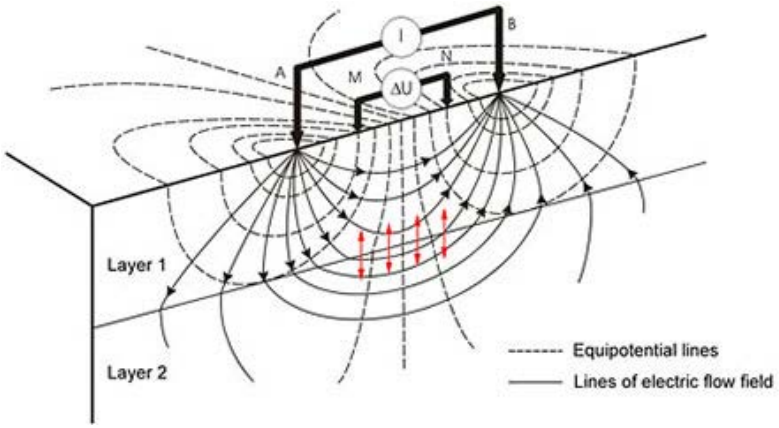
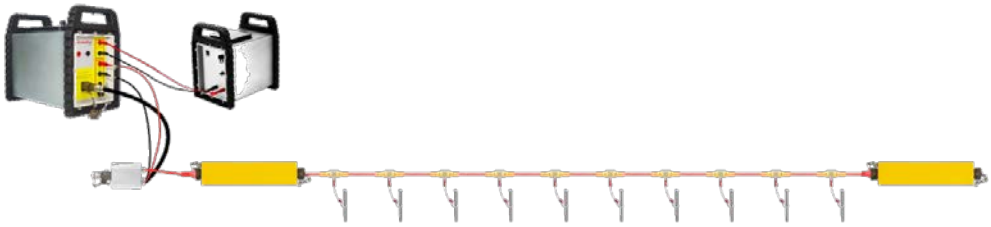
คู่มือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ด้วยเครื่องมือ Geomative





ส่วนวิศวกรรมธรณี กองพัฒนาแหล่งน้ำ ๑
กรมทรัพยากรน้ำ

พ.ศ. ๒๕๖๖

คำนำ

เอกสารคู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานให้กับเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำ สำหรับงานสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน ปัจจุบันกรมทรัพยากรน้ำมีเครื่องมือ Geomative รุ่น GD-10 ที่สามารถตรวจวัดค่าความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินได้ โดยการสำรวจจะติดตั้งเครื่องมือไว้บริเวณผิวดิน และอาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้าจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปใต้ผิวดิน และตรวจวัดความผิดปกติ (Anomaly) ที่เกิดขึ้น ซึ่งการสำรวจไม่กระทบต่อโครงสร้างใต้ผิวดินและโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีอยู่เดิม โดยแสดงผลการสำรวจในรูปแบบภาพตัดขวาง สามารถนำไปแปลความหมายหาสภาพชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินได้

ส่วนวิศวกรรมธรณี หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำและผู้ที่เกี่ยวข้องที่นำเอกสารฉบับนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานและเป็นเอกสารอ้างอิง อย่างไรก็ตาม หากมีรายละเอียดที่ต้องเพิ่มเติมประการใด ยินดีน้อมรับไว้พิจารณา เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้คู่มือฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	**ก**
สารบัญ	**ข**
สารบัญรูป	**ง**
บทที่ ๑ บทนำ	**๑-๑**
๑.๑ ความเป็นมา	๑-๑
๑.๒ วัตถุประสงค์	๑-๑
๑.๓ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	๑-๒
บทที่ ๒ ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง	**๒-๑**
๒.๑ การสำรวจธรณีฟิสิกส์	๒-๑
๒.๒ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	๒-๑
๒.๓ การจัดวางขั้วไฟฟ้า	๒-๔
๒.๓.๑ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration)	๒-๔
๒.๓.๒ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration)	๒-๕
๒.๓.๓ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration)	๒-๖
๒.๔ วิธีการสำรวจ และผลการสำรวจ	๒-๗
๒.๔.๑ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ	๒-๗
๒.๔.๒ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ	๒-๘
๒.๔.๓ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ	๒-๙
๒.๕ การใช้เครื่องมือสำรวจ	๒-๑๑
๒.๕.๑ เครื่องมือ Geomative	๒-๑๑
๒.๕.๒ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ	๒-๑๖
๒.๖ การใช้ซอฟต์แวร์ Geomative Studio	๒-๒๒
๒.๖.๑ การออกแบบการสำรวจ	๒-๒๒
๒.๖.๒ การวัดค่าและส่งออกข้อมูล	๒-๓๑
บทที่ ๓ วิธีการดำเนินงาน	**๓-๑**
๓.๑ รวบรวมและศึกษาข้อมูล	๓-๑
๓.๒ วางแผนการสำรวจ	๓-๑
๓.๓ จัดเตรียมเครื่องมือสำรวจ	๓-๒
๓.๔ ดำเนินการสำรวจ	๓-๓

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
๓.๕ วิเคราะห์ข้อมูล	๓-๔
๓.๖ ประมวลผล และแปลความหมาย	๓-๔
๓.๗ สรุปผล และจัดทำรายงานการสำรวจ	๓-๖
๓.๘ การประยุกต์	๓-๗
บทที่ ๔ ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ	**๔-๑**
บรรณานุกรม	**ช**

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ ๒-๑	ความสัมพันธ์ของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (ก) กรณีตัวกลางมีลักษณะเป็นเนื้อเดียว (ข) กรณีตัวกลางมีลักษณะเนื้อผสม	๒-๒
รูปที่ ๒-๒	หลักการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	๒-๓
รูปที่ ๒-๓	ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินอัคนี	๒-๓
รูปที่ ๒-๔	ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินแปร และหินตะกอน	๒-๔
รูปที่ ๒-๕	การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration)	๒-๕
รูปที่ ๒-๖	การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration)	๒-๖
รูปที่ ๒-๗	การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration)	๒-๖
รูปที่ ๒-๘	การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ	๒-๗
รูปที่ ๒-๙	ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ	๒-๘
รูปที่ ๒-๑๐	การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ	๒-๙
รูปที่ ๒-๑๑	ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ	๒-๙
รูปที่ ๒-๑๒	(ก) การจัดวางขั้วไฟฟ้า รูปแบบ ๓ มิติ (ข) การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ รูปแบบ ๓ มิติ	๒-๑๐
รูปที่ ๒-๑๓	ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ	๒-๑๐
รูปที่ ๒-๑๔	เครื่องมือ Geomative และอุปกรณ์สำรวจ	๒-๑๑
รูปที่ ๒-๑๕	หน้าจอเครื่อง GD-10 mainframe	๒-๑๒
รูปที่ ๒-๑๖	เครื่อง GD-10 mainframe ด้านขวา	๒-๑๓
รูปที่ ๒-๑๗	เครื่อง GD-10 mainframe ด้านซ้าย	๒-๑๓
รูปที่ ๒-๑๘	Multi-electrode cable และการเชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้าเหล็ก	๒-๑๔
รูปที่ ๒-๑๙	SR-10 switch relay	๒-๑๔
รูปที่ ๒-๒๐	L Type cable	๒-๑๔
รูปที่ ๒-๒๑	วิธีการเชื่อมต่อ L Type cable	๒-๑๕
รูปที่ ๒-๒๒	ขั้วไฟฟ้าเหล็ก และคลิปหนีบ	๒-๑๕
รูปที่ ๒-๒๓	อุปกรณ์จ่ายไฟ BP-๑๔๕	๒-๑๖

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ ๒-๒๔	วิธีการเชื่อมต่อการปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe กับกล่องความต้านทาน	๒-๑๗
รูปที่ ๒-๒๕	วิธีการปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe	๒-๑๗
รูปที่ ๒-๒๖	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๑ มิติ	๒-๑๘
รูปที่ ๒-๒๗	การเชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay	๒-๑๘
รูปที่ ๒-๒๘	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้กึ่งกลางแนวสำรวจ	๒-๑๙
รูปที่ ๒-๒๙	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้ด้านใดด้านหนึ่งของแนวสำรวจ	๒-๑๙
รูปที่ ๒-๓๐	วิธีการตั้งค่าก่อนสำรวจด้วยวิธี Rolling along	๒-๒๐
รูปที่ ๒-๓๑	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along และวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดสิ้นสุดของแนวสำรวจ	๒-๒๐
รูปที่ ๒-๓๒	การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along และวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดเริ่มต้นของแนวสำรวจ	๒-๒๑
รูปที่ ๒-๓๓	การติดตั้งอุปกรณ์สำรวจรูปแบบ ๓ มิติ	๒-๒๑
รูปที่ ๒-๓๔	หน้าต่างซอฟต์แวร์ Geomative Studio	๒-๒๒
รูปที่ ๒-๓๕	วิธีสร้างโครงการ (Project)	๒-๒๓
รูปที่ ๒-๓๖	วิธีสร้างสคริปต์ (Script)	๒-๒๔
รูปที่ ๒-๓๗	วิธีสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๑ มิติ	๒-๒๕
รูปที่ ๒-๓๘	วิธีสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ	๒-๒๖
รูปที่ ๒-๓๙	ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ วัดค่าแบบ By layer	๒-๒๖
รูปที่ ๒-๔๐	ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ วัดค่าแบบ By rolling section	๒-๒๗
รูปที่ ๒-๔๑	ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ กรณีเลือกหมายเลขชั้นที่ต้องการวัดค่า	๒-๒๗
รูปที่ ๒-๔๒	การสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๓ มิติ	๒-๒๘
รูปที่ ๒-๔๓	การยืนยันการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่อง GD-10 mainframe	๒-๒๙
รูปที่ ๒-๔๔	การเลือกโครงการเพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe	๒-๒๙

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ ๒-๔๕	การเลือกสคริปต์เพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe	๒-๓๐
รูปที่ ๒-๔๖	การส่งข้อมูลสคริปต์ไปยังเครื่อง GD-10 mainframe	๒-๓๐
รูปที่ ๒-๔๗	การลบสคริปต์	๒-๓๐
รูปที่ ๒-๔๘	หน้าจอหลักของเครื่อง GD-10 mainframe	๒-๓๑
รูปที่ ๒-๔๙	หน้าจอแสดงคุณสมบัติของเครื่องมือ และตั้งค่าพารามิเตอร์สภาพแวดล้อม	๒-๓๒
รูปที่ ๒-๕๐	การสร้างงาน รูปแบบ ๒ มิติ	๒-๓๓
รูปที่ ๒-๕๑	การวัดค่า Grounding R	๒-๓๓
รูปที่ ๒-๕๒	การวัดค่าข้อมูล รูปแบบ ๒ มิติ	๒-๓๔
รูปที่ ๒-๕๓	(ก) ภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) (ข) ภาพตัดขวางแสดงตำแหน่งวัดค่า (Profile Graph)	๒-๓๔
รูปที่ ๒-๕๔	การเชื่อมต่อเพื่อส่งออกข้อมูล	๒-๓๕
รูปที่ ๒-๕๕	การเลือกไฟล์เพื่อส่งออกข้อมูล	๒-๓๕
รูปที่ ๒-๕๖	การดูข้อมูลและแก้ไขข้อมูล	๒-๓๖
รูปที่ ๒-๕๗	การส่งออกข้อมูล	๒-๓๗
รูปที่ ๒-๕๘	เลือกโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล และรูปแบบการส่งออกไฟล์ข้อมูล	๒-๓๗
รูปที่ ๓-๑	ผลการแปลความหมายภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดิน แนวสำรวจ BTM004	๓-๕
รูปที่ ๓-๒	แนวสำรวจ BTM004 และจุดเจาะสำรวจ BH-6, BH-7 และ BH-8	๓-๖
รูปที่ ๓-๓	ผลการแปลความหมายภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดินร่วมกับข้อมูลหลุมเจาะ แนวสำรวจ BTM004	๓-๖

บรรณานุกรม

ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์. (๒๕๔๖). *น้ำบาดาล*. เชียงใหม่: ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เพียงตา สาตรักษ์. (๒๕๕๐). *ธรณีฟิสิกส์เพื่อการสำรวจใต้ผิวดิน (Exploration geophysics)*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อัฆพรรค์ วรรณโกมล. (๒๕๕๑). *การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ (Geophysics Exploration)*. นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Arctic Geophysics Inc. (2016). *1D Resistivity*. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2566, จาก http://www.arctic-geophysics.com/methods_resistivity_1D.html

Loke, M.H.. (1998). *RES2DINV ver. 3.4 for Windows 3.1 and 95 Rapid 2D resistivity & IP inversion using the least-squares method*. Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd.

Loke, M.H.. (1999). *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd.

Markus. (2017). *A Closer Look At 3D Resistivity Surveys*. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2566, จาก https://www.agiusa.com/3d-resistivity-survey

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E.. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press

ST Geomative Co., Ltd. (2019). *GD-10 Series Connection Description (Starter Edition)*. Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd

ST Geomative Co., Ltd. (n.d. a). *BP-145 D.C. Rechargeable Power Source*. Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd

บรรณานุกรม (ต่อ)

ST Geomative Co., Ltd. (n.d. b). *GD-10 Series D.C. Geo-electrical System GD-10 Supreme 2D/3D User's Manual*. Shenzhen, China:ST Geomative Co., Ltd

ST Geomative Co., Ltd. (n.d. c). *Geomative Studio Operation Manual.* Shenzhen, China: ST Geomative Co., Ltd

Todd, D.K.. (1980). *Groundwater Hydrology*. Toronto: John Wiley (535 PP)

บทที่ ๑
บทนำ

๑.๑ ความเป็นมา

กรมทรัพยากรน้ำเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจเกี่ยวกับการพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำสาธารณะ รวมถึงการจัดสรรน้ำ เพื่อเพิ่มประมาณน้ำต้นทุนในแหล่งน้ำเดิม ตอบสนองความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เกษตรน้ำฝน ซึ่งเป็นภารกิจของกรมทรัพยากรน้ำ ตามพระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ.๒๕๖๑ โดยกรมทรัพยากรน้ำได้รับการถ่ายโอนอ่างเก็บน้ำ ฝายน้ำล้น และระบบส่งน้ำจากกรมการเร่งรัดพัฒนาชนบท ตามพระราชบัญญัติการปฏิรูประบบราชการ ประกอบกับโครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่ก่อสร้างตามภารกิจของกรมทรัพยากรน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๔๕ ปัจจุบันกรมทรัพยากรน้ำมีอ่างเก็บน้ำและฝายน้ำล้นที่อยู่ในความรับผิดชอบประมาณ ๑,๑๕๓ โครงการ กระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยมีหน่วยงานส่วนภูมิภาค คือ สำนักงานทรัพยากรน้ำที่ ๑-๑๑ ดูแลโครงการในระดับพื้นที่ โครงการบางแห่งถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน ขาดการบำรุงรักษาและปรับปรุงซ่อมแซม เกิดความทรุดโทรมและเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ทำให้ประชาชนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มีความเสี่ยงต่อการรั่วซึมและชำรุดเสียหาย จึงจำเป็นต้องตรวจสภาพและสำรวจธรณีวิทยาฐานราก โดยอาศัยการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เพื่อประเมินความมั่นคงปลอดภัย และวางแผนการปรับปรุงซ่อมแซมอ่างเก็บน้ำและฝายน้ำล้น ให้กลับมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน รวมถึงแหล่งน้ำขนาดเล็กที่มีความจุเก็บกักน้อยกว่า ๒ ล้านลูกบาศก์เมตร ที่ยังอยู่ในความรับผิดชอบของกรมทรัพยากรน้ำ ต้องปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนการถ่ายโอนภารกิจด้านการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และรวบรวมผลการสำรวจเพื่อเป็นฐานข้อมูลธรณีวิทยาฐานราก สำหรับใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำต่อไป

เพื่อให้การสำรวจและตรวจสอบความมั่นคงอ่างเก็บน้ำและฝายน้ำล้นสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ กรมทรัพยากรน้ำได้จัดหาเครื่องมือที่มีเทคโนโลยี ในการตรวจสอบลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน โดยไม่กระทบต่อโครงสร้างใต้ผิวดินหรือโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีอยู่เดิม คือ เครื่องมือ Geomative รุ่น GD-10 ที่สามารถสำรวจและตรวจสอบสภาพใต้ผิวดินได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และสามารถแสดงผลการสำรวจในรูปแบบ ๑ มิติ, ๒ มิติ และ ๓ มิติ ซึ่งช่วยให้การแปลความหมายสภาพใต้ผิวดินมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น หากนำไปแปลความหมายร่วมกับข้อมูลเบื้องต้นในพื้นที่โครงการ

๑.๒ วัตถุประสงค์

๑.๒.๑ เพื่อให้เจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และการใช้เครื่องมือสำรวจ

๑.๒.๒ เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน สามารถนำเครื่องมือ Geomative ไปตรวจสอบลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดข้อผิดพลาดจากการปฏิบัติงาน

๑.๓ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำมีแนวทางในการตรวจสอบลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน โดยวิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และเป็นเครื่องมือในการพัฒนาองค์ความรู้ให้กับเจ้าหน้าที่กรมทรัพยากรน้ำ ให้มีความรู้ ความเข้าใจ ในการตรวจสอบสภาพชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน ด้วยเครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ Geomative

บทที่ ๒
ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

๒.๑ การสำรวจธรณีฟิสิกส์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ (Geophysical Exploration) เป็นการสำรวจที่อาศัยความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินที่อยู่ใต้ผิวดิน ด้วยเครื่องมือที่ออกแบบให้สามารถตรวจวัดความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพได้ โดยการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์จะตรวจวัดที่บริเวณผิวดิน และนำข้อมูลที่ได้มาแปลความหมายที่ระดับความลึกต่าง ๆ ใต้ผิวดิน โดยคุณสมบัติทางกายภาพที่เป็นพื้นฐานของการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density), คุณสมบัติทางแม่เหล็ก (Magnetic), ความยืดหยุ่น (Elasticity), ค่ากัมมันตรังสี (Radioactive) และคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical) ประกอบด้วย ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity) และการนำไฟฟ้าจำเพาะ (Conductivity)

สิ่งสำคัญของการสำรวจธรณีฟิสิกส์ คือ การตรวจวัดความผิดปกติ (Anomaly) ที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างทางกายภาพ โดยนำเอาค่าความผิดปกติมาแปลความหมายหาสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน

๒.๒ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity Survey) เป็นการสำรวจโดยอาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้าของความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำกัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวัตถุ โดยตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) กล่าวว่า กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำหนึ่งมีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น เขียนได้ว่า $I \propto V$ และกระแสไฟฟ้ามีค่าแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น เขียนได้ว่า $I = \frac{1}{R}$ สรุปได้ว่า

$$I = \frac{V}{R}$$

โดย I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย แอมแปร์ (A)
V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วย โวลต์ (V)
R คือ ความต้านทานไฟฟ้า หน่วย โอห์ม (ohm หรือ Ω)

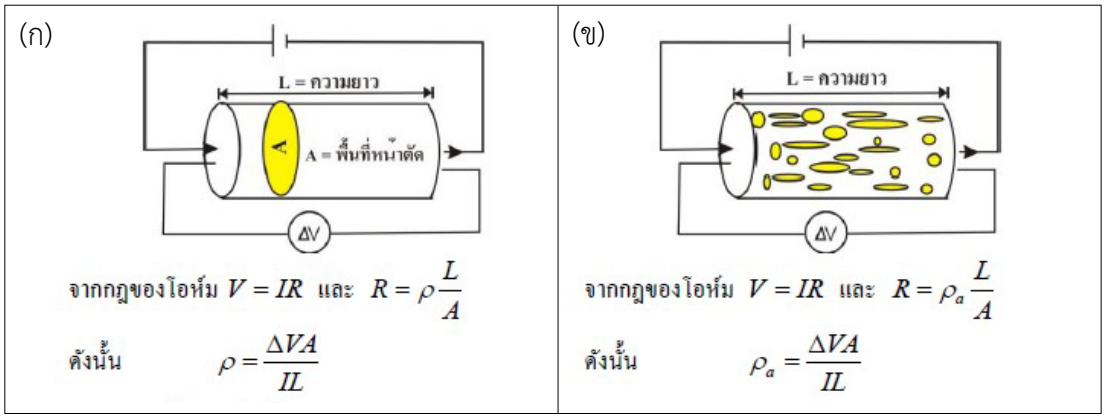
จากกฎของโอห์ม สามารถวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุ ได้โดยปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปที่วัตถุ และวัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยลงไปด้วยเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าหรือแอมมิเตอร์ แล้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ด้วยเครื่องมือวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือโวลต์มิเตอร์ จะเห็นได้ว่าความต้านทานไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ ผลคูณของค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าหรือความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของตัวกลางกับค่าความยาวของตัวกลางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตัวกลาง ดังสมการ

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

หรือ $$\rho = \frac{RA}{L}$$

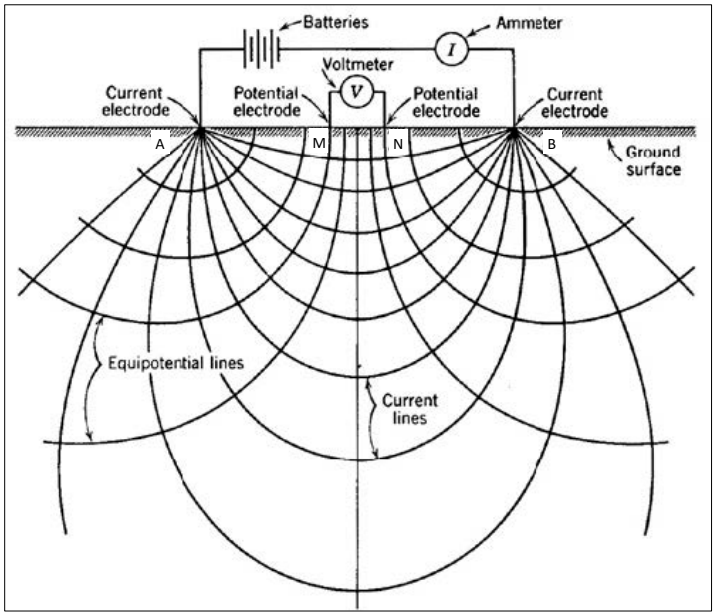
โดย ρ คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ หน่วย โอห์ม-เมตร (ohm.m หรือ Ω.m)
R คือ ความต้านทานไฟฟ้า หน่วย โอห์ม (ohm หรือ Ω)
A คือ พื้นที่หน้าตัด หน่วย ตารางเมตร
L คือ ความยาว หน่วย เมตร

ความสัมพันธ์ของการหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity, ρ) ของวัตถุใต้ผิวดิน กรณีตัวกลางมีลักษณะเป็นเนื้อเดียว (Homogeneous) ค่าที่วัดได้ เป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริง (True resistivity, ρ) และกรณีตัวกลางมีเนื้อผสม (Heterogeneous) ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้ เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินหรือวัตถุที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทั้งหมด ค่าเฉลี่ยนี้เรียกว่า ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (Apparent resistivity, ρ_a) ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑** โดยธรรมชาติของสภาพทางธรณีวิทยาใต้ผิวดิน ชั้นดินชั้นหินจะมีลักษณะเป็นเนื้อผสม ดังนั้นค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้เป็นค่าต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ



รูปที่ ๒-๑ ความสัมพันธ์ของความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
(ก) กรณีตัวกลางมีลักษณะเป็นเนื้อเดียว (ข) กรณีตัวกลางมีลักษณะเนื้อผสม
(ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ อาศัยขั้วไฟฟ้า (Electrodes) ๒ ประเภท คือ ขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current electrodes) จำนวน ๒ ขั้ว ได้แก่ ขั้ว A และ B และขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential electrodes) จำนวน ๒ ขั้ว ได้แก่ ขั้ว M และ N โดยวิธีการสำรวจให้ปักขั้วไฟฟ้าทั้ง ๔ ขั้ว ลงไปในดิน เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปในดินผ่านขั้วไฟฟ้า A และ B จะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น และวัดความต่างศักย์ที่ขั้วไฟฟ้า M และ N จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistance, R) และค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity, ρ) ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒** ในปัจจุบันเครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์สามารถวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าได้โดยตรง



รูปที่ ๒-๒ หลักการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ
(ดัดแปลงจาก Todd, 1980)

โดยทั่วไปแร่ประกอบหินมักจะไม่นำไฟฟ้า หรือเป็นฉนวน ทำให้มีความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสูง แต่เนื่องจากการผุพังทำให้เกิดช่องว่าง และมีน้ำหรือสารละลายเข้าไปแทรกอยู่ตามรูพรุน รอยแยก หรือรอยแตก ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านชั้นดินชั้นหินได้ ด้วยปัจจัยของชนิดหิน ความหนาแน่น ความพรุน ขนาดและรูปร่างของช่องว่าง ปริมาณและคุณภาพน้ำ รวมถึงอุณหภูมิ ทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นดินชั้นหิน และน้ำ ไม่สามารถกำหนดค่าที่แน่นอนได้ แต่จะกำหนดเป็นช่วง ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓ – ๒-๔**

หินอัคนี	**ค่าของสภาพต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)**
แกรนิต (granite)	$3 \times 10^2 - 10^6$
แกรนิตเนื้อดอก (granite porphyry)	4.5×10^3 (เปียก) – 1.3×10^6 (แห้ง)
อัลไบต์ (albite)	3×10^2 (เปียก) – 3.3×10^3 (แห้ง)
ไซยีไนต์ (syenite)	$10^2 - 10^6$
ไดโอไรต์ (diorite)	$10^4 - 10^5$
ไดโอไรต์เนื้อดอก (diorite porphyry)	1.9×10^3 (เปียก) – 2.8×10^4 (แห้ง)
ควอตซ์ไดโอไรต์ (quartz diorite)	2×10^4 (เปียก) – 10.8×10^5 (แห้ง)
แอนดีไซต์ (andesite)	4.5×10^4 (เปียก) – 1.7×10^2 (แห้ง)
แกบโบร (gabbro)	$10^3 - 10^6$
บะซอลต์ (basalt)	$10 - 1.3 \times 10^7$ (แห้ง)
เพอริโดไทต์ (peridotite)	3×10^3 (เปียก) – 6.5×10^3 (แห้ง)

รูปที่ ๒-๓ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินอัคนี
(ที่มา: Telford et al, 1990 และเพียงตา, ๒๕๕๐)

หินแปร	**ค่าของสภาพต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)**
ฮอร์นเฟลส์ (hornfels)	8×10^3 (เปียก) – 6×10^7 (แห้ง)
ชีทส์ (schists)	20×10^4
ชนวน (slate)	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
ไนส์ (gneiss)	6.8×10^4 (เปียก) – 3×10^6 (แห้ง)
หินอ่อน (marble)	$10^2 - 2.5 \times 10^8$ (แห้ง)
ควอซ์ตไซต์ (quartzite)	$10 - 2 \times 10^8$
หินตะกอน	**ค่าของสภาพต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)**
หินดินดาน (shale)	$20 - 2 \times 10^3$
หินกรวดมน (conglomerate)	$10 - 8 \times 10^2$
หินทราย (sandstone)	$1 - 6.4 \times 10^8$
หินปูน (limestone)	$50 - 16^7$
หินโดโลไมต์ (dolomite)	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
ตะกอนที่ยังไม่แข็งตัว	20-20000
ดินเหนียว (clays)	1- 100
ทรายแม่น้ำ (alluvium sands)	10 – 800
ดินทรายปนดินเหนียวมีน้ำเค็มแทรกแอ่งสกลนคร	*1.3-7.8*

รูปที่ ๒-๔ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของหินแปร และหินตะกอน
(ที่มา: Telford et al, 1990 และเพียงตา, ๒๕๕๐)

๒.๓ การจัดวางขั้วไฟฟ้า

การจัดวางขั้วไฟฟ้า (Electrodes configuration) สำหรับการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ สามารถจัดวางได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเป้าหมายการสำรวจ แต่ที่นิยมในปัจจุบันได้แก่ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration), การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration) และการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration) ซึ่งแต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่แตกต่างกัน ดังนี้

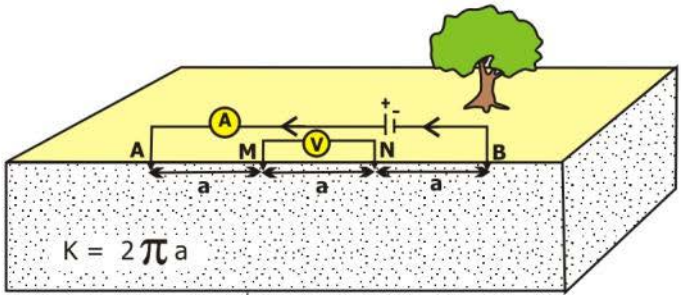
๒.๓.๑ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration) สามารถตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงใต้ผิวดินในแนวดิ่งได้ดี เหมาะสำหรับการตรวจหาโครงสร้างที่วางตัวในแนวราบ การจัดวางขั้วไฟฟ้ากำหนดให้ระยะห่างของขั้วไฟฟ้าทุกขั้วมีค่าเท่ากัน ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕** โดยสามารถหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (ρ_a) ได้จากสมการ

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I}$$

หรือ $$K = 2\pi a$$

โดย ρ_a คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ หน่วย โอห์ม-เมตร (ohm.m)
ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า หน่วย มิลลิโวลต์

I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย มิลลิแอมแปร์
a คือ ระยะห่างของขั้วไฟฟ้า หน่วย เมตร
K คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



รูปที่ ๒-๕ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner configuration)
(ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

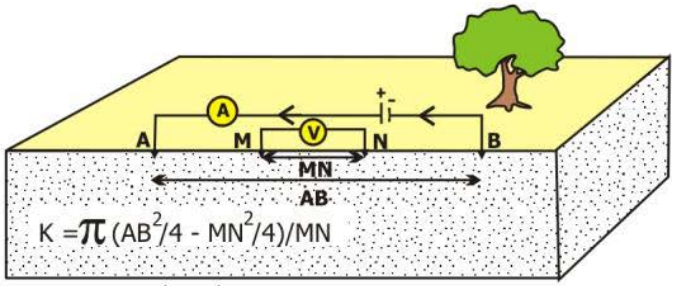
๒.๓.๒ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration) สามารถตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงใต้ผิวดินในแนวดิ่งและแนวนอนได้ปานกลาง เหมาะสำหรับตรวจหาโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน การจัดวางกำหนดให้ระยะห่างของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB) มีค่ามากๆ เมื่อเทียบกับระยะห่างของขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (MN) โดย AB ต้องมากกว่า ๕ เท่าของระยะ MN หรือ $AB \geq 5MN$ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๖** โดยสามารถหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (ρ_a) ได้จากสมการ

$$\rho_a = \frac{\pi(AB^2 - MN^2)}{4MN}\frac{\Delta V}{I}$$

หรือ

$$K = \frac{\pi(AB^2 - MN^2)}{4MN}$$

โดย ρ_a คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ หน่วย โอห์ม-เมตร (ohm.m)
ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า หน่วย มิลลิโวลต์
I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย มิลลิแอมแปร์
AB คือ ระยะห่างของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า หน่วย เมตร
MN คือ ระยะห่างของขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า หน่วย เมตร
K คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ



รูปที่ ๒-๖ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจ (Schlumberger configuration)
(ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

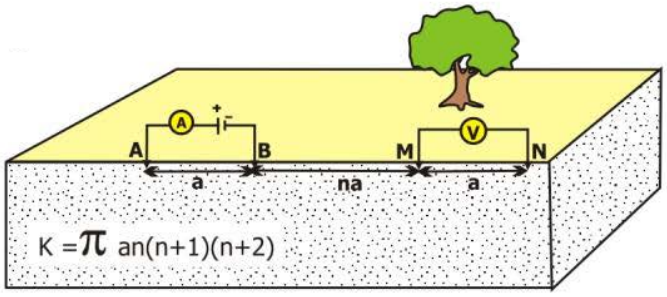
๒.๓.๓ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration) สามารถตรวจวัดสภาพการเปลี่ยนแปลงใต้ผิวดินในแนวราบได้ดี เหมาะสำหรับการตรวจหาโครงสร้างที่วางตัวในแนวดิ่ง เช่น โพรง และรอยเลื่อน การจัดวางกำหนดให้ระยะห่างของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB) และขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (MN) มีระยะเท่ากับ a เมตร และระยะห่างของชุดขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้าและขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า มีระยะเท่ากับ na เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๗** โดยสามารถหาค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ (ρ_a) ได้จากสมการ

$$\rho_a = \pi an(n+1)(n+2)\frac{\Delta V}{I}$$

หรือ

$$K = \pi an(n+1)(n+2)$$

โดย ρ_a คือ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ หน่วย โอห์ม-เมตร (ohm.m)
ΔV คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า หน่วย มิลลิโวลต์
I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วย มิลลิแอมแปร์
a คือ ระยะห่างของขั้วไฟฟ้า หน่วย เมตร
n คือ จำนวนครั้งที่วัด เช่น ๑, ๒, ๓,...
K คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

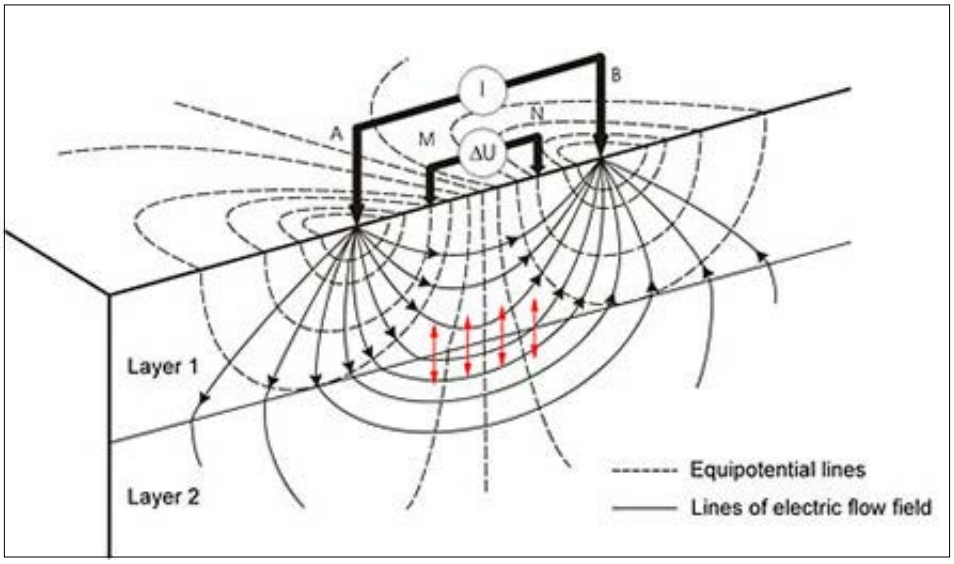


รูปที่ ๒-๗ การจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบไดโพล-ไดโพล (Dipole-dipole configuration)
(ที่มา: เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

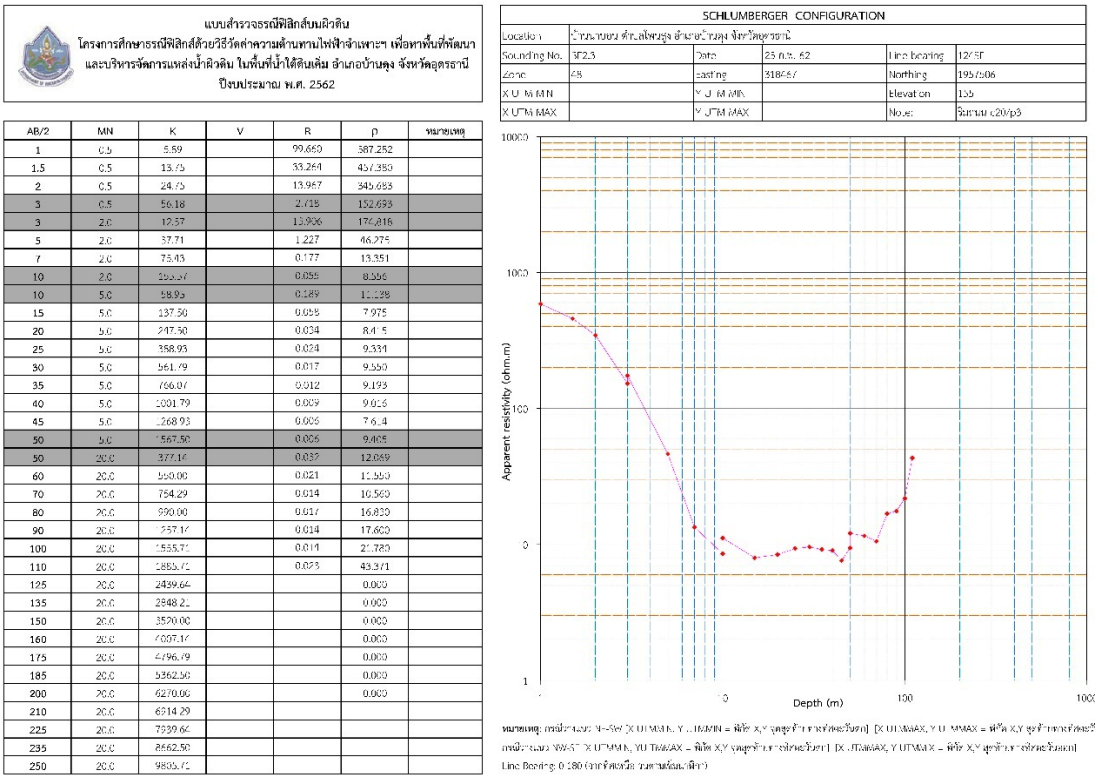
๒.๔ วิธีการสำรวจ และผลการสำรวจ

เครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ปัจจุบันถูกพัฒนาและออกแบบให้สามารถทำการสำรวจและแสดงผลการสำรวจได้ในรูปแบบ ๑ มิติ, ๒ มิติ และ ๓ มิติ ดังนี้

๒.๔.๑ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ เป็นการสำรวจในแนวดิ่ง (Vertical Electrical Sounding : VES) หรือแบบหยั่งลึก (Sounding) ผลการสำรวจที่ได้เป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่ระดับความลึกต่าง ๆ จากผิวดินลงไป ณ ตำแหน่งเดียวกัน ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๘** โดยผลการสำรวจแสดงด้วยกราฟของฟังก์ชันลอการิทึมในรูปแบบกราฟล็อก-ล็อก (Log-log graph) ของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ หน่วย โอห์ม-เมตร กับความลึก หน่วย เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๙**



รูปที่ ๒-๘ การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ
(ที่มา: http://www.arctic-geophysics.com/methods_resistivity_๑D.html)



แบบสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน
โครงการศึกษาธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะฯ เพื่อหาพื้นที่พัฒนาและบริหารจัดการแหล่งน้ำผิวดิน ในพื้นที่น้ำใต้ดินเค็ม อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

AB/2	MN	K	V	R	ρ	หมายเหตุ
1	0.5	5.89		99.660	587.252	
1.5	0.5	13.75		33.261	457.380	
2	0.5	24.75		13.967	345.683	
3	0.5	56.18		2.715	152.593	
3	2.0	12.57		13.906	174.818	
5	2.0	37.71		1.227	46.275	
7	2.0	75.43		0.177	13.351	
10	2.0	155.97		0.055	8.566	
10	5.0	58.9		0.139	8.138	
15	5.0	137.50		0.055	7.975	
20	5.0	247.50		0.034	8.415	
25	5.0	388.93		0.024	9.331	
30	5.0	561.79		0.017	9.550	
35	5.0	766.07		0.012	9.193	
40	5.0	1001.79		0.009	9.016	
45	5.0	1268.93		0.006	7.614	
50	5.0	1567.50		0.006	9.405	
50	20.0	373.14		0.032	12.069	
60	20.0	550.00		0.021	11.550	
70	20.0	754.29		0.014	10.560	
80	20.0	990.00		0.017	16.830	
90	20.0	1257.14		0.014	17.600	
100	20.0	1555.71		0.014	21.780	
110	20.0	1885.72		0.023	43.371	
125	20.0	2439.64			0.000	
135	20.0	2948.21			0.000	
150	20.0	3520.00			0.000	
160	20.0	4007.14			0.000	
175	20.0	4796.79			0.000	
185	20.0	5362.50			0.000	
200	20.0	6270.00			0.000	
210	20.0	6914.29				
225	20.0	7939.64				
235	20.0	8662.50				
250	20.0	9805.71				

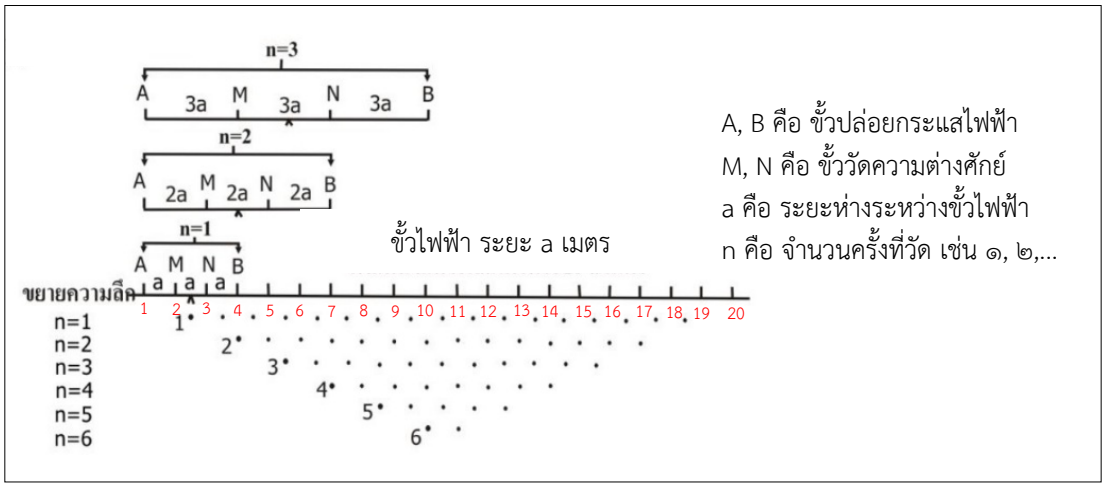
SCHLUMBERGER CONFIGURATION

Location	บ้านหนองตาดสไพบูลย์ อำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี				
Sounding No.	SF2.5	Date	25 ก.ค. 62	Line Bearing	12/SE
Zone	48	Easting	318667	Northing	1957506
X UTM MIN		Y UTM MIN		Elevation	155
X UTM MAX		Y UTM MAX		Notes	จีบกลม c20/p3

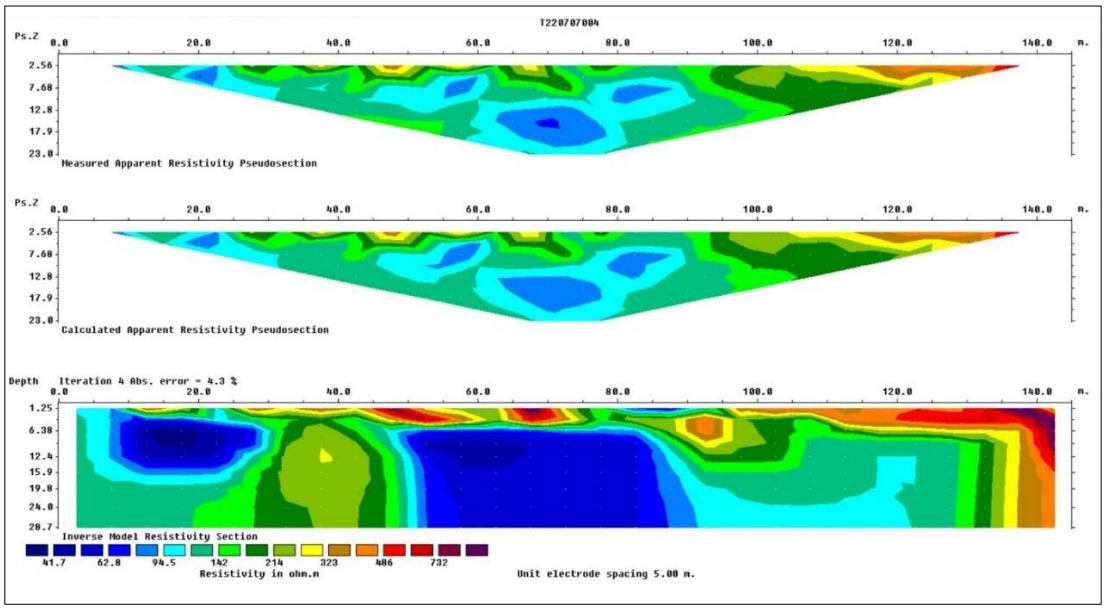
หมายเหตุ: กรณีกางออก (X UTMMIN, Y UTMMIN = พิกัด X,Y จุดสุดท้ายการกางครั้งก่อน) [X UTMMAX, Y UTMMAX = พิกัด X,Y สุดท้ายการกางครั้งนี้]
กรณีหุบเข้า (X UTMMIN, Y UTMMAX = พิกัด X,Y จุดสุดท้ายการกางครั้งก่อน) [X UTMMAX, Y UTMMAX = พิกัด X,Y สุดท้ายการกางครั้งนี้]
Line Bearing: 0-180 (จากจุดเริ่มต้นไปสิ้นสุด)

รูปที่ ๒-๙ ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ

๒.๔.๒ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ เป็นการสำรวจสร้างภาพตัดขวางสภาพความต้านทานไฟฟ้าใต้ผิวดิน (Electrical Resistivity Imaging : ERI) ในรูปแนวดิ่งและแนวนอน การสำรวจกำหนดให้ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเท่ากันและคงที่ คือ ระยะ a เมตร ยกตัวอย่างเช่น การสำรวจแบบจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ กำหนดให้ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าเท่ากับ a เมตร โดยการวัดค่าครั้งแรกที่ระดับ n=๑ ให้วางขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB) ที่ตำแหน่ง ๑ และ ๔ ขั้ววัดความต่างศักย์ (MN) ที่ตำแหน่ง ๒ และ ๓ โดยตำแหน่งที่วัดค่า คือ จุดกึ่งกลางระหว่างขั้วไฟฟ้า M และ N เมื่อวัดค่าแล้ว ให้ย้ายขั้วไฟฟ้าทั้งสี่ขั้วไปยังตำแหน่งถัดไปทางด้านขวา จากนั้นทำการวัดค่า และย้ายขั้วไฟฟ้าไปจนกระทั่งขั้วไฟฟ้าตัวแรก อยู่ที่ตำแหน่งสุดท้ายของแนวสำรวจ แสดงว่าแนวสำรวจ n=๑ เสร็จสมบูรณ์ จากนั้นขยายระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าให้กว้างขึ้น (n=๒, n=๓, ...) เพื่อให้ได้ข้อมูลในระดับความลึกมากขึ้น โดยเพิ่ม n จนถึงความลึกที่ต้องการสำรวจ โดยทั่วไปค่า n ไม่เกิน ๑๕ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๐** โดยผลการสำรวจแสดงในรูปแบบภาพตัดขวาง (Profile) หรือภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) แสดงด้วยสีของช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ แกน X คือ ระยะแนวสำรวจ หน่วย เมตร แกน Y คือ ความลึก หน่วย เมตร ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๑**

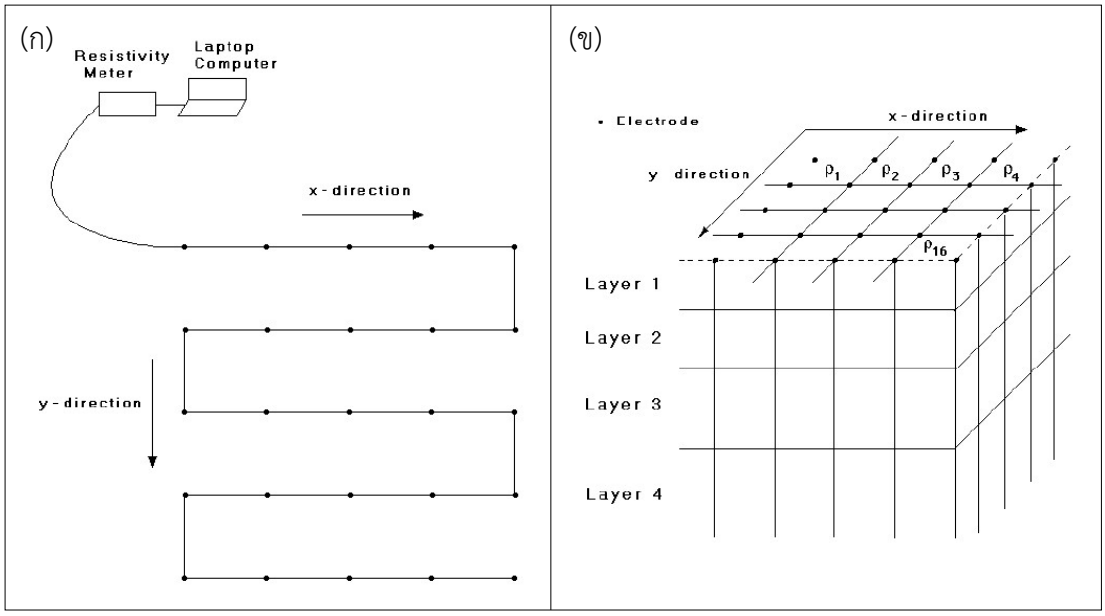


รูปที่ ๒-๑๐ การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ
(ดัดแปลงจาก เพียงตา สาตรักษ์, ๒๕๕๐)

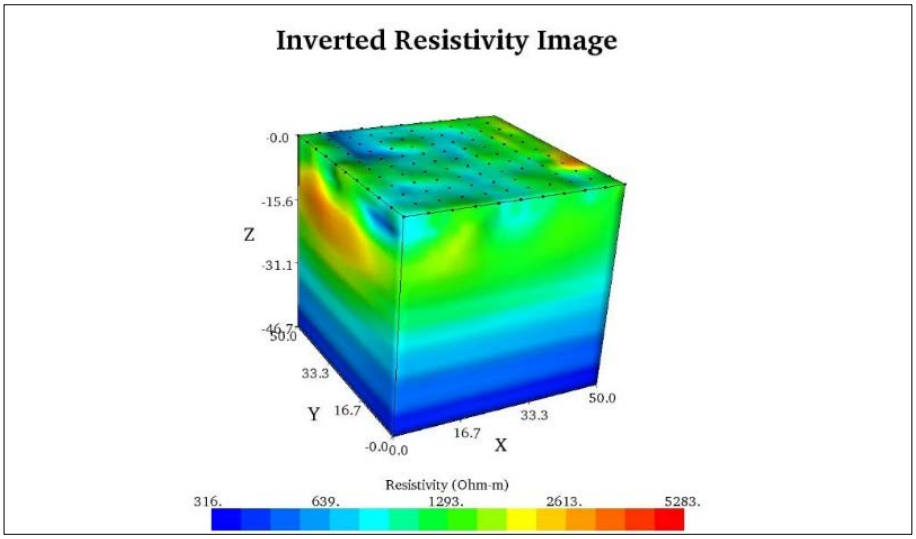


รูปที่ ๒-๑๑ ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ

๒.๔.๓ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ เป็นการสำรวจแบบสร้างสภาพใต้ผิวดินเสมือนเป็นแท่งสี่เหลี่ยมที่มีขนาดความกว้าง ความยาว และความลึก จึงสามารถสร้างภาพตัดขวางได้ทุกแนว เช่น แนวตรง แนวคดโค้ง แนวหักมุม เป็นต้น ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๒** โดยผลการสำรวจแสดงเป็นสภาพใต้ผิวดินเสมือนแท่งสี่เหลี่ยมที่มีขนาดความกว้าง ความยาว และความลึก ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๓**



รูปที่ ๒-๑๒ (ก) การจัดวางขั้วไฟฟ้ารูปแบบ ๓ มิติ (ข) การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ (ที่มา: M.H.Loke, 1999)



รูปที่ ๒-๑๓ ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ (ที่มา: https://www.agiusa.com/3d-resistivity-survey, 2017)

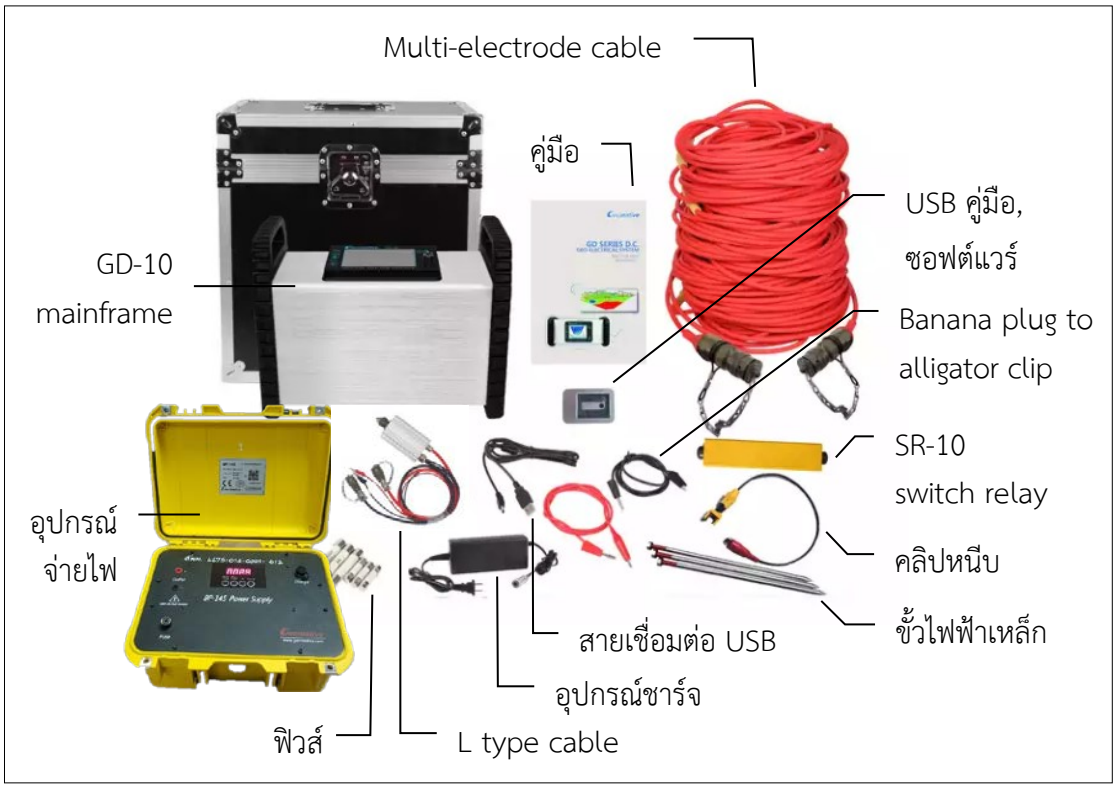
๒.๕ การใช้เครื่องมือสำรวจ

กรมทรัพยากรน้ำมีเครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ Geomative รุ่น GD-10 สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน พร้อมซอฟต์แวร์ Geomative Studio สำหรับตั้งค่าและประมวลผลการสำรวจ

๒.๕.๑ เครื่องมือ Geomative

เครื่องมือ Geomative รุ่น GD-10 ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๔**

๑) GD-10 mainframe
๒) Multi-electrode cable
๓) SR-10 switch relay
๔) L Type cable
๕) ขั้วไฟฟ้าเหล็กไร้สนิม และคลิปหนีบ
๖) อุปกรณ์จ่ายไฟ
๗) อุปกรณ์ชาร์จ
๘) สายเชื่อมต่อ USB
๙) สายบานาน่าปลั๊ก กับคลิปหนีบขั้วแบตเตอร์รี่ (Banana plug to alligator clip)
๑๐) ฟิวส์



รูปที่ ๒-๑๔ เครื่องมือ Geomative และอุปกรณ์สำรวจ

โดยแต่ละอุปกรณ์มีรายละเอียด ดังนี้

๑) GD-10 mainframe เป็นอุปกรณ์สำหรับตั้งค่าและประมวลผลการสำรวจ พร้อมช่องเชื่อมต่อ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๕** ถึง**รูปที่ ๒-๑๗** โดยภายในเครื่องประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

๑.๑) อุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Transmitter) สามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด ๗,๒๐๐ วัตต์ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด ๑,๒๐๐ โวลต์ และกระแสไฟฟ้าสูงสุด ๖ แอมแปร์

๑.๒) อุปกรณ์รับสัญญาณ (Receiver) สามารถรับสัญญาณได้ ๑ ช่องทาง (Channel) ช่วงแรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง ๒๔ โวลต์ มีระบบป้องกันความถี่รบกวนไม่น้อยกว่า ๑๒๐ เดซิเบล สามารถวัดค่าซ้ำ (Stacking) ได้ ๑-๒๕๕ ครั้ง และสามารถทำงานภายใต้อุณหภูมิ ๐-๖๐ องศาเซลเซียส

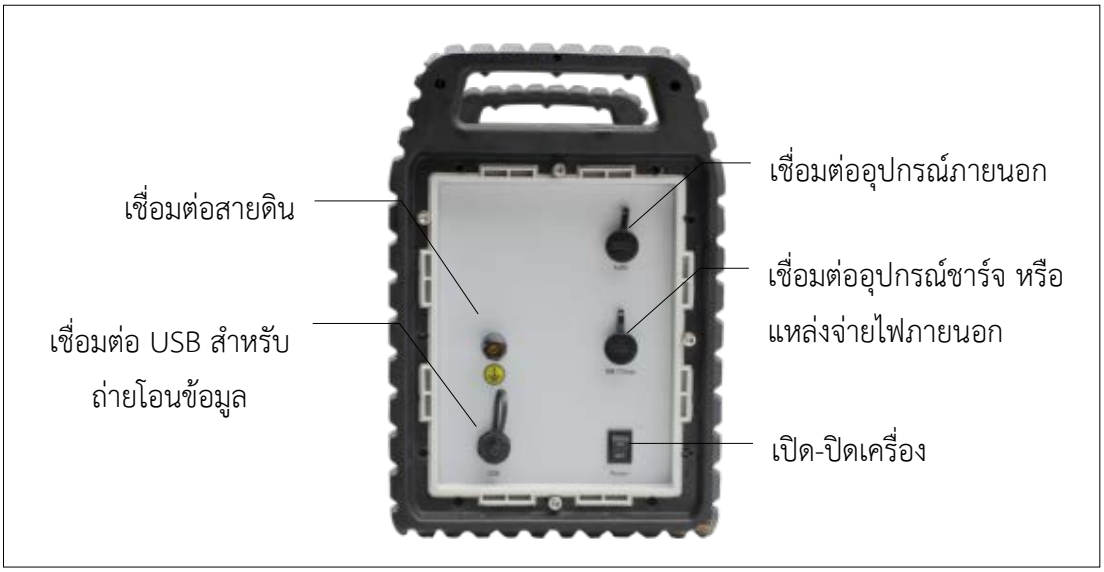
๑.๓) หน้าจอแสดงผล แบบสี Liquid Crystal Display (LCD) ขนาด ๕.๗ นิ้ว

๑.๔) อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)

๑.๕) แบตเตอรี่ลิเธียมขนาด ๑๖ โวลต์

รูปที่ ๒-๑๕ หน้าจอเครื่อง GD-10 mainframe

รูปที่ ๒-๑๖ เครื่อง GD-10 mainframe ด้านขวา



รูปที่ ๒-๑๗ เครื่อง GD-10 mainframe ด้านซ้าย

๒) Multi-electrode cable เป็นสายเคเบิลชนิดขั้วเดี่ยว (Single-take-out ERT cable) ที่ออกแบบให้สามารถอ่านค่าแบบหลายขั้ว โดยสายเคเบิล จำนวน ๑ เส้น ประกอบด้วยขั้ว CB10 จำนวน ๑๐ ขั้ว มีระยะห่างระหว่างขั้วเท่ากัน คือ ๕ เมตร สามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด ๒ แอมแปร์ และส่งแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด ๑,๒๐๐ โวลต์ ในการสำรวจให้เชื่อมต่อปลายสายเคเบิลกับ SR-10 switch relay และ L Type cable และใช้คลิปหนีบที่ขั้ว CB10 กับขั้วไฟฟ้าเหล็กเพื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าและวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๘**

หมายเหตุ ไม่ควรบิดหรือหักสายเคเบิล เพราะจะทำให้สายไฟภายในชำรุดเสียหาย และควรปิดขั้วทั้งสองข้างทุกครั้ง เพื่อป้องกันฝุ่นและสิ่งสกปรก

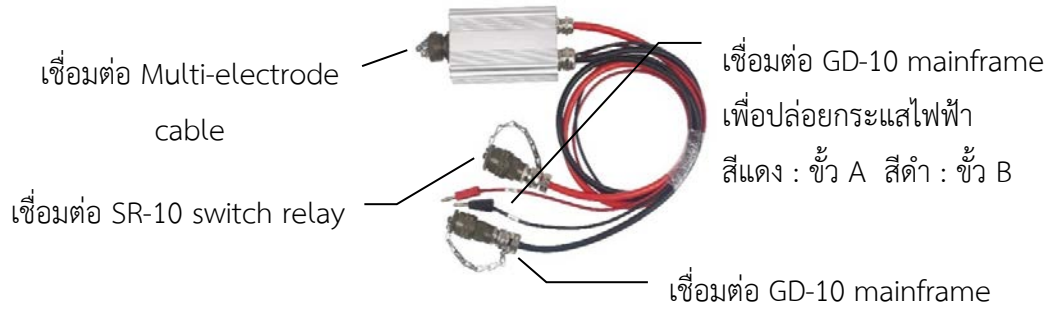
รูปที่ ๒-๑๘ Multi-electrode cable และการเชื่อมต่อกับขั้วไฟฟ้าเหล็ก

๓) SR-10 switch relay ในการสำรวจให้เชื่อมต่อด้านที่เขียนว่า “Host” กับ L Type cable ซึ่งจะหันไปทางด้านเครื่อง GD-10 mainframe สำหรับด้านที่เขียนว่า “End” ให้เชื่อมต่อกับ Multi-electrode cable ซึ่งจะหันไปทางด้านปลายสายของเคเบิลหรือแนวสำรวจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๑๙** และ**รูปที่ ๒๑**

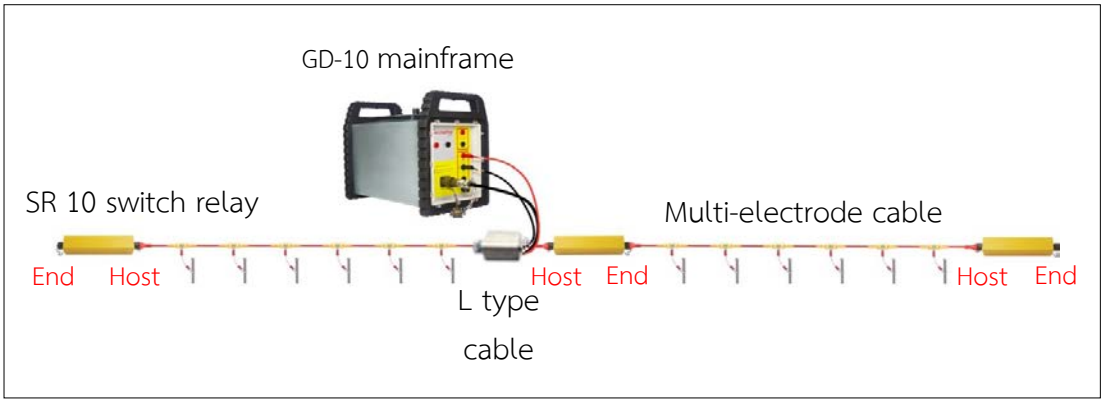
หมายเหตุ ควรปิดขั้วทั้งสองข้างทุกครั้ง เพื่อป้องกันฝุ่นและสิ่งสกปรก

รูปที่ ๒-๑๙ SR-10 switch relay

๔) L Type cable ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับ GD-10 mainframe, Multi-electrode cable และ SR 10 switch relay ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๐** ถึง**รูปที่ ๒-๒๑**



รูปที่ ๒-๒๐ L Type cable



รูปที่ ๒-๒๑ วิธีการเชื่อมต่อ SR 10 switch relay, L Type cable, GD-10 mainframe และ Multi-electrode cable

๕) ขั้วไฟฟ้าเหล็กไร้สนิม (Stainless steel Electrode) และคลิปหนีบ ใช้สำหรับเป็นขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้าและขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า ในการสำรวจให้ปักขั้วไฟฟ้าเหล็กลงไปในดิน และใช้คลิปหนีบที่ขั้วไฟฟ้าเหล็กกับขั้ว CB10 ที่อยู่บน Multi-electrode cable ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๒**

รูปที่ ๒-๒๒ ขั้วไฟฟ้าเหล็ก และคลิปหนีบ

๖) อุปกรณ์จ่ายไฟ Geomative รุ่น BP-145 ประกอบด้วย แบตเตอรี่ชนิดลิเธียม สำหรับจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง สามารถปล่อยกระแสไฟฟ้าสูงสุด ๓ แอมแปร์ ความต่างศักย์ไฟฟ้าขนาด ๕๐ โวลต์ และ ๑๕๐ โวลต์ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๓**

รูปที่ ๒-๒๓ อุปกรณ์จ่ายไฟ BP-145

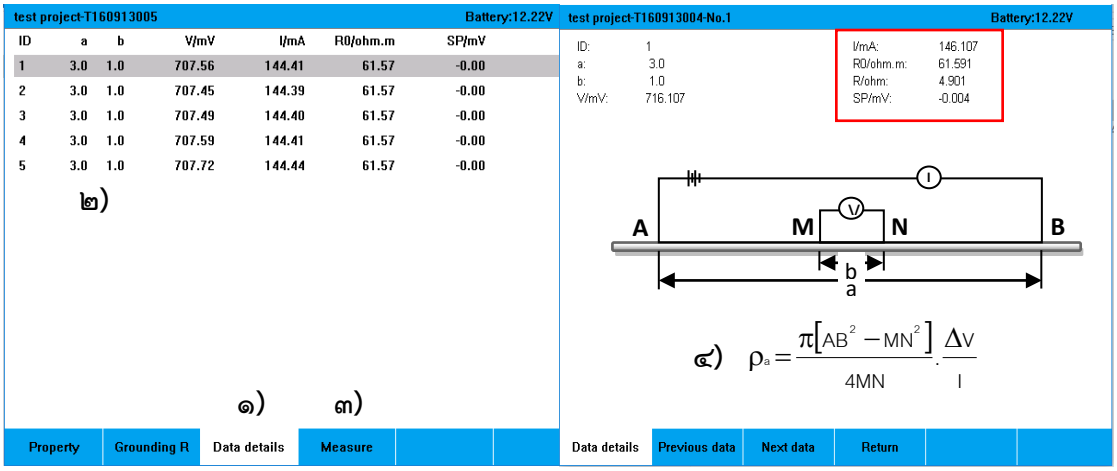
๒.๕.๒ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจ

ก่อนติดตั้งเครื่องมือ Geomative ควรปรับเทียบ (Calibrate) เครื่อง GD-10 mainframe กับกล่องความต้านทาน (Resistance box) เพื่อความแม่นยำของเครื่องมือ โดยเชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe กับอุปกรณ์ ดังนี้

- เชื่อมต่อกับอุปกรณ์จ่ายไฟ โดยสายสีแดงสำหรับ ขั้ว +, สายสีดำสำหรับ ขั้ว -
- เชื่อมต่อกับกล่องความต้านทาน โดยสายสีแดงสำหรับ ขั้ว A และ M สายสีดำสำหรับ ขั้ว B และ N ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๔**

รูปที่ ๒-๒๔ วิธีการเชื่อมต่อการปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe กับกล่องความต้านทาน

หลังจากเชื่อมต่ออุปกรณ์เรียบร้อย ให้กดที่เครื่อง GD-10 mainframe และดำเนินการ ต่อไปนี้ ๑) เลือก “Data details” ๒) กรอกระยะห่าง a และ b โดยวัดระยะห่างจากกล่องความต้านทานกับเครื่อง GD-10 mainframe ๓) คลิก “Measure” เพื่อดูค่ากระแสไฟฟ้า ๔) คำนวณย้อนกลับเพื่อตรวจสอบค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (R0) หน่วย โอห์ม-เมตร (Ohm.m) จากสมการการจัดวางแบบชลัมเบอร์เจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๕**

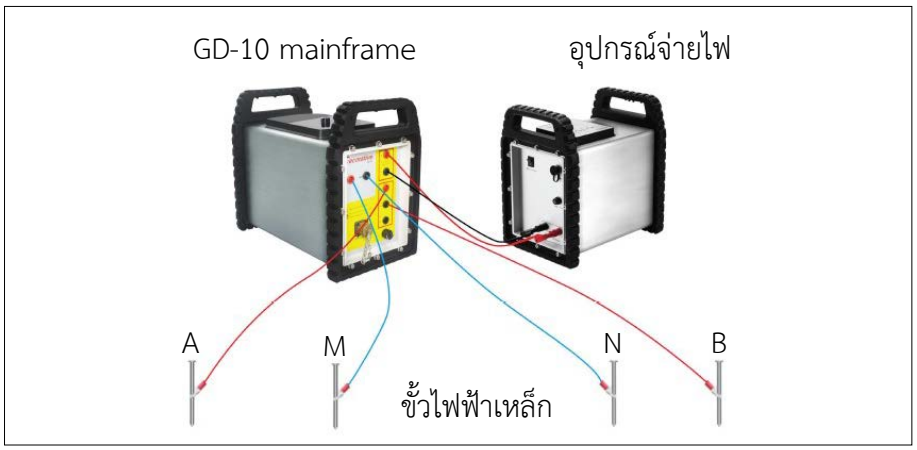


รูปที่ ๒-๒๕ วิธีการปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe

จากนั้นติดตั้งเครื่องมือเพื่อทำการสำรวจ ทั้งนี้ เครื่องมือ Geomative รุ่น GD-10 สามารถสำรวจและแสดงผลการสำรวจได้ ๓ รูปแบบ คือ ๑ มิติ, ๒ มิติ และ ๓ มิติ ดังนั้น ควรเลือกวิธีการติดตั้งเครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่และข้อมูลที่ต้องการสำรวจ โดยมีวิธีการติดตั้งเครื่องมือสำรวจ ดังนี้

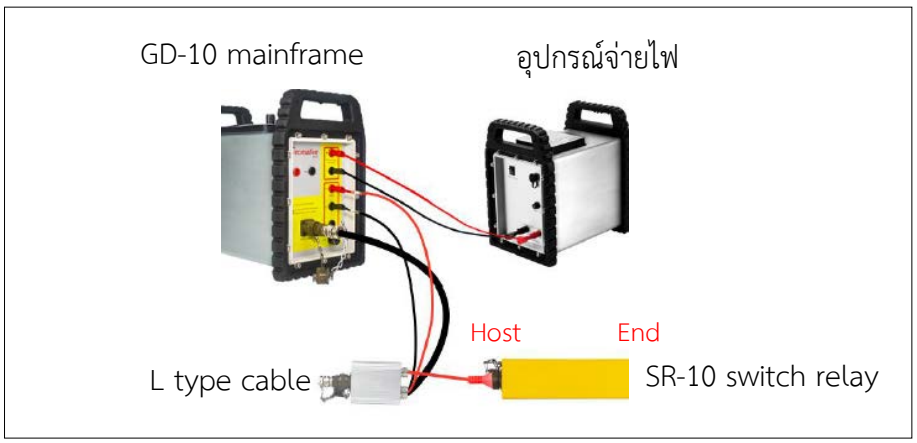
๑) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๑ มิติ วิธีการติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, ขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (AB) และ

ขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (MN) โดยเลือกรูปแบบการจัดวางขั้วไฟฟ้าให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่และข้อมูลที่ต้องการและสำรวจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๖**



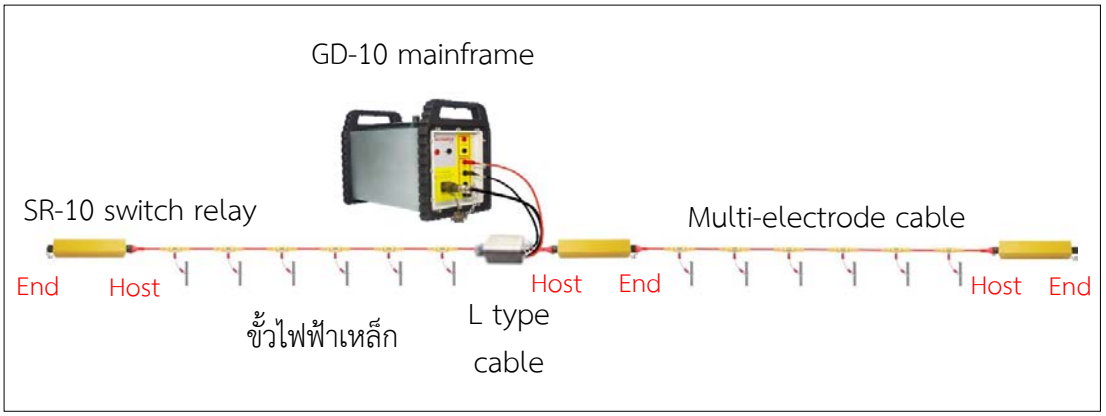
รูปที่ ๒-๒๖ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๑ มิติ

๒) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ วิธีการติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe กับ L type cable และ SR-10 switch relay เพื่อเชื่อมต่อไปยัง Multi-electrode cable ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๗** โดยวิธีการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ สามารถติดตั้งเครื่องมือได้หลายรูปแบบ ดังนี้



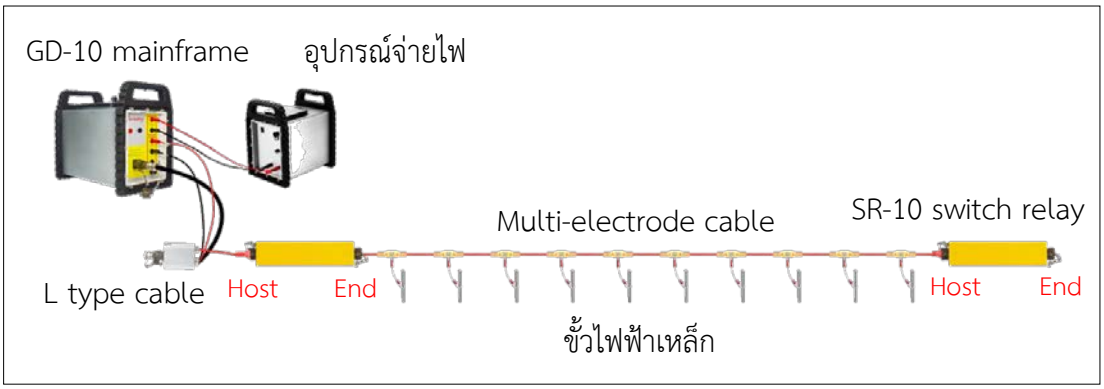
รูปที่ ๒-๒๗ การเชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay

๒.๑) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้กึ่งกลางแนวสำรวจ วิธีการติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay จากนั้นใช้คลิปหนีบขั้ว CB10 ที่ Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๘**



รูปที่ ๒-๒๘ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้กึ่งกลางแนวสำรวจ

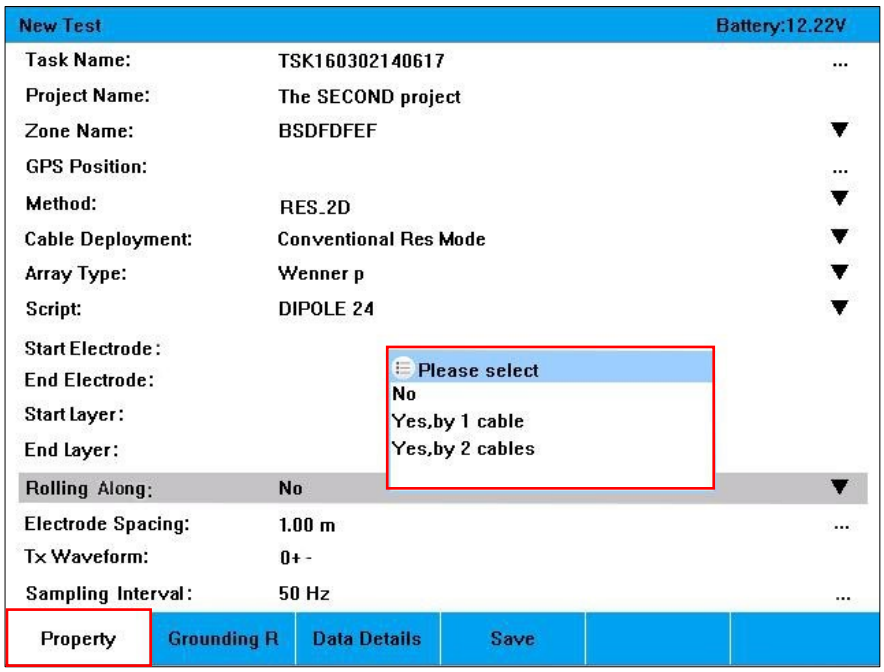
๒.๒) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้ด้านใดด้านหนึ่งของแนวสำรวจ วิธีการติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay จากนั้นใช้คลิปหนีบขั้ว CB10 ที่ Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๒๙**



รูปที่ ๒-๒๙ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โดยวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้ด้านใดด้านหนึ่งของแนวสำรวจ

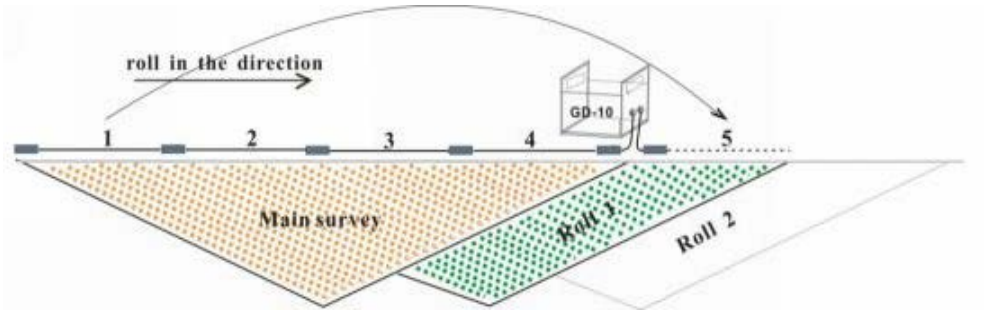
๒.๓) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along วิธีการติดตั้ง ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe, อุปกรณ์จ่ายไฟ, L type cable และ SR-10 switch relay จากนั้นใช้คลิปหนีบขั้ว CB10 ที่ Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก เมื่อทำการสำรวจแล้วเสร็จ ให้ปิดเครื่อง GD-10 mainframe และย้ายเครื่องไปยังตำแหน่งถัดจากแนวก่อนหน้า เพื่อทำการสำรวจแนวต่อไป จากนั้นเปิดเครื่อง GD-10 mainframe และตั้งค่าการสำรวจด้วยวิธี Rolling Along ให้กดเลือก “Property” เลื่อนเพื่อเลือก “Rolling Along” จากนั้นเลือก “Yes,by 1 cable” กรณีใช้สายเคเบิล จำนวน ๑ เส้น และเลือก “Yes,by 2 cables” กรณีใช้สายเคเบิล จำนวน ๒ เส้น ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๐** จากนั้นทำการตรวจสอบ

Grounding R และวัดค่าการสำรวจ ทำเช่นเดียวกันจนได้ระยะตามที่ต้องการ โดยวิธี Rolling Along survey สามารถติดตั้งเครื่อง GD-10 mainframe ได้ ๒ วิธี ดังนี้



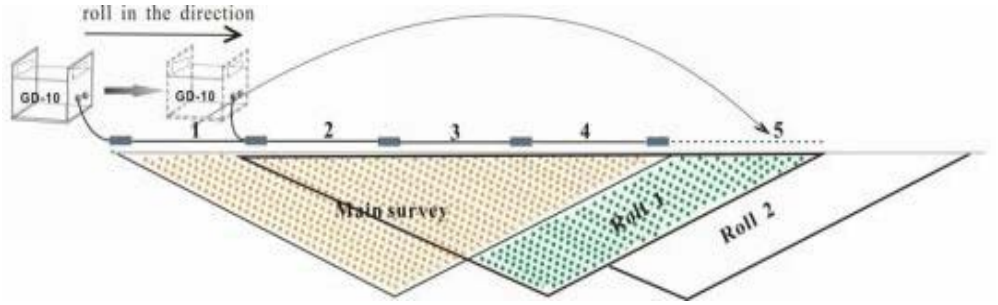
รูปที่ ๒-๓๐ วิธีการตั้งค่าก่อนสำรวจด้วยวิธี Rolling along

๒.๓.๑) สำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along โดยติดตั้งเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดสิ้นสุดของแนวสำรวจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๑**



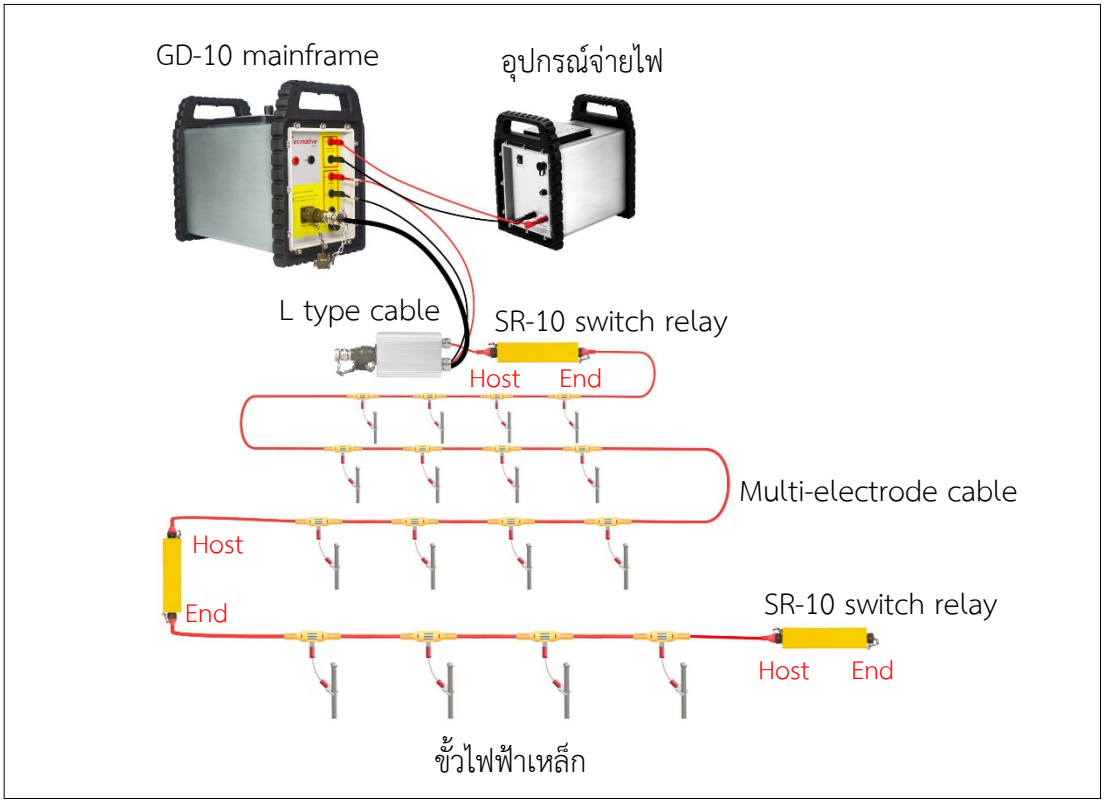
รูปที่ ๒-๓๑ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along และวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดสิ้นสุดของแนวสำรวจ

๒.๓.๒) สำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along โดยติดตั้งเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดเริ่มต้นของแนวสำรวจ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๒**



รูปที่ ๒-๓๒ การติดตั้งเครื่องมือสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ด้วยวิธี Rolling Along และวางเครื่อง GD-10 mainframe ไว้จุดเริ่มต้นของแนวสำรวจ

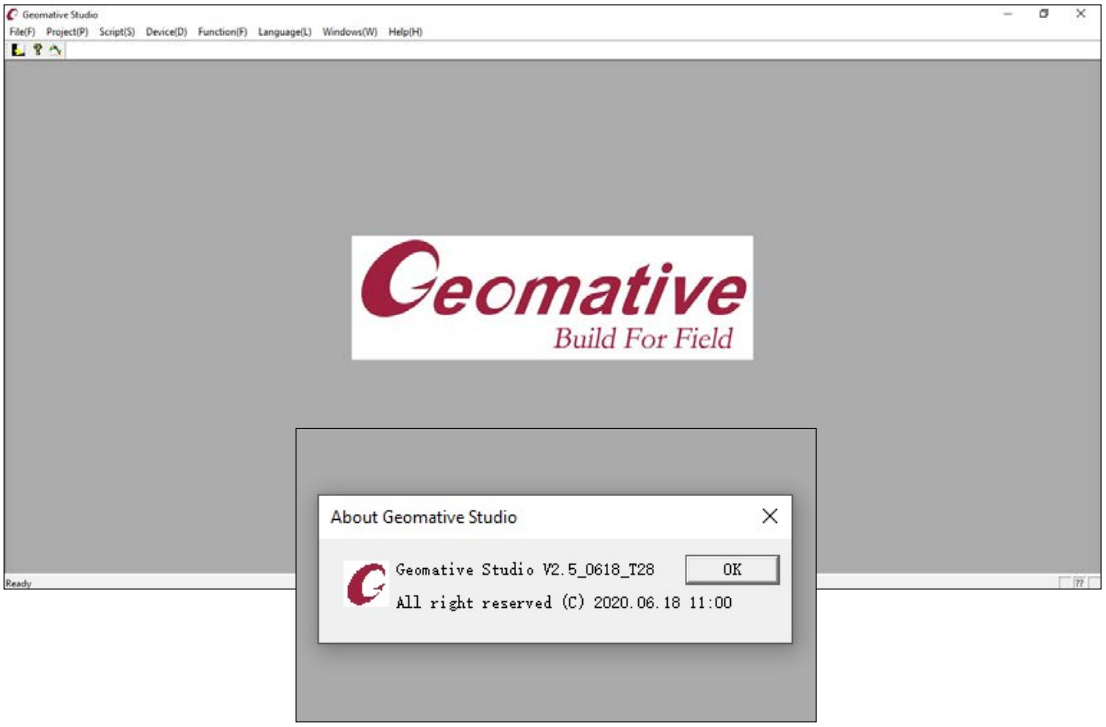
๓) สำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะรูปแบบ ๓ มิติ วิธีการติดตั้งให้ปักขั้วไฟฟ้าครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการสำรวจ โดยวางแนวสำรวจขนานกัน จากนั้นเชื่อมต่อ Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก ในรูปแบบตัวเอส (S) ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๓**



รูปที่ ๒-๓๓ การติดตั้งอุปกรณ์สำรวจรูปแบบ ๓ มิติ

๒.๖ การใช้ซอฟต์แวร์ Geomative Studio

เครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ Geomative มีซอฟต์แวร์ Geomative Studio ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๔** สำหรับออกแบบการสำรวจ จัดการข้อมูล และแสดงผลการสำรวจ ๓ รูปแบบ ได้แก่ ๑ มิติ, ๒ มิติ และ ๓ มิติ ทั้งนี้ ก่อนการสำรวจสามารถออกแบบการสำรวจได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับเครื่อง GD-10 mainframe โดยเริ่มจากสร้างโครงการ (Project) และสคริปต์ (Script) เพื่อกำหนดวิธีการสำรวจ จำนวนขั้วไฟฟ้า และระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า จากนั้นส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe เพื่อทำการวัดค่า และเมื่อวัดค่าแล้วเสร็จสามารถส่งข้อมูลกลับไปยังซอฟต์แวร์ Geomative Studio เพื่อจัดการข้อมูลในรูปแบบไฟล์ DAT, Excel และ TXT ซึ่งการสำรวจรูปแบบ ๑ มิติ จะได้ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ Excel และ TXT เท่านั้น โดยมีวิธีดำเนินการ ดังนี้



รูปที่ ๒-๓๔ หน้าต่างซอฟต์แวร์ Geomative Studio

๒.๖.๑ การออกแบบการสำรวจ

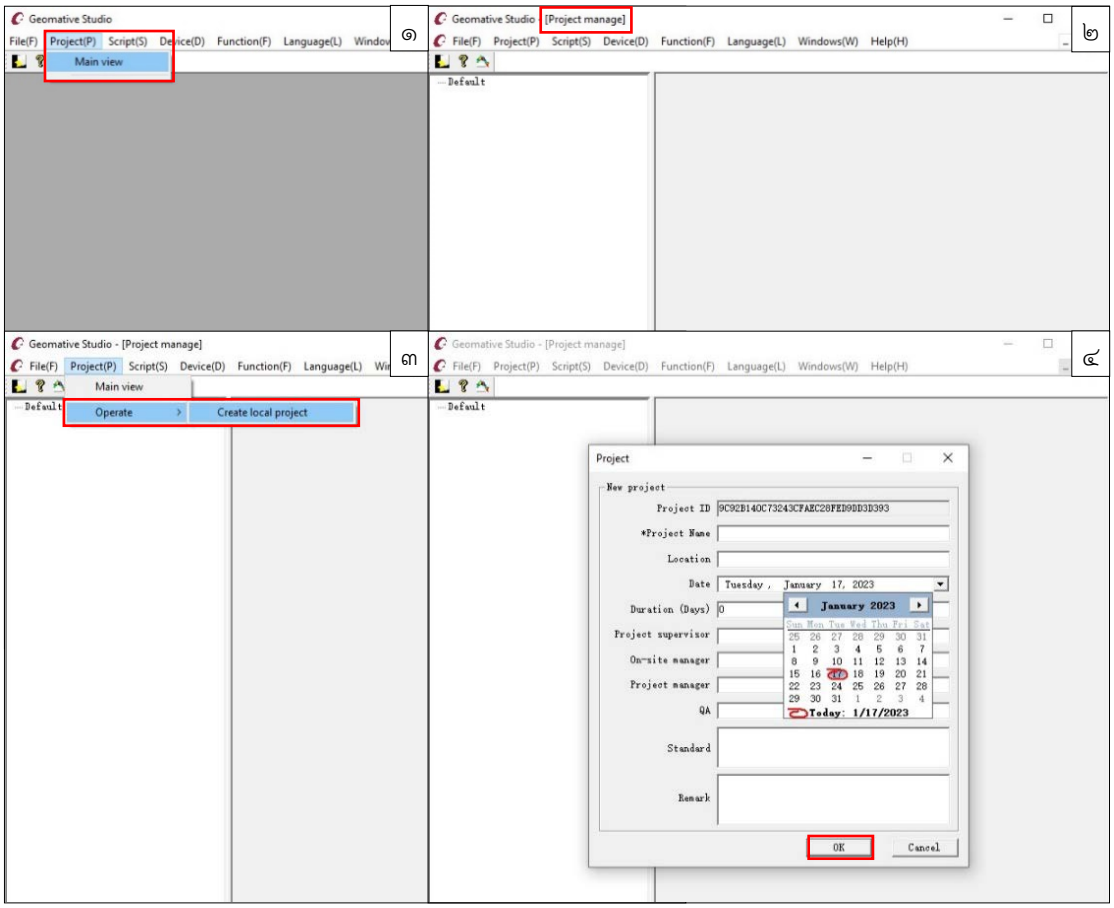
เริ่มจากเปิดซอฟต์แวร์ Geomative Studio จากนั้นดำเนินการ ดังนี้

๑) สร้างโครงการ (Project) ให้คลิก “Project(P)” เลือก “Main view” จะขึ้นหน้าต่าง “Project manage” จากนั้นคลิก “Project(P)” เลือก “Operate” และ “Create local project” เพื่อสร้างโครงการใหม่ จากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง “Project” สำหรับตั้งค่า ต่อไปนี้

- ไอดีโครงการ (Project ID)
- ชื่อโครงการ (Project Name)
- ที่ตั้ง (Location)

- วันที่ (Date)
- ระยะเวลาทำงาน (Duration Days)
- หัวหน้างานโครงการ (Project supervisor)
- ผู้จัดการหน้างาน (On site manager)
- ผู้จัดการโครงการ (Project manager)
- คำถาม-คำตอบ (QA)
- มาตรฐาน (Standard)
- หมายเหตุ (Remark)

จากนั้นคลิก “OK” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๕**



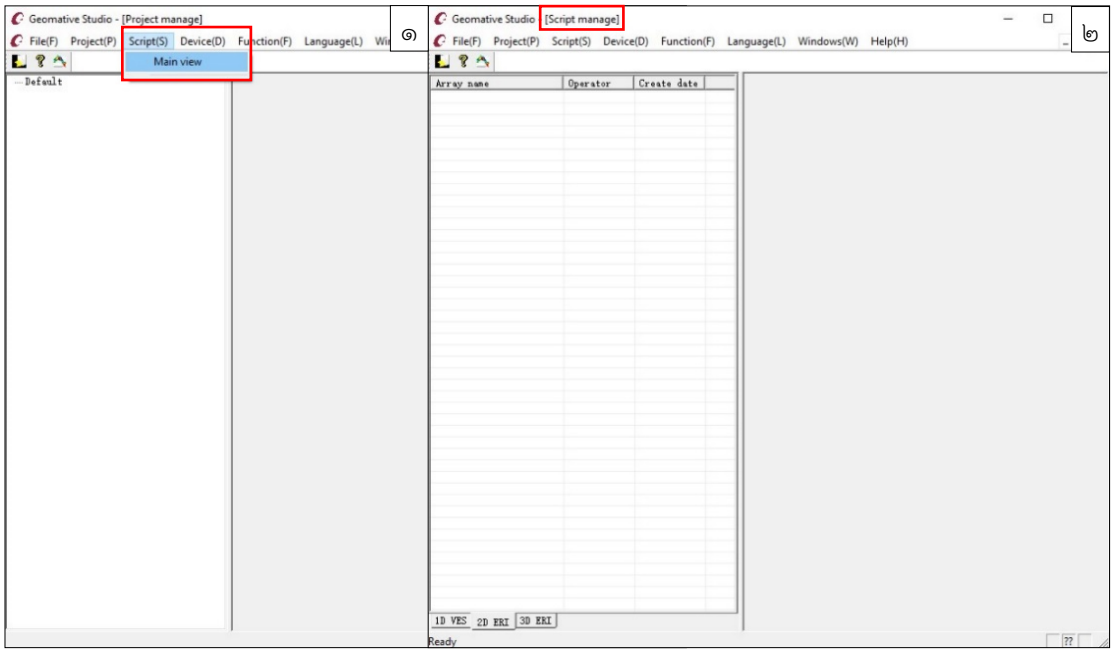
รูปที่ ๒-๓๕ วิธีสร้างโครงการ (Project)

๒) สร้างสคริปต์ (Script) ให้คลิก “Script(S)” เลือก “Main view” จากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง “Script manage” โดยมุมล่างซ้ายจะปรากฏสคริปต์ จำนวน ๓ เมนู ได้แก่ “1D VES”, “2D ERI” และ “3D ERI” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๖** ซึ่งสามารถเลือกวิธีการสร้างสคริปต์ ได้ดังนี้

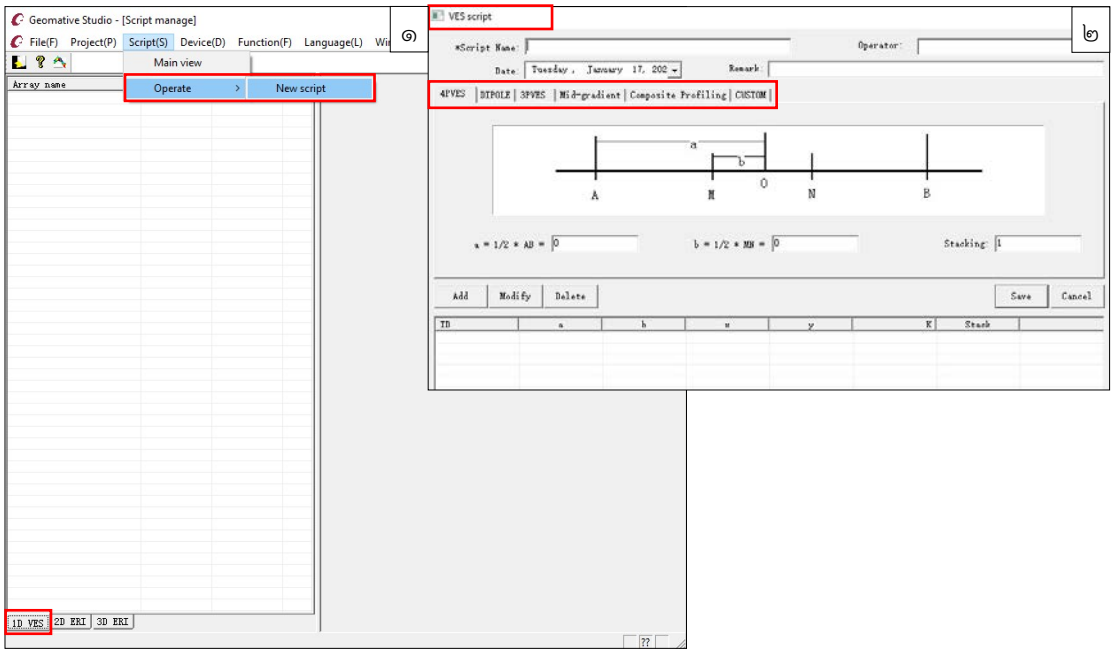
๒.๑) สร้างสคริปต์ รูปแบบ ๑ มิติ เลือกเมนู “1D VES” บริเวณมุมล่างซ้าย จากนั้นคลิก “Script(S)” เลือก “Operate” และ “New script” จะขึ้นหน้าต่าง “VES script” เลือกรูปแบบการสำรวจที่ต้องการ จากนั้นตั้งค่าสคริปต์ ดังนี้

- ชื่อสคริปต์ (Script Name)
- ชื่อผู้ทดสอบ (Operator)
- วันที่ (Date)
- หมายเหตุ (Remark)
- เลือกวิธีการวางขั้วไฟฟ้า ดังนี้ 4 Pole-VES (4PVES), Dipole VES (DIPOLE), 3 Pole-VES (3PVES), Mid-gradient, Composite Profiling และ Custom
- ระยะ a หน่วย เมตร
- ระยะ b หน่วย เมตร
- จำนวนครั้งที่วัดค่า (Stacking)

คลิก “Add” เพื่อตั้งค่า จากนั้นคลิก “Save” เพื่อบันทึก หากต้องการลบให้คลิก “Delete” หรือ “Cancel” หากต้องการแก้ไขตัวเลขให้คลิก “Modify” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๗**



รูปที่ ๒-๓๖ วิธีสร้างสคริปต์ (Script)



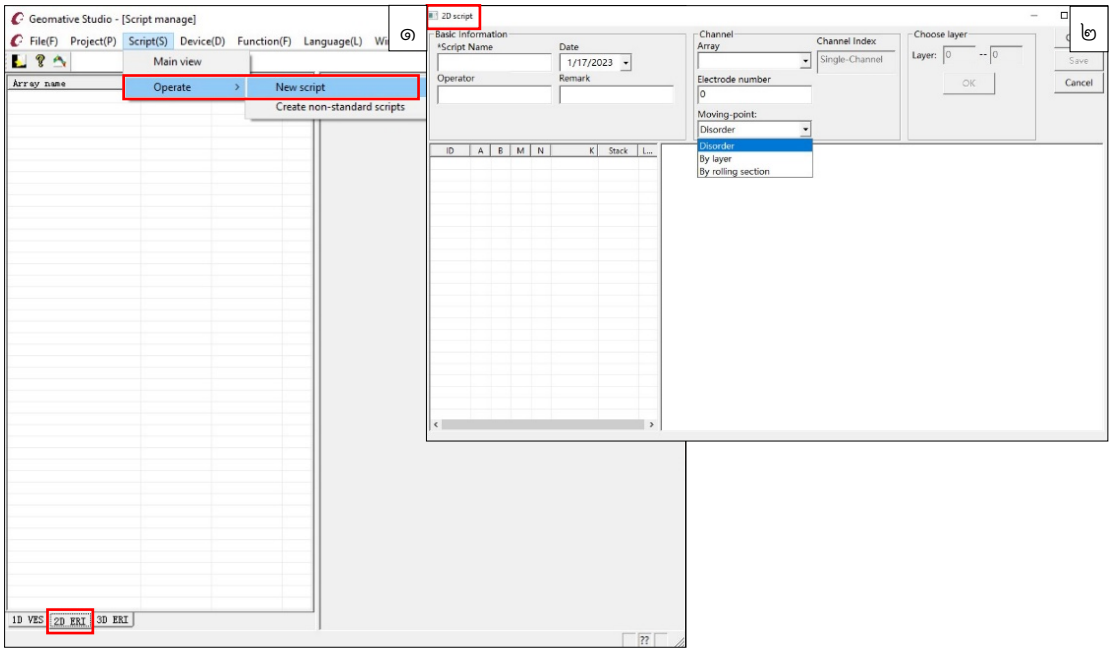
รูปที่ ๒-๓๗ วิธีสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๑ มิติ

๒.๒) สร้างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ เป็นการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบภาพตัดขวาง ด้วยวิธี ERI (Electrical Resistivity Imaging) โดยวิธีนี้เมื่อตั้งค่าเริ่มต้นโปรแกรมจะคำนวณชั้น (Layer) ทั้งหมดที่ได้ตามจำนวนขั้วไฟฟ้าที่กำหนด โดยเลือกเมนู “2D ERI” บริเวณมุมล่างซ้าย จากนั้นคลิก “Script(S)” เลือก “Operate” และ “New script” จะขึ้นหน้าต่าง “2D script” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๘** จากนั้นตั้งค่าสคริปต์ ดังนี้

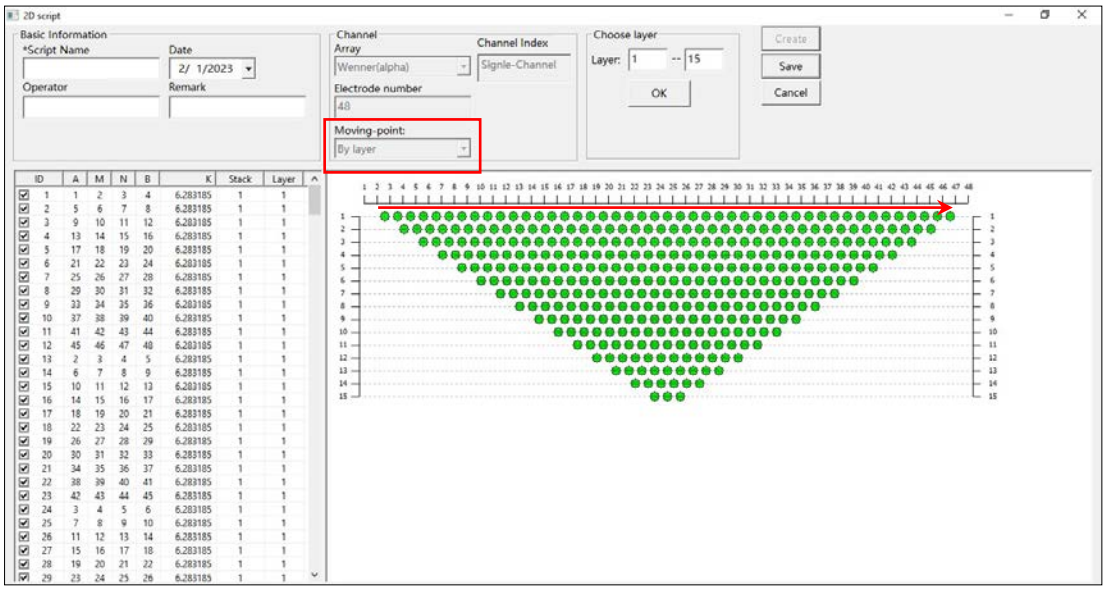
- ชื่อสคริปต์ (Script Name)
- ชื่อผู้ทดสอบ (Operator)
- วันที่ (Date)
- หมายเหตุ (Remark)
- วิธีการวางขั้วไฟฟ้า (Array): รองรับรูปแบบ wenner a, wenner b, wenner r, schlumberger, polepole AM, pole-dipole AMN, dipole-pole MNB, dipole-dipole, cross-hole dipole, wenner-schlumberger และ custom
- จำนวนขั้วไฟฟ้า (Electrode number)
- วิธีการวัดค่า (Moving-point)
  ๑. Disorder คือ วัดค่าแบบไม่เรียงลำดับ
  ๒. By layer คือ วัดค่าเป็นชั้น จากชั้นที่ ๑, ๒, ๓,... ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๓๙**
  ๓. By rolling section คือ วัดค่าแบบเรียงลำดับเป็นชั้นจากซ้ายมือไปขวามือ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๐**
- Channel Index: ใช้ได้ ๑ ช่องทาง

- เลือกหมายเลขชั้นที่วัดค่า (Choose layer): เมื่อคลิก “Create” จะสามารถเลือก “Layer” สำหรับการวัดค่าได้ โดยชั้นที่เลือกวัดค่าจะแสดงสีเขียว จากนั้นคลิก “Ok” เพื่อบันทึก ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๑**

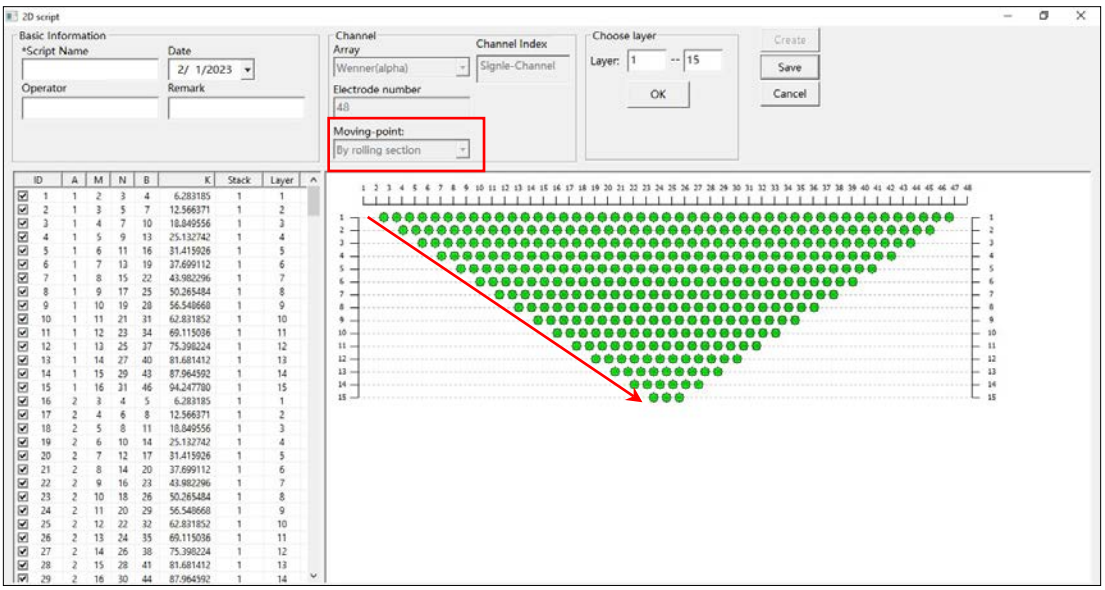
เมื่อตั้งค่าเสร็จเรียบร้อย จะขึ้นหน้าต่างตัวอย่างสคริปต์ โดยด้านซ้ายเป็นรายการข้อมูล และด้านขวาเป็นรูปแบบการวัดค่า



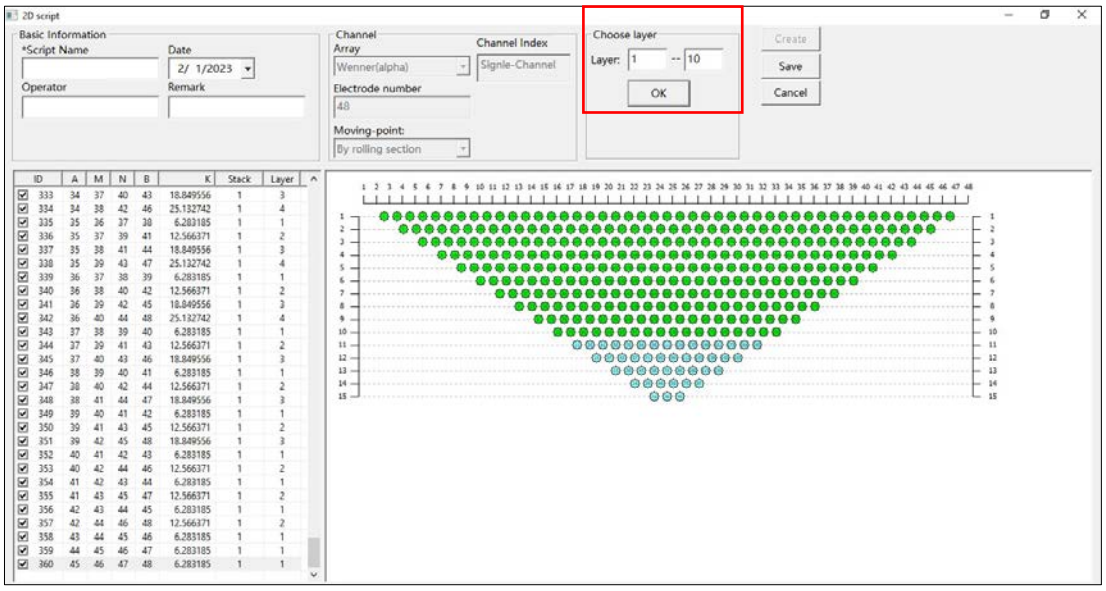
รูปที่ ๒-๓๘ วิธีสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ



รูปที่ ๒-๓๙ ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ วัดค่าแบบ By layer



รูปที่ ๒-๔๐ ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ วัดค่าแบบ By rolling section

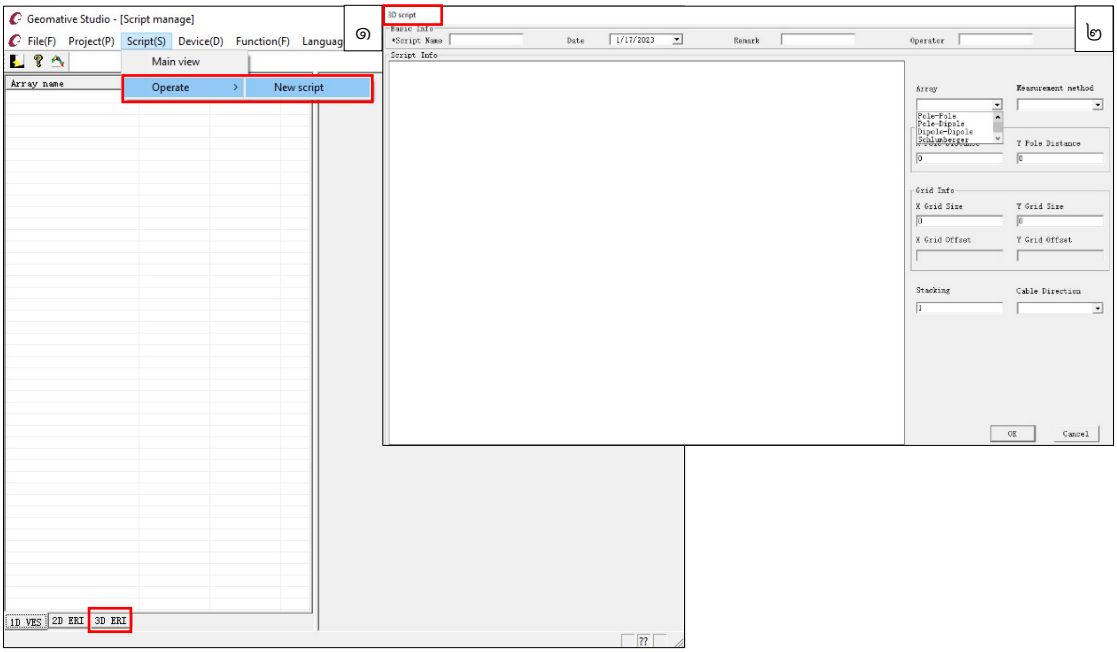


รูปที่ ๒-๔๑ ตัวอย่างสคริปต์ รูปแบบ ๒ มิติ กรณีเลือกหมายเลขชั้นที่ต้องการวัดค่า

๒.๓) สร้างสคริปต์ รูปแบบ ๓ มิติ โดยเลือกเมนู “3D ERI” บริเวณมุมล่างซ้าย จากนั้นคลิก “Script(S)” เลือก “Operate” และ “New script” จะขึ้นหน้าต่าง “3D script” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๒** จากนั้นตั้งค่าสคริปต์ ดังนี้

- ชื่อสคริปต์ (Script name)
- วันที่สร้างสคริปต์ (Date)
- หมายเหตุ (Remark)
- ชื่อผู้ทดสอบ (Operator)

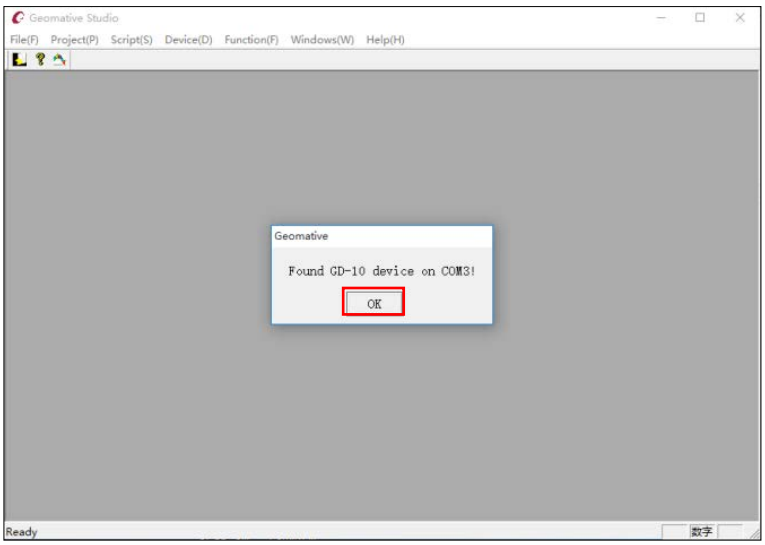
- วิธีการวางขั้วไฟฟ้า (Array): รองรับรูปแบบ Pole-Pole, Pole-Dipole, Dipole-Dipole, Schlumberger, WennerAlfa, WennerBeta, Mid-Gradient-Scan, landfill1 และ landfill2
- วิธีการวัดค่า (Measurement method): Cross-Diagonal
  Cross-Measurement
- ระยะขั้วไฟฟ้า (Pole Distance): แกน X และแกน Y
- ข้อมูลกริด (Grid Info): ขนาดกริด (Grid Size) แกน X และแกน Y
  ระยะซ้อนทับกริด (Grid Offset) แกน X และแกน Y
- จำนวนครั้งที่วัดค่า (Stacking)
- ทิศทางวางสายเคเบิล (Cable Direction): แกน X แกน Y



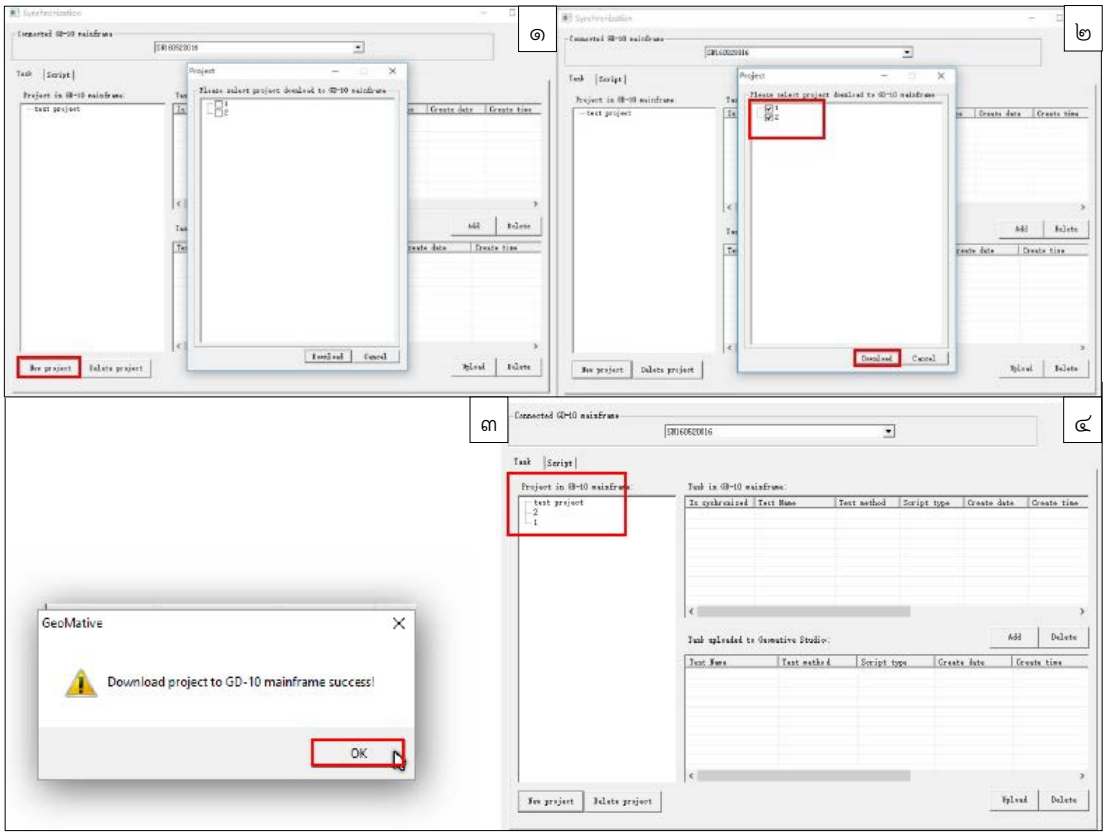
รูปที่ ๒-๔๒ การสร้างสคริปต์ รูปแบบ ๓ มิติ

เมื่อออกแบบการสำรวจแล้วเสร็จ ให้เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่อง GD-10 mainframe เพื่อส่งข้อมูลการออกแบบการสำรวจไปยังเครื่อง GD-10 mainframe เมื่อขึ้นหน้าต่างแสดงการเชื่อมต่อ ให้คลิก “Ok” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๓** จากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง “Synchronization” ให้คลิก “New project” ที่มุมล่างซ้าย จะขึ้นหน้าต่าง “Project” ให้คลิก “✓” ที่กล่องข้อความหน้าตัวเลข แล้วคลิก “Download” เมื่อขึ้นหน้าต่างยืนยัน ให้คลิก “OK” จะปรากฏโครงการที่เลือกบนรายการ “Project in GD-10 mainframe” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๔** จากนั้นเลือกเมนู “Script” เพื่อเปลี่ยนไปยังหน้าต่างสคริปต์ จะปรากฏสคริปต์บนรายการ “Script in Geomative Studio” ให้เลือกสคริปต์ที่ต้องการ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๕** จากนั้นคลิก “Download” หากดาวน์โหลดสำเร็จ จะแสดงในรายการ “Script in GD-10 mainframe” และถูกระบุใน “Is synchronized” ว่า “Yes” หากสคริปต์เคยดาวน์โหลดไว้แล้วจะแสดงว่า “No” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๖** และหาก

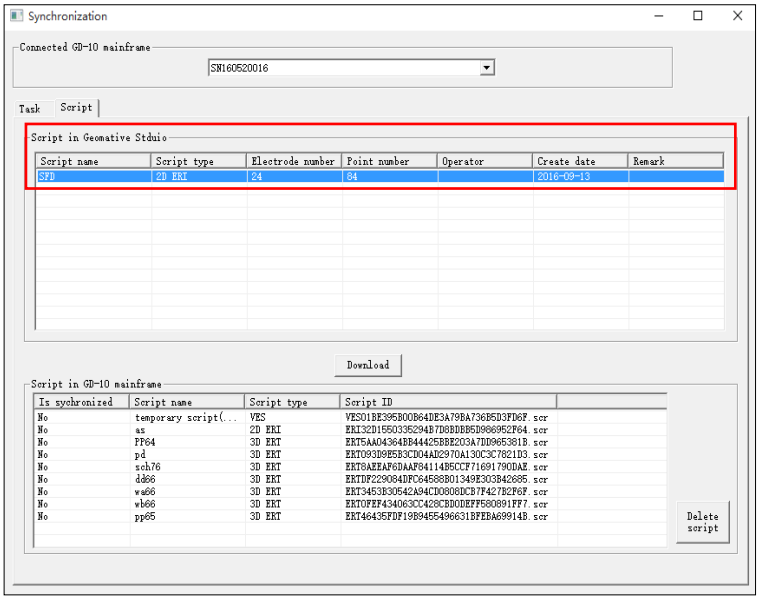
ต้องการลบ ให้เลือกสคริปต์ที่ต้องการ จากนั้นคลิก “Delete script” เมื่อขึ้นหน้าต่างยืนยันให้คลิก “Yes” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๗**



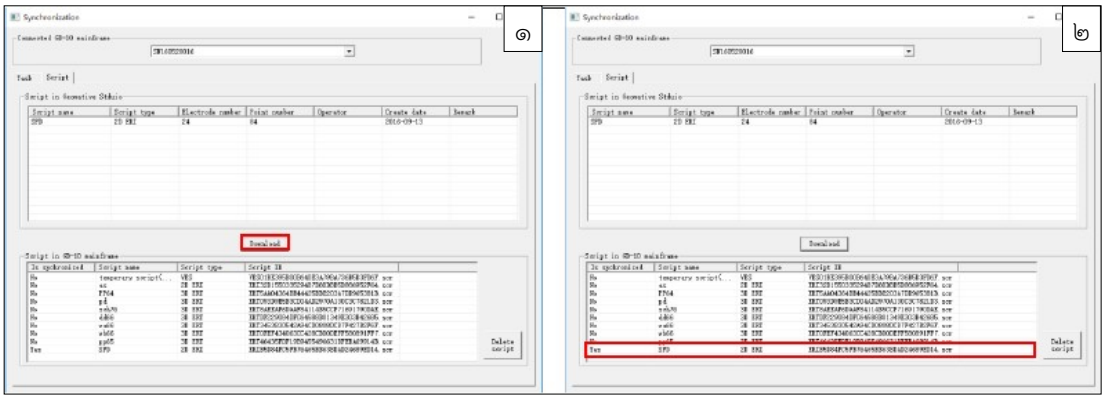
รูปที่ ๒-๔๓ การยืนยันการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่อง GD-10 mainframe



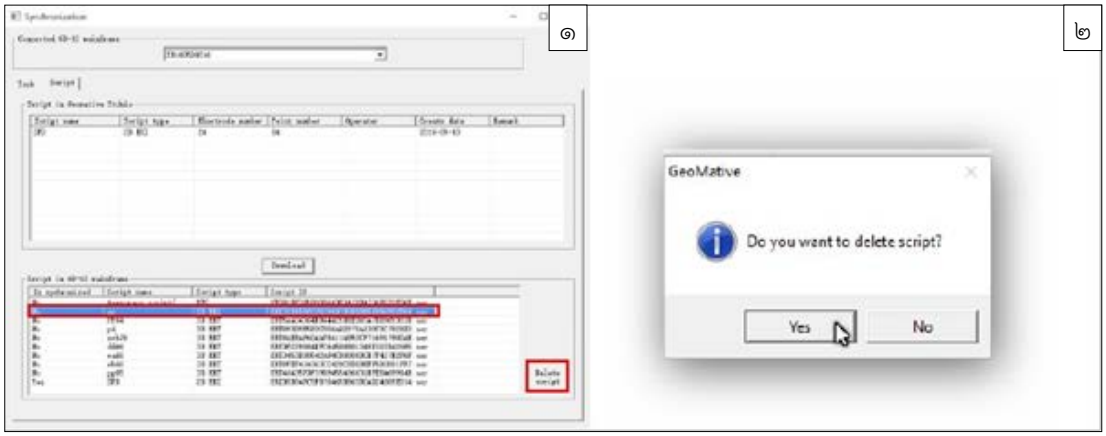
รูปที่ ๒-๔๔ การเลือกโครงการเพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe



รูปที่ ๒-๔๕ การเลือกสคริปต์เพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่อง GD-10 mainframe



รูปที่ ๒-๔๖ การส่งข้อมูลสคริปต์ไปยังเครื่อง GD-10 mainframe

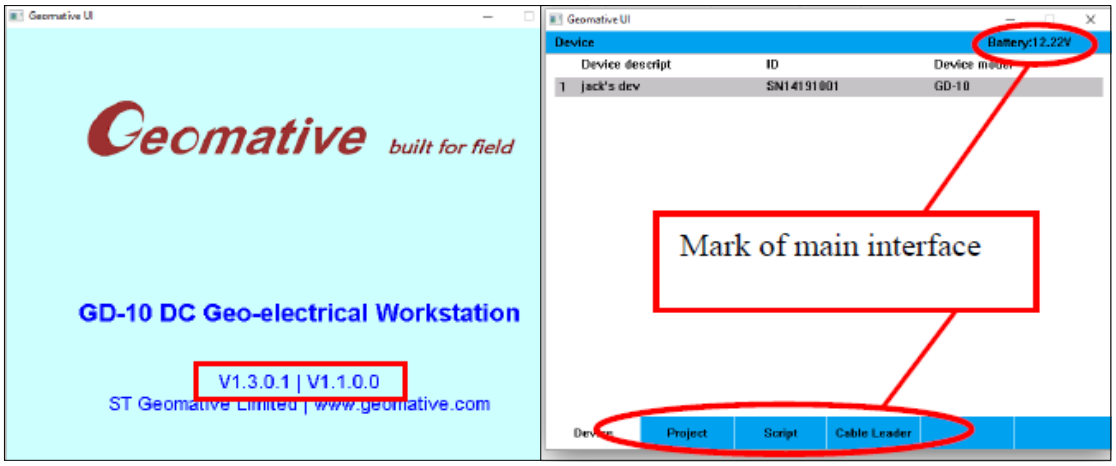


รูปที่ ๒-๔๗ การลบสคริปต์

๒.๖.๒ การวัดค่าและส่งออกข้อมูล

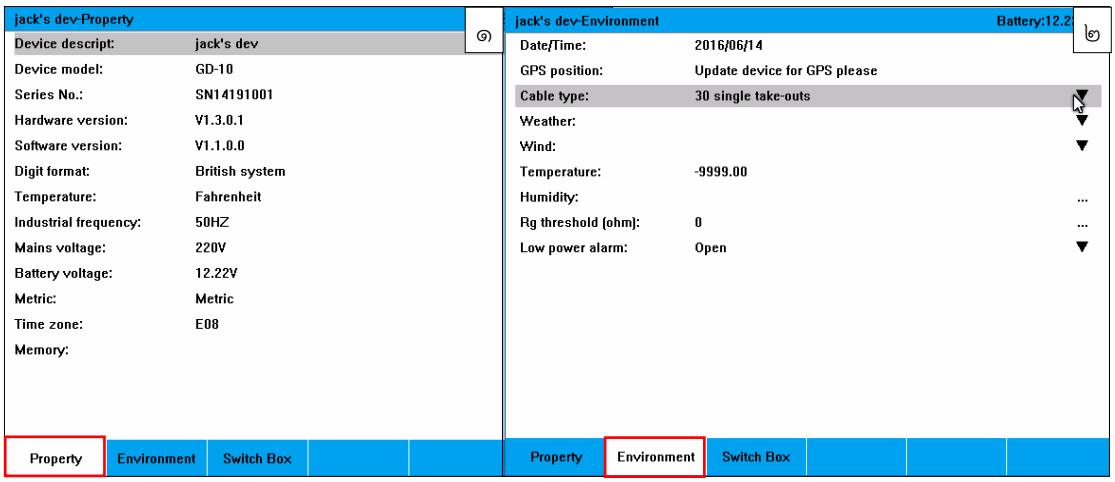
เครื่อง GD-10 mainframe ปัจจุบันใช้เวอร์ชั่น V1.3.0.1 I V1.1.0.0 เมื่อเปิดเครื่องจะแสดงหน้าจอหลัก ซึ่งประกอบด้วยเมนู “Device”, “Project”, “Script” และ “Cable Leader” ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๘** เมื่อติดตั้งเครื่องมือและออกแบบการสำรวจแล้วเสร็จ สามารถวัดค่าและส่งออกข้อมูลได้ ดังนี้

๑) ตรวจสอบทิศทางและจำนวนของ SR-๑๐ switch relay โดยก่อนเริ่มการสำรวจให้เข้าหน้าจอหลักของการจัดการที่เครื่อง GD-10 mainframe จากนั้นเลือกเมนู “Cable Leader” และกด F2 เพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักการจัดการโครงการ และกด F3 เพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักการจัดการสคริปต์ โดยสามารถกด F3 เพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักสำหรับตรวจสอบการเชื่อมต่อของ Cable leader ได้



รูปที่ ๒-๔๘ หน้าจอหลักของเครื่อง GD-10 mainframe

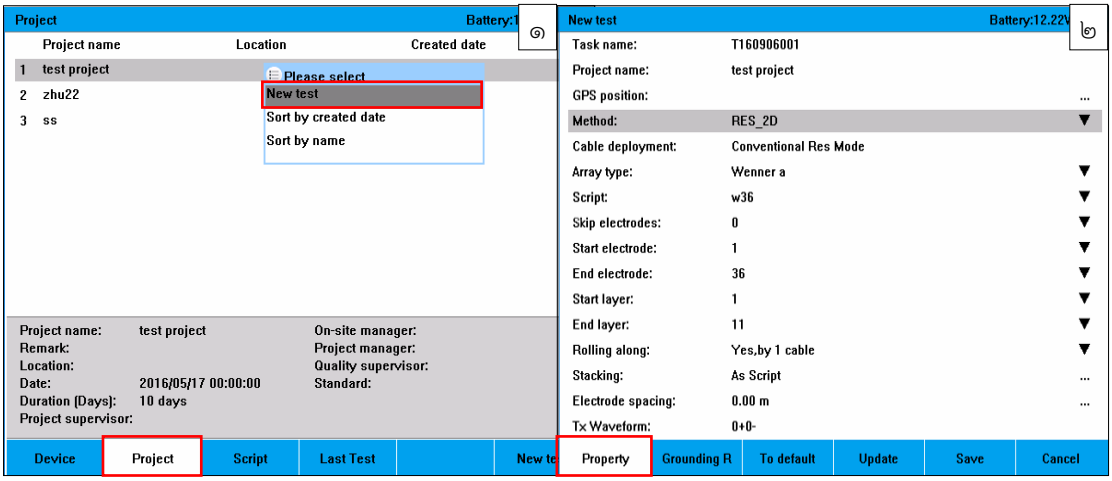
๒) คุณสมบัติของเครื่องมือ (Property) และตั้งค่าพารามิเตอร์สภาพแวดล้อม (Environmental parameters) โดยเข้าหน้าจอหลักของการจัดการเครื่องมือ จากนั้นกดลูกบิดบนเครื่อง GD-10 mainframe เพื่อเข้าสู่หน้าจอการจัดการ จะแสดงคุณสมบัติของเครื่องมือ (Property) จากนั้นกด F2 เพื่อเข้าสู่หน้าจอสภาพแวดล้อม (Environment) ซึ่งสามารถตั้งค่าตำแหน่ง GPS (GPS position), ชนิดของสายเคเบิล (Cable type), ภูมิอากาศ (Weather), ลม (Wind), อุณหภูมิ (Temperature), ความชื้น (Humidity) เป็นต้น ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๔๙**



รูปที่ ๒-๔๙ หน้าจอแสดงคุณสมบัติของเครื่องมือ และตั้งค่าพารามิเตอร์สภาพแวดล้อม

๓) สร้างงาน (Task) รูปแบบ ๒ มิติ ให้กดลูกบิดบนเครื่อง GD-10 mainframe เพื่อไปยังหน้าจอหลักของโครงการ เลือกเข้าสู่หน้าจอคุณสมบัติของโครงการ จากนั้นกด “Menu” เลือก “Project” และเลือก “New test” จะแสดงหน้าจอคุณสมบัติของโครงการใหม่ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๐** จากนั้นตั้งค่างาน ดังนี้

- ชื่องาน (Task name)
- ชื่อโครงการ (Project name)
- ตำแหน่ง GPS (GPS position)
- วิธีการสำรวจ (Method)
- วิธีติดตั้งสายเคเบิล (Cable deployment)
- วิธีการอ่านค่าของการวางขั้วไฟฟ้า (Array type)
- เลือกสคริปต์ (Script)
- เลือกขั้วไฟฟ้าที่ไม่ต้องการอ่านค่า (Skip electrodes)
- เลือกขั้วไฟฟ้าตัวแรกที่อ่านค่า (Start electrode)
- เลือกขั้วไฟฟ้าตัวสุดท้ายที่อ่านค่า (End electrode)
- เลือกชั้นแรกที่อ่านค่า (Start layer)
- เลือกชั้นสุดท้ายที่อ่านค่า (End layer)
- วิธีการสำรวจแบบ Rolling along (Rolling along)
- จำนวนครั้งที่วัดค่า (Stacking)
- ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (Electrode spacing)



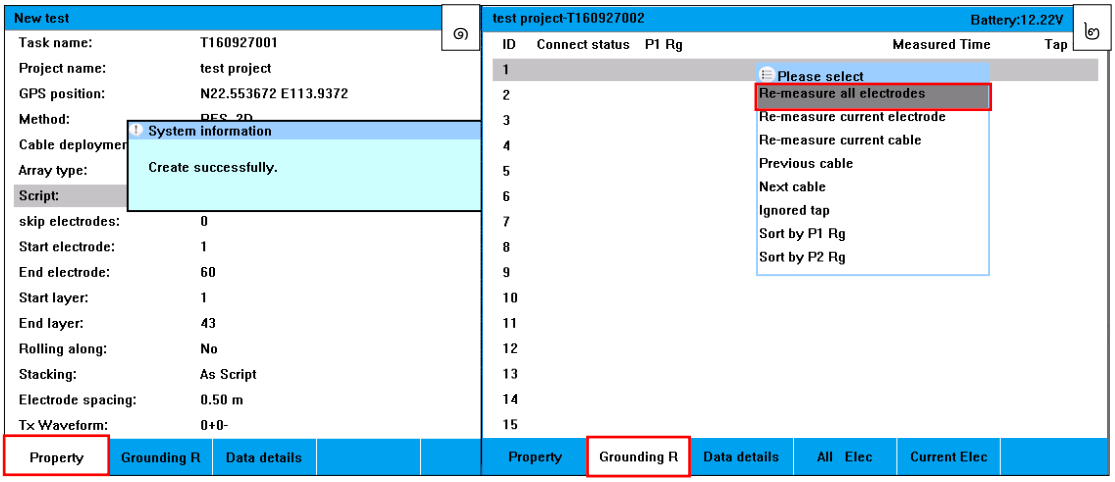
รูปที่ ๒-๕๐ การสร้างงาน รูปแบบ ๒ มิติ

๔) วัดค่า Grounding R เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง Multi-electrode cable, ขั้วไฟฟ้าเหล็ก และชั้นดินบริเวณที่ปักขั้วไฟฟ้า มีวิธีการตรวจสอบ ดังนี้ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๑**

๔.๑) เลือกบันทึกการทดสอบใหม่ (New Test) จะปรากฏข้อความยืนยัน ให้กดตำแหน่งใดก็ได้ ข้อความยืนยันจะหายไป จากนั้นกด F2 เพื่อเข้าสู่หน้าจอการทดสอบ “Grounding R” ให้กด “Menu” และเลือก “Re-measure all electrodes”

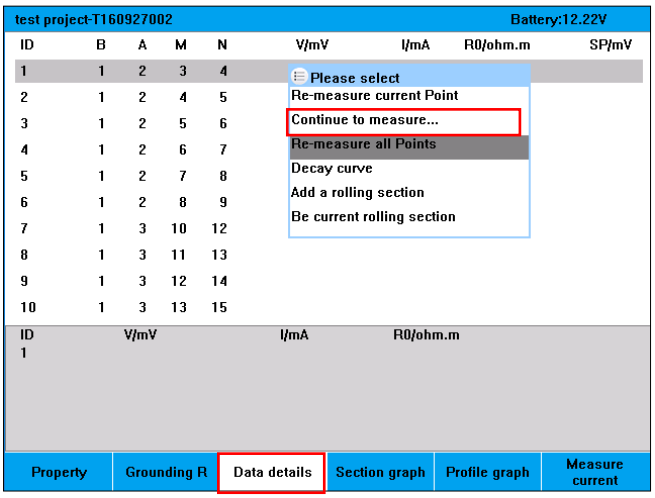
๔.๒) หากไม่สามารถตรวจสอบ Grounding R ได้ หรือมีการแจ้งเตือนว่า “open circuit” ให้ตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง Multi-electrode cable กับขั้วไฟฟ้าเหล็ก จากนั้นกด “Menu” เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

๔.๓) หาก Grounding R แจ้งเตือนว่า “too larger” ให้เทน้ำลงไปบริเวณขั้วไฟฟ้าเหล็ก หรือตอกขั้วไฟฟ้าเหล็กให้ลึกลงอีก เพื่อลด “Grounding resistance” จากนั้นกด “Menu” เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

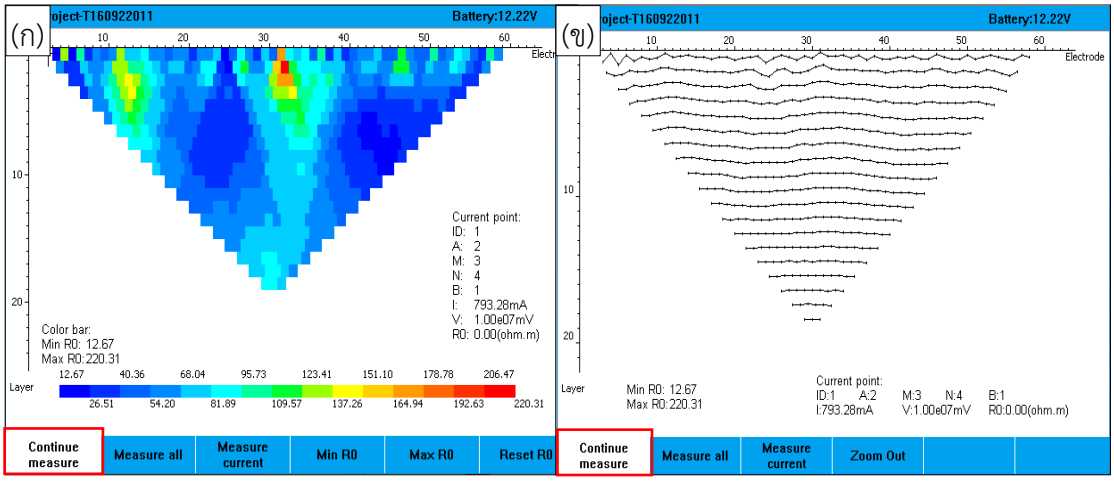


รูปที่ ๒-๕๑ การวัดค่า Grounding R

๕) วัดค่าข้อมูล (Data measurement) หลังจากตั้งค่างานใหม่และตรวจสอบ Grounding R ให้กดเมนูตั้งค่างาน/โครงการใหม่ ( ) บริเวณด้านซ้ายของเครื่อง GD-10 mainframe และเลือก “Continue to measure” เพื่อเริ่มการวัดค่าข้อมูล ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๒** โดยการวัดค่ารูปแบบ ๒ มิติ จะได้ภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) แสดงด้วยสีของช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ และภาพตัดขวางแสดงตำแหน่งวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Profile Graph) โดยแกน X คือ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้า และแกน Y คือ หมายเลขชั้น ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๓**



รูปที่ ๒-๕๒ การวัดค่าข้อมูล รูปแบบ ๒ มิติ

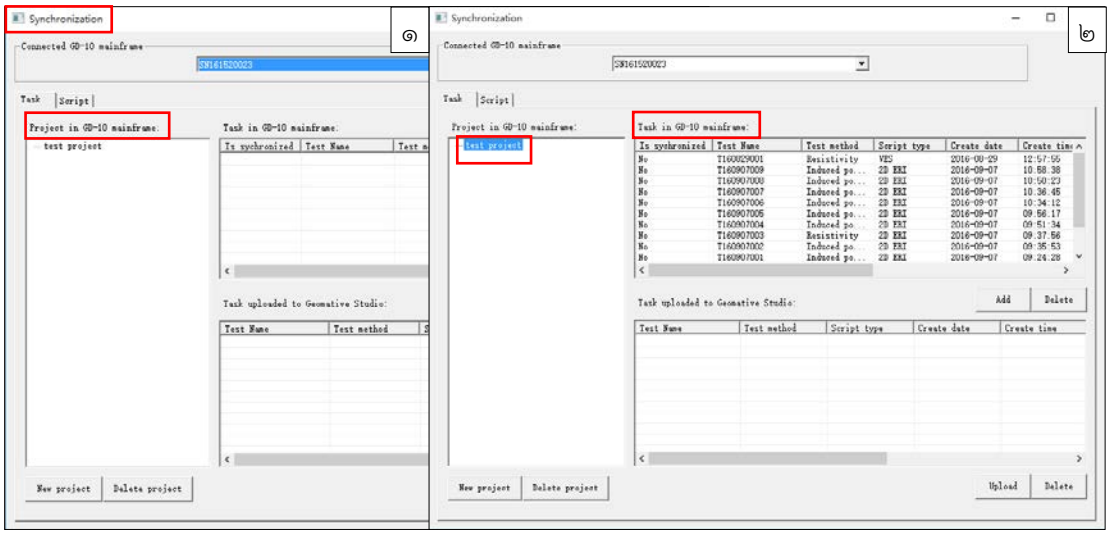


รูปที่ ๒-๕๓ (ก) ภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection)
(ข) ภาพตัดขวางแสดงตำแหน่งวัดค่า (Profile Graph)

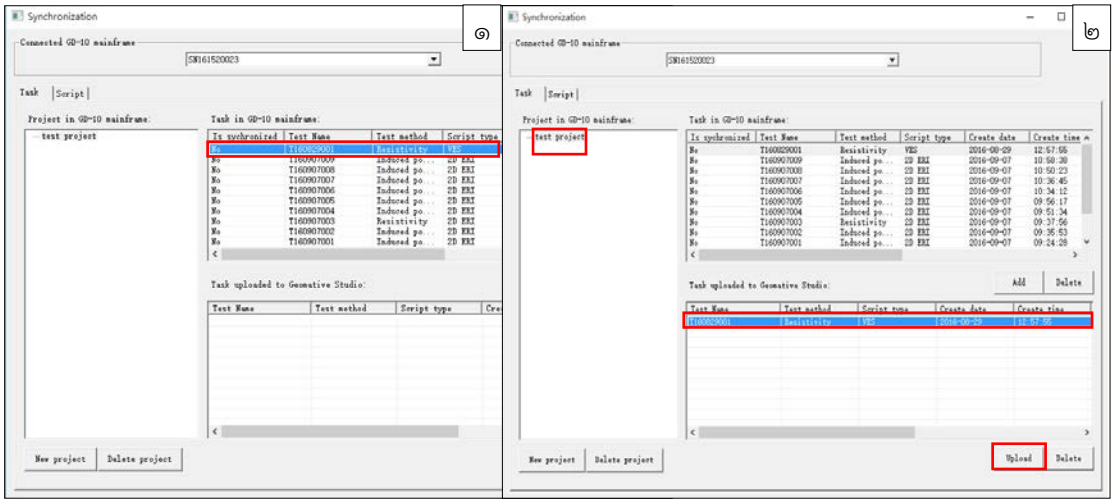
๖) ส่งออกข้อมูล จากเครื่อง GD-10 mainframe ไปยังซอฟต์แวร์ Geomative studio โดยเชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe กับคอมพิวเตอร์ และคลิก “Function-Synchronization” ที่ซอฟต์แวร์ Geomative studio จะปรากฏหน้าต่าง “Synchronization”

ให้เลือกโครงการที่ต้องการจากช่องรายการ “Project in GD-10 mainframe” บริเวณด้านซ้าย จากนั้นจะปรากฏข้อมูลโครงการที่ช่องรายการ “Task in GD-10 mainframe” บริเวณด้านขวา ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๔** ให้เลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการส่งออก และคลิก “Add” เพื่อส่งข้อมูลไปยังช่องรายการ “Task upload to Geomative studio” จากนั้นเลือกไฟล์ข้อมูล และคลิก“Upload” เพื่อส่งไฟล์ข้อมูลไปยัง Geomative Studio ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๕**

<u>หมายเหตุ</u> ระหว่างการส่งข้อมูล หากคลิก “√” ที่ด้านหน้ากล่องไฟล์ข้อมูล ไฟล์จะถูกลบโดยอัตโนมัติหลังเสร็จสิ้นการส่งข้อมูล

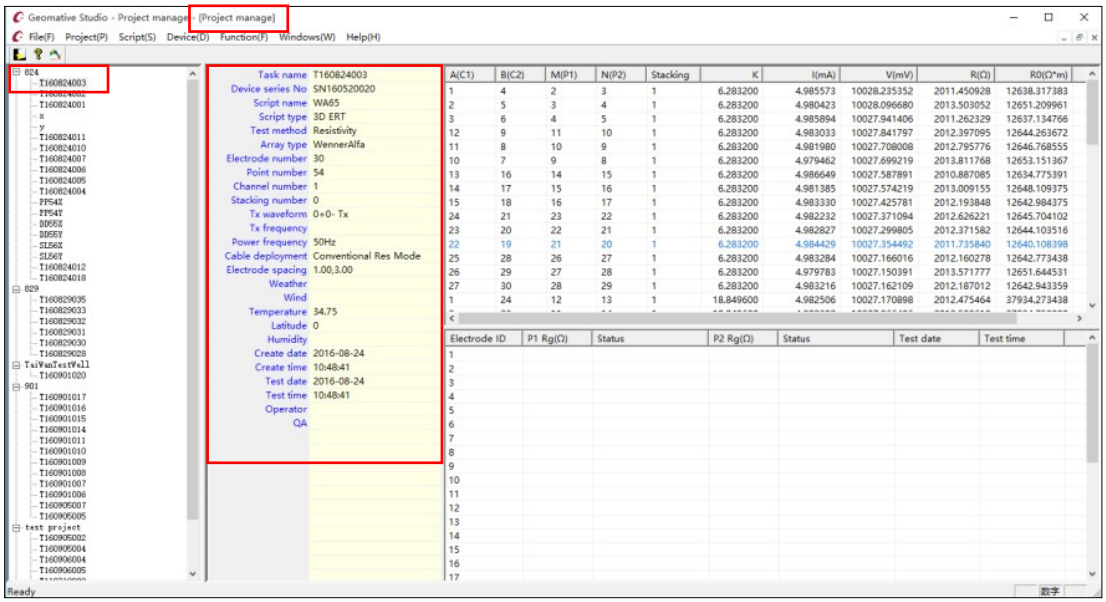


รูปที่ ๒-๕๔ การเชื่อมต่อเพื่อส่งออกข้อมูล



รูปที่ ๒-๕๕ การเลือกไฟล์เพื่อส่งออกข้อมูล

๗) การดูข้อมูลและแก้ไขข้อมูล ไฟล์ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากเครื่อง GD-10 mainframe จะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลของซอฟต์แวร์ Geomative Studio ซึ่งสามารถดูข้อมูลและแก้ไขข้อมูลได้ที่หน้าจอการจัดการโครงการ โดยเลือก “Project-Main view” จะขึ้นหน้าต่าง “Project manage” ให้เลือกไฟล์ข้อมูลจากรายการบริเวณด้านซ้าย รายละเอียดข้อมูลจะปรากฏที่บริเวณด้านขวา ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๖**



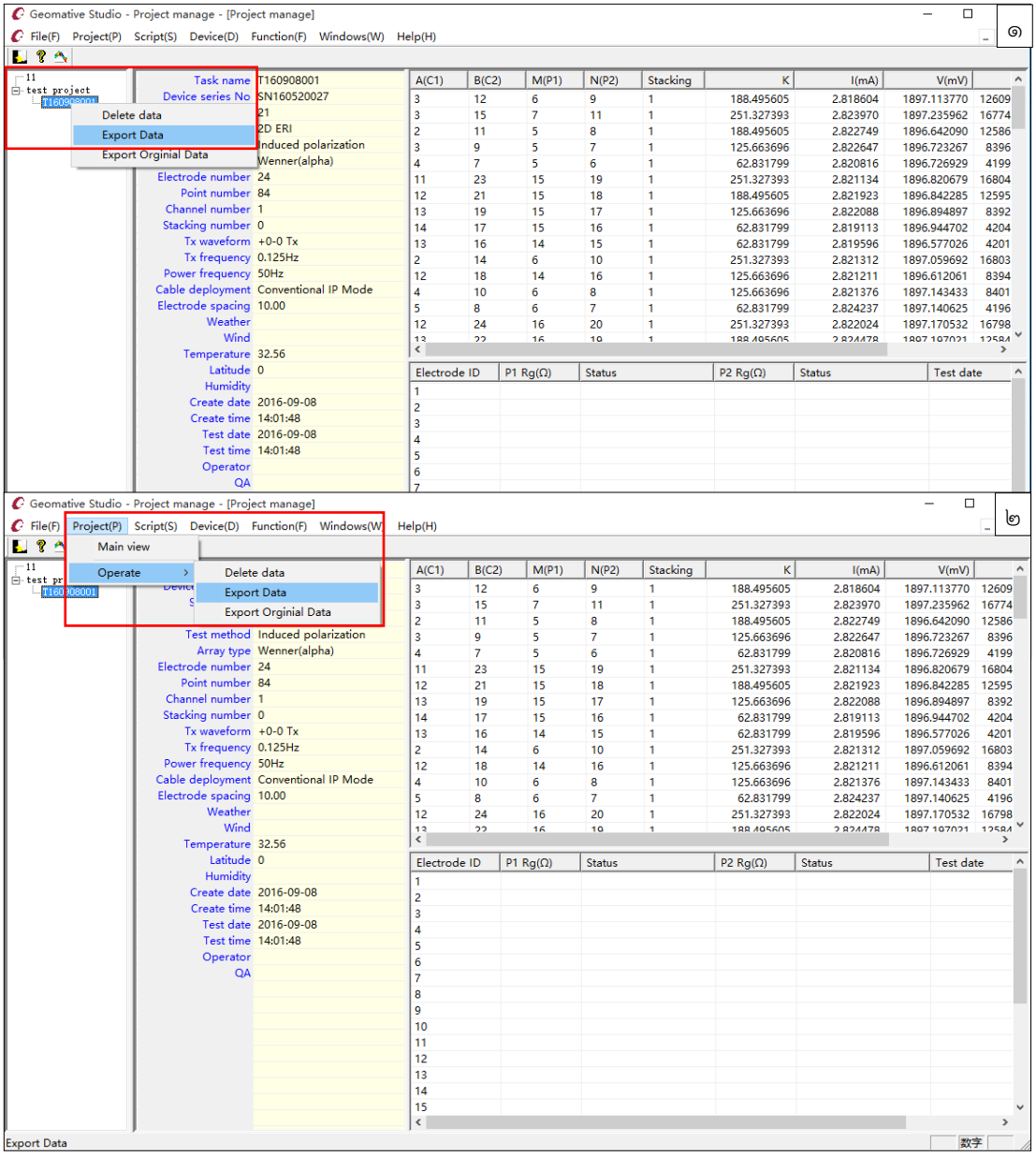
รูปที่ ๒-๕๖ การดูข้อมูลและแก้ไขข้อมูล

๘) การส่งออกข้อมูล (Export data) สามารถส่งออกไฟล์ข้อมูลได้ ๓ รูปแบบ คือ DAT, Excel และ Txt สำหรับการสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ ข้อมูลไฟล์ DAT สามารถถูกแปลงโดยใช้ซอฟต์แวร์ Res2DInV ได้โดยตรง วิธีการส่งออกข้อมูลมี ๒ วิธี ดังนี้ ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๗**

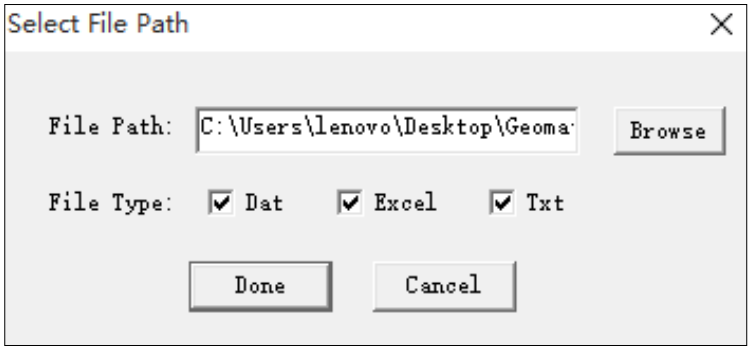
๘.๑) คลิกเลือกไฟล์ข้อมูลบริเวณด้านซ้าย จากนั้นคลิกขวา เลือก “Export Data”

๘.๒) คลิก “Project(P)” เลือก “Operate” และ “Export Data”

จากนั้นเลือกโฟลเดอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูล (File Path) โดยคลิกที่ “Browse” และเลือกรูปแบบการส่งออกไฟล์ข้อมูล (File Type) โดยคลิก “√” ที่หน้ากล่องข้อความ “Dat”, “Excel” หรือ “Txt” จากนั้นคลิก “Done” จะขึ้นหน้าต่างยืนยัน ให้คลิกยืนยันเพื่อส่งออกข้อมูล ดังแสดงใน**รูปที่ ๒-๕๘**



รูปที่ ๒-๕๗ การส่งออกข้อมูล



รูปที่ ๒-๕๘ เลือกโฟลเดอร์จัดเก็บข้อมูล และรูปแบบการส่งออกไฟล์ข้อมูล

บทที่ ๓
วิธีการดำเนินงาน

๓.๑ รวบรวมและศึกษาข้อมูล

ประเทศไทยมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน อาทิ พื้นที่ภูเขาสูงภาคเหนือ พื้นที่ราบลุ่มตอนกลาง พื้นที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภูเขาสูงภาคตะวันตก ภูเขาและที่ราบชายฝั่งทะเลและหมู่เกาะทางภาคใต้ ฉะนั้น จำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ก่อนเริ่มทำการสำรวจ ดังนี้

๓.๑.๑ ลักษณะภูมิประเทศ อาศัยข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน ๑:๕๐,๐๐๐ จัดทำโดยกรมแผนที่ทหาร แสดงรายละเอียดขอบเขตการปกครอง ระดับจังหวัด อำเภอ ตำบล ที่ตั้งหมู่บ้าน เส้นชั้นความสูง เส้นทางคมนาคม ทางน้ำ แหล่งน้ำผิวดิน และภูเขา

๓.๑.๒ ข้อมูลธรณีวิทยา จากแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน ๑:๒๕๐,๐๐๐ จัดทำโดยกรมทรัพยากรธรณี แสดงข้อมูลหน่วยหินทางธรณีวิทยา โครงสร้างทางธรณีวิทยา และภาพตัดขวางทางธรณีวิทยา

๓.๑.๓ ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา จากแผนที่น้ำบาดาล มาตราส่วน ๑:๑๐๐,๐๐๐ จัดทำโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล แสดงข้อมูลหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ปริมาณน้ำบาดาล และคุณภาพน้ำบาดาล

๓.๑.๔ ข้อมูลทางวิศวกรรม จากแบบแปลนการก่อสร้าง แสดงข้อมูลลักษณะโครงการ ที่ตั้ง ประเภทโครงการ ลักษณะอุทกวิทยา รายละเอียดโครงการ ผลประโยชน์ที่ได้รับ แผนที่แสดงแหล่งวัสดุ และผลการเจาะสำรวจธรณีวิทยาฐานราก

จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และวางแผนการสำรวจในภาคสนาม เพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ธรณีวิทยาโครงสร้าง การวางตัวของชั้นดินชั้นหิน สภาพเขื่อนและฝาย

๓.๒ วางแผนการสำรวจ

หลังจากรวบรวมและศึกษาข้อมูลโครงการเบื้องต้น จำเป็นต้องวางแผนการสำรวจ โดยกำหนดเป้าหมายของการสำรวจ เพื่อออกแบบการสำรวจ เลือกวิธีการสำรวจ กำหนดจุดสำรวจ แนวสำรวจ รวมถึงระยะห่างระหว่างจุดสำรวจ และระยะห่างระหว่างแนวสำรวจ ให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ต้องการ ดังนี้

๓.๒.๑ การเลือกวิธีการสำรวจ

การเลือกวิธีการสำรวจ ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการสำรวจ สภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน สภาพพื้นที่ ระยะเวลา รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ สามารถสำรวจได้ ๓ วิธี ดังนี้

๑) การสำรวจรูปแบบ ๑ มิติ เป็นการสำรวจแบบหยั่งลึก เพื่อให้ได้ข้อมูลสภาพใต้ผิวดินในแนวดิ่ง

๒) การสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ เป็นการสำรวจที่ได้ข้อมูลสภาพใต้ผิวดินในแนวดิ่งและแนวนอน ในรูปแบบภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดิน

๓) การสำรวจรูปแบบ ๓ มิติ เป็นการสำรวจที่ได้ข้อมูลสภาพใต้ผิวดินทั้งแนวดิ่ง แนวนอน และแนวลึก ได้ข้อมูลสภาพใต้ผิวดินที่เป็นรูปทรง

สำหรับงานพัฒนาแหล่งน้ำ การสำรวจได้ประยุกต์เพื่อตรวจสอบความผิดปกติของชั้นดินชั้นหินที่เกี่ยวข้องกับความซึมผ่านที่แตกต่างกัน ดังนั้น การสำรวจแบบ ๑ มิติ เป็นการสำรวจที่ได้ข้อมูลเพียงตำแหน่งเดียว ซึ่งอาจไม่พบความผิดปกติหรือความแตกต่างของข้อมูล ในขณะที่การสำรวจแบบ ๒ มิติ และ ๓ มิติ สามารถให้ข้อมูลที่เห็นค่าความผิดปกติได้ชัดเจนและต่อเนื่องมากกว่า แต่การสำรวจแบบ ๒ มิติ ใช้เวลาในการสำรวจน้อยกว่าการสำรวจแบบ ๓ มิติ การสำรวจแบบ ๒ มิติ จึงเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจด้านพัฒนาแหล่งน้ำ

๓.๒.๒ การออกแบบการสำรวจ

การออกแบบการสำรวจ เพื่อกำหนดรูปแบบการเก็บข้อมูล ดังนี้

๑) กำหนดความลึกที่ต้องการสำรวจ เพื่อเลือกวิธีการจัดวางขั้วไฟฟ้า ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า จำนวนขั้วไฟฟ้า และความยาวแนวสำรวจ

๒) กำหนดความละเอียดที่ต้องการสำรวจ เพื่อกำหนดระยะห่างระหว่างแนวสำรวจ จำนวนแนวสำรวจ และทิศทางของแนวสำรวจ

หากเลือกระยะห่างของขั้วไฟฟ้าไม่เหมาะสม อาจหาความผิดปกติของสิ่งที่ต้องการสำรวจไม่ได้ ดังนั้น ควรวางแนวสำรวจให้มีระยะกว้าง ครอบคลุมพื้นที่สำรวจก่อน เพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นโดยรวม จากนั้นนำข้อมูลมาวางแผนการสำรวจขั้นรายละเอียดต่อไป โดยการลดระยะแนวสำรวจลง เพื่อเก็บข้อมูลให้มีความละเอียดมากขึ้น

เนื่องจากความละเอียดของข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า ยิ่งระยะห่างมากความละเอียดของข้อมูลจะลดลง แต่ได้ความลึกของการสำรวจเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าน้อย ความละเอียดของข้อมูลจะมากขึ้น สามารถใช้ในการแปลความหมายได้แม่นยำมากขึ้น และทำให้ความลึกของการสำรวจลดลงเช่นกัน การออกแบบการสำรวจจึงมีความสำคัญมาก หากเก็บข้อมูลไม่ครอบคลุม จะไม่สามารถแปลความหมายสภาพใต้ผิวดินได้อย่างถูกต้อง โดยความยาวแนวสำรวจสามารถคำนวณได้ ดังนี้

ความยาวแนวสำรวจ = (จำนวนขั้วไฟฟ้า - ๑) x ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า

โดยความลึกของการสำรวจ ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดวางขั้วไฟฟ้า ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า และจำนวนขั้วไฟฟ้า ทั้งนี้ หากนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะสามารถคำนวณความลึกของการสำรวจได้ โดยความลึกที่ได้จากการคำนวณเป็นความลึกโดยประมาณ ยกตัวอย่างเช่น การประมวลผลด้วยโปรแกรม RES2DINV สามารถคำนวณความลึกของการสำรวจได้จากจำนวนเท่าของระยะแนวสำรวจ ดังนี้

๑) Wenner-Schlumberger	๐.๕ เท่าของระยะแนวสำรวจ
๒) Dipole-Dipole	๐.๓ เท่าของระยะแนวสำรวจ
๓) Pole-Pole	๐.๙ เท่าของระยะแนวสำรวจ
๔) Pole-Dipole	๐.๖ เท่าของระยะแนวสำรวจ

(ที่มา: M.H.Loke, 1999)

๓.๓ จัดเตรียมเครื่องมือสำรวจ

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ มีดังนี้

๓.๓.๑ เครื่องมือ Geomative รุ่น GD-๑๐ ประกอบด้วย

๑) GD-๑๐ mainframe จำนวน ๑ เครื่อง

๒) SR-๑๐ switch relay จำนวน ๔ อัน

๓) L type cable จำนวน ๑ ชุด

๔) สายเชื่อมต่อ USB จำนวน ๑ ชุด

๕) สายบานาน่าปลั๊ก กับคลิปหนีบขั้วแบตเตอร์รี่ จำนวน ๑ ชุด

๖) อุปกรณ์ชาร์จ จำนวน ๑ ชุด

๓.๓.๒ อุปกรณ์จ่ายไฟ

๓.๓.๓ สายเคเบิลที่ออกแบบเพื่อใช้กับการอ่านค่าแบบหลายขั้ว (Multi-electrode cable) จำนวน ๓ เส้น แต่ละเส้น ประกอบด้วยขั้ว CB10 จำนวน ๑๐ ขั้ว มีระยะห่างระหว่างขั้ว ๕ เมตร

๓.๓.๔ ขั้วไฟฟ้าเหล็กไร้สนิม พร้อมคลิปหนีบ จำนวน ๓๐ อัน

๓.๓.๕ ค้อน จำนวน ๒ อัน

๓.๓.๖ เทปวัดระยะ จำนวน ๒ อัน

๓.๗.๗ เครื่องจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) จำนวน ๑ เครื่อง

๓.๓.๘ ร่มสนาม จำนวน ๑ คัน

๓.๔ ดำเนินการสำรวจ

ดำเนินการสำรวจตามที่วางแผนไว้ ดังนี้

๓.๔.๑ ออกแบบการสำรวจด้วยซอฟต์แวร์ Geomative Studio

ออกแบบการสำรวจตามความลึกและเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ Geomative Studio ในการสร้างโครงการ (Project) และสร้างสคริปต์ (Script) เพื่อกำหนดวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ จากนั้นเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่อง GD-10 mainframe ด้วยสายเชื่อมต่อ USB เพื่อส่งข้อมูลที่ออกแบบไปยังเครื่อง GD-10 mainframe

๓.๔.๒ จัดวางขั้วไฟฟ้าเหล็ก และติดตั้งอุปกรณ์

กำหนดตำแหน่งวางเครื่อง GD-10 mainframe และใช้เทปวัดระยะวางตามทิศทางของแนวสำรวจ จากนั้นจัดวางขั้วไฟฟ้าเหล็กตามระยะที่กำหนด และใช้ค้อนตอกขั้วไฟฟ้าเหล็กลงไปในดิน โรยสายเคเบิลให้ขั้วไฟฟ้าอยู่ตำแหน่งใกล้เคียงกับขั้วไฟฟ้าเหล็ก และใช้คลิปหนีบที่ขั้ว CB10 บนสายเคเบิล จากนั้นเชื่อมต่อปลายสายเคเบิลเข้ากับ SR-๑๐ switch relay หรือ L type cable เชื่อมต่อไปยังเครื่อง GD-10 mainframe

๓.๔.๓ ตั้งค่าเครื่องมือสำรวจ และวัดค่า

ก่อนการสำรวจให้ปรับเทียบเครื่อง GD-10 mainframe กับกล่องความต้านทาน จากนั้นตรวจสอบทิศทางและจำนวนของ SR-10 switch relay และวัดค่า Grounding R เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่าง Multi-electrode cable, ขั้วไฟฟ้าเหล็ก และชั้นดินบริเวณที่ปักขั้วไฟฟ้า เมื่อตรวจสอบเรียบร้อย จึงเริ่มวัดค่าได้ โดยผลการสำรวจจะแสดงบนหน้าจอเครื่อง

GD-10 mainframe ในรูปแบบภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน และภาพตัดขวางแสดงตำแหน่งวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

๓.๔.๔ ส่งออกข้อมูล

เมื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล พร้อมนำไปใช้งาน ให้เชื่อมต่อเครื่อง GD-10 mainframe กับคอมพิวเตอร์ ด้วยสายเชื่อมต่อ USB เพื่อส่งออกข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์ Geomative studio จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์และแปลความหมายสภาพใต้ผิวดิน

๓.๕ วิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการสำรวจ ควรวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นก่อนนำไปประมวลและแปลความหมาย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

๓.๕.๑ คัดเลือกข้อมูลที่ผิดปกติออก

๓.๕.๒ ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งข้อมูล หากตำแหน่งผิด การแปลความหมายใต้ผิวดินจะผิดตำแหน่ง ส่งผลให้การนำไปใช้งานผิดพลาด

๓.๕.๓ ปรับแก้ค่าให้เหมาะสมและสอดคล้อง เช่น ข้อมูลที่จุดเดียวกันต้องมีค่าเท่ากันเสมอ เมื่อพบค่าที่ไม่เท่ากันจำเป็นต้องปรับค่า โดยเมื่อปรับค่าแล้วสามารถให้เหตุผลหรืออธิบายได้ถึงสาเหตุของข้อมูลที่จุดเดียวกันแต่ได้ค่าแตกต่างกัน

๓.๕.๔ จัดทำแผนที่แสดงตำแหน่งจุดสำรวจและแนวการสำรวจ ในมาตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถเห็นภาพรวมของข้อมูลที่ทำการสำรวจ

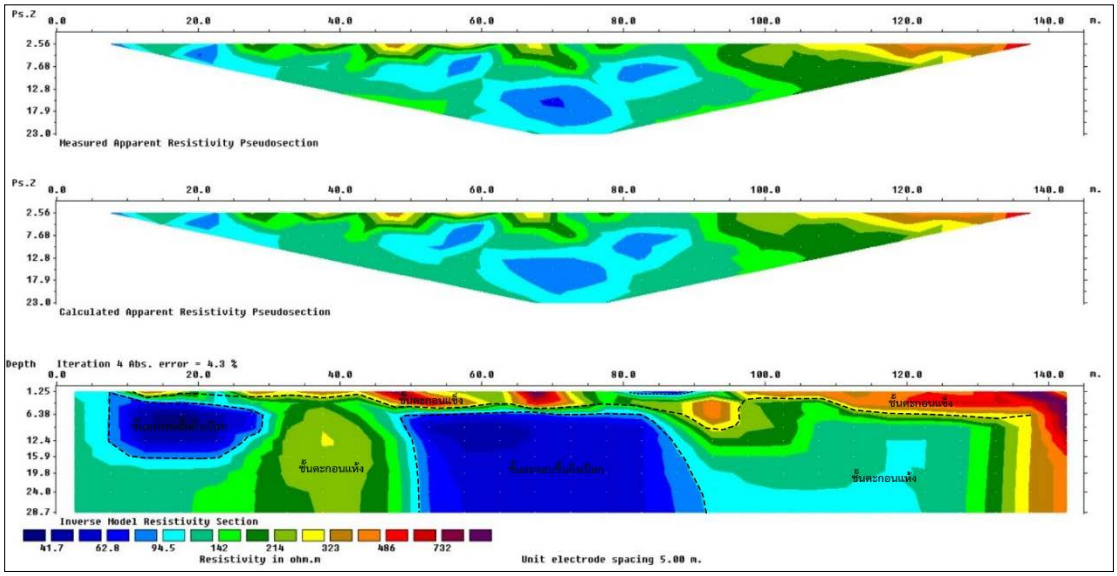
๓.๖ ประมวลผลข้อมูล และแปลความหมาย

การประมวลผลข้อมูล ปัจจุบันอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนามาช่วยคำนวณและสร้างแบบจำลองเทียมในรูปแบบภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) ยกตัวอย่างเช่น โปรแกรม RES2DINV ใช้สำหรับประมวลผลการสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ และโปรแกรม RES3DINV กรณีประมวลผลการสำรวจรูปแบบ ๓ มิติ สำหรับการประมวลผลการสำรวจรูปแบบ ๒ มิติ โปรแกรมจะคำนวณและสร้างภาพตัดขวางเทียมด้วยสีของช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏ จำนวน ๓ ภาพ คือ ภาพตัดขวางเทียมของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏที่วัดได้จากภาคสนาม ภาพตัดขวางเทียมของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะปรากฏที่ได้จากการคำนวณ และภาพตัดขวางเทียมของค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแบบย้อนกลับ ที่จำลองสภาพใต้ผิวดิน ในการประมวลผลหากพบข้อมูลผิดปกติ เช่น ค่าสูงเกินไป หรือน้อยเกินไป สามารถปรับแก้ค่าหรือคัดเลือกข้อมูลออกได้ และให้โปรแกรมประมวลผลใหม่ ซึ่งต้องตรวจสอบว่าค่าดังกล่าวไม่ได้เกิดจากความผิดปกติของชั้นดินชั้นหิน โดยโปรแกรมจะแสดงค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ที่เป็นตัวบ่งบอกความแม่นยำของการประมวลผล โดยทั่วไปหากค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า ๕% ถือว่าการประมวลผลมีความน่าเชื่อถือ จากนั้นนำผลการสำรวจในรูปแบบภาพตัดขวางไปแปลความหมายสภาพใต้ผิวดินตามคุณสมบัติความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเทียบเคียงกับข้อมูลในพื้นที่

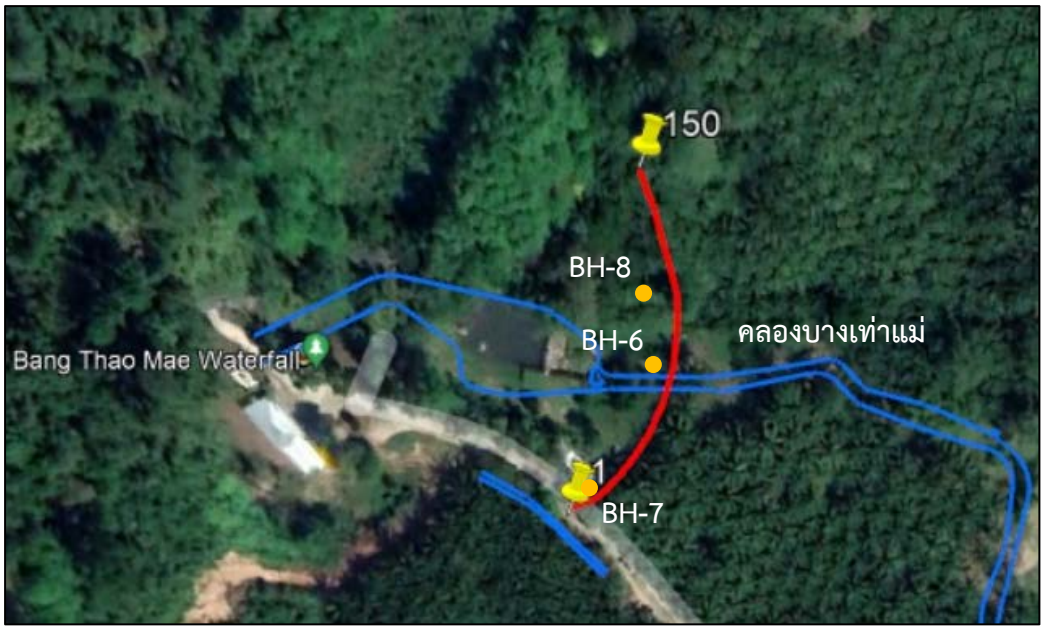
การแปลความหมายจากผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เป็นการแปลความหมายเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ สามารถบ่งบอกได้เฉพาะสภาพธรณีวิทยาหรือโครงสร้างใต้ผิวดินที่ไม่ซับซ้อน โดยแสดงด้วยค่าความผิดปกติที่ตรวจวัดได้จากความแตกต่างของคุณสมบัติ

ทางไฟฟ้าของชั้นดินชั้นหิน ที่มีแร่ประกอบ ขนาดของช่องว่าง และสารละลายที่แทรกอยู่ในช่องว่างของชั้นดินชั้นหินที่แตกต่างกัน โดยความลึกจากการสำรวจเป็นความลึกโดยประมาณ การแปลความหมายจึงต้องอาศัยข้อมูลหลายด้านประกอบกัน เช่น ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลหลุมเจาะ รวมถึงแบบแปลนการก่อสร้าง ทั้งนี้ สามารถสำรวจร่วมกับวิธีอื่น เพื่อหาข้อมูลทางกายภาพมาสนับสนุนและแปลความหมายร่วมกันแบบบูรณาการ เช่น การเจาะสำรวจดินด้วยสว่านมือหมุน (Hand Auger) การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยคลื่นไหวสะเทือน (Seismic Exploration) การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีเรดาร์หยั่งลึก (Ground Penetration Radar) เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

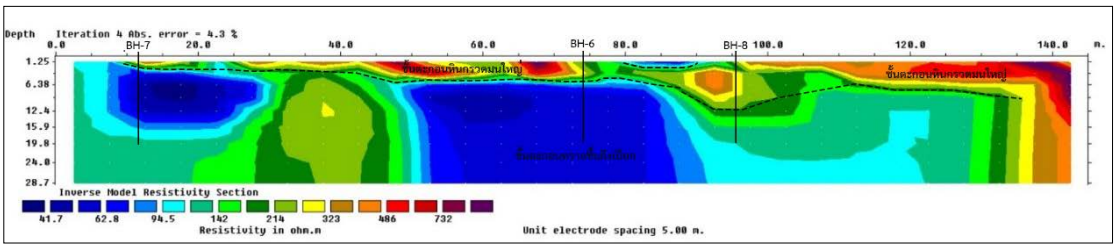
ยกตัวอย่างเช่น โครงการศึกษาความเหมาะสม สำรวจ ออกแบบ โครงการอนุรักษ์ฟื้นฟู พัฒนาแหล่งน้ำชุมชนและระบบกระจายน้ำตำบลเขาต่อ ตำบลปลายพระยา อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ตำบลคลองชะอุ่น อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้ดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ด้วยเครื่องมือ Geomative โดยบริเวณแนวสำรวจ BTM004 (บริเวณแนวเขื่อนโค้ง (ก่อสร้างใหม่)) เป็นพื้นที่เชิงเขาอยู่ด้านท้ายของฝายบางเท่าแม่ (เดิม) จากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ พบว่าสภาพธรณีวิทยาบริเวณใต้ท้องน้ำมีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ คาดว่าชั้นตะกอนมีความชื้นถึงเปียกหรือมีน้ำตามรอยแตกของชั้นหิน และบริเวณใกล้ผิวดินมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง คาดว่าสภาพธรณีวิทยาเป็นชั้นตะกอนแข็งหรือชั้นเศษหินเชิงเขา ดังแสดงใน**รูปที่ ๓-๑** ทั้งนี้ ต้องการตรวจสอบข้อมูลในรายละเอียด จึงได้ดำเนินการเจาะสำรวจ จำนวน ๓ หลุม ได้แก่ BH-6, BH-7 และ BH-8 ดังแสดงใน**รูปที่ ๓-๒** ทำให้ทราบความหนาและลักษณะของชั้นดินชั้นหิน สามารถนำข้อมูลมาเทียบเคียงกับผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และข้อมูลธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่โครงการ ทำให้สามารถแปลความหมายสภาพใต้ผิวดิน ลักษณะชั้นดินชั้นหิน รวมถึงความหนาของชั้นดินชั้นหินได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังแสดงใน**รูปที่ ๓-๓**



รูปที่ ๓-๑ ผลการแปลความหมายภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดิน แนวสำรวจ BTM004



รูปที่ ๓-๒ แนวสำรวจ BTM004 และจุดเจาะสำรวจ BH-6, BH-7 และ BH-8



รูปที่ ๓-๓ ผลการแปลความหมายภาพตัดขวางสภาพใต้ผิวดินร่วมกับข้อมูลหลุมเจาะ แนวสำรวจ BTM004

๓.๗ สรุปผล และจัดทำรายงานการสำรวจ

จากการสำรวจธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และธรณีฟิสิกส์ในภาคสนาม จึงนำไปสู่ข้อมูลการสำรวจ อาทิ ข้อมูลสภาพพื้นที่ ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ และลักษณะทางกายภาพของชั้นดินชั้นหิน เมื่อการสำรวจแล้วเสร็จจึงนำข้อมูลที่ได้ไปแปลความหมายสภาพใต้ผิวดิน สรุปผลการสำรวจ ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ พร้อมจัดทำรายงานการสำรวจ เพื่อวางแผนการเจาะสำรวจสำหรับการออกแบบโครงการอนุรักษ์ ฟื้นฟู และพัฒนาแหล่งน้ำ รวมทั้งเป็นฐานข้อมูลธรณีวิทยาฐานรากของกรมทรัพยากรน้ำต่อไป โดยรายงานการสำรวจควรประกอบด้วยข้อมูล ดังต่อไปนี้

๓.๗.๑ ลักษณะพื้นที่ ประกอบด้วย

๑) ลักษณะภูมิประเทศ พร้อมแผนที่ภูมิประเทศหรือแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม

๒) ลักษณะธรณีวิทยา พร้อมแผนที่ธรณีวิทยา

๓) ลักษณะอุทกธรณีวิทยา พร้อมแผนที่อุทกธรณีวิทยา

๔) ลักษณะโครงการ พร้อมภาพตัดขวางพื้นที่โครงการ

๓.๗.๒ หลักการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

๓.๗.๓ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ พร้อมภาพถ่าย

๓.๗.๔ วิธีการสำรวจ พร้อมภาพถ่ายพื้นที่สำรวจและระหว่างดำเนินการสำรวจ

๓.๗.๕ ผลการสำรวจ พร้อมแปลความหมายลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน และสรุปผลการสำรวจ ประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้

๑) สถานที่ตั้งของจุดสำรวจ โดยระบุระบบพิกัดภูมิศาสตร์ของจุดสำรวจในรูปแบบละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) หรือระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM) ในรูปแบบ UTM Easting และ UTM Northing พร้อมโซนของกริด เช่น E 123456, N 1234567 โซน 47N และระดับความสูง (Elevation) ทั้งนี้ ให้แสดงจุดสำรวจบนแผนที่ พร้อมแนวการสำรวจ

๒) ทิศทางการวางแนวสำรวจ (Line bearing)

๓) ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า ระยะแนวสำรวจ และความลึกของการสำรวจ

๔) ผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ในรูปแบบกราฟลอการิทึม กรณีสำรวจแบบ ๑ มิติ, ภาพตัดขวาง (Profile) และภาพตัดขวางเทียม (Pseudosection) กรณีสำรวจแบบ ๒ มิติ และสภาพใต้ผิวดินเสมือนแท่งสี่เหลี่ยม กรณีสำรวจแบบ ๓ มิติ

๕) ผลการแปลความหมายลักษณะชั้นดินชั้นหินและโครงสร้างใต้ผิวดิน

๖) ข้อมูลเพิ่มเติมของบริเวณจุดสำรวจ

๓.๗.๖ ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

๓.๘ การบำรุงรักษาเครื่องมือ

๓.๘.๑ ไม่ควรบิด หัก หรือดึงสายเคเบิล เพราะจะทำให้สายไฟภายในชำรุดเสียหาย

๓.๘.๒ ควรปิดขั้วบริเวณ Multi-electrode cable, SR-๑๐ switch relay และ L Type cable ทุกครั้ง เพื่อป้องกันฝุ่นและสิ่งสกปรก

๓.๘.๓ การสำรวจในน้ำ ควรระวังอย่าให้ ขั้ว CB๑๐ บนสายเคเบิล, คลิปหนีบขั้วไฟฟ้า, SR-๑๐ switch relay และ L Type cable โดนน้ำ เพราะจะทำให้ชำรุดเสียหาย หรือหากโดนน้ำให้รีบเช็ดทำความสะอาดให้แห้งโดยเร็ว

๓.๘.๔ ควรชาร์จอุปกรณ์จ่ายไฟ อย่างน้อยเดือนละ ๑ ครั้ง เพื่อรักษาสภาพของอุปกรณ์ หรือหากความต่างศักย์ไฟฟ้าน้อยกว่า ๔๒ โวลต์ ควรนำอุปกรณ์ไปชาร์จ

๓.๘.๕ ควรเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้เรียบร้อยก่อนเปิดเครื่อง และควรปิดเครื่องก่อนถอดอุปกรณ์เชื่อมต่อ ป้องกันเครื่องมือเสียหาย

๓.๘.๖ เช็ดทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์หลังใช้งานทุกครั้ง พร้อมตรวจสอบอุปกรณ์ให้ครบ ก่อนจัดเก็บลงกล่องเครื่องมือ

๓.๙ การประยุกต์

การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เป็นการสำรวจบริเวณผิวดิน เพื่อตรวจสอบลักษณะชั้นดินชั้นหินใต้ผิวดิน ซึ่งการสำรวจไม่กระทบต่อโครงสร้างใต้ผิวดินและโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีอยู่เดิม จึงเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับภารกิจของกรมทรัพยากรน้ำ ดังนี้

๓.๙.๑ สำรวจลักษณะชั้นดินชั้นหิน ความหนาใต้ผิวดิน และการลำดับชั้นดินชั้นหิน

๓.๙.๒ สำรวจโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่อยู่ใต้ผิวดิน เช่น รอยเลื่อน รอยแตก เป็นต้น

๓.๙.๓ กำหนดจุดเจาะสำรวจชั้นดินชั้นหิน

๓.๙.๔ สำรวจหาบริเวณหินฐานราก

๓.๙.๕ ตรวจสอบหาการรั่วซึมของฐานราก

๓.๙.๖ ตรวจสภาพเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และฝายน้ำล้นที่สร้างจากดินถม

๓.๙.๗ ตรวจสอบสภาพก่อนการปรับปรุงฐานรากและหลังปรับปรุงฐานราก

บทที่ ๔
ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

เครื่องมือสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

๔.๑ ข้อจำกัด

๔.๑.๑ บริเวณสำรวจต้องมีความแตกต่างทางกายภาพมากพอ จึงตรวจวัดค่าความผิดปกติของสิ่งที่ต้องการสำรวจได้

๔.๑.๒ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไม่ใช่ลักษณะแท้จริงของสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน แต่เป็นแบบจำลองเทียมในรูปแบบภาพตัดขวางเทียมของสภาพใต้ผิวดิน (Pseudosection) จำเป็นต้องนำไปแปลความหมายเพื่อหาลักษณะทางธรณีวิทยา

๔.๑.๓ การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เป็นการสำรวจโดยปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปใต้ผิวดิน หากกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลลงไปใต้ผิวดิน จะไม่สามารถทำการสำรวจได้

๔.๑.๔ กระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลลงไปในระดับลึก หากพบชั้นดินเหนียว หรือชั้นน้ำที่เป็นกระเปราะ เนื่องจากกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลลึกลงไป

๔.๑.๕ การเปลี่ยนแปลงของชั้นดินชั้นหินที่มีความหนาไม่เท่ากัน มีผลต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าแตกต่างกัน

๔.๑.๖ การแปลความหมายจากผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะมีความแม่นยำอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากสามารถแปลความหมายสภาพธรณีวิทยาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน และความลึกที่ได้จากการแปลความหมายเป็นความลึกโดยประมาณ ซึ่งความลึกมากสุดที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจ ประมาณ ๑ กิโลเมตร

๔.๒ ข้อเสนอแนะ

๔.๒.๑ ควรตรวจสอบสภาพพื้นที่ที่ต้องการสำรวจก่อน เพื่อกำหนดเป้าหมาย และเลือกวิธีการสำรวจให้เหมาะสม หรือประยุกต์ใช้การสำรวจหลาย ๆ วิธีร่วมกัน

๔.๒.๒ หากกระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลลงใต้ผิวดิน หรือดินบริเวณที่ปักขั้วไฟฟ้าแห้งสามารถเทน้ำเพื่อเป็นตัวนำให้กระแสไฟฟ้าไหลลงไปใต้ผิวดินได้ดีขึ้น

๔.๒.๓ หลีกเลี่ยงพื้นที่สำรวจที่อยู่ใกล้ตัวนำไฟฟ้า เช่น ท่อน้ำที่เป็นโลหะ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจะไหลไปในตัวนำไฟฟ้ามากกว่าไหลไปยังตัวกลางที่มีสภาพความนำไฟฟ้าน้อยกว่า

๔.๒.๔ ควรวางสายไฟฟ้าหรือสายเคเบิลปล่อยกระแสไฟฟ้าและวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าห่างกันประมาณ ๑-๒ เมตร เพื่อป้องกันเกิดการเหนี่ยวนำ และทำให้ค่าที่อ่านได้สูงกว่าปกติ

๔.๒.๕ ควรปรับแก้ความสูง-ต่ำของภูมิประเทศก่อนการแปลความหมาย กรณีพื้นที่สำรวจมีความแตกต่างของความลาดชันเกินกว่า ๕-๑๐ องศา เพราะอาจส่งผลให้ตำแหน่งของค่าผิดเพี้ยนไป

๔.๒.๖ กรณีต้องการสำรวจที่ความลึกไม่มาก และความยาวของสายไฟฟ้าไม่เพียงพอสามารถแบ่งช่วงการสำรวจ โดยให้มีจุดซ้อนทับกันเสมือนการสำรวจไม่ขาดช่วง

๔.๒.๗ ควรประยุกต์นำเอาหลักสถิติมาช่วยในการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม หากพบค่าผิดปกติมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ไม่ควรตัดออกทันที ควรพิจารณาเทียบกับข้อมูลข้างเคียง ว่าค่าผิดปกติไม่ใช่ผลจากสภาพธรณีวิทยา

๔.๒.๘ การแปลความหมายสภาพใต้ผิวดิน ผู้แปลความหมายควรมีความรู้พื้นฐานทางธรณีวิทยา และธรณีฟิสิกส์ รวมถึงควรศึกษาข้อมูลสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่สำรวจก่อน จะช่วยให้การแปลความหมายสอดคล้องกับธรณีวิทยายิ่งขึ้น