

บทที่ 6

งานศึกษาด้านวิศวกรรม

6.1 งานออกแบบรายละเอียด

6.1.1 งานออกแบบด้านงานทาง

6.1.1.1 หลักการออกแบบด้านงานทางสำหรับทางพิเศษ

งานออกแบบด้านเรขาคณิต (Geometric Design) มีแนวทางการออกแบบถนนที่ปลอดภัยมากขึ้นสำหรับผู้ใช้งานทุกประเภท คำนึงถึงความปลอดภัย ความสวยงาม ความปลอดภัย และความเหมาะสมในการใช้งาน ประกอบด้วย การออกแบบแนวราบ (Horizontal Alignment Design) การออกแบบแนวตั้ง (Vertical Alignment Design) และการออกแบบรูปตัด (Cross Section) เป็นสำคัญ โดยที่ปรึกษาจะยึดถือตามข้อกำหนดและมาตรฐานทางยกระดับอุตราภิมุข และมาตรฐานทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเป็นหลัก รวมถึงมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป เช่น

- ❑ AASHTO, “A Policy on Geometric Design of Highways and Street”, 2011
- ❑ AASHTO, “Roadside Design Guide”, 2006
- ❑ AASHTO, Standard Specifications for Highway Bridges
- ❑ TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, “Highway Capacity Manual”, 2010

หลักการออกแบบที่สำคัญคือการออกแบบให้สามารถขับขี่ได้อย่างปลอดภัย จึงจำเป็นต้องออกแบบอย่างระมัดระวังและละเอียดรอบคอบในทุกๆ ด้าน เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุอันจะก่อให้เกิดอันตรายได้ องค์ประกอบที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบ ยกตัวอย่าง เช่น

- ❑ ออกแบบให้สามารถรักษาความเร็วในการขับขี่ได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ควรให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน เช่น เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 15 กิโลเมตร/ชั่วโมง
- ❑ ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบควรสอดคล้องกับความคาดหวังของผู้ขับขี่
- ❑ ออกแบบให้มีระยะมองเห็นเพียงพอ อย่างน้อยต้องเท่ากับระยะหยุดได้โดยปลอดภัย
- ❑ หลีกเลี่ยงการใช้โค้งประกอบ (Compound Curve) ที่มีรัศมีโค้งต่างกันเกิน 2 เท่า หลีกเลี่ยงการใส่โค้งทางราบสั้นๆ เชื่อมระหว่างแนวทางตรงยาวๆ ยกเว้นในกรณีที่จำเป็นจะต้องมีการเร่งเตือน และ/หรือ การออกแบบเสริมอื่นๆ เช่น การทำสปีดบอร์น เส้นชะลอความเร็ว เป็นต้น

- การผสมผสานระหว่างแนวทางราบและทางโค้งที่เหมาะสม สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ที่จะช่วยให้สภาพการมองเห็นดีขึ้น ลดความเครียดและรู้สึกผ่อนคลายในขณะที่ขับรถมากขึ้น อันจะส่งผลให้การเดินทางปลอดภัยมากขึ้น เช่น
 - จำนวนโค้งทางราบและทางโค้งควรจะสมดุลกัน และควรเป็นไปในลักษณะเดียวกัน คือ มีตำแหน่งของจุด PI และ PVI ใกล้เคียงกัน โดยให้จุดยอดของโค้งทางโค้งอยู่ตรงกลางโค้งของโค้งทางราบ ในกรณีที่จะสามารถทำได้ อาจใช้การลดจำนวนโค้งทางราบ โดยให้ Long Tangent ของโค้งทางราบอยู่ตรงกับจุดต่ำสุดของโค้งทางโค้ง จะช่วยให้ Long Tangent มีความนุ่มนวลขึ้น
 - หลีกเลี่ยงการออกแบบให้จุดยอดของโค้งคว่ำ อยู่ตรงกับ Short Tangent หรือจุดเปลี่ยนโค้งของโค้งแนวราบ เนื่องจากจุดยอดของโค้งคว่ำจะบังแนวการมองเห็นของผู้ขับรถและออกแบบให้จุดต่ำสุดของโค้งหงาย อยู่ตรงกลางช่วง Short Tangent ของ Reverse Curve แต่ไม่ควรให้อยู่ตรงจุดเริ่มต้นโค้งทางราบ เนื่องจากจุดต่ำสุดของโค้งหงายจะทำให้โค้งทางราบ มีลักษณะคล้ายเป็น Sharp Curve

(1) การออกแบบแนวราบ

การออกแบบแนวราบและแนวโค้งจะสัมพันธ์กับระยะมองเห็นใน 2 ลักษณะที่ต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบ คือ ระยะมองเห็นเพื่อหยุดรถ (Stopping Sight Distance) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าระยะมองเห็นไม่มีการแซง (Non-passing Sight Distance) และระยะทางมองเห็นเพื่อแซงขึ้นหน้า (Passing Sight Distance) โดยระยะดังกล่าวขึ้นกับความเร็วที่ใช้ออกแบบ ซึ่งกำหนดขึ้นสำหรับแต่ละประเภทมาตรฐานชั้นทาง

การออกแบบแนวราบ ที่ปรึกษาจะคำนึงถึงความสม่ำเสมอของความเร็วรถยนต์ที่ใช้เส้นทางในแนวปกติระหว่างแยกสำคัญถึงแยกสำคัญ นอกจากนี้จะพิจารณาถึงลักษณะความต่อเนื่องของเส้นทาง (Route Continuity) การออกแบบจะอาศัยแนวศูนย์กลางทางที่สำรวจเป็นหลัก โดยจะหลีกเลี่ยงโค้งอันตรายต่างๆ บนเส้นทาง เช่น Broken Back Curve, Sharp Curve ทุกจุดวิกฤตบนถนน เช่น ทางเชื่อม ทางแยก โดยจะต้องมี Stopping Sight Distance ที่เพียงพอตามความเร็วที่ใช้ในการออกแบบในทุกๆ จุดองค์ประกอบสำคัญในการออกแบบแนวทางราบคือ

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| □ โค้งวงกลม | □ การยกขอบถนน |
| □ การขยายช่องจราจรในทางโค้ง | □ ระยะมองเห็น |

(ก) โค้งวงกลม

การออกแบบแนวราบจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบโค้ง (Horizontal Curve) ซึ่งต้องพิจารณารัศมีโค้งวงกลมความยาวของช่วงปรับเปลี่ยน (Transition Length) ที่ต้องการ สำหรับการปรับจาก Normal Crown Slope เป็นการยกโค้งเต็ม (Full Superelevation) การขยายความกว้างในโค้ง และอัตราการยกโค้ง การออกแบบทางยังไม่มีการใช้ Transition Curve แทรกระหว่างเส้นตรงและโค้งวงกลม ยกเว้นการออกแบบทางแยกต่างระดับซึ่งมีการใช้ Spiral Curve แทรกเพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนของแนวไปตามลำดับ ระศมีของโค้งวงกลมที่ต้องการขึ้นกับความเร็วที่ใช้ออกแบบตามสูตร

$$R = \frac{V^2}{127.5(e + f)}$$

โดยที่ R = ระศมีของโค้งวงกลม หน่วย เมตร

V = ความเร็วที่ใช้ออกแบบ หน่วย กม./ชม.

e = อัตราการยกโค้ง

f = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานด้านข้าง (Coefficient of Sideway Friction) ที่ขึ้นกับความเร็วดังแสดงในตาราง

ความเร็วที่ใช้ออกแบบ (กม./ชม.)	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานด้านข้าง (f)
40	0.19
50	0.17
60	0.16
70	0.15
80	0.14
100	0.12
120	0.11

เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานด้านข้างมาคำนวณระศมีของโค้ง โดยกำหนดความเร็วที่ใช้ออกแบบจะได้ระศมีโค้งต่ำสุดที่ต้องการกรณีการยกโค้งเท่ากับ 0.04 ม./ม. และต่ำสุดกรณียกโค้งถึง 0.10 ม./ม. แสดงในตาราง

ตารางแสดงรัศมีโค้งวงกลมต่ำสุดที่ความเร็วต่างๆ

ความเร็วที่ใช้ออกแบบ กม./ชม.	รัศมีโค้งวงกลม (ม.)	
	ต่ำสุดที่ต้องการ (Desirable Min.)	ต่ำสุด
40	55	45
50	95	75
60	145	110
70	205	155
80	280	210
90	370	275
100	490	355
120	750	540

(ข) การยกขอบถนน (Superelevation)

เป็นที่ทราบกันดีว่าในขณะที่รถวิ่งบนทางโค้ง จะเกิดแรงหนีศูนย์กลางกระทำกับตัวรถ และหากแรงนี้มากพอจะทำให้รถพลิกคว่ำ ดังนั้น สิ่งที่สำคัญมากที่สุดอีกสิ่งหนึ่งที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบรายละเอียดงานทางเพื่อให้เกิดความปลอดภัย คือการยกขอบถนน (Superelevation) และการจัดระยะในการยกขอบถนน (Transition Length) ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ

อัตราการยกขอบถนนสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$e + f = V^2 / 127.5 R$$

โดย e = อัตราการยกขอบถนน, ม./ม.

f = ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

V = ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ, กม./ชม.

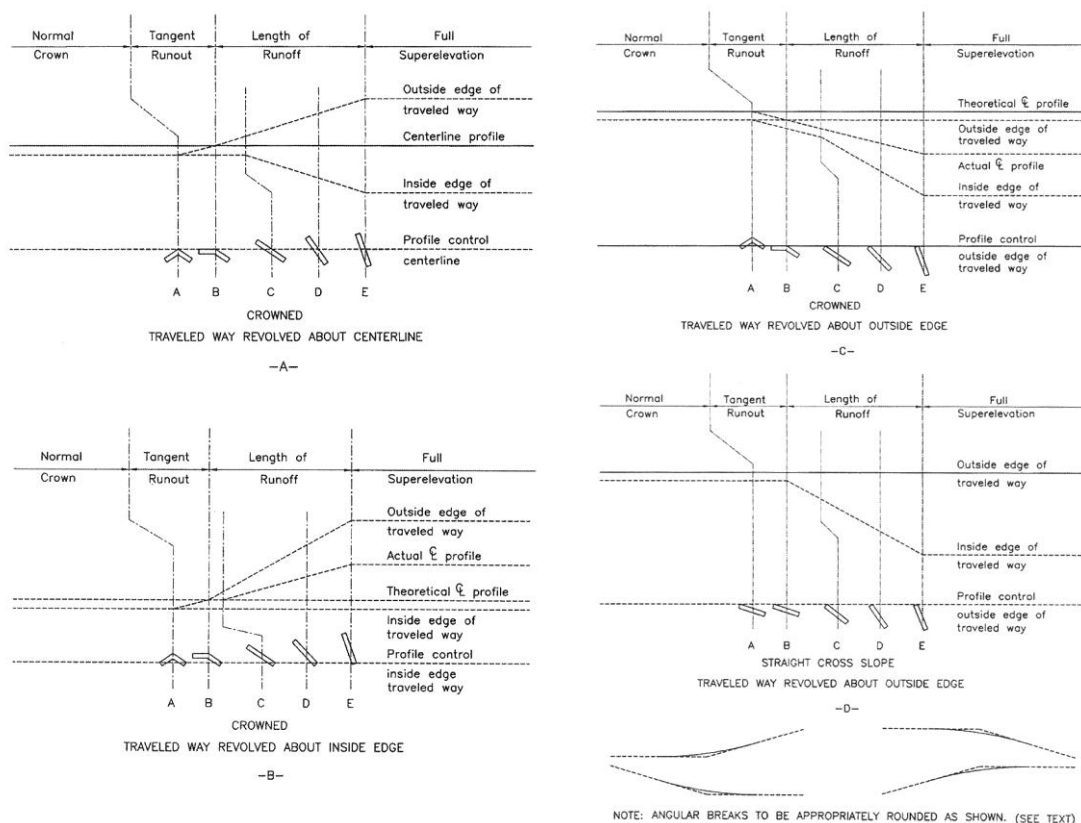
R = รัศมีโค้ง, ม.

กล่าวอีกนัยหนึ่ง แรงหนีศูนย์กลางสามารถสมดุลได้ด้วยแรง 2 แรง คือ แรงเนื่องจากการยกขอบถนน (e) และแรงเนื่องจากการเสียดทาน (f) โดยทั่วไป ผลจากการทดลองในทางปฏิบัติ หากพิจารณาเฉพาะแรงเนื่องจากการยกขอบถนนจะได้ว่า

$$e = 0.004 V^2 / R$$

วิธีการยกขอบถนน สามารถทำได้ 3 วิธีคือ

- ❑ หมุนผิวจราจรรอบศูนย์กลางทาง (Revolt Pavement about Center line)
ใช้ในกรณีคันทางไม่สูงไม่ต่ำจนเกินไป
- ❑ หมุนผิวจราจรขอบใน (Revolt Pavement about Inner Edge of Pavement)
ใช้ในกรณีคันทางค่อนข้างต่ำ และระดับน้ำอยู่สูง
- ❑ หมุนผิวจราจรขอบนอก (Revolt Pavement about Outer Edge of Pavement)
ใช้ในกรณีคันทางค่อนข้างสูง และระดับน้ำอยู่ต่ำ หรือในภูเขา



ถ้าอัตราการยกโค้งที่คำนวณได้ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของ Crown Slope โค้งนั้นไม่ต้องยกโค้ง คงเป็น Normal Crown Slope ตลอดโค้ง ถ้าอัตราการยกโค้งที่คำนวณได้อยู่ระหว่างครึ่งหนึ่งของ Crown Slope จนถึงเท่ากับ Crown Slope ให้ยกโค้งเท่ากับ Crown Slope เรียกว่า Reverse Crown

การปรับเปลี่ยนจาก Normal Crown Slope เป็น Full Superelevation จะใช้ความลาดชันสัมพัทธ์ (Relative Slope) ระหว่างขอบทางร่วกับ Centerline Profile Grade หรือระหว่างขอบทางร่ว ซึ่งขึ้นกับแกนที่ใช้หมุน (Axis of Rotation) ความลาดชันสัมพัทธ์สูงสุดขึ้นกับความเร็วที่ใช้ออกแบบดังแสดงในตาราง

ตารางแสดงความลาดชันสัมพันธ์สูงสุด

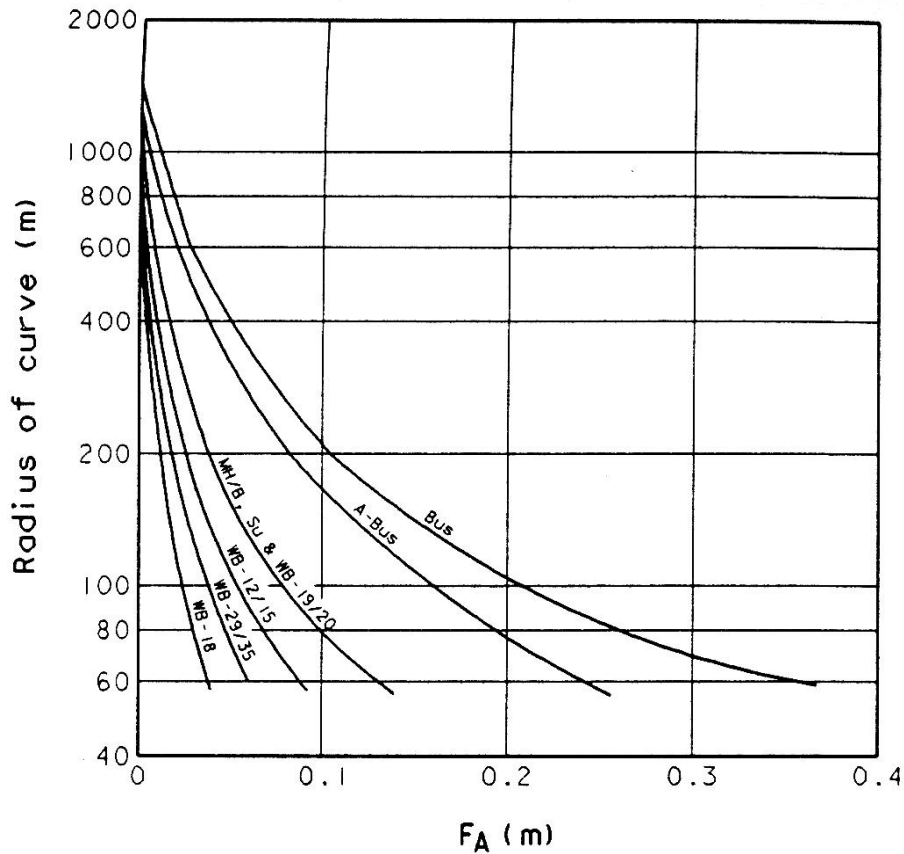
ความเร็วที่ใช้ออกแบบ (กม./ชม.)	ความลาดชันสัมพันธ์สูงสุด (1:S)
30	1:120
35	1:128
40	1:135
45	1:143
50	1:150
60	1:165
65	1:173
70	1:180
75	1:188
80	1:195
85	1:203
90	1:210
95	1:218
100	1:225
105	1:233
110 และสูงกว่า	1:240

ส่วนหนึ่งของระยะปรับเปลี่ยนจะอยู่ในแนวเส้นสัมผัสอีกส่วนจะอยู่ในโค้ง ทั้งนี้
โดยให้ช่วงยกโค้งเต็มมีความยาวอย่างน้อยเท่ากับ $\frac{L_c}{3}$ โดยที่ L_c เท่ากับความยาว

โค้งวงกลม

(ค) การขยายช่องจราจรในทางโค้ง

เมื่อรถแล่นอยู่ในบริเวณทางโค้ง ล้อหลังของรถจะกินเข้ามาด้านในโค้งและล้อเข้ามา
ในผิวจราจรของรถที่สวนมาเป็นบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุรถชนกันง่าย จึง
จำเป็นต้องขยายผิวจราจรของโค้งให้กว้างขึ้น ความกว้างของผิวจราจรที่จะขยาย
จะขึ้นอยู่กับรัศมีโค้ง ความเร็วของรถ ขนาดของรถ และความกว้างของผิวจราจรปกติ
การคำนวณหาความกว้างของผิวจราจรที่ต้องขยายคำนวณได้ ดังรูป



$$(1) w = W_c - W_n$$

$$(2) W_c = N(U+C) + (N-1)F_A + Z$$

N = Number of lanes

w = widening for traveled way on curve, m.

W_c = width of traveled way on curve, m.

$$(3) U = u + R - \sqrt{R^2 - L^2}$$

$$(4) F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R$$

$$(5) Z = (0.104) (V/\sqrt{R})$$

W_n = width of traveled way on tangent, m.

U = track width of vehicle (out-to-out tires), m

C = lateral clearance per vehicle assumed 0.6, 0.75 & 0.9 m for W_n of 6.0, 6.6 & 7.2 m respectively

F_A = width of overhang, m.

Z = extra width allowance for difficulty of driving on curves, m.

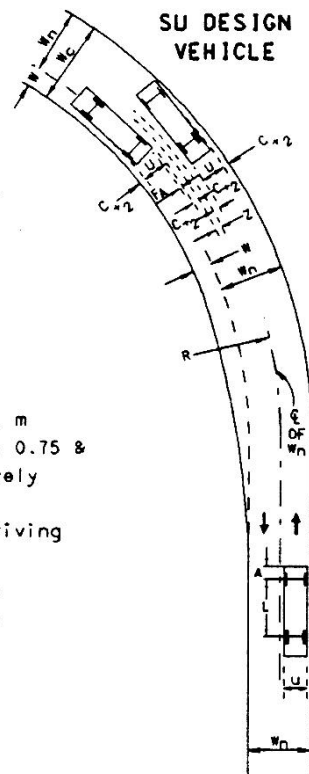
u = track width on tangent (out-to-out) 2.6 m.

R = radius on centerline of 2-lane highway, m.

L = wheelbase

A = front overhang

V = design speed of highway, km/h

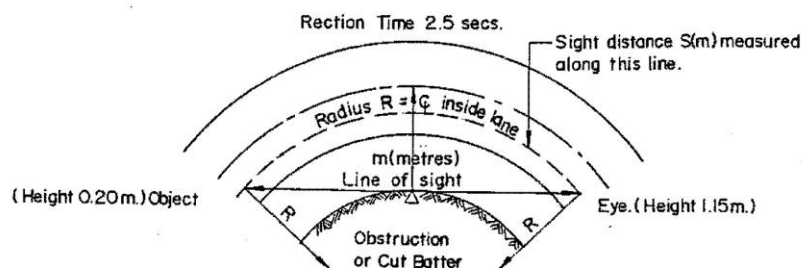


(ง) ระยะมองเห็น

ระยะมองเห็นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากในการออกแบบงานทาง ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่รถยนต์ ระยะมองเห็นที่ออกแบบจะต้องยาวเพียงพอที่ผู้ขับขี่จะสามารถมองเห็นและตัดสินใจอย่างเหมาะสมเพื่อมิให้เกิดอุบัติเหตุ โดยจะต้องพิจารณาในการออกแบบ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

- ❑ ระยะที่ผู้ขับขี่สามารถมองไปได้ไกลที่สุด (Sight Distance)
- ❑ ระยะมองเห็นในการหยุดรถโดยปลอดภัย (Stopping Sight Distance)
- ❑ ระยะมองเห็นในการแซง (Passing Sight Distance)

ระยะทางการมองเห็นในการหยุดรถโดยปลอดภัยเป็นระยะทางขั้นต่ำที่ต้องการสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์ ซึ่งโดยเฉลี่ยผู้ขับขี่ด้วยความเร็วที่กำหนด มีปฏิกิริยาและหยุดรถก่อนที่จะถึงวัตถุที่ขวางอยู่บนทางนั้น ระยะทางการมองเห็นในการหยุดรถโดยปลอดภัยจะวัดจากตัวผู้ขับขี่ซึ่งสมมติให้สายตาสูงจากผิวถนน 1.15 เมตร ไปยังวัตถุสูง 0.20 เมตร



$$m = R \left[\frac{\text{VERS}(28.65 S)}{R} \right]$$

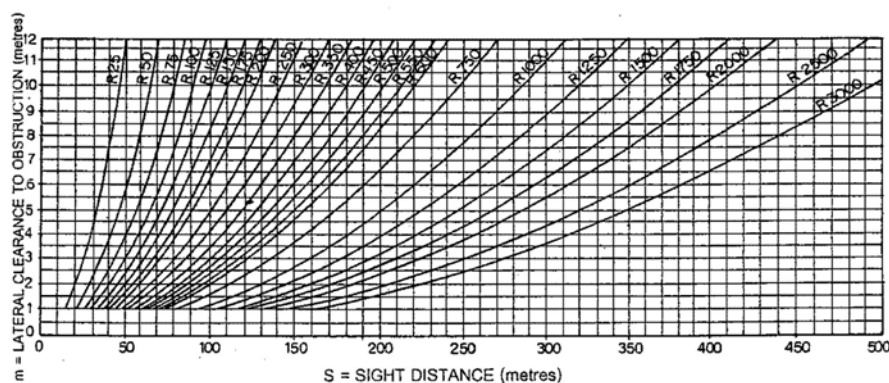
ANGLE IS EXPRESSED IN DEGREES

$$S = \frac{R}{28.65} \left[\cos^{-1} \left(\frac{R-m}{R} \right) \right]$$

Formula applies only when S is equal to or less than the length of the curve.

Graph applies only when the grade line is straight.

Design Speed (km/h)	Stopping Sight Distance (metres)	Intermediate Sight Distance (metres)
40	40	80
50	60	120
60	80	160
70	100	200
80	120	240
90	150	300
100	180	360
110	210	420
120	250	500



(2) การออกแบบแนวดิ่ง

(ก) หลักการออกแบบ

ในการกำหนดค่าระดับของถนนที่ออกแบบ ที่ปรึกษาจะพิจารณาตามระดับของสภาพภูมิประเทศเดิมเป็นหลัก และกำหนดให้สอดคล้องกับสภาพการระบายน้ำและน้ำเสีย ลักษณะทางอุทกวิทยา โดยจะประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับการพิจารณาในเรื่องต่อไปนี้

- ❑ ค่าความสูงสุทธิของช่องลอด
- ❑ สภาพดินและการทรุดตัวของคันทาง
- ❑ สภาพภูมิประเทศและสิ่งกีดขวาง
- ❑ ค่าลงทุนในการก่อสร้าง

โดยมีแนวทางในการออกแบบดังนี้

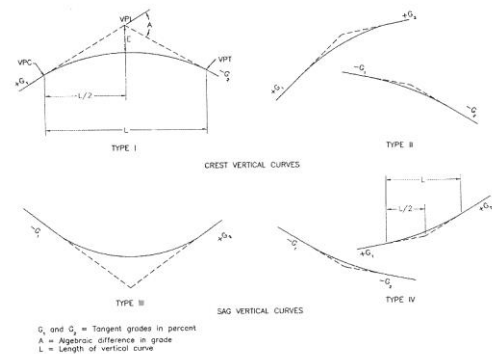
- ❑ ต้องเป็นไปตามมาตรฐานการออกแบบ
- ❑ ควรออกแบบระดับก่อสร้างให้ค่อยๆ เปลี่ยนไป โดยให้ความรู้สึกเป็นเส้นที่ต่อเนื่องกัน และให้ระดับก่อสร้างในแต่ละช่วงยาวที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ต้องคำนึงถึงระยะการไต่ลาดชันวิกฤต (Critical Length of Grade) ด้วย
- ❑ การปรับระดับก่อสร้างให้เข้ากับถนน ทางแยก สะพาน ที่ได้มาตรฐานแล้ว ควรให้มีระยะปรับระดับ (Transition) ยาวเพียงพอ
- ❑ ระยะมองเห็น (Sight Distance) ต้องมีระยะเพียงพอต่อการแซงรถและหยุดรถ (Passing and Stopping Sight Distance) ได้ด้วยความปลอดภัย
- ❑ ไม่ควรออกแบบให้มีระยะตรง (Tangent) ระหว่างสองโค้งที่อยู่ใกล้กันสั้นจนเกินไป

(ข) ลักษณะของโค้งแนวดิ่ง

โค้งแนวดิ่งจะเป็นโค้งชนิด Parabolic Vertical Curve ซึ่งจะเป็นโค้งที่ใช้เชื่อมความลาดชันที่ต่อเนื่องกันเข้าด้วยกัน โดยเป็นการค่อยๆ เปลี่ยนความลาดชันสำหรับกรณีที่มีความลาดชันตัดกันแล้ว ผลรวมทางพีชคณิตของความลาดชันทั้งสองไม่เกิน 0.3% ไม่จำเป็น ต้องใช้โค้งแนวดิ่ง ส่วนการวัดระยะทางในทางโค้งนั้น ให้วัดระยะทางไปตามระยะราบ

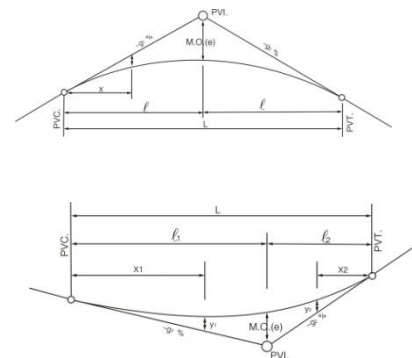
โค้งแนวตั้ง แบ่งตามลักษณะออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

- โค้งคว่ำ
(Crest Vertical Curve)
- โค้งหงาย
(Sag Vertical Curve)



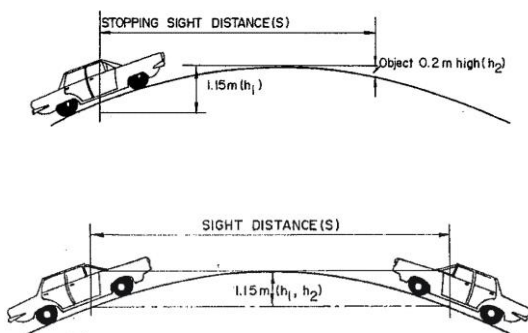
นอกจากนี้ยังแยกออกได้เป็น 2 ชนิด ตามความสมมาตร คือ

- โค้งสมมาตร (Symmetrical Curve) คือ
โค้งที่มีความยาวแต่ละข้างของจุดตัดโค้งตั้ง
เท่ากัน
- โค้งไม่สมมาตร (Unsymmetrical Curve)
คือโค้งที่มีความยาวแต่ละข้างของจุดตัด
โค้งตั้งไม่เท่ากัน โดยทั่วไปจะให้ความยาว
โค้งแต่ละข้างยาวไม่เกิน 2 เท่า



(ค) องค์ประกอบสำคัญในการออกแบบทางแนวตั้ง

- ระยะมองเห็น โดยแบ่งออกตามลักษณะของโค้งแนวตั้งคือ
 - ระยะมองเห็นบนโค้งคว่ำ (Sight Distance at Crest Vertical Curve)



ระยะมองเห็นสำหรับโค้งคว่ำจะมี 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 : ระยะมองเห็นในการหยุดรถโดยปลอดภัย (Stopping Sight Distance) กำหนดระดับสายตาสูงจากผิวถนน 1.15 เมตร ไปยังวัตถุสูง 0.20 เมตร และกรณีที่ 2 : ระยะมองเห็นเพื่อแซงขึ้นหน้า (Overtaking Sight Distance) และระยะมองเห็นปานกลาง (Intermediate Sight Distance) กำหนดความสูงของระดับสายตา 1.15 เมตร ไปยังวัตถุสูง 1.15 เมตรจากผิวถนน โดยแสดงความสัมพันธ์ของระยะมองเห็น กับความยาวของโค้งแนวตั้งและผลต่างพิกศณิตของความลาดชันได้ดังนี้

$$\text{กรณี } L > S : L = \frac{S^2 A}{200 (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})^2}$$

$$\text{กรณี } L < S : L = 2S - 200/A (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})^2$$

เมื่อ L = ความยาวโค้งแนวตั้ง, ม.
 S = ระยะมองเห็น, ม.
 A = ผลต่างพีชคณิตของความลาดชัน
 H_1 = ความสูงของระดับสายตา,ม.
 H_2 = ความสูงของวัตถุ, ม.

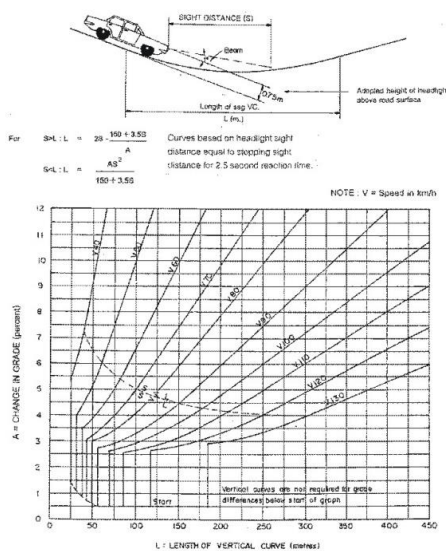
จะได้ระยะมองเห็นสำหรับโค้งคว่ำดังแสดงในตาราง

ตารางแสดงระยะมองเห็นบนโค้งคว่ำ

Design Speed (km/h)	Sight Distance (m)		
	Stopping	Intermediate	Overtaking
40	40	80	150
50	60	120	200
60	80	160	300
70	100	200	350
80	120	240	450
90	150	300	600
100	180	360	750
110	210	420	900
120	250	500	1,100

■ ระยะมองเห็นบนโค้งหงาย (Sight Distance at Sags Vertical Curve)

ในบริเวณโค้งตั้งที่เป็นแอ่งต้องออกแบบให้มีมาตรฐานความสะดวกสบาย หรือจัดให้มีระยะมองเห็นจากการฉายของไฟนํ้ารถเพียงพอ รูปข้างล่างนี้แสดงระยะทางการมองเห็นในการหยุดรถโดยปลอดภัยจากการฉายของไฟนํ้ารถบนโค้งทางตั้ง (โค้งหงาย) ในแต่ละความเร็วที่ใช้ออกแบบ



Stopping Sight Distance ที่เพียงพอและปลอดภัย ตามความเร็วที่สัมพันธ์กันกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบบนช่วงความลาดชัน โดยคำนวณได้จากสูตรและแสดงดังตารางข้างล่างนี้

$$d = V^2 / 254 (f + 0.01 G)$$

โดย d = ระยะหยุดรถ, เมตร

V = ความเร็วในการออกแบบ, กิโลเมตร/ชั่วโมง

F = สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน

G = ความลาดชัน (ทางขึ้น เป็น +, ทางลงเป็น -)

Metric							US Customary						
Design speed (km/h)	Stopping sight distance (m)						Design speed (mph)	Stopping sight distance (ft)					
	Downgrades			Upgrades				Downgrades			Upgrades		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%		3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18	15	80	82	85	75	74	73
30	32	35	35	31	30	29	20	116	120	126	109	107	104
40	50	50	53	45	44	43	25	158	165	173	147	143	140
50	66	70	74	61	59	58	30	205	215	227	200	184	179
60	87	92	97	80	77	75	35	257	271	287	237	229	222
70	110	116	124	100	97	93	40	315	333	354	289	278	269
80	136	144	154	123	118	114	45	378	400	427	344	331	320
90	164	174	187	148	141	136	50	446	474	507	405	388	375
100	194	207	223	174	167	160	55	520	553	593	469	450	433
110	227	243	262	203	194	186	60	598	638	686	538	515	495
120	263	281	304	234	223	214	65	682	728	785	612	584	561
130	302	323	350	267	254	243	70	771	825	891	690	658	631
							75	866	927	1003	772	736	704
							80	965	1035	1121	859	817	782

□ ความยาวโค้งแนวตั้ง

สำหรับการหาความยาวโค้งทางตั้ง หาได้จาก

$$L = KA$$

โดย K = Rate of Vertical Curvature (สรุปได้ดังตารางข้างล่าง)

L = ความยาวโค้งพาราโบลา

A = ค่าผลต่างทางพีชคณิตของความลาดชัน

Metric				US Customary			
Design speed (km/h)	Design stopping sight distance (m)	Rate of vertical curvature, K ^a (m/%)		Design speed (mph)	Design stopping sight distance (ft)	Rate of vertical curvature, K ^a (ft/%)	
		Crest	Sag			Crest	Sag
20	20	1	3	15	80	3	10
30	35	2	6	20	115	7	17
40	50	4	9	25	155	12	26
50	65	7	13	30	200	19	37
60	85	11	18	35	250	29	49
70	105	17	23	40	305	44	64
80	130	26	30	45	360	61	79
90	160	39	38	50	425	84	96
100	185	52	45	55	495	114	115
				60	570	151	136

^a Rate of vertical curvature, K, is the length of curve per percent algebraic difference in the intersecting grades; i.e., K = L/A (see Chapter 3 for details).

(3) รูปตัด (Cross Section)

การออกแบบรูปตัด ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง ยกตัวอย่างเช่น

- ☐ ชนิดของผิวทาง (Surface type)
- ☐ ความลาดชันด้านข้าง (Cross Slope)
- ☐ การเสียดทานของทาง (Skid Resistance)
- ☐ ความกว้างผิวจราจร (Lane Width)
- ☐ ไหล่ทาง (Shoulder)
- ☐ ระยะถึงอุปสรรค (Horizontal Clearance to Obstructions)
- ☐ ทางเท้า (Sidewalks)
- ☐ ระบายน้ำ (Drainage Channels and Side Slopes)
- ☐ ราวป้องกัน (Traffic Barrier)
- ☐ ราวกันตก (Bridge Railings)
- ☐ อุปกรณ์กันกระแทก (Crash Cushions)
- ☐ กำแพงกันเสียง (Noise Barrier)
- ☐ อื่นๆ ตามความจำเป็น

(4) ทางแยกต่างระดับ

(ก) หลักการออกแบบ

มีเป้าหมายในการออกแบบเพื่อลดความสับสนของการจราจรและลดอุบัติเหตุ บริเวณจุดแยก-รวมรถ โดยให้ผู้ขับขี่สามารถใช้ช่องทางได้อย่างถูกต้องสะดวก และปลอดภัย ซึ่งการจัดช่องทางแบบ Channelization ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนทิศทางของรถจะมีผลต่อการขับขี่เป็นอย่างมาก มีแนวทางในการออกแบบดังนี้

☐ ขนาดของช่องเลี้ยว

จะต้องออกแบบรัศมีโค้งให้เหมาะสม โดยรถที่ต้องการจะเลี้ยวต้องไม่มีการหยุดชะงัก การออกแบบช่องเลี้ยวจึงต้องกำหนดให้รถบรรทุกขนาด WB-15 สามารถเลี้ยวได้อย่างสะดวก ซึ่งจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของช่องทางได้ดี

❑ บริเวณแยกรถ (Exit Area)

จะต้องพิจารณาแยกรถที่จะเลี้ยวก่อนที่จะถึงจุดเลี้ยวเป็นระยะทางพอสมควร ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจร โดยจะออกแบบให้มีส่วนขยายช่อง (Taper) ที่รับกับรัศมีโค้ง อัตราส่วนที่ Taper Lane เหนือออกไปนี้ต้องไม่น้อยกว่า 1:20 ซึ่งหมายถึงจะเบนช่องจราจรออกไป 1.00 เมตร ทุกระยะความยาวตามถนน 20 เมตรหรือยาวกว่า ในกรณีที่รัศมีการเลี้ยวน้อยมากจนต้องมีการลดความเร็วลงมาก ก็จะมีช่องทางพิเศษลดความเร็ว (Deceleration Lane) เพิ่มเข้ามาด้วย เพื่อให้รถที่จะเลี้ยวหลบเข้าช่องทางพิเศษนี้ก่อน เป็นการหลีกเลี่ยงไม่ให้รถที่ตามมาเกิดการชนท้าย

❑ บริเวณรวมรถ (Entrance Area)

เป็นจุดหรือบริเวณที่รถเลี้ยวจะเข้าร่วมช่องทางกับรถทางตรง จะต้องมีการ Taper Lane เพื่อให้รถเลี้ยวเร่งความเร็วในการหาช่องว่างรวมเข้ากับรถทางตรงในลักษณะรวมตรง อัตราของ Taper จะใช้อัตราส่วนไม่น้อยกว่า 1:30 หรือปริมาณ 0.50 เมตรต่อวินาทีของความเร็วสูงสุดที่รถแล่นผ่าน ในการออกแบบจะพิจารณาความจำเป็นและประโยชน์ในการให้มีช่องทางพิเศษสำหรับเร่งความเร็วรถ (Acceleration Lane) ด้วยเช่นกัน

❑ บริเวณกระแสจราจรตัดกัน (Weaving Section)

บริเวณกระแสจราจรตัดกันเป็นส่วนของทางที่เป็นรูปแบบที่ทำให้มีการจราจรเข้าและออกจากจุดแยกที่ติดกันในทางที่รถแล่นตัดผ่านกันและกัน ใช้สำหรับการใช้รถใช้ถนนสลับช่องทางกัน คือ ให้รถจากช่องซ้ายไปช่องขวาหรือให้รถจากช่องขวาไปช่องซ้าย ซึ่งอาจมีการจัดกระแสจราจรได้หลายช่องทางที่ปรึกษาจะคำนวณหาระยะที่ปลอดภัย และมีความจุที่เหมาะสมกับระยะ Weaving

❑ การเบนแนวถนน (Lane Balance)

ในการพิจารณาเบนแนวถนนและเพิ่ม/ลดช่องทาง รวมทั้งอัตราเพิ่ม/ลดช่องทางนั้นจะมีการพิจารณาลำดับกับบริเวณรวมรถและแยกรถ สิ่งที่จะต้องระวังคือการลดช่องทาง (Lane Drop) จะต้องดำเนินการในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป และจะลดช่องทางครั้งละหนึ่งช่องเท่านั้น

(ข) ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ (Design Speed)

โดยทั่วไปความเร็วในการขับรถจะขึ้นอยู่กับหลักการพิจารณา 5 ประการ คือ

- ☐ การตัดสินใจของผู้ขับขี่เพื่อถึงจุดประสงค์ในทางเข้า-ออก
- ☐ ลักษณะของทางก่อนเข้าทางแยกต่างระดับ
- ☐ สภาพจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับ
- ☐ การจำกัดความเร็วเนื่องจากรูปแบบทางเรขาคณิต
- ☐ ความเร็วก่อนเข้าพื้นที่ของทางแยกต่างระดับโดยพิจารณาจากสภาพแวดล้อม

(ค) ระดับการให้บริการ (Level of Service)

เป้าหมายของทางแยกต่างระดับทั้งหมดควรจะรักษาระดับของการให้บริการ สำหรับแต่ละ Movement ที่ผ่านทางแยกต่างระดับ ลักษณะการควบคุมแต่ละส่วนจะแปรผันตรงกับการพิจารณาด้านเรขาคณิตและอื่นๆ คือ

- ☐ ช่องจราจรลดและเร่งความเร็ว
- ☐ พื้นที่การรวมและการกระจายช่องจราจร
- ☐ ทางขึ้น-ลง และทางเวียน
- ☐ บริเวณกระแสจราจรตัดกันระหว่างทางขึ้น-ลง
- ☐ ปลายสุดของทางขึ้น-ลง

จุดวิกฤตที่สุดสำหรับการวิเคราะห์สถานะการควบคุมทางแยก คือ จุดเริ่มของการกระจายสู่ทางลง และจุดปลายของการรวมสู่ทางขึ้น การจราจรที่ใช้ส่วนของทางเข้า-ออกจะต้องสามารถควบคุมระดับการให้บริการที่ดีโดยปราศจากการลดระดับการให้บริการตามการออกแบบ การวิเคราะห์ความจุของทางขึ้น-ลง และบริเวณกระแสจราจรตัดกันจะตั้งอยู่บนพื้นฐานของ Highway Capacity Manual (HCM) และ Computer Software ซึ่งคือ Highway Capacity Software (HCS) ซึ่งพัฒนาโดย Department of Transportation ของสหรัฐอเมริกา

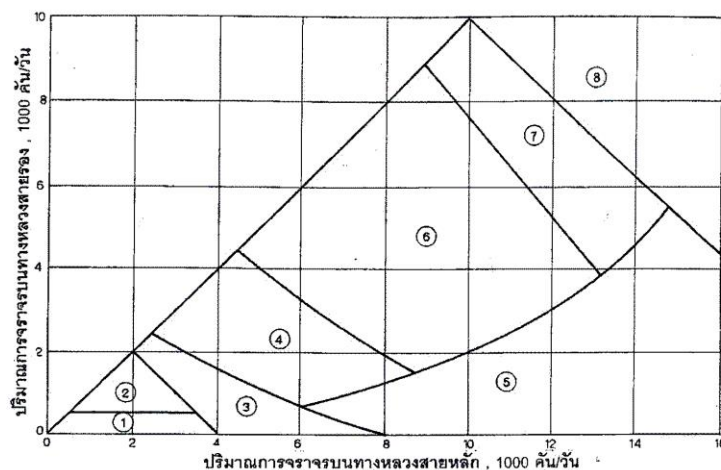
6.1.1.2 หลักการออกแบบด้านงานทางสำหรับถนนระดับดิน

โดยทั่วไปสิ่งที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการออกแบบระบบถนนย่อย (Minor Road System) ประกอบด้วย

- ❑ ความสัมพันธ์ของแนวและระดับถนน
- ❑ การควบคุมแนวเขตทาง รวมทั้งความต้องการทางร่วม-ทางแยก
- ❑ องค์ประกอบทางภูมิศาสตร์และสิ่งแวดล้อม
- ❑ ตำแหน่งของสาธารณูปโภคหลัก

สำหรับโครงการนี้ อาจจำเป็นต้องก่อสร้างถนนหลักขึ้นมาใหม่ หรือปรับปรุงถนนเดิม ได้แก่ ถนนกำแพงเพชร 2 ซึ่งในปัจจุบันมีแนวเส้นทางที่ดีอยู่แล้ว เพียงแต่การก่อสร้างในโครงการนี้ อาจทำให้ต้องปรับปรุงแบบถนน และถนนอาจเกิดการชำรุดเสียหายจากการก่อสร้างได้ ซึ่งที่ปรึกษาจะออกแบบใหม่ให้มีช่องทางการจราจรไม่น้อยไปกว่าเดิม นอกจากนี้อาจมีถนนหลักหรือถนนซอยอื่นๆ ที่เป็นถนนเดิมและอาจต้องสร้างใหม่ในโครงการ ดังนั้นจะเกิดทางแยกระดับดินขึ้นได้

ทางแยกที่มีปริมาณจราจรไม่สูงนัก ที่ปรึกษาจะออกแบบเป็นทางแยกระดับดิน (At-Grade Intersection) และมีการจัดช่องแบ่งทิศทางจราจร (Channelization) โดยจะพิจารณาติดตั้งไฟสัญญาณจราจรในกรณีที่มีความจำเป็น ข้อพิจารณาที่ใช้ในการออกแบบทางแยกแสดงไว้ในรูป



หมายเหตุ :

- ① ทางแยกแบบธรรมดาไม่มีการควบคุม (Simple Uncontrolled Intersections)
- ② ทางแยกที่มีการแบ่งช่องทาง โดยมีเกาะบนถนนสายรอง (Partially Channelized Intersection with Islands on the Secondary Roadway)
- ③ ทางแยกที่มีการแบ่งช่องทาง โดยมีเกาะบนถนนทั้งสองเส้น และถนนสายหลักขยายออก (Channelized Intersection with Islands on Both Roads and the Major Road Flared)
- ④ ทางแยกวงเวียนโดยมีวงเวียนขนาดเล็ก และกลาง และวงเวียนขนาดใหญ่เมื่อมีแยก 5 ขา หรือมากกว่า (Rotary Intersections Having Low and Medium Size Circles and Large Size Circles For Five and More Intersection Legs)
- ⑤ วงเวียนรูปวงรีเพื่อส่งเสริมการจราจรสายหลัก และเป็นระยะแรกของโครงสร้างแยกระดับ (Rotaries with and Elliptic Layout to Favor the Major Movements, Also as the First Stage of Grade Separation Structures)
- ⑥ วงเวียนมีวงเวียนขนาดเล็กแยกระดับ (Rotaries with Small Size Circles, Grade Separations)
- ⑦ แยกระดับก่อสร้างเป็นขั้นตอน (Grade Separations Built in Stages)
- ⑧ แยกระดับ (Grade Separations)

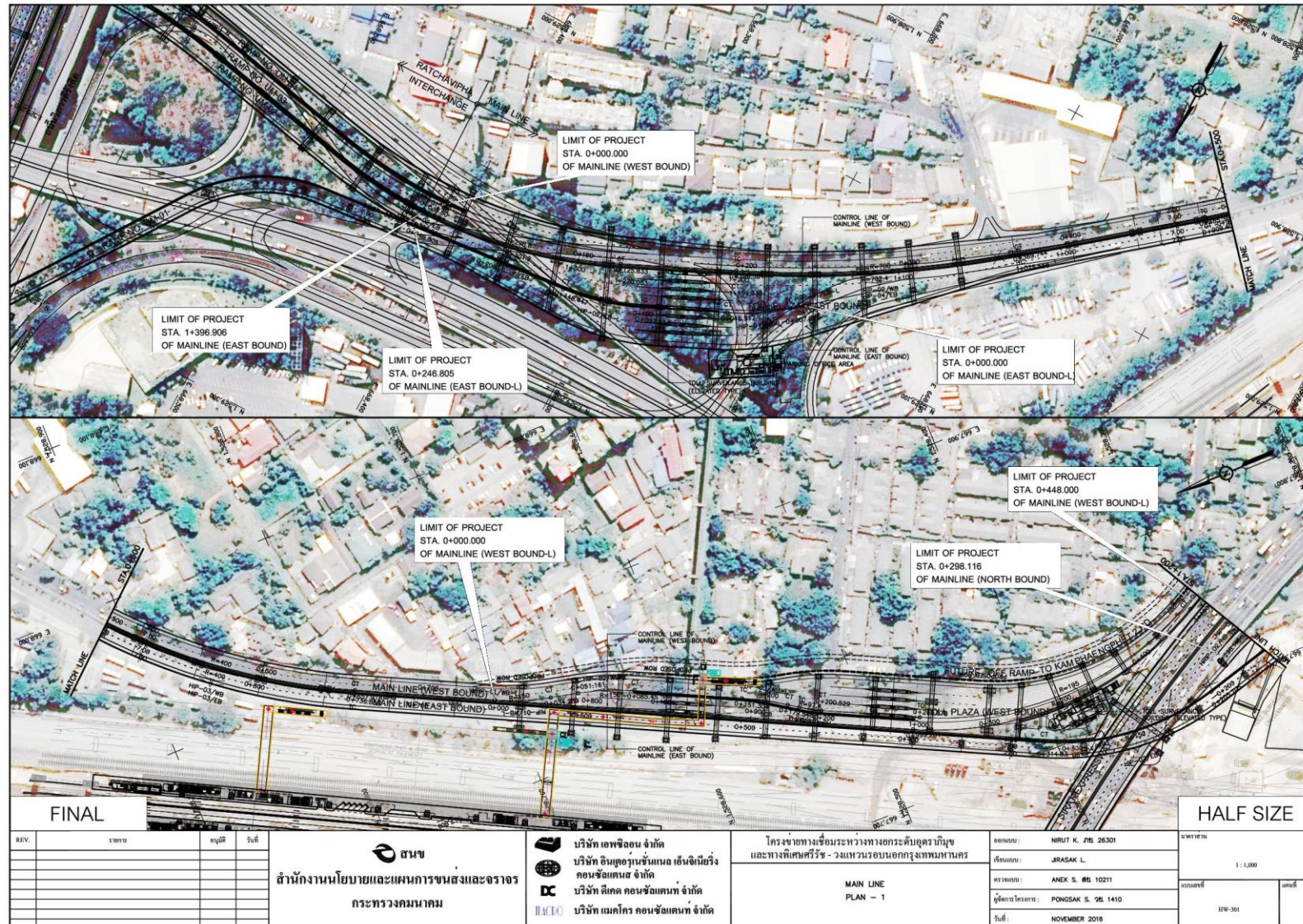
6.1.1.3 ผลการออกแบบด้านงานทาง

จากผลการศึกษาคัดเลือกแนวสายทางและทางแยกต่างระดับดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3 สรุปได้ว่าแนวเส้นทางโครงการที่เหมาะสม คือแนวเส้นทางเลือกที่ 1 ซึ่งมีจุดเริ่มต้นที่ทางแยกต่างระดับรัชวิภา วางตัวตามแนวนนกำแพงเพชร 2 จากนั้นยกตัวข้ามทางยกระดับศรีรัชแล้วเข้าบรรจบกับทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร บริเวณศูนย์ซ่อมบำรุงรถไฟฟ้าชานเมือง (EMU's DEPOT) ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดง (บางซื่อ-รังสิต) โดยมีรูปแบบเป็นทางยกระดับทั้งหมด

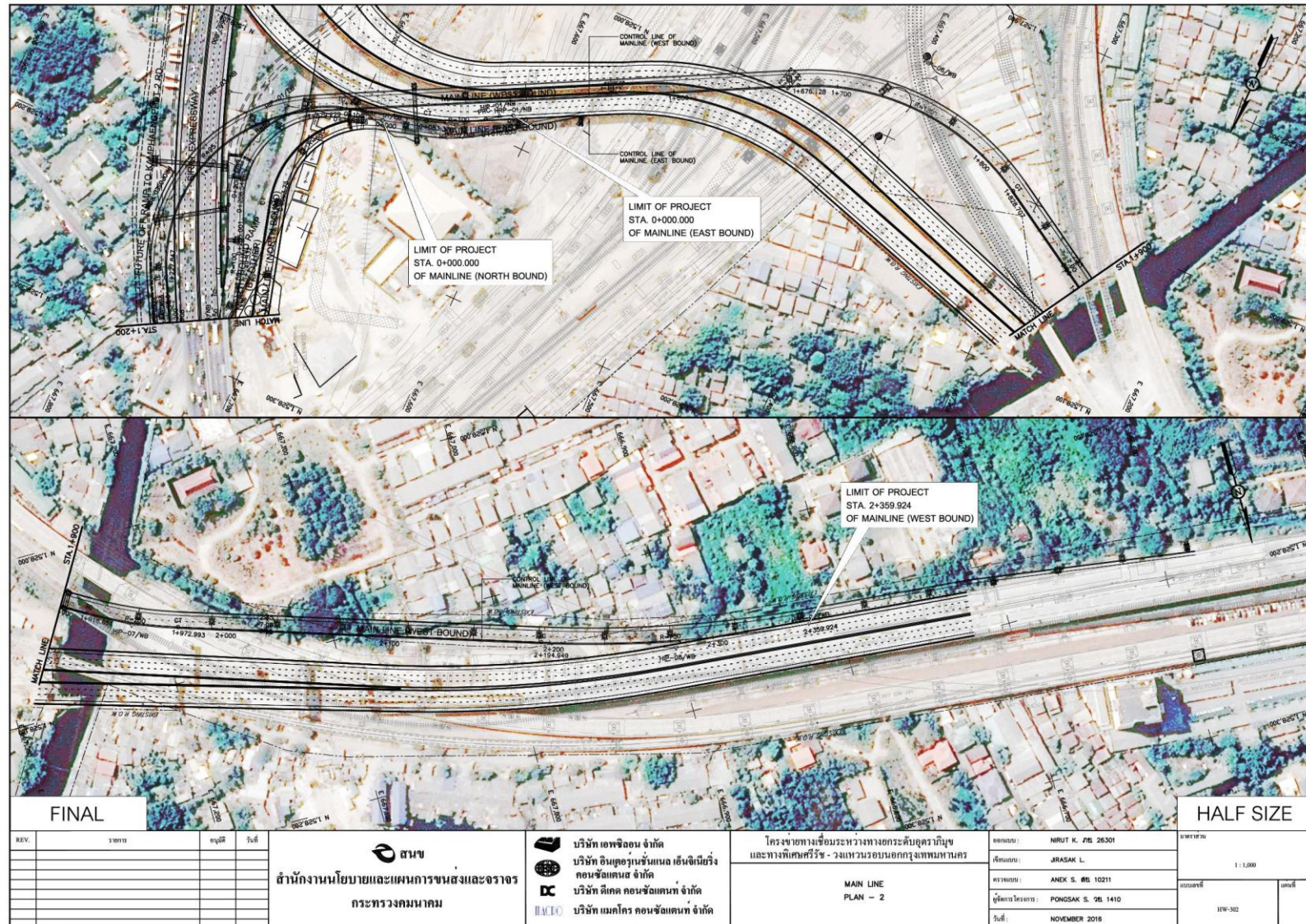
ทางสายประธานจะมีขนาด 4 ช่องจราจร ไป-กลับ แต่ละทิศทางมีขนาด 2 ช่องจราจร ความกว้างช่องละ 3.50 เมตร ไหล่ทางด้านขวากว้าง 0.50 เมตร ไหล่ทางด้านซ้ายกว้าง 2.00 เมตร ราวกันชน (Parapet) ทั้ง 2 ข้าง กว้าง 0.45 เมตร รวมความกว้างโครงสร้างแต่ละทิศทางเท่ากับ 10.40 เมตร ความยาวของทางสายประธาน ในทิศทางจากทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ มุ่งหน้าทางยกระดับอุตราภิมุข (East Bound) เท่ากับ 1,397 เมตร มีด่านเก็บค่าผ่านทางก่อนเข้าระบบทางยกระดับอุตราภิมุข ขนาด 8 Booth โดยแยกเป็นทิศทางมุ่งหน้าดอนเมือง 4 Booth และทิศทางมุ่งหน้าดินแดง 4 Booth พร้อม Toll Surveillance Buiding แบบ Elevated Type 2 ชั้น 1 หลัง ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่จัดสวนของทางแยกต่างระดับรัชวิภา ก่อนบรรจบกับถนนวิภาวดีรังสิต ทั้งนี้ บริเวณจุดเริ่มแยกออกจากทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ ที่ปรึกษาได้ออกแบบโดยใช้โครงสร้างร่วมกับทางเชื่อมจากทางพิเศษสายศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ ไปยังทางพิเศษศรีรัชด้านทิศเหนือ (มุ่งหน้าแจ้งวัฒนะ) ขนาด 2 ช่องจราจร ความกว้างโครงสร้าง 10.40 เมตร เช่นเดียวกับสายประธาน มีความยาวเท่ากับ 298 เมตร ซึ่งใช้โครงสร้างร่วมกับสายประธาน (East Bound) ความยาวเท่ากับ 143 เมตร ส่วนทางสายประธานในทิศจากทางยกระดับอุตราภิมุขมุ่งหน้าทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ (West Bound) มีความยาวเท่ากับ 2,280 เมตร มีด่านเก็บค่าผ่านทางก่อนเข้าระบบทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ ขนาด 6 Booth แบบ Staggle Type พร้อม Toll Surveillance Buiding แบบ Elevated Type 2 ชั้น 1 หลัง ตั้งอยู่เหนือถนนกำแพงเพชร 2 ในบริเวณใกล้เคียงกับสถานีจัตุจักรของโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดง

สำหรับทางแยกต่างระดับที่เหมาะสมบริเวณจุดต้นทางโครงการ (บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา) คือรูปแบบทางเลือกที่ 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นทางแยกต่างระดับแบบ Trumpet Type ขนาด 2 ช่องจราจรต่อทิศทาง แต่ละทิศทางมีขนาด 2 ช่องจราจร ความกว้างช่องละ 3.50 เมตร ไหล่ทางด้านขวากว้าง 0.50 เมตร ไหล่ทางด้านซ้ายกว้าง 2.00 เมตร ขอบราวกันชน (Parapet) ทั้ง 2 ข้าง กว้าง 0.45 เมตร รวมความกว้างโครงสร้างแต่ละทิศทางเท่ากับ 10.40 เมตรเช่นเดียวกับทางสายประธาน

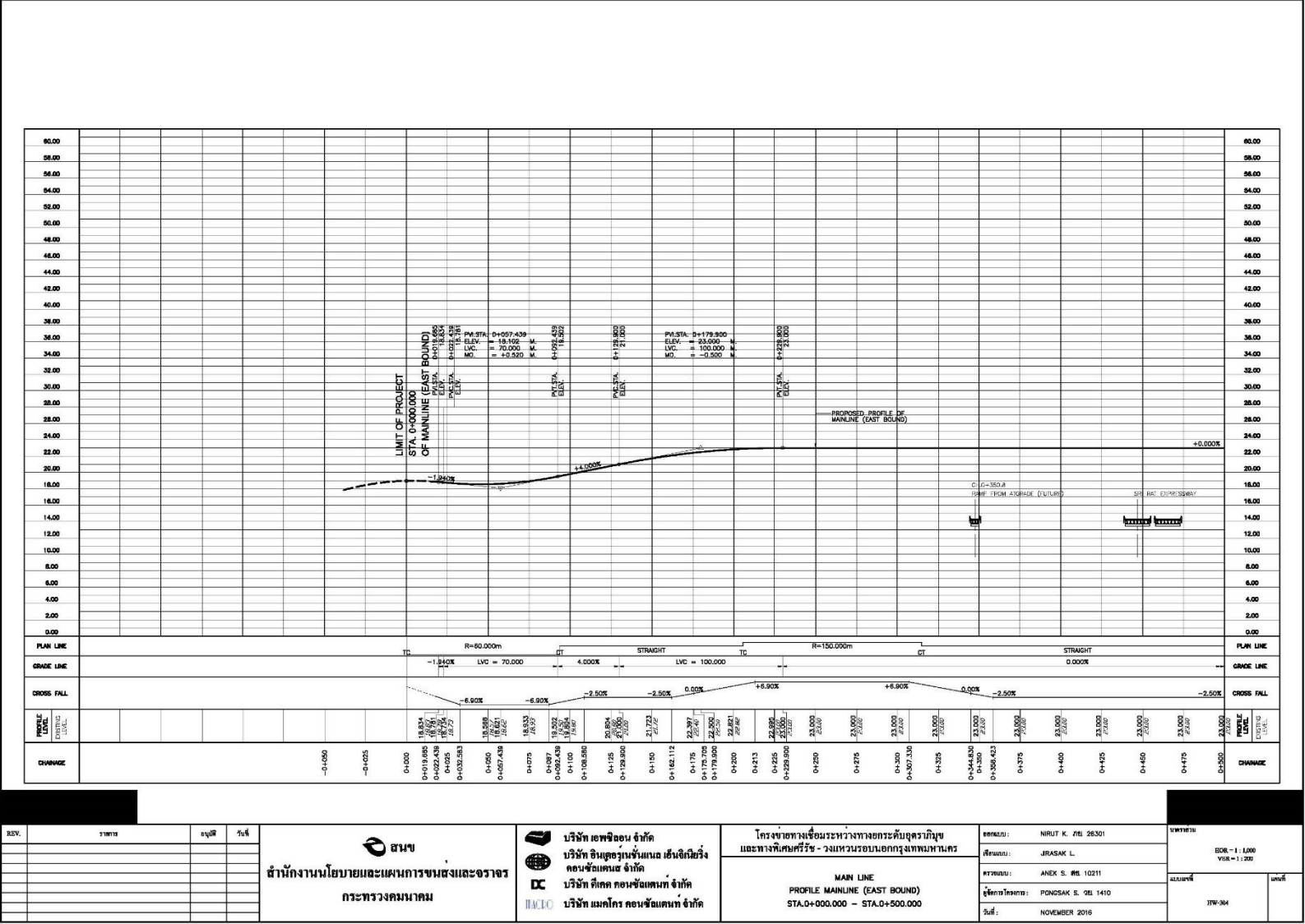
ตัวอย่างของร่างแบบรายละเอียดด้านงานทาง แสดงในรูปที่ 6.1-1 ถึง รูปที่ 6.1-4



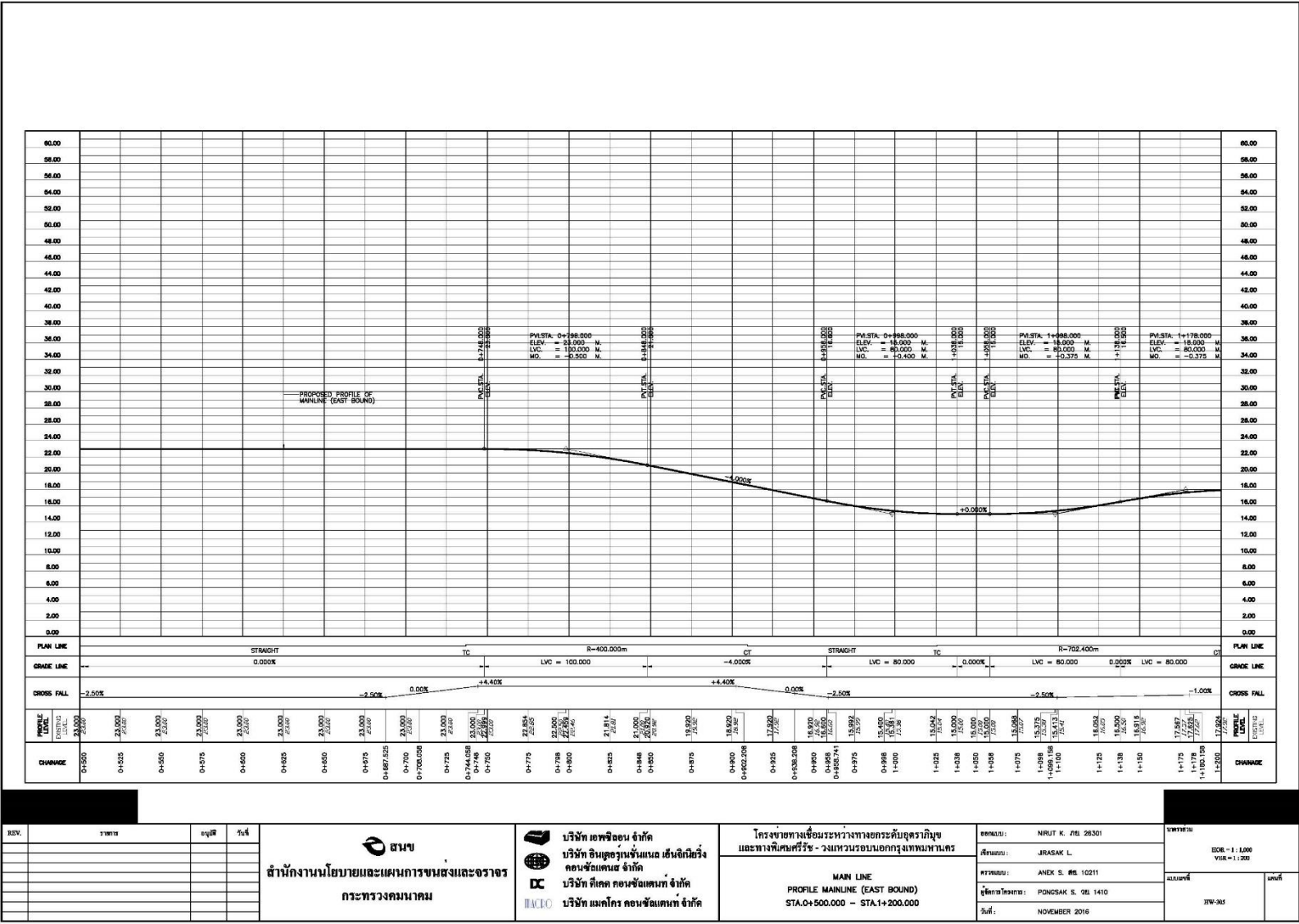
รูปที่ 6.1-1 ผังแนวเส้นทางโครงการ



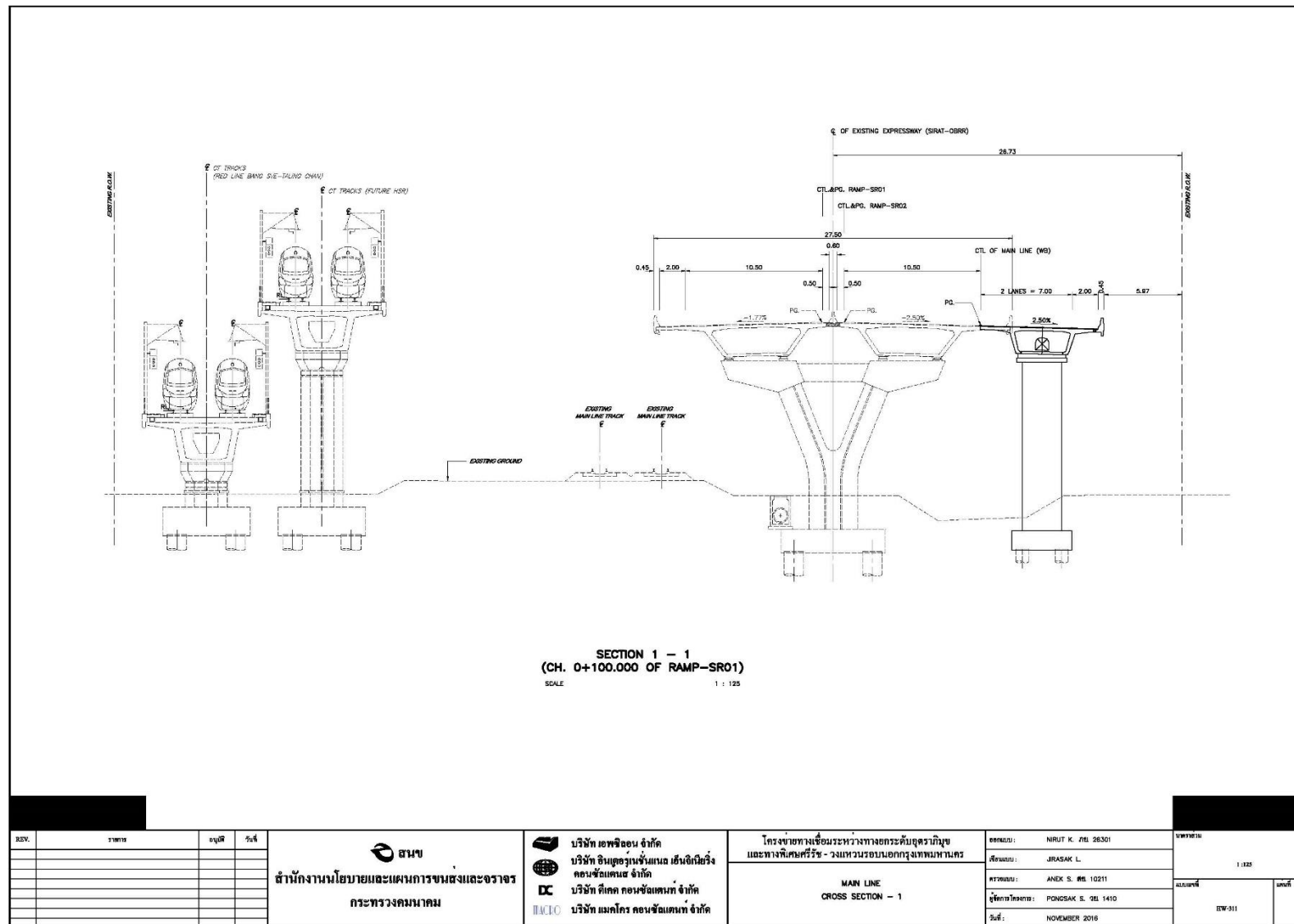
รูปที่ 6.1-2 แพลนทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง (บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา)



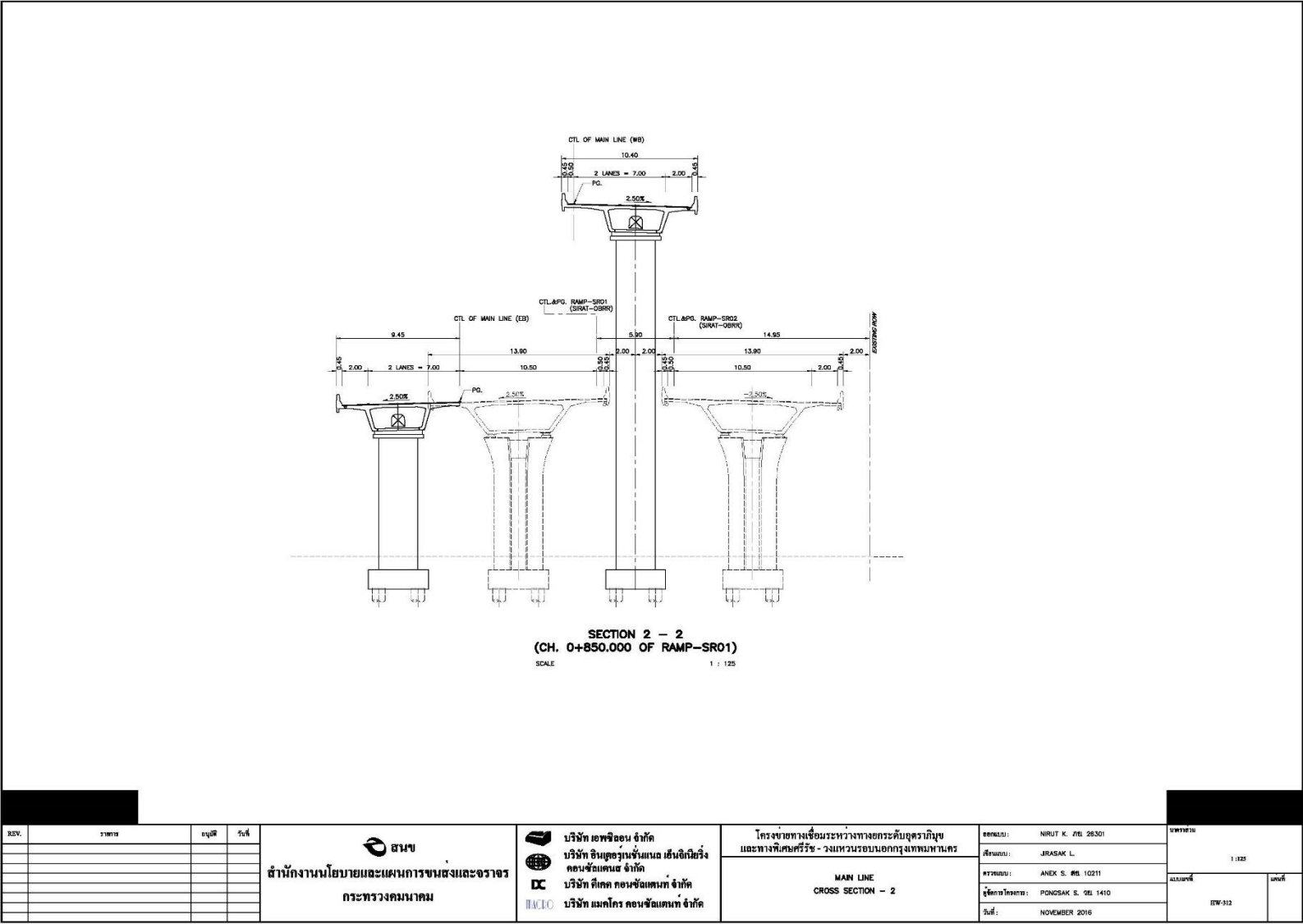
รูปที่ 6.1-3 รูปตัดตามยาวของทางพิเศษ



รูปที่ 6.1-3 (ต่อ) รูปตัดตามยาวของทางพิเศษ



รูปที่ 6.1-4 รูปตัดตามขวางของทางพิเศษ



รูปที่ 6.1-4 (ต่อ) รูปตัดตามขวางของทางพิเศษ

6.1.2 งานออกแบบโครงสร้างและฐานราก

โครงสร้างทางพิเศษได้ถูกออกแบบให้สามารถรับน้ำหนักและแรงกระทำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้าง โดยมีรูปแบบโครงสร้างที่สอดคล้องกับรูปแบบงานทางและสภาพพื้นที่ซึ่งมีข้อจำกัดต่าง ๆ นอกจากนี้ในการออกแบบยังได้พิจารณาถึงรูปลักษณะของโครงสร้าง รวมถึงเทคนิคการก่อสร้างเพื่อให้โครงสร้างและองค์อาคารต่าง ๆ มีความเหมาะสม สวยงาม ทนสมัย และสอดคล้องกลมกลืนกับสถานที่ตั้งและสภาพภูมิประเทศ อีกทั้งต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการในแง่ของความประหยัด ความเหมาะสมในการก่อสร้าง รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการใช้งานที่ดี

6.1.2.1 มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

การออกแบบโครงสร้างสะพาน โครงสร้างทางแยกต่างระดับ เป็นไปตามมาตรฐานต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ❑ AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 4th Edition (2007) และปรับปรุงตามมาตรฐานฉบับ 6th Edition (2012)
- ❑ AASHTO Guide Specifications for Design Construction of Segmental Concrete Bridges, 2nd Edition 1999, 2003 interim.
- ❑ AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition 2011.
- ❑ AASHTO Standard Specification for Highway Bridges, 17th Edition 2002.
- ❑ CEB-FIP Model Code for concrete structure, 1990.
- ❑ ACI 318-11, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary (ACI 318R-11)
- ❑ AISC American Institute of Steel Construction, Manual of Steel Construction, 9th Edition 1999.
- ❑ Prestressed Concrete Institute, PCI Design Handbook
- ❑ The Engineering Institute of Thailand under H.M. the King's Patronage

6.1.2.2 น้ำหนักบรรทุกและแรงกระทำต่อโครงสร้าง

โครงสร้างสะพานและโครงสร้างทางแยกต่างระดับ จะต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกและแรงต่างๆ ได้ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ ดังต่อไปนี้

(1) น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load)

น้ำหนักบรรทุกคงที่ประกอบด้วย น้ำหนักทั้งหมดของโครงสร้าง รวมถึงน้ำหนักผิวจราจรทางเท้า ท่อหรือท่อร้อยสาย และสาธารณูปโภคอื่นๆ ที่เกาะติดกับโครงสร้างนั้น น้ำหนักต่อหน่วยกำหนดไว้ดังนี้

ชนิดน้ำหนัก	น้ำหนักต่อหน่วย (ตัน/ม ³)
คอนกรีตเสริมเหล็ก	2.40
คอนกรีตอัดแรง	2.50
เหล็ก ยกเว้นเหล็กหล่อ	7.85
เหล็กหล่อ	7.20
ดิน ทราย และกรวด	1.80
ดิน ทราย และกรวด บดอัด	1.60
ผิวแอสฟัลท์คอนกรีต และที่คล้ายคลึงกัน	2.20

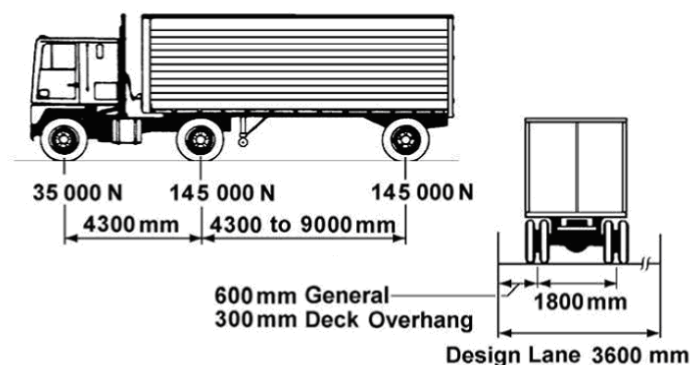
(2) น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load)

น้ำหนักบรรทุกจรประกอบด้วย น้ำหนักของรถที่วิ่งบนโครงสร้าง คนเดินเท้า น้ำหนักส่วนเพิ่ม (Surcharge) ซึ่งน้ำหนักบรรทุกจรที่ใช้ออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

- ❑ พื้นทางเท้า คาน และโครงสร้างรองรับ คำนวณน้ำหนักบรรทุกจร 0.40 ตัน/ตร.ม. ของผิวทางเท้า
- ❑ ราวสะพาน (Parapet) และกำแพงกัน (Barrier Wall) ออกแบบโดยพิจารณาแรงกระแทกตามขวางขนาด 7.5 ตัน กระทำที่ระดับความสูงจากผิวถนน 0.8 เมตร และให้แรงดังกล่าวกระจายไปตามยาวราวสะพาน หรือกำแพงกัน 1.5 เมตร
- ❑ น้ำหนักสมทบ (Surcharge Load) ที่กระทบต่อฐานรากเนื่องจากรถบรรทุกหรือรถไฟ จะนำมาพิจารณาเป็นแรงกระทำบนฐานรากเท่ากับ 1.0 และ 5.0 ตัน/ตรม. สำหรับบรรทุกและรถไฟตามลำดับ
- ❑ โครงสร้างสะพาน ทั้งหมดรวมถึงฐานราก ต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรต่อช่องจราจรได้ดังต่อไปนี้
 - น้ำหนักบรรทุกจรตามมาตรฐาน AASHTO LRFD HL-93 ประกอบด้วย Design Truck, Design Tandem และ Design Lane Load โดย Design Lane มีความกว้างเท่ากับ 3 เมตร ดังนี้

Design

Truck HL-93



มี 3 เพลา ระยะห่างระหว่างเพลาหลังจะมีค่าระหว่าง 4.3 - 9.0 เมตร เพื่อให้ได้แรงที่มากที่สุด มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 325 kN หรือ 33.13 ตัน

Design

Tandem

มี 2 เพลา น้ำหนักเพลาละ 110 kN ระยะห่างระหว่างเพลาเท่ากับ 1.2 เมตร ระยะห่างระหว่างล้อเท่ากับ 1.80 เมตร น้ำหนักรวมเท่ากับ 220 kN หรือ 22.43 ตัน

Design

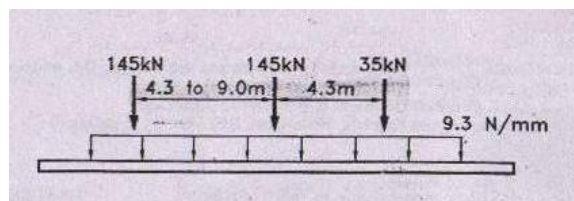
Lane Load

น้ำหนักบรรทุกทุกแบบแผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอตามความยาวสะพาน ขนาด 9.3 N/mm โดยแผ่กระจายเต็มความกว้าง 3.00 เมตรของ Design Lane

โดยพิจารณาน้ำหนักบรรทุกตามมาตรฐาน AASHTO LRFD เป็น 2 กรณีคือ

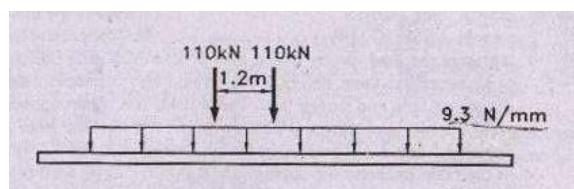
1. Design Truck รวมกับ

Design Lane Load

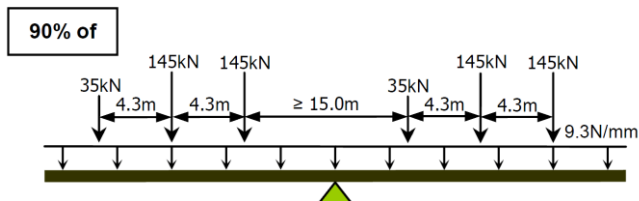


2. Design Tandem รวมกับ

Design Lane Load



สำหรับการพิจารณา
โมเมนต์ลบและแรงกดบน
เสาตอม่อใช้ 90% ของ
Design Truck 2 คัน
ร่วมกับ Design Lane
Load



(3) แรงกระแทก (Dynamic Load Allowance)

แรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกทุกจรจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการกระแทก การสั่นสะเทือน และการเคลื่อนที่ ในการออกแบบจะใช้ค่าตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน AASHTO LRFD คือ

- ❑ โครงสร้างรอยต่อพื้น (Deck Joint) คิดแรงกระแทก 75%
- ❑ ชั้นส่วนโครงสร้างอื่น ๆ คิดแรงกระแทก 33%

โดยชั้นส่วนโครงสร้างจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่คิดแรงกระแทก	กลุ่มไม่คิดแรงกระแทก
■ โครงสร้างส่วนบน ประกอบด้วย เสารองรับ กำแพงของโครงสร้างคอสะพาน ■ ส่วนของเสาหรือเสาเข็มที่อยู่เหนือดิน ซึ่งต่อเชื่อมกับโครงสร้างส่วนบนอย่างมั่นคง เช่น โครงข้อแข็ง (Rigid Frame) หรือโครงสร้างต่อเนื่อง	■ ตอม่อสะพานและคอสะพาน กำแพงกันดิน เสาเข็ม ยกเว้นที่ระบุไว้ในกลุ่มแรก ■ แรงดันฐานราก และตัวฐานราก (Footing) ■ ท่อระบายน้ำ และโครงสร้างซึ่งมีดินกลบด้านบนมากกว่า 0.90 เมตร ■ น้ำหนักจรทางเท้า

(4) แรงเนื่องจากการหยุดรถ (Braking Force)

ในการออกแบบจะพิจารณาให้โครงสร้างสามารถรับแรงเนื่องจากการหยุดรถ โดยคิดจากค่าที่มากที่สุดของ

- ❑ 25% ของน้ำหนักบรรทุกทุกแบบ Design Truck หรือ Design Tandem
- ❑ 5% ของน้ำหนักบรรทุกทุกแบบ Design Truck ร่วมกับ Design Lane Load
- ❑ 5% ของน้ำหนักบรรทุกทุกแบบ Design Tandem ร่วมกับ Design Lane Load

แรงเนื่องจากการหยุดรถกระทำตามแนวราบที่ระยะ 1.80 เมตร เหนือผิวบนของโครงสร้างตามแนวยาวและให้แรงดังกล่าวนี้กระจายลงสู่โครงสร้างส่วนล่าง

(5) แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force)

โครงสร้างที่อยู่ในทางโค้งจะมีแรงหนีศูนย์กลางเกิดขึ้น โดยจะพิจารณาในอัตราส่วนของน้ำหนักบรรทุกทุกจร (ไม่ต้องพิจารณาแรงกระแทก) กระทำในทุกช่องจราจร แรงดังกล่าวจะคำนวณตามมาตรฐาน AASHTO ดังต่อไปนี้

$$C = \frac{4}{3} \frac{v^2}{gR}$$

โดยที่ v เท่ากับ ความเร็วที่ใช้ออกแบบ (เมตร/วินาที)
 g เท่ากับ 9.807 เมตร/วินาที²
 R รัศมีความโค้ง (เมตร)

(6) แรงลม (Wind Load)

แรงดันลมที่กระทำต่อโครงสร้างในการออกแบบ โดยความเร็วลมพื้นฐาน (Base wind velocity) คือ 160 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งแรงลมจะกระจายบนพื้นที่ตามขวางของโครงสร้าง นอกจากนี้ยังมีแรงดันลมที่กระทำกับยานพาหนะ ขนาดและวิธีคิดแรงลมที่ใช้ในการออกแบบนี้จะปฏิบัติตามมาตรฐาน AASHTO LRFD

(7) แรงเนื่องจากอุณหภูมิ (Thermal Force)

แรงที่เกิดจากการขยายตัวและหดตัวของโครงสร้างสะพาน อันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง สำหรับโครงสร้างสะพานคอนกรีตมีค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

☐ อุณหภูมิ สูงขึ้น	15	องศาเซลเซียส
☐ อุณหภูมิ ลดลง	20	องศาเซลเซียส
☐ สัมประสิทธิ์การขยายตัวและหดตัว	10.8×10^{-6}	ต่อองศาเซลเซียส

(8) แรงเนื่องจากแผ่นดินไหว (Earthquake)

การออกแบบเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหวจะปฏิบัติตามมาตรฐาน AASHTO LRFD เป็นหลัก การคำนวณแรงแผ่นดินไหวทำโดยวิธี Uniform load ตามที่ระบุไว้ใน AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design, 2nd Edition, 2011 (Article C5.4.2) และใช้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบสำหรับพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพฯ ตาม มยผ. 1302 มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ของกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

(9) ผลของการทรุดตัวที่ต่างกัน (Differential Settlement)

การทรุดตัวที่ต่างกันระหว่างจุดรองรับในโครงสร้างจะถูกนำมาพิจารณาในการออกแบบ โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ทางปฐพีกลศาสตร์มาทำการคำนวณหาค่าการทรุดตัว โดยค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ในการออกแบบโครงสร้างสะพานทั่วไปจะต้องไม่เกิน

1/1,000 ของช่วงความยาว หรือไม่เกิน 50 มม. ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าการทรุดตัวของจุดรองรับโครงสร้างในระยะยาว สำหรับโครงสร้างสะพานต่อเนื่อง ค่าการทรุดตัวที่ยอมให้ระหว่างเสาต่อม่อสองต้นจะต้องไม่เกิน 0.40 มม.ต่อ 1 เมตรของระยะช่วงสะพาน หรือไม่เกิน 25 มม.

(10) แรงกระทำอื่นๆ

แรงกระทำอื่นๆ นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในหัวข้อนี้ จะใช้ตามมาตรฐาน AASHTO LRFD Bridge Design Specifications เป็นหลัก และ/หรือมาตรฐานอื่นตามที่ ระบุไว้ในกรณีที่เหมาะสม

6.1.2.3 หลักเกณฑ์ในการออกแบบ

(1) ทัวไป

การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตจะทำได้โดยวิธี LRFD หรือวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก (Load and Resistance Factor Design) ตามมาตรฐาน AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 4th Edition, 2007 เป็นหลัก และการออกแบบโครงสร้างเหล็กจะทำได้โดยวิธี Allowable Stress Design (ASD) ตามมาตรฐาน AISI สำหรับสภาวะการออกแบบโดยวิธี LRFD นี้มีที่มาจากเรื่อง สภาวะจำกัด (Limit State) ของโครงสร้าง ที่ประกอบด้วย 2 สภาวะหลักคือ สภาวะจำกัดใช้งาน (Service Limit State) และสภาวะจำกัดกำลัง (Strength Limit State) โดยการใช้ตัวคูณเพื่อปรับทั้งความต้านทานและน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้าง ประกอบด้วย

- ❑ ตัวคูณความต้านทาน (Resistance factor, ϕ) จะขึ้นอยู่กับความเสี่ยงต่อการวิบัติและความรุนแรงของการวิบัติขององค์อาคาร เมื่อรับแรงกระทำแบบต่างๆ ความไม่แน่นอนของคุณภาพของเหล็กและการก่อสร้าง รวมทั้งความแตกต่างระหว่างแบบจำลองในการวิเคราะห์และโครงสร้างจริง เป็นต้น ค่าของตัวคูณความต้านทานจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.0
- ❑ ตัวคูณน้ำหนักบรรทุก (Load factor, γ) ขึ้นอยู่กับความไม่แน่นอนของน้ำหนักบรรทุก แต่ละชนิด ความแม่นยำในการกำหนดค่าน้ำหนักบรรทุก เป็นต้น ค่าของตัวคูณน้ำหนักบรรทุกจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.0
- ❑ ตัวคูณปรับแก้น้ำหนักบรรทุก (Load modifier, η) เป็นตัวคูณซึ่งจะพิจารณาผลของความเหนียว (Ductility) η_D แรงส่วนเกิน (Redundancy) η_R และ ความสำคัญของการใช้งาน (Operational Importance) η_I โดยที่ $\eta = \eta_D \eta_R \eta_I \geq 0.95$

โดยเงื่อนไขการออกแบบโดยวิธี LRFD เป็นดังนี้

$$\eta \sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n$$

เมื่อ Q_i คือ น้ำหนักบรรทุกหรือแรงต่างๆ และ เมื่อ R_n คือ กำลังต้านทานขององค์อาคาร

(2) ตัวคูณน้ำหนักบรรทุก (Load Factor)

ค่าตัวคูณน้ำหนักบรรทุก γ ตามที่กำหนดในมาตรฐาน AASHTO LRFD (2007) เป็นดังนี้

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag		Load Factor	
		Maximum	Minimum
DC: Component and Attachments		1.25	0.90
DC: Strength IV only		1.50	0.90
DD: Downdrag	Piles, α Tomlinson Method	1.4	0.25
	Piles, λ Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (1999) Method	1.25	0.35
DW: Wearing Surfaces and Utilities		1.50	0.65
EH: Horizontal Earth Pressure			
• Active		1.50	0.90
• At-Rest		1.35	0.90
• AEP for anchored walls		1.35	N/A
EL: Locked-in Erection Stresses		1.00	1.00
EV: Vertical Earth Pressure			
• Overall Stability		1.00	N/A
• Retaining Walls and Abutments		1.35	1.00
• Rigid Buried Structure		1.30	0.90
• Rigid Frames		1.35	0.90
• Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts		1.95	0.90
• Flexible Metal Box Culverts		1.50	0.90
ES: Earth Surcharge		1.50	0.75

(3) ตัวคูณความต้านทาน (Resistance factor)

ค่าตัวคูณความต้านทาน ϕ ตามที่กำหนดในมาตรฐาน AASHTO LRFD เป็นดังนี้

- ❑ หน้าตัดรับแรงดึง (Tension-Controlled Section) ของคอนกรีตเสริมเหล็ก = 0.90
- ❑ หน้าตัดรับแรงดึง (Tension-Controlled Section) ของคอนกรีตอัดแรง = 1.00
- ❑ หน้าตัดรับแรงอัด (Compression-Controlled Section) = 0.75
- ❑ หน้าตัดรับแรงเฉือนและแรงบิด (Shear and Torsion) = 0.90
- ❑ หน้าตัดรับแรงกด (Bearing) = 0.70

(4) การรวมแรงและค่าตัวคูณเพิ่มน้ำหนัก (Load Combination and Load Factor)

กำลังที่ต้องการของโครงสร้างเพื่อต้านทานแรงภายในที่เกิดขึ้นจากการรวมแรง (Load Combination) ระหว่างน้ำหนักและแรงต่างๆ ที่คูณด้วยตัวคูณเพิ่มน้ำหนัก (Load Factor) ตามที่กำหนดในมาตรฐาน AASHTO LRFD เป็นกลุ่มต่างๆ แล้วจึงนำแรงภายในสูงสุดที่ได้มาคำนวณออกแบบหน้าตัดโครงสร้างให้สามารถต้านทานแรงที่เกิดขึ้นได้ทุกกลุ่ม การรวมแรง (Load Combination) ตามมาตรฐาน AASHTO LRFD (2007) กำหนดไว้ตามตารางต่อไปนี้ สำหรับค่าตัวคูณสำหรับผลของการคืบ (Creep, CR) และการหดตัว (Shrinkage, SH) จะใช้ตามมาตรฐาน AASHTO LRFD (2012) คือใช้ค่าเหมือนกับ DC เนื่องจากการวิเคราะห์ Time-dependent effects สำหรับสะพาน Segmental นั้นเป็นแบบ Non-linear

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Use One of These at a Time			
										EQ	IC	CT	CV
STRENGTH I (unless noted)	γ_p	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH II	γ_p	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH III	γ_p	—	1.00	1.40	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH IV	γ_p	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—
STRENGTH V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
EXTREME EVENT I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—
EXTREME EVENT II	γ_p	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00
SERVICE I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—
SERVICE III	1.00	0.80	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE IV	1.00	—	1.00	0.70	—	1.00	1.00/1.20	—	1.0	—	—	—	—
FATIGUE— LL, IM & CE ONLY	—	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

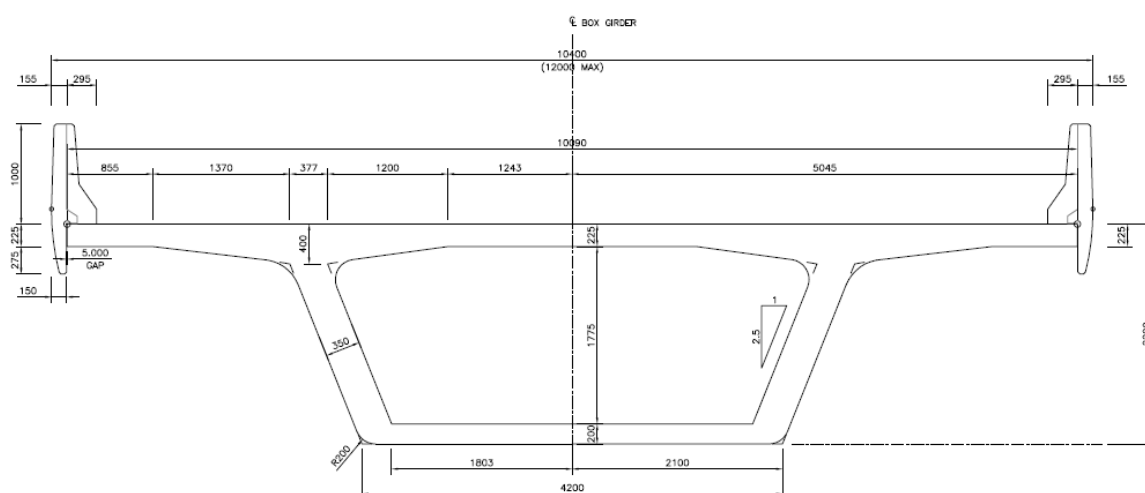
6.1.2.4 รูปแบบโครงสร้างในโครงการ

โครงทางยกระดับส่วนใหญ่ในโครงการจะเป็นโครงสร้างสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Segmental Box Girder) ตามผลการศึกษาความเหมาะสม โดยเป็นคานที่ใช้ระบบอัดแรงแบบดึงลวดภายนอก (Externally Post-tensioned) มีระยะช่วงเสาโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 30 – 45 เมตร ใช้ความลึกคานคงที่ตลอดช่วงความยาว และก่อสร้างโดยวิธี Span by span โครงสร้างสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปตัวไอ (Precast I-Girder) ได้ถูกนำมาใช้ในบางบริเวณเพื่อความเหมาะสม ได้แก่ บริเวณที่เชื่อมต่อโครงสร้างของทางยกระดับของโครงการเดิม บริเวณด่านเก็บเงินที่มีพื้นที่สะพานกว้างมาก บริเวณที่พื้นสะพานมีความไม่คงที่และบริเวณที่มีข้อจำกัดในการติดตั้งคานสะพานโดยใช้คานติดตั้ง (Launching Truss) เนื่องจากความสูงที่จำกัด โครงสร้างส่วนล่างส่วนใหญ่ของทางยกระดับจะเป็นเสาเดี่ยว (Single Column) และมีโครงสร้างแบบ Portal Frame แบบเสาคู่หรือเสา 3 ต้น ใช้อยู่ในจุดที่มีอุปสรรคต่างๆ

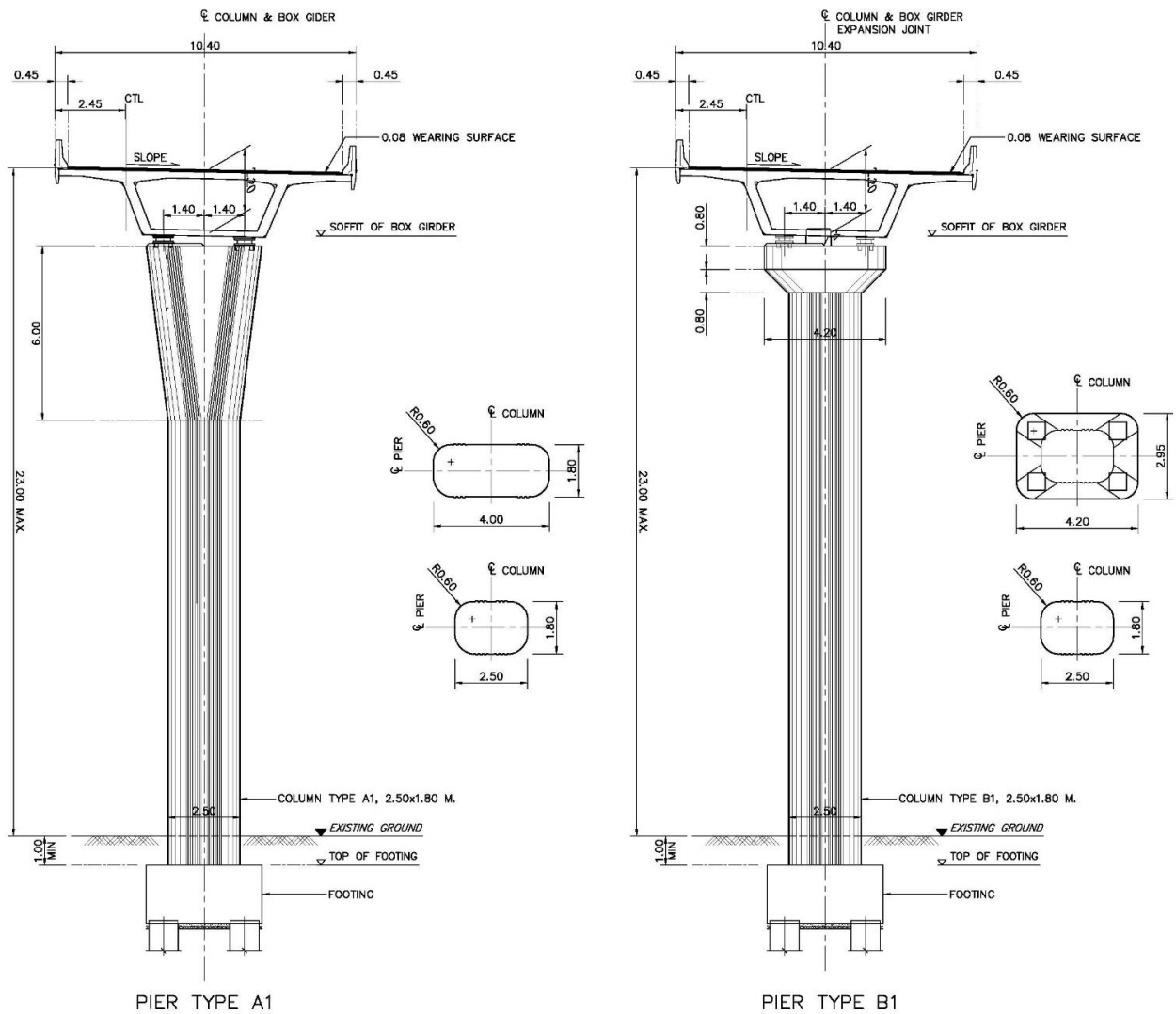
การติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะทำโดยใช้คานติดตั้งเป็นหลัก สำหรับคานสะพานอัดแรงสำเร็จรูปตัวไอโดยทั่วไปจะยกติดตั้งโดยใช้รถเครน การก่อสร้างเสาสะพาน แป้นหรือคานหัวเสา และคานขวาง จะทำโดยการประกอบเหล็กเสริม ติดตั้งแบบหล่อ และเทคอนกรีต เช่นเดียวกับงานคอนกรีตโครงสร้างโดยทั่วไป

ฐานรากของโครงสร้างทางยกระดับในโครงการโดยทั่วไปจะใช้เป็นเสาเข็มเจาะแบบสี่เหลี่ยม (Barrette Pile) โดยมีขนาดที่ใช้ดังนี้ 1.0 x 3.0 เมตร, 1.2 x 3.0 เมตร, 1.0 x 2.5 เมตร, 0.8 x 2.5 เมตร และ 0.8 x 2.0 เมตร โดยมีปลายเสาเข็มที่ระดับความลึกประมาณ 60 เมตร

รูปตัดคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปสำหรับโครงการนี้และรูปตัดโครงสร้างทางยกระดับแบบเสาเดี่ยว แสดงไว้ในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 6.1-5 รูปตัดคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั่วไปในโครงการ



รูปที่ 6.1-6 รูปตัดโครงสร้างทางยกระดับแบบเสาเดี่ยวในโครงการ

6.1.2.5 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบโครงสร้าง

เพื่อให้การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างมีความถูกต้อง รวดเร็ว ให้ผลที่ปลอดภัยและมีความน่าเชื่อถือ ได้ตามหลักวิศวกรรม ที่ปรึกษาได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังต่อไปนี้มาใช้ในโครงการนี้

Midas Civil

Midas Civil เป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบโครงสร้างสะพานและโครงสร้างทางวิศวกรรมโยธา โดยสามารถพิจารณาถึงขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction Stages) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุตามเวลา (Time Dependent Properties) โครงสร้างที่โปรแกรม Midas Civil สามารถใช้ออกแบบได้มีดังนี้

- ☐ Conventional Bridge
- ☐ Girder Bridge
- ☐ Segmental Post-tensioned Box Girder Bridge
- ☐ Cable Bridge
- ☐ Underground Structure
- ☐ Soil-structure Interaction
- ☐ Seismic Analysis

การวิเคราะห์ที่โปรแกรม Midas Civil สามารถดำเนินการได้ มีดังนี้

- ☐ Moving Load Analysis
- ☐ Construction Stage Analysis
- ☐ P-Delta Analysis
- ☐ Buckling Analysis
- ☐ Eigen value analysis
- ☐ Heat of Hydration analysis
- ☐ Geometry Non-Linear Analysis
- ☐ Material Non-Linear Analysis
- ☐ Pushover Analysis
- ☐ Time History Analysis
- ☐ Response Spectrum Analysis

RISA-3D

RISA-3D เป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างทั้งใน 2 มิติและ 3 มิติ สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ทั้ง Static Analysis, P-Delta Static Analysis และ Dynamic Response Spectrum Analysis โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ❑ ประเภทของเอลิเมนต์ในโปรแกรม ประกอบด้วย Beam/Truss, Tension only or compression only, Beam/Truss และ Shell/Plate เอลิเมนต์
- ❑ สามารถกำหนดฐานรองรับได้ทั้ง Fixed, Pinned, Spring, Tension only or Compression only Spring และ Slave Node
- ❑ สามารถวิเคราะห์ Moving Load ซึ่งผู้ใช้งาน สามารถกำหนดระยะห่าง จำนวน ขนาดและทิศทางของน้ำหนักได้เอง
- ❑ สามารถวิเคราะห์หา Forces envelopes ซึ่งจะแสดงผลการวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นต่อชิ้นส่วน และจุดต่อทั้งสูงสุดและต่ำสุด เพื่อใช้ในขั้นตอนการออกแบบต่อไป

Lpile

Lpile เป็นโปรแกรม Finite Different เพื่อวิเคราะห์หาพฤติกรรมทางด้านข้าง ของเสาเข็มต้นใดๆ ภายใต้ น้ำหนักบรรทุกกระทำทั้งทางดิ่งและทางราบ รวมถึงโมเมนต์ดัด โดยพิจารณาถึงพฤติกรรมที่มีต่อกันระหว่างเสาเข็มและดินรอบๆ (Pile-Soil interaction) โดยอ้างอิงวิธีการของ Reese และ Matlock (1966) โดยแสดงผลในรูปการเคลื่อนตัว ความเค้น โมเมนต์ดัด ในเสาเข็มตามความลึก

Group 5

Group 5 เป็นโปรแกรม Finite Different เพื่อวิเคราะห์หาพฤติกรรมของเสาเข็มต้นใดๆ ในกลุ่มเข็ม ภายใต้ น้ำหนักบรรทุกกระทำทั้งทางดิ่งและทางราบ รวมถึงโมเมนต์ดัด โดยพิจารณาถึงพฤติกรรมที่มีต่อกันระหว่างเสาเข็มและดินรอบๆ (Pile-Soil interaction) ประสิทธิภาพเสาเข็มกลุ่ม (Group Efficiency) และน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ (Cyclic Loading) โดยอ้างอิงวิธีการของ Reese และ Matlock (1966) โดยแสดงผลในรูปการเคลื่อนตัวทั้งแนวดิ่งและแนวราบ ความเค้น โมเมนต์ดัด ในเสาเข็มต้นใดๆ ในกลุ่มตามความลึก

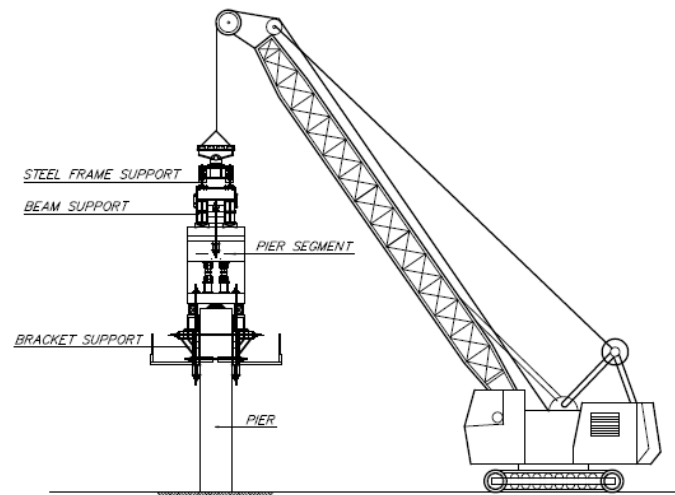
6.1.3 การแนะนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการก่อสร้าง

เทคโนโลยีในการก่อสร้างสมัยใหม่ที่ใช้ในโครงการนี้มีอยู่ 2 หัวข้อที่น่าสนใจ คือ เสาเข็มเจาะแบบสี่เหลี่ยม (Barrette Pile) และการก่อสร้างโครงสร้างสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Segmental Box Girder) โดยวิธี Span by span โดยใช้ Launching Gantry

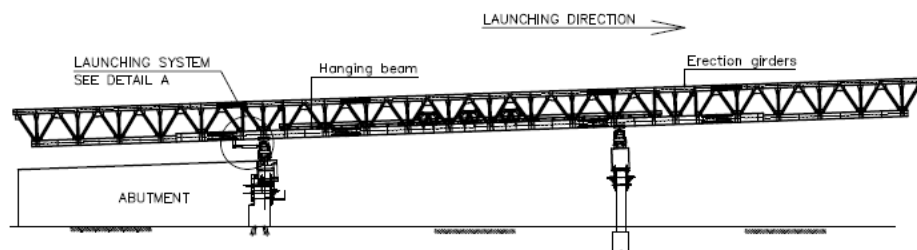


รูปที่ 6.1-7 การติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป
โดยวิธี Span by span โดยใช้ Launching Gantry

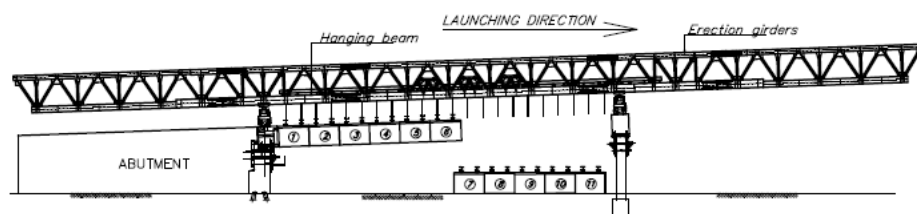
การก่อสร้างโครงสร้างสะพานชนิดคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast Segmental Box Girder) โดยวิธี Span by span โดยใช้ Launching Gantry ถึงแม้ว่ามีการใช้ในประเทศไทยมาหลายปีแล้ว แต่ก็ยังถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีในการก่อสร้างสมัยใหม่ที่มีประโยชน์มากในการก่อสร้างสะพาน โดยทั่วทั้งการก่อสร้างด้วยวิธีนี้จะเหมาะกับสะพานที่มีช่วงความยาวไม่เกิน 50 เมตร มีข้อดีคือความรวดเร็วในการก่อสร้าง โดยสามารถติดตั้งสะพานหนึ่งช่วงความยาวได้ภายใน 4 วัน ขั้นตอนการติดตั้งคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยวิธี Span by span โดยใช้ Launching Gantry เป็นดังต่อไปนี้



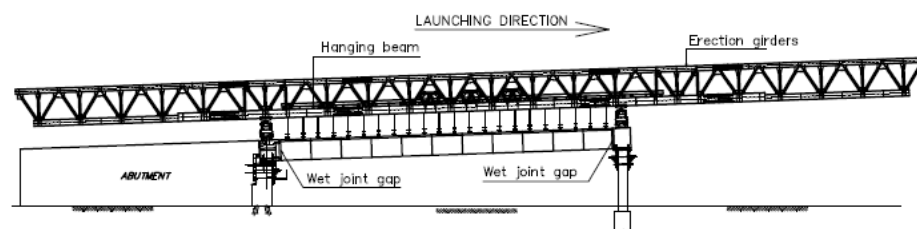
ขั้นตอนที่ 1 - หลังจากเทเสาแล้วเสร็จ ทำการติดตั้งโครงสร้างชั่วคราว
สำหรับรับชิ้นส่วนที่หิ้วเสา และจุดรองรับชั่วคราว สำหรับ ERECTION TRUSS



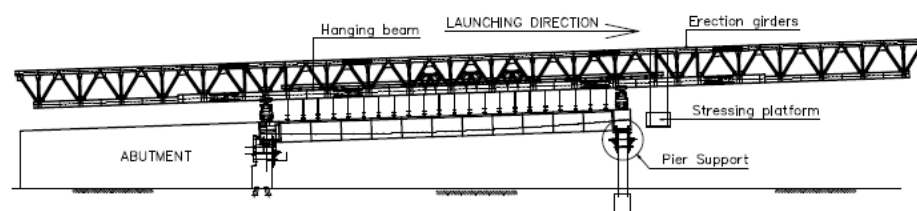
ขั้นตอนที่ 2 - ติดตั้ง ERECTION TRUSS



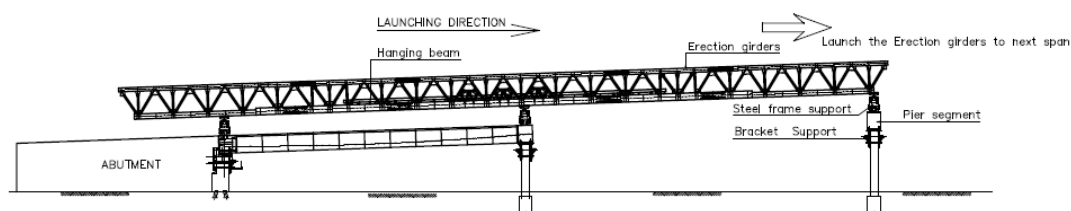
ขั้นตอนที่ 3 - นำชิ้นส่วนของคานสะพานมาประกอบกัน



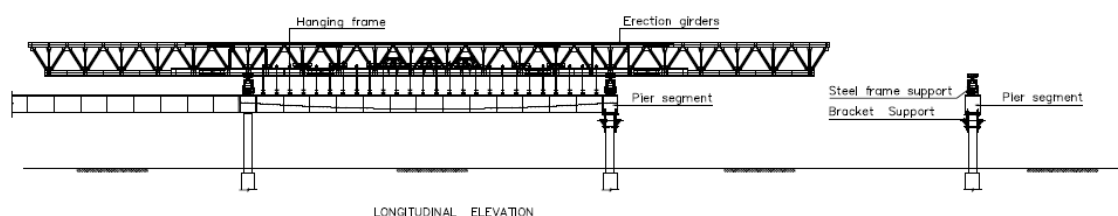
ขั้นตอนที่ 4 - หลังจากต่อชิ้นส่วนคานแล้วเสร็จ เชื่อมคานด้วย WET JOINT



ขั้นตอนที่ 5 - เมื่อ WET JOINT แข็งตัวแล้ว ทำการอัดแรงในลวดเหล็กอัดแรง

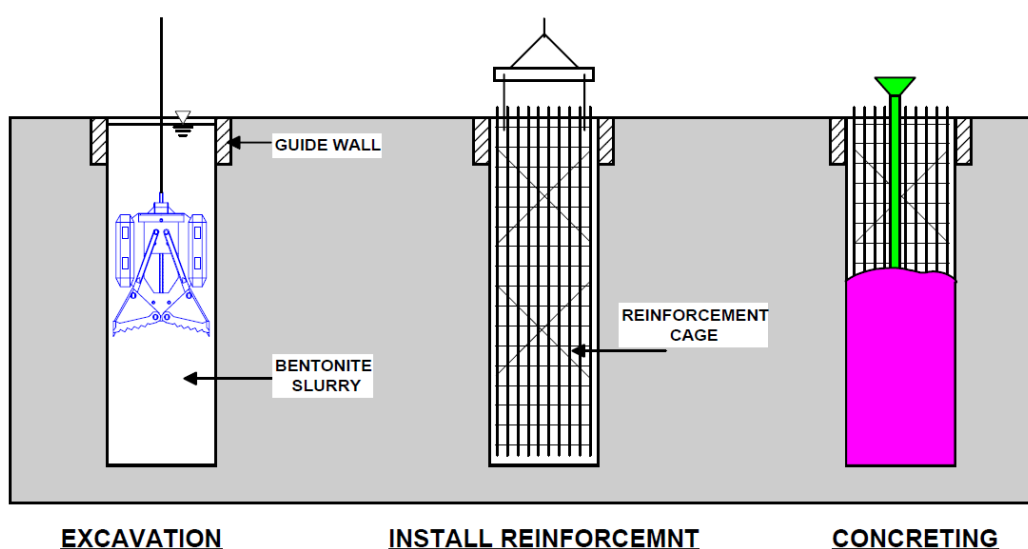


ขั้นตอนที่ 6 - เคลื่อนตัว ERECTION TRUSS ไปยังช่วงคันถัดไป



ขั้นตอนที่ 7 - ทำขั้นตอนที่ 2 ถึง 6 จนครบช่วงสะพาน

เสาเข็มเจาะแบบสืเหลี่ยม (Barrette Pile) จะให้ฐานรากที่มีขนาดเล็กกว่าฐานรากของเสาเข็มเจาะเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกบนฐานรากขนาดเท่ากัน และสามารถนำมาใช้ได้ในพื้นที่ความสูงจำกัดและไม่สามารถนำเครื่องมือเจาะเสาเข็มเข้าไปทำงานได้ การก่อสร้างเสาเข็ม Barrette จะใช้เครื่องมือประเภทเดียวกับงานก่อสร้างกำแพง Diaphragm Wall และมีขั้นตอนการก่อสร้างคล้ายกันเว้นแต่กำแพงนำร่อง (Guide Wall) จะมีลักษณะเหมือนกับหน้าตัดเสาเข็มแทน ในการก่อสร้าง Barrette นี้จะไม่มีการใช้ปลอกเหล็ก (Casing) แต่จะใช้แรงดันของสารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite Slurry) เพื่อต้านแรงดันดินด้านข้างของหลุมเจาะแทน



รูปที่ 6.1-8 ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเหลี่ยม (Barrette Pile)



รูปที่ 6.1-9 การก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเกลียว (Barrette) ในพื้นที่ความสูงจำกัด

6.2 งานออกแบบสถาปัตยกรรมและภูมิสถาปัตยกรรม

6.2.1 แนวทางการออกแบบ

วิธีการดำเนินงานขั้นต้นจะต้องทราบในรายละเอียด ประเภทพื้นที่ใช้สอย เช่น ห้องโถง ห้องสำนักงาน ห้องประชุม เป็นต้น ซึ่งเรียกว่าองค์ประกอบอาคาร ถือว่าเป็นหน่วยย่อย ที่ประกอบขึ้นมาเป็นตัวอาคาร จากนั้นต้องทราบข้อมูลจำนวนผู้ใช้สอยภายในองค์ประกอบนั้นๆ เพื่อให้ทราบถึงขนาดขององค์ประกอบ แล้วนำมาพิจารณาออกแบบ โดยจะต้องมีแผนผังการบริหารงานขององค์กรเพื่อให้ทราบถึง ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบว่ามีมากน้อยเพียงไร จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดความเป็นได้ในการออกแบบ โดยจะต้องอ้างอิงตามมาตรฐานการออกแบบงานสถาปัตยกรรม Architect Data และกฎหมายควบคุมอาคาร ประกอบกับแนวคิดพื้นฐานในการออกแบบ จะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย และความสอดคล้อง กับงานระบบอื่นๆ เช่น ระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง ระบบรักษาความปลอดภัย และการประหยัดพลังงานของอาคาร และมีเอกลักษณ์ที่สวยงามชัดเจน

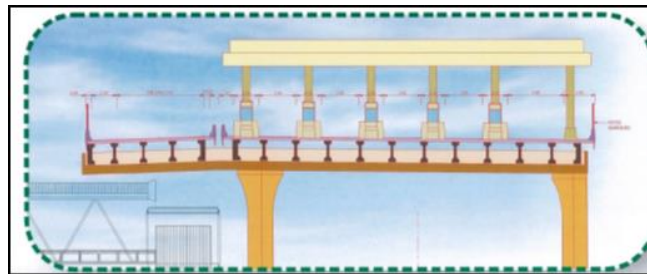
6.2.1.1 ข้อพิจารณาเบื้องต้นในการออกแบบ

- ❑ มีพื้นที่ใช้สอยที่กระชับตอบสนองความต้องการของผู้ใช้อาคารและความปลอดภัย
- ❑ ง่ายต่อการบำรุงรักษา ประหยัด
- ❑ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อกำหนดรูปแบบอาคาร
 - ขนาดพื้นที่ตั้งอาคาร
 - พฤติกรรมผู้ใช้ ระยะเวลาในการใช้อาคาร

- สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ
 - กฎหมายควบคุมอาคารกับพื้นที่โครงการ
- องค์ประกอบของอาคารในโครงการ
- อาคารควบคุมการเก็บค่าผ่านทาง (Toll Surveillance Building)



- ด้านเก็บค่าผ่านทาง (Toll Plaza & Toll booth)



- ด้านชั่งน้ำหนัก (Weighing Station) (ถ้ามี)
- ห้องน้ำสาธารณะ (Public Toilet) (ถ้ามี)

กำหนดกรอบของอาคารโครงการทั้งหมด จำแนกประเภทอาคาร เพื่อกำหนดแนวคิดในการออกแบบของอาคารประเภทนั้นๆ เพื่อให้ได้การใช้สอยตรงกับประเภทของอาคาร และสอดคล้องกับมาตรฐานการออกแบบงานสถาปัตยกรรม Architect Data และกฎหมายควบคุมอาคาร

6.2.1.2 แนวคิดในการออกแบบ

(1) งานโครงสร้างทางยกระดับ

(ก) งานสถาปัตยกรรม

ในการออกแบบปรับปรุงรูปแบบของโครงสร้างทางยกระดับ ที่ปรึกษาคำนึงถึงความสวยงามในมิติทางสถาปัตยกรรม โดยเพิ่มเติมรายละเอียดเพื่อสร้างจุดสนใจ โดยมีแนวคิดดังนี้

- ❑ ออกแบบทางสถาปัตยกรรม เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานให้ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุดตามข้อกำหนดและมาตรฐานการออกแบบ
- ❑ ศึกษาและเสนอรูปแบบการปรับปรุงสะพาน ราวสะพาน ตอม่อสะพาน รวมถึงสะพานลอยคนเดินข้าม (ถ้ามี) ที่เหมาะสม สวยงาม และสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน เอื้อต่อคนพิการทางสายตา
- ❑ พิจารณารูปแบบของผนังกันเสียงที่เหมาะสมระหว่างความสวยงามและความปลอดภัย เพื่อลดผลกระทบต่อชุมชนข้างเคียง
- ❑ พิจารณาความเหมาะสมในการกำหนดวัสดุที่ใช้ในโครงการให้สามารถดูแลรักษาได้โดยง่าย และเป็นวัสดุที่ผลิตในประเทศไทยเป็นหลัก

(ข) งานภูมิสถาปัตยกรรม

ศึกษาและเสนอรูปแบบของงานภูมิสถาปัตยกรรมที่สอดคล้องกับรูปแบบของโครงสร้างทางยกระดับและสภาพแวดล้อม จะช่วยทำให้พื้นที่ที่โครงการตัดผ่านได้รับการพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชนโดยรอบ

งานภูมิสถาปัตยกรรม สามารถเป็นแนวกำหนดขอบเขตพื้นที่ใช้งานป้องกันเสียงและฝุ่นธรรมชาติ โดยออกแบบเป็นต้นไม้สูง หรือไม้พุ่มเตี้ย คุณสมบัติของการปลูกต้นไม้นอกจากจะช่วยกรองเสียงและฝุ่นดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังช่วยในการบดบังสิ่งที่ไม่น่าดู ป้องกันแสงจากยานพาหนะที่สวนมาไม่ให้เข้าตา

(2) งานอาคาร

ในการออกแบบงานสถาปัตยกรรมของกลุ่มอาคารประกอบสำหรับโครงการ ที่ปรึกษา
คำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยของอาคาร และความเหมาะสมสอดคล้องสัมพันธ์กับระบบอื่นๆ
เช่น ระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง ระบบรักษาความปลอดภัย ซึ่งอาจมีการพัฒนาและ
เปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีใหม่ให้เหมาะสม

□ องค์ประกอบของอาคารในโครงการ

- อาคารด่านเก็บค่าผ่านทาง (Toll Surveillance Building) ถ้ามี
- ด่านเก็บค่าผ่านทาง (Toll Plaza)
- ด่านชั่งน้ำหนัก (Weighing Station) ถ้ามี
- ห้องน้ำสาธารณะ (Public Toilet) ถ้ามี

□ แนวความคิดในการออกแบบ

- รูปแบบของอาคารจะต้องมีความโดดเด่นและมีเอกลักษณ์ที่ชัดเจน และกลมกลืน
กับกลุ่มอาคารเดิม
- เพิ่มเติมประโยชน์ใช้สอยของอาคารให้สามารถตอบสนอง ความต้องการของ
ผู้ใช้อาคารได้ โดยคำนึงถึงความสะดวกสบาย ความปลอดภัย
- ใช้รูปแบบให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา ก่อสร้างได้ง่าย ใช้วัสดุ อุปกรณ์ภายในประเทศ
และท้องถิ่นเป็นหลัก
- สามารถรองรับการเติบโตขยายตัวในอนาคตได้

□ ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการกำหนดรูปแบบและแก้ไขปรับปรุงงานสถาปัตยกรรม

- ปริมาณยานพาหนะ และจำนวนผู้ใช้อาคารโครงการ ในสภาวะปัจจุบัน และการ
ขยายตัวของหน่วยงาน
- ประเภหพฤติกรรมผู้ใช้ ระยะเวลาในการใช้อาคาร เพื่อกำหนดองค์ประกอบ
- รูปแบบพื้นที่ ที่ตั้งของอาคารในโครงการต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม
ภูมิอากาศ
- ศึกษาตัวอย่างอาคารประเภทเดียวกัน เพื่อพิจารณาหาข้อดีข้อเสียนำมา
ปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม
- ศึกษาวิธีการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน
- ศึกษาและพิจารณางานระบบวิศวกรรมประกอบอาคารที่เหมาะสม

6.2.2 แบบเบื้องต้นด้านสถาปัตยกรรมของโครงการ

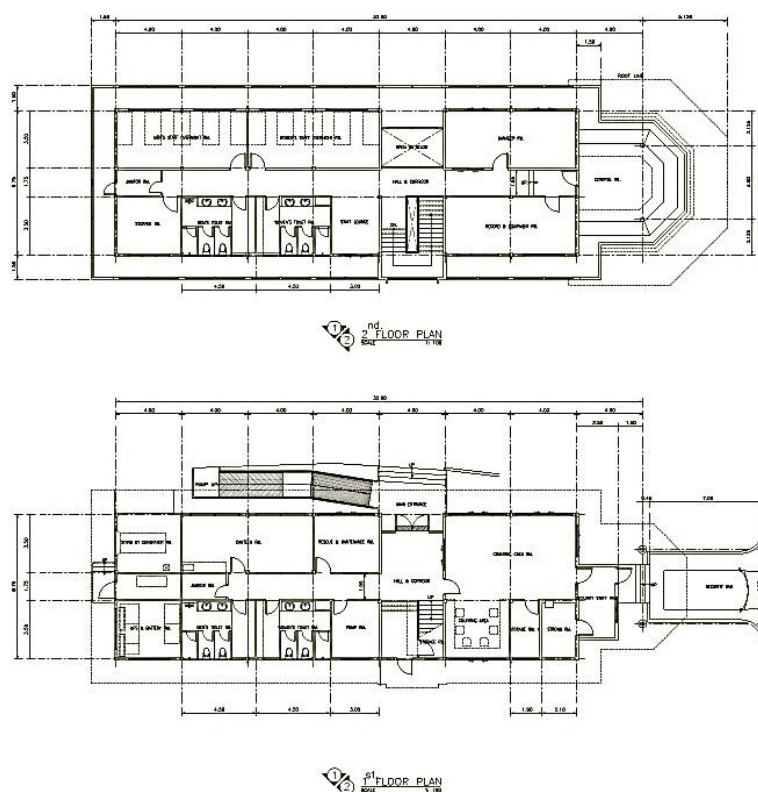
6.2.2.1 อาคารสำนักควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง (TOLL SURVEILLANCE BUILDING)

อาคารสำนักควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง มี 2 รูปแบบ เนื่องจากข้อจำกัดของตำแหน่งพื้นที่วางตัวอาคาร ทำให้จำเป็นต้องมีรูปแบบที่ต่างกัน เพื่อประสิทธิภาพในการสังเกตการณ์และควบคุมระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง

องค์ประกอบพื้นที่ ประกอบด้วย

- (1) ส่วนสำนักงาน ได้แก่ ห้องผู้จัดการด่าน ห้องควบคุมระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง จัดเก็บค่าผ่านทาง ห้องมั่นคง
- (2) ส่วนสันทนการ ได้แก่ ห้องน้ำ รับประทานอาหาร และห้องนอน
- (3) ส่วนงานระบบอาคาร ได้แก่ ห้องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ห้องไฟฟ้า

รูปแบบของอาคาร Type A ลักษณะของอาคารจะเป็น 2 ชั้น เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรม และการทำงานของเจ้าหน้าที่ในแต่ละวัน ในขณะที่ สภาพพื้นที่ที่ระดับพื้นดินไม่สามารถวางตัวอาคารได้ ทำให้อาคารจะต้องวางอยู่บนทางยกระดับ ดังนั้นจึงต้องจัดวางพื้นที่ใช้สอยในแนวนอนให้สั้นที่สุด โดยทำเป็นอาคาร 2 ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 6.2-1



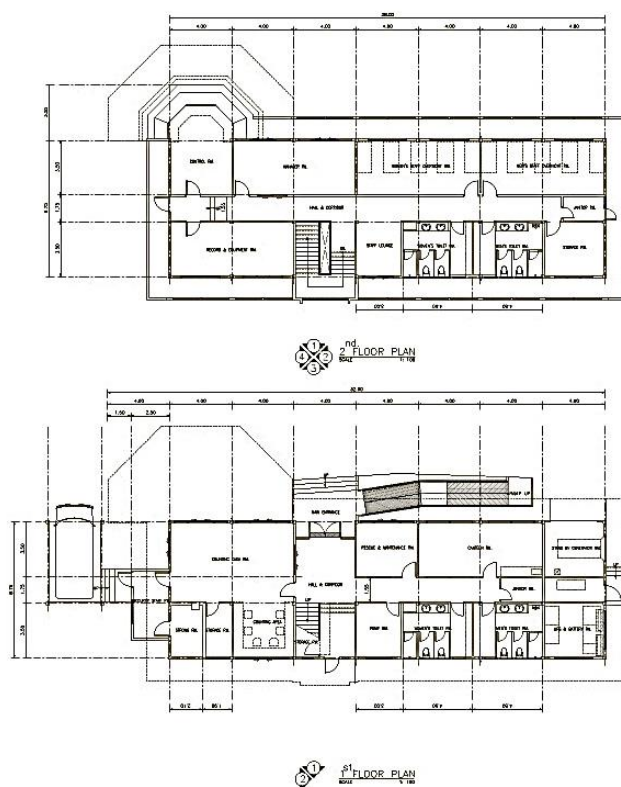
แปลนอาคารสำนักควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง Type A



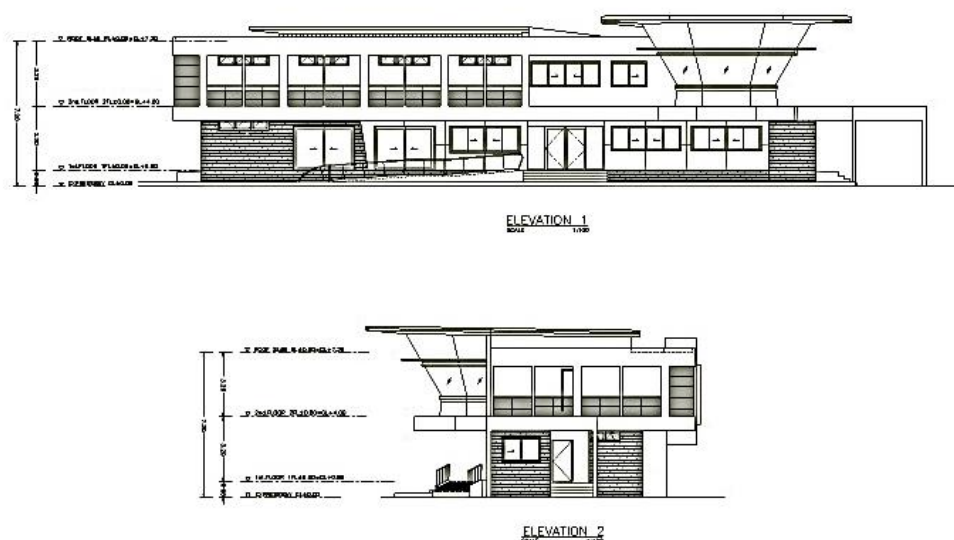
รูปด้านอาคารสำนักควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง Type A

รูปที่ 6.2-1 รูปแบบอาคารสำนักควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง Type A

อาคารสำนักงานควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง TYPE – B จะมีลักษณะ พื้นฐานเดียวกัน เพื่อให้ได้ประโยชน์ใช้ที่เหมือนกัน แต่ปรับตำแหน่งห้องควบคุม ให้สอดคล้องกับตำแหน่งของด่านเก็บค่าผ่านทาง



แปลนอาคารสำนักควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง Type B



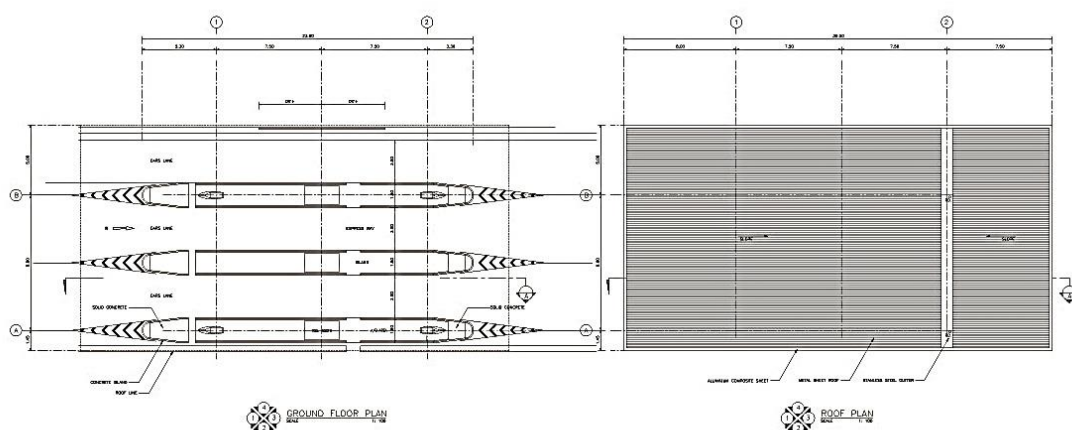
รูปด้านอาคารสำนักควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง Type B

รูปที่ 6.2-2 รูปแบบอาคารสำนักควบคุมด่านเก็บค่าผ่านทาง Type B

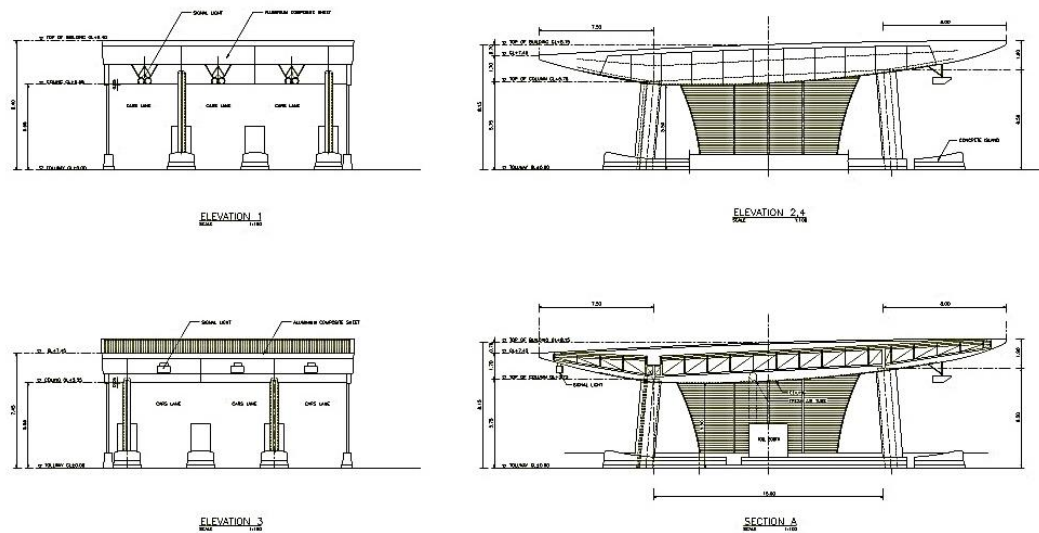
6.2.2.2 อาคารด่านเก็บค่าผ่านทาง (TOLL CANOPY)

□ แนวคิดในการออกแบบอาคาร

เนื่องจากพฤติกรรมการจัดเก็บค่าผ่านทาง ต้องการทัศนียภาพที่ชัดเจน มากพอสมควร โดยเฉพาะในช่วงโมงเร่งด่วน จะมีปริมาณรถยนต์ผ่านด่านจำนวนมาก อาคารจึงควรจะไม่ควรมีอะไรมาบดบังการมองของเจ้าหน้าที่เก็บค่าผ่านทาง ในทางกลับกัน การบังแสงแดด และฝนก็ต้องทำให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย ด้วยปัญหาที่กล่าวมา จึงได้ใช้ข้อมูลดังกล่าวในการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 6.2-3



GROUND FLOOR PLAN



ELEVATION

รูปที่ 6.2-3 รูปแบบอาคารด่านเก็บค่าผ่านทาง (TOLL CANOPY)

จากรูปที่ 6.2-3 จะเห็นได้ว่า ขนาดหลังคาค่อนข้างกว้าง แต่มีเสาเพียง 4 ต้น ด้วยเหตุผลที่ต้องการแก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และด้วยข้อจำกัดของพื้นที่ด้านข้างที่ไม่สามารถยื่นขยายออกไปได้มากเท่าที่ต้องการ การบังแดดและฝนก็จำเป็นต้องผนังบังแดดและฝนแทนหลังคาแต่ต้องระบายอากาศได้ดีด้วย

รูปที่ 6.2-4 แสดงทัศนียภาพของอาคารด่านฯ ของโครงการ



รูปที่ 6.2-4 ทัศนียภาพของอาคารด่านฯ ของโครงการ



รูปที่ 6.2-4 (ต่อ) ทศนียภาพของอาคารต่างๆ ของโครงการ



รูปที่ 6.2-4 (ต่อ) ทศนียภาพของอาคารต่างๆ ของโครงการ

6.3 งานออกแบบงานระบบสาธารณูปโภคและอาคารประกอบโครงการ

6.3.1 งานศึกษาระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง

ระบบเก็บค่าผ่านทางนับเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการหารายได้ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการและดูแลซ่อมบำรุงสายทาง และยังสามารถใช้ได้ให้กับรัฐ ในการควบคุมรายได้และการจัดเก็บมีความจำเป็นการประสานด้านเทคโนโลยี ที่นำมาใช้ต้องมีความถูกต้องแม่นยำสะดวกและรวดเร็ว

(1) ระบบจัดเก็บค่าผ่านทางปัจจุบัน

ระบบจัดเก็บค่าผ่านทางของทางยกระดับอุตราภิมุข มีระยะทางรวมประมาณ 28 กิโลเมตร และมีด่านเก็บค่าผ่านทางรวมทั้งหมด 14 ด่าน ระบบการจัดเก็บเป็นแบบเปิด โดยช่องจัดเก็บเป็นแบบเงินสดโดยพนักงาน MTC เพียงอย่างเดียว

ระบบจัดเก็บค่าผ่านทางของทางพิเศษสายศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร มีระยะทางรวมประมาณ 16.7 กิโลเมตร มีด่านเก็บค่าผ่านทางเพื่อเข้าใช้ทางพิเศษจำนวน 10 ด่าน และ ระบบการจัดเก็บเป็นแบบ เปิด โดยช่องจัดเก็บเป็นแบบเงินสดโดยพนักงาน MTC และแบบอัตโนมัติ ETC (Easy Pass)

(2) แนวทางการศึกษาระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง

จากการที่ระบบจัดเก็บของสองระบบเป็นแบบเดียวกัน คือ ระบบเปิดตั้้นการเชื่อมต่อเครือข่ายของทั้งสองระบบสามารถเชื่อมต่อกันได้อย่างสมบูรณ์ แต่ทางยกระดับอุตราภูมิฯอาจจะต้องพัฒนาระบบอัตโนมัติ ETC เพิ่มเติม และต้องจำกัดที่มีบรรทุกขนาดใหญ่ไม่เข้ามาในระบบให้ได้ ขนาดเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการเก็บค่าผ่านทางสำหรับการทางยกระดับอุตราภูมิฯและสอดคล้องกับทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอก

ดังนั้น ในการศึกษาออกแบบของโครงการนี้ ที่ปรึกษาจะพิจารณาใช้ระบบจัดเก็บค่าผ่านทางแบบเปิดเช่นกัน โดยจะมีด่านเก็บค่าผ่านทางในแต่ละจุดที่เข้าสู่ทางพิเศษ ผู้ใช้บริการทางพิเศษทุกคนที่ใช้ยานพาหนะประเภทเดียวกันจะต้องชำระค่าผ่านทางในอัตราเดียวกันที่ด่านแรกที่เข้าสู่ระบบทางพิเศษ โดยไม่คำนึงถึงระยะทางในการเดินทางบนทางพิเศษของยานพาหนะแต่ละคันว่าเป็นเท่าไร

ทั้งนี้ อัตราค่าผ่านทางของโครงการทางพิเศษที่เกี่ยวข้องของ กทพ. และของโครงการทางยกระดับอุตราภูมิฯ ซึ่งต่างเป็นโครงการสัมปทานนั้นมีการกำหนดอัตราค่าผ่านทางที่แตกต่างกัน มีการปรับขึ้นอัตราค่าผ่านทางที่เป็นอิสระต่อกัน และมีระบบควบคุมการจัดเก็บค่าผ่านทางที่ศูนย์ควบคุมที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาออกแบบระบบจัดเก็บค่าผ่านทางของโครงการ ที่ปรึกษาจะคำนึงถึงความแตกต่างดังกล่าวนี้ด้วย

วิธีการจัดเก็บค่าผ่านทางของทางพิเศษสายศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร กำหนดให้มีระบบจัดเก็บ 3 แบบ คือ

- (ก) ช่องจัดเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (Electronic Toll Collection: ETC ที่ใช้ชื่อทางการค้าว่า Easy Pass)
- (ข) ช่องจัดเก็บค่าผ่านทางโดยเจ้าหน้าที่ (Manual Toll Collection : MTC)
- (ค) ช่องจัดเก็บแบบลูกผสม (ETC/MTC) เพื่อเป็นช่องทางสำรองในกรณีที่ช่อง ETC หลักมีปัญหาไม่สามารถใช้งานได้ และยังสามารถเปิดใช้ระบบ ETC ในช่วงเวลาปกติเพื่อให้สามารถใช้งานช่องทางได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยยังสามารถเป็นการเร่งระบายรถสำหรับระบบ MTC ในช่วงเวลาเร่งด่วนได้อีกด้วย

ในขณะที่ระบบจัดเก็บค่าผ่านทางของทางยกระดับอุตราภูมิฯใช้วิธีการจัดเก็บค่าผ่านทางโดยเจ้าหน้าที่เท่านั้น ในการศึกษาออกแบบระบบจัดเก็บค่าผ่านทางจึงต้องคำนึงถึงความแตกต่างของวิธีการจัดเก็บค่าผ่านทางเข้าสู่ระบบทางพิเศษที่แตกต่างกัน ซึ่งมีอุปกรณ์และระบบควบคุมการจัดเก็บค่าผ่านทางที่แตกต่างกันด้วย

6.3.2 งานออกแบบระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง/ควบคุมจราจร/อำนวยความสะดวก

6.3.2.1 แนวทางการออกแบบ

(1) รูปแบบเทคนิคและเทคโนโลยีที่ต้องทันสมัยโดยแบ่งดังนี้

□ ช่องเก็บค่าผ่านทาง Toll Canopy

- มีช่องทางสำหรับรถขนาดใหญ่อย่างน้อย 1 ช่อง
- มีช่องทางสำหรับรถยนต์แบบเงินสด MTC อย่างน้อย 1 ช่อง เพื่อรองรับรถขนาดใหญ่ และช่องเก็บแบบผสม (ETC/MTC) อย่างน้อย 3 ช่อง
- มีระบบ Computer ควบคุมการจัดเก็บค่าผ่านทาง (Lane controller)
- มีระบบควบคุมป้ายและสัญญาณไฟเตือนต่างๆ (Sign&Patrol Display)
- มีระบบติดต่อสื่อสารกับอาคารด่าน (Intercom)
- มีระบบประกาศเสียง (Public Announcement)
- มีระบบควบคุมความปลอดภัยในช่องทาง (DVES&Booth CCTV)
- มีตู้เก็บค่าผ่านทาง (Toll Booth)

□ อาคารด่านจัดเก็บ Toll Plaza

- มีระบบ Plaza Computer Server, Realtime Monitor ,Supervisor console
- มีระบบบันทึกการทำงานของพนักงาน TOD & Admin WS
- มีระบบบันทึกข้อมูล Data base & Storage
- มีระบบบันทึกภาพเหตุการณ์ต่างๆ CCTV recording & Vedio Mangement system
- มีระบบป้องกันไฟไหม้ Fire Alarm System
- มีระบบนาฬิกา Clock System
- มีระบบเครือข่ายเชื่อมต่อ Network System
- มีระบบควบคุมความปลอดภัย Access control
- มีระบบติดต่อสื่อสาร IP phone & Telephone
- มีห้อง Control room , Server room , UPS room , Electrical room , Counting room
- มีห้องพักพนักงาน strong room , guard , Meeting room และ อื่นๆ

- ❑ ระบบเชื่อมต่อ Network ต้องออกแบบให้มีระบบสำรองBackup ที่ทันสมัย โดยจะมีการเดินสาย Network หลัก 96 Code ทั้ง 2 ฝั่งของสายทางเพื่อเข้าเชื่อมต่อกับระบบของศูนย์ควบคุม
- ❑ ระบบควบคุมความปลอดภัยและจราจร
 - ระบบป้ายแจ้งข้อความแบบเปลี่ยนข้อความ (Variable Message Sign : VMS)
 - ระบบป้ายแสดงเครื่องหมาย (Matrix Sing System : MS)
 - ระบบโทรศัพท์ฉุกเฉิน (Emergency Telephone System)
 - ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television System : CCTV)
 - ระบบตรวจจับจำนวนยานพาหนะและและความเร็ว (Image Processing Detector : IPD)
 - ระบบโทรศัพท์ IP (IP Telephone System)
 - ระบบรักษาความปลอดภัยอาคาร (Building Security System)
 - ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System)
 - ระบบควบคุมการเข้า-ออก (Accessed Control System)

(2) วัสดุที่มีคุณภาพและทนทาน

- ❑ วัสดุที่นำมาใช้ในโครงการจะต้องได้มาตรฐานและทนทาน เช่น Lane controller, Computer LED, Display, sensor, Electronic Circuit, Cable, Conduits และอื่นๆ

6.3.2.2 รูปแบบเบื้องต้นของระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง/ควบคุมจราจร/อำนวยความสะดวก

(1) ระบบจัดเก็บค่าผ่านทาง

- ❑ ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบใช้พนักงาน (Manual Toll Collector System)

ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบนี้เป็นระบบเก็บค่าผ่านทางที่ใช้พนักงานเป็นผู้จัดเก็บค่าผ่านทาง (Manual Payment) เป็นเงินสด ซึ่งเป็นวิธีเก็บค่าผ่านทางที่ง่ายที่สุด แต่จะเสียเวลาทองเงิน ทำให้รองรับความจุของการจราจรที่ผ่านด่านได้ไม่สูงนัก โดยประมาณ 350 คัน/ชั่วโมง นอกจากนั้นยังจำเป็นต้องมีระบบจัดการกับเงินสดและเหรียญจำนวนมาก รวมทั้งต้องมีระบบป้องกันและตรวจสอบการทุจริตที่ดีด้วย

สำหรับช่องทางที่จะรองรับการใช้งานของทางยกระดับอุตราภิมุข จะมีการออกแบบให้รองรับระบบจัดเก็บแบบเงินสด, ตั๋ว (Voucher) และ Private Card (CP,PTT,

K-Bank) ส่วนช่องทางที่จะรองรับทางพิเศษสายศรีรัช-วงแหวนรอบนอกฯ จะเป็นระบบเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดเพียงอย่างเดียว โดยผู้ขับรถจะต้องชำระค่าผ่านทางตามประเภทรถยนต์ในอัตราค่าผ่านทางที่ทางพิเศษกำหนด นอกจากนี้ยังได้มีการนำการชำระเงินแบบตัวร่วม หรือบัตรแมงมุมมาใช้ในโครงการด้วย ซึ่งเป็นบัตร Smart Card ชนิดไม่ต้องสัมผัส contact less เครื่องสามารถอ่านข้อมูลจากบัตรได้ในระยะประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้เป็นบัตรเติมเงินใช้แทนเงินสดได้ดี ข้อดีของการใช้บัตร Smart Card คือไม่ต้องทอนเงินทำให้การจ่ายเงินที่ด่านเก็บเงินรวดเร็วขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มอัตราการรองรับปริมาณจราจรที่ด่านเก็บค่าผ่านทางแบบใช้พนักงาน ปรับสูงขึ้นจาก 350 เป็น 450 คัน/ชั่วโมงได้ ซึ่งปัจจุบันกลุ่มบีเอสวี (BSV) เป็นผู้ออกแบบบัตร และพัฒนาระบบตัวประเภทนี้

สำหรับโครงการที่จะสามารถใช้ระบบตัวได้ก่อนนั้น น่าจะเป็นทางด่วนพิเศษและโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง ช่วงบางซื่อ-บางใหญ่ ที่มีแผนจะแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2559 ส่วนเป้าหมายทั้งหมดที่โครงการรถไฟฟ้าทุกสายจะเข้าสู่ระบบตัวร่วมสามารถใช้ตัวใบเดียวเดินทางเชื่อมต่อได้ทุกเส้นทางคือในปี พ.ศ. 2560-2561 และในอนาคตยังมีแผนสำหรับภาคการขนส่งสาธารณะ ประกอบด้วย รถไฟฟ้าใต้ดิน รถไฟฟ้าบีทีเอส รถโดยสารสาธารณะ (รถเมล์เอ็นจีวี) เรือโดยสาร ทางด่วน โดยให้ทุกโหมดการเดินทางจะสามารถเชื่อมต่อกันได้ด้วยตัวใบเดียว

สำหรับคุณสมบัติที่สำคัญของตัวร่วม คือสามารถรองรับผู้ออกบัตรหลายรอบ สามารถรองรับการใช้งานภาคขนส่งสำหรับผู้ให้บริการรายต่างๆ ประกอบด้วย รถไฟฟ้า รถประจำทาง ทางด่วน เรือโดยสารรวมถึงธุรกิจนอกภาคขนส่ง เช่น ธุรกิจค้าปลีก สามารถรองรับการเพิ่มมูลค่าโดยอัตโนมัติ และสามารถรองรับการให้ส่วนลดค่าเดินทางเมื่อเดินทางตามรูปแบบที่กำหนด

ดังนั้น ในการออกแบบช่องทางระบบ MTC จะเป็นการเก็บค่าผ่านทางใน 2 กรณีคือ

1. ชำระค่าผ่านทางแบบเงินสด
2. ชำระค่าผ่านทางโดยใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์หรือบัตรตัวร่วม

❑ ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Toll Collection System)

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) และกรมทางหลวง เลือกใช้ระบบ 5.8 GHz High-Data Rate Tag CEN TC 278 สำหรับการใช้งานในปัจจุบัน โดยใช้ชื่อที่เรียกว่าระบบ “EASY PASS” และ “M-PASS” โดยเป็นไปตามข้อกำหนดทางด้านเทคนิค สำหรับการจัดเก็บค่าผ่านทาง ซึ่ง TAG และเครื่องอ่านจะต้องเป็นไปตาม

มาตรฐาน CEN DSRC และจะต้องสื่อสารกับ TAG และเครื่องอ่านของผู้ประกอบการรายอื่นๆ ที่ให้บริการทางพิเศษ โดยอยู่ในความรับผิดชอบของ กทพ. และ กรมทางหลวง ที่เป็นตามมาตรฐาน CEN DSRC ได้

การทำรายการของ TAG ที่เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน จะต้องมีความถูกต้อง และตรวจสอบได้ทุกด้านเก็บค่าผ่านทางหรือที่จุดขาย/จ่ายค่าผ่านทาง ระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอิเล็กทรอนิกส์ เป็นระบบที่ไม่ต้องใช้เงินสด/คูปอง แต่จะใช้บัตรอิเล็กทรอนิกส์ (บัตร Easy Pass & M-PASS) เป็นอุปกรณ์ติดที่กระจกหน้ารถ โดยใช้เป็นสื่อในการชำระค่าผ่านทาง เมื่อรถวิ่งผ่านช่องทาง Easy Pass & M-PASS ผู้ใช้บริการไม่ต้องเปิดกระจกรถ ไม่ต้องรอคิวยาว ไม่ต้องเตรียมเงินสด จึงได้รับความสะดวกรวดเร็ว ส่งเสริมคุณภาพชีวิต ทั้งนี้การเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการทางพิเศษโดยพัฒนาระบบเก็บค่าผ่านทางแบบอิเล็กทรอนิกส์ของทางพิเศษทุกสายทาง นับเป็นหัวใจสำคัญของการบริหารจัดการระบบทางพิเศษให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้บริการและประเทศชาติในภาพรวม

การออกแบบจะรองรับการทำงานทั้ง 2 ระบบ รวมถึงในกรณีที่เครื่องอ่านหลัก (Anttana Unit) ที่ติดตั้งในช่องทางมีปัญหา ยังสามารถใช้ Anttana สำรองที่ติดตั้งไว้ที่ตู้เก็บค่าผ่านทางมาใช้งานในการอ่าน Tag เพื่อมิให้เกิดเหตุการณ์ การถอยหลังของรถผู้ใช้บริการที่ใช้งานที่ช่องทาง ซึ่งเป็นต้นเหตุของปัญหารถติดหน้าด่านเก็บค่าผ่านทาง

□ ช่องจัดเก็บแบบลูกผสม (ETC/MTC)

เพื่อให้สามารถใช้ช่องเก็บค่าผ่านทางได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ที่ปรึกษาได้ทำการออกแบบช่องเก็บค่าผ่านทางแบบลูกผสม เพื่อเป็นช่องทางสำรองในกรณีที่ช่อง ETC หลักมีปัญหาไม่สามารถใช้งานได้หรือต้องปิดช่องทาง ETC เพื่อการซ่อมบำรุง และยังสามารถเปิดใช้ระบบ ETC ในช่วงเวลาปกติเพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้ Tag สามารถใช้งานช่องทางอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ขณะเดียวกันสามารถที่จะเปิดใช้ระบบ MTC ในช่วงเวลาเร่งด่วนกรณีที่ผู้ใช้บริการใช้การชำระค่าผ่านทางแบบเงินสดมีปริมาณมากได้อีกด้วย การออกแบบช่องทางแบบลูกผสมจะเป็นการรวมระบบเพื่อสามารถใช้อุปกรณ์ในช่องทางร่วมกันได้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้งาน

โดยสรุปการออกแบบระบบเก็บค่าผ่านทางเป็นระบบเปิด โดยมีการชำระค่าผ่านทางก่อนเข้าสู่สายทางของโครงการฯ โดยมีรายละเอียดตามตารางดังนี้

ประเภท	ด้านเชื่อมศรีรัช	ด้านเชื่อมรัชวิภา	รวม
จำนวนช่องทางทั้งหมด	6	8	14
จำนวนช่องทางรถใหญ่ (MTC)	1	2	3
จำนวนช่องทาง (MTC/ETC)	5	6	11
อาคารด่านเก็บค่าผ่านทาง (TSB)	1	1	2
รวมช่องทางทั้งสิ้น	MTC รองรับรถใหญ่	3	
	MTC/ETC	11	

(2) ระบบควบคุมความปลอดภัยและจราจร

ในการออกแบบระบบควบคุมความปลอดภัยและจราจร เพื่อให้การใช้งานมีความสมบูรณ์นั้น ได้มีการออกแบบระบบสั่งการหรือระบบการควบคุมความปลอดภัยและจราจร โดยสามารถที่จะควบคุมได้ที่อาคารด่านฯ รวมทั้งออกแบบเพื่อรองรับการสั่งการจากศูนย์ควบคุมในสายทาง เช่น ด่านฯ รัชโยธิน สามารถสั่งการได้จากศูนย์ควบคุมกลางของดอนเมือง และด่านฯ ศรีรัช 1 สามารถสั่งการจากศูนย์ควบคุมของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยได้ ซึ่งในการออกแบบระบบเครือข่าย จะมีการวางสาย Fiber ตามแนวสายทางทั้ง 2 ฝั่งในโครงการ

ระบบควบคุมความปลอดภัยและจราจรของโครงการ ประกอบด้วย

- ❑ ระบบป้ายแจ้งข้อความแบบเปลี่ยนข้อความได้ (Variable Message Sign : VMS)
ระบบป้ายแจ้งข้อความแบบเปลี่ยนข้อความได้ จะใช้งานในการสื่อสารข้อมูลระหว่างศูนย์ควบคุม จราจรกับผู้ใช้ทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่มีเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นบนทางด่วน โดยการแจ้งข้อความเตือนผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะส่งข้อความไปแสดงผลที่ป้ายนี้ เพื่อให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษก่อนที่จะถึงจุดเกิดเหตุหรือต้องการที่จะให้ผู้ใช้ทางเปลี่ยนเส้นทางหรือออกจากระบบทางด่วนในกรณีมีอุบัติเหตุร้ายแรง ป้ายแจ้งข้อความเป็นชนิด Full Matrix Color LED Board จำนวน 4 ป้าย โดยติดตั้งก่อนทางเข้าทางพิเศษทั้ง 2 สาย จำนวน 2 ป้าย และก่อนทางออกจากทางพิเศษ จำนวน 2 ป้าย รวมทั้งสิ้น 4 ป้าย
- ❑ ระบบป้ายแสดงเครื่องหมาย (Matrix Sing System : MS) เป็นระบบป้ายเครื่องหมายมีไว้เพื่อแสดงเครื่องหมายเตือนหรือเครื่องหมายแนะนำผู้ใช้ทางพิเศษ โดยติดตั้งตามสายทาง เช่น การจำกัดความเร็ว การปิดการจราจร เบี่ยงช่องจราจร และอื่นๆ ให้ผู้ใช้ทางรับรู้และระมัดระวังในการขับขี่ เพื่อป้องกันเหตุที่อาจเป็นอันตรายได้ กระบวนการทำงานจะเริ่มต้นจากการรับคำสั่งให้แสดงสัญลักษณ์ที่กำหนดจากการสั่งการของเจ้าหน้าที่ศูนย์ควบคุม ระบบป้ายแสดงเครื่องหมายจะ

ติดตั้งที่ขอบถนนฝั่งซ้ายของทางพิเศษทุกระยะ 1.5 กิโลเมตร โดยติดตั้งฝั่งละ 3
ป้าย รวมทั้งสิ้น 6 ป้าย

- ❑ ระบบโทรศัพท์ฉุกเฉิน (Emergency Telephone System) เพื่อให้ผู้ใช้ทางที่ประสบเหตุขัดข้องเกี่ยวกับรถยนต์หรืออุบัติเหตุ สามารถติดต่อสื่อสารผ่านเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายที่ติดตั้งอยู่บนไหล่ทางของทางด่วน เพื่อขอความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานอยู่ภายใต้ศูนย์ควบคุมทางด่วนโดยตรงได้ตลอด 24 ชั่วโมง จะติดตั้งที่ขอบทางในทุกๆ ระยะ 1 กิโลเมตร ทั้ง 2 ฝั่งของทางพิเศษ โดยติดตั้งฝั่งละ 3 จุด รวมทั้งสิ้น 6 จุด
- ❑ ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television System : CCTV) เป็นส่วนหนึ่งของระบบเฝ้าสังเกตการณ์สภาพจราจรอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพ สามารถกวาดดูได้โดยรอบและสามารถซูมระยะใกล้ไกลได้ ภาพของกล้องจะถูกส่งไปแสดงบนจอภาพที่ศูนย์ควบคุมจราจรและบันทึกภาพเหตุการณ์ต่างๆ ในหน่วยความจำการทำงานของกล้องแต่ละตัวบนทางพิเศษด้วย ในการติดตั้งระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด กำหนดจุดติดตั้งทุกระยะ 1 กิโลเมตร ทั้ง 2 ฝั่งของทางพิเศษ โดยติดตั้งฝั่งละ 3 จุด รวมทั้งสิ้น 6 จุด
- ❑ ระบบตรวจจับจำนวนยานพาหนะและความเร็ว (Image Processing Detector : IPD) ระบบกล้องอิมเมจโปรเซสซิง เป็นอุปกรณ์ตรวจจับจำนวนยานพาหนะและวัดความเร็วประเภทของยานพาหนะ และส่งข้อมูลเฉพาะภาพการจราจรแบบ Real Time เพื่อทำการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลการจราจร โดยกล้องอิมเมจโปรเซสซิงเป็นกล้องที่สามารถการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับและความเคลื่อนไหวของรถยนต์ที่จะเข้ามาในทางพิเศษจะใช้ชนิดวิเคราะห์จากภาพเคลื่อนไหวทุกๆ จุดทางเข้าและทางออกของสายทาง
- ❑ ระบบโทรศัพท์ IP (IP Telephone System) เป็นการนำใช้ประโยชน์จากระบบเครือข่ายในการติดต่อสื่อสารด้วยระบบเสียง ระหว่างอาคารด่านและการติดต่อศูนย์ควบคุม
- ❑ ระบบรักษาความปลอดภัยอาคาร (Building Security System) เป็นการปลอดภัยเป็นการติดตั้งอุปกรณ์กล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) ในตู้เก็บค่าผ่านทางทุกตู้, ภายในอาคารด่าน เช่น ห้องนับเงิน, ห้องหัวหน้าพนักงาน และบริเวณโดยรอบอาคารด่าน วัตถุประสงค์ของการติดตั้งเพื่อเฝ้ามองและบันทึกภาพเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในตู้เก็บค่าผ่านทางและในห้องนับเงิน และห้องหัวหน้าพนักงาน รวมทั้งบริเวณของอาคารด่านเก็บค่าผ่านทาง

- ❑ ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm System) เพื่อใช้ในการตรวจจับควันและความร้อนที่เกิดจากเพลิงไหม้และแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติ โดยที่สัญญาณแจ้งเตือนจะระบุตำแหน่งที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ที่แผงแจ้งเตือนที่ติดตั้งในอาคารด้านของโครงการ ตัวควบคุมของแต่ละอาคารต้องเป็นแบบที่ควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์และสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ตรวจจับ (Detector Device) ที่มีหลายช่องสัญญาณเพื่อทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด รวมทั้งต้องสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ตรวจจับที่สามารถระบุตำแหน่งได้ (Address-able Device) ประกอบด้วยโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบ GUI เพื่อแสดงตำแหน่งของ Detector และแสดงข้อความเพื่อตอบสนองสัญญาณเตือนนั้นๆ
- ❑ ระบบควบคุมการเข้า-ออก (Accessed Control System) เป็นระบบป้องกันความปลอดภัยของห้องที่มีความสำคัญในอาคารอาทิ ห้องนับเงิน ห้อง Control Room และห้อง Server เพื่อใช้ในการตรวจสอบคนเข้าออก เพื่อความปลอดภัย
- ❑ ระบบนาฬิกา (Clock System) ทำหน้าที่กำหนดเวลาอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานสำหรับการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่และการทำงานของระบบงานต่างๆ ของโครงการนี้ให้เป็นไปอย่างถูกต้องและแม่นยำตลอดเวลา โดยนาฬิกาจะส่งข้อมูลวันและเวลาผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลให้กับระบบเก็บค่าผ่านทางและระบบควบคุมความปลอดภัยด้านการจราจรเพื่อใช้ในการอ้างอิง ค้นหาข้อมูล หรือวิเคราะห์เหตุการณ์ต่างๆ และบอกเวลาผ่านนาฬิกาลูกเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงเวลาที่ถูกต้องตรงกันสำหรับการปฏิบัติงานต่างๆ
- ❑ ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง (Uninterruptible Power Supply System) เป็นอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าต่อเนื่องจะประกอบด้วย Battery, Rectifiers, Battery Chargers, Inverters, Transfer Switch, Synchronization และอื่นๆ ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์เก็บค่าผ่านทาง สามารถทำงานต่อไปได้อย่างต่อเนื่องแม้ว่าระบบไฟฟ้าภายนอกจะขัดข้อง โดยการทำงานของ UPS ระบบ UPS ของแต่ละอาคารจะประกอบด้วย UPS ชนิด 3 เฟส จำนวน 2 เครื่อง ขนาด 80 kVA ต่อขนานแบบ Paralle Redundancy และมีชุด Common Battery Control และ UPS ต้องมี Monitoring System สำหรับ Event/Measurement มีระยะเวลาในการสำรองไฟฟ้าอย่างน้อย 60 นาที

การออกแบบระบบควบคุมความปลอดภัยด้านจราจรของโครงการ ออกแบบให้สามารถ
สั่งงานระบบได้ที่ห้องควบคุมฯ ของด่าน และได้มีการออกแบบเดินสายเชื่อมระบบ
เครือข่าย ให้สามารถรองรับการสั่งการและส่งรายงานไปยังศูนย์ควบคุมกลางได้อีกด้วย

6.3.3 งานออกแบบระบบไฟฟ้า/เครื่องกล/สุขาภิบาล

งานออกแบบระบบไฟฟ้า/เครื่องกล/สุขาภิบาลในโครงการ จำแนกงานที่ได้ดำเนินการออกเป็น 2 ส่วน คือ งานออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนน และงานออกแบบระบบไฟฟ้า/เครื่องกล/สุขาภิบาลสำหรับอาคาร

6.3.3.1 งานออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนน

(1) แนวทางการดำเนินงาน

งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนถนน บนทางพิเศษ ได้ทำการออกแบบโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน กฎระเบียบ ข้อกำหนด และข้อปฏิบัติที่ใช้กันภายในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อให้ผู้ใช้เส้นทาง และประชาชนผู้อยู่อาศัยได้รับความสะดวกปลอดภัย นอกจากนี้ยังได้พิจารณาถึง ความคุ้มค่าในการลงทุน ความน่าเชื่อถือของวัสดุที่เลือกใช้ และการติดตั้งที่ง่ายต่อการบำรุงรักษา โดยมีระบบไฟฟ้าแสงสว่างครอบคลุมพื้นที่ทั้งโครงการ ดังนี้

- ☐ บริเวณถนนทางยกระดับซึ่งเป็นทางพิเศษ
- ☐ บริเวณทางแยกต่างระดับ ทางขึ้น-ลงทางยกระดับ
- ☐ บริเวณใต้ทางยกระดับทั้งที่เป็นถนน และทางกลับรถ ตลอดแนวเส้นทาง

(2) มาตรฐาน และข้อกำหนดการออกแบบ

มาตรฐาน และข้อกำหนดที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนน ประกอบด้วย

- ☐ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
- ☐ กรมทางหลวง (Department of Highways, DOH)
- ☐ การไฟฟ้านครหลวง (Metropolitan Electricity Authority, MEA)
- ☐ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)
- ☐ มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)
- ☐ Illuminating Engineering Society (IES)
- ☐ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
- ☐ National Electrical Code (NEC)
- ☐ Others International Recognized Standards: JIS, NEMA, UL and VDE

โดยค่าระดับความเข้มของการส่องสว่างและความสม่ำเสมอของแสง ได้ออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 6.3-1

ตารางที่ 6.3-1
ค่าระดับความเข้มของการส่องสว่างบนผิวถนน
(Current Average Illumination (Luminance) Requirements)

Roadway Classification	Required minimum Average Horizontal Illumination in Lumens per Square Meter (Lumens per Square Foot)		
	Central Urban Areas	Sub-Urban Areas	Rural Areas
High Grade Motorways	21.5 (2.0)	15.0 (1.4)	10.75 (1.0)
At Junctions	21.5 (2.0)	21.5 (2.0)	15.0 (1.4)
Main Routes	21.5 (2.0)	13.0 (1.2)	9.7 (0.9)
Secondary Routes	13.0 (1.2)	9.7 (0.9)	6.5 (0.6)
Local Roads	9.7 (0.9)	6.5 (0.6)	2.1 (0.20)

ความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity of Lighting) มีค่าอัตราส่วน ดังนี้

☐ $\frac{\text{Minimum Illumination}}{\text{Average Illumination}} \geq 1 : 2.5$

☐ $\frac{\text{Maximum Illumination}}{\text{Minimum Illumination}} \leq 6 : 1$

(3) วิธีการออกแบบ

การให้แสงสว่างบนถนนถนนในเวลาค่าคืนเพื่อให้ผู้ขับขี่รถยนต์สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ทำให้มีความปลอดภัยและช่วยให้ลดอุบัติเหตุ ได้ออกแบบให้มีค่าระดับ ความเข้มของการส่องสว่าง ที่เพียงพอ และมี ความสม่ำเสมอของแสง ที่เหมาะสมป้องกันตาพร่ามัว โดยปัจจัยที่ได้นำมาพิจารณาออกแบบ ประกอบด้วย ความสำคัญของประเภทถนน ความเร็วของรถบนถนน สภาพบริเวณข้างเคียงมีความจอแจเพียงใด ชนิดและปริมาณแสงที่ออกจากหลอดไฟ ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม รวมทั้งวัสดุผิวทางที่ให้ความสะท้อนแสงต่างกัน โดยมีวิธีออกแบบในประเด็นสำคัญที่ได้ดำเนินการไปดังนี้

(ก) ทำการสำรวจข้อมูลปัจจุบัน เพื่อทราบถึงสภาพของเสาไฟฟ้า และโคมไฟฟ้าเดิมในพื้นที่ และได้ตรวจสอบข้อมูลของรูปแบบระบบไฟฟ้าของโครงการที่เชื่อมต่อทั้ง 2 โครงการ

(ข) ทำการตรวจสอบแปลน ค่าระดับความสูง และชนิดผิวทาง รวมถึงรูปแบบของกำแพงคอนกรีต (Barrier) ของถนนโครงการ

(4) ผลสรุปการออกแบบ

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนนได้ออกแบบให้มีรูปแบบเช่นเดียวกันกับรูปแบบของทางยกระดับอุตราภิมุข และทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร เพื่อให้เกิดความสอดคล้อง ต่อเนื่องกันตลอดแนวเส้นทาง โดยมีผลสรุปการออกแบบดังนี้

- (ก) ความเข้มของการส่องสว่างเฉลี่ยบนผิวถนนมีค่าออกแบบอยู่ที่ 21.5 lumens per square meter (Lux)
 - (ข) ได้ออกแบบให้มีระบบเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติโดยติดตั้งสวิทช์แสงสว่าง (Photo Switch) สวิทช์ตั้งเวลา (Timing Switch) และอุปกรณ์ต่างๆ ตามมาตรฐานของการไฟฟ้า
 - (ค) ได้ออกแบบให้มีการติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าประเภทตามช่วงเวลาการใช้ (Time of Use Rate, TOU) ในส่วนของทางพิเศษ เนื่องจากลักษณะโครงการจะมีการใช้พลังงานมากขึ้น ในช่วงเวลากลางคืนจากการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งจะได้ประโยชน์จากช่วง Off Peak ของระบบ TOU ทำให้สามารถประหยัดค่าไฟลงได้ สำหรับถนนสาธารณะได้ออกแบบเป็นปกติตามมาตรฐาน และได้ออกแบบให้มีวงจรไฟฟ้า และมีเตอร์วัดค่าไฟของทางพิเศษแยกต่างหากจากวงจรของถนนสาธารณะอื่นๆ ด้วย
 - (ง) ได้ออกแบบให้มีตู้จ่ายไฟ (Supply Pillar) ของระบบไฟฟ้าถนนสาธารณะติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมตามแนวนอนนั้นๆ เพื่อให้หน่วยงานที่ดูแลเข้าถึงได้โดยสะดวก
 - (จ) รูปแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนถนนทางพิเศษของโครงการ ใช้เป็นโคมไฟถนนชนิด High Pressure Sodium ติดตั้งบนเสา Galvanized Tapered Steel Pole แบบกิ่งคู่ขนาดความสูง 12 เมตร ตั้งอยู่บนกำแพงคอนกรีตกลาง (Median Barrier) และสำหรับบริเวณทางขึ้น-ลง ใช้เป็นโคมไฟถนน HPS ติดตั้งบนเสาแบบกิ่งเดี่ยว ขนาดความสูง 9-10 เมตร ตั้งอยู่บนกำแพงคอนกรีตด้านข้างของทางขึ้น-ลง
- สำหรับเทคโนโลยีของหลอด LED นั้น ทั้งหน่วยงานการทางพิเศษฯ และกรมทางหลวงยังไม่นำมาใช้อย่างเต็มรูปแบบ โดยยังอยู่ในขั้นตอนของการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเทคนิคการส่องสว่าง และความคงทน

6.3.3.2 งานออกแบบระบบไฟฟ้า/เครื่องกล/สุขาภิบาลสำหรับอาคาร

(1) แนวทางการดำเนินงาน

งานระบบสำหรับอาคารด้านเก็บค่าผ่านทาง และบริเวณ Toll Plaza & Toll Booths เป็นระบบสำหรับอำนวยความสะดวก และความปลอดภัยแก่เจ้าหน้าที่และผู้ใช้อาคาร รวมถึงรองรับการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบจัดเก็บค่าผ่านทางและอื่นๆ ที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคาร โดยได้ออกแบบให้เป็นระบบที่มีความคล่องตัวสามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง สะดวกในการบำรุงรักษา และประหยัดพลังงาน ประกอบด้วย

ระบบไฟฟ้าและสื่อสาร ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบสัญญาณเตือนเพลิง
ไหม้และดับเพลิง และระบบสุขาภิบาล

(2) มาตรฐานและข้อกำหนดการออกแบบ

มาตรฐาน ข้อกำหนด และแนวทางปฏิบัติที่ใช้อ้างอิงในการ ออกแบบงานระบบสำหรับ
อาคาร ได้แก่

- ☐ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย
- ☐ กรมทางหลวง (Department of Highways, DOH)
- ☐ การไฟฟ้านครหลวง (Metropolitan Electricity Authority, MEA)
- ☐ การประปานครหลวง (กปน.)
- ☐ กฎและข้อกำหนดของหน่วยงานรัฐ ได้แก่ พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร เป็นต้น
- ☐ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)
- ☐ มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)
- ☐ บริษัท ทีไอที จำกัด (มหาชน)
- ☐ American National Standard Institute (ANSI)
- ☐ Air-Conditioning and Refrigeration Institute (ARI)
- ☐ American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE)
- ☐ American Society of Plumbing Engineers (ASPE)
- ☐ American Society for Testing and Materials (ASTM)
- ☐ British Standard (BS)
- ☐ International Electro technical Commission (IEC)
- ☐ National Electrical Code (NEC)
- ☐ National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
- ☐ National Fire Protection Association (NFPA)
- ☐ National Plumbing Code (NPC)
- ☐ Underwriter's Laboratories Inc., (UL)
- ☐ Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)

(3) วิธีการออกแบบ

ได้ทำการศึกษาแนวทางปฏิบัติของการทางพิเศษฯ และกรมทางหลวง ในลักษณะของการใช้งานอาคาร และการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ แล้วนำมาออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานของงานในแต่ละระบบ และสอดคล้องกับรูปแบบสถาปัตยกรรม

(4) ผลสรุปการออกแบบ

งานออกแบบระบบไฟฟ้าและสื่อสาร สรุปได้ดังนี้

- ❑ ไฟฟ้าที่จ่ายให้อาคาร จากการไฟฟ้าฯ เป็นไฟฟ้าแรงต่ำ 380/220V 3 Phases 4 Wires 50 Hz จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในอาคาร
- ❑ ได้ออกแบบให้มีการติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าประเภทตามช่วงเวลาการใช้ (Time of Use Rate, TOU) สำหรับอาคารเช่นเดียวกันกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างถนน ซึ่งจะได้ประโยชน์จากช่วง Off Peak ของระบบ TOU ทำให้สามารถประหยัดค่าไฟลงได้
- ❑ ในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟปกติของการไฟฟ้าฯ เกิดขัดข้องไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้อาคารได้ ได้ออกแบบให้มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล (Generator) เพื่อจ่ายไฟฟ้าสำรองให้กับอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในอาคารสามารถใช้งานได้อย่าง ต่อเนื่อง ประกอบด้วย
 - ไฟฟ้าแสงสว่างพื้นที่ส่วนกลาง ห้องควบคุม และห้องคอมพิวเตอร์
 - ระบบปรับอากาศในห้องควบคุม และห้องคอมพิวเตอร์
 - เครื่องสูบน้ำประปา
 - อุปกรณ์ระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้
 - อุปกรณ์ระบบโทรศัพท์
- ❑ ออกแบบให้มีแบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า (UPS: Uninterruptible Power Supply) เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องให้แก่อุปกรณ์ที่สำคัญสูง เช่น คอมพิวเตอร์ เป็นต้น
- ❑ ไฟฟ้าแสงสว่างทั้งภายใน และพื้นที่บริเวณรอบอาคาร ออกแบบให้ใช้หลอดไฟฟ้านชนิดที่เหมาะสมกับพื้นที่ โดยส่วนใหญ่เลือกใช้เป็นหลอดชนิด LED เพื่อการประหยัดพลังงาน โดยมีค่าที่ใช้ออกแบบของความส่องสว่างแสดงดังตาราง

ค่าความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ต่างๆ

พื้นที่	ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Lux)
ห้องทำงานทั่วไป ห้องควบคุม	300-500
ห้องรับรองส่วนกลาง (Public Lobby)	250
ห้องน้ำ และทางเดิน	150
ห้องเครื่อง E&M	200
ห้องอาหาร (Pantry Room)	300
ลานจอดรถ	30

- ❑ ออกแบบให้มีระบบป้องกันฟ้าผ่าแก่ตัวอาคาร (Lightning System) เป็นแบบ Conventional System (Faraday Cage) โดยติดตั้งหลักล่อฟ้า (Air Terminal) ไว้บนหลังคา และมีระบบต่อลงดิน (Grounding System) ตามมาตรฐาน NFPA 78 และ BS 6651 โดยมีค่าความต้านทานลงดินไม่เกิน 5 โอห์ม
- ❑ ออกแบบให้มีคู่สายเข้าอาคาร (Telephone Incoming Lines) มายังตู้กระจายสายรวม (Main Distribution Frame) ภายในอาคาร จากนั้นเดินสายไปยังเต้ารับในพื้นที่ต่างๆ ตู้ PABX กำหนดให้เป็นแบบ Stored Program Control พร้อม Operator Console ซึ่งสามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้ทั้งเสียง และข้อมูล (Voice and Data Communication)
- ❑ ออกแบบติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดภายในอาคาร และบริเวณรอบอาคาร โดยกล้อง สามารถดิงภาพ (Zoom) และหมุนสาย (Pan) ได้ พร้อมกับสามารถบันทึกภาพเหตุการณ์ได้นาน 168 ชั่วโมง (7 วัน) เพื่อใช้ตรวจสอบภาพเหตุการณ์ย้อนหลังได้

งานออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศ สรุปได้ดังนี้

- ❑ ระบบปรับอากาศออกแบบเป็นระบบ Air-cooled Split Type ซึ่งเป็นระบบที่แยกเป็นอิสระจากกันในแต่ละห้องทำให้คล่องตัวในการใช้งาน มีเครื่องส่งลมเย็นติดตั้งอยู่ภายในอาคาร และมีเครื่องระบายความร้อนติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร โดยกำหนดให้เป็นเครื่องกินกระแสไฟเบอร์ 5 และคอมเพรสเซอร์เป็นแบบ Inverter เพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับค่าออกแบบสภาวะอากาศภายในห้องปรับอากาศมีค่าแสดงดังตาราง

สภาวะออกแบบภายใน

พื้นที่	อุณหภูมิออกแบบ °Fdb (°Cdb)	ความชื้นสัมพัทธ์ % RH
ห้องทำงานทั่วไป	75±1 (24±1)	55±5
ห้องคอมพิวเตอร์	72±1 (22±1)	50±5
Toll Booth	77±1 (25±1)	No Control

- ❑ ออกแบบให้มีเครื่องปรับอากาศสำรองสำหรับห้องที่มีความสำคัญต้องทำงานต่อเนื่อง สำหรับห้องคอมพิวเตอร์ ห้อง Data Record และห้องควบคุม ของอาคาร ด้านเก็บค่าผ่านทาง ควบคุมการสลับกันทำงานด้วย Timer Control
- ❑ ตู้เก็บค่าผ่านทาง (Toll Booths) ใช้เป็นเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กสำหรับแต่ละ Booth การระบายอากาศใช้การเติมอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในแต่ละ Booth ผ่านทางท่อลมเพื่อรักษาความดันภายใน Booth ให้มากกว่าพื้นที่ภายนอก ลดอัตราการลพิษจากไอเสียเข้ามาภายใน
- ❑ ระบบระบายอากาศทั่วไปของอาคาร ออกแบบเป็นระบบระบายอากาศโดยวิธีทางกล โดยใช้พัดลมชนิดต่างๆ นำอากาศไปทิ้งภายนอกอาคารทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศตามความเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ มีอัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่าที่กฎกระทรวงฯ กำหนด หรือตามข้อกำหนดของ ASHRAE Standard 62-1999: Ventilation for Acceptance Indoor Air Quality มีค่าอัตราการระบายอากาศ แนะนำแสดงดังตาราง

อัตราการระบายอากาศแนะนำ

พื้นที่	อัตราการระบายอากาศ	
	Air Change/hr.	CFM/m2
ห้องทำงานทั่วไป		1.2 (หรือ 15 CFM/คน)
ห้องประชุม		3.6 (หรือ 25 CFM/คน)
ห้องอาหาร		5.9
ห้องน้ำ	12	
ห้องเครื่อง E&M	15	

งานออกแบบระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้และดับเพลิง สรุปได้ดังนี้

- ❑ ออกแบบระบบสัญญาณเตือนเพลิงไหม้ให้ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่และผู้ใช้อาคาร โดยเป็นระบบตรวจจับควันไฟ (Smoke Detector) ในพื้นที่ทั่วไป และตรวจจับความร้อน (Heat Detector) ในห้องเครื่อง
- ❑ ออกแบบให้มีถังดับเพลิงมือถือ (Portable Fire Extinguisher) ติดตั้งครอบคลุมในทุกพื้นที่ของอาคาร

งานออกแบบระบบสุขาภิบาล สรุปได้ดังนี้

- ❑ ออกแบบให้มีถังเก็บน้ำประปาสำรอง มีปริมาณน้ำไว้ใช้กรณีน้ำจากการประปาไม่ไหลเป็นเวลาอย่างน้อย 1 วัน

- ❑ ออกแบบแยกท่อน้ำทิ้ง และท่อน้ำโสโครกออกจากกันเพื่อป้องกันกลิ่นย้อนกลับขนาด ท่อเป็นไปตามมาตรฐานการเดินท่อ (National Plumbing Code)
- ❑ ระบบระบายน้ำฝน (Storm Drain System) ออกแบบให้สามารถรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาที่ความเข้มฝน 150 mm./hr ขนาดท่อเป็นไปตามมาตรฐานการเดินท่อ (National Plumbing Code)
- ❑ ระบบถังบำบัดน้ำเสียออกแบบให้น้ำหลังจากได้รับการบำบัดแล้ว มีคุณสมบัติของน้ำก่อนระบายลงสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะเป็นไปตามมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

6.3.4 งานออกแบบระบบระบายน้ำ

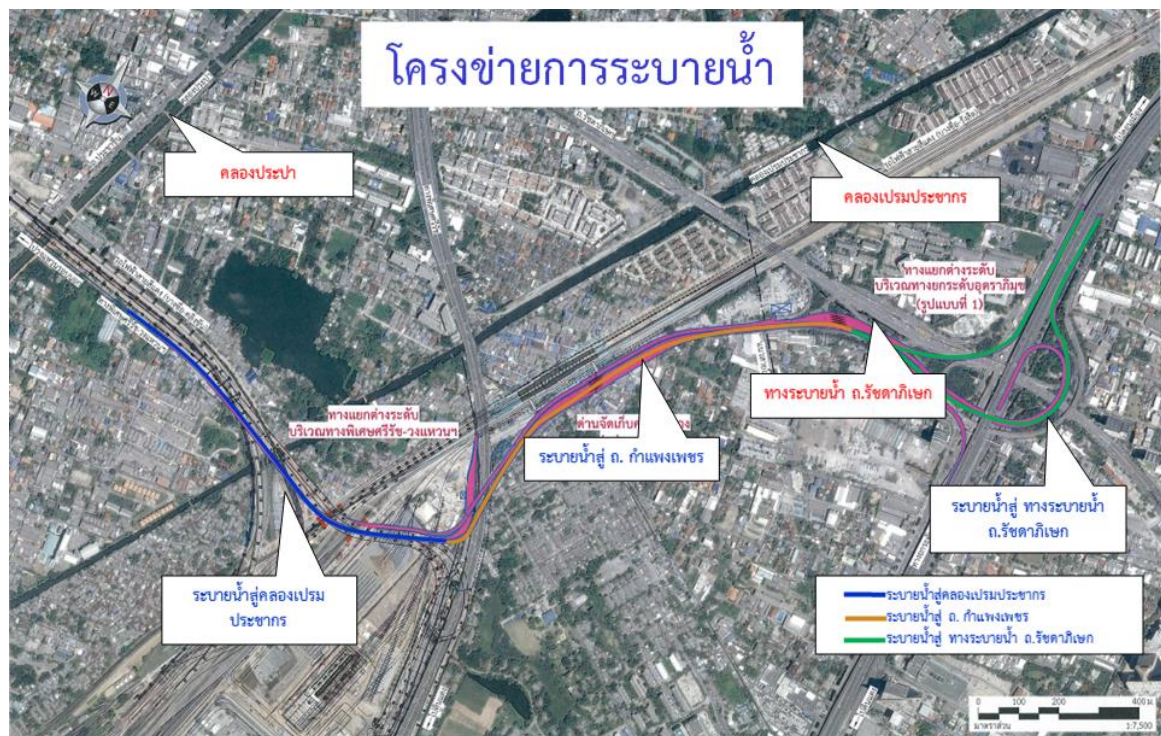
ที่ปรึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์ลักษณะต่างๆ ทางอุทกวิทยา และสภาพการระบายน้ำในบริเวณพื้นที่ทางต่างระดับเดิม ถนนเดิมและพื้นที่ที่มีผลกระทบต่อการพัฒนารูปแบบทางต่างระดับและถนนบริการของโครงการ โดยออกแบบทางต่างระดับ ถนนบริการ ช่องทางระบายน้ำ สะพาน และโครงสร้างระบายน้ำอื่นๆ ให้สอดคล้องกับทางต่างระดับเดิม ถนนเดิมและพื้นที่ที่เกี่ยวข้องตลอดจนการระบายน้ำทั้งออกจากอาคารระบายน้ำของแนวเส้นทางโครงการจะต้องออกแบบโดยไม่ทำให้การก่อสร้างทางต่างระดับและถนนบริการตามแนวเส้นทางโครงการเป็นเหตุให้สภาพการระบายน้ำของพื้นที่โดยรอบเสียหายรวมถึงมีผลกระทบต่อการระบายน้ำของคูคลองต่างๆ ในพื้นที่

6.3.4.1 การสำรวจอาคารระบายน้ำเดิมและสถิติน้ำท่วม

ที่ปรึกษาได้ทำการสำรวจและตรวจสอบอาคารระบายน้ำเดิม ซึ่งมีคลองหลัก 1 คลองเป็น Primary Drainage และมีคูดิน, Box Culvert, Pipe Culvert และรางต่างๆ เป็น Secondary Drainage การสำรวจและตรวจสอบอาคารระบายน้ำเดิมประกอบด้วยการเก็บข้อมูลพื้นที่หน้าตัดตามขวางลำน้ำและฝั่งส่งน้ำรวมทั้งระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ลักษณะการกีดขวางตลิ่ง ความเร็วกระแสน้ำ และอื่นๆ จะต้องทำการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลมาอย่างครบถ้วน ซึ่งจะต้องทำการสำรวจตรวจสอบ สอบถามจากหน่วยงานอื่นๆ และเก็บรวบรวมข้อมูลมาอย่างละเอียดชัดเจน เพื่อจะได้ใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการประกอบการคำนวณและออกแบบต่อไป

จากการสำรวจระบบระบายน้ำเดิมภายในพื้นที่โครงการ (รูปที่ 6.3-1) พบว่าจะมีคลองสายหลัก และระบบระบายน้ำเดิม ที่สามารถทำการระบายน้ำจากพื้นที่โครงการลงสู่คลอง และระบบระบายน้ำเดิมได้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

- ❑ ส่วนแรก สามารถระบายลงสู่คลองเปรมประชากร (รูปที่ 6.3-2)
- ❑ ส่วนที่สอง สามารถระบายลงสู่ระบบระบายน้ำเดิมของถนนกำแพงเพชร (รูปที่ 6.3-3)
- ❑ ส่วนที่สาม สามารถระบายน้ำลงสู่ระบบระบายน้ำของถนนรัชดาภิเษก (รูปที่ 6.3-4)



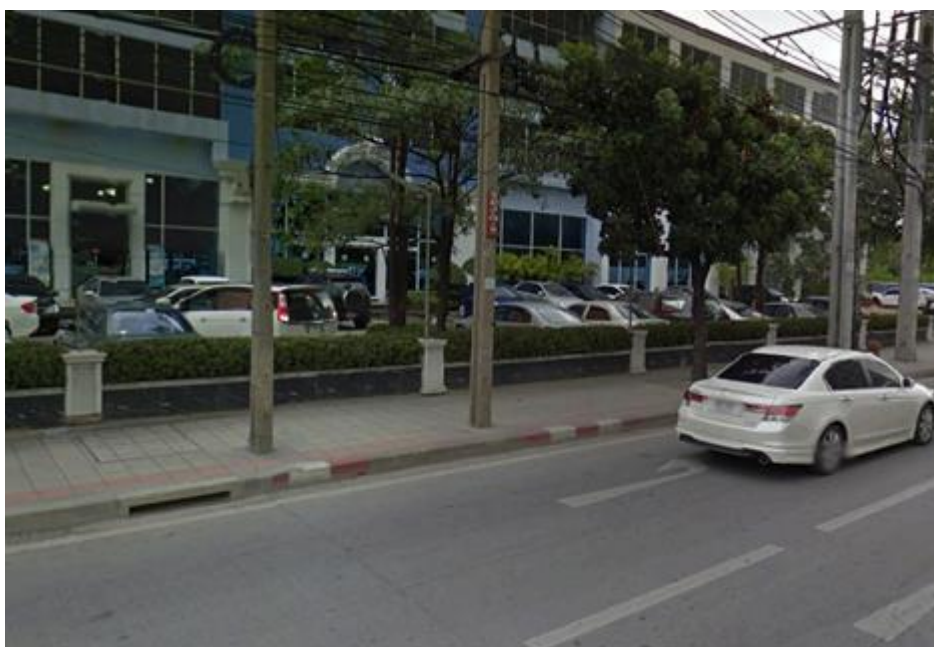
รูปที่ 6.3-1 โครงการระบายน้ำภายในพื้นที่โครงการ



รูปที่ 6.3-2 คลองเปรมประชากร



รูปที่ 6.3-3 ระบบระบายน้ำเดิมของถนนกำแพงเพชร



รูปที่ 6.3-4 ระบบระบายน้ำเดิมของถนนรัชดาภิเษก

6.3.4.2 หลักอุทกวิทยาสำหรับงานทาง

การคำนวณหาปริมาณน้ำท่วมสำหรับการออกแบบอาคารระบายน้ำสามารถทำได้หลายวิธี โดยแต่ละวิธีก็มี ความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งานขนาดของพื้นที่รับน้ำ ณ จุดที่พิจารณา สภาพทางกายภาพของพื้นที่ ความละเอียดของข้อมูลทางกายภาพและข้อมูลทางสถิติที่สามารถหามาได้ ซึ่งในพื้นที่จะกล่าวถึงกรรมวิธีในการคำนวณปริมาณน้ำท่วมสำหรับการออกแบบของการระบายน้ำในแบบต่างๆ เป็นที่นิยมในปัจจุบัน

(1) การรวบรวม ศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูล

- ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลเอกสารและรายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และเป็นพื้นฐานในการวางแผนแนวทางขอบเขต และกำหนดรายละเอียดในการสำรวจและออกแบบการระบายน้ำสำหรับโครงการ เช่น แผนที่แสดงสภาพภูมิประเทศ แผนที่แสดงชั้นความสูง แผนที่ระบบระบายน้ำเดิม และภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้น
- ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา ได้แก่
 - ข้อมูลน้ำฝนในปีต่างๆ ระยะยาว จากสถานีวัดน้ำฝนในบริเวณพื้นที่โครงการ ซึ่งเก็บข้อมูลโดยหลายหน่วยงาน เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง
 - ข้อมูลน้ำท่าในปีต่างๆ ระยะยาว จากสถานีวัดน้ำท่าในบริเวณพื้นที่โครงการของกรมชลประทาน
 - รายงานการศึกษาหรือวิเคราะห์ที่ได้เคยดำเนินการไว้ก่อนแล้วในพื้นที่โครงการหรือใกล้เคียง โดยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องรวมทั้งบริษัทที่ปรึกษา เช่น กราฟแสดงค่าความเข้มข้น ช่วงเวลาฝนตก ความถี่ การเกิดฝนในรอบปีต่างๆ สำหรับแต่ละพื้นที่
- ข้อมูลสภาพการระบายน้ำในปัจจุบัน โดยขอข้อมูลจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง และทำการตรวจสอบสภาพจริงในสนาม เช่น
 - ประเภท ขนาดสะพาน ท่อ และคลองระบายเดิมที่มีอยู่
 - ค่าระดับสะพาน ท้องท่อหรือคลองระบายน้ำที่จุดต่างๆ รวมทั้งความลาดเทของการไหลในทางน้ำ
 - อายุและสภาพการใช้งาน
 - ขนาดของคลองและทางน้ำธรรมชาติ เช่น ความกว้าง ความลึก และสภาพการระบายน้ำ
 - ค่าระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุด และค่าความเร็วของกระแส
 - อิทธิพลอื่นต่อการระบายน้ำ เช่น สภาพภูมิประเทศ
- ข้อมูลการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่โครงการ โดยพิจารณาการใช้ที่ดินในปัจจุบันและในอนาคตเพื่อกำหนดขนาดของระบบระบายน้ำให้เหมาะสม
- ข้อมูลปัญหาเกี่ยวกับการระบายน้ำ ที่จะทำให้เป็นอุปสรรคหรือกีดขวาง เพื่อจะได้วางแผนแก้ไข

(2) งานวิเคราะห์ทางอุทกวิทยาสำหรับงานทาง

ในการคำนวณหาปริมาณการไหลสูงสุดผ่านอาคารระบายน้ำ หากพื้นที่ลุ่มน้ำฝนเป็นพื้นที่ขนาดเล็กที่มีขนาดของพื้นที่รับน้ำไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร ผู้ออกแบบจะนิยมใช้สูตรง่ายๆ ซึ่งเรียกว่า Rational Formula ในการออกแบบ เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว ไม่ต้องใช้ข้อมูลประกอบการคำนวณมาก แต่ทั้งนี้การใช้สูตร Rational Formula จะมีความคลาดเคลื่อนมาก จึงไม่เหมาะสมสำหรับในกรณีที่มีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 25 ตารางกิโลเมตร นิยมใช้วิธีเทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph Technique)

ดังนั้น ในการศึกษาสำหรับโครงการนี้ใช้ วิธีการใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำ (Unit Hydrograph Technique) ในการคำนวณค่าปริมาณน้ำไหลสูงสุดของพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 25 ตร.กม. ส่วนการออกแบบกราฟน้ำท่าร่วมด้วยการคำนวณจากข้อมูลน้ำฝนซึ่งนิยมใช้ทั่วไปและเสนอให้ใช้ในโครงการนี้สามารถทำได้ 3 วิธีคือ วิธีสามเหลี่ยมเชิงซ้อนสองรูปวิธีของ Snyder และวิธีของ Soil Conservation Service (SCS) สำหรับโครงการนี้ที่ปรึกษาใช้ วิธีการใช้เทคนิคกราฟหนึ่งหน่วยน้ำ (Unit Hydrograph Technique) มาวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา และออกแบบระบบระบายน้ำงานทาง

การวิเคราะห์งานทางด้านอุทกวิทยา ที่ปรึกษาได้ใช้วิธีคำนวณและคาดคะเนปริมาณน้ำสูงสุดผ่านอาคารระบายน้ำตามที่กรมทางหลวงใช้ปฏิบัติ 2 วิธีคือ 1) กรณีพื้นที่รับน้ำน้อยกว่า 25 ตร.กม. 2) กรณีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 25 ตร.กม.

(3) หลักการคำนวณและการคาดคะเนปริมาณน้ำไหล

ในการคำนวณหาปริมาณการไหลของน้ำสูงสุดผ่านอาคารระบายน้ำ ที่ปรึกษาใช้วิธีคำนวณและคาดคะเนปริมาณน้ำตามที่กรมทางหลวงใช้ปฏิบัติ 2 วิธีดังนี้

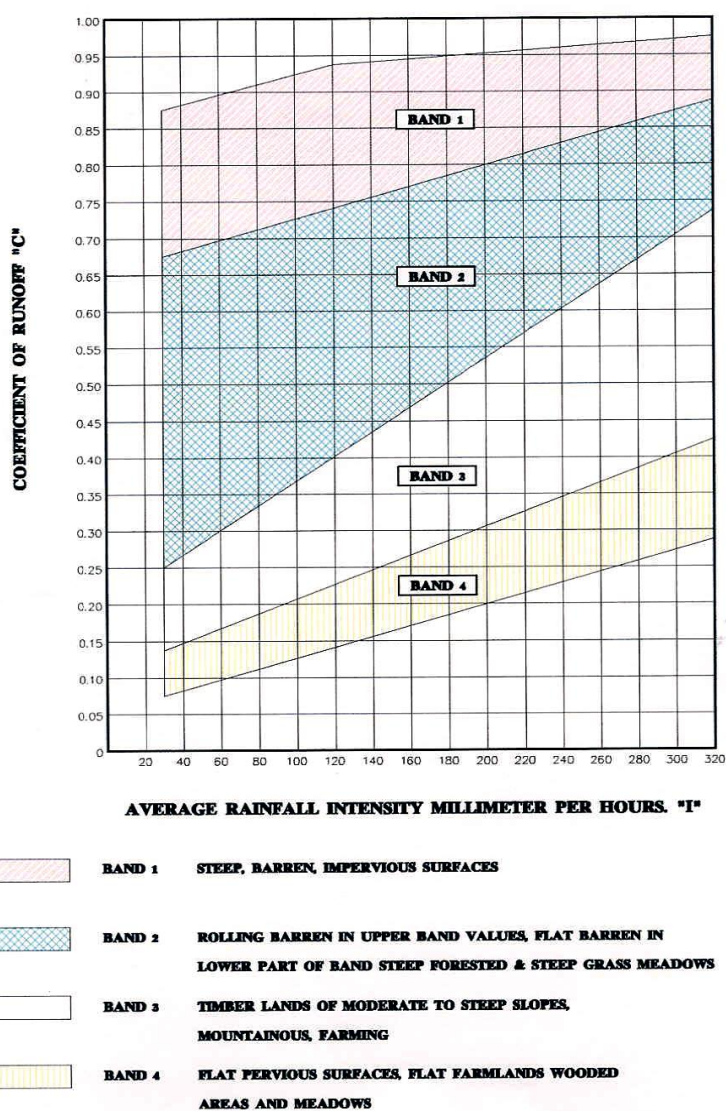
1) กรณีพื้นที่รับน้ำน้อยกว่า 25 ตร.กม.

ใช้สูตร Rational Formula

$$Q = 0.278 CIA$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลสูงสุดของน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
 C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลของน้ำบนพื้นดิน
 I = ปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเวลาหนึ่ง (มม./ชม.)
 A = พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)

(แสดงดังรูปที่ 6.3-5)

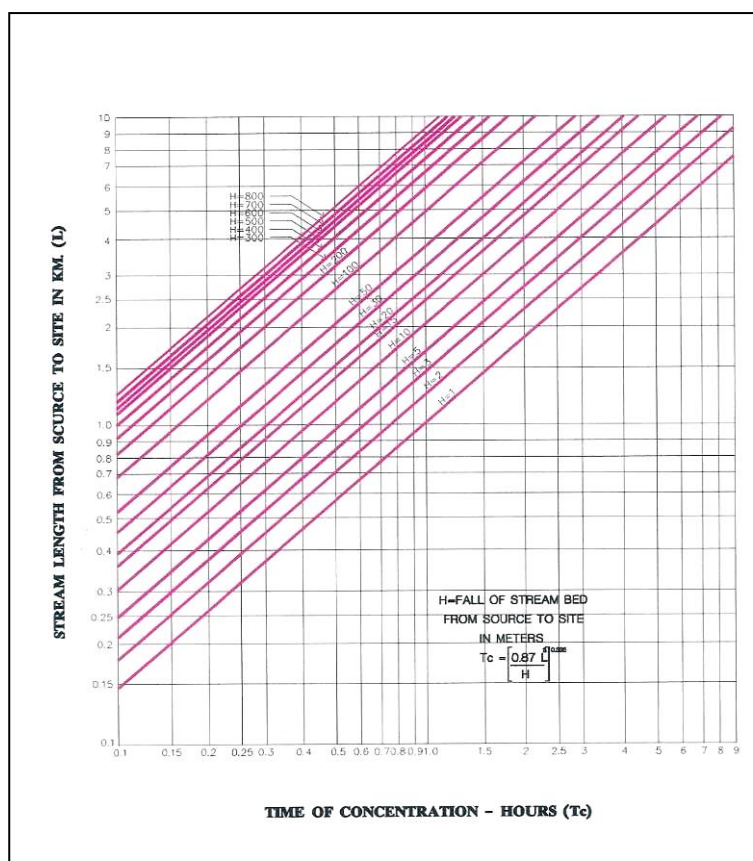


รูปที่ 6.3-5 RUNOFF COEFFICIENT "C"
RELATED TO RAINFALL INTENSITY AND TOPOGRAPHY

ในการหาค่า L หรือปริมาณน้ำฝนที่ตก ซึ่งเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของ Time of Concentration (T_c) แสดงดังรูปที่ 6.3-6 เป็นค่าระยะเวลาที่สั้นที่สุดที่ฝนตกบนพื้นที่รับน้ำฝนที่จุดที่ไกลที่สุดที่จะไหลมาสมทบกันถึงบริเวณที่ต้องทำอาคารระบายน้ำ ซึ่งกำหนดให้เท่ากับระยะเวลาฝนตก (Duration)

$$T_c = \left(0.87 \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

- เมื่อ L = ระยะทางที่ไกลที่สุดของลำน้ำสายใหญ่จากจุดที่จะออกแบบอาคารระบายน้ำถึงแนวของพื้นที่รับน้ำ วัดตามแนวลำน้ำ (กิโลเมตร)
- H = ระดับความสูงต่างกันของจุดที่จะออกแบบอาคารระบายน้ำกับจุดไกลสุดของพื้นที่รับน้ำ (เมตร)



รูปที่ 6.3-6 TIME OF CONCENTRATION CHART

2) กรณีพื้นที่รับน้ำฝนมากกว่า 25 ตร.กม.

การคำนวณหาปริมาณน้ำท่าในการออกแบบอาคารระบายน้ำ จะใช้วิธีกราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit Hydrograph) วิธีของ Snyder Unit Hydrograph

วิธีของ Snyder Unit Hydrograph ขั้นแรกคำนวณ Critical Rainfall Duration (t_r)

$$t_r = 1.5/5.5 (L^{0.60} * L_1^{0.30})$$

เมื่อ t_r = Critical Rainfall Duration (ชั่วโมง)

L = ความยาวลำน้ำจากจุดไกลสุดถึงจุดที่ตั้งอาคารระบายน้ำ (กม.)

L_1 = L_c/L

L_c = ความยาวลำน้ำที่จุดศูนย์ถ่วงถึงจุดออก

ขั้นที่สองคำนวณค่า Peak Discharge ของ Unit Hydrograph ซึ่งเกิดจากรainfall Excess 1 มม. จากสูตร :

$$q_p = k_p/t_r$$

เมื่อ q_p = Peak Discharge ของ Unit Hydrograph (ลิตร/วินาที/กม.²)

K_p = Peak Discharge Coefficient มีค่าตั้งแต่ 28-34 ขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำและพืชปกคลุมดินดังแสดงใน ตารางที่ 6.3-2

ตารางที่ 6.3-2

Table Peak Discharge Coefficient (k_p)

Catchment Topography	Peak Discharge
gently slopes with forest or grass cover	28-30
Steep forested terrain in the head waters, foothills and plain with a cover of forest or grass in the lower reaches	30-32
ed slopes of high hills and low mountains	32-34

ขั้นสุดท้ายคำนวณค่า Design Discharge ได้จากสูตร

$$Q = 0.001 q_p (a_i - \emptyset) t_r A$$

โดยที่ Q = Peak discharge (ลบ.ม./วินาที)
 a = Reduction Factor สำหรับ Point Rainfall Intensity ขึ้นอยู่กับ
 ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำและช่วงเวลาของฝน
 i = ความเข้มของฝน (ม.ม./ชั่วโมง)
 ϕ = Infiltration Capacity (ม.ม./ชั่วโมง) ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของผิวดิน
 และพืชปกคลุม ดังแสดงในตารางที่ 6.3-3 และตารางที่ 6.3-4

ในการออกแบบระบบระบายน้ำ กรณีพื้นที่รับน้ำที่มีขนาดมากกว่า 25 ตาราง
 กิโลเมตร ที่ปรึกษาจะเปรียบเทียบผลการออกแบบทั้งจากวิธี Specific Yield
 และ Unit Hydrograph และเลือกชนิด ขนาด ของระบบระบายน้ำที่สามารถ
 ระบายน้ำได้มากกว่าจากการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากทั้ง 2 วิธีดังกล่าวข้างต้น

ตารางที่ 6.3-3
ค่าความสามารถในการซึมผ่านของดิน (Infiltration Capacity)

ปัจจัยปกคลุม	ประเภท	ϕ (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)		
		ดินเหนียว	ดินเหนียวที่มีอินทรีย์สาร	ดินทราย
1.0 - 2.0	แย่	2 - 9	4 - 13	5 - 20
2.0 - 4.0	ปานกลาง	5 - 17	8 - 27	13 - 45
4.0 - 8.0	ดี	10 - 35	15 - 55	25 - 90

ตารางที่ 6.3-4
ค่าปัจจัยปกคลุม

ลักษณะพืชคลุมดิน	สถานะ	ค่าปัจจัยปกคลุม
ป่า	- มีการปกคลุมหนาแน่นดี ความหนาชั้นอินทรีย์สาร มากกว่า 25 มม. - มีการปกคลุมปานกลาง มีความหนาชั้นอินทรีย์สาร 5-25 มม. - มีการปกคลุมน้อย มีชั้นอินทรีย์สารน้อยกว่า 5 มม.	4.0 - 8.0 2.0 - 4.0 1.0 - 2.0
ทุ่งหญ้าหรือนาข้าว	- มีการปกคลุมหนาแน่นตลอดพื้นที่ มีการเติบโตของพืช ตลอดปีติดต่อกันหลายปี	4.0 - 8.0
	- มีการปกคลุมปานกลางมีความหนาแน่น 30-80% ของพื้นที่ พืชที่เติบโตในพื้นที่มีอายุไม่น้อยกว่า 2 ปี	2.0 - 4.0
ทุ่งเกษตรกรรม	- มีการปกคลุมแย้มมีความหนาแน่นน้อยกว่า 30% - มีการเพาะปลูกหนาแน่น ดินมีความสมบูรณ์สูง	1.0 - 2.0 2.5 - 3.0
	- มีการเพาะปลูกปานกลางดินมีความอุดมสมบูรณ์ 30-80% ของพื้นที่	1.5 - 2.0
	- ดินมีความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่า 30%	1.0 - 1.5
สวนเกษตรกรรม	- ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง	1.3 - 1.5
	- ดินมีความอุดมสมบูรณ์ 30-80%	1.1 - 1.3
	- ดินมีความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่า 30%	1.0 - 1.1

ความเร็วของน้ำที่ใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำจะต้องมากพอที่จะไม่ทำให้เกิดการตกตะกอน ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการกีดขวางการไหลของน้ำ และจะต้องไม่มากจนเกินไปจนทำให้เกิดการกัดเซาะต่ออาคารและทางระบายน้ำ (ความเร็วของน้ำในลำน้ำจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.70 - 2.0 เมตร/วินาที) ความเร็วของกระแสน้ำที่ยินยอมให้ (Permissible Velocity) ใช้กับลักษณะของท้องลำธาร (Stream Bed) ของสถานที่นั้นเป็นสำคัญ

ความถี่การเกิดซ้ำ (Return Period) ที่ใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำในงานทางมีดังนี้

- 10 ปี สำหรับพื้นที่รองรับน้ำที่ไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตรหรือสำหรับท่อกลม
- 20 ปี สำหรับพื้นที่รองรับน้ำระหว่าง 25-1000 ตารางกิโลเมตร หรือสำหรับการออกแบบท่อเหลี่ยม ค.ส.ล.
- 50 ปี สำหรับพื้นที่รองรับน้ำมากกว่า 1000 ตารางกิโลเมตร หรือลำน้ำกว้างๆ มากๆ หรือสำหรับการออกแบบสะพาน ค.ส.ล.

6.3.4.3 งานศึกษาด้านชลศาสตร์ในกรณีระบายน้ำผิวดิน

การวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์ของงานทาง จะพิจารณาการไหลของน้ำในทางน้ำธรรมชาติผ่านอาคารระบายน้ำที่สร้างขึ้น และระบบระบายน้ำบริเวณสองข้างถนน โดยทำการออกแบบเป็นการไหลในทางน้ำเปิด (Open Channel) ด้วยแรงดึงดูดของโลก (Gravity Flow) ดังนั้น ผิวดินของทางน้ำจึงเป็นเส้นระดับชลศาสตร์ (Hydraulic Grade Line) ในการวิเคราะห์การไหลจะอาศัยหลักการพื้นฐานคือ สมการการต่อเนื่อง และสมการการไหลแบบสม่ำเสมอของ Manning ทั้งนี้ งานทางด้านชลศาสตร์จะทำต่อเนื่องจากงานทางด้านอุทกวิทยา หลังจากที่ได้ปริมาณน้ำท่วมสูงสุดมาแล้ว งานออกแบบและตรวจสอบด้านชลศาสตร์ประกอบไปด้วย งานท่อลอด คสล. แบบกลม งานท่อลอด คสล. แบบเหลี่ยม งานสะพาน คสล. และงานระบบระบายน้ำสองข้างถนน

(1) สมการต่อเนื่อง

พิจารณาสภาพการไหลของน้ำที่หน้าตัด 1 ต้องเท่ากับที่หน้าตัด 2

$$Q = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล

V_1, V_2 = ความเร็วของการไหลที่หน้าตัด 1 และหน้าตัด 2

A_1, A_2 = พื้นที่หน้าตัดของการไหลที่หน้าตัด 1 และหน้าตัด 2

(2) สมการการไหลแบบสม่ำเสมอของ Manning

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลผ่านอาคารระบายน้ำ (ลบ.ม./วินาที)
 n = สัมประสิทธิ์ของ Manning
= 0.014 สำหรับผิวคอนกรีต
= 0.025 สำหรับดินทั่วไป
 A = พื้นที่หน้าตัดของทางน้ำไหล (ตร.ม.)
 R = Hydraulic radius (ม.) = A/P
 P = ความยาวเส้นขอบเปียก (ม.)
 S = ลาดตามยาวของการไหล (ม./ม.)

6.3.4.4 งานระบายน้ำในงานถนน

งานออกแบบระบบระบายน้ำในงานถนนสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท ดังนี้

(1) การระบายน้ำจากผิวจราจร (Surface Drainage)

การคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลออกจากผิวจราจรลงในคู่อถนน หรือท่อระบายน้ำข้างทางจะได้มาจากสูตร Rational Formula ดังได้กล่าวแล้ว ขนาดของคูระบายน้ำข้างถนนและท่อระบายน้ำข้างทางจะคำนวณจากสูตร Manning Formula เช่นเดียวกัน โดยจะคำนวณช่วงที่เกิดการกัดเซาะ และต้องการการป้องกัน เช่น ดาดคอนกรีต แล้วกำหนดช่วง Station ที่จะดำเนินการการดาดร่องน้ำ

(2) การระบายน้ำเพื่อป้องกันการกัดเซาะ (Erosion Control)

คำนวณและประเมินปริมาณน้ำที่จะก่อให้เกิดการกัดเซาะทั้งบนลาดตัดและลาดถม พร้อมออกแบบงานแก้ไขป้องกัน เช่น รางระบายน้ำบนลาดดินตัด คันคอนกรีต (Concrete Curb) บนไหล่ทางป้องกันการกัดเซาะบนลาดดินถมสูง รางระบายน้ำจากปากท่อกลมที่ปากท่อสูงกว่าระดับดินเดิม บ่อตกตะกอน ฯลฯ โดยพิจารณาจากแบบมาตรฐานของกรมทางหลวงเป็นเกณฑ์

(3) งานระบายน้ำใต้ดิน (Subsurface Drainage)

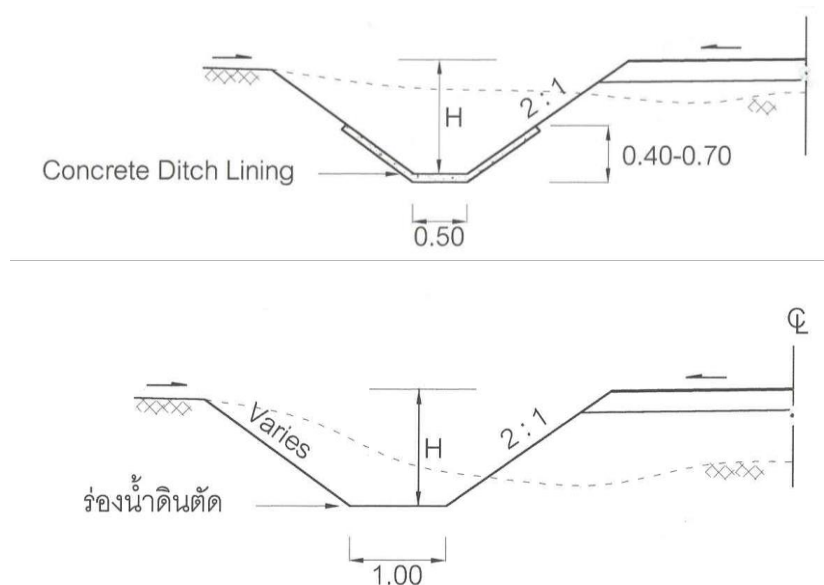
สำรวจและศึกษาลักษณะน้ำใต้ดินที่จะมีปัญหาคั่นทางก่อสร้าง พร้อมออกแบบงานระบายน้ำหรือดักน้ำใต้ดิน เพื่อมิให้สร้างความเสียหายให้คันทาง ด้วยการออกแบบชั้นระบายน้ำใต้ดิน ท่อพรุนพร้อมร่องระบายน้ำใต้ดิน โดยพิจารณาจากแบบมาตรฐานของ

กรมทางหลวงเป็นเกณฑ์ และปรับลักษณะงานตามเหมาะสม ดังนั้นจึงต้องออกแบบระบายน้ำต่างๆ ที่การป้องกันและการแก้ไขจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของน้ำใต้ดินและปริมาณน้ำที่เกิดในแต่ละที่ โดยวิธีการดังนี้

- ❑ Sub - Drain under side ditch โดยวิธีขุดร่องลึกใต้รางระบายน้ำ (Side Ditch) เพื่อดักน้ำใต้ดินไม่ให้ผ่านเข้าใต้ตัวคันทาง
- ❑ Sub - Drain Layer โดยเพิ่มชั้นวัสดุที่มีคุณสมบัติระบายน้ำเหนือชั้น Subgrade ดักน้ำที่ซึมผ่านขึ้นมาบนชั้น Subgrade ไม่ให้น้ำซึมผ่านขึ้นไปบนโครงสร้างชั้นทาง ซึ่งจะป้องกันไม่ให้โครงสร้างชั้นทางสูญเสียคุณสมบัติในการรับน้ำหนักตามวัตถุประสงค์ของแบบ

(4) งานระบายน้ำตามแนวนานกับถนน

การออกแบบอาคารระบายน้ำที่อยู่สองข้างทางของถนน ซึ่งหน้าที่ของอาคารระบายน้ำชนิดนี้เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับระบายน้ำจากผิวจราจรหรือรับน้ำจากพื้นที่ที่อยู่ติดกับถนน การออกแบบระบบระบายน้ำประเภทนี้ได้แก่ U-Ditch, V-Ditch, Side Ditch ท่อระบายน้ำตามแนวยาวช่วงที่ถนนตัดผ่านย่านชุมชน ท่อระบายน้ำที่ใส่ใต้ทางแยกทางเชื่อมเพื่อให้สามารถระบายผ่านได้โดยสะดวกซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ท่อกลมขนาดต่างๆ กันตามความเหมาะสม



รูปที่ 6.3-7 รางระบายน้ำสองข้างทางชนิดรางเปิด

(5) งานระบายน้ำตามแนวตั้งฉากกับแนวถนน

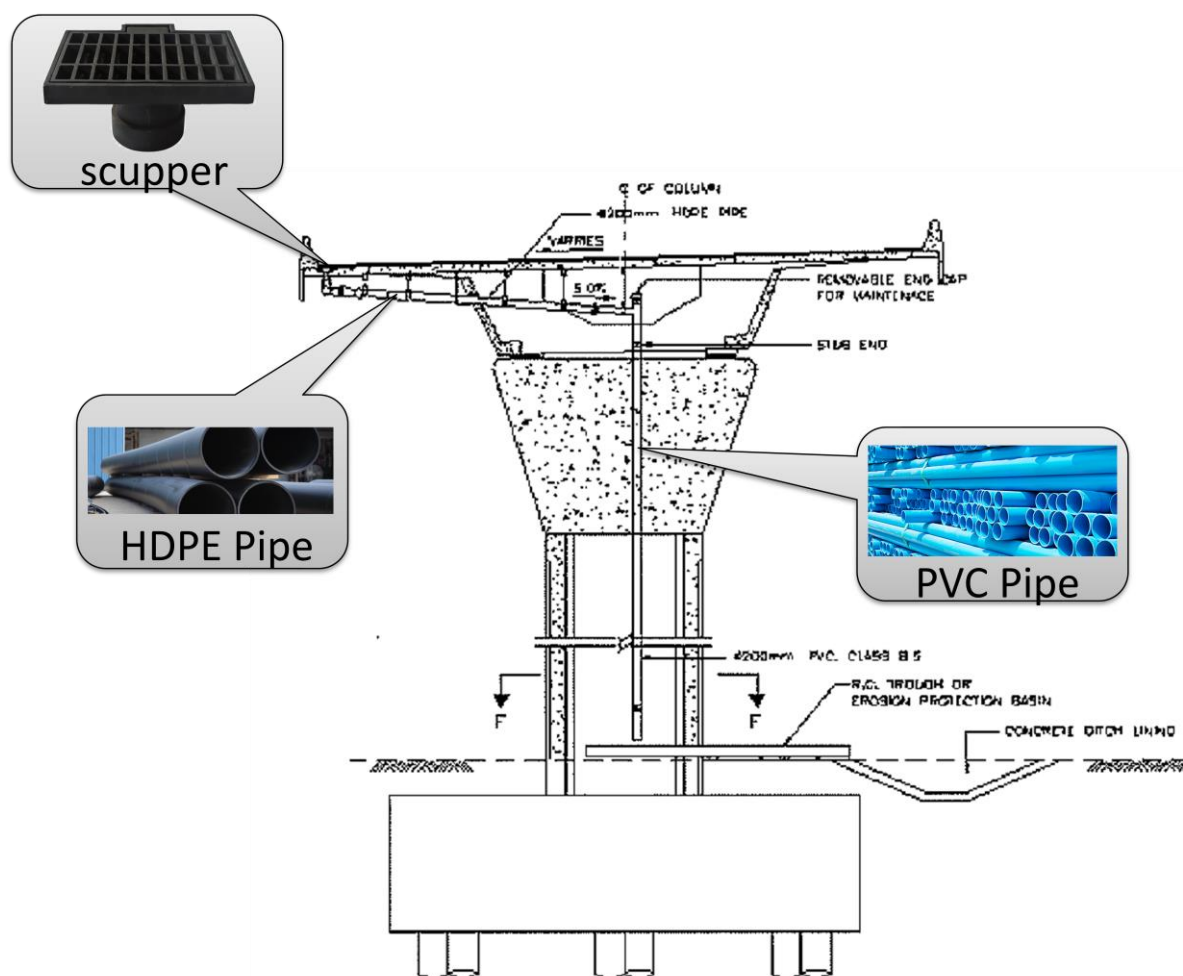
การออกแบบอาคารระบายน้ำตามแนวตั้งฉากกับถนนมีหน้าที่สำคัญหลายประการคือ ใช้เพื่อระบายน้ำผ่านถนนจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่งอย่างเพียงพอ สามารถรับน้ำหนักเนื่องจากการ จราจรและน้ำหนักของคันทางที่อยู่เหนือขึ้นไป เป็นทางผ่านของการสัญจรทางน้ำได้ดีเช่นเดิม โดยหน้าที่ต่างๆ แตกต่างกันชนิดและประเภทของอาคารระบายน้ำ โดยทั่วไปการออกแบบอาคารระบายน้ำในแนวตั้งฉากกับแนวถนนประกอบด้วย 3 ประเภทคือ ท่อกลม ท่อเหลี่ยมและสะพาน โดยข้อกำหนดทั่วไปของการออกแบบมีดังนี้

- ท่อกลม ค.ส.ล. (R.C.Pipe Culvert) อาคารระบายน้ำประเภทนี้เป็นประเภทที่มีราคาก่อสร้างต่ำที่สุด และก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็วเนื่องจากส่วนใหญ่เป็นท่อกลมสำเร็จรูปและวิธีการก่อสร้างไม่ยุ่งยากมากนัก ขนาดของท่อที่มีตั้งแต่ 0.30 ถึง 1.50 เมตร แต่การเลือกใช้ท่อเพื่อระบายน้ำผ่านถนนหากเลือกให้มีขนาดใหญ่จะผลดีหลายประการได้แก่ สามารถระบายน้ำได้ดี เข้าไปขุดลอกและบำรุงรักษาได้สะดวก
- ท่อเหลี่ยม ค.ส.ล. (R.C.Box Culvert) อาคารระบายน้ำประเภทนี้มีขนาดตั้งแต่ 0.60x0.60 เมตร ไปจนถึงขนาด 3.60x3.60 เมตร แต่ละแห่งจะมีท่อเหลี่ยมไม่เกิน 4 แถว ระดับหลังท่ออาจเท่ากับผิวจราจรเลยก็ได้ แต่ในทางปฏิบัติควรอยู่ต่ำกว่าผิวจราจรประมาณเท่ากับความหนาของชั้นผิวทาง ทั้งนี้เพื่อให้ผิวทางจราจรต่อเนื่องเป็นชนิดเดียวกันและวิ่งได้เรียบ ลักษณะการใช้งานเป็นเช่นเดียวกับท่อกลม ค.ส.ล. แต่มีข้อดีกว่าคือ สามารถระบายน้ำได้ในปริมาณที่มากกว่าเนื่องจากขนาดของท่อมีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ใหญ่กว่าแต่ก็ยังมีข้อจำกัดด้านการสัญจรทางน้ำและต้องไม่มีสิ่งลอยน้ำขนาดใหญ่ผ่านอันได้แก่ เรือแพ หรือซุง โดยทั่วไปจะออกแบบท่อเหลี่ยมบริเวณทางน้ำสาธารณะที่มีขนาดไม่กว้างมากนัก ซึ่งค่าก่อสร้างจะถูกกว่าการก่อสร้างสะพานแต่จะแพงกว่าราคาก่อสร้างท่อกลม ค.ส.ล. การออกแบบท่อระบายน้ำเหลี่ยมที่ปรึกษาจะดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐานกรมทางหลวง

6.3.4.5 การออกแบบระบบระบายน้ำโครงการ

การออกแบบระบบระบายน้ำ ในพื้นที่โครงการจะเป็นการระบายน้ำ จากพื้นผิวของถนนบนสะพานเป็นหลัก โดยการออกแบบจะลำเลียงน้ำบนพื้นผิวสะพาน โดยออกแบบให้ scupper มีหน้าที่เป็นจุดรับน้ำหรือจุดน้ำออก ซึ่งจะมีจำนวนเพียงพอต่อการระบายน้ำจากพื้นผิวถนนของสะพาน ลำเลียงลงสู่เสา และลำเลียงลงสู่แหล่ง น้ำธรรมชาติต่อไป

ขั้นตอนการทำงานของระบบระบายน้ำที่ได้ทำการออกแบบ ท่อระบายที่รับมาจาก scupper ที่เป็นเหล็กหล่อมีความทนทานสูง แล้วจะลำเลียงผ่านท่อ HDPE ที่สามารถทนทานต่อแสงแดดได้ และระบายลงสู่ท่อในเสาสะพานซึ่งจะใช้ท่อ PVC ซึ่งจะมีความแข็งแรง และไม่คด บิดงอ เหมือนกับท่อ HDPE โดยการออกแบบจะต้องออกแบบให้ขนาด สัมพันธ์กับปริมาณน้ำต้องการระบาย



รูปที่ 6.3-8 แสดงขั้นตอนการระบายน้ำ และวัสดุที่ใช้

จากพื้นที่โครงการ จะมีคลองสายหลัก และระบบระบายน้ำเดิม ที่สามารถทำการระบายน้ำจากพื้นที่โครงการลงสู่คลอง และระบบระบายน้ำเดิมได้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

- ❑ ส่วนแรก สามารถระบายลงสู่คลองเปรมประชากร
- ❑ ส่วนที่สอง สามารถระบายลงสู่ ระบบระบายน้ำเดิมของถนนกำแพงเพชร
- ❑ ส่วนที่สาม สามารถระบายน้ำลงสู่ระบบระบายน้ำของ ถนน รัชดาภิเษก

ดังแสดงดังรูปที่ 6.3-9 ถึงรูปที่ 6.3-13 โครงการการระบายน้ำ



รูปที่ 6.3-9 โครงการระบายน้ำ



รูปที่ 6.3-10 คลองระบายน้ำขนานกับถนนวิภาวดีฝั่งซ้ายขาออก



รูปที่ 6.3-11 คลองระบายน้ำขนานกับถนนวิภาวดีฝั่งซ้ายขาเข้า



รูปที่ 6.3-12 ระบบระบายน้ำเดิมของถนนกำแพงเพชร



รูปที่ 6.3-13 คลองเปรมประชากรบริเวณโครงการ

6.3.5 งานออกแบบป้าย เครื่องหมาย และสัญญาณจราจร

6.3.5.1 มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบเครื่องหมายจราจร

ที่ปรึกษาจะยึด มาตรฐานความปลอดภัยการจราจรและขนส่ง ระยะที่ 1 ปี 2547 และระยะที่ 2 ปี 2549 เป็นหลักในการออกแบบ ซึ่งเป็นมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก ในการปรับปรุงกำหนดเครื่องหมายจราจรเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ ซึ่งจัดทำและรวบรวมโดยสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม ตามโครงการมาตรฐานความปลอดภัยการจราจรและขนส่ง ประกอบกับมาตรฐานอื่นๆ ที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

6.3.5.2 องค์ประกอบของเครื่องหมายจราจร

ตามประกาศคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก เรื่องมาตรฐานเครื่องหมายจราจร ลงวันที่ 16 มิถุนายน 2546 ระบุคำจำกัดความของ “เครื่องหมายจราจร” หมายความว่า รูปภาพ ข้อความ ตัวหนังสือ ตัวเลข หมายเหตุ หลัก เส้น แถบสี หรือสัญลักษณ์ใดๆ ที่แสดง ติดตั้ง หรือทำให้ปรากฏไว้ในเขตทางหรือทางหลวง ในลักษณะและตำแหน่งที่เห็นได้โดยง่ายและชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้ทางไม่ว่าจะเป็นผู้ขับขี่ คนเดินเท้า หรือผู้ควบคุมสัตว์ ปฏิบัติตามความหมายของเครื่องหมายนั้น หรือเป็นการแจ้งข้อมูล หรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ทางหรือทางหลวงนั้น เพื่อให้การจราจรเป็นไปโดยสะดวกและรวดเร็ว

เครื่องหมายจราจรจะต้องมีลักษณะสำคัญพื้นฐาน คือ

- ใช้หรือติดตั้งให้ครบถ้วนตามที่จำเป็น
- ถ่ายทอดข้อมูลข่าวสารชัดเจนและเข้าใจง่าย
- ให้เวลาเพียงพอในการสนองตอบหรือปฏิบัติตาม
- เด่นและดึงดูดความสนใจ
- ผู้ใช้ทางให้ความเชื่อถือ

เครื่องหมายจราจรแบ่งออกเป็น 3 ประเภทที่สำคัญคือ ป้ายจราจร (Traffic Signs) เครื่องหมายจราจร (Traffic Markings) และสัญญาณไฟจราจร (Traffic Signals) อธิบายได้ดังนี้

(1) ป้ายจราจร (Traffic Signs)

ได้แก่ เครื่องหมายจราจรที่ทำให้ปรากฏอยู่บนแผ่นป้าย กล่อง ผนังหรือที่อื่นใด ทำด้วยแผ่นโลหะ ไม้ หรือวัสดุอื่น ทำหน้าที่ในการบังคับ ควบคุม เตือนและแนะนำ รวมทั้งให้ข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ทาง เพื่อที่จะสนับสนุนและส่งเสริมความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการคมนาคมและขนส่ง ป้ายจราจรจะต้องมีขนาดตัวอักษรและสัญลักษณ์ที่ใหญ่เพียงพอ ข้อความสั้นสามารถเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว และสามารถ

มองเห็นได้ชัดเจนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน แบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งานได้
เป็น 3 ประเภท คือ

(ก) ป้ายบังคับ (Regulatory Sign)

ได้แก่ ป้ายจราจรที่มีความหมายเป็นการบังคับให้
ผู้ใช้ทางปฏิบัติตามความหมายที่ปรากฏอยู่ในป้ายนั้น
โดยกำหนดให้ผู้ใช้ทางต้องกระทำ งดเว้นการกระทำ
หรือจำกัดการกระทำในบางประการหรือบางลักษณะ
จะใช้ร่วมกับการบังคับตาม “พระราชบัญญัติการ
ขนส่งทางบกและกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง” ผู้ใดฝ่า
ฝืนย่อมมีความผิดตามกฎหมาย ดังนั้นในการ
พิจารณาติดตั้งป้ายบังคับ จะต้องสามารถมองเห็น
ได้อย่างชัดเจนทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน
ข้อความ เครื่องหมายและสัญลักษณ์ จะต้องอ่านและ
เข้าใจง่าย มีความหมายตรงกับความต้องการในการ
บังคับ และการใช้ป้ายบังคับจะต้องมีความเป็นหนึ่ง
เดียว (Uniformity) โดยป้ายบังคับแยกได้เป็น 3
ประเภท คือ ป้ายบังคับประเภทกำหนดสิทธิ
(Priority Signs) ประเภทห้ามหรือจำกัดสิทธิ
(Prohibitory or Restrictive Signs) และประเภท
คำสั่ง (Mandatory Signs)



(ข) ป้ายเตือน (Warning Sign)

ใช้เพื่อเตือนให้ผู้ใช้ทางทราบล่วงหน้าถึง สภาพทางที่มีการ
เปลี่ยนแปลง หรืออาจเกิดอันตรายหรือมีการบังคับควบคุม
การจราจรข้างหน้า ผู้ใช้ทางจะได้ระมัดระวัง ลดความเร็วลงหรือ
ปฏิบัติตามกฎจราจรให้ผ่านบริเวณนั้นได้อย่างปลอดภัย และ
ทำให้การควบคุมการจราจรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ



ป้ายเตือนจะต้องติดตั้งล่วงหน้าก่อนถึงจุดที่ต้องการเตือนเป็นระยะทางที่เหมาะสม
เพื่อให้ผู้ใช้ทางมองเห็นป้าย อ่านและเข้าใจความหมาย สมองสั่งการให้ควบคุมรถ
และชะลอความเร็วลงจนรถวิ่งถึงตำแหน่งที่ต้องการเตือน **ตารางที่ 6.3-5** เป็น
ระยะทางที่ได้จากการคำนวณเพื่อช่วยในการพิจารณาด้านวิศวกรรม (ที่มา: คู่มือ
และมาตรฐานป้ายจราจร ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร)

ตารางที่ 6.3-5 แสดงระยะการติดตั้งป้ายล่วงหน้าแยกตามเงื่อนไขและระดับความเร็ว

ความเร็วสำคัญ ที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไคล์ (กม./ชม.)	ระยะติดตั้งล่วงหน้า (ม.) ¹									
	สถานการณ์ ก : ต้องใช้เวลาในการ ตัดสินใจ ²	สถานการณ์ ข : เตือนมีแนวโน้ม ให้หยุด ³	สถานการณ์ ค : ลดความเร็วลงเท่ากับความเร็วที่แนะนำ ⁴							
			10	20	30	40	50	60	70	80
30	50	N/A ⁵	N/A ⁵	N/A ⁵	-	-	-	-	-	-
40	70	N/A ⁵	25	N/A ⁵	N/A ⁵	-	-	-	-	-
50	100	30	50	40	35	N/A ⁵	-	-	-	-
60	130	60	80	70	60	50	40	-	-	-
70	160	80	100	100	90	80	70	35	-	-
80	180	110	130	120	120	110	100	70	50	-
90	210	140	160	150	150	140	130	100	80	60
100	240	180	190	180	180	170	160	130	110	90
110	270	220	220	210	210	200	190	160	150	130
120	300	260	240	240	230	230	220	190	180	160
130	320	300	270	270	270	260	250	220	210	190

- หมายเหตุ : 1. ระยะทางที่แสดงนี้ ได้ปรับลดระยะการอ่านป้ายออก 50 เมตร ซึ่งเป็นระยะสำหรับการอ่าน ข้อความตัวไทยขนาดความสูง 10 ซม. สำหรับป้ายสัญลักษณ์ ให้ลดระยะทางได้อีก 30 เมตร
2. กรณีบริเวณการติดตั้งที่ผู้ขับขี่ต้องใช้เวลามากเพื่อการปรับระดับความเร็วและการเปลี่ยนช่องจราจรในสถานการณ์ที่การจราจรค่อนข้างหนาแน่นและซับซ้อน ตัวอย่างเช่น ป้ายทางร่วม ป้ายช่องจราจรด้านซ้ายสิ้นสุดลง เป็นต้น ระยะทางที่กำหนดจะคำนวณจาก เวลาการรับรู้ ประมวลผลและตัดสินใจ (PIEV) ซึ่งอยู่ระหว่าง 6.7 ถึง 10 วินาที และให้เพิ่มอีก 4.5 วินาที สำหรับสถานการณ์ที่ผู้ขับขี่จะต้องมีการหลบหลีกเลี้ยว และให้ลบออก 50 ม. ของระยะทางที่คำนวณได้
3. กรณีสถานการณ์ที่เตือนมีแนวโน้มให้หยุด เช่น ป้ายหยุดข้างหน้า ป้ายให้ทางช่วง หรือมีสัญญาณไฟจราจรข้างหน้า ระยะทางที่ได้ขึ้นอยู่กับระยะการมองเห็นเพื่อหยุดรถ (Stopping Sight Distance) จาก AASHTO Policy 1990 หน้า 120 ที่เวลาการรับรู้ ประมวลผล และตัดสินใจ (PIEV) 2.5 วินาที และค่าสัมประสิทธิ์ความเสี่ยงความเสียหาย 0.3-0.4 และลบด้วย 50 ม.
4. กรณีสถานการณ์ที่เตือนให้ผู้ขับขี่ต้องชะลอความเร็วลงเพื่อควบคุมรถให้ผ่านบริเวณที่เตือน เช่น ป้ายเตือนทางโค้ง ทางเลี้ยว และทางตัดผ่าน เป็นต้น ระยะทางจากจุดที่เตือนถึงป้าย คำนวณจากเวลาการรับรู้ ประมวลผล และตัดสินใจ (PIEV) 1.6 วินาที อ้างอิงจาก AASHTO Policy 1990 หน้า 119 และใช้อัตราลดความเร็ว 3 ม/วินาที 2 ลบด้วย 50 ม.
5. ไม่มีการแนะนำระยะการติดตั้งต่ำสุด ตำแหน่งการติดตั้งขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของถนน และการติดตั้งป้ายอื่นๆ ที่จะทำให้อยู่เพียงพอสำหรับการเตือนผู้ขับขี่

(ที่มา : คู่มือและมาตรฐานป้ายจราจร ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร)

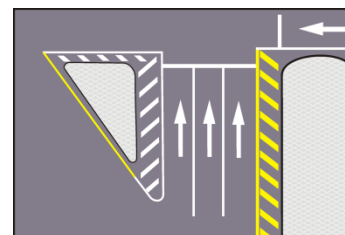
(ค) ป้ายแนะนำ



เป็นป้ายจราจรที่ใช้เพื่อแนะนำให้ผู้ขับขี่ทางทราบทิศทางของการเดินทางไปสู่จุดหมายปลายทาง หรือทราบถึงข่าวสารข้อมูลที่สำคัญในการเดินทาง รวมทั้งสถานที่และบริเวณต่างๆ ให้เดินทางไปสู่จุดหมายปลายทางได้อย่างถูกต้อง สะดวกและปลอดภัย เช่น ป้ายแนะนำ ทิศทางการเดินทางล่วงหน้า จุดหมายปลายทาง บอกสถานที่และระยะทาง เป็นต้น แต่อาจจะมีป้ายพิเศษเพื่อใช้ให้ข้อมูลการจราจรเพิ่มขึ้น เช่น ป้ายแบบที่สามารถเปลี่ยนข้อความได้ (Variable Message Sign) เพื่อแสดงถึงข้อมูลและภาพการจราจร ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

(2) เครื่องหมายจราจร (Traffic Markings)

หมายถึง เครื่องหมายจราจรที่ทำให้ปรากฏอยู่บนพื้นทาง ทางจราจร ไหล่ทาง ทางเท้า และบนอุปสรรคต่างๆ ในเขตทาง ด้วยวัสดุสีทาหรือพ่น วัสดุเทอร์โมพลาสติก แผ่นเทปสำเร็จรูป ปุ่มติดบนผิวจราจร และวัสดุฝังในผิวจราจร มีวัตถุประสงค์เพื่อการนำทางและควบคุมการจราจรให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว และปลอดภัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน คือ ประเภทบังคับ และประเภทเตือน



แต่หากแบ่งประเภทเครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามรูปแบบและลักษณะที่กำหนดสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท คือ

- ❑ เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางตามแนวทางเดินรถ (Longitudinal Pavement Markings)
- ❑ เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางขวางแนวทางเดินรถ (Transverse Pavement Markings)
- ❑ เครื่องหมายจราจรบนพื้นทางอื่นๆ (Other Pavement Markings)
- ❑ เครื่องหมายจราจรบนสันขอบทาง (Curb Markings)
- ❑ เครื่องหมายจราจรแสดงตำแหน่งของวัตถุหรือสิ่งกีดขวาง (Object Markings)
- ❑ เครื่องหมายปุ่มบนพื้นทางจราจร (Raised Pavement Markings)
- ❑ เครื่องหมายนำทาง (Delineators)

(3) สัญญาณไฟจราจร (Traffic Signals)

การใช้ป้ายจราจร และเครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง สามารถช่วยให้การจราจรบริเวณทางแยกหรือช่วงระหว่างถนนเกิดความสะดวกรวดเร็วและปลอดภัย แต่สำหรับ ทางแยกที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น จะทำให้เกิดการกีดขวางกันระหว่างรถทางตรงกับรถที่เลี้ยวขวาในทิศทางตรงข้าม ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาอุบัติเหตุและจราจรติดขัดตามมา ดังนั้น จึงต้องมีสัญญาณไฟจราจรเพื่อควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกให้เป็นอย่างสะดวก รวดเร็วและปลอดภัยยิ่งขึ้น



ในการพิจารณาความจำเป็นในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกใดๆ จะต้องพิจารณาถึงปริมาณจราจรที่เข้าสู่ทางแยกในแต่ละทิศทางเป็นหลักโดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน ทั้งในกรณีที่ติดขัดเนื่องจากปริมาณจราจรเข้าสู่ทางแยกมีมากทั้งสองทิศทาง และกรณีติดขัดเนื่องจากปริมาณรถสายหลักที่เข้าสู่ทางแยกมากจนทำให้ทางสายรองติดขัด นอกจากปัจจัยเรื่องปริมาณรถแล้วยังต้องพิจารณาเรื่องจำนวนอุบัติเหตุและจำนวนคนข้ามถนนประกอบ ในการตัดสินใจติดตั้งสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยกด้วย

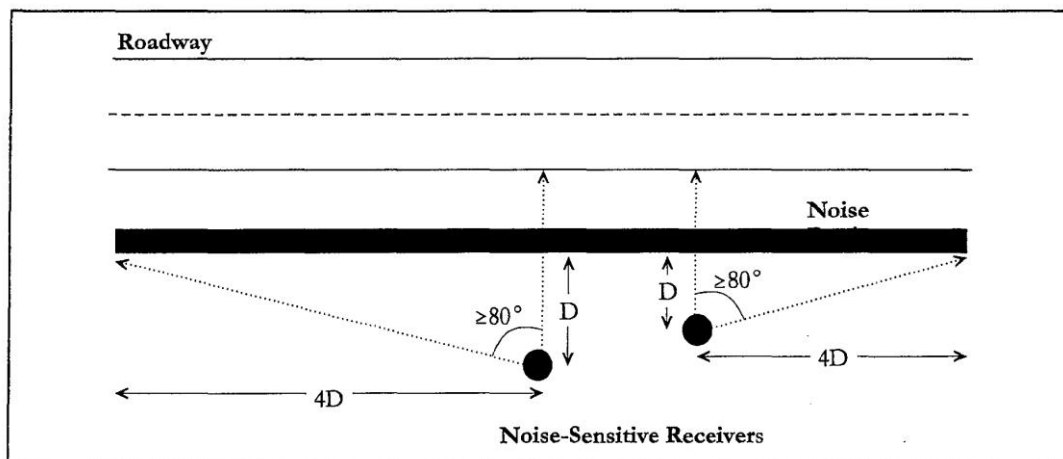
ขนาดของหัวสัญญาณไฟจราจรมี 2 ขนาด คือ 200 มม. และ 300 มม. การจะเลือกใช้ขนาดใดนั้นขึ้นอยู่กับระยะมองเห็นและลักษณะทางกายภาพของทางแยกเป็นหลัก โดยทั่วไปจะนิยมใช้ขนาด 300 มม. รูปแบบของหัวสัญญาณไฟมี 2 แบบคือ แบบเดี่ยว (ชนิด 3 ดวง 4 ดวง และ 5 ดวง) และแบบประยุกต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของทางแยกเป็นสำคัญ

ในการติดตั้งหัวสัญญาณไฟจราจร ควรติดตั้งอย่างน้อย 2 ด้านในหนึ่งทิศทาง คือ ด้านใกล้ (Primary) สำหรับสัญญาณไฟจราจรหลัก และด้านไกล (Secondary) สำหรับสัญญาณไฟจราจรรอง ในกรณีที่การติดตั้งบนเสาธรรมดา ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนหรือบริเวณที่มีช่องจราจรมาก ควรติดตั้งแบบเสาสูง และพิจารณาเพิ่มหัวสัญญาณไฟจราจรให้เพียงพอ

6.3.6 งานออกแบบด้านการป้องกันสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของงานก่อสร้างโครงการโครงการขั้วทางเชื่อมระหว่างทางยกระดับอุตราภิมุข และทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ได้แก่ เสียงดังที่เกิดจากการจราจรที่แล่นไป-มาบนทางยกระดับ หากผลการประเมินพบว่าภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จและเปิดใช้งานแล้วทางโครงการก่อให้เกิดเสียงดังจากการจราจรที่วิ่งผ่านไป-มามีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดหรือก่อให้เกิดเสียงดังรำคาญต่อแหล่งพื้นที่อ่อนไหวต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม ที่ปรึกษาจะพิจารณาออกแบบกำแพงกันเสียงเพื่อติดตั้งบนทางยกระดับเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงที่เกิดขึ้น

แนวคิดและเกณฑ์ในการออกแบบและติดตั้งกำแพงกันเสียงจะต้องมีความยาวเพียงพอ เพื่อป้องกันไม่ให้ระดับเสียงมีการเลี้ยวเบนอ้อมด้านข้างกำแพงไปสู่ผู้รับเสียง ซึ่งตามหลักการของ FHWA ความยาวของกำแพงกันเสียงควรออกแบบ ดังนี้ (ดังรูปที่ 6.3-14)



ที่มา : FHWA Highway Noise Barrier Design Handbook (February 2000)

รูปที่ 6.3-14 หลักการคำนวณความยาวของกำแพงกันเสียง

- ❑ ความยาวของกำแพงกันเสียง อย่างน้อยประมาณ 4 เท่า ($4D$) ของระยะห่างระหว่างพื้นที่อ่อนไหวต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมถึงกำแพงกันเสียง (D) หรือ
- ❑ ความยาวของกำแพงกันเสียง = ระยะจากพื้นที่อ่อนไหวต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมถึงระยะที่ทำมุม 80 องศา กับแนวตั้งฉากระหว่างพื้นที่อ่อนไหวต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับแนวเส้นทางของโครงการ

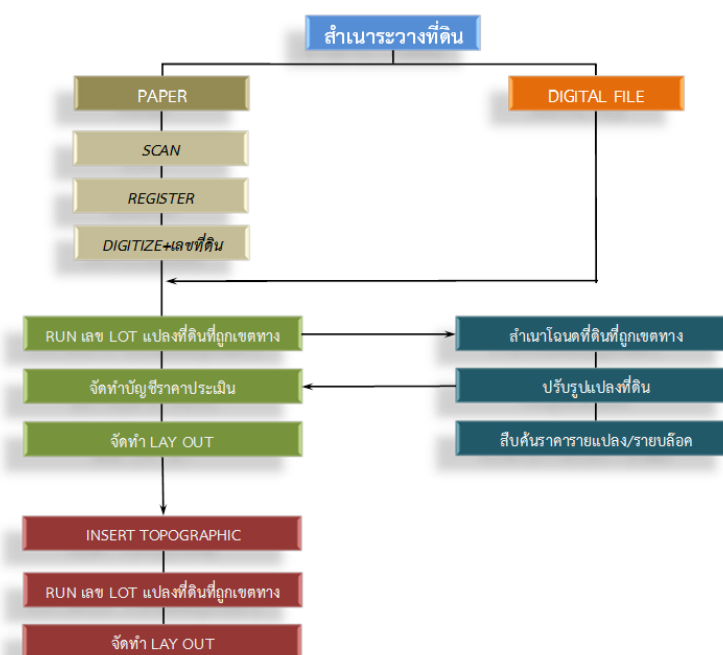
นอกจากนี้ ในการออกแบบด้านการป้องกันสิ่งแวดล้อมในเบื้องต้น ที่ปรึกษาคำนึงถึงผลกระทบในด้านต่างๆ ดังนี้

- (1) การออกแบบเพื่อป้องกันสิ่งแวดล้อมระหว่างการก่อสร้าง
 - ❑ การจัดการพื้นที่ก่อสร้าง สำนักงานสนาม พื้นที่กองเก็บวัสดุ
 - ❑ การจัดพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อลดผลกระทบด้านการคมนาคม
 - ❑ การกำหนดมาตรการเพื่อความปลอดภัยจากการก่อสร้างบนที่สูง
 - ❑ การระบายน้ำในระหว่างการก่อสร้าง
 - ❑ การป้องกันผลกระทบด้านคุณภาพอากาศ คุณภาพน้ำ
- (2) การออกแบบเพื่อป้องกัน/ลดผลกระทบด้านเสียง
 - ❑ การออกแบบติดตั้งกำแพงกันเสียงชนิดที่เหมาะสม ดังแนวทางในการออกแบบดังกล่าวข้างต้น ในบริเวณที่แนวเส้นทางพาดผ่านนั้นเป็นพื้นที่ไวต่อการรับผลกระทบ เช่น โรงเรียน อาคารพักอาศัยที่มีความสูงใกล้เคียงโครงการ เป็นต้น
 - ❑ การพิจารณาปลูกต้นไม้ที่มีใบหนาทึบในแนวทางขึ้น-ลง เพื่อเป็นแนวป้องกันเสียงที่เกิดจากการเร่งเครื่องยนต์
- (3) การออกแบบเพื่อป้องกัน/ลดผลกระทบด้านทัศนียภาพ
 - ❑ การออกแบบบริเวณด้าน ทางขึ้น-ลง ที่ลดการบดบังทัศนียภาพ
 - ❑ การออกแบบปรับปรุงภูมิทัศน์ในแนวทางด่วนให้มีความเหมาะสม ง่ายต่อการดูแลรักษา
- (4) การออกแบบเพื่อป้องกัน/ลดผลกระทบด้านสังคม
 - ❑ การกำหนด Alignment หรือทบทวนแนวเส้นทาง โดยให้ห่างจากพื้นที่อยู่อาศัย
 - ❑ การออกแบบ/ทบทวนแบบทางขึ้น-ลง เพื่อหลีกเลี่ยงชุมชน สถานที่สำคัญ
 - ❑ การพิจารณาออกแบบการใช้ประโยชน์พื้นที่ใต้ทางด่วนหรือใกล้เคียง เพื่อประโยชน์ของชุมชน
 - ❑ การออกแบบให้มีไฟฟ้าแสงสว่างที่เพียงพอต่อความปลอดภัยในการใช้ทาง

6.4 งานดำเนินการด้านจตุกรรมสิทธิ์ที่ดินและชดเชยทรัพย์สิน

6.4.1 งานจัดทำแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทาง (Cadastral Plans)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทาง (Cadastral Plans) ในมาตราส่วน 1:1,000 จัดพิมพ์ลงบนแผ่นฟิล์มขนาด A1 โดยได้แสดงให้เห็นถึงแปลงที่ดินที่อยู่ในพื้นที่แนวเขตเวนคืน ซึ่งมีเลขที่ดินและเลขลำดับแปลงที่ดินกำกับอยู่ทุกแปลง รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงที่ดินแปลงข้างเคียงที่ไม่อยู่ในแนวเขตเวนคืน แต่อยู่ต่อเนื่องกัน โดยวัดจากขอบแนวเขตทางออกไปข้างละไม่น้อยกว่า 100 เมตร พร้อมทั้งลงรายละเอียดของสภาพภูมิประเทศที่สำคัญ เช่น ถนน ตรอก ซอย คลองต่างๆ ขอบเขตของพื้นที่ปกรณวง เช่น ตำบล อำเภอ จังหวัด ฯลฯ เป็นภาษาไทย และมีจุดอ้างอิงในระบบพิกัดฉาก (Grid System) พร้อมทั้งจัดทำรูปแปลงที่ดินโดยการปูเอนด์ที่ดินจากรูปแผนที่เอนด์ที่ดินที่ถูกเขตทาง และที่ดินที่อยู่ข้างเคียงทุกแปลง ขั้นตอนการดำเนินงานแสดงได้ดังรูปที่ 6.4-1



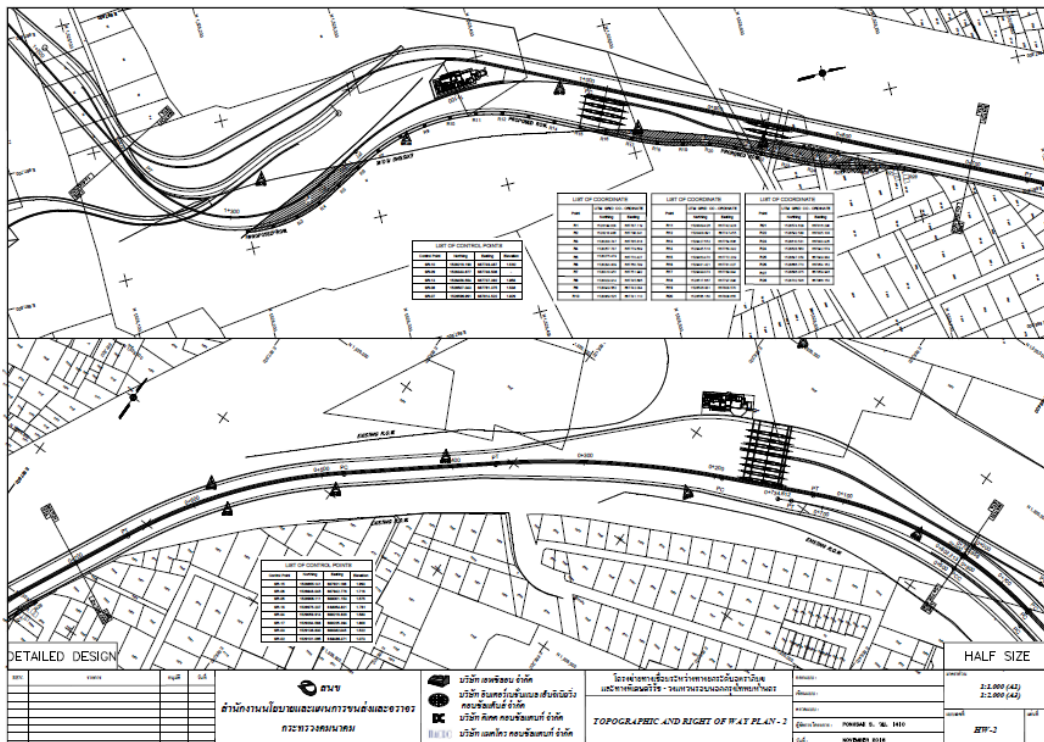
รูปที่ 6.4-1 ขั้นตอนการจัดทำ Cadastral Plan

ที่ปรึกษาได้ประสานงานกับ สำนักงานที่ดินกรุงเทพมหานคร สาขา จตุจักร เพื่อขอข้อมูลระวางที่ดิน มาตราส่วน 1 :1,000 จำนวน 25 ระวาง ครอบคลุมพื้นที่โครงการ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการ Scan, Rectify และ Digitize ข้อมูลต่างๆที่ปรากฏอยู่บนระวางที่ดิน ให้เป็น Digital File ในรูปของ AutoCAD ดังรูปที่ 6.4-2



รูปที่ 6.4-2 รางวางที่ดินในรูป AutoCAD File ครอบคลุมพื้นที่โครงการ



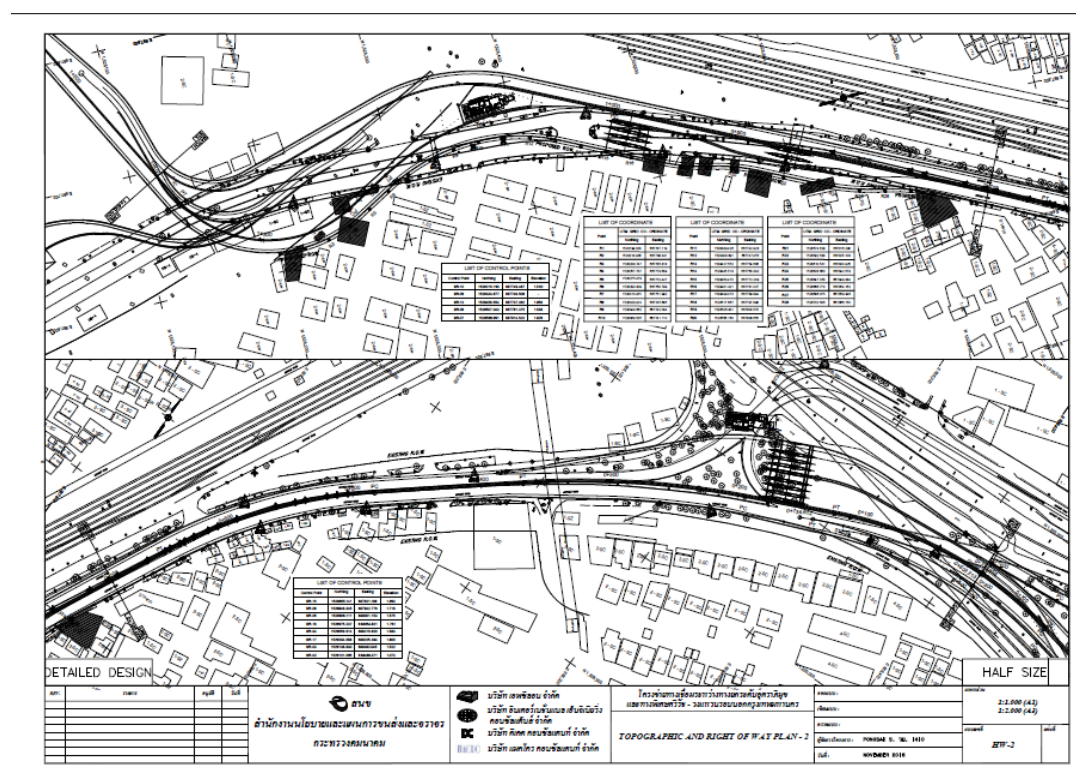
รูปที่ 6.4-3 ตัวอย่างแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทาง (Cadastral Plans) ของโครงการ

6.4.2 งานจัดทำแบบแปลนแสดงทรัพย์สินที่ถูกเขตทาง (Property Plans)

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำแบบแปลนแสดงทรัพย์สินที่ถูกเขตทาง (Property Plans) ในมาตราส่วน 1:1,000 จัดพิมพ์ลงบนแผ่นฟิล์มขนาด A1 โดยเป็นแบบแปลนในลักษณะเช่นเดียวกับแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทาง (Cadastral Plans) พร้อมทั้งรายละเอียดของอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่แนวเขตเวนคืน ตลอดจนระบุประเภทหรือลักษณะของอาคาร และสิ่งปลูกสร้าง หมายเลขที่บ้าน (ถ้ามี) หรือระบุว่าเป็นอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่ไม่มีหมายเลขที่บ้านในแบบแปลนด้วย

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสภาพภูมิประเทศ ที่ปรึกษาได้ระบุรายละเอียดทรัพย์สินที่ถูกเขตทางลงในแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทาง (Cadastral Plan) เช่น ร้านอาหารหนึ่งสองโภชนา 1-SC, บริษัท เอบีซี จำกัด 4-SC(6) ศาลพระภูมิ ลานจอดรถ หรือแสดงสัญลักษณ์รั้ว ที่ว่าง เป็นต้น กรณีอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่ถูกเขตทางนั้น มีหมายเลขที่บ้านจะมีการระบุเลขที่บ้านกำกับในแบบไว้ ส่วนอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่ถูกเขตทางแต่ไม่มีหมายเลขที่บ้านก็จะระบุว่ามีเลขที่บ้าน เพื่อจัดทำแบบแปลนแสดงทรัพย์สินที่ถูกเขตทาง (Property Plan) ส่วนรายละเอียดอื่นๆ ที่ปรากฏในแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทางก็จะปรากฏในแบบแปลนแสดงทรัพย์สินที่ถูกเขตทางฯ เช่นกัน

เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนจึงทำการจัดรูปตัวหนังสือต่างๆ ในแบบแปลน ได้แก่ รายละเอียดของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง หมายเลขที่บ้าน เลขลำดับแปลงที่ดินที่ถูกเขตทาง เลขที่ดิน ชื่อซอย ถนน คลอง แม่น้ำ ตำบล (แขวง) อำเภอ (เขต) จังหวัด กำหนดจุดอ้างอิงในระบบพิกัดฉาก (Grid System Coordinate) เลขระวาง เขตทาง (Proposed ROW) และ Title Box ต่างๆ ในแต่ละชีต ในมาตราส่วน 1:1,000 ให้เป็นระเบียบเรียบร้อยตามมาตรฐานสากล สะดวกแก่การอ่านแบบและใช้งานต่อไป



รูปที่ 6.4-4 ตัวอย่างแบบแปลนแสดงทรัพย์สินที่ถูกเขตทาง (Property Plans) ของโครงการ

6.4.3 งานจัดทำสำเนาโฉนดที่ดินที่ถูกเขตทาง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำสำเนาโฉนดที่ดินที่ถูกเขตทางทุกแปลงด้วยกระดาษขนาด B4 แผนที่ระวางที่ดิน และแผนที่แสดงเขตปกครองของส่วนราชการตามแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทางขนาดเท่าต้นฉบับ

6.4.4 งานจัดทำรายละเอียดของแปลงที่ดินที่อยู่ในพื้นที่แนวเขตเวนคืน

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำรายละเอียดของแปลงที่ดินที่อยู่ในพื้นที่แนวเขตเวนคืน ตามแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทาง โดยมีรายละเอียดประกอบด้วย

- (1) บัญชีรายชื่อเจ้าของที่ดินที่ถูกเขตทาง ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดของแปลงที่ดิน เช่น ลำดับแปลงที่ดิน แผนที่ เลขที่โฉนดที่ดิน เลขที่ดิน หน้าสำรวจ ระวาง เนื้อที่ดินเดิม เนื้อที่ดินที่ถูกเขตทาง เนื้อที่คงเหลือ แยก/ตำบล เขต/อำเภอ จังหวัด รายชื่อเจ้าของที่ดิน และที่อยู่ของเจ้าของ ที่ดิน เป็นต้น
- (2) แผนผังแสดงรายละเอียดเฉพาะแปลงของที่ดินที่ถูกเขตทาง (Individual Plans)
- (3) ข้อมูลแสดงรายละเอียดสภาพทางเข้า-ออก ของที่ดินที่ถูกเขตทาง
- (4) บัญชีแสดงรายละเอียดการประเมินราคาค่าจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินตามราคาตลาด

หลังจากที่ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำแบบแปลนแสดงแนวเขตทางซึ่งจะทราบแน่ชัดถึงแปลงที่ดินใดๆ ที่จะถูกเวนคืนเป็นที่แน่นอนแล้ว ที่ปรึกษาได้ทำการติดต่อสำนักงานที่ดินเกี่ยวข้องเพื่อทำการสำเนาโฉนดที่ดินแต่ละแปลงเพื่อนำมาจัดทำบัญชีรายการของแปลงที่ดินที่ถูกเวนคืนและส่วนต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- (1) บัญชีรายชื่อเจ้าของที่ดินที่ถูกเขตทาง
 - ❑ รายละเอียดของแปลงที่ดิน ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสำรวจภาคสนามเพื่อให้ทราบรายละเอียดของแปลงที่ดินที่ถูกเวนคืนหรือได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างโครงการ รายละเอียดแปลงที่ดินประกอบด้วย สภาพและที่ตั้ง ได้แก่ ถนนหรือซอย ด้านหน้าแปลงที่ดิน การถมดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทอาคารสิ่งปลูกสร้าง ระบบสาธารณูปโภคหน้าแปลงที่ดิน รายละเอียดดังกล่าวจะนำไปประกอบการพิจารณากำหนดว่าที่ดินแปลงนั้นๆ ตั้งอยู่ในโซน บล็อก และหน่วยราคาประเมินที่ดินใดเพื่อให้สามารถคำนวณราคาประเมินทุนทรัพย์ที่ดินเป็นรายแปลงต่อไป

- ลำดับแปลงที่ดิน แผนที่ เลขที่โฉนดที่ดิน เลขที่ดิน หน้าสำรวจ ระบาย เนื้อที่ดินเดิม เนื้อที่ดินที่ถูกเขตทางเนื้อที่คงเหลือ ตำบล อำเภอ จังหวัด รายชื่อ เจ้าของที่ดิน และ ที่อยู่เจ้าของที่ดิน ฯลฯ ที่ปรึกษาจะจัดทำบัญชีแสดงรายละเอียดของที่ดินที่ถูกเขตทาง ประกอบด้วย ลำดับแปลงที่ดิน ชื่อผู้ถือกรรมสิทธิ์หรือผู้เช่า ที่อยู่ เลขระบาย ศูนย์กำเนิดหรือระบาย ยู.ที.เอ็ม. ที่ตั้งที่ดิน(ตำบล อำเภอ จังหวัด) โฉนดเลขที่ เลขที่ดิน หน้าสำรวจ เนื้อที่ (ไร่-งาน-ตารางวา) เนื้อที่ที่ถูกเขตทาง (ไร่-งาน-ตารางวา)

บัญชีรายการที่ดินของที่ดินแปลงเดิม

งานจ้างที่ปรึกษาศึกษาความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และออกแบบรายละเอียดโครงการขุดลอกและปรับปรุงทางยกระดับอุตราภิมุข และทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร

ลำดับ	รายละเอียดเจ้าของที่ดิน ที่ดินแปลงเดิม		ที่ดินแปลงที่	รายละเอียดที่ดิน												ประมาณการพื้นที่ดิน (ไร่/ตารางวา)	ประมาณการพื้นที่ดิน (ไร่/ตารางวา)	ประมาณการพื้นที่ดิน (ไร่/ตารางวา)		
	ชื่อเจ้าของที่ดิน	พื้นที่		ที่ดินแปลงที่																
				เลขที่	พื้นที่ดินแปลง	โฉนดที่ดิน (น.ส.ด.)	เลขที่ดิน	พื้นที่แปลง	โฉนดที่ดิน	พื้นที่แปลง	โฉนดที่ดิน	พื้นที่แปลง	โฉนดที่ดิน	พื้นที่แปลง	โฉนดที่ดิน				พื้นที่แปลง	
1	กรมการรถไฟ	ถนน สีหะพานพวงศ์ อำเภอ ปทุมธานี จังหวัด กรุงเทพมหานคร	พ1	5136-16-602B-16	ด้านซ้าย	13783	76	13	35	2	92	0	3	8.34	34	3	83.66	100,000.00	30,834,000.00	105,832,288.00
2	กรมการรถไฟ	ถนน สีหะพานพวงศ์ อำเภอ ปทุมธานี จังหวัด กรุงเทพมหานคร	พ2	5136-16-602B-16	ด้านซ้าย	35	2	92	35	2	92	0	0	46.69	35	2	45.31	100,000.00	4,669,000.00	16,024,000.00
3	กรมการรถไฟ	ถนน สีหะพานพวงศ์ อำเภอ ปทุมธานี จังหวัด กรุงเทพมหานคร	พ3	5136-16-602B-16	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	71.93	-	-	100,000.00	7,193,000.00	24,686,376.00
4	สำนักงานเขต	-	พ4	5136-16-602B-12	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	16.99	-	-	100,000.00	1,699,000.00	5,830,968.00
5	กรมการรถไฟ	ถนน สีหะพานพวงศ์ อำเภอ ปทุมธานี จังหวัด กรุงเทพมหานคร	พ5	5136-16-602B-12	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	38.07	-	-	100,000.00	3,807,000.00	13,965,424.00
6	กรมการรถไฟ	ถนน สีหะพานพวงศ์ อำเภอ ปทุมธานี จังหวัด กรุงเทพมหานคร	พ6	5136-16-602B-12	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	12.17	-	-	100,000.00	1,217,000.00	4,176,764.00
7	บริษัท ผลิต	บ้านเลขที่ 22/15 ถนนวิภาวดีรังสิต อำเภอ หลักสี่ จังหวัด กรุงเทพมหานคร	พ7	5136-16-602B-12	ด้านซ้าย	562	3808	542	0	1	34.6	0	0	79.51	0	0	49.89	100,000.00	7,651,000.00	25,371,852.00
8	บริษัท ผลิต	บ้านเลขที่ 101/1 หมู่ 08 ตำบลบางสน อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัด นนทบุรี	พ8	5136-16-602B-12	ด้านซ้าย	12796	3870	3846	0	2	96	0	0	35.88	0	2	86.12	75,000.00	1,191,000.00	4,087,312.00
9	บริษัท ผลิต	บ้านเลขที่ 101/1 หมู่ 08 ตำบลบางสน อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัด นนทบุรี	พ9	5136-16-602B-12	ด้านซ้าย	132984	3867	18794	0	0	75	0	0	45.8	0	0	29.2	100,000.00	4,580,000.00	15,718,560.00
10	บริษัท ผลิต	บ้านเลขที่ 101/1 หมู่ 08 ตำบลบางสน อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัด นนทบุรี	พ10	5136-16-602B-12	ด้านซ้าย	132085	3868	18795	0	1	50	0	0	31.68	0	1	18.32	100,000.00	3,168,000.00	10,872,576.00
11	บริษัท ผลิต	บ้านเลขที่ 101/1 หมู่ 08 ตำบลบางสน อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัด นนทบุรี	พ11	5136-16-602B-12	ด้านซ้าย	99126	3866	13899	0	0	45.6	0	0	26.91	0	0	41.69	100,000.00	2,691,000.00	9,235,512.00
12	บริษัท ผลิต	บ้านเลขที่ 16/92 หมู่ 1 ตำบลบางสน อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัด กรุงเทพมหานคร	พ12	5136-16-602B-12	ด้านซ้าย	120149	3864	17269	0	0	49	0	0	1.74	0	0	47.26	100,000.00	1,740,000.00	597,148.00
13	บริษัท ผลิต	บ้านเลขที่ 107 ถนนสุขุมวิท ซอยทองหล่อ อำเภอทองหล่อ จังหวัด กรุงเทพมหานคร	พ13	5136-16-602B-12	ด้านซ้าย	271	3855	279	0	2	9	0	0	5.53	0	2	5.47	100,000.00	553,000.00	1,211,496.00
รวมที่ดินแปลงเดิม (ไร่/ตารางวา)														236,906,644.00						

รูปที่ 6.4-5 บัญชีรายชื่อเจ้าของที่ดินที่ถูกเขตทางพิเศษ

(2) แผนผังแสดงรายละเอียดเฉพาะแปลงของที่ดินที่ถูกเขตทาง (Individual Plan)

จัดทำรายละเอียดเฉพาะ (Individual Plan) ของทุกๆ แปลงที่ดินที่อยู่ในแบบแปลนแสดงที่ดินที่ถูกเขตทาง โดยมีมาตราส่วน 1:1,000 หรือมาตราส่วนที่เหมาะสมกับขนาดกระดาษและมีเลขที่ดินกำกับอยู่ด้วยทุกแปลง ที่ปรึกษาพิจารณาแล้วเห็นว่าแผนผังแสดงรายละเอียดเฉพาะมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อกำหนดค่าทดแทนตามมาตรา 21 วรรค 3 “ถ้าต้องเวนคืนอสังหาริมทรัพย์แต่เพียงส่วนหนึ่ง และส่วนที่เหลือนั้นราคาลดลงให้กำหนดเงินค่าทดแทนให้เฉพาะสำหรับส่วนที่เหลืออันราคาลดลงนั้นด้วย” ประกอบมาตรา 20 “ในกรณีที่ต้องเวนคืนที่ดินแปลงใดแต่เพียงบางส่วน ถ้าเนื้อที่ส่วนที่เหลืออยู่นั้นน้อยกว่า 25 ตารางวา หรือด้านหนึ่งด้านใดน้อยกว่า 5 วา และที่ดินส่วนที่เหลืออยู่นั้นมิได้ติดต่อกันเป็นผืนเดียวกันกับที่ดินแปลงอื่นของเจ้าของเดียวกัน หากเจ้าของร้องขอ ให้เจ้าหน้าที่เวนคืนหรือจัดซื้อที่ดินส่วนที่เหลือด้วย” ซึ่งมีรายละเอียดสำคัญ ได้แก่ ลักษณะการเวนคืน (ทั้งแปลง/บางส่วน) เนื้อที่ตามโฉนด เนื้อที่ส่วนที่ถูกเวนคืน เนื้อที่ส่วนที่เหลือ ส่วนที่เหลือมีด้านใดด้านหนึ่งน้อยกว่า 5 วาหรือ 10 เมตร และแผนผังต้องแสดงรายชื่อเจ้าของที่ดินข้างเคียงรอบที่ดินแปลงนั้น

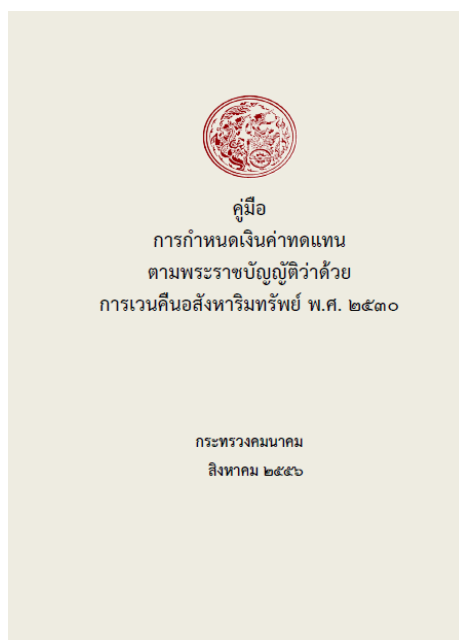
(3) ข้อมูลแสดงรายละเอียดสภาพทางเข้า-ออกของที่ดินที่ถูกเขตทางพิเศษ

รายละเอียดสภาพการเข้า-ออกที่ดินแปลงนั้นก่อนการเวนคืน รวมทั้งที่ปรึกษาได้ทำการพิจารณาทางเข้า-ออก เบื้องต้น โดยจัดเตรียมพื้นที่ไว้ภายในแนวเขตทางด้วย หากจำเป็น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาที่หน่วยงานเจ้าของโครงการจะต้องจัดทำทางเข้า-ออกให้กับที่ดินส่วนที่เหลือจากการเวนคืน ที่ปรึกษาเห็นว่าการแก้ปัญหาทางเข้า-ออกของแปลงที่ดินที่ก่อนเวนคืนมีทางเข้า-ออกอยู่ก่อน จะต้องจัดให้มีทางเข้า-ออกให้สะดวกเท่าเดิม

(4) บัญชีแสดงรายละเอียดการประเมินราคาค่าจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน

จัดทำราคาประเมินทุนทรัพย์เพื่อเรียกเก็บค่าธรรมเนียมในการจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือรอบปีบัญชี พ.ศ. 2559-2562 ของที่ดินที่อยู่ในเขตทาง พร้อมทั้งจัดทำเครื่องหมายให้ชัดเจนว่าที่ดินแปลงใดเป็นที่ดินว่างเปล่าไม่มีอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างใดๆ ตั้งอยู่บนที่ดิน ที่ปรึกษาได้กำหนดเงินค่าทดแทนที่ดินเบื้องต้นโดยอ้างอิงราคาประเมินกรมธนารักษ์ วิธีการคำนวณราคาประเมินทุนทรัพย์ของที่ดินแปลงใดๆ จะต้องใช้บัญชีกำหนดราคาประเมินทุนทรัพย์ที่ดินรอบปี 2559-2562 ที่กรมธนารักษ์กำหนดไว้เป็นรายอำเภอ/เทศบาล ในพื้นที่โครงการ โดยที่ปรึกษาได้ขอสำเนาจากสำนักงานธนารักษ์พื้นที่ การคำนวณราคาประเมินทุนทรัพย์รายแปลงเริ่มการกำหนดว่าที่ดินแปลงนั้นๆ ตั้งอยู่ในจังหวัด อำเภอ ตำบล โชน บล็อก และหน่วยราคาใด ความลึกมาตรฐานกี่เมตร แล้วคำนวณเนื้อที่ดินในหน่วยราคาแรกคูณด้วยราคาประเมินต่อตารางวา ก็จะได้ราคาประเมินทุนทรัพย์ของที่ดินหน่วยแรก จากนั้นก็คำนวณราคาประเมินทุนทรัพย์หน่วยถัดไปและหน่วยสุดท้าย นำราคาประเมินแต่ละส่วนมารวมกันหารด้วยเนื้อที่ทั้งแปลงก็จะได้ราคาประเมินทุนทรัพย์ที่ดินแปลงนั้นต่อตารางวา นำราคาดังกล่าวคูณด้วยเนื้อที่ในเขตทางก็จะได้ค่าทดแทนเบื้องต้นของที่ดินแปลงนั้น กรณีที่ดินแปลงใดถูกเขตทางบางส่วน มีอาคารสิ่งปลูกสร้าง มีสัญญาเช่า ที่ปรึกษาจะเสนอแนะหลักเกณฑ์การกำหนดค่าเสียหายของที่ดินส่วนที่เหลือ ค่าทดแทนสิ่งปลูกสร้าง และค่าเสียหายของผู้เช่า (สิทธิการเช่า)

ในส่วนของการจัดทำ “บัญชีประมาณการเงินค่าทดแทนที่ดินที่อยู่ในแนวเขตทาง” และ “บัญชีประมาณการเงินค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ที่อยู่ในแนวเขตทาง” ของโครงการนั้น ที่ปรึกษาได้ดำเนินการตาม “คู่มือการกำหนดเงินค่าทดแทนตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ พ.ศ.2530” ของกระทรวงคมนาคม ปี 2556



โดยที่ปรึกษาได้ทำการพิจารณา และกำหนดหลักเกณฑ์ เงินค่าทดแทนในการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์เบื้องต้นไว้ โดยอ้างอิงจากโครงการที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

- ราคาที่ดิน ประมาณการจาก ราคาประเมินที่ดินเพื่อจดทะเบียนสิทธิและนิติกรรมของกรมธนารักษ์รอบบัญชี พ.ศ. 2559-2562
- ประมาณการเพิ่มขึ้นร้อยละ 120 จากราคาประเมินที่ดิน โดยคิดเทียบจากโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว
- ประมาณการเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 จากราคาซื้อขาย ตามหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดค่าทดแทนโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว
- ราคาอาคาร และสิ่งปลูกสร้าง ประมาณการจาก ราคาประเมินค่าก่อสร้างอาคารของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2559-2562 และปรับเพิ่มค่าเสียหายระหว่างการจัดหาที่อยู่อาศัยใหม่ร้อยละ 10 ตามหลักเกณฑ์ของกระทรวงคมนาคม
- ค่าทดแทนอื่นๆ ประกอบด้วย ค่าทดแทนความเสียหายเนื่องจากต้องออกจากอสังหาริมทรัพย์ ค่าทดแทนเพิ่มกรณีซื้อที่ดิน/สิ่งปลูกสร้างส่วนที่เหลือ ค่าทดแทนเพิ่มตามผลการพิจารณาอุทธรณ์ และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยประมาณการร้อยละ 30 ของค่าทดแทนที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง

บัญชีประมาณการในค่าทดแทนที่ดิน ที่อยู่ในแนวเขตทาง																			
งานจ้างที่ปรึกษาศึกษาความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และออกแบบรายละเอียดโครงการขั้วทางเชื่อมระหว่างทางยกระดับอุตราภิมุข และทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร																			
ลำดับที่	รายละเอียดกิจกรรมที่ 1 ที่อยู่ในแนวเขตทาง			พื้นที่แปลงที่	รายละเอียดที่ดิน												ประมาณการค่าทดแทนที่ดิน (บาท/ไร่)	ประมาณการค่าทดแทนที่ดิน (ไร่)	ประมาณการค่าทดแทนที่ดิน (ล้านบาท)
	พื้นที่กิจกรรมที่	พื้นที่			ชนิดที่ดิน				ที่ดินสาธารณะ				ที่ดินเอกชน						
		รวม	ที่ดินสาธารณะ		โฉนดที่ดิน (น.ร. 3.70)	เลขที่	พื้นที่	ไร่	ตร.	ไร่	ตร.	ไร่	ตร.	ไร่	ตร.				
1	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 1	5136-6-6628-16	ที่ดินสาธารณะ	13783	76	13	35	2	92	0	3	8,34	34	3	83,66	100,000.00	35,834,000.00
2	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 2	5136-6-6628-16	ที่ดินสาธารณะ	35	2	92	35	2	92	0	0	66,69	35	2	43,31	100,000.00	4,669,000.00
3	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 3	5136-6-6628-16	ที่ดินสาธารณะ	-	-	-	-	-	-	0	0	71,93	-	-	100,000.00	7,193,000.00	
4	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 4	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	-	-	-	-	-	-	0	0	66,69	-	-	100,000.00	1,669,000.00	
5	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 5	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	-	-	-	-	-	-	0	0	38,07	-	-	100,000.00	3,807,000.00	
6	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 6	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	-	-	-	-	-	-	0	0	12,17	-	-	100,000.00	1,217,000.00	
7	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 7	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	562	3908	562	0	1	24,4	0	0	74,51	0	0	89,89	100,000.00	7,451,000.00
8	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 8	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	12196	3870	3866	0	2	96	0	0	15,88	0	2	80,12	75,000.00	1,191,000.00
9	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 9	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	13088	3867	18794	0	0	75	0	0	45,8	0	0	29,2	100,000.00	4,295,000.00
10	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 10	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	13088	3868	18795	0	1	50	0	0	51,68	0	1	18,32	100,000.00	3,168,000.00
11	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 11	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	99426	3866	11809	0	0	65,4	0	0	26,91	0	0	41,69	100,000.00	2,691,000.00
12	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 12	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	12049	3864	1769	0	0	49	0	0	1,74	0	0	47,26	100,000.00	174,000.00
13	ถนนสายหลัก	ถนน สายหลัก	พื้นที่ 13	5136-6-6628-12	ที่ดินสาธารณะ	271	3865	279	0	2	9	0	0	3,33	0	2	5,47	100,000.00	353,000.00
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (บาท)																		236,900,664.00	

บัญชีประมาณการในค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ที่อยู่ในแนวเขตทาง

งานจ้างที่ปรึกษาศึกษาความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม และออกแบบรายละเอียด
โครงการขั้วทางเชื่อมระหว่างทางยกระดับอุตราภิมุข และทางพิเศษศรีรัช-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร

ลำดับที่	หมายเลขอาคาร	ลักษณะอาคาร	สภาพ	จำนวน (ชั้น)	เนื้อที่ (ตารางเมตร)	เนื้อที่(รวม) * ชั้น (ตารางเมตร)	ราคาค่าทดแทน (บาท / ตารางเมตร)	รวมเป็นเงินค่าทดแทนเบื้องต้น (บาท)	รวมเป็นเงินค่าทดแทนทั้งหมด (บาท)
1	1H	2-SW	ปานกลาง	2	289.8995	579.799	7,750.00	3,594,753.80	5,140,497.93
2	2H	1-SC	ปานกลาง	1	29.9773	29.9773	8,200.00	196,651.09	281,211.06
3	3H	2-SW	ปานกลาง	2	404.4837	808.9674	7,750.00	5,015,597.88	7,172,304.97
4	4H	1-SC	ปานกลาง	1	143.3085	143.3085	8,050.00	922,906.74	1,319,756.64
5	5H	1-SZ	ปานกลาง	1	75.7904	75.7904	4,000.00	242,529.28	346,816.87
6	6H	1-SZ	ปานกลาง	1	204.7979	204.7979	4,000.00	655,353.28	937,155.19
7	7H	1-SW	ปานกลาง	1	67.6521	67.6521	7,900.00	427,561.27	611,412.62
8	8H	1-SC	ปานกลาง	1	72.0193	72.0193	8,050.00	463,804.29	663,240.14
9	9H	2-SCW	ปานกลาง	2	130.5609	261.1218	8,050.00	1,681,624.39	2,404,722.88
10	10H	1-SC	ปานกลาง	1	62.6683	62.6683	8,200.00	411,104.05	587,878.79
11	11H	1-SC	ปานกลาง	1	309.0557	309.0557	8,200.00	2,027,405.39	2,899,189.71
12	12H	2-SC	ปานกลาง	2	197.6602	395.3204	8,050.00	2,545,863.38	3,640,584.63
13	13H	2-SC	ปานกลาง	2	530.1638	1060.3276	8,050.00	6,828,509.74	9,764,768.93
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (บาท)									35,769,540.36

6.4.5 สรุปประมาณการค่าทดแทนอสังหาริมทรัพย์ทั้งหมดของโครงการ

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการจัดทำประมาณการค่าทดแทนอสังหาริมทรัพย์ทั้งหมดของโครงการ โดยสรุปได้ ดังนี้

- ประมาณการค่าทดแทนที่ดินที่อยู่ในแนวเขตทาง 236,900,664 บาท
- ประมาณการเงินค่าทดแทนอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ที่อยู่ในแนวเขตทาง 35,769,540 บาท

รวมเป็นเงินค่าทดแทนทั้งสิ้น 272,670,204 บาท

- ที่ดินที่ถูกเวนคืนทั้งสิ้น จำนวน 13 แปลง คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 1 ไร่ 2 งาน 95 ตารางวา
- อาคาร สิ่งปลูกสร้าง ที่ถูกเวนคืนทั้งสิ้น จำนวน 13 หลัง

6.5 งานประมาณราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้น

งานประมาณราคาในที่นี้ หมายถึงการประมาณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดของโครงการ ทั้งงานทาง งานสะพาน และงานประกอบเบ็ดเตล็ดต่างๆ รวมทั้งงานสิ่งอำนวยความสะดวก โดยใช้หลักเกณฑ์ การคำนวณราคากลางของหน่วยงานราชการเป็นแนวทางในการประมาณราคา เพื่อการจัดทำแผน งบประมาณ และดำเนินการประกวดราคาโครงการต่อไป

ที่ปรึกษาจะประมาณราคาค่าก่อสร้าง เช่น ปริมาณของงาน (Bill of Quantities) วัสดุอุปกรณ์และ สัมภาระ ราคาต่อหน่วยของค่าวัสดุ ค่าจ้างแรงงาน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและกำไร เป็นต้น เพื่อเสนอ กทพ. พิจารณาโดยการประมาณราคาดังกล่าวจะมีความถูกต้องในระดับความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10 (สิบ) และจะต้องจัดทำเอกสารประมาณราคาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องแยกเป็นตอน (Package) ตามที่ กทพ. เห็นชอบ โดยในแต่ละตอนจะต้องจัดทำประมาณการขั้นสุดท้าย (Final Cost Estimation) พร้อม รายละเอียดที่มา เช่น ราคาวัสดุ อุปกรณ์ ค่าแรง กำไร ฯลฯ รวมทั้งรายละเอียดที่มาของราคางานที่เหมาจ่าย (Lump Sum)

สำหรับโครงการนี้จะใช้ราคาในปี พ.ศ. 2559-2560 เป็นปีฐานในการประมาณราคา แล้วทำการคาดหมาย ราคาในป้อนาคตที่ก่อสร้างโครงการ โดยการปรับให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้นโดยใช้ “ดัชนีต้นทุน” ซึ่งเป็น ตัวเลขที่แสดงความเปลี่ยนแปลงของต้นทุนเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลง เทคโนโลยี วิธีการและประสิทธิภาพการผลิต ตลอดจนแนวโน้มของภาวะเงินเฟ้อ ดัชนีต้นทุนในป้อนาคต จะคำนวณได้จากการหารต้นทุนในปีนั้นด้วย ต้นทุนในปีฐานแล้วคูณด้วย 100 เพื่อใช้เทียบเป็นร้อยละกับ ต้นทุนในปีฐาน ซึ่งโดยปกติปีฐานจะถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้เป็นเกณฑ์เดียวกัน

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างนั้นจะประกอบด้วยการดำเนินงาน 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

- ❑ การคำนวณราคาต่อหน่วย
- ❑ การคำนวณปริมาณงานก่อสร้าง
- ❑ การประมาณราคาค่าก่อสร้าง

6.5.1 การคำนวณราคาต่อหน่วย

สำหรับโครงการนี้ การคำนวณราคาต่อหน่วยของแต่ละหัวข้อการก่อสร้างตามวิธีการที่ดีที่สุดด้วยประสบการณ์และความรู้ความเข้าใจในราคาก่อสร้างในประเทศไทย ราคาก่อสร้างมีปัจจัยอยู่ 3 ประการที่ใช้ในการลงทุน คือ

(1) ค่าวัสดุ

โดยทั่วไปจะใช้ค่าวัสดุส่วนท้องถิ่นในจังหวัดที่โครงการผ่าน หรือบางส่วนจะได้ข้อมูลค่าวัสดุจากกองดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมเศรษฐกิจพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ ณ เดือน ปี ที่คิดราคานั้นๆ และบางส่วนจะได้ข้อมูลจากใบเสนอราคาของผู้ผลิตและจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง สำหรับค่าขนส่งจะคำนวณตามระยะทางจากแหล่งวัสดุถึงสถานที่ก่อสร้าง โดยใช้อัตราค่าขนส่งจากกรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม ณ ราคาน้ำมันในขณะนั้น

(2) ค่าแรงงานและค่าเครื่องจักร

จะใช้ข้อมูลจากบัญชีค่าแรงงานและค่าเช่าเครื่องจักรของสำนักงานมาตรฐานงบประมาณ สำนักงบประมาณ กระทรวงการคลัง สำหรับค่าเครื่องจักร ทางราชการจะคิดให้เป็นค่าเช่าเครื่องจักร โดยรวมถึงค่าจ้างแรงงานที่ควบคุมเครื่องจักร ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดแล้ว

(3) ค่า Factor F

ใช้ตามหลักเกณฑ์ของสำนักงานงบประมาณ สำนักงบประมาณ กระทรวงการคลัง ซึ่งจะมีค่า Factor F แยกตามประเภทของงานก่อสร้าง เช่น งานทาง งานสะพาน และงานอาคาร สำหรับค่า Factor F นี้จะเป็นส่วนของค่าอำนวยการ ค่าความผันผวน ดอกเบี้ย กำไร และภาษีมูลค่าเพิ่ม

ในขั้นตอนการดำเนินงาน ที่ปรึกษาได้ทำการสำรวจพื้นที่โครงการ เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นทั้งภาครัฐและเอกชนในการหาราคาต่อหน่วยของค่าแรงงาน วัสดุ และค่าเครื่องจักร รวมทั้งภาษีประกันสังคม ภาษีการค้า ภาษีบุคคล ฯลฯ ค่าดำเนินการและกำไร และส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จะทำการแยกรายละเอียดราคาเป็นส่วนๆ ให้ชัดเจน ข้อมูลเกี่ยวกับค่าแรงงานจะรวมถึงเงินเดือนของลูกจ้างแต่ละระดับ (Unskilled and Skilled Labours, Foreman, Driver, Operators, Mechanics etc.) และ อัตราเงินเดือนของพนักงานประจำจะรวมไว้ในบัญชีด้วย ข้อมูลเกี่ยวกับราคาวัสดุจะรวมการวัดหน่วยเฉพาะของวัสดุแต่ละอย่าง เช่น ตัน กิโลกรัม ลูกบาศก์เมตร ฯลฯ ราคาในตลาดท้องถิ่น เปอร์เซ็นต์ของภาษี เปอร์เซ็นต์ในการบรรทุกขนส่งเอาลงและการเก็บรักษาในโครงการ วัสดุทั้งหมดที่จะใช้โดยตรงและโดยอ้อมให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี เช่น

ปูนซีเมนต์ ยางแอสฟัลต์ เหล็ก และวัสดุอื่นๆ จะรวมอยู่ในการลงทุนนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับ
ค่าเครื่องจักรแต่ละชนิดที่ใช้ในการทำงานส่วนต่างๆ ของค่าใช้จ่ายนี้ คือ

- ❑ ราคาเครื่องจักรประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคา ดอกเบี้ย การประกัน และภาษี
- ❑ ราคาในการทำงาน ประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น กรอง จาระบี ฯลฯ
- ❑ ค่าบำรุงรักษา ตามปกติในประเทศไทย สำหรับเครื่องจักรชนิดต่างๆ รวมทั้ง
ค่าอะไหล่ ช่างซ่อมและค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด
- ❑ ค่าใช้จ่ายผู้ควบคุมเครื่องจักร ประกอบด้วย ค่าจ้างแรงงานของผู้ควบคุมเครื่องจักร

ผลรวมของราคาข้างต้นจะเป็นค่าใช้จ่ายรายชั่วโมงของเครื่องจักร เมื่อทำการรวบรวม
ข้อมูลด้านราคาครบแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการปรับแก้ราคาต่อหน่วย เพื่อให้สอดคล้องกับ
แผนงานในการก่อสร้าง โดยจัดทำเป็น 3 ส่วน คือ ค่าวัสดุ ค่าแรงงานและค่าเครื่องจักร
และค่า Factor F

6.5.2 การคำนวณปริมาณงานก่อสร้าง

ปริมาณงานก่อสร้างของโครงการจะคำนวณจากแบบรายละเอียด (Detailed Design Drawings) ซึ่งใช้
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยช่วยในการคิดปริมาณงาน โดยให้ความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ $\pm 10\%$
ปริมาณงานที่ได้จะจัดทำเป็นบัญชีรายการก่อสร้าง (Bill of Quantities) แยกแยะตามหมวดหมู่ของแต่ละ
รายการงานก่อสร้างของโครงการ

6.5.3 การประมาณราคาก่อสร้างเบื้องต้น

การประมาณราคาก่อสร้างของโครงการ (Construction Cost Estimates) จะได้มาจากผลคูณของ
ราคาต่อหน่วยกับปริมาณงานในบัญชีรายการก่อสร้าง (Bill of Quantities) ซึ่งได้คำนึงถึงกำหนด
ระยะเวลาในการก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว โดยในการประมาณราคาจะกำหนดอัตราเพิ่มให้ที่เหมาะสม
สำหรับความไม่แน่นอนและราคาที่สูงขึ้นระหว่างเวลาก่อนการก่อสร้าง เพื่อให้การประมาณราคา
ค่าก่อสร้างมีความถูกต้องมากที่สุด ทั้งนี้ การประมาณราคานี้จะนำมาเปรียบเทียบกับราคางานของ
โครงการลักษณะคล้ายกันที่มีมาก่อน และกำลังดำเนินการอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ถ้าราคางานของงาน
ที่เหมือนกันมีความแตกต่างกันจะทำการเปรียบเทียบและศึกษาราคาที่เป็นจริงในตลาดของงานที่จะทำ

ที่ปรึกษาได้ทำการประมาณการราคาก่อสร้างเบื้องต้นของโครงการของแต่ละแนวเส้นทางเลือก ดังแสดงใน
ตารางที่ 6.5-1 และตารางที่ 6.5-2 ตามลำดับ โดย**ตารางที่ 6.5-3 ถึงตารางที่ 6.5-5** จะแสดงค่า
ก่อสร้างเบื้องต้นแต่ละรูปแบบของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา ทั้งนี้
หากรวมราคาก่อสร้างเบื้องต้นของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทางบริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา
(รูปแบบทางเลือกที่ 1) ซึ่งเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมด้วยแล้ว จะทำให้ราคาก่อสร้างเบื้องต้นของ
แนวเส้นทางเลือกที่ 1 และแนวเส้นทางเลือกที่ 2 เท่ากับ 5,134,906,854 บาท และ 5,986,339,128 บาท
ตามลำดับ

ตารางที่ 6.5-1
ค่าก่อสร้างเบื้องต้นของแนวเส้นทางเลือกที่ 1 (ไม่รวมทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง)

ที่	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
(1)	งานก่อสร้างทางสายประธาน				
1.1	ทางสายประธานยกระดับชั้นที่ 2 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	1,248	35,000	43,680,000
1.2	ทางสายประธานยกระดับชั้นที่ 2 ขนาด 3-4 ช่องจราจร	ตร.ม.	1,946	35,000	68,110,000
1.3	ทางสายประธานยกระดับชั้นที่ 3 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	56,192	42,000	2,360,080,800
1.4	ทางสายประธานยกระดับชั้นที่ 4 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	8,320	55,000	457,600,600
รวมย่อย (1)					2,929,470,800
(2)	งานก่อสร้างอาคาร				
2.1	ก่อสร้างอาคาร Toll Surveillance 2 หลัง (Elevated Type)	ตร.ม.	520	20,000	10,400,000
2.2	ก่อสร้างอาคาร Toll Plaza (Elevated Type) 2 หลัง	ตร.ม.	2,064	16,000	33,024,000
รวมย่อย (2)					43,424,000
รวม (1) + (2)					2,972,894,800
(3)	งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค (5%)				148,644,740
รวม (1) + (2) + (3)					3,121,539,540
เผื่อเหลือเผื่อขาด (10%)					312,153,954
รวมทั้งสิ้น					3,433,693,494

ตารางที่ 6.5-2
ค่าก่อสร้างเบื้องต้นของแนวเส้นทางเลือกที่ 2 (ไม่รวมทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง)

ที่	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
(1)	งานก่อสร้างทางสายประธาน				
1.1	ทางสายประธานยกระดับชั้นที่ 2 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	2,392	35,000	83,720,000
1.2	ทางสายประธานยกระดับชั้นที่ 2 ขนาด 3-4 ช่องจราจร	ตร.ม.	-	35,000	-
1.3	ทางสายประธานยกระดับชั้นที่ 3 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	68,965	42,000	2,896,521,600
1.4	ทางสายประธานยกระดับชั้นที่ 4 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	12,480	55,000	684,400,000
	รวมย่อย (1)				3,666,641,600
(2)	งานก่อสร้างอาคาร				
2.1	ก่อสร้างอาคาร Toll Surveillance 2 หลัง (Elevated Type)	ตร.ม.	520	20,000	10,400,000
2.2	ก่อสร้างอาคาร Toll Plaza 2 หลัง	ตร.ม.	2,064	16,000	33,024,000
	รวมย่อย (2)				43,424,000
	รวม (1) + (2)				3,710,065,600
(3)	งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค (5%)				148,644,740
	รวม (1) + (2) + (3)				3,895,568,880
	เผื่อเหลือเผื่อขาด (10%)				389,556,888
	รวมทั้งสิ้น				4,285,125,768

ตารางที่ 6.5-3
ค่าก่อสร้างเบื้องต้นของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา - รูปแบบทางเลือกที่ 1

ที่	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
(1)	งานก่อสร้างทางแยกต่างระดับ				
1.1	Ramp ระดับชั้นที่ 2 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	8,320	35,000	291,200,000
1.2	Ramp ระดับชั้นที่ 3 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	26,936	42,000	1,131,312,000
	รวมย่อย (1)				1,422,512,000
(2)	งานก่อสร้าง Box Culvert เบี่ยงผิวจราจร	ตร.ม.	6,300	8,000	50,400,000
	รวม (1) + (2)				1,472,912,000
(3)	งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค (5%)				73,645,600
	รวม (1) + (2) + (3)				1,546,557,600
	เผื่อเหลือเผื่อขาด (10%)				154,655,760
	รวมทั้งสิ้น				1,701,213,360

ตารางที่ 6.5-4

ค่าก่อสร้างเบื้องต้นของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา - รูปแบบทางเลือกที่ 2

ที่	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
(1)	งานก่อสร้างทางแยกต่างระดับ				
1.1	Ramp ระดับชั้นที่ 2 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	8,736	35,000	305,760,000
1.2	Ramp ระดับชั้นที่ 3 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	27,102	42,000	1,138,300,800
	รวมย่อย (1)				1,444,060,800
(2)	งานก่อสร้าง Box Culvert เบี่ยงผิวจราจร	ตร.ม.	6,300	8,000	50,400,000
	รวม (1) + (2)				1,494,460,800
(3)	งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค (5%)				74,723,040
	รวม (1) + (2) + (3)				1,569,183,840
	เผื่อเหลือเผื่อขาด (10%)				156,918,284
	รวมทั้งสิ้น				1,726,102,224

ตารางที่ 6.5-5

ค่าก่อสร้างเบื้องต้นของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา - รูปแบบทางเลือกที่ 3

ที่	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
(1)	งานก่อสร้างทางแยกต่างระดับ				
1.1	Ramp ระดับชั้นที่ 2 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	4,680	35,000	163,800,000
1.2	Ramp ระดับชั้นที่ 3 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	25,116	42,000	1,054,872,000
1.3	Ramp ระดับชั้นที่ 4 ขนาด 2 ช่องจราจร	ตร.ม.	6,864	55,000	377,520,000
	รวมย่อย (1)				1,596,192,000
(2)	งานก่อสร้าง Box Culvert เบี่ยงผิวจราจร	ตร.ม.	6,300	8,000	50,400,000
	รวม (1) + (2)				1,646,592,000
(3)	งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค (5%)				82,329,600
	รวม (1) + (2) + (3)				1,728,921,600
	เผื่อเหลือเผื่อขาด (10%)				172,892,160
	รวมทั้งสิ้น				1,901,813,760

6.5.4 การประมาณค่าบริหารโครงการและบำรุงรักษา

ค่าใช้จ่ายในการบริการโครงการและการบำรุงรักษา เป็นค่าใช้จ่ายประจำปีที่หน่วยงานรับผิดชอบของกรมทางหลวงต้องจัดหาไว้เพื่อใช้ในการปฏิบัติการและบำรุงรักษาทางหลวงให้อยู่ในสภาพที่ดี หลังจากเปิดให้บริการอย่างเป็นทางการแล้ว ค่าปฏิบัติการและค่าบำรุงรักษา ประกอบด้วย ค่าจ้าง เงินเดือน ค่าสวัสดิการ และประโยชน์ต่างๆ ที่จัดให้กับพนักงานและลูกจ้างผู้เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน รายละเอียดของการประมาณการค่าบำรุงรักษา ได้แก่ งานบำรุงรักษาผิวทางและไหล่ทาง งานอำนวยความสะดวกความปลอดภัยและป้องกันอุบัติเหตุ งานรักษาความสะอาด งานบำรุงรักษาต้นไม้ เป็นต้น

ค่าบำรุงรักษาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ค่าบำรุงรักษาประจำปี (Annual Maintenance) และค่าบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Periodic Maintenance) ที่ปรึกษาได้ทำการประมาณการค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเบื้องต้นของโครงการของแต่ละแนวเส้นทางเลือก ดังแสดงในตารางที่ 6.5-6 และตารางที่ 6.5-7 ตามลำดับ โดยตารางที่ 6.5-8 จะแสดงค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเบื้องต้นของแต่ละรูปแบบของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภาไว้แล้วทั้ง 3 รูปแบบทางเลือก ทั้งนี้ หากรวมค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเบื้องต้นของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทางบริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา (รูปแบบทางเลือกที่ 1) ซึ่งเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมด้วยแล้ว จะทำให้ค่าดำเนินการและบำรุงรักษาเบื้องต้นของแนวเส้นทางเลือกที่ 1 และแนวเส้นทางเลือกที่ 2 ตลอดระยะเวลา 30 ปี เท่ากับ 2,596,592,191 บาท และ 2,602,674,614 บาทตามลำดับ

ตารางที่ 6.5-6

ประมาณการเบื้องต้นค่าบำรุงรักษาของแนวทางเลือกที่ 1 (ไม่รวมทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง)

ที่	รายการ	ปริมาณ (ตร.ม.)	ค่าบำรุงรักษารายปี			ค่าบำรุงรักษาราย 7 ปี		
			อัตรา (บาท/ตร.ม.)	รายปี (บาท)	รวม 30 ปี (บาท)	อัตรา (บาท/ตร.ม.)	ราย 7 ปี (บาท)	รวม 30 ปี (บาท)
1.	ค่าบำรุงรักษา							
1.1	ทางสายประธาน	48,526	13	630,843	18,925,296	42	2,038,109	8,152,435
					18,925,296			8,152,435
	รวม (1.1)				27,077,731			
1.2	ด้านจัดเก็บค่าผ่านทาง							
	1.2.1 ด้าน EB	5,520	13	71,760	2,152,800	42	231,840	927,360
	1.2.2 ด้าน WB	7,970	13	103,610	3,108,300	42	334,740	1,338,960
					5,261,100			2,266,320
	รวม (1.2)				7,527,420			
	รวมค่าบำรุงรักษา				34,605,151 ตลอดระยะเวลา 30 ปี			
2.	รวมค่าดำเนินการและบริหารโครงการ				85 ล้านบาท ต่อปี 2,550 ล้านบาท ตลอดระยะเวลา 30 ปี			
	รวมทั้งสิ้น				2,584,605,151 ตลอดระยะเวลา 30 ปี			

ตารางที่ 6.5-7
ประมาณการเบื้องต้นค่าบำรุงรักษาของแนวทางเลือกที่ 2 (ไม่รวมทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง)

ที่	รายการ	ปริมาณ (ตร.ม.)	ค่าบำรุงรักษารายปี			ค่าบำรุงรักษาราย 7 ปี		
			อัตรา (บาท/ตร.ม.)	รายปี (บาท)	รวม 30 ปี (บาท)	อัตรา (บาท/ตร.ม.)	ราย 7 ปี (บาท)	รวม 30 ปี (บาท)
1.	ค่าบำรุงรักษา							
1.1	ทางสายประธาน	61,277	13	796,598	23,897,952	42	2,573,626	10,294,502
			23,897,952			10,294,502		
	รวม (1.1)		34,192,454					
1.2	ด้านจัดเก็บค่าผ่านทาง							
	1.2.1 ด้าน EB	5,820	13	75,660	2,269,800	42	244,440	977,760
	1.2.2 ด้าน WB	5,820	13	75,660	2,269,800	42	244,440	977,760
			4,539,600			1,955,520		
	รวม (1.2)		6,495,120					
	รวมค่าบำรุงรักษา		40,687,574 ตลอดระยะเวลา 30 ปี					
2.	รวมค่าดำเนินการและบริหารโครงการ		85 ล้านบาท ต่อปี 2,550 ล้านบาท ตลอดระยะเวลา 30 ปี					
รวมทั้งสิ้น			2,590,687,574 ตลอดระยะเวลา 30 ปี					

ตารางที่ 6.5-8
ประมาณการเบื้องต้นค่าบำรุงรักษาของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง
บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา

ที่	รายการ	ปริมาณ (ตร.ม.)	ค่าบำรุงรักษารายปี			ค่าบำรุงรักษาราย 7 ปี		
			อัตรา (บาท/ตร.ม.)	รายปี (บาท)	รวม 30 ปี (บาท)	อัตรา (บาท/ตร.ม.)	ราย 7 ปี (บาท)	รวม 30 ปี (บาท)
1	ทางแยกต่างระดับ รูปแบบที่ 1	35,256	8	282,048	8,461,440	25	881,400	3,525,600
	รวม (1) ตลอดระยะเวลา 30 ปี			11,987,040				
2	ทางแยกต่างระดับ รูปแบบที่ 2	35,838	8	286,707	8,601,216	25	895,960	3,583,840
	รวม (2) ตลอดระยะเวลา 30 ปี			12,185,056				
3	ทางแยกต่างระดับ รูปแบบที่ 3	36,660	8	293,280	8,798,400	25	916,500	3,666,000
	รวม (3) ตลอดระยะเวลา 30 ปี			12,464,400				

6.5.5 ประมาณการค่าลงทุนเบื้องต้น

จากผลการคัดเลือกแนวเส้นทางและรูปแบบทางแยกต่างระดับ ซึ่งสรุปได้ว่าแนวเส้นทางเลือกที่ 1 และรูปแบบทางเลือกที่ 1 ของทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง บริเวณทางแยกต่างระดับรัชวิภา ได้รับการคัดเลือกให้นำไปศึกษาออกแบบในขั้นตอนถัดไป ที่ปรึกษาจึงได้ทำการประมาณการค่าลงทุนเบื้องต้นของโครงการ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.5-9

ตารางที่ 6.5-9
ค่าลงทุนโครงการเบื้องต้น

ที่	รายการ	ค่าลงทุน (บาท)
(1)	ค่าก่อสร้างรวมหรือย้ายสาธารณูปโภค	
1.1	ทางสายประธานฯ รวมด้านเก็บค่าผ่านทาง	3,433,693,494
1.2	ทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง (ทางแยกต่างระดับรัชวิภา)	1,701,213,360
	รวมย่อย (1)	5,134,906,854
(2)	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา (ตลอดระยะเวลา 30 ปี)	
2.1	ทางสายประธานฯ รวมด้านเก็บค่าผ่านทาง	34,605,151
2.2	ทางแยกต่างระดับที่จุดต้นทาง (ทางแยกต่างระดับรัชวิภา)	8,285,160
	รวมย่อย (2)	42,890,311
(3)	ค่าดำเนินการและบริหารโครงการ (ตลอดระยะเวลา 30 ปี)	2,550,000,000
	รวมย่อย (3)	2,550,000,000
(4)	ค่าทดแทน/ชดเชยที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง	
4.1	ที่ดิน	171,327,373.00
4.2	สิ่งปลูกสร้าง	57,219,983.01
	รวมย่อย (4)	228,547,356.01
รวมทั้งสิ้น		7,956,344,521
		7,960 ล้านบาท
(เจ็ดพันเก้าร้อยหกสิบล้านบาท)		

6.6 การจัดทำเอกสารประกวดราคา

เอกสารประกวดราคา ถูกจัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการประกวดราคาจัดหาผู้รับสัมปทานการลงทุนก่อสร้าง บริหารจัดการ ให้บริการและบำรุงรักษา โครงการโครงการขุดลอกและปรับปรุงทางหลวงระหว่างทางยกระดับอุตราภิมุข และทางพิเศษศรีรัช – วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร โดยจัดทำให้เป็นไปตามขั้นตอนพระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556 และหลักเกณฑ์ตามมาตรฐานสากลสำหรับการประกวดราคา รวมทั้งระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 และระเบียบแนวทางการปฏิบัติที่เหมาะสมกับโครงการฯ มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำเอกสารประกวดราคา

6.6.1 แนวทางและหลักการการจัดทำเอกสารประกวดราคา

เอกสารประกวดราคาของโครงการโครงการขุดลอกและปรับปรุงทางหลวงระหว่างทางยกระดับอุตราภิมุข และทางพิเศษศรีรัช – วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร ได้ถูกจัดทำโดยยึดถือหลักการและมาตรฐานในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- (1) ยึดหลักการดำเนินการตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการให้เอกชนเข้าร่วมงานหรือดำเนินการในกิจการของรัฐ พ.ศ.2556
- (2) คำนึงถึงประโยชน์สูงสุดของโครงการ
- (3) มุ่งให้เกิดความเป็นธรรมโปร่งใสต่อทุกฝ่าย และเป็นไปตามกฎหมายแห่งราชอาณาจักรไทย
- (4) แสดงรายละเอียดของเอกสารประกวดราคาอย่างชัดเจน เพื่อลดปัญหาข้อขัดแย้งในช่วงการประกวดราคา และในช่วงระยะเวลาของสัญญา

6.6.2 องค์ประกอบเอกสารประกวดราคา

เอกสารประกวดราคาประกอบด้วยเอกสาร 5 เล่ม ดังนี้

(1) เล่มที่ 1: เอกสารประกอบการจัดทำข้อเสนอ

รายละเอียดสำคัญที่กำหนดไว้ในเอกสารประกอบการจัดทำข้อเสนอ ได้แก่ รายละเอียดโดยสังเขปของงาน คุณสมบัติผู้มีสิทธิเสนอราคา วิธีการจัดทำและยื่นข้อเสนอ การประเมินผลข้อเสนอ ร่างสัญญาและเงื่อนไขสำคัญของสัญญา ข้อกำหนดต่างๆ ของผู้ว่าจ้าง และรายละเอียดทั่วไปอื่นๆ โดยจัดทำออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

- ☐ ประกาศเชิญชวนยื่นข้อเสนอ
- ☐ เอกสารประกอบการจัดทำข้อเสนอ

- ภาคผนวก 1 แบบฟอร์มต่างๆ ที่กำหนด
- ภาคผนวก 2 ร่างสัญญาและเงื่อนไขสำคัญของสัญญา
- ภาคผนวก 3 กรอบข้อกำหนดงานบริหารจัดการ ให้บริการและบำรุงรักษา
- ภาคผนวก 4 ข้อกำหนดและขอบเขตงานสำหรับวิศวกรควบคุมงานก่อสร้างและวิศวกรอิสระ
- ภาคผนวก 5 แผนการส่งมอบพื้นที่ก่อสร้าง

(2) เล่มที่ 2: ข้อกำหนดการก่อสร้าง

ข้อกำหนดการก่อสร้าง ประกอบด้วยข้อกำหนดการก่อสร้างในแต่ละงานที่ผู้รับสัมปทานจะต้องปฏิบัติตาม ซึ่งจะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง การทดสอบวัสดุ และอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามมาตรฐานล่าสุดในการก่อสร้างทางพิเศษ และมาตรฐานอุตสาหกรรมของไทย ในกรณีที่พบว่าไม่มีมาตรฐานใดที่ใช้ในประเทศไทยมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับโครงการฯ ได้ ก็ให้นำมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากลมาประยุกต์ใช้ ข้อกำหนดการก่อสร้างจะแบ่งออกเป็น 2 เล่ม ดังนี้

- ❑ เล่มที่ 1/2 งานโยธาและโครงสร้าง งานอาคารและระบบไฟถนน 1 เล่ม
- ❑ เล่มที่ 2/2 งานระบบเก็บค่าผ่านทาง และระบบควบคุมความปลอดภัยด้านจราจร 1 เล่ม

(3) เล่มที่ 3: ข้อกำหนดเฉพาะ

ข้อกำหนดเฉพาะ ประกอบด้วยข้อกำหนดของผู้ว่าจ้างที่ผู้รับสัมปทานจะต้องปฏิบัติตาม เป็นการเฉพาะของโครงการที่ประกวดราคา

(4) เล่มที่ 4: บัญชีปริมาณงานและราคา (Bills of Quantities) และคำนำประกอบ บัญชีปริมาณงานและราคา (Preamble to BOQ)

บัญชีปริมาณงานและราคา (BOQ) จะจัดทำโดยแยกออกเป็นกลุ่มบัญชีงาน (Bills) ตามลักษณะของงานและตามความเหมาะสม และในแต่ละกลุ่มบัญชีงานจะแสดงรายการงาน (Work Items) ที่มีในบัญชีก่อนหน้านั้นๆ ไว้โดยละเอียด พร้อมทั้งปริมาณงานในแต่ละรายการงาน เพื่อวัตถุประสงค์ให้ผู้ยื่นข้อเสนอสามารถจัดทำราคาค่าก่อสร้างได้อย่างถูกต้อง ใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด โดยมีรายละเอียดการวัดจ่ายค่างานแสดงไว้ในคำนำประกอบบัญชีปริมาณงานและราคา

(5) เล่มที่ 5: แบบรูป