บทที่ 4

วิเคราะห์การออกแบบทางเรขาคณิต

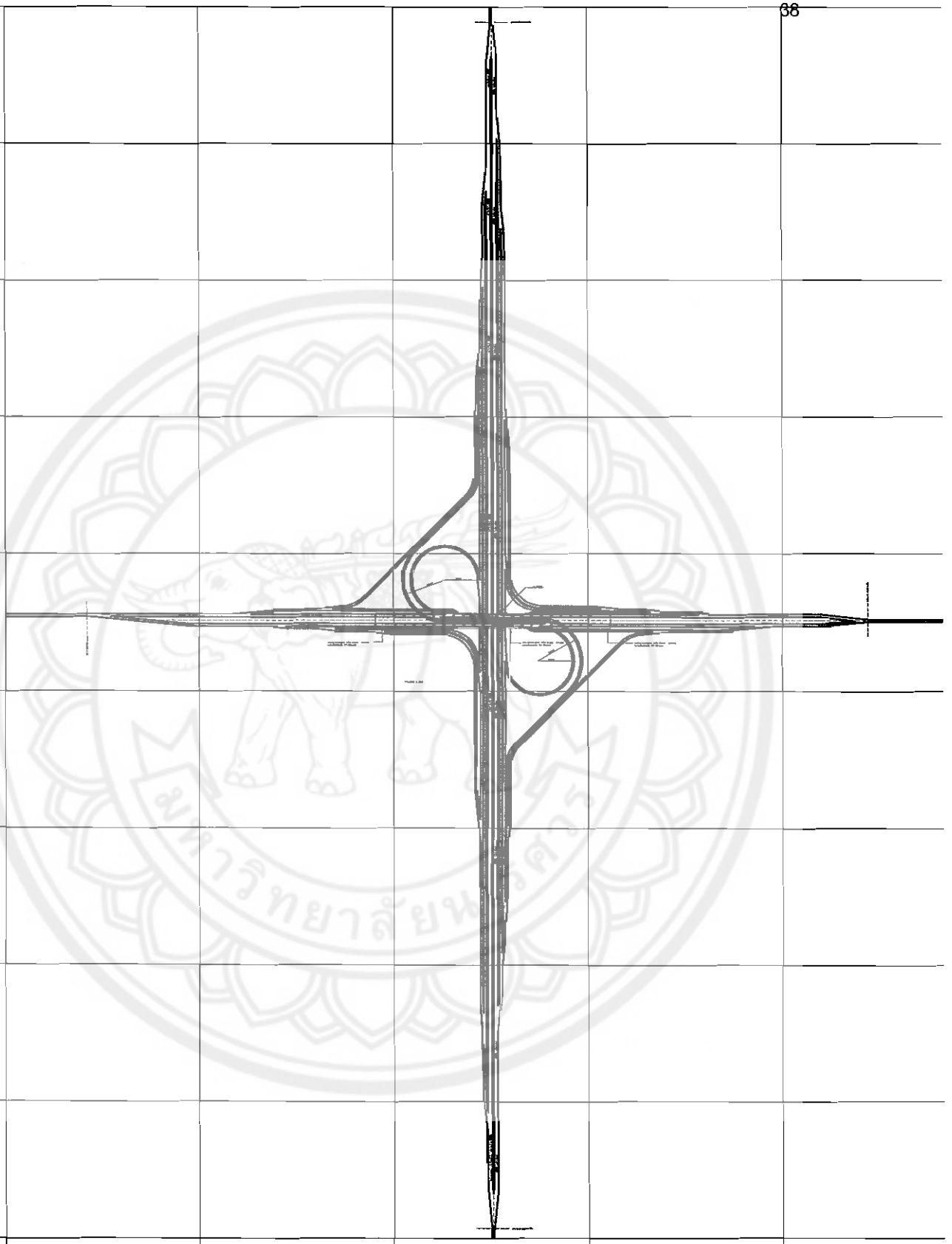
จากการสำรวจปริมาณรถที่ใช้ถนนบริเวณทางแยก พบว่าปริมาณการใช้รถจะมีปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาประมาณ 7.00 น.- 8.00 น. และเวลา 16.00น. – 17.00 น. จึงสรุปจำนวนรถที่ใช้เส้นในการสัญจรได้ดังนี้ ปริมาณการใช้รถจากสายอุตรดิตถ์ ไป นครสวรรค์จะมีปริมาณการใช้รถในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาตั่งแต่ 7.00 น.- 8.00 น. เลี้ยวขวาไปพิษณุโลกมีปริมาณรถประมาณ 980 คันต่อชั่วโมง เลี้ยวซ้ายไปเพชรบูรณ์มีปริมาณรถประมาณ 120 คันต่อชั่วโมง ตรงไปนครสวรรค์มีปริมาณรถประมาณ 200 คันต่อชั่วโมง ปริมาณการใช้รถจากสายเพชรบูรณ์ ไป พิษณุโลก จะมีปริมาณการใช้รถในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาตั่งแต่ 7.00 น.- 8.00 น. เลี้ยวขวาไปอุตรดิตถ์มีปริมาณรถประมาณ 190 คันต่อชั่วโมง เลี้ยวซ้ายไปนครสวรรค์มีปริมาณรถประมาณ 120 คันต่อชั่วโมง ตรงไปพิษณุโลกมีปริมาณรถประมาณ 1070 คันต่อชั่วโมง ปริมาณการใช้รถจากสายนครสวรรค์ไป อุตรดิตถ์ จะมีปริมาณการใช้รถในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาตั่งแต่ 7.00 น.- 8.00 น. เลี้ยวขวาไปเพชรบูรณ์ มีปริมาณรถประมาณ 100 คันต่อชั่วโมง เลี้ยวซ้ายไปพิษณุโลก มีปริมาณรถประมาณ 140 คันต่อชั่วโมง ตรงไปอุตรดิตถ์ มีปริมาณรถประมาณ 95 คันต่อชั่วโมง ปริมาณการใช้รถจากสาย พิษณุโลก ไป เพชรบูรณ์ จะมีปริมาณการใช้รถในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาตั่งแต่ 7.00 น.- 8.00 น. เลี้ยวขวาไปนครสวรรค์มีปริมาณรถประมาณ 100 คันต่อชั่วโมง เลี้ยวซ้ายไปอุตรดิตถ์มีปริมาณรถประมาณ 420 คันต่อชั่วโมง ตรงไปเพชรบูรณ์มีปริมาณรถประมาณ 580 คันต่อชั่วโมง ปริมาณการใช้รถจากสายอุตรดิตถ์ ไป นครสวรรค์จะมีปริมาณการใช้รถในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาตั่งแต่ 16.00 น.- 17.00 น. เลี้ยวขวาไปพิษณุโลกมีปริมาณรถประมาณ 540 คันต่อชั่วโมง เลี้ยวซ้ายไปเพชรบูรณ์มีปริมาณรถประมาณ 160 คันต่อชั่วโมง ตรงไปนครสวรรค์มีปริมาณรถประมาณ 154 คันต่อชั่วโมง ปริมาณการใช้รถจากสายเพชรบูรณ์ ไป พิษณุโลก จะมีปริมาณการใช้รถในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาตั่งแต่ 16.00 น.- 17.00 น. เลี้ยวขวาไปอุตรดิตถ์มีปริมาณรถประมาณ 90 คันต่อชั่วโมง เลี้ยวซ้ายไปนครสวรรค์มีปริมาณรถประมาณ 115 คันต่อชั่วโมง ตรงไปพิษณุโลกมีปริมาณรถประมาณ 1080 คันต่อชั่วโมง ปริมาณการใช้รถจากสายนครสวรรค์ไป อุตรดิตถ์ จะมีปริมาณการใช้รถในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาตั่งแต่ 16.00 น.- 17.00 น. เลี้ยวขวาไปเพชรบูรณ์ มีปริมาณรถประมาณ 90 คันต่อชั่วโมง เลี้ยวซ้ายไปพิษณุโลก มีปริมาณรถประมาณ 140 คันต่อชั่วโมง ตรงไปอุตรดิตถ์ มีปริมาณรถประมาณ 90 คันต่อชั่วโมง ปริมาณการใช้รถจากสาย พิษณุโลก ไป เพชรบูรณ์ จะมีปริมาณการใช้รถในชั่วโมงเร่งด่วนคือ เวลาตั่งแต่ 16.00 น.- 17.00 น. เลี้ยวขวาไปนครสวรรค์มีปริมาณรถประมาณ 185 คันต่อชั่วโมง เลี้ยวซ้ายไปอุตรดิตถ์มีปริมาณรถประมาณ 600 คันต่อชั่วโมง ตรงไปเพชรบูรณ์มีปริมาณรถประมาณ 700 คันต่อชั่วโมง

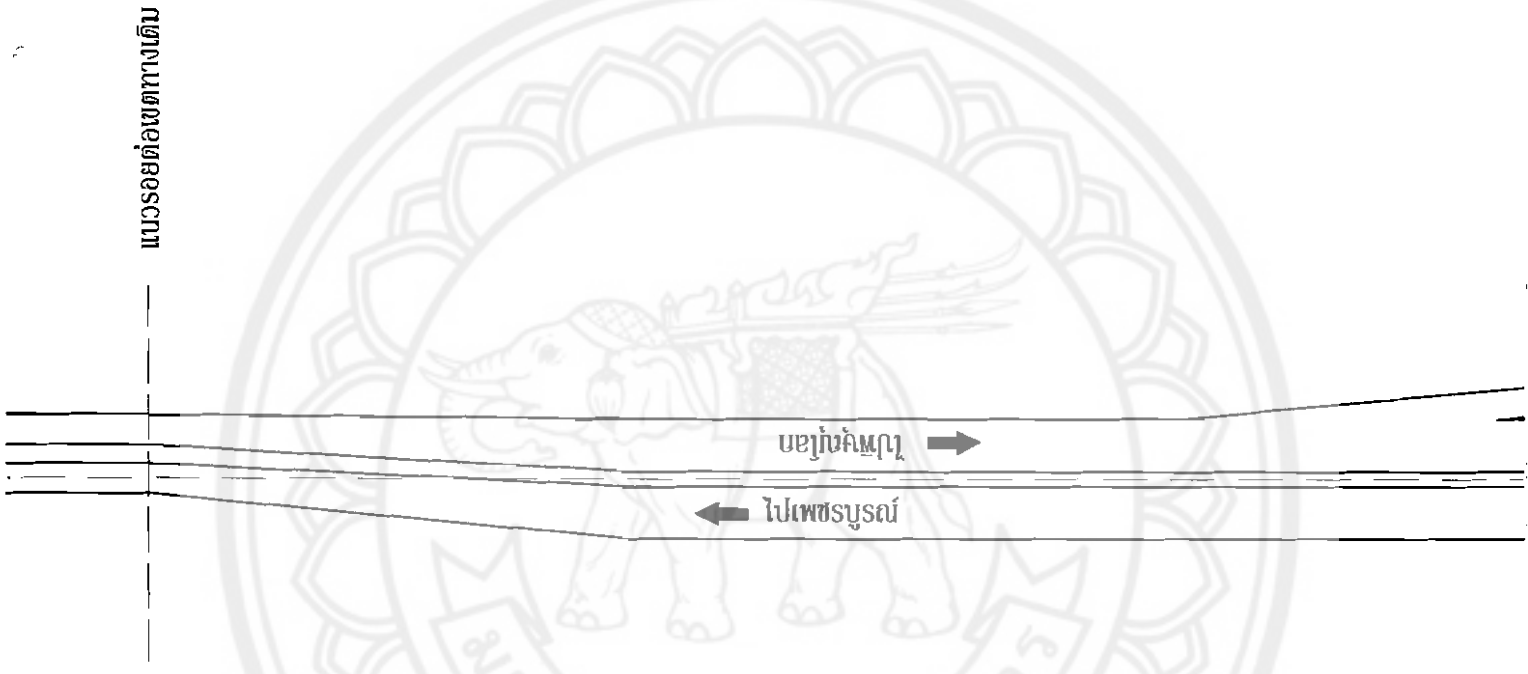
ปัญหาโดยรวมที่เกิดขึ้น คือ การติดขัดบริเวณ สี่แยกดังกล่าวในชั่วโมงเร่งด่วนทำให้เสียเวลาต่อการทำงาน และยังเกิดมลพิษบนท้องถนนปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากการติดสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกทำให้เกิดการจราจรสะดุดเป็นระยะๆ อีกทั้งจากการสำรวจพบว่าการจราจรส่วนใหญ่ต้องใช้ทางเลี้ยว วิธีแก้ของปัญหามี 2 ประการ

1. สร้างชุมทางต่างระดับที่บริเวณสี่แยก
2. ขยายช่องทางจราจรที่บริเวณทางหลวงทั้งสองสาย

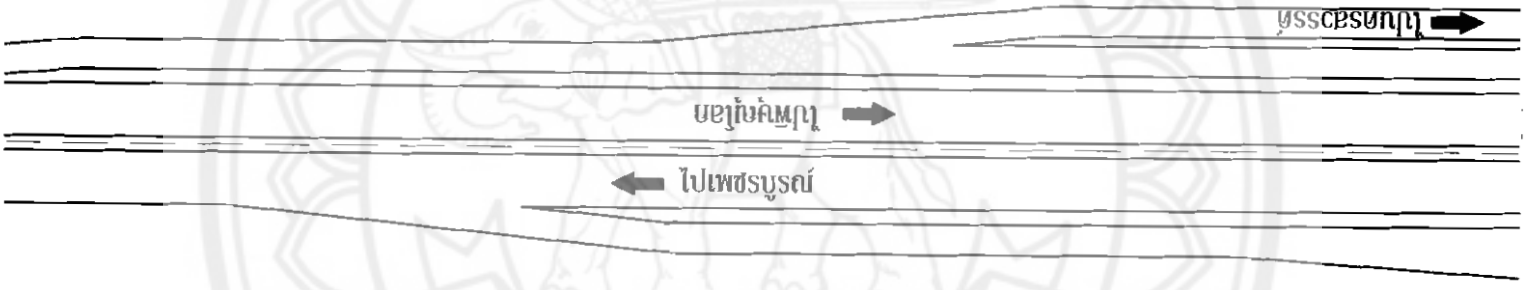
การขยายช่องทางจราจรของทั้งสองสาย ไม่สามารถที่จะก่อสร้างได้เพราะเส้นทางสายดังกล่าวได้สร้างไว้อยู่แล้ว ซึ่งจะยากต่อการเปลี่ยนแนวทางอีกทั้งยังมีการติดสัญญาณไฟจราจรเหมือนเดิม ซึ่งไม่เป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงเหลือการก่อสร้างทางชุมทางต่างระดับที่บริเวณสี่แยกดังกล่าวซึ่งสมารถทำได้เนื่องจากไม่ต้องขยายเส้นทางทั้งสองสายและเมื่อทำการก่อสร้างจริงก็จะไม่เกิดปัญหากีดขวางการจราจรระหว่างการก่อสร้างมากนักเนื่องจากยังสามารถใช้ทางเดิมอยู่ได้ เมื่อทำการก่อสร้างเสร็จแล้วการระบายการจราจรจะสะดวกและรวดเร็วขึ้นเนื่องจากเส้นทางหลักโดยให้เป็นเส้นทางจากสายพิษณุโลกไปเพรชบูรณ์เนื่องจากปริมาณการใช้รถสายตรงมีปริมาณการจารจรมากซึ่งตามหลักและทฤษฎีลักษณะของถนนสายหลักควรที่จะเป็นระดับเดียวกันตลอดเส่นทางเพราะจะทำให้ผู้ใช้รถใช้ถนนสมารถใช้ความเร็วได้สม่ำเสมอจะทำให้ผู้ใช้ถนนขับรถได้อย่างราบรื่นแต่ก็ควรมีการควบคุมความเร็วไว้ด้วยเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ถนนและผู้ร่วมทาง และเนื่องจากเส้นทางสายหลักสำหรับระบายรถออกจากทางแยก ไม่เกิดการรอสัญญาไฟจราจรที่นานเหมือนอย่างเคยเพราะชุมทางต่างระดับจะช่วยระบายรถตามเส้นทางทั้งสองเส้น ซึ่งจะทำให้เกอิดการระบายการจราจรได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา เชื้อเพลิง และยังลดมลพิษได้อีกด้วย และจากปริมาณรถจากสายอุตรดิตถ์ไปนครสวรรค์จะมีปริมาณรถที่เลี้ยวขวาในปริมาณที่มากและถนนเดิมยังไม่ได้สร้างใหม่ถนนค่อนข้างเล็กแต่ปริมาณรถที่ติดสัญญานไฟจราจรมากและมากขึ้นเรื่อยๆทำให้เกิกปัญหาในปัจจุบัน อย่างเช่น อุบัติเหตุ ความล้าช้าในการเดินทางเป็นต้น ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขอาจมีปัญหาอื่นๆตามมาก็ได้

จากสาเหตุที่กล่าวข้างต้นนี้ สรุปได้ว่าบริเวณสี่แยกอินโดจีนว่าให้ทางสายพิษณุโลกไปเพรชบูรณ์เป็นทางสายหลักคือถนนไม่ต้องยกระดับเนื่องจากปริมาณการจารจรในทางสายตรงมีปริมาณการจราจรที่มาก และให้ทางสายอุตรดิตถ์ไปนครสวรรค์เป็นทางสายรองเนื่องจากรถส่วนใหญ่ไม่จำเป็นต้องใช่ความเร็วสูงและส่วนใหญ่รถจะเลี้ยวขวาเข้าตัวเมืองพิษณุโลก จึงควรสร้างชุมทางต่างระดับเพื่อต้องการผู้ใช้ถนนเลี้ยวขวาได้โดยสะดวกโดยไม่ต้องติดขัดและเพื่อจะยังคงการไหลของปริมาณการจราจรบนทางสายหลักไว้ขั้นตอนต่อไปคือการวิเคราะห์การออกแบบทางเรขาคณิตตามหัวข้อต่างๆดังนี้พิจารณารูปของชุมทางต่างระดับประกอบ

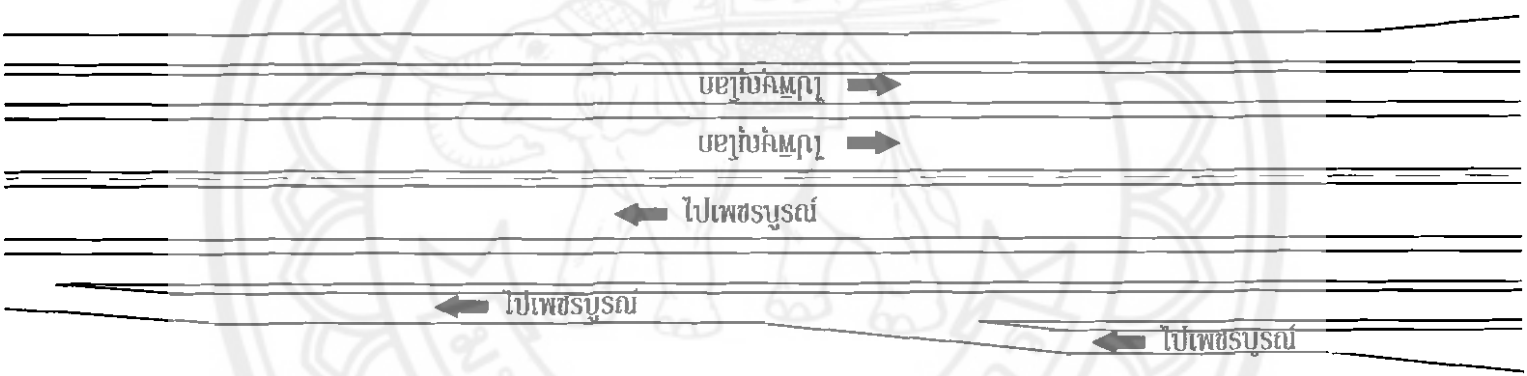

A
B
C
D
E
F
G
H
I
1
2
3
4
5



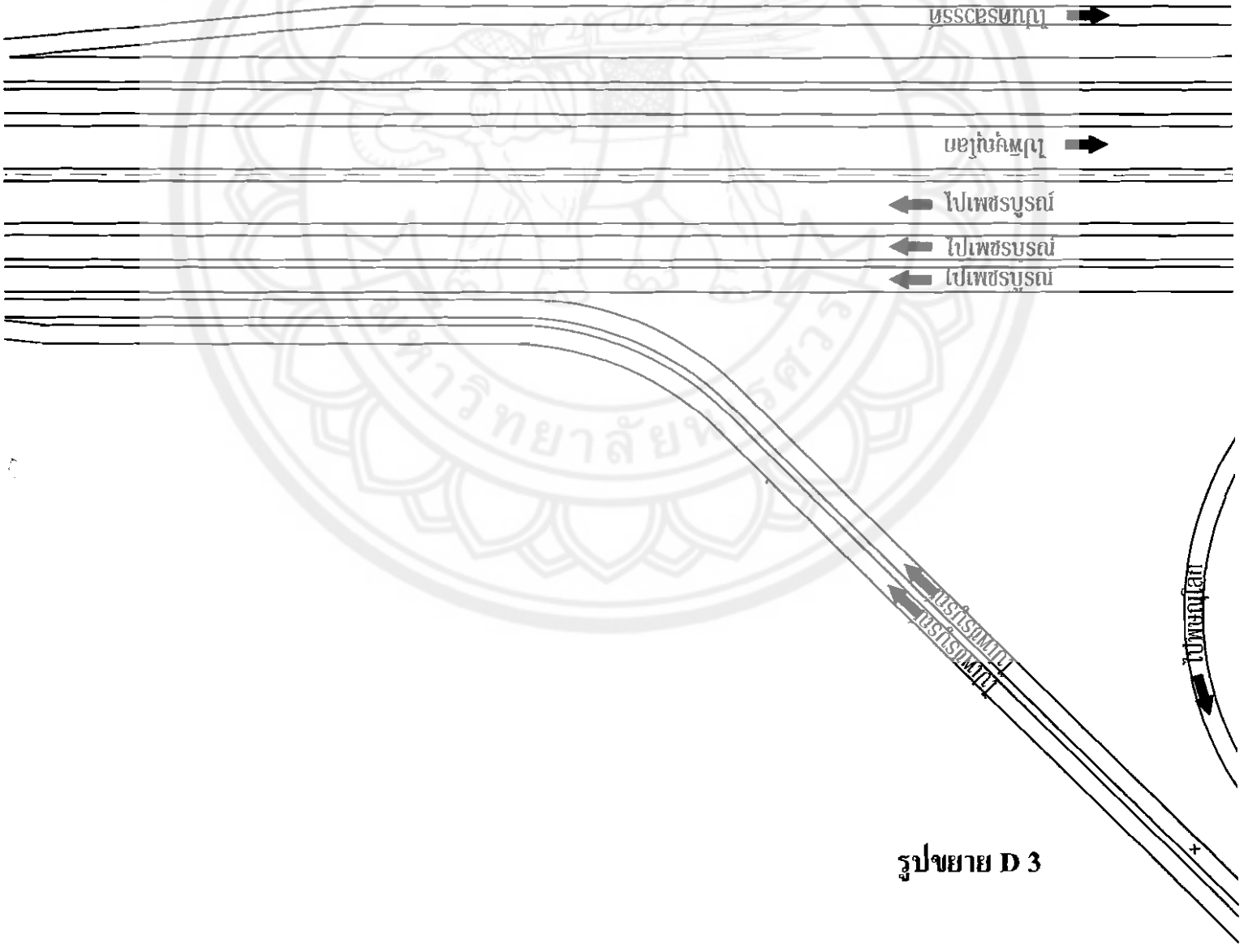
รูปขยาย A 3



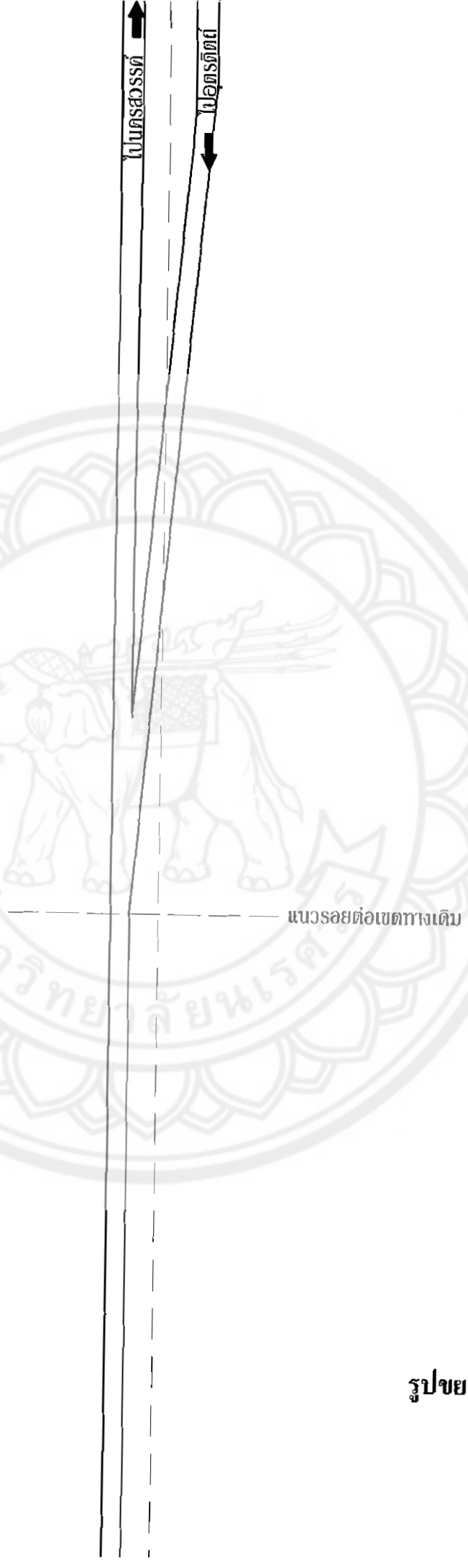
รูปขยาย B 3



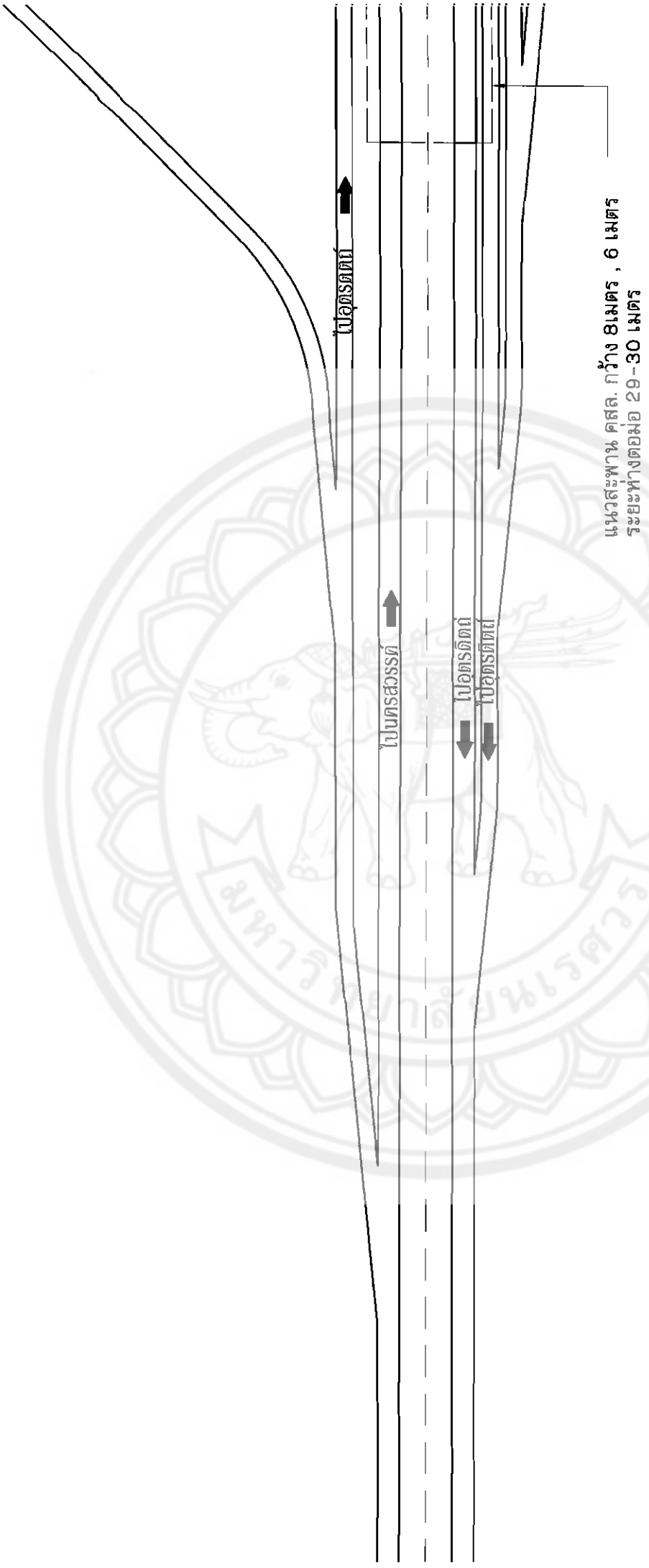
รูปขยาย C 3


ไปกรุงเทพมหานคร
ไปกรุงเทพมหานคร
ไปเพชรบูรณ์
ไปเพชรบูรณ์
ไปเพชรบูรณ์
ไปกรุงเทพมหานคร
ไปกรุงเทพมหานคร

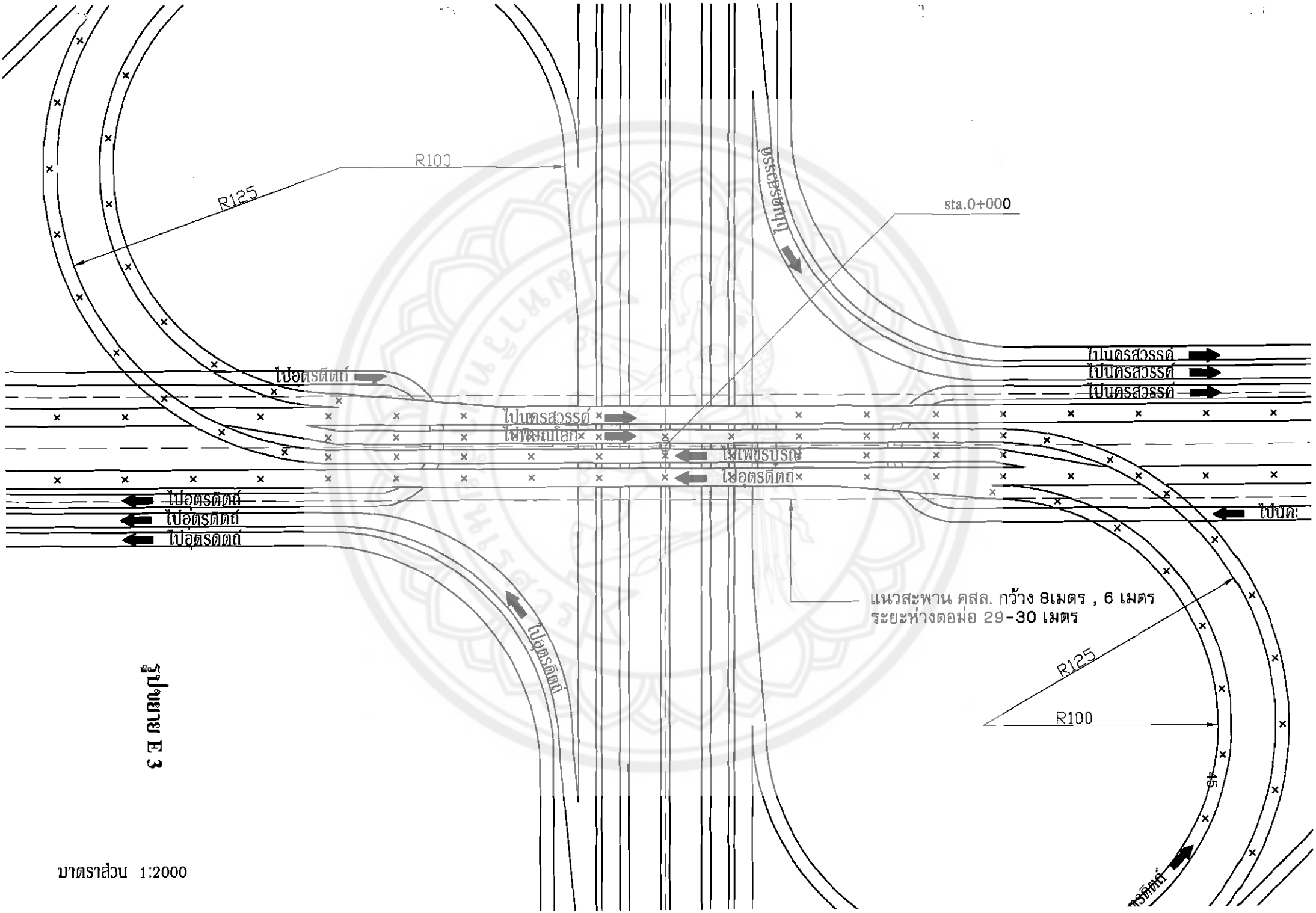
รูปขยาย D 3



รูปขยาย E 1

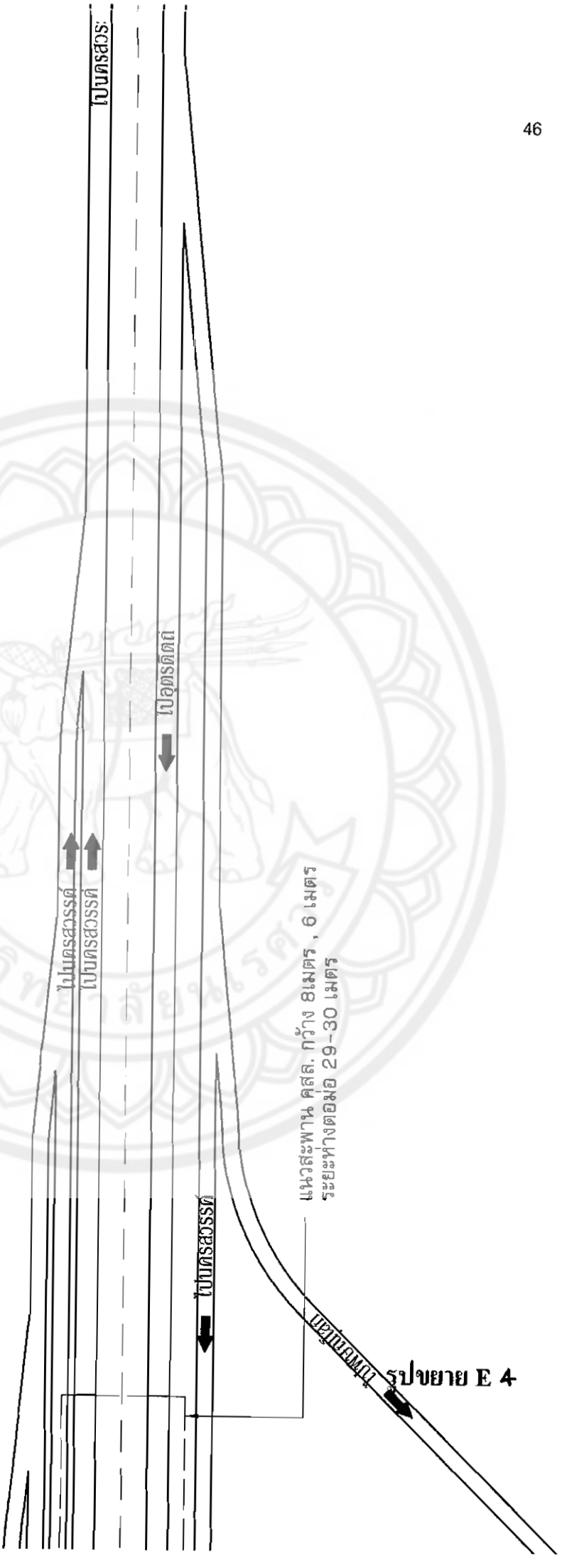

ไปอุตรดิตถ์
ไปนครสวรรค์
ไปอุตรดิตถ์
ไปอุตรดิตถ์
แนวสะพาน คสล. กว้าง 8เมตร , 6 เมตร
ระยะห่างตอม่อ 29-30 เมตร

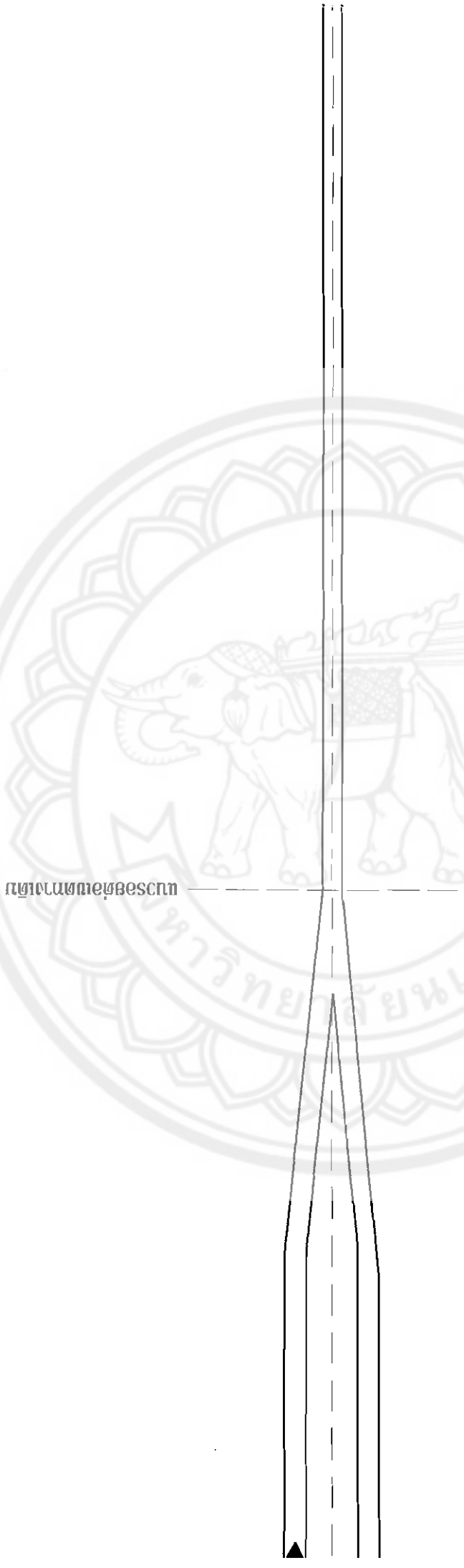
รูปขยาย E 2



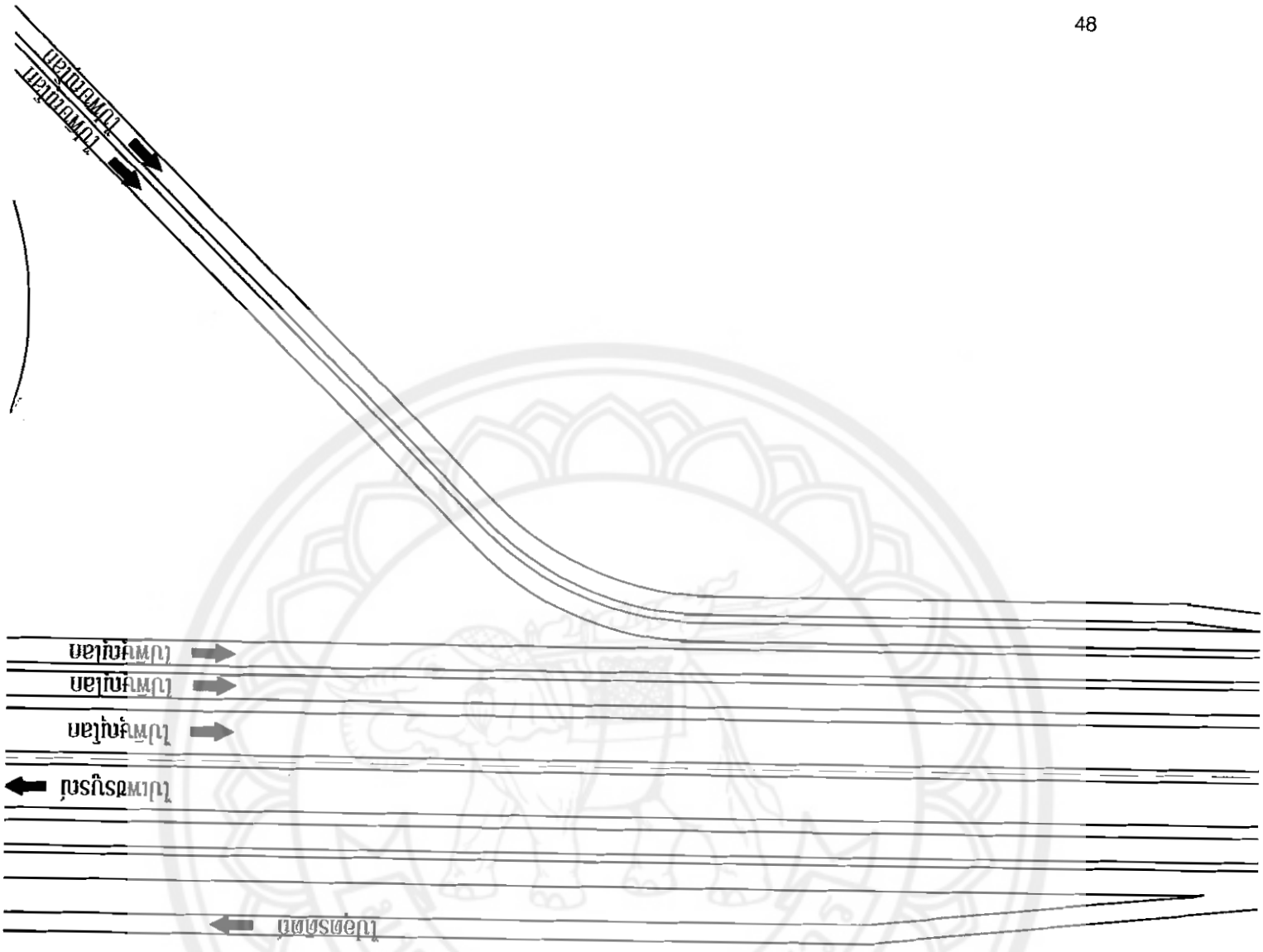
รูปแสดง E 3

มาตราส่วน 1:2000

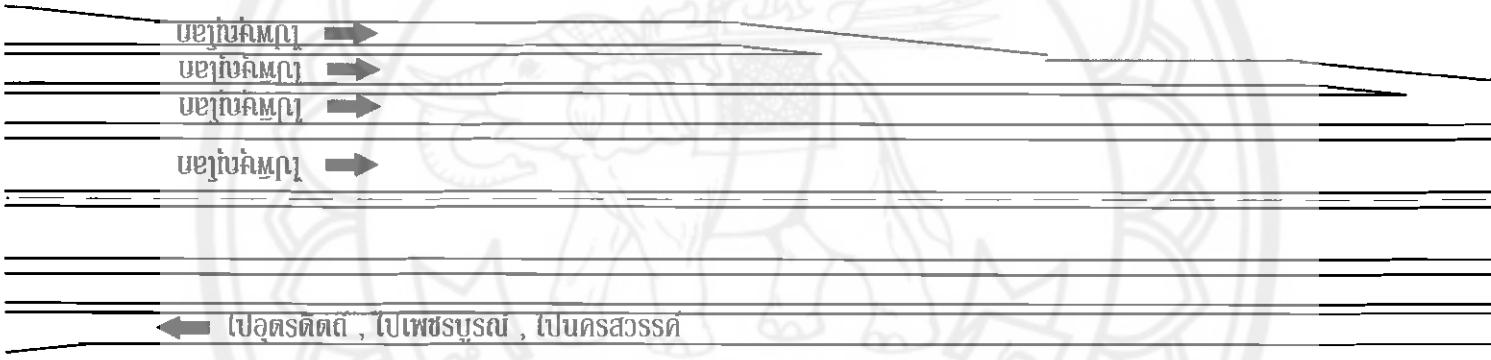

ไปนครสวรรค์
ไปนครสวรรค์
ไปนครสวรรค์
ไปอุตรดิตถ์
แนวสะพาน คสล. กว้าง 8เมตร , 6 เมตร
ระยะห่างตอม่อ 29-30 เมตร
ไปนครสวรรค์
ไปอุตรดิตถ์
รูปขยาย E 4



รูปขยาย E 5



รูปขยาย F 3


บอโบล์มบุ
บอโบล์มบุ
บอโบล์มบุ
บอโบล์มบุ
โปอุตรดิตถ์ , โปเพชรบูรณ์ , โปนครสวรรค์

รูปขยาย G 3

รูปขยาย H 3

แนวรอยต่อเขตทางเดิม
ไปกำแพงเพชร
ไปอุตรดิตถ์ , ไปเพชรบูรณ์ , ไปนครสวรรค์

รูปขยาย I 3

4.1 ความโค้ง (Curvature)

ในการออกแบบความโค้งมักจะใช้โค้งแบบพาราโบลิก ในการกำหนดระดับผิวจราจร การคำนวณต่าง ๆ จะมีความเหมือนกันในรูปของผิวจราจรเพียงแต่ปกติจะมีการก่อสร้างที่พื้นดิน แต่โครงการนี้จะมีการก่อสร้างสูงขึ้นไปเป็นในรูปของชุมทางต่างระดับ การออกแบบจะใช้โค้งแบบพาราโบลิกเช่นเดียวกัน การวางระดับต่าง ๆ มีพื้นฐานมาจากการวางโค้งแนวดิ่งที่พื้นดินทุกอย่าง วัสดุที่ใช้เป็นคอนกรีตยกตัวขึ้นไปคล้ายกับสะพานเพื่อลดอุบัติเหตุที่มักจะเกิดขึ้นจากทางแยกเดิม การวางโค้งที่เหมาะสมคือจะต้องไม่ทำให้ความเร็วของรถลดลงมากจนเกินไป ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ในขณะใช้งาน ความยาวโค้งที่ใช้มีค่าเท่ากับ 250 เมตร ซึ่งถือได้ว่ายาวพอสมควร ทั้งนี้เพื่อลดความชันลงให้มีค่า 4% ตามมาตรฐานกำหนด และสอดคล้องกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการขับขี่ที่ต้องสะดวกสบายสำหรับผู้ใช้รถใช้ถนนอีกด้วย

ความยาวโค้งที่ทำการก่อสร้างนี้มีความยาวมากกว่าระยะมองเห็นที่ปลอดภัยจึงมั่นใจได้ว่าการออกแบบนั้นเหมาะสมทั้งในเรื่องความปลอดภัยและการใช้งาน การออกแบบจะต้องคำนึงถึงรถบรรทุกด้วยซึ่งมีขนาดใหญ่ ความเร็วลดลงได้ง่าย ซึ่งหมายความว่าค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้งานของชุมทางต่างระดับก็ต้องคำนึงถึงอีกเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาความโค้งของแบบ ก่อนขึ้นตัวชุมทางต่างระดับจะมีโค้งดิ่งหงายอยู่ทั้งสองด้าน เพื่อความลื่นไหลและความปลอดภัยในการใช้งานทาง ชุมทางต่างระดับ โค้งดิ่งหงายดังกล่าวมีความยาวโค้ง 150 เมตร ถูกสร้างบนพื้นดินที่ถมดินสูงขึ้นไปในระดับที่เหมาะสมกับชุมทางต่างระดับที่เชื่อมกันอยู่ทั้งนี้จะต้องคำนึงระดับการมองเห็นที่ปลอดภัยสำหรับการใช้งาน (จะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป) ระยะมองเห็นที่ปลอดภัยนี้จะมีความยาวน้อยกว่าความยาวโค้ง ($S \geq L$) เนื่องจากโค้งดิ่งนี้ต้องสอดคล้องกับโค้งดิ่งของทางแยกต่างระดับ จำเป็นต้องพิจารณาร่วมกันเพื่อความปลอดภัยขณะใช้โค้งดิ่งทั้งสองดังกล่าว ระยะทางโค้งดิ่งนี้จะมีระยะทางเชื่อมอยู่เป็นการเชื่อมเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงโค้งอย่างกะทันหัน เช่นเดียวกันกับโค้งราบ ซึ่งจะทำให้ไม่มีความต่อเนื่องในขณะขับรถ

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การวางโค้งดามแบบดังกล่าวมีความเหมาะสมปลอดภัยมากระดับหนึ่ง ซึ่งมั่นใจได้ว่าการใช้งานจะมีความปลอดภัยในการใช้รถและทางแยกต่างระดับ มีความประหยัดจากรูปทรงที่มีความชันไม่มากจนเกินไป

ความสูงใต้ทางแยกต่างระดับจะต้องเพียงพอสำหรับรองรับการจราจรที่อยู่ด้านล่าง อย่างน้อยสุดรถบรรทุกขนาดใหญ่ควรผ่านทางแยกได้อย่างสะดวก ระยะห่างจากแบบที่พิจารณามีระยะ 8.575 เมตร ซึ่งถือได้ว่าเพียงพอมาก การจราจรทางด้านล่างจะไม่เกินปัญหานี้

โดยสรุปแล้วในเรื่องด้านเราขาคณิตในส่วนของความโค้งของตัวทางแยกต่างระดับมีความเหมาะสมมากแยกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

- ด้านความปลอดภัย เมื่อพิจารณาจากการออกแบบจากความเร็วออกแบบ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง พบว่าส่วนโค้งต่าง ๆ ของทางแยกต่างระดับมีความถูกต้องและเผื่อระยะมองเห็นไว้อย่างเพียงพอ ซึ่งหมายความว่าจะมีความปลอดภัยในการขับขี่ของผู้ใช้รถเป็นอย่างดี

- ด้านประสิทธิภาพ ลักษณะของทางแยกต่างระดับสามารถใช้กับยานพาหนะทุกชนิด แม้กระทั่งรถบรรทุกก็สามารถใช้ทางแยกต่างระดับได้โดยที่เกิดผลกระทบน้อยต่อผู้ขับขี่และยานพาหนะ ยกเว้นอาจจะมีเรื่องความเร็วที่ต้องลดลงบ้าง เนื่องจากความชัน แต่ก็น้อยมากเนื่องจากได้ใช้ความชันที่น้อยที่สุดที่สามารถทำการออกแบบได้แล้ว

- ด้านความประหยัด การออกแบบทางแยกต่างระดับจะไม่ใช้ความชันที่น้อยจนเกินไป ทั้งนี้เพื่อความประหยัดในการก่อสร้างตัวทางแยกต่างระดับ หมายความว่าถ้าความชันลดลงจะทำให้ความยาวของทางแยกต่างระดับยาวมากขึ้นนั่นเอง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงขึ้นมากจนไม่สามารถสร้างได้ และไม่เกิดประโยชน์สูงสุดนั่นเอง

4.2 เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (Percent Grade)

ความลาดชันเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลกับลักษณะของทางแยกต่างระดับ เมื่อความลาดชันของทางแยกต่างระดับเพิ่มมากขึ้น จะทำให้ความยาวของทางแยกต่างระดับลดลง ทำให้งบประมาณในการก่อสร้างลดลงแต่การเพิ่มขึ้นของความชันนั้นต้องอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้เพื่อความปลอดภัยในการใช้ เช่น เมื่อความชันสูงจะทำให้เกิดการลดลงของความเร็วเป็นอย่างมากบางครั้งทำให้ไม่สามารถขับรถขึ้นไปบนโค้งดิ่งได้ อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นการใช้ความชันจะต้องพิจารณาหลาย ๆ ด้าน ประกอบกัน เช่น ความปลอดภัย ความประหยัด และความสวยงามของรูปทรง เป็นต้น มาตรฐานการออกแบบทางหลวงแผ่นดินพิจารณาได้ตารางที่ 4-1 อัตราเร็วสำหรับการออกแบบโครงการนี้คือ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนี้ความชันสูงสุดจะอยู่ที่ 6% การออกแบบก็ใช้ความชันอยู่ที่ 6% เช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดค่าก่อสร้างนั่นเอง

ตารางที่ 4.1 มาตรฐานขั้นต่ำที่ใช้ออกแบบทางหลวงแผ่นดินสายประธาน (นอกเมือง)

ลักษณะภูมิประเทศ	ทางราบ	ทางเนิน	ทางภูเขา
อัตราความเร็วที่ใช้ออกแบบ (กม/ช.ม.)	80 - 100	60 – 80	50 – 60
ความชันสูงสุด (%)	4	6	8
ความกว้างเขตทาง (เมตร)	60 - 80		

ชั้นทาง	PD	P1	P2	P3
ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน	มากกว่า 8000	4000-5000	2000-4000	น้อยกว่า 2000
ประเภทผิวทางจราจรที่เสนอแนะ	ชั้นสูง	ชั้นสูง	ชั้นกลาง	ชั้นกลาง
ความกว้างของผิวทางจราจร(เมตร)	ทางที่แบ่งแยกการจราจรไปกลับข้างละ 7.00	7	6.5	6.00
ความกว้างไหล่ทาง (เมตร)	2.5	2.5	2.25	2.00

หมายเหตุ ชั้นสูง หมายถึงผิวทางคอนกรีตหรือแอสฟัลติกคอนกรีต
ชั้นกลาง หมายถึงทางแอสฟัลติกคอนกรีต
ชั้นต่ำ หมายถึงผิวทางเซอร์เฟสทรีสเมนต์1

ที่มา : เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี, 2540

4.3 ความเร็วออกแบบ (Design Speed)

ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ จะต้องสมเหตุสมผลเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศและประเภทของทางหลวงที่ใช้ความเร็วนี้ ในขั้นตอนการออกแบบควรพยายามใช้ความเร็วในการออกแบบสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อผู้ใช้ถนนจะได้รับความสะดวก คล่องตัวและมีประสิทธิภาพ ลักษณะของถนนจะขึ้นอยู่กับความเร็วออกแบบนี้โดยตรง เช่น การทำโค้งทางดิ่งและทางราบระยะมองเห็น ทั้งสองส่วนนี้จะมีรูปร่างเปลี่ยนไปตามความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ ลักษณะอย่างอื่นที่พบเห็น เช่น ความกว้างของผิวจราจร ไหล่ทาง ระยะห่างไปยังกำแพงหรือรั้ว แม้จะไม่ได้สัมพันธ์กับความเร็วออกแบบโดยตรงแต่สิ่งเหล่านี้มีผลต่อความเร็วของยานพาหนะ ดังนั้นจึง

จำเป็นต้องใช้มาตรฐานสูงสำหรับความเร็วออกแบบสูง ๆ สรุปได้ว่าเกือบทุกส่วนของทางจะสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามความเร็วออกแบบ

การออกแบบความเร็วนอกจากจะคำนึงถึงลักษณะของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ แล้วความพอใจของผู้ใช้ถนนก็มีส่วนในการพิจารณาด้วย โดยส่วนมากผู้ขับมักจะใช้ความเร็วสูงในการขับขี่และส่วนน้อยเท่านั้นที่ใช้ความเร็วต่ำในการขับขี่ ดังนั้นจึงไม่เป็นการเหมาะสม (ในทางเศรษฐศาสตร์) ที่จะออกแบบเพื่อสนองความต้องการของคนกลุ่มน้อยนั้น อย่างไรก็ตามคนกลุ่มน้อยนั้นจะยังสามารถใช้ทางได้ เพียงแต่ว่าจะต้องขับขี่ด้วยความเร็วต่ำที่สูงขึ้นเท่านั้นเอง แต่ในทางตรงกันข้ามในการออกแบบความเร็วที่ใช้ความเร็วต่ำในการออกแบบจะเกิดอันตรายและไม่ปลอดภัยกับคนในการออกแบบความเร็วที่ใช้ความเร็วต่ำในการออกแบบจะเกิดอันตรายและไม่ปลอดภัยกับคนกลุ่มมากนั่นเอง

ความเร็วเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบการขนส่ง คุณค่าของทางอาจถูกพิจารณาจากความสะดวกสบายและความประหยัดในการขนส่ง ซึ่งจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับความเร็วและความปลอดภัย ความเร็วที่คนขับใช้นอกจากความสามารถของคนขับเองและสมรรถนะของยายพาหนะแล้วยังขึ้นอยู่กับสภาพทั่ว ๆ ไป 4 อย่างดังนี้

- สภาพทางกายภาพ
- อากาศ
- การมียานพาหนะอื่น ๆ
- พิกัดความเร็ว (อาจเนื่องจากกฎหมายหรือโดยเครื่องหมายควบคุม)

อนึ่ง ความเร็วในการออกแบบ ถนนสายเดียวกันอาจมีความเร็วออกแบบที่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวควบคุมสภาพอยู่ การออกแบบความเร็วในแนวดิ่งถ้าออกแบบให้มีความเร็วสูงมาก ๆ ผลที่ตามมาคือค่าก่อสร้างในการออกแบบที่จะสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว จึงต้องพิจารณาในการใช้ความเร็วในการออกแบบจากหลายด้านประกอบกันนั่นเอง

เมื่อพิจารณาตารางที่ 4.1 จะพบว่าควรใช้ความเร็วในทางราบ 80 – 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในการออกแบบชุมทางต่างระดับจะใช้ความเร็วในการออกแบบ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้พิจารณาจากความปลอดภัยของผู้ใช้ถนนและความประหยัดค่าก่อสร้างเป็นสำคัญ

4.4 การระบายน้ำ (Drainage)

การระบายน้ำจะมีผลมาจากลาดหลังทาง โดยที่ถ้าความลาดหลังทางสูงจะมีการระบายน้ำได้อย่างรวดเร็ว แต่ในทางกลับกันถ้าความลาดหลังทางน้อยการระบายน้ำจะช้าทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายขึ้น การวางระบบระบายน้ำต้องพิจารณาถึงความสะดวกสบายและความปลอดภัยในการขับขี่ของผู้ใช้รถ ถ้าลาดหลังทางมีความเอียงมากจะส่งผลให้การขับขี่ลำบากมากขึ้น ถนนที่มีสองช่องจราจรความลาดเอียงของหลังทางจะมีลักษณะเอียงออกจากแนวกลางของถนนในกรณีทางแยกต่าง

ระดับที่พิจารณาอยู่นี้มีลักษณะเหมือนกับการจราจรสองช่องจราจร ดังนั้นการวางแนวลาดหลังทางจะต้องวางให้ความเอียงเทลงออกด้านนอก แล้ววางท่อรับน้ำตามจุดต่าง ๆ เพื่อระบายน้ำบนทางแยกต่างระดับทิ้ง

การเลือกใช้ความลาดหลังทางต้องพิจารณาถึงผลของชั้นน้ำที่จะแทรกอยู่ระหว่างยางรถและพื้นถนนด้วย ซึ่งถ้าหากเกิดกรณีเช่นนี้แล้วจะทำให้ความเสียดทานลดลงอย่างมาก เกิดการลื่นไถล เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย ดังนั้นการพิจารณาการใช้ต้องคำนึงถึงลักษณะภูมิอากาศของบริเวณก่อสร้างด้วย เช่น ถ้าเป็นบริเวณที่ไม่ค่อยจะมีฝนตกมากนักก็ใช้ลาดหลังทางน้อย ๆ แต่ถ้ามีฝนตกชุกตลอดทั้งปี เช่นนี้ก็ควรออกแบบให้มีลาดหลังทางมากขึ้น เป็นต้น

ท่อที่มารองรับการระบายน้ำก็สำคัญเช่นเดียวกัน ถ้ามีการใช้ระบบระบายน้ำที่ดีแต่ท่อมีขนาดเล็กเกินไปไม่สามารถระบายน้ำออกได้ทัน ก็จะทำให้ระบบการระบายน้ำล้มเหลวได้เช่นกัน จึงต้องออกแบบขนาดของท่อให้เหมาะสมด้วย

ในบริเวณด้านล่างของสะพานข้ามทางแยกจะทำการติดตั้ง Curb และ Gutter ตลอดแนวของถนนด้านล่างของสะพานเพื่อเป็นการป้องกันการกัดเซาะซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชั้นทางโดยน้ำที่ระบายมาจากสะพานข้ามทางแยก

4.5 ระยะมองเห็นที่ปลอดภัย (Safe Sight Distance)

การออกแบบถนนที่ดีต้องออกแบบให้ระยะมองเห็นข้างหน้ามีความยาวเพียงพอ เพื่อไม่ให้เกิดการชนกันหรือชนสิ่งกีดขวางอื่นใดและสามารถทำการแซงรถที่วิ่งช้ากว่าได้อย่างปลอดภัย

ระยะทางที่น้อยที่สุดในการหยุดรถได้อย่างปลอดภัย สามารถหาได้จากผลรวมของระยะทางที่มองเห็นจนกว่าจะทำการเหยียบห้ามล้อกับระยะทางที่เมื่อห้ามล้อถูกเหยียบลงจนกระทั่งรถหยุด ดังนั้นถ้าจะให้การขับขี่มีความปลอดภัยสูงจำเป็นต้องให้ระยะที่มองเห็นทุก ๆ จุดบนถนนมีความยาวมากกว่าระยะทางน้อยสุดในการหยุดรถนั่นเอง

ระยะทางมองเห็นจนกว่าจะเหยียบห้ามล้อจะขึ้นอยู่กับความเร็วของรถและเวลาเตรียมตัวและเวลาที่กดเบรกของคนขับรถ ส่วนระยะทางที่เมื่อห้ามล้อถูกเหยียบลงจนกระทั่งรถหยุดจะขึ้นอยู่กับความเร็วของรถ , สภาพของห้ามล้อ , ยางรถ , แนวทางของถนนและระดับความลาดชันของถนน

เมื่อทางแยกต่างระดับอยู่ในสภาวะปกติจะมีระยะมองเห็นมากกว่าระยะทางที่น้อยที่สุดในการหยุดรถได้อย่างปลอดภัย นั่นหมายถึงการออกแบบได้ออกแบบอย่างถูกต้องและปลอดภัยในการเผื่อไว้ของระยะทางมากพอสมควร แต่เมื่อทางแยกต่างระดับอยู่ในสภาวะเปียก เช่น ในฤดูฝนจะมีระยะมองเห็นน้อยกว่าระยะทางที่น้อยที่สุดในการหยุดรถเล็กน้อย เนื่องจากในขณะฝนตกจะทำให้สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของถนนมีค่าลดลงอย่างมาก ผลที่ตามมาในการคำนวณคือระยะหยุดรถที่ปลอดภัยจะมีระยะทางมากขึ้นด้วย แต่ในความเป็นจริงในเรื่องการก่อสร้างไม่อาจจะทำ

การก่อสร้างเพื่อเผื่อในกรณีนี้ได้ทั้งหมดเนื่องจากจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นไปอีก การออกแบบเพื่อการก่อสร้างจะทำการออกแบบความยาวของทางแยกให้ยาวกว่าสภาพปกติพอสมควรเพื่อรองรับกับปัญหาการลดลงของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานนี้แต่ก็ไม่เต็มที่นัก

4.6 ความกว้างของถนน

ความกว้างของถนนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการจราจรของถนน คือเมื่อความกว้างของถนนมีความกว้างเพียงพอจะทำให้ความหนาแน่นของการจราจรมีน้อยผลที่ตามมาคือความคล่องตัวของการจราจรจะมีมากขึ้น ทำให้ประหยัดเวลาในการเดินทาง แต่ทั้งนี้ความกว้างของถนนหรือจำนวนช่องจราจรต้องมีความกว้างที่คำนวณมาจากปริมาณการจราจรที่ได้สำรวจจริงในสนาม โดยการสำรวจในชั่วโมงเร่งด่วนแล้วทำสถิติไว้เพื่อใช้ในการออกแบบ ความกว้างของชุมทางต่างระดับมีความกว้างถึง 11 เมตรต่อ 1 ขาช่องจราจรทั้งไปและกลับ เมื่อเปรียบเทียบจากปริมาณจราจรที่ได้ทำการสำรวจพบว่ามีความกว้างเพียงพออย่างมาก แต่ทั้งนี้ก็เพื่อการขยายตัวของการจราจรในอนาคตที่คาดว่าจะมากขึ้นตามลำดับ เหตุผลอีกอย่างหนึ่งที่ต้องออกแบบให้มีความกว้างของช่องจราจรสูงคือ จะมีช่องจราจรสำหรับรถที่วิ่งช้าให้ด้วย เพื่อจะได้ไม่ไปกีดขวางการจราจรหลักนั่นเอง และยังเพิ่มความปลอดภัยในการใช้ทางแยกต่างระดับด้วย

4.7 เครื่องหมายจราจร

เส้นจราจร เครื่องหมายนำทาง และเครื่องหมายจราจรเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่จะส่งผลให้ผู้ใช้ทางหลวงใช้ทางได้อย่างมีประสิทธิภาพและจะต้องสื่อความหมายได้ตามเป้าหมายและผู้ใช้ทางได้รับทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ทางหลวงสามารถรับปริมาณจราจรได้และมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยสูง รูปแบบและมาตรฐานจะต้องอยู่ในเกณฑ์เดียวกันอาจมีการปรับแต่งให้เหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะสภาพทางแต่ก็ควรให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนด

แยกทิศทางขาเข้าทางแยกและออกทางแยกจากกัน โดยแต่ละช่องจราจรจะมีความกว้างช่องทางละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้าง 2.50 เมตร สามารถกำหนดเครื่องหมายจราจรต่าง ๆ ตามมาตรฐานได้ดังนี้

4.7.1 เครื่องหมายจราจรบนผิวทางตามยาว มีทิศขนานไปตามทิศทางการจราจรเพื่อให้ยวดยานแล่นไปด้วยความเรียบร้อย ไม่สับสนสำหรับทางแยกบ้านกร่างจัดเป็นทางหลวงนอกเมือง การวางตำแหน่งของเครื่องหมายจราจรตามมาตรฐานสามารถแบ่งย่อยออกเป็น

4.7.1.1 เส้นแบ่งจราจร (Lane Lines) ให้ใช้เส้นประสีขาวที่มีความยาว 3.00 เมตร เว้นช่อง 9.00 เมตร ความกว้างของเส้น 0.10 เมตร ทั้งทางราบและบนสะพานข้ามทางแยก โดยที่บนสะพานข้ามทางแยกไม่จำเป็นต้องตีเส้นทึบเพราะได้มีการแยกทิศทางการจราจรออกจากกันไม่มีการสวนทางกัน

4.7.1.2 เส้นประกว้าง ให้ใช้เส้นสีขาวที่มีความยาว 2.00 เมตร เว้นช่อง 4.00 เมตร ความกว้างของเส้น 0.10 เมตร ตีในบริเวณที่มีการแบ่งช่องจราจรในช่องทางเร่งและลดความเร็วเมื่อมีการรวมหรือแยกออกจากกันของกระแสจราจร

4.7.1.3 เส้นประถี่ ให้ใช้เส้นประสีขาวที่มีความยาว 1.00 เมตร เว้นช่อง 2.00 เมตร ความกว้างของเส้น 0.10 เมตรตีในบริเวณที่มีการตัดกันของกระแสจราจรเพื่อเป็นแนวทางของการเลี้ยวขวาของยวดยานโดยเฉพาะหากมีการกำหนดสัญญาณไฟจราจรให้มีการเลี้ยวขวาพร้อม ๆ กัน มากกว่า 1 ช่องจราจรบนทางหลวงที่ตัดกับสะพานข้ามทางแยก

4.7.1.4 เส้นทึบบริเวณทางแยกให้ใช้สีขาวมีความกว้างเท่ากับเส้นประโดยเป็นเส้นที่มีการต่อเนื่องจากเส้นประและต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 36.00 เมตร สำหรับเส้นทึบที่ต่อเนื่องจากเส้นประกว้างที่หัวเกาะให้ใช้ความกว้างเท่ากับเส้นประกว้าง เพื่อมิให้ผู้ใช้ยวดยานมีการเปลี่ยนทิศทางการจราจรไปขัดกับกระแสจราจรที่วิ่งตามแนวทางที่กำหนดอย่างกะทันหันบริเวณนั้นก่อให้เกิดอันตรายได้

4.7.1.5 เส้นแบ่งทิศทางจราจร (Center Lines) ให้ใช้สีเหลืองทึบตีบริเวณขอบทางด้านใน ความกว้างของเส้น 0.10 เมตร เพื่อแยกการจราจรที่มีทิศทางตรงข้ามสำหรับช่องจราจรที่มีการแยกทิศทางแบบทางคู่ (Divided highway) ทั้งทางราบและบนสะพานข้ามทางแยก

4.7.1.6 เส้นขอบทาง (Lane Lines) ให้ใช้เส้นทึบสีขาวตีเป็นเส้นขอบทางด้านนอกและเส้นสีเหลืองตีเป็นเส้นขอบทางด้านใน โดยมีความกว้าง 0.10 เมตร เพื่อให้ผู้ขับขี่ยวดยานทราบถึงขอบผิวจราจรเพื่อความปลอดภัยขณะใช้ยวดยานไม่ให้ผู้ใช้ถนนแล่นไปในไหล่ทางที่มีการออกแบบผิวทางไว้ไม่แข็งแรงเท่ากับผิวจราจรและเป็นประโยชน์ในเวลาที่ทัศนวิสัยในการขับขี่ไม่ดี

4.7.2 เครื่องหมายจราจรบนผิวทางตามขวาง เพื่อจุดประสงค์ในการให้ยวดยานในทิศทางนั้นจะต้องหยุดหรือลดความเร็วลงก่อนถึงเครื่องหมายจราจรบนผิวทางนั้น ๆ เพื่อเป็นการให้ทางหรือหยุดรอสัญญาณไฟเพื่อให้รถในทิศทางขวางหน้าแล่นไปก่อน

4.7.2.1 เส้นหยุด ให้ใช้เส้นทึบสีขาวตีขวางทิศทางจราจร โดยมีความกว้าง 0.30-0.60 เมตรแต่จะขึ้นอยู่กับความเร็วของการจราจรก่อนเข้าทางแยกและจะต้องอยู่ห่างจากขอบผิวจราจรของทางขวางหน้าไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร แต่ไม่ควรเกิน 10.0 เมตร สำหรับทางสายรองหรือทางที่มีปริมาณจราจรน้อยควรติดตั้งป้ายหยุดให้ใกล้แนวเส้นหยุดเพื่อเป็นประโยชน์ในกรณีที่เส้นหยุดลบเลือนหรือมีการชำรุดของสัญญาณไฟจราจร

4.7.2.2 เส้นให้ทางให้ใช้เส้นประสีขาวตีขวางทิศทางจราจร โดยมีความกว้าง 0.30 – 0.60 เมตร ตลอดแนวทาง ควรมีการติดตั้งป้าย “ให้ทาง” เพื่อให้ยวดยานที่วิ่งเข้าไปรวมกับทางขวางหน้าลดความเร็วหรือหยุดให้ทางแก่ยวดยานบนทางขวางหน้าผ่านไปก่อน

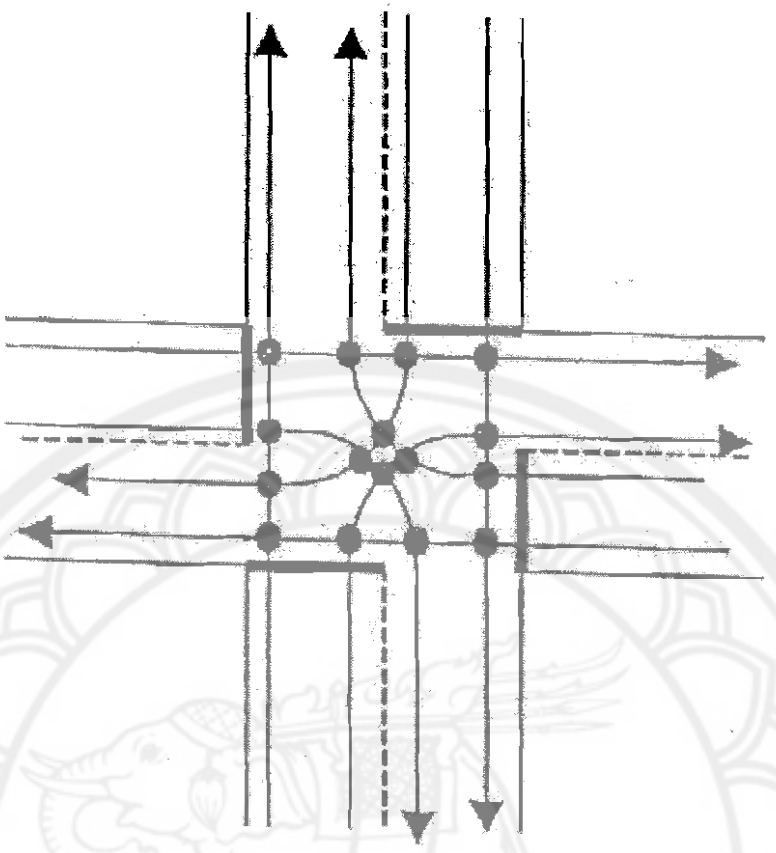
4.7.2.3 รูปเกาะบริเวณทางแยกและรูปบั้งบริเวณหัวเกาะให้ตีเส้นขาวเฉียงบริเวณหัวเกาะทำมุม 45 องศากับทิศทางจราจร ความกว้างของเส้นเฉียง 0.50 เมตร ตีห่างกัน 3.00 เมตรทั้งในทิศทางรวมกันและแยกกันของกระแสจราจร ที่ปลายของหัวเกาะจะทำการตีเส้นทึบกว้าง 0.10 เมตรยาวต่อเนื่องกับเส้นประจะต้องมีความยาวของเส้นทึบสำหรับยวดยานที่แยกออกจตามมาตรฐานการใช้เครื่องหมายจราจรบนผิวทางบริเวณทางเชื่อมโยงออกและทางเชื่อมโยงเข้าเพื่อประโยชน์ในการจัดช่องจราจรในทิศทางสำหรับการเลี้ยงทั้งในทางแยกออกและรวมเข้าของกระแสจราจร สำหรับทางแยกบ้านกร่างจะมีทั้งการแยกออกและรวมกันทั้งในทิศทางขาเข้าทางแยกและทิศทางออกทางแยกรวมทั้งบริเวณทางขึ้นของสะพานข้ามทางแยก

4.7.3 ข้อความ ลูกศร และเครื่องหมายบนผิวทางเพื่อให้ผู้ใช้ถนนสามารถควบคุมยานพาหนะไปตามเครื่องหมายบนผิวทางโดยไม่สับสนและเดินทางฝ่ายบริเวณนั้นอย่างปลอดภัย

4.7.4 ช่องลอดใต้สะพาน จะต้องมีความสูงของช่องลอดที่เพียงพอ ให้ยวดยานวิ่งได้อย่างสะดวกโดยหากมีความสูงของช่องลอดมากกว่า 4.00 เมตร ช่องลอดนั้นไม่จำเป็นต้องทาสีขาวสลับดำบริเวณช่องลอดนั้นเพียงแต่ติดตั้งป้ายสะท้อนแสงเพื่อบ่งบอกถึงความสูงของช่องลอดหรือติดตั้งไฟฟ้าสว่างได้ช่องลอดเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในเวลากลางคืน

4.8 ระบบสัญญาณไฟจราจร

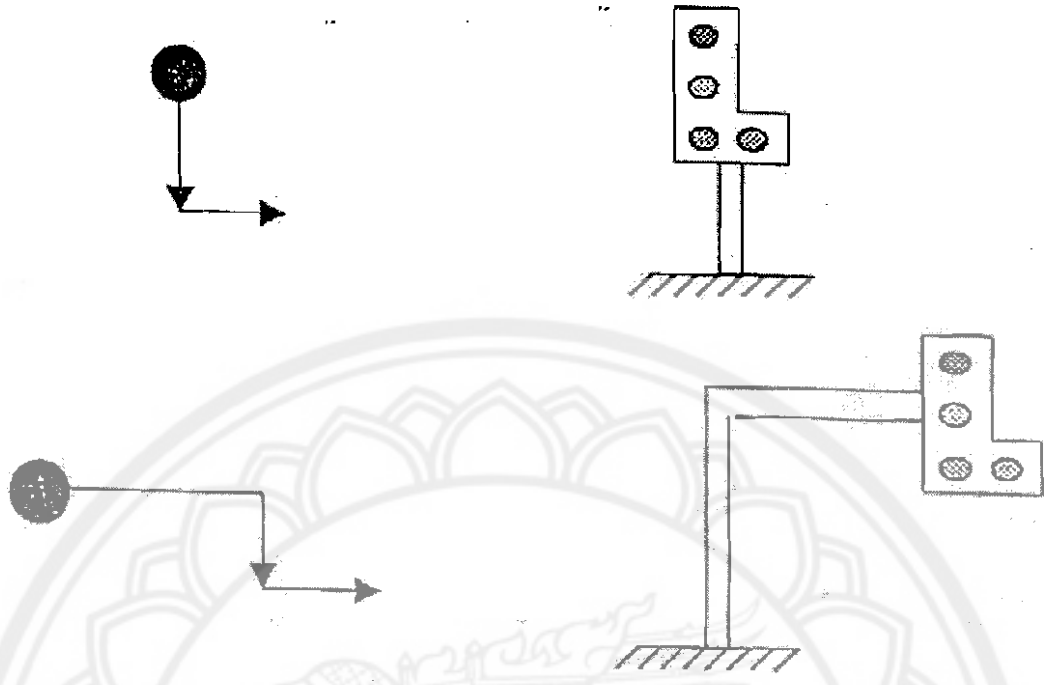
ระบบสัญญาณไฟจราจรนั้นนับว่าสำคัญมาก ที่จำเป็นต้องมีในบริเวณแยกต่าง ๆ เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใช้ถนนและเพื่อจัดการจราจรให้เรียบร้อยในบริเวณสี่แยกอินโดจีนนั้น ก็เป็นอีกแยกหนึ่งที่มีการจราจรหนาแน่น ดังนั้นจุดที่สามารถที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุ (Conflict) นั้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 รูปแสดงจุดที่สามารถเกิดอุบัติเหตุได้ที่บริเวณสี่แยก

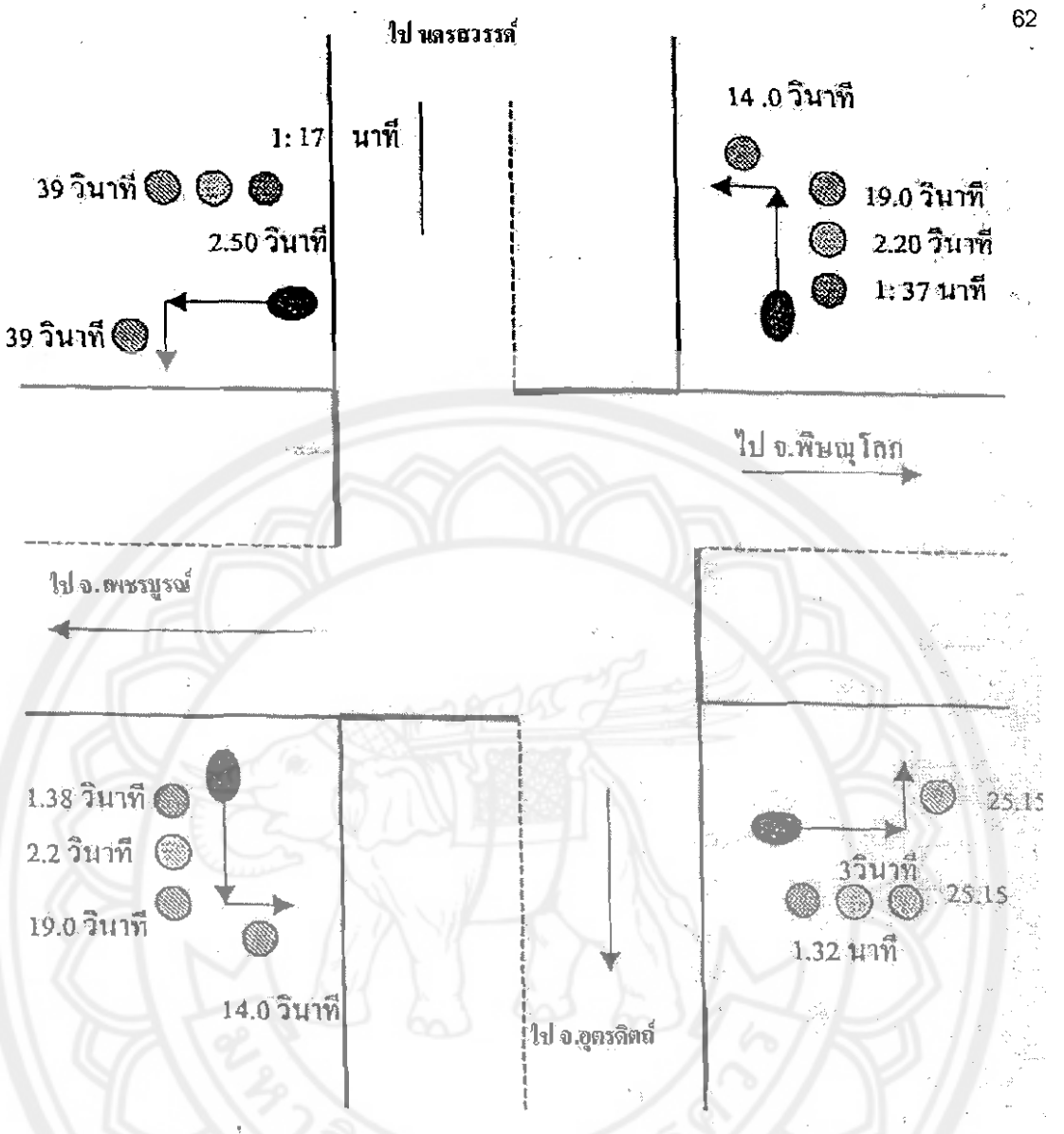
จากรูปที่ 4.4 เราจะเห็นได้ว่าที่บริเวณทางแยกแบบสี่แยกนั้น (เฉพาะรถที่เข้าบริเวณสี่แยกเท่านั้นไม่รวมรถที่เลี้ยวซ้าย) จะเห็นว่าจุดที่สามารถที่จะเกิดอุบัติเหตุนั้น จะมีถึง 16 จุด ซึ่งโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุนั้นมีสูง จึงจำเป็นจะต้องมีระบบสัญญาณไฟจราจร เพื่อที่จะช่วยลดอุบัติเหตุที่จะเกิดกับผู้ใช้ถนนได้

ระบบการควบคุมการจราจรนั้นมีหลายประการอาทิเช่น การจัดช่องทางจราจร การใช้ระบบสัญญาณป้ายการจราจร การใช้สัญญาณไฟจราจร เป็นต้น ซึ่งจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป โดยการใช้ป้ายสัญญาณจราจรนั้น เหมาะสำหรับบริเวณสี่แยกที่มีปริมาณค่อนข้างน้อยและมีราคาถูก แต่ถ้ามีปริมาณการจราจรสูงขึ้นระบบสัญญาณป้ายจราจรมักใช้ไม่ได้ผล



หลังการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรจะพบว่าจุดที่สามารถที่จะทำให้เกิดอุบัติเหตุนั้นลดลงเหลือเท่ากับ ศูนย์ เนื่องจากการจราจรนั้นไม่ได้ไปพร้อมกัน โดยจะไปทีละขาการจราจร จึงทำให้อุบัติเหตุนั้นลดลง แต่อีกอย่างที่เราจะต้องคำนึงถึงในการติดตั้งไฟสัญญาณไฟจราจรคือ เวลาการเปิดไฟเขียวที่เปิดให้รถวิ่ง จะเป็นตัวกำหนดปริมาณการไหลของปริมาณการจราจร

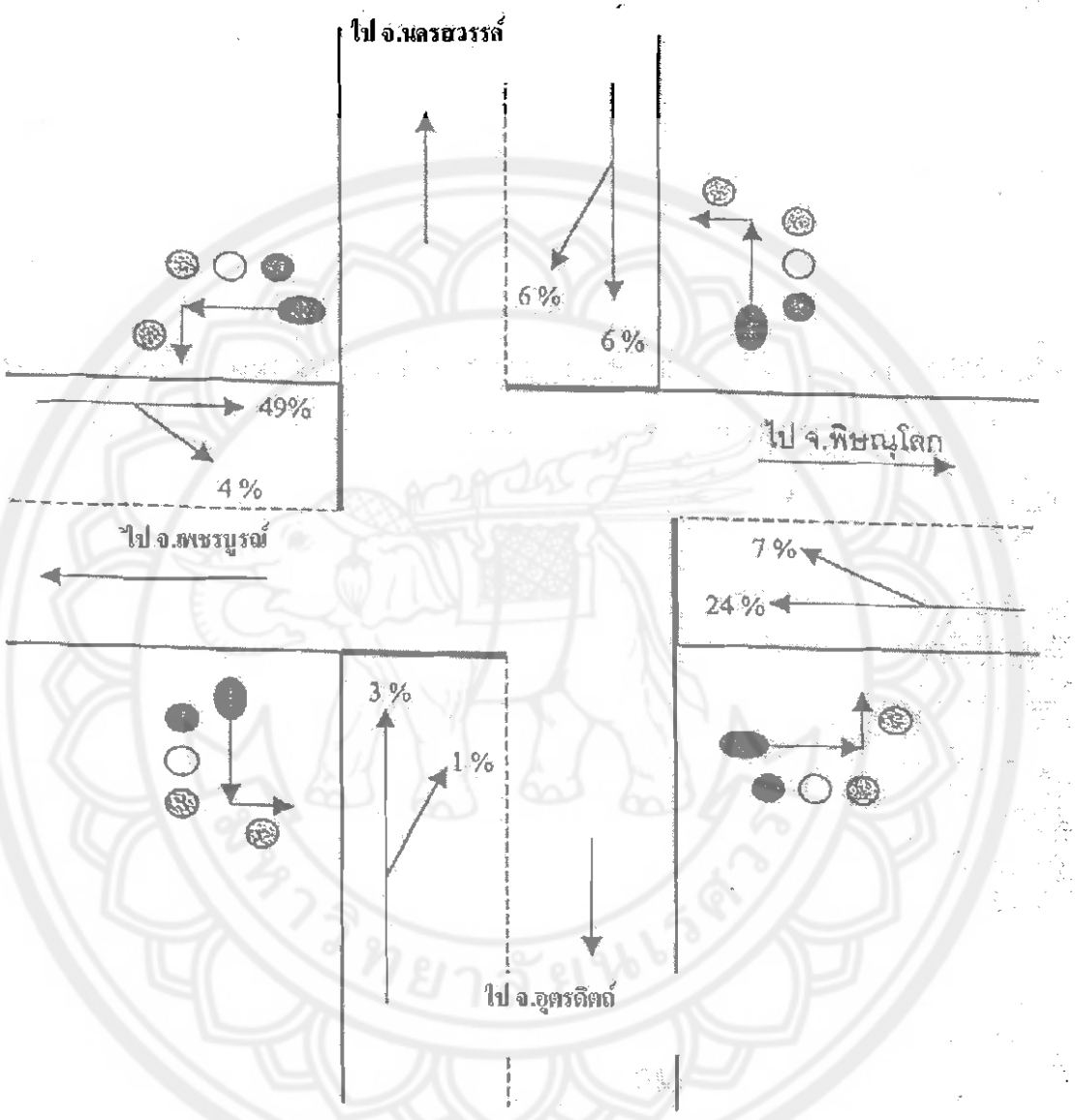
จากการสำรวจที่บริเวณสี่แยกอินโดจีน นั้นมีเวลาครบรอบของไฟเขียว (Cycle Time) ทั้งหมดประมาณ 2 นาที โดยแต่ละขาการจราจรนั้นมีระยะเวลาการเปิดไฟเขียวและไฟแดงต่างกัน เพราะถนนแต่ละขานั้นมีปริมาณการจราจรไม่เท่ากัน ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงระบบสัญญาณไฟจราจรเดิมที่สี่แยก

จากการสำรวจปริมาณการจราจรในปัจจุบันนั้นมีปริมาณการจราจรเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเราจึงเปลี่ยนเวลาครบรอบของไฟเขียวเป็น 3 นาที และมีการก่อสร้างต่างข้ามต่างระดับ เพื่อที่จะช่วยให้การจราจรสายอุตรดิตถ์ไหลได้สะดวกยิ่งขึ้น การปรับเปลี่ยนเวลาครบรอบของไฟเขียวจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับบริเวณสี่แยกบ้านกร่าง เพราะปริมาณการจราจรสายพิษณุโลก-เพชรบูรณ์ นั้นก็มีมากพอสมควร และเวลาครบรอบของไฟเขียวเดิมนั้นก็มีเพียง 2 นาที จึงทำให้เวลาที่ไฟเขียวเปิดสำหรับทางสายจากเพชรบูรณ์ไปพิษณุโลก ซึ่งเป็นสายที่มีการจราจรสูงสุดจะเปิดไฟเขียวได้ (60/2) x 39 = 1170 วินาที หรือ 19 : 30 นาที/ชั่วโมง แต่ถ้าเราเพิ่มเวลาครบรอบไฟเขียวก็จะทำให้เวลาที่เปิดไฟเขียวนั้นเพิ่มขึ้น ซึ่งก็สามารถเพิ่มปริมาณการจราจรได้ และการเปลี่ยนการปล่อย

รถเป็นปล่อยรถทีละขา จากเดิมที่ปล่อยให้รถตรงก่อนจึงให้รถเลี้ยวขวาทีหลัง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นเราจะต้องสำรวจปริมาณการจราจรมาก่อนจึงจะทำการคำนวณเวลาการเปิดไฟเขียวแต่ละขาได้ จากการสำรวจจะพบว่าปริมาณการจราจรเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์นั้นได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณการจราจรเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์