หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ขั้วดินแบบแท่งยาว

ดังได้กล่าวในข้อ 1.1 แล้วว่า ในปัจจุบันนี้ ตลาดนิยมใช้ขั้วดินแบบแท่งยาวกันมาก ทั้งนี้เนื่องจาก [7]

1. ราคาโดยทั่วไปต่ำกว่าขั้วดินชนิดอื่น เมื่อให้ความต้านทานของขั้วดินเท่ากัน

2. เมื่อระดับความชื้นถาวรอยู่ลึก หรือผิวดินเป็นทราย ขั้วดินแบบแท่งยาวเท่านั้นที่สามารถตอกลงไปถึงชั้นดังกล่าวได้ สำหรับขั้วดินแบบอื่นจะต้องใช้วิธีขุด ซึ่งเปลืองทั้งเงินและเวลา และทำได้ยากกว่าการใช้ขั้วดินแบบแท่งยาว

3. เมื่อใช้ขั้วดินแบบแท่งยาวที่ยาวมาก (deep rod) การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของความต้านทานของขั้วดินจะน้อยกว่าเมื่อใช้ขั้วดินแบบอื่นมาก

4. การต่อระหว่างขั้วดินแบบแท่งยาวกับสายดินจะง่ายมาก และสามารถตรวจสอบได้ ในกรณีจำเป็นจริง ๆ สามารถวางรอยต่อเหนือพื้นดินได้

5. สำหรับพื้นคอนกรีต สามารถตอกขั้วดินแบบแท่งยาวอันเดียวโดยไม่ทำให้คอนกรีตแตก ซึ่งเป็นการประหยัดค่าซ่อมแซม กรณีนี้เพียงแต่เจาะรู 2.54 เซนติเมตร (1 นิ้ว) โดยเครื่องเจาะคอนกรีต แล้วตอกขั้วดินผ่านรูดังกล่าว

6. สภาพของดินแบบต่าง ๆ จะสามารถใช้ขั้วดินแบบแท่งยาวได้หมด โดยตอกในแนวตั้ง วางในแนวนอน หรือใช้หลายขั้วต่อขนานกัน

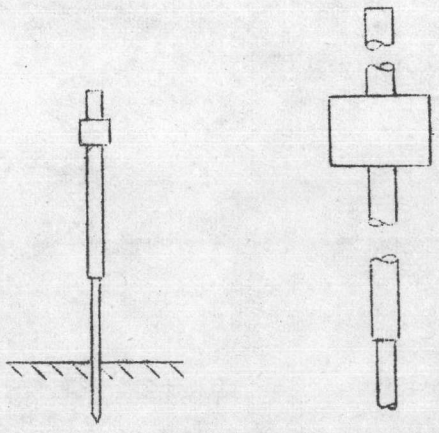
002200

3.1 วิธีการตอก (driving method) ขั้วดินแบบแท่งยาว

ขั้วดินที่จะใช้ จะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่พอสำหรับการตอกลงในดินโดยไม่งอหรือทำให้เสียหาย ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับขั้วดินแบบแท่งเหล็กกลมตันหุ้มทองแดงและแบบท่อเหล็กชุบสังกะสีไม่ควรเล็กกว่า 1.27 เซนติเมตร ($\frac{1}{2}$ นิ้ว) และ 1.59 เซนติเมตร ($\frac{5}{8}$ นิ้ว) ตามลำดับ

ได้มีการคิดค้นวิธีการตอกขั้วดินแบบแท่งยาวขึ้นหลายวิธี. โดยทั่วๆ ไป ถ้าต้องการตอกเพียง 2 – 3 ต้น มักตอกด้วยค้อนหนักประมาณ 1.81 กิโลกรัม (4 ปอนด์) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องตอกเป็นจำนวนมาก หรือตอกลงไปลึกมาก การใช้เครื่องตอก (power-operated hammer) ก็จะเร็วกว่าและประหยัดกว่าด้วย

มีเครื่องมือสำหรับตอกอย่างง่ายที่สามารถทำเองได้ [3] (ดังรูปที่ 7) ประกอบด้วยรูปทรงกระบอกตัน หนักประมาณ 9.07 กิโลกรัม(20 ปอนด์) มีท่อขันเกลียวหรือเชื่อมอยู่ทั้ง 2 ข้าง ข้างหนึ่งยาว อีกข้างหนึ่งสั้น ท่อทั้ง 2 ข้างนี้ เมื่อครอบขั้วดินแบบแท่งยาวแล้วจะต้องหมุนได้โดยรอบอย่างสะดวก เมื่อเริ่มตอก ท่อข้างยาวจะครอบขั้วดินแบบแท่งยาวก่อน แล้วใช้เครื่องมือนี้เหมือนกับที่ใช้ตอกเสาเข็ม เมื่อท่อข้างยาวเกือบถึงพื้นก็กลับข้าง เอาท่อข้างสั้นครอบแทน แล้วตอกต่อไป แรงที่ตอกนี้จะอยู่ในแนวเดียวกับแนวแกนของขั้วดินแบบแท่งยาว ดังนั้นการตอกจึงถูกถ่ายทอดสู่ขั้วดินแบบแท่งยาวอย่างเต็มที่ เนื่องจากขั้วดินแบบแท่งยาวถูกท่อครอบอยู่ ดังนั้น จึงมีโอกาสเพียงเล็กน้อยที่จะกดหรือเสียหาย



รูปที่ 7 การตอกโดย weighted pipe ด้วยมือ

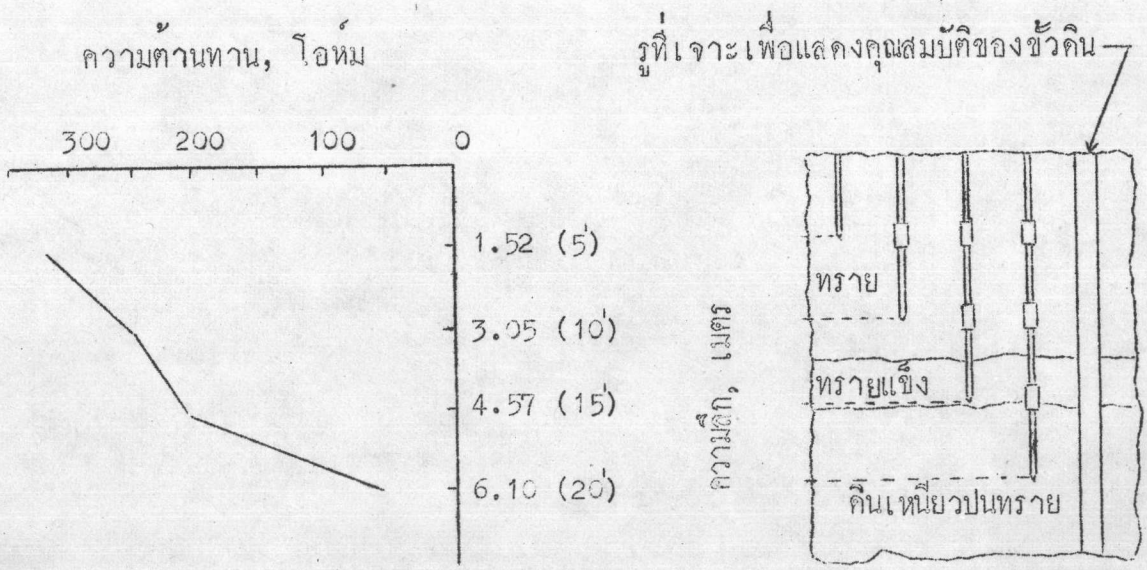
ที่มา : Copperweld Steel Company. Practical Grounding. New York [3]

3.2 วิธีการปรับปรุงความต้านทานของขั้วดิน

วิธีที่ดีที่สุดในการปรับปรุงความต้านทานของขั้วดินให้มีค่าน้อยลงนั้น จะไม่เป็นแบบเดียวกันสำหรับทุก ๆ แห่ง ทั้งนี้เนื่องจากสภาพของดินจะแตกต่างกันมากมาย ไม่เฉพาะแต่ในที่คนละแห่งเท่านั้น แม้แต่ในที่แห่งเดียวกันด้วย ดังนั้น วิธีที่ดีที่สุดในการปรับปรุงความต้านทานของขั้วดินในบริเวณหนึ่ง ก็อาจใช้ไม่ได้กับดินในบริเวณอื่น เพื่อให้ได้ผลตามต้องการ จึงมีวิธีการ 3 แบบให้เลือกใช้ ดังต่อไปนี้

3.2.1 ตอกขั้วดินลงไปลึก ๆ (Deep-driven ground)

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมและประหยัดที่สุดสำหรับการทำให้การต่อลงดินดีขึ้น หลักการก็เพียงแต่ตอกให้ถึงชั้นของดินที่มีความนำไฟฟ้าดีกว่า ซึ่งมักจะต่ำกว่าผิวดินมากทีเดียว วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่เป็นการยากที่จะทำให้ความต้านทานของขั้วดินมีค่าต่ำ เมื่อใช้ขั้วดินแบบแท่งยาวที่มีความยาว 2.43 เมตร (8') เพียงอันเดียว และมักเป็นวิธีที่สะดวกและได้ผลกว่าการใช้อีก 2 วิธี ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

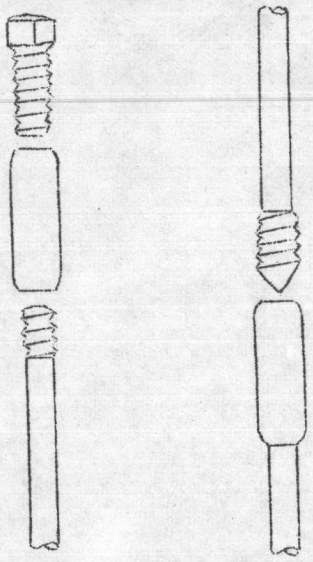


รูปที่ 8 ความต้านทานของขั้วดินที่ลดลงเมื่อตอกขั้วดินลงไปลึก ๆ

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

ตามรูปที่ 8 จะเห็นว่า เมื่อตอกยิ่งลึก ความต้านทานของขั้วดินก็จะยิ่งลดลง

สำหรับการต่อลงดินซึ่งต้องการขั้วดินยาว 4.57 เมตร (15') ถึง 6.10 เมตร (20') สามารถใช้ขั้วดินแบบแท่งยาวอันเดียวที่มีความยาวดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตาม ก็จะมีปัญหาในการยกและตอก ดังนั้นการใช้ sectional rod จึงเป็นวิธีที่สะดวกและใช้กันในทางปฏิบัติ สำหรับการตอกขั้วดินลงไปลึก ๆ



รูปที่ 9 รูปร่างของ sectional rod

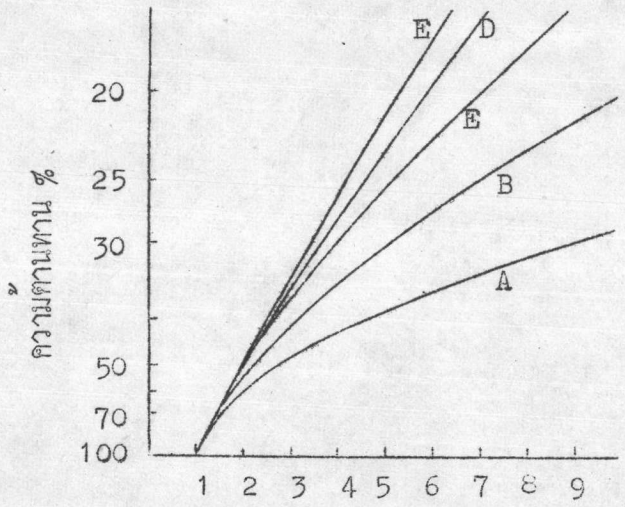
ที่มา Copperweld Steel Company. Practical Grounding. New York[3]

sectional rod ตามรูปที่ 9 จะมีความยาว 1.52 เมตร (5'), 2.44 เมตร (8') หรือ 3.05 เมตร(10') และมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ กัน โดยทำเกลียวไว้ทั้ง 2 ข้าง ในทางปฏิบัติ ท่อนแรกจะใช้ข้อต่อทองเหลืองและโบลท์เหล็ก (steel bolt) สำหรับตอกที่ปลายบน เมื่อตอกท่อนนี้จนถึงระดับดินแล้ว ต่อท่อนที่ 2 กับท่อนแรก

และตอกต่อไป โดยวิธีนี้ขั้วดินแบบแท่งยาวที่ยาวมาก ก็จะสามารถตอกได้ง่ายเกือบเท่ากับขั้วดินแบบแท่งยาวที่มีความยาวธรรมดา นอกจากนี้ เรายังสามารถเพิ่มท่อนของขั้วดินแบบแท่งยาว และตอกต่อไปจนกว่าจะได้ค่าความต้านทานของขั้วดินตามต้องการ

3.2.2 ขั้วดินหลายขั้วต่อขนานกัน (Multiple electrode)

นี่เป็นอีกวิธีหนึ่งในการปรับปรุงความต้านทานของขั้วดิน เมื่อขั้วดินแบบแท่งยาวหลายขั้วต่อขนานกัน และให้มีระยะห่างพอสมควร ก็จะเกิดทางที่ขนานกันลงดินและมีแนวโน้มที่จะเป็นไปตามกฎความต้านทานที่ขนานกันของโลหะ แต่ที่จริงแล้วจะไม่เป็นเช่นนั้น เพราะว่าถูกจำกัดด้วยความห่างของขั้วดินแบบแท่งยาว และ conducting path รอบ ๆ ขั้วดินจะเหลื่อมล้ำกัน



กราฟ A ระยะห่างระหว่างขั้วดิน = 1.52 เมตร (5')
B " " = 3.05 เมตร (10')
C " " = 6.10 เมตร (20')
D " " = 12.19 เมตร (40')
E " " = 30.48 เมตร (100')

รูปที่ 10 การเปรียบเทียบความต้านทานของขั้วดินหลายขั้วกับของขั้วเดียว

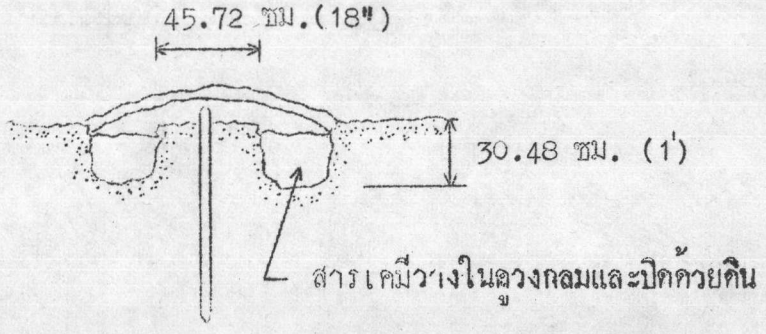
ที่มา Cooperweld Steel Company. Practical Grounding. New York [3]

การใช้ขั้วดินแบบแท่งยาวหลายขั้ว เป็นวิธีที่สะดวกสำหรับการติดตั้งที่มีอยู่แล้ว เมื่อรู้ถึงความต้านทานของขั้วดินแบบแท่งยาวขั้วเดียว ก็จะสามารถประมาณจำนวนขั้วดินที่ต้องใช้ เพื่อให้ได้ความต้านทานของขั้วดินตามต้องการได้

3.2.3 การใส่สารเคมีลงในดิน (Chemical treatment of ground)

การใส่สารเคมีลงในดินรอบ ๆ ขั้วดินแบบแท่งยาวเป็นวิธีที่มีประโยชน์ในการปรับปรุงความต้านทานของขั้วดินสำหรับบริเวณที่ไม่อาจตอกขั้วดินลงไปลึกๆ ได้ - เนื่องจากหินที่อยู่ข้างใต้ การใส่สารเคมีดังกล่าวจะลดความต้านทานจำเพาะของดินที่อยู่ติดกับขั้วดินแบบแท่งยาว ทำให้มี conducting path รอบ ๆ ขั้วดินที่ดีขึ้น

การใส่สารเคมีลงในดิน ยังมีประโยชน์สำหรับการลดความต้านทานของขั้วดินที่เปลี่ยนไปตามฤดูกาล ดินที่ใส่สารเคมี จะมีความต้านทานของขั้วดินเพิ่มขึ้นในฤดูแล้งเพียงเล็กน้อยเท่านั้น [3]



รูปที่ 11 การใส่สารเคมีลงในดินโดยวิธีใส่ในหลุม

ที่มา Jensen, Claude. Grounding Principle and Practice-II Electrical Engineering February 1945 [6]

ตามรูปที่ 11 แสดงวิธีการใส่สารเคมีลงในดิน สารเหล่านี้มักจะใส่ไว้ในคู (trench) รอบ ๆ ข้วดินแบบแท่งยาว และจะต้องไม่ถูกกับข้วดิน โดยการใส่อย่างนี้จะกระจายสารเคมีได้ดีที่สุด และก็จะไม่เกิดสนิมด้วย สารเคมีที่ใช้ใส่ได้แก่ Magnesium sulphate, Copper sulphate และ Rock salt $\left(80\ \%\ \text{เป็น}\ Ca_3(PO_4)_2\right)$ Magnesium sulphate เป็นสารที่เหมาะที่สุด เพราะจะทำให้เกิดเป็นสนิมน้อยที่สุด ส่วน rock saltจะทำให้เกิดเป็นสนิมได้ง่าย แต่ประหยัดที่สุด และใช้ได้ดีสำหรับวิธีใส่คู (trench method)

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า ดินมีองค์ประกอบที่สำคัญที่เป็นฉนวน คือ Silicon oxide และ Aluminium oxide ดังนั้น การใส่สารเคมีลงไปก็เพื่อไปทำปฏิกริยากับออกไซด์ ทั้ง 2 ชนิดดังสมการ

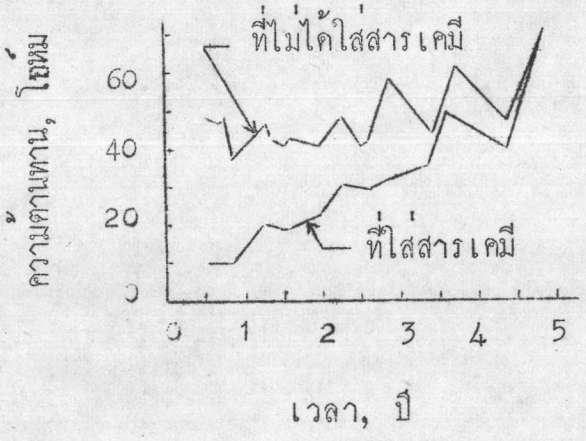
$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 \xrightarrow{\text{ความร้อน}} 3CaSiO_3 + P_2O_5\uparrow$$

($CaSiO_3$ = เกลือ calcium silicate เป็นของเหลวสีน้ำตาล)

$$3CuSO_4 + Al_2O_3 \xrightarrow{\text{ความร้อน}} Al_2(SO_4)_3 + 3CuO$$

จะเห็นว่าเกิดเกลือ ซึ่งจะทำให้มีความนำไฟฟ้าดีขึ้น

สารเคมีที่ใส่จะไม่คงอยู่ตลอดไป อาจจะถูกฝนชะล้างและถูกพัดพาไปตามธรรมชาติ ดังนั้น สารเคมีจะต้องใส่ใหม่หางครั้งละหลายปี ทั้งนี้ขึ้นกับรูพรุนและฝน



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบความต้านทานของขั้วดินที่ใส่สารเคมีกับที่ไม่ใส่

ที่มา Jensen, Claude. Grounding Principle and Practice-II Electrical Engineering. February 1945[6]