การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการออกแบบงานถนนทางด้านเรขาคณิต

The Development of a Computer Program for Highway Geometric Design

ชัยฤกษ์ เมษสุวรรณ

Chairork Messuwan

ว
เลขหมู่ QA76.27 ช64 2543 ส.2
Order Key 28853
Bib Key 177682
1 1 ก.ค. 2543

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Engineering Thesis in Civil Engineering (Transportation)

Prince of Songkla University

2543

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบงานถนนทางด้านเรขาคณิต

ผู้เขียน นายชัยฤกษ์ เมษสุวรรณ

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์วิวัฒน์ สุทธิวิภากร)

.....กรรมการ
(ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์วิวัฒน์ สุทธิวิภากร)

.....กรรมการ
(ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

.....กรรมการ
(นายเอกวิชญ์ วีระพันธ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาจิน จิรชีพพัฒนา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ บำรุงรักษ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบงานถนนทางด้านเรขาคณิต

ผู้เขียน นายชัยฤกษ์ เมษสุวรรณ

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา (การขนส่ง)

ปีการศึกษา 2543

เลขหมู่ ... มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ได้รับจาก ... วันที่ ... เลขที่ ... บ.ค. ...

บทคัดย่อ

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาใช้ในการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิตนี้ เป็นการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานเพื่อออกแบบการคำนวณปริมาณงาน แทนวิธีการที่ดำเนินการอยู่เดิม โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเหมือนกันกับการออกแบบและการคำนวณแบบเดิมทุกประการ

โปรแกรมสำหรับการออกแบบและคำนวณปริมาณงานของถนนนี้ ใช้ได้สำหรับถนนประเภท 2 ช่องจราจร ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง กรมโยธาธิการ และสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท ทำการพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Visual Basic (Version5) เพราะเป็นโปรแกรมในเครือ Microsoft ที่ง่ายต่อการใช้งาน เนื่องจากเป็นโปรแกรมแบบ Graphical User Interface

จากการที่ใช้โปรแกรมทดลองคำนวณค่างานรายการต่าง ๆ ในสายทางที่ได้ออกแบบไว้แล้ว และคำนวณปริมาณงานที่เป็นผลจากการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต (เช่น ค่าการยกโค้งในโค้งราบ การขยายขอบทาง การคำนวณปริมาณงานดินฯลฯ) ผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับการคำนวณโดยวิธีเดิมมาก แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณน้อยกว่า และผลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมนี้ สามารถที่จะนำไปเป็นหลักฐานของทางราชการได้

Thesis Title	The Development of a Computer Program for Highway Geometric Design
Author	Mr.Chairork Messuwan
Major Program	Civil Engineering (Transportation)
Academic Year	2000

Abstract

This development of a computer program for highway geometric design is an application of a computer software to assist design and calculation of geometric quantities in road construction projects. The program could be employed to replace previous conventional manual method.

The program developed is suitable for the design of 2 – lane undivided highways according to the standards of the Department of Highway (DOH), the Public Work Department (PWD) and the Accelerated Rural Development (ARD) Office. Microsoft Visual Basic (Version 5) has been chosen as a programming tool because of its ease of use in developing graphical user interface applications.

Testing of the program using geometric survey data from actual recently constructed roads shows that most results (superelevation, widening, earthwork etc.) agree with those computed manually, but require less time. Moreover, the result format has been designed to comply with DOH official requirements.

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการศึกษาและดำเนินการครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์วิวัฒน์ สุทธิวิภากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้โอกาสและแนวความคิด พร้อมทั้งคำแนะนำที่มีสาระประโยชน์ในทุก ๆ ด้าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล ผู้ประสาทวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์แก่ผู้ศึกษา ซึ่งไม่เคยสัมผัสและไม่มีความรู้ในวิทยาการด้านนี้มาก่อนเลยแม้แต่น้อย จนพัฒนาขึ้นอยู่ในระดับที่สามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผ่านไปได้ โดยที่ท่านต้องเสียเวลาสำหรับการสอน การตรวจสอบ การแนะนำ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จโดยสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณธนชาติ ก่อประดิษฐ์ อดีตผู้บังคับบัญชา ผู้เปรียบเสมือนญาติผู้ใหญ่ และนายช่างไมตรี ธรรมโกสิทธิ์ ผู้บังคับบัญชาโดยตรงในปัจจุบันที่ได้ส่งเสริม อุปการะ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ชัยฤกษ์ เมษสุวรรณ

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบาญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(10)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(15)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 วิธีการดำเนินการ	4
1.5 ประโยชน์ของการศึกษา	5
2. การออกแบบงานถนน	6
2.1 มาตรฐาน รูปแบบ ขั้นตอน และรายละเอียดการออกแบบถนน	7
2.2 การออกแบบระดับก่อสร้าง การคำนวณปริมาณงานดิน และงานโครงสร้างทาง	7
2.3 เครื่องควบคุมการจราจร	9
3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต	11
3.1 ข้อมูลสำหรับโปรแกรม	11
3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	19
3.3 การเรียกใช้ข้อมูลและผลที่คำนวณได้โดยโปรแกรม	31

4 ผลลัพธ์จากโปรแกรมและการเปรียบเทียบกับแบบเดิม 34
4.1 ผลลัพธ์จากโปรแกรม 44
4.2 การเปรียบเทียบผลแตกต่างระหว่างการคำนวณด้วยวิธีเดิมกับการคำนวณด้วยโปรแกรม 67
5 บทสรุปเกี่ยวกับโปรแกรม 68
5.1 ประสิทธิภาพของโปรแกรม 68
5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม 69
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาโปรแกรม 70
บรรณานุกรม 72
ภาคผนวก 73
ก มาตรฐานการออกแบบถนนด้านเรขาคณิต 73
มาตรฐานการออกแบบขนาดของถนน 73
ข รูปแบบของถนน 78
ค ขั้นตอนในการออกแบบถนน 89
การออกแบบถนนของกรมทางหลวง 89
ความหมายของงานออกแบบถนน 90
หลักการของการออกแบบที่ดี 91
ง องค์ประกอบสำคัญในการออกแบบถนนทางเรขาคณิต 98
โค้งวงกลม 98
Transition Spiral Curve 101
โค้งดิ่ง 108
การขยายขอบทางโค้ง 114
การคำนวณระยะหยุด 119
ระยะการมองเห็น 121
การออกแบบเพื่อการมองเห็นในโค้งราบ 127
การมองเห็นบนโค้งดิ่ง 131

ค่าความสบายในการขับขี่ 139
การยกโค้ง 140
รายละเอียดการติดตั้งป้ายเตือนแนวทาง 145
คุณสมบัติและรูปแบบของยานพาหนะที่ใช้ถนน 146
จ การออกแบบระดับก่อสร้างถนนของกรมทางหลวง 149
มาตรฐานการออกแบบระดับก่อสร้างถนนกรมทางหลวง 149
ฉ การคำนวณปริมาณงานดิน 153
การคำนวณปริมาณงานดิน 153
วิธีการคำนวณปริมาณงานดิน 158
การคำนวณหาปริมาณงานชั้นโครงสร้างของถนน 159
ช แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน 161
ลักษณะของแผนภูมิการเลื่อนย้ายมวลดิน 161
การสร้าง MHD 161
คุณลักษณะที่สำคัญของ MHD 162
คำจำกัดความที่สำคัญของ MHD 163
ญ เครื่องควบคุมการจราจร 164
สีตีเส้นจราจร 165
ป้ายจราจร 168
หลักนำทาง 183
เหล็กราวกันตก 186
ท ตัวอย่างการคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีเดิม 190
การคำนวณปริมาณสีตีเส้นจราจรบนโค้งดิ่ง 190
การคำนวณปริมาณสีตีเส้นจราจรบนโค้งราบ 190
การคำนวณหลักโค้งนำทางในโค้งราบ 191
การคำนวณราวกันตกในโค้งราบ 192
ประวัติผู้เขียน 193

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
4.1	ผลสรุปปริมาณงานดินของทางหลวงหมายเลข 414 ช่วง ช่วง กม.5+000.00 - กม.6+000.000	52
4.2	การคำนวณปริมาณงานดินเพื่อเขียนแผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน	57
ก.1	มาตรฐานชั้นทางของกรมทางหลวง	75
ง.1	Stopping Sight Distance ตามมาตรฐานของ AASHTO	122
ง.2	ระยะหยุดรถบนถนนทางราบสำหรับถนนผิวลาดยางและผิวถนนคอนกรีต	123
ง.3	ระยะห่างของป้ายเตือนตามแนวถนนตอนอยู่ในโค้ง	145
ง.4	Dimensions of Design Vehicle	148
จ.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันสูงสุดกับความเร็วออกแบบ	152
ญ.1	รายละเอียดสีตีเส้นแบ่งทิศทางจราจรและเส้นขอบทาง	166
ญ.2	ความกว้างของสีตีเส้นแบ่งทิศทางจราจรของถนน 2 ช่องจราจร	167
ญ.3	ป้ายบังคับที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป	170
ญ.4	ป้ายเตือนที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป	173
ญ.5	ป้ายแนะนำที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป	177

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
3.1	การบันทึกข้อมูลโค้งราบของกรมทางหลวง	14
3.2	การบันทึกข้อมูลโค้งราบของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท	15
3.3	การบันทึกข้อมูลระดับศูนย์กลางแนวก่อสร้างและ BM	16
3.4	การบันทึกข้อมูลระดับตามแนวขวาง	17
3.5	การบันทึกรายละเอียดตลอดแนวก่อสร้าง	18
3.6	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	20
3.7	เริ่มต้นโปรแกรม	21
3.8	การกำหนดเงื่อนไขรูปแบบถนน	22
3.9	การเปิดและการตั้งชื่อแฟ้มข้อมูล	23
3.10	แบบฟอร์มบันทึกงานระดับที่มีทั้งค่าระดับที่ศูนย์กลางและค่าระดับแนวขวาง	24
3.11	แบบฟอร์มบันทึกงานระดับที่แยกค่าระดับที่ศูนย์กลางกับค่าระดับแนวขวาง	25
3.12	การกำหนดตำแหน่งโค้งดิ่ง	26
3.13	การคำนวณและบันทึกค่าระดับก่อสร้าง	27
3.14	บันทึกข้อมูลโค้งราบ	29
3.15	เรียกข้อมูลโค้งราบคำนวณอัตราการยกโค้งและขยายขอบทางด้านในโค้ง	30
3.16	ตัวอย่างคำแนะนำการทำงานในระบบช่วยเหลือของฟอร์มบันทึกค่าระดับ	33
4.1ก	แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 414 แผ่นที่ 8	36
4.1ข	แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 414 แผ่นที่ 9	37

4.2ก แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 42 38
4.2ข แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 43 39
4.2ค แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 44 40
4.2ง แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 45 41
4.2จ แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 52 42
4.2ฉ แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 53 43
4.3 ผลคำนวณค่าต่าง ๆ บนโค้งราบ 45
4.4ก ผลคำนวณงานดินตัดตามแบบเดิม 46
4.4ข ผลคำนวณงานดินตัดและดินถมตามแบบเดิม 47
4.4ค ผลคำนวณงานถมตามแบบเดิม 48
4.5ก ผลคำนวณงานดินตัดด้วยโปรแกรม 49
4.5ข ผลคำนวณงานดินตัดและดินถมด้วยโปรแกรม 50
4.5ค ผลคำนวณงานดินถมด้วยโปรแกรม 51
4.6 ผลคำนวณปริมาณงานดินด้วยโปรแกรม 53
4.7 ผลคำนวณปริมาณงานเหนือชั้นงานดินด้วยโปรแกรม 55
4.8 แผนภูมิการขนส่งงานดินที่คำนวณด้วยโปรแกรม 56
4.9 แผนภูมิการขนส่งงานดินที่คำนวณด้วยวิธีเดิม 58
4.10 ผลคำนวณปริมาณและตำแหน่งสีตีเส้นจราจรบนโค้งราบ 60
4.11 ผลคำนวณปริมาณและตำแหน่งสีตีเส้นจราจรบนโค้งดิ่ง 61
4.12 ผลคำนวณปริมาณและตำแหน่งป้ายจราจรบนโค้งราบ 62

4.13 ผลคำนวณปริมาณและตำแหน่งป้ายจราจรบนโค้งดิ่ง 63
4.14 ผลคำนวณปริมาณหลักโค้งนำทาง 65
4.15 ผลคำนวณความยาวราวเหล็กกันโค้ง 66
ข.1 ประเภททางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง 79
ข.2 ประเภททางหลวงแบบมีเกาะกลาง 80
ข.3 รูปแบบทางหลวงแบบไม่แบ่งแยกทิศทางจราจร-เต็มพื้นที่ก่อสร้าง..... 82
ข.4 รูปแบบทางหลวงแบบแบ่งแยกทิศทางจราจร-เต็มพื้นที่ก่อสร้าง..... 83
ข.5 ชั้นทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Pavement) ของกรมทางหลวง 85
ข.6 ชั้นทางแบบแข็งเกร็ง (Rigid Pavement) ของกรมทางหลวง..... 85
ข.7 รูปตัดมาตรฐานถนนของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท..... 86
ข.8 รูปตัดมาตรฐานถนนของกรมโยธาธิการ..... 88
ค.1 แผนภูมิลักษณะงานด้านวิศวกรรมการทางกับวิศวกรรมการจราจร 90
ค.2 ขั้นตอนการออกแบบทาง 96
ง.1 ส่วนประกอบโค้งวงกลม..... 100
ง.2 Transition Spiral Curve 106
ง.3 ส่วนประกอบของ Transition Spiral Curve..... 107
ง.4 Symmetrical Vertical Curve..... 109
ง.5 Unsymmetrical Vertical Curve 112
ง.6 ที่มาของทฤษฎีการขยายขอบทางโค้ง 114
ง.7 การขยายขอบทางโค้งตามมาตรฐาน AASHTO 115
ง.8 ภาพแสดงระยะรัศมีเลี้ยวของรถบรรทุก 116
ง.9 การขยายขอบทางโค้งของ Reverse Curve และ Compound Curve..... 118
ง.10 ความสัมพันธ์ของระยะทางและเวลาของการหยุดรถ..... 119
ง.11 กราฟสำหรับหาค่า Stopping Sight Distance..... 123
ง.12 รายละเอียดระยะการแซง..... 124

ง.13 Chart สำหรับหาค่า Intermediate Sight Distance และ Passing Sight Distance 126

ง.14 ถนนที่มีความยาวโค้งราบมากกว่า Sight Distance 127

ง.15 ถนนที่มีความยาวโค้งราบน้อยกว่า Sight Distance 128

ง.16 ระยะมองเห็นปลอดภัยในโค้งราบ 129

ง.17 ถนนที่มีความยาวโค้งดิ่งคว่ำมากกว่า Sight Distance 131

ง.18 ถนนที่มีความยาวโค้งดิ่งคว่ำน้อยกว่า Sight Distance 132

ง.19 Chart ประกอบการออกแบบ Stopping Sight Distance บนโค้งดิ่ง..... 134

ง.20 Chart ประกอบการออกแบบ Intermediate Sight Distance และ Passing Sight Distance บนโค้งดิ่ง 135

ง.21 ถนนที่มีความยาวโค้งดิ่งหงายมากกว่า Sight Distance 136

ง.22 ถนนที่มีความยาวโค้งดิ่งหงายน้อยกว่า Sight Distance 137

ง.23 Chart ประกอบการออกแบบ Sight Distance บน Vertical Sag Curve 138

ง.24 ส่วนประกอบของแรงต่าง ๆ ที่ใช้คิดค่ายกโค้งสูงสุดบนถนน 140

ง.25 แผนภูมิการยกโค้งราบหมุนขอบในโค้ง 142

ง.26 แผนภูมิการยกโค้งราบหมุนขอบนอกโค้ง 143

ง.27 แผนภูมิการยกโค้งราบหมุนที่ศูนย์กลางถนน 144

ง.28 Dimensions of Design Vehicle 147

ฉ.1 การหาเนื้อที่โดยวิธีพิกัดฉาก 154

ฉ.2 การตั้งค่า Co-ordinate ในการคูณไขว้ 154

ฉ.3 การแบ่งเนื้อที่ตามวิธี Stripping 155

ฉ.4 รูปตัดมีผิวอยู่ในแนวระดับ 156

ฉ.5 รูปตัดสามระดับ 157

ฉ.6 รูปตัดเชิงเขา 157

ฉ.7 รูปตัดทรงตันซึ่งมีหน้าตัดขนานกันสองหน้า 159

ช.1 แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน 162

ช.2 แผนภูมิประกอบคำจำกัดความ 163
ญ.1 การตีเส้นจราจรตามแนวขวาง 167
ญ.2 การตีเส้นรูปศรชี้ทิศทางบนผิวจราจร 169
ญ.3 การติดตั้งป้ายจราจรบริเวณสามแยกของถนน 2 ช่องจราจร 180
ญ.4 การติดตั้งป้ายจราจรบริเวณสี่แยกของถนน 2 ช่องจราจร 181
ญ.5 ตำแหน่งติดตั้งป้ายประเภทต่าง ๆ 182
ญ.6 การติดตั้งหลักนำทางในโค้งและรายละเอียดระยะห่าง 184
ญ.7 ตำแหน่งติดตั้งหลักนำทางช่วงก่อนถึงสะพาน 185
ญ.8(1) การติดตั้งราวกันตกที่คอสะพานของถนน 2 ช่องจราจร 187
ญ.8(2) การติดตั้งราวกันตกที่บริเวณทางโค้ง 188
ญ.8(3) การติดตั้งราวกันตกที่บริเวณมีสิ่งบดบัง 189

ตัวย่อและสัญลักษณ์

PI	=	Point of Intersection
Δ	=	Deflection Angle
PC	=	Point of Curve
PT	=	Point of Tangent
D	=	Degree of curve
R	=	Radius of curve
T	=	Tangent Distance of curve
L	=	Length of curve
LS	=	Length of Spiral curve
E	=	External Distance
Ls	=	Length of Spiral
θs	=	Spiral Angle
δ	=	Angle of Deflection of the chord
TS	=	Tangent to circular
SC	=	Spiral of circular
CS	=	Circular to Spiral
ST	=	Spiral To Tangent
Sta.	=	Station
ADT	=	Average Daily Traffic
AASHTO	=	American Association of State Highway and Transportation Officials
SSD	=	Stopping Sight Distance
PSD	=	Passing Sight Distance
PVI	=	Point of Vertical Intersection
PVC	=	Point of Vertical Curve

PVT	=	Point of Vertical Tangent
V	=	Velocity
S.E.	=	Superelevation
NC	=	Normal Crown
HC	=	Half Crown
FC	=	Full Crown
FS	=	Full Superelevation
MHD	=	Mass -- Haul Diagram
FMD	=	Free Haul Distance
OHD	=	Over Haul Distance

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการศึกษา

การขนส่งทางบก เป็นปัจจัยด้านหนึ่งในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมภายในประเทศ การคมนาคมและการขนส่งทางบกที่สำคัญที่สุดในประเทศเวลานี้คือ ถนนและทางรถไฟ โดยเฉพาะถนน หน่วยงานที่รับผิดชอบทางด้านการออกแบบก่อสร้างและการบำรุงรักษา มีอยู่หลายหน่วยงาน เท่าที่สรุปได้มีดังนี้

- กรมทางหลวง
- กรมโยธาธิการ
- สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท (รพช.)
- เทศบาล สุขาภิบาล
- หน่วยพัฒนาการเคลื่อนที่ (นพค.) สังกัดกองบัญชาการทหารสูงสุด
- องค์การบริหารส่วนจังหวัด
- องค์การบริหารส่วนตำบล

นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานรัฐวิสาหกิจอีก เช่น

- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

ในแต่ละปี หน่วยงานต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ มีงบประมาณในการก่อสร้างถนนมากมาย มีภาระกิจที่จะต้องรับผิดชอบในเรื่องของการออกแบบ การควบคุมการก่อสร้าง รวมทั้งการบำรุงรักษา ซึ่งรัฐจัดสรรงบประมาณในหน่วยงานเหล่านี้เป็นจำนวนมาก และที่แน่นอนคือ ส่วนหนึ่งของงบประมาณต้องใช้จ่ายในการออกแบบหลังจากทำการสำรวจแล้ว โดยมีผู้ชำนาญการการออกแบบของแต่ละหน่วยงานเอง หรือบางหน่วยงานก็ต้องว่าจ้างให้บริษัทเอกชนรับเหมาทำการออกแบบ

ในการออกแบบแต่เดิมที่หน่วยงานต่างๆ ปฏิบัติกันมา หลังจากได้รับข้อมูลสำรวจจากภาคสนามแล้ว ต้องใช้กำลังคนดำเนินการเกือบทั้งสิ้น นับตั้งแต่การเขียนแบบ

แนวทาง (Route Line) การพล็อต (Plot) ค่าระดับดินเดิม และการพล็อต ค่าระดับตามแนวขวาง (Cross Section) ของแต่ละ Station ลงในกระดาษกราฟ เพื่อหาค่า Cross-Section Area ยกเว้นบางหน่วยงานที่มีการพัฒนาการออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่ก็ยังไม่แพร่หลายนัก เพราะต้องซื้อโปรแกรมจากต่างประเทศ ซึ่งโปรแกรมเหล่านี้มีราคาสูงมาก และแม้ว่าทุกหน่วยงานจะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่ก็ยังขาดแคลนบุคลากรผู้เชี่ยวชาญที่จะใช้โปรแกรม

เนื่องจากคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการใช้งานและการทำงานในปัจจุบัน ซึ่งมีอยู่แพร่หลายในเกือบทุกวงการ และทุกหน่วยงานทั้งในภาครัฐและภาคเอกชน ผู้เขียนจึงมีจุดมุ่งหมายที่จะนำโปรแกรมในเครือ Microsoft ที่มีอยู่ในปัจจุบันมาพัฒนาใช้ประโยชน์ และได้เลือกโปรแกรม Visual Basic เพราะเป็นโปรแกรมที่สามารถพัฒนาเป็น Graphical User Interface หรือ GUI ได้ และ Application ที่สร้างขึ้นมานั้นง่ายต่อการเรียนรู้เพื่อใช้งานเป็นอย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาใช้ในการออกแบบถนน และคำนวณปริมาณงานต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิตแทนวิธีการที่ปฏิบัติตามแบบเดิม

1.2.2 เพื่อใช้คำนวณปริมาณงานต่าง ๆ ในสายทางที่เป็นผลจากการออกแบบทางด้านเรขาคณิตที่ได้มีผู้ออกแบบไว้แล้ว

1.2.3 เป็นโปรแกรมที่ให้ผู้ฝึกออกแบบในระยะเริ่มต้น ได้ศึกษาวิธีการ และเรียนรู้ในการออกแบบ เพราะในโปรแกรมจะได้บรรจุเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบทางด้านเรขาคณิตเอาไว้

1.2.4 เพื่อเป็นโปรแกรมต้นแบบ สำหรับผู้ที่สนใจจะพัฒนาโปรแกรมต่อไปให้เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

เนื่องจากรูปแบบของถนนในปัจจุบันมีรูปแบบก่อสร้างแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ออกแบบ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในขณะนี้จะออกแบบให้เป็นโปรแกรมที่สามารถออกแบบถนนได้ทั้ง 3 หน่วยงานหลัก ที่ดำเนินการสำรวจและออกแบบถนนคือ กรมทางหลวง กรมโยธาธิการ และสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท

ฉะนั้นขอบเขตของการศึกษาที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรม จึงกำหนดไว้ดังนี้

1.3.1 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบและคำนวณปริมาณงานของถนน 2 ช่องจราจรที่ไม่แบ่งแยกทิศทางจราจร

1.3.2 เงื่อนไขของการออกแบบได้กำหนดมาตรฐานของ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีมาตรฐานในการออกแบบ และหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศไทยที่รับผิดชอบในการออกแบบถนนได้ยึดถือเอามาตรฐานของหน่วยงานนี้เป็นต้นแบบในการออกแบบ

1.3.3 ขอบเขตข้อกำหนด และเงื่อนไขในการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิตของโปรแกรมประกอบด้วย

1.3.3.1 ความเร็วในการออกแบบ

1.3.3.2 อัตราการยกโค้งสูงสุดบนโค้งราบ

1.3.3.3 การขยายขอบทางบนโค้งราบ

1.3.3.4 กำหนดระยะการมองเห็นบนโค้งราบและโค้งดิ่ง

1.3.4 ผลลัพธ์หรือปริมาณงานที่คำนวณด้วยโปรแกรม มีเฉพาะผลที่เกิดขึ้นจากการออกแบบหรือเงื่อนไขที่กำหนดทางด้านเรขาคณิต ประกอบด้วย

1.3.4.1 พื้นที่หน้าตัดสำหรับคิดงานดินตัดและดินถมในแต่ละ Station

1.3.4.2 ปริมาณงานดินถมและดินตัดระหว่าง Station ที่กำหนด

1.3.4.3 สร้างแผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน ในช่วงระยะทางที่มีทั้งงานดินตัดและดินถมติดต่อกัน

1.3.4.4 ปริมาณงานและตำแหน่งการพ่นสีตีเส้นแบ่งทิศทางการจราจรบนโค้งราบและบนโค้งดิ่ง

1.3.4.5 ปริมาณงานและตำแหน่งการติดตั้งป้ายจราจรที่เกิดจากการประมวลผลของโปรแกรม บนโค้งราบและบนโค้งดิ่ง

1.4 วิธีการดำเนินการ

1.4.1 ออกแบบโปรแกรมรับข้อมูลสำรวจจากภาคสนาม และบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย

1.4.1.1 ข้อมูลบันทึกค่าระดับดินเดิมในสายทาง ซึ่งประกอบด้วยค่าระดับดินเดิมที่ศูนย์กลางแนวสำรวจและค่าระดับดินเดิมตามแนวฉากกับแนวสำรวจ

1.4.1.2 ข้อมูลบันทึกข้อมูลโค้งราบที่บันทึก และกำหนดโดยทีมงานสำรวจจากสนาม

1.4.2 ออกแบบโปรแกรมสำหรับเรียกข้อมูลจาก 1.4.1 ขึ้นมาออกแบบและบันทึกกลับเป็นแฟ้มข้อมูล เพื่อเรียกมาใช้งาน ประกอบด้วย

1.4.2.1 เรียกข้อมูลจาก 1.4.1.1 ขึ้นมากำหนดค่าระดับ ตำแหน่งเปลี่ยนแปลงค่าระดับ และกำหนดความยาวของโค้งดิ่ง

1.4.2.2 คำนวณค่าระดับก่อสร้างบนโค้งดิ่ง และบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูล

1.4.2.3 เรียกข้อมูลโค้งราบจากข้อ 1.4.1.2 ขึ้นมาคำนวณค่าการปรับความลาดเอียงของโค้ง ค่าการขยายขอบทางโค้งด้านใน แล้วบันทึกกลับเป็นแฟ้มข้อมูล

1.4.3 เรียกข้อมูลทั้งหมดจากแฟ้มข้อมูลที่มีขึ้นมาหาค่าปริมาณงานต่างๆ ที่กล่าวไว้ในหัวข้อขอบเขตการศึกษา

1.4.4 ทำการทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของโปรแกรม โดยนำข้อมูลจากสายทางที่ได้คำนวณค่าต่าง ๆ ที่โปรแกรมสามารถคำนวณได้มาทำการเปรียบเทียบผลกับผลที่ได้ด้วยการคำนวณแบบวิธีเดิม

1.5 ประโยชน์ของการศึกษา

1.5.1 เมื่อผู้ใช้รู้จักการใช้โปรแกรมอย่างละเอียดแล้ว สามารถลดบุคลากรจากการคำนวณในภาวะปกติ

1.5.2 ประหยัดค่าใช้จ่ายการซื้อโปรแกรมจากต่างประเทศ

1.5.3 เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถทดลอง (Trial & Error) ค่าระดับก่อสร้างและแสดงผลของปริมาณงานได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีการสำรวจข้อมูลมาหลายแนวทางเพื่อก่อสร้างใน 1 โครงการ และต้องการเลือกสายทางที่ประหยัดที่สุดแต่เกิดผลประโยชน์มากที่สุดเพียงเส้นทางเดียวในโครงการนั้น

1.5.4 สนับสนุนให้ผู้ใช้โปรแกรมได้มีโอกาสพัฒนาให้โปรแกรมมีประสิทธภาพยิ่ง ๆ ขึ้นไป ทำให้หน่วยงานที่นำโปรแกรมไปใช้ได้ มีบุคลากรที่มีความสามารถยิ่งขึ้น

บทที่ 2

การออกแบบงานถนน

ในการก่อสร้างถนนแต่ละสาย ขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการก่อสร้าง โดยทั่วไปจะดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- ศึกษาสภาพการขนส่ง การคมนาคม และการจราจร เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจว่าจะทำการก่อสร้างหรือไม่ หรือเรียกว่าขั้นตอนการวางแผน
- สำรวจเพื่อเลือกแนวทางเคร่า ๆ จากแผนที่
- สำรวจเพื่อเก็บรายละเอียดภาคสนาม
- ออกแบบ
- ประมาณราคาก่อสร้างและตั้งงบประมาณก่อสร้าง
- ก่อสร้าง

การออกแบบถนน แบ่งประเภทการออกแบบได้เป็น

- การออกแบบทางด้านเรขาคณิต (Geometric Design)
- การออกแบบเครื่องควบคุมการจราจร (Traffic-Control Devices)
- การออกแบบโครงสร้างชั้นทางและระบบระบายน้ำ (Pavement Design, Drainage System)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต และดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบทางด้านนี้ เช่น การคำนวณปริมาณงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เนื่องมาจากการออกแบบทางด้านเรขาคณิต และเครื่องอำนวยความสะดวกในการขับขี่เท่านั้น

ข้อมูล หลักการ และวิธีการที่ใช้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบและดำเนินการหาปริมาณงานตามที่ผู้ศึกษาได้มีประสบการณ์จากการทำงานในหน่วยงาน โดยเฉพาะกรมทางหลวง ที่ควรทราบก่อนที่จะใช้โปรแกรมมีดังนี้

2.1 มาตรฐาน รูปแบบ ขั้นตอน และรายละเอียดการออกแบบถนน

2.1.1 มาตรฐานการออกแบบถนน

ทุกหน่วยงานที่มีหน้าที่ในการออกแบบถนน จะมีมาตรฐานในการออกแบบของหน่วยงานนั้นอยู่ สุดแล้วแต่ว่าภาระในการรับผิดชอบและการให้ความสำคัญจะเน้นมากน้อยแค่ไหน ผู้ศึกษาเห็นว่ามาตรฐานของหน่วยงานที่ควรยึดถือเป็นแบบอย่างในการออกแบบคือ มาตรฐานของกรมทางหลวง (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

2.1.2 รูปแบบของถนน

รูปแบบของถนนที่ผู้ออกแบบกำหนดนั้น ส่วนใหญ่ผู้ออกแบบจะยึดถือเอาปริมาณการจราจร สภาพภูมิประเทศและปัจจัยรายละเอียดอื่น ๆ เป็นตัวกำหนดรูปแบบหน้าตัดทั่วไป (Typical Cross-Section) ของถนนแต่ละสาย (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

2.1.3 ขั้นตอนในการออกแบบ

ผู้ออกแบบสามารถทำการออกแบบถนน เมื่อได้รับข้อมูลจากทีมงานสำรวจเพื่อออกแบบ (Location Surveyor) ตามขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้น จนถึงแล้วเสร็จตามขั้นตอนที่สรุปไว้ในภาคผนวก ค

2.1.4 รายละเอียดในการออกแบบถนน

รายละเอียดการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต จะยึดปัจจัยสำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาเป็นตัวกำหนด เช่น คุณสมบัติและรูปแบบของยานพาหนะ ข้อกำหนดและมาตรฐานการออกแบบทางด้านเรขาคณิต เช่น โค้งราบ โค้งดิ่ง การคำนวณระยะหยุด การคำนวณระยะการมองเห็นที่ปลอดภัยเมื่อรถวิ่งในโค้งด้วยความเร็วออกแบบ และการปรับความลาดเอียงของผิวจราจรในโค้งราบ (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

2.2 การออกแบบระดับก่อสร้าง การคำนวณปริมาณงานดินและงานโครงสร้างทาง

2.2.1 การออกแบบระดับก่อสร้าง

การออกแบบเพื่อก่อสร้างถนนที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ การออกแบบระดับก่อสร้าง (Profile Grade) เนื่องจากการออกแบบระดับก่อสร้างที่แตกต่างกันจะให้

ผลของปริมาณงานดินในสายทางต่างกัน ซึ่งหมายถึงค่าก่อสร้างที่ต่างกัน อย่างไรก็ตาม การออกแบบระดับก่อสร้างที่ดี ควรเป็นไปตามข้อกำหนดและเงื่อนไขตามมาตรฐานที่ผู้ศึกษาได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก จ

2.2.2 การคำนวณปริมาณงานดิน

ปริมาณงานดินในแต่ละสายทาง จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบระดับก่อสร้างใน 2.2.1 การคำนวณงานดินตามวิธีการต่าง ๆ จะให้ผลไม่เหมือนกันแต่ส่วนใหญ่จะใกล้เคียงกัน ซึ่งวิธีการคำนวณปริมาณงานดินทุกวิธีจะได้จากการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของแต่ละ Station แล้วนำไปคิดร่วมกับระยะทางระหว่างหน้าตัด เพื่อหาปริมาตรดินทั้งงานดินตัดและดินถม

การคำนวณพื้นที่หน้าตัดที่สำคัญมีหลายทฤษฎี แต่ที่นิยมใช้โดยทั่วไปเนื่องจากง่ายต่อการคำนวณ และได้รับการยอมรับมากที่สุดคือ วิธีการคำนวณแบบพิกัดฉาก (Area by Co-ordinate) ส่วนวิธีการอื่น ๆ แม้จะไม่นิยมใช้มากนัก แต่ได้รวบรวมไว้เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบด้วยแล้ว (รายละเอียดตามภาคผนวก ฉ)

2.2.3 การคำนวณปริมาณงานชั้นโครงสร้างชั้นถนน

งานโครงสร้างถนนแยกตามประเภทของผิวจราจรและส่วนประกอบโครงสร้างชั้นสำคัญ มีดังนี้

2.2.3.1 ผิวจราจรแบบยืดหยุ่น (Flexible Pavement) ที่มีผิวทางเป็นแอสฟัลท์ติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) ประกอบด้วยโครงสร้างทางชั้นต่าง ๆ ดังนี้

- แอสฟัลท์ติกคอนกรีต ประกอบด้วยผิวทางชั้นบน (Wearing Course) และผิวทางชั้นล่าง (Binder Course)
- วัสดุพื้นทาง (Base Course)
- วัสดุชั้นรองพื้นทาง (Subbase)
- วัสดุคัดเลือก "ก" (Selected Material "A")
- วัสดุคัดเลือก "ข" (Selected Material "B") (ถ้าผู้ออกแบบงานโครงสร้างกำหนด)
- ชั้นงานดิน

2.2.3.2 ผิวจราจรแบบแข็งเกร็ง (Rigid Pavement) ประกอบด้วย

- ผิวจราจรแบบคอนกรีต (Concrete Pavement)
- วัสดุพื้นทาง (Base Course)
- วัสดุชั้นรองพื้นทาง (Subbase)
- ชั้นงานดิน

การคำนวณปริมาณงานของผิวจราจรทั้ง 2 ประเภท คำนวณจากพื้นที่ของผิวถนนที่จะทำการก่อสร้าง ส่วนปริมาณงานชั้นโครงสร้างชั้นอื่น ๆ ระหว่างชั้นผิวทางกับชั้นงานดิน หาปริมาณโดยการใช้พื้นที่หน้าตัด (Cross-Section Area) ที่คำนวณโดยวิธีพิกัดฉากคูณกับระยะทาง

2.2.4 แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน (Mass-Haul Diagram)

ผู้ศึกษาได้ศึกษาวิธีการเคลื่อนย้ายมวลดินที่เกิดจากการตัด(Cut) ดินบริเวณที่มีระดับดินธรรมชาติสูงกว่าระดับก่อสร้าง ไปถม (Fill) ในบริเวณที่ระดับก่อสร้างสูงกว่าระดับดินเดิม ตามทฤษฎีของการเคลื่อนย้ายมวลดิน เพื่อไม่ให้มวลดินที่เหลือจากงานดินตัดเกิดการสูญเปล่า และประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากการขนส่งดินจากภายนอกเส้นทางมาใช้ในบริเวณที่มีงานดินถม (รายละเอียดในภาคผนวก ช)

2.3 เครื่องควบคุมการจราจร

เครื่องควบคุมการจราจร (Traffic Control Devices) เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยในการขับขี่ที่สำคัญมากบนถนน เพราะการขับขี่ยวดยานบนถนนที่มีการติดตั้งเครื่องหมายจราจรที่ถูกต้อง และผู้ขับขี่ปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด จะช่วยลดอุบัติเหตุบนถนนได้มาก

เครื่องควบคุมการจราจรแบ่งตามลักษณะการติดตั้งดังนี้

2.3.1 เครื่องควบคุมจราจรที่ติดตั้งบนผิวจราจร เช่น

- ปุ่มสะท้อนแสง (Road Stud)
- สีตีเส้น (Pavement Marking)

2.3.2 เครื่องควบคุมจราจรที่ติดตั้งข้างถนน

- ป้ายจราจรประเภทต่าง ๆ (Traffic Sign) ที่ติดตั้งตลอดสายทาง และบริเวณทางแยก

- หลักคอนกรีตนำทางบริเวณโค้ง (Guide Post)
- ราวเหล็กกันตก (Guardrail) บริเวณโค้งอันตรายและบริเวณที่ถมสูง

(รายละเอียดในภาคผนวก ญ)

บทที่ 3

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต

ตามรายละเอียดในบทต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับองค์ประกอบและรายละเอียดสำคัญของถนนประเภท 2 ช่องจราจร ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อประยุกต์ใช้กับการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต โดยแบ่งเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ข้อมูลสำหรับโปรแกรม
- การจัดระบบเก็บข้อมูลของโปรแกรม
- การเรียกใช้ข้อมูลและผลที่คำนวณโดยโปรแกรม

3.1 ข้อมูลสำหรับโปรแกรม

ข้อมูลที่จะป้อนเข้าสู่โปรแกรมเพื่อประมวลผลมี 2 ประเภทคือ

- ข้อมูลที่สำรวจจากสนาม
  ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลสภาพความเป็นจริง จากการสำรวจพื้นที่
- ข้อมูลที่ผู้ออกแบบกำหนดขึ้น
  ข้อมูลนี้เป็นการกำหนดมาตรฐาน และระดับถนนที่ต้องการ

3.1.1 ข้อมูลที่สำรวจจากสนามมีอยู่ 4 อย่างคือ

- ข้อมูลโค้งราบ (Horizontal Curve Data)
- ข้อมูลค่าระดับที่ศูนย์กลางแนวก่อสร้าง (Profile Elevation Data)
- ข้อมูลค่าระดับตามแนวขวางที่ Station. ต่าง ๆ ที่กำหนด (Cross-Section Data)
- ข้อมูลรายละเอียดพื้นที่ตามแนวทาง

3.1.1.1 ข้อมูลโค้งราบ (Horizontal Curve Data)

ข้อมูลโค้งราบเป็นข้อมูลที่บันทึกจากสนาม ในกรณีที่แนวถนนมีการเปลี่ยนทิศทาง วิศวกรสำรวจจะต้องทำการออกแบบโค้งในสนามให้เหมาะสมกับประเภทของชั้นทางที่กำหนด ยกเว้นแต่ว่าจะถูกจำกัดจากสภาพภูมิประเทศที่บังคับ ทำให้ไม่สามารถออกแบบให้สอดคล้องกับข้อกำหนดเบื้องต้นได้

ข้อมูลโค้งราบที่บันทึกจากสนามจะถูกบันทึกเก็บในแฟ้มข้อมูลของโปรแกรมประกอบด้วย

ก. ตำแหน่งจุดตัดสำหรับการวัดมุมเบี่ยงเบน (Point of Intersection) หรือ PI

ข. ค่ามุมเบี่ยงเบน (Deflection Angle) หรือ Δ จะบันทึกเป็นองศา (Degree) ลิบดา (Minute) และฟิลิปดา (Second) และจะกำกับไว้ด้วยว่าเป็นมุมเบี่ยงซ้าย (Lt) หรือเบี่ยงขวา (Rt)

ค. ค่ามุมที่รองรับความยาวส่วนโค้ง 100 เมตร หรือ "D"

ง. ค่ารัศมีโค้งหรือค่า "R" ซึ่งสัมพันธ์กับค่า "D"

จ. ค่า "T" ความยาว Tangent จากจุด PC ถึงจุด PI

ฉ. ค่า "L" ความยาวของส่วนโค้งวงกลม

ช. ค่า "E" ระยะจากจุด PI ถึง กึ่งกลางส่วนโค้งของวงกลม โดยปกติค่า E จะมีผลถึงความเร็วออกแบบเพราะการกำหนดค่า E จะมาทำให้ค่า R และค่า D เปลี่ยนไป

ซ. ค่า Station PC และ PT ที่ได้จากการคำนวณ

ข้อมูลข้างต้นเป็นข้อมูลของโค้งราบแบบโค้งวงกลม ถ้าออกแบบเป็น Spiral Curve จะมีข้อมูลจากสนามเพิ่มคือ

ฌ. ค่า Ls หรือค่าความยาวของโค้ง Spiral

ญ. ค่า θs คือมุมที่รองรับความยาวโค้ง Spiral

ฎ. ตำแหน่งของจุด TS SC CS และ ST

ภาพประกอบ 3.1 และ 3.2 แสดงตัวอย่างการบันทึกข้อมูลโค้งของกรมทางหลวง และของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท

3.1.1.2 ข้อมูลค่าระดับที่ศูนย์กลางแนวก่อสร้าง ซึ่งการบันทึกจะมีการกำหนดค่าระดับ BM. ควบคู่กันไปด้วยตลอดสายทาง ในบางหน่วยงานจะบันทึกค่าระดับข้อมูลชนิดนี้พร้อมกันกับค่าระดับตามขวาง ตัวอย่างการบันทึกตามภาพประกอบ 3.3

3.1.1.3 ข้อมูลค่าระดับตามแนวขวางที่ Station ต่าง ๆ ที่กำหนด เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับร่างเป็นภาพ เพื่อดูสภาพระดับหน้าตัดของ Station นั้น ๆ และยังเป็นข้อมูลที่ใช้คำนวณพื้นที่หน้าตัดที่ Station นั้นด้วย ตัวอย่างการบันทึกค่าระดับตามแนวขวาง ดูจากภาพประกอบ 3.4

3.1.1.4 ข้อมูลรายละเอียดพื้นที่ตามแนวทาง เป็นข้อมูลที่ผู้สำรวจจะเก็บรายละเอียดสิ่งปลูกสร้าง และตำแหน่งของสภาพพื้นที่ธรรมชาติ โดยจะระบุระยะทางระยะจากแนวศูนย์กลางก่อสร้าง และระบุว่าสิ่งนั้นเป็นอะไร บางหน่วยงานผู้สำรวจจะบันทึกไว้ในแบบบันทึกข้อมูลโค้งราบไปพร้อมกัน ดูตัวอย่างภาพประกอบ 3.5

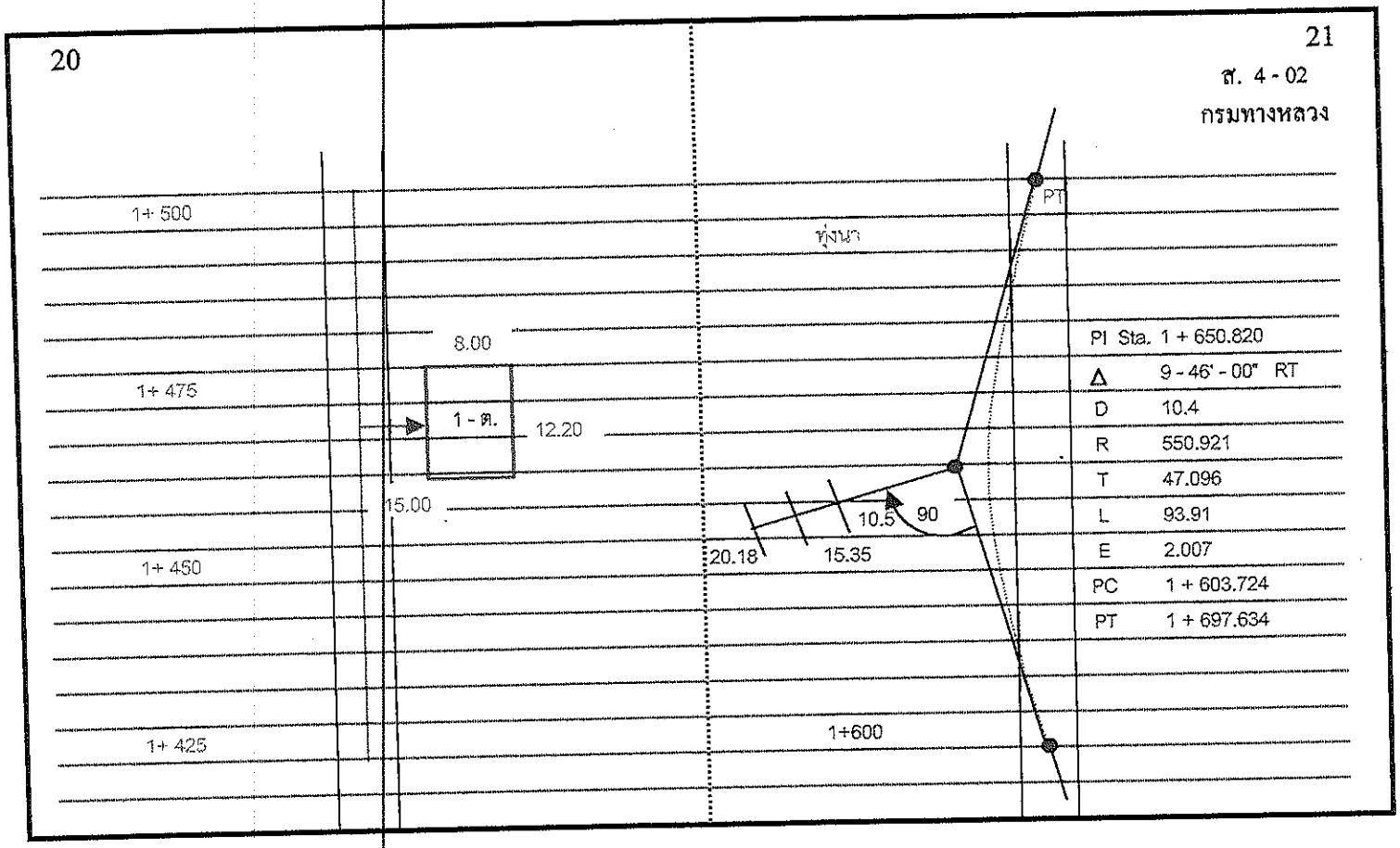
3.1.2 ข้อมูลที่ผู้ออกแบบกำหนดขึ้น

ข้อมูลที่ผู้ออกแบบกำหนดขึ้นเพื่อให้กับโปรแกรมมีอยู่ 2 อย่าง

3.1.2.1 มาตรฐานชั้นทาง ประกอบไปด้วยความกว้างของผิวจราจร ไหล่ทาง ความหนาของโครงสร้างทางชั้นต่าง ๆ และความเร็วออกแบบ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ผู้ออกแบบจะต้องทราบมาก่อน จากการกำหนดโดยฝ่ายวางแผนและหน่วยออกแบบโครงสร้างชั้นทาง

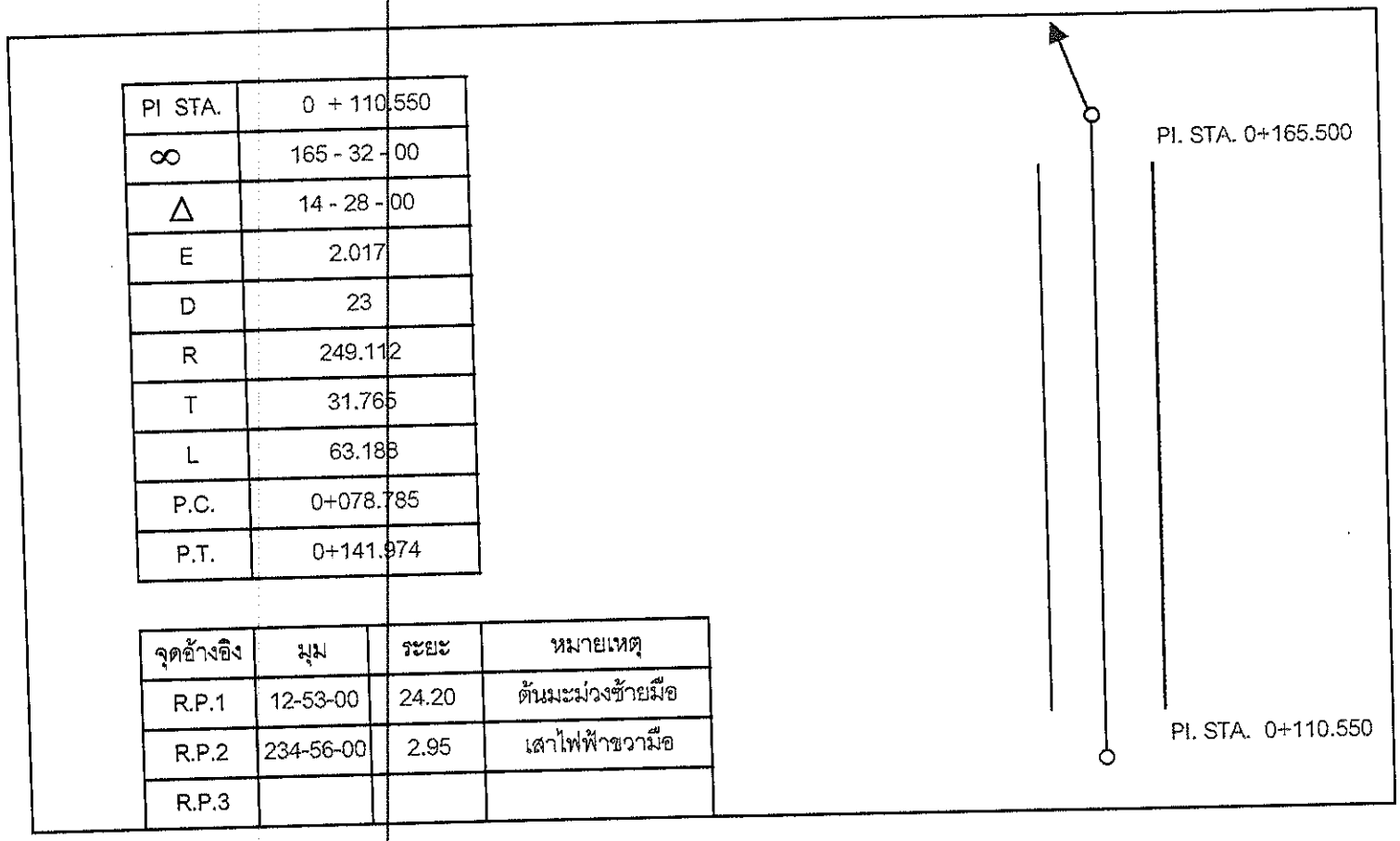
3.1.2.2 ข้อมูลค่าระดับก่อสร้าง ข้อมูลนี้ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดขึ้นมาเอง โดยใช้หลักการออกแบบตามหัวข้อที่กล่าวมาในบทที่แล้ว ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลอ้างอิงคือ ค่าระดับดินเดิมในหัวข้อ 3.1.1.2 และ 3.1.1.3

ภาพประกอบ 3.1 การบันทึกข้อมูลโค้งราบของกรมทางหลวง



ที่มา : ฝ่ายสำรวจออกแบบ. ศูนย์สร้างทางสุราษฎร์ธานี. 2542.

ภาพประกอบ 3.2 การบันทึกข้อมูลโค้งราบของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท



PI STA.	0 + 110.550
∞	165 - 32 - 00
Δ	14 - 28 - 00
E	2.017
D	23
R	249.112
T	31.765
L	63.188
P.C.	0+078.785
P.T.	0+141.974

จุดอ้างอิง	มุม	ระยะ	หมายเหตุ
R.P.1	12-53-00	24.20	ต้นมะม่วงซ้ายมือ
R.P.2	234-56-00	2.95	เสาไฟฟ้าขวามือ
R.P.3			

ที่มา : ศูนย์ รพช.หาดใหญ่. สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท. 2541.

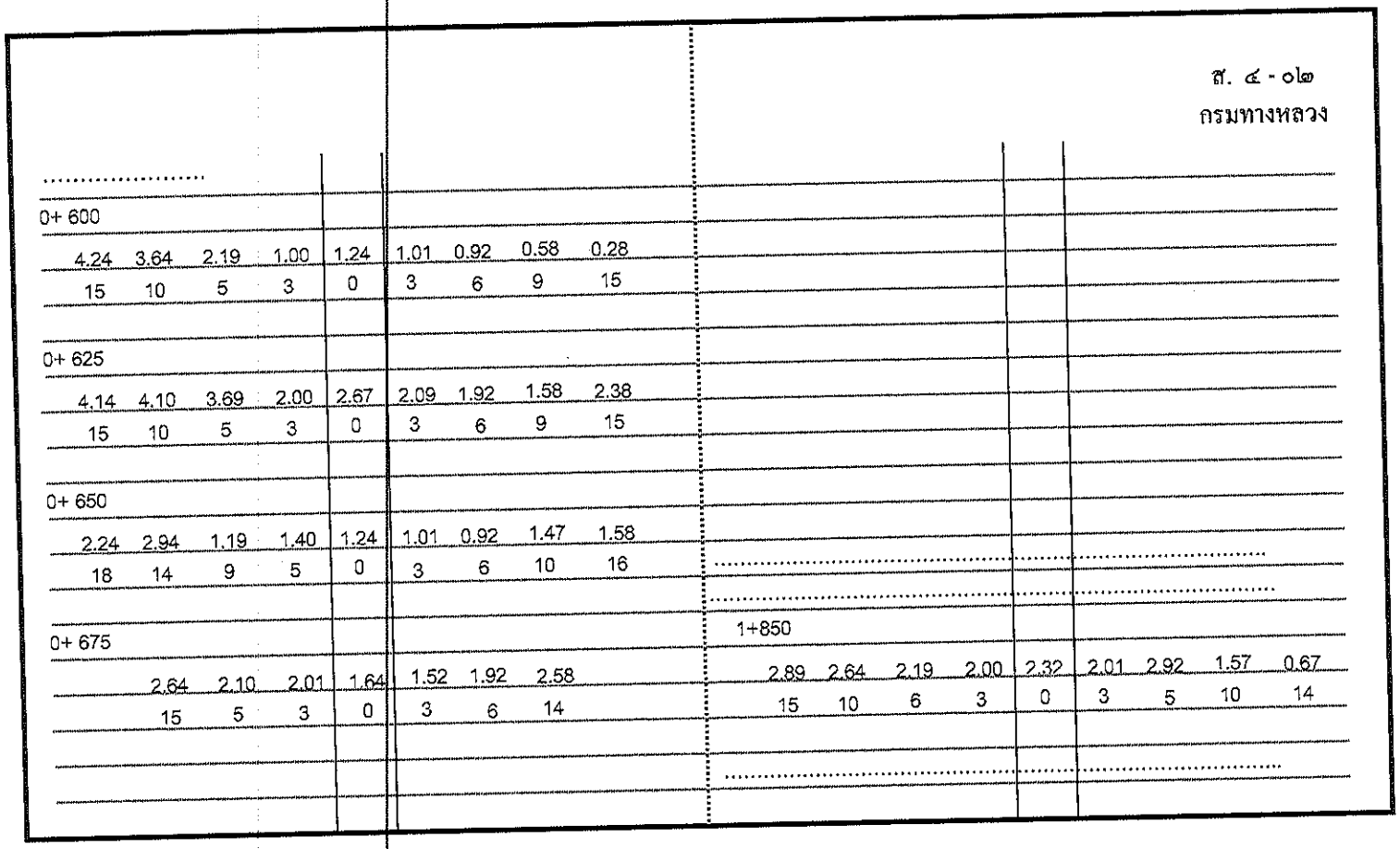
ภาพประกอบ 3.3 การบันทึกข้อมูลระดับศูนย์กลางแนวก่อสร้าง และ BM.

ส. ๔ - ๐๑

ก.ม.	อ่านได้			ระดับแกนกล้อง	ระดับประเมิน	หมายเหตุ
	ไม้หลัง	ไม้กลาง	ไม้หน้า			
BM 0	1.834			101.834	100.000	BM 0 อยู่โคนต้นสะท้อน Sta 0 + 075 ห่าง ศก. 10.00 ม.
0+ 000		0.91			100.924	ค่าระดับสมมุติ = 100
+ 025		1.35			100.484	
+ 050		1.43			100.404	BM 0 100.000 100.000
+ 075		1.4			100.434	1.842 1.834
+ 100		1.39			100.444	101.842 101.834
TP1.	1.631		1.458	102.012	100.381	1.465 1.453
+ 125						100.381 100.381
+ 150						1.626 1.631
+ 175						102.007 102.012
+ 200						1.721 1.724
+ 225						100.286 100.288
....						1.034 1.031
....						101.320 101.319
....						1.606 1.603
....						* 99.714 * 99.716 BM 0 / 1
....						
....						* ให้นำค่า 2 ค่านี้มาทำการเฉลี่ย ในการทำค่า BM ต่อไป
BM 0 / 1					99.716	
....						

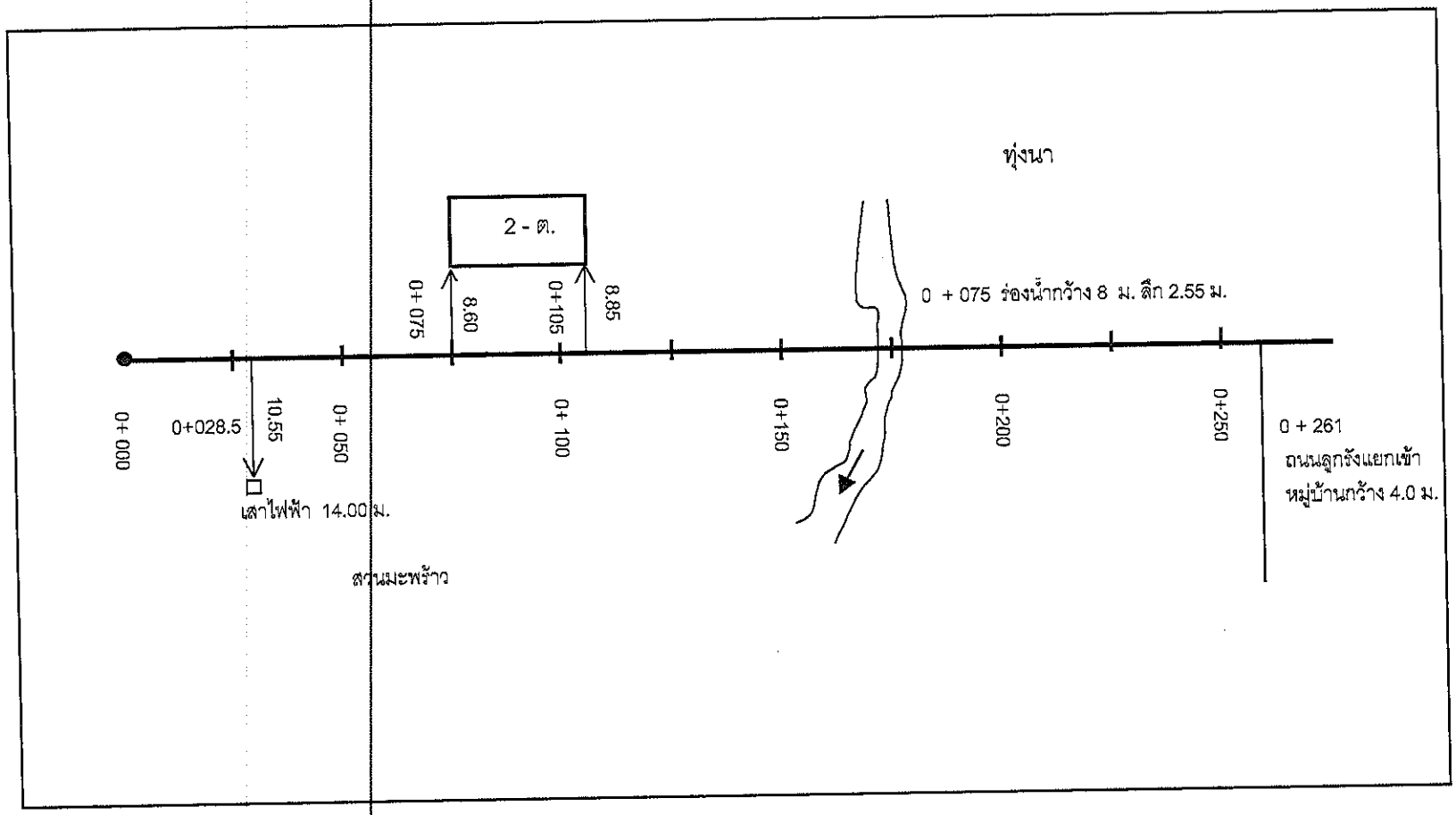
ที่มา : ฝ่ายสำรวจออกแบบ. ศูนย์สร้างทางสุราษฎร์ธานี. 2542.

ภาพประกอบ 3.4 การบันทึกข้อมูลระดับตามแนวขวาง (Cross - Section)



ที่มา : ฝ่ายสำรวจออกแบบ. ศูนย์สร้างทางสุราษฎร์ธานี. 2542.

ภาพประกอบ 3.5 การบันทึกรายละเอียดตลอดแนวก่อสร้าง



ที่มา : ฝ่ายสำรวจออกแบบ. ศูนย์สร้างทางสุราษฎร์ธานี. 2542.

3.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามแผนภูมิ ตามภาพประกอบ 3.6

การป้อนข้อมูลให้โปรแกรมหลังจากที่เปิดใช้งานโปรแกรมแล้ว มีขั้นตอนตามรายละเอียดและตัวอย่างการป้อนข้อมูลในฟอร์มต่าง ๆ ในโปรแกรมประกอบด้วย ข้อมูลหน่วยงานผู้รับผิดชอบ มาตรฐานชั้นทาง เงื่อนไขของชั้นทางและเงื่อนไขของรูปแบบทางที่ออกแบบ ซึ่งผู้ใช้โปรแกรมสามารถแก้ไขและกำหนดได้นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ให้ในโปรแกรม (ภาพประกอบ 3.8) ส่วนการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่จะกล่าวต่อไปนี้ ทุกข้อมูลที่จะบันทึกเข้าสู่แฟ้มเก็บข้อมูล จะต้องเปิดแฟ้มข้อมูลในโปรแกรมและตั้งชื่อแฟ้มข้อมูลนั้น เพื่อเรียกใช้ในโอกาสต่อไป (ภาพประกอบ 3.9)

3.2.1 ข้อมูลค่าระดับจากการสำรวจในสนาม แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

3.2.1.1 ข้อมูลค่าระดับที่มีค่าระดับที่ศูนย์กลางก่อสร้างพร้อมกับค่าระดับในแนวตั้งฉากกับศูนย์กลางแนวสำรวจ (ภาพประกอบ 3.10)

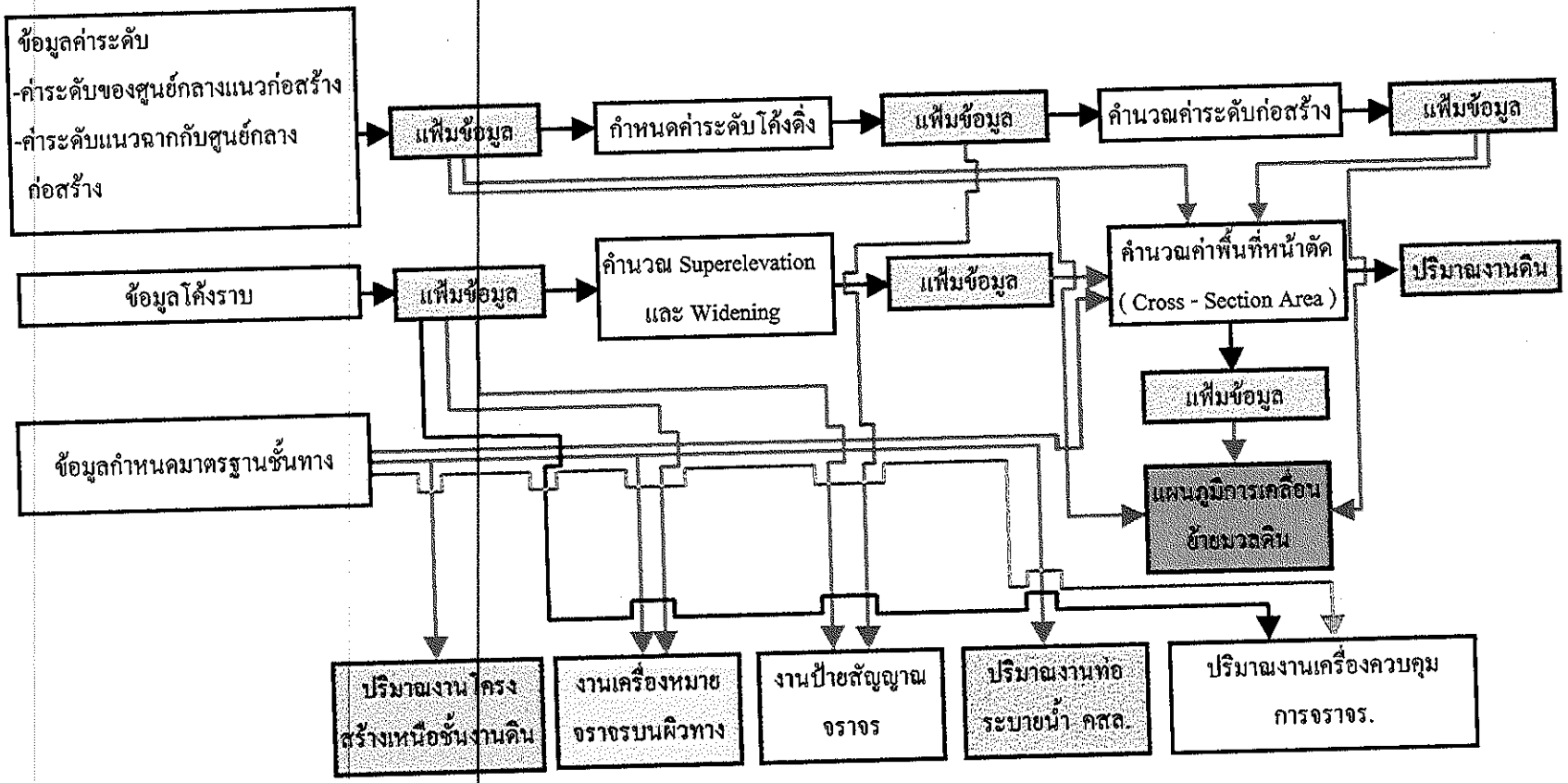
3.2.2.2 ข้อมูลค่าระดับที่มีข้อมูลค่าระดับที่ศูนย์กลางแยกกับค่าระดับในแนวตั้งฉากกับแนวสำรวจ (ภาพประกอบ 3.11)

3.2.2 ข้อมูลโค้งราบ เป็นข้อมูลที่ผู้ออกแบบรับจากผู้สำรวจ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการยกโค้งและการขยายขอบทางโค้งด้านในโค้ง และปริมาณงานประเภทอื่น ๆ ในภายหลังอีกหลายอย่าง ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลตามภาพประกอบ 3.12

การจัดการข้อมูลจากที่ป้อนให้กับโปรแกรมใน 3 รายการที่ผ่านมานั้น ผู้ใช้โปรแกรมสามารถนำข้อมูลข้างต้นไปคำนวณเป็นข้อมูล เพื่อใช้กับโปรแกรมอีก คือ

3.2.3 ข้อมูลอัตราการยกโค้งและอัตราการขยายขอบทางโค้งด้านในของโค้งราบ ซึ่งในการคำนวณนี้จะบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูล ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลตามภาพประกอบที่ 3.13

ภาพประกอบ 3.6 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม



CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

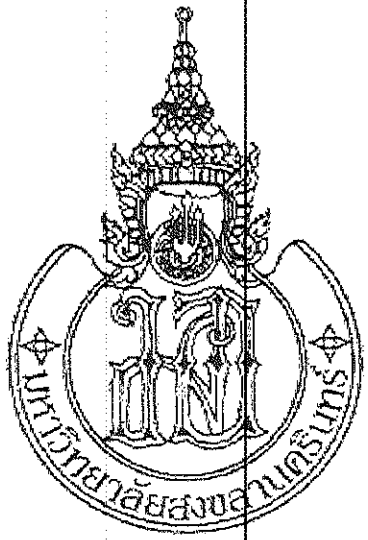
ภาพประกอบ 3.7 เริ่มต้นโปรแกรม

Title

HIG WAY ENGINEER NG

The Development of a Computer Program
for Highway Geometric Design

Version 1.

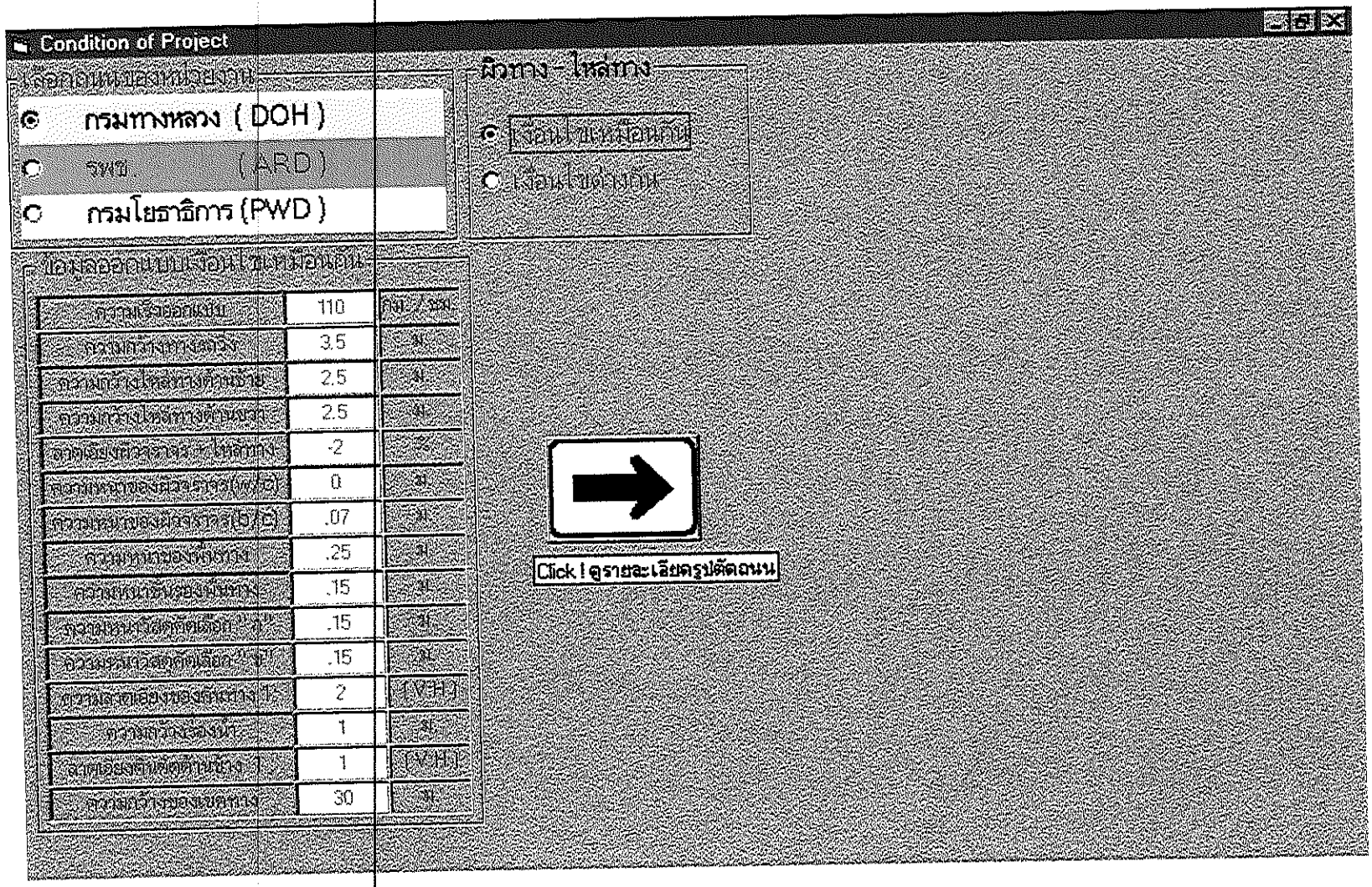


Mr. Chairork Messuwan

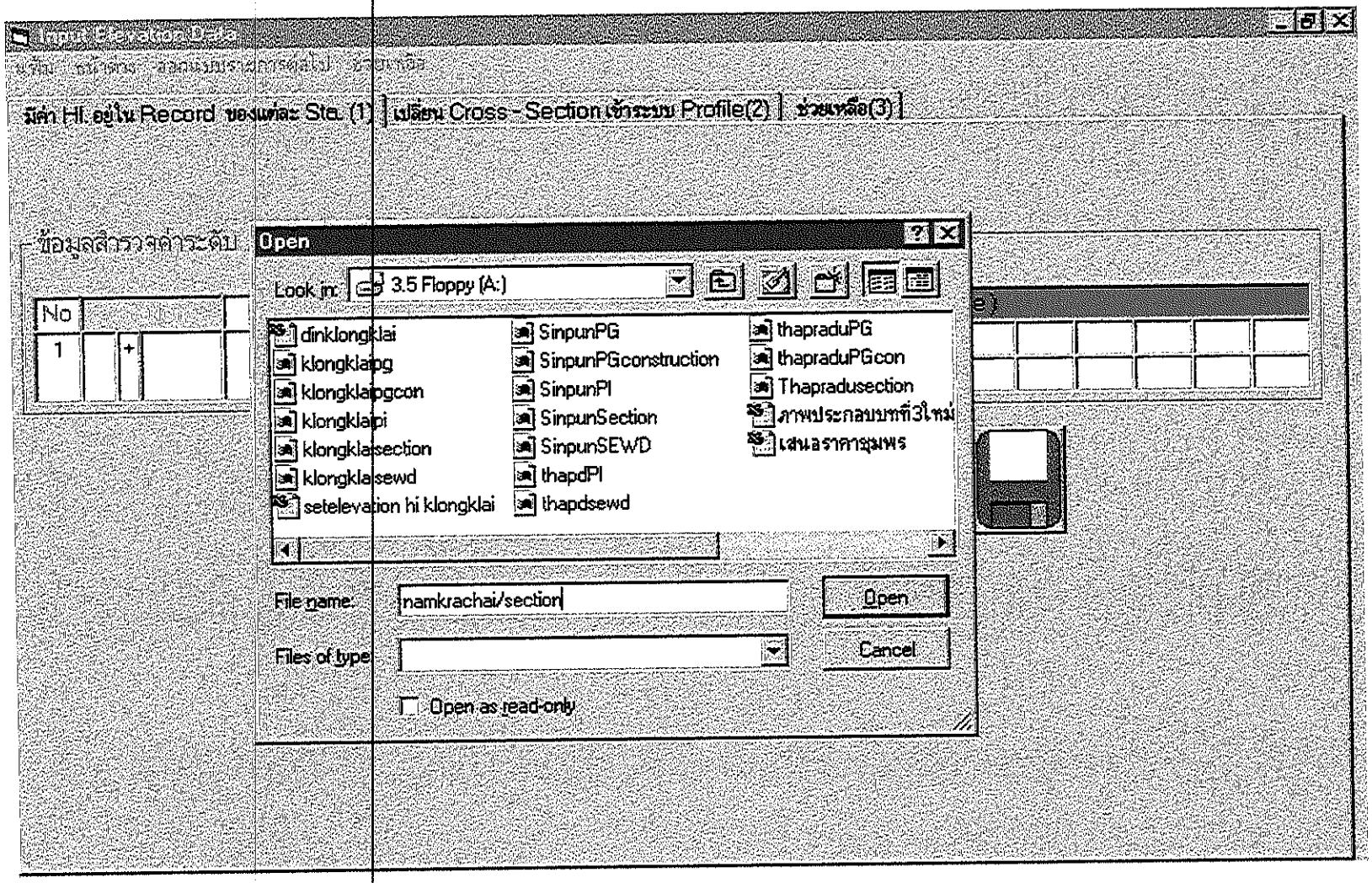
Graduate School
Prince of Songkla University

Click ! เพื่อออกแบบต่อไป

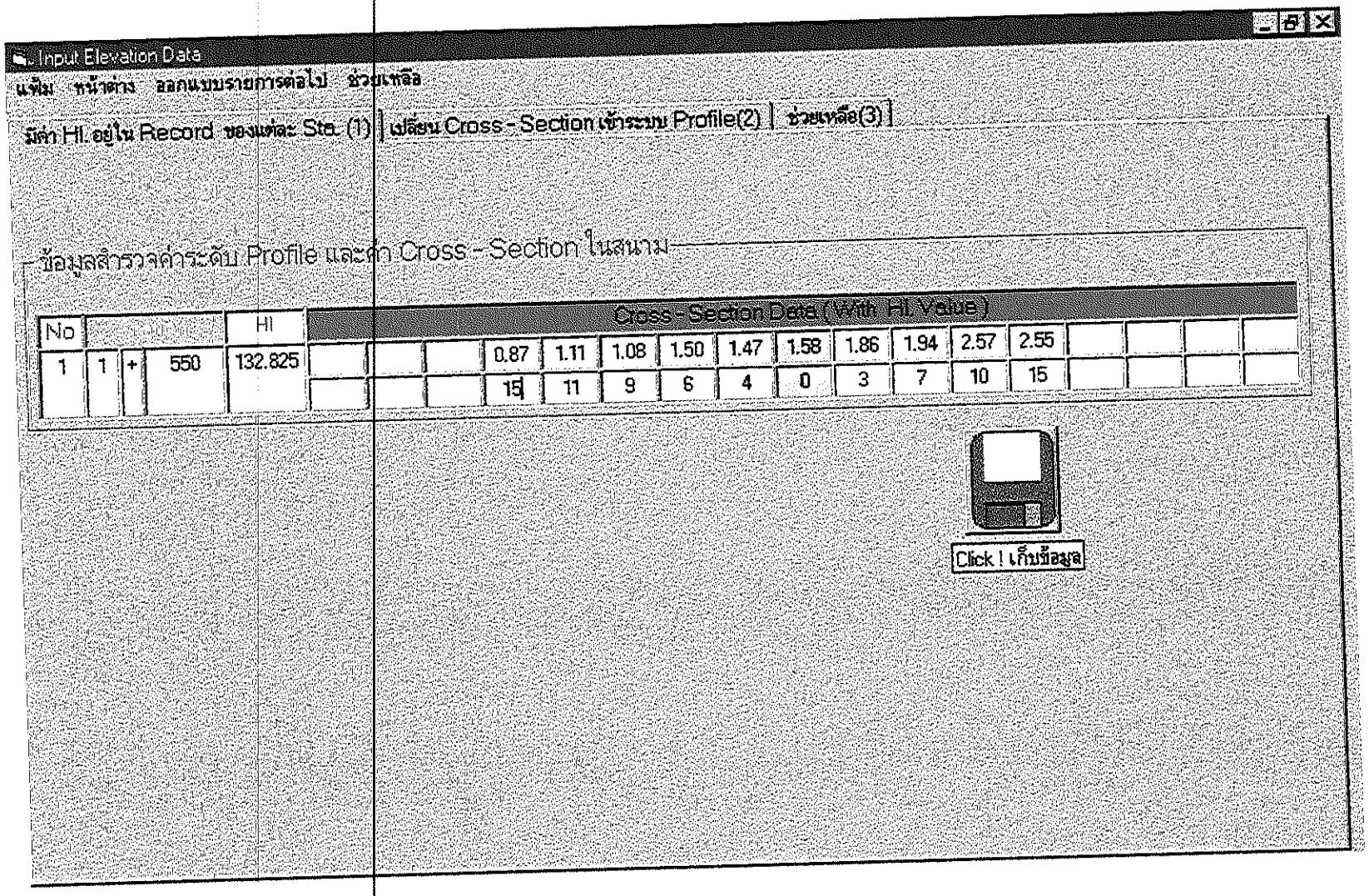
ภาพประกอบ 3.8 การกำหนดเงื่อนไขรูปแบบของถนน



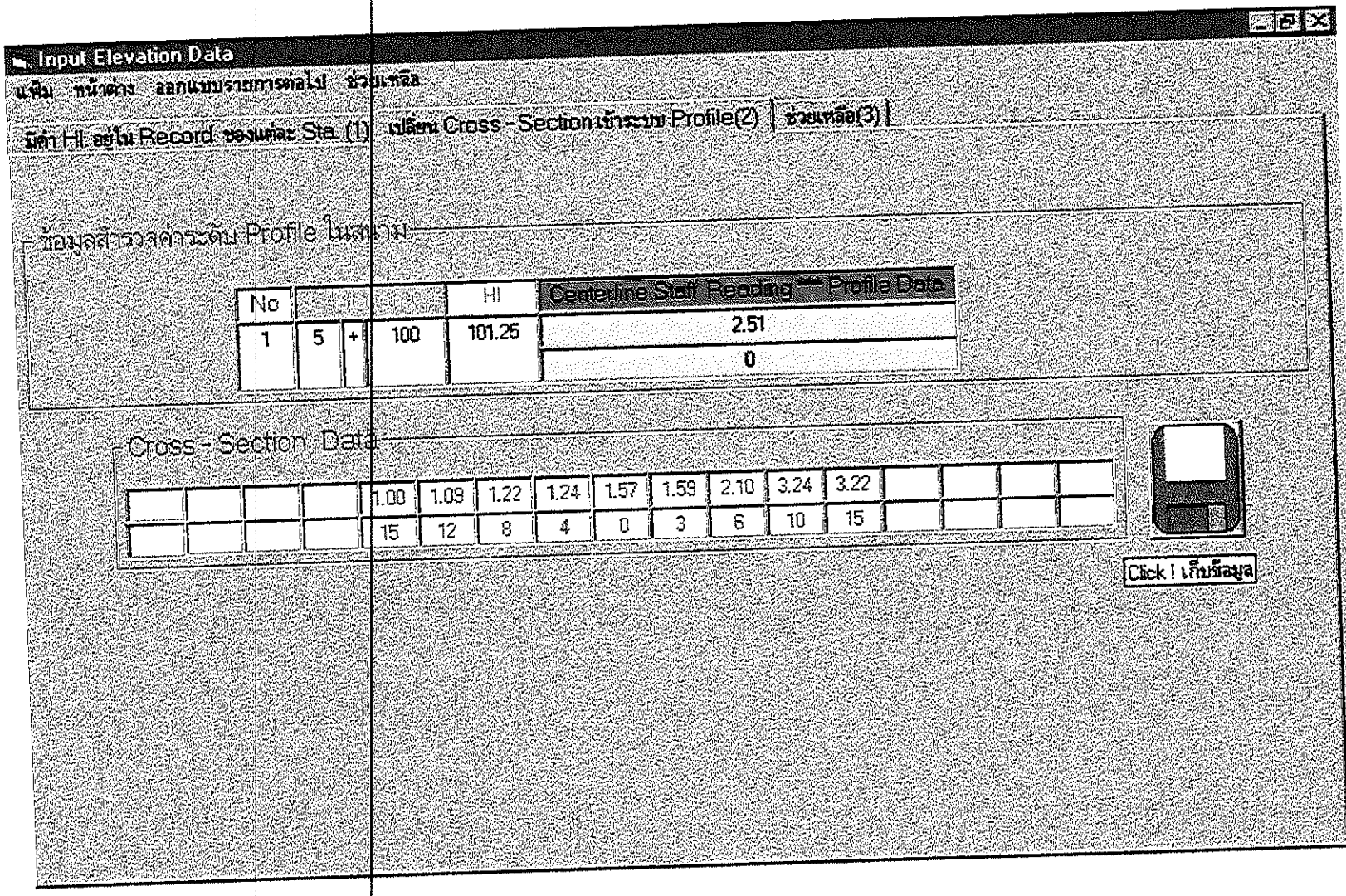
ภาพประกอบ 3.10 การเปิดและตั้งชื่อแฟ้มข้อมูล



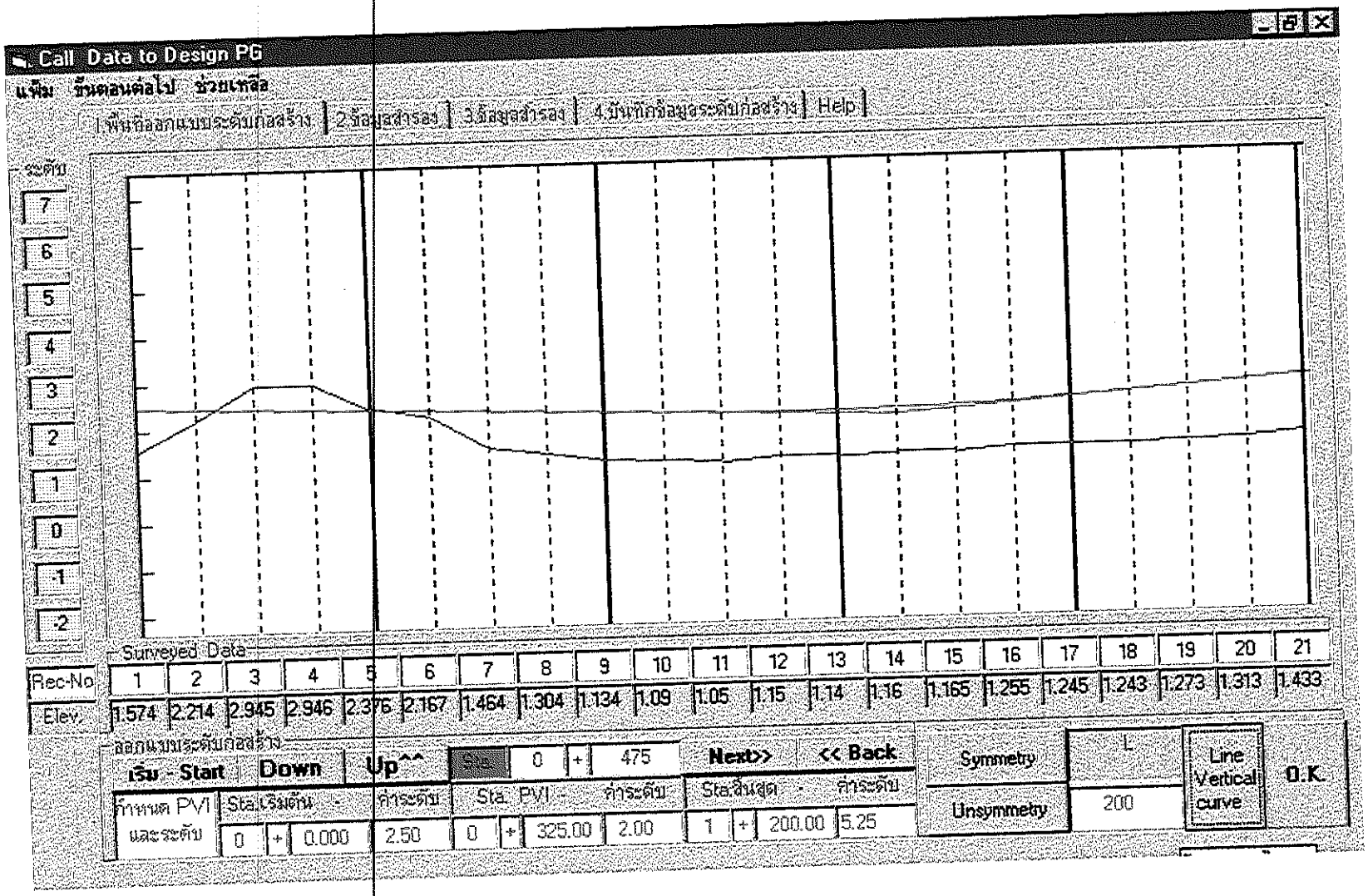
ภาพประกอบ 3.10 แบบฟอร์มบันทึกงานระดับที่มีทั้งค่าระดับที่ศูนย์กลางและค่าระดับแนวขวาง



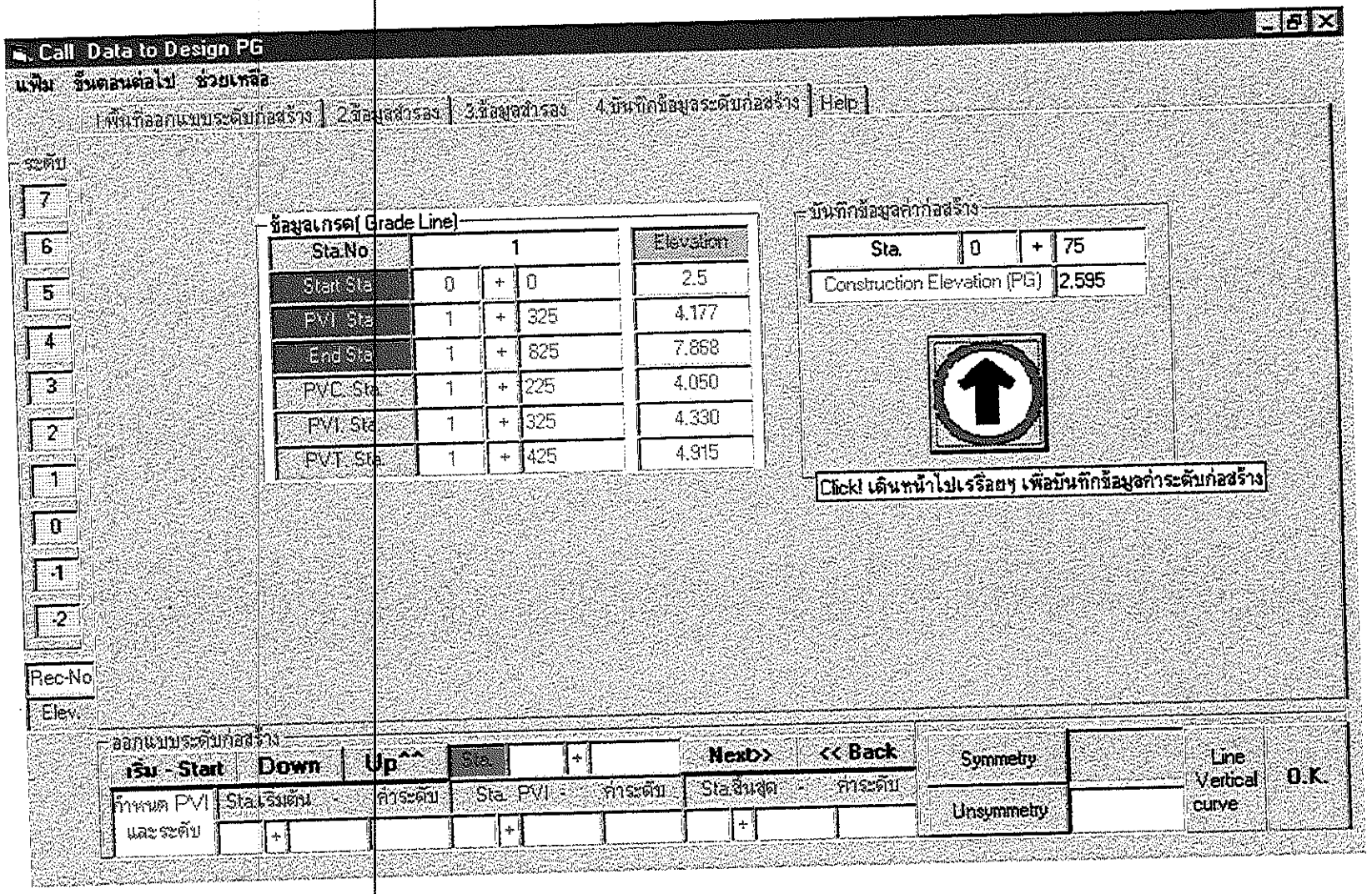
ภาพประกอบ 3.11 แบบฟอร์มบันทึกงานระดับที่แยกค่าระดับที่ศูนย์กลางกับค่าระดับแนวขวาง



ภาพประกอบ 3.12 การกำหนดตำแหน่งโค้งดิ่ง (PVI)



ภาพประกอบ 3.13 การคำนวณและบันทึกค่าระดับก่อสร้าง

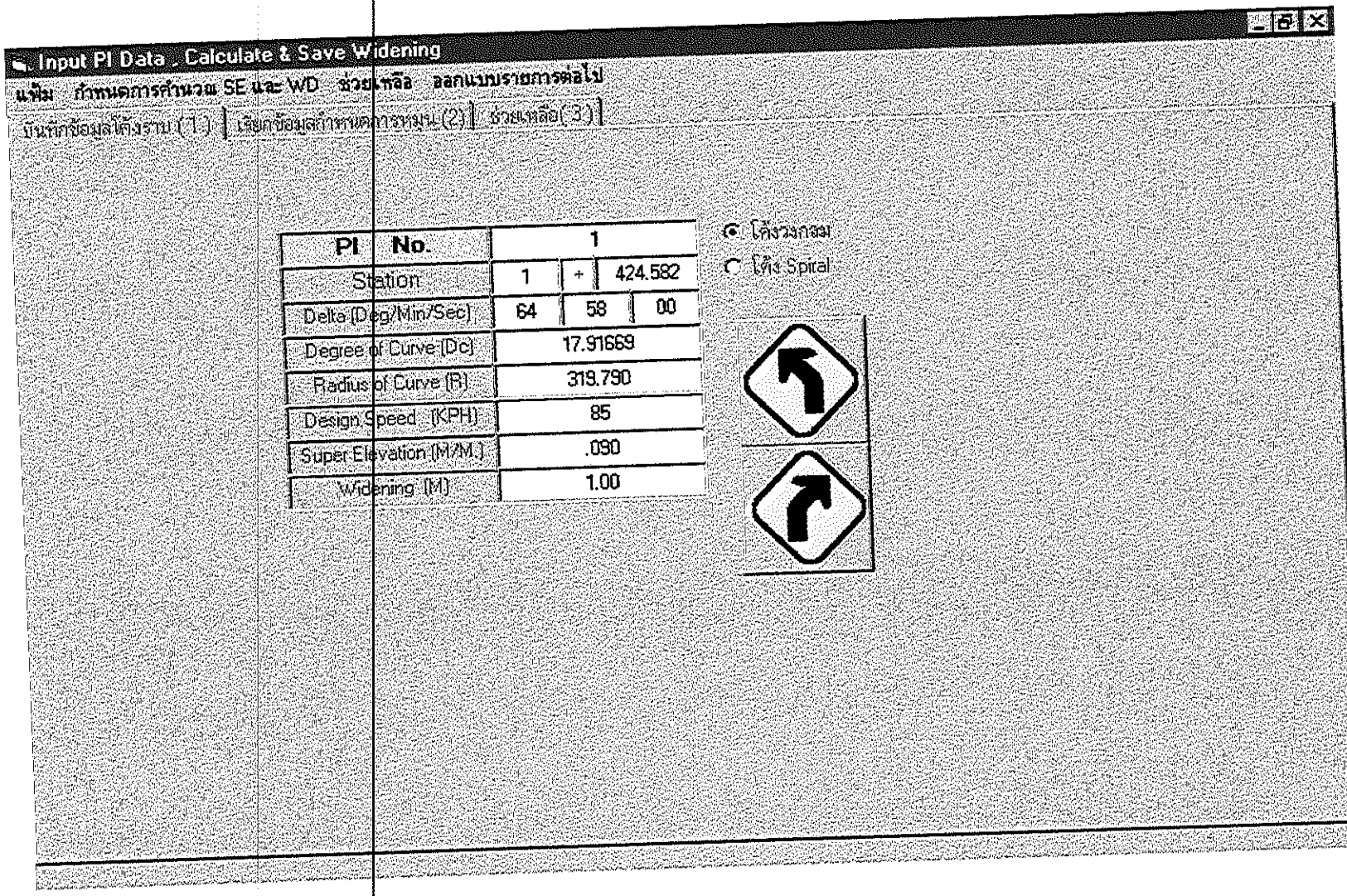


3.2.4 ข้อมูลโค้งราบ เป็นข้อมูลที่ผู้ออกแบบรับจากผู้สำรวจ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการยกโค้งและการขยายขอบทางโค้งด้านใน และปริมาณงานประเภทอื่น ๆ ในภายหลังอีกหลายอย่าง เป็นข้อมูลชุดที่ 4 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลตามภาพประกอบ 3.14

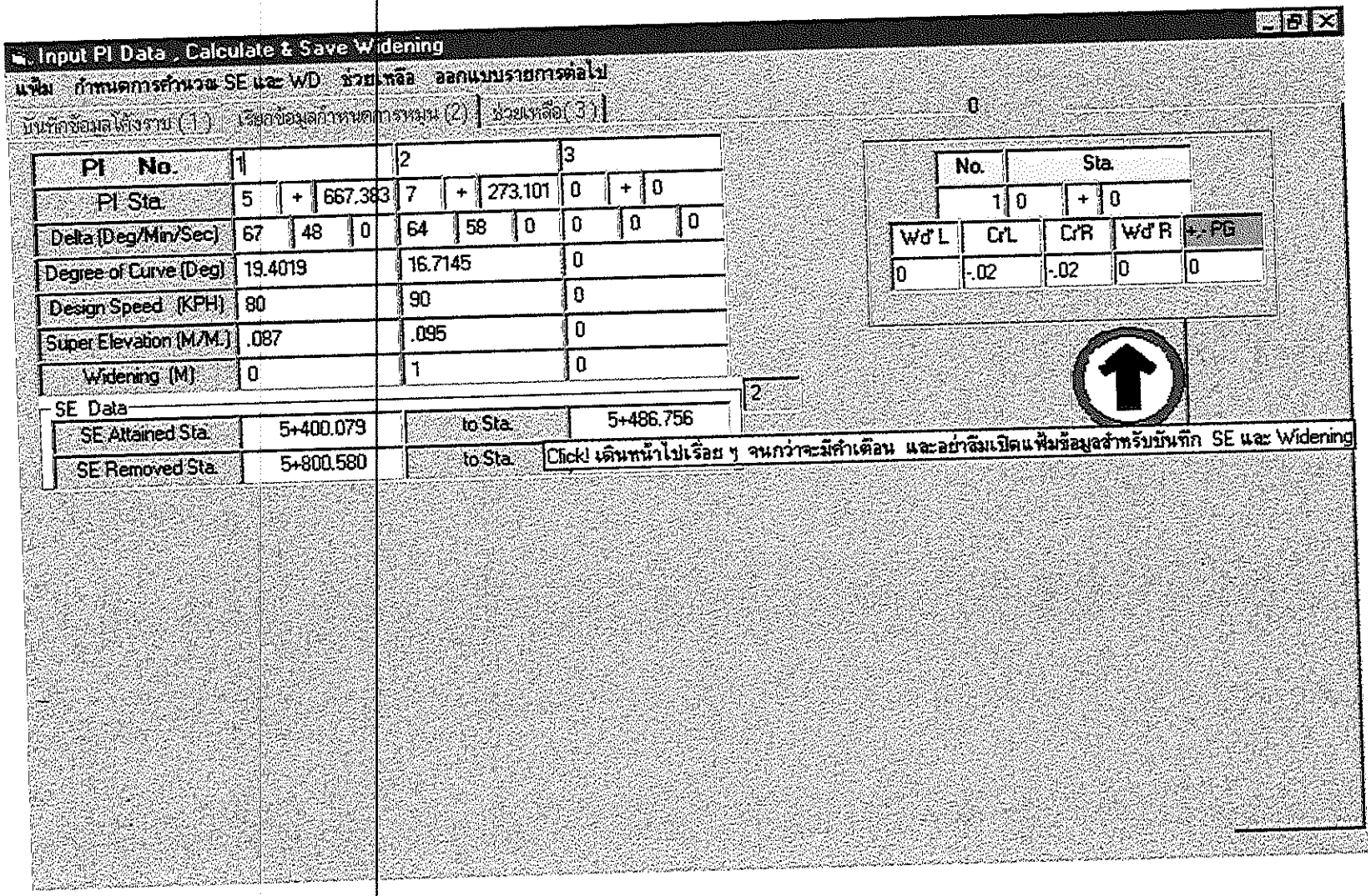
การจัดการข้อมูลจากที่ป้อนให้กับโปรแกรมใน 3 รายการที่ผ่านมานั้น ผู้ใช้โปรแกรมสามารถนำข้อมูลข้างต้นไปคำนวณเป็นข้อมูลเพื่อใช้กับโปรแกรมอีก คือ

3.2.5 ข้อมูลอัตราการยกโค้งและอัตราการขยายขอบทางโค้งด้านในของโค้งราบ ซึ่งในการคำนวณนี้จะบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูลที่ 5 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลตามภาพประกอบที่ 3.15

ภาพประกอบ 3.14 บันทึกข้อมูลโค้งราบ



ภาพประกอบ 3.15 เรียกข้อมูลโค้งราบคำนวณอัตราการยกโค้งและขยายขอบทางด้านในโค้ง



3.3 การเรียกใช้ข้อมูลและผลที่คำนวณได้โดยโปรแกรม

จากการที่แฟ้มข้อมูลทั้ง 5 แฟ้มข้อมูลถูกเก็บไว้เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมสามารถคำนวณปริมาณงานต่าง ๆ ในสายทางที่มีผลจากการออกแบบทางด้านเรขาคณิต ตามรายการต่อไปนี้ กับภาพประกอบที่แสดงผลในแต่ละรายการที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 4

3.3.1 พื้นที่หน้าตัดของแต่ละ Station ในสายทาง ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่งานดินถมและพื้นที่งานดินตัดในแต่ละ Station และข้อมูลนี้จะบันทึกไว้ในแฟ้มข้อมูล (ภาพประกอบชุด 4.5)

3.3.2 จากการที่โปรแกรมสามารถคำนวณพื้นที่หน้าตัดได้ทั้งหมดแล้ว โปรแกรมสามารถคำนวณปริมาณงานดิน ซึ่งเป็นปริมาณงานที่สำคัญ และผันแปรต่อมูลค่าการก่อสร้างทางแต่ละสาย และผลการคำนวณปริมาณงานดินตัดและดินถมในแต่ละช่วงกิโลเมตร (ภาพประกอบชุด 4.6)

3.3.3 ปริมาณงานประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญและคำนวณโดยการเรียกข้อมูลที่เก็บไว้ในโปรแกรมมาช่วยในการคำนวณ เพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องและรวดเร็ว ประกอบด้วย

3.3.3.1 ปริมาณงานชั้นโครงสร้างทางทั้งหมดเหนือชั้นงานดิน (ภาพประกอบ 4.7)

3.3.3.2 แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน (Mass-Haul Diagram) ซึ่งสามารถเรียกมาคำนวณได้ตามทฤษฎีและตามคำแนะนำของโปรแกรม (ภาพประกอบ 48)

3.3.3.3 ปริมาณงานของเครื่องควบคุมการจราจร ที่ได้กำหนดให้โปรแกรมคำนวณให้ประกอบด้วย

ก. คำนวณปริมาณและระยะการตีเส้นจราจรบนโค้งราบ (ภาพประกอบ 4.10)

ข. คำนวณปริมาณและระยะการตีเส้นจราจรบนโค้งดิ่ง (ภาพประกอบ 4.11)

ค. คำนวณปริมาณและกำหนดตำแหน่งการติดตั้งป้ายจราจรในโค้งราบ (ภาพประกอบ 4.12)

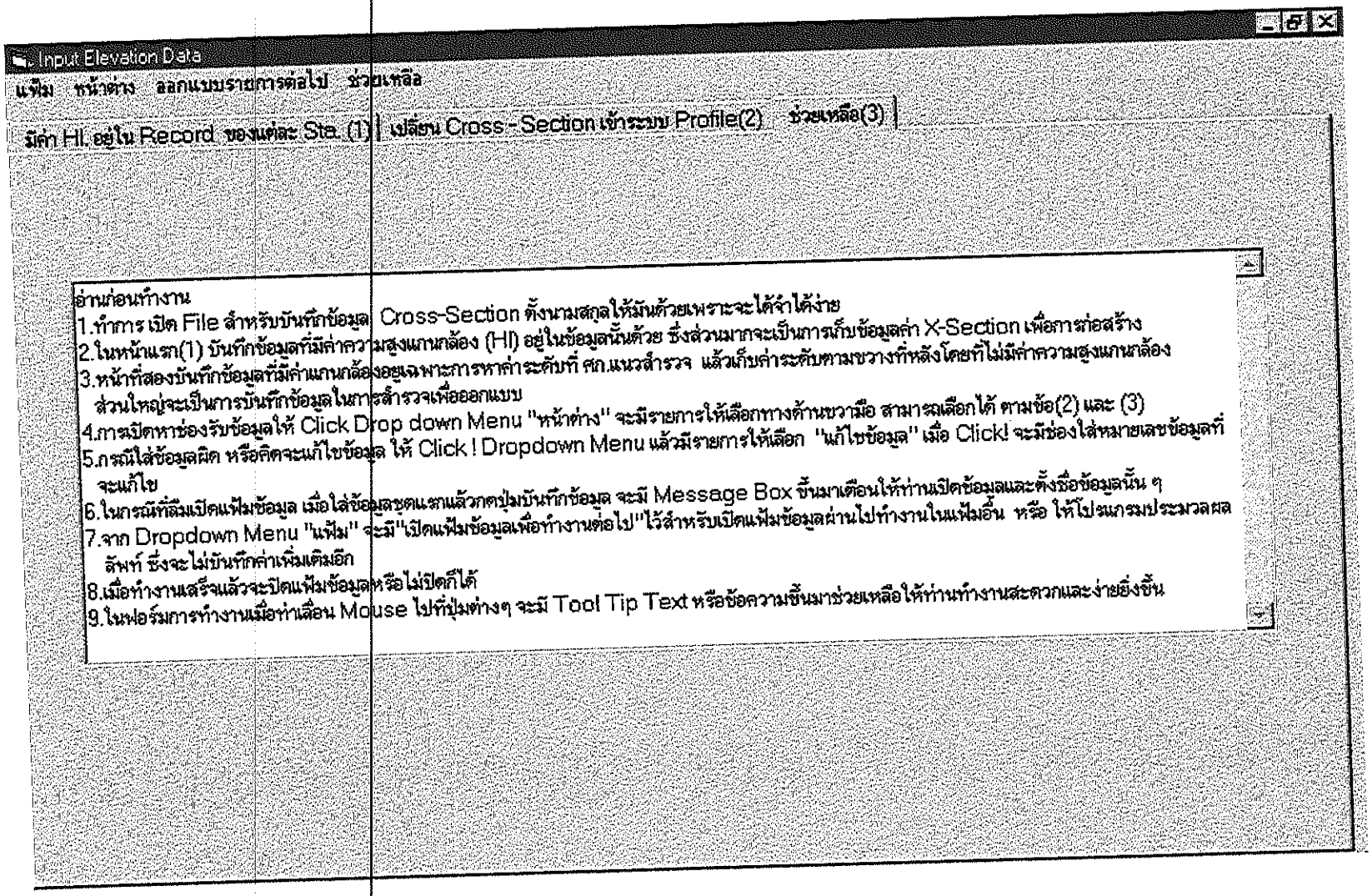
ง. คำนวณปริมาณและกำหนดตำแหน่งการติดตั้งป้ายจราจรในโค้งดิ่ง (ภาพประกอบ 4.13)

ง. คำนวณปริมาณและกำหนดตำแหน่งการติดตั้งป้ายจราจรในโค้งดิ่ง (ภาพประกอบ 4.13)

จ. คำนวณปริมาณหลักโค้งนำทางและราวเหล็กกันตกในโค้งราบ (ภาพประกอบ 4.14 และ 4.15)

ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเรียนรู้การใช้โปรแกรมและปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ตามที่ได้แนะนำไว้ในหัวข้อ "ช่วยเหลือ" ของทุก ๆ แบบฟอร์มการทำงาน ตัวอย่างการช่วยเหลือในแต่ละแบบฟอร์มจะอธิบายการทำงานอย่างละเอียดทุกขั้นตอน ตามตัวอย่างในภาพประกอบ 3.16

ภาพประกอบ 3.16 ตัวอย่างคำแนะนำการทำงานในระบบช่วยเหลือของฟอร์มบันทึกค่าระดับ



บทที่ 4

ผลลัพธ์จากโปรแกรมและการเปรียบเทียบกับแบบเดิม

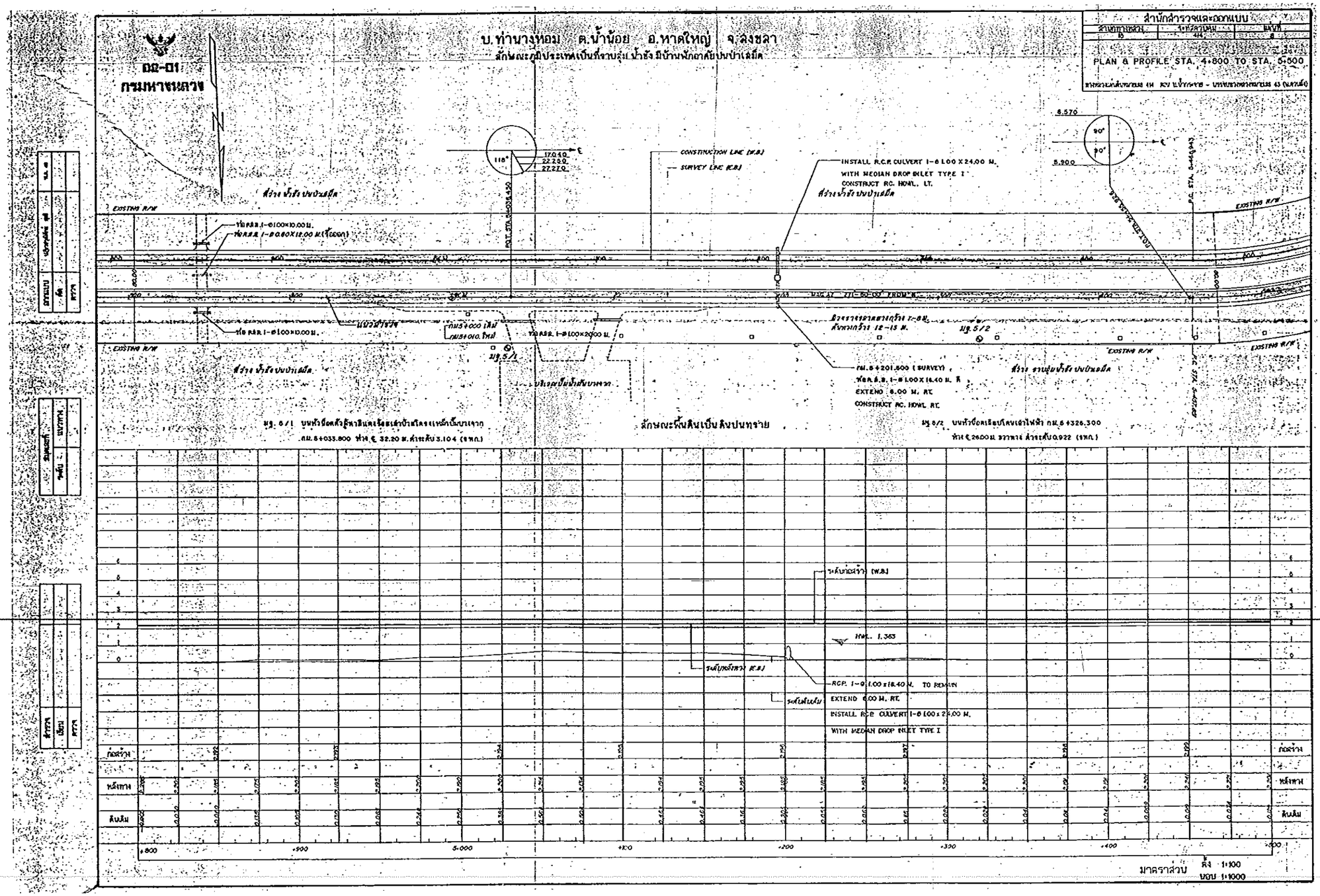
ผู้ศึกษาได้คำนวณค่างานต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมกับผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณแบบเดิม ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้คำนวณปริมาณงาน เพื่อเป็นหลักฐานในการเบิกจ่ายเงินของทางราชการของถนน 2 ช่องจราจร โดยได้คัดเลือกสายทางต่างๆ ที่เหมาะสมมาทำการคำนวณในแต่ละรายการที่โปรแกรมสามารถคำนวณได้ ตามรายการดังนี้

- คำนวณค่ายกโค้งและขยายขอบทาง ใช้ข้อมูลของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4009 สาย สุราษฎร์ธานี - บ้านส้อง ตอน 2 ช่วง กม.31+000.00 - กม. 32+000.000
- การคำนวณพื้นที่หน้าตัด ใช้ข้อมูลการก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 414 สาย บ้านน้ำกระจาย - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 43 ตอน 1 ช่วง กม.6+000.00 - กม.7+000.00
- ปริมาณดินตัดและดินถม ใช้ข้อมูลการก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 414 สาย บ้านน้ำกระจาย - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 43 ตอน 1 ด้านซ้ายทาง ช่วง กม.5+000.00 - กม.6+000.00
- ปริมาณงานชั้นโครงสร้างทางทั้งหมดเหนือชั้นงานดิน ใช้ข้อมูลเดียวกันกับการคิดปริมาณงานดินตัดและดินถม
- แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน ใช้ข้อมูลระดับดินเดิมของงานก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 414 สาย บ้านน้ำกระจาย - บรรจบทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 43 ตอน 1 กับระดับก่อสร้างที่สมมุติเพื่อให้ปริมาณงานดินและระยะทางเข้าข่ายการคำนวณการเคลื่อนย้ายมวลดิน
- การคำนวณเครื่องอำนวยความสะดวกในการขับขี่ อันเป็นผลจากการออกแบบทางเรขาคณิต เช่น ปริมาณและระยะการตีเส้นแบ่งช่องจราจรบน

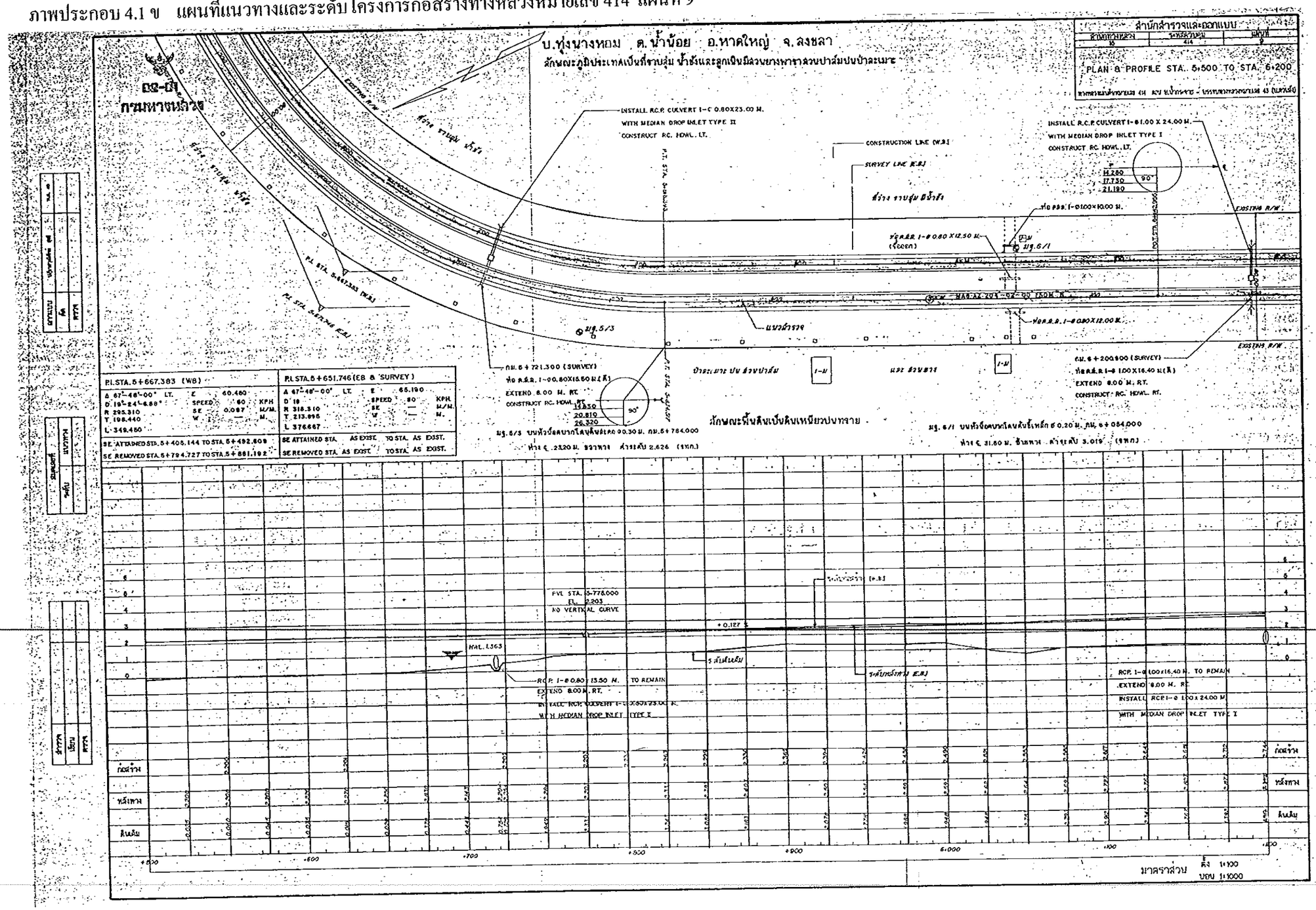
โค้งราบ ปริมาณและระยะการตีเส้นแบ่งช่องจราจรบนโค้งดิ่ง ปริมาณและตำแหน่งติดตั้งป้ายจราจรบนโค้งราบ ปริมาณและตำแหน่งติดตั้งป้ายจราจรบนโค้งดิ่ง ปริมาณหลักโค้งและราวเหล็กกันตกในโค้งราบ ใช้ข้อมูลของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4009 สาย สุราษฎร์ธานี - บ้านส้อง ตอน 2 ตามรายละเอียดตำแหน่งที่จะอ้างถึงในแต่ละรายการ

ทุกสายทางที่ผู้ศึกษาได้นำมาเป็นกรณีศึกษา ได้จัดแนบแผนที่แนวทางและระดับเฉพาะตำแหน่งที่นำข้อมูลมาคำนวณ ตามภาพประกอบ 4.1 ก, 4.1 ข ภาพประกอบ 4.2 ก, 4.2 ข, 4.2 ค, 4.2 ง, 4.2 จ และ 4.2 ฉ

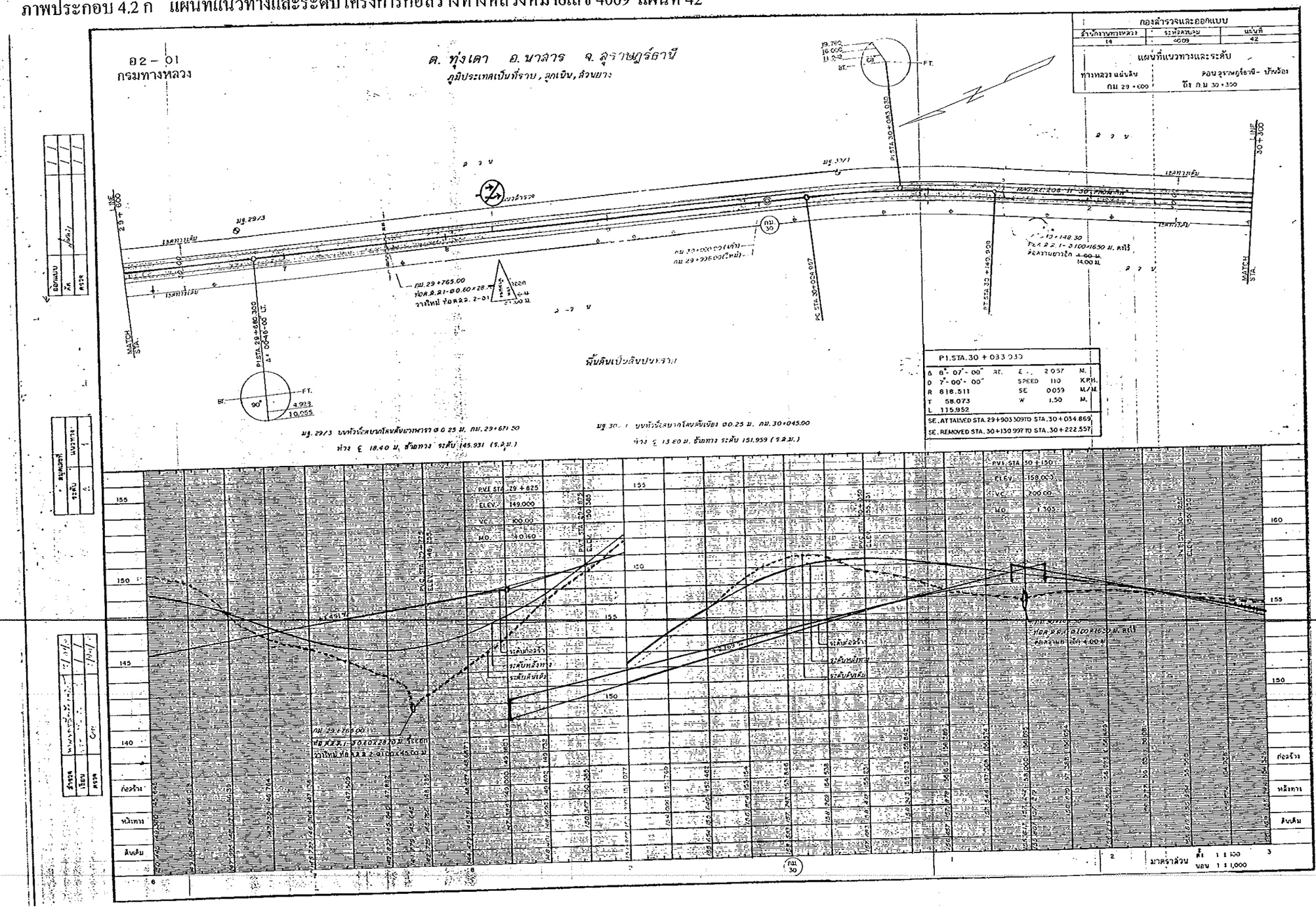
ภาพประกอบ 4.1 ก แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 414 แผ่นที่ 8



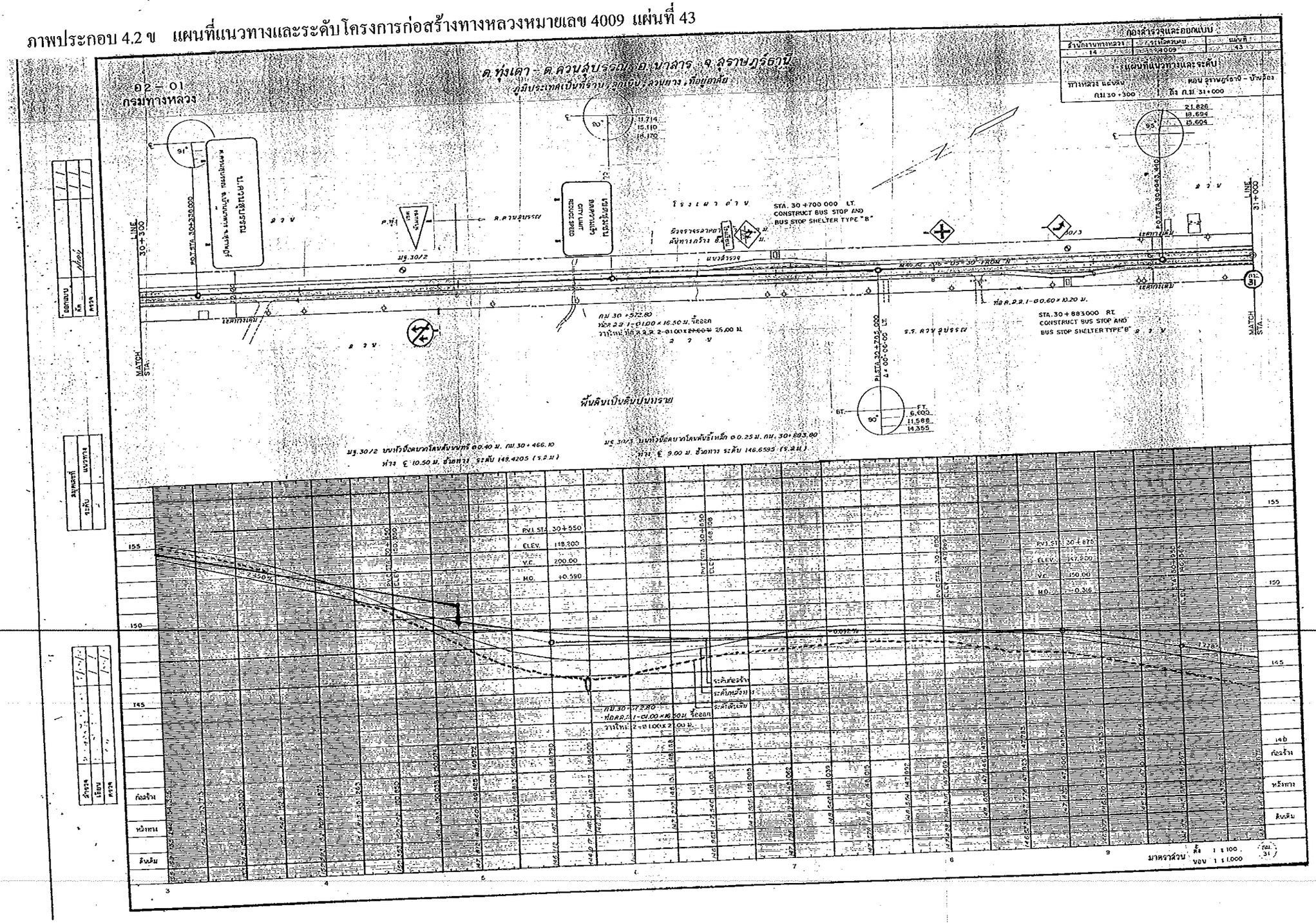
ภาพประกอบ 4.1 ข แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 414 แผ่นที่ 9



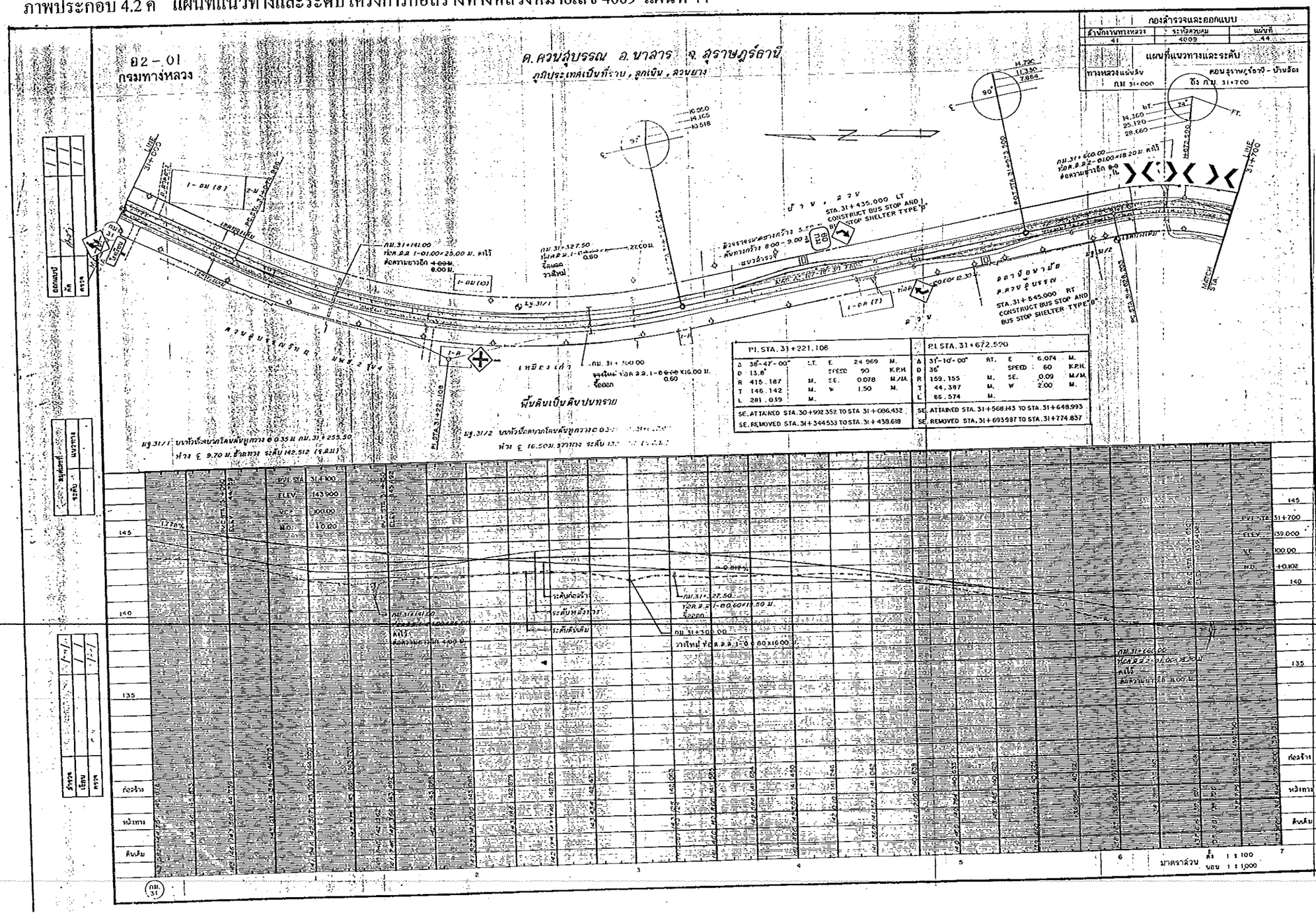
ภาพประกอบ 4.2 ก แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 42



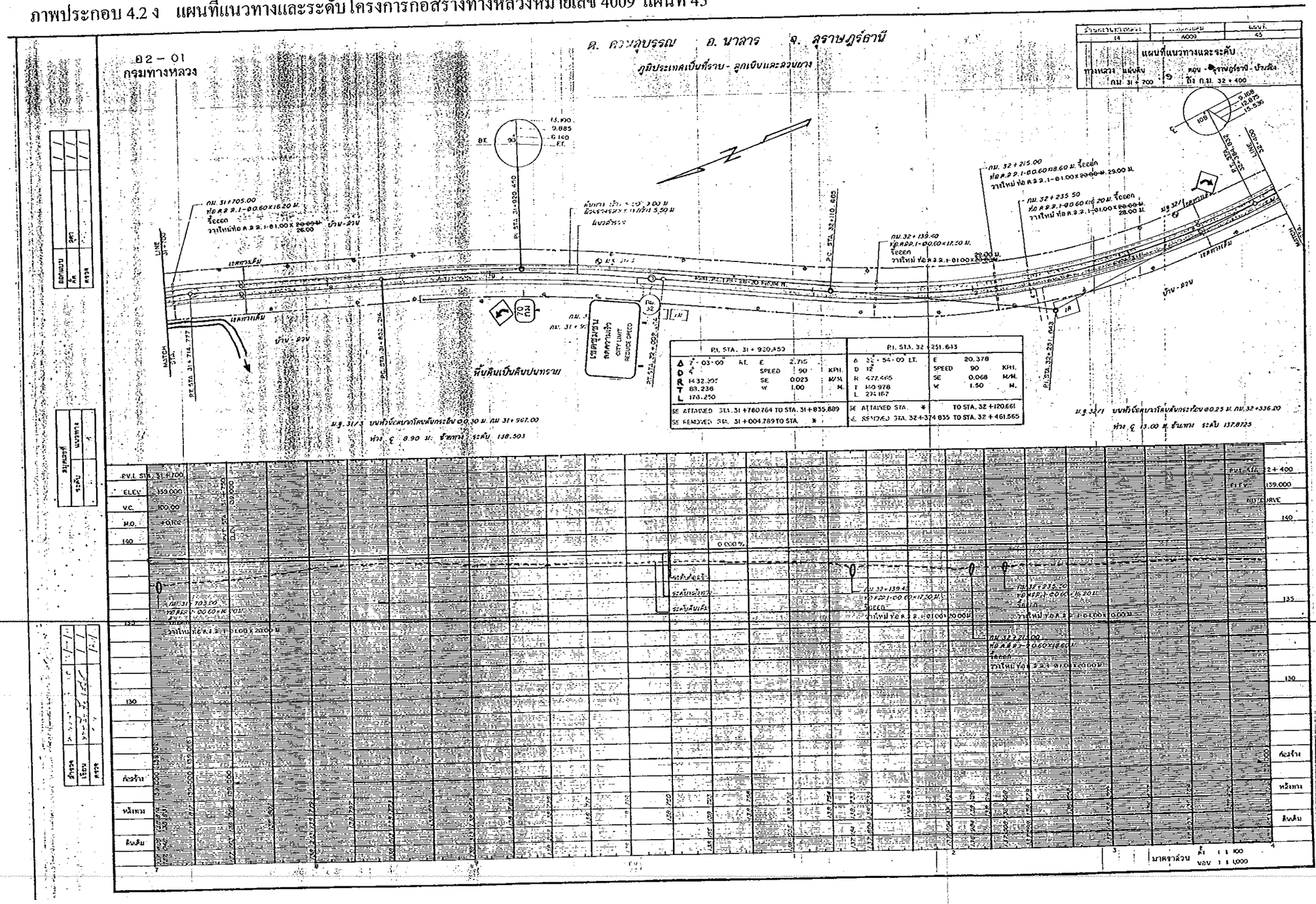
ภาพประกอบ 4.2 ข แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 43



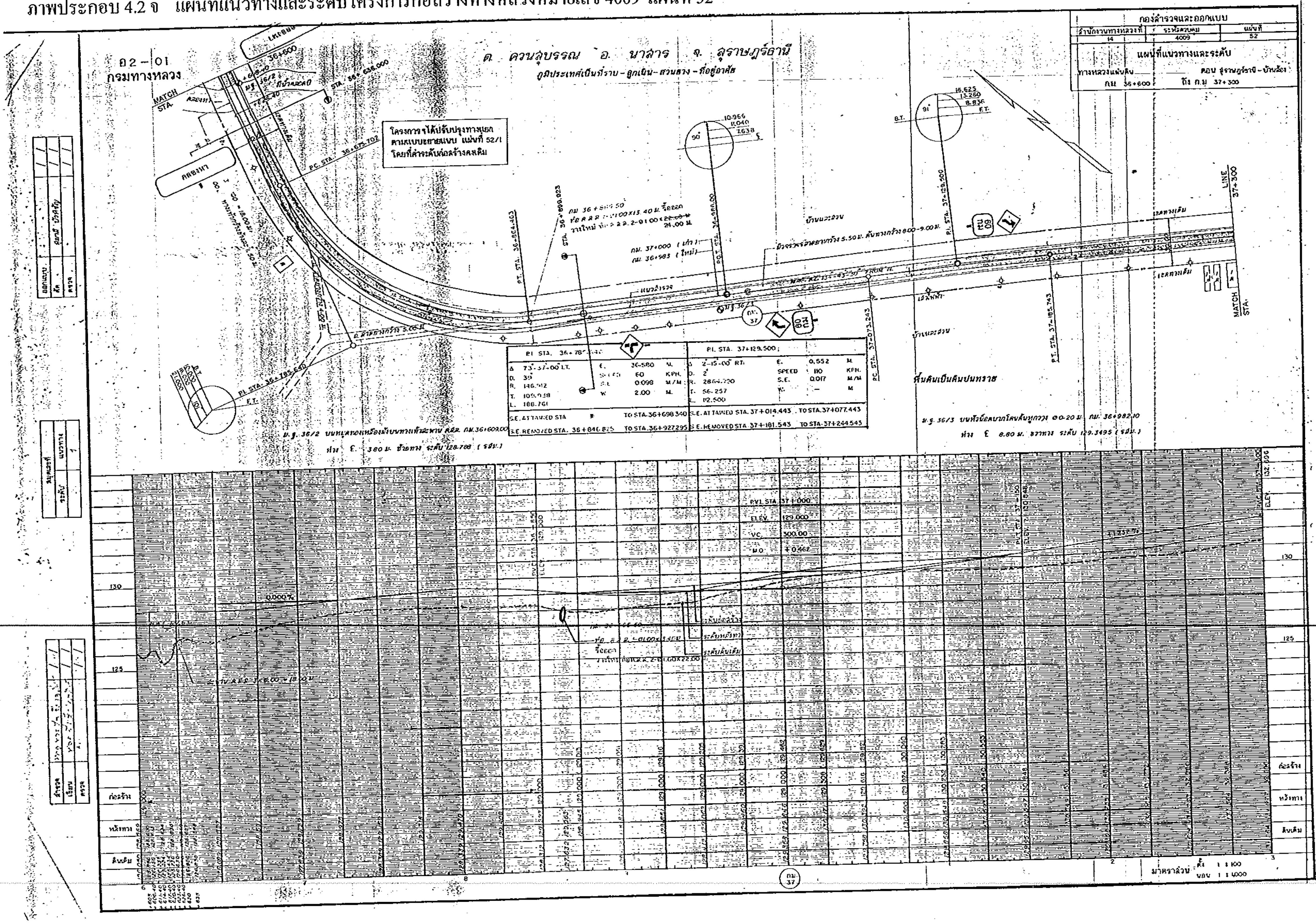
ภาพประกอบ 4.2 ค แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 44



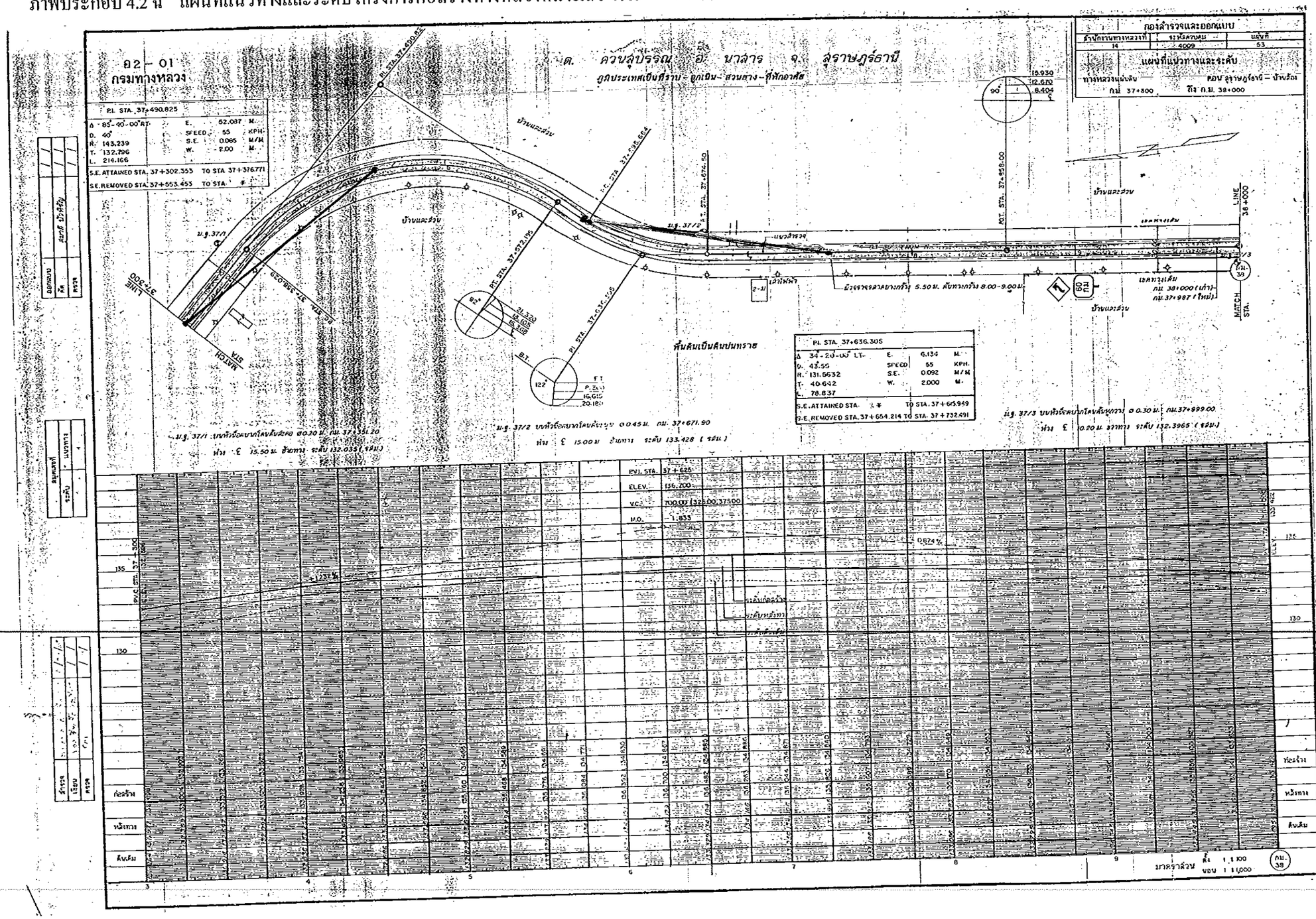
ภาพประกอบ 4.2 ง แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 45



ภาพประกอบ 4.2 จ แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 52



ภาพประกอบ 4.2 ฉ แผนที่แนวทางและระดับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 4009 แผ่นที่ 53


ก2-01
กรมทางหลวง
ต.ควนลุ่บรรณ อ. นาสาร จ. สุราษฎร์ธานี
ภูมิประเทศเป็นที่ราบ - ลูกเนิน - สวนสาง - ที่ทำกสิ
กองสำรวจและออกแบบ
แผนที่แนวทางและระดับ
ทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 4009 แผ่นที่ 53
กม. 37+800 ถึง กม. 38+000
P.I. STA. 37+490.825
Δ 85-00-00" RT.
D. 40°
R. 143.239
T. 132.796
L. 214.166
S.E. ATTAINED STA. 37+302.353 TO STA. 37+376.771
S.E. REMOVED STA. 37+553.453 TO STA.
E. 52.037 M.
SPEED 55 KPH.
S.E. 0.065 M/M
W. 2.00 M.
P.I. STA. 37+636.305
Δ 34-20-00" LT.
D. 43.55
R. 131.5632
T. 40.642
L. 78.837
S.E. ATTAINED STA. TO STA. 37+665.949
S.E. REMOVED STA. 37+654.214 TO STA. 37+732.691
E. 6.134 M.
SPEED 55 KPH.
S.E. 0.092 M/M
W. 2.000 M.
ม.ฐ. 37/1 บนหัวเรือคนบาทโคนต้นมะค่า ø 0.20 ม. กม. 37+351.20
ห่าง ℄ 15.50 ม. ซ้ายทาง ระดับ 132.035 (รสม.)
ม.ฐ. 37/2 บนหัวเรือคนบาทโคนต้นขนุน ø 0.45 ม. กม. 37+671.90
ห่าง ℄ 15.00 ม. ซ้ายทาง ระดับ 133.428 (รสม.)
ม.ฐ. 37/3 บนหัวเรือคนบาทโคนต้นหูกวาง ø 0.30 ม. กม. 37+999.00
ห่าง ℄ 10.20 ม. ขวาทาง ระดับ 132.3965 (รสม.)
P.I. STA. 37+490.825
P.I. STA. 37+636.305
P.I. STA. 37+672.195
P.I. STA. 37+676.50
P.I. STA. 37+858.00
P.I. STA. 37+548.664
P.I. STA. 37+637.498
P.C. STA. 37+676.50
P.T. STA. 37+858.00
LINE 37+300
LINE 38+000
MATCH STA.
ม.ฐ. 37/1
ม.ฐ. 37/2
ม.ฐ. 37/3
ม.ฐ. 37/4
ม.ฐ. 37/5
ม.ฐ. 37/6
ม.ฐ. 37/7
ม.ฐ. 37/8
ม.ฐ. 37/9
ม.ฐ. 37/10
ม.ฐ. 37/11
ม.ฐ. 37/12
ม.ฐ. 37/13
ม.ฐ. 37/14
ม.ฐ. 37/15
ม.ฐ. 37/16
ม.ฐ. 37/17
ม.ฐ. 37/18
ม.ฐ. 37/19
ม.ฐ. 37/20
ม.ฐ.

4.1 ผลลัพธ์จากโปรแกรม

4.1.1 คำนวณค่ายกโค้งและขยายขอบทาง

คำนวณตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดการยกโค้งด้านขาเข้า ตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดการยกโค้งด้านขาออก การขยายขอบทางด้านในของโค้งราบ คำนวณตามข้อมูลจากข้อมูลโค้งราบในแบบก่อสร้างตามภาพประกอบ 4.2 ค โค้งราบที่ตำแหน่ง PI Sta. 31+672.590 ของงานก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4009 สาย สุราษฎร์ธานี - บ้านส้อง ตอน 2

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมกับผลคำนวณที่ระบุตามในแบบก่อสร้างปรากฏว่า การคำนวณค่ายกโค้งสูงสุดตรงกัน ส่วนระยะทางการยกโค้งขาเข้าและขาออก และความกว้างการขยายขอบทางด้านในแตกต่างกัน ตามภาพประกอบ 4.3

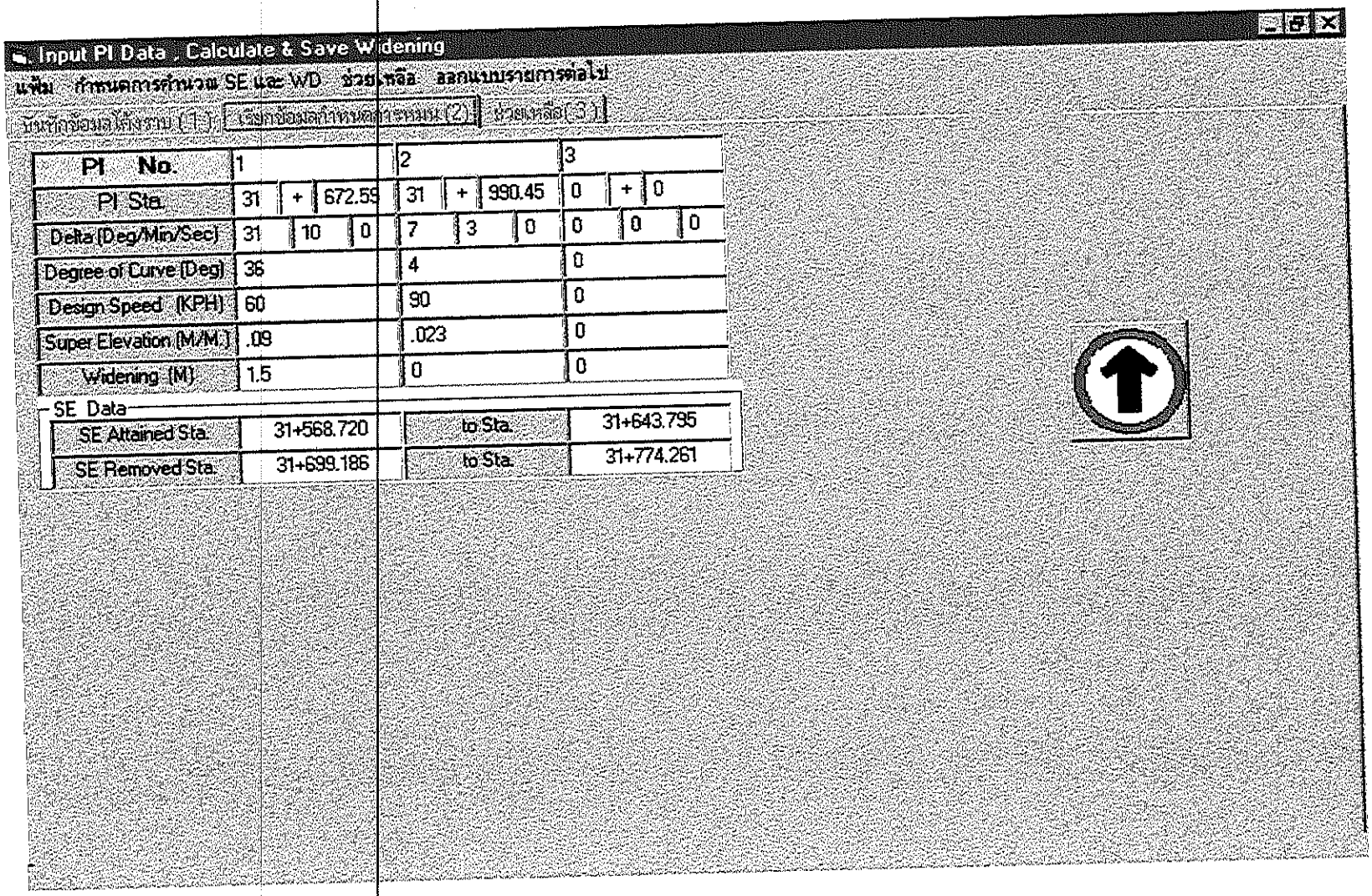
4.1.2 การคำนวณพื้นที่หน้าตัด

การคำนวณพื้นที่หน้าตัด ได้เลือกรายการที่คำนวณตามแบบเดิม 3 ชนิดคือ รูปตัดเฉพาะงานดินตัด รูปตัดที่ผสมกันระหว่างดินตัดและดินถม และรูปตัดเฉพาะงานดินถม ซึ่งผลของการคำนวณตามแบบเดิมตามภาพประกอบ 4.4 ก, 4.4 ข และ 4.4 ค และผลการคำนวณด้วยโปรแกรมตามภาพประกอบ 4.5 ก, 4.5 ข และ 4.5 ค ผลที่ได้จากการคำนวณแตกต่างกัน 0.2% ในงานดินถม และ 0.08% ในงานดินตัด

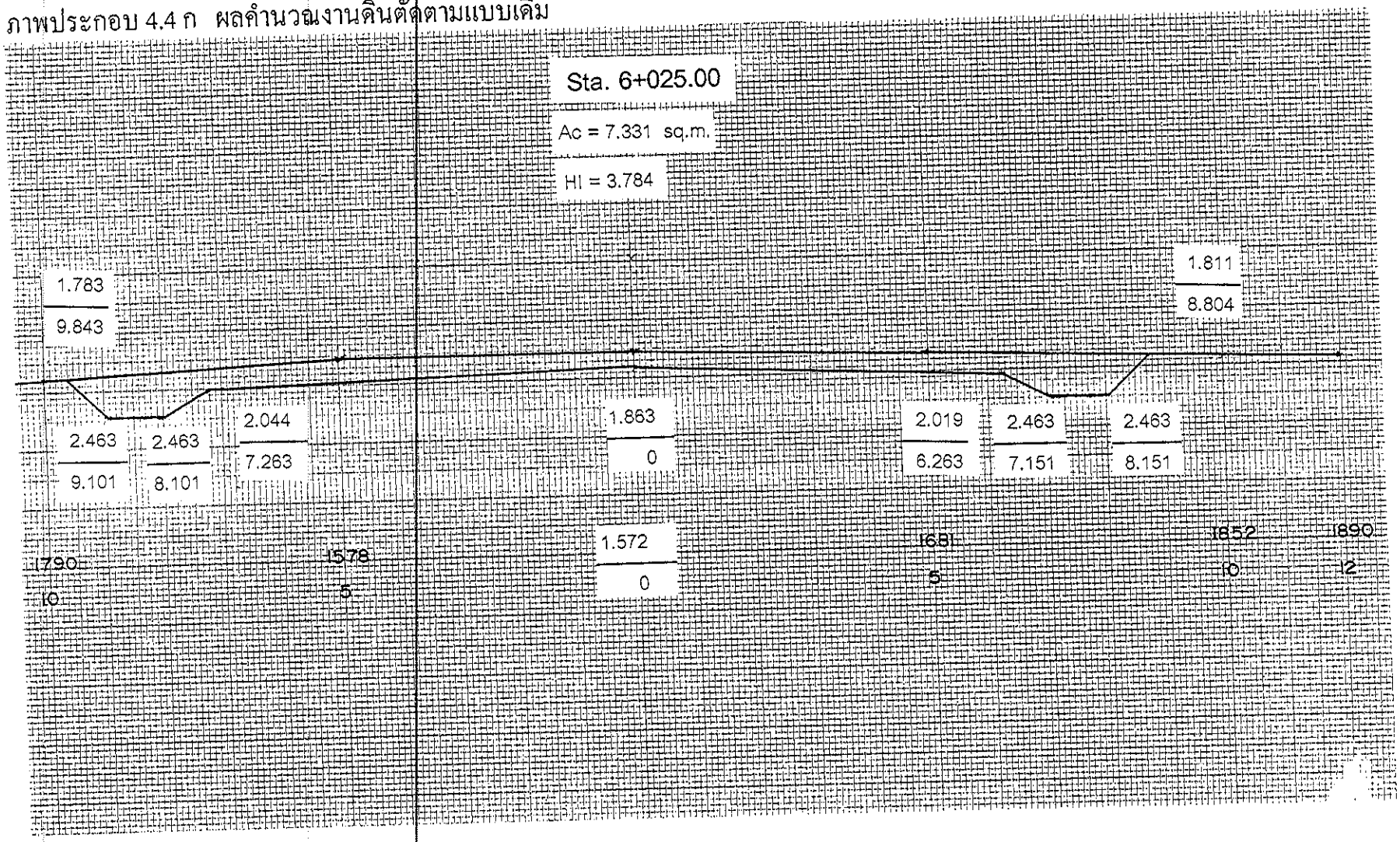
4.1.3 ปริมาณดินตัดและดินถม

ผู้ศึกษาได้ใช้ข้อมูลค่าระดับดินเดิมและค่าระดับก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 414 สาย บ้านน้ำกระจาย - บรรจบทางหลวงหมายเลข 43 ตอน 1 ช่วงระหว่าง กม.5+000.00 - กม.6+000.00 ผลการคำนวณของโปรแกรมสรุปได้ตามภาพประกอบ 4.6 ซึ่งเมื่อเทียบกับผลที่คำนวณด้วยวิธีเดิม ตามตาราง 4.1 ปริมาณงานดินถมจะต่างกัน 0.6% งานดินตัดจะต่างกัน 13.33%

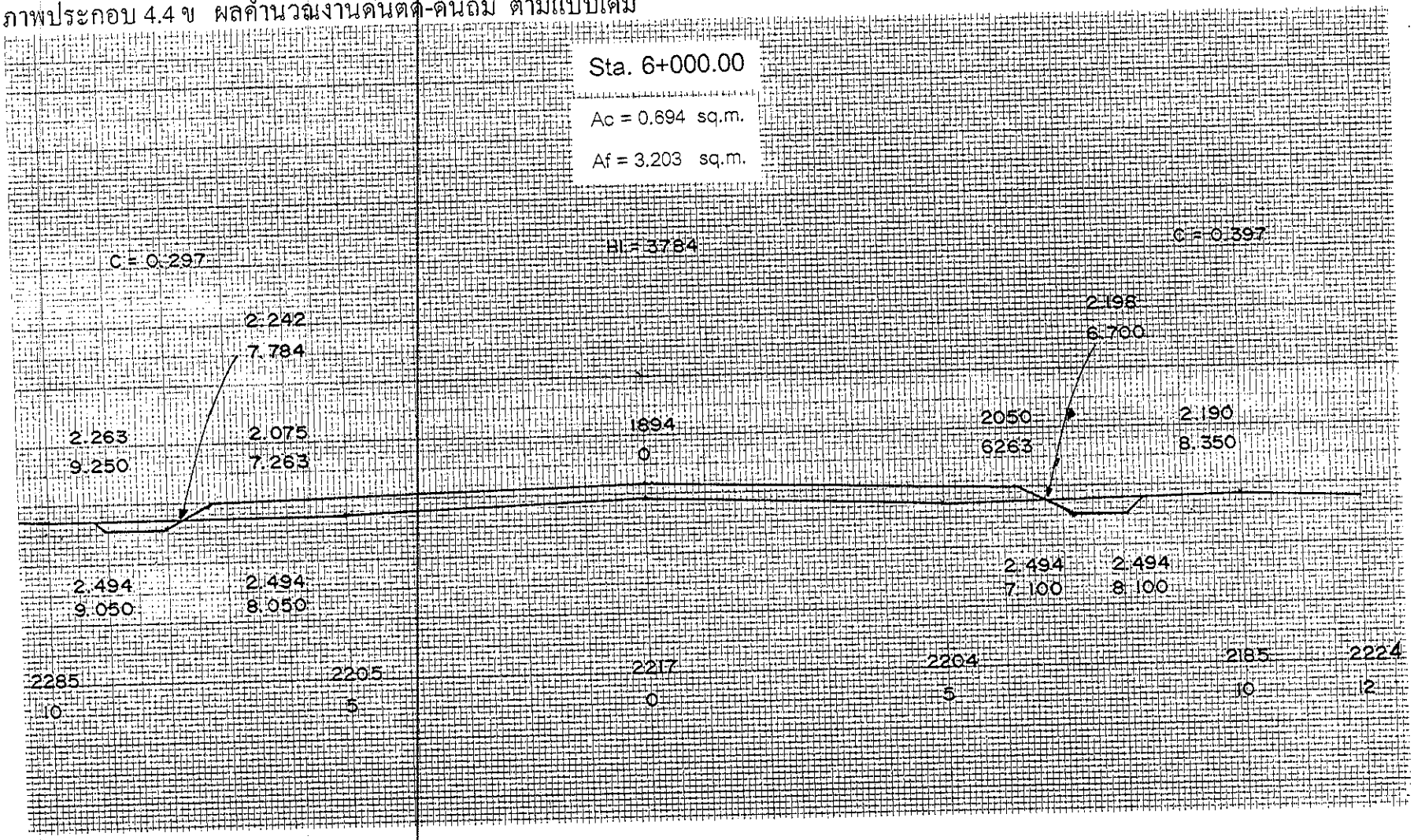
ภาพประกอบ 4.3 ผลการคำนวณค่าต่างๆ บนโค้งราบ



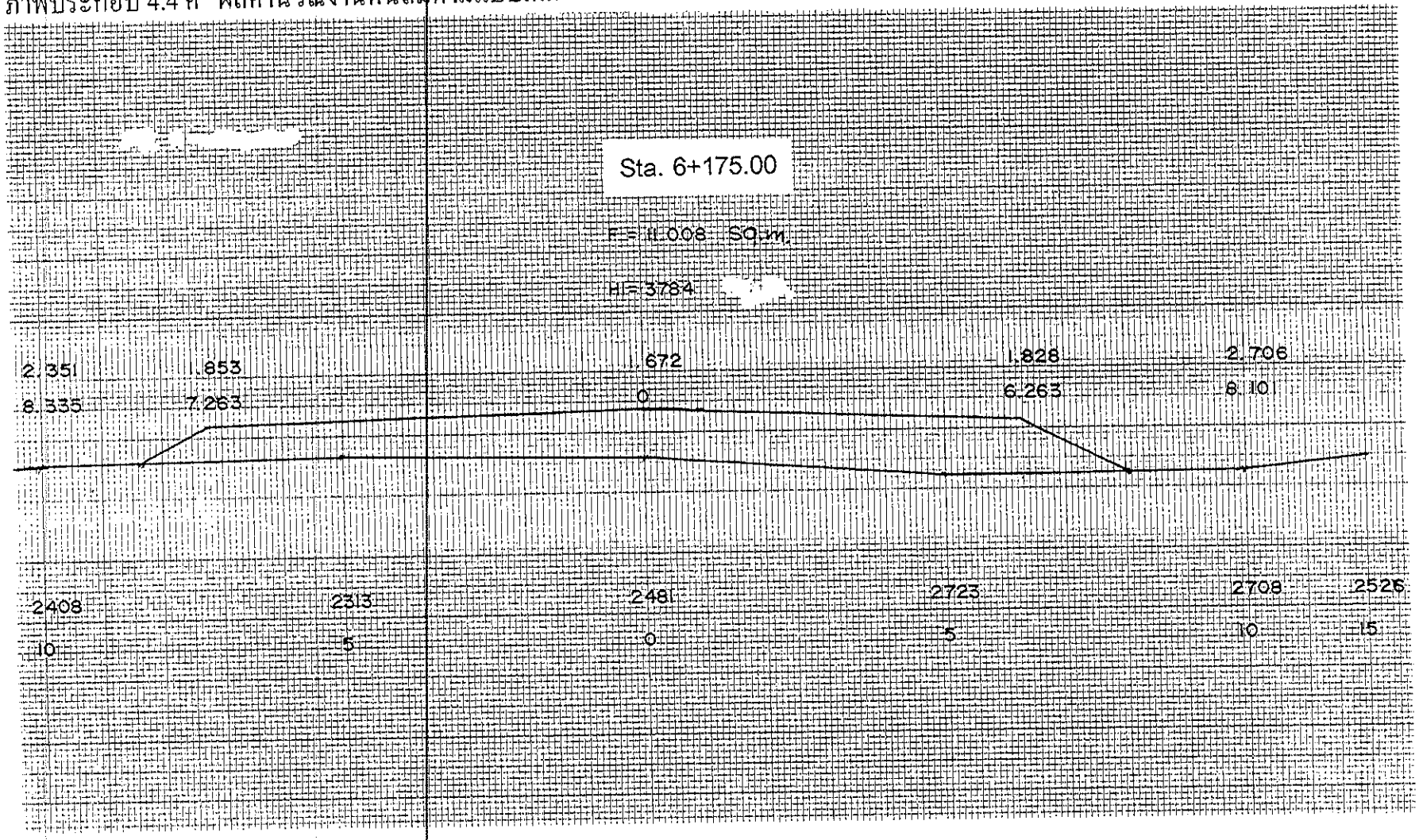
ภาพประกอบ 4.4 ก ผลคำนวณงานดินตัดตามแบบเดิม



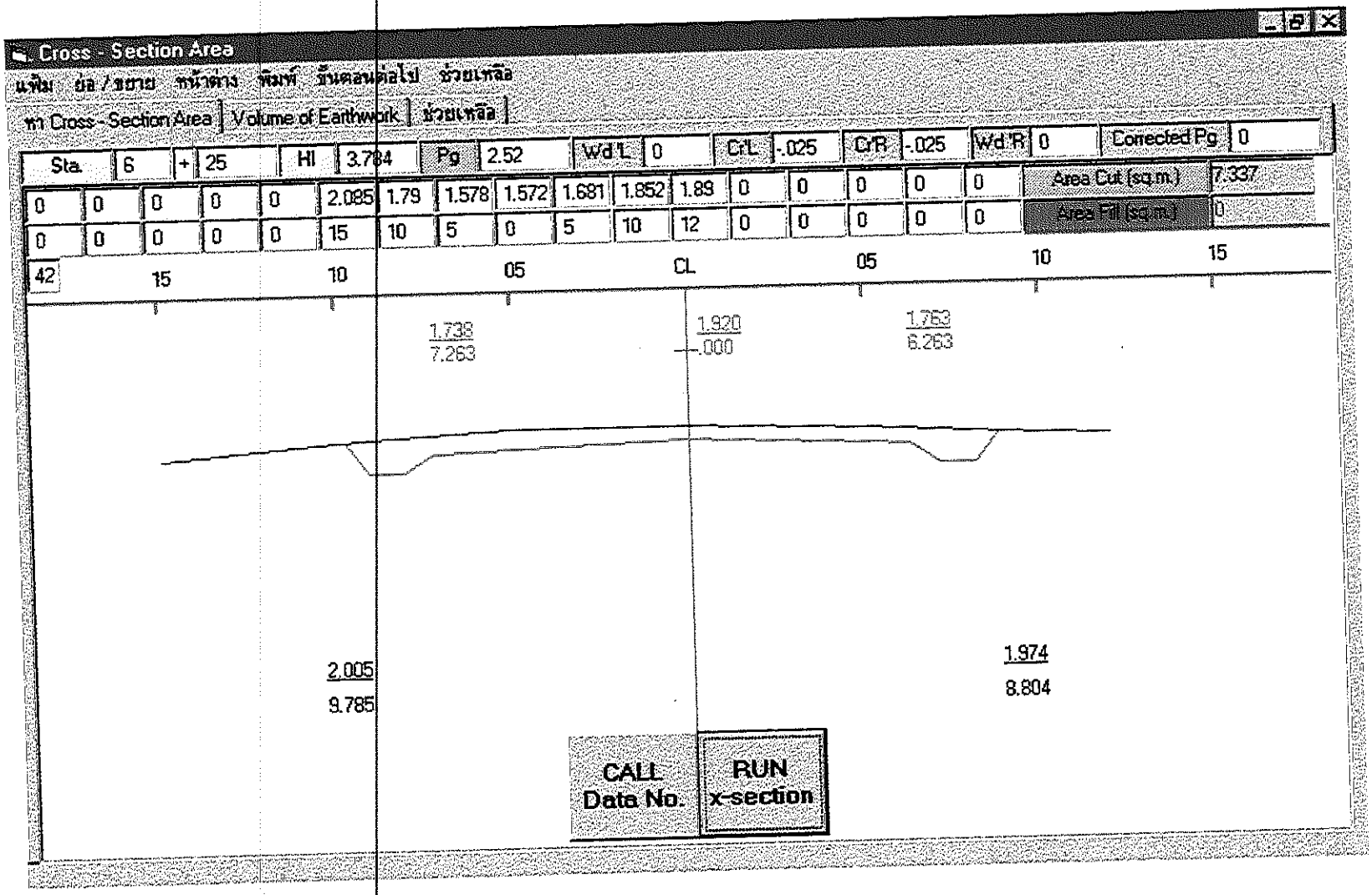
ภาพประกอบ 4.4 ข ผลคำนวณงานดินตัด-ดินถม ตามแบบเดิม



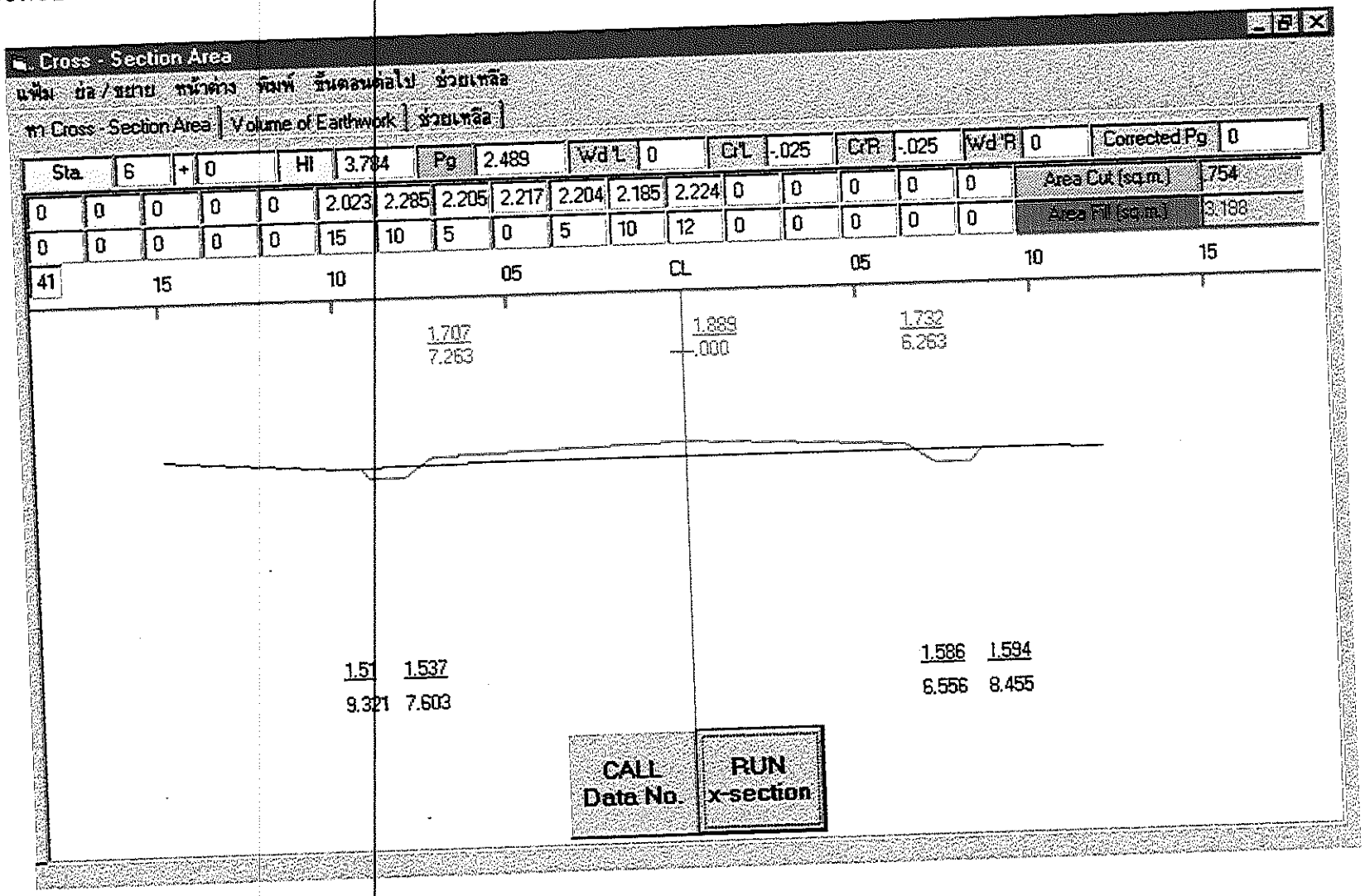
ภาพประกอบ 4.4 ค ผลคำนวณงานดินถมตามแบบเดิม



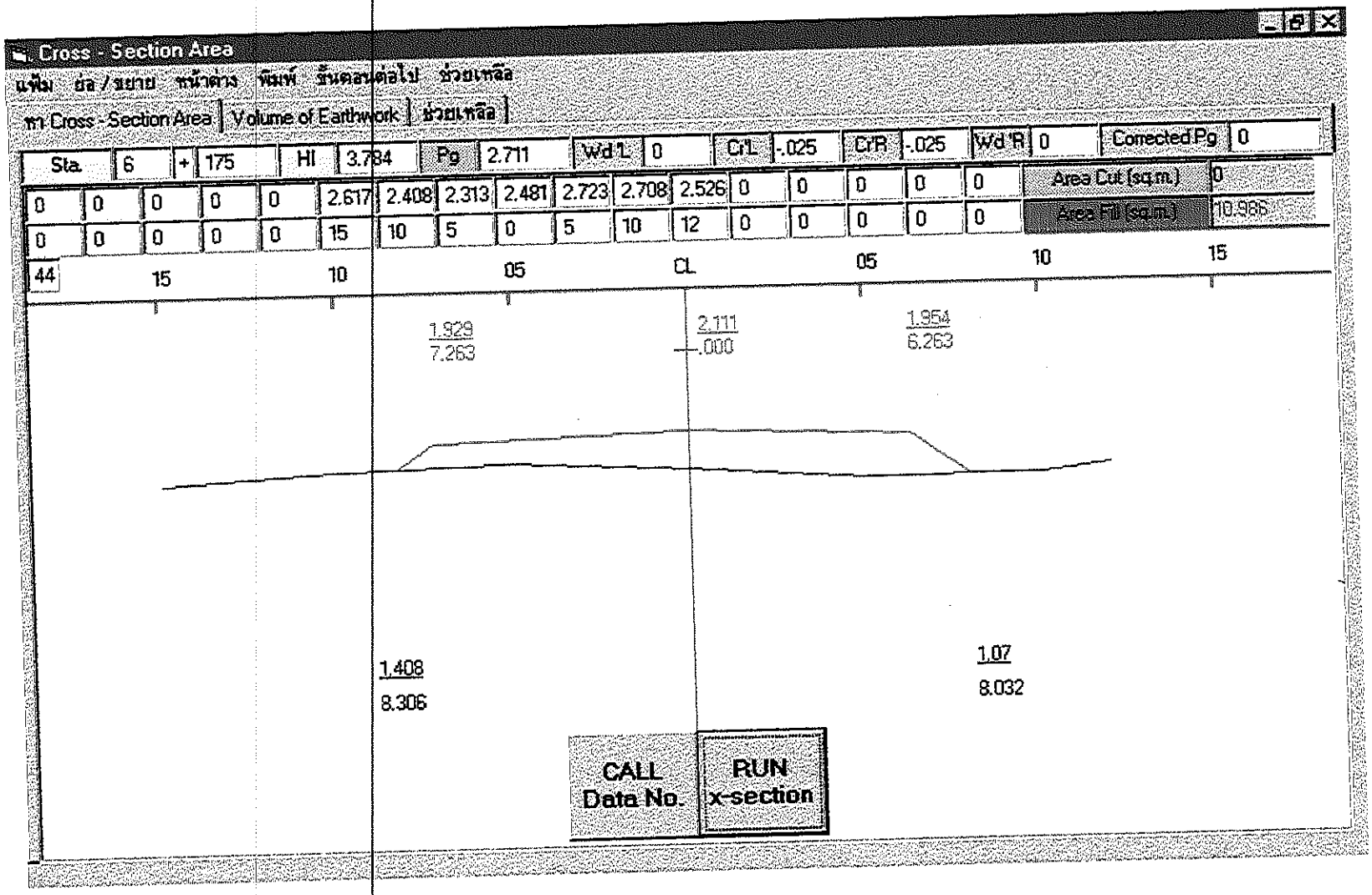
ภาพประกอบ 4.5 ก ผลการคำนวณงานดินตัดด้วยโปรแกรม



ภาพประกอบ 4.5 ค ผลการคำนวณงานดินตัดและดินถมด้วยโปรแกรม



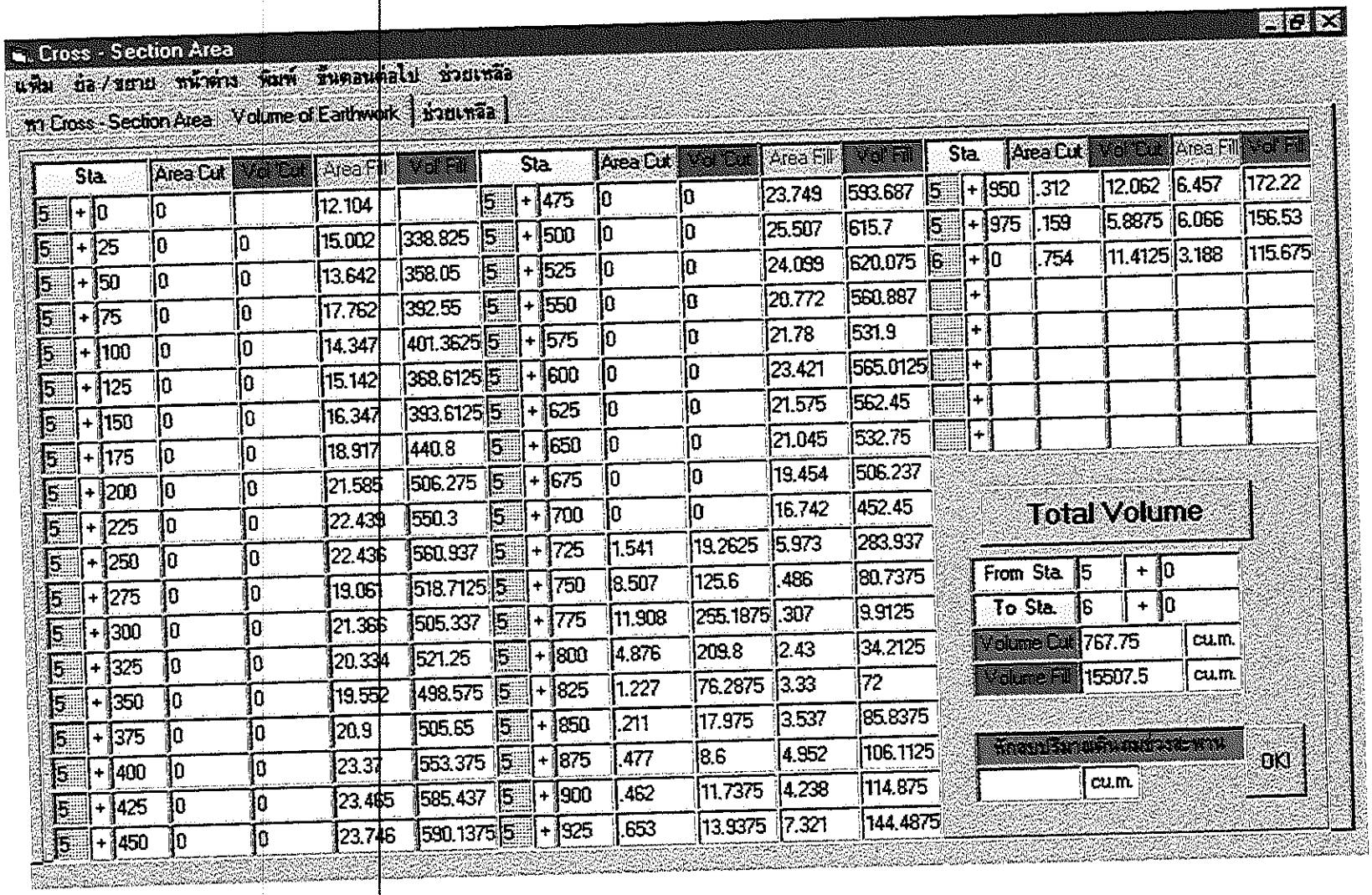
ภาพประกอบ 4.5 ค ผลการคำนวณงานดินถมด้วยโปรแกรม



ตาราง 4.1 ผลสรุปปริมาณงานดินของทางหลวงหมายเลข 414
ช่วง กม.5+000.00 - กม.6+000.00

Sta.	Dist	CUT		FILL	
		Area	Volume	Area	Volume
5+000		0.000		12.124	
5+025	25.00	0.000	0.000	15.012	339.200
5+050	25.00	0.000	0.000	13.655	358.338
5+075	25.00	0.000	0.000	17.757	392.650
5+100	25.00	0.000	0.000	14.269	400.325
5+125	25.00	0.000	0.000	15.154	367.788
5+150	25.00	0.000	0.000	16.357	393.888
5+175	25.00	0.000	0.000	18.917	440.925
5+200	25.00	0.000	0.000	21.625	506.775
5+225	25.00	0.000	0.000	22.450	550.938
5+250	25.00	0.000	0.000	22.432	561.025
5+275	25.00	0.000	0.000	19.064	518.700
5+300	25.00	0.000	0.000	21.279	504.288
5+325	25.00	0.000	0.000	20.351	520.375
5+350	25.00	0.000	0.000	19.572	499.038
5+375	25.00	0.000	0.000	20.906	505.975
5+400	25.00	0.000	0.000	23.739	558.063
5+425	25.00	0.000	0.000	24.376	601.438
5+450	25.00	0.000	0.000	23.613	599.863
5+475	25.00	0.000	0.000	23.706	591.488
5+500	25.00	0.000	0.000	25.521	615.338
5+525	25.00	0.000	0.000	24.122	620.538
5+550	25.00	0.000	0.000	20.777	561.238
5+575	25.00	0.000	0.000	21.786	532.038
5+600	25.00	0.000	0.000	23.443	565.363
5+625	25.00	0.000	0.000	21.602	563.063
5+650	25.00	0.000	0.000	21.054	533.200
5+675	25.00	0.000	0.000	19.769	510.288
5+700	25.00	0.000	0.000	16.755	458.550
5+725	25.00	1.762	22.025	5.983	284.225
5+750	25.00	9.390	139.400	0.486	80.863
5+775	25.00	13.551	286.763	0.288	9.675
5+800	25.00	5.065	232.700	2.423	33.888
5+825	25.00	1.858	86.538	4.072	81.188
5+850	25.00	0.509	29.588	4.121	102.413
5+875	25.00	0.499	12.600	5.480	120.013
5+900	25.00	0.509	12.600	4.321	122.513
5+925	25.00	0.809	16.475	7.322	145.538
5+950	25.00	0.347	14.450	6.472	172.425
5+975	25.00	0.157	6.300	6.081	156.913
6+000	25.00	0.694	10.638	3.203	116.050
รวมปริมาณ			870.075		15,594.39

ภาพประกอบ 4.6 ผลคำนวณปริมาณงานดินด้วยโปรแกรม



Sta.	Area Cut	Vol Cut	Area Fill	Vol Fill
5 + 0	0		12.104	
5 + 25	0	0	15.002	338.825
5 + 50	0	0	13.642	358.05
5 + 75	0	0	17.762	392.55
5 + 100	0	0	14.347	401.3625
5 + 125	0	0	15.142	368.6125
5 + 150	0	0	16.347	393.6125
5 + 175	0	0	18.917	440.8
5 + 200	0	0	21.585	506.275
5 + 225	0	0	22.439	550.3
5 + 250	0	0	22.436	560.937
5 + 275	0	0	19.061	518.7125
5 + 300	0	0	21.366	505.337
5 + 325	0	0	20.334	521.25
5 + 350	0	0	19.552	498.575
5 + 375	0	0	20.9	505.65
5 + 400	0	0	23.37	553.375
5 + 425	0	0	23.465	585.437
5 + 450	0	0	23.746	590.1375
5 + 475	0	0	23.749	593.687
5 + 500	0	0	25.507	615.7
5 + 525	0	0	24.099	620.075
5 + 550	0	0	20.772	560.887
5 + 575	0	0	21.78	531.9
5 + 600	0	0	23.421	565.0125
5 + 625	0	0	21.575	562.45
5 + 650	0	0	21.045	532.75
5 + 675	0	0	19.454	506.237
5 + 700	0	0	16.742	452.45
5 + 725	1.541	19.2625	5.973	283.937
5 + 750	8.507	125.6	.486	80.7375
5 + 775	11.908	255.1875	.307	9.9125
5 + 800	4.876	209.8	2.43	34.2125
5 + 825	1.227	76.2875	3.33	72
5 + 850	.211	17.975	3.537	85.8375
5 + 875	.477	8.6	4.952	106.1125
5 + 900	.462	11.7375	4.238	114.875
5 + 925	.653	13.9375	7.321	144.4875
5 + 950	.312	12.062	6.457	172.22
5 + 975	.159	5.8875	6.066	156.53
6 + 0	.754	11.4125	3.188	115.675

4.1.4 ปริมาณงานโครงสร้างเหนือชั้นงานดิน

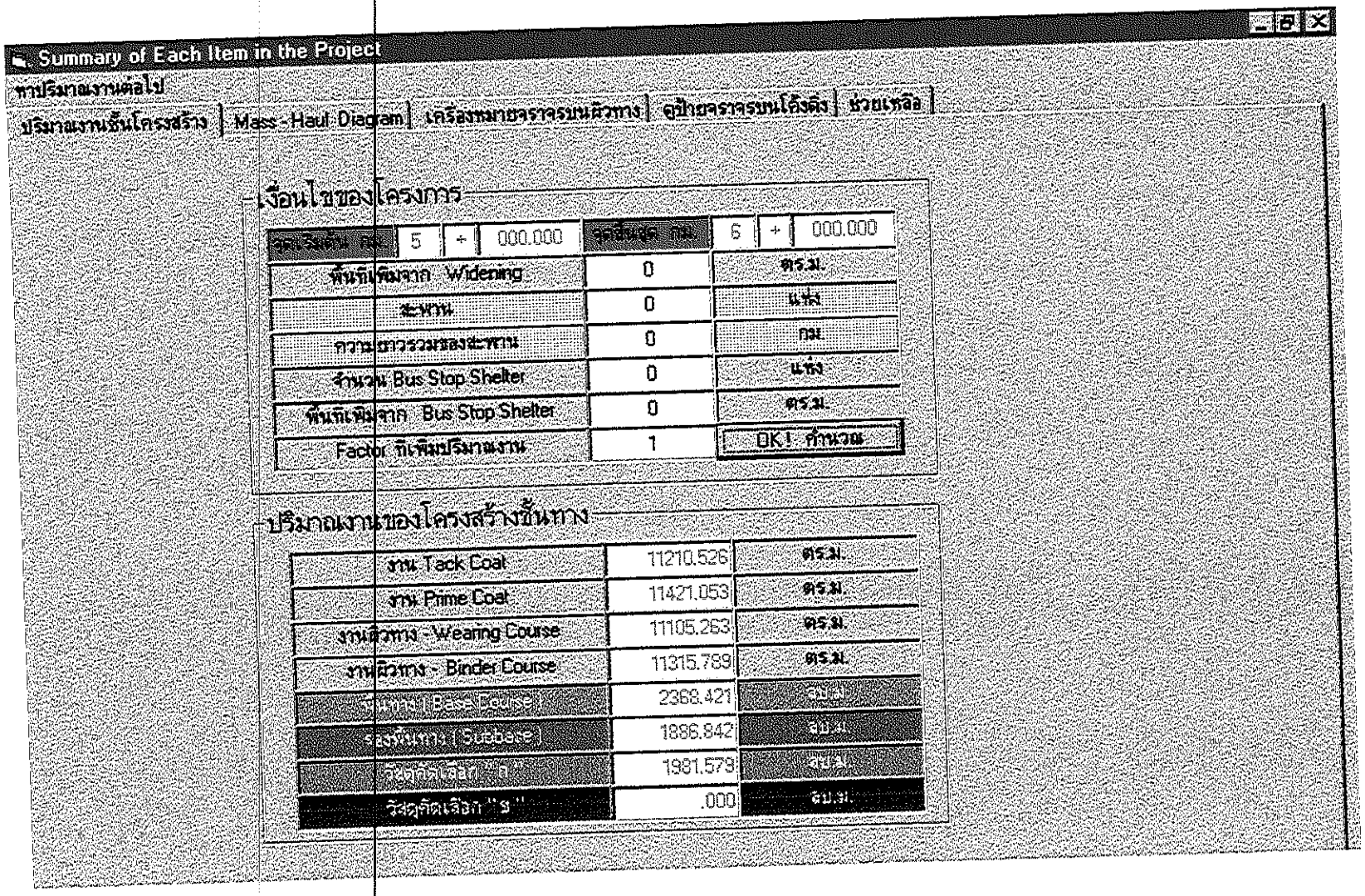
งานโครงสร้างเหนือชั้นงานดิน ประกอบไปด้วยงานที่ผู้ออกแบบโครงสร้างได้กำหนดไว้ ซึ่งแต่ละสายทางผู้ออกแบบจะกำหนดไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของชั้นดินและปัจจัยอื่น ๆ เช่น ปริมาณการจราจร ระยะเวลาในการใช้งาน ผลการคำนวณปริมาณงานรวมเหนือชั้นงานดินช่วง กม.5+000.00 - กม.6+000.00 ของงานก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 414 ตามแบบก่อสร้างตามภาพประกอบ 4.1 ก และ 4.1 ข สรุปตามภาพประกอบ 4.7

4.1.5 แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน

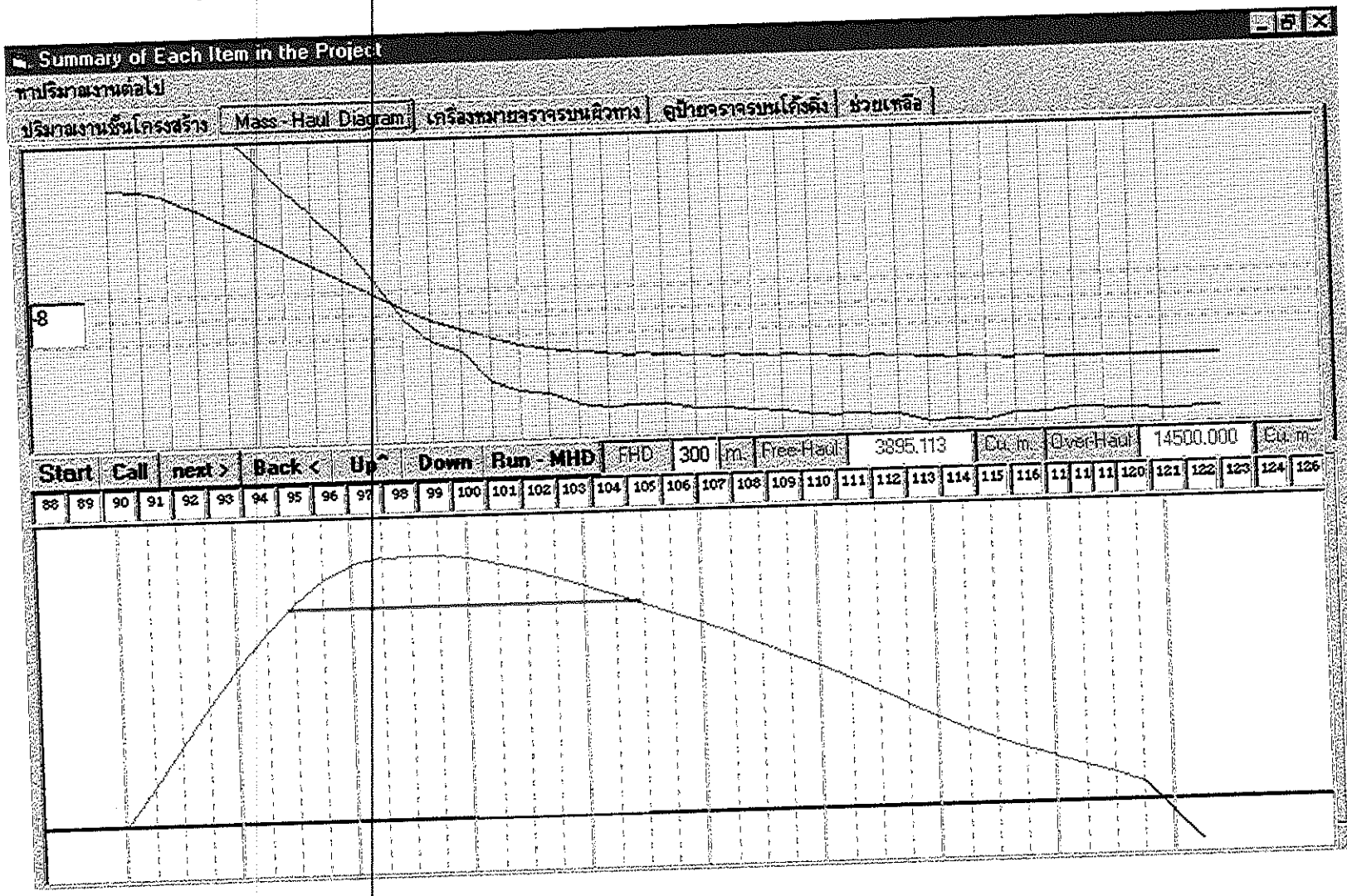
เนื่องจากผู้ศึกษาไม่สามารถหาข้อมูลในสายทางต่างๆ ที่เข้าข่ายการคำนวณเป็นแผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดินมาคำนวณได้ จึงได้ใช้ข้อมูลค่าระดับดินเดิมของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 414 สาย บ้านน้ำกระจาย - บรรจบทางหลวงหมายเลข 43 ช่วง กม.6+000.00 - กม.9+000.00 เป็นข้อมูลพื้นฐาน และได้สมมุติระยะทางกับค่าระดับก่อสร้างกันขึ้นใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับค่าระยะขนถ่ายโดยไม่คิดค่าขนส่ง (Free Haul Distance) ซึ่งได้สมมุติที่ 300 เมตร กับระยะขนถ่ายภายในสายทาง (Over Haul Distance) ที่ประมาณ 900 เมตร ผลปรากฏว่าการคำนวณด้วยโปรแกรมตามภาพประกอบ 4.8 ได้เท่ากับการคำนวณด้วยวิธีเดิมตามข้อมูลในตาราง 4.2 และภาพประกอบ 4.9

อย่างไรก็ตาม การคำนวณแผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดินนี้ เท่าที่ทราบไม่ปรากฏว่ามีหน่วยงานใดได้นำมาใช้มากนัก อาจเป็นเพราะว่ามีความยุ่งยากในการนำข้อมูลปริมาณงานดินมาพล็อตเป็นรูปกราฟ และต้องใช้เวลาในการคำนวณ

ภาพประกอบ 4.7 ผลการคำนวณปริมาณงานเหนือชั้นงานดินด้วยโปรแกรม



ภาพประกอบ 4.8 แผนภูมิการขนส่งงานดินที่คำนวณด้วยโปรแกรม



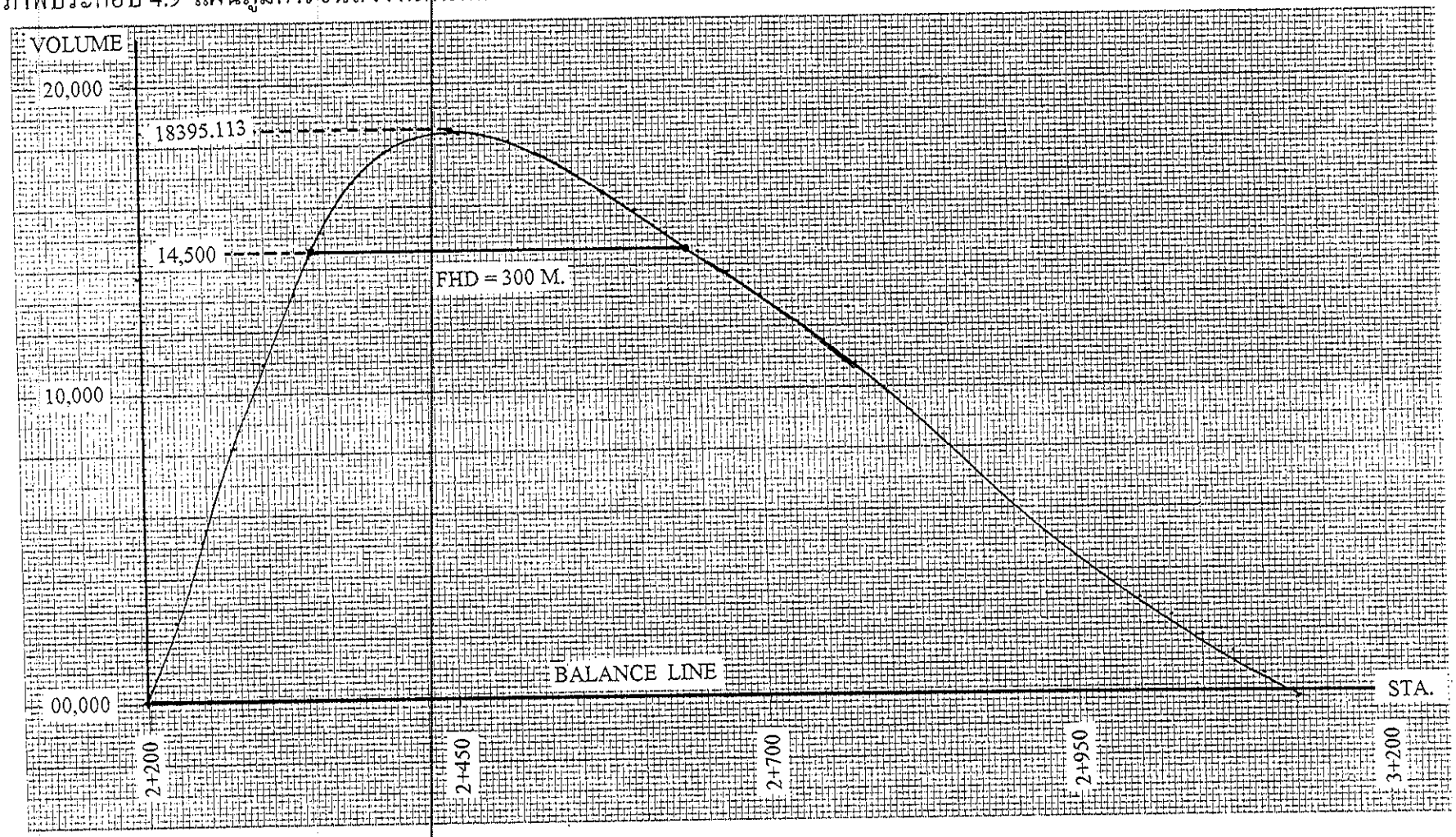
ตาราง 4.2 การคำนวณปริมาณงานดินเพื่อเขียนแผนภูมิการเคลื่อยย้ายมวลดิน

Sta.	Area Cut	Volume Cut	Area Fill	Volume Fill	loose Factor 1	Balance	Accumulate Volume
2+200	110.192	0.000			0.000	0.000	0.000
2+225	109.549	2746.763			2746.763	2746.763	2746.763
2+250	112.352	2773.763			2773.763	2773.763	5520.525
2+275	109.622	2774.675			2774.675	2774.675	8295.200
2+300	101.048	2633.375			2633.375	2633.375	10928.575
2+325	82.841	2298.613			2298.613	2298.613	13227.188
2+350	75.005	1973.075			1973.075	1973.075	15200.263
2+375	54.686	1621.138			1621.138	1621.138	16821.400
2+400	28.974	1045.750			1045.750	1045.750	17867.150
2+425	7.099	450.913			450.913	450.913	18318.063
2+450	1.414	106.413	2.349	29.363	106.413	77.050	18395.113
2+475	1.010	30.300	1.240	44.863	30.300	-14.563	18380.550
2+500		12.625	18.390	245.375	12.625	-232.750	18147.800
2+525		0.000	19.453	473.038	0.000	-473.038	17674.763
2+550			21.928	517.263	0.000	-517.263	17157.500
2+575			27.336	615.800	0.000	-615.800	16541.700
2+600			28.071	692.588	0.000	-692.588	15849.113
2+625			27.021	688.650	0.000	-688.650	15160.463
2+650			25.883	661.300	0.000	-661.300	14499.163
2+675			28.333	677.700	0.000	-677.700	13821.463
2+700			29.530	723.288	0.000	-723.288	13098.175
2+725			30.845	754.688	0.000	-754.688	12343.488
2+750			31.034	773.488	0.000	-773.488	11570.000
2+775			33.000	800.425	0.000	-800.425	10769.575
2+800			36.246	865.575	0.000	-865.575	9904.000
2+825			38.116	929.525	0.000	-929.525	8974.475
2+850			38.355	955.888	0.000	-955.888	8018.588
2+875			38.307	958.275	0.000	-958.275	7060.313
2+900			35.818	926.563	0.000	-926.563	6133.750
2+925			35.433	890.638	0.000	-890.638	5243.113
2+950			29.052	806.063	0.000	-806.063	4437.050
2+975			26.022	688.425	0.000	-688.425	3748.625
3+000			22.398	605.250	0.000	-605.250	3143.375
3+025			25.055	593.163	0.000	-593.163	2550.213
3+050			24.686	621.763	0.000	-621.763	1928.450
3+075			26.926	645.150	0.000	-645.150	1283.300
3+100			29.203	701.613	0.000	-701.613	581.688
3+125			24.575	672.225	0.000	-672.225	-90.537

หมายเหตุ

Loose Factor = 1 หมายถึงปริมาณดิน CUT มีเท่าไหร่ เมื่อนำไปบดอัดได้ปริมาณดินถมเท่านั้น

ภาพประกอบ 4.9 แผนภูมิการขนส่งงานดินที่คำนวณด้วยวิธีเดิม



4.1.6 การคำนวณเครื่องควบคุมการจราจร

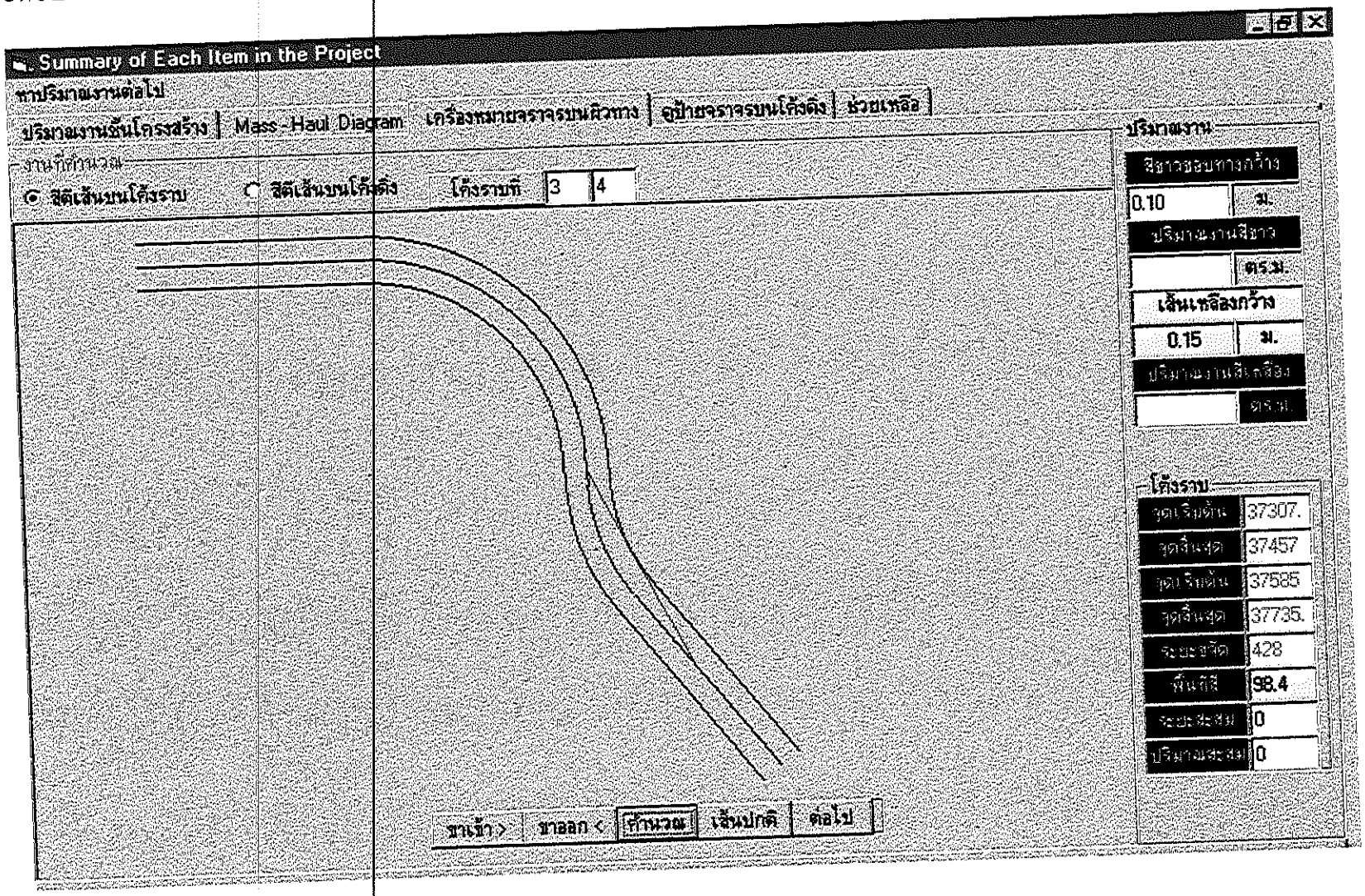
4.1.6.1 ปริมาณสีและระยะการตีเส้นสีเหลืองแบ่งช่องจราจรบนโค้งราบของโค้งดัดกลับ (Reverse Curve) ที่ PI Sta.37+490.825 กับ PI Sta.37+636.305 ในภาพประกอบ 4.2 ฉ ระยะเริ่มต้นที่ กม.37+300.00 และสิ้นสุดที่ กม.37+750.00 ปริมาณสี 100.75 ตร.ม. (ดูรายการคำนวณภาคผนวก ท) ส่วนการคำนวณด้วยโปรแกรมจุดเริ่มต้นที่ กม.37+307.000 สิ้นสุดที่ กม. 37+735.00 ปริมาณสี 98.40 ตร.ม. ตามภาพประกอบ 4.10

4.1.6.2 ปริมาณสีและระยะการตีเส้นสีเหลืองแบ่งช่องจราจรบนโค้งดิ่งที่ PVI Sta.30+150.00 ในภาพประกอบ 4.2 ก ระยะเริ่มต้นที่ กม.29+825.00 และสิ้นสุดที่ กม.30+490.00 ปริมาณสีเหลือง 138.625 ตร.ม. (ดูรายการคำนวณภาคผนวก ท) ส่วนการคำนวณด้วยโปรแกรมจุดเริ่มต้นที่ กม.29+810.00 สิ้นสุดที่ กม.30+490.00 ปริมาณสี 134.50 ตร.ม. ตามภาพประกอบ 4.11

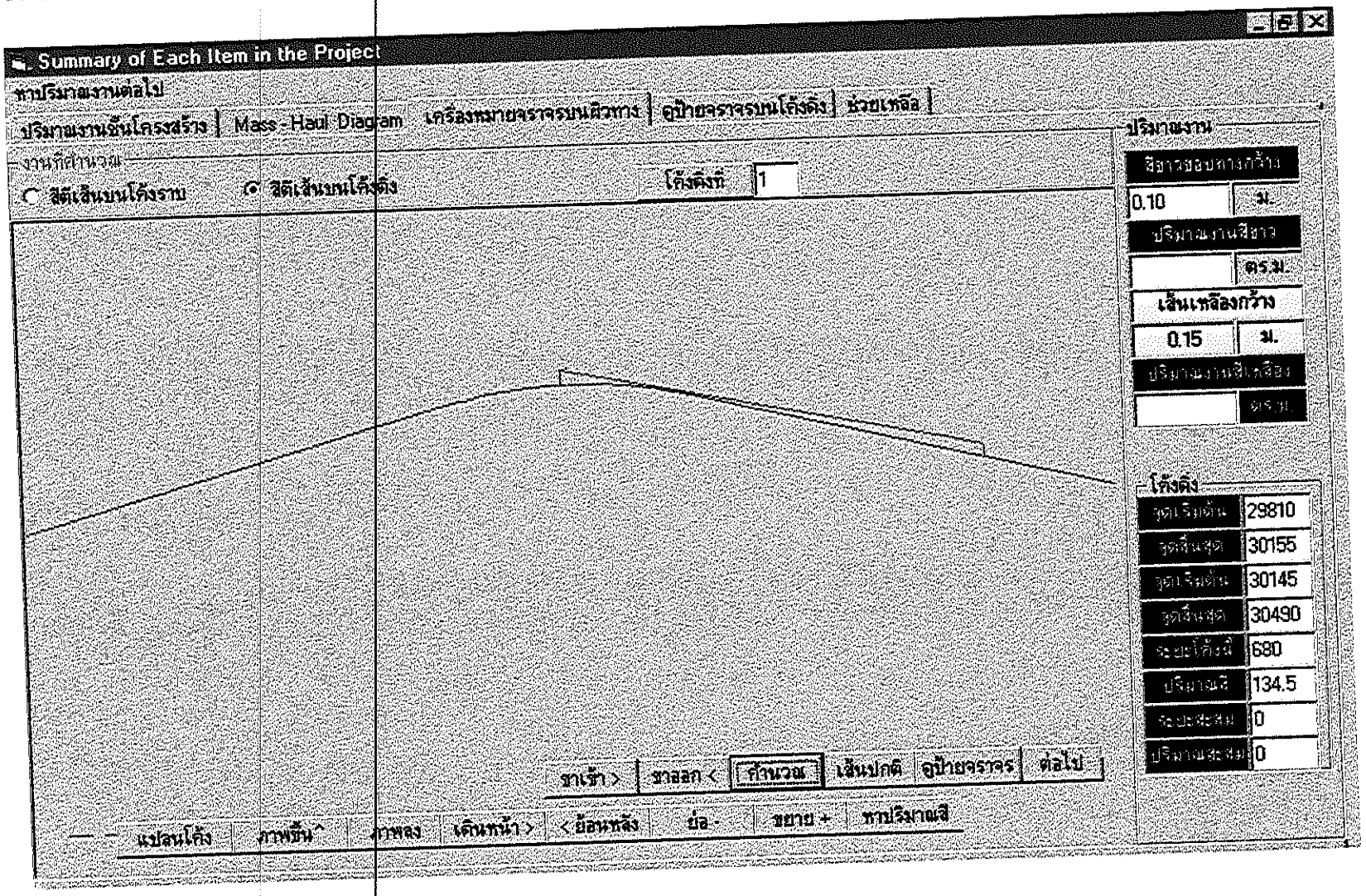
4.1.6.3 ตำแหน่งและปริมาณป้ายจราจรในโค้งราบ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นป้ายเตือน มีข้อกำหนดชัดเจนในคู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจรของสำนักวิศวกรรมจราจร กรมทางหลวง และโปรแกรมที่พัฒนานี้ได้ใช้เงื่อนไขตามคู่มือดังกล่าว จึงได้ผลสรุปเหมือนกัน ตามภาพประกอบ 4.12 ที่ได้ทดลองโปรแกรมคำนวณหาปริมาณและตำแหน่งติดตั้งที่โค้งราบ PI. Sta. 37+490.825 กับ PI. Sta. 37+636.305 ในภาพประกอบ 4.2 ฉ

4.1.6.4 ตำแหน่งและปริมาณป้ายจราจรในโค้งดิ่ง ตำแหน่งติดตั้งขึ้นอยู่กับการคำนวณในข้อ 4.1.6.2 ส่วนปริมาณคำนวณได้ตามเงื่อนไขของข้อกำหนด ตัวอย่างผลคำนวณตามภาพประกอบ 4.13

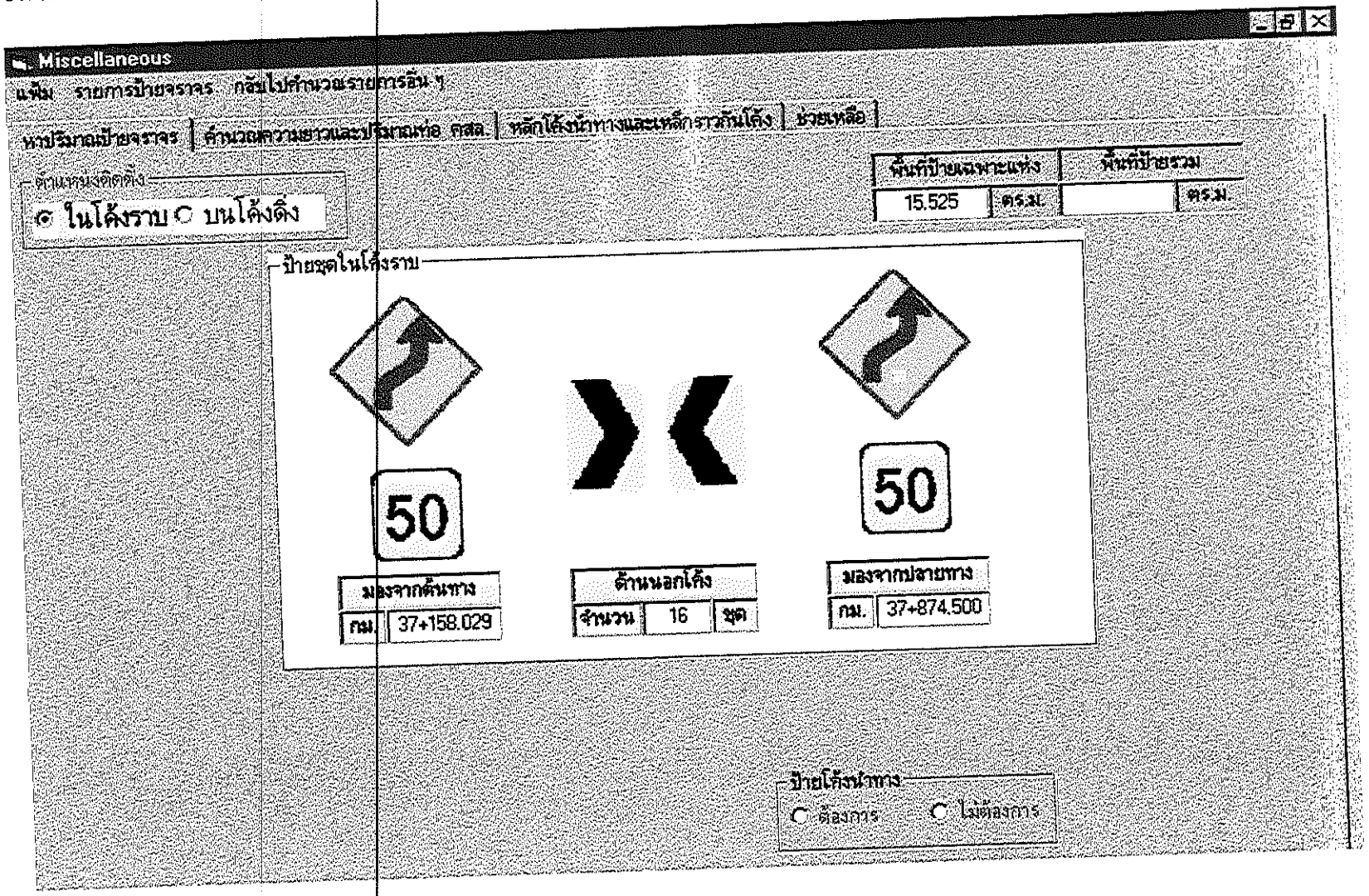
ภาพประกอบ 4.10 ผลคำนวณปริมาณและตำแหน่งสีตีเส้นจราจรบนโค้งราบ



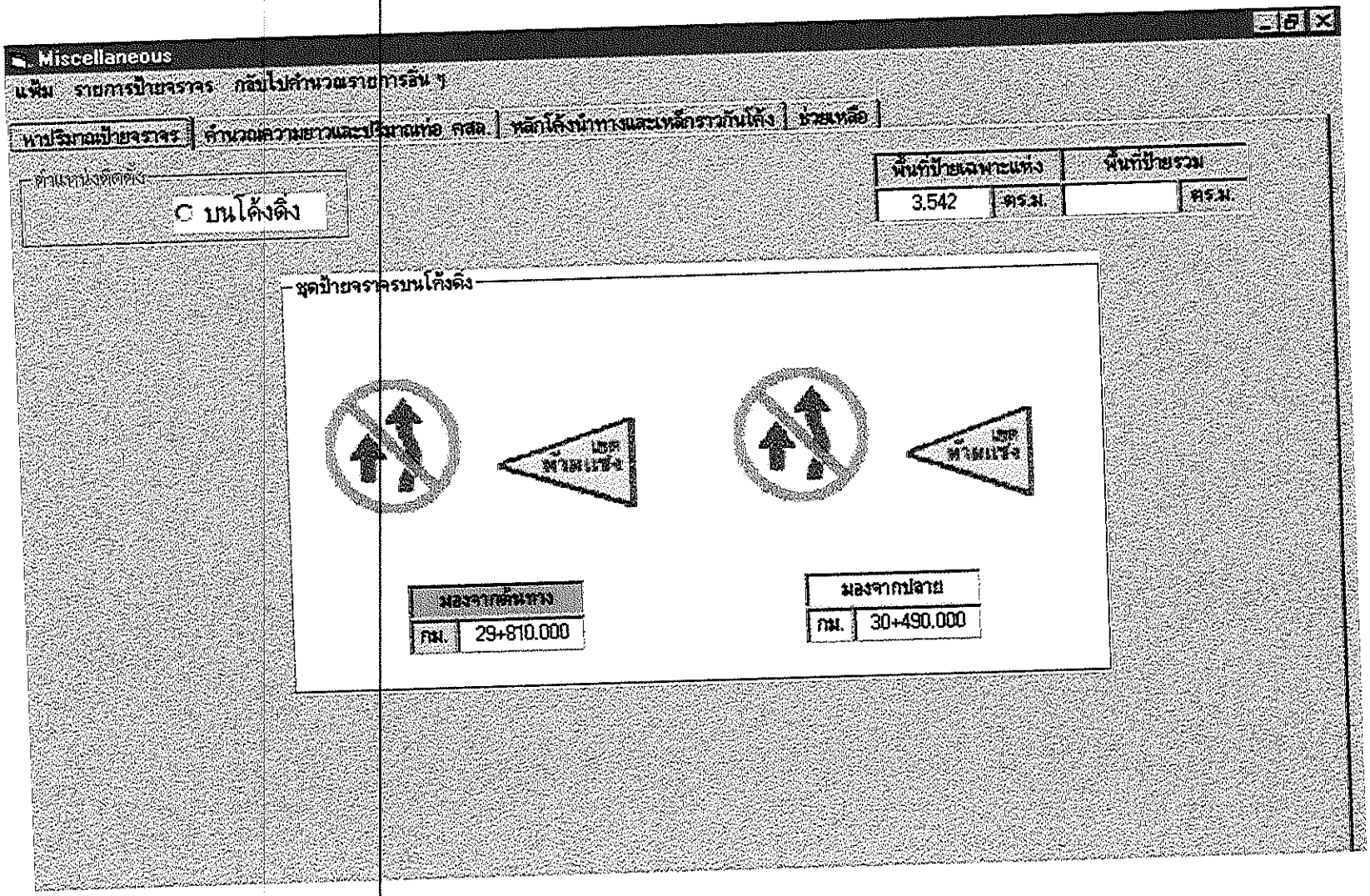
ภาพประกอบ 4.11 ผลคำนวณปริมาณและตำแหน่งสีตีเส้นจราจรบนโค้งดิ่ง



ภาพประกอบ 4.12 ผลคำนวณปริมาณและตำแหน่งป้ายจราจรบนโค้งราบ

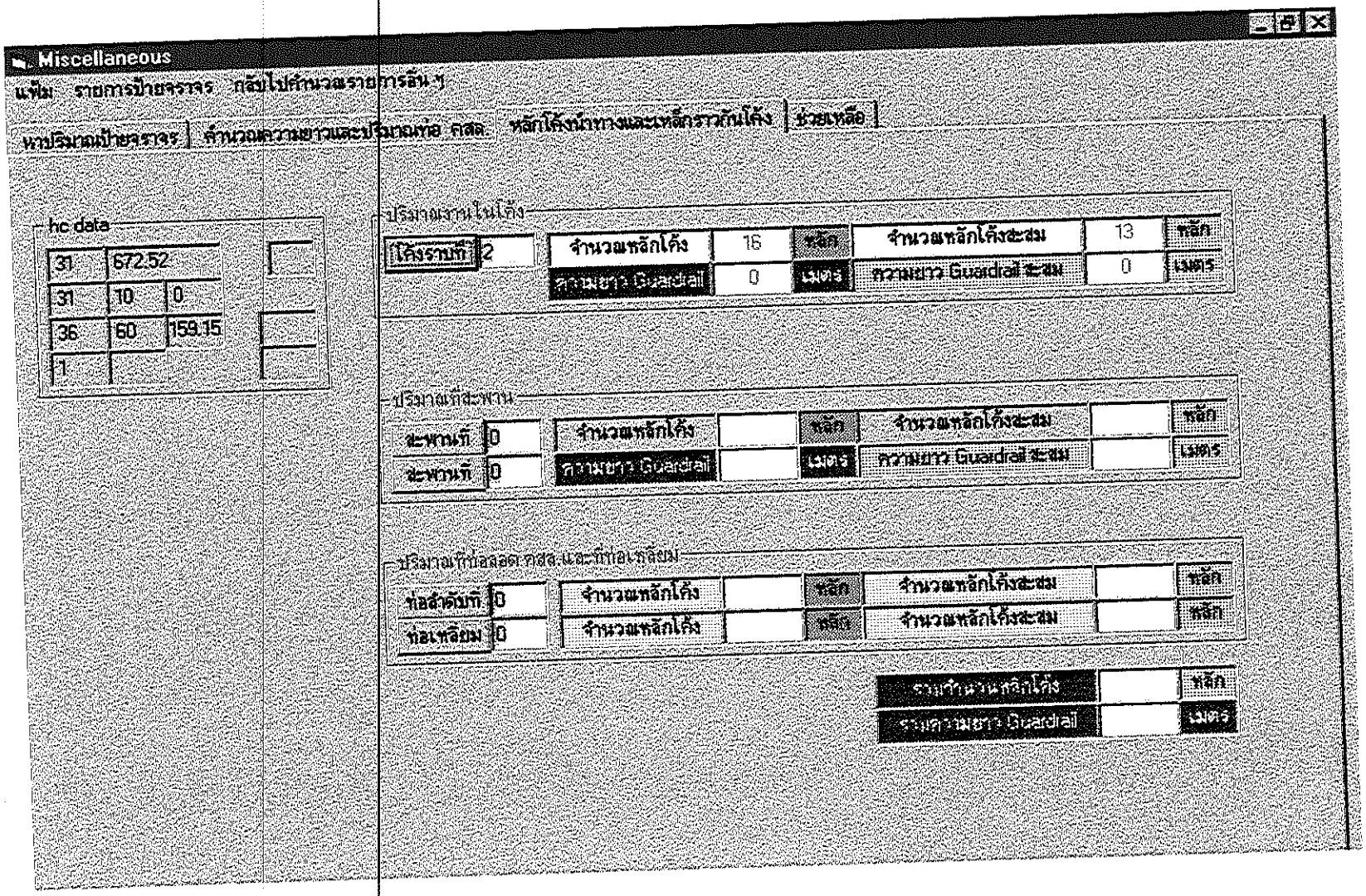


ภาพประกอบ 4.13 ผลคำนวณปริมาณและตำแหน่งป้ายจราจรบนโค้งดิ่ง

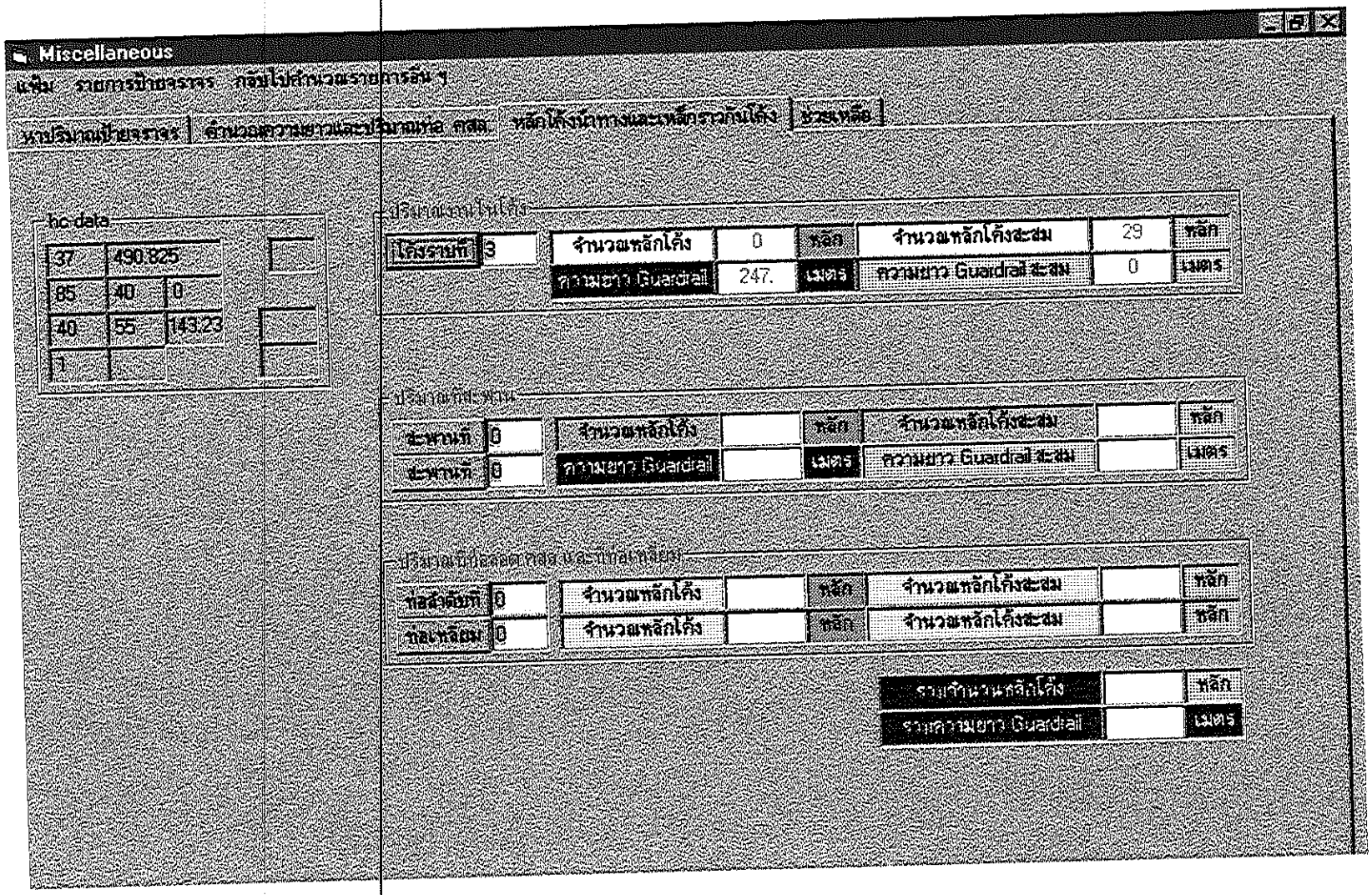


4.1.6.6 ปริมาณหลักโค้งนำทางและเหล็กราวกันโค้ง ได้นำข้อมูลโค้ง-ราบจากภาพประกอบ 4.2 ค คือโค้งราบ PI Sta.31+221.108 สำหรับการคำนวณหลักโค้งนำทาง และโค้งราบ PI Sta.31+672.520 สำหรับคำนวณความยาวเหล็กราวกันโค้ง การคำนวณด้วยวิธีเดิมดูในภาคผนวก ท ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมดูจากภาพประกอบ 4.14 และภาพประกอบ 4.15

ภาพประกอบ 4.14 ผลคำนวณปริมาณหลักโค้งนำทาง



ภาพประกอบ 4.14 ผลคำนวณความยาวราวเหล็กกันโค้ง



4.2 การเปรียบเทียบผลแตกต่างระหว่างการคำนวณด้วยวิธีเดิมกับการคำนวณด้วยโปรแกรม

รายการที่	ลักษณะงาน	วิธีคำนวณ		% ความแตกต่าง	หมายเหตุ
		วิธีเดิม	โปรแกรม		
1	ค่ายกระดับโค้ง	0.090	0.090	0.00	*1
2	ระยะเริ่มต้น-สิ้นสุดของการยกโค้ง	80.850	75.075	7.69	*1
3	พื้นที่งานดินตัด	7.331	7.337	0.08	
4	พื้นที่งานดินถม	11.008	10.986	0.20	
5	ปริมาณงานดินถม	15594.390	15507.500	0.60	
6	ปริมาณงานดินตัด	870.075	767.750	13.33	*2
7	ปริมาณดินขนฟรี	3895.113	3895.113	0.00	
8	ปริมาณดินขนในช่วงกำหนด	14500.00	14500.00	0.00	
9	ปริมาณสีบนโค้งราบ	100.750	98.400	2.39	
10	ปริมาณสีบนโค้งดิ่ง	129.625	134.500	3.76	
11	จำนวนหลักโค้งนำทาง	16.00	16.000	0.00	
12	ความยาวเหล็กรางกันโค้ง	247.00	247.000	0.00	

หมายเหตุ

1 ตามตัวอย่างการคำนวณในภาพประกอบ 4.2 ค และ 4.3

2 การคำนวณด้วยวิธีเดิม ใช้ค่าความลาดเอียงดินตัดด้านข้าง 1 : 2 แต่ในโปรแกรมใช้ตามข้อกำหนดคือ 1 : 1 ทำให้ปริมาณงานดินตัดแตกต่างมาก อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถปรับความลาดเอียงด้านข้างนี้ได้

บทที่ 5

บทสรุปเกี่ยวกับโปรแกรม

5.1 ประสิทธิภาพของโปรแกรม

ผลการคำนวณปริมาณงานในรายการต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมจากบทที่ 4 ที่ได้รวบรวมผล และเปรียบเทียบกับผลคำนวณตามวิธีการแบบเดิม โดยจำแนกตามรายการที่โปรแกรมสามารถคำนวนได้ ซึ่งจะสรุประดับความถูกต้องตามรายการและเหตุผลประกอบดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลคำนวณรายละเอียดส่วนประกอบและค่าต่าง ๆ ในโค้งราบ

ผู้ศึกษาได้ทำการทดลองคำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่เป็นผลจากข้อมูลสำรวจในสนาม ค่าการยกโค้งสูงสุด และการกำหนดความเร็วอันเป็นผลจากการกำหนดค่ายกโค้งในโค้งราบด้วยวิธีการแบบเดิม โดยใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐานการออกแบบของกรมทางหลวง ปรากฏว่าตรงกับที่โปรแกรมคำนวณ แต่ถ้าหากนำผลไปเปรียบเทียบกับรายละเอียดตามแบบก่อสร้างในบางสายทางอาจจะไม่ตรงกัน เพราะผู้ออกแบบอาจจะกำหนดให้ความเร็วในโค้งต่ำ เนื่องจากโค้งราบนั้นอยู่ในที่ตั้งของชุมชนหรือด้วยเหตุผลอื่นก็ตาม ทำให้ค่าที่ตามมาเช่น Length of Run - Off จะสั้นกว่าปกติ ทำให้จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการยกโค้งทั้งด้านขาเข้าและขาออกไม่ตรงกัน

5.1.2 การคำนวณพื้นที่หน้าตัดตามวิธีคูณไขว้ค่าพิกัด (Co-Ordinate)

จากการทดลองคำนวณด้วยวิธีการแบบเดิม สรุปได้ว่าถูกต้อง เพราะผลตรงกับการคำนวณด้วยโปรแกรมทุกประการ แต่อาจจะผิดพลาดในตำแหน่งทศนิยมที่ 2 หรือที่ 3 เนื่องจากการคำนวณด้วยโปรแกรมจะมีทศนิยมที่มากและละเอียดกว่า

5.1.3 การคำนวณปริมาณงานดินตัดและดินถม

ปริมาณงานในข้อนี้มีผลมาจากการคำนวณในหัวข้อ 5.1.2 ผลที่ตามมาก็คือมีความถูกต้อง 100% ในทางการคำนวณ

5.1.4 แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน

การสร้างแผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน มีผลจากการคำนวณปริมาณงานดิน ทั้งงานดินตัดและงานดินถมตลอดสายทาง ฉะนั้นเมื่องานดินตัดและดินถมถูกต้องแล้ว การคำนวณปริมาณและระยะทางการเคลื่อนย้ายมวลดินย่อมถูกต้อง

5.1.5 การคำนวณปริมาณงานชั้นโครงสร้างเหนือชั้นงานดิน

ปริมาณงานโครงสร้างเหนือชั้นงานดิน ประกอบไปด้วยโครงสร้างตั้งแต่งานชั้นวัสดุคัดเลือกจนถึงงานชั้นผิวจราจร วิธีการคำนวณโดยปกติที่ใช้คำนวณเพื่อหาปริมาณงานในการตั้งงบประมาณ และคำนวณปริมาณเพื่อการเบิกจ่ายเงิน ตัวเลขแสดงปริมาณได้จากค่าพื้นที่หน้าตัดคงที่ (Constant Area) หรือค่าความกว้างคงที่ (Constant Width) คูณกับระยะทาง และผลการคำนวณโดยโปรแกรม ก็ใช้เงื่อนไขเดียวกัน จึงไม่มีความแตกต่าง

5.1.6 การคำนวณปริมาณสีตีเส้นจราจรบนโค้งราบและโค้งดิ่ง

ปริมาณงานทั้งสองรายการนี้เป็นปริมาณที่โปรแกรมคำนวณได้ไม่ถูกต้องทั้งหมด เพราะผลการคำนวณมาจากกราฟฟิก ซึ่งขึ้นอยู่กับการตัดสินใจโดยผู้ใช้โปรแกรม แต่เท่าที่ผู้ศึกษาได้ทดลองคำนวณหาปริมาณสีแบ่งช่องจราจรบนโค้งทั้ง 2 ประเภทโดยโปรแกรม ผลที่ได้แตกต่างจากการคำนวณตามแบบเดิมไม่มากนัก ในขณะที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยมาก

5.1.7 การคำนวณปริมาณหลักโค้งนำทางและเหล็กราวกันโค้งในโค้งราบ งานทั้ง 2 ประเภทดังกล่าวขึ้นอยู่กับค่ารัศมีโค้งราบ ซึ่งการคำนวณโดยโปรแกรมก็ใช้วิธีการเดียวกันกับการคำนวณด้วยวิธีเดิม และผลก็ออกมาเช่นเดียวกัน

5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

การใช้งานโปรแกรมยังมีข้อจำกัด เนื่องจากว่าการพัฒนาโปรแกรมในครั้งนี้เริ่มต้นตั้งแต่การเริ่มเรียนรู้โปรแกรม Visual Basic ขณะที่โปรแกรม Visual Basic ยังอยู่ใน Version ต่ำ (Version 3) จนกระทั่งสุดท้ายได้มาถึง Version 5 ที่เป็นอยู่ในโปรแกรมที่พัฒนานี้ (ปัจจุบันได้พัฒนาไปเป็น Version 6 แล้ว)

ข้อจำกัดของโปรแกรมเท่าที่สรุปได้มีดังนี้

5.2.1 ช่องรับข้อมูลสำรวจระดับตามแนวขวาง

ช่องรับข้อมูลสำรวจค่าระดับตามแนวขวางได้จัดไว้ทางด้านซ้ายทาง และด้านขวาทางเพียงด้านละ 8 จุด ซึ่งเพียงพอในการรับข้อมูลที่สำรวจ เพื่อการรับข้อมูลในการออกแบบถนน 2 ช่องจราจรที่ค่าระดับก่อสร้างถูกกำหนดให้สูงกว่าหรือต่ำกว่าระดับดินเดิมไม่มากนัก แต่ถ้าหากค่าระดับก่อสร้างกำหนดให้สูงกว่าระดับดินเดิมหรือต่ำกว่าระดับดินเดิมมาก (> 12.0 ม.) เช่นเมื่อแนวก่อสร้างตัดผ่านตัดภูเขา จำนวนจุดที่จำกัดอาจจะทำให้การคำนวณค่าพื้นที่หน้าตัดผิดพลาด เพราะข้อมูลพื้นดินธรรมชาติจากการสำรวจที่มีอยู่อาจไม่ใกล้เคียงกับตำแหน่งสิ้นสุดจุดตัด ระหว่างค่าระดับก่อสร้างกับระดับดินเดิม แม้ว่าโปรแกรมจะแสดงผลค่าพื้นที่หน้าตัดให้ แต่ผู้ใช้งานต้องตรวจสอบค่าให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่ง

5.2.2 การหาปริมาณสีแบ่งช่องจราจร

ประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนาได้ในขณะนี้ สามารถหาพื้นที่สำหรับคำนวณปริมาณสีตีเส้นจราจรในโค้งราบที่เป็นโค้งติดต่อกันได้มากที่สุดเพียง 2 โค้ง ถ้าสภาพในสนามมีลักษณะเป็นโค้งติดต่อกันมากกว่า 2 โค้ง ค่าที่คำนวณได้จะเป็นค่าที่ได้โดยประมาณเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การออกแบบโดยทั่วไปของกรมทางหลวง จะไม่มีโค้งติดต่อกันมากกว่า 2 โค้งมากนัก ยกเว้นกรณีการบูรณะเส้นทางเก่าที่ผ่านย่านชุมชนที่แนวทางคดเคี้ยวและไม่สามารถเวนคืนที่ดินได้แล้ว ซึ่งก็มีอยู่น้อยมาก

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

สืบเนื่องจากโปรแกรมนี้ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อออกแบบถนน 2 ช่องจราจร จึงมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งาน ไม่ว่าจะนำไปใช้ในการออกแบบหรือนำไปคิดปริมาณงานในสายทางที่ได้ออกแบบไว้แล้ว

สิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไปถ้าหากต้องการ เพื่อให้เป็นโปรแกรมที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเพิ่มศักยภาพของโปรแกรม มีเช่น

5.3.1 เพิ่มช่องรับข้อมูลสำรวจค่าระดับตามแนวขวาง ให้ป้อนข้อมูลได้โดยไม่มีขีดจำกัด ซึ่งควรเปลี่ยนจาก Text Box ในปัจจุบัน เป็น Grid Box ที่สามารถรับข้อมูลดังกล่าวได้โดยไม่มีขีดจำกัด

5.3.2 เพิ่มรูปแบบหน้าตัดของถนนให้เป็น 4 ช่องจราจร หรือหลายช่องจราจร เท่าที่มีการก่อสร้างกันอยู่ในปัจจุบัน เช่น รูปตัดที่เกาะกลางแบบยกระดับ (Raised Median) และแบบแบ่งเกาะกลางเป็นร่อง (Depressed Median)

5.3.3 เชื่อมโยงคำสั่งจากโปรแกรมที่พัฒนานี้เข้าสู่โปรแกรม Auto Cad ให้ทำการเขียนภาพแนวทางและระดับ เพื่อนำไปใช้เป็นแบบแปลนในการก่อสร้างในคราวเดียวกัน

ฯลฯ

บรรณานุกรม

ทางหลวง, กรม. 2539 คู่มือออกแบบทาง หลักสูตรที่ 1. กรุงเทพ

ทางหลวง, กรม. 2531 คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจรภาค 1. กรุงเทพ

ทางหลวง, กรม. 2533 คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจรภาค 2. กรุงเทพ

ทางหลวง, กรม. 2537 STANDARD DRAWING. กรุงเทพ

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. 2538. การสำรวจเส้นทาง. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์แม็ค

เร่งรัดพัฒนาชนบท, สำนักงาน. 2535 แบบมาตรฐานทางหลวงชนบท (มฐท. 2535).
กรุงเทพ

โยธาธิการ, กรม. 2535. แบบมาตรฐานชั้นทาง (มฐ. -2). กรุงเทพ

AASHO. 1967. A policy on Geometric Design of Rural Highway. pp.184. USA.

AASHTO. 1990. A policy on Geometric Design of Rural Highway and Street. USA.

Oglesby, C.H. and Hicks, R.g.. 1987. Highway Engineering. pp.606-610.
Great Britain : John Willy & Sons.

Thomas F. Hickerson. Route Surveys and Design. pp.152. Tokyo : Kogakusha.

Wright, P.H., Paquette, R.J. 5th Ed. HIGHWAY ENGINEERING. pp.204.
Great Britain : John Willy & Sons.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

มาตรฐานการออกแบบถนนด้านแรขาคณิต

1. มาตรฐานการออกแบบขนาดของถนน[1]

มาตรฐานการออกแบบความกว้างและขนาดของถนน ส่วนใหญ่หน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศที่ใช้อยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรมทางหลวงจะใช้มาตรฐานของ AASHTO เป็นหลักการเลือกชนิดของผิวทาง ความกว้างของคันทาง ความกว้างของทางวิ่ง และไหล่ทางจะขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Traffic) หรือ (ADT) ส่วนความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ และการกำหนดความลาดชันของแนวทางจะขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ ตามหลักการที่ยึดถือและปฏิบัติในการออกแบบของกรมทางหลวงจะเป็นไปตามตาราง ก.1

ข้อกำหนดขององค์ประกอบของถนนตามมาตรฐานของกรมทางหลวง มีดังนี้

1.1 ค่า ADT เป็นปริมาณจราจรเฉลี่ยต่อวันที่คาดการณ์ไว้อีก 7 ปี หลังจากการก่อสร้างหรือปรับปรุงถนนแล้วเสร็จและเปิดการจราจรแล้ว โดยอาศัยข้อมูลและวิธีการคำนวณด้านปริมาณจราจรของสำนักวิศวกรรมจราจร กรมทางหลวง

1.2 ปริมาณจราจรเป็น ADT นี้ให้ใช้ในกรณีที่มีปริมาณรถบรรทุกหนัก (Heavy Trucks) ไม่เกิน 20% ของปริมาณจราจรทั้งหมด

1.3 สำหรับทางหลวงที่มีรถบรรทุกหนัก (Heavy Trucks) เกินกว่า 30% ให้วิศวกรผู้ออกแบบพิจารณาความเหมาะสม ความหนาของชั้นทาง ช่องทางเสริม ฯลฯ ให้สอดคล้องกับข้อเท็จจริงเฉพาะสายทาง ลักษณะการจราจร สภาพภูมิประเทศ ฯลฯ

1.4 ทางหลวงที่มีพื้นที่ลาดชันมาก ๆ เฉพาะบริเวณภูเขาที่มีรถบรรทุกหนักมากพอควรให้วิศวกรผู้ออกแบบพิจารณาความเหมาะสมในการเพิ่มช่องไต่ลาด (Climbing Lanes) ตามความจำเป็น

---

[1] ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. 2539. หน้า 8-9

มาตรฐานชั้นทางสำหรับทางหลวงทั่วประเทศ

ชั้นทาง	พิเศษ	1	2	3	4	5	เขตเมือง	ทางขนาน
ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน	มากกว่า 8,000	4,000-8,000	2,000-4,000	1,000-2,000	300-1,000	น้อยกว่า 300	-	-
อัตราความเร็วที่ใช้ออกแบบ กม./ชม.								
-ทางราบ			90-110		70-90	60-80	60	70-80
-ทางเนิน			80-110		55-70	50-60	60	70-80
-ทางเขา			70-90		40-55	30-50	60	60-70
ความลาดชันสูงสุด %								
-ทางราบ	4		4		4	4	ตามสภาพพื้นที่	4
-ทางเนิน	6		6		8	8	ตามสภาพพื้นที่	6
-ทางเขา	6		8		12	12	ตามสภาพพื้นที่	8
ประเภทผิวทางจราจรที่เสนอแนะและไหล่ทาง	ชั้นสูง			กลาง-สูง		ลูกรัง	ชั้นสูง	กลาง-สูง
ความกว้างของผิวทางจราจร (เมตร)	อย่างน้อย ข้างละ 7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	ช่องจราจรละ 3.00-3.50	ช่องจราจรละ 3.00-3.50
ความกว้างของไหล่ทาง (เมตร)	ซ้าย 2.50-3.00 ขวา 1.00-1.50	2.50	2.00	1.50	1.00	-	2.50 หรือเป็นทางเท้า	อย่างน้อย2.00ม. หรือเป็นทางเท้า
ความกว้างของผิวจราจรสะพาน (เมตร)	11.00(MIN.)	12.00	11.00	11.00	11.00	11.00	สะพานกว้างตามรูปแบบ ULTIMATE DESIGN หรืออย่างน้อย 11.00ม.	
ความกว้างของเขตทาง(เมตร)	60-80		40-60		30-40		ตามความเหมาะสม	-
ยกโค้งราบสูงสุด	10%						6%	10%

หมายเหตุ: 1. ความกว้างไหล่ทางที่ปรากฏเป็นไหล่ทาง โดยทั่วไปสำหรับบางช่วงหากที่ความจำเป็น อาจขยายความกว้างได้ตามความจำเป็นของทางในช่วงนั้นๆ
2. การแบ่งผิวจราจรและไหล่ทาง แบ่งด้วยเส้นขอบทาง
3. สะพานที่มีทางเท้า ความกว้างทางเท้าอย่างน้อยข้างละ 1.50 ม.
4. ความกว้างสะพานในทางชั้น 4.5 ในสายทางที่คาดว่าจะไม่เพิ่มมาตรฐานชั้นทางในระยะเวลาอันสั้น ความกว้างสะพานอาจลดลงได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 9.00 ม.
5. ลาดคันทางโดยทั่วไปใช้ความลาดเอียง 4:1 ถึง 6:1ยกเว้นบางช่วงที่มีความจำเป็น ความลาดเอียงอาจใช้ 2:1ถึง 3:1ตามแต่กรณี
6. มาตรฐานทางชั้น 4.5 ไม่แนะนำสำหรับทางหลวงแผ่นดิน

1.5 ในบริเวณย่านชุมชน อาจเพิ่มช่องทางหรือช่องจราจรให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ช่องทางหลวงในบริเวณนั้น และ/หรือ เขตทางและระบบระบายน้ำตามความจำเป็น

1.6 ความกว้างของผิวจราจรให้เป็นไปตามระบุมาตรฐานชั้นทาง ยกเว้นกรณีทางในย่านชุมชนที่เขตทางแคบและต้องการขยายมากกว่า 2 ช่องจราจร ช่องจราจรเสริมด้านริมอาจแคบกว่ามาตรฐานก็ได้แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2.50 เมตร

1.7 ส่วนอื่นของชั้นพื้นทาง (Base Course) จากขอบผิวทางให้กว้าง 50 เซนติเมตร สำหรับทางมาตรฐาน D1, 2 และ 3 ให้กว้าง 25 เซนติเมตร สำหรับมาตรฐานทางชั้นที่ 4 ส่วนในกรณีที่ผิวทางเป็นผิวลาดยางแบบ 2 ชั้น แบบ Double Surface Treatment หรือแบบ Asphaltic Concrete สองชั้น ให้ผิวทางลาดยางชั้นแรกคลุมเต็มส่วนอื่นของพื้นทางทั้ง 2 ข้าง

1.8 ความกว้างของไหล่ทางให้เป็นไปตามระบุมาตรฐานชั้นทาง ยกเว้นทางหลวงที่ผ่านไปในย่านชุมชนที่มีการจอดรถมาก ถ้าไม่มีการขยายเพิ่มช่องจราจรให้ใช้ไหล่ทางกว้างข้างละ 3.00 เมตร พร้อมก่อสร้างส่วนของไหล่ทางด้วยวัสดุชั้นพื้นทางพร้อมลาดยาง (Paved Shoulder) สำหรับทางทุกมาตรฐานชั้นทาง ยกเว้นมาตรฐานทางชั้นที่ 5

เงื่อนไขการก่อสร้างไหล่ทางลาดยาง (Paved Shoulder) ให้ยึดถือตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1.8.1 สำหรับไหล่ทางของมาตรฐานชั้นทาง D, 1 และ 2

1.8.2 สำหรับไหล่ทาง ในช่วงที่เป็นย่านชุมชนหรือหมู่บ้าน

1.8.3 สำหรับไหล่ทางของสายทางที่อยู่ภายในระยะ 50 กิโลเมตร จากเมืองใหญ่ทุกมาตรฐานชั้นทาง

1.8.4 สำหรับไหล่ทางบริเวณทางแยก

1.8.5 สำหรับไหล่ทางในช่วงที่มีการยกลาดหลังทางเอียงในโค้งราบ (Super Elevation) เท่ากับและมากกว่า 5%

1.8.6 สำหรับไหล่ทางในช่วงที่ลาดตามยาวของทาง (Profile Grade) ลาดชันจนจะเกิดปัญหาการกัดเซาะของไหล่ทาง

1.8.7 สำหรับไหล่ทางของผิวทางคอนกรีต

1.9 ความกว้างของทางเท้าของทางหลวงในย่านชุมชนให้ถือตามที่กำหนดในรูปแบบมาตรฐาน Ultimate Section ของเขตทางต่าง ๆ ในกรณีที่เขตทางแคบจนไม่สามารถก่อสร้างทางเท้ามาตรฐานได้ ให้ลดความกว้างของทางเท้าได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร ส่วนในกรณีที่ต้องขยายความกว้างของทางเท้าให้มากกว่าตามที่กำหนดในแบบมาตรฐานตามปริมาณพื้นที่เดินเท้าและมีพื้นที่พอให้ได้ แต่ต้องไม่เกิน 5.00 เมตร

1.10 รูปแบบของทางหลวงประเภท Divided Highway นอกเมืองที่มีเขตทางกว้าง 80 เมตร และในเขตเมืองตามเขตทางมาตรฐานต่าง ๆ ให้ถือตามแบบมาตรฐานสำนักสำรวจออกแบบ กรมทางหลวง

หน่วยงานอื่นอย่างเช่น การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ก็ใช้มาตรฐานตาม AASHTO ด้วยเช่นกัน แต่มีข้อปลีกย่อยในรายละเอียดที่ค่อนข้างจะสูงกว่างานของกรมทางหลวง ทั้งนี้เพราะงานส่วนใหญ่ของการทางพิเศษ ได้ก่อสร้างในชุมชนเมืองต้องการให้ผู้ใช้ถนนขับขี่ด้วยความเร็วสูงและมีความปลอดภัย

สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท และกรมโยธาธิการ สังกัดกระทรวงมหาดไทย ได้ใช้มาตรฐานตามแบบของกรมทางหลวงในเรื่องการออกแบบทางด้านเรขาคณิต (Geometric Design) ส่วนความกว้างของคันทาง ถ้าในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลชุมชนเมืองและปริมาณจราจรน้อย หน่วยงานทั้ง 2 แห่งนี้ ส่วนใหญ่จะก่อสร้างถนนที่มีความกว้างรวมผิวจราจรและไหล่ทางกว้างเพียง 6.00 เมตร เท่านั้น

สำหรับหน่วยงานอื่น ๆ โดยมากมักจะไม่ค่อยได้เน้นในเรื่องการออกแบบทางด้านเรขาคณิตมากนัก เช่น เทศบาล และสุขาภิบาล เป็นเพราะพื้นที่ที่รับผิดชอบจะอยู่ในเมืองและเป็นที่ราบ ความเร็วของยวดยานต่ำ แต่ถนนที่รับผิดชอบโดยหน่วยงานเหล่านี้จะเน้นหนักในเรื่องความเรียบของผิวจราจรและการระบายน้ำเป็นส่วนใหญ่ ส่วนถนนที่รับผิดชอบโดยองค์การบริหารส่วนจังหวัด และหน่วยพัฒนาการเคลื่อนที่ของ กรป.กลาง ที่สังกัดสำนักงานกองบัญชาการทหารสูงสุด จะดำเนินการก่อสร้างเป็นทางลำลองหรือถนนลูกรัง เพื่อการสัญจรและขนส่งสินค้าผลผลิตทางการเกษตรในชนบท จึงไม่ได้เน้นเรื่องการออกแบบทางด้านเรขาคณิตมากนัก

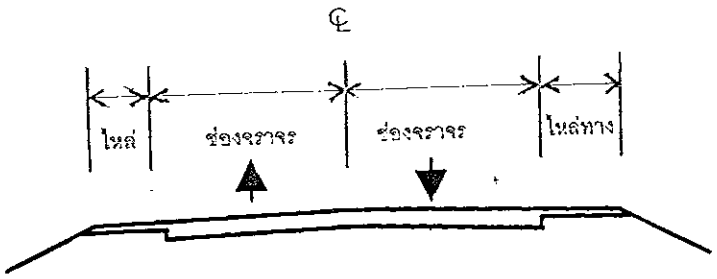
ภาคผนวก ข

รูปแบบของถนน

ผู้ออกแบบจะเลือกรูปแบบในการออกแบบรูปตัดของถนนเป็นประเภทใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT) เป็นหลัก ซึ่งถ้าหากเมื่อคำนวณปริมาณจราจรในอีก 7 ปีข้างหน้า ใกล้เคียงกับปริมาณในชั้นทางประเภทใด ผู้ออกแบบจะเลือกรูปแบบหน้าตัด (Cross Section) ตามรูปแบบมาตรฐานที่ได้ยกมาเป็นตัวอย่าง ตามรูปที่ได้แสดงดังภาพประกอบ ข.1 และ ข.2

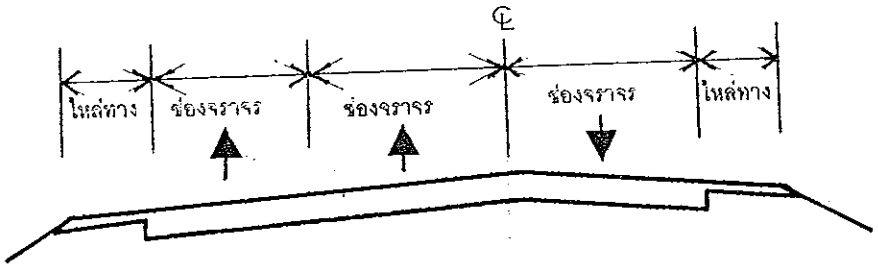
แต่ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอย่างอื่นที่ทำให้ไม่สามารถเลือกรูปตัดได้ตามที่ต้องการ เพราะมีอุปสรรค เช่น ปัญหาเขตทาง (Right of Way) เพราะในบางช่วงของงานถนนจำเป็นต้องผ่านชุมชนที่สองข้างทางมีสิ่งปลูกสร้างแน่นหนาและถาวรอยู่แล้ว หากจะทำการเวนคืนก็ไม่คุ้มค่า ผู้ออกแบบอาจจะต้องเปลี่ยนแนวเส้นทางก่อสร้างใหม่ได้ และสามารถทำการปรับปรุงเส้นทางที่มีอยู่เดิมให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง แต่ให้อิงหลักการในการออกแบบให้มากที่สุด

ภาพประกอบ ข.1 ประเภททางหลวงแบบไม่มีเกาะกลาง



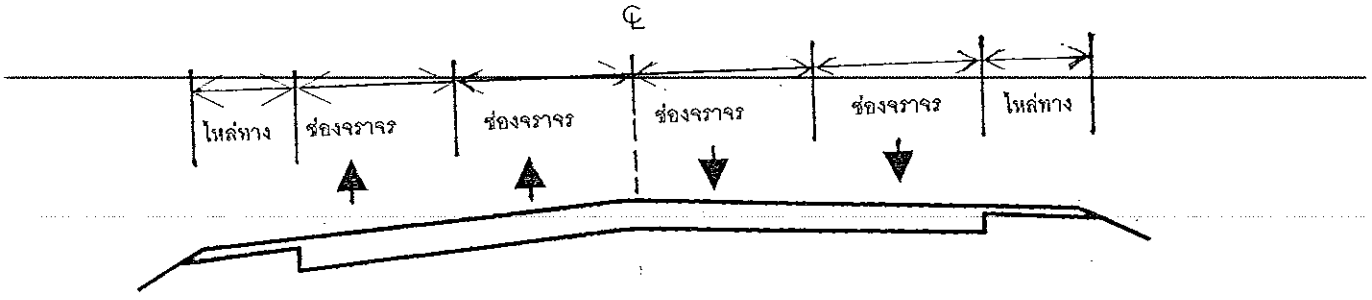
ทางประเภท 2 ช่องจราจร 2 ทิศทาง

ข.1.1 ทางประเภท 2 ช่องจราจร 2 ทิศทาง



ทางประเภท 3 ช่องจราจร 2 ทิศทาง

ข.1.2 ทางประเภท 3 ช่องจราจร 2 ทิศทาง



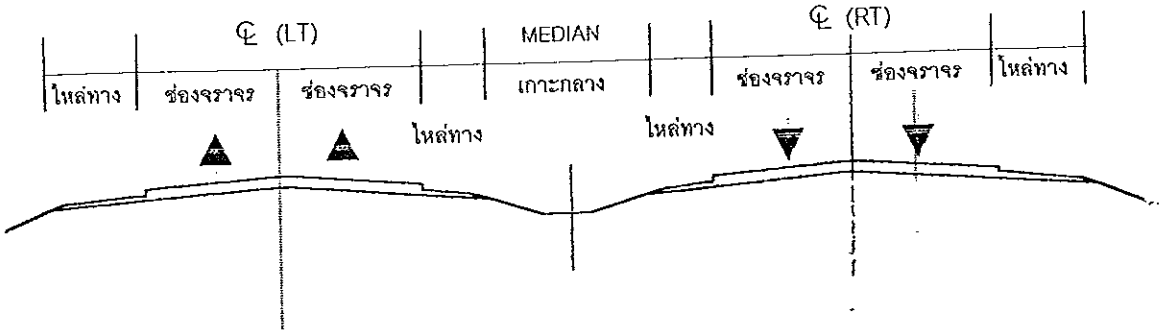
ทางประเภท หลายช่องจราจร 2 ทิศทาง

(MULTILANE UNDIVIDED)

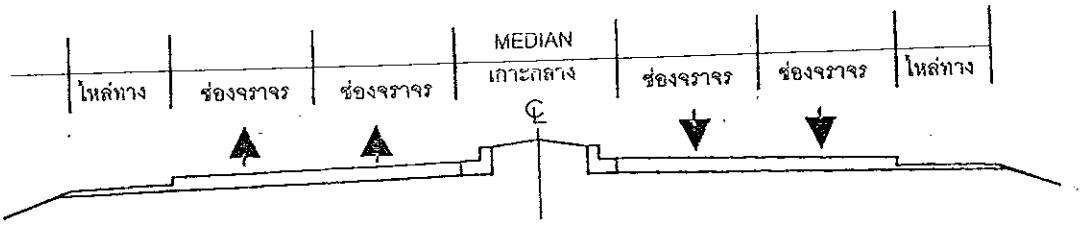
ข.1.3 ทางประเภท หลายช่องจราจร 2 ทิศทาง

ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. 2539. หน้า 5.

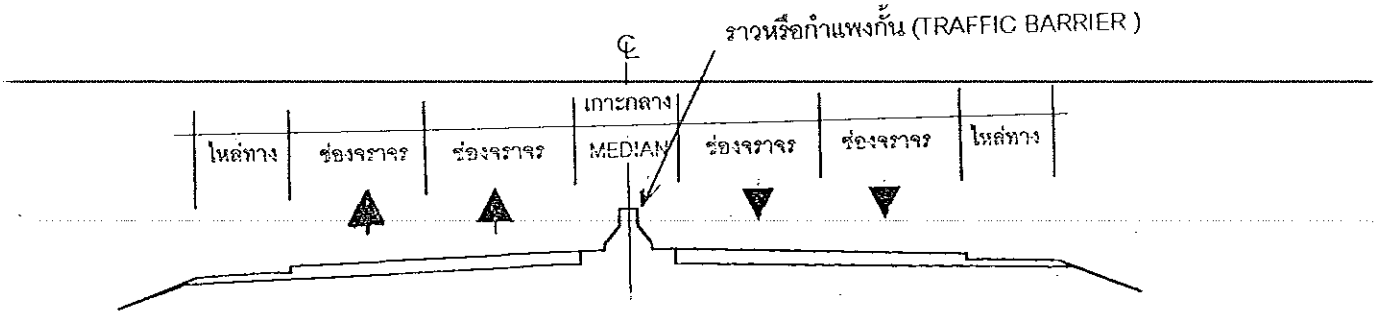
ภาพประกอบ ข.2 ประเภททางหลวงแบบมีเกาะกลาง



ข.2.1 ทางนอกเมือง – แบบเกาะกลางกดเป็นร่อง (Depressed Median)



ข.2.2 ทางนอกเมือง – แบบเกาะกลางถมดินยกระดับ (Raised Median)



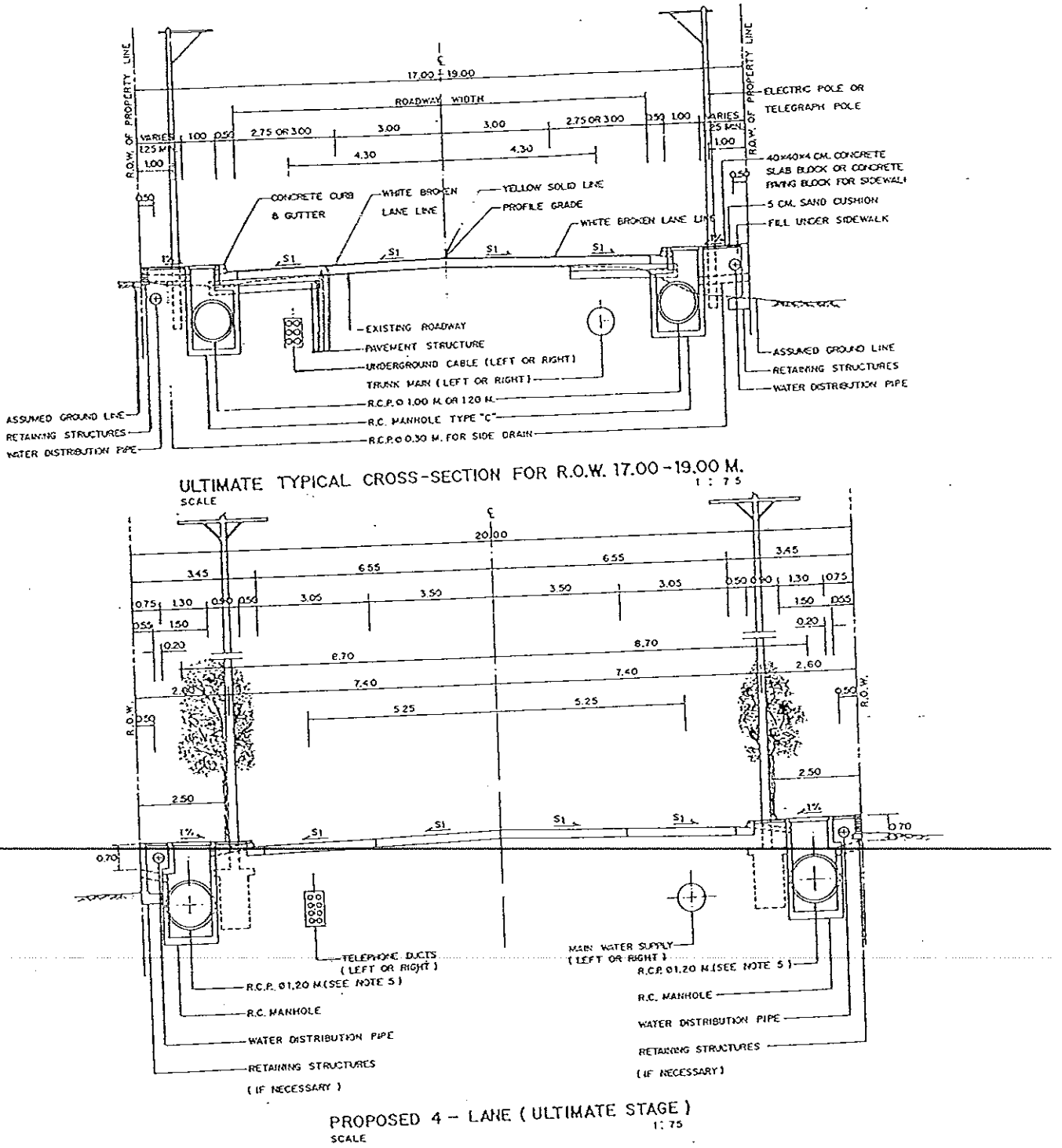
ข.2.3 ทางนอกเมือง – แบบเกาะกลางแคบ ใช้ราวหรือกำแพงกั้น

ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. 2539. หน้า 6

ส่วนรูปแบบถนนในย่านชุมชน หรืออีกนัยหนึ่งคือ ทางในเมืองที่ก่อสร้างในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด ซึ่งได้ทำการเวนคืนที่ดินไว้เรียบร้อยแล้ว และเมื่อจำเป็นต้องขยายจากรูปแบบเดิมให้เต็มพื้นที่ จะมีรูปแบบมาตรฐานที่กรมทางหลวงได้กำหนดไว้ตามที่แสดงเป็นตัวอย่างในภาพประกอบ ข.3 และ ข.4

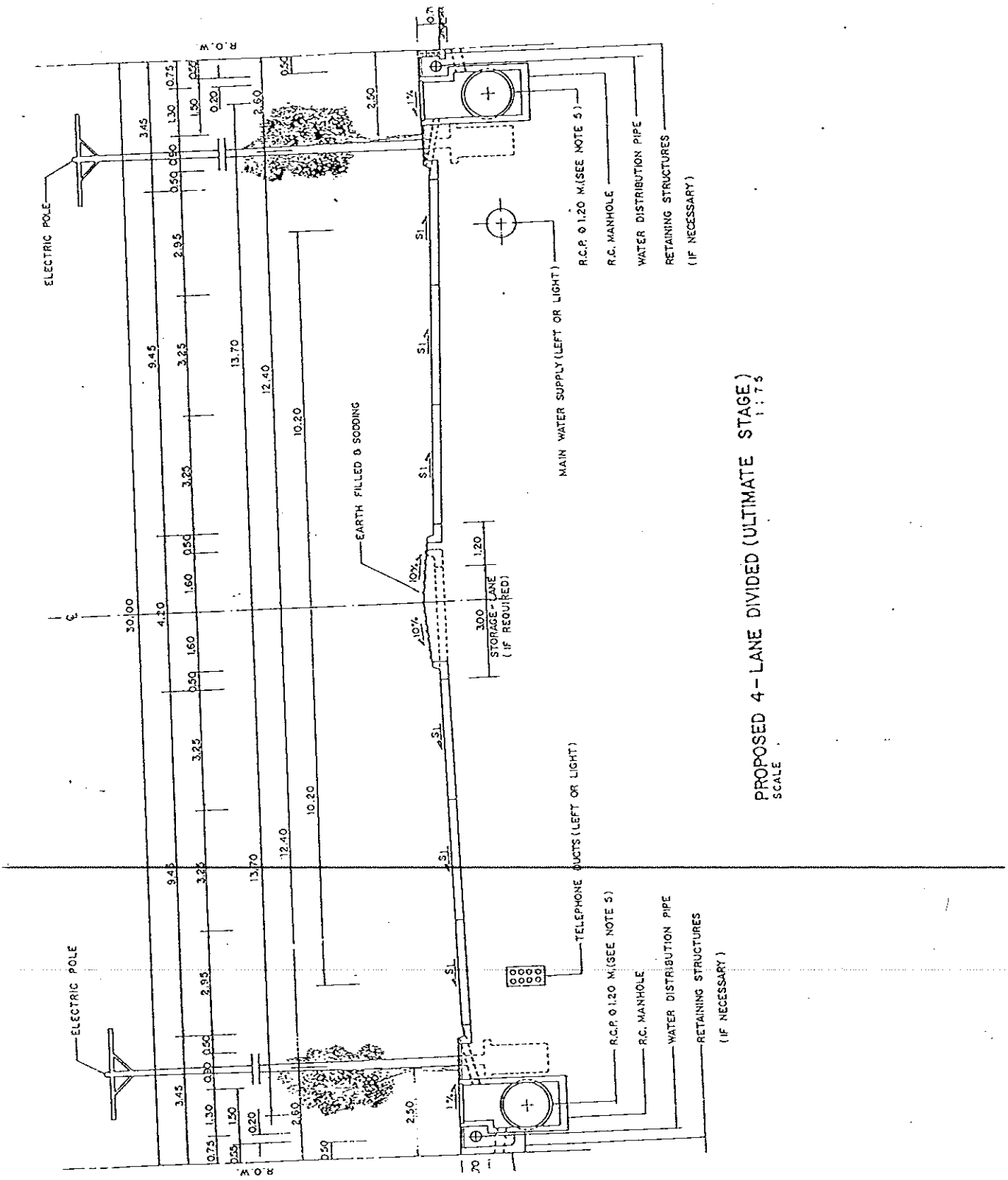
อนึ่ง รูปตัดโครงสร้างทั่วไป (Typical Cross Section) ของงานก่อสร้างถนนของกรมทางหลวงนั้นมีอยู่ 2 รูปแบบคือ ชนิดผิวทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Pavement) และชนิดผิวทางแบบแข็งเกร็ง (Rigid Pavement) ดังแสดงในภาพประกอบ ข.5 และ ข.6 ส่วนแบบมาตรฐานรูปตัดโครงสร้างและขนาดของหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่รับผิดชอบและดำเนินการก่อสร้างอีกสองหน่วยงานที่สำคัญคือ สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบทและกรมโยธาธิการ ซึ่งสังกัดกระทรวงมหาดไทย มีรูปแบบมาตรฐานตามภาพประกอบ ข.7 และ ข.8 ซึ่งจะเห็นว่ามีรูปแบบก่อสร้างคล้ายกับทางหลวงนอกเมืองของกรมทางหลวง แต่ส่วนใหญ่จะกำหนดความหนาของชั้นโครงสร้างทางไว้ชัดเจน ทางหลวงที่สังกัดสองหน่วยงานนี้ แม้จะกำหนดความกว้างเขตทางไว้ แต่ในทางปฏิบัตินั้นไม่มีเขตทางที่ชัดเจน ต้องทำการขอบริจาคจากเจ้าของที่ดินที่อยู่ข้างเคียง หรือออกแบบตามแนวถนนเดิมที่มีอยู่

ภาพประกอบ ข.3 รูปแบบทางหลวงแบบไม่แบ่งแยกทิศทางจราจร – เต็มพื้นที่ก่อสร้าง



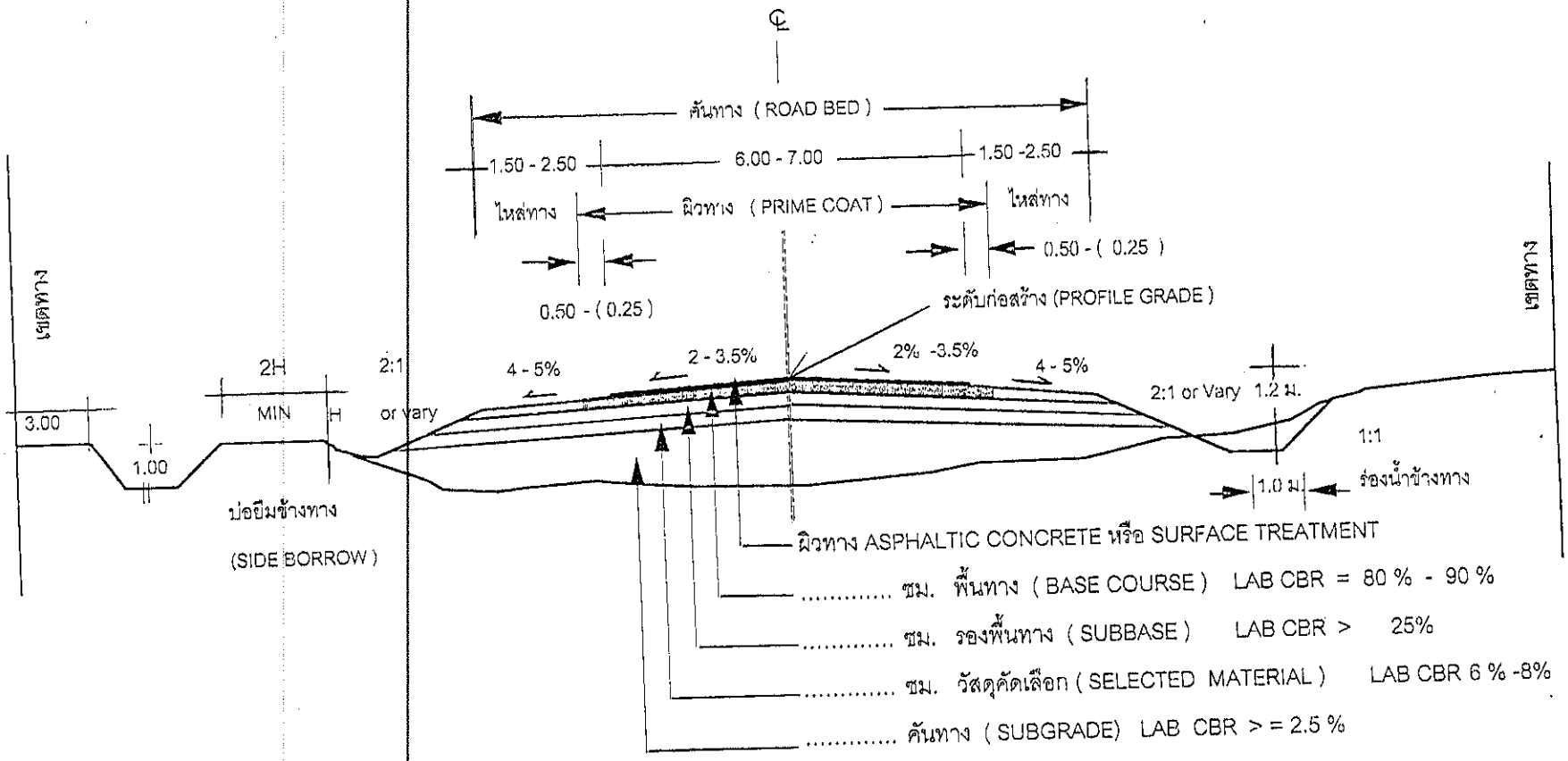
ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. กรุงเทพฯ. 2537. หน้า 5-6.

ภาพประกอบ ข.4 รูปแบบทางหลวงแบบแบ่งแยกทิศทางจราจร – เพิ่มพื้นที่ก่อสร้าง



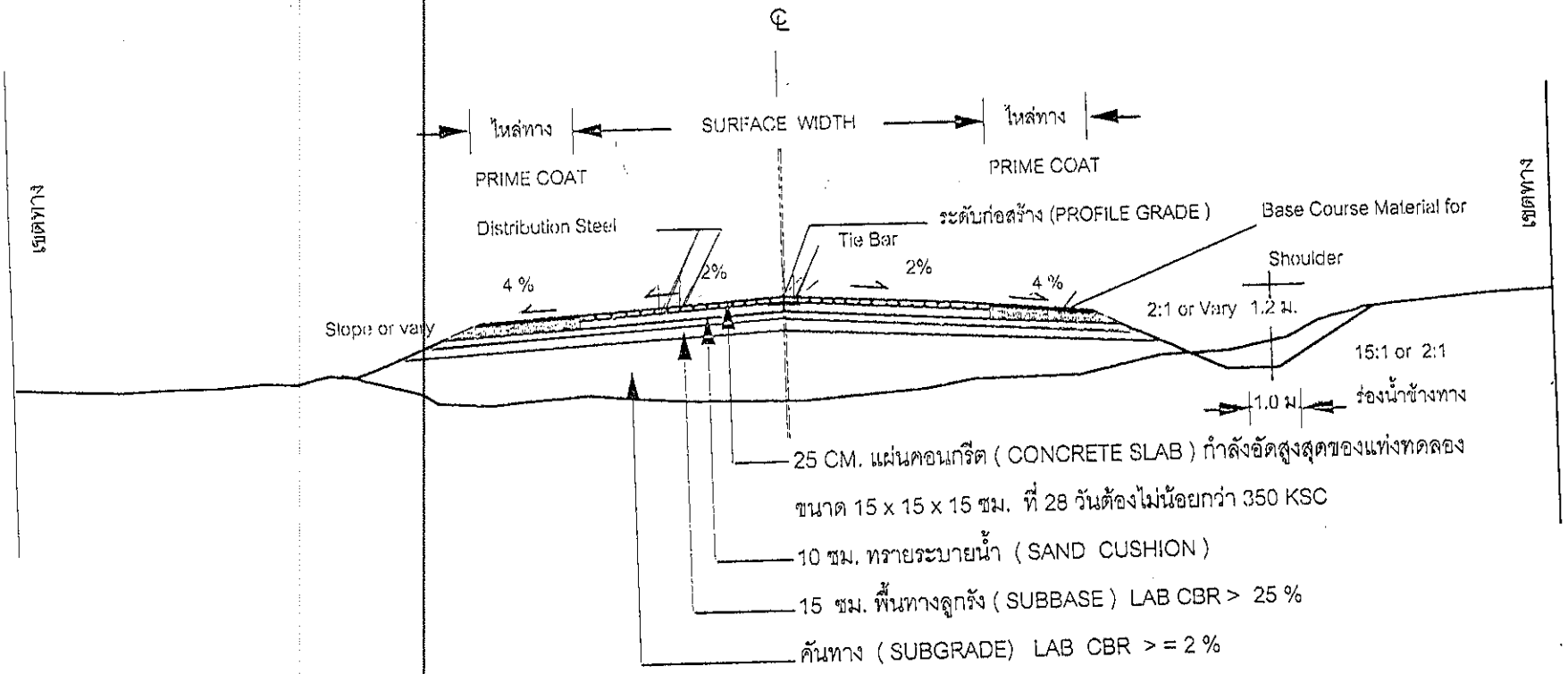
ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. กรุงเทพฯ. 2537. หน้า 7

ภาพประกอบ ข 5 ชั้นทางแบบยืดหยุ่น (Flexible Pavement) ของกรมทางหลวง



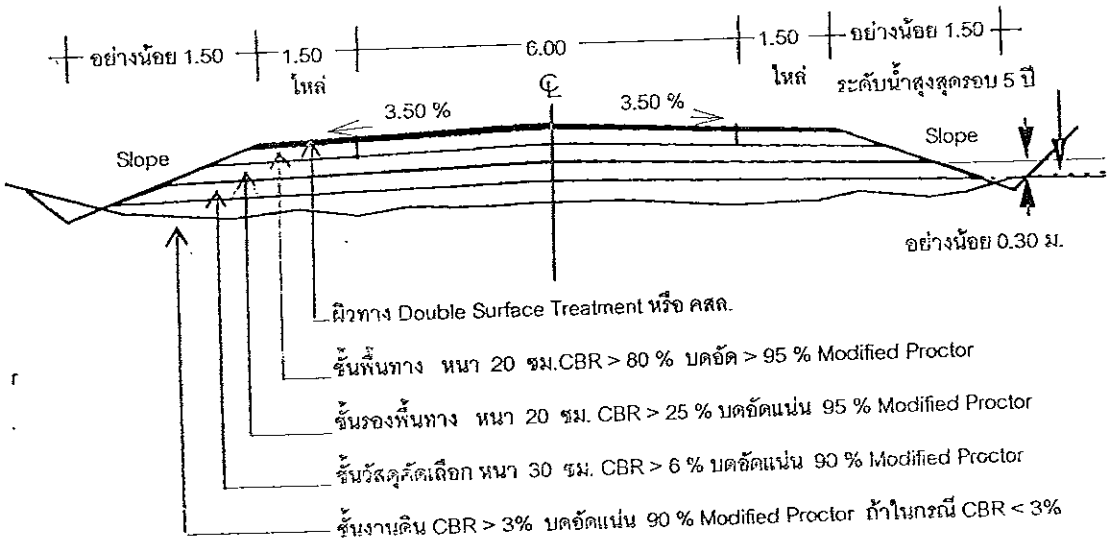
ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. 2539. หน้า 39

ภาพประกอบ ข 6 ชั้นทางแบบแข็งเกร็ง (Rigid Pavement) ของกรมทางหลวง



ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. 2539. หน้า 39

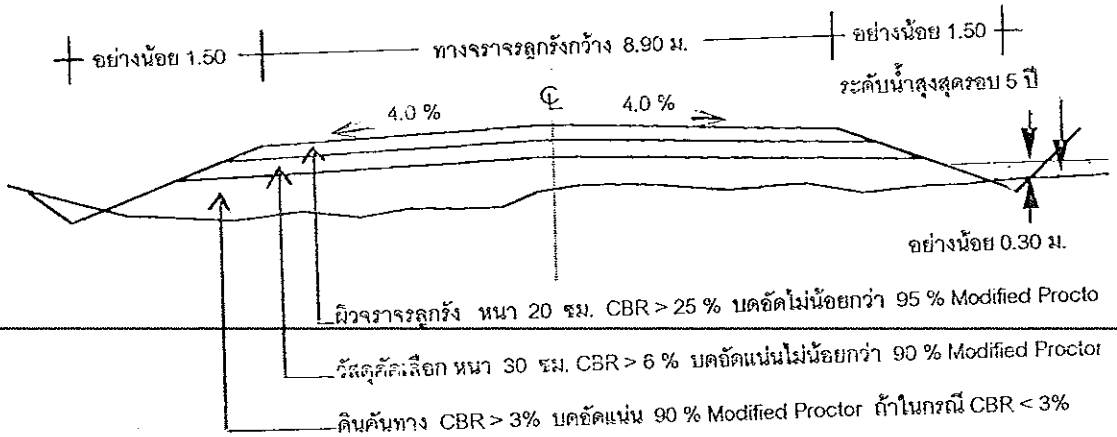
ภาพประกอบ ข.7 รูปตัดมาตรฐานถนนของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท



หมายเหตุ : ถ้าในกรณีเป็นงานดินตัดให้ทำการก่อสร้างรูปร่องน้ำเป็นรูปตัว V หรือ ตัว U ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ

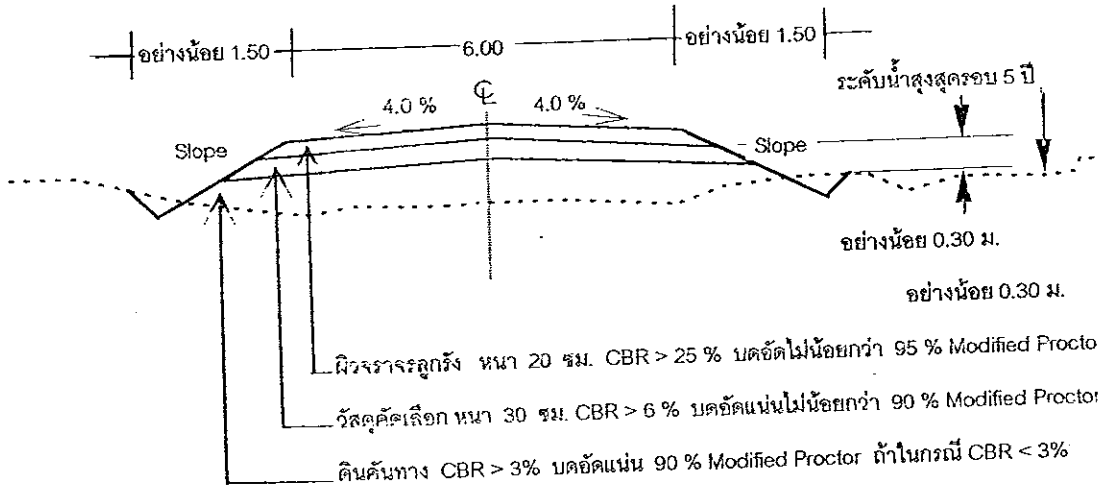
: ถ้าในกรณีผิวทางเป็น คสล. ไหล่ทางให้ก่อสร้างเป็น Surface Treatment 2 ชั้น กว้างข้างละ 1.50 ม.

มาตรฐานทางชั้นที่ 2 ของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท



หมายเหตุ : ถ้าในกรณีเป็นงานดินตัดให้ทำการก่อสร้างรูปร่องน้ำเป็นรูปตัว V หรือ ตัว U ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ

มาตรฐานทางชั้นที่ 3 ของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท



หมายเหตุ : ถ้าในกรณีเป็นงานดินตัดให้ทำการก่อสร้างรูปร่องน้ำเป็นรูปตัว V หรือ ตัว U ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ

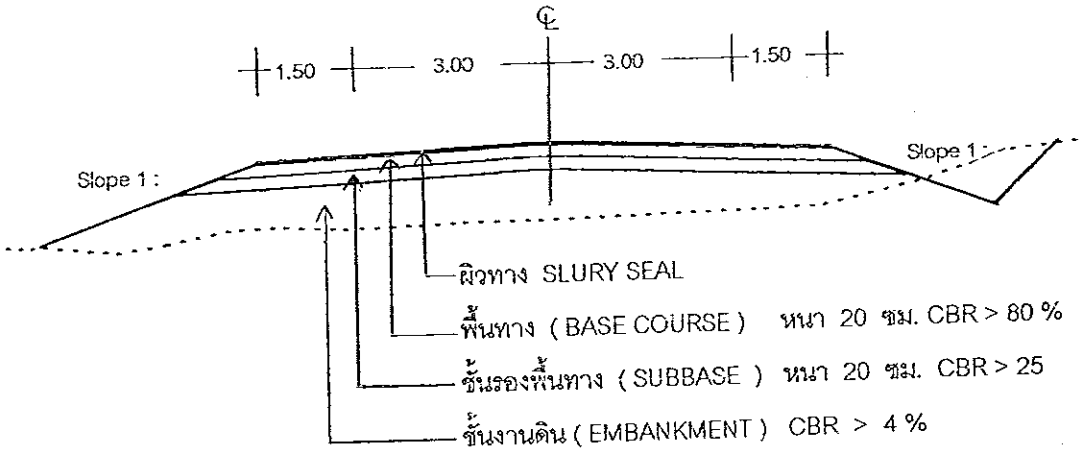
มาตรฐานทางชั้นที่ 4 ของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท

ค่าความลาดชัน (Slope) ที่แนะนำ

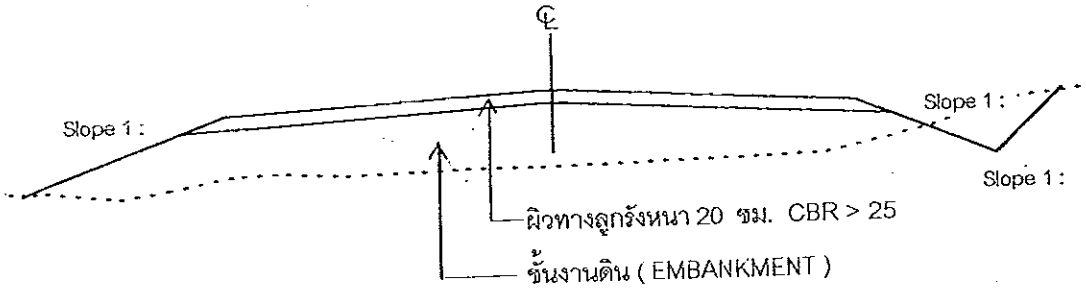
ความสูงของงานดินตัดและดินถม	ดิน		หินผุ		หินแข็ง
	ถม	ตัด	ถม	ตัด	ตัด
0.00 - 1.00 ม.	3 : 1	3 : 1	2 : 1	1.5 : 1	1.5 : 1
1.00 - 3.00 ม.	2 : 1	2 : 1	1.5 : 1	1 : 1	.25 : 1
เกินกว่า 3.0 ม.	1.5 : 1	1.5 : 1	1 : 1	.75 : 1	.25 : 1

ที่มา : เร่งรัดพัฒนาชนบท, สำนักงาน. แบบมาตรฐานทางหลวงชนบท (มฐท.2535). 2535. หน้า 6 - 8.

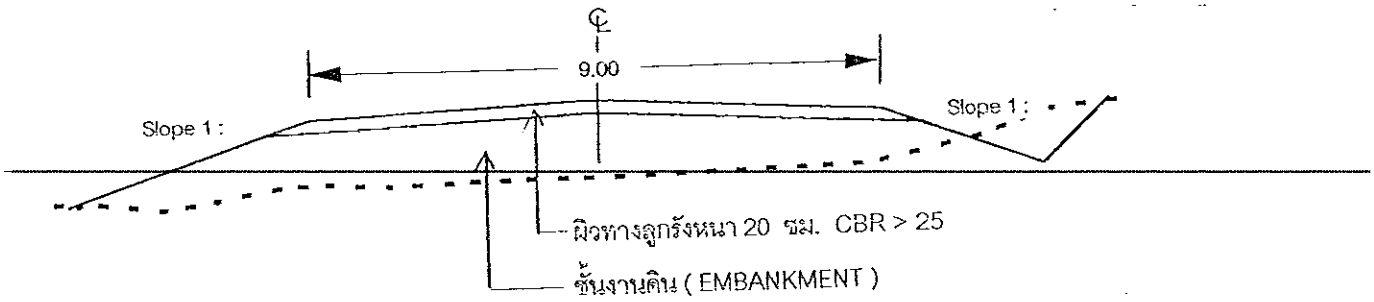
ภาพประกอบ ข.8 รูปตัดมาตรฐานถนนของกรมโยธาธิการ



มาตรฐานทางชั้นที่ 1 (เต็มรูปแบบ) ของทางหลวงชนบท



มาตรฐานทางชั้นที่ 1 (เตรียมรูปแบบเพื่อพัฒนาเป็นชั้นประนาทเต็มรูปแบบ) ของทางหลวงชนบท



มาตรฐานทางชั้นที่ 2 ของทางหลวงชนบท

หมายเหตุ 1. มาตรฐานทางชั้นที่ 1 แบ่งเป็น 2 ช่วงการก่อสร้างคือ ก่อสร้างเต็มรูปแบบตามมาตรฐานในคราวเดียว โดยที่ไหล่ทางใช้วัสดุเดียวกับพื้นทาง หรือไหล่ทางอาจเป็นลูกรังบดอัดคุณภาพเทียบเท่าชั้น Subbase หรือก่อสร้างไว้เฉพาะชั้น Subbase เพื่อก่อสร้างเพิ่มเติมตามภาพที่ 2

2. มาตรฐานชั้นทางที่ 2 ผิวจราจรใช้วัสดุเทียบเท่า Subbase ผิวจราจรกว้าง 9.00 เมตร

ที่มา : โยธาธิการ, กรม. แบบมาตรฐานชั้นทาง (มฐ - 2). หน้า 2.

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนในการออกแบบถนน

1. การออกแบบถนนของกรมทางหลวง

การออกแบบของกรมทางหลวง ผู้ที่มีหน้าที่โดยตรงในการรับผิดชอบดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งแบบก่อสร้างและการคำนวณราคาค่าก่อสร้าง คือ สำนักงานสำรวจและออกแบบ ซึ่งจะแบ่งงานออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- งานสำรวจออกแบบถนนใหม่
- งานสำรวจออกแบบเพื่อปรับปรุงถนนเก่า

1.1 งานสำรวจออกแบบถนนใหม่ หมายถึง การสำรวจเพื่อออกแบบ (Location Survey) ในพื้นที่ที่ไม่มีถนนมาก่อนเลย ในการสำรวจประเภทนี้ทีมงานชุดสำรวจจะต้องใช้แผนที่ระวาง หรือแผนที่ทางอากาศเป็นตัวประกอบในการวางแนวอย่างคร่าว ๆ เสียก่อน เพื่อจะคัดเลือกแนวทางที่คิดว่าเป็นไปได้มากที่สุด โดยส่วนใหญ่จะดัดแนวให้ผ่านชุมชน หรือใกล้เคียงชุมชน และองค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการวางแนวทางคือ แผนที่เส้นค่าระดับ (Contour Map) ที่คิดว่าการก่อสร้างจะเป็นไปและสิ้นเปลืองน้อยที่สุด แต่ให้ผลตอบแทนสูงสุด หรือทำ Feasibility Study เพื่อเลือกเส้นทางหรือตัดสินใจว่าจะทำการสำรวจเพื่อเก็บรายละเอียดในแบบร่างเส้นไหน แล้วจึงเริ่มสำรวจเก็บข้อมูลจากภาคสนามอย่างละเอียด เพื่อนำมาออกแบบและคำนวณค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่อไป

1.2 งานสำรวจออกแบบเพื่อปรับปรุงถนนเก่า หรืองาน Rehabilitation งานสำรวจประเภทนี้ส่วนใหญ่จะวางแนวก่อสร้างไปตามแนวถนนเดิม เพื่อเก็บข้อมูลใหม่ทั้งแนวทางและระดับของถนนเดิม พร้อมทั้งภูมิประเทศที่เคยประสบปัญหาก่อนทำการบูรณะและปรับปรุง เพื่อนำมาปรับปรุงข้อบกพร่องเดิม และส่วนใหญ่จะมีการขยายหรือเพิ่มมาตรฐานชั้นทางให้สูงขึ้น ด้วยเหตุผลคือ ถนนเดิมหมดอายุการใช้งาน (Design Period) หรือปริมาณจราจรสูงขึ้นมาก จนทำให้ถนนที่มีอยู่เดิมไม่สามารถรองรับได้

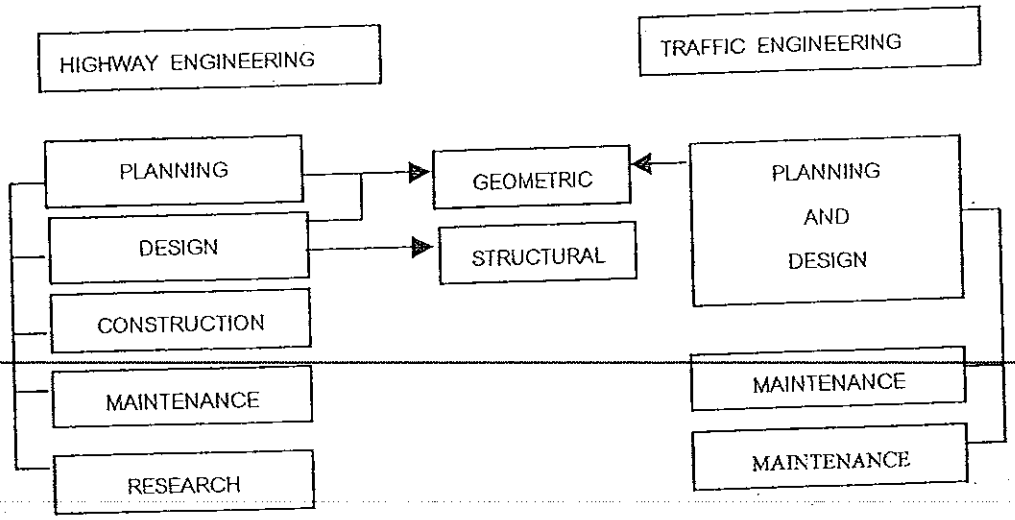
เมื่อทีมงานสำรวจเก็บรายละเอียดในสนามได้ข้อมูลทุกอย่างพร้อมแล้ว ก็นำส่งให้กับฝ่ายออกแบบ และฝ่ายออกแบบจะทำการออกแบบถนนตามหลักวิชาการต่อไป

2. ความหมายของงานออกแบบถนน[1]

ในวิศวกรรมการทาง การออกแบบจะหมายถึง การออกแบบถนนด้านเรขาคณิต (Geometric Design) และรวมถึงการออกแบบด้านโครงสร้าง (Structural Design) ด้วย

การออกแบบด้านเรขาคณิต จะเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบร่วมกับการวางแผน ซึ่งจะเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างวิศวกรรมการทาง (Traffic Engineering) ซึ่งมีส่วนประกอบซึ่งกันและกัน ดังแสดงในภาพประกอบ ค.1

ภาพประกอบ ค.1 แผนภูมิลักษณะงานด้านวิศวกรรมการทาง กับ วิศวกรรมการจราจร



[1] ทางหลวง, กรม. กรมออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. 2539. หน้า 10

การออกแบบทางเรขาคณิต คือ การออกแบบรูปพรรณสัณฐานของทางหลวงด้วยวัตถุประสงค์ที่จะสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกให้เข้ากันได้กับลักษณะของยานพาหนะ การจราจร และสภาวะแวดล้อม ตลอดจนพฤติกรรมของคนขับ การออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต ซึ่งประกอบด้วยมาตรฐานชั้นทาง (Classification) การกำหนดแนวทาง (Route Location) การออกแบบรูปตัด (Cross Section) การออกแบบแนวทางราบ (Horizontal Alignment) การออกแบบแนวทางตั้ง (Vertical Alignment) การออกแบบทางแยก (Intersection) และงานประกอบต่าง ๆ

การออกแบบทางโครงสร้าง ประกอบด้วย การออกแบบโครงสร้างทาง (Pavement Structure) โครงสร้างของอาคารระบายน้ำ (Drainage Structure) โครงสร้างของสะพานลอย (Overpass Structure) โครงสร้างของถนนลอดใต้ (Underpass) โครงสร้างของงานประกอบต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยต่าง ๆ กำแพงกันดิน โครงสร้างรองรับคันทางในดินอ่อน และงานป้องกันการเซาะพังทลาย

3. หลักการของการออกแบบที่ดี[1]

3.1 ข้อกำหนด หรือมาตรฐานขั้นต่ำในการออกแบบ

ในการออกแบบทุกลักษณะงาน จำเป็นจะต้องมีข้อกำหนดหรือมาตรฐานขั้นต่ำ เพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานที่จะทำการออกแบบให้ได้ตามวัตถุประสงค์ และความปลอดภัยตามที่คาดคิดไว้ ซึ่งข้อกำหนดหรือมาตรฐานดังกล่าว จะปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ผู้ออกแบบควรยึดถือข้อกำหนดหรือมาตรฐานนั้นเป็นเพียงแค่คำแนะนำเท่านั้น มิใช่จะต้องถือเป็นข้อปฏิบัติตายตัว การออกแบบจะต้องปรับตามสภาพและความสะดวกสบายของการใช้รถ ตลอดจนความสวยงามและคุณค่าของส่วนรวม

3.2 ลักษณะการออกแบบ แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

ก) การออกแบบในหลักการ (Conceptual Design) ได้แก่ การกำหนดโครงรูปหรือลักษณะของรูปแบบ เช่น การกำหนดรูปแบบของทางแยกให้เหมาะสมกับสภาพ

---

[1] ทางหลวง, กรม. การออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. 2539. หน้า 1

ของการจราจรที่ปรากฏเฉพาะที่จุดนั้น ซึ่งจะต้องออกแบบให้ใช้งานได้ดีกับสภาพเฉพาะดังกล่าว

ข) การออกแบบในรายละเอียด (Detailed Design) ได้แก่ การกำหนดรายละเอียดในโครงรูป หรือในลักษณะรูปแบบที่กำหนดในข้อ 2.2 ก เช่น การกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำต่าง ๆ กำหนดระดับก่อสร้าง การยกโค้ง ขยายผิว ขนาดและตำแหน่งของเกาะกลาง ระยะการปรับความเร็ว รัศมีเลี้ยวและอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยต่างๆ ฯลฯ ซึ่งจะต้องออกแบบแสดงรายละเอียดให้มากพอและเหมาะสมเช่นกัน

3.3 การพิจารณาถึงมูลฐานของคน (Human Element) ได้แก่ ผู้ใช้รถ ใช้ถนน ซึ่งจะเป็นปัจจัยในการให้แนวความคิดและการปรับปรุงการออกแบบ เพื่อจะอำนวยความสะดวกรวดเร็วและปลอดภัยในทุกกรณี

- คนขับ (Driver) ซึ่งรวมถึง ความสามารถในการควบคุมบังคับรถ สภาพของคนขับ ข้อมูล และกฎข้อบังคับของการจราจร เวลาของการรับรู้และตัดสินใจสั่งการ ฯลฯ
- ยานพาหนะ (Vehicle) ซึ่งรวมถึง ประเภทของยานพาหนะ สัดส่วนน้ำหนัก สมรรถนะของรถ การใช้พื้นที่ในการจราจร สภาพอุปกรณ์ และความปลอดภัยของรถ
- สภาพแวดล้อม (Environment) ซึ่งรวมถึง สภาพภูมิประเทศ สภาพถนน สภาพอากาศ และทัศนวิสัยในการมองเห็น
- สภาพสังคม ป้าย และสัญญาณต่าง ๆ

การออกแบบที่ดี ควรจะปฏิบัติตามเกณฑ์การออกแบบดังนี้

(1) เลือกใช้ความเร็วออกแบบ (Design Speed) ที่เหมาะสม

การเลือกความเร็วออกแบบมีผลต่อการเลือกรูปแบบของทางหลวง ความสม่ำเสมอของการออกแบบและรายละเอียดต่างๆ ตลอดจนมีผลโดยตรงต่อการให้ความปลอดภัยและการขับขี่ของผู้ใช้รถ ความเร็วออกแบบที่เลือกใช้มักจะพิจารณาจากลักษณะของการจราจร ประเภทของทางหลวงการพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ พื้นที่เขตทางและความสวยงามของทางหลวง ปัญหาของการเลือกใช้ความเร็วออกแบบที่ไม่

เหมาะสม มักจะได้แก่ การออกแบบความเร็วที่แปรเปลี่ยนมากไม่สม่ำเสมอในช่วงที่ต่อเนื่องกัน หรือไม่ตรงกับที่ผู้ใช้รถคาดคิดในการขับขี่ในสภาพจริงของทางหลวงสายนั้นๆ ควรที่จะเลือกความเร็วในการออกแบบไม่ต่างกันมากนัก (ในกรณีทั่ว ๆ ไป ไม่ควรให้ต่างกันเกิน 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในทางหลวงสายเดียวกัน และภูมิประเทศใกล้เคียงกัน โดยเฉพาะโค้งราบที่ติดต่อกันควรใช้ความเร็วเดียวกัน) โดยผู้ออกแบบควรจะต้องคิดถึงความเป็นจริงในการใช้รถใช้ความเร็วของแต่ละส่วนบนทางหลวง แล้วเลือกความเร็วออกแบบให้ใกล้เคียงกับที่คาดคิดนี้ ทั้งนี้อาจจะยอมให้ไม่ตรงกับข้อกำหนดตามระบุในมาตรฐานของสายทางนั้นได้บ้างในบางครั้ง

(2) การออกแบบที่ผสมผสานกันระหว่างแนวทางราบ (Horizontal Alignment) และแนวทางตั้ง (Vertical Alignment)

การออกแบบให้แนวทางราบผสมผสานกับแนวทางตั้ง จะทำให้รูปแบบทางหลวงดูสวยงาม ก่อให้เกิดความสะดวกสบายและปลอดภัยในการขับขี่ สามารถบังคับให้รถสัญจรไปตามแนวทางหลวงได้อย่างชัดเจนและมั่นคง การออกแบบที่ไม่สัมพันธ์กันมักจะได้แก่ การออกแบบโค้งราบสั้น ๆ บน Grade Line ที่ค่อนข้างคงที่ จะทำให้เกิดภาพที่ดูสับสนหลอกตา การออกแบบโค้งตั้ง (Vertical Curve) มากโค้งกว่าและสั้นกว่าโค้งราบ (Horizontal Curve) หรือโค้งตั้งมีตำแหน่งเยื้องไปมากับโค้งราบที่อาจทำให้ระยะมองเห็นเสียไป เป็นต้น

(3) การออกแบบโค้งราบ

โค้งราบที่ดีควรมีรัศมีที่เหมาะสมกับความเร็วที่ออกแบบ และส่วนประกอบของแนวทางการเปลี่ยนแปลงแนวทางจากแนวทางตรงที่ยาวมากมาตลอดไปเป็นทางโค้ง จำเป็นจะต้องออกแบบช่วงแปรเปลี่ยน Transition ให้เหมาะสม เช่น

การเพิ่มจำนวนโค้งเตือนล่วงหน้า ออกแบบให้เป็นโค้งที่มีรัศมียาวที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตลอดจนการใช้ Transition Curve/Spiral Curve เข้าร่วมกับโค้งวงกลม เพื่อให้การแปรเปลี่ยนค่อยเป็นค่อยไป ทั้งนี้การกำหนดอัตราการยกโค้งสูงสุด ต้องให้เหมาะสมกับแต่ละภูมิประเทศด้วย

(4) การเลือกใช้ระยะมองเห็น (Sight Distance)

ระยะมองเห็น คือ ความสามารถของคนขับรถที่มองเห็นถนนข้างหน้า และกล่าวได้ว่าเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุดในการออกแบบเพื่อความปลอดภัย ในการออกแบบทางหลวงสายใด ๆ ก็ตาม จะต้องจัดระยะการมองเห็นการหยุดรถ (Stopping Sight Distance) ได้โดยปลอดภัย ได้ทุกช่วงของทางหลวงนั้น ควรที่จะออกแบบระยะมองเห็นให้ยาวพอเป็นพิเศษ สำหรับทางหลวงประเภทชั้นสูง หรือบริเวณที่ที่จะเกิดอันตรายได้ง่าย ซึ่งต้องการการตัดสินใจของคนขับมาก เช่น บริเวณทางแยก บริเวณจุดเข้าออกของทางแยกต่างระดับ บริเวณปรับช่องจราจร จุดตัดกับทางรถไฟ สะพาน ด่านเก็บเงิน บริเวณด่านจำกัดความเร็ว ทางด่วน ฯลฯ

(5) การออกแบบรูปตัด (Cross Section)

ควรออกแบบรูปตัดให้ถูกต้องตามมาตรฐานชั้นทาง และเหมาะสมกับภูมิประเทศ บนทางหลวงสายใด ๆ แนวทางที่ผ่านไปในพื้นที่ที่เป็นที่ราบ ที่เนิน ภูเขาสูง ปริมาณรถที่แตกต่าง กับบริเวณเดินอ่อน ย่านชุมชน ฯลฯ จึงต้องออกแบบรูปตัดให้มีองค์ประกอบให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศดังกล่าวเป็นช่วงๆ ไป เพื่อให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุด เกิดความมั่นคงของตัวคันทาง ให้ความปลอดภัยและลดค่างาน ทั้งนี้การแปรเปลี่ยนจากรูปตัดหนึ่งไปยังอีกรูปตัดหนึ่ง ควรจะต้องออกแบบให้เห็นความเปลี่ยนแปลงให้ชัดเจน สามารถนำคนขับเข้าไปหาได้ด้วยความสะดวกและปลอดภัย

(6) ควรออกแบบให้ผู้ขับรถสัญจรไปในลักษณะเดียวกัน (Uniformity)

เมื่อผ่านจุดซึ่งมีลักษณะคล้ายกันไปตลอดในสายทางหนึ่ง ๆ เช่น ออกแบบให้วิธีเข้าหรือออกจากทางแยก, Interchange, ทางด่วนในลักษณะเดียวกันที่ทุกจุดบนสายทางนั้น เพื่อให้คนขับเข้าใจง่ายไม่สับสนและปลอดภัย ทั้งนี้รวมทั้งวิธีการแปรจากถนนสองช่องจราจรเป็นปลายช่องจราจร หรือจากถนนนอกเมืองเป็นเข้าเมือง เป็นต้น

(7) ควรออกแบบให้ถนนดูแลต่อเนื่องกันได้ตลอดในสายทางเดียวกัน (Route - Continuity)

ทั้งนี้เพื่อจะอำนวยความสะดวกแก่ผู้ขับรถ ซึ่งไม่คุ้นเคยกับการใช้เส้นทางสายนั้นที่จะเดินทางผ่านทางเส้นนั้นไปได้ตลอด ทั้งผ่านเข้าไปในเมืองหรือเลี่ยงเมือง (Bypass) การออกแบบแนวทางในบริเวณ Interchange ต้องไม่คำนึงถึงการออกแบบ

เพื่อการจราจรที่มากในด้านใดด้านหนึ่ง และเน้นให้เห็นการต่อเนื่อง เพื่อให้รถผ่านได้ตลอดอย่างสะดวกในอีกทิศทางหนึ่งด้วย

(8) การออกแบบช่องจราจรให้เหมาะสมและมีการปรับให้สมดุลย์ (Lane Balance)

การออกแบบจำนวนช่องจราจรให้เหมาะสม มักจะพิจารณาจากปริมาณรถและความจุ (Volume & Capacity) และระดับการให้บริการ (Level of Service) เพื่อให้ได้ขนาดและจำนวนของช่องจราจรเป็นพิเศษบริเวณทางเข้า (Entrance) หรือทางออก (Exit) ของทางแยกให้สมดุลย์ เพื่อป้องกันความสับสนและการเลี้ยวรถที่ลำบากและอันตราย ตลอดจนการให้ปริมาณรถผ่านตรง (Through Traffic) ไม่ถูกรบกวนและรักษาปริมาณได้ตลอดช่วง

(9) การออกแบบจุดที่เป็นทางแยกทางเชื่อม

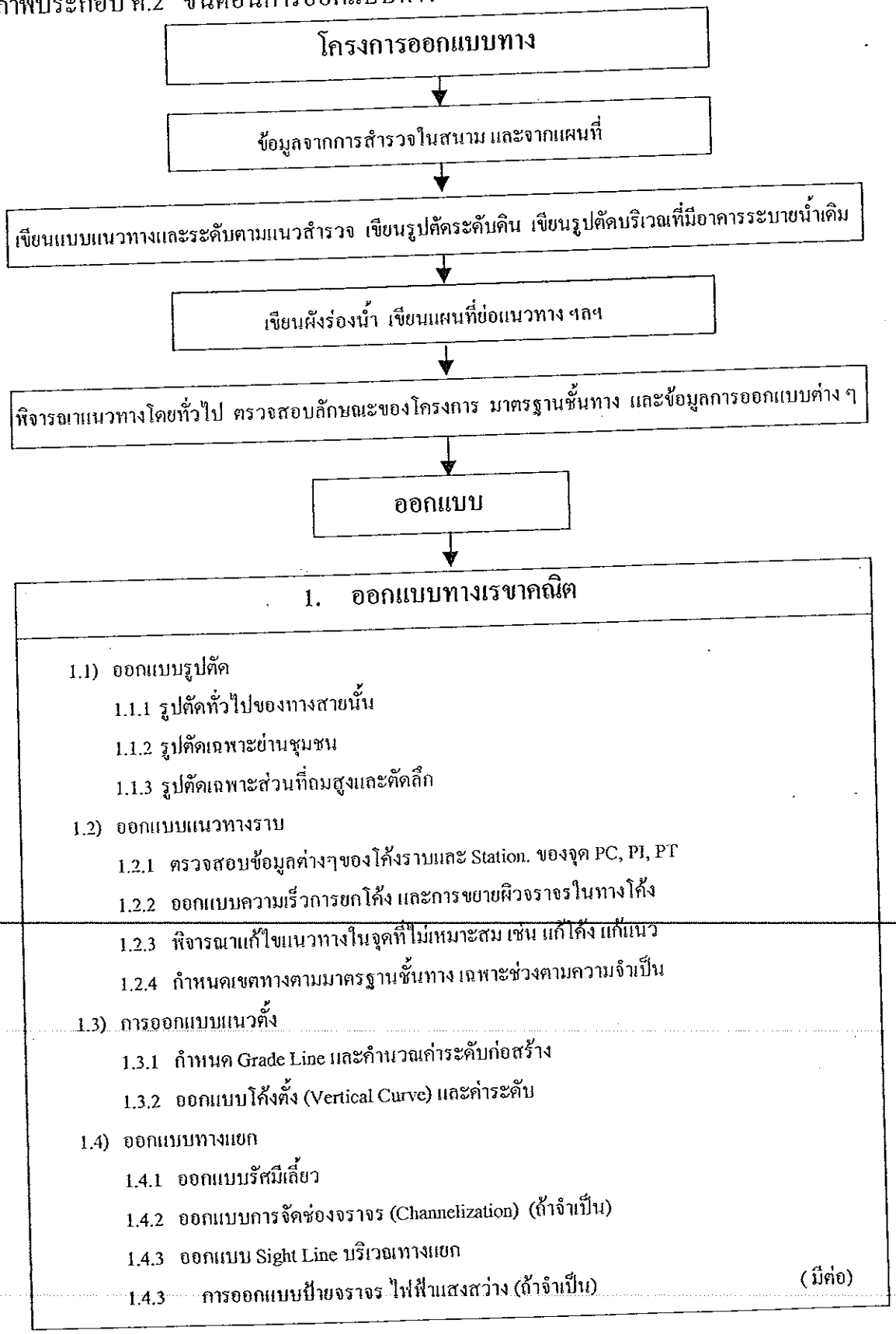
ทางแยกและทางเชื่อม เป็นสิ่งที่ก่ออันตรายและสร้างปัญหาติดขัดให้การจราจรมาก จึงควรเลือกระดับของการออกแบบควบคุมทางแยกทางเชื่อมให้เหมาะสมกับชั้นทางต่าง ๆ ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะการจราจรเฉพาะแห่ง ลักษณะการควบคุมทางแยกมี 3 ลักษณะ คือ ควบคุมอย่างเต็มที่ (Fully Access Control) ควบคุมบ้าง (Partial Access Control) และไม่มีการควบคุม (Non-Access Control)

(10) การออกแบบองค์ประกอบข้างทาง

ควรออกแบบเพื่อลดอันตรายข้างทาง โดยเลือกองค์ประกอบต่าง ๆ ให้มีอันตรายน้อยที่สุด หรือออกแบบอุปกรณ์เพื่อป้องกันอันตราย หรือช่วยอำนวยความปลอดภัยต่าง ๆ เช่น การออกแบบลาดข้างทาง การกำหนดตอม่อของสะพานลอย การย้ายสิ่งอุปสรรคข้างทาง อาคารระบายน้ำส่วนที่ผ่านถนน การใช้ราวหรือกำแพงกันอันตราย หลักกันโค้ง ป้ายจราจร ไฟฟ้าแสงสว่าง ฯลฯ

ดังที่ได้กล่าวมาทั้งหมด สามารถรวบรวมเป็นขั้นตอนในการออกแบบเริ่มจากที่ได้รับข้อมูลสำรวจจากภาคสนามแล้ว จนกว่าจะทำการออกแบบแล้วเสร็จ ตามขั้นตอนในภาพประกอบ ค.2

ภาพประกอบ ค.2 ขั้นตอนการออกแบบทาง



ภาพประกอบ ค.2 (ต่อ)

2. การออกแบบโครงสร้างทางและวัสดุก่อสร้างทาง

2.1) ออกแบบชั้นทางต่างๆ โดยใช้ค่า Subgrade CBR ปริมาณจราจร ปริมาณรถบรรทุกหนักรวมกับรถยนต์โดยสารขนาดใหญ่ และอัตราการเพิ่มของการจราจรที่สำรวจ

2.2) ออกแบบรูปตัดโครงสร้างทาง (Typical Cross Section) แสดงสัดส่วน และชั้นทางต่างๆ

2.3) กำหนดรายการรายละเอียดของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างและข้อกำหนดพิเศษต่างๆ

2.4) สำรวจและเขียนแผนที่แสดงแหล่งวัสดุและระยะทางจากสายทาง คุณสมบัติต่าง ๆ และปริมาณวัสดุ

3. งานออกแบบอาคารระบายน้ำและระบบระบายน้ำประกอบต่างๆ

3.1) คำนวณปริมาณน้ำแต่ละช่วงจาก BASE MAP และคำนวณพื้นที่ช่องเปิดตามต้องการ

3.2) ออกแบบประเภทของอาคารระบายน้ำแต่ละจุดทั้งที่ก่อสร้างใหม่ และเพิ่มเติมของเดิม ได้แก่ ท่อกลม ท่อเหลี่ยม สะพาน

3.3) ออกแบบขนาดของอาคารระบายน้ำแต่ละจุดของ แผนผังร่องน้ำ และตรวจสอบพื้นที่หน้าตัดของอาคารระบายน้ำให้ได้ตามพื้นที่ที่คำนวณได้

3.4) ออกแบบระบบระบายน้ำต่างๆ ตามความจำเป็นในแต่ละภูมิประเทศ เช่นงานป้องกันการกัดเซาะต่างๆ งานแก้ไขน้ำใต้ดิน งานระบายน้ำในย่านชุมชน หรืองานร่องระบายน้ำข้างทาง

4. คำนวณปริมาณงานต่าง ๆ

- งานถางป่าขุดตอ
- งานชั้นโครงสร้างทาง
- งานหลักโค้ง งานป้ายจราจร งานสีตีเส้น งานปลูกหญ้า Ditch Lining และงานประกอบเบ็ดเตล็ดต่าง ๆ

5. ออกแบบเบ็ดเตล็ดอื่น ๆ ที่จำเป็น เขียนแบบคัดลอก ลงหมึก เตรียมแบบ ระบุชื่อแบบแบบมาตรฐานที่ต้องใช้ในสายทาง

รวบรวมข้อมูล แบบแปลน และตรวจสอบ

ปรับปรุงจาก : ทางหลวง, กรม. คู่มือการออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. หน้า 30.

ภาคผนวก ง

องค์ประกอบสำคัญในการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต

1. โค้งวงกลม (Circular Curve)[1]

โค้งวงกลม มีส่วนประกอบที่ใช้ในการคำนวณตามภาพประกอบ ง.1

สูตรในการคำนวณค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ในโค้งวงกลม อยู่ในเทอมของ R มีดังต่อไปนี้

ระยะจาก PC ถึง PI = ระยะจาก PI ถึง PT = T

$$T = R^* \tan\frac{\Delta}{2} \quad (1)$$

ระยะจาก PC ถึง PT = ระยะ Chord "C"

$$\frac{C}{2} = R^* \sin\frac{\Delta}{2} \quad (2)$$

$$C = 2^*R^* \sin\frac{\Delta}{2}$$

ระยะจาก PC ตามโค้งไปยัง PT เป็นระยะ Arc Length "L"

$$L = R^*\Delta \quad (\Delta \text{ มีหน่วยเป็น Radians}) \quad (3.1)$$

$$= R^*\Delta^*(\frac{\pi}{180}) \quad (\Delta \text{ มีหน่วยเป็น Degree}) \quad (3.2)$$

จาก (2) $\frac{\Delta}{2} = \sin^{-1}(\frac{C}{2R})$

$$\Delta = 2^* \sin^{-1}(\frac{C}{2R})$$

การคำนวณหา Angle of Deflection of the Chord (δ)

สำหรับการหา Chord เล็ก (c) ใด ๆ

$$= \sin^{-1}(\frac{C}{2R}) \quad (4)$$

---

[1] Wright, P.H., Paquette, R.J. HIGHWAY ENGINEERING. 5th Ed., (Great Britain : John Willy & Sons.) pp. 204.

ระยะไกลที่สุดจาก Long Chord ถึงโค้ง = Middle of Ordinate = MH

$$MH = OH - OM$$

$$MH = R\left(1-\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right)$$

$$M = R - R^{*}\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$= R\,\mathrm{vers}\left(\frac{\Delta}{2}\right) \qquad (5)$$

ระยะที่ใกล้ที่สุดจากโค้งถึง PI = E

$$\frac{(R+E)}{R} = \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$E = R\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right)-R$$

$$E = R\left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right)-1\right) \qquad (6)$$

Degree of Curve "D" คือมุมที่รองรับโค้งขนาดความยาว 1 Station ที่สุดศูนย์กลางของวงกลมของโค้ง โดยปกติ 1 Station ให้มีค่า 100 เมตร

ในการวางโค้งโดยทั่วไป หากวางโดยใช้รัศมี (R) จะเป็นไปไม่ได้เพราะในสภาพความเป็นจริงค่า R ในสนามจะยาวมาก จำเป็นต้องใช้ค่า "D" ใช้ในการคำนวณแทน ซึ่งคำจำกัดความของ D ปกติจะใช้ Arc Definition กล่าวคือ

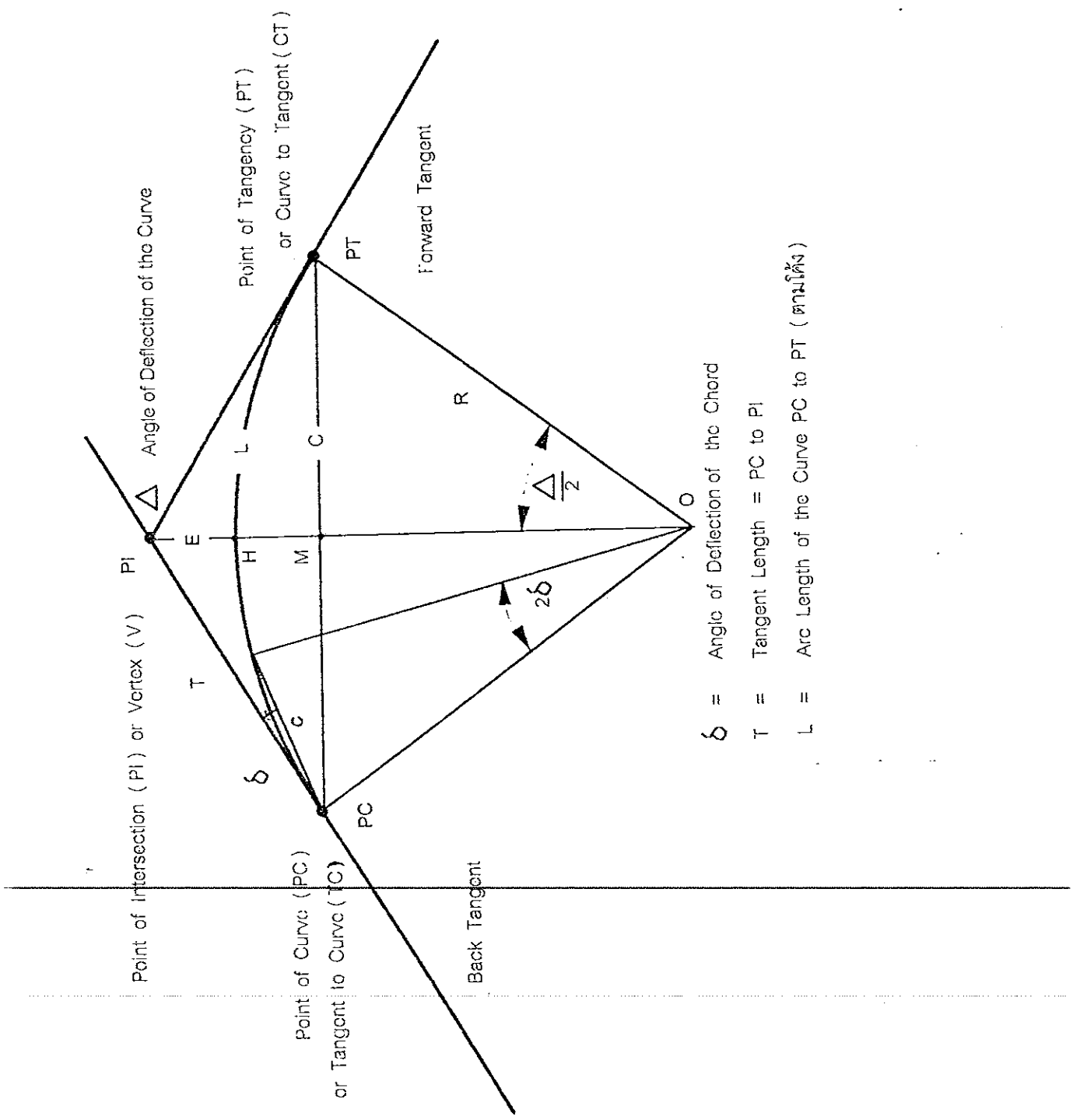
ฉะนั้น $D = \frac{100}{R}$ Radians

$= \frac{100}{R} * \frac{\pi}{180}$ Degrees

$D = \frac{5729.578}{R}$ Degrees

ในการปฏิบัติงานในสนาม จะใช้ค่า D คำนวณในการวางโค้ง และจะเป็นค่าที่ทีมงานสำรวจเพื่อออกแบบกำกับไว้ในสมุดบันทึกสนาม (Field Book) ให้กับผู้ออกแบบเสมอ

ภาพประกอบ ง.1 ส่วนประกอบโค้งวงกลม



ที่มา : Thomas F. Hickerson. Route Surveys and Design. 4th Ed., (Tokyo : Kogakusha .) pp. 58.

2. Transition Spiral Curve

2.1 Spiral Curve มีส่วนประกอบตามรายละเอียดในภาพประกอบ ง.2 และ ง.3

- ช่วงแรกจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่าง TS กับ SC ซึ่งเป็นช่วงโค้งที่ต่อเชื่อมระหว่าง Tangent Line กับ Simple Curve
- ช่วงที่ 2 ช่วงกลาง จะเป็น Simple Curve จากจุด SC ไป CS
- ช่วงที่ 3 คือ ช่วงที่เชื่อมต่อระหว่าง Simple Curve กับ Tangent หรือ จุด CS ไป ST

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของ Spiral Curve

TS หรือ TC	=	Tangent to Spiral
SC	=	Spiral to Circular Curve
CS	=	Circular Curve to Spiral
ST หรือ CT	=	Spiral to Tangent
L ใด ๆ	=	ความยาวของ Spiral Curve จากจุด TS หรือ ST ถึงจุดใด ๆ บนโค้ง
Ls	=	ความยาวของ Spiral Curve จาก TS ถึง SC หรือ ST ถึง CS (หรือ Sp-in และ Sp-out)
θ ใด ๆ	=	มุมที่รองรับ arc = L ใด ๆ
θs	=	Spiral angle
Φ ใด ๆ	=	Deflection Angle ที่ระยะ L ใด ๆ
Φc	=	Deflection Angle ที่จุด SC หรือ CS
D ใด ๆ	=	Degree of Spiral Curve
R ใด ๆ	=	รัศมีของ Spiral Curve จะเท่ากับ Infinity ที่จุด TS และ ST
D_c	=	Degree of Circular Curve
R_c	=	Radius of Circular Curve
Y ใด ๆ (y)	=	ระยะ Offset จาก Tangent ไปยังจุด L ใด ๆ
Ys หรือ Yc	=	ระยะ Offset จาก Tangent ไปยังจุด SC

X ใด ๆ (x)	=	ระยะจากจุด TS ไปยังจุด offset ของระยะ y
Xs หรือ Xc	=	ระยะ Offset จาก Tangent ไปยังจุด Ys
P	=	ระยะ Offset จาก Tangent ไปยังจุด PC ของ New Curve
k	=	ระยะจากจุด TS ไปยัง PC ของ New Curve
Ts	=	ความยาวของ Tangent Line จาก Ts ถึง Pls หรือ ST ถึง Pls (หรือ T - in, T - out)
Es	=	External Distance
Lc ใด ๆ	=	Length of Chord ของ L ใด ๆ
LT	=	Long Tangent
ST	=	Short Tangent
Ds	=	Intersection Angle ของ Spiral Curve

การพิสูจน์สูตร จากภาพประกอบ ง.3.2

ABC	=	Spiral Curve ซึ่งมีความยาว Ls
B	=	จุดใด ๆ บน Spiral Curve ซึ่งมีความยาว L
R	=	Variable Radius ซึ่งจะเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ที่จุด C หรือ SC จะเท่ากับ RC
	=	Central Angle ของ arc AB = L, จะเท่ากับ s ที่จุด SC
X,Y	=	Co-ordinate ของจุด B เมื่อ TS เป็นจุด Origin ให้ TS กับ Pls เป็นแกน x จะเท่ากับ Xs, Ys ที่จุด SC
L	=	ความยาวของ Spiral Curve ที่จุดใด ๆ จะเท่ากับ Ls ที่จุด SC หรือ C
D	=	Dc ที่จุด SC

จากคุณสมบัติของโค้ง

Degree of Curve จะผันแปรกับระยะ เพราะมุมที่จุดศูนย์กลางมาก โค้งก็จะยาวมากตามไปด้วย ในโค้ง Spiral ถ้าระยะ L สั้น R จะยาวมากขึ้น

$$R \quad \frac{1}{L}$$

$$R = \frac{K}{L} \quad \text{(เมื่อ K มีค่าคงที่)} \ldots\ldots(a)$$

$$K = RL = A2 \text{ (ที่จุดใด ๆ)} \ldots\ldots(1)$$

ที่จุด CS หรือ SC ซึ่งเป็นจุดสุดท้ายของ Spiral Curve

$$R = Rc,\ L = Ls$$

$$Rc = \frac{K}{Ls} \ldots\ldots(b)$$

(a)/(b) $\frac{R}{Rc} = \frac{L}{Ls}$ (ซึ่งก็คือ $\frac{R}{Rc} = \frac{AC}{AB}$)

ที่จุดใด ๆ $R = \frac{Rc * Ls}{L} = \frac{A^2}{L} \ldots\ldots(2)$

จากภาพประกอบ ก2 - 3 ถ้าทำการ differentiate sector ที่จุด B

จะได้ $R = \frac{dL}{d\theta} \ldots\ldots(c)$

แทนค่า (c) ใน (2)

$$\frac{dL}{d\theta} = \frac{Rc * Ls}{L}$$

$$\int d\theta = \int \frac{L}{RcLs}\, dL \ldots\ldots(d)$$

$$\theta = \frac{L^2}{2RcLs} = \frac{L^2}{2A^2} \quad (\text{ ที่จุดใด ๆ}) \ldots\ldots(3)$$

มีหน่วยเป็น Radians

ที่จุด SC $\theta \rightarrow \theta s$ .....

$$L \rightarrow Ls$$

จากสมการ (3) $s = \frac{Ls^2}{2\,Rc\,Ls} = \frac{Ls^2}{2A^2} \ldots\ldots(4)$

$$= \frac{Ls}{2Rc}$$

$$Ls = 2 * Rc * \theta s \ldots\ldots(5)$$

ถ้าเปลี่ยน s ให้เป็น degree จะได้

$$Ls = 2 * \frac{5729.578}{Dc} * \theta s * \frac{\pi}{180}$$

$$Ls = 200 * \frac{\theta s}{Dc} \ldots\ldots(6)$$

หรือ $s = \frac{LsDc}{200}$

หรือ $Dc = \frac{200\theta s}{Ls}$

สมการ (3) / (4) $\frac{\theta}{\theta s} = \frac{L^2}{2RcLs} x \frac{2Rc}{Ls}$

$\frac{\theta}{\theta s} = (\frac{L}{Ls})^2$

$= (\frac{L}{Ls})^2 * \theta s$

สำหรับสูตรหาค่าระยะต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกองของ Transition Spiral Curve ในรูปของสูตรตรีโกณมิติ มีดังนี้ (ตามภาพประกอบ ก2 - 2)

Yc หรือ Ys = Rc (1 - cos s) + P .....(7)

K $\approx \frac{Ls}{2}$ .....(8)

ST = $Rc\tan\frac{1}{2}\theta s + P\cos ec\theta s$ .....(9)

LT = $Xc - Yc\cot\theta s$ .....(10)

p $\approx \frac{Yc}{4}$ .....(11)

LC = $Yc\cos ec\phi c$ .....(12)

Xc = $Yc\cot\phi c$ .....(13)

Es = $(Rc+P)(\sec\frac{1}{2}\Delta s - 1) + P$ .....(14)

Ts = $(Rc+P)\tan\frac{1}{2}\Delta s + k$ .....(15)

การหาค่า x และ y ในรูปของ Series โดยวิธี Calculus จะได้ว่า

$\partial y = \partial L\sin\theta$

$\partial x = \partial L\cos\theta$

จากสมการที่ (2) เมื่อแทนค่า

จะได้ $y = \frac{L^3}{6RcLs}$ โดยประมาณ.....(16)

ที่จุด SC และ CS y = Yc

L = Ls

$$\therefore \quad Yc = \frac{Ls^2}{6Rc} \quad \text{โดยประมาณ} \quad \text{.....(17)}$$

หาค่า x $\quad \partial x = \partial L \cos\theta$

แทนค่า θ แล้ว Integrate จะได้

$$x = L - \frac{L^5}{(40\,Rc^2\,Ls^2)} \quad \text{.....(18)}$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง Spiral Angle (θ) กับ Deflection Angle (ϕ)

เนื่องจาก $\quad x \approx L$ (โดยประมาณ)

ที่จุด SC ให้ $\quad \theta = \theta s$

$$\phi = \phi s$$

$$L = Ls$$

$$\tan\phi = \frac{y}{x} \quad \text{(จากภาพประกอบ ก2 – 3)}$$

แทนค่า x, y $\quad \tan\phi = \frac{L^2}{6RcLs}$

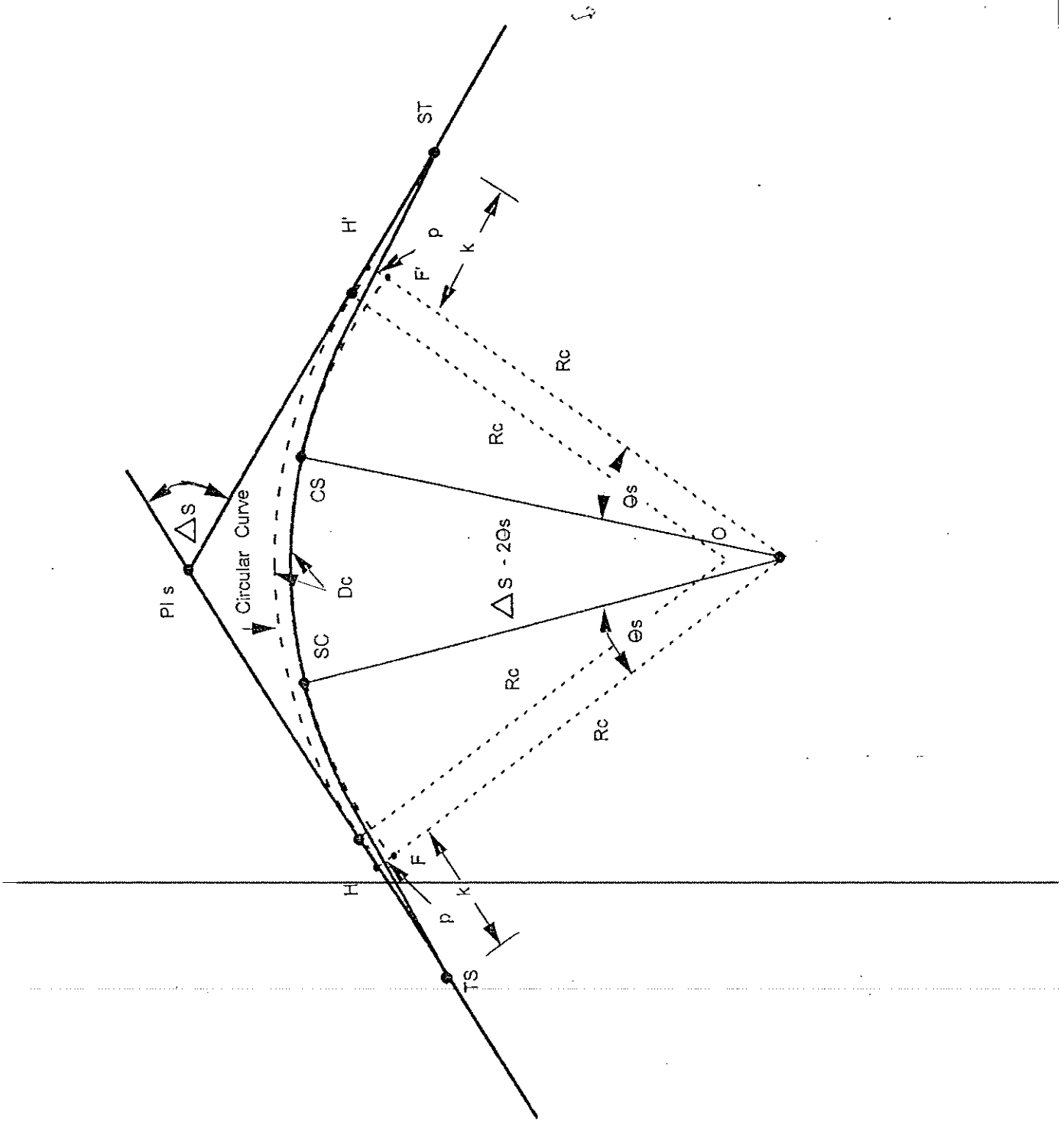
ถ้า ϕ เล็กมาก จะได้ $\phi = \frac{L^2}{2RcLs}$ เรเดียน

จากสมการ (3) $\quad \theta = \frac{L^2}{6RcLs}$

$$\therefore \quad \frac{\phi}{\theta} = \frac{1}{3}$$

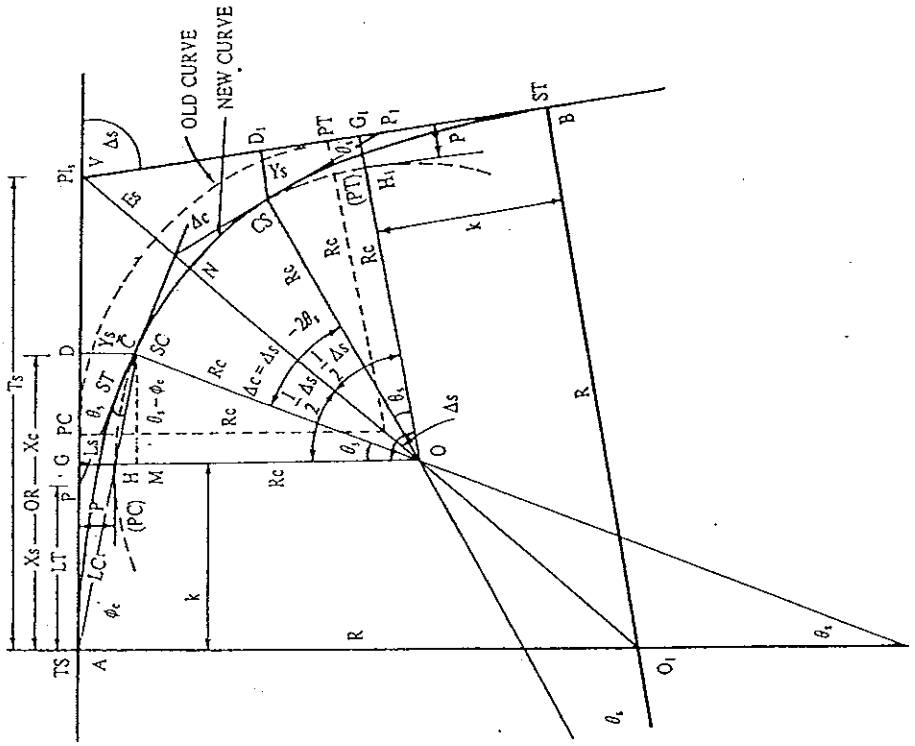
$$\therefore \quad \phi = \frac{1}{3}\theta = \frac{1}{3}(\frac{L}{Ls})^2\,\theta s$$

ภาพประกอบ ง.2 Transition Spiral Curve

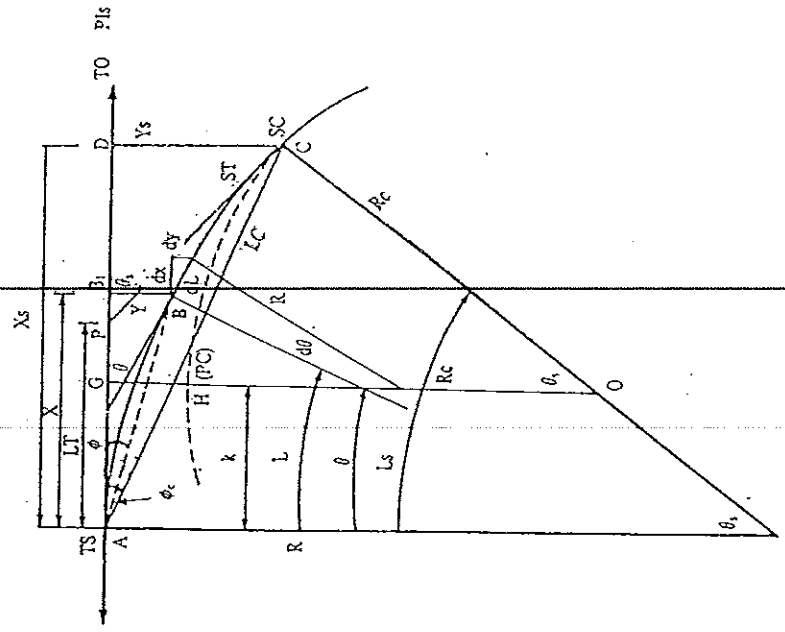


ที่มา : Thomas F. Hickerson. Route Surveys and Design. 4th Ed., (Tokyo : Kogakusha .) pp. 152.

ภาพประกอบ ง.3 ส่วนประกอบของ Transition Spiral Curve



ง.3.1 ส่วนประกอบทั่วไปของ Transition Spiral Curve



ง.3.2 ส่วนประกอบเฉพาะของ Spiral Curve

3. โค้งดิ่ง (Vertical Curve)

3.1 Symmetrical Vertical Curve

Symmetrical Vertical Curve เป็นโค้งที่มีระยะ Tangent Line เท่ากันทั้ง 2 ข้าง หรือมีระยะ ℓ เท่ากัน ตามภาพประกอบ ง.4

กำหนดให้ PVC (A) = จุด Origin

y = Vertical offset ใด ๆ

A = $g_2 - g_1$ (Algebric difference Grade)

X = ระยะราบใด ๆ

AM และ MB = เส้นสัมผัส (เส้นเกรด)

g_1 และ g_2 = Percent Grade (Gradient)

L = ความยาวของโค้งตั้งทั้งหมด = VC

e = Vertical Offset

O = จุดกึ่งกลางโค้ง

ℓ = L/2

MO = ON

e = MN/2

พิสูจน์การหาค่า e อัตราการลู่ออกนอกเส้น Tangent MC และ MB

$= (g_2 - g_1)/100$

ถ้าระยะทางเท่ากับ ℓ $= (g_2 - g_1)/100 * \ell$

$\therefore$ BC $= (g_2 - g_1)/100 * \ell$

จากสามเหลี่ยมคล้าย จะได้

MN = BC/2

$= 1/2 * (g_2 - g_1)/100 * \ell$

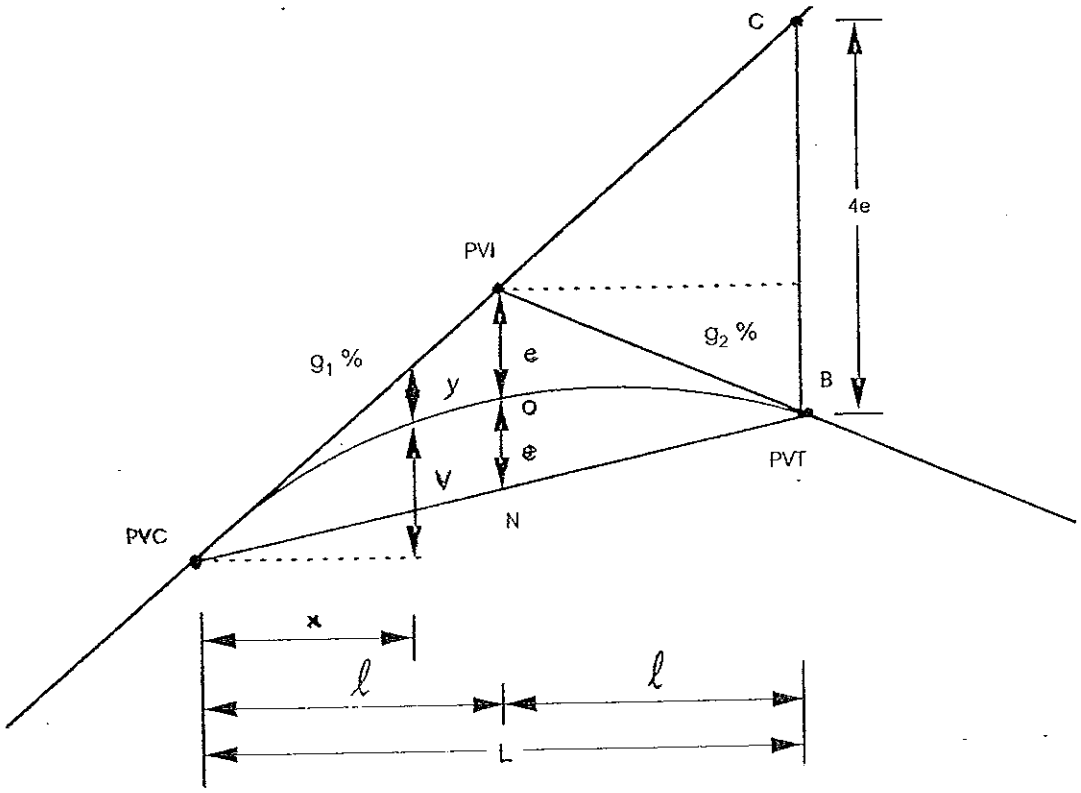
$\therefore$ 2e $= 1/2 * (g_2 - g_1)/100 * \ell$

e $= (g_2 - g_1)/400 * \ell$

หรือ e $= (g_2 - g_1)/800 * L$

หรือ e = AL/800 .....(1)

ภาพประกอบ ง.4 Symmetrical Vertical Curve



Slope ที่จุด PVC และ PVT จะเท่ากับ g_1 และ g_2 อัตราการเปลี่ยนของเส้นสัมผัสโค้ง Parabola จะคงที่ จากการ Differentiate สมการ Parabola

General Equation ของสมการ Parabola

$$y = ax^2 + bx + c$$

ให้ y = V, x = H, 2a = m

จากการ differentiate

$$dV/dH = mH + b \quad \text{.....(A)}$$

$$\frac{d^2V}{dH^2} = m = \text{อัตราการเปลี่ยน Slope}$$

และเมื่อ H = 0, dV/dH = $g_1/100$ และ H = L, dV/dH = $g_2/100$

นั่นคือจะเท่ากับ Slope ของเส้นสัมผัสที่จุด PVC และ PVT

หรือ $b = g_1/100$

แทนค่าต่าง ๆในสมการ (A)

$$g_2/100 = mL + g_1/100$$

$$\therefore = (g_2 - g_1)/(100 * L) \quad \text{.....(B)}$$

เอา (B) แทนค่าใน (A)

$$dV/dH = (g_2 - g_1) * H/(100 * L) + g_1/100 \quad \text{.....(C)}$$

Integrate (C) $V = (g_2 - g_1) * H^2/(100 * L) + g_1 * H/100 + C \quad \text{.. (D)}$

แต่ "C" จะมีค่า = 0 และ V = 0 เมื่อ H = 0

จาก $(V + y)/H = g_1 * H/(100 * H)$

$$(V + y)/H = g_1/100$$

$$\therefore \quad V = g_1 * H/100 - y \quad \text{.....(E)}$$

แทนค่า E ใน D

$$g_1 * H/100 - y = (g_2 - g_1)/100 * H^2/2 + g_1 * H/100 + 0$$

H = x, $y = -1/2 * (g_2 - g_1)/100 * x^2$ .....(F)

แทนค่า H ด้วย x และเปลี่ยนเครื่องหมายลบเป็นบวกจะได้

$$y = (g_2 - g_1) * x^2/(200 * L) \quad \text{.....(2)}$$

หรือจาก (F) $y = 1/2 * mx^2$ .....(3)

(2) / (1) $y/e = \{(g_2 - g_1) * x^2/(200 * L)\}/\{g_2 - g_1)/800 * L\}$

$y/e = 4 * x^2/L^2$

$\therefore \quad y = (x/L)^2 * 4 * e = (4e/L^2) * x^2$

$y = (x/\ell)^2 * e$ .....(4)

3.1.1 การคำนวณหาค่าระดับบนโค้งดิ่ง

ก่อนที่จะคำนวณหาค่าระดับบนโค้งดิ่ง จะต้องคำนวณหา Grade Elevation บนเส้นสัมผัสของ Station ต่าง ๆ เสียก่อน และลำดับต่อไปก็คำนวณค่า y ในแต่ละ Station เดียวกัน ตามสมการที่ (2) หรือ (4) อย่างไรก็ตามค่า e มีทั้งค่า + และค่า – ซึ่งค่าทั้ง 2 นี้ จะเป็นตัวบอกว่าถ้าค่า e เป็น + โค้งดิ่งนั้นจะเป็นโค้งดิ่งหงาย และถ้าค่า e เป็นลบก็จะเป็นโค้งดิ่งคว่ำ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าระดับ

$y = 1/2 * (g_2 - g_1) x^2/(100 * L)$

หรือ $y = (x/\ell)^2 * e$

ค่าระดับบนโค้ง = ค่าระดับบนเส้นสัมผัส $\pm y$

หรือ $Ex = E_r \pm y$

ค่าระดับบนโค้ง = ค่าระดับของจุด origin + $gx/100 \pm y$

หรือ $Ex = Ea \pm gx/100 \pm y$

3.2 Unsymmetrical Vertical Curve

Unsymmetrical Vertical Curve หมายถึง Vertical Curve ที่มีระยะ ℓ ไม่เท่ากัน ซึ่งในที่นี้สมมุติให้เท่ากับ $\ell 1$ และ $\ell 2$ และ Gradient เท่ากับ g_1 และ g_2 ตามภาพประกอบ ง.5

พิสูจน์หาค่า e

elev B = elev A + $g_1 * \ell_1/100$ ($\because BF = g_1 * \ell_1/100$)

elev C = elev A + $g_1 * \ell_1/100 - g_2 * \ell_2/100$

ระยะ AC = $\ell_1 + \ell_2$

AE = ℓ_1

AFG = Horizontal Line

CG = ผลต่างของ elev A และ C

$= (g_1 * \ell_1/100) - (g_2 * \ell_2/100)$

ในทำนองเดียวกัน AF/AG = FE/CG

FE $= \ell_1/(\ell_1+\ell_2) * \{(g_1 * \ell_1/100) - (g_2 * \ell_2/100)\}$

BE = BF – FE

$= (g_1 * \ell_1/100) - \ell_1/(\ell_1+\ell_2) * \{(g_1\ell_1/100) -$

$(g_2 * \ell_2/100)\}$

แต่ e = BE/2 $= (g_1 * \ell_1/200) - \ell_1/\{200*(\ell_1+\ell_2)\} *$

$\{(g_1 * \ell_1 + \ell_1/100) - (g_2 * \ell_2/100)\}$

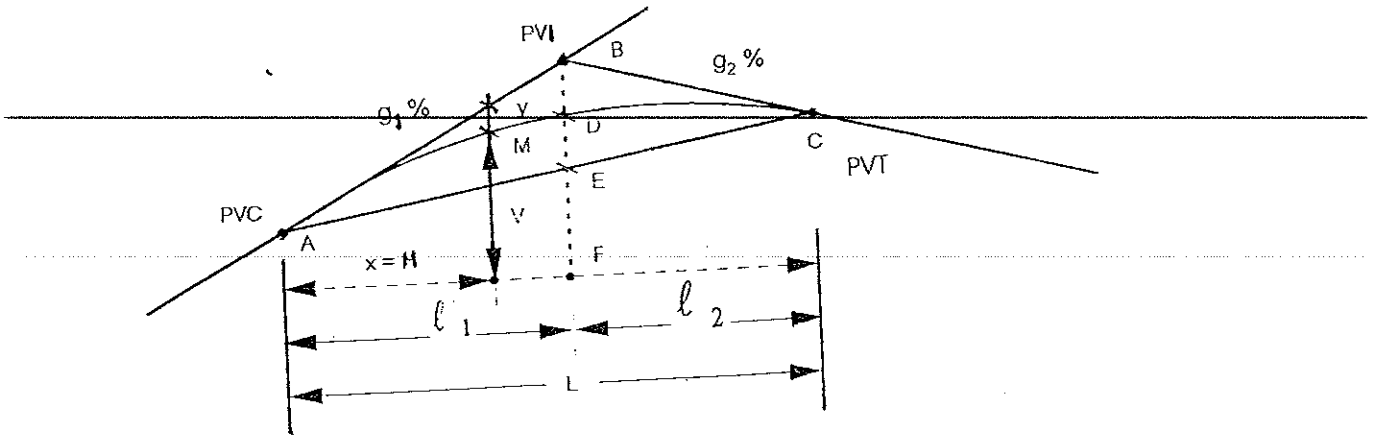
$= (g_1 * \ell_1^{\,2} + g_1\ell_1\ell_2 - g_1 * \ell_1^{\,2} + g_2\ell_1\ell_2)/$

$(200*(\ell_1+\ell_2))$

$= \ell_1 * \ell_2 (g_1+g_2)/(200*(\ell_1+\ell_2))$

General form e $= (g_1+g_2)\ell_1\ell_2/(200*(\ell_1+\ell_2))$

ภาพประกอบ ง.5 Unsymmetrical Vertical Curve



การคำนวณระดับบนโค้ง Unsymmetrical Curve จะเหมือนกับของ Symmetrical Curve และการคำนวณจะให้ BVC และ EVC เป็นจุด Origin ทั้ง 2 จุด เพราะฉะนั้น x จะนับออกจาก origin ทั้งสอง สูตรที่ใช้มีดังนี้

$$y_1 = (x_1/\ell_1)^2 * e$$

$$y_2 = (x_2/\ell_2)^2 * e$$

$$E_T = Ea \pm (gx/100)$$

$$Ex = Ea \pm (gx/100) \pm y$$

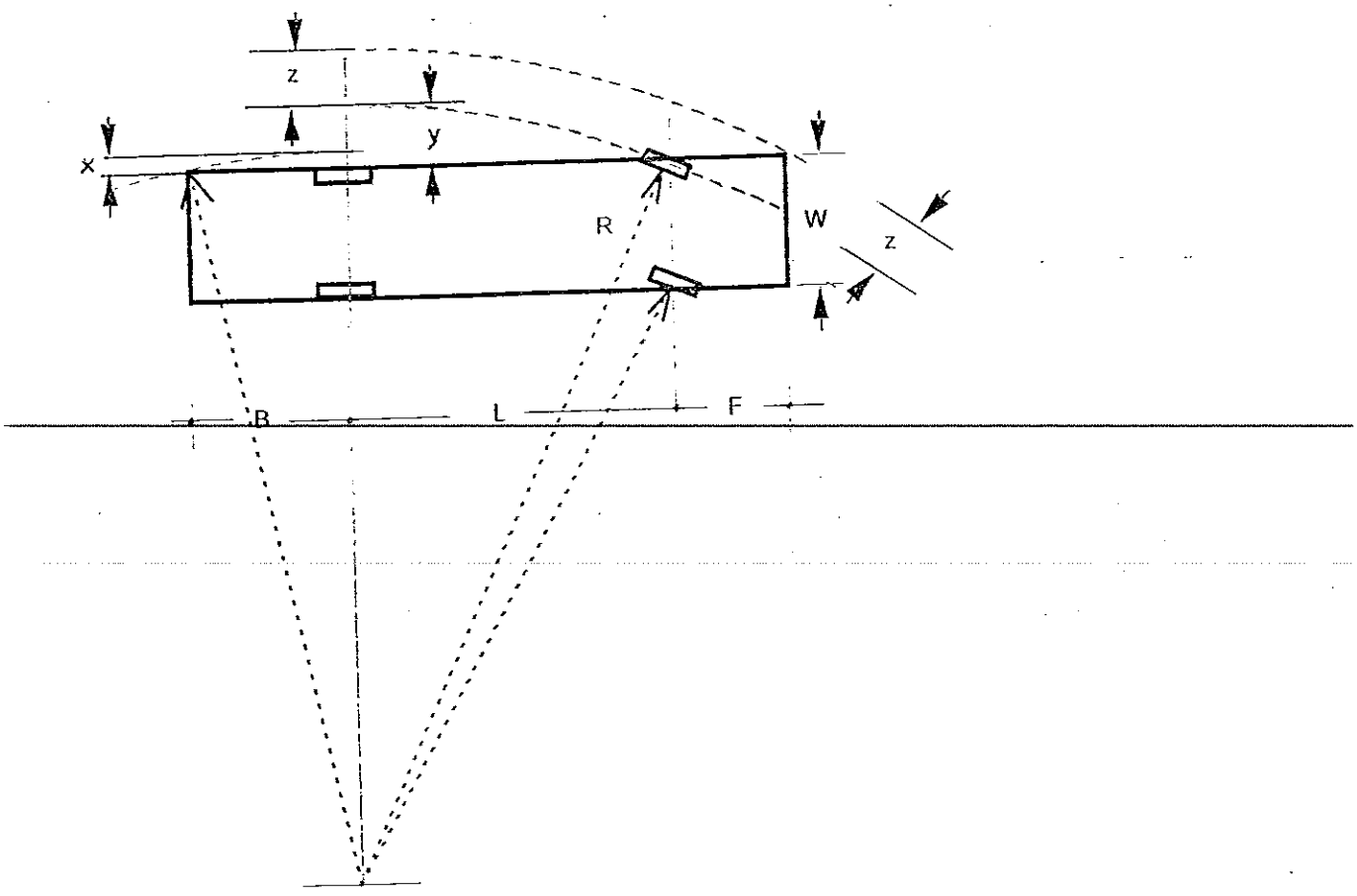
Ea = ค่าระดับของจุด origin

หมายเหตุ โค้งประเภทนี้ไม่นิยมใช้ในการออกแบบ Crest Vertical Curve เพราะการที่โค้งมีการลาดลงผิดปกติ จะทำให้รถเสียการทรงตัว ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย แต่สำหรับ Sag Vertical Curve จะไม่มีปัญหามากนัก

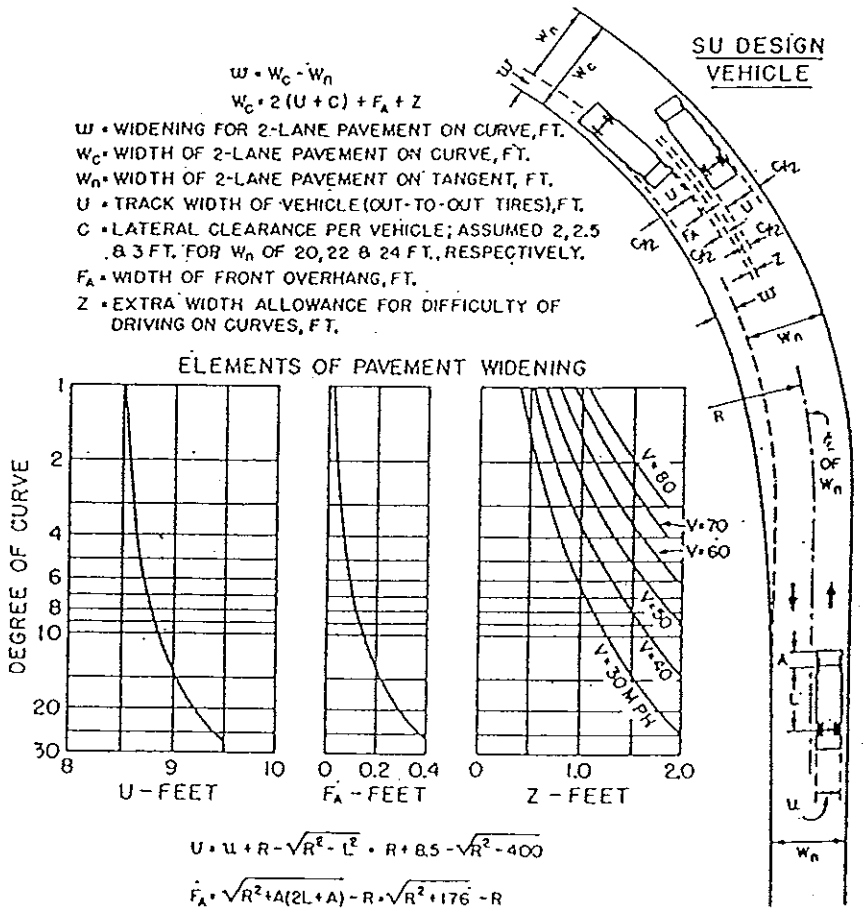
4. การขยายขอบทางโค้ง (Widening)

ที่มาของทฤษฎีในการขยายขอบทางโค้งเป็นไปตามรายละเอียดตามภาพประกอบ ง.6 ส่วนภาพประกอบ ง.7 เป็นสูตรที่กรมทางหลวงนำมาใช้ในการออกแบบจากมาตรฐานการออกแบบของ AASHTO สำหรับ Single Unit Trucks (SU) หรือรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ และ 10 ล้อ และภาพประกอบ ง.8 เป็นภาพแสดงระยะรัศมีเลี้ยวของส่วนต่าง ๆ ของรถประเภท Semi Trailer และรถประเภท Single Unit Truck ที่มีการเบี่ยงเบนมุมของทางวิ่งแตกต่างกัน

ภาพประกอบ ง.6 ที่มาของทฤษฎีการขยายขอบทางโค้ง



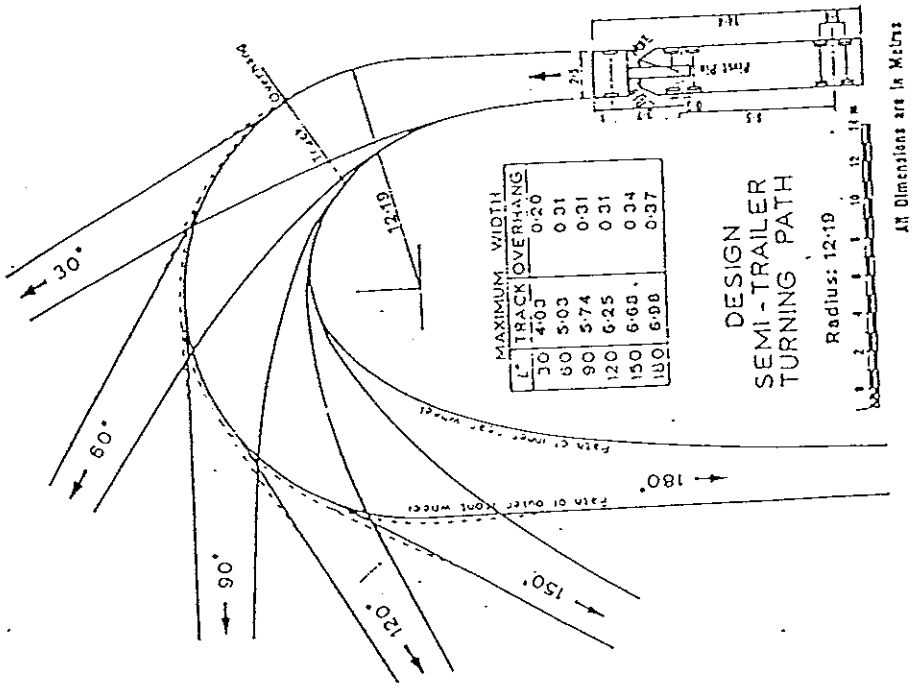
ภาพประกอบ ง.7 การขยายขอบทางโค้งตามมาตรฐาน AASHTO



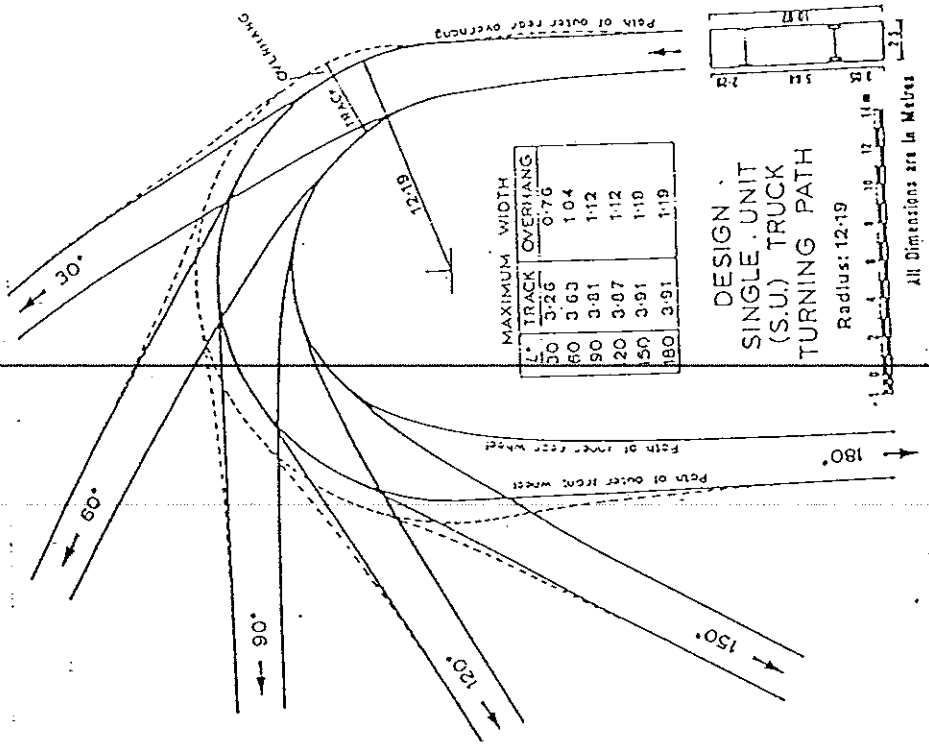
PAVEMENT WIDENING ON CURVES
BASIS OF DERIVATION

ที่มา : AASHO. A Policy on Geometric Design of Rural Highways. 4th Ed., 1967. pp 184.

ภาพประกอบ ง.8 ภาพแสดงระยะรัศมีเลี้ยวของรถบรรทุก



ง.8.1 ภาพแสดงระยะรัศมีเลี้ยวของรถประเภท Semi Trailer



ง.8.2 ภาพแสดงระยะรัศมีเลี้ยวของรถประเภท Single Unit Truck

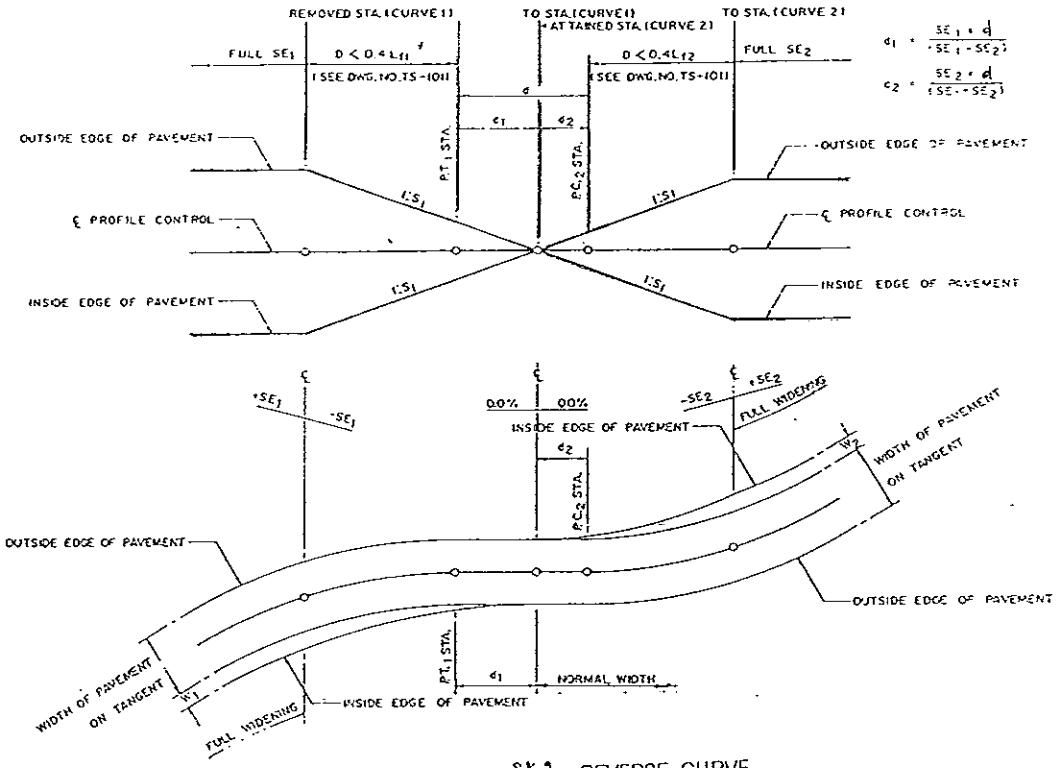
การขยายขอบทางโค้งที่ปฏิบัติในสนาม และคำนวณเพื่อนำไปใช้สำหรับเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณปริมาณงานสำหรับโค้งราบทั้ง 2 ประเภทคือ โค้งวงกลม (Circular Curve) และโค้ง Transition Spiral Curve มีรายละเอียดดังนี้

4.1 โค้งวงกลม (Circular Curve) ให้เริ่มต้นขยายที่จุดเริ่มต้น Super Elevation นั่นคือเริ่มขยายจากจุด (Normal Crown) และไปสิ้นสุดที่จุดเริ่มต้น Full Super Elevation จากนั้นเป็น Full Widening ไปจนถึงจุดสิ้นสุด Full Super Elevation และเริ่มลดความกว้างของ Widening จากจุด Full Super Elevation ไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดที่จุด Normal Crown ด้านขาออกของโค้งนั้น

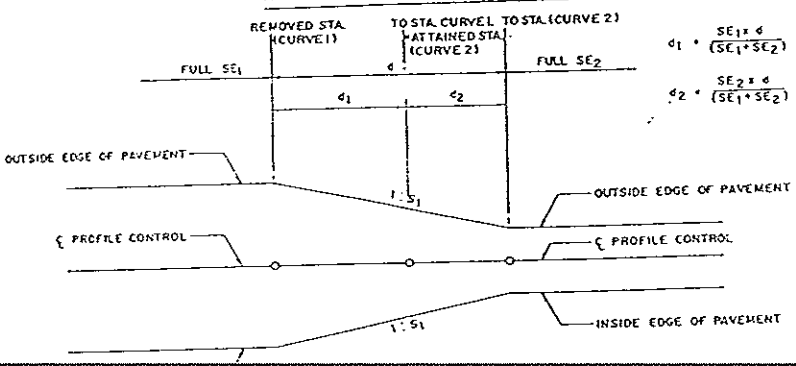
4.2 โค้ง Transition Spiral Curve การคำนวณและการปฏิบัติงานในสนามให้เริ่มต้นที่จุด TS (Tangent to Spiral) จากนั้นให้ขยายเป็นอัตราส่วนระหว่างความกว้างกับความยาวไปจนถึงตำแหน่ง SC (Spiral to Circular) จึงเป็นค่าขยายขอบทางโค้งสูงสุดและให้ความกว้างเท่าเดิมคือค่า Full Widening จนถึงจุด CS (Circular to Spiral) เริ่มลดความกว้างของ Widening จากจุด Full Superelevation ไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดที่จุด ST (Spiral to Tangent) ด้านขาออกของโค้งนั้น

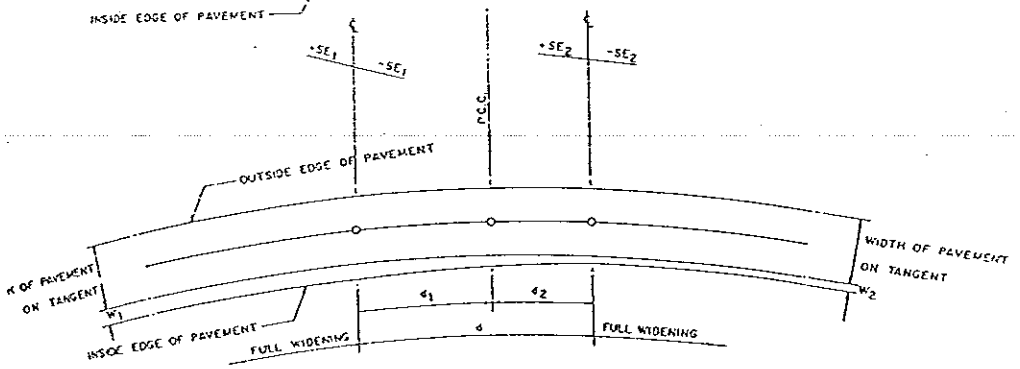
ส่วนการปรับเปลี่ยนค่า Widening ในโค้งราบที่เป็น Reverse Curve และเป็น Compound Curve ให้เป็นไปตาม Diagram ที่แนบมาในภาพประกอบ ง.9

ภาพประกอบ ง.9 การขยายขอบทางโค้งของ Reverse Curve และ Compound Curve



การขยายขอบทางโค้งใน REVERSE CURVE





การขยายขอบทางโค้งใน COMPOUND CURVE

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. 2539. หน้า 4

5. การคำนวณระยะหยุด

ขั้นตอนและระยะเวลาในช่วงต่าง ๆ (Reaction Time) ตั้งแต่ผู้ขับขี่รับรู้เหตุการณ์และตัดสินใจว่าจะต้องหยุดรถมีขั้นตอนตามหลักการ (PIEV) ดังรายละเอียดตามภาพประกอบ ง.10

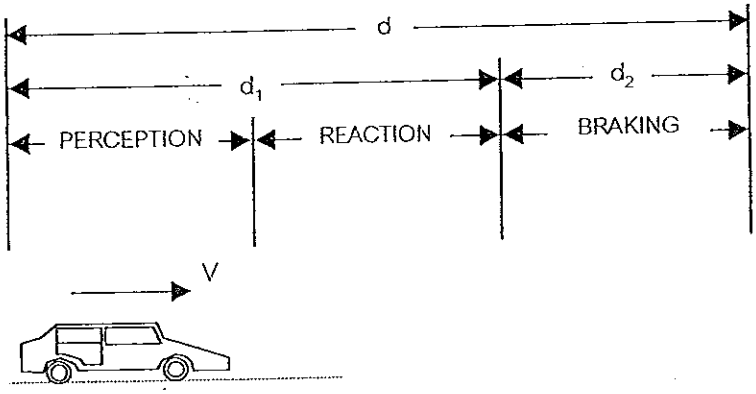
P - Perception รับทราบเหตุการณ์ข้างหน้า

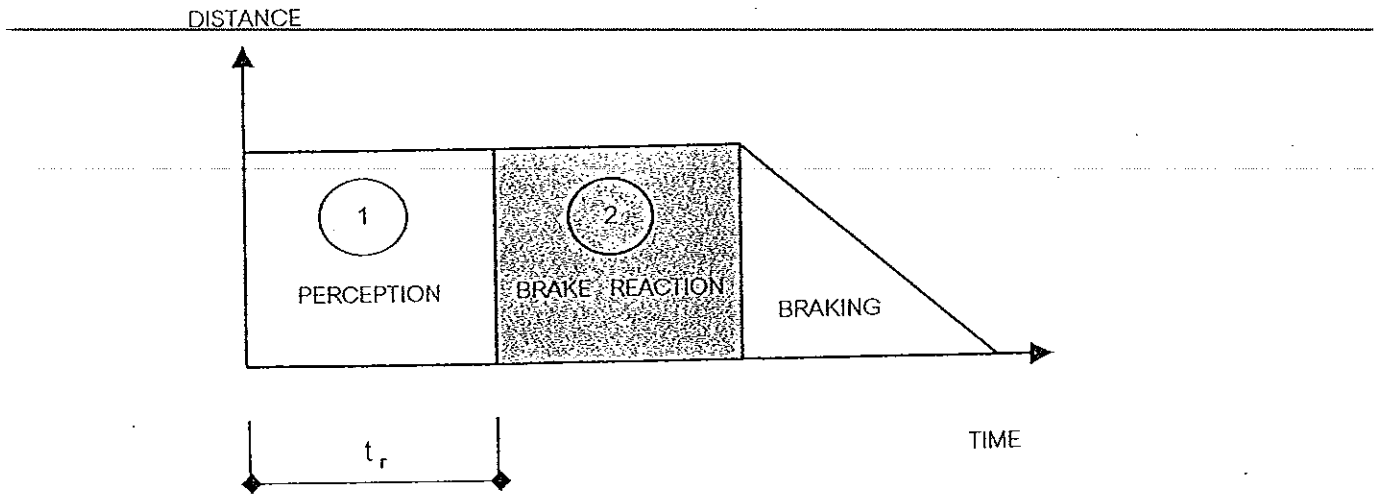
I - Intellection แยกแยะทำความเข้าใจ

E - Emotion ตัดสินใจ

V - Violation ตอบสนอง

ภาพประกอบ ง.10 ความสัมพันธ์ของระยะทางและเวลาของการหยุดรถ





จากภาพ ระยะทางที่รถเคลื่อนตัวจนกว่าจะหยุดแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

5.1 ระยะทางที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ไประหว่างเวลาปฏิกิริยา

$= v x t_r$ (v = เมตร/วินาที, t_r = วินาที)

5.2 ระยะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ไประหว่างเวลาเบรค ให้ความเร็วลดจาก V เป็นศูนย์

จาก $v^2 = u^2 + 2\,a\,S$

$0 = v^2 - 2\,a\,S$

$0 = V^2 - 2\,fg\,S$

$S = v^2/(2fg)$

หรือ $1/2 * mv^2 =$ f*mg*d

$d = v^2/(2fg)$

$= V^2(1000/3600)/(2*f*9.81)V^2/(254*f)$

รวมระยะหยุดทั้งหมด

$S = (1/3.6)*V*t_r + V^2/(254*f)$

$S = 0.278*V*t_r + 0.0039*V^2/f$

S = Stopping Sight Distance ซึ่งจะได้กล่าวอย่างละเอียดต่อไป

ในกรณีที่จะทำการหยุดรถในทางลาดชันที่ให้ค่า g เป็นค่าความลาดของถนนตามยาว สูตรการคิดค่าระยะทางที่ให้รถหยุด จะมีค่าความลาดชันดังกล่าวเข้ามาเกี่ยวข้องดังนี้

$S = 0.278*V*t_r + 0.0039*V^2/(f+g)$ ในกรณีที่ทางลาดขึ้น

และ $S = 0.278*V*t_r + 0.0039*V^2/(f-g)$ ในกรณีที่ทางลาดลง

โดยที่ g มีค่า = $(g\%)/100$

สำหรับค่า t_r = 2.00 Sec สำหรับงานออกแบบจัด Sight Distance ทางแยก

= 2.50 Sec สำหรับ Stopping Sight Distance และทั่ว ๆ ไป

6. ระยะการมองเห็น (Sight Distance)

ข้อมูลเพื่อการออกแบบระยะการมองเห็น มีดังนี้

- ระยะเวลาของการรับรู้ของคนโดยทั่วไปก่อนที่จะมีปฏิกิริยากระทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ระยะเมื่อเริ่มเห็นวัตถุจนกระทั่งเหยียบเบรค เพื่อชะลอหรือหยุดรถ ซึ่งเรียกเวลาช่วงนี้ว่า Perception Reaction Time โดยปกติคนเราจะใช้เวลา 2.5 วินาที กล่าวคือ ระยะเวลาแห่งการรับรู้ (Perception Time) 1 วินาที และระยะเวลาตอบสนอง (Reaction Time) 1.5 วินาที
- ความสูงของสายตาคนขับ (ทั้งผู้ขับรถไปและขับรถสวน) ใช้ 1.15 เมตร
- ความสูงของวัตถุ ใช้ 0.20 เมตร
- สภาพของผิวถนนเปียก และยางรถไม่ดี
- สภาพอากาศดี และแสงสว่างเพียงพอ

มาตรฐานของ AASHTO เกี่ยวกับ Sight Distance แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) Sight Distance คือระยะมองเห็นตามความยาวถนนที่ผู้ขับรถสามารถมองได้ไกลที่สุด

2) Stopping Sight Distance คือระยะมองเห็นที่หยุดรถได้ปลอดภัย

3) Passing Sight Distance คือระยะมองเห็นที่รถสามารถสวนกันได้โดยปลอดภัย

6.1 Stopping Sight Distance

Stopping Sight Distance (SSD) คือ ระยะที่น้อยที่สุดที่คนขับรถด้วย Design Speed ค่าหนึ่ง สามารถหยุดรถได้ทันก่อนที่จะชนวัตถุที่ขวางอยู่ข้างหน้า ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$SSD = 0.278 * V * t + 0.0039 * V^2 / (f + g) \quad \text{เมตร}$$

ในเมื่อ V = ความเร็วของรถ

t = Perception and Reaction Time (วินาที)

f = ความเสียดทานระหว่างล้อรถและผิวถนน

g = เปอร์เซนต์ความลาดชันของถนน

ความลาดชันลง (Down Grade) มีค่าเป็น -

ความลาดชันขึ้น (Up Grade) มีค่าเป็น +

ค่า Stopping Distance นี้ นำไปประยุกต์ใช้เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ขับรถในหลาย ๆ กรณี ซึ่งรวมถึง

- การกันเขตทางบริเวณทางแยก
- การกำหนดทางเชื่อม
- บริเวณใกล้ทางแยก ใกล้สะพาน

ส่วนมาตรฐานของ AASHTO ได้กำหนดค่า SSD ไว้กว้าง ๆ ดังในตาราง ง.1

ตาราง ง.1 Stopping Sight Distance ตามมาตรฐานของ AASHTO

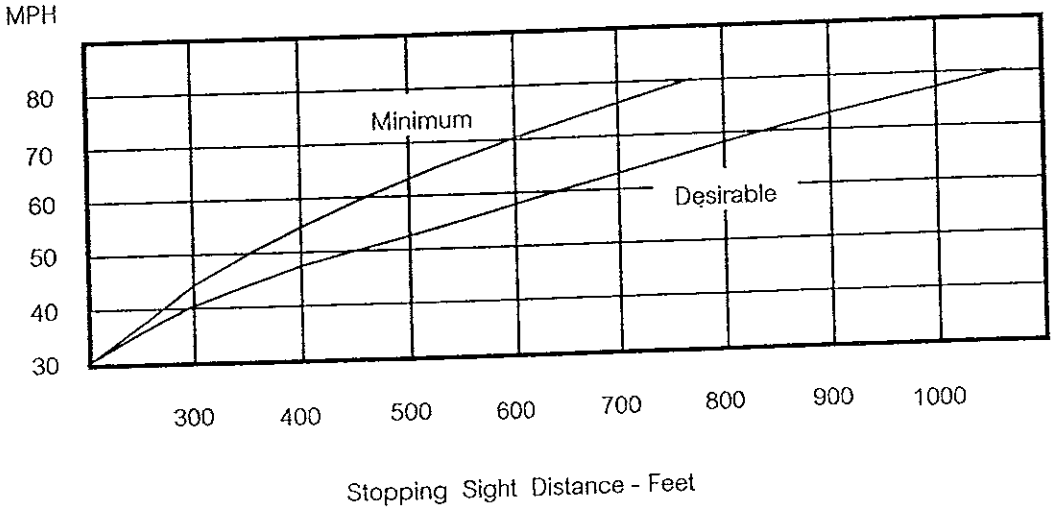
Design Speed (MPH)	30	40	50	60	65	70	75	80
Minimum SSD (feet)	200	275	350	475	550	600	675	750

ในกรณีที่เป็นทางหลวงพิเศษ หรือทางหลวงที่ต้องการให้รถวิ่งได้ด้วยความเร็วสูง ๆ ควรใช้ค่า SSD มากกว่าค่า Minimum SSD ตาม Standard เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ขับรถ เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

- โดยปกติผู้ขับรถไม่ค่อยลดความเร็ว แม้ผิวจราจรจะเปียก
- สภาพของยางรถบางคันอาจลื่น
- คนขับรถบางคนต้องการเวลาตัดสินใจมากกว่าปกติ

ดังนั้น ให้เผื่อค่า SSD จากค่า Minimum SSD ประมาณ 10-40% (Desirable SSD) ตามภาพประกอบ ง.11 และตาราง ง.2

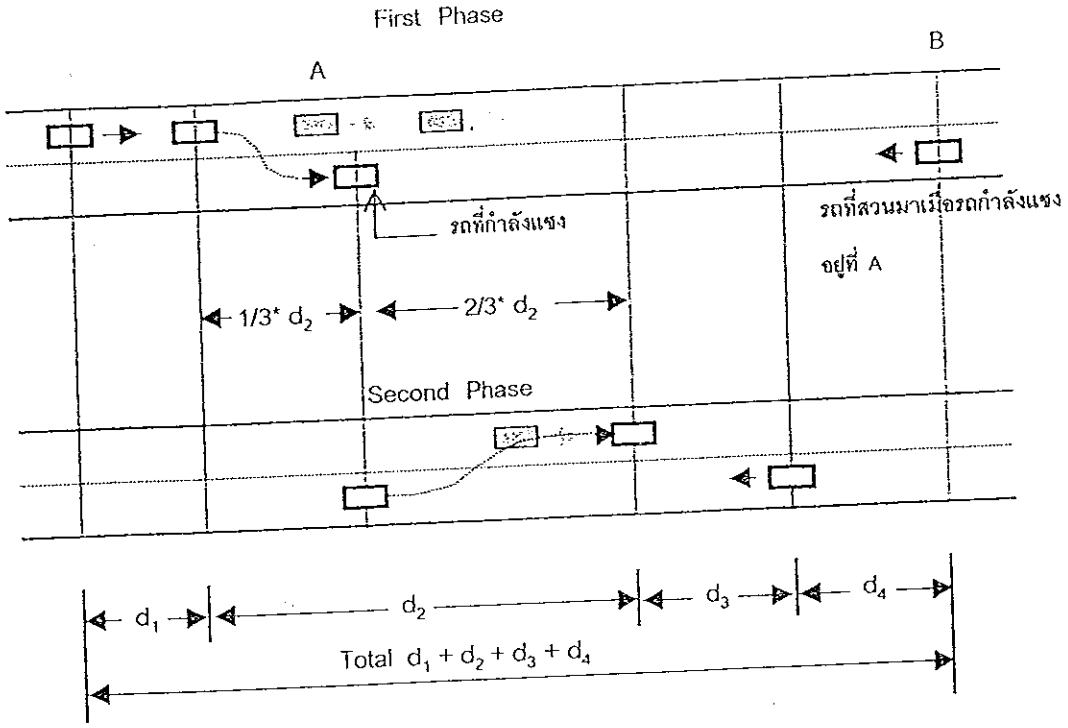
ภาพประกอบ ง.11 กราฟสำหรับหาค่า Stopping Sight Distance

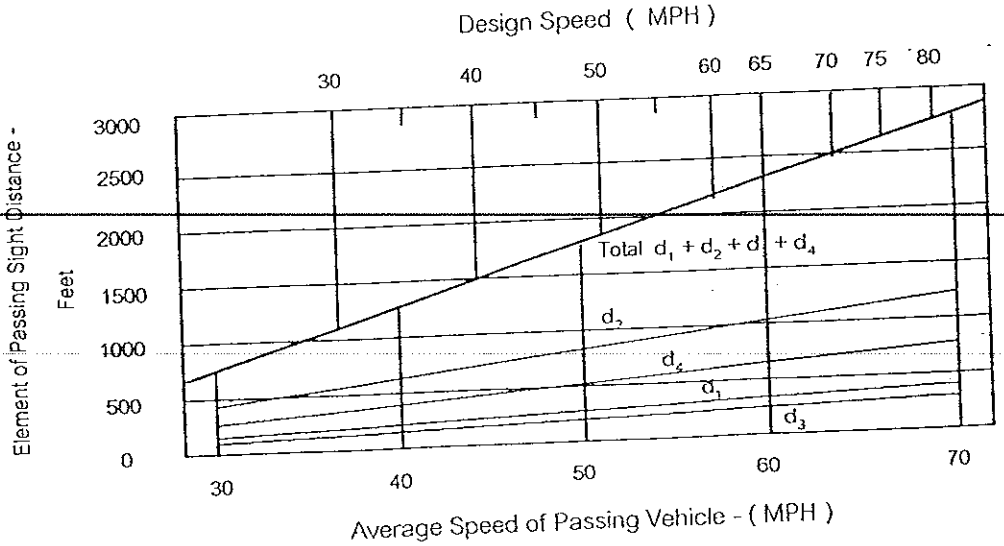


ตาราง ง.2 ระยะการหยุดรถบนถนนทางราบ สำหรับถนนผิวลาดยางหรือผิวคอนกรีต

Design Speed KPH	Stopping Distance จากการคำนวณ (เมตร)	Stopping Distance ที่แนะนำให้ใช้ (เมตร)	สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน
40	40	40	0.52
		60	0.50
50	55		
60	73	80	0.47
70	93	100	0.45
80	116	120	0.43
90	142	150	0.41
100	172	180	0.39
120	249	250	0.37
130	297	300	0.33

ภาพประกอบ ง.12 รายละเอียดระยะการแซง (Passing Sight Distance)





ที่มา : AASHTO. A Policy on Geometric Design of Rural Highways. 1990. pp.130

6.2 การแซง (Passing Sight Distance, PSD)

Passing Sight Distance หรือ Overtaking Sight Distance คือระยะทางที่ผู้ขับรถสามารถขับแซงรถคันที่วิ่งอยู่ข้างหน้า และกลับเข้าสู่ช่องวิ่งปกติได้โดยปลอดภัย เมื่อมีรถในช่องตรงกันข้ามขับสวนมา

PSD ประกอบด้วยระยะต่าง ๆ ตามภาพประกอบ ง.12 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

d_1 ระยะการตามรถคันที่จะแซง ด้วยความเร็ว $V1$

d_2 ระยะการแซง $(1/3*d_2)$ เสมอ คันที่กำลังแซง และระยะคืนกลับช่องจราจรเดิม $(2/3*d_2)$ ด้วยความเร็ว V_2

d_3 ระยะปลอดภัยที่ห่างจากรถสวน (35-90 เมตรขึ้นกับ V) และ

d_4 ระยะที่รถสวนวิ่งมาในช่องแซง

และสามารถคำนวณระยะทางที่สัมพันธ์กับความเร็วและเวลาได้ ดังนี้

$d_1 = v_1 * t_1 + 1/2 * a * t_1^2 = (1/3.6 * V_1 * t_1 + 1/2 * a * t_1^2\ m)$

$d_2 = v_2 * t_2 = (1/3.6 * V_2 * t_2\ m)$

$d_3 = 2/3 * d_2$

$V_2 - V_1 \geq 16$ กิโลเมตร/ชั่วโมง

โดยทั่วไป $t_1 \approx 4$ sec

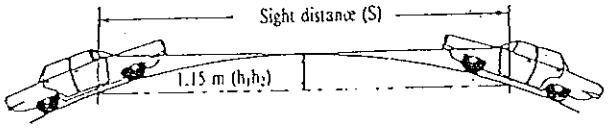
$a \approx 0.65$ m/sec^2

$t_2 \approx 10$ sec

6.3 Intermediate Sight Distance

Intermediate Sight Distance คือ ระยะมองเห็นที่ได้จัดไว้เพื่อให้รถ 2 คันที่วิ่งด้วยความเร็วเดียวกันสามารถหยุดรถได้ทันก่อนที่จะชนกัน โดยสมมุติให้สายตาคนขับของทั้งสองคนสูงเท่ากับ 1.15 เมตร ซึ่งระยะทางนี้จะเป็น 2 เท่าของ Stopping Sight Distance โดยระยะ Intermediate Sight Distance หาได้จากภาพประกอบ ง.13

ภาพประกอบ ง.13 Chart สำหรับหาค่า Intermediate Sight Distance และ Passing Sight Distance



For L > S $L = \frac{S^2 A}{200(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2})^2}$

L < S $L = 2S - \frac{200}{A}(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2})^2$

Overtaking distance

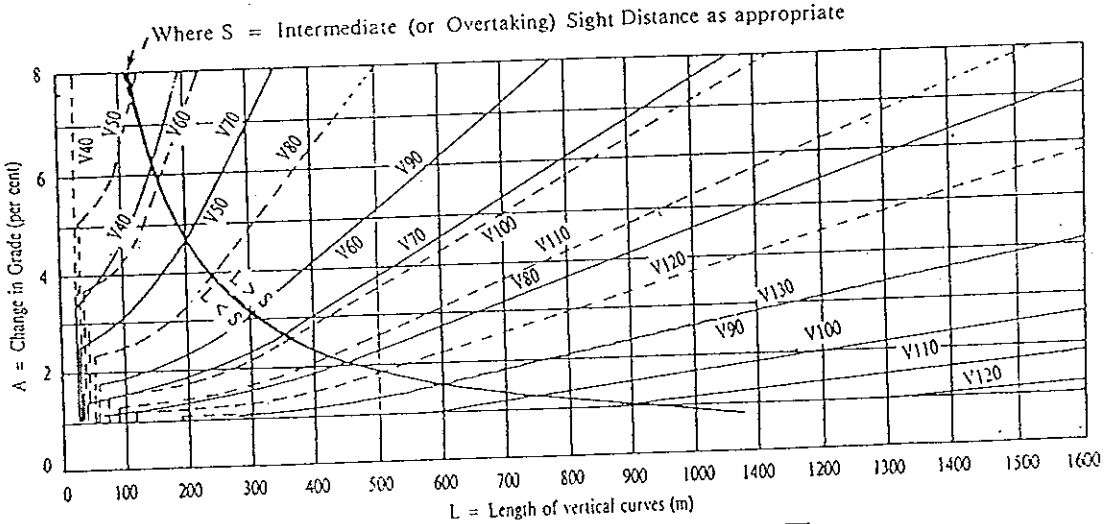
Intermediate sight distance

Where h_1 = 1.15 m, h_2 = 1.15 m

For L > S $L = \frac{S^2 A}{920.0} = KA$

Where $K = \frac{S^2}{920.0} = \frac{L}{A}$

L < S $L = 2S - \frac{920.0}{A}$



Design speed (km/h)	Intermediate sight distance (metres)	Overtaking sight distance (metres)
40	80	150
50	120	200
60	160	300
70	200	350
80	240	450
90	300	600
100	360	750
110	420	900
120	500	1100

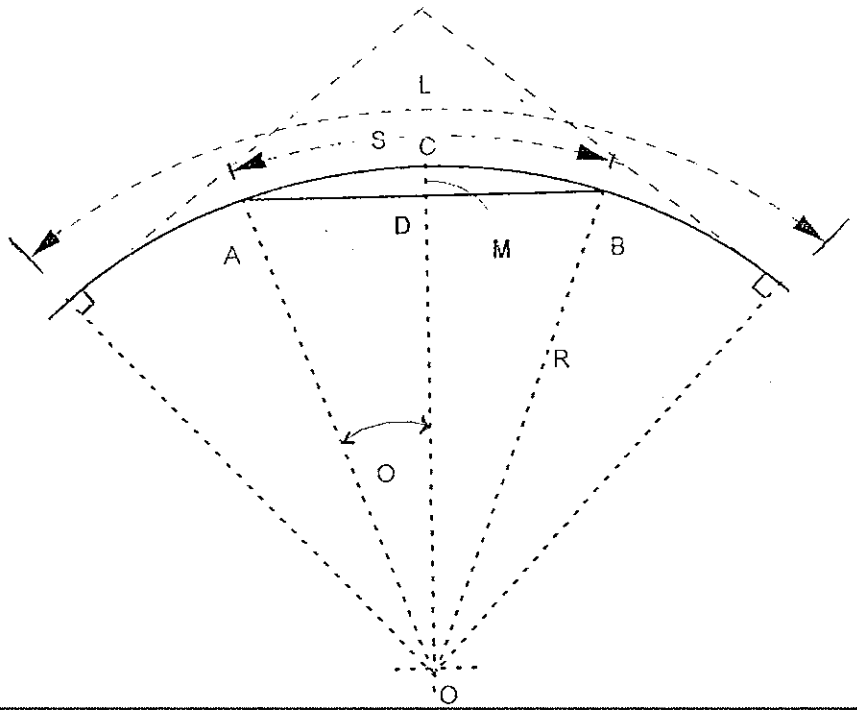
ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. 2539. หน้า 112

7. การออกแบบเพื่อการมองเห็นในโค้งราบ (Sight Distance in Horizontal Curve)

การออกแบบการมองเห็นในโค้งราบ คือ การจัดค่า M (Clearance) จากศูนย์กลางแนวก่อสร้างถึงเขตทางหรือจุดที่มีวัตถุบดบังสายตาที่น้อยที่สุด เพื่อการมองเห็นเมื่อทราบค่า SSD และทราบค่ารัศมีความโค้งของแต่ละโค้งราบ มีดังนี้

7.1 กรณีค่าความยาวโค้งราบมากกว่าค่า SSD (L>S) ดูภาพประกอบ ง.14

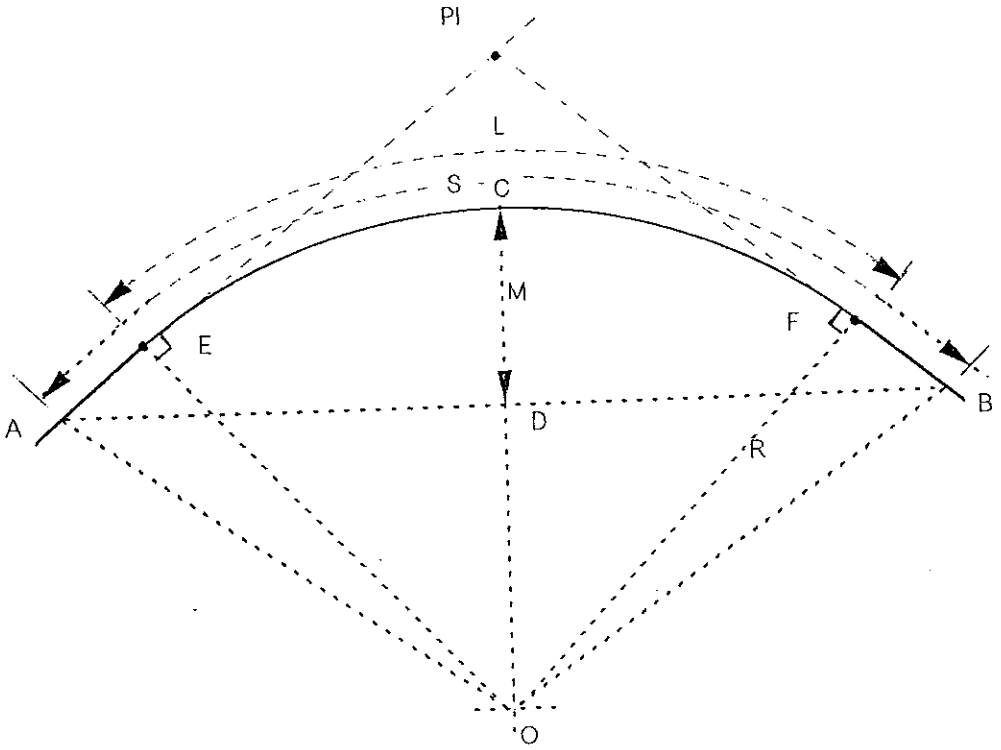
ภาพประกอบ ง.14 ถนนที่มีความยาวโค้งราบมากกว่า Sight Distance



$$
\begin{aligned}
AC^2 &= AD^2 + M^2 \\
&= (R^2 - DO^2) + M^2 \\
&= (R^2 - (R-M)^2) + M^2 \\
&= R^2 - R^2 + 2RM - M^2 + M^2 \\
(S/2)^2 &= 2RM \quad (S/2 \text{ ใกล้เคียงกับ } AC \text{ มาก}) \\
M &= S^2/8R
\end{aligned}
$$

7.2 กรณีค่าความยาวโค้งราบน้อยกว่าค่า SSD (L<S) ดูภาพประกอบ ง.15

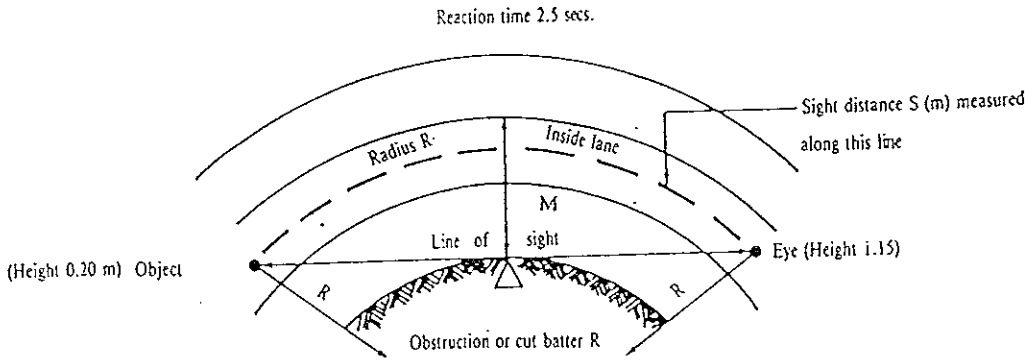
ภาพประกอบ ง.15 ถนนที่มีความยาวโค้งราบน้อยกว่า Sight Distance



$$
\begin{aligned}
AC^2 &= AD^2 + M^2 \\
&= [AO^2 + (R-M)^2] + M^2 \\
&= [(R^2 + AE^2) - R^2 + 2RM - M^2] + M^2 \\
&= AE^2 + 2RM \\
(S/2)^2 &= [(L-S)/2]^2 + 2RM \\
S^2/4 &= 1/4*(L^2 - 2LS + S^2) + 2RM \\
&= (L^2/4 - LS/2 + S^2) + 2RM \\
2RM &= LS/2 - L^2/4 \\
M &= L(2S-L)/8R
\end{aligned}
$$

และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะมองเห็นปลอดภัย รัศมีทางโค้ง และระยะวัตถุหรือสิ่งบดบังจากขอบทางได้ตามภาพประกอบ ง.16

ภาพประกอบ ง.16 ระยะมองเห็นปลอดภัยในโค้งราบ



$$M = R\left[\text{vers}\left(\frac{28.65S}{R}\right)\right]$$

$$S = \frac{R}{28.65}\left[\cos^{-1}\left(\frac{R-M}{R}\right)\right]$$

Formula applies only when S is equal to or Less than the length of the curve
Graph applies only when the grade line is straight.

Horizontal stopping sight distance circular curves

Design speed (km/h)	Stopping sight distance (metres)	Intermediate sight distance (metres)
40	40	80
50	60	120
60	80	160
70	100	200
80	120	240
90	150	300
100	180	360
110	210	420
120	250	500

ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. 2539. หน้า 114

$$L/2 * L/2 = e(2R-e) = (2\mathrm{Re}-e^2)$$

$$= 2\mathrm{Re}$$

$$e = L^2/8R \quad \text{ในกรณีที่เป็น Symmetry}$$

$$= LA/800$$

จาก Graph Parabola

$$y = kx^2$$

ดังนั้น $e = k(L/2)^2$

$$h_1 = k d_1^{\,2}$$

$$h_2 = k d_2^{\,2}$$

$$h_1/e = (2d_1/L)^2$$

$$= 4\, d_1^{\,2}/L^2$$

$$d_1^{\,2} = h_1 L^2/4e$$

$$= h_1 L^2 * 800/(4LA)$$

$$= 200 h_1\ L/A$$

$$d_1 = (200 h_1 L/A)^{1/2}$$

$$= (200 * L/A)^{1/2}\ (h_1)^{1/2}$$

ในทำนองเดียวกัน $d_2 = (200 * L/A)^{1/2}\ (h_2)^{1/2}$

$$S = d_1 + d_2$$

$$= (200 * L/A)^{1/2}\,(h1^{1/2} + h2^{1/2})$$

$$S^2 = 200 * L/A * (h1^{1/2} + h2^{1/2})^2$$

$$L = (S^2 A)/20 * (h1^{1/2} + h2^{1/2})^2$$

กรณีหาค่า SSD $h_1 =$ 1.15 เมตร $h_2 =$ 0.20 เมตร

$$L = S^2 A/461.5$$

และกรณีหาค่า PSD $h_1 =$ 1.15 เมตร $h_2 =$ 1.15 เมตร

$$L = S^2 A/920.0$$

7.3 การมองเห็นบนโค้งดิ่ง

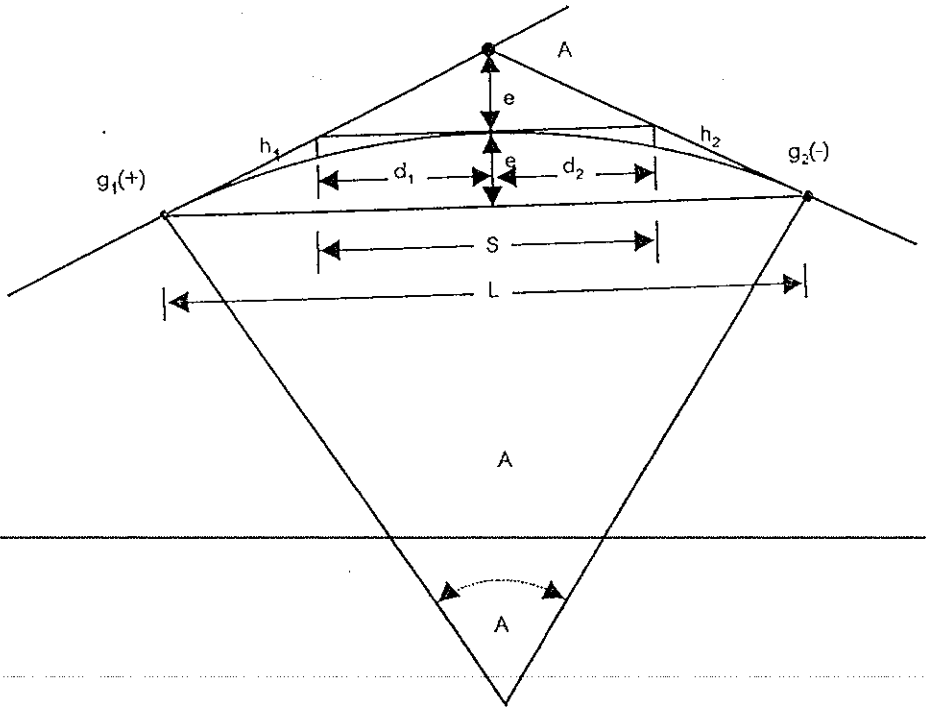
การออกแบบการมองเห็นบนโค้งดิ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- การออกแบบการมองเห็นบนโค้งดิ่งคว่ำ (Sight Distance at Crest Vertical Curve)
- การออกแบบการมองเห็นบนโค้งดิ่งหงาย (Sight Distance at Sag Vertical Curve)

7.3.1 การออกแบบการมองเห็นบนโค้งดิ่งคว่ำ

ก) กรณี L > S (ดูภาพประกอบ ง.17)

ภาพประกอบ ง.17 ถนนที่มีความยาวโค้งดิ่งคว่ำมากกว่า Sight Distance



$$S = d_1 + d_2$$

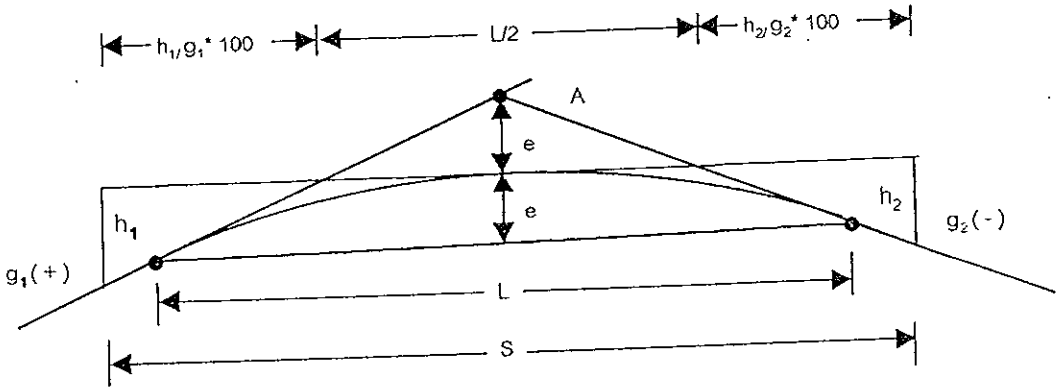
$$A = g_1 + g_2 \text{ (ไม่คิดเครื่องหมาย)}$$

$$A/100 = L/R$$

$$R = 100 * L/A$$

ข) กรณี L < S (ดูภาพประกอบ ง.18)

ภาพประกอบ ง.18 ถนนที่มีความยาวโค้งดิ่งคว่ำน้อยกว่า Sight Distance



$$
\begin{aligned}
S &= L/2+100(h_1/g_1+h_2/g_2) \\
&= L/2+100(h_1/g_1+h_2/(A-g_1) \\
\partial s/\partial g_1 &= 0+100(-h_1/g_1{}^2+h_2/(A-g_1)^2) \\
&= 100(-h_1/g_1{}^2+h_2/g_2{}^2) \\
&= 0 \text{ เมื่อ } h_1/g_1{}^2 = h_2/g_2{}^2
\end{aligned}
$$

S จะน้อยที่สุดเมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลง g_2 มีค่าเท่ากับ g_1 ในทิศตรงกันข้าม

$$
\begin{aligned}
g_2 &= (h_2/h_1)^{1/2} * g_1 \\
A &= g_1+g_2 = g_1(1+(h_2/h_1)^{1/2} \\
g_1 &= ((h_1)^{1/2}+(h_2)^{1/2})/(h_1)^{1/2}*(h_1)^{1/2}/(h_1)^{1/2} \\
h_1/g_1 &= ((h_1)^{1/2}((h_1)^{1/2}+(h_2)^{1/2}))/A
\end{aligned}
$$

ในทำนองเดียวกัน

$$
\begin{aligned}
h_2/g_2 &= ((h_2)^{1/2}((h_1)^{1/2}+(h_2)^{1/2}))/A \\
\therefore\ S &= L/2+100/A*(h_1{}^{1/2}+h_2{}^{1/2})(h_1{}^{1/2}+h_2{}^{1/2}) \\
2S &= L+200/A*(h_1{}^{1/2}+h_2{}^{1/2})^2 \\
L &= 2S-200/A*(h_1{}^{1/2}+h_2{}^{1/2})^2
\end{aligned}
$$

สำหรับกรณี หาค่า SSD h_1 = 1.15 เมตร h_2 = 0.20 เมตร

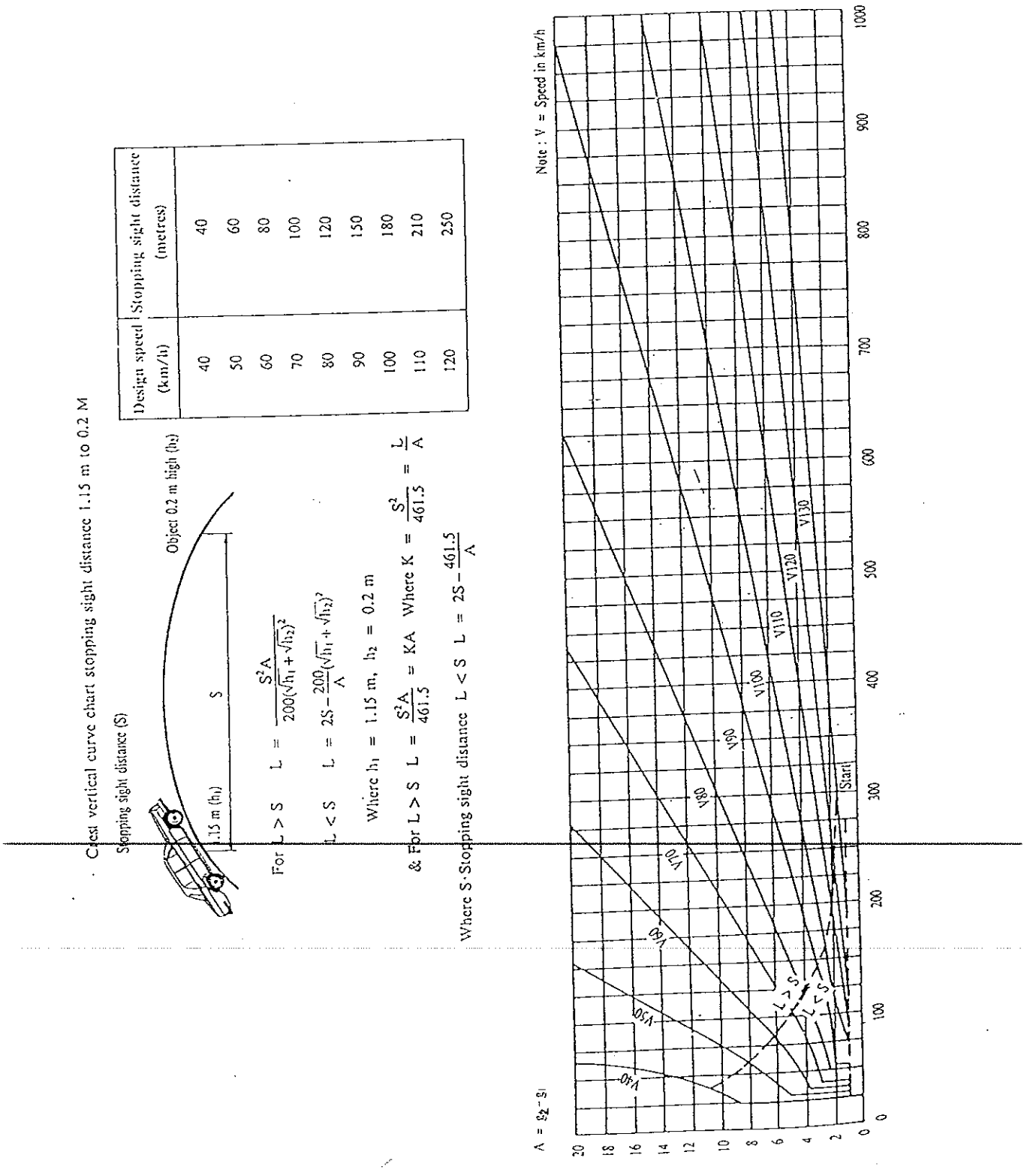
$$L = 2S - 461.5/A$$

และ กรณี หาค่า PSD h_1 = 1.15 เมตร h_2 = 1.15 เมตร

$$L = 2S - 461.5/A$$

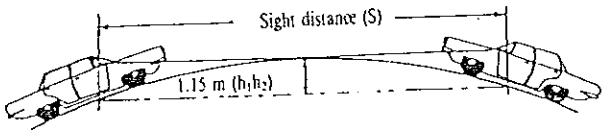
ซึ่งทั้งสองกรณีดังกล่าวประกอบกันเป็น chart ได้ตามภาพประกอบ ง.19 และ ง.20

ภาพประกอบ ง.19 Chart ประกอบการออกแบบ Stopping Sight Distance บนโค้งดิ่ง



Design speed (km/h)	Stopping sight distance (metres)
40	40
50	60
60	80
70	100
80	120
90	150
100	180
110	210
120	250

ภาพประกอบ ง.20 Chart ประกอบการออกแบบ Intermediate Sight Distance และ Passing Sight Distance บนโค้งดิ่ง



For $L > S$ $L = \dfrac{S^2 A}{200(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2})^2}$

$L < S$ $L = 2S - \dfrac{200}{A}(\sqrt{h_1}+\sqrt{h_2})^2$

Overtaking distance

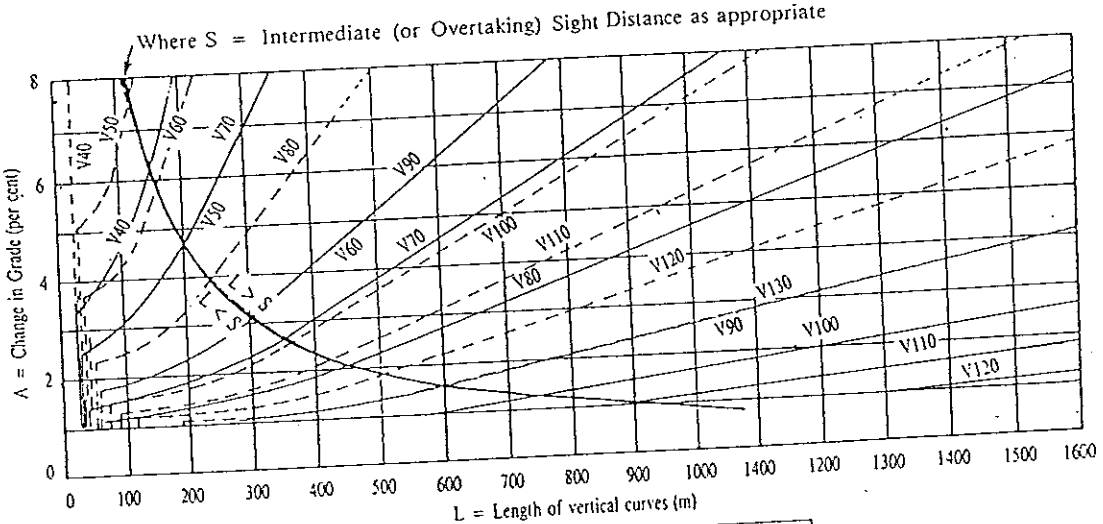
Intermediate sight distance

Where $h_1 = 1.15$ m, $h_2 = 1.15$ m

For $L > S$ $L = \dfrac{S^2 A}{920.0} = KA$

Where $K = \dfrac{S^2}{920.0} = \dfrac{L}{A}$

$L < S$ $L = 2S - \dfrac{920.0}{A}$



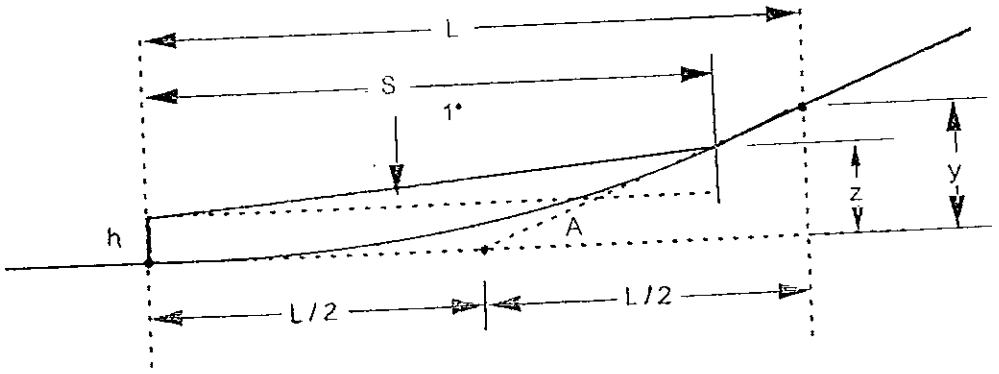
Design speed (km/h)	Intermediate sight distance (metres)	Overtaking sight distance (metres)
40	80	150
50	120	200
60	160	300
70	200	350
80	240	450
90	300	600
100	360	750
110	420	900
120	500	1100

7.4 การมองเห็นบนโค้งดิ่งหงาย

จุดประสงค์ของการจัดหรือกำหนด Sight Distance บนโค้งดิ่งหงายก็เพื่อต้องการออกแบบให้มีระยะมองเห็นเพียงพอที่ลำแสงจากหน้ารถส่องมองเห็นวัตถุในยามกลางคืน และสามารถหยุดรถได้ทัน ซึ่งค่านี้จะต้องไม่น้อยกว่า Stopping Sight Distance

ก) กรณี L > S (ดูภาพประกอบ ง.21)

ภาพประกอบ ง.21 ถนนที่มีความยาวโค้งดิ่งหงายมากกว่า Sight Distance



$$y \cong A/100*L/2$$

y ใดๆ $= kL^2$

$k = y/L^2$

$\therefore \quad z = y/L^2*S^2$

$= (S/L)^2*y$

$= (S/L)^2*A/100*L/2$

$= S^2A/(200*L)$

แต่ $z = h+S\tan 1$

$= h+\pi*S/180$

$$S^2 A/(200*L) = h+\pi*S/180$$

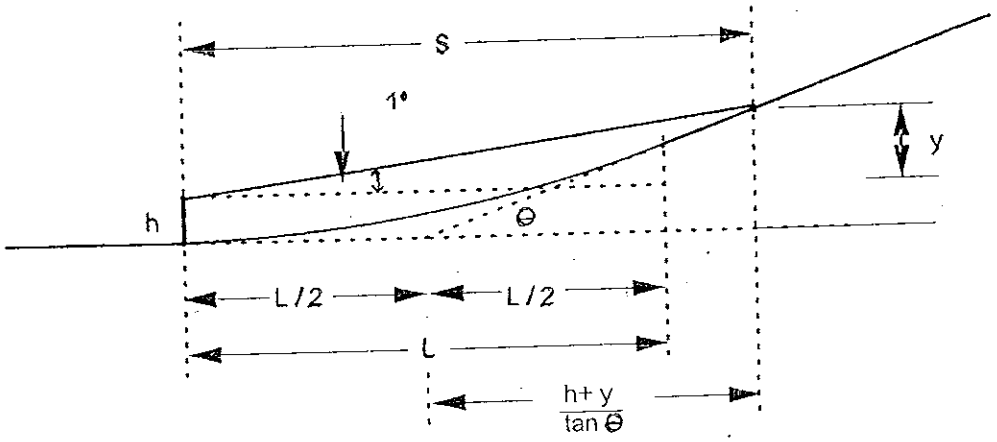
$$L = S^2 A/(200*(h+\pi*S/180)$$

เมื่อ h = 0.75 เมตร

$$L = S^2 A/(150+3.5*S)$$

ข) กรณี L < S (ดูภาพประกอบ ง.22)

ภาพประกอบ ง.22 ถนนที่มีความยาวโค้งดิ่งหงายน้อยกว่า Sight Distance



$$S = L/2+(h+y)/\tan\theta$$

$$2S = L/2\ *(h+y)/\tan\theta$$

$$\therefore\ L = 2S-2(h+y)/(A/100)$$

$$= 2S-2(h+\pi S/180)*100/A$$

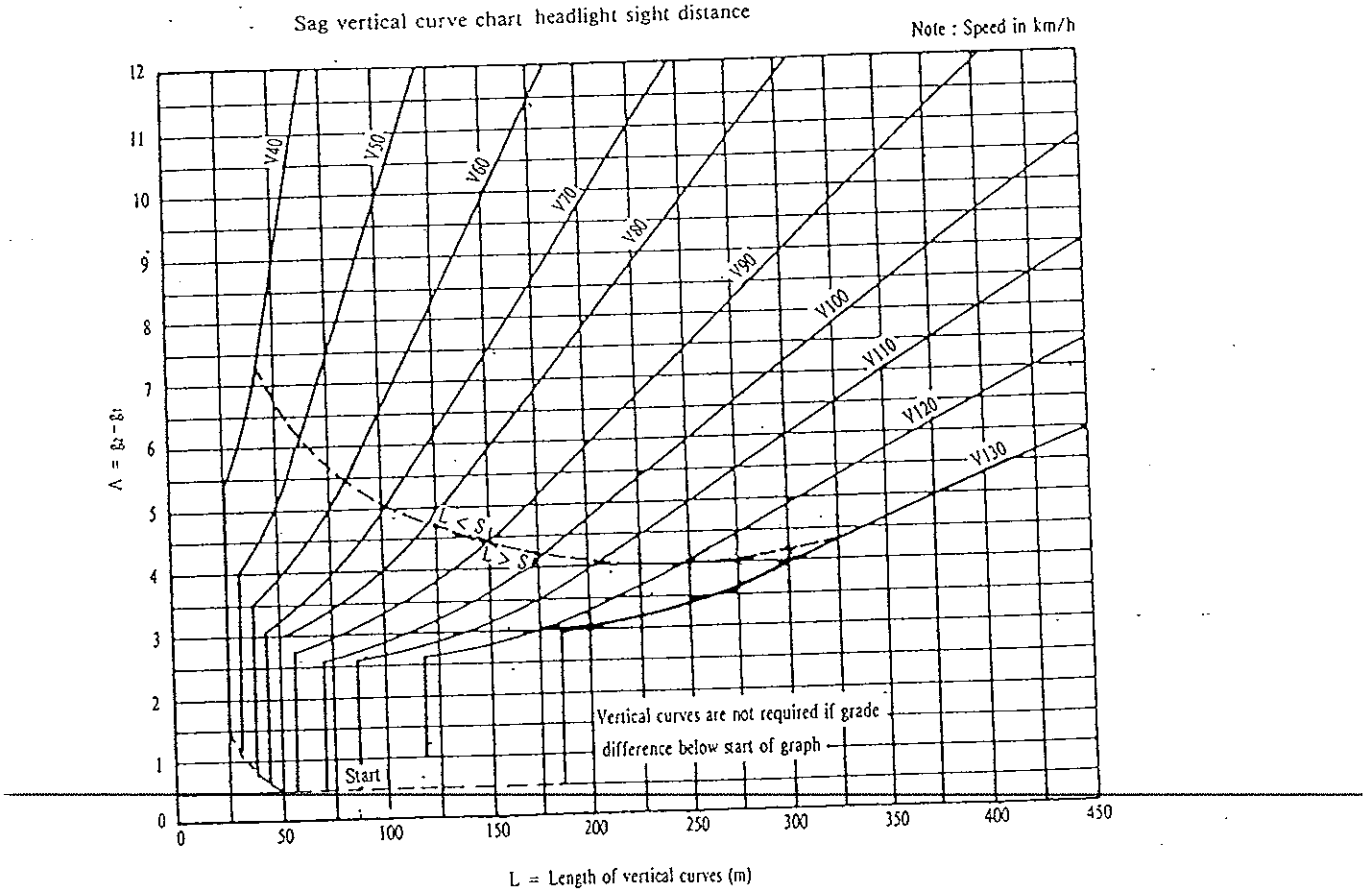
$$L = 2S-(200h+3.5S)/A$$

เมื่อ h = 0.75 เมตร

$$L = 2S-(150+3.5S)/A$$

หรือสามารถใช้ Chart ตามภาพประกอบ ง.23 เพื่อตรวจสอบในการออกแบบได้

ภาพประกอบ ง.23 Chart ประกอบการออกแบบ Sight Distance บน Vertical Sag Curve



8. ค่าความสบายในการขับขี่ (Comfort Value)

ความสบายในการขับขี่ เป็นค่าที่กำหนดขึ้นมาเพื่อตรวจสอบความยาวของโค้งแต่ละประเภท ที่น้อยที่สุด ที่ทำให้ผู้ขับรถมีความรู้สึกไม่กระทบกระเทือนหรือมีผลที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุในการขับรถ สืบเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางขณะรถวิ่งอยู่ในโค้ง

8.1 การหาระยะ Minimum L ในโค้งดิ่ง

จาก $c = v^2/(R*t)$

เมื่อ c คือ ความเร่งสู่แรงหนีศูนย์กลางในหนึ่งหน่วยเวลา

= ความสบายในการขับขี่ (Comfortable Value)

$c = 0.30\ m/s^2/s$ ในกรณีความเร็วสูง

$c = 0.76\ m/s^2/s$ ในกรณีความเร็วต่ำ

จาก $c = v^2 A/(100*L*t)$

$L = v^2 A/(100*c*t)$

หรือ $L = v^2 A/(1296*c*t)$ โดยที่ $t = 1$ sec

8.2 การหาระยะ Minimum L ในโค้งราบตามค่า "c" ที่ต้องการ

การหาค่าความยาวของโค้งที่น้อยที่สุดบนโค้งราบ จะกำหนดในโค้ง Transition Spiral เพื่อต้องการให้คนขับรถมีความรู้สึกกระทบกระเทือนน้อยที่สุดเมื่อรถวิ่งเข้าโค้ง

Ls คือ ความยาวของโค้ง ช่วงเปลี่ยนจาก Tangent เข้าสู่ Circular Curve

$c = v^2/(R*t)$

$t = Ls/v$

$c = v^2/R*v/Ls$

$c = v^3/(R*Ls)$ ..... (v = เมตร/วินาที)

$Ls = v^3/(R*c)$

ถ้ากำหนดให้ c มีค่า 0.3 m/s^3 ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

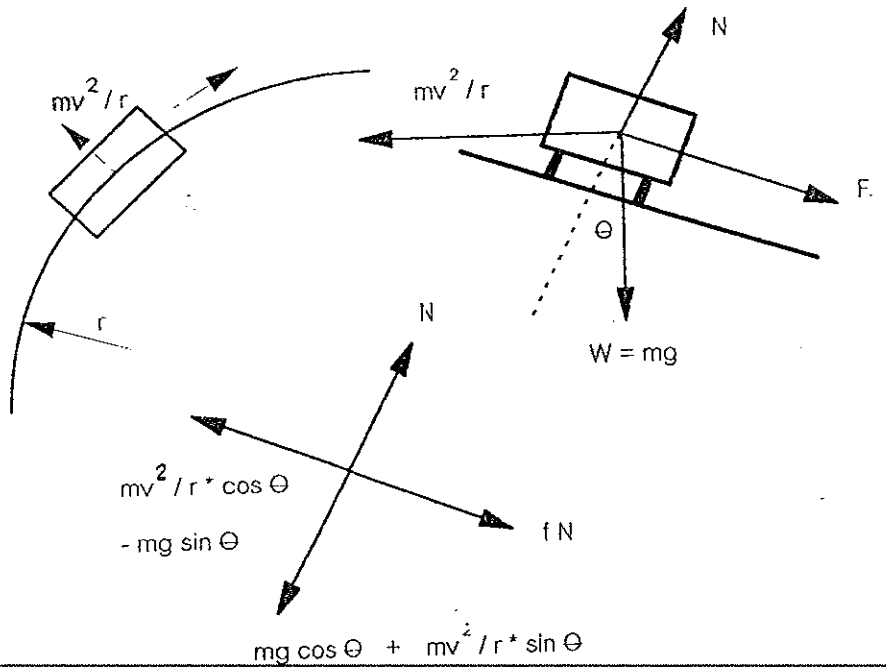
$Ls = 0.0715*V^3/R$ ..... (V = กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

หรือ $Ls = 0.0214*V^3/(R*c)$

9. การยกโค้ง (Superelevation)

การยกโค้ง หรือ Superelevation คือ การเปลี่ยนค่าความลาดเอียงของผิวจราจร (Crown Slope) จากค่าความลาดเอียงปกติให้สูงขึ้นและลดลง เพื่อรองรับการลื่นไถลของยานพาหนะออกนอกถนน เนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเมื่อยานพาหนะวิ่งด้วยความเร็วเข้าสู่โค้งราบ ส่วนประกอบของแรงต่าง ๆ ที่ใช้คิดค่ายกโค้งสูงสุดบนถนน ดูภาพประกอบ ง.24

ภาพประกอบ ง.24 ส่วนประกอบของแรงต่าง ๆ ที่ใช้คิดค่ายกโค้งสูงสุดบนถนน



$$f*N = f*mg*\cos\theta = m*v^2/r*\cos\theta - m*g*\sin\theta$$

$$f = v^2/(g*r) - \tan\theta$$

$$= v^2/(g*r) - e$$

$$e+f = v^2/(g*r) \qquad (v = \text{เมตรต่อวินาที})$$

$$e+f = V^2/(127*R) \qquad (V = \text{กิโลเมตรต่อชั่วโมง})$$

f ในที่นี้คือ ค่า Coefficient of Side Friction

ค่า e สูงสุด = 0.1 หรือ 10%

การยกของถนนมี 3 วิธีคือ

1) หมุนผิวจราจรรอบเส้นกึ่งกลางศูนย์กลางถนน (Revolved about Centerline)

2) หมุนผิวจราจรรอบขอบใน (Revolved about Inside Edge)

3) หมุนผิวจราจรรอบขอบนอก (Revolved about Outside Edge)

การคำนวณหาค่า Superelevation Transition Length (Ts) มีดังนี้

S = $75+1.5*V$ เมตร (V มีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง)

< 200 เมตร

FS = $e*W$ เมตร (W คือความกว้างของผิวจราจร)

HC = $Cr\%*W/100/2$ เมตร

X = $HC*2S$ เมตร (Tangent Run-Out)

Y = $HC*S$ เมตร

Z = $(FS/2-HC)*S$ เมตร

Ts = $X+Y+Z$ เมตร

และการจัดระยะค่า Transition Length ในการยกขอบถนนของทั้ง 3 วิธีดังกล่าว เป็นไปตาม Diagram ตามภาพประกอบ ง.25, ง.26 และ ง.27 ส่วนค่า L_f ที่ใช้คำนวณใน Diagram ให้ใช้ค่าที่คำนวณได้ตามสมการต่อไปนี้

Lf = $0.6V$ .....(1)

หรือ Lf = $(S.E.)(W/2)(S_{min})$ .....(2)

S_{min} = $75+1.5V$

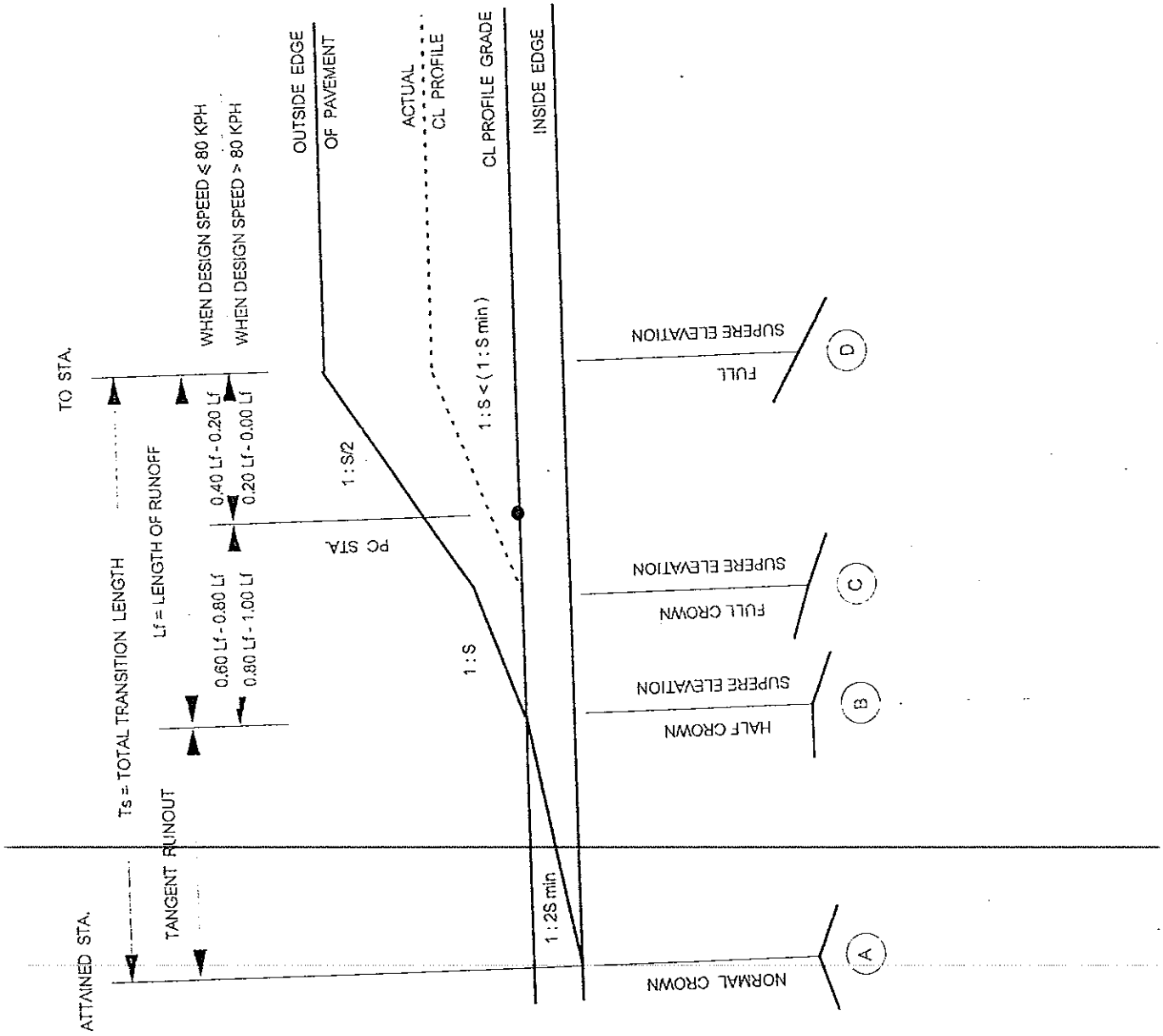
V = Design Speed (กิโลเมตร/ชั่วโมง)

$S.E.$ = Full Superelevation (เมตร/เมตร)

W = Pavement Width (เมตร)

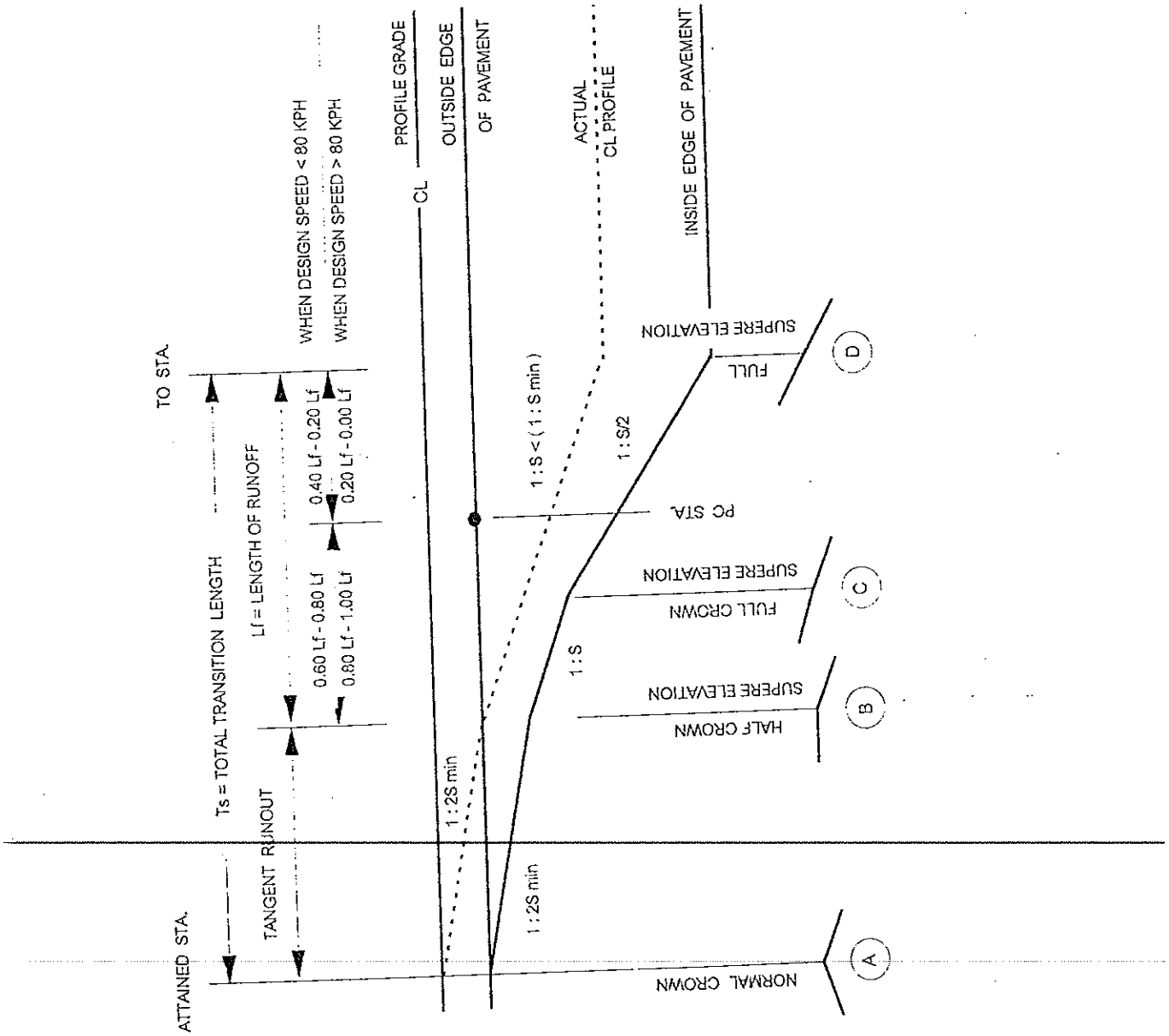
ให้เลือกใช้ค่า L_f ที่มากระหว่าง (1) กับ (2)

ภาพประกอบ ง.25 แผนภูมิการยกโค้งราบหมุนขอบในโค้ง



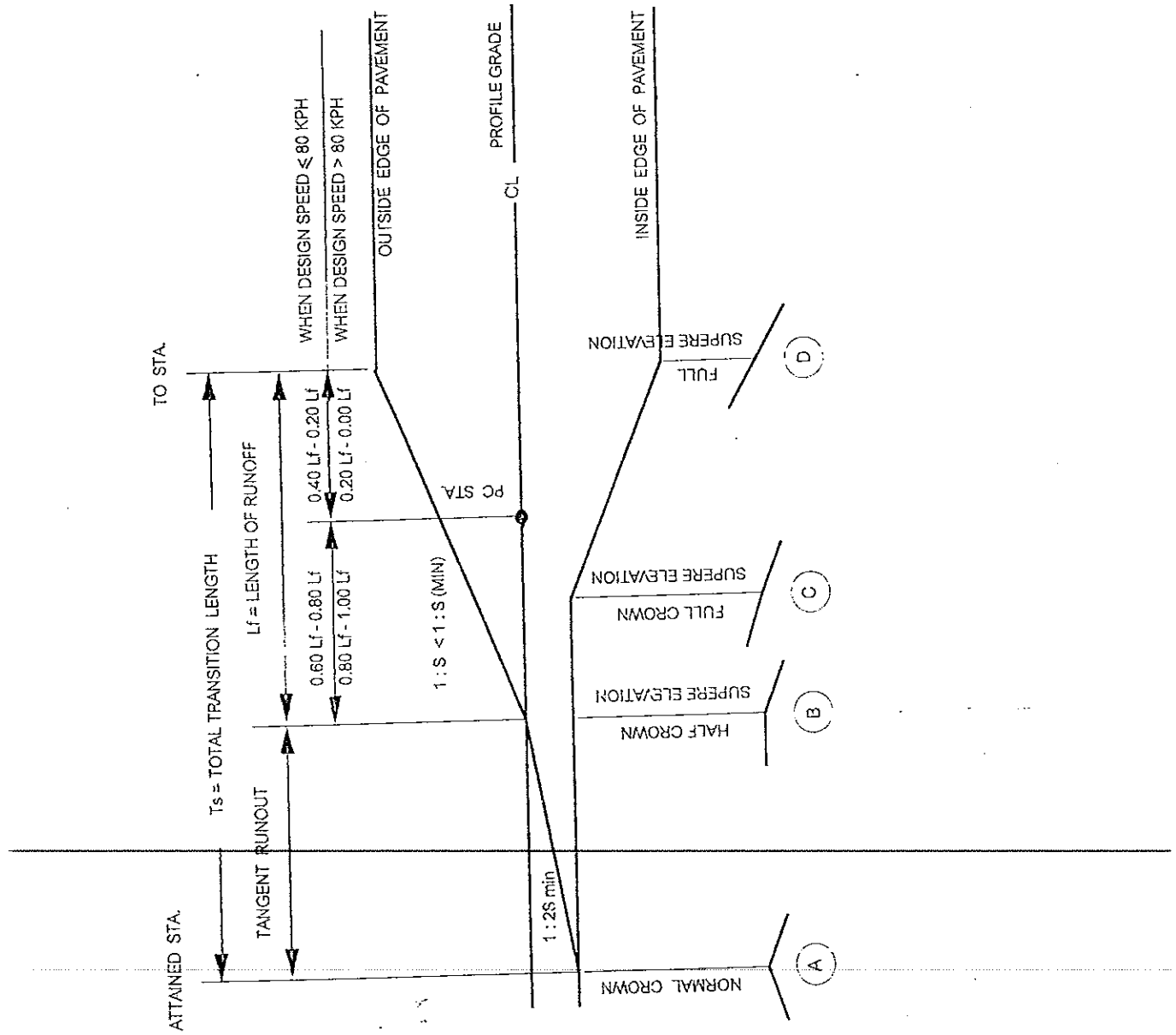
ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. 2539. หน้า 154.

ภาพประกอบ ง.26 แผนภูมิการยกโค้งราบหมุนขอบนอกโค้ง



ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. 2539. หน้า 154.

ภาพประกอบ ง.27 แผนภูมิการยกโค้งราบหมุนที่ศูนย์กลางถนน



ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. 2539. หน้า 154.

10. รายละเอียดการติดตั้งป้ายเตือนแนวทาง

การติดตั้งป้ายเตือนแนวทางประเภทนี้ให้ติดตั้งในโค้งที่มีความจำเป็นต้องติดตั้งจากสาเหตุที่รัศมีโค้งราบน้อยมาก หรือเปลี่ยนทิศทางกระทันหัน

จุดติดตั้งให้ติดที่ด้านนอกโค้งราบ ถ้าในกรณีที่มี Steel Beam Guardrail ให้ระดับอยู่เหนือ Steel Beam Guardrail ติดเป็นคู่ ๆ ด้วยจุดประสงค์ให้รถที่ผ่านมาทั้ง 2 ทิศทางสามารถมองเห็นได้ และที่สำคัญให้มองเห็นอย่างน้อย 2 ชุด ตำแหน่งเริ่มต้นติดตั้งอยู่ที่จุด PC. และจุดสุดท้ายอยู่ที่ PT. ของโค้งราบระยะห่างของป้ายให้เป็นไปตามตาราง ง.3

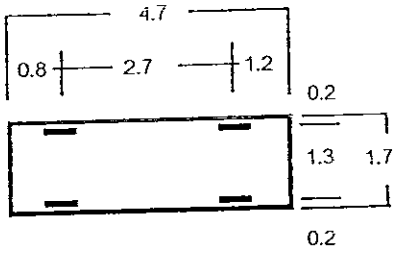
ตาราง ง.3 ระยะห่างของป้ายเตือน ตามแนวถนนตอนอยู่ในโค้ง

รัศมีโค้ง (เมตร)	ระยะห่างของป้ายเตือนแนวถนนตอนอยู่ในโค้ง (เมตร)
น้อยกว่า 75	10
75 - 99	15
100 - 149	20
150 - 199	25
200 - 299	37.5
300 - 499	50
500 - 1000	75
มากกว่า 1000	-

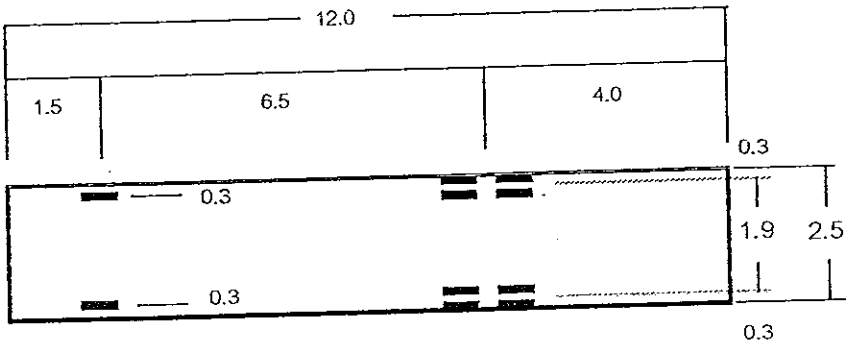
11. คุณสมบัติและรูปแบบของยานพาหนะที่ใช้ถนน

ขนาดของยวดยาน ก็เป็นปัจจัยหนึ่งของข้อมูลในการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิต เพราะการออกแบบถนนแต่ละสายจำเป็นต้องรองรับยวดยานที่เป็นมาตรฐานสากลให้ได้ นอกจากนั้นรัศมีการเลี้ยวโค้งที่น้อยที่สุด (Minimum Turning Radii) ของยวดยานก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำมาพิจารณาในการออกแบบถนนทางด้านเรขาคณิตด้วย ตามตาราง ง.4 และภาพประกอบ ง.28

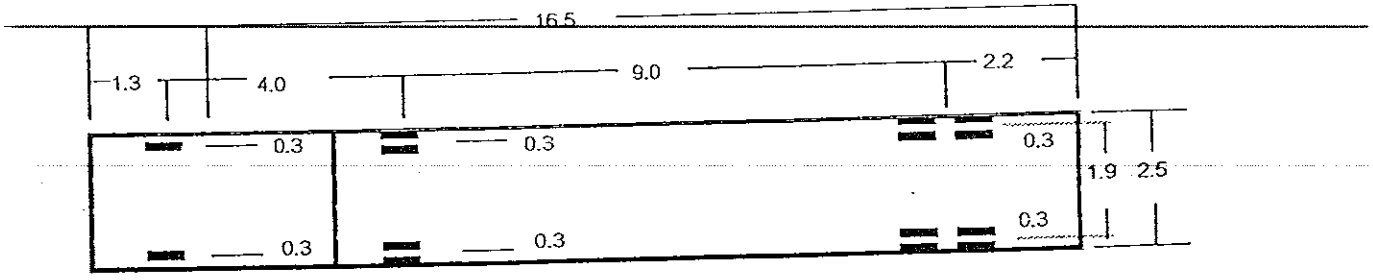
ภาพประกอบ ง.28 Dimensions of Design Vehicle



SMALL SIZED MOTOR VEHICLE



LARGE SIZED MOTOR VEHICLE



SEMI - TRAILER

ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทางหลวง. กรุงเทพ, 2529. หน้า 15

ตาราง ง.4 Dimensions of Design Vehicle

1. Major Trunk Road and major roads should be designed for semi-trailers and large size motor. Whereas, other roads should be designed for large motor vehicles and smallsize motor vehicles.
2. The dimensions of design vehicles are shown in the table below and in the figure.

Type of Vehicle	Length	Width	Height	Front Over – hang	Wheel base	Rear Over – hang	Minimum turning radius
Small sized motor Vehicle	4.7	1.7	2.0	0.5	2.7	1.2	6
Vehicle	12	2.5	2.8	1.5	6.5	4.0	12
Semi - Trailer	16.5	2.5	3.8	1.3	Front 4.0 Rear 9.0	2.2	1.2

ที่มา : ทางหลวง, กรม. คู่มือออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. 2539 หน้า 15

ภาคผนวก จ

การออกแบบระดับก่อสร้างถนนของกรมทางหลวง

1. มาตรฐานการออกแบบระดับก่อสร้างถนนของกรมทางหลวง[1]

การออกแบบระดับถนนเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการออกแบบเพื่อก่อสร้างถนน โดยเฉพาะในงานก่อสร้างที่มีหน้าตัดถนน (Typical Cross-Section) เหมือนกับปริมาณงานโครงสร้างชั้นต่าง ๆ เหนือชั้นงานดินมีความหนาไม่แตกต่างกันมากนัก มูลค่างานก่อสร้างจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของชั้นดิน และขึ้นอยู่กับค่าระดับก่อสร้างที่ผู้ออกแบบกำหนดภายใต้เงื่อนไขของการออกแบบทางด้านเรขาคณิต

การออกแบบระดับก่อสร้างถนน หรือการกำหนดค่าระดับก่อสร้าง (Grade Line) ตามมาตรฐานกรมทางหลวง มีหลักการและเงื่อนไขในการออกแบบดังนี้

1.1 ต้องเป็นไปตามมาตรฐานชั้นทาง และลักษณะภูมิประเทศที่กำหนดให้ลาดชันสูงสุดไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด

1.2 ไม่ควรออกแบบระดับก่อสร้างในแต่ละช่วงให้ลาดชันมาก หรือเปลี่ยนอย่างกระทันหัน ในแต่ละช่วงระยะทางสั้น ๆ ซึ่งมีลักษณะเป็นลูกคลื่น ควรออกแบบให้ระดับค่อย ๆ เปลี่ยนไปตามลักษณะส่วนใหญ่ของภูมิประเทศ โดยให้ความรู้สึกความเป็นเส้นที่ต่อเนื่องกัน และให้ระดับก่อสร้างในแต่ละช่วงยาวที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่จะต้องคำนึงถึงระยะการไต่ลาดชันวิกฤต (Critical Length of Grade Line) ด้วย

1.3 วัสดุโครงสร้างชั้นทาง (Pavement Structure) ชั้นล่างสุดจะต้องอยู่สูงจากระดับน้ำสูงสุดอย่างน้อย 30 เซนติเมตร

1.4 การออกแบบถนนที่อยู่บนดินอ่อนต้องพิจารณาถึงการทรุดตัวของถนนกับอายุการใช้งาน ความสูงวิกฤต (Critical Height) ระดับน้ำใต้ดิน และความมั่นคงแข็งแรงของคันทาง ถ้าออกแบบระดับก่อสร้างไม่เหมาะสม อาจทำให้เกิดความวิบัติ (Failure) ของคันทางได้

---

[1] ทางหลวง, กรม. 2539. คู่มือออกแบบทาง. กรุงเทพฯ. หน้า 115-117

1.5 งานบูรณะลาดยางผิวทางเดิมที่สามารถนำมาใช้เป็นโครงสร้างชั้นทางใหม่ได้ ระดับก่อสร้างจะกำหนดโดยความหนาของวัสดุที่เสริมทับผิวทางเดิม และค่าระดับน้ำสูงสุด

1.6 ทางในย่านชุมชน การกำหนดระดับก่อสร้างจะต้องพิจารณาถึงความสูงของอาคารสองข้างทาง หรือเขตทางที่แคบที่เป็นเหตุให้ตีนคันทาง (Toe Slope) ล้ำเข้าอาคารหรือยู่นอกเขตทาง

1.7 การปรับระดับก่อสร้างให้เข้ากับถนน ทางแยก สะพาน ที่ได้มาตรฐานแล้ว ควรให้มีระยะปรับระดับ (Transition) ยาวเพียงพอ

1.8 ระยะมองเห็น (Sight Distance) ต้องมีระยะเพียงพอต่อการแซงรถและหยุดรถ (Passing and Stopping Sight Distance) ได้ด้วยความปลอดภัย โดยให้ความยาวโค้งตั้งไม่น้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากสูตร หรืออาจจะกำหนดให้มากกว่าเพื่อแก้ปัญหาการตัดลึกถมสูง

1.9 ไม่ควรออกแบบให้มีทางตรง (Tangent) ระหว่างสองโค้งที่อยู่ใกล้กันสั้นเกินไป

1.10 บริเวณทางแยกและบริเวณสะพาน ให้กำหนดระดับก่อสร้างลาดชันน้อยที่สุด โดยให้ลาดชันไม่เกิน 2% และไม่เกิน 6% ตามลำดับ

1.11 ทางในที่เนินเขาและภูเขา

1.11.1 ให้พิจารณากำหนดระดับก่อสร้างให้ลาดชันน้อยที่สุดเท่าที่ลักษณะภูมิประเทศจะอำนวยให้ ความลาดชันต้องไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด และไม่ยาวเกินไปจนเป็นเหตุให้ความเร็วรถลดลงมากเกินพิกัดที่กำหนด (25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

1.11.2 ในกรณีที่ลักษณะภูมิประเทศลาดชันเป็นทางยาว ควรออกแบบให้ระดับก่อสร้างที่ชันกว่าอยู่ช่วงเริ่มต้นขึ้นเนินและลดลงบริเวณยอดเนิน แต่ไม่ควรออกแบบให้มีระดับก่อสร้างระดับเดียวกันยาวมากเกินไป ควรมีระดับก่อสร้างที่ราบหรือลาดชันน้อยเป็นระยะ ๆ เพื่อให้รถสามารถเพิ่มความเร็วได้

1.11.3 พยายามกำหนดระดับก่อสร้างให้ปริมาณงานดินตัดใกล้เคียงกับปริมาณงานดินถม เพื่อลดปัญหานำดินตัดส่วนเกินไปทิ้ง หรือลดปัญหาการนำดินจากที่อื่นมาถมเป็นการช่วยลดค่างานก่อสร้าง

1.11.4 พยายามกำหนดระดับก่อสร้างให้รูปตัดคันทางเป็นรูปตัดเต็มพื้นคันทาง (Full Cut) หรือตัดถมพอ ๆ กัน (Partial Cut Partial Fill) เพื่อลดค่างานก่อสร้าง

1.12 ในช่วงลำน้ำที่ต้องออกแบบเป็นสะพาน กรณีที่ไม่มีการสัญจรทางน้ำหรือสิ่งของลอยน้ำ ระดับก่อสร้างกำหนดโดยค่าระดับน้ำสูงสุด ความสูงของช่องลอดและความหนาของพื้นสะพาน กรณีที่มีการสัญจรทางน้ำหรือสิ่งลอยน้ำ ระดับก่อสร้างกำหนดโดยค่าระดับน้ำสูงสุด ความสูงของช่องลาด ความสูงของสิ่งลอยน้ำ หรือการสัญจรทางน้ำ และความหนาของพื้นสะพาน

1.12.1 ความสูงของช่องลาด : -

ก. หากไม่มีสิ่งลอยน้ำ ให้ใช้ 0.50-0.70 เมตร

ข. สำหรับเรือแจวหรือเรือเล็ก ให้ใช้ 1.50 เมตร

ค. สำหรับเรือของกรมชลประทาน ให้ใช้ 6.80 เมตร

ง. หากมีซุง หรือขอนไม้ ฯลฯ ให้ใช้ประมาณ 1.00 เมตร

จ. ในกรณีพิเศษ ให้กำหนดลักษณะของความสูงพิเศษนั้น ๆ

1.12.2 ความหนาของพื้นสะพาน

ก. สำหรับแผ่นพื้น (Slab type) ประมาณ 53 เซนติเมตร (Span 10 เมตร)

ข. สำหรับ Box Girder ประมาณ 73 เซนติเมตร (Span 20 เมตร)

ค. สำหรับ I-Girder ประมาณ 110 เซนติเมตร (Span 30 เมตร)

1.13 ระยะการไต่ลาดชันวิกฤต (Critical Length of Grade)

ระยะการไต่ลาดวิกฤต คือ ความยาวของการขึ้นทางลาดชันที่ออกแบบให้รถบรรทุกสามารถไต่ขึ้นได้ โดยความเร็วไม่ลดลงไปมากเกินไป ซึ่งเป็นเหตุให้รถวิ่งช้าลงไปและกีดขวางการจราจรรถประเภทอื่น ในการขึ้นทางลาด ความเร็วของรถบรรทุกขึ้นอยู่กับความลาดชัน ระยะทางที่ไต่ลาดชัน น้ำหนักต่อกำลังของรถบรรทุก ความเร็วก่อนการไต่ลาด และความชำนาญของผู้ขับขี่ โดยทั่วไปการออกแบบจะพิจารณาถึงความเร็วของรถบรรทุกให้ลดลงได้ไม่มากกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อถึงปลายของความลาดชัน เมื่อเทียบกับความเร็วก่อนการไต่ลาดชัน หากจำเป็นต้องให้ทางลาดยาวเกินกว่า

ระยะการไต่ลาดวิกฤตและมีปริมาณรถมาก จำเป็นต้องเพิ่มช่องทางวิ่งสำหรับรถบรรทุกที่วิ่งช้า ช่องทางวิ่งที่เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า Climbing Lane

1.14 บนทางหลวงสายหลัก (Main Highway) ความสัมพันธ์ระหว่างความลาดสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ออกแบบได้แสดงไว้ในตาราง จ.1 กรณีที่ระยะการไต่ทางลาดสั้นกว่า 150 เมตร ให้เพิ่มอีก 1% จากค่าที่แสดงไว้ในตาราง จ.1 และกรณีทางหลวงนอกเมือง (Rural Highway) ที่มีปริมาณการจราจรน้อย ให้เพิ่มความลาดชันอีก 2% จากค่าที่กำหนดในตาราง จ.1

ตาราง จ.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันสูงสุด กับความเร็วออกแบบ

ลักษณะภูมิประเทศ	ความลาดชันสูงสุด สำหรับความเร็วออกแบบ (กิโลเมตร/ชั่วโมง)				
	40	50	65	80	100
ที่ราบและลูกเนิน (Flat & Rolling)	7%	6%	5%	4%	3%
ภูเขา (Hilly)	8%	7%	6%	5%	4%
ภูเขาสูง (Mountainous)	10%	9%	8%	7%	6%

ภาคผนวก ฉ

การคำนวณปริมาณงานดิน

1. การคำนวณปริมาณงานดิน

การคำนวณปริมาณงานดินนั้นมีอยู่หลายวิธี ข้อมูลที่ใช้ในการหาปริมาณงานดินคือการหาค่าระดับก่อสร้างและค่าระดับดินเดิมในแต่ละ Station แล้วนำมา Plot ในกระดาษหาค่าพื้นที่หน้าตัด เพื่อนำไปคำนวณปริมาณงานดิน

1.1 วิธีการคำนวณพื้นที่หน้าตัด

การคำนวณพื้นที่หน้าตัดมีอยู่หลายวิธี ที่นิยมใช้กันมีดังนี้

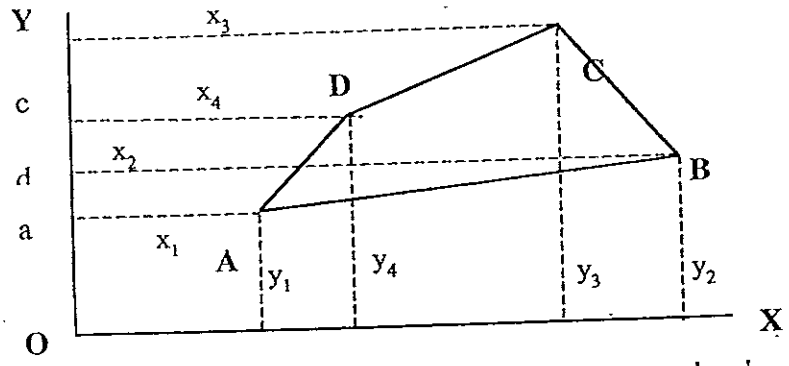
- วิธีพิกัดฉาก (Area by Co-ordinate)
- วิธี Stripping หรือรูปตัดไม่สม่ำเสมอ (Irregular Section)
- วิธีคำนวณกรณีรูปตัดระดับ (Level Section)
- วิธีคำนวณกรณีรูปตัดสามระดับ (Three Level Section)
- วิธีคำนวณกรณีรูปตัดเชิงเขา (Side Hill Section)

ทุก ๆ วิธีที่กล่าวมามีคุณสมบัติเฉพาะตามลักษณะของระดับดินเดิม ผลที่ได้จากการคำนวณ และสูตรในการคำนวณการหาเนื้อที่หน้าตัด มีดังนี้

1.1.1 วิธีพิกัดฉาก (Area by Co-ordinate)

การหาพื้นที่ด้วยวิธีนี้ ค่าต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณจะได้จากการ Setting Slope Stake และจากการ Setting Slope Stake จะทำให้ทราบปริมาณงานดินที่ถมไปแล้วและปริมาณงานที่จะต้องถมอีก ขณะเดียวกันก็ใช้ในการคำนวณพื้นที่ของงานดินตัดและสามารถใช้หาค่าเพื่อควบคุมการก่อสร้างได้ด้วย

ภาพประกอบ ฉ.1 การหาเนื้อที่โดยวิธีพิกัดฉาก



จากภาพประกอบ ฉ.1 สี่เหลี่ยม ABCD เป็นสี่เหลี่ยมที่ต้องการหาพื้นที่ และมี Co-ordinate เท่ากับ $(x_1,y_1)(x_2,y_2)(x_3,y_3)(x_4,y_4)$ ตามลำดับ จะได้

$$A = ABba+BCcb-ADda-DCcd$$

$$= \tfrac{1}{2}*(x_1+x_2)(y_2-y_1)+\tfrac{1}{2}*(x_2-x_3)(y_3-y_2)-$$

$$\tfrac{1}{2}*(x_1+x_4)(y_4-y_1)-\tfrac{1}{2}*(x_3+x_4)(y_3-y_4)$$

จะได้ $2A$ = Double Area

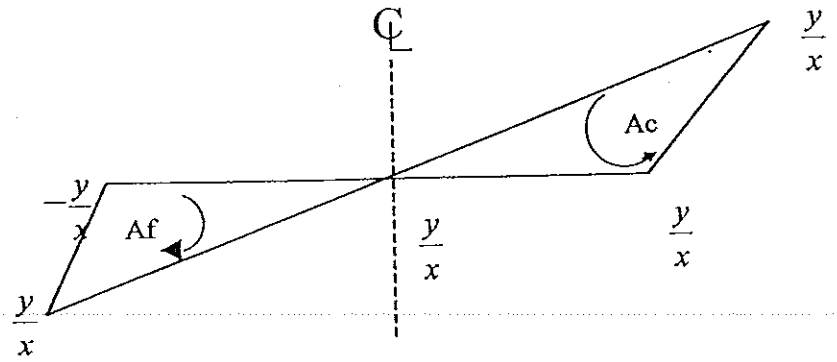
$$=(x_1y_2-x_3y_2)+(x_4y_1-x_2y_1)+(y_3x_2-x_4y_3)+(x_3y_4-x_1y_4)$$

$$= y_1(x_4-x_2)+y_2(x_1-x_3)+y_3(x_2-x_4)+y_4(x_3-x_1)$$

ตามกฎการคูณไขว้ $2A = \frac{y1}{x1} \times \frac{y2}{x2} \times \frac{y3}{x3} \times \frac{y4}{x4} \times \frac{y1}{x1}$

โดยที่ค่าคูณเข้นมีค่าเป็น + คูณลงมีค่าเป็น – และการตั้งค่า Co-ordinate ให้เป็นไปตามลูกศร ดังภาพประกอบ ฉ.2

ภาพประกอบ ฉ.2 การตั้งค่า Co-ordinate ในการคูณไขว้

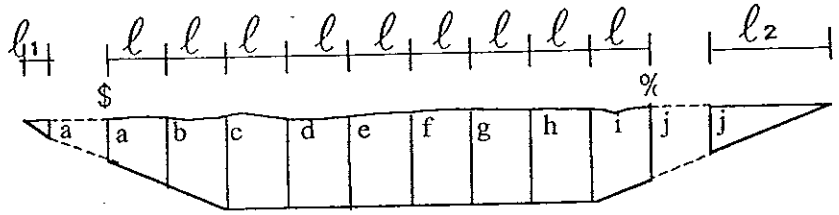


วิธีพิกัดฉากเป็นวิธีที่ใช้ในการคิดพื้นที่หน้าตัดแต่ละ Station ในงานของกรมทางหลวง โดยใช้ค่าระดับที่บันทึกจากสนามมา Plot ในกระดาษกราฟและครอบรูปตัดของถนนเฉพาะช่วยที่เป็นรูปงานดินตามค่าระดับที่คำนวณไว้แล้วใช้ค่า Co-ordinate ของแต่ละจุดคูณไขว้ตามวิธีการในทฤษฎีที่กล่าวมาหาพื้นที่หน้าตัดทั้งของงานดินตัดและงานดินถม เพื่อใช้คำนวณปริมาณงานดินต่อไป

1.1.2 วิธี Stripping

กรณีรูปตัดที่ไม่สม่ำเสมอ (Irregular Section) หรือดินเดิมที่ไม่สม่ำเสมอ วิธีการคำนวณต้องแบ่งรูปออกเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูเล็ก ๆ แล้วนำมารวมกัน วิธีหาเนื้อที่เรียกว่า Stripping Method คือ อาศัยหลักของสี่เหลี่ยมคางหมู และสูตรของสามเหลี่ยม วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการคำนวณหาปริมาณงานดิน เพื่อการตั้งงบประมาณในการก่อสร้างของกรมทางหลวง

ภาพประกอบ ฉ.3 การแบ่งเนื้อที่ตามวิธี Stripping



ℓ = 1.00 เมตร

$\ell 1, \ell 2$ = 1.00 เมตร

จากการรวมผลของรูปสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ในรูป 6 เหลี่ยม ABCDE จะได้

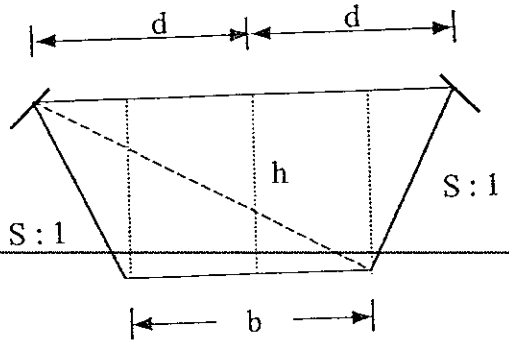
พื้นที่รูป 6 เหลี่ยม ABCDE = $(a/2+b+c+d+e,....j/2)$

$\therefore$ พื้นที่ทั้งหมด = A = $\frac{1}{2}*a\ \ell 1+\ell(a/2+b+c+d,....j/2)+\frac{1}{2}*j*\ell 2$

ในการทำงานจริง การ plot หาค่า Cross Section จะใช้มาตราส่วน 1 : 100 ดังนั้นเมื่อ ℓ = 1.00 เมตร ก็คือ ระยะในแบบแปลน 1 ซม. ส่วน ℓ_1 และ ℓ_2 มีระยะไม่ถึงเมตรก็จะเป็นมิลลิเมตร และระยะ a,b,c.....j ก็จะมีหน่วยเป็นเซนติเมตรเช่นกัน ถ้าเอาหน่วยเซนติเมตรเหล่านี้มาเข้าตามสูตร ผลก็จะออกมาเป็นพื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร ซึ่งเมื่อคิดพื้นที่จริงจะมีหน่วยเป็นตารางเมตร ตามค่าจริงในสนาม ซึ่งวิธีการนี้จะใช้หาเนื้อที่ได้ทุกชนิดอย่างสะดวกและรวดเร็ว

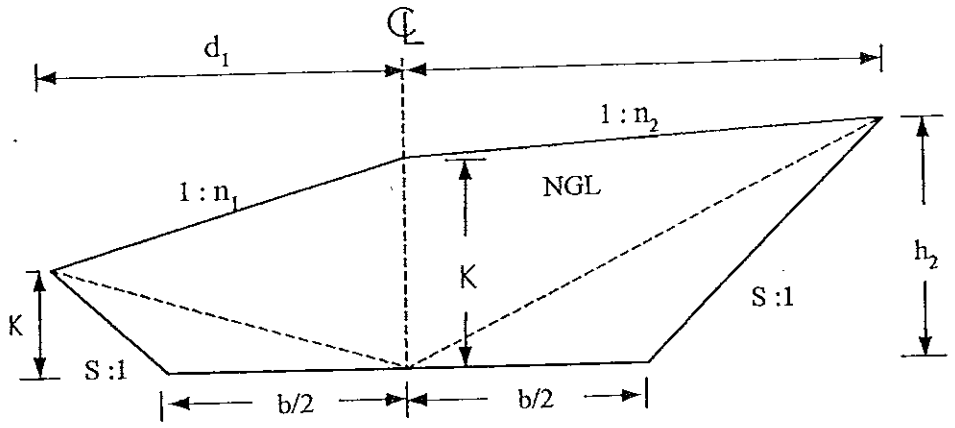
1.1.3 กรณีรูปตัดมีผิวอยู่ในแนวระดับ (Level Section) ใช้คำนวณพื้นที่รูปตัดที่ระดับดินเดิมตามธรรมชาติมีระดับเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ซึ่งรูปตัดนี้สามารถนำไปคิดปริมาณดิน โดยประมาณเท่านั้น เพราะในสภาพความเป็นจริงยากที่จะหาระดับดินเดิมที่ราบเสมอสอดคล้องกับวิธีการคำนวณโดยวิธนี้ จะได้สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ คือ A = h (b/2 + d) ดูภาพประกอบ ฉ.4

ภาพประกอบ ฉ.4 รูปตัดมีผิวอยู่ในแนวระดับ



1.1.4 กรณีรูปตัดสามระดับ (Three Level Section) รูปตัดชนิดนี้จะมีค่าระดับต่างกัน 3 จุด คือ ที่ Toe ทั้ง 2 ข้าง และที่ศูนย์กลางแนวก่อสร้าง จะได้สูตรในการคำนวณหาพื้นที่คือ A = $h/2*(d_1+d_2)+b/4*(h_1+h_2)$ ดูภาพประกอบ ฉ.5

ภาพประกอบ ฉ.5 รูปตัดสามระดับ



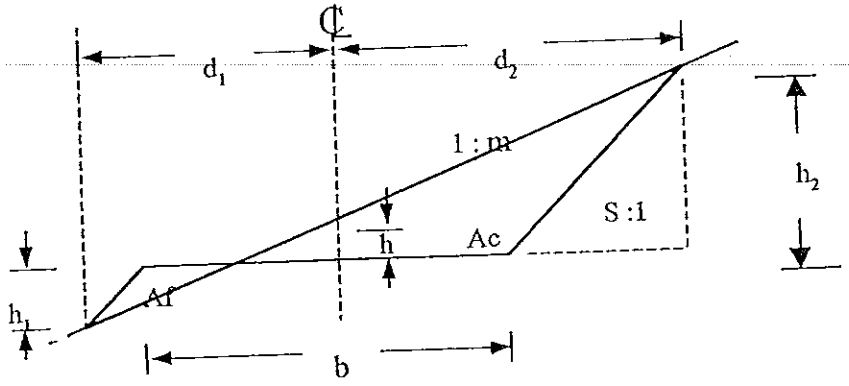
1.1.5 กรณีรูปตัดเชิงเขา (Side Hill Section)

รูปตัดชนิดนี้จะเป็นรูปตัดที่เกิดขึ้นบริเวณที่ถนนตัดผ่านภูเขา ซึ่งจะมีทั้งพื้นที่ดินตัดและพื้นที่ดินถมที่ Station เดียวกัน วิธีนี้จะให้ผลพื้นที่หน้าตัดถูกต้องเฉพาะกรณีที่แนวลาดเอียง (1 : m) คงที่ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ไม่ใช้ในการคำนวณ ในการคำนวณของกรมทางหลวง สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่โดยวิธีนี้ คือ

$$Ac = (b/2+mh)*h_2$$

$$Af = (b/2-mh)*h_1$$

ภาพประกอบ ฉ.6 รูปตัดเชิงเขา



2. วิธีการคำนวณปริมาณงานดิน

การคำนวณปริมาณดินที่มาจากค่าพื้นที่หน้าตัดของ Station ที่กำหนดและหาค่าปริมาณดินระหว่างกลาง Station ต่าง ๆ นั้น ที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นมีอยู่ 2 วิธีคือ

- วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัด (Average End Area Method)
- วิธี Prismoidal Formula

2.1 วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัด (Average End Area Method)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณวิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัด :

ให้ $A_1, A_2, A_3 \ldots\ldots\ldots\ldots, A_n$ เป็นเนื้อที่ของ Cross - Section แต่ละ Station.

$V_1, V_2, V_3 \ldots\ldots\ldots\ldots, V_n$ เป็นปริมาตรระหว่าง Station

$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots V_n$

L = ระยะระหว่าง Station (โดยทั่วไปเท่ากับ 25 เมตร)

$\therefore V_1 = L(A_1 + A_2)/2$

$V_2 = L(A_2 + A_3)/2$

$Vn = L(A_{n-1} + A_n)/2$

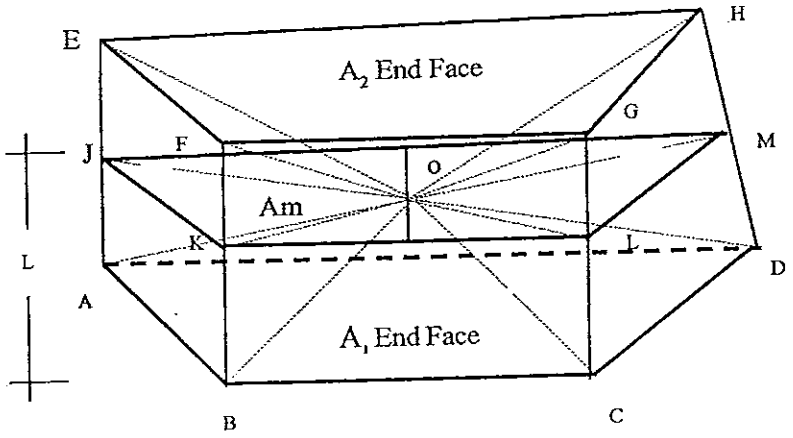
$\therefore V = L/2*(A_1 + 2A_2 + 2A_3 \ldots\ldots + A_n)$

Total Volume $V = L*[(A_1 + A_n)/2 + A_2 + A_3 \ldots\ldots + A_{n-1})]$

2.2 วิธี Prismoidal Formula

Prismoid คือ รูปทรงตันซึ่งมีหน้าตัดขนานกันสองหน้า และเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่มีด้านข้างไม่เหมือนกัน รูปตัดด้านข้างจะมีเส้นซึ่งเชื่อมระหว่างรูปหน้าตัด (End Faces) เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปสี่เหลี่ยมคางหมูบ้าง แล้วแต่ลักษณะของพื้นดิน ส่วนมากจะใช้คิดปริมาตรงานดินของถนน คลอง เขื่อน แม้ว่าจะเป็นวิธีที่ให้ความแน่นอนมากกว่าวิธี Average End Area แต่การคำนวณค่อนข้างจะยุ่งยาก และไม่ค่อยนิยม

ภาพประกอบ ฉ.7 รูปทรงตันซึ่งมีหน้าตัดขนานกันสองหน้า (Prismoid)



จากภาพกำหนดให้ EHFGABCD เป็น Prismoid ของถนน JKLM เป็น Midsection, ABCD และ EFGH เป็น End Face, EFAB และ GHCD เป็น Side Face O เป็นจุด ๆ หนึ่งอยู่บน Mid Section JKLM ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งไหนก็ได้ โยงเส้นตรงไปยังมุมต่าง ๆ ของ Prismoid จะได้ Pyramid หลายรูป และจากการคำนวณเพื่อหาค่าปริมาตรดินจะได้ปริมาตรดิน $= V = L/6*[A_1 + 4A_m + A_2]$

3. การคำนวณหาปริมาณงานชั้นโครงสร้างของถนน

โครงสร้างชั้นต่าง ๆ ของถนนไล่ตามลำดับจากชั้นบนลงข้างล่างแบ่งตามประเภทของถนนดังนี้

3.1 ถนนประเภท Flexible Pavement ประกอบด้วย

- Asphaltic Concrete (อาจจะมีชั้น Wearing Course และ Binder Course)
- Base Course
- Subbase
- Selected Material "A"
- Selected Material "B"
- ชั้นงานดิน

3.2 ถนนประเภท Rigid Pavement

- Concrete Pavement
- Base Course
- Subbase
- ชั้นงานดิน

3.3 การคำนวณปริมาณงานชั้นต่าง ๆ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่าย มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 Asphaltic Concrete มีหน่วยเป็นตารางเมตร ซึ่งราคาจะผันแปรตามความหนาตามที่แบบระบุหรือบางหน่วยงานอาจให้กำหนดเป็นน้ำหนัก (ตัน) ซึ่งก็ได้จากการหาปริมาตรตามปกติคูณด้วยความถ่วงจำเพาะหรือ Unit Weight

3.3.2 Base Course ปริมาณงานชั้น Base Course จะกำหนดเป็นลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะหาได้จาก นำค่า Constant Area ที่คงที่เนื่องจากการกำหนด Typical Cross-Section ในการกำหนดรูปแบบคูณกับระยะความยาวของถนน จะได้ปริมาณงานออกมาตลอดสายทาง

3.3.3 Subbase ปริมาณงานชั้น Subbase มีวิธีการคำนวณเหมือน Base Course

3.3.4 Selected Material “A” และ “B” มีวิธีการคำนวณเหมือนของ Subbase ซึ่งคำนวณหาค่า Constant Area โดยใช้วิธีพิกัดฉากตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ภาคผนวก ช

แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน (Mass-Haul Diagram)[1]

1. ลักษณะของแผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน

แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน หรือ Mass-Haul Diagram (MHD) คือ แผนภูมิที่ใช้ในการคำนวณการขนถ่ายมวลดิน เพื่อขจัดความสูญเปล่าของมวลดินที่เหลือจากงานดินตัด หรือให้มีความสูญเปล่าน้อยที่สุด และใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายมวลดิน

MHD เป็นแผนภูมิแสดงระหว่างมวลดินสะสมกับระยะทางตามแนวทาง โดยเริ่มตั้งแต่จุดเริ่มโครงการ ในการคิดค่ามวลดินสะสมให้ถือว่างานดินขุดมีค่าเป็นบวก และงานดินถมมีค่าเป็นลบ

MHD มักเขียนคู่กับรูป Profile ของถนนที่แสดงทั้งระดับดินเดิมและระดับก่อสร้างใหม่

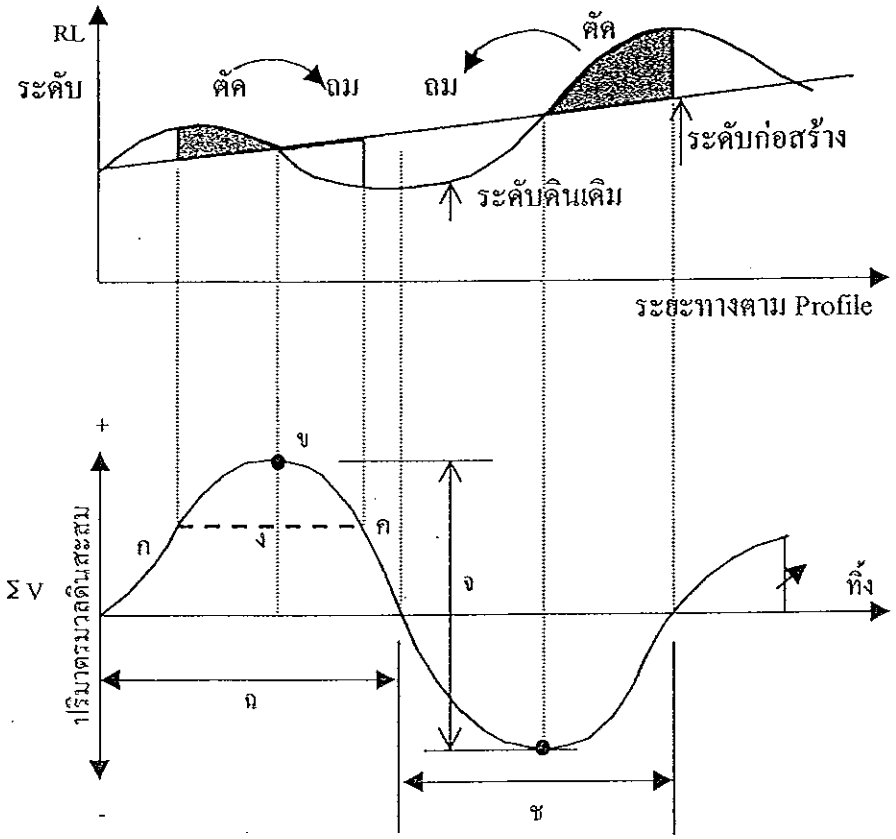
2. การสร้าง MHD

- คำนวณพื้นที่หน้าตัดที่แต่ละ Station
- คำนวณปริมาตรดินระหว่างสถานี โดยที่ปริมาตรดินขุดเป็น + และปริมาตรดินถมเป็น -
- คำนวณปริมาตรมวลดินสะสม
- กำหนด Profile ของถนนเดิมและค่าระดับก่อสร้างใหม่
- ใช้มาตราส่วนระยะทางระยะทางเขียน MHD (ดูรายละเอียดภาพประกอบ ช.1)

---

[1] Oglesby, C.H. and Hicks,R.G.. 1987, Highway Engineering. 4th Ed. (Great Britain : John Willey & Sons.), pp. 606-610

ภาพประกอบ ช.1 แผนภูมิการเคลื่อนย้ายมวลดิน



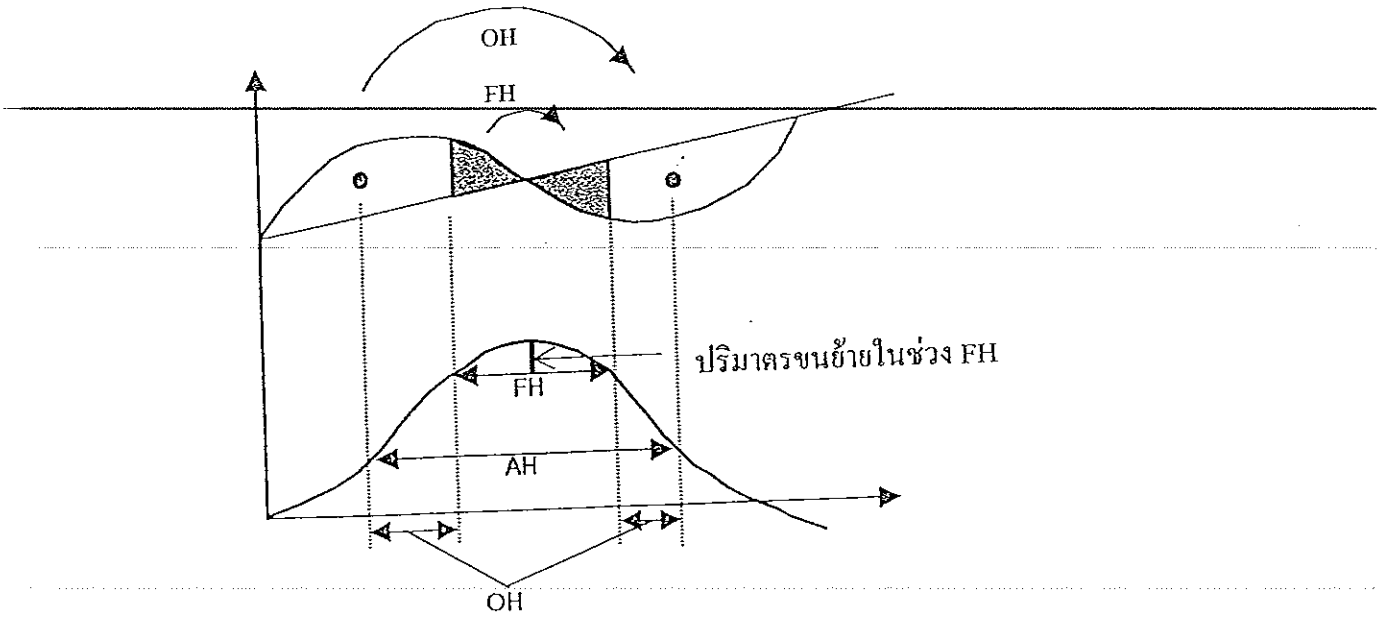
3. คุณลักษณะของ MHD

- ก เส้นลากขึ้น แสดงดินตัด (Cut)
- ข จุดสูงสุด แสดงจุดสิ้นสุดของการตัด
- ค เส้นลากลง แสดงดินถม (Fill)
- ง เส้นใด ๆ ที่ลากขนานกับ Balance Line ตัดกับ MHD แสดงว่าปริมาณตัดกับถมช่วงนี้เท่ากัน

- จ ผลต่างระหว่าง ΣV สูงสุด และ ΣV ต่ำสุด ในจุดถัดไปแสดงค่าปริมาตรดินถม
- ฉ พื้นที่ใต้โค้งเหนือ Balance Line แสดงปริมาตรดินตัดที่ต้องนำไปถมข้างหน้า
- ช พื้นที่ใต้โค้งใต้ Balance Line แสดงปริมาตรดินตัดที่นำไปถมข้างหลัง
- ความยาวของ Balance Line ระหว่างจุดตัด 2 จุด แสดงระยะขนถ่ายดินที่ไกลที่สุด
- พื้นที่ที่ถูกตัดโดย Balance Line คือ Haul

4. ค่าจำกัดความที่สำคัญของ MHD
   - Haul Distance คือ ระยะขนถ่ายจากจุดขุดถึงจุดถม
   - Average Haul Distance คือ ระยะขนถ่ายเฉลี่ยจากจุดขุดถึงจุดถม คิดจาก CG ของดินตัดถึง CG ของดินถม
   - Free Haul Distance คือ ระยะขนถ่ายที่ไม่คิดค่าใช้จ่ายในการขน
   - Over Haul Distance คือ ระยะขนถ่ายที่คิดค่าใช้จ่ายในการขน โดยมีค่าเท่ากับระยะขนถ่ายเฉลี่ยลบด้วยระยะขนถ่ายฟรี (ดูภาพประกอบ ช.2)

ภาพประกอบ ช.2 แผนภูมิประกอบคำจำกัดความ



ภาคผนวก ญ

เครื่องควบคุมการจราจร

เมื่อทำการก่อสร้างถนนเสร็จแล้ว สิ่งที่ต้องดำเนินการต่อไปก่อนที่จะเปิดการจราจรเป็นถนนสาธารณะก็คือ การติดตั้งเครื่องควบคุมการจราจรซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการติดตั้งเครื่องหมายจราจร หรือเครื่องหมายนำทาง (Traffic Guidance) ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้ถนนสามารถขับขี่ยวดยานด้วยความปลอดภัย

เครื่องหมายจราจรแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้[1]

- เครื่องหมายจราจรบนผิวทางตามยาว (Longitudinal Pavement Marking)
- เครื่องหมายจราจรบนผิวทางตามขวาง (Transverse Pavement Marking)
- เครื่องหมายจราจรบนขอบทาง (Curb Marking)
- เครื่องหมายแสดงตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง (Objected Marking)
- เครื่องหมายนำทาง (Delineator)
- เครื่องหมายบนปุ่มผิวจราจร (Raised Pavement Marking)

สำหรับเครื่องหมายจราจรที่ใช้กับโปรแกรมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเน้นเฉพาะเครื่องหมายจราจรและเครื่องอำนวยความปลอดภัยที่ใช้สำหรับถนน 2 ช่องจราจร ซึ่งไม่ซับซ้อนมากนัก แต่จำเป็นต้องมีในสายทาง ดังรายการต่อไปนี้

- สีตีเส้นจราจร (Pavement Marking)
- ป้ายจราจร (Traffic Sign Plate)
- หลักนำทาง (Guide Post)
- ราวเหล็กกันตกในโค้ง (Steel Beam Guardrail)

[1] ทางหลวง, กรม. เครื่องหมายควบคุมการจราจร ภาค 2.. 2533. กรุงเทพฯ. หน้า 1-2

1. สีตีเส้นจราจร (Pavement Marking)

สีตีเส้นจราจรเป็นเครื่องหมายนำทาง (Traffic Guidance) พื้นฐานของถนนที่มีผิวทางแบบถาวร เช่น ผิวทาง Concrete, Asphaltic Concrete และผิวทางแบบ Surface Treatment แบบต่าง ๆ แบ่งตามรูปแบบได้ดังนี้

1.1 สีตีเส้นตามแนวยาว (Longitudinal Pavement Marking)

โดยปกติถนน 2 ช่องจราจรของกรมทางหลวงจะแบ่งทิศทางจราจรด้วยเส้นสีเหลือง และในถนนมาตรฐานชั้นทางที่ 1 และ 2 จะมีเส้นขอบทางสีขาว ส่วนมาตรฐานทางชั้นอื่น ๆ ที่ต่ำลงมา (ยกเว้นมาตรฐานทางชั้นที่ 5 ที่ผิวจราจรเป็นผิวลูกรัง) จะมีเฉพาะเส้นแบ่งทิศทางจราจรสีเหลืองเท่านั้น แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ออกแบบ โดยยึดถือปริมาณการจราจรเป็นเกณฑ์

ถนนของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบทและกรมโยธาธิการ จะมีเส้นแบ่งทิศทางการจราจรสีเหลืองหรือสีขาวเพียงอย่างเดียว และมาตรฐานกำหนดให้กว้าง 10 เซนติเมตรตลอดสายทาง

ลักษณะเฉพาะของการตีเส้นจราจรแบ่งทิศทางจราจรของกรมทางหลวงมีรูปแบบ รายละเอียด และความหมาย ตามตาราง ญ.1 และ ญ.2

1.2 สีตีเส้นจราจรตามขวางและอื่น ๆ

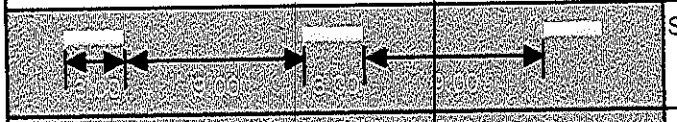
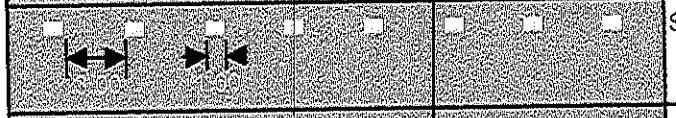
สีตีเส้นจราจรตามขวางสำหรับถนน 2 ช่องจราจรนั้น บนถนนนอกเมืองจะมีไม่มากนัก แต่ถ้าเป็นถนนที่อยู่ในย่านชุมชนหรือช่วงที่ถนนตัดกันเป็นทางแยก จะมีการตีเส้นจราจรตามขวางมาก ซึ่งสีตีเส้นจราจรตามขวางที่สำคัญมีดังนี้

- เส้นหยุด (Stop Line Marking)
- เส้นทางคนข้าม (Cross Walk Marking)
- เส้นให้ทาง (Give Way Marking)

รายละเอียดตามมาตรฐานการตีเส้นจราจรตามขวาง ดูภาพประกอบ ญ.1

ส่วนการตีเส้นเครื่องหมายจราจรประเภทอื่นที่สำคัญเช่น Cross Hatching Marking, Chevron Hatching Marking และการตีเส้นลูกศรชี้ทางสำหรับถนน 2 ช่องจราจรนั้น จะใช้มากเฉพาะลูกศรชี้ทาง โดยจะใช้บริเวณที่มีการขยายช่องจราจร (Taper)

ตาราง ญ.1 รายละเอียดสีตีเส้นแบ่งทิศทางจราจรและเส้นขอบทาง

ลักษณะการตีเส้นบนผิวจราจร	ชื่อเรียก	ตำแหน่งผิวจราจร	ความหมายในการจราจร
	Single Broken Line	แบ่งทิศทางจราจรนอกเมือง	Sight Distance พอเพียง สามารถทำการแซงได้เมื่อปลอดภัย
	Single Broken Line	แบ่งทิศทางจราจรในเมือง	Sight Distance พอเพียง สามารถทำการแซงได้เมื่อปลอดภัย
	Single Solid Line	แบ่งทิศทางจราจร	ห้ามแซงเพราะ Sight Distance ไม่พอ กรณีที่ ADT น้อยกว่า 500 คัน / วัน
	Double Solid Line	แบ่งทิศทางจราจร	ห้ามแซงเพราะ Sight Distance ไม่พอ กรณีที่ ADT มากกว่า 500 คัน / วัน
	Broken Line & Solid Line	แบ่งทิศทางจราจร ตำแหน่ง เข้า - ออก สะพาน	ด้าน Broken Line ทำการแซงได้ ด้าน Siolid Line ห้ามแซงโดยเด็ดขาด
	Edge Line	แบ่งผิวจราจรระหว่างช่องทางวิ่งกับไหล่ทาง	

ที่มา : ทางหลวง, กรม. 2537. STANDARD DRAWING. หน้า 48.

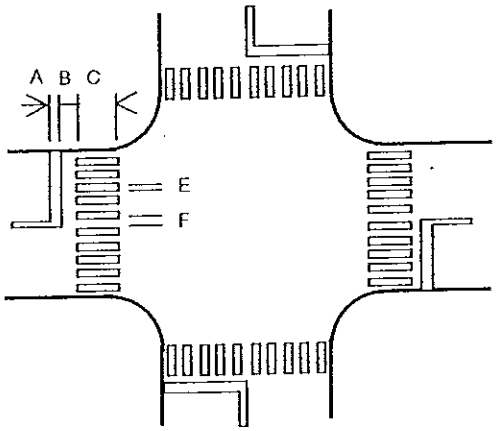
ตาราง ญ.2 แสดงความกว้างของสีตีเส้นแบ่งทิศทางจราจรของถนน 2 ช่องจราจร

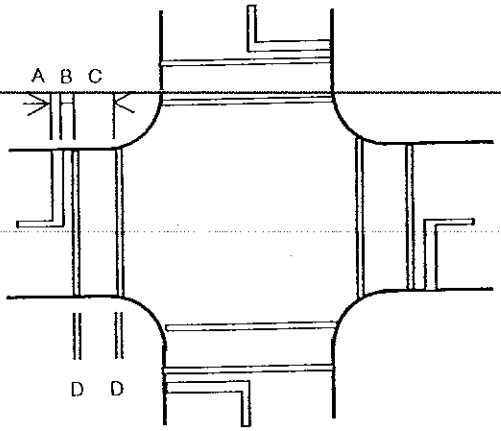
(Number are in Centimeter)

ADT	Width of Traveled Way (Meter)					
(Vehicle / Day)	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	More Than 7.00
Less Than 500	7	7	10	10	10	10
More Than 500	10	10	10	10	10	10
More Than 4000	10	10	15	15	15	15
More Than 8000	10	10	15	15	15	20

ที่มา : ทางหลวง, กรม. 2537. STANDARD DRAWING. หน้า 48

ภาพประกอบ ญ.1 การตีเส้นจราจรตามแนวขวาง





A = 0.30 - 0.60 m.

B = 1.0 m.

C = 2.00 - 4.00 m.

D = 0.5 A

E = 0.6 m.

F = 0.8 m.

ที่มา : ทางหลวง, กรม. 2537. STANDARD DRAWING. หน้า 48

เพื่อเป็นช่องทางลดความเร็วเพื่อเลี้ยว (Deceleration Lane) และเส้นลูกศรชี้ทางที่บริเวณทางแยก เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถเข้าช่องจราจรถูก ซึ่งรูปร่างและสัดส่วนเป็นไปตามภาพประกอบ ญ.2

วัสดุที่ใช้ทำเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางส่วนใหญ่จะใช้สีดังต่อไปนี้

1.2.1 สีทาหรือสีพ่น เป็นสีที่มีราคาถูก แต่ระยะเวลาการใช้งานไม่นาน ต้องทำการซ่อมหรือบำรุงรักษาบ่อยครั้ง

1.2.2 สีเทอร์โมพลาสติก เป็นสีที่ทนทานในการใช้งาน แต่มีราคาแพงมาก ซึ่งถนนของกรมทางหลวงส่วนใหญ่จะใช้สีประเภทนี้ เพราะค่าบำรุงรักษาต่ำและประหยัดเวลาในการซ่อมแซม

1.2.3 ปุ่มติดบนผิวจราจร (Road Stud) จะมีเฉพาะของกรมทางหลวง เป็นปุ่มสะท้อนแสงที่ฝังอย่างถาวร โดยใช้เดือย (Anchor Bolt) และยึดแน่นด้วย Epoxy Resin มีประโยชน์มากในเวลากลางคืน มาตรฐานการติดตั้งให้ห่างกัน 24 เมตร ในช่วงถนนที่เส้นแบ่งทิศทางจราจรเป็น Dot และห่างกัน 12 เมตร ในกรณีที่เส้นแบ่งทิศทางจราจรเป็นเส้นคู่ทุกประเภท

2. ป้ายจราจร

ป้ายจราจรบนทางหลวงมีอยู่ 3 ประเภทคือ

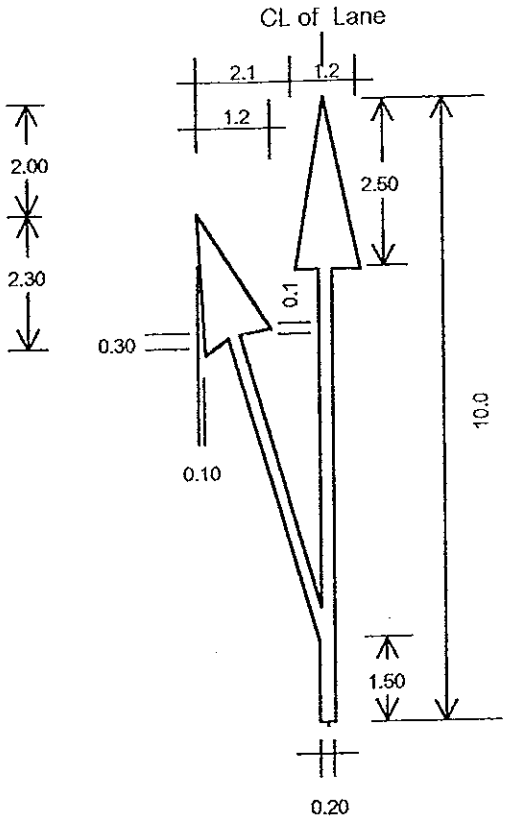
- ป้ายบังคับ (Regulatory Sign)
- ป้ายเตือน (Warning Sign)
- ป้ายแนะนำ (Guide Sign)

2.1 ป้ายบังคับ (Regulatory Signs)

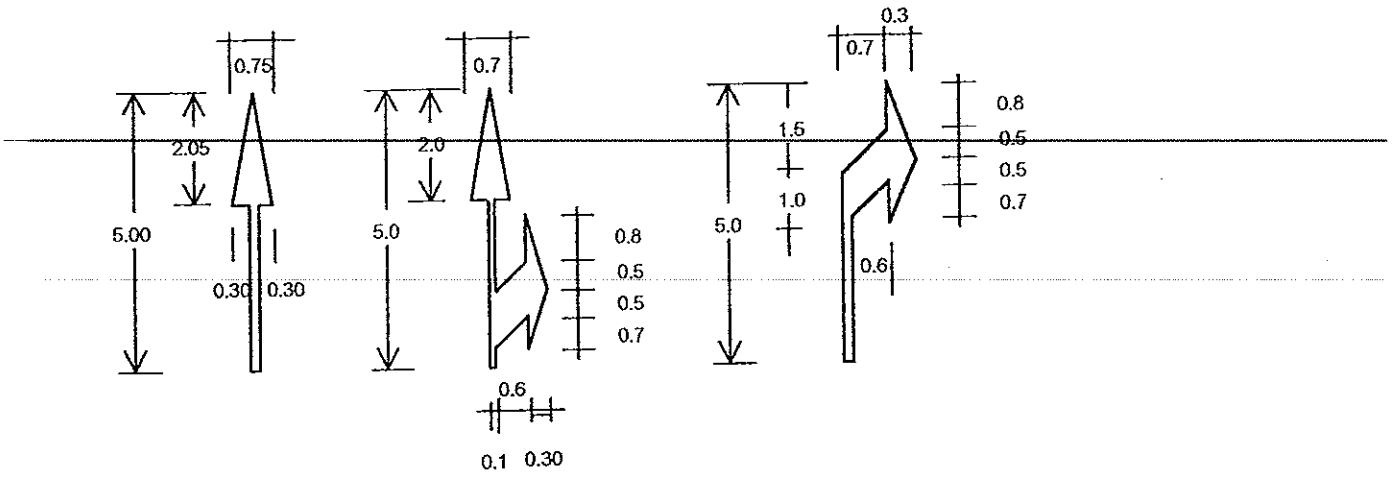
ป้ายบังคับ เป็นป้ายที่ติดตั้งบนทางหลวงด้วยจุดประสงค์ที่ต้องการให้ผู้ใช้ถนนปฏิบัติตามโดยเคร่งครัด หากไม่ปฏิบัติตามจะมีความผิดตามกฎหมาย

ป้ายบังคับมีลักษณะโดยทั่วไปจะมีพื้นป้ายสีขาว ขอบป้ายสีแดง และสัญลักษณ์ภายในป้ายเป็นรูปสีดำ ป้ายบังคับจำแนกตามรูปร่าง ความหมาย พร้อมรายละเอียดการติดตั้งตามตาราง 3

ภาพประกอบ ญ.2 การตีเส้นลูกศรชี้ทิศทางบนผิวจราจร



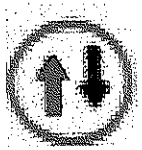
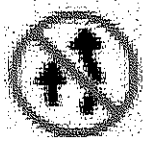
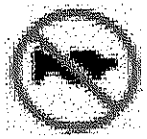
ก. แสดงลูกศรชี้ทางที่จุดเริ่มต้นเข้าช่องลดความเร็ว



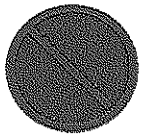
ข. ลูกศรชี้ทางบนผิวจราจร

ที่มา : ทางหลวง, กรม. 2537. STANDARD DRAWING. หน้า 48

ตาราง ญ.3 แสดงป้ายบังคับที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป

ภาพป้าย	ชื่อป้าย	ขนาด (ซม.)	ตำแหน่งติดตั้ง	ความหมาย
	หยุด	75 x 75 90 x 90	บริเวณทางเชื่อม, ตำแหน่งรอเลี้ยว	ให้หยุดรอ
	ให้ทาง	90	จุดรอเลี้ยวเพื่อร่วมทาง	หยุดรอเพื่อให้ทางกับรถคันที่วิ่งบนทางเส้นหลักผ่านไปก่อน
	รถวิ่งสวนทางมาก่อน	60 75 90	จุดทางแคบ, จุดที่กำลังก่อสร้าง	หยุดรอเพื่อให้รถที่วิ่งสวนมาใช้เส้นทางผ่านไปก่อน
	ห้ามแซง	60 75 90	บริเวณจุดเริ่มต้นเขตห้ามแซง	ห้ามแซงโดยเด็ดขาด Passing Sight Distance ไม่พอ
	ห้ามใช้เสียง	60	บริเวณใกล้โรงพยาบาล	ห้ามใช้แตรโดยเด็ดขาดเพราะทำให้เกิดเสียงรบกวนผู้ป่วย

ตาราง ญ.3 แสดงป้ายบังคับ (ต่อ)

ภาพป้าย	ชื่อป้าย	ขนาด	ตำแหน่งติดตั้ง	ความหมาย
	ห้ามจอด	60 75	ช่วงที่ถนนผ่านชุมชน	ห้ามจอดโดยเด็ดขาด เพราะทำให้กีดขวางการจราจร
	หยุดตรวจ	60 75	บริเวณด่านตรวจ	ให้หยุดเพื่อทำการตรวจค้น
	จำกัดความเร็ว	60 75 90	เขตชุมชน	เขตชุมชนให้ใช้ความเร็วตามที่กำหนดตัวเลขในป้าย
	จำกัดน้ำหนัก	60 75 90	บริเวณก่อสร้างสะพานชั่วคราว ถนนชำรุด	ให้ใช้รถที่บรรทุกน้ำหนักไม่เกินกำหนดในป้าย
	ให้เดินรถทางเดียว	60 75	ช่วงที่ถนนผ่านย่านชุมชน	ห้ามเลี้ยวซ้ายหรือขวาเพราะจะทำให้การจราจร ติดขัด หรือเกิดอุบัติเหตุได้

ปรับปรุงจาก : คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจร. กรมทางหลวง. 2531

2.2 ป้ายเตือน (Warning Signs)

ป้ายเตือน มีเพื่อต้องการเตือนให้ผู้ขับขี่ได้ทราบล่วงหน้าว่า สภาพเส้นทางข้างหน้าเป็นอย่างไร ผู้ขับขี่จะได้เตรียมตัวเพื่อรับสถานการณ์หรือปรับตัวในการขับขี่ เพื่อให้การใช้ถนนในช่วงนั้นปลอดภัยยิ่งขึ้น ป้ายเตือนส่วนใหญ่จะมีพื้นป้ายสีเหลือง ขอบป้ายสีดำ และสัญลักษณ์ภายในป้ายเป็นสีดำ ป้ายเตือนที่ใช้กับถนน 2 ช่องจราจร ส่วนมากสรุปได้ตามตาราง ญ.4

2.3 ป้ายแนะนำ (Guide Signs - Conventional Highways)

ป้ายแนะนำ โดยทั่วไปมีเพื่อช่วยแนะนำให้ผู้ใช้ถนนไปสู่จุดหมายปลายทางได้ถูกต้อง และมีเพื่อทราบตำแหน่งสำคัญในสายทาง ป้ายแนะนำมี 4 แบบคือ

2.3.1 พื้นป้ายสีขาว เครื่องหมายและสัญลักษณ์ภายในเป็นสีดำ

2.3.2 พื้นป้ายสีน้ำเงิน เส้นขอบป้าย เครื่องหมายและตัวเลขภายในใช้สีขาว

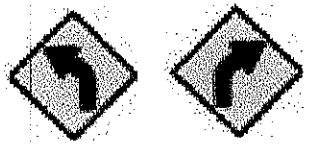
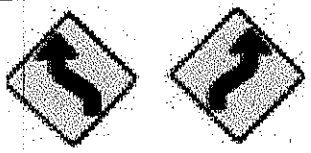
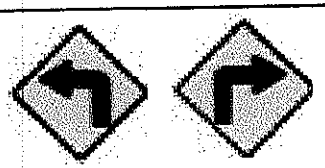
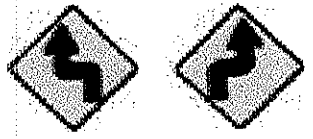
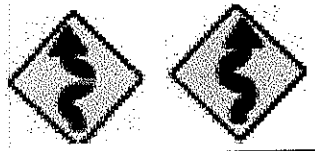
2.3.3 พื้นป้ายสีน้ำเงิน ภาพสัญลักษณ์สีน้ำเงินบรรจุในสี่เหลี่ยมจตุรัสสีขาว

2.3.4 พื้นป้ายสีขาว สัญลักษณ์สีขาวบรรจุในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสีน้ำตาล

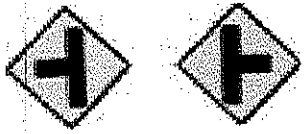
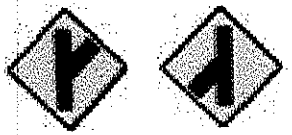
ป้ายแนะนำมีตามตัวอย่างตามตาราง ญ.5 ซึ่งได้จัดไว้เฉพาะป้ายที่จำเป็นในทางหลวง 2 ช่องจราจร ที่ไม่แบ่งแยกทิศทางจราจร และถ้าต้องการรายละเอียดที่มากกว่านี้สามารถค้นคว้ารายละเอียดได้จากคู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจรภาค 1 ปี 2531 กรมทางหลวง และเนื่องจากป้ายแนะนำส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญบริเวณทางแยก (Intersection) จึงได้แสดงรูปแบบมาตรฐานการติดตั้งป้ายแนะนำที่บริเวณทางแยกของถนน 2 ช่องจราจร ทั้งที่เป็นสี่แยกและสามแยกตามภาพประกอบ ญ.3 และ ญ.4

อนึ่ง การติดตั้งป้ายจราจรจะต้องมีเสาคอนกรีตเหล็กเป็นตัวยึด รายละเอียดตำแหน่งของป้ายชนิดต่าง ๆ ที่ติดตั้งบนเสามีรายละเอียดตามภาพประกอบ ญ.5

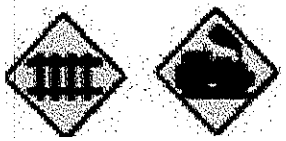
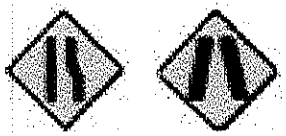
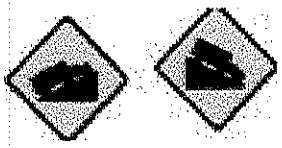
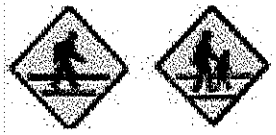
ตาราง ญ.4 แสดงป้ายเตือนที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป

ภาพป้าย	ชื่อป้าย	ขนาด (ซม.)	ตำแหน่งติดตั้ง	ความหมาย
	ป้ายโค้งซ้าย - ขวา	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงโค้งประมาณ 200 - 250 เมตร	ข้างหน้าจะมีโค้งซ้ายหรือขวาให้ระมัดระวัง
	ป้ายทางโค้งกลับ ซ้าย- ขวา ,ขวา - ซ้าย	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงโค้งประมาณ 200 - 250 เมตร	ข้างหน้าจะมีโค้งกลับทิศทางให้ระมัดระวัง
	ป้ายทางโค้ง รัศมีโค้งแคบ	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงโค้งประมาณ 200 - 250 เมตร	ข้างหน้ามีโค้งโค้งรัศมีแคบให้ระวังและลดความเร็ว
	ป้ายทางโค้งกลับ รัศมีโค้งแคบ	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงโค้งประมาณ 200 - 250 เมตร	ข้างหน้าจะมีโค้งกลับทิศทางที่รัศมีแคบให้ระมัดระวัง
	ป้ายทางคดเคี้ยว กลับทาง ซ้าย - ขวา ขวา - ซ้าย	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงโค้งประมาณ 200 - 250 เมตร	ข้างหน้าจะมีโค้งสลับทิศทางหลายโค้งติดต่อกัน ให้ระมัดระวัง

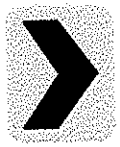
ตาราง ญ.4 แสดงป้ายเตือนที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป (ต่อ)

	สี่แยก	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงจุดเลี้ยวโค้งของทางแยก ไม่น้อยกว่า 200 เมตร	มีสี่แยกข้างหน้าให้ระวัง
	สามแยก	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงจุดเลี้ยวโค้งของทางแยก ไม่น้อยกว่า 200 เมตร	มีสามแยกข้างหน้า ให้ระวัง
	ทางแยก	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงจุดเลี้ยวโค้งของทางแยก ไม่น้อยกว่า 200 เมตร	มีทางแยกลักษณะทางเชื่อมข้างหน้า ให้ระมัดระวัง
	ทางแยกเยื้องกัน	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ก่อนถึงจุดเลี้ยวโค้งของทางแยกแรก ไม่น้อยกว่า 200 เมตร	มีทางแยกลักษณะเยื้องกันข้างหน้า ให้ระมัดระวัง
	หยุดข้างหน้า	75 x 75 90 x 90 120 x 120	ตำแหน่งที่เหมาะสมที่เตือนก่อนจะ เห็นป้ายหยุด	มีตำแหน่งที่ต้องหยุดรอข้างหน้า แต่มองไม่เห็น ป้ายหยุดข้างหน้า
	สัญญาณไฟข้างหน้า	60 x 60 75 x 75 90 x 90	200 เมตร ก่อนถึงทางแยก	ข้างหน้ามีสัญญาณไฟ ให้เตรียมตัวหยุด

ตาราง ญ.4 แสดงป้ายเตือนที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป (ต่อ)

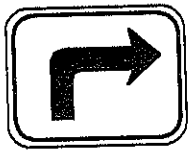
	ทางรถไฟ	60 x 60 75 x 75 90 x 90	300 เมตร ก่อนถึงทางรถไฟ	ภาพแรกมีแผงกั้นทางก่อนข้าม ภาพหลังไม่มีแผงกั้นให้ระวัง
	ทางแคบข้างหน้า	90 x 90 120 x 120	ก่อนถึงทางแคบไม่น้อยกว่า 125 เมตร ไม่เกิน 250 เมตร	ความกว้างของช่องจราจรลดลงข้างหน้า สำหรับป้ายที่ 2 ข้างหน้าทางแคบมากรถสวนกันไม่ได้
	ถนนลื่น	60 x 60 75 x 75	ไม่น้อยกว่า 175 เมตร ก่อนถึงจุดถนนลื่น ไม่มากกว่า 200 เมตร	เตือนให้ผู้ขับขี่ทราบว่าข้างหน้าถนนจะลื่นเมื่อสภาพถนนเปียก
	ทางลาดชัน	60 x 60 75 x 75 90 x 90	ไม่น้อยกว่า 200 เมตร และไม่มากกว่า 250 เมตร ก่อนถึงทางลาดชัน	ข้างหน้ามีสภาพทางลาดชันเกิน 10 % ระยะทางมากกว่า 1.00 กม.
	คนข้ามทาง	60 x 60 75 x 75	ไม่น้อยกว่า 125 เมตร แต่ไม่มากกว่า 250 เมตร ก่อนถึงชุมชนหรือโรงเรียน	มีชุมชนอยู่ข้างหน้ามีคนข้ามถนนมาก และ มีโรงเรียนข้างหน้า ให้ระวังเด็กนักเรียนข้ามทาง
	สัตว์ข้ามทาง	60 x 60 75 x 75	ไม่น้อยกว่า 125 เมตร แต่ไม่มากกว่า 250 เมตร ก่อนถึงบริเวณทุ่งเลี้ยงสัตว์	ข้างหน้าเป็นทุ่งเลี้ยงสัตว์ หรือเป็นบริเวณที่สัตว์ข้ามทางบ่อย ๆ ให้ระวัง

ตาราง ญ.4 แสดงป้ายเตือนที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป (ต่อ)

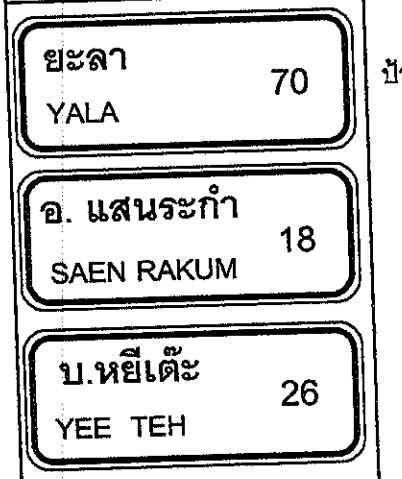
	ใช้เกียร์ต่ำ	60 x 120	ติดตั้งใต้ป้ายเตือนทางลงลาดชัน	ทางลงข้างหน้าลาดชันอันตรายมากให้ลงเนินด้วยเกียร์ต่ำ
	เตือนความเร็ว	45 x 45 120 x 60 240 x 60	ติดตั้งร่วมกับป้ายอื่นเช่นป้ายเตือนทางโค้งประเภทต่าง ๆ	ใช้ความเร็วตามที่แนะนำจะปลอดภัยที่สุด
	ป้ายเตือนเขตชุมชน	120 x 75 180 x 150	ติดตั้งก่อนถึงป้ายจำกัดความเร็วไม่น้อยกว่า125 เมตร และไม่เกิน 250 เมตร ก่อนถึงชุมชน	เตือนผู้ขับขี่ว่ามีชุมชนข้างหน้า ให้ลดความเร็ว
	ป้ายเตือนแนวทาง	60 x 75	ภายในโค้งที่มีรัศมีความโค้งแคบ * ดูรายละเอียดการติดตั้งในภาคผนวก ก 11	การเปลี่ยนแปลงของโค้งราบค่อนข้างทันทีทันใดและอันตราย
	ป้ายเตือนห้ามแซง	100 x 75	ติดตั้งตรงกันข้ามกับป้ายบังคับห้ามแซง	เตือนห้ามแซง

ปรับปรุงจาก : คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจร. กรมทางหลวง. 2531. หน้า 41 -72

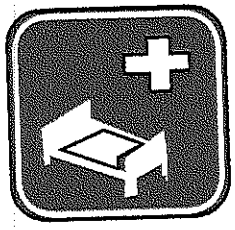
ตาราง ญ.5 แสดงป้ายแนะนำที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป

ภาพป้าย	ชื่อป้าย	ขนาด	ตำแหน่งติดตั้ง	ความหมาย
	หมายเลขทางหลวง	60 x 60 75 x 75 90 x 90	จุดเริ่มต้นทางหลวงแผ่นดิน ไม่เกิน 150 เมตร จากจุดเริ่มต้น เลยทางแยกที่ตัดกับทางแยกระดับ เดียวกันไม่เกิน 150 เมตร	แสดงหมายเลขทางหลวงประจำสายทาง
	ป้ายชุด ข้อความ " เดิม" " เข้าเมือง " " เลี่ยงเมือง "	40 x 30 60 x 30 50 x 35 75 x 35 90 x 45	ติดเหนือป้ายหมายเลขทางหลวงใน กรณีที่เป็นทางหลวงหมายเลขเดียวกัน	แสดงหมายเลขทางหลวงเดียวกันที่มีลักษณะตาม ข้อความ
	ทางหลวงเปลี่ยนทิศทาง	50 x 40 65 x 50 75 x 60	ติดตั้งใต้ป้ายหมายเลขทางหลวงที่ เปลี่ยนทิศทาง อยู่ระหว่างป้ายเตือนทางแยกกับ ป้ายบอกจุดหมายปลายทาง	มีการเปลี่ยนทิศทางของทางหลวงหมายเลขเดียว กันนี้ไปทางซ้ายหรือทางขวา

ตาราง ญ.5 แสดงป้ายแนะนำที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป (ต่อ)

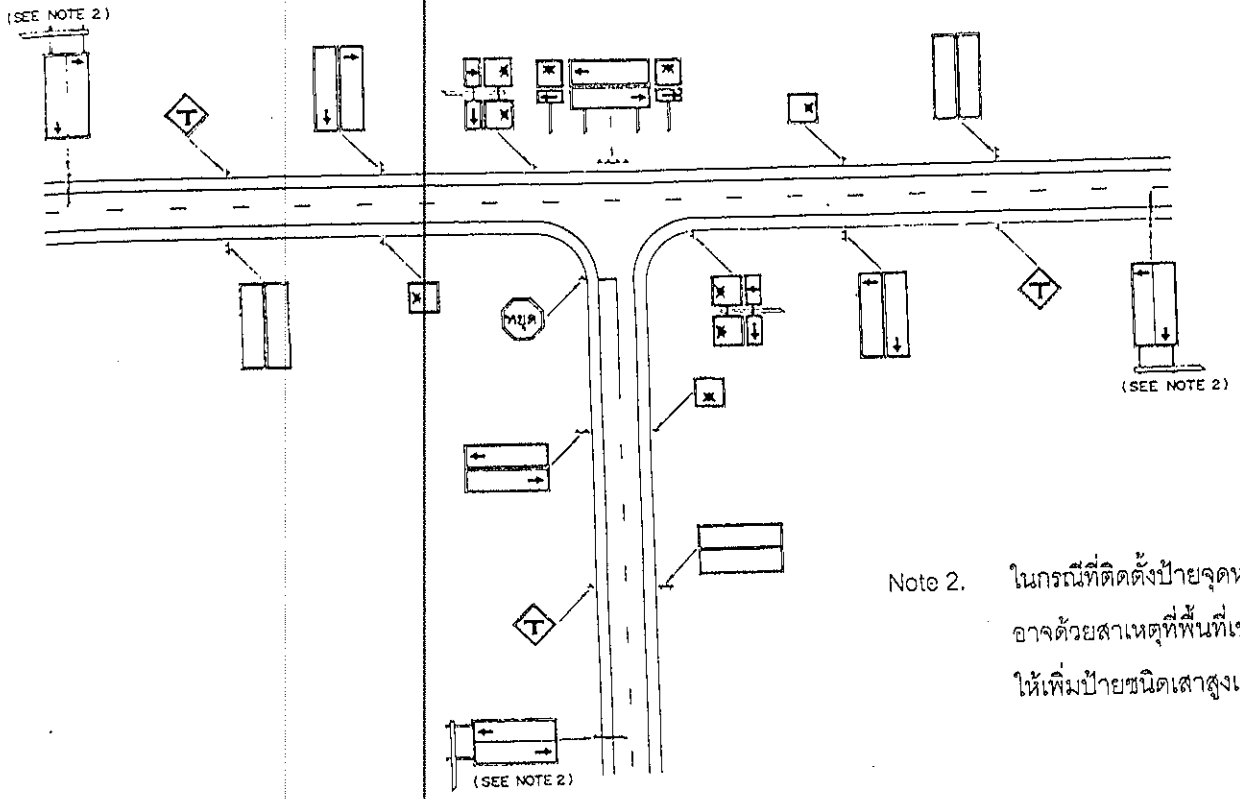
	ป้ายชุดบอกจุดหมายปลายทาง	210 x 60 240 x 75 (ภาษาไทยอย่างเดียว) 210 x 75 240 x 90 (ภาษาไทยและอังกฤษ)	ติดตั้งก่อนถึงทางแยกระยะห่างจากทางแยก 100 - 150 เมตร	บอกทิศทางของสถานที่จุดหมายปลายทางหรือตำแหน่งที่ต้องการผ่าน
	ป้ายชุดบอกระยะทาง	180 x 60 180 x 75 (ภาษาไทยอย่างเดียว) 210 x 75 240 x 90 (ภาษาไทยและอังกฤษ)	- จุดเริ่มต้นทางหลวง - จุดที่เลยทางแยกระยะ 100 - 150 เมตร	ต้องการบอกระยะทางจากตำแหน่งปัจจุบันถึงสถานที่ที่แสดงในป้าย

ตาราง ญ.5 แสดงป้ายแนะนำที่สำคัญบนถนน 2 ช่องจราจรทั่วไป (ต่อ)

แม่น้ำตาปี	ป้ายบอกสถานที่ (แม่น้ำลำคลอง)	90 x 30 150 x 45	ทั้ง 2 ฝั่งของแม่น้ำ, คลอง และห้วย หรือขอบราวสะพาน	บอกชื่อแม่น้ำ, คลอง และห้วย ที่สำคัญๆ
เขตจังหวัด ยะลา	ป้ายบอกสถานที่ (เขตพื้นที่ปกครอง) - จังหวัด , อำเภอ เทศบาล, สุขาภิบาล	180 x 65	ตำแหน่งเขตแดนรอยต่อจังหวัด, อำเภอ จุดเริ่มต้นเข้าเขตเทศบาล, สุขาภิบาล	เพื่อให้ผู้ใช้ถนนทราบตำแหน่งเขตแดน
บ.โคกนาดำ BAN KOKNADAM ต.โคกกอก อ.เมือง จ.พัทลุง	ป้ายบอกสถานที่ (ชื่อหมู่บ้าน)	180 x 65 (ภาษาไทยอย่างเดียว) 180 x 80 (มีภาษาอังกฤษ)	เมื่อเข้าเขตหมู่บ้านที่สำคัญๆ	ให้ผู้ใช้ถนนทราบตำแหน่งหมู่บ้าน
	ป้ายแสดงโรงพยาบาล	60 x 60	ก่อนถึงโรงพยาบาล หรือทางแยกเข้าโรงพยาบาล	เพื่อให้ผู้ใช้ถนนทราบว่ามีโรงพยาบาลอยู่ใกล้

ปรับปรุงจาก : คู่มือเครื่องหมายควบคุมการจราจร. กรมทางหลวง. 2531. หน้า 73-118.

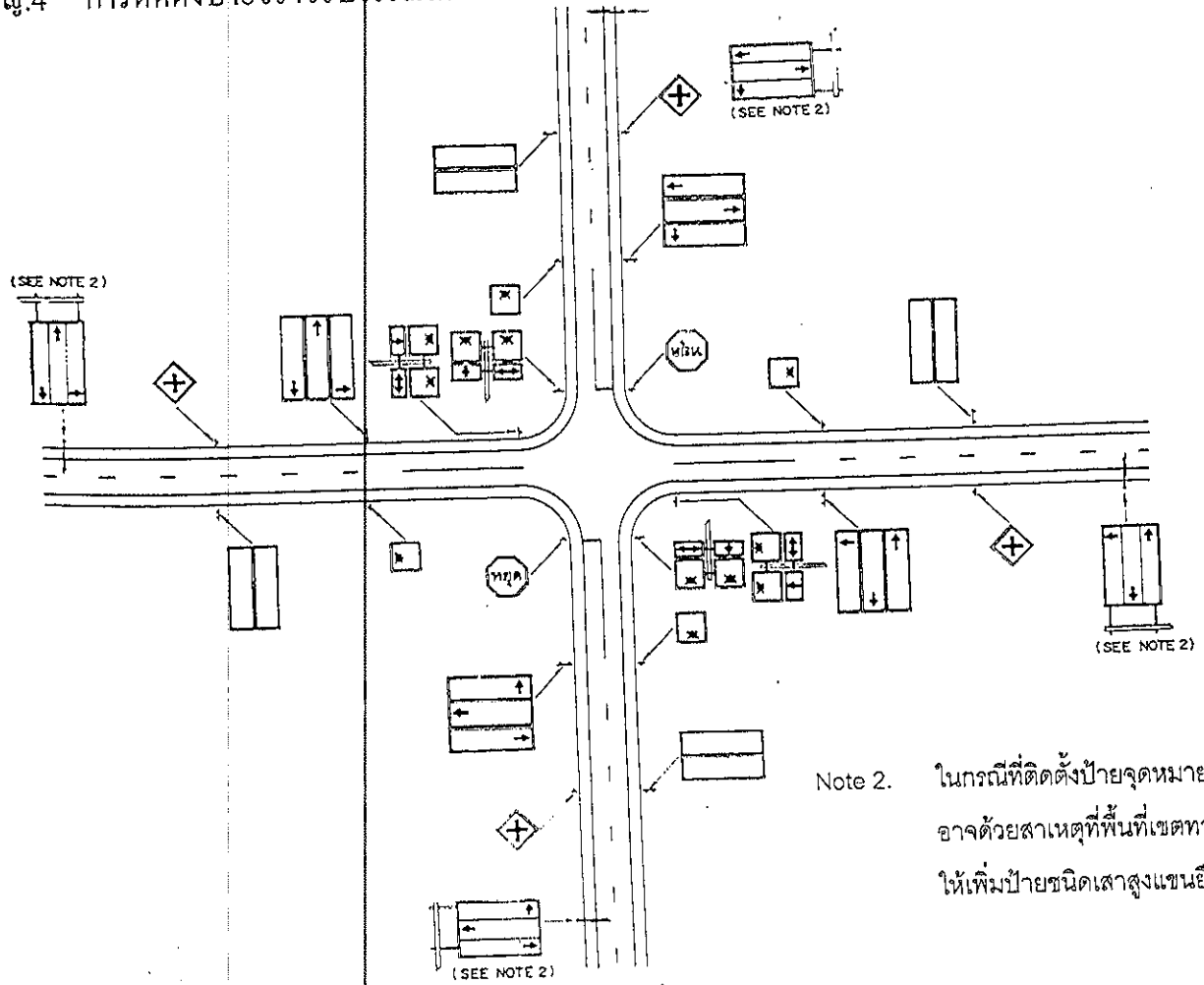
ภาพประกอบ ญ.3 การติดตั้งป้ายจราจรบริเวณสามแยกของถนน 2 ช่องจราจร



Note 2. ในกรณีที่ติดตั้งป้ายจุดหมายปลายทางในพื้นที่ที่คับแคบ อาจด้วยสาเหตุที่พื้นที่เขตทางแคบ หรือมีสิ่งบดบังสายตา ให้เพิ่มป้ายชนิดเสาสูงแขนยื่นแทนการติดตั้งป้ายธรรมดา

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. 2537. หน้า 52.

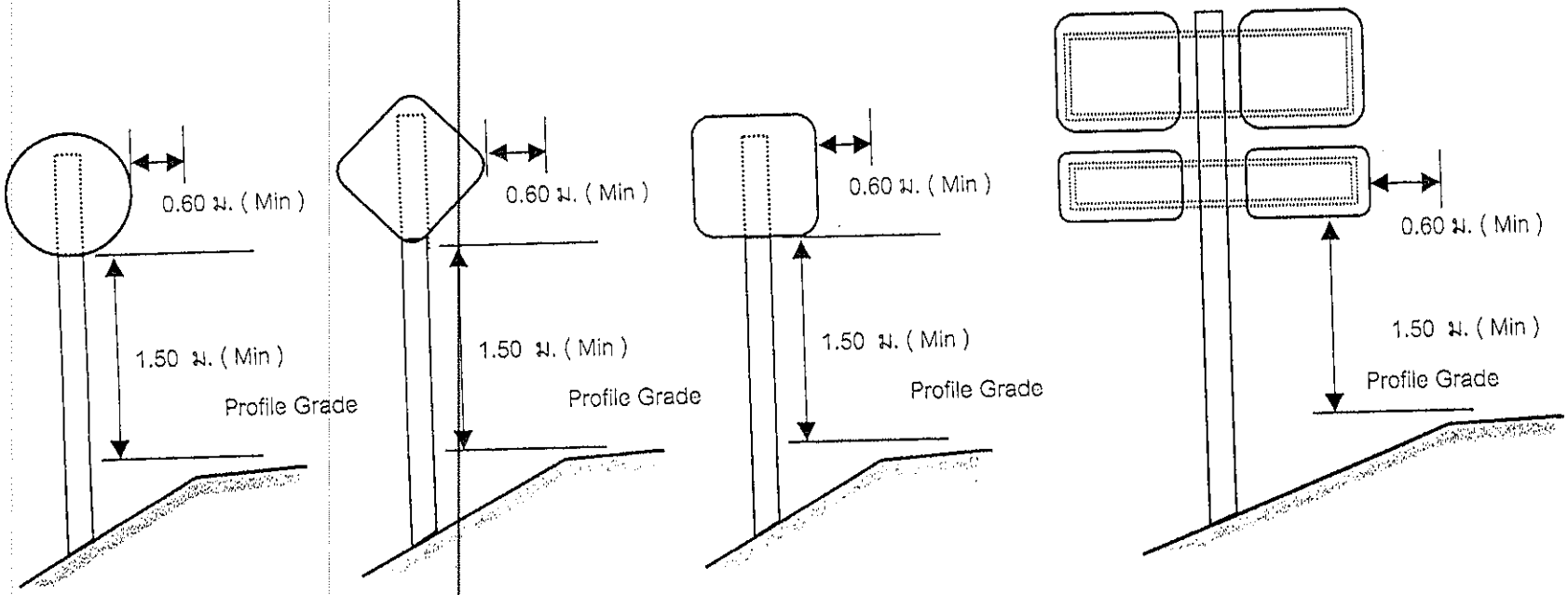
ภาพประกอบ ญ.4 การติดตั้งป้ายจราจรบริเวณสี่แยกของถนน 2 ช่องจราจร



Note 2. ในกรณีที่ติดตั้งป้ายจุดหมายปลายทางในพื้นที่ที่คับแคบ อาจด้วยสาเหตุที่พื้นที่เขตทางแคบ หรือมีสิ่งบดบังสายตา ให้เพิ่มป้ายชนิดเสาสูงแขนยื่นแทนการติดตั้งป้ายธรรมดา

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING.. 2537. หน้า 52.

ภาพประกอบ ญ.5 ตำแหน่งติดตั้งป้ายประเภทต่างๆ



ป้ายบังคับ ป้ายเตือน ป้ายแนะนำ ป้ายชุดแนะนำสายทาง

หมายเหตุ : สำหรับการติดตั้งป้ายแนะนำทิศทาง, แนะนำการบอกระยะทางและป้ายอื่นๆ ให้ถือมาตรฐานเดียวกันคือ ส่วนต่ำสุดของป้ายชุดนั้นให้สูงกว่า Profile Grade อย่างน้อยที่สุด 1.50 เมตร และขอบป้ายห่างจากจุดสิ้นสุดไหล่ทางไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. 2537. หน้า 18.

3. หลักนำทาง (Guide Post)

หลักนำทาง (Guide Post) เป็นเครื่องหมายชี้ทางอีกประเภทหนึ่งที่ติดตั้งบริเวณโค้งราบ เพื่อเตือนผู้ขับรถในยามกลางคืน ได้สังเกตเห็นตำแหน่งโค้งราบได้ชัดเจน ตั้งแต่จุดเริ่มต้นก่อนเข้าสู่โค้งราบ บริเวณโค้ง และจุดสิ้นสุดโค้ง

หลักนำทางมีเครื่องหมายสัญลักษณ์ติดอยู่ที่ด้านหน้าขาเข้าเป็นแผ่นสะท้อนแสง (Reflective Sheeting) ขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ส่วนด้านหลังติดแผ่นสะท้อนแสงวงกลมขนาดศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร จำนวน 2 วง และแผ่นสะท้อนแสงทั้งสองด้านให้ติดอยู่ที่ส่วนบนของหลักนำทาง

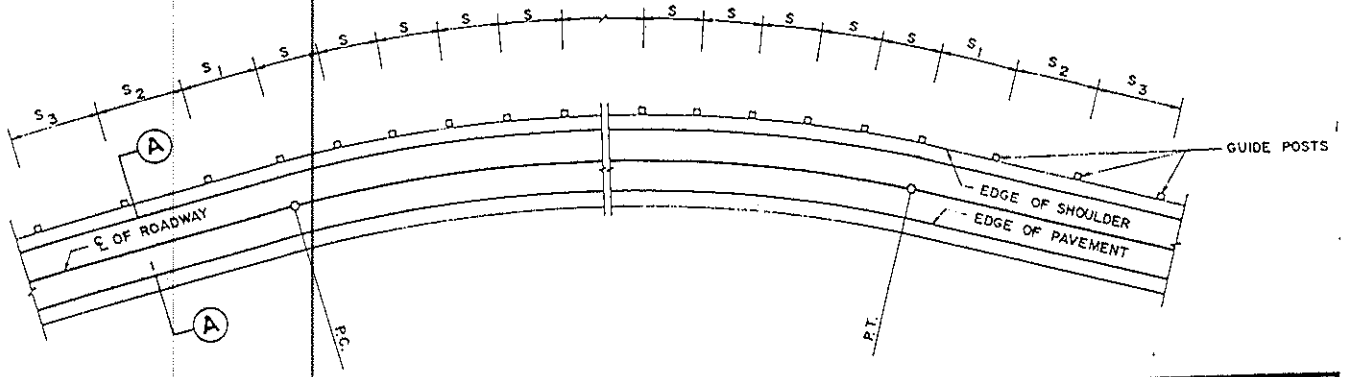
ตำแหน่งที่ต้องติดหลักนำทางบนถนนที่สำคัญมี 3 แห่ง

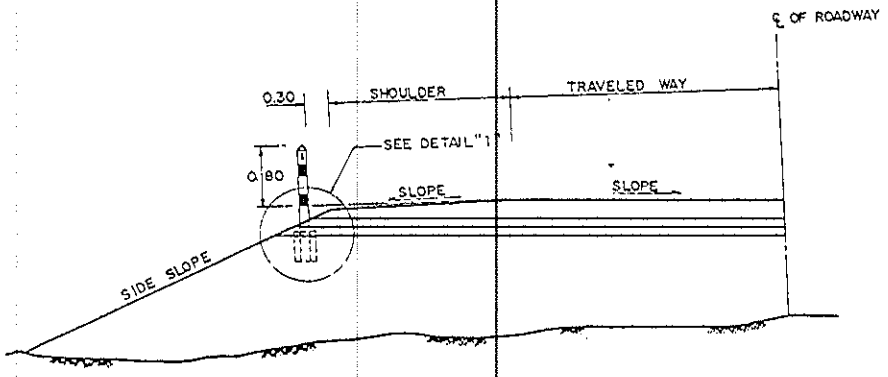
3.1 บริเวณด้านนอกโค้งของโค้งราบห่างจากจุดสิ้นสุดไหล่ทาง 30 เซนติเมตร โดยระยะห่างของหลักนำทางบนด้านนอกโค้งราบให้เป็นไปตามภาพประกอบ ญ.6 (แบบมาตรฐานกรมทางหลวง, 2537 : 37)

3.2 จุดเข้าและออกของสะพาน (บนเส้นทางมาตรฐานชั้น 3, 4 ของกรมทางหลวง) โดยตำแหน่งของหลักนำทางก่อนเข้าและออกจากสะพานให้เป็นไปตามภาพประกอบ ญ.7 (แบบมาตรฐานกรมทางหลวง, 2537 : 37)

3.3 จุดที่มีท่อเหลี่ยมและท่อกลมระบายน้ำ (ไม่ต้องมีแผ่นสะท้อนแสง) โดยตำแหน่งของหลักนำทางที่บอกตำแหน่งท่อระบายน้ำให้อยู่ที่ตรงศูนย์กลางของท่อ (RCP.) กรณีเป็นท่อเดี่ยว แต่ถ้าเป็นท่อคู่และท่อเหลี่ยม (Box Culvert) ให้อยู่ที่มุมทุกมุมของบริเวณตำแหน่งท่อเหล่านั้น (แบบมาตรฐานกรมทางหลวง, 2537 : 37)

ภาพประกอบ ฌ.6 การติดตั้งหลักนำทางในโค้งและรายละเอียดระยะห่าง

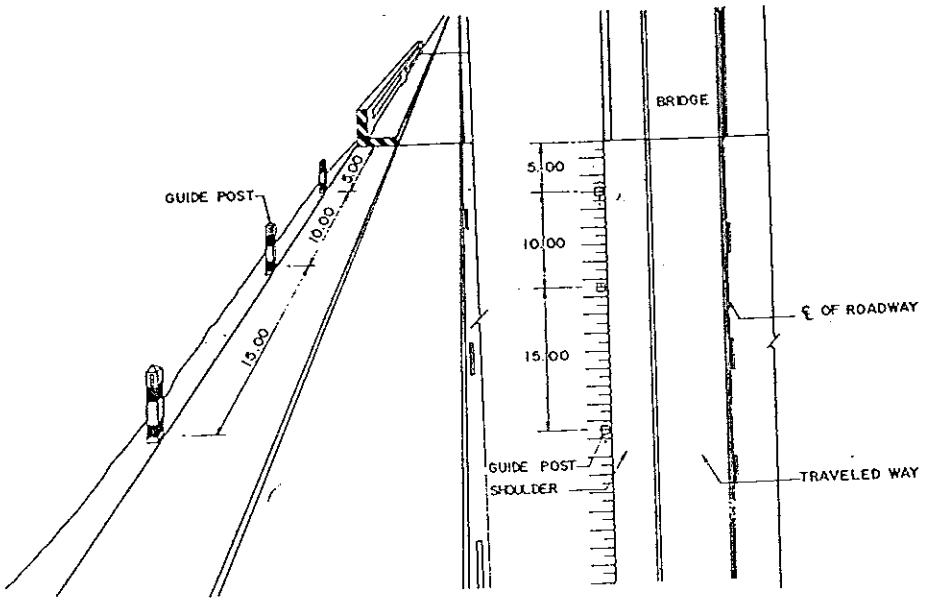




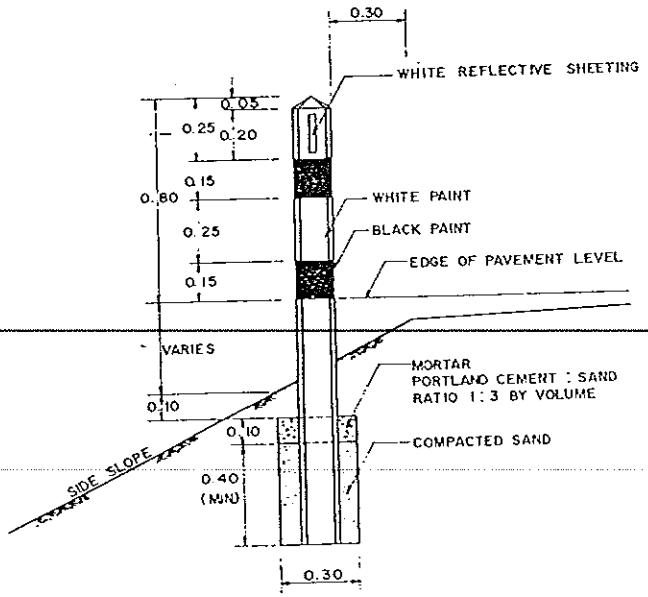
รัศมีความโค้ง (เมตร)	ระยะห่างตามภาพ (เมตร)			
	S	S_1	S_2	S_3
15 - 74	4	7	12	24
75 - 99	6	11	18	36
100 - 149	7	13	21	42
150 - 199	8	14	24	48
200 - 299	9	16	27	54
300 - 499	10	18	30	60
500 - 999	15	27	45	60
1000 - 1500	21	38	60	60

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. 2537. หน้า 37.

ภาพประกอบ ฌ.7 ตำแหน่งติดตั้งหลักนำทางช่วงก่อนถึงสะพาน



GUIDE POST INSTALLATION AT BRIDGE APPROACH



รายละเอียดการทาสีและติดตั้ง Reflective Sheeting

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. 2537. หน้า 37.

4. เหล็กราวกันตก (Guardrail)

เหล็กราวกันตก (Guardrail) มีไว้เพื่อกันยวดยานตกจากถนนเมื่อเสียหลักการทรงตัว การติดตั้งราวกันตกส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ที่ถนนตัดผ่าน ดุลยพินิจของผู้ออกแบบ และนายช่างผู้ควบคุมโครงการ

ตำแหน่งที่ติดตั้งเหล็กราวกันตกในสายทางจะติดตั้งอยู่ 4 แห่ง

4.1 ในโค้งราบที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 150 เมตร และเป็นบริเวณที่ถมสูง

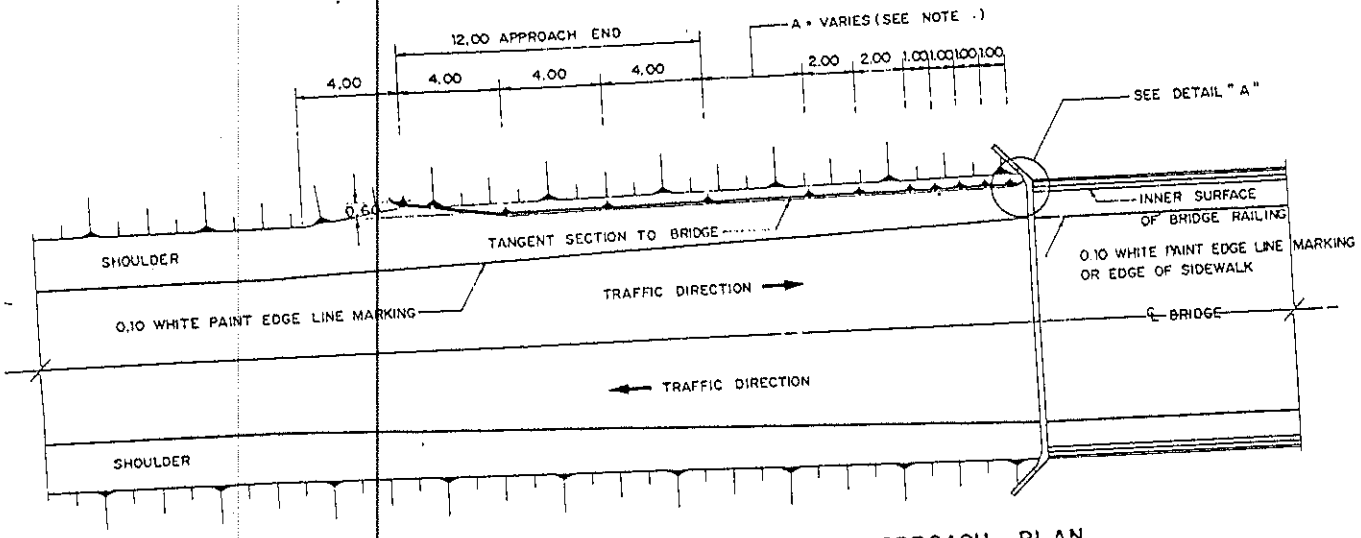
4.2 บริเวณทางตรงที่ถมสูงและมีน้ำลึกเกิน 1.50 เมตร

4.3 บริเวณที่มีสิ่งบดบัง หรือสิ่งกีดขวางข้างทาง

4.4 บริเวณก่อนเข้าสะพานและออกจากสะพานของทางหลวงชั้น D และชั้นที่ 1 หรือชั้นที่ต่ำลงมา ตามที่นายช่างโครงการตัดสินใจ

รายละเอียดการติดตั้งราวกันตกในโค้ง การติดตั้งในตำแหน่งที่มีสิ่งกีดขวาง และการติดตั้งราวกันตกที่บริเวณก่อนเข้าและออกจากสะพานให้เป็นไปตามภาพประกอบ ญ.8 ส่วนคุณภาพเหล็กราวกันโค้งสามารถศึกษารายละเอียดได้ในคู่มือการออกแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง (STANDARD DRAWING) ฉบับปี 2537 หน้า 34

ภาพประกอบ ญ.8 (1) การติดตั้งราวกันตกที่คอสะพานของถนน 2 ช่องจราจร

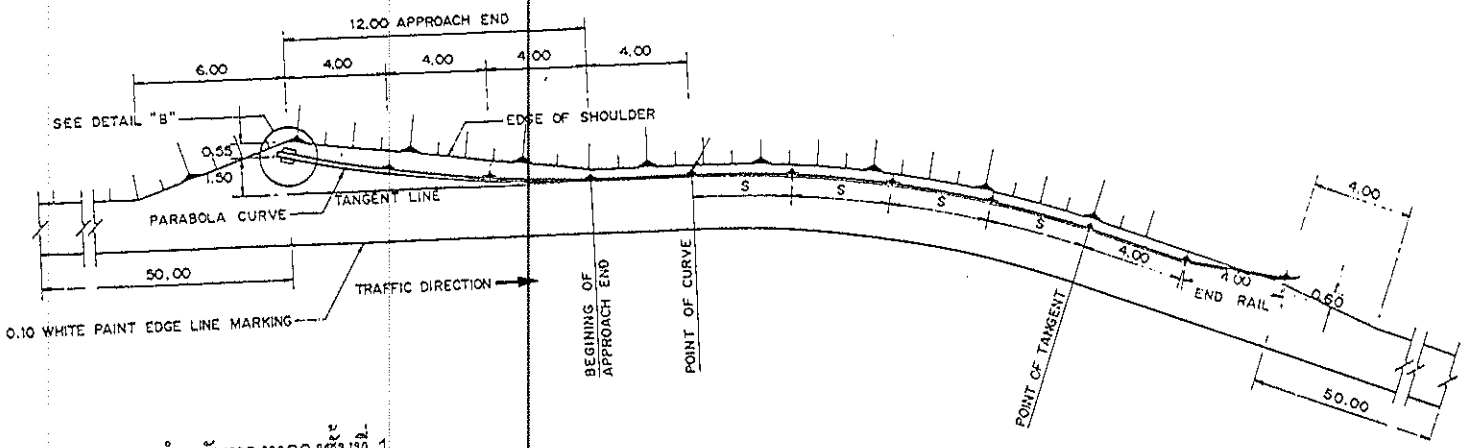


INSTALLATION OF W-BEAM GUARDRAIL AT BRIDGE APPROACH PLAN

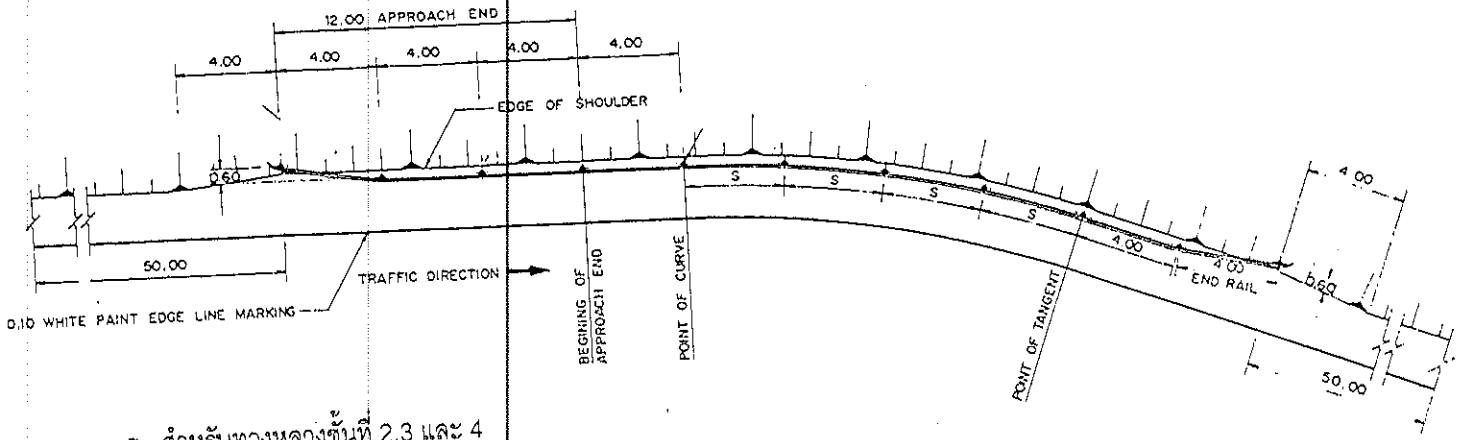
Note : ระยะ " A " ไม่ต้องมีในกรณีที่ความสูงของดินถมไม่เกิน 4.00 เมตร และ Side Slope ไม่น้อยกว่า 1.5 : 1

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. 2537. หน้า 36.

ภาพประกอบ ฌ 8 (2) การติดตั้งราวกันตกที่บริเวณทางโค้ง



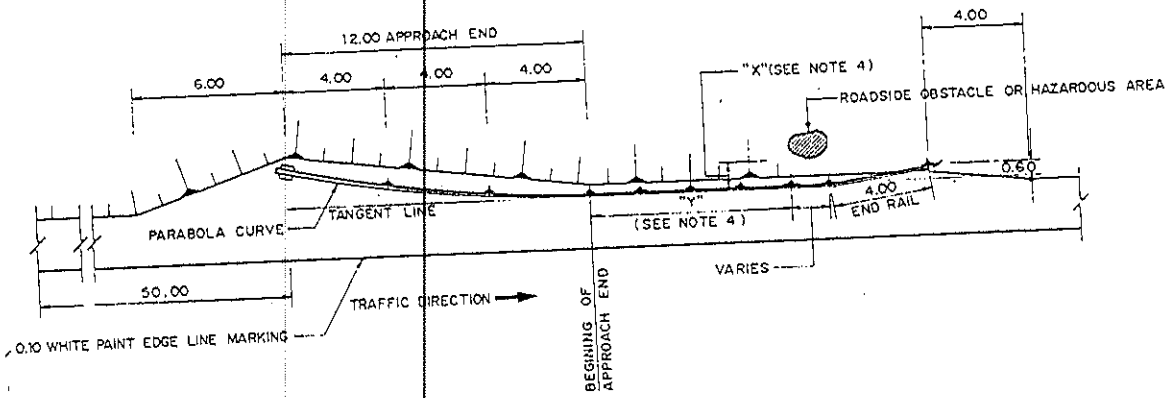
ก. สำหรับทางหลวงชั้นที่ 1



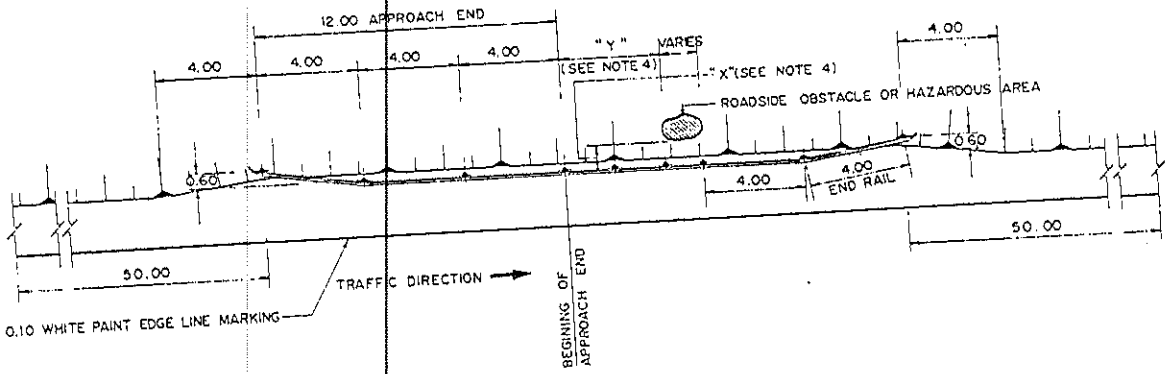
ข. สำหรับทางหลวงชั้นที่ 2,3 และ 4

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. 2537. หน้า 36.

ภาพประกอบ ญ 8 (3) การติดตั้งราวกันตกที่บริเวณมีสิ่งบดบัง



ก. สำหรับทางหลวงชั้นที่ 1



ข. สำหรับทางหลวงชั้นที่ 2,3 และ 4

ที่มา : ทางหลวง, กรม. STANDARD DRAWING. 2537. หน้า 35 - 36.

ภาคผนวก ท

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีเดิม

1. การคำนวณปริมาณสีตีเส้นจราจรบนโค้งดิ่ง

คำนวณจากตัวอย่างโค้งดิ่งที่คำนวณโดยโปรแกรม ที่โค้งดิ่ง กม.30+150.00 ทางหลวงหมายเลข 4009 สายสุราษฎร์ธานี - บ้านส้อง ตอน 2 (ภาพประกอบ 4.2ก) ได้ค่าตัวเลขจากการใช้เทมเพลทที่มี Scale เดียวกันกับแบบก่อสร้าง ตรวจสอบระยะโดยใช้ค่า Sight Distance ตามความเร็วออกแบบ (110 กม./ชม.) ที่ 345 เมตร

ระยะเริ่มต้น - สิ้นสุดด้านขาเข้า กม.29+825.00 - กม.30+162.50

ระยะเริ่มต้น - สิ้นสุดด้านขาออก กม.30+140.00 - กม.30+490.00

ระยะ Overlap กม.30+140.00 - กม.30+162.50

พื้นที่สีเหลืองแบ่งช่องจราจรขาเข้า = (30+140.00 - 29+825.00) x 0.15 +
(30+140.00 - 29+825.00) x 0.15/9x3

พื้นที่สีเหลืองแบ่งช่องจราจรขาออก= (30+490.00 - 30+162.50) x 0.15 +
(30+490.00 - 30+162.50) x 0.15/9x3

พื้นที่สีเหลืองแบ่งช่องจราจรช่วง Overlap = (30+162.50 - 30+140.00) x 0.15/9x3

รวมปริมาณสีเหลือง = 129.625 ตร.ม.

---

2. การคำนวณปริมาณสีตีเส้นจราจรบนโค้งราบ

คำนวณจากตัวอย่างโค้งราบคัดกลับที่คำนวณโดยโปรแกรม ที่โค้งราบ กม.37+490.825 กับ PI Sta.37+636.305 (ในภาพประกอบ 4.2ฉ) บนทางหลวงหมายเลข 4009 สายสุราษฎร์ธานี - บ้านส้อง ตอน 2 ได้ค่าตัวเลขจากการใช้เทมเพลทที่มี Scale เดียวกันกับแบบก่อสร้าง ตรวจสอบระยะโดยใช้ค่า Sight Distance ตามความเร็วจำกัดในโค้งราบ (50 กม./ชม.) ที่ 150.00 เมตร

ระยะเริ่มต้น - สิ้นสุดด้านขาเข้า กม.37+300.00 - กม.37+455.00

ระยะเริ่มต้น - สิ้นสุดด้านขาออก กม.37+590.00 - กม.37+750.00

ระยะ Overlap กม.30+140.00 - กม.30+162.50

ระยะห่างจุดสิ้นสุดขาเข้า - จุดเริ่มต้นขาออก กม.37+455.00 - กม.37+590.00

พื้นที่สีเหลืองแบ่งช่องจราจรขาเข้า = (37+455.00 - 37+300.00) x 0.15 +

(37+455.00 - 37+300.00) x 0.15/9x3

พื้นที่สีเหลืองแบ่งช่องจราจรขาออก= (37+750.00 - 37+590.00) x 0.15 +

(37+750.00 - 37+590.00) x 0.15/9x3

พื้นที่สีเหลืองแบ่งช่องจราจรช่วงสิ้นสุดขาเข้า - เริ่มต้นขาออก

= (37+750.00 - 37+590.00) x 0.15/x2

รวมปริมาณสีเหลือง = 100.75 ตร.ม.

3. การคำนวณหลักโค้งนำทางในโค้งราบ

คำนวณด้วยวิธีเดิมที่โค้งราบ กม.31+672.520 (ภาพประกอบ 4.2ค)

รัศมีโค้ง 159.155 ม.

ระยะห่างหลักโค้งจากจุดเริ่มต้น - จุดสิ้นสุดโค้ง ตามข้อกำหนดที่รัศมีโค้งระหว่าง 150 - 199 ม. = 8.0 ม.

ระยะห่างของระยะขนานกับความยาวโค้งราบ = 3.5+1.5+0.6 ม. ที่ด้านนอกโค้ง

= 6.60 ม.

ความยาวของระยะขนานกับความยาวโค้งราบ = 165.655/159.155*86.574 ม.

= 90.109 ม.

จำนวนช่องแบ่งของหลักโค้งโดยประมาณ = 90.109/8

= 11.02 ช่อง

จำนวนหลักโค้ง = 10 หลัก

หลักโค้งที่ติดตั้งก่อนถึงตำแหน่งเริ่มต้นโค้ง 3 หลัก

หลักโค้งที่ติดตั้งจากตำแหน่งสิ้นสุดโค้ง 3 หลัก

รวมปริมาณหลักโค้งทั้งสิ้น = 16 หลัก

4. การคำนวณราวกันตกในโค้งราบ

คำนวณด้วยวิธีเดิมที่โค้งราบ กม.37+490.8250 (ภาพประกอบ 4.2 ฉ)

รัศมีโค้ง 143.239 ม.

ระยะห่างของระยะขนานกับความยาวโค้งราบ = 3.5+1.5+0.6 ม. ที่ด้านนอกโค้ง

= 6.60 ม.

ความยาวของระยะขนานกับความยาวโค้งราบ = 149.839*214.166/143.239 ม.

= 223 ม.

ความยาวเหล็กราวกันโค้งที่ติดตั้งก่อนถึงตำแหน่งเริ่มต้นโค้ง 16.0 ม.

ความยาวเหล็กราวกันโค้งที่ติดตั้งก่อนถึงตำแหน่งเริ่มต้นโค้ง 8.0 ม.

รวมปริมาณเหล็กราวกันตกในโค้งทั้งสิ้น = 247 ม.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล นายชัยฤกษ์ เมษสุวรรณ

วัน เดือน ปีเกิด 29 กันยายน พ.ศ. 2501

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (โยธา)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	พ.ศ. 2525

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน วิศวกรโยธา 5 กรมทางหลวง