

Geometric Design of Highway: Design Speed, Superelevation and Intersection

Dr. Surames Piriyaawat

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Burapha University

หลักการกำหนด Design Speed (1)

1. พิจารณากำหนดจากมาตรฐานชั้นทางและลักษณะภูมิประเทศตามระบุในมาตรฐานชั้นต่ำที่ใช้ในการออกแบบสำหรับทางหลวงประเภทต่างๆ นั้น
2. ทางในย่านชุมชนหรือช่วงที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นที่มีระยะช่วงยาวพอสมควร ควรกำหนด Design speed เท่ากับ 40-60 km/h
3. โค้งที่อยู่ใกล้กันหรือติดกันควรออกแบบกำหนด Design speed ให้เท่ากัน และใช้ค่าการขยายโค้ง (Widening) เดียวกัน

หลักการกำหนด Design Speed (2)

4. ควรออกแบบความเร็วให้เป็นย่าน (Zones) โดยใช้ความเร็วที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันในลักษณะภูมิประเทศที่คล้ายคลึงกัน ในย่านความเร็วที่อยู่ติดกันแต่ความเร็วของย่านแตกต่างกันอันเนื่องมาจากอิทธิพลของลักษณะภูมิประเทศ ไม่ควรให้ความเร็วแตกต่างกันมากกว่า 15 km/h
5. ในการออกแบบทางแยก ความเร็วที่ใช้ออกแบบโค้ง ช่องเลี้ยว (Turning roadway) และช่องปรับความเร็ว (Speed change lane) ใช้ Average running speed ซึ่งมีค่า 80%-90% ของ Design speed ปกติ
6. ในการออกแบบความลาดชัน (Profile grade) ความเร็วที่ลดลงระหว่างจุดเริ่ม Grade line และจุดปลายของ Grade line ไม่ควรให้มีค่ามากกว่า 25 km/h

Superelevation

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับการยกโค้ง

- o เมื่อรถเข้าโค้งวงกลมจะเกิดแรงหนีศูนย์กลาง รถจะวิ่งต่อไปได้จะต้องมีแรงต้านแรงหนีศูนย์กลางนี้ แรงที่ว่านี้คือ แรงสู่ศูนย์กลาง
- o โดยทั่วไปแรงสู่ศูนย์กลางประกอบด้วย
 1. แรงจาก Side friction ระหว่างยางล้อรถกับพื้นผิวถนน และ
 2. แรงที่เกิดจากการยกโค้ง

$$\tan \theta + f = \frac{v^2}{Rg}$$

e = Rate of roadway superelevation, m/m

$$\therefore e + f = \frac{v^2}{Rg}$$

f = Side friction factor

R = Radius of curve, m

$$e + f = \frac{V^2}{127R}$$

2. Side friction factor

$$f = \frac{\text{Side friction force}}{\text{Perpendicular force}}$$

o ค่า f ที่เกิดขึ้นจะขึ้นขณะรถวิ่งเข้าโค้งจะแปรผันตาม

1. ความเร็วของรถ
2. ชนิดและสภาพของพื้นผิวถนน
3. ชนิดและสภาพของยางรถยนต์

3. Maximum rates of superelevation

o ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า Superelevation

1. ภูมิอากาศ เช่น เป็นพื้นที่ที่มีฝนตกชุก หรือเป็นพื้นที่แห้งแล้ง
2. ภูมิประเทศ เช่น เป็นพื้นที่ราบ หุบเขา หรือเนินเขา
3. ที่ตั้งของพื้นที่ เช่น เป็นพื้นที่ในเมือง หรือนอกเมือง
4. จำนวนรถขนาดใหญ่ และรถที่ใช้ความเร็วต่ำ

4. Transition or spiral curves

$$L_{S(\min)} \text{ or } T_{S(\min)} = \frac{V^3}{48R_c C}$$

$L_{S(\min)}$ หรือ $T_{S(\min)}$ = Minimum length of spiral, m

V = Speed, km/h

R = Radius of curve, m

C = Rate of increasing of centrifugal acceleration, m/sec^3

โดยทั่วไปค่า C จะบ่งชี้ถึงความสบายและความปลอดภัยในการขับขี่

$C = 0.30$ สำหรับทางรถไฟ

$C = 0.30 - 0.90$ สำหรับทางหลวง

5. Superelevation runoff

คือ ระยะจาก Half crown (HC) ถึง Full superelevation (FS) (ระยะ $Y+Z$)

o การกำหนดความยาวของ Runoff ทำได้ 2 วิธี

1. หาจากค่า Maximum relative slope ของขอบผิวจราจรกับศูนย์กลางถนนสำหรับถนน 2 ช่องจราจร

$$\frac{1}{S_{\min}} = \frac{1}{75 + 1.5V}$$

$$\text{and } \frac{1}{S_{\min}} > \frac{1}{240}$$

2. หาจากค่าสูตร Minimum length of runoff

$$L_{f(\min)} = 0.6V$$

V = Design speed, km/h

ทำการเปรียบเทียบค่า Runoff ที่คำนวณได้จากวิธีทั้ง 2 ค่าใดมากกว่าใช้ค่านั้น

o การกำหนดความยาวของ Runoff สำหรับถนนที่มีช่องจราจรมากกว่า 2 ช่อง และถนนเป็นแบบ **Undivided highway**

- Three-lane pavements

$$L_f = 1.2L_f \text{ ของถนนแบบ Two-lane highway}$$

- Four-lane pavements

$$L_f = 1.5L_f \text{ ของถนนแบบ Two-lane highway}$$

- Six-lane pavements

$$L_f = 2.0L_f \text{ ของถนนแบบ Two-lane highway}$$

6. วิธีการยกขอบถนน

การยกขอบถนนทำได้ 3 วิธี คือ

- หมุนผิวจราจรรอบศูนย์กลางทาง (Revolvt pavement about center line):
ใช้ในกรณีที่คันทางไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป
- หมุนผิวจราจรรอบขอบใน (Revolvt pavement about inside edge):
ใช้ในกรณีที่คันทางค่อนข้างต่ำ ระดับน้ำใต้ดินอยู่สูง
- หมุนผิวจราจรรอบขอบนอก (Revolvt pavement about outside edge):
ใช้ในกรณีที่คันทางค่อนข้างสูง ระดับน้ำใต้ดินต่ำ หรือในงานตัดถนนผ่าน
ภูเขา

Intersection Design

- o ทางแยกเป็นบริเวณที่ถนนสองสายหรือมากกว่ามาเชื่อมกันหรือตัดกัน
ทั้งนี้รวมถึงตัวถนนและองค์ประกอบข้างทางต่างๆ ที่อำนวยความสะดวก
สะดวกต่อการจราจรที่เคลื่อนที่ผ่านทางแยกนั้น
- o ทางแยกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของทางหลวงเนื่องจากมีผลกระทบต่อ
ต่อความจุของถนน ความปลอดภัย ความเร็ว ค่าใช้จ่ายในการ
เดินทาง ความล่าช้า และค่าเสียเวลา ฯลฯ

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบทางแยก

- *Human factors:*
 - อุปนิสัยในการขับขี่
 - ความสามารถในการตัดสินใจ การรับทราบและการปฏิบัติ
 - กฎจราจร ข้อบังคับ ความเข้าใจในการใช้ทาง
 - คนเดินเท้า การข้ามถนน ผู้ขับขี่จักรยาน ฯลฯ
- *Vehicle and traffic components:*
 - ประเภทของยานพาหนะ ขนาด และลักษณะการใช้งาน
 - สมรรถนะต่างๆ ของรถ เช่น การหยุดรถ การเร่ง ความเร็ว การเลี้ยว ฯลฯ
 - ปริมาณรถในแต่ละทิศทาง และความเร็วออกแบบ
 - รูปแบบการเคลื่อนที่ต่างๆ เช่น merging diverging weaving เป็นต้น
 - ลักษณะของอุบัติเหตุ

■ *Physical element and traffic control components*

- ลักษณะทางเรขาคณิตต่างๆ เช่น Horizontal and vertical alignment, sight distance
มุมตัดของถนน ฯลฯ คนที่ใช้สอย พื้นที่ขยาย เขตทางเดิม และเข
- พื้นที่ขัดแย้งกันของกระแสจราจร (Conflict area)
- พื้นที่ใช้สอย พื้นที่ขยาย เขตทางเดิม และเขตทางขยายเพิ่มเติมที่เป็นไปได้
- การจัดช่องจราจร (Channelization) และลักษณะของเกาะกลาง (Median)
- ไฟส่องสว่าง (Lighting)
- ป้ายจราจร และเครื่องหมายบนผิวทาง
- อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ

■ *Economic factors*

- ค่าก่อสร้าง และราคาที่ดินที่จะใช้ในการขยายปรับปรุงถนนบริเวณทางแยก
- ค่าเสียเวลา และการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย
- ผลกระทบต่อการควบคุม จำกัดเขตทางของพื้นที่อยู่อาศัย หรือย่านธุรกิจ ซึ่งรูปแบบของทางที่ก่อสร้างปรับปรุงจะจำกัดหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะของการจราจรบริเวณทางแยกให้เปลี่ยนไป

หลักการที่สำคัญในการออกแบบทางแยก

- ควรลดจำนวนจุดตัดแย้งบริเวณทางแยกให้เหลือน้อยที่สุด และควรหลีกเลี่ยงไม่ให้มีทางแยกมากกว่า 4 ขา
- ลดพื้นที่ของการขัดแย้ง และแยกจุดตัดแย้งออกจากกัน
- จัดให้ช่องจราจรแยกกันตรงบริเวณที่มีปริมาณการจราจรเลี้ยวมาก
- ออกแบบเชิงเรขาคณิตให้สอดคล้องกับการควบคุมการจราจร

ประเภทของทางแยก

ทางแยกแบ่งออกตามประเภทของทางที่มาตัดกันและวัตถุประสงค์การใช้งานได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ทางแยกระดับเดียวกัน (*At grade intersection*):

เป็นทางแยกระดับพื้นฐานทั่วไปเมื่อการจราจรมีปริมาณไม่สูงมาก และทางหลวงที่ตัดกันไม่เป็นทางที่มีมาตรฐานสูงมาก

2. ทางแยกต่างระดับ (*Grade separation intersection*):

เป็นทางแยกที่รับปริมาณการจราจรได้สูงกว่า ช่วยให้การขับขี่เป็นไปอย่างสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยกว่า แบ่งออกเป็นประเภทย่อยได้ 2 ชนิด

- ทางแยกต่างระดับไม่มีทางลาดเชื่อม (Grade-separated intersections without ramps)
- ทางแยกต่างระดับมีทางลาดเชื่อม (Grade-separated intersections with ramps or interchanges)

ทางแยกระดับเดียว

ทางแยกระดับเดียวประเภทพื้นฐานทั่วไป ได้แก่

- T or Y intersections
- Four-leg intersections
- Multi-leg intersections
- Rotary or roundabout

และยังแบ่งเป็นประเภทย่อยได้อีกตามลักษณะต่อไปนี้

- ทางแยกไม่กั้นช่องจราจร (Unchannelized intersection)
- ทางแยกกั้นช่องจราจร (Channelized intersection)
- ทางแยกปลายบานออก (Flared intersection)

รูปแบบของทางแยกระดับเดียว

1. ทางแยกแบบธรรมดาที่ไม่มีการควบคุม

- เกิดจากทางหลวงซึ่งมีปริมาณการจราจรไม่มากมาตัดกัน เช่น ถนนท้องถิ่น (Local roads) หรือทางหลวงจังหวัดที่มีปริมาณรถน้อย
- เป็นทางแยกที่ไม่มีการออกแบบควบคุมการจราจรใดๆ
- การออกแบบจะดำเนินการเพียงออกแบบรัศมีเลี้ยว และจัดระยะมองเห็นในทุกด้านให้พอกับการรับรู้ตัดสินใจต่างๆ ในเวลา 3 วินาทีก่อนถึงจุดตัด

2. ทางแยกแบบที่กำหนดให้

- เป็นทางแยกที่มีปริมาณรถผ่านมากขึ้นแต่ก็ยังไม่มากนัก เช่น ทางหลวงจังหวัดทั่วไป
- มีการออกแบบรัศมีเลี้ยวที่เหมาะสม
- มีการกำหนดระยะมองเห็นให้สามารถหยุดรถปลอดภัย (Stopping sight distance) ได้ทุกด้านตามค่าความเร็วออกแบบ (Design speed) ของแต่ละขาของทางแยก

3. ทางแยกที่มีการกำหนดทางสายหลักและทางสายรอง

- เป็นทางแยกที่รองรับปริมาณจราจรมากกว่าแบบที่ 1 และ 2
- หลักการสำคัญคือต้องบังคับควบคุมรถในทางสายรองที่มีปริมาณน้อยกว่าให้หยุดก่อนถึงจุดตัดด้วยป้ายหยุด และเส้นหยุด
- เป็นทางแยกที่มีการออกแบบรัศมีเลี้ยวที่เหมาะสม มีการออกแบบระยะมองเห็นเพื่อหยุดรถได้อย่างปลอดภัย
- มีการเพิ่มช่องจราจรสำหรับรถเลี้ยวเข้าและออกจากถนน (Flared or Speed change lane)
- ใช้หลักการจัดช่องจราจร (Channelization) เพื่อควบคุมและบังคับการสัญจรของยานพาหนะให้เป็นไปตามที่ต้องการ

4. ทางแยกที่ควบคุมการจราจรโดยใช้สัญญาณไฟ

- เป็นทางแยกที่รองรับปริมาณจราจรสูง
- มีการออกแบบรัศมีการเลี้ยวที่เหมาะสม ใช้หลักการจัดช่องจราจร (Channelization) ร่วมกับสัญญาณไฟจราจรเพื่อควบคุมกระแสจราจร
- ควรจัดให้มีระยะมองเห็นปลอดภัยเท่ากับระยะมองเห็นที่แนะนำไว้ในทางแยกแบบที่ 3 โดยเฉพาะในกรณีที่มีสัญญาณไฟจราจรให้รถเลี้ยวผ่านตลอดในช่วงสัญญาณไฟแดง

ปริมาณรถต่ำสุดที่ต้องติดตั้งสัญญาณไฟจราจร

จำนวนช่องจราจร		ปริมาณการจราจรบนทาง สายหลัก (2 ทิศทาง), veh/h	ปริมาณการจราจรบนทาง สายรอง (ทิศทางเดียว), veh/h
ทางสายหลัก	ทางสายรอง		
1	1	500	150
2 หรือมากกว่า	1	600	150
2 หรือมากกว่า	2 หรือมากกว่า	600	200

โดยขีดความสามารถสูงสุดในการระบายรถของทางแยกเท่ากับ 800 veh/h/ln

5. ทางแยกแบบวงเวียน

- เป็นทางแยกที่รองรับปริมาณจราจรสูง
- เหมาะสำหรับทางแยกที่มีขาของทางแยกมากกว่า 4 แยกขึ้นไป
- ใช้เนื้อที่มาก เนื่องจากต้องมีขนาดใหญ่พอเพื่อไม่ให้เกิดการติดขัดอันเนื่องมาจากการไขว้กันของกระแสจราจร (Weaving)
- เหมาะสำหรับทางแยกนอกเมืองมากกว่าในเมือง และในบริเวณที่มีปริมาณรถเลี้ยวมากกว่ารถวิ่งตรง
- อาจมีการออกแบบจัดช่องจราจร (Channelization) และไฟสัญญาณจราจรร่วมด้วยก็ได้
- ไม่ได้รับความนิยมมากนักในปัจจุบัน

ข้อมูลประกอบการพิจารณาเพื่อการออกแบบทางแยก

“ไม่ควรมุ่งเน้นแก้ปัญหาเฉพาะที่ปรากฏเด่นชัดเท่านั้น ควรคำนึงถึงผลกระทบที่ตามมาจากการปรับปรุงและออกแบบด้วย”

o ข้อมูลด้านการจราจร

1. ปริมาณการจราจร

- Peak hour traffic volume: ปริมาณจราจรในช่วงสูงสุด
- Approaching traffic: ปริมาณจราจรในแต่ละทิศทาง
- Turning movement: สัดส่วนของปริมาณจราจรที่เลี้ยวในทิศทางต่าง ๆ

2. คนเดินข้ามและจักรยาน

- ปริมาณคนเดินเท้า และจักรยานที่ตัดกระแสจราจร
- สถิติอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับคนเดินเท้าและจักรยาน: ถ้ามากอาจต้องออกแบบทางแยกเพื่อแยกคนเดินเท้าและจักรยานออกจากกระแสจราจร หรือเพิ่มอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆ

3. สถิติและลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุ

- ในประเทศไทย ข้อมูลอุบัติเหตุที่สมบูรณ์หาได้ยาก
- แหล่งข้อมูลที่สำคัญหาได้จาก ฝ่ายกฎหมายของเขตแขวงทาง ตำรวจจราจร และตำรวจทางหลวง

O ข้อมูลลักษณะทางแยก

รายละเอียดที่เกี่ยวกับสถานที่และบริเวณใกล้เคียงของทางแยกสำคัญ

1. แบบแนวทางและระดับ (Plan & profile)

- Plan & profile ของถนนทุกสายที่มาบรรจบหรือตัดกันที่ทางแยก
- ผู้ออกแบบควรทราบรายละเอียดของ Plan & profile ตั้งแต่ทางแยกจนเลยออกไปในแต่ละขาของทางแยกไม่น้อยกว่า 800 เมตร
- ข้อมูลการยกโค้ง (Superelevation) บริเวณทางแยก
- ลักษณะการมาบรรจบกันของถนนบริเวณทางแยก: กรณีที่ถนนมาบรรจบกันอย่างไม่เหมาะสม เช่น เป็นมุมเฉียง (Skew angle) อาจต้องมีการปรับแนวถนนใหม่ (Realignment)

2. เขตทางและระยะมองเห็น (Right of way and sight distance)

- ระยะมองเห็นปลอดภัยที่ต้องการบริเวณทางแยกจะขึ้นอยู่กับการจัดการควบคุมการจราจรที่บริเวณทางแยกนั้น

2.1 ทางแยกที่ไม่มี การควบคุมโดยป้ายหรือสัญญาณไฟจราจร

- จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางการมองเห็นบริเวณมุมทางแยกของถนนคู่ที่ตัดผ่านกัน เพื่อให้ผู้ขับขี่มีระยะมองเห็นได้ไกลเพียงพอที่จะสามารถขับขึ้นได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกิดการชนกันบริเวณทางแยก
- ระยะมองเห็นที่ปลอดภัยตรงหัวมุมทางแยก เรียกว่า Minimum sight triangle วัตถุใดๆ ที่อยู่ภายในรูปสามเหลี่ยมนี้ถ้ามีความสูงเกินกว่า 1.00 เมตร จากผิวจราจรจะถือว่าเป็นสิ่งกีดขวางการมองเห็น
- กรณีที่ต้องหยุดรถก่อนถึงทางแยกจะได้ว่า ระยะมองเห็นปลอดภัยมีค่าเท่ากับระยะมองเห็นเพื่อการหยุดได้อย่างปลอดภัย

การวิเคราะห์ Minimum sight triangle

- กำหนดให้:
- V_a = ความเร็วของยาน A บนถนนสายหลัก
 - V_b = ความเร็ววิกฤตของยาน B (หาได้จาก d_b)
 - a และ b = ระยะทางของสิ่งกีดขวางการมองเห็นตามแนวถนนสายรองและถนนสายหลักตามลำดับ
 - d_a = ระยะหยุดต่ำสุดของยาน A
 - d_b = ระยะหยุดต่ำสุดของยาน B

$$\frac{d_b}{d_a} = \frac{a}{d_a - b}$$
$$d_b = \frac{ad_a}{d_a - b}$$

หลักการ: ต้องติดตั้งป้ายจำกัดความเร็วไว้ที่ตำแหน่งซึ่งผู้ขับขี่สามารถลดความเร็วลงมาได้เท่ากับความเร็ว V_b แล้วจึงเหลือระยะห่างจากทางแยกเป็นระยะ d_b

กรณีที่ทางแยกที่มีการจัดลำดับความสำคัญของถนนสายหลักและถนนสายรอง

- ยานบนถนนสายรองจะต้องให้ทางแก่ยานบนถนนสายหลักก่อน
- ระยะมองเห็นที่ปลอดภัยของถนนสายรองจะต้องเป็นระยะที่สามารถมองเห็นได้เต็มที่ทั้งด้านขวาและซ้ายระหว่างจุดที่สูงเหนือผิวจราจร 1.00 เมตร ของพื้นที่รูปสามเหลี่ยมที่กำหนดจาก:
 - เส้นตรงยาว X เมตร ลากตามแนวเส้นศูนย์กลางทางของถนนสายรองโดยวัดจากขอบใกล้ของถนนสายหลัก ตามปกติแล้วมักใช้ความยาว X เท่ากับ 10 เมตร แต่อาจใช้ค่าต่ำสุดได้เท่ากับ 3 เมตร
 - เส้นตรงยาว Y เมตรจากแนวขอบใกล้ของถนนสายหลักวัดจากจุดตัดกับแนวเส้นศูนย์กลางของถนนสายรอง โดยค่า Y จะแปรผันตามขีดจำกัดความเร็วดังแสดงในตารางหน้าถัดไป
 - เส้นตรงที่ลากเชื่อมปลายของเส้นตรงทั้งสองข้างต้น

ค่าต่างๆ ของระยะ Y สำหรับถนนแต่ละประเภท

ประเภทถนน	ขีดจำกัดความเร็ว (km/h)	ระยะทางต่ำสุด (m)
ทางด่วน	80	150
ถนนสายประธาน	65	120
ถนนสายรองประธาน	50	100
ถนนเข้าถึงท้องถิ่น	40	60

2.2 ทางแยกที่มีการควบคุมโดยป้ายหยุดหรือสัญญาณไฟจราจร

- ไม่จำเป็นต้องมีระยะมองเห็นที่ยาวมากเท่ากับระยะสำหรับทางแยกที่ไม่มีการควบคุม
- ระยะมองเห็นได้ควรมีค่าเพียงพอที่จะให้ผู้ขับขี่สามารถเข้าใกล้เส้นหยุดและมองเห็นได้ไกลถึงเส้นหยุดทั้งหลายที่อยู่บริเวณทางแยก ตามปกติใช้ค่าเท่ากับ 6 เมตร ขึ้นไป
- สิ่งกีดขวางจะต้องถอยห่างจากแนวการมองเห็นที่ลากเชื่อมจุดซึ่งอยู่บนคันขอบถนนวัดจากมุมถนนของทางแยกถอยหลังไปเป็นระยะ 12 ถึง 15 เมตร

3. ข้อมูลอื่นๆ

- ข้อมูลทางแยกที่อยู่ใกล้เคียงหรือถัดเลยไป
- การใช้สอยที่ดินบริเวณรอบๆ ทางแยก
- ลักษณะของอาคารระบายน้ำที่ผ่านทางแยก
- รายละเอียดของโครงสร้างสาธารณูปโภคต่างๆ: เสไฟฟ้า ท่อประปา สายโทรศัพท์ เป็นต้น

การวิเคราะห์รูปแบบทางแยก

: การศึกษาพิจารณาข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมได้เพื่อเป็นพื้นฐานในการเลือกรูปแบบทางแยกที่เหมาะสมและให้ประโยชน์สูงสุดและลงทุนอย่างคุ้มค่า

หลักสำคัญที่ต้องคำนึงถึง (1)

1. เป็นรูปแบบที่มีทิศทางของถนนต่อเนื่อง (Route continuity) กล่าวคือเป็นทางแยกที่เห็นได้ชัดว่าถนนหมายเลขเดียวกันมีแนวหรือทิศทางต่อเนื่องไปในแนวเดียวกัน
2. เป็นรูปแบบทางแยกที่อำนวยความสะดวกให้กับขบวนรถในทิศทางกระแสจราจรหลัก (Major traffic)
3. ควรเป็นรูปแบบทางแยกที่มีความเรียบง่าย ไม่สลับซับซ้อนอันอาจทำให้ผู้ขับขี่ขบวนรถเกิดความสับสน

หลักสำคัญที่ต้องคำนึงถึง (2)

4. การจัดช่องทางเดินรถจะต้องสอดคล้องกับปริมาณจราจรและอุปกรณ์ควบคุมการจราจรที่ทางแยกนั้น
5. ควรเป็นรูปแบบทางแยกที่มีความต่อเนื่องสัมพันธ์กับทางแยกใกล้เคียงกัน (Uniformity) หรือทางแยกซึ่งผู้ขับขี่มีความคุ้นเคย
6. อย่าพยายามลอกเลียนแบบทางแยกอื่น โดยเพียงแต่เห็นลักษณะทางเรขาคณิตมีความคล้ายคลึงกันเท่านั้น

รายละเอียดแต่ละส่วนของทางแยก

- เมื่อปริมาณการจราจรที่ผ่านทางแยกสูงมากขึ้น การออกแบบทางแยกก็ยิ่งมีความซับซ้อนมากขึ้น
1. เกาะกลางถนน
 - กรณีมีรถเลี้ยวขวามากกว่า 200 คันต่อชั่วโมง ในช่วงเร่งด่วน จำเป็นต้องมีช่องทางพิเศษ (Auxiliary lane) สำหรับรถเลี้ยวขวา
 - บริเวณหัวเกาะจะต้องออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปหยดน้ำ (Tear drop)
 2. เกาะบริเวณมุมทางแยก
 - มักใช้หลักการจัดช่องจราจร (Channelization) แยกรถเลี้ยวซ้ายออกจากรถทางตรง หรือเพื่อแนะนำ และควบคุมให้ยานเคลื่อนที่ผ่านทางแยกได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย ด้วยการเคลื่อนตัวของกระแสจราจรอย่างสม่ำเสมอ
 - ขนาดของเกาะใหญ่หรือเล็กแล้วแต่ความเหมาะสม แต่ถ้าพื้นที่ของเกาะแต่ละจุดน้อยกว่า 10 ตารางเมตร ไม่สมควรทำเป็นเกาะถาวร

3. บริเวณแยกรถ (Exit area)

- การออกแบบทางแยกบนถนนสายหลักที่มีปริมาณการจราจรสูงและต่อเนื่องมักออกแบบแยกรถที่จะเลี้ยวซ้ายหรือขวาออกจากกระแสจราจรก่อนถึงทางแยกเป็นระยะทางพอสมควร
- มักออกแบบให้มีส่วนขยายช่อง (Taper lane) ณาออกไป มักใช้อัตราส่วนไม่น้อยกว่า 1:20
- ในกรณีที่รถมีเลี้ยวซ้ายน้อยมาก ทำให้รถต้องลดความเร็วลงมาก วิศวกรต้องออกแบบช่องทางพิเศษสำหรับลดความเร็ว (Deceleration lane) เพิ่มเข้ามาด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงการชนท้ายขณะรอเลี้ยว

4. บริเวณรวมรถ (Entrance area)

- หมายถึงจุดหรือบริเวณที่รถเลี้ยวจะรวมช่องทางเข้ากับรถทางตรง
- ส่วนที่เป็น Taper length นี้เป็นส่วนที่รถเลี้ยวจะต้องเร่งความเร็วเพื่อหาช่องว่างรวมเข้ากับรถทางตรงในลักษณะ Merging
- ปกติอัตราของการเฉของ Taper lane นี้จะเท่ากับ 1:30
- เพื่อให้ความเร็วในการเข้าร่วมในกระแสจราจรเป็นไปอย่างเหมาะสม จึงจำเป็นต้องออกแบบ ช่องจราจรพิเศษสำหรับเร่งความเร็ว (Acceleration lane) ด้วย

5. ขนาดของช่องเลี้ยว

หลักเกณฑ์ที่แนะนำในการออกแบบ

- ที่ถนนสายรองบริเวณทางแยก คันขอบถนนกำหนดให้มีรัศมีต่ำสุด 6 เมตร
- ที่ถนนสายหลักบริเวณทางแยกซึ่งปริมาณรถยนต์โดยสารและรถบรรทุกปริมาณน้อยมาก คันขอบถนนกำหนดรัศมีต่ำสุด 10 เมตร
- ที่บริเวณทางแยกซึ่งปริมาณรถยนต์โดยสารและรถบรรทุกมาก ใช้คันขอบถนนประเภทโค้งประกอบสามศูนย์กลางกำหนดรัศมีค่าต่ำสุด 11 เมตร

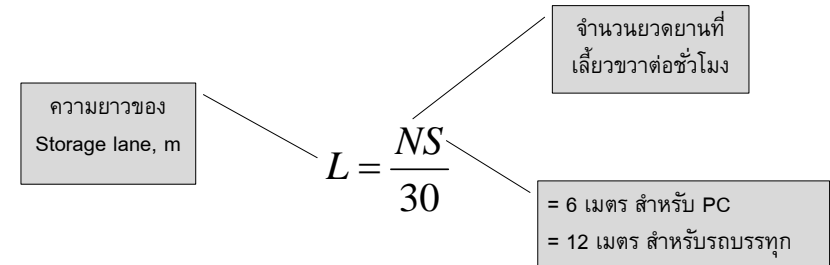
จากภาพประกอบในแผ่นใส

- R1 เป็นรัศมีของส่วนโค้งของขอบเกาะกลางถนน ถ้า $R1 \geq 30$ เมตร จะช่วยให้มีพื้นที่ว่างสำหรับรถ PC อย่างน้อยหนึ่งคันสามารถหยุดในบริเวณที่ไม่กีดขวางการจราจรกระแสดตรงและช่องจราจรที่ตัดผ่าน
- R2 คือ รัศมีของส่วนโค้งรูปหัวกระสุน
- R3 คือ รัศมีของส่วนโค้งกำหนดแนวทางวิ่ง

- กรณีที่ต้องการพื้นที่ว่างสำหรับรถเลี้ยวขวาให้สามารถหยุดเพื่อรอเลี้ยวภายในบริเวณเกาะกลางถนนได้ จะต้องจัดทำช่องจราจรพิเศษเรียกว่า Storage lane ไว้สำหรับให้รถสามารถชะลอความเร็วได้โดยไม่กีดขวางการจราจรในช่องทางตรง

หลักเกณฑ์การคำนวณหาความยาว Storage lane

- ความยาวช่องเก็บสะสมไม่รวมส่วนปลายสอบ (Taper) ตรงบริเวณทางแยกที่ไม่ติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ให้คำนวณจากสมการดังนี้



- ความยาว Storage lane บริเวณทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$L = \frac{15NS}{C}$$

จำนวนรอบของสัญญาณไฟจราจรต่อชั่วโมง

- ความยาว Storage lane ของทางด่วน $L = 2NS/30$

การจัดช่องจราจร (Channelization)

การแบ่งการจราจรที่เคลื่อนที่ขัดแย้งกันให้แยกออกจากกันตามแนววิถีทางที่ชัดเจนแน่นอนด้วยการทำเครื่องหมายบนผิวจราจร หรือทำเป็นเกาะยกสูงขึ้น หรือวิธีอื่นที่เหมาะสมเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนที่ได้อย่างปลอดภัย และทำให้เกิดการเคลื่อนที่เป็นไปตามลำดับทั้งยวดยานและคนเดินเท้า

จุดประสงค์หลักของการจัดช่องจราจร

- แบ่งแยกกระแสจราจรตามทิศทาง การเลี้ยว และความเร็วเพื่อลดการขัดแย้ง
- แยกคนเดินเท้าออกจากกระแสจราจร โดยจัดเกาะกลางถนนให้คนเดินเท้าสามารถรอข้ามถนนได้อย่างปลอดภัย
- จัด Taper lane และช่องรอเลี้ยวให้กับยวดยานที่ต้องการเลี้ยว
- ควบคุมความเร็วและมุมบรรจบให้ลู่ออกกัน
- มีการใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น Traffic sign, Traffic marking ฯลฯ เพื่อห้ามเกี่ยวกับการเลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวา หรือการเข้าออก
- ควบคุมให้ผู้ขับขี่ยวดยานไปตามช่องทางที่กำหนด เพื่อป้องกันความสับสนและลดโอกาสในการเลือกช่องทางเพื่อป้องกันการกีดขวางการจราจร

จุดประสงค์หลักของการจัดช่องจราจร (ต่อ)

- ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับสัญญาณไฟจราจรซึ่งควบคุมบริเวณทางแยกที่มีการเลี้ยวอย่างซับซ้อน และเพิ่มเนื้อที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์สัญญาณไฟจราจร

การจัดช่องจราจรด้วยเกาะกลางถนน (Island Channelization)

- **Directional islands:** เกาะนำทาง ใช้เพื่อบ่งบอกทิศทางให้กับผู้ขับขี่ในบริเวณทางแยก ควรวางในตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการมองเห็นและง่ายต่อการขับตามช่องทาง
- **Divisional islands:** เกาะแบ่งช่องจราจร ใช้แยกทิศทางการจราจรหรือแบ่งกันช่องจราจรทิศทางเดียวกัน มักใช้ในทางแยกของทางหลวงที่ไม่มีเกาะกั้นหรือแยกออกจากกันตามทิศทาง (Undivided highway) เพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ระมัดระวังขยวดยานจากถนนที่ตัดผ่าน และบังคับให้กระแสรถที่เคลื่อนที่เข้าและออกบริเวณทางแยกเป็นไปอย่างมีระเบียบ
- **Refuge islands:** ใช้เป็นที่พักรอข้ามถนนสำหรับคนเดินเท้า ใช้กับถนนที่มีความกว้างมากในเขตเมือง เกาะประเภทนี้ควรมีคั่นขอบที่ค่อนข้างสูงจากพื้นผิวจราจร

ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียด

- ลงรายละเอียดลักษณะของทางแยกและเขตทางทั้งหมดที่สำรวจมา
- ออกแบบแนวทางรถเลี้ยวขวาในแต่ละทิศทาง
- เมื่อได้แนวทางสัญญาณแล้วจากนั้นทำการร่างรูปแบบของเกาะกลางถนน และการจัดช่องทางเดินรถ
- กำหนดรายละเอียดของ Geometric design และกำหนดค่าพิกัดของจุดต่างๆ
- ออกแบบรายละเอียดเพื่อการก่อสร้าง อาทิ การตีเส้น การวางท่อ ออกแบบคันขอบถนน เป็นต้น

ทางแยกต่างระดับ

การจัดการกระแสรถที่มีปริมาณสูงให้เคลื่อนที่ผ่านทางแยกได้อย่างมีประสิทธิภาพปลอดภัย และการเคลื่อนตัวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ จะต้องใช้วิธีแยกระดับช่องทางจราจรทิศทางใดทิศทางหนึ่ง หรือหลายทิศทางทั้งในลักษณะ Over pass หรือ Under pass

ทางแยกต่างระดับ แบ่งเป็น 2 ประเภท

- **แบบยกข้ามหรือลอดผ่านโดยไม่มีทางเชื่อม (Grade-separation without ramp):** ทางหลวงสายหลัก หรือทางหลวงพิเศษตัดกับถนนในท้องถิ่น เป็นต้น
- **แบบต่างระดับตั้งแต่หนึ่งระดับหรือมากกว่าโดยมีทางลาดเชื่อมเข้าหากัน (Grade-separation with ramp or Interchange):** ทางหลวงสองเส้นมาตัดกัน

ข้อควรพิจารณาในการตัดสินใจเลือกก่อสร้างทางแยกต่างระดับ

- ข้อกำหนดของการออกแบบ: กำหนดให้เป็นถนนแบบ Full control of access
- ปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณทางแยกที่มีถนนเส้นหลักมาตัดกัน
- อัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงในทางแยกระดับเดียวกัน
- พื้นที่และลักษณะภูมิประเทศ
- ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง
- ปริมาณการจราจร

รูปแบบของทางแยกต่างระดับ

- Trumpet type
- Y-type
- Diamond interchange
- Cloverleaf: Full cloverleaf and partial cloverleaf
- Directional and semi-directional interchange

รูปแบบของ Interchange แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

- **System interchange:** Interchange ที่ออกแบบเชื่อมระหว่าง Freeway กับ Freeway ด้วยกัน หรือพิจารณาทั้งระบบเนื่องจากอยู่ใกล้กัน
- **Service interchange:** Interchange ที่ออกแบบเชื่อมระหว่าง Freeway กับถนนสายรอง หรือพิจารณาเป็นเฉพาะจุดตามลักษณะการใช้งาน

ข้อควรพิจารณาในการออกแบบ Interchange

- Approaches to structure
- Sight distance
- Interchange interval
- Pattern uniformity

ข้อควรพิจารณาในการออกแบบ Interchange (ต่อ)

- Route continuity
- Traffic signing and marking
- Number of basic lanes