หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การต่อลงดิน

ในบทนี้จะกล่าวถึงชั้นของดิน องค์ประกอบของการต่อลงดินที่ดี และองค์ประกอบที่จะทำให้ความต้านทานจำเพาะเปลี่ยนแปลงไป

2.1 ชั้นของดินตามธรณีวิทยา

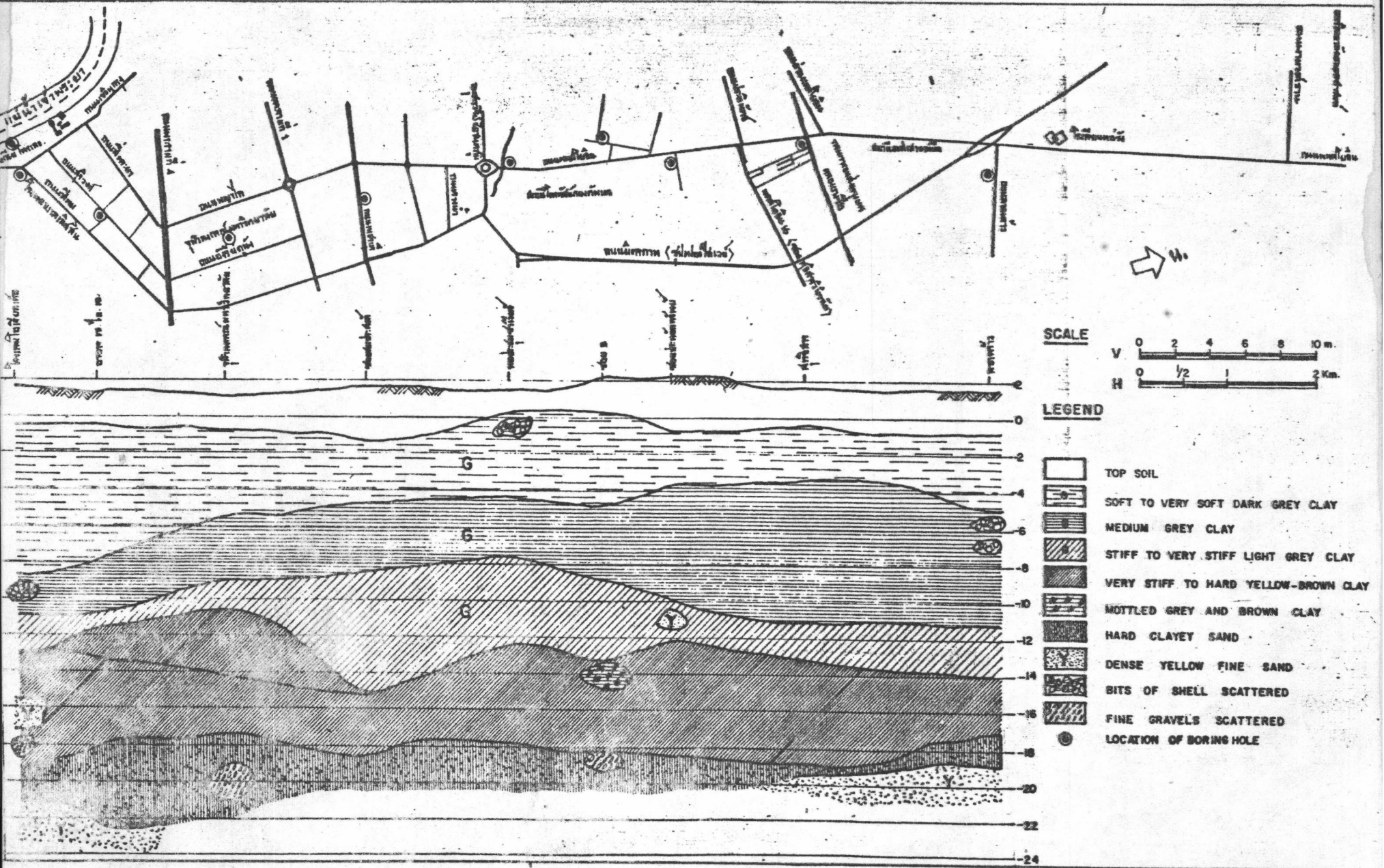
วัตถุซึ่งประกอบอยู่ที่หน้าผิวดิน มีความนำไฟฟ้า (conductance) ต่ำมากเมื่อเทียบกับโลหะต่าง ๆ องค์ประกอบที่สำคัญของดิน 2 อย่าง คือ Silicon oxide และ Aluminium oxide เป็นฉนวนอย่างดีที่เดียว [2] ความนำไฟฟ้าของดินส่วนใหญ่จะเนื่องจากเกลือและความชื้นที่อยู่ระหว่างฉนวนเหล่านั้น

เนื่องจากดินมีความต้านทาน กระแสที่แผ่กระจายออกไปทุกทิศทางลงในดิน จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตก (Voltage drop) ซึ่งจะไปต้านกับหลักที่เรามักจะถือว่า ศักดาไฟฟ้า (Potential) ของดินเป็นศูนย์เสมอ ดังนั้น เพื่อสะดวกแก่การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ จึงแบ่งดินออกเป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณรอบ ๆ ขั้วดิน และบริเวณที่เหลือ

ดินที่อยู่ใต้ผิวดิน ไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกันตลอด (ดูรูปที่ 1) ทำให้เกิดความลำบากในการวิเคราะห์การกระจายของกระแสมาก นอกจากนี้ ความต้านทานของขั้วดินยังแปรเปลี่ยนตามสิ่งอื่น ๆ อีก จึงทำให้การวิเคราะห์ยากยิ่งขึ้นไปอีก ดังนั้น สูตรคำนวณความต้านทานของขั้วดินซึ่งหาได้โดยสมมติว่า ดินมีเนื้อเดียวกันตลอด จึงใช้ได้ในขอบเขตจำกัดเท่านั้น

2.2 การต่อลงดิน (grounding)

การจะต่อส่วนใด ๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้าลงดิน จะต้องเดินสายดินจากอุปกรณ์นั้นไปยังขั้วดินหรือ ground loop โดยให้ปลายข้างหนึ่งของสายดินต่อกับอุปกรณ์นั้นด้วย ground connector ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะใช้ ground connector ก็ได้ หรือ ถ้าจะให้แน่ใจว่าติดแน่น ก็ให้ทำโดย cadweld process



รูปที่ 1 ชั้นของดินตามแนวถนนพหลโยธิน

ที่มา วสท. ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง[1]

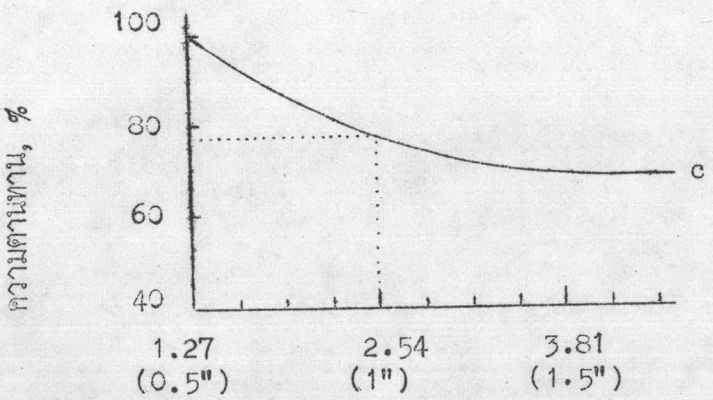
องค์ประกอบที่จะทำให้การต่อลงดินมีค่าความต้านทานต่ำ มีดังต่อไปนี้ คือ

2.2.1 ขั้วดินที่ดี

หมายความว่า จะต้องมีค่าความต้านทานต่ำ เพื่อให้กระแสกระจายสู่ดินได้อย่างสะดวก

ผลของขนาดของขั้วดิน

ความต้านทานของขั้วดินจะเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อใช้ขั้วดินที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ ความจริงดินที่อยู่รอบ ๆ ขั้วดินต่างหาก ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการกำหนดค่าความต้านทานของขั้วดิน การปักขั้วดินที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ กันจะมีความต้านทานของขั้วดินต่างกันน้อยมาก ตามรูปที่ 2 จะเห็นว่าขั้วดินแบบแท่งยาวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร (1 นิ้ว) พื้นที่และปริมาตรของดินที่ถูกแทนที่เป็น 4 เท่าของขั้วดินที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร ($\frac{1}{2}$ นิ้ว) จะมีความต้านทานของขั้วดินลดลงเพียงประมาณ 20 % เท่านั้น



C – ค่าเฉลี่ยจากการทดลองที่ Underwriter Laboratory, Pittsburgh

รูปที่ 2 ผลของเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วดินที่มีต่อความต้านทานของขั้วดินแบบแท่งยาว

ที่มา : Copperweld Steel Company, Practical grounding. New York.[3]

2.2.2 ชนิดของดิน

ดินต่างชนิดกัน จะมีค่าความต้านทานจำเพาะต่างกัน แต่ชนิดของดินก็มิได้มีการแบ่งแยกอย่างเด็นชัด เช่นดินเหนียว (clay) ก็ครอบคลุมดินหลายชนิด ดังนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ที่จะบ่งว่าดินในกลุ่มนั้นมีค่าความต้านทานจำเพาะเท่าใด อีกประการหนึ่ง ดินชนิดเดียวกันในที่ต่างกัน ก็มักพบว่ามีค่าความต้านทานจำเพาะต่างกัน

ตารางที่ 1 ความต้านทานจำเพาะโดยประมาณของดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดของดิน	ความต้านทานจำเพาะ, โอหม - ซม.
ดินร่วน (loam), ดินในสวน	500 - 5,000
ดินเหนียว (clay)	800 - 5,000
ดินร่วนหยาบ (clay, sand and gravel mixtures)	4,000 - 25,000
ทรายและกรวด (sand and gravel)	6,000 - 10,000
หินกระดานชนวน(slates), หินดินดาน (shale) และหินทราย (sandstone)	1,000 - 50,000
หินหลอมละลาย (crystalline rocks)	20,000 - 1,000,000

ที่มา : Tagg, G.F., Earth Resistance. George Newnes Ltd.[4]

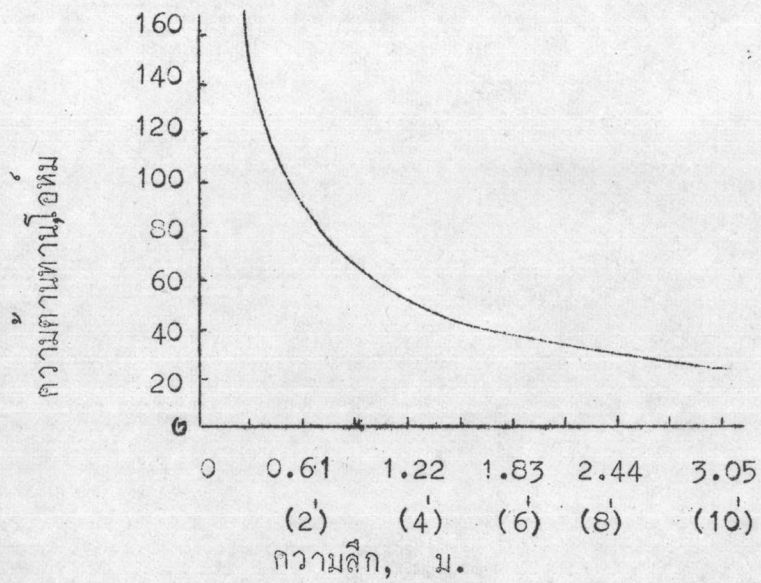
ขนาดของดินและการปะปนกันของดินขนาดต่าง ๆ จะเป็นส่วนสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการกำหนดค่าความต้านทานจำเพาะ คือถ้าขนาดเล็ก ก็จะมีช่องว่างน้อย อมความชื้นดีกว่า ทำให้มีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ

2.2.3 ระยะห่าง[5,6]

82 และ 90 % ของความต้านทานทั้งหมดของขั้วดินจะอยู่ภายในรัศมี 0.3 เมตร (1') และ 1.83 – 3.05 เมตร (6' – 10') จากขั้วดินตามลำดับ ดังนั้นถ้าจะให้ขั้วดินที่อยู่ใกล้กันไม่มีผลต่อกัน จะต้องวางขั้วดินเหล่านั้นให้ห่างกันเกินกว่า 3.66 เมตร (12')

2.2.4 ความลึก

ความลึกของขั้วดิน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก ขั้วดินที่ปักจะต้องให้ลึกถึงชั้นของดินที่มีความชื้นแน่นอน เช่นที่ระดับน้ำถาวร ความต้านทานจำเพาะของดินชั้นนี้จะน้อยกว่าส่วนที่อยู่ข้างบนมาก การไม่สามารถปักให้ถึง นอกจากจะทำให้มีความต้านทานของขั้วดินสูงแล้ว ยังจะทำให้ความต้านทานของขั้วดินในฤดูต่าง ๆ แตกต่างกันมากอีกด้วย เช่น ในหน้าร้อน ที่ชั้นผิว ๆ จะมีค่าความต้านทานของขั้วดินสูงมาก เพราะน้ำระเหยไป ดังนั้น การต่อลงดินที่ดีจึงต้องลึกถึงระดับน้ำถาวร



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกกับความต้านทานของขั้วดิน

ที่มา : Copperweld Steel Company, Practical Grounding, New York [3]

ตามรูปที่ 3 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของขั้วดินแบบแท่งยาวกับความลึก (จากการคำนวณ) โดยสมมติให้ดินมีเนื้อเดียวกันตลอดทุก ๆ ความลึก จะพบว่า ความต้านทานของขั้วดินมีการลดลงมากที่ความลึก 1.83 เมตร (6') แรก และนี่ก็คือเหตุผลที่ว่า ทำไมขั้วดินแบบแท่งยาวที่นิยมใช้จึงยาว 1.83 เมตร (6') หรือ 2.44 เมตร (8')

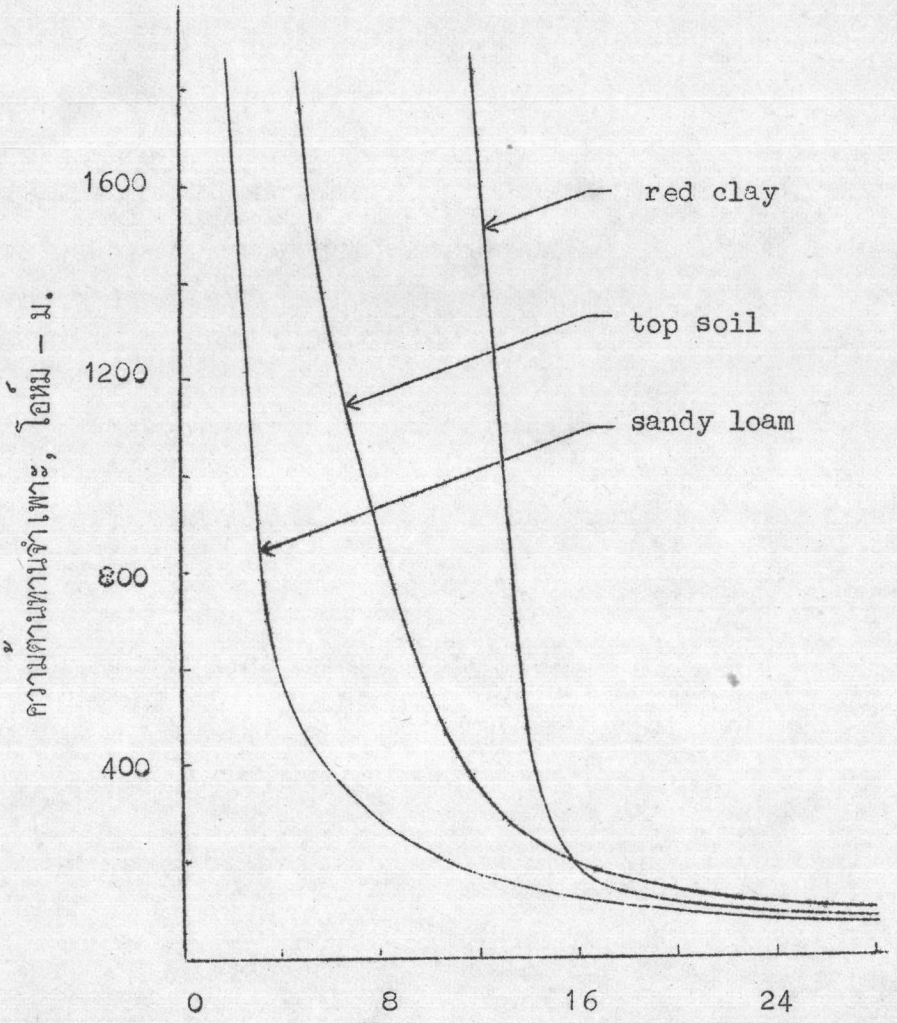
2.3 การแปรเปลี่ยนของความต้านทานจำเพาะของดิน

ความต้านทานจำเพาะของดินจะแปรเปลี่ยนตาม

2.3.1 ปริมาณความชื้นในดิน

เนื่องจากการนำไฟฟ้าของกระแสในดินส่วนใหญ่จะเป็นอิเล็คโทรไลท์ (electrolyte) ดังนั้น ปริมาณของน้ำ ชนิดและปริมาณของเกลือที่ละลายอยู่จะเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดค่าความต้านทานจำเพาะของดิน ปริมาณของน้ำจะขึ้นกับองค์ประกอบหลายอย่าง คือ ฤดูกาล ภูมิอากาศ และความลึกของระดับน้ำถาวร

McCollum และ Logan, และ Higgs ได้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับความต้านทานจำเพาะของดิน [4] McCollum และ Logan ใช้ red clay soil ส่วน Higgs ใช้ดิน 2 ชนิด คือ top soil และ sandy loam



รูปที่ 4 การแปรเปลี่ยนตามความชื้น ของความต้านทานจำเพาะของดิน

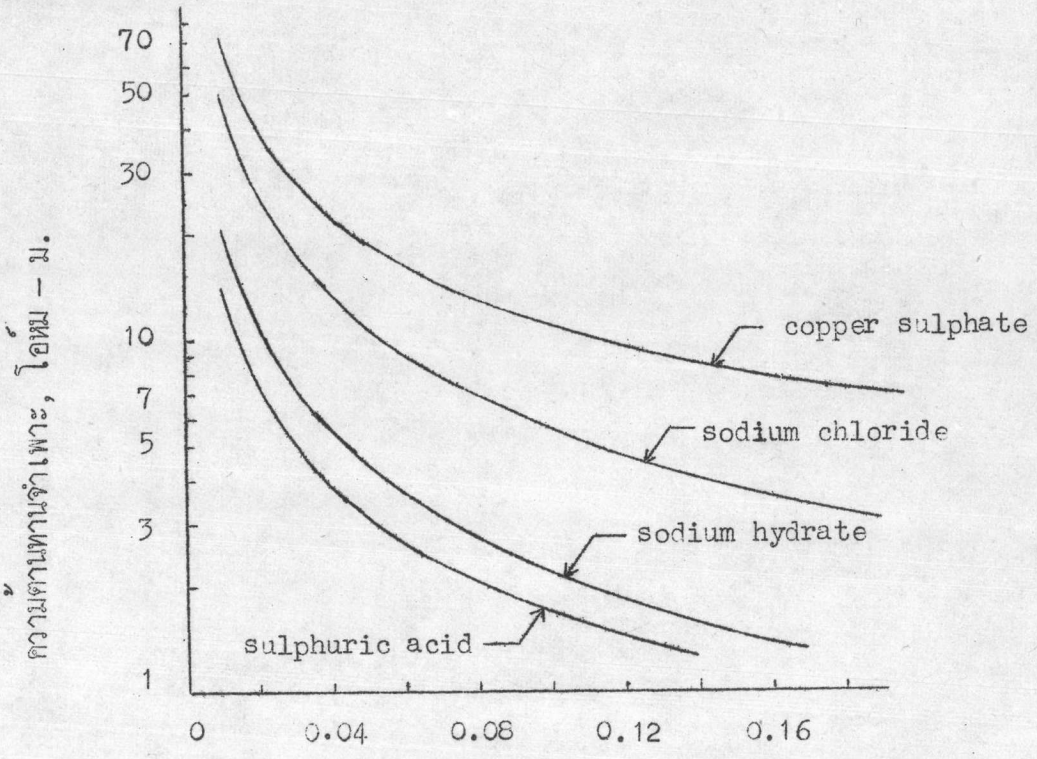
ที่มา : Tagg, G.F. Earth Resistance. George Newnes Ltd.[4]

ตามรูปที่ 4 แสดงกราฟที่ได้จากการทดลองของทั้งสองการทดลองดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่า ในตอนแรกเมื่อปริมาณความชื้นมากขึ้น ความต้านทานจำเพาะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อมีค่าถึง 14 – 18 % อัตราการลดจะช้ามาก ซึ่งแสดงว่า ค่าชวงดังกล่าว คือ ปริมาณความชื้นสูงสุดที่ดินส่วนนั้นจะรับไว้ได้

ปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้น เมื่อลึกมากขึ้น

2.3.2 เกลือที่ละลายอยู่ในน้ำ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ปริมาณของน้ำในดินจะเป็นตัวการที่ทำให้ค่าความต้านทานจำเพาะของดินเปลี่ยนไป เพราะฉะนั้น ความต้านทานจำเพาะของดินจึงขึ้นกับความต้านทานจำเพาะของน้ำด้วย และความต้านทานจำเพาะของน้ำก็จะขึ้นกับปริมาณของเกลือที่ละลายอยู่ จากรูปที่ 5 จะพบว่า ปริมาณของเกลือที่ละลายอยู่แม้จะเพียงเล็กน้อยก็สามารถลดความต้านทานจำเพาะจากค่าอนันต์ (infinity) ของน้ำกลั่นลงไปได้มากทีเดียว นอกจากนี้ยังพบว่า เกลือต่างชนิดกัน ก็ให้ผลต่างกัน (เป็นเหตุผลที่อธิบายได้ว่าเหตุใดดินชนิดเดียวกัน แต่ต่างสถานที่กันจึงมีความต้านทานจำเพาะต่างกัน คำอธิบายคือเนื่องจากปริมาณความชื้นต่างกันอย่างหนึ่ง และปริมาณ ชนิดของเกลือที่ละลายอยู่ต่างกันอีกอย่างหนึ่ง)



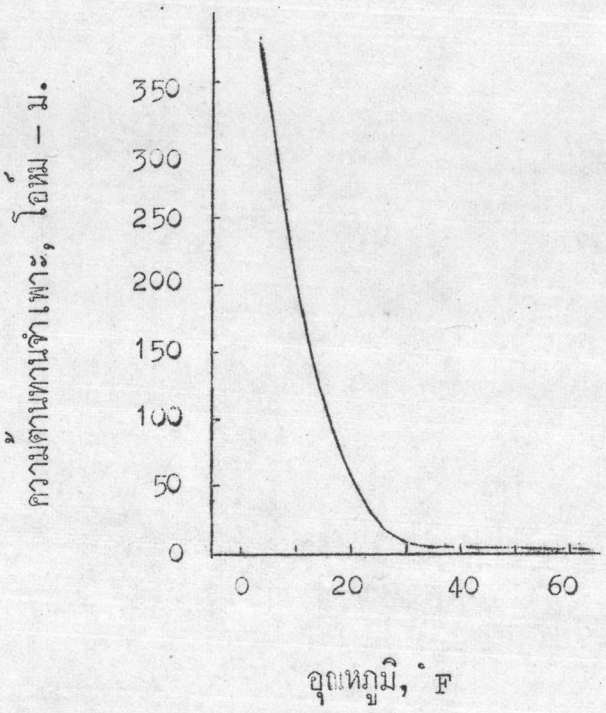
รูปที่ 5 การแปรเปลี่ยนตามเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำของความต้านทานจำเพาะของดิน

ที่มา : Tagg, G.F. Earth Resistance. George Newnes Ltd.[4]

2.3.3 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับบริเวณที่มีฤดูร้อนที่ร้อนจัด เพราะน้ำที่ผิวดินจะระเหยไป ทำให้ความต้านทานของขั้วดินสูงขึ้น ขั้วดินในบริเวณเหล่านี้ที่ไม่ได้ปักให้ลึกกว่าระดับน้ำถาวรจะมีความต้านทานของขั้วดินแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาลอย่างมาก และถึงแม้จะฝังลึกกว่าระดับน้ำถาวร ก็ยังมีค่าเปลี่ยนแปลงบ้าง เนื่องจากเมื่อชั้นบน ๆ ของ

ดินแห้ง จะทำให้ความยาวที่มีผล (active length) ของขั้วดินแบบแท่งยาวสั้นลง ดังนั้นขั้วดินที่จะต้องใช้งานตลอดทั้งปี ความลึกจึงมีความสำคัญมาก



รูปที่ 6 การแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิของความต้านทานจำเพาะของดิน (มีปริมาณความชื้น 18.6 %)

ที่มา : Copperweld Steel Company. Practical Grounding. New York[3]

2.3.4 ความดัน

ในทางปฏิบัติ มักจะตัดผลของการแปรเปลี่ยนตามความดันทิ้ง[4]

จะเห็นได้ว่า ความต้านทานจำเพาะของดิน เป็นค่าที่แปรเปลี่ยนมาก ถ้าต้องการรู้ค่าความต้านทานจำเพาะของดินบริเวณใด วิธีที่ดีที่สุดคือการวัด ซึ่งจะให้ค่าความต้านทานจำเพาะของดินขณะที่วัดภายใต้สภาวะของดินในขณะนั้น

การรู้ค่าความต้านทานจำเพาะของดิน เพื่อจุดประสงค์ 2 อย่าง คือ

1. เพื่อการออกแบบขั้วดินสำหรับระบบไฟฟ้า, Lightning Arrester และอื่น ๆ
2. เพื่อทำ resistivity surveying