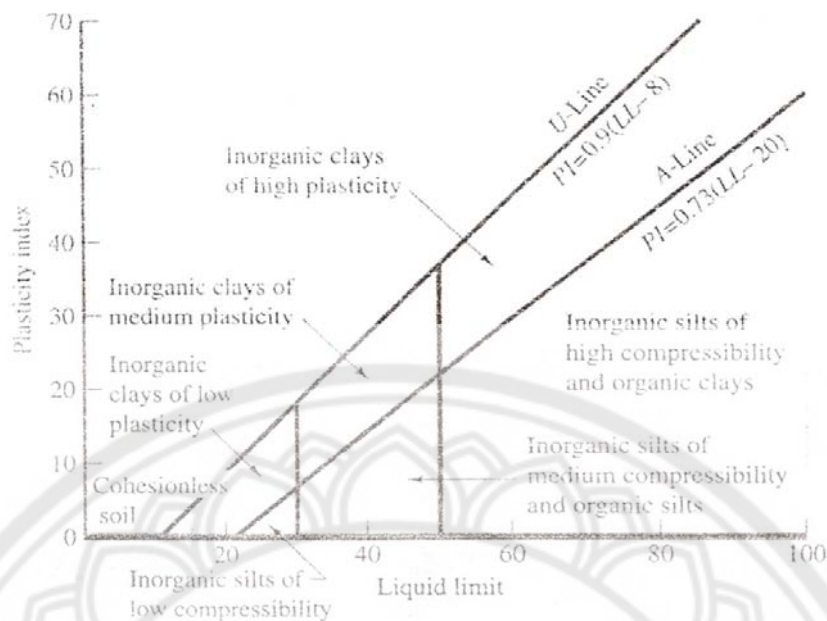
1. ในกรณีที่มีปริมาณดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5% ดินดังกล่าวอาจเป็น GW GP SW SP ซึ่งแยกออกจากกันโดยง่าย เมื่อตรวจสอบปริมาณของชนิดดินจากกราฟ แสดง

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเม็ดดิน กับปริมาณของชนิดดินคิดเป็นร้อยละสะสมของดินที่มีขนาดเล็กกว่า (Accumulate Percentage Finer)

2. ในกรณีที่ดินมีปริมาณดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 12% แต่น้อยกว่า 50% ดินดังกล่าวอาจเป็น GM GC SM SC ซึ่งสามารถแยกโดยขนาดของเม็ดดิน และตำแหน่งในผังพลาสติกซิติ์ ถ้ามีดัชนีพลาสติกซิติ์ต่ำกว่า 4 และอยู่ใต้ A line ดินจัดอยู่จำพวก M ส่วนดินที่มีดัชนีพลาสติกซิติ์สูงกว่า 7 และอยู่เหนือ A line จัดอยู่ในจำพวก C ถ้าอยู่เหนือ A line และดัชนีพลาสติกซิติ์ อยู่ระหว่าง 4-7ควรใช้สัญลักษณ์สองชนิดควบกัน เช่น GM-GC หรือ SM-SC
3. ในกรณีที่ดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 5-12% ให้ใช้สัญลักษณ์สองชนิด ดินเหล่านี้ได้แก่ GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SW-SM, SP-SM, SW-SC, และ SP-SC
4. เมื่อดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับหรือมากกว่า 50% ดินดังกล่าวอาจเป็น ML,MH,OL,OH,CL,CH,CL-ML ดินเหนียวจะอยู่เหนือ A line ซึ่งมีสมการ  $PI = 0.73 (W_L - 20)$  ในผังพลาสติกซิติ์

สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก
G	พวกกรวด	Gravel
S	พวกทราย	Sand
M	พวกตะกอนทราย	Mo = Slit
C	พวกดินเหนียว	Clay
O	พวกสารอินทรีย์	Organic
Pt	พวกสารอินทรีย์สูง	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

ตารางที่ 2-1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินระบบ Unified

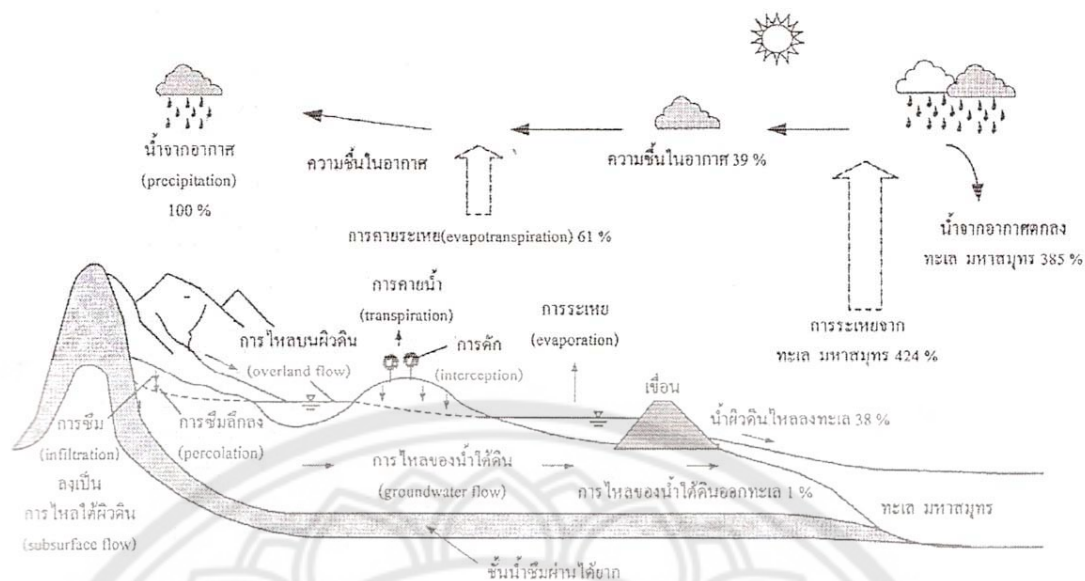


รูปที่ 2-2 Plasticity Chart (BRAJA M. DAS, 2002)

หลักการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified นี้จะจัดแบ่งลักษณะของเม็ดดินตามลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดินและตามคุณสมบัติความเหนียวของดินหรือค่า Atterberg's Limits (L.L., P.I.)

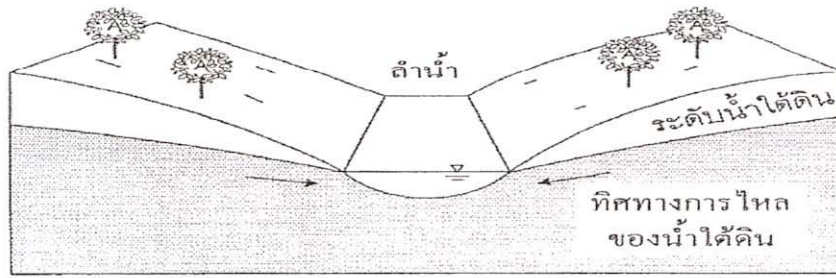
#### 2.4 วงจรอุทกวิทยา (Hydrologic Cycle)

วงจรอุทกวิทยาเป็นศูนย์กลางในการศึกษาอุทกวิทยา โดยวงจรอุทกวิทยาเป็นวงจรที่ไม่มีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของกระบวนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในโลกเพราะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งภาพรวมของวงจรอุทกวิทยาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2-3

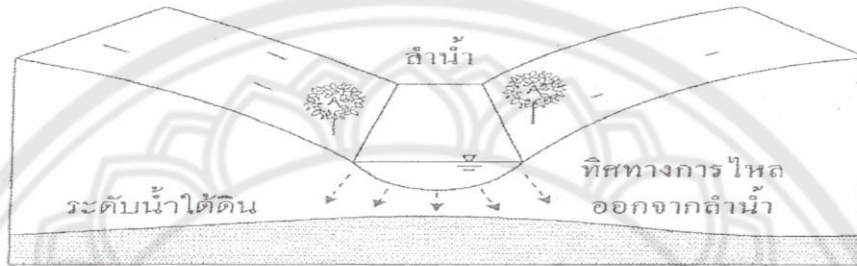


รูปที่ 2-3 วงจรอุทกวิทยา

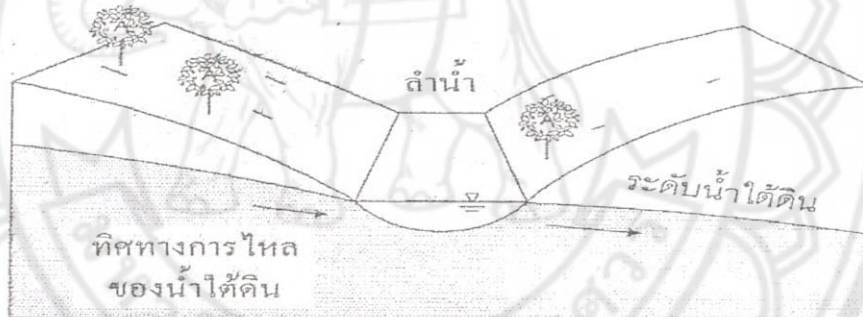
เมื่อพิจารณารูปที่ 2-3 จะเห็นได้ว่าเมื่อน้ำมีการระเหย (evaporation) จากทะเลมหาสมุทร และน้ำที่สะสมอยู่บนพื้นแผ่นดิน เช่นอ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง หรือจากน้ำใต้ผิวดินบางส่วน ขึ้นสู่บรรยากาศเป็นไอน้ำ (water vapor) ซึ่งมีการลอยตัวขึ้นไปสะสมจนกระทั่งเกิดกระบวนการควบแน่นและกลั่นตัวกลายเป็นไอน้ำจากอากาศ (precipitation) ตกลงมาสู่ทะเลมหาสมุทรหรือบนแผ่นดินอีก โดยจะมีน้ำบางส่วนถูกดัก (interception) จากพืชและมีน้ำบางส่วนตกลงบนผิวดินและเกิดการสะสมจนเกิดการไหลบนผิวดิน (overland flow) แต่ก็มีบางส่วนระเหยและบางส่วนเกิดการคายน้ำ (transpiration) กลับสู่บรรยากาศขณะเดียวกันจะมีน้ำบางส่วนเกิดการซึม (infiltration) ลงเป็นการไหลใต้ผิวดิน (subsurface flow) ซึ่งจะมีแนวทางไหลซึมลงสู่แม่น้ำลำคลองเช่นเดียวกับน้ำที่ผิวดิน (surface runoff) และมีน้ำบางส่วนมีการซึมลึกลงไป (percolation) ระหว่างช่องว่างของเม็ดดินหรือรอยหินแตกลงไปในน้ำใต้ดิน (groundwater) ซึ่งถ้ามีการให้น้ำแก่ น้ำใต้ดินจะเรียกว่าลำน้ำให้และลำน้ำรับ (effluent stream) ดังรูปที่ 2-4 (ก) ถ้าลำน้ำมีการให้น้ำแก่ น้ำใต้ดินจะเรียกว่า ลำน้ำให้ (influent stream) ดังรูปที่ 2-4 (ข) นอกจากนี้ยังมีลำน้ำบางแห่งที่เป็นลำน้ำรับและลำน้ำให้ดังรูปที่ 2-4 (ค) ซึ่งท้ายที่สุดแล้วน้ำใต้ดินมักจะมีแนวการไหลซึมออกสู่แหล่งน้ำหรือทะเลมหาสมุทร แล้วเกิดการระเหยกลับสู่บรรยากาศหมุนเวียนอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรอุทกวิทยาอีกครั้ง



(ก) ลำน้ำรับ (effluent stream)



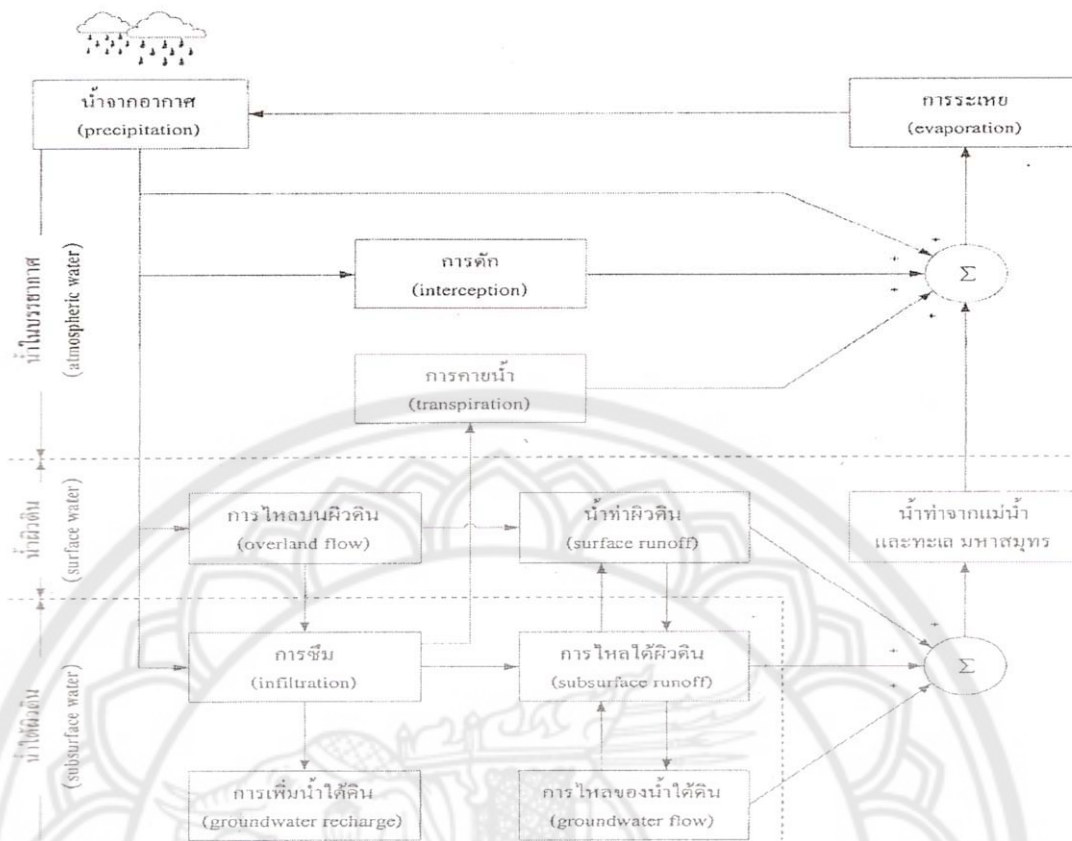
(ข) ลำน้ำให้ (influent streams)



(ค) ลำน้ำที่เป็นทั้งลำน้ำรับและลำน้ำให้

รูปที่ 2-4 ลำน้ำรับและลำน้ำให้





รูปที่ 2-5 แผนผังวงจรอุทกวิทยา

## 2.5 น้ำฝน (Rain)

น้ำฝนเป็นรูปแบบหนึ่งของน้ำจากอากาศ (Precipitation) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อวงจรอุทกวิทยาของพื้นที่หนึ่งๆ และวงจรของสิ่งมีชีวิต สภาพทางภูมิศาสตร์และการใช้พื้นที่ขึ้นอยู่กับความเป็นไปของวงจรอุทกวิทยา ปริมาณน้ำฝนจะเป็นตัวกำหนดบทบาทในการจัดการเรื่องน้ำและการใช้พื้นที่

ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการวางแผนในการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตมีผลต่อการจราจรในเมืองใหญ่ๆ ซึ่งมักจะเกิดปัญหาน้ำท่วมหลังฝนตกไม่นานทำให้เสียเงินในการก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วม และยังมีผลต่อประชาชนในด้านทรัพย์สิน สุขภาพจิตอีกด้วย สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะพื้นที่เกษตร น้ำท่วม การเลือกชนิดของพืชสำหรับการเกษตรกรรมก็มีความสำคัญ ในทางด้านวิศวกรรมมีความสำคัญในด้านการออกแบบอาคารชลศาสตร์ในงานพัฒนา ลุ่มน้ำจะเห็นว่ามีปัญหาต่างๆ มากมายหลายแบบผู้วางแผนควรต้องทำความเข้าใจวิเคราะห์ต่างๆ เพื่อนำไปศึกษาและคาดหมายปริมาณน้ำฝนรูปแบบของน้ำจากอากาศ ใอน้ำ ในอากาศที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงมาบนพื้นโลกมีหลายรูปแบบด้วยกัน ดังตารางที่ 2-2 ในประเทศไทยจะพบแต่รูปแบบ น้ำฝน กับลูกเห็บ

ชนิด	ขนาด (มม.)	สถานะ	คำอธิบาย
Mist	0.005-0.05	ของเหลว	ขนาดหยดน้ำใหญ่พอที่จะรู้สึกได้เมื่อดกใส่บนหน้า
Drizzle (ฝนปรอย)	<0.5	ของเหลว	ขนาดเล็กสม่ำเสมอ มักตกเป็นเวลาหลายชั่วโมง
Rain (ฝน)	0.5-0.7	ของเหลว	มีขนาดต่างๆขึ้นอยู่กับพายุ
Sleet	0.5-5.0	ของแข็ง	เม็ดเล็กกลมจนถึงเป็นก้อน มีอันตรายต่อรถยนต์
Glaze	1-20	ของแข็ง	เป็นแผ่น ทำความเสียหายต่อต้นไม้ สายไฟฟ้า
Rime	ไม่แน่นอน	ของแข็ง	คล้ายน้ำค้างแข็ง
Snow (หิมะ)	1-20	ของแข็ง	เป็นผลึกมีรูปร่างต่างๆกัน หกเหลี่ยม เข็ม หรือแผ่น มีความชื้นประมาณ 10%
Hail (ลูกเห็บ)	5หรือ $\geq$ 100	ของแข็ง	มีขนาดต่างๆมักมากับพายุ convective ถ.พ. 0.7-0.9
Graupel (ลูกเห็บอ่อน)	2-5	ของแข็ง	เกิดจาก Rime และรวมกับผลึกหิมะ ทำให้เกิดเป็นมวลรูปร่างไม่แน่นอนไม่แข็งมากเหมือน Hail เมื่อตกกระทบจะยุบตัวจึงมักเรียกว่า soft hail

ตารางที่ 2-2 ชนิดของน้ำจากฟ้า

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน น้ำจากอากาศที่ตกลงมาจะเป็นข้อมูลดิบ (input data) ของระบบอุทกวิทยาการวิเคราะห์ระบบอุทกวิทยาใดๆก็ตามจำเป็นต้องมีการเตรียมและเรียบเรียงข้อมูลให้อยู่ในสภาพที่จะเป็นข้อมูลดิบของระบบนั้นได้ ข้อมูลน้ำจากอากาศอาจจะมีทั้งแบบการบันทึกที่เป็นระยะเวลานาน และข้อมูลเฉพาะพายุใดพายุหนึ่ง

การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนในช่วงพายุฝนอาจจำแนกวิธีศึกษาและวิธีวิเคราะห์ได้ 3 แบบด้วยกันคือ

1. การวิเคราะห์เฉพาะจุดหรือสถานี ข้อมูลน้ำฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่จะพิมพ์เป็นตารางข้อมูลรายวัน หน่วยราชการที่ทำการเก็บข้อมูลน้ำฝนหลายๆสถานีทั่วประเทศก็คือ กรมอุตุนิยมวิทยา การพลังงานแห่งชาติ กรมชลประทาน เป็นต้น สถานีวัดน้ำฝนจำนวนมากไม่สามารถเก็บข้อมูลติดต่อกันได้เป็นเวลานานๆจะมีช่วงระยะเวลาหนึ่งที่ข้อมูลขาดหายไปซึ่งอาจจะเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น เครื่องวัดชำรุด ลืมเก็บข้อมูล หรือลืมนำไปชั่วคราวหรือถาวร ด้วยเหตุ

นี้จึงจำเป็นต้องประมาณค่าข้อมูลที่หายไปนั้น การประมาณค่าของข้อมูลที่หายไปนั้นทำได้ 3 วิธี

1.1 หาค่าเฉลี่ยจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากสถานีใกล้เคียงอย่างน้อย 3 สถานี

1.2 หาค่าจากเส้นชั้นความลึกน้ำฝน (isohyets)

1.3 หาค่าโดยวิธีสัดส่วนปกติ (normal ratio method)

วิธีสัดส่วนปกตินี้จะใช้ในกรณีที่ข้อมูลน้ำฝนแตกต่างกันมากในแต่ละสถานี ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตลอดปี (normal annual rainfall) เป็นเกณฑ์การเปรียบเทียบ ถ้าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีของสถานีใกล้เคียง 3 สถานีที่จะนำข้อมูลมาเฉลี่ยหาข้อมูลของสถานีที่ขาดหายไปในั้นแตกต่างกัน 10% ของสถานีที่ข้อมูลหายไปด้วยการเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์จาก 3 สถานีใกล้เคียงนั้น แต่ถ้าหากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีของสถานีทั้ง 3 ต่างกันเกินกว่า 10% จะใช้วิธีสัดส่วนปกติซึ่งข้อมูลน้ำฝนของสถานีใกล้เคียงที่เลือกมาใช้จะเฉลี่ยโดยใช้อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีของสถานีที่ข้อมูลขาดหายไปกับสถานีใกล้เคียง

2. การวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลตามกาลเวลา การวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลตามกาลเวลามีขีดจำกัด เนื่องจากจะทำเฉพาะข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติเท่านั้น การวิเคราะห์ทำได้โดยการคัดลอกข้อมูลรายชั่วโมงมา และคำนวณหาค่าสะสมของข้อมูลรายชั่วโมงนี้จนตลอดช่วงเวลาของฝนที่ตก กราฟที่เกิดจากการพลอตข้อมูลสะสมรายชั่วโมงกับเวลาเรียกว่า mass curve ของน้ำฝนซึ่งสามารถทำให้ทราบช่วงเวลาของพายุฝนที่มีความเข้มมาก ๆ ได้ การเปรียบเทียบ mass curve หลายๆ สถานีของพายุฝนลูกเดียวกันจะทำให้สามารถทราบถึงทิศทาง การเคลื่อนที่ของพายุฝนได้

ในบางกรณี mass curve ของน้ำฝนจะนำไปประมาณหาลักษณะของพายุฝนใดพายุฝนหนึ่ง เพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับของสถานีอื่นหรือของพายุลูกอื่น การเปรียบเทียบจะทำได้และมีความจำเป็นต้องทำ mass curve ให้อยู่ในสภาพไร้มิติเสียก่อน ซึ่งจะได้โดยเปลี่ยนหน่วยของน้ำฝนเป็น % ของน้ำฝนทั้งหมด และเปลี่ยนหน่วยของเวลาเป็น % ของช่วงเวลาของพายุฝน

## 2.6 การหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบนพื้นที่

บนพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่รับน้ำแต่ละแห่ง มักจะมีสถานีวัดน้ำฝนอยู่หลายสถานี ซึ่งเมื่อทำการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละวัน แต่ละเดือน แต่ละฤดู แต่ละปี หรือในช่วงที่เกิดพายุแต่ละครั้ง จะได้ข้อมูลปริมาณฝนที่สถานีวัดน้ำฝนต่างๆ เป็นตัวเลขไม่เท่ากัน โดยในการนำตัวเลขที่ได้ไปใช้งานทางอุทกวิทยา จำเป็นต้องหาค่าปริมาณฝนที่เป็นตัวแทนของปริมาณฝนที่ตกกระจายอยู่ทั่วบริเวณพื้นที่ที่พิจารณา ซึ่งมักจะคำนวณออกเป็นปริมาณเฉลี่ย (average precipitations) บนพื้นที่พิจารณา โดยมีวิธีการหาปริมาณฝนเฉลี่ยที่ใช้กันโดยทั่วไป 3 วิธีคือ

1. วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (arithmetic - men method) เป็นวิธีการปริมาณฝนเฉลี่ย ที่ง่ายและรวดเร็วที่สุด โดยหาได้จากให้นำค่าปริมาณฝนจากสถานีน้ำฝนภายในลุ่มน้ำทุก

สถานีมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนสถานีน้ำฝน จะได้ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยภายในลุ่มน้ำที่ต้องการ

2. วิธีของทิสเสน (Thiessen method) จะพิจารณาว่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนแต่ละแห่ง จะมีอาณาบริเวณครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนที่อยู่ล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนจะกำหนดได้โดยการแบ่งพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมของทิสเสน (Thiessen polygon)
3. วิธีเส้นชั้นน้ำฝน (isohyetal method) วิธีนี้เป็นการลากเส้นชั้นน้ำฝน ซึ่งหมายถึงเส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีความลึก หรือปริมาณฝนเท่ากัน โดยอาศัยข้อมูลปริมาณฝนที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนเป็นหลัก และพิจารณาจากแผนที่ภูมิประเทศ โดยดูจากสภาพภูมิประเทศ ลักษณะภูมิประเทศและทิศทางของพายุฝนเป็นต้น การหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยโดยวิธีเส้นชั้นน้ำฝน มีหลักการต่อไปนี้

- กำหนดสถานีวัดน้ำฝนและปริมาณฝนลงบนแผนที่ทั้งในบริเวณที่รับฝน และบริเวณล้อมรอบขอบเขตของพื้นที่รับน้ำฝน

- ตรวจสอบแนวโน้มของเส้นชั้นน้ำฝน และกะประมาณด้วยสายตา จากนั้นจึงลากเส้นชั้นน้ำฝนโดยพยายามให้เส้นโค้งราบเรียบ

- หาพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นน้ำฝน 2 เส้นที่อยู่ใกล้เคียงกัน และอยู่ภายในขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ

- คำนวณหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

ถ้าผลการคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยทั้ง 3 วิธีนี้ใกล้เคียงกัน แสดงว่าลักษณะการตกของฝนมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ๆพิจารณา

ความแน่นอนของข้อมูลน้ำฝน (consistency of rainfall records) ในการวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยาจะต้องอาศัยข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่มีการเก็บข้อมูลเป็นเวลานานพอสมควร ซึ่งข้อมูลที่ตรวจวัดและรวบรวมมานั้น อาจจะไม่มีความไม่แน่นอน ดังนั้นจึงมีการทดสอบความแน่นอนของข้อมูลน้ำฝน ซึ่งสามารถทดสอบความแน่นอนได้โดยวิธีเส้นโค้งทวิ (double mass curve method)

## 2.7 น้ำใต้ดิน (Watertable)

น้ำใต้ดินเป็นน้ำจำนวนหนึ่งที่แทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดดิน ภายใต้อิผิวดินลงไปทำให้ชั้นดินที่มีน้ำอยู่เต็มนี้เป็นชั้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated subsurface zone or phreatic zone) แบ่งเป็น

### 2.7.1 ชั้นอุ้มน้ำ

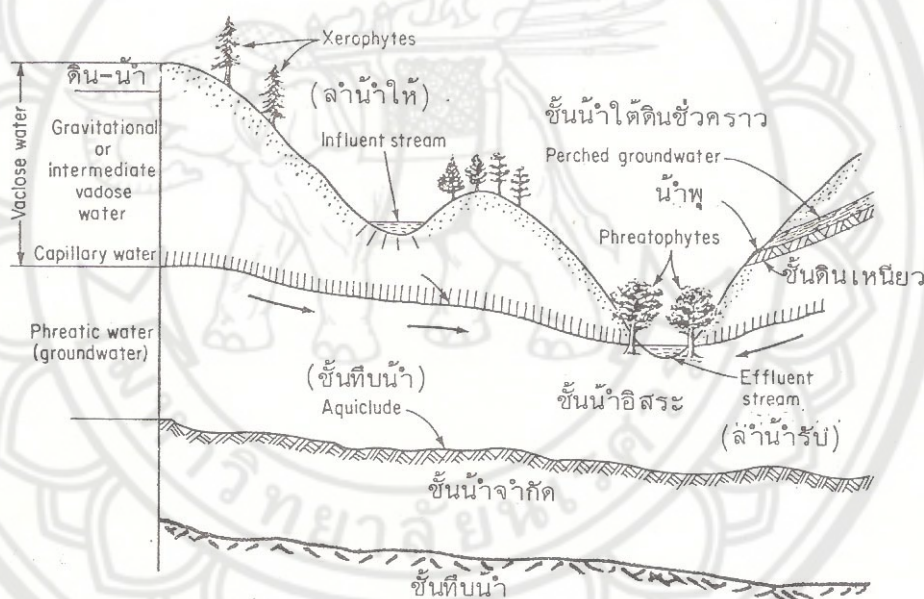
น้ำใต้ดินเกิดขึ้นจากการรวมตัวทางธรณีวิทยาในหลายรูปแบบด้วยกัน มีน้ำแทรกอยู่เต็ม ชั้นอุ้มน้ำนี้จะต้องสามารถเก็บและถ่ายเทน้ำไปมาในตัวเองได้ ชั้นทรายและชั้นกรวดคือตัวอย่างของชั้นอุ้มน้ำ ชั้นอุ้มน้ำที่ไม่ยอมให้น้ำผ่านหรือน้ำผ่านยากจะอยู่ที่ตำแหน่งต่างๆ ใต้ผิวโลก ซึ่งจะทำให้เกิดชั้นน้ำใต้ดินลักษณะต่างๆ ชั้นเหล่านี้ได้แก่

1. Aquiclude เป็นชั้นอิมน้ำ ยอมให้น้ำผ่านยาก ให้ปริมาณน้ำน้อยมาก ทั้งที่ความชื้นเกิน 100 % ได้แก่ชั้นดินเหนียว

2. Aquifuge เป็นชั้นอิมน้ำที่ทั้งไม่อุมน้ำและไม่ยอมให้น้ำได้แก่ชั้นหินแกรนิต

3. Aquitard เป็นชั้นวัสดุอิมน้ำ น้ำผ่านได้ค่อนข้างน้อย แต่ผ่านได้ดีกว่าชั้น Aquiclude ชั้นนี้ถ้ามีความหนาสามารถนำน้ำไปใช้ได้อย่างสำคัญ ชั้นนี้ได้แก่ดินเหนียวปนทราย (Sand clay)

รูปที่ 2-6 เป็นภาพร่างของผิวเปลือกโลกซึ่งแสดงลักษณะชั้นดินต่างๆ ที่มีน้ำแทรกจากลักษณะชั้นดินสามารถแบ่งออกเป็นสองชั้นใหญ่ๆ ด้วยกันคือ ชั้นที่มีความชื้นไม่อุมน้ำและชั้นที่มีความชื้นอุมน้ำ ทั้งสองชั้นนี้จะถูกแบ่งด้วยผิวอันหนึ่งซึ่งถูกเรียกว่าระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) ที่ผิวนี ความดันอาจมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศหรือมากกว่าความดันบรรยากาศ



รูปที่ 2-6 แสดงลักษณะชั้นดิน และชั้นน้ำใต้ดิน (จิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)

## 2.7.2 ชั้นไม่อุมน้ำ

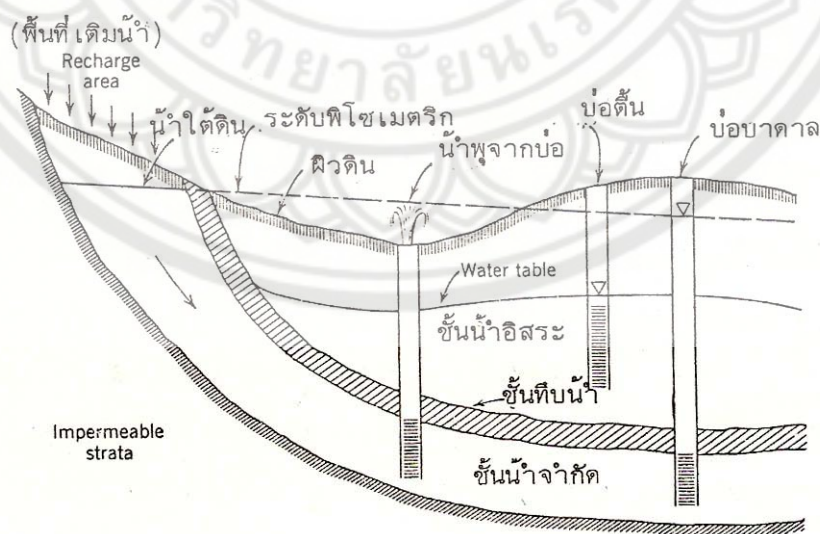
จะอยู่ส่วนบนสุดของผิวเปลือกโลก ชั้นที่ยังแบ่งออกเป็นสามชั้นย่อยๆด้วยกันคือ ชั้นผิวน้ำดิน ชั้นโปร่งอากาศ(Aeration) หรือชั้นน้ำโน้มถ่วง (Gravitational) และชั้นน้ำไหลย้อน (Capillary water) ชั้นแรกเป็นชั้นที่จะเกิดการระเหยมากที่สุด ชั้นนี้อาจเรียกว่าชั้นดินน้ำ (Soil water)

ถัดมาเป็นชั้นน้ำซึมตามแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนชั้นน้ำไหลย้อนเกิดจากแรงแคพิลลารีในช่องว่างของเม็ดดิน

### 2.7.3 ชั้นอิมน้ำ

ชั้นนี้อยู่ใต้ระดับผิวน้ำใต้ดิน เป็นชั้นที่มีน้ำแทรกอยู่ เต็มตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินเม็ดทรายและรอยแตกของหิน ในชั้นนี้อาจถูกจำกัดเป็นชั้นน้ำใต้ดินอิสระ(Unconfined aquifer) ซึ่งเป็นชั้นที่ระดับน้ำใต้ดินมีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ ซึ่งแตกต่างกับชั้นน้ำใต้ดินแบบจำกัด (Confined aquifer) ซึ่งระดับน้ำใต้ดินจะมีความดันมากกว่าความดันบรรยากาศชั้นน้ำใต้ดินแบบนี้มักจะอยู่ลึกๆ ดังนั้นอาจเรียกว่าเป็นชั้นน้ำบาดาล ดังรูปที่ 2-7

ในพื้นที่บางแห่งชั้นอิมน้ำอาจไม่ต่อเนื่องกันตลอด แต่มีเป็นหย่อมๆ ตามท้องถื่นนั้นๆ ดังนั้นจึงเรียกว่าชั้นน้ำใต้ดินชั่วคราว (Perched Water Table) ระดับของน้ำใต้ดินจะมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำตามแหล่งน้ำต่างๆ ระดับน้ำสูงขึ้นเมื่อห่างออกไปจากแหล่งน้ำ น้ำใต้ดินเองส่วนหนึ่งก็มาจากการที่ฝนบางส่วนจะไหลซึมผ่านผิวดินไปเรื่อยๆ ตามแรงโน้มถ่วงไปจนกระทั่งถึงชั้นที่กั้นน้ำไว้ก็จะสะสมจนมีระดับสูงขึ้น ในกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่าระดับน้ำในแหล่งน้ำเช่นลำน้ำ ลักษณะนี้ลำน้ำจะไหลเสริมเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดิน (Influent stream) หรือไหลซึมออกจากลำน้ำ แต่ถ้าระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงกว่า น้ำใต้ดินก็จะไหลเสริมในลำน้ำ (Effluent stream) จากกรณีนี้จะเห็นว่าลำน้ำที่กำเนิดจากบริเวณที่มีป่าไม้อุดมสมบูรณ์จะมีน้ำไหลตลอดปี ถึงแม้ว่าจะไม่มีฝนตกเลยในช่วงหน้าแล้ง ทั้งนี้ก็เพราะพื้นดินได้ดูดซึมน้ำไว้มากในฤดูฝน แล้วจึงค่อยปล่อยในตอนหลัง

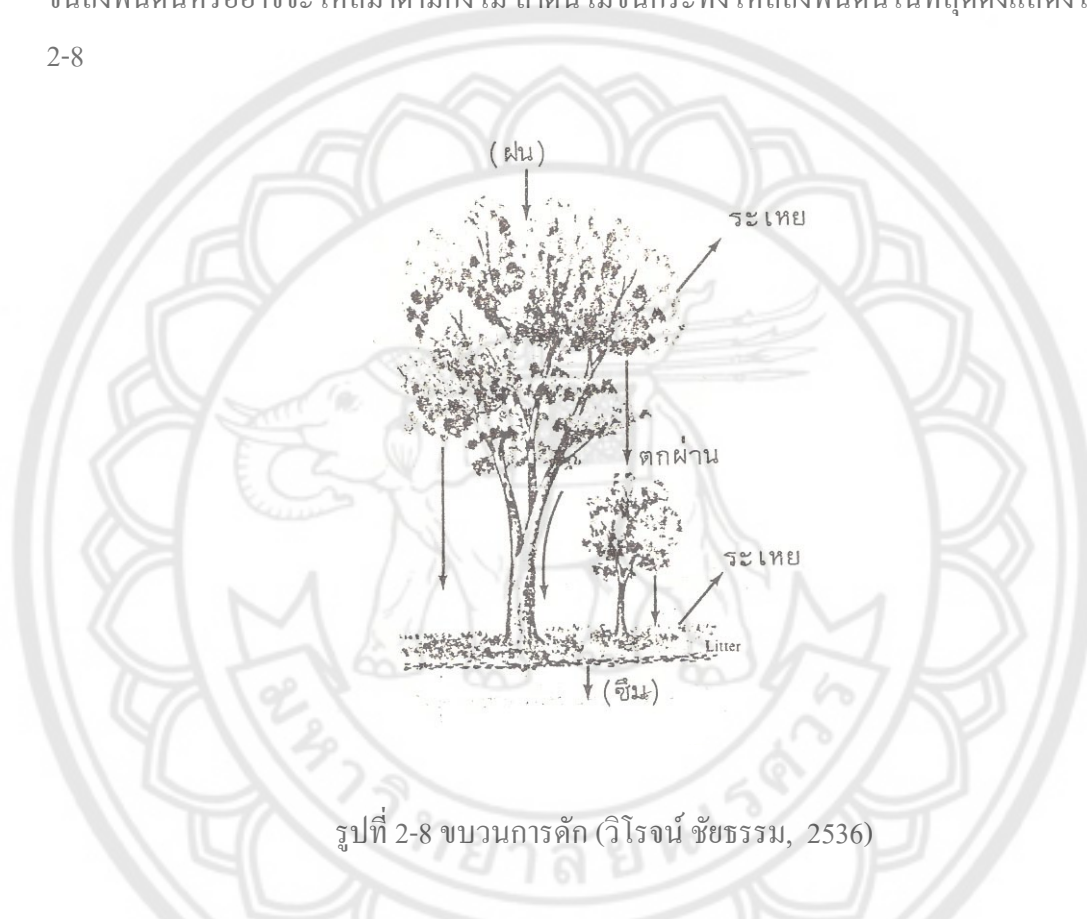


รูปที่ 2-7 การแบ่งชั้นน้ำใต้ดิน (วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)

## 2.8 การตัด (Interception)

การตัด เป็นองค์ประกอบหนึ่งของวงจรอุทกวิทยา โดยพิจารณาเริ่มตั้งแต่ฝนตกลงมาค้างอยู่ตามต้นไม้และสิ่งก่อสร้างต่างๆ ส่วนที่ค้างอยู่บนสิ่งต่างๆเหล่านี้คือ ปริมาณการตัด ซึ่งในที่สุดจะระเหยกลายเป็นไอกลับคืนสู่บรรยากาศ บางส่วนของฝนจะตกทะลุผ่านมาถึงยังพื้นดินแรงกระแทกของสายฝนที่ยังตกต่อเนื่อง และจากลมจะทำให้ส่วนที่ค้างอยู่ตามใบไม้หรือกิ่งไม้ร่วงหล่นมาเรื่อยๆ จนถึงพื้นดินหรืออาจจะไหลมาตามกิ่งไม้ ลำต้น ไม้จนกระทั่งไหลถึงพื้นดินในที่สุดดังแสดงในรูปที่

2-8



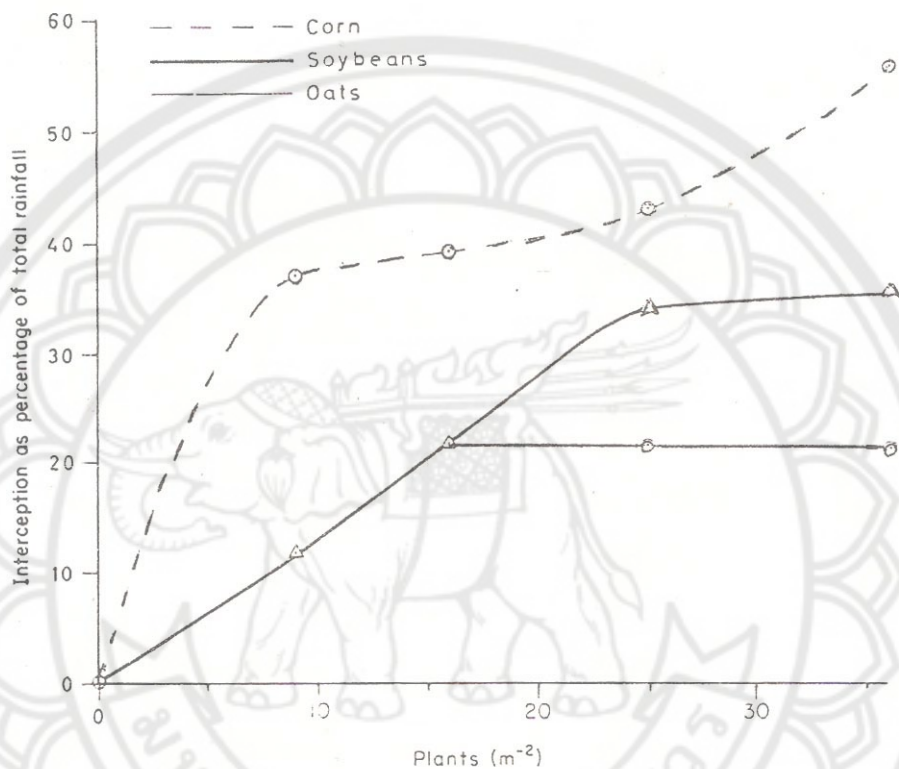
รูปที่ 2-8 ขบวนการตัด (วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อการตัด

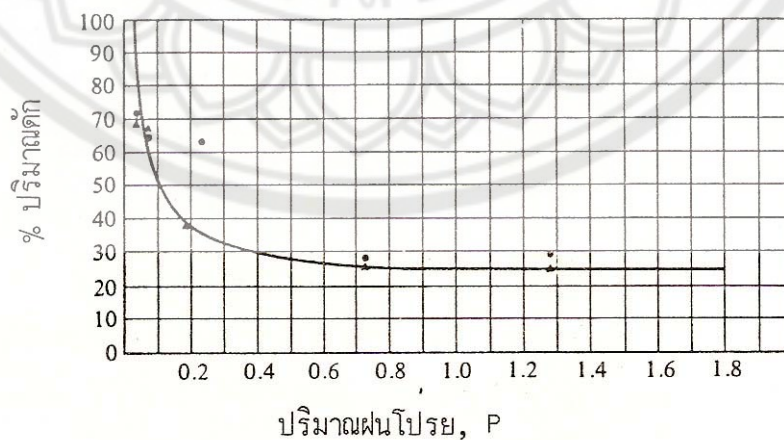
ชนิดของพืช พืชแต่ละชนิดจะมีลักษณะต่างกัน เช่นพืชยืนต้นกับพืชล้มลุก สำหรับพืชยืนต้นก็ยังคงต่างกันในเรื่องของลักษณะใบ ความหนาแน่นของใบ ใบเล็กใบใหญ่ การแตกกิ่งก้านสาขา ความสูงต่ำ เป็นต้น สำหรับพืชล้มลุกก็คล้ายๆกันแต่ความสูงจะน้อยกว่าพวกยืนต้นมาก ในพืชยืนต้นอายุของพืชก็มีผลต่อการตัด

ความหนาแน่นของพืช ในกรณีของพืชยืนต้น ถ้าขึ้นกันแน่นเช่นในป่าดิบปริมาณการตัดจะมีค่ามากกว่าป่าโปร่ง จากการวัดปริมาณการตัดในป่าดิบอาจสูงถึง 25% รูปที่ 2-9 แสดงถึงความหนาแน่นของพืชต่อการตัด

ลักษณะพายุฝน ถ้าเป็นฝนตกที่เบาๆ ความแรงของฝนไม่มากและไม่มิลมปริมาณการตกจะมีค่ามากที่สุด แต่ถ้ามีลมดันไม้จะสั้นไป ทำให้ น้ำที่ค้างอยู่บนกิ่งร่วงหล่น ในทำนองเดียวกันถ้าปริมาณฝนตกแรงขนาดของเม็ดฝนจะโตขึ้น ซึ่งทำให้พลังงานจากการกระทบมากพอที่ทำให้น้ำที่ค้างอยู่บางส่วนต้องร่วงหล่นไป ในกรณีของฝนถาดตกแรงมักจะมิลมด้วยเสมอ ดังรูปที่ 2-10 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการตกจะมีค่ามากเมื่อฝนตกในปริมาณน้อย(อัตราการตกมีน้อย) แต่เมื่อปริมาณฝนมีค่ามากขึ้น ปริมาณการตกจะลดลงถึงจุดหนึ่งจึงมีค่าคงที่



รูปที่ 2-9 เปอร์เซนต์การตกเทียบกับความหนาแน่นของพืช (วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)



รูปที่ 2-10 ปริมาณฝนโปรย (วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)



## 2.9 การซึม(Infiltration)

การซึม หมายถึงการที่น้ำไหลผ่านผิวดินลงไปยังชั้นดินข้างใต้ การไหลซึมมากทั้งนี้ เพราะว่างช่องว่างระหว่างเม็ดดินเล็กมากนั่นเอง การไหลซึมลงไปดินก็เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำจะซึมไปเรื่อยๆจนถึงชั้นน้ำใต้ดิน ดังรูปที่ 2-11 แสดงลักษณะ โครงสร้างของดินเมื่อน้ำซึม

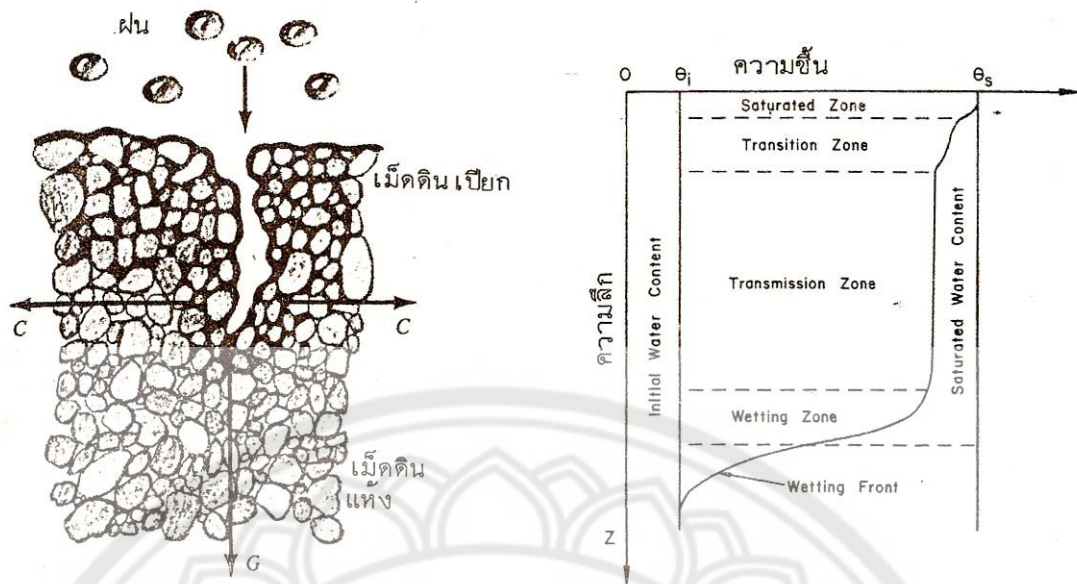
### 2.9.1 ขบวนการซึม

เมื่อน้ำเริ่มซึมผ่านผิวดินลงไป แรงแคปพิลลารีพยายามที่จะดึงน้ำที่ไหลตามแรงโน้มถ่วงให้เคลื่อนไปยังช่องว่างข้างๆ ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการไหลซึมผ่านลดลงดังรูปที่ 2-12 เมื่อพิจารณาความชื้นตามระดับของชั้นดินที่น้ำซึมผ่านจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. ชั้นดินอิ่มตัว จะเป็นดินชั้นบนสุดในกรณีการซึมที่เกิดจากน้ำนองแทบจะทันทีที่น้ำขังบนพื้นดินผิวนซึ่งหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตรจะอิ่มน้ำ(Saturation) ทันทีถ้าเป็นฝนตกจะอาศัยเวลาก่อนที่ดินชั้นบนจะอิ่มน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการตกของฝน
2. ชั้นเริ่มอิ่มน้ำ (Transition zone) ชั้นนี้เป็นชั้นที่ความชื้นเริ่มสะสมมากขึ้น ใกล้เคียงน้ำเนื่องจากได้รับน้ำจากชั้นอิ่มน้ำ
3. ชั้นส่งผ่าน (Transmission zone) ชั้นนี้เป็นชั้นที่ความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อย น้ำซึมผ่านมาถึงชั้นนี้จะไหลผ่านไปยังชั้นเริ่มเปียก
4. ชั้นเริ่มเปียก (Wetting zone) ชั้นนี้ความชื้นจะเพิ่มจากเดิมแต่ขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้นและลักษณะของเม็ดดิน(Texture) ในชั้นนี้จะเห็นความชื้นที่เคลื่อนตัวไปเรื่อยๆซึ่งเรียกว่าเส้นขอบเปียก (Wetting front)

### 2.9.2 ลักษณะการซึม

ขบวนการซึมของน้ำเกิดจากวิธีการให้น้ำสองวิธีด้วยกันคือ การซึมเกิดจากฝนตก (Rain Infiltration) และการซึมที่น้ำขังอยู่เหนือผิวดิน(Ponding Infiltration) ลักษณะการซึมในทั้งสองวิธีจะแตกต่างกัน ในตอนช่วงเวลาเริ่มต้น กล่าวคือการซึมแบบน้ำขัง ผิวดินซึ่งหนา 2-3 มิลลิเมตร จะอิ่มน้ำเกือบจะทันทีเมื่อน้ำขังหรือเมื่อน้ำไหลผ่าน(Overland flow) อัตราการซึมจะลดลงอย่างรวดเร็ว และมีค่าเข้าสู่การนำชลศาสตร์อิ่มน้ำ(Saturated hydraulic conductivity) แต่เนื่องจากแรงดึงความชื้นข้างใต้ยังมีค่ามากอัตราการซึมจึงยังไม่ลดลงสู่ค่าต่ำสุดในทันทีที่ผิวน้ำดินอิ่มน้ำ อัตราการซึมจะลดลงเร็วมากในช่วงเวลาต้นๆและค่อยๆลดลงเมื่อระยะการเคลื่อนตัวของน้ำไหลลึกกลงไปเรื่อยๆทราบเท่าที่มีน้ำขังอยู่บนผิวดิน



รูปที่ 2-11 โคออร์เดตแสดงแรงเคฟฟิลลารีที่มีผลต่อการซึม รูปที่ 2-12 ลักษณะการซึมของน้ำ  
(วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)

สำหรับการซึมเนื่องจากฝนจะแตกต่างจากแบบแรก โดยขึ้นอยู่กับอัตราฝนตกว่ามากน้อยแค่ไหน ถ้าอัตราฝนตกมีค่ามากที่สามารถจะทำให้ผิวดินอิ่มน้ำได้เกือบจะทันทีแล้ว กราฟการซึมก็จะเหมือนกรณีน้ำขัง แต่ถ้าอัตราฝนตกไม่มากพอ อัตราการซึมจะมีค่าคงที่โดยมีค่าเดียวกับอัตราฝนตกจนกว่าจะเกิดน้ำขังบนผิวดิน ซึ่งผิวดินจะอิ่มน้ำแล้วอัตราการตกของฝนจะมากกว่าอัตราการซึม อัตราการซึมจะลดลงเรื่อยๆ เช่นเดียวกับกรณีแรก

## 2.10 น้ำท่า (Streamflow)

อุทกวิทยาของน้ำที่ไหลผ่านบนผิวดินจะว่าด้วยการโยกย้าย เปลี่ยนที่ของน้ำที่อยู่บนผิวโลก คุณภาพและอัตราการไหลของน้ำผิวดินมีความสำคัญอย่างสูงต่อหลายๆด้าน เช่น ต่อการใช้ในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรม การควบคุมน้ำท่วม การทำนายปริมาณน้ำท่า (Streamflow forecasting) การออกแบบอ่างเก็บน้ำ การเดินเรือ การชลประทาน การระบายน้ำ การควบคุมคุณภาพน้ำ แหล่งพักผ่อนหย่อนใจ

น้ำท่า (Streamflow) ถูกกำหนดค่าขึ้นมาจากประวัติการไหลของกระแสน้ำในลำน้ำตามธรรมชาติพร้อมกับรูปตัดของการไหล โดยอาศัยเครื่องมือพิเศษหรืออาจจะใช้อาคารวัดน้ำเช่น ฝ่ายหรือรางวัดน้ำ ข้อมูลที่ได้มีความสำคัญต่อการศึกษาวงจรอุทกวิทยา และถือว่าเป็นตัวแปรอิสระสำหรับการศึกษาส่วนมาก เนื่องจากอุทกวิศวกรรมส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการประเมินอัตราการไหลหรือปริมาตรของการไหล หรือการเปลี่ยนแปลงของสิ่งเหล่านี้ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากการกระทำของมนุษย์จากวงจรอุทกวิทยาที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าน้ำท่าเกิดจากน้ำจากสามส่วนด้วยกันคือน้ำที่

ไหลตามผิวน้ำ จากการไหลเสริม (Interflow) และจากชั้นน้ำใต้ดิน น้ำจากการไหลตามผิวมาจากฝน ส่วนเกิน ที่ไม่สามารถซึมลงดินได้ซึ่งจะไหลไปตามผิวดินรวมตัวกันเป็นร่องน้ำเล็กๆ ซึ่งจะค่อยๆ ไหลขึ้นจนกลายเป็นลำน้ำ ลักษณะเช่นนี้จะเห็นได้ทางตอนต้นของลำน้ำ

น้ำจากการไหลเสริม คือส่วนที่ซึมลงดินในชั้นบนๆ และจะไหลออกรวมกับร่องน้ำเล็กๆบางส่วนอาจจะไหลออกไปรวมกับลำน้ำใหญ่โดยตรง น้ำจากชั้นน้ำใต้ดินเป็นส่วนที่น้ำซึมลงไปสะสมยังชั้นใต้ดินและไหลออกลำน้ำในที่สุด ในทางปฏิบัติการไหลในลำน้ำหรือน้ำท่าจะแยกเป็นการไหลโดยตรง (Direct runoff) และการไหลพื้นฐาน (Base flow) ดังนั้นการไหลโดยตรง หมายถึง การไหลตามผิวดินทั้งหมดรวมทั้งการไหลออกทันทีของน้ำที่ซึมลงไปดินระดับตื้นๆ (Prompt subsurface runoff) และรวมทั้งการไหลของชั้นน้ำใต้ดินจากชั้นน้ำใต้ดิน (Ground water runoff)

### 2.10.1 ระดับน้ำ

ระดับน้ำของลำน้ำคือระดับที่เปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงจุดหนึ่งซึ่งให้เท่ากับศูนย์ ซึ่งจะเป็นจุดต่ำสุดของลำน้ำ ณ ตำแหน่งที่มีการวัดพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ โดยจะมีการกำหนดให้เป็นสถานีวัดน้ำ สถานีวัดน้ำดังกล่าวควรจะอ้างอิงกับระดับน้ำทะเลปานกลาง เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหลายๆสถานี การใช้ระดับอ้างอิงเฉพาะแห่ง ทำให้สะดวกต่อการจดบันทึกข้อมูล และให้ความหมายถึงความลึกของน้ำท่าที่ไหลในขณะนั้นด้วย ปริมาณน้ำไหลได้จากการวัดโดยตรง แต่เป็นการยากที่วัดอัตราการไหลในลำน้ำทุกๆครั้งที่ต้องการหรือในกรณีที่ต้องการอัตราการไหลต่อเนื่อง ดังนั้นจึงมีการสร้างความสัมพันธ์ หรือเส้นโค้งระหว่างระดับและอัตราการไหล (Stage – discharge หรือ Rating curve) จากค่าระดับน้ำจะทราบถึงอัตราการไหลในการหาความสัมพันธ์ดังกล่าวจะต้องหาจุดที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นสถานีวัดน้ำด้วย เพราะความสัมพันธ์ที่ตำแหน่งจะเอาไปใช้อีกจุดหนึ่งไม่ได้

เกจวัดระดับน้ำ เกจที่ใช้วัดระดับน้ำแบ่งออกเป็นสองแบบด้วยกันคือ แบบที่ต้องใช้เจ้าหน้าที่ไปทำการวัด ซึ่งมีทั้งการวัดน้ำขณะนั้น วัดระดับน้ำสูงสุด คิดตั้งแบบแนวตั้งหรือแบบเอียง (แบบหลังนี้มักใช้ในคลองชลประทาน โดยติดกับข้างคลอง) และแบบอัตโนมัติ สำหรับแบบอัตโนมัติยังแบ่งย่อยออกเป็นหลายแบบลักษณะการบันทึกข้อมูลก็แตกต่างกัน บางแบบข้อมูลจะถูกแปลโดยเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น แบบต่างๆไปจะมีลักษณะเป็นเส้นกราฟซึ่งแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ

### 2.10.2 ระดับ - อัตราการไหล

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับกับอัตราการไหล (Stage – discharge) หรือที่เรียกว่า โคน์อัตราการไหล (Rating curve) คือเส้นที่แสดงถึงอัตราการไหลที่ระดับต่างๆ ของลำน้ำ ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ 3 แบบ คือ

1. แบบตารางข้อมูล โดยการเลือกข้อมูลปริมาณน้ำในปีที่แสดงการแปรผันจากรดับไปถึงสูงสุด ที่มีช่วงกว้างมากกว่าปีก่อนๆ วิธีนี้ให้ข้อมูลอัตราการไหลใกล้เคียงความจริงมากที่สุด เพราะจากระดับน้ำที่วัดมา จะนำมาเทียบกับข้อมูลว่าอยู่ในช่วงใด แล้วทำการเปลี่ยนแปลงโดยตั้งสมมุติฐานว่าความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง

2. กราฟความสัมพันธ์บนสเกลเส้นตรง เมื่อนำข้อมูลมาทำการเขียนกราฟบนกระดาษกราฟบนสเกล

ปกติทั่วไป จะได้กราฟเส้นโค้งซึ่งต้องมีการลากเส้นให้เหมาะสม (Fit curve) ดังนั้นค่าที่อ่านจากกราฟอาจแตกต่างจากข้อมูลบ้างเล็กน้อย แต่กราฟนี้ไม่สามารถนำไปใช้ในโปรแกรมได้ เพราะไม่มีการแสดงความสัมพันธ์ ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับว่ามีลักษณะอย่างไร และสามารถนำมาใช้เพื่อหาค่าอัตราการไหลที่ระดับน้ำต่างๆได้ เพียงแต่ต้องใช้เจ้าหน้าที่อ่านเท่านั้นเอง

3. สมการอัตราการไหล (Rating) เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการรวบรวมข้อมูลของหน่วยงานที่ทำหน้าที่นี้ เพราะทั้งประเทศมีข้อมูลระดับน้ำจำนวนมาก การหาค่าอัตราการไหลจึงใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บและแปลงค่าระดับน้ำให้เป็นอัตราการไหล

## 2.11 น้ำฝนและน้ำหลาก (Runoff)

น้ำหลาก(Runoff) เกิดขึ้นเมื่อปริมาณฝนหรืออัตราที่ฝนตกลงบนพื้นโลกมีมากกว่าความสามารถซึมของดินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ ซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติของดิน ความชื้นเริ่มต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงการตัดและการสะสมบนร่องผิว ซึ่งจะเกิดขึ้นก่อนที่จะมีน้ำหลาก

น้ำหลากจากพื้นที่รับน้ำถือว่าเป็นสิ่งหนึ่งที่ได้มาจากวงจรอุทกวิทยา ขึ้นอยู่กับตัวประกอบที่แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้สองกลุ่มด้วยกันคือ ตัวประกอบจากภูมิอากาศและจากภูมิศาสตร์กายภาพ

### 2.11.1. ตัวประกอบทางภูมิอากาศ

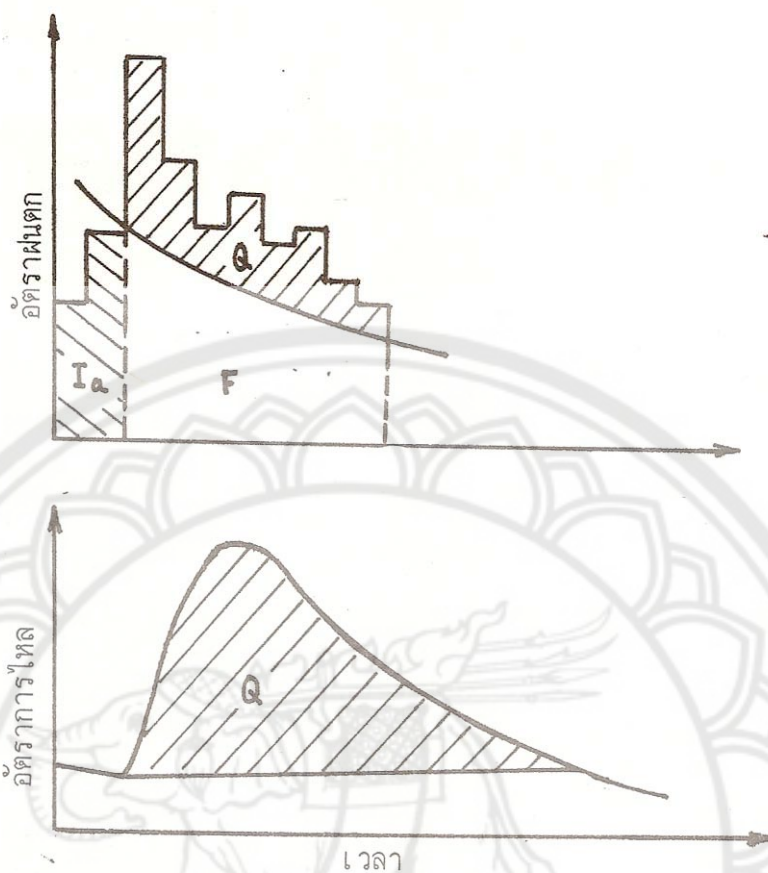
ได้แก่ธรรมชาติของฝนตกที่ตกและทิศทางที่เคลื่อนที่การคายระเหย และการตัดธรรมชาติของฝน ได้แก่ ลักษณะของฝนซึ่งจะมีอิทธิพลมาจากลักษณะของภูมิประเทศ อัตราการตกที่มีค่ามากกว่าอัตราการซึมเท่านั้นถึงจะทำให้เกิดน้ำหลาก ดังรูปที่ 2-13 แสดงถึงการไหลพื้นฐานในระหว่างฝนตก ซึ่งน้ำหลากสามารถแบ่งได้เป็น 4 กรณี Horton ได้อธิบายไว้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{กรณีที่ 1 } I_p < I_r \\ F > S_D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กรณีที่ 3 } I_p > I_r \\ F < S_D \end{aligned}$$

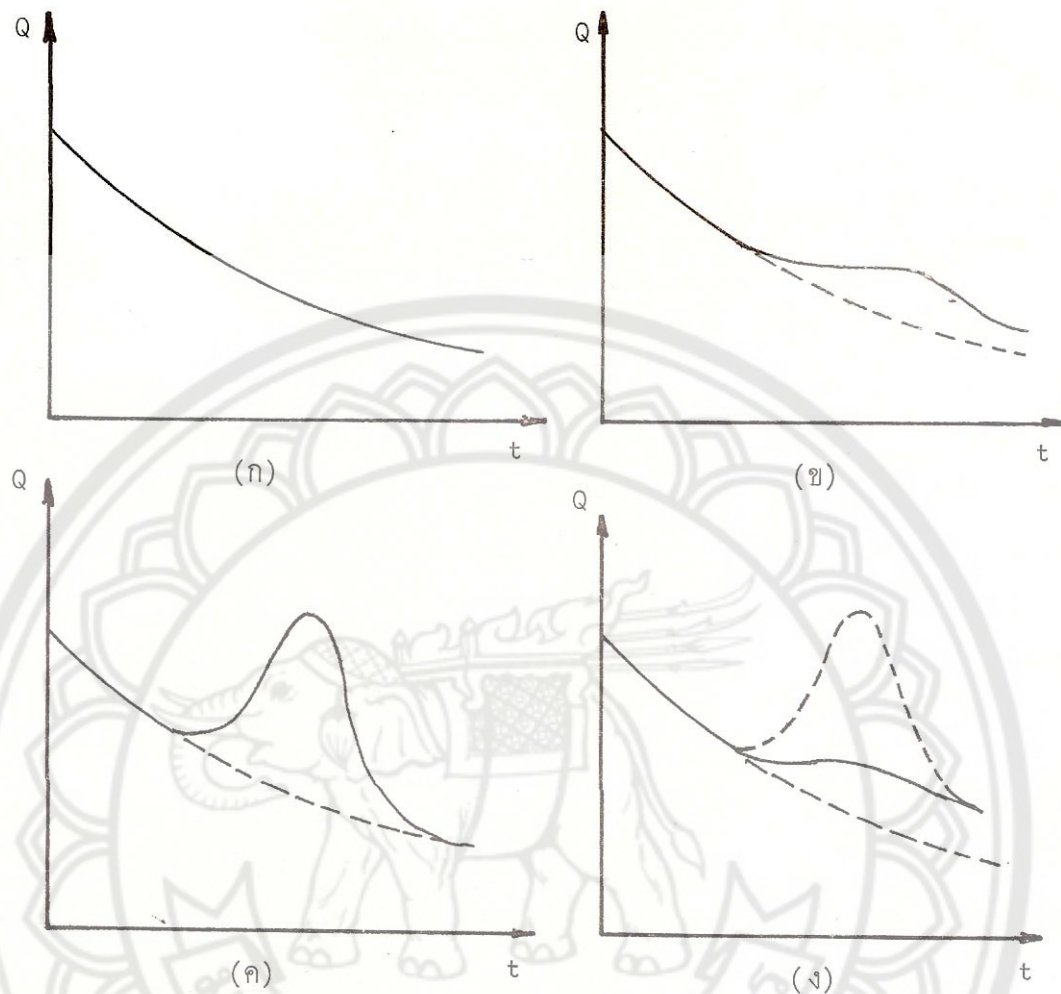
$$\begin{aligned} \text{กรณีที่ 2 } 2I_p < I_r \\ F < S_D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กรณีที่ 4 } I_p > I_r \\ F > S_D \end{aligned}$$



รูปที่ 2-13 ความสัมพันธ์ฝน - การซึม - น้ำหลาก (วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)

นอกจากนี้แล้วยังขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาของฝน การกระจายของฝนตามพื้นที่ การกระจายตามเวลา การคายระเหยและการดัก ทิศทางการเคลื่อนที่ของพายุฝนมีผลอย่างมากต่อพื้นที่รับน้ำที่มีรูปร่างยาว สำหรับพายุฝนเหมือนกันที่เคลื่อนที่ลงไปตามด้านล่างของพื้นที่จะทำให้ น้ำหลากสูงสุดมีค่ามากกว่าพายุฝนที่เคลื่อนที่ขยับขึ้นด้านบนของพื้นที่รับน้ำ



รูปที่ 2-14 ผลจากลักษณะของพายุฝน (วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)

รูปที่ 2-14 (ก) อัตราการตกของฝนน้อยกว่าความจุอัตราการซึมที่จะเป็นไปได้อาจดินขณะนั้น ปริมาณฝนไม่มากพอที่ความชื้นจะเพิ่มจนถึงความชื้นชลประทาน ดังนั้นจึงไม่มีการไหลเสริมจากน้ำใต้ดินแต่อย่างใด

รูปที่ 2-14 (ข) แสดงน้ำหลากที่เกิดจากการไหลเสริมและการไหลเพิ่มเติมจากน้ำใต้ดิน น้ำหลากโดยตรงไม่มีเนื่องจากอัตราการตกของฝนยังน้อยกว่าความจุอัตราการซึมของดินขณะนั้น

รูปที่ 2-14 (ค) แสดงน้ำหลากที่เกิดจากการไหลตามผิว เนื่องจากอัตราการตกของฝนมีค่ามากกว่า ความจุอัตราการซึมของดินขณะนั้น ในตัวอย่างนี้การไหลเสริมและน้ำใต้ดินเป็นศูนย์ ความชื้นเพิ่มขึ้นแต่ยังไม่ถึงความชื้นชลประทาน

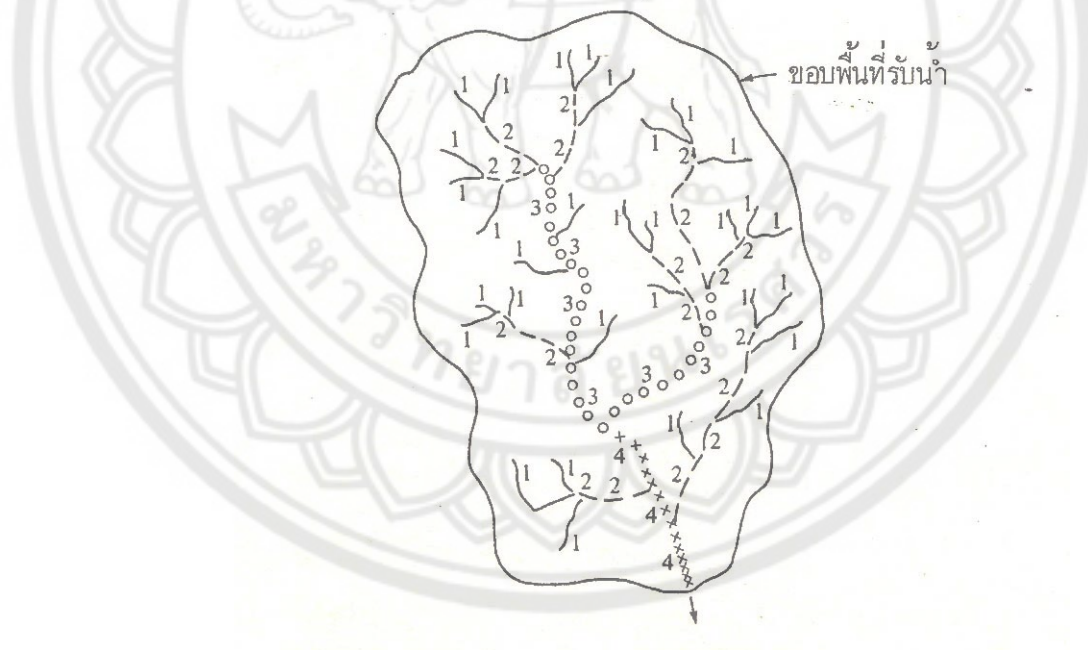
รูปที่ 2-14 (ง) การแสดงน้ำหลากที่เกิดจากการไหลตามผิว การไหลเสริมและน้ำหลากจากน้ำใต้ดิน ความชื้นเพิ่มขึ้นจนถึงความชื้นชลประทาน กรณีนี้เป็นลักษณะของพายุฝนขนาดหนัก

### 2.11.2 ลักษณะภูมิศาสตร์กายภาพ

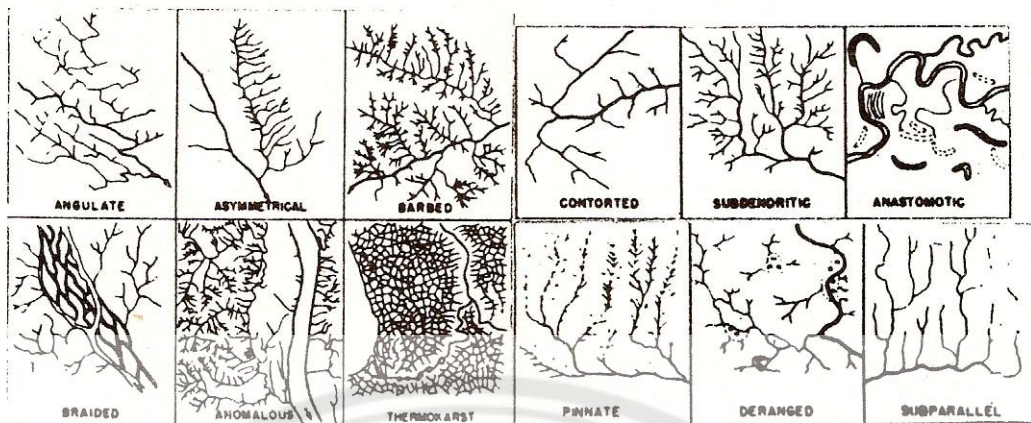
ลักษณะแรกทางด้านกายภาพของพื้นที่รับน้ำได้แก่ ขนาด รูปร่าง ระดับความสูง ความเอียง การวางตัว ชนิดของดิน ระบบของลำน้ำบนพื้นที่การเก็บกักน้ำบนผิวดินและพืชที่ปกคลุม

พื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่และขนาดเล็กไม่สามารถจะแบ่งแยกจากกันโดยดูจากขนาด แต่จะดูจากพฤติกรรมน้ำหลากเป็นสำคัญ พื้นที่รับน้ำขนาดเล็ก น้ำหลากจะรวดเร็วมากทั้งนี้เนื่องจากการไหลเหนือผิวดินมีผลที่สำคัญ น้ำหลากเปลี่ยนแปลงได้ไวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการตกของฝนซึ่งตรงข้ามกับพื้นที่ขนาดใหญ่ ที่น้ำหลากไม่รุนแรงเท่าพื้นที่ขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ขนาดใหญ่ถูกทำให้ขึ้นอยู่กับการไหลในลำน้ำ

สำหรับการไหลตามผิว สิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งก็คือระบบของลำน้ำ ลำน้ำที่เล็กที่สุดจะจัดว่าเป็นลำน้ำในลำดับที่ 1 ลำดับที่ 2 จะเริ่มต้นจากจุดที่ลำดับที่ 1 มาเจอกัน ในทำนองเดียวกัน ลำดับที่ 3 มาจากลำดับที่ 2 และ ลำดับที่ 4 มาจากลำดับที่ 3 ไปเรื่อยๆ ลำน้ำหลักที่รับน้ำจากทุกลำน้ำสาขาทางด้านเหนือของจุดที่สนใจจะเป็นลำน้ำที่มีลำดับสูงสุดในระบบ รูปที่ 2-15 แสดงลักษณะของระบบลำน้ำอื่นๆ



รูปที่ 2-15 ภาพสเก็ทลักษณะลำน้ำ (วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)



รูปที่ 2-16 รูปแบบของระบบลำน้ำ (วิโรจน์ ชัยธรรม, 2536)

## 2.12 คลื่นในทางน้ำธรรมชาติ

การใช้สมการคณิตศาสตร์อย่างง่ายอธิบายถึงพฤติกรรมของคลื่น มักถูกจำกัดอยู่กับทางน้ำสม่ำเสมอและมีรูปตัดค่อนข้างคงที่จริงๆ แล้วนักอุทกวิทยาหรือวิศวกรรมชลศาสตร์จะต้องพบกับทางน้ำที่ไม่สม่ำเสมอ หน้าตัดซับซ้อน ความลาดไม่คงที่ และค่าความขรุขระที่เปลี่ยนแปลงไปเรื่อยตามความยาวลำน้ำ คลื่นในทางน้ำเกิดจากการไหลด้านข้าง (Lateral Inflow) ที่ไม่สม่ำเสมอตามความยาวลำน้ำทั้งระบบลำน้ำ ดังนั้นคลื่นทางน้ำธรรมชาติจึงซับซ้อนกว่าที่ตั้งสมมติฐานขึ้นมา อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ก็มีประโยชน์ในการศึกษาเรื่องคลื่นในทางน้ำ และคลื่นจากการปล่อยน้ำจากเขื่อน

คลื่นในทางธรรมชาติโดยทั่วไปมีลักษณะอยู่ระหว่างการย้ายที่แท้ๆ (pure translation) กับการท่วมขัง (pondage) ซึ่งเกิดขึ้นในอ่างเก็บน้ำกว้างหรือทะเลสาบ คลื่นที่เกิดขึ้นจากลักษณะแรก รูปร่างจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โมเมนตัมเป็นตัวสำคัญ ช่วงเวลาของฐานคลื่นจะค่อนข้างสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับทั้งระบบ แต่ถ้าเกิดในอ่างเก็บน้ำ รูปร่างจะเปลี่ยนไปมากเนื่องจากอัตราการไหลขึ้นอยู่กับปริมาตรเก็บกักของอ่าง

## 2.13 การเคลื่อนตัวของน้ำท่วม (Flood Routing)

คำจำกัดความของ flood routing ก็คือ วิธีการคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับคำนวณ output หรือ outflow hydrograph ทางด้านท้ายน้ำ เมื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะทางกายภาพของ storage และ input หรือ inflow hydrograph วิธีการ flood routing สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธีด้วยกันคือ reservoir routing และ streamflow (หรือ channel) routing สำหรับ reservoir routing นั้นเป็นวิธีการที่ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของปริมาตรการเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ ต่อรูปร่างของกราฟน้ำท่าที่ไหลเข้ามาสู่อ่าง และการไหลออกจากอ่างเก็บน้ำในเวลาต่อมา ส่วน streamflow routing นั้นเป็น



เทคนิคที่ใช้ในการศึกษาผลการเปลี่ยนรูปร่างกราฟน้ำท่าของ flood wave เมื่อเคลื่อนตัวไปด้านท้ายน้ำ

## 2.14 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ( GIS )

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ( Geographic Information System:GIS ) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ หรือใช้ในการนำเข้า จัดเก็บ จัดเตรียม คัดแปลง แก้ไข จัดการ และ วิเคราะห์ พร้อมทั้งแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ ตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้น GIS จึง เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์เพื่อใช้ในการจัดการ และบริหารการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมและสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้านพื้นที่ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลปฐมภูมิ

( primary data ) หรือข้อมูลทุติยภูมิ ( secondary data ) เพื่อให้เป็นข่าวสารที่มีคุณค่า

ข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ควรเป็นข้อมูลเฉพาะเรื่อง และเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ตอบคำถาม ต่างๆ ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ เป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องและเชื่อถือได้และเป็นปัจจุบันมากที่สุด หนึ่ง ข้อมูลสารสนเทศสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือข้อมูลที่มีลักษณะเชิงพื้นที่ ( Raster Data ) และข้อมูลอธิบายพื้นที่ ( non-spatial data or attribute data )

ข้อมูลเชิงพื้นที่ เป็นข้อมูลที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ( geo-referenced data ) และ ข้อมูลแสดงเป็นตารางกริด ( raster data ) ข้อมูลที่มีทิศทาง ประกอบด้วยลักษณะ 3 อย่างคือ

- ข้อมูลจุด ( point ) เช่น ที่ตั้งหมู่บ้าน โรงเรียน เป็นต้น
- ข้อมูลเชิงเส้น ( arc or line ) เช่น ถนน แม่น้ำ ท่อประปา เป็นต้น
- ข้อมูลพื้นที่หรือเส้นรอบรูป ( polygon ) เช่น พื้นที่ป่าไม้ ตัวเมือง เป็นต้น

ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นกริด ( raster data ) จะเป็นลักษณะตารางสี่เหลี่ยมเล็กๆเท่ากันและ ต่อเนื่องกัน ซึ่งสามารถอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ ขนาดของตารางกริด ความละเอียดในการเก็บ ข้อมูล จะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับการจัดจำนวนแถว จำนวนคอลัมน์ ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้โดยตาราง กริด เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat หรือ ข้อมูลระดับค่าความสูง ( digital elevation model : DEM ) เป็นต้น

## 2.15 โปรแกรม Arc View

Arc View เป็นโปรแกรม GIS โปรแกรมหนึ่ง ที่ได้รับการพัฒนามาจาก บริษัท Environmental Systems Research Institute Inc. ( ESRI ) เพื่อใช้งานในการนำเสนอข้อมูล ( presentation ) และเรียกค้นข้อมูล ( query ) จากโปรแกรม Arc/Info หรือโปรแกรมอื่น ที่สามารถใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพเนื่องจากทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows System ( windows xp or windows 98 ) ซึ่งเมนู ต่างๆแสดงบนหน้าจอ และสามารถเปิดได้หลายๆหน้าต่าง ( window ) ในระหว่างการทำงาน

โปรแกรม Arc view โปรแกรมแรกคือ Arc View 1.0 สามารถใช้งานได้เฉพาะการนำเสนอ งานรูปแบบแผนที่เท่านั้น แต่โปรแกรมได้มีการพัฒนาเรื่อยมา จนถึง version 3.2 ที่มีประสิทธิภาพ มากยิ่งขึ้นใกล้เคียงกับโปรแกรม PC Arc/Info กล่าวคือนอกจากจะใช้งานในการนำเสนอข้อมูล และ เรียกค้นข้อมูลตามเงื่อนไขต่างๆ และใช้ในการผลิตแผนที่ได้เป็นอย่างดีแล้ว ยังสามารถสร้างและ แก้ไขข้อมูล ทั้งที่เป็นข้อมูลพื้นที่ ( special data ) และตารางฐานข้อมูล ( database ) ได้ด้วย และยัง สามารถรับข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบต่างๆ เช่น Autocad (.dwg), Image ( tiff,bmp,etc.) และยัง สามารถใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ( special analysis ) ได้ด้วย โดยการเขียนชุดคำสั่ง ( scripts ) หรือใช้โปรแกรมประยุกต์ (ชุดคำสั่งสำเร็จรูป) ที่ได้จัดเขียนไว้โดยผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรม Arc View ประกอบไปด้วยหน้าต่างที่สำคัญ 5 หน้าต่าง คือ Project Window , View Window , Table Window , Chart Window , Layout Window

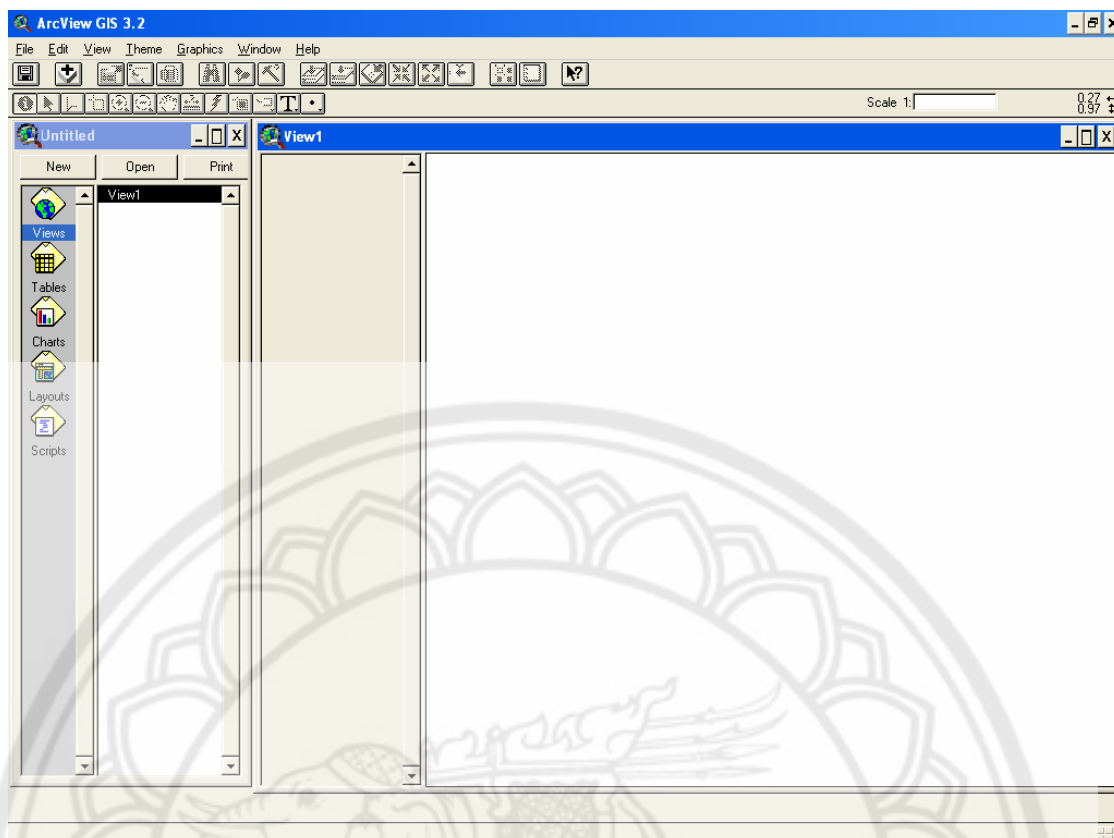
Project Window คือเพิ่มข้อมูลที่ Arc View สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจัดระบบในการทำงาน ทั้งหมดใน Project หนึ่งซึ่งจะรวมองค์ประกอบทั้งหมดให้อยู่ในแฟ้มเดียวกัน แต่ Project file ที่มีนามสกุลเป็น .apr ซึ่งเพิ่มข้อมูลดังกล่าวจะไม่มีข้อมูลพื้นที่และตารางฐาน แต่จะใช้ในการเรียก ค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ใน Project หนึ่งๆจะประกอบด้วยหน้าต่างย่อย หรือ องค์ประกอบหลัก 4 หน้าต่าง คือ View, Table, Charts, Layouts แต่ Arc View จะทำงานครั้งละ 1 Project เท่านั้นหาก ต้องการดูรายละเอียดใน Project อื่น ต้องปิด Project ที่กำลังทำงานอยู่ก่อน

View Window เป็นองค์ประกอบหนึ่งของ Project ที่ใช้ในการนำเสนอ ( display ) ข้อมูล แผนที่ หรือ เรียกว่า theme การเรียกค้น ( query ) การย่อ-ขยาย พื้นที่ที่น่าสนใจ ( explore ) และการ วิเคราะห์ต่างๆแต่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงข้อมูลเดิม นอกจากจะมีการบันทึกเพิ่มเติม

Table Window เป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งของ Project ที่ใช้ในการแสดงฐานข้อมูลของแผนที่ หรือฐานข้อมูลอื่นๆที่จะเก็บโดยใช้ dBase และ Arc View สามารถรับข้อมูลจากแหล่งอื่นๆที่ บันทึกไว้ได้

Chart Window เป็นการนำเสนอข้อมูลในตารางฐานข้อมูลทั้งที่เป็นตารางที่ติดมากับข้อมูล พื้นที่ หรือตารางฐานข้อมูลอื่น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้งนี้ข้อมูลที่นำมาเสนออาจให้ ความกระจ่างมากกว่าข้อมูลที่เสนอในรูปแบบตาราง

Layout Window คือแผนที่ที่ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆเช่น ชั้นข้อมูล ( Themes ) แผนภูมิ ( Chart ) หรือสัญลักษณ์ต่างๆ ทั้งที่ทำโดย Arc View หรือนำเข้าจากแหล่งข้อมูลอื่น



รูปที่ 2-17 ตัวอย่างรูปแสดง Window ในโปรแกรม Arc view