



สนามทดสอบ เพื่อการรังวัดทางราบ

ร.อ. นพคณ ไชยศิริ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-397-2

013392

I158bA844

A TEST FIELD FOR HORIZONTAL SURVEY MEASUREMENTS



Captain Nopphadon Chotsiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering

Department of Survey Engineering
Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สนามทดสอบเพื่อการรังวัดทางราบ

โดย ร้อยเอก นพดล ไชติศิริ

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิพงษ์ วิญญูประดิษฐ์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. สรชัย หิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นิตชัย ไชยสระแก้ว)

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์ สมหวัง ดัตตลักษณ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิพงษ์ วิญญูประดิษฐ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สนามทดสอบ เพื่อการรังวัดทางราบ

โดย ร้อยเอก นพดล โชติศิริ

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิพงษ์ วิญญูประดิษฐ์

ปีการศึกษา 2528



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ออกแบบและสร้างสนามทดสอบให้มีความถูกต้องของค่าทิศทางราบ เพียงพอที่จะใช้ในการทดสอบงานรังวัดทางวิศวกรรมสำรวจในระดับงานชั้นที่หรือต่ำกว่า โดยในชั้นออกแบบได้อาศัยเทคนิคของลิสต์สแควร์มาคำนวณหาจำนวนและความแปรปรวนที่เหมาะสมของค่าสังเกตโดยไม่ใช้ข้อมูลสนาม ซึ่งจะส่งผลให้ เมื่อได้ดำเนินการรังวัดจริงตามที่ได้ออกแบบไว้ จะทำให้ได้สนามทดสอบที่มีความถูกต้องเป็นไปตามความต้องการ ผลที่ได้นี้จะทำให้สามารถใช้สนามทดสอบในการ ศึกษา ตรวจสอบ วิเคราะห์ ตลอดจนประเมินขีดความสามารถของ ช่างรังวัด เครื่องมือรังวัด และวิธีการรังวัด สำหรับงานรังวัดแบบต่าง ๆ ทางวิศวกรรมสำรวจ อันจะช่วยลดหรือขจัดปัญหาที่มักเกิดขึ้นในกิจการด้านนี้ได้มาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title A Test Field for Horizontal Survey Measurements
Name Captain Nopphadon Chotsiri
Thesis Advisor Assistant Professor Soottipong Winyoopradist
Department Survey Engineering
Academic Year 1986



ABSTRACT

The objective of this research is to design and construct a test field whose accuracy coordinates in a horizontal plane is sufficient to test the third or lower order surveying work. In designing the test field, the least squares technique was used to determine suitable magnitudes of observations and their variances. The test field was then constructed and checked to make sure that it has the same accuracy as in the design. Now the test field can be used in studying, testing, analysing as well as evaluating the capability of surveyors, instruments and measuring methods in Engineering Survey operations this will help to reduce or eliminate various kinds of problems usually occurred in this field.

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ก็ด้วยความกรุณาของคณาจารย์ ภาควิชา-
วิศวกรรมสำรวจ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำรวมทั้ง เอกสารต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการ
วิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกรียงไกร-
เพชร อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิพงศ์ วิญญูประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ ศาสตราจารย์ สมหวัง คณิต-
ลักษณ์ และ รองศาสตราจารย์ มีชัย ไชยสระแก้ว ที่ได้กรุณาให้แนวทางในการเขียน และ
ตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนจบ

ขอขอบคุณ กรมแผนที่ทหาร ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์สำรวจ ขอ-
ขอบคุณ ร.อ. วสุ เฟื่องสำรวจ และ ร.อ. ศิรศักดิ์ อุ่นอก กองท่าแผนที่ กรมแผนที่-
ทหาร ที่ให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติงานภาคสนามจนแล้วเสร็จ ขอขอบคุณ คุณอรดี
กาญจนิก ที่กรุณาสละเวลาช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้
วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ร.อ. นพดล ไชยศิริ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
รายการตารางประกอบ.....	ฉ
รายการรูปประกอบ.....	ฉ
รายการสัญลักษณ์และความหมาย.....	ท
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหาและความสำคัญของสนามทดสอบ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.3.1 งานขั้นออกแบบ.....	2
1.3.2 ขั้นตอนการปฏิบัติในงานในสนาม.....	3
1.3.3 ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้.....	3
1.3.4 ขั้นตอนการใช้ประโยชน์ของสนามทดสอบ.....	4
1.3.5 สรุปผลการทดสอบและข้อ เสนอแนะ.....	4
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	4
2 การรังวัดบนพื้นระนาบ.....	8
2.1 กล่าวนำ.....	8
2.1.1 การรังวัดเพื่อจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ.....	8
2.1.1.1 การรังวัดด้วยวิธีย้ายสามเหลี่ยม.....	9
2.1.1.2 การรังวัดด้วยวิธีวงรอบ.....	9

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.1.2 การรังวัดทางวิศวกรรมทั่วไป.....	9
	2.1.2.1 วิธีกรังวัดที่นิยมใช้ปฏิบัติในงานวิศวกรรมโดยทั่วไป	10
3	ทฤษฎีการปรับแก้.....	12
	3.1 กล่าวนำ.....	12
	3.2 หลักการของลีสท์สแควร์.....	12
	3.3 เทคนิคของลีสท์สแควร์.....	13
	3.4 ทฤษฎีการทดสอบทางสถิติ.....	14
	3.5 ทฤษฎีวงรีความคลาดเคลื่อน.....	19
	3.6 ความคลาดเคลื่อนในการรังวัด.....	21
	3.6.1 การแพร่ของความคลาดเคลื่อนสู่.....	22
4	การออกแบบและการสร้างสนามทดสอบ.....	26
	4.1 ความหมายของสนามทดสอบ.....	26
	4.2 สมมุติฐานและแนวทางในการออกแบบและสร้างสนามทดสอบ.....	26
	4.3 การคำนวณออกแบบ.....	36
	4.3.1 ลักษณะพึงประสงค์ของโครงข่าย.....	36
	4.3.2 การคำนวณออกแบบ.....	36
	4.3.2.1 ขั้นตอนการคำนวณออกแบบ.....	37
	4.4 การวางแนวโครงข่ายสนามทดสอบ.....	41
	4.4.1 การวางแนวในโครงข่ายหลัก.....	41
	4.4.2 การวางแนวโครงข่ายกริด.....	42
	4.5 การสร้างและการวัดระยะหมุด เส้นฐานตรวจสอบ.....	47
	4.5.1 ทั่วไป.....	47
	4.5.2 ขั้นตอนการวางแนวและการสร้างหมุด เส้นฐานตรวจสอบ.....	47

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.5.3 การวัดระยะ เส้นฐานด้วยอินวาร์.....	50
	4.5.4 การวัดระยะ เส้นฐานด้วย เครื่องวัดระยะอี เลคทรอนิกส์.....	52
	4.5.5 การตรวจสอบ เครื่องวัดระยะอี เลคทรอนิกส์กับ เส้นฐานตรวจสอบ- ที่รังวัดด้วยอินวาร์.....	53
	4.6 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนจากการรังวัด.....	55
5	การปรับแก้โครงข่ายของสนามทดสอบและการวิเคราะห์ผล.....	57
	5.1 ลักษณะของข้อมูลในการปรับแก้.....	57
	5.2 การปรับแก้.....	58
	5.2.1 การกำหนดน้ำหนักของค่าสังเกต.....	60
	5.3 การวิเคราะห์ผลการปรับแก้.....	61
	5.3.1 การทดสอบความแปรปรวนของน้ำหนักหนึ่งหน่วย.....	62
	5.3.2 การตรวจสอบ Gross errors จากการคำนวณปรับแก้.....	64
	5.4 การวิเคราะห์ความถูกต้องทางตำแหน่งของค่าพิกัด.....	67
	5.5 การตรวจสอบสนามทดสอบโดยการ Random check.....	69
6	การทดสอบการรังวัดในสนามทดสอบ.....	70
	6.1 กล่าวนำ.....	70
	6.2 การทดสอบการวัดมุมและการวัดระยะ.....	70
	6.2.1 การทดสอบความละเอียดและความถูกต้องในการวัดมุม.....	70
	6.2.2 การทดสอบ เครื่องมือวัดระยะ.....	76
	6.3 การทดสอบการรังวัดด้วยวิธีการที่นิยมใช้ในการปฏิบัติงานสำรวจและงาน- วิศวกรรมโดยทั่วไป.....	82
	6.3.1 ตัวอย่างการรังวัด เพื่อหาค่าพิกัดและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน..	85
	6.3.1.1 ตัวอย่างมีตุนาวิธี Polar.....	85

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
6.3.1.2	ตัวอย่างปัญหาวิธี Offset..... 90
6.3.1.3	ตัวอย่างปัญหาวิธี Resection..... 93
6.3.1.4	ตัวอย่างปัญหาวิธี Intersection..... 98
6.3.1.5	ตัวอย่างปัญหาวิธี Traversing..... 101
6.3.1.6	ตัวอย่างปัญหาวิธี Triangulation..... 105
6.3.1.7	ตัวอย่างปัญหาวิธี Trilateration..... 110
6.4	การตรวจสอบผลการรังวัด..... 113
6.4.1	การตรวจสอบผลการรังวัดในแง่สถิติ..... 113
6.4.2	การวิเคราะห์ผลการทดสอบในแง่สถิติ..... 135
6.4.3	การตรวจสอบผลการรังวัดกรณีจุดที่ต้องการตรวจสอบอยู่นอกหมุด- กริด..... 136
6.4.4	การตรวจสอบผลการรังวัดในเชิงปฏิบัติ..... 140
6.5	สรุปแนวทางการตรวจสอบถึงสาเหตุของปัญหาและการแก้ไข..... 145
7	วิพากษ์สรุปและข้อ เสนอแนะ..... 148
7.1	วิพากษ์สรุปผลขั้นออกแบบและขั้นปรับแก้..... 148
7.2	สรุปผลการวิเคราะห์และตรวจสอบการใช้ประโยชน์ของสนามทดสอบ..... 149
7.3	ข้อ เสนอแนะ..... 150
7.4	ประโยชน์ทางประยุกต์ของผลการวิจัย..... 151
	เอกสารอ้างอิง..... 152
	ภาคผนวก..... 155
ก.	การคำนวณค่าตั้ง เกิดในขั้นออกแบบ..... 156
ก.1	กล่าววนำและวัดดูประสงค์..... 156
ก.2	การคำนวณหาปริมาณค่าตั้ง เกิด..... 156

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก	หน้า
ข. การประเมินค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการรังวัดในชั้นออกแบบ.....	160
ข.1 ทัวไป.....	160
ข.2 การกำหนดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดมุมในโครงข่ายหลัก	161
ข.2.1 การกำหนดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดระยะใน-	
โครงข่ายหลัก.....	162
ข.3 โครงข่ายเชื่อมโยงโครงข่ายหลักเข้ากับโครงข่ายกริด.....	164
ข.4 โครงข่ายกริด.....	165
ค. ผลการคำนวณในงานชั้นออกแบบ.....	167
ค.1 กล่าวนำ.....	167
ค.2 ความหมายของตารางที่ ค.1 และค.2.....	167
ข. Flow-Chart โปรแกรมการปรับแก้.....	177
ง. ผลการคำนวณในงานชั้นปรับแก้.....	182
ง.1 กล่าวนำ.....	182
ง.2 ความหมายของตารางที่ ง.1 และง.2.....	182
จ. การตรวจสอบสนามทดสอบด้วยวิธีวงรอบ.....	191
ฉ. การคำนวณหาค่าพิกัดและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ณ จุดที่ต้องการตรวจ-	
สอบ เมื่อรวมความคลาดเคลื่อนของจุดควบคุมจากวิธีการรังวัดแบบต่าง ๆ.	197
ช. ตารางแสดงค่าวิกฤตของการแจกแจง.....	209
ประวัติ.....	215

รายการตารางประกอบ

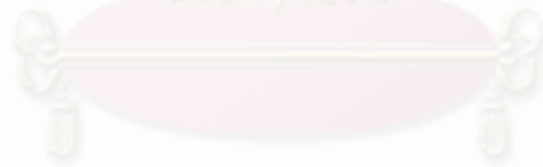
ตารางที่		หน้า
4.4	การ เปรียบ เทียบระยะที่วัดด้วยอินวาร์และ EDM ของ เส้นฐานตรวจสอบ.....	54
5.1	ค่าสังเกตที่มีค่า Tau-criterion ก่อนข้างโต.....	66
5.2	การ เปรียบ เทียบผลลัพธ์งานชั้นออกแบกับงานชั้นคำนวณปรับแก้.....	67
5.3	การ เปรียบ เทียบค่าระยะที่ได้จากการ Random Check กับค่าปรับแก้.....	72
6.1	ค่าระยะที่วัดด้วย เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ DI 3 S.....	79
ข.1	การคำนวณ เพื่อประ เหมินค่าส่วน เบียงเบนมาตรฐานในโครงข่ายหลัก.....	161
ค.1	ผลการคำนวณในงานชั้นออกแบ.....	170
ค.2	ผลลัพธ์ในงานชั้นออกแบ.....	170
ง.1	ผลการคำนวณในงานชั้นปรับแก้.....	183
ง.2	ผลลัพธ์ในงานชั้นปรับแก้.....	190
จ.1	ผลการตรวจสอบสนามทดสอบด้วยวิธีวงรอบ.....	192
ฉ.1	กรณี Resection.....	198
ฉ.2	กรณี Intersection.....	199
ฉ.3	กรณี Traversing.....	200
ฉ.4	กรณี Triangulation.....	203
ฉ.5	กรณี Trilateration.....	206
ช.1	แสดงค่าวิกฤตของ Normal Distribution.....	210
ช.2	แสดงค่าวิกฤตของ t Distribution.....	211
ช.3	แสดงค่าวิกฤตของ F Distribution.....	212
ช.4	แสดงการแจกแจงค่าวิกฤตของ Tau-Criterion.....	214

รายการประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังขั้นตอนการวิจัย.....	7
3.1	การกระจายของโค้งปกติที่ต่างกัน.....	16
3.2	วงรีความคลาดเคลื่อน.....	21
4.1	ที่ตั้งสนามทดสอบ.....	27
4.2	สนามทดสอบ.....	29
4.3	หมุดหลักฐานโครงข่ายหลัก.....	32
4.4	หมุดหลักฐานโครงข่ายกริด.....	33
4.5	หัวหมุดของหมุดหลักฐานสำหรับโครงข่ายหลักและหมุด เส้นฐานตรวจสอบระยะ...	34
4.6	หมุด เส้นฐานตรวจสอบระยะ.....	35
4.7	แผนผังขั้นตอนการคำนวณออกแมบ.....	38
4.8	การวางแผนในโครงข่ายกริด.....	43
4.9	การรังวัดมุมในโครงข่ายหลักและเชื่อมโยงโครงข่ายหลักเข้ากับโครงข่ายกริด- และระยะที่วัดสอบด้วย Eldi-2.....	46
4.10	ขั้นตอนการรังวัดมุมในโครงข่ายกริดแบบ "Free station point".....	48
4.11	ระยะที่รังวัดในโครงข่ายกริด.....	49
4.12	เส้นฐานตรวจสอบระยะ.....	54
5.1	การหาสมการในรูปทั่วไปของมุมและระยะ.....	58
5.2	วงรีความคลาดเคลื่อนหลังการปรับแก้.....	68
6.1	ลำดับขั้นตอนการทดสอบการรังวัดในสนามทดสอบ.....	71
6.2	แผนผังขั้นตอนการทดสอบการรังวัด.....	84
6.3	การรังวัดด้วยวิธี Polar.....	85
6.4	การรังวัดด้วยวิธี Offset.....	91
6.5	การรังวัดด้วยวิธี Resection.....	93
6.6	การรังวัดด้วยวิธี Intersection.....	98

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.7 การรังวัดด้วยวิธี Traversing.....	101
6.8 การรังวัดด้วยวิธี Triangulation.....	105
6.9 การรังวัดด้วยวิธี Trilateration.....	110
6.10 การตรวจสอบผลการรังวัดกรณีวางโค้ง.....	137
6.11 การตรวจสอบผลการกำหนดตำแหน่งด้วยแผ่นตารางกราฟใส.....	141
6.12 แผ่นตารางกราฟใส (Cronaflex measuring sheet).....	143
ข.1 การประเมินค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดมุม.....	162
ค.1 จำนวน 314.....	167
ข.1 Flow-Chart.....	178



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการสัญลักษณ์และความหมาย



สัญลักษณ์

ความหมาย

n_0	จำนวนน้อยสุดของตัวแปรอิสระที่จะพรรณาแบบจำลอง
n	จำนวนค่าสังเกต (Observations)
r	Redundancy หรือลำดับชั้นของความเป็นอิสระ (Degree of freedom)
U	จำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า
C	จำนวนสมการ เงื่อนไข
X_0	เวกเตอร์ค่าประมาณของพารามิเตอร์จากการคำนวณโดยประมาณ (Preliminary computation) หรือด้วยวิธีอื่นก่อนการปรับแก้
X_a	เวกเตอร์ค่าปรับแก้ (Adjusted values) ของพารามิเตอร์ภายหลังการปรับแก้
$X = X_a - X_0$	ค่าตรวจแก้ (correction) สำหรับปรับแก้ค่าประมาณของพารามิเตอร์เป็นค่าที่คำนวณได้จากการปรับแก้
L_b	เวกเตอร์ของค่าสังเกตที่กำหนดให้
L_0	เวกเตอร์ของค่าสังเกตที่คำนวณจาก X_0
ΣL_b	เมทริกซ์ความแปรปรวนของค่าสังเกต
$L = L_0 - L_b$	เวกเตอร์ของสมการค่าสังเกต
V	เวกเตอร์ของเศษคงเหลือ (Residuals) หรือค่าตรวจแก้ (Corrections)
$L_a = L_b + V$	เวกเตอร์ค่าปรับแก้ (Adjusted values) ของค่าสังเกตภายหลังการปรับแก้
A	สัมประสิทธิ์เมทริกซ์ของพารามิเตอร์ = $\frac{\partial F}{\partial X_a}$
P	เมทริกซ์น้ำหนักของค่าสังเกต L_b, X_0
Q_{L_a}	โคแฟกเตอร์เมทริกซ์ของค่าสังเกตที่ปรับแก้แล้ว
Q_{L_b}	โคแฟกเตอร์เมทริกซ์ของค่าสังเกตก่อนการปรับแก้

รายการสัญลักษณ์และความหมาย (ต่อ)

สัญลักษณ์

ความหมาย

ΣL_a	เมทริกซ์ความแปรปรวนของค่าสังเกตที่ปรับแก้แล้ว
ΣX_a	เมทริกซ์ความแปรปรวนของพารามิเตอร์ที่ปรับแก้แล้ว
σ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคาดคะเนของปริมาณใด ๆ
σ_0^2	A Priori Variance of Unit Weight
$\hat{\sigma}_0^2$	A Posteriori Variance of Unit Weight
H_0 :	Null Hypothesis
H_A :	Alternative Hypothesis
α	ระดับนัยสำคัญ (Significance level)
χ^2	การแจกแจงไคสแควร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย