บทที่ 3

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบแนวเส้นทาง

3.1 บทนำ

การออกแบบแนวเส้นทาง ในอดีตที่ผ่านมาต้องใช้ผู้ออกแบบที่เป็นคนและมักจะทำการออกแบบด้วยมือ (Manual Design) ทุกครั้ง ซึ่งวิศวกรผู้ทำการออกแบบค่อนข้างที่จะประสบปัญหายุ่งยากต่างๆนานับประการ อันเนื่องมาจากข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบค่อนข้างที่จะมีจำนวนมาก และในการออกแบบยังจะต้องคำนึงถึงข้อกำหนดและมาตรฐานในการออกแบบเป็นหลัก ซึ่งข้อมูลและมาตรฐานที่ใช้นั้นจะแตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศที่จะต้องตัดเส้นทางผ่าน นอกจากนั้นในการก่อสร้างทางแต่ละสายจะมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง วิศวกรผู้ออกแบบจึงจำเป็นที่จะต้องอาศัยความรู้ ประสบการณ์ และการตัดสินใจ เพื่อให้ได้ผลงานที่ดีและเหมาะสมมากที่สุด อีกทั้งยังต้องคำนึงถึง ความปลอดภัย ความสะดวกสบายของผู้ขับขี่ เป็นหลัก

ผลงานของวิศวกรผู้ออกแบบแต่ละคนจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความละเอียดรอบคอบ และการตัดสินใจของวิศวกรท่านนั้นๆ และเพื่อให้ได้ผลงานที่ดี ตรงตามจุดประสงค์ในการใช้งานที่สุด จึงมักจะมีการแก้ไขปรับปรุงแนวทางที่ได้ทำการออกแบบอยู่เสมอ และเมื่อทำการแก้ไขใหม่ วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องทำการคำนวณ วิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบแนวเส้นทางใหม่ ซึ่งขั้นตอนและวิธีการออกแบบจะเหมือนเดิม และต้องใช้เวลาและแรงงานมาก ทำให้เกิดความซ้ำซากจำเจ และทำให้เกิดความเบื่อหน่ายซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้งานที่ออกมาไม่ดีและไม่เหมาะสม

แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและราคาถูกลงเป็นอย่างมาก จึงทำให้มีผู้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบแนวเส้นทางแทนคน ทำให้ลดปัญหาการใช้แรงงานและเวลาเป็นจำนวนมากลง อีกทั้งยังมีความถูกต้องแม่นยำ ทำให้ได้งานที่ดีและเหมาะสมมากกว่าเดิมเป็นอย่างมาก

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบแนวเส้นทางในปัจจุบันมีหลายโปรแกรม แต่ที่นิยมมากที่สุด คือ โปรแกรม MOSS Modelling System ซึ่งเป็นโปรแกรมช่วยวิเคราะห์ ออกแบบงานที่เกี่ยวกับพื้นผิว (Surface Modelling) เช่น งานสำรวจภูมิประเทศ งานออกแบบด้านเรขาคณิตของถนน ทางรถไฟ เขื่อน อ่างเก็บน้ำ ฯลฯ โปรแกรม MOSS Modelling System เป็นระบบโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์มากโปรแกรมหนึ่ง สามารถวิเคราะห์และออกแบบ และแสดงผลในรูปกราฟฟิกเป็น 3 มิติได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลสภาพภูมิประเทศหรือที่ MOSS เรียกว่า แบบจำลองพื้นผิว (Surface Modellings) จะต้องมีความสมบูรณ์จึงจะสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพการนำโปรแกรม MOSS มาใช้ในงานออกแบบแนวเส้นทางในประเทศไทยอาจไม่คุ้มค่ามากนัก เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีราคาแพง และวิธีการเก็บข้อมูลจากการสำรวจ และลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบแนวเส้นทางในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังไม่สอดคล้อง และเหมาะสมที่จะใช้ในโปรแกรม MOSS มากนัก และถ้าข้อมูลสภาพภูมิประเทศในระบบคอมพิวเตอร์เป็นพื้นที่กว้าง มีความละเอียดและลักษณะของสภาพภูมิประเทศเป็นข้อจำกัดและอุปสรรคในการออกแบบทางมากๆ ระบบโปรแกรม MOSS จะช่วยในการออกแบบได้อย่างมากและมีประสิทธิภาพสูง โดยสามารถวิเคราะห์และออกแบบให้หลีกเลี่ยงข้อจำกัดและอุปสรรคต่างๆได้จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้โปรแกรม MOSS ในการออกแบบเส้นทางในเมือง ที่มีสิ่งก่อสร้างต่างๆมากมาย สำหรับทางนอกเมืองอาจไม่จำเป็นต้องใช้โปรแกรม MOSS เพราะค่อนข้างที่จะเป็นการสิ้นเปลือง

3.2 ขั้นตอนของการออกแบบแนวเส้นทาง

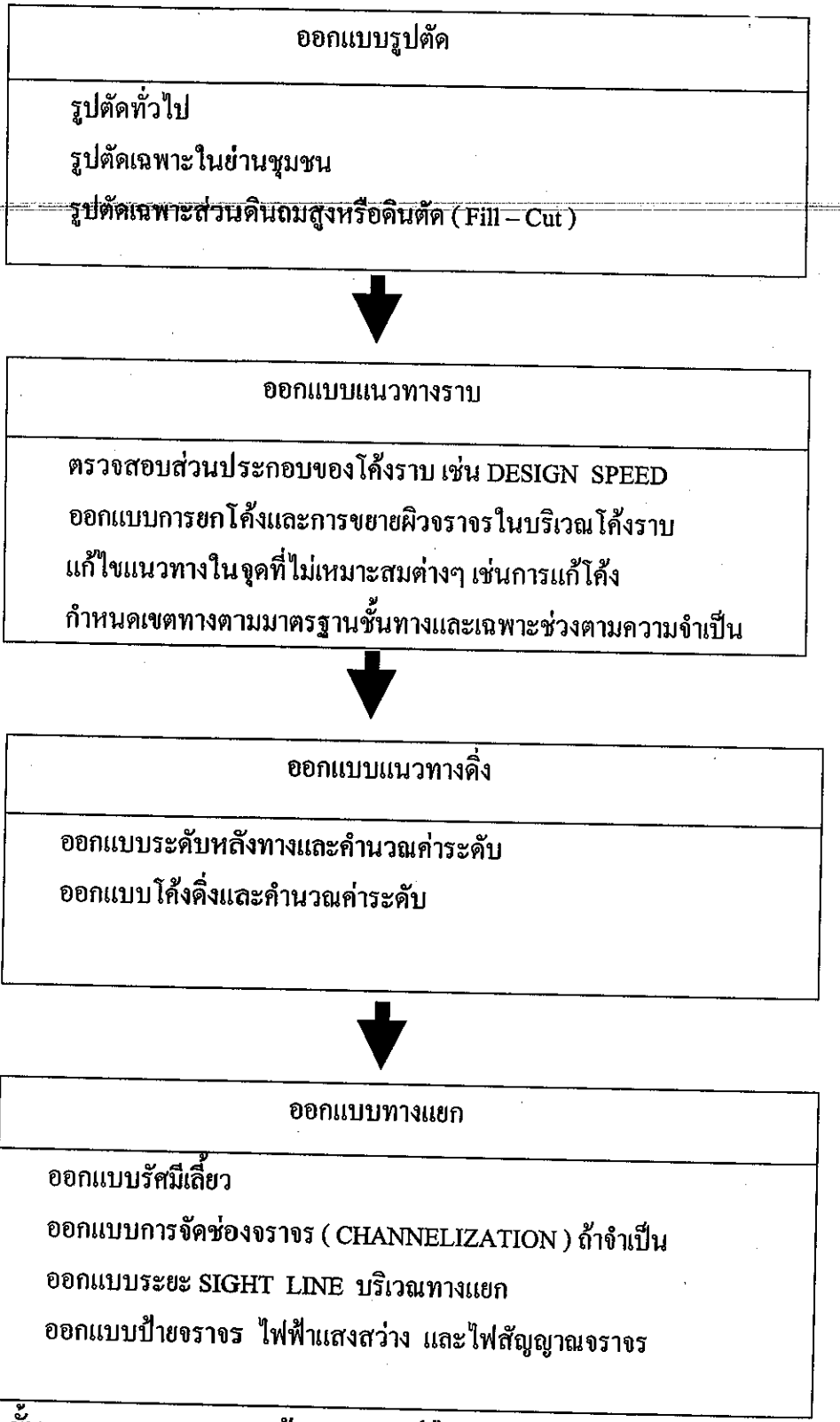
การออกแบบแนวเส้นทาง เป็นการออกแบบทางด้านเรขาคณิต ซึ่งเป็นการออกแบบส่วนประกอบต่างๆของถนนเป็น 3 มิติ คือ ความกว้างของถนน แนวทางราบ และแนวทางดิ่ง รวมถึงการออกแบบองค์ประกอบเพื่อความปลอดภัยและความสะดวกสบายของผู้ขับขี่ โดยวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายๆอย่างประกอบการตัดสินใจด้วย เช่น สภาพทางเศรษฐกิจ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าแก่การลงทุน โดยอาศัยข้อมูลต่างๆประกอบการพิจารณาด้วย เช่น

1) ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อมที่แนวเส้นทางผ่าน
2) ข้อมูลด้านการจราจร
3) ข้อมูลลักษณะของยวดยาน
4) มาตรฐานของชั้นทาง และ ข้อกำหนดขั้นต่ำที่ใช้ในการออกแบบ

หลังจากทราบข้อมูลดังกล่าวแล้ว วิศวกรผู้ออกแบบจะรวบรวมเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบ โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการออกแบบทางด้านเรขาคณิตของแนวเส้นทางได้เป็น 4 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

1) ออกแบบรูปตัดของทาง
2) ออกแบบแนวทางราบ
3) ออกแบบแนวทางดิ่ง
4) ออกแบบทางแยก

ขั้นตอนการออกแบบทางด้านเรขาคณิตของแนวเส้นทางได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการออกแบบแนวเส้นทาง (จากคู่มือการออกแบบ,กรมทางหลวง)

3.3 การศึกษาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบแนวเส้นทาง

3.3.1 โปรแกรมและภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้

งานออกแบบแนวเส้นทางเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับมิติ 3 มิติ คือ การออกแบบแนวทางราบ การออกแบบแนวทางดิ่ง และการออกแบบรูปตัด ซึ่งจะต้องออกแบบและผสมผสานแนวทางราบและแนวทางดิ่งให้มีความเหมาะสม ซึ่งในความเป็นจริงไม่สามารถออกแบบให้เป็นแบบ 3 มิติได้เลยทีเดียว ดังนั้นจึงต้องทำการออกแบบโดยแยกขั้นตอนออกเป็น 2 ส่วน คือ ออกแบบแนวทางราบ และแนวทางดิ่ง ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องมีความรอบคอบและทำการออกแบบให้ทั้งแนวทางราบและแนวทางดิ่งมีความสอดคล้องและเหมาะสมกลมกลืนกันมากที่สุด ซึ่งการออกแบบจะได้ผลงานที่ดีและเหมาะสม หากสามารถเห็นภาพทั้งแนวทางราบและแนวทางดิ่งพร้อมกันในขณะที่ทำการออกแบบ ซึ่งจะทำให้วิศวกรผู้ออกแบบสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ในการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบแนวเส้นทาง จึงได้เลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะการแสดงผลเป็นภาพกราฟฟิก สามารถวาดภาพดังกล่าวออกมาเป็นรายละเอียดได้ และมีภาษาคอมพิวเตอร์ที่สามารถพัฒนาคำสั่งช่วยในการทำงานได้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะดังกล่าวที่เป็นที่นิยมแพร่หลาย และสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป เช่น โปรแกรม AutoCAD R14 โดยภาษาคอมพิวเตอร์ที่สามารถพัฒนาคำสั่งช่วยในการทำงานของโปรแกรมAutoCAD R14 ได้แก่ภาษาคอมพิวเตอร์ Softdesk 8

3.3.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ AutoCAD R14

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ AutoCAD R14 เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปเชิงพาณิชย์ (Commercial Softtware) ช่วยในงานเขียนแบบและออกแบบ (Computer- aided design) ที่เป็นที่นิยมแพร่หลายมากที่สุดโปรแกรมหนึ่ง เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ตระกูล ไอบีเอ็ม (IBM – Compatible Computers) และบนเครื่องมินิคอมพิวเตอร์ (Mini Computers) หรือเวิร์คสเตชัน (Work stations) ทั่วไป

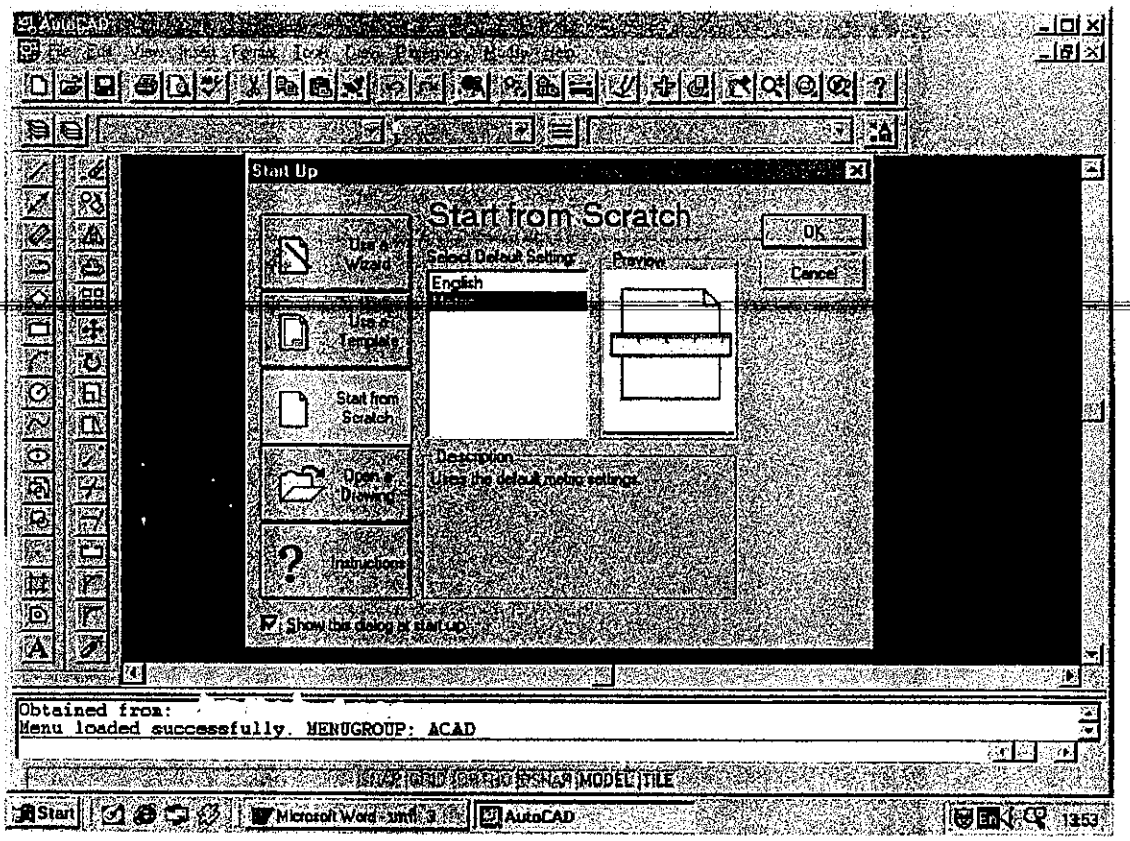
ลักษณะการทำงานของโปรแกรมสามารถติดต่อรับข้อมูลจากผู้ใช้ได้จากการพิมพ์ผ่านแป้นพิมพ์และอุปกรณ์ชี้ เช่น เม้าท์ (Mouse) หรือ ดิจิไตเซอร์ (Digitizer) เมื่อผู้ใช้เข้าสู่

โปรแกรมจะปรากฏพื้นที่ทำงานแบบกราฟฟิก (Drawing edition) และระบบเมนู (Menu) บนจอภาพ โดยจอภาพนี้สามารถจะสลับได้ทั้ง แบบข้อความ (Text mode) และแบบกราฟฟิก (Graphic mode) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ AutoCAD R14 มีคำสั่งช่วยในการเขียนและวาดภาพทางด้านเรขาคณิตต่างๆมากมาย เช่น คำสั่งสร้างเส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม ภาพสามมิติ ซึ่งผู้ใช้สามารถนำไปใช้เขียนแบบรายละเอียดในด้านต่างๆได้ ภายหลังจากการสร้างภาพรายละเอียดตามที่ต้องการเรียบร้อยแล้วผู้ใช้สามารถพิมพ์ออกมาเป็น Drawings ได้โดยการพิมพ์ผ่านทางอุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์ เช่น เครื่องพิมพ์ และเครื่องวาดรูป (Plotters) ซึ่งต่อเชื่อมกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์ AutoCAD R14 เป็นโปรแกรมที่มีความนิยมมากที่สุด ที่ใช้ช่วยในงานเขียนแบบด้านวิศวกรรมต่างๆ เช่น งานเขียนแบบด้านวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมโครงสร้าง และ งานเขียนแบบทางด้านสถาปัตยกรรม

คุณสมบัติพื้นฐานของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่สามารถใช้งานกับโปรแกรม AutoCAD R14 อย่างเหมาะสม ประกอบด้วย

1) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (ตระกูลไอบีเอ็ม) ที่มีส่วนประมวลผล (CPU) สูงกว่า DX80386 และมีอุปกรณ์ช่วยในการคำนวณ (Math Co-processor)
2) มีหน่วยความจำ (RAM) อย่างน้อย 4 เมกกะไบต์
3) จอภาพสีที่มีอุปกรณ์แสดงผลความละเอียดสูง
4) ฮาร์ดดิสก์ (Harddisk)
5) เครื่องขับจานแม่เหล็ก (Disk Drive)
6) อุปกรณ์ชี้ (Pointing devices)



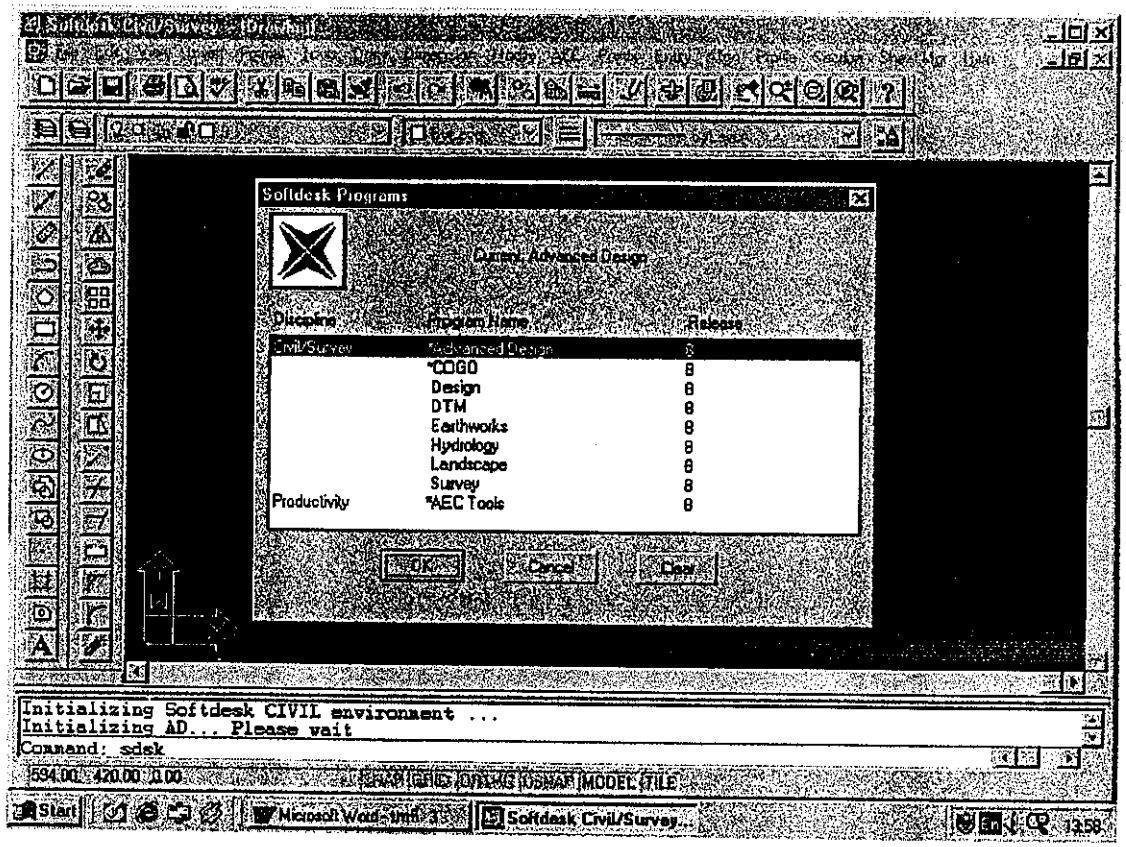
รูปที่ 3.2 ลักษณะรูปแบบของระบบเมนู และพื้นที่การทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ AutoCAD R14

3.3.3 ภาษาคอมพิวเตอร์ Softdesk 8

ภาษาคอมพิวเตอร์ Softdesk 8 เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาคำสั่งในโปรแกรม AutoCAD R14 ให้มีลักษณะเป็นโครงสร้างโปรแกรม โดยมีโครงสร้างภาษาและตัวแปลคำสั่งเป็นแบบเดียวกับภาษาคอมพิวเตอร์ LISP ซึ่งเป็นภาษาที่ถือว่าดีมากที่สุดภาษาหนึ่ง ภาษา LISP ได้รับเลือกให้เป็นภาษาที่ใช้ในงานปัญญาประดิษฐ์ (Artificail intelligence) และ งานระบบผู้ชำนาญการ (Expert System)

โครงสร้างของภาษาคอมพิวเตอร์ Softdesk 8 จะมีลักษณะเป็นชุดคำสั่ง (functions) แยกออกเป็นส่วนๆ แต่ละชุดคำสั่งจะต้องเขียนไว้ภายในเครื่องหมายวงเล็บ โดยภายในแต่ละชุดคำสั่งสามารถจะสร้างชุดคำสั่งย่อยได้อีก และแต่ละชุดคำสั่งสามารถเรียกใช้งานซึ่งกันและกันได้

นอกจากนี้ภายในชุดคำสั่งเดียวกันอาจสามารถใช้ชุดคำสั่งย่อยเรียกตัวเองให้ทำงานได้(Recursion Program) ตัวอย่างลักษณะและโครงสร้างของชุดคำสั่งภาษาคอมพิวเตอร์ Softdesk 8 แสดงไว้ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างชุดคำสั่งภาษาคอมพิวเตอร์ Softdesk 8

3.4 แนวทางในการศึกษาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและเขียนแบบแนวเส้นทาง

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการออกแบบและเขียนแบบแนวเส้นทาง โดยมีเป้าหมายให้ผู้ที่สนใจสามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก ดังนั้นแนวทางในการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงได้จำลอง ขั้นตอนการออกแบบด้วยมือ (Manual design) ตามที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถเข้าใจขั้นตอนและวิธีการออกแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ง่าย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการศึกษานี้จะช่วยทำงานในส่วนที่เป็นการคำนวณและการเขียนแบบที่ยุ่งยากและต้องใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก รวมถึงช่วยตรวจสอบเงื่อนไข ข้อกำหนดตามมาตรฐานการออกแบบในบางส่วนด้วย

ผู้ใช้โปรแกรมหรือวิศวกรผู้ออกแบบจะทำหน้าที่เป็นผู้กำหนด ออกแบบแนวเส้นทาง พร้อมป้อนข้อมูล และเงื่อนไขที่ใช้ออกแบบ แล้วให้คอมพิวเตอร์เป็นผู้คำนวณหาองค์ประกอบทางด้านเรขาคณิตของแนวเส้นทาง ทั้งแนวทางราบและแนวทางดิ่ง จากนั้นผู้ใช้จะเป็นผู้ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าอยู่ในระดับที่น่าพอใจตามที่ต้องการหรือไม่ หากไม่พอใจก็สามารถแก้ไขหรือออกแบบใหม่ได้ โดยกระทำตามขั้นตอนการทำซ้ำเดิม การออกแบบใหม่นี้ในอดีตที่ทำการออกแบบด้วยมือจะเป็นขั้นตอนที่น่าเบื่อหน่ายเนื่องจากเสียเวลาและต้องใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก

ภายหลังจากขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งได้ผลงานออกมาเป็นที่น่าพอใจของผู้ออกแบบแล้วจะเป็นการนำแนวเส้นทางที่ได้ออกแบบมาเขียนลงในแบบก่อสร้างซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่ต้องใช้เวลาและแรงงานมาก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการศึกษานี้จะเป็นส่วนที่ช่วยให้ขั้นตอนการเขียนแบบเป็นไปอย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะช่วยในงานเขียนแบบที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติ และองค์ประกอบของแนวเส้นทางซึ่งเป็นผลที่ได้จากการออกแบบข้างต้น(ในส่วนของการเขียนแบบจะไม่กล่าวถึงในการศึกษานี้)

3.5 โครงสร้างและส่วนประกอบหลักของโปรแกรม

ในการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ และเขียนแบบแนวเส้นทาง ได้กำหนดโครงสร้างหลักของโปรแกรมออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนการป้อนข้อมูล ส่วนการ

ออกแบบแนวทางราบ และส่วนการออกแบบแนวทางดิ่ง สำหรับส่วนการเขียนแบบจะกล่าวถึงเพื่อเป็นการประกอบในเนื้อหาเท่านั้น

3.5.1 ส่วนการป้อนข้อมูล

ในการออกแบบแนวเส้นทางจะต้องอาศัยข้อมูลประกอบการออกแบบเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปในการออกแบบทางด้วยมือ ภายหลังจากการสำรวจ เก็บรายละเอียดของพื้นที่ที่แนวเส้นทางผ่านแล้ว วิศวกรผู้ออกแบบจะได้ข้อมูลสำหรับงานออกแบบ ดังนี้

1) ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ หรือ ค่าระดับดินเดิม ซึ่งประกอบไปด้วยค่าระดับของดินเดิมตามแนวศูนย์กลางถนนตามยาว (Profile) และค่าระดับดินเดิมตามรูปตัดตามขวาง (Cross – section)
2) ข้อมูลรายละเอียดของพื้นที่ หรือรายละเอียดของสิ่งต่างๆที่ใช้ในการพิจารณาประกอบการออกแบบ เช่น อาคารบ้านเรือน ลำน้ำ เสาไฟ รั้ว ถนน สะพาน ท่อระบายน้ำ ต้นไม้ ทางแยก ร่องน้ำ เป็นต้น
3) แนวทางราบของทางหลวง ซึ่งได้จากการสำรวจในสนาม โดยจะได้องค์ประกอบทางเรขาคณิตของโค้งราบมาด้วย วิศวกรผู้ออกแบบอาจพิจารณาแก้ไขในบางส่วนหากมีจุดที่ไม่เหมาะสม แต่โดยปกติแล้วจะไม่มีการแก้ไข

ภายหลังจากได้ข้อมูลดังกล่าวแล้ว วิศวกรผู้ออกแบบจะนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดเตรียมเขียนลงในแบบเพื่อทำการออกแบบ โดยในขั้นแรกจะออกแบบรูปตัดทั่วไปของแนวเส้นทางก่อนแล้วจึงเริ่มออกแบบตามขั้นตอนต่อไป

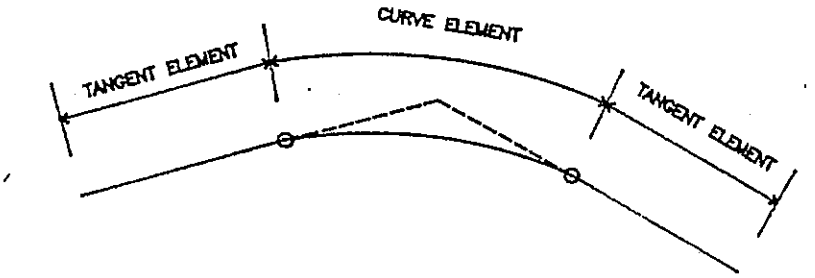
ส่วนการป้อนข้อมูลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะประกอบไปด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบทางด้านเรขาคณิตของทาง ซึ่งประกอบไปด้วย

1) ข้อมูลแนวทางราบของทาง
2) ข้อมูลรูปตัดทั่วไปของทาง
3) ข้อมูลค่าระดับดินเดิมจากการสำรวจในสนาม

3.5.1.1 การป้อนข้อมูลแนวทางราบของทาง

ในการสำรวจเพื่อเก็บรายละเอียดข้อมูลในสนามตามแนวทางที่ได้กำหนดในเบื้องต้น ทีมงานสำรวจจะวางแผนและกำหนดแนวทาง เพื่อการสำรวจโดยกำหนดทิศทางทั้งในส่วนที่เป็นเส้นตรง (Tangent) มุมของการหักเหของแนวทาง (Deflection angle) รวมถึงองค์ประกอบทางด้านเรขาคณิตของแนวทางในส่วนที่เป็นส่วนโค้ง (Horizontal curve) ซึ่งประกอบไปด้วย ค่ารัศมีโค้ง (Rodius) ความยาวเส้นสัมผัส (Tangent) ความยาวโค้ง (Curve length) อัตราความโค้ง (Degree of curve) สถานีจุดเริ่มต้น (PC STATION) สถานีจุดตัดของแนวทางตรง (PI STATION)และสถานีจุดปลายโค้ง (PT STATION) เป็นต้น ซึ่งหลังจากการสำรวจเก็บรายละเอียดในสนามแล้วจะได้ข้อมูลแนวทางราบของทางทั้งหมด

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นเพื่อรับข้อมูลแนวทางราบของทางได้กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานการสำรวจแนวเส้นทางของกรมทางหลวง โดยได้แยกประเภทของส่วนประกอบของแนวทางราบออกเป็น 2 ประเภท คือ ส่วนที่เป็นเส้นตรง (Tangent elements) และส่วนที่เป็นส่วนโค้ง (Curve elements) ดังแสดงในรูปที่ 3.4

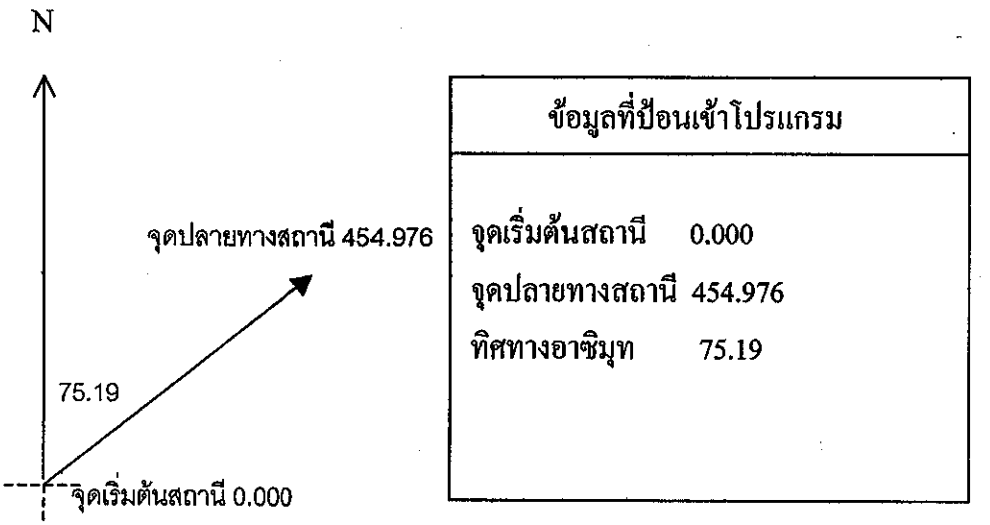


รูปที่ 3.4 ประเภทของส่วนประกอบแนวทางราบ

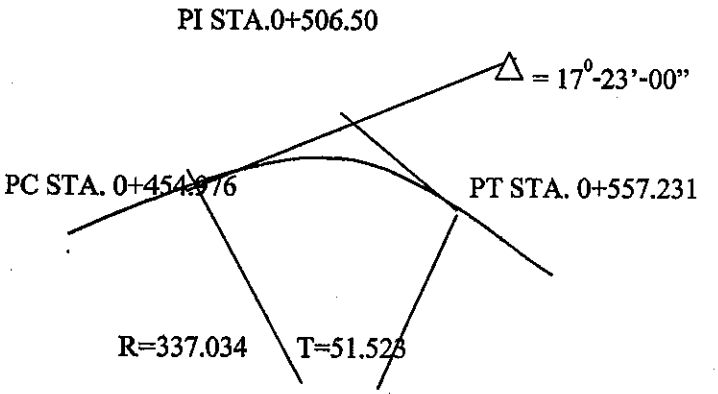
การป้อนข้อมูลของแนวทางในส่วนที่เป็นแนวทางตรงและโค้งราบจะแตกต่างกัน ดังนี้

1) แนวทางตรงจะป้อนข้อมูลจุดเริ่มต้น และ จุดปลายทางของแนวทางตรงและบอกค่าอาซิมุท (Azimuth)หรือค่ามุมที่เบี่ยงเบนจากทิศเหนือ ซึ่งปกติจะกำหนดให้ใช้ค่าเบี่ยงเบนจากทิศเหนือตามขั้วแม่เหล็กโลก (Magnetic azimuth) ดังแสดงในรูปที่ 3.5

2) โค้งราบ โดยปกติถ้าไม่ใช่จุดเริ่มต้นของโครงการแล้วโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณสถานีจุดเริ่มต้นของแนวทางให้ สำหรับโค้งราบ ข้อมูลที่จะป้อนให้แก่โปรแกรมประกอบด้วย มุมหักเหของแนวทางตรง (Deflection angle) ทิศทางการหักเหว่าจะหักเหไปทางซ้าย (Left turn) หรือ ทางขวา (Right turn) สำหรับองค์ประกอบทางด้านเรขาคณิตของส่วนโค้งนั้น ผู้ใช้สามารถจะเลือกป้อนค่ารัศมีโค้ง หรือความยาวเส้นสัมผัสก็ได้ จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณองค์ประกอบส่วนอื่นๆให้



รูปที่ 3.5 ข้อมูลของแนวทางตรงที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์

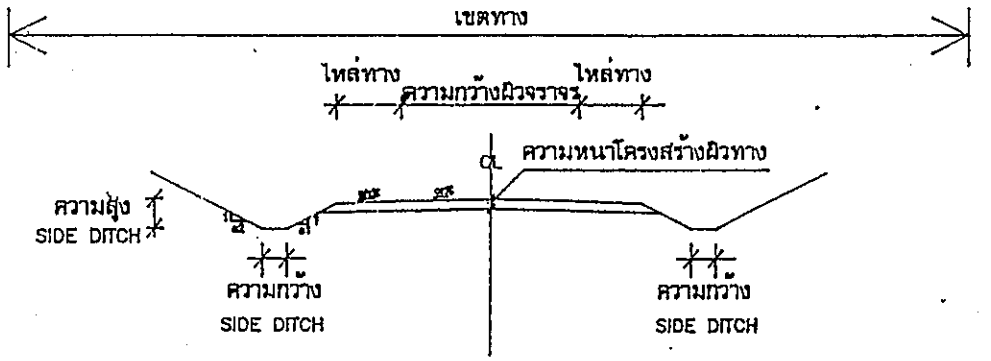


รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบโค้งราบที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.5.1.2 การป้อนข้อมูลรูปตัดทั่วไปของทาง

หลังจากได้ข้อมูลประกอบการออกแบบแล้ว วิศวกรผู้ออกแบบจะเป็นผู้ตัดสินใจเลือกออกแบบรูปตัดทั่วไปของทาง ซึ่งโดยปกติแล้วจะออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานของแต่ละหน่วยงานที่เป็นเจ้าของโครงการก่อสร้างทางเหล่านั้น โดยขนาดและลักษณะของรูปตัดทั่วไปที่เลือกออกแบบนั้น จะแตกต่างกันไปตามหน้าที่ ประเภทชั้นของทางหลวง และ ข้อมูลอื่นประกอบ เช่น ข้อมูลด้านการจราจร ชนิดของยวดยาน และความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ และสภาพภูมิประเทศที่เส้นทางนั้นผ่าน เป็นต้น

รูปแบบของรูปตัดทั่วไปของเส้นทาง โดยปกติแล้วจะมีองค์ประกอบเหมือนกัน แตกต่างกันเฉพาะเรื่องขนาดของแต่ละองค์ประกอบเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 รูปตัดทั่วไปของทาง (เส้นทางนอกเมือง)

องค์ประกอบของรูปตัดทั่วไปของเส้นทางที่ป้อนให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย

1) ขนาดเขตทาง
2) ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางทางกับแนวเขตทางด้านซ้าย
3) ความกว้างผิวจราจร
4) ความกว้างไหล่ทาง
5) อัตราความลาดของผิวจราจร
6) อัตราความลาดของไหล่ทาง
7) ความลาดชันของคันทาง
8) ความกว้างของท้องร่องทางระบายน้ำข้างทาง
9) ความสูงต่ำสุดของทางระบายน้ำ
10) ความลาดชันของดินเดิม (Earth slope) ที่ใช้ในงานดินตัด
11) ความหนาของโครงสร้างผิวทาง

3.5.1.3 <u>การป้อนข้อมูลค่าระดับดินเดิมจากการสำรวจ</u>

ในการออกแบบแนวทางดิ่ง (Vertical alignment) ของทาง จะต้องทราบข้อมูลค่าระดับของดินเดิม เพื่อใช้ในการออกแบบ ระดับของหลังทาง (Roadway grade line) การคิดปริมาณดินในการก่อสร้างทางและการออกแบบทางด้านการระบายน้ำ

ค่าระดับดินเดิมนี้จะได้จากการสำรวจหาค่าระดับตามแนวทาง (Profile leveling) และการสำรวจค่าระดับดินเดิมตามขวางแนวทาง การสำรวจหาค่าระดับตามแนวทางจะทำโดยกำหนดจุดสำรวจไว้ทุกระยะ 25 เมตร จากนั้นจะสำรวจหาค่าระดับไปตามจุดที่กำหนดให้ ก็จะได้ค่าระดับตามแนวทาง ซึ่งอาจจะอยู่ที่แนวศูนย์กลางทางหรือไม่ก็ได้ สำหรับการสำรวจหาค่าระดับตามขวางแนวทางนั้น คือ การหาค่าระดับดินเดิมไปในแนวตั้งฉากกับแนวทางโดยจะทำการสำรวจทุกระยะ 25 เมตร ตามจุดที่กำหนดไว้สำหรับหาค่าระดับดินเดิมตามแนวทาง ขอบเขตของการสำรวจหาค่าระดับตามขวางนั้น จะต้องสำรวจเก็บข้อมูลข้างละเท่ากับขนาดของทางหรือมากกว่าถ้าจำเป็น ระยะห่างจากแนวศูนย์กลางถนนไปตามแนวตั้งฉากที่จะเก็บค่าระดับโดยปกติแล้วจะกำหนดให้เป็นค่าที่เท่าๆกัน เช่น ที่ทุกๆระยะ 3 เมตร หรือ 5 เมตร เป็นต้น ทั้งนี้ ผู้สำรวจจะต้องสังเกตดูว่าจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศจะต้องเก็บค่าระดับด้วยเช่นกัน

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนรับข้อมูลค่าระดับดินเดิม จะมีลักษณะขั้นตอนเช่นเดียวกับการสำรวจหาค่าระดับดินเดิม โดยจะแบ่งข้อมูลที่ให้ป้อนออกเป็น 3 ส่วน คือ ค่าระดับของดินเดิมที่แนวศูนย์กลางทาง ค่าระดับดินเดิมที่เก็บในบริเวณด้านซ้ายของแนวทาง และค่าระดับดินเดิมที่เก็บในบริเวณด้านขวาของแนวทาง โดยลักษณะข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าสู่โปรแกรมมีดังนี้

1) สถานีสำรวจเก็บค่าระดับ
2) ค่าระดับที่แนวศูนย์กลางของทาง
3) ค่าระดับในบริเวณด้านซ้ายของแนวทาง โดยระยะตั้งฉาก (Offset distance) ที่สำรวจหาค่าระดับในบริเวณด้านซ้ายนี้จะกำหนดให้มีค่าเป็นลบ และ ผู้ใช้สามารถเลือกให้โปรแกรมตั้งค่าระยะตั้งฉากนี้แบบอัตโนมัติ หรือ ผู้ใช้จะปรับค่าเองโดยตรงก็ได้
4) ค่าระดับในบริเวณด้านขวาของแนวทาง ซึ่งค่าระยะตั้งฉากจากแนวศูนย์กลางในบริเวณด้านขวานี้จะกำหนดให้มีค่าเป็นบวก และเช่นเดียวกับในบริเวณด้านซ้าย คือ ผู้ใช้สามารถเลือกให้โปรแกรมตั้งค่าเป็นแบบอัตโนมัติหรือผู้ใช้ป้อนค่าเองโดยตรง

```
EXITING GROOND CROSS SECTION DATA
000          [ ค่า Station 0+000]
S bmai       [ S ย่อจาก Surfac , bmai คือชื่อ Surfac ]
-12  99.700 [ -12 คือค่าที่บอก Offset ไปทางซ้าย 12 เมตร ที่ Elevation 99.700 เมตร]
.
.
0  99.394
.
.
12  98.345
E            [ ย่อจาก END หมายถึงจบค่างานระดับของ Station 0+000 ]
```

รูปที่ 3.8 ลักษณะข้อมูลระดับดินเดิมที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.5.2 ส่วนการออกแบบแนวทางราบ

โดยปกแล้วองค์ประกอบทางด้านเรขาคณิต ของแนวทางราบ จะได้จากการสำรวจในสนามเกือบทั้งหมด ในขั้นตอนการออกแบบแนวทางราบนี้ วิศวกรผู้ออกแบบเพียงตรวจสอบดูว่าองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้น มีความเหมาะสมหรือไม่ หากมีบางจุดไม่เหมาะสมก็จะได้แก้ไขให้มีความเหมาะสมต่อไป ดังนั้น งานของวิศวกรผู้ออกแบบในขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องเพียง การออกแบบองค์ประกอบแนวทางราบเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่เท่านั้น

องค์ประกอบแนวทางราบเพื่อความปลอดภัยประกอบด้วย การยกโค้งในบริเวณโค้งราบ และการขยายผิวจราจร (Widening) ในบริเวณโค้งราบ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยในการออกแบบในส่วนนี้ จะมีลักษณะการทำงานโดยจะอ่านข้อมูลแนวทางราบที่ผู้ใช้ป้อนเข้าสู่โปรแกรม จากนั้นจะทำการตรวจสอบหาส่วนประกอบของแนวเส้นทางที่เป็นโค้งราบ
(Curve element) เมื่อพบแล้วจะแสดงข้อมูลให้ผู้ออกแบบได้ทราบองค์ประกอบของโค้งราบนั้น จากนั้นโปรแกรมจะถามค่าความเร็วออกแบบ (Design speed) ที่ใช้ในบริเวณโค้งราบนั้น และคำนวณค่าอัตราการยกโค้ง

สำหรับขนาดความกว้างผิวจราจร ที่ต้องขยายในบริเวณโค้งราบ นั้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณให้ โดยยานพาหนะมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณ คือ รถบรรทุกชนิด Single unit truck และสมการที่ใช้ในการคำนวณได้จากค่าแนะนำของ AASHTO

ภายหลังจากการคำนวณค่าทั้งสองแล้วโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะคำนวณหาจุดเริ่มต้นการยกโค้ง จุดที่มีการยกโค้งเต็มที่ (Full superelevation) และสิ้นสุดการยกโค้ง ซึ่งค่าทั้งหมดที่ได้นี้จะนำไปใช้ในขั้นตอนการคำนวณปริมาณงานดินโดยการสร้างรูปตัดของถนนตามค่าการยกโค้งและการขยายผิวจราจรในบริเวณโค้งราบ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจะถูกเก็บไว้เป็นแฟ้มข้อมูล (Data file) เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนอื่นๆอีก ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 3.9

****
CURVE DATA
****

Curve no. : 1

From station	: 200.000	Back azimuth	: 30d46'4"
To station	: 287.266	Foreward azimuth	: 40d44'14"
Deflect. angle	: 10d1'36"	Turning direction	: RT
Radius (m)	: 500.000	P.C. Station	: 200.000
Tangent (m)	: 43.744	P.I. Station	: 243.744
Curve length (m)	: 87.266	P.T. Station	: 287.266
External dist.(m)	: 1.920	Speed (KPH)	: 80.000
S.E (m/m)	: 0.055	Widening (m)	: 0.075
S.E. Attained from STA.	: 164.169	To STA.	: 235.831
S.E. Removed from STA.	: 251.435	To STA.	: 323.097

รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์การออกแบบองค์ประกอบเพื่อความปลอดภัยของแนวทางราบที่ ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.5.3 ส่วนการออกแบบแนวทางดิ่ง

การออกแบบแนวทางดิ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยจะเป็นขั้นตอนที่มีผลต่อปริมาณงาน และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทางอย่างมาก วิศวกรผู้ออกแบบจะต้องใช้ข้อมูล และแรงงานเป็นจำนวนมากในขั้นตอนนี้

การออกแบบแนวทางดิ่งด้วยมืออาจแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ การออกแบบระดับหลังทางหรือการขีดระดับหลังทาง (Grade lines) และการออกแบบโค้งดิ่ง (Vertical curves) ก่อนที่จะมีการออกแบบแนวทางดิ่ง ผู้ออกแบบจะนำเอาค่าระดับดินเดิมที่ศูนย์กลางตามแนวทางหลวงหรือรูปตัดทางยาวมาเขียนลงในแบบโดยใช้มาตราส่วน 2 ขนาดคือ ในแนวทางราบจะใช้

มาตราส่วน 1: 1,000 และ ในแนวทางดิ่งจะใช้มาตราส่วน 1: 100 ค่าระดับดินเดิมตามแนวทางหลวงที่เขียนขึ้นมานี้ จะนำมาใช้ในการออกแบบแนวทางดิ่ง เพื่อให้ผู้ออกแบบได้เห็นภาพของสภาพภูมิประเทศ และสามารถที่จะออกแบบให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศที่แนวเส้นทางผ่าน

การขีดระดับหลังทาง ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาให้เป็นไปตามข้อกำหนด ตามมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ เช่น ความลาดชันสูงสุดที่ยอมให้ ความสูงต่ำสุดของระดับหลังทาง เพื่อให้สูงกว่าระดับน้ำสูงสุด (High waterlevel , HWL) ในบริเวณที่แนวเส้นทางผ่าน หรือ พิจารณาความลึกของดินถมและดินตัดที่เหมาะสมเพื่อให้ปริมาณงานดินน้อยและประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่สุด

ภายหลังจากขั้นตอน การขีดระดับหลังทาง และ ได้ความลาดของระดับหลังทาง (Grade lines) ที่เหมาะสมแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการออกแบบโค้งดิ่งของทาง ในจุดที่มีการเปลี่ยนความลาดของระดับหลังทางที่มีความแตกต่างของความลาดทางคณิตศาสตร์ (Algebraic difference in grades) มีค่ามาก และจำเป็นจะต้องใส่โค้งดิ่งเพื่อให้การขับขี่ยวดยานเป็นไปด้วยความราบรื่น โค้งดิ่งที่ใช้ในการออกแบบจะเป็นโค้งพาราโบลา และแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) โค้งคว่ำ (Crest Vertical Curve)
2) โค้งหงาย (Sag Vertical Curve)

ในการออกแบบโค้งดิ่งทั้งสองชนิดจะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆประกอบในการออกแบบให้เหมาะสม เช่น ความเร็วในการออกแบบ ระยะมองเห็น และความยาวโค้งต่ำสุดที่ยอมให้

หลังจากผ่านขั้นตอนการออกแบบแนวทางดิ่ง จะได้แนวทางที่ผู้ออกแบบมีความพอใจแล้ว ต่อจากนั้นจะทำการคำนวณปริมาณงานดิน โดยนำเอาค่าระดับดินเดิมตามขวางของแนวทางมาเขียนใส่กระดาษกราฟ ซึ่งโดยปกติจะใช้มาตราส่วน 1 : 100 และเขียนรูปตัดทั่วไปของทางในมาตราส่วนเดียวกัน จากนั้นนำเอารูปตัดทั่วไปของทางหลวงมาครอบซ้อนกันกับรูปตัดตามขวางของค่าระดับดินเดิม ถ้าเป็นจุดที่ดินถมก็จะไม่มีทางระบายน้ำข้างทาง แต่ถ้าเป็นบริเวณที่เป็นดินตัดก็จะมีทางระบายน้ำข้างทาง การคำนวณหาพื้นที่ดินตัดและดินถมปกติจะใช้ค่าโดยประมาณ ซึ่งได้จากการนับจำนวนช่องกราฟตามมาตราส่วนที่เขียนเมื่อได้จำนวนพื้นที่ของดินตัดดินถมแล้ว ก็นำมาคำนวณหาปริมาตรของดินตัดและดินถม ซึ่งมีหลายวิธีในการคำนวณ เช่น วิธี END AREA

METHOD และ PRISMOIDAL FORMULA เป็นต้นแต่วิธีที่เป็นที่นิยมคือ วิธี END AREA METHOD

จากกระบวนการหรือขั้นตอนการออกแบบแนวทางดิ่งที่กล่าวถึงข้างต้น จะเห็นได้ว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก และต้องใช้เวลานานอีกทั้งยังต้องใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก เนื่องจากวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องทำงานหลายๆอย่างพร้อมๆกัน กล่าวคือ จะต้องพิจารณาออกแบบแนวทางดิ่งให้เหมาะสมสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและอยู่ภายใต้ข้อกำหนดตามมาตรฐานขั้นต่ำสุด (minimum standards) รวมถึงต้องประหยัดค่าใช่จ่ายในการก่อสร้างทางอีกด้วย การเขียนรูปตัดตามขวางของดินเดิมต้องเขียนทุกๆ 25 เมตร นอกจากนี้ในการคำนวณหาพื้นที่ดินตัด-ดินถมก็เช่นเดียวกันจะต้องทำทุกๆสถานี เป็นเหตุให้ปริมาณงานมีมากจึงจำเป็นต้องใช้แรงงานมากตามไปด้วย การแก้ไขแนวทางดิ่งเพื่อให้ได้ผลงานที่เหมาะสมและประหยัด จึงเป็นสิ่งที่มีความยุ่งยากและน่าเบื่อหน่าย ทำให้ผลงานที่ได้จากการออกแบบด้วยมือโดยวิศวกรอาจไม่ใช่แนวทางดิ่งที่ดีที่สุดก็ได้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยในการออกแบบแนวทางดิ่งนี้จะเป็นส่วนที่ช่วยวิศวกรผู้ออกแบบอย่างมาก โดยวิศวกรผู้ออกแบบจะเป็นเพียงผู้กำหนดแนวทางดิ่ง โดยการขีดระดับหลังทางบนจอภาพ ซึ่งแสดงผลด้วยระยะทางกราฟฟิก และออกแบบโค้งในแต่ละบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความลาดของแนวทางดิ่งเท่านั้น ในส่วนของการคำนวณและออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการออกแบบให้ และวิศวกรผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบผลงานได้ หากไม่พอใจก็สามารถออกแบบใหม่ได้จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจและเหมาะสม โดยในงานออกแบบใหม่นี้สามารถทำได้สะดวก และไม่เป็นการเสียเวลามาก การออกแบบแนวทางดิ่งโดยคอมพิวเตอร์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ

1) การวาดค่าระดับดินเดิมที่ศูนย์กลางตามแนวยาวทาง
2) ขีดระดับหลังทาง (Grade lines design)
3) ออกแบบโค้งดิ่ง (Vertical curve design)
4) การคำนวณงานดิน (Earth work calculations)

ขั้นตอนโครงสร้างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนการออกแบบแนวทางดิ่ง แสดงไว้ในรูปที่ 3.10

3.5.3.1 การวาดภาพระดับดินเดิมที่ศูนย์กลางตามแนวทาง

ก่อนที่จะออกแบบแนวทางดิ่ง จะต้องมีการเขียนภาพค่าระดับดินเดิมที่ศูนย์กลางตามแนวทางก่อน เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลค่าระดับดินเดิมที่ผู้ใช้ป้อนเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในขั้นตอนก่อนหน้านี้เป็นค่าระดับตามขวางในการสร้างภาพค่าระดับดินเดิมตามแนวทางโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะมีหัวข้อเลือกในระบบเมนูให้ผู้ใช้สั่งให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างข้อมูลที่เป็นค่าระดับดินเดิมตามแนวทางโดยเฉพาะขึ้นมาก่อน เพื่อให้การอ่านข้อมูลและสร้างภาพเป็นไปด้วยความรวดเร็ว จากนั้นผู้ใช้จะสามารถเลือกให้คอมพิวเตอร์สร้างภาพกราฟฟิกของระดับดินเดิมตามแนวเส้นทางบนจอภาพได้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะวาดภาพโดยใช้มาตราส่วน 2 ชนิด เช่นเดียวกับการวาดด้วยมือ คือ มาตราส่วน 1 : 1,000 ในแนวราบ และ 1 : 100 ในแนวดิ่ง

การวาดภาพค่าระดับดินเดิมตามแนวทางโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะวาดภาพตลอดความยาวของสายทาง เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถเห็นภาพของลักษณะภูมิประเทศตลอดเส้นทาง ซึ่งจะเป็นข้อดีทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ผู้ใช้สามารถจะขยายภาพในบริเวณที่มีความสนใจให้เห็นอย่างชัดเจนได้

ตัวอย่าง รูปแบบของค่าระดับดินเดิมตามแนวทางที่วาดโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 3.11

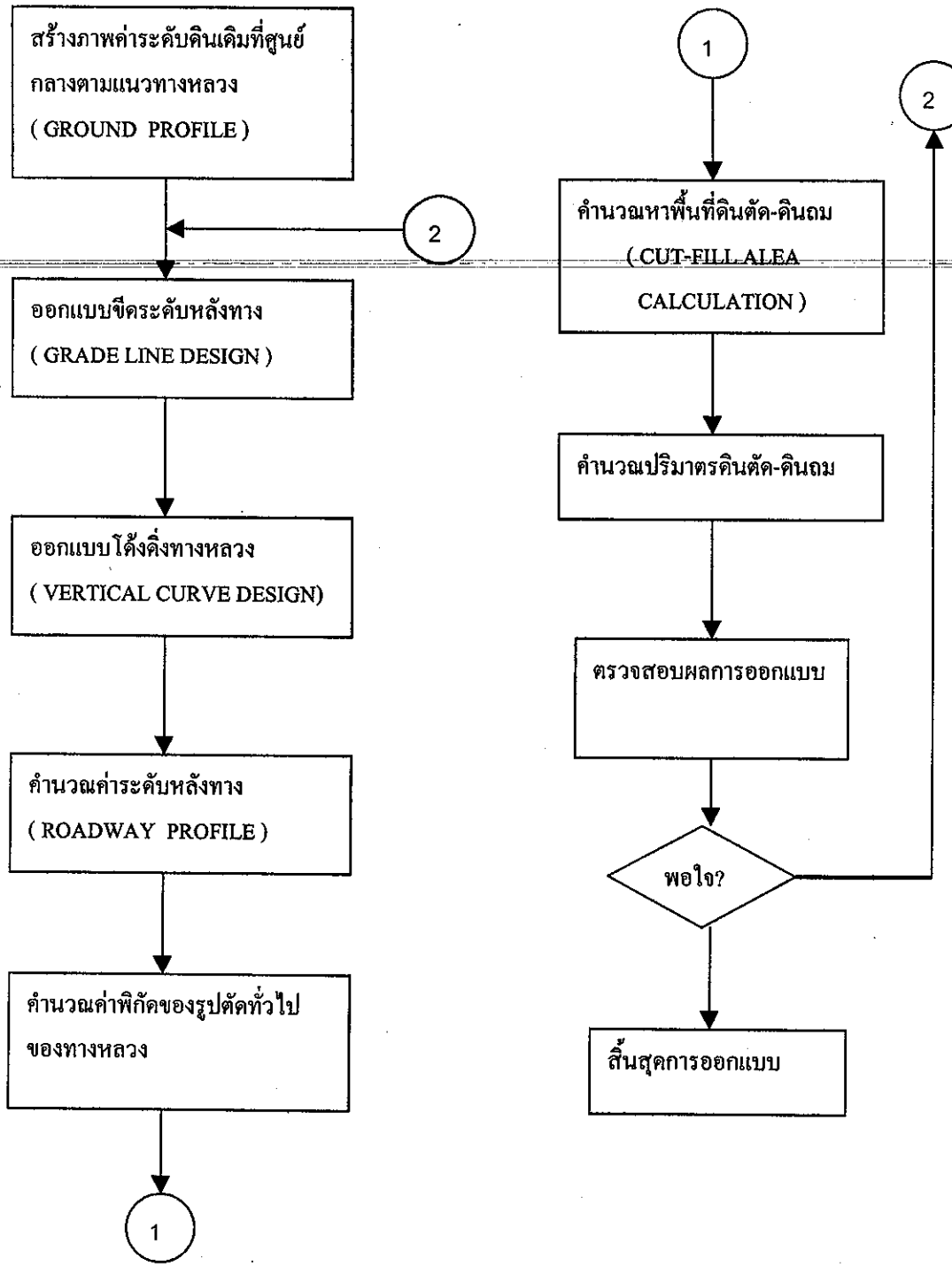
3.5.3.2 การขีดระดับหลังทาง

การขีดระดับหลังทาง เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในขั้นตอนการออกแบบแนวทางดิ่ง ผู้ออกแบบจะต้องมีความละเอียดรอบคอบและต้องคำนึงถึงปริมาณงาน การประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ความปลอดภัยและความราบรื่นในการขับขี่ของผู้ขับขี่ด้วย

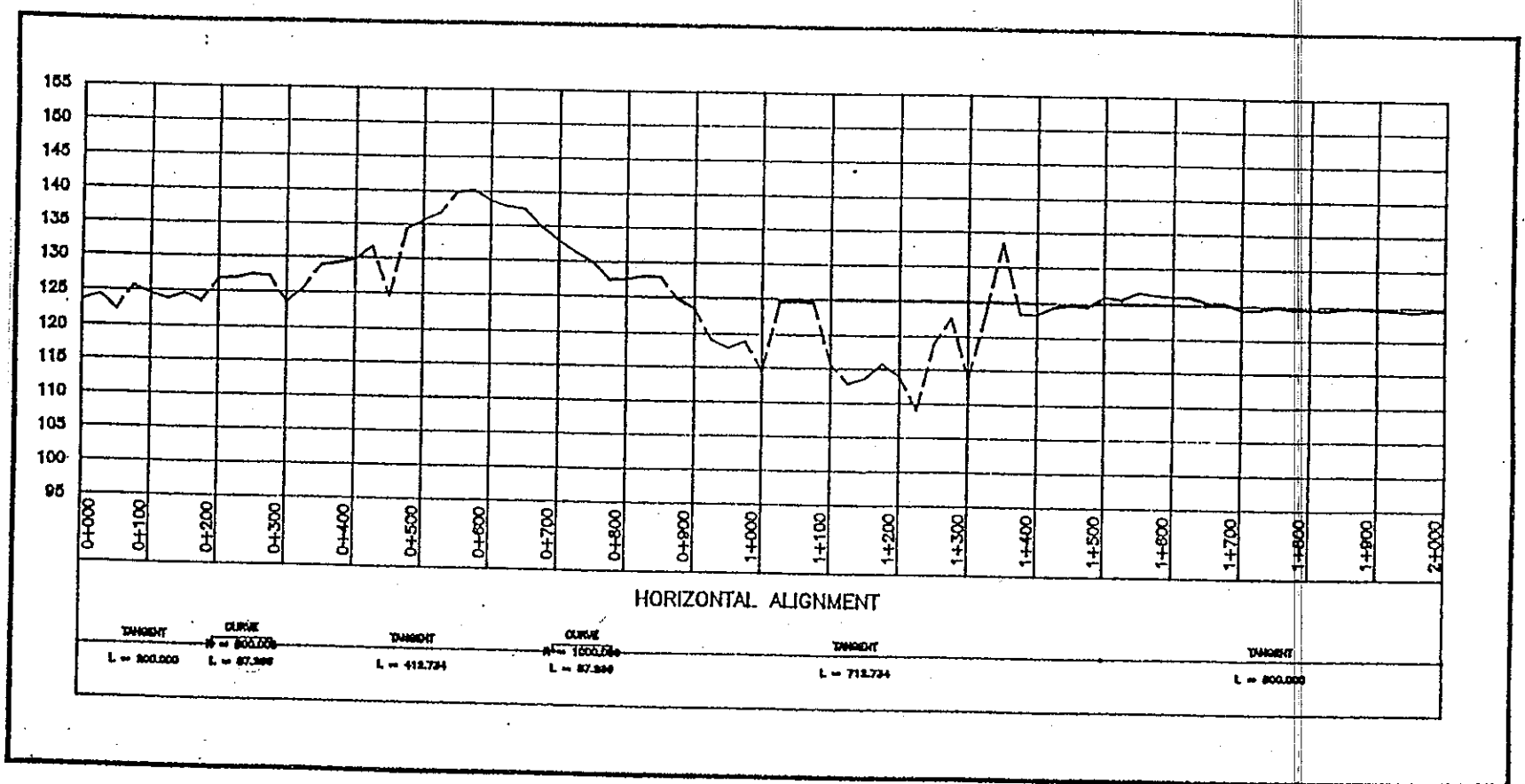
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบระดับหลังทางนี้จะมีลักษณะการรับข้อมูลและแสดงผลในรูปกราฟฟิก ผู้ออกแบบจะเป็นผู้กำหนดหรือขีดระดับหลังทางโดยใช้เม้าส์ (Mouse)

การกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดเปลี่ยนระดับความลาดหรือจุดตัดความลาด (Point of vertical intersection,PVI) จะกระทำโดยใช้เม้าส์ การเคลื่อนที่ของเม้าส์จะปรากฏบนจอภาพตำแหน่งของเม้าส์ จะสังเกตุได้จากจุดตัดของเส้นดิ่งและเส้นแนวนอนซึ่งเรียกว่า Cross hair เมื่อเม้าส์อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ผู้ใช้จะกดปุ่มเพื่อป้อนข้อมูลตำแหน่ง ให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทราบว่าจุดเริ่มต้นหรือจุดตัดความลาด (PVI) อยู่ในตำแหน่งใด จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณหา ค่าระดับความลาดชัน และสถานีของจุดดังกล่าวแล้วปรากฏข้อความ เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับทราบ ซึ่งผู้ใช้จะสามารถเปลี่ยนความลาด (grade) และสถานีของจุดตัดความลาดได้โดยการพิมพ์ข้อความผ่านทางแป้นพิมพ์

การขีดระดับหลังทางจะต้องพิจารณาปัจจัยในด้านต่างๆหลายปัจจัย โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแนวทางดิ่งที่ผู้ออกแบบกำหนดแนวระดับของหลังทาง ว่า อยู่ภายใต้มาตรฐานขั้นต่ำในแต่ละปัจจัยหรือไม่ ซึ่งข้อกำหนดหรือเงื่อนไขเหล่านี้ ผู้ใช้จะเป็นผู้ป้อนข้อมูลให้แก่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้แก่ ความลาดชันสูงสุดที่ยอมให้ ความลึกสูงสุดของดินถมที่ยอมให้และความลึกสูงสุดของดินตัดที่ยอมให้



รูปที่ 3.10 โครงสร้างและลำดับขั้นตอนการออกแบบแนวทางดิ่งโดยใช้คอมพิว.เตอร์ช่วย



รูปที่ 3.11 ระดับดินเดิมตามแนวทางที่วาดโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ความลาดชันสูงสุดนั้นจะเป็นไปตามข้อกำหนดและมาตรฐานการออกแบบแนวทางดิ่ง ซึ่งแตกต่างกันไปตามลักษณะหน้าที่ ประเภท ชั้นทาง สภาพภูมิประเทศ และลักษณะยวดยานที่ใช้ในการออกแบบ สำหรับความลึกสูงสุดในส่วนที่เป็นดินถมและดินตัดที่ยอมให้นั้น เป็นส่วนที่เพิ่มขึ้นมาใหม่ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยควบคุมปริมาณงานดินให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม หากผู้ใช้ไม่ต้องการใช้ในส่วนนี้ก็สามารถทำได้โดยป้อนค่าความลึกสูงๆ

เมื่อผู้ใช้ทำการออกแบบ โดยกำหนดแนวระดับหลังทางแล้ว โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะตรวจสอบแนวระดับหลังทางดังกล่าวว่าอยู่ในข้อกำหนดหรือไม่ หากไม่อยู่ในข้อกำหนดก็จะปรากฏข้อความให้ผู้ใช้ทราบว่าข้อกำหนดใดไม่ถูกต้อง พร้อมทั้งยกเลิกระดับหลังทางที่ผู้ใช้กำหนดเพื่อให้ผู้ใช้กำหนดแนวระดับหลังทางใหม่ให้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดต่อไป

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนช่วยในการออกแบบแนวระดับหลังทางจะสิ้นสุดการทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อผู้ใช้ได้กำหนดจุดสิ้นสุดของแนวระดับหลังทางเท่ากับหรือมากกว่าสถานีสิ้นสุดของโครงการ อย่างไรก็ตามผู้ใช้อาจจะหยุดโปรแกรมการออกแบบดังกล่าวนี้ได้ก่อนถึงจุดสิ้นสุด โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีข้อเลือกให้หยุดโปรแกรมทุกครั้งที่มีการกำหนดแนวระดับหลังทางแล้ว นอกจากนี้ การเริ่มต้นออกแบบแนวระดับหลังทางก็สามารถเริ่มต้นได้จากทั้งจุดเริ่มต้นของโครงการ หรือสถานีสุดท้ายที่ได้ออกแบบไปแล้วก่อนหน้านี้ ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกในการออกแบบเป็นอย่างมาก

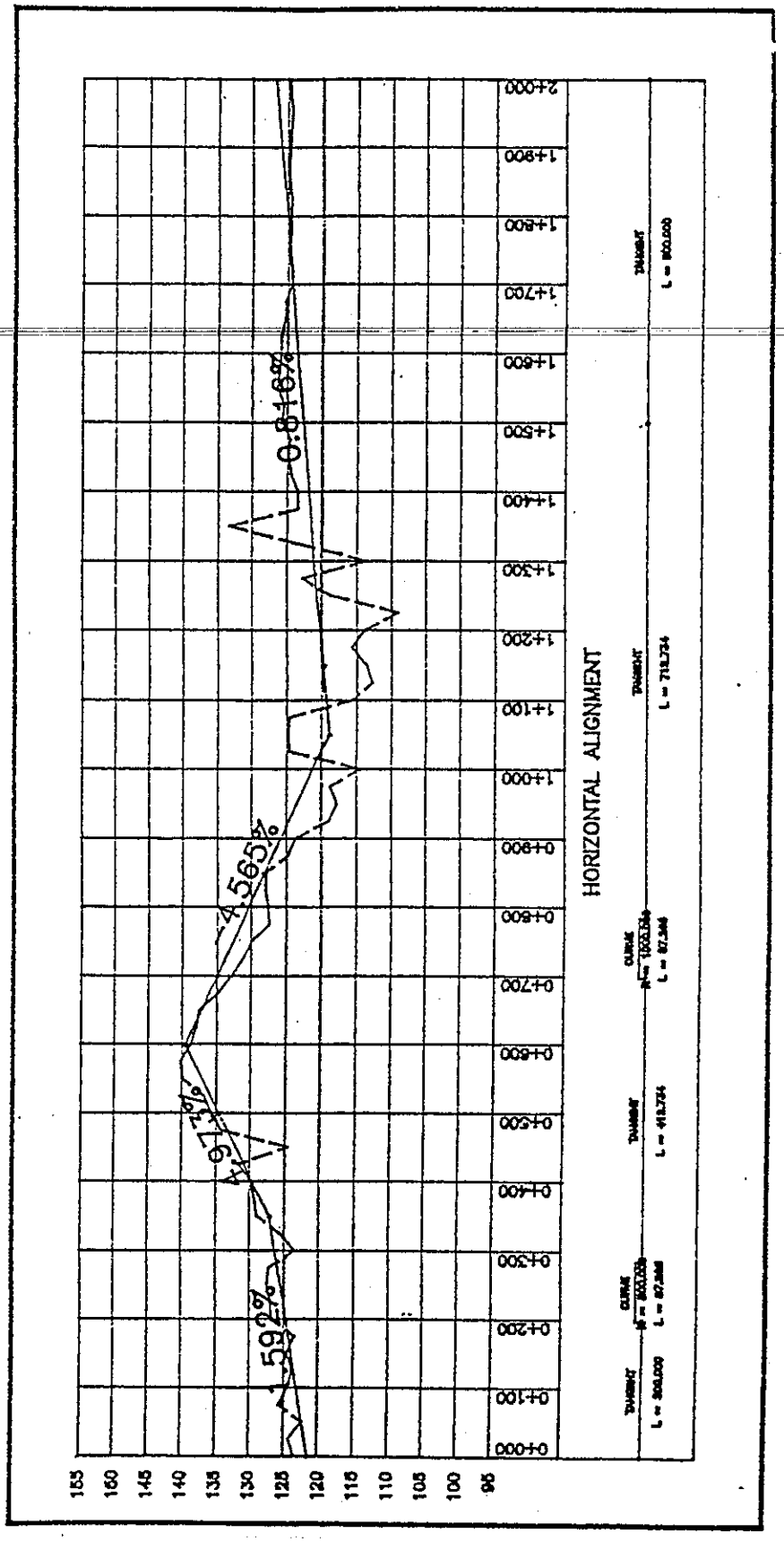
ตัวอย่าง รูปแบบการออกแบบขีดแนวระดับหลังทาง โดยใช้คอมพิวเตอร์ แสดงไว้ในรูปที่ 3.12

3.5.3.3 <u>การออกแบบโค้งดิ่ง</u>

โค้งดิ่งจะเป็นส่วนเชื่อมความลาดของแนวระดับหลังทางในจุดที่มีการเปลี่ยนความลาดให้เป็นไปอย่างราบรื่นปกติจะใช้โค้งพาราโบลา เนื่องจากมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความลาดชันคงที่ โค้งดิ่งพาราโบลาที่ใช้ออกแบบทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะรูปร่างของโค้ง คือ โค้งดิ่งคว่ำ (Crest vertical curve) และโค้งดิ่งหงาย (Sag vertical curve) หรืออาจแบ่งได้ตามคุณ

สมบัติทางเรขาคณิตเป็น 2 ชนิด คือ โค้งสมมาตร (Symmetrical curve) และโค้งไม่สมมาตร (Unsymmetrical curve)

ในการออกแบบโค้งดิ่งจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ขับขี่เป็นหลัก รวมถึงต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดหรือมาตรฐานต่ำสุดของแต่ละหน่วยงานที่ได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐานในการออกแบบด้วย องค์ประกอบเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่ที่นำมาพิจารณาจะประกอบด้วย ความเร็วออกแบบ (Design speed) ระยะมองเห็น (sigth distance) ซึ่งระยะมองเห็นนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ระยะมองเห็นเพื่อการหยุด และ ระยะมองเห็นเพื่อการแซง โดยปกติจะใช้ระยะมองเห็นเพื่อการหยุดในการออกแบบ เนื่องจากจะได้ความยาวโค้งที่สั้นและประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าที่จะใช้ระยะมองเห็นเพื่อการแซง



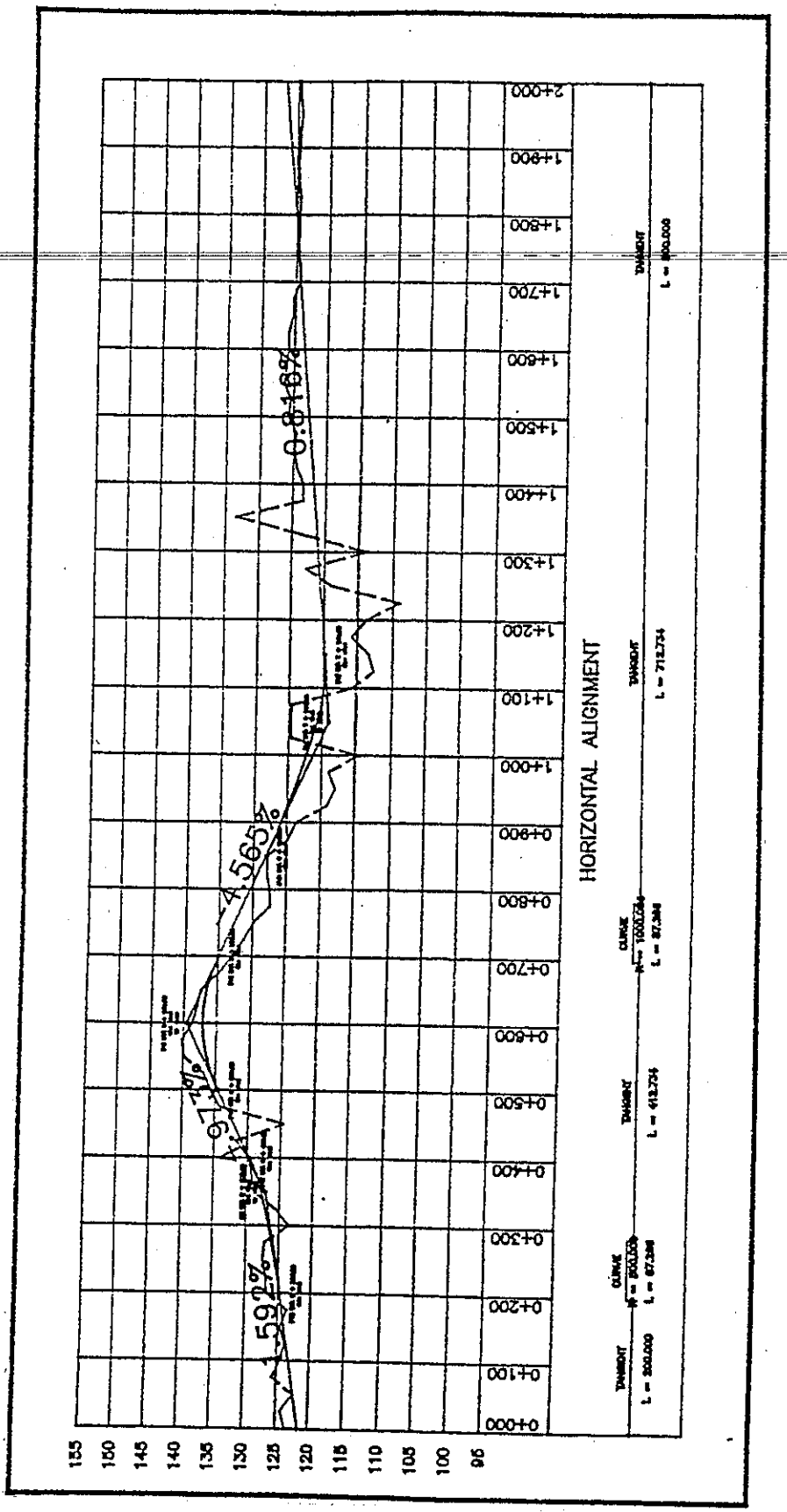
รูปที่ 3.12 การออกแบบระดับหลังทางโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ความยาวโค้งต่ำสุด จะหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างระยะมองเห็นและค่าแตกต่างทางคณิตศาสตร์ของความลาด การออกแบบโค้งดิ่งโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วย จะมีรูปแบบและลักษณะในการตอบโต้รับและแสดงผลกับผู้ใช้ในรูปแบบกราฟฟิกเช่นเดียวกับการออกแบบขีดระดับหลังทางโดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1) ผู้ออกแบบเลือกแนวระดับหลังทาง 2 แนวทางที่ต้องการจะออกแบบโค้งดิ่งโดยใช้เม้าส์ชี้บนจอภาพ ในขั้นตอนนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าความแตกต่างของความลาดของแนวระดับหลังทางทั้งสอง
2) โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ผู้ออกแบบป้อนข้อมูลความเร็วออกแบบและเลือกชนิดของระยะมองเห็นที่ใช้ในการออกแบบ จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าระยะมองเห็น และปรากฏข้อความให้ผู้ออกแบบได้ทราบพร้อมทั้งให้ผู้ออกแบบเลือกที่จะใช้ค่าระยะมองเห็นที่ได้จากการคำนวณหรือ ค่าปัดเศษหรือผู้ใช้จะเลือกใส่ค่าเองโดยตรงก็ได้
3) โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าความยาวต่ำสุดของโค้งดิ่ง แล้วพิมพ์ข้อความบนจอภาพเพื่อให้ผู้ออกแบบได้ทราบและเลือกค่า เช่นเดียวกับระยะมองเห็น โดยความยาวต่ำสุดของโค้งดิ่งนี้ได้จากสมการที่กล่าวมาแล้ว
4) โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะปรากฏข้อความ ให้ผู้ออกแบบตัดสินใจว่าจะเลือกชนิดของโค้งดิ่งเป็นชนิดโค้งดิ่งสมมาตรหรือ โค้งดิ่งไม่สมมาตร หากเลือกแบบสมมาตรโปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็จะคำนวณและวาดโค้งดิ่งบนจอภาพ แต่ถ้าเลือกโค้งดิ่งแบบไม่สมมาตรผู้ออกแบบจะต้องป้อนค่าความยาวโค้งส่วนที่หนึ่ง
(L1) และส่วนที่สอง (L2) จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณค่าระดับและวาดโค้งดิ่งบนจอภาพ ซึ่งถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการออกแบบโค้งดิ่ง

การสิ้นสุดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ออกแบบโค้งดิ่งนี้จะไม่สิ้นสุดโดยอัตโนมัติ แต่เป็นการสิ้นสุดโดยผู้ออกแบบเป็นผู้เลือกที่จะจบการออกแบบ ซึ่งข้อเลือกในการสิ้นสุดโปรแกรมจะปรากฏให้ผู้ใช้เลือกทุกครั้งที่จบการออกแบบโค้งดิ่งในแต่ละบริเวณ

รูปแบบการออกแบบโค้งดิ่งโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การออกแบบโค้งดิ่งโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

เมื่อทำการออกแบบโค้งดิ่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำให้ได้รูปแบบของถนนที่ต้องการอย่างคร่าวๆ หากการออกแบบครั้งแรกผู้ออกแบบเห็นว่าถนนที่ออกแบบไว้มีลักษณะผิดปกติ หรือไม่เป็นที่น่าพอใจ ก็สามารถแก้ไขในส่วนที่ทำการออกแบบไว้แล้วได้ โดย

1. ทำการตรวจสอบข้อมูลที่ป้อนไว้ในโปรแกรมว่ามีส่วนใดที่ผิดหรือใส่ค่าผิด
2. เมื่อตรวจสอบแล้วเริ่มทำใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนแรก
3. เมื่อทำการออกแบบใหม่เป็นที่น่าพอใจแล้วจึงจะเริ่มขั้นตอนต่อไป

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนในการออกแบบแนวทางราบ และแนวทางดิ่งแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างถนน เช่น ปริมาณงานดิน ค่าระดับหลังทาง ฯลฯ

3.5.3.4 การคำนวณค่าระดับหลังทาง

ในการออกแบบแนวทางดิ่งด้วยมือ ผู้ออกแบบจะต้องคำนวณค่าระดับหลังทางด้วยตัวเอง ทั้งในส่วนที่เป็นเส้นตรง และส่วนที่เป็นเส้นโค้งเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณงานดิน โดยจะต้องคำนวณทุกสถานี ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้แรงงานมาก การออกแบบแนวทางดิ่งโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งในส่วน การออกแบบขีดระดับหลังทาง และการออกแบบโค้งดิ่ง โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลลักษณะและคุณสมบัติทางเรขาคณิตของทั้งสองส่วนไว้ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าระดับหลังทางและการเขียนแบบ

หลังจากผู้ออกแบบได้ออกแบบแนวทางดิ่งแล้ว ผู้ออกแบบสามารถจะสั่งให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่าระดับหลังทางได้โดยใช้เม้าส์ชี้ไปที่ หัวข้อเลือก จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าระดับหลังทางให้ทุกสถานีและจะแยกคำนวณตามประเภทของแนวทางดิ่ง ในส่วนที่เป็นเส้นตรงและโค้งดิ่งเองโดยอัตโนมัติ จากนั้นจะเก็บข้อมูลระดับหลังทางลงใน Hard disk เพื่อใช้งานต่อไป

ตัวอย่างค่าระดับหลังทางที่คำนวณได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

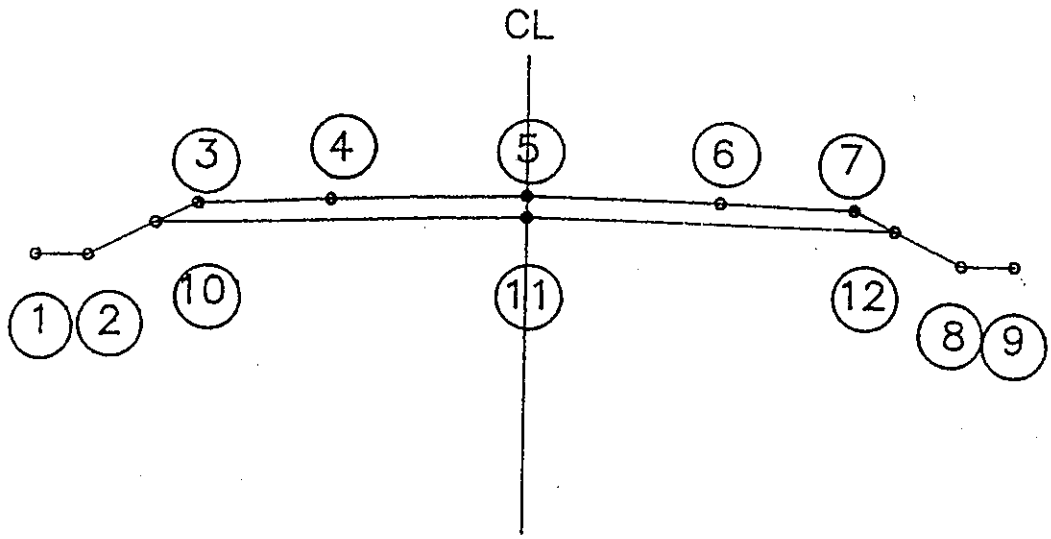
<< GRADE PROFILE DATA >>

Station	0.000	25.000	50.000	75.000
Elev.(m)	121.564	121.962	122.360	122.758
Elem. type	GRADE	GRADE	GRADE	GRADE
Station	100.000	125.000	150.000	175.000
Elev.(m)	123.156	123.554	123.952	124.350
Elem. type	GRADE	GRADE	GRADE	GRADE
Station	185.000	200.000	225.000	250.000
Elev.(m)	124.509	124.748	125.164	125.614
Elem. type	GRADE	CURVE	CURVE	CURVE
Station	275.000	300.000	325.000	350.000
Elev.(m)	126.100	126.622	127.178	127.770
Elem. type	CURVE	CURVE	CURVE	CURVE

ตารางที่ 3.1 ค่าระดับหลังทางที่คำนวณได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.5.3.5 การคำนวณค่าพิกัดรูปตัดทั่วไปของทาง

การคำนวณค่าพิกัดของรูปตัดทั่วไปของทางนั้นเปรียบเสมือนกับขั้นตอนการเขียนรูปตัดทั่วไปด้วยมือเพื่อนำไปครอบกับรูปตัดตามขวางของดินเดิม แต่แตกต่างกันที่การคำนวณค่าพิกัดของรูปตัดนี้จะหาค่าระดับที่จุดต่างๆของส่วนประกอบของรูปตัดทั่วไปของทางจริงๆในแต่ละสถานี การคำนวณหาค่าพิกัดของรูปตัดทั่วไปของทาง มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปคำนวณพื้นที่ดินตัดดินถม โดยมีขอบเขตควบคุมไปถึงบริเวณที่มีการยกโค้ง และ การขยายผิวจราจรในบริเวณโค้งราบด้วย วิธีการยกโค้งที่นำมาใช้ในโปรแกรมจะใช้เฉพาะวิธีการหมุนรอบแนวศูนย์กลางเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เป็นส่วนใหญ่ องค์ประกอบของรูปตัดทั่วไปของทางที่จะนำไปคำนวณหาค่าพิกัด แสดงไว้ในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงจุดต่างๆของรูปตัดทั่วไปของเส้นทางที่นำไปคำนวณหาค่าพิกัด

การทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนนี้ จะเริ่มจากการอ่านค่าตำแหน่งสถานี ระดับหลังทาง ระยะและขนาดขององค์ประกอบรูปตัดทั่วไปของทาง จากนั้นโปรแกรมจะตรวจสอบกับข้อมูลของแนวทางราบว่า สถานีที่จะคำนวณค่าพิกัดอยู่ในส่วนประกอบแนวทางราบ

ประเภทใด ตามที่ได้จำแนกประเภทไว้ 2 ประเภทคือ ส่วนที่เป็นเส้นตรง(Tangent element) และส่วนที่เป็นโค้งราบ (Curve element) โดยรูปตัดทั่วไปที่นำมาคำนวณหาค่าพิกัดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) รูปตัดทั่วไปของทางหลวงตามปกติ
2) รูปตัดทั่วไปของทางหลวงในบริเวณที่มีการยกโค้งและขยายผิวจราจร

ในการคำนวณจะต้องตรวจสอบว่า สถานีที่คำนวณนั้นอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการยกโค้งหรือขยายผิวจราจรหรือไม่และเนื่องจากตำแหน่งที่มีการยกโค้งและขยายผิวจราจร จะอยู่ในช่วงคาบเกี่ยวระหว่างแนวทางราบส่วนที่เป็นเส้นตรงและส่วนที่เป็นเส้นโค้ง การตรวจสอบจะทำโดยการอ่านข้อมูลแนวทางราบครั้งละสามส่วนและตรวจสอบว่าเป็นแนวทางราบประเภทใด หากต้องมีการยกโค้งและขยายผิวจราจรแล้ว โปรแกรมก็จะกำหนดช่วงตำแหน่งสถานีที่จะต้องยกโค้ง ขยายผิวจราจรและรายละเอียดเกี่ยวกับการยกโค้งและการขยายผิวจราจร ถ้าสถานีที่กำลังจะคำนวณมีตำแหน่งตกอยู่ในช่วงดังกล่าว โปรแกรมก็จะคำนวณหาค่าพิกัดของรูปตัดทางในประเภทที่สอง

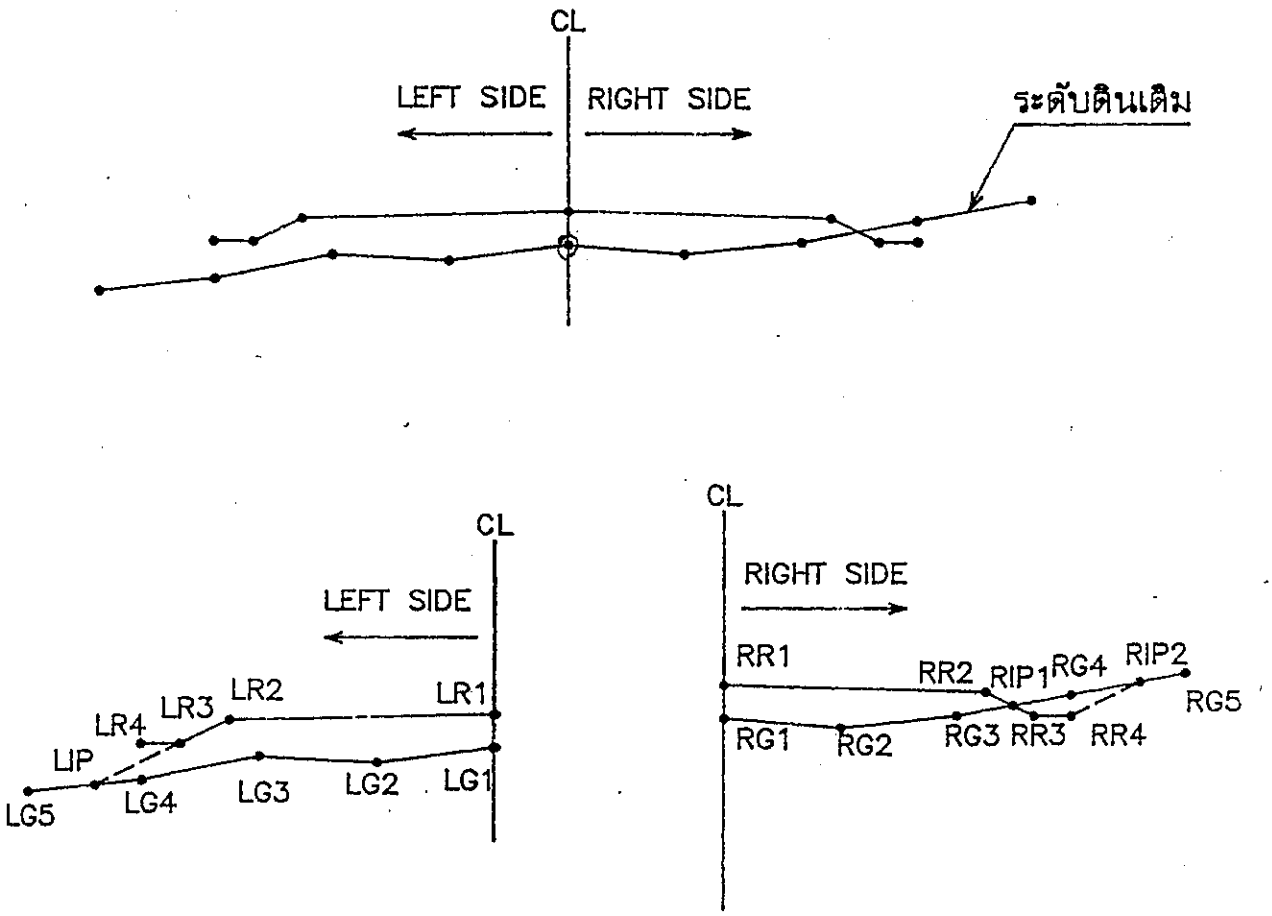
3.5.3.6 <u>การคำนวณพื้นที่ดินตัด – ดินถม</u>

การคำนวณพื้นที่ดินตัด-ดินถม เป็นส่วนหนึ่งของการคิดปริมาณงานดินที่ใช้ในการก่อสร้างทาง เป็นขั้นตอนอีกขั้นตอนหนึ่งที่ต้องใช้แรงงานมากและมีความจำเป็นที่จะต้องคิดเนื่องจากมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ในการออกแบบด้วยมือนั้น การคำนวณหาค่าพื้นที่ดินตัด – ดินถม มักทำโดยการเขียนรูปตัดทั่วไปของทางมาครอบกับรูปตัดตามขวางของดินเดิมซึ่งเขียนลงในกระดาษกราฟแล้วหาพื้นที่โดยการนับช่องกราฟตามขนาดมาตราส่วนที่เขียน หรืออาจใช้เครื่องคำนวณช่วยในการคำนวณก็ได้ โดยใช้วิธีการหาพื้นที่จากค่าพิกัด (Area by coordinates)

ลักษณะงานดินในแต่ละสถานี แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1) พื้นที่เป็นดินตัดทั้งหมด (Section entirely in cut)
2) พื้นที่เป็นดินถมทั้งหมด (Section entirely in fill)
3) พื้นที่มีทั้งดินตัดและดินถม (Section having both cut and fill)

การคำนวณพื้นที่ดินตัด ดินถมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเริ่มจากการอ่านข้อมูลตำแหน่งสถานี ข้อมูลค่าระดับดินเดิมตามขวาง และค่าพิกัดของรูปตัดทั่วไปของทางที่ได้จากขั้นตอนที่แล้ว จากนั้นจะแบ่งค่าพิกัดของระดับดินเดิมตามขวาง และ ค่าพิกัดรูปตัดของทางแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้างซ้าย และ ข้างขวาดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แนวความคิดในการคำนวณหาพื้นที่ดินตัด – ดินถม ในแต่ละสถานี

หลังจากแบ่งค่าพิกัดออกเป็นสองส่วนแล้วจะแยกคำนวณหาค่าพิกัดของจุดตัด ระหว่างรูปตัดทางหลวงกับรูปตัดตามขวางของค่าระดับดินเดิม (ส่วนที่เป็นเส้นประ) ในแต่ละข้างเมื่อได้จุดตัดดังกล่าวแล้ว จะรวมค่าพิกัดออกเป็นเซต(SET) โดยแยกออกเป็นเซตของค่าพิกัดที่เป็นดินตัดและ เซตของค่าพิกัดที่เป็นดินถม ตัวอย่าง เช่นรูปที่ 3.15 สามารถจัดเซตของค่าพิกัดได้ดังนี้

L FILL = (LR1,LR2,LR3,LIP,LG4,LG3,LG2,LG1,LR1)

R FILL = (RR1,RG1,RG2,RG3,RIP1,RR2,RR1)

R CUT = (RIP1,RR3,RR4,RIP2,RR3,RIP1)

จากนั้นจะนำค่าพิกัดในแต่ละเซตไปคำนวณหาพื้นที่โดยวิธีการหาพื้นที่จากค่าพิกัดที่ได้ตามลักษณะของงานดินที่เหมือนกัน (ดินถมรวมกับดินถม และดินตัดรวมกับดินตัด) ก็จะได้ค่าพื้นที่ของดินตัดและดินถมของสถานีที่กำลังคำนวณ จากนั้นจะเก็บค่าที่ได้ไว้เป็นข้อมูลใน Hard disk เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาตรและการเขียนภาพรูปตัดต่อไป

3.5.3.7 <u>การคำนวณปริมาตรดินตัด – ดินถม</u>

หลังจากคำนวณหาพื้นที่ดินตัด – ดินถม ในแต่ละสถานีแล้ว จะนำพื้นที่ดังกล่าวมาคำนวณหาปริมาตรของดินตัด – ดินถม โดยจะคำนวณเป็นช่วงๆซึ่งความยาวของแต่ละช่วงก็คือระยะห่างของแต่ละสถานีนั่นเอง จากนั้นจะนำปริมาตรของงานดินทั้งหมดมารวมกัน โดยปกติ จะพยายามออกแบบให้มีปริมาตรงานดินตัดและดินถมมีปริมาตรเท่าๆกันเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณดินตัดดินถมจะคำนวณโดยวิธี AVERAGE AREA METHOD โดยการนำค่าพื้นที่ของดินตัด – ดินถม ของสองสถานี มาหาค่าเฉลี่ยแล้วคูณด้วยระยะห่างระหว่างสองสถานีนั้น

ตัวอย่างผลลัพธ์การคำนวณหาปริมาณดินตัด – ดินถม โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

EARTHWORK REPORT

END AREA VOLUME LISTING WITH CURVE CORRECTION

Station	Cut Area(m2) Volume(m3)	Fill Area(m2) Volume(m3)	Cut Cumulation Volume(m3)	Fill Cumulation Volume(m3)
0+000	13.235	0.000		
	233.243	0.011	233.243	0.011
0+025	5.425	0.011		
	82.053	10.969	315.296	10.979

ตารางที่ 3.2 ผลลัพธ์การคำนวณปริมาตร ดินตัด – ดินถม โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.5.4 <u>ส่วนการเขียนแบบ</u>

แบบก่อสร้างทาง ประกอบไปด้วยรายละเอียดต่างๆมากมาย นอกจากจะประกอบไปด้วยแบบแสดงแนวทางและระดับของทางแล้ว ยังมีรายละเอียดอื่นๆที่มีความจำเป็นในการก่อสร้างด้วย เช่น แบบรายละเอียดโครงสร้างทางแบบรายละเอียดบริเวณทางแยก แบบรายละเอียดแสดงตำแหน่งไฟฟ้าส่องสว่าง แบบรายละเอียดแสดงมาตรฐานเครื่องหมายและป้ายจราจร เป็นต้น

สำหรับการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบในครั้งนี้จะไม่รวมถึงการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนแบบด้วยเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาในการศึกษา เพียงแค่จะกล่าวไว้เพื่อผู้ที่สนใจต้องการศึกษาและค้นคว้าในโอกาสต่อไป

การศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในงานเขียนแบบนั้นมีขอบเขต เฉพาะการเขียนแบบแปลน และรูปตัดความยาว (Plan profile)ของทางเท่านั้น โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการเขียนแบบจะเป็นผลลัพธ์ซึ่งเป็นรายละเอียดหลักที่ได้จากส่วนการออกแบบที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สำหรับแบบรายละเอียดอื่นๆนั้นในบางส่วนจะเป็นแบบมาตรฐานที่สามารถนำไปใช้กับทางสายอื่นๆที่มีมาตรฐานชั้นทางประเภทเดียวกันได้ โดยสามารถเขียนขึ้นมาเพียงครั้งเดียวแล้วนำไปใช้ซ้ำได้อีก ในขณะที่แบบรายละเอียดแปลนและรูปตัดตามยาวนั้น จะเปลี่ยนไปตามการออกแบบและรายละเอียดอื่นๆ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในงานเขียนแบบแปลนและรูปตัดตามยาวจะเป็นการช่วยลดแรงงานและเวลาในส่วนนี้ได้เป็นอย่างมาก

ลักษณะมาตรฐานของแบบแปลนและรูปตัดตามยาวประกอบไปด้วยพื้นที่หลัก 2 ส่วน คือ พื้นที่เขียนแบบรายละเอียดแนวทางราบ และ พื้นที่เขียนแบบรายละเอียดแนวทางดิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ซึ่งเป็นมาตรฐานของกรมโยธาธิการ

การทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการเขียนแบบแนวทางราบและส่วนการเขียนแบบแนวทางดิ่ง โดยมีขั้นตอนในแต่ละส่วนดังนี้

3.5.4.1 ส่วนการเขียนแบบแนวทางราบ

โดยทั่วไปแล้ว ในส่วนของแนวทางราบจะประกอบไปด้วยรายละเอียดต่างๆ มากมายเช่น รายละเอียดด้านเรขาคณิตของแนวทางราบ รายละเอียดของอาคารบ้านเรือน ลำน้ำ เสาไฟฟ้า รั้ว ถนน สะพาน ฯลฯ รายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่ เช่น เป็นป่า ทุ่งนา หนองน้ำ เป็นต้น รายละเอียดเกี่ยวกับหมุดหมายพยานที่ได้ทำไว้ในสนามระหว่างการสำรวจ ฯลฯ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยในงานเขียนแบบแนวทางราบจะทำเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบทางด้านเรขาคณิตของแนวทางราบ และส่วนประกอบอื่นๆที่สำคัญเท่านั้น ซึ่งประกอบไปด้วย

1) แนวทางราบของทางซึ่งประกอบไปด้วยเส้นแสดงศูนย์กลางผิวจราจร ไหล่ทาง และเขตทาง
2) ข้อมูลโค้งราบ (Curve data)
3) สัญลักษณ์บอกทิศเหนือ
4) รายละเอียดจุดอ้างอิงที่ทำไว้ในพื้นที่ระหว่างการสำรวจ
5) ตัวอักษรที่จำเป็น เช่น ตัวอักษรบอกตำแหน่งทุกๆ 1 กิโลเมตร และ ทุกๆ 100 เมตร ตัวอักษรบอกทิศทางของแนวทางราบ(ค่าอาซิมุท) เป็นต้น

รายละเอียดในแต่ละส่วนที่กล่าวข้างต้น ที่เขียนโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีหัวข้อให้ผู้ใช้เลือกในระบบเมนู โดยผู้ใช้เพียงป้อนข้อมูลตำแหน่งจุดเริ่มต้น และ จุดสิ้นสุดของสถานีที่ทำ

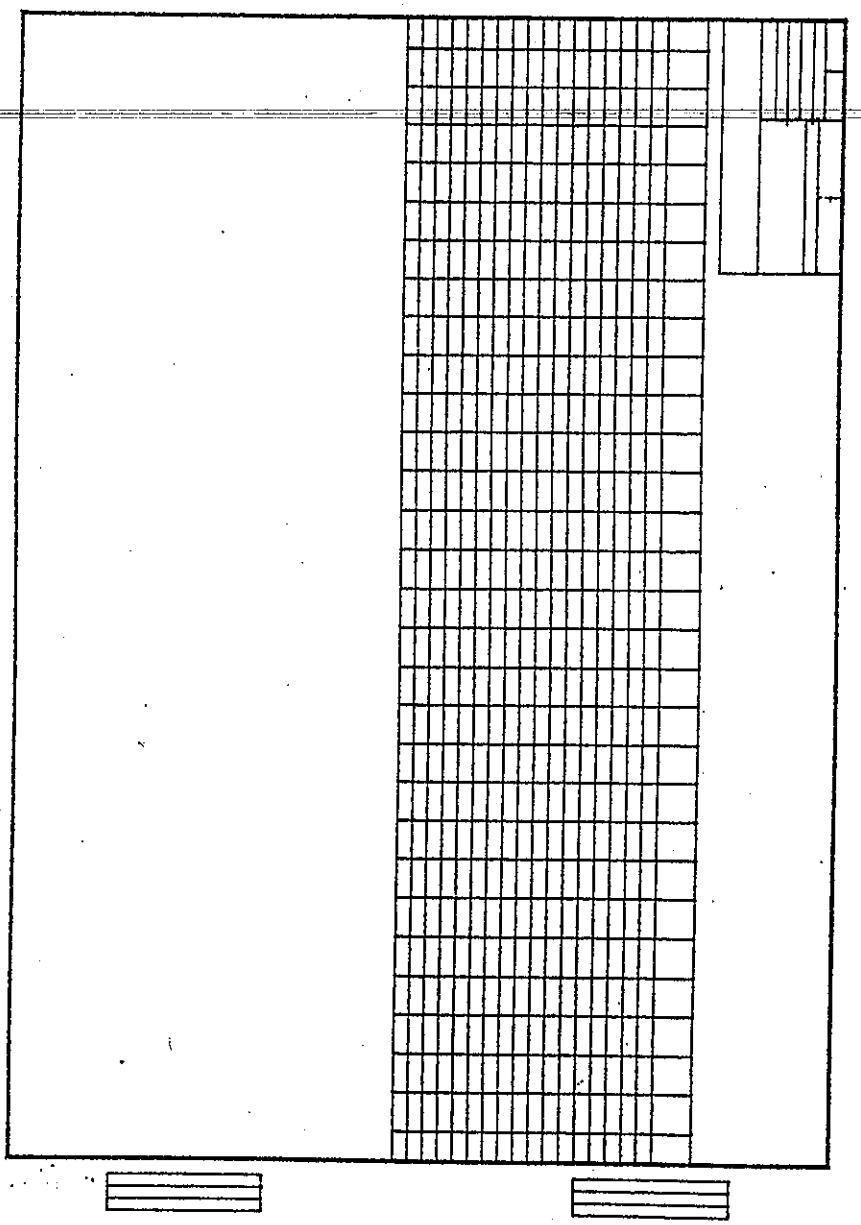
การเขียนแบบให้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้นแล้วใช้เม้าส์เลือกหัวข้อเลือก โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเขียนรายละเอียดให้โดยอัตโนมัติ

3.5.4.2 ส่วนการเขียนแบบแนวทางดิ่ง

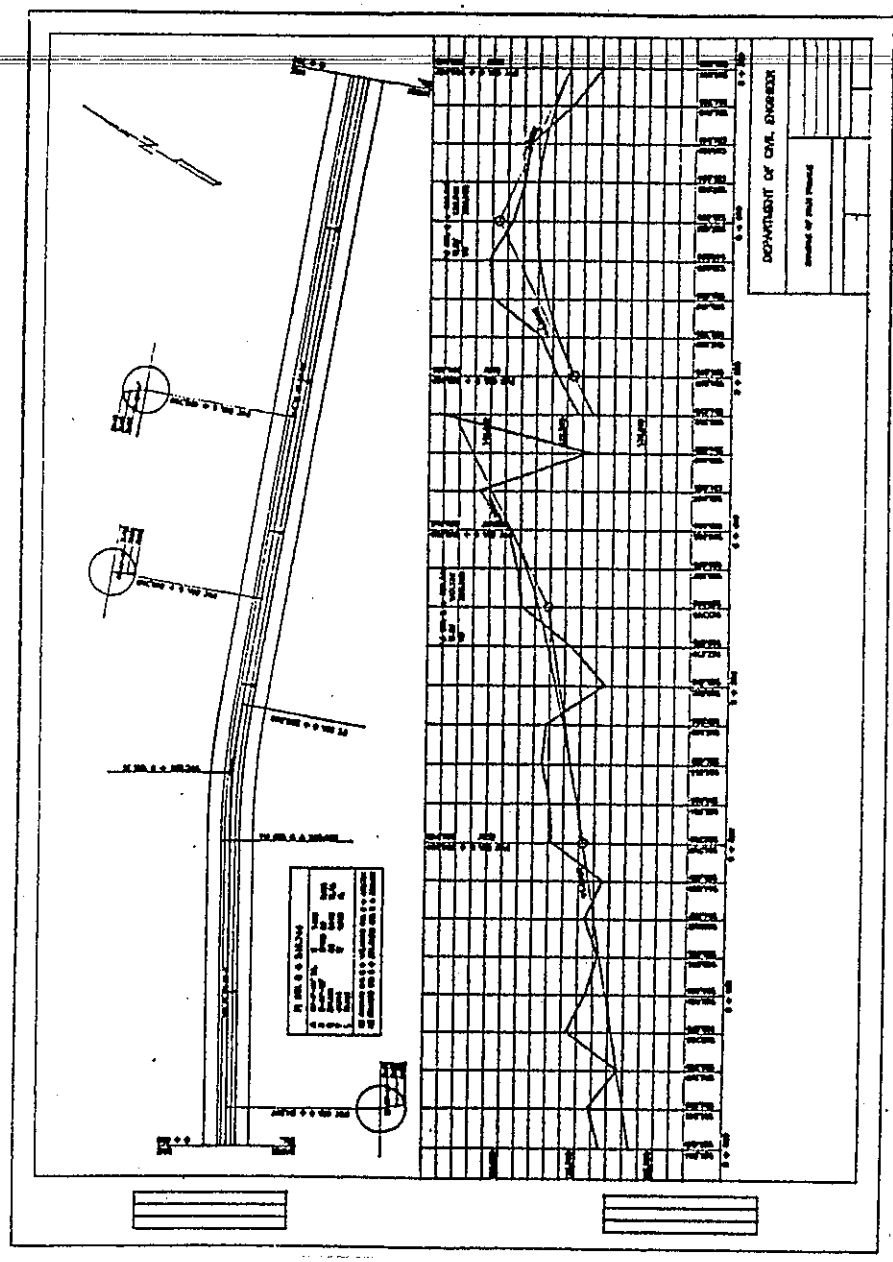
รายละเอียดแนวทางดิ่งที่เขียนลงในแบบ โดยทั่วไปแล้วประกอบด้วย รูปตัดตามยาวของดินเดิม(Ground profile) แนวทางดิ่งของทาง (Roadway or grade profile) และรายละเอียดท่อลอดเพื่อการระบายน้ำเท่านั้น

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในงานเขียนแบบแนวทางดิ่ง จะช่วยเขียนรูปตัดตามยาวของดินเดิมและแนวทางดิ่งของทาง โดยผู้ใช้เพียงแค่ใช้เม้าส์เลือกหัวข้อเลือกเพื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยเขียนแบบให้เท่านั้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการเขียนแบบโดยอัตโนมัติทั้งหมด ซึ่งจะเป็นขั้นตอนที่ง่ายและสะดวกรวดเร็วอย่างมาก

ตัวอย่างการเขียนแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงไว้ในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 รูปแบบและลักษณะมาตรฐานของแบบแปลนและรูปตัดตามยาว



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานเขียนแบบ

3.6 สรุป

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยในงานออกแบบและเขียนแบบแนวเส้นทาง จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบแนวทาง แก้ไข และเขียนแบบได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนการใช้โปรแกรม พอจะสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ป้อนข้อมูลรายละเอียด ซึ่งประกอบไปด้วย

   1.1) ข้อมูลแนวทางราบ
   1.2) ข้อมูลรูปตัดทั่วไปของทาง
   1.3) ข้อมูลค่าระดับดินเดิม

2) ออกแบบแนวทางราบ โดยเป็นการออกแบบองค์ประกอบแนวทางราบ ที่เกี่ยวกับความปลอดภัย ได้แก่ การยกโค้ง และ การขยายผิวจราจรในบริเวณโค้งราบ
3) ออกแบบแนวทางดิ่ง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

   3.1) ออกแบบขีดระดับหลังทาง (Grade line design)
   3.2) ออกแบบโค้งดิ่ง (Vertical Curve design)
   3.3) คำนวณค่าระดับหลังทาง (Roadway profile)
   3.4) คำนวณค่าพิกัดรูปตัดทั่วไปของทาง
   3.5) คำนวณพื้นที่ดินตัด – ดินถม
   3.6) คำนวณปริมาตรดินตัด – ดินถม

4) เขียนแบบ โดยเป็นการเขียนแบบแปลน และรูปตัดตามยาวของทาง ซึ่งประกอบไปด้วย

   4.1) เขียนแบบแนวทางราบ (Plan) โดยมีรายละเอียดในแต่ละส่วน ดังนี้

      4.1.1) เขียนแบบแนวทางราบ ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นแสดงแนวศูนย์กลาง ผิวจราจร ไหล่ทาง และ เขตทาง

4.1.2) ข้อมูลโค้งราบ (Curve data)

4.1.3) รายละเอียดจุดอ้างอิง

4.1.4) สัญลักษณ์แสดงทิศเหนือ

4.1.5) เส้นต่อทาบแนวทางระหว่างแบบ (Match line)

4.1.6) เส้นแสดงรายละเอียด สถานีที่สำคัญ ในบริเวณโค้งราบ ได้แก่ สถานีจุดเริ่มต้นโค้ง (PC STATION) สถานีจุดตัดแนวเส้นตรง (PI STATION) และ สถานีจุดปลายโค้ง (PT STATION)

4.1.7) ตัวอักษรที่จำเป็น เช่น ตัวอักษรแสดงทิศทางของอาซิมุท ของแนวทางราบ ตัวอักษรแสดงตำแหน่งหลักกิโลเมตร และตำแหน่งทุกๆ ระยะ 100 เมตร

4.2) เขียนแบบแนวทางดิ่ง