สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

แผนที่ภูมิประเทศและการสำรวจรังวัดทางภูมิศาสตร์

เกรียงศักดิ์ พราหมณ์พันธุ์

ได้รับเงินสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา

2 ก.ค. 2544
147003

ISBN
974 – 546 – 724 - 3

BK0063266

108877

เริ่มบริการ
- 2 ส.ค. 2545

526.98
ก768ค
ค.4

คำนำ

หนังสือแผนที่ภูมิประเทศและการสำรวจรังวัดทางภูมิศาสตร์เล่มนี้มีจุดมุ่งหมายเกี่ยวกับการอ่านและการใช้แผนที่ภูมิประเทศ เพื่อนำความรู้ที่ได้รับไปประกอบในการศึกษาวิธีการสำรวจรังวัดทางภูมิศาสตร์ ซึ่งจะมีเนื้อหาเฉพาะที่จำเป็นพอเหมาะกับการศึกษาในแต่ละเรื่องที่นักภูมิศาสตร์ควรจะรู้ เพื่อนำไปปรับใช้กับการเรียนการสอน การประกอบสัมมาอาชีพต่อไป

เนื้อหาวิชาซึ่งมุ่งเน้นให้เรียนรู้เกี่ยวกับแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งจะจำลองลักษณะพื้นผิวพิภพลงบนพื้นราบมีสัญลักษณ์แทนรายละเอียดต่างๆ บอกไว้ชัดเจน เช่น ภูเขา แม่น้ำ และส่วนที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ถนน ทางรถไฟ และสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ เป็นต้น แผนที่ภูมิประเทศจึงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มาก ในการใช้ประกอบการศึกษาวิชาการสำรวจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสำรวจทางภูมิศาสตร์ เพราะจะช่วยประกอบการวางแผนการสำรวจรังวัด โดยการใช้เทคนิคและเครื่องมือสำรวจชนิดต่าง ๆ เช่น การนับก้าว การใช้เครื่องมือวัดระยะ การใช้กล้องระดับ กล้องวัดมุม เข็มทิศสำรวจ และวิธีการสำรวจรูปแบบต่าง ๆ โดยอาศัยการอ้างอิงโยงยึดค่าหมุดหลักฐานภาคพื้นดินและพิกัดต่างๆ จากแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งกรมแผนที่ทหารได้แสดงไว้บนแผนที่ภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาดูถึงการเข้าถึงพื้นที่จะทำการสำรวจว่าจะใช้อุปกรณ์ วิธีการสำรวจรังวัด เครื่องมือและยานพาหนะประเภทใดจึงจะเหมาะสม

ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้คงจะเป็นประโยชน์และเป็นตำราช่วยในการเรียนการสอนในด้านการใช้แผนที่ภูมิประเทศและการสำรวจรังวัดทางภูมิศาสตร์ หากมีข้อผิดพลาดผู้เขียนหวังว่าจะได้รับการท้วงติงจากผู้ใช้ด้วยก็จะเป็นพระคุณอย่างยิ่ง

ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณรายได้ในการพัฒนาผลงานทางวิชาการประเภทตำรา จากคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ปีงบประมาณ 2541

เกรียงศักดิ์ พราหมณ์พันธุ์
ภาควิชาภูมิศาสตร์
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา 2541

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำแผนที่	1
	ประวัติและวิวัฒนาการแผนที่	1
	ความหมายของแผนที่	2
	การแบ่งชนิดแผนที่ภูมิประเทศ	2
	รายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่ภูมิประเทศ	6
	คำถามทบทวน	17
บทที่ 2	มาตราส่วน	18
	มาตราส่วนที่ใช้โดยทั่วไปทางวิศวกรรมและการสำรวจรังวัด	18
	การสร้างหรือการแปลงมาตราส่วน	20
	วิธีการวัดระยะ	21
	การวัดมุม	27
	คำถามทบทวน	29
บทที่ 3	พิกัดภูมิศาสตร์และพิกัดกริด	30
	พิกัดภูมิศาสตร์	30
	พิกัดกริด	32
	คำถามทบทวน	40
* บทที่ 4	การสำรวจสังเขป	41
	วิธีการนับก้าว	41
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจสังเขป	43
	วิธีการดำเนินงานสำรวจสังเขป	43
	คำถามทบทวน	45
* บทที่ 5	การรังวัดด้วยโซ่หรือการรังวัดด้วยเทปวัดระยะ	46
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรังวัดด้วยโซ่หรือเทปวัดระยะ	46
	วิธีการปฏิบัติในการรังวัดด้วยโซ่	47
	ข้อห้ามและข้อเสนอแนะในการรังวัดด้วยโซ่หรือเทปวัดระยะ	48
	การวัดและเก็บรายละเอียดตามแนวโซ่หรือเทปวัดระยะ	49
	คำถามทบทวน	51
* บทที่ 6	การวัดระยะข้ามสิ่งกีดขวางและการแก้ปัญหางานสนาม	52
	การใช้โซ่หรือเทปสร้างมุมฉาก	52

การวัดความกว้างของแม่น้ำโดยภูมิประเทศไม่มีสิ่งกีดขวาง..... 52
การวัดระยะความกว้างหนองน้ำ..... 54
การวัดระยะผ่านสิ่งกีดขวางและปิดบังการเล็ง..... 55
การวัดระยะทางข้ามเนินเขา แอ่งหรือหุบเขา..... 56
การวัดความสูงตึก ต้นไม้ วัตถุหรือสิ่งปลูกสร้าง..... 57
คำถามทบทวน..... 58
บทที่ 7 การระดับ..... 59
คำนิยามที่ใช้ในงานระดับ..... 59
สัญญาณในงานระดับ..... 60
เครื่องมือที่ใช้ในงานระดับ..... 63
วิธีตั้งกล้องระดับ..... 66
ไม้ระดับ..... 68
หมุดหลักฐานประเทศไทย..... 68
วิธีการทำระดับ..... 68
การทำระดับโดยใช้กล้องระดับ..... 70
ข้อแนะนำในการทำระดับด้วยวิธีตรง..... 71
ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในงานระดับ..... 71
การแบ่งอันดับงานหรือชั้นของงาน..... 72
การหาความแตกต่างของระดับ..... 72
การจดบันทึกสมุดสนามและการคำนวณ..... 74
คำถามทบทวน..... 75
บทที่ 8 การใช้กล้องระดับหาปริมาตรในการถมดิน..... 76
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติ..... 76
วิธีการปฏิบัติงานสนาม..... 76
คำถามทบทวน..... 80
บทที่ 9 การทำวงรอบและการทำโครงข่ายสามเหลี่ยม..... 81
การปฏิบัติการภาคสนามในการทำวงรอบ..... 81
วิธีการทำวงรอบด้วยการวัดมุม..... 81
ข้อจำกัดและหลักของการทำวงรอบ..... 81
การทำวงรอบโดยการวัดมุม 4 แบบ..... 82
สาเหตุของการปฏิบัติงานวงรอบผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อน..... 83
การจัดหน่วยปฏิบัติงานภาคสนาม..... 84

การทำโครงข่ายสามเหลี่ยม..... 86
ระบบของสามเหลี่ยมรูปเดียว..... 86
คำถามทบทวน..... 90
บทที่ 10 กล้องวัดมุม..... 91
กล้องวัดมุมแบบอ่านจากเวอร์เนีย..... 91
กล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล..... 95
คำแนะนำในการใช้และข้อควรระวัง..... 95
การเตรียมเครื่องมือก่อนใช้งาน..... 100
การกำหนดค่าเบื้องต้น..... 102
การทำงานของกล้องวัดมุม..... 106
ฟังก์ชันอื่น ๆ..... 110
การตรวจสอบและการปรับแก้ฟองระดับยาวและกลม..... 112
กล้องเล็งหมุด..... 112
ค่าคลาดเคลื่อนมุมดิ่ง..... 113
คำถามทบทวน..... 118
บทที่ 11 การใช้กล้องรังวัดทำเส้นชั้นความสูง..... 119
ลักษณะของเส้นชั้นความสูง..... 119
ช่วงชั้นความสูง..... 119
การหาค่าระดับสำหรับเส้นชั้นความสูง..... 121
การเขียนเส้นชั้นความสูง..... 123
คำถามทบทวน..... 124
บทที่ 12 การรังวัดด้วยเข็มทิศ..... 125
ประเภทของเข็มทิศ..... 125
ทิศเหนือและการอ่านทิศ..... 125
ชนิดมุมทิศ..... 126
ภาคของทิศไปและภาคของทิศกลับ..... 128
การตรวจสอบวงรอบเข็มทิศ..... 128
คำถามทบทวน..... 131
บทที่ 13 การผลิตแผนที่และการสำรวจวางหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน..... 132
การสำรวจรังวัดทางภาคพื้นดิน..... 132
การสำรวจเพื่อลงรายละเอียดแผนที่..... 135
การผลิตแผนที่จากรูปถ่าย..... 136

การผลิตรูปถ่ายทางอากาศ..... 136
การสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดิน..... 138
งานเขียนถ่ายทอดรายละเอียดเพื่อผลิตแผนที่ภูมิประเทศ
จากรูปถ่ายทางอากาศ..... 141
การขจัด Y-Parallax ในภาพทรวดทรงของหุ่นจำลองภูมิประเทศ..... 142
คำถามทบทวน..... 145
บรรณานุกรม..... 146
ภาคผนวก..... 149
ดัชนีเรื่อง..... 158

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แผนที่โลกของปโตเลมี ปี พ.ศ.693..... 3
รูปที่ 2 แผนที่แสดงที่ตั้งประเทศไทย ลาว เวียตนาม พม่า อินเดียและมาเลเซีย..... 3
รูปที่ 3 สารบัญ (Index) แสดงการแบ่งหมายเลขระวางแผนที่ภูมิประเทศชุด L7017.. 4
รูปที่ 4 สารบัญ (Index) แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 250,000..... 5
รูปที่ 5 แสดงมาตราส่วนแผนที่ มาตราส่วน 1 : 50,000..... 7
รูปที่ 6 แสดงคำอธิบายสัญลักษณ์แผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000..... 7
รูปที่ 7 แสดงชื่อแผนที่และมาตราส่วน..... 9
รูปที่ 8 แสดงชื่อระวางแผนที่..... 9
รูปที่ 9 แสดงหมายเลขแผ่นระวาง..... 9
รูปที่ 10 แสดงสารบาญแนวแบ่งเขตการปกครอง..... 11
รูปที่ 11 แสดงสารบาญระวางติดต่อ..... 11
รูปที่ 12 แสดงคำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง..... 13
รูปที่ 13 แสดงแผนที่ภาพทิศและค่ามุมเบี่ยงเบน..... 13
รูปที่ 14 บันทึกรายละเอียดพิเศษต่าง ๆ ที่สำคัญให้ผู้อ่านและใช้แผนที่ได้ทราบ..... 16
รูปที่ 15 คำอธิบายรายละเอียดช่วงต่างเส้นชั้นความสูง รูปทรงสัณฐาน
เส้นโครงแผนที่ เส้นกริด และความน่าเชื่อถือของหน่วยแผนที่..... 16
รูปที่ 16 แสดงมาตราส่วนทางวิศวกรรม, มาตราส่วนกราฟฟิก, มาตราส่วนเย้
และมาตราส่วนเปรียบเทียบ..... 19
รูปที่ 17 เครื่องมือวัดระยะเทปวัดระยะ..... 23
รูปที่ 18 เครื่องมือวัดระยะแบบล้อเลื่อน..... 23
รูปที่ 19 การวัดมุมระบบเซนเทศสิมัล, เนสิมัล, ทหารและเรเดียน..... 28
รูปที่ 20 แสดงเส้นละติจูด เส้นลองจิจูดและการบอกค่ามุม..... 31
รูปที่ 21 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่มุมทั้ง 4 ของขอบระวางแผนที่..... 34
รูปที่ 22 แสดงการแบ่งโซนกริดและกริดของโซนในระบบ UTM ของโลก..... 35
รูปที่ 23 แสดงจัตุรัสหมื่นเมตร (10,000 เมตร)..... 37
รูปที่ 24 แสดงจัตุรัสพันเมตร (1,000 เมตร)..... 37
รูปที่ 25 แสดงพิกัดจุด A วัดคลองน้ำดำ 47 PQQ 4920437..... 39
รูปที่ 26 แผนผังตัวอย่างในการสำรวจแบบสังเขปด้วยการนับก้าว..... 44
รูปที่ 27 การวัดมุมความลาดเอียงด้วยระดับมือถือแบบแอปเน่ (Abney Level)..... 50
รูปที่ 28 ระดับมือถือ แบบ Abeny Level..... 50

รูปที่ 29 การใช้โซ่หรือเทปสร้างมุมฉาก แบบ (ก) และ แบบ (ข)..... 52
รูปที่ 30 แสดงวิธีการใช้สัญญาณมือ ระหว่างผู้ส่องกล้องและผู้ถือไม้ระดับ..... 61
รูปที่ 31 แสดงวิธีการใช้สัญญาณมือเพื่อบอกตัวเลขในการสำรวจรังวัด..... 62
รูปที่ 32 ส่วนประกอบของกล้องระดับ..... 65
รูปที่ 33 กล้องระดับต่าง ๆ..... 67
รูปที่ 34 แสดงการปรับฟองระดับกลมในกล้องระดับ..... 69
รูปที่ 35 ไม้ระดับและขีดบอกระดับ..... 69
รูปที่ 36 แสดงการจำลองพื้นที่เพื่อการใช้กล้องระดับหาปริมาตรในการถมดิน..... 77
รูปที่ 37 แสดงการแก้ปัญหาการทำวงรอบด้วยโครงข่ายสามเหลี่ยม..... 87
รูปที่ 38 แสดงการสามเหลี่ยมในประเทศไทย..... 88
รูปที่ 39 แสดงการสามเหลี่ยมในประเทศอังกฤษ..... 89
รูปที่ 40 แสดงกล้องวัดมุมชนิดต่าง ๆ 93
รูปที่ 41 แสดงกล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล..... 96
รูปที่ 42 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของกล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล..... 97
รูปที่ 43 การใส่แบตเตอรี่กล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล..... 98
รูปที่ 44 การตั้งขากล้องวัดมุม แบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล..... 98
รูปที่ 45 แสดงการใช้กล้องเล็งแนวดิ่ง..... 101
รูปที่ 46 แสดงการปรับระดับฟองยาว..... 101
รูปที่ 47 การกำหนดค่าเบื้องต้น..... 104
รูปที่ 48 การวัดมุมหน้าซ้ายและหน้าขวา..... 104
รูปที่ 49 การกำหนดค่ามุมดิ่งอ้างอิง 0 ในหมวดการกำหนดค่าเบื้องต้น..... 107
รูปที่ 50 การคงค่ามุมราบบนจอแสดงผล..... 107
รูปที่ 51 การวัดค่ามุมทบของกล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์..... 111
รูปที่ 52 ระบบสัญญาณเตือนเมื่อเข้าใกล้มุมฉาก (0° 90°, 180°, 270°)..... 111
รูปที่ 53 การตรวจสอบและการปรับแก้ฟองยาว..... 115
รูปที่ 54 การตรวจสอบและปรับแก้ฟองกลม..... 115
รูปที่ 55 จอแสดงผลและปุ่มการทำงานของกล้องวัดมุมอิเล็คโทรนิกส์..... 117
รูปที่ 56 การปรับแก้แนวเล็ง บนแนวดิ่งของกล้อง..... 117
รูปที่ 57 แสดงเส้นชั้นความสูง เส้นละ 20 เมตร ในแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ
ของกรมแผนที่ทหาร..... 120
รูปที่ 58 แสดงเข็มทิศแบบต่าง ๆ ที่สามารถใช้ในการสำรวจรังวัด..... 127
รูปที่ 59 แสดงการบินถ่ายภาพทางอากาศ..... 137

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบรูปทรงรีแบบต่าง ๆ ที่แต่ละประเทศนำมาใช้..... 14

ตารางที่ 2 การหาจำนวนก้าวเฉลี่ย ระยะก้าวเฉลี่ย ความเร็วเฉลี่ย ความยาวใน 1 ก้าว ระยะทางที่เดินได้และการหาความคลาดเคลื่อน..... 42

ตารางที่ 3 การจดบันทึกและการคำนวณตามวิธีความสูงของแนวเล็ง..... 74

ตารางที่ 4 การจดบันทึกและการคำนวณหาค่า H.I. , ค่า Level, ค่า Level เฉลี่ย และการหาปริมาตร..... 78

บทที่ 1

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทำแผนที่

1. ประวัติและวิวัฒนาการแผนที่

แผนที่มีวิวัฒนาการตั้งแต่สมัยโบราณจวบจนกระทั่งปัจจุบันนี้ ได้มีการพัฒนามาเป็นลำดับ สำหรับประเทศไทยนั้นมีประวัติการสร้างแผนที่โดยการเผยแพร่จากชาวต่างชาติ เช่น ในด้านข้อมูลแผนที่ทางอุทกศาสตร์ ตั้งแต่รัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัฐบาลอังกฤษได้ส่งนาวาโทจอห์น ริชชาร์ด เข้ามาช่วยการสำรวจแม่น้ำเจ้าพระยาและฝั่งอ่าวไทย จนกระทั่งปี พ.ศ. 2414 นาวาโทเอ.เจ.ลอฟตัสกับคณะมาสำรวจต่อ โดยใช้เรือรบไทย ถือได้ว่าเป็นการเริ่มต้นสำรวจเพื่อทำแผนที่ทะเลเพื่อใช้ในการเดินเรือ การพัฒนาต่อมามีการจัดส่งนายทหารเรือไทยไปศึกษาด้านการสำรวจ ณ ประเทศ สหรัฐอเมริกา ที่กรมสำรวจแผนที่บกและชายฝั่ง (Coast and Geodetic Survey) และตั้งแต่ พ.ศ.2473 เป็นต้นมา ได้มีการจัดส่งข้าราชการไปศึกษาอบรมและดูงาน เพื่อนำความรู้มาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น งานด้านแผนที่ของกรมอุทกศาสตร์ที่สำคัญ คือ งานวิศวกรรมแผนที่ทะเล โดยได้มีการสำรวจแผนที่ทะเล การสร้างต้นฉบับแผนที่และจัดพิมพ์แผนที่ทะเล ซึ่งมีลักษณะทางเทคนิคเฉพาะเป็นมาตรฐานสากล และคอยควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐานโดยองค์การอุทกศาสตร์สากล IHO (International Hydrographic Organization) (ทวี ทองสว่างและไพฑูรย์ ปิยะปกรณ์ 2528, 51-64)

ด้านแผนที่ทางบกนั้น ประเทศไทยมีภาพปรากฏอยู่ในแผนที่เก่าแก่ คือ แผนที่โลกของพโตเลมี ได้เขียนขึ้นปี พ.ศ. 693 (ดำรง สุวรรณเทศ 2523, 62) และในสมัยกรุงศรีอยุธยา มีแผนที่แสดงบริเวณเกาะเมือง ส่วนแผนที่เก่าแก่ที่สุดที่ได้ค้นพบในประเทศไทยนั้นคือ แผนที่ยุทธศาสตร์สมัยพระรามาธิบดีที่ 1 ใน พ.ศ. 1893 ถึง พ.ศ.1912 (สุมาลี กียะกุล 2521, 24-35) แผนที่ประเทศไทยฉบับแรก ซึ่งสำรวจด้วยความละเอียดถูกต้องนั้นสร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2411 เป็นแผนที่ชายแดนด้านตะวันตก (ดำรง สุวรรณเทศ 2522, 59-73) สร้างขึ้นเพื่อกำหนดพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับสหภาพพม่า ต่อมาใน พ.ศ.2413 ได้มีการสำรวจจัดทำแผนที่บริเวณกรุงเทพฯ ถึงธนบุรี ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว คราวเสด็จกลับจากต่างประเทศทางเกาะชวา แหลมมลายู ปี พ.ศ.2416 และได้นำ นายอะลาบาสเตอร์ มารับราชการเป็นที่ปรึกษาส่วนพระองค์เรื่องการตั้งกองทำแผนที่เมื่อ พ.ศ.2418 โดยเริ่มทำแผนผังเมืองกรุงเทพฯ แผนที่การวางสายโทรเลขจากกรุงเทพฯไปเมืองพระตะบอง และแผนที่บริเวณน่านน้ำอ่าวไทย ใน พ.ศ.2424 กรมแผนที่ทหาร ได้จ้าง นายเจมส์

แมคคาธี ต่อมาทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานสัญญาบัตรแต่งตั้งเป็น พระวิภาคภูวดล เป็นเจ้ากรมแผนที่คนแรก และได้เริ่มวางโครงข่ายสามเหลี่ยมจากไทยไปลาวและเขมร เป็นแผนที่ลาว กัมพูชา มาตราส่วน 1:2,000,000 พิมพ์ที่กรมแผนที่อินเดีย

กรมแผนที่ได้เริ่มทำแผนที่โฉนดที่ดิน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2453 ซึ่งดำเนินการโดยคนไทย ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2453 ถึง ปี พ.ศ.2493 กรมแผนที่ได้จัดทำแผนที่ภูมิประเทศประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000 เป็นแผนที่มาตรฐานเสร็จประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ในการพัฒนาต่อมา เจ้ากรมแผนที่ทหาร คือ พล.ท.พระยาศัลวิธานนิเทศ (วารสารแผนที่ 2526, 185-210) ได้ริเริ่มทำแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศบริเวณจังหวัดสุรินทร์ ในปี พ.ศ.2495 มีการผลิตแผนที่ชุด L 708 มาตราส่วน 1:50,000 จำนวน 1,127 ระวาง เสร็จทั้งประเทศในปี พ.ศ.2512 และตั้งแต่ปี พ.ศ.2514 เป็นต้นมา ได้มีการปรับปรุงจัดทำแผนที่ L 7017 ประมาณ 828 ระวางและในการทำแผนที่ชุดนี้ถือได้ว่าเป็นแผนที่ภูมิประเทศที่มีมาตรฐานความถูกต้องและรายละเอียดสูงมาใช้เป็นแผนที่ฐาน(Base Map) เพื่อใช้ในการผลิตแผนที่เฉพาะวิชา(Thematic Map) ต่อไป (ทวี ทองสว่างและไพฑูรย์ ปิยะปกรณ์ 2528, 59-64)

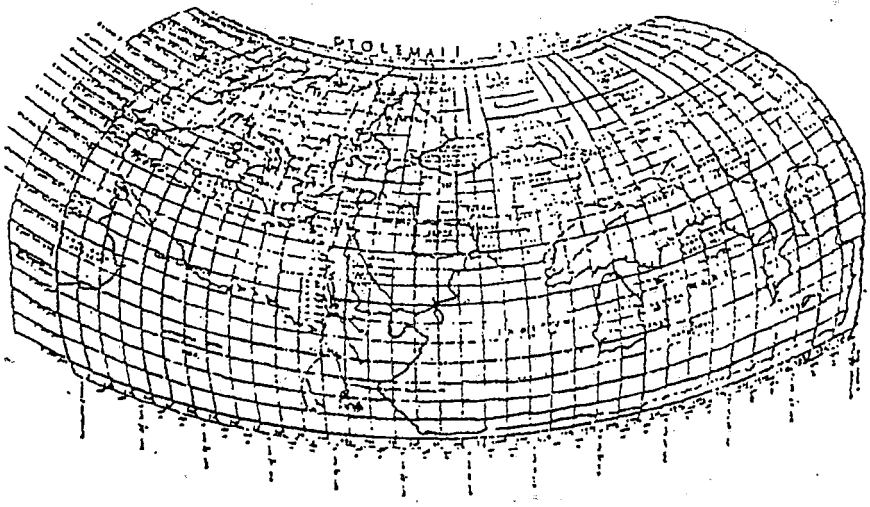
2. ความหมายของแผนที่

แผนที่ หมายถึง สิ่งที่จำลองลักษณะภูมิประเทศของพื้นผิวโลกซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง ลำธาร ห้วย หนอง บึง บ่อน้ำ ป่าไม้ และภูเขา และส่วนที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อาคารสิ่งปลูกสร้าง ถนน ทางรถไฟ คลองชลประทาน พื้นที่การเกษตร เขื่อนและส่วนอื่น ๆที่ปรากฏอยู่บนภูมิประเทศนำมาจำลองลงบนพื้นราบ หรือวัตถุอื่นใดที่แบนราบ ด้วยการย่อส่วนให้เล็กลงให้ได้ขนาดตามที่ต้องการโดยแสดงเครื่องหมาย ทิศทาง สัญลักษณ์ มาตราส่วน คำอธิบาย ระบบพิกัด สี แสงเงาและลายเส้นหรือข้อมูลอื่นใดที่จำเป็นต่อการอ่านแผนที่ ซึ่งแสดงลักษณะภูมิประเทศได้เข้าใจถูกต้องและชัดเจน แผนที่ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญเพื่อใช้ในการศึกษาวิชาการทางด้านภูมิศาสตร์และสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี

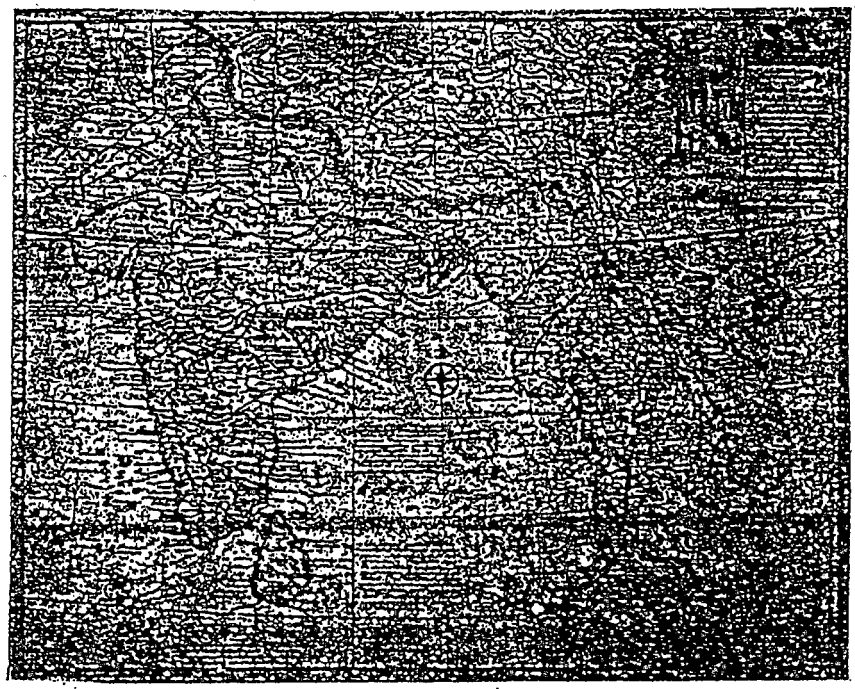
3. การแบ่งชนิดแผนที่ภูมิประเทศ

แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Maps)สามารถจัดแบ่งได้ตามมาตราส่วนการผลิตและนิยมใช้เป็นแผนที่ฐาน(Base Maps) ในปัจจุบันผลิตโดยกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด กระทรวงกลาโหม มี 2 มาตราส่วนคือ

1. แผนที่ภูมิประเทศ ประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L 7017
2. แผนที่ภูมิประเทศ ประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ชุด 1501

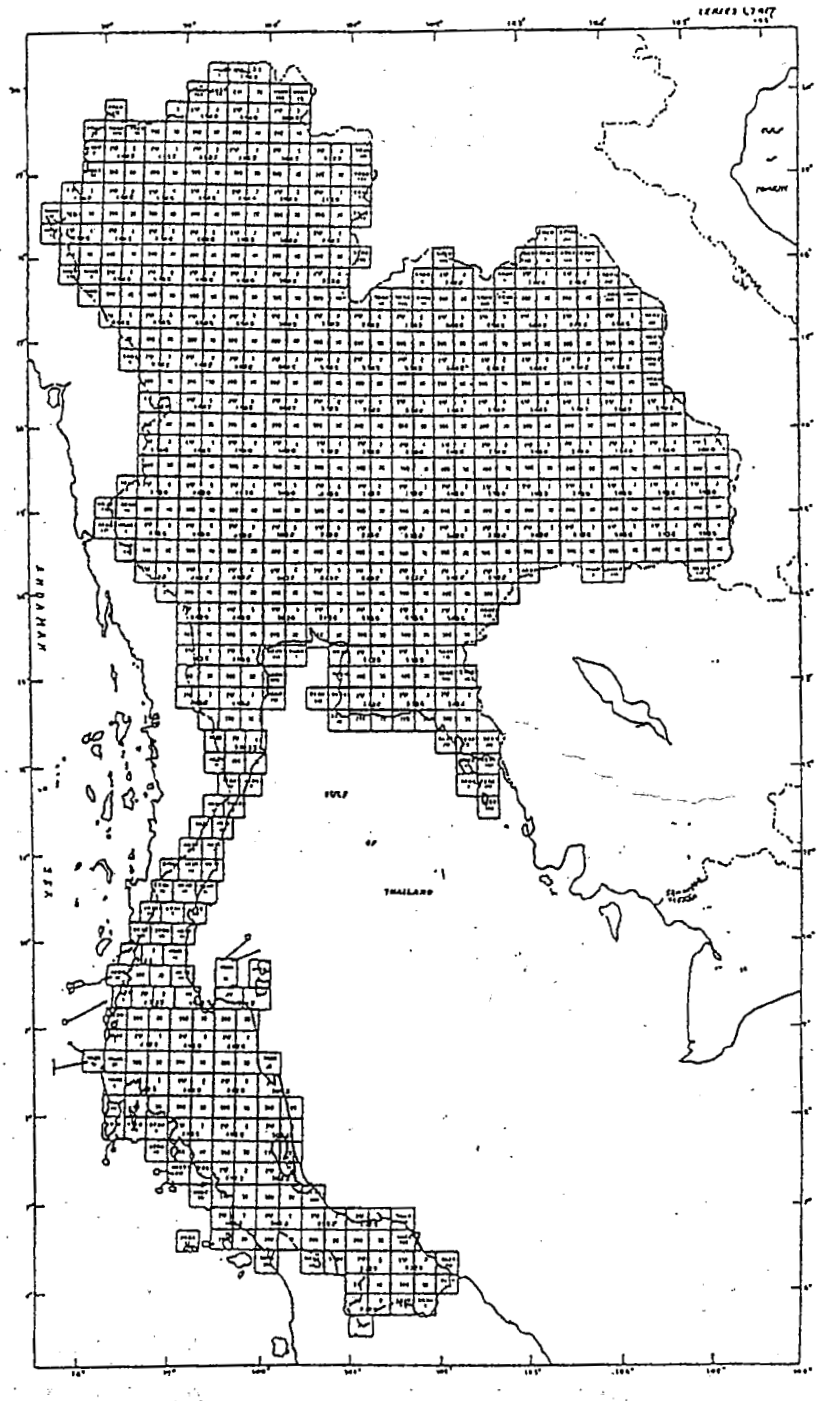


รูปที่ 1 แผนที่โลกของปโตเลมี ปี พ.ศ.693



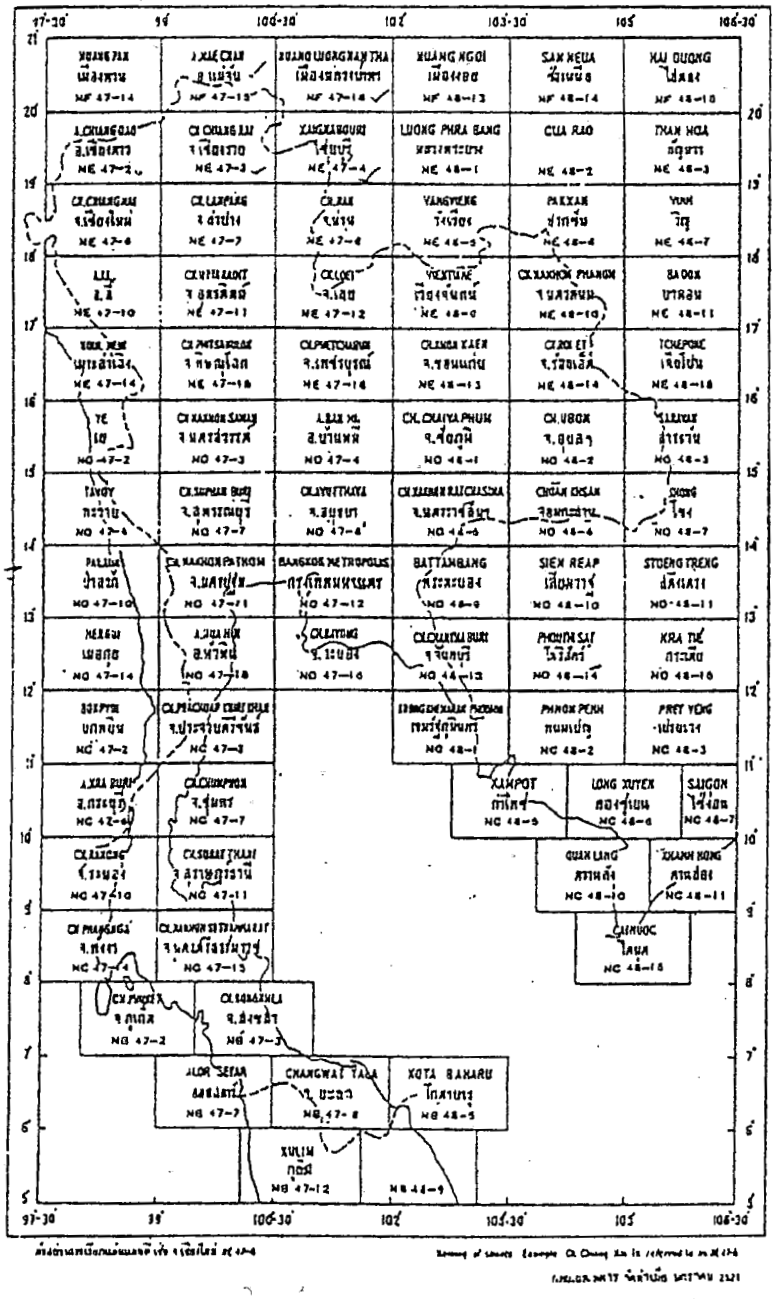
รูปที่ 2 แผนที่แสดงที่ตั้งประเทศไทย ลาว เวียดนาม พม่า อินเดียและมาเลเซีย

ที่มา : ทวี ทองสว่างและไพฑูรย์ ปียะปกรณ์ 2528, 51



รูปที่ 3 สารบัญ (Index) แสดงการแบ่งหมายเลขระวางแผนที่ภูมิประเทศชุด L7017

ที่มา : ทวี ทองสว่างและไพฑูรย์ ปียะปกรณ์ 2528, 146



รูปที่ 4 สารบัญ (Index) แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 250,000

ที่มา : ทวี ทองสว่างและไพฑูรย์ ปิยะปกรณ์ 2528, 147

4. รายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่ภูมิประเทศ (Marginal Information Topographic Maps)

รายละเอียดต่าง ๆ ที่ปรากฏบนแผนที่ภูมิประเทศนั้นมีจำนวนมากที่ผู้อ่านและผู้ใช้ควรรู้จักและทำความเข้าใจรายละเอียดที่แสดงไว้ ในแต่ละระวางแผนที่ปกติแล้วในแต่ละระวางจะมีรายละเอียดของข้อมูล ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ส่วน คือ

ส่วนที่หนึ่งคือ ส่วนประกอบภายนอกขอบระวาง

ส่วนที่สองคือ ส่วนประกอบภายในขอบระวาง

4.1 **ส่วนที่หนึ่ง** ส่วนประกอบภายนอกขอบระวาง

เป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดนอกเส้นกรอบของแผนที่สำหรับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ(Topographic maps)มาตราส่วน1:50,000บริเวณนอกขอบระวางจะประกอบไปด้วยรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

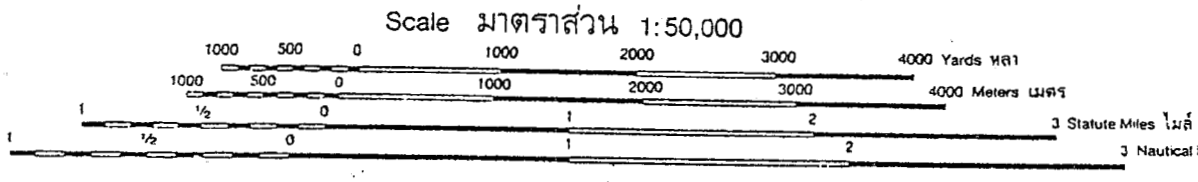
ก. มาตราส่วนแผนที่ (Map Scale)
แสดงไว้ด้านบนซ้ายแผนที่และด้านล่างตรงกลางแผนที่ แสดงให้ทราบว่าแผนที่ฉบับนั้น ย่อมาจากลักษณะภูมิประเทศจริง ด้วยอัตราส่วนในการย่อเท่าใด ซึ่งจะแสดงไว้ทั้งแบบมาตราส่วนแบบเศษส่วน (Representative Scale) และมาตราส่วนแบบบรรทัด (Graphical Scale) ซึ่งบอกหน่วยวัดเป็นไมล์ (Statue Mile) เมตร (Meters) หลา (Yards) และไมล์ทะเล (Nautical Mile)

ข. คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend Symbol)
แสดงไว้ตอนล่างด้านซ้ายของแผนที่ สัญลักษณ์จะแสดงไว้ด้วยรูปภาพ เช่น เส้นตรงหนา อธิบายถึงสัญลักษณ์แทนถนนพื้นแข็ง ตั้งแต่ 2 ทางวิ่งขึ้นไปใช้ได้ทุกฤดูกาล ส่วนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมเส้นประมีสัญลักษณ์รูปเครื่องบินระบายทึบ อธิบายถึงสนามบินใช้ได้ทุกฤดูกาลเป็นต้น ซึ่งคำอธิบายสัญลักษณ์จะบอกให้ทราบรายละเอียดที่สำคัญและจำเป็นให้ทราบ โดยปกติแผนที่ชุดเดียวกันจะใช้สัญลักษณ์และคำอธิบายเดียวกัน ถ้าเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนสัญลักษณ์อาจจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

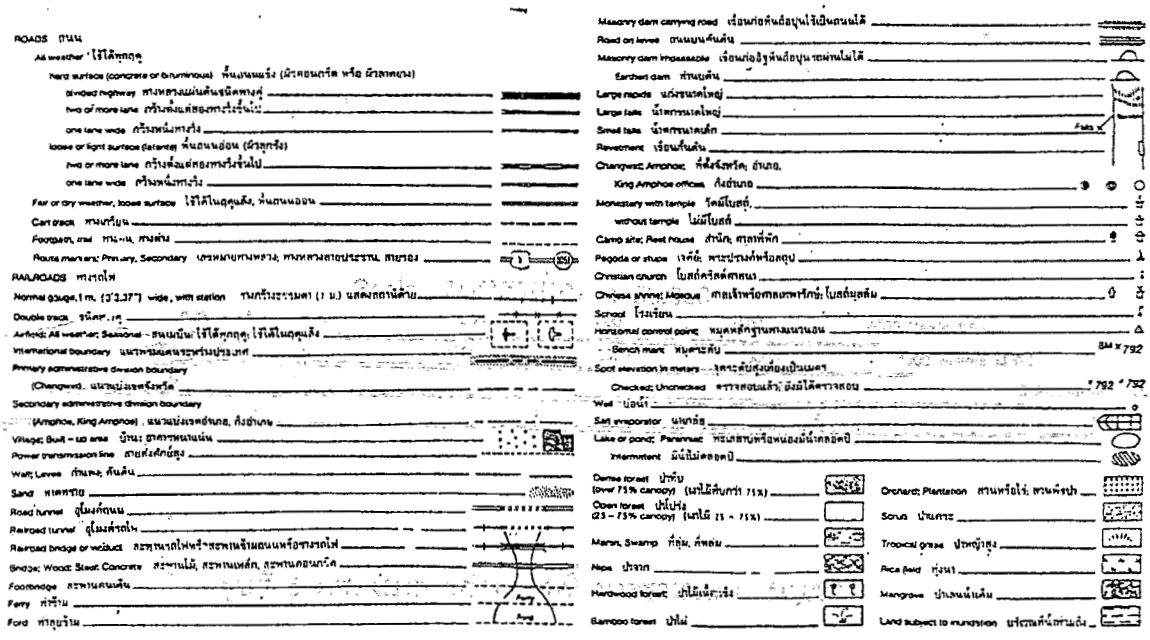
ค. ศัพทานุกรมท้ายระวาง (Glossary)และวิธีการออกเสียง(Pronunciation Guide)
แสดงไว้ด้านล่างตรงกลางแผนที่ จัดทำขึ้นเพื่อให้ชาวต่างประเทศได้ทราบและ

เข้าใจความหมายของคำต่างๆที่ใช้ในแผนที่ และกรรมวิธีในการอ่านและออกเสียง

ง. ระบบบ่งบอกรายละเอียดระวาง (Sheet Identification System)



รูปที่ 5 แสดงมาตราส่วนแผนที่ มาตราส่วน 1 : 50,000



รูปที่ 6 แสดงคำอธิบายสัญลักษณ์แผนที่มาตราส่วน 1 : 50,000

ที่มา : แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร

ในการจัดทำแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ เช่นประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่กว้างใหญ่ ต้องจัดแบ่งพื้นออกเป็นหลายๆ ส่วน แต่ละส่วนต้องมีชื่อเรียกและมีวิธีจัดเก็บที่สะดวกในการนำมาใช้ จึงมีการจัดระบบบ่งบอกรายละเอียดระวางขึ้น แต่ละระวางจะประกอบไปด้วย

1. ชื่อชุดแผนที่และมาตราส่วน (Series Name and Scale)

แสดงไว้ด้านบนมุมซ้ายแผนที่โดยพิมพ์ว่า ประเทศไทย 1:50,000 ส่วนตรงกลางด้านล่างแผนที่แสดงเฉพาะตัวเลขมาตราส่วน 1:50,000

2. ชื่อระวางแผนที่ (Map Sheet)

แสดงไว้ 2 ตำแหน่ง คือตรงกลางด้านบน และมุมซ้ายด้านล่างขอบระวางแผนที่ โดยชื่อของแผนที่นี้อาจจะเป็นชื่อ จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้านก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของแผนที่แต่ละระวางว่าส่วนใดมีการปกคลุมพื้นที่จำนวนมากสุดในระวางนั้นๆ หรือมีลักษณะเด่นทางภูมิศาสตร์อื่นใด เช่น ถ้าระวางนั้นมีพื้นที่ปกคลุมอุทยานเกือบทั้งระวาง ก็อาจจะตั้งชื่อระวางนั้นว่า อุทยานเขาใหญ่ เป็นต้นทั้งนี้ เพื่อไม่ให้ชื่อระวางแผนที่เกิดการตั้งชื่อซ้ำซ้อนกัน

3. หมายเลขแผ่นระวาง (Sheet Number)

แสดงไว้มุมขวาด้านล่างของแผนที่ เป็นเลขหมายใช้อ้างอิงในการเรียกใช้ และสะดวกในการค้นหา การเก็บและแจกจ่าย จะเป็นตัวเลข 4 ตัว แล้วต่อท้ายด้วยเลขโรมันใช้ 4 ตัวคือ I II III IV โดยจะเปลี่ยนไปทุก ๆ 50 ลิปดา การเรียงหมายเลขซึ่งประกอบเลขโรมันนั้นจะวางตัวตามเข็มนาฬิกา เมื่อค้นหาก็สามารถดูได้จากสารบาญแผนที่ (Map Index) ซึ่งกรมแผนที่ทหารได้จัดทำเอาไว้

4. หมายเลขลำดับชุด (Series Number)

เป็นหมายเลขสำหรับใช้ในการอ้างอิงถึงภูมิภาค ที่แผนที่ฉบับนั้นครอบคลุมอยู่ เช่น แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของประเทศไทย จะมีหมายเลขลำดับชุด คือ **L 7017** โดยยึดถือการกำหนดหมายเลขลำดับชุดตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา ที่ถือกำหนดตามข้อตกลงขององค์การ NATO (North Atlantic Treaty Organization) จะอธิบายหมายเลขลำดับชุดให้เข้าใจดังนี้

L 7017

L เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตัวแรก อาจจะเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรภาษาอังกฤษก็ได้ ถ้าเป็นตัวเลขจะเป็นแผนที่คลุมภาคพื้นทวีป (Continental Area) ถ้าเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษจะแสดงว่าคลุมภูมิภาคใดภูมิภาคหนึ่ง (Regional Area) หรือคลุมพื้นที่ส่วนย่อยของ

THAILAND ประเทศไทย 1:50,000

รูปที่ 7 แสดงชื่อแผนที่และมาตราส่วน

อำเภอหนองใหญ่
AMPHOE NONG YAI

รูปที่ 8 แสดงชื่อระวางแผนที่

SHEET ระวาง 5235 II

SERIES ลำดับชุด L7017

รูปที่ 9 แสดงหมายเลขแผ่นระวาง

ภูมิภาค (Sub-Regional Area) สำหรับอักษร **L** เป็นภูมิภาคที่ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย ลาว กัมพูชา เวียตนาม มาเลเซีย จีน ไต้หวัน เกาหลี และญี่ปุ่น

7 เป็นตัวเลขที่บ่งบอกให้ทราบถึงขนาดมาตราส่วนซึ่งกำหนดไว้ ตั้งแต่ 1 ถึง 0 มีช่วงขนาดของมาตราส่วนที่ใช้ทดแทนตัวเลขดังนี้

1 = มาตราส่วน 1:50,000 และเล็กกว่า

2 = มาตราส่วนใหญ่กว่า 1: 50,000 ถึง 1:2,000,000

3 = มาตราส่วนใหญ่กว่า 1:2,000,000 ถึง 1:500,000

4 = มาตราส่วนใหญ่กว่า 1:500,000 ถึง 1:250,000

5 = มาตราส่วนใหญ่กว่า 1:250,000 ถึง 1:150,000

6 = มาตราส่วนใหญ่กว่า 1:150,000 ถึง 1:70,000

7 = มาตราส่วนใหญ่กว่า 1:70,000 ถึง 1:35,000

8 = มาตราส่วนใหญ่กว่า 1:35,000 ขึ้นไป

9 = แผนที่ผังเมืองไม่พิจารณามาตราส่วน

0 = รูปถ่ายทางอากาศ ไม่พิจารณามาตราส่วน

0 เป็นตัวเลขที่แสดงถึงภูมิภาคย่อย (Sub-Regional Area) ในระบบสารบาญแผนที่ กำหนดตัวเลขคือ เช่น

0 = ภูมิภาคย่อยบริเวณประเทศ จีน ไทย ลาว เวียตนาม กัมพูชา และมาเลเซีย

5 = ภูมิภาคย่อยบริเวณประเทศเกาหลี

7 = ภูมิภาคย่อยบริเวณประเทศญี่ปุ่น

9 = ภูมิภาคย่อยบริเวณเกาะไต้หวัน

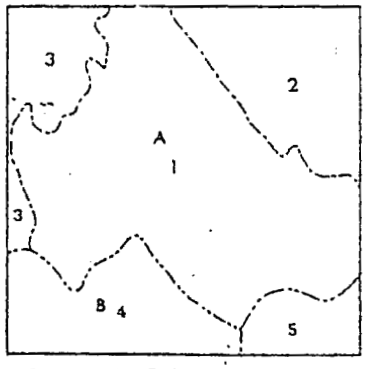
17 เป็นตัวเลขแสดงถึงการลำดับของชุดแผนที่ ที่มีมาตราส่วนขนาดเดียวกัน และตั้งอยู่ในภูมิภาคเดียวกัน แสดงตัวเลขเพียง 1 ตัว หรือ 2 ตัวก็ได้ และเลข **17** แสดงว่าเป็นแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ที่ทำขึ้นในภูมิภาค L เป็นลำดับที่ 17

จ. สารบาญ (Index)

แสดงเป็นภาพประกอบไว้ที่ขอบระวาง โดยแสดงรายละเอียดและข้อมูลเพื่อ

BOUNDARIES

สารบาญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง



A. Changwat Chon Buri
1. Amphoe Nong Yai
2. Amphoe Bo Thong
3. Amphoe Ban Bung
B. Changwat Rayong
4. Amphoe Pluak Daeng
5. King Amphoe Wang Chan

A. จังหวัดชลบุรี
1. อำเภอหนองใหญ่
2. อำเภอบ่อทอง
3. อำเภอบ้านบึง
B. จังหวัดระยอง
4. อำเภอปลวกแดง
5. กิ่งอำเภอวังจันทร์

รูปที่ 10 แสดงสารบาญแนวแบ่งเขตการปกครอง

ADJOINING SHEETS

สารบาญระวางติดต่อ

5235 IV	5235 I	5335 IV
5235 III	5235 II	5335 III
5234 IV	5234 I	5334 IV

รูปที่ 11 แสดงสารบาญระวางติดต่อ

ให้ผู้ใช้แผนที่ได้ทราบว่า แผนที่ระวางนั้นมีตำแหน่งและความสัมพันธ์ทางพื้นที่อย่างไร

1) สารบาญเขตการปกครอง (Index to Boundaries)

แสดงด้วยภาพที่มีเส้นแนวแบ่งเขตการปกครองระดับ จังหวัด อำเภอ ซึ่งจำลองแนวเขตมาจากระวางแผนที่นั้นๆ บอกถึงที่ตั้งจังหวัดด้วยตัวย่อภาษาอังกฤษ กำกับด้วยตัวเลขแสดงจำนวนอำเภอ ส่วนเขตการปกครองแสดงด้วยจุดประสองจุดและชิดติดต่อกัน

2) สารบาญระวางติดต่อ (Index to Adjoining Sheet)

แสดงด้วยภาพจำลองเป็นระวางตารางสี่เหลี่ยมจำนวน 9 ระวาง ภายในระวางแต่ละระวางจะบอกหมายเลขและอักษรโรมันกำกับ ระวางตรงกลางคือระวางที่กำลังใช้งานอยู่โดยมีวิธีอ่านคืออ่านตามการหมุนของเข็มนาฬิกา อ่านจาก I ลงข้างล่างคือ II อ่านไปทางซ้ายคือ III และอ่านขึ้นข้างบนคือ IV

ฉ. คำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง (Elevation Guide)

แสดงด้วยภาพจำลองของเส้นชั้นความสูง(Contour Line)ในแต่ละชั้นของเส้นชั้นความสูงจะเป็นแถบสี มีจุดบอกระดับความสูงและแถบสีดังกล่าวบอกค่าความสูง โดยสีเข้มสุดคือพื้นที่สูงที่สุด รองลงมาคือพื้นที่สูง พื้นที่สูงปานกลางและพื้นที่ต่ำ

ช. แผนภาพแสดงทิศเหนือและค่ามุมที่เบี่ยงเบน (North and Declination Diagram)

แสดงภาพแนวของทิศเหนือทั้ง 3 ทิศ คือทิศเหนือแม่เหล็ก ใช้สัญลักษณ์ลูกศรทึบครึ่งซีก ทิศเหนือกริด ใช้สัญลักษณ์เป็นอักษรภาษาอังกฤษว่า GN และทิศเหนือจริงใช้สัญลักษณ์เป็นรูปดาว แต่ละทิศจะแสดงค่ามุมเบี่ยงเบน การแปลงมุมทิศแต่ละทิศให้เอา 0 องศา 12 ลิปดามาช่วยในการแปลงค่า

ซ. บันทึกต่างๆ (Notes)

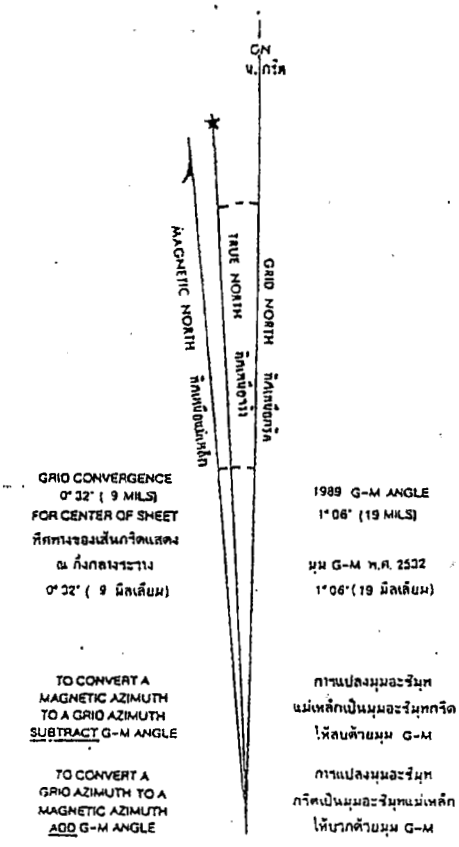
เป็นการบันทึกข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ ของแผนที่ เพื่อให้ผู้ใช้แผนที่นำข้อมูลต่างๆ เหล่านั้นไปประกอบในการอ่านและใช้ประโยชน์จากแผนที่ต่อไป

1) บันทึกช่วงต่าง เส้นชั้นความสูง (Contour Interval Note)

เป็นบันทึกที่แสดงไว้เพื่อบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบถึง ความสูงต่างของเส้นชั้นความสูงที่ปรากฏบนแผนที่ เช่น แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 จะบันทึกไว้ว่า ช่วงต่างเส้นชั้นความสูงชั้นละ 20 เมตร กับชั้นแทรกชั้นละ 10 เมตร

2) บันทึกเกี่ยวกับรูปทรงสัณฐานของโลก (Spheroid Note)

รูปที่ 12 แสดงคำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง



รูปที่ 13 แสดงแผนภาพทิศและค่ามุมเบี่ยงเบน

ที่มา : แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร

เป็นบันทึกเกี่ยวกับรูปทรงของโลก ว่าใช้รูปทรงใดนำมาเป็นพื้นฐานในการคำนวณ สำหรับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ ของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 จะใช้รูปทรงของโลกเป็นรูปทรงรี มีอัตราแบนที่ขั้วโลก 1/301 ซึ่งบันทึกว่า "Everest" เป็นลักษณะรูปทรงของโลกที่นำมาใช้ในการคำนวณ

3) บันทึกเกี่ยวกับเส้นโครงแผนที่ (Projection Note)

เป็นบันทึกที่บอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่า นำเส้นโครงแผนที่แบบใดมาใช้ในการถ่ายทอดเป็นระบบอ้างอิงจากพื้นผิวโลกสู่แผ่นราบ สำหรับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 จะบันทึกเอาไว้ว่า "เส้นโครงแผนที่ ทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์"

4) บันทึกเส้นกริด (Gird Note)

เป็นบันทึกบอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่าตารางกริดที่ใช้ในระวางนี้ใช้ระบบพิกัดแบบใดและในการแสดงค่าเส้นกริดเป็นอย่างไร สำหรับแผนที่แสดงแสดงลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 จะบันทึกเอาไว้ว่า "1,000 เมตร UTM ; เขต 47"

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบรูปทรงรีแบบต่างๆ ที่แต่ละประเทศนำมาใช้

ลำดับที่	รูปทรงรีแบบ	กึ่งแกนสั้น	กึ่งแกนยาว	อัตราส่วนยุบที่ขั้ว	กลุ่มประเทศที่ใช้
1	เอเวอเรสต์ (ค.ศ.1830)	6,356,075	6,377,276	1/301	ไทย พม่า อินเดีย ปากีสถาน
2	เบสเซล (ค.ศ.1841)	6,356,079	6,377,397	1/299	ชิลี ทวีปยุโรป ตอนกลาง
3	คล้าก (ค.ศ.1866)	6,356,584	6,378,206	1/295	ฟิลิปปินส์ อเมริกาเหนือ
4	คล้าก (ค.ศ.1880)	6,356,584	6,378,301	1/295	ฝรั่งเศส แอฟริกา
3	เฮฟอร์ด อินเตอร์เน-ชั่นแนล(ค.ศ.1909)	6,356,912	6,378,388	1/301	หลายพื้นที่ ทั่วโลก

ที่มา : ทวี ทองสว่าง และไพฑูรย์ ปียะปกรณ์ 2528, 92

5) บันทึกเกี่ยวกับหลักฐาน (Datum Note)

เป็นบันทึกที่บอกให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่า ใช้ระบบอ้างอิงใดในการยึดถือเป็นหลักฐานในการกำหนดค่าเอาไว้ สำหรับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 จะบันทึกเอาไว้ว่า หลักฐานตามแนวนอนถือตามหลักฐานประเทศอินเดียส่วนหลักฐานตามแนวยืน(แนวดิ่ง) ถือตามหลักฐานระดับน้ำทะเลปานกลางที่บริเวณเกาะหลัก อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

6) บันทึกเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือ (Credit Note)

เป็นบันทึกเกี่ยวกับหน่วยงานที่รับผิดชอบในการทำแผนที่ เพื่อให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่าหน่วยงานที่สำรวจ กำหนดจุดควบคุม จัดทำและพิมพ์โดย กรมแผนที่ทหาร

7) บันทึกเกี่ยวกับวิธีการแบ่งเขต (Boundary Note)

เป็นการบอกถึงกรรมวิธีในการแบ่งเขตการปกครอง โดยบันทึกไว้ว่า "แนวแบ่งเขตการปกครองภายในประเทศ ในแผนที่ระวางนี้แสดงไว้โดยประมาณ"

8) บันทึกถึงผู้ใช้แผนที่ (User's Note)

เป็นบันทึกขอความร่วมมือจากการใช้แผนที่ว่ามีปัญหาใดบ้างโดยบันทึกไว้ว่า " ขอให้ผู้ใช้ได้กรุณาแจ้งข้อแก้ไขและความเห็น ในอันที่จะทำให้ประโยชน์ของแผนที่ระวางนี้เพิ่มพูนขึ้น แจ้งไปยังกรมแผนที่ทหาร นครหลวงฯ2 "

9) บันทึกในการจัดพิมพ์ (Edition Note)

เป็นบันทึกที่ให้ผู้ใช้แผนที่ทราบว่าหน่วยงานใดเป็นผู้จัดพิมพ์ สำหรับแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 บันทึกไว้ว่า "1-RTSD" หมายความว่าจัดพิมพ์ครั้งที่ 1 โดย Royal Thai Survey Department

4.2 **ส่วนที่สอง** ส่วนประกอบภายในขอบระวาง

จัดเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในขอบเส้นกรอบของแผนที่ ซึ่งจะบ่งบอกให้ทราบถึงบริเวณหนึ่ง ๆ ของพื้นที่ที่ได้ย่อส่วนมาจากลักษณะพื้นที่จริง ในภูมิประเทศมีรายละเอียดต่าง ๆ ชัดเจนครบถ้วนตามสภาพภูมิประเทศ ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์เป็นจุด พื้นที่ สี ต่าง ๆ การแรเงาและลายเส้นในเรื่องของถนนสายหลัก ถนนสายรอง ทางเดิน ทางรถไฟ สนามบิน สะพาน สายส่งศักดิ์สูง ที่ตั้งหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด ทางน้ำ แม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง เขื่อน วัด โบสถ์ โรงเรียน กำกับแต่ละจุดด้วยนามศัพท์ (Name press) มีตารางกริพร้อมหมายเลขกำกับครอบทับตัวแผนที่ เช่น ในแผนที่

1:50,000 จะมีตารางกริดขนาด 2 เซนติเมตร คูณ 2 เซนติเมตร ซึ่งจะเท่ากับ 1 ตารางกิโลเมตร และมีเครื่องหมายกากบาทปรากฏอยู่ในตัวแผนที่เป็นระยะๆ ซึ่งโยงมาจากขอบระวางแผนที่เป็นเส้นแสดงพิกัดภูมิศาสตร์ ละติจูดและลองจิจูด เป็นค่าองศาลิปดาในตัวแผนที่เพื่อสะดวกในการค้นหา และอ้างอิง

On this map a LANE is considered as being a minimum of 2.4 meters (8 feet) in width

ถนนที่มีความกว้างอย่างน้อย 2.4 เมตร (8 ฟุต) ในแผนที่ระวางนี้ถือว่าเป็น 1 ทางรถ

There are numerous identically named villages portrayed on this map.

มีหมู่บ้านที่มีชื่อซ้ำกันหลายหมู่บ้านในแผนที่ระวางนี้

DELINEATION OF INTERNAL ADMINISTRATIVE BOUNDARIES ON THIS MAP IS APPROXIMATE

แนวแบ่งเขตการปกครองภายในประเทศในแผนที่ระวางนี้แสดงไว้โดยประมาณ

Prepared by Royal Thai Survey Department, Bangkok Thailand. Revised photogrammetrically by updating details on the base map from aerial photographs dated April 1990

map information as of 1991

แผนที่นี้จัดทำโดยการแก้ไขรายละเอียดลงบนแผนที่มูลฐานของกรมแผนที่ทหาร ที่จัดทำโดยวิธีโฟโตแกรมเมตรี จากรูปถ่ายทางอากาศ ที่ถ่ายเมื่อเดือน เมษายน 2533

ข้อมูลแผนที่ราบรามถึง พ.ศ. 2534

รูปที่ 14 บันทึกรายละเอียดพิเศษต่าง ๆ ที่สำคัญให้ผู้อ่านและใช้แผนที่ได้ทราบ

CONTOUR INTERVAL 20 METERS

SUPPLEMENTARY CONTOURS 10 METERS

SPHEROID.....EVEREST

GRID.....1,000 METER UTM ZONE 47

PROJECTION.....TRANSVERSE MERCATOR

VERTICAL DATUM.....MEAN SEA LEVEL AT KO LAK

HORIZONTAL DATUM.....INDIAN DATUM

CONTROL BY.....RTSD

NAMES DATA BY.....RTSD

PREPARED AND PRINTED BY.....RTSD

DATED.....JANUARY 1991

ช่วงต่างเส้นชั้นความสูง 20 เมตร

กับมีเส้นชั้นแทรกชั้นละ 10 เมตร

สเฟียรอยด์.....เอเวอเรสท์

กริด.....1,000 เมตร UTM เขต 47

เส้นโครงแผนที่.....ทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์

หลักฐานทางแนวดิ่ง.....ถือระดับทะเลปานกลางที่เกาะหลัก

หลักฐานทางแนวนอน.....ถือตามหลักฐานของประเทศอินเดีย

ก่อพิมพ์จุดควบคุมโดย.....กรมแผนที่ทหาร

ตรวจชื่อโดย.....กรมแผนที่ทหาร

แผนที่นี้จัดพิมพ์โดย.....กรมแผนที่ทหาร

พิมพ์เมื่อ.....มกราคม 2534

รูปที่ 15 คำอธิบายรายละเอียดช่วงต่างเส้นชั้นความสูง รูปทรงสัณฐาน เส้นโครงแผนที่ เส้นกรด และความน่าเชื่อถือของหน่วยแผนที่

คำถามทบทวน

1. ประวัติและวิวัฒนาการแผนที่มีการพัฒนาการอย่างไร
2. ความหมายของแผนที่ คืออะไร
3. การแบ่งชนิดของแผนที่ภูมิประเทศเป็นอย่างไร
4. จงอธิบายรายละเอียดประจำขอบระวางภายในและขอบระวางภายนอกของแผนที่ภูมิประเทศ
5. จงเปรียบเทียบรูปทรงของโลกที่แต่ละกลุ่มประเทศนำมาใช้

บทที่ 2

มาตราส่วน (Scale)

มาตราส่วนคือการย่อขยายส่วนของพื้นที่สำรวจหรือบริเวณที่ทำการสำรวจ ซึ่งมีพื้นที่ใหญ่เกินกว่าที่จะนำมาเขียนลงบนกระดาษ จึงจำเป็นต้องย่อระยะลงตามวัตถุประสงค์ในการใช้งานวิธีการดังกล่าวสามารถใช้การย่อหรือขยายก็ได้เป็นการกำหนดอัตราส่วนย่อจากของจริงให้เล็กลงตามต้องการ เช่นของจริงวัดได้ 100 เซนติเมตร ย่อเหลือ 1 เซนติเมตร เรียกว่ามาตราส่วน 1:100 หรือมาตราส่วน 1:50,000 ก็แสดงว่าของจริง 50,000 ส่วนย่อลงเหลือ 1 ส่วน จะย่อให้เหลือเท่าไรก็ให้หน่วยที่ย่อตรงกันหรือเป็นมาตราเดียวกันเสมอ

1. มาตราส่วนที่ใช้โดยทั่วไปทางวิศวกรรมและการสำรวจรังวัดแบ่งได้ดังนี้

1.1 มาตราส่วนทางวิศวกรรม (Engineering Scale) เป็นมาตราส่วนที่นำมาใช้ในการทำแผนผัง แผนที่ที่จะทำการก่อสร้างผังหรือเส้นทาง การเปรียบเทียบอัตราส่วนโดยแสดงในรูปของการขีดเป็นช่องบนไม้บรรทัดมีมาตราส่วนย่ออยู่ทางซ้าย บอกความละเอียดต่ำสุด เช่น ขีดบอกเป็นมิลลิเมตร, เซนติเมตร ส่วนทางขวาเป็นการบอกอัตราส่วนอย่างหยาบมีตัวเลขกำกับ

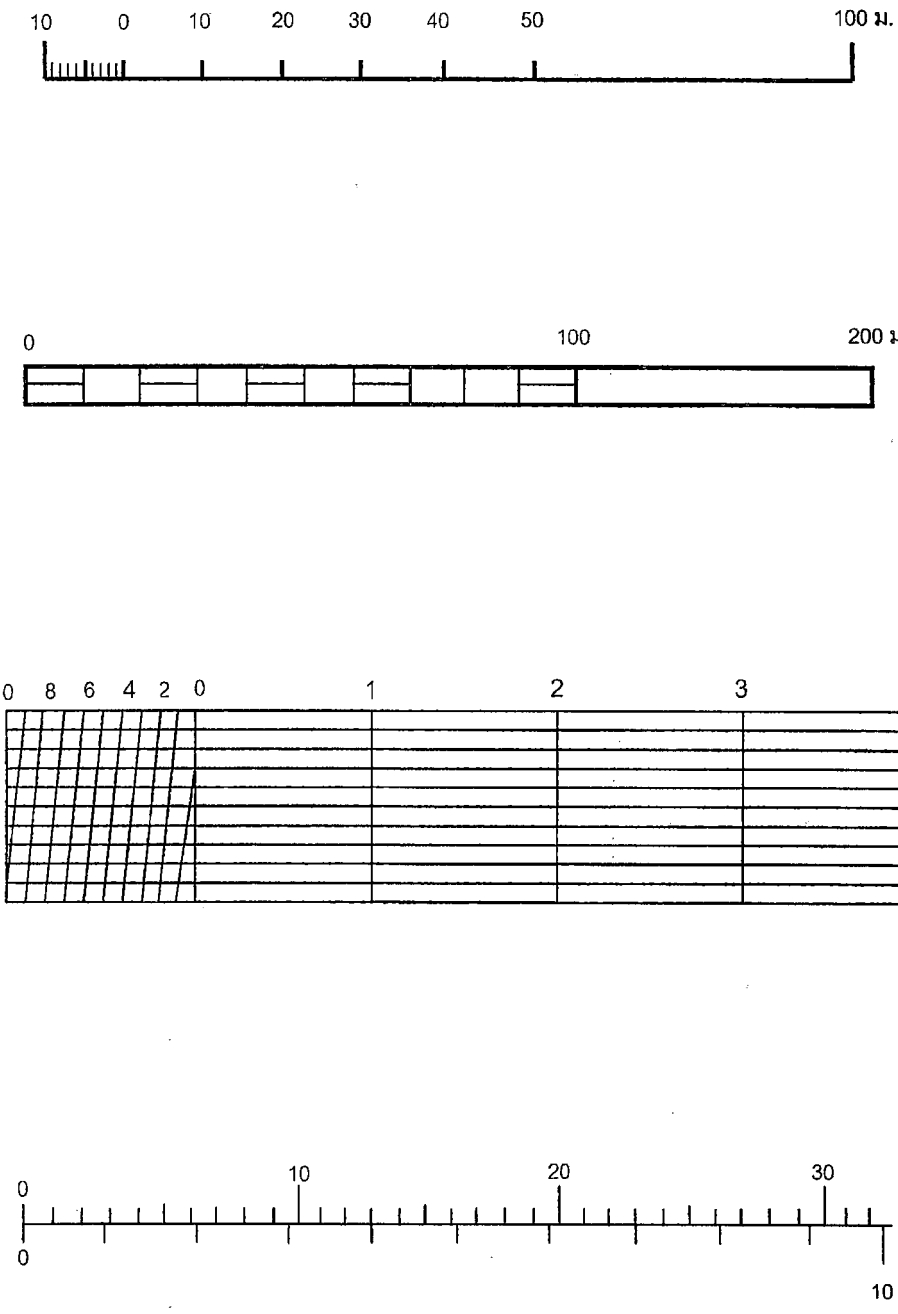
1.2 มาตราส่วนแบบเศษส่วน (Representative Fraction, R.F.) เป็นการแสดงสัดส่วนของระยะทางราบบนแผนที่กับระยะทางราบเดียวกับในภูมิประเทศ วิธีการเขียนจะเขียนในลักษณะเศษส่วนหรืออัตราส่วน เช่น 1/250,000 หรือ 1:250,000

1.3 มาตราส่วนกราฟฟิก (Graphic Scale) หรือมาตราส่วนเส้นบรรทัดซึ่งอาจจะมีมากกว่า 1 หน่วยของระยะทาง เช่นหน่วยเป็นกิโลเมตรหรือหน่วยเป็นไมล์ ในมาตราส่วนจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเริ่มจาก 0 (เลขศูนย์) กำกับ

1.4 มาตราส่วนเย้ เฉหรือเอียง (Diogonal Scale) จัดเป็นมาตราส่วนที่สามารถอ่านได้ละเอียดการคำนวณระยะถูกต้องมากขึ้น เป็นการนำเอาสัดส่วนของรูปสามเหลี่ยม มาจัดแบ่งส่วนเป็น 10 ส่วน

1.5 มาตาส่วนเปรียบเทียบ (Comparative Scale) เป็นการนำเอามาตราส่วนบรรทัดหลายๆ มาตราส่วน มาอยู่ในบรรทัดรูปสามเหลี่ยมโดยให้แต่ละเหลี่ยมแสดงมาตราส่วนใดมาตราส่วนหนึ่ง เช่น 1:25 อีกด้านอาจเป็น 1:50 เป็นต้น โดยเริ่มต้นที่เลข 0 (ศูนย์) ตรงจุดเดียวกันทุกด้านทำให้ง่าย เวลาจะแปลงมาตราส่วน

1.6 มาตราส่วนของแผนที่ (Map Scale) คือการนำเอาลักษณะบนพื้นผิวโลกที่ปรากฏอยู่ ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นนำมาย่อส่วนลงในวัสดุแบนราบ ซึ่งก็หมายถึงอัตราส่วน



รูปที่ 16 แสดงมาตราส่วนทางวิศวกรรม, มาตราส่วนกราฟฟิก, มาตราส่วนเย้ และมาตราส่วนเปรียบเทียบ

1.6 มาตราส่วนของแผนที่ (Map Scale) คือการนำเอาลักษณะบนพื้นผิวโลกที่ปรากฏอยู่ ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นนำมาย่อส่วนลงในวัสดุแบนราบ ซึ่งก็หมายถึงอัตราส่วนระหว่างระยะทางของจุด 2 จุดบนแผนที่กับระยะทางของจุดสองจุดเดิมบนภูมิประเทศจริง โดยปกติจะเขียนในรูปของเศษส่วน หรืออัตราส่วนและระยะทางราบในแผนที่จะเขียนเท่ากับ 1 หน่วยระยะทาง เช่น 1/50,000 (1 หน่วยในแผนที่ เท่ากับ 50,000 หน่วย บนภูมิประเทศจริง)

2. การสร้างหรือการแปลงมาตราส่วน (Construction of Scale) (ศรีวิโรจน์ จันทวงศ์ 2519,19-28)

2.1 การสร้างมาตราส่วน คือการนำข้อมูลในการสำรวจรังวัดจากภาคสนามนำกลับมาเขียนในสำนักงาน เช่น 1:2,500 จะเท่ากับ 1 ซม. = ของจริง 2,500 เมตร

ตัวอย่างที่ 1 การสร้างมาตราส่วน 1:2,500 ให้อ่านได้ถึง 2 เมตร

มาตราส่วน 1 ซม. = 2,500 ซม.

= 25 เมตร

ถ้าใช้มาตราส่วนยาว 15 ซม. = 25 x 15 = 375 เมตร

ถ้าใช้มาตราส่วน 1 ซม. = 20 เมตร

15 ซม. = 20 x 15 = 300 เมตร

เทียบมาตราส่วน $\frac{X}{15}$ = $\frac{300}{375}$

X = $\frac{300 \times 15}{375}$

เพราะฉะนั้น 300 เมตรในมาตราส่วน 1:2,500 = 12 ซม.

วิธีการทำ แบ่งเส้นตรง 12 ซม. ออกเป็น 15 ส่วน โดยการวัด 1 ส่วน เท่ากับ 20 เมตร (12 หารด้วย 15)

เท่ากับ ส่วนละ 0.8 ซม. แบ่งส่วนทางละ 0.8 ซ.ม.ออกเป็น 10 ส่วน (1 ส่วน = 2 เมตร เท่ากับ 0.08 ซม.)

ตัวอย่างที่ 2 การเขียนมาตราส่วนการนับก้าวเพื่อเปรียบเทียบมาตราส่วน 1:200

1 ซม. = 200 ซม.

1 ก้าว = 76 ซม. (ก้าวเฉลี่ยสมมติขึ้น)

1 ซม. = $\frac{200}{76}$ = 2.63 ก้าว

ถ้าใช้มาตราส่วนยาว 20 ซม. = 2.63 x 20 = 52.60 ก้าว

ถ้าใช้มาตราส่วน 1 ซม. = 3 ก้าว

20 ซม. = 3 x 20 = 60 ก้าว

เทียบมาตราส่วน 20 ซ.ม. $\frac{x}{20} = \frac{60}{52.60}$

$x = \frac{60x20}{52.60} = 22.81$ ซ.ม.

แบ่งเส้นตรง 22.81 ซ.ม. เป็น20 ส่วน ๆ ละ 1.14 ซ.ม. เท่ากับ 3 ก้าว

2.2 การแปลงมาตราส่วน

2.2.1 การแปลงมาตราส่วนแบบคำพูดเป็นมาตราส่วนแบบเศษส่วน

ตัวอย่าง จงแปลงมาตรส่วน 4 เซนติเมตรต่อ 1 กิโลเมตรเป็นมาตรส่วนแบบเศษส่วน

วิธีการทำ

1) แปลงระยะทางให้เป็นระบบเมตริกหน่วยเดียวกันคือ 4 เซนติเมตรต่อ 100,000 เซนติเมตร
2) เอา 100,000 เซนติเมตรตั้งหารด้วย 4 จะเท่ากับ 25,000 ดังนั้นมาตราส่วนแบบเศษส่วนจะเท่ากับ 1:25,000

2.2.2 การแปลงมาตราส่วนเป็นมาตราส่วนแบบคำพูด

ตัวอย่าง จงแปลงมาตราส่วน 1:40,000 เป็นมาตราส่วนแบบคำพูด

วิธีการทำ

1) แปลงมาตราส่วนให้อยู่ในหน่วยเดียวกันคือ 1 กิโลเมตรเท่ากับ 100,000 เซนติเมตร
2) นำระยะทาง 100,000 เซนติเมตร หารด้วยตัวเลขของมาตราส่วนแบบเศษส่วน คือเอา 100,000 ตั้ง หารด้วย 40,000 จะเท่ากับ 2.5 ดังนั้นมาตราส่วน แบบคำพูดคือ 2.5 เซนติเมตร ต่อ 1 กิโลเมตร

3. การวัดระยะ (Measurement) การวัดมุม (Measurement Angle) (ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย 2525, 5-9)

การวัดระยะ (Measurement) คือการวัดระยะในการสำรวจจะมีวิธีการก็ขึ้นอยู่เครื่องมือ ที่ใช้วัดค่า ว่ามีความละเอียดมากน้อยแค่ไหน แบ่งการวัดออกได้เป็น 3 วิธีการได้แก่

3.1 การวัดระยะโดยตรง (Direct Measurement) คือการวัดระยะด้วยเทปวัดระยะหรือโซ่วัดระยะ

3.2 การวัดระยะทางอ้อม (Optical Distance Measurement) คือการวัดระยะด้วยการใช้กล้องแบบต่างๆ

3.3 การวัดระยะด้วยอิเลคโทรนิค (Electromagnetic Distance Measurement) คือการวัดด้วยคลื่นแสงหรือคลื่นวิทยุ เช่น Laser, Infra-red

4. หน่วยของการวัดระยะและคณิตศาสตร์สำหรับงานรังวัด

4.1 การวัดระยะเทียบระบบอังกฤษและระบบเมตริค

ระบบอังกฤษ	ระบบเมตริค
12 นิ้ว = 1 ฟุต	10 มิลลิเมตร = 1 เซนติเมตร
3 นิ้ว = 1 หลา	10 เซนติเมตร = 1 เซนติเมตร
1,760 หลา = 1 ไมล์บก	10 เดซิเมตร = 1 เมตร
5,280 ฟุต = 1 ไมล์บก	10 เมตร = 1 เดคาเมตร
6,080 ฟุต = 1 ไมล์ทะเล	10 เมตร = 1 เฮคโตเมตร
	10 เฮคโตเมตร = 1 กิโลเมตร
1 นิ้ว = 2.54 เซนติเมตร	

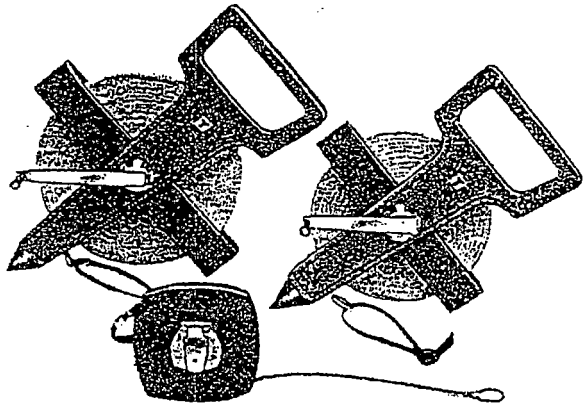
4.2 การวัดระยะของไทยเทียบกับระบบเมตริค

ระบบไทย	ระบบเมตริค
1 เส้น = 20 วา	40 เมตร
1 วา = 4 ศอก	2 เมตร
1 ศอก = 2 คืบ	0.5 เมตร
1 คืบ = 12 นิ้ว	25 เซนติเมตร
1 นิ้ว = 2.083 เซนติเมตร	

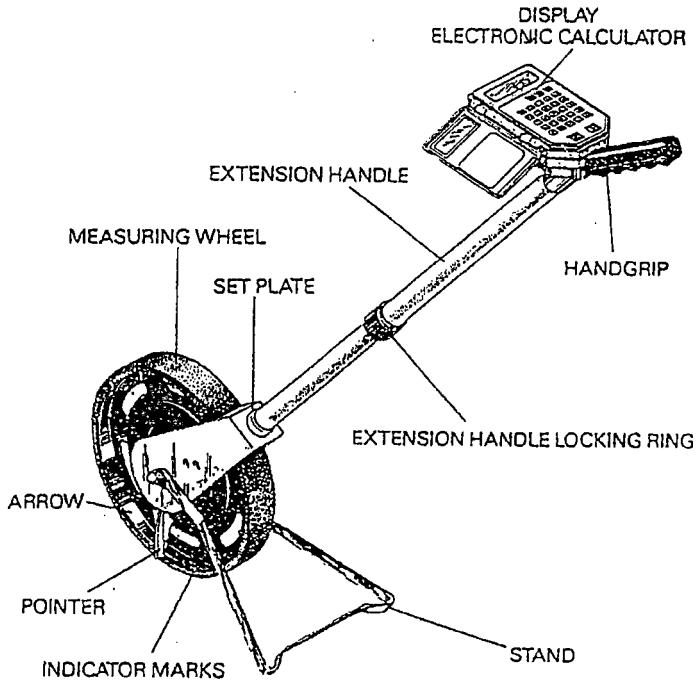
หน่วยของโซ่	
1 เส้น = 100 ข้อ	40 เมตร
1 ข้อ = 10 ปอยท์	40 เซนติเมตร
1 ปอยท์ = 10 ปวน	4 เซนติเมตร
1 ปวน = 4 มิลลิเมตร	

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

Stilon Measuring Tape



รูปที่ 17 เครื่องมือวัดระยะเทปวัดระยะ



รูปที่ 18 เครื่องมือวัดระยะแบบล้อเลื่อน

526.98
ก768ค
ฉ.4

147003

4.3 หน่วยของการวัดองศา มี 3 ระบบคือ

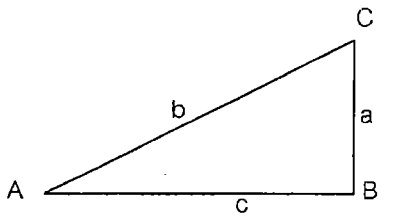
4.3.1 Sexagesimal System

1 Cirrcumference	=	360°	(Degree of arc)
1 Degree (องศา)	=	$60^{\prime}$	(ลิปดา)
1 Minute (ลิปดา)	=	$60^{\prime\prime}$	(ฟิลิปดา)

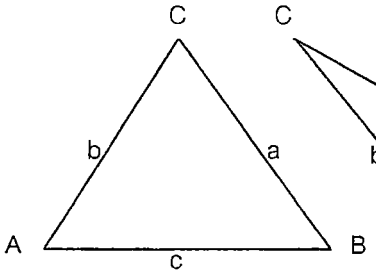
4.3.2 Centesimal System

1 Cirrcumference	=	400^{g}	(Grads)
1 Grad	=	100^{c}	(Centigrads)
1 Centigrads	=	100^{cc}	(Centicentigrad)

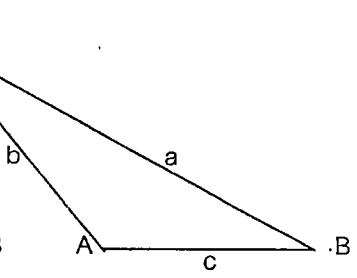
ตราส่วนทางตรีโกณมิติเบื้องต้น



รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3

4.3.3 Hour System

1 Cirrcumference	=	24^{h}	(ชั่วโมง)
1 ชั่วโมง	=	60^{m}	(นาที)
1 นาท	=	60^{s}	(วินาที)

4.4 หน่วยของการเนื้อที่

10,000 m^2	=	1^{ha}	(Hectare)
1,000,000 m^2	=	1	Km^2
100^{ha}	=	1	Km^2
100 ha	=	2.471	acres
1 ไร่	=	4	งาน

1 งาน = 100 ตารางวา

1 ตารางวา = 4 ตารางเมตร

4.5 อัตราส่วนทางตรีโกณมิติ (ศรีวิโรจน์ จันทวงศ์ 2519, 7-8)

จากรูป B เป็นมุมฉาก ด้าน a, b และ c เป็นด้านตรงกันข้ามของมุม A, B และ C ความสัมพันธ์คือ (รูปที่ 19)

$\sin A = \frac{a}{b}$ $\quad \cos A = \frac{c}{b}$

$\tan A = \frac{a}{c}$ $\quad \text{cosec } A = \frac{b}{a} = \frac{1}{\sin A}$

$\sec A = \frac{b}{c} = \frac{1}{\cos A}$ $\quad \cot A = \frac{c}{a} = \frac{1}{\tan A}$

ในรูปนี้ มุมทั้งหมดเป็นมุมแหลมและในรูปที่ 3 มีมุมป้าน ซึ่งทั้งสองรูปจะได้สูตรความสัมพันธ์กันดังนี้

❶ กฎของ Sine คือ

$$\frac{a}{\sin a} = \frac{b}{\sin b} = \frac{c}{\sin c} = 2R$$

R คือรัศมีของวงกลมรอบรูปสามเหลี่ยมนั้น ๆ

❷ กฎของ Cosine คือ

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

โดยถ้า A เป็นมุมป้านจะได้ $\cos A = -\cos (180° - A)$

❸ กฎของพื้นที่ คือ

พื้นที่สามเหลี่ยม A B C $= \frac{1}{2}$ ab Sin C

❹ สูตรครึ่งมุมของ Tangent ได้แก่

$$\text{Tan}\frac{(A-B)}{2} = \frac{(a-b)}{(a+b)} \cot \frac{c}{2}$$

3. วิธีการวัดระยะ มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีดังนี้ (ศรีวิโรจน์ จันทวงศ์ 2519, 35-43)

3.1 วิธีการนับก้าว (Pacing) คือการวัดระยะทางอย่างหยาบ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการวางแผนการสำรวจ ซึ่งถ้าใช้วิธีการนับก้าวอย่างถูกต้อง ก็จะทำให้ระยะทางที่ได้ใกล้เคียงความจริง การวัดแบบนับก้าวที่ดีจะผิดพลาดไม่เกิน 1/100 เช่นระยะทาง 100 เมตร จะต้องวัดได้ไม่

น้อยกว่า 99 เมตร หรือไม่มากกว่า 101 เมตร

3.2 การใช้มาตราวัดระยะ(Odometer หรือ Speedometer) คือเครื่องมือที่ใช้วัดระยะอย่างหยาบที่มีคุณสมบัติดีกว่าการนับก้าว อาจติดกับยานพาหนะโดยใช้จำนวนรอบของล้อหรือเพลาขับ แล้วเปรียบกลับมาเป็นระยะทางที่หน้าปัทม์เป็นหลักการที่ติดอยู่บนรถยนต์ หรือยานพาหนะชนิดอื่น เมื่อนำมาติดล้อใช้เข็นก็จะได้ระยะทางใกล้เคียงกับความจริงเครื่องมือชนิดนี้เหมาะจะใช้ในบริเวณพื้นที่กว้าง และค่อนข้างราบเรียบและยอมให้ผิดพลาดไม่เกิน 1 เมตร เช่น ยาว 200 เมตร ระยะที่วัดได้ควรอยู่ในตัวเลขระหว่าง 199-201 เมตร

3.3 การใช้วิธีสเตเดีย (Stadia) คือการวัดระยะทางด้วยกล้องสำรวจกับไม้ระดับ โดยการส่องกล้องไปที่ไม้ระดับและการอ่านตัวเลขบนไม้ระดับ ขณะที่สายใยบนและสายใยล่างของกล้องทาบทับอยู่ ค่าที่แตกต่างของสายใยบนและสายใยล่างบนไม้ระดับคูณด้วย 100 ก็จะได้ระยะทางที่ต้องการ วิธีการนี้สะดวกรวดเร็วใช้กับภูมิประเทศที่ไม่สะดวกต่อการวัดด้วยเทป

3.4 หรือโซ่ ความละเอียดในการวัดนี้คือ 1/500 คือระยะทาง 500 เมตร ผิดพลาดไม่ถึง 1 เมตร คืออยู่ในช่วง 499-501 เมตร

3.5 การใช้เทปหรือโซ่สัดระยะ (Taping or Chainning Measurements) คือการใช้เทปเหล็กหรือเทปผ้า ถ้าเป็นเทปที่ทำด้วยโลหะพิเศษ มีการยืดหดตัวน้อยที่สุดก็จะวัดได้ใกล้เคียง ส่วนการใช้โซ่สำรวจเป็นโซ่ประสานข้อ(Engineering Chain) การวัดด้วยเทปหรือโซ่จะให้ความละเอียดถูกต้อง ±1/3,000 คือผิดพลาดไม่เกิน 1 เมตร อยู่ระหว่าง 2,999-3,001 เมตร

3.6 การคำนวณโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ(Photogrametry) คือการหาระยะทางบนผิวโลกโดยการกำหนดความสูงบิน ความเร็วในการนำมาเปรียบเทียบกับความยาวของเส้นมาตรฐานที่กำหนดอัตราส่วนไว้ จะทำให้สามารถหามาตราส่วน สำหรับการวัดระยะทางส่วนต่างๆ ได้รวดเร็วมีความผิดพลาด ±1/3,000

3.7 การใช้จีโอดิมิเตอร์(Geodimeter) คือการวัดระยะโดยใช้ความเร็วของแสง ซึ่งต้องวัดในเวลากลางคืนและในระยะใกล้โดยการวัดเวลาที่แสงเดินทาง แล้วคำนวณหาระยะทางมีความละเอียดไม่ต่ำกว่า ±1/190,000

3.8 การใช้เทลลูโรมิเตอร์(Tellurometer) คือการวัดโดยใช้คลื่นวิทยุเรด้า โดยการจับเวลาที่คลื่นเดินทาง มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า ±1/300,000

3.9 การใช้แสงอินฟาเรดหรือเลเซอร์ (Infra-red or Laser) คือการส่งแสงอินฟาเรดหรือเลเซอร์ไปยังเป้าสะท้อนแสงและปริซึม เป้าจะสะท้อนแสงให้อ่านค่าวัดได้ละเอียดถึง±5 ม.ม. หรือประมาณ ±1/200,000

4. การวัดมุมแบ่งออกเป็น 4 ระบบ ดังนี้

4.1 ระบบเซนเทศสิมัล(Centesimal System) เป็นระบบที่นิยมใช้วัดมุมกันในยุโรป โดยทำการแบ่งวงกลมออกเป็นส่วนๆ 400 ส่วน หรือเกรด (Grade) เรียกย่อๆ ว่า 400 g.

มาตราเทียบคือ

1 วงกลม	=	400 เกรด	=	400 g.
1 เกรด	=	100 เซนติเกรด	=	100 cg.
1 เซนติเกรด	=	100 เซนติ-เซนติเกรด	=	100 ccg.

4.2 ระบบเซนเนสสิมัล(Senesimal System) เป็นระบบที่นิยมใช้กันอย่างมากโดยทำการแบ่งวงกลมเป็น 360 ส่วน หรือองศา (Degree) เรียกย่อๆ ว่า 360°

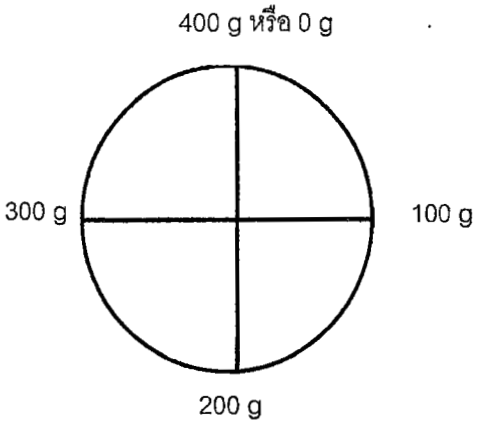
1 วงกลม	=	360 องศา	$= 360^{\circ}$
1 องศา	=	60 ลิปดา	$= 60'$
1 ลิปดา	=	60 พิลิปดา	$= 60''$

4.3 ระบบทหาร (Military System) เป็นระบบที่หน่วยทหารใช้เพราะมีความละเอียดมาก โดยการแบ่งวงกลมออกเป็น 6400 ส่วน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามิล(Mil)

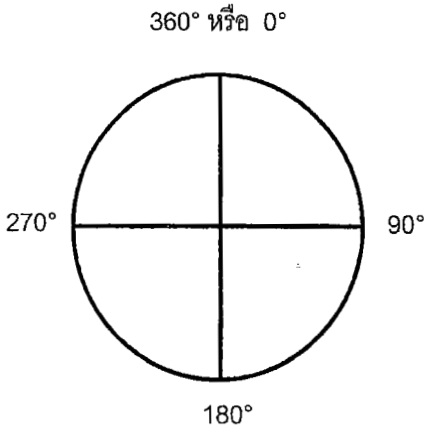
1 วงกลม	=	6400 มิล	= 6400 ml.

4.4 ระบบเรเดียน (Radian System) เป็นระบบที่ใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับรูปวงกลมโดยแบ่งวงกลมออกเป็น 2 ส่วน หรือ 2 เรเดียน(2π)

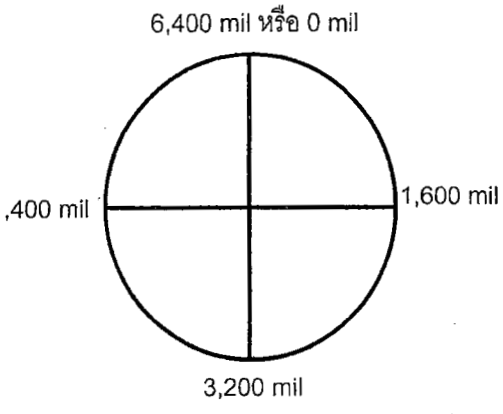
1 วงกลม	=	2	เรเดียน
1 เรเดียน	=	206,265 พิลิปดา	



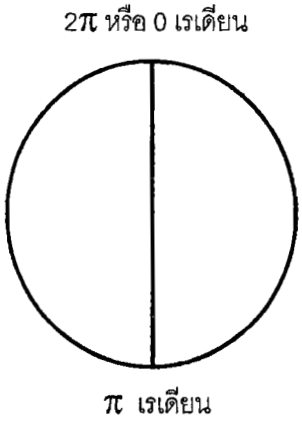
ระบบเซนเทศสิมัล (centesimal System)



ระบบเซนเนสิมัล (Senesimal System)



ระบบทหาร (Military System)



ระบบเรเดียน (Radian System)

รูปที่ 19 การวัดมุมระบบเซนเทศสิมัล, เนสิมัล, ทหารและเรเดียน

คำถามทบทวน

1. มาตราส่วน คืออะไร มีกี่ชนิด และแต่ละชนิดเป็นอย่างไร
2. การวัดระยะมีกี่วิธี แต่ละวิธีเป็นอย่างไร
3. การวัดมุมมีกี่ระยะ แต่ละระยะเป็นอย่างไร

บทที่ 3

พิกัดภูมิศาสตร์และพิกัดกริด

1. พิกัดภูมิศาสตร์

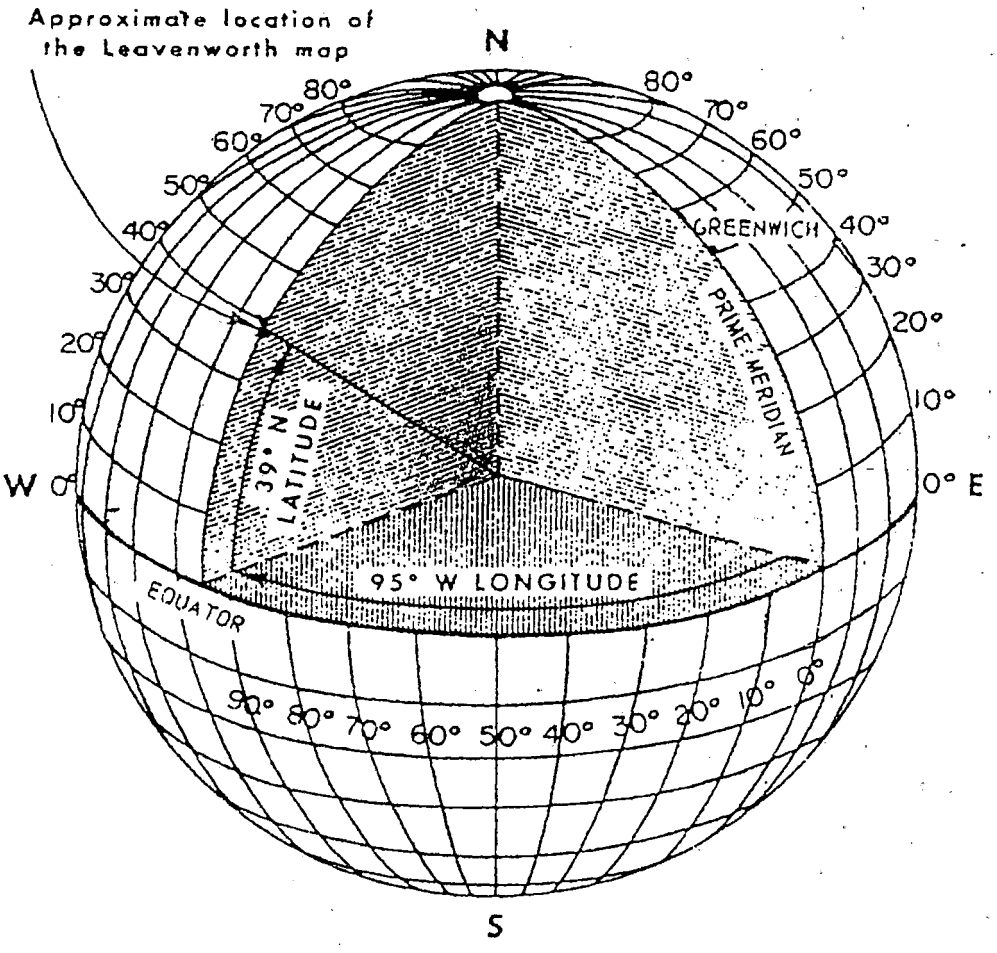
พิกัดภูมิศาสตร์(Geographic co-ordinate) คือระบบอ้างอิงของเส้นรอบวงรอบโลกในแนวเหนือใต้ เรียกว่า เส้นลองจิจูด(Longitude) หรือเส้นเมอริเดียน และในแนวตะวันออกไปตะวันตก เรียกว่า เส้นละติจูด (Latitude)หรือเส้นขนาน(Parallels) และเส้นรอบวงแต่ละเส้นในแนวเหนือใต้จะผ่านขั้วโลกเหนือใต้ด้วย (ธวัช บุรีรักษ์ 2533, 21-39)

เส้นลองจิจูด(Longitude) หรือเส้นเมอริเดียน คือเส้นรอบวงรอบโลกในแนวเหนือใต้ โดยระนาบของวงกลมต้องพาดผ่านแกนของโลก(Polar Axis) และตั้งฉากกับระนาบของเส้นศูนย์สูตร (Equator) เส้นลองจิจูดที่ 0 องศากำหนดให้ผ่านเมืองกรีนิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ เรียกเส้นลองจิจูดที่ 0 องศานั้นว่า เส้นเมอริเดียนหลัก (Prime Meridian) เส้นเมอริเดียนทุกเส้นจะมาบรรจบกันที่ขั้วโลก จะแคบมากขึ้นเมื่ออยู่ใกล้ขั้วโลก จะห่างกันมากขึ้นเมื่ออยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร

การอ่านค่าลองจิจูดต้องอ่านเป็นค่ามุม โดยนับจากเมอริเดียนหลักที่ 0 องศา ให้มีความสัมพันธ์ระหว่างศูนย์กลางของโลกกับเส้นระนาบศูนย์สูตร และค่ามุมที่อ่านจากเมอริเดียนหลักจะมีค่าไปในแนวตะวันออกถึงตะวันตก ระหว่าง 0-180 องศา ในการอ่านหรือเขียนค่ามุมลองจิจูดทุกครั้ง ต้องกำกับด้วยตัวอักษรประจำทิศเสมอ เช่น 90 ° 00′ 00″ E (90 องศา 00 ลิปดา 00 พิลิปดา ตะวันออก) หรือ 90 ° 00′ 00″ W (90 องศา 00 ลิปดา 00 พิลิปดา ตะวันตก)

เส้นละติจูด (Latitude) หรือเส้นขนาน(Parallels) คือ เส้นรอบวงรอบโลกในแนวตะวันออกไปตะวันตก ระนาบวงกลมจะตั้งฉากกับแกนของโลก เส้นที่พาดผ่านนั้นคือเส้นศูนย์สูตร กำหนดให้เส้นศูนย์สูตรเป็นเส้นละติจูดที่ 0 องศา เส้นละติจูดที่ลากขนานเส้นศูนย์สูตรจะเล็กลงเรื่อยๆ เมื่อใกล้ขั้วโลกเหนือหรือใต้ และจะตัดกับเส้นเมอริเดียนเป็นมุมฉากยกเว้นบริเวณใกล้ขั้วโลกจะโค้งมาก

การอ่านค่าละติจูดต้องอ่านเป็นค่ามุม โดยนับจากเส้นศูนย์สูตรที่ 0 องศา ให้มีความสัมพันธ์ระหว่างศูนย์กลางของโลกกับเส้นขนาน และค่ามุมที่อ่านจากเส้นศูนย์สูตรจะมีค่าไปในแนวเหนือถึงใต้ระหว่าง 0-90 องศา ในการอ่านหรือเขียนค่ามุมละติจูดทุกครั้ง ต้องกำกับด้วยอักษรประจำทิศเสมอ เช่น 18° 00′ 00″S (18 องศา 00 ลิปดา 00 พิลิปดา ใต้) หรือ18° 00′ 00″ N(18 องศา 00 ลิปดา 00 พิลิปดา เหนือ) (สรรค์ใจ กลิ่นดาว 2531, 29)



รูปที่ 20 แสดงเส้นละติจูด เส้นลองจิจูดและการบอกค่ามุม

พิกัดภูมิศาสตร์บนแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ ในแผนที่ มาตราส่วน 1 : 50,000 เส้นที่ประกอบเป็นขอบระวางทั้ง 4 เส้น คือ เส้นละติจูดและลองจิจูด ค่าพิกัดภูมิศาสตร์จะปรากฏอยู่ที่มุมทั้ง 4 และบนเส้นขอบระวาง จะมีขีดเส้นตรงสั้นๆ บอกพิกัดภูมิศาสตร์ทุกๆ 5′(5 ลิปดา) ส่วนภายในขอบระวางจะปรากฏเครื่องหมายกากะบาดสีดำทุก 5 ตารางลิปดา ซึ่งเป็นเส้นตัดที่ลากมาจากขอบระวางพิกัดภูมิศาสตร์

วิธีการอ่านพิกัดภูมิศาสตร์ มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดจุดหรือพื้นที่ ที่ต้องการทราบค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ซึ่งอยู่ในตารางขนาด 5x5 ลิปดา
2) นำกระดาษไขหรือกระดาษลอกลายใส วางทาบทับบนจุดหรือพื้นที่ ที่ต้องการทราบพิกัดภูมิศาสตร์ ซึ่งอยู่ในตารางขนาด 5x5 ลิปดา
3) ติดกระดาษไขหรือกระดาษลอกลายด้วยเทปใส ก่อนติดเทปให้ตัดเทปเป็นชิ้นเล็กยาวประมาณ 1 นิ้วนำมาติดบนหลังมือก่อนเพื่อลดความเหนียวของกาว เพราะถ้าติดลงไปเลยเทปใสจะติดแน่นเกิดความเสียหายแก่แผนที่ได้ วิธีติดให้ติดที่มุมทั้ง 4 ของกระดาษ
4) ใช้ดินสอลากเส้นละติจูดและลองจิจูดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5x5 ลิปดา และเขียนพิกัดภูมิศาสตร์ไว้ที่มุมทั้ง 4 ของจัตุรัสนั้น
5) แบ่งด้านทั้ง 4 ของจัตุรัสออกเป็น5 ช่องๆ ละ 1 ลิปดา เขียนค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดกำกับทุกช่อง
6) แบ่งแต่ละช่องของ 1 ลิปดาออกเป็น 6 ช่องๆ ละ 10 พิลิปดา
7) อ่านค่าละติจูดและลองจิจูดโดยกำกับด้วยภาคทิศ

2.พิกัดกริด

พิกัดกริด(Grid Co-ordinate) คือเส้นขนาน 2 คู่ตัดกันในแนวราบและแนวดิ่ง มีลักษณะเป็นมุมฉากเกิดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เส้นขนานดังกล่าวเรียกว่าเส้นกริด(Grid Line)

2.1 พิกัดกริดมีอยู่ด้วยกันหลายระบบคือ

ก. พิกัดกริดระบบอ้างอิงภูมิศาสตร์โลก WGRS Grid (The World Geographic Reference System ,Georef.)

ข. พิกัดกริดระบบยูนิเวอร์ซัลโพลาร์สเตริโอกราฟิก UPS Grid (Universal Polar Stereographic Grid)

ค. พิกัดกริดยูนิเวอร์ซัลทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ UTM Grid (Universal Transverse Mercator Grid)

สำหรับประเทศไทยใช้ระบบ UTM Gird เพราะมีความง่ายสะดวกเหมาะสมสำหรับกิจการรังวัดและแผนที่ ซึ่งเป็นสากลทั่วโลก ยกเว้นแถบขั้วโลก และระบบนี้จัดได้ว่าสามารถอ้างอิงหรือ เชื่อมโยงข้อมูลแผนที่ต่อกันได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

2.2 พิกัดกริด UTM มีลักษณะสำคัญดังนี้

1) ครอบคลุมพื้นที่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 84° N (84 องศาเหนือ) ถึงละติจูดที่ 80° S(80 องศาใต้)

2) พื้นที่ตั้งแต่ละติจูดที่ 84 องศาเหนือถึงละติจูดที่ 80 องศาใต้แบ่งออกเป็นเขตๆ ละ 6°(6 องศา) เขตที่1 อยู่ระหว่างเส้นลองจิจูดที่ 180 – 174 องศาตะวันตก นับต่อไปทางตะวันออกรวม 60 เขต เขตที่60 ก็คือ 174- 180 องศาตะวันออก

3) ทุกเขตจะมี เส้นเมอริเดียนย่านกลาง โดยเกิดจากการแบ่งครึ่ง 6 องศาคือ 3 องศา เช่น เขตที่1(174-180) เส้นเมอริเดียนย่านกลาง คือ 177 องศา เขตที่ 2 (168-174) เส้นเมอริเดียนย่านกลาง คือ 171 และเมื่อนับแบ่งไปทางตะวันออกเรื่อยๆ จนถึง 0 องศาก็จะได้จำนวนช่อง 30 ช่อง นับต่อไปทีละ 6 องศา จนถึง180 องศาก็จะได้อีก 30 ช่อง รวมเป็น 60 ช่อง โดยเส้นเมอริเดียนย่านกลางทุกเส้นจะตัดกับเส้นศูนย์สูตร

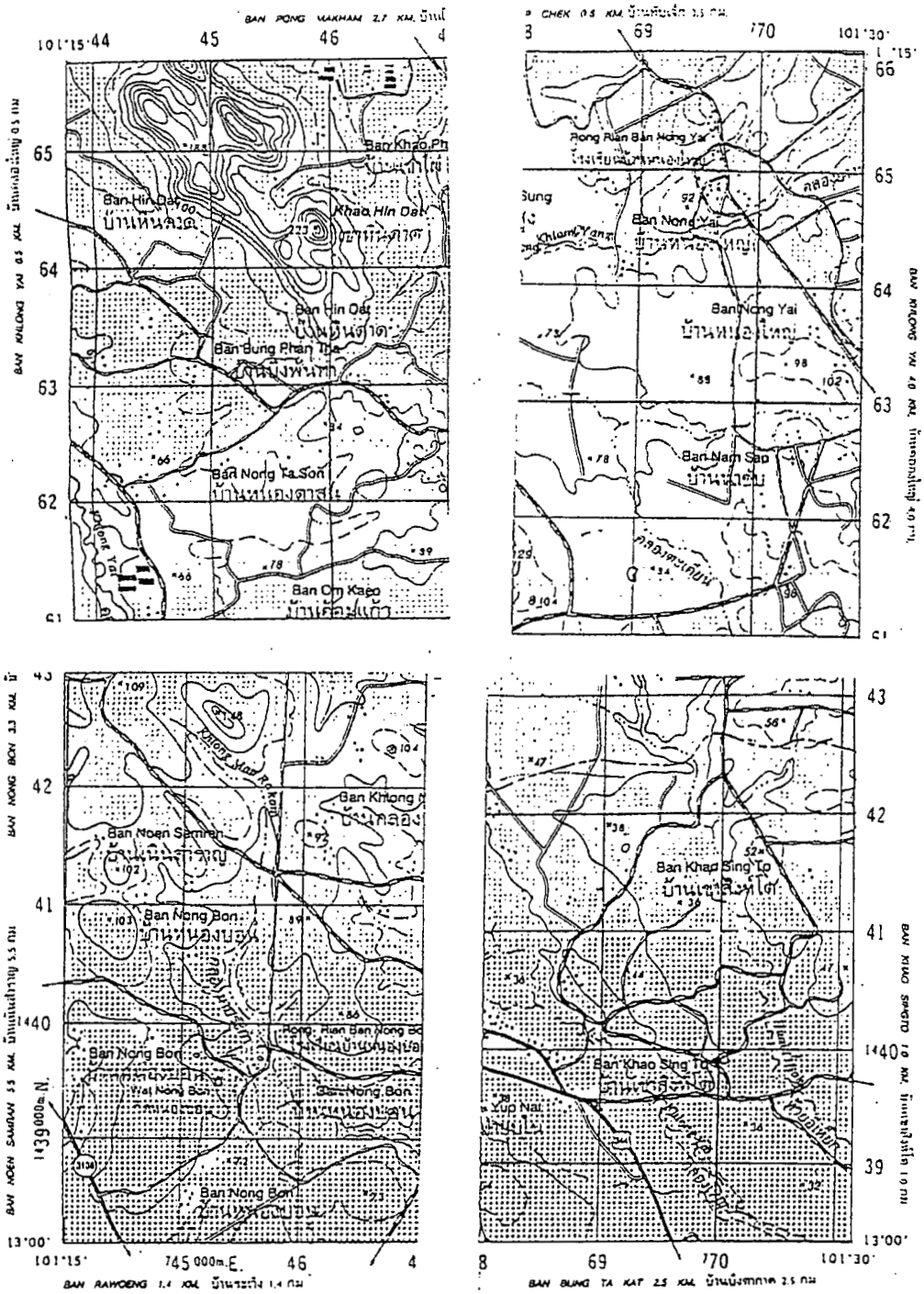
4) พิกัดของจุดศูนย์กำเนิดแต่ละเขตจะมี 2 ค่าคือค่าพิกัดทางเหนือ(N) และค่าพิกัดทางใต้ (S)

5) การกำหนดค่าพิกัดของจุดศูนย์กำเนิดดังนี้

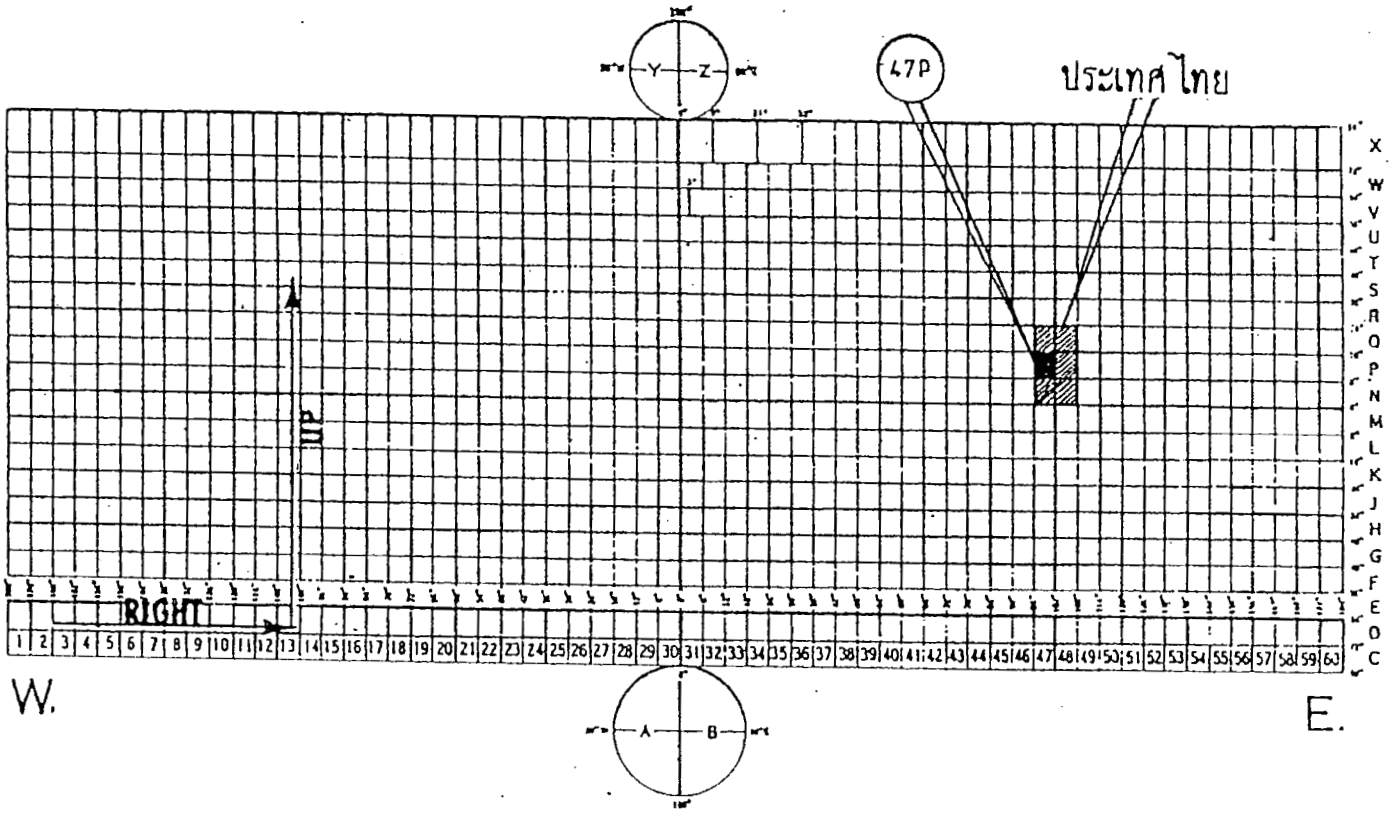
ทางซีกโลกเหนือ	พิกัดสมมติทางเหนือ	=	0 เมตร
	พิกัดสมมติทางตะวันออก	=	500,000 เมตร
ทางซีกโลกใต้	พิกัดสมมติทางเหนือ	=	10,000,000 เมตร
	พิกัดสมมติทางตะวันออก	=	500,000 เมตร

6) การกำหนดตัวอักษรประจำเขตกริด

ก. กำหนดจากเส้นละติจูดที่ 84 องศาเหนือ ถึง เส้นละติจูดที่ 80 องศาใต้ โดยแบ่งออกเป็นช่องๆ ละ 8 องศา เริ่มที่ 80 องศาใต้ เช่น ช่องแรกคือ 72 องศา ช่องที่สองคือ 64 องศา นับขึ้นไปทางเหนือที่ละ 8 องศา เมื่อถึงเส้นศูนย์สูตรคือ 0 องศา ก็จะได้ 10 ช่อง นับต่อทีละ 8 องศา นับต่อไปจนถึงเส้นละติจูดที่ 84 องศาเหนือ ก็จะได้อีก 10 แถว รวมเป็น 20 แถว โดยที่แถวสุดท้าย คือระหว่างเส้นละติจูดที่ 84 องศาเหนือ ถึง เส้นละติจูดที่ 80 องศาเหนือ จะกว้างกว่าแถวอื่น ๆ คือมีความยาว 12 องศา



รูปที่ 21 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่มุมทั้ง 4 ของขอบระวางแผนที่



รูปที่ 22 แสดงการแบ่งโซนกริดและกริดของโซนในระบบ UTM ของโลก

ที่มา : Depastment of the army field Manual, 1965. 23

ข. กำหนดตัวอักษรกำกับแถว โดยเริ่มจากทิศใต้ กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ เริ่มที่ตัว C ไปจนถึง อักษรตัว X โดยยกเว้นตัว I และ O เพราะอาจเกิดการสื่อความหมายผิดเนื่องจากจะเหมือนตัวเลข 1 และเลข 0

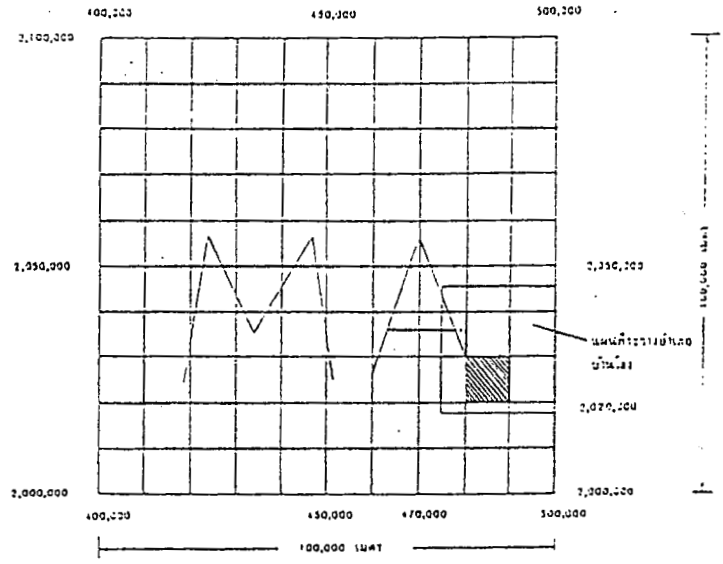
ค. สี่เหลี่ยมที่เกิดจากการแบ่ง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 84 องศาเหนือถึงเส้นละติจูดที่ 80 องศาใต้ จะมีขนาด 6 x 8 องศา และ 6 x 12 องศา

ง. วิธีอ่านให้กำหนดช่องที่ 1 ตั้งแต่ 180-174 องศาตะวันตก นับไปเรื่อยๆ ไปทางตะวันออก จนถึง ช่องที่ 60 คือ 174-180 องศาตะวันออก การอ่านให้อ่านเลขช่องก่อนแล้วอ่านอักษรกับทางขวา เช่น 13K , 31G, 47Q

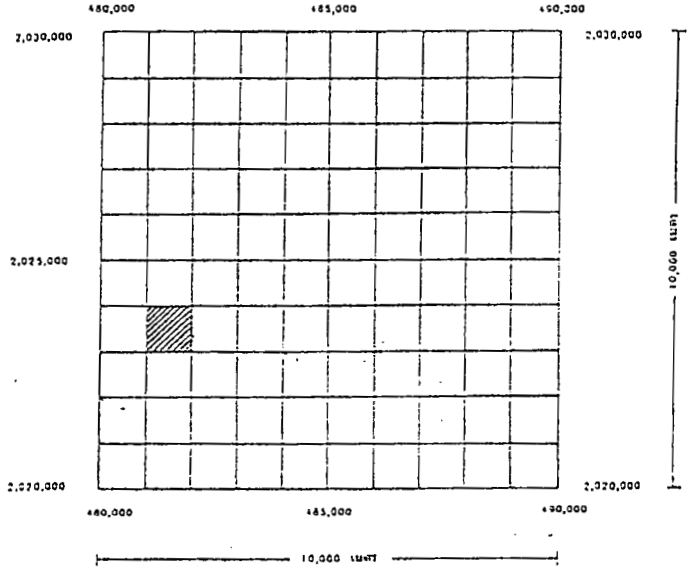
7) การกำหนดจัตุรัสแสนเมตร ให้กำหนดจากการแบ่งในแต่ละเขต จากเส้นเมริเดียนย่านกลางของแต่ละเขตไปทางตะวันตกและทางตะวันออก ครั้งละ 100,000 เมตร ภายใน 1 เขต จะแบ่งได้ 6 ช่องๆ โดยช่องที่ 6 จะใหญ่กว่าช่องอื่นเล็กน้อย จากนั้นให้แบ่งจากเส้นศูนย์สูตรไปทางเหนือและทางใต้ ครั้งละ 100,000 เมตร ในการแบ่งวิธีดังกล่าวจะเกิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 100,000 x 100,000 เมตร จำนวนมาก ในการแบ่งควรแบ่งทั้งลองจิจูดและละติจูดดังนี้

ก. แบ่งลองจิจูดที่ 180 องศาตะวันตกทุกๆ ระยะ 100,000 เมตร ไปทางตะวันออก กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ A ถึง Z ยกเว้นตัวอักษร I และ O เพราะจะมีลักษณะเหมือนตัวเลข 1 และ 0 อาจทำให้เกิดความสับสน ตัวอักษรภาษาอังกฤษจะมีทั้งหมดจำนวน 24 ตัว ด้วยเหตุดังกล่าว จึงมีตัวอักษรภาษาอังกฤษ A ถึง Z ซ้ำกันทุกๆ 3 เขต หรือ ทุกๆ 18 องศา โดยเริ่มนับจากเขตที่ 1 ไปจนถึง เขตที่ 60

ข. การแบ่งเขตโดยลากเส้นขนานกับเส้นศูนย์สูตร (Equator) ตั้งแต่ 0° ถึง 84° N และตั้งแต่ 0° ถึง 80° S จะแบ่งเป็นแถวๆ ละ 100,000 เมตร กำกับแต่ละแถวด้วยอักษรภาษาอังกฤษ กรณีหมายเลขเขตเป็นเลขคี่จะเริ่มกำกับเขต ตั้งแต่ A ถึง V ยกเว้น I และ O การแบ่งวิธีดังกล่าวจะทำให้มีตัวอักษรซ้ำกันทุกๆ ระยะ 2,000,000 เมตร ส่วนในการแบ่งเขตหมายเลขคู่ตัวอักษรกำกับจะเริ่มตั้งแต่ตัวแรกคือ F เหนือเส้นศูนย์สูตร(Equator) เรียงตามลำดับถึงตัว V และต่อด้วยตัวอักษร A ถึง V ตามลำดับ ยกเว้น I และ O ส่วนทางซีกโลกใต้ เริ่มอักษรตัวแรกใต้เส้นศูนย์สูตร (Equator) ในกรณีเป็นเลขคี่เริ่มจาก V ถึง A ยกเว้น I และ O ส่วนเขตที่เป็นเลขคู่เริ่มจาก E ถึง A และต่อด้วย V ถึง A การอ่านจัตุรัส 100,000 เมตร จะอ่านไปทาง



รูปที่ 23 แสดงจัตุรัสหมื่นเมตร (10,000 เมตร)
ที่มา : สรรค์ใจ กลิ่นดาว 2531,39



รูปที่ 24 แสดงจัตุรัสพันเมตร (1,000 เมตร)
ที่มา : สรรค์ใจ กลิ่นดาว 2531, 41

ขวาแล้วอ่านขึ้นบน

8) จัตุรัสหมื่นเมตร (10,000 Meter Grid Square) เป็นตารางที่แบ่งแยกมาจากจัตุรัส 100,000 เมตร แต่ละด้านของจัตุรัส 10,000 เมตร จะถูกแบ่งเป็น 10 ช่องๆ ละ10,000 เมตร หรือเท่ากับ 20 เซนติเมตร ในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000

9) จัตุรัสพันเมตร(1,000 Meter Grid Square) เป็นตารางที่แบ่งแยกมาจากจัตุรัส 10,000 เมตร แต่ละด้านของจัตุรัส 10,000 เมตร จะถูกแบ่งออกเป็น 10 ช่องๆ ละ1,000 เมตร หรือเท่า 2 เซนติเมตรในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000

10) การอ่านพิกัดกริด (มาตราส่วน 1 : 50,000) มีวิธีปฏิบัติการดังนี้

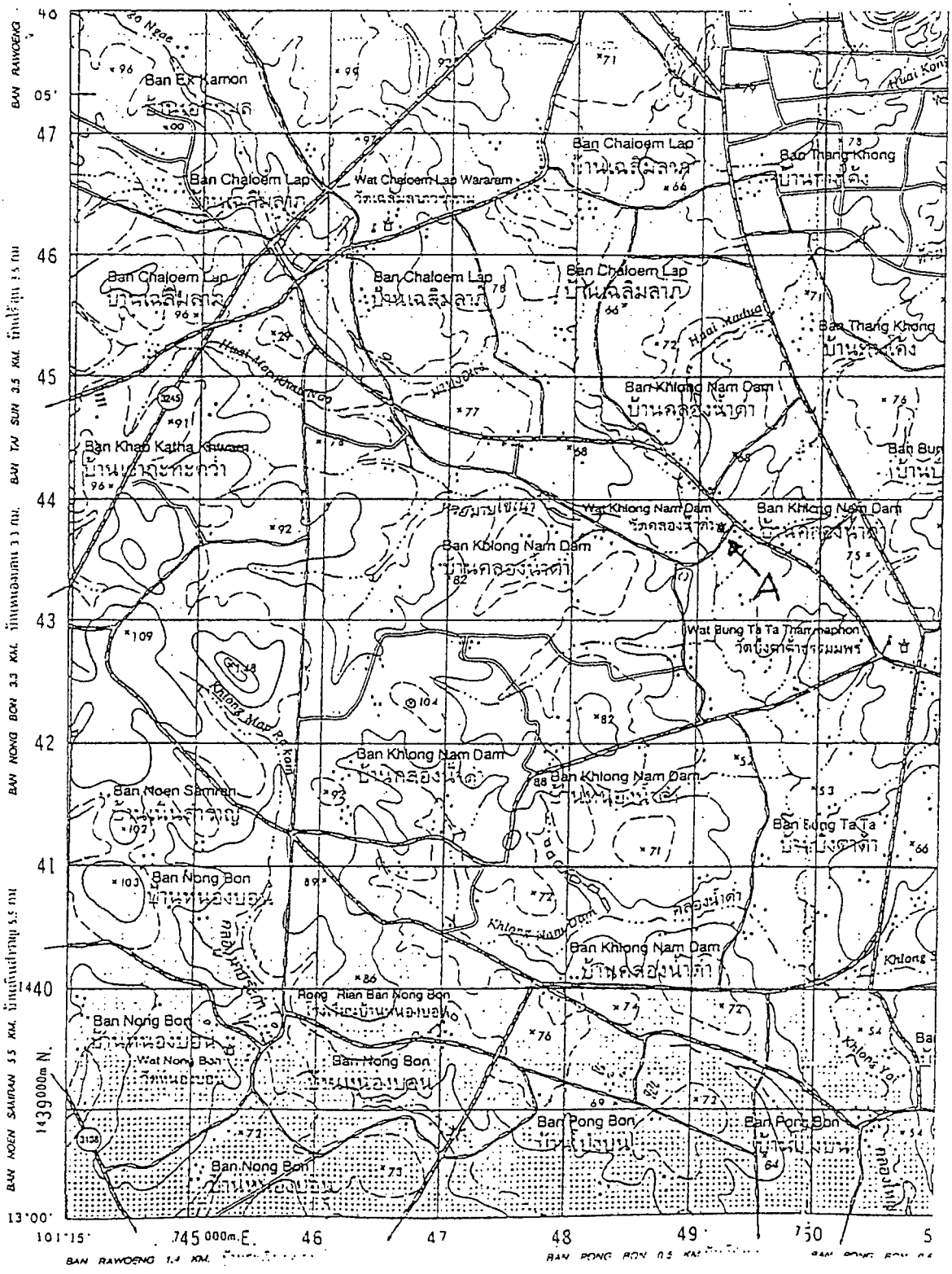
ก. ตรวจสอบจุดหรือตำแหน่งที่ต้องการทราบพิกัดว่าอยู่ตำแหน่งใดในแผนที่

ข. นำกระดาษลอกลายขนาดใหญ่กว่าตารางกริด นำมาติดบนแผนที่ด้วยเทปใส ก่อนติดให้ตัดเทปใสเป็นชิ้นๆ ละ 2-4 เซนติเมตรนำมาติดบนหลังมือก่อนเพื่อลดความเหนียวของกาว เพื่อป้องกันการชำรุดเสียหายที่อาจเกิดกับแผนที่

ค. แบ่งจัตุรัส 1,000 เมตร (2 x 2 เซนติเมตร) เป็น 10 ช่วงเท่ากันทุกด้าน ลากเส้นที่ได้แบ่งส่วนเอาไว้ จะได้ตารางขนาด 2 x 2 มิลลิเมตร จำนวน 100 ตาราง

ง. อ่านค่าพิกัดไปทางขวาแล้วขึ้นบน (Read Right Up) สามารถอ่านค่าพิกัดได้ละเอียดถึง 10 เมตร โดยแบ่งตารางขนาด 2 x 2 มิลลิเมตร ออกเป็น 10 ส่วนเพื่ออ่านค่า และตามรูปที่ แสดงพิกัดจุด A วัดคลองน้ำดำจะเท่ากับ 47PQQ4920437

47P	บอกพิกัดเลขอักษรประจำกริดขนาด	6 x 8 องศา
47PQQ	บอกพิกัดของอักษรประจำจัตุรัส	100,000 เมตร
47PQQ49	บอกพิกัดของอักษรประจำจัตุรัส	10,000 เมตร
47PQQ4943	บอกพิกัดของอักษรประจำจัตุรัส	1,000 เมตร
47PQQ492437	บอกพิกัดของอักษรประจำจัตุรัส	100 เมตร
47PQQ49204371	บอกพิกัดของอักษรประจำจัตุรัส	10 เมตร



รูปที่ 25 แสดงพิกัดจุดA วัดคลองน้ำดำ 47 PQQ 4920437

คำถามทบทวน

1. พิกัดภูมิศาสตร์ คืออะไร มีวิธีอ่านอย่างไร
2. พิกัดกริด คืออะไร มีวิธีอ่านอย่างไร

บทที่ 4

การสำรวจสังเขป (Reconnaissance)

การสำรวจสังเขป คือ การปฏิบัติภาคสนาม เพื่อดำเนินการสำรวจพื้นที่ที่ต้องการสำรวจอย่างคราวๆ ก่อนการวางแผนการสำรวจรังวัด ในการจัดทำโครงการต่างๆ ตามต้องการ ซึ่งเป็นวิธีการที่ประหยัดเวลา เสียค่าใช้จ่ายน้อยปฏิบัติการได้รวดเร็ว

วิธีการสำรวจสังเขปเป็นวิธีการศึกษาถึงรูปร่าง รูปทรง ขนาด พื้นที่และลักษณะภูมิประเทศที่จะทำการรังวัดอย่างคร่าวๆก่อนการดำเนินงานหมายหมุดและทำการรังวัดอย่างละเอียดต่อไป

ในการสำรวจสังเขปนั้นขณะทำการสำรวจต้องวาดภาพร่างแสดงรายละเอียดต่างๆ ที่พบเห็นในพื้นที่ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดไม่ว่าจะเป็นส่วนที่เป็นอาคารสิ่งปลูกสร้าง น้ำและแหล่งน้ำ แนวเขตรั้วหรือกำแพง ทางเดินและถนน มุมหรือจุดที่จะปักหมุดซึ่งแต่ละหมุดต้องสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ไม่มีสิ่งกีดขวางบดบัง วิธีการที่ใช้ในการสำรวจสังเขปมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธีคือการใช้เครื่องมือวัดระยะและวิธีการนับก้าว

1. วิธีการนับก้าว

วิธีการนับก้าว (Pacing) คือ การวัดระยะทางโดยการก้าวไปในขอบเขตหรือพื้นที่ที่ต้องการสำรวจสังเขป แล้วนำจำนวนที่ก้าวได้ไปคูณกับความยาวของก้าวเฉลี่ยของผู้สำรวจก็จะได้ค่าระยะทาง วิธีการนับก้าวจึงเป็นวิธีหนึ่งซึ่งสามารถจัดทำได้ง่ายๆ และปฏิบัติการได้สะดวกรวดเร็วไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ให้ความถูกต้องพอประมาณใช้ในงานสำรวจพื้นที่ขนาดเล็กและงานเก็บรายละเอียดของการรังวัดด้วยโต๊ะแผนที่ แต่ในการหาก้าวเฉลี่ยของแต่ละบุคคลย่อมขึ้นอยู่กับอายุ ความสูง สภาพร่างกาย ความเร็ว ความละเอียดในการบันทึกและการคำนวณ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสังเขปโดยการนับก้าว จะสามารถนำไปวางแผนในการจัดการสำรวจรังวัดด้วยเทคนิคที่เหมาะสม เช่น การใช้กล้องระดับหรือกล้องวัดมุมนอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวนในเรื่องงบประมาณและค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการสำรวจรังวัดอย่างละเอียดต่อไป

1.1 วิธีการหาความยาวของก้าวและความเร็วเฉลี่ย

ก. ตอกหมุดไม้บนพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ หรือใช้ช็อกขีดบนพื้นปูน ให้มีระยะห่างกันประมาณ 100 เมตร

ข. วัดระยะระหว่างที่หมายทั้งสองทั้งไปและกลับ ด้วยเทปวัดระยะ(ควรใช้เทปชนิดเหล็กจะให้ค่าคงที่มากกว่าเทปชนิดผ้า) ค่าที่วัดได้ทั้งสองครั้งไม่ควรมีความแตกต่าง

เกิน 1:2,000

ค. เดินนับก้าวตามระยะทางระหว่างที่หมายทั้งสอง บันทึกจำนวนก้าวและเวลาลงในสมุดสนามอย่างละเอียดรอบคอบ

ง. เก็บหมุดหรือวัสดุสำหรับทำที่หมาย เทปวัดระยะและเครื่องมืออื่นๆ ให้เรียบร้อยนำสมุดสนามไปคิดคำนวณต่อไปในสำนักงานหรือห้องเรียน

1.2 การบันทึกและการคำนวณ

ตารางที่ 2 การหาจำนวนก้าวเฉลี่ย ระยะก้าวเฉลี่ย ความเร็วเฉลี่ย ความยาวใน 1 ก้าว ระยะทางที่เดินได้และการหาความคลาดเคลื่อน

ลำดับ	จำนวนก้าวใน 100 ม.	เวลาในการเดิน 100 เมตร		ระยะ 1 ก้าว (เมตร)	ความเร็ว (ก.ม./ช.ม.)	หมายเหตุ
		นาที	วินาที			
1	142	1	12	.70	5.00	
2	142	1	11	.71	5.07	
3	143	1	10	.70	5.14	
4	140	1	10	.71	5.14	
5	141	1	11	.71	5.07	
6	141	1	10	.69	4.86	
7	140	1	10	.71	5.07	
8	143	1	11	.71	5.07	
9	140	1	9	.71	5.07	
10	141	1	10	.71	5.07	
รวม	141.3	1	1	0.71	5.00	

<u>การคำนวณ</u>

ระยะก้าว = 100 ÷ จำนวนก้าวใน 100 เมตร = 0.7042253 = .70 เมตร

ความเร็ว 1 ช.ม. = 3600 วินาที ระยะทาง 100 เมตร ใช้เวลา = 72 วินาที

ความเร็ว 1 ก.ม. = 1,000 เมตร

ความเร็ว(ก.ม./ช.ม.) = $\frac{3600 \times 100}{72}$ = 5,000÷1,000 = 5.00

ความยาวก้าวเฉลี่ย = 0.71 เมตร คนนี้เดินได้ = 141.3 x 0.71

= 100.32 เมตร

ความคลาดเคลื่อน 100.32-100 = 0.32

สมมติเดินระยะทาง 1,500 เมตร

ระยะทางที่เดินด้วยก้าวเฉลี่ย = 1,500 x 0.71 = 1.065 เมตร

∴ ระยะทางจริงที่เดินได้ 1,065-0.32 = 1,064.68 เมตร

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจสังเขป

2.1 เข็มทิศ

2.2 สมุดสนาม (ขนาดเล่มที่พกติดตัวสะดวกชนิดปกแข็ง)

2.3 ร่ม (กันแดดหรือฝน)

2.4 ดินสอหรือปากกา

2.5 นาฬิกาจับเวลา

3. วิธีการดำเนินงานสำรวจสังเขป

3.1 เขียนทิศเหนือลงบนสมุดสนามให้อยู่ด้านบนซ้ายหรือขวาของสมุดสนามโดยดูจากเข็มทิศ

3.2 เดินสำรวจพื้นที่ให้ทั่วทั้งบริเวณ พร้อมทำการวาดภาพลงบนสมุดสนามให้ครบตามภูมิประเทศจริง

3.3 เดินนับก้าว โดยใช้ก้าวมาตรฐานของตนเองรอบบริเวณสำรวจ พร้อมทั้งบันทึกจำนวนก้าวลงในภาพวาด

3.4 เดินนับก้าวรอบอาคารสิ่งปลูกสร้างแล้วทำการบันทึกจำนวนก้าวลงในสมุดสนาม

3.5 เดินนับก้าวออกจากอาคารสิ่งปลูกสร้าง โดยพยายามเดินออกจากมุม เช่นมุมตึกในแนวตั้งฉากไปที่ถนนหรืออาคารสิ่งปลูกสร้างใกล้เคียง พร้อมทั้งทำการบันทึกจำนวนก้าวลงสมุดสนาม

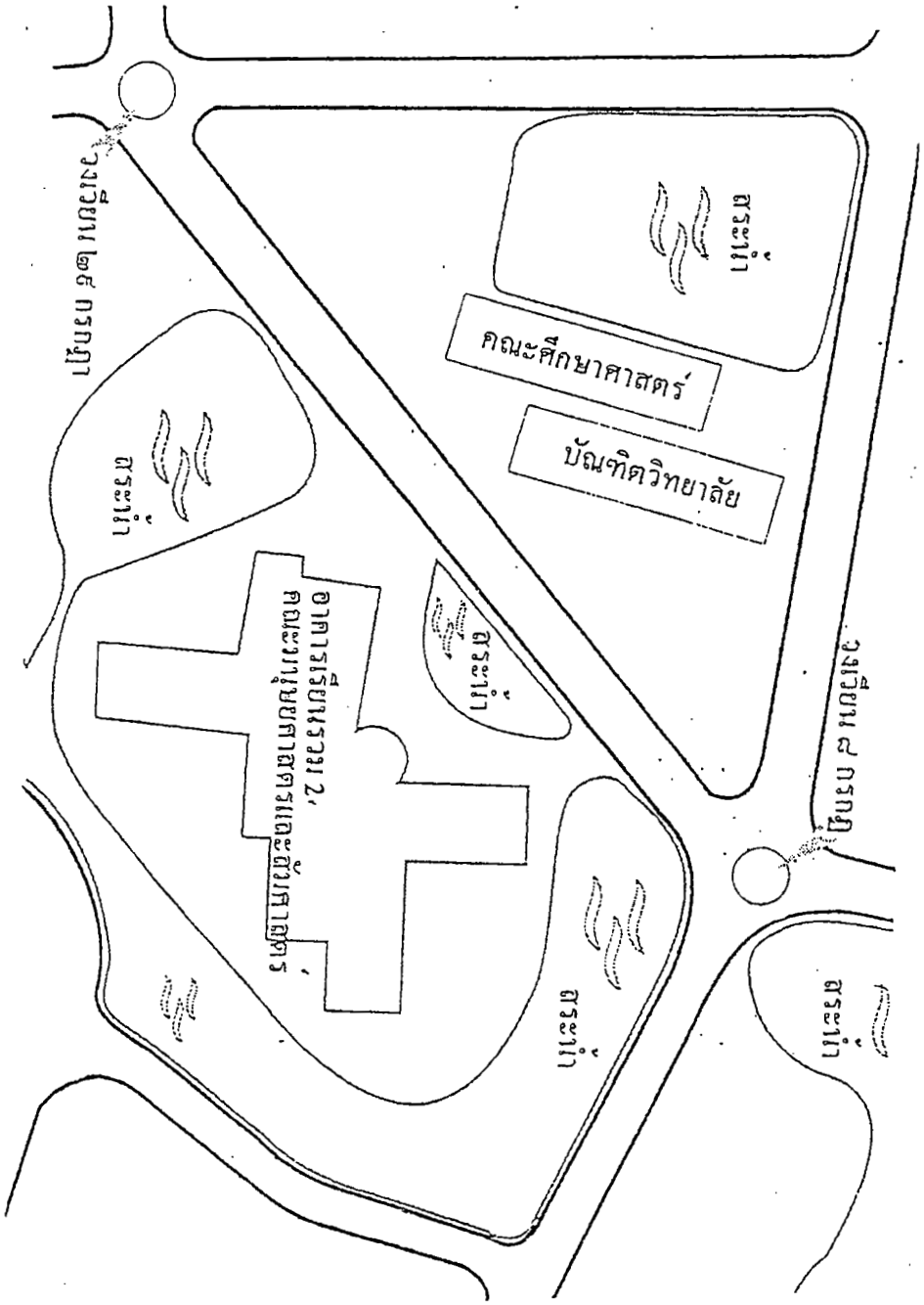
3.6 คำนวณหาระยะทาง โดยเอาจำนวนก้าวคูณด้วยความยาวก้าวเฉลี่ยของตนเอง หากต้องการคำนวณเวลาเพื่อนำไปประเมินเป็นค่าใช้จ่ายต่อวันหรือนำไปประเมินช่วงเวลาในการคำนวณในโอกาสต่อไปให้ทำการคำนวณหาความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมงไว้ด้วย)

3.7 นำภาพวาดและรายละเอียดต่างๆ ในการสำรวจสังเขปในสมุดสนามไปออกแบบจัดวางแผนผังให้ถูกต้องสวยงามแล้วจึงนำไปเขียนแผนผังด้วยเครื่องมือเขียนแบบ โดยใช้อุปกรณ์ในการย่อขยาย ในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับงานและความต้องการเช่น 1:200 1:500 1:1,000 เป็นต้น

3.8 ในการเขียนแผนผังควรเขียนและแสดงชื่อโครงการ บริเวณที่จัดทำ สัญลักษณ์ คำอธิบาย บ้าน, ตำบล, อำเภอ, จังหวัด ผู้จัดทำหรือคณะผู้จัดทำอย่างละเอียด โดยเขียนลงบนกระดาษไขหรือ

กระดาษเขียนแบบตามมาตราส่วนที่ได้คำนวณไว้

3.9 ออกแบบตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องแล้วจึงนำแผ่นใสทาบทับแล้วเขียนแผนผังด้วยปากกาเขียนแบบและเครื่องเขียนตัวอักษรให้เสร็จสิ้นถูกต้องและสวยงาม



รูปที่ 26 แผนผังตัวอย่างในการสำรวจแบบสังเขปด้วยการนับก้าว

คำถามทบทวน

1. การสำรวจสังเขป คืออะไร
2. วิธีการนับก้าวมีขั้นตอนการปฏิบัติอย่างไร
3. การคำนวณก้าวเฉลี่ย ระยะก้าวเฉลี่ย ความเร็วเฉลี่ย และการหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย

บทที่ 5

การรังวัดด้วยโซ่ (Chain Surveying)
หรือการรังวัดด้วยเทปวัดระยะ (Measuring Tape)

การรังวัดด้วยโซ่ (Chain Surveying) คือการนำโซ่ซึ่งทำด้วยเหล็กกล้ามีความยาว 20 เมตร มาเป็นเครื่องมือในการรังวัด ส่วนการรังวัดด้วยเทปวัดระยะ(Measuring Tape) คือการนำเทปวัดระยะชนิดที่ทำด้วยเหล็กเคลือบวัตถุกันสนิม การรังวัดทั้งสองแบบนิยมใช้กับพื้นที่ขนาดไม่ใหญ่มาก มีลักษณะภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบ รายละเอียดต่าง ๆ ในพื้นที่ไม่หนาแน่นมากนัก

การรังวัดด้วยโซ่จะใช้หลักการของรูปสามเหลี่ยมมาวางบนพื้นที่ที่จะทำการรังวัด โดยให้เส้นใดเส้นหนึ่งของสามเหลี่ยมเป็นแนวโซ่ (Chain Line) ในการรังวัดออกไปยังขอบเขตของพื้นที่

ในการวางแนวรูปสามเหลี่ยม ไม่จำเป็นต้องเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าเพียงแต่ไม่ควรที่จะมีมุมเล็กกว่า 30 องศา และไม่ใหญ่กว่า 120 องศา เพราะถ้าเล็กหรือใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการรังวัดด้วยโซ่ได้

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรังวัดด้วยโซ่หรือเทปวัดระยะ

1.1 โซ่รังวัดที่ดิน (Land Chain)เป็นโซ่ที่วัดด้วยระบบเมตริกทำด้วยเหล็กกล้ามีความยาว 20เมตร ยาว 100 ข้อ ประกอบไปด้วยข้อสั้นข้อละ 20 เซนติเมตร โซ่จะมีน้ำหนักในตัวเอง ทำให้ขณะรังวัดโซ่จะหย่อนตัวแนบกับพื้นที่

1.2 เทปวัดระยะ (Measuring Tape)มีหลายชนิดได้แก่

ก. เทปเหล็ก (Steel Tape) ความยาว 20 เมตร 50เมตร และ 100 เมตร มีขีดบอกระยะเมตรและเซนติเมตร

ข. เทปผ้า (Cloth Tape) ใช้กับงานที่ไม่ต้องการรายละเอียดมาก ใช้สะดวก เก็บรักษาง่าย มีขนาดและขีดบอกระยะเหมือนกับเทปเหล็ก

1.3 หมุดเหล็ก (Steel Pin) เป็นแท่งเหล็กขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร ปลายข้างหนึ่งจะแหลมคมเพื่อกดปักดินได้สะดวก หมุดเหล็กนี้จะช่วยในการเกี่ยวตรึงห่วงโซ่หรือเทปวัดระยะ ปักลงกับพื้นดิน

1.4 ลูกศรวัดระยะ (Arrows) ทำด้วยแท่งเหล็กกล้ายาวประมาณ 0.5 เมตร ปลายข้างหนึ่งจะแหลมคมเพื่อใช้สำหรับปักลงไปในดิน ปลายอีกข้างหนึ่งจะโค้งงอเกือบเป็นวงกลมใช้สำหรับผูกผ้าสีเป็นที่

สังเกตสามารถมองเห็นได้ไกลๆ ลูกศรวัดระยะจะใช้เป็นที่กำหนดหมุดหมายจุดรังวัดชั่วคราว ก่อนจะตอกปักด้วยหมุดไม้

1.5 หมุดไม้ (Station Pegs) เป็นไม้ที่แข็งแรงสามารถรับการตอกปักได้ดี ความหนา 3 ถึง 5 เซนติเมตร ยาว 20-30 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นหมุดหมายในสถานีรังวัด

1.6 หลักเล็ง (Ranging Pole) เป็นท่อโลหะเหล็กหรือสแตนเลสยาว 2 เมตร ทาสีขาว – แดงสลับกันเป็นแถบๆ ละ 20 เซนติเมตร ปลายข้างหนึ่งแหลมคมมีไว้ปักเพื่อลงบนพื้นดิน

1.7 เครื่องเล็งมุมฉาก (Cross Staff) เป็นเครื่องเล็งมุม เพื่อกำหนดแนวตั้งฉากของพื้นที่กับแนวโซ่ มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมเจาะรูในแผ่นเหล็กเป็นรูปสี่เหลี่ยมข้างละ 2 ช่อง เพื่อไว้ส่องฉาก แนวเล็งความสูงเครื่องเล็งมุมจะอยู่ระดับสายตา สามารถใช้ระดับแบบมือถือ (Abney Level) มาช่วยในการเล็งมุมฉากก็ได้

1.8 เข็มทิศ (Compass) ใช้วัดกำกับทิศเหนือจากแนวโซ่

1.9 สมุดสนาม (Field Book) พร้อมดินสอ ปากกา

1.10วิทยุติดต่อ(Wacky Talky)ใช้สื่อสารกับคนลากโซ่ในแนวสามเหลี่ยมและแนวฉาก(Offset)

2. วิธีการปฏิบัติในการรังวัดด้วยโซ่

2.1 ทำการสำรวจสังเขปในเรื่องของ รูปร่าง รูปทรง ขนาดพื้นที่ ลักษณะภูมิประเทศ สิ่งปลูกสร้าง พืชพรรณสูงใหญ่เด่นชัด ทางน้ำ แหล่งน้ำ คูคลองและถนน วาดภาพร่างพื้นที่บริเวณรังวัดสำรวจอย่างคร่าว ๆ ลงบนสมุดสนาม

2.2 เลือกตำแหน่งหมุดหมายสถานีที่จะรังวัดให้ละเอียดครอบคลุม ว่ามีความเหมาะสมในการลากโซ่รังวัด ไม่มีสิ่งกีดขวางและทำเครื่องหมายลงบนสมุดสนาม บอกถึงที่ตั้งที่จะตอกหมุดหมายสถานีรังวัด เขียนตัวเลขกำกับตั้งแต่สถานีแรกออกและจุดหมายหมุดสุดท้าย และเขียนรายการอ้างอิงใกล้หมุดหมายเช่นก้อนหินต้นไม้และอื่น ๆ เพื่อป้องกันไว้หากหมุดหมาย สถานีชำรุดพังเสียหาย

2.3 สร้างสามเหลี่ยมขึ้นในพื้นที่พยายามให้เป็นสามเหลี่ยมด้านเท่าให้ได้มากที่สุด ถ้าไม่ได้มุมที่แคบสุดไม่ควรต่ำกว่า 30 องศา และมุมที่ใหญ่สุดไม่ควรเกิน 120 องศา

2.4 เริ่มรังวัดหมุดหมายสถานีแรก ดึงโซ่หรือเทปให้ปลายโซ่หรือเทปตรึงจากหมุดหมายที่หนึ่งกับที่สองการใช้แนวโซ่หรือเทปสามเหลี่ยมเส้นที่ยาวที่สุดเป็นเส้นฐาน (Base Line)

2.5 เมื่อรังวัดด้วยโซ่หรือเทปครบทั้งสามเส้นของสามเหลี่ยมแล้ว ควรสร้างเส้นตรวจสอบ (Check Line) เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้รูปสามเหลี่ยมดังกล่าวโย้หรือเยื้ไปจากตำแหน่งที่ต้องการจะทำ

ให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ เส้นตรวจสอบดังกล่าวกำหนดตามความเหมาะสมของลักษณะภูมิประเทศ

2.6 ทำการเก็บรายละเอียดรอบข้างของแนวโซ่สามเหลี่ยมด้วยวิธีรังวัดระยะฉาก (Offset) ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีใช้วัดพื้นที่รอบข้างของสามเหลี่ยมซึ่งไม่ใช่แนวถนน อาจเป็นลักษณะทางธรรมชาติเช่น คูคลองซึ่งคดไปมาและระยะฉากจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความคดโค้งของแนวที่จะวัด โดยนำหลักเล็งไปปักบนแนวเขตและให้ตั้งฉากกับแนวเส้นโซ่หรือเทปสามเหลี่ยม จากนั้น วัดระยะด้วยโซ่หรือเทป การรังวัดด้วยระยะฉากจะเริ่มจุดใดจุดหนึ่งก็ได้ ข้อสำคัญควรวัด ทุกจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความโค้งของพื้นที่ โดยใช้หลักเล็งและเครื่องวัดมุมฉาก จดข้อมูลต่าง ๆ ลงสมุดสนาม

2.7 วิธีการวัดระยะฉาก(Offset)เริ่มจากการกำหนดที่หมายหมุดส่วนที่เป็นพื้นที่โค้งคด กำหนดเป็นจุด A จากจุด A มาที่เส้นฐาน (Base line) กำหนดจุด B และที่จุด B ใช้เครื่องเล็งมุมฉากหรือเครื่องวัดระดับแบบมือถือ หรือถ้าหากไม่มีเครื่องมือดังกล่าว ให้ผู้สำรวจยืนอยู่ที่ตำแหน่ง B หันหน้ามองไปในทิศทาง A ยกแขนขวาหรือแขนซ้ายชี้ตรงไปที่หมาย A ให้แขนขนานกับพื้นดิน กางแขนซ้าย(ในกรณีที่ชี้ด้วยมือขวา) และกางแขนขวา(ในกรณีชี้ด้วยมือซ้าย) ให้ทำมุม 90 องศากับที่หมาย A โดยให้แขนที่มุม 90 องศาวางขนานอยู่บนเส้น ฐาน (Base line) วิธีการดังกล่าวจัดเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาการวัดระยะฉากได้ ต่อจากนั้นให้วัดระยะด้วยโซ่ หรือ เทปวัดระยะแล้วบันทึกลงสมุดสนาม

2.8 ในกรณีที่ไม่สามารถเก็บรายละเอียดของพื้นที่โค้งคดด้วยวิธีระยะฉาก ก็สามารถวัดระยะจากมุมอาคารสิ่งปลูกสร้างไปยังแนวเขตได้ (วิธีนี้ใช้กับพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่านั้น)

2.9 เก็บรายละเอียดรอบขอบเขตของแปลงหรือของพื้นที่ให้ครบแล้วกำกับด้วยทิศเหนือ

2.10 นำข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ที่บันทึกลงสมุดสนามไปออกแบบเขียนแผนผัง ก่อนเขียนให้ทำการ ย่อ หรือ ขยาย ตามมาตราส่วนที่ต้องการ ตรวจสอบแก้ไขปรับปรุงให้เรียบร้อย นำกระดาษเขียนแบบทาบทับลง เขียนรายละเอียดด้วยปากกาเขียนแบบและเครื่องเขียนตัวอักษร แสดงชื่อผังบริเวณโครงการ สัญลักษณ์ แผนผังและคำอธิบายแผนผัง คณะผู้จัดทำ บริเวณที่สำรวจรังวัด บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด

3. ข้อห้ามและข้อเสนอแนะในการรังวัดด้วยโซ่หรือเทปวัดระยะ

3.1 การหมายหมุดสถานีรังวัดและการปักหรือทำหมุด หมุดแรกออกของการรังวัดด้วยโซ่หรือเทปวัดระยะควรเป็นปลายข้างใดข้างหนึ่งของ

เส้นฐาน (Base Line)

3.2 ระหว่างหมุดแรกออกและหมุดที่สอง ต้องสามารถมองเห็นได้สะดวกและง่ายในการลากโซ่หรือเทปวัดระยะ

3.3 หมุดอื่นๆ สามารถลากโซ่หรือเทปวัดระยะได้ง่ายเช่นกัน และควรวัดระยะเพื่อตรวจสอบด้วยเส้นตรวจสอบ (Check Line)

3.4 การปักหมุดแต่ละสถานีรังวัดให้มั่นคงแข็งแรง หาง่ายคงทน และให้สามารถปฏิบัติงานในช่วงระยะเวลาหนึ่งของการสำรวจ ถ้าดินอ่อนควรปักลึกพอสมควร แล้วทาสีที่สามารถทำการสังเกตได้โดยง่าย

3.5 กรณีหมุดหมายสถานีอาจถูกทำลายได้ง่ายเช่น บริเวณทุ่งโล่งที่มีการเลี้ยงวัว ก็ให้ขุดหลุมหล่อคอนกรีตฝังตะปูเป็นหัวหมุดและทาสี

3.6 ควรหาจุดอ้างอิงตำแหน่งสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้หมุดอย่างน้อย 2 จุด เพื่อให้สามารถกลับมาค้นหาได้ง่ายกรณีต้องหยุดการรังวัดชั่วคราว เช่น กรณีฝนตก

3.7 ห้ามนำก้อนหิน เศษกระดาษ เศษกิ่งไม้หรือวัสดุอื่นใดที่ไม่สมควรหาในภูมิประเทศมาวางทำเป็นหมุดหมาย เพราะอาจหลงลืมหรือจำผิดตำแหน่งได้

3.8 ห้ามกลบหรือคลุมหมุดหมายด้วยวัสดุใด ๆ แม้ว่าจะมีเจตนาเพื่อป้องกันหมุดหมายหมายสถานีชำรุดเสียหายก็ตาม

4. การวัดและเก็บรายละเอียดตามแนวโซ่หรือเทปวัดระยะ

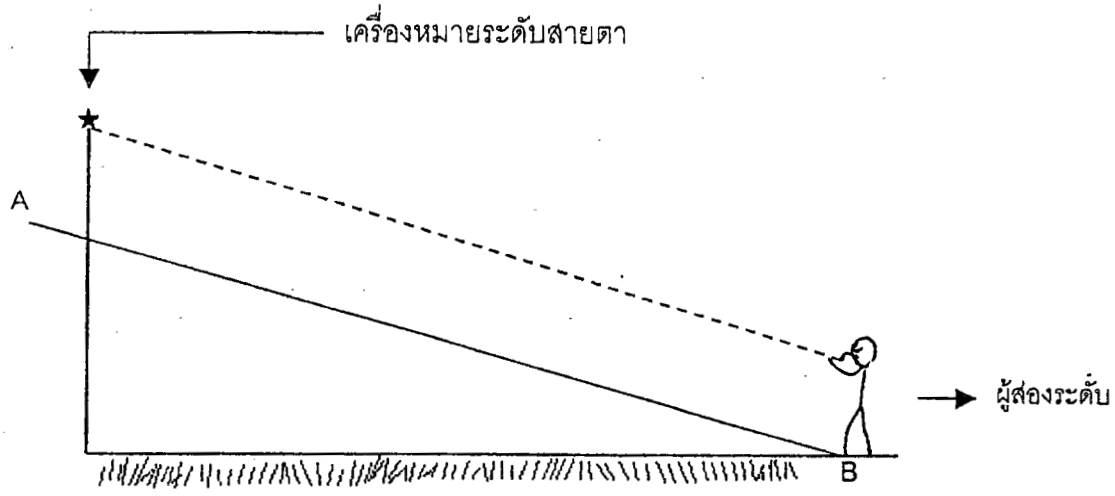
4.1 ถ้าแต่ละหมุดหมายสถานียาวเกินกว่าความยาวโซ่ ให้ปักหลักเล็งตามแนวโซ่ระหว่างหมุดทั้งสองคือสถานีที่ 1 และสถานีที่ 2 จะช่วยในการเล็งแนวขณะรังวัดและวัดระยะ จากนั้นให้ปักหมุดเหล็ก (Steel Pin) ลงบนปลายโซ่ เมื่อวัดระยะเสร็จให้คนอยู่หัวโซ่หรือเทปวัดระยะเดินไปยังหมุดหมายสถานีที่ 3 ซึ่งอยู่ในแนวของหลักเล็งแนว

4.2 การเล็งระยะตั้งฉากกับแนวโซ่เหนือเทป ให้พยายามให้ตั้งฉากกับแนวสามเหลี่ยมให้มากที่สุดโดยใช้เครื่องเล็งมุมฉาก

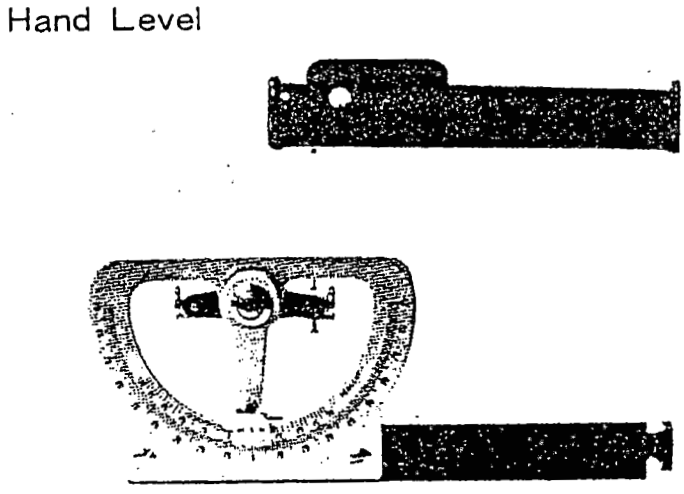
4.3 การวัดและเก็บรายละเอียดด้วยโซ่หรือเทปวัดระยะบนพื้นที่ลาดเอียง ถ้าพื้นที่ที่ทำการรังวัดมีความลาดเอียง ให้ใช้วิธีการวัดไปตามความลาดเอียงแต่ดึงรั้งโซ่ให้อยู่แนวราบที่สุดที่ อาจตรวจสอบแต่ละจุดด้วยฟองระดับหรือหลอดระดับเพื่อหาแนวราบที่สุดแต่ละชั้นแล้วปักด้วยหลักเล็งแนวหรือหมุดเหล็กก่อนวัดด้วยโซ่หรือเทปวัดระยะ

4.4 การวัดมุมของความลาดเอียงด้วยระดับมือถือแบบแอปเน่ (Abney Level) โดยวิธีการปฏิบัติดังนี้ ให้ผู้ที่ทำการสำรวจทำเครื่องหมายระดับสายตาของผู้ส่องระดับบนหลักเล็ง C แนวที่จุด A ต่อ

จากนั้นให้ผู้ส่องระดับไปยืนอยู่ที่จุดB ใช้ระดับมือถือจากจุด D ส่องกล้องไปที่เครื่องหมายระดับสายตาบนหลักเล็งที่จุด C จะได้แนวเล็ง CD ขนาดกับแนว BA แล้วอ่านค่ามุมฉากกล้อง (วัชรินทร์ วิทยกุล 2532, 23-28)



รูปที่ 27 การวัดมุมความลาดเอียงด้วยระดับมือถือแบบแอปเน่ (AbneyLevel)



รูปที่ 28 ระดับมือถือ แบบ Abney Level

คำถามทบทวน

1. การรังวัดด้วยโซ่ คืออะไร
2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการรังวัดด้วยโซ่ มีอะไรบ้าง
3. วิธีปฏิบัติในการรังวัดด้วยโซ่

คำถามทบทวน

1. การใช้โซ่หรือเทปสร้างมุมฉาก
2. การวัดความกว้างของแม่น้ำ และหนองน้ำ มีกี่ลักษณะและลักษณะเป็นอย่างไร
3. การวัดระยะผ่านสิ่งกีดกวางและปิดบังการเล็งมีวิธีปฏิบัติอย่างไร
4. การวัดความสูงตึก, ต้นไม้, สิ่งปลูกสร้าง และการวัดระยะทางข้ามเนินเขา แอ่ง หรือหุบเขา มีวิธีแต่ละวิธีเป็นอย่างไร

บทที่ 7

การระดับ (Leveling)

การระดับ(Leveling) คือนำเอาความสูงและค่าระดับของจุดต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกซึ่งวัดด้วยวิธีตรงหรือวิธีอ้อมเพื่อหาค่าระดับของจุดเหล่านั้นแล้วนำมาคำนวณ และนำค่าที่ได้นั้นมาช่วยในการสำรวจรังวัดอย่างถูกต้อง

1. คำนิยามที่ใช้ในงานระดับโดยทั่วไปมีดังนี้

1.1 ผิวระดับ (Leveling) คือพื้นผิวราบที่ขนานกับผิวระดับของน้ำทะเลปานกลาง พื้นผิวระดับจะโค้งตามแนวโค้งของโลก และทุกจุดบนผิวระดับจะตั้งฉากกับแนวแรงดึงดูดของโลก

1.2 เส้นระดับ (Leveling Line) คือ เส้นที่อยู่เหนือผิวระดับโค้งตามผิวระดับเป็นแนวยาว และ จะเป็นเส้นตรงในช่วงสั้น ๆ

1.3 ค่าระดับ (Level หรือ Elevation) คือ ค่าระดับที่วัดได้เมื่อเทียบกับ ร.ท.ก.(ระดับน้ำทะเล ปานกลาง) ถ้าอยู่ในระดับ ร.ท.ก. จะมีค่าเป็นศูนย์ ในการวัดจะวัดจากฐานระดับไปยังจุดที่ต้องการจะทราบค่าระดับ

1.4 ผลต่างของค่าระดับ (Deferent Level) คือค่าที่ได้จากการวัดซึ่งแสดงความแตกต่างของระดับระหว่างจุดสองจุด

1.5 ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) คือการนำค่าที่วัดระดับน้ำทะเลมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดค่าระดับทะเลปานกลาง ซึ่งเป็นการวัดระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดกับต่ำสุด เรียกย่อว่า ร.ท.ก.

1.6 หมุดระดับเอ (Bench Mark A) คือหมุดระดับหมุดแรกของประเทศไทย ซึ่งทำการโยงค่าระดับมาจากค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความสูงเท่ากับ +1.4477เมตร ที่ตำบลเกาะหลัก อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นค่าระดับมาตรฐาน (Standard Mean Sea Level)

1.7 หมุดหลักฐาน (Bench Mark) คือ จุดที่ทราบตำแหน่งและระดับจากน้ำทะเลปานกลางแน่นอนแล้ว เป็นจุดเริ่มต้นในการส่องระดับไม้หลัง B.S. (ในงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก อาจสมมุติหมุดหลักฐานจากจุดที่ทราบค่าใกล้เคียง) เรียกย่อว่า B.M.

1.8 ค่าไม้หลัง (Back Sight) คือค่าที่อ่านครั้งแรกของการส่องกล้อง ซึ่งส่องมายังจุดที่ทราบค่าระดับแล้ว หรือจุดที่หาระดับได้เรียกย่อว่า B.S.

1.9 ค่าไม้หน้า (Fore Sight) คือค่าที่ทำการอ่านจากไม้ระดับ ซึ่งนำไปตั้งยังจุดที่ไม่ทราบค่า

และต้องการหาค่าระดับเรียกย่อว่า F.S.

1.10 จุดเปลี่ยนกล้อง (Turning Point) คือจุดที่ต้องการมีเปลี่ยนตำแหน่งกล้องเมื่อไม่สามารถที่จะทำการส่องรังวัดต่อไปได้ จุดที่เปลี่ยนกล้องใหม่นี้จะต้องส่องกลับไปหมุดสุดท้ายโดยส่องไม้หลัง (B.S.) เพื่อถ่ายระดับหาค่า H.I. และส่องวัดต่อไปยังจุดต่าง ๆ ที่ต้องการทราบค่าโดยการส่องไม้หน้า (F.S.) และจุดเปลี่ยนกล้องเรียกย่อว่า T.P.

1.11 ค่าไม้กลาง (Intermediate Fore Sight) คือค่าที่ใช้สำหรับหาระดับระหว่างจุดเปลี่ยนกล้องเรียกย่อว่า I.F.S.

1.12 ความสูงของเส้นเล็งในกล้อง (Height of Instrument) คือค่าที่ใช้เป็นระดับมาตราฐานของแต่ละจุดของการตั้งกล้อง เพื่อหาระดับของจุดที่ยังไม่ทราบค่าระดับ เรียกย่อว่า H.I.

2. สัญญาณในงานระดับ (Signal)

เป็นวิธีการส่องสัญญาณระหว่างผู้ที่กำลังส่องกล้อง เพื่ออ่านค่าระดับและผู้ถือไม้ระดับ เนื่องจากในการสำรวจรังวัดพื้นที่ค่อนข้างราบ จุดที่ตั้งไม้ระดับกับผู้ส่องกล้องอาจจะอยู่ไกลกัน ผู้อ่านกล้องต้องเป็นผู้ส่งสัญญาณให้ผู้ถือไม้ระดับให้เข้าใจ ใช้ในกรณีพื้นที่สำรวจขนาดใหญ่เกินกว่าจะส่งสัญญาณเสียงและกรณีที่ไม่มีวิทยุสื่อสาร มีวิธีปฏิบัติดังนี้

<u>สัญญาณมือ</u>

2.1 ท่าแสดง "ความพร้อมในการเริ่มต้นส่งสัญญาณในงานรังวัด" โดยการงอศอกขึ้นทั้งสองข้างกางแขนเสมอไหล่

2.2 สัญญาณ "ย้ายไม้ระดับซึ่งผู้ส่องอ่านและจดบันทึกสมุดสนามเรียบร้อยแล้วให้ยกแขนข้างใดข้างหนึ่งโบกไปทางซ้ายหรือทางขวาของตำแหน่งที่ต้องการให้ย้าย

2.3 สัญญาณ "ต่อไม้ระดับ" ให้กางแขนทั้งสองข้างเสมอไหล่ ยกขึ้นให้ฝ่ามือบรรจบกันเหนือศีรษะ

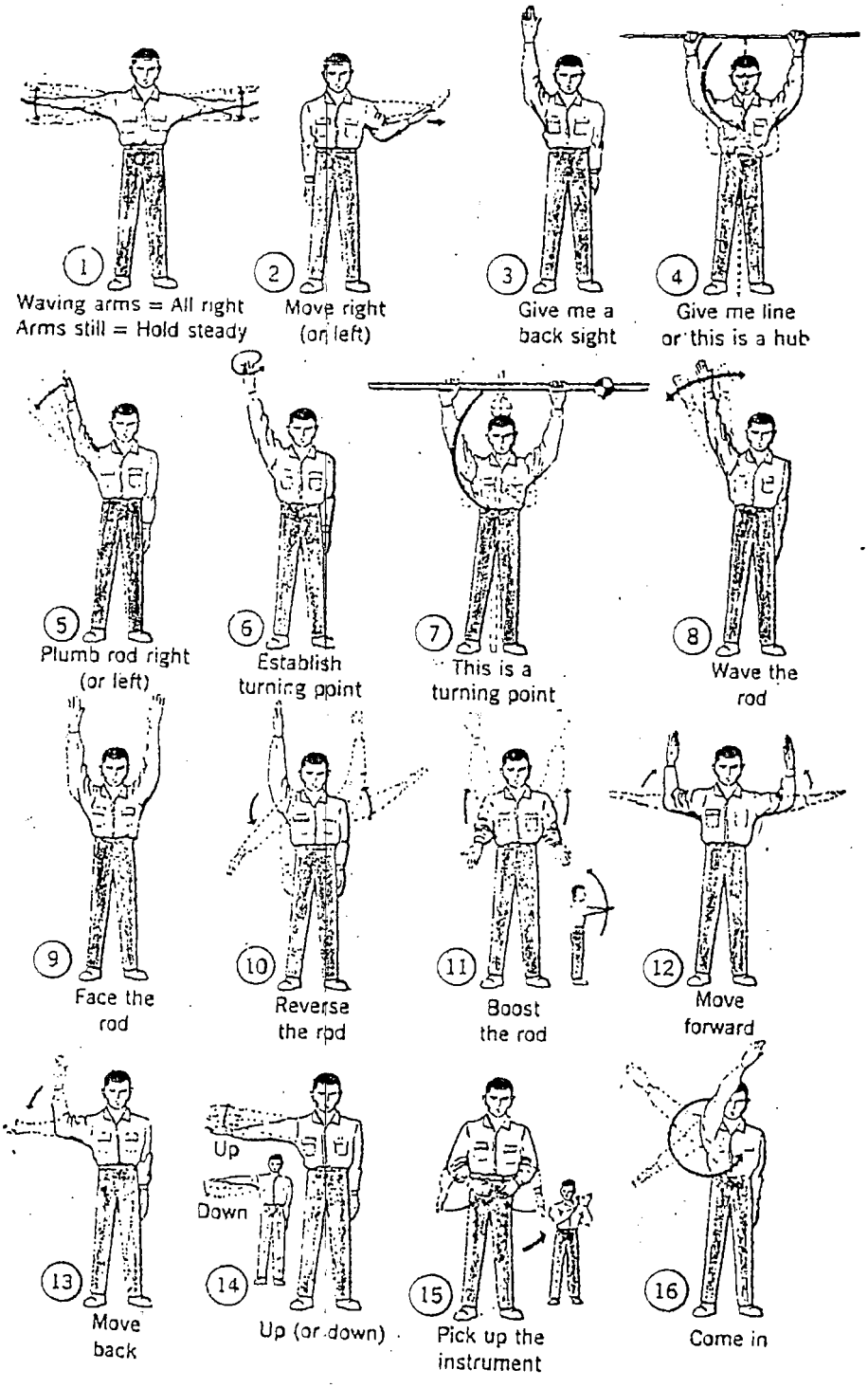
2.4 สัญญาณ "ให้เอียงไม้ระดับ" ให้ยกมือข้างใดข้างหนึ่งใช้ข้อมือโบกไปในทิศทางตรงกันข้ามกับที่ต้องการให้เอียง เช่น ต้องการให้เอียงขวาก็โบกไปทางซ้าย

2.5 สัญญาณ "นิ่งหรือตรงเป้าหมายแล้ว" ให้ยื่นแขนออกทั้งสองข้างแล้วนิ่งอยู่กับที่

2.6 สัญญาณ "ให้แนวเล็ง" ผู้ถือไม้ระดับหรือหลักเล็งเมื่อพบเห็นหมุดที่จะเล็งแล้วให้ใช้หลักเล็งหรือไม้ระดับชูขึ้นเหนือศีรษะแล้วยกลงชี้มาที่ปลายหมุดเล็ง

2.7 สัญญาณ "หาจุดเปลี่ยนกล้อง" ให้ชูมือแล้วหมุนเป็นวงกลมเหนือศีรษะ

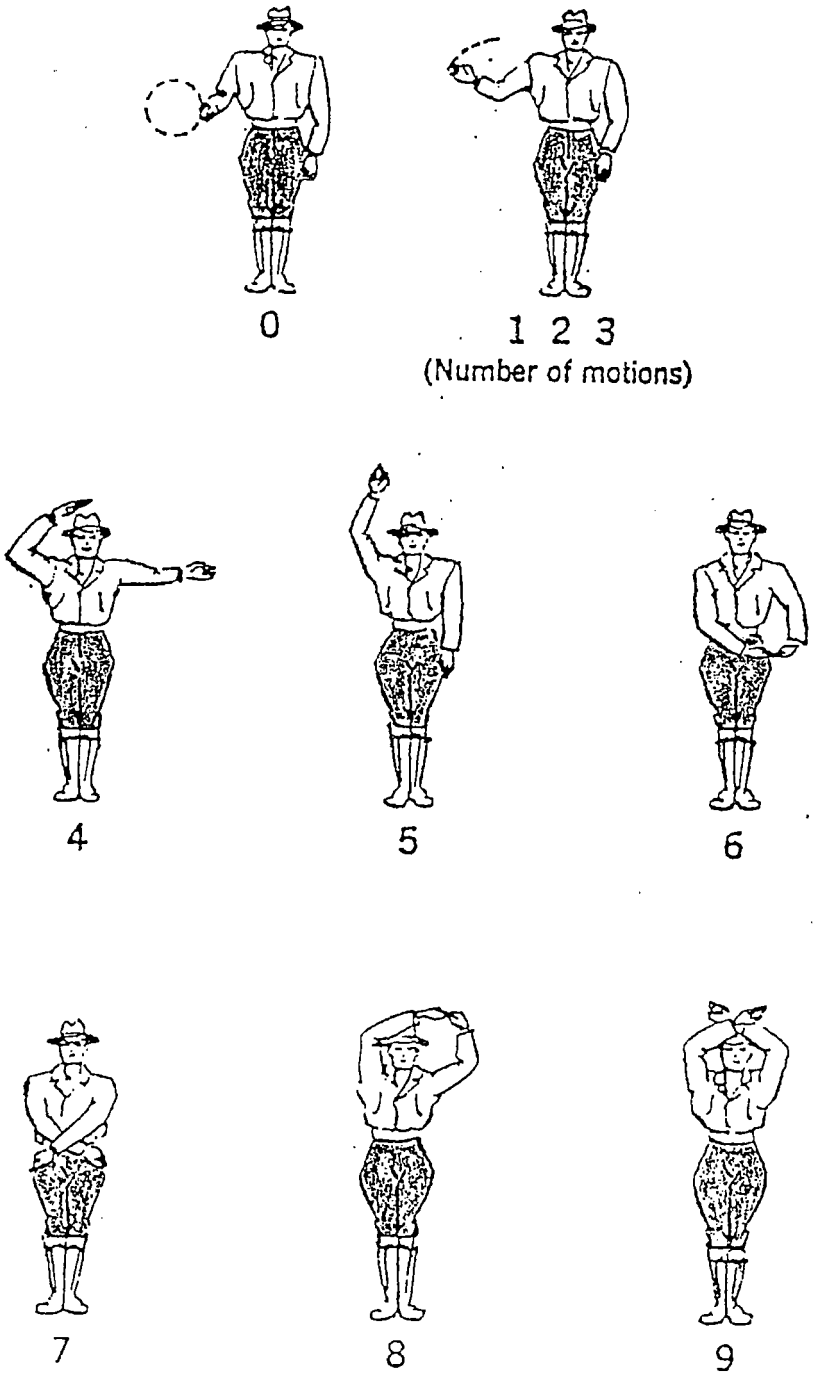
2.8 สัญญาณ "พบจุดเปลี่ยนกล้องแล้ว" ให้ชูมือขึ้นเหนือศีรษะหมุนเป็นวงกลมแล้วชี้ลง ณ จุด



Hand signals. (U.S. Army)

รูปที่ 30 แสดงวิธีการใช้สัญญาณมือ ระหว่างผู้ส่องกล้องและผู้ถือไม้ระดับ

ที่มา : ศรีวิโรจน์ จันทวงศ์ 2519, 29



รูปที่ 31 แสดงวิธีการใช้สัญญาณมือเพื่อบอกตัวเลขในการสำรวจรังวัด
ที่มา : ศรีวิโรจน์ จันทวงศ์ 2519, 31

เปลี่ยนกล้อง

2.9 สัญญาณ "ให้หันไม้ระดับด้านที่มีขีดมาข้างหน้ากล้อง" ให้ชูแขนทั้งสองข้างเหนือศีรษะ

2.10 สัญญาณ "ให้กลับหัวไม้ระดับ" ให้ชูแขนทั้งสองข้างขึ้นลงสลับข้าง 1 ครั้ง

2.11 สัญญาณ "ให้เคลื่อนที่มาข้างหน้า" ให้เหยียดแขนออกไปด้านข้างแล้วหักข้อศอกขึ้น

2.12 สัญญาณ "ให้ถอยไปข้างหลัง" ให้ยื่นแขนและหักข้อศอกข้างใดข้างหนึ่งแล้วปล่อยเหยียดออกไปด้านข้าง

2.13 สัญญาณ "ให้เก็บเครื่องมือ" ให้กาง แขนออกไปข้าง ๆ ลำตัวแล้วดึงมือประสานกันที่กลางลำตัว

2.14 สัญญาณ "ให้กลับ" ให้ชี้ไปข้างหน้าแล้วหมุนมือเป็นวงกลมแล้วชี้ลงที่พื้น

<u>สัญญาณตัวเลข</u>

เลข 0 - ทำมือหมุนเป็นวงกลม

เลข 1 - ยื่นมือไปด้านข้างแล้วโบกหนึ่งครั้ง

เลข 2 - ยื่นมือไปด้านข้างแล้วโบกสองครั้ง

เลข 3 - ยื่นมือไปด้านข้างแล้วโบกสามครั้ง

เลข 4 - มือหนึ่งเหยียดไปด้านข้างอีกมืออยู่บนศีรษะ

เลข 5 - มือหนึ่งชูเหนือศีรษะอีกมือหนึ่งปล่อยลงแนบลำตัว

เลข 6 - ทำมือซ้อนกันอยู่ข้าง ๆ ลำตัว

เลข 7 - ทำมือไขว้กันโดยให้ฝ่ามือแตะขอบกระเป๋ากางเกงด้านที่อยู่ตรงข้ามกับมือ

เลข 8 - ทำมือซ้อนกันเหนือศีรษะเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง

เลข 9 - ทำมือไขว้กันแล้วชูขึ้นเหนือศีรษะ

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานระดับ

3.1 กล้องระบบ (Level)กล้องระดับคือเครื่องที่ใช้ในการกำหนดแนวเล็งของพื้นราบ เพื่อส่องหาค่าระดับและขยายภาพของวัตถุซึ่งอยู่ไกล ๆ ให้สามารถมองเห็นได้ละเอียดชัดเจนมากยิ่งขึ้น ส่วนประกอบของกล้องระดับมีดังนี้

3.1.1 เลนซ์หน้ากล้อง (Objective Lens) คือเลนซ์หน้ากล้องซึ่งเป็นเลนซ์สำหรับรับภาพของวัตถุ ภาพที่ได้คือภาพจริงที่อยู่ในกล้อง ถ้าวัตถุอยู่ในระยะไกล ภาพจะเกิดที่จุดโฟกัสรวมของเลนซ์หน้า ภายในกล้องมีเลนซ์เว้าสองหน้าซึ่งทำหน้าที่ปรับภาพให้ชัดเจน เลนซ์เว้าเลื่อนไปมาได้โดยหมุนสกรูโฟกัส

3.1.2 เลนซ์หลัง (Eye Piece)คือเลนซ์ที่อยู่ตรงข้ามเลนซ์หน้าประกอบด้วยเลนซ์เล็ก ๆ สาม เลนซ์คงที่และเลนซ์ปลายสุดเลื่อนเข้าออกได้ มีไว้เพื่อปรับสายใยหรือปรับความยาว โฟกัสให้พอดีกับสายตา

3.1.3 ระบบสายใย(Diaphragm) คือระนาบซึ่งทำด้วยแผ่นแก้ววางอยู่ระหว่างเลนซ์หน้ากับ เลนซ์หลัง บนแผ่นแก้วจะมีขีดยาวสองขีดคือสายใยดิ่งและสายใยราบ ตั้งฉากซึ่ง กันและกัน ในสายดิ่งจะมีสายใยสองเส้นขีดขนานกันเรียกว่า สายใยสเตเดีย มีไว้ สำหรับหาระยะทางในแนวราบ

3.1.4 ระดับน้ำฟองกลม (Circle Bubble) และระดับน้ำฟองยาว (Tubular Level bubble) คือระดับน้ำที่ติดตั้งประกอบกับตัวกล้อง อาจจะอยู่ด้านข้าง ด้านหน้า และด้านหลังก็ ได้อาจจะมีทั้ง 2 ชนิด ในตัวกล้องเดียวกันหรืออาจมีเพียงอย่างเดียว มีไว้สำหรับ ปรับระดับกล้องให้อยู่ในแนวระดับเพื่อให้การสำรวจรังวัดได้ค่าถูกต้องจัดเป็นส่วน ประกอบที่สำคัญมากในการใช้กล้องทุกประเภทของการสำรวจรังวัด

3.1.5 ควงสามเส้า (Footscrews) และควงเกลียวปรับควงสามเส้า (Adjustment Screws) หรือควงปรับระดับฟองกลม (Leveling Screws) คือควงสกรูที่ติดยึดอยู่ใต้กล้องมีไว้ เพื่อปรับฟองระดับให้อยู่ตรงกลาง วิธีการตั้งสกรูปรับระดับฟองมีดังนี้

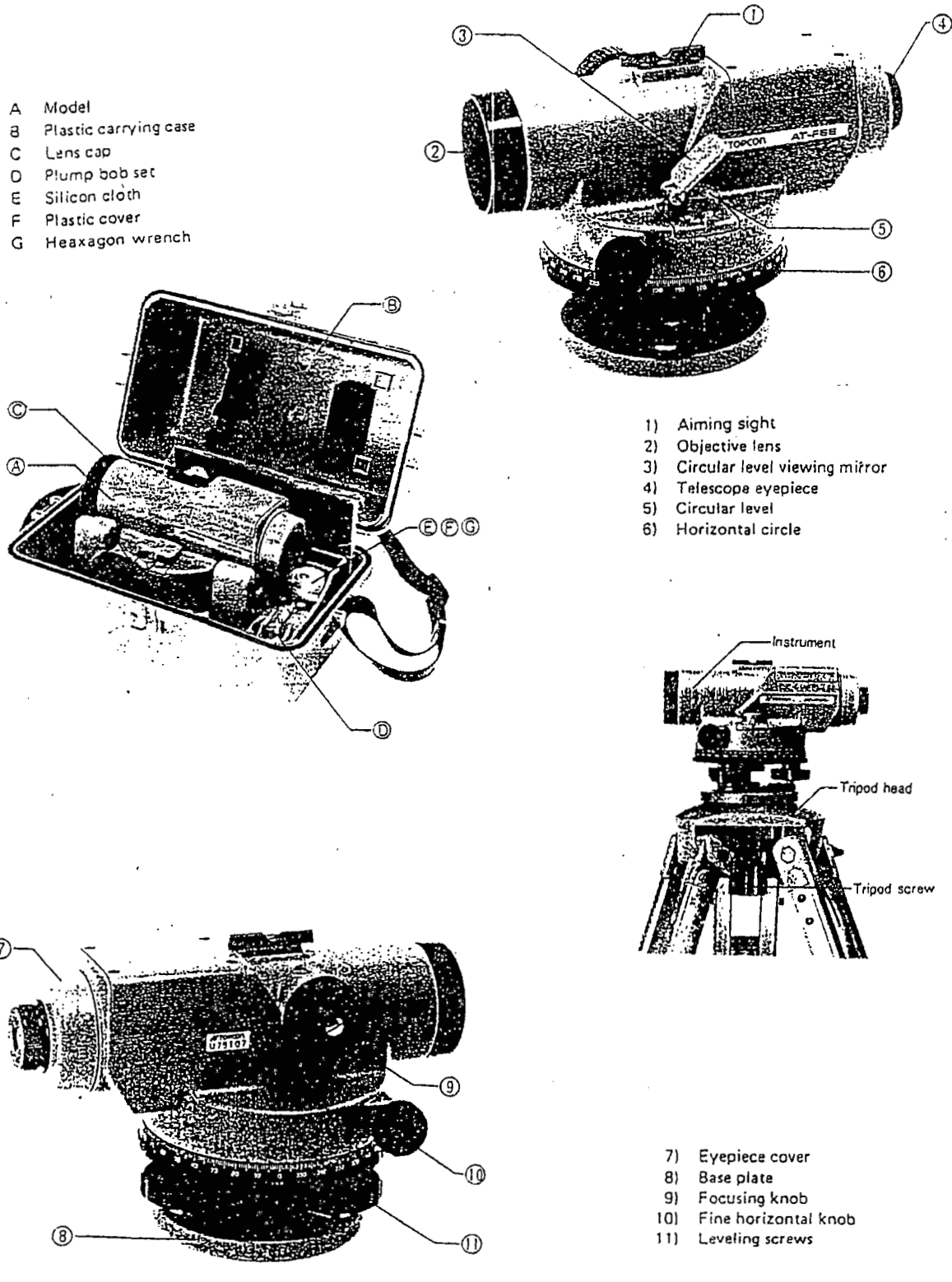
ก. หมุนสกรูตัวบนสุด จนฟองกลมไหลมาอยู่ระหว่างกลางสกรูอีก 2 ตัว

ข. หมุนสกรูทีละคู่สวนทางและหมุนพร้อมกันช้า ๆ ฟองอากาศจะเคลื่อนที่ทิศทาง ไหลไปทางด้านซ้าย

ค. หมุนสกรูคู่ถัดไปเพื่อให้ระดับฟองกลมหรือฟองยาวอยู่กึ่งกลางหลอดกลมหรือ ยาวจนระดับน้ำอยู่ตรงกลางถือได้ว่ากล้องได้ระดับแล้ว

3.1.6 ควงส่ายกล้องทางราบ (Horizontal Drive Screw) คือจุดสำหรับปรับหาไม้ระดับหรือ หลักเล็งหลังจากส่องที่หมายใกล้เคียงที่สุดแล้วด้วยศูนย์เล็งเป้า เมื่อล๊อคกล้องแล้ว สามารถใช้ควงส่ายกล้องทางราบหมุนส่ายหาไม้ระดับหรือหลักเล็ง เมื่อส่ายหาพบ แล้ว ปรับให้สายใยระนาบอยู่กลางไม้ระดับได้

3.1.7 ศูนย์เล็งเป้า (Aiming Sight) คือเป็นปุ่มเล็ก ๆ 2 ปุ่มที่ติดอยู่บนตัวกล้อง ซึ่งอาจจะอยู่ ข้างบนหรือข้างล่างตัวกล้อง หรือมีทั้งสองตำแหน่งก็ได้ มีไว้สำหรับเล็งที่หมายให้ใกล้ เคียงก่อนจะก้มมองส่องไปในกล้อง จะทำให้พบที่หมายได้ง่ายรวดเร็วจากการใช้ศูนย์ เล็งเป้า



รูปที่ 32 ส่วนประกอบของกล้องระดับ

3.1.8 ควงส่ายกล้องทางดิ่ง (Vertical Drive Screws) คือจุดสำหรับปรับหาระดับทางดิ่งมักใช้กับกล้องวัดมุม (Theodolite) เมื่อปรับกล้องให้ได้ระดับ 90 องศา อาจจะยังคลาดเคลื่อนอยู่อีกเพียงเล็กน้อย ก็ใช้ควงสายกล้องหมุนปรับระดับจนได้ระดับ 90 องศา

3.1.9 ช่องสายตาส่องลำกล้องเล็ง (Telescope Eyepiece) คือช่องสำหรับส่องมองด้วยสายตาข้างเดียว ควรหลับตาอีกข้างหนึ่งเพียงให้มองได้ชัดเจนขึ้น

3.1.10 ปุ่มปรับภาพที่หมายเล็ง(Focussing Knob) คือปุ่มปรับหมุนหาระยะชัดกับสายตาของผู้ส่องแต่ละคน ซึ่งมีระยะชัดของสายตาแตกต่างจากคนปกติ เช่น สายตาสั้นหรือสายตายาว

3.1.11 ช่องสายตาอ่านจานองศา (Reading Eyepiece) คือช่องมองสำหรับอ่านค่าจานองศามักมีหลอดไฟหรือช่องที่รับแสงให้สามารถค่าของมุมและองศา ได้ชัดเจน

3.1.12 วิธีตั้งกล้องระดับ

ก. กางขาตั้งกล้องลักษณะรูปกระโจมทั้งสามขา ประมาณด้วยสายตาให้เหมาะสมสะดวกใน การส่องกล้องของแต่ละบุคคล ขันน็อตหรือสกรูของสามขาให้แน่นพอประมาณ ก้มมองจานบนสามขาให้ได้ระดับระนาบ แล้วใช้เท้าเหยียบกดขาตั้งกล้องแต่ละข้างให้จมติดแน่นพอสมควร

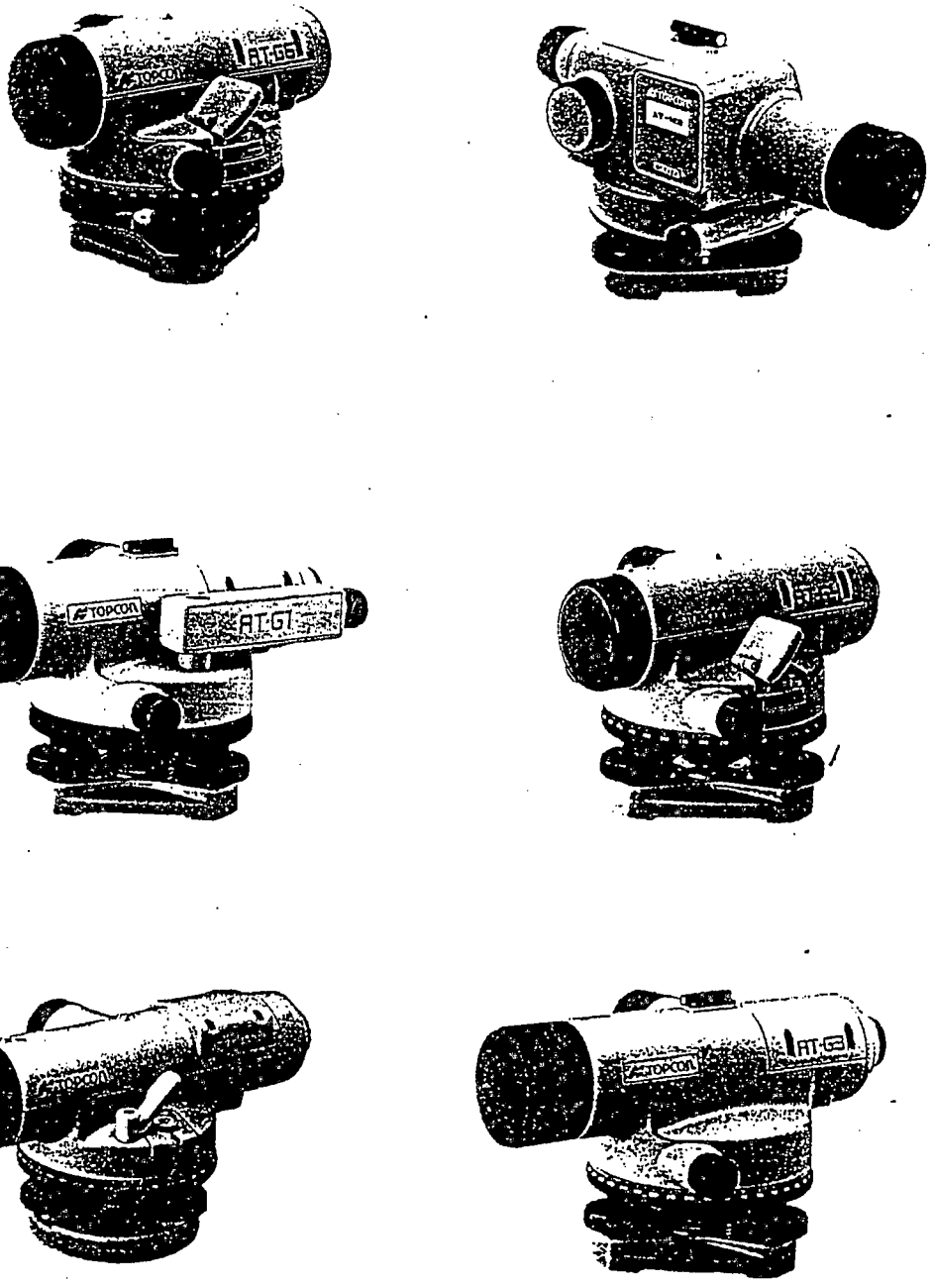
ข. เปิดกล่องบรรจุกล้อง ยกกล้องด้วยมือทั้งสองข้างอย่ายก หรือ หิ้วด้วยมือเพียงข้างเดียวอาจทำตกชำรุดเสียหายได้ ก่อนยกให้สังเกตจดจำ เพื่อจะได้เก็บกล้องอย่างถูกต้องหลังใช้งานเสร็จแล้ว

ค. ยกกล้องวางบนสามขาขันสกรูยึดกล้องกับฐานให้แน่นพอประมาณ ไม่ให้ยึดกล้องจนแน่นเกินไปอาจทำให้เกรียวสกรู ชำรุดเสียหายได้

ง. ทำการปรับระดับน้ำฟองกลม หรือฟองยาวให้ฟองอากาศอยู่ตรงกลางหลอดระดับ มีวิธีปฏิบัติดังนี้

1) หมุนตัวกล้องให้ขนานกับสกรู 2 ตัว A และ B ตัวกล้องจะวางทับสกรูตัวที่เหลือคือตัว C ให้หมุนสกรูโดยใช้หัวแม่มือและนิ้วชี้ซ้ายขวาหมุนสวนทิศทางกันช้า ๆ จนหลอดระดับสู่กึ่งกลางฟองอากาศไปในทิศทางของหัวแม่มือซ้าย

2) หมุนตัวกล้องไปทางซ้ายให้กล้องวางขนานกับ BC และให้กล้องทับจุด A จากนั้น ปฏิบัติการเหมือนข้อ 1 จนฟองระดับอยู่ตรงกลาง



รูปที่ 33 กล้องระดับแบบต่าง ๆ

3) หมุนตัวกล้องไปทางขวาให้กล้องวางขนานกับ A C และให้กล้องทับจุด B จากนั้นปฏิบัติการเหมือนข้อ 1 จนฟองระดับอยู่ตรงกลาง

3.2 ไม้ระดับ (Leveling Staff)

เป็นไม้หรือเหล็กโปร่ง ถ้าเป็นไม้สามารถพับเป็นท่อน ๆ ได้ ชนิดเป็นเหล็กโปร่งสามารถชัก เข้า-ออก ลดหรือเพิ่มความยาวของไม้ระดับได้ จะมีความยาว 3-4 เมตร ในตัวไม้ระดับจะแบ่งเป็นขีดๆ ละเอียดถึงเซนติเมตร บางชนิดติดหลอดฟองระดับ สามารถทำให้ตั้งตรงโดยดูจากฟองระดับที่ติดอยู่กับไม้ได้ การตั้งไม้ระดับมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องเปลี่ยนจุดตั้งกล้อง TP (Turning Point) หรือเปลี่ยนจุด C P (Chang Point) เป็นการเปลี่ยนเพื่อถ่ายระดับต่อเนื่องกันไป ค่าระดับจุดนี้ต้องมีความแม่นยำ ทำเป็นจุดอ้างอิงหรือจุดตรวจค่าระดับได้ จุด TP หรือ CP ต้องมั่นคงแข็งแรง

3.3 หมุดหลักฐานประเทศไทย

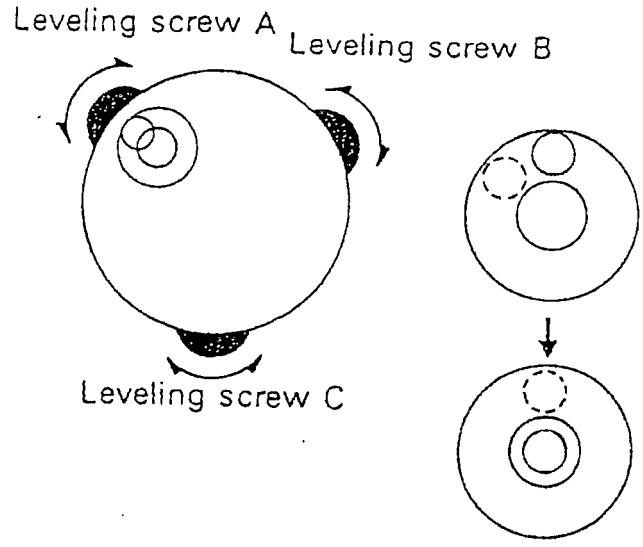
3.3.1 หมุดชั้นที่ 1 BMP (Principal Bench Mark) จัดเป็นหมุดที่สร้างขึ้นมีลักษณะมั่นคงแข็งแรงถาวรหล่อด้วยคอนกรีตก่อนหล่อตอกเสาเข็มก่อน แล้วหล่อลึกลงไปในดิน และมีหมุดทองเหลืองซึ่งกรมแผนที่ทหารได้ทำขึ้นโดยมีระยะระหว่างหมุด BMP ประมาณ 5 กิโลเมตร หรือใน 100 กิโลเมตร จะมีหมุดประมาณ 20 หมุด จะลดหรือเพิ่มอยู่ที่ความเหมาะสมของลักษณะภูมิประเทศ

3.3.2 หมุดชั้นที่ 2 BMS (Secondary Bench Mark) จัดเป็นหมุดมีความสำคัญน้อยกว่า BMP สร้างโดยการสกัดเป็นรูในคอนกรีต เช่น เชิงสะพานถ้าไม่มีสิ่งก่อสร้างคอนกรีตก็หล่อหมุดขึ้นมาเหมือน BMP กรมแผนที่จะทำขึ้นโดยมีระยะระหว่างหมุด 2 กิโลเมตร ถ้าลักษณะภูมิประเทศไม่เหมาะสมอาจเพิ่มระยะทางขึ้น เช่น ทุก 3 หรือ 4 กิโลเมตร ต่อระยะหมุด

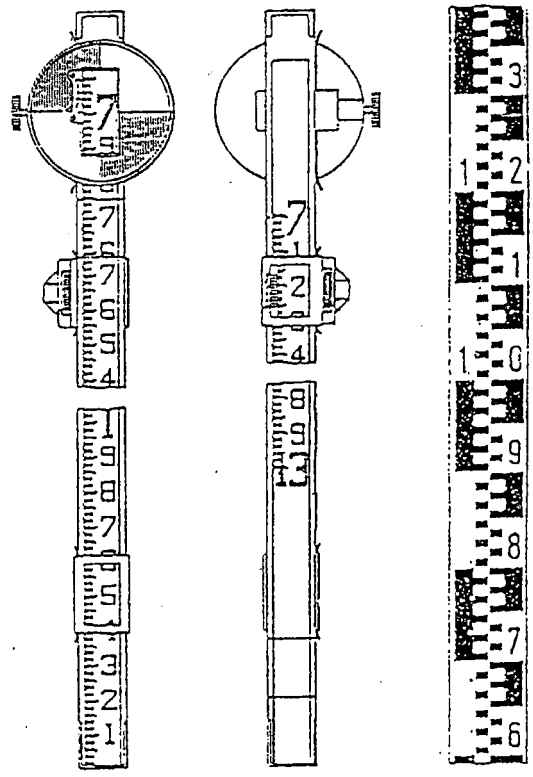
3.3.3 หมุดชั้นที่ 3 จัดเป็นหมุด BM ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้งาน โดยการถ่ายระดับจาก BMP และ BMS อาจสร้างเป็นแบบถาวรหรือแบบไม่ถาวรก็ได้จะตอกติดกับราก ต้นไม้ เสา สะพาน หลักกิโล เป็นต้น

4. วิธีการทำระดับ

วิธีการทำระดับคือการวัดค่าระดับของจุดต่างๆ ในพื้นที่ของภูมิประเทศบนผิวโลก สามารถหาค่าระดับได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของงานและเครื่องมือที่



รูปที่ 34 แสดงการปรับฟองระดับกลมในกล้องระดับ



รูปที่ 35 ไม้ระดับและขีดบอกระดับ

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2525, 225

นำมาใช้ในการปฏิบัติงาน จัดแบ่งได้หลายวิธีดังนี้

4.1 วิธีทำระดับโดยตรง (Direct or Spirit Leveling) คือการใช้กล้องระดับและไม้ระดับ วัดหาค่าระดับและระยะตามแนวราบและแนวตั้งโดยตรง

4.2 วิธีหาค่าระดับทางอ้อม (Trigonometric Leveling) คือการวัดมุมก้มและมุมเงยที่ไม้ระดับระยะราบหรือระยะที่พื้นที่ลาดเอียง แล้วนำมาคำนวณหาค่าระดับตามสูตรตรีโกณมิติโดยใช้กล้องวัดมุมและเทปวัดระยะ

4.3 วิธีการทำระดับโดยใช้สเตเดีย (Steadier Leveling) คือการใช้กล้องวัดมุมและไม้ระดับซึ่งกล้องวัดมุมต้องเป็นกล้องที่มีสายใยสเตเดียส่องอ่านไปที่ไม้ระดับ แล้ววัดค่ามุมดิ่งของแนวเล็งและคำนวณหาค่าระดับจากช่วงไม้ระดับระหว่างเส้นสเตเดียกับค่ามุมดิ่งโดยใช้สูตรสเตเดียหาค่าระดับระหว่างจุดตั้งไม้ระดับ (การทำระดับด้วยวิธีนี้ใช้เวลาในการทำงานและการคำนวณมาก)

4.4 วิธีการระดับโดยใช้บารอมิเตอร์ (Barometer Leveling) บารอมิเตอร์ คือเครื่องมือ สำหรับหาค่าระดับหรือผลต่างของจุดที่ต้องการทราบค่า เนื่องจากความสูงต่ำของพื้นที่จะมีความกดดันของอากาศไม่เท่ากันเพราะพื้นที่สูงจะมีความกดดันน้อย วิธีการนี้จึงเป็นการหาค่าระดับจากความแตกต่างของความกดดันบรรยากาศ

5. การทำระดับโดยใช้กล้องระดับ

เป็นวิธีการที่ใช้กล้องระดับส่องวัดหาค่าโดยตรงจากไม้ระดับ โดยการปรับเส้นเล็งในแนวราบ จากกำลังขยายของกล้องสามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็ว ในการปฏิบัติงานถ้ามีการตั้งกล้องหลายครั้ง จุดตั้งกล้องไม่ควรห่างกันเกิน 100 เมตร มีวิธีปฏิบัติงานดังนี้

5.1 เลือกจุดที่ต้องการทราบค่า ตั้งกล้องห่างประมาณ 50 เมตร เพื่อส่องหาจุดทราบค่าระดับจากน้ำทะเลปานกลาง ถ้าไม่ทราบให้สมมติขึ้นจากความสูงใกล้เคียงหรือนำไม้ระดับไปวางในรัศมี 100 เมตร หลายๆ จุดส่องวัดไม้ระดับนำจำนวนจุดมาหาค่าเฉลี่ย BM สมมติเป็นหมุดระดับ

5.2 ตั้งกล้องห่างจากหมุดระดับประมาณ 50 เมตร ปรับระดับกล้องให้ได้ฟองระดับไม่ว่าจะหัน กล้องไปในทิศทางใด

5.3 ตั้งไม้ระดับบนหมุดระดับ(B.M.)ที่ทราบค่าหรือคำนวณหาได้ในพื้นที่ ส่องกล้องอ่านค่าที่ไม้ระดับแล้วบันทึกลงสมุดสนาม ค่าที่ได้คือไม้หลังหรือ B.S.

5.4 คำนวณความสูงของแนวเล็ง จากระดับน้ำทะเลปานกลาง H.I. โดยนำค่า B.S. บวกกับค่า

ระดับ B.M. ของจุดตั้งไม้ระดับ

5.5 นำไม้ระดับไปตั้งห่างระยะประมาณ 50 เมตร ส่องกล้องเล็งไปแล้วอ่านค่า F.S. บันทึกสมุดสนามจุดนี้คือจุดเปลี่ยนกล้อง T.P.

5.6 คำนวณค่าระดับจากจุดที่ตั้งไม้หน้า F.S. โดยจะเท่ากับผลต่างความสูง H.I. กับค่าไม้หน้า F.S.

5.7 ทำการวัดค่าระดับไม้หน้า F.S. ตามจุดต่าง ๆ ที่ต้องการทราบค่าวัดและบันทึกเพื่อคำนวณหาค่าระดับจนกว่าจะหมดจุดที่ต้องการทราบค่า

6. ข้อแนะนำในการทำระดับด้วยวิธีตรง

6.1 ในการส่องวัดต้องขจัดภาพเหลื่อม (Parallax) ที่เกิดขึ้นให้หมดไป ก่อนจะทำการอ่านวัดด้วยการปรับสายใยและภาพให้ชัดเจนก่อนอ่าน เพราะหากไม่ขจัดพาลาแลกซ์การอ่านค่าไม้ระดับ ตำแหน่งต่าง ๆ อาจเกิดความผิดพลาดได้

6.2 ต้องปรับฟองอากาศหลอดกลมหรือหลอดยาวให้กึ่งกลางเสมอก่อนอ่านค่าไม้ระดับและเมื่อย้ายจุดเปลี่ยนกล้องก็ให้ตั้งฟองระดับทุกครั้ง

6.3 ระยะระหว่างไม้หลัง B.S. กับไม้หน้า F.S. ในการตั้งกล้องส่องวัดควรมีระยะเท่า ๆ กัน อาจจะประมาณด้วยสายตาหรือการนับก้าว เพื่อจะได้ลดความคลาดเคลื่อนจากแนวเล็ง ความโค้งของผิวโลกและการหักเหของแสงจะเพิ่มหรือลดระยะลงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและลักษณะภูมิอากาศ

6.4 ในการอ่านค่าระดับบนไม้ระดับทุกครั้ง ควรอ่านแล้วจดทันทีแล้วทบทวนอีกครั้งจนแน่ใจว่าไม่อ่านค่าผิดหรือจดผิด เพราะถ้าหากเกิดการผิดพลาดอาจต้องทำซ้ำใหม่ทั้งหมด

6.5 จุดถ่ายระดับถือว่าเป็นจุดที่ใช้อ้างอิงที่ต้องอ่านทั้ง B.S. และ F.S. ใหม่อีกครั้งหมุดควรมั่นคงแข็งแรง การตั้งไม้ระดับต้องนิ่งและตรง เพราะถ้าไม้ระดับเอียงก็จะทำให้อ่านค่าได้ไม่ถูกต้อง

6.6 ถ้าหากพื้นที่สำรวจรังวัดบางจุดเป็นแอ่งมากต้องต่อไม้ระดับ ควรวัดและคำนวณวัสดุที่จะนำมาต่อให้ได้มาตราส่วนของไม้ระดับต่อเนื่องกันและเป็นมาตราเดียวกัน

6.7 การใช้สัญญาณมือและท่าทางต่าง ๆ หรือวิทยุเพื่อสื่อสารจะช่วยลดปัญหาในการปฏิบัติงานภาคสนามได้

7. ความคลาดที่อาจเกิดขึ้นในงานระดับ

7.1 ระยะในการเล็งไม่เท่ากันอาจเกิดความเคลื่อนได้ ควรตรวจสอบแนวเล็งก่อนทุกครั้งหาก

มีอะไรบดบังต้องขจัดก่อนทำการอ่านค่าไม้ระดับ

7.2 ภาพที่ไม่คมชัดจะทำให้การอ่านค่าที่ไม้ระดับคลาดเคลื่อน ต้องขจัดภาพเหลื่อมก่อนอ่าน

7.3 ไม้ระดับวางบนพื้นดินอ่อน หรือพื้นชำรุดลาดเอียงไม่ราบเรียบ ข้อต่อไม้ระดับดึงไม่สุด หรือหลวมจะทำให้การอ่านค่าไม้ระดับผิดพลาด ต้องตรวจสอบไม้ระดับทุกครั้งก่อนนำไปใช้งาน

7.4 สามขาชำรุด น็อตหลุดหรือหลวม กางขาไม่เต็มที่ กางแล้วโยกสั่นคลอน ต้องตรวจสอบให้ดีก่อนนำไปใช้งาน

7.5 การเตะหรือกระทบขาตั้งกล้องขณะทำการส่องวัด อาจเกิดจากความเผลอเลอทำให้กล้องเคลื่อนจากตำแหน่งเดิม ควรตั้งกล้องใหม่ตั้งฟองระดับแล้วอ่านค่าไม้ระดับทุกค่าจากการตั้งกล้องใหม่

7.6 ลำกล้องไม่ได้ระดับในแนวราบกับพื้นที่ ทำให้แนวเล็งไม่อยู่ในระนาบ ทำให้การอ่านค่าไม้ระดับผิดพลาด

7.7 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการอ่านและการจดสมุดสนามผิด อาจเนื่องจากวางกล้องหรือไม้ระดับไกลเกินไป ควรมีระยะเล็งแต่ละหมุดไม่เกิน 60 เมตร หากจำเป็นจริง ๆ ไม่ควรเกิน 120 เมตร ในการอ่านค่าและจดค่า ให้ตรวจสอบช่องที่บันทึกให้ดีอาจจดลงช่องผิด

7.8 สภาพอากาศร้อนที่อาจมีปัญหา เช่น ลมแรงมาก ถือไม้ระดับนิ่งได้ยาก การอ่านอาจคลาดเคลื่อน อากาศร้อนจัดมาก ๆ อาจเกิดการหักเหของแสง เช่น บนถนนการอ่านค่าต่ำๆ จึงอาจเป็นอุปสรรคได้

8. การแบ่งอันดับงานหรือชั้นของงาน

อันดับ 1 มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 4 m.m. $\sqrt{k}$

อันดับ 2 มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 8 m.m. $\sqrt{k}$

อันดับ 3 มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 12 m.m. $\sqrt{k}$

อันดับ 4 มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 25 m.m. $\sqrt{k}$

เมื่อ K เท่ากับระยะทางวงรอบระดับหรือผลบวกของแนวเล็ง เช่นระยะทาง 1 กิโลเมตร คลาดเคลื่อนไม่เกิน 4 มิลลิเมตร

9. การหาความแตกต่างของระดับ (Differential Leveling)

การหาความแตกต่างของระดับ (Differential Leveling) คือการนำระดับที่อ่านได้

จากไม้ระดับ ซึ่งมีความแตกต่างของจุดลาดชันต่าง ๆ จากการกำหนดจุดเปลี่ยน T.P. เหมาะสมซึ่งอยู่ในรัศมีของกล้องระดับ แล้วนำมาดำเนินการระดับโดยวิธีตรง การหาค่าต่างระดับระหว่างจุดต่างระดับ 2 จุดและการคำนวณหาค่าระดับจุดที่ต้องการ

9.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานหาค่าต่างระดับ

1) กล้องระดับ
2) เทปวัดระยะ
3) ไม้ระดับ
4) หมุดไม้
5) ค้อน

9.2 วิธีปฏิบัติงานภาคสนาม

9.2.1 เลือกจุดที่ทราบค่าระดับหรือหากไม่ทราบค่าให้หาค่าระดับเอง โดยตั้งไม้ระดับในรัศมี 100 เมตร ส่องกล้องอ่านค่าที่ไม้ระดับ ปฏิบัติการเช่นนั้นทุกจุดที่ตั้งไม้ระดับ สมมติตั้งไม้ระดับจำนวน 10 จุด ให้นำค่าแต่ละจุดรวมกันแล้วหารด้วย 10 จะได้ค่าระดับ (ค่าระดับที่ทราบแน่นอน ซึ่งเป็นค่าระดับจากน้ำทะเลปานกลาง คือหมุดระดับสมบูรณ์)

9.2.2 ตั้งกล้องที่จุด L 1 ห่างจาก B.M.1 ประมาณ 50 เมตร กางสามขาให้มั่นคงตั้งกล้องบนสามขา ปรับฟองระดับฟองกลมหรือฟองยาวให้ฟองอากาศอยู่กึ่งกลาง ไม่ว่าจะหมุนกล้องไปในทิศทางใด

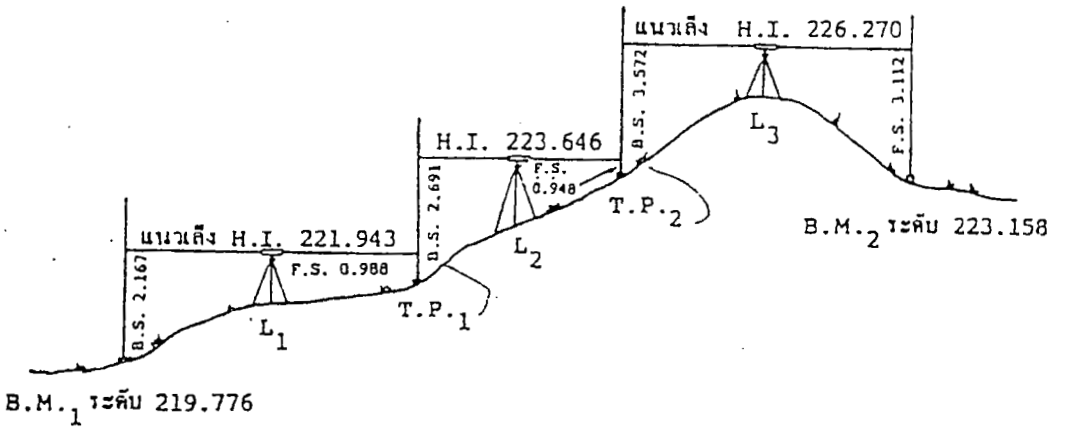
9.2.3 วางไม้ระดับบนหมุดระดับ B.M.1 ส่องกล้องเล็งมาที่ไม้ระดับอ่านและจดค่าบันทึกลงสมุดสนาม ค่าที่อ่านได้คือค่าไม้หลัง B.S.

9.2.4 คำนวณค่าความสูง H.I. ของแนวเล็งโดยการนำค่าไม้หลังบวกกับค่าระดับ B.M.1 จะได้ค่า H.I.

9.1.5 ตั้งไม้ระดับที่จุดเปลี่ยนกล้อง T.P.1 ห่างจากกล้องประมาณ 50 เมตร แล้วเล็งกล้องไปยังจุดนั้นส่องกล้องเล็งไปที่ไม้ระดับ ค่าที่อ่านได้เป็นค่าไม้หน้า F.S.

9.1.6 ย้ายกล้องไปจุดระดับที่ 2 (L 2) ห่าง T.P.1 ประมาณ 50 เมตร ส่องกลับมา T.P.1 จะได้ค่า B.S. นำค่าระดับที่ T.P. 1 บวกกับค่า B.S. จะได้ค่า H.I.

9.1.7 ย้ายกล้องไปตั้งจุด LB ทำเช่นเดียวกับข้อ 13.2.6 จนถึงจุดที่ต้องการทราบค่าคือ B.M.2



10. การจดบันทึกสมุดสนามและการคำนวณ

ควรจดบันทึกจะบันทึกค่า B.S. F.S. ระดับความสูงของหมุดระดับ ค่าระดับ H.I. จากแนวเล็ง

ตารางที่ 3 การจดบันทึกและการคำนวณตามวิธีความสูงของแนวเล็ง

สถานี	ค่าไม้ระดับ			ระดับของแนวเล็ง	ระดับประเมิน	หมายเหตุ
	ไม้หลัง	ไม้กลาง	ไม้หน้า			
$B.M._1$	2.167		0.000	221.943	219.776	219.776+2.167=221.943
$T.P._1$	2.691		0.988	223.646	220.955	221.943-0.988=220.955
$T.P._2$	3.572		0.948	226.270	222.698	220.955+2.691=223.646
$B.M._2$	1.317		3.112	224.475	223.158	223.646-0.948=222.698
$T.P._2$	0.933		3.036	222.372	221.439	223.158+1.317=224.475
$T.P._4$	0.835		2.716	220.491	219.656	224.475-3.036=221.439
$T.P._5$	0.856		3.542	217.805	216.949	221.439+0.933=222.372
$B.M._3$	0.000		3.786		214.019	222.372-2.716=219.656
$\sum$B.S.=	12.371	$\sum$ B.S. =	18.128		214.019	219.656+0.835=220.491
-	18.128				-219.776	220.491-3.542=216.949
-	5.757				- 5.757	216.949+0.856=217.805
						217.805-3.542=214.019
						214.019-219.771=-5.757

ที่มา : วัชรินทร์ วิทยกุล. 2530, 79-82

คำถามทบทวน

1. การระดับคืออะไร
2. คำนิยามที่ใช้ในงานระดับ มีอะไร
3. สัญญาณในงานระดับมีกี่แบบ แต่ละแบบเป็นอย่างไร
4. เครื่องมือที่ใช้ในงานระดับมีอะไรบ้าง
5. วิธีตั้งกล้องระดับ
6. วิธีการทำระดับ มีกี่วิธี อะไรบ้าง
7. วิธีการทำระดับด้วยกล้องระดับปฏิบัติการอย่างไร
8. การหาความแตกต่างของระดับ

บทที่ 8

การใช้กล้องระดับหาปริมาตรในการถมดิน

ในการใช้กล้องระดับหาปริมาตรในการถมดินคือการใช้กล้องระดับส่องค่าระดับด้วยไม้ระดับในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการปริมาตร การวางไม้ระดับเพื่อส่องค่าระดับ ถ้าต้องการรายละเอียดและความถูกต้องในการหาปริมาตรมาก ๆ ควรเพิ่มจุดที่จะส่องวัดระดับให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติดังนี้

1.1 กล้องระดับ

1.2 หมุดไม้

1.3 ค้อน

1.4 ไม้ระดับ

1.5 หลักเล็ง

1.6 เทปวัดระยะ

1.7 เข็มทิศ

1.8 สมุดสนาม, ดินสอหรือปากกา

1.9 ร่ม

1.10 วิทยุสื่อสาร

2. วิธีการปฏิบัติงานสนาม

2.1 วัดพื้นที่ที่จะทำการสำรวจรังวัด เพื่อหาค่าระดับในการถมดินด้วยเทปวัดระยะวัดพื้นที่ทั้งด้านกว้างและด้านยาวแล้วบันทึกลงสมุดสนาม

2.2 แบ่งพื้นที่ที่ต้องการทราบปริมาตร ในกรณีที่เป็นรูปทรงอิสระให้เขียนตารางครอบคลุมพื้นที่แล้วแบ่งพื้นที่ภายในตารางนั้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสทั้งด้านกว้างและด้านยาว ในการแบ่งตารางให้ใช้หลักเล็งและเทปวัดระยะแต่ละจุดของสี่เหลี่ยมเล็กกำหนดหมายเลขให้กับจุดต่างๆ นั้น ตอกหมุดไม้ลงตามตารางที่ได้จัดแบ่งในบริเวณพื้นที่สำรวจเพื่อเตรียมไว้เป็นจุดวางไม้ระดับ วาดแผนผังลงบริเวณพื้นที่ที่ได้จัดแบ่งตารางไว้ในสมุดสนามโดยวิธีการสำรวจสังเขป

2.3 หาหมุดระดับน้ำทะเลปานกลาง (B.M.) ถ้าไม่มีให้กำหนดขึ้นโดยการส่องกล้องระดับไปในพื้นที่ใกล้เคียงรัศมี 50-100 เมตร วัดแล้วอ่านค่าหลาย ๆ ค่า นำจำนวนจุดต่าง ๆ มาหาค่าเฉลี่ย ค่าที่ได้คือ B.M. สมมติ (สำหรับมหาวิทยาลัยบูรพาหน้าตึกบัณฑิตศึกษา B.M. มีค่า

เท่ากับ 2 เมตร)

2.4 ตั้งกล้องระดับให้สามารถส่องไปยังหมุดระดับ B.M.และส่องไปยังจุดต่างๆ ที่ทำตารางแบ่งบนพื้นที่ที่จะส่องหาระดับได้ทุกจุดหรือได้มากที่สุด ปรับฟองระดับให้ฟองอากาศอยู่ตรงกลางหลอดระดับฟองกลมหรือฟองยาว ไม่ว่าจะเห็นกล้องไปในทิศทางใด

2.5 ส่องไปยังหมุดระดับ B.M. โดยให้มีระยะห่างไม่เกิน 100 เมตร ค่าที่ได้เป็นค่าไม้หลัง B.S. (เป็นการอ่านค่าครั้งแรกของการตั้งกล้องซึ่งส่องไปยังจุดที่ทราบค่าแล้ว)หมุนกล้องส่องไปยังจุดที่ได้แบ่งตารางพื้นที่ ตั้งแต่จุดที่ 1 ไปเรื่อย ๆ จุดที่ส่องนี้จะได้ค่าระดับของไม้หน้า F.S. และกำกับทิศเหนือของพื้นที่สำรวจด้วยเข็มทิศ

2.6 คำนวณหาค่า H.I. (ค่าระดับมาตรฐานของการตั้งกล้องเพื่อหาค่าของจุดที่ยังไม่ทราบค่า) โดยการเอาค่าของ B.M. บวกด้วย B.S. (จุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง)

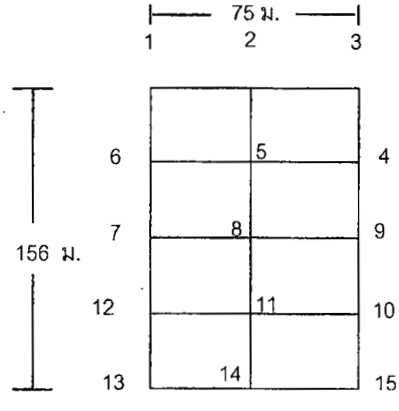
2.7 ส่องกล้องไปยังจุดต่าง ๆ ที่ได้จัดทำเป็นตารางไว้จนครบถ้าภูมิประเทศบดบังการส่องของกล้องต้องย้ายการตั้งกล้อง T.P. แล้วก็ให้ส่องกล้องไปยัง B.M. ให้จะได้ค่า B.S.แล้วจึงส่อง F.S. จนครบพื้นที่

2.8 บันทึกค่าที่ส่องได้ทุกจุดลงสมุดสนาม ถ้าไม่แน่ใจในการส่องวัดในเรื่องของค่าระดับที่อ่านจากไม้ระดับให้ส่องทวนจุดนั้นจนแน่ใจ แล้วจึงค่อยส่องจุดอื่นต่อไป

2.9 ทำการคำนวณค่าระดับ Level โดยการนำค่า H.I. มาลบด้วยค่า F.S.

2.10 ทำการคำนวณค่าระดับเฉลี่ยโดยการนำค่า B.M. ลบด้วยค่าระดับ Level

2.11 คำนวณหาค่าเฉลี่ยระดับ (Level) ทั้งพื้นที่โดยรวมค่าเฉลี่ยทุกค่าแล้วหารด้วยจำนวนจุดของการส่องกล้องระดับ



รูปที่ 36 แสดงการจำลองพื้นที่เพื่อการใช้กล้องระดับหาปริมาตรในการถมดิน

2.12 คำนวณหาค่าปริมาณดินที่จะถมโดยเอาจำนวนพื้นที่ (กว้าง X ยาว) คูณค่าเฉลี่ยระดับ

2.13 คำนวณมาตราส่วนเขียนแผนผังและรายละเอียดต่าง ๆ

ตารางที่ 4 การจดบันทึกและการคำนวณหาค่า H.I. ,ค่า Level ,ค่า Level เฉลี่ยและหาปริมาตร

Sta.	B.S.	H.I.	F.S.	Distance B.S.	Distance F.S.	Level (เมตร)	Level เฉลี่ย
B.M.	B.M.	3.35		3.35	3.35	2	
1	1		1.49			1.86	0.14
2	2		1.43			1.92	0.08
3	3		1.45			1.90	0.10
4	4		1.46			1.89	0.11
5	5		1.46			1.89	0.11
6	6		1.50			1.85	0.15
7	7		1.42			1.93	0.07
8	8		1.44			1.91	0.09
9	9		1.48			1.87	0.13
10	10		1.58			1.77	0.23
11	11		1.45			1.90	0.10
12	12		1.44			1.91	0.09
13	13		1.50			1.85	0.15
14	14		1.53			1.82	0.18
15	15		1.55			1.80	0.20
เฉลี่ย							1.93

Level เฉลี่ย = 1.93

เฉลี่ยระดับทั้งพื้นที่ = $\frac{1.93}{15}$ = 0.13

พื้นที่ กว้าง x ยาว	=	75 x 156	=	11,700 $ม^2$
ปริมาณถมดิน	=	11,700 x 0.13		
	=	1,521 ลูกบาศก์เมตร		

คำถามทบทวน

1. การใช้กล้องระดับหาปริมาตรในการถมดิน
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการปฏิบัติงานภาคสนามในการหาระดับ
3. การจดบันทึกและการคำนวณหาค่า H.I. , ค่า Level , ค่า Level เฉลี่ย และการหาปริมาตร

บทที่ 9

การทำวงรอบ (Traversing) และการทำโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulation)

การทำวงรอบ (Traversing) คือวิธีการในการสำรวจที่ต้องใช้วงรอบช่วยในการกำหนดตำแหน่งของจุดตั้งกล้องแต่ละจุดต่อเนื่องกัน จุดตั้งกล้องดังกล่าวนี้เมื่อนำมาเชื่อมต่อกันทุกจุดเรียกว่าเส้นวงรอบ (Traverse) และขณะที่กำลังส่องกล้องวัดมุมแต่ละจุดนั้น ให้ทำการวัดระยะระหว่างจุดทุกจุด ถ้าการทำวงรอบไปจนครบทุกจุดและกลับมาบรรจบจุดแรกเรียกว่า วงรอบปิด (Close Traverse) ถ้าการทำวงรอบแล้วไม่กลับมาบรรจบที่จุดเดิม เรียกวงรอบนั้นว่าวงรอบเปิด (Open Traverse)

1. การปฏิบัติการภาคสนามในการทำวงรอบจะปฏิบัติงาน 3 อย่างดังนี้

1.1 การกำกับทิศและภาคของทิศ (Azimuth) คือ การกำกับทิศแรกออกจากหมุด ๆ แรกในการสำรวจรังวัดมุมว่าทิศเหนืออยู่ตำแหน่งใดบันทึกลงสมุดสนามและกำหนดภาคทิศอะซิมุท (Azimuth) ที่จะกวาดมุมกล้องไป

1.2 วัดมุมของเส้นที่กำหนดในทิศทางที่ติดต่อ (Related Angle)

1.3 วัดระยะ (Distance) ระหว่างจุดแรกออกหรือสถานีแรกออกถึงหมุดที่สองหรือสถานีที่ 2

2. วิธีการทำวงรอบด้วยการวัดมุม มีอยู่ด้วยกันหลายแบบดังนี้

2.1 การทำวงรอบด้วยเข็มทิศ (Compass Traverse) คือการใช้ทิศเหนือแม่เหล็กในเข็มทิศมาช่วยในการวัดมุม

2.2 การทำวงรอบด้วยกล้องวัดมุม (Theodolite Traverse) คือการวัดง่ามมุมต่อเนื่องกัน พร้อมกับวัดระยะด้วยเทปหรือโซ่วัดระยะ คำนวณค่าภาคทิศและพิกัดฉาก

2.3 การทำวงรอบด้วย วิธีสเตเดีย (Stadia) คือการวัดระยะที่ต้องการด้วยความรวดเร็วไม่คำนึงถึงความละเอียดมากนัก เช่น การทำฟาร์มเพื่อการเกษตร

2.4 การทำวงรอบด้วยเครื่องมืออีเลคโทรนิคส์ และกล้องอัตโนมัติเป็นการวัดมุมที่มีความถูกต้องรายละเอียดสูง

2.5 การทำวงรอบโดยการใช้กล้องแบบมุมเห (Deflection Angle Traverse) ส่วนใหญ่ใช้ในการสำรวจเส้นทางที่จะจัดทำ เช่น ทางรถไฟ ถนน คลองชลประทาน

3. ข้อจำกัดและหลักของการทำวงรอบมีดังนี้

3.1 หมุดแรกของการทำวงรอบควรเป็นจุดที่ทราบพิกัดฉากหรือพิกัดภูมิศาสตร์และความสูง

ของพื้นที่

3.2 จากจุดตั้งกล้องไปอีกจุดหนึ่งต้องทราบภาคทิศอะซิมุท (Azimuth) โดยใช้เข็มทิศช่วย

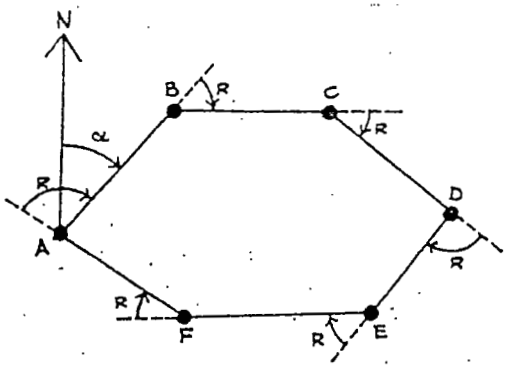
3.3 ต้องทำการรังวัดหมุดแรกออกหรือสถานีแรกออกซึ่งทราบพิกัดทุกครั้ง

3.4 ต้องวัดตรงจุดแต่ละจุดที่ต่อมุมกันโดยให้ดิ่งได้ระดับตรงจุดหรือหมุดมากที่สุด เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนควรมีที่บังลม เพื่อกันไม่ให้ลูกดิ่งแกว่งไกวได้ขณะส่องวัดและวัดระยะระหว่างจุดทุกครั้งด้วยเทปวัดระยะชนิดเหล็ก

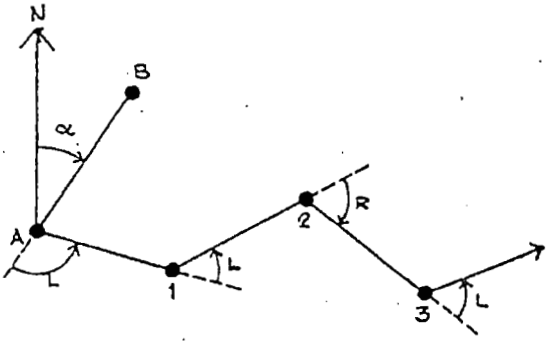
3.5 การรังวัดที่จุดแรกออกตั้งกล้องให้ตรงหมุดแรก และส่องไปยังหมุดที่สองอ่าน B.S. และให้หมุดแรกเป็น F.S. รังวัดมุมที่หมุดแรกระหว่างแนวเส้นหมุดแรก และหมุดที่สองส่องไปหมุดสุดท้ายในกรณีที่เป็นวงรอบปิด ถ้ากรณีเป็นวงรอบเปิดส่องไปยังจุดที่ 1,2,3 เป็นลำดับจนหมดโครงงาน

4. การทำวงรอบโดยการวัดมุม มี 4 แบบ คือ

4.1 การวัดมุมเส้นวงรอบที่เป็นมุมเบี่ยงเบน (Deflection Angle Traverse)

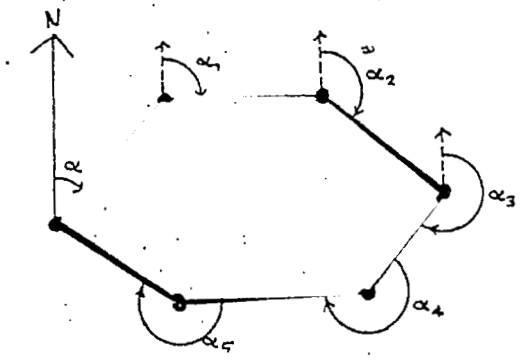


วงรอบปิด

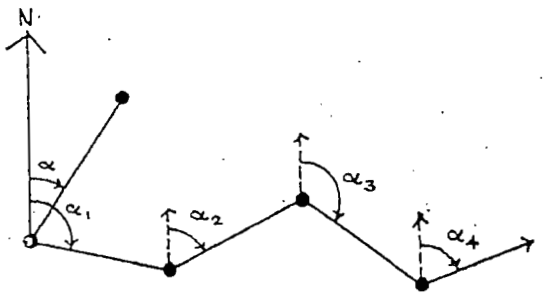


วงรอบเปิด

4.2 การวัดมุมเส้นวงรอบเป็นภาคทิศ (Azimuth Travere)



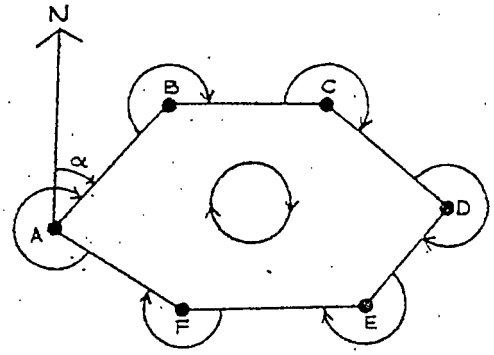
วงรอบปิด



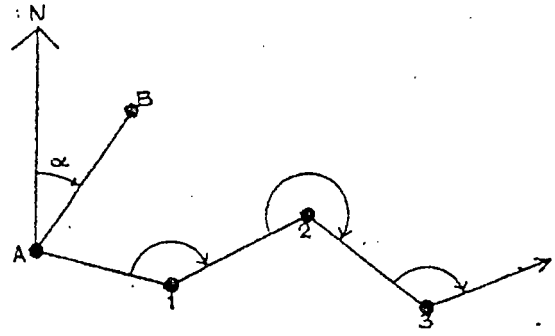
วงรอบเปิด

4.3 การวัดมุมของเส้นรอบวงโดยการหมุนทางขวา (Traverse by Angle to the Right)

ผลรวมของมุม = (จำนวนเส้นรอบวง –2) 180^0



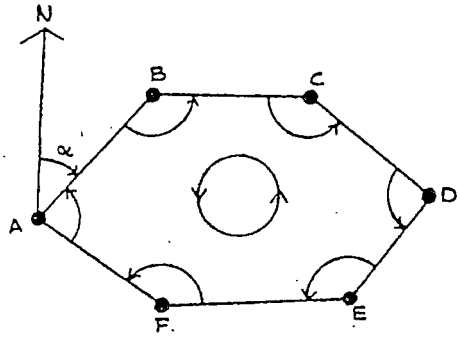
วงรอบปิด



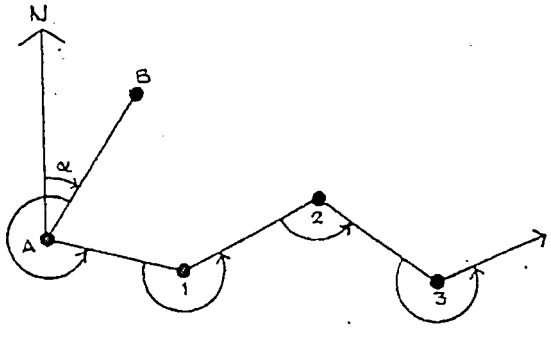
วงรอบเปิด

4.4 การวัดมุมของเส้นรอบวงโดยหมุนทางซ้าย (Traverse by Angle to the Left)

ผลรวมของมุม = (จำนวนเส้นรอบวง –2) 180^0



วงรอบปิด



วงรอบเปิด

5. สาเหตุของการปฏิบัติงานวงรอบผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อน

วัดมุมและระยะผิด

5.1 กำหนดจุดหรือหมุดตั้งกล้องไม่ดี

5.2 ตั้งกล้องแล้วส่องทวนแสงอาทิตย์เกิดการพล่ามัวอ่านผิด

5.3 มองธงหน้าหรือธงหลังไม่ชัดเจนและแนวเล็งของกล้องอยู่ใกล้ผิวดินมากเกิดการหักเหของแสง

5.4 เส้นรอบวงไกลเกินไป

5.5 ส่งกล้องหน้าเดียวไม่อ่านจุดสุดท้าย

5.6 ปรับกล้องไม่ดี หรือส่องผิดหมุด

5.7 ใช้เครื่องมือไม่ถูกกับงานและไม่เข้าใจวิธีการวัดมุมที่จะให้ค่าถูกต้อง

5.8 ส่องกล้องตัดเป้าหมายไม่ถูกต้องและตั้งเป้าหมายไม่อยู่ในแนวดิ่ง

5.9 อ่านค่ามุมผิดหรือจดผิด

6. การจัดหน่วยปฏิบัติงานภาคสนามที่ถูกต้องควรแบ่งออกเป็น 3 หน่วย คือ

6.1 หน่วยสำรวจเบื้องต้น มีหน้าที่ในการสำรวจตรวจสอบพื้นที่ปฏิบัติงาน ในการถากถางแนวเล็ง หรือแนวเส้นวงรอบที่จะต้องผ่าน ต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง กำหนดหมุดที่ตั้งกล้องวัดมุม และสร้างหมุดทำที่หมายให้ชัดเจน และหมุดหมายพยานต่าง ๆ ในพื้นที่

<u>เครื่องมือเครื่องใช้หรือวัสดุอุปกรณ์</u>

- สมุดสนาม, สมุดบันทึกและดินสอ,ยางลบ	ให้เพียงพอ
- กระติกน้ำ	3 ใบ
- ขวาน, มีดตะขอต่อด้าม	2 อัน
- กล้องส่องสองตา	2 อัน
- กล้องวัดมุม (Theodolite) พร้อมสามขา	1 ชุด
- เทปเหล็ก (Steel Tape)	1 ม้วน
- เสียม, จอบหรือพลั่ว	2 อัน
- ฆ้อนปอนด์, ฆ้อนหงอน	2 อัน
- หมุดไม้, แบบหล่อคอนกรีต	ให้เพียงพอ
- ลูกดิ่ง	1 ลูก
- ผ้าแดง	ให้เพียงพอ
- เข็มทิศ	1 อัน
- วิทยุสื่อสาร	1 เครื่อง
- คีม	1 อัน

- ตะปูขนาดต่าง ๆ ให้เพียงพอ
- ซีเมนต์ ทราย กรวด น้ำ (ถ้าในพื้นที่ไม่มี) ให้เพียงพอ
- หลักเล็ง, สีแดง, เหล็กสกัด ให้เพียงพอ

6.2 หน่วยวัดระยะ มีหน้าที่รับผิดชอบในการวัดระยะตามความละเอียด ซึ่งได้ระบุไว้ในแผนงานการสำรวจ การวัดอาจใช้เครื่องมืออิเล็คโทรนิคส์ หรือวัดด้วยโซ่หรือเทปวัดระยะ หรือเครื่องวัดอื่นตามความเหมาะสมภูมิประเทศ และตามวัตถุประสงค์ของงาน

<u>เครื่องมือเครื่องใช้หรือวัสดุอุปกรณ์</u>

- สมุดสนาม, สมุดบันทึกและดินสอ, ยางลบ ให้เพียงพอ
- โซ่ 50 เมตร หรือ 20 เมตร มาตรฐาน 2 เส้น
- หลักเล็ง (Pole) 2 อัน
- ดิ่ง 1 อัน
- แหนบจับโซ่ 2 อัน
- ฆ้อนปอนด์ 1 อัน
- ไม้ระดับ (Staff) 1 อัน
- กล้องระดับแบบมือถือ (Abney Level) 1 อัน
- กล้องระดับพร้อมสามขา 1 ชุด
- คันดึงโซ่ 2 อัน
- สีแดง ให้พอเพียง
- วิทยุสื่อสาร 1 เครื่อง

6.3 หน่วยรังวัดมุม มีหน้าที่รับผิดชอบในการวัดมุมหรือรังวัด (Azimuth) ระหว่างสถานีหลังและสถานีหน้า รวมทั้งวัดมุมทุกมุมให้ครบวงรอบและทำการวัดภาคทิศจากดวงดาว, ดวงอาทิตย์หรือภาคทิศพื้นดิน ต้องเข้าทำการรังวัดที่หน่วยสำรวจเบื้องต้นได้สร้างขึ้น

<u>เครื่องมือเครื่องใช้หรือวัสดุอุปกรณ์</u>

- สมุดสนาม, สมุดบันทึก, ดินสอและยางลบ ให้เพียงพอ
- เป้าพร้อมขา 1 ชุด
- ลูกดิ่ง 1 ชุด
- วิทยุ 1 เครื่อง
- โซ่ 20 เมตร, โซ่ 50 เมตร 2 เส้น

- กล้องวัดมุมพร้อมขา 1 ชุด
- ไม้ระดับ (Staff) 1 ชุด

การทำโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulation) คือการแก้ปัญหาเมื่อการทำวงรอบไม่สามารถปฏิบัติการต่อไปได้ เช่น ในกรณีลักษณะภูมิประเทศไม่ราบเรียบเป็นเนินเขาหรือภูเขา พื้นที่ชื้นแฉะ เป็นหนองบึง ลำธารหรือทะเลสาป หรือในท้องที่ที่สิ่งกีดขวางมาก เช่น ต้นไม้ใหญ่ไม่สามารถตัด ถาก ถางได้ วิธีการโครงข่ายสามเหลี่ยมจึงเป็นวิธีที่ค่อนข้างปฏิบัติงานได้ดีเนื่องจากจุดที่ต้องการทราบเพื่อนำมาคำนวณด้วยโครงข่าย ไม่ต้องใช้จุดในการสำรวจมากนัก และระยะจากจุดถึงจุดทุกแนวเส้นรังวัด (ยกเว้นเส้นฐาน (Base Line) ได้จากการคำนวณและนำไปรังวัดในสนาม จุดต่าง ๆ ที่ได้จากการสามเหลี่ยมมีประโยชน์ คือ สามารถนำเอาระยะและตำแหน่งไปกำหนดจุดในแผนผังหรือแผนที่และนำไปคำนวณหาพื้นที่ตลอดจนเป็นข้อมูลในการรังวัดขั้นต่อไป

1. ระบบของสามเหลี่ยมรูปเดี่ยว (System Single Triangle)

1.1 ตำแหน่งของแต่ละด้านของสามเหลี่ยมต้องอยู่ชิดด้านนอกของพื้นที่ทำการรังวัด

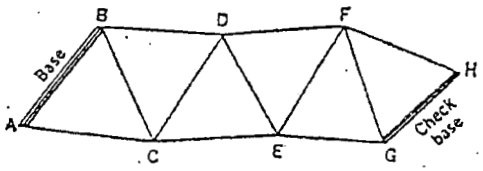
1.2 จัดแบ่งเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าให้มากที่สุด เพื่อให้รูปสามเหลี่ยมมีความมั่นคงมากที่สุด (Maximum Strength) ทำให้ผลลัพธ์มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้น

1.3 ทำการวัดด้านอย่างน้อย สองด้านเพื่อเป็นเส้นฐาน (Base Line) และเส้นตรวจสอบ (Cheek Line)

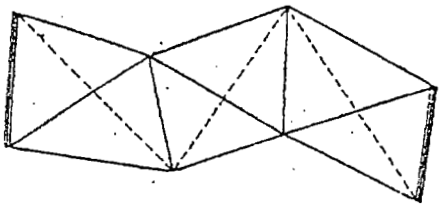
1.4 วัดมุมทุกมุมและปรับให้ถูกต้องตามความเป็นจริงของพื้นที่

1.5 ผลของมุมที่ปรับแล้ว ต้องทำให้ผลบวกแต่ละรูปสามเหลี่ยมเป็น 180^0 โดยการเพิ่มหรือลดแต่ละมุมให้เท่า ๆ กันจนได้ผลรวมของมุมเท่ากับ 180^0

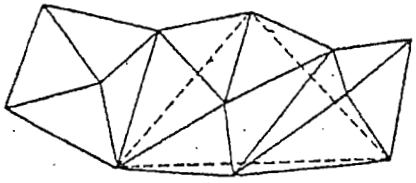
1.6 ค่ามุมทิศ (Bearing) ของด้านหนึ่งต้องสมมติขึ้นหรือจะทำการวัดโดยตรง ตำแหน่งของพิกัดใช้การคำนวณโดยวิธีทำวงรอบ



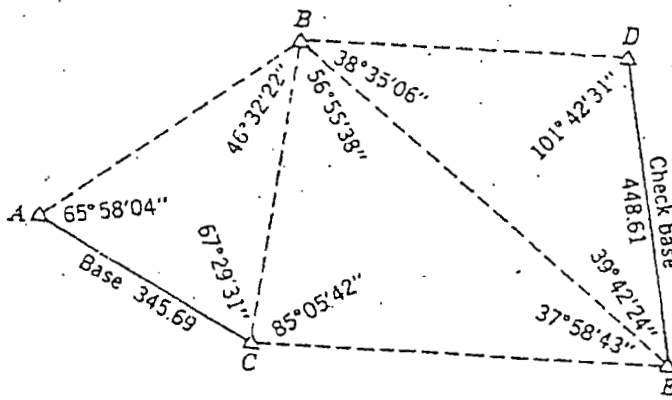
System of single triangles.

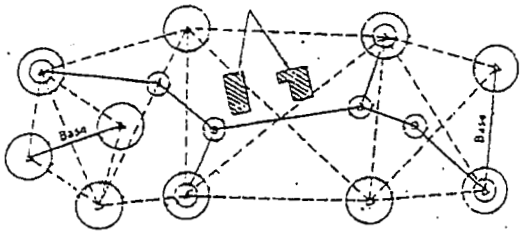


System of overlapping triangles in quadrangles. If the dotted lines are omitted this becomes a system of single triangles



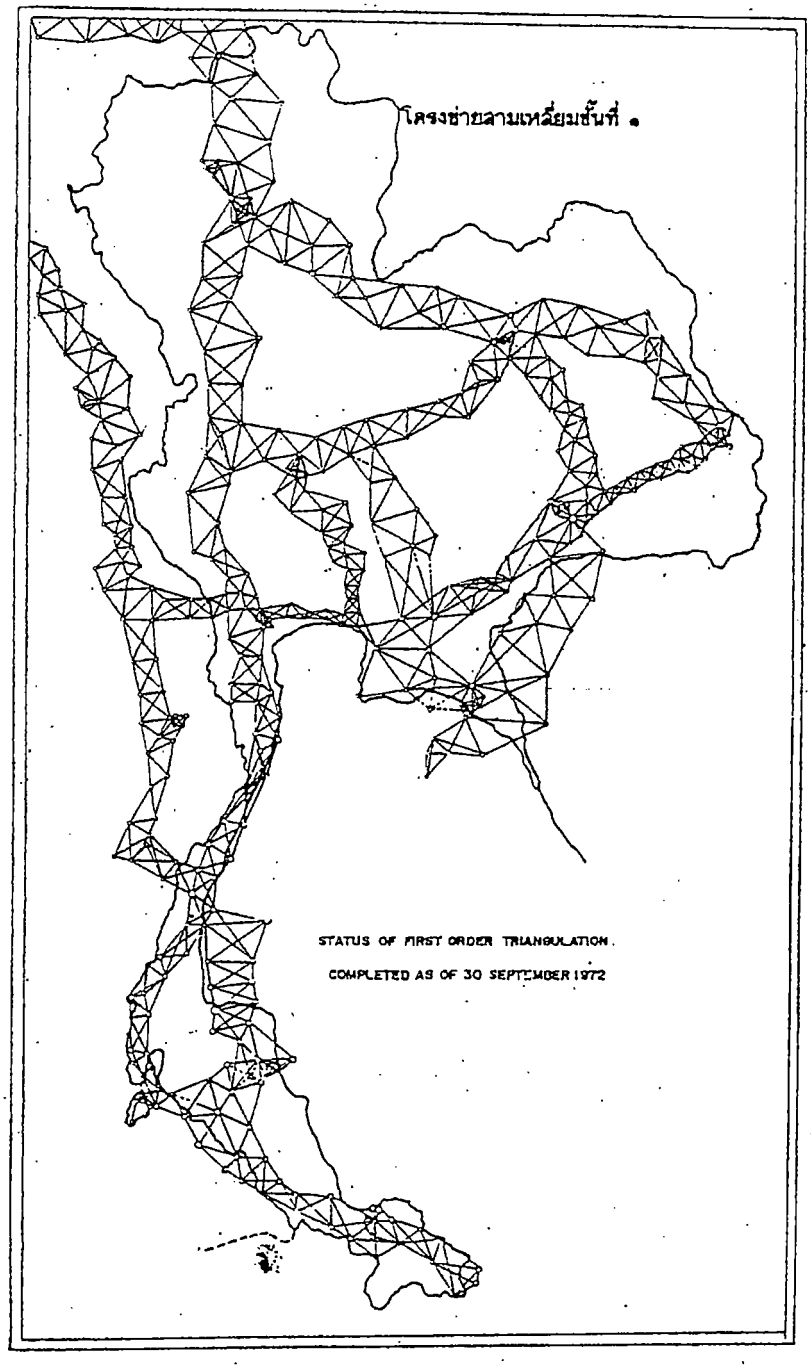
System of central point figures with an overlapping triangle



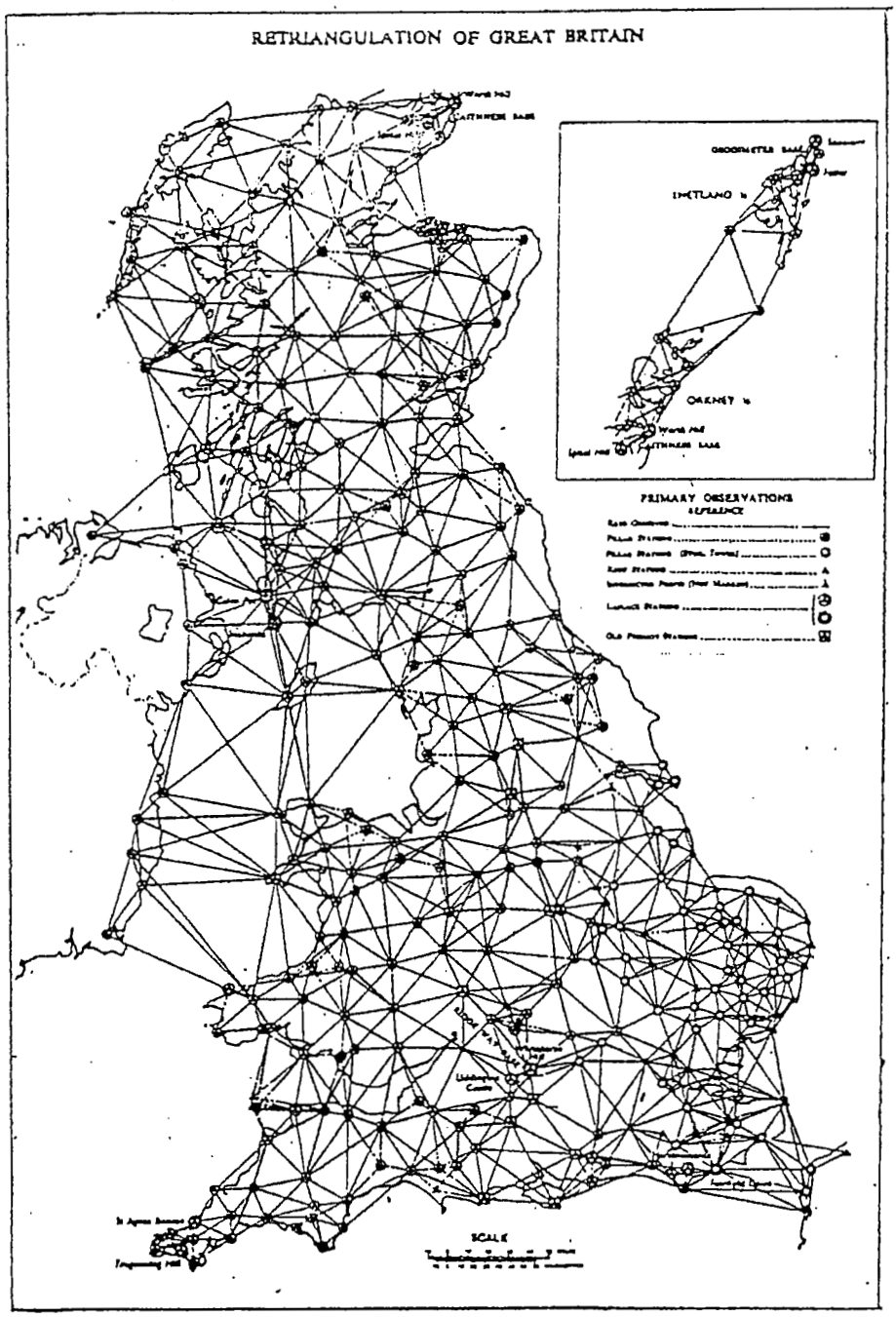


รูปที่ 37 แสดงการแก้ปัญหาการทำวงรอบด้วยโครงข่ายสามเหลี่ยม

ที่มา : ศรีวิโรจน์ จันทวงศ์, รังวัด, 50-51



รูปที่ 38 แสดงการสามเหลี่ยมในประเทศไทย



รูปที่ 39 แสดงการสามเหลี่ยมในประเทศอังกฤษ

คำถามทบทวน

1. การทำวงรอบคืออะไร
2. การปฏิบัติการภาคสนามในการทำวงรอบ มีขั้นตอนอย่างไร
3. วิธีการทำวงรอบด้วยการวัดมุมมีกี่แบบ แต่ละแบบเป็นอย่างไร
4. ข้อจำกัดและสาเหตุของการปฏิบัติงานวงรอบผิดพลาดคืออะไร
5. การจัดแบ่งหน่วยปฏิบัติงานภาคสนามมีกี่หน่วย แต่ละหน่วย ประกอบด้วยอะไรบ้าง
6. การทำโครงข่ายสามเหลี่ยม คืออะไร

บทที่ 10

กล้องวัดมุม (Theodolite)

กล้องวัดมุม (Theodolite) คือกล้องมีความละเอียดสูงกว่ากล้องสำรวจทั่วไปที่นำมาใช้ในการวัดมุมในแนวราบและวัดมุมในแนวดิ่ง ส่องแนวทาง หาระดับและระยะทางที่ดำเนินการสำรวจ กล้องวัดมุมมีอยู่ด้วยกันหลายแบบที่นิยมใช้กันมี 2 แบบคือ

1. กล้องวัดมุมแบบอ่านมุมจากเวอร์เนีย (Vernir Theodolite)

คือกล้องที่ใช้เวอร์เนียในการอ่านค่ามุมจากจานองศา เวอร์เนียเป็นมาตราส่วนช่วย (Auxiliary Scale) จะวางตัวขนานกับมาตราส่วนหลัก (Main Scale) เพื่อช่วยให้อ่านค่าละเอียดเล็กที่สุดได้ถึงฟิลิปดา กล้องแบบเวอร์เนียมีส่วนประกอบดังนี้

1.1 แท่นสำหรับยึดติดกับสามขา (Trivet Stage) คือแท่นซึ่งเป็นฐานติดอยู่ด้านสุดของตัวกล้องวัดมุม มีไว้เพื่อใช้ยึดติดด้วยสกรูกับสามขา

1.2 จานล่าง (Lower Plate) คือจานที่ติดอยู่กับจานองศา เมื่อคลาย Clamp ที่ยึดจานล่าง ถ้าหมุนจานล่าง จานองศาที่ติดอยู่ก็จะหมุนพร้อมกันไป จานบนจะช่องเวอร์เนียมีไว้เพื่ออ่านค่าองศา จานล่างจะประกอบด้วยควงบังคับทางราบของจานราบ (Lower Clamp Screw) และควงสัมผัสทั้งระบบของจานล่าง (Lower Tangent Screw)

1.3 จานบน (Upper Plate) คือจานกลมอยู่ในแนวราบโดยจะมีแกนยึดติดจานองศาซึ่งเป็นจานล่าง แกนของจานบนจะหมุนรอบแกนดิ่ง (Vertical Axis) จานบนนี้จะมีหลอดระดับวางตัวขนานกับแกนหลอดระดับ จานบนจะติดเวอร์เนียทั้งสองข้าง ส่วนที่เชื่อมต่อจากจานบนคือ

1.3.1 ส่วนที่ยึดตัวกล้อง จะมีลักษณะเป็นโครงง่าม 2 ขา ตั้งอยู่บนจานรองรับแกนราบของกล้อง เพื่อให้ตัวกล้องหมุนรอบแกนนี้

1.3.2 ตัวลำกล้อง (Telescope) จะมีช่องมอง (Eyepiece) สายใยในตัวกล้อง เลนซ์โฟกัสสำหรับปรับความคมชัดของภาพ

1.4 สกรูล็อคจานองศาดิ่ง (Vertical Circle Clamp Screw) เพื่อให้กล้องอยู่ในแนวราบที่ต้องการ ซึ่งจะประกอบไปด้วยสกรูสัมผัสทางราบ (Tangent Screw) เป็นสกรูที่มีความผิดใช้สำหรับปรับส่ายหาที่หมายให้ตัดกันกับสายใยได้ถูกต้อง

1.5 สกรูปรับความชัดเจนของภาพ (Focusing Screw)

1.6 สายใยกล้อง เป็นการขีดลงบนแผ่นแก้ว ติดตั้งในลำกล้องจะประกอบไปด้วยสายใยราบและสายใยดิ่งขีดตัดกันเป็นกากะบาดได้มุมฉากซึ่งกันและกัน จุดตัดของสายใยก็คือแนวแกนของกล้อง กล้องบางชนิดจะมีสายใยเส้นเล็กอีก 2 สายใยเรียกสายใยบนและสายใยล่างมีไว้เพื่อใช้ส่องคำนวณค่าระยะราบและตรวจสอบ ซึ่งผลต่างของสายใยเรียกว่าย่านสเตเดีย

1.7 ฟองระดับยาว (Tubular Level)คือฟองอากาศซึ่งอยู่ในรูปหลอดระดับแบบแท่งยาว ติดตั้งเพื่อใช้ในการปรับระดับซึ่งจะติดตั้งที่จานบน ช่วยในการตั้งแกนกล้องให้ได้ระดับดิ่งถูกต้อง

1.8 ฟองระดับกลม (Circular Level)คือฟองอากาศที่มีลักษณะเป็นรูปกลม ช่างสำรวจอาจจะเรียกระดับตาไก่หรือระดับตาวัว มีไว้เพื่อใช้ในการปรับระดับการตั้งแกนดิ่งให้อยู่ในแนวดิ่ง

1.9 จานล่าง (Lower Plate) คือจานองศาซึ่งถูกหุ้มด้วยจานบนมีช่องเปิดให้เห็นเวอร์เนีย (Vernier) สำหรับอ่านค่าองศาจะมีสกรูสำหรับบังคับทางราบและสกรูสัมผัสปรับหมุนส่ายให้สายใยตัดกันชัดเจนกับที่หมาย

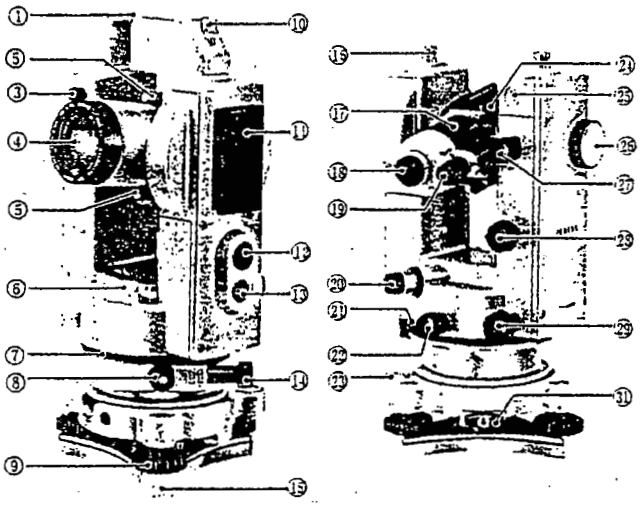
1.10 สกรูปรับระดับ (Leveling Screw) คือสกรูที่ใช้สำหรับปรับระดับตัวกล้องกับขา ตั้งกล้องให้ได้ระดับถูกต้อง โดยสังเกตจากฟองระดับยาวและฟองระดับกลมมีทั้ง ชนิด 4 เส้า และบันนิยมใช้ชนิด 3 เส้า) การตั้งฟองระดับด้วยสกรูชนิด 3 เส้า มีวิธีปฏิบัติได้ดังนี้

1) หมุนตัวกล้องให้หลอดระดับที่ติดอยู่บนจานองศาราบ ขนานกับสกรูคู่ใดคู่หนึ่งจากนั้นหมุนสกรูทั้งคู่สวนทางกันและพร้อมกันให้ฟองอากาศ เคลื่อนที่จากหัวแม่มือซ้าย สังเกตให้ฟองอากาศของหลอดระดับอยู่กึ่งกลางหลอด

2) หมุนตัวกล้องไปทางขวาตามเข็มนาฬิกามุม 90 องศา แล้วหมุนสกรูตัวที่สามซึ่งยังไม่ได้หมุนปรับให้ฟองอากาศเคลื่อนตัวอยู่กลางหลอดระดับ

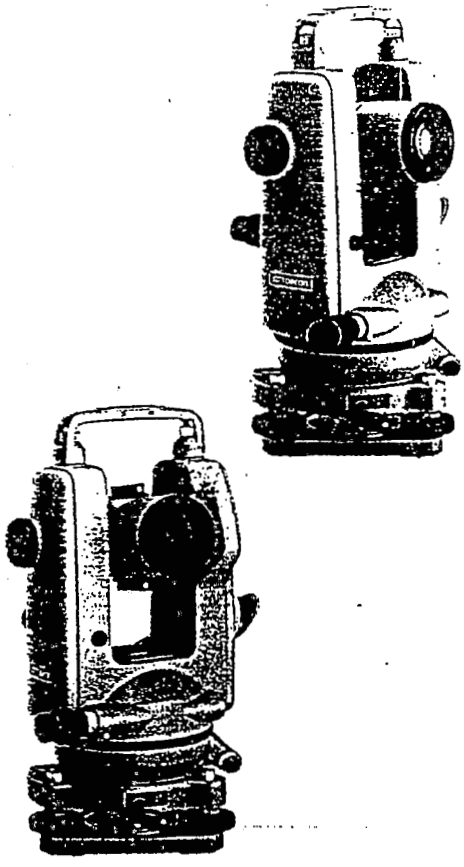
3) หมุนกล้องให้ตำแหน่งกล้องอยู่กึ่งกลางสกรูคู่ถัดไปอีก 2 คู่ ปฏิบัติการ เช่นเดียวกันกับ ข้อ 1) และ 2) เมื่อฟองอากาศอยู่กึ่งกลางหลอดแล้วลองทดสอบโดยการหมุนกล้องไปอยู่ในตำแหน่งแรกตาม ข้อ 1) แล้วหมุนกล้องทำมุม 180 องศา และสังเกตฟองระดับถ้าอยู่กึ่งกลางหลอด ก็แสดงว่าระดับของกล้องอยู่ในแนวราบแล้ว

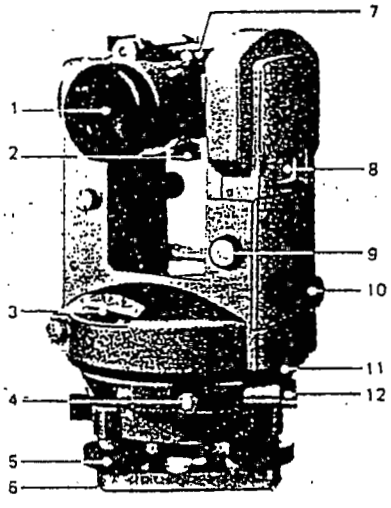
4) คล้ายสกรูที่ล็อคกล้อง มองดูดิ่งในช่องเล็งว่าดิ่งตรงหัวหมุดหมายสถานีแรกออกดีแล้ว หมุนกล้องไปทิศทางที่หมายเล็งหลักเล็ง หรือไม้ระดับถอดฝาครอบกล้องใส่กระเป๋าเสื้อ โดยหงายส่วนที่กลวงหันออกไปข้างหน้า (ถ้าหัน

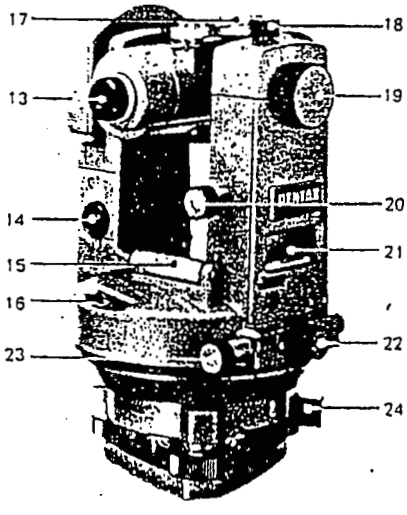


1 Hand-grip
3 Magnetic needle release knob
4 Objective lens
5 Collimator sight
6 Plate vial (with cover)
7 Circle rotation ring
8 Lower clamp screw
9 Leveling screw
10 Hand-grip detaching screw
11 Battery box
12 Lighting window
13 Light switch
14 Lower tangent screw
15 Bottom plate

16 E.D.M. mounting studs
17 Focusing knob
18 Telescope eyepiece
19 Circle reading eyepiece
20 Optical plummet
21 Circle display window
22 Upper clamp screw
23 Circular vial
24 Reticle illumination knob
25 Compass
26 Micro knob
27 Telescope clamp screw
28 Telescope tangent screw
29 Upper tangent screw
31 Tribrach locking knob







1. Objective Lens
2. Reticle Illumination Knob
3. Horizontal Circle (B)
4. Horizontal Lower Clamp Screw
5. Foot Screw
6. Base Plate

7. Optical Sight
8. Vertical Circle
9. Compass Clamp Screw
10. Optical Plummet
11. Circle Rotation Ring
12. Horizontal Lower Drive Screw

13. Telescope Eyepiece
14. Compass Index Line
15. Plate level
16. Horizontal Circle (A)
17. Telescope Level
18. Telescope Clamp Screw

19. Focussing Knob
20. Telescope Drive Screw
21. Plate Level
22. Horizontal Upper Clamp
23. Horizontal Upper Drive S
24. Centering Clamp Lever (Only on FM-1B)

รูปที่ 40 แสดงกล้องวัดมุมชนิดต่าง ๆ

ด้านกลวงเข้าหาผู้สำรวจ เมื่ออากาศร้อนจะมีเหงื่อ ทำให้ฝาครอบกล้องชื้น ติดฝุ่นเกิดเชื้อราบนเลนส์ได้ง่าย

5) ส่องกล้องเล็งที่หมาย ด้วยอุปกรณ์สำหรับเล็งที่หมายติดมากับตัวกล้องมีทั้งศูนย์เล็งด้านหน้าและศูนย์เล็งด้านหลัง ปรับภาพให้ชัดเจนอ่านค่าบันทึกสมุดสนาม

1.11 การปรับภาพและสายใย (Focussing and Sighting the Telescope) เป็นการปรับภาพและสายใยให้ชัดเจน เพื่อสะดวกและอ่านค่าได้ละเอียดถูกต้อง วิธีการหนึ่งที่ใช้กันทั่วไป คือการนำกระดาษสีขาวมาวางไว้ข้างหน้าเลนซ์รับภาพหมุนปรับ จนปรากฏสายใยสีดำเข้มคมชัด ในการส่องกล้องเพื่ออ่านค่าจากไม้ระดับนั้นอาจ มีการคลาดเคลื่อน มีวิธีการปรับแก้สายใย 2 แบบ คือ

1.11.1 การปรับแก้สายใยดิ่ง (Vertical Hair)

ก. ตั้งกล้องบนพื้นดินค่อนข้างแข็ง หรือแน่นอยู่กึ่งกลางระหว่างหมุดเล็ง 2 หมุดบนหมุดเล็งตอกตะปูเข็มเป็นแนวเล็งโดยมีระยะห่างข้างละ 100 เมตร ให้ชื่อหมุด A และ B

ข. ตั้งกล้องให้ได้ระดับส่องหมุด A แล้วล๊อคจานบนจานล่างด้วยสกรูล๊อค แล้ว กระดกกล้องส่องจุด B ถ้าส่องแล้วพบจุด B แสดงว่าเส้นใยถูกต้อง ถ้าไม่พบจุด B ให้ทำเครื่องหมายจุดที่กล้องส่องด้วยการตอกหมุดให้ชื่อว่า Cให้วัดระยะจากหมุดตั้งกล้อง ซึ่งกำหนดเป็นจุด M โดยให้

MA = MC

ค. กล้องล๊อคจานบนจานล่างหมุนกล้องส่อง A ที่หมายเดิมแล้วล๊อคกล้อง กระดกกล้องส่องที่หมาย B ถ้ากล้องผิดให้ทำเครื่องหมายที่จุดส่องกล้องด้วยการตอกหมุดกำหนดเป็นจุด D

ง. ในการส่องปรับแก้สายใยถ้าพบจุด C และ D ให้แบ่งระยะ CD เป็น 4 ส่วน ให้ชื่อส่วนแรกต่อจากจุด D ให้ชื่อ E ตอกตะปูเข็มไว้

จ. ส่องกล้องไปจุด E ปรับสายใยดิ่งให้ทาบทับตลอดแนวดิ่งของจุด E หมุนกล้องส่อง A กระดกกลับส่อง E ปรับแก้จนเป็นจุดเดียวกัน

1.11.2 การปรับแก้สายใยราบ (Horizontal Hair) จัดทำได้โดยตั้งไม้ระดับห่าง

ก. กล้อง 30-40 เมตร ตั้งกล้องปรับระดับในแนวราบ ส่องไปที่ไม้ ระดับ

อ่านค่าและบันทึกไว้ที่ค่านั้นสมมติ 2 เมตร

ข. กระดกกล้องหมุนกล้องส่องไม้ระดับใหม่ ไปที่จุดเดิมคือ 2 เมตร ถ้าทับจุดเดิมแสดงว่าสายใยราบถูกต้องถ้าไม่ทับจุดเดิมเช่น สมมติ 2.50 เมตร ต้องทำการแก้สายใยกล้อง

ค. เฉลี่ยค่าระหว่าง 2.00-2.50 เมตร แบ่งครึ่งเท่ากับ 2.25 เมตร หมุนสกรูสัมผัสให้เลื่อนไปที่ 2.25 เมตรและปฏิบัติการเช่นเดิมจนสายใยราบจะทาบทับจุดเดียว

1.12 การอ่านไม้ระดับ (Reading Staff) คือ การอ่านค่าขณะที่ส่องกล้องไปยังไม้ระดับตำแหน่งที่สายใยราบและสายใยดิ่งตัดกันคือจุดที่อ่านค่าระดับ ไม้ระดับจะทำขึ้นจากไม้เนื้อแข็งหรืออลูมิเนียมผสมเหล็กหรือเหล็กแผ่นกลวงก็ได้ความสูง 2-4 เมตร กว้าง 5-10 เซนติเมตร จะมีเลขกำกับแบ่งออกเป็นช่อง ๆ ละ 10 เซนติเมตร โดยเริ่มจาก 00,01,02 จนครบจำนวนเมตรของแต่ละไม้ แต่ละช่องจะมีขีดแบ่งย่อยเป็นรูปคล้ายตัว E เป็นอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่สลับกันเป็นขาว ดำ หรือ ดำ - แดง ตัว E หนึ่งตัวเท่ากับ 5 เซนติเมตร ขาของตัว E แต่ละขาจะเท่ากับ 1 เซนติเมตร ไม้ระดับบางชนิดจะติดหลอดระดับ เพื่อไว้เป็นที่สังเกตุให้กับคนที่ถือไม้ว่าตั้งไม้ระดับตรงโดยดูจากฟองระดับ ซึ่งจะสะดวกถูกต้องมากยิ่งขึ้น ไม้ระดับอาจจะเป็นไม้ชนิดที่เป็นท่อนเดียวหรือแบบพับหักเก็บได้หรือแบบดึงออกได้ นิยมทำเป็น 3 ส่วน ๆ ละ 1 เมตร

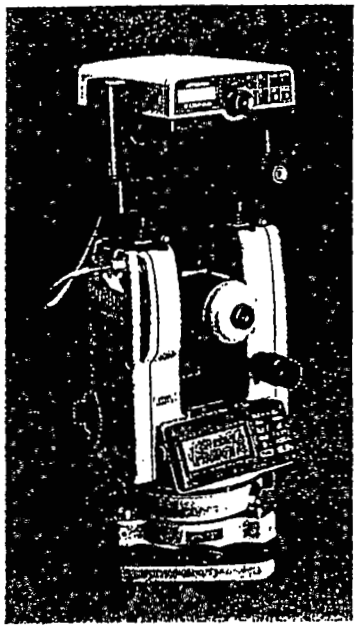
2. กล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล (Electronic Digital Theodolites)

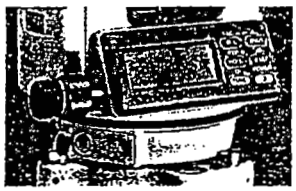
เป็นกล้องวัดมุมที่มีความละเอียดถูกต้องสูง สะดวกในการใช้งานเนื่องจากจะมีจอแสดงผลและปุ่มการทำงาน LCD (Panel and Keyboard) สำหรับใช้กดชุดคำสั่งต่าง ๆ ในการหาค่ามุมดิ่ง ค่ามุมราบ การเปลี่ยนค่ามุมดิ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียงหรือแสดงเพียงมุมราบ สามารถเปลี่ยนทิศทางแสดงค่ามุมราบและคงค่ามุมราบปัจจุบันแม้จะเปลี่ยนทิศทาง จึงเป็นผลดีในการรวมค่ามุมที่เกิดจากการวัดมุมเดียวกันหลายครั้งได้ เพื่อใช้ในระบบวัดมุมแบบทบ มีรายละเอียดของกล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอลดังนี้

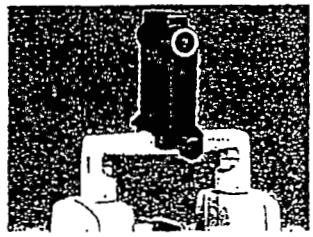
2.1 คำแนะนำในการใช้และข้อควรระวัง

ก. ไม่เล็งแนวกล้องเข้าหาดวงอาทิตย์โดยตรง

ข. เนื่องจากตัวกล้องเป็นเครื่องมือที่ละเอียดอ่อน ควรหลีกเลี่ยงการสั่นสะเทือนโดยไม่

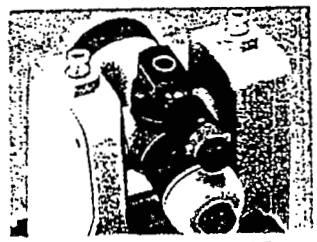






Trough Compass 5

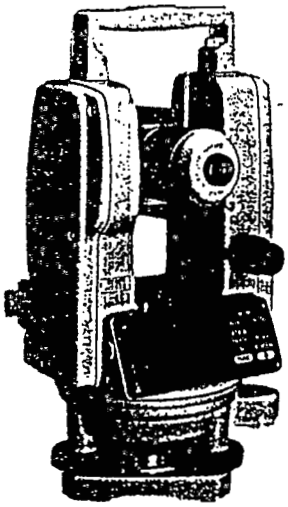
Diagonal Eyepiece

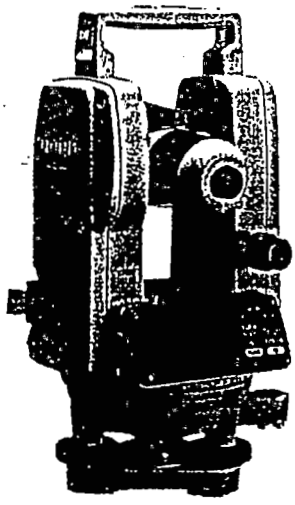


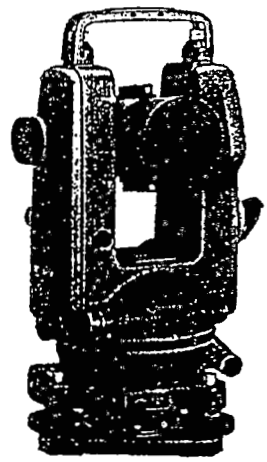
Optical Roof Plummet 3

Solar Filter

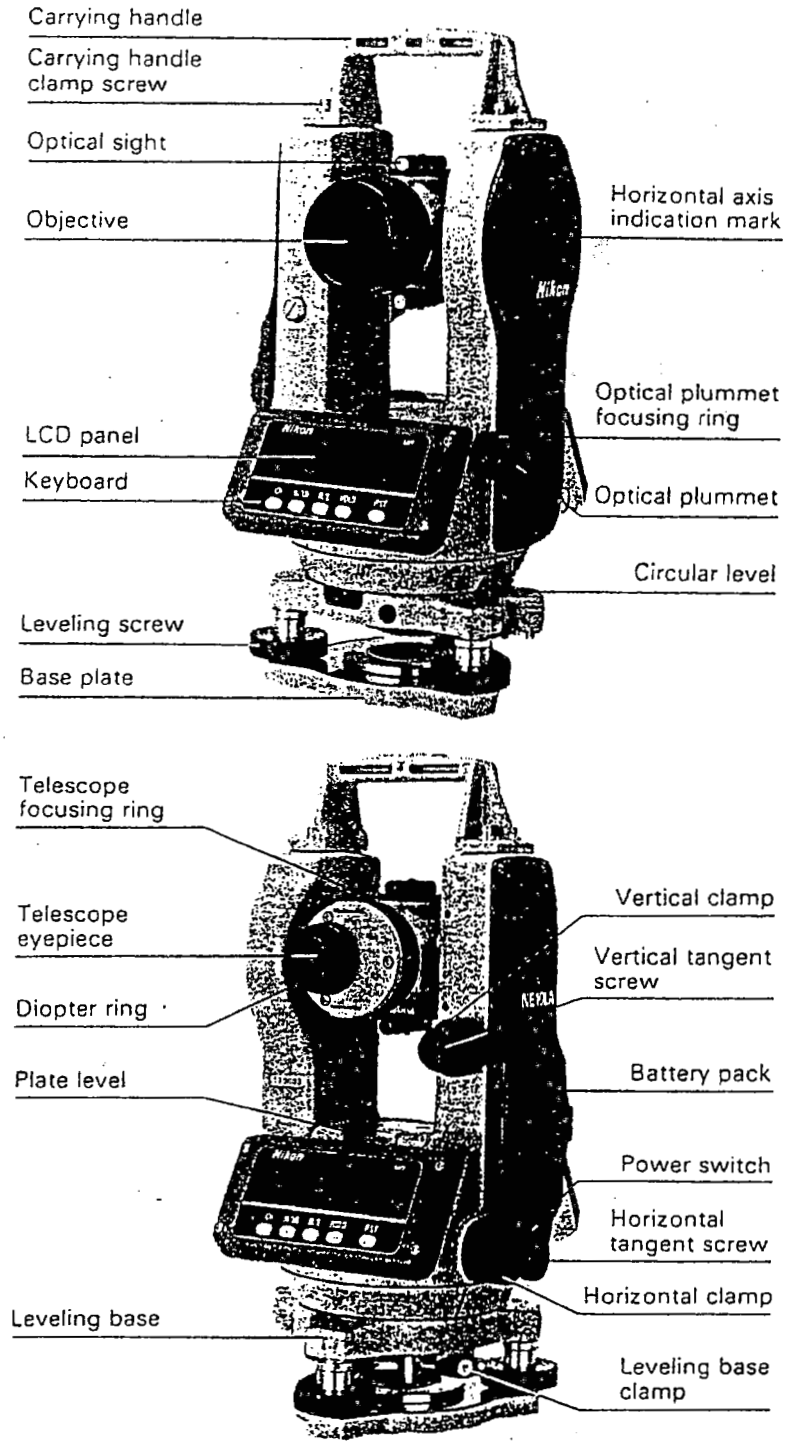
Solar Reticle



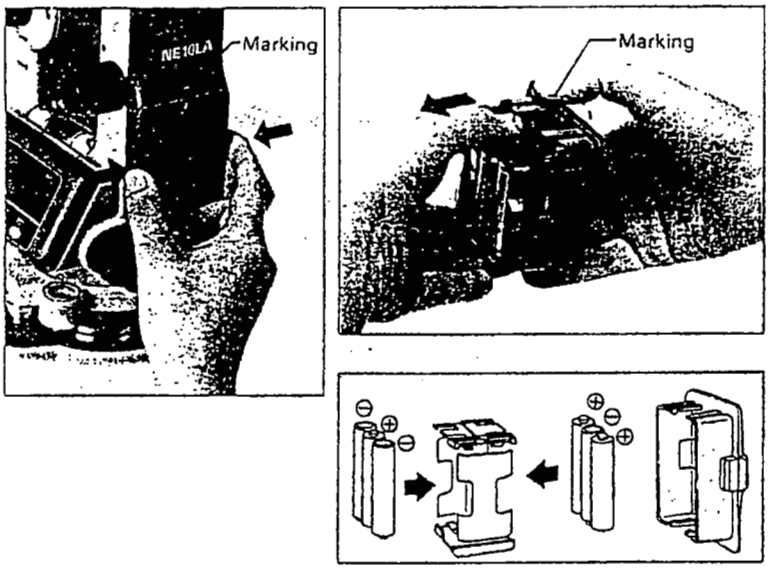




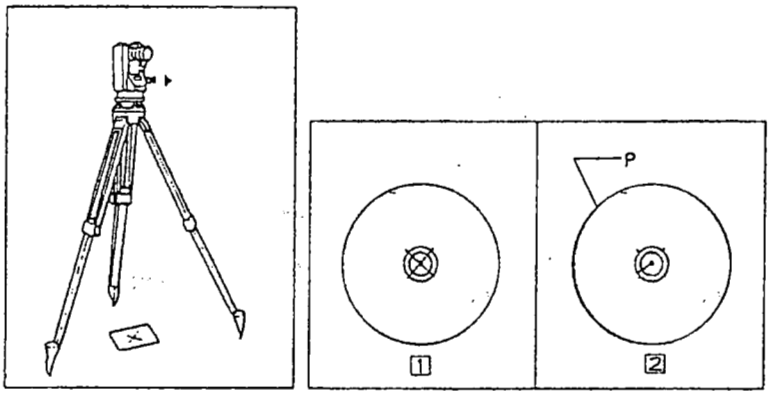
รูปที่ 41 แสดงกล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล



รูปที่ 42 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของกล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล



รูปที่ 43 การใส่แบตเตอรี่กล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิกส์ ดิจิตอล



รูปที่ 44 การตั้งขากล้องวัดมุม แบบอิเล็คโทรนิกส์ ดิจิตอล

จำเป็น

ค. ไม่คลายสกรูใด ๆ โดยไม่จำเป็น

ง. ไม่ควรเคลื่อนย้ายกล้องในขณะที่ยังตั้งอยู่บนขาตั้ง

จ. หลีกเลี่ยงการให้ตัวกล้องอยู่กลางแดดเป็นเวลานานเกินไป หรืออยู่ในที่มีอุณหภูมิร้อนจัดเพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของกล้องลดลง

ญ. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระทันหัน เช่น การเคลื่อนย้ายข้อมูลจากสถานที่ที่เย็นจัดสู่ สถานที่ค่อนข้างร้อนจะทำให้เลนส์มัว ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะทางหรืออาจเกิดความเสียหายต่อระบบอิเลคโทรนิคได้ ในกรณีนี้ควรจะเก็บกล้อง ไว้ในที่อุณหภูมิปกติสักระยะหนึ่ง แล้วจึงใช้งานต่อไป

ช. กล้องมีระบบป้องกันฝุ่นละอองและความชื้นอย่างดี อย่างไรก็ตามถ้าฝุ่นละอองหรือความชื้นผ่านเข้าไปในกล้องได้โดยวิธีใดก็ตามอาจจะก่อให้เกิดการเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยหลังจากใช้กล้องในสถานที่ มีความชื้นสูง ให้ทำการเช็ดกล้องเครื่องมือให้แห้งสนิททันที่ก่อนเก็บเข้ากล่องบรรจุ

ซ. ชั่วโมงการทำงานของแบตเตอรี่จะลดลงถ้าทำงานต่อเนื่องกันในที่อุณหภูมิต่ำ การทำงานในที่ที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการแสดงผลบนจอช้าลง ถ้าเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ควรเปิดเครื่องทิ้งไว้สักระยะแล้วค่อยทำงานต่อ

ฌ. เพื่อความมั่นใจควรตรวจสอบแรงไฟของแบตเตอรี่ก่อนใช้งานทุกครั้ง

ญ. นำแบตเตอรี่ออกจากเครื่องถ้าเครื่องไม่ได้ใช้งานเป็นระยะเวลายาวนาน

ฎ. การบรรจุกล้องลงในกล่อง ควรปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) ปรับเครื่องหมายสีส้มที่ฐานแบนและฐานล่างให้ตรงกัน

2) หมุนแคลมป์สกรูทุกตัวให้แน่นพอประมาณ

3) ใส่กล้องลงในกล่อง

4) คลายแคลมป์สกรูทุกตัวแล้วหมุนให้แน่นอีกครั้งเพื่อให้ทุกส่วนของกล้องอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

ฏ. ไม่ควรเก็บกล้องไว้ในที่ร้อนและชื้นซึ่งอาจจะทำให้เลนส์เกิดเชื้อราและอาจก่อให้เกิดการเสียหายต่อชิ้นส่วนอิเลคโทรนิคส์ภายในได้

ฐ. ควรทำความสะอาดเลนส์ด้วยผ้าที่สะอาดและนุ่มหรือกระดาษเช็ดเลนส์ชุบแอลกอฮอล์

ฑ. ไม่ควรใช้แอลกอฮอล์อีเทอร์เช็ดหรือสารละลายอื่น ๆ ทำความสะอาดตัวกล้อง ควรใช้เพียงผ้านุ่ม ๆ หรือทิชชูชุบน้ำหรือผงซักฟอกชนิดอ่อน ๆ เท่านั้น

2.2 การเตรียมเครื่องมือก่อนใช้งาน

ก. การใส่แบตเตอรี่

1) กดตามลูกศร เพื่อนำฝาปิดช่องใส่แบตเตอรี่ออก
2) นำที่ใส่แบตเตอรี่ออกจากฝาช่องใส่แบตเตอรี่
3) ใส่แบตเตอรี่ใหม่ โดยใส่ให้ถูกขั้ว
4) ตั้งกล้องบรรจุแบตเตอรี่ให้ตรงทิศทางโดยให้เครื่องหมายลูกศร
5) เปิดสวิตซ์เพื่อเริ่มทำงาน

หมายเหตุ ควรเปลี่ยนแบตเตอรี่พร้อมกันทั้งหมด โดยใช้แบตเตอรี่ชนิดเดียวกันทั้งหมด

ข. ตั้งขากล้อง

1) กางขากล้องพอประมาณ
2) ตั้งขากล้องโดยให้แนวศูนย์กลางตรงกับจุดหมดที่ต้องการ
3) เหยียบขากล้องให้ขากล้องยึดแน่นกับพื้น
4) จุดให้ฐานด้านบนของกล้องอยู่ในแนวระดับ
5) ขันสกรูขากล้องให้แน่นทุกตัว
6) ติดตั้งตัวกล้องและขันสกรูที่ฐานด้านบนขากล้องเข้ากับตัวกล้องให้แน่น

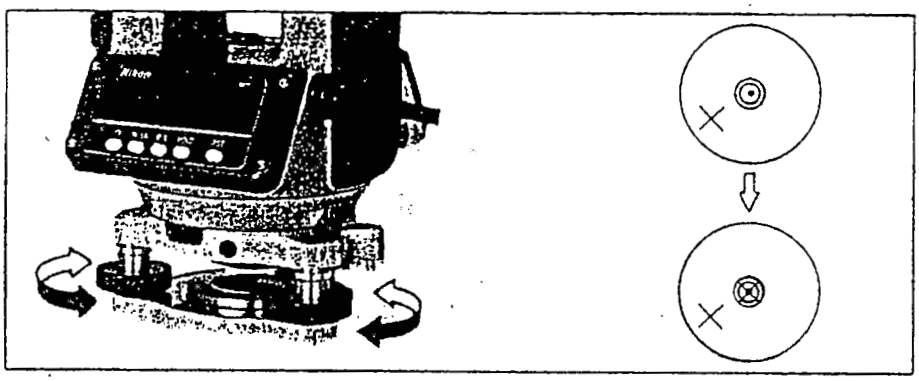
ค. การเล็งศูนย์กลาง หมายถึงการให้แกนดิ่งเข้าใกล้จุดหมุดมากที่สุด สามารถทำได้ 2 วิธี การใช้ลูกดิ่ง และการใช้กล้องแนวดิ่ง (Optical Plummet)

<u>การใช้ลูกดิ่ง</u>

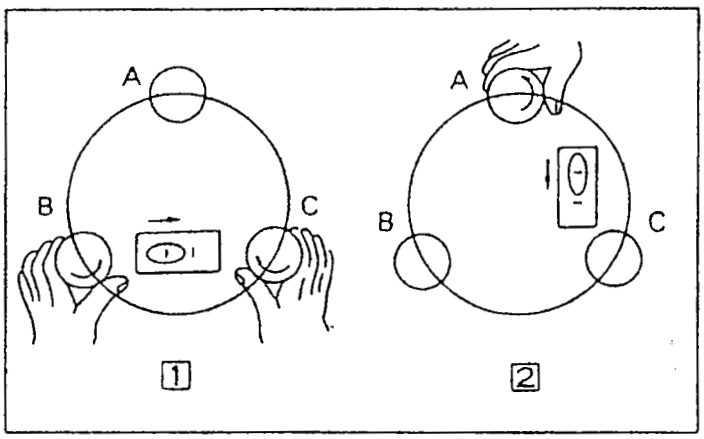
1) ปรับสายดิ่งให้ได้ความยาวพอดี โดยให้ปลายลูกดิ่งใกล้เคียงตำแหน่ง หมุดและฐานกล้องมากที่สุด
2) คลายสกรูที่ฐานกล้อง และขยับตำแหน่งเพื่อให้ปลายลูกดิ่งตรงกับจุดหมุด (เพื่อความแน่นอนควรเล็งจาก 2 ทิศทางที่ตั้งฉากกัน)

<u>การใช้กล้องเล็งแนวดิ่ง (Optical Plummet)</u>

1) นำตัวกล้องประกอบกับขากล้องโดยใช้สกรูที่ฐานของขากล้องขันให้แน่น
2) เล็งจุดตั้งกล้องจากกล้องเล็งแนวดิ่งและปรับสกรูระดับที่ฐานกล้องโดยให้สาย



รูปที่ 45 แสดงการใช้กล้องเล็งแนวดิ่ง



รูปที่ 46 แสดงการปรับระดับฟองยาว

ใยทับจุดหมุน

3) ปรับขากล้องโดยให้ระดับน้ำฟองกลมได้ระดับโดยการ ขยับขากล้องและขันขากล้องให้แน่น

4) จากนั้นปรับระดับฟองยาวที่ตัวกล้อง

5) เล็งตำแหน่งหัวหมุดอีกครั้งเพื่อตรวจสอบตำแหน่งถ้าสายใยภาพไม่ตรงตำแหน่งหัวหมุด จากนั้นตรวจสอบระดับน้ำฟองกลมและฟองยาวอีกครั้ง ถ้าไม่ได้ให้ทำซ้ำ

ง. การปรับระดับ (ฟองยาว)

1) หมุนกล้องให้ฟองยาวขนานกับควงคู่ใดคู่หนึ่ง

2) หมุนสกรูควงที่ 1 และ 2 เพื่อปรับฟองยาวให้อยู่กึ่งกลางหลอดระดับโดยใช้ควง 2 ตัวปรับระดับพร้อม ๆ กับหมุนกล้องไปอีกให้ฟองยาวตั้งฉากกับควงคู่แรก

3) หมุนกล้องไปอีกให้ฟองยาวตั้งฉากกับควงคู่แรก หมุนสกรู 1 เพื่อปรับฟองยาวให้อยู่กึ่งกลางหลอดระดับ

4) หลังจากทำตามขั้นตอน 1)-3) ตรวจสอบว่าฟองยาวยังคงอยู่กึ่งกลางหลอดระดับหรือไม่ ถ้าหมุนกล้องไปอีก 180 จากตำแหน่งเดิม ฟองยาวยังคงอยู่กึ่งกลางหลอดระดับ แสดงว่าการปรับระดับเสร็จสมบูรณ์ ถ้าไม่อยู่กึ่งกลางหลอดระดับ กรุณาดูหัวข้อ ง การตรวจสอบและขั้นตอนการปรับแก้ฟองยาว

2.3 การกำหนดค่าเบื้องต้น

การกำหนดค่าต่าง ๆ ก่อนการใช้งานสามารถเลือกได้และกำหนดได้ตามลำดับผู้ใช้ ควรตรวจสอบค่าคงที่ที่กำหนดไว้ในเครื่องก่อนการใช้งานว่าเหมาะสมกับงานหรือไม่ ค่าที่กำหนดจากโรงงานแสดงโดย **ตัวอักษรหนาทึบ**

ก. วิธีการกำหนดค่าเบื้องต้น

1) กดปุ่ม (RST) ค้างไว้พร้อมกับเปิดสวิตซ์ (ON)

2) จะมีแสงปรากฏที่จอ LCD ประมาณ 1 วินาที จากนั้นจะสังเกตเห็นระบบให้แสงสว่างทำงานประมาณ 1 วินาที หลังจากนั้นจอแสดงผล จะแสดงรุ่นของโปรแกรม (Version) จากนั้นจะเข้าสู่ระบบการกำหนดค่าเบื้องต้น เริ่มต้นด้วยการตั้งความละเอียดของการวัดมุม

3) หัวข้อและตัวเลือกจะแสดงขึ้นเพื่อเปลี่ยนการกำหนดค่า กด (RST)

เพื่อเลื่อนตำแหน่งของเครื่องหมาย ■

■ : FUNCTION ON

□ : FUNCTION

ถ้าไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่ากำหนดเบื้องต้นให้ข้ามไปขึ้น ตอนที่ 4

4) หลังจากกำหนดค่าแรกเสร็จแล้ว กดปุ่ม HOLD ปุ่ม HOLD จะทำหน้าที่ในการกำหนดค่าเบื้องต้นต่าง ๆ เพื่อกำหนดค่าอื่นต่อไป

5) ทำตามขั้นตอน 3 – 4 สำหรับการกำหนดค่าในแต่ละหัวข้อ

6) หลังจากกำหนดค่าสุดท้ายคือ ช่วงเวลาการปิดเครื่องอัตโนมัติเรียบร้อยแล้ว "AUTO POWER CUT OFF" กด HOLD อีกครั้งเพื่อทำการเก็บค่าที่กำหนดไว้ในหน่วยความจำที่จอแสดงผลจะเปลี่ยนไปสู่ภาวะเริ่มต้นการวัดค่าต่าง ๆ

หมายเหตุ

- เพื่อยกเลิกการกำหนดค่า สามารถทำได้โดยก่อนที่กด HOLD ครั้งสุดท้าย จะทำให้ค่าที่เพิ่งกำหนดไปไม่ได้ถูกบันทึกในหน่วยความจำ
- เนื่องจากระบบการกำหนดค่าไม่สามารถย้อนกลับมาแก้ค่ากำหนดที่กำหนดไปแล้ว จะต้องทำการปิดเครื่อง OFF และเริ่มขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นใหม่
- ถ้ามีการกดปุ่มอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดกล้องจะไม่รับค่าใด ๆ

7) ความละเอียดของค่ามุมที่วัด

5″ (5 seconds) หรือ 1 mgon หรือ 0.1 MIL

10″ (10 seconds) หรือ 2 mgon หรือ 0.05 MIL กดปุ่ม HOLD เพื่อกำหนดค่าอื่นต่อไป

8) กำหนดแนว 0 องศา ของจานองศาดิ่ง

Z-0 : Zenith 0 (0 ของมุมดิ่งอยู่บนจุดดิ่งบน)

H-0 : Horizon 0 (0 ของมุมดิ่งอยู่บนระนาบราบ)

ในลักษณะของหน้าซ้าย

COMPASS : Horizon 0 (0 ของมุมดิ่งอยู่บนระนาบราบในลักษณะของทั้ง 2 หน้า) กด (HOLD) เพื่อกำหนดค่าอื่นต่อไป

Initialization Subject	Selection Contents	
	10LA	10L
Minimum Angle Unit	10" / 5" 2mG / 1mG 0.05MIL / 0.02MIL	
Vertical 0° Orientation	Z-0 (Zenith 0° / Horizon 90° (face-left)) / H-0 (Horizon 0° (face-left) / Zenith 90°) / COMPASS (Horizon 0° (face-left/right) / Zenith 90° / Nadir-90°)	
Angle Unit	DEGREE (360°) / GON (400G) / MIL (6400MIL)	
Angle Indicator Buzzer	ON / OFF	
Automatic Vertical Compensation	ON / OFF	——
Automatic Power Cut-Off	OFF (Disable) / 10' / 30'	

รูปที่ 47 การกำหนดค่าเบื้องต้น

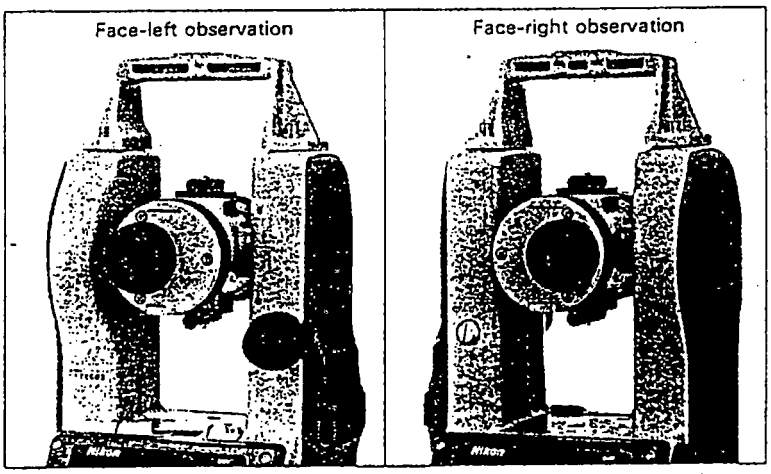


Fig. 10

รูปที่ 48 การวัดมุมหน้าซ้ายและหน้าขวา

9) หน่วยของมุม

DEG : 0 – 360

GON : 0 – 400 G

MIL : 0 – 6400 Mil

กด HOLD เพื่อกำหนดค่าอื่นต่อไป

10) สัญญาณเสียงเมื่อวัดมุม

ON : เปิดสัญญาณเสียง

OFF : ปิดสัญญาณเสียง

สัญญาณเสียงเกิดทันทีก่อนและหลังเมื่อมุมราบเท่ากับ 0° 90° 180° 270°) กด HOLD เพื่อกำหนดค่าอื่นต่อไป

11) ช่วงการทำงานอัตโนมัติทางดิ่ง

(เฉพาะ NE – IOLA เท่านั้น)

ON : มีช่วงการทำงานอัตโนมัติทางดิ่ง

OFF : ไม่มีช่วงการทำงานอัตโนมัติทางดิ่ง

กด HOLD เพื่อกำหนดค่าอื่นต่อไป

12) ช่วงเวลาการปิดเครื่องอัตโนมัติ

กำหนดให้เครื่องปิดอัตโนมัติหลังจากไม่มีการใช้งานตามช่วงเวลาที่เลือกเพื่อประหยัดพลังงาน กด HOLD เพื่อกำหนดค่าอื่นต่อไป

OFF : ไม่มีการปิดเครื่องอัตโนมัติ

10 : กำหนดช่วงเวลา 10 นาที

30 : กำหนดช่วงเวลา 30 นาที

* ไม่มีการทำงาน หมายถึง

- ไม่มีการกดปุ่มเพื่อทำงาน
- ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่ามุมราบและมุมดิ่ง

* ถ้ากำหนดช่วงเวลา 10 นาที หรือ 30 นาที จะมีสัญญาณเตือน 5 ครั้ง ก่อนปิดเครื่องอัตโนมัติ 1 นาที การกำหนดค่าทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำที่จอแสดงภาพจะปรากฏข้อความดังรูป 7-7 เพื่อเริ่มต้นทำงาน

2.4 การทำงานของกล้องวัดมุม

ก. ปุ่มเปิดเครื่อง

1) เปิดสวิตซ์ด้านข้างของตัวกล้อง ทุก ๆ ส่วนของ LCD จะแสดงขึ้นช่วงสั้น ๆ แล้วตามด้วยมุมราบ HA พร้อมกับปรากฏ อักษร "TILT TELESCOPE" บนบรรทัดของมุมดิ่ง

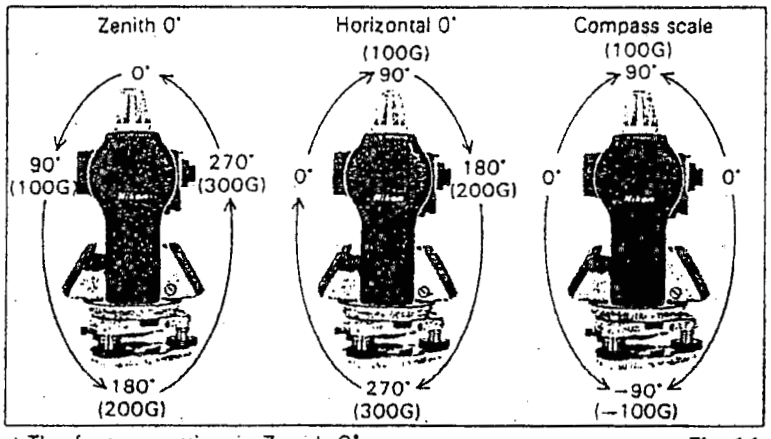
2) จัดให้กล้องอยู่ในตำแหน่งหน้าซ้าย (กรุณาดูหัวข้อ 3 "การวัดมุม") และกระดกกล้องเล็งขึ้นลงตัดระนาบราบเมื่อกล้องเล็งผ่านระนาบราบ จะเกิดสัญญาณเสียงทำให้ทราบว่าพร้อมที่จะการวัดมุมดิ่ง

หมายเหตุ

- ควรกระดกกล้องเล็งอย่างช้า ถ้ากระดกกล้องเร็วเกินไปจะมีข้อความเตือนปรากฏขึ้น (กรุณาดูหัวข้อ "WARNING MESSAGE")
- ถ้าแกนดิ่งเอียงเกิน +/ - 3 จะมีข้อความ "AVI TILT" ปรากฏบนจอแสดงผล (รายละเอียดเพิ่มเติมดูหน้า)
- ถ้าต้องการกำหนดค่าเบื้องต้น (กรุณาดู III) "หมวดการกำหนดค่าเบื้องต้น" จะปรากฏ "INITTAL SETTING" เมื่อกำหนดค่าตามหมวดการกำหนด
- ควรตรวจสอบแบตเตอรี่ก่อนใช้ถ้าแบตเตอรี่ไม่พอจะปรากฏข้อความ "BATTERY LOW" เมื่อเปิดเครื่อง

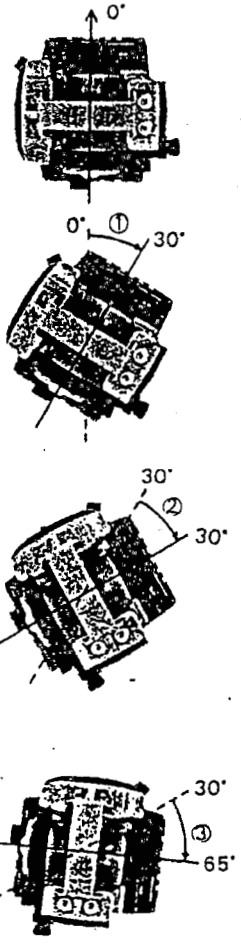
ข. สัญญาณระดับพลังงานของแบตเตอรี่

- จะมีสัญญาณแสดงระดับพลังงานของแบตเตอรี่มีลักษณะเป็น 3 BAR – graph บนมุมขวาของจอ แสดงค่าพลังงานเหลือใช้งานได้อีกเพียง 5 นาทีไม่สามารถทำงานได้ต่อไป จะหยุดค่าบนจอและอีก 5 นาที เครื่องจะปิดโดยอัตโนมัติ
- เมื่อปรากฏข้อความ "LOW" บนจดแสดงค่า ควรปิดเครื่องและเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่
- ถ้าเปิดเครื่องขณะที่แบตเตอรี่ใกล้หมด ทุกส่วนจองจอ LCD จะสว่าง การทำงานหยุดลงปรากฏข้อความเตือนบนจอแสดงผล



*The factory setting is Zenith 0°. Fig.11

รูปที่ 49 การกำหนดค่ามุมดิ่งอ้างอิง 0 ในหมวดการกำหนดค่าเบื้องต้น




```
VA:   90° 35′ 20″
HA:    0° 00′ 00″
```

Fig.16-1

① Rotation ⇩

```
VA:   90° 35′ 20″
HA:   30° 00′ 00″  HOLD
```

Fig.16-2

Depress [HOLD] key to hold the horizontal angle (30°).

② Rotation ⇩

Horizontal angle displayed (30°).

```
VA:   90° 35′ 20″
HA:   30° 00′ 00″  HOLD
```

Fig.16-3

Depress [HOLD] key to cancel hold function.

③ Rotation ⇩

The angle calculated with this rotation is added to the held readout of Fig. 16-2, and the sum angle displayed.

```
VA:   90° 35′ 20″
HA:   65° 00′ 00″
```

Fig.16-4

รูปที่ 50 การคงค่ามุมราบบนจอแสดงผล

ค. การวัดมุม

1) การวัดหน้าซ้ายและหน้าขวา การวัดหน้าซ้าย หมายถึง การวัดโดยให้จานองศาดิ่งอยู่ทางด้านซ้ายของใกล้ตา (Eyepiece) ในทำนองเดียวกันการวัดหน้าขวา หมายถึงการวัดใยให้จานองศาดิ่งอยู่ทางด้านขวาของเลนส์ใกล้ตา (Eyepiece) ถ้าไม่มีความผิดพลาดของแกนดิ่ง (Vertical Axis error) การวัดมุมทั้งหน้าซ้ายและขวาแล้วเฉลี่ยค่าที่ได้จะช่วยขจัดความผิดพลาดคงที่ของเครื่องมือ (Mechanical Constant error) ได้ (ยกเว้นในค่าคลาดเคลื่อนทางแกนดิ่ง)

2) มุมดิ่ง ค่ามุมดิ่งอ้างอิง 0 สามารถเลือกได้ในหมวดการกำหนดค่าเบื้องต้นทั้ง 3 แบบคือ Zenith O Horizontal O Compass scale

3) เลือกหน่วยของมุม หน่วยของมุมมีให้เลือกทั้ง 3 แบบคือ DEG, GON หรือ MIL GON จะถูกแสดงด้วย "G" ทางด้านขวาของค่าที่แสดง MIL จะถูกแสดงด้วย "MIL" ทางด้านขวาของค่าที่แสดง

4) การแสดงเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง กดปุ่ม % VA ค่ามุมดิ่งที่แสดงอยู่จะเปลี่ยนไปเป็นเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง

- มุมดิ่งที่แสดงละเอียด 5 "จะถูกคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียงทศนิยม 3 ตำแหน่ง มุมดิ่งที่แสดงละเอียด 20″ และ 10″ จะถูกคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ความลาดเอียงทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- เปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง จะแสดงอยู่ในช่วง + / - 100 % (+ / - 45 องศา หรือ + / - 100 G) จากแนวราบถ้าเกินช่วงที่กำหนดจะปรากฏข้อความ "OVER" บนจอแสดงผล
- กดปุ่ม % / VA อีกครั้งค่ามุมดิ่งจะไม่แสดงเหลือเพียงค่ามุมราบแสดงเท่านั้น ระบบการแสดงค่ามุมราบเพียงอย่างเดียวเหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการทราบมุมดิ่ง เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการอ่าน
- กดปุ่ม % / VA อีกครั้งค่ามุมดิ่ง จะแสดงตามปกติ

5) มุมราบ การกำหนดค่ามุมราบเป็นศูนย์ กดปุ่ม RST เพื่อกำหนดค่ามุมราบเป็นศูนย์

หมายเหตุ ต้องกดปุ่ม (RST) ต่อเนื่องจนมีสัญญาณเสียงดังครบ 3 ครั้ง การกำหนดมุมราบเป็นศูนย์จึงสมบูรณ์ ถ้าปล่อยปุ่มก่อนสัญญาณเสียงดัง 3 ครั้ง มุมราบจะไม่ถูกกำหนดเป็นศูนย์

6) การวัดมุมราบทวนเข็มนาฬิกา กดปุ่ม R / L เมื่อต้องการวัดมุมในลักษณะมุมทวนเข็มนาฬิกา "HL" แสดงว่ามุมราบจะเพิ่มขึ้น เมื่อหมุนกล้องเข็มนาฬิกา สามารถเช็คค่ามุมราบเป็น 0 ได้ขณะที่วัดมุมราบทวนเข็มนาฬิกา กดปุ่ม R / L อีกครั้งเพื่อให้ค่ามุมราบกลับเป็นการวัดลักษณะตามเข็มนาฬิกา

7) การคงค่ามุมราบ ฟังก์ชัน HOLD มีไว้เพื่อให้ค่ามุมราบบนจอแสดงผลคงที่แม้ว่าจะหมุนกล้องเปลี่ยนแนวเล็ง หมุนกล้องให้แสดงค่ามุมราบที่ต้องการ เมื่อกดปุ่ม HOLD ค่ามุมราบนั้นจะคงค่าบนจอแสดงผล เพื่อกลับคืนสู่การวัดมุมราบตามปกติ กดปุ่ม HOLD อีกครั้ง ขั้นตอนการปฏิบัติมีดังนี้
   - หมุนกล้อง กดปุ่ม HOLD เพื่อให้คงค่ามุมราบ 30°
   - หมุนกล้อง แสดงค่ามุมราบ 30° กดปุ่ม HOLD อีกครั้ง เพื่อกับคืนสู่การวัดมุมราบ ตามปกติ
   - หมุนกล้อง ค่ามุมที่เพิ่มขึ้นจากการหมุนกล้องจะถูกรวมเข้ากับค่าเดิม เช่น วัดจาก 30° ไปอีก 35° ค่าที่แสดงจะเป็น 65°

8) การวัดทบมุมราบ ฟังก์ชั่นนี้จะรวมค่ามุมราบ ที่วัดซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยมุมราบ โดยที่ผลรวมของมุมราบด้วยจำนวนครั้งของการวัดทบ เป็นการลดค่าผิดพลาดในการอ่านค่า วิธีการปฏิบัติมีดังนี้
   - เล็งเป้า A
   - กดปุ่ม HOLD หลังจากสิ้นสัญญาณเสียงครั้งที่ 3 และมีการเซ็ตค่ามุมราบเป็น 0 การวัดมุมจะถูกเปลี่ยนเป็นระบบการวัดแบบวัดทบข้อความ "RUN" แสดงบนจอแสดงผล
   - เล็งเป้า B มุมราบจะเปลี่ยนในขณะที่ปรากฏข้อความ "RUN" บนมุมล่างขวาจอแสดงผล
   - กดปุ่ม HOLD จะมีสัญญาณเสียง 1 ครั้ง ปรากฏข้อความ "STOP" บน

มุมล่างขวาของจอแสดงผล ค่ามุมราบจะคงที่

- เล็งเป้า A อีกครั้ง ค่ามุมราบจะไม่เปลี่ยนเมื่อปรากฏข้อความ "STOP" บนมุมล่างขวาของจอแสดงผล
- กดปุ่ม HOLD จะมีสัญญาณเสียง 1 ครั้งที่มุมล่างขวาของจอแสดงผลจะเปลี่ยนข้อความ "RUN" ค่ามุมจะเพิ่มขึ้น เมื่อหมุนกล้องตามแนวราบ
- เล็งเป้า B อีกครั้ง ตามขั้นตอน 4 - 7 อีกตามจำนวนครั้งที่ต้องการจะวัดทบ
- หารค่ามุมราบสุดท้ายด้วยจำนวนครั้งที่วัดทบจะได้ค่ามุมราบเฉลี่ย

<u>ตัวอย่าง</u> ถ้าค่าสุดท้ายหลังจากวัดทบ 8 ครั้ง คือ 360° 01′ 20″ ค่ามุมราบเฉลี่ยคือ 360° 01′ 20″/8 = 45° 00′ 10″

- เพื่อยกเลิกหรือกลับไปทำงานตามปกติหลังจากวัดมุมราบแบบวัดทบ แล้วกดปุ่ม HOLD อีกครั้ง จนกระทั่งเกิดสัญญาณเสียงครบ 3 ครั้ง (ใช้เวลาประมาณ 1 วินาที)
- มุมราบสามารถมีค่ารวมได้ถึง + / - 1999^{0} 59 59 หรือ + / - 2222.2220 gon ถ้าเกินค่าดังกล่าว จะปรากฏข้อความ "OVER" บนจอแสดงผล การทำงานจะหยุดลงให้หมุนกล้องตามแนวราบอีกครั้ง ค่ามุมราบรวมครั้งสุดท้ายจะแสดงบนจอแสดงผล
- ถ้ากำหนดหน่วยการวัดมุมเป็น MIL จะไม่สามารถวัดมุมราบแบบวัดทบได้ เพื่อป้องกันการอ่านค่าผิดพลาด

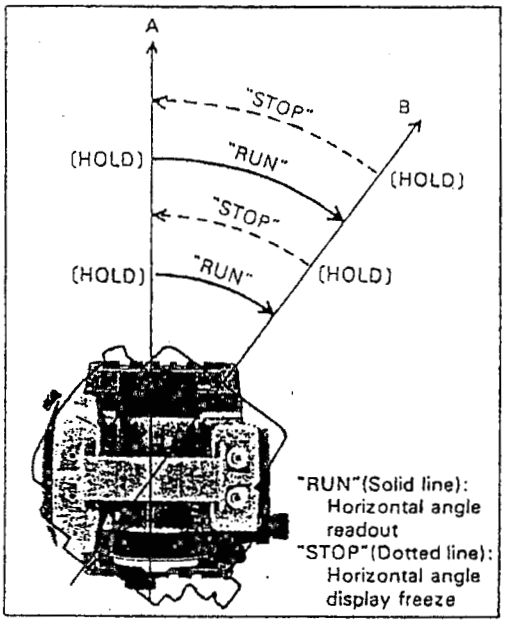
ง. ฟังก์ชั่นให้แสดงค่ามุมราบอย่างเดียว สามารถให้แสดงเฉพาะค่ามุมราบ โดยไม่ต้องให้แสดงค่ามุมดิ่ง เหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการมุมดิ่ง

1) กดปุ่ม % VA เพื่อเปลี่ยนให้แสดงเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง
2) กดปุ่ม % VA อีกครั้งเพื่อไม่ให้แสดงค่ามุมดิ่งเหลือเพียงแสดงค่ามุมราบ
3) กดปุ่ม % VA อีกครั้งเพื่อให้แสดงค่ามุมดิ่งดังเดิม

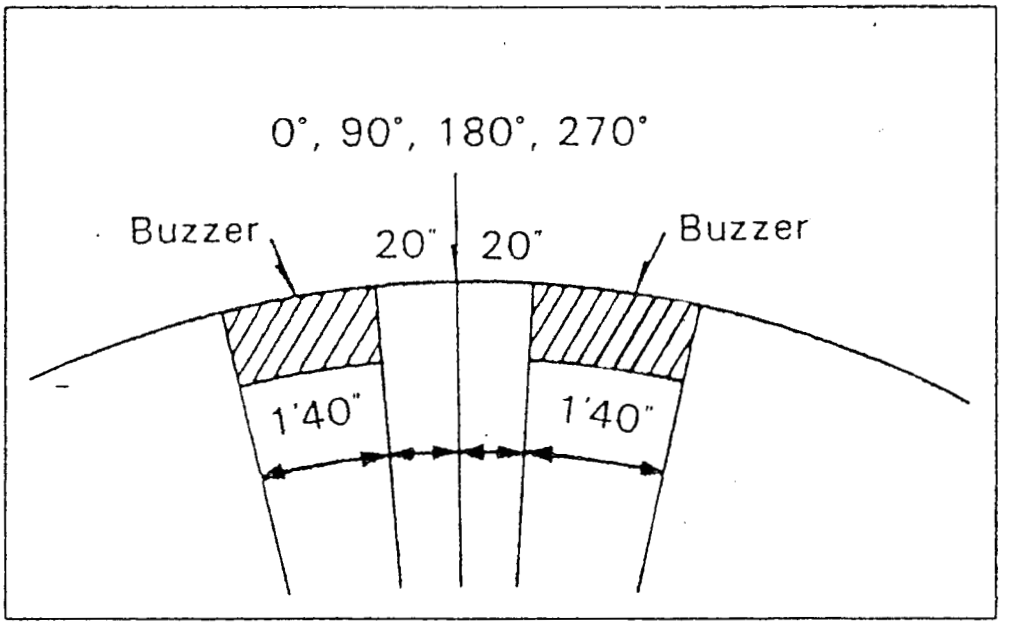
2.5 ฟังชั่นอื่น ๆ

ก. ระบบสัญญาณเตือนเมื่อเข้าใกล้มุมฉาก (0 °90° 180° 270 °)

ข. ฟังก์ชั่นในการเก็บค่ามุมราบเมื่อระบบการเปิดปิดเครื่องอัตโนมัติทำงานเพื่อปิดเครื่อง เครื่องจะเก็บค่ามุมราบที่แสดงครั้งสุดท้ายไว้ และเมื่อเปิดเครื่องอีกครั้งค่า



รูปที่ 51 การวัดค่ามุมทบของกล้องวัดมุมแบบอิเล็คโทรนิค



รูปที่ 52 ระบบสัญญาณเตือนเมื่อเข้าใกล้มุมฉาก ($0^\circ 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$)

มุมราบเดิมจะแสดงบนจอแสดงออกมา

ค. ระบบการส่องสว่าง (Retical & LCD Illumination) กดปุ่ม เพื่อให้ระบบแสงสว่างต่อสายใยและจอแสดงผลและระบบการส่องสว่างปิดโดยอัตโนมัติหลังจากทำงานประมาณ 1 นาที หรือสามารถปิดโดยกดปุ่มอีกครั้ง

ง. ระบบเตือนเมื่อระบบชดเชยแนวดิ่งอัตโนมัติไม่สามารถทำงานได้ (เฉพาะรุ่น NE – 10 LA) จะมีข้อความ "AVI RLLT" ปรากฏเมื่อแกนดิ่งเอียงเกินช่วงชดเชย + / - 3 เพื่อป้องกันการผิดพลาดของมุมดิ่งและเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง

1) เมื่อไม่ได้กำหนดให้ระบบชดเชยแนวดิ่งอัตโนมัติ ทำงานค่ามุมดิ่งและเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียงจะถูกแสดงพร้อมกัน

2) ฟังก์ชั้นนี้จะไม่มีใน NE – 10L ดังนั้นเครื่องหมาย จะไม่ปรากฏพร้อมกับค่ามุมดิ่ง และเปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง

3) รายละเอียดของการกำหนดระบบช่วงการทำงานอัตโนมัติให้ทำงานหรือไม่อยู่ใน III หมวดการกำหนดค่าเบื้องต้น

2.6 การตรวจสอบและการปรับแก้ฟองยาว ตั้งแกนฟองยาวให้ตั้งฉากกับแกนดิ่งของกล้อง

ก. การตรวจสอบ

1) ตั้งกล้องบนขากล้องและทำตามขั้นตอนในเรื่องการตั้งระดับ

2) หมุนกล้องไป 180 องศา ตรวจสอบดูว่าฟองน้ำอยู่ตรงกลางหรือไม่

3) ถ้าอยู่ตรงกลางไม่ต้องปรับแก้

ข. การปรับแก้

1) ใช้เข็มสำหรับปรับแก้หมุนเกลียวดังรูปเพื่อทำให้ฟองน้ำเคลื่อนไปครึ่งทางระหว่างจุดที่ฟองน้ำเคลื่อนกับจุดกลางหลอดระดับ

2) ใช้สกรูฐานกล้องในจุด A สำหรับระยะที่เหลือให้ฟองน้ำได้ระดับ ตรวจสอบอีกครั้ง และปรับแก้อีกถ้าฟองยาวยังไม่อยู่ตรงกลาง

2.7 การตรวจสอบและการปรับแก้ฟองกลม หลังจากปรับแก้ฟองยาวแล้ว ตรวจสอบฟองกลม ถ้าไม่อยู่ตรงกลาง ต้องปรับแก้โดยใช้เข็มสำหรับปรับแก้ หมุนสกรูทั้ง 3 ตัวใต้ฟองกลม เพื่อให้ฟองกลมอยู่ตรงกลาง

2.8 กล้องเล็งหมุด (Optical Plummet) ทำให้แนวเล็งอยู่บนแนวดิ่งของกล้อง

ก. การตรวจสอบ

1) ตั้งกล้อง ไม่จำเป็นต้องตั้งระดับ

2) วางแผ่นกระดาษที่มีเครื่องหมาย กากบาท บนพื้นใต้กล่อง

3) มองเครื่องหมาย กากบาททางกล้องเล็กหมุด จัดให้เครื่องหมายกากบาทอยู่ตรงกลางของสายใย

4) หมุนกล้อง 180

5) ถ้าเครื่องหมาย กากบาทอยู่ตรงกลางของสายใย เช่น เดิมแสดงว่าถูกต้อง ถ้าคลาดเคลื่อน ต้องปรับแก้ไข

ข. การปรับแก้

1) ใช้ที่ปรับแก้เพื่อหมุนให้เครื่องหมายกากบาทมาอยู่ที่จุด P ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางระหว่างเครื่องหมายกากบาท และสายใย

2) ตรวจสอบอีกครั้งตามขั้นตอน

2.9 ค่าคลาดเคลื่อนมุมดิ่ง (Vertical Circle Zero Point Error)

ก. การตรวจสอบ

1) ตั้งกล้องและปรับฟองน้ำให้อยู่ตรงกลาง

2) ใช้กล้องหน้าซ้ายเล็งจุด P ที่มุมดิ่งให้อยู่ในช่วง +/-45 (50G) จากระนาบราบ และอ่านค่ามุมดิ่ง VR

3) หมุนลำกล้องใช้หน้าขวาเล็งจุด P วัดค่ามุมดิ่ง VL ถ้า VR + VL = 360/400G เมื่อกำหนด Zenith = 0 หรือ ถ้า VR + VL = 180/200G หรือ (540/600G) เมื่อกำหนด Horizontal (หน้าซ้าย) = 0 ไม่ต้องมีการปรับแก้ ถ้าค่าที่ได้คลาดเคลื่อนต้องปรับแก้ตามขั้นตอนข้างล่างค่าคลาดเคลื่อนมุมดิ่ง Vertical Error (2e) จากมุม 360° 180° 540° หรือ (400G 200G 600G) ถือว่าเป็นค่าคงที่ทางดิ่ง (Vertical Constant) ซึ่งจะถูกชดเชยโดย Doubling the Zero Point Error (e) ตามขั้นตอนข้างล่าง

หมายเหตุ Compass Scale Error (e) จะไม่เกี่ยวข้องกับค่าคงที่ทางดิ่ง (Vertical Constant) ดังนั้นควรจะอ่านค่าโดยกำหนด Zenith = 0 หรือ orizontal = 0 และตรวจสอบหาค่าผิดพลาด

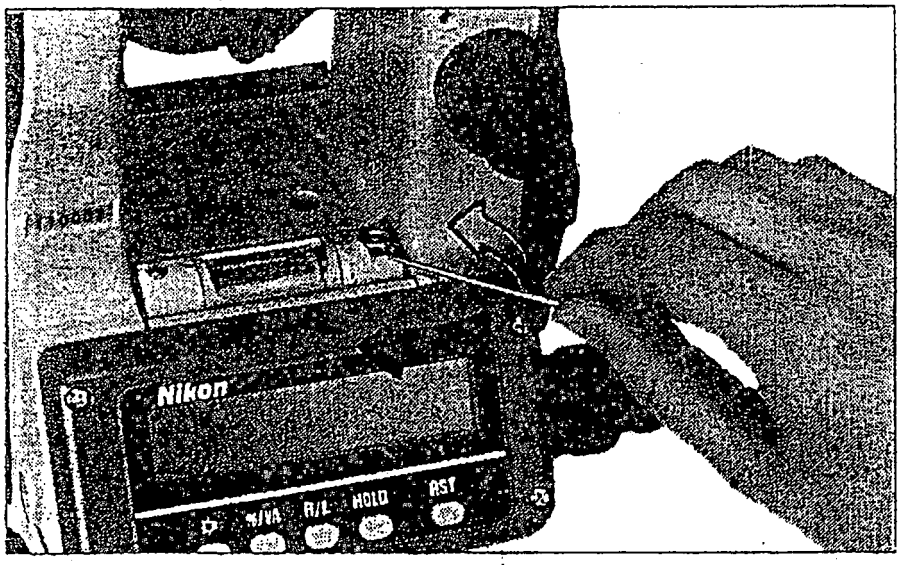
ข. การปรับแก้

1) ก่อนที่จะทำการวัดต้องมั่นใจว่าได้กำหนดค่ามุมดิ่งเป็น 0 แล้ว

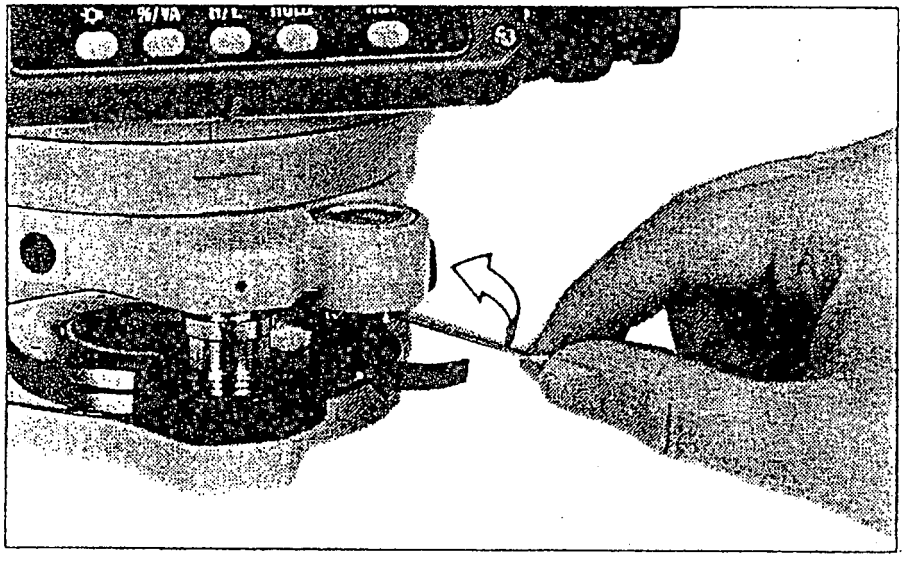
2) ที่จอแสดงผลจะแสดงค่า Zenith = 0 ไม่ว่าจะกำหนดไว้ในหมวดการกำหนดค่าเบื้องต้นอย่างไรก็ตาม ค่าคงที่ทางดิ่ง 2 แบบ ขึ้นอยู่กับการกำหนด ON หรือ OFF ให้ระบบชดเชยอัตโนมัติทำงานหรือไม่ และขึ้นอยู่กับหัวข้อในการกำหนดค่าเบื้องต้น (มีเพียงใน NE–10LA) เท่านั้น

3) การชดเชยค่าคลาดเคลื่อน (Zero Point Error) จะทำงานโดยไม่สนใจว่าจะกำหนดให้ระบบชดเชยอัตโนมัติทำงานหรือไม่
ขั้นตอนมีดังนี้

* เปิดสวิตซ์และกดปุ่ม (ที่จอแสดงผลจะสว่างและปรากฏค่าคงที่ทางดิ่งปัจจุบัน)
* ใช้กล้องหน้าซ้าย กระดกกล้องเล็งผ่านระนาบราบ กำหนดค่ามุมดิ่ง มุมดิ่ง "VR" จะปรากฏอยู่ที่บรรทัดบนสุดของจอแสดงผล
* เล็งจุด P โดยให้มุมดิ่งอยู่ในช่วง +/-45 (+/-50G) จากระนาบราบ VR จะเป็นมุมดิ่งของจุด P
* กดปุ่ม HOLD เพื่อเก็บค่า VR ไว้ในหน่วยความจำ จะปรากฏ VR ที่บรรทัดบนและ VR ที่บรรทัดกลาง หรือล่าง
* หมุนลำกล้องโดยใช้หน้าขวาเล็งจุด P อีกครั้ง ค่ามุมดิ่งของ P จะปรากฏที่บรรทัดกลาง
* กดปุ่ม HOLD เพื่อเก็บค่า VL ไว้ในหน่วยความจำจะปรากฏค่าต่างระหว่างมุมดิ่งหน้าซ้ายและหน้าขวา
* กดปุ่ม HOLD มุมดิ่งจะถูกปรับแก้ค่าครึ่งหนึ่งของค่าคงที่ทางดิ่งและถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ ที่จอจะแสดงค่ามุมดิ่งที่ได้ถูกปรับแก้แล้ว
* ถ้ากดปุ่มอื่นนอกจากปุ่ม HOLD จะไม่ทำงานตามปุ่มนั้น
* ปิดสวิตซ์ถ้าต้องการยกเลิกการปรับแก้มุมดิ่ง ขณะแก้มุมดิ่ง ขณะกำลังยกเลิกการปรับแก้มุมดิ่ง
* ขณะกำลังปรับแก้ถ้าค่าคงที่มุมดิ่งเกิน +/-6 พิลิปดา จะปรากฏข้อความเตือน "OVER" การทำงาน จะกลับไปสู่ข้อที่ 2) ใหม่
* ค่าคงที่เพื่อปรับแก้มุมดิ่งค่าใหม่ จะเก็บในหน่วยความจำแม้ว่าจะปิด



รูปที่ 53 การตรวจสอบและการปรับแก้ฟองยาว



รูปที่ 54 การตรวจสอบและปรับแก้ฟองกลม

สวิตซ์แล้ว และการวัดค่ามุมดิ่งทุกครั้งจะถูกปรับแก้ด้วยค่าคงที่ค่านี้ทุกครั้ง

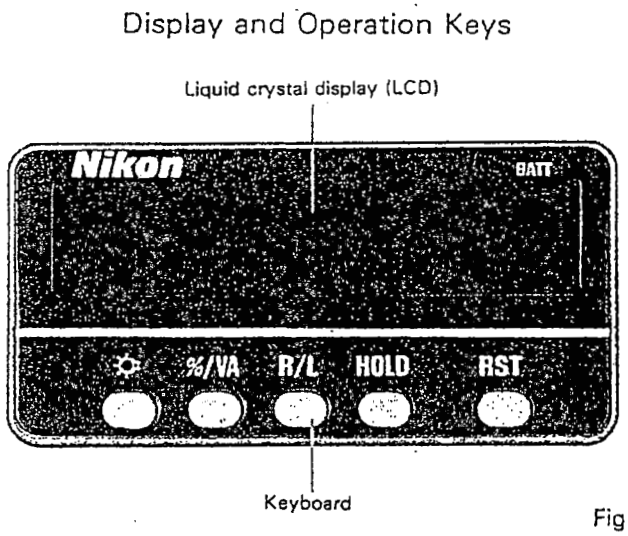
2.10 ข้อความเตือน WARNIGH MESSAGE

เมื่อปรากฏข้อความเตือน ดังข้อความในตาราง ควรปฏิบัติตามข้อเสนอแนะในการแก้ไข

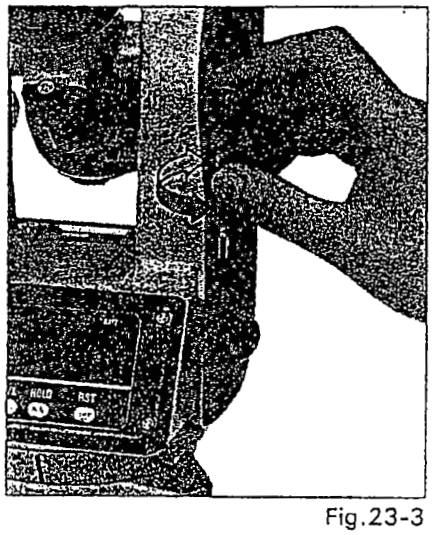
ข้อความเตือน	หัวข้อ : สาเหตุ	ข้อเสนอแนะในการแก้ไข
SET VA AGAIN	ความเร็วเกินในแนวดิ่ง จานองศาดิ่งหมุนด้วยความเร็วเกินความเร็วมาตราฐาน (1.1 รอบต่อวินาที)	หมุนลำกล้องตัดแกนราบเมื่ออยู่ในลักษณะหน้าซ้าย
SET HA AGAIN	ความเร็วเกินในแนวราบจานองศาดิ่งหมุนด้วยความเร็วเกินความเร็วมาตราฐาน (1.5 รอบต่อวินาที)	กดปุ่ม RST จนกระทั่งมีสัญญานเสียง 3 ครั้ง เพื่อเซ็ทมุมราบใหม่

เมื่อปรากฏข้อความเตือน ดังข้อความในตาราง ควรติดต่อตัวแทนจำหน่ายกล้องสำรวจ Nikon

ข้อความเตือน	สาเหตุ	ข้อเสนอแนะในการแก้ไข
E – 25	เกิดความผิดพลาดใน RAM ของธีโอโดไลท์	ติดต่อตัวแทนจำหน่ายกล้องสำรวจ Nikon
EEPROM Read Error	เกิดความผิดพลาดเกี่ยวกับข้อมูลที่ EEPROM	ติดต่อตัวแทนจำหน่ายกล้องสำรวจ Nikon



รูปที่ 55 จอแสดงผลและปุ่มการทำงานของกล้องวัดมุมอิเล็คโทรนิกส์



รูปที่ 56 การปรับแก้แนวเล็ง บนแนวดิ่งของกล้อง

คำถามทบทวน

1. กล้องวัดมุม คืออะไร
2. กล้องวัดมุมมีกี่แบบ แต่ละแบบ มีส่วนประกอบอะไรบ้าง
3. วิธีการปรับแก้ สายใยดิ่งและสายใยราบเป็นอย่างไร
4. การเตรียมเครื่องมือประกอบของกล้องวัดมุม แบบอิเล็คโทรนิกส์ มีขั้นตอนอย่างไร
5. การกำหนดค่าเบื้องต้นบนจอแสดงผลของกล้องวัดมุมอิเล็คโทรนิกส์ มีวิธีการอย่างไร

บทที่ 11

การใช้กล้องรังวัดทำเส้นชั้นความสูง

เส้นชั้นความสูง (Contour Line) คือเส้นที่สมมติที่ใช้บอกกำหนดความสูงของพื้นที่บนผิวพิภพ จุดที่มีค่าระดับเท่ากันจะอยู่ในเส้นชั้นความสูงเดียวกัน การทำความเข้าใจในเรื่องเส้นความสูงสามารถสังเกตได้ง่าย ๆ เช่น บริเวณใดที่เคยน้ำท่วมจะปรากฏร่องรอยของขอบเส้นน้ำตามผิวพื้นสิ่งปลูกสร้าง หรือวัสดุชื้น หรือภาชนะในอ่างหรือกะละมังทดลองเอาน้ำใส่ดูปริมาตร 1 ใน 3 ของภาชนะแล้วนำดินสอขีดตามขอบเส้นทำให้ทั่วทั้งภาชนะแล้วเติมน้ำลงในภาชนะให้ได้ปริมาณ 2 ใน 3 ของภาชนะแล้วขีดด้วยดินสอตามเส้นขอบของภาชนะให้ครบ เมื่อนำน้ำเททิ้งออกจากภาชนะ จะเห็นเส้นดินสอ 2 เส้น ชั้นความสูงที่สองสูง 2 ใน 3 ของภาชนะ

1. ลักษณะของเส้นชั้นความสูง มีดังนี้

1.1 ในเส้นชั้นความสูงเดียวกัน จุดทุกจุดในเส้นชั้นความสูงนั้นจะมีความสูงในระดับเดียวกัน

1.2 ในลักษณะพื้นที่ ที่มีความลาดเอียงหรือลาดเทสม่ำเสมอเส้นชั้นความสูงก็จะอยู่ห่างกันอย่างสม่ำเสมอ

1.3 เส้นชั้นความสูงซึ่งอยู่ชิดจากกันมากเท่าใดก็แสดงว่าพื้นที่มีความลาดชันมากขึ้นเท่านั้น

1.4 เส้นชั้นความสูงซึ่งอยู่ห่างจากกันมากเท่าใดก็แสดงว่าพื้นที่จะมีความราบเรียบมากขึ้นเท่านั้น

1.5 เส้นชั้นความสูงจะลากวนมาบรรจบกันเสมอไม่ว่าพื้นที่นั้นจะเป็นภูเขาสูงแอ่งหรือที่ราบลุ่ม

1.6 ถ้าเส้นชั้นความสูงหลายชั้นงอตัวคล้ายลูกศรหรือตัววีกลับหัว (∧) และวางตัวในทิศทางเดียวกันแสดงว่านั้นคือร่องเขาหรือสันปันน้ำโดยส่วนแหลมของตัววีจะชี้ไปต้นน้ำ

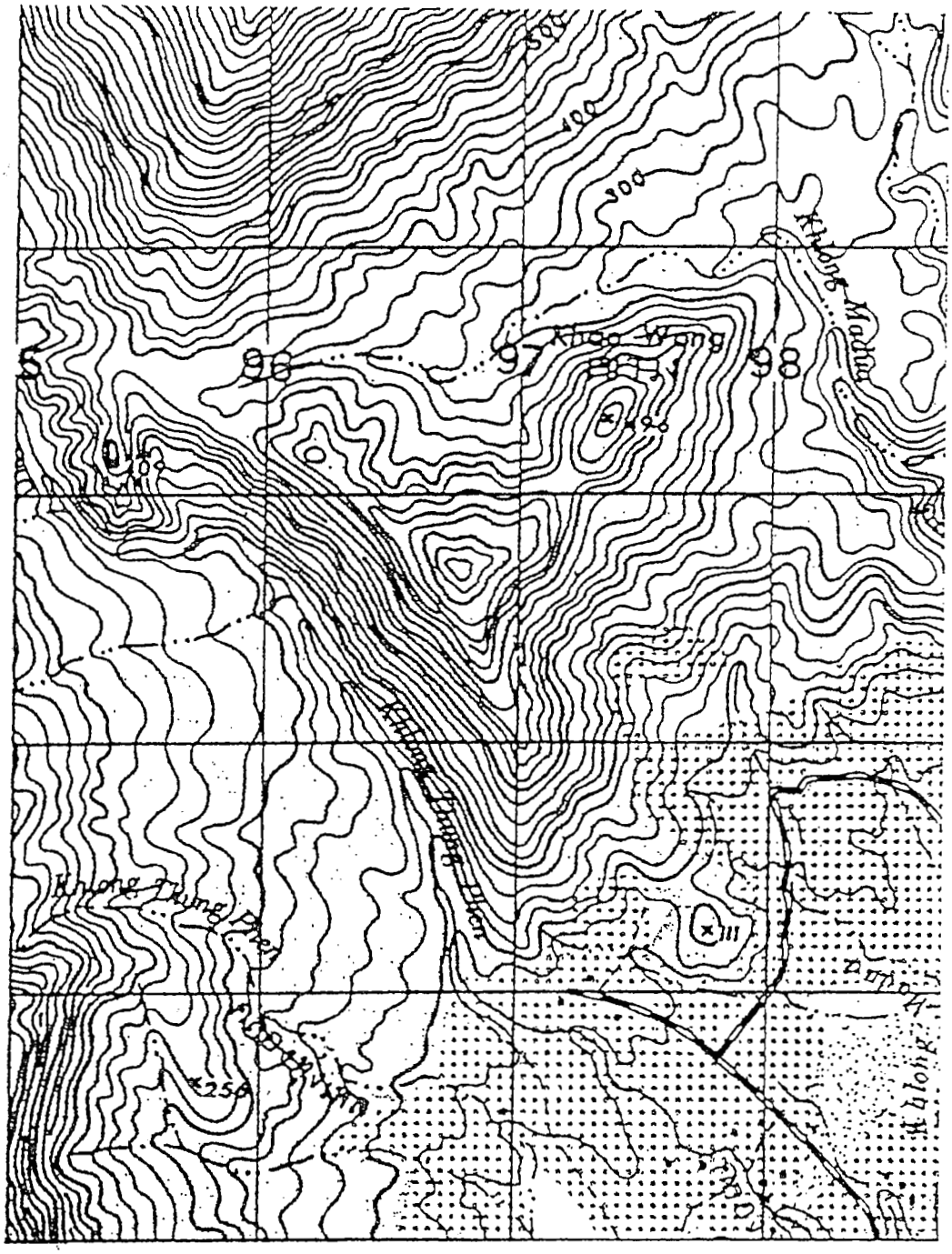
1.7 ถ้าเส้นชั้นความสูงโค้งงอออกมาในรูปของตัวยู (∨) หรือเรียกจมูกเขาแสดงว่านั้นคือสันเขา

1.8 เส้นชั้นความสูงซึ่งมีเครื่องหมายขีดเล็กสั้น ๆ ขีดต่อกันตั้งฉากชี้เข้าหากันโดยรอบเส้นแสดงว่าบริเวณนั้นเป็นแอ่งหรือหุบเขา

2. ช่วงชั้นความสูง

ช่วงชั้นความสูง (Contour Interval) คือช่วงต่างระหว่างชั้นความสูงแต่ละเส้นโดยมากมักกำหนดเป็นเมตร เช่น 20 เมตร 10 เมตร 5 เมตร 4 เมตร 3 เมตร 1 เมตร ยิ่งละเอียดมาก เท่าไรก็จะต้องใช้เวลาในการรังวัดมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งาน เช่น

แผนที่ 1:250,000 ใช้ช่วงชั้นความสูง 100 เมตร



รูปที่ 57 แสดงเส้นชั้นความสูง เส้นละ 20 เมตร ในแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร

แผนที่ 1:50,000	ใช้ช่วงชั้นความสูง	20	เมตร
แผนที่ 1:25,000	ใช้ช่วงชั้นความสูง	25	เมตร
แผนที่ 1:10,000	ใช้ช่วงชั้นความสูง	10	เมตร
แผนที่ 1:5,000	ใช้ช่วงชั้นความสูง	5	เมตร
แผนที่ 1:2,000	ใช้ช่วงชั้นความสูง	2.5	เมตร
แผนที่ 1:1,000	ใช้ช่วงชั้นความสูง	1	เมตร
แผนที่ 1:500	ใช้ช่วงชั้นความสูง	0.50	เมตร
บริเวณก่อสร้างตึกอาคาร	ใช้ช่วงชั้นความสูง	0.25-0.50	เมตร
เขื่อน อ่างกันน้ำ ผังเมือง	ใช้ช่วงชั้นความสูง	0.50-1.00	เมตร
สร้างถนน ทางรถไฟ	ใช้ช่วงชั้นความสูง	1.00-5.00	เมตร
สำรวจขอบเขตที่ดิน	ใช้ช่วงชั้นความสูง	1.00-3.00	เมตร

3. การหาค่าระดับสำหรับเส้นชั้นความสูง

วิธีการการหาค่าระดับสำหรับเส้นชั้นความสูงคือ การหาค่าระดับของจุดต่าง ๆ บนพื้นดิน โดยการอ่านระดับจากหมุดระดับไปยังที่ตั้งหมุดหลักฐานในแนวราบ ต่อจากนั้นก็กำหนดหมุดระดับหรือจุดต่าง ๆ ความต้องการจะทราบมากน้อยโดยพิจารณาจากส่วนที่มีความเปลี่ยนแปลงความลาดชันหรือความลาดเขาโดยใช้บริเวณร่องน้ำ ทางน้ำไหล สันเขา แอ่งเขา หุบเขา เครื่องมือที่ใช้ในการหาค่าระดับคือ กล้องระดับ กล้องวัดมุม ไม้ระดับ หลักเล็ง เทป เข็มทิศ วิธีการหาค่าระดับมี 2 วิธีคือ

3.1 วิธีหาระดับโดยตรง (Direct Method) คือการหาค่าระดับโดยการทำไม้ระดับไปวางจุดที่มีความสูงซึ่งต้องการทราบค่าของช่วงชั้นความสูง เช่น ต้องการความสูง 100 เมตร ให้ส่องกล้องไปยัง BM สมมติทราบค่าระดับเท่ากับ 1.20 เมตร ส่อง B.S. ไปยัง B.M. ได้ค่าเท่ากับ 1.50 จะต้องหาว่าจะนำไม้ระดับไปวางจุดที่มีความสูงเท่าไร จึงจะได้ชั้นความสูง 100 เมตร

<u>วิธีทำ</u> ชั้นความสูงต้องการ 100 เมตร = BM + BS – FS

= 1.20 + 1.50 – FS

F.S. = 2.70 – 100

= 1.70 เมตร

จากจุดที่ตั้งกล้องซึ่งส่องอ่านค่า F.S. เท่ากับ 1.70 เมตร คือจุดที่มีความสูง 100 เมตร ตามต้องการให้ทำไม้ระดับไปวางตามจุดที่มีความสูงดังกล่าววัดระยะด้วยเทป บันทึกลงสมุดสนาม

วิธีปฏิบัติภาคสนาม

ก. จุด A คือจุดตั้งกล้องเป็นหมุดแรกออกจากวงรอบปิดของพื้นที่ A B C D E F สมมติว่าจุด B คือ BM ที่ทราบค่าคือ 1.20 เมตร

ข. ส่องกล้องไปจุด B ซึ่งเป็นหมุด BM ที่ทราบค่าคือ 1.20 เมตร วัดระยะด้วยเทป บันทึกลงสมุดสนามแนว AB ตั้งองศาที่ 0° 00′ 00″

ค. กวาดกล้องไปจุดที่ 1 ซึ่งนำไม้ระดับไปตั้งและอ่านค่าได้ 1.70 เมตร วัดระยะ (ถ้าต้องการความละเอียดในการเขียนเส้นชั้นความสูงบนแผนที่จริงการอ่านค่ามุมด้วย) บันทึกลงสมุดสนาม

ง. จากจุด A ไปจุดวางไม้ระดับที่ 1 กวาดกล้องไปจุดวางไม้ระดับที่สองซึ่งสูง 1.70 เมตร วัดระยะด้วยเทป (การอ่านมุมอาจจะตั้งกล้อง 0° 00′ 00″)

จ. ที่จุดวางไม้ระดับที่ 1 ก็ได้หรือหมุนกล้องมาตั้งองศาที่จุด B แล้วกวาดกล้องส่องไปที่จุดตั้งไม้ระดับที่ 2 ก็ได้) จากนั้นบันทึกลงสมุดสนาม

ฉ. ปฏิบัติการเช่น ข้อ 3 และ 4 ให้ครบทุกจุดที่มีความสูง 1.70 เมตร ละเอียดตามต้องการก็จะได้เส้นชั้นความสูง 100 เมตร

3.2 วิธีหาระดับทางอ้อม (Indirect Method) คือวิธีหาค่าระดับของจุดตั้งไม้ระดับแล้วนำรายละเอียดจากการปฏิบัติงานจากการส่องกล้องภาคสนามมาคำนวณหาจุดที่เปลี่ยนแปลงความลาดชันโดยคำนึงถึงระยะทางค่าระดับและทิศทางในแนวราบโดยใช้เครื่องมือ คือเทปวัดระยะ กล้องระดับ กล้องวัดมุม ระดับมือ เข็มทิศสำรวจ ไม้ระดับ หลักเล็ง เครื่องคิดเลข มีวิธีการหาระดับทางอ้อมหลายวิธีคือ

ก. วิธีหาระดับตามลักษณะระนาบตามขวาง (Cross Section) คือการตั้งกล้องกึ่งกลางถนนส่องวัดไปยังไม้ระดับที่ตั้ง ณ จุดเปรียบความลาดชันอาจเปรียบจุดตั้งกล้องอยู่ห่างกัน 5 ถึง 20 เมตรตามความเหมาะสมกับบริเวณผังที่จะทำเส้นชั้นความสูง ซึ่งก็คือการนำถนนมาเป็น Base Line ในการรังวัดนั้นเอง

ข. วิธีหาระดับโดยการตีตาราง (Grid Method) คือการตีตารางครอบคลุมพื้นที่ที่จะทำเส้นชั้นความสูง ถ้าพื้นที่นั้นมีความลาดชันมากและแตกต่างกันทั้งพื้นที่ก็ควรใช้ตารางที่มีความถี่มาก หากพื้นที่ค่อนข้างราบมีความลาดชันน้อยก็ใช้ความห่างของตารางลดลงในกรณีตารางนั้นจุดตัดที่เกิดขึ้น ก็คือจุดที่จะนำไม้ระดับไปตั้งเพื่อส่องอ่านค่าซึ่งถือเป็นหมุดความสูง (Spot Elevation) ที่มีระดับความสูงซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาเส้นชั้นความสูงได้

4. การเขียนเส้นชั้นความสูง

เทคนิคในการเขียนเส้นชั้นความสูง คือการใช้วิธีการที่เหมาะสมสะดวก รวดเร็ว ในการเขียนเส้นชั้นความสูงแต่ละแบบต้องมีความสัมพันธ์ในเรื่องของทิศทาง ระยะทางและค่าของระดับทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับมาตราส่วนที่นำมาใช้ตลอดจนความละเอียดที่เหมาะสมกับงาน มีวิธีปฏิบัติดังนี้

4.1 การใช้เทคนิคในการประมาณค่าตัวเลขที่ทราบค่าระดับแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เช่น จุดที่หนึ่งคือจุด A สูง 46.50 เมตร จุดที่สองคือจุด B สูง 47.10 เมตร ค่าเฉลี่ยจะเท่ากับ A+B = 46.82 เมตร

4.2 การใช้เทคนิคในการคำนวณระยะทางระหว่าง 2 จุดแล้วจึงคำนวณหาผลต่างของ 2 จุดนั้นเช่น จุด A สูง 45.10 เมตร จุด B สูง 47.20 เมตร จุด A และ B ห่างกัน 2.8 ซ.ม. คำนวณหาชั้นความสูงที่ 46 เมตร ห่างจากจุด A เท่ากับเท่าไร

ระยะระหว่างชั้นความสูงที่ 46 เมตร กับจุด A	=	46.00 - 45.10 ม.
	=	0.9 ม.
ระยะระหว่างจุด B และ A	=	47.20 - 45.10 ม.
	=	2.1 ม.
ชั้นความสูงที่ 46 ห่างจุด A	=	0.9 ÷2.1 × 2.8 ม.
	=	1.2 ซ.ม.

4.3 การใช้เทคนิคเชิงเส้นคือ การทำเอาอุปกรณ์ในการเขียนแบบเช่น ไม้โปแทรกเตอร์, ครึ่งวงกลมองศา, และวงเวียนมาช่วยในการหาจุดช่วงชั้นความสูง เช่นจุดที่อ่านค่าไม้ระดับจุดจุดแรกสมมติชื่อ A มีค่าระดับเท่ากับ 30.7 เซนติเมตร จุดที่สองคือจุด B มีค่าเท่ากับ 34.5 เซนติเมตร

ก. วิธีทำให้ขีดเส้นตรงหนึ่งเส้นจุดแรกคือจุด A จากจุด A ไปจุด B ให้มีความยาวเท่ากับระยะเต็มของเซนติเมตรคือ 30, 31, 32, 33, 34 และ 35 ส่วนเศษของ 34.5 คือ 0.5 เซนติเมตร

ข. ให้แบ่งเส้นตรงดังกล่าวจากจุด A ช่องละ 1 เซนติเมตร จำนวน 5 ช่อง กำกับเลข 1, 2, 3, 4 และ 5

ค. ให้เขียนจุด B ซึ่งเป็นเศษส่วนของ 34.5 คือ 0.5 เซนติเมตร ระหว่างช่องที่ 4 และ 5 กำหนดชื่อจุด B จากจุด A วัดระยะเท่ากับความยาวของเศษ จำนวน 30.7 คือ 0.7 เซนติเมตร จุดนั้นคือจุด C ลากเส้น A C และ C B ต่อจากนั้นให้ลากเส้นขนานกับ AC จากจุดที่ 1, 2, 3 และ B จุดตัดที่เกิดขึ้นบนเส้นตรง CB คือ 31, 32, 33, 34

คำถามทบทวน

1. เส้นชั้นความสูง คืออะไร
2. ลักษณะของเส้นชั้นความสูงเป็นอย่างไร
3. การหาค่าระดับเส้นชั้นความสูง มีวิธีการอย่างไร
4. ชนิดมุมทิศ มีกี่ชนิดอะไรบ้าง

บทที่ 12

การรังวัดด้วยเข็มทิศ

(Compass Surveying)

การรังวัดด้วยเข็มทิศ (Compass Surveying) คือ การนำเข็มทิศมาใช้เป็นเครื่องมือในการหาทิศเพื่อกำหนดแนวหรือขอบเขตในการรังวัด แล้วนำเอาข้อมูลจากการรังวัดมาเขียนแผนผังหรือแผนที่ที่ได้จากการสำรวจเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

1. ประเภทของเข็มทิศที่สำคัญมี 3 ชนิด คือ

1.1 เข็มทิศแบบธรรมดา (Plain Compass) คือเข็มทิศที่นิยมใช้ในบริเวณพื้นที่ค่อนข้างราบ ตัวเข็มทิศส่วนใหญ่จะเป็นตลับกลม ขอบวงกลมด้านในเป็นจานองศา มีขีดบอก 360 องศา ลักษณะของตัวเลขจะเป็นแบบทวนเข็มนาฬิกาในตัวเข็มทิศอาจจะมีฟองระดับอยู่ อาจจะมีทั้งระดับฟองกลม และระดับฟองยาวหรือไม่มีก็ได้ ซึ่งจะช่วยในการปรับระดับเข็มทิศให้อยู่ในแนวราบไม่ลาดเอียง ทางทหารใช้กันมาก

1.2 เข็มทิศแบบปริสแมติค (Prismatic Compass) คือเป็นเข็มทิศที่ติดกระจกไว้เพื่อส่องสะท้องศา สามารถมองที่กระจกได้โดยไม่ต้องก้มมองดูในจาน ขอบด้านในจานวงกลมมีขีดองศาบอกไว้ มีฟองระดับติดอยู่ทั้งฟองกลมและฟองยาว เข็มทิศชนิดนี้น้ำหนักเบา พกติดตัวได้สะดวก จานองศาจะแบ่งได้ถึงลิปดา เมื่อส่องได้ตำแหน่งที่แน่นอนสามารถล๊อกเข็มทิศให้อยู่นิ่งได้

1.3 เข็มทิศแบบนักสำรวจ (Surveyer Compass) คือเข็มทิศแบบมีกล้องส่อง (Telescope) ติดตั้งอยู่ สามารถขยายภาพจากระยะไกล ๆ ได้ชัดเจน ทำให้อ่านแนวเล็งได้แน่นอน ตัวลำกล้องสามารถกระดกขึ้นลงมีจานองศาติดข้างลำกล้อง สามารถตรวจสอบความลาดชันใน ภูมิประเทศสูง – ต่ำ หรือเนินเขาได้ จานองศาราบแบ่งขีดองศาละเอียดถึงลิปดา มีฟองระดับเพื่อให้ปรับจานให้อยู่ในแนวราบได้

2. ทิศเหนือและการอ่านทิศ

การนำเข็มทิศมาใช้ในการรังวัดคือ การนำเอาแนวทิศเหนือแม่เหล็กมาใช้ ทิศเหนือนั้นแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดด้วยกันคือ

2.1 ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic North) คือแนวทิศของเข็มทิศที่อยู่ในแนวพื้นที่ระดับราบ ตัวเข็มทิศจะวางตัวนิ่งอิสระ และอยู่ในแนวราบ เข็มจะชี้ไปที่ขั้วแม่เหล็กโลก สัญลักษณ์เป็น

	BC		S 82^0 $10'$ E	637		
	CD		S 2^0 $38'$ W	432		
	DA		N 84^0 $40'$ W	565		
มุม	A	=	$180^0 - 84^0\ 40' + 6^0\ 02'$		=	$101^0\ 62'$
	B	=	$82^0\ 10' - 6^0\ 02'$		=	$76^0\ 08'$
	C	=	$180^0 - 82^0\ 10' - 2^0\ 38'$		=	$95^0\ 12'$
	D	=	$84^0\ 40' + 2^0\ 38'$		=	$87^0\ 18'$
				Σ	=	$360^0\ 00'$

ทดสอบมุม

มุมทั้งหมด = $(2N - 4)\ 90$

= $(8 - 4)\ 90$

= 360^0

ที่มา : ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย, การสำรวจพื้นราบ, หน้า 52-55

คำถามทบทวน

1. การรังวัดด้วยเข็มทิศ คืออะไร
2. เข็มทิศมีกี่ประเภทอะไรบ้าง
3. ทิศเหนือมีที่ทิศ แต่ละทิศมีวิธีอ่านอย่างไร

บทที่ 13

การผลิตแผนที่และการสำรวจวางหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน

การผลิตแผนที่โดยทั่วไป คือการผลิตแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic Maps) และแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ (Topographic Maps) เป็นการใช้วิทยาการและศาสตร์หลายสาขาซึ่งเกี่ยวข้องนำมาประกอบเข้าด้วยกัน แต่ละสาขาวิชาที่นำมาใช้ในการผลิตแผนที่จะประกอบด้วยทฤษฎีหลายรูปแบบรวมทั้งเทคนิคและกรรมวิธีที่จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของแผนที่และวัตถุประสงค์ของงานแต่ละขั้นตอน ขั้นตอนการผลิตแผนที่ในเนื้อหาวิชาการสำรวจรังวัดทางภูมิศาสตร์มีดังนี้

1. การสำรวจรังวัดทางภาคพื้นดิน

1.1 งานวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดินหมุดหลักฐานก็คือจุดที่เลือกขึ้นในภูมิประเทศ เพื่อใช้เป็นหลักหรือโครงสร้างของแผนที่เพราะการสร้างแผนที่ก็เหมือนกับการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนที่อยู่อาศัยจำเป็นต้องมีเสาหลักยึดโครงสร้างนั้น เพื่อช่วยยึดตรึงส่วนประกอบต่าง ๆ ให้คงรูปอยู่ในลักษณะที่ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์

1.2 หมุดหลักฐานทางแผนที่ที่เลือกสร้างไว้ในภูมิประเทศ เพื่อใช้ เป็นหลักโยงยึดหรือเป็นโครงสร้างของรายละเอียดต่าง ๆ ในภูมิประเทศที่นำมาแสดงไว้ในแผ่นแผนที่ ให้อยู่ในลักษณะความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตที่ถูกต้องตามความเป็นจริง หมุดหลักฐาน หรือจุดต่าง ๆ ในภูมิประเทศที่ได้จากการสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดทาราบได้เรียบร้อยแล้วเรียกว่า "หมุดหลักฐานตามแนวนอน" (Horizontal Control) หมุดหลักฐานที่ได้ทำการสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดตามแนวยืน หรือกำหนดสูงให้แล้ว เรียกว่า "หมุดหลักฐานตามแนวยืน" (Vertical Control Point)

1.3 การสำรวจรังวัด เพื่อหาค่าพิกัดตามแนวนอนและพิกัดตามแนวยืนให้แก่หมุดหลักฐานเรียกว่า "งานสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดิน" (Ground Control Survey) งานสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดินจัดแบ่งความละเอียดถูกต้องของผลงานไว้เป็นขั้น ๆ ผลงานจะมีความละเอียดถูกต้องเพียงใด ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการปฏิบัติการรังวัดและการคำนวณ

งานชั้นที่ 1 (First Order) งานที่มีความละเอียดถูกต้องเป็นเยี่ยม

งานชั้นที่ 2 (Second Order) งานที่มีความละเอียดถูกต้องรองลงมา

งานชั้นที่ 3 (Third Order) และงานชั้นที่ 4 (Fourth Order) ตามลำดับ

1.4 งานสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดินแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ

ก. งานสำรวจวางหมุดหลักฐานตามแนวนอน เป็นการสำรวจรังวัดเพื่อหาค่าพิกัดตามแนวนอน (ละติจูด, ลองจิจูด หรือพิกัดสมมติใด ๆ) ให้แก่หมุดหลักฐานที่กำหนดไว้ในภูมิประเทศวิธี การปฏิบัติการสำรวจวางหมุดหลักฐานตามแนวนอนแบ่งได้ 2 วิธีคือ

1) วิธีการสามเหลี่ยมเป็นวิธีการวางหมุดหลักฐาน ซึ่งตำแหน่งของหมุดสามารถทำการรังวัดโยงยึดกันเป็นรูปสามเหลี่ยมได้โดยมีตำแหน่งของหมุดหลักฐานเป็นจุดยอดของสามเหลี่ยม การปฏิบัติการรังวัดในงานสามเหลี่ยม กระทำได้ 2 วิธี คือ

★ด้วยการวัดมุมของสามเหลี่ยม (Triangulation)

★วิธีวัดความยาวด้านสามเหลี่ยมด้วยเครื่องมืออิเลคโทรนิค (Trilateration)

2) การวางหมุดหลักฐาน เพื่อใช้เป็นหลักหรือโครงงานสำรวจและทำแผนที่บริเวณกว้างขวางมาก เช่น การวางโครงการหลักฐานเพื่อการทำแผนที่ของประเทศ วิธีปฏิบัติการรังวัดและการคำนวณงานสามเหลี่ยม ต้องใช้กรรมวิธีของการสำรวจทางยีออเดซี่ (Geodetic Survey)งานสามเหลี่ยมจะต้องรังวัดออกจากเส้นฐาน (Base Line) ซึ่งเป็นด้านที่ทราบความยาวแล้วและเข้าบรรจบกับเส้นฐาน ค่าพิกัดของหมุดหลักฐานงานสามเหลี่ยมชนิดนี้เป็นพิกัดบนพื้นผิวของรูปทรงรีหมุนงานสามเหลี่ยมจะถูกปฏิบัติการรังวัดโยงยึดกันต่อไปจนครอบคลุมทั่วบริเวณที่เกิดเป็นโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulation Net) ขึ้นตามปกติจุดยอดมุมของโครงข่ายสามเหลี่ยมดังกล่าวจะอยู่ตามยอดเขาเป็นส่วนใหญ่และมีระยะห่างกันหลายสิบกิโลเมตร เมื่อต้องการตำแหน่งของหมุดหลักฐานเพิ่มขึ้นในบริเวณใด ก็สามารถเข้าปฏิบัติการรังวัดโยงยึดออกจากหมุดสามเหลี่ยมเดิมแบ่งให้เป็นสามเหลี่ยมเล็ก ๆ อีกหลายรูปได้ตามตำแหน่งที่เห็นว่าเหมาะสม กรรมวิธีในการปฏิบัติการรังวัดเป็นเทคนิคในการคำนวณโดยเฉพาะ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาให้ลึกซึ้งจึงจะสามารถปฏิบัติได้ถูกต้องเหมาะสมตามชั้นของงาน

3) วิธีการวงรอบ เป็นวิธีการรังวัดเพื่อหาพิกัดตามแนวนอนให้แก่หมุดหลักฐาน โดยใช้วิธีการรังวัดมุมราบและวัดระยะตามแนวนอน ออกจากหมุดที่ทราบพิกัดแล้วไปสู่จุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด เป็นวิธีปฏิบัติการรังวัดที่สะดวกกว่างานสามเหลี่ยมในกรณีที่ต้องการวางหมุดหลักฐานให้มีระยะใกล้กันมากขึ้นและจำ

เป็นต้องวางหมุดหลักฐานลัดเลาะไปในบริเวณที่ไม่สะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ หรือไม่สามารถปฏิบัติการรังวัดโยงยึดให้เป็นรูปสามเหลี่ยมที่เหมาะสมได้ การรังวัดงานวงรอบนิยมรังวัดออกจากหมุดหลักฐานที่รู้ค่าพิกัดแล้ว ผ่านไปยังหมุดหลักฐานที่ต้องการทราบค่าแล้วบรรจบกับหมุดหลักฐานที่ทราบค่าแล้ว หรือเข้าบรรจบตัวเอง เพื่อให้สามารถคำนวณตรวจสอบและแก้ไขความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัด หลังจากได้ค่าพิกัดที่คำนวณจากงานวงรอบจะมีความละเอียดถูกต้องดีเพียงใดขึ้นอยู่กับความละเอียดถูกต้องของการรังวัดและการวัดระยะงานวงรอบมีชั้นของความละเอียดถูกต้องเช่นเดียวกับงานสามเหลี่ยม งานแต่ละชั้นต่างก็มีกฎเกณฑ์ หรือระเบียบวิธีปฏิบัติการรังวัดและการคำนวณที่กำหนดขึ้นใช้

ข. งานสำรวจวางหมุดหลักฐานตามแนวยืน(งานระดับ) เป็นการสำรวจรังวัด เพื่อหาค่าพิกัดตาม แนวยืน (ค่าระดับ) ให้แก่หมุดหลักฐาน การรังวัดเพื่อหาค่าพิกัดตามแนวยืนให้แก่หมุดหลักฐาน เพื่อใช้เป็นหลักในการผลิตแผนที่นั้นต้องปฏิบัติการรังวัดโยงยึดออกไปจากค่าหลักฐานตามแนวยืนคือ ค่าระดับน้ำทะเลปานกลาง การปฏิบัติการรังวัดมีอยู่หลายวิธีแต่ละวิธีให้ความละเอียดถูกต้องของผลงานที่ต่างกัน ดังนี้

1) ใช้วิธีวัดมุมดิ่ง (Vertical Angle) และวัดระยะห่างระหว่างจุดที่ทราบความสูง แล้วและจุดที่ต้องการทราบความสูง นำผลการรังวัดมาคำนวณหาค่าความสูงต่างโดยใช้ตรีโกณ วิธีการรังวัดหาค่าความสูงตามวิธีการนี้มีชื่อเรียกว่า Trigonometric Leveling ค่าความสูงที่ได้จะมีความละเอียดถูกต้องเพียงใด ขึ้นอยู่กับความประณีตในการวัดมุมและวัดระยะ

2) ใช้กล้องระดับ (Level) ประกอบกับไม้เล็งระดับ (Staff) ปฏิบัติการรังวัดหาค่าความสูงต่างออกจากหมุดที่รู้ค่าความสูง แล้วรังวัดต่อเนื่องไปยังจุดที่ต้องการทราบค่าความสูง วิธีการนี้เป็นการใช้พื้นระดับ (Horizontal Plane) ซึ่งกำหนดได้ด้วยกล้องระดับเป็นเครื่องวัดความสูงต่าง เมื่อได้ค่าความสูงต่างแล้วก็สามารถหาค่าความสูงของจุดที่ยังไม่ทราบค่าได้การวัดหาค่าความสูงตามวิธีการนี้ เรียกว่า Geometric Leveling และถือว่าเป็นวิธีวัดหาค่าความสูงที่ให้ความละเอียดถูกต้องของผลงานค่อนข้างดีกว่า วิธีการอื่น ๆ ผลงานจะมีความละเอียดถูกต้องสูงเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้องระดับและไม้เล็งระดับที่ใช้ประกอบกับความ

เหมาะสมของวิธีที่ใช้ในการปฏิบัติการรังวัด

3) ใช้เครื่องมือที่อาศัยหลักของความกดอากาศปฏิบัติการรังวัดวิธีการนี้เรียกว่า Air Pressure Leveling เครื่องมืออาศัยความกดอากาศดังกล่าวซึ่งรู้จักกันอย่างแพร่หลายก็คือบาร์โรมิเตอร์มีหลายแบบให้ค่าความละเอียดถูกต้องของผลงานที่ต่างกัน แต่ก็ถือว่า เป็นเครื่องวัดความสูงที่หยาบ ไม่เหมาะแก่การนำมาใช้หาค่าความสูงเพื่อผลิตแผนที่ วิธีการหาค่าความสูงต่างโดยอาศัยหลักความกดอากาศนี้ มีวิธีการหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้ค่าความละเอียดถูกต้องของงานดีขึ้น คือการใช้ท่อยางหรือท่อพลาสติกบรรจุน้ำใช้ระดับน้ำที่ปลายทั้งสองของท่อเป็นเครื่องวัดระดับ ช่างก่อสร้างอาคารคนไทยนิยมใช้ในการปรับระดับ แต่ในต่างประเทศใช้ท่อที่มีขนาดยาวปฏิบัติการรังวัดโยงยึดค่าระดับไปตามริมฝั่งแม่น้ำหรือลำคลอง และทำการรังวัดถ่ายทอดค่าระดับจากผืนแผ่นดินไปสู่เกาะนอกชายฝั่งทะเล

4) ใช้เครื่องมืออิเลคโทรนิคปฏิบัติการรังวัด วิธีการนี้เรียกว่า Electronic Leveling เครื่องมืออิเลคโทรนิคที่ใช้วัดความสูงต่างมีหลายแบบหลายชนิด ให้ความละเอียดถูกต้องของผลงานที่แตกต่างกันตามชนิดและหลักการสร้าง และระบบการทำงานของเครื่องมือ เช่น เครื่อง APR (Airborn Profile Recorder) และเครื่อง จีโอไครเวอร์ Geociever ซึ่งรับสัญญาณ จากดาวเทียมตามหลักการของ Doppler เป็นต้น

2. สำรวจเพื่อลงรายละเอียดในแผนที่

เป็นงานที่กระทำหลังจากได้ทำการสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดินจนกระทั่งมีหมุดหลักฐานหนาแน่นพอแก่ความต้องการที่จะใช้เป็นโครงร่างในการโยงยึดรายละเอียด ที่จะนำลงในแผนที่แล้ว ก่อนที่จะเริ่มปฏิบัติการสำรวจรายละเอียดเพื่อนำไปลงในแผนที่ ต้องมีแผ่นต้นร่างแผนที่ซึ่งจะมีเส้นโครงแผนที่แสดงไว้ตามลักษณะของ Projection ที่เลือกใช้ และกำหนดตำแหน่งของหมุดหลักฐานตามค่าพิกัดที่คำนวณได้เพื่อลงไว้ในแผ่นต้นร่าง การลงรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวภูมิประเทศและสิ่งที่ปรากฏอยู่บนภูมิประเทศนั้นปฏิบัติการได้หลายวิธี อาจจะใช้วิธีการสำรวจด้วยโต๊ะแผนที่ (Plane Table Survey) หรือสำรวจรังวัดด้วยเครื่องมือวัดระยะและเครื่องมือวัดมุมแล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาลงในแผ่นต้นร่างแผนที่

เมื่อแผ่นต้นร่างแผนที่ที่มีรายละเอียดของพื้นผิวภูมิประทศ และสิ่งที่ปรากฏอยู่บนภูมิ-ประเทศตามต้องการแล้ว จึงนำไปดำเนินกรรมวิธีเพื่อจัดพิมพ์เป็นแผนที่ลายเส้น (Line Map) ต่อไป

3. การผลิตแผนที่จากรูปถ่าย มี 2 ชนิด คือ

3.1 การผลิตแผนที่ด้วยรูปที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายรูปทางภาคพื้นดิน (Terrestrial Photograph) เป็นการใช้รูปถ่ายที่ถ่ายทางภาคพื้นดินประกอบกับการวัดมุมและวัดระยะทางภาคพื้นดิน นำข้อมูลที่ได้มาประกอบในการเขียนแผนที่ภูมิประเทศและผลิตเป็นแผนที่ลายเส้น

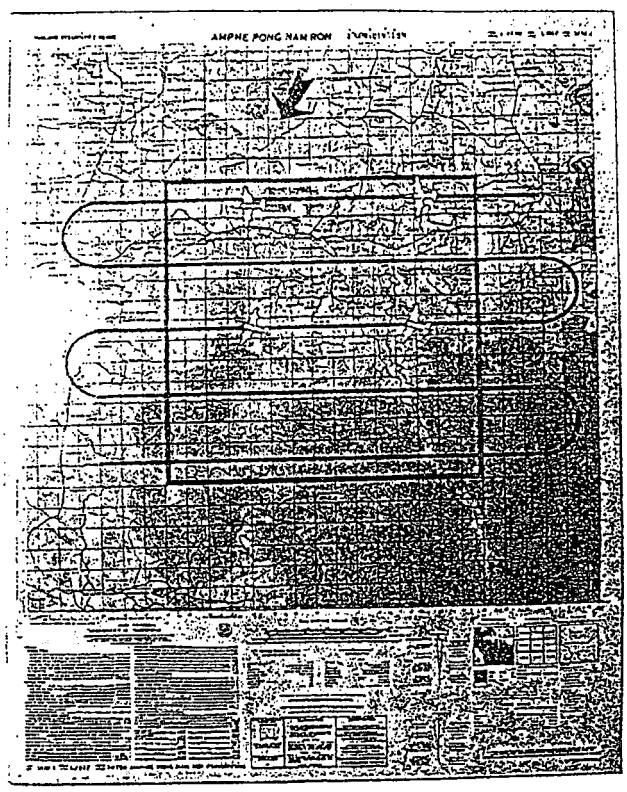
3.2 การผลิตแผนที่ที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายรูปที่นำติดขึ้นไปบนยานอวกาศ (Aerial Photograph) ได้มีการพัฒนาเป็นการใช้รูปถ่ายจากทางอากาศ มาผลิตเป็นแผนที่ภูมิประเทศส่วนใหญ่ใช้กรรมวิธีการผลิตแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศแทบทั้งสิ้น เพราะสามารถกระทำได้สะดวกรวดเร็วและประหยัดกว่าการสำรวจรังวัดทางภาคพื้นดินมาก แต่การทำแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศก็ยังคงต้องอาศัยข้อมูลบางส่วนที่ได้จากการสำรวจและรังวัดทางภาคพื้นดินมาประกอบ โดยลดการสำรวจรังวัดทางภาคพื้นดินให้เหลือน้อยลง การผลิตแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศเป็นแผนที่ทำได้หลายแบบหลายชนิดทั้ง แผนที่ลายเส้น แผนที่รูปถ่ายและแผนที่แบบผสม

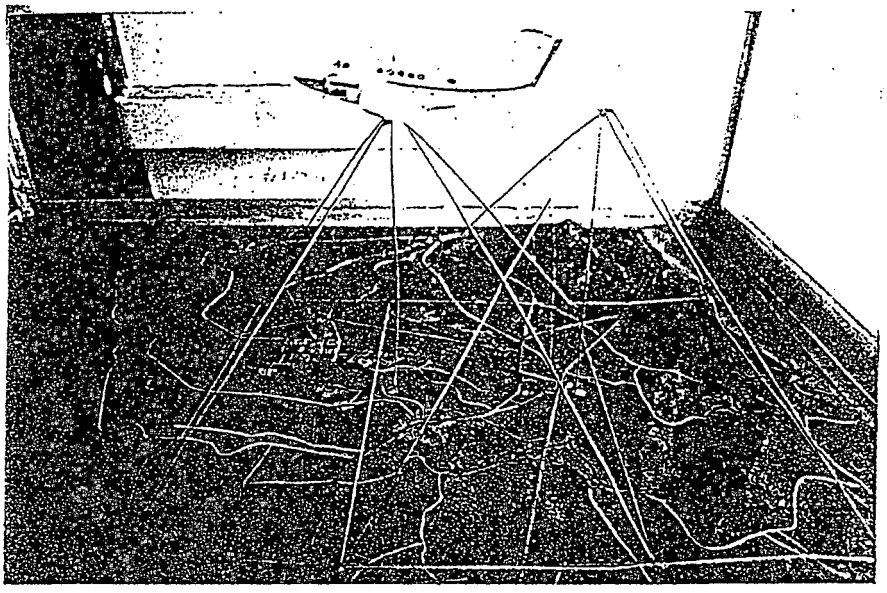
4. การผลิตรูปถ่ายทางอากาศ

4.1 งานผลิตรูปถ่ายทางอากาศเริ่มต้นด้วยการบินถ่ายรูปทางอากาศ ในการบินถ่ายรูปทางอากาศจะดำเนินไปตามแผนการบินที่ได้กำหนดไว้แล้วล่วงหน้า ชนิดของกล้องถ่ายรูปทางอากาศ ชนิด ของฟิล์มที่จะใช้ ระยะสูงบิน แนวทางที่จะทำการบิน ระยะห่างระหว่างแนวบิน ย่านเวลาที่เปิดหน้ากล้องทำการถ่ายรูป เพื่อให้ได้รูปถ่ายที่มีลักษณะเหลื่อมล้ำทางด้านหน้า (Overlap) และล้ำไปทางด้านข้าง (Side lap) ตามเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วนั้น จะถูกกำหนดไว้แล้วตั้งแต่ขั้นเตรียมการก่อนการบินถ่ายรูป ซึ่งเรียกว่า "การวางแผนการบินถ่ายรูป"

4.2 แผนการบินถ่ายรูปจะถูกกำหนดขึ้นโดยเจ้าหน้าที่ผู้วางแผนการทำแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศซึ่งย่อมทราบถึงคุณลักษณะของรูปถ่ายทางอากาศที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี ร่วมกับเจ้าหน้าที่ชุดปฏิบัติการบินถ่ายรูปซึ่งทราบสมรรถนะของเครื่องบินและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการบิน รวมทั้งสมรรถภาพของเจ้าหน้าที่ชุดปฏิบัติการบินว่าจะสามารถปฏิบัติการในพื้นที่ปฏิบัติการ เพื่อให้ได้รูปถ่ายที่ถูกต้องตามคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้ใช้ ได้หรือไม่เพียงใด เมื่อเจ้าหน้าที่ได้ปฏิบัติการบินถ่ายรูปตามแผนการบินถ่ายรูปทางอากาศที่ได้วางแผนไว้แล้ว ก็จะได้ผลิตผลจากการบินถ่ายรูป 2 ประการ คือ

ก. ฟิล์มถ่ายรูปทางอากาศที่ได้บันทึกรายละเอียดของภาพภูมิประเทศไว้แล้ว เมื่อทำการล้างแล้ว (Develop) ก็จะได้เนกาทีฟ (Negative) ของฟิล์มถ่ายรูปทางอากาศพร้อมที่จะนำไปใช้





รูปที่ 59 แสดงการบินถ่ายภาพทางอากาศ

งานขั้นต่อไป

ข. ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือช่วยหาข้อมูล (Auxiliary Data Equipment) ขณะที่ทำการบินถ่ายรูปทางอากาศข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อช่วยในงานผลิตแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศบางขั้นตอนได้

5. การสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดิน

5.1 การทำแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศนั้น ยังจำเป็นต้องอาศัยหมุดหลักฐานซึ่งได้จากการสำรวจรังวัดทางภาคพื้นดินเป็นหลักในการโยงยึด โดยได้พยายามคิดค้นหากรรมวิธีให้มีการใช้หมุดหลักฐานที่ต้องปฏิบัติการรังวัดทางภาคพื้นดินให้น้อยที่สุด แล้วใช้วิธีรังวัดขยายจุดบังคับจากรูปถ่ายในสำนักงานเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้จุดบังคับเพียงพอแก่การใช้งาน

5.2 ในการปฏิบัติการสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดของหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดิน กี่จุด ตำแหน่งใดบ้าง ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีที่จะเลือกขึ้นใช้ในการผลิตแผนที่แต่ละชนิด ๆ ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้วางแผนการทำแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศ เจ้าหน้าที่ชุดปฏิบัติงานสำรวจรังวัดจะออกไปดำเนินการสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดให้แก่หมุดหลักฐาน ตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้แล้วในรูปถ่ายตามกรรมวิธีสำรวจรังวัดเพื่อหาค่าพิกัดให้แก่หมุดหลักฐาน

ก. งานสำรวจจำแนกรายละเอียดรูปถ่ายงานสำรวจจำแนกรายละเอียดรูปถ่าย เป็นงานที่จะต้องนำรูปถ่ายทางอากาศที่พิมพ์บนกระดาษอัดรูป (Paper Print) แล้วนั้นเข้าไปในภูมิประเทศเพื่อตรวจสอบหรือหาข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับรายละเอียดที่ปรากฏบนรูปถ่าย เช่น รายละเอียดที่เห็นเป็นถนน หรือทางน้ำ ถ้าเป็นถนนเป็นชนิดใด ผิวเป็นอย่างไร รับน้ำหนักบรรทุกได้ขนาดไหน ใช้ได้ทุกฤดูกาลหรือไม่ ฯลฯ

ผลที่ได้จากงานขั้นนี้จะช่วยให้เจ้าหน้าที่ผู้เขียนถ่ายทอดรายละเอียดจากรูปถ่ายทางอากาศด้วยเครื่องมือเขียนแผนที่ลง บนแผ่นต้นร่างเกิดความสะดวก และไม่มองผิดในรายละเอียดที่เห็นไม่ชัดเจนบางชนิด นอกจากนั้นข้อมูลที่ได้ยังใช้ประโยชน์ในการแยกชนิด หรือแยกประเภทของรายละเอียดในขั้นตอนการให้สัญลักษณ์และคำอธิบายเขียนแยกสี เพื่อเตรียมต้นร่างการพิมพ์

ในปัจจุบันหลายประเทศไม่นิยมปฏิบัติงานขั้นตอนนี้ เพราะสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ใช้วิธีการสำรวจเพิ่มเติมในสนาม (Field Completion) หลังจากได้ต้นร่างที่เขียนถ่ายทอดรายละเอียดแล้วมาทดแทน เพราะสามารถทำได้เร็วกว่า ได้ผลแน่นอน จะได้แผนที่และข้อมูลที่ทันสมัยกว่า

ข. งานรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายมนสำนักงานในงานผลิตแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศนั้น จำเป็นต้องใช้หมุดหลักฐานเพื่อเป็นจุดบังคับรูปถ่าย (Photo Control Point) มีจำนวนที่แตกต่างกัน ตามชนิดของงานตัวอย่าง เช่น การดัดแก้รูปถ่าย เพื่อนำรูปถ่ายที่ดัดแก้แล้วไปผลิตเป็นแผนที่รูปถ่ายต้องการจุดบังคับรูปถ่ายที่ทราบค่าพิกัดทางราบแล้ว และต้องมีตำแหน่งอยู่บริเวณใกล้มุมรูปถ่ายมุมละจุด รวม 4 จุด ถ้าเป็นงานเขียนถ่ายทอดรายละเอียดจากรูปถ่าย ด้วยเครื่องมือเขียนแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศเพื่อผลิตแผนที่ลายเส้น จำเป็นต้องใช้จุดบังคับรูปถ่ายที่ทราบ ค่าพิกัดทางราบแล้วอย่างน้อย 2 จุด จุดที่ทราบค่าพิกัดทางดิ่งอย่างน้อย 3 จุด ต่อ 1 โมเดล (1 โมเดลประกอบด้วยรูปถ่ายคู่ทรวดทรง 2 รูป) และจุดดังกล่าวจะต้องเลือกไว้ให้อยู่ในตำแหน่ง ที่เหมาะสมตามกฎเกณฑ์อีกด้วย

การที่จะใช้วิธีสำรวจรังวัดในภูมิประเทศ เพื่อหาค่าพิกัดให้แก่จุดบังคับดังกล่าวซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากย่อมกระทำได้ยาก บางบริเวณอาจเข้าทำการปฏิบัติการรังวัดไม่ได้ หรือ กระทำได้แต่ต้องสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายสูงมาก

ดังนั้นนักผลิตแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศจึงได้คิดค้นหาวิธีการในการรังวัดเพื่อหาค่าพิกัดให้แก่จุดบังคับรูปถ่าย ด้วยการปฏิบัติการรังวัดจากรูปถ่ายภายในสำนักงานจะปฏิบัติ การรังวัดในภูมิประเทศเฉพาะบางจุดที่จำเป็นต้องใช้สำหรับเป็นหลักฐาน ในการปรับแก้ค่าพิกัดของจุดที่วัดได้จารูปถ่ายในสำนักงานเท่านั้น

กรรมวิธีในการรังวัดหาค่าพิกัดให้แก่จุดบังคับรูปถ่ายในสำนักงาน นิยมเรียกเป็นภาษาไทยว่า "การรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่าย" ซึ่งในภาษาอังกฤษใช้คำว่า "Aerial Triangulation" ในปัจจุบันนักวิชาการด้านนี้ ได้คิดค้นหาเทคนิควิธีรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายทางอากาศขึ้น ใช้หลายวิธีด้วยกัน เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้งานแต่ละชนิด แต่ละกรรมวิธีให้ผลงานและความละเอียดถูกต้องของงานที่แตกต่างกัน ใช้เครื่องมือปฏิบัติการรังวัดและความรู้ความสามารถของผู้ปฏิบัติการรังวัดที่แตกต่างกันด้วย งานขั้นนี้นับเป็นขั้นตอนสำคัญของงานการทำแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศ

การที่จะผลิตแผนที่ให้ได้ความละเดียดถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่จะต้องสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายสูงเพียงใดขึ้นอยู่กับวิธีที่เลือกปฏิบัติในขั้นนี้เป็นสำคัญ วิธีการรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายทางอากาศที่นักวิชาการคิดขึ้นใช้จนถึงสมัยปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีคือ

1) การรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายโดยอาศัยเส้นรัศมี การรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายด้วยวิธีการนี้ใช้วิธีการปฏิบัติการรังวัดบนพื้นผิวของรูปถ่ายทางอากาศ โดยใช้แนวเส้นรัศมีเป็นหลัก และจะได้ค่าเฉพาะพิกัดทางราบของจุดบังคับรูปถ่ายเท่านั้น นับเป็นวิธีการที่สามารถปฏิบัติได้เร็ว ใช้เครื่องมือเครื่องใช้ที่มีราคาถูก ผู้ปฏิบัติไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้สูงสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย เหมาะสำหรับทำการรังวัดหาค่าพิกัดให้แก่จุดบังคับรูปถ่ายที่ใช้ในงานผลิตแผนที่ที่มีมาตราส่วนเล็กกว่ามาตราส่วนของรูปถ่าย และไม่ต้องการแสดงค่าความสูงลงในแผ่นแผนที่นั้น หรือแสดงค่าความสูงด้วย แต่การหาค่าความสูงกระทำด้วยการสำรวจรังวัดทางภาคพื้นดิน

การรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายด้วยวิธีการนี้ ถ้าภูมิประเทศบริเวณที่จะทำแผนที่เป็นพื้นราบ จะให้ค่าความละเอียดถูกต้องของงานดีกว่าบริเวณพื้นที่ที่เป็นเนินหรือภูเขา การปฏิบัติการรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายโดยอาศัยเส้นรัศมี มีการปฏิบัติการรังวัดอยู่หลายวิธีด้วยกันใช้เครื่องมือที่แตกต่างกัน และให้ค่าความละเอียดถูกต้องของผลงานที่แตกต่างกันด้วย ผู้ที่มีประสพการณ์ในการรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่าย จะสามารถเลือกวิธีในการปฏิบัติการได้ถูกต้องเหมาะสมและตรงตามวัตถุประสงค์

2) การรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่าย โดยอาศัยภาพหุ่นจำลองของลักษณะภูมิประเทศ (Spatial Aerial Teiangulation) การปฏิบัติการรังวัดขยายจุดบังคับโดยวิธีนี้จะใช้เครื่องมือประเภท Stereo Restitution Instrument สร้างภาพหุ่นจำลองของภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ปฏิบัติการซึ่งปรากฏอยู่ในส่วนเหลื่อมล้ำตามแนวบินของรูปถ่ายคู่ทรวดทรงขึ้น ให้เห็นภายในเครื่องมือแล้วผู้ปฏิบัติการรังวัดก็ทำการรังวัดค่าพิกัดหรือข้อมูลใด ๆ ภายในภาพหุ่นภูมิประเทศนั้นตามวิธีที่เลือกใช้ เสร็จแล้ว จึงนำค่าพิกัดและข้อมูลที่วัดได้ ไปคำนวณหาค่าพิกัดของจุดบังคับรูปถ่าย แต่มีอีกวิธีหนึ่งของการรังวัดขยายจุดบังคับคือ ไม่ใช้เครื่องมือประเภท Stereo Restitution Instrument ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Comparator ทำการรังวัดพิกัดบนพื้นผิวของรูปถ่ายแล้วนำค่าพิกัดและข้อมูลที่วัดได้ไปคำนวณสร้างหุ่นจำลองภูมิประเทศขึ้น แล้วทำการคำนวณหาค่าพิกัดของจุดบังคับรูปถ่ายจากหุ่นภูมิประเทศที่สร้างขึ้นได้ด้วยการคำนวณ

การรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่าย โดยอาศัยภาพหุ่นจำลองของภูมิประเทศ มีหลายวิธีด้วยกัน แต่ละวิธีก็ใช้เครื่องมือและการปฏิบัติการรังวัดรวมทั้งการคำนวณหาค่าพิกัดที่แตกต่างกันใช้ผู้ปฏิบัติการรังวัดที่มีพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน เสียเวลา ค่า

ใช้จ่ายและความละเอียดถูกต้องของงานที่ได้แตกต่างกันด้วย วิธีในการปฏิบัติการรังวัดขยายจุดบังคับภาพหุ่นจำลองของภูมิประเทศจะได้ค่าพิกัดของจุดบังคับทั้งค่าพิกัดทางราบ และค่าพิกัดทางดิ่ง ต่างกับวิธีการรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายโดยอาศัยเส้นรัศมีซึ่งจะได้ เฉพาะค่าพิกัดทางราบเท่านั้น

การรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายแต่ละวิธี ต้องการจำนวนและตำแหน่งของจุดบังคับที่ต้องทำการสำรวจรังวัดหาค่าพิกัดทั้งจุดบังคับทางราบและจุดบังคับทางดิ่งไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ วิธีที่จะเลือกไปใช้ในการคำนวณปรับแก้ค่าที่ได้จากการรังวัดและค่าความละเอียดถูกต้องของงานที่ต้องการ ผู้ที่มีประสพการณ์และการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้มาอย่างดีจะสามารถเลือกวิธีและกำหนดแผนงานการรังวัดขยายจุดบังคับได้ถูกต้องเหมาะสมกับ เวลา ค่าใช้จ่ายและความละเอียดถูกต้องของงานตามต้องการ

6. งานเขียนถ่ายทอดรายละเอียดเพื่อผลิตแผนที่ภูมิประเทศจากรูปถ่ายทางอากาศ

งานเขียนถ่ายทอดรายละเอียดเป็นการปฏิบัติงานอีกขั้นตอนหนึ่งของการผลิตแผนที่ ภูมิประเทศแบบแผนที่ลายเส้น (Line Map) จากรูปถ่ายทางอากาศ งานเขียนถ่ายทอดรายละเอียดเพื่อผลิตแผนที่ภูมิประเทศจากรูปถ่ายทางอากาศแบบแผนที่ลายเส้น มี 2 วิธีคือ

6.1 เขียนถ่ายทอดรายละเอียดจากรูปถ่ายที่ดัดแก้แล้ว วิธีนี้เป็นการปฏิบัติการคัดลอกหรือจำลองลวดลายที่ปรากฏอยู่บนรูปถ่าย ซึ่งได้ดัดแก้ความคลาดเคลื่อนในทางตำแหน่งของรายละเอียดเรียบร้อยแล้ว นำมาใส่ไว้ในแผ่นต้นร่างแผนที่คัดเอาเฉพาะรายละเอียดที่พิจารณาว่าสำคัญและจำเป็นเหมาะสมแก่การใช้งานเท่านั้น โดยการใช้แผ่นต้นร่างใสทาบทับรูปถ่ายที่ดัดแก้แล้ว ซึ่งมาตราส่วนของรูปถ่ายจะต้องเท่ากับมาตราส่วนของแผ่นต้นร่าง

การเขียนถ่ายทอดรายละเอียดวิธีนี้ทำได้โดยง่าย เพราะไม่ต้องใช้เทคนิคพิเศษแต่อย่างใด ความละเอียดถูกต้องในทางตำแหน่งของรายละเอียดขึ้นอยู่กับชนิดของรูปถ่ายที่ดัดแก้แล้ว ถ้าเป็นรูปถ่ายที่ดัดแก้ด้วยเครื่อง Rectifier ความคลาดเคลื่อนในทางตำแหน่งของรายละเอียดอันเนื่องมาจากอาการเอียงของกล้องถ่ายรูปขณะทำการถ่าย ที่เรียกว่า Tilt Dist Placement จะถูกขจัดให้หมดไป

ในขั้นปฏิบัติการดัดแก้โดยใช้จุดบังคับรูปถ่ายเป็นหลักในการดัดแก้ แต่ความคลาดเคลื่อนในทางตำแหน่งอันเนื่องมาจากความสูงต่ำของพื้นผิวภูมิประเทศ และความสูงต่ำของรายละเอียดที่ปรากฏบนพื้นผิวภูมิประเทศที่เรียกว่า Relief Displacement จะยังคงเหลืออยู่

ถ้าเป็นรูปถ่ายที่ดัดแก้ด้วยเครื่องออร์โธโฟโต้แล้วและเรียกว่า Ortho Photograph นั้น ความคลาดเคลื่อนในทางตำแหน่งทั้งที่เกิดจากการเอียงของกล้องถ่ายรูป และเกิดจากความสูงต่ำของพื้นผิวภูมิประเทศจะถูกแก้ให้หมดไปในขั้นการผลิตรูปถ่าย หรือเหลือน้อยที่สุด ดังนั้น การคัดลอกรายละเอียดจากรูปถ่ายชนิดนี้ จะได้ตำแหน่งที่ถูกต้องแน่นอนกว่า การเขียนถ่ายทอดรายละเอียดตามวิธีการดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะได้เฉพาะรายละเอียดในทางราบเท่านั้น

6.2 เขียนถ่ายทอดรายละเอียดจากรูปถ่ายคู่ทรวดทรง ด้วยเครื่องมือประเภท Stereo Restitution Instrument วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ปฏิบัติอยู่ทั่วไป สำหรับการเขียนถ่ายทอดรายละเอียดจากรูปถ่ายทางอากาศเพื่อผลิตแผนที่ลายเส้น เพราะสามารถเขียนถ่ายทอดได้ทั้งรายละเอียดในทางราบ และรายละเอียดในทางความสูง ซึ่งอาจแสดงด้วยเส้นชั้นความสูง (Contour Lines) หรือจุดความสูง (Spot Height) Stereo Restitution Instrument เป็นเครื่องมือที่มีส่วนประกอบอย่างเพียงพอที่จะช่วยให้สามารถสร้างภาพหุ่นของภูมิประเทศจากรูปถ่ายคู่ทรวดทรง ให้มองเห็นได้ภายในเครื่องมือ สามารถปรับระดับและขนาดของภาพหุ่นภูมิประเทศและเขียนถ่ายทอดรายละเอียดที่มองเห็นนั้นลงบนแผ่นต้นร่างแผนที่ หลักการเขียนถ่ายทอดรายละเอียดจากรูปถ่ายทางอากาศตามวิธีนี้สามารถอธิบายสั้น ๆ พอเข้าใจได้ดังนี้

เตรียมการเกี่ยวกับเครื่องมือและใส่รูปถ่ายทางอากาศ (Inner Orientation) การปฏิบัติการในขั้นนี้เป็นการจัดเตรียมเครื่องมือให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้ปฏิบัติการ เขียนถ่ายทอดรายละเอียด เช่น การปรับระบบไฟที่ใช้แสงสว่าง ตั้งค่า Principal Distance ค่าควงต่าง ๆ ให้อยู่ในตำแหน่งปกติ ใส่มาตราส่วนวัดความสูง ตั้งแพนโตกร๊าฟ หรือจัดระบบเกียร์ต่าง ๆ ฯลฯ และใส่รูปถ่ายทางอากาศลงบนที่รองรับให้ถูกต้องตามวิธีการใช้เครื่องแต่ละชนิด

รูปถ่ายทางอากาศที่กล่าวถึงในที่นี้ มิใช่รูปถ่ายทางอากาศที่เป็นแบบฟิมล์ลงบนกระดาษอัดรูปแต่เป็นรูปถ่ายที่เป็น Negative Film หรือเป็น Positive ที่มีฐานเป็นฟิมล์หรือแก้ว Glass Plate ที่เรียกว่า Diapositive อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งานและชนิดของเครื่องมือ

7. การขจัด Y-Parallax ในภาพทรวดทรงของหุ่นจำลองภูมิประเทศ

ปฏิบัติการขจัด Y-Parallax ในภาพทรวดทรงของหุ่นจำลองภูมิประเทศที่มองเห็นภายในเครื่องมือ (Relative Orientation) การปฏิบัติการในขั้นนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะจัดให้ Projector หรือ

Camera ทั้งสองของเครื่องมือ มีลักษณะอาการเอียงได้ส่วนสัมพันธ์กันคล้ายกับอาการเอียงของกล้องถ่ายรูปทางอากาศขณะเปิดหน้ากล้องถ่ายรูปสองตำแหน่งที่ได้รูปถ่ายคู่ทรวดทรงคู่ที่ใส่อยู่ในเครื่องมือนั้น การปฏิบัติการดังกล่าวจะสำเร็จสมความมุ่งหมายได้ก็ด้วยการหมุนควงสำหรับหมุนหรือเคลื่อนโปรเจคเตอร์ของเครื่องมือที่เรียกว่า Orientation Element ซึ่งมีอยู่ในเครื่องมือนั้น การหมุนควงดังกล่าวไปมากน้อยเพียงใด ในทิศทางไหน

ผู้ปฏิบัติใช้วิธีสังเกตความต่างทางตำแหน่งของภาพรายละเอียดชนิดเดียวกันที่เห็นในภาพทรวดทรงตามแนวแกนวาย (Y-Parallax) ตามบริเวณที่กำหนดไว้สำหรับควงหมุนแต่ละตัวโดยเฉพาะ เมื่อปฏิบัติการขั้นนี้เสร็จสมบูรณ์แล้วจะเห็นภาพทรวดทรงของภูมิประเทศชัดเจนมีลักษณะที่เป็นอยู่ในภูมิประเทศจริงมากที่สุด

ปรับระดับมาตราส่วนของภาพหุ่นภูมิประเทศ (Absolute Orientation) ความมุ่งหมายในการปฏิบัติขั้นนี้ก็ เพื่อที่จะปรับระดับของภาพหุ่นภูมิไประเทศที่มองเห็นภายในเครื่องมือให้มีระดับสมจริงกับที่เป็นอยู่ในภูมิประเทศ และมีขนาดตรงตามอัตราการย่อ(มาตราส่วน) ที่พึงประสงค์

การปรับระดับและมาตราส่วนของภาพหุ่นภูมิประเทศที่มองเห็นในเครื่องมือสามารถกระทำได้โดยอาศัย Orientation Elements ของเครื่องมืออ่านค่าระดับของภาพหุ่นภูมิประเทศได้ตรงตามค่าระดับของจุดบังคับรูปถ่ายที่หาไว้แล้วด้วยการปฏิบัติการรังวัดในสนาม หรือด้วยการรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่ายในสำนักงาน ส่วนการปรับมาตราส่วนของภาพภูมิประเทศ ก็อาศัยจุดบังคับรูปถ่ายที่พล็อตตำแหน่งลงไว้ในแผ่นต้นร่าง(Manuscript) ซึ่งมีมาตราส่วนตรงตามความต้องการของการเขียนถ่ายทอดรายละเอียดเป็นหลักในการปรับ

เมื่อปฏิบัติการมาถึงขั้นนี้ ก็จะได้ภาพของหุ่นภูมิประเทศที่มีระดับสมจริงกับที่เป็นอยู่ในภูมิประเทศจริง และมีขนาดตรงตามอัตราส่วนการย่อที่พึงประสงค์ พร้อมที่จะเขียนถ่ายทอดรายละเอียดที่ต้องการแสดงลงไว้ในแผ่นต้นร่างแผนที่ ซึ่งมีเส้นโครงพิกัดอยู่พร้อมแล้ว การเขียนถ่ายทอดรายละเอียดนิยมเขียนรายละเอียดที่เป็นหลักลงก่อน เช่น ถนน ทางรถไฟ ทางน้ำ เป็นต้น ต่อไปจึงเขียนรายละเอียดชนิดอื่นที่ต้องการลงไป

วิธีการเขียนถ่ายทอดรายละเอียดก็อาศัยจุดสำหรับใช้เป็นเครื่องหมายสังเกต ในการรังวัดซึ่งเรียกว่า จุดรังวัด (Measuring Mark) ที่มีอยู่ภายในเครื่องมือนั้นเป็นที่สังเกต ผู้ปฏิบัติการบังคับระบบ Tracing Device ให้จุดรังวัดเคลื่อนไปตามรายละเอียดที่มองเห็นในภาพหุ่นภูมิประเทศ ที่ต้องการรังวัดระบบ Tracing Device จะบังคับให้ปลายดินสอเขียนรายละเอียดลงบนแผ่นต้นร่าง ตามทิศทางที่จุดรังวัดเคลื่อนไปในภาพของหุ่นภูมิประเทศ

ปัจจุบันการเขียนแยกสี เพื่อเตรียมต้นร่างการพิมพ์สีนิยมกระทำในขั้นนี้เลยทีเดียว เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน ด้วยการเขียนถ่ายทอดรายละเอียดที่จะพิมพ์สีเดียวกันลงในแผ่น Scribe Sheet โดยตรง เช่น ทางน้ำ และสิ่งที่เป็นน้ำ ซึ่งจะต้องพิมพ์เป็นสีน้ำเงิน หรือเส้นชั้นความสูงซึ่งจะพิมพ์เป็นสีน้ำตาล เป็นต้นการเขียนถ่ายทอดรายละเอียดตามวิธีที่กล่าวถึงนี้ จะต้องใช้ผู้ปฏิบัติที่มีความชำนาญงานพอสมควรจึงได้ผลงานถูกต้องสวยงาม

คำถามทบทวน

1. การผลิตแผนที่ คือ
2. การสำรวจรังวัดทางภาคพื้นดินมีวิธีการอย่างไร
3. งานสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดิน แบ่งออกเป็นกี่ประเภท แต่ละประเภทเป็นอย่างไร
4. การผลิตแผนที่จากรูปมีกี่ชนิดอะไรบ้าง
5. วิธีการผลิตรูปถ่ายทางอากาศเป็นอย่างไร
6. การสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดิน มีวิธีการอย่างไร
7. วิธีการเขียนถ่ายทอดรายละเอียดเพื่อผลิตแผนที่ภูมิประเทศจากรูปถ่ายทางอากาศ
8. วิธีขจัด Y - Parallax ในภาพทรวดทรงของหุ่นจำลองภูมิประเทศเป็นอย่างไร

บรรณานุกรม

จงเจริญ อนันตริยกุล, 2515.**การบริหารงานออกโฉนดที่ดินในทางปฏิบัติ.**กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี.

ชุมพร กุลเกษม.2504. **คู่มือการอ่านแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์กรม แผนที่ทหาร

ถาวร แก้วญานะ.2515. **คำสอนวิชาสำรวจ.**กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวี ทองสว่าง.2520.**แผนที่และความเข้าใจเกี่ยวกับแผนที่.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

ปราณี สุนทรศิริ.2540.**การรังวัดแผนที่ภูมิประเทศ.**กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พินิจ ถาวรกุล.2535.**การทำแผนที่.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กรมแผนที่ทหาร

พินิจ ถาวรกุล.2523.**การอ่านแผนที่และรูปถ่ายทางอากาศ.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กรมแผนที่ทหาร

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย.2525.**วิชาการสำรวจ.**กรุงเทพฯ : ไทยแลนด์การพิมพ์

ยอด พึ่งละออ.2507.**เส้นโครงแผนที่หลักสูตรนายทหารชั้นสูง.** ภาพประกอบแผนที่ ตาราง (เอกสารอัดสำเนา)

ยอด พึ่งละออ. 2528. **ทฤษฎีเส้นโครงแผนที่.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์น่ำกัง

ยอด พึ่งละออ.2525. **การสำรวจวงรอบ.**กรุงเทพฯ : กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด.

ยอด พึ่งละออ.2525.**การระดับพิเศษ ภาคปฏิบัติ.** กรุงเทพฯ : กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด.

วัชรินทร์ วิทยกุล.2530.**การรังวัดภูมิประเทศและงานก่อสร้าง.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์

ศรีวิโรจน์ จันทวงศ์.2519.**รังวัดสำหรับช่างก่อสร้าง.**กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์นิยมวิทยา

สรรค์ใจ กลิ่นดาว.2534.**การอ่านแผนที่และตีความภาพถ่ายทางอากาศ.**กรุงเทพมหานคร : บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด

สมหวัง ตัณฑลักษณ์. 2525. **สารานุกรมแผนที่และการสำรวจ ฉบับปรับปรุงแก้ไข 2525.**กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

สมหวัง ตัณฑลักษณ์.2525.**คำสอนวิชาสำรวจ.**กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Anderson, J. M. and E.M. Mikhail.1985. **Introduction to Surveying.** International Edition : McGraw-Hill, Inc

Bannister, A. and S.Raymond. 1999. **Surveying.** England : Pitman Publishing

Benton, Jr. A. R. and P. J. Taetz. 1991.**Elements of Plane Surveying.** International Edition :

McGraw-Hill, Inc

Brinker, R.C. and W.C. Taylor.1967.**Elementary Surveying.** Scranton, Pennsylvania : International Textbook,

Philip Kissam.1956. **Surveying Instrument and methods**. Newyork : McGraw-Hill Book Company

S.V. Kulkani .1972. **Surveying and Leveling**. India :Poona

William Irvine, **Surveying for Construction**, McGraw-Hill Book Company.

ภาคผนวก

ระเบียบเกี่ยวกับการสร้างและซ่อมแซมหมุดหลักในโครงงานแผนที่ (กรมที่ดิน)

ระเบียบกรมที่ดิน
ว่าด้วยการสร้างและซ่อมแซมหมุดหลักฐานในโครงงานแผนที่
พ.ศ.2526

ตามกรมที่ดินมีคำสั่งที่ 62/2513 ลงวันที่ 23 ธันวาคม 2513 วางระเบียบเกี่ยวกับการสร้างและซ่อมแซมหมุดหลักฐานโครงงานแผนที่ไว้นั้น ปรากฏว่าคำสั่งบางข้อไม่ชัดเจน บางข้อไม่สะดวกในการปฏิบัติและทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงาน กรมที่ดินจึงได้ปรับปรุงและวางระเบียบเสียใหม่ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ระเบียบนี้เรียกว่า "ระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการสร้างและซ่อมแซมหมุดหลักฐานโครงงานแผนที่ พ.ศ.2526"

ข้อ 2 ให้ใช้ระเบียบนี้ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ข้อ 3 ให้ยกเลิกคำสั่งกรมที่ดินที่ 62/2513 ลงวันที่ 23 ธันวาคม 2513 และคำสั่งระเบียบ หรือวิธีปฏิบัติอื่นใดที่ขัดหรือแย้งกับระเบียบนี้

บทเบ็ดเสร็จทั่วไป

ข้อ 4 ระเบียบนี้ใช้สำหรับงานวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่ทุกชนิดเพื่อใช้ในการสร้างระวางแผนที่

ข้อ 5 กรมที่ดินเป็นผู้กำหนดรูปขนาดเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่รวมทั้งวิธีการรังวัดและซ่อมแซมเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ทั่วไป ซึ่งประกอบด้วยเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ชั้น 1 ชั้น 2 ชั้น 3 และหมุดหลักฐานแผนที่ต่างๆ ซึ่งได้ค่าพิกัดจากแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ สำหรับการรังวัดเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ดังกล่าว กรมที่ดินอาจมอบให้สำนักงานที่ดินจังหวัด หน่วยราชการอื่น หรือบริษัทเอกชนรับไปดำเนินการได้

ข้อ 6 หมุดหลักฐานแผนที่ต่างๆ ของกรมแผนที่ทหารซึ่งมีค่าพิกัดภูมิศาสตร์และเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ของกรมที่ดินได้ทำการรังวัดเสร็จใช้ราชการได้แล้ว ให้นำมาใช้ประกอบรังวัดวางเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ที่จะทำขึ้นใหม่ได้

ข้อ 7 การรังวัดหมุดหลักฐานแผนที่อาจจะกระทำได้ตามวิธีต่อไปนี้

(1) โดยการวัดระยะและวัดมุมระหว่างหมุด

(2) โดยวิธีทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ

ข้อ 8 หมุดหลักฐานแผนที่หลักซึ่งกรมที่ดินจะนำไปใช้เป็นหมุดออกและเข้าบรรจบในการวางเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 1 นั้น จะต้องเป็นหมุดหลักฐานแผนที่ที่ได้มาจาก

(1) หมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งมีค่าพิกัดภูมิศาสตร์จากงานโครงข่ายสามเหลี่ยม หรืองานวงรอบชั้น 1

(2) หมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 1 ของกรมที่ดินได้มาจากการวัดระยะด้วยเครื่องวัดระยะอีเล็คโทรนิค ซึ่งรังวัดออกและเข้าบรรจบจากหมุดหลักฐานแผนที่ของกรมแผนที่ทหารที่มีความละเอียดสูง

ส่วนการวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่จะเป็นชนิดและวิธีใดนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดรูปร่างสภาพของบริเวณ และตำแหน่งของหมุดหลักฐานแผนที่บริเวณพื้นที่นั้น

ข้อ 9 เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 1 ให้วางและเข้าบรรจบหมุดหลักฐานแผนที่หลักและความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่เกิน 20 ก.ม. ระยะระหว่างหมุดที่ทำการรังวัดด้วยโซ่ไม่ควรยาวเกิน 12.5 เส้น ระยะที่ยาวกว่านี้อาจทำการรังวัดด้วยเครื่องวัดระยะอีเล็คโทรนิค ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ความยาวระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ควรมีระยะเท่ากัน และให้สร้างหมุดหลักฐานแผนที่ถาวร 1 คู่ทุกหมู่บ้าน ทุกแยกทางหลวง หรือทุกระยะประมาณ 5 ก.ม. โดยให้หล่อหมุดในที่มั่นคงถาวรใกล้กับพยานที่ค้นหาง่าย เช่น หลักกิโลเมตร

ถ้าแนวเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ไม่เป็นไปตามนี้ ให้รังวัดด้วยวิธี NODAL POINT

ข้อ 10 พื้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 2 ให้วางออกและเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 1 ประสงค์ในการสร้างหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 2 ให้วางออกและเข้าบรรจบกับหมุดหลักฐานการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 3 ระยะระหว่างหมุดหลักฐานของเส้นโครงงานแผนที่ ชั้น 2 ไม่ควรยาวเกิน 12.5 เส้น และความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่ควรเกิน 5 ก.ม. แต่ถ้ามีความจำเป็นในกรณีไม่อาจหาหมุดเข้าบรรจบได้ ก็ให้ยาวเกินกว่านี้ได้แต่ต้องไม่เกิน 10 ก.ม. และให้สร้างหมุดหลักฐานถาวรเช่นเดียวกับข้อ 9

ข้อ 11 เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 3 ให้วางระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นเดียวกัน หรือสูงกว่า จุดประสงค์ในการสร้างเส้นโครงงานหมุดหลัก

ฐานแผนที่ชั้น 3 ก็เพื่อสร้างหมุดหลักฐานแผนที่สำหรับเก็บรายละเอียดในบริเวณพื้นที่ดินระยะระหว่างหมุดหลักฐานแผนที่ไม่ควรเกิน 5 เส้น และความยาวทั้งหมดของเส้นโครงงานไม่ควรเกิน 2 ก.ม. แต่ถ้ามีความจำเป็นในกรณีไม่อาจหาหมุดเข้าบรรจบได้ ก็ให้ยาวเกินกว่านี้ได้ แต่ต้องไม่เกิน 4 ก.ม.

การกำหนดชั้นความละเอียดเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ที่ออกและเข้าบรรจบจากเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ต่างชั้นกัน ให้พิจารณาจากหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นต่ำเป็นหลัก

ข้อ 12 เพื่อเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของการรังวัดให้เป็นไปตามเกณฑ์ เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 1 และชั้น 2 ควรวางเป็นแนวเส้นตรง ซึ่งเป็นการวางไปตามแนวถนน ทางรถไฟ ทางเดิน และตามแนวแม่น้ำลำคลอง ซึ่งเป็นการง่ายและสะดวกในการเชื่อมเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นรอง

ข้อ 13 จุดร่วม (NODAL POINT) เป็นจุดซึ่งเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ที่ซึ่งมีความยาวมาก มาบรรจบกันอย่างน้อย 3 เส้น เพื่อใช้ประกอบในการบังคับเส้นโครงงานหลักฐานแผนที่เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่แต่ละเส้นที่มาบรรจบกันที่จุดร่วม จะต้องมีลักษณะคล้ายคลึงกันและออกมาจากหมุดหลักฐานแผนที่ชั้นเดียวกัน เพื่อให้ผลของการคำนวณอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน และที่จุดร่วมจะต้องทำการรังวัดอาซิมุท (AZIMUTH)

กรณีหมุดหลักฐานแผนที่หลักไม่เพียงพอ หรือไม่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมหรือสภาพภูมิ-ประเทศไม่อำนวย อันทำให้เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่แต่ละเส้นมีลักษณะไม่คล้ายคลึงกันก็ให้ทำโดยวิธีนี้ได้

ข้อ 14 เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ที่วางใหม่ จะต้องเชื่อมกับเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ที่ได้สร้างไว้แล้ว และห้ามมิให้รังวัดข้ามเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ที่ยังใช้ราชการอยู่

ข้อ 15 จุดต่างๆ ซึ่งได้ค่าพิกัดตำแหน่งจากวิธีการทำโครงข่ายสามเหลี่ยมโดยภาพถ่ายทางอากาศ และจุดนั้นๆ เป็นจุดซึ่งสามารถชี้ตำแหน่งบนภาพถ่ายทางอากาศและในที่ดินได้ชัดเจนด้วยจะใช้เป็นหมุดออกและเข้าบรรจบเส้นโครงงานแผนที่ชั้น 3 เพื่อใช้ประโยชน์ในการรังวัดทางภาค-พื้นดินเฉพาะบริเวณพื้นที่โครงข่ายสามเหลี่ยมจากรูปถ่ายทางอากาศนั้นๆ

ข้อ 16 ในการจดรายการรังวัดและคำนวณหาค่าพิกัดฉาก จะต้องจดลงในแบบพิมพ์ ซึ่งกรมที่ดินได้กำหนดไว้

โครงร่างของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ที่จะดำเนินการ

ข้อ 17 โครงร่างของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ให้แสดงไว้บนแผนที่มาตราส่วน 1/50,000 หรือ 1/12,500 ซึ่งจำลองหรือขยายมาจากแผนที่ภูมิประเทศ 1/50,000

ข้อ 18 โครงร่างของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ จะประกอบด้วยตำแหน่งของหมุดหลักฐานแผนที่ที่มีอยู่เดิม และแนวเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ที่จะดำเนินการใหม่

ข้อ 19 ชื่อเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ให้ใช้พยัญชนะไทย และเลขไทยเรียงตามไม่เกินสองหลัก ส่วนหมายเลขประจำหมุดหลักฐานแผนที่ให้ใช้เลขอารบิคไม่เกินสามหลัก

(1) ชื่อของเส้นโครงงานหมุดหลัดฐานแผนที่ ชั้น 1 วัดระยะด้วยเครื่องวัดระยะอีเล็คโทรนิค ให้ใช้พยัญชนะ ก.

(2) ชื่อของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 1 นอกจาก (1) ให้ใช้พยัญชนะ ข. ถึง ฆ.

(3) ชื่อเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ ชั้น 2 และชั้น 3 ให้ใช้พยัญชนะ ง. ถึง ฮ.

นอกจากนี้ให้มีรหัสตัวเลขนำหน้าชื่อเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ดังกล่าวเพื่อแสดงให้ทราบว่าเป็นงานวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่ของกองหรือจังหวัดใด

ข้อ 20 รายการซึ่งจะต้องแสดงในโครงร่างของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ตามข้อ 1 มีดังนี้

(1) หมุดหลักฐานแผนที่ที่มีค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของกรมแผนที่ทหาร

(2) หมุดหลักฐานแผนที่ตามข้อ 19

(3) แนวเส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่

(4) ทิศทางของเส้นโครงหมุดหลักฐานที่ใช้เครื่องหมายก้างปลาคู่(>>) ที่หมุดออก และเครื่องมือก้างปลาเดี่ยว (>) ที่หมุดเข้าบรรจบ

การเตรียมการ

ข้อ 21 เส้นโครงงานหมุดหลักฐานแผนที่ที่จะดำเนินการใหม่ ให้แสดงแผนผัง โดยประมาณลงบนแผ่นสำเนาของสารบัญเส้นโครงงานแผนที่ที่มีอยู่เดิม แผนผังเส้นโครงงานใหม่นี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากกองรังวัดและทำแผนที่ด้วย

ดัชนีเรื่อง

ก

กฎของพื้นที่ 25
กระดกกล้อง 95
กระดกกล้องเล็ง 106
กระดาษอัดรูป 138
กล้องแนวดิ่ง 100
กล้องระดับ 41
กล้องเล็งแนวดิ่ง 100
กล้องเล็งหมุด 112
กล้องวัดมุม 41
กลับหัวไม้ระดับ 63
การกำกับทิศแรก 81
การกำหนดจุดเปลี่ยน 73
การชดเชยค่าคลาดเคลื่อน 114
การดัดแก้รูปถ่าย 139
การทำระดับ 68
การทำวงรอบ 81
การนับก้าว 20
การแปลงมาตราส่วน 20
การแปลงมุมทิศ 12
การระดับ 59
การระดับโดยวิธีตรง 73
การรังวัดขยายจุดบังคับรูปถ่าย 139
การรังวัดด้วยเข็มทิศ 125
การวัดมุม 21
การวัดระยะ 21
การวัดหน้าซ้าย 108
การส่องวัด 72
การสำรวจสังเขป 76
การอ่านไม้ระดับ 95
แกนของโลก 30
แกนดิ่ง 91

ข

ขจัดภาพเหลื่อม 71
ขอบระวาง 6
เขตกริด 33
เข็มทิศ 47
เข็มทิศแบบนักสำรวจ 125

ค

คงค่ามุมราบ 109
คลื่นวิทยุเรดำ 26
ควงเกลียวปรับควงสามเส้า 64
ควงบังคับทางราบ 91
ควงปรับระดับฟองกลม 64
ควงสัมผัส 91
ควงสามเส้า 64
ควงส่ายกล้องทางดิ่ง 66
ควงส่ายกล้องทางราบ 64
ความแตกต่างของระดับ 72
ความผิดพลาดคงที่ 108
ความยาวก้าวเฉลี่ย 42
ความเร็วเฉลี่ย 41
ความสูงของแนวเล็ง 70
ความสูงของเส้นเล็งในกล้อง 60
ความสูงบิน 26
ค่าคงที่ 41
ค่าคงที่ทางดิ่ง 113
ค่าคลาดเคลื่อนทางแกนดิ่ง 108
ค่าคลาดเคลื่อนมุมดิ่ง 113
ค่าเฉลี่ยมุมราบ 109
ค่าเบื้องต้น 102
ค่าพิกัดทางใต้ 33
ค่าพิกัดทางเหนือ 33

ค

ค่ามุมดิ่งอ้างอิง 108
ค่ามุมทิศ 86
ค่ามุมที่เบี่ยงเบน 12
ค่ามุมราบ 109
ค่ามุมราบเฉลี่ย 110
ค่าไม้กลาง 60
ค่าไม้หน้า 59
ค่าไม้หลัง 59
ค่าไม้หลังบวก 73
ค่าระดับ 59
ค่าระดับมาตราฐาน 59
คำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง 12
คำอธิบาย 2
คำอธิบายสัญลักษณ์ 6
เครื่องมือช่วยหาข้อมูล 138
เครื่องเล็งมุมฉาก 47
เครื่องวัดระดับแบบมือถือ 48
เครื่องหมาย 2
โครงข่ายสามเหลี่ยม 2
โครงงานแผนที่ 150

ง

งานสำรวจวางหมุดหลักฐานทางภาคพื้นดิน 132
ง่ามมุม 126

จ

จมูกเขา 119
จัตุรัสพันเมตร 38
จัตุรัสแสนเมตร 36
จัตุรัสหมื่นเมตร 38
จานบน 91
จานราบ 91
จานล่าง 91
จานองศา 91
จานองศาดิ่ง 91
จานองศาราบ 92
จีโอดิมิเตอร์ 26
จุดความสูง 142
จุดตรวจค่าระดับ 68
จุดบังคับรูปถ่าย 139
จุดเปลี่ยนกล้อง 60
จุดรังวัด 143
จุดแรกออก 81
จุดศูนย์กำเนิด 33

ช

ชนิด 3 เส้า 92
ชนิด 4 เส้า 92
ช่วงชั้นความสูง 119
ช่องมอง 91
ช่องสายตาส่องลำกล้องเล็ง 66
ช่องสายตาอ่านจานองศา 66
ชั้นของงาน 72

ซ

เซ็ตค่ามุม 109
เซนเทศสิมัล 27
เซนเนสิมัล 27
โซ่ประสานข้อ 26
โซ่รังวัด 46
โซ่วัดระยะ 26

ด

เดคาเมตร 22

ต

ต้นร่างการพิมพ์ 138
ต้นร่างแผนที่ 135
ต่อไม้ระดับ 60
ตัวลำกล้อง 91
ตัววีกลับหัว 119

ท

ทิชชู 100
ทิศทาง 2
ทิศแบบปริสเมติค 125
ทิศเหนือกริด 12
ทิศเหนือจริง 12
ทิศเหนือแม่เหล็ก 12
เทคนิคเชิงเส้น 123
เทปชนิดผ้า 41
เทปวัดระยะ 46
เทปเหล็ก 26
เทลลูโรมิเตอร์ 26

ธ

ธงหน้า 84
ธงหลัง 84

น

นอกขอบระวาง 6
นามศัพท์ 15
เนกาทีฟ 136
แนวของเส้นรังวัด 52

น

แนวโซ่ 46
แนวทางที่จะทำการบิน 136
แนวรูปสามเหลี่ยม 46
แนวเล็ง 109
แนวเส้นโซ่ 48
ในขอบระวาง 6

บ

บันทึกช่วงต่าง เส้นชั้นความสูง 12
บาร์โรมิเตอร์ 135
บารอมิเตอร์ 70

ป

ปริซึม 26
ปวน 22
ปอยท์ 22
ปักหลังเล็ง 54
ปุ่มปรับภาพที่หมายเล็ง 66
เปอร์เซ็นต์ความลาดเอียง 110
เป้าสะท้อน 26
โปรแกรม 102
โปรเจคชั่น 135

ผ

ผลต่างของค่าระดับ 59
ผลบวกของแนวเล็ง 72
ผิวระดับ 59
แผนการบิน 136
แผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศ 2
แผนที่เฉพาะเรื่อง 132
แผนที่เฉพาะวิชา 2

ผ

แผนที่ฐาน 2
แผนที่บก 1
แผนที่ภาพแสดงทิศ 12
แผนที่ภูมิประเทศ 2
แผนที่ลายเส้น 135
แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ 132

พ

พรมแดน 1
พิกัดภูมิศาสตร์ 30
พิกัดสมมติ 33
พื้นที่ส่องวัด 53
พื้นระดับ 134
แพนโตกร๊าฟ 142

ฟ

ฟองยาว 102
ฟองระดับ 49
ฟองระดับกลม 92
ฟองระดับยาว 92

ภ

ภาคของทิศกลับ 128
ภาคทิศ 82
ภาคทิศจากดวงดาว 85
ภาคทิศพื้นดิน 85
ภาคทิศอะซิมุท 81
ภาพจำลอง 12
ภาพถ่ายทางอากาศ 26
ภาพหุ่นจำลองของลักษณะภูมิประเทศ 140
ภูมิภาคย่อย 10
ภูมิศาสตร์โลก 32

ม

มาตราวัดระยะ 26
มาตราส่วน 2
มาตราส่วนกราฟฟิก 18
มาตราส่วนของแผนที่ 20
มาตราส่วนช่วย 91
มาตราส่วนทางวิศวกรรม 18
มาตราส่วนแบบบรรทัด 6
มาตราส่วนแบบเศษส่วน 6
มาตราส่วนเปรียบเทียบ 18
มาตราส่วนเย้ 18
มาตราส่วนหลัก 91
มุมทิศของแม่เหล็ก 125
มุมทิศจริง 126
มุมทิศสมมติ 126
มุมเบี่ยงเบน 82
มุมป้าน 25
มุมเห 81
มุมแหลม 25
เมอริเดียนแม่เหล็ก 125
เมอริเดียนย่านกลาง 33
เมอริเดียนสมมติ 126
ไม้ระดับ 26
ไมล์ทะเล 6
ไมล์บก 22
ไม้หลัง 59

ย

ย่านเวลาที่เปิด 136
ย่านสเตเดีย 92
ย้ายไม้ระดับ 60
ยุทธศาสตร์ 1
ยูนิเวอร์ซัลทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ 32

ย

ยูนิเวอร์ซัลโพลาร์สเตริโอกราฟฟิก 32

ร

ร.ท.ก. 59
ระดับโดยตรง 70
ระดับตามลักษณะระนาบตามขวาง 122
ระดับทางอ้อม 70
ระดับน้ำทะเลปานกลาง 15
ระดับน้ำฟองกลม 64
ระดับน้ำฟองยาว 64
ระดับแบบมือถือ 47
ระดับมือถือแบบแอปเน่ 49
ระดับระนาบ 66
ระนาบของเส้นศูนย์สูตร 30
ระนาบราบ 103
ระบบการส่องสว่าง 112
ระบบชดเชยอัตโนมัติ 114
ระบบทหาร 27
ระบบบ่งบอก 7
ระบบพิกัด 2
ระบบเมตริค 22
ระบบเรเดียน 27
ระบบสายใย 64
ระบบอังกฤษ 22
ระยะก้าวเฉลี่ย 42
ระยะฉาก 48
ระยะทางราบ 18
ระยะทางวงรอบระดับ 72
ระยะสูงบิน 136
ระยะห่างระหว่างแนวบิน 136
ระวาง 2
ระวางแผนที่ 8

ร

รังวัดด้วยโซ่ 46
รูปถ่ายที่ดัดแก้แล้ว 141
รูปทรงสัณฐานของโลก 12

ล

ลักษณะภูมิประเทศ 2
ล้ำทางด้านหน้า 136
ล้ำไปทางด้านข้าง 136
ลูกดิ่ง 100
ลูกศรวัดระยะ 46
เล็งเป้า 109
เลเซอร์ 26
เลนซ์ใกล้ตา 108
เลนซ์โฟกัส 91
เลนซ์หน้ากล้อง 63
เลนซ์หลัง 64

ว

วงรอบด้วยเข็มทิศ 81
วงรอบปิด 81
วงรอบเปิด 81
วัดทบมุมราบ 109
วัดระยะฉาก 48
วัดระยะด้วยอิเลคโทรนิกส์ 22
วัดระยะโดยตรง 21
วัดระยะทางอ้อม 21
วิธีการสามเหลี่ยม 133
วิธีตรง 59
วิธีรังวัดขยายจุดบังคับจากรูปถ่าย 138
วิธีหาระดับโดยตรง 121
วิธีอ้อม 59
วิศวกรรมแผนที่ทะเล 1

ว

เวอร์เนีย 91

ศ

ศูนย์เล็งเป้า 64

ส

สกรูปรับระดับ 92
สกรูโฟกัส 63
สกรูสัมผัส 92
สกรูสัมผัสทางราบ 91
สเตเดีย 26
สถานีแรก 81
สถานีหน้า 85
สถานีหลัง 85
สัญลักษณ์ 2
สันปันน้ำ 119
สามเหลี่ยมรูปเดี่ยว 86
สายใย 64
สายใยดิ่ง 92
สายใยตัด 92
สายใยในตัวกล้อง 91
สายใยบน 26
สายใยราบ 92
สายใยล่าง 26
สายใยสเตเดีย 64
สายส่งศักดิ์สูง 15
สารบาญ 10
สารบาญเขตการปกครอง 12
สารบาญแผนที่ 8
สารบาญระวางติดต่อ 12
สำรวจด้วยโต๊ะแผนที่ 135
สำรวจทางยีออเดซี่ 133

ส

สำรวจเพิ่มเติมในสนาม 138
สำรวจรังวัด 41
สำรวจสังเขป 41
เส้นกริด 14
เส้นขนาน 30
เส้นโครงแผนที่ 14
เส้นชั้นความสูง 119
เส้นฐาน 47
เส้นตรวจสอบ 47
เส้นเมอริเดียน 30
เส้นเมอริเดียนหลัก 30
เส้นระดับ 59
เส้นรัศมี 140
เส้นลองจิจูด 30
เส้นละติจูด 30
เส้นวงรอบ 81
แสง 2

ห

หน่วยของโซ่ 22
หน้าปัด 26
หมายเลขแผ่นระวาง 8
หมายเลขลำดับชุด 8
หมุดความสูง 122
หมุดไม้ 47
หมุดระดับสมบูรณ์ 73
หมุดระดับเอ 59
หมุดแรกออก 49
หมุดสนาม 47
หมุดหมายสถานี 49
หมุดหลักฐาน 59
หมุดหลักฐานตามแนวนอน 132

ห

หมุดหลักฐานตามแนวยืน 132
หมุดเหล็ก 46
หลอดระดับ 49
หลักฐานตามแนวนอน 15
หลักฐานตามแนวยืน 15
หลักเล็ง 47
ห่วงโซ่ 46
ให้แนวเล็ง 60

อ

ออร์โธโฟโต้ 142
อัตรายุบที่ขั้วโลก 14
อัตราส่วนสามเหลี่ยมมุมฉาก 52
อันดับงาน 72
อินฟราเรด 26
อิเล็คโทรนิกส์ดิจิตอล 95
อุทกศาสตร์ 1
เอียงไม้ระดับ 60
แอลกอฮอล์อีเทอร์ 100

ฮ

เฮคโตเมตร 22

SUBJECT INDEX

A

Abney Level 47
Adjustment Screws 64
Aerial Triangulation 139
Aiming Sight 64
Air Pressure Leveling 135
Arbitrary Bearing 126
Arbitrary Meridian 126
Arrows 46
Auxiliary Data Equipment 138
Auxiliary Scale 91
Avitilt 106
Azimuth 81

B

B.M. 59
B.S. 59
Back Sight 59
Bar-graph 106
Barometer 70
Base Line 47
Base Map 2
Bearing 86
Bench Mark 59
Bench Mark 59
Bench Mark A 59
BM 68
BMP 68
BMS 68

C

Centesimal 24
Chain Line 46
Chaining Measurements 26
Chang Point 68
Check Line 47
Circle Bubble 64
Circular Level 92
Circumferences 24
Clamp 91
Close Traverse 81
Cloth Tape 46
Comparative Scale 18
Compass 47
Compass Surveying 125
Compass Traverse 81
Contour Interval 119
Contour Interval Note 12
Contour Line 119
Contour Lines 142
CP 68
Cross Section 122
Cross Staff 47

D

Declination Diagram 12
Deflection 82
DEG 105
Degree 24
Develop 136
Diagonal Scale 18

D

Diaphragm 64
Different Level 59
Different Level 72
Diflection 81
Direct Measurement 21
Direct Method 121

E

Electromagnetic Distance Measurement 22
Electronic Digital Theodolites 95
Elevation 59
Elevation Guide 12
Engineering Chain 26
Engineering Scale 18
Equator 30
Everest 14
Eye Piece 64

F

F.S. 60
Field Book 47
Field Completion 138
Focussing Knob 66
Focussing Knob 94
Foot Screws 64
Fore Bearing 128

G

Geodetic Survey 133
Geodimeter 26
Geographic Co-ordinate 30

G

Gird 14
Glass Plate 142
Glossary 6
GON 105
Graphic Scale 18
Graphical 6
Greenwich 30
Grid North 126
Ground Control Survey 132

H

H.I. 60
Height 60
Hold 103
Horizon 103
Horizontal Control 132
Horizontal Drive Screw 64
Horizontal Hair 94
Horizontal Plane 134

I

I.F.S. 60
Identification 7
Index 10
Index to Adjoining Sheet 12
Index to Boundaries 12
Indirect Method 122
Infra-red 22
Infra-red or Laser 26
Intal Setting 106
Instrument 60
Intermediate Fore Sight 60

L

L 7017 2
Land Chain 46
Laser 22
Latitude 30
LCD 95
Legend Symbol 6
Level 59
Leveling 59
Leveling Line 59
Leveling Screw 92
Leveling Screws 64
Leveling Staff 68
Line Map 135
Longitude 30
Lower Clamp Screw 91
Lower Plate 91

M

Magnetic Bearing 126
Magnetic North 125
Main Scale 91
Map Index 8
Map Scale 6
Map Sheet 8
Marginal 6
Maximum Strength 86
Measurement 21
Measuring Mark 143
Mechanical Constant error 108
MIL 105
Military System 27
Minute 24

N

Name Press 15
Nautical Mile 6
Negative 136
Nort 12

O

Objective Lens 63
Odometer 26
Offset 48
Open Traverse 81
Optical Distance Measurement 21
Optical Plummet 112
Ortho Photograph 142

P

Pacing 25
Paper Print 138
Parallax 71
Parallels 30
Photo Control Point 139
Photogrammetry 26
Plane Table Survey 135
Polar Axis 30
Prime Meridian 30
Principal Distance 142
Pringcipal Bench Mark 68
Prismatic Compass 125
Projection 14
Pronunciation Guide 6

R

Radian System 27

R

Ranging Pole 47
Reading Eyepiece 66
Reading Staff 95
Rectifier 141
Representative 6
Representative Fraction, R.F. 18
Retical & LCD Illumination 112
RST 102

S

Scribe Sheet 144
Secondary Bench Mark 68
Senesimal 27
Series Number 8
Sexagesimal 24
Side lap 136
Sighting 94
Signal 60
Single Triangle 86
Spatial Aerial Teiangulation 140
Speedometer 26
Spheroed Note 12
Spot Elevation 122
Spot Height 142
Stadia 26
Standard Mean Sea Level 59
Standard Mean Sea Level 59
Station Pegs 47
Statue 6
Steadier 70
Steel Pin 46
Steel Tape 46

S

Steet Number 8
Sub-Regional Area 10
Surveyer Compass 125
Surveyer compass 125

T

T.P. 60
Tangent 25
Tangent Screw 91
Telescope 94
Telescope Eyepiece 66
Tellurometer 26
Theldolite 66
Thematic Maps 2
Theodolite Traverse 81
Tilt Dist Placement 141
Topographic Maps 2
TP 68
Tracing Device 143
Traverse 81
Traversing 81
Triangulation 81
Triangulation Net 133
Trigonometric 70
True Bearing 126
True North 126
Tubular Level 92
Tubular Level bubble 64
Turning Point 60

U

UPS Grid 32

UTM Grid 32

V

Vertical Axis 91

Vertical Circle 91

Vertical Circle Zero Point Error 113

Vertical Constant 113

Vertical Control Point 132

Vertical Drive Screws 66

Vertical Hair 94

W

WGRS GRID Grid 32

Y

Yards 6

Z

Zenith 103