การประยุกต์ใช้วงเวียนระดับดินเพื่อปรับปรุงและแก้ไขปัญหาการจราจรบนทางหลวง กรณีศึกษา: ทางหลวงหมายเลข 34 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา, ทางหลวงหมายเลข 3 แยกหนองแฟบและแยกปตท. จ.ระยอง และ ทางหลวงหมายเลข 3 แยกเจ จ.ชลบุรี

The Application of At-grade Roundabouts to Improve and Solve Traffic Problems on Highways Case study: Highway No. 34, Khlong Om Intersection, Chachoengsao Province; Highway No. 3, Nong Fab Intersection and PTT Intersection, Rayong Province and Highway No. 3, J Intersection, Chonburi Province

เกศแก้วเงิน มหาคชเสนีย์ชัย[1,*] โสภณ ชัยเลิศ[2] ศิลาวรรณ จินดา[3] และ สมใจ เจริญยศ[4]

[1,3] วิศวกรงานทาง ฝ่ายออกแบบทางวิศวกรรม บริษัท โชติจินดา คอนซัลแตนท์ จำกัด จ.กรุงเทพฯ
[2] วิศวกรจราจร ฝ่ายวิศวกรรมจราจรขนส่งและระบบราง บริษัท โชติจินดา คอนซัลแตนท์ จำกัด จ.กรุงเทพฯ
[4] ผู้อำนวยการ ฝ่ายออกแบบทางวิศวกรรม บริษัท โชติจินดา คอนซัลแตนท์ จำกัด จ.กรุงเทพฯ
**Corresponding author; E-mail address: ketkaewngoen@gmail.com*

บทคัดย่อ

กรมทางหลวงได้ว่าจ้างวิศวกรที่ปรึกษา บริษัท โชติจินดา คอนซัลแตนท์ จำกัด เพื่อสำรวจ ออกแบบ ปรับปรุงและแก้ไขปัญหาการจราจรบนจุดตัดจำนวน 3 จุด ได้แก่ 1) จุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 บริเวณแยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา 2) จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง และ 3) จุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับจุดเริ่มต้นทางหลวงหมายเลข 332 บริเวณแยกเจ จ.ชลบุรี โดยทางผู้เขียนได้เสนอวิธีแก้ไขปัญหาโดยออกแบบจุดตัดทั้ง 3 จุด เป็นรูปแบบทางแยกต่างระดับและวงเวียนระดับดิน และได้กำหนดปัจจัยในการคัดเลือกรูปแบบทางแยกจำนวน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1. ปัจจัยด้านวิศวกรรมและจราจร 2.ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน และ 3.ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลการคัดเลือกได้ข้อสรุปว่าทางแยกรูปแบบวงเวียนระดับดินของทั้ง 3 จุดเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ทำให้ประสิทธิภาพในการเดินทางเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การออกแบบทางแยกต่างระดับ, วงเวียนระดับดิน, การคัดเลือกรูปแบบทางแยกต่างระดับ

Abstract

The Department of Highways has hired consultant engineers of Chotichinda Consultants Company Limited to survey, design, improve and solve traffic problems at 3 intersections, namely 1) the intersection of Highway No. 34 and Highway No. 314 at Khlong Om Intersection, Chachoengsao Province 2) the intersections between Nong Fab Intersection and PTT Intersection on Highway No. 3, Rayong Province and 3) the intersection of Highway No. 3 and the starting point of Highway No. 332 at J Intersection, Chonburi Province. The author has proposed a solution by designing all three intersections to be grade separated interchanges and at-grade roundabout interchanges and has identified 3 factors to select those intersection models, namely 1) Engineering and traffic factor 2) Economic and financial factor and 3) Environmental factor. The selection results can be concluded that the at-grade roundabout interchanges of all three intersections were the best choice, which increased travel efficiency.

Keywords: Interchange Design, At-grade Roundabouts, Interchanges, Grade Separated Interchanges

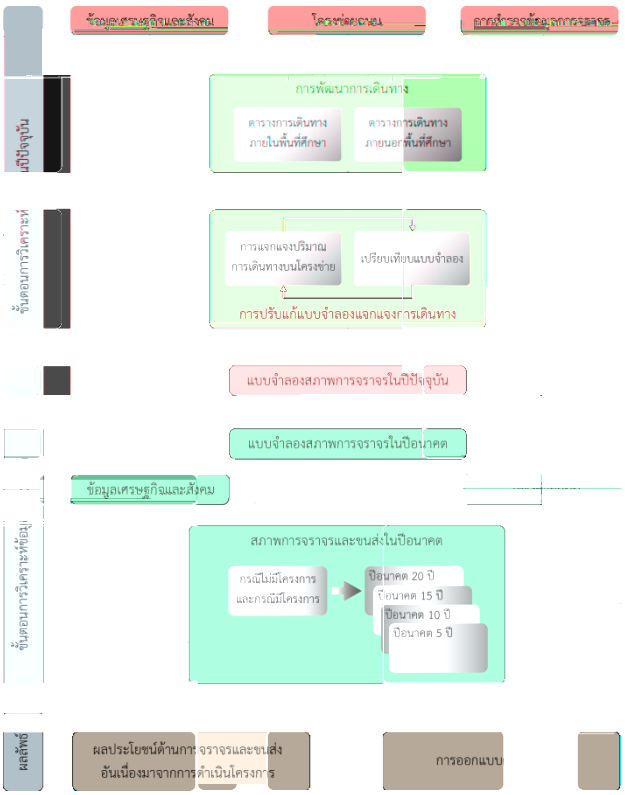
1. บทนำ

ตามที่กรมทางหลวงได้จัดทำแผนพัฒนาทางหลวง โดยกำหนดตามทิศทางของการพัฒนาระบบคมนาคมและขนส่งของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติแต่ละฉบับมาตามลำดับ ในการดำเนินการให้เป็นไปตามแผนงานดังกล่าว กรมทางหลวงจึงได้ว่าจ้างบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา (บริษัท โชติจินดา คอนซัลแตนท์ จำกัด) เพื่อช่วยในการสำรวจและออกแบบและแก้ไขปัญหาด้านการจราจรของทางแยก 3 จุด ซึ่งได้แก่ ทางหลวงหมายเลข

34 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา, ทางหลวงหมายเลข 3 แยกหนองแฟบและแยกปตท. จ.ระยอง และ ทางหลวงหมายเลข 3 แยกเจ จ.ชลบุรี ทั้ง 3 จุด เกิดปัญหาการติดขัดของการจราจรโดยเฉพาะในชั่งโมงเร่งด่วน เนื่องจากบริเวณสองข้างทางมีชุมชนหนาแน่น มีสถานที่สำคัญหลายแห่ง ทั้งพื้นที่ธุรกิจ และนิคมอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความไม่สะดวก และความล่าช้าในการเดินทาง อีกทั้งทางหลวงสายนี้ยังมีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ในการขยายถนน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการสำรวจและออกแบบปรับปรุงแก้ไขปัญหาการจราจรของแยกดังกล่าว ทางผู้เขียนจึงได้ดำเนินการศึกษาด้านการจราจรและการขนส่งควบคู่ไปกับการศึกษาข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคม, คาดการณ์สภาพการจราจรในอนาคต, ออกแบบทางแยกต่างระดับ และคัดเลือกรูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม ซึ่งจะได้บรรยายรายละเอียดในหัวข้อถัดๆไป

2. แนวทางและขั้นตอนการศึกษาด้านจราจรและการขนส่ง

ในส่วนของการศึกษาคาดการณ์ปริมาณจราจรนั้นมีแนวทางในการศึกษาประกอบด้วยรายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงตามรูปที่ 1 ซึ่งเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลด้านการจราจรและขนส่ง อันประกอบด้วยข้อมูลการจราจรและข้อมูลโครงข่ายถนนและการขนส่งอื่นๆ การสำรวจข้อมูลด้านการจราจรและขนส่งเพิ่มเติม การวิเคราะห์สภาพการจราจรและขนส่งในปีปัจจุบัน การพัฒนาแบบจำลองด้านการจราจรและขนส่ง และการคาดการณ์สภาพการจราจรและขนส่งในปีอนาคต



รูปที่ 1 ขั้นตอนการศึกษาด้านการจราจรและการขนส่ง

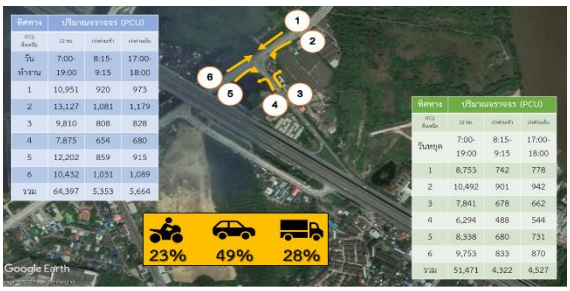
2.1 ผลการสำรวจปริมาณจราจรบริเวณทางแยก (Turning Movement Count; TMC)

ปัญหาด้านการจราจร ถือเป็นปัญหาหลักในลำดับต้น ๆ ที่ก่อให้เกิดความรุนแรงเป็นลำดับ โดยผลกระทบที่เกิดจากการจราจรติดขัดนั้นประกอบด้วย

- ผลกระทบต่อเวลาในการเดินทาง
- ผลกระทบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางอากาศ มลพิษทางเสียง เป็นต้น
- ผลกระทบต่อปัญหาความปลอดภัย เมื่อการจราจรมีความแออัดมากเมขึ้นย่อมส่งผลให้เกิดความเสี่ยงในด้านความปลอดภัยและการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการออกแบบ จะดำเนินการพิจารณาปัญหาที่ก่อให้เกิดการติดขัดของทางแยกต่าง ๆ เพื่อให้เห็นถึงสภาพของลักษณะปัญหาของทางแยกจริง ๆ ที่เกิดขึ้น ดังนี้

ทางแยก บริเวณจุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 จากการสำรวจปริมาณจราจร พบว่า ปริมาณจราจรบริเวณทางแยกฝั่งเหนือในปีปัจจุบันตลอดทั้งวัน ในช่วงวันทำงาน และวันหยุด เท่ากับ 64,397 PCU และ 51,471 PCU ตามลำดับ ผลการสำรวจยังพบว่าการเดินทางของรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไปเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 28 ของปริมาณจราจรรวมทั้งวันทำงานและวันหยุด และปริมาณจราจรบริเวณทางแยกฝั่งใต้ในปีปัจจุบันตลอดทั้งวัน ในช่วงวันทำงาน และวันหยุด เท่ากับ 41,037 PCU และ 32,802 PCU ตามลำดับ ผลการสำรวจยังพบว่าการเดินทางของรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไปเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 24 ของปริมาณจราจรรวมทั้งวันทำงานและวันหยุดแสดงดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 แสดงสรุปปริมาณจราจรทางแยกฝั่งทิศเหนือ (T2/1)



รูปที่ 3 แสดงสรุปปริมาณจราจรทางแยกฝั่งทิศใต้ (T2/2)

จากการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยก โดยจะพิจารณาในรูปแบบของระดับการให้บริการ (Level of service : LOS) ซึ่งเป็นวิธีการวัดเชิงคุณภาพของการสัญจรของยานพาหนะบนถนนภายใต้ข้อจำกัดของสภาพการจราจร (Traffic Conditions) และสภาพถนน (Roadway Conditions) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ทางแยก บริเวณจุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 พบว่าที่ทางแยกฝั่งเหนือ ยวดยานในทิศทางที่ต้องรอสัญญาณไฟจราจรจะมีความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นทำให้มีระดับการให้บริการในทิศทางดังกล่าวส่วนใหญ่อยู่ในระดับ F และทางแยกฝั่งใต้ ยวดยานในทิศทางที่ต้องรอสัญญาณไฟจราจรจะมีความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นทำให้มีระดับการให้บริการในทิศทางดังกล่าวส่วนใหญ่อยู่ในระดับ F แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยก ทล.34 ตัดกับ ทล.314

ทิศทาง		1	2	3	4	5	6
T 2/1	demand	10,951	13,127	9,810	7,875	10,432	12,202
	LOS	F	A	F	A	F	D
T 2/2	demand	6,001	3,674	9,425	5,841	2,048	14,048
	LOS	F	A	F	A	C	F

ทางแยกหนองแฟบ จากการสำรวจปริมาณจราจร พบว่า ปริมาณจราจรบริเวณทางแยกในปีปัจจุบันตลอดทั้งวัน เท่ากับ 46,853 PCU ผลการสำรวจยังพบว่าการเดินทางของรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไปเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 28 ของปริมาณจราจรรวมทั้งวัน แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงสรุปปริมาณจราจรทางแยกหนองแฟบ

จากการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยก โดยจะพิจารณาในรูปแบบของระดับการให้บริการ (Level of service : LOS) ซึ่งเป็นวิธีการวัดเชิงคุณภาพของการสัญจรของยานพาหนะบนถนนภายใต้ข้อจำกัดของสภาพการจราจร (Traffic Conditions) และสภาพถนน (Roadway Conditions) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ทางแยกหนองแฟบ ยวดยานในทิศทางที่ต้องรอสัญญาณไฟจราจรจะมีความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นทำให้มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ F แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยกหนองแฟบ

ทิศทาง		North	East	South	West
แยกหนองแฟบ	demand	-	6,376	18,661	21,816
	LOS	-	F	E	D

ทางแยก ปตท. จากการสำรวจปริมาณจราจร พบว่า ปริมาณจราจรบริเวณทางแยกในปีปัจจุบันตลอดทั้งวัน เท่ากับ 48,344 PCU ผลการสำรวจยังพบว่าการเดินทางของรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไปเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 27 ของปริมาณจราจรรวมทั้งวัน แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงสรุปปริมาณจราจรทางแยก ปตท.

จากการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยก โดยจะพิจารณาในรูปแบบของระดับการให้บริการ (Level of service : LOS) ซึ่งเป็นวิธีการวัดเชิงคุณภาพของการสัญจรของยานพาหนะบนถนนภายใต้ข้อจำกัดของสภาพการจราจร (Traffic Conditions) และสภาพถนน (Roadway Conditions) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ทางแยกหนองแฟบ ยวดยานในทิศทางที่ต้องรอสัญญาณไฟจราจรจะมีความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นทำให้มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ F แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยก ปตท.

ทิศทาง		North	East	South	West
แยกปตท.	demand	16,981	9,661	-	21,702
	LOS	C	E	-	F

ทางแยกจุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับทางหลวงหมายเลข 332 (แยกเจ) จากการสำรวจปริมาณจราจร พบว่า ปริมาณจราจรบริเวณทางแยกในปีปัจจุบันช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า/เย็น ในช่วงวันทำงาน ในช่วงเร่งด่วนเช้า/เย็น เท่ากับ 4,134 PCU และ 3,005 PCU ตามลำดับ และในช่วงวันหยุดในช่วงเร่งด่วนเช้า/เย็น เท่ากับ 2,954 PCU และ 3,706 PCU ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงสรุปปริมาณจราจรทางแยกเจ

จากการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยก โดยจะพิจารณาในรูปแบบของระดับการให้บริการ (Level of service : LOS) ซึ่งเป็นวิธีการวัดเชิงคุณภาพของการสัญจรของยานพาหนะบนถนนภายใต้ข้อจำกัดของสภาพการจราจร (Traffic Conditions) และสภาพถนน (Roadway Conditions) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ทางแยกหนองแฟบ ยวดยานในทิศทางที่ต้องรอสัญญาณไฟจราจรจะมีความล่าช้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นทำให้มีระดับการให้บริการอยู่ในระดับ F แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยกเจ

ทิศทาง		North	East	South	West
แยกเจ	demand	899	1,487	1,752	94
	LOS	F	F	F	E

จากการพิจารณาเกี่ยวกับผลกระทบด้านการจราจร จะเห็นได้ว่าทางแยกที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น มีการสัญจรของยวดยานที่ค่อนข้างสูง โดยลักษณะของพื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่บนทางสายหลักของการเดินทางจึงส่งผลให้ปริมาณการจราจรหนาแน่น และยังเป็นเส้นทางหลักในการขนส่งของรถบรรทุกที่มีการสำรวจ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์สภาพการจราจรยังแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรองรับปริมาณจราจร อยู่ในเกณฑ์ที่ควรปรับปรุง

2.2 การคาดการณ์ปริมาณจราจรในอนาคต

ในส่วนของการคาดการณ์ปริมาณจราจรในปีอนาคตนั้น ทางที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลด้านการขนส่งจราจรที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปทำการหาค่าตัวแปร Growth Rate สำหรับใช้ในพยากรณ์ปริมาณจราจรในปีอนาคต และเมื่อนำค่าตัวแปรพยากรณ์ที่ได้ (Growth Rate) ไปทำการคำนวณเพื่อคาดการณ์ปริมาณจราจรในจุดสำรวจต่าง ๆ จากปีปัจจุบันเป็นปีอนาคต ทั้งนี้จะใช้ข้อมูลปริมาณจราจรในช่วงของวันทำงานเป็นข้อมูลเริ่มต้นในการคำนวณปริมาณจราจรในปีอนาคต และพยากรณ์ต่อไปทุก ๆ 5 ปี จะได้ผลดังรูปที่ 7 ถึง รูปที่ 9



1. ทล.314 ตรงไป ทล.3
2. ทล.314 เลี้ยวซ้ายไป ทล.34
3. ทล.34 เลี้ยวขวาไป ทล.314
4. ทล.34 เลี้ยวซ้ายไป ทล.3
5. ทล.3 เลี้ยวขวาไป ทล.34
6. ทล.3 ตรงไป ทล.314

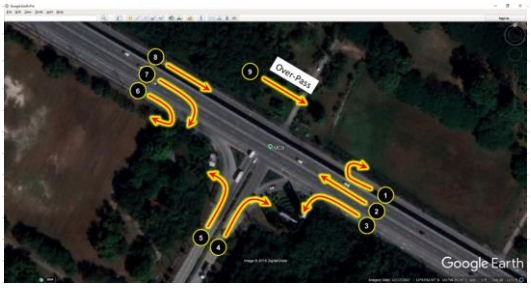
ทิศทาง	พศ.2562		พศ.2565		พศ.2570		พศ.2575		พศ.2580		พศ.2585	
ปริมาณจราจร 12 ชั่วโมง (PCU)												
1	10,951	-	12,311	-	14,842	-	17,653	-	20,734	-	23,804	-
2	13,127	-	14,758	-	17,792	-	21,162	-	24,856	-	28,536	-
3	9,810	-	11,029	-	13,296	-	15,814	-	18,574	-	21,324	-
4	7,875	-	8,853	-	10,673	-	12,695	-	14,911	-	17,119	-
5	10,432	-	11,728	-	14,139	-	16,817	-	19,752	-	22,677	-
6	12,202	-	13,718	-	16,538	-	19,670	-	23,103	-	26,524	-
ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (PCU)												
1	920	F	1,034	F	1,247	F	1,483	F	1,742	F	2,000	F
2	1,081	A	1,215	A	1,465	C	1,742	F	2,046	F	2,349	F
3	808	F	908	F	1,095	F	1,302	F	1,529	F	1,755	F
4	654	A	735	A	886	A	1,054	A	1,238	A	1,421	B
5	859	F	966	F	1,165	F	1,386	F	1,628	F	1,869	F
6	1,081	D	1,159	D	1,397	F	1,662	F	1,952	F	2,241	F
ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (PCU)												
1	973	F	1,094	F	1,319	F	1,589	F	1,843	F	2,116	F
2	1,179	A	1,325	A	1,597	E	1,899	F	2,230	F	2,560	F
3	828	F	931	F	1,122	F	1,335	F	1,568	F	1,800	F
4	680	A	764	A	921	A	1,095	A	1,286	A	1,476	C
5	915	F	1,029	F	1,241	F	1,476	F	1,734	F	1,991	F
6	1,089	D	1,224	E	1,476	F	1,756	F	2,063	F	2,368	F



1. ทล.314 ตรงไป ทล.3
2. ทล.314 เลี้ยวซ้ายไป ทล.34
3. ทล.34 เลี้ยวขวาไป ทล.314
4. ทล.34 เลี้ยวซ้ายไป ทล.3
5. ทล.3 เลี้ยวขวาไป ทล.34
6. ทล.3 ตรงไป ทล.314

ทิศทาง	พศ.2562		พศ.2565		พศ.2570		พศ.2575		พศ.2580		พศ.2585	
ปริมาณจราจร 12 ชั่วโมง (PCU)												
1	6,001	-	6,746	-	8,133	-	9,673	-	11,361	-	13,043	-
2	3,674	-	4,130	-	4,979	-	5,922	-	6,956	-	7,986	-
3	9,425	-	10,596	-	12,774	-	15,194	-	17,846	-	20,488	-
4	5,841	-	6,567	-	7,917	-	9,417	-	11,061	-	12,699	-
5	2,048	-	2,302	-	2,775	-	3,301	-	3,877	-	4,451	-
6	14,048	-	15,793	-	19,040	-	22,646	-	26,599	-	30,537	-
ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (PCU)												
1	507	F	570	F	687	F	817	F	960	F	1,102	F
2	315	A	354	A	427	A	508	A	597	A	685	A
3	788	F	886	F	1,068	F	1,270	F	1,492	F	1,713	F
4	515	A	579	A	698	A	830	A	975	A	1,119	A
5	177	C	199	C	240	C	285	D	335	D	385	D
6	1,366	F	1,524	F	1,837	F	2,185	F	2,566	F	2,946	F
ปริมาณจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (PCU)												
1	537	F	604	F	728	F	866	F	1,017	F	1,168	F
2	291	A	327	A	394	A	469	A	551	A	633	A
3	836	F	940	F	1,133	F	1,348	F	1,583	F	1,817	F
4	459	A	516	A	622	A	740	A	869	A	998	A
5	161	C	181	C	218	C	259	D	304	D	349	D
6	1,057	D	1,188	E	1,432	F	1,703	F	2,000	F	2,296	F

รูปที่ 7 ปริมาณจราจรในอนาคต แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา

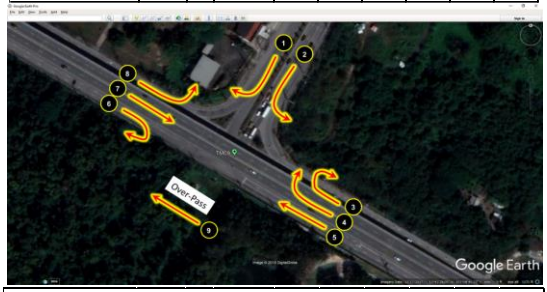


บร ม หมฟ ม มTMC(ทห)แยกจล จล ฟ ม ลา จ

มาจาก	ทิศทาง			PCU / ชั่วโมง					
				2561	2565	2570	2575	2580	2585
ทล.3 มาจากระยอง	กลับรถ	1	ไประยอง	11	11	12	12	13	13
	ตรง	2	ไปบ้านฉาง	645	665	678	732	747	762
	เลี้ยวซ้าย	3	ไปนิคมฯ	1,181	1,216	1,241	1,340	1,367	1,394
ทล.3392	เลี้ยวขวา	4	ไประยอง	820	845	862	931	949	968
	เลี้ยวซ้าย	5	ไปบ้านฉาง	186	191	195	211	215	219
ทล.3 มาจากบ้านฉาง	กลับรถ	6	ไปบ้านฉาง	43	44	45	48	49	50
	เลี้ยวขวา	7	ไปนิคมฯ	346	356	363	392	400	408
	ตรง	8	ไประยอง	192	198	201	218	222	226
ทล.3 มาจากบ้านฉาง (สะพาน)	ข้ามแยก	9	ไประยอง	1,249	1,286	1,312	1,417	1,445	1,474

บร ม หมฟ ม มTMC(ทห)แยกจล จล ฟ ม ลา ท

มาจาก	ทิศทาง			PCU / ชั่วโมง					
				2561	2565	2570	2575	2580	2585
ทล.3 มาจากระยอง	กลับรถ	1	ไประยอง	18	19	19	21	21	21
	ตรง	2	ไปบ้านฉาง	1,164	1,199	1,223	1,321	1,347	1,374
	เลี้ยวซ้าย	3	ไปนิคมฯ	463	477	487	526	536	547
ทล.3392	เลี้ยวขวา	4	ไประยอง	1,604	1,652	1,685	1,820	1,857	1,894
	เลี้ยวซ้าย	5	ไปบ้านฉาง	337	347	354	383	390	398
ทล.3 มาจากบ้านฉาง	กลับรถ	6	ไปบ้านฉาง	48	50	51	55	56	57
	เลี้ยวขวา	7	ไปนิคมฯ	116	119	122	132	134	137
	ตรง	8	ไประยอง	208	214	218	236	241	245
ทล.3 มาจากบ้านฉาง (สะพาน)	ข้ามแยก	9	ไประยอง	1,148	1,183	1,206	1,303	1,329	1,355



ผลคาดการณ์ปริมาณจราจร TMC (แยก ปตท.) ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

มาจาก	ทิศทาง			PCU / ชั่วโมง					
				2561	2565	2570	2575	2580	2585
ทล.3191	เลี้ยวขวา	1	ไปบ้านฉาง	1,256	1,293	1,319	1,425	1,453	1,482
	เลี้ยวซ้าย	2	ไปมาบตาพุด	483	497	507	548	559	570
ทล.3 มาจากระยอง	กลับรถ	3	ไปมาบตาพุด	204	210	214	232	236	241
	เลี้ยวขวา	4	ไป ทล.36	176	181	185	199	203	208
	ตรง	5	ไปบ้านฉาง	245	253	258	278	284	290
ทล.3 มาจากบ้านฉาง	กลับรถ	6	ไปบ้านฉาง	154	159	162	175	178	182
	ตรง	7	ไปมาบตาพุด	510	526	536	579	591	602
	เลี้ยวซ้าย	8	ไป ทล.36	435	448	457	493	503	513
ทล.3 มาจากระยอง (สะพาน)	ข้ามแยก	9	ไปบ้านฉาง	1,394	1,435	1,464	1,581	1,613	1,645

บร ม หมฟ ม มTMC(หตด)แยกจล จล ฟ ม ลา ท

ฟ	ด ต			PCU/ จล ฟ					
				2561	2565	2570	2575	2580	2585
ทล.3191	เลี้ยวขวา	1	ไปบ้านฉาง	839	864	881	952	971	990
	เลี้ยวซ้าย	2	ไปมาบตาพุด	251	258	263	285	290	296
ทล.3มาจากระยอง	กลับรถ	3	ไปมาบตาพุด	192	197	201	217	222	226
	เลี้ยวขวา	4	ไป ทล.36	384	395	403	435	444	453
	ตรง	5	ไปบ้านฉาง	182	188	192	207	211	215
ทล.3มาจากบ้านฉาง	กลับรถ	6	ไปบ้านฉาง	648	668	681	736	750	765
	ตรง	7	ไปมาบตาพุด	782	805	821	887	905	923
	เลี้ยวซ้าย	8	ไป ทล.36	1,059	1,091	1,113	1,202	1,226	1,250
ทล.3มาจากระยอง (สะพาน)	ข้ามแยก	9	ไปบ้านฉาง	1,311	1,350	1,377	1,487	1,517	1,547

รูปที่ 8 ปริมาณจราจรในอนาคต แยกหนองแฟบและแยกปตท. จ.ระยอง



ผลคาดการณ์ปริมาณจราจร TMC (แยกเจ) ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า

มาจาก	ทิศทาง			PCU / ชั่วโมง						
				2560	2565	2570	2575	2580	2585	2590
ทล.332	เลี้ยวซ้าย	1	ทล.332-ทล.3	773	911	1,240	1,556	1,947	2,430	3,024
	ตรง	2	ทล.332-กรมส	34	40	46	52	57	61	63
	เลี้ยวขวา	3	ทล.332-ทล.3	680	802	946	1,080	1,193	1,340	1,492
ทล.3 มุ่งหน้าระยอง	เลี้ยวซ้าย	4	ทล.3-ทล.332	236	278	328	368	392	429	463
	ตรง	5	ทล.3-ทล.3 มุ่ง	604	370	639	796	901	1,071	1,242
	เลี้ยวขวา	6	ทล.3-กรมสรร	29	33	38	42	47	53	60
	กลับรถ	7	ทล.3-ทล.3 มุ่ง	30	32	34	36	38	40	43
เทศบาลสัตหีบ	เลี้ยวซ้าย	8	กรมสรรพวุธทห	20	23	26	29	33	37	42
	ตรง	9	กรมสรรพวุธทห	20	24	27	31	34	38	42
	เลี้ยวขวา	10	กรมสรรพวุธทห	54	58	65	74	83	94	106
ทล.3 มุ่งหน้าพัทยา	เลี้ยวซ้าย	11	ทล.3-กรมสรร	62	67	76	87	98	111	125
	ตรง	12	ทล.3-ทล.3 มุ่ง	1,309	1,236	1,385	1,725	1,952	2,320	2,691
	เลี้ยวขวา	13	ทล.3-ทล.332	299	352	479	601	752	942	1,180
	กลับรถ	14	ทล.3-ทล.3 มุ่ง	82	89	105	118	133	150	169

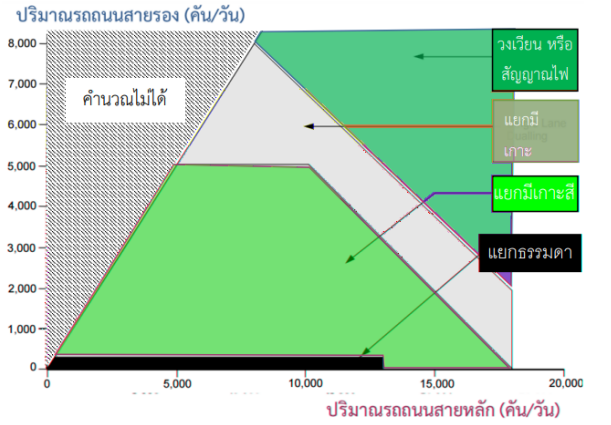
ผลคาดการณ์ปริมาณจราจร TMC (แยกเจ) ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น

มาจาก	ทิศทาง			PCU / ชั่วโมง						
				2560	2565	2570	2575	2580	2585	2590
ทล.332	เลี้ยวซ้าย	1	ทล.332-ทล.3	866	1,020	1,388	1,742	2,180	2,721	3,386
	ตรง	2	ทล.332-กรมส	10	12	14	16	18	19	20
	เลี้ยวขวา	3	ทล.332-ทล.3	287	338	399	456	504	566	630
ทล.3 มุ่งหน้าระยอง	เลี้ยวซ้าย	4	ทล.3-ทล.332	351	413	487	547	583	638	689
	ตรง	5	ทล.3-ทล.3 มุ่ง	696	658	737	918	1,039	1,235	1,433
	เลี้ยวขวา	6	ทล.3-กรมสรร	12	14	16	18	20	22	25
	กลับรถ	7	ทล.3-ทล.3 มุ่ง	19	20	21	22	23	24	26
เทศบาลสัตหีบ	เลี้ยวซ้าย	8	กรมสรรพวุธทห	9	10	11	12	14	16	18
	ตรง	9	กรมสรรพวุธทห	13	15	17	19	21	24	27
	เลี้ยวขวา	10	กรมสรรพวุธทห	40	43	49	56	63	71	80
ทล.3 มุ่งหน้าพัทยา	เลี้ยวซ้าย	11	ทล.3-กรมสรร	69	75	85	97	109	124	140
	ตรง	12	ทล.3-ทล.3 มุ่ง	954	901	1,010	1,258	1,424	1,692	1,963
	เลี้ยวขวา	13	ทล.3-ทล.332	243	286	389	488	611	766	959
	กลับรถ	14	ทล.3-ทล.3 มุ่ง	51	55	65	73	82	92	104

รูปที่ 9 ปริมาณจราจรในอนาคต แยกเจ จ.ชลบุรี

2.3 หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกทางแยก

[1] ในการพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกติดตั้งหรือปรับปรุงทางแยก จะมีการพิจารณาเกี่ยวกับปริมาณจราจรของทางสายหลักกับทางสายรอง เพื่อให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบการควบคุมการจราจรทางแยก แสดงดังรูป 10



รูปที่ 10 เกณฑ์พิจารณาคัดเลือกรูปแบบการควบคุมทางแยก

โดยมีหลักการพิจารณาระหว่างทางแยกมีสัญญาณไฟกับวงเวียน ควรพิจารณาจากปัจจัยดังนี้

- ปริมาณจราจรบนทางหลักและทางรองต่างกันมา (สามารถใช้ได้ทั้งวงเวียนและทางแยกสัญญาณไฟ)
- ปริมาณจราจรบนทางหลักและทางรองใกล้เคียงกัน (ใช้ทางแยกสัญญาณไฟ)
- มีการเดินข้ามถนน หรือจักรยาน ค่อนข้างเยอะ (ใช้ทางแยกสัญญาณไฟ)
- พื้นที่ ณ จุดตัดค่อนข้างจำกัด (ใช้ทางแยกสัญญาณไฟ)
- จำนวนช่องจราจรต่อทิศทางมากกว่า 3 ช่องจราจร (ใช้ทางแยกสัญญาณไฟ)

2.4 แบบจำลองสภาพการจราจร (Micro Simulation)

[5] แบบจำลองจราจรระดับจุลภาคเป็นแบบจำลองคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนตัว รถแต่ละคันที่วิ่งบนโครงข่ายถนน โดยกำหนดกฎนิยามของพฤติกรรมการขับขี่ของรถ และประสิทธิภาพของรถแต่ละประเภท แบบจำลองจราจรระดับจุลภาคสามารถปฏิบัติการได้โดยการตั้งค่ารูปแบบโครงข่ายถนน การใส่ข้อมูลของรถที่เสมือนจริง การกำหนดแนวเส้นการเคลื่อนตัวของรถ ผ่านโครงข่ายถนน และทำการสรุป วิเคราะห์ผลของรถทั้งหมด เพื่อวัดประสิทธิภาพนโยบายต่างที่ วางแผนไว้

Aimsun เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการจำลองรูปแบบการจราจรเพื่อที่จะนำรูปแบบที่ จำลองได้ไปใช้วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาการจราจรรวมถึงการออกแบบติดตั้งสัญญาณไฟจราจร เป็นหนึ่ง ในโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถทำการจำลองการจราจรบนโครงข่ายถนนหลากหลายรูปแบบ เช่น โครงข่ายถนนในเมือง ทางด่วนพิเศษ ทางหลวง ถนนวงแหวน ถนนทางหลวงระหว่างเมือง เป็นต้น ซึ่งการจำลองการจราจรบนโครงข่ายที่หลากหลายรูปแบบนี้ได้ถูกพิสูจน์มาแล้วว่ามีประโยชน์อย่างมากใน การเป็นเครื่องมือช่วยวิศวกรจราจรในการวิเคราะห์และประเมินผล ไม่ว่าจะเป็นระบบสัญญาณไฟจราจร รูปแบบต่างๆ การจัดการจราจรรูปแบบที่เหมาะสม รวมไปถึงการประยุกต์ใช้หรือติดตั้งระบบจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transport System, ITS) เพื่อให้การจราจรบนโครงข่ายถนนนั้นๆมีประสิทธิภาพ สูงขึ้น ลดความติดขัดและล่าช้าในการเดินทาง

3. การกำหนดรูปแบบทางแยกต่างระดับ

ผู้เขียนและทีมงานได้ลงพื้นที่และดำเนินงานในหลายๆส่วน เพื่อเก็บข้อมูลทางกายภาพและสภาพแวดล้อมของโครงการ ไม่ว่าจะเป็น งานศึกษาและทบทวนแผนและนโยบายที่เกี่ยวข้อง, งานสำรวจปริมาณจราจร, งานสำรวจภูมิประเทศและเขตทาง, งานจัดทำแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ, งานอุทกวิทยาและระบายน้ำ, งานตรวจสอบอาคารระบายน้ำเดิม, งานสำรวจอุปสรรค สิ่งกีดขวางและข้อจำกัดในพื้นที่, งานสำรวจโครงข่ายถนนข้างเคียง และงานธรณีวิทยา จากนั้นผู้เขียนจะนำข้อมูลที่ได้มากำหนดหลักเกณฑ์และรูปแบบทางแยกต่างระดับต่อไป

3.1 หลักเกณฑ์ในออกแบบรูปแบบทางแยกต่างระดับ

จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบรูปแบบทางแยกต่างระดับ ดังนี้

1) ต้องสามารถให้บริการหรือรองรับปริมาณการจราจรทุกทิศทางได้อย่างเพียงพอ และสามารถจัดทำเป็นขั้นตอนการก่อสร้างได้

2) ต้องไม่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสภาพแวดล้อมของพื้นที่หรือชุมชนที่อยู่ใกล้เมือง และแผนการพัฒนาโครงการของหน่วยงานท้องถิ่น รวมถึงทัศนียภาพพื้นที่โครงการ

3) ต้องหลีกเลี่ยงการจัดกรรมสิทธิ์เวนคืนที่จะส่งผลต่อประชาชนให้น้อยที่สุด ยกเว้นกรณีที่จำเป็นเท่านั้น

4) ต้องเชื่อมโยงโครงข่ายทางหลวงสายหลักหรือสายรอง/สายย่อย โดยมีรูปแบบและแนวคิดที่ชัดเจน โดยเฉพาะรถ Through Traffic หรือ Local Traffic

5) ต้องเป็นรูปแบบที่สามารถมีความเป็นไปได้ที่จะก่อสร้าง สามารถก่อสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และส่งผลกระทบต่อการจราจรปัจจุบันให้น้อยที่สุด

6) ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อการบดบังสายตาและสุนทรียภาพในการมองเห็น มีรูปแบบที่สวยงาม กลมกลืนกับสภาพแวดล้อมโดยรอบ

3.2 รูปแบบทางแยกต่างระดับ

ผู้เขียนได้ออกแบบทางแยกต่างละดับทั้ง 3 จุดตัด จุดตัดละ 3 รูปแบบ โดยใช้และหลักเกณฑ์และข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นในการออกแบบรูปแบบทางแยกต่างระดับทั้งหมดในเบื้องต้นจะสามารถรองรับปริมาณจราจรได้ในทุกทิศทาง โดยมีรูปแบบแต่ละจุดตัดดังต่อไปนี้

***3.2.1** จุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 บริเวณแยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา [6],[7]*

รูปแบบที่ 1

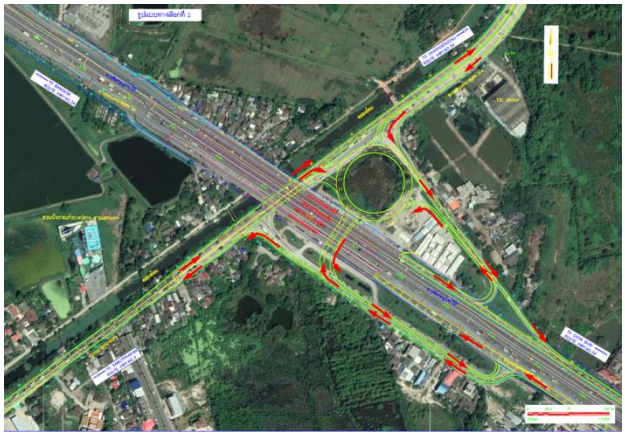
รูปแบบนี้ถูกออกแบบให้การจราจรตามแนวทางหลวงหมายเลข 314 และทางหลวงหมายเลข 3 มีรูปแบบการเดินทางในลักษณะ Free flow โดยในทิศทางจากสมุทรปราการ-ฉะเชิงเทรา ผ่านทางแยกลอดใต้สะพานเดิมของทล.34 โดยไม่ติดสัญญาณไฟจราจร เพิ่ม Ramp 1 เพื่อรองรับการจราจร จากทิศทางบางนา-ฉะเชิงเทรา และ เพิ่ม Ramp 2 ทิศทางจากสมุทรปราการ-บางนา ส่วนทิศทางจากฉะเชิงเทรา-สมุทรปราการ ออกแบบเป็นสะพานข้ามแยกที่จุดที่ 1 แล้วลอดใต้สะพานเดิมของทล.34 บนระดับดิน จากนั้นใช้สะพานข้ามแยกจุดที่ 2 เพื่อมุ่งหน้าไปสมุทรปราการ ส่วนทิศทางที่ต้องติดสัญญาณไฟคือทิศทางที่มาจากชลบุรี-ฉะเชิงเทราและจากบางนา-สมุทรปราการ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 รูปแบบที่ 1 จุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา

รูปแบบที่ 2

รูปแบบนี้มีการออกแบบวงเวียนตามแนวทางหลวงหมายเลข 314 และทางหลวงหมายเลข 3 เพื่อรองรับปริมาณจราจรบนทางแยกทั้ง 2 จุด โดยมีวงเวียนสำหรับการจราจรทุกทิศทาง ไม่มีการติดสัญญาณไฟจราจรและสามารถการกลับรถได้ สำหรับการจราจรในทิศทางเลี้ยวซ้ายเสมอระดับดิน ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 รูปแบบที่ 2 จุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา

รูปแบบที่ 3

รูปแบบนี้มีการออกแบบเป็นการจราจรให้วิ่งวนลูปเหมือนวงเวียนตามแนวทางหลวงหมายเลข 314 และทางหลวงหมายเลข 3 ส่วนทิศทางบนทางหลวงหมายเลข 34 สะพานข้ามแยกเดิมคงไว้ มีระบบวงเวียนสำหรับการจราจรทุกทิศทาง เพิ่ม Ramp 1 เพื่อรองรับการจราจร จากทิศทางบางนา-ฉะเชิงเทรา และ เพิ่ม Ramp 2 ทิศทางจากสมุทรปราการ-บางนา สำหรับการจราจรในทิศทางเลี้ยวซ้ายอื่นๆให้เป็นเสมอระดับดิน ดังแสดงในรูปที่ 13



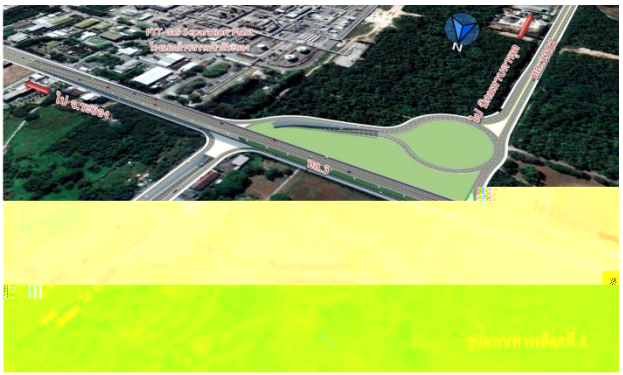
รูปที่ 13 รูปแบบที่ 3 จุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา

3.2.1 จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง [8],[9]

รูปแบบที่ 1

มีการออกแบบทางลอดตามแนวทางหลวงหมายเลข 3191 และทางหลวงหมายเลข 3392 แนวคิดรูปแบบนี้จะให้ความสำคัญกับการรองรับปริมาณจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3191 และทางหลวงหมายเลข 3392 เพื่อให้ปริมาณจราจรที่เข้า-ออก นิคมมาบตาพุด ผ่านทางแยกในลักษณะ Free Flow มีวงเวียนสำหรับทิศทางการจราจรเลี้ยวขวาและการกลับรถ

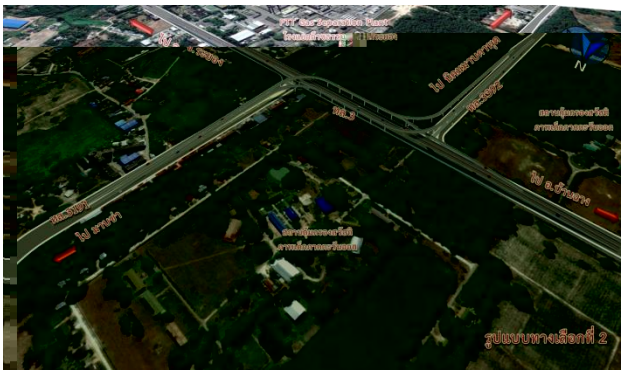
สำหรับการจราจรในทิศทางเลี้ยวซ้ายให้เป็นเสมอระดับดิน ส่วนการจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3 ใช้สะพานยกระดับเดิม ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 รูปแบบที่ 1 จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง

รูปแบบที่ 2

มีการออกแบบสะพานยกระดับ ระดับ 3 ตามแนวทางหลวงหมายเลข 3191และทางหลวงหมายเลข 3392 ข้ามทางหลวงหมายเลข 3 แนวคิดรูปแบบนี้จะให้ความสำคัญกับการรองรับปริมาณจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3191 และทางหลวงหมายเลข 3392 ที่เข้า-ออก นิคมมาบตาพุด ผ่านทางแยกในลักษณะ Free Flow มี Ramp สำหรับทิศทางการจราจรจากทางหลวงหมายเลข 3191 เลี้ยวขวาไป อ.บ้านฉาง และทิศทางการจราจรจากนิคมมาบตาพุดเลี้ยวขวาไปจ.ระยอง ส่วนทิศทางการจราจรเลี้ยวขวา จากระยองไปทางหลวงหมายเลข 3191 และทิศทางจาก อ.บ้านฉางเข้านิคมมาบตาพุดให้เป็นเสมอระดับดิน สำหรับการจราจรในทิศทางเลี้ยวซ้ายให้เป็นเสมอระดับดิน ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 รูปแบบที่ 2 จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง

รูปแบบที่ 3

มีการออกแบบวงเวียนในลักษณะ Dumbbell Roundabout และสะพานยกระดับในทิศทางของทางหลวงหมายเลข 3191 และทางหลวงหมายเลข 3392 เพื่อรองรับปริมาณจราจรที่เข้า-ออก นิคมมาบตาพุด ส่วนปริมาณจราจรในทิศทางเลี้ยวขวา ได้แก่ ทิศทางอ.บ้านฉาง-ทล.3392, ทิศทางทล.3392-จ.ระยอง, ทิศทางจ.ระยอง-ทล.3391 และ ทล.3391-อ.บ้านฉาง สามารถเข้าใช้วงเวียนโดยไม่มีการติดสัญญาณไฟจราจร สำหรับการจราจรในทิศทางเลี้ยวซ้ายจากนิคมมาบตาพุดและทิศทางจากทางหลวงหมายเลข 3191 ไประยอง ให้เป็นเสมอระดับดิน ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 รูปแบบที่ 3 จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง

3.2.1 จุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับจุดเริ่มต้นทางหลวงหมายเลข 332 บริเวณแยกเจ จ.ชลบุรี [10],[11]

รูปแบบที่ 1

มีการออกแบบสะพานยกระดับและวงเวียนในแนวทางหลวงหมายเลข 3 แนวคิดรูปแบบนี้จะให้ความสำคัญกับการรองรับปริมาณจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3 ขาเข้า-ออก อำเภอพัทยา-อำเภอสัตหีบ การจราจรในทิศทางเลี้ยวขวาทุกทิศทางสามารถเข้าใช้วงเวียนโดยไม่ติดสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 รูปแบบที่ 1 จุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับทางหลวงหมายเลข 332 แยกเจ จ.ชลบุรี

รูปแบบที่ 2

มีการออกแบบก่อสร้างทางลอดและวงเวียนในแนวทางหลวงหมายเลข 3 แนวคิดรูปแบบนี้จะให้ความสำคัญกับการรองรับปริมาณจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3 ขาเข้า-ออก อำเภอพัทยา-อำเภอสัตหีบ การจราจรในทิศทางเลี้ยวขวาทุกทิศทางสามารถเข้าใช้วงเวียนโดยไม่ติดสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 18 รูปแบบที่ 2 จุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับทางหลวงหมายเลข 332 แยกเจ จ.ชลบุรี

รูปแบบที่ 3

มีการออกแบบสะพานยกระดับ (Directional Ramp) เพื่อเชื่อมทางหลวงหมายเลข 3 แนวคิดรูปแบบนี้จะให้ความสำคัญกับปริมาณจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3 ขาเข้า-ออก อำเภอพัทยา-อำเภอสัตหีบเป็นหลักผ่านทางแยกในลักษณะ Free Flow และทางหลวงหมายเลข 332 ขาเข้า-ออกจังหวัดระยอง-อำเภอพัทยา โดยกำหนดรูปแบบให้เป็นสะพานยกระดับ (Directional Ramp) ระดับ 2 ในทิศทางจากระยองเลี้ยวขวาไปพัทยา และทิศทางจากสัตหีบเลี้ยวขวาไประยองกำหนดรูปแบบให้เป็นสะพานยกระดับ (Directional Ramp) เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 19



รูปที่ 19 รูปแบบที่ 3 จุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับทางหลวงหมายเลข 332 แยกเจ จ.ชลบุรี

4. การคัดเลือกรูปแบบที่เหมาะสม

เมื่อได้รูปแบบทางแยกต่างระดับแล้ว จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการคัดเลือกเพื่อให้ได้รูปแบบทางแยกต่างระดับที่มีความเหมาะสมทั้งทางด้านวิศวกรรมและจราจร ค่าลงทุน และผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแต่ละรูปแบบทางเลือก โดยใช้หลักเกณฑ์ในการเปรียบเทียบตามปัจจัยต่างๆ ประกอบกับใช้ข้อคิดเห็นจากการประชุมการมีส่วนร่วมของประชาชนด้วย โดยการพิจารณาจะประเมินผลจากคะแนนทุกด้านรวมกัน 100 คะแนน และจัดสรรแบ่งคะแนนตามความเหมาะสมของแต่ละด้าน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกรูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม

ลำดับ	ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา	
1	ด้านวิศวกรรมและจราจร (40 คะแนน)	
	1.1 เรขาคณิตของเส้นทาง	5.00
	- ลักษณะทางแนวราบ	2.50
	- ลักษณะทางแนวดิ่ง	2.50
	1.2 ความปลอดภัยในการขับขี่	5.00
	1.3 ประสิทธิภาพการระบายน้ำ	3.00
	1.4 ขั้นตอนความยากง่ายในการก่อสร้าง	3.00
	1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	3.00
	1.6 การคงสภาพผิวการจราจรขณะก่อสร้าง	5.00
	1.7 การเชื่อมต่อเส้นทางเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ	4.00
	1.8 จราจร	12.00
	- ความล่าช้าเฉลี่ย	6.00
	- จำนวนจุดขัดแย้ง (จุดตัดกระแสจราจร)	6.00
2	ด้านเศรษฐกิจ-การเงิน (30 คะแนน)	
	2.1 ค่าก่อสร้าง	20.00
	2.2 ค่าบำรุงรักษา	10.00
3	ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม (30 คะแนน)	
	3.1 คุณภาพอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน	5.00
	3.2 ทรัพยากรดิน	4.00
	3.3 สาธารณูปโภค	6.00
	3.4 การคมนาคม และผู้ใช้ทาง	10.00
	3.5 สุนทรียภาพ	5.00
คะแนนรวม 100 คะแนน		

ในการพิจารณาเปรียบเทียบจะใช้วิธีการให้น้ำหนักคะแนนหรือการใช้ตัวคูณในการกำหนดระดับความเหมาะสมตามหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1) แบบขั้นบันได

วิธีนี้ค่าตัวคูณจะถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 การให้ค่าตัวคูณในแต่ละหัวข้อจะต้องทำการประเมินระดับของผลกระทบในแต่ละรูปแบบทางแยกต่างระดับ แล้วจึงกำหนดค่าตัวคูณที่สอดคล้องกับระดับของผลกระทบสำหรับรูปแบบทางเลือกนั้น

ตารางที่ 6 การกำหนดค่าตัวคูณแบบขั้นบันได

ระดับ	ด้านวิศวกรรมและจราจรและด้านเศรษฐกิจการลงทุน	ค่าตัวคูณ	ด้นผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ค่าตัวคูณ
1	ดีมาก	1.00	ไม่มีผลกระทบ	1.00
2	ดี	0.75	มีผลกระทบน้อย	0.75
3	พอใช้	0.50	มีผลกระทบปานกลาง	0.50
4	ค่อนข้างไม่ดี	0.25	มีผลกระทบมาก	0.25
5	ไม่ดี	0.00	มีผลกระทบรุนแรง	0.00

2) แบบสัดส่วน

โดยการกำหนดให้รูปแบบทางเลือกมีความได้เปรียบหรือดีที่สุดในหัวข้อนั้น ๆ มีค่าตัวคูณเท่ากับ 1.00 ส่วนรูปแบบทางเลือกอื่นจะมีค่าตัวคูณลดหลั่นเป็นสัดส่วนกันไปตามความสัมพันธ์ในลักษณะสมการเชิงเส้น (Linear Equation) ที่ใช้ประเมินตัวคูณในแต่ละหัวข้อ ดังสมการที่ (1)

( ) (1)

โดยที่ MF_{avr} = ค่าตัวคูณเฉลี่ยของรูปแบบทางเลือก i
N_r = ค่าปัจจัยในแต่ละรูปแบบทางเลือก
MF_r = ค่าตัวคูณตามช่วงของค่าปัจจัย
M_{max} = ค่าในรูปแบบทางเลือกที่มากที่สุด

ทางผู้เขียนได้ใช้วิธีดังกล่าวในการให้คะแนนแต่ละรูปแบบทางแยกต่างระดับเพื่อหารูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสมที่สุด โดยสรุปผลคะแนนแต่ละจุดตัดดังตารางที่ 7 ถึงตารางที่ 9

ตารางที่ 7 สรุปผลการเปรียบเทียบรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสม จุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา

ลำดับ	การพิจารณาเปรียบเทียบ	คะแนน	คะแนนแต่ละรูปแบบทางแยกต่างระดับ		
			1	2	3
1	ด้านวิศวกรรมและจราจร				
	1.1 เรขาคณิตของเส้นทาง	5.00			
	- ลักษณะทางแนวราบ	2.50	2.26	1.79	1.90
	- ลักษณะทางแนวดิ่ง	2.50	2.38	2.50	2.50
	1.2 ความปลอดภัยในการขับขี่	5.00	5.00	4.10	4.00
	1.3 ประสิทธิภาพการระบายน้ำ	3.00	2.25	3.00	2.25
	1.4 ขั้นตอนความยากง่ายในการก่อสร้าง	3.00	0.75	2.25	1.50
	1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	3.00	2.40	3.00	2.70
	1.6 การคงสภาพผิวการจราจรขณะก่อสร้าง	5.00	4.00	5.00	4.75
	1.7 การเชื่อมต่อเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ	4.00	3.00	2.00	3.00
	1.8 จราจร	12.00			
	- ความล่าช้าเฉลี่ย	6.00	6.00	3.60	4.71
	- จำนวนจุดขัดแย้ง(จุดตัดกระแสจราจร)	6.00	6.00	4.99	4.80
รวมคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจร		40.00	34.05	32.23	32.11
2	ด้านค่าลงทุน				
	2.1 มูลค่าการลงทุน	20.00	10.00	20.00	18.49
	2.2 ค่าบำรุงรักษา	10.00	8.00	10.00	9.62
รวมคะแนนด้านค่าลงทุน		30.00	18.00	30.00	28.11
3	ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม				
	3.1 อากาศและบรรยากาศ เสียง และความสั่นสะเทือน	5.00	1.25	3.75	3.75
	3.2 ทรัพยากรดิน	4.00	1.00	2.00	1.00
	3.3 สาธารณูปโภค	6.00	3.00	3.00	1.50
	3.4 การคมนาคม และผู้ใช้ทาง	10.00	3.75	8.75	7.50
	3.5 สุนทรียภาพ	5.00	1.25	5.00	2.50
รวมคะแนนด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม		30.00	10.25	22.50	16.25
รวมคะแนน		100.0	62.30	84.73	76.47

ตารางที่ 8 สรุปผลการเปรียบเทียบรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสม จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง

ลำดับ	การพิจารณาเปรียบเทียบ	คะแนน	คะแนนแต่ละรูปแบบทางแยกต่างระดับ		
			1	2	3
1	ด้านวิศวกรรมและจราจร				
	1.1 เรขาคณิตของเส้นทาง	5.00	2.01	2.37	1.84
	- ลักษณะทางแนวราบ	2.50	2.42	2.19	2.39
	- ลักษณะทางแนวดิ่ง	2.50	4.67	4.00	5.00
	1.2 ความปลอดภัยในการขับขี่	5.00	1.88	1.88	2.50
	1.3 ประสิทธิภาพการระบายน้ำ	2.50	1.25	1.25	1.88
	1.4 ขั้นตอนความยากง่ายในการก่อสร้าง	2.50	2.00	2.00	2.50
	1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	2.50	4.33	4.00	5.00
	1.6 การคงสภาพผิวการจราจรขณะก่อสร้าง	5.00	1.25	1.88	1.88
	1.7 การเชื่อมต่อเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ	2.50			
	1.8 จราจร	10.00			
	- ความล่าช้าเฉลี่ย	5.00	3.50	5.00	4.36
	- จำนวนจุดขัดแย้ง(จุดตัดกระแสจราจร)	5.00	4.67	5.00	4.00
รวมคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจร		35.00	27.98	29.56	31.34

ตารางที่ 8 สรุปผลการเปรียบเทียบรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสม จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง (ต่อ)

ลำดับ	การพิจารณาเปรียบเทียบ	คะแนน	คะแนนแต่ละรูปแบบทางแยกต่างระดับ		
			1	2	3
2	ด้านค่าลงทุน				
	2.1 มูลค่าการลงทุน	12.00	9.23	8.40	12.00
	2.2 ค่าบำรุงรักษา	12.00	9.78	7.20	12.00
	2.3 การเวนคืน	6.00	3.73	6.00	3.00
รวมคะแนนด้านค่าลงทุน		30.00	22.74	21.60	27.00
3	ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม				
	3.1 ทรัพยากรดิน	6.00	2.40	6.00	6.00
	3.2 คุณภาพอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน	6.00	4.80	3.60	4.80
	3.3 การใช้ที่ดิน การโยกย้ายและการเวนคืน	9.00	3.60	9.00	1.80
	3.4 เศรษฐกิจและสังคม	7.00	4.20	4.20	7.00
รวมคะแนนด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม		35.00	22.00	27.00	26.60
รวมคะแนน		100.0	72.72	78.16	84.94

ตารางที่ 9 สรุปผลการเปรียบเทียบรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสม จุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับทางหลวงหมายเลข 332 แยกเจ จ.ชลบุรี

ลำดับ	การพิจารณาเปรียบเทียบ	คะแนน	คะแนนแต่ละรูปแบบทางแยกต่างระดับ		
			1	2	3
1	ด้านวิศวกรรมและจราจร				
	1.1 เรขาคณิตของเส้นทาง	5.00			
	- ลักษณะทางแนวราบ	2.50	2.20	2.00	2.33
	- ลักษณะทางแนวดิ่ง	2.50	2.50	2.50	2.18
	1.2 ความปลอดภัยในการขับขี่	5.00	4.67	4.00	5.00
	1.3 ประสิทธิภาพการระบายน้ำ	2.50	1.88	1.25	1.88
	1.4 ขั้นตอนความยากง่ายในการก่อสร้าง	2.50	1.88	1.25	1.25
	1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	2.50	2.50	2.00	2.00
	1.6 การคงสภาพผิวการจราจรขณะก่อสร้าง	5.00	4.80	4.00	5.00
	1.7 การเชื่อมต่อเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ	2.50	2.50	0.63	1.25
	1.8 จราจร	10.00			
	- ความล่าช้าเฉลี่ย	5.00	4.65	4.00	5.00
	- จำนวนจุดขัดแย้ง(จุดตัดกระแสจราจร)	5.00	4.60	4.00	5.00
รวมคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจร		35.00	32.17	25.63	30.88
2	ด้านค่าลงทุน				
	2.1 มูลค่าการลงทุน	12.00	11.88	8.40	12.00
	2.2 ค่าบำรุงรักษา	12.00	10.68	10.92	12.00
	2.3 การเวนคืน	6.00	6.00	6.00	6.00
รวมคะแนนด้านค่าลงทุน		30.00	28.56	25.32	30.00
3	ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม				
	3.1 ทรัพยากรดิน	3.00	3.00	2.25	3.00
	3.2 คุณภาพอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน	6.00	3.00	3.00	1.50
	3.3 การคมนาคมขนส่ง	5.00	1.25	1.25	2.50
	3.4 สาธารณูปโภค	3.00	0.75	0.75	0.75
	3.5 เศรษฐกิจ-สังคม	3.00	2.25	2.25	2.25
	3.6 การโยกย้ายและเวนคืน	5.00	5.00	5.00	5.00
	3.7 อุบัติเหตุและความปลอดภัย	5.00	2.50	1.25	3.75
	3.8 สุนทรียภาพ	5.00	3.75	5.00	2.50
รวมคะแนนด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม		35.00	21.50	20.75	21.25
รวมคะแนน		100.0	82.06	71.70	81.28

5. สรุปรูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม

5.1 ผลการพิจารณาเปรียบเทียบรูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม

สรุปได้ดังนี้

1. <u>ทางแยกต่างระดับจุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา</u> รูปแบบทางเลือกที่ 2 เป็นรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 20 แม้มีคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจรน้อยกว่ารูปแบบที่1 แต่ก็มีค่าด้านการลงทุนน้อยและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อย ผลคะแนนโดยสรุปดังตารางที่ 10



รูปที่ 20 รูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม จุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา

ตารางที่ 10 สรุปผลการให้คะแนน จุดตัดทางหลวงหมายเลข 34 กับทางหลวงหมายเลข 314 แยกคลองอ้อม จ.ฉะเชิงเทรา

การพิจารณาเปรียบเทียบ	คะแนน	คะแนนรูปแบบทางเลือก		
		1	2	3
รวมคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจร	40.00	34.05	32.23	32.11
รวมคะแนนด้านค่าลงทุน	30.00	18.00	30.00	28.11
รวมคะแนนด้านสิ่งแวดล้อม	30.00	10.25	22.50	16.25
รวมคะแนน	100.00	62.30	84.73	76.47
ลำดับ		3	1	2

2. <u>ทางแยกต่างระดับจุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง</u> รูปแบบทางเลือกที่ 3 เป็นรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 21 มีคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจรและด้านค่าลงทุนสูงที่สุดเนื่องจากมีการก่อสร้างสะพานขนาดเล็กและวงเวียนระดับดินเดิม จึงมีค่าลงทุนที่ไม่สูงมาก แต่อาจมีข้อด้อยเรื่องการเวนคืนซึ่งมากกว่ารูปแบบอื่น ดังตารางที่ 11

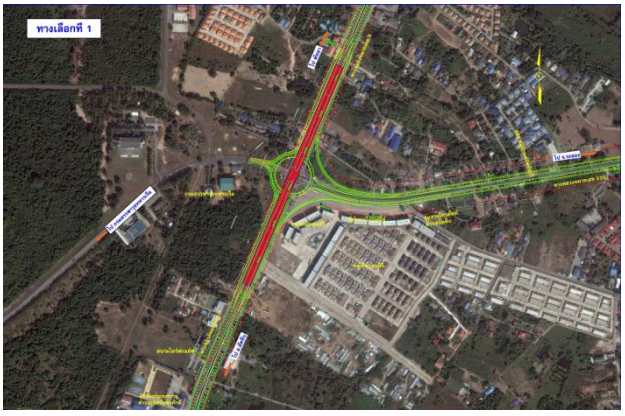


รูปที่ 21 รูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง

ตารางที่ 11 สรุปผลการให้คะแนน จุดตัดบริเวณแยกหนองแฟบและแยกปตท. บนทางหลวงหมายเลข 3 จ.ระยอง

การพิจารณาเปรียบเทียบ	คะแนน	คะแนนรูปแบบทางเลือก		
		1	2	3
รวมคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจร	35.00	27.98	29.56	31.34
รวมคะแนนด้านค่าลงทุน	30.00	22.74	21.60	27.00
รวมคะแนนด้านสิ่งแวดล้อม	35.00	22.00	27.00	26.60
รวมคะแนน	100.00	72.72	78.16	84.94
ลำดับ		3	2	1

3. <u>ทางแยกต่างระดับจุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับทางหลวงหมายเลข 332 แยกเจ จ.ชลบุรี</u> รูปแบบทางเลือกที่ 1 เป็นรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 22 มีคะแนนด้านวิศวกรรมและด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเยอะที่สุด ผู้ใช้ทางสามารถสัญจรได้โดยสะดวก สร้างผลกระทบต่อชุมชนน้อยและมีการก่อสร้างในเขตทางเดิมทั้งหมด ผลคะแนนโดยสรุปดังตารางที่ 12



รูปที่ 22 รูปแบบทางแยกต่างระดับที่เหมาะสม จุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับทางหลวงหมายเลข 332 แยกเจ จ.ชลบุรี

ตารางที่ 12 สรุปผลการให้คะแนน จุดตัดทางหลวงหมายเลข 3 กับทางหลวงหมายเลข 332 แยกเจ จ.ชลบุรี

การพิจารณาเปรียบเทียบ	คะแนน	คะแนนรูปแบบทางเลือก		
		1	2	3
รวมคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจร	35.00	32.12	25.63	30.03
รวมคะแนนด้านค่าลงทุน	30.00	28.44	25.32	30.00
รวมคะแนนด้านสิ่งแวดล้อม	35.00	21.50	20.75	21.25
รวมคะแนน	100.00	82.06	71.70	81.28
ลำดับ		1	3	2

รูปแบบทางแยกที่เหมาะสมที่สุดของทางแยกทั้ง 3 จุด คือ รูปแบบที่มีวงเวียนเป็นส่วนประกอบ รูปแบบดังกล่าวมีค่าลงทุนที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นการก่อสร้างในระดับพื้นดิน มีการใช้โครงสร้างน้อย ทำให้ได้คะแนนด้านค่าลงทุนสูงที่สุด ส่วนคะแนนด้านวิศวกรรมและจราจรก็อยู่ในเกณฑ์ดี รถยนต์สามารถทำความเร็วได้สม่ำเสมอ

5.2 ข้อดีและข้อเสียของทางแยกรูปแบบวงเวียน

ทางผู้เขียนได้สรุปข้อดีและข้อเสียของรูปแบบทางแยกวงเวียนดังนี้

<u>ข้อดี</u>

1) วงเวียนมีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น Dumbbell Roundabout หรือ Roundabout Interchanges เป็นต้น จึงสามารถออกแบบประยุกต์ใช้กับรูปแบบทางแยกที่มีข้อจำกัดหลายด้านได้ เช่น ทางแยกที่มีปัญหาการจราจรที่ซับซ้อน, ทางแยกที่มีพื้นที่การก่อสร้างจำกัด ทางแยกที่มีหลายสาขา เป็นต้น
2) การก่อสร้างวงเวียนในระดับพื้นดินมีราคาที่ประหยัด เนื่องจากมีการใช้โครงสร้างน้อย
3) มีความปลอดภัยสูง เนื่องจากวงเวียนทำให้จำนวนจุดตัดทางแยกลดลงและรถยนต์ที่เข้าใช้วงเวียนจำเป็นต้องลดความเร็วลง
4) ลดการแบ่งแยกชุมชน วงเวียนทำให้ประชาชนในพื้นที่สามารถใช้สัญจรผ่านได้ดังเดิม
5) วงเวียนไม่ขัดต่อสุนทรียภาพในพื้นที่ สามารถใช้ความรู้ด้านสถาปัตยกรรมในการออกแบบเพื่อดึงอัตลักษณ์ของท้องถิ่นมาใช้ร่วมด้วย เช่น การออกแบบวงเวียนร่วมกับอนุสาวรีย์ หรือการออกแบบวงเวียนเป็นบ่อน้ำเพื่อรองรับน้ำท่วม เป็นต้น

<u>ข้อเสีย</u>

1) ใช้พื้นที่เยอะ บางครั้งอาจจะต้องทำการเวนคืนที่ดิน
2) กรณีมีรถเข้าใช้วงเวียนจำนวนมาก อาจทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทาง และเนื่องจากวงเวียนประกอบด้วยโค้งหลายโค้งการเดินทางจึงไม่สะดวก อาจจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างทางยกระดับเพิ่มเติม ทำให้ค่าลงทุนสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการออกแบบวงเวียนเพียงอย่างเดียวจึงไม่เหมาะกับทางแยกที่มีปริมาณจราจรมากๆ

6. ข้อเสนอแนะ

บทความนี้เป็นเพียงแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยการประยุกต์การใช้รูปแบบวงเวียนในการแก้ปัญหาด้านการจราจร ดังนั้นการศึกษาในลักษณะพื้นที่อื่นๆ จะต้องมีการทบทวนลักษณะรวมถึงปัจจัยต่างๆ เพื่อให้เกิดความสอดคล้อง และการแก้ไขปัญหาได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

7. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้เขียนและทีมงานขอขอบคุณกรมทางหลวงที่ช่วยอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำ

ขอขอบคุณ คุณเทิดศักดิ์ พ่วงจินดา ที่ช่วยอนุเคราะห์ข้อมูล คำปรึกษา ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานนโยบายและแผนกาขนส่งจราจร (2559). การจัดระบบการจราจร. คู่มือมาตรฐานด้านการจัดระบบการจราจร., หน้า 4-3

[2] Federal Highway Administration. (2000). Roundabouts: AN INFORMATIONAL GUIDE., pp.22-28.

[3] Austroads. (1993). Guide to Traffic Engineering Practice., Part 6: Roundabouts, Sydney, Australia.

[4] Transoprtation Research Board. (2010). Highway Capacity Manual, Wcuashington, DC.

[5] กาญจน์กรอง สุอังคะ, สนณรงค์ สุอังคะ, รุ่งอรุณ บุญถ่าน และวัฒนวงศ์ รัตนวราห. (2556). การประเมินผลกระทบด้านการจราจรของการออกแบบช่องเก็บค่าผ่านทางระบบอัตโนมัติของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. ประเทศไทย

[6] กรมทางหลวง. (2563). รายงานสำรวจและคาดการณ์ปริมาณจราจร ฉบับสุดท้าย โครงการงานสำรวจและออกแบบปรับปรุงและแก้ไขปัญหาจราจรบนทางหลวงหมายเลข 34 ช่วงจุดตัดทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 – จุดตัดทางเลี่ยงเมืองชลบุรี ส่วนที่ 2

[7] กรมทางหลวง. (2563). รายงานการคัดเลือกรูปแบบทางแยกต่างระดับและรูปแบบโครงสร้าง โครงการงานสำรวจและออกแบบปรับปรุงและแก้ไขปัญหาจราจรบนทางหลวงหมายเลข 34 ช่วงจุดตัดทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 – จุดตัดทางเลี่ยงเมืองชลบุรี ส่วนที่ 2

[8] กรมทางหลวง. (2562). รายงานสำรวจและคาดการณ์ปริมาณจราจร ฉบับสุดท้าย โครงการงานสำรวจและออกแบบปรับปรุงและแก้ไขปัญหาจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3 และโครงข่ายทางหลวงข้างเคียง ช่วงจุดตัดจุดตัดสิ้นสุดทางหลวงหมายเลข 332 – จุดตัดทางหลวงหมายเลข 36

[9] กรมทางหลวง. (2562). รายงานการคัดเลือกรูปแบบทางแยกต่างระดับและรูปแบบโครงสร้าง โครงการงานสำรวจและออกแบบปรับปรุงและแก้ไขปัญหาจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3 และโครงข่ายทางหลวงข้างเคียง ช่วงจุดตัดจุดตัดสิ้นสุดทางหลวงหมายเลข 332 – จุดตัดทางหลวงหมายเลข 36

[10] กรมทางหลวง. (2561). รายงานสำรวจและคาดการณ์ปริมาณจราจร ฉบับสุดท้าย โครงการงานสำรวจและออกแบบปรับปรุงและแก้ไขปัญหาจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3 ช่วงจุดตัดจุดเริ่มต้นทางหลวงหมายเลข 332 – จุดตัดสิ้นสุดทางหลวงหมายเลข 332

[11] กรมทางหลวง. (2561). รายงานการคัดเลือกรูปแบบทางแยกต่างระดับและรูปแบบโครงสร้าง โครงการงานสำรวจและออกแบบปรับปรุงและแก้ไขปัญหาจราจรบนทางหลวงหมายเลข 3 ช่วงจุดตัดจุดเริ่มต้นทางหลวงหมายเลข 332 – จุดตัดสิ้นสุดทางหลวงหมายเลข 332