หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ลักษณะของระบบซึมในดิน (soil absorption system)

ในขบวนการกำจัดน้ำโสโครกโดยใช้บ่อเกรอะบ่อซึม น้ำที่ผ่านจากบ่อเกรอะไม่ใช่น้ำที่สะอาด ประมาณร้อยละ 60 ถึง 70 ของตะกอนแขวนลอย (suspended solids) เท่านั้นที่ถูกตกตะกอนออกไป แต่ส่วนที่ละลายน้ำ (dissolved solids) ยังคงอยู่ในน้ำปะปนอยู่กับส่วนที่เหลือจากการเน่าเปื่อย (decomposition) ของกากตะกอน (3)น้ำที่ออกจากบ่อเกรอะมีลักษณะค่อนข้างใส มีสีน้อยมาก และมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีบักเตรี (bacteria) อยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก และไม่มีปฏิกิริยาใด ๆ ในบ่อเกรอะที่ทำให้แน่ใจว่าบักเตรีชนิดที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) ถูกกำจัดหมดไป ดังนั้นถ้าปล่อยน้ำที่ระบายออกจากบ่อเกรอะลงคูคลอง หรือลำน้ำธรรมชาติจะเป็นเหตุร้ำคาญและเป็นเหตุของการแพร่เชื้อโรคได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีกำจัดที่เหมาะสม วิธีการหนึ่งที่ใช้กันมานานและเป็นวิธีการที่ประหยัดไม่ต้องพึ่งพาเครื่องมือหรือเทคโนโลยีสมัยใหม่ คือการปล่อยให้น้ำที่ลันจากบ่อเกรอะซึมลงในดิน ดินจะทำหน้าที่กรองปฏิกูล และบักเตรีในดินจะใช้ออกซิเจนจากรูพรุนของดินย่อยสลายสิ่งโสโครกที่ละลายน้ำอยู่จนหมด ระบบนี้มีชื่อว่าระบบซึมในดิน (soil absorption system) ซึ่งมีใช้กันอยู่หลายประเภท ดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

2.1.1 ระบบร่องซึมและพื้นซึม (Trench and Bed System)

ระบบร่องซึมและพื้นซึมเป็นระบบระบายน้ำโสโครกโดยวิธีการซึมผ่านดินของน้ำที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป ลักษณะของร่องซึมประกอบด้วยเส้นท่อเป็นท่อน ๆ แต่ละท่อนยาวประมาณ 1 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อประมาณ 10 ซม. (4 นิ้ว) วางต่อกันโดยเว้นระยะรอยต่อไว้เล็กน้อยเพื่อระบายน้ำ หรืออาจสวมติดกันโดยใช้ท่อเจาะรูไว้รอบๆ ท่อมักทำด้วยดินเผาหรือวัสดุที่ไม่ใช่โลหะเพื่อป้องกันการกัดกร่อน ระบบร่องซึมนี้วางอยู่ในระดับไม่ลึกจากผิวดินเดิมมากนักโดยทั่ว ๆ ไป ความลึกของเส้นท่อประมาณ 0.30 - 1.50 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้พ้นจากระดับน้ำในดิน ส่วนความกว้างของแนวร่องดินที่ขุดรอบเส้นท่อประมาณ 0.30 - 1.50 เมตร ที่ส่วนล่าง

ของร่องซึมต้องใส่กรวดหรือหินย่อยที่ล้างสะอาดแล้วหนาประมาณ 15 ซม. เพื่อรองรับเส้นท่อ ก่อนจะทำการกลบฝังเส้นท่อทั้งด้านข้างและหลังเส้นท่อ ต้องใส่กรวดหรือหินที่สะอาดให้รอบเส้นท่อเพื่อช่วยให้การกระจายน้ำเป็นไปได้ดี และเป็นการป้องกันดินที่กลบท่อไหลมาอุดตันรูระบายรอบ ๆ ท่อ สำหรับระบบร่องซึมเราถือว่าพื้นที่ซึมน้ำเกิดขึ้นทั้งด้านล่างและด้านข้างของท่อ (Bottoms and sidewalls of the trenchs)

สำหรับระบบพื้นซึมนั้นแตกต่างจากระบบร่องซึม คือ พื้นซึมมีความกว้างมากกว่า 1 เมตร และระบบประกอบด้วยเส้นท่อมากกว่า 1 แนวเส้นท่อ ดังนั้นจึงถือว่าพื้นที่ซึมน้ำของพื้นซึม เกิดขึ้นทางด้านล่างเป็นหลัก การระบายน้ำโสโครกในดิน โดยระบบพื้นซึมนี้ได้มีการศึกษาค้นคว้าโดยสำนักงานควบคุมอาคาร (Federal Housing Administration) ของสหรัฐ ฯ (3) สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ทางหลักเกณฑ์ระหว่างการทดลอบความซึมของดินกับพื้นที่ที่ต้องการสำหรับการซึมของร่องซึม สามารถประยุกต์ใช้ได้กับพื้นซึมเช่นเดียวกัน (2,3) ลักษณะทั่วไปของระบบร่องซึม และระบบพื้นซึม แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 และ 2.2

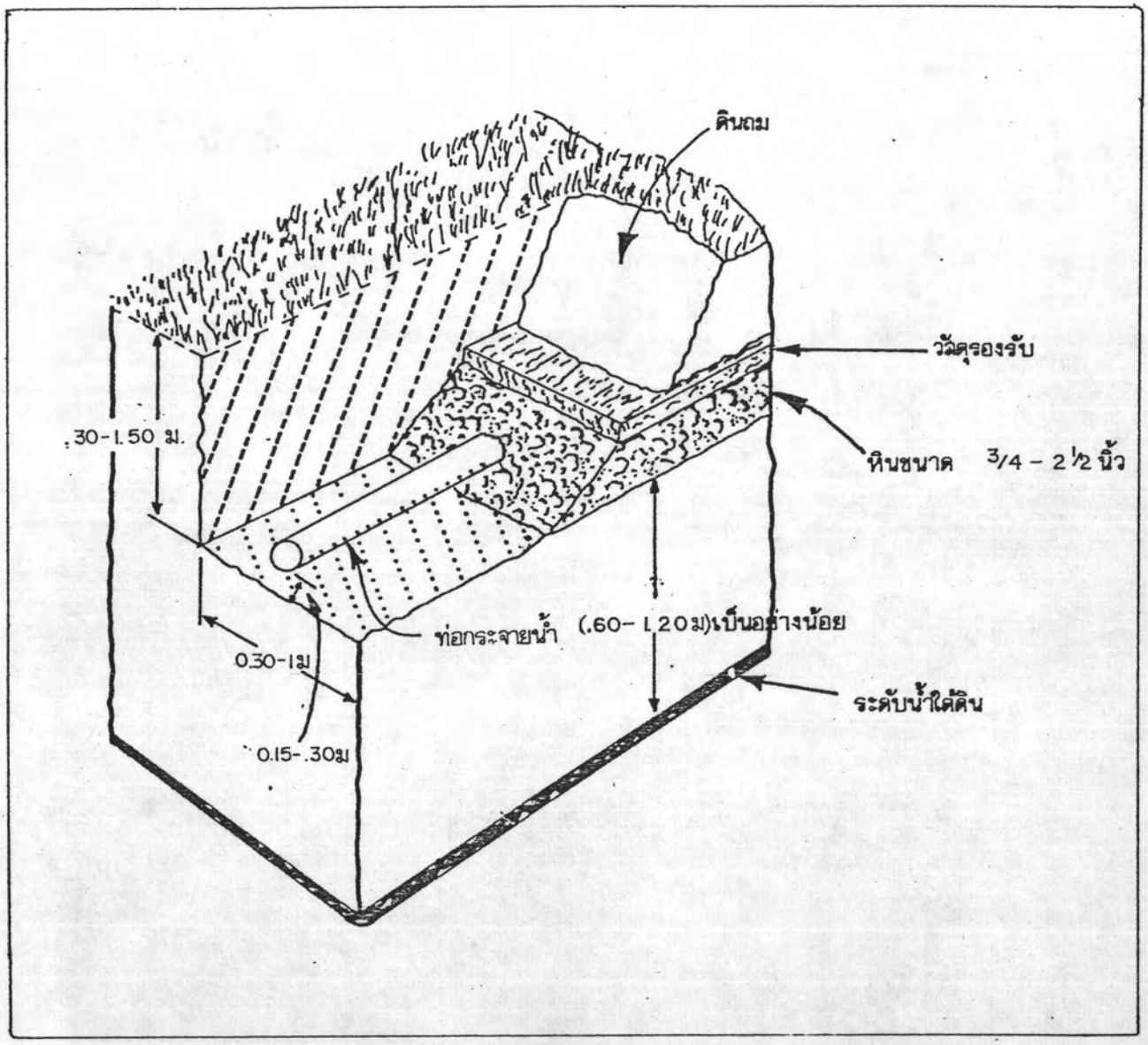
US.EPA (2) และ Winneberger (3) ได้ให้ข้อแนะนำหลายประการเกี่ยวกับระบบร่องซึมและพื้นซึม ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

ก) ข้อแนะนำในการพิจารณาพื้นที่ที่จะใช้ร่องซึมและพื้นซึม

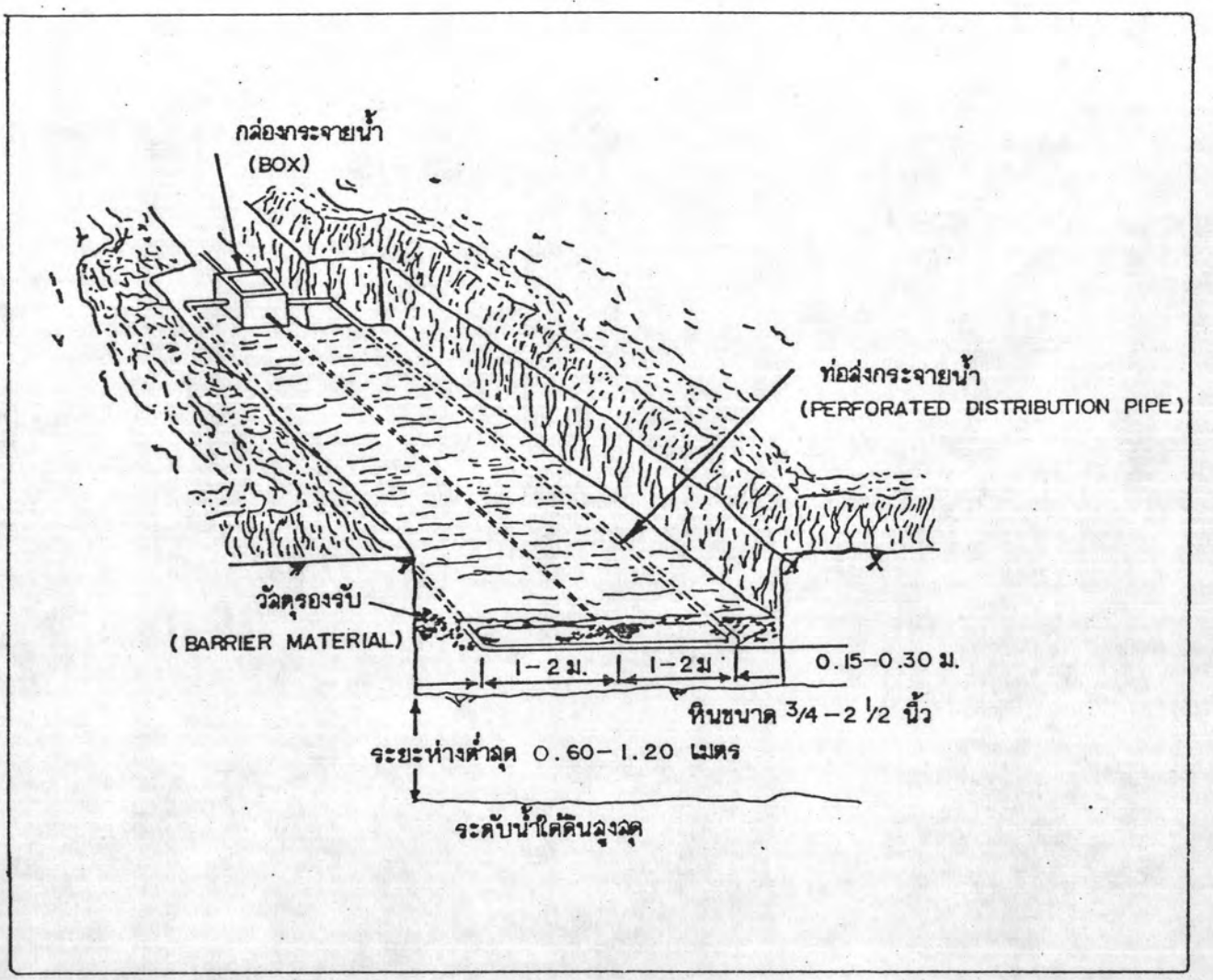
การพิจารณากำหนดความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะใช้ร่องซึมหรือพื้นซึม อาศัยหลักเกณฑ์การพิจารณาปัจจัยที่สำคัญคือความสามารถของพื้นที่หรือพื้นดินในการซึมน้ำในช่วงระยะเวลาหลาย ๆ ปีสำหรับการใช้ระบบ ดังนั้นการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับดินเป็นต้นว่า เนื้อดิน (soil texture) โครงสร้างดิน (soil structure) สีดิน (soil colour) และความลาดชันของพื้นที่ รวมทั้งระดับน้ำใต้ผิวดิน มีความสำคัญสำหรับการกำหนดความเหมาะสมของพื้นที่ข้อกำหนดโดยทั่ว ๆ ไปของพื้นที่ได้รวบรวมแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ข) การกำหนดขนาดของพื้นที่ที่ต้องการสำหรับเป็นพื้นที่ซึม

การออกแบบระบบซึมดิน เริ่มตั้งแต่พื้นที่ซึมน้ำ ซึ่งน้ำโสโครกไหลลงสู่พื้นดิน เมื่อการทำงานของระบบดำเนินไปเรื่อย ๆ การอุดตัน (clog) ของดินจะเกิดขึ้น ทำให้ความสามารถของดินในการซึมน้ำลดลงอันจะเป็นสาเหตุให้ระบบล้มเหลวได้ ซึ่งจะอธิบายในตอนต่อไป เมื่อเป็นดังนี้ในการออกแบบจึงจำเป็นต้องกำหนดขนาดพื้นที่โดยอาศัยการคาดคะเนของ hydraulic conductivity of the clogging mat และปริมาณน้ำโสโครกที่ปล่อยเข้าสู่ระบบในแต่ละวัน



รูปที่ 2.1 ลักษณะของระบบร่องซึม (2)



รูปที่ 2.2 ลักษณะของพื้นซึม (2)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์การพิจารณาสถานที่ที่จะใช้ร่องซึมและพื้นซึม (2)

หัวข้อพิจารณา	ข้อกำหนด
1) พื้นที่ภูมิประเทศ(ก)	ควรเป็นพื้นที่ราบมีการระบายน้ำดี พื้นที่ที่เป็นเนินมีความเหมาะสมกว่าพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแอ่ง
2) ความลาดชัน(ข)	สำหรับระบบร่องซึม ความลาดชันที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 0-25 % ส่วนพื้นที่ใดที่มีความลาดชันมากกว่า 25% ยังพออนุโลมให้ใช้ได้ แต่จะมีข้อจำกัดในการทำงานของเครื่องจักรในการก่อสร้าง สำหรับระบบพื้นซึม ขีดจำกัดของความลาดชันควรเป็น 0-5 %
3) ระยะห่างของระบบซึมกับสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ	
- บ่อน้ำ	15 - 30 เมตร
- หนองน้ำ,น้ำพุ	15 - 30 เมตร
- เขตบ้านเรือน	2 - 4 เมตร
- ฐานรากของอาคาร	3 - 6 เมตร
4) เนื้อดิน	ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย (sandy) หรือดินร่วน (loamy) มีความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนดินที่มีกรวด (gravel) หรือหินมนเล็ก (cobble) ผสมอยู่มาก ซึ่งทำให้มีช่องว่าง (pore) มาก และดินเหนียว (clay) ซึ่งมีความซึมช้าไม่เหมาะสมที่จะใช้ระบบซึมทั้งสองนี้
5) โครงสร้างดิน	โครงสร้างของดินที่มีลักษณะ granular, blocky หรือ prismatic มีความเหมาะสมมากกว่าดินที่มีโครงสร้างแบบ platy หรือดินที่ unstructured

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หัวข้อพิจารณา	ข้อกำหนด
6) สีดิน	พื้นที่ใดที่ดินมีสีอ่อน ๆ สม่ำเสมอ (bright uniform color) แสดงว่าเป็นดินที่มีการระบายน้ำดี การถ่ายเทอากาศดี เหมาะสมที่จะใช้ระบบซึมนี้ ส่วนดินที่มีสีเข้ม เช่น น้ำตาลเข้มหรือเทาเข้ม หรือมีจุดประ (mottles) แสดงว่าดินนั้นอิ่มน้ำ ระดับน้ำใต้ผิวดินอยู่สูงตลอดปีหรือเกือบตลอดปี ไม่สมควรใช้ระบบซึมดังกล่าวนี้
7) ชั้นของดิน	ชั้นของดินถ้ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งเนื้อดินหรือโครงสร้างดิน ต้องทำการตรวจสอบให้แน่ใจว่า ไม่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ
8) ความลึกของชั้นที่ไม่อิ่มตัว	ส่วนล่างสุดของระบบกับระดับน้ำใต้ดินสูงสุด ควรมีระยะห่างอย่างน้อย 0.60 - 1.20 เมตร
9) อัตราการซึม	ดินควรมีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 1 - 60 นาที/นิ้ว (ค) และต้องระมัดระวังในการก่อสร้าง สำหรับดินที่มีความซึมช้า

(ก) ตำแหน่งของพื้นที่และความลาดชัน เป็นอุปสรรคอย่างมากสำหรับพื้นซึม เนื่องจากความลึกในการขุดปรับดิน

(ข) ระยะที่ให้ไว้เป็นเพียงข้อแนะนำทั่วไป ในการปฏิบัติจริงต้องพิจารณาแต่ละสถานที่ให้ละเอียดทั้งสภาพภูมิประเทศ ความซึมของดิน น้ำใต้ดิน และลักษณะทางธรณีวิทยาด้วย

(ค) ดินที่มีความซึมเร็วกว่า 1 นาที/นิ้ว ก็สามารถใช้ระบบทั้งสองนี้ได้ แต่ต้องมีการขุดดินเดิมออก แล้วใช้ดินร่วนทราย หรือทรายถมให้หนาอย่างน้อย 60 ซม.

การวัดอัตราการซึมของน้ำโสโครกที่ผ่าน clogging mat ทำได้ยาก แต่อาศัยจากประสบการณ์ที่ใช้กันมานาน พอจะอนุมานค่าที่ใช้ในการออกแบบได้จากเนื้อดิน (.2.)

ตารางที่ 2.2 แสดงแนวทางสำหรับใช้ในการออกแบบไว้โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของเนื้อดิน และอัตราการซึมของดิน

ตารางที่ 2.2 อัตราน้ำโสโครกที่ใช้ในการออกแบบ สำหรับระบบร่องซึมและพื้นซึม(ก)

เนื้อดิน	อัตราการซึม		อัตราน้ำโสโครกใช้ในการออกแบบ(ข) gpd/m^2
	นาที/นิ้ว	นาที/ซม.	
กรวด, ทรายหยาบ	< 1	< 0.4	ไม่เหมาะสม(ค).
ทรายหยาบ ปนทรายกลาง	1 - 5	0.4- 2	13.33
ทรายละเอียด,ดินร่วนปนทราย	6 - 15	3 - 6	8.89
ดินทรายปนดินร่วน, ดินร่วน	16 - 30	7 - 12	6.67
ดินร่วนปนทรายแป้ง	31 - 60	13 - 24	5
ดินเหนียวปนทรายแป้ง, ดินร่วนเหนียว	61 - 120	25 - 50	2.22(ง)

(ก) สามารถใช้คำนวณออกแบบสำหรับการซึมทางด้านข้าง (sidewall infiltration rates) ด้วย

(ข) อัตรานี้คิดจากน้ำโสโครกที่ออกจากบ่อเกรอะ ที่ใช้ตามที่อยู่อาศัย ถ้าเป็นน้ำทิ้งจากแหล่งอื่นต้องเพิ่มค่าความปลอดภัยด้วย

(ค) ดินที่มีอัตราการซึมเร็วกว่า0.4 นาที/ซม. (1 นาที/นิ้ว) สามารถใช้ระบบนี้ได้เช่นกัน แต่ต้องมีการรองพื้นด้วยทรายหรือดินร่วนทราย ให้มีความหนาอย่างน้อย 60 ซม.

(ง) ดินชนิดนี้ จะมีปัญหาเป็นอย่างมากในระหว่างการก่อสร้าง

นอกจากนี้ US.EPA (2) ได้ให้ข้อแนะนำในการพิจารณาความเหมาะของการใช้ร่องซึมและพื้นซึม โดยคำนึงถึงอัตราการซึมไว้ดังนี้

1) ดินที่มีอัตราการซึมเร็วกว่า 0.4 นาที/ซม. (1 นาที/นิ้ว) ไม่ส่มควรใช้ระบบซึมแบบร่องซึมหรือพื้นซึม ทั้งนี้เพราะว่าดินที่ซึมน้ำเร็วเกินไป เช่นดินทราย จะทำให้กำจัดน้ำโส่โครกไม่เกิดประสิทธิผลเนื่องจากช่วงเวลาในการบำบัดน้อย สิ่งส่กปรกและบักเตรีต่าง ๆ ยังคงหลงเหลืออยู่ และจะไหลลงไปในดินทำให้เกิดการปนเปื้อน (contamination) ต่อคุณภาพของน้ำใต้ดิน

2) ดินที่มีอัตราการซึมช้ากว่า 25 นาที/ซม. (60 นาที/นิ้ว) ก็ไม่ส่มควรก่อส่ร้างระบบซึมแบบร่องซึมหรือพื้นซึม เนื่องจากดินประเภทนี้เกิดการบดอัดแน่นได้ง่ายในระหว่างก่อส่ร้าง ทำให้อัตราการซึมของดินลดลงถึงครึ่งหนึ่งของอัตราการซึมที่คาดไว้

ค). ข้อเปรียบเทียบระหว่างร่องซึมกับพื้นซึม (3)

ข้อดีของพื้นซึมคือ

(1) พื้นซึมต้องการพื้นที่น้อยกว่าร่องซึม

(2) ค่าก่อส่ร้างสำหรับพื้นซึมน้อยกว่าค่าก่อส่ร้างสำหรับร่องซึม

อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาแล้วพบว่าร่องซึมยังมีความเหมาะส่มและนิยมใช้กันมากกว่าพื้นซึม (2) นั่นคือ

(1) ร่องซึมส่ามารถเพิ่มพื้นที่ด้านข้าง (sidewall area) ได้ถึง 5 เท่า ซึ่งส่ะดวกกว่าการใช้พื้นซึมที่ด้านล่าง (bottom area) ที่เท่า ๆ กัน

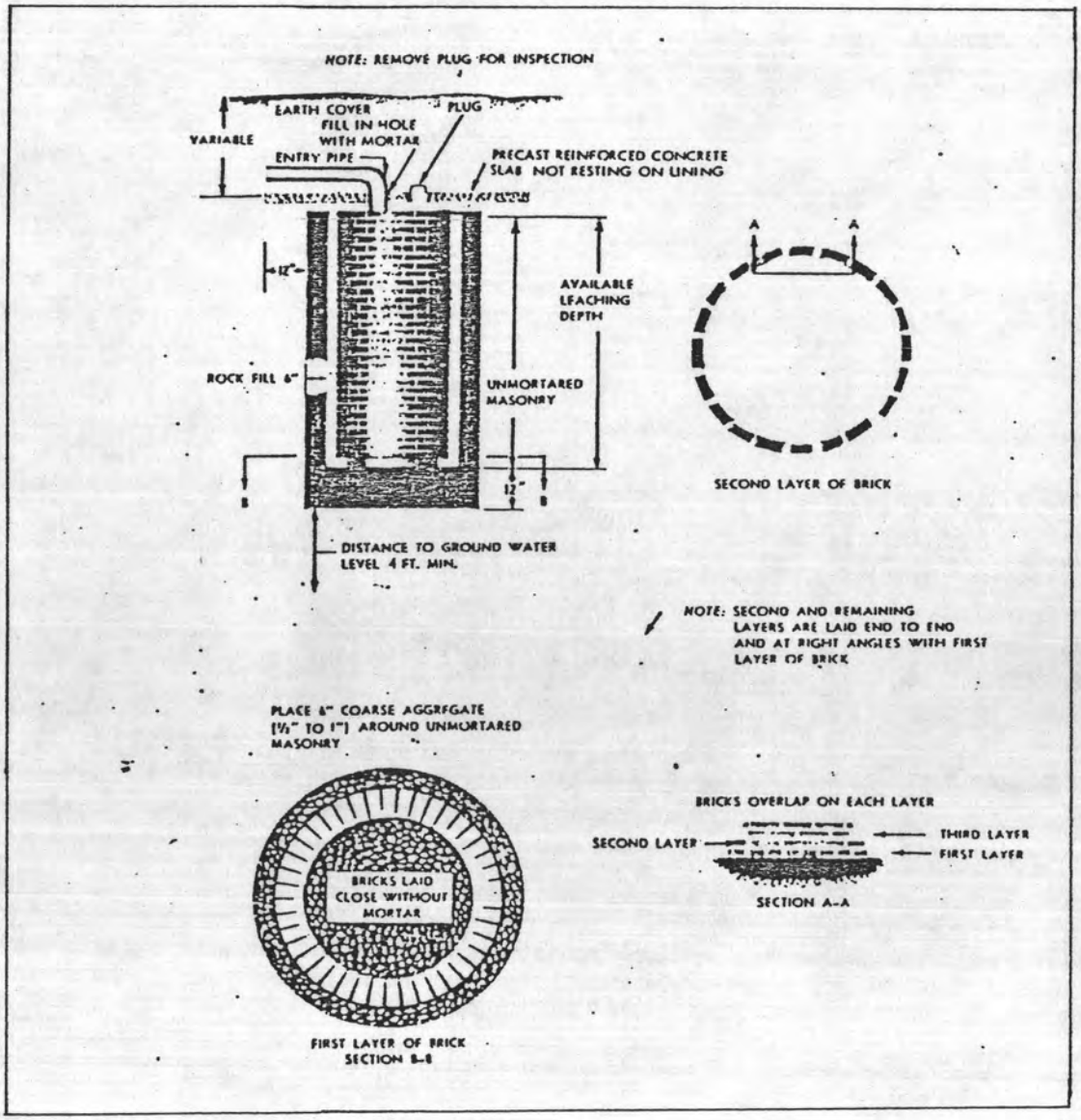
(2) ความเสียหายอันเกิดจากการก่อส่ร้างมีน้อย เพราะว่าเครื่องจักรสำหรับใช้ในการก่อส่ร้างส่ามารถทำงานข้าง ๆ เส้นท่อได้

(3) การก่อส่ร้างร่องซึม ทำได้ส่ะดวกในพื้นที่ลาดชัน ส่วนพื้นซึมใช้ได้ในเฉพาะพื้นที่ราบ และดินเป็นดินทรายหรือร่วนทราย และมีความลาดชันน้อยกว่า 5%

2.1.2 บ่อซึม (Seepage pits)

การกำจัดน้ำทิ้งโดยระบบซึมดินแบบนี้เป็นลักษณะบ่อลึก บ่อซึมจะทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือกลมก็ได้โดยใช้ก่อด้วยอิฐ และทำเป็นช่องระบายน้ำไว้รอบ ๆ บ่อ รอบนอกบ่อซึมใส่กรวด

หยาบหรืออิฐหักไว้ (ดูรูปที่ 2.3) การทำงานของระบบบ่อซึมคล้ายกับของร่องซึมหรือพื้นซึม แต่แทนที่จะให้น้ำล้นจากบ่อเกรอะซึมผ่านท่อก็เปลี่ยนมาใช้บ่อ (pit) เป็นส่วนสำหรับให้น้ำโสโครกซึม เมื่อน้ำโสโครกไหลผ่านเข้ามาจะถูกกักในบ่อ แล้วไหลซึมผ่านจากผนังของบ่อซึมผ่านกรวดหักที่รอบนอกแล้วผ่านดิน ดังนั้นการซึมผ่านของน้ำจะเป็นในลักษณะซึมผ่านแนวดิ่งของกำแพงดิน บ่อซึมใช้กันในบริเวณที่มีเนื้อที่จำกัดสำหรับระบบร่องซึมหรือพื้นซึม และในกรณีที่ไม่สามารถสร้างระบบซึมทั้งสองแบบได้ในที่ดิน ๆ เนื่องจากคุณสมบัติของดินไม่เอื้ออำนวย แต่มีเงื่อนไขที่สำคัญสำหรับระบบบ่อซึมคือ ต้องมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกตลอดเวลา หรืออย่างน้อย 1.5 เมตร จากก้นบ่อซึม (3) นอกจากนี้ยังมีข้อควรพิจารณาอีกหลายประการสำหรับการใช้ระบบบ่อซึม ซึ่งมีแนวทางดังนี้



รูปที่ 2.3 ลักษณะทั่วไปของบ่อซึม (3)

(1) การพิจารณาสถานที่คล้าย ๆ กับการพิจารณาสำหรับการใช้ร่องซึมหรือพื้นซึม นอกจากว่าพื้นที่ใดมีอัตราการซึมช้ากว่า 12 นาที/ซม. (30 นาที/นิ้ว) ก็ไม่ควรใช้บ่อซึม

(2) เนื่องจากการทำงานของดินในการบำบัดน้ำทิ้งเกิดขึ้นในแนวตั้งฉากหรือซึมผ่านแนวดิ่งของดิน ดังนั้นการทดสอบอัตราการซึมของดินต้องกระทำในทุก ๆ ชั้นของดินที่ขุดลงไป

(3) ต้องระมัดระวังเรื่องคุณภาพของน้ำใต้ดิน ดังนั้นระยะห่างของก้นบ่อกับระดับสูงสุดของน้ำใต้ดินต้องรักษาไว้ให้ได้อย่างน้อยต้องไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร

(4) ความลึกและเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อซึม หาได้จากค่าอัตราการซึมและความหนาของแต่ละชั้นดิน (โดยที่ค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมได้จากผลรวมของผลคูณระหว่างความหนาชั้นดินกับอัตราการซึม แล้วหารด้วยความลึกทั้งหมด ทั้งนี้ไม่นำชั้นดินที่มีอัตราการซึมช้ากว่า 12 นาที/ซม. (30 นาที/นิ้ว) มาใช้ในการคำนวณนี้

การหาพื้นที่ซึมที่ต้องการใช้สามารถหาได้จากตารางที่ 2.2

สำหรับการหาพื้นที่ซึมของบ่อซึมที่ความลึกต่าง ๆ หาได้โดยใช้ตารางที่ 2.3

(5) เมื่อมีความจำเป็นต้องใช้บ่อซึมมากกว่า 1 บ่อ กำหนดไว้ว่าระยะห่างระระหว่างผนังบ่อถึงผนังบ่อต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อซึมบ่อที่ใหญ่ที่สุด

จะเห็นได้ว่าระบบบ่อซึมนี้ใช้ไม่ได้ดี ในเขตกรุงเทพมหานคร ด้วยอุปสรรคต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว ที่ปฏิบัติกันมาจนดูราวกับว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องในเชิงวิชาการไปแล้วนั้น ในความเป็นจริงแล้วเป็นสิ่งที่ไม่ถูกหลักการอย่างยิ่ง ทางที่ดีควรใช้ระบบร่องซึมหรือพื้นซึม หรือระบบหุนดิน (ที่จะกล่าวต่อไป) มากกว่า

ตารางที่ 2.3 พื้นที่ด้านข้างสำหรับบ่อซึมรูปทรงกระบอก ($ม^2$) (2)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบ่อซึม(ม)	ความลึกของบ่อซึม (วัดจากจุดที่น้ำโสโครกไหลเข้า)									
	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00
0.30	0.28	0.54	0.81	1.17	1.44	1.71	1.98	2.25	2.52	2.79
0.60	0.57	1.17	1.71	2.25	2.79	3.42	3.96	4.50	5.13	5.67
0.90	0.85	1.71	2.52	3.42	4.23	5.13	5.94	6.75	7.65	8.46
1.20	1.13	2.25	3.42	4.50	5.67	6.75	7.92	9.09	10.17	11.34
1.50	1.41	2.79	4.23	5.67	7.11	8.46	9.90	11.34	12.69	14.13
1.80	1.70	3.42	5.13	6.75	8.46	10.17	11.88	13.59	15.30	16.92
2.10	2.00	3.96	5.94	7.92	9.90	11.88	13.86	15.84	17.82	19.80
2.40	2.26	4.50	6.75	9.09	11.34	13.59	15.84	18.09	20.34	22.59
2.70	2.55	5.13	7.65	10.17	12.69	15.30	17.82	20.34	22.86	25.47
3.00	2.83	5.67	8.46	11.34	14.13	16.92	19.80	22.59	25.47	28.26
3.30	3.11	6.21	9.36	12.42	15.57	18.63	21.78	24.84	27.99	31.14
3.60	3.40	6.75	10.17	13.59	16.92	20.34	23.76	27.18	30.51	33.93

2.1.3 ระบบพูนดิน (Mound System)

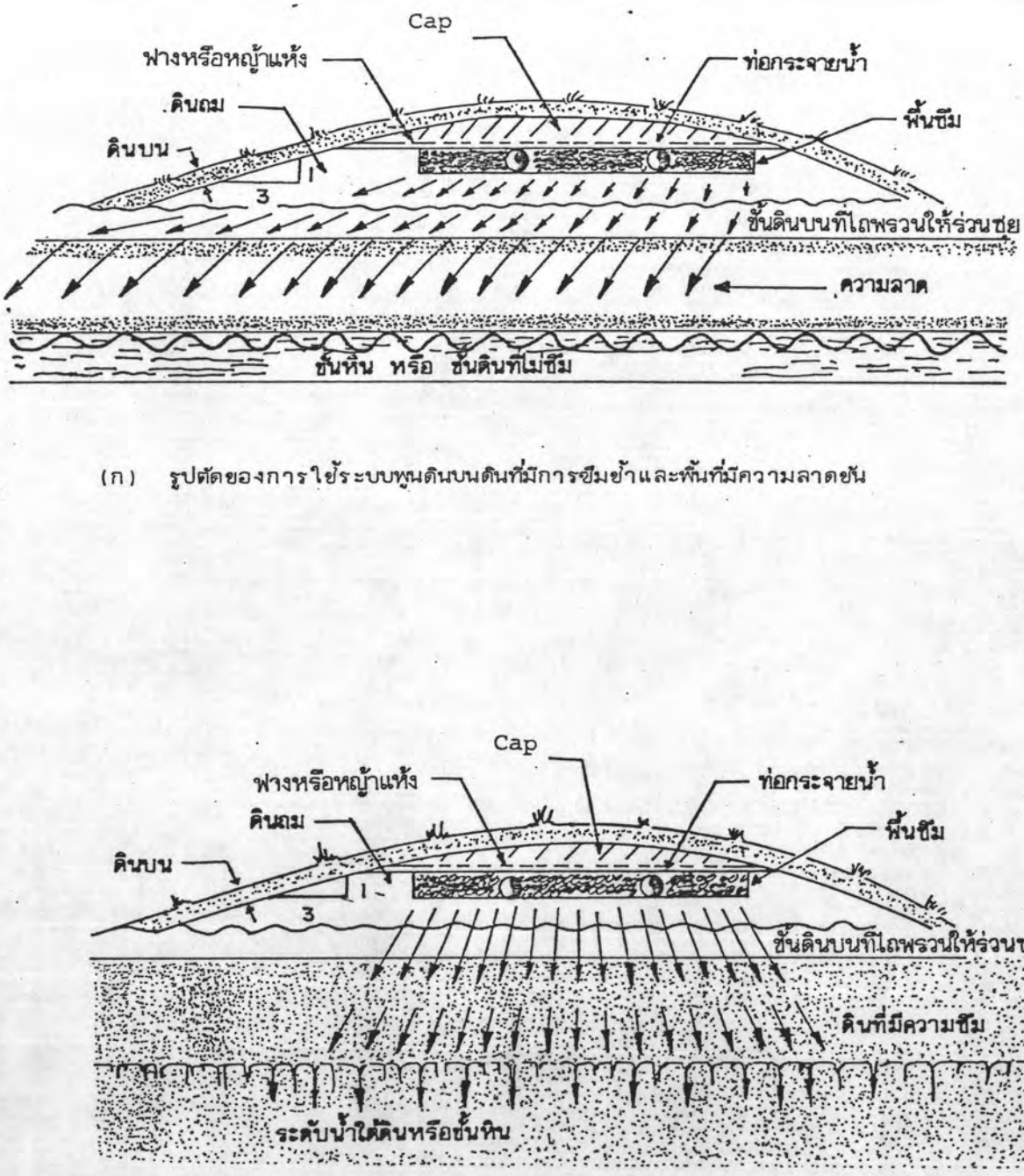
ระบบพูนดินได้มีการนำมาใช้เป็นครั้งแรกที่เมือง นอร์ท ดาโกตา ในปลายปี ค.ศ. 1940 ต่อมารู้จักกันในชื่อ Nodak Disposal System (2) ระบบซึมแบบระบบพูนดินถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาเรื่องดินที่มีความซึมช้า และมีระดับน้ำใต้ดินสูง พื้นซึมได้จัดสร้างบนกรวดหยาบ ซึ่งถมลงบนดินเดิมที่ขุดลอกผิวหน้าดินออกไปแล้ว ในระยะเวลาที่ใช้ระบบนี้พบว่าน้ำโสโครกที่ไหลลงไปยังดินชั้นล่างยังไม่ผ่านการบำบัดที่พอเพียง จึงมีการปรับปรุงระบบนี้เรื่อยมา ปัจจุบันระบบพูนดินก็ได้นำมาใช้ภายใต้เงื่อนไขหลายอย่าง

ระบบพูนดิน เป็นระบบซึมน้ำโล่โครกในดินที่ยกระดับดินขึ้นมาให้สูงจากดินธรรมชาติ โดยใช้วัสดุมาถมพื้นดินเดิมนั้น วัตถุประสงค์ของการใช้ระบบก็เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เป็นข้อจำกัดของพื้นที่ในการใช้ระบบซึมแบบอื่น ๆ คือ

- ดินที่มีอัตราการซึมช้า
- ดินที่มีชั้นการซึมน้อย คือมีชั้นหินอยู่ระดับสูงใกล้ผิวดิน
- ดินที่มีการซึมน้ำดี แต่ระดับน้ำใต้ดินสูงมาก

ในกรณีที่ดินมีการซึมน้ำไม่ดี คือดินเดิมเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวจัด การใช้เป็นการช่วยให้ระบบซึมน้ำดีขึ้น โดยใช้ดินที่นำมาถมชั้นบน เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี เช่นดินทราย หรือร่วนทราย

สำหรับกรณีที่ดินมีการระบายน้ำดี แต่ระดับน้ำใต้ดินสูง การเพิ่มดินถมขึ้นไป เป็นการทำให้ระยะห่างของน้ำที่ซึมลงสู่ดิน กับระดับน้ำใต้ดินมากขึ้น ดินจึงมีเวลาพอเพียงในการบำบัดน้ำทิ้งให้สะอาดขึ้น รูปที่ 2.4 และ 2.5 แสดงลักษณะของระบบพูนดิน ดังกล่าว-

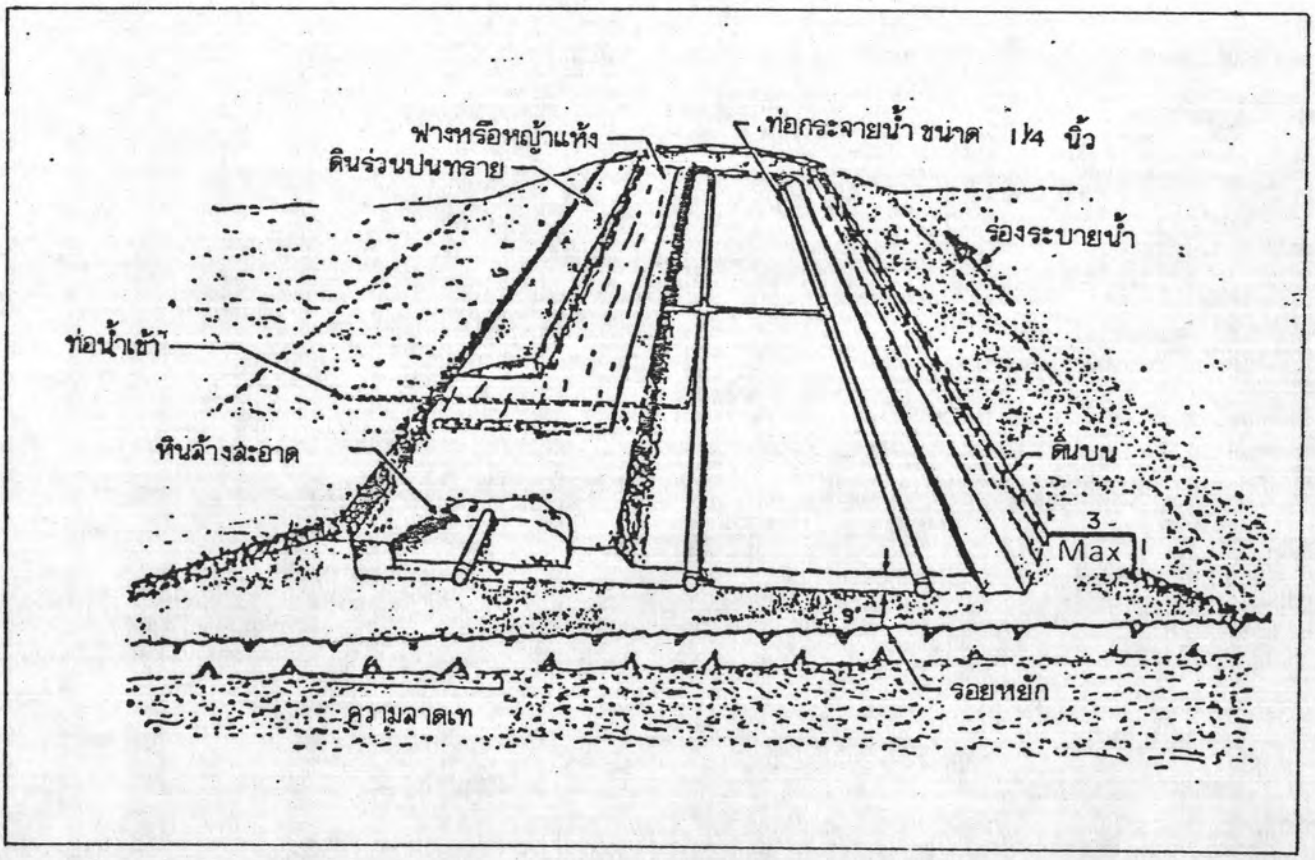


(ก) รูปตัดของการใช้ระบบพูนดินบนดินที่มีการชีมน้ำและพื้นที่มีความลาดชัน

(ข) รูปตัดแสดงการใช้ระบบพูนดินที่มีความชีมดี แต่มีระดับน้ำใต้ดินหรือมีชั้นหินอยู่ตื้นจากผิวดิน

รูปที่ 2.4 ลักษณะของระบบพูนดิน (2)

009861



รูปที่ 2.5 รายละเอียดของระบบพุนดิน (2)

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับดิน

คำว่า "ดิน" เป็นคำกล่าวรวม ๆ ถึงดินทุกชนิดโดยทั่วไป การที่จะให้คำจำกัดความของคำว่า "ดิน" ให้สมบูรณ์แบบครบถ้วนตามความประสงค์ หรือประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาดินนั้น ออกจะเป็นการยาก เพราะการศึกษาเรื่องดินมีความมุ่งหมาย เพื่อการใช้ประโยชน์ของดินเป็นหลายด้าน (aspect) ด้วยกัน นักปฐพีวิทยา คำนึงถึงลักษณะเฉพาะของดินแต่ละชนิด ดังนั้นจึงให้คำนิยามของดินไว้ว่า "ดินเป็นวัตถุธาตุธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นบนพื้นผิวโลก เป็นวัตถุที่ค้ำจุนการเจริญเติบโต และการทรงตัวของต้นไม้ ประกอบด้วยแร่ธาตุ และอินทรียวัตถุต่าง ๆ และมีลักษณะชั้นแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละชั้นที่อยู่ต่อเนื่องกันจะมีความสัมพันธ์ ซึ่งกันและกัน ตามขบวนการกำเนิดดินที่เป็นผลลัพธ์เนื่องมาจากการกระทำร่วมกันของ ภูมิอากาศ พืชพรรณ วัตถุต้นกำเนิดดิน ตลอดทั้งระยะเวลาและความต่างระดับของพื้นที่ในบริเวณนั้น" (9)

ดินทั่วประเทศไทย มีลักษณะต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน จะเห็นได้จากสีของดินว่ามีต่าง ๆ กัน ตัวอย่างเช่น ดินบางชนิดอาจจะมีสีเกือบดำที่ผิวดินบน เช่นดินในบางแห่งของภาคกลาง บางชนิดมีสีน้ำตาลเช่นดินในบริเวณบางแห่งของจังหวัดนครราชสีมา หรือดินในบริเวณปากช่องมีสีแดง เป็นต้น นอกจากนี้ขนาดของเม็ดดินก็แตกต่างกันมาก มีขนาดตั้งแต่เป็นอนุภาคดินทราย (sand) อนุภาคดินทรายแป้ง (silt) และอนุภาคดินเหนียว สัดส่วนของอนุภาคเหล่านี้จะเป็นสิ่งกำหนดถึงลักษณะเนื้อดิน และเมื่อนำองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของดินมาพิจารณาร่วมกับลักษณะเนื้อดิน จะเป็นสิ่งชี้ถึงคุณสมบัติของดินอย่างกว้างและเป็นประโยชน์ในด้านการใช้พื้นที่ดิน

ในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดินนับเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญสำหรับการศึกษาเรื่องดิน เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่ทำการศึกษาดิน รวบรวมข้อมูล กำหนดลักษณะจำแนกดิน และทำแผนที่ดิน การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จำเป็นต้องใช้แผนที่ดินประกอบกับข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับดินในประเทศไทย จากกรมพัฒนาที่ดินนี้ ดังนั้นเพื่อให้เป็นการสอดคล้องกัน คำอธิบายและข้อกำหนดต่าง ๆ ต่อไปนี้จึงได้อ้างอิงมาจากเอกสารวิชาการต่าง ๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน เป็นหลัก

2.2.1 <u>สมบัติฟิสิกส์บางประการของดิน</u> (Some Physical Properties of soil)

สมบัติฟิสิกส์ (Physical properties) หมายถึงสมบัติที่อาจสังเกตหรือประเมินได้ภายนอก โดยไม่จำเป็นต้องพิจารณา ถึงส่วนประกอบภายในทางเคมี ตัวอย่างของสมบัติของสารโดยทั่วไปได้แก่ รูปทรง ขนาด และสีเป็นต้น ในกรณีของดิน สมบัติฟิสิกส์ครอบคลุมถึงพฤติกรรมที่ดิน แสดงออกภายนอกอนุภาคของดินด้วย เช่น การดูดยึดน้ำ การซับน้ำ การดูดและการสูญเสีย

ความร้อน การนำความร้อน การแลกเปลี่ยนก๊าซ การเกาะกันเองของอนุภาค และการเกาะติดกับสารอื่น เป็นต้น

ในที่นี้จะกล่าวถึง สมบัติฟิสิกส์ที่สำคัญ ต่อการศึกษาดินสำหรับงานวิจัยครั้งนี้เท่านั้น

2.2.1.1 <u>เนื้อดิน</u> (soil texture)

เนื้อดิน คือ สมบัติของดินที่บ่งถึงขนาดของขั้นส่วน ของสารต่าง ๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นต้น นั่นคือ เนื้อดินเป็นสมบัติที่บ่งถึง ความหยาบ (coarseness) หรือความละเอียด (fineness) ของขั้นส่วนขององค์ประกอบหลักของดิน

องค์ประกอบหลักของดินประกอบด้วยขั้นส่วนของอนินทรียสาร (inorganic matter หรือ mineral matter) และขั้นส่วนของอินทรียสาร (organic matter) คลุกเคล้าผสมผสานกัน โดยทั่วไปอินทรียสารจะมีปริมาณน้อยกว่ามาก ดังนั้นเมื่อพูดถึงเนื้อดินจึงนิยมพิจารณาแต่เฉพาะส่วนที่เป็นอนินทรียสารเท่านั้น

อนินทรียสารที่ปรากฏในดินมาจากหินและแร่ต้นกำเนิด และอยู่ในภาวะของขั้นส่วนที่เรียกว่า อนุภาค (particle) ซึ่งมีทั้งอนุภาคเดียว (single particle) หรืออนุภาคปฐมภูมิ (primary particle) คือแต่ละอนุภาคประกอบด้วยอนุภาคหนึ่งอนุภาคเดียวเท่านั้น

- อนุภาคประกอบ (compound particle) หรืออนุภาคทุติยภูมิ (secondary)

คืออนุภาคหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยอนุภาคมากกว่าหนึ่งอนุภาค ยึดติดเป็นหน่วยเดียวกัน เช่น เม็ดดิน (ped, soil aggregate) ก้อนดิน (soil clod)

ในการพิจารณาเนื้อดินนั้น จะต้องพิจารณาโดยถือหลักว่า ทุก ๆ อนุภาคอยู่ในภาวะเดี่ยวหรือภาวะปฐมภูมิ

(ก) <u>ขนาดของอนุภาคดิน</u>

อนุภาคดินมีหลายรูปแบบและไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์ใด ๆ ถึงจะไม่สามารถวัดหรือกำหนดขนาดที่แท้จริงของอนุภาค จำเป็นต้องตั้งเกณฑ์ขนาดสมมุติขึ้น ที่นิยมใช้กันก็ได้แก่ เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์ (equivalent diameter หรือ effective diameter)

โดยปกติอนุภาคอนินทรีย์ของดินส่วนมาก เมื่ออยู่ในภาวะเดี่ยวที่เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์ไม่เกิน 2 มม. ดังนั้นในการพิจารณาเนื้อดินจึงนิยมยึดถือเป็นหลักที่จะพิจารณาแต่เฉพาะอนุภาค

อนินทรีย์ ที่เมื่ออยู่ในภาวะเดี่ยวมีขนาดไม่เกิน 2 มม. เท่านั้น และนิยมเรียกส่วนดังกล่าวนี้ของดินว่า ดินผง (fine earth)

อนุภาคเดี่ยวอนินทรีย์ของดินมีมากมายหลายขนาดตั้งแต่ขนาดใหญ่มองด้วยตาเปล่าได้ชัดเจนจนกระทั่งเล็กละเอียดมากจนมองไม่เห็น แม้ว่าจะใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดาที่มีกำลังขยายสูงมากช่วยขยายแล้วก็ตาม ด้วยเหตุที่ในดินจำนวนหนึ่ง แม้ว่าจะเป็นจำนวนเล็กน้อยสักเท่าใดก็ตาม มีอนุภาคมากมายเกินกว่าที่จะแยกพิจารณาที่ละอนุภาคได้ จึงจำเป็นต้องจัดอนุภาคให้เป็นกลุ่มโดยกำหนดช่วงขนาดสำหรับแต่ละกลุ่มไว้ แล้วพิจารณาอนุภาคเป็นรายกลุ่ม แทนการพิจารณาเป็นรายอนุภาค โดยที่อนุภาคในกลุ่มเดียวกันอาจมีขนาดแตกต่างกันได้ แต่ว่าขนาดต่าง ๆ เหล่านี้ จะต้องอยู่ภายในช่วงของขนาดที่กำหนดไว้สำหรับกลุ่มนั้น กลุ่มของอนุภาคดินที่กำหนดตามหลักเกณฑ์ดังกล่าวนี้ มีชื่อทั่วไปว่ากลุ่มขนาด (grade หรือ Separate หรือ Size class)

เกณฑ์ในการจัดกลุ่มขนาดของอนุภาคดินมีอยู่หลายเกณฑ์ แต่ที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายมี 3 เกณฑ์ คือ

1. เกณฑ์สหรัฐอเมริกา (U.S. scale)
2. เกณฑ์แอทเทอร์เบอร์ก (Atterberg scale) หรือเกณฑ์สากล (international scale)
3. เกณฑ์ใหม่ของยุโรป (modern European scale)

มีรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 2.4

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ในการจัดกลุ่มขนาดของอนุภาคปฐมภูมิของดิน

เกณฑ์สหรัฐอเมริกา		เกณฑ์สากล		เกณฑ์ใหม่ของยุโรป	
ชื่อกลุ่มขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์ มม.	ชื่อกลุ่มขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์ มม.	ชื่อกลุ่มขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์ มม.
ทรายหยาบมาก (very coarse sand)	1.00-2.00			ทรายหยาบมาก (very coarse sand)	1.00-2.00
ทรายหยาบ (coarse sand)	0.50-1.00	ทรายหยาบ (coarse sand)	0.20-2.00	ทรายหยาบ (coarse sand)	0.50-1.00
ทรายปานกลาง (medium sand)	0.25-0.50			ทรายปานกลาง (medium sand)	0.20-0.50
ทรายละเอียด (fine sand)	0.10-0.25	ทรายละเอียด (fine sand)	0.02-0.20	ทรายละเอียด (fine sand)	0.10-0.20
ทรายละเอียดมาก (very fine sand)	0.05-0.10			ทรายละเอียดมาก (very fine sand)	0.05-0.10
ทรายแป้ง (silt)	0.002-0.05	ทรายแป้ง (silt)	0.002-0.02	ทรายแป้งหยาบ (pulver[ก] หรือ coarse silt)	0.02-0.05
ดินเหนียว	< 0.002	ดินเหนียว	< 0.002	ทรายแป้งละเอียด (limona[ก] หรือ schlulf)[ข]	0.002-0.02
				ดินเหนียว (clay)	< 0.002

ก ภาษาฝรั่งเศส ข ภาษาเยอรมัน

จากตาราง 2.4 จะเห็นว่า กลุ่มขนาดหลัก (main size class หรือ principal size class) ของอนุภาคดินผง (fine earth) ของดินมี 3 กลุ่มคือ

(1) กลุ่มขนาดทราย (sand separate หรือ sand size class)

(2) กลุ่มขนาดซิลท์ (silt separate หรือ silt size class)

(3) กลุ่มขนาดดินเหนียว (clay separate หรือ clay size class)

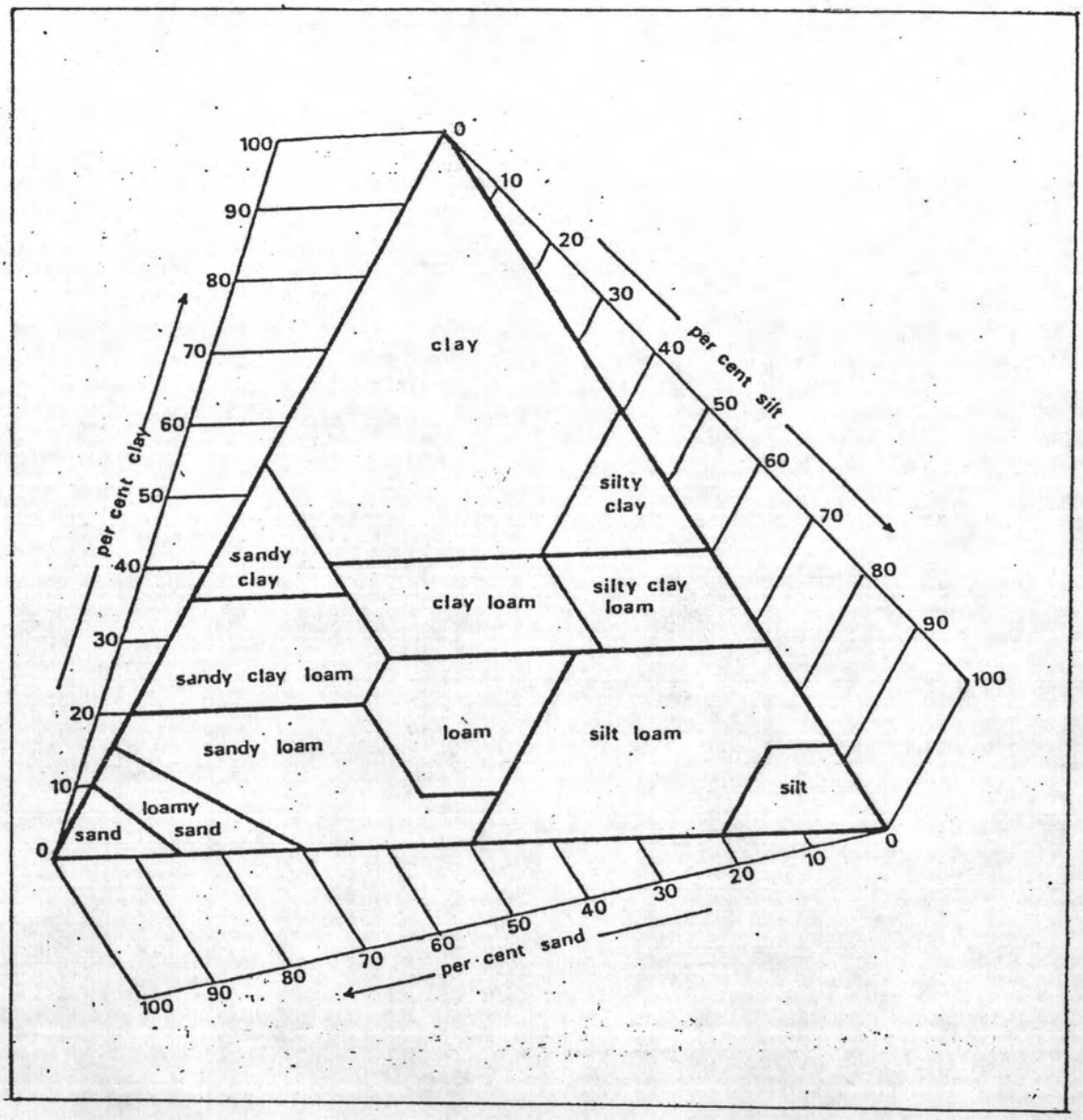
น้ำหนักของกลุ่มขนาดหลักแต่ละกลุ่มดังกล่าวนี้ เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมดของดินผงเป็นสิ่งที่ใช้วินิจฉัย ประเภทเนื้อดิน (Textural class) ของดินนั้น

(ข) <u>ประเภทเนื้อดิน</u> (Textural class)

สิ่งกำหนดประเภทเนื้อดินของดินชนิดใด ๆ ก็ตามได้แก่ความเด่นชัดของสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักแต่ละกลุ่มที่ดินนั้นแสดงออก ซึ่งสมบัติเด่นของอนุภาค จะสัมพันธ์กับปริมาณของอนุภาค ดังนั้นปริมาณของอนุภาคในแต่ละกลุ่มขนาดหลักที่มีอยู่ในดินชนิดนั้น เมื่อเทียบกับปริมาณของอนุภาคทั้งหมดในดิน จึงมีส่วนสำคัญในการกำหนดหรือบ่งชี้ประเภทเนื้อดินของดินนั้นด้วย

ประเภทเนื้อดินแต่ละประเภทมีชื่อที่ใช้เรียกขานโดยที่ชื่อดังกล่าวนี้จะบ่งสมบัติเด่นของกลุ่มขนาดหลักอื่น ๆ ในดิน สำหรับกรณีที่ดินแสดงสมบัติเด่นของกลุ่มขนาดหลักทั้งสามกลุ่มในระดับความเด่นชัดเท่า ๆ กัน ดินนั้นมีเนื้อดินเป็นประเภท ดินร่วน (loam)

หลักเกณฑ์ในการกำหนดประเภทเนื้อดินจากปริมาณของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักแต่ละกลุ่มที่มีอยู่ในดิน ปรากฏในไดอะแกรมสามเหลี่ยม ที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 และในตารางที่ 2.5 ข้อความที่ปรากฏภายในกรอบเส้นหนักต่าง ๆ ในไดอะแกรมในรูปที่ 2.6 คือ ชื่อประเภทเนื้อดิน ซึ่งมีรวมทั้งสิ้น 12 ชื่อ



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมมาตรฐานเพื่อการจำแนกประเภทเนื้อดิน (9)

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ในการพิจารณากำหนดประเภทเนื้อดินจากปริมาณของอนุภาค ในกลุ่มขนาดหลัก (ถอดความจากไดอะแกรมสามเหลี่ยมในรูปที่ 2.6) (9)

ประเภทเนื้อดิน	ปริมาณของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลัก, % โดยน้ำหนัก		
	ทราย	ทรายแป้ง	ดินเหนียว
เหนียว (clay)	0 - 45	0 - 40	40 - 100
เหนียวปนทรายแป้ง (silty clay)	0 - 20	40 - 60	40 - 60
เหนียวปนทราย (sandy clay)	45 - 65	0 - 20	35 - 55
ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam)	0 - 20	40 - 70	30 - 40
ร่วนเหนียว (clay loam)	20 - 45	15 - 50	30 - 40
ร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)	45 - 80	0 - 28	20 - 35
ทรายแป้ง (silt)	0 - 20	80 - 100	0 - 12
ร่วนปนทรายแป้ง (silt loam)	0 - 50	50 - 88	0 - 30
ร่วน (loam)	20 - 52	28 - 50	7 - 30
ร่วนปนทราย (sandy loam)	45 - 85	0 - 50	0 - 20
ทรายร่วน (loamy sand)	70 - 90	0 - 15	0 - 15
ทราย (sand)	85 - 100	0 - 15	0 - 10

ในทางปฏิบัติ นิยมจัดกลุ่มประเภทเนื้อดิน เป็น 3 กลุ่มคือ

(1) <u>ดินเนื้อหยาบ</u> (coarse textured soils) หรือดินทราย (Sandy soils) ซึ่งหมายถึงดินที่แสดงสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดทรายในระดับความเด่นชัดที่มากกว่าสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลัก อีก 2 กลุ่ม มากประเภทเนื้อดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ทราย (sand) และทรายร่วน (loamy sand)

(2) <u>ดินร่วน</u> (loamy soils) ซึ่งหมายถึงดินที่แสดงสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักทั้งสามกลุ่มในระดับความเด่นชัดที่ไม่แตกต่างกันหรือแตกต่างกันแต่เพียงเล็กน้อย ดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่

- ดินเนื้อค่อนข้างหยาบ (moderately coarse-textured soils) ซึ่งได้แก่ดินที่มีประเภทเนื้อดินเป็น ร่วนปนทราย (sandy loam)

- ดินเนื้อปานกลาง (medium textured soils) ซึ่งได้แก่ดินที่มีประเภทเนื้อดินเป็นร่วน (loam) ร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) และทรายแป้ง (silt)

- ดินเนื้อค่อนข้างละเอียด (moderately fine textured soils) ซึ่งได้แก่ดินที่มีประเภทเนื้อดินเป็น ร่วนเหนียว (clay loam) ร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam)

(3) <u>ดินเนื้อละเอียด</u> (fine textured soils) หรือดินเหนียว (clay soils) ซึ่งหมายถึงดินที่แสดงสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดดินเหนียวในระดับความเด่นชัดที่มากกว่าสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักอีก 2 กลุ่มมากประเภทเนื้อดินที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ เหนียวปนทราย (sand clay) เหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) และเหนียว (clay)

เนื่องจากปริมาณของกลุ่มอนุภาคหลักแต่ละกลุ่มเมื่อแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามที่แสดงไว้ในไดอะแกรมสามเหลี่ยมในรูปที่ 2.6 นั้น ใช้น้ำหนัก ของดินผง (fine earth) ในดินที่กำหนดให้เป็นตัวหารในการเปลี่ยนปริมาณ (น้ำหนัก) เป็นเปอร์เซ็นต์ และในส่วนที่เรียกว่าดินผงนี้จะไม่มีส่วนประกอบอื่นใดอีก ดังนั้นอนุภาคทราย อนุภาคซิลท์ และอนุภาคดินเหนียวในดินทุกชนิดจึงย่อมมีผลรวมเป็น 100 พอดี ด้วยเหตุนี้ในการใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยมในตารางที่ 2.5 พิจารณากำหนดประเภทเนื้อดิน จึงจำเป็นต้องทราบเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของกลุ่มขนาดหลักเพียงคู่ใดคู่หนึ่งไม่จำเป็นต้องทราบอย่างครบถ้วนทั้งสามกลุ่ม

<u>วิธีการในการใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยม</u> พิจารณากำหนดประเภทเนื้อดิน

1. ลากเส้นจากจุดที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ตามที่เป็นจริงบนแกนกลุ่มขนาดแต่ละกลุ่มในคู่ที่ทราบค่าดังกล่าวให้ไปตัดกันภายในไดอะแกรมสามเหลี่ยม

2. การกำหนดหรือเรียกชื่อประเภทเนื้อดิน สามารถกำหนดได้ดังนี้

2.1 ชื่อที่อยู่ภายในกรอบเส้นหนัก ที่ล้อมรอบจุดตัดกันดังกล่าว คือชื่อประเภทเนื้อดินของดินนั้น

2.2 ในกรณีที่จุดดังกล่าวอยู่บนเส้นหนักที่เป็นกรอบใด ๆ พอดีหรือทับกับจุดพบใด ๆ ของเส้นหนักที่เป็นกรอบ ให้เลือกใช้ชื่อประเภทเนื้อดิน ที่ละเอียดที่สุดในจำนวนชื่อประเภทเนื้อดินที่เกี่ยวข้อง เช่น ถ้าจุดตัดบนเส้นกรอบที่ดินระหว่างประเภทเนื้อดินร่วนเหนียว (clay loam) กับประเภทเนื้อดินร่วน (loam) ให้เลือกประเภทเนื้อดินร่วนเหนียว (clay loam)

(ค) วิธีวินิจฉัยประเภทเนื้อดิน

การวินิจฉัยประเภทเนื้อดินหมายถึงการดำเนินการเพื่อให้ทราบว่าดินที่กำหนดให้มีเนื้อดินเป็นประเภทใด ซึ่งอาจกระทำโดย

1) พิจารณาจากความเด่นชัดของสมบัติเด่นของอนุภาคในแต่ละกลุ่มขนาดหลักในดินนั้นโดยตรง โดยไม่ต้องทราบว่ามีอนุภาคในแต่ละกลุ่มขนาดหลักในดินนั้น ในปริมาณอย่างละเท่าใด หรือ

2) โดยหาปริมาณของอนุภาคในแต่ละกลุ่มขนาดหลักในดินนั้นเสียก่อนแล้วจึงพิจารณากำหนดประเภทเนื้อดิน โดยใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยม

สำหรับวิธีการแรกนั้น มีวิธีการที่นิยมใช้กันคือ วิธีสัมผัส ซึ่งเป็นการใช้ความรู้สึกเมื่อเกิดการสัมผัสเนื่องจากอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักหนึ่งให้ความรู้สึกเมื่อแตะต้อง ที่ค่อนข้างจำเพาะเจาะจงสำหรับกลุ่มขนาดนั้น ซึ่งเป็นความรู้สึกที่ไม่เหมือนกับความรู้สึกที่ได้จากกลุ่มขนาดหลักอื่น ๆ

วิธีการสัมผัสนี้ ให้ผลอย่างรวดเร็ว และไม่ต้องการเครื่องมือหรืออุปกรณ์ใด ๆ จึงเป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่าย และเป็นที่นิยมสำหรับงานภาคสนาม จึงเรียกวิธีนี้ได้ว่าวิธีสนาม (field Method)

การปฏิบัติการประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

ก. ขั้นแรกพิจารณาว่าประเภทเนื้อดินของดินที่กำหนดให้นั้นอยู่ในกลุ่มใดใน 4 กลุ่มนี้ คือ

1. กลุ่มดินเหนียว ซึ่งประกอบด้วย
   - ดินเหนียวปนทราย (sandy clay)
   - ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay)
   - ดินเหนียว (clay)
2. กลุ่มดินร่วนเหนียว ซึ่งประกอบด้วย
   - ดินร่วนเหนียว (clay loam)

- ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam)
- ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)

3. กลุ่มดินร่วน ซึ่งประกอบด้วยประเภทเนื้อดิน
   - ดินร่วน (loam)
   - ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt loam)
   - ดินร่วนปนทราย (sandy loam)

4. กลุ่มดินทราย ซึ่งประกอบด้วยประเภทเนื้อดิน
   - ดินทราย (sand)
   - ดินทรายร่วน (loamy sand)

เมื่อกำหนดกลุ่มของประเภทเนื้อดินได้แล้ว ขั้นที่ 2 คือ

ข. พิจารณายืนยันลงไปว่าประเภทเนื้อดินของดินที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นเป็นประเภทใด

การดำเนินการเพื่อพิจารณากำหนดกลุ่มของประเภทเนื้อดิน ตามวิธีการดังกล่าวนี้กระทำโดยการทำให้ดินชุ่มพอประมาณแล้วคลึงดินในระหว่างหัวแม่มือ และนิ้วชี้เพื่อพิจารณาว่าจะสามารถทำให้เกิดแท่งดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 2-5 ซม. ได้ดีเพียงใด

- ถ้าสามารถคลึงดินให้เป็นแท่งเล็ก ๆ ดังกล่าวนี้ได้ง่าย ประเภทเนื้อดินนั้นจัดอยู่ในกลุ่มดินเหนียว

- ถ้าสามารถคลึงดินให้เป็นแท่งเล็ก ๆ ได้ แต่แท่งดินดังกล่าวจะแตกหักง่าย เมื่อยาวเกินกว่าประมาณ 2-3 ซม. จัดว่าดินนั้นอยู่ในกลุ่ม "ดินร่วนเหนียว"

- หากคลึงดินให้เป็นแท่งเล็ก ๆ ได้ยาก และส่วนที่คลึงเป็นแท่งได้ก็ยาวไม่เกินประมาณ 1 ซม. จัดว่าเป็นประเภทเนื้อดินในกลุ่ม "ดินร่วน"

- ไม่สามารถคลึงดินนั้นให้เป็นแท่งได้เลย จัดอยู่ใน "กลุ่มดินทราย"

การปฏิบัติในขั้นที่สอง ซึ่งเป็นขั้นของการยืนยันว่าประเภทเนื้อดิน เป็นประเภทใด ประกอบด้วย

- การสัมผัสดินด้วยมืออีกครั้งหนึ่ง เมื่อพิจารณาความรู้สึกอันเป็นสมบัติเด่นของอนุภาคในแต่ละกลุ่มขนาดหลัก ข้างต้นว่าปรากฏมากน้อยเพียงใด

- วินิจฉัยจากความรู้สึกดังกล่าวว่า ประเภทเนื้อดินควรเป็นประเภทใด เช่น สมมติว่าการดำเนินการในขั้นแรก ชี้แนะว่า ประเภทเนื้อดิน จัดอยู่ในกลุ่มดินร่วน จากนั้นต้องดำเนินการต่อไป เพื่อยืดยัดลงไปว่า เนื้อดินของดินนั้นเป็น ดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน หรือร่วนปนทรายแป้ง ดังนั้น หากการสัมผัสในขั้นที่สองให้ผลว่าไม่มีความรู้สึก อันสืบเนื่องมาจากสมบัติเด่น ของอนุภาคในกลุ่มขนาดใด ที่เด่นชัดกว่าอีกสองกลุ่ม ดินนั้นก็น่าจะมีประเภทเนื้อดิน เป็นดินร่วน แต่ถ้าปรากฏว่าในการสัมผัสดินในขั้นที่สองนี้ ความรู้สึกอันสืบเนื่องมาจากสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดทราย เด่นชัด กว่าความรู้สึกอันสืบเนื่องมาจากสมบัติเด่นของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลักอีกสองกลุ่ม ดินนั้นก็น่าจะมีประเภทเนื้อดินเป็น ร่วนปนทราย . เป็นต้น

วิธีการที่สอง การวินิจฉัยประเภทเนื้อดินจากปริมาณของอนุภาคในกลุ่มขนาดหลัก

วิธีการประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

1. การวิเคราะห์เชิงกล (mechanical analysis) หรือการหาการแจกแจงขนาดของอนุภาค (particle-size distribution determination) เพื่อหาปริมาณของอนุภาคดินในกลุ่มขนาดต่าง ๆ

2. พิจารณากำหนดชื่อประเภทเนื้อดินจากปริมาณดังกล่าวโดยอาศัยไดอะแกรมสามเหลี่ยมที่กำหนดไว้เพื่อการนี้

การวิเคราะห์ดินเชิงกลมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. แยกส่วนที่เป็นอนินทรีย์สารออกจากส่วนอื่น ๆ ของดิน ซึ่งจะทำโดยการเติมสารละลาย hydrogen peroxide ลงไปในดิน ในจำนวนที่มากพอที่จะทำลายอินทรียสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินจนหมดเกลี้ยง

2. ทำให้อนุภาคอนินทรีย์ทุกอนุภาคอยู่ในภาวะเดี่ยว ซึ่งกระทำโดยการใส่สาร deflocculating agent ในจำนวนที่เหมาะสมลงไปในดิน (สารที่นิยมใช้ เช่น Sodium hydroxide เป็นต้น)

3. แยกส่วนที่เป็นดินผง ออกจากส่วนที่มิใช่ดินผง ซึ่งกระทำโดยการร่อนดินด้วยตะแกรงที่มีขนาดช่องตะแกรง 2 ซม.

4. หาปริมาณของอนุภาคดินในกลุ่มขนาดต่าง ๆ ในดินผงซึ่งอาจจะทำ โดยการร่อนดินด้วยตะแกรง ที่มีขนาดช่องตะแกรงที่เหมาะสม เพื่อแยกแต่ละกลุ่มขนาดของอนุภาคออกจากกัน

อย่างสมบูรณ์ (complete separation) แล้วชั่งน้ำหนักของแต่ละกลุ่มขนาด หรือโดยวิธีตกตะกอน ซึ่งหมายถึงการทำให้ดินผงเป็นสารแขวนลอย แล้วใช้ทฤษฎี หรือหลักวิชาที่เหมาะสมทางฟิสิกส์ คำนวณหาปริมาณของอนุภาคในแต่ละกลุ่มขนาด จากข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารแขวนลอยดังกล่าวในขณะที่สารแขวนลอยนั้นกำลังตกตะกอน

สำหรับวิธีปฏิบัติการของการแยกอนุภาคในกลุ่มขนาดต่าง ๆ ออกจากกันโดยสมบูรณ์โดยการร่อนด้วยตะแกรง สามารถศึกษาได้จากหนังสือเกี่ยวกับการปฏิบัติการตรวจสอบและวิเคราะห์ดินทั่ว ๆ ไป

การวิเคราะห์ดินเชิงกลโดยวิธีร่อนด้วยตะแกรงกระทำได้ง่ายและรวดเร็ว เครื่องมือเครื่องใช้หาได้ง่าย แต่ก็มีข้อบกพร่องหลายประการเช่น

1. ขนาดของช่องตะแกรง เปลี่ยนแปลงได้ โดยเฉพาะเมื่อลวดตะแกรงกับอนุภาคของดินยัดลีกันมาก ๆ

2. รูปทรง (shape) และการวางตัว (orientation) ของอนุภาคมีส่วนที่จะเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมว่า อนุภาคจะรอดตะแกรงได้หรือไม่ด้วย ไม่เฉพาะแต่ขนาดของอนุภาคเท่านั้น

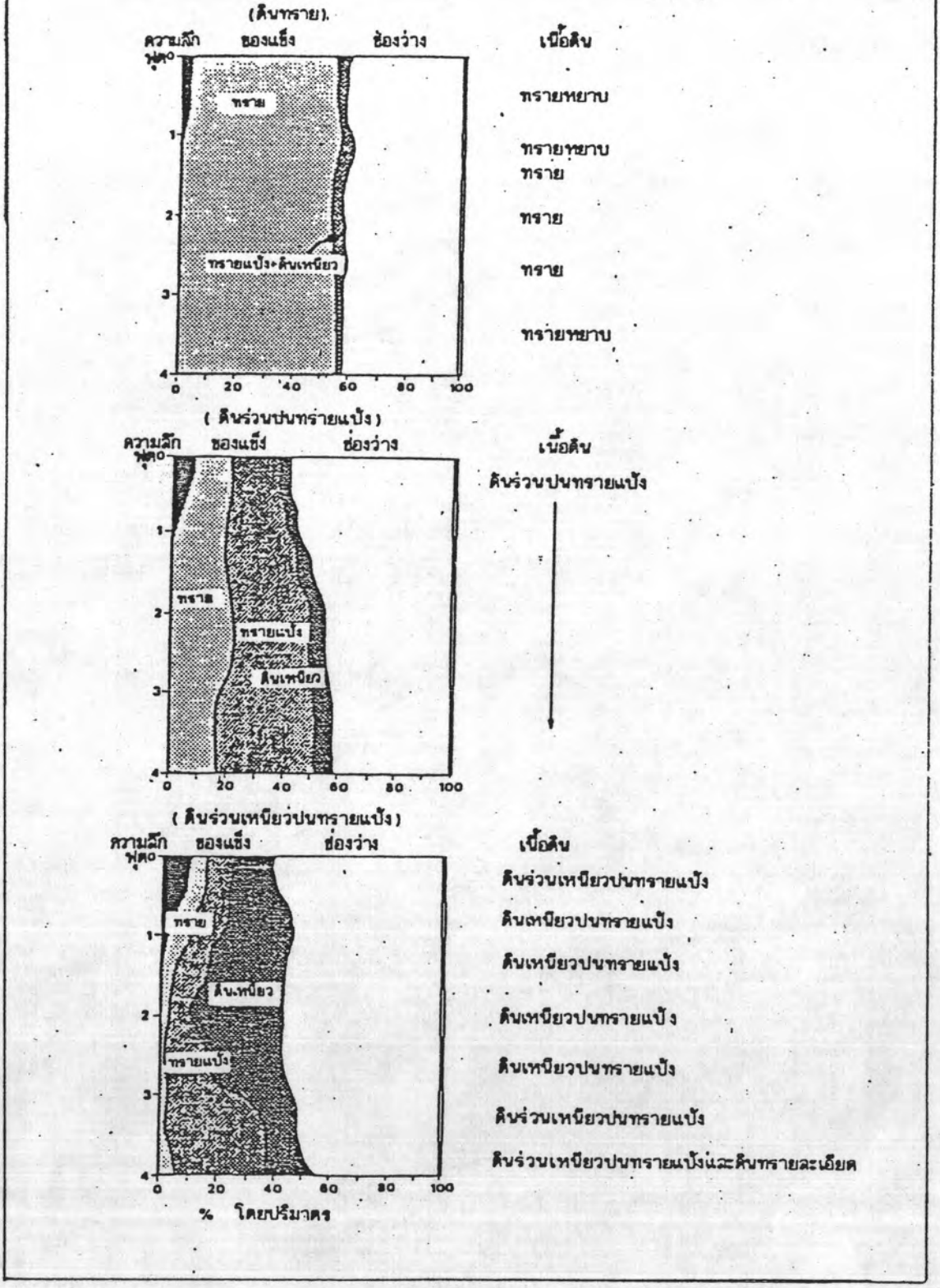
3. ช่องของตะแกรงที่เล็กมาก ๆ อุดตันได้ง่าย การร่อนด้วยตะแกรง จึงไม่เหมาะกับอนุภาคที่ละเอียดมาก ๆ

4. เป็นการยากที่จะวินิจฉัยว่าควรใช้แรงเขย่ามากเพียงใดในการร่อน จึงจะให้ผลที่สมบูรณ์ตามที่ประสงค์และในขณะเดียวกันก็ไม่ทำให้อนุภาคแตกหัก

5. การเขย่า แม้ว่าจะทำด้วยความระมัดระวัง สักเพียงใดก็ตาม อาจทำให้บางอนุภาคแตกหัก เนื่องจากเสียดสีกับอนุภาคข้างเคียง หรือเสียดสีกับลวด หรือผนังของตะแกรง ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้น ย่อมทำให้ขนาดของอนุภาคนั้นเล็กกว่าที่ควรจะเป็น

แม้ว่าจะมีข้อเสียหลายประการดังกล่าวแล้วนี้ก็ตาม การร่อนด้วยตะแกรงก็ยังเป็นวิธีที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย และยังไม่มีวิธีอื่นใดที่ดีกว่า สำหรับใช้กับอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์ที่มากกว่า 0.05 มม. (9,10,13)

รูปที่ 2.7 แสดงความแตกต่างและการเปลี่ยนแปลงตามความลึกหน้าตัดดินของปริมาณกลุ่มอนุภาคดินของเนื้อดิน 3 ประเภท



รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อดินตามความลึกของหน้าตัดดิน (4)

2.2.1.2 สีของดิน (Soil color)

ก. ความสำคัญ

สีของดินเป็นสมบัติที่สามารถเห็นได้ชัดกว่าสมบัติอื่น ๆ ดินชนิดต่าง ๆ โดยปกติที่มีสีหรือแนว (pattern) ของการเปลี่ยนสีภายในหน้าตัด ที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวไม่เหมือนกับของดินชนิดอื่น ๆ ดังนั้นสีของดิน จึงเป็นสมบัติที่เป็นประโยชน์ในการจำแนกดินออกเป็นชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ดินในชั้นต่าง ๆ ของหน้าตัดเดียวกัน ก็มักมีสีที่แตกต่างกัน ซึ่งใช้เป็นประโยชน์ในการแยกออกเป็นชั้น ๆ (horizon) อีกประการหนึ่ง จากสีของดิน พอที่จะบอกถึงสภาวะทางเคมีบางประการ เช่น สภาวะ Oxidation, ภาวะ hydration และสภาพทางฟิสิกส์บางประการ เช่น (สภาวะการระบายน้ำ หรือสภาวะของการถ่ายเทอากาศ เป็นต้น) สีของดินจะบอกสภาวะอย่างนี้ได้อย่างคร่าว ๆ

ข. ส่วนประกอบของดินที่มีผลกระทบต่อสีของดิน

สีของดินส่วนมากมักมีปริมาณของอินทรียวัตถุ ชนิดของสารประกอบของธาตุเหล็ก และปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินเป็นตัวกำหนด ถ้าดินมีอินทรียวัตถุ ซึ่งมีสีน้ำตาลเข้ม มาก ๆ สีของอินทรียวัตถุจึงกลบสีของสิ่งอื่น ๆ ที่อยู่ในดินจนเกือบหมด ทำให้ดินมีสีน้ำตาลเข้ม สำหรับธาตุเหล็กส่วนของธาตุเหล็กที่มีผลกระทบที่สำคัญที่สุดต่อสีของดินได้แก่ ส่วนที่ได้จากการผุผังของแร่ดั้งเดิม และอยู่ในรูปของออกไซด์ หรือไฮดรอกไซด์ ธาตุเหล็กที่อยู่ในสภาวะเช่นนี้โดยปกติมีอนุภาคที่ละเอียดมาก และมักจะเคลือบอยู่บนผิวของอนุภาคของแร่อื่น ๆ ที่มีขนาดโตกว่า ธาตุเหล็กที่อยู่ในรูป ferrous oxide (FeO) มีสีเทา ถ้าอยู่ในรูป ferric oxide ที่แห้ง (Fe_2O_3) จะมีสีแดง และถ้าอยู่ในรูป ferric oxide ที่ชุ่ม (hydrated ferric oxide., $2\ Fe_2O_3\ 3H_2O$) จะมีสีเหลือง

สำหรับความชื้น จะทำให้ดินมีสีคล้ำมากขึ้น เมื่อดินชื้นมากขึ้น นอกจากนี้ สภาวะความชื้นของดิน ยังอาจมีส่วนในการก่อให้เกิดสีในลักษณะอื่น ๆ ได้ด้วย เช่นเมื่อดินมีความชื้นค่อนข้างต่ำ และมีการถ่ายเทอากาศมีธาตุเหล็กที่มีอยู่ในดินจะให้สีแดง ถ้าความชื้นของดินเพิ่มขึ้นบ้างแต่ไม่มาก พอที่จะก่อให้เกิด hydration อย่างสมบูรณ์ขึ้นกับทุก ๆ ส่วนของออกไซด์ของเหล็กในดินได้ สีที่เกิดจากธาตุเหล็กก็จะเป็นสีส้ม เป็นต้น

ค. ผลกระทบของภูมิอากาศต่อลีของดิน

ถ้าจะเปรียบเทียบลีของดินในส่วนต่าง ๆ ของโลกที่มีภูมิอากาศที่แตกต่างกัน จะพบความแตกต่างที่ค่อนข้างจะชัดเจน แนวของความสัมพันธ์ของลีของดินในส่วนต่าง ๆ ของโลกโดยทั่วไปมีดังนี้

1. เมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น ลีของดินจะมากขึ้น เช่นถ้าเปรียบเทียบลีของดินในโซนร้อน (tropical regions) กับลีของดินในโซนอบอุ่น (temperate regions) โดยปกติจะพบว่าดินในโซนร้อนมีลีที่คล้ำกว่าหรือแดงกว่าดินในโซนอบอุ่น เป็นต้น

2. เมื่อปริมาณน้ำฝนมากขึ้น ลีของดินคล้ำมากขึ้น (ลดน้อยลง) เช่น ถ้าเปรียบเทียบลีของดินในโซนแห้งแล้ง (arid regions) กับลีของดินในโซนชุ่มชื้น (humid regions) พบว่าดินโซนชุ่มชื้น มีลีที่คล้ำกว่าดินในโซนแห้งแล้ง เป็นต้น

2.2.1.3 โครงสร้างดิน (Soil structure)

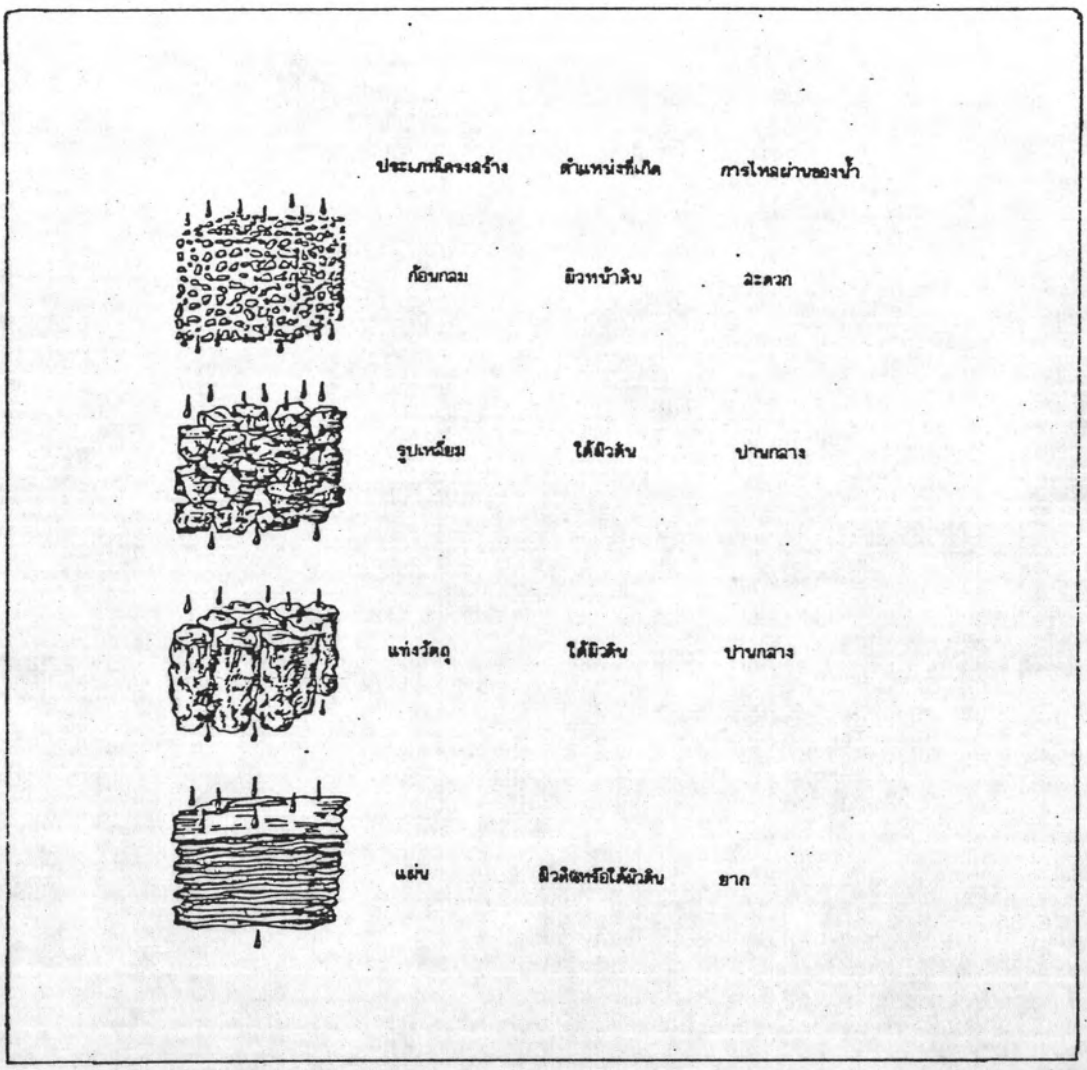
โครงสร้างดินหมายถึงการจัดเรียงตัวเชื่อมยึดติดกันของเม็ดดิน (soil aggregate) ดินทุกชนิดไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างเสมอไป ถือว่าดินจะมีโครงสร้างก็ต่อเมื่อส่วนใหญ่ของอนุภาคดินเชื่อมยึดกันเป็นเม็ดดิน และเม็ดดินส่วนมากมีรูปทรงที่คล้ายคลึงกัน (4)

อนุภาคของดินที่ไม่มีโครงสร้าง โดยปกติปรากฏตัวในลักษณะใดลักษณะหนึ่งใน 2 ลักษณะคือ

1. อนุภาคเดี่ยว(single grain)คือแต่ละอนุภาคไม่เชื่อมยึดกับอนุภาคข้างเคียงเลย กรณีเช่นนี้พบมากในดินที่มีทรายมาก ๆ

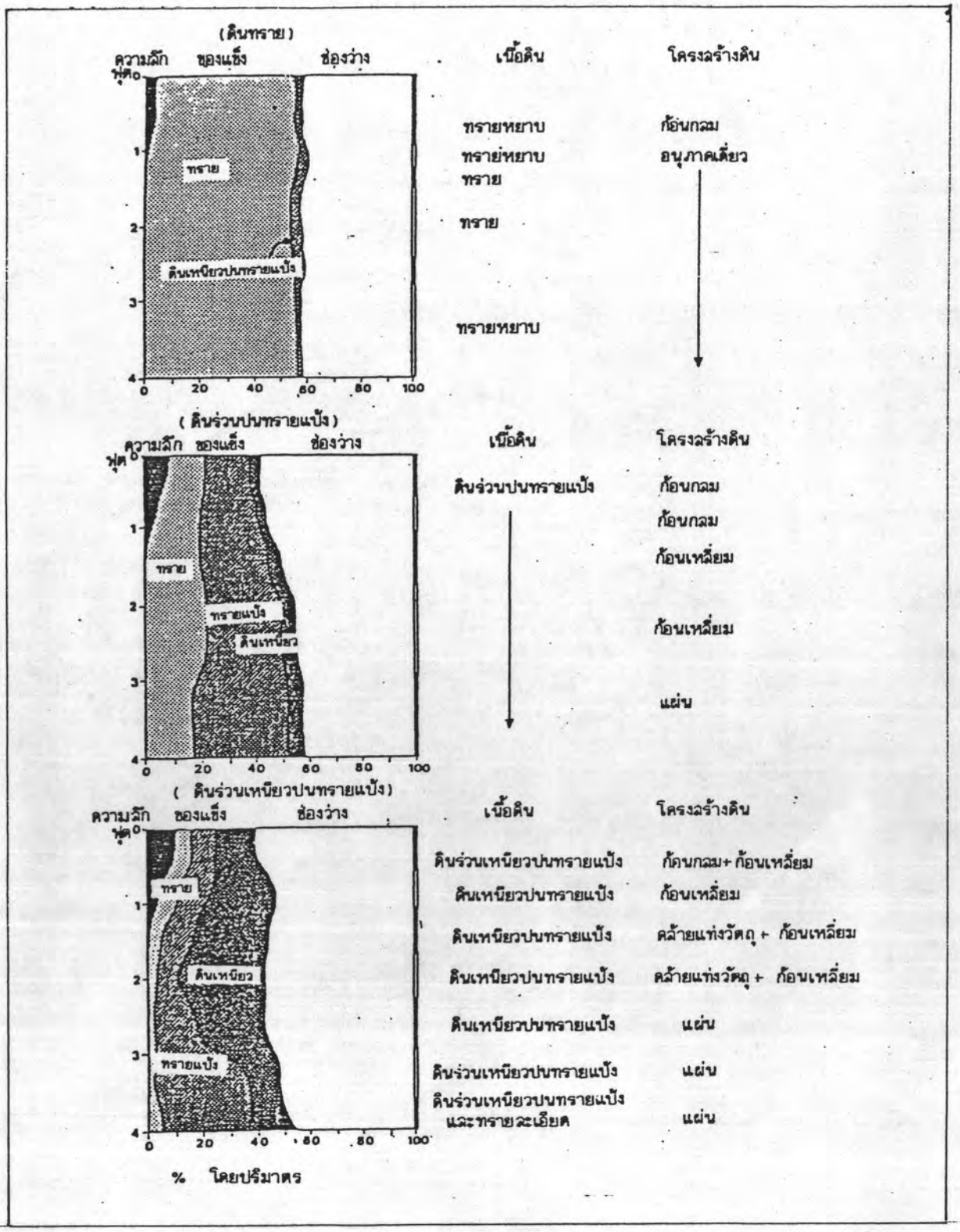
2. ลักษณะเป็นกลุ่มก้อน (massive) คืออนุภาคข้างเคียงแต่ละคู่เชื่อมยึดกันด้วยความแข็งแรงเท่า ๆ กัน ในทุกทิศทาง ทำให้ไม่มีแนวที่เด่นชัดที่เม็ดดิน จะแยกจากกันได้โดยง่าย ดังนั้นหากบิหรือทุบก้อนดินให้แตกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย จะได้เม็ดดินที่มีปทรง และขนาดต่าง ๆ กันปะปนอยู่กับอนุภาคเดี่ยว จำนวนหนึ่ง จึงไม่อาจกำหนดได้ว่า ชิ้นส่วนใดคือหน่วยโครงสร้างของดิน กรณีเช่นนี้พบมากในดินที่มีเนื้อดินประเภทร่วนปนทราย ทรายร่วน และร่วนปนทรายแป้ง

สำหรับดินที่มีโครงสร้าง เรานิยมจำแนกโครงสร้าง เป็นประเภท (type) ต่างโดยใช้รูปทรงของหน่วยโครงสร้างเป็นเกณฑ์กำหนด ดังรูป 2.8



รูปที่ 2.8 ประเภทโครงสร้างดิน, ตำแหน่งที่เกิดและการไหลของน้ำ (4)

หน้าตัดดิน (Soil profile) จะมีลักษณะเด่นของโครงสร้างดินประเภทใดประเภทหนึ่งแต่ตลอดความลึกลงไป อาจจะมีโครงสร้างประเภทอื่น ปรากฏออกมาทั้งนี้ขึ้นกับเนื้อดินและปริมาณอินทรียวัตถุ ในรูปที่ 2.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างดินในหน้าตัดดินของดิน 3 ประเภท



รูปที่ 2.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างดิน (4)

จากรูปที่ 2.9 ดังกล่าว จะสังเกตได้ว่าดินทั้ง 3 ประเภท จะมีโครงสร้างของดินประเภทแกรนูลาร์ (granular) ที่ผิวหน้า ซึ่งโครงสร้างของดินประเภทนี้จะพบมากที่ดินบน ทั้งนี้เพราะผิวหน้าของดินจะมีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่มาก และโครงสร้างของดินประเภทนี้ ทำให้ดินร่วนซุย และมีการระบายน้ำดี ส่วนโครงสร้างประเภทรูปเหลี่ยม (blocky) และโครงสร้างคล้ายแท่งวัตถุ (prismatic) จะพบที่ดินชั้นล่างลงไป ส่วนโครงสร้างที่เป็นแผ่นคล้ายแผ่นกระดาษ platy ก็จะพบในดินลึก ๆ ชั้นล่าง ซึ่งส่วนมากเนื้อดินจะเป็นดินเหนียว

โครงสร้างของดินจะมีผลต่อความสะดวก ในการเคลื่อนที่ของน้ำในดินหรืออีกนัยหนึ่งคือความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 2.8 โครงสร้างที่เป็นแผ่น น้ำจะไหลผ่านได้ยาก ต่างจากโครงสร้างเป็นแท่ง, โครงสร้างเป็นรูปเหลี่ยมและโครงสร้างแบบก้อน ซึ่งน้ำสามารถไหลผ่านได้สะดวกขึ้นเป็นลำดับ

2.2.2 ความสามารถให้น้ำซึมผ่าน (Permeability)

ความสามารถให้น้ำซึมผ่านของดิน เป็นสมบัติประการหนึ่งของดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับช่องว่าง (pore space) ของดิน ปัจจัยที่สำคัญคือ ขนาดของช่องว่าง เนื้อดินแต่ละประเภทจะมีช่องว่างของดินแตกต่างกัน ดินเนื้อละเอียด เช่นดินเหนียวมีช่องว่างขนาดเล็ก จะมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านช้าหรือช้ามาก ส่วนดินเนื้อหยาบ เช่นดินทราย ซึ่งมีช่องว่างขนาดใหญ่ มีความสามารถให้น้ำซึมเร็วถึงเร็วมาก สำหรับดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายแป้ง เป็นดินที่จัดเป็นเนื้อดินปานกลาง จะมีความสามารถให้น้ำซึมค่อนข้างช้า จนถึงค่อนข้างเร็ว (4) ในรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าถึงแม้ปริมาณของช่องว่างทั้งหมด (total pore space) ของดินทรายจะมีน้อยกว่า ดินร่วนปนทรายแป้ง และดินเหนียวก็ตาม แต่ปัจจัยที่สำคัญคือ ขนาดของช่องว่าง ซึ่งดินทรายมีขนาดใหญ่กว่าดินเหนียว จึงมีความสามารถในการซึมน้ำเร็วกว่าข้างต้น

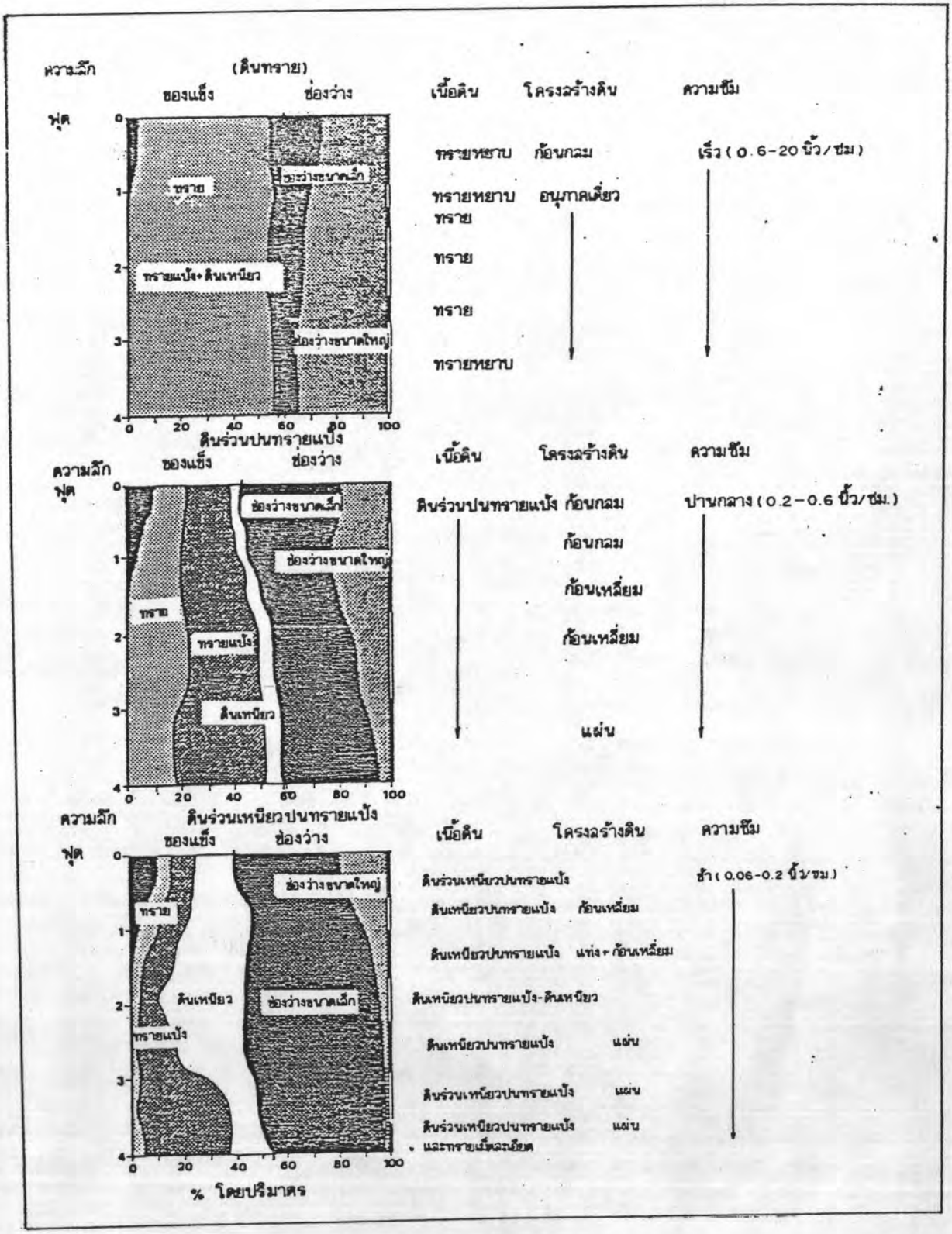
ความสามารถให้น้ำซึมผ่าน วัดกันเป็นระยะทางในการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านหน้าตัดขวางของดินอิ่มตัว (saturated soil) ภายใน 1 หน่วยเวลา โดยทั่วไปวัดเป็น นิ้ว/ชม. (4) การแบ่งชั้นความสามารถให้น้ำซึมผ่านของดินแบ่งได้ดังในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ชั้นความสามารถให้น้ำซึมผ่าน (4)

ความสามารถให้น้ำซึมผ่าน (นิ้ว/ชม.)	ชั้น (class)
น้อยกว่า 0.06	ช้ามาก
.06 - 0.20	ช้า
0.20 - 0.60	ช้าปานกลาง
0.60 - 2.00	ปานกลาง
2.00 - 6.00	เร็วปานกลาง
6.0 - 20	เร็ว
20 ขึ้นไป	เร็วมาก

ช่องว่างในดินมีขนาดตั้งแต่ 2-3 ไมครอน จนถึงหลาย ๆ มิลลิเมตร แต่โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ช่องว่างขนาดใหญ่ (macropores) และช่องว่างขนาดเล็ก (micropore) ในดินที่อิ่มตัว การไหลของน้ำผ่านช่องว่างขนาดใหญ่เป็นไปโดยแรงโน้มถ่วง ส่วนช่องว่างขนาดเล็ก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำ และถือว่าในช่องว่างขนาดเล็กมีกระแสต้านทานการไหลของน้ำโดยแรงโน้มถ่วง (4) ในรูปที่ 2.10 แสดงถึงความแตกต่างของปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก ของดิน 3 ประเภท พร้อมทั้งแสดงถึงความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดินแต่ละประเภท ดินที่มีเนื้อหยาบ (ดินทราย) มีปริมาณช่องว่างทั้งหมดน้อยที่สุด แต่มีปริมาณของช่องว่างขนาดใหญ่มากจึงมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านสูง คือซึมได้เร็ว ในทางตรงข้ามเนื้อดินละเอียด (ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง) มีปริมาณช่องว่างทั้งหมดมากที่สุด แต่ปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่มีน้อย จึงมีค่าความสามารถให้น้ำซึมผ่านน้อยที่สุด

นอกจากนี้แล้วยังสังเกตได้ว่าช่องว่างขนาดใหญ่จะเปลี่ยนแปลงตามความลึกของดิน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเนื้อดิน และโครงสร้างของดินซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณช่องว่างของดิน มีผลต่อความสามารถในการให้น้ำซึม (4)



รูปที่ 2.10 หน้าตัดดินแสดงอัตราส่วนของปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่และช่องว่างขนาดเล็ก และความสามารถให้น้ำซึมผ่าน (4)

2.2.3 จุลชีววิทยาของดิน (Soil Microbiology)

ดินโดยทั่ว ๆ ไป ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ แต่ถ้าพิจารณาให้ละเอียดแล้วก็สามารถแยกองค์ประกอบเหล่านี้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ อีกได้แก่

1. อนุภาคของแร่ธาตุ เป็นส่วนที่เกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ต่าง ๆ ซึ่งรวมทั้งส่วนที่มีขนาดใหญ่ จนถึงส่วนที่มีขนาดเล็ก เช่น ทรายละเอียด ทรายแป้ง และดินเหนียว

2. ซากพืชและซากสัตว์ คือส่วนที่เป็นซากพืช ซากสัตว์ ซึ่งรวมทั้งส่วนที่ยังไม่สลายตัวและส่วนที่สลายตัวบ้างแล้ว ตลอดจนส่วนที่มีการสลายตัวอย่างสมบูรณ์

3. น้ำ คือส่วนที่เป็นของเหลว ซึ่งมีเกลืออนินทรีย์และสารประกอบอินทรีย์บางชนิดละลายอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กัน

4. อากาศ ส่วนที่เป็นอากาศในดินประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจนไนโตรเจนและก๊าซอื่น ๆ

5. สิ่งมีชีวิต มีสัตว์ (animal หรือ fauna) และพืช (plant หรือflora) และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ตั้งแต่ที่มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จนกระทั่งมีขนาดเล็ก (Microscopic) และเล็กมาก (Ultramicroscopic) ซึ่งต้องใช้กล้องที่มีกำลังขยายสูงส่องดู จึงสามารถมองเห็นได้ Waksman (1952) (22) และ Alexander (1965) (23) ได้อธิบายว่า

ในระบบของดิน (soil systems) พวกจุลินทรีย์ (microorganisms) ส่วนใหญ่จะอาศัยอยู่บนพื้นผิวของอนุภาคคอลลอยด์ มีบางส่วนที่อาศัยในสารละลายของดิน (soil solutions) ได้มีการศึกษาและประมาณว่า ดินทราย (sandy soil) 1 กรัมจะมีแบคทีเรียอยู่ 320,000 ถึง 500,000 ตัว และในดินร่วน (loam) จะมีอยู่ถึง 360,000 ถึง 600,000 ตัว สำหรับดินที่มีอุดมไปด้วยอินทรียวัตถุ จะมี แบคทีเรีย (bacteria) อยู่มากถึง 2,000,000 ถึง 200,000,000 ล้านตัว ในดินหนักเพียง 1 กรัม

ในเขตชุ่มชื้น (humid regions) จุลินทรีย์จะมีอยู่หนาแน่นมากในชั้นผิวดินที่ช่วงความลึก 2-3 นิ้ว และยิ่งลึกลงไป จำนวนจุลินทรีย์ก็ยิ่งลดน้อยไปเรื่อย ๆ และพบว่าที่ความลึก 3-$3\frac{1}{2}$ ฟุต ไม่ปรากฏจุลินทรีย์ อาศัยอยู่ในดินเลย

สำหรับดินในเขตแห้งแล้ง (arid regions) จุลินทรีย์จะอาศัยอยู่ในดินลึกถึง 6 ฟุต (2,9)

ชนิดและความสำคัญของจุลินทรีย์ในดิน

Microorganisms ในดิน แยกได้เป็น สัตว์ขนาดเล็กในดิน (soil microfauna) และพืชขนาดเล็กมาก (soil microflora)

สัตว์ขนาดเล็กในดิน (soil microfauna)

สัตว์พวกนี้มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ที่มักพบอยู่เป็นจำนวนมากในดินได้แก่ nematodes protozoa และ rotifer

1. Nematode บางทีเรียกว่า threadworm หรือ eelworm ซึ่งพบในปริมาณที่มากในดินแทบทุกชนิด บางทีอาจมีถึง 45 ล้านตัวต่อเนื้อที่ 2.5 ไร่ ถ้าแยก nematode ออกตามความต้องการอาหาร แล้วอาจแยกออกได้ 3 พวกใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

ก. Saprophytic nematode พวกที่มีชีวิตอยู่ได้ด้วยการอาศัยอินทรียวัตถุที่กำลังเน่าเปื่อยเป็นอาหาร

ข. Predaceous nematode เป็น predator คือเป็นพวกที่มีชีวิตอยู่ได้ด้วยการจับ nematode ด้วยกันเองตลอดจนไส้เดือนเล็ก ๆ และสัตว์อื่น ๆ เป็นอาหาร

ค. Parasitic nematode พวกนี้เป็น parasite

2. Protozoa อยู่ในดินมากมายหลายชนิด จากผลการทดลองหาปริมาณของ Protozoa ปรากฏว่ามีอยู่ในดินถึง 1,000,000 ตัวต่อดินแห้ง 1 กรัม แต่ปริมาณของมันผันแปรขึ้นอยู่กับการถ่ายเทอากาศและปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ที่มีอยู่ในดิน Protozoa ที่มักพบในปริมาณที่มากในดินประกอบด้วย 3 พวกใหญ่ ๆ คือ

ก. amoeba

ข. ciliates หรือ infusoria และ

ค. flagellates

3. Rotifer มีอยู่มากในดินที่มีความชุ่มชื้น ค่อนข้างสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีน้ำขัง (swampy land) อาจมีถึง 50 ชนิดและการเจริญจะเป็นไปได้ด้วยดีก็ต้องมีอินทรียวัตถุในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นนับได้ว่า rotifer เป็นตัวการสำคัญอันหนึ่งเกี่ยวกับการแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุในดินที่มีน้ำขัง

2. พืชขนาดเล็กมาก (Soil microflora)

สิ่งที่มีชีวิตขนาดเล็ก (Microscopic flora) ไม่สามารถที่จะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จะต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูจึงจะมองเห็นได้ พอจะแยกออกเป็นพวก ๆ ได้ดังนี้

1. บักเตรี เป็นจุลินทรีย์ที่นับได้ว่ามีความสำคัญมาก เพราะบักเตรีขยายพันธุ์เร็ว และมีปริมาณมาก ถ้าดินมีอาหารเพียงพอมีการถ่ายเทอากาศและความชื้นที่เหมาะสมแล้ว อาจพบบักเตรีในปริมาณมากถึง 10^7 เซลล์ ต่อดินแห้ง 1 กรัม แต่ปริมาณของบักเตรี อาจไม่แน่นอนเพราะขึ้นกับองค์ประกอบหลายอย่างดังกล่าว ความสำคัญของบักเตรีมีอยู่มากมายหลายอย่าง ที่เห็นได้ชัดได้แก่

ก. การสลายตัวของอินทรียวัตถุ

ข. ขบวนการ nitrification

ค. ขบวนการ denitrification

ง. ขบวนการ sulfur oxidation

จ. ขบวนการ sulfate reduction

ฉ. ขบวนการ nitrogen fixation และอื่น ๆ อีก

2. Actinomycete มีลักษณะทาง morphology ที่คล้ายคลึงกับ บักเตรี และ Fungi การเจริญเติบโตต้องอาศัยสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมคล้าย ๆ กัน ปริมาณที่พบในดินอาจกล่าวได้ว่า มีมากเป็นที่สองรองจากบักเตรี คือประมาณ 10^6 - 10^7 เซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญ

Actinomycete มีความสำคัญก็เนื่องจาก ความสามารถในการสลาย อินทรียวัตถุการใช้และปลดปล่อยไนโตรเจนที่รวมอยู่ใน complex humic form นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการย่อยสารประกอบที่ย่อยยาก เช่น lignin และ Actinomycete ยังทนความแห้งแล้งได้ดี

3. Fungi เป็น microflora มีลักษณะคล้ายเส้นใย ซึ่งเรียกว่า mycelium ซึ่งอาจมีกิ่งก้านสาขาแยกออกมาอีกมากมาย Fungi ที่พบมากในดินได้แก่พวก yeast, mold และ mushroom fungi ปริมาณทั้งหมดของ Fungi เท่าที่เคยพบมีมากถึง 10^6 หน่วย ต่อดินแห้ง 1 กรัม

ความสำคัญของ Fungi คือความสามารถในย่อยอินทรียวัตถุ นอกจากนี้ Fungi ยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีพีเอชต่ำ ดังนั้น เพราะฉะนั้นกิจกรรมต่าง ๆเกี่ยวกับการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินที่มีความเป็นกรดสูง จึงเป็นหน้าที่ของ Fungi

4. สาหร่าย สามารถแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้อีก คือ

ก. Chlorophyceae (green algae)

ข. Cyanophyceae (blue green algae)

ค. Bacillariophyceae (diatoms)

ง. Xanthophyceae (Yellow green algae)

ปริมาณ algaeที่พบในดิน มีต่ำว่าจุลินทรีย์ (micro organisms) พวกอื่น ปริมาณโดยเฉลี่ยของ algae ในดินมักไม่เกิน 8×10^6 เซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

Algae มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนในดินเป็นอย่างยิ่ง โดยที่มีความสามารถในการตรึง (fixation) เอา N_2 (molecular nitrogen) จากอากาศ และเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ในเซลล์ได้ blue green algae เป็นพวกที่มีประสิทธิภาพในการตรึงสูงสุด

5. ไวรัส เป็นอนุภาคที่มีชีวิต (living particle) ที่มีขนาดเล็กที่สุด (ultramicroscopic) มองเห็นได้โดยใช้กล้องที่มีกำลังขยายสูงเป็นพิเศษ เช่น electron microscope ลักษณะทั่ว ๆ ไปเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ขนาด 0.05 - 0.10 μ (0.00005 - 0.0001 มม.) ไวรัสได้รับความสนใจในแง่ว่า ไวรัส เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ นอกจากที่นี้ ไวรัส ยังมีอำนาจในการทำลาย จุลินทรีย์พวกแบคทีเรียและ actinomycete

2.3 ระบบการทำงานของดินในการกำจัดน้ำโสโครก

การกำจัดน้ำโสโครกโดยการปล่อยน้ำโสโครกลงไปในดิน เพื่อให้ดินทำการกำจัดน้ำโสโครกนั้นให้สะอาดไม่ก่อมลภาวะขึ้น เป็นระบบหรือยบวนการทำงานของดินที่ประกอบด้วยการกระทำที่ซับซ้อน ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และยังมีกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต พวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ อยู่ที่ชั้นผิวดินอีกด้วย ดังแสดงในแผนผังและรายละเอียดต่อไปนี้ (2,3,4)

กลไกการบำบัด (Treatment Mechanism)

ทางกายภาพ	ทางเคมี	ทางชีววิทยา
- การกรอง	- การดูดติดผิว (adsorption)	- การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ
- การเลือกลาง	- การตกตะกอน (Precipitation)	

2.3.1 กลไกการบำบัดทางกายภาพ

เมื่อน้ำเสียถูกปล่อยลงสู่ดินและไหลผ่านช่องว่างของดิน ตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องว่างก็จะถูกกักและกำจัดออกไปและเมื่อการกักตะกอน ดำเนินไปเรื่อย ๆ ตะกอนที่ถูกกักไว้ก็จะรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น และอุดให้ช่องว่างเล็กลง ทำให้สามารถกักตะกอนที่มีขนาดเล็ก ๆ ลงไปได้อีก

ความลึกหรือระยะทางที่ใช้ในการกำจัดหรือกรองตะกอนต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับขนาดของตะกอนแขวนลอย เนื้อดิน และอัตราน้ำเสียที่ปล่อยลงดิน นั่นคือถ้าปริมาณน้ำเสียมีมาก และดินมีเนื้อหยาบระยะทางหรือความลึกที่จะกำจัดตะกอนก็ต้องเพิ่มมากขึ้นด้วย (4)

2.3.2 กลไกการบำบัดทางเคมี

โดยที่ดินแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติของเนื้อดินแตกต่างกัน ดินเนื้อหยาบ ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคดินประเภทแร่ปฐมภูมิ (primary mineral) ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีคล้าย ๆ หรือ

เหมือนกับแร่ประกอบหิน (rock forming mineral) ซึ่งเกือบจะไม่มีปฏิกิริยาเคมี หรือไม่มีเลยก็ว่าได้ (11) ซึ่งนับว่าแตกต่างจากดินเหนียว โดยที่แร่ดินเหนียวจัดว่าเป็นสารคอลลอยดอล และมีปฏิกิริยาเคมีมาก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกำจัดสารต่าง ๆ

ดินเหนียวบางชนิด สามารถเติมหรือใส่สารเคมีประเภทกรด ด่าง หรือเกลือได้ โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (form) ของมันเลย ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) นอกจากนี้การแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange) เป็นสมบัติประการสำคัญของดินที่ใช้อธิบายถึงสภาพความเป็นกรด สภาพความเป็นด่างของดิน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการกำจัดสารเคมีในน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ดิน เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

2.3.3 <u>กลไกการบำบัดทางชีวภาพ</u>

เนื่องจากดินประกอบด้วยจุลินทรีย์ (microorganism) โดยเฉพาะที่บริเวณผิวหน้าหรือชั้นต้น ๆ ของหน้าตัดดิน ดังนั้นการบำบัดทางชีวภาพก็คือการกระทำอันเนื่องจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านั้น เช่น บักเตรีที่จะย่อยละลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีในน้ำโสโครกที่ทิ้งลงสู่ดิน นอกจากนี้ยังมีขบวนการตรึงไนโตรเจน โดยไนโตรแบคเตอร์ อีกเป็นต้น

2.3.4 <u>การกำจัดชีวสารและสารเคมี</u> (Removal of Biological and chemical constituents)

ก) การกำจัดเชื้อโรคไวรัสและแบคทีเรีย

เชื้อไวรัส บักเตรี และเชื้อโรคอื่น ๆ ถูกกำจัดออกจากน้ำเสียได้อย่างรวดเร็วเมื่อน้ำซึมผ่านดิน เชื้อไวรัสมีขนาดเล็กมากและเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เช่นเดียวกับดินโดยเฉพาะอนุภาคดินเหนียว ดังนั้นเชื้อไวรัสจึงมีโอกาสน้อยมาก ในการแทรกซึมผ่านดินเป็นระยะ 1-2 นิ้ว ประกอบกับเชื้อไวรัสมีช่วงชีวิต (lifespans) ที่สั้นมากในดิน จึงไม่เป็นปัญหาต่อความสามารถของดินในการรับเชื้อไวรัสที่มีในน้ำเสียที่ปล่อยลงดิน ในกรณีของบักเตรีก็เช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าบักเตรีจะมีขนาดใหญ่กว่าไวรัส และปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่ผิวดินมีผลต่อบักเตรีไม่มากนัก บักเตรีสามารถแทรกซึมเข้าสู่ดินได้ แต่ก็เป็นระยะทางไม่เกิน 1 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคดิน และความเร็วของการเคลื่อนที่ในดิน บักเตรีมีช่วงชีวิตที่จำกัด ดังนั้นดินจึงสามารถกำจัดบักเตรีได้ดี (3)

สำหรับจุลินทรีย์ (organism) ที่ใช้กันทั่วไป สำหรับเป็นตัวบ่งชี้ (indicator) ถึงมลพิษทางน้ำอันเนื่องมาจากมนุษย์และสัตว์คือ "Coliform group" Orlob (1956) (35) ก็ได้ตั้ง

สูตรสำหรับการหาระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างบ่อเกรอะ (septic tank) และน้ำประปา เพื่อการกำจัด coliform bacteria ทั้งนี้เพื่อจะรักษาคุณภาพของน้ำดื่มไว้ สมการนั้นคือ

$$L = 107\ dv$$

ในเมื่อ L = ระยะทาง เป็นฟุต

d = เส้นผ่าศูนย์กลางสมมูลย์ของดิน (D^{10}) (ซม)

v = การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ฟุต/วัน

และจากการคำนวณโดยใช้สมการนี้ ก็สรุปได้ว่า ระยะทางที่ต้องใช้สำหรับการกำจัด coliform สั้นมาก และพอเพียงที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายในน้ำ ที่ใช้อุปโภคบริโภค จึงเป็นอันว่าดินมีความสามารถในการกำจัด บักเตรีในน้ำเสียที่ปล่อยเข้าสู่ดินได้ (3)

ข) การกำจัดฟอสฟอรัส

การกำจัดฟอสฟอรัสในดิน เกิดขึ้นโดย 2 หลักการ

1. โดยขบวนการทางจุลชีว (microbiological)
2. โดยขบวนการทางเคมีหรือกายภาพ (นั่นคือโดยการตกตะกอนทางเคมี (chemical precipitation)หรือการดูดซึม (sorption)

การกำจัดฟอสฟอรัสในน้ำโสโครกโดยขบวนการทางจุลชีวให้ผลดีในกรณีที่ใช้ขบวนการกำจัดน้ำเสีย ทาง artificial treatment systems, เช่นขบวนการ activated sludge ซึ่งสามารถกำจัดฟอสเฟตได้ถึง 90 % หรือถ้าใช้ spray irrigation flow ภายใต้เงื่อนไขที่มีอากาศ (aerobic) ก็จะสามารถกำจัดฟอสเฟตได้ 76 % ถึง 93 % (16)

Stumn (1962) (17) และ HSu (1965) (24) ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับ solubility equilibria และ sorption phenomena ไว้ว่า มีประจุโลหะหลายชนิดที่มีผลโดยเฉพาะต่อการตกตะกอนฟอสเฟต (precipitating phosphate) จากสารละลาย และที่สำคัญคือ แคลเซียม, เหล็ก และอลูมิเนียม ซึ่งโลหะทั้ง 3 ชนิดนี้ก็มีปรากฏอยู่ในดิน

ในตารางที่ 2.7 ได้ แสดงปฏิกิริยาเคมีของการกำจัดฟอสเฟต ในโรงงานบำบัดน้ำเสียชุมชน (sewage treatment plants) (17)

ตารางที่ 2.7 ปฏิกิริยาเคมีของการกำจัดฟอสเฟต (17)

$Fe^{+3} + PO_4^{-3}$	$= FePO_4$
$3Fe^{+2} + 2PO_4^{-3}$	$= Fe_3(PO_4)_2$
$Al^{+3} + PO_4^{-3}$	$= AlPO_4$
$Ca^{+2} + 2H_2PO_4^{-2}$	$= Ca(H_2PO_4)_2$
$Ca^{+2} + HPO_4^{-2}$	$= CaHPO_4$
$10\ Ca^{+2} + 6PO_4^{-3} + 2OH^{-1}$	$= Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6$

ขบวนการทางเคมีในดินก็เช่นเดียวกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในโรงงานกำจัดน้ำเสียดังกล่าว อนุภาคประจุบวก (cation) เช่น แคลเซียม, เหล็ก และอลูมิเนียม มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ และมีความสามารถในการตกตะกอน ฟอสเฟต ในน้ำโสโครกที่ไหลผ่านดิน (18) ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดนั้นขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของ อนุภาคประจุบวกเหล่านี้ในดินและพีเอชของดินนั้นด้วย (16)

Hsu (1965) (24) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับการตรึงสารฟอสฟอรัส (phosphorus fixation) ในดินที่พีเอชต่าง ๆ กัน ดังนี้คือ ในดินที่มีสภาพกรด คือมีพีเอชต่ำ เหล็กไฮดรอกไซด์ หรืออลูมินัมไฮดรอกไซด์ จะทำปฏิกิริยาจับกับไอออนฟอสเฟต หรืออลูมินัมฟอสเฟตทำให้ละลายยากขึ้น แต่ในดินที่มีความเป็นกลางหรือเป็นด่างคือพีเอชสูงขึ้น เหล็กฟอสเฟตหรืออลูมินัมฟอสเฟต สามารถปลดปล่อยไอออนฟอสเฟต ออกมาสู่สารละลายดินได้ ในขณะที่เหล็กหรืออะลูมินัม ยังคงสภาพเป็นสารที่ไม่ละลายในรูปไฮดรอกไซด์

ในรายงานเรื่อง "The use of the soil mantle as a wastewater treatment system โดย McGauhey and Krone (1967) (26) ได้กล่าว"ภายใต้สภาวะปกติของสภาพความเป็นกรดด่างของดิน ฟอสเฟตจะถูกกำจัดอย่างมีประสิทธิภาพ"

ค) การกำจัดไนโตรเจน

การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ดิน อาศัยขบวนการทางชีววิทยาโดยการกระทำของจุลินทรีย์ในดิน (microorganism) ภายใต้สภาวะมีอากาศหรือไร้อากาศ organic nitrogen จะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย โดยการกระทำของแซโปรไฟติคแบกเตรี

(Saprophytic bacteria) พวกไนโตรโซโมแนส หรือที่เรียกว่าไนไตรต์ฟอร์มเมอร์ (nitrite formers) สามารถเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ ภายใต้สภาวะมีอากาศ ดังสมการข้างล่าง

$$NH_4^+ + \frac{3}{2} O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} NO_2^- + 2H^+ + H_2O$$

จากนั้นไนไตรต์ก็จะถูกออกซิไดส์โดยไนโตรแบคเตอร์

$$NO_2^- + \frac{1}{2} O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobactor}} NO_3^-$$

พอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภายใต้สภาวะไร้อากาศ (anaerobic condition) ไนเตรตและไนไตรต จะถูกริดิวส์โดยขบวนการ denitrification ไนโตรเจนบางส่วนจะถูกริดิวส์โดยบักเตรีไปเป็นก๊าซไนโตรเจนแล้วเคลื่อนตัวเข้าสู่บรรยากาศ บางส่วนก็จะถูกริดิวส์ไปเป็นแอมโมเนีย

นอกจากขบวนการทางชีววิทยา แล้ว ขบวนการดูดติดผิว (adsorption process) ก็นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำจัดไนโตรเจน . Preul (1968) (27) ได้ทำการศึกษากลไกการทำงานของดินในการกำจัดไนโตรเจนแล้วสรุปว่า

(1) ปัจจัยหลักที่สำคัญในการควบคุม การเคลื่อนที่ของไนโตรเจนในดินได้แก่การดูดติดผิวและการกระทำทางชีววิทยา

(2) เมื่อไนโตรเจนอยู่ในรูปแอมโมเนียมอิออน ขบวนการดูดติดผิวทางกายภาพในดินเป็นกลไกที่สำคัญในการกำจัดไนโตรเจน และเมื่อไนโตรเจนอยู่ในรูปของไนเตรต ภายใต้สภาวะที่ พีเอชปกติ จะไม่มีการเคลื่อนไหวของไนโตรเจน

ปกติแล้วไนโตรเจนที่มีในน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนจะอยู่ในรูป organic nitrogen และแอมโมเนีย ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนของดิน โดยการดูดซับและขบวนการทางชีววิทยามีประมาณ 40 % ถึง 70 % (19)

ที่ Santee แคลิฟอร์เนีย การกำจัดน้ำทิ้งโดยปล่อยลงสู่ดิน พบว่าที่ระยะทางประมาณ 100 เมตร ไนโตรเจนจะถูกกำจัดออกถึง 30% - 40% (4) และการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดจะเกิดขึ้นที่ระยะทางประมาณ 500 เมตร ของการซึมของน้ำในดิน (21)

ง) การกำจัดสารอินทรีย์อื่น ๆ

การกำจัดสารอินทรีย์ ในน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่ดิน ส่วนใหญ่เป็นไปโดยกิจกรรมหรือการกระทำทางชีววิทยาโดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น บักเตรี รา สาหร่าย หรือโปโตซัว ซึ่งมีความสามารถในการทำลายอินทรีย์สารเหล่านั้น ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน และอินทรีย์สารนั้น ๆ โดยทฤษฎีแล้ว สามารถกล่าวได้ว่า ถ้าปริมาณของดินและระยะเวลาในการย่อยสลายไม่มีขีดจำกัดแล้ว เกือบ 100 % ของอินทรียสารที่สามารถ ย่อยสลายทางชีววิทยา (Biodegradable organic matter) สามารถกำจัดออกไปได้ แต่โดยทั่วไปแล้วปริมาณของอินทรีย์สารที่มีในน้ำทิ้งโดยเฉพาะจากแหล่งชุมชน มีไม่มากนัก จึงไม่เป็นปัญหาสำหรับการใช้ระบบซึมในดินในการกำจัดน้ำโสโครก (25,26)

2.4 การอุดตันของดิน (Soil clogging)

การกำจัดน้ำโสโครก โดยใช้ระบบซึมในดิน มีข้อกำหนดที่สำคัญในการตัดสินว่าดินมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ระบบหรือไม่ คือ ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าดินมีความเหมาะสมและมีการใช้ระบบซึมในดินนั้นไปเรื่อย ๆ ดินซึ่งทำหน้าที่กรองหรือกักสิ่งโสโครกต่าง ๆ ก็จะมีการอุดตัน (clog) เกิดขึ้นได้ และทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดน้อยลง สาเหตุที่เกิดการอุดตันของดิน เกิดจากปัจจัยหลายประการ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ

2.4.1 ปัจจัยทางกายภาพ (Physical Factors)

ดินที่มีขนาดของเม็ดดินสม่ำเสมอกัน จะสามารถอัดแน่นได้ดีกว่าดินที่มีขนาดของเม็ดดินขนาดเดียวกัน สำหรับพวกเม็ดดินที่มีขนาดละเอียดจะเรียงตัวกันเป็นชั้นบางๆ ตามผิวพื้นดิน และการเรียงตัวของเม็ดดินประเภทนี้จะทำให้เกิดการอุดตัน Orlob และKrone (1956)(35) พบว่าการตกตะกอนของอนุภาคที่ละเอียดจะอยู่ในชั้นล่างของพวกที่มีอนุภาคใหญ่ การดูดติดผิวของเม็ดดินและการซึมเข้าตามจุดที่สัมผัสของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าจนเกิดการอุดตัน การอุดตันประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาจากนั้น การอุดตันจะเป็นการอุดตันที่ถาวรจนมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของน้ำ จนกระทั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทำให้มวลของดินเกิดการเปลี่ยนแปลงใหม่

การอุดตันที่เกิดขึ้นทางกายภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความหน่วงของความชื้นดินเนื่องจากแรงดันในหลอดเล็ก (Capillary force) Winneberger และคณะ (19) —

ได้แสดงให้เห็นว่าดินที่มีขนาดเม็ดดินพอเหมาะที่ทำให้แรงตึงผิวและแรงดันในหลอดเล็กสูงสุด จะมีความยาวของแท่งดินสำหรับการระบายน้ำน้อยที่สุด ซึ่งแสดงว่าแรงดันในหลอดเล็กเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการไหลของน้ำในดิน

2.4.2 ปัจจัยทางเคมี

ปฏิกิริยาทางเคมีในดินบางอย่างโดยเฉพาะไอออน เอกเช่น (ion exchange) ทำให้เกิดการอุดตันขึ้นได้ เช่นการเกิด deflocculation ของดิน เนื่องจากมีความเข้มข้นของโซเดียมสูง โฟร์แมนและคณะ (1945) ได้พบว่า ดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่มากจะมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านสูงมากกว่า ดินปกติเมื่อเปรียบเทียบโดยปล่อยน้ำที่มีปริมาณโซเดียมต่ำ และน้ำที่มีปริมาณโซเดียมอยู่สูงลงไป

2.4.3 ปัจจัยทางชีวภาพ

ปัจจัยทางชีวภาพของดินที่ทำให้เกิดการอุดตัน ขึ้นกับคุณสมบัติของอินทรียสารในน้ำโสโครกและสภาวะแวดล้อมของดิน โดยทั่วไปแล้วการอุดตันเนื่องมาจากปัจจัยทางชีวภาพจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวหน้าดินหรือชั้นต้น ๆ ของดิน ซึ่งการอุดตันที่ผิวดินนี้ ยังเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุอีก 2 ประการ คือ

1. การลดลงของขนาดช่องว่าง เนื่องจากการทับถมของตะกอนแขวนลอยของอินทรียสาร

2. การลดลงของขนาดช่องว่างเนื่องจากการเจริญของบักเตรี ตามบริเวณช่องว่างที่มีตะกอนถูกกักอยู่

ช่องว่างที่ถูกอุดตันหรือขนาดเล็กลงจากสาเหตุข้างต้นนี้ สามารถเปิดขึ้นได้ใหม่โดยการย่อยสลายของอินทรียสาร โดยบักเตรี และการตายของบักเตรี เนื่องจากอาหารน้อยลงหรือในช่วงที่ดินแห้ง

2.5 การแก้ไขการอุดตันของดิน

การปรับปรุงหรือแก้ไขการอุดตันของดิน เพื่อให้ดินมีความสามารถในการซึมน้ำดีขึ้นเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับการใช้ระบบซึมในดินในการกำจัดสิ่งโสโครก Winneberger และคณะ (1961-(1965) (19) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าถึงข้อบกพร่องของระบบและการแก้ไขปรับปรุงอันเนื่องมาจากการอุดตัน แล้วได้ให้คำแนะนำไว้หลายประการดังนี้

ก. การทดลอบดินและการก่อสร้างจำเป็นต้องกระทำด้วยความระมัดระวังป้องกันไม่ให้เกิดการบดอัดหรือทำลายสภาพของดิน

ข. ในกรณีที่การทำให้ระบบแห้งทำได้ยาก ก็จำเป็นต้องใช้การระบายน้ำของดินช่วยเพื่อที่จะคงสภาวะแอโรบิดไว้

ค. การปล่อยน้ำทิ้งเข้าสู่ระบบในดิน ทางด้านข้างหรือยนานไปกับพื้นจะดีกว่าการปล่อยทิ้งลงในแนวดิ่ง

ง. จากการทดลองพบว่าการใช้สารช่วยก่อตะกอนจะช่วยลดปริมาณตะกอนแขวนลอย COD สารสังเคราะห์และความเข้มข้นเนื่องจากสารอื่น ๆ ในน้ำทิ้ง ทำในการอุดตันลดน้อยลงและการทำงานของระบบมีช่วงเวลามากขึ้น