บทที่ 2

ตรวจสอบเอกสาร

2.1 ลักษณะทั่วไปของดินกระจายตัวและพฤติกรรมการกระจายตัวของดิน

ประเทศต่างๆ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย เม็กซิโก บราซิล และประเทศไทย ประสบปัญหาการกัดเซาะผิวหน้า และรองผิวหน้าดินของเขื่อนกักเก็บน้ำ โดยพบว่ามีเขื่อนหลายแห่งเกิดการวิบัติในระหว่างการกักเก็บน้ำครั้งแรก ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากการกัดกร่อนอันเนื่องจากาการใช้ดินเหนียวกระจายตัวในการก่อสร้าง สำหรับสาเหตุของการวิบัติมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศออสเตรเลียและสหรัฐอเมริกา ซึ่งดินกระจายตัวจะมีลักษณะทั่วไปและพฤติกรรมต่างๆ พอจะกล่าวได้ดังนี้

2.1.1 ต้นกำเนิดของดินกระจายตัว

ดินโดยทั่วไปนั้น เกิดจากการผุกร่อนของหินต่าง ๆ โดยอิทธิพลของดินฟ้าอากาศ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ความกดดันของชั้นดินที่ทับถมกัน ทำให้ดินมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามขบวนการต่าง ๆ อนุภาคที่เกิดจากการย่อยสลายจะถูกตัวกลางพัดพาและสะสมตะกอนในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ดินที่ตกตะกอนจากแม่น้ำ (Alluvium soil) ดินที่ถูกลมพัดพาไปตกตะกอน (Loess soil) ดินที่ตกตะกอนจากสารละลายจากน้ำทะเล (Marine soil) เป็นต้น

สำหรับดินกระจายตัวนั้น เมื่อพิจารณาขนาดและลักษณะผิว จะมีตั้งแต่ดินเหนียว (Clayey) ดินตะกอนปนทราย (Silty) และดินเหนียวปนทราย (Sandy) ดินเหล่านี้สามารถที่จะเกิดการตกตะกอนได้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของแต่ละพื้นที่ การก่อกำเนิดของดินกระจายตัวนั้นมีลักษณะการตกตะกอนเป็นปัจจัยสำคัญของขบวนการเกิดดินกระจายตัวในธรรมชาติ สำหรับต้นกำเนิดของดินกระจายตัวซึ่งศึกษาและรวบรวมโดย Udomchoke (1991) ค้นคว้าเกี่ยวกับลักษณะการพัดพาและการตกตะกอนของดินกระจายตัวในลักษณะต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

- ดินกระจายตัวเกิดจากการพัดพาตะกอนจากน้ำทะเล
- ดินกระจายตัวเกิดจากการพัดพาตะกอนจากน้ำกร่อย
- ดินกระจายตัวเกิดจากการพัดพาทับถมด้วยลม
- ดินกระจายตัวเกิดจากการผุกร่อนของหินในธรรมชาติ

ในธรรมชาติของการตกตะกอนของดินกระจายตัว จะมีปริมาณของดินเม็ดละเอียดสูงและมีความสัมพันธ์กับแร่ธาตุโซเดียมในดินสูงเช่นเดียวกัน ดินเหล่านี้จะมีขีดความสามารถโดยขบวนการกัดเซาะสูง จะพบและปรากฏอยู่กับดินตามธรรมชาติและกระจายอยู่ทั่วไปบนพื้นโลก ซึ่งคุณลักษณะต่างๆ ของดินกระจายตัวนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น แหล่งกำเนิดทางธรณี สภาพภูมิอากาศ ปริมาณโซเดียมและแร่ธาตุในดิน เป็นต้น

2.1.2 แหล่งกำเนิดทางธรณี

สำหรับดินกระจายตัวที่จะเกิดจากการตกตะกอนได้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ธีระชาติ (2527) ได้กล่าวถึงดินกระจายตัวในประเทศไทยเกิดจากการสลายตัวของแร่ในหินแกรนิต (Granite) หินไนท์ (Gneiss) โดยปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อน ภายหลังจะกลายสภาพเป็นหินผุ ประกอบด้วย ควอทซ์ เฟลด์สปาร์ผุ ซึ่งไม่มีความเหนียว ดินเหนียวที่มีความหนืดต่ำ ออกไซด์ของเหล็กและอลูมินั่ม ซึ่งจะเคลือบเม็ดดินส่วนละเอียดอยู่โดยรอบ ทำให้คุณสมบัติความเหนียวของดินลดลง

Sherard และคณะ (1976) ได้สรุปเกี่ยวกับดินกระจายตัว ส่วนมากจะมีแหล่งกำเนิดจากการตกตะกอนบริเวณที่ราบที่น้ำท่วมถึง (Floodplain deposits) ตะกอนทะเลสาบ (Lake bed deposits) การตกตะกอนจากการชะล้างของลาดเอียง (Slope wash)

2.1.3 สภาพภูมิอากาศ

จากการศึกษาเรื่องสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเกิดดินกระจายตัว พบว่าดินเหนียวกระจายตัวสามารถพบในภูมิภาคที่แห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้ง นอกจากนี้แล้วในภูมิภาคที่มีความชื้นก็สามารถพบดินกระจายตัวได้เช่นกัน

Holmgren และคณะ (1977) ได้อธิบายถึงอิทธิพลจากภูมิอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของดิน โดยดินที่มีเกลือโซเดียมซึ่งเกิดได้โดยขบวนการต่าง ๆ เช่น การระเหยกลายเป็นไอ การสะสมและการชะล้างเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอากาศตามฤดูกาล เช่น ฤดูร้อนและฤดูฝน ก็จะมีผลต่อการเกิดดินกระจายตัว

Sherard และคณะ (1977), Ryker (1977), Forsythe (1977) พบว่า ดินเหนียวกระจายตัวสามารถพบในภูมิภาคที่แห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้งก็พบดินกระจายตัว และในภูมิภาคที่มีความชื้นก็สามารถพบดินกระจายตัวได้เหมือนกัน

2.1.4 ระบบของแรงภายในระหว่างอนุภาคของดินกระจายตัว

ระบบของแรงภายในอนุภาคสอดคล้องกับทฤษฎีเสถียรภาพของการผสมดินเหนียวกับน้ำของ Olphen (1963) คือ การกระทำภายในระหว่างอนุภาคของดินเหนียวกับน้ำ และความเข้มข้นของสารละลาย สามารถอธิบายในเทอมของแรงสองแรงที่กระทำต่อกันระหว่างส่วนของอนุภาคที่อยู่ใกล้กัน แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคของดินเหนียวและแรงผลักระหว่างอนุภาคของวงน้ำ ความเข้มของแรงผลักนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอิออนในโพรงน้ำ (Pore water) แรงผลักจะลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น แต่แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอิออน และชนิดของอิออนที่ปรากฏในน้ำจะมีผลต่อแรงผลัก การเพิ่มขึ้นของอิออนรอบวาเลนซีจะทำให้แรงผลักลดลงจนกระทั่งแรงดึงดูดไม่เปลี่ยนแปลง กล่าวคือ การสู่สมดุลย์ของแรงผลักและแรงดึงดูด

ระบบของแรงผลักและแรงดึงดูดเกิดขึ้นได้โดยที่ประจุไฟฟ้าลบอิสระที่อยู่บนผิวอนุภาคของดินเหนียวมีการแกว่งตัวในทุกทิศทุกทาง เพื่อที่จะจับตัวกับประจุบวก ดังนั้นเมื่ออนุภาคเข้าใกล้กันมากกว่า 100A จะมีการตอบสนองโดยการเหนี่ยวนำให้ขั้วประจุไฟฟ้าจับตัวกันระหว่างอนุภาค สามารถทำให้เกิดแรงดึงดูด ซึ่งแรงดึงดูดนี้จะมีความแข็งแรงมากเมื่อระยะห่างระหว่างอนุภาคสั้น และจะอ่อนลงเมื่อระยะห่างระหว่างอนุภาคเพิ่มมากขึ้น ถ้าระยะห่างระหว่างอนุภาคน้อยกว่า 50A แรงดึงดูดจะมีประสิทธิภาพมากกว่าแรงผลัก ซึ่งเป็นเหตุให้วงน้ำมีความหนามากขึ้นและมีผลต่อการกระจายตัวและการจับตัวกันของเม็ดดิน (Kirkham และคณะ, 1972)

แรงระหว่างอนุภาคดินมีผลโดยตรงต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาคดินมีทั้งแรงดึงดูด (attractive force) และแรงผลัก (repulsive force) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

<u>แรงดึงดูด</u>

1. Primary valence bonds เป็นแรงยึดเกาะที่แข็งแรงที่สุดที่จะยึดอะตอมในหน่วยโครงสร้างเข้าไว้ด้วยกัน แรงยึดเกาะชนิดนี้มีดังนี้

1.1 Covalent bonds เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอม 2 อะตอม

1.2 Ionic bonds เกิดจากการแลกเปลี่ยนของอิเล็กตรอนระหว่าง 2 อะตอม ทำให้เกิดการดึงดูดกันของประจุไฟฟ้า

2. Secondary bonds เป็นแรงยึดเกาะที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ Primary valence bonds อย่างไรก็ตามแรงดึงดูดประเภทนี้ยังมีส่วนในการทำให้อะตอมยึดเกาะกันโดยเฉพาะแรงระหว่างอนุภาคที่เล็กหรือระหว่างส่วนที่เป็นของเหลวและของแข็ง

<u>แรงผลัก</u>

1. Double layer repulsion คือ แรงผลักที่เกิดเนื่องจากประจุไฟฟ้าในวงน้ำรอบอนุภาคของดินใกล้กัน

2. Born repulsion คือ แรงผลักที่เกิดเนื่องจากประจุไฟฟ้าลบตามผิวอนุภาคดิน เมื่ออนุภาคดินสัมผัสกัน

นอกจากนี้แรงที่มีผลต่อการยึดเกาะกันระหว่างอนุภาคดิน หรือระหว่างอนุภาคดินกับน้ำในมวลดิน สามารถทำให้เกิดสนามไฟฟ้ารอบอนุภาคดินเหนียว ซึ่งเป็นไปได้ทั้งแรงดึงดูดและแรงผลัก

2.1.5 แร่ธาตุในดินเหนียว

แร่ดินเหนียวจะประกอบด้วยผลึกเล็กๆของ Silica tetrahedral sheet และ Octahedral sheet ของอลูมิเนียม แมกนีเซียม ฯลฯ ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานของแร่ดินเหนียว โดยที่แร่ดินเหนียวเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างหน่วยโครงสร้างพื้นฐานรวมเป็น unit cell ขึ้นมา การจำแนกประเภทแร่ดินเหนียวอาจพิจารณาจากหลักการต่างๆได้ เช่น พิจารณาจากความสูงของ unit cell ส่วนประกอบของ unit cell หรือลักษณะการเกาะกันของชั้นดิน ถ้าจำแนกตามลักษณะการเกาะกันของชั้นดินสามารถแบ่งประเภทของแร่ดินเหนียวออกเป็นกลุ่มตามจำนวน sheet ที่เกาะกันเป็น unit cell เช่น

a) 2-layer mineral (1:1) ซึ่งเกิดจาก Silica sheet เกาะกับ Octahedral sheet เช่น คาโอลิไนท์ (Kaolinite)

b) 3-layer mineral (1:2) ซึ่งเกิดจาก Octahedral sheet เกาะกับ Silica sheet ที่หัวและท้าย เช่น อิลไลท์ (illite) และมอนท์โมริลโลไนท์ (montmorillonite)

คุณสมบัติของแร่ดินเหนียวแต่ละชนิดจะทำให้คุณสมบัติของดินเหนียวแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามดินเหนียวกระจายตัวประกอบด้วยแร่ธาตุดินเหนียวชนิดต่างๆ ซึ่งมีผู้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้หลายท่าน เช่น

Kassiff และคณะ (1967) พบว่าความแตกต่างของแร่ธาตุดินเหนียวมีขอบเขตของการกระจายตัวที่แตกต่างกัน ช่วงของการกระจายตัวของแร่มอนท์โมริลโลไนท์จะมีมากกว่าแร่อิลไลท์ และได้ชี้ให้เห็นว่าแร่มอนท์โมริลโลไนท์จะมีศักยภาพการกระจายตัวที่สูงกว่าแร่อิลไลท์

Statton และคณะ (1977) ศึกษาแร่ธาตุที่มีในดินเหนียวเชลล์ (shale) กระจายตัว โดยวิเคราะห์ทางเคมีด้วยวิธี X-ray diffraction พบว่าส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แร่ธาตุมอนท์โมริลโลไนท์และแร่ธาตุอิลไลท์ ส่วนแร่ธาตุคาโอลิไนท์มีอยู่เล็กน้อย สำหรับส่วนประกอบรองได้แก่ ควอทซ์ (quartz) และเฟลด์สปาร์ (feldspar)

Cole และคณะ (1977) ศึกษาดินเหนียวกระจายตัวของเขื่อนดินเหนียวชลประทาน กรมชลประทาน พบว่าดินเหนียวกระจายตัวจะประกอบด้วยแร่ธาตุหลัก ได้แก่ แร่ธาตุมอนท์โมริลโลไนท์เช่นเดียวกับ Kim (1982) และ Udomchoke (1991) ศึกษาดินเหนียวกระจายตัวบริเวณที่ราบโคราชซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกัน

Shieh (1981) ได้ทำการศึกษาส่วนประกอบแร่ธาตุของดินเหนียวกระจายตัวในหน่วยงานก่อสร้างเขื่อนดิน พบว่าส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แร่ธาตุคาโอลิไนท์ ร้อยละ 50-60 ส่วนแร่ธาตุมอนท์โมริลโลไนท์และแร่ธาตุอิลไลท์ มีปริมาณร้อยละ 20-25

จากงานวิจัยต่างๆ เกี่ยวกับแร่ดินเหนียวของดินกระจายตัว เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพอจะสรุปผลได้ ดังนี้

1. ดินที่มีแร่ดินเหนียวพวกแร่มอนท์โมริลโลไนท์ (Montmorillonite) พบว่ามักจะเป็นดินกระจายตัว

2. ดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิดอื่น เช่น คาโอลิไนท์ (Kaolinite) หรือ อิลไลท์ (Illite) ก็สามารถเป็นดินกระจายตัวได้ ถ้าดินนั้นมีเกลือละลายโซเดียมสูงเมื่อเทียบกับปริมาณเกลือละลายทั้งหมดในดิน ซึ่งส่วนใหญ่มักจะสูงเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับแร่ดินเหนียวพวกแร่มอนท์โมริลโลไนท์ (Montmorillonite) เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดน้ำไว้ได้เป็นจำนวนมาก ทำให้กำลังของดินลดลง อนุภาคต่างๆ สามารถกระจัดกระจายและยังเป็นสาเหตุให้เกิดการเคลื่อนตัวของเม็ดดิน นอกจากนั้นการหดตัวของแร่มอนท์โมริลโลไนท์หลังจากที่สูญเสียน้ำที่ดูดไว้ในโมเลกุล จะทำให้ดินเกิดเป็นรอยแตกร้าวอยู่ทั่วไป

2.1.6 ปริมาณโซเดียม

อิออนโซเดียมจะเป็นตัวส่งเสริมการกระจายตัว โดยมีศักยภาพสูงในการทำให้อนุภาคเม็ดดินฟุ้งกระจายในน้ำ และทำให้แรงผลักระหว่างอนุภาคเม็ดดินสูงขึ้น เป็นผลให้วงน้ำขยายตัวสูงขึ้น

Middleton (1930) ได้อธิบายถึงความสามารถของการกระจายตัวของดินว่า ดินที่มีความสามารถกระจายตัวและกัดเซาะได้ จะมีปริมาณของเกลือโซเดียมสูงกว่าดินไม่กระจายตัว

Holmgren และคณะ (1977) ได้อธิบายเหตุผลที่ทำให้โซเดียมมีผลต่อการกระจายตัวสูง เพราะว่าประสิทธิภาพของโซเดียมซึ่งเป็นตัวกระทำให้มีการกระจายตัวนั้นมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าที่ประจุรอบนอกบวกหนึ่ง ในอนุภาคของดินเหนียวจะมีประจุลบบนผิวอนุภาคสำหรับการแลกเปลี่ยนเช่นกัน การแลกเปลี่ยนอนุภาคของดินเหนียวเพื่อให้เกิดการสมดุล เช่น การแพร่กระจายประจุบวกของโซเดียมกับประจุลบของดินเหนียว ซึ่งขบวนการนี้จะมีสัดส่วนที่สมดุลย์ในวงน้ำ

Tai (1983) พบว่าดินเหนียวที่กระจายตัวอยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีส่วนประกอบของเกลือโซเดียมร้อยละ 45.60 – 95.20 และปริมาณ 12.80 - 116 meg/l ของปริมาณสารละลายเกลือทั้งหมด

2.1.7 ปริมาณของอนุภาคดินเหนียว

งานวิจัยเกี่ยวกับปริมาณของอนุภาคดินเหนียว มีผู้ศึกษาไว้หลายงานด้วยกัน เช่น

Sherard และคณะ (1976) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคของดินเหนียวกับการกระจายตัวของดินเหนียว พบว่าการทดสอบตัวอย่างดินจำนวน 195 ตัวอย่างโดยวิธี Pinhole test ดินเหนียวที่ประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กกว่า 0.005 มิลลิเมตรในปริมาณที่น้อยกว่า ร้อยละ 10 ไม่มีนัยสำคัญต่อคุณสมบัติการกระจายตัวของดิน ดังแสดงในตารางที่ 1

Ryker (1977) สรุปผลจากการทำงานในโครงการ Oklahoma โดยการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคดินเหนียวกับการกระจายตัวของดิน พบว่าดินจะไม่มีคุณสมบัติของการกระจายตัวเมื่อปริมาณอนุภาคของดินเหนียวและดัชนีความเหนียว (Plasticity Index, PI) น้อยกว่าร้อยละ 12 และ 4 ตามลำดับ และยังชี้ว่าพฤติกรรมของดินลักษณะเช่นนี้ถูกควบคุมโดยขนาดของเม็ดดินที่ใหญ่กว่า 0.005 มิลลิเมตร โดยไม่คำนึงถึงอนุภาคของดินเม็ดละเอียด

Udomchoke (1991) ศึกษาดินเหนียวกระจายตัวบริเวณที่ราบโคราชทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า ในกรณีที่ดินมีปริมาณอนุภาคของดินเหนียวน้อยกว่าร้อยละ 9 ดินชนิดนั้นจะมีพฤติกรรมการกัดเซาะ ส่วนดินที่มีปริมาณอนุภาคระหว่างร้อยละ 9-13 จะมีพฤติกรรมการกัดเซาะและการกระจายตัวของเม็ดดิน และดินที่มีปริมาณอนุภาคมากกว่าร้อยละ 13 จะมีพฤติกรรมการกระจายตัวของเม็ดดินเป็นหลัก

ตารางที่ 1 ปริมาณบรรจุของอนุภาคดินเหนียวใน 195 ตัวอย่าง โดยวิธี Pinhole Test

ปริมาณของอนุภาคดินเหนียวที่เล็กกว่า 0.005 มม.(ร้อยละ)	จำนวนตัวอย่าง	
	ดินกระจายตัว	ดินไม่กระจายตัว
0-5	0	0
6-10	0	1
11-15	4	5
16-20	16	13
21-30	29	36
31-40	13	13
41-50	8	19
มากกว่า 50	10	19
รวม	80	115

ที่มา : Sherard และคณะ (1976)

2.1.8 สาเหตุของการเกิดดินกระจายตัว

สำหรับสาเหตุของการเกิดดินกระจายตัว จากการพิจารณาคุณสมบัติและลักษณะการกระจายตัวของดินที่พบนั้น พบว่า การกระจายตัวของดินเกิดจากส่วนหนึ่งของดินเหนียวที่มีการ

กระจายตัวสูงทำปฏิกริยากับน้ำ การกระจายตัวจะเกิดขึ้นเมื่อแรงภายในของอนุภาคดินเหนียวมีมากกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวของแต่ละอนุภาค เมื่อดินเหล่านี้สัมผัสกับน้ำ อนุภาคของดินเหนียวจะหลุดออกมาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ เมื่อหลุดออกมามากๆ จะทำให้เกิดเป็นรูหรือโพรง

ขึ้นภายในโครงสร้างของเขื่อนดิน และสุดท้ายเขื่อนก็จะพังทลายในที่สุด โดยดินกระจายตัวจะมีโซเดียมเป็นปัจจัยหลักในการกระจายตัวของดิน

Holmgren และคณะ (1977) ได้อธิบายถึงสาเหตุของการเกิดดินกระจายตัว โดยกล่าวว่า การสะสมอิออนโซเดียมในดินจะเกิดได้โดยขบวนการต่าง ๆ เช่น การระเหยกลายเป็นไอ การสะสมและการชะล้างของสารละลายที่มีอยู่ในมวลดินอันเป็นผลมาจากขบวนการทางเคมี แคลเซียมและแมกนีเซียมจะตกตะกอนในลักษณะที่คล้ายกับเกลือคาร์บอเนต ซึ่งขบวนการเหล่านี้ทำให้ความเข้มข้นโซเดียมในดินมีค่าสูง เม็ดดินที่มีสารละลายของโซเดียมสูงนั้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดการสมดุลย์ของประจุบนผิว โดยการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าที่เรียกว่า "Cation Exchange" โดยการแทนที่โซเดียมอิออนที่มีวาเลนซี่สูงกว่า

Lamb and Whitman (1969) กล่าวว่า ประจุลบในอนุภาคดินเหนียวจะสมดุลย์โดยประจุบวกในชั้นที่สอง ซึ่งประจุทั้งสองจะเริ่มต้นผลักกันเมื่อ layer ที่สองประจุเริ่มหายไปเนื่องจากการแตกตัวเป็นโซเดียมที่มีไอออนบวก และแรงผลักจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีการแตกตัวเป็นโซเดียมไอออนบวกเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งแรงผลักสามารถชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคได้ จะทำให้ดินกระจายตัวออกมาในที่สุด

Decker and Dunginan (1977) ได้แสดงให้เห็นว่าตามธรรมชาติดินกระจายตัว จะมีอัลคาไลน์ระหว่างเม็ดดินและมี pH มากกว่า 8.5

Sherard และคณะ (1977) ได้กล่าวว่า ดินกระจายตัวเป็นที่รู้จักกันแพร่หลายว่าสภาวะการกระจายตัวตามธรรมชาติของดินมีความสำคัญและเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาดินด้านวิศวกรรม เป็นส่วนหนึ่งในการก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำและได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของดินกระจายตัว โดยทดลองในห้องปฏิบัติการและการประเมินความเสียหายที่เกี่ยวข้องกับดินกระจายตัว

Chen Gin Lin Janes (1983) ได้กล่าวไว้ว่า ดินกระจายตัวมีลักษณะที่สำคัญ คือ จะมีปริมาณเกลือโซเดียมสูง และปริมาณเกลืออื่น ๆ จะต่ำ อย่างไรก็ตามดินกระจายตัวจะเกิดขึ้นจาก

หลายสาเหตุ เช่น สภาวะแวดล้อม ความสูงต่ำของค่า pH แร่ธาตุในดิน ส่วนประกอบของดินเหนียว สภาวะอากาศ เป็นต้น

Keith Grant และคณะ (1977) ได้กล่าวถึงการเกิดดินกระจายไว้ว่า ดินกระจายตัวเกิดจากอนุภาคของดินเหนียวสัมผัสกับน้ำ แล้วทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคน้อยกว่าแรงผลักระหว่างอนุภาค ทำให้อนุภาคของดินเหนียวแยกออกจากผิวหน้าของดินและแขวนลอยอยู่ในน้ำ เมื่อน้ำไหลอนุภาคของดินจะกระจายตัวออกไป แรงผลักระหว่างอนุภาคขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่หุ้มอยู่รอบอนุภาคเม็ดดิน แรงดึงดูดของไอออนและค่าการนำไฟฟ้ามีผลทำให้แรงผลักระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้น สารละลายโซเดียมที่ปนอยู่ในเนื้อดินทำให้ดินกระจายตัว โดยจะทำให้ประจุบวกในเม็ดดินเพิ่มขึ้นประจุบวกของแคลเซียมและแมกนีเซียมจะรวมตัวกับประจุลบในเม็ดดิน ทำให้ประจุของโซเดียมเพิ่มขึ้นมากเมื่อเทียบกับปริมาณของประจุบวกทั้งหมด

2.1.9 องค์ประกอบที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของดิน

สำหรับองค์ประกอบที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของดิน มีงานวิจัยที่สามารถอธิบายถึงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของดิน ดังนี้

Lambe และคณะ (1969) อธิบายองค์ประกอบที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของดิน โดยเฉพาะแรงผลักเป็นส่วนประกอบที่สำคัญและเป็นคุณลักษณะพิเศษที่มีผลต่อระบบสูง และในขณะเดียวกันแรงดึงดูดไม่มีผลที่ทำให้เกิดการกระจายตัว นอกจากนี้ความเข้มของอิเลคตรอนประจุไฟฟ้า อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าคงที่ของไดอิเลกตริกซ์ และขนาดของ hydrated ion ก็จัดเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการกระจายตัว

Shieh (1981) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ผลทำให้เกิดการกระจายตัว ได้แก่ ผลกระทบจากดินแห้ง (Effect of soil drying) ผลกระทบจากเงื่อนไขการบดอัด (Effect of compaction condition) และผลกระทบจากความกรด-ด่างของน้ำที่ไหลซึมผ่าน (pH value of percolation water)

ผลกระทบจากดินแห้ง

ในสภาวะมวลดินแห้งจะทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีอยู่ในมวลดินจับตัวกัน หลังจากกลับสู่สภาวะเปียกอีกครั้งจะมีการแลกเปลี่ยนอิออนโซเดียมให้อยู่ในสภาวะสมดุลย์อีกครั้ง อย่างไรก็ดีปรากฏการณ์ดังกล่าวนั้นในส่วนของปฏิกิริยาของการกระจายตัวในขณะนั้นจะไม่

เพียงพอสำหรับการกลับคืนสู่สภาวะสมดุลย์ จนกระทั่งทำให้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อศักยภาพการขยายตัว

ผลกระทบจากเงื่อนไขการบดอัด

Sherard และคณะ (1977) ได้พบว่าเงื่อนไขของการบดอัดต่าง ๆ มีผลต่อการกระจายตัวของดิน เช่น ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัด พลังงานในการบดอัด และระยะเวลาของการบ่มตัวอย่างก่อนและหลังการผสมกับน้ำ

Bourdeaux และคณะ (1975), Haliburton และคณะ (1975) (อ้างโดย Kim, 1982) พบว่าการบดอัดที่ดีจะสามารถควบคุมและลดการแตกร้าวของดินในสภาวะแห้ง และจะลดการพังทลายจากการเกิดรูโพรง (Piping failure)

Dani (1977) กล่าวว่า การบดอัดที่จุดความหนาแน่นสูงสุดหรือสูงกว่า และปริมาณความชื้นที่ความหนาแน่นสูงสุดน่าจะเพียงพอต่อการป้องกันการวิบัติจากรูโพรงในดินทุกชนิด

ผลกระทบจากความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ไหลซึมผ่าน

การเพิ่มขึ้นของปริมาณเกลือทั้งหมดของน้ำที่ไหลซึมผ่านดิน มีผลต่อค่า pH ของน้ำที่ไหลซึมผ่านดิน ดังนั้นจึงมีผลต่อความสามารถของการกระจายตัวของดินด้วย

Statton และคณะ (1977) พบว่า ดินเชล (Shale) บดอัด ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่กัดเซาะดิน มีค่าน้อยกว่า 4 หรือ มากกว่า 11 จะเป็นผลให้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจากกระจายตัวสู่ไม่กระจายตัว

Decker และคณะ (1977) ได้ชี้ให้เห็นว่า ดินเหนียวกระจายตัวจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าได้สูง และดินเหล่านี้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง

2.1.10 คุณสมบัติการกัดเซาะทางกลของดินกระจายตัว

ดินเหนียวกระจายตัว มีคุณสมบัติการกัดเซาะทางกลแตกต่างจากดินเหนียวไม่กระจายตัว โดยพิจารณาความแตกต่างของขบวนการกัดเซาะ กล่าวคือ ขบวนการกัดเซาะดินเหนียวกระจายตัวมีคุณลักษณะพิเศษ เมื่อสัมผัสกับน้ำจะเกิดการกัดเซาะโดยรอบของอนุภาค เม็ดดินจะหลุดออกมาจากมวลดินเกิดเป็นตะกอนขุ่นและแขวนลอยฟุ้งกระจายอยู่ในทั้งน้ำนิ่งและน้ำไหล

Khilar และคณะ (1972) รายงานว่าในทางกลับกันดินเหนียวไม่กระจายตัวอาจถูกกัดเซาะได้เมื่อน้ำมีความเร็วหรือมีพลังงานการไหลสูง ซึ่งเป็นขบวนการกัดเซาะทางกล อนุภาคของเม็ดดินเหล่านี้จะไม่ฟุ้งกระจายและแขวนลอยอยู่กับน้ำ

Sherard และคณะ (1977) พบว่าดินกระจายตัวประกอบด้วยอนุภาคดินเม็ดละเอียดมาก เมื่อดินนี้สัมผัสกับน้ำ อนุภาคของเม็ดดินจะแยกห่างออกจากกันและกระจายตัวออกไปได้ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งการกระจายตัวนี้เกิดจากแรงผลักกันระหว่างอนุภาคของดินเหนียวมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคดินเหนียว

2.1.11 คุณสมบัติทางเคมีของดินกระจายตัว

เมื่อประจุในอนุภาคของดินเสียสมดุล เนื่องจากประจุบวกของโซเดียมมีมากเกินไป อนุภาคสองอนุภาคจะเริ่มผลักกัน และเมื่อ Double layer สัมผัสกับ Double layer อื่น แรงผลักระหว่างอนุภาคที่อยู่ใกล้กันจะทำให้ระยะห่างระหว่าง Double layer ของสองอนุภาคมีขนาดกว้างขึ้น

เมื่อเกลือโซเดียมละลายในน้ำจะเข้าไปอยู่ในโพรงน้ำ โซเดียมเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดดินกระจายตัว เพราะอนุภาคของโซเดียมทำให้ปริมาณน้ำที่หุ้มอยู่รอบๆ อนุภาคดินเหนียวแต่ละอนุภาคมีปริมาณมากขึ้น โดยมีขนาดเพิ่มขึ้นประมาณ 7 เท่าระหว่างการเกิดปฏิกริยาไฮเดรชั่น ด้วยเหตุนี้ทำให้แรงดึงดูดระหว่างอนุภาคลดลง ทำให้อนุภาคดินเหนียวแยกตัวออกจากเม็ดดิน

จากผลการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีของดินกระจายตัวในประเทศไทย โดย อร่ามศรี พัฒนโสภณ และคณะ (2535) สามารถแยกการวิเคราะห์ทางเคมีของดินกระจายตัวที่สำคัญ ได้ดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium Percentage, ESP)

เป็นดัชนีสำคัญในการแสดงการกระจายตัวของดินได้ ดินที่มีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium Percentage, ESP) สูงกว่า 7 ขึ้นไปมักจะเป็นดินกระจายตัว และทำให้เกิดเป็นรูโพรงขึ้นในเขื่อนดินได้ และสำหรับดินเหนียวที่มีค่า ESP ตั้งแต่ 15 ขึ้นไป จะเกิดรูโพรงที่ใหญ่มาก (Serious Piping) แต่การรั่วซึมผ่านผนังของแร่ดินเหนียวซึ่งมีค่า ESP สูงนี้ จะเกิดพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง คือ ถ้าอัตราการไหลซึมของน้ำช้าดินเหนียวที่ล้อมรอบรูที่ไหลเหล่านี้จะขยายตัวและอุดรูรั่วได้ หรือถ้าอัตราการไหลซึมเป็นไป

โดยเร็ว อนุภาคดินเหนียวที่กระจายตัวก็ถูกพาไปช่วยขยายช่องรูที่เกิดขึ้นให้กว้างยิ่งขึ้นตามอัตราที่เร็วขึ้นตามลำดับ ความล้มเหลวของเขื่อนจากการเป็นรูรั่วเหล่านี้จะเพิ่มมากขึ้น

2. อัตราการดูดซับโซเดียม (Sodium Adsorption Ratio, SAR)

ค่าอัตราการดูดซับโซเดียมของดิน แสดงถึงอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างปริมาณเกลือละลายโซเดียมในโพรงน้ำของดินกับปริมาณเกลือละลายแคลเซี่ยมและแมกนีเซียม ค่าอัตราการดูดซับโซเดียม (Sodium Adsorption Ratio, SAR) จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกระจายตัวของดิน โดยที่ค่า SAR ยิ่งสูง ดินยิ่งกระจายตัวมาก

จากผลการวิเคราะห์ดินกระจายตัวเป็นจำนวนมากในประเทศไทย พบว่าดินกระจายตัวส่วนใหญ่จะมีค่า SAR สูงเกิน 2.0 ขึ้นไป

3. ปริมาณเกลือละลาย (Total Dissolved Salt)

ค่าปริมาณเกลือละลายทั้งหมดในดิน ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกระจายตัวของดิน แต่ดินกระจายตัวจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเปอร์เซ็นต์โซเดียม ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณเกลือละลายโซเดียมในดินต่อปริมาณเกลือละลายทั้งหมดในดิน

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินกระจายตัวเป็นจำนวนมาก พบว่า ดินกระจายตัวสูงจะมีค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

4. ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

ค่า ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) หรือ Hydrogenion activity ของดิน แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน โดยค่า pH เท่ากับ 7 แสดงค่าความเป็นกลางของดิน ถ้า pH น้อยกว่า 7 แสดงค่าความเป็นกรดของดิน ถ้า pH มากกว่า 7 แสดงค่าความเป็นด่างของดิน

จากการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติดินกระจายตัว โดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) พบว่า ดินที่มีค่า pH สูงๆ (เกิน 8 ขึ้นไป) ส่วนใหญ่จะเป็นดินกระจายตัว แต่ดินที่มีค่า pH เป็นกลางหรือเป็นกรด คือ ต่ำกว่า 7 ลงมาก็ยังพบว่าเป็นดินกระจายตัวด้วยเหมือนกัน จากผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของดินกระจายตัว (pH) จากตัวอย่างดินเป็นจำนวนมาก พบว่า ดินกระจายตัวมีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินกระจายตัว (pH) อยู่ระหว่าง 4.3-9.3 และยังพบว่าดินยิ่งมีค่า pH สูงมากเท่าไหร่ โอกาสเป็นดินกระจายตัวก็จะมากตามไปด้วย

5. ค่าความนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity)

ไม่มีความสัมพันธ์กับการกระจายตัวของดินโดยตรง ดินที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูงหรือต่ำก็กระจายตัวได้เช่นเดียวกัน แต่จะมีประโยชน์ในการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ปริมาณเกลือละลายในดินจากความสัมพันธ์ที่มีปริมาณเกลือละลายในดินทั้งหมดเท่ากับ 10 x Electrical Conductivity

2.2 การทดสอบดินกระจายตัว

ดินกระจายตัวไม่สามารถที่จะแบ่งหรือสังเกตความแตกต่างให้เด่นชัดได้โดยการทดสอบทางวิศวกรรมแบบธรรมดา การที่จะสามารถบ่งบอกถึงระดับการกระจายตัวของดินนั้นมีวิธีทดสอบต่างๆ ทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ Crumb Test, Dilution Turbidity Ratio, Pinhole Test, Double Hydrometer, Chemical Test, X-ray Diffraction Analysis และวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคโดยใช้ภาพถ่าย Scanning Electron Microscope (SEM) เป็นต้น

รูปแบบของการทดสอบดินกระจายตัวทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รูปแบบของการทดสอบดินกระจายตัวทั้งในสนามและในห้องปฏิบัติการ โดยวิธีทดสอบต่างๆ

วิธีการทดสอบ	ลักษณะทั่วไป
1. Field Crumb Test	เป็นการทดสอบในสนาม ผลการตรวจสอบพิจารณาจากการสังเกตความขุ่นของน้ำ
2. Dilution Turbidity Ratio Test	เป็นการทดสอบเพื่อควบคุมงานในสนาม ผลการตรวจสอบพิจารณาจากการเปรียบเทียบความขุ่นของสารละลาย
3. Double Hydrometer Test	เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบสัดส่วนของดินเหนียวที่เล็กตั้งแต่ 0.005 มิลลิเมตรลงไป มีขั้นตอนคล้ายกับการทำ Standard Hydrometer Test

วิธีการทดสอบ	ลักษณะทั่วไป
4. Pinhole Test	เป็นการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยการปล่อยน้ำไหลผ่านตัวอย่างดินซึ่งเจาะรู แล้วพิจารณาจากการสังเกตสีของตะกอนน้ำ อัตราการไหลและขนาดรูเจาะหลังปล่อยน้ำไหลผ่านตัวอย่างดิน
5. Sodium Percentage	เป็นการทดสอบโดยวิธีทางเคมี เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเกลือละลายโซเดียมต่อปริมาณเกลือละลายทั้งหมด
6. Sodium Absorption Ratio (SAR)	เป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างปริมาณเกลือละลายโซเดียมกับเกลือละลายแคลเซียมและแมกนีเซียม
7. Exchange Sodium Percentage (ESP)	เป็นการหาค่าเปอร์เซ็นต์ของเกลือละลายโซเดียมซึ่งคิดเป็นสัดส่วนของความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของดิน

2.2.1 เหตุผลที่มีการทดสอบดินกระจายตัว

1. <u>ความจำเป็นในการทดสอบดินกระจายตัว</u>

เนื่องจากเขื่อนดินและอาคารชลประทานต่างๆ ได้รับความเสียหายโดยเป็นรูโพรงและมีบางแห่งที่เขื่อนพังลงมาหลังจากที่เก็บกักน้ำครั้งแรก ทั้งๆที่สร้างถูกหลักทางวิศวกรรม ซึ่งต่อมาเมื่อนำดินมาตรวจสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ทางเคมีและแร่ในดินอย่างละเอียด พบว่า ดินส่วนที่พังทลายนั้นมีดินกระจายตัว (Dispersive Clay) ผสมอยู่ด้วย ซึ่งเป็นดินที่ถูกกัดเซาะได้ง่าย

ด้วยเหตุนี้ในการก่อสร้างเขื่อนดินหรืออาคารชลประทานต่างๆ จึงต้องมีการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ในการก่อสร้างว่าเป็นดินกระจายตัวหรือไม่ ถ้าเป็นก็ต้องพยายามหลีกเลี่ยงไม่ใช้ดินดังกล่าวมาทำการก่อสร้าง หรือถ้าจำเป็นจริงๆ ต้องใช้ดินดังกล่าวก็ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพดินให้กลายเป็นดินไม่กระจายตัวเสียก่อน พร้อมทั้งมีการก่อสร้างและการบำรุงรักษาที่ดีด้วย โดยดินที่ใช้ต้องไม่เกิดการกระจายตัวจะทำให้อายุการใช้งาน

ของเขื่อนดินหรืออาคารชลประทานยาวนานขึ้น เป็นการประหยัดงบประมาณของประเทศไปในตัวด้วย

2. ความจำเป็นในการทดสอบดินกระจายตัวหลายๆ วิธีพร้อมกัน

การทดสอบดินกระจายตัวนั้นมีการทดสอบอยู่หลายวิธีด้วยกัน ในการทดสอบการกระจายตัวของดินไม่ควรเลือกทดสอบวิธีใดวิธีหนึ่ง ถึงแม้วิธีนั้นจะถูกต้องที่สุดและมีผู้นิยมมากที่สุดก็ตาม เพราะการทดสอบเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งจะไม่เป็นการยืนยันได้ว่าดินนั้นกระจายตัวจริงหรือไม่ เช่น ดินบางแห่งถึงแม้ว่าการทดสอบโดยวิธี Double Hydrometer จะได้ค่า Degree of Dispersive ที่สูง คือ มากกว่า 67 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป หมายความว่าเมื่อมีปริมาณโซเดียมสูงก็น่าจะเป็นดินกระจายตัว แต่เมื่อทดสอบโดยวิธี Pinhole Test ปรากฏว่า ดินไม่ถูกกัดเซาะโดยน้ำเลย ผลการทดสอบได้ผลเป็น ND1 (Non-Dispersive) ซึ่งหมายความว่าดินไม่เกิดการกระจายตัว จะเห็นว่าผลการทดสอบแตกต่างกัน จึงไม่ควรที่จะทดสอบเพียงวิธีเดียว ควรทดสอบหลายๆ วิธี รวมทั้งมีการตรวจสอบโครงสร้างของดินและแร่ในดิน จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์อีกที

การนำผลการทดสอบโดยวิธีใดวิธีหนึ่งมาสรุปวิเคราะห์นั้น อาจทำให้ผิดพลาดได้ เช่น ผลการวิเคราะห์ดินแห่งหนึ่งโดยวิธี Pinhole Test ได้ผลออกมาเป็น D1 (Dispersive Clay) ซึ่งเป็นดินกระจายตัวที่รุนแรง แต่เมื่อดูค่า Grain Size Distribution พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวเล็กกว่า 0.005 มิลลิเมตร น้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Sherard และคณะ (1977) ได้กล่าวไว้ว่าดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวเล็กกว่า 0.005 มิลลิเมตร น้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์หรือมีค่าดัชนีความเหนียว (Plasticity Index, PI) น้อยกว่า 4 ถ้ามีความเสียหายเกิดขึ้นน่าจะมาจากสาเหตุอื่น เพราะการกระจายตัวของดินจะเกิดขึ้นเฉพาะในส่วนของ Clay Fraction เท่านั้น ดังนั้นดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวเล็กกว่า 0.005 มิลลิเมตร น้อยมากจึงไม่น่าจะเป็นดินกระจายตัว สาเหตุที่ทำให้ผลการทดสอบโดยวิธี Pinhole Test ออกมาเป็น D1 (Dispersive Clay) ซึ่งเป็นดินกระจายตัวที่รุนแรงนั้น น่าจะมาจากดินดังกล่าวมีส่วนของทรายอยู่มาก การกัดเซาะจึงเกิดขึ้นมากเมื่อผ่านน้ำ ซึ่งดินทรายจะขาดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ทำให้เกิดเป็นโพรงได้ ไม่ใช่เพราะเป็นดินกระจายตัว

ดังนั้นจึงควรทำการตรวจสอบและวิเคราะห์หลาย ๆ ด้านประกอบกันทั้งทางด้านฟิสิกส์ ด้านเคมีและด้านแร่ในดินประกอบกัน เพื่อให้การพิจารณาถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2.2.2 วิธีการทดสอบดินกระจายตัว

2.2.2.1 การทดสอบโดยวิธี Crumb Test

Emerson (1967) ได้อธิบายไว้ว่า การทดสอบที่ทำได้ง่ายในสนามซึ่งทำได้รวดเร็วในการหาค่าการกระจายตัวตามธรรมชาติ เรียกว่า การทดสอบแบบ Crumb Test ซึ่งเป็นการทดสอบที่อาศัยเม็ดดินที่มีความชื้นตามธรรมชาติ โดยสังเกตกลุ่มหมอกที่อยู่รอบๆ เม็ดดิน หลังจากทิ้งไว้ในบิกเกอร์ที่ใส่น้ำกลั่น หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.001 หรือทั้งสองอย่างรวมกัน ดินที่เป็นดินกระจายตัวจะพบกลุ่มหมอกของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่รอบๆ เม็ดดิน โดยสังเกตหลังจากทิ้งไว้ 5-10 นาที

Sherard และคณะ (1977) ได้แบ่งแยกการกระจายตัวของดินโดยอาศัยการสังเกตุกลุ่มหมอกโดยแบ่งเป็น Grade ดังนี้

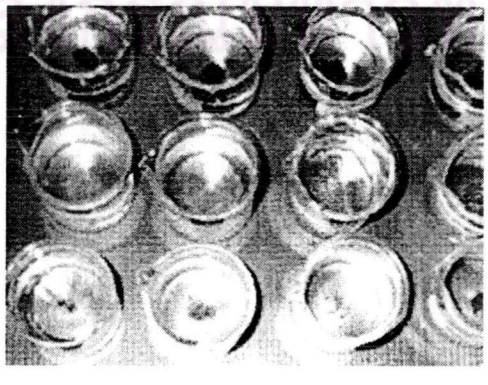
Grade 1. ไม่เกิดปฏิกิริยา เม็ดดินอาจกระจายตัวไปตามก้นบิกเกอร์แต่ไม่มีความขุ่น น้ำจะใส

Grade 2. เกิดปฏิกิริยาเล็กน้อย ความขุ่นจะเกิดรอบผิวของเม็ดดินบางๆ

Grade 3. เกิดปฏิกิริยาปานกลาง ความขุ่นเกิดไม่ต่อเนื่อง บ่อยครั้งที่เกิดสภาพความขุ่นแพร่กระจายไปจนทั่วก้นบิกเกอร์

Grade 4. เกิดปฏิกิริยาเต็มที่ ความขุ่นปกคลุมไปทั่วก้นบิกเกอร์ ในกรณีที่เกิดมากจริงๆ จะมีความขุ่นเต็มที่

วิธีนี้เหมาะสำหรับการทดสอบในสนามมาก เพราะอุปกรณ์การทดสอบไม่มากและวิธีการทดสอบก็ไม่ยุ่งยาก

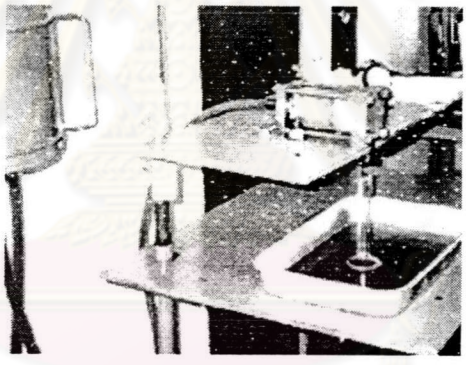


ภาพที่ 1 แสดงการทดสอบดินกระจายตัวโดยวิธี Crumb Test

2.2.2.2 การทดสอบโดยวิธี Pinhole Test

Pinhole Test ได้ถูกพัฒนาเพื่อแบ่งแยกดินกระจายตัวโดย Sherard และคณะ (1976) และได้รับการแก้ไขโดย Coumoulos (1977) และ Schafer (1978) โดยให้น้ำกลั่นผ่านตัวอย่างดินที่ได้รับการบดอัดและมีความชื้นใกล้เคียงกับค่า Plastic Limit โดยทำการเจาะรูเล็กๆ แล้วปล่อยให้น้ำไหลผ่านรู แล้วสังเกตการกระจายตัวของดินโดยสังเกตสีของน้ำที่ไหลผ่านออกมา พิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านออกมาและสังเกตขนาดรูที่เจาะไว้หลังจากที่ให้น้ำไหลผ่าน

การทดสอบหาการกระจายตัวของดิน โดยวิธี Pinhole Test ตามมาตรฐาน ASTM D4647 การวิเคราะห์ว่าจะเป็นดินกระจายตัวหรือไม่นั้น จะอาศัยหลักเกณฑ์ในการพิจารณาดังตารางที่ 3



ภาพที่ 2 แสดงการทดสอบดินกระจายตัวโดยวิธี Pinhole Test

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาการกระจายตัวของดินโดยวิธี Pinhole Test

Classification	Head (นิ้ว)	ระยะเวลาทดสอบตามระดับน้ำที่กำหนด (นาที)	อัตราการไหล (มิลลิลิตร/วินาที)	สีของตะกอน	ขนาดรูเจาะหลังการทดสอบ (เท่า)	ชนิดของดิน
D1	2	5	> 1.5	เห็นความขุ่นได้ชัดเจนมาก	3	เป็นดินกระจายตัว
D2	2	10	> 1.0	เห็นความขุ่นได้ชัดเจนถึงขุ่นเล็กน้อย	2	เป็นดินกระจายตัว
ND4	2	10	< 0.8	เห็นได้ชัดว่าขุ่นเล็กน้อย	1.5	มีโอกาสเป็นดินกระจายตัวได้
ND3	7-15	5	> 2.5	เห็นได้ชัดว่าขุ่นเล็กน้อย	2	มีโอกาสเป็นดินกระจายตัวได้
ND2	40	5	> 3.5	ใสหรือเห็นลางๆ	2	ไม่เป็นดินกระจายตัว
ND1	40	5	< 5.0	ใส	ไม่ถูกกัดเซาะ	ไม่เป็นดินกระจายตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

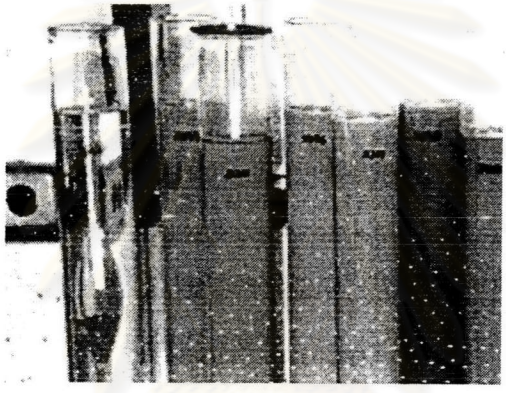
2.2.2.3 การทดสอบโดยวิธี Double Hydrometer Test

Double Hydrometer Test ริเริ่มโดย Volk ในปี ค.ศ. 1937 เป็นการทดสอบเพื่อหาว่ามีเปอร์เซ็นต์ดินกระจายตัวเท่าไหร่ โดยการพล็อตกราฟจากอนุภาคดินขนาดต่างๆ เมื่อกระจายตัว แล้ววัดด้วย Hydrometer ผลการทดสอบแสดงผลในรูปของระดับการกระจายตัว (Degree of Dispersion, %) โดยเป็นการเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 0.005 มิลลิเมตรลงไปที่กระจายอยู่ในน้ำ (Soil Water Suspension) โดยถูกรบกวนน้อยที่สุดกับเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินขนาดเดียวกันแต่อาศัยสารเคมีมาช่วยเร่งการกระจายตัว พร้อม

ทั้งเพิ่มการรบกวนทางกลเข้าไปด้วย (การปั่น) ซึ่งการทดสอบโดยวิธี Double Hydrometer Test ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D422 สามารถหาระดับการกระจายตัวได้จาก

$$\text{Degree of Dispersion (\%)} = \frac{\text{\% finer than 0.005 mm. in soil water suspension}}{\text{\% finer than 0.005 mm. from hydrometer}} \text{ X } 100$$

เมื่อทราบระดับการกระจายตัวของดิน (Degree of Dispersion, %) แล้ว สามารถนำมาวิเคราะห์การกระจายตัวของดินได้ดังตารางที่ 4



ภาพที่ 3 แสดงการทดสอบดินกระจายตัวโดยวิธี Double Hydrometer Test

ตารางที่ 4 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาการกระจายตัวของดินโดยวิธี Double Hydrometer Test

Degree of Dispersion (%)	Classification
0 - 33	ดินไม่กระจายตัว (Non-Dispersion)
34 - 67	ดินกระจายตัวปานกลาง (Moderately-Dispersion)
68 -100	ดินกระจายตัวรุนแรง (High-Dispersion)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ดินกระจายตัวในประเทศไทย

ในประเทศไทยจะพบดินกระจายตัวบริเวณทุ่งราบของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งรวบรวมได้จากข้อมูลการก่อสร้างของกรมชลประทาน ซึ่งตรวจพบส่วนที่มีการชำรุดเนื่องจากเกิดรูโพรง ความเสียหายของคูคลอง และการกัดเซาะผิวหน้าเนื่องจากฝนตก ในสภาพดินธรรมชาติจะพบดินกระจายตัวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในลักษณะของกลุ่มดินตะกอน ลักษณะของดินกระจายตัวที่พบโดยทั่วไปจะมีสีเหลืองและสีน้ำตาลแดง ซึ่งเป็นสีธรรมชาติเมื่อแห้งจะแข็งมาก สำหรับในภาคเหนือและภาคใต้ ดินกระจายตัวที่พบส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวของแร่หินแกรนิตและหินไนท์

การกระจายตัวของดินประเภทนี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอนุภาคดินเหนียวที่เล็กกว่า 0.005 มิลลิเมตรและความเหนียวของดิน ดังนั้นดินที่มีปริมาณดินเหนียวมากกว่าตั้งแต่ 10-12 % มีค่าดัชนีความเหนียว (Plastic Index, PI) มากกว่า 4 และมีปริมาณเกลือโซเดียมสูง จะมีโอกาสที่จะแสดงพฤติกรรมการกระจายตัวได้ จึงควรพิจารณาตรวจสอบอย่างละเอียดก่อนใช้งาน จากรายงานการศึกษาดินกระจายตัวจากหลายเขื่อนที่มีการวิบัติและมีการกัดเซาะ พบว่ามีปริมาณของโซเดียมสูง (เฉลี่ย 66-88 %) ในบางแห่งอาจสูงกว่า 90 % และมีระดับการกระจายสูงปานกลาง (ในระดับ 29-49 %) สำหรับคุณสมบัติของดินกระจายตัวดังกล่าว พบว่ามีค่าสูงเช่นกัน อัตราการดูดซับโซเดียม (SAR) และเปอร์เซ็นต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากกว่า 2.00 และ 7 ตามลำดับ และมีแร่ธาตุดินเหนียวหลักได้แก่ มอนท์โมริลโลไนท์และอิลไลท์

2.4 ปัญหาการนำดินกระจายตัวมาใช้ในงานวิศวกรรม

ดินเหนียวกระจายตัวจัดได้ว่าเป็นดินที่สร้างปัญหาให้กับงานวิศวกรรมที่ต้องใช้ดินเป็นโครงสร้างหลัก เช่นงานเขื่อนดิน และงานคลองส่งน้ำ ซึ่งมักพบว่าดินเหนียวกระจายตัวนั้นจะเป็นตัวก่อให้เกิดความเสียหายได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การกัดเซาะผิวหน้า การเกิดรูโพรง การกัดเซาะบนลาดดิน (gully eosion) นอกจากนี้อนุภาคของดินกระจายตัวที่แขวนลอยอยู่ในแหล่งต่างๆเช่น อ่างเก็บน้ำ อาจทำให้คุณภาพน้ำต่ำลงหากมีความขุ่นเกินมาตรฐาน ปัญหาในงานเขื่อนดินที่เกิดจากการนำดินกระจายตัวมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างนั้นมีสาเหตุหลักจากวัฏจักรการเปียก-แห้ง (Repeated wetting and drying cycles) ในระหว่างการใช้งาน สภาวะอากาศที่ร้อนจนทำให้ดินแห้งยุบหดตัว (slacks) หรือเกิดรูโพรงในดิน เมื่อมีฝนตกหลายๆครั้งในระหว่างนั้น น้ำจะไหลซึมผ่านรูโพรงแยกต่างๆ ทำให้เกิดการกัดเซาะดินและเกิดรูรั่วกระจัดกระจายทั่วบริเวณทีละน้อย จนกระทั่งขยายมาก

ขึ้นเป็นการกัดเซาะภายในที่มีผลทำให้อนุภาคเม็ดดินถูกพัดพาออกจากมวลดินเป็นโพรงขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างหลักได้หากไม่รีบดำเนินการแก้ไข

สำหรับงานคลองส่งน้ำ การชำรุดโดยทั่วไปเกิดเนื่องจากดินกระจายตัว ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น การไหลบ่าของน้ำฝนผ่านส่วนบนของคลอง โดยน้ำจะซึมตามรอยต่อระหว่างแผ่นคอนกรีตดาดหน้ากับดินถม หรืออาจซึมผ่านรอยแยกของผนังลาดคลอง เมื่อน้ำไหลผ่านก็จะพัดพาเอาเม็ดดินไปด้วย ซึ่งจะสังเกตได้จากตะกอนของดินแขวนลอยอยู่ในน้ำเหนือรอยต่ออย่างชัดเจน หากเกิดการกัดเซาะจนเป็นรูโพรงขนาดใหญ่ อาจทำให้แผ่นคอนกรีตดาดหน้าแตก และในจุดวิกฤติจะเกิดการกัดเซาะทะลุคันดินของคลองจนทำให้คันดินเกิดการพังทลายได้ในที่สุด

2.5 ดินกระจายตัวกับปัญหาด้านวิศวกรรม และจุดที่ตรวจพบในประเทศไทย

2.5.1 ดินกระจายตัวกับปัญหาด้านวิศวกรรม

2.5.1.1 ปัญหาในเรื่องโครงสร้างทางชลศาสตร์

ดินกระจายตัวทำให้ Hydraulic Structure เป็นจำนวนมากต้องล้มเหลวเนื่องจากการเป็นรู (Piping) เป็นโพรง (Tunnelling) หรือถูกกัดเซาะทางด้านผิวด้านนอก (Surfece erosion) Sherard และคณะ (1972) ได้ชี้ให้เห็นว่ามี Homogeneous dam ซึ่งสร้างอย่างดีด้วย Dispersive Soil แล้วล้มเหลวเนื่องจากการเป็นรู (piping) หรือได้รับความเสียหายอย่างหนักจากการถูกกัดเซาะเป็นโพรงในแนวดิ่งจากน้ำฝน

2.5.1.2 ปัญหาในเรื่อง Highway embankment

ปัญหาของถนนนี้คล้ายกับที่เกิดขึ้นกับเขื่อนดิน คือ Highway embankment ถูกกัดเซาะเป็นรูโพรงผ่านรอยแยกใหญ่ๆจากผิวถนนหรือใต้ไหล่ถนน เนื่องจากน้ำที่ไหลบ่าจากผิวจราจร

2.5.1.3 ปัญหาในเรื่อง Channel Cuts

น้ำฝนที่ไหลบ่าบนพื้นที่ส่วนบนของ excavation จะไหลซึมลงไปตามรอย Crack ซึ่งเกิดขึ้นจากการหดตัวของดินเมื่อระเหยไปแล้วไหลลงสู่ excavation อนุภาคซึ่งกระจายตัวอยู่ใน dispersive soil ก็ถูกพัดพาไปด้วย ทำให้เกิด piping ขึ้น

2.5.1.4 ปัญหาในการชลประทานและการระบายน้ำ

Dispersive clays ทำให้เกิดปัญหายุ่งยากในทางเกษตรกรรมด้วย เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวแต่ละอนุภาคที่กระจายตัวแขวนลอยอยู่ในน้ำฝนที่ตกลงมาขังอยู่บนผิวดิน เมื่อฝนตกลงมาที่ผิวดิน จะพัดพาเอาเม็ดดินไหลไปรวมกันจนกลายเป็นชั้นหนาๆ การไหลซึมของน้ำผ่านไปได้น้อยทำให้เกิดความยากลำบากในการส่งและการระบายน้ำ

2.5.2 จุดที่ตรวจพบดินกระจายตัวในประเทศไทย

ข้อมูลของกรมชลประทาน จากการตรวจสอบการกระจายตัวของดินจากบ่อยืมดิน เขื่อนดิน และต้นคลองส่งน้ำ บริเวณที่ตรวจพบสามารถแบ่งไปตามภูมิภาคต่าง ๆ ดังนี้

<u>ภาคเหนือ</u> จังหวัดที่มีการตรวจพบคือ จังหวัดเชียงราย โครงการห้วยข้างแม่สรวย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน เป็นต้น

<u>ภาคกลาง</u> จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชัยนาท จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดอุทัยธานี จังหวัดลพบุรี ซึ่งส่วนใหญ่การกระจายตัวของดินอยู่ในช่วง Intermediate ส่วนจังหวัดที่มีการกระจายตัวอย่างมากอยู่ในจังหวัดอุทัยธานี และจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินทราย

<u>ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ</u> เป็นภาคที่พบการกระจายตัวของดินที่รุนแรง แถวทุ่งราบโคราช จังหวัดนครราชสีมา จากการตรวจสอบของกรมชลประทานและการศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย พบบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยตะคร้อ ห้วยบง ลำสำลาย ลำเชียงไกร ห้วยซับประดู่ และพบทั่วไปอีกหลายจังหวัด

<u>ภาคตะวันออก</u> โดยเฉพาะจังหวัดปราจีนบุรี พบการกระจายตัวอย่างรุนแรงหลายโครงการ เช่น ห้วนตะเคียน บ้านแก้วเพชรพลอย เป็นต้น

<u>ภาคใต้</u> ไม่พบจังหวัดที่เป็นดินกระจายตัว

2.6 การปรับปรุงแก้ไขดินกระจายตัว

ปัญหาที่เกี่ยวกับดินกระจายตัวนั้นปัจจุบันได้มีการศึกษาและหาทางแก้ไขโดยวิศวกรทางปฐพีกลศาสตร์ ถ้าจำเป็นจริงๆ ที่ต้องนำเอาดินกระจายตัวมาใช้ในการก่อสร้าง จะต้องมีการแก้ไขและปรับปรุงดินเพื่อไม่ให้เป็นปัญหากับสิ่งก่อสร้างนั้นๆ ตามข้อกำหนดเสียก่อน

การแก้ไขและปรับปรุงการกระจายตัวของดินกระจายตัว สามารถแบ่งออกได้ 3 วิธี คือ

2.6.1 Soil Treatment

ในการใช้สารเคมีต่างๆ เหล่านี้ หลักที่สำคัญ คือ ให้สารเคมีทำปฏิกริยาแลกเปลี่ยนประจุบวกกับโซเดียมในดินกระจายตัว ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดการกระจายตัวและทำให้ความแข็งแรงของดินดีขึ้นด้วย ซึ่งสามารถกล่าวถึงสารเคมีที่ใช้ดังนี้

2.6.1.1 Soil-lime Treatment

เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้ทดลองแล้วว่าได้ผลและประหยัดกว่าวิธีอื่นๆ Lime stabilized ที่ได้ผลดีมาก คือ การใส่ $Ca(OH)_2$ Hydrated lime เป็นการเพิ่มความเข้มข้นของประจุบวกของแคลเซียม และลดปริมาณของโซเดียมซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดการกระจายตัวของดินโดยการแลกเปลี่ยนประจุบวกแก่กัน (Exchange cation) Pozzolanic reaction ระหว่างปูนขาวและอนุภาคของดินเหนียวจะทำให้เกิด Calcium silicate Hydrate ซึ่งจะเพิ่มความแข็งแรงของดิน เกิดการยึดเกาะซึ่งจะลดการกัดเซาะของดิน เปอร์เซ็นต์ปูนขาวที่ใช้ลดเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวและทำให้ดินไม่เป็นดินกระจายตัวส่วนมากอยู่ที่ระหว่าง 1-3 % โดยน้ำหนัก (จากผลการปรับปรุงแก้ไขดินจากเขื่อนต่างๆ ในเขตชลประทานโดยฝ่ายดินด้านเกษตร ระหว่างปี พ.ศ.2519-2530)

2.6.1.2 Sodium chloride Treatment

ตามปกติแล้วอนุภาคดินเหนียวส่วนมากจะมีประจุบนผิวไม่สมดุลย์กัน (unbalance charge) จึงทำให้เกิดการดึงดูดระหว่างตัวของอนุภาคและของเหลวที่อยู่รอบๆมัน การใส่โซเดียมคลอไรด์ลงไปประจุลบที่ผิวของ soil particle จะดูดกับประจุบวก Na^+ ที่ใส่ลงไป ผลที่ตามมา คือ ดินนั้นจะตกตะกอน (flocculate) หยุดการกระจายตัว

ผลดีของการใช้โซเดียมคลอไรด์ คือ ช่วยในกระบวนการบดอัด ซึ่งจะทำให้ความหนาแน่นของดินสูงขึ้น เป็นวิธีที่ง่ายต่อการใช้งาน เช่น สามารถละลายน้ำแล้วฉีดลงบนดิน แต่มีข้อจำกัดคือ โซเดียมคลอไรด์ละลายน้ำ เวลาที่ฝนตกเกลือโซเดียมจะถูกชะไปจากดิน ดังนั้นการ

ทำ Treatment ถึงแม้จะถูกมากแต่อาจจะต้องทำบ่อยๆ ซึ่งจะเหมาะสำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นมากกว่า โซเดียมคลอไรด์จะลดจุดเยือกแข็งและเพิ่มจุดเดือดของดินและน้ำ ด้วยเหตุผลนี้ทำให้ความต้านทานต่อความหนาวเย็นของดินดีขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการปรับปรุงแก้ไขดินซึ่งราคาถูกแต่ใช้ได้ผลดี และดินที่มีค่า Liquid limit สูง เช่น Montmorillonite จะใช้ได้ดีเพราะว่าถูกชะล้างออกไปจากดินได้น้อย

2.6.1.3 Flyash Treatment

Flyash หรือที่เรียกกันว่า Pozzolan นั่นเอง แคลเซียมออกซิไดซ์จะเกิดขึ้นเฉพาะเวลาที่ไปรวมตัวกับวัสดุอื่น ซึ่งเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ค่อนข้างจะเป็นอันตรายในการเกิดไฟไหม้ เมื่อนำมาใช้และคุณภาพของ Flyash จะเปลี่ยนแปลงไปตามประสิทธิภาพของการเผาไหม้อนุภาค carbon จะทำให้อนุภาคของ pozzolan เจือจางลง แต่จะเพิ่มความต้องการน้ำและลด maximum dry density ของ stabilized soil ปฏิกริยาทางเคมีของ Flyash จะขึ้นอยู่กับอนุภาคของมัน ถ้าขนาดยิ่งโตขึ้นจะไม่ดี ดังนั้นจึงควรจะบดให้ละเอียดก่อนใช้ ซึ่งจะทำให้ราคาสูงขึ้น

อนุภาคของ Flyash มีประจุไฟฟ้าด้วย จึงทำให้การบดอัดดินจะต้องระวัง ควรหาเทคนิคที่เหมาะสมในการ discharge ประจุไฟฟ้าด้วย

2.6.1.4 Gypsum

Chosh (1973) ได้ทำการทดลองใช้ gypsum และ flyash ได้สรุปผลว่า เมื่อใช้ gypsum 1 % โดยน้ำหนักผสมลงไปในดินซึ่งใช้ flyash ด้วยแล้วบ่มไว้ 7 และ 28 วัน Compressive strength ของ stabilized soil จะดีขึ้นและเมื่อใช้ 1 % gypsum และ 5 % lime flyash mixture พบว่า strength ของ soil จะดีขึ้นมากทีเดียว

Sherard และคณะ ได้ชี้ให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์โซเดียมในดินจะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของ calcium cation ซึ่งเกิดจากปฏิกริยาระหว่าง gypsum และสารประกอบแคลเซียมตัวอื่น ดังนั้น gypsum จึงเป็นวัสดุที่ดีในการใช้ปรับปรุงคุณภาพของดิน และป้องกันการกระจายตัวของดินได้ แต่ราคาจะแพงกว่า Soil – lime Treatment

2.6.1.5 Aluminium sulfate ($Al_2(SC_4)_3$)

Chen ได้ทดลองใช้ 0.5 % Aluminium sulfate พบว่าใช้ได้ผลดี เพิ่ม strength ได้มาก และการเพิ่ม Aluminium ion จะทำให้เปอร์เซ็นต์ของโซเดียมไอออน ลดลงด้วย

2.6.1.6 Cement

ใช้เป็น additive สำหรับควบคุมการกระจายตัวของดินได้ การเติม cement ลงไปจะเป็นการช่วยเพิ่ม $Ca(OH)_2$ ดังนั้นปฏิกิริยาซึ่งเกิดจาก cement hydration นี้ก็จะมีผลคล้ายกับการเติม hydrated lime เพื่อแก้ไขการกระจายตัวของดินเช่นเดียวกัน

2.6.2 Water Treatment

การนำเอาการปรับปรุงคุณภาพน้ำแทนการปรับปรุงคุณภาพที่ดิน เพราะว่าดินกระจายตัวจะไม่แสดงคุณสมบัติการกระจายตัวในน้ำที่มีความเข้มข้นของอิเลคโตรไลท์สูง สารเคมีที่สามารถใช้เพิ่มความเข้มข้นของอิเลคโตรไลท์ในน้ำ และละลายตัวได้เร็วในน้ำจะทำให้ดินไม่กระจายตัว คือ Ferrous sulfate, Aluminium sulfate และ Gypsum ซึ่งต้องมีความคุ้มทางเศรษฐศาสตร์และทำให้เขื่อนและผนังอ่างเก็บน้ำไม่พัง (Ingles, et al., 1969)

การปรับปรุงแก้ไขดินกระจายตัว สิ่งที่สำคัญคือต้องทำให้สารเคมีผสมได้กระจายทั่วถึงอย่างดี ซึ่งทำได้ยากในการปรับปรุงแก้ไขการกระจายตัวของดิน โดยแก้ไขที่น้ำนั่นเอง เป็นเหตุว่าทำไมความปลอดภัยที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขที่ดินสูงกว่าแก้ไขที่น้ำ อย่างไรก็ตามคุณภาพที่ต้องการสำหรับปรับปรุงแก้ไขที่น้ำโดยทั่วไปจะแพง จึงไม่ค่อยปฏิบัติกัน แต่ในบางครั้งการแก้ไขที่น้ำจะมีความเหมาะสมในทางปฏิบัติและถูกกว่าในการทำให้ดินคงตัวอยู่ได้ (Grant, et al., 1977) ชี้ว่าปัญหาการเก็บกักรักษาน้ำด้วยดินกระจายตัวไม่ใช่ปัญหาง่ายๆ ที่จะกระทำได้ โดยการใช้เขื่อนดินซึ่งมีวงจรที่สัมพันธ์กัน คือ

- ดินลาดเอียงด้านข้างของอ่างเก็บน้ำจะกระจายตัวและพังทลายลงมา
- การควบคุมมาตรฐานของคุณภาพน้ำ
- การควบคุมสภาพแวดล้อมเกี่ยวกับการกระจายตัวของดิน ทำให้ผิวหน้าดินถูกกัดเซาะ

ดังนั้นอ่างเก็บน้ำจะดีกว่าโครงสร้างกั้นน้ำ เบื้องต้นที่กล่าวคือ การปรับปรุงคุณภาพสามารถกระทำได้ถูกกว่าการปรับปรุงคันผนังอ่างเก็บน้ำทั้งหมด การหาค่าความสัมพันธ์ที่ดีระหว่าง 2 วิธี จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของดิน

หลังจากประเมินรายละเอียดของการปรับปรุงแก้ไขที่น้ำ อ่างเก็บน้ำ Cardinia Creek (Australia) ที่ตั้งอยู่บริเวณที่ดินกระจายตัวอย่างมาก นำมาใช้แก้ไขโดยวิธีนี้ (Grant, et al., 1977) โดยใช้ยิปซั่มดิบ (Calcium sulfate dihydrate) ใส่ลงไปในน้ำบริเวณทางเข้าอ่างเก็บน้ำ ปรากฏว่า

ดินเหนียวที่กระจายอยู่ในน้ำรวมตัวกันแล้วตกตะกอนลง ทำให้น้ำใส ซึ่งถือว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

2.6.3 Protective Measures

วิธีที่ใช้ป้องกันการกระจายตัวของดินเบื้องต้น โดยปกติจะพิจารณาตามวิธีการต่อไปนี้

a) ดักจับอนุภาคดินกระจายตัวที่กระจายตัวจากดินที่ใช้ทำแกนเขื่อน ซึ่งดักจับโดยการกรองทางด้านท้ายน้ำ

b) ป้องกันดินกระจายตัวจากการสัมผัสกับน้ำที่ไหลซึมจำนวนมาก

2.6.3.1 Sand filter

การทดลองในห้องปฏิบัติการโดย Sherad และคณะ (1977) ยืนยันว่าการใช้ทรายกรองที่มีขนาดคละที่เหมาะสม สามารถป้องกันการกัดเซาะและการรั่วของดินได้ และมีผลการทดสอบที่ได้ผลการทดลองคล้ายคลึงกัน ซึ่งกล่าวไว้ในใบบันทึกโดย Bordeaux และคณะ (1977), Mc Daniel และคณะ (1975), Melvill และคณะ (1980) เป็นต้น

Sherad และคณะ (1977) ได้สังเกตจากการทดสอบ Sand filter ในห้องปฏิบัติการพบว่าดินขนาดเม็ดละเอียดที่เกิดจากการพัดพาทับถมในธรรมชาติมี Silt ผสมอยู่เป็นหลัก และผสมด้วยอนุภาคของ Clay สำหรับการกัดเซาะที่เกิดขึ้นแล้วซึมออกมาปะทะกับ Sand filter อนุภาคของ Clay สามารถผ่านไปได้ในระยะแรก แต่ Silt ไม่สามารถผ่านได้ทำให้ Sand filter ทึบน้ำและอุดรูรั่วได้

ด้วยเหตุนี้จึงยังไม่มีรายงานว่าดินที่นำมาทำแกนเขื่อนที่ทำจากดินกระจายตัวโดนกัดเซาะเป็นรูโพรง (piping) เขื่อนนั้นต้องป้องกันโดยใช้วิธี Sand filter ที่ท้ายเขื่อน ดังรูปที่ 2.3

2.6.3.2 Surface Protection Measures

วิธีการคลุมหน้าดิน เพื่อป้องกันหน้าดินแห้งแล้วเกิดการ Crack ขึ้น สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้หลายวิธี เช่น

a) นำเอาดินที่ไม่ใช่ดินกระจายตัวและดิน Non Plastic (จากธรรมชาติหรือแก้ไขแล้วก็ตาม) ปกคลุมผิวหน้าสำหรับผนังลาดของเขื่อนและรอยแตกของหิน (Cole, et al., 1977, etc.)

นี่คือประโยชน์ในการป้องกันไม่ให้การ Crack ขยายตัวขึ้น ซึ่งสามารถเป็นไปได้ในดินที่ใช้ทำแกนเขื่อน และใช้กันอย่างกว้างขวาง

b) สำหรับการแก้ไขทางลาดในธรรมชาติ ใช้การ Grouting หรือการพ่นทับ ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถเลือกได้ วิธีการพ่นทับโดยใช้ปูนขาวพ่น เป็นวิธีการที่มีการแนะนำให้ใช้และเป็นวิธีการที่เหมาะสม

c) พืชคลุมดินจะป้องกันการกัดเซาะ เฉพาะบริเวณผิวหน้า แต่ไม่สามารถป้องกันการกัดเซาะแบบ Piping ได้ นั่นคือชนิดของสาเหตุการกัดเซาะที่น้ำเข้าไปแล้วกัดเซาะผนังของรอย Crack ได้ หญ้าจะป้องกันการกัดเซาะเพียงผิวหน้าดิน แต่ไม่สามารถป้องกันการกัดเซาะได้ทุกที่

2.7 การกัดเซาะพัดพาเม็ดดินขนาดเล็ก (Detachment of fine particle)

การกัดเซาะพัดพาเอาเม็ดดินขนาดเล็ก (อนุภาคดิน) ภายในเนื้อดิน เรียกว่า " การกัดกร่อนภายใน" (Internal erosion) มีการศึกษามากมายเพื่อต้องการหาแรงดันน้ำที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนภายใน โดยใช้วิธี Flat surface erosion test (Arulanandan et al . 1975 , Sharma et al. 1992 and Reddi et al. 1997) หรือโดยใช้วิธี Pinhole test (Sherard , 1976) โดยทำให้เกิดการกัดกร่อนด้วยแรงดันน้ำบนผิวหน้าตัดดินตัวอย่าง ซึ่งในกรณีของวิธี Pinhole test นั้นจะอัดแรงดันน้ำลงไปตลอดผิวหน้าตัดของดินตัวอย่างโดยมีการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. ที่ดินตัวอย่างเพื่อทดสอบหาความสามารถในการต้านทานแรงดันน้ำของดินตัวอย่าง แต่ทว่าจุดประสงค์หลักของการทดลองนี้ทำเพื่อหาการกัดกร่อนภายในทั้งหมดและอิทธิพลของ External stress ที่มากระทำกับดินตัวอย่าง ซึ่งทั้งหมดนี้ยังมีการศึกษาไม่มากนัก

2.8 พฤติกรรมของดินที่ทำให้เกิดการกัดเซาะพัดพาเม็ดดินขนาดเล็ก

พฤติกรรมของดินที่ทำให้เกิดการกัดเซาะพัดพาเม็ดดินขนาดเล็ก จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ต้องมีการเคลื่อนที่ของเม็ดดินออกจากกัน
2. ต้องสามารถเอาชนะ cohesion ภายในของเม็ดดินได้

จากพฤติกรรมข้างต้นของดิน จะทำให้สามารถหาแรงดันน้ำได้ โดยเมื่อเม็ดดินมีการเคลื่อนที่ออกจากกัน แรงดันน้ำจะเท่ากับ Vertical stress ที่กระทำกับดิน

$$(Pw)min = \sigma_v$$

เมื่อ (Pw)min คือ แรงดันน้ำต่ำสุดเมื่อเม็ดดินมีการเคลื่อนที่ออกจากกัน

σ_v คือ Verticle stress

เมื่อแรงดันน้ำสามารถเอาชนะ cohesion ภายในดินเหนียวได้ จะทำให้เกิดการพัดพาเอาเม็ดดินเหนียว (Clay detachment) ขึ้น

$$(Pw)detachment = \tau = c + \sigma_v \tan\phi$$

เมื่อ (Pw)detachment คือ แรงดันน้ำที่ทำให้เกิดการพัดพาเม็ดดินขึ้น

τ คือ Shear strength ของดิน

c คือ cohesion ของดิน

ϕ คือ มุมเสียดทานภายในของมวลดิน

ในขณะที่เกิดการพัดพาเอาเม็ดดินเหนียวไป (Clay detachment) แสดงว่าเม็ดดินเหนียวได้เคลื่อนที่ออกจากกันแล้ว ดังนั้น stress ที่เกิดขึ้นจะเท่ากับศูนย์

$$(Pw)detachment = Cu = Undrained\ Shear\ Strength$$

ดังนั้นแรงดันน้ำที่สามารถทำให้เกิดการพัดพาเม็ดดินเหนียว (Clay detachment) แสดงได้ในรูปของสมการ

$$(Pw)total = (Pw)min + (Pw)detachment$$

เมื่อ (Pw)total คือ แรงดันน้ำรวม

Cu คือ Undrained Shear Strength

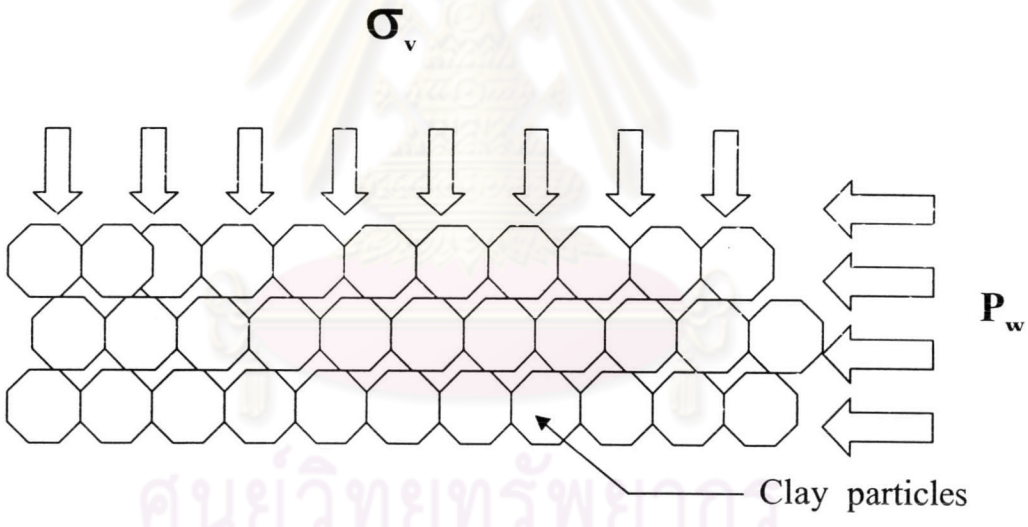
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งเมื่อทำการสังเกตปริมาณเม็ดดินเหนียวที่ถูกพัดพาออกมาแล้ว สามารถวิเคราะห์ได้ 3 กรณี ดังนี้

1. ปริมาณเม็ดดินเหนียวที่ถูกพัดพาออกมามีจำนวนน้อย แสดงว่า (Pw)min เป็นตัวควบคุมการเกิดการพัดพาเม็ดดินเหนียว

2. เม็ดดินเหนียวที่ถูกพัดพาออกมามีจำนวนปานกลาง แสดงว่าทั้ง (Pw)min และ (Pw)detachment เป็นตัวควบคุมการเกิดการพัดพาเม็ดดินเหนียว

3. เม็ดดินเหนียวที่ถูกพัดพาออกมามีจำนวนมาก แสดงว่า (Pw)detachment เป็นตัวควบคุมการเกิดการพัดพาเม็ดดินเหนียว



ภาพที่ 4 แสดงแรงต่างๆ ที่กระทำต่อ Clay particles

USBR ได้กำหนดระดับความเหมาะสมของดินแต่ละประเภท จำแนกตามระบบ Unified Soil Classification System โดยได้จัดลำดับความต้านทานการกัดเซาะเม็ดดินเหนียวของน้ำที่ไหลผ่านรูเล็กๆ ของเม็ดดินประเภทต่างๆ (Piping Resistance) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จัดลำดับความต้านทานการกัดเซาะเม็ดดินเหนียวของน้ำที่ไหลผ่านรูเล็กๆ ของเม็ดดินประเภทต่างๆ (Piping Resistance)

ระดับความต้านทานการกัดเซาะของน้ำ	ชนิดของดินถมเนื้อเดียวที่มีความต้านทานลดลงตามลำดับ
สูงสุด	1. ดินเหนียว P.I. > 15% บดอัดอย่างดี
	2. ดินเหนียว P.I. > 15% บดอัดไม่ดี
ปานกลาง	3. ทรายหยาบที่มีขนาดคละดีหรือกรวดปนทรายผสมดินเหนียว P.I. > 6% บดอัดอย่างดี
	4. ทรายหยาบที่มีขนาดคละดีหรือกรวดปนทรายผสมดินเหนียว P.I. > 6% บดอัดไม่ดี
	5. กรวดปนทรายและทรายแป้ง (Silt) P.I. > 6% บดอัดอย่างดี
ต่ำ	6. กรวดปนทรายและทรายแป้ง (Silt) P.I. > 6% บดอัดไม่ดี
	7. ทรายละเอียดที่มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ (Uniform) P.I. > 6% บดอัดอย่างดี
	8. ทรายละเอียดที่มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ (Uniform) P.I. > 6% บดอัดไม่ดี

2.9 รูปแบบการชะล้างพังทลายของดินที่สำคัญในประเทศไทย

ลักษณะการชะล้างพังทลายของดินไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดนั้นมีสาเหตุมาจากความรุนแรงของเม็ดฝนที่ตกกระทบ และจากแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดิน อันเกิดจากดินไม่สามารถรับการซึมของน้ำฝนได้หมด และถ้าฝนตกหนักมากอาจเกิดการเคลื่อนและการเลื่อนไหลของมวลดินโดยแรงดึงดูดของโลกและแรงดันของน้ำใต้ผิวดิน แม้ว่าการเลื่อนไหลของดินจะเป็นการพังทลายของดินที่มีปริมาณมาก แต่มักไม่เกิดบ่อยนัก การพังทลายของดินส่วนใหญ่จึงมักเกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสำคัญ และมักจะเกิดขึ้นเสมอบนพื้นที่ลาดเขา ถ้าหากว่าฝนตกไม่หนักพลังงานของน้ำไหลบ่าหน้าดินก็จะมีเพียงการชะล้างพังทลายของหน้าดินและพัดพาลงสู่ที่ต่ำ แต่จะตกตะกอนในตอนใดตอนหนึ่งของลาดเขาโดยไม่พัดพาลงสู่ลำธาร ตะกอนที่ตกทับถมก่อนถึงร่องลำธารก็จะเป็นแหล่งของดินที่จะถูกพัดพาสู่ที่ต่ำลงไปอีกจากฝนตกในคราวต่อ ๆ ไป ยกเว้นเสียว่าไม่มีฝนตกตามมาในเวลาใกล้เคียงกัน จนพืชพรรณขึ้นปกคลุมอย่างดี ดินที่ตกตะกอนดังกล่าวก็จะได้รับการป้องกันจากพลังน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ดียิ่งขึ้น

รูปแบบการชะล้างพังทลายของดินที่สำคัญ ๆ ในประเทศไทย ดังนี้

2.9.1 การชะล้างพังทลายแบบกระเด็น (splash erosion)

การตกกระทบของเม็ดฝนติดต่อกันไป จากน้ำฝนนับหมื่น ๆ นับล้านเม็ดนั้น จะทำให้อนุภาคดินบนผิวหน้าแตกกระจาย และกระเด็นออกไปจากตำแหน่งเดิม โดยเฉพาะจะเกิดอย่างรุนแรงบนผิวดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุม การชะล้างพังทลายชนิดนี้ถ้าเกิดในที่ราบ เม็ดดินก็จะไปไม่ได้ไกลนัก แต่ถ้าเกิดบนพื้นที่ลาดเขาจะถูกน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพาไป อย่างไรก็ตาม การกัดกร่อนในลักษณะกระเด็นนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการสูญเสียดินที่ค่อยไป และมักไม่ค่อยมีคนสนใจกันมากนัก

2.9.2 การชะล้างพังทลายแบบผิวแผ่น (sheet erosion)

เม็ดดินที่ถูกกัดชะโดยกระบวนการชะล้างพังทลายแบบกระเด็นนี้ นับเป็นแหล่งดินตะกอนที่จะถูกพัดพาเคลื่อนที่ออกไปจากพื้นที่ลาดเขาโดยแรงน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งไหลเอื่อยเหนือผิวดินเป็นแผ่นบาง ๆ อัตราการถูกพัดพาลงสู่ที่ต่ำขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสำคัญ ขนาด รูปร่าง และความหนาของตะกอนก็มีส่วนอยู่มากในการที่จะถูกพัดพาไปได้มากหรือน้อย

การกัดกร่อนในลักษณะนี้เห็นได้ยาก และชาวไร่มักไม่ค่อยได้สังเกต การกัดกร่อนแบบนี้ทำให้เสียหน้าดินที่มีสีดำซึ่งนับเป็นส่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นอย่างมาก เพราะมีอินทรีย์วัตถุสูง การปล่อยให้มีการกัดกร่อนเช่นนี้เกิดขึ้นบ่อย ๆ จะทำให้ผลผลิตของพืชลดลง ในขณะเดียวกันก็ต้องลงทุนหาปุ๋ยมาใส่ทดแทนมากขึ้น

2.9.3 การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว (rill erosion)

การชะล้างพังทลายในลักษณะนี้เกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินรวมกันเป็นทางน้ำเล็ก ๆ แล้วกัดเซาะลงไปในเนื้อดิน แต่เนื่องจากความคงทนของดินแตกต่างกันไป ประกอบกับแผ่นน้ำไหลบ่า หน้าดินยังไม่หนามากนัก การกัดกร่อนจึงเป็นไปในลักษณะร่องตื้น ๆ เล็ก ๆ กระจายทั่วผิวหน้าดิน ปกติร่องเล็ก ๆ ดังกล่าวจะมีแนวเกือบเป็นเส้นตรงยาวติดต่อกันไปและขนานกันไปเป็นริ้ว ๆ ร่องดังกล่าวนี้ตื้นจนสามารถปรับให้หายไปได้โดยการไถพรวนแบบธรรมดา ๆ

ความรุนแรงของกระบวนการกัดชะล้างและกระบวนการเคลื่อนย้ายไปในกรณีที่เกิดการชะล้างพังทลายแบบนี้ มีความรุนแรงมากกว่าที่เกิดในลักษณะการชะล้างพังทลายแบบแผ่น การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้วนี้ หน้าดินบางส่วนจะสูญเสียไป แต่เมื่อใดเกิดร่องริ้วแล้วและไม่มี

การปรับผิวหน้าดินใหม่ น้ำในร่องริ้วก็จะกัดกร่อนร่องริ้วนี้ให้ลึก และกว้างจนถึงชั้นล่างได้อย่างรวดเร็ว

2.9.4 การชะล้างพังทลายแบบร่องลึก (gully erosion)

การเกิดการชะล้างพังทลายของดินลักษณะนี้เกิดขึ้น เนื่องจากไม่ได้มีการป้องกันหรือปรับปรุงหน้าดินที่มีลักษณะการชะล้างพังทลายแบบร่องริ้ว ปล่อยให้น้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินกัดกร่อนลึกลงไปเรื่อย ๆ ร่องริ้วจึงขยายตัวขึ้นเป็นร่องลึกลงไปถึงดินชั้นล่าง การเกิดการชะล้างพังทลายแบบร่องลึกนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำไหลในร่องทั้งในลักษณะการกัดชะและการเคลื่อนย้ายดิน รูปตัดของร่องลึกนี้มักเป็นรูปตัว U และ V แล้วแต่ชนิดของดิน การชะล้างพังทลายแบบร่องลึกนี้ ยากที่จะปรับหน้าดินใหม่ด้วยเครื่องไถพรวนชนิดใด ต้องเสียเวลาและลงทุนมากในการที่จะควบคุมให้กับสู่สภาพที่ใช้ประโยชน์ได้ดีเช่นเดิม

2.9.5 การพังทลายแบบเลื่อนไหล (mass soil movement)

การพังทลายของดินแบบเลื่อนไหลนี้เป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหินบนที่ที่มีความลาดชันสูง เนื่องจากแรงถ่วงของโลก และความแตกต่างของความชื้นของมวลสารชนิดเดียวกันหรือคนละชนิดกัน การพังทลายแบบนี้อาจเกิดตามธรรมชาติได้ แต่กิจกรรมของมนุษย์มักเป็นตัวเร่งและก่อให้เกิดการพังทลายของดินแบบนี้มากกว่าธรรมชาติ รายละเอียดของการพังทลายแบบนี้จะกล่าวถึงในโอกาสต่อไป

2.9.6 การชะล้างพังทลายโดยธารน้ำ (streaU – bank erosion หรือ channel erosion)

การพังทลายแบบนี้เกิดขึ้น เพราะลำน้ำค่อนข้างใหญ่นั้นจะมีน้ำไหลผ่านในร่องน้ำเป็นปริมาณมาก และเวลายาวนาน โดยเฉพาะภายหลังฝนตกหนัก พลังน้ำไหลตามร่องหรือลำน้ำนี้จะกัดชะดินชายฝั่งซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับผิวหน้าดิน ทำให้เกิดชะโงกง้ำ ใต้ผิวน้ำลึกเข้าไปในฝั่งจนดินบนเหนือระดับน้ำไม่มีฐานค้ำยันที่แข็งแรงเพียงพอก็จะไหลเลื่อนและพังลงมาสู่ท้องลำธารได้ การพังทลายแบบนี้จะมีมากบริเวณที่ลำธารหักโค้งหรือลำน้ำเปลี่ยนทิศทางการไหล ซึ่งในบางแห่งก็ทำให้เสียทั้งที่ทำกินและที่อยู่อาศัยบริเวณสองฝั่งลำน้ำได้มากทีเดียว

I 19441869

การชะล้างพังทลายของดินหรือที่นักปฐพีใช้คำว่า "กษัยการของดิน" หรือ คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา เรียกว่า "การกัดกร่อนของดิน" นั้น เป็นกระบวนการที่เกิดจากมีตัวปัจจัยเหตุ เป็น น้ำฝน แรงลม และแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำให้ดินเกิดการแตกแยกและเคลื่อนย้ายจากที่เดิมไปทับถมในที่อื่น มีผลทำให้ดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์และเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม แม่น้ำลำธารตื้นเขินตามมา กลไกในการเกิดนั้นเริ่มตั้งแต่ฝนและน้ำบ่าหน้าดินเริ่มกัดกร่อนผิวหน้าดินทำให้เกิดร่องริ้วเล็ก ๆ (rill erosion) และการชะล้างแบบผิวแบน (sheet erosion) ในพื้นที่ระหว่างร่องริ้ว (interrill area) การเกิดการชะล้างทั้งสองลักษณะเกิดจากกระบวนการทางอุทกวิทยา เริ่มตั้งแต่ความหนักเบาของฝนตกทำให้เกิดพลังงานจลน์ (kinetic energy) ในการกัดเซาะ (detachment) และการเคลื่อนย้าย (transport) ตะกอนออกจากพื้นที่ด้วยทั้งเม็ดฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดิน และเมื่อน้ำบ่าหน้าดินไหลลงในร่องริ้วและพื้นที่ระหว่างริ้ว ก็จะมีพลังงานจากการไหลกัดเซาะและเคลื่อนย้ายตะกอนในร่องริ้วลงสู่ที่ต่ำกว่า และขยายร่องริ้วให้ใหญ่ขึ้น ตะกอนจะถูกพัดพาไปได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสมรรถนะในการเคลื่อนย้ายตะกอนของทั้งเม็ดฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดิน (transport capacity) ยามใดที่ปริมาณตะกอน (sediment load) หรือดินที่ถูกกัดเซาะ (detached soil) มีมากกว่าที่สมรรถนะการพัดพา (เคลื่อนย้าย) จะพัดพาไปได้ทั้งหมด ก็จะมีการตกตะกอน (deposition) เกิดขึ้น หรือกล่าวได้ว่ายามใดมีสมรรถนะการกัดชะ (detachment capacity) มากกว่า สมรรถนะการเคลื่อนย้าย การตกตะกอนก็จะเกิดขึ้นเมื่อนั้น ดังนั้นกระบวนการชะล้างพังทลายของดินจึงเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ผันแปรไปตามแนวความลาดเท และเวลาการตกของฝนและการไหลของน้ำบ่าหน้าดิน

ปัจจัยพื้นฐานที่มีผลต่อความมากน้อยของการชะล้างพังทลายของดิน จึงประกอบไปด้วย ปัจจัยด้านลมฟ้าอากาศ (climate) โดยเฉพาะ ฝน ปัจจัยทางภูมิประเทศ (topography) ปัจจัยการปกคลุมพื้นที่ของพืชพรรณ (vegetative cover) ปัจจัยเกี่ยวกับตัวของดิน (soil) และปัจจัยที่เกี่ยวกับตัวมนุษย์ (human) ผู้ใช้ที่ดิน ปัจจัยดังกล่าวมีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันในปริมาณการชะล้างพังทลายของดินในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก พื้นที่มีพืชปกคลุมหนาแน่น เช่นในป่าดงดิบเขตร้อน แม้ว่ามีฝนตกหนักโอกาสการเกิดการชะล้างพังทลายของดินในระดับรุนแรง มักไม่เกิด เพราะพืชที่ขึ้นปกคลุมดินช่วยลดพลังงานจลน์ของทั้งฝนและน้ำบ่าหน้าดิน ขณะเดียวกันในบริเวณทะเลทรายหรือพื้นที่กึ่งทะเลทราย ก็จะมีการชะล้างพังทลายได้น้อยจากฝนเนื่องจากมีฝนตกน้อย แต่จะมีการกัดกร่อนจากแรงลมเป็นหลัก ในพื้นที่เขตร้อนนั้นหากปราศจากพืชพรรณปกคลุมดินอย่างดี ฝนที่ตกรุนแรง และความหนักเบาสูงในเขตนี้ก็จะก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายในอัตราที่สูง

รูปแบบการชะล้างพังทลายของในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกโดยเฉพาะในเขตร้อนที่มีฝนเป็นปัจจัยสำคัญ จะประกอบไปด้วย การชะล้างพังทลายของดินแบบกระเด็น (splash erosion) แบบผิว

แผ่นพื้นที่เขตร้อนนั้น หากปราศจากพืชพรรณปกคลุมดินอย่างดี ฝนที่ตกรุนแรง และความหนักเบาสูงในเขตนี้ก็จะก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายในอัตราที่สูง

ส่วนรูปแบบการชะล้างพังทลายอื่นๆ ที่มีฝนเป็นปัจจัยสำคัญ ประกอบไปด้วย การชะล้างพังทลายของดินแบบกระเด็น (splash erosion) แบบผิวแผ่น (sheet erosion) แบบร่องริ้ว (rill erosion) แบบร่องลึก (gully erosion) แบบดินเลื่อนไหลหรือแบบดินถล่ม (mass soil movement) และการชะล้างพังทลายของร่องน้ำลำธารโดยธารน้ำ (streambank erosion / channel erosion) รูปแบบที่กล่าวมานี้สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย

การชะล้างพังทลายของดินเป็นกระบวนการธรรมชาติที่มีมาตั้งแต่กำเนิดโลก เป็นการปรับตัวของพื้นผิวโลก ซึ่งถ้าเกิดโดยไม่มีตัวเร่งเป็นมนุษย์เข้าไปช่วยกระทำก็เรียกว่า การชะล้างพังทลายตามธรรมชาติ (natural / normal / geological erosion) แต่ถ้ามีตัวปัจจัยเร่งให้เกิดมากกว่าที่ควรเป็นตามธรรมชาติ ก็เรียกว่า การชะล้างพังทลายดินที่มีตัวเร่ง (accelerated erosion) ความรู้เบื้องต้นนี้จะเป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ของการชะล้างพังทลายของดินบนพื้นที่ลาดเขาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย