บทที่ 2

การพัฒนาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในงานออกแบบแนวเส้นทางทางหลวงที่ผ่านมา

งานออกแบบแนวเส้นทางของทางหลวง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบแนวทางราบ และ แนวทางดิ่งซึ่งเป็นงานที่มีความซับซ้อนต้องใช้เวลา แรงงานเป็นจำนวนมาก และ ต้องอาศัยข้อมูลประกอบในการพิจารณาเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ ยังต้องพิจารณาองค์ประกอบ และปัจจัยอื่น ๆ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการก่อสร้าง คือ ประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง มีความเหมาะสมสะดวกสบายในการขับขี่ และ มีความปลอดภัยในการขับขี่ ในอดีตงานออกแบบแนวเส้นทางทางหลวงมักทำด้วยมือ ต่อมาเมื่อเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบ

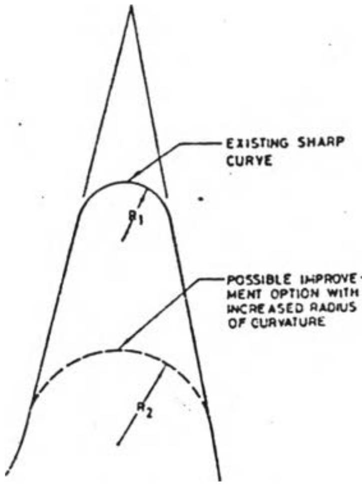
ปัจจุบันมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาช่วยในงานออกแบบทางอย่างมาก ซึ่งแต่ละโปรแกรมจะมีรูปแบบ และลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันออกไปขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น ๆ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาขึ้นมาช่วยในงานออกแบบทางสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ โปรแกรมประเภทช่วยในงานออกแบบแนวทางราบ โปรแกรมประเภทช่วยในงานออกแบบแนวทางดิ่ง และ โปรแกรมประเภทที่เป็นระบบใหญ่ช่วยในงานออกแบบทางทั้งหมด และ สามารถผลิตผลงานออกมาเป็นแบบก่อสร้างได้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานออกแบบแนวทางราบ โดยทั่วไปแล้วจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยวิเคราะห์ ออกแบบองค์ประกอบทางด้านเรขาคณิตของแนวทางราบ และองค์ประกอบทางด้านความปลอดภัยของผู้ขับขี่ เช่น การคำนวณส่วนประกอบของโค้งราบ ซึ่งได้แก่ ความยาวรัศมีของโค้งราบ ความยาวเส้นสัมผัส ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น การยกโค้ง การขยายผิวจราจรในบริเวณโค้งราบ เป็นต้น รูปแบบของโปรแกรมประเภทนี้ จะมีลักษณะในการป้อนข้อมูล และแสดงผลเป็นแบบข้อความหรืออาจเป็นแบบภาพ

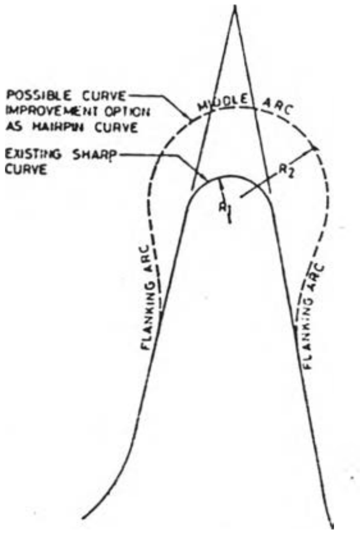
กราฟฟิกก็ได้ โดยจะมีลักษณะเป็นโปรแกรมย่อย ๆ ช่วยในงานคำนวนวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเรขาคณิตของแนวทางราบ แยกเป็นเฉพาะแต่ละรูปแบบ โปรแกรมประเภทนี้มักจะพัฒนาขึ้นมาช่วยในงานคำนวณวิเคราะห์ทางด้านเรขาคณิตที่มีความยุ่งยากซับซ้อน และสามารถนำไปใช้ในงานสำรวจในสนามได้เช่นกัน

รูปที่ 2.1 เป็นแนวทางและวิธีการคำนวณวิเคราะห์องค์ประกอบทางเรขาคณิตของโค้งราบแบบแฮร์ปิน (HAIRPIN CURVE) โดย B.K.Roy ซึ่งใช้ช่วยในการปรับโค้งราบที่มีอัตราความโค้งมาก ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์เบสิก ช่วยในการวิเคราะห์



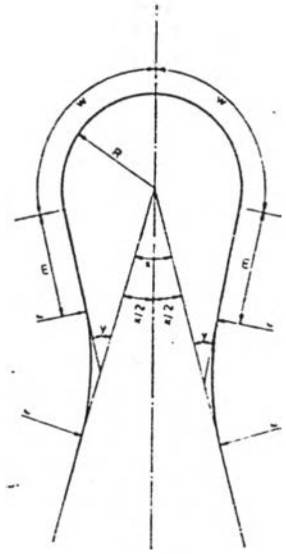
Easing Sharp Horizontal Curve by Increasing Radius

ก) ปรับลดอัตราความโค้งโดยการเพิ่มความยาวรัศมี



Easing Sharp Horizontal Curve as Hairpin Curve

ข) ปรับให้เป็นโค้งแบบแฮร์ปิน

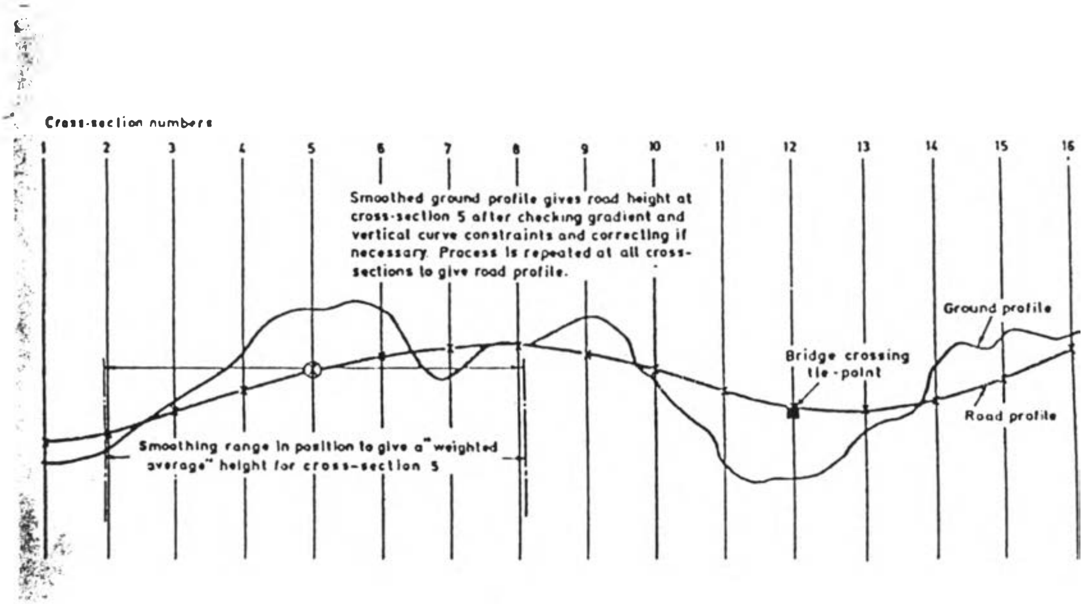


Symmetrical Hairpin Curve (after Babkov et al. 1967)

ค) ปรับให้เป็นโค้งแฮร์ปินแบบสมมาตร (Symmetrical Hairpin curve)

รูปที่ 2.1 แนวความคิดในการวิเคราะห์โค้งราบแบบแฮร์ปิน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (B.K. Roy, 1990)

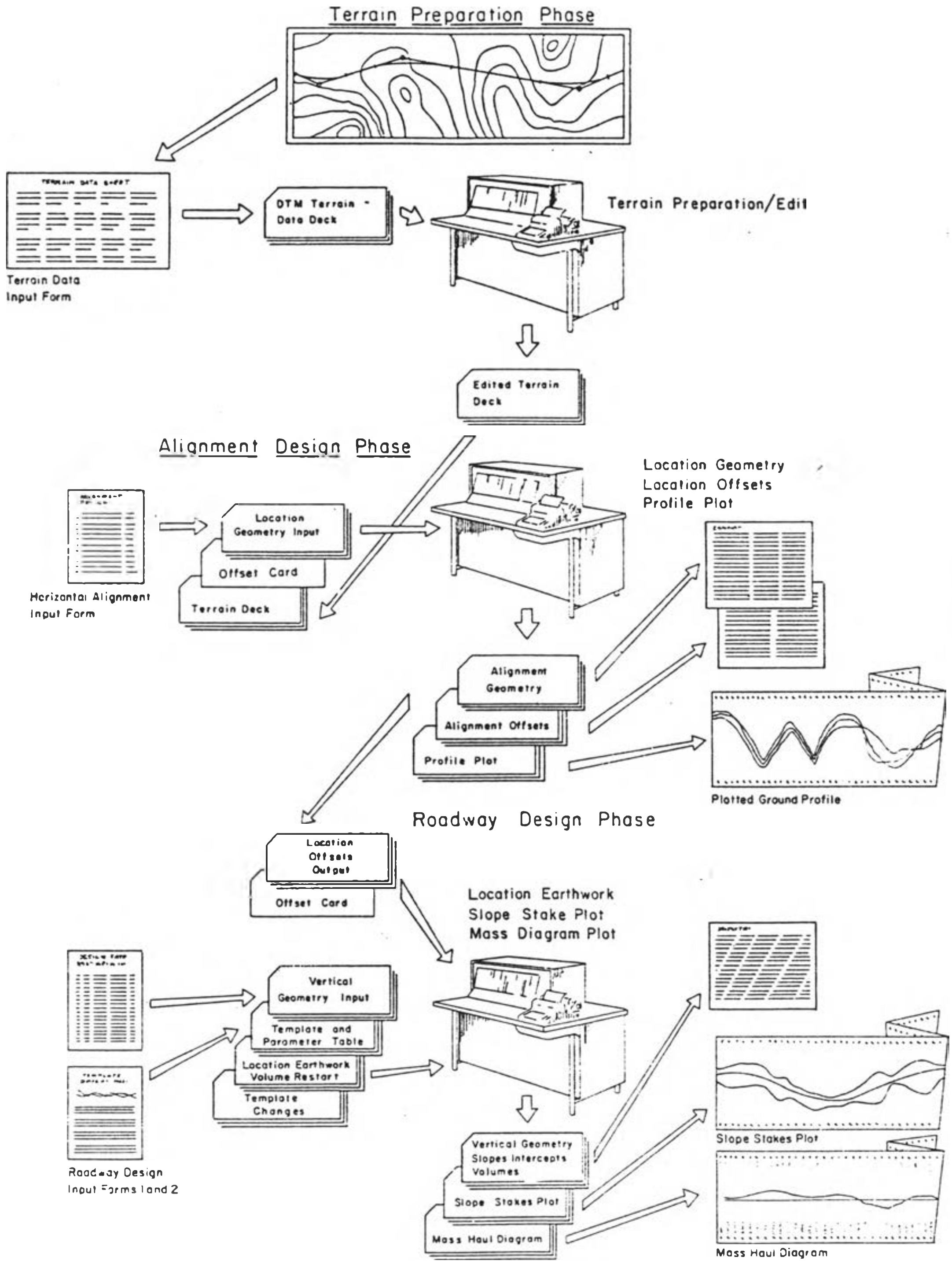
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยในงานออกแบบแนวทางดิ่ง เป็นโปรแกรมช่วยในงานหาแนวเส้นทางของถนน เพื่อให้ได้แนวทางดิ่งที่เหมาะสมที่สุดตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบโดยสอดคล้องกับข้อกำหนด และข้อจำกัดต่าง ๆ โดยทั่วไปแล้วโปรแกรมประเภทนี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบที่กำหนดแนวทางดิ่งโดยผู้ออกแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการคำนวณวิเคราะห์องค์ประกอบของแนวทางดิ่งต่าง ๆ และ แบบที่คำนวณหาแนวทางดิ่งที่เหมาะสมที่สุดโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำโดยวิธีการพลวัต (Dynamic Programming) ภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัด (Constraints) ที่กำหนดไว้ตามวัตถุประสงค์ ตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.1 เป็นแนวความคิด การหาแนวทางดิ่งที่เหมาะสม ที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันเทคโนโลยีแห่งมลรัฐแมสซาชูเซท (MIT) (Stott,1973a)



รูปที่ 2.2 การหาแนวทางดิ่งที่เหมาะสมที่สุดโดยวิธีปรับพื้นดินให้เรียบขึ้น (Smooth ground process) ที่พัฒนาโดย MIT (Stott,1973a)

ระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยทั้งในงานออกแบบแนวทางราบและแนวทางดิ่ง มักจะเป็นระบบโปรแกรมขนาดใหญ่ ที่มีขีดความสามารถสูง มีการตอบโต้กับผู้ใช้ในลักษณะภาพกราฟฟิก สามารถรับข้อมูล และแสดงผลได้ทั้งในรูปแบบข้อความและกราฟฟิก และเนื่องจากงานออกแบบแนวเส้นทาง ต้องอาศัยข้อมูลลักษณะของสภาพภูมิประเทศในบริเวณที่แนวเส้นทางผ่าน ซึ่งจำเป็นต้องมีการสำรวจ ดังนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภทนี้จะเพิ่มขีดความสามารถ ทางด้านการวิเคราะห์งานสำรวจเข้าไปด้วย นอกจากนี้บางโปรแกรมอาจเพิ่มขีดความสามารถ ออกแบบทางด้านวิศวกรรมอื่น ๆ ที่มีลักษณะความต้องการข้อมูล วิธีวิเคราะห์คล้ายคลึงกับงานออกแบบแนวเส้นทางของทางหลวงเข้าไปด้วย เช่น การออกแบบแนวเส้นทางรถไฟ แนวคลองชลประทาน เป็นต้น ระบบโปรแกรมประเภทที่ช่วยทั้งในงานออกแบบแนวทางราบ และแนวทางดิ่งนี้ มักจะทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ที่มีขีดความสามารถสูง ต้องการอุปกรณ์ประกอบในการป้อนข้อมูลและเขียนแบบอย่างครบครัน เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DTM Location System พัฒนาโดยภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีแห่งมลรัฐแม็สซาชูเซ็ท (Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology) เป็นโปรแกรมที่ช่วยในงานวิเคราะห์ และ ออกแบบหาแนวเส้นทางของทางหลวง ซึ่งประกอบไปด้วยโปรแกรมออกแบบทาง และโปรแกรมวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์เมื่อมีการก่อสร้างทางด้วย ผลงาน และข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ออกแบบ ด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DTM Location System จะสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างจริงได้



รูปที่ 2.3 ระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ และ วิเคราะห์หาแนวเส้นทางทางหลวง DTM Location System

2.1 ประวัติการพัฒนาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผ่านมา

ระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานออกแบบทางหลวงที่สำคัญเริ่มมีการพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2509 โดย County Surveyors society และ Ministry of Transport ของประเทศอังกฤษร่วมกันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับงานสำรวจ และออกแบบทาง

ปี พ.ศ.2510 ได้มีการพัฒนาโปรแกรม British Integrates Program System for Highway Design หรือ BIPS1 สำเร็จ และนำไปใช้อย่างแพร่หลายในช่วงเวลานั้น ในปี พ.ศ.2511 ถึง พ.ศ.2518 BIPS1 ถูกปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเป็น BIPS3

ปี พ.ศ.2513 กลุ่มวิศวกร และ ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำงานในหน่วยงานท้องถิ่นของประเทศสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานออกแบบแนวเส้นทางทางหลวงชื่อ MOdelling SyStem หรือ MOSS โดยมีขีดความสามารถช่วยออกแบบวิเคราะห์งานด้านวิศวกรรมสำรวจ และ งานออกแบบด้านวิศวกรรมอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน และได้ออกจำหน่ายในสาธารณะ ในปี พ.ศ.2518 โปรแกรม MOSS ได้ถูกพัฒนาเรื่อยต่อมาจนกระทั่งปัจจุบันเป็น Version 6.0 และเป็นระบบโปรแกรมที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุดโปรแกรมหนึ่งในปัจจุบัน

ปี พ.ศ.2513 The Texas State Development of Highways and Public Transportation เริ่มคิด และ พัฒนาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานออกแบบทางหลวง ชื่อ Roadway Design System (RDS) ขึ้นใช้เองภายในหน่วยงาน โดยมีลักษณะการตอบโต้กับผู้ใช้ในรูปแบบกราฟฟิก หรือ Interactive Graphics System Operations

ปี พ.ศ.2514 The Department of Civil Engineering Massachusette Institute of Technology ได้พัฒนาโปรแกรม DTM Design System ช่วยในงานวิเคราะห์การกำหนดแนวเส้นทางทางหลวง (Highway Location Analysis) ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนออกแบบแนวเส้นทาง งานคำนวนปริมาณงานดินและการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อหาความเหมาะสมของแนวเส้นทาง

ปี พ.ศ.2517 มีการพัฒนาระบบโปรแกรม GENeral Engineering SYStem หรือ GENESYS สำเร็จ โดยมีโปรแกรมย่อยช่วยในงานออกแบบทางชื่อ HIGHWAYS/1

ปี พ.ศ.2518 มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานสำรวจและออกแบบทางชื่อ GCARS (Turner,1973)

ปี พ.ศ.2518 The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือการพัฒนาเพิ่มเติม ระบบโปรแกรม RDS ให้มีลักษณะการป้อนข้อมูล เป็นตัวอักษร และ ตัวเลข (Alphaneumeric Input) และทำงานเป็น Batch processing mode โดยจะเป็นโปรแกรมของ AASHTO (AASHTO WARE)

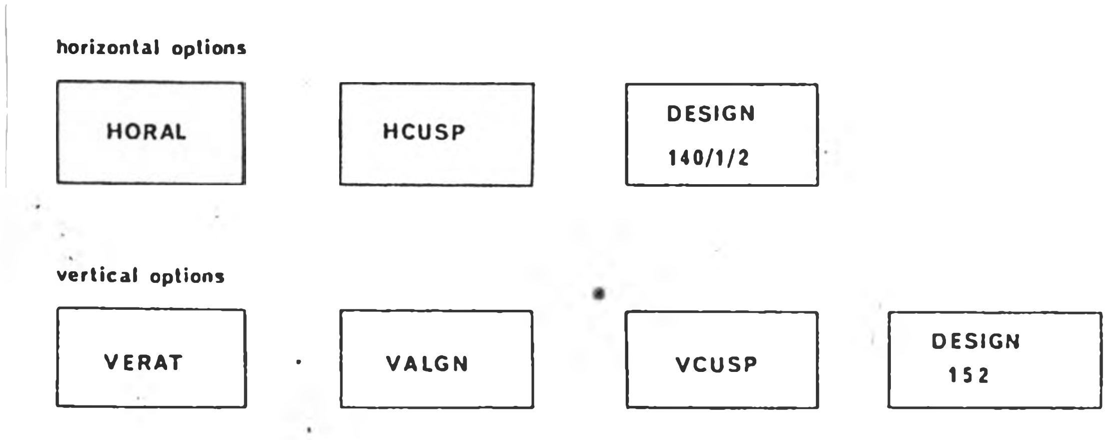
ปี พ.ศ.2527 มีการพัฒนาและรวบรวมระบบโปรแกรม RDS ทั้งสองส่วนข้างต้นเข้าด้วยกัน เรียกว่า Interactive Graphics roadway design system (IGrds) โดยแบ่งโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วน คือ Alphaneumeric option และ Interactive Graphics Option

2.2 <u>ระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออกแบบทางที่สำคัญ</u>

ระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สำคัญและนิยมใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันคือ ระบบโปรแกรม MOSS Modelling System ซึ่งเป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ (Commercial software) ที่มีขีดความสามารถสูง ระบบโปรแกรมอีกโปรแกรมหนึ่งที่มีขีดความสามารถสูงเช่นเดียวกัน คือ ระบบโปรแกรมแบบ Interactive Graphics (IGrds) ซึ่งใช้ใน The Texas State Department of Highway and Public Transportation

2.2.1 ระบบโปรแกรม MOSS MODELLING SYSTEM

ระบบโปรแกรม MOSS MODELLING SYSTEM เป็นระบบโปรแกรมใหญ่ ซึ่งช่วยในงานออกแบบทางด้านวิศวกรรมโยธาหลายด้าน ในส่วนที่เกี่ยวกับงานออกแบบแนวเส้นทาง เรียกว่า Highway Master Alignment Design ซึ่งประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อยช่วยในงานออกแบบแนวทางราบและแนวทางดิ่ง คือ Horizontal options และ Vertical options ดังแสดงในรูปที่ 2.4



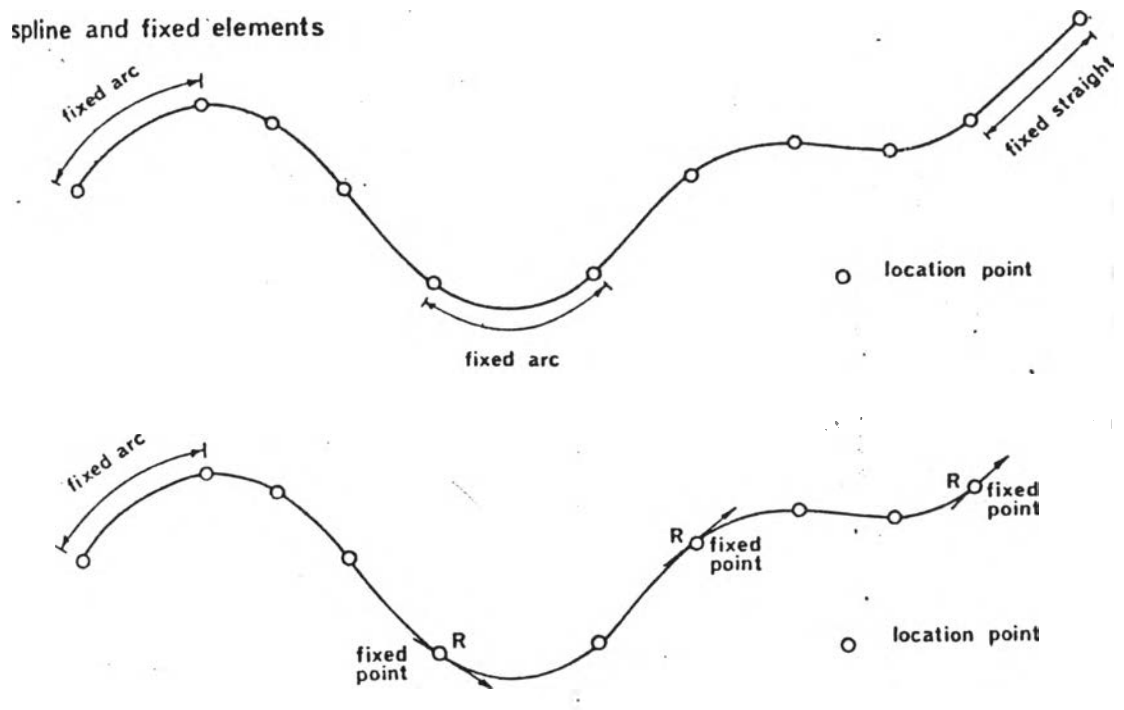
รูปที่ 2.4 โปรแกรมย่อยช่วยในงานออกแบบแนวเส้นทาง Highway Master Alignment ในระบบโปรแกรม MOSS Modelling System

โปรแกรมจะแบ่งแนวเส้นทาง ออกเป็น 2 ชนิด คือ แนวเส้นตรง (Straight elements) และโค้ง (Curve elements) โดยในการออกแบบผู้ใช้จะกำหนดชนิดของส่วนประกอบแนวเส้นทาง ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ

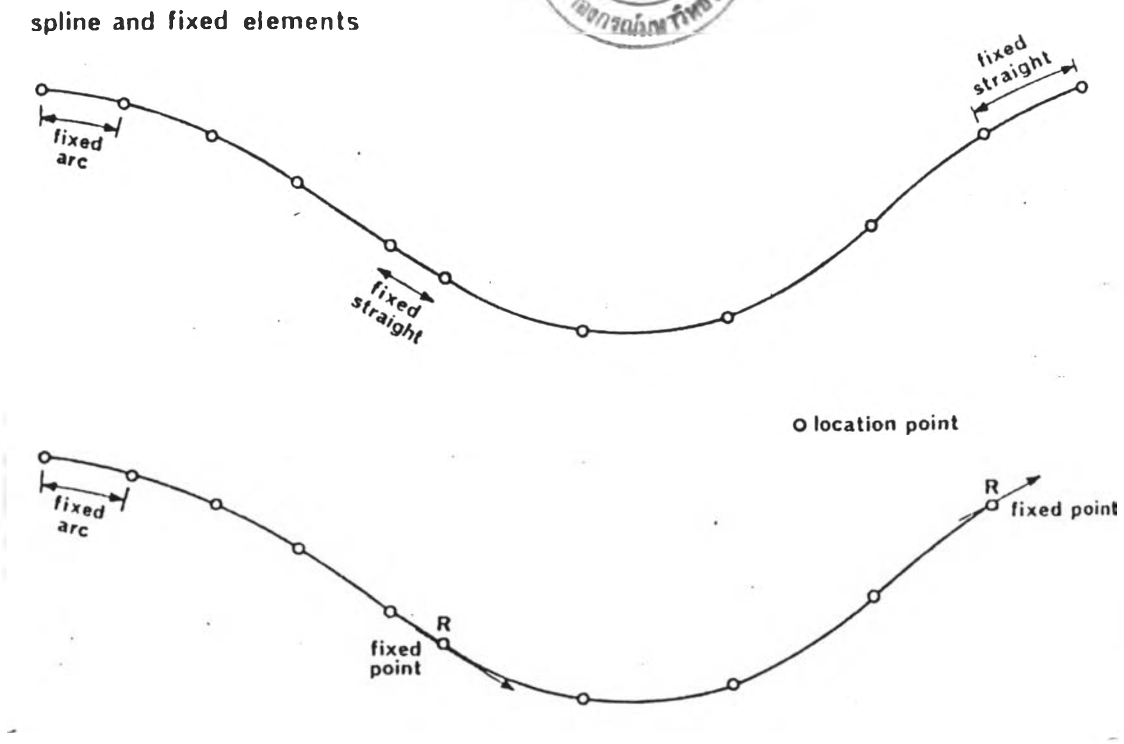
Fixed straight	กำหนดจุด 2 จุดที่แนวเส้นตรงผ่าน
Fixed curve	กำหนดจุด 2 จุดที่ส่วนโค้งผ่าน
Floating straight	กำหนดจุด 1 จุดที่แนวเส้นตรงผ่าน
Floating curve	กำหนดจุด 1 จุดที่ส่วนโค้งผ่าน
Free Straight	แนวเส้นตรงเป็นอิสระไม่กำหนดจุดผ่าน

Free curve		กำหนดค่ารัศมีของโค้งหรือค่าความโค้ง

การออกแบบทั้งในส่วนแนวทางราบ และ แนวทางดิ่ง ผู้ใช้จะสามารถออกแบบได้ทั้งในรูปกราฟฟิก หรือการเขียนโปรแกรมย่อยกำหนดองค์ประกอบแนวเส้นทาง โปรแกรมจะวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางด้านเรขาคณิตของแนวเส้นทางภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดโดยผู้ใช้ จากนั้นผู้ใช้สามารถดำเนินตามขั้นตอนการออกแบบทั่วไปได้ โดยให้โปรแกรมเขียนรูปตัดของทางหลวง คำนวนปริมาณงานดิน และเขียนออกมาเป็นแบบได้



รูปที่ 2.5 การกำหนดจุดในการออกแบบแนวทางราบ



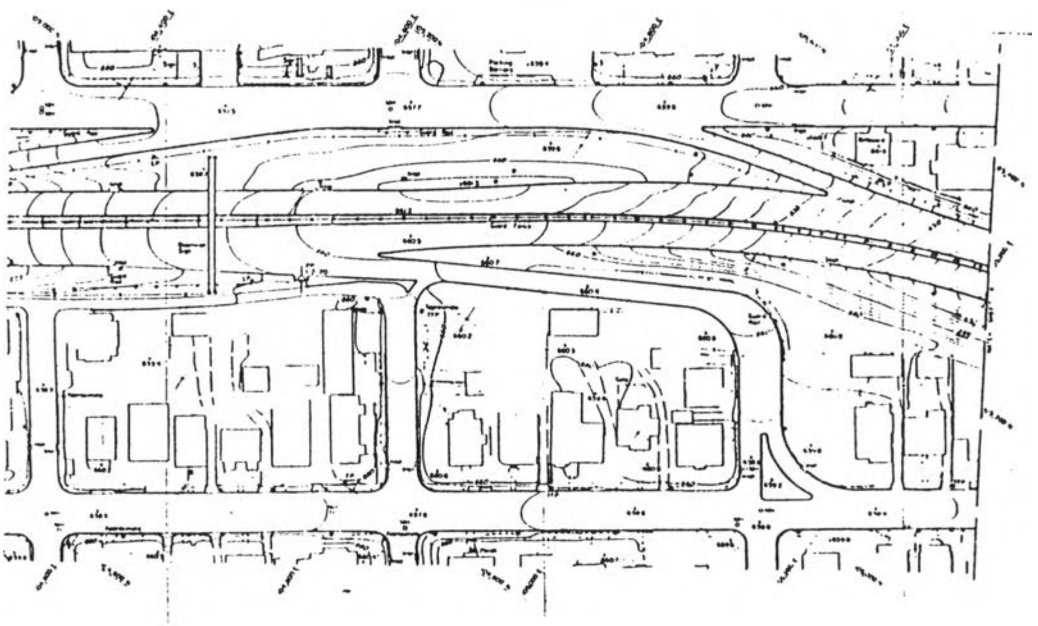
รูปที่ 2.6 การกำหนดจุดในการออกแบบแนวทางดิ่ง

2.2.2 <u>ระบบโปรแกรม IGrds</u>

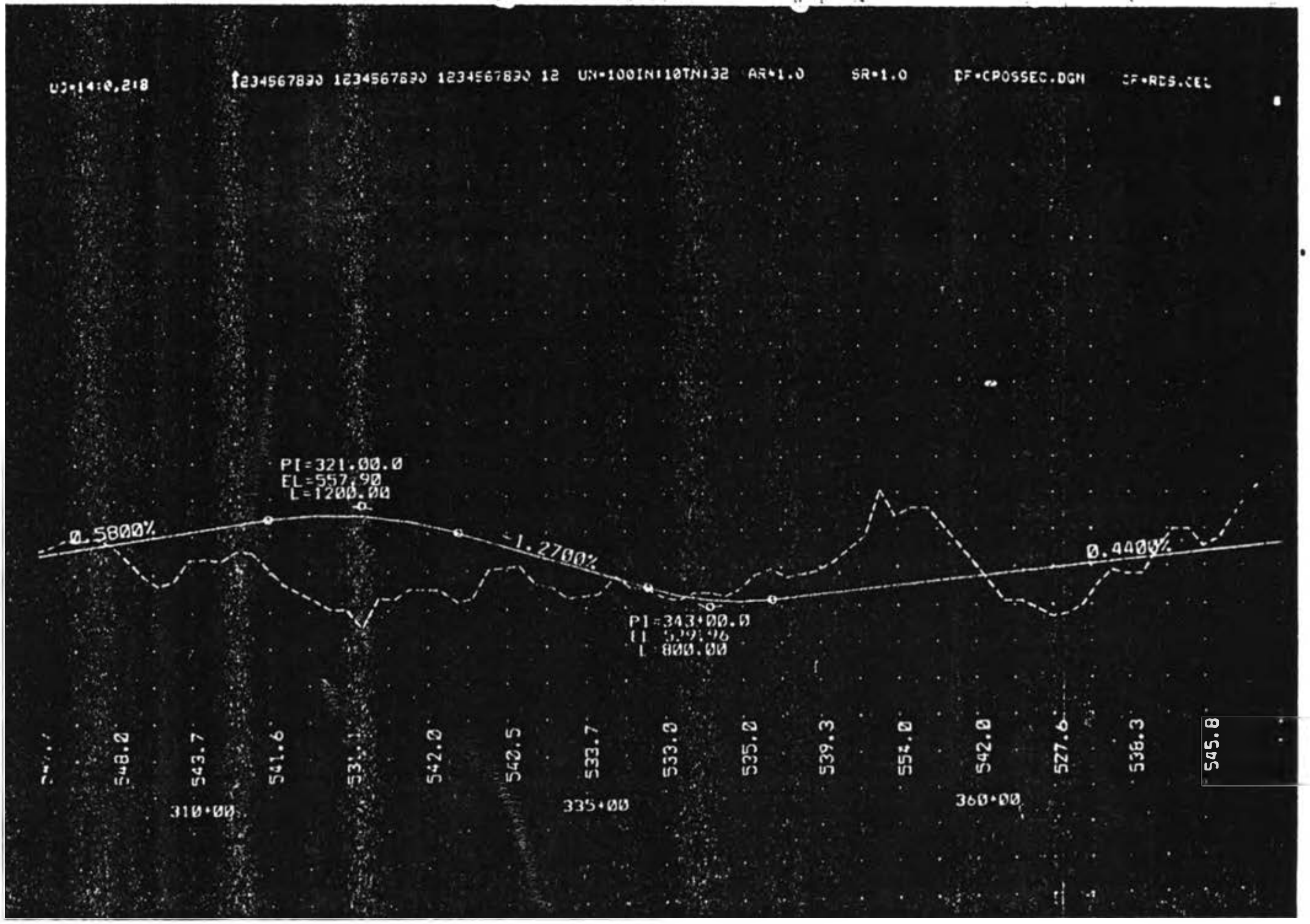
ระบบโปรแกรมแบบ Interactive Graphics ที่ใช้งานใน The Texas State Department of Highway and Public Transportation หรือเรียกว่า Interactive Graphics in Highway Design เป็นโปรแกรมที่ออกแบบโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ (Automated photogrametric data) ซึ่งได้จาก Aerial Stereophoto digitizing systems ผ่านทาง Video graphic เพื่อแปลงข้อมูลลักษณะและสภาพภูมิประเทศเป็นข้อมูลแบบดิจิตอล (Digital model of geographic areas) วิศวกรออกแบบทางหลวงจะออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สนับสนุนระบบ Interactive Graphics นี้ เช่น IGrds ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลแนวเส้นทาง บนข้อมูลสภาพพื้นที่ ในระบบดิจิตอล ภายใต้เงื่อนไข ข้อกำหนดของการออกแบบแนวเส้นทางที่กำหนด

ระบบภาพกราฟฟิกที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบจะสามารถบันทึกได้ทั้งในระบบวีดีโอ และ บนแผ่นจานแม่เหล็ก นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถเรียกดูภาพ 3 มิติ ของแนวทางหลวง หรือ โครงสร้างสะพานที่ออกแบบดูได้ เหมือนกับสภาพที่ผู้ขับขี่ยวดยานเห็นในขณะขับขี่เมื่อเส้นทางหลวงนั้นสร้างเสร็จแล้ว และสามารถเขียนแบบก่อสร้างได้ด้วย

Figure 1. Graphical representation of geographic data base.

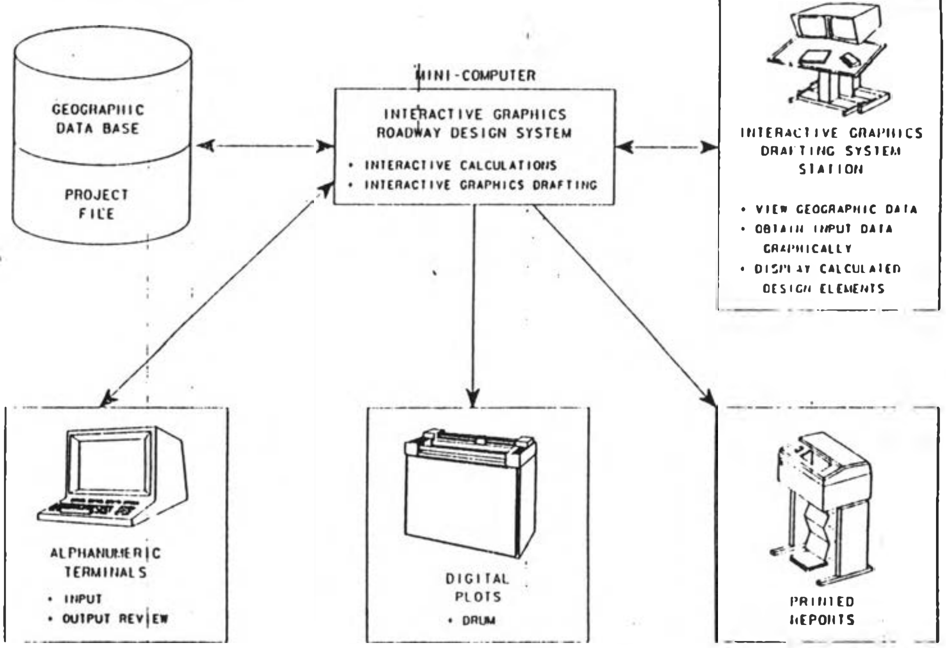


รูปที่ 2.7 แสดงภาพกราฟฟิกซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบ
ในระบบ Interactive Graphics



รูปที่ 2.8 ภาพกราฟฟิกที่ได้จากการออกแบบแนวทางดิ่งโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ IGrds

Figure 8, Flowchart of the interactive graphics engineering design system.



รูปที่ 2.9 แสดงรูปแบบระบบการออกแบบทางโดยระบบโปรแกรม IGrds

2.3 สรุป

จากการศึกษารูปแบบ และ การพัฒนาระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานออกแบบทางที่สำคัญ พบว่า แต่ละโปรแกรมมีประสิทธิภาพสูงอย่างมากในการออกแบบทาง แต่ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้จะต้องเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ มีขีดความสามารถ และมีราคาสูง ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบจะเป็นข้อมูลที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การแปลงข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ เป็นข้อมูลระบบดิจิตอล การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมาใช้ในงานออกแบบทางในประเทศไทยอาจมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลลักษณะสภาพพื้นที่ ที่เป็นระบบดิจิตอลสำหรับใช้ในงานออกแบบ หรือข้อมูลและวิธีการสำรวจยังไม่สอดคล้องกับระบบคอมพิวเตอร์ อาจทำให้การใช้ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่เหล่านี้ไม่ได้เต็มประสิทธิภาพของขีดความสามารถ