บทความเทคนิค

การใช้ Microsoft Excel ในการออกแบบโค้งกลมราบ

ประสิทธิ์ จึงสงวนพรสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอสมุดงาน (workbook) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นงาน (worksheets) ของโปรแกรมสำเร็จ Microsoft Excel 5 สำหรับการออกแบบโค้งกลมราบตามมาตรฐานของกรมทางหลวง โดยได้ใช้เครื่องมือต่างๆ ซึ่งมีอยู่ใน Microsoft Excel 5 ช่วยให้การนำเข้าข้อมูลเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว และลดโอกาสผิดพลาดในการป้อนข้อมูล ด้วยการกำหนดช่วงค่าของข้อมูลสำหรับให้ป้อนพร้อมทั้งแสดงข้อความเตือนเมื่อการป้อนค่าข้อมูลไม่เหมาะสม ผลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลบางส่วนถูกแสดงในข้อมูลโค้ง (curve data) อย่างถูกต้องและสมบูรณ์

Technical Paper

Using Microsoft Excel for Design of Horizontal Circular Curves

Prasit J.Pornsuk
Assistance Professor
Department of Civil Engineering,
Faculty of Engineering , Khon Kaen University

Abstract

This paper presents worksheets of Microsoft Excel 5's workbook for design of horizontal circular curves conforms to Department of Highways standards. Microsoft Excel 5's tools were used to support the data input with convenience, time saving and minimum of errors by limiting the range of input data and warning messages will appear when the input data is improper. Some calculated results and input data are shown in curve data accurately and completely.

บทนำ

ปัจจุบันได้มีการนำโปรแกรมสำเร็จโดยเฉพาะโปรแกรมตารางทำงาน (spreadsheet) เช่น Microsoft Excel และ Lotus123 มาใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบด้านวิศวกรรมอย่างกว้างขวางและแพร่หลาย เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จดังกล่าวมีขีดความสามารถในการคำนวณสูง อำนวยความสะดวก และง่ายในการใช้งาน บทความนี้ได้เสนอสมุดงาน (workbook) ซึ่งประกอบด้วยกระดาษงาน (worksheets) ของโปรแกรมสำเร็จ Microsoft Excel 5 ในการคำนวณออกแบบโค้งกลมราบตามมาตรฐานของกรมทางหลวง โดยได้ใช้เครื่องมือต่างๆ ซึ่งมีอยู่ใน Microsoft Excel 5 ช่วยให้การนำเข้าข้อมูลเป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว และลดโอกาสผิดพลาดในการป้อนข้อมูล ด้วยการกำหนดช่วงค่าของข้อมูลสำหรับให้ป้อนพร้อมทั้งแสดงข้อความ

เตือนเมื่อการป้อนข้อมูลไม่เหมาะสม ผลที่ได้จากการคำนวณและข้อมูลที่ป้อนบางส่วนจะถูกแสดงในข้อมูลโค้ง (curve data) อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อวิศวกรหรือผู้ที่สนใจจะได้นำไปใช้หรือนำไปประยุกต์กับงานด้านอื่นๆ ต่อไป

ส่วนประกอบของสมุดงาน

สมุดงานสำหรับออกแบบโค้งกลมราบตามมาตรฐานของกรมทางหลวงนี้ ประกอบด้วยแผ่นงาน 3 แผ่นงาน ได้แก่

- แผ่นงานส่วนการนำเข้าและการแสดงผล
- แผ่นงานส่วนข้อมูล
- แผ่นงานส่วนการคำนวณ

ส่วนประกอบของแผ่นงานส่วนการนำเข้าและการแสดงผล

ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

- ส่วนการนำเข้าข้อมูล
- ส่วนการแสดงผล ดังแสดงในรูปที่ 1

ส่วนการนำเข้าข้อมูล

1. กำหนดประเภทชั้นของทางหลวงที่ต้องการออกแบบ ซึ่งมี 3 ประเภท ได้แก่
   - ทางหลวงสายประธาน (Primary Highway)
   - ทางหลวงสายรองประธาน (Secondary Highway)
   - ทางหลวงจังหวัด (Provincial Highway) ทางหลวงจังหวัดแบ่งย่อยเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่
     - ทางหลวงจังหวัดชั้น F_D ถึง F_3
     - ทางหลวงจังหวัดชั้น F_4
     - ทางหลวงจังหวัดชั้น F_5 ถึง F_6

2. กำหนดลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งมี 3 ประเภท ได้แก่

- ทางราบ (Level)
- ทางลูกเนิน (Rolling)
- ทางภูเขา (Mountainous)

3. กำหนดจำนวนช่องจราจร ซึ่งมี 2 ประเภท ได้แก่

- จำนวน 2 ช่องจราจร
- จำนวน 4 ช่องจราจร

4. กำหนดความกว้างของช่องจราจร ซึ่งมี 4 ค่า ได้แก่

- ความกว้าง 2.75 เมตร
- ความกว้าง 3.00 เมตร
- ความกว้าง 3.25 เมตร
- ความกว้าง 3.50 เมตร

5. กำหนดค่าลาดหลังทาง (crown slope) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1.5% ถึง 4.0% โดยมีค่าเพิ่มทีละ 0.5%

6. กำหนดอัตราการยกโค้ง (rate of superelevation, e) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.015 หรือ 1.5% ถึง 0.100 หรือ 10.0% โดยมีค่าเพิ่มทีละ 0.005 หรือ 0.5% การกำหนดอัตราการยกโค้งจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ค่าลาดหลังทาง

7. กำหนดความเร็วออกแบบซึ่งมีค่าตั้งแต่ 30 ถึง 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าเพิ่มทีละ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การกำหนดความเร็วออกแบบต้องอยู่ในช่วงค่าที่แนะนำ

8. การป้อนค่าสถานีของจุดตัดกันของเส้นสัมผัส (PI STATION) ป้อนค่าตัวเลขตามปกติ ตัวอย่างเช่น STA 10+088.975 เมตร ให้ป้อนค่าตัวเลขเป็น 10088.975 ค่าที่แสดงออกมาให้เห็นจะเป็น 10+088.975 ป้อนค่ามุมเบน, Δ ป้อนค่า องศา ลิปดา ฟิลิปดา แยกกันคนละเซลล์ ตามลำดับ โดยป้อนค่าตัวเลขตามปกติ ตัวอย่างเช่น 23 องศา 16 ลิปดา 29 ฟิลิปดา ให้ป้อน เซลล์แรกเป็น 23 เซลล์ที่สองเป็น 16 เซลล์ที่สามเป็น 29 ค่าที่แสดงออกมาให้เห็นจะเป็น 23 องศา 16 ลิปดา 29 ฟิลิปดา ตามลำดับ

9. กำหนดจุดเริ่มยกโค้งว่าอยู่ก่อนจุดเริ่มโค้ง (PC Station) เป็นกี่เท่าของ Ts (ระยะทางที่ใช้เปลี่ยนหน้าตัดจากรูปตัดปกติไปเป็นหน้าตัดซึ่งยกโค้งเต็มที่) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.50 เท่า ถึง 0.80 เท่าของ Ts โดยมีค่าเพิ่มทีละ 0.05 เท่าของ Ts ต้องกำหนดค่า แล้วทำให้ความยาวโค้งในช่วงซึ่งยกโค้งเต็มที่มากกว่าความยาวโค้งทั้งหมดหารด้วยสาม

10. กำหนดค่าการขยายความกว้างของผิวจราจร ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.60 เมตร ถึง 1.20 เมตร โดยมีค่าเพิ่มทีละ 0.15 เมตร ต้องกำหนดค่าให้มากกว่าค่าการขยายความกว้างของผิวจราจรที่แนะนำ

หมายเหตุ :

ในการกำหนดประเภทชั้นของทางหลวง และลักษณะภูมิประเทศ ให้ใช้ตัวชี้เมาส์คลิกที่ลูกศรชี้ลงด้านขวาของกรอบเลือก (drop-down menu) จะปรากฏรายการที่มีอยู่ออกมา ให้ใช้ตัวชี้เมาส์ชี้หรือใช้แป้นลูกศรเลื่อนขึ้นลง เลือกรายการที่ต้องการแล้วคลิกเมาส์หรือกดแป้น ENTER

ในการกำหนดค่าต่างๆ ซึ่งมีกรอบรูปสามเหลี่ยมชี้ขึ้นและชี้ลง (spinner) อยู่ทางด้านขวาของค่าดังกล่าว ให้ใช้ตัวชี้เมาส์ชี้ที่กรอบรูปสามเหลี่ยมชี้ขึ้นแล้วคลิกเมื่อต้องการเพิ่มค่าหรือชี้ที่กรอบรูปสามเหลี่ยมชี้ลงแล้วคลิกเมื่อต้องการลดค่า

ในการกำหนดค่าอัตราการยกโค้ง ความเร็วออกแบบ จุดเริ่มยกโค้งอยู่ก่อนจุด PC STA และ การขยายความกว้างของผิวจราจรที่เลือก หากไม่เหมาะสมจะปรากฏข้อความเตือนให้กำหนดค่าใหม่ให้เหมาะสม

ส่วนแสดงผล

ผลที่ได้จากการคำนวณและการป้อนข้อมูลบางส่วน ซึ่งใช้อธิบายส่วนต่างๆ ของโค้งกลมราบที่ได้ จะถูกนำมาแสดงในข้อมูลโค้ง (curve data) อย่างถูกต้องและสมบูรณ์

แผ่นงานส่วนข้อมูล

แผ่นงานส่วนข้อมูลที่ใช้ประกอบการออกแบบประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลความเร็วออกแบบที่แนะนำ ทั้งค่าต่ำและค่าสูง ซึ่งแปรตาม ประเภทของทางหลวง และลักษณะสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลการจำแนกประเภทชั้นของทางหลวงดังแสดงในรูปที่ 2

แผ่นงานส่วนการคำนวณ

แผ่นงานส่วนการคำนวณประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

- ส่วนการคำนวณเกี่ยวกับการยกโค้ง
- ส่วนการคำนวณการขยายโค้ง ดังแสดงในรูปที่ 3

ส่วนการคำนวณเกี่ยวกับการยกโค้ง

จากข้อมูลประเภทของทางหลวงและลักษณะของภูมิประเทศที่กำหนด โปรแกรมจะอ่านค่าความเร็วออกแบบที่แนะนำทั้งค่าต่ำและค่าสูง จากข้อมูลในแผ่นงานส่วนข้อมูล

คำนวณหาค่ารัศมีโค้ง, R จาก

$$R = 0.004 \times \frac{V^2}{e} \qquad \text{เมตร}$$

เมื่อ

V = ความเร็วออกแบบที่เลือก, กิโลเมตรต่อชั่วโมง

e = อัตราการยกโค้งที่กำหนด

คำนวณหาองศาของโค้ง (degree of curve, D) จาก

$$D = \frac{5729.578}{R} \qquad \text{องศา}$$

แล้วแปลงค่าเป็น องศา ลิปดา ฟิลิปดา แยกกันอยู่คนละเซลล์

คำนวณหาค่าระยะเส้นสัมผัส (tangent distance, T) จาก

$$T = R \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \qquad \text{เมตร}$$

เมื่อ Δ = ค่ามุมเบน, องศา

คำนวณหาค่าระยะภายนอก (external distance, E) จาก

$$E = T \times \tan\left(\frac{\Delta}{4}\right) \qquad \text{เมตร}$$

คำนวณหาความยาวโค้ง (length of curve, L) จาก

$$L = 100 \times \left(\frac{\Delta}{D}\right) \qquad \text{เมตร}$$

คำนวณหาจุดเริ่มต้นโค้ง (PC STA) จาก

$$\text{PC STA} = \text{PI STA} - T \qquad \text{เมตร}$$

คำนวณหาจุดสิ้นสุดโค้ง (PT STA) จาก

$$\text{PT STA} = \text{PC STA} + L \qquad \text{เมตร}$$

คำนวณหาค่า S จาก

$$S = 75 + 1.5 \times V \qquad \text{โดย } S \leq 200$$

คำนวณหาค่า Ts (ระยะทางที่ใช้เปลี่ยนจากหน้าตัดปกติไปเป็นหน้าตัดซึ่งยกโค้งเต็มที่) จาก

$$Ts = SW \times \left(\frac{Cr\%}{100} + \frac{e}{2}\right)$$

เมื่อ

W = ความกว้างของผิวจราจรของถนน 2 ช่องจราจร, เมตร

Cr% = เปอร์เซ็นต์ค่าลาดหลังทาง , %

e = อัตราการยกโค้ง

ค่า Ts ที่คำนวณได้จากสูตรนี้เป็นค่าสำหรับถนน 2 ช่องจราจร สำหรับถนน 4 ช่องจราจร ต้องใช้ค่าเป็น 1.5 เท่าของ Ts ที่คำนวณได้จากสูตรนี้

<u>คำนวณหาจุดเริ่มต้นยกโค้ง</u> จาก

PC STA - (0.5 ถึง 0.8) เท่าของ Ts เมตร

<u>คำนวณหาจุดเริ่มยกโค้งเต็มที่</u> จาก

PC STA + [1- (0.5 ถึง 0.8)] เท่าของ Ts เมตร

<u>คำนวณหาจุดเริ่มยุบโค้ง</u> จาก

PT STA - [1- (0.5 ถึง 0.8)] เท่าของ Ts เมตร

<u>คำนวณหาจุดสิ้นสุดการยกโค้ง</u> จาก

PT STA + (0.5 ถึง 0.8) เท่าของ Ts เมตร

<u>คำนวณหาความยาวช่วงซึ่งยกโค้งเต็มที่</u> จาก

สถานีของจุดเริ่มยุบการยกโค้ง - สถานีของจุดเริ่มยกโค้งเต็มที่ เมตร

เปรียบเทียบความยาวที่มีการยกโค้งเต็มที่กับความยาวโค้งทั้งหมดหารด้วยสาม ถ้าความยาวที่มีการยกโค้งเต็มที่มีค่ามากกว่าใช้ได้ ถ้าความยาวที่มีการยกโค้งเต็มที่มีค่าน้อยกว่าใช้ไม่ได้ ต้องเลือกกำหนดจุดเริ่มยกโค้งให้มากขึ้นจนกระทั่งเป็นไปตามข้อกำหนด

ส่วนการคำนวณการขยายโค้งจาก มาตรฐานของ American Association of State Highway Officials (AASHO)

$$W = Wc - Wn$$

$$Wc = 2(U + C) + F_A + Z$$

$$U = u + R - \sqrt{\left(R^2 - L^2\right)}$$

$$F_A = \sqrt{\left(R^2 + A(2L + A)\right)} - R$$

$$Z = 0.10522 \times \frac{V}{\sqrt{R}}$$

เมื่อ

W = ความกว้างของผิวจราจรส่วนที่ต้องขยายเพิ่มขึ้น, เมตร

Wc = ความกว้างของผิวจราจรในช่วงโค้งของถนน 2 เลน, เมตร

Wn = ความกว้างของผิวจราจรในช่วงตรงของถนน 2 เลน, เมตร

U = ความกว้างซึ่งวัดระหว่างล้อหน้ากับล้อหลังซึ่งทะแยงกัน วัดจากขอบนอกถึงขอบนอกของล้อ ขณะอยู่ในโค้ง, เมตร

C = ระยะห่างจากขอบผิวจราจรถึงขอบล้อด้านนอกรวมทั้งสองข้างขณะอยู่ในโค้ง

F_A = ระยะยื่นด้านข้างของตัวถังรถ ขณะอยู่ในโค้ง, เมตร

Z = ระยะเผื่อเพื่อความปลอดภัย ขณะอยู่ในโค้ง, เมตร

u = ระยะห่างระหว่างขอบล้อด้านซ้ายและขอบล้อด้านขวา, เมตร

R = รัศมีโค้ง, เมตร

L = ระยะระหว่างเพลาหน้าและเพลาหลัง, 6.098 เมตร สำหรับรถ SU

A = ระยะยื่นด้านหน้าของตัวถังรถจากเพลาหน้า, 1.22 เมตร สำหรับรถ SU

V = ความเร็วออกแบบที่เลือก, กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ค่าความกว้างของผิวจราจรที่ต้องขยายเพิ่มขึ้นที่คำนวณได้ในกรณีนี้ใช้สำหรับรถบรรทุกตอนเดียว (single-unit truck , SU)

ถ้าค่าความกว้างของผิวจราจรที่ต้องขยายน้อยกว่า 0.60 เมตร AASHO แนะนำว่าไม่จำเป็นต้องขยายความกว้าง ดังนั้นเมื่อค่าความกว้างของผิวจราจรที่ต้องขยายซึ่งคำนวณได้น้อยกว่า 0.60 เมตร แม้นจะมีการเลือกความกว้างของผิวจราจรที่ต้องขยายเป็นเท่าใดก็ตาม โปรแกรมจะแสดงผลในข้อมูลความกว้างของผิวจราจรที่ต้องขยายเป็น "ศูนย์" สำหรับถนน 4 ช่องจราจร ความกว้างของผิวจราจรที่ต้องขยายเป็น 2 เท่าของถนน 2 ช่องจราจร

สูตรที่ใช้ในแผ่นงาน

สูตรที่ใช้ในแผ่นงานส่วนการนำเข้าและส่วนการแสดงผลแสดงในรูปที่ 4 สูตรที่ใช้ในแผ่นงานส่วนการคำนวณ แสดงในรูปที่ 5

สรุป

การใช้โปรแกรมสำเร็จ Microsoft Excel 5 ในการออกแบบโค้งกลมราบตามมาตรฐานของกรมทางหลวง สามารถช่วยให้การป้อนข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบ และการคำนวณหาค่าต่างๆ ได้สะดวก รวดเร็ว และลดโอกาสผิดพลาดได้เป็นอย่างดี ทั้งยังสามารถแสดงผลออกมาอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ ในรูปแบบที่สวยงาม

บรรณานุกรม

1. จิรพัฒน์ โชติกไกร, วิศวกรรมการทาง, Physics Center, กรุงเทพฯ, 2531.
2. ณรงค์ชัย ปัญญานนทชัย, Microsoft Excel Visual Basic สำหรับแอปพลิเคชั่น, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด(มหาชน), กรุงเทพฯ, 2538.
3. American Association of State Highway Officials, A Policy on Geometric Design of Rural Highways, AASHO, Washington, D. C., 1965.
4. Clarkson H. Oglesby and R. Gary Hicks, Highway Engineering, 4th ed., John Wiley & Sons, 1982.
5. Paul H. Wright and Radnor J. Paquette, Highway Engineering, 5th ed., John Wiley & Sons, 1987.
6. Ron Person, Using Excel Version 5 for Windows, Special edition, Que Corporation, 1993.

การออกแบบโค้งกลมราบ

ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

ส่วนการนำเข้าข้อมูล

ประเภทของทางหลวง	Secondary		
ลักษณะของภูมิประเทศ	Rolling		
จำนวนช่องจราจร	2	ช่อง	
ความกว้างของช่องจราจร	3.25	เมตร	
ลาดหลังทาง , %Crown	2.50%		
อัตราการยกโค้ง , e	0.060		
ความเร็วออกแบบที่แนะนำ	55 ถึง 70	กม/ชม	
ความเร็วออกแบบที่เลือก	60	กม/ชม	
PI STA	10+088.975	เมตร	
มุมเบน, Δ	23 องศา	16 ลิปดา	29 ฟิลิปดา
จุดเริ่มยกโค้งอยู่ก่อน PC STA	0.60	เท่าของ Ts	
ค่าการขยายความกว้างที่แนะนำ	0.83	เมตร	
ค่าการขยายความกว้างที่เลือก	0.75	เมตร	

ส่วนการแสดงผล

CURVE DATA

PI STA 10+088.975 เมตร							
Δ	23 องศา	16 ลิปดา	29 ฟิลิปดา		E	5.037	เมตร
D	23 องศา	52 ลิปดา	23 ฟิลิปดา		V	60	เมตร
R	240.000	เมตร			SE	0.060	เมตร
T	49.428	เมตร			ขยายโค้ง	0.75	เมตร
L	97.493	เมตร					
SE ATTAINED STA	10+004.154	เมตร	TO STA	10+063.142	เมตร		
SE REMOVED STA	10+113.445	เมตร	TO STA	10+172.432	เมตร		

รูปที่ 1 แผ่นงานส่วนการนำเข้าและการแสดงผล

ความเร็วออกแบบที่แนะนำ(ค่าต่ำ) , กม/ชม				
ประเภททางหลวง		ลักษณะภูมิประเทศ		
		ราบ	ลูกเนิน	ภูเขา
		1	3	4
Primary	1	80	60	50
Secondary	2	70	55	40
Provincial(F_D-F_3)	3	70	55	40
Provincial(F_4)	4	60	45	30
Provincial(F_5-F_6)	5	60	45	30

ลักษณะภูมิประเทศ	
1	Level
2	Rolling
3	Moutainous

ความเร็วออกแบบที่แนะนำ(ค่าสูง) , กม/ชม				
ประเภททางหลวง		ลักษณะภูมิประเทศ		
		ราบ	ลูกเนิน	ภูเขา
		1	2	3
Primary	1	100	80	60
Secondary	2	90	70	55
Provincial(F_D-F_3)	3	90	70	55
Provincial(F_4)	4	80	60	45
Provincial(F_5-F_6)	5	60	45	30

รูปที่ 2 แผ่นงานส่วนข้อมูล

	A	B	C	D	E	F
1						
2	ส่วนการคำนวณ					
3						
4	ส่วนการคำนวณเกี่ยวกับการยกโค้ง					
5						
6	รัศมี , R	240.000	เมตร			
7	ความโค้ง , D	23 องศา	52 ลิปดา	23 ฟิลิปดา	หรือ 23.8732	องศา
8	T	49.428	เมตร			
9	E	5.037	เมตร			
10	L	97.493	เมตร			
11	PC STA	10+039.547	เมตร			
12	PT STA	10+137.040	เมตร			
13	S	165.000	เมตร			
14	Ts	58.988	เมตร			
15	จุดเริ่มยกโค้ง	10+004.154	เมตร			
16	จุดยกโค้งเต็มที่	10+063.142	เมตร			
17	จุดเริ่มขุบการยกโค้ง	10+113.445	เมตร			
18	จุดสิ้นสุดยกโค้ง	10+172.432	เมตร			
19	ความยาวที่มีการยกโค้งเต็มที่	50.303	เมตร			
20						
21	ส่วนการคำนวณการขยายโค้งราบ					
22						
23	U	2.669			LATERAL CLEARANCE	
24	F_A	0.034			Wn	C
25	Z	0.408			5.50	0.53
26	C	0.675			6.00	0.60
27	Wc	7.131	เมตร		6.35	0.68
28	W	0.631	เมตร		6.70	0.75
29					7.00	0.83
30					7.30	0.90

รูปที่ 3 แผ่นงานส่วนการคำนวณ

รูปที่ 4 สูตรที่ใช้ในแผ่นงานส่วนการนำเข้าและส่วนการแสดงผล

	A	B	C	D	E	F
1						
2		ส่วนการคำนวณ				
3						
4	ส่วนการคำนวณเกี่ยวกับการยกโค้ง					
5						
6	รัศมี , R	=0.004*Design_Speed^2/e	เมตร			
7	ความโค้ง , D	=INT(D)	=INT((D-INT(D))*60)	=INT((D-(D_องศา+D_ลิปดา/60))*3600)	=5729.578/Radius	องศา
8	T	=Radius*TAN(RADIANS(Delta/2))	เมตร			
9	E	=T*TAN(RADIANS(Delta/4))	เมตร			
10	L	=100*Delta/D	เมตร			
11	PC STA	=PI_STA-T	เมตร			
12	PT STA	=PC_STA+L	เมตร			
13	S	=IF((75+1.5*Design_Speed)>200,200,(75+1.5*Design_Speed))	เมตร			
14	Ts	=IF(no_lane=2,S*2*Lane_width*(Crown_slope+e/2),1.5*S*2*Lane_width*(Crown_slope+e/2))	เมตร			
15	จุดเริ่มยกโค้ง	=PC_STA-Time_of_Ts*Ts	เมตร			
16	จุดยกโค้งเต็มที่	=PC_STA+(1-Time_of_Ts)*Ts	เมตร			
17	จุดเริ่มขุบการยกโค้ง	=PT_STA-(1-Time_of_Ts)*Ts	เมตร			
18	จุดสิ้นสุดยกโค้ง	=PT_STA+Time_of_Ts*Ts	เมตร			
19	ความยาวที่มีการยกโค้งเต็มที่	=จุดเริ่มขุบการยกโค้ง-จุดยกโค้งเต็มที่	เมตร			
20						
21	ส่วนการคำนวณการขยายโค้งราบ					
22						
23	U	=2.592+Radius-SQRT(Radius^2-37.186)			LATERAL CLEARANCE	
24	F_A	=SQRT(Radius^2+16.368)-Radius			Wn	C
25	Z	=0.10522*Design_Speed/SQRT(Radius)			5.5	0.53
26	C	=VLOOKUP(HORIZON.XLS!Lane_width*2,คงที่_C,2)			6	0.6
27	Wc	=2*(U+C_)+FA+Z	เมตร		=(+E26+E28)/2	=(+F26+F28)/2
28	W	=IF(no_lane=2,Wc-2*Lane_width,2*(Wc-2*Lane_width))	เมตร		6.7	0.75
29					=(+E28+E30)/2	=(+F28+F30)/2
30					7.3	0.9

รูปที่ 5 สูตรที่ใช้ในแผ่นงานส่วนการคำนวณ