

บทที่ 2

การวิจัยที่ผ่านมาและทฤษฎี

การวิจัยนี้ จะทำการศึกษาสารเคมี RRP (Reynold Road Packer 235) ซึ่งใช้เป็นสารละลายสีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีฤทธิ์เป็นกรด จากข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ พบว่า องค์ประกอบของสารเคมีส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ สารประกอบกำมะถันประเภท ซัลเฟต และสารอื่น ๆ อีกเล็กน้อย

ส่วนองค์ประกอบด้านแร่ธาตุของสารเคมี RRP ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ X-ray Fluorescence Analysis ในสารตกค้าง (residue) หลังจากเผาที่อุณหภูมิ 600 °C แล้ว พบว่าสาร RRP ประกอบด้วยแร่ธาตุประเภทซัลเฟต (Sulphate) แคลเซียม (Calcium) เหล็ก (Iron) รวมอยู่กับแร่ฟอสฟอรัส (Phosphorus) สังกะสี (Zinc) โพแทสเซียม (Potassium) ซิลิคอน (Silicon) และอลูมิเนียม (Aluminium) ซึ่งผลการวิเคราะห์ และขั้นตอนการทดสอบจะกล่าวไว้ในบทที่ 4

สารเคมี RRP จัดเป็นสารเคมีประเภท Natural and synthetic polymer เพื่อใช้ปรับปรุงคุณสมบัติด้านกำลัง ของดินให้ดีขึ้น และลดการซึมผ่านของน้ำ

2.1 สารประเภท Natural and Synthetic Polymers

(Lambe , 1953) ทำการศึกษาปรับปรุงคุณสมบัติดินด้วยสารเคมีประเภท Polymer อธิบายได้ว่า สารประเภท Polymer ประกอบด้วยโมเลกุลที่เชื่อมกัน ลักษณะคล้ายโซ่ อันเนื่องมาจากปฏิกิริยา โพลีเมอไรเซชัน (Polymerization) ของอนุภาคสารเคมีอินทรีย์ ที่เรียกว่า โมโนเมอร์ (monomer) การนำสารโพลีเมอร์ไปใช้ผสมกับดินจะเกิดปฏิกิริยา 1 หรือ 2 ขั้นตอน กล่าวคือ เมื่อเติมโมโนเมอร์ลงไปพร้อมกับระบบช่วยทำปฏิกิริยา (Catalyst system) ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน รวมตัวกันระหว่างดิน และ โมโนเมอร์หรือโพลีเมอร์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ หลังจากนั้นโพลีเมอร์ที่ประกอบตัวกันแล้ว (preformed polymer) ในรูปของ ของแข็ง สารละลายหรืออิมัลชัน (emulsion) จะทำปฏิกิริยากับดิน

ชนิดของสารประเภทโพลีเมอร์ที่ใช้ปรับปรุงคุณสมบัติดิน แบ่งตามประโยชน์การใช้งานได้ 3 ชนิด คือ สารทำให้เกิดการรวมตัว (Aggregant) สารทำให้อนุภาคดินจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ (dispersion) และสารกันน้ำ (water proofing) สำหรับงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะสารทำให้เกิดการรวมตัว (Aggregant) และสารทำให้อนุภาคดินจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ (Dispersant) ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนี้ เป็นวัสดุที่ใช้ปริมาณน้อยแต่สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินละเอียด (ขนาดอนุภาคเล็กกว่า silt) ได้มาก สารทั้ง 2 ชนิดนี้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาคดิน ซึ่งมีสภาพเป็นคอลลอยด์ (colloid) แต่ไม่เกิดการยึดติด (cement) อนุภาคข้างเคียง ดังเช่น ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์

2.1.1 สารทำให้อนุภาคดินเกิดการรวมตัว (Aggregant)

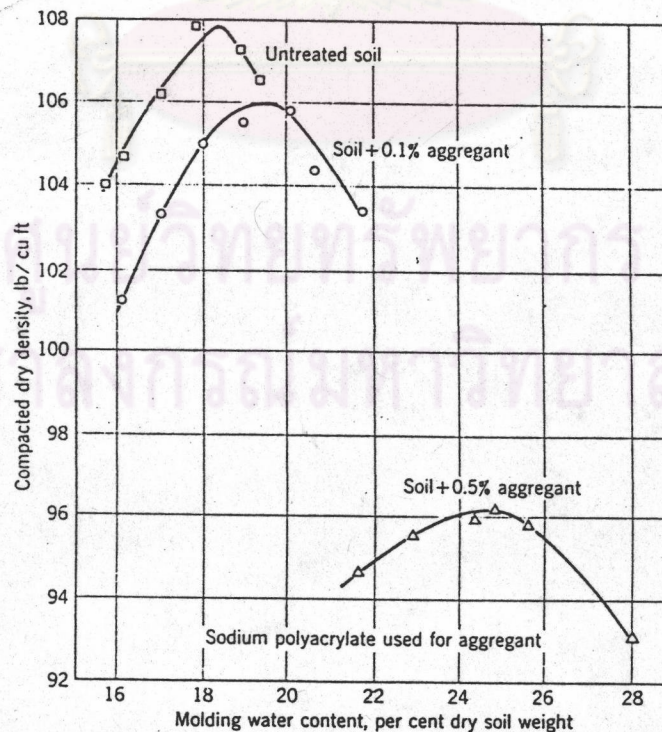
สารประเภท Aggregant เป็นสารที่เพิ่มแรงดึงดูดทางไฟฟ้า ระหว่างอนุภาคดินเม็ดละเอียดที่อยู่ข้างเคียง ทำให้เกิดการรวมตัวแบบการระเกะระกะ (Flocculate) ในมวลดิน สารประเภทนี้ที่ใช้กันได้แก่ พวกเกลืออนินทรีย์ เช่น Calcium Chloride หรือ Ferric Oxide และวัสดุโพลีเมอร์อื่น ๆ เป็นต้น สารประเภทเกลือ เมื่อละลายในชั้นวงน้ำ (pore water) ของดินจะแตกตัวให้ประจุลบ (cation) และประจุบวก (anion) ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยามากกว่า 1 ปฏิกิริยาขึ้นไป ดังนี้

1. แลกเปลี่ยนกับประจุในดิน
2. เริ่มดูดซึมประจุเข้ามาเป็นอนุภาค
3. ประจุที่แตกตัวออก (Furnish ions) สามารถยึดเกาะอนุภาคดิน (ยกตัวอย่างเช่น K^+ สามารถยึดติดกับโครงสร้างที่มีแผ่นแร่ดินเหนียว (clay sheet) อยู่หลังจากเกิดการแห้งตัว แผ่นแร่เหล่านี้ก็จะเชื่อมต่อกันเป็นการถาวร)
4. เพิ่มความเข้มข้นประจุ ทำให้เกิดการลดแรงผลักทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาค

นอกเหนือจากปฏิกิริยาทั้ง 4 แบบข้างต้นนี้ วัสดุโพลิเมอร์ (Polymeric material) ก็ยังสามารถยึดเกาะกับอนุภาคดินข้างเคียงได้ เนื่องจากส่วนปลายของโมเลกุล โพลิเมอร์ซึ่งติดกันเป็นโซ่ยาว ติดพันกับอนุภาคดิน

(Lambe, 1955) ศึกษาผลของสารประเภททำให้อนุภาคดินเกิดการรวมตัว (Aggregant) กับดินเหนียว Virginia sandy clay พบว่า การเพิ่มแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคดินเหนียวละเอียด (fine soil particle) ทำให้เกิดการรวมตัวอย่างเหนียวแน่น ดังนั้นจะมีผลทำให้อนุภาคดินใหญ่ขึ้น และอนุภาคที่ติดแน่น (sticking particles) จะมีการเรียงตัวแบบระเกะระกะ โดยสังเกตจากการทดสอบการตกตะกอนของดินที่เติมสารชนิดนี้ นอกจากนี้แล้ว สารประเภท aggregant เป็นสาเหตุที่ทำให้ความหนาแน่นภายหลังการบดอัดลดลง และทำให้ปริมาณน้ำพอเหมาะที่ใช้ทำการบดอัด (Optimum molding water content) เพิ่มขึ้น ดังรายละเอียดรูปที่ 2.1

การทำให้ดินเกิดการจัดเรียงอนุภาคแบบระเกะระกะ จะทำให้ความไวต่อการซึมผ่านน้ำของดินเพิ่มขึ้น และเนื่องจากการลดแรงผลักทางไฟฟ้าระหว่างอนุภาคดิน ทำให้กำลังรับน้ำหนักของดินเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.1 ผลการใช้สารประเภท Aggregant เพื่อช่วยในการบดอัดดิน Virginia Sandy Clay

2.1.2 สารที่ทำให้อนุภาคดินจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ (Dispersants)

สารประเภท Dispersant นี้เป็นวัสดุที่เพิ่มแรงผลักระหว่างอนุภาคดินละเอียดที่อยู่ใกล้เคียงกัน ทำให้แรงยึดเหนี่ยว (cohesion) ระหว่างกันลดลง และเป็นสาเหตุที่ทำให้อนุภาคดินรวมตัวกันเป็นระเบียบ (disperse) เช่น สารประเภทฟอสเฟต (Phosphate), ซัลโฟเนต (Sulfonate) เป็นต้น โดยทั่วไปประสิทธิภาพของสารประเภท Dispersant จะแตกต่างกันไม่มากนัก

เมื่อใช้สารประเภท Dispersants ทำปฏิกิริยากับดินเกิดกระบวนการ 3 แบบ คือ

1. การแตกตัว (Sequestration) ส่วนที่มีประจุบวกมาก (polyanion) ของสาร จะแยกตัวออกและทำการละลาย (insolubilizes) ประจุเดี่ยวที่จะถูกแลกเปลี่ยน (monovalent exchangeable ions)
2. การแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) สารประเภท dispersant จะแตกตัวให้ประจุเดี่ยว เพื่อแลกเปลี่ยนประจุกับอนุภาคดิน
3. การดูดซับประจุลบ (Anion adsorption) สารประเภท dispersant มีกลุ่มประจุบวก สำหรับดูดซับประจุจากอนุภาคดิน ปฏิกิริยาแบบนี้เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญที่สุดของทั้ง 3 แบบ

(Lambe, 1954) ได้ทำการศึกษาผลของสารประเภท Dispersant ที่มีต่อคุณสมบัติดิน พบว่าสารประเภท dispersant ทำให้เกิดแรงผลักทางไฟฟ้า ขนาดเม็ดดินจึงเล็กลง เนื่องจากการแตกตัวของเม็ดดิน (break down aggregate) และเกิดความเหลว (fluidity) ในระบบ soil-water system จากการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินด้วยวิธี ไฮโดรมิเตอร์ หลังจากเติมสาร dispersant จะทำให้ขนาดเม็ดดินที่รวมตัวกันเล็กลง รวมทั้งขนาดผลึกแร่ดินเหนียวด้วย ตารางที่ 2.1 แสดงการเพิ่มของความเหลว (fluid) ของดินเหนียว 2 ชนิดโดยใช้ค่า liquid limit

ตารางที่ 2.1 แสดงผลของสารประเภท dispersant ที่มีต่อค่า liquid limit ของดินเหนียว 2 ชนิด

Soil	Amount of dispersant % soil dry weight	Liquid limit %
Boston blue clay.....	0	50
	0.05	46
	0.10	45
	0.20	44
	1.00	32
Virginia sandy clay...	0	46
	0.10	45
	0.20	38

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจัดเรียงตัวอนุภาคดินเป็นระเบียบ ทำให้ไม่มีแรงยึดเหนี่ยวอนุภาคพอที่จะเกิดการรวมตัวของเม็ดดินได้ แต่เกิดการผลักกัน ทำให้เคลื่อนที่ไปด้วยกัน แต่เมื่อแรงมากกระทำต่อมวลดิน จะทำให้ความหนาแน่นสูงขึ้น จากตารางที่ 2.2 แสดงผลของการบดอัดดิน ที่มีอนุภาคจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ จะมีความหนาแน่นสูง และปริมาณน้ำพอเหมาะต่ำกว่าดินที่ไม่ได้ทำการปรับปรุง

2.2 องค์ประกอบที่มีผลต่อกำลังของส่วนผสม

จากการทบทวนการศึกษาที่ผ่านมา เกี่ยวกับการปรับปรุงคุณสมบัติดินด้วยสารเคมีสามารถสรุปองค์ประกอบหลักที่มีผลต่อกำลังของส่วนผสมได้ 3 องค์ประกอบดังนี้

2.2.1 ชนิดของดิน

(Lambe, 1953) ทำการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติดิน ด้วยการเติมสารประเภทโพลีเมอร์ หลาย ๆ ครั้ง กับดินหลายชนิด พบว่า ดินที่มีประสิทธิภาพการเกิดปฏิกิริยาระหว่างดินกับสารประเภทโพลีเมอร์มากที่สุดคือ ดินชนิดอนินทรีย์ขนาดเม็ดดินละเอียด (Inorganic fine grained soil) ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างของผลึกแร่ดิน ดังนี้

1. มวลดินที่รวมตัวกัน (aggregate) ประกอบด้วยผลึกแร่ดิน
2. ผลึกแร่ดินประกอบด้วยแผ่นแร่ หรือหน่วยแร่พื้นฐาน (basic unit)
3. แผ่นแร่ดินประกอบด้วยอะตอม

อนุภาคดินที่มีประสิทธิภาพ ต้องมีองค์ประกอบเป็นแผ่นแร่ (sheet) ผลึก หรือมวลดิน (aggregate) รวมตัวกันเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในแผ่นแร่ ต้องมีวาเลนซ์ของพันธะแรงยึดเหนี่ยวขั้นต้น (primary valence bond) ค่อนข้างสูง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นแร่ในผลึกก็ต้องแข็งแรง อย่างเช่น Kaolinite หรือ ไม้อ่อน เหมือน Montmorillonite ส่วนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผลึกในมวลดิน ควรจะน้อย ยกตัวอย่างเช่น แรงยึดเหนี่ยวกันของมวลรวมและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผลึกในกรณีดินเหนียวที่เกิดการพองตัว (expanding clay) จะมีค่าต่ำเพียงพอที่จะทำให้เกิดการแตกตัว เมื่อเติมสารเคมีหรือแรงมากกระทำ

ตารางที่ 2.2 แสดงผลของสารประเภท dispersant ต่อการบดอัด

Soil	Amount of dispersant % soil dry weight	Maximum dry density Ib / cu.ft	Optimum water content %
Virginia sandy clay.....	0.0	105.8	19.4
	0.1	107.8	19.7
	0.3	110.2	18.5
Massachusetts clayey silt...	0.0	122.8	13.3
	0.1	123.5	13.2
	0.5	126.0	12.0
Maine clayey silt.....	0.0	110.1	17.6
	0.1	115.0	16.9
Pennsylvania sandy silt..	0.0	126.6	12.7
	0.1	130.0	12.0

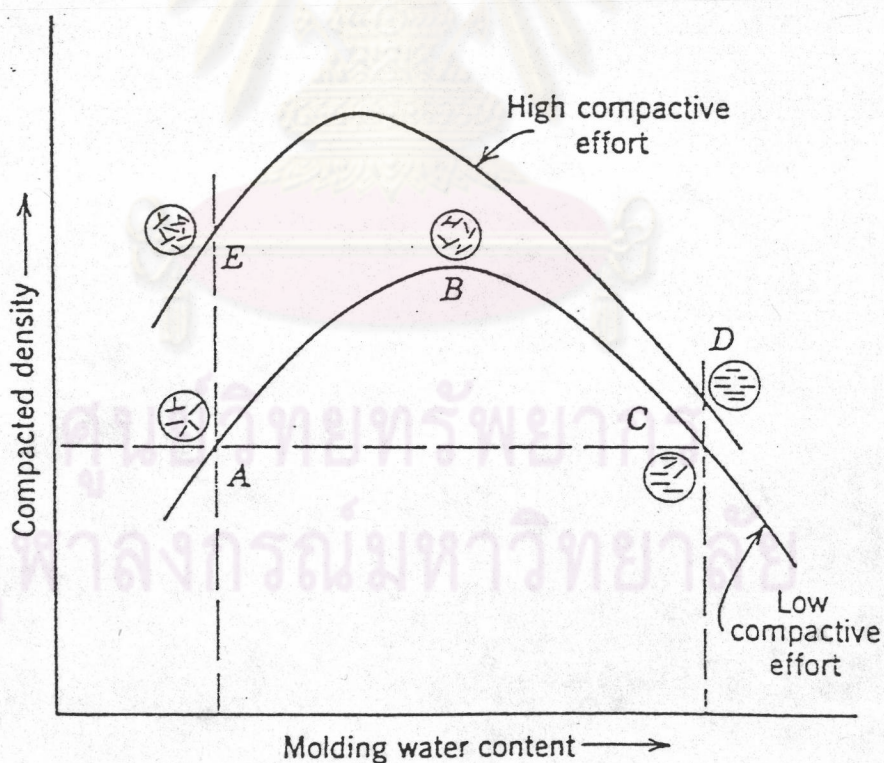
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2 ชนิดของสารเคมี

ผลของการเติมสารเคมี เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติดิน ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้ว่าเป็นประเภท Aggregants หรือประเภท Dispersants

2.2.3 พลังงานการบดอัด

Pacey (1956) ทำการศึกษาการบดอัดดิน ระดับจุลภาค (Microscopic Study) โดยใช้วิธีของ Mitchell's (1956) แสดงในรูปที่ 2.2 สำหรับวิธีการบดอัดแบบใดแบบหนึ่ง พิจารณาที่ปริมาณน้ำเดียวกัน การใช้พลังงานการบดอัดมากขึ้น จะทำให้ความหนาแน่น (อนุภาคใกล้ชิดกันมากขึ้น) มากขึ้น



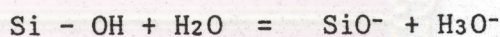
รูปที่ 2.2 แสดงการจัดเรียงตัวของอนุภาคดินและปริมาณน้ำที่ใช้ต่าง ๆ กัน

2.3 ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange)

เป็นการแทนที่ cation ของดินโดย cation อื่น ซึ่ง cation ที่พบมากในดิน โดยเรียงจากมากไปหาน้อย คือ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ และ K^+ ส่วน anion ที่พบมากคือ SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} และ NO_3^-

แหล่งของ exchange capacity ในดินนั้น Grim (1968) ได้พบว่าเกิดจาก

- ก. Isomorphous substitution ซึ่งเป็นการแทนที่ของ Si^{4+} โดย Al^{3+} ใน Silica sheet หรือการแทนที่ของ Al^{3+} โดยอะตอมที่มีวาเลนซ์ 2 ใน Octahedral sheet ทำให้มีประจุไฟฟ้าลบที่ไม่ถูกทำให้สมดุลย์ในโครงสร้างของผลึก
- ข. Broken bond ตามขอบของ silica alumina unit จะมีประจุไฟฟ้าซึ่งถูกทำให้สมดุลย์ได้ด้วย cations ที่ถูกดูดซึมเข้ามา Wiklander (1964) ได้อธิบายว่าเมื่อเกิด broken bond ขึ้นแล้ว hydroxyl จะเข้าไปหา silicon ของ tetrahedral unit ที่แตกออกมา และจะ ionize ให้เกิดเป็น



ซึ่งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าลบบนโครงสร้างผลึก

- ค. การแทนที่ของ H_2 ใน Hydroxyl จะพบว่า Cation ชนิดหนึ่งอาจถูกแทนที่โดย Cation อีกชนิดหนึ่งได้ ตัวอย่างเช่น Ca^{2+} หรือ Fe^{3+} แทนที่ Mg^{2+} และอื่น ๆ การแทนที่กันโดย Cation อีกชนิดหนึ่ง ขึ้นกับหลายสาเหตุ กล่าวคือ

1. วาเลนซ์ของ Cation
2. ความซุกซุ่มของ Cation ชนิดอื่น
3. ขนาดของไอออน

Trivalent cation ถูกยึดเหนี่ยวได้มั่นคงกว่า divalent cation และ divalent cation ก็ถูกยึดเหนี่ยว ได้มั่นคงกว่า Monovalent cation และโดยทั่วไปแล้ว Cation ที่มีขนาดเล็ก จะแทนที่ Cation ที่ขนาดใหญ่กว่าได้ Grim (1953) พบว่าลำดับในการแทนที่ของ Cation เป็นลำดับดังนี้ $\text{Na}^+ < \text{Li}^+ < \text{Rb}^+ < \text{Cs}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Ba}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+} < \text{Th}^{4+}$ แต่อาจจะเป็นไปได้ที่ Cation ที่มีกำลังในการแทนที่ต่ำกว่า (Replacing Power) สูงกว่า ถูกแทนที่ โดย Cation ที่มีกำลังในการแทนที่ต่ำกว่า ตัวอย่างเช่น Al^{3+} สามารถถูกแทนที่โดย Na^+ ได้ เพราะว่าความเข้มข้นของ Na^+ ในสารละลายมีค่าสูงกว่า Al^{3+} มาก

อัตราการแทนที่ของ Cation ขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดของแร่ดินเหนียว
2. ความเข้มข้นของสารละลาย
3. อุณหภูมิ

โดยทั่วไปแล้ว แร่ดินเหนียว คาโอลิไนท์ จะถูกแทนที่ทันทีทันใด ส่วนอิลไลต์อาจจะใช้เวลาประมาณไม่กี่ชั่วโมง ถึงจะแทนที่ทั้งหมด เพราะว่า exchange capacity นั้นอยู่ระหว่างช่องว่างของอนุภาคดินเหนียว และนอกจากนั้น อิลไลต์ ยังมีขนาดเล็กกว่า คาโอลิไนท์ สำหรับมอนโมริลโลไนท์ นั้น ก็จะใช้เวลาเพิ่มขึ้นอีก เพราะ exchange capacity นั้นอยู่ระหว่าง interlayer และนอกจากนี้ยังมีขนาดเล็กกว่า อิลไลต์ อีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 ปฏิกริยาการแลกเปลี่ยนประจุลบ (anion exchange)

Mattson, Ravikovitch และคณะทำการศึกษาค้นคว้าประกอบแร่ของดินเหนียวหลายชนิด ที่เกิดปฏิกริยาแลกเปลี่ยนประจุลบ การตรวจสอบปฏิกริยาแลกเปลี่ยนประจุลบในดินเหนียว มักจะเกี่ยวข้องกับทางการศึกษาการดูดซึม ฟอสเฟต ของดินด้วย แต่การศึกษา ปฏิกริยาแลกเปลี่ยนประจุลบในดินเป็นการยาก เนื่องจากโอกาสที่แร่ดินเหนียวจะรวมตัวเกิดปฏิกริยามีน้อย ดังนั้น ในทางการศึกษาการดูดซึมฟอสเฟตของแร่ kaolinite ต้องตั้งข้อสังเกตว่า ผลที่ได้นี้มาจากการดูดซึมประจุ การแทนที่ไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) ในโครงสร้างแร่ kaolinite หรือปฏิกริยาระหว่างฟอสเฟตกับอลูมินา ซึ่งทำให้โครงสร้างแร่คาโอไลไนท์ถูกทำลายลง

ประเภทของปฏิกริยาการแลกเปลี่ยนประจุลบในแร่ดินเหนียว มีดังต่อไปนี้

1. การแทนที่ประจุไฮดรอกซิล (OH^-) เพื่อการดูดซึมฟอสเฟตโดยแร่ kaolinite Busswell and Dubenbostel เสนอผลการศึกษาค้นคว้าคลิ่นอินฟราเรด แสดงให้เห็นว่า ประจุ OH^- ของผิวแร่ดินเหนียว สามารถเข้าทำปฏิกริยาแลกเปลี่ยนประจุ ต่อมา Dickman and Bray (1941) ทำการศึกษาการแทนที่ของ hydroxyl ด้วย fluorine ใน kaolinite พบว่า ประจุ hydroxyl อิสระ มีผลทำให้ค่า alkalinity ของสารแขวนลอยที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก OH^- และประจุ Fluorine มีขนาดใกล้เคียงกัน การแลกเปลี่ยนจึงไม่ต้องมีการจัด โครงสร้างผลึกใหม่ ในกรณีแทนที่ประจุ OH^- การเกิดปฏิกริยามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้าถึงประจุ (accessibility) ของประจุ OH^- โดยทั่วไป ประจุ OH^- หลาย ๆ ประจุ ซึ่งอยู่ในโครงสร้างแร่ ยากต่อการเข้าทำปฏิกริยา

2. รูปทรงเรขาคณิตของประจุลบ anion ต้องมีความสัมพันธ์กับรูปทรง โครงสร้างผลึกแร่ดินเหนียว Hendricks (1947) ได้ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมว่า ประจุลบ เช่น Phosphate, arsenate, borate เป็นต้น มีขนาดและรูปทรงทางเรขาคณิตเหมือนกับ Silica tetrahedron จึงอาจจะถูกดูดซึมเข้าพอดีกับขอบแร่ silica tetrahedron sheet และทำให้แผ่นแร่ขยายตัวออก ประจุลบอื่นเช่น Sulfate, chloride, nitrate เป็นต้น มีขนาดไม่พอดีกับแผ่นแร่ silica tetrahedron sheet จึงไม่สามารถถูกดูดซึม

ในกรณีที่ 1 และ 2 ข้างต้นนี้ ปฏิกิริยา anion exchange เกิดขึ้นรอยแร่ดินเหนียว ในทางตรงกันข้ามกับ Cation exchange ขณะที่แร่ใน smectite นั้นไม่มีการเกิดปฏิกิริยา anion exchange ใน basal plane surface ของแร่ดินเหนียวเลย ชนิดของแบบปฏิกิริยา anion exchange และในกรณีแร่ดินเหนียว kaolinite ซึ่งเกิด Cation exchange จากการแยกของ แรงยึดเหนี่ยว (broken bond) ค่า Cation exchange และค่า anion exchange จะเท่ากัน

Dean, Rubins และ Hofmann (1947) กล่าวว่าในกรณีแร่ smectite และ Vermiculite ซึ่งปฏิกิริยา Cation Exchange เกิดจากการแทนที่ในโครงผลึก ค่า anion capacity จะเป็นเพียงส่วนหนึ่งของค่า Cation-exchange capacity ในกรณี Illite, Chlorite และ Sepiolite-paly gorskite ค่า anion exchange capacity น้อยกว่า Cation-exchange capacity

นอกจากนั้นเขายังพบว่า ค่า anion exchange capacity ของดิน Sassafrass soil เป็นสัดส่วนกับพื้นที่ผิวแร่ ซึ่งค่า anion exchange capacity นี้ อาจจะเปลี่ยนแปลงตาม การจัดโครงผลึก (degree of crystallinity) ของแร่ดินเหนียว ความแตกต่างระหว่าง anion exchange capacity ระหว่างแร่ kaolinite ที่มีโครงผลึกสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ (poorly) โครงผลึกแบบหลัง จะขาด alumina - silica layer ทำให้มีแร่ OH⁻ หลงเหลือไว้ สำหรับแลกเปลี่ยนประจุ

Schofield ได้เสนอว่าปฏิกิริยา anion exchange มี 3 ลักษณะ แร่ดินเหนียวอาจ จะมีตำแหน่งการเกิด Anion exchange เช่นเดียวกับ Cation exchange บน basal plane surface ตำแหน่งที่ไวต่อการเกิด anion exchange จะมีประจุที่ไม่สมดุล (unbalanced charges) ภายในโครงผลึก เช่น อลูมิเนียมส่วนเกิดในตำแหน่ง octahedral เป็นการยากที่จะ สังเกตเห็น เมื่อมีการขาดประจุไฟฟ้าบวกและลบ จะทำให้เกิดแนวโน้มที่จะทำให้สมดุลกัน ถ้าไม่ พิจารณาระยะห่างระหว่างกัน อาจจะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกหรือลบ หรือทั้งบวกและลบ

Schofield ระบุว่า ในสารละลายกรดรุนแรง ดินเหนียวสามารถรับได้ทั้งประจุ potassium และ chloride ประจุอย่างแรกจะมีอิทธิพลเหนือกว่า แต่ทั้ง K⁺ และ Cl⁻ สามารถ แลกเปลี่ยนประจุบวกและประจุลบอื่น

Mattson (1929) ศึกษา Donnan Equilibrium เพื่อแสดงให้เห็นว่า มีการดูดซึมประจุลบของทั้ง Chloride และ Sulfate โดยทำการทดลองเพิ่มเติม เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริง และยังคงศึกษาปฏิกิริยา anion exchange ในแร่ดินเหนียวต่อไป ปัจจัยที่ทำให้การศึกษากการแลกเปลี่ยนประจุลบยุ่งยากซับซ้อน เป็นเพราะแร่อิสระ หรือ แร่เหล็ก อลูมิเนียม หรือ พวกเกลือ Alkaline ที่สามารถแลกเปลี่ยนประจุกันได้ ซึ่งมีอยู่ในดินอาจจะทำให้เกิดเกลือประเภทไม่ละลายน้ำ (insoluble salt) กับประจุลบ จึงเป็นการยากที่จะแยกข้อแตกต่างระหว่างผลที่ทำให้เกิดปฏิกิริยานี้กับผลที่เกิดปฏิกิริยากับแร่ดินเหนียว

Wey (1959) พบว่า การดูดซึมประจุลบ ไม่สามารถเปรียบเทียบกับการดูดซึมประจุบวก เนื่องจากธรรมชาติของประจุลบมีผลมากกว่าประจุบวก และยังขึ้นกับค่า pH ในการทดลอง Cation exchange กับแร่ kaolinite Weiss (1931) พบว่า polyvalent cation อาจจะทำหน้าที่เหมือน monovalent ion และอาจจะยึดประจุลบปริมาณเท่ากันบนผิวอนุภาคได้ นั่นคือ valences หนึ่งจะถูกยึดติดกับโครงสร้างผลึก และส่วน valence อื่น จะรวมตัวกับ anion

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย