การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจและออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมการทาง

นายวิชชา จินะณรงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-408-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014163

USE OF COMPUTER PROGRAM IN ANALYSIS OF SURVEY DATA AND DESIGN IN HIGHWAY ENGINEERING

Mr. Vicchar Jinanarong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1987

ISBN 974-568-408-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจและออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมการทาง
โดย	นายวิชชา จินะณรงค์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

---คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ศุกรี กัมปนานนท์)

---อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

---กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา)

---กรรมการ

(ดร. วงศ์ชัย เจริญสวรรค์)

วิชชา จินะณรงค์ : การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจและออกแบบงานทางวิศวกรรมการทาง(USE OF COMPUTER PROGRAM IN ANALYSIS OF SURVEY DATA AND DESIGN IN HIGHWAY ENGINEERING) อ.ที่ปรึกษา:ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ, 330 หน้า

โครงการทางวิศวกรรมการทางประกอบด้วยข้อมูลการสำรวจจำนวนมหาศาล อีกทั้งงานออกแบบแนวทางจำเป็นที่จะต้องพิจารณาแนวทางหลายๆแนวทาง เพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุดยิ่งโครงการมีขนาดใหญ่มากขึ้น งานทั้งสองก็จะยิ่งทวีปริมาณงานมากขึ้น ดังนั้นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการทำงานดังกล่าว จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาโปรแกรม MOSS เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้ในงานวิศวกรรมการทางที่ถูกพัฒนามาล่าสุด โดยใช้หลักการของเส้นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองลักษณะพื้นผิว การทำงานของโปรแกรมแบ่งออกได้เป็นสี่ส่วนใหญ่ๆ คือ สำรวจ ออกแบบ วิเคราะห์และแสดงผลด้วยภาพ ในส่วนของการวิเคราะห์และแสดงผลด้วยภาพได้ทำการศึกษาแล้วในวิทยานิพนธ์ของนายวัชรินทร์ กาสลัก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2530 ดังนั้นในที่นี้จึงทำการศึกษาในอีกสองส่วนที่เหลือ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงการใช้งาน ประสิทธิภาพและความสามารถของโปรแกรม เป็นข้อมูลของกรมทางหลวงบนถนนสายพัทลุง-ตรัง ช่วงหลักกิโลเมตรที่ 37+425 ถึง 38+825

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจ โปรแกรมสามารถนำข้อมูลการสำรวจภาคพื้นดิน ทุกชนิดมาใช้ได้ แต่เนื่องจากมันถูกออกแบบมาเพื่อให้รับกับข้อมูลการสำรวจแบบระบบพิกัด ดังนั้นข้อมูลการสำรวจแบบใช้โซ่และพิกัดฉากที่ใช้กันโดยปกติในประเทศ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการปรับปรุงบ้างเล็กน้อยก่อนที่จะป้อนเข้าสู่โปรแกรม ข้อบกพร่องของโปรแกรมในการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจภาคพื้นดินคือมันไม่สามารถคำนวณและปรับแก้ค่าการสามเหลี่ยมได้

ในการออกแบบงานทางวิศวกรรมการทาง โปรแกรมสามารถทำการออกแบบแนวทางแบบดั้งเดิมที่ใช้โค้งวงกลมร่วมกับโค้งเปลี่ยนแนวได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นยังสามารถออกแบบแนวทางกำลังสามได้อีกด้วย การใช้แนวทางกำลังสามจะทำให้การออกแบบแนวทางแบบดั้งเดิมล้าสมัยไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่ที่มีข้อจำกัดทางลักษณะภูมิประเทศสูง อย่างไรก็ดีคอมพิวเตอร์เป็นเพียงเครื่องมือที่ใช้ช่วยในการออกแบบเท่านั้น ผู้ออกแบบจักต้องทำการเขียนแบบร่างของแนวทางที่ตนต้องการ เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของแนวทางเอง

ไม่เพียงแต่งานในด้านวิศวกรรมการทางเท่านั้นโปรแกรมนี้ยังสามารถทำงานอื่นใดก็ได้ที่ต้องการข้อมูลในลักษณะของพิกัด 3 มิติ เช่น โครงข่ายของสาธารณูปโภค สนามบิน งานแหล่งน้ำ งานเหมืองแร่ฯ ได้อีกด้วย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

VICCHAR JINANARONG : USE OF COMPUTER PROGRAM IN ANALYSIS OF SURVEY DATA AND DESIGN IN HIGHWAY ENGINEERING. THESIS ADVISOR : PROF. DIREK LAVANSIRI, Ph.D. 330 pp.

Highway Engineering Design involved consideral amount of survey data especially the one with several alternative arrangements. The bigger the project, the more work and the more need of survey data for alignment design with the help of computer programe, all there work can be reduced considerably. This thesis involved the studies of MOSS program. The MOSS is the latest program ever developed by using string concept to generate the digital terrian model. Program can be divided in four parts : survey, design, analysis, and visualization. In Mr. Vacharlin Kasaluk's Thesis, Chulalongkorn University, 1987, the analysis and visualization of such programe were presented and for this thesis, the remaining two parts, survey and design were studied. The survey data and alignment design of Patalung-Trung highway, chainage 37+425 to 38+825, from Department of Highway, were used as a case study to determine the efficiency and capability of the program.

Program can analyze all kinds of ground survey data. The chainage and offset survey data, which are usually used in Thailand. Therefore the modification of the program was made to covert chainage offset to coordinated survey. The weak point of program to analyze ground survey data is that it can not calculate and adjust triangulation.

In highway engineering design; program can be used to design conventional alignment, which is consisted of circular and transition curve, effectively. It can also be used to design cubic spline alignment. The cubic spline alignment design will make the conventional alignment design out-of-date especially in the constrain of higher geography area. The computer program is only assisting in design. The designer has to sketch the element of alignment by himself.

Not only in highway engineering design, but MOSS can be also used in other fields, which need data in form of three dimensions; such as public facility net work, airport, water resources, mining and etc.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2530

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ศุกรี กัมปนานนท์ รองศาสตราจารย์ อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา และ ดร. วงศ์ชัย เจริญสวรรค์ จากกรมทางหลวงที่ได้กรุณาตรวจสอบ และให้คำแนะนำแก่การวิจัยนี้จนสมบูรณ์ นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์วิศวกรรมศาตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ก็ได้ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมอย่างดียิ่ง

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา - มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ
กิตติกรรมประกาศ ฉ
สารบัญตาราง ญ
สารบัญภาพ ฐ
บทที่
1. บทนำ....1
1.1 คำนำ....1
1.2 ขอบเขตของการศึกษา....2
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา....3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา....3
1.5 ประโยชน์ของการศึกษา....4
2. หลักการทำงานเบื้องต้นของโปรแกรมคอมพิวเตอร์....6
2.1 หลักการในการเก็บบันทึกข้อมูลของโปรแกรม....6
2.2 การทำงานของโปรแกรม....15
3. หลักการในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานสำรวจภาคพื้นดิน....24
3.1 ข้อมูลที่ใช้....24
3.2 การแปลงข้อมูลของกรมทางหลวง....24
3.3 คำสั่งที่ใช้ในโปรแกรม ในการประมวลผลข้อมูลการสำรวจภาคพื้นดิน....31
3.4 การป้อนข้อมูลการสำรวจของกรมทางหลวงให้กับโปรแกรม....38
3.5 การใช้ Major Option SURVEY....50
3.6 การเรียกโปรแกรมมาใช้....54
3.7 ผลลัพธ์ในการใช้ Major Option SURVEY ประมวลผลข้อมูลการสำรวจ....56

บทที่ หน้า

4. การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบแนวเส้นทางหลัก.....60
4.1 การออกแบบแนวทางหลักโดยวิธีแบบดั้งเดิม.....60
4.2 การออกแบบแนวทางหลักโดยใช้แนวทางกำลังสาม.....78
5. การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบองค์ประกอบทางเรขาคณิตของถนน
และหาแนวสัมผัสของถนนกับพื้นดินเดิม.....110
5.1 การออกแบบองค์ประกอบทางเรขาคณิตของแนวทางแบบดั้งเดิม....110
5.2 การออกแบบองค์ประกอบทางเรขาคณิต ของแนวทางกำลังสาม....123
5.3 การหาแนวสัมผสของถนนกับพื้นดินเดิม.....134
6. ผลที่ได้รับจากการศึกษาและการวิจารณ์ผล.....162
6.1 แบบจำลอง.....162
6.2 การใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจภาคพื้นดิน.....164
6.3 การใช้โปรแกรมช่วยออกแบบแนวเส้นทางหลัก.....168
6.4 การใช้โปรแกรมช่วยออกแบบองค์ประกอบทางเรขาคณิต
และแนวสัมผัสพื้นดินเดิม.....176
6.5 เปรียบเทียบโปรแกรม MOSS กับโปรแกรมอื่นที่ใช้ใน
งานวิศวกรรมการทาง.....177
6.6 ความเหมาะสมของโปรแกรม ในการนำมาใช้งาน
ในประเทศไทย.....183
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....187
7.1 สรุปผลการศึกษา.....187
7.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาโปรแกรมต่อไป.....188
เอกสารอ้างอิง.....190

ภาคผนวก

ก. หลักการในการใช้คอมพิวเตอร์ในงานสำรวจภาคพื้นดิน.....195
ก.1 การกำหนดชื่อของเส้นข้อมูลในงานสำรวจ.....196
ก.2 เทคนิคและวิธีป้อนข้อมูลการสำรวจ.....198
ก.3 การแปลงระบบพิกัด.....204
ก.4 การคำนวณและปรับแก้ค่าในการทำวงรอบ.....205
ก.5 การวางแนวเส้นทางในสนาม.....212
ข. หลักการในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบแนวเส้นทางหลัก.....219
ข.1 การออกแบบแนวเส้นทางในแนวนอน.....222
ข.2 การออกแบบแนวเส้นทางในแนวดิ่ง.....236
ค. หลักการในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบองค์ประกอบทางเรขาคณิต ของถนนและหาแนวสัมผัสของถนนกับพื้นดินเดิม.....245
ค.1 การสร้างองค์ประกอบทางเรขาคณิตของถนน.....247
ค.2 การคำนวณหาเส้นข้อมูลแนวสัมผัส.....265
ง. แผนภูมิและความหมายของคำสั่งที่ใช้.....275
จ. ข้อมูลของแบบจำลอง CUBIC ROAD TEST.....305
ประวัติผู้เขียน.....330

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ข้อมูลใน file TRANS.DAT..... 30
3.2 ผลลัพธ์ file TRANS.OUT..... 30
3.3 ค่าพิกัดบางส่วนที่ได้จากการสร้างแนวทางนอน..... 32
3.4 ข้อมูลใน file SURVEY.DAT..... 49
3.5 ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SURVEY ใน file SURVEY.INP... 51
3.6 ผลลัพธ์ที่ได้จาก Major Option SURVEY ใน OUTPUT file SURVEY.OUT..... 57
4.1 ข้อมูลของโค้งแนวนอนที่ใช้ในการออกแบบแบบดั้งเดิม..... 61
4.2 ข้อมูลของโค้งแนวดิ่งที่ใช้ในการออกแบบแบบดั้งเดิม..... 61
4.3 ผลลัพธ์ในการออกแบบแนวทางนอนแบบดั้งเดิม..... 69
4.4 ผลลัพธ์ในการออกแบแนวทางดิ่งแบบโค้งพาราโบล่าสมมาตร.....79
4.5 ค่าพิกัดของ Location Point ที่ใช้ในการออกแบบแนวทางนอนแบบแนวทางกำลังสาม.....85
4.6 ค่าพิกัดของ Location Point ที่ใช้ในการออกแบบแนวทางดิ่งแบบแนวทางกำลังสาม..... 85
4.7 ผลลัพธ์ครั้งแรกในการออกแบบทางกำลังสาม..... 88
4.8 ผลลัพธ์ในการปรับปรุงแนวทางนอนแบบแนวทางกำลังสาม..... 96
4.9 ผลลัพธ์ในการออกอบบแนวทางดิ่งแบบแนวทางกำลังสาม.....105
5.1 รายละเอียดทางเรขาคณิตและพารามิเตอร์ที่ใช้ตามแบบก่อสร้างของกรมทางหลวง.....115
5.2 ความชัน(S) ของการยกโค้งขอบถนน โดยสัมพันธ์กับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง.....115

ตารางที่ หน้า

5.3 ระยะ normal crown, half crown และ full superelevation ของแนวทางแบบดั้งเดิม.....116
5.4 ผลลัพธ์ในการออกแบบองค์ประกอบทางเรขาคณิต ของแนวทางแบบดั้งเดิม.....124
5.5 การขยายความก้าวหน้าของถนนบนโค้งแนวนอน สำหรับ ผิวจราจรกว้าง 6.00 และความเร็วในการออกแบบ 60 กม./ชม. ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง.....126
5.6 ระยะที่ทำการขยายความกว้างของถนนบนโค้งแนวนอน ของแนวทางกำลังสาม.....127
5.7 ระยะ normal crownc และ full crown.....127
5.8 ผลลัพธ์ในการออกแบบองค์ประกอบทางเรขาคณิตของ แนวทางกำลังสาม.....135
5.9 ความลาดเอียงของงานตัดหรือถม ตามเกณฑ์ที่มาตรฐาน ของกรมทางหลวง.....138
5.10 ผลลัพธ์ในการคำนวณหาแนวสัมผัสของแนวทางแบบดั้งเดิม กับพื้นดินเดิม.....145
5.11 ผลลัพธ์ในการคำนวณหาแนวสัมผัสของแนวทางกำลังสาม กับพื้นดินเดิม.....165
6.1 สรุปเส้นข้อมูลที่มีแนวแบบจำลอง ROAD TEST.....165
6.2 สรุปเส้นข้อมูลที่มีในแบบจำลอง CUBIC ROAD TEST.....165
6.3 เปรียบเทียบข้อมูลการสำรวจของกรมทางหลวง กับผลลัพธ์ของ MOSS.....167
6.4 เปรียบเทียบแนวทางหลักในแนวนอนของกรมทางหลวง กับเส้นข้อมูลหลัก M100.....170
6.5 เปรียบเทียบแนวทางหลักในแนวดิ่งของกรมทางหลวง.....170
6.6 เปรียบเทียบแนวทางหลักในแนวนอนของแนวทางแบบดั้งเดิม กับแนวทางกำลังสาม.....173

ตารางที่ หน้า

ก.1 แสดงการกำหนดชื่อของเส้นข้อมูลแบบต่อเนื่อง.....199
ก.2 แสดงการกำหนดชื่อของเส้นข้อมูลแบบสุ่ม.....199
ก.3 แสดงการกำหนดชื่อของเส้นข้อมูลแบบผสม.....200
ข.1 การกำหนดองค์ประกอบของโค้งแนวดิ่งแบบต่างๆ.....241

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่ หน้า

1.1 แผนผังการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบถนน.....5
2.1 ลำดับขั้นของการเก็บข้อมูล.....14
2.2 การเรียกข้อมูลมาใช้.....14
2.3 การตรวจสอบระยะห่างระหว่าง chord กับ arc.....20
2.4 แสดงขอบเขตของ location point.....20
2.5 การหาจุดที่ชนกันระหว่างเส้นข้อมูล.....20
2.6 การหาจุดตัดกันของเส้นข้อมูล.....21
2.7 ระยะที่ยอมให้ที่หัวและท้ายของเส้นข้อมูล.....21
3.1 Flow Chart การแปลงค่าพิกัดของจุด P.I.....28
3.2 รูปแบบของคำสั่งสำหรับ Minor Option 180 190 และ 200.....41
3.3 รูปแบบของคำสั่งสำหรับ Minor Option 201 ในการสำรวจโดยใช้โซ่และพิกัดฉาก.....42
3.4 รูปแบบของคำสั่งสำหรับ Minor Option 201 ในการสำรวจโดยวิธี STADIA.....43
3.5 รูปแบบของคำสั่งสำหรับ Minor Option 201 ในการสำรวจโดยใช้ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิต..... 44
3.6 Flow Chart การแปลงข้อมูลของกรมทางหลวงให้เข้ากับระบบของ MOSS..... 45
5.1 Transition Length กับการยกโค้งขอบถนนในโค้งวงกลมตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง.....111
5.2 แผนภาพแสดงการยกโค้งขอบถนน โดยหมุนรอบเส้นศูนย์กลางถนนจามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง.....111
5.3 รูปตัดของการยกโค้งขอบถนน โดยหมุนรอบเส้นศูนย์กลางถนนตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง.....112

รูปภาพที่ หน้า

5.4 รูปตัดโดยทั่วไปของแนวทาง....113
6.1 เส้นข้อมูลหลักของแนวทางแบบดั่งเดิมซ้อนกับแนวทางกำลังสาม....174
6.2 แนวทางแบบดั่งเดิมเสร็จสมบูรณ์....178
6.3 แนวทางกำลังสามเสร็จสมบูรณ์....179
ก.1 การสำรวจโดยใช้โซ่และพิกัดฉากแบบปกติ....202
ก.2 การสำรวจโดยใช้โซ่และพิกัดฉากแบบโครงสามเหลี่ยม....202
ก.3 การสำรวจโดยใช้โซ่และพิกัดฉากแบบขยายแนว....202
ก.4 องค์ประกอบทางเรขาคณิตแบบต่างๆ....206
ก.5 จุดควบคุมและกล่องข้อมูล....206
ก.6 การแปลงระบบพิกัด....207
ก.7 ลักษณะของวงรอบแบบเปิด....207
ก.8 การหาผลต่างของค่าระดับระหว่างเส้นข้อมูลรูปตัดจากแบบจำลองและเส้นข้อมูลที่ใช้ทดสอบ....213
ก.9 การหาผลต่างของค่าพิกัดทั้งแนวดิ่งและแนวนอนระหว่างเส้นข้อมูลในแบบจำลองและเส้นข้อมูลที่ใช้ทดสอบ....213
ก.10 การเลือกเส้นข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบแบบจำลอง....214
ก.11 การวางแนวโดยใช้มุมเห....214
ก.12 การวางแนวโดยใช้จุดตัดของแนวเล็งจากกล้องสำรวจ 2 กล้อง....217
ก.13 การวางแนวโดยใช้โซ่และพิกัดฉากอย่างง่าย....217
ก.14 การวางแนวโดยใช้โซ่และพิกัดฉากอย่างซับซ้อน....218

รูปภาพที่ หน้า

ข.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการออกแบบแนวเส้นทางโดยสังเขป.....221
ข.2 องค์ประกอบของแนวทางนอนและอัตราความอิสสระของแนวทางนอนแบบต่างๆ.....224
ข.3 การกำหนดจุดบนองค์ประกอบแบบยึดแน่นโดยใช้พิกัดฉาก.....226
ข.4 แบบร่างของแนวทางนอน.....232
ข.5 แนวทางของโค้งกำลังสามอย่างง่าย.....232
ข.6 องค์ประกอบแบบจุดยึดแน่นและแบบแนวยึดแน่น.....232
ข.7 location points ที่เพิ่มขึ้นตามลักษณะของแนวทาง.....237
ข.8 โค้งแนวดิ่งแบบสมมาตร.....239
ข.9 เครื่องหมายที่ใช้.....239
ข.10 แนวทางดิ่งแบบกำหนดองค์ประกอบของโค้ง.....241
ค.1 เส้นข้อมูลอ้างอิงและเส้นข้อมูลช่วย.....251
ค.2 ส่วนที่ซ้อนกันของเส้นข้อมูลที่แก้ไขจะถูกลบทิ้งและแทนที่ด้วยข้อมูลใหม่.....251
ค.3 เส้นข้อมูลที่ได้จากการกำหนดระยะพิกัดฉากที่แตกต่างไปจากเดิม.....253
ค.4 การหาค่าระดับของเส้นข้อมูลที่ต้องการแก้ไข.....253
ค.5 แสดงจุดร่วมจุดแรกและจุดสุดท้าย.....255
ค.6 ผลเสียอันเกิดจากการไม่จำกัดความยาวของเส้นตั้งฉาก.....255
ค.7 การเลือกจุดตัดของเส้นตั้งฉากกับเส้นข้อมูลที่ต้องการแก้ไข.....256
ค.8 ลักษณะของจุดข้อมูลร่วมบนเส้นข้อมูล.....257
ค.9 การแก้ไขค่าระดับแบบปกติ.....259
ค.10 การแก้ไขค่าระดับโดยให้เส้นข้อมูลอ้างอิงและเส้นข้อมูลที่ต้องการแก้ไขเป็นตัวเดียวกัน.....259
ค.11 การถ่ายค่าระดับโดยมีจุดข้อมูลร่วม.....260
ค.12 โค้งกำลังสามย้อนทางสมมาตร.....263

รูปภาพที่ หน้า

ค.13 โค้งวงกลมย้อนทาง.....263
ค.14 การสร้างส่วนของวงกลมปิดหัวเกาะกลางถนน.....266
ค.15 การกำหนดจุดศูนย์กลางของส่วนของวงกลม.....266
ค.16 การสร้างส่วนของวงกลมแยกออกจากเส้นข้อมูลอ้างอิง.....267
ค.17 แสดงลักษณะของเส้นข้อมูลอ้างอิง เส้นข้อมูลกำหนด
ค่าระดับและเส้นข้อมูลแนวสัมผัส.....269
ค.18 แสดงการใช้เส้นข้อมูลอ้างอิงและเส้นข้อมูลกำหนดค่าระดับ
เป็นเส้นเดียวกัน.....270
ค.19 แสดงการใช้เส้นข้อมูลอ้างอิงและเส้นข้อมูลกำหนดค่าระดับ
เป็นคนละเส้น.....270
ค.20 แสดงการกำหนดสัญญลักษณ์ของเส้นข้อมูลแนวสัมผัส.....272
ค.21 การกำหนด berm ร่วมกับความลาดเอียงของงานตัด
หรือถม.....274
ค.22 การจัดลำดับขั้นของ berm.....274