การประยุกต์ใช้งานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสสำหรับหมุดควบคุมทางดิ่งในโครงการสร้างอ่างเก็บน้ำ

นายสุรพงษ์ รังษีสมบัติศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974 - 583 - 902 - 7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1171451 7X

APPLICATION OF GPS SATELLITE SURVEYING FOR VERTICAL CONTROLS IN A RESERVOIR CONSTRUCTION PROJECT

Mr. Surapong Rangsisombatsiri

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Survey Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974 - 583 - 902 - 7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้งานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสสำหรับหมุดควบคุมทางดิ่งในโครงการสร้างอ่างเก็บน้ำ
โดย	นายสุรพงษ์ รังษีสมบัติศิริ
ภาควิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ สัญญา เสาวภาพ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิพงศ์ วิญญูประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สมบัติ ทรัพย์สวนแตง)

..... กรรมการ
(อาจารย์ วิชัย เยี่ยงวีรชน)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สุรพงษ์ รังษีสมบัติศิริ : การประยุกต์ใช้งานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสสำหรับหมุดควบคุมทางดิ่งในโครงการสร้างอ่างเก็บน้ำ (APPLICATION OF GPS SATELLITE SURVEYING FOR VERTICAL CONTROL IN A RESERVOIR CONSTRUCTION PROGECT) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ , 131 หน้า. ISBN 974-583-902-7

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ในด้านการสำรวจก็เช่นเดียวกัน ได้มีการส่งดาวเทียมระบบจีพีเอส (Global Positioning System) ขึ้นเพื่อใช้ในการรังวัดดาวเทียม ทำให้การสำรวจทำงานได้สะดวกรวดเร็วขึ้น เพียงแต่นำเครื่องรับสัญญาณไปตั้งตรงจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด โดยแต่ละจุดไม่จำเป็นต้องมองเห็นซึ่งกันและกัน การรังวัดเป็นอิสระไม่ขึ้นต่อ สภาพภูมิประเทศ , ภูมิอากาศ และ เวลา

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสของบริษัท Trimble รุ่น 4000SE ซึ่งรับสัญญาณได้เฉพาะคลื่น L1 โปรแกรมประมวลผลเส้นฐาน Trimvec และโปรแกรมประมวลผลโครงข่าย Trimnet ของบริษัท Trimble สมรรถนะของเครื่องมือให้ค่าความถูกต้อง ทางราบ 1 ซม. +/- (2 PPM.× ความยาวเส้นฐาน) และ ทางดิ่ง 2 ซม. +/- (2 PPM.× ความยาวเส้นฐาน) การวิจัยครั้งนี้มุ่งไปในการสร้างหมุดควบคุมทางดิ่ง เนื่องด้วยหมุดควบคุมทางราบได้มีการวิจัยแล้วว่าสามารถใช้งานได้ดี ส่วนหมุดควบคุมทางดิ่งยังมีข้อมูลที่จะเชื่อมโยงพื้นผิวรูปทรงรีกับพื้นผิวยีออยไม่เพียงพอ เนื่องจากพื้นผิวอ้างอิงของการรังวัดดาวเทียมจีพีเอสเป็นทรงรี WGS84 ส่วนพื้นผิวอ้างอิงของหมุดควบคุมทางดิ่งเป็นยีออย ซึ่งตัวแทนที่ดีที่สุดของยีออย คือพื้นผิวระดับน้ำทะเลปานกลาง การวิจัยมุ่งที่จะแก้ปัญหาในการสร้างหมุดควบคุมทางดิ่งนี้

การวิจัยครั้งนี้อยู่บริเวณพื้นที่ใน กิ่งอำเภอสบเมย และ อำเภอแม่สะเรียง จังหวัด แม่ฮ่องสอน พื้นที่ประมาณ 2,500 ตร.กม. ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลักษณะภูเขา โครงข่ายหมุดควบคุมทางดิ่งจากงานรังวัดดาวเทียมประกอบด้วยเส้นฐาน 35 เส้น หมุดควบทางดิ่ง 20 หมุด การรังวัดดาวเทียมจีพีเอสจะให้ค่าระดับเป็นความสูงเหนือพื้นผิวอ้างอิงทรงรี ส่วนค่าระดับที่ใช้งานจะเป็นค่าระดับเหนือพื้นผิวอ้างอิงยีออย ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าระดับจากการเดินระดับในเกณฑ์งานชั้นสาม เป็นค่าระดับอ้างอิงของหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก การทอนค่าความสูงเหนือทรงรีจากการรังวัดดาวเทียม เป็นค่าระดับเหนือยีออย ใช้วิธีการปรับแก้โครงข่าย โดยการตรึงหมุดหลักฐานทางดิ่งที่มีค่าระดับแล้วตั้งแต่ 1 ถึง 7 หมุด จากผลการวิจัยพบว่า หมุดควบคุมทางดิ่งหลักใช้เพียง 4 หมุด ซึ่งแต่ละหมุดห่างกัน 20 กม. ก็เพียงพอ ค่าระดับที่ได้จากการรังวัดดาวเทียม เมื่อมีหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก 4 หมุด จะมีค่าคลาดเคลื่อนจากการเดินระดับ โดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับ -0.001 เมตร และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 0.030 เมตร จากการตรวจสอบค่าต่างระดับตามแนวเส้นฐาน ระหว่างการรังวัดดาวเทียมและการเดินระดับ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับ -0.003 เมตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานเท่ากับ 0.036 เมตร ผ่านเกณฑ์งานชั้นสาม 15 เส้น ไม่ผ่าน 19 เส้น และมีค่าคงที่หนึ่งเส้น ผลลัพธ์ที่ได้แสดงว่าการรังวัดดาวเทียมจีพีเอส เพื่อสร้างหมุดควบคุมทางดิ่งสามารถนำไปใช้ในงาน ที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูงมากนัก เช่น งานจุดบังคับภาพถ่ายทางอากาศ , งานทางลำลอง , งานศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น ฯลฯ

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##C316996 : MAJOR SURVEY ENGINEERING
KEY WORD: SATELLITE SURVEYING/GPS/ORTHOMETRIC HEIGHT/ RESERVOIR
SURAPONG RANGSISOMBATSIRI : APPLICATION OF GPS SATELLITE SURVEYING FOR VERTICAL CONTROLS IN A RESERVOIR CONSTRUCTION PROJECT. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF CHUGAIT WICHIENCHAROEN, Ph.D. 131 pp.
ISBN 974-583-902-7

In present time, the development of technology grows very fast, as well as in the field of surveying. Global Positioning System is a new satellite surveying system to make a survey conveniently and rapidly. To determine coordinates of a control point,the reciever is set over the mark on the ground. Intervisibility among the control points is not required. Moreover,satellite observation is independent of geographicical environment,climate and time.

This research used GPS Trimble receivers Model 4000 SE that received only L1 signal. Then Trimvec plus software was used for computing baselines and Trimnet software for adjusting network. The specification of this receiver is 1 cm. +/-(2 ppm.×base line length) in horizontal position and 2 cm.+/-(2 ppm.×base line length) in vertical position. An objective of this research is how to get elevation of vertical control points from satellite observation. Since the reference vertical datum of the GPS surveying is WGS84 ellipsoid,while the reference datum in ordinary levelling is geoid which is represented by a mean sea level (MSL). Sufficient data to connect WGS84 ellipsoid to the geoid over Thailand is not available. This research was then emphasis on how to get elevations of vertical control points by satellite surveying.

This research used the test area in Sob Moei District, Amphoe Mae Sariang, Changwat Mae Hong Son. The total area covers about 2,500 sq.km. Most area is mountainous. the network consisted of 35 baselines connecting 20 vertical control points. Elevation above geoid obtained by third-order differential levelling were used as referance in the analysis. The reduction of heights above geoid were done by fixing some vertical control points were range from 1 to 7 . It was found that using 4 fixed control points with 20 KM. spacing was optimum. Compared with the elevations from differential levelling,the mean and the standard deviation of the differences were -0.001 and 0.030 metres,respectively. If differences in elevation of the baselines were considered,the differences between values obtained from GPS and those from differentail levelling gave the mean of -0.003 metres and the standard deviation of 0.036 metres. Base on the allowable error of the third-order levelling,15 baselines were passed and 19 baselines were not. The result of this research showed that GPS satellite surveying for vertical control points could apply to low precision levelling works such as:vertical controls for aerial photography,temporary roads,feasibility study, etc.

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ คณาจารย์ภาควิศวกรรมสำรวจทุกท่าน ที่ได้กรุณาสั่งสอน ให้ความรู้และคำแนะนำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนวความคิด ตรวจสอบและปรับปรุงวิธีการเขียน ตลอดจนช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่มีระหว่างการค้นคว้า ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ กองสำรวจ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ตลอดมา ทั้งอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ และบุคลากร จนกระทั่งเสร็จสิ้นสมบรูณ์

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผู้เกี่ยวข้อง ใกล้ชิด ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา ตลอดจนทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงด้วยดี

สุรพงษ์ รังษีสมบัติศิริ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ 1
   - ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
   - วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย 2
   - เหตุผลและสมมุติฐาน 3
   - ขอบเขตของการทำวิจัย 3
   - ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 4
2. ดาวเทียมจีพีเอส 5
   - ประวัติความเป็นมา 5
   - คลื่นสัญญาณ 7
   - การรังวัด 7
   - การหาตำแหน่งเครื่องรับแบบสัมพัทธ์ 11
   - การหาค่าต่าง 12
   - การบอกตำแหน่งดาวเทียม 15
   - ระบบ INERTIAL COORDINATE SYSTEM 17
   - ระบบ EARTH FIXED COORDINATE SYSTEM 18
   - ระบบ GEODETIC COORDINATE SYSTEM 19
   - ระบบ UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR 20
   - รูปทรงเรขาคณิตดาวเทียม 22

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

- วิธีการตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม 23
- สัณฐานของโลก 25
- การหาค่าความสูง 27
- การหาตำแหน่งเครื่องรับ 28
- ความคลาดเคลื่อน 28

3. การวางแผนการปฏิบัติงาน 31
- การวางแผนเบื้องต้น 31
- การออกแบบโครงข่าย 33
- แผนการปฏิบัติงาน 38

4. การปฏิบัติงาน 43
- การตรวจสอบเครื่องมือ 43
- PREPLAN 44
- การรังวัดดาวเทียมยังหมุดหลักฐาน 45
- DOWN LOAD ข้อมูล 46
- ประมวลผลเส้นฐาน 47
- CHARGE BATTERY 47

5. การประมวลผล 49
- การประมวลผลเส้นฐาน 49
- การประมวลผลโครงข่าย 54

6. การวิเคราะห์ผล 71
- วิเคราะห์หมุดควบคุมทางดิ่งหลักที่จำเป็นต้องใช้ 71
- วิเคราะห์ค่าระดับ 73
- วิเคราะห์ค่าต่างระดับ 73
- วิเคราะห์ความลาดชันของยีออย 78
- วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและเวลา 83

7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ 86
- ผลการวิจัย 86
- สาเหตุของความคลาดเคลื่อนจากการรังวัดดาวเทียม 87

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

- ข้อเสนอแนะ 88
- ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 88

รายการอ้างอิง 89

ภาคผนวก

ก. ผลลัพธ์การประมวลผลเส้นฐาน 91

ข. รายละเอียดผลลัพธ์การปรับแก้โดยใช้หมุดควบคุมหลัก 5 หมุด 96

ประวัติผู้เขียน 131

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เวลา และ ความถูกต้อง ของการตั้งเตรื่องรับแบบต่างๆ	24
2.2	ความคลาดคลื่อนที่เกิดจากการรังวัด PSEUDO RANGE และ PHASE	29
5.1	RATIO และ RMS ตามความยาวเส้นฐาน	53
5.2	เปรียบเทียบค่าระดับความสูงที่ได้จากการเดินระดับและจากการรังวัดดาวเทียม โดยไม่มีหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก	61
5.3	เปรียบเทียบค่าระดับความสูงที่ได้จากการเดินระดับและจากการรังวัดดาวเทียม โดยมีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักที่หมุด 1136	63
5.4	เปรียบเทียบค่าระดับความสูงที่ได้จากการเดินระดับและจากการรังวัดดาวเทียม โดยมีหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก 4 ตัว ที่หมุด 1132,1136,BMN4 และNYP2	64
5.5	เปรียบเทียบค่าระดับความสูงที่ได้จากการเดินระดับและจากการรังวัดดาวเทียม โดยมีหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก 5 ตัว	65
5.6	เปรียบเทียบค่าระดับความสูงที่ได้จากการเดินระดับและจากการรังวัดดาวเทียม โดยมีหมุดควบคุมทางดิ่งหลัก 7 ตัว	66
5.7	เปรียบเทียบค่าระดับความสูงที่ได้จากการเดินระดับและจากการรังวัดดาวเทียม เฉพาะบริเวณที่มีการเดินระดับไว้โดยมีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักที่ 1136 , BMN4 และ NYP2	67
5.8	เปรียบเทียบค่าระดับความสูงที่ได้จากการเดินระดับและจากการรังวัดดาวเทียม เฉพาะบริเวณที่มีการเดินระดับไว้โดยมีหมุดควบคุมทางดิ่งหลักที่ 1136 , BMN4, MB03 และ NYP2	68
6.1	เปรียบเทียบค่าต่างระดับที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมโดยโปรแกรม TRIMNET กับการเดินระดับในแต่ละเส้นฐาน	74
6.2	ค่า GEOID UNDULATION โดยใช้โปรแกรม GEOID91A	76
6.3	เปรียบเทียบค่าต่างระดับที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมโดยหาค่า ΔN จาก โปรแกรม GEOID91A กับการเดินระดับในแต่ละเส้นฐาน	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6.4	GEOID UNDULATION ที่ได้จากการรังวัดดาวเทียม	79
6.5	GEOID UNDULATION ที่ได้หาจาก โปรแกรม GEOID91A	81

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	วงโคจรดาวเทียมจีพีเอส	6
2.2	ส่วนต่างๆของระบบจีพีเอส	6
2.3	คลื่นสัญญาณจากดาวเทียมจีพีเอส	7
2.4	การรังวัดดาวเทียมจีพีเอสด้วยวิธีวัด PSEUDO RANGE	8
2.5	การรังวัดดาวเทียมด้วยวิธีวัด PHASE	9
2.6	การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์	11
2.7	การหาค่าต่างครั้งที่หนึ่ง	12
2.8	การหาค่าต่างครั้งที่สอง	13
2.9	การหาค่าต่างครั้งที่สาม	14
2.10	วงโคจรดาวเทียมในอวกาศ	15
2.11	ระนาบวงโคจรของดาวเทียม	16
2.12	ระบบ EARTH FIXED และ INERTIAL COORDINATE SYSTEM	18
2.13	ระบบ GEODETIC COORDINATE SYSTEM	19
2.14	ระบบ UTM.	21
2.15	รูปทรงเรขาคณิตดาวเทียม	22
2.16	GEOMETRIC DILUTION OF PRECISION	22
2.17	ระยะทางและเวลาในการตั้งเตรื่องรับแบบ STATIC	23
2.18	ความถูกต้องของความยาวเส้นฐานและมุมภาคทิศเหนือ	24
2.19	ทรงรี	25
2.20	พื้นผิวภูมิประเทศ ทรงรี และ ยีออย	26
2.21	ความสูงเหนือทรงรีและความสูงออร์โทเมตริก	27
3.1	แผนที่บริเวณที่ทำการวิจัย	32
3.2	ตัวอย่างหมุดหลักฐานจีพีเอสที่ใช้ในการทำงานของ กฟผ.	33
3.3	แผนที่ตำแหน่งและเส้นทางสู่หมุดหลักฐานจีพีเอส	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
3.4 A	โครงข่ายออกแบบตามความต้องการความถูกต้องสูงสุด	35
3.4 B	โครงข่ายออกแบบตามความต้องการความถูกต้องปานกลาง	35
3.4 C	โครงข่ายออกแบบตามความต้องการความถูกต้องน้อยที่สุด	36
3.5	โครงข่ายที่ออกแบบ	37
3.6	NUMBER OF VISIBLE SATELLITES VS TIME	39
3.7	ELEV VS TIME	39
3.8	ALL IN VIEW PDOP VS TIME	40
3.9	SKYPLOT	40
3.10	การรังวัดดาวเทียม 1 SESSION	41
4.1	เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส 4000 SE	44
4.2	ส่วนประกอบเครื่อง 4000 SE (ด้านหลัง)	45
4.3	การตั้งเครื่องรับ และ การวัดความสูง ANTENNA	47
4.4	การต่อเครื่องรับกับอุปกรณ์อื่นๆ	48
5.1	เมนูการประมวลผลเส้นฐาน	50
5.2	เมนูการประมวลผลแบบ AUTOMATIC	50
5.3	เมนูแสดงรายละเอียด และ การแก้ไขข้อมูลเส้นฐาน	52
5.4	ผลลัพธ์การประมวลผลเส้นฐาน	53
5.5	เมนูโปรแกรม TRIMNET	54
5.6	TRIMNET CONTROL MODULE	55
5.7	The GPS Network Module Main Menu Before Load GPS Vectors	56
5.8	THE GPS Network Module Main Menu After Load GPS Vectors	56
5.9	แผนที่แสดงโครงข่ายเส้นฐานและหมุดควบคุม	57
5.10	The Network Adjustment Module	58
5.11	Adjustment Menu	59
6.1	ความลาดชันของยีออย ที่ได้จากการรังวัดดาวเทียม	80
6.2	ความลาดชันของยีออย ที่ได้จากโปรแกรม GEOID91A	82