



คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual)

เรื่อง คู่มือการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง

ฝ่ายก่อสร้างที่ 1-ก สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ 1-16

กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง

กรมชลประทาน

สิงหาคม 2561

คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual)

เรื่อง คู่มือการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง

รหัสคู่มือ กพก./ฟกส.1/2561

หน่วยงานที่จัดทำ

ฝ่ายก่อสร้างที่ 1-ก สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ 1-16

กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง

ที่ปรึกษา

นายชูชาติ รักจิตร

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 1 เล่ม

เดือนสิงหาคม พ.ศ.2561

หมวดหมู่ ก่อสร้าง

คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual)

เรื่อง คู่มือการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง

ได้ผ่านการตรวจสอบ กลั่นกรองจากคณะกรรมการตรวจสอบกลั่นกรองคู่มือการปฏิบัติงาน
ของฝ่ายก่อสร้างที่ 1-ก สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ 1-16
กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางเรียบร้อยแล้วจึงถือเป็นคู่มือฉบับสมบูรณ์สามารถใช้เป็น
เอกสารเผยแพร่และใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน

ลงชื่อ.....

(นายเศกสิทธิ์ โปธิชัย)

ตำแหน่งประธานคณะกรรมการ ฯ

ลงชื่อ.....

(นายเสรี รักติ)

ตำแหน่งคณะกรรมการ ฯ

ลงชื่อ.....

(นายวสันต์ โพธิ์ศรี)

ตำแหน่งคณะกรรมการ ฯ

คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual)

เรื่อง คู่มือการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง

จัดทำโดย

นายเศกสิทธิ์ โปธิชัย	
ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสำนักงาน (ผู้อำนวยการเฉพาะด้าน (วิศวกรรมชลประทาน))	อำนาจการตัดสินใจ
สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๙	
นายอดิศร อุลัย	
ตำแหน่ง นายช่างชลประทานอาวุโส	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๑
นายธนธิป แก้วมณี	
ตำแหน่ง นายช่างชลประทานอาวุโส	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๓
นายยงยุทธ นฤทธิมนตรี	
ตำแหน่ง นายช่างชลประทานอาวุโส	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๖
นายวันชัย นพเก้า	
ตำแหน่ง นายช่างชลประทานอาวุโส	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๗
นายอนพัช พรหมมาณพ	
ตำแหน่ง นายช่างชลประทานอาวุโส	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๑๑
นายเสรี ภัคดี	
ตำแหน่ง นายช่างชลประทานอาวุโส	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๑๓
นายเกษม ชุมแสงศรี	
ตำแหน่ง วิศวกรชลประทานชำนาญการ	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๑๔
นายอิศรินทร์กรฤต วงษ์ป่า	
ตำแหน่ง นายช่างชลประทานอาวุโส	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๑๖
นายวสันต์ โพธิ์ศรี	
ตำแหน่ง นายช่างชลประทานอาวุโส	สังกัด สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ ๘

สามารถติดต่อสอบถามรายละเอียด/ข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่
ที่อยู่ กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง
เบอร์โทรศัพท์ ๐ ๒๖๖๗ ๐๙๘๖

คำนำ

คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Manual) คู่มือการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้างฉบับนี้จัดทำขึ้นตามคำสั่งกองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง ที่ 5/2560 ลงวันที่ 11 พฤษภาคม 2560 เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการย่อยจัดทำและดำเนินการตามแผนปฏิบัติการจัดการความรู้ของกองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง ซึ่งดำเนินการโดยคณะทำงานย่อยฝ่ายวิศวกรรม

การสำรวจเพื่อการคำนวณปริมาณงาน เป็นการสำรวจเพื่อคำนวณปริมาณงานหลังจากที่ออกแบบแล้วเสร็จ หลังจากนั้นก็ทำการก่อสร้างให้ได้ตามแบบ การปฏิบัติงานในขั้นการก่อสร้างปริมาณงานจะมีส่วนสำคัญในการกำหนดแผนงาน ดังนั้นงานสำรวจเพื่อคำนวณปริมาณงานจึงมีความสำคัญที่มองข้ามไปไม่ได้ ข่างผู้ควบคุมงานจะต้องให้ความสำคัญตั้งแต่เริ่มการสำรวจเพื่อการออกแบบ หากต้องการแต่จะประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ผลสุดท้ายอาจจะต้องเสียเวลา และค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีก เมื่อถึงขั้นการก่อสร้างแล้วปรากฏว่าไม่ตรงกับกับการออกแบบ เช่นการกำหนดค่าระดับผิวดำเนินและทิศทางไม่ถูกต้อง เป็นต้น

คณะทำงานย่อยจัดทำคู่มือการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้างหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือปฏิบัติงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ในการปฏิบัติงานสำหรับผู้บริหาร ผู้ปฏิบัติงาน อาทิตวิศกร นายช่าง นิสิต นักศึกษารวมทั้งบุคคลทั่วไปที่สนใจ และเนื่องจากคู่มือฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเป็นครั้งแรก คณะทำงานย่อยฯต้องขอภัยในความบกพร่องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น และขอขอบคุณผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะต่างๆ รวมทั้งผู้ที่สนับสนุนในการจัดทำคู่มือจนเสร็จเรียบร้อยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำคณะทำงานฝ่ายก่อสร้างที่ 1-n

สำนักงานก่อสร้างชลประทานขนาดกลางที่ 1-16

กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง

กรมชลประทาน

สารบัญ

	หน้า
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขต	1
คำจำกัดความ	2
หน้าที่ความรับผิดชอบ	2
สรุปกระบวนการ การสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง	3
Work Flow	5
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	7
ระบบติดตามและประเมินผล	8
เอกสารอ้างอิง	9
ภาคผนวก	10
การคำนวณหาปริมาณงาน	

คู่มือการปฏิบัติงาน เรื่อง คู่มือการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อจัดทำคู่มือปฏิบัติงานที่ชัดเจน เป็นลายลักษณ์อักษร แสดงถึงรายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติงานของกิจกรรม/กระบวนการต่างๆ ของงานสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง และสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานที่มุ่งไปสู่การบริการคุณภาพทั่วทั้งองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ เกิดผลของงานที่ได้มาตรฐานเป็นไปตามเป้าหมาย ได้ผลผลิตหรือการบริการที่มีคุณภาพ และบรรลุข้อกำหนดที่สำคัญของกระบวนการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง

1.2 เพื่อเป็นหลักฐานแสดงวิธีการทำงานสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้างที่สามารถถ่ายทอดให้กับผู้เข้ามาปฏิบัติงานใหม่ พัฒนาให้การทำงานเป็นมืออาชีพ และใช้ประกอบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร รวมทั้งแสดงหรือเผยแพร่ให้บุคคลภายนอก หรือผู้ใช้บริการ ให้สามารถเข้าใจและใช้ประโยชน์จากกระบวนการดังกล่าวได้

1.3 เพื่อให้บุคคลภายใน บุคคลภายนอก ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้างที่มีต่องานชลประทาน สามารถพิจารณาลำดับความสำคัญและความจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ด้านการสำรวจปริมาณงานซึ่งข้อมูลจากการสำรวจปริมาณงานใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตรวจสอบปริมาณงานที่ถูกต้องจากแบบก่อสร้างต่อไป

2. ขอบเขต

คู่มือการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้างประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

2.1 การเตรียมการเบื้องต้น

2.2 การคำนวณ ตรวจสอบ ปริมาณงานจากแบบก่อสร้าง

2.3 การสำรวจในสนาม

2.4 การคำนวณ ตรวจสอบ ปริมาณงานจากสนาม

2.5 การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณงานจากแบบก่อสร้าง และข้อมูลปริมาณงานจากสนาม

2.6 การนำข้อมูลปริมาณงานจากสนามไปคำนวณประมาณการต่อไป

3. คำจำกัดความ

มาตรฐาน หมายความว่า สิ่งที่เกี่ยวข้องเป็นเกณฑ์ที่รองรับกันทั่วไป หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องเป็นเกณฑ์สำหรับเทียบกำหนดทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพ (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554)

มาตรฐานการปฏิบัติงาน (Performance Standard) หมายความว่า เป็นผลการปฏิบัติงานในระดับใดระดับหนึ่งซึ่งถือเป็นเกณฑ์ที่น่าพอใจหรืออยู่ในระดับที่ผู้ปฏิบัติส่วนใหญ่ทำได้ โดยจะมีกรอบในการพิจารณา กำหนดมาตรฐานหลายๆด้าน อาทิ ด้านปริมาณ คุณภาพ ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย หรือพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติและผู้ใช้บริการ

4. หน้าที่ความรับผิดชอบ

4.1 ผสภ. รับผิดชอบการดำเนินการในกระบวนการคืออำนวยความสะดวกให้การบริหารงานและควบคุมการดำเนินงานทั้งหมด ให้บรรลุเป้าประสงค์ที่กำหนดไว้

4.2 กส. รับผิดชอบในการเตรียมแบบ เอกสารต่างๆ ในการสำรวจเพื่อการก่อสร้าง ,ทำความเข้าใจในขั้นตอนและปัญหาในการทำงาน รวมถึงตรวจสอบผลงาน เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ และถูกต้องตามหลักวิชาการ

4.3 นายช่างชลประทาน รับผิดชอบในการสำรวจ ,คำนวณปริมาณงาน และจัดทำเอกสาร เพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานต่อไป

4.4 ช่างก่อสร้าง รับผิดชอบงานสนามและเป็นผู้ช่วยนายช่างชลประทาน ในการปฏิบัติงานภาคสนาม

4.5 ช่างฝีมือสนาม รับผิดชอบงานสนามและเป็นผู้ช่วยนายช่างชลประทาน ในการปฏิบัติงานภาคสนาม

4.6 พนักงานขับรถยนต์ รับผิดชอบการใช้น้ำมันพาหนะในการลาเลี้ยงบุคลากร อุปกรณ์เครื่องจักร และเครื่องมือ รวมทั้งดูแลรักษา ตรวจสอบ สภาพยานพาหนะ ให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยพร้อมใช้งาน

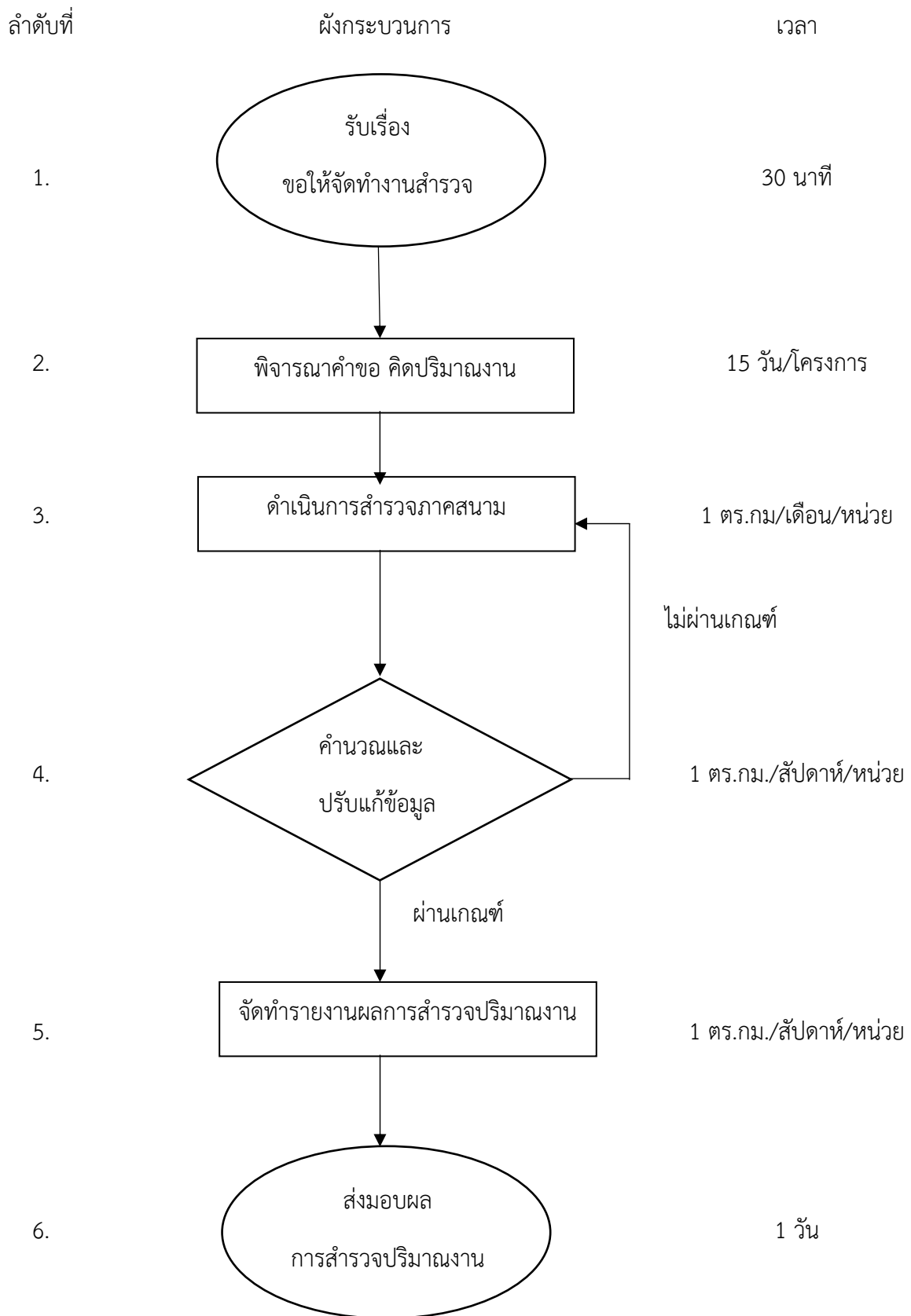
4.7 คนงาน รับผิดชอบเป็นแรงงานทั่วไปในการปฏิบัติงานสำรวจ

สรุปกระบวนการ การสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง

กระบวนการ การสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้างประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

1. เริ่มกระบวนการ
2. มอบหมายงานให้กลุ่มงานในสังกัดไปดำเนินงาน
3. ตรวจสอบความถูกต้อง
4. งานภาคสนาม
5. ตรวจสอบ/แก้ไข
6. รายงานผลปริมาณงาน

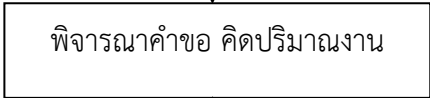
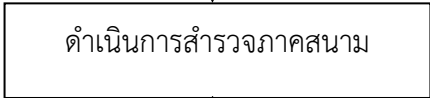
Work Flow กระบวนการการสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง



5. Work Flow

ชื่อกระบวนการ : การสำรวจปริมาณงานเพื่อการก่อสร้าง

ตัวชี้วัดผลลัพธ์กระบวนการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน : ร้อยละความสำเร็จของโครงการงานสำรวจตามที่ได้รับมอบหมาย

ลำดับ	ผังกระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	มาตรฐานคุณภาพงาน	ผู้รับผิดชอบ
1.		30 นาที	รับเรื่อง ขอให้ดำเนินการสำรวจตรวจสอบปริมาณงาน กิจกรรมภายในบริเวณโครงการ	ดำเนินการแล้วเสร็จภายในเวลาที่กำหนด	กส.
2.		15 วัน	พิจารณาคำขอ คิดปริมาณงาน 1.งานสำรวจพื้นที่ภายในบริเวณโครงการ 2. งานสำรวจรังวัดพิกัดและระดับด้วยกล้องสำรวจ 3. คิดปริมาณงาน	อ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานงานสำรวจ	ผู้ควบคุมงาน
3.		1 ตร.กม/เดือน /หน่วย	ดำเนินการสำรวจภาคสนามตามที่ได้รับมอบหมาย	อ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานงานสำรวจ	ผู้ควบคุมงาน

ลำดับ	ผังกระบวนการ	ระยะเวลา	รายละเอียดงาน	มาตรฐานคุณภาพงาน	ผู้รับผิดชอบ
4.	<pre> graph TD Start(()) --> Decision{คำนวณและ ปรับแก้ข้อมูล} Decision --> Process[จัดทำรายงานผลการสำรวจปริมาณงาน] Process --> End([ส่งมอบผล การสำรวจปริมาณงาน]) </pre>	1 ตร.กม./สัปดาห์ /หน่วย	ดำเนินการตรวจสอบข้อมูลสนาม คำนวณ และปรับแก้ข้อมูล	อ้างอิงเกณฑ์แบบฟอร์ม งานสำรวจและเกณฑ์ มาตรฐานงานสำรวจ	กส./ ผู้ควบคุมงาน
5.		1 ตร.กม./สัปดาห์ /หน่วย	ดำเนินการจัดทำรายงานปริมาณงาน	ข้อมูลครบถ้วนถูกต้อง	ผู้ควบคุมงาน
6.		1 วัน	นำส่งข้อมูลและเอกสารประกอบ	ดำเนินการแล้วเสร็จ ทันเวลา	กส.

6. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

รายละเอียดงาน	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ระเบียบ เอกสาร บันทึก แนวทางแบบฟอร์มที่ใช้	ผู้รับผิดชอบ	เงื่อนไขการปฏิบัติงาน
1.รับเรื่อง ร้องขอให้จัดทำงานสำรวจ	ตรวจสอบความครบถ้วนของกิจกรรม ภายในบริเวณโครงการ	บันทึกข้อความ	กส.	
2. พิจารณาคำขอ คิดปริมาณงาน ขออนุมัติโครงการ	พิจารณาคำขอ คิดปริมาณงาน 1.งานสำรวจพื้นที่ภายในบริเวณโครงการ 2. งานสำรวจรังวัดพิกัดและระดับด้วย กล้องสำรวจ 3. คิดปริมาณงาน	เอกสารตามที่บันทึกข้อความ ร้องขอ/แยกตามประเภทงาน สำรวจ	ผู้ควบคุมงาน	
3. ดำเนินการสำรวจภาคสนาม	ดำเนินการสำรวจภาคสนามตามที่ได้รับ มอบหมาย	แบบฟอร์มตามประเภทงาน สำรวจที่ได้รับมอบหมาย	ผู้ควบคุมงาน	
4. คำนวณและปรับแก้ข้อมูล	ตรวจสอบข้อมูลสนาม คำนวณและ ปรับแก้ข้อมูล	รายการคำนวณตามประเภท งานสำรวจที่ได้รับมอบหมาย	กส./ผู้ควบคุมงาน	
5. จัดทำรายงานผลการสำรวจ ปริมาณงาน	จัดทำรายงานผลการสำรวจปริมาณงาน	รายงานผลการสำรวจแบบ หมายเหตุหลักฐาน	ผู้ควบคุมงาน	
6. ส่งมอบผลการสำรวจปริมาณงาน	นำส่งข้อมูลและเอกสารประกอบ	รายงานผลงานสำรวจ	กส.	

7. ระบบติดตามประเมินผล

กระบวนการ	มาตรฐาน/คุณภาพงาน	วิธีการติดตามและประเมินผล	ผู้ติดตาม/ประเมินผล	ข้อเสนอแนะ
1.รับเรื่อง ร้องขอให้จัดทำงานสำรวจ	จัดทำบันทึกข้อความ	ตรวจสอบความครบถ้วนของ กิจกรรมภายในโครงการ	กส.	
2. พิจารณาคำขอ คิดปริมาณงาน	เอกสารถูกต้องตามระเบียบ	ตรวจสอบความถูกต้องตาม หลักเกณฑ์	ผู้ควบคุมงาน	
3. ดำเนินการสำรวจภาคสนาม	มาตรฐานงานสำรวจตามภาคผนวก 1.มาตรฐานงานสำรวจ 2.มาตรฐานงานสำรวจรังวัดพิกัดและ ระดับด้วยกล้องสำรวจ	กำกับดูแล การปฏิบัติงาน	ผู้ควบคุมงาน	
4. คำนวณและปรับแก้ข้อมูล	ข้อมูลถูกต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด	ตรวจสอบข้อมูลถูกต้องตาม เกณฑ์ที่กำหนด	กส./ผู้ควบคุมงาน	
5. จัดทำรายงานผลการสำรวจ ปริมาณงาน	ข้อมูลปริมาณงาน	ข้อมูลปริมาณงาน	ผู้ควบคุมงาน	
6. ส่งมอบผลการสำรวจปริมาณงาน	ข้อมูลปริมาณงาน ดำเนินการแล้วเสร็จ ทันเวลา	ข้อมูลการสำรวจครบถ้วน ดำเนินการแล้วเสร็จทันเวลา	กส.	

8. เอกสารอ้างอิง

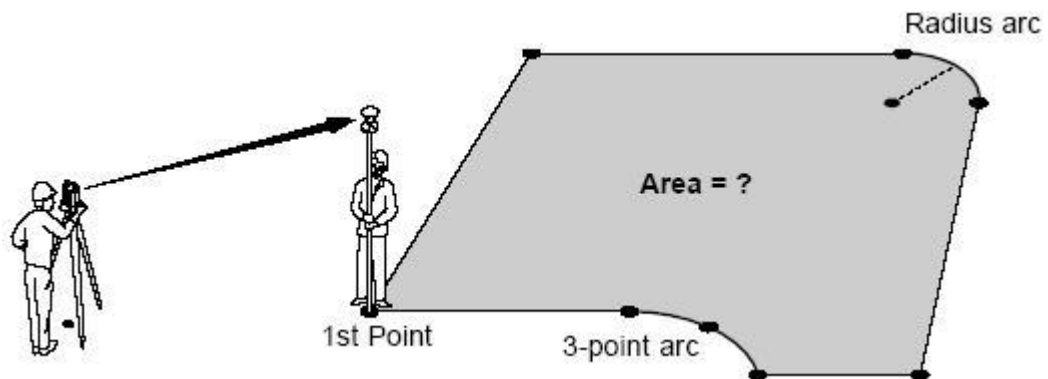
รายละเอียดตามเอกสารภาคผนวกที่แนบ

ภาคผนวก

การสำรวจเพื่อคำนวณหาปริมาณงาน

พื้นที่และปริมาตร

การทำงานรังวัดอาจมีจุดมุ่งหมายต้องการหาพื้นที่ของบริเวณใดบริเวณหนึ่ง พื้นที่ในงานรังวัดอาจหมายถึงพื้นที่บนระนาบราบไม่ใช่พื้นที่ตามผิวดินจริง หรือพื้นที่ในระนาบตั้งในกรณีที่หาพื้นที่ของรูปตัดขวาง และบางครั้งก็อาจต้องการรู้ปริมาตร โดยเฉพาะปริมาตรของวัสดุที่ใช้ในงานวิศวกรรม เช่น ปริมาตรดิน น้ำ หิน แร่ เป็นต้น



รูปที่ 1 การวัดหาพื้นที่

วิธีการหาพื้นที่และปริมาตรมีหลายวิธี แต่ละวิธีต้องการข้อมูลเพื่อนำมาคำนวณที่แตกต่างกัน วิธีการหาข้อมูลอาจเป็นการหาข้อมูลจากการวัดในงานสนามหรือจากแผนที่เขียนไว้ ซึ่งวิธีแรกจะให้ความถูกต้องดีกว่า เพราะวิธีที่สองจะมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเขียนรูปเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้ยังอาจใช้ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าอื่นๆมาคำนวณหาพื้นที่ ส่วนการหาปริมาตรมักต้องใช้ข้อมูลจากการหาพื้นที่ ในงานรังวัดอาจพิจารณาวิธีการหาพื้นที่และวิธีการหาปริมาตรได้ดังนี้

1.1 วิธีการหาพื้นที่แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

- (1) การหาพื้นที่โดยการรังวัดพื้นที่
- (2) การหาพื้นที่โดยการวัดจากแผนที่หรือแผนผัง
- (3) การหาพื้นที่จากค่าระยะฉากและพิภักดฉาก

1.2 วิธีการหาปริมาตรแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

- (1) การหาปริมาตรจากพื้นที่รูปตัด
- (2) การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง
- (3) การหาปริมาตรจากจุดความสูง

การคำนวณพื้นที่หรือคำนวณปริมาตรควรทำเป็นรูปแบบที่ดูง่ายและตรวจสอบง่าย การตรวจสอบควรกระทำโดยผู้อื่นโดยใช้วิธีคำนวณวิธีเดียวกัน หรือผู้คำนวณควรเป็นผู้ทำการตรวจสอบเองโดยใช้วิธีคำนวณวิธี

อื่น ถ้าการคำนวณถูกต้องผลการคำนวณต้องเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน ความถูกต้องของผลลัพธ์ของการคำนวณพื้นที่และปริมาตรจะขึ้นกับปัจจัย 3 อย่าง คือ

- ก) ความถูกต้องของการรังวัดในสนาม
- ข) ความถูกต้องของการเขียนแผนผัง ถ้าการคำนวณนั้นวัดจากแผนผังที่เขียนไว้
- ค) วิธีการที่ใช้ในการคำนวณ ถ้ารูปที่คำนวณไม่เป็นทรงเรขาคณิต ผลลัพธ์ที่คำนวณได้จะเป็นค่าที่ใกล้เคียงเท่านั้น

1. การหาพื้นที่โดยการรังวัดพื้นที่

การรังวัดในพื้นที่เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาพื้นที่ วิธีการรังวัดจะวางเส้นรังวัดให้ทับแนวเขตพื้นที่และให้คลุมพื้นที่ทั้งหมด แล้ววัดระยะที่จำเป็นต่อการคำนวณมักไม่นิยมวัดมุม วิธีการรังวัด ได้แก่

- 1.1 พื้นที่รูปทรงเรขาคณิต โดยแบ่งพื้นที่ด้วยเส้นรังวัดออกเป็นรูปทางเรขาคณิต เช่น รูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นต้น แล้วคำนวณหาพื้นที่ด้วยสูตรทางเรขาคณิต พื้นที่ของรูปเรขาคณิตคำนวณตามสูตรต่อไปนี้

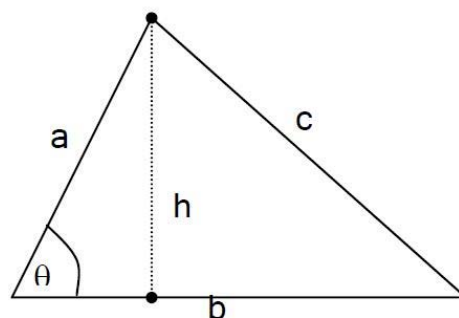
- 1) พื้นที่รูปสามเหลี่ยม (A) เมื่อ a b c เป็นความยาวด้านทั้งสาม

$$(ก) A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$\text{เมื่อ } s = \frac{a+b+c}{2}$$

$$(ข) A = \frac{1}{2} b h$$

$$\text{เมื่อ } h = \text{ความสูงวัดจากด้าน } b$$



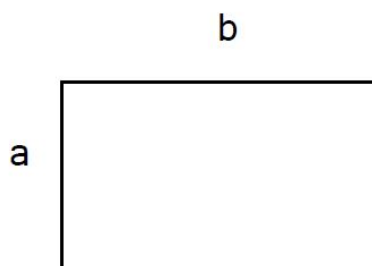
$$(ค) A = \frac{1}{2} a b \sin(\theta)$$

$$\text{เมื่อ } \theta = \text{มุมระหว่างด้าน } a \text{ และ } b$$

- 2) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก (A)

$$A = a \times b$$

$$\text{เมื่อ } a \text{ } b \text{ เป็นความยาวด้านทั้งสองที่ตั้งฉากกัน}$$

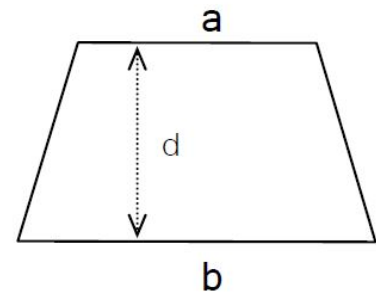


3) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมคางหมู (A)

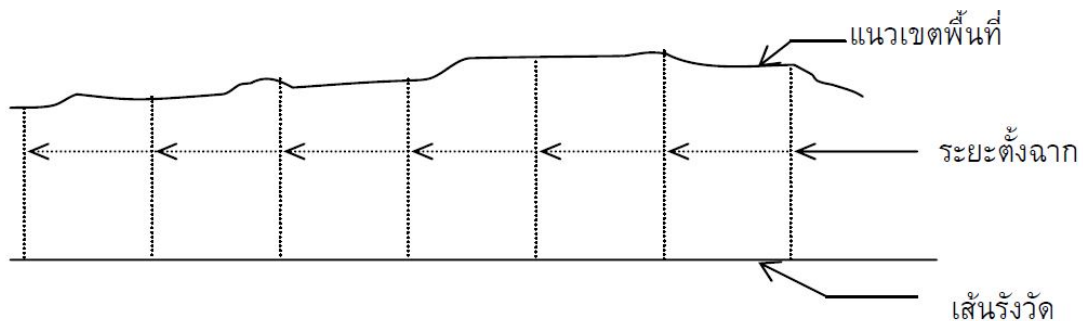
$$A = \frac{1}{2}(a + b)d$$

เมื่อ a b เป็นความยาวของด้านทั้งสองที่ขนานกัน

dเป็นระยะห่างของเส้นคู่ขนาน



1.2 วัดระยะตั้งฉาก (Offset) จากเส้นรังวัด เป็นการหาพื้นที่ระหว่างเส้นตรงกับแนวคดโค้งไม่สม่ำเสมอ โดยทั่วไปแนวเขตพื้นที่มักไม่เป็นเส้นตรง แต่จะคดโค้งไปตามแนวธรรมชาติ เช่น แนวชายฝั่งแม่น้ำ แนวชายป่า แนวโค้งถนน เป็นต้นการรังวัดจะวัดระยะตั้งฉากจากเส้นตรงหรือเส้นรังวัดที่วางแนวไว้ไปยังแนวเขตพื้นที่ด้วยช่วงห่างคงที่



ให้ d เป็น ระยะช่วงที่เท่าๆกัน
oเป็น ระยะตั้งฉากที่จุดแบ่งช่วง
mเป็น ระยะตั้งฉากที่จุดกลางช่วง
การคำนวณพื้นที่ที่สามารถ คำนวณได้หลายวิธี ดังนี้



1) Mid-Ordinate Rule แบ่งเส้นรังวัดออกเป็นช่วงเท่าๆกันแล้ววัดระยะตั้งฉากที่จุดกลางช่วงไปยังเส้นแนวเขต พื้นที่แต่ละช่องเท่ากับระยะตั้งฉากที่จุดกึ่งกลางคูณระยะช่วง

$$A1 = m1 \times d$$

$$A = (m1 + m2 + m3 + \dots + mn) \times d$$

2) Average Ordinate Rule แบ่งเส้นรังวัดออกเป็นช่วงเท่าๆกัน วัดระยะตั้งฉากที่จุดแบ่งไปยังแนวเขตพื้นที่ พื้นที่เท่ากับระยะตั้งฉากเฉลี่ยคูณระยะทางทั้งหมด

$$A = \frac{(O1 + O2 + O3 + \dots + On)}{n} \times D$$

- 3) Trapezoidal Rule แบ่งเส้นรังวัดออกเป็นช่วงเท่าๆกัน วัดระยะตั้งฉากที่จุดแบ่งไปยังแนวเขตพื้นที่ สมมุติฐานของวิธีนี้คือ พื้นที่แต่ละช่องระหว่างระยะตั้งฉากสองเส้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีพื้นที่เท่ากับค่าเฉลี่ยของระยะตั้งฉากคู่หนึ่งคูณด้วยระยะระหว่างเส้นตั้งฉากคู่ นั้น ฉะนั้นด้านแนวเขตที่เป็นเส้นโค้งจะกลายเป็นเส้นตรง

$$A_1 = \frac{(O_1 + O_2)}{2} \times d$$

$$A = \left(\frac{O_1 + O_n}{2} + O_2 + O_3 + \dots + O_{n-1} \right) \times d$$

- 4) Simson's Rule แบ่งเส้นรังวัดออกเป็นช่วงเท่าๆกัน วัดระยะตั้งฉากที่จุดแบ่งไปยังแนวเขตพื้นที่ สมมุติฐานของวิธีนี้คือระหว่างพื้นที่ 2 ช่องที่แบ่งโดยเส้นตั้งฉาก ด้านแนวที่คดโค้งจะเป็นโค้งของ Parabola การคำนวณหาพื้นที่แต่ละครั้งจะหาพื้นที่ของ 2 ช่องที่ติดกัน ดังนั้นการแบ่งช่วงต้องแบ่งให้เป็นจำนวนคู่หรือมีระยะตั้งฉากเป็นจำนวนคี่

$$A_1 + A_2 = \frac{d}{3} \times [O_1 + 4O_2 + O_3]$$

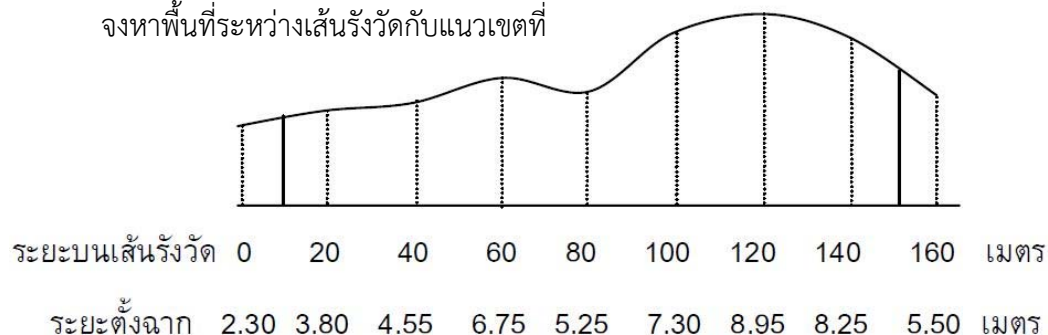
$$A = \frac{d}{3} \times [O_1 + 4(O_2 + O_4 + \dots + O_{n-1}) + 2(O_3 + O_5 + \dots + O_{n-2}) + O_n]$$

$$A = \frac{d}{3} \times (O_1 + 4\sum O'' + 2\sum O' + O_n)$$

เมื่อ O'' คือ ระยะตั้งฉากคู่ (2, 4, 6, ..., n-1)

O' คือ ระยะตั้งฉากคี่ (3, 5, 7, ..., n-2)

ตัวอย่างที่ 1 การวัดระยะตั้งฉากออกจากเส้นรังวัดไปยังแนวเขตที่ดิน ได้ข้อมูลระยะตั้งฉากช่วงละ 20 เมตร จงหาพื้นที่ระหว่างเส้นรังวัดกับแนวเขตที่



ก) วิธี Mid-Ordinate Rule

$$A = (m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n) \times d$$

$$\text{พื้นที่นับจากระยะ 10-150 ม.} = (3.8 + 4.55 + 6.75 + 5.25 + 7.30 + 8.95 + 8.25) \times 20 = 897.0 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{พื้นที่ช่วง 0-10 ม.} = \left(2.30 + \frac{(3.80 - 2.30) \times 1}{4} \right) \times 10 = 26.75 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{พื้นที่ช่วง 150-160 ม.} = \left(5.50 + \frac{(8.25 - 5.5) \times 1}{4} \right) \times 10 = 31.88 \text{ ตารางเมตร}$$

$$\text{พื้นที่ทั้งหมด} = 897.0 + 26.75 + 31.88 = 955.63 \text{ ตารางเมตร}$$

ข) วิธี Average Ordinate Rule

$$A = \frac{(O_1 + O_2 + O_3 + \dots + O_n)}{n} \times D$$

$$= \frac{1}{9} \times (2.30 + 3.8 + 4.55 + 6.75 + 5.25 + 7.30 + 8.95 + 8.25 + 5.50) \times 160$$

$$= 936.0 \text{ ตารางเมตร}$$

ค) วิธี Trapezoidal Rule

$$A = \left(\frac{O_1 + O_n}{2} + O_2 + O_3 + \dots + O_{n-1} \right) \times d$$

$$= \left(\frac{2.30 + 5.50}{2} + 3.8 + 4.55 + 6.75 + 5.25 + 7.30 + 8.95 + 8.25 \right) \times 20$$

$$= 975.0 \text{ ตารางเมตร}$$

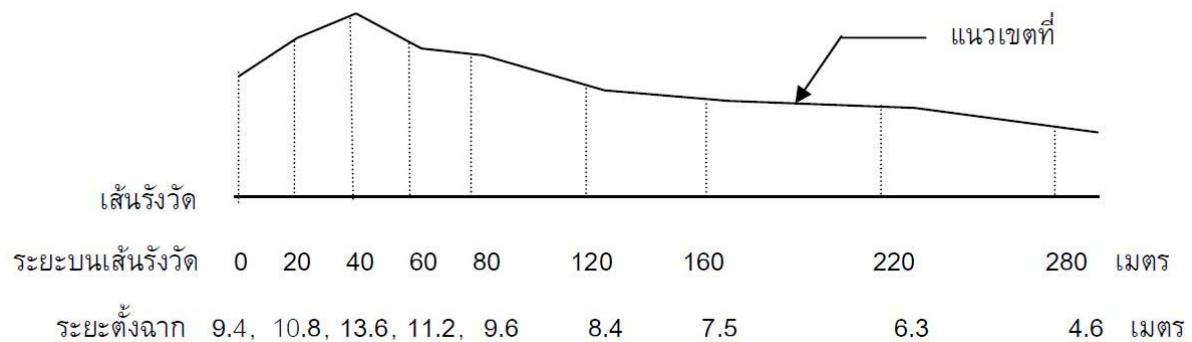
ง) วิธี Simson's Rule

$$A = \frac{d}{3} \times (O_1 + 4 \sum O'' + 2 \sum O' + O_n)$$

$$= \frac{20}{3} \times (2.30 + 4(3.8 + 6.75 + 7.30 + 8.25) + 2(4.55 + 5.25 + 8.95) + 5.50)$$

$$= 998.0 \text{ ตารางเมตร}$$

ตัวอย่างที่ 2 จากการวัดระยะตั้งฉากออกจากเส้นรังวัดไปยังแนวเขตที่ดิน ได้ข้อมูลระยะตั้งฉากของแต่ละระยะบนเส้นรังวัด จงหาพื้นที่ระหว่างเส้นรังวัดกับแนวเขตที่



ก) วิธี Mid-Ordinate Rule

$$\begin{aligned}
 A &= (10.8+11.2) \times 40 + 8.4 \times 80 + 6.3 \times 120 \\
 &= 880.0 + 672.0 + 756.0 \\
 &= 2308.0 \quad \text{ตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

ข) วิธี Average Ordinate Rule

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{9.4+10.8+13.6+11.2+9.6}{5} \times 80 + \frac{9.6+8.4+7.5}{3} \times 80 + \frac{7.5+6.3+4.6}{3} \times 120 \\
 &= 873.6 + 680.0 + 735.6 \\
 &= 2289.2 \quad \text{ตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

ค) วิธี Trapezoidal Rule

$$\begin{aligned}
 A &= \left(\frac{9.4+9.6}{2} + 10.8 + 13.6 + 11.2 \right) \times 20 + \left(\frac{9.6+7.5}{2} + 8.4 \right) \times 40 + \left(\frac{7.5+4.6}{2} + 6.3 \right) \times 60 \\
 &= 902.0 + 678.0 + 741.0
 \end{aligned}$$

ง) วิธี Simpson's Rule

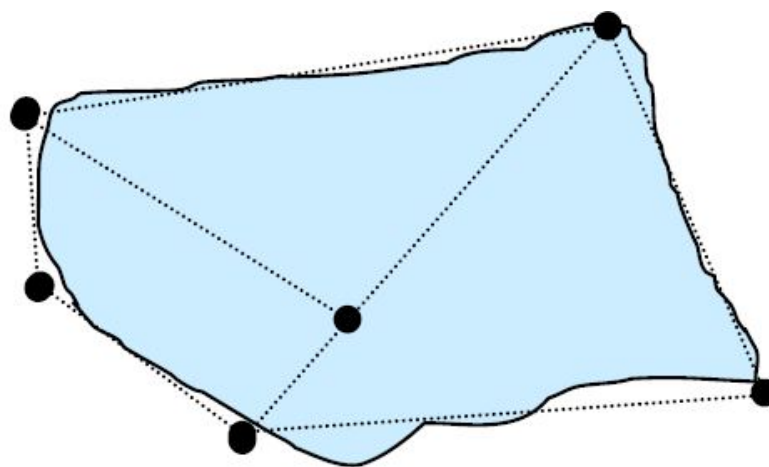
$$\begin{aligned}
 A &= \frac{20}{3} \times (9.4 + 4(10.8+11.2) + 2(13.6+9.6)) + \frac{40}{3} \times (9.6 + 4(8.4+7.5) + 6.3) + \frac{60}{3} \times (7.5 + 4(6.3+4.6)) \\
 &= 894.7 + 676.0 + 746.0 \\
 &= 2316.67 \quad \text{ตารางเมตร}
 \end{aligned}$$

หมายเหตุการคำนวณโดยวิธี Mid-Ordinate Rule เนื่องจากการวัดระยะตั้งฉากไม่ได้เป็นการวัดที่จุดกลางแต่ละช่วง การคำนวณจึงขยายช่วงเป็น 2 เท่าของที่วัด เพื่อให้ได้ระยะจุดกลางช่วง ระยะตั้งฉากบางเส้นจึงไม่ถูกนำมาเป็นข้อมูลในการคำนวณ

2.การหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่

วิธีการหาพื้นที่จากแผนผังหรือแผนที่ โดยหลักการแล้วเหมือนกับการรังวัดในพื้นที่ เพียงแต่เปลี่ยนการวัดในสนามเป็นการวัดบนแผ่นกระดาษ และอาจใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือช่วยในการหาพื้นที่โดยลดการคำนวณลงวิธีการหาพื้นที่อาจทำได้ดังนี้

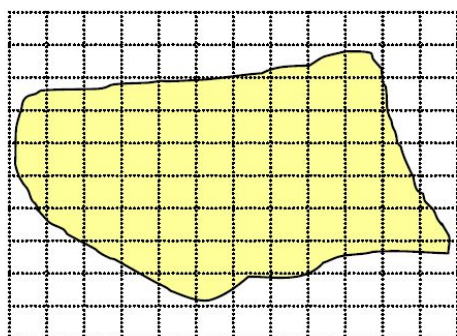
- 2.1 แบ่งพื้นที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต โดยทั่วไปจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้ดินสอเขียนแบ่งพื้นที่บนแผนที่หรือใช้กระดาษไขวางทับแผนที่ก่อน แล้ววัดความยาวเส้นฐานและความสูงของรูปสามเหลี่ยมหรือวัดความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมทุกรูป ระวางการล้อมวัดหรือวัดซ้ำสำหรับด้านที่เป็นแนวโค้งแบบไม่สม่ำเสมอ ควรทำให้เป็นเส้นตรงโดยให้พื้นที่ที่เส้นตรงตัดผ่านเท่ากันทั้งสองด้าน



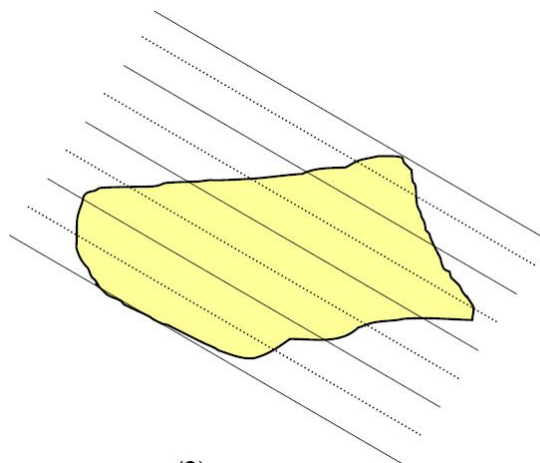
รูปที่ 2 การแบ่งพื้นที่บนแผนที่

- 2.2 ใช้แผ่นใสทาบ แผ่นใสที่ใช้มี 2 ลักษณะคือ

- 1) แผ่นใสตารางรูปสี่เหลี่ยม ใช้กระดาษไขหรือแผ่นใสที่มีเส้นตารางสี่เหลี่ยมทาบบนแผนที่ นับจำนวนรูปสี่เหลี่ยมเต็ม และกะประมาณส่วนที่ไม่เต็มเป็นเศษส่วนของพื้นที่เต็ม เมื่อรวมจำนวนสี่เหลี่ยมทั้งหมดแล้วคูณด้วยค่าพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม 1 รูปจะได้พื้นที่ทั้งหมด
- 2) แผ่นใสเส้นขนานใช้กระดาษไขหรือแผ่นใสที่มีเส้นตรงขนานกันและห่างเท่าๆกันระหว่างเส้นขนานมีเส้นแบ่งครึ่งช่องทำเป็นเส้นประ วางทับบนแผนที่ พยายามปรับทิศทางของกระดาษไขให้เส้นขนานคู่หนึ่งสัมผัสกับแนวขอบพื้นที่พอดี วัดความยาวของเส้นประที่อยู่ในพื้นที่ทุกเส้น พื้นที่ระหว่างเส้นขนานคู่หนึ่งคือผลคูณของความยาวเส้นประกับระยะห่างเส้นคู่ขนาน ฉะนั้นพื้นที่ทั้งหมดบนแผนที่เท่ากับผลบวกของความยาวของเส้นประคูณด้วยระยะห่างระหว่างเส้นขนาน และพื้นที่บนพื้นดินเท่ากับพื้นที่บนแผนที่คูณด้วยเลขมาตราส่วนยกกำลังสอง



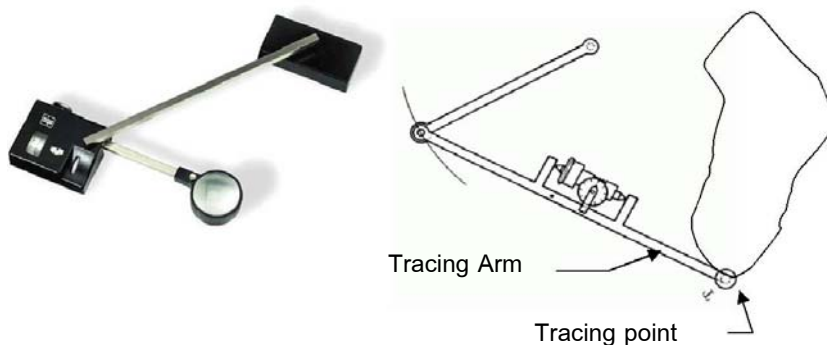
(1)



(2)

รูปที่ 3 การใช้แผ่นใสหาพื้นที่ (1)แบบตารางสี่เหลี่ยม (2)แบบเส้นขนาน

2.3 ใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planimeter) เครื่องมือวัดพื้นที่เป็นเครื่องมือกลที่ใช้ในการวัดพื้นที่บนแผนที่ มีหลายรูปแบบแต่โดยหลักการมี 2 ชนิดคือ เครื่องวัดพื้นที่แบบจุดขั้ว (Polar Planimeter) และเครื่องวัดพื้นที่แบบล้อ (Rolling Planimeter) ทั้งสองชนิดมีส่วนประกอบที่เหมือนกันคือ มีจุดมองหรือหมุดเขียนสำหรับเลื่อนไปตามแนวเขตของพื้นที่ในแผนที่ และผลของการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนอันหนึ่งจะบันทึกจำนวนพื้นที่ไว้



รูปที่ 4 ส่วนประกอบเครื่องมือวัดพื้นที่

วิธีใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- ก) ปรับความยาวของแขนหมุดเขียน (Tracing Arm) ตามมาตราส่วนของแผนที่ เพื่อให้ได้หน่วยพื้นที่ที่ต้องการโดยไม่ต้องแปลงค่าภายหลัง
- ข) วางหมุดชั่วคราวปักลงบนกระดาษแผนที่ภายนอกพื้นที่ที่จะวัด ให้จุดมอง (Tracing Point) สามารถเคลื่อนที่คลุมพื้นที่ได้หมด
- ค) กำหนดจุดหนึ่งบนเส้นแนวเขตเป็นจุดเริ่มต้น แล้วนำจุดมองวางลงที่จุดนั้น อ่านตัวเลขที่หน้าปัดตัวเลขที่อ่านได้นี้เรียกว่า ค่าเริ่ม (Initial Reading) หรือตั้งให้เป็นศูนย์ก็ได้
- ง) เคลื่อนที่จุดมองให้เดินตามแนวเส้นเขตของพื้นที่ไปตามเข็มนาฬิกา แล้วกลับมาวางไว้ที่จุดเริ่มต้น อ่านตัวเลขหน้าปัด ตัวเลขที่อ่านได้เรียกว่า ค่าสุดท้าย (Final Reading)
- จ) หาผลต่างของค่าสุดท้ายกับค่าเริ่ม คือ ค่าอ่านพื้นที่ที่ต้องการ

วิธีปฏิบัติทั่วไปไม่นิยมปรับความยาวของแขนหมุดเขียนตามมาตราส่วนของแผนที่ แต่จะตั้งความยาวแขนหมุดเขียนให้พอเหมาะ ทำการวัดพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีพื้นที่เป็นจำนวนตารางเมตรเต็มบนแผนที่ (A) สมมติได้ค่าอ่านพื้นที่เป็น x แล้วจึงใช้เครื่องมือไปวัดพื้นที่ที่ต้องการ สมมติได้ค่าอ่านพื้นที่เป็น y

$$\text{คำนวณพื้นที่ที่ต้องการ} = \frac{y}{x} \times A$$

ในกรณีที่พื้นที่ใหญ่มาก สามารถวัดได้ 2 วิธี คือ แบ่งเป็นส่วนย่อยๆ แล้วหาพื้นที่ทีละส่วนหรือวางหมุดชั่วคราวในพื้นที่ที่ไม่แน่นอนให้ใช้วิธีวางหมุดชั่วคราวในพื้นที่ เพราะจะเกิดวงกลมที่ทำให้ล้อที่วัดการเคลื่อนที่ของแขนหมุดเขียนไม่หมุน ตัวเลขค่าอ่านพื้นที่จะไม่เปลี่ยน เรียกว่า Zero Circle พื้นที่ของวงกลมนี้อาจค่าคงที่ที่ต้องบวกเข้ากับพื้นที่ที่อ่านได้ ปกติจะสลักไว้ที่แขนหมุดเขียนหรือติดไว้ที่กล่องใส่เครื่องมือวัด

ตัวอย่างที่ 3 การวัดพื้นที่ด้วยเครื่องมือวัดพื้นที่ บนแผนที่มาตราส่วน 1:500 ได้ผลต่างค่าอ่านของค่าสุดท้ายกับค่าเริ่มในการวัดพื้นที่ เท่ากับ 8.275 และเมื่อนำไปวัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2x2 ซม. ได้ผลต่างค่าอ่าน เท่ากับ 1.665 จงหาพื้นที่ที่วัดได้จากแผนที่

พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2x2 ซม.	= $2 \times 500 \times 2 \times 500$	ตารางเซนติเมตร
	= $2 \times 5 \times 2 \times 5$	ตารางเมตร
	= 100	ตารางเมตร
พื้นที่ของแผนที่	= $\frac{8.275}{1.665} \times 100$	
	= 497	ตารางเมตร

ปัจจุบันเครื่องมือวัดพื้นที่ทั้งแบบจุดชั่วและแบบล้อ เป็นเครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถตั้งค่ามาตราส่วนแผนที่, หน่วยพื้นที่ที่ต้องการ และจำนวนครั้งการวัดซ้ำ ทำให้การใช้ง่ายขึ้นมาก



รูปที่ 5 เครื่องมือวัดพื้นที่แบบอิเล็กทรอนิกส์

ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือวัดพื้นที่

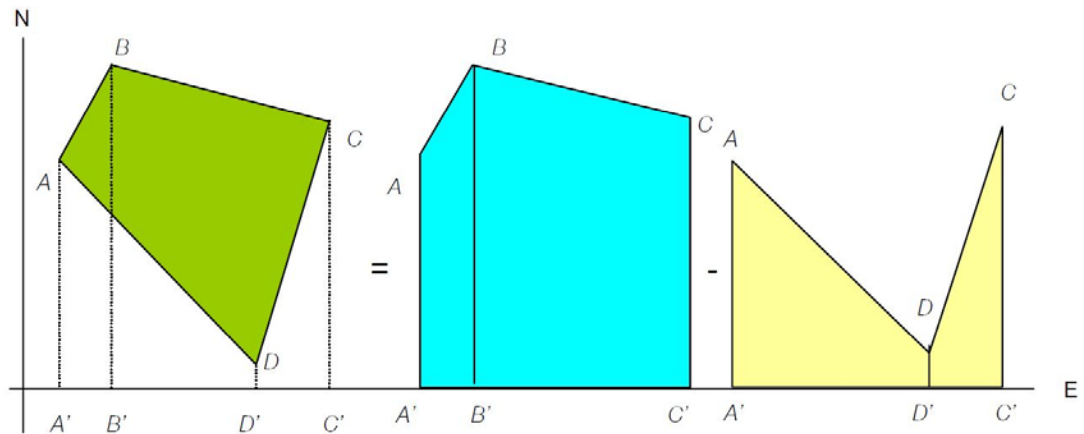
- (1) โต๊ะที่วางแผนที่จะต้องวางอยู่ในแนวราบ
- (2) ควรหาพื้นที่อย่างน้อย 2 ครั้งโดยตั้งจุดชั่วในที่ต่างกัน
- (3) ไม่ควรเสียเวลากับการตั้งเวอร์เนียหรือค่าอ่านเริ่มให้เป็นศูนย์
- (4) ผิวของกระดาษแผนที่ที่วางล้อหมุนอยู่ควรเป็นผิวที่ราบเรียบ อาจใช้กระดาษไขปูทับ
- (5) ถ้าแผ่นกระดาษแผนที่ถูกม้วนโค้งไม่ควรใช้
- (6) การเคลื่อนจุดมองอาจใช้ไม้บรรทัดตรงหรือบรรทัดโค้งช่วย
- (7) ควรคำนวณตรวจสอบค่าพื้นที่ที่ได้คร่าวๆ เพื่อป้องกันผิดพลาด

3. การหาพื้นที่โดยใช้พิกัดฉากหรือระยะฉาก

พิกัดฉากคือค่าตำแหน่งทางราบอาจเป็นค่า พิกัดเหนือ-ตะวันออก (N,E) หรือพิกัด X,Y แต่งานสำรวจนิยมใช้ค่าพิกัดรูปแบบ N,E มากกว่า ส่วนระยะฉากหมายถึง ระยะเหนือ (Latitude) และระยะตะวันออก (Departure)ตามที่เคยกล่าวมาแล้วในงานวงรอบ การหาพื้นที่โดยใช้พิกัดฉากและระยะฉาก เป็นการหาพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยเส้นตรง หรือเป็นการหาพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม

- 3.1การคำนวณพื้นที่จากค่าพิกัดฉาก (N E) วิธีการคำนวณพิสูจน์ได้จากการลากเส้นจากเหลี่ยมของรูปไปตั้งฉากกับแกนอ้างอิง จะเป็นแกนเมริเดียนหรือแกนขนาน (แกนที่ตั้งฉากกับเมริเดียน) ก็ได้

พื้นที่รูปเหลี่ยมจะเท่ากับผลบวกของรูปสี่เหลี่ยมคางหมูส่วนที่ทับพื้นที่นั้นลบด้วยสี่เหลี่ยมคางหมูที่อยู่นอกพื้นที่



$$\begin{aligned}
 ABCD &= A'ABCC' - A'ADCC' \\
 &= [ABB'A' + BCC'B'] - [DCC'D' + ADD'A'] \\
 &= [A'B'(AA' + BB') + B'C'(BB' + CC')] - [D'C'(DD' + CC') + A'D'(AA' + DD')] \\
 2ABCD &= [A'B'(AA' + BB') + B'C'(BB' + CC')] - [D'C'(DD' + CC') + A'D'(AA' + DD')]
 \end{aligned}$$

จากสมการข้างบนแทนค่า

$$A'B' = E_B - E_A \quad B'C' = E_C - E_B \quad D'C' = E_C - E_D \quad A'D' = E_D - E_A$$

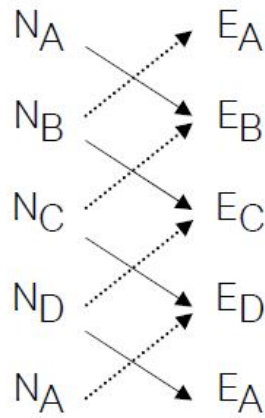
$$AA' = N_A \quad BB' = N_B \quad CC' = N_C \quad DD' = N_D$$

$$\begin{aligned}
 2ABCD &= [(E_B - E_A)(N_A + N_B) + (E_C - E_B)(N_B + N_C)] - [(E_C - E_D)(N_D + N_C) + (E_D - E_A)(N_A + N_D)] \\
 &= [E_B N_A + E_B N_B - E_A N_A - E_A N_B + E_C N_B + E_C N_C - E_B N_B - E_B N_C] - \\
 &\quad [E_C N_D + E_C N_C - E_D N_D - E_D N_C + E_D N_A + E_D N_D - E_A N_A - E_A N_D] \\
 &= [E_B N_A - E_A N_B + E_C N_B - E_B N_C] - [E_C N_D - E_D N_C + E_D N_A - E_A N_D] \\
 &= [E_B N_A + E_C N_B + E_D N_C + E_A N_D] - [E_A N_B + E_B N_C + E_C N_D + E_D N_A]
 \end{aligned}$$

จากผลลัพธ์ที่ได้อาจเขียนในการคูณไขว้ค่าพิกัดเพื่อให้ง่ายต่อการจดจำได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

$$2 \text{ เท่าพื้นที่} = \begin{array}{cccccc} NA & \nearrow & NB & \nearrow & NC & \nearrow & ND & \nearrow & NA \\ EA & \searrow & EB & \searrow & EC & \searrow & ED & \searrow & EA \end{array}$$

2 เท่าพื้นที่ =

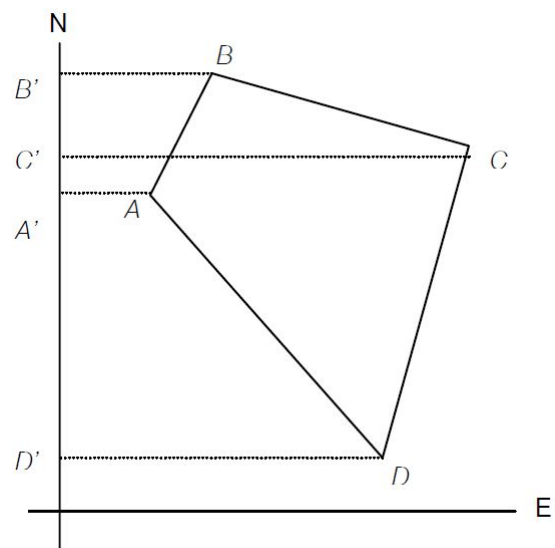


โดย คุณลงเป็นบวก (↘ เป็น +) และคุณขึ้นเป็นลบ (↗ เป็น -)

วิธีการคำนวณหาพื้นที่ได้จากการลากเส้นจากเหลี่ยมของรูปไปตั้งฉากกับแกนเมอริเดียน ดังรูปจะได้

$$ABCD = B'BCDD' - B'BADD'$$

$$= [BCC'B' + CDD'C'] - [DA A'D' + ABB'A']$$

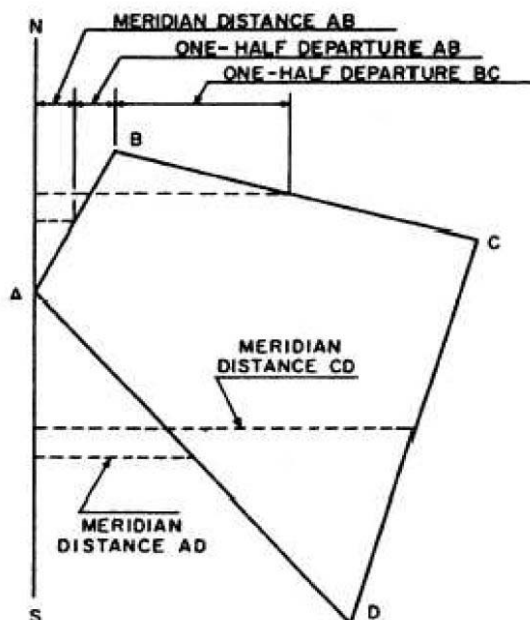


ข้อควรสนใจคือ

1. สูตรการหาพื้นที่ที่ได้เป็นสูตรที่ให้ผลลัพธ์แน่นอน ไม่ใช่โดยประมาณ
2. การตั้งค่าพิกัดเพื่อทำการคูณไขว้จะเริ่มที่จุดใดก็ได้ แต่ต้องเรียงตามลำดับเหลี่ยมของรูปและจบด้วยพิกัดของจุดเริ่ม สลับไม่ได้
3. การตั้งค่าเพื่อคูณไขว้ถ้าพิกัดเป็นลบ ต้องนำเครื่องหมายลบมาคิดด้วย

4. การตั้งลำดับของเหลี่ยมรูปถ้าเวียนขวาหรือตามเข็มนาฬิกาการคูณไขว้จะเป็นบวก ตรงข้ามถ้าตั้งลำดับของเหลี่ยมรูปเวียนซ้ายหรือทวนเข็มนาฬิกาการคูณไขว้จะเป็นลบ ให้ตัดเครื่องหมายลบออกได้
5. ระบบพิกัด X,Y การตั้งค่าพิกัดเพื่อคูณไขว้ ถ้าให้ Y แทน N และ X แทน E ผลลัพธ์ที่ได้จะมีเครื่องหมายเช่นเดียวกับข้อ 4 แต่ถ้าให้ X แทน N และ Y แทน E ผลลัพธ์ที่ได้จะมีเครื่องหมายตรงข้ามกับข้อ 4)

3.2 การคำนวณพื้นที่จากสองเท่าระยะเมอริเดียน (Double Meridian Distance, DMD) ระยะเมอริเดียนคือระยะตั้งฉากจากจุดกึ่งกลางของด้านรูปเหลี่ยมถึงแกนเมอริเดียน



จากรูป

$$MD_{AB} = \frac{1}{2} Dep_{AB}$$

$$DMD_{AB} = Dep_{AB}$$

$$MD_{BC} = MD_{AB} + \frac{1}{2} Dep_{AB} + \frac{1}{2} Dep_{BC}$$

$$DMD_{BC} = DMD_{AB} + Dep_{AB} + Dep_{BC}$$

สรุปการหา DMD ของเส้นวงรอบได้ดังนี้

$$DMD \text{ เส้นแรก} = Dep \text{ เส้นแรก}$$

$$DMD \text{ เส้นใด ๆ} = DMD \text{ เส้นก่อน} + Dep \text{ เส้นก่อน} + Dep \text{ เส้นนั้น}$$

หลักการหาพื้นที่โดยวิธีนี้เหมือนกับการหาพื้นที่ด้วยพิกัดฉาก คือพื้นที่รูปเหลี่ยมจะเท่ากับผลบวกของรูปสี่เหลี่ยมคางหมูส่วนที่ทับพื้นที่นั้นลบด้วยสี่เหลี่ยมคางหมูที่อยู่นอกพื้นที่ โดยลากเส้นจากเหลี่ยมของรูปไปตั้งฉากกับแกนเมอริเดียน เพียงแต่ให้เส้นเมอริเดียนผ่านจุด A จะได้

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ } ABCD &= (MD_{BC} \times -Lat_{BC} + MD_{CD} \times -Lat_{CD}) - (MD_{DA} \times Lat_{DA} + MD_{AB} \times Lat_{AB}) \\
 &= -(MD_{BC} \times Lat_{BC} + MD_{CD} \times Lat_{CD} + MD_{DA} \times Lat_{DA} + MD_{AB} \times Lat_{AB}) \\
 2 \times \text{พื้นที่ } ABCD &= 2 \times |(MD_{BC} \times Lat_{BC} + MD_{CD} \times Lat_{CD} + MD_{DA} \times Lat_{DA} + MD_{AB} \times Lat_{AB})| \\
 &= |(DMD_{BC} \times Lat_{BC} + DMD_{CD} \times Lat_{CD} + DMD_{DA} \times Lat_{DA} + DMD_{AB} \times Lat_{AB})| \\
 &= |\sum (DMD \times Lat)|
 \end{aligned}$$

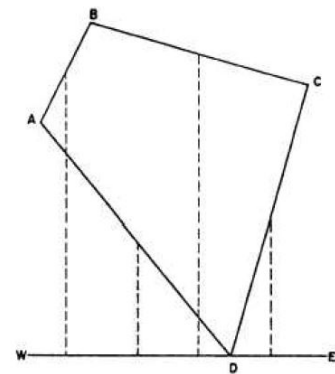
3.3 การคำนวณพื้นที่จากสองเท่าระยะขนาน (Double Parallel Distance, DPD) ระยะขนานคือ ระยะตั้งฉากจากจุดกึ่งกลางของด้านรูปเหลี่ยมถึงแกนขนาน

การหา DPD ของเส้นวงรอบและพื้นที่สรุปดังนี้

DPD เส้นแรก = Latเส้นแรก

DPD เส้นใดๆ = DPD เส้นก่อน + Latเส้นก่อน + Latเส้นนั้น

$$2 \text{ เท่าพื้นที่} = |\sum (\text{DPD} \times \text{Dep})|$$



การหาค่า DPD และพื้นที่มีวิธีการเหมือนกับการหาพื้นที่ด้วย DMD ทุกประการ

ตัวอย่างที่ 4 จากข้อมูลการปรับแก้งานวงรอบ ได้ค่า Latitude, Departure หลังการปรับแก้และค่าพิกัดของหมุดวงรอบดังตาราง จงหาพื้นที่ของวงรอบ

จุด	Lat	Dep	N	E
A			200.00	300.00
B	78.02	-38.30	278.02	261.70
C	-46.80	-180.04	231.22	81.66
D	-211.55	58.74	19.67	140.40
E	61.86	1.85	81.53	142.25
A	118.47	157.75	200.00	300.00
	0.00	0.00		

ก) คำนวณจากค่าพิกัด N,E

จุด	N	E		
A	200.00	300.00		83406.00
B	278.02	261.70	52340.00	60510.28
C	231.22	81.66	22703.11	1606.25
D	19.67	140.40	32463.29	11446.81
E	81.53	142.25	2798.06	28450.00
A	200.00	300.00	24459.00	
			134763.46	185419.34

$$\text{พื้นที่วงรอบ} = \frac{1}{2} |(134763.46 - 185419.34)| = 25327.94 \text{ ตารางเมตร}$$

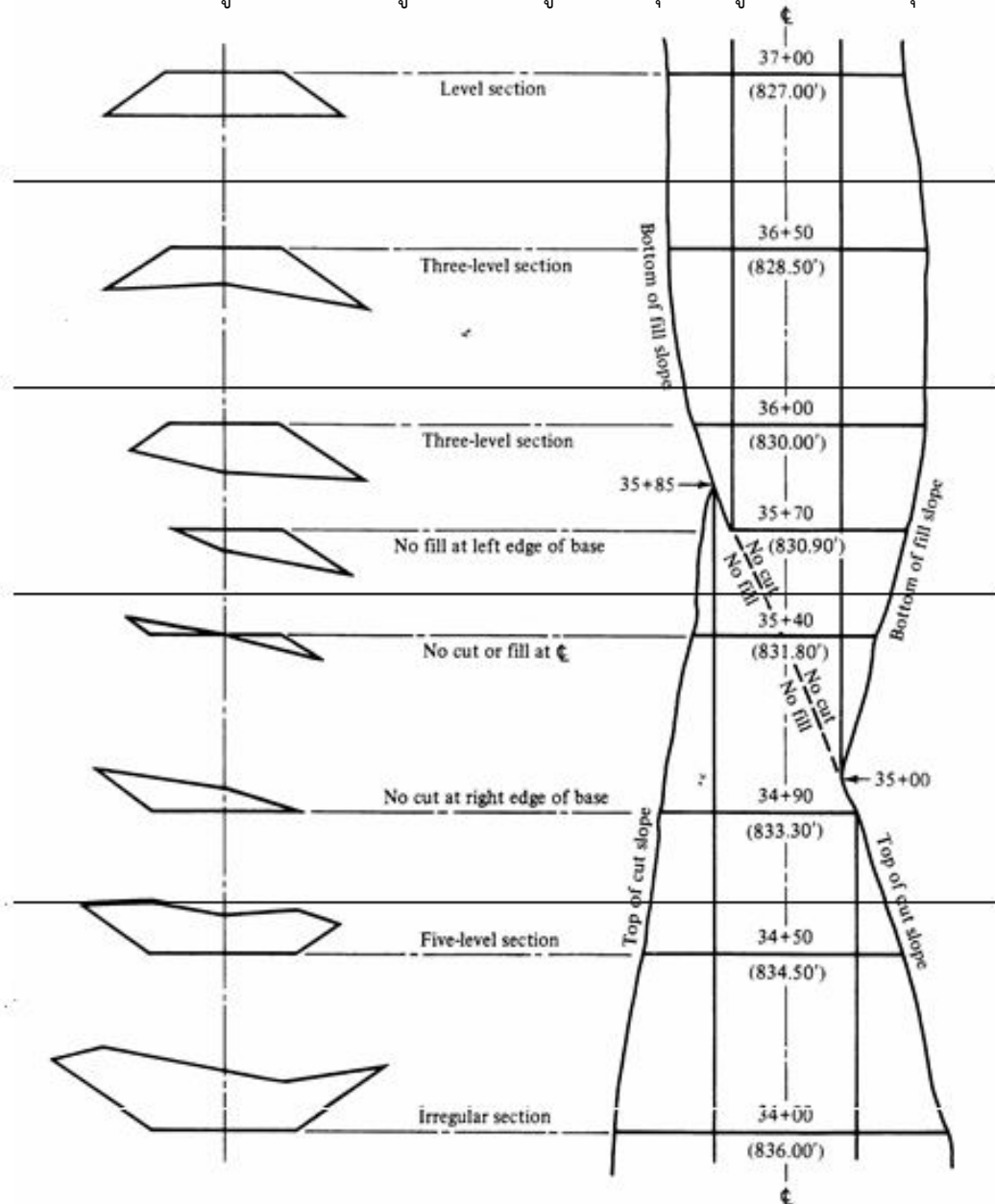
ข) คำนวณจากค่า DMD และ DPD

เส้น	Lat	Dep	DMD	DMDxLat	DPD	DPDxDep
AB	78.02	-38.30	-38.30	-2988.17	78.02	-2988.17
BC	-46.80	-180.04	-256.64	12010.75	109.24	-19667.57
CD	-211.55	58.74	-377.94	79953.21	-149.11	-8758.72
DE	61.86	1.85	-317.35	-19631.27	-298.80	-552.78
EA	118.47	157.75	-157.75	-18688.64	-118.47	-18688.64
	0.00	0.00		50655.88		-50655.88

$$\text{พื้นที่วงรอบ} = \frac{1}{2} (50655.88) = 25327.94 \text{ ตารางเมตร}$$

4. การหาพื้นที่รูปตัด

การหาพื้นที่ของรูปตัดโดยทั่วไปมีจุดประสงค์เพื่อหาปริมาณงานดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานก่อสร้างทางต้องคำนวณปริมาณงานดินขุดหรือดินถมเพื่อการคิดราคางานหรือการจ่ายค่าก่อสร้าง ทำให้ต้องรังวัดรูปตัดขวางแนวทางจำนวนมาก เช่น รังวัดรูปตัดขวางทุกๆ 25 เมตรตลอดแนวทาง จากข้อมูลการรังวัดทำให้รู้ลักษณะของพื้นดินและแบบก่อสร้างจะกำหนดรูปตัดถนนที่ต้องการ ทำให้สามารถหาได้ว่าแต่ละช่วงของรูปตัดต้องทำงานขุดหรือถมดิน และพื้นที่รูปตัดของงานดินนั้นมีขนาดเท่าใด อันนำไปสู่การหาปริมาณงานดิน รูปตัดงานถนนมีหลายรูปแบบอาจเป็น รูปตัดงานถม รูปตัดงานขุด และรูปตัดที่มีทั้งงานขุดงานถม



รูปที่ 6 รูปหน้าตัดงานดินของการก่อสร้างถนน

การหาพื้นที่รูปตัดทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้มากคือ

1) นำข้อมูลการรังวัดเขียนรูปตัดลักษณะพื้นดินแล้วซ้อนทับด้วยรูปตัดถนนตามแบบก่อสร้าง ทำให้ได้รูปตัดของงานดิน และหาพื้นที่รูปตัดงานดินตามวิธีที่ในหัวข้อ 2 คือ

ก) ใช้เครื่องวัดพื้นที่วัดรูปตัดของงานดิน

ข) ใช้แผ่นใสเส้นขนานหาบรูปตัดของงานดิน

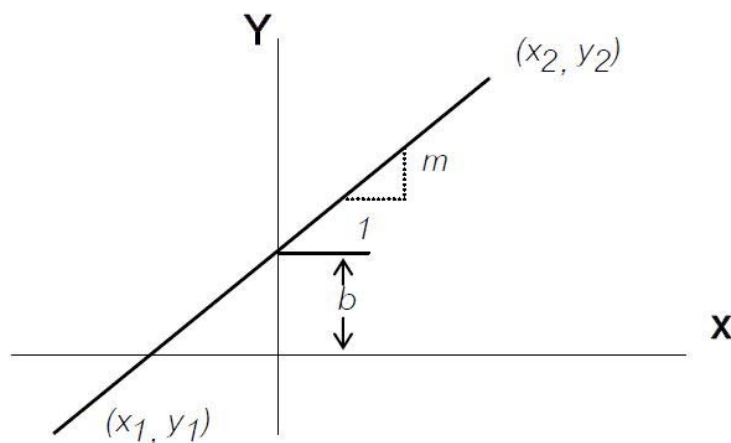
ค) ใช้วิธีวัดระยะตั้งฉากบนรูปตัดที่เขียนขึ้นโดยแบ่งรูปตัดงานดินเป็นช่องๆ แล้วคำนวณพื้นที่จากระยะตั้งฉากเหมือนกับวิธีหัวข้อ 1.2 แต่เป็นการวัดระยะตั้งฉากบนแบบเท่านั้น

2) คำนวณด้วยสูตรทางเรขาคณิต สูตรการคำนวณจะเปลี่ยนแปลงขึ้นกับรูปทรงของรูปตัด ฉะนั้นจะมีสูตรได้มากมาย จึงไม่แนะนำให้จำสูตรไปใช้เพราะมีโอกาสที่นำไปใช้ผิดมาก แต่ขอแนะนำหลักการสำหรับการคำนวณเพื่อหาพื้นที่รูปตัดดังนี้

ก) สมการพื้นฐานที่ใช้คำนวณเป็นสมการเส้นตรง คือ

$$\text{General line equation} \quad y = mx + b$$

$$\text{Two-point line equation} \quad (y_2 - y_1)x - (x_2 - x_1)y = x_1y_2 - x_2y_1$$



ข) ใส่แกนอ้างอิงที่จุดตัดของแนวระดับศูนย์ กับแนวกลางถนน

ค) ใส่ค่าพิกัด (x,y) ที่จุดตัดหรือจุดมุมทั้งหมด

ง) หาพิกัด (x,y) ของจุดตัดระหว่างผิวดินเดิมกับส่วนของถนนทุกจุด โดยตั้งสมการจากสมการเส้นตรงในข้อ ก)

จ) หาพื้นที่จากค่าพิกัด x,y หรือคำนวณโดยแบ่งเป็นรูปทรงทางเรขาคณิตก็ได้

ตัวอย่างที่ 5 จงคำนวณพื้นที่รูปตัดขวางจากข้อมูลการทำการระดับ ดังนี้

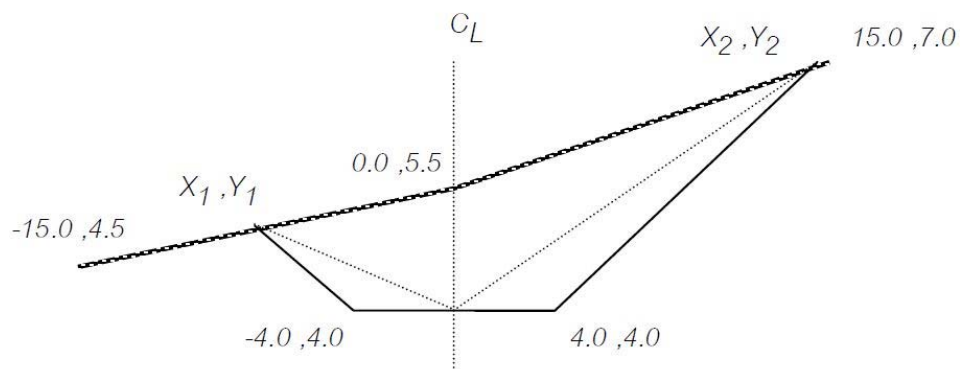
ระยะจากแนวศูนย์กลาง -15 0 15

ค่าระดับ 4.5 5.5 7.0

กำหนดให้ ความกว้างของผิวถนน = 8.0 เมตร

ระดับของผิวถนน = 4.0 เมตร

ความลาดด้านข้าง = 2:1 (ราบ:ตั้ง)



สร้างสมการจาก General line equation $y = m x + b$

$$Y_1 = \frac{1}{15} X_1 + 5.5 \quad \dots \dots (1)$$

$$Y_1 = -\frac{1}{2} X_1 + 2.0 \quad \dots \dots (2)$$

จากสมการ (1) และ (2) แก้สมการได้ $X_1 = -6.176$ และ $Y_1 = 5.088$

$$Y_2 = \frac{1.5}{15} X_2 + 5.5 \quad \dots \dots (3)$$

$$Y_2 = \frac{1}{2} X_2 + 2.0 \quad \dots \dots (4)$$

จากสมการ (3) และ (4) แก้สมการได้ $X_2 = 8.75$ และ $Y_2 = 6.375$

$$\text{พื้นที่รูปตัด} = \frac{1}{2} (4 \times 1.088 + 1.5 \times 6.176 + 1.5 \times 8.75 + 4 \times 2.375)$$

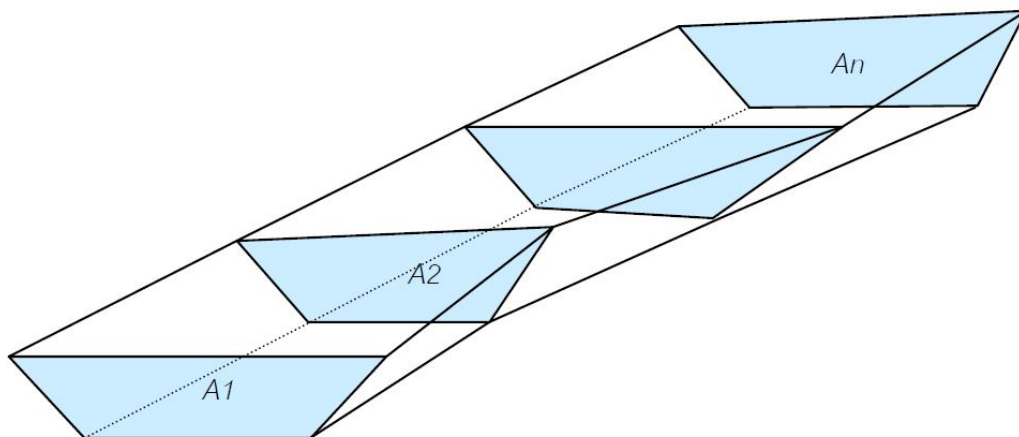
$$= \frac{1}{2} \times 36.24$$

$$= 18.12$$

ตารางเมตร

5. การคำนวณหาปริมาตรจากรูปตัด

การหาพื้นที่หน้าตัดมักมีจุดประสงค์หลักเพื่อหาปริมาตรงานดิน ฉะนั้นเมื่อต้องการหาปริมาตร จะรังวัดหาพื้นที่หน้าตัดที่ห่างกันสม่ำเสมอเป็นช่วงๆ หรือระยะระหว่างรูปตัดเท่ากันตลอด



ถ้าให้ $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ เป็น พื้นที่รูปตัดของแต่ละช่วงทั้งหมด n รูป

และ d เป็น ระยะช่วงห่างของรูปตัดแต่ละรูป

5.1 วิธีพื้นที่เฉลี่ย (Average Area) วิธีนี้ใช้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดทุกรูป เป็นตัวแทนของรูปหน้าตัด ดังนั้นปริมาตรจะเท่ากับพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยคูณกับระยะทางทั้งหมด (L)

$$V = \frac{(A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)}{n} \times L$$

5.2 วิธีพื้นที่หัวท้ายเฉลี่ย (Average End Area) วิธีนี้คล้ายกับวิธีที่ 1. แต่แทนที่จะเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดจะเฉลี่ยเพียงพื้นที่รูปตัดที่อยู่ถัดกัน คือเป็นการหาปริมาตรของแต่ละช่วงพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีพื้นที่เฉลี่ย แล้วนำปริมาตรแต่ละรูปมารวมกันเป็นปริมาตรทั้งหมด

$$V_1 = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \times d$$

$$V = \left(\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1} \right) \times d$$

5.3 วิธีสูตรพริสมอย (Prismoidal Formular) วิธีนี้เป็นการหาปริมาตรของสองช่วงรูปตัด หรือมีพื้นที่หน้า ตัด 3 รูป แล้วนำปริมาตรที่ได้แต่ละสองช่วงมารวมกันเป็นปริมาตรทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้การคำนวณมีพื้นที่หน้าตัดจำนวนลงตัวจะต้องรังวัดรูปตัดให้มีจำนวนรูปเป็นเลขคู่ และมีระยะระหว่างรูปตัดเท่ากันตลอด

$$V_1 + V_2 = \frac{d}{3} \times (A_1 + 4A_2 + A_3)$$

$$V = \frac{d}{3} \times (A_1 + 4\sum A'' + 2\sum A' + A_n)$$

A'' คือ พื้นที่หน้าตัดคู่ (2, 4, 6, ..ถึง n-1)

A' คือ พื้นที่หน้าตัดคี่ (3, 5, 7, ..ถึง n-2)

ตัวอย่างที่ 6 จงคำนวณปริมาตรของดินจากข้อมูลพื้นที่รูปตัดขวางที่ระยะต่างๆทุก 25 เมตรดังนี้

ระยะทาง m.	0	5	50	75	100	125	150
พื้นที่รูปตัดขวาง m ²	10.22	39.50	59.49	70.83	147.79	166.38	241.67

ก) หาปริมาตรโดยวิธีพื้นที่เฉลี่ย

$$\text{ปริมาตร} = \frac{(10.22 + 39.50 + 59.49 + 70.83 + 147.79 + 166.38 + 241.67)}{7} \times 150$$

$$= \frac{15768.86}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}$$

ข) หาปริมาตรโดยวิธีพื้นที่หัวท้ายเฉลี่ย

$$\text{ปริมาตร} = \left(\frac{10.22 + 241.67}{2} + 39.50 + 59.49 + 70.83 + 147.79 + 166.38 \right) \times 25$$

$$= \frac{15248.38}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}$$

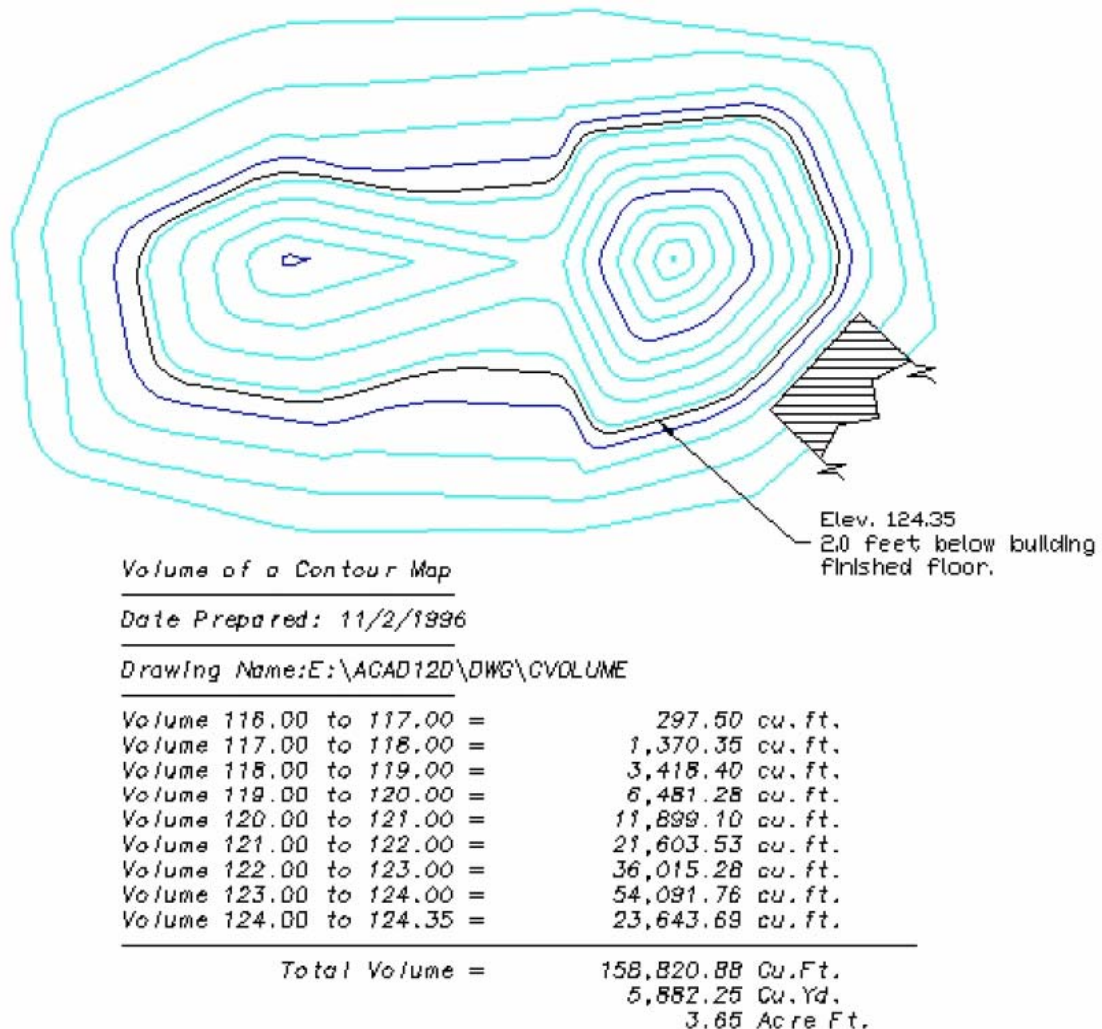
ค) หาปริมาตรโดยวิธีใช้สูตรพิสมอย

$$\text{ปริมาตร} = \frac{25}{3} \times [10.22 + 4(39.50 + 70.83 + 166.38) + 2(59.49 + 147.79) + 241.67]$$

$$= \frac{14777.42}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}$$

6. การหาปริมาตรจากเส้นชั้นความสูง

แผนที่เส้นชั้นความสูงสามารถนำคำนวณหาปริมาตรได้เช่นเดียวกับการคำนวณปริมาตรจากรูปตัด แต่เป็นรูปตัดในแนวราบไม่ใช่รูปตัดแนวดิ่งหรือรูปตัดขวาง เป็นรูปตัดที่ล้อมรอบด้วยเส้นชั้นความสูงแต่ละเส้น โดยหาพื้นที่ตามวิธีในหัวข้อ 2 แล้วหาปริมาตรตามวิธีในหัวข้อ 5



รูปที่ 7 แสดงการหาปริมาตร จากเส้นชั้นความสูง

ตัวอย่างที่ 7 การออกแบบอ่างเก็บน้ำความจุ 3.54×10^6 ลูกบาศก์เมตร เพื่อใช้ในการเกษตร ถ้าออกแบบให้ระดับน้ำใช้ได้ต่ำสุดที่ 210 เมตร จงหาระดับน้ำสูงสุด จากข้อมูลการวัดพื้นที่ที่เส้นชั้นความสูงที่ได้

ค่าเส้นชั้นความสูง 230 227 224 221 218 215 212 209

พื้นที่ (ตร.ม.) 290410274900 229840 205130 178560 163420 118540 48310

$$\text{ประมาณพื้นที่ที่ระดับ 210} = 48310 + \frac{1}{3} \times (118540 - 48310) = 71720$$

ระดับ	พื้นที่	พื้นที่เฉลี่ย	ค่าต่างระดับ	ปริมาตร	V สะสม
210	71720	95130	2	190260	---
212	118540	140980	3	422940	190260
215	163420	170000	3	512970	613200

$$\text{ให้ค่าระดับที่ต้องการ} = 230 - y$$

$$\begin{aligned}\text{พื้นที่ที่ระดับ } (230-y) &= 290410 - (290410-274900) \times \frac{y}{3} \\ &= 290410 - 5170y\end{aligned}$$

$$\text{ปริมาตรส่วนเกิน} = \frac{290410 + (290410-5170y)}{2} \times y$$

$$(3959235-3540000) = 290410y - 2585y^2$$

$$2585y^2 - 290410y + 419235 = 0$$

$$\begin{aligned}y &= \frac{290410 \pm \sqrt{290410^2 - 4 \times 2585 \times 419235}}{2 \times 2585} \\ &= 1.46\end{aligned}$$

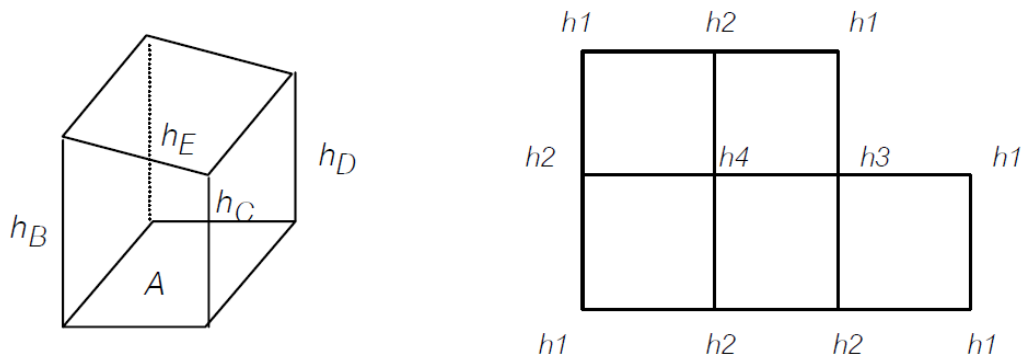
$$\text{ค่าระดับน้ำสูงสุด} = 230 - 1.46 = 228.54 \text{ เมตร}$$

7. การคำนวณปริมาตรจากจุดความสูง (Spot Level)

การหาปริมาตรของดินที่ขุดหรือถมเป็นจำนวนมากๆหรือบริเวณกว้างใหญ่ เช่น บ่อดินยืม (Borrow Pit) ในก่อสร้างทาง วิธีการหาปริมาตรที่เหมาะสมคือการหาระดับของจุดที่กำหนดขึ้นและหาปริมาตรจากค่าระดับของจุดเหล่านี้ ดังนั้นงานสนามประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

- 1) แบ่งพื้นที่ออกเป็นรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีขนาดเท่าๆกัน
- 2) หาระดับหาระดับผิวดินที่จุดมุมของรูปเหลี่ยมเหล่านั้น

การคำนวณปริมาตรของดิน จะคิดว่าแท่งดินที่มีรูปหน้าตัดเป็นรูปเหลี่ยมแบบต่างๆนั้นเป็นแท่งปริซึมที่มีหน้าตัดหัวท้ายไม่ขนานกัน ปริมาตรแท่งดินเท่ากับพื้นที่หน้าตัดตามแนวราบคูณด้วยความสูงเฉลี่ยของดินที่มุมของรูปหน้าตัดนั้น วิธีแบ่งพื้นที่ที่นิยมทำคือแบ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยม



$$\text{ปริมาตรแท่งดิน} = \frac{h_B + h_C + h_D + h_E}{4} \times A$$

$$\text{ปริมาตรบ่อดิน} = \frac{h_1 + 2 \sum h_2 + 3 \sum h_3 + 4 \sum h_4}{4} \times A$$

h_1 คือ ความสูงของจุดที่มีตารางเดียว

h_2 คือ ความสูงของจุดที่มีตารางร่วม 2 หน่วย

h_3 คือ ความสูงของจุดที่มีตารางร่วม 3 หน่วย

h_4 คือ ความสูงของจุดที่มีตารางร่วม 4 หน่วย

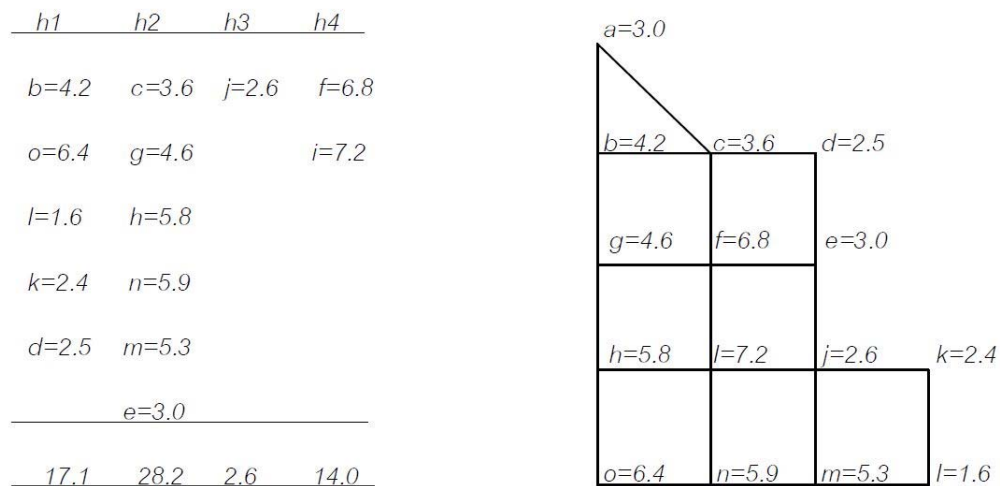
A คือ พื้นที่ของ 1 หน่วยตาราง

$$\text{หรือปริมาตรบ่อดิน} = \frac{\sum nh}{4} \times A \quad (\text{เมื่อ } n \text{ คือจำนวนตารางที่ความสูง } h)$$

การแบ่งพื้นที่เป็นรูปต่างๆบนพื้นดินจะให้มีความขนาดเท่าไร ขึ้นกับความละเอียดหรือความถูกต้องของงานที่ต้องการและขึ้นกับลักษณะของผิวดินด้วย โดยทั่วไปพื้นที่ที่จะหาปริมาตรของดินอาจจะมีรูปร่างทางราบไม่

เป็นรูปเรขาคณิตแต่จะคดโค้ง ดังนั้นในการแบ่งพื้นที่จะแบ่งเป็นตารางสี่เหลี่ยมภายในพื้นที่ และส่วนที่ไม่เต็มหน่วยตรงแนวเขต อาจคิดว่าพื้นที่เหล่านั้นมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมหรือเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูก็ได้ การคำนวณปริมาตรของแท่งดินเหล่านี้แยกคิดต่างหากแล้วนำไปรวมภายหลัง

ตัวอย่างที่ 8 จากจุดความสูงของบ่อดินยืมตามรูป ถ้าต้องการขุดดินถึงระดับ +0.0 เมตร โดยมีผนังทุกด้านเป็นระนาบตั้ง จงหาปริมาตรดินที่ต้องขุดออก



ปริมาตรส่วนเต็มหน่วย	$= \frac{17.1 + 2 \times 28.2 + 3 \times 2.6 + 4 \times 14.0}{4} \times (20 \times 20)$	
	$= 13730.0$	ลบ.ม.
ปริมาตรส่วน abc	$= \frac{3.0 + 4.2 + 3.6}{3} \times \frac{20 \times 20}{2}$	$= 720$ ลบ.ม.
ปริมาตรรวม	$= 13730 + 720$	$= 14450$ ลูกบาศก์เมตร

บรรณานุกรม

1. กองสำรวจ, สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท, การสำรวจออกแบบเส้นทาง. กรุงเทพฯ :สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท, 2539.
2. เจิมศักดิ์ หัวเพชร. วิชาการสำรวจ. กรุงเทพฯ : อักษรประเสริฐ , 2525.
3. เจิมศักดิ์ หัวเพชร. วิชาการสำรวจ. กรุงเทพฯ : อักษรประเสริฐ , 2531.
4. เจิมศักดิ์ หัวเพชร. วิชาการสำรวจเส้นทาง. กรุงเทพฯ : อักษรประเสริฐ , ม.ป.ป.
5. ชลประทาน, กรม. การสำรวจหาระดับคลองส่งน้ำ. กรุงเทพฯ : กองสำรวจภูมิประเทศกรมชลประทาน,ม.ป.ป.
6. ชลประทาน, กรม. การสำรวจหาระดับอ่างเก็บน้ำ. กรุงเทพฯ : กองสำรวจภูมิประเทศกรมชลประทาน,ม.ป.ป.
7. ดิลก ศรีนาวิน, ผศ. การสำรวจพื้นฐาน. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2537.
8. ทางหลวง, กรม. การสำรวจ. กรุงเทพฯ : กรมทางหลวง, 2530.
9. ทรัพยากรธรณี, กรม. การรังวัดขั้นต้น. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี, 2511.
10. ปี 42. มิ่งบสร้างทาง 22 โครงการ. . ข่าวช่าง.27. (321) : 43 ; ธันวาคม 2541.
11. พรเทพ ราชอัคคี,ผศ. วิศวกรรมสำรวจชั้นสูง.นครนายก : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545.
12. ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจ. กรุงเทพฯ : ไทยแลนด์การพิมพ์, 2524.
13. ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : ไทยแลนด์การพิมพ์, 2528.
14. ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. การสำรวจเส้นทาง. กรุงเทพฯ : ไทยแลนด์การพิมพ์, 2534.
15. โยธาธิการ, กรม. มาตรฐานงานช่าง. กรุงเทพฯ : กรมโยธาธิการ, 2532.
16. วชิรินทร์ วิทย์กุล. การสำรวจเพื่อการก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2527.
17. อนันต์ สันตยากร. การสำรวจ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, ม.ป.ป.
18. อาชีวศึกษา, กรม. การสำรวจและรังวัดพื้นที่. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2527.
19. Evett, Jack B. Surveying. New York : John Wiley & Sons, Inc., 1979.
20. McCormac, Jack C. Surveying. New Jersey : Prentice . Hall Inc., 1985.
21. เอกสารคำสอนวิชาการสำรวจ 1 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์