

บทที่ 5

ความเหมาะสมทางเทคนิค

5.1 โครงสร้างทางวิงยกระดับ ทางลอด และสะพาน

5.1.1 มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

หลักเกณฑ์และมาตรฐานการออกแบบทางวิงยกระดับ สะพาน และทางลอดสำหรับรถไฟฟ้ารางเบา อ้างอิงตามมาตรฐาน MRTA Design Standards Manual ของ รฟม. เป็นหลัก และใช้มาตรฐานการออกแบบอื่นๆ ของประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ ยุโรป และไทย ประกอบกัน มาตรฐานที่อ้างอิงต้องเป็นฉบับที่มีการปรับปรุงแก้ไขล่าสุด ณ วันที่มีการทำสัญญาฯ มาตรฐานการออกแบบที่ใช้สำหรับโครงการมีดังต่อไปนี้

- มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างทางวิงยกระดับ สะพาน ทางลอดสำหรับรถไฟฟ้ารางเบา
 - MRTA 2005 : Design Standard Manual, Section No. 2 - Civil Engineering
 - AASHTO 2017 : AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 8th Edition
 - AASHTO 2002 : Standard Specifications for Highway Bridges, 17th Edition
 - AASHTO 2003 : Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges, 2nd Edition, with 2003 Interim Revisions
 - ASBI 2005 : Construction Practices Handbook for Segmental Concrete Bridges
 - PCI 2004 : PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete, 6th Edition
 - ACI 358.1R-92 : Analysis and Design of Reinforced and Prestressed-concrete Guideway Structures
 - ACI 343.1R-12 : Guide for the Analysis and Design of Reinforced and Prestressed Concrete Guideway Structures
 - BS 5400 : British Standard
 - PrEN 1337 : European Standards, Structural Bearings.

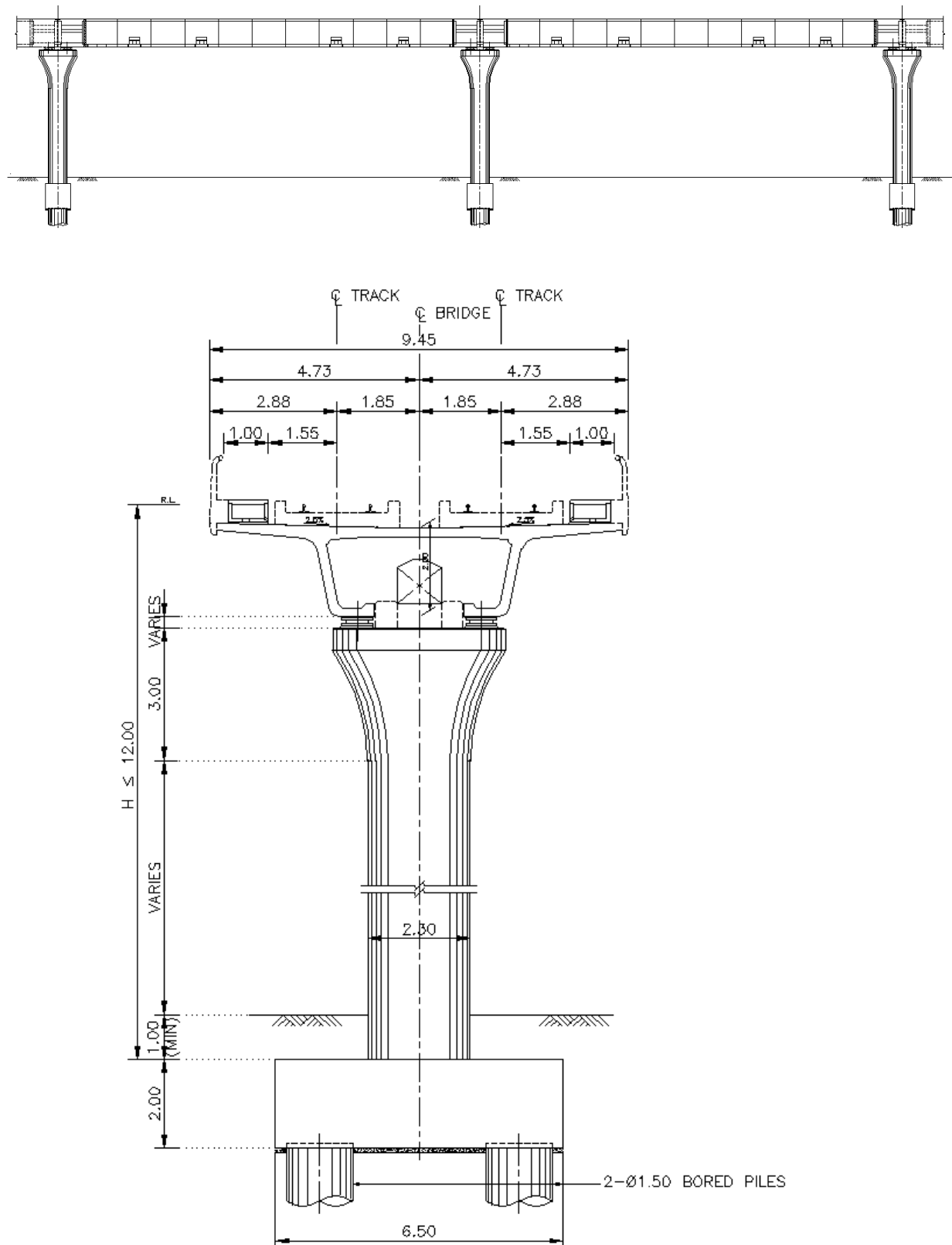
- มาตรฐานการออกแบบอื่นๆ สำหรับประเทศไทย
 - วสท. : มาตรฐานต่างๆของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
 - มยผ.1302-52 : มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย)
 - มยผ.1311-50 : มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย)

ขณะที่ในการออกแบบโครงสร้างสะพาน ต้องพิจารณาทั้งความแข็งแรงต่อการรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ ด้านสถาปัตยกรรม อีกทั้งการออกแบบโครงสร้างต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง และมีประสิทธิภาพในการใช้งาน รวมทั้งต้องคำนึงถึงความสามารถในการระบายน้ำของโครงสร้าง ไม่ให้เกิดขวงลำนํ้าด้วย

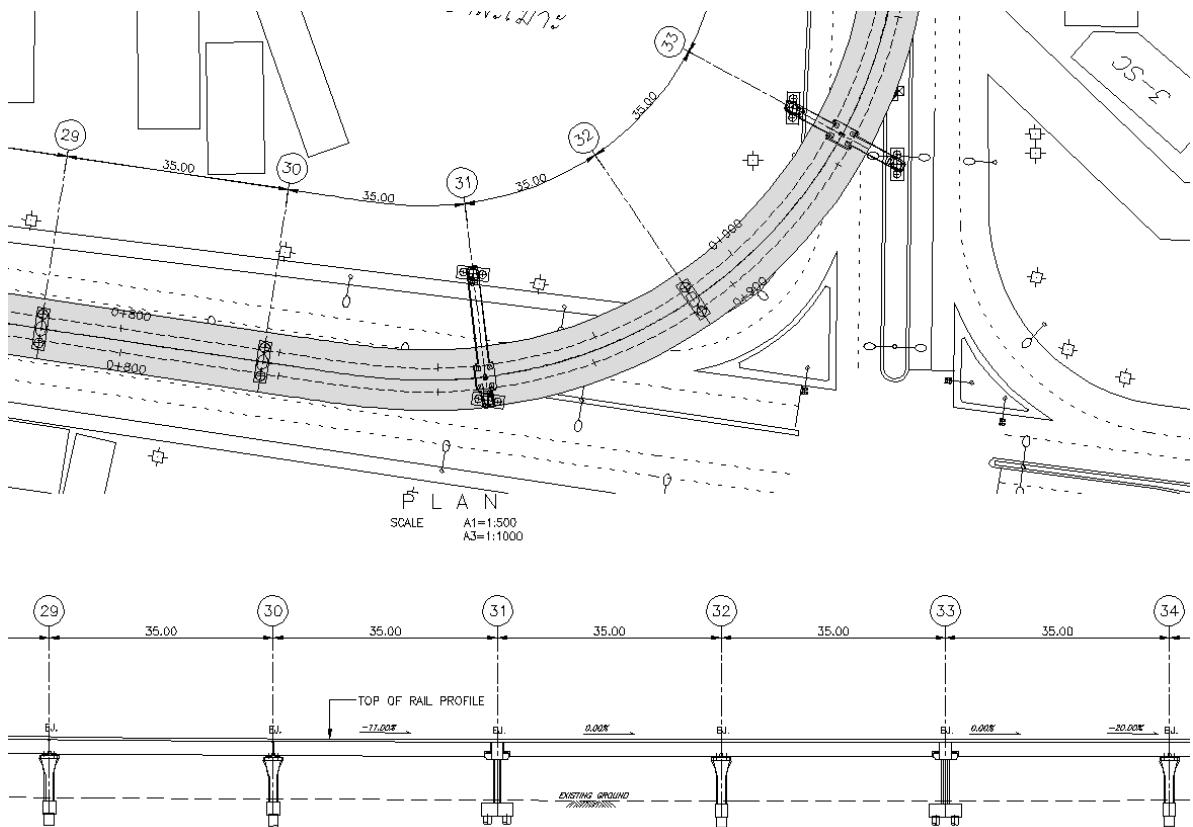
5.1.2 โครงสร้างทางวิ่งยกระดับ

รูปแบบโครงสร้างทางวิ่งยกระดับ ที่ออกจากสถานีท่าอากาศยานภูเก็ต ระยะทางรวมประมาณ 1.2 กม. เป็นโครงสร้างคานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องหล่อสำเร็จ ช่วงความยาวช่วง 30-35 เมตร รองรับด้วยเสาเดี่ยวบนฐานรากเข็มคู้ ดังแสดงในรูปที่ 5.1-1 และบริเวณทางแยกจะรองรับด้วยโครงสร้างพอร์ทัลเฟรม (Portal Frame) ดังรูปที่ 5.1-2 โดยที่ในช่วงที่เปลี่ยนจากทางวิ่งยกระดับเป็นระดับดิน รองรับด้วยโครงสร้างเชิงลาด (Transition and Abutment Structure) ดังรูปที่ 5.1-3 เป็นรูปแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โครงสร้างรูปแบบนี้จะมีลักษณะเป็นคานคอนกรีตรูปกล่องสี่เหลี่ยมคางหมู ภายในกลวงเพื่อลดปริมาณวัสดุ ที่เป็นน้ำหนักคงที่ (Dead Load) ด้านข้างออกแบบเป็นแผ่นพื้นลักษณะเป็นปีกยื่นออกไปทั้งสองข้าง มีความลึกคานตั้งแต่ 2.00 - 2.50 เมตร หล่อสำเร็จจากโรงงานเป็นชิ้น แต่ละชิ้นยาวประมาณ 2.50 - 3.00 เมตร แล้วนำมาประกอบในสนาม ความยาวช่วงพาดที่เหมาะสมตั้งแต่ 30 - 45 เมตร คานคอนกรีตชนิดนี้จะทำการอัดแรงภายหลัง (Post-Tensioned) โดยจัดวางรูปแบบของลวดอัดแรงเป็นแบบภายนอก (External Post-Tension) โดยสามารถออกแบบเป็นคานช่วงเดียวหรือคานต่อเนื่อง การออกแบบความกว้างของชิ้นส่วนนั้น จะต้องคำนึงถึงน้ำหนักของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น เพราะต้องลำเลียงเข้ามาประกอบในหน้างาน ข้อดีของการก่อสร้างรูปแบบนี้ คือ การประกอบติดตั้งบริเวณหน้างานทำได้รวดเร็ว เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนหล่อสำเร็จจากโรงงานนำมาติดตั้ง มีผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อมน้อยระหว่างก่อสร้างน้อย มีรูปแบบสวยงามเรียบร้อยกว่ารูปตัวไอและคานสมัยกว่า แต่อย่างไรก็ตาม โครงสร้างนี้มีราคาค่าก่อสร้างค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องใช้เครนเลื่อน (Launching Gantry) และเครื่องจักรหนักในการติดตั้งและโรงงานหล่อชิ้นส่วนสำเร็จ อาจมีน้อยราย หรืออยู่ห่างไกลจากสถานที่ก่อสร้างมาก จนทำให้ราคาค่าขนส่งสูง ดังนั้น การก่อสร้างโดยใช้คานคอนกรีตรูปกล่องชนิดหล่อในที่ จึงเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ที่ควรใช้เป็นทางเลือก

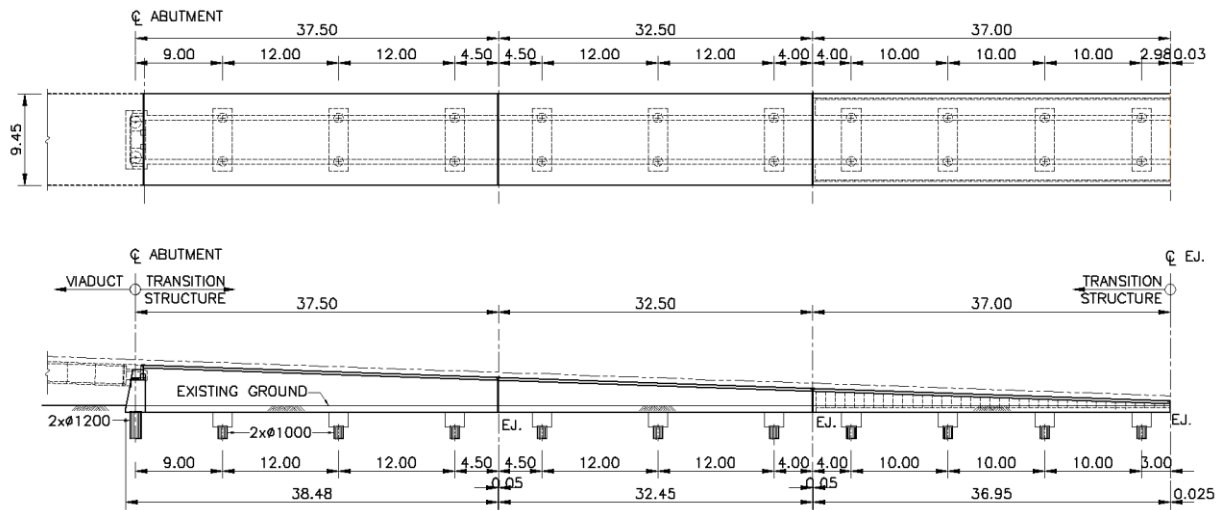
อย่างไรก็ตาม ในส่วนของความกว้างของทางวิ่งยกระดับอาจเปลี่ยนแปลงได้ในขั้นตอนของการออกแบบรายละเอียดขึ้นอยู่กับขนาดของรถไฟฟ้ารางเบาที่เลือกใช้จริง ส่วนของโครงสร้างที่ฐานรากเสาทางวิ่งที่ล้ําเข้าไปในส่วนที่เป็นถนน ต้องมีโครงสร้างป้องกันการทรุดตัวที่แตกต่างกัน (Differential Settlement Reduction Structure)



รูปที่ 5.1-1 ทางวิ่งยกระดับแบบคานคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จรูปกล่องสำหรับระบบรถไฟฟ้ารางเบา



รูปที่ 5.1-2 โครงสร้างพอร์ทัลเฟรม (Portal Frame) บริเวณทางแยก



รูปที่ 5.1-3 โครงสร้างเชิงลาด (Transition and Abutment Structure)

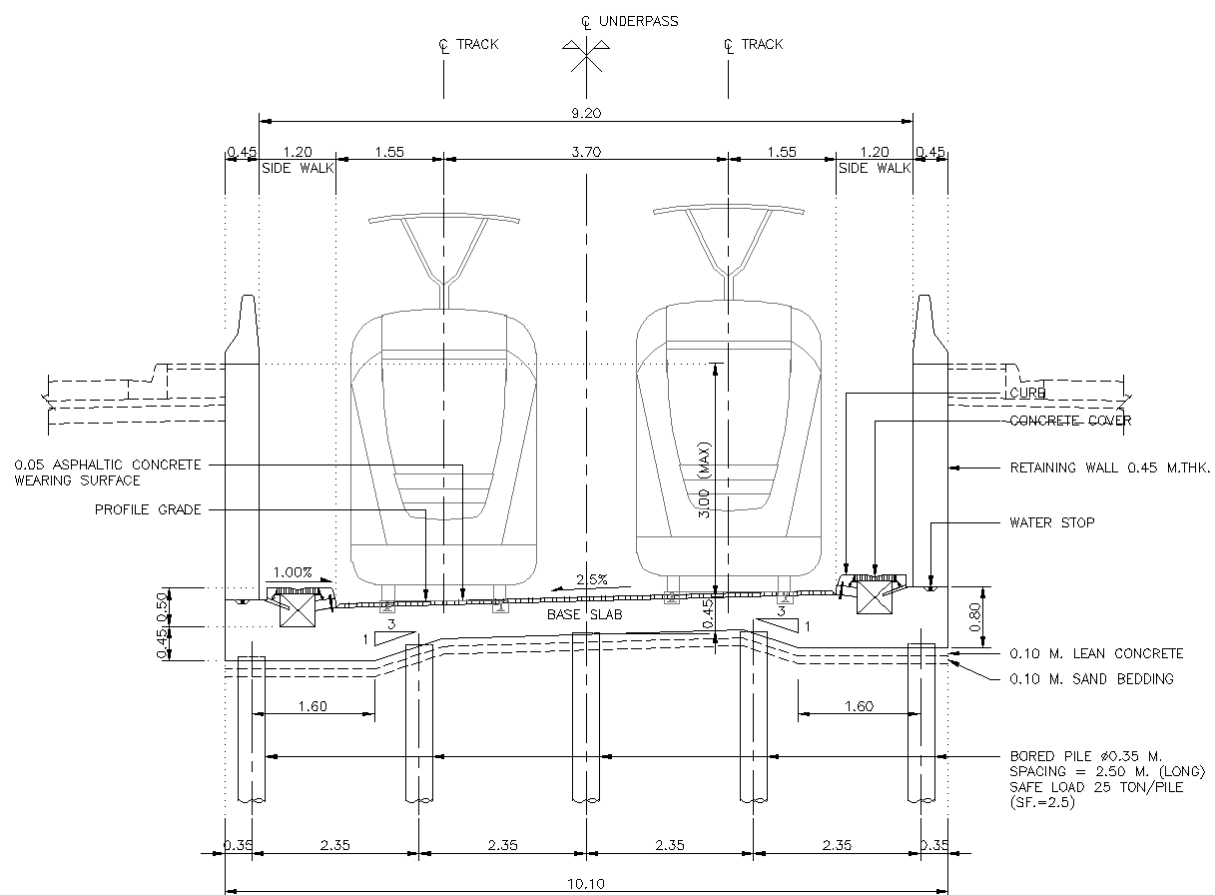
5.1.3 โครงสร้างทางลอด

โครงสร้างทางลอดในโครงการ มีจำนวน 3 แห่ง ดังนี้

- 1) ช่วงกม. 26+365 ถึง 28+350 บริเวณก่อนสถานีเมืองกลาง ความยาวประมาณ 800 ม.
- 2) ช่วงกม. 31+245 ถึง 33+850 บริเวณสถานีกลาง ความยาวประมาณ 3.20 กม. และความยาวทางลอดช่วงเข้าอาคารซ่อมบำรุงยาวประมาณ 0.25 กม.
- 3) ช่วงกม. 35+480 ถึง 37+485 ความยาวประมาณ 800 ม.

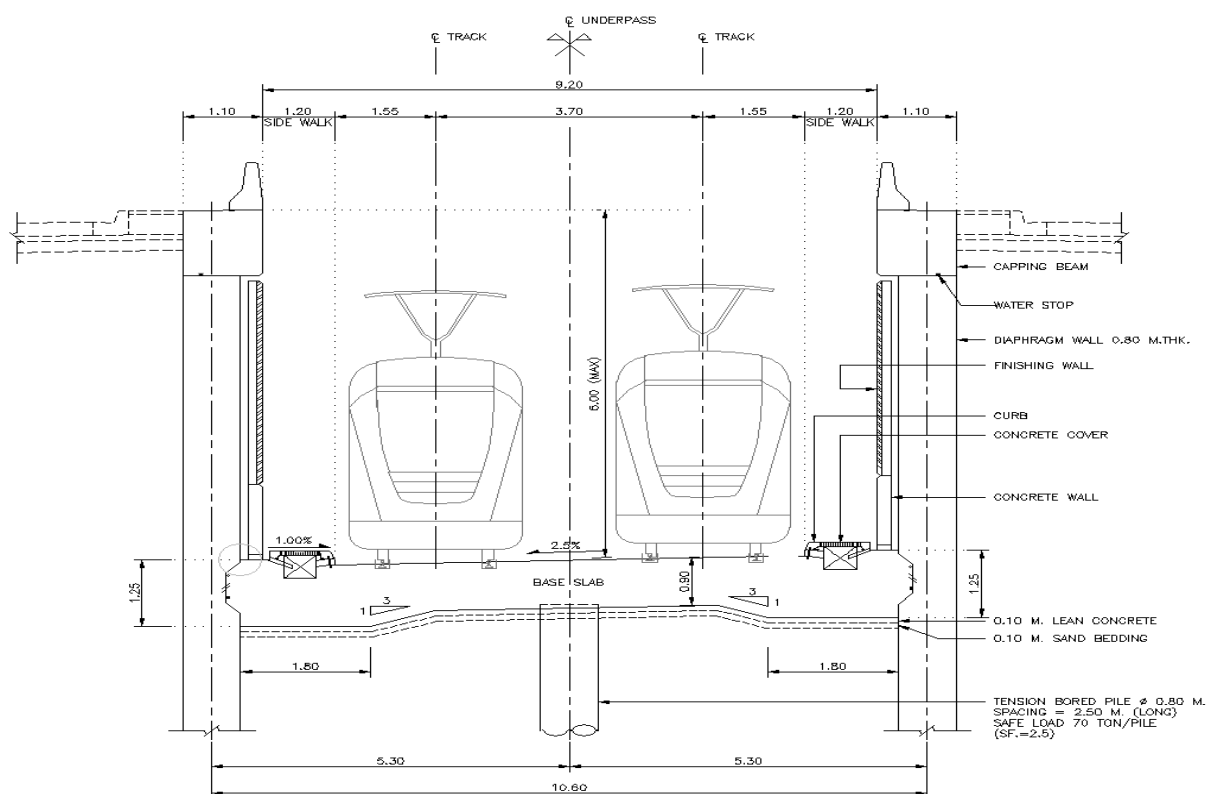
โดยทางลอดมีขนาดรองรับทางวิ่งรถไฟฟ้ารางเบาทั้ง 2 ทิศทาง แบ่งโครงสร้างออกตามความลึกของทางลอด เป็นช่วงทางลอดช่วงตื้น (Shallow Approach) และทางลอดช่วงลึกและอุโมงค์ (Deep Approach and Tunnel)

- ทางลอดช่วงตื้น (Shallow Approach) เป็นผนังกันดินคอนกรีตเสริมเหล็ก (RC. Retaining Wall) รูปแบบนี้เหมาะสมที่จะก่อสร้างในบริเวณที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าผิวดินมาก โครงสร้างผนังกันดินจะถูกกำหนดให้มีความสูงไม่เกิน 3.50 เมตร ผนังด้านข้างและพื้นทางลอดหนา 0.45 เมตร โครงสร้างจะวางบนเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 เมตร



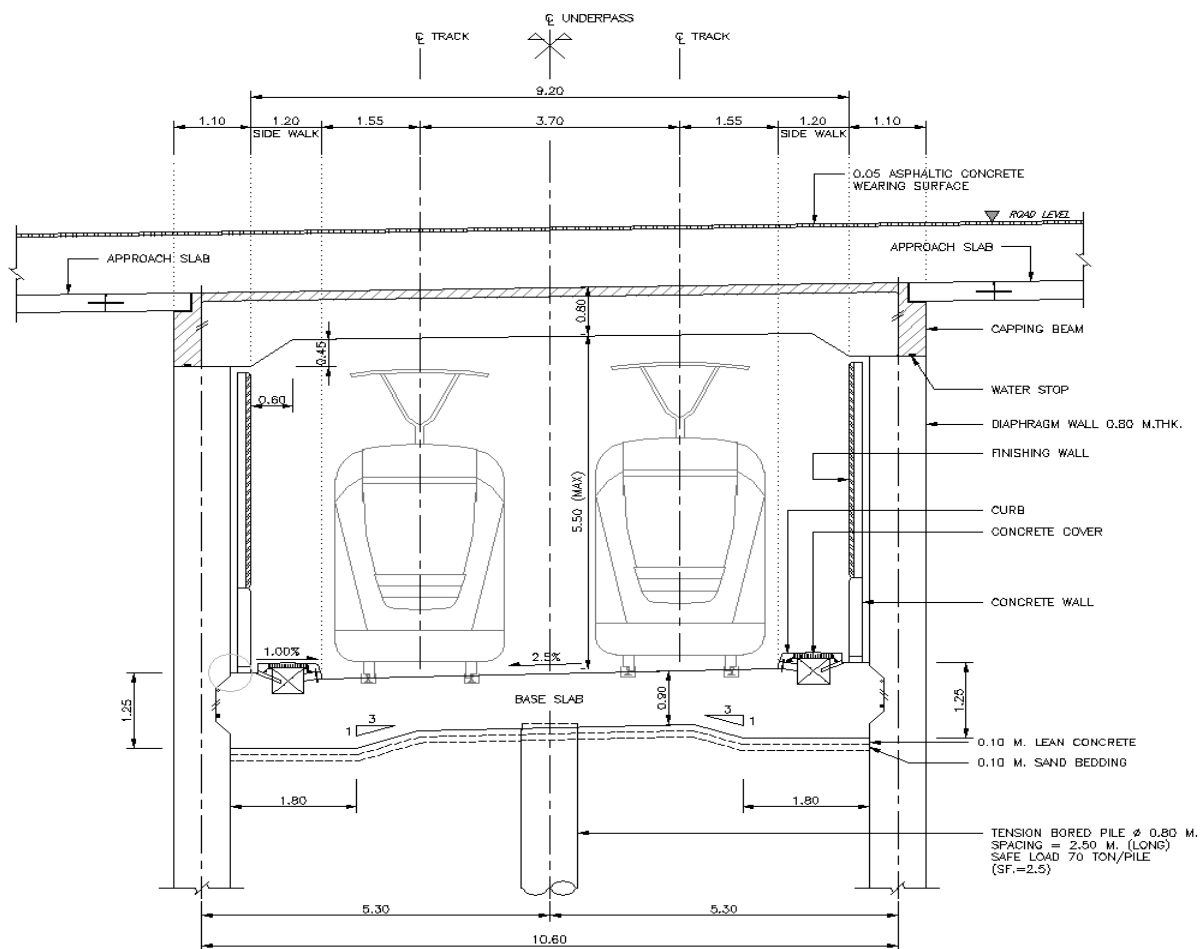
รูปที่ 5.1-4 รูปตัดทางลอดช่วงตื้น

- ทางลอดช่วงลึกและอุโมงค์ (Deep Approach and Tunnel) เนื่องจากด้านข้างของทางลอดเป็นถนนสัญจร ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ก่อสร้าง และทางลอดอยู่ในช่วงที่ลึก การใช้ Diaphragm Wall หรือ D-Wall จะใช้พื้นที่ในการก่อสร้างน้อยกว่า ลดผลกระทบด้านการจราจรขณะก่อสร้าง โดยเป็นการก่อสร้างผนังกำแพง ด้วยการหล่อคอนกรีตขึ้นในดิน โดยใช้ดินเป็นแบบหล่อ ขนาดและมิติต่างๆของ D-Wall ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องจักรที่ใช้ขุด ความหนาใช้กันโดยทั่วไป 0.80 – 1.00 มม. ความยาวแต่ละแผงประมาณ 5.0 ถึง 6.0 เมตร ความลึกของ D-Wall ขึ้นอยู่กับสภาพชั้นดิน และลักษณะโครงสร้าง เช่น เป็นผนังปลายยื่นอิสระก็เป็นทางลอดช่วงลึก และหากมีฝาปิดก็เป็นอุโมงค์ ในโครงการนี้เลือกใช้ผนัง D-Wall หนา 0.80 เมตรสำหรับช่วงทางลอดทั่วไป และ 1.00 เมตร สำหรับช่วงสถานีใต้ดิน และพื้นทางลอดหนา 0.90 เมตร วางบนเสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร โดยในทางลอดที่ 2 บริเวณสถานีกลาง เนื่องจากมีความยาวของอุโมงค์ต่อเนื่อง ยาวประมาณ 3 กม. จะต้องมีการจัดทำปล่องระบายอากาศและทางหนีไฟไว้ให้เพียงพอตามที่มาตรฐาน NFPA กำหนด โดยมีระยะห่างไม่เกิน 762 เมตร โดยเป็นทางหนีไฟนอกสถานี 3 จุด และปล่องระบายอากาศที่สถานี 3 ปล่อง



ทางลอดช่วงลึก

รูปที่ 5.1-5 รูปตัดทางลอดช่วงลึกและทางลอดช่วงอุโมงค์



ทางลอดช่วงอุโมงค์

รูปที่ 5.1-5 รูปตัดทางลอดช่วงลึกและทางลอดช่วงอุโมงค์ (ต่อ)

5.1.4 โครงสร้างสะพาน

สะพานรถยนต์เดิมตามแนวเส้นทางรถไฟรางเบามีจำนวน 14 สะพาน แสดงดังตารางที่ 5.1-1 โดยส่วนใหญ่จะเป็นสะพานข้ามลำน้ำช่วงสั้นและไม่มีการสัญจรทางน้ำของเรือขนาดใหญ่ โดยจะเป็นสะพานข้ามคลองและลำห้วย มีความยาวแต่ละช่วงของสะพานเดิมไม่เกิน 10 เมตร

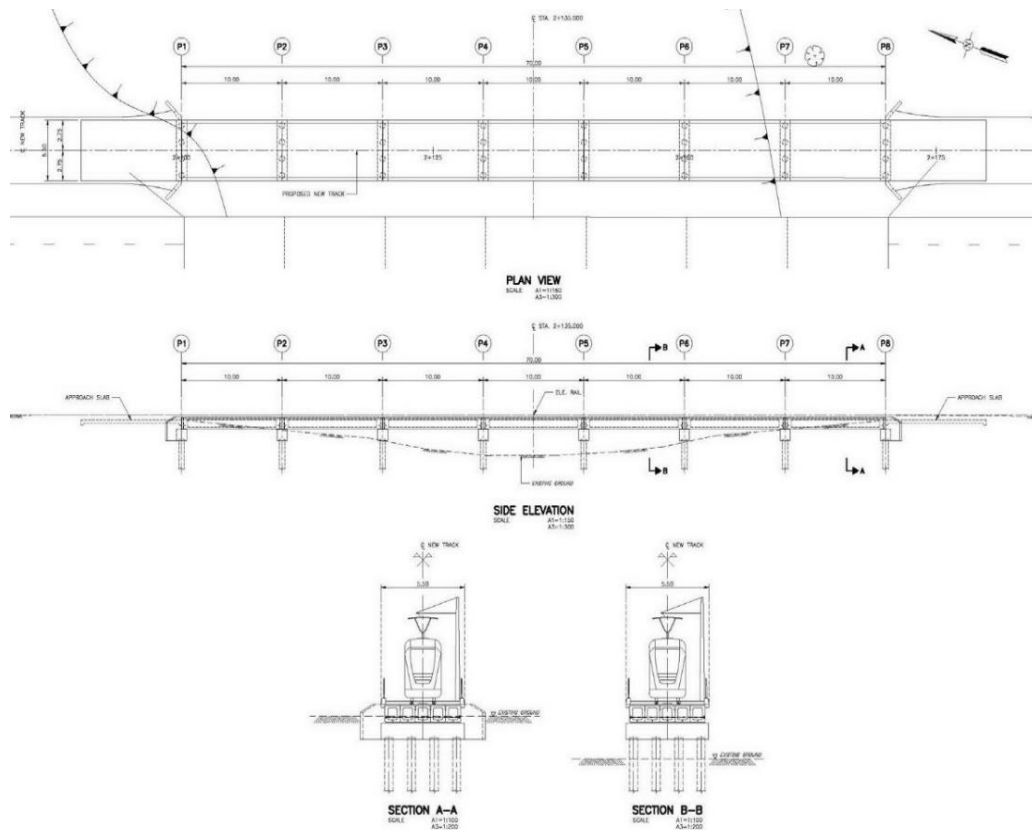
สะพานดังกล่าว ต้องมีปรับปรุงเพื่อใช้เป็นทางวิ่งสำหรับรถไฟรางเบา หรือต้องใช้เป็นทางวิ่งร่วมกับรถยนต์ จำเป็นต้องมีการปรับปรุงความสามารถในการรับน้ำหนัก โดยการออกแบบ เสริมกำลังหรือรื้อออกแล้วสร้างใหม่ทดแทนให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกทั้งจากรถไฟรางเบาและรถยนต์ได้ตามที่มาตรฐานกำหนด โดยที่จะต้องมีการสำรวจและประเมินความสามารถในการรับน้ำหนักหรือออกแบบสะพานใหม่ให้เป็นไปตามมาตรฐานล่าสุด และจัดส่งรายงานการประเมินสภาพ ตลอดจนเสนอวิธีการเสริมกำลังและแบบก่อสร้างให้กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อพิจารณาอนุมัติ

รูปแบบโครงสร้างสะพานรถยนต์และรถไฟรางเบาที่ใช้ในโครงการนี้ เป็นโครงสร้างคานรูปกล่องรองรับด้วย pile bent ซึ่งมีความเหมาะสมเนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมกับความยาวช่วงของสะพานช่วงสั้น สอดคล้องกับรูปแบบโครงสร้างสะพานเดิม และเป็นรูปแบบที่ใช้กันอย่าง

แพร่หลายในประเทศไทย ก่อสร้างง่าย ราคาถูก ผู้รับเหมาก่อสร้างรายย่อยก็สามารถก่อสร้างได้ เนื่องจากใช้เทคนิคในการก่อสร้างไม่สูงนัก รูปแบบสะพานสำหรับรถยนต์และรถไฟฟารางเบา แสดงดังรูปที่ 5.1-6

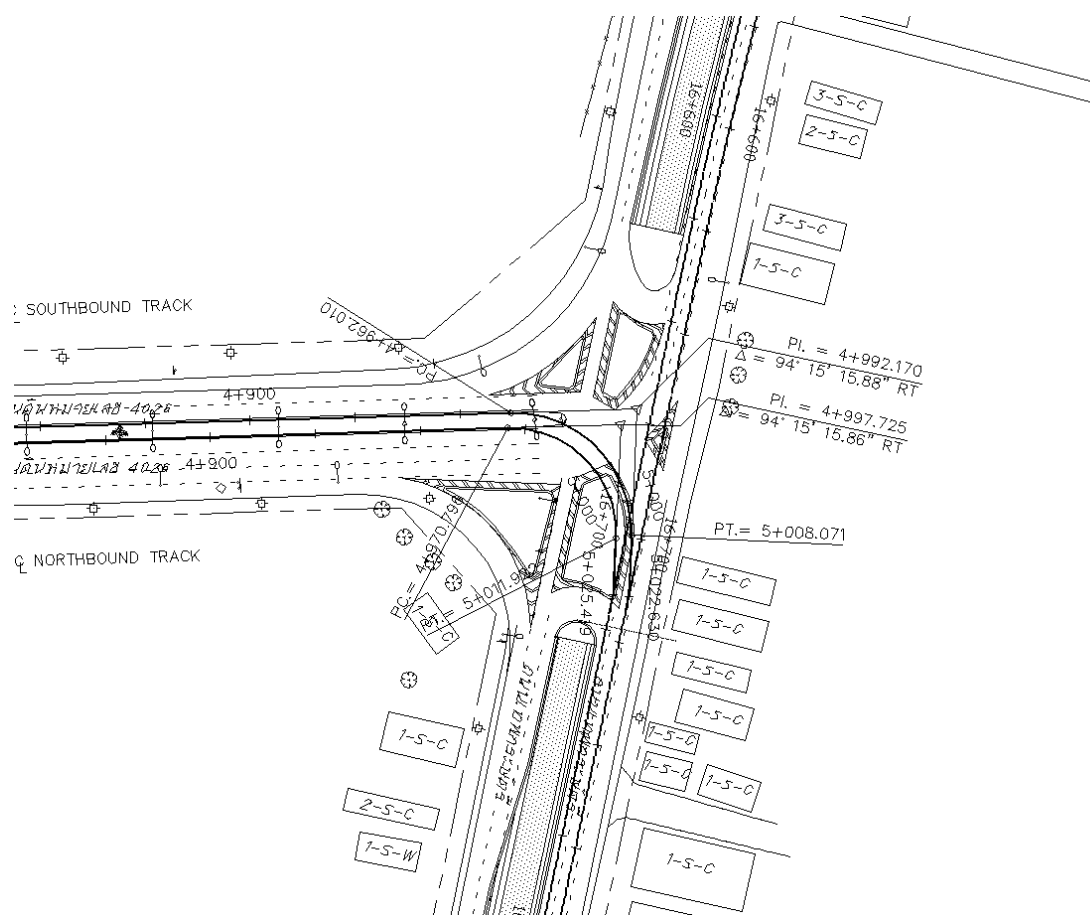
ตารางที่ 5.3-1 รายการสะพานตามแนวเส้นทางรถไฟฟารางเบา

ลำดับที่.	กม.	ประเภท	แนวทางการปรับปรุง
1	3+060.000	สะพานช่วง (2x9.44)+(3x10.62)+(2x9.44) เมตร	รื้อบางส่วน สร้างสะพานใหม่เสริมช่องกลาง และขยายสะพานด้านข้าง
2	23+980.000	สะพานช่วง (1x5.00)+(1x7.00)+(1x5.00) เมตร	รื้อสะพาน สร้างใหม่ (เพื่อสร้างทางลอด)
3	25+420.000	สะพานช่วง 3 x 5.00 เมตร	รื้อสะพาน สร้างใหม่ (เพื่อสร้างทางลอด)
4	28+650.000	สะพานช่วง 3 x 6.00 เมตร	รื้อบางส่วน สร้างสะพานใหม่เสริมช่องกลาง
5	34+764.000	สะพานช่วง 3 x 8.00 เมตร	รื้อสะพานด้านซ้าย สร้างใหม่
6	39+660.000	สะพานช่วง 3 x 8.00 เมตร	รื้อบางส่วน สร้างสะพานใหม่เสริมช่องกลาง
7	41+375.000	สะพานช่วง 1 x 10.00 เมตร	รื้อสะพาน สร้างใหม่
8	42+480.000	สะพานช่วง 1 x 10.00 เมตร	รื้อสะพาน สร้างใหม่
9	42+890.000	สะพานช่วง 2 x 7.00 เมตร	รื้อบางส่วน สร้างสะพานใหม่เสริมช่องกลาง
10	44+716.000	สะพานช่วง (1x8.00)+(1x10.00)+(1x8.00) เมตร	รื้อสะพาน สร้างใหม่
11	45+219.000	สะพานช่วง 33 x 15.00 เมตร	เสริมกำลังสะพาน
12	51+220.000	สะพานช่วง 3 x 5.00 เมตร	รื้อสะพาน สร้างใหม่
13	51+527.000	สะพานช่วง (1x5.00)+(1x7.00)+(1x5.00) เมตร	รื้อสะพาน สร้างใหม่
14	51+835.000	สะพานช่วง 1x7.00 เมตร	รื้อสะพาน สร้างใหม่



รูปที่ 5.1-6 โครงสร้างสะพานสำหรับรถยนต์และรถไฟฟ้ารางเบา

นอกจากนี้ พบว่าแนวเส้นทางของรถไฟฟ้ารางเบาบริเวณจุดตัดทางหลวง ทล. 4026 และ ทล.402 (รูปที่ 5.1-7) รถไฟฟ้ารางเบาต้องวิ่งบนโครงสร้างหลังคาของทางลวดรถยนต์บนถนน ทล.402 ซึ่งกำลังมีการก่อสร้างอยู่ในปัจจุบัน จำเป็นต้องมีการปรับปรุงความสามารถในการรับน้ำหนักให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกทั้งจากรถไฟฟ้ารางเบาและรถยนต์ได้ตามที่มาตรฐานกำหนดเช่นกัน



รูปที่ 5.1-7 ทางลอดสำหรับรถยนต์บริเวณจุดตัดทางหลวง 4026 และ .402

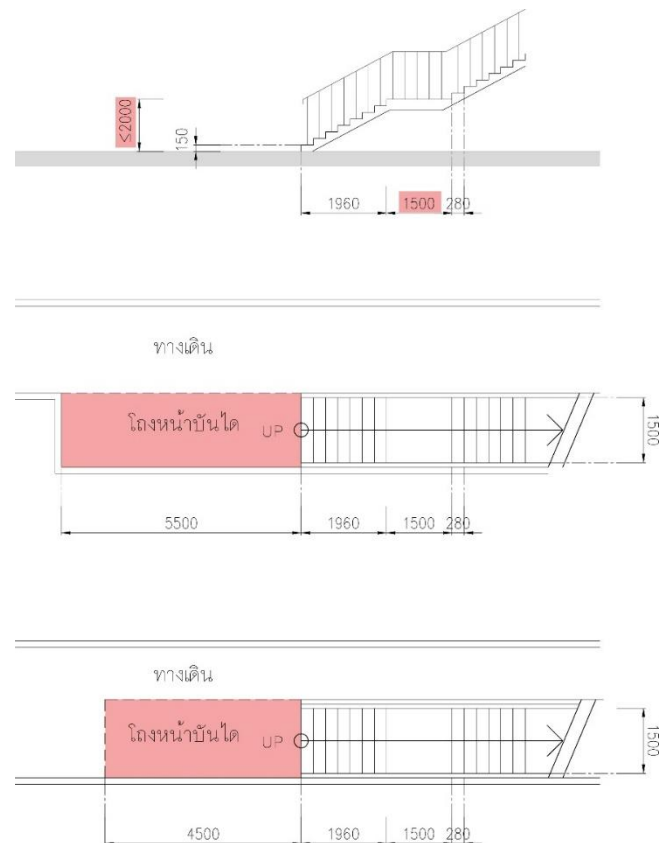
5.2 สถานี

รูปแบบทางสถาปัตยกรรมและการวางผังองค์ประกอบต่างๆ ของอาคารสถานีสำหรับโครงการระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ต ระยะที่ 1 ช่วงท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต - ฉลอง จำนวน 21 สถานี มีดังนี้

- PT01 สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต

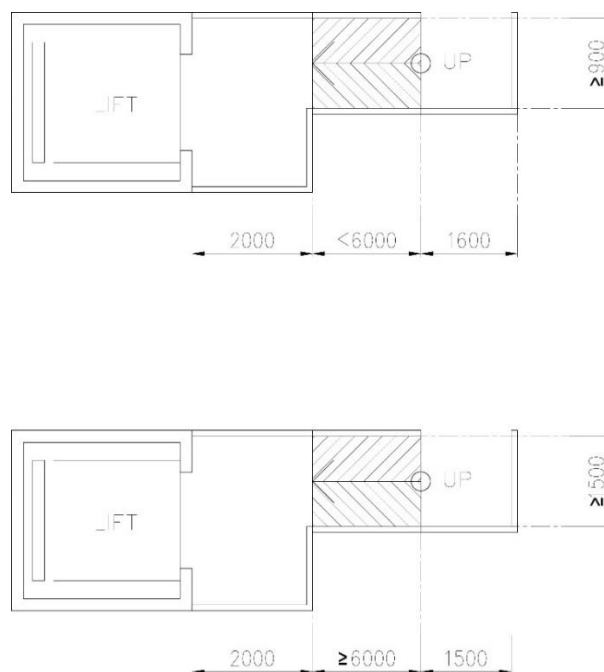
สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต เป็นสถานีแห่งเดียวที่เป็นสถานียกระดับ ตั้งอยู่บนทางหลวงหมายเลข 4031 โดยรายละเอียดการออกแบบสถานีสรุปได้ดังนี้

- 1) ทางขึ้น-ลง ของสถานีที่เป็นบันไดและลิฟต์ที่ใช้งาน ควรจะต้องปรับรูปแบบให้สอดคล้องกับอารยสถาปัตย์ (Universal Design) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการทั่วไป และผู้พิการทุพพลภาพ โดยต้องคำนึงถึงข้อบังคับต่างๆ อย่างน้อยดังต่อไปนี้
 - ความกว้างของบันได(ซึ่งไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ) อย่างน้อย 1.5 เมตร ลูกตั้งบันไดมีความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร ลูกนอนบันไดกว้างอย่างน้อย (ไม่รวมระยะที่เหลื่อมกัน) 280 มิลลิเมตร ทุกๆ ระยะในแนวตั้งไม่เกิน 2 เมตร ต้องมีชานบันได ความกว้างไม่ต่ำกว่า 1.5 เมตร ต้องมีโถงที่ว่างบริเวณหน้าบันได อย่างน้อย 4.5 เมตร สำหรับทางตรง และอย่างน้อย 5.5 เมตรสำหรับทางที่มีลักษณะเป็นมุมหักเลี้ยวก่อนขึ้นบันได



รูปที่ 5.2-1 แนวทางการจัดพื้นที่บันไดทางขึ้นชั้นชานชาลา

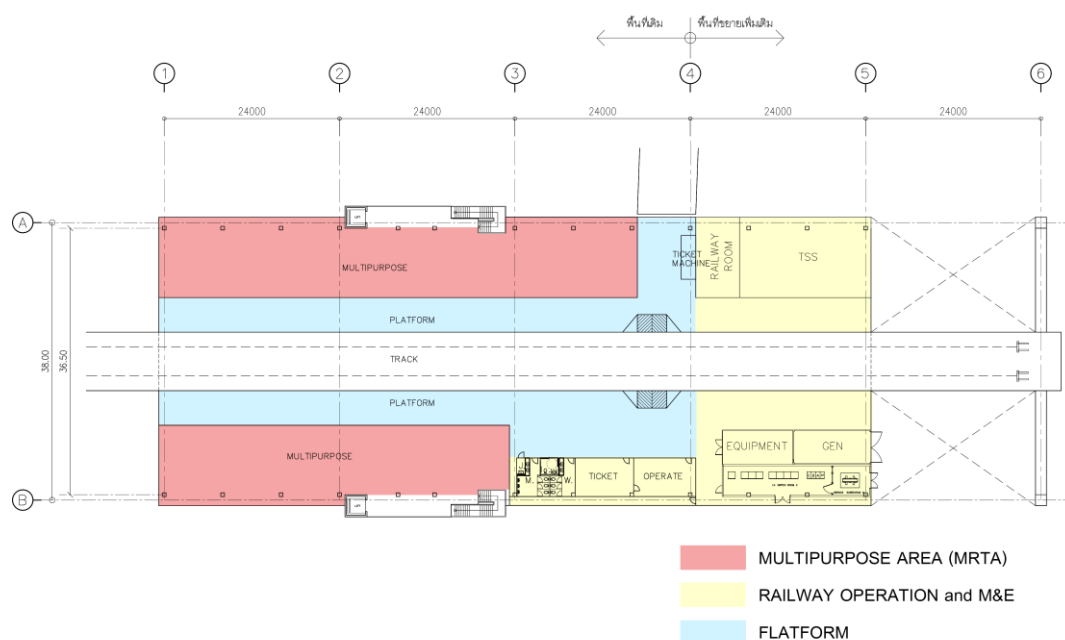
- ต้องมีพื้นที่โล่งบริเวณหน้าลิฟต์อย่างน้อย 2 เมตร มีระยะโถงหน้าทางลาดไม่น้อยกว่า 1.5 เมตร ทางลาดมีความชันไม่เกินอัตราส่วน 1/12 (หนึ่งต่อสิบสอง) ความกว้างของทางลาดถูกกำหนดตามระยะความยาวของทางลาด ดังแสดงในรูปที่ 5.2-2



รูปที่ 5.2-2 แนวทางการจัดพื้นที่หน้าลิฟต์และทางลาด

- 2) ณ ระดับพื้นดิน มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติมประมาณ 141.09 ตารางวา โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - พื้นที่เพิ่มเติมจากการปรับลัดและบันไดให้เป็นไปตามหลักของอารยสถาปัตย์ (Universal Design) ประมาณ 54.675 ตารางวา
 - พื้นที่ฐานรากของเสารับน้ำหนักอาคาร ประมาณ 30.16 ตารางวา
 - พื้นที่ห้องวางเครื่องปั้มน้ำ และบ่อน้ำใต้ดินสำหรับน้ำใช้และน้ำดับเพลิง ประมาณ 56.25 ตารางวา
- 3) ณ ชั้นชานชาลาของสถานี ที่ปรึกษาได้ทำการปรับปรุงโดยขยายพื้นที่เพิ่มเติมสำหรับเป็นพื้นที่ของร้านค้า และเป็นพื้นที่พักคอยขณะที่ผู้โดยสารยืนต่อแถวรอซื้อตั๋วเดินทาง เนื่องจากสถานีนี้เป็นสถานีต้นทาง/ปลายทาง อาจจะมีผู้โดยสารใช้งานเป็นจำนวนมาก และจากแบบชั้นชานชาลาดังกล่าว มีห้องสำหรับการบริหารงานส่วนย่อยกับห้องจำหน่ายตั๋วเดินทางที่ต้องมีพนักงานประจำอยู่ จึงควรจะต้องเพิ่มห้องน้ำเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่พนักงานเหล่านี้ด้วย

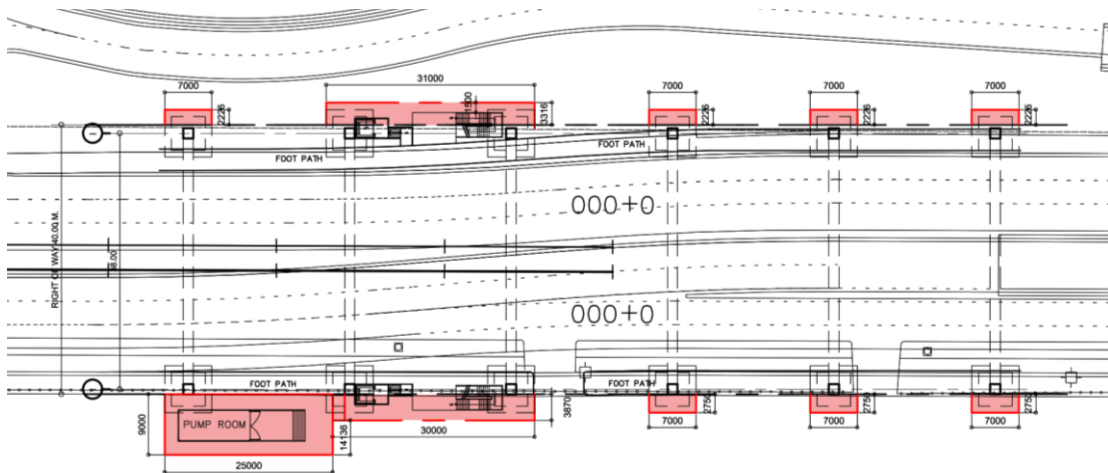
ที่ปรึกษาได้เพิ่มความยาวของสถานีขึ้นอีก 2 ช่วงเสาคิดเป็นความยาว 48 เมตร สำหรับเป็นพื้นที่จอดขบวนรถเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการดำเนินงานให้บริการ จากการขยายช่วงเสาดังกล่าว ที่ปรึกษาได้เพิ่มพื้นที่ชั้นชานชาลาขึ้นอีก 1 ช่วงเสา เพื่อแยกพื้นที่ห้องของงานระบบต่างๆ ออกจากพื้นที่ร้านค้าและพื้นที่พักคอยรถของผู้ใช้บริการ



รูปที่ 5.2-3 ชั้นชานชาลาของสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต



รูปที่ 5.2-3 ที่ตั้งของสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต



รูปที่ 5.2-4 พื้นที่เวนคืนของสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต

● PT02 สถานีเมืองใหม่

สถานีเมืองใหม่เป็นสถานีระดับพื้นดิน ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 402 เป็นถนน 6 ช่องจราจรที่ตั้งของชานชาลาอยู่ที่เกาะกลางของถนน มีสะพานข้ามถนนสำหรับการเข้าถึงชานชาลา

ที่ปรึกษาได้ทำการออกแบบและปรับปรุงรูปแบบสถานีดังกล่าวให้มีความเหมาะสมมากขึ้น โดยสามารถแบ่งการปรับปรุงรูปแบบสถานีออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- 1) ชานชาลา : ที่ปรึกษาได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบของชานชาลาเป็นชานชาลาเดี่ยว (Central Platform) โดยเปลี่ยนให้เป็นชานชาลาแบบใช้ร่วมกันทั้งขาเข้า และขาออก ตั้งอยู่บริเวณเกาะกลางถนน

ข้อดีของการเป็นเป็นชานชาลาแบบเดี่ยวคือ

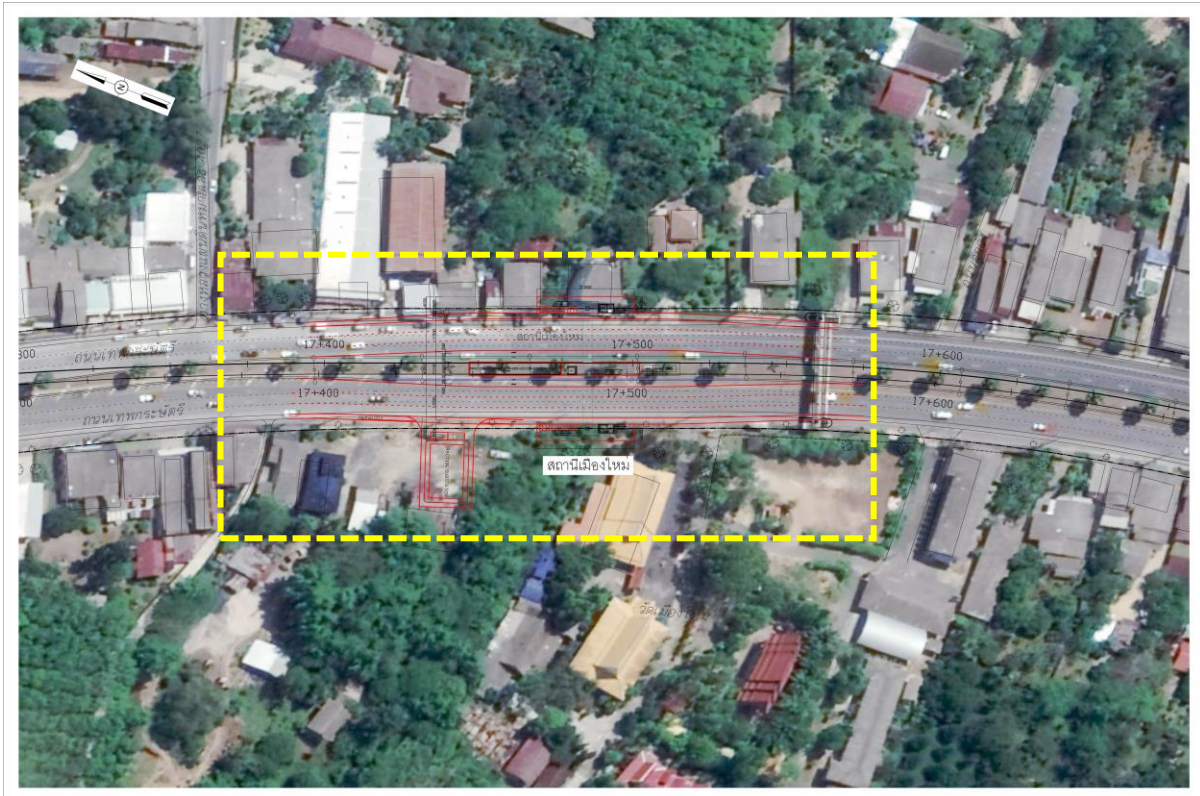
- ลดพื้นที่ที่เหลื่อมล้ำบนถนนของชานชาลา ซึ่งจะส่งผลดีในการปรับช่องทางจราจร
- ลดพื้นที่เวนคืนจากการปรับปรุงรูปแบบของถนน
- ลดจำนวนบันไดและลิฟต์ที่ใช้โดยสารลงสู่ชานชาลา จำนวนอย่างละ 1 ชุด

- 2) ทางขึ้น-ลงของสะพานลอยข้ามถนนเพื่อเข้าสู่ชานชาลา : ที่ปรึกษาได้ทำการปรับเปลี่ยนทิศทางการทางขึ้น-ลง โดยจะส่งผลให้ต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มขึ้นจาก 31.25 ตารางวา เป็น 32.5 ตารางวา แต่มีข้อดีดังนี้

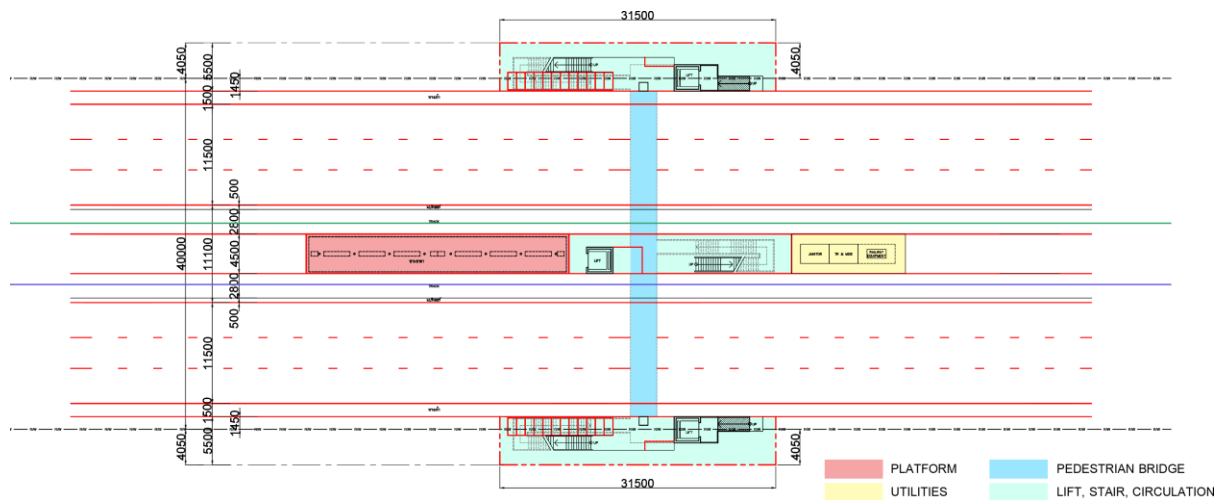
- สามารถจัดสรรพื้นที่ว่างให้เป็นที่จอดรถยนต์ได้เป็นสัดส่วน
- มีพื้นที่เหลือเพื่อติดตั้งตู้จำหน่ายตั๋วอัตโนมัติเพิ่มเติมได้ในอนาคต (หรือตามที่เอกชนผู้ร่วมลงทุนเห็นชอบว่าจะจัดพื้นที่ดังกล่าวไว้สำหรับการใช้งานอื่นๆ ได้)

เนื่องจากเหตุผลทางการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงอารยสถาปัตย์ (Universal Design) จึงมีความจำเป็นต้องปรับขนาดความกว้างของบันได และมีการเพิ่มลิฟต์เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการออกแบบนี้ และจากการปรับขนาดบันไดและเพิ่มลิฟต์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานดังกล่าว อีกทั้งต้องเพิ่มพื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับงานระบบรถไฟฟ้า ทำให้มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

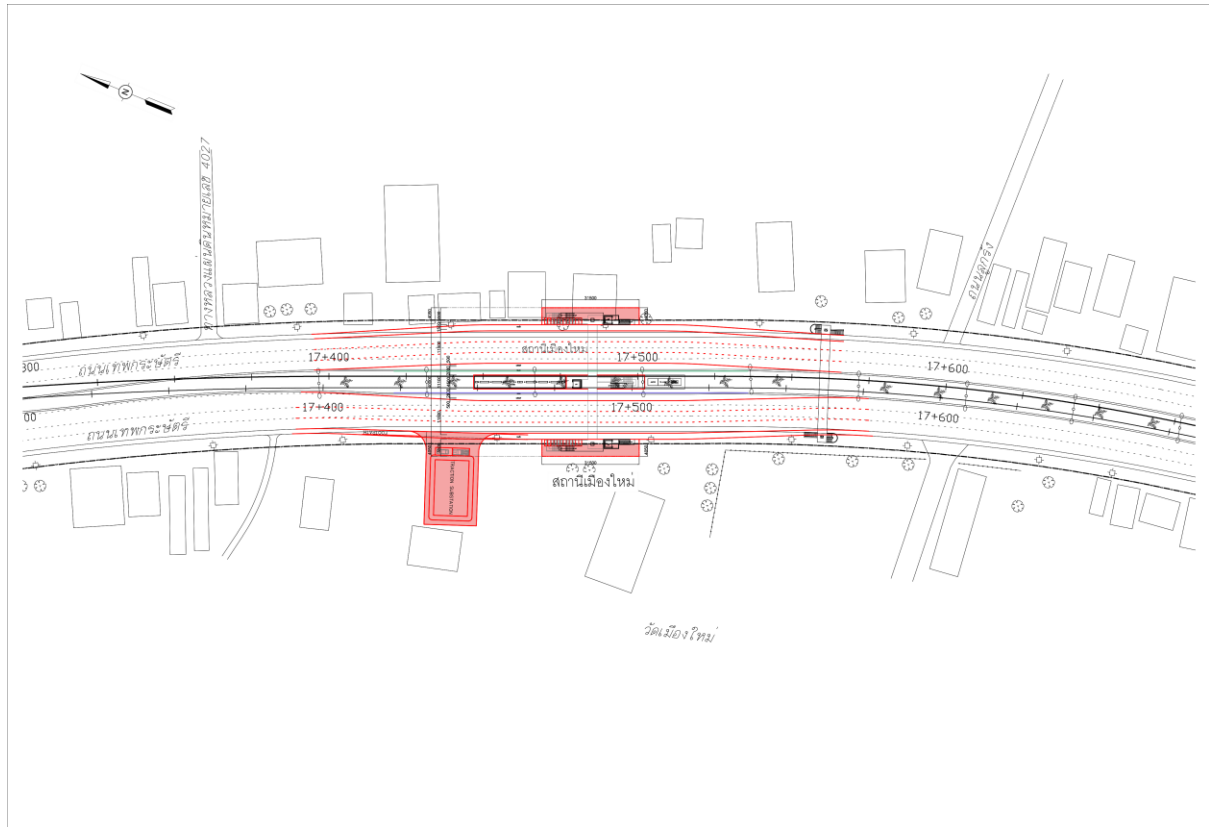
- 1) พื้นที่เวนคืนจากการปรับขนาดบันได และเพิ่มลิฟต์ 2 ทั้งฝั่งถนน ฝั่งละประมาณ 32.50 ตารางวา รวมเป็น 63.00 ตารางวา
- 2) พื้นที่เวนคืนจากอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation) ประมาณ 125.00 ตารางวา (อาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า ตั้งอยู่ที่บริเวณที่ดินของเอกชน)



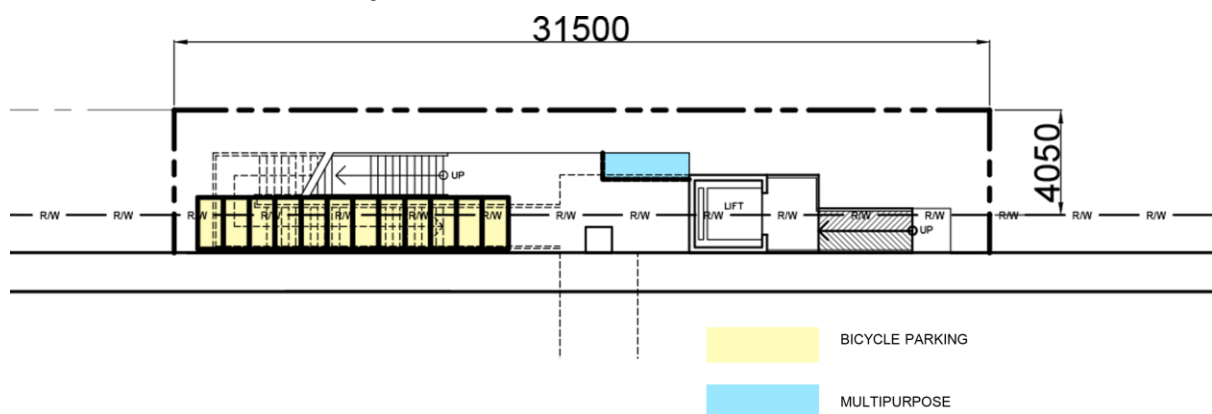
รูปที่ 5.2-5 ที่ตั้งของสถานีเมืองใหม่



รูปที่ 5.2-6 การจัดวางผังของสถานีเมืองใหม่



รูปที่ 5.2-7 พื้นที่เวนคืนของสถานีเมืองใหม่



รูปที่ 5.2-8 การจัดวางตำแหน่งองค์ประกอบต่างๆ บริเวณพื้นที่เวนคืนเพื่อก่อสร้างทางขึ้นสะพานลอย

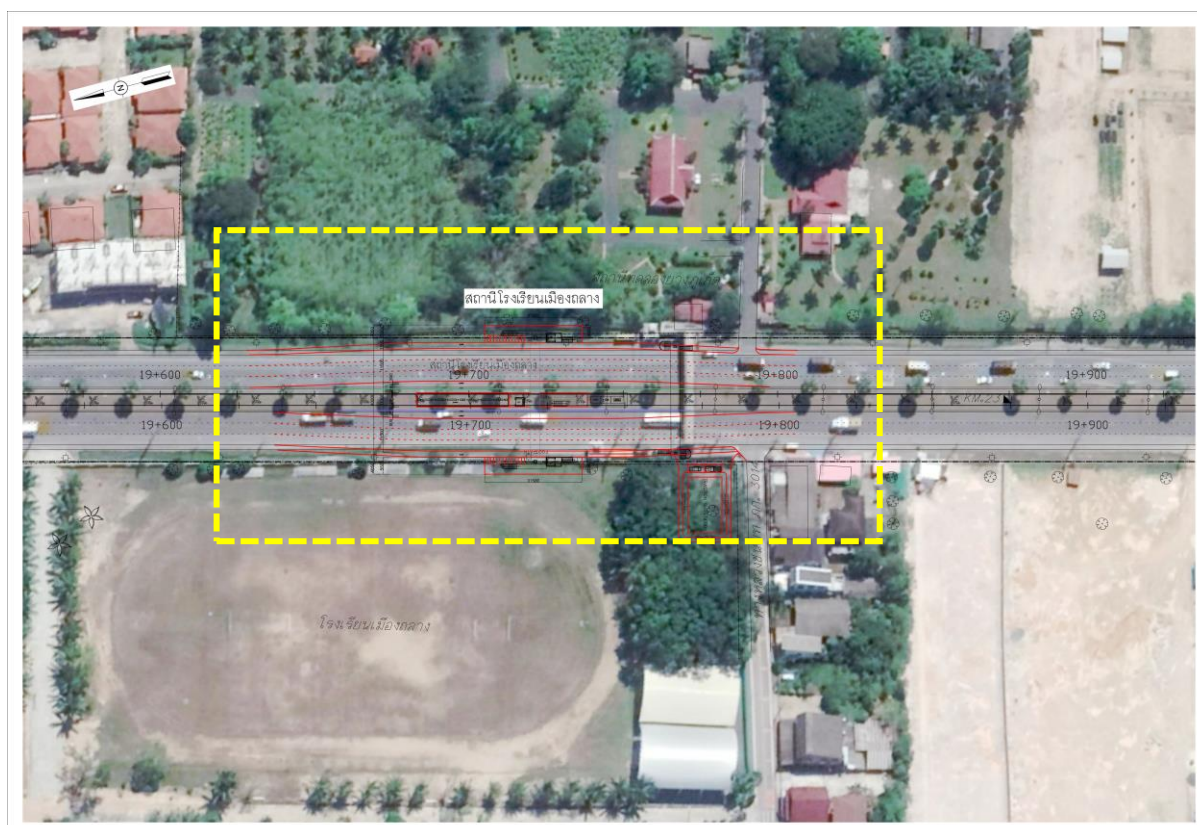
● PT03 สถานีโรงเรียนเมืองกลาง

สถานีโรงเรียนเมืองกลางเป็นสถานีระดับดิน ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 402 เป็นถนน 6 ช่องจราจร ที่ตั้งของชานชาลาอยู่ที่เกาะกลางของถนน มีสะพานข้ามถนนสำหรับการเข้าถึงชานชาลา

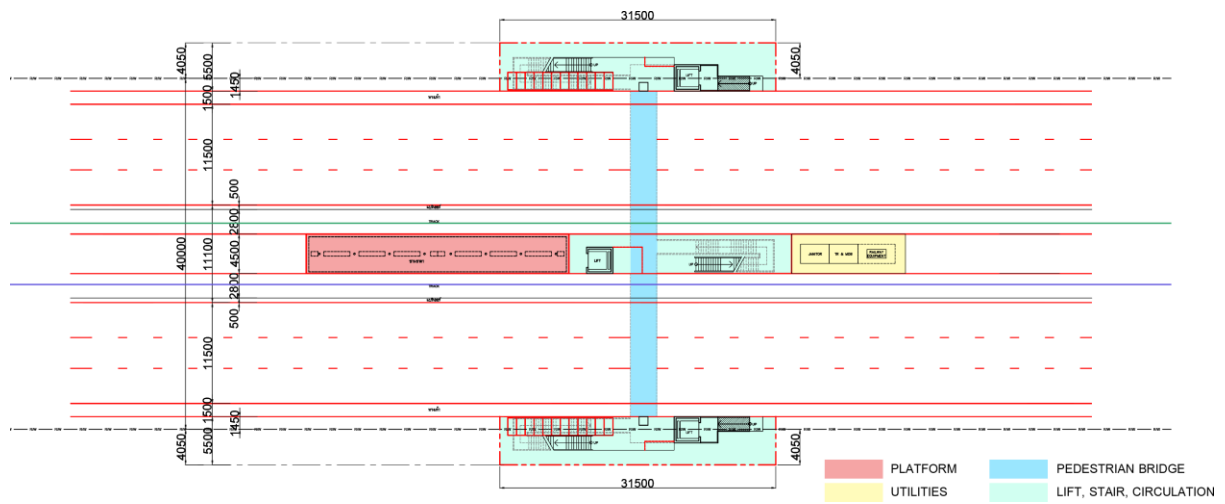
เนื่องจากเหตุผลทางการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงอารยสถาปัตย์ (Universal Design) จึงมีความจำเป็นต้องปรับขนาดความกว้างของบันได และมีการเพิ่มลิฟต์เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการออกแบบนี้ และจากการปรับขนาดบันไดและเพิ่มลิฟต์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานดังกล่าว อีกทั้งต้องเพิ่มพื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับงานระบบรถไฟฟ้า ทำให้มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

- 1) พื้นที่เวนคืนจากการปรับขนาดบันได และเพิ่มลิฟต์ 2 ทั้งฝั่งถนน ฝั่งละประมาณ 32.50 ตารางวา รวม 63.00 ตารางวา
- 2) พื้นที่เวนคืนจากอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation) ประมาณ 125.00 ตารางวา

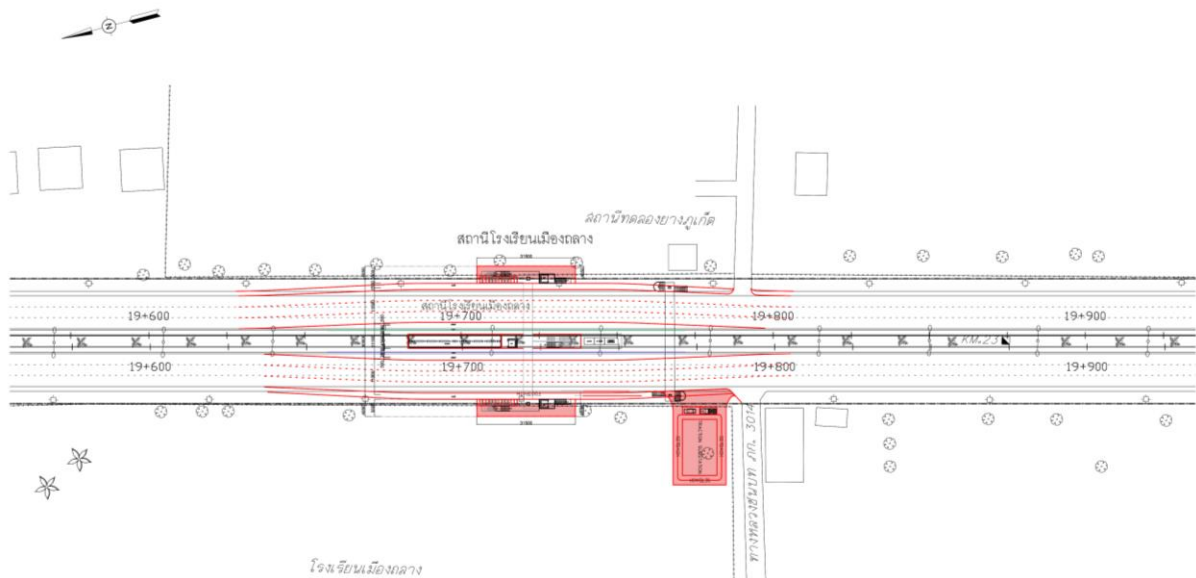
เหตุผลในการเลือกตำแหน่งที่ตั้งของอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าบริเวณนี้ (หน้าโรงเรียนเมืองกลาง) เนื่องจากสามารถใช้ให้เป็นประโยชน์ในการจอดรถ รับ-ส่ง ร่วมกัน ทั้งผู้ที่ใช้บริการรถไฟฟ้า และผู้ที่เดินทางมายังโรงเรียนเมืองกลางได้



รูปที่ 5.2-9 ที่ตั้งของสถานีโรงเรียนเมืองกลาง



รูปที่ 5.2-10 การจัดวางผังของสถานีโรงเรียนเมืองกลาง

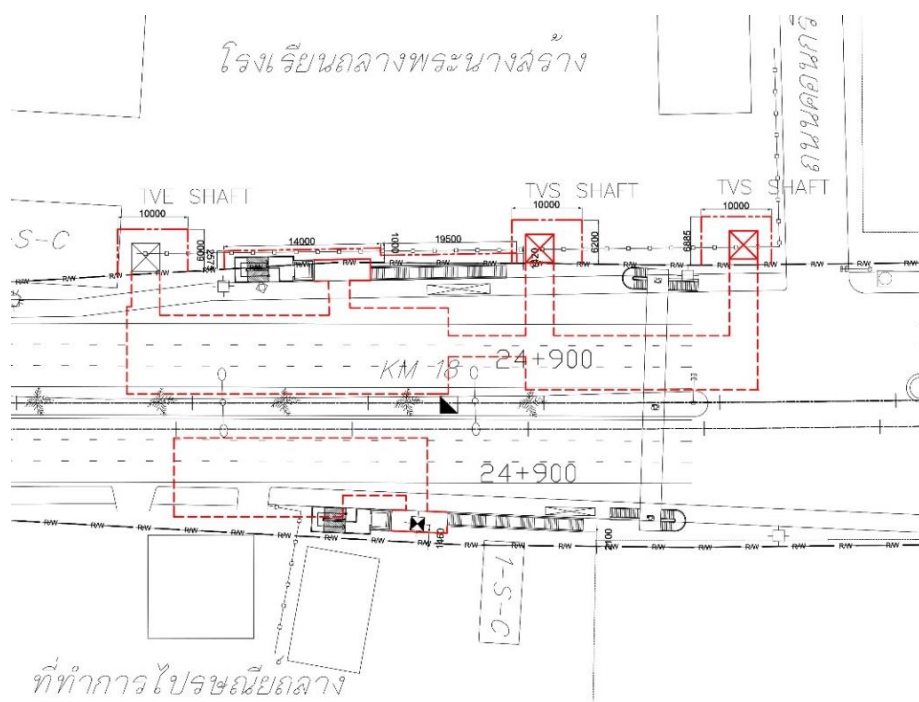


รูปที่ 5.2-11 พื้นที่เวนคืนของสถานีโรงเรียนเมืองกลาง

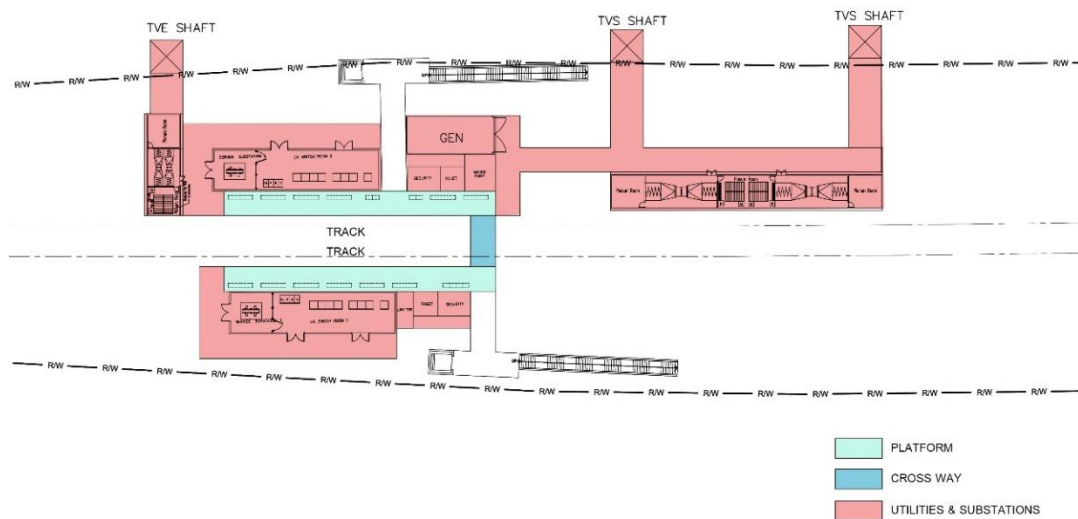
● PT04 สถานีกลาง

สถานีกลางเป็นสถานีที่ตั้งอยู่ใต้ดินซึ่งมีเพียงแห่งเดียวในโครงการ โดยรายละเอียดการออกแบบสรุปได้ดังนี้

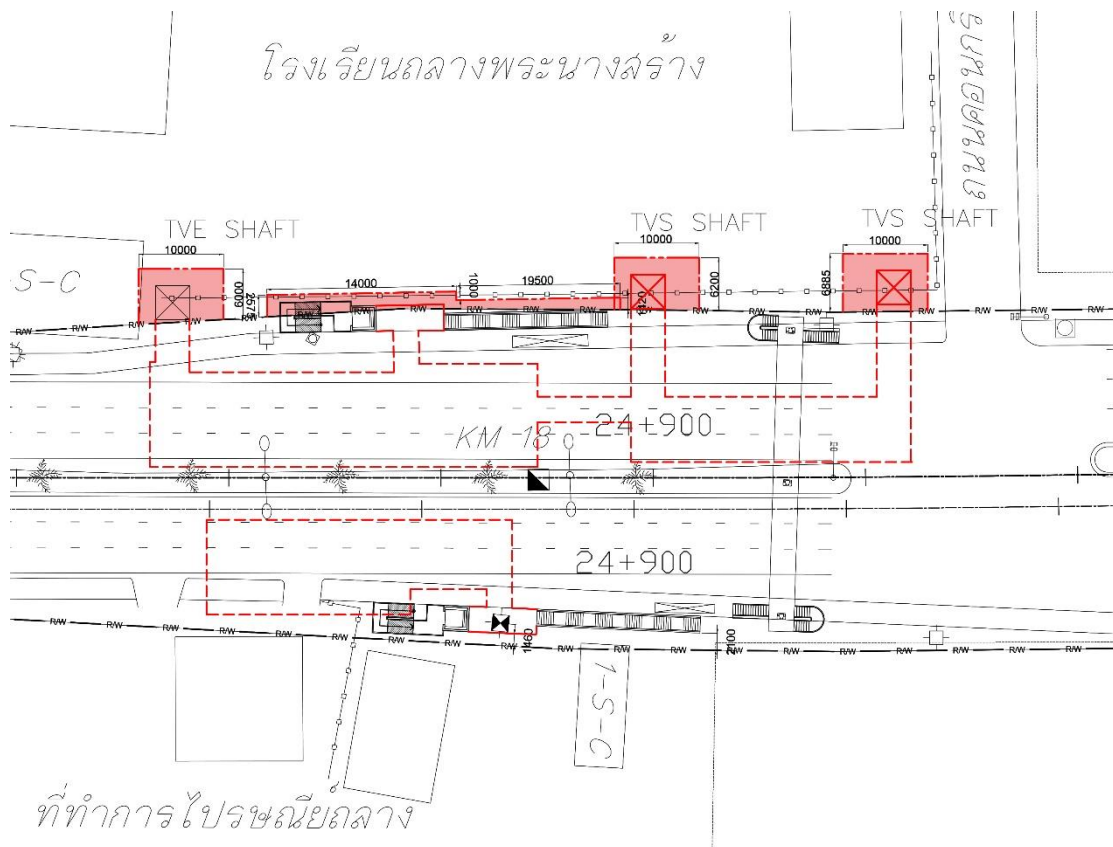
- 1) ทางขึ้น-ลง ของสถานี บันไดและลิฟต์ควรจะต้องปรับรูปแบบให้สอดคล้องกับอารยสถาปัตย์ (Universal Design) เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการทั่วไป และผู้พิการทุกพลภาพ เช่นเดียวกันกับสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต
- 2) เนื่องจากพื้นที่ขานชาลาอยู่ใต้ดิน เป็นพื้นที่ปิด ควรจะต้องมีการจัดจ้างพนักงานรักษาความปลอดภัยเพิ่มเติมที่สถานีนี้ ที่ปรึกษาจึงอยากเสนอให้เพิ่มห้องสำหรับพนักงานรักษาความปลอดภัย พร้อมทั้งห้องน้ำเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่พนักงานรักษาความปลอดภัยด้วย
- 3) จัดเตรียมทางลาดสำหรับผู้โดยสารที่เป็นผู้พิการ ทุกพลภาพ เพื่อให้ผู้โดยสารเหล่านี้สามารถเดินทางข้ามไปยังขานชาลาฝั่งตรงข้ามได้ ทั้งนี้ ควรจะจัดให้มีพนักงานรักษาความปลอดภัยเข้ามาดูแลในขณะให้ผู้โดยสารกำลังเดินทางข้ามไปยังฝั่งตรงข้าม



รูปที่ 5.2-12 ผังชั้นระดับพื้นดินของสถานีกลาง



รูปที่ 5.2-13 ผังชั้นขานชาลา (ใต้ดิน) ของสถานีกลาง



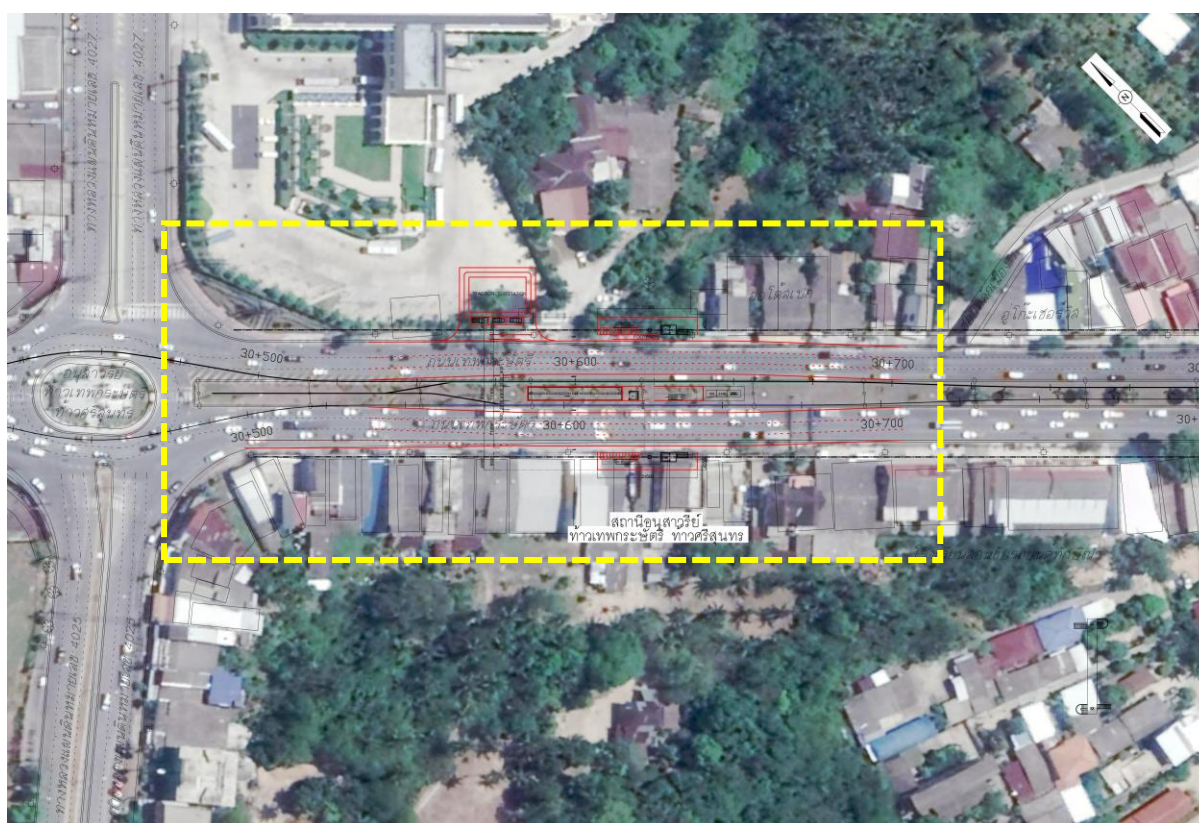
รูปที่ 5.2-14 พื้นที่เวนคืนของสถานีกลาง

● PT05 สถานีอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร

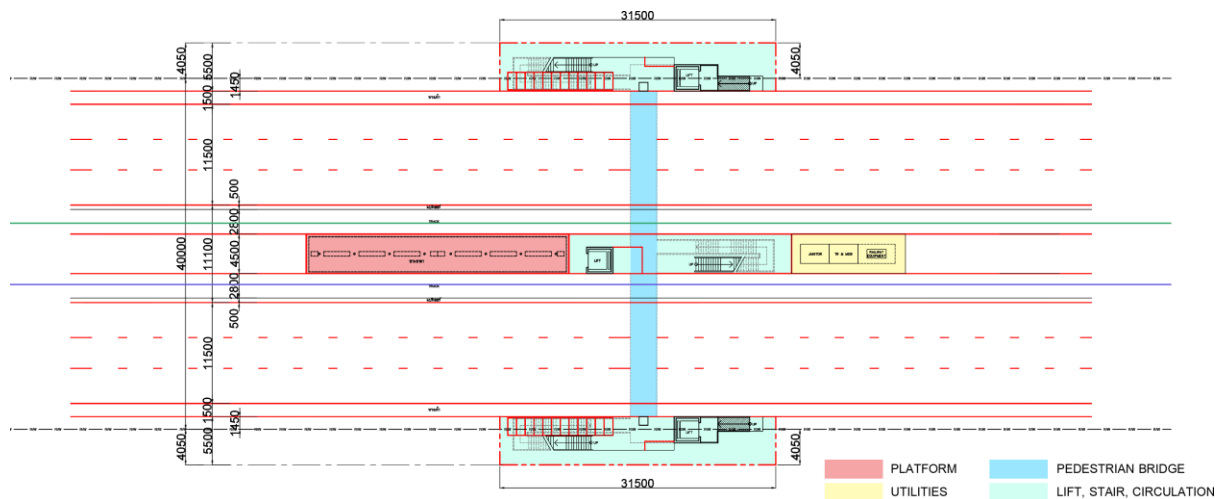
สถานีอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทรเป็นสถานีระดับดิน ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 402 เป็นถนน 6 ช่องจราจร ที่ตั้งของสถานนีอยู่กึ่งกลางของถนน มีสะพานข้ามถนนสำหรับการเข้าถึงสถานนี

เนื่องจากเหตุผลทางการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงอารยสถาปัตย์ (Universal Design) จึงมีความจำเป็นต้องปรับขนาดความกว้างของบันได และมีการเพิ่มลิฟต์เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการออกแบบนี้ และจากการปรับขนาดบันไดและเพิ่มลิฟต์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานดังกล่าว อีกทั้งต้องเพิ่มพื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับงานระบบรถไฟฟ้า ทำให้มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

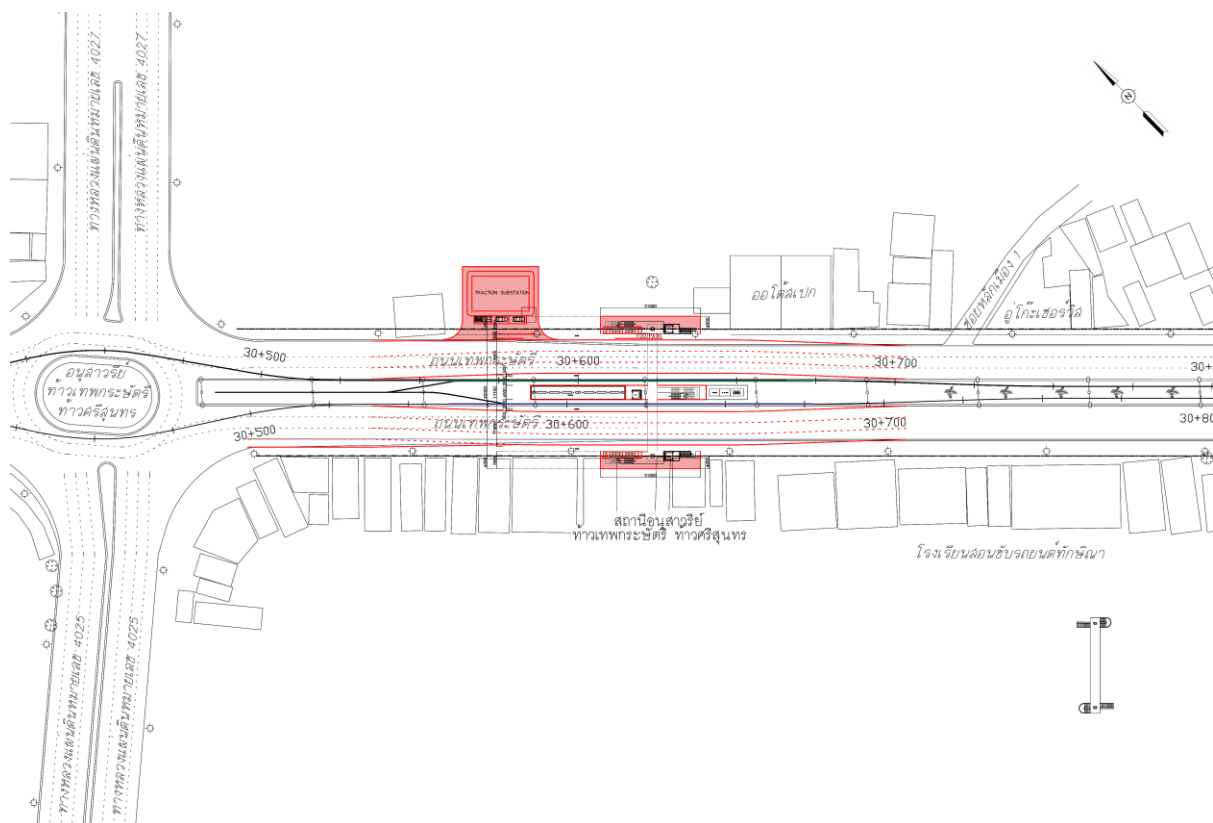
- 1) พื้นที่เวนคืนจากการปรับขนาดบันได และเพิ่มลิฟต์ 2 ทั้งฝั่งถนน ฝั่งละประมาณ 32.50 ตารางวา รวมเป็น 63.00 ตารางวา
- 2) พื้นที่เวนคืนจากอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation) ประมาณ 125.00 ตารางวา โดยที่ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าบริเวณนี้ เป็นที่ดินของเอกชน



รูปที่ 5.2-15 ที่ตั้งของสถานีอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร



รูปที่ 5.2-16 การจัดวางผังของสถานีอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร



รูปที่ 5.2-17 พื้นที่เวนคืนของสถานีอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร

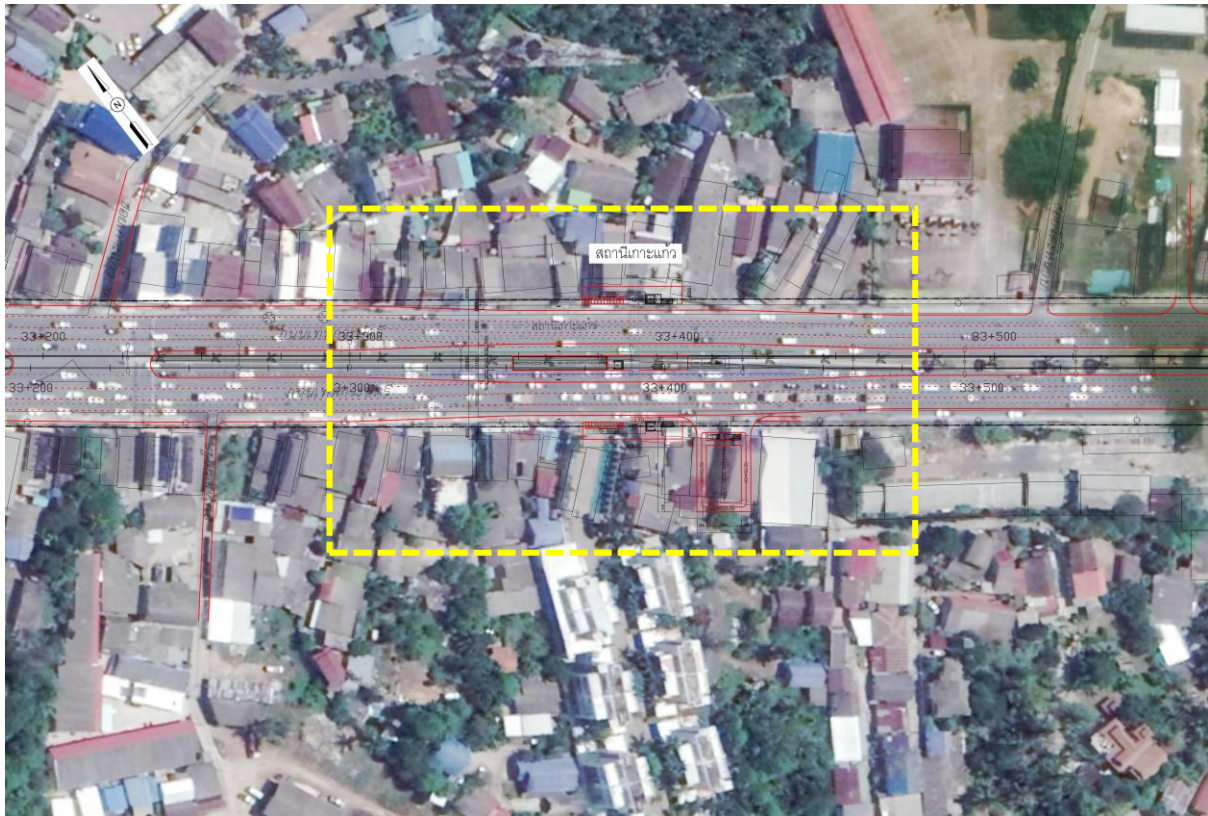
● PT06สถานีเกาะแก้ว

สถานีเกาะแก้วเป็นสถานีระดับดิน ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 402 เป็นถนน 6 ช่องจราจร ที่ตั้งของชานชาลาอยู่ที่เกาะกลางของถนน มีสะพานข้ามถนนสำหรับการเข้าถึงชานชาลา

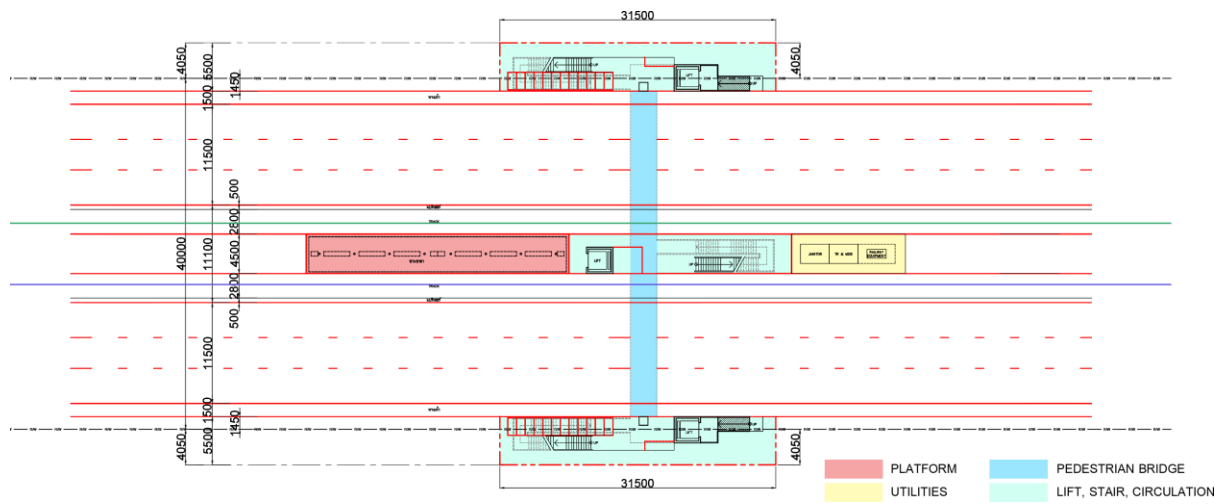
เนื่องจากเหตุผลทางการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงอารยสถาปัตย์ (Universal Design) จึงมีความจำเป็นต้องปรับขนาดความกว้างของบันได และมีการเพิ่มลิฟต์เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการออกแบบนี้ และจากการปรับขนาดบันไดและเพิ่มลิฟต์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่

ผู้ใช้งานดังกล่าว อีกทั้งต้องเพิ่มพื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับงานระบบรถไฟฟ้า ทำให้มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

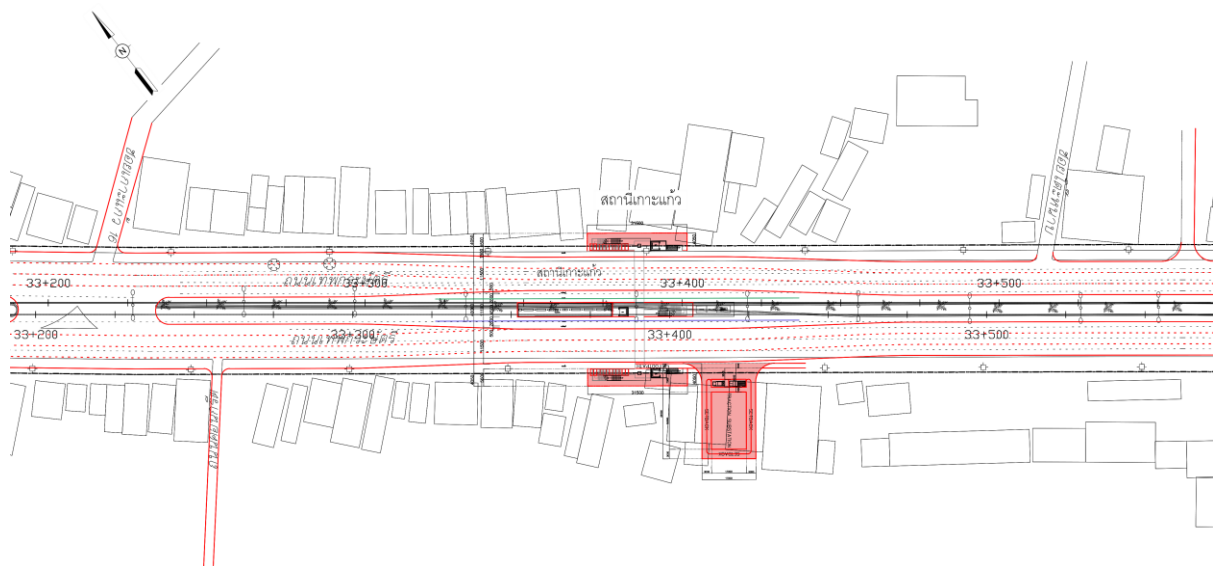
- 1) พื้นที่เวนคืนจากการปรับขนาดบันได และเพิ่มลิฟต์ 2 ทั้งฝั่งถนน ฝั่งละประมาณ 32.50 ตารางวา รวมเป็น 63.00 ตารางวา
- 2) พื้นที่เวนคืนจากอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation) ประมาณ 125.00 ตารางวา โดยที่ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าบริเวณนี้เป็นที่ดินของเอกชน



รูปที่ 5.2-18 ที่ตั้งของสถานีเกาะแก้ว



รูปที่ 5.2-19 การจัดวางผังของสถานีเกาะแก้ว



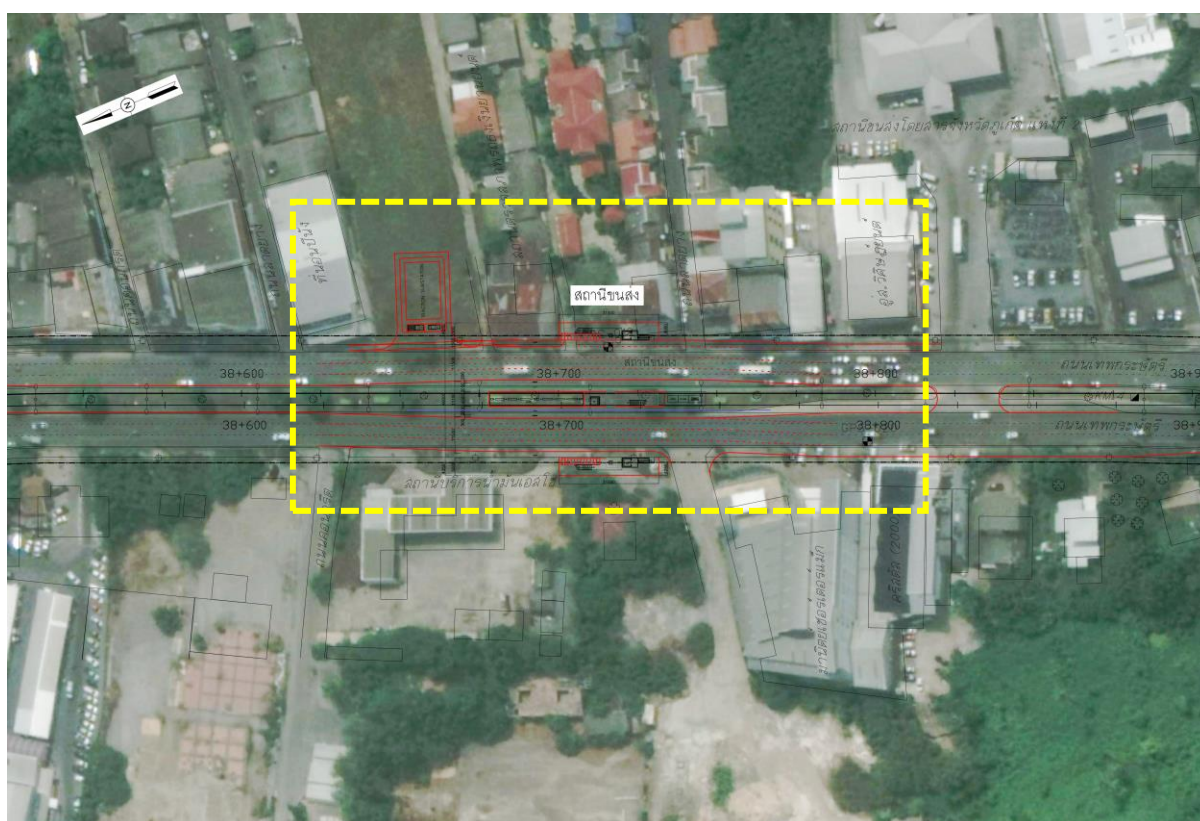
รูปที่ 5.2-20 พื้นที่เวนคืนของสถานีเกาะแก้ว

● PT07 สถานีสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดภูเก็ต แห่งที่ 2

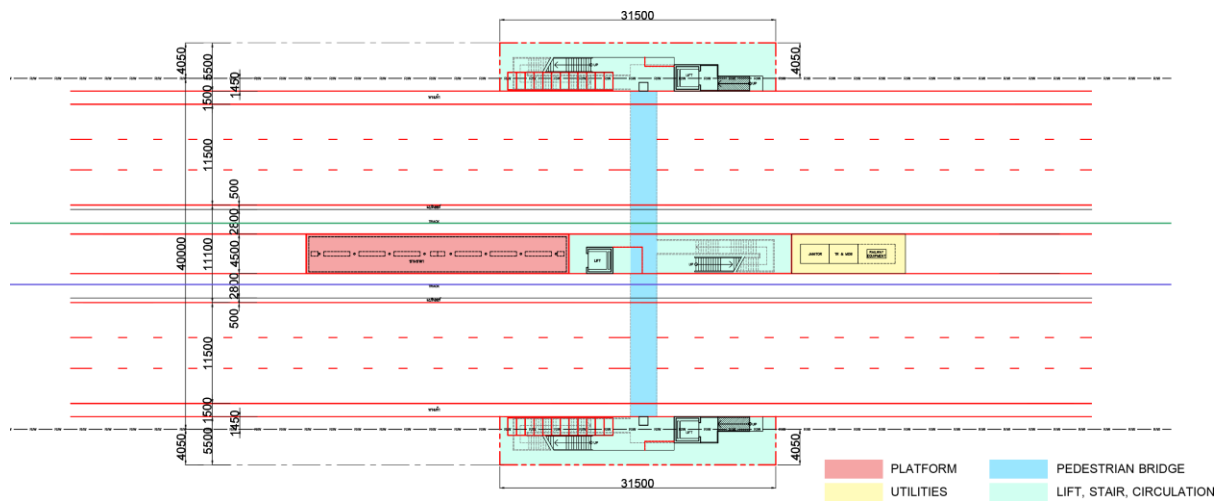
สถานีสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดภูเก็ต แห่งที่ 2 เป็นสถานีระดับดิน ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 402 เป็นถนน 6 เลน ที่ตั้งของชานชาลาอยู่ที่เกาะกลางของถนน มีสะพานข้ามถนนสำหรับการเข้าถึงชานชาลา

เนื่องจากเหตุผลทางการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงอารยสถาปัตย์ (Universal Design) จึงมีความจำเป็นต้องปรับขนาดความกว้างของบันได และมีการเพิ่มลิฟต์เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการออกแบบนี้ และจากการปรับขนาดบันไดและเพิ่มลิฟต์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานดังกล่าว อีกทั้งต้องเพิ่มพื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับงานระบบรถไฟฟ้า ทำให้มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

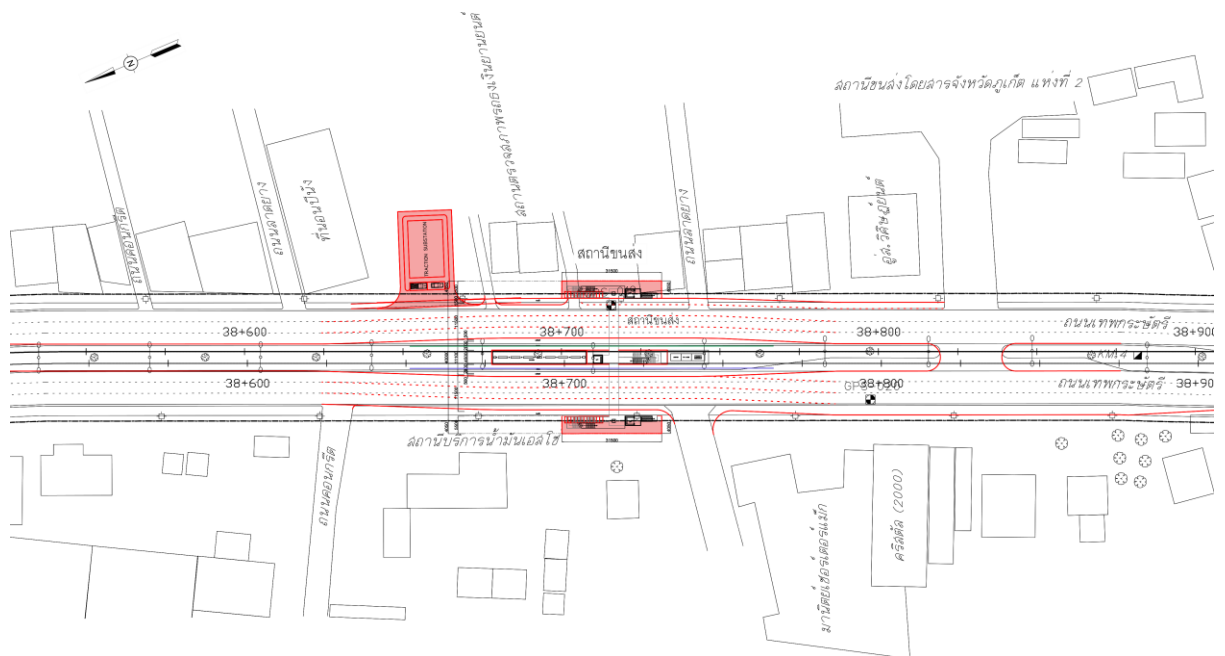
- 1) พื้นที่เวนคืนจากการปรับขนาดบันได และเพิ่มลิฟต์ 2 ทั้งฝั่งถนน ฝั่งละประมาณ 32.50 ตารางวา รวมเป็น 63.00 ตารางวา
- 2) พื้นที่เวนคืนจากอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation) ประมาณ 125.00 ตารางวา โดยที่ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าบริเวณนี้เป็นที่ดินของเอกชน



รูปที่ 5.2-21 ที่ตั้งของสถานีสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดภูเก็ต แห่งที่ 2



รูปที่ 5.2-22 การจัดวางผังของสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดภูเก็ต แห่งที่ 2



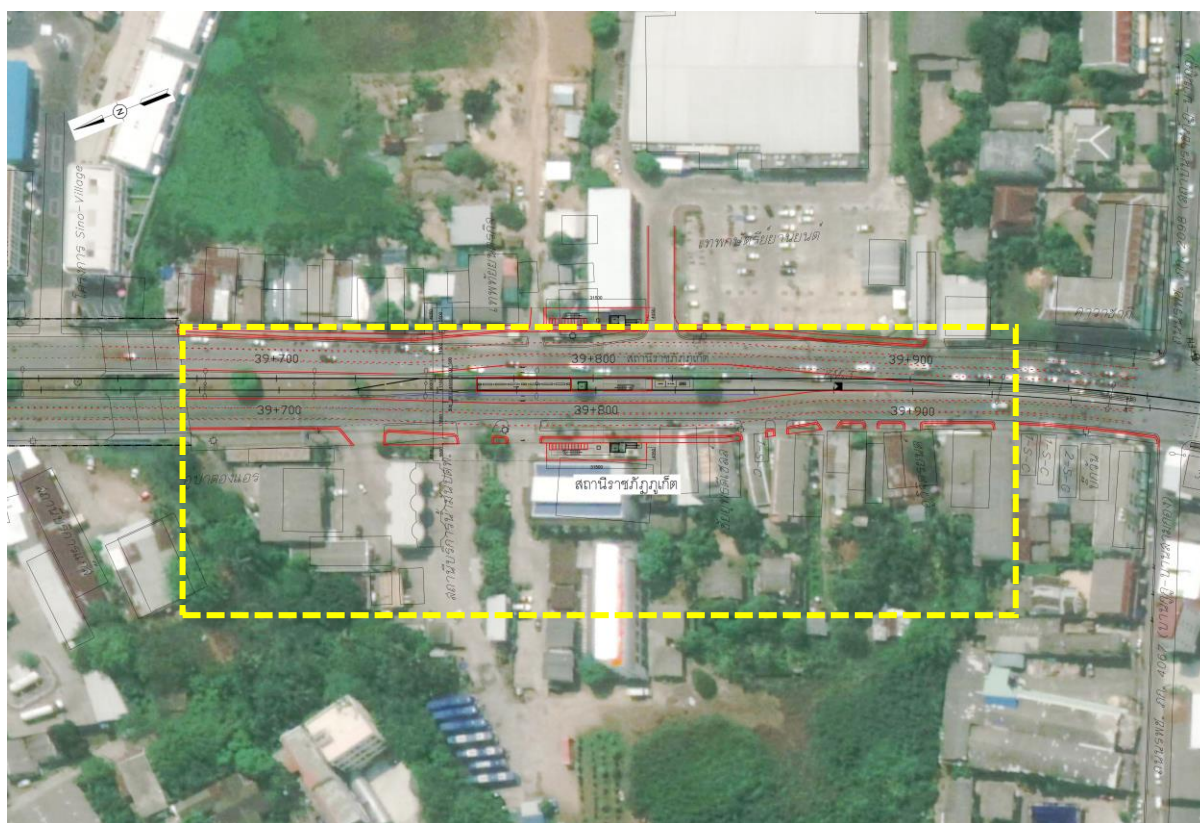
รูปที่ 5.2-23 พื้นที่เวนคืนของสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดภูเก็ต แห่งที่ 2

- PT08 สถานีราชภัฏภูเก็ต

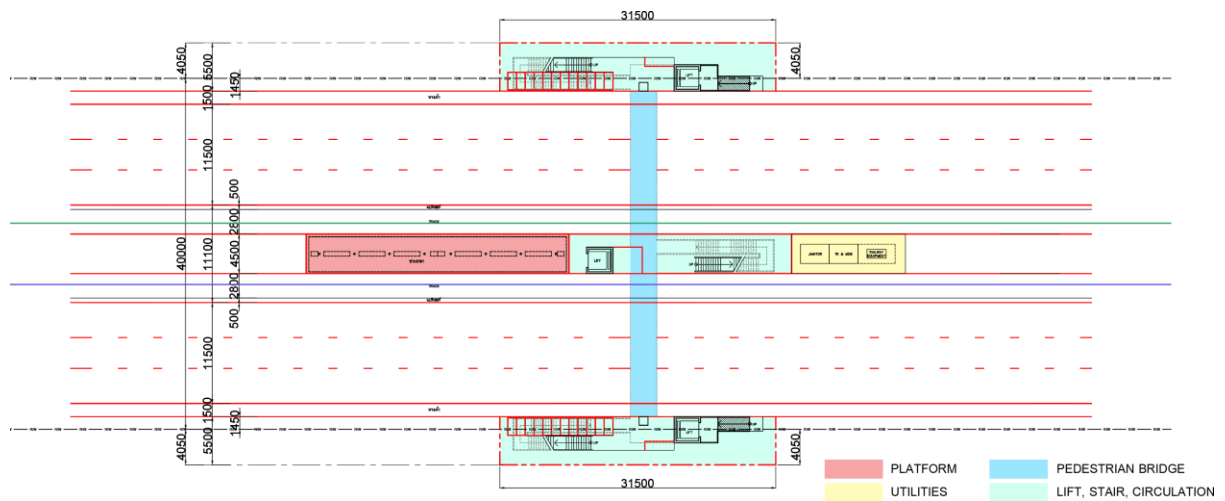
สถานีราชภัฏภูเก็ตเป็นสถานีระดับดิน ตั้งอยู่บนถนนทางหลวงหมายเลข 402 เป็นถนน 6 ช่องจราจร
ที่ตั้งของชานชาลาอยู่ที่เกาะกลางของถนน มีสะพานข้ามถนนสำหรับการเข้าถึงชานชาลา

เนื่องจากเหตุผลทางการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงอารยสถาปัตย์ (Universal Design) จึงมีความจำเป็นต้องปรับขนาดความกว้างของบันได และมีการเพิ่มลิฟต์เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการออกแบบนี้ และจากการปรับขนาดบันไดและเพิ่มลิฟต์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานดังกล่าว อีกทั้งต้องเพิ่มพื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับงานระบบรถไฟฟ้า ทำให้มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

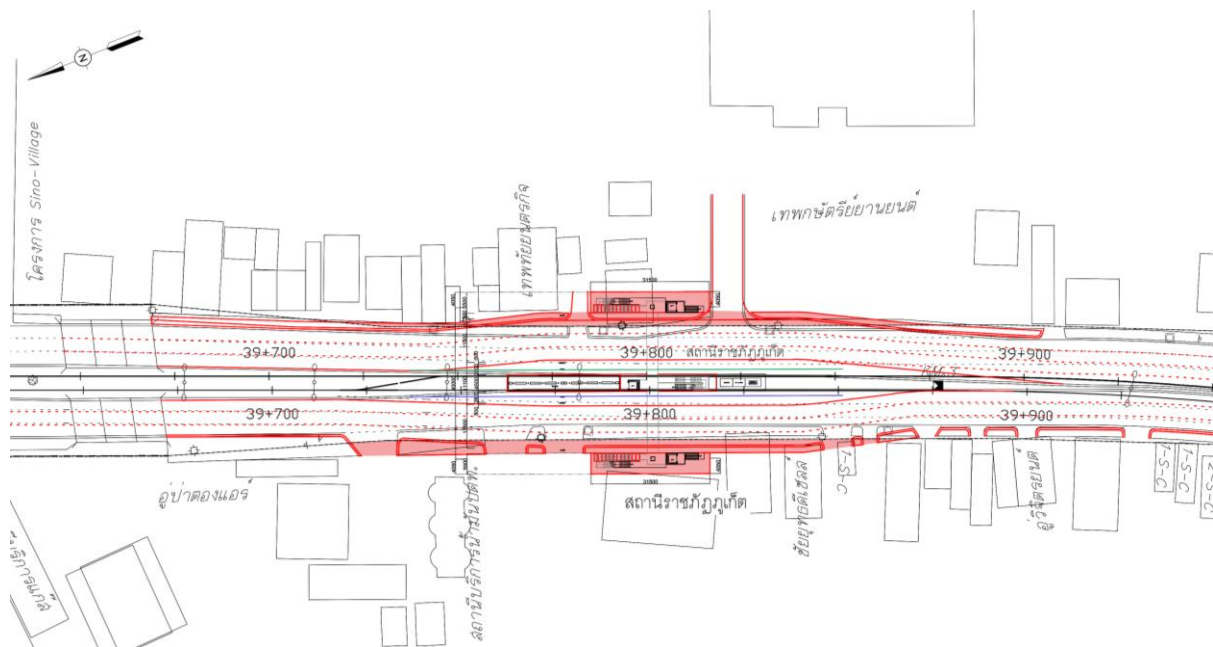
- 1) พื้นที่เวนคืนจากการปรับขนาดบันได และเพิ่มลิฟต์ 2 ทั้งฝั่งถนน ฝั่งละประมาณ 32.50 ตารางวา รวมเป็น 63.00 ตารางวา
- 2) พื้นที่เวนคืนจากการปรับปรุงช่องจราจร เนื่องจากที่ตั้งของสถานีเป็นพื้นที่ที่เขตทางมีขนาดลดลงจาก 40 เมตร เป็น 30 เมตร ทำให้ต้องมีการเวนคืนพื้นที่จากการปรับช่องจราจรเพิ่มเติม ประมาณ 355.00 ตารางวา



รูปที่ 5.2-24 ที่ตั้งของสถานีราชภัฏภูเก็ต



รูปที่ 5.2-25 การจัดวางผังของสถานีราชภัฏภูเก็ต



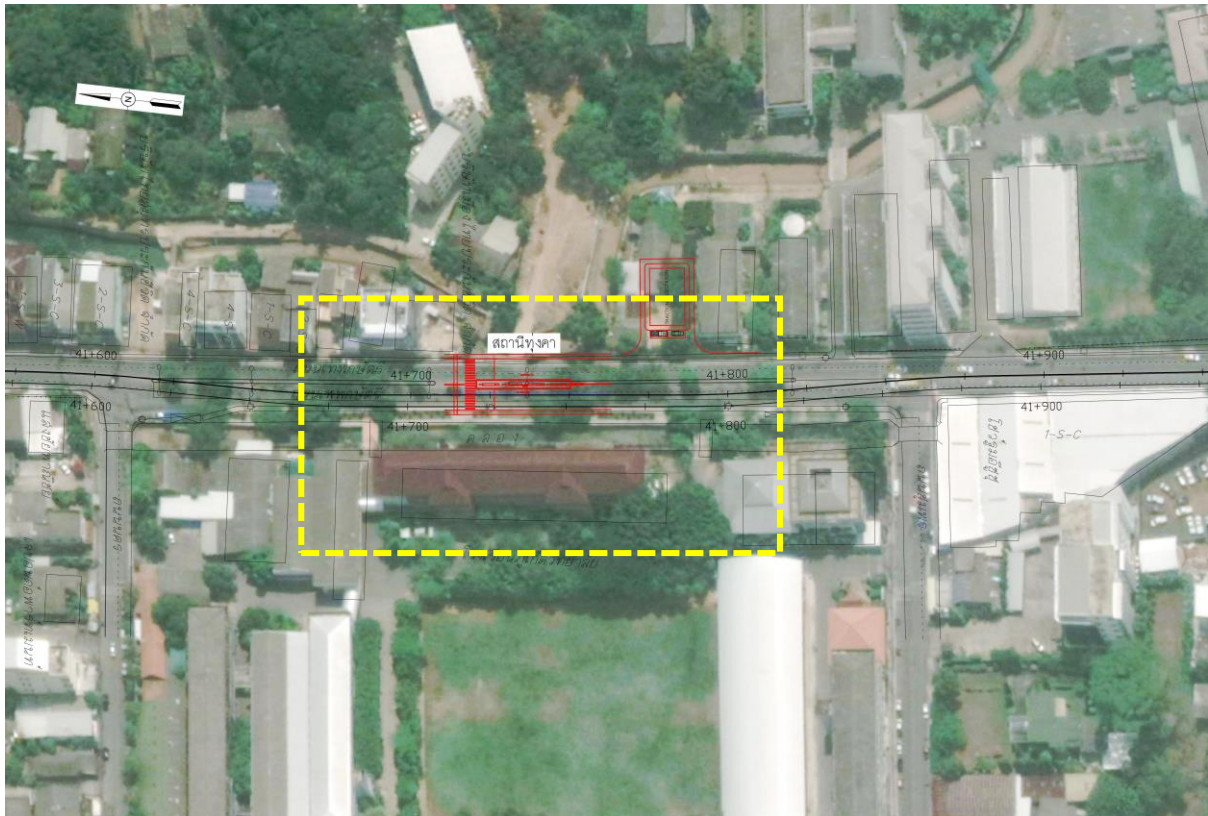
รูปที่ 5.2-26 พื้นที่เวนคืนของสถานีราชภัฏภูเก็ต

- PT09 สถานีทุ่งคา

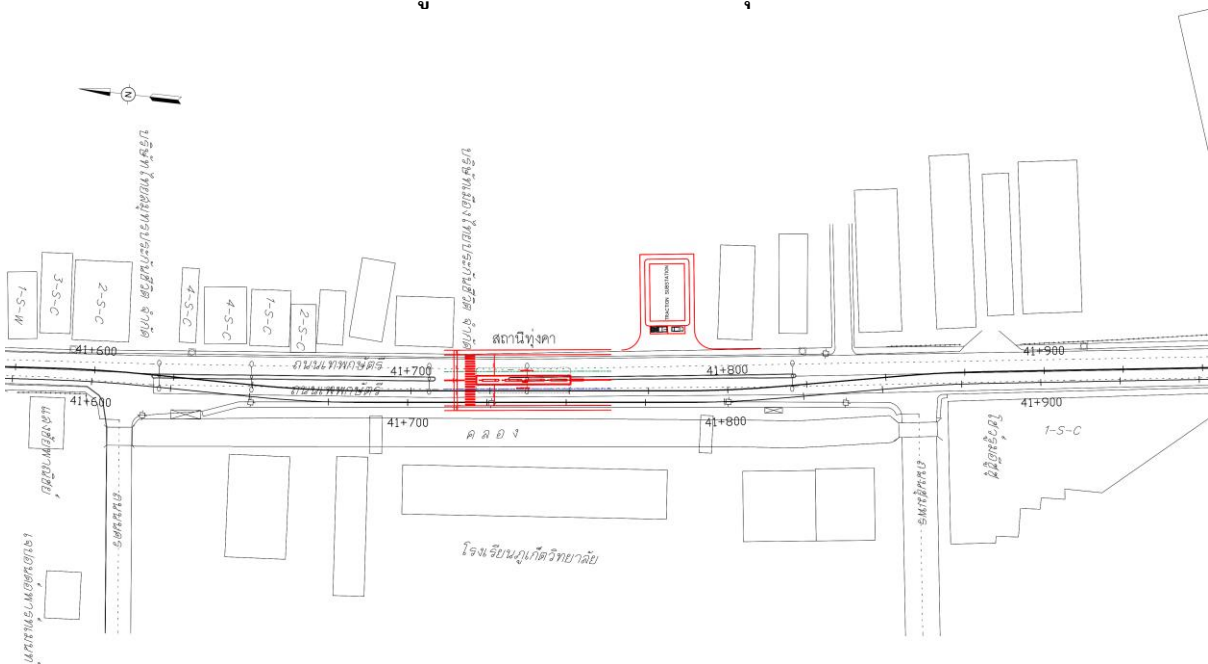
สำหรับสถานีทุ่งคา ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนาขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เนื่องจากทาง กฟภ. มีข้อคิดเห็นว่า สายส่งกระแสไฟฟ้าของโครงการไม่ควรจะอยู่ใกล้กับสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำของ กฟภ. อันจะส่งผลในเรื่องของความปลอดภัยและจะเป็นอุปสรรคแก่พนักงานเจ้าหน้าที่ของ กฟภ. ในการเข้าถึงการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ บนเสาไฟฟ้า



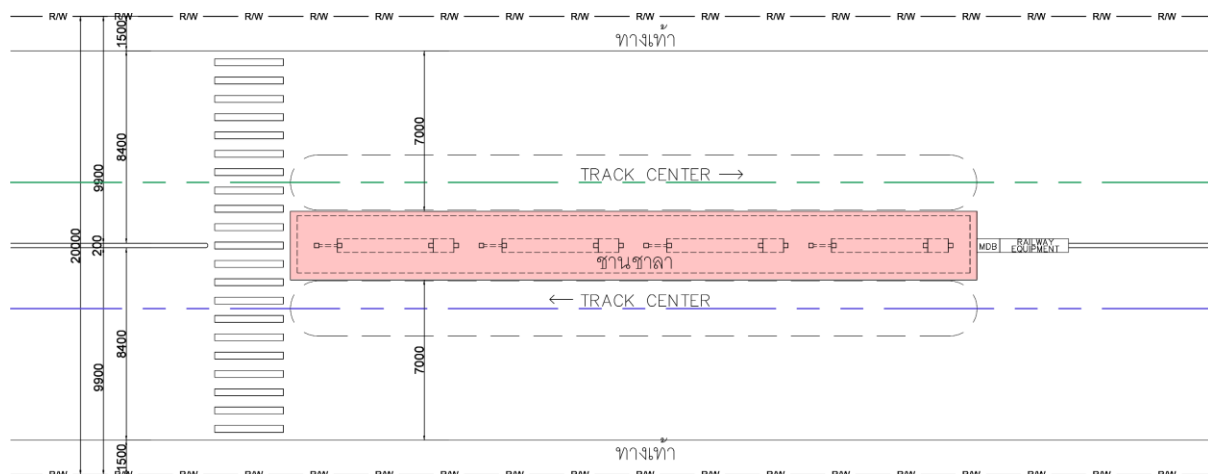
รูปที่ 5.2-27 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-28 ที่ตั้งของสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-29 การจัดวางผังของสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-30 แนวทางการจัดวางชานชาลาบริเวณเกาะกลางถนน

ทั้งนี้ บริเวณสถานีทุ่งคา มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินสำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า ประมาณ 125 ตารางวา เพิ่มเติมด้วย

- PT10 สถานีเมืองเก่า

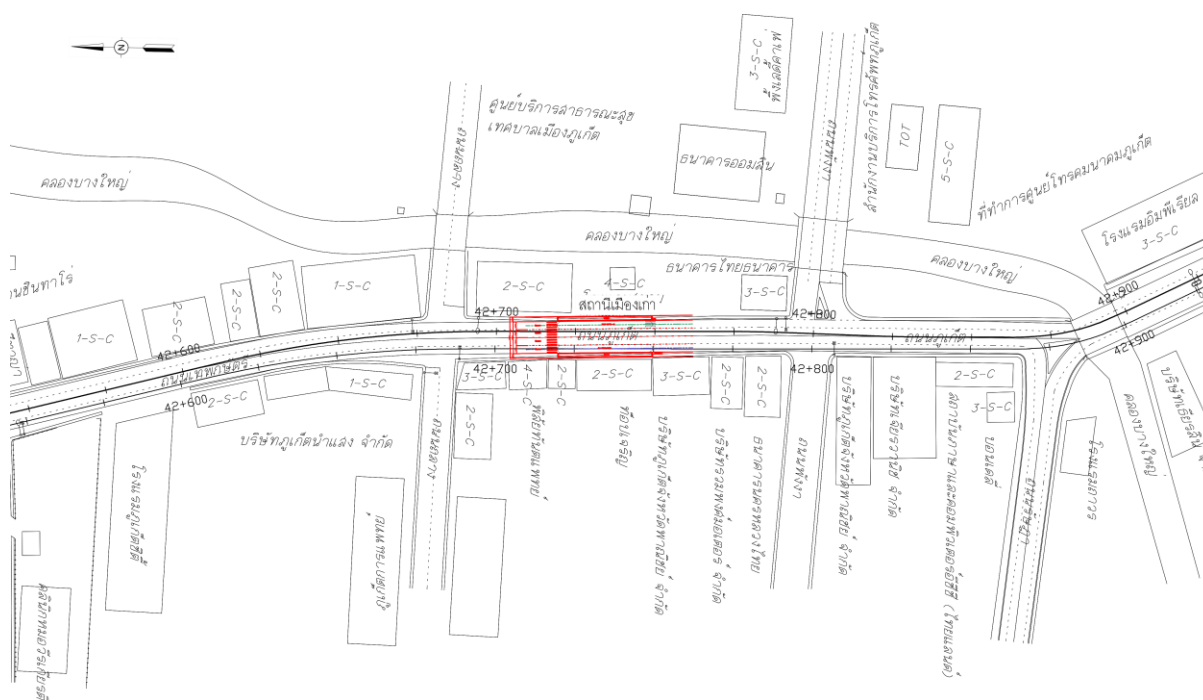
สถานีเมืองเก่า เป็นสถานีแห่งเดียวที่ตั้งอยู่บนถนนที่เป็นถนนเดินรถทางเดียว ที่ปรึกษา มีความเห็นว่าสามารถจัดวางชานชาลาอยู่บนทางเท้าทั้ง 2 ฝั่งถนน โดยปรับลดให้ชานชาลา มีความกว้าง 1.5 เมตร เท่ากับความกว้างของทางเท้า



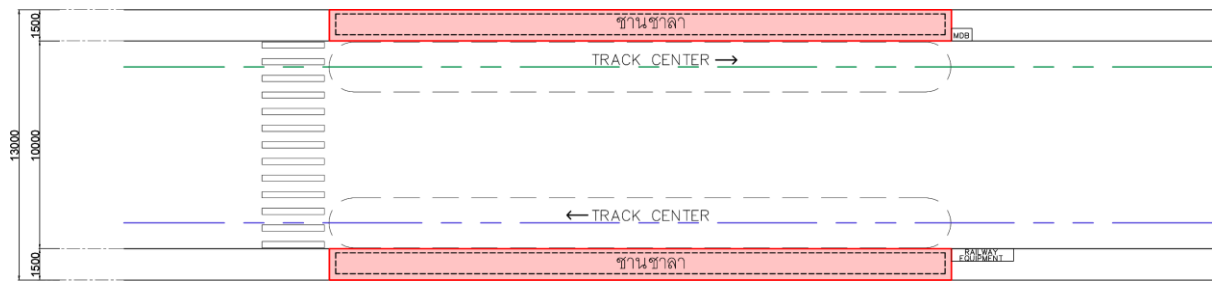
รูปที่ 5.2-31 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีเมืองเก่า



รูปที่ 5.2-32 ที่ตั้งของสถานีเมืองเก่า



รูปที่ 5..2-33 การจัดวางผังของสถานีเมืองเก่า



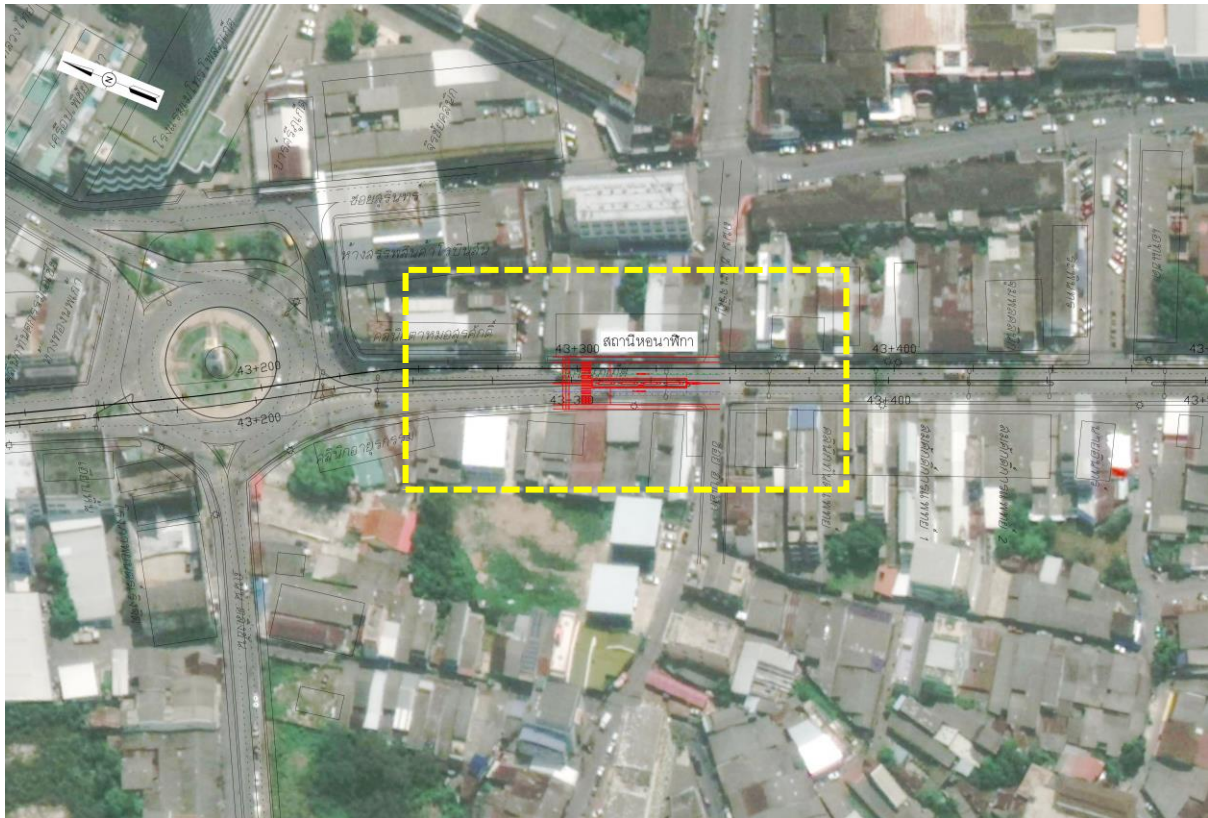
รูปที่ 5.2-34 แนวทางการจัดวางชานชาลาบริเวณริมสองฝั่งถนน

- PT11 สถานีหอนาฬิกา

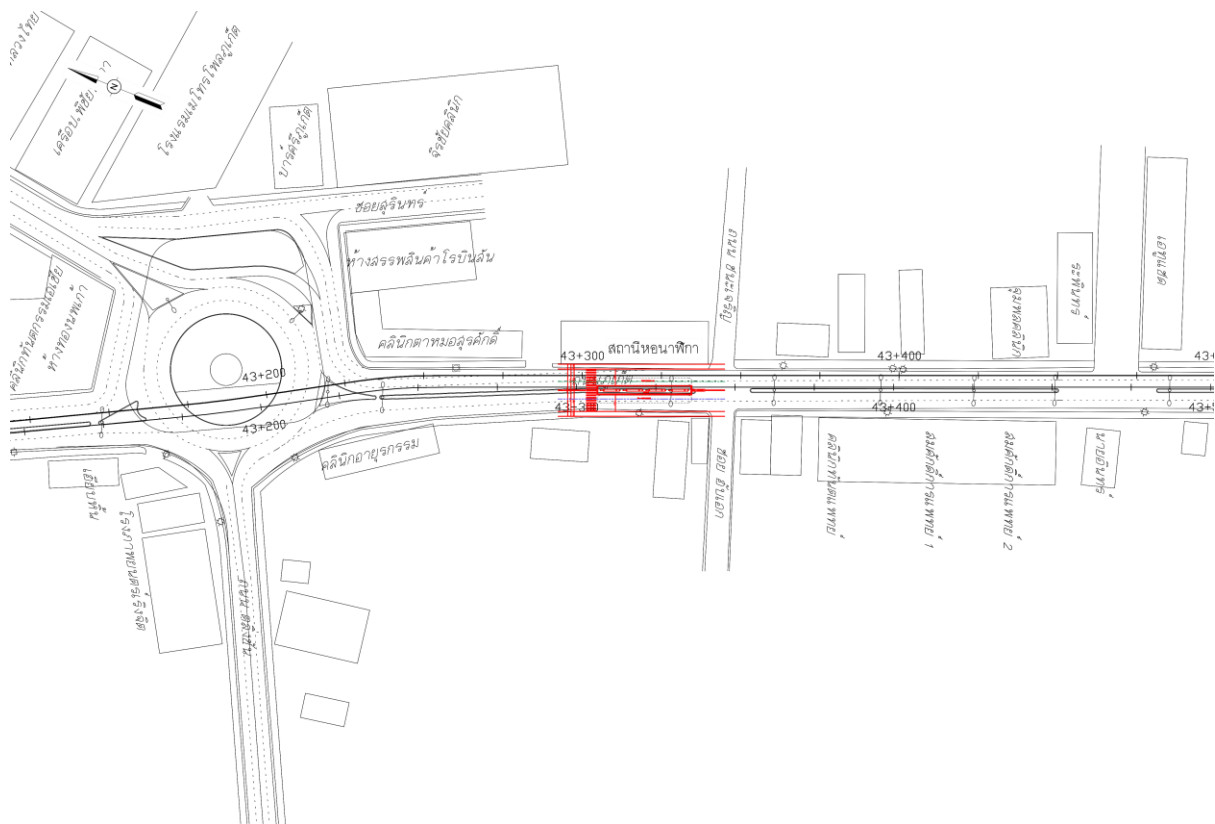
สำหรับสถานีหอนาฬิกา ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางชานชาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-35 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีหอนาฬิกา



รูปที่ 5.2-36 ที่ตั้งของสถานีหอนาฬิกา



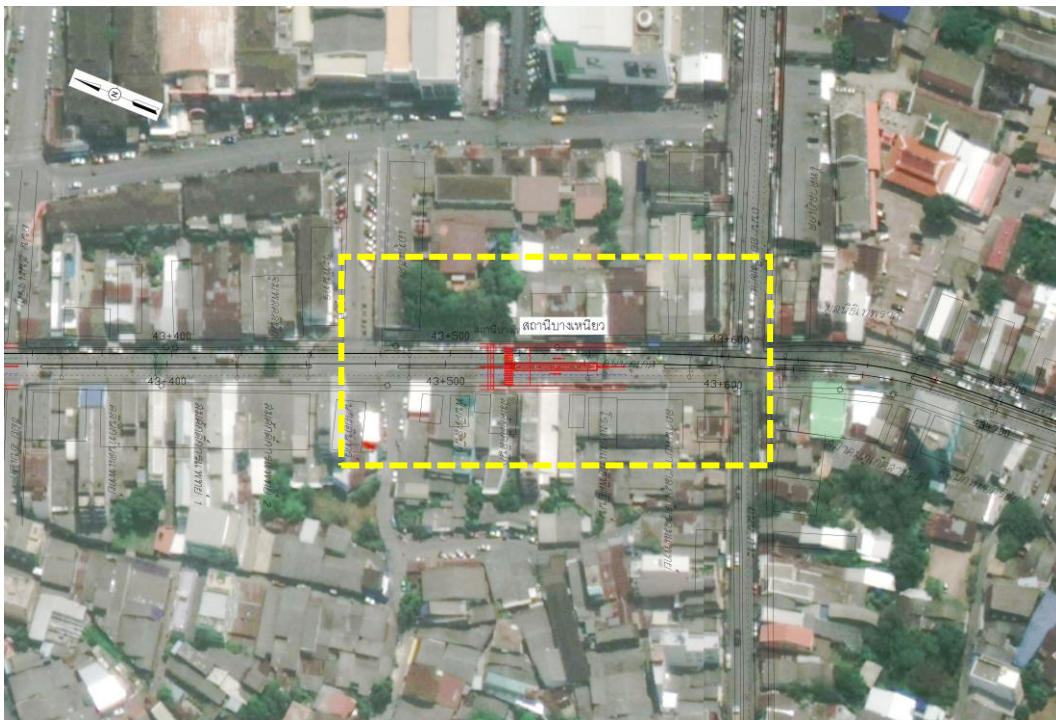
รูปที่ 5.2-37 การจัดวางผังของสถานีหอนาฬิกา

- PT12 สถานีบางเหนียว

สำหรับสถานีบางเหนียว ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนาขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-38 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีบางเหนียว



รูปที่ 5.2-39 ที่ตั้งของสถานีบางเหนียว



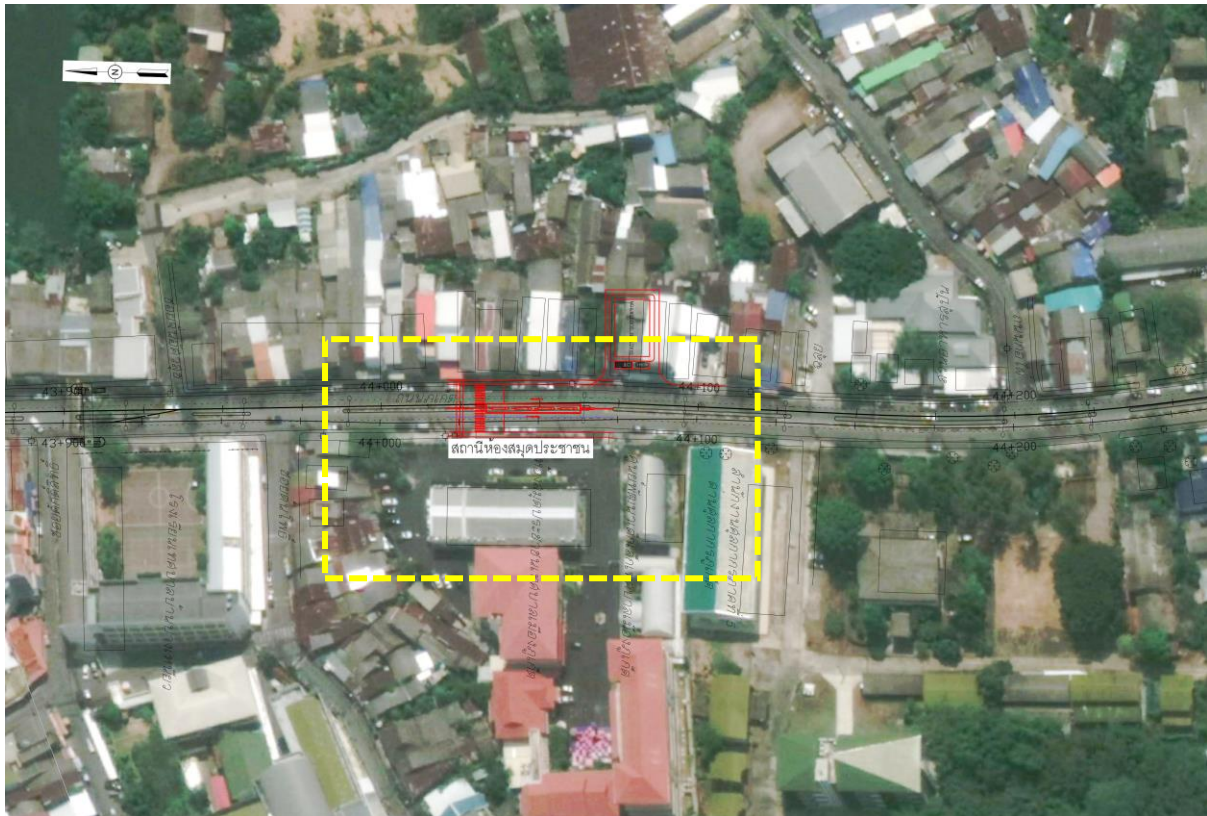
รูปที่ 5.2-40 การจัดวางผังของสถานีบางเหี้ยว

- PT13 สถานีห้องสมุดประชาชน

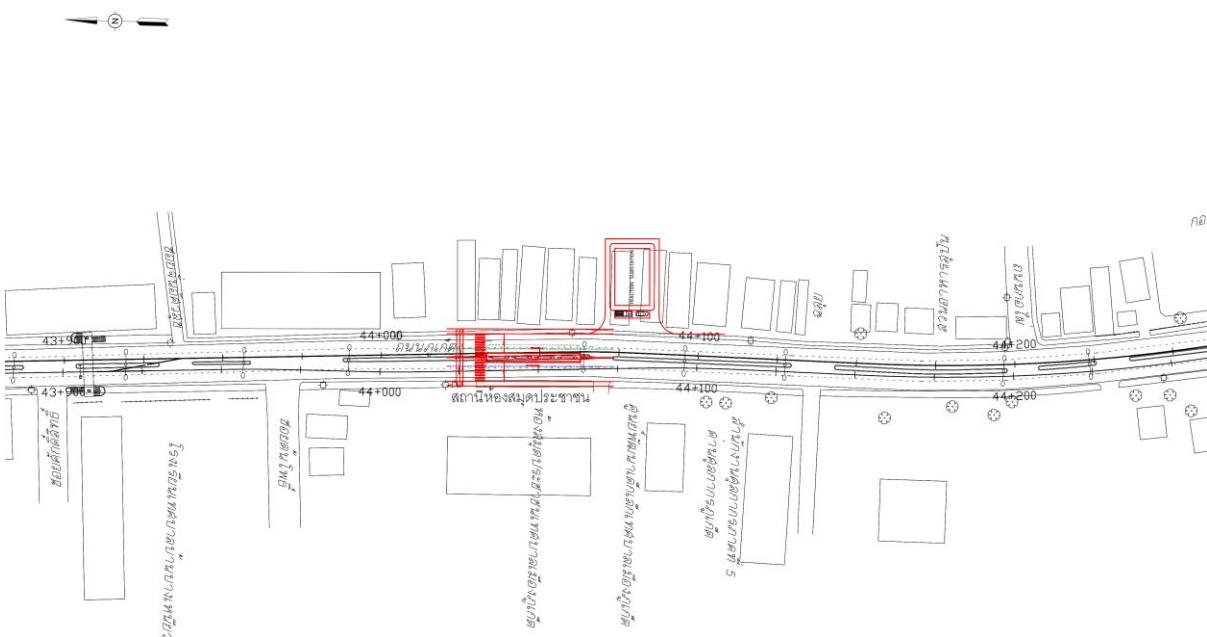
สำหรับสถานีบางเหี้ยว ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-41 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีห้องสมุดประชาชน



รูปที่ 5.2-42 ที่ตั้งของสถานีห้องสมุดประชาชน



รูปที่ 5.2-43 การจัดวางผังของสถานีห้องสมุดประชาชน

ทั้งนี้ บริเวณสถานีห้องสมุดประชาชน มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินสำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า ประมาณ 125 ตารางวา เพิ่มเติมด้วย

● PT14 สถานีสะพานหิน

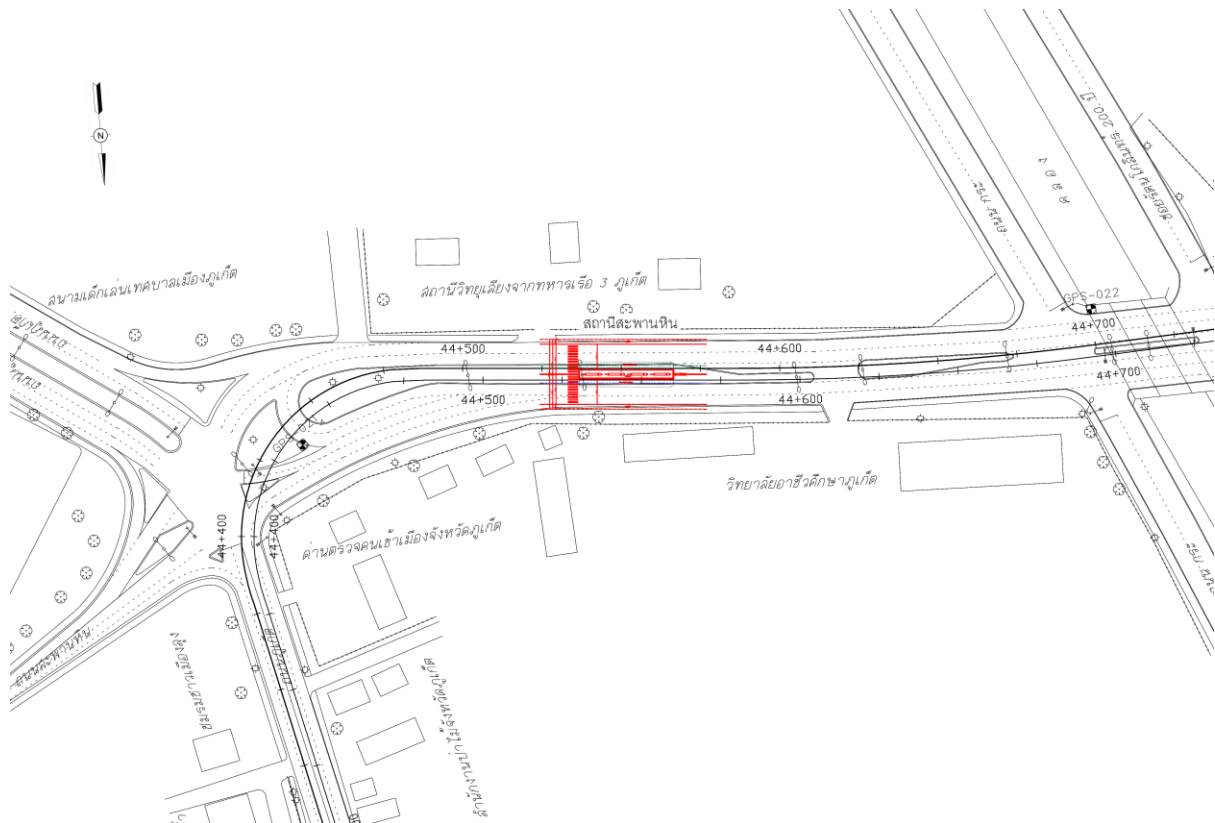
สำหรับสถานีสะพานหิน ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนาขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-44 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีสะพานหิน



รูปที่ 5.2-45 ที่ตั้งของสถานีสะพานหิน



รูปที่ 5.2-46 การจัดวางผังของสถานีสะพานหิน

● PT15 สถานีศักดิ์เดชน์

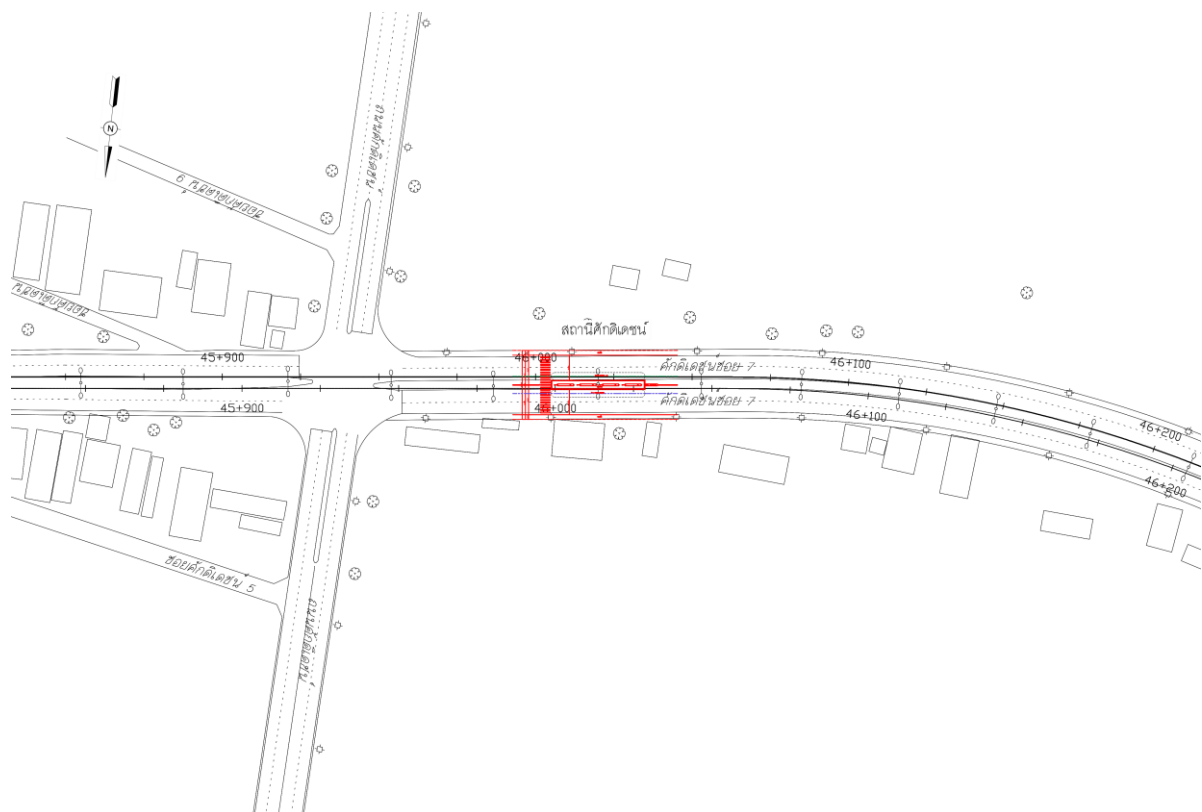
สำหรับสถานีศักดิ์เดชน์ ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนานขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-47 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีศักดิ์เดชน์



รูปที่ 5.2-48 ที่ตั้งของสถานีศักดิ์เดชน



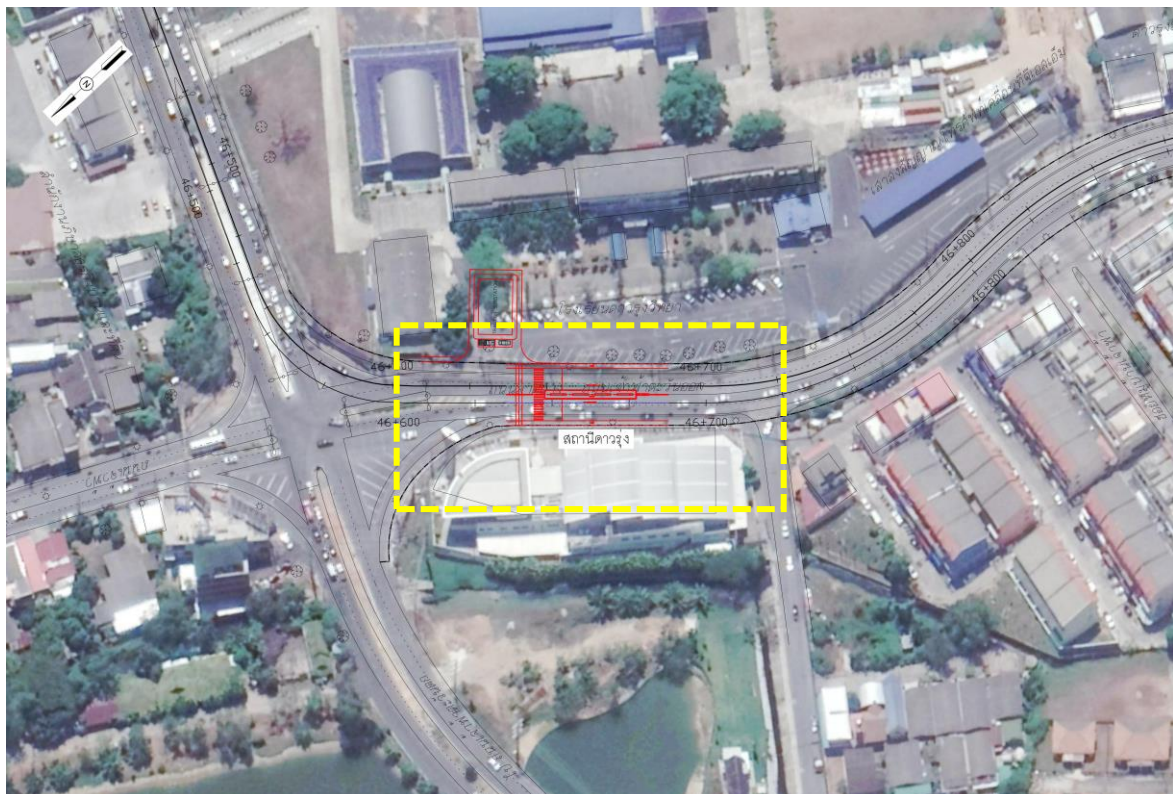
รูปที่ 5.2-49 การจัดวางผังของสถานีศักดิ์เดชน

- PT16 สถานีดาวรุ่ง

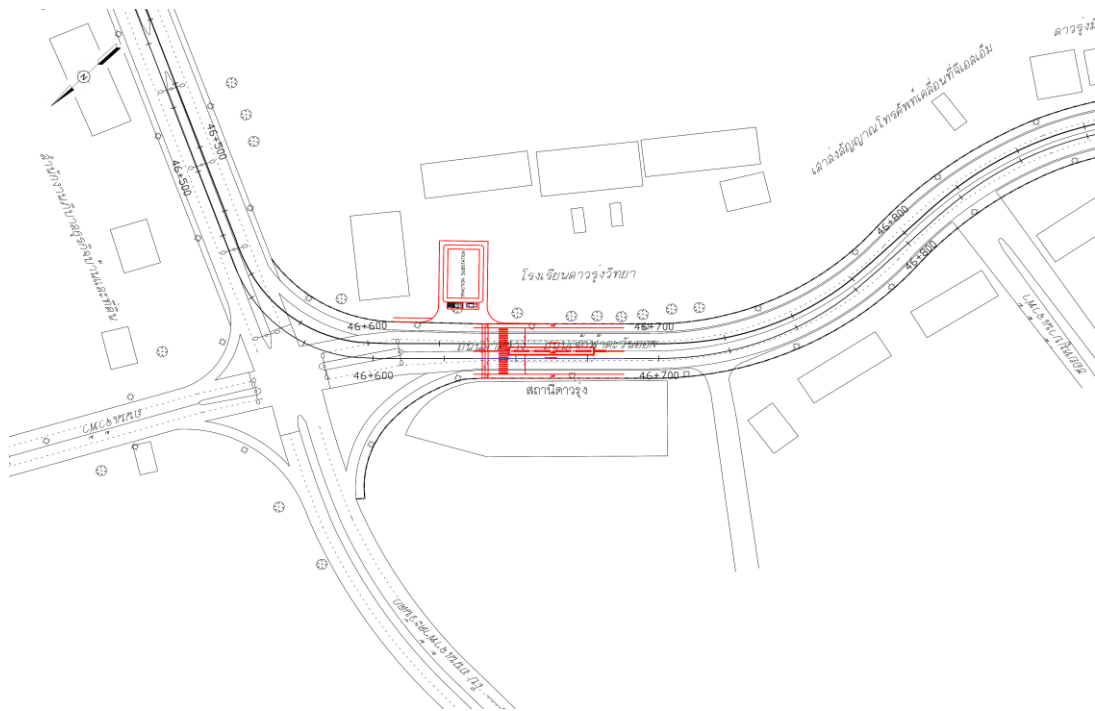
สำหรับสถานีดาวรุ่ง ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนาบบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-50 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีดาวรุ่ง



รูปที่ 5.2-51 ที่ตั้งของสถานีดาวรุ่ง



รูปที่ 5.2-52 การจัดวางผังของสถานีดาวรุ่ง

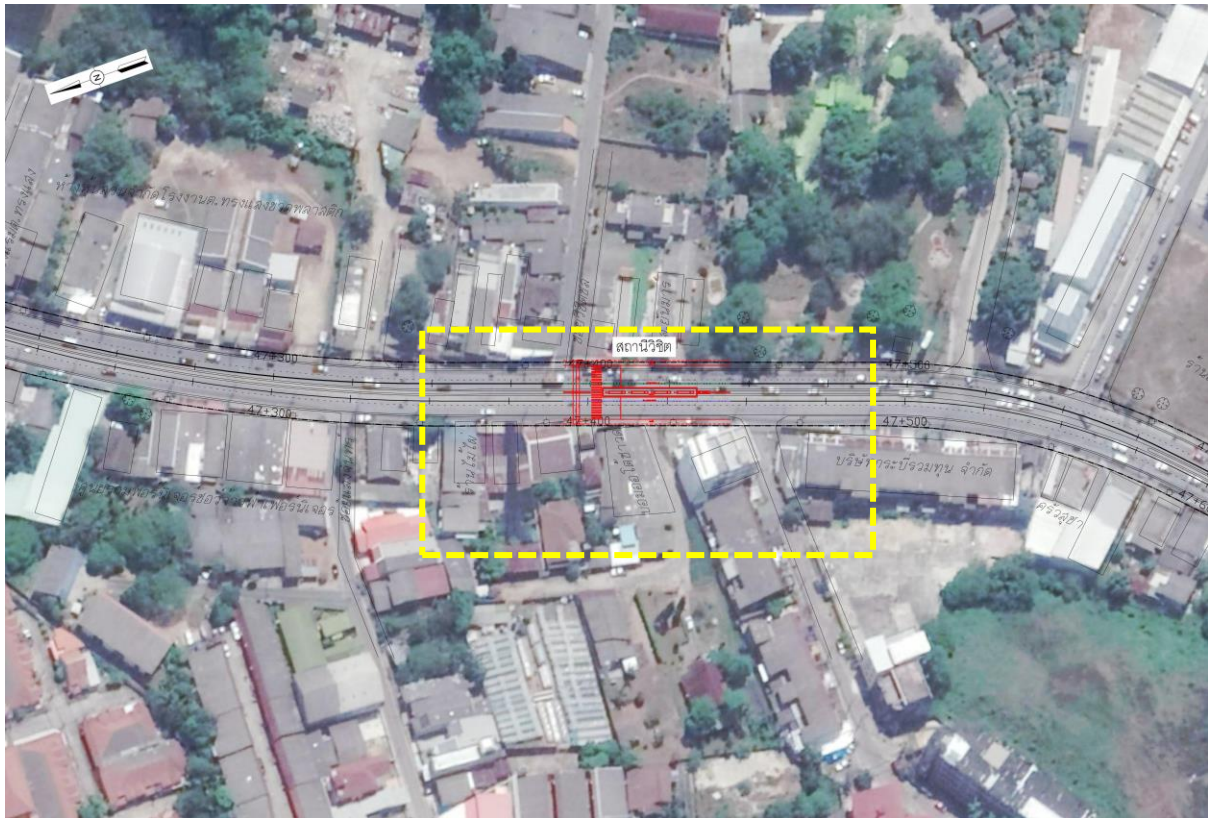
ทั้งนี้ บริเวณสถานีดาวรุ่ง มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินสำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า ประมาณ 125 ตารางวา เพิ่มเติมด้วย

- PT17 สถานีวีชีต

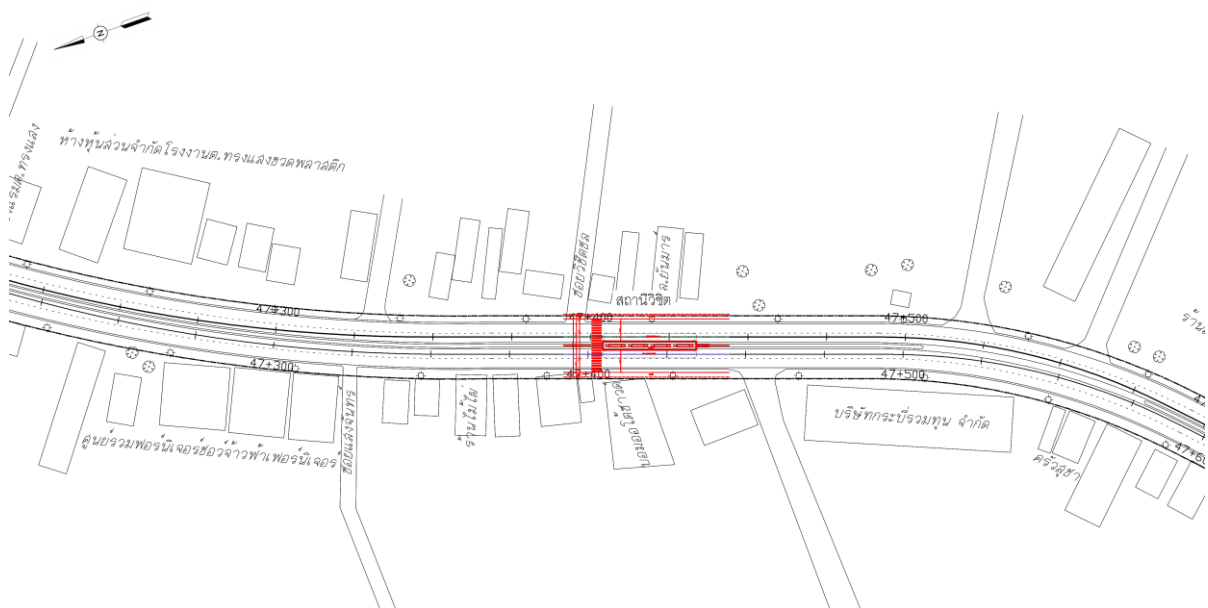
สำหรับสถานีวีชีต ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนานขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-53 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีวีชีต



รูปที่ 5.2-54 ที่ตั้งของสถานีวัด



รูปที่ 5.2-55 การจัดวางผังของสถานีวัด

- PT18 สถานีเจ้าฟ้าตะวันตก

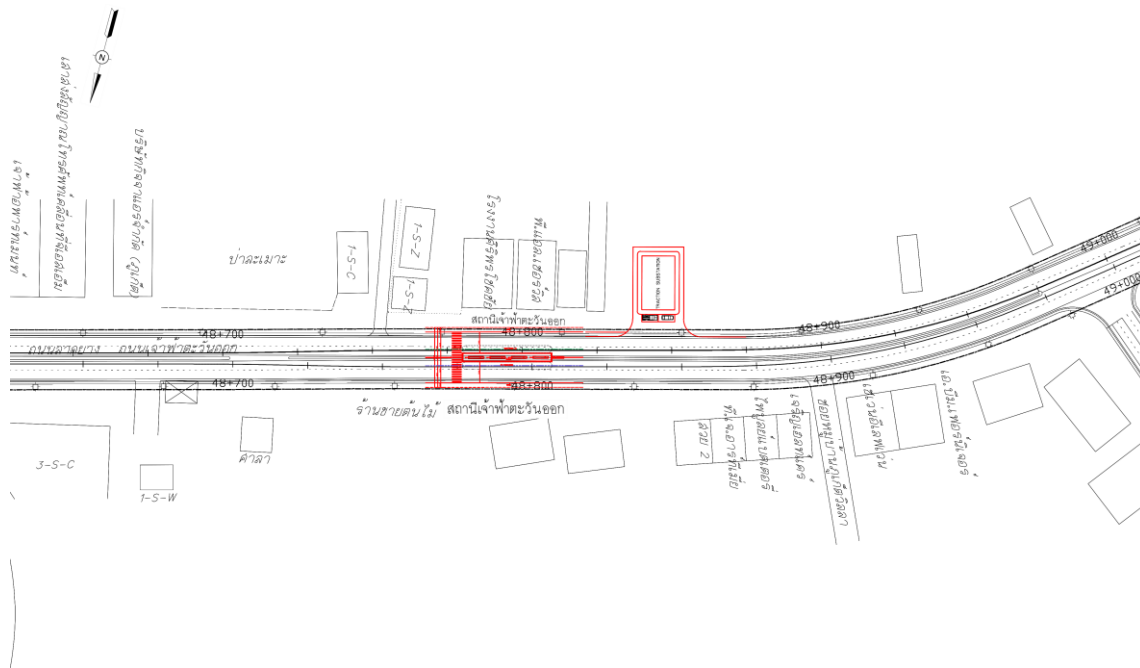
สำหรับสถานีเจ้าฟ้าตะวันตก ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนานขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-56 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีเจ้าฟ้าตะวันตก



รูปที่ 5.2-57 ที่ตั้งของสถานีเจ้าฟ้าตะวันตก



รูปที่ 5.2-58 การจัดวางผังของสถานีเจ้าฟ้าตะวันออก

ทั้งนี้ บริเวณสถานีเจ้าฟ้าตะวันออก มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินสำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า ประมาณ 125 ตารางวา เพิ่มเติมด้วย

- PT19 สถานีป่าห้วย

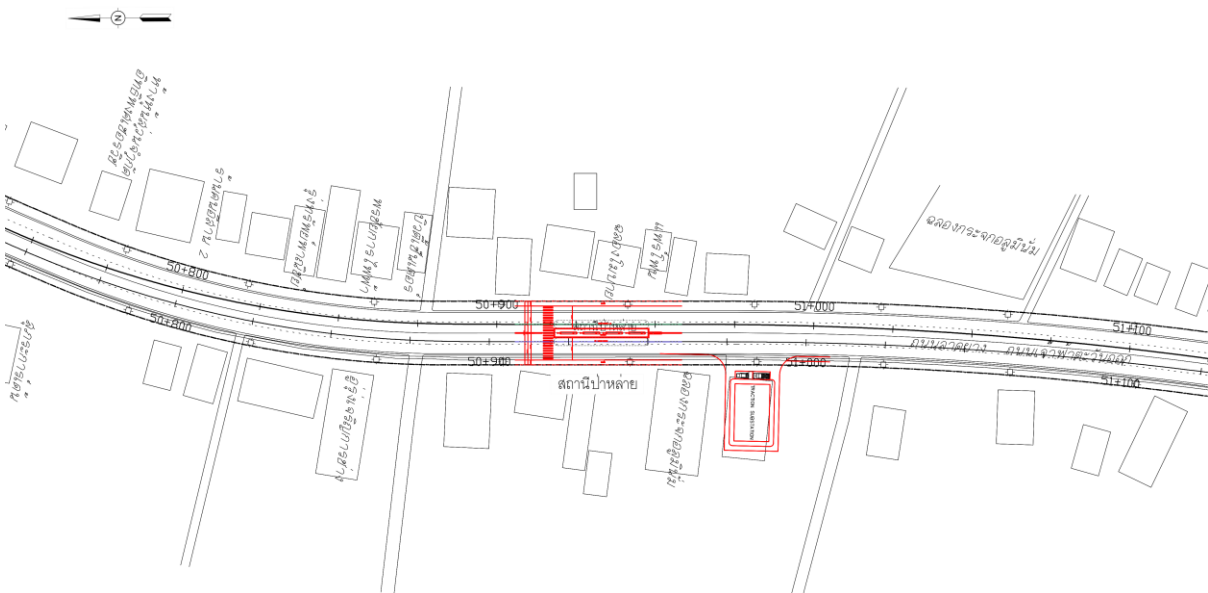
สำหรับสถานีป่าห้วย ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนานขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-59 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีป่าห้วย



รูปที่ 5.2-60 ที่ตั้งของสถานีป่าห้วย



รูปที่ 5.2-61 การจัดวางผังของสถานีป่าห้วย

ทั้งนี้ บริเวณสถานีป่าห้วย มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินสำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า ประมาณ 125 ตารางวา เพิ่มเติมด้วย

- PT20 สถานีโคกโดนด

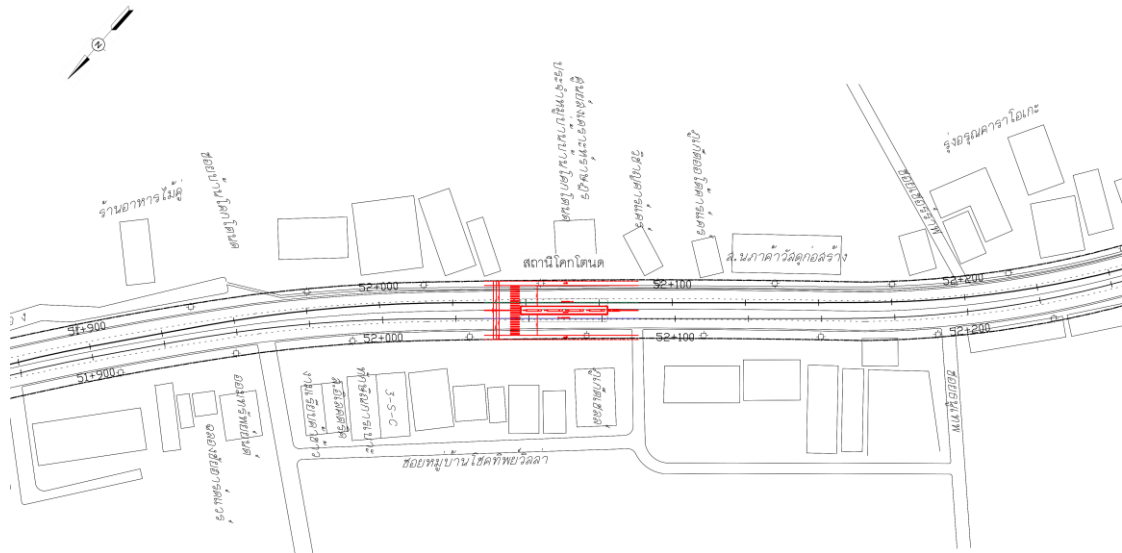
สำหรับสถานีโคกโดนด ที่ปรึกษาได้ทำการจัดวางขนาขาลาบริเวณเกาะกลางถนนเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เสาจ่ายกระแสไฟฟ้าของโครงการอยู่แนวเดียวกับแนวเสาส่งกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับสถานีทุ่งคา



รูปที่ 5.2-62 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีโคกโดนด



รูปที่ 5.2-63 ที่ตั้งของสถานีโคกโดนด



รูปที่ 5.2-64 การจัดวางผังของสถานีโคกโดนด

- PT21 สถานีฉลอง

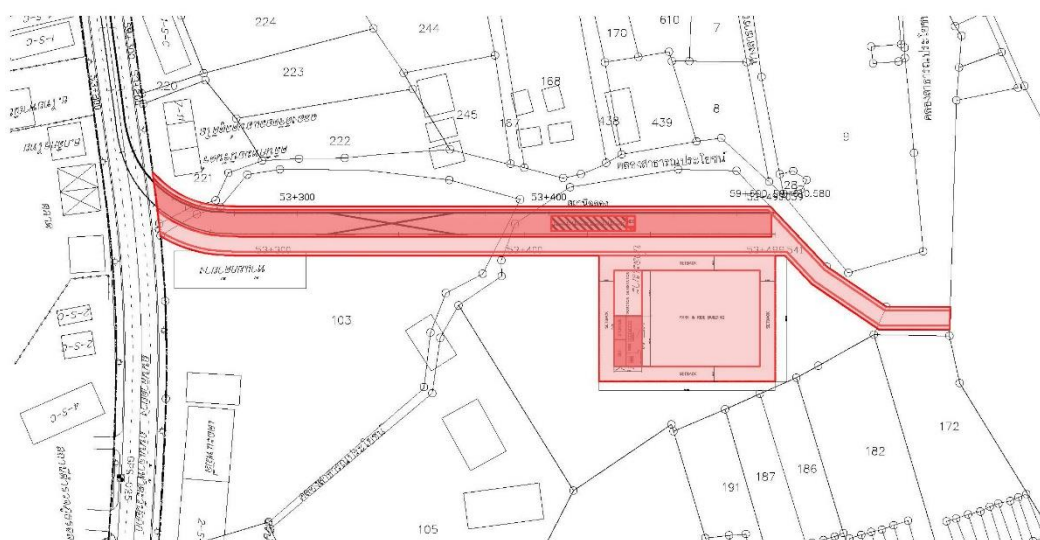
แนวเส้นทางโครงการช่วงต่อจากสถานีโคกโดนดจะวิ่งตามแนวถนนเจ้าฟ้าตะวันออกมาจนก่อนถึงห้าแยกฉลอง จะเลี้ยวซ้ายเข้าสู่พื้นที่ที่เป็นที่ตั้งของตลาดยักษ์ใหญ่ในปัจจุบันเพื่อก่อสร้างเป็นสถานีฉลองซึ่งเป็นสถานีปลายทางของโครงการ



รูปที่ 5.2-65 สภาพพื้นที่บริเวณที่ตั้งของสถานีคลอง

ในการออกแบบโครงการบริเวณสถานีฉลอง จะประกอบด้วย เส้นทางระบบราง อาคารสถานีซึ่งจะจัดวางขนานกลางบริเวณตรงกลาง (Central Platform) ถนนที่ใช้เป็นเส้นทางเข้า-ออกสถานี ซึ่งจะเชื่อมต่อไปจนถึงท่าเรือฉลอง อาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation) และอาคารจอดแล้วจร โดยที่ในการดำเนินการดังกล่าว จำเป็นที่จะต้องเวนคืนที่ดินดังนี้

- 1) เส้นทางรถไฟฟ้า สถานี และถนนที่ใช้เป็นเส้นทางเข้า-ออกสถานีซึ่งต่อเชื่อมไปยังท่าเรือฉลอง จะต้องเวนคืนที่ดินประมาณ 650 ตารางวา
- 2) อาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation) ซึ่งจะใช้พื้นที่ร่วมกับอาคารจอดแล้วจร จะต้องเวนคืนที่ดินเพิ่มเติมประมาณ 875 ตารางวา



รูปที่ 5.2-67 การจัดวางผังของสถานีฉลองและพื้นที่ที่ทำการเวนคืน

5.3 โครงสร้างอาคารและงานระบบประกอบอาคาร

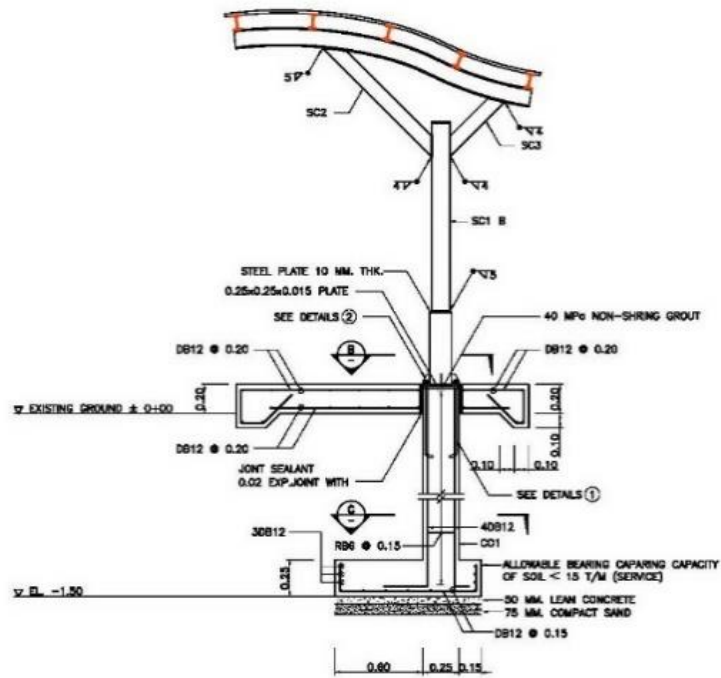
5.3.1 อาคารสถานี

5.3.1.1 มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

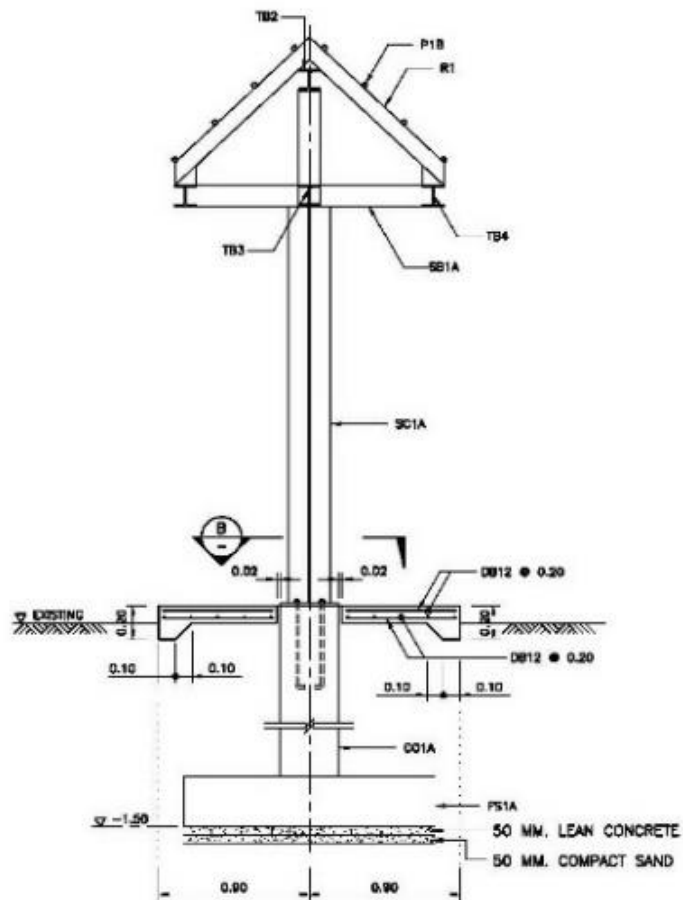
การออกแบบโครงสร้างอาคาร สถานี และสถานียกระดับ ยึดตามมาตรฐาน MRTA Design Standard Manual ของ รฟม. และมาตรฐานการออกแบบของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นหลัก นอกจากนั้นยังได้ใช้มาตรฐานการออกแบบอื่นๆ และมาตรฐานของประเทศไทยประกอบ เพื่อให้ครอบคลุมงานออกแบบโครงสร้างทุกๆ ประเภท

5.3.1.2 โครงสร้างสถานีขนาดเล็กหรือจุดจอดรถรับส่งผู้โดยสาร (Train Stop)

รูปแบบโครงสร้างของสถานีขนาดเล็กหรือจุดจอดรถรับส่งผู้โดยสาร รูปแบบโครงสร้างเป็นหลัก รูปพรรณสำหรับหลังคา เนื่องจากมีลักษณะเบาและแข็งแรงกว่าคอนกรีต ทำให้ได้โครงสร้างที่มีขนาดเล็กกว่า ก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ฐานรากแผ่ มี 2 รูปแบบ แสดงดังรูปที่ 5.-3-1



รูปแบบที่ 1

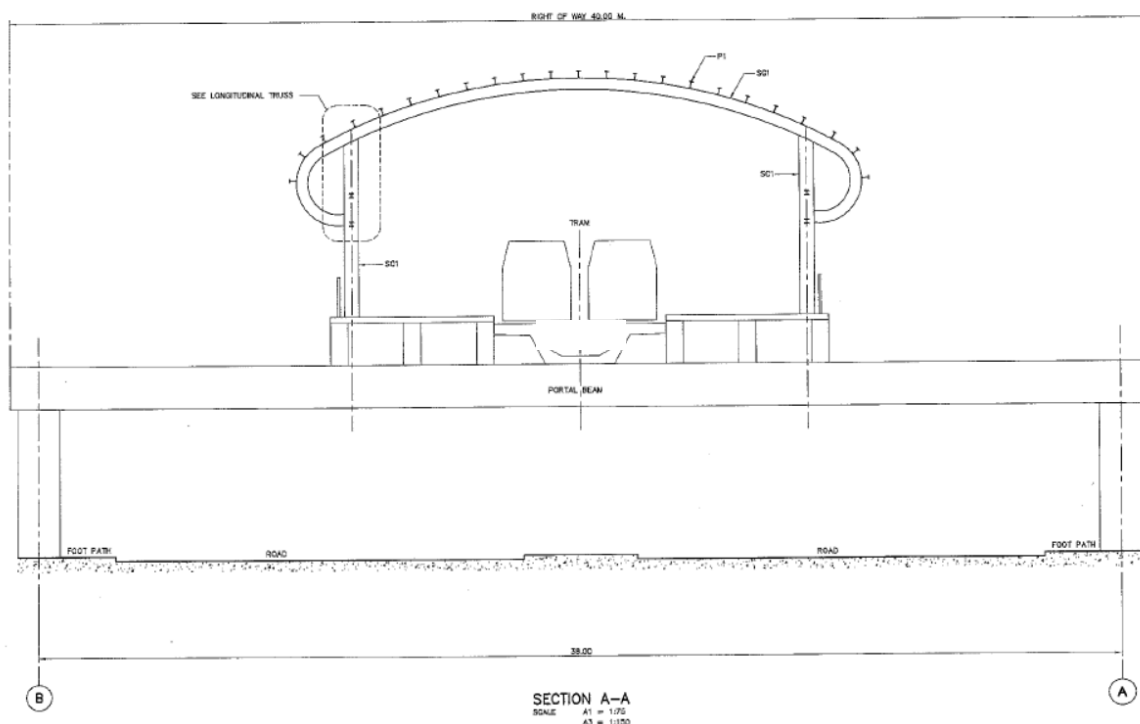


รูปแบบที่ 2

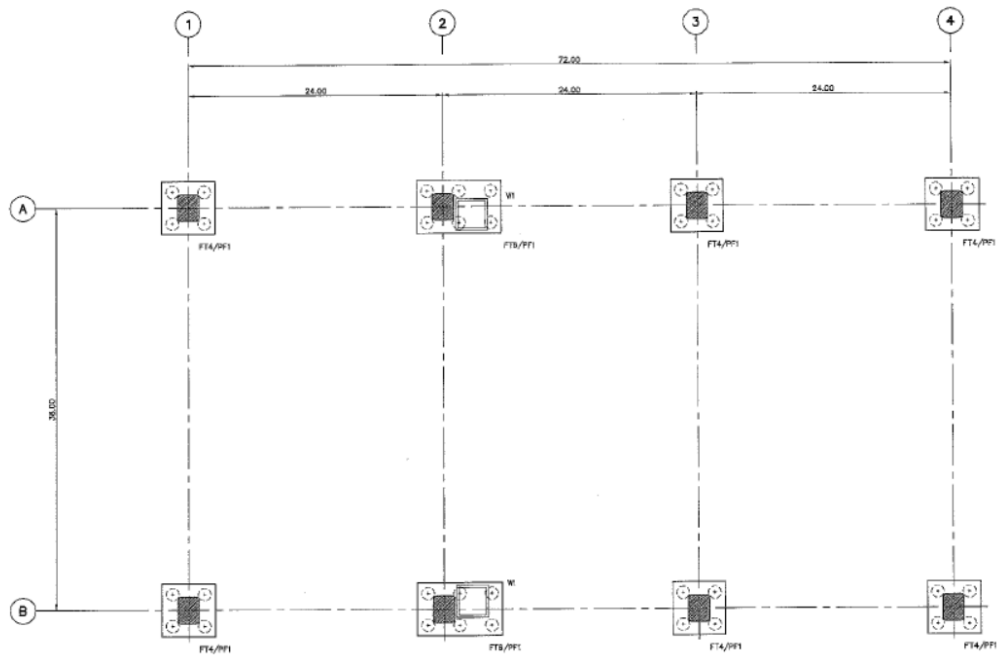
รูปที่ 5.3-1 รูปแบบจุดจอตรับส่งผู้โดยสาร

5.3.1.3 โครงสร้างสถานียกระดับ

สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ตเป็นสถานียกระดับ รูปแบบเป็นอาคาร 2 ชั้น โครงสร้างอาคารชั้น 2 เป็นทั้งชั้น Concourse และชั้น Platform โครงสร้างส่วนล่างประกอบไปด้วยฐานรากและเสาเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำให้มีความแข็งแรง ทนทาน ราคาค่าก่อสร้างและค่าบำรุงรักษาต่ำ โดยมีระบบโครงสร้างส่วนล่างเป็นเสาแบบพอร์ทัล (Portal Frame) เนื่องจากไม่สามารถวางตำแหน่งเสาที่เกาะกลางได้ โครงสร้างส่วนบนใช้ระบบพื้น-คานคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จรูปตัวไอ ส่วนพื้นใช้แผ่นพื้นสำเร็จเทคอนกรีตทับหน้าเพื่อให้สามารถทำงานได้รวดเร็ว เนื่องจากไม่ต้องตั้งแบบหล่อที่อาจเกิดผลกระทบต่อจราจรด้านล่าง ส่วนชั้นหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา ช่วยลดน้ำหนักที่ลงสู่โครงสร้างส่วนล่าง และเหมาะกับโครงสร้างที่ต้องการความยาวช่วงมากๆ ที่ไม่ต้องการเสากลาง ดังรูปที่ 5.3-2

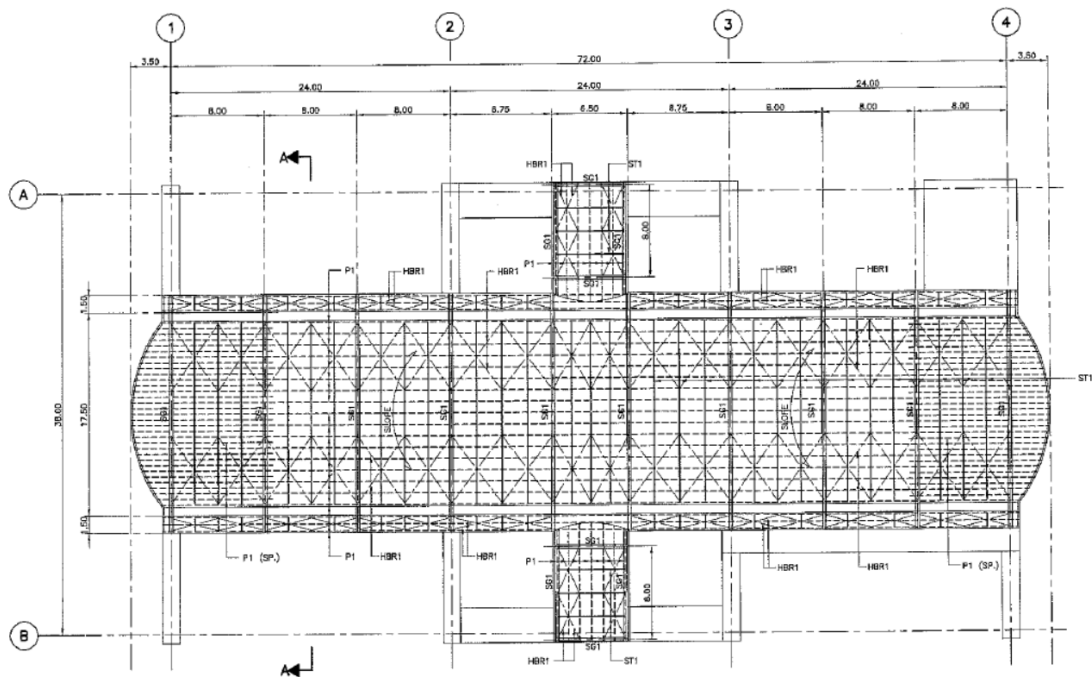


Section



Foundation Plan

รูปที่ 5.3-2 แบบโครงสร้างสถานียกระดับ



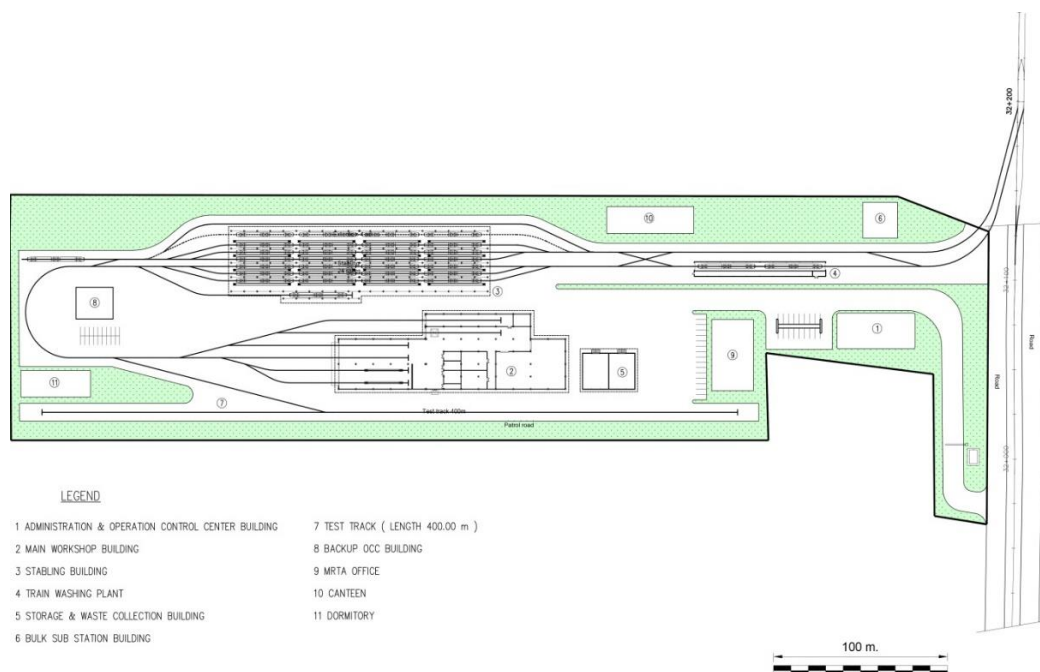
Roof Plan

รูปที่ 5.3-2 แบบโครงสร้างสถานียกระดับ (ต่อ)

5.3.1.4 โครงสร้างสถานีใต้ดิน

สถานีกลางเป็นสถานีใต้ดิน มีรูปแบบเป็นอาคารใต้ดิน 1 ชั้น ใช้โครงสร้างร่วมกันกับโครงสร้างทางลอดของรถไฟฟ้ารางเบา โดยใช้ D-wall เป็นผนังกันดิน

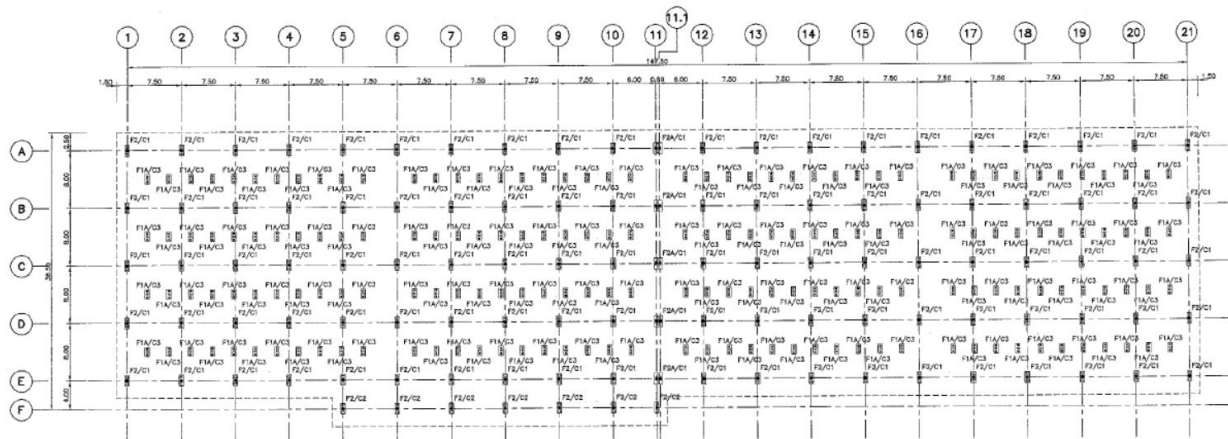
5.3.2 อาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot & Workshop)



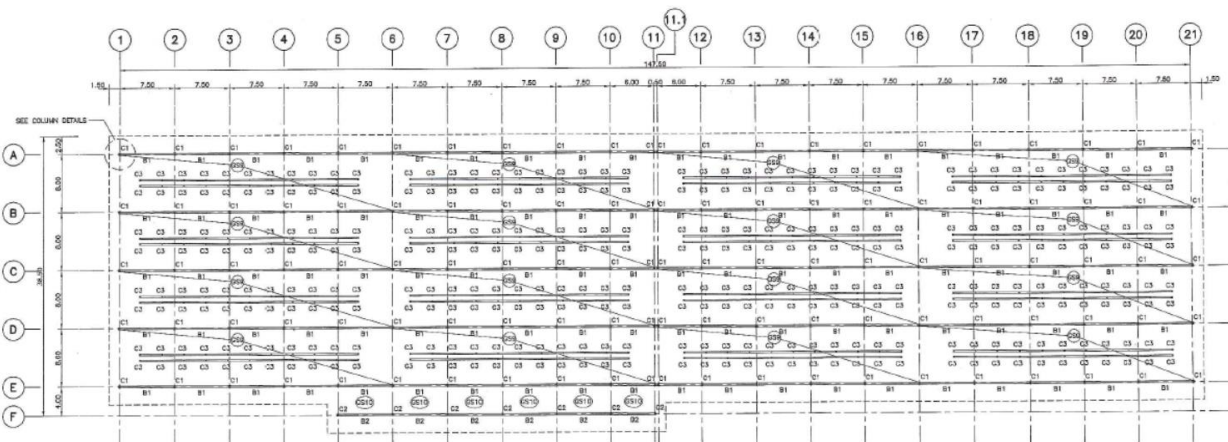
รูปที่ 5.3-3 ผังรวมของโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง

อาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง โครงสร้างอาคาร ฐานราก เสา คานและพื้น เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเป็นระบบพื้น-คาน ทำให้มีความแข็งแรง ทนทาน ราคาค่าก่อสร้างและค่าบำรุงรักษาต่ำ ก่อสร้างง่ายส่วนโครงสร้างหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา ช่วยลดน้ำหนักที่ลงสู่โครงสร้างส่วนล่าง และเหมาะกับโครงสร้างที่ต้องการความยาวช่วงมากๆ ที่ไม่ต้องการเสากลาง ก่อสร้างได้รวดเร็ว ประกอบไปด้วยอาคารต่างๆ ดังนี้

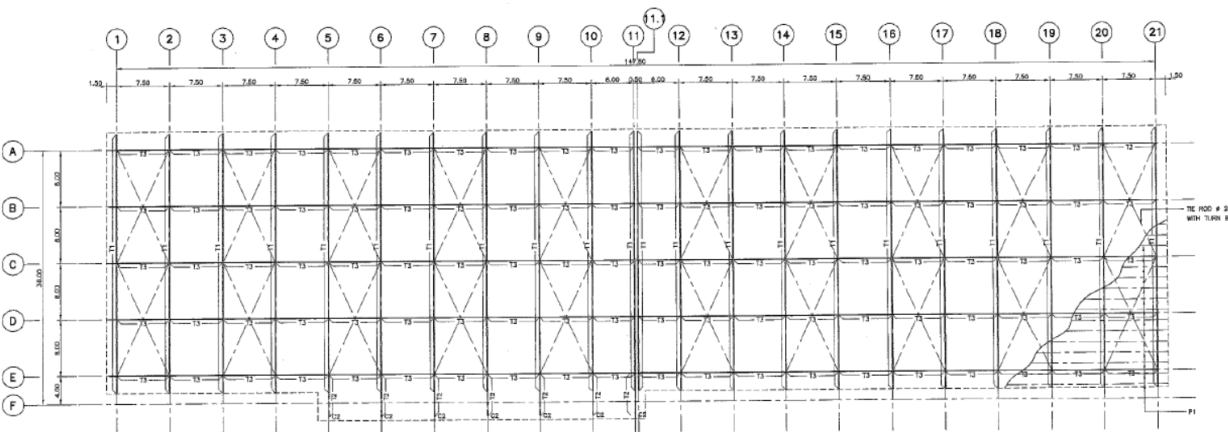
- 1) Stabling Building (Diesel Locomotive Depot) แสดงดังรูปที่ 5.3-4
- 2) Main Workshop (Daily Maintenance Building) แสดงดังรูปที่ 5.3-5
- 3) Washing Plant (Washing Building) แสดงดังรูปที่ 5.3-6
- 4) Storage & Waste Collection (Storage Building) แสดงดังรูปที่ 5.3-7
- 5) Operation Control Center Building (OCC)



Foundation Plan



Ground Floor Plan

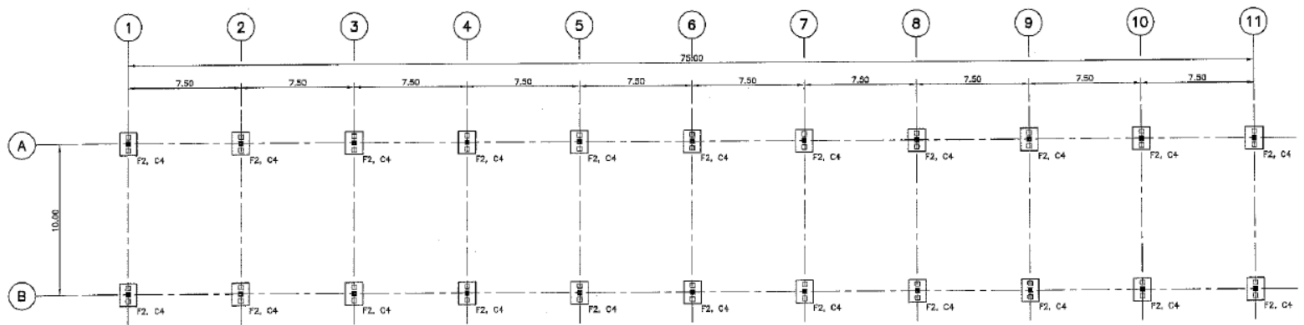


Roof Plan

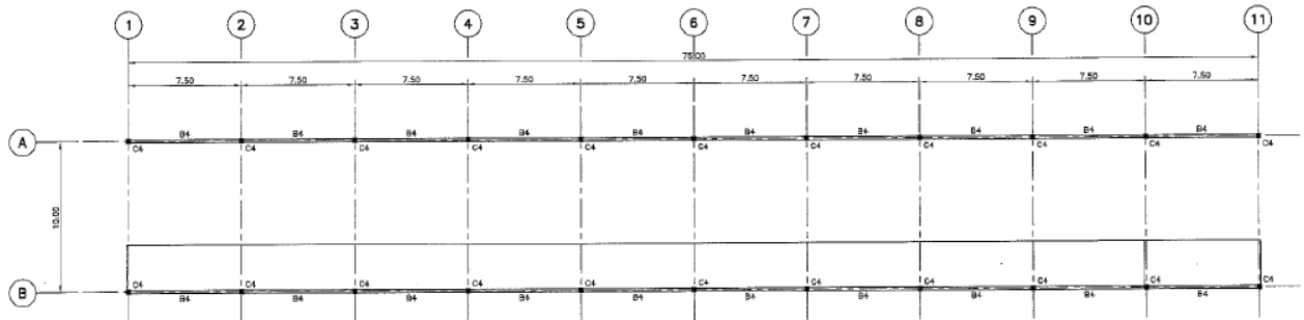
รูปที่ 5.3-4 แบบโครงสร้าง Stabling Building



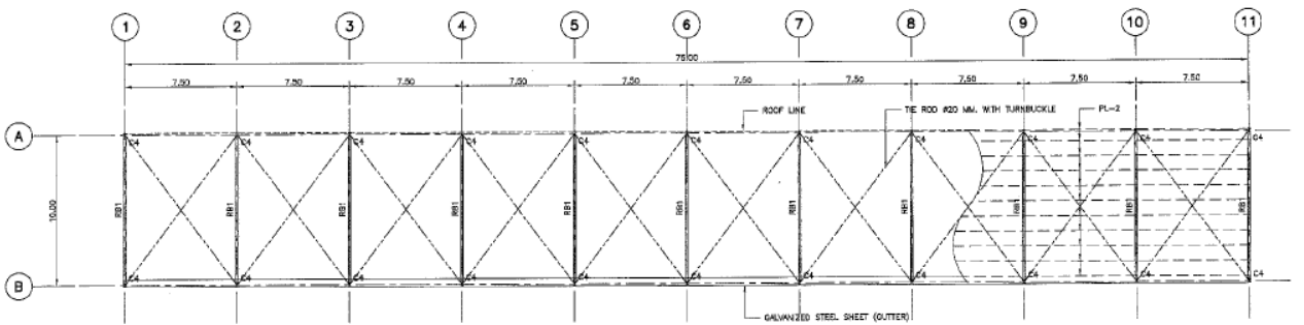
รูปที่ 5.3-5 แบบโครงสร้าง Main Workshop



Foundation Plan

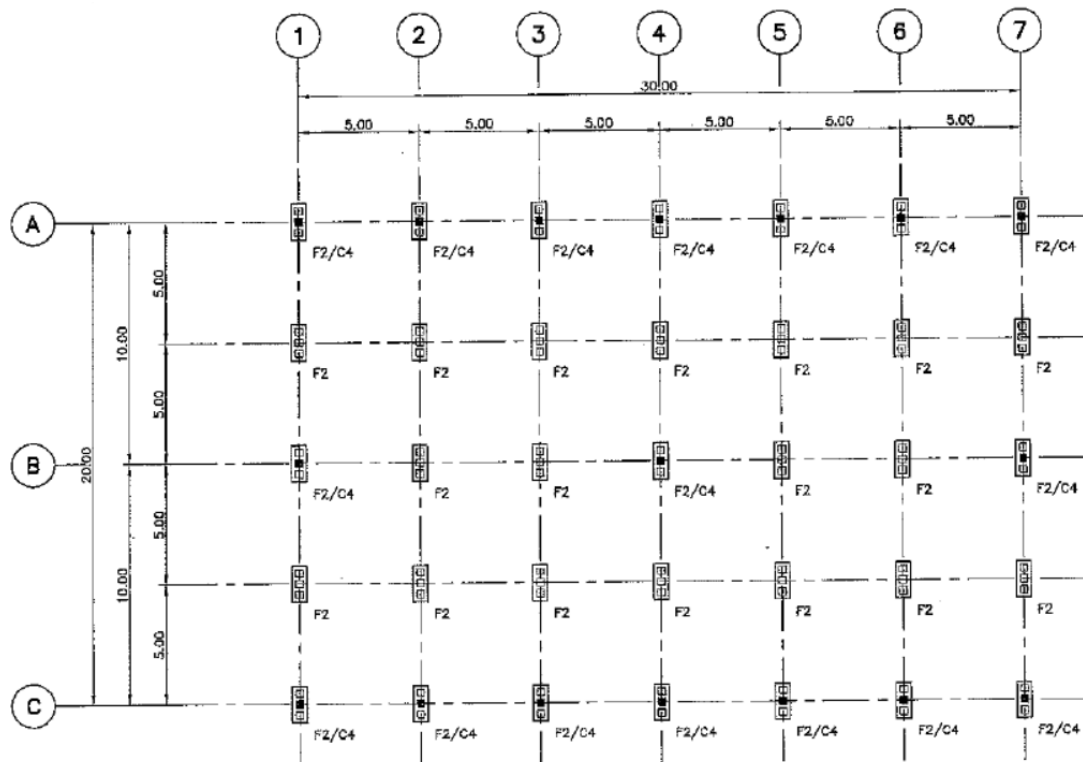


Platform Plan

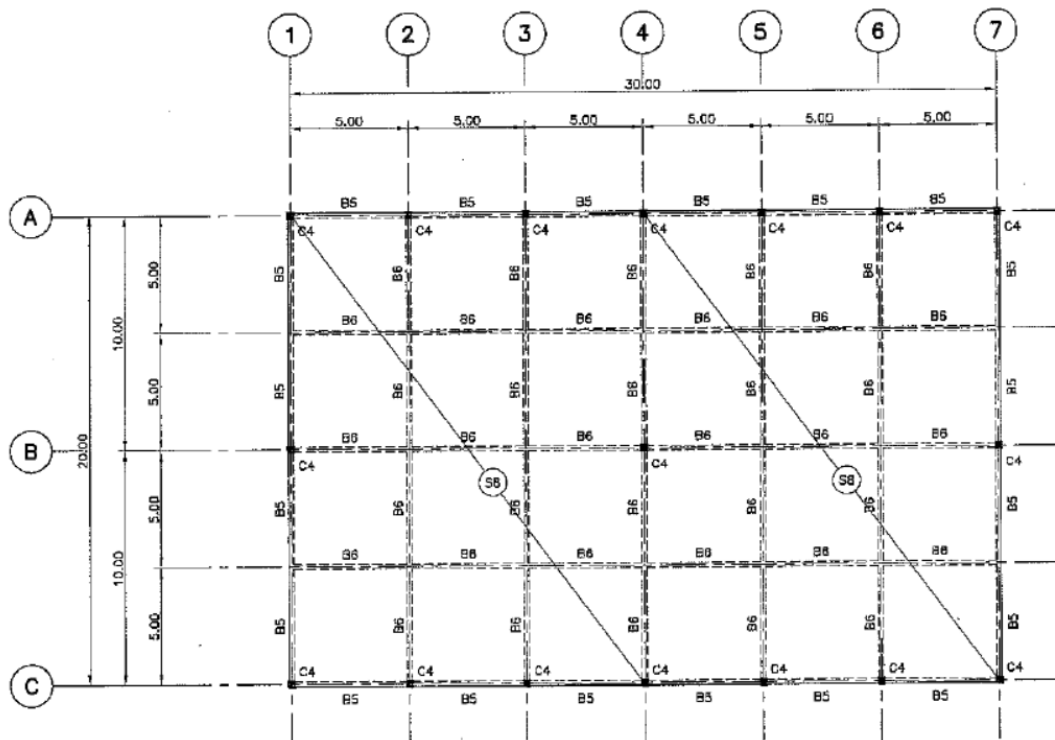


Roof Plan

รูปที่ 5.3-6 แบบโครงสร้าง Washing Plant



Foundation Plan



Platform Plan

รูปที่ 5.3-7 แบบโครงสร้าง Storage & Waste Collection

นอกจากนี้ ภายในพื้นที่โรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุงจะต้องมีอาคารเพิ่มเติม ได้แก่

- อาคารโรงอาหารสำหรับอำนวยความสะดวกให้แก่พนักงานที่ปฏิบัติงานในโครงการฯ ซึ่งสามารถรองรับพนักงานได้ประมาณ 120 คน
- อาคารสำนักงานสาขาของ รฟม. ซึ่งจัดเตรียมพื้นที่ไว้รองรับบุคลากรของ รฟม. ที่จะมาปฏิบัติงานในโครงการฯ ประมาณ 20 คน พร้อมทั้งจัดให้มีอาคารที่พักแยกส่วนออกจากอาคารสำนักงานสาขาสำหรับพนักงานกลุ่มนี้ด้วย ทั้งนี้ ประมาณการความต้องการใช้พื้นที่สำหรับอาคารสำนักงานสาขาและอาคารที่พักพนักงาน แสดงในตารางที่ 5.3-1

ตารางที่ 5.3-1 พื้นที่สำนักงานสาขา

ห้อง	พื้นที่ (m ²)
พื้นที่สำนักงาน (x20)	120
ห้องผู้บริหาร	20
ห้องหัวหน้าฝ่าย (x2)	24
ห้องประชุม	40
ห้องครัว	12
ห้องน้ำ	40
ห้องเก็บเอกสาร	20
ห้องเก็บของ	20
โถงส่วนกลาง	40
ลิฟต์ และบันได	80
ทางเดินรวม (30%)	120
ห้องเครื่อง และห้องไฟฟ้า	20
	556

พื้นที่อาคารที่พักพนักงาน

ห้อง	พื้นที่ (m ²)
พื้นที่ห้องพัก (x20)	900
พื้นที่ส่วนกลาง (30%)	270
	1170

5.3.3 งานระบบประกอบอาคาร

แนวคิดการออกแบบงานระบบประกอบอาคาร สำหรับอาคารศูนย์ควบคุมการเดินรถ อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง และอาคารอื่นๆ ที่จะมีในโครงการ ประกอบด้วย ระบบประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบไฟฟ้า แสงสว่าง ระบบไฟฟ้าสื่อสาร ระบบเตือนภัยและระบบดับเพลิง ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ มีรายละเอียดโดยสรุป ดังนี้

5.3.3.1 ระบบน้ำประปา

ระบบน้ำประปา หมายถึง น้ำใช้สำหรับอุปโภค บริโภค ในอาคาร ได้แก่ น้ำใช้ สำหรับห้องน้ำ ห้องส้วม ห้องครัว รวมทั้งล้างพื้น น้ำดื่ม เดิมบ่อน้ำรอบอาคาร รดน้ำต้นไม้ และอื่นๆ

ระบบน้ำประปาของอาคารภายในโครงการจะรับน้ำจากอาคารสูบน้ำ (Pump house) ที่สูบน้ำจากถังน้ำบนดิน (Water tank) โดยแรงดันที่สูบน้ำส่งสู่สุขภัณฑ์ในชั้นต่างๆ ภายในอาคาร ต้องมีแรงดันน้ำเพียงพอต่อการใช้งาน

- มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบระบบน้ำประปา
 - พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
 - วสท. : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
 - PWA : การประปาส่วนภูมิภาค
 - TIS : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 - ANPC : มาตรฐานระบบสุขาภิบาลแห่งชาติสหรัฐอเมริกา
 - ANSI : สถาบันมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา
 - ASME : สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา
 - ASPE : สมาคมวิศวกรสุขาภิบาลแห่งอเมริกา
 - ASTM : สมาคมวิชาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - AWWA : การประปาแห่งสหรัฐอเมริกา
 - MSS : Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
 - ASSE : American Society of Sanitary Engineering

- เกณฑ์การออกแบบระบบน้ำประปา
 - ความเร็วของน้ำประปาในท่อให้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.2-2.4 เมตรต่อวินาที เพื่อป้องกันการเกิดเสียงดัง และลดโอกาสที่จะเกิด Water Hammer
 - ท่อระบบน้ำประปาภายในอาคารใช้ท่อพีพีอาร์ (Polypropylene Random Copolymer, PP-R) PN10 และท่อระบบน้ำประปานอกอาคารใช้ท่อท่อเอชดีพีอี (High Density Polyethylene, HDPE) PE80 PN10
 - การออกแบบระบบประปาจะใช้เกณฑ์และมาตรฐานในการพิจารณาปริมาณความต้องการใช้น้ำประปา ดังตารางที่ 5.3-2

ตารางที่ 5.3-2 เกณฑ์ในการออกแบบระบบประปา

ประเภทของอาคาร	เกณฑ์ที่ใช้
จำนวนประชากร ¹ ห้องพักที่มีขนาดน้อยกว่า 35 ตร.ม. ¹ ห้องพักที่มีขนาดมากกว่า 35 ตร.ม.	คิดผู้พักอาศัย 3 คนต่อห้อง คิดผู้พักอาศัย 5 คนต่อห้อง
ปริมาณน้ำใช้ ¹ ที่พักอาศัย ¹ อาคารสำนักงาน ² อาคารสำนักงาน ¹ ห้องอาหาร ¹ ห้องประชุม	200 ลิตร/คน/วัน 380 ลิตร/วัน/100 ตร.ม. 50 ลิตร/คน/วัน 50 ลิตร/คน/วัน 10 ลิตร/ที่นั่ง/วัน

ที่มา: 1) แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการหรือกิจการด้านอาคาร การจัดสรรที่ดินและบริการชุมชน โดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2) การออกแบบระบบท่อน้ำภายในอาคาร โดยสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

● แนวคิดการออกแบบ

1) แนวคิดการออกแบบระบบน้ำประปาภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง

ระบบจ่ายน้ำประปาของอาคารภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง จะรับน้ำจากการประปาส่วนภูมิภาคเข้ามายังถังเก็บน้ำบนดินที่ติดตั้งบริเวณอาคารบริหารและศูนย์ควบคุมการเดินรถ ซึ่งสำรองน้ำใช้ 1 วันและเข้ามายังถังเก็บน้ำบนดินภายในโครงการซึ่งสำรองน้ำใช้ 1 วันและสำรองน้ำสำหรับระบบดับเพลิง 30 นาที ที่ติดตั้งบริเวณอาคารสูบน้ำ (Pump house) โดยระบบจ่ายน้ำประปาได้กระจายน้ำไปยังพื้นที่ 3 โซน ดังนี้

- โซนที่ 1 รับน้ำประปาจากภายนอกโครงการมากักเก็บยังถังเก็บน้ำบนดิน ซึ่งอยู่บริเวณอาคารบริหารและศูนย์ควบคุมการเดินรถ น้ำประปาจากถังเก็บน้ำจะถูกสูบจ่ายด้วยเครื่องสูบน้ำอัดแรงดัน BP-2 (Booster pump) เพื่อส่งน้ำประปาไปยังอาคารสำนักงาน รฟม. (MRTA Office) อาคารบริหารและศูนย์ควบคุมการเดินรถ อาคารล้างทำความสะอาดขบวนรถ และโรงอาหาร

- โซนที่ 2 น้ำประปาถูกสูบจากถังเก็บน้ำบนดินด้วยเครื่องสูบน้ำ TP1 (Transfer pump) มาเก็บยังถังสูงบนอาคารหอพักทั้งสองอาคารโดยสำรองน้ำ 2 ชั่วโมง ซึ่งทำให้สามารถส่งน้ำด้วยแรงดันเนื่องจากความสูงจากถังสูงไปยังอาคารหอพักที่ชั้น 1-2 อาคารสำรองการทำงานของศูนย์ควบคุมการเดินรถ และอาคารที่จอดรถ สำหรับอาคารหอพักชั้น 3-4 จำเป็นต้องเพิ่มเครื่องสูบน้ำอัดแรงดัน BP-3 และ BP-4 (Booster pump) เพื่อเพิ่มแรงดันให้เพียงพอต่อการใช้งานสุขภัณฑ์
- โซนที่ 3 น้ำประปาถูกส่งจ่ายโดยตรงจากเครื่องสูบน้ำอัดแรงดัน BP-1 (Booster pump) ไปยังอาคารศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคารพักขยะ

ผังบริเวณและไดอะแกรมระบบน้ำประปาภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุงแสดงดังรูปที่ 5.3-8

2) แนวคิดการออกแบบระบบน้ำประปาภายในอาคารสถานี

ระบบน้ำประปาจะรับน้ำจากท่อจ่ายน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค โดยเชื่อมต่อกับมาตรวัดน้ำลงไปเก็บไว้ที่ถังเก็บน้ำใต้ดิน จากนั้นจะใช้เครื่องสูบน้ำเพิ่มความดันจ่ายไปยังบริเวณต่างๆ ของสถานี เช่น ห้องน้ำของพนักงาน และ ระบบล้างทำความสะอาดต่างๆ โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ได้แก่ ถังเก็บน้ำใต้ดิน เครื่องสูบน้ำเพิ่มความดัน ท่อจ่ายน้ำประปา เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 5.3-9

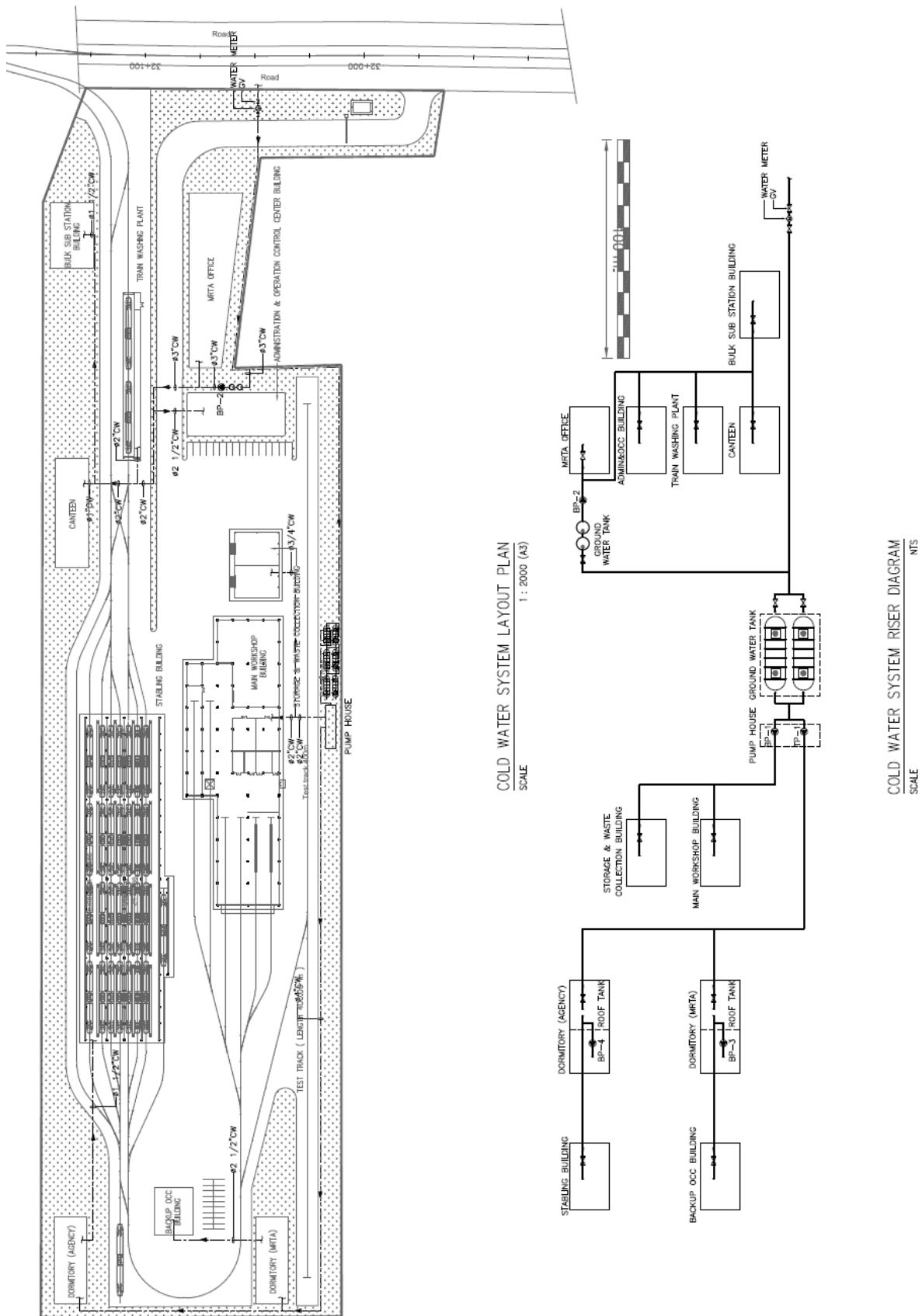
- ถังเก็บน้ำ (Water Storage Tank)

จะใช้เป็นถังเก็บน้ำใต้ดิน โดยแบ่งเป็นน้ำสำหรับใช้ในการอุปโภค-บริโภคและน้ำสำหรับระบบดับเพลิง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

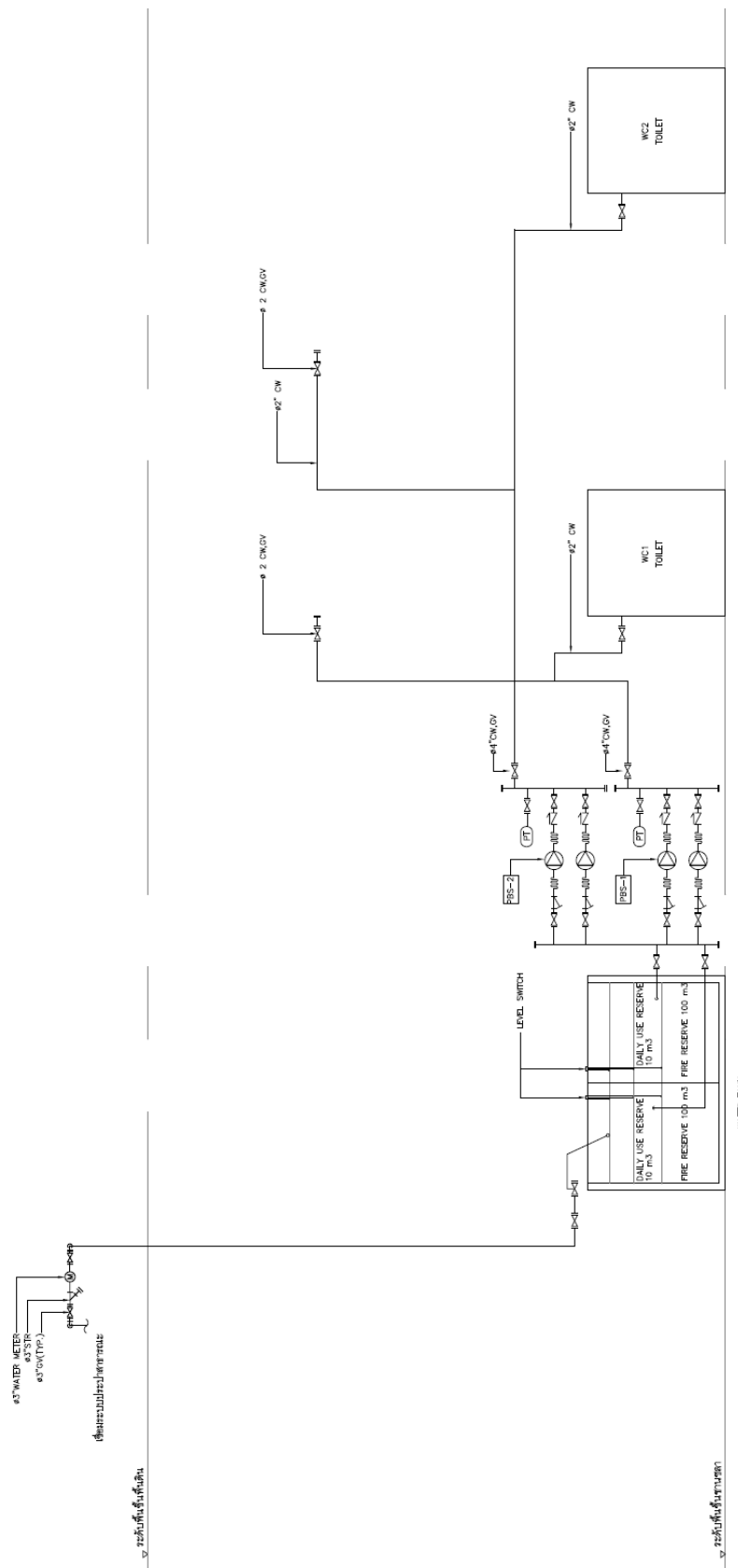
 - มีปริมาณน้ำสำรองสำหรับอุปโภค-บริโภค อย่างน้อย 1 วัน
 - มีปริมาณน้ำสำหรับระบบดับเพลิง อย่างน้อย 30 นาที
- เครื่องสูบน้ำเพิ่มความดัน (Booster Pump)

ทำการสูบน้ำประปาไปยังสุขภัณฑ์ในชั้นต่างๆ ภายในอาคาร โดยเครื่องสูบน้ำเพิ่มความดัน ซึ่งจะใช้แบบ Duplex ที่มีการทำงานแบบขนาน / สลับกัน (Parallel-Alternative Operation) โดยเครื่องสูบน้ำแต่ละตัวต้องมีกำลังสูงสุดถึง 100 เพอร์เซ็นต์ และควบคุมการทำงานโดย Inverter
- ระบบท่อจ่ายน้ำประปา (Cold Water Piping System)

ท่อจ่ายน้ำประปาจะแบ่งเป็น 2 ท่อเมน โดยจะแบ่งจ่ายให้ห้องน้ำและระบบล้างทำความสะอาดต่างๆ ซึ่งท่อที่แยกจ่ายให้ห้องน้ำแต่ละห้องจะมีการติดตั้งเกตวาล์ว (Gate Valve) หรือ วาล์วแบบโกลบ (Globe Valve) เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุงและการปรับความดันให้เหมาะสมกับการใช้งานของสุขภัณฑ์สำหรับท่อน้ำประปาที่จ่ายให้แก่ห้องน้ำ จะจัดให้มีวาล์วเปิด-ปิดไว้เหนือฝ้าบริเวณหน้าห้องน้ำเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบและซ่อมบำรุง



รูปที่ 5.3-8 ผังบริเวณและไดอะแกรมระบบน้ำประปาภายในโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง



รูปที่ 5.3-9 ไดอะแกรมระบบน้ำประปาภายในอาคารสถานีกลาง

5.3.3.2 ระบบรวบรวมน้ำเสีย

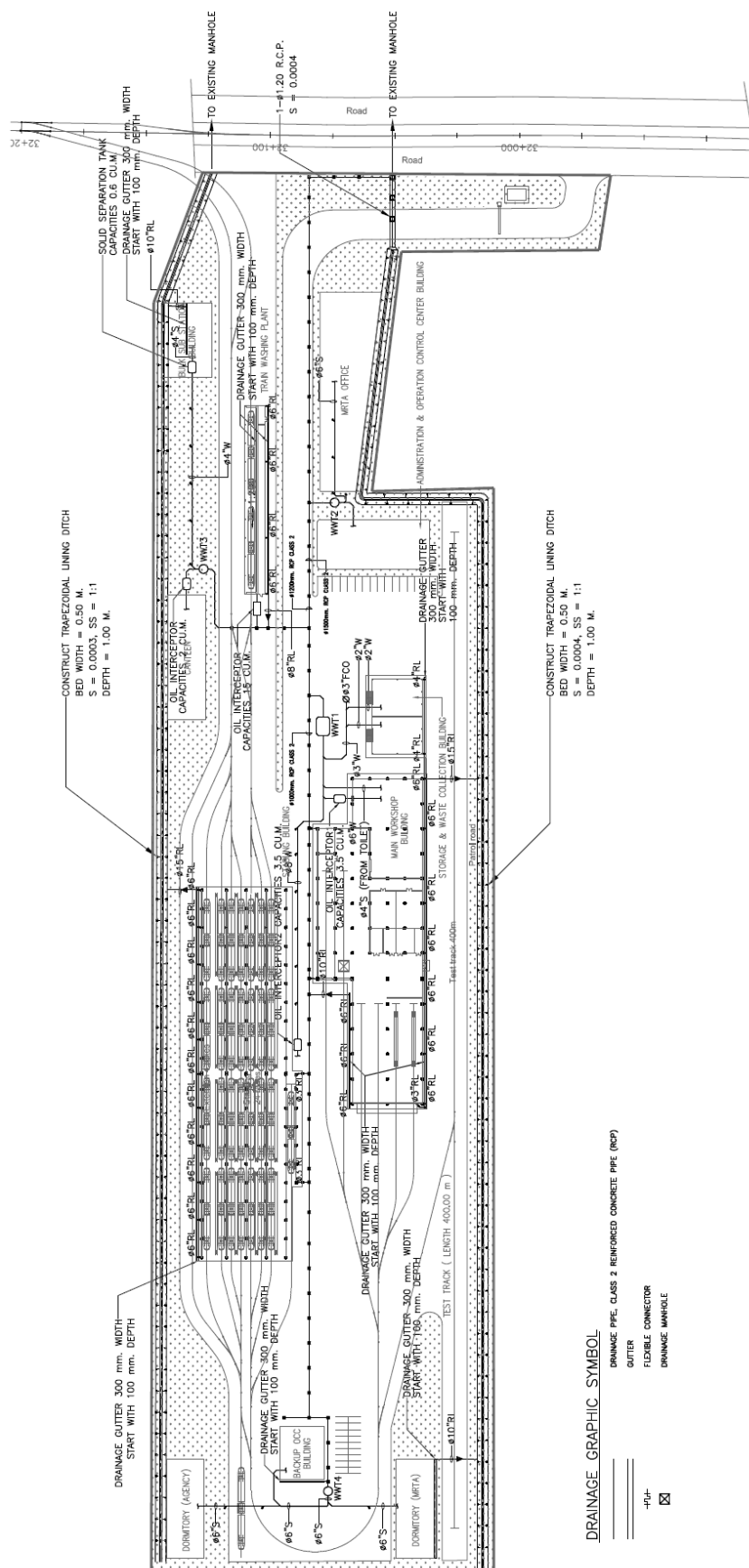
ระบบรวบรวมน้ำเสีย ประกอบด้วย ท่อน้ำเสีย น้ำโสโครกและท่อระบายอากาศ น้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในโครงการ จะถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศสำเร็จรูปแล้ว จึงระบายสู่ระบบระบายน้ำภายในโครงการ ในกรณีของระบบรวบรวมน้ำเสียภายในอาคารโรงจอด และศูนย์ซ่อมบำรุง ควรทำการรวบรวมน้ำเสียจากแต่ละอาคารมาทำการบำบัดที่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากอาคารภายในโครงการมีปริมาณน้ำเสียไม่มาก (น้อยกว่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) ซึ่งการที่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมในแต่ละพื้นที่จะช่วยทำให้ประหยัดค่าก่อสร้างได้ รวมทั้งการดูแลและบำรุงรักษาการเดินระบบบำบัดน้ำเสียจะสามารถบริหารจัดการได้สะดวกมากกว่าระบบรวบรวมน้ำเสียที่ไหลไปหาระบบบำบัดน้ำเสียแบบศูนย์กลางจุดเดียว นอกจากนี้ น้ำเสียจากอาคารโรงอาหาร อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง อาคารที่จอดพักรถ และอาคารล้างทำความสะอาดขบวนรถ ควรมีระบบกำจัดน้ำมันและไขมัน เพื่อแยกไขมันและน้ำมันออกก่อนรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย หลังจากนั้นน้ำเสียหลังการบำบัดจึงจะปล่อยลงสู่ระบบระบายน้ำของโครงการ

- มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย
 - พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
 - วสท. : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
 - TIS : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 - ANPC : มาตรฐานระบบสุขาภิบาลแห่งชาติสหรัฐอเมริกา
 - ANSI : สถาบันมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา
 - ASME : สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา
 - ASPE : สมาคมวิศวกรสุขาภิบาลแห่งอเมริกา
 - ASTM : สมาคมวิชาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - AWWA : การประปาแห่งสหรัฐอเมริกา
 - MSS : Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
 - ASSE : American Society of Sanitary Engineering

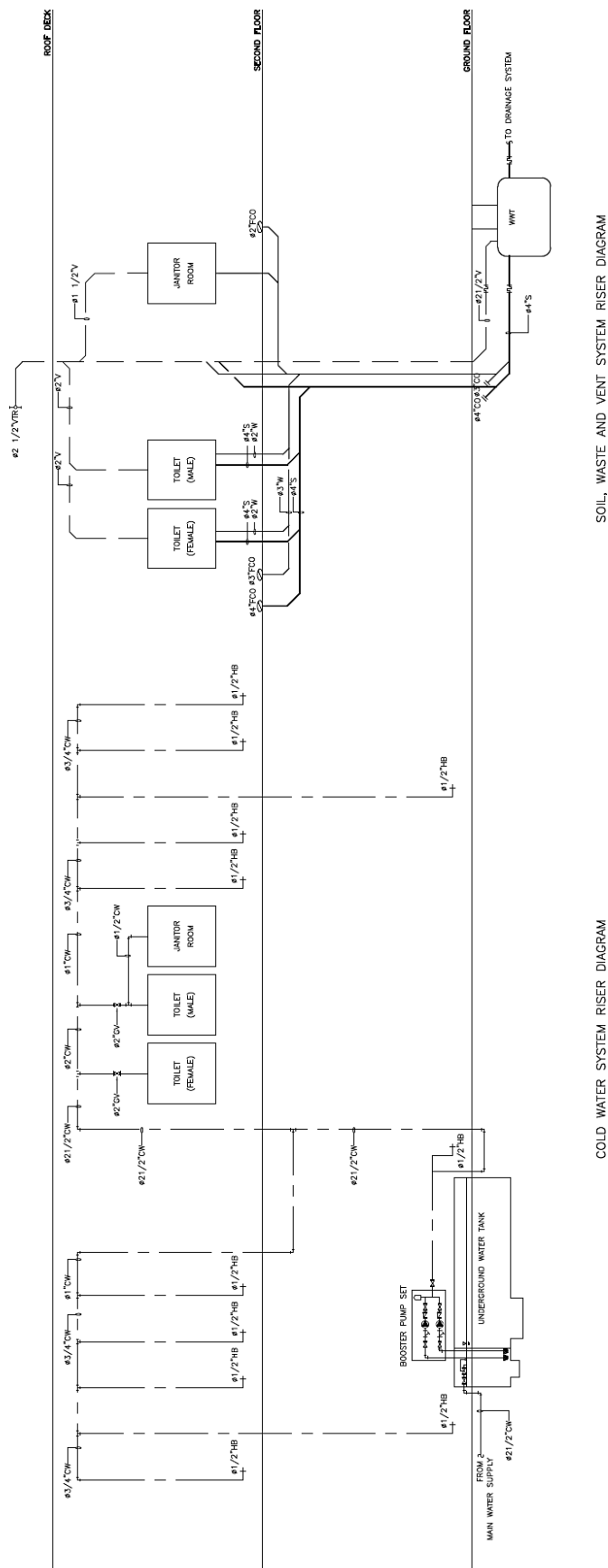
- เกณฑ์การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย
 - ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด คิดเป็นปริมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้
 - ควรติดตั้งระบบกำจัดน้ำมันและไขมันสำหรับอาคารโรงอาหาร อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง อาคารที่จอดรถ และอาคารล้างทำความสะอาดขบวนรถ
 - ความลาดเอียงของท่อระบายน้ำ
 - ท่อขนาด 100 มม. ใช้ความลาดเอียง 1:50
 - ท่อขนาด 150 มม. หรือมากกว่า 150 มม. ควรใช้ความลาดเอียง 1: 100
 - ช่องเปิดสำหรับทำความสะอาดท่อ (Floor Cleanout) ควรติดตั้งทุกจุดที่ท่อมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางและทุก 15 เมตรสำหรับท่อตรง
 - ท่อน้ำเสีย ท่อโสโครก และท่อระบายอากาศ ภายในอาคารและนอกอาคารใช้ท่อพอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) Class B
- แนวคิดการออกแบบ
 - 1) แนวทางการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง

ระบบรวบรวมน้ำเสียภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุงรับน้ำเสียจากท่อน้ำโสโครก และท่อน้ำทิ้งที่รวบรวมน้ำเสียจากห้องต่างๆภายในโครงการ โดยน้ำเสียเหล่านี้จะถูกนำไปบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป จำนวน 4 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะแบ่งให้รวมน้ำเสียในแต่ละโซน สำหรับกิจกรรมที่มีน้ำเสียปนเปื้อนไขมัน เช่น น้ำเสียจากอาคารโรงอาหาร อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง อาคารที่จอดรถ และอาคารล้างทำความสะอาดขบวนรถ จะต้องผ่านระบบกำจัดน้ำมันและไขมัน (Oil Interceptor) เพื่อแยกไขมันและน้ำมันออกก่อน จากนั้นจึงถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ดังรูปที่ 5.3-10
 - 2) แนวทางการออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสียภายในอาคารสถานี

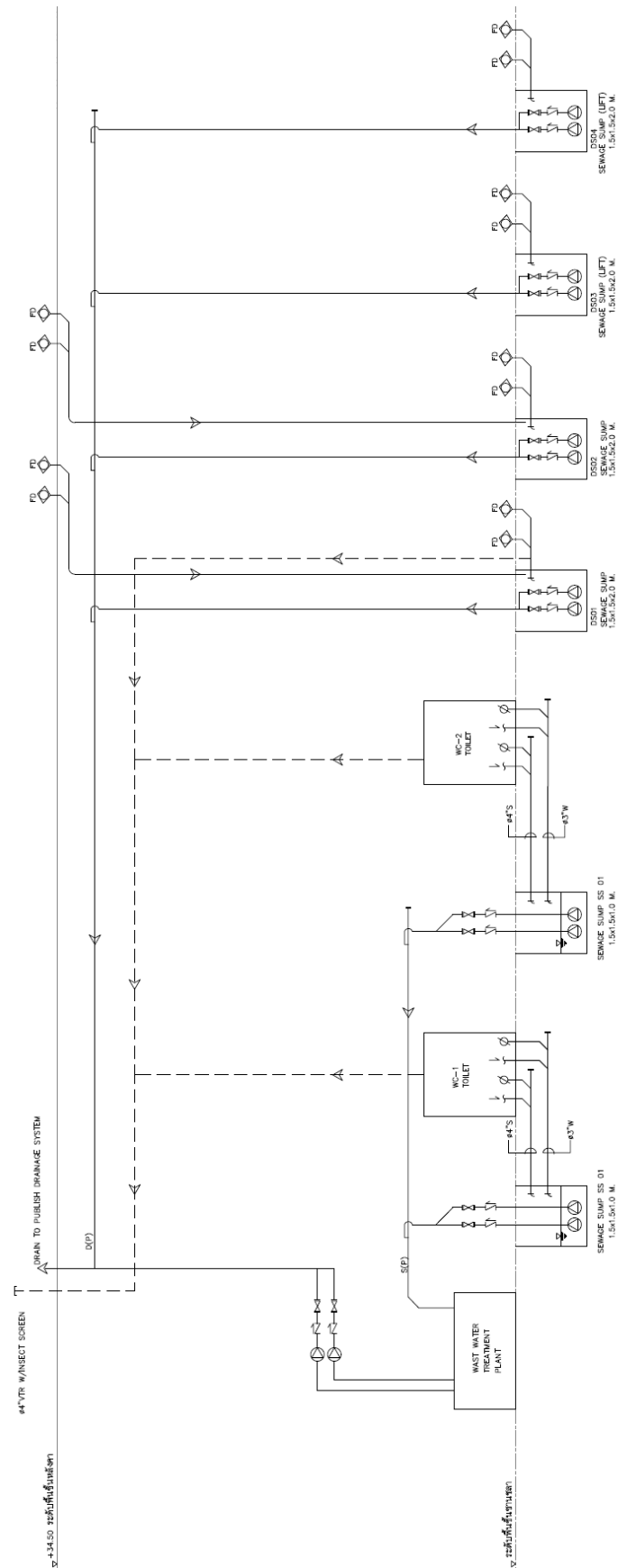
ระบบรวบรวมน้ำเสียภายในอาคารสถานียกระดับ (สถานีท่าอากาศยานนานาชาติ) รับน้ำเสียจากท่อน้ำโสโครกและท่อน้ำทิ้งที่รวบรวมน้ำเสียจากห้องน้ำและห้องเก็บอุปกรณ์ทำความสะอาด (Janitor Room) ภายในอาคารสถานี โดยน้ำเสียเหล่านี้จะถูกนำไปบำบัดยังถึงบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูปของแต่ละสถานีจากนั้นจึงปล่อยส่วนของน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วลงสู่ระบบระบายน้ำสาธารณะ ดังรูปที่ 5.3-11 สำหรับอาคารสถานีใต้ดิน (สถานีกลาง) น้ำเสียจากท่อโสโครกและท่อน้ำทิ้งจะไหลสู่ Sump และสูบด้วย Submersible Pump ไปยังระบบบำบัดน้ำเสียรวม โดยภายหลังจากการบำบัดแล้วจะถูกสูบส่งไปยังระบบระบายน้ำสาธารณะ ดังรูปที่ 5.3-12



รูปที่ 5.3-10 ผังบริเวณและไดอะแกรมระบบรวบรวมน้ำเสียภายในโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง



รูปที่ 5.3-11 ไดอะแกรมระบบรวบรวมน้ำเสียภายในอาคารสถานทำอากาศยานนานาชาติภูเก็ต



รูปที่ 5.3-12 ไดอะแกรมระบบรวบรวมน้ำเสียภายในอาคารสถานีกกลาง

5.3.3 ระบบระบายน้ำฝน

ระบบระบายน้ำฝน หมายถึงท่อรวบรวมน้ำฝนที่รับน้ำฝนจากหลังคาของแต่ละอาคาร ไปยังระบบระบายน้ำภายในอาคาร

- มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำฝน
 - พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
 - วสท. : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
 - TIS : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 - ANPC : มาตรฐานระบบสุขาภิบาลแห่งชาติสหรัฐอเมริกา
 - ANSI : สถาบันมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา
 - ASME : สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา
 - ASPE : สมาคมวิศวกรสุขาภิบาลแห่งอเมริกา
 - ASTM : สมาคมวิชาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - AWWA : การประปาแห่งสหรัฐอเมริกา
 - MSS : Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
 - ASSE : American Society of Sanitary Engineering
- เกณฑ์การออกแบบระบบรวบรวมน้ำฝน
 - การระบายน้ำฝนจากหลังคาใช้ปริมาณน้ำฝน 150 มม.ต่อชม.
 - น้ำจากท่อระบายน้ำฝนจะถูกระบายไปยังระบบระบายน้ำภายในอาคาร
 - ท่อระบบรวบรวมน้ำฝนภายในอาคารใช้ท่อพีพี (Polypropylene, PP) Class B และท่อระบบรวบรวมน้ำฝนนอกอาคารใช้ท่อเอชดีพีอี (High Density Polyethylene, HDPE) PE80 PN6

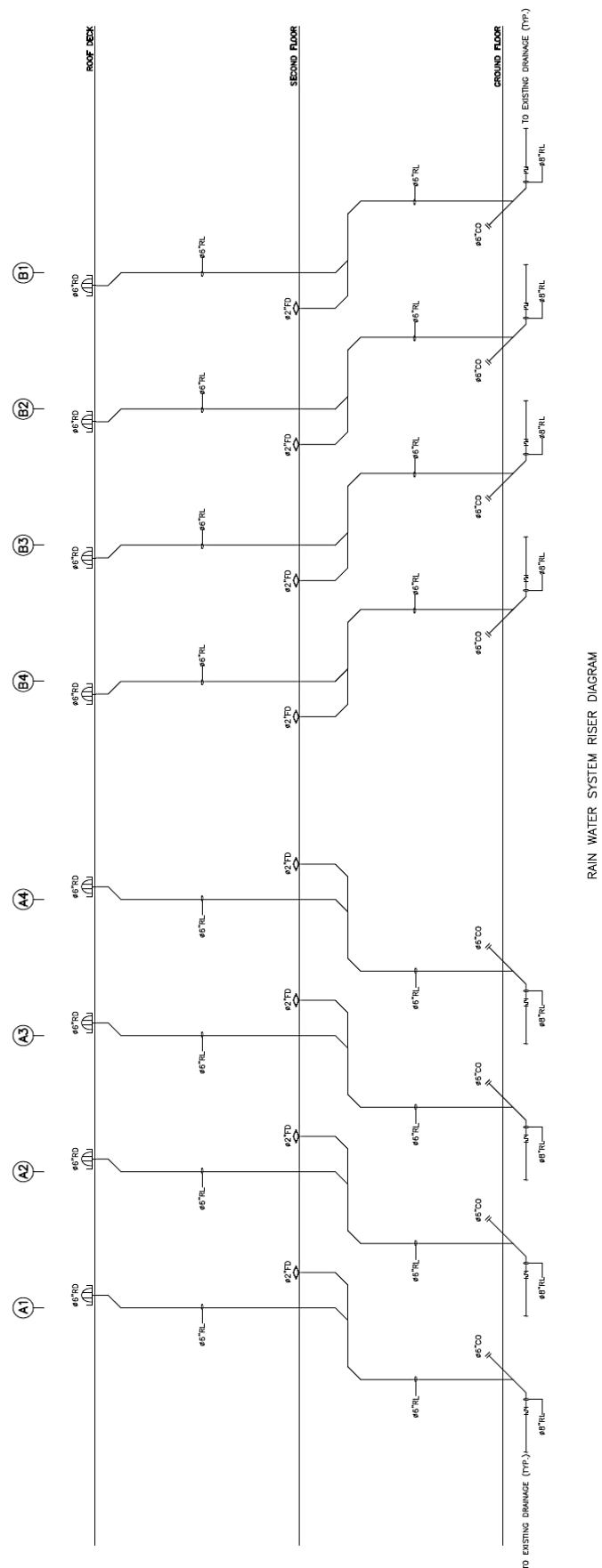
- แนวคิดการออกแบบ

- 1) แนวคิดการออกแบบระบบระบายน้ำฝนภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง

น้ำฝนจากหลังคาของแต่ละอาคารจะถูกรวบรวมโดยรางน้ำหลังคาแล้วระบายลงสู่ท่อระบายน้ำฝนมายังด้านล่างที่ระดับพื้นดิน โดยมีการรวบรวมน้ำฝนด้วยรางระบายน้ำบนดินของแต่ละอาคาร แล้วจึงเชื่อมต่อกับระบบระบายน้ำโครงการ

- 2) แนวคิดการออกแบบระบบระบายน้ำฝนภายในอาคารสถานี

น้ำฝนจากหลังคาของอาคารสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ตจะถูกรวบรวมโดยรางน้ำหลังคา แล้วระบายลงสู่ท่อระบายน้ำฝนมายังด้านล่างที่ระดับพื้นดิน จากนั้นจึงเชื่อมต่อท่อน้ำฝนเข้ากับระบบระบายน้ำสาธารณะ ดังรูปที่ 5.3-13 ส่วนระบบระบายน้ำฝนอาคารสถานีกลางจะมีแนวคิดการออกแบบโดยรวบรวมน้ำฝนแล้วระบายลงรางรถไฟ โดยจะใช้รางระบายน้ำไหลลงสู่บ่อหน่วงน้ำฝนที่อยู่ในระดับต่ำสุดของอุโมงค์ และทำการสูบด้วย SUBMERSIBLE PUMP ไปยังระบบระบายน้ำชั้นพื้นดิน ความลาดเอียง และขนาดของรางระบายน้ำ จะถูกกำหนดให้เพียงพอสำหรับปริมาณน้ำฝน 150 มม./ชม. เพื่อให้น้ำไหลได้สะดวกในเวลาอันรวดเร็ว



รูปที่ 5.3-13 ไดอะแกรมระบบระบายน้ำฝนภายในอาคารสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต

5.3.4 ระบบไฟฟ้า

เป็นการออกแบบเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ภายในอาคารสถานี โดยจะคำนึงถึงความปลอดภัยและถูกต้องตามหลักวิศวกรรม มีเสถียรภาพที่ดี ประหยัดพลังงาน มีความยืดหยุ่นต่อการขยายระบบในอนาคต ตลอดจนสะดวกต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา

- มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ (Standards, Codes and Regulations)
 - วสท. 2001 : มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556
 - วสท. 2002 : มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
 - วสท. 2009 : มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง
 - วสท. 2004 : มาตรฐานระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉิน
 - มอก. : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 - IEC : International Electrotechnical Commission
 - NFPA 70 : National Electrical Code (NEC)
 - NFPA 72 : National Fire Alarm Code
 - NFPA 101 : Life Safety Code
 - NFPA 110 : Standard for Emergency and Standby Power System
 - NFPA 130 : Standard for Fixed Guide way Transit and Passenger Rail Systems
 - NFPA 780 : Standard for the Installation of Lightning Protection Systems
 - IES : Illuminating Engineering Society, Lighting Handbook
- ขอบเขตของงานออกแบบประกอบด้วยดังนี้
 - ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ
 - ระบบสวิตช์ เติร์บ และจุดต่อทางไฟฟ้า
 - ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
 - ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉิน
 - ระบบการต่อลงดิน
 - ระบบป้องกันฟ้าผ่า
 - ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้
 - ระบบเรียกฉุกเฉิน

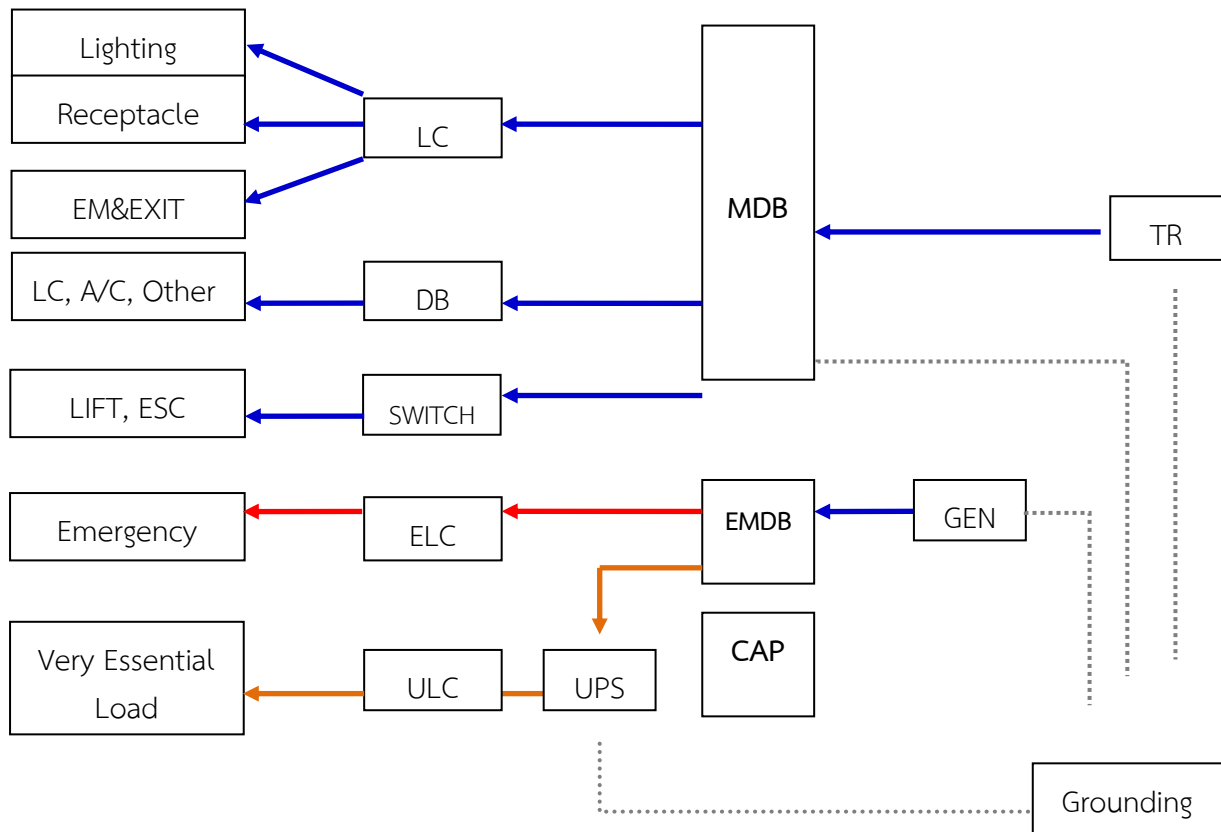
● ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงต่ำ

ออกแบบโดยรับไฟฟ้าแรงดันต่ำจากหม้อแปลงไฟฟ้ามายังแผงประธาน และจ่ายไฟไปยัง ตู้กระจายไฟฟ้า ตู้จ่ายโหลดวงจรย่อย หรืออุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานี และมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองสำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ที่มีความสำคัญ เช่น เตารับและคอมไฟฟ้าแสงสว่างส่วนกลาง ห้องเครื่องต่างๆ ระบบสุขาภิบาล ระบบปรับอากาศระบายอากาศ และระบบอื่นๆ ที่จำเป็น

นอกจากนี้ยังมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่อง (UPS) สำหรับจ่ายให้ระบบหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสำคัญมาก เช่น ระบบสื่อสารต่างๆ และอุปกรณ์ของระบบรถไฟที่มีความสำคัญมาก

โดยมีข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาโหลดไฟฟ้าดังนี้

- Rated Voltage : 400 Volts. 3 Phase. 4 Wires. 50 Hz.
230 Volts. 1 Phase. 2 Wires. 50 Hz.
- System Voltage : 400 Volts. 3 Phase. 4 Wires. 50 Hz.
230 Volts. 1 Phase. 2 Wires. 50 Hz.
- Ambient temperature : 40 °C
- Load diversity : 80 % overall
- Load power factor : Subjected to individual load
- Voltage Drop (Feeder) : 2 % maximum
- Voltage Drop (up to final circuit) : 5 % maximum
- Earthing System : TN-S System
- Spare Capacity : 25 % for switchboards
40 % for all cable trays and wireway



รูปที่ 5.3-14 ไดอะแกรมระบบไฟฟ้าแรงต่ำ

- ระบบสวิตช์ เติ้ารับ และจุดต่อทางไฟฟ้า

จัดเตรียมสวิตช์เต้ารับไฟฟ้าแบบทั่วไปในพื้นที่ส่วนกลาง สำนักงาน ห้องเครื่อง ห้องไฟฟ้าต่างๆ และจุดต่อทางไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่



รูปที่ 5.3-16 ตัวอย่างสวิตช์แบบทั่วไป



รูปที่ 5.3-17 ตัวอย่างจุดต่อทางไฟฟ้า

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างจะติดตั้งทั่วทั้งภายในอาคารสถานี่ เพื่อให้ได้แสงสว่างที่เหมาะสมในการใช้งานของแต่ละพื้นที่ โดยพื้นที่ ที่มีความสูงเพดานหรือหลังคาไม่เกิน 6 เมตร จะพิจารณาเลือกใช้ โคมไฟประเภทหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ LED T8 หรือโคมดาวไลท์แบบ LED เป็นหลัก ส่วนพื้นที่ซึ่งมี ความสูงเพดานหรือหลังคาเกินกว่า 6 เมตร จะพิจารณาเลือกใช้โคมไฟประเภท High Bay เป็นหลัก และควบคุมการเปิด – ปิดด้วยระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานกำหนดค่าการส่องสว่างพื้นที่ใช้งานตามกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

- สำนักงาน	500 LUX
- ห้องประชุม	300 LUX
- ห้องนิทรรศการ	300 LUX
- ห้องอาหาร	250 LUX
- ห้องน้ำ	200 LUX
- โถงทางเดิน	100 LUX
- ห้องเครื่องไฟฟ้าและเครื่องกล	200 LUX
- ห้องเก็บของ	100 LUX
- ที่จอดรถยนต์	75 LUX
- ไฟถนน	15 LUX
- ไฟส่องอาคาร	50 LUX
- ไฟรั้ว	10 LUX



รูปที่ 5.3-18 ตัวอย่างโคมไฟประเภทหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ LED T8



LED Downlight



LED High Bay



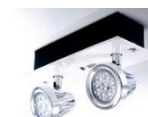
LED High Bay

รูปที่ 5.3-19 ตัวอย่างโคมไฟประเภทหลอด LED แบบต่างๆ

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินและป้ายทางออกฉุกเฉิน

- โคมไฟไฟฟ้าแสงสว่างฉุกเฉินแบบมีแหล่งจ่ายไฟในตัวเอง

จัดเตรียมเพื่อให้แสงสว่างตลอดแนวเส้นทางหนีภัย พื้นที่ห้องสำนักงานขนาดใหญ่ ห้องน้ำ และพื้นที่ที่มีความสำคัญ เพื่อใช้ในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟปกติของสถานีสัมเลว หรือ ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายปกติขัดข้อง เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดวงจรแล้วเกิดไฟฟ้าดับในบริเวณนั้นๆ โดยตัวโคมจะมีแหล่งจ่ายไฟในตัวเอง คือ Battery สามารถจ่ายไฟได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 120 นาที และสามารถประจุกลับได้



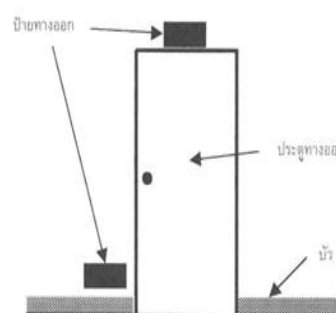
รูปที่ 5.3-20 ตัวอย่างโคมไฟฟ้า

- ระบบไฟฟ้าป้ายทางออกฉุกเฉิน (Exit Sign)

จัดเตรียมป้ายทางออกฉุกเฉิน (Exit Sign) เพื่อเป็นตัวกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ออกจากพื้นที่ให้เร็วที่สุดจนถึงทางออกที่ปลอดภัยโดยจะเป็นป้ายที่มีแสงสว่างในตัวเองเห็นได้อย่างชัดเจนทั้งในสภาวะปกติและสภาวะฉุกเฉิน โดยตัวป้ายจะมีพื้นที่สัญลักษณ์ และขนาดตามมาตรฐาน ตัวโคมจะมีแหล่งจ่าย ไฟในตัวเอง คือ Battery สามารถจ่ายไฟได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 120 นาที และสามารถประจุกลับได้ และจะมีการติดตั้งป้ายทางออกฉุกเฉินจะติดตั้งด้านบน (ถ้าจำเป็น) เพื่อให้สังเกตง่ายในกรณีที่คาดว่าจะมีควันทำให้การมองเห็นป้ายไม่ชัดเจนอาจเพิ่มป้ายทางออกฉุกเฉินที่ด้านล่าง



รูปที่ 5.3-21 ตัวอย่างป้ายทางออกฉุกเฉิน

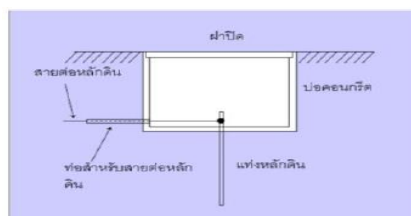


รูปที่ 5.3-22 ลักษณะการติดตั้งป้ายเสริมทางออกฉุกเฉินที่ด้านล่าง

- ระบบการต่อลงดิน

การออกแบบระบบการต่อลงดินออกแบบตามมาตรฐานภายในประเทศได้แก่ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ตลอดจนมาตรฐานสากล เช่น NEC และ IEC เป็นต้น โดยออกแบบการต่อลงดินเป็นระบบ TN-C-S เป็นการต่อลงดินของระบบแรงต่ำซึ่งสายนิวทรัลจะต่อถึงกันกับสายดินที่แผงประธานและไม่ต่อลงดินที่จุดอื่น เพราะจะทำให้อุปกรณ์ป้องกันไฟรั่วทำงานผิดพลาดได้ โดยที่ส่วนประกอบของระบบการต่อลงดินจะประกอบด้วยดังนี้

- โคมไฟฟ้าหลักดินหรือระบบหลักดิน (Grounding Electode) เป็นแบบแท่งทองแดง ขนาด 5/8 นิ้ว (16 มม.) ยาว 3 เมตร



รูปที่ 5.3-23 ลักษณะหลักดิน

- สายต่อหลักดิน (Grounding Electrode Conductor) เป็นสายตัวนำที่ใช้ต่อระหว่างหลักดินกับส่วนที่ต้องการต่อลงดิน โดยต่อจากขั้วต่อสายนิวทรัลหรือขั้วต่อสายดินในแผงประธาน (MDB) เพื่อให้ระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้ามีการต่อลงดินโดยที่ขนาดสายจะต้องเป็นสายตัวนำทองแดงชนิดตัวนำเดี่ยวหรือตัวนำตีเกลียวหุ้มฉนวน และต้องเป็นตัวนำเส้นเดียวยาวตลอดโดยไม่มีการตัดต่อขนาดสายต้องเป็นไปตามมาตรฐานของ ว.ส.ท.

ตารางที่ 5.3-3 ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดินของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

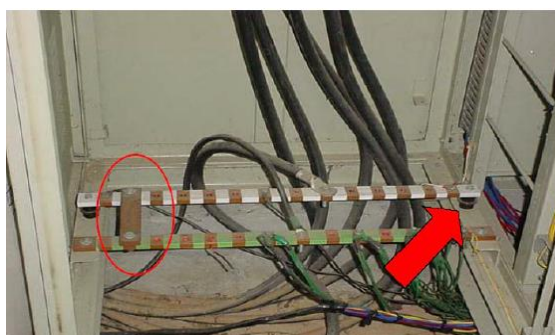
ขนาดตัวนำประธาน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)	ขนาดต่ำสุดของสายต่อหลักดิน (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
ไม่เกิน 35	10*
เกิน 35 แต่ไม่เกิน 50	16
เกิน 50 แต่ไม่เกิน 95	25
เกิน 95 แต่ไม่เกิน 185	35
เกิน 185 แต่ไม่เกิน 300	50
เกิน 300 แต่ไม่เกิน 500	70
เกิน 500	95

- สายดินของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment Grounding Conductor) เป็นสายที่เดินร่วมกับสายวงจรโดยปลายข้างหนึ่งจะต่ออยู่ที่ บัสบาร์สายดินในเมนสวิตช์หรือแผงจ่ายไฟย่อยและปลายอีกด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับโครงโลหะของโหลดขนาดของสายให้ปฏิบัติตามมาตรฐานของ ว.ส.ท

ตารางที่ 5.3-4 ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของ เครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกิน (แอมแปร์)	ขนาดต่ำสุดของสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (ตัวนำทองแดง) (ตร.มม.)
16	1.5*
20	2.5*
40	4*
70	6*
100	10
200	16
400	25
500	35
800	50
1000	70
1250	95
2000	120
2500	185
4000	240
6000	400

- การต่อฝาก (Bonding Jumper) การต่อฝากมีจุดประสงค์เพื่อให้แน่ใจว่าระบบมีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าและสามารถรับกระแสลัดวงจรใดๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้แบ่งประเภทได้เป็นการต่อฝากที่บริภัณฑ์ประธาน การต่อฝากของบริภัณฑ์ไฟฟ้า



รูปที่ 5.3-24 การต่อฝากเชื่อมระหว่างบัสบาร์สายดินและบัสบาร์นิวทรัลที่ MDB

• ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection System) เป็นระบบที่ใช้ในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอาคารสิ่งปลูกสร้าง โดยการกำหนดเส้นทางการไหลของกระแสฟ้าผ่า จากตัวนำล่อฟ้า ผ่านไปยังระบบตัวนำลงดิน ไปสู่ระบบกราวด์สายดิน สำหรับโครงการนี้จะเลือกใช้เป็นระบบ Conventional Type หรือระบบ Faraday Cage ตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง ของ วสท. ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้

- ตัวนำล่อฟ้า (Air Terminal System) เป็นตัวรับวาบฟ้าผ่า ทำจากโลหะ ติดตั้งป้องกันฟ้าผ่าครอบคลุมทั้งตัวอาคาร ตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า ของ วสท.
- ตัวนำตัวนำลงดิน (Down Conductors System) ทำด้วยโลหะใช้สำหรับต่อเชื่อมระบบตัวนำล่อฟ้าบนหลังคาลงมายังระบบกราวด์สายดิน หรือใช้โครงสร้าง เป็นตัวนำลงดินแบบธรรมชาติ โดยจะออกแบบการต่อเชื่อมของเส้นเหล็กเสริม ของโครงสร้างนั้นๆ เพื่อให้มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้า
- กราวด์สายดิน (Earth Termination System) เพื่อการกระจายกระแสฟ้าผ่าลงดิน โดยไม่เกิดแรงดันไฟฟ้าเกินอันตราย โดยจะออกแบบให้เป็นกราวด์สายดินแบบวงแหวน (กราวด์สายดินแบบ ข) โดยใช้เทปทองแดง (Copper Tape) จะฝังในดินรอบๆ อาคาร ทำหน้าที่เป็นตัวกระจายพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากฟ้าผ่าลงไปสู่ดินอย่างปลอดภัย และมีค่าความต้านทานในการต่อลงดินไม่เกิน 5 โอห์ม

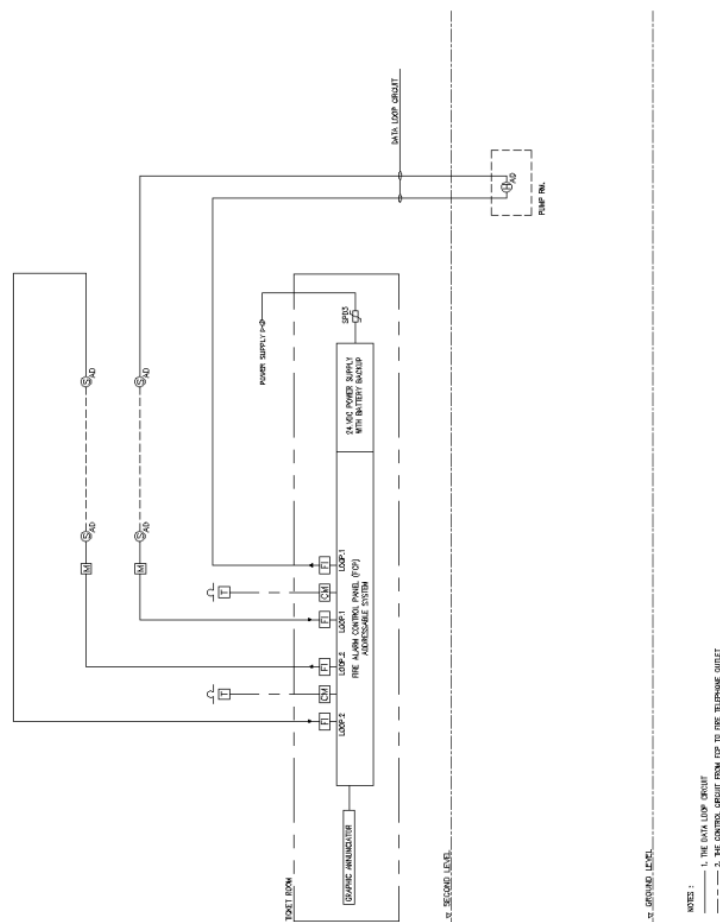
• ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของโครงการ ออกแบบตามมาตรฐานภายในประเทศ ได้แก่ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และกฎกระทรวง ตลอดจนมาตรฐานสากล เช่น NFPA, BS เป็นต้น โดยจะออกแบบระบบให้ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ในโครงการ โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

- ตู้ควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm Control Panel) เป็นระบบ Pre-signal Zone Code Addressable system ควบคุมการทำงานโดย Microprocessor สามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบได้และสามารถส่งสัญญาณแจ้งเหตุไปยังระบบลิฟท์ ประตุนิไฟ ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ระบบดับเพลิง



รูปที่ 5.3-25 ตัวอย่างตู้ควบคุมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้



รูปที่ 5.3-26 ไดอะแกรมระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

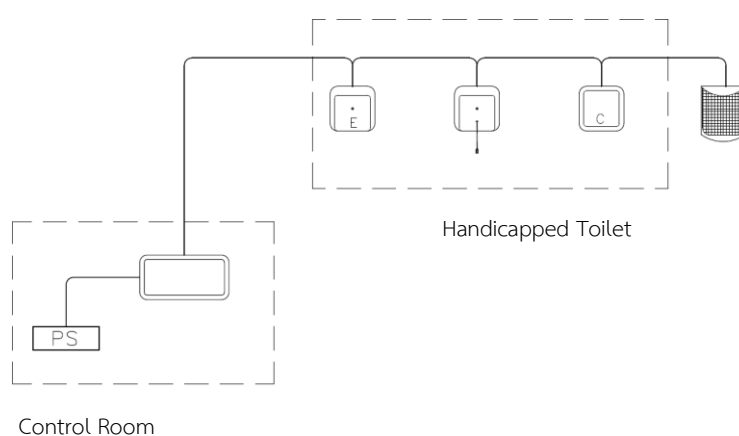
- แผงแจ้งเหตุแบบกราฟฟิก (Graphic Annunciator) เป็นแผงแจ้งเหตุแบบจอ LCD จะแสดงภาพกราฟฟิกของพื้นที่อาคารเพื่อให้สะดวกต่อการตรวจสอบพื้นที่ที่เกิดเหตุได้ง่าย
- อุปกรณ์ตรวจจับ (Initiating Devices) ประกอบด้วย

อุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke Detector) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเหตุอัตโนมัติโดยการตรวจจับอนุภาคของควันที่เกิดขึ้น โดยหากเป็นพื้นที่ทั่วไป จะพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด (Spot Type Smoke Detector) และหากเป็นบริเวณที่มีหลังคาสูงเกินกว่า 10.5 เมตร จะพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง (Beam Type Smoke Detector)
- อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detector) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับและแจ้งเหตุอัตโนมัติโดยการตรวจจับความร้อนที่เพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่ตรวจจับ
- อุปกรณ์แจ้งเหตุโดยคน (Manual Station) เป็นอุปกรณ์แจ้งเหตุโดยคน จะติดตั้งบริเวณบันไดหนีไฟ และโถงทางเดินต่างๆ

- อุปกรณ์แจ้งเหตุ (Notification Devices) ประกอบด้วยอุปกรณ์แจ้งเหตุแบบกระดิ่ง หูดไซเรน หรือลำโพง เป็นต้น
- สายไฟสำหรับอุปกรณ์แจ้งเหตุจะพิจารณาออกแบบเป็นสายทนไฟ (Fire Resistant Cable) เพื่อให้ทนทานต่อการเกิดเพลิงไหม้และสามารถส่งสัญญาณแจ้งเหตุได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้ใช้อาคารสามารถรับทราบและหนีไฟได้อย่างปลอดภัย โดยเดินสายร้อยในท่อร้อยสายไฟ (Conduit)

● ระบบเรียกฉุกเฉิน

มีระบบเรียกฉุกเฉินสำหรับ HANDICAPPED TOILET ประกอบด้วยสวิทช์ฉุกเฉิน พร้อมสายดึงสวิทช์ หรือ Emergency Switch มีสายสำหรับดึงและสวิทช์สำหรับกดเมื่อมีเหตุการณ์ฉุกเฉิน มีไฟบอกสถานะการทำงาน และส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังห้องเจ้าหน้าที่ของสถานี



รูปที่ 5.3-27 ไดอะแกรมระบบเรียกฉุกเฉิน

5.3.5 ระบบดับเพลิง

ระบบดับเพลิง ประกอบด้วย ระบบท่อเย็นและสายสูบน้ำดับเพลิง (Standpipe and Hose System) ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ (Automatic Sprinkler Systems) ระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาด (Clean Agent Fire Suppression System) และถังดับเพลิงมือถือ (Portable Fire Extinguisher)

- มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบระบบดับเพลิง
 - กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) การติดตั้งระบบดับเพลิงด้วยน้ำ ตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
 - วสท. 3002 : มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย
 - NFPA 10 : Standard for Portable Fire Extinguishers
 - NFPA 13 : Standard for The Installation of Sprinkler Systems
 - NFPA 14 : Standard for The Installation of Standpipe and Hose Systems
 - NFPA 20 : Standard for The Installation of Stationary Pumps for Fire Protection
 - NFPA 24 : Private Fire Service Mains and Their Appurtenances
 - NFPA 130 : Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems
 - NFPA 2001-2002 : Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems
- เกณฑ์การออกแบบระบบดับเพลิง
 - 1) ระบบท่อเย็นและสายสูบน้ำดับเพลิง

ท่อดับเพลิงของระบบท่อเย็นและสายสูบน้ำดับเพลิงจะออกแบบเป็นระบบท่อเปียก (Wet pipe) โดยแรงดันน้ำในระบบท่อมาจากเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ทำงานอัตโนมัติ การออกแบบระบบท่อเย็นและสายสูบน้ำดับเพลิงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในมาตรฐาน NFPA 14 และกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) น้ำดับเพลิงในระบบดับเพลิงได้มาจากเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งอยู่ที่อาคารสูบน้ำ (Pump House) สำหรับอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง และติดตั้งอยู่ห้องเครื่องสูบน้ำ (Pump Room) สำหรับสถานียกระดับ (สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต) และตั้งอยู่ที่อาคารสิ่งอำนวยความสะดวกด้านไฟฟ้าเครื่องกลสำหรับสถานีใต้ดิน (สถานีกลาง)

2) ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

อ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 13 โดยใช้ระบบท่อเปียก (Wet Pipe System) สำหรับอาคารทั่วไป ระบบท่อเปียกเป็นระบบที่มีน้ำอยู่ในเส้นท่อ เมื่อเกิดเพลิงไหม้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้หัวกระจายน้ำดับเพลิงแตกและฉีดน้ำออกมาดับเพลิงทันที ส่วนประกอบของระบบท่อเปียก รายละเอียดส่วนประกอบของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงแสดงดังตาราง 5.5.3-4

3) หัวรับน้ำดับเพลิง

อ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 14 และ กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) รายละเอียดการติดตั้งหัวรับน้ำดับเพลิงภายนอกอาคารมีดังนี้

- หัวรับน้ำดับเพลิงเป็นชนิดข้อต่อสวมเร็วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลิเมตร ($2\frac{1}{2}$ นิ้ว) ที่สามารถรับน้ำจากกรดดับเพลิงที่มีข้อต่อสวมเร็วแบบมีเขี้ยวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 65 มิลลิเมตร ($2\frac{1}{2}$ นิ้ว)
- ที่หัวรับน้ำดับเพลิงต้องมีฝาปิดเปิดที่มีโซ่ร้อยติดไว้
- ระบบท่อเย็นทุกชุดต้องมีหัวรับน้ำดับเพลิงนอกอาคารหนึ่งหัวในที่ที่พนักงานดับเพลิงเข้าถึงได้โดยสะดวกรวดเร็วที่สุด และให้อยู่ใกล้หัวท่อดับเพลิงสาธารณะมากที่สุด
- บริเวณใกล้หัวรับน้ำดับเพลิงนอกอาคารต้องมีข้อความเขียนด้วยสีสะท้อนแสงว่า “หัวรับน้ำดับเพลิง”

4) เครื่องดับเพลิงแบบมือถือ จะวางไว้ในตู้เก็บสายดับเพลิง และพื้นที่อื่นตามประเภทความอันตรายและการใช้สอยที่ระบุไว้ในมาตรฐาน NFPA 10 สำหรับพื้นที่ทั่วไปจะใช้ถังดับเพลิงประเภทผงเคมีแห้ง ส่วนห้องไฟฟ้าจะใช้ถังดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์

5) เครื่องสูบน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

อ้างอิงตามมาตรฐาน NFPA 20 และได้รับการรับรองจาก UL และ FM approved โดยชุดเครื่องสูบน้ำดับเพลิงอัตโนมัติประกอบด้วย เครื่องสูบน้ำดับเพลิงขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องสูบน้ำดับเพลิงขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ และเครื่องสูบน้ำรักษาความดัน

6) ระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาด

ระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาดต้องเป็นระบบที่ใช้ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และจะต้องออกแบบบนพื้นฐานของการคำนวณแบบ Total flooding system และได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน NFPA 2001 ระบบดับเพลิงนี้จะออกแบบให้ใช้กับห้องไฟฟ้า ห้องสื่อสาร และ sub-station เป็นต้น

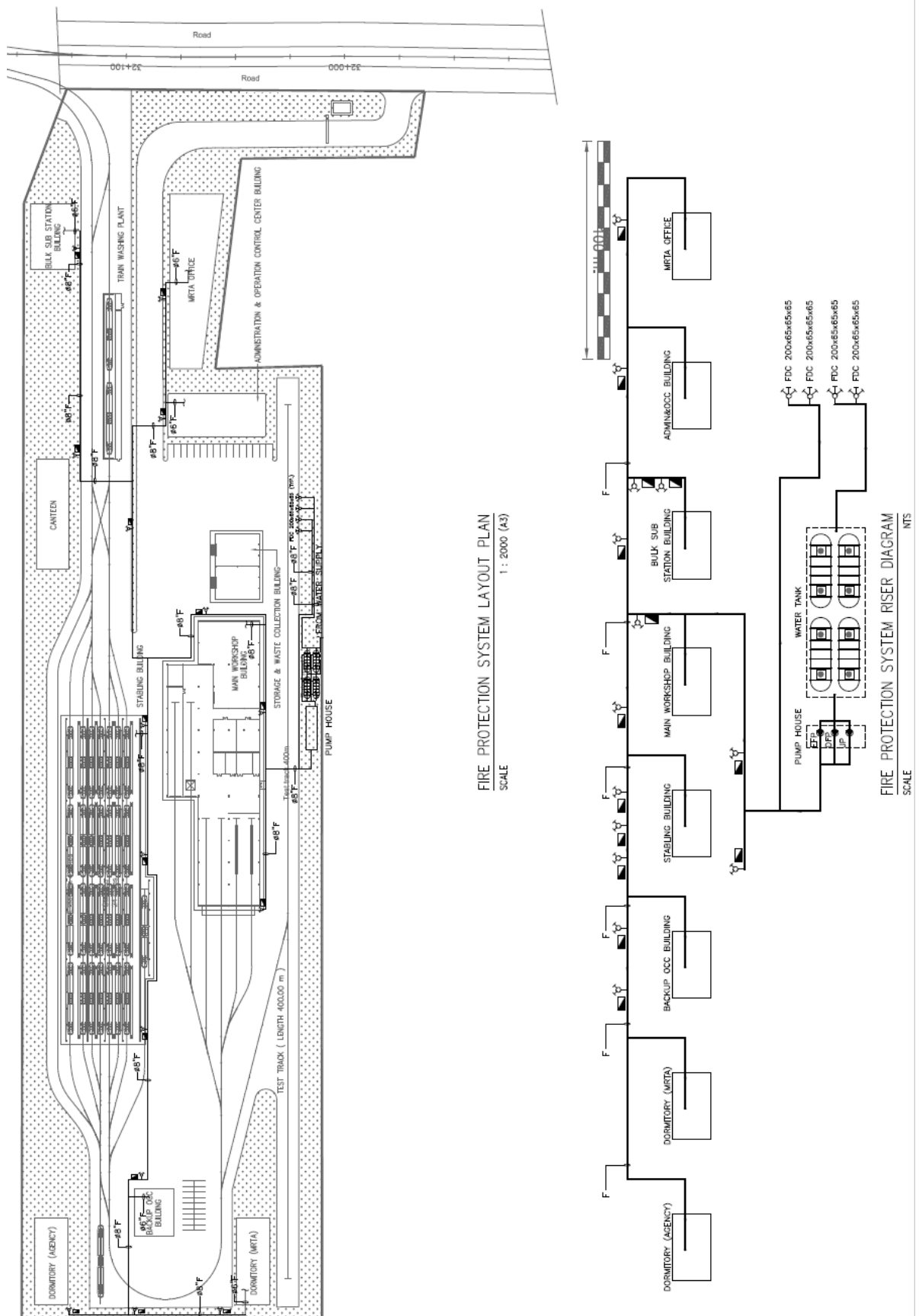
ตารางที่ 5.3-5 ประเภทและส่วนประกอบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

ประเภทของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง	ส่วนประกอบ	คำอธิบาย
1. ระบบท่อเปียก	1.1 หัวกระจายน้ำดับเพลิง (Automatic Sprinkler)	ติดตั้งอยู่กับระบบท่อน้ำ เมื่อความร้อนจากเพลิงไหม้ทำให้อุณหภูมิที่ติดตั้งสูงกว่าอุณหภูมิทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะเปิดออกอัตโนมัติและฉีดน้ำออกมาดับเพลิงทันที
	1.2 ระบบท่อน้ำ (Piping System)	ท่อน้ำในระบบที่ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง จะมีน้ำอยู่ตลอดเวลาภายใต้ความดันใช้งานของระบบ
	1.3 ระบบส่งน้ำ (Water Supply System)	ใช้ระบบส่งน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำดับเพลิงโดยต่อกับถังเก็บน้ำดับเพลิง
	1.4 วาล์วสัญญาณระบบท่อเปียก (Wet Pipe Alarm Valve)	ติดตั้งวาล์วสัญญาณเพื่อเตือนภัยด้วยระฆังน้ำ (Water Motor Gong) และส่งสัญญาณไปยังระบบเตือนอัคคีภัย (Fire Alarm System) ด้วย Pressure Switch
	1.5 อุปกรณ์ส่งสัญญาณการไหลของน้ำ (Water Flow Switch)	ติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณการไหลของน้ำเพื่อให้อุปกรณ์ส่งสัญญาณเมื่อมีการไหลของน้ำผ่านอุปกรณ์เท่ากับหรือมากกว่าการไหลของน้ำที่เกิดจากการแตกของหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่สุุดภายในโซนนั้นเพียง 1 ตัว
	1.6 สถานีทดสอบประจำชั้น (Floor Test Station)	ติดตั้งสถานีทดสอบประจำชั้น เพื่อทำหน้าที่ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ส่งสัญญาณการไหลของน้ำและสถานะของวาล์วควบคุมว่ามีการทำงานปกติหรือไม่
2. ระบบท่อแห้งแบบชะลอน้ำเข้า	2.1 หัวกระจายน้ำดับเพลิง (Automatic Sprinkler)	ติดตั้งอยู่กับระบบท่อโดยไม่มีน้ำค้างที่หัวและท่ออยู่
	2.2 ระบบท่อน้ำ (Piping System)	ท่อในระบบที่ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง จะมีน้ำอยู่ตลอดเวลาภายใต้ความดันใช้งานของระบบ
	2.3 ระบบส่งน้ำ (Water Supply System)	ใช้ระบบส่งน้ำด้วยเครื่องสูบน้ำดับเพลิงโดยต่อกับถังเก็บน้ำดับเพลิง
	2.4 วาล์วควบคุมชะลอน้ำเข้า (Pre-Action Valve)	การเปิดวาล์วเพื่อเปิดน้ำเข้าระบบสามารถสั่งได้จากสัญญาณจากระบบตรวจจับเพลิงไหม้
	2.5 อุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ (Detection Devices)	ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้ในบริเวณที่ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงเพื่อตรวจจับเพลิงไหม้ในพื้นที่นั้นๆ

- แนวคิดการออกแบบ

- 1) แนวคิดการออกแบบระบบดับเพลิงภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง

ระบบดับเพลิงภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง ออกแบบโดยรับน้ำประปาจากภายนอกโครงการเข้ามายังถังเก็บน้ำดับเพลิง (On Ground Fire Water Tank) ที่ตั้งอยู่บริเวณอาคารสูบน้ำ (Pump house) ซึ่งภายในอาคารสูบน้ำประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่มีชุดขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel fire pump) เครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่มีชุดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Electrical fire pump) และเครื่องสูบน้ำรักษาแรงดัน (Jockey pump) น้ำสำหรับดับเพลิงภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุงสำรองไว้ 60 นาที โดยน้ำดับเพลิงจะจ่ายไปยังอาคารต่างๆ ด้วยเครื่องสูบน้ำดับเพลิงเพื่อให้มีความดันเพียงพอต่อการใช้งานสำหรับดับเพลิง โดยมีการติดตั้งหัวรับน้ำดับเพลิงขนาด 65 มิลลิเมตร จำนวน 12 หัวรับน้ำที่บริเวณด้านหน้าโครงการสำหรับรับน้ำดับเพลิงเข้าถังเก็บน้ำดับเพลิง และต่อเข้ากับระบบท่อดับเพลิงที่ใช้ในการดับเพลิงโดยตรง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งหัวดับเพลิงสำหรับดับเพลิงภายนอกอาคารเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่รอบโครงการ โดยมีระยะห่างระหว่างหัวดับเพลิงแต่ละหัวไม่ห่างกันเกินกว่า 150 เมตร แสดงดังรูปที่ 5.3-28



รูปที่ 5.3-28 ผังบริเวณและไดอะแกรมระบบดับเพลิงภายในโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง

2) แนวคิดการออกแบบระบบดับเพลิงภายในอาคารสถานียกระดับ (สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต)

ระบบดับเพลิงภายในอาคารสถานียกระดับ ออกแบบโดยรับน้ำประปาจากภายนอก โครงการเข้ามายังถังเก็บน้ำดับเพลิง (Underground Fire Water Tank) ภายในอาคารสถานียกระดับ โดยน้ำดับเพลิงจะจ่ายไปยังอาคารต่างๆ ด้วยเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ซึ่งประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่มีชุดขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Fire Pump) เครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่มีชุดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Electrical Fire Pump) และเครื่องสูบน้ำรักษาแรงดัน (Jockey Pump) น้ำสำหรับดับเพลิงภายในอาคารสถานียกระดับจะถูกสำรองไว้ 30 นาที เพื่อให้มีความดันเพียงพอต่อการใช้งานสำหรับดับเพลิง นอกจากนี้ยังมีระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาด (Clean Agent Fire Suppression System) เพื่อใช้ดับเพลิงสำหรับห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าและสื่อสารต่างๆ ระบบดับเพลิงภายในอาคารสถานียกระดับแสดงดังรูปที่ 5.3-29

- ระบบท่อเย็นและสายสูบน้ำดับเพลิง

จะต้องติดตั้งให้สามารถนำไปใช้ดับเพลิงในพื้นที่ทั้งหมดในชั้นนั้นได้ โดยรับน้ำดับเพลิงจากระบบจ่ายน้ำดับเพลิงที่อยู่ห้องเครื่องสูบน้ำ (Pump Room) ท่อเย็นในอาคารสถานียกระดับใช้เป็นประเภทที่ 3 ระยะห่างระหว่างตู้ดับเพลิงต้องไม่เกิน 64 เมตร

- ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

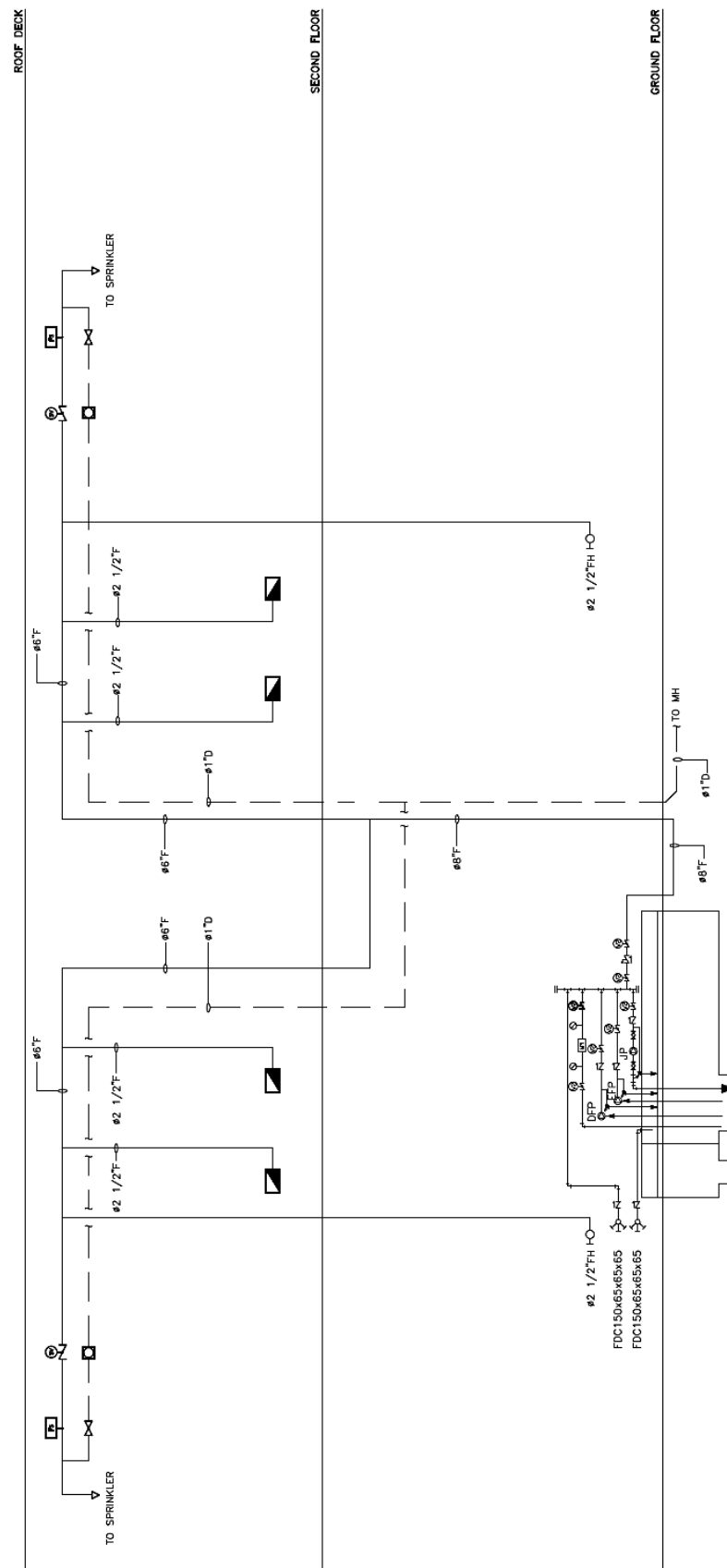
จะต้องติดตั้งให้ครอบคลุมพื้นที่ห้องต่างๆ ทุกชั้น ยกเว้นห้องที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าและสื่อสารต่างๆ และสามารถทำงานได้ด้วยตัวเองทันทีเมื่อมีเพลิงไหม้

- ระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาด

ระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาด จะประกอบด้วยถังเก็บก๊าซไนโตรเจน เพื่อใช้สำหรับดับเพลิงในแต่ละพื้นที่ตามที่กำหนด ซึ่งระบบนี้จะทำงานอย่างอัตโนมัติด้วยอุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke detector) ที่ออกแบบตามหลักการ cross zone เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับควัน ตรวจจับควันในห้องได้ ก็จะแสดงสัญญาณเตือนทั้งสัญญาณแสงและสัญญาณเสียง สัญญาณเตือนนี้จะแสดงทั้งที่แผงควบคุมที่หน้าห้องและที่ห้องควบคุมในอาคารสิ่งอำนวยความสะดวกด้านไฟฟ้าเครื่องกลและจะต้องติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ (Manual pull release) ที่หน้าห้องที่ติดตั้งระบบดับเพลิงนี้เพื่อใช้สำหรับแจ้งเหตุด้วยตู้ควบคุมของระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาดจะติดตั้งไว้ที่หน้าห้อง ต้องเป็นแบบที่สามารถเลือกทำงานได้ทั้งแมนนวลและอัตโนมัติ ระบบ Total flooding system จะต้องอินเตอร์ล๊อคกับอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศและระบายอากาศของห้องที่ติดตั้งระบบดับเพลิงนี้ เพื่อหยุดการทำงานอุปกรณ์เหล่านั้นขณะที่ระบบดับเพลิงทำงาน

- ถังดับเพลิงแบบมือถือ

ให้ติดตั้งถังแบบมือถือในพื้นที่สาธารณะและพื้นที่ทั่วไป ใช้ถังดับเพลิงแบบผงเคมีแห้งและสำหรับห้องควบคุมหรือห้องไฟฟ้า ใช้ถังดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 5.3-29 ไดอะแกรมระบบดับเพลิงภายในอาคารสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต

3) แนวคิดการออกแบบระบบดับเพลิงภายในอาคารสถานีใต้ดิน (สถานีกลาง)

ระบบดับเพลิงภายในอาคารสถานีใต้ดิน ออกแบบโดยรับน้ำประปาจากภายนอกโครงการ เข้ามายังถังเก็บน้ำดับเพลิง โดยน้ำดับเพลิงจะจ่ายไปยังอาคารต่างๆ ด้วยเครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่มีชุดขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Fire Pump) เครื่องสูบน้ำดับเพลิงที่มีชุดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Electrical Fire Pump) และเครื่องสูบน้ำรักษาแรงดัน (Jockey Pump) และมีระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาด (Clean Agent Fire Suppression System) สำหรับใช้ดับเพลิงห้องอุปกรณ์ไฟฟ้าและสื่อสารต่างๆ

- ระบบท่อเย็นและสายสูบน้ำดับเพลิง

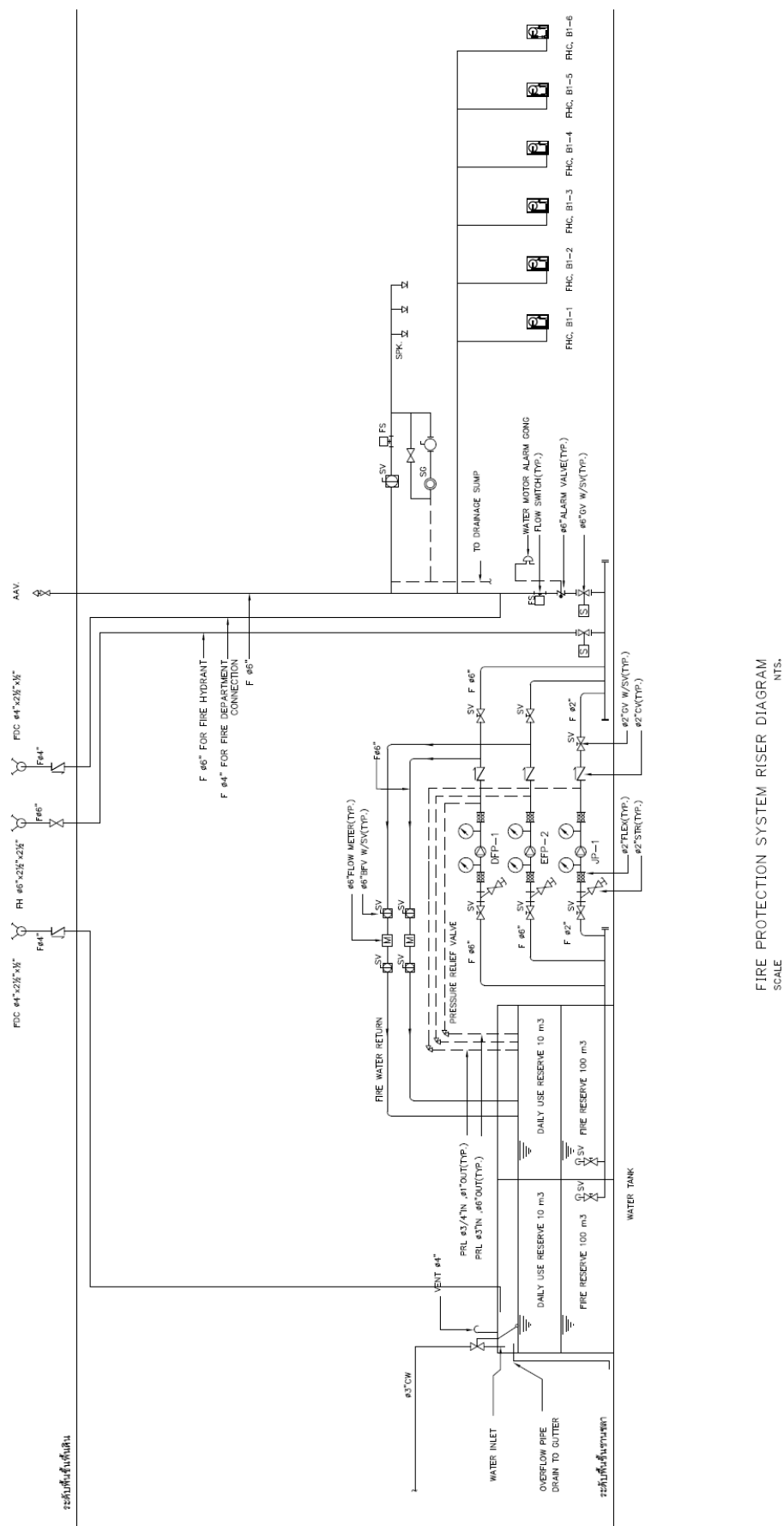
ระบบท่อดับเพลิงสำหรับอุโมงค์ จะต้องติดตั้งตลอดความยาวของอุโมงค์ โดยรับน้ำดับเพลิงจากระบบจ่ายน้ำดับเพลิงที่อยู่อาคารระบายอากาศ (Vent building) ท่อเย็นในอุโมงค์ใช้เป็นประเภทที่ 3 คือมีชุดสายฉีดน้ำดับเพลิงขนาด 25 มิลลิเมตร สำหรับผู้ใช้อาคารและวาล์วสายฉีดน้ำดับเพลิงขนาด 65 มิลลิเมตร สำหรับพนักงานดับเพลิง หรือผู้ที่ได้รับการฝึกฝนในการใช้สายขนาดใหญ่ โดย จัดให้อุปกรณ์ทั้ง 2 อย่างอยู่รวมกันไปในชุดสายฉีดน้ำดับเพลิง ชุดสายฉีดน้ำดับเพลิงออกแบบให้ความดันทางออกไม่น้อยกว่า 450 กิโลปาสกาล โดยมีระยะการเข้าถึง สามารถเข้าถึงได้ทุกพื้นที่ ในระยะ 30 เมตร จากสายฉีดน้ำดับเพลิงของชุดสายฉีดน้ำดับเพลิง

- ระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาด

ระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาด จะประกอบด้วยถังเก็บก๊าซไนโตรเจน เพื่อใช้สำหรับดับเพลิงในแต่ละพื้นที่ตามที่กำหนด ซึ่งระบบนี้จะทำงานอย่างอัตโนมัติด้วยอุปกรณ์ตรวจจับควัน (Smoke detector) ที่ออกแบบตามหลักการ cross zone เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับควัน ตรวจจับควันในห้องได้ ก็จะแสดงสัญญาณเตือนทั้งสัญญาณแสงและสัญญาณเสียง สัญญาณเตือนนี้จะแสดงทั้งที่แผงควบคุมที่หน้าห้องและที่ห้องควบคุมในอาคารสิ่งอำนวยความสะดวกด้านไฟฟ้าเครื่องกลและจะต้องติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุด้วยมือ (Manual pull release) ที่หน้าห้องที่ติดตั้งระบบดับเพลิงนี้ เพื่อใช้สำหรับแจ้งเหตุด้วยตู้ควบคุมของระบบดับเพลิงด้วยสารสะอาดจะติดตั้งไว้ที่หน้าห้อง ต้องเป็นแบบที่สามารถเลือกทำงานได้ทั้งแมนนวลและอัตโนมัติ ระบบ Total flooding system จะต้องอินเทอร์ล็อกกับอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศและระบายอากาศของห้องที่ติดตั้งระบบดับเพลิงนี้ เพื่อสั่งหยุดการทำงานของอุปกรณ์เหล่านั้นขณะที่ระบบดับเพลิงทำงาน

- ถังดับเพลิงแบบมือถือ

ให้ติดตั้งถังแบบมือถือในพื้นที่สาธารณะและพื้นที่ทั่วไป ใช้ถังดับเพลิงแบบผงเคมีแห้ง และสำหรับห้องควบคุมหรือห้องไฟฟ้า ใช้ถังดับเพลิงแบบคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 5.3-30 ไตอะแกรมระบบดับเพลิงภายในอาคารสถานีกลาง

5.3.6 ระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศ

5.3.6.1 ระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศภายในอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุงและอาคาร
สถานียกกระบัตร

ออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ในพื้นที่สำนักงานทั่วไป ห้องคอมพิวเตอร์ และ
ห้องควบคุมโดยใช้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ วิธีทางกลหรือระบบหมุนเวียนอากาศตาม
ธรรมชาติ

- มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ (Standards, Codes and Regulations)
 - มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)
 - กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร
 - มอก. : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 - ASHRAE : American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
 - AHRI : Air Conditioning Heating and Refrigeration Institute
 - AMCA : Air Movement and control Association
 - SMACNA : Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association Inc.
 - : UL 555 Standard for Fire Dampers
 - NFPA 130 : Standard for Fixed Guide way Transit and Passenger Rail Systems
 - NFPA 90A : Standard for Installation of Air Conditioning and Ventilation System
 - NFPA 92A : Recommend Practice for Smoke Control System
 - NFPA 92B : Guide for Smoke Management Systems in Mall, Atria, and Large Areas
 - NFPA 101 : Life Safety Cod
 - MEA : Metropolitan Electrity Authority
 - NEC : National Electrical Code
 - Other Equivalent International standards

- เกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria)
 - 1) สภาวะออกแบบภายนอก (Outdoor Design Conditions)
 - ความสูงเปรียบเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางโดยเฉลี่ย 3 เมตร
 - อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 33.0 °Cdb
 - อุณหภูมิกระเปาะเปียก 25.5 °Cwb
 - 2) สภาวะออกแบบภายใน (Internal Design Conditions)
 - อุณหภูมิออกแบบห้องสำนักงาน, ห้องทั่วไป 24±1 °C , 55±5 %RH
 - อุณหภูมิออกแบบห้องไฟฟ้า, ห้องเครื่องจักร 22±1 °C , 50±5 %RH
 - 3) มีการระบายอากาศ Gas purge system ในห้องที่มีระบบดับเพลิงก๊าซไนโตรเจน (N₂) หรือ Clean agent fire suppression.
 - 4) การระบายอากาศโดยทั่วไป ใช้วิธีระบายอากาศโดยธรรมชาติ และวิธีทางกลของพื้นที่ต่างๆ ได้จัดเตรียมให้มีอัตราการระบายอากาศไม่น้อยไปกว่าที่กฎกระทรวงฯ

ตารางที่ 5.3-5 เกณฑ์ในการออกแบบการระบายอากาศในพื้นที่ไม่มีการปรับอากาศ

สถานที่	อัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1. ห้องน้ำ ห้องส้วมของที่พักรถหรือสำนักงาน	2
2. ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	4
3. ที่จอดรถที่อยู่กว่าระดับพื้นดิน	4
4. โรงงาน	4
5. สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
6. สำนักงาน	7
7. ห้องครัวของที่พักรถ	12
8. ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	24
9. ลิฟต์โดยสารและลิฟต์ดับเพลิง	30

ตารางที่ 5.3-6 เกณฑ์ในการออกแบบการระบายอากาศในกรณีที่มีระบบปรับอากาศ

สถานที่	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ตารางเมตร
1. ห้องสรรพสินค้า (ทางเดินชมสินค้า)	2
2. โรงงาน	2
3. สำนักงาน	2
4. ห้องปฏิบัติการ	2
5. ห้องประชุม	6
6. ห้องน้ำ ห้องส้วม	10
7. ห้องรับประทานอาหาร	10
8. ห้องครัว	30

สถานที่อื่นๆ ที่มีได้ระบุไว้ในตาราง ให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

- แนวคิดในการออกแบบ (Design Concept)

- ระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศอาคารโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง

- 1) MRTA Office / Administration & OCC

แนวคิดการออกแบบระบบปรับอากาศอาคาร MRTA & OCC เลือกใช้เป็นระบบทำน้ำเย็น เพราะเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศที่ขนาดใหญ่ มีจำนวนห้องที่จำเป็นต้องปรับอากาศหลายห้อง หรือหลายชั้น โดยจะใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนหรือความเย็น ทั้งนี้สามารถเลือกใช้ระบบทำน้ำเครื่องตามการใช้งานที่เหมาะสม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Water Chiller) โดยปกติขนาดการทำ ความเย็นไม่เกิน 500 ตัน เหมาะสำหรับพื้นที่ปรับอากาศที่มีข้อจำกัดของพื้นที่ติดตั้ง หรือระบบน้ำสำหรับระบายความร้อน ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศอยู่ระหว่าง 1.4-1.6 กิโลวัตต์/ตัน
- ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) ใช้สำหรับระบบที่ต้องการขนาดการทำ ความเย็นมาก ประสิทธิภาพสำหรับเครื่องทำน้ำชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำดีกว่าระบายความร้อนอากาศอยู่ระหว่าง 0.62-0.75 กิโลวัตต์ต่อตัน ซึ่งการลงทุนจะสูงกว่าเพราะต้องมีการติดตั้งหอระบายความร้อน (Cooling Tower) เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) และยังต้องปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการสึกกร่อนและตะกรันด้วย

การออกแบบการระบายอากาศ ใช้วิธีธรรมชาติและวิธีทางกล และมีการระบายอากาศ Gas purge system ในกรณีห้องที่มีระบบดับเพลิงก๊าซไนโตรเจน (N₂) หรือ Clean agent fire suppression

- 2) Main Workshop Building / Bulk Substation Building

แนวคิดการออกแบบ ใช้ระบบปรับอากาศโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ได้แก่ ห้องสำนักงานทั่วไป และห้องไฟฟ้า เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ในการออกแบบด้านวิศวกรรมปรับอากาศและระบายอากาศ จะเน้นการใช้อากาศบริสุทธิ์จากธรรมชาติให้มากที่สุด และการระบายอากาศ โดยวิธีธรรมชาติและวิธีทางกล และมีการระบายอากาศ Gas purge system ในกรณีห้องที่มีระบบดับเพลิงก๊าซไนโตรเจน (N₂) หรือ Clean agent fire suppression

3) Backup OCC Building

แนวคิดการออกแบบ ใช้ระบบปรับอากาศโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ได้แก่ ห้องสำนักงานทั่วไป และห้องไฟฟ้า เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ในการออกแบบด้านวิศวกรรมปรับอากาศและระบายอากาศ จะเน้นการใช้อากาศบริสุทธิ์จากธรรมชาติให้มากที่สุด และการระบายอากาศ โดยวิธีธรรมชาติและวิธีทางกล

4) Canteen

แนวคิดการออกแบบ สามารถเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) หรือเลือกระบบปรับอากาศแบบ VRF ระบบนี้เป็นเทคโนโลยีที่ควบคุมการจ่ายปริมาณสารทำความเย็นโดยตรงโดยติดตั้งควบคุมการจ่ายสารทำความเย็นไว้ที่ตัวคอยล์เย็น (Indoor Unit) ทำให้ควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ และประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 40% เมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศอื่นๆ ในการออกแบบด้านวิศวกรรมปรับอากาศและระบายอากาศ จะใช้อากาศบริสุทธิ์จากธรรมชาติให้มากที่สุดและการระบายอากาศ ด้วยวิธีธรรมชาติและวิธีทางกล โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

5) Dormitory (MRTA) / Dormitory (Agency)

การออกแบบระบบปรับอากาศของหอพัก เลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) และการระบายอากาศ ใช้วิธีธรรมชาติและวิธีทางกล โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

6) Storage & Waste Collection Building

ออกแบบให้มีระบบระบาย โดยอากาศอาศัยการระบายอากาศวิธีธรรมชาติผ่านช่องเปิดให้อากาศไหลเข้าออก และวิธีทางกล โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

- ระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศของอาคารสถานีรถไฟ

1) สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต (สถานียกระดับ)

ออกแบบเป็นระบบปรับอากาศโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ห้องสำนักงานทั่วไป และห้องไฟฟ้า เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ในการออกแบบด้านวิศวกรรมปรับอากาศและระบายอากาศ จะเน้นการใช้อากาศบริสุทธิ์จากธรรมชาติให้มากที่สุด และการระบายอากาศ โดยวิธีธรรมชาติและวิธีทางกล โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศ และมีการระบายอากาศ Gas purge system ในกรณีห้องที่มีระบบดับเพลิงก๊าซไนโตรเจน (N_2) หรือ Clean agent fire suppression ได้แก่ TRACTION SUBSTATION, GENERATOR ROOM, SERVICE SUBSTATION, EQUIPMENT ROOM, OPERATE ROOM, LV SWITCH และอื่นๆ

2) สถานีกลาง (สถานีใต้ดิน)

ออกแบบเป็นระบบปรับอากาศ โดยเลือกใช้เป็นระบบ VRF เพื่อลดพื้นที่ในการวาง condensing unit สามารถวางไว้บนหลังคาได้ ส่วนการระบายอากาศเน้นความปลอดภัยและสบายของผู้ใช้งาน สำหรับพื้นที่ระบายอากาศ เช่น โถงทางเดิน และโถงผู้โดยสารชานชาลา เป็นต้น การออกแบบระบบระบายอากาศ มีความสำคัญที่ต้องคำนึงถึงทั้งในแง่ของการประหยัดพลังงาน และการทำให้อากาศในอาคารมีคุณภาพที่ดีต่อผู้ใช้งานในระบบ ตามมาตรฐาน EIT ออกแบบให้มีพัดลมดูดอากาศออก 3 ชั้นตอน โดยมีอัตราการระบายอากาศ 4-6 เท่าของปริมาตรต่อชั่วโมง มี GAS DETECTOR และ TEMP SENSOR เพื่อตรวจจับว่าค่าก๊าซพิษต่างๆ ไม่ให้เกินที่เกณฑ์กฎหมาย กำหนดหรือความเข้มข้นเกินปกติที่ผู้ใช้งานในสถานีสามารถอยู่ได้ และอุณหภูมิไม่ควรสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก

การระบายอากาศในสถานีใต้ดิน ประกอบไปด้วย

- การระบายอากาศดี/เสีย เหนือรางรถไฟ
- การระบายอากาศดี/เสีย เหนือชานชาลา
- การระบายอากาศเสียใต้พื้นชานชาลา



รูปที่ 5.3-31 ภาพระบบระบายอากาศในสถานีใต้ดิน

ตัวอย่างปล่องระบายอากาศในประเทศฮ่องกง

- ปล่องขนาด 6x5 เมตร
- มีบานเกล็ดระบายอากาศ 3 ด้าน



รูปที่ 5.3-32 ภาพตัวอย่างปล่องระบายอากาศในประเทศฮ่องกง

- ระบบความปลอดภัยต่างๆ
 - การออกแบบจะปฏิบัติตาม NFPA ไม่ใช้วัสดุลามไฟ หรือมีควันเกินกำหนด
 - เครื่องปรับอากาศและพัดลมทุกตัวที่มีอัตราดูด-จ่ายลมเกิน 94.4 ลิตรต่อวินาที (2000 cfm) ที่ไม่เกี่ยวกับระบบป้องกันควัน จะถูกปิดโดยอัตโนมัติเมื่อมีเกิดเพลิงไหม้ หรือมีสัญญาณเพลิงไหม้
 - ท่อลมทุกชนิดที่ทะลุผ่านผนังกันไฟหรือพื้นที่ทนไฟได้จะติดตั้งลิ้นกันไฟ (Fire Damper) ตามมาตรฐานของ SMACNA เพื่อไม่ให้เกิดไฟลาม
- ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟที่ปิดทึบ
 - สำหรับบันไดหนีไฟ ที่ปิดทึบจะออกแบบให้มีระบบลมอัด (Pressurized) โดยใช้พัดลมอัดอากาศให้มีความดันอากาศในบันไดสูงกว่าภายนอก ซึ่งจะทำให้ควัน-ไฟ ไม่ลามเข้าบันได หนีไฟ โดยระบบอัดลมนี้นี้จะทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อระบบสัญญาณแจ้งเหตุไฟไหม้ของตึกทำงานและหยุดทำงานโดยคนไป ปิดเครื่องเท่านั้น ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดใน พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535 และฉบับที่ 50 พ.ศ. 2540

- ระบบระบายควัน (Smoke Extraction)

- ระบบระบายควันของชั้นผู้โดยสารขาออกที่เปิดโล่งถึงกันหลายๆ ชั้น เมื่อเกิดเพลิงไหม้
- ควันไฟจะลอยมาสะสมกันที่จุดสูงสุดของชั้นผู้โดยสารขาออก จึงให้มีการดูดควันหรือ ระบายควันอัตโนมัติจากบริเวณด้านบนสุดของชั้นผู้โดยสารขาออก ตามข้อกำหนดในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 50 พ.ศ.
- การระบายควันจะใช้พัดลมดูดควัน ที่ใช้มอเตอร์ทนความร้อน



รูปที่ 5.3-33 ภาพตัวอย่างการทดสอบระบายควันและทางเข้าของควันที่ปล่องระบายควัน ในสถานีใต้ดินในประเทศเนเธอร์แลนด์



รูปที่ 5.3-34 ภาพตัวอย่างทางเข้าของควันที่ปล่องระบายควันในสถานีใต้ดินในประเทศเนเธอร์แลนด์

● ระบบควบคุมอัตโนมัติ

- การออกแบบระบบศูนย์รวมทั้งหมดข้างต้น ซึ่งจะทำให้สามารถบรรลุจุดประสงค์ในการอนุรักษ์พลังงาน และเพิ่มความปลอดภัย จำเป็นต้องใช้กับคอมพิวเตอร์ ช่วยเสริมในการนี้ ระบบจะใช้ทั้งควบคุมการเปิด-ปิด และการทำงาน เพื่อการประหยัดพลังงาน และความปลอดภัย จะมีทั้งสัญญาณเตือนและการบันทึก การเกิดปัญหาและสาเหตุ และการบำรุงรักษา ตลอดจนการแสดงผลอัตราการใช้พลังงานต่างๆ และอัตราการใช้ไฟฟ้าอย่างครบถ้วน การควบคุมจะออกแบบให้สามารถเปลี่ยนเป็นการใช้แบบธรรมดา (Manual) ได้ไม่ยาก เมื่อคอมพิวเตอร์ขัดข้อง

3) สถานีทดลอง (สถานีบนดิน)

ออกแบบเป็นระบบปรับอากาศโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ห้องสำนักงานทั่วไป และห้องไฟฟ้า เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ในการออกแบบด้านวิศวกรรมปรับอากาศและระบายอากาศ จะเน้นการใช้อากาศบริสุทธิ์จากธรรมชาติให้มากที่สุด และการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติและวิธีทางกล โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศ และมีการระบายอากาศ Gas purge system ในกรณีห้องที่มีระบบดับเพลิงก๊าซไนโตรเจน (N2) หรือ Clean agent fire suppression ได้แก่ TRACTION SUBSTATION, GENERATOR ROOM, SERVICE SUBSTATION, EQUIPMENT ROOM, OPERATE ROOM, LV SWITCH และอื่นๆ

ตัวอย่างเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ได้แก่ เครื่องปรับอากาศชนิดแขวนฝ้า (Ceiling type) และเครื่องปรับอากาศชนิดติดผนัง (Wall type)



รูป 5.3-35 เครื่องปรับอากาศชนิดแขวนฝ้า



รูป 5.3-36 เครื่องปรับอากาศชนิดติดผนัง



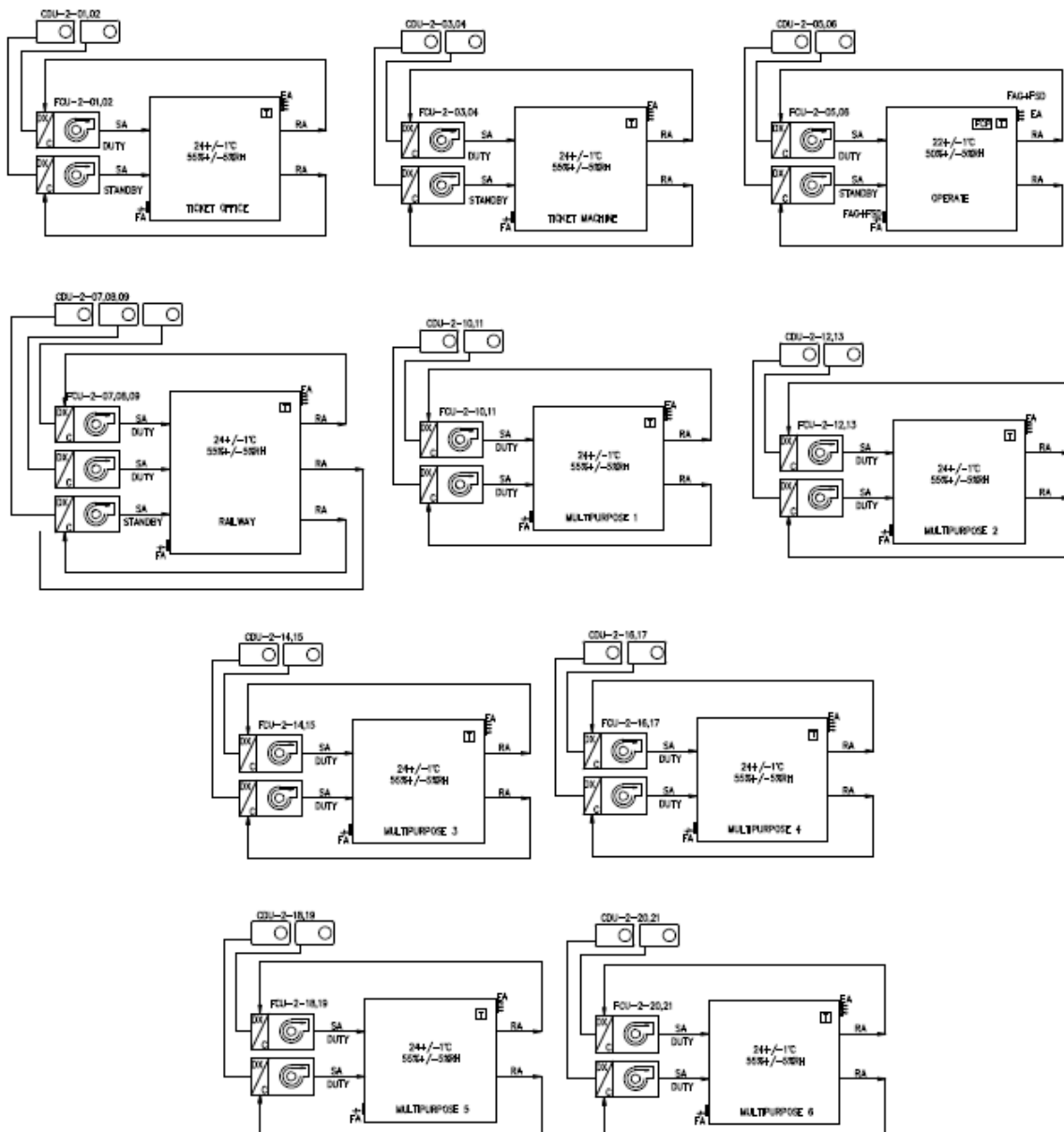
รูป 5.3-37 ชุดระบายความร้อนและคอยล์ร้อน (Condensing Unit)

ตัวอย่างพัดลมระบายอากาศ ได้แก่ พัดลมระบายอากาศชนิดติดฝ้า (Ceiling mount type) และพัดลมระบายอากาศชนิดติดผนัง (Wall mount type)

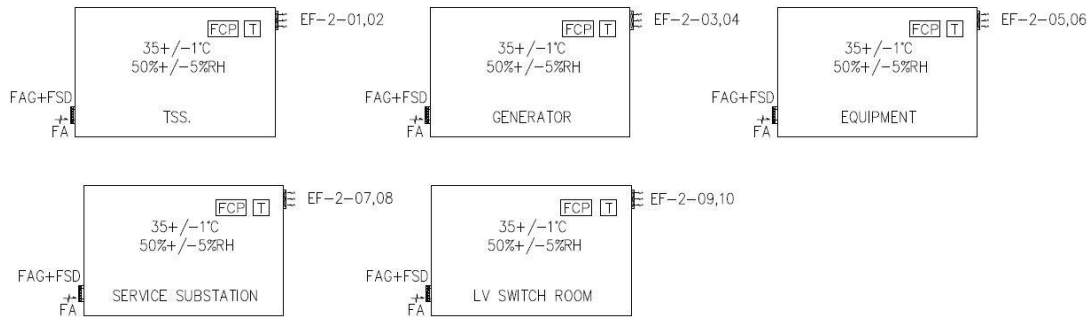


รูป 5.3-38 พัดลมระบายอากาศชนิดติดฝ้า

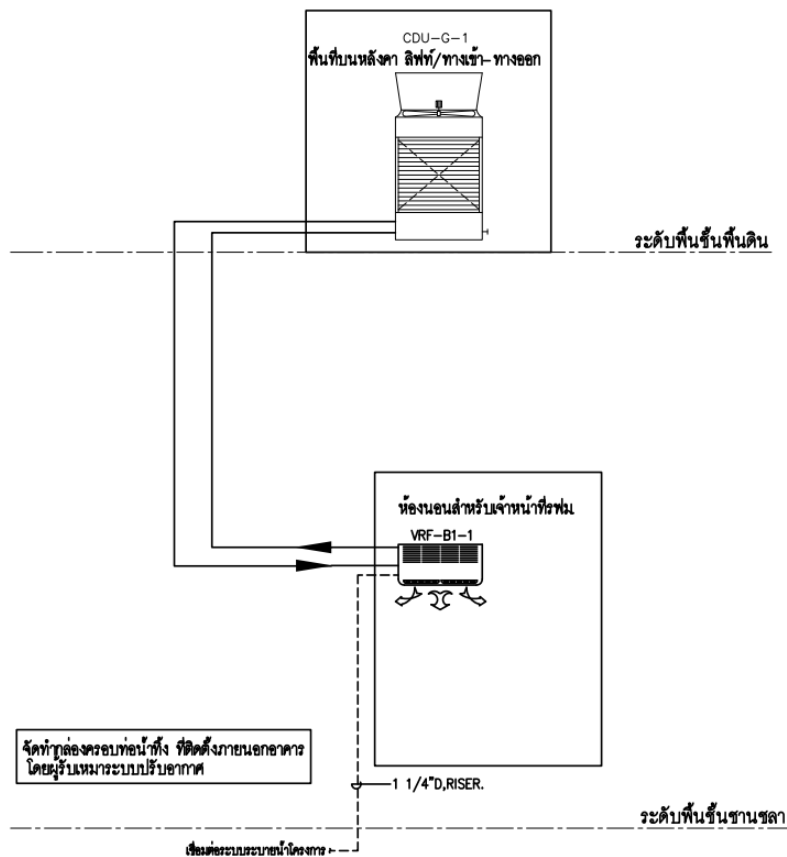
รูป 5.3-39 พัดลมระบายอากาศชนิดติดผนัง



รูปที่ 5.3-40 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนที่สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต



รูปที่ 5.3-41 ไดอะแกรมระบบระบายอากาศ GAS PURGE SYSTEM



รูปที่ 5.3-42 ไดอะแกรมระบบปรับอากาศแบบ VRF ที่สถานีกลาง

5.3.6.2 ระบบระบายอากาศในอุโมงค์ (Tunnel Ventilation System)

การออกแบบการระบายอากาศภายในอุโมงค์เพื่อเตรียมช่องระบายอากาศ(Vent shaft) และอุปกรณ์ระบายอากาศ สำหรับควบคุมสภาวะอากาศในอุโมงค์ให้ไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในช่วงเกิดเหตุช่วงฉุกเฉินไฟไหม้ (Fire emergency)

- มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ (Standards, Codes and Regulations)
 - มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)
 - กฎกระทรวงออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร
 - มอก. : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 - ASHRAE : American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
 - TIS : Thai Industry Standard
 - NFPA 130 : Standard for Fixed Guideway and Passenger Train Systems
 - NFPA 101 : Life Safety Code
- เกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria)
 - 1) ช่วงการเดินรถปกติ (Normal Operation)
 - อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงสุดที่จุดใดๆในอุโมงค์ จะต้องต่ำกว่า 40°C
 - อุณหภูมิอากาศในอุโมงค์ ณ จุดใดๆก็ตาม สูงสุดต้องไม่เกิน 45°C (อ้างอิงอุณหภูมิบรรยากาศเฉลี่ยที่ 35°C)
 - 2) ช่วงการเดินรถสภาวะคับคั่ง (Congested Operation)
 - อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในอุโมงค์อยู่สูงกว่าอากาศภายนอกไม่เกิน 5°C
 - 3) กรณีเกิดเพลิงไหม้ (Fire Emergency)
 - ภายในช่วงสองสามนาที่แรกของสภาวะฉุกเฉินอุณหภูมิของเส้นทางหนีไฟของผู้โดยสารต้องไม่เกิน 50 ° C
 - ระดับเสียงภายในสองสามแรกที่พัดลมเริ่มทำงานต้องไม่เกิน 115dBA หลังจากนั้นระดับเสียงสูงสุดต้องไม่เกิน 92 dBA
 - กำหนดให้ใช้ Fire Size 7MW
 - ความเร็วลมในอุโมงค์ทางเดินรถไฟต้องไม่ต่ำกว่า 0.82 เมตรต่อวินาทีและสูงสุดต้องไม่เกินจาก 10 เมตรต่อวินาที สูงสุดภายในอุโมงค์ต้องไม่เกินเมตร 11 ต่อวินาที
 - ความเร็วลมเฉลี่ยภายในช่องระบายอากาศ (Vent shaft) จะต้องไม่เกิน 6.5 เมตรต่อวินาที

- ความเร็วลมสูงสุดในช่องระบายอากาศ (Vent shaft) จะต้องไม่เกิน 8.0 เมตรต่อวินาที
- ความเร็วลมในอุโมงค์ต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เมตรต่อวินาที และสูงสุดต้องไม่เกินจาก 5 เมตรต่อวินาที ไม่ว่าจะทำการวัดที่หน้าตัดใดๆ ของอุโมงค์ โดยอัตราการไหลของอากาศจะต้องมากพอที่จะทำให้ความเร็วของอากาศสูงกว่าความเร็ววิกฤตของอากาศรอบตัว (Annulus) ตัวรถไฟเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของควันและก๊าซร้อน
- แนวคิดในการออกแบบ (Design Concept)

หลักการออกแบบระบบระบายอากาศในอุโมงค์ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่

- ขนาดและความยาวของอุโมงค์
- ชนิดของรถไฟที่ใช้
- ความเร็วของรถไฟ, อัตราเร่ง และการหยุดรถ
- อุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศ
- อัตราการถ่ายเทความร้อนจากพื้นดิน
- ความถี่ของรถไฟที่ เข้า-ออก สถานี เป็นต้น

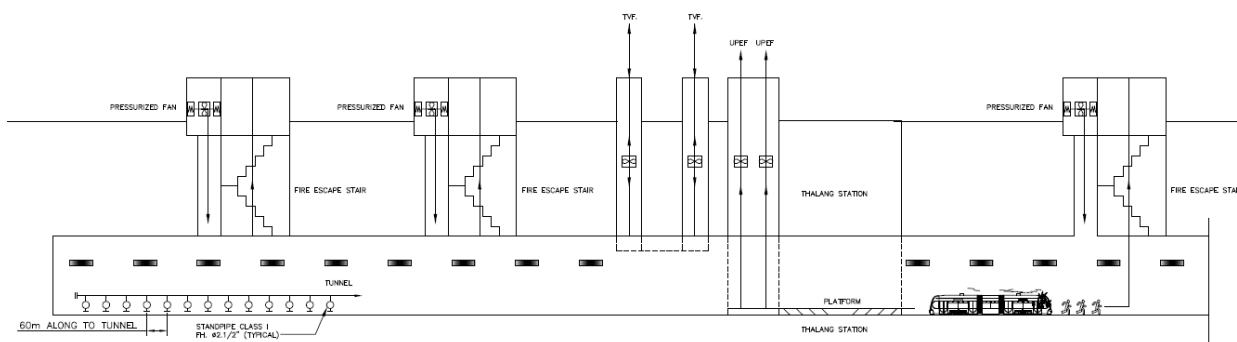
เพื่อให้บรรลุผลตามเกณฑ์การออกแบบที่กำหนด จะใช้หลักการออกแบบต่อไปนี้

- 1) การเดินรถปกติ (Normal Operation) ใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติเช่น เมื่อรถไฟเคลื่อนที่ผ่านอุโมงค์อากาศเสียจะถูกดันออกจากอุโมงค์และดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแทน, ลมธรรมชาติ, ความแตกต่างของความดันและอุณหภูมิระหว่างทางเข้าทางออกของปากอุโมงค์
- 2) การเดินรถเดินรถสภาวะคับคั่ง (Congested Operation) ในกรณีการเดินรถมีการติดค้างในสถานี การปรับอากาศของรถไฟยังคงทำงานอยู่ จึงจำเป็นต้องมีระบบถ่ายเทอากาศภายในอุโมงค์ โดยใช้พัดลมและช่วยระบายอากาศจากความร้อนที่เกิดจากมอเตอร์ของล้อรถไฟลักษณะการส่งการพัดลมจะทำงานอัตโนมัติตามที่ได้มีการโปรแกรมไว้ เมื่อรับข้อมูลอุณหภูมิ และตำแหน่งภายในอุโมงค์ทำงานเฉพาะดูดอากาศร้อนออก และมีเพียง Speed เดียวเท่านั้นโดยดูดลมผ่านระบบท่อลม และมีหัวดูดลมกระจายตามความยาวของขบวนขาลาดูดอากาศผ่านอาคารระบายอากาศเสีย (Tunnel Ventilation Exhaust building)
- 3) ช่วงฉุกเฉิน (Fire Emergency)
 - ต้องควบคุมอุณหภูมิภายในอุโมงค์ในขณะเกิดเพลิงไหม้ เพื่อความปลอดภัยในการหนีภัยจากอุโมงค์ โดยทิศทางการหนีไฟจะต้องเป็นทิศที่ใกล้ที่สุด และทิศทางการระบายอากาศร้อนหรือควันไฟ ให้อยู่ตรงข้ามทิศทางการหนีภัยเสมอ โดยใช้ JET FAN รวมกับ พัดลม Axial ขนาดใหญ่ติดตั้งที่อาคารระบายอากาศดี/เสีย (Tunnel Ventilation Supply/Exhaust building) ที่อยู่ใกล้กับสถานี ซึ่งพัดลมที่ติดตั้งอยู่ภายในอุโมงค์ต้อง

สามารถกลับทิศทางการหมุนได้ (Reversible) เพื่อช่วยเสริมการระบายอากาศในช่วงฉุกเฉิน(Emergency)

- ตำแหน่งของอาคารระบายอากาศ (Vent building) จะอยู่ที่ปลายช่องระบายอากาศ (Ventshaft) ที่ผิวดิน ภายในติดตั้งพัดลมระบายอากาศ (Tunnel fan) ที่สามารถกลับทิศทางการหมุนได้ (Fully reversible) มีชุด Motorized dampers ที่อินเตอร์ล็อกกับพัดลม ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของอากาศ ด้านเข้าและออกของพัดลมจะมีกล่องลดเสียง (Silencers) เพื่อลดระดับเสียงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
- ระบบอัดอากาศชนิดหนีไฟ (Escape Stair Case Pressurization System)

ระบบอัดอากาศสำหรับบันไดหนีไฟ จะถูกจัดเตรียมที่บันไดหนีไฟจากอุโมงค์ สู่ระดับถนนที่ Escape StairShaft ระบบประกอบด้วยพัดลมอัดอากาศ และ Relief Damper ควบคุมความดันภายในทางหนีไฟ ให้เท่ากับ 50 Pa ซึ่งเป็นค่าที่สามารถควบคุมมิให้ควันแพร่เข้ามาในทางหนีไฟ และผู้อพยพหนีไฟสามารถผลักเปิดประตูหนีไฟเข้าไปในบันไดหนีไฟได้



รูปที่ 5.3-43 แผนผังการระบายอากาศ กรณีเกิดเพลิงไหม้ในอุโมงค์

5.3.7 ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน

เพื่อใช้ในการขนส่งคน และการลำเลียงคนจำนวนมากด้วยความเร็วที่เหมาะสม และคงที่

- มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ (Standards, Codes and Regulations)
 - มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.)
 - ASME A 17.1 SAFETY CODE FOR ELEVATORS AND ESCALATORS
 - EN81 (BS5655) LIFT AND SERVICE LIEF
 - EN81-1 SAFETY RULE OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION OF LIEF
 - EN115 SAFETY RULE OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION OF ESCALATORS AND PASSENGER CONVEYORS
 - NFPA130-2010 STANDARD FOR FIXED GUIDEWAY TRANSIT AND PASSENGER RAIL

- เกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria)
 - อาคารขนาดเล็กไม่เกิน 4 ชั้น เลือกใช้ลิฟต์ความเร็ว 45-60 เมตร/นาที
 - ลิฟต์โดยสารทั่วไป น้ำหนักขนส่งไม่น้อยกว่า 630 กิโลกรัม
 - สถานีใต้ดิน ใช้ลิฟต์ประเภท Fireman

5.4 ธรณีวิทยาและปฐพีวิทยา

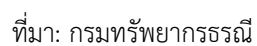
การออกแบบฐานรากและงานด้านปฐพีเทคนิคและธรณีวิทยาของระบบรถไฟฟ้า ได้ใช้ผลการสำรวจทางธรณีวิทยาและปฐพีวิทยาเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบให้มีความเหมาะสมปลอดภัย และเป็นไปตามหลักวิศวกรรม

5.4.1 สภาพทางธรณีวิทยาและแผ่นดินไหว

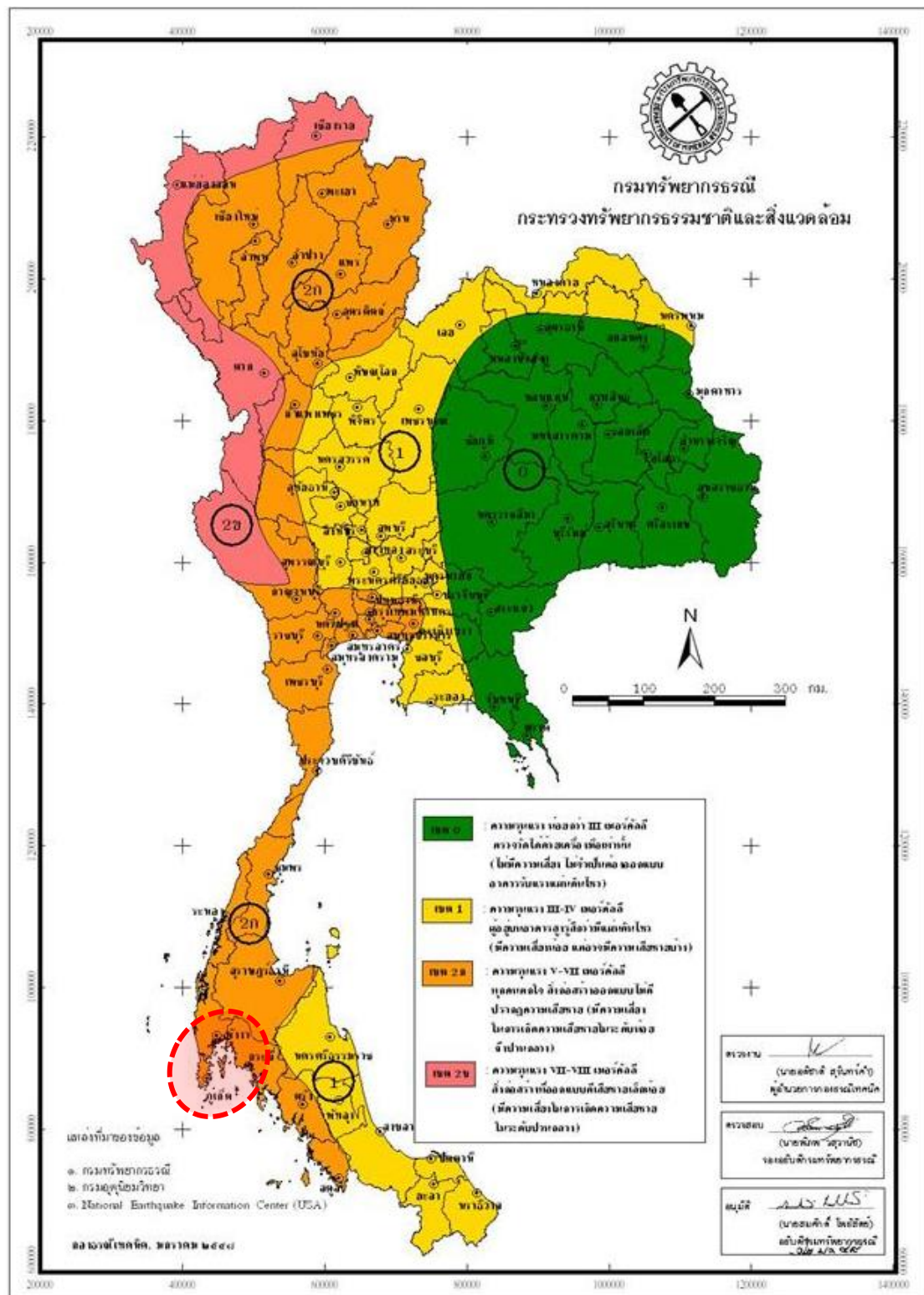
ประเทศไทยเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย (Eurasian Plate) ซึ่งล้อมรอบด้วยแผ่นเปลือกโลกอีก 2 แผ่น คือ แผ่นมหาสมุทรอินเดีย (Indian Plate) หรือแผ่นเปลือกโลกอินเดีย-ออสเตรเลีย (Indian-Australian Plate) และแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิก (Pacific Plate) ซึ่งเป็นเขตที่ค่อนข้างปลอดภัย แผ่นดินไหวพอสมควร

แผ่นดินไหวที่ส่งผลความสั่นสะเทือนในประเทศไทย เกิดจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 2 ลักษณะ ได้แก่ แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวจากรอยเลื่อนภายนอกประเทศในบริเวณประเทศเมียนมาร์หรือพม่า จีนตอนใต้ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ทะเลอันดามัน และแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวจากรอยเลื่อนภายในประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันตกของประเทศ เช่น รอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และรอยเลื่อนระนอง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 5.4-1 และรูปที่ 5.4-2 ตามลำดับ

สภาพธรณีวิทยาทั่วไป พิจารณาจากแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:500,000 ของกรมทรัพยากรธรณี (พ.ศ. 2528) ดังแสดงในรูปที่ 5.4-3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิเคราะห์รูปแบบโครงสร้าง และฐานรากเบื้องต้น



งานศึกษาและวิเคราะห์การให้เอกชนร่วมลงทุนโครงการระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ต
และทำหน้าที่ที่ปรึกษาตามที่กำหนดในพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556



ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี

รูปที่ 5.4-2 แผนที่บริเวณเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 พ.ศ. 2548)

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี

รูปที่ 5.4-3 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดภูเก็ต

งานศึกษาและวิเคราะห์การให้เอกชนร่วมลงทุนโครงการระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ต
และทำหน้าที่ที่ปรึกษาตามที่กำหนดในพระราชบัญญัติการให้เอกชนร่วมลงทุนในกิจการของรัฐ พ.ศ. 2556

TU-RAC / AEC / MHPM

5.4.2 ลักษณะธรณีสัณฐานจังหวัดภูเก็ต

พื้นที่ของเกาะภูเก็ต ประกอบด้วยหินยุคต่างๆ ตามลักษณะธรณีวิทยา ประกอบด้วยหินที่เรียกว่า หินชุดภูเก็ต มีหินโคลนปนกรวด หินทราย หินดินดาน เช่น บริเวณแหลมพันวา แหลมตึกแก ฯลฯ ชุดหินแกรนิตเป็นบริเวณกว้างใหญ่ตั้งแต่ทางทิศใต้ของเกาะฝั่งตะวันตกปลายแหลมพรหมเทพ ตลอดชายฝั่งทะเลไปกลางเกาะ แล้วพาดขึ้นไปทางทิศเหนือ จนถึงเขาบางคูกุ บ้านไม้ขาว อำเภอถลาง โดยหินชุดนี้เป็นบ่อเกิดของสินแร่ที่สำคัญคือ แร่ดีบุก

หินแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลทางตะวันตก เมื่อผู้พังลง นานเข้าจะถูกน้ำทะเลและคลื่นลมกัดเซาะ ทำให้เกิดตะกอนทรายสีขาว ดังนั้นชายหาดฝั่งทะเลตะวันตกจึงเป็นชายหาดสีขาว รวมทั้งบางเกาะทางทิศใต้ด้วย คือ หาดทรายเกาะรายาใหญ่ เกาะรายาน้อยและเกาะอื่นๆ ในแถบนี้ ดังนั้น พื้นที่ธรณีสัณฐานของภูเก็ตที่เห็นเด่นชัดมีดังนี้

- **พื้นที่ภูเขา** อยู่บริเวณตั้งแต่แหลมพรหมเทพ ขึ้นไปทางทิศเหนือ ตลอดทั้งเกาะ จนถึงอำเภอถลาง ถึงเขตบางเทา แล้วแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนตะวันออกของเกาะตั้งแต่เขาพระแทวและเขตตะวันตกเป็นพืดเขา ตั้งแต่บ้านดอนไปจนถึงบ้านสาคุ บ้านไม้ขาว ส่วนทิศใต้ของเกาะบริเวณเขาขาด ถึงแหลมพันวา และภูเขาบนเกาะสิเหร่ บริเวณหน้าผาบางแห่งมีร่องรอยของน้ำทะเลเคยขึ้นถึง ภูเขาที่สูงที่สุด คือ ภูเขาไม้เท้าสิบสอง สูง 529 เมตร ตั้งอยู่บริเวณบ้านป่าตอง
- **หน้าผา** บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันตกของภูเก็ต ตั้งแต่แหลมพรหมเทพ ขึ้นไปทางทิศเหนือตลอดแนว มีหน้าผาสูงชัน ผ่านบ้านไสยวน แหลมลำเจียก บ้านนาคาเล จนถึงแหลมสิงห์ใกล้หาดสุรินทร์ ถึงแม้บางช่วงมีหาดทรายสีขาว บางช่วงมีเพียงโขดหิน จนถึงบ้านในทอน ส่วนชายฝั่งทะเลตะวันออกของตัวเกาะ มีหน้าผาตั้งแต่ทิศเหนือบริเวณบ้านสามแหลม ลงมาจนถึงเกาะสิเหร่ บริเวณแหลมพันวา
- **หินใต้น้ำ** พื้นที่บางส่วนของเกาะภูเก็ตที่เป็นหน้าผามีหินใต้น้ำ จะมองเห็นในช่วงน้ำลง แต่บางแห่งจะมองไม่เห็น เช่น บริเวณหาดราไวย์ หาดกะหลิม ผาตอง ที่มีมากที่สุดคือบริเวณแหลมพันวาทั้งสองด้าน จนถึงอ่าวมะขาม เลยไปถึงเกาะสิเหร่ บริเวณแหลมตึกแกและแหลมงา
- **หินโสโครก** รอบเกาะภูเก็ตมีแนวหินโสโครก ที่เห็นได้ชัดได้แก่บริเวณชายหาดราไวย์ บริเวณสามแหลมใกล้เกาะเฮ เป็นต้น ซึ่งเป็นเขตอันตรายในการเดินเรือ
- **พืดหินปะการัง** เกิดขึ้นบริเวณรอบนอกของเกาะภูเก็ต พืดหินเหล่านี้เกิดขึ้นจากการก่อตัวของสัตว์ทะเลตัวเล็กๆ พืดปะการังเหล่านี้บางส่วนนั้นก็จะตายหมด ทำให้สาหร่ายบางชนิดเจริญเติบโตเหนือยอดหินปะการัง
- **พื้นที่ลอนคลื่น** เป็นพื้นที่ราบและหุบเขาสูงๆ ต่ำๆ บางส่วนเกิดจากที่ราบตดิเชิงเขา ออกไปจนถึงชายฝั่งทะเล พื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่บริเวณฝั่งตะวันออกของเกาะภูเก็ต โดยเริ่มตั้งแต่ทางทิศใต้ ตั้งแต่หาดราไวย์ บ้านฉลอง บ้านป่าหาลาย บ้านแหลมชัน บริเวณตัวเมืองภูเก็ต บ้านกู่กู บ้านเกาะแก้ว บ้านสะปำ บ้านลิพอน บริเวณตัวเมืองถลาง บ้านดอน บ้านพรุจำปา พรุสมภาร เลียบเชิงเขานางคูกและเชิงเขาพระแทว จนถึงบ้านไม้ขาว

- **พื้นที่ราบลุ่ม** เป็นพื้นที่ราบชายฝั่งที่เป็นส่วนรอยต่อระหว่างพื้นที่ลอนคลื่นกับพื้นที่ที่น้ำทะเลขึ้นถึง พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ทางฝั่งตะวันออกของเกาะ ตั้งแต่ตำบลคลองบริเวณบ้านไสยวน บ้านโคกโตนด บ้านป่าหล่าย บ้านแหลมชัน บ้านบ่อแร่ฝั่งตะวันออก จนถึงสะพานหิน จากชายฝั่งทะเลสู่ภูบ้านเกาะแก้ว บ้านสะปำ บ้านท่าเรือ จนถึงแหลมยามู ส่วนชายฝั่งทะเลตะวันตกของเกาะ บริเวณชายฝั่งบ้านบางเทา อำเภอถลาง เลี้ยว บ้านดอน เป็นต้น
- **พื้นที่น้ำทะเลขึ้นถึง** เป็นบริเวณที่เกิดจากบริเวณพื้นที่ราบลุ่ม ส่วนใหญ่เป็นหาดโคลน หรือป่าชายเลนหรือป่าพังกา มีไม้โกงกาง ไม้แสม เช่น บริเวณบ้านแหลมชันคลองมุดง บ้านป่าหล่าย บ้านเกาะแก้ว บ้านท่าเรือ บ้านป่าคลอก บ้านบางโรง บ้านผักฉืด และตลอดชายฝั่งตั้งแต่บ้านสามแหลมจนถึงบ้านไม้ขาว ท่าฉัตรไชย
- **หาดสันดอน** พื้นที่ชายฝั่งตะวันตกตั้งแต่แหลมพรหมเทพขึ้นไปทางทิศเหนือ เป็นพื้นที่ภูเขาหน้าผา ซึ่งเป็นหินแกรนิต เมื่อถูกคลื่นซัดในช่วงฤดูพายุเป็นเวลานาน ทำให้เกิดตะกอนและเม็ดกรวดทรายละเอียดสีขาวบริเวณชายฝั่ง จึงเป็นหาดทรายสีขาวที่สวยงาม บางหาดมีสันดอน เช่น หาดกะตะ หาดกะรน หาดกมลา หาดในยาง หาดไม้ขาว หาดทรายเหล่านี้จะอยู่ด้านนอกสุด มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1-2 เมตร แต่บางพื้นที่มีหาดทรายโบราณที่อยู่ลึกเข้าไปอีกจากหาดทรายในปัจจุบัน เช่น บริเวณหาดทรายในยาง หาดไม้ขาว เป็นต้น
- **พื้นที่ความลาดชันใต้น้ำ** พื้นที่ความลาดชันรอบตัวเกาะที่อยู่ใต้ทะเลมีระดับต่างกัน พื้นที่ลาดชันบริเวณหน้าผาแหลมไทร จะลึกมากที่สุดที่ 18 เมตร ถึง 36 เมตร บริเวณอ่าวป่าตองมีพื้นที่ลาดชันอยู่ที่ระดับ 10 เมตร ถึง 18 เมตร เลียบปากอ่าวป่าตองออกไป จะลึกประมาณ 36 เมตร ซึ่งต่างจากพื้นที่อ่าวกะรน หาดกะตะ หาดกะรน ที่มีความลาดชันระดับ 18 เมตร บริเวณหาดสุรินทร์ มีพื้นที่ลาดชันระดับ 18 เมตรถึง 36 เมตร บริเวณอ่าวราไวย์และพื้นที่รอบเกาะโหล่น มีความลึกที่ 10 เมตร รอบเกาะแก้วมีความลึก 18 เมตรถึง 36 เมตร ส่วนบริเวณหาดในยางไปจนถึงหาดท่าฉัตรไชย มีความลึกอยู่ที่ 10 เมตร ถึง 18 เมตร พื้นที่ใต้น้ำที่มีความลึกประมาณ 50 เมตร นอกชายฝั่งตะวันตกบางส่วนเป็นทรายปนโคลน
- **แนวรอยเลื่อนเปลือกโลก** เกาะภูเก็ต ตั้งอยู่บริเวณรอยเลื่อนของเปลือกโลก ระหว่างรอยเลื่อนระนองกับรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย แต่อยู่ตรงรอยเส้นคลองมะรุ่ยที่ลากผ่านทางทิศใต้ของตัวเกาะ ภูเก็ตเข้าทะเลภูเก็ต ไปทะเลพังงา ไปออกคลองมะรุ่ย เกาะภูเก็ตจึงมีโอกาสเกิดแผ่นดินยุบ หรือแผ่นดินไหวได้
- **หลุมยุบ** ด้วยเหตุที่เกาะภูเก็ตอยู่ในเขตรอยเลื่อนของโลก โอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวมีสูง เมื่อแผ่นดินเคลื่อนตัวจึงอาจทำให้เกิดหลุมยุบ เช่น ระหว่างวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2550 เกิดหลุมยุบที่ตำบลคลอง มีความลึกประมาณ 2 เมตร กว้าง 70 เซนติเมตร ที่อำเภอถลาง เกิดหลุมยุบขนาด 1x1x0.5 เมตร ส่วนที่จังหวัดกระบี่เกิดหลุมลึกไม่ต่ำกว่า 15 แห่งและมีขนาดต่างๆ กัน

5.4.3 การออกแบบฐานราก

ที่ปรึกษาออกแบบฐานรากและงานด้านปฐพีเทคนิคและธรณีวิทยาของระบบรถไฟ โดยจะใช้ผลการสำรวจทางธรณีวิทยาและปฐพีวิทยาเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบให้มีความเหมาะสมปลอดภัย และเป็นไปตามหลักวิศวกรรม โดยพิจารณาในประเด็นที่สำคัญ ได้แก่

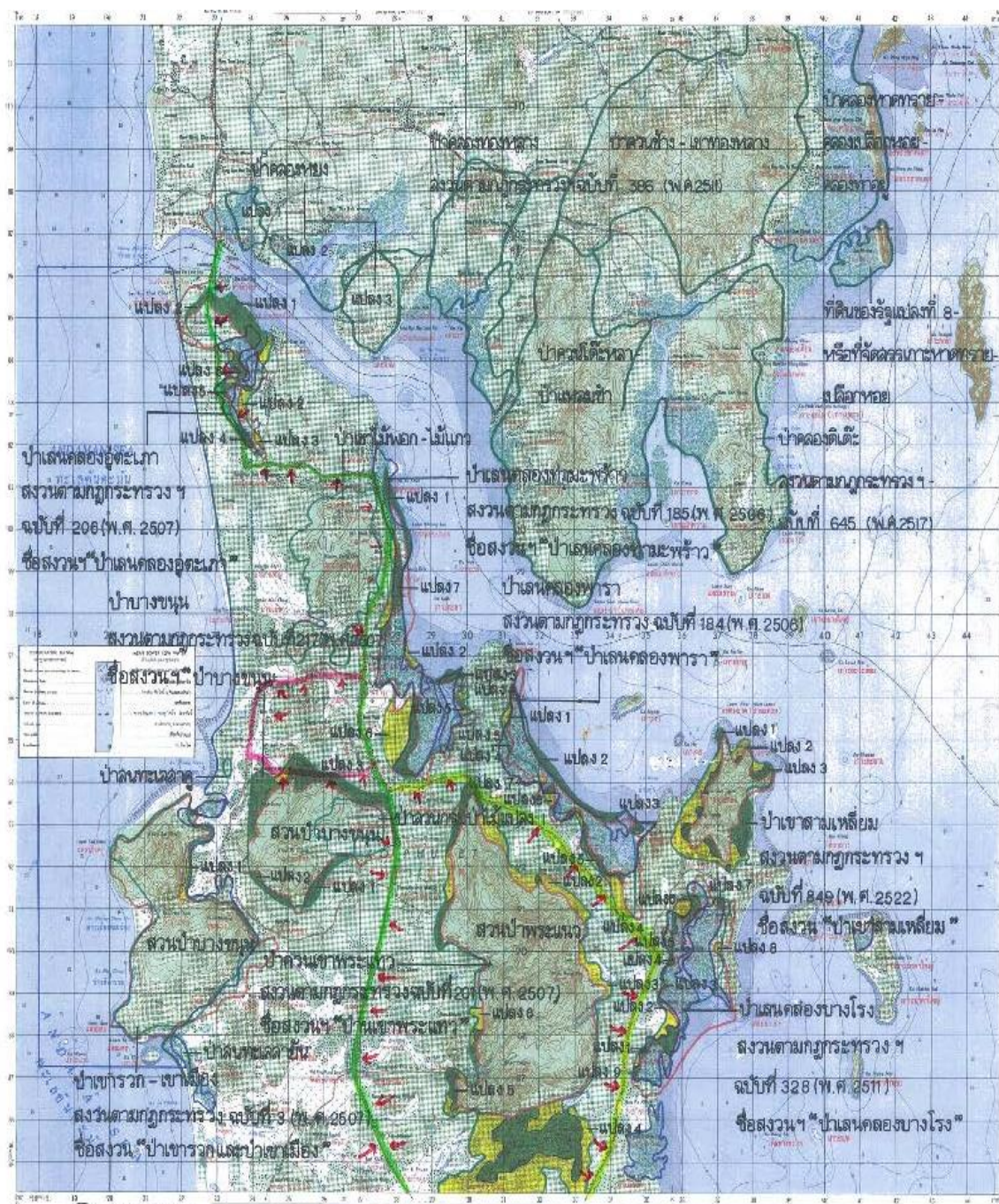
- ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ (Design Parameters): พิจารณาจากคุณสมบัติของชั้นดินที่ได้จากการเจาะสำรวจ และทดสอบในห้องปฏิบัติการมาสรุปกำหนดค่า Soil Parameters เพื่อใช้ในการออกแบบ งานดิน งานฐานราก และโครงสร้าง สำหรับพารามิเตอร์บางค่าที่ไม่สามารถหาได้จากห้องปฏิบัติการจะอ้างอิงจากข้อมูลมาตรฐานทั่วไป
- ระดับน้ำใต้ดิน (Groundwater Table): การพิจารณาระดับน้ำใต้ดินทั้งช่วงการก่อสร้าง (Construction Phase) มีการสูบน้ำออกในพื้นที่จุดจนอยู่ใกล้เคียงระดับผิวที่ขุด และช่วงการใช้งาน (Operational Phase) โดยใช้ระดับน้ำกลับสู่ระดับปกติ กรณีระดับน้ำท่วมสูงสุด ระหว่างช่วงอายุการใช้งาน (Extreme Phase) ซึ่งจะครอบคลุมทุกกรณี
- แรงดูดผิวลบ (Negative Skin Friction) บนผิวเสาเข็มในชั้นดินอ่อน อันเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น การทรุดตัวของแผ่นดินเนื่องมาจากการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน และ/หรือเนื่องมาจากงานถม
- อิทธิพลของการลดลงของน้ำใต้ดิน และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำใต้ดินในอนาคต ต่อการประเมินกำลังรับน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัวของเสาเข็ม
- การลดลงของแรงดันดินประสิทธิผล (Reduction of effective overburden pressure) เนื่องจากการขุดดินออกของการสร้างอุโมงค์รถไฟแบบ cut & cover ซึ่งมีผลต่อกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มใต้ Base Slab
- อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety) ในการรับแรงอัดและแรงดึงในแนวดิ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 2.5 และ 3.0 ตามลำดับ สำหรับกำลังรับแรงอัดหากพิจารณาแรงดูดจะพิจารณาค่าความปลอดภัยที่ 2.0

5.5 อุทกวิทยาและการระบายน้ำ

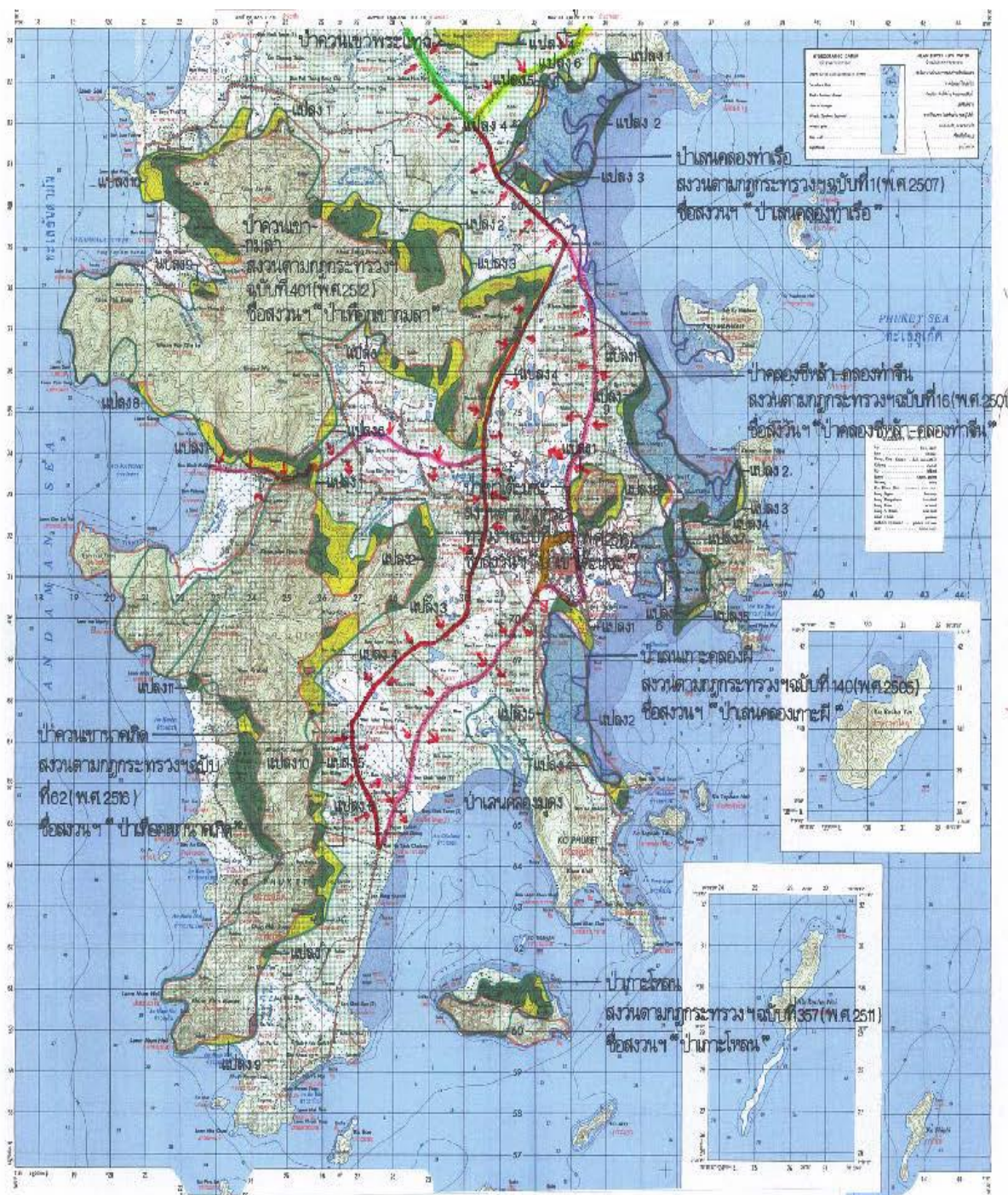
5.5.1 การรวบรวมข้อมูลด้านอุทกวิทยาและตรวจสอบพื้นที่รับน้ำที่สำคัญ

ข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และตรวจสอบพื้นที่รับน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อแนวเส้นทางโครงการ และข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาที่ใช้ในการวิเคราะห์ สรุปได้ดังนี้

- แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระบุข้อมูลแผนที่ป่าไม้ถาวร กรมพัฒนาที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ 5.5-1
- ภาพถ่ายทางอากาศครอบคลุมพื้นที่จังหวัดภูเก็ต
- ข้อมูลเอกสารและรายงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่
 - แผนพัฒนาจังหวัดภูเก็ต (พ.ศ. 2557 - 2560)
 - แผนงาน/โครงการพัฒนาทางหลวงในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต



รูปที่ 5.5-1 ทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นดินตามแนวเส้นทางโครงการ

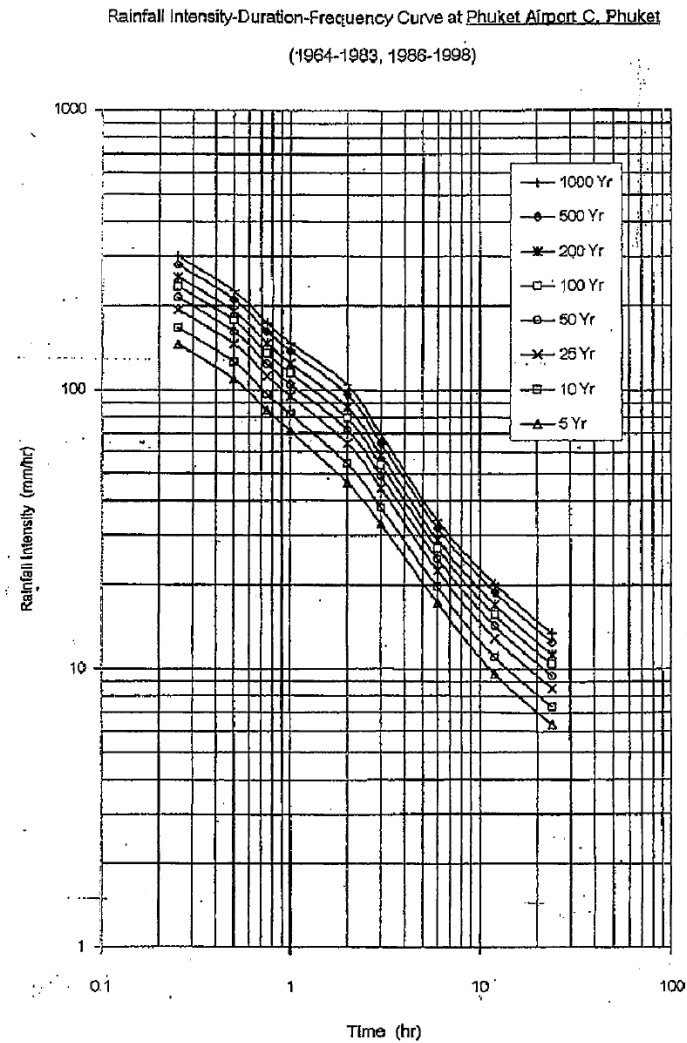


รูปที่ 5.5-1 ทิศทางการไหลของน้ำบนพื้นดินตามแนวเส้นทางโครงการ (ต่อ)

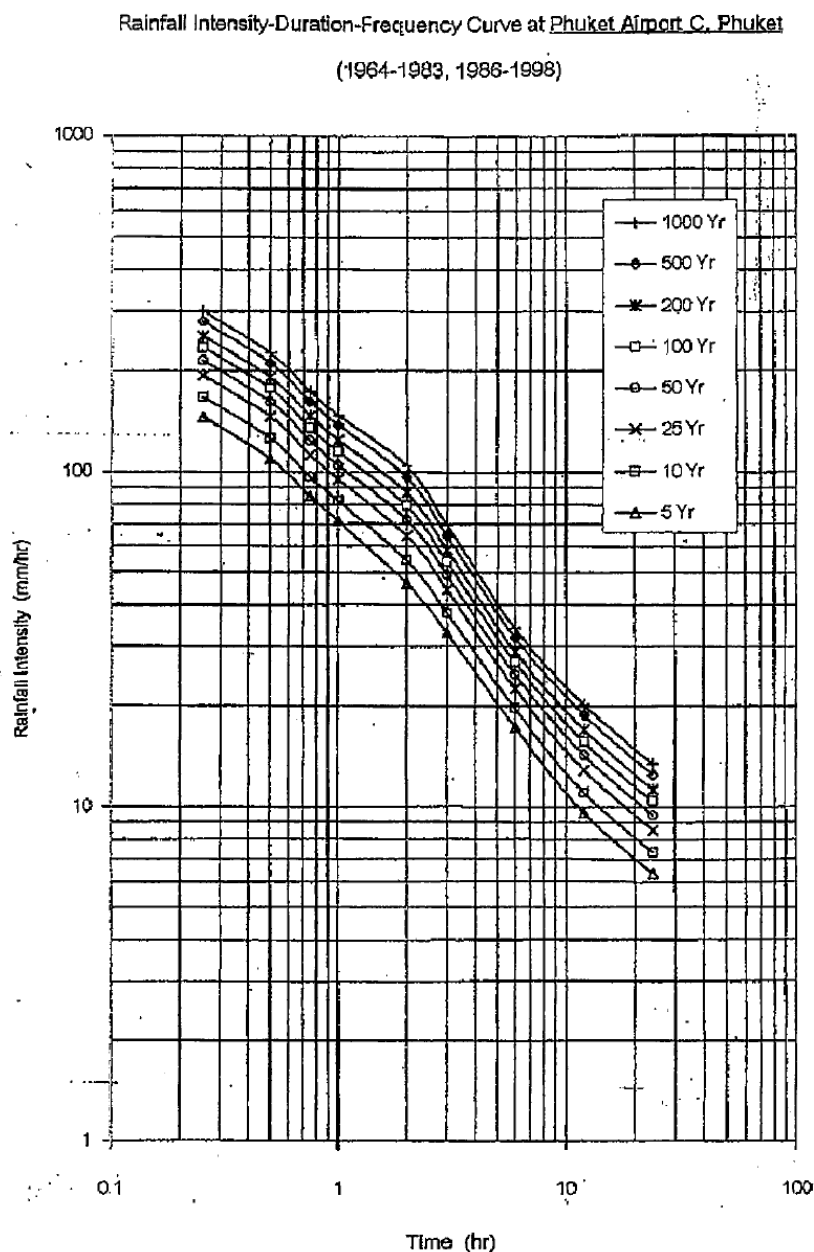
- ข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน: สถานีฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนที่ใช้การได้ในบริเวณพื้นที่ที่แนวเส้นทางระบบขนส่งมวลชนของโครงการมีอยู่ 2 สถานี คือ สถานีสนามบิน จ.ภูเก็ต อ.ถลาง จ.ภูเก็ต และ สถานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต ซึ่งจากข้อมูลปริมาณฝนดังกล่าวกรมชลประทานได้ทำการวิเคราะห์และจัดทำกราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณความเข้มฝน – ระยะเวลาการรวมตัวของน้ำและรอบปีการเกิดซ้ำของฝน (IDF curve) ไว้ซึ่งที่ปรึกษาจะได้นำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาใช้ในการประเมินหาปริมาณน้ำหลากในพื้นที่ตามแนวเส้นทาง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ปริมาณความเข้มฝน – ระยะเวลาการรวมตัวของน้ำและรอบปีการเกิดซ้ำของฝน (IDF curve) ที่สถานีสนามบิน จ.ภูเก็ต และสถานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต แสดงไว้ในรูปที่ 5.5-2 และ รูปที่ 5.5-3

- การใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่โครงการ เนื่องจากโครงการเป็นระบบขนส่งมวลชนระบบเบา ดังนั้นแนวเส้นทางจึงถูกวางแนวไปตามถนนของพื้นที่ชุมชน ซึ่งการใช้ที่ดินตามแนวเส้นทางของโครงการส่วนใหญ่จึงเป็นพื้นที่ชุมชนเกือบทั้งสิ้น นอกจากนั้น ก็จะมีพื้นที่สวนสาธารณะหรือสวนปาล์มบ้างเล็กน้อย
- ในการออกแบบระบบระบายน้ำของระบบขนส่งมวลชน พื้นที่รับน้ำที่จะกระทบกับระบบขนส่งคือพื้นที่ถนน ซึ่งระบบรางติดตั้งอยู่เท่านั้น การออกแบบระบบระบายน้ำของระบบรางเบาจะต้องไม่เป็นอุปสรรคและต้องสอดคล้องกับระบบระบายน้ำเดิมของชุมชน



รูปที่ 5.5-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ปริมาณความเข้มฝน - ระยะเวลาการรวมตัวของน้ำ และรอบปีการเกิดซ้ำของฝน (IDF curve) ที่สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต



รูปที่ 5.5-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ปริมาณความเข้มฝน - ระยะเวลาการรวมตัวของน้ำ และรอบปีการเกิดซ้ำของฝน (IDF curve) ที่สถานี อ.เมือง จ.ภูเก็ต

ในการออกแบบงานระบายน้ำและการป้องกันน้ำท่วม ที่ปรึกษาจะดำเนินการออกแบบโดยยึดถือตามมาตรฐานการออกแบบ ดังนี้

- คู่มือแนะนำการออกแบบระบบรางมวลเบา ที่ใช้ในต่างประเทศ
- American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (AREMA)
- คู่มือแนะนำการออกแบบ AASTHO
- มาตรฐานงานออกแบบของกรมทางหลวง
- มาตรฐานงานออกแบบของกรมทางหลวงชนบท

5.5.2 เกณฑ์การออกแบบทางด้านอุทกวิทยา

1) วิธีการประเมินปริมาณน้ำนองสูงสุด

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำนองสูงสุดใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี Rational Method โดยการคำนวณปริมาณน้ำหลากใช้ออกแบบจะใช้ Rational Formula ดังนี้

$$Q = 0.278 CIA$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลสูงสุดใช้ออกแบบ, หน่วยม³/วินาที
 C = สัมประสิทธิ์น้ำหลาก
 I = ความเข้มฝนเฉลี่ย, หน่วยมม./ชม. โดยที่ช่วงเวลาที่ฝนตกเท่ากับเวลารวบรวมน้ำฝน
 A = พื้นที่รับน้ำ, หน่วยตร.กม.

สำหรับค่า C (สัมประสิทธิ์น้ำหลาก) ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพการใช้พื้นที่ที่กำหนดไว้ดังแสดงในตารางที่ 5.5-1

ตารางที่ 5.5-1 ค่า C (สัมประสิทธิ์น้ำหลาก)

ประเภทการใช้ที่ดิน	ค่า C
1. พื้นที่ธุรกิจและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก	0.75
2. พื้นที่อุตสาหกรรม	0.70
3. พื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง	0.50
4. พื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นต่ำ	0.40
5. พื้นที่หน่วยงานราชการ	0.40
6. พื้นที่เขตรถไฟ	0.35
7. ส้วมสาธารณะ/พื้นที่การเกษตร	0.15

ในการหาปริมาณความเข้มฝน จะต้องทราบระยะเวลาการรวมตัวของน้ำฝน ณ จุดที่พิจารณาตัดผ่านแนวทางรถไฟ (T_c) จะหาได้โดยใช้ เวลาที่น้ำไหลลงรางระบายน้ำเข้าสู่ระบบท่อเท่ากับ 10 นาที และเวลาที่ไหลในระบบท่อหรือรางระบายเท่ากับ L/V

$$T_c = 10 + L/V$$

โดยที่ T_c = เวลาที่ใช้รวบรวมฝน, หน่วยนาที
 L = ความยาวของท่อหรือรางระบาย, หน่วยเมตร
 V = ความเร็วของการไหลที่ใช้ออกแบบในท่อหรือรางระบาย, หน่วยเมตร/นาที

โดยปกติกำหนดความเร็วที่ใช้ออกแบบไม่เกิน 45 เมตร/นาทีหรือ 0.75 เมตร/วินาทีซึ่งเป็นความเร็วต่ำสุดทั้งนี้เพื่อมิให้เกิดการตกตะกอนในเส้นท่อหรือรางระบาย

2) รอบปีของฝนออกแบบ

การประเมินหาปริมาณน้ำนองเพื่อนำมาออกแบบอาคารระบายน้ำจะพิจารณาจากข้อมูลปริมาณน้ำนองสูงสุดที่คำนวณได้ ซึ่งจะอยู่ในรูปของปริมาณน้ำนองที่คาบความถี่การเกิดต่างๆ การกำหนดรอบปีของฝนออกแบบ จะพิจารณาตามประเภทของอาคารที่ต้องการออกแบบ และความเสี่ยงที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ของอาคารที่ต้องการออกแบบนั้นๆ สำหรับงานสำรวจออกแบบรายละเอียดระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ตฯ ได้กำหนดตามมาตรฐานการออกแบบไว้ ดังนี้

- การออกแบบสะพาน กำหนดให้ออกแบบปริมาณน้ำสูงสุดที่คาบความถี่การเกิดไม่น้อยกว่า 100 ปี
- การออกแบบท่อลอด กำหนดให้ออกแบบปริมาณน้ำสูงสุดที่คาบความถี่การเกิดไม่น้อยกว่า 25 ปี
- การออกแบบรางระบายน้ำในระบบราง กำหนดให้ออกแบบปริมาณน้ำนองสูงสุดที่คาบความถี่การเกิด 100 ปี

5.5.3 เกณฑ์การออกแบบทางด้านชลศาสตร์

1) การกำหนดชนิดของอาคารระบายน้ำ

สำหรับอาคารระบายน้ำชนิดที่ทางน้ำตัดผ่านแนวทางรถไฟ

- **สะพาน** จะใช้สำหรับช่องน้ำขนาดใหญ่มีความกว้างของลำน้ำมากกว่า 10.00 ม. และหรือความสูงของระดับน้ำมากกว่า 3.50 เมตร หรือเป็นช่องน้ำที่มีการสัญจรทางน้ำหรือมีท่อนซุงลอยมาตามน้ำ
- **ท่อเหลี่ยม** จะใช้สำหรับช่องน้ำหรือความกว้างของลำน้ำไม่มากกว่า 10.00 ม. และหรือความสูงของระดับน้ำอยู่ระหว่าง 1.50-3.50 เมตร ไม่มีการสัญจรทางน้ำและไม่มีท่อนซุงลอยมาตามน้ำ
- **ท่อกกลม** จะใช้สำหรับช่องน้ำขนาดเล็กกว้างไม่มากกว่า 5.00 ม.โดยประมาณ และ ความสูงของระดับน้ำไม่มากกว่า 1.50 เมตร ไม่มีการสัญจรทางน้ำและไม่มีสิ่งแขวนลอยมาตามน้ำ

2) การคำนวณหาคุณสมบัติการไหลของอาคารระบายน้ำ

คุณสมบัติของการไหลในอาคารที่ออกแบบหาได้โดยการใช้สมการการไหลแบบทางน้ำเปิด คือ สมการ Manning ดังนี้

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

- เมื่อ R = รัศมีทางชลศาสตร์ของหน้าตัดการไหล หน่วยเป็นเมตร
 = A / P
 A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล หน่วยเป็นตารางเมตร
 P = ความยาวของเส้นขอบเปียก หน่วยเป็นเมตร
 S = ความลาดชันของร่องน้ำ

n = สัมประสิทธิ์ของ Manning
 โดยใช้ n = 0.014 สำหรับผิวคอนกรีต
 n = 0.030 สำหรับดินทั่วไป
 และ Q = AV

3) การออกแบบสะพาน

- ความเร็วน้ำที่ไหลผ่านสะพาน ไม่มากกว่า 2.5 ม./วินาที
- ความสูงน้ำเอ่อกลับท้ายน้ำไม่มากกว่า 1.00 ม.
- ช่องว่างระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับท้องสะพานกำหนดข้อกำหนดของผู้ดูแลทางน้ำสายนั้น

4) การออกแบบท่อลอด

- ท่อลอดจะต้องออกแบบให้สามารถระบายน้ำได้สำหรับน้ำท่วมในรอบ 25 ปี โดยไม่มีระดับน้ำขังเอ่อหน้าท่อ
- ในกรณีของระดับน้ำท่วมในรอบ 100 ปี หัวน้ำ (Head) หน้าท่อ จะต้องอยู่ต่ำกว่าชั้นพื้นรองรับราง (Base of rail) ไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร หรือหัวน้ำ (Head) หน้าท่อสูง 1.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ ทั้งนี้ ให้กำหนดใช้ค่าที่ต่ำกว่าสำหรับการออกแบบ
- ความเร็วท้ายน้ำ กรณีไม่มีการป้องกันไม่มากกว่า 2.5 ม./วินาที
- ค่าสูญเสียหัวน้ำทางเข้าท่อ
 - 0.5 สำหรับท่อกลม
 - 0.2 สำหรับท่อเหลี่ยม
- ค่าสัมประสิทธิ์ของ Manning ใช้ 0.013

5) การออกแบบท่อหรือรางระบายน้ำด้านข้าง

- (1) การคำนวณการไหลของน้ำในท่อและรางเปิด ในการคำนวณการไหลของน้ำในท่อแบบไม่เต็มท่อ และการไหลในรางเปิดใช้สูตรของ Manning ดังนี้

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

เมื่อ Q = อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)
 A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล (ตร.ม.)
 R = รัศมีทางชลศาสตร์ของหน้าตัดของการไหล (ม.)
 = A/P
 P = ความยาวของเส้นขอบเปียก (ม.)
 S = ความลาดชันของเส้นลาดพลังงาน (ม./ม.)
 n = สัมประสิทธิ์ของการไหล

ค่า n สำหรับท่อหรือรางคอนกรีต กำหนดให้ใช้เท่ากับ 0.015 ทั้งนี้ถือว่าได้รวมค่าการสูญเสียย่อยของพลังงาน (Minor Losses) ในการไหลไว้แล้ว เช่น ที่รอยต่อระหว่างท่อและรอยต่อระหว่างท่อกับบ่อพัก เป็นต้น

ค่าความลาดชันของเส้นลาดพลังงาน (s) ไม่ใช่ความลาดชันของทางระบายน้ำ ยกเว้นในกรณีที่การไหลเป็นแบบ uniform ค่าความลาดชันของเส้นลาดพลังงานจะมีค่าเท่ากับ ความลาดชันของทางระบายน้ำ

(2) **ความเร็วต่ำสุด** ความเร็วต่ำสุดของการไหลในท่อหรือในรางเปิด กำหนดให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.90 ม./วินาที เมื่อน้ำไหลเต็มท่อพอดี เพื่อป้องกันการตกตะกอนในท่อ

(3) **ระดับน้ำในท่อและรางเปิด** ระดับน้ำในท่อระบายน้ำฝนกำหนดให้น้ำไหลเต็มท่อพอดีที่อัตราการไหลสูงสุด

ระดับน้ำในรางเปิด จะกำหนดให้อยู่ต่ำกว่าขอบตลิ่งไม่น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความลึกของน้ำที่ออกแบบไว้แต่ไม่น้อยกว่า 0.10 ม.

(4) **ความลาดเอียงของท่อหรือรางเปิด** ความลาดเอียงตามความยาวของท่อหรือรางเปิด จะพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศเพื่อประหยัดค่าก่อสร้าง ทั้งนี้จะพิจารณาความลาดเอียงของทางน้ำเดิม ที่จะทำการปรับปรุงประกอบ

6) การออกแบบระบบระบายน้ำบนทางยกระดับ

หลักเกณฑ์การออกแบบบนทางยกระดับ ได้กำหนดออกแบบให้เป็นการไหลชนิดทางน้ำเปิด คำนวณคุณสมบัติการไหลโดยใช้สมการที่พัฒนามาจาก Rational Formula และออกแบบตามวิธีการที่แนะนำในคู่มือการออกแบบ ของ Federal Highway Administration (FHWA)

7) การออกแบบอุโมงค์ทางลอด

หลักเกณฑ์การออกแบบระบบสูบน้ำในทางลอด

- การออกแบบระบบสูบน้ำในทางลอดได้ออกแบบปริมาณน้ำฝนที่จะต้องระบายโดยใช้วิธี Rational Formula โดยใช้ระยะเวลาการรวมตัวของน้ำฝน 10 นาที สำหรับปริมาณความเข้มฝนสูงสุดในรอบ 100 ปี ทั้งนี้พิจารณาช่วงระยะเวลาฝนตกสูงสุด ประมาณ 20-30 นาที สำหรับการออกแบบบ่อรับน้ำ และจำนวนเครื่องสูบน้ำได้กำหนดให้มีเครื่องสำรอง 1 เครื่อง
- อาคารระบายน้ำภายในอุโมงค์ ออกแบบให้เป็นรางน้ำเปิดคำนวณโดยสมการ Manning เนื่องจากระบบรางจะติดตั้งในถนนเดิม การออกแบบจะให้สอดคล้องกับระบบระบายน้ำของถนนเดิมและของชุมชนที่แนวเส้นทางรถไฟพาดผ่าน

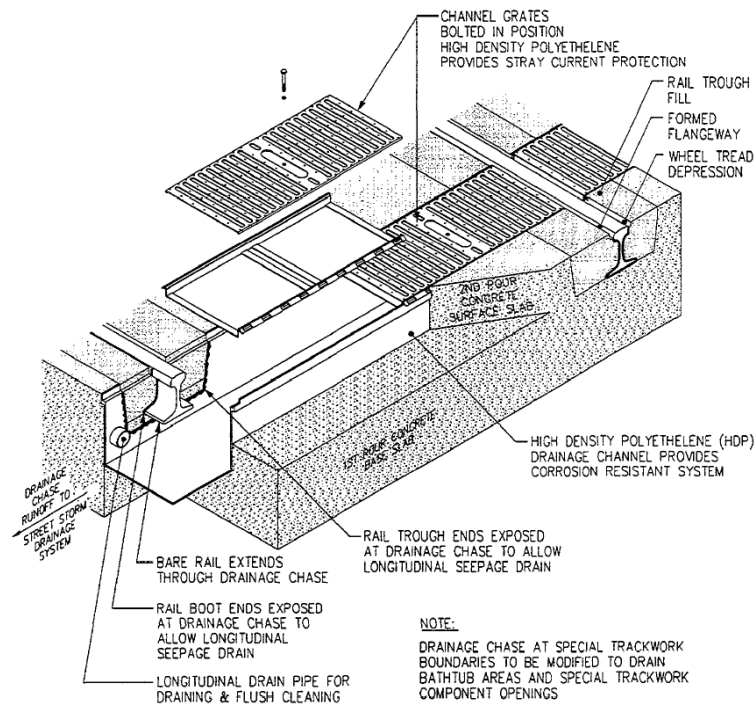
5.5.4 การออกแบบระบบระบายน้ำ

โครงการระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ต ระยะที่ 1 ช่วงท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต – ฉลอง เป็นระบบรถไฟฟ้ารางเบาที่มีรูปแบบของรางส่วนใหญ่จะเป็นชนิด Embedded Track ซึ่งระบบการระบายน้ำสำหรับระบบรถไฟฟ้ารางเบาจะประกอบด้วยสอง 2 ส่วน คือ การระบายน้ำบนผิวทาง (Surface Drainage) และ การระบายน้ำภายในรางวางรางรถไฟ (Internal Drainage)

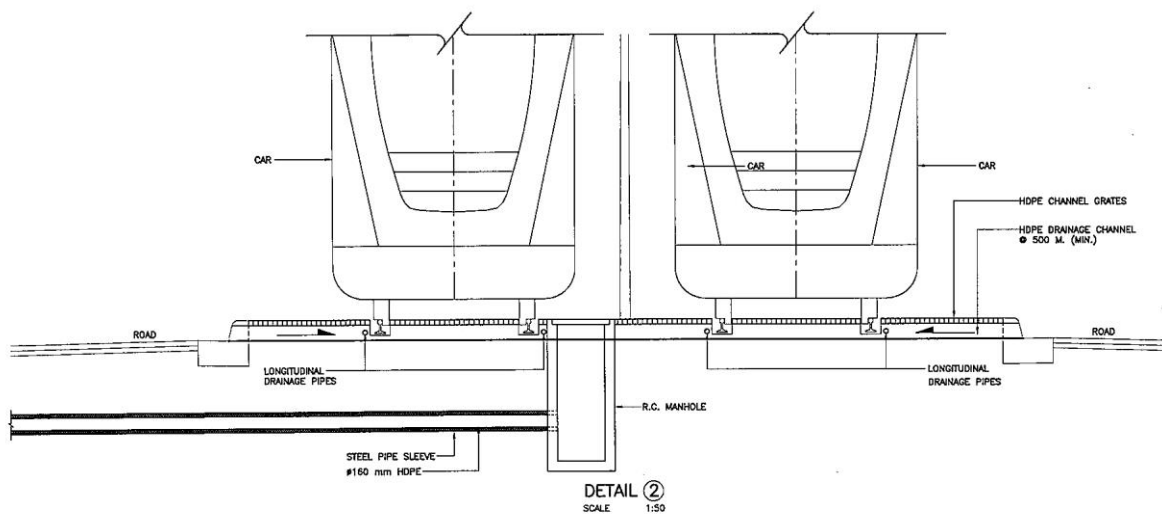
1) การระบายน้ำบนผิวทาง (Surface Drainage)

ระบบรถไฟฟ้ารางเบาของโครงการ ประกอบด้วย ระบบรางที่ติดตั้งบนทางยกระดับ ในอุโมงค์ทางลอด ซึ่งปริมาณน้ำจะไหลผ่านผิวพื้นที่ติดตั้งรางและระบายลงท่อหรือรางระบายน้ำผ่านช่องรับน้ำที่ติดตั้งตามแนวเส้นทาง ขณะที่รางของระบบรถไฟฟ้ารางเบาที่ติดตั้งฝังในพื้นที่ทางของถนน จะทำให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแนวทิศทางการไหลของน้ำฝนที่ตกบนผิวทาง การออกแบบระบบระบายน้ำจะต้องช่วยลดหรือป้องกันน้ำท่วมขังรอบๆ รางซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสียหายต่อระบบราง ซึ่งรูปแบบของตำแหน่งการวางรางบนถนนเดิมของโครงการจะประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ

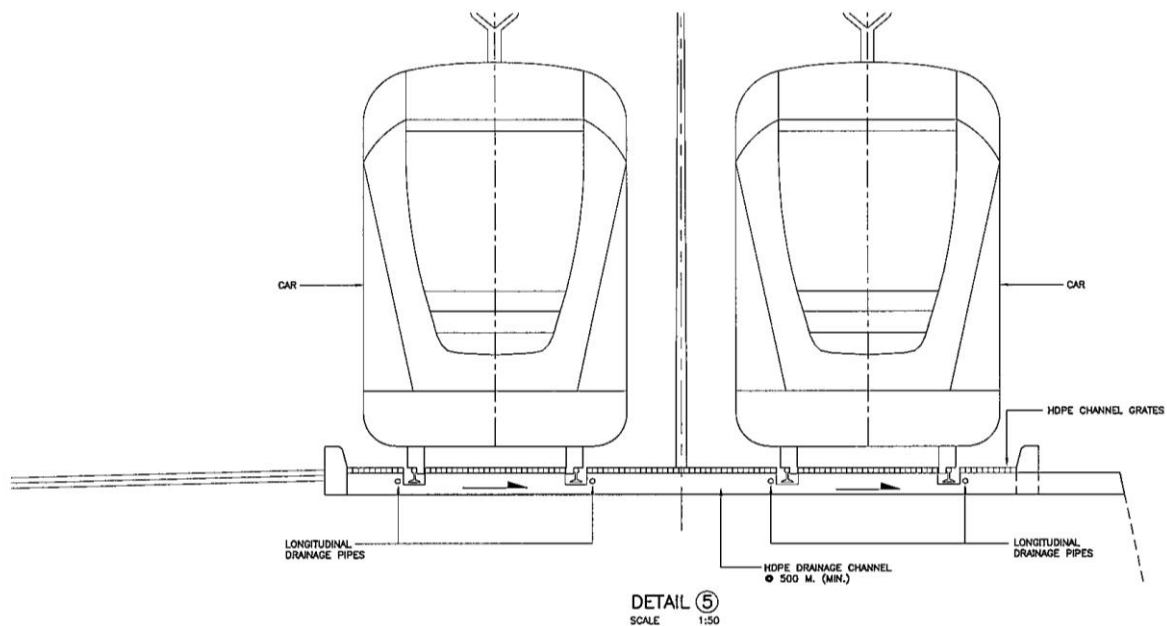
- แนวรางของระบบรถไฟฟ้ารางเบาวางอยู่บนเกาะกลางถนนหรือพื้นที่ตอนกลางของถนน น้ำภายในระบบรางจะถูกระบายออกมาที่รางระบายน้ำซึ่งวางตัดขวางแนวรางรถไฟแล้วไหลลงบ่อพักที่ติดตั้งไว้ระหว่างรางหลังจากนั้นน้ำในบ่อพักจะถูกระบายออกไปยังคูระบายน้ำหรือท่อระบายน้ำที่มีอยู่แล้วด้านข้างถนน ในกรณีที่มีพื้นที่เพียงพอที่จะสามารถก่อสร้างบ่อต้นท่อ การติดตั้งท่อระบายน้ำจะใช้วิธีการดันท่อHDPE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มม. โดยมีท่อเหล็กปลอกหุ้ม(Pipe Sleeve) ลอดจากคูน้ำข้างทางไปยังบ่อพักระหว่างราง ซึ่งจะทำให้ไม่กระทบต่อการจราจรตามแนวก่อสร้างเช่นแนวเส้นทางช่วงตั้งแต่สิ้นสุดทางยกระดับเข้ามาตามแนวถนนเทพกระษัตรีจนกระทั่งถึงก่อนเข้าเมือง แต่สำหรับพื้นที่ในเมืองหรือบริเวณที่มีพื้นที่จำกัดไม่สามารถก่อสร้างบ่อต้นท่อได้ จะก่อสร้างได้โดยการตัดพื้นทางเป็นแนวกว้างแล้วขุดฝังท่อซึ่งจะกระทบการจราจรในช่วงก่อสร้าง โดยเฉพาะพื้นที่ในเมืองมีความจำเป็นต้องก่อสร้างโดยการขุดพื้นทางเนื่องจากปัจจุบันในพื้นที่เมืองเก่าได้มีการนำสายไฟฟ้าทั้งแรงสูงและแรงต่ำติดตั้งใต้พื้นถนนแล้วหลายสาย ส่วนที่ยังไม่มีการก่อสร้างก็ได้มีโครงการและดำเนินการจัดหางบประมาณไว้แล้ว
- แนวรางของระบบรถไฟฟ้ารางเบาวางอยู่บนไหล่ทางสองข้างทางและ/หรืออยู่ในผิวถนนที่มียานพาหนะอื่นๆ เช่น รถยนต์ร่วมใช้ทางอยู่ด้วย ลักษณะการวางรางแบบนี้ จะต้องพิจารณาการระบายน้ำบนผิวทางด้วย โดยประเด็นหลักๆ คือ ออกแบบให้ทิศทางการไหลของน้ำบนผิวทางไหลไปในทางตรงกันข้ามแนววางราง เช่น บริเวณด้านขอบทาง ควรจัดให้ความลาดเอียงไปทางด้านข้างทาง หรือสำหรับผิวถนนภายในก็จัดผิวทางลาดเอียงไปยังฝั่งตรงข้าม ส่วนน้ำฝนบนผิวพื้นที่ภายในระหว่างราง จะต้องออกแบบให้มีรางรับน้ำตามขวางเพื่อรับน้ำเป็นระยะ แล้วระบายต่อออกไปยังระบบระบายน้ำด้านข้างทางเพื่อระบายลงทางน้ำสาธารณะต่อไป ตัวอย่างรูปแบบรางระบายน้ำตามขวางแสดงไว้ในรูปที่ 5.5-4



รูปที่ 5.5-4 รูปตัดรางระบายของรางชนิด Embedded Type



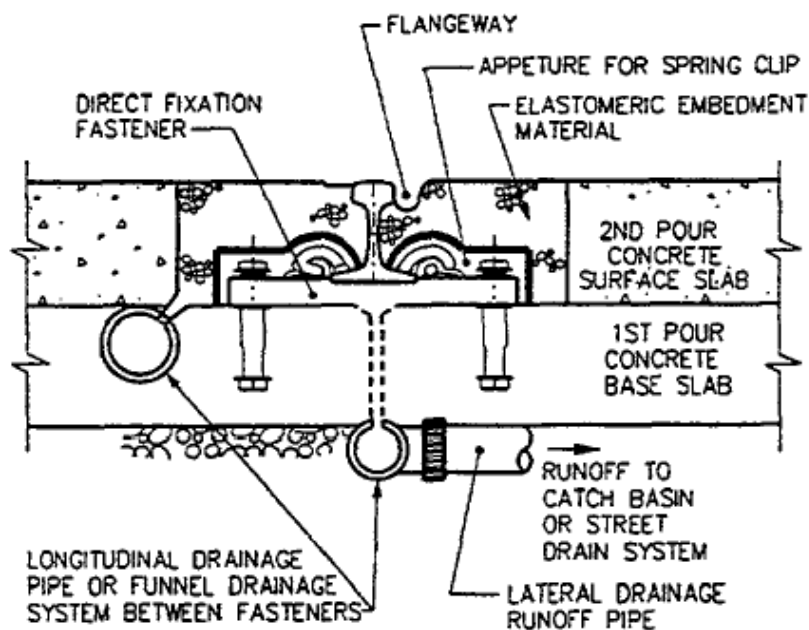
รูปที่ 5.5-5 แบบการระบายน้ำสำหรับ กรณีรางรถไฟฟ้ายูบ่นเกาะกลาง



รูปที่ 5.5-6 แบบการระบายน้ำสำหรับ กรณีรางรถไฟอยู่บนพื้นทาง

2) การระบายน้ำภายในรางของระบบรถไฟฟ้าวางเบ้า (Internal Drainage)

ระบบรางแบบฝังนี้จำเป็นต้องมีการระบายน้ำสำหรับรางคอนกรีตที่ติดตั้งรางรถไฟเพื่อป้องกันน้ำขังรอบๆ รางซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนของสนิมและการเสียหายของวัสดุในรางรวมถึงระบบการยึดตรึงรางให้แข็งแรง ระบบนี้จะเป็นการจัดให้มีช่องระบายน้ำออกจากรางคอนกรีตที่ติดตั้งรางของระบบรถไฟฟ้าวางเบ้าและมีท่อระบายน้ำตามยาวเพื่อรับน้ำเหล่านี้ให้ระบายออกไปสู่ภายนอกและให้สามารถบำรุงรักษา ฉีดทำความสะอาดเพื่อป้องกันการอุดตันด้วย นอกจากนี้ตัวรางเองจะมีกล่องรับน้ำระบายลงจากรางเป็นจุดๆ ด้วย



รูปที่ 5.5-7 รูปตัดการระบายน้ำสำหรับ Internal Drainage

บริเวณที่ควรมีการระบายน้ำตามแนวรางระบบรถไฟฟ้ารางเบา ได้แก่

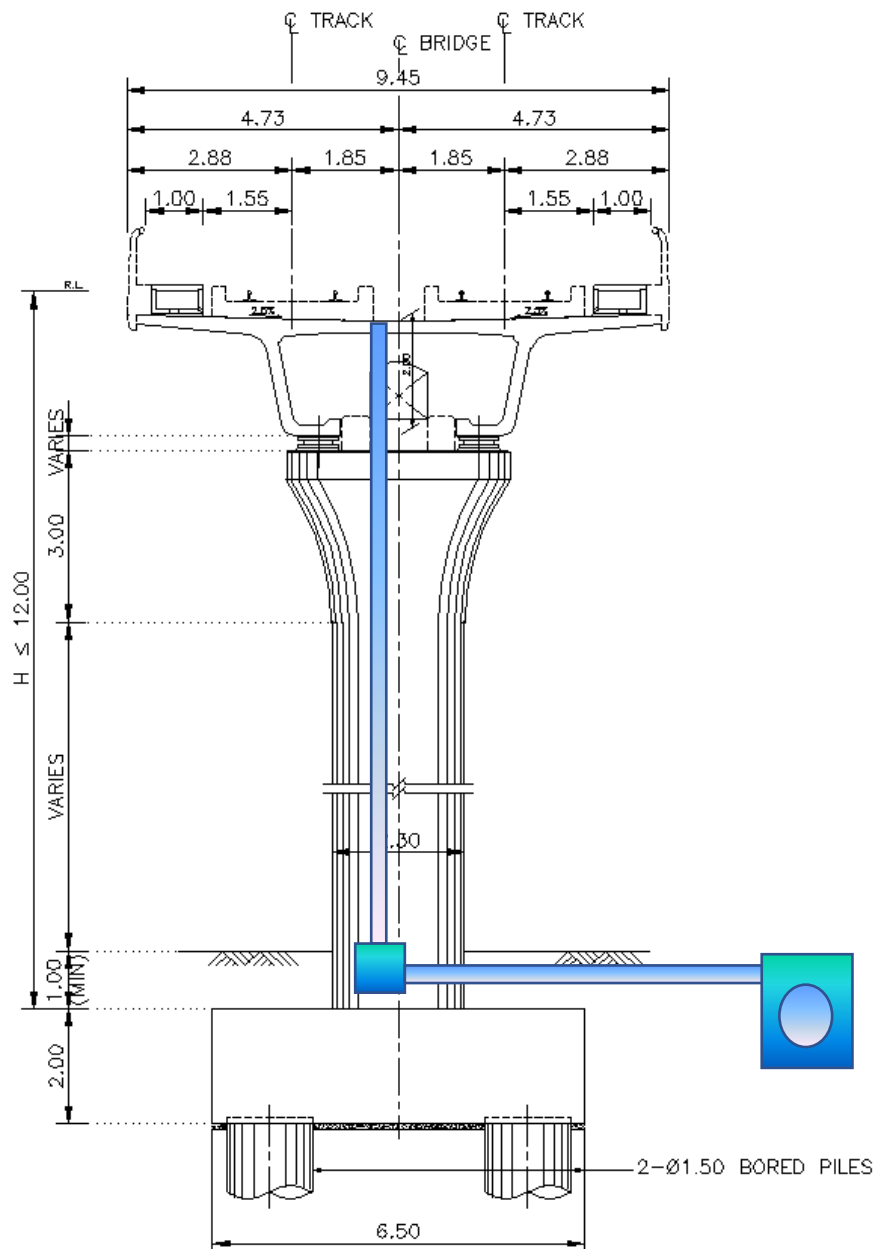
- จุดที่เปลี่ยนแปลงความลาดตามยาว (longitudinal grade from negative to positive) หรือจุดต่ำสุด
- บริเวณด้านที่สูงที่บริเวณทางแยกใหญ่และหรือด้านสูงของพื้นที่รับส่งผู้โดยสาร
- ที่บริเวณที่มีงานพิเศษอื่นๆ ในระบบ เช่น Switch หรือ Road Motor Box
- จัดให้มีบ่อระบายสำหรับระบายน้ำในรางรถไฟ (Flanged) และบ่อซึ่งบรรจุมอเตอร์สำหรับ Automatic Point
- น้ำในรางระบายและจุดระบายจะต้องถูกระบายไปยังระบบระบายน้ำที่มีอยู่
- ที่จุดรอยต่อระหว่างชั้นผิวทางเดิมและผิวทางใหม่ที่มีความลึกที่อาจจะทำให้เกิดการสะสมความชื้นได้ จะต้องจัดให้มีการระบายน้ำตามแนวรอยต่อนี้



รูปที่ 5.5-8 การระบายน้ำแบบ Point Drain

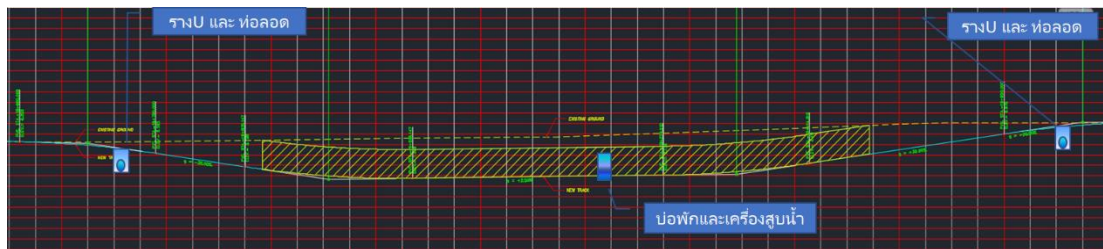
3) การระบายน้ำบนทางยกระดับ

น้ำฝนที่ตกบนทางยกระดับจะไหลไปตามพื้นที่ลาดลงไปยังบริเวณร่องกลางของพื้นทางยกระดับ ซึ่งมีระดับต่ำที่สุดแล้วไหลผ่านช่องรับน้ำที่ติดตั้งอยู่เป็นระยะ ลงท่อระบายน้ำรวมในแนวนอนใต้พื้นทางผ่านลงท่อที่เสาโครงสร้าง ลงสู่บ่อพักในระดับพื้นดินก่อนที่จะไหลผ่านท่อออกไปยังท่อหรือรางระบายน้ำด้านข้างถนน ดังแสดงในรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 5.5-9 การระบายน้ำบนทางยกระดับ

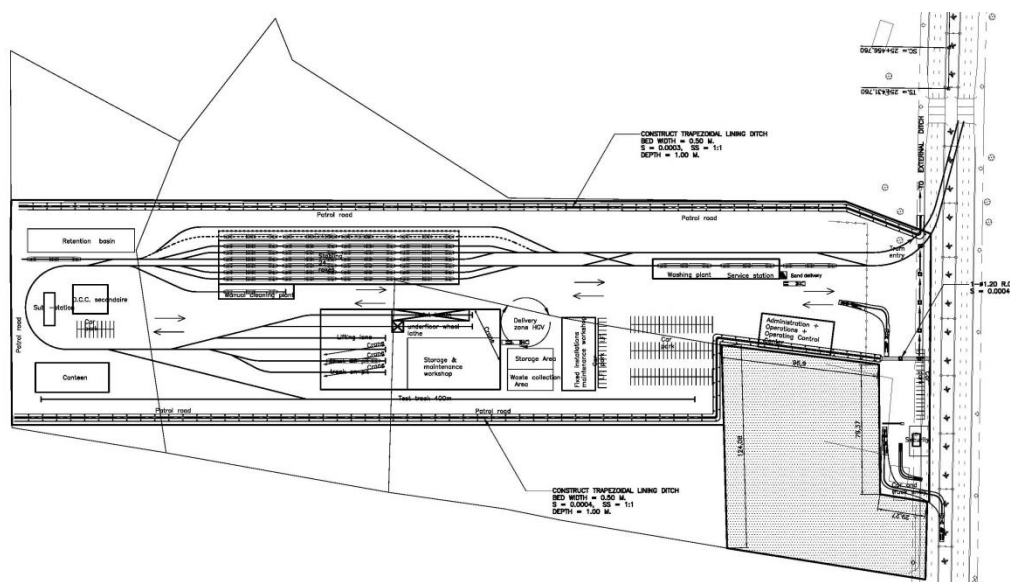
การออกแบบงานระบายน้ำในอุโมงค์ทางลอด เนื่องจาก ความลาดตามยาวของระดับรางสำหรับ รถไฟฟ้า จะถูกจำกัดไม่ให้ลาดชัน ทำให้ ทางลงของอุโมงค์รถไฟฟ้าไม่สามารถที่จะยกเป็นสันเนิน เพื่อป้องกันน้ำไหลเข้าในอุโมงค์ได้เช่นกับอุโมงค์ทางลอดของถนน ดังนั้นในการออกแบบจะ กำหนดให้มีรางระบายน้ำตัดขวางแนวรางที่บริเวณใกล้ระดับดินก่อนที่จะเข้าไปภายในอุโมงค์ เพื่อช่วยรับน้ำที่จะไหลลงมาภายในอุโมงค์แล้วระบายผ่านท่อลอดออกไปยังระบบระบายน้ำ ด้านข้างถนนที่มีอยู่ และออกแบบให้มีบ่อรวมน้ำพร้อมทั้งเครื่องสูบน้ำขนาด 6 ลูกบาศก์เมตรต่อ วินาที จำนวน 3 เครื่องสำหรับแต่ละห้องสูบน้ำ ภายในอุโมงค์เพื่อระบายน้ำส่วนที่ไหลผ่านปาก อุโมงค์ทางลอดก่อนเข้าอุโมงค์ทั้งสองด้าน



รูปที่ 5.5-10 การระบายน้ำในอุโมงค์ทางลอด

4) การระบายน้ำในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot)

การออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุงจะแบ่งพื้นที่ออกสองส่วนโดยกำหนดให้แนว กลางของพื้นที่ระดับสูงกว่าด้านข้างทั้งสองด้าน น้ำฝนจะไหลลาดจากพื้นที่ตอนกลางระบายลงคู ระบายน้ำด้านข้างทั้งสองของพื้นที่แล้วไหลผ่านท่อระบายน้ำ คสล.ลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ ด้านหน้าและลงทางน้ำธรรมชาติที่ไหลตัดผ่านถนนซึ่งอยู่ใกล้พื้นที่ของศูนย์ซ่อมบำรุง แบบการ ระบายน้ำดังแสดงในรูป



รูปที่ 5.5-11 การระบายน้ำในพื้นที่ศูนย์ซ่อมบำรุง

5.5.5 การรวบรวมข้อมูลน้ำท่วมในช่วงที่ผ่านมาตามแนวเส้นทางโครงการ

ในการตรวจสอบพื้นที่น้ำท่วมตามแนวเส้นทางรถไฟฟ้าวรางเบา ที่ปรึกษาได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานท้องถิ่นในพื้นที่คือ องค์การบริหารส่วนตำบล และเทศบาลต่างๆที่แนวเส้นทางรถไฟตัดผ่าน สำหรับบริเวณที่เป็นที่ตั้งสถานี ที่ปรึกษาก็ได้ทำการสำรวจโดยสอบถามจากประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้ที่ตั้งสถานีต่างๆ ด้วย

รายชื่อหน่วยงานที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสภาพน้ำท่วม มีจำนวน 8 หน่วยงาน ดังนี้




- 1) องค์การบริหารส่วนตำบลสาकु
- 2) องค์การบริหารส่วนตำบลเทพกระษัตรี
- 3) เทศบาลตำบลศรีสุนทร
- 4) องค์การบริหารส่วนตำบลเกาะแก้ว
- 5) เทศบาลตำบลรัชฎา
- 6) เทศบาลนครภูเก็ต
- 7) เทศบาลตำบลวิชิต
- 8) เทศบาลตำบลฉลอง

รายละเอียดข้อมูลและตำแหน่งน้ำท่วมตามแนวเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 5.5-2 และสรุปการตรวจสอบระดับน้ำท่วมที่ตำแหน่งสถานีต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.5-3



ตารางที่ 5.5-2 สรุปสภาพปัญหาน้ำท่วมตามแนวเส้นทางโครงการ

ลำดับ	หน่วยงานที่ให้ข้อมูล	รายละเอียดสภาพน้ำท่วม	หมายเหตุ
1	อบต.สาकु	ปัจจุบันในเขตพื้นที่ อบต.สาकु ตามแนวเส้นทางโดยเฉพาะบริเวณสนามบิน ไม่มีปัญหาน้ำท่วมแล้วเนื่องจากการปรับปรุงท่อระบายน้ำสองข้างทาง หลวงหมายเลข 4031	
2	อบต.เทพกระษัตรี	มีปัญหาน้ำท่วม 5 แห่ง บนถนนหมายเลข 402 คือ 1) กม. 17+925 หน้าสถานีจำหน่ายน้ำมันซัสโก้ น้ำท่วมทั้งสองฝั่งสูงถึงเกาะกลางถนนเป็นระยะเวลาประมาณ 1-2วัน เกิดเป็นประจำทุกปี 2) กม. 18+825 ฝั่งขาออกตรงข้ามสถานีจำหน่ายน้ำมัน ปตท. น้ำท่วมสูงประมาณ 0.30 ม. เป็นระยะเวลาประมาณ 1-2วัน เกิดเป็นประจำทุกปี 3) กม. 19+700 ทั้งสองฝั่งตลอดแนวรั้ว น้ำท่วมสูงประมาณ 0.30 ม. เป็นระยะเวลาประมาณ 1-2วัน เกิดเป็นประจำทุกปี 4) .กม. 21+300 ทั้งสองฝั่งบริเวณร่องน้ำที่ตัดผ่านถนน น้ำท่วมสูงประมาณ 0.30 ม. เป็นระยะเวลาประมาณ 1-2วัน เกิดเป็นประจำทุกปี 5) กม.3+000 ฝั่งขวาทางขาเข้าเมืองใกล้วิทยาลัยเทคนิคกลาง น้ำเคยท่วมบ้านเรือนใกล้ถนนแต่ไม่ท่วมถนน	สาเหตุ เกิดจากฝนตกหนักน้ำระบายไม่ทัน




ตารางที่ 5.5-2 สรุปสภาพปัญหาน้ำท่วมตามแนวเส้นทางโครงการ (ต่อ)

ลำดับ	หน่วยงานที่ให้ข้อมูล	รายละเอียดสภาพน้ำท่วม	หมายเหตุ
3	เทศบาลตำบลศรีสุนทร	<p>มีปัญหาน้ำท่วม 5 แห่ง บนถนนหมายเลข 402 คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) กม.26+150 ฝั่งซ้ายทางด้านหน้าหนองน้ำในลำ ม.1. ท่วมสูง 0.40 ม. ประมาณ 1 วัน 2) กม.27+350 ฝั่งขวาออกหน้าโครงการเคหะ(เอื้ออาทร) ม.1 ท่วมสูง 0.20 ม.ประมาณครึ่งวัน 3) กม.28+750 หน้าสำนักงานไฟฟ้ากลาง ม.5 ท่วมสูง 0.30 ม. ประมาณ 1 วัน 4) กม.29+400 หน้าร้านไต้หวันทุ้ทั้งสองฝั่ง ม.5ท่วมสูง 0.20 ม.ประมาณครึ่งวัน 	สาเหตุ เกิดจากฝนตกหนักน้ำระบายไม่ทัน
4	อบต. เกาะแก้ว	<p>มีปัญหาน้ำท่วม 2 แห่ง บนถนนหมายเลข 402 คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) กม. 33+750 หน้าโรงเรียนมุสลิมวิทยาลัยท่วมสูง 0.25 ม.ประมาณ 30 นาที-1ชั่วโมง เกิดขึ้นประจำเมื่อฝนตกหนักเกือบทุกปี  <p>ภาพน้ำท่วมในปี 2560-2561</p> <ol style="list-style-type: none"> 2) กม. 35+500 หน้าร้านหมีสะป่าท่วมสูง 0.25 ม.ประมาณ 30 นาที-1ชั่วโมง เกิดขึ้นประจำเมื่อฝนตกหนักเกือบทุกปี  <p>ภาพน้ำท่วมในปี 2560-2561</p>	<p>เกิดขึ้นประจำเมื่อฝนตกหนักเกือบทุกปี</p> <p>เนื่องจากระบายน้ำไม่ทันเพราะน้ำทะเลหนุนเศษวัสดุทรายในท่ออุดตัน ช่องระบายน้ำมีเศษวัสดุปิดกั้น</p>
5	เทศบาลตำบลรัชฎา	<p>มีปัญหาน้ำท่วม 2 แห่ง บนถนนหมายเลข 402 คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) กม.38+450 หน้าร้านซูเปอร์ซีฟ ฝั่งตะวันตกของถนน ความลึกน้ำประมาณ 0.80-1.00 ม.ท่วมประมาณ 1 ชั่วโมง  <p>ภาพน้ำท่วมหน้าซูเปอร์ซีฟ</p>	<p>เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีเมื่อฝนตกหนักติดต่อกัน 2-3 วัน น้ำจะระบายไม่ทัน</p>

ตารางที่ 5.5-2 สรุปสภาพปัญหาน้ำท่วมตามแนวเส้นทางโครงการ (ต่อ)

ลำดับ	หน่วยงานที่ให้ข้อมูล	รายละเอียดสภาพน้ำท่วม	หมายเหตุ
		<p>2) กม.38+450 หน้าบ้านวานิช ฝั่งตะวันออกของถนน ความลึกน้ำประมาณ 0.60 ม.ท่วมประมาณ 1 ชั่วโมง</p>  <p>ภาพน้ำท่วมหน้าบ้านวานิช</p>	
6	เทศบาลนครภูเก็ต	<p>มีปัญหาน้ำท่วม ดังนี้</p> <p>1) ถนนเทพกระษัตรีตั้งแต่ กม. 41+350 สะพานโกมารภักดิ์ ถึง กม. 42+900 ท่วมสูงประมาณ 0.50-1.00 ม.ระยะเวลาประมาณ 1-2 วัน เกิดขึ้นประจำเมื่อฝนตกหนักเกือบทุกปี</p>  <p>ภาพน้ำท่วมถนนเทพกระษัตรี</p>	<p>เกิดขึ้นประจำ เนื่องจากคลองบางใหญ่สามารถรองรับปริมาณน้ำได้เพียง 60 มม./ชม. และน้ำทะเลหนุนสูง นอกจากนี้มีสาเหตุจากสะพานเชิงคีรีและสะพานอมสินและสายสื่อสารต่างๆได้สะพานกีดขวางการไหลของน้ำ</p>

ตารางที่ 5.5-2 สรุปสภาพปัญหาน้ำท่วมตามแนวเส้นทางโครงการ (ต่อ)

ลำดับ	หน่วยงานที่ให้ข้อมูล	รายละเอียดสภาพน้ำท่วม	หมายเหตุ
		<p>2) กม. 42+900-กม.44+500 ตั้งแต่หอนาฬิกาไปตามถนนบางเหี้ยวถึงสะพานหิน น้ำท่วมประมาณ 0.20 ม.</p>  <p>ภาพน้ำท่วมถนนรอบหอนาฬิกาไปตามถนนบางเหี้ยว</p>	
7	เทศบาลตำบลวิชิต	<p>มีปัญหาน้ำท่วม 1 แห่ง บนถนนเจ้าฟ้าดังนี้</p> <p>1) กม. 48+575 บริเวณที่คลองบึงไทรตัดผ่านถนน น้ำจะท่วมไปตามถนนสองข้างคลองข้างละ 100 เมตร สูงประมาณ 0.30 ม.ระยะเวลาประมาณครึ่งวัน สาเหตุจากฝนตกหนัก น้ำระบายไม่ทัน</p> 	
8	เทศบาลตำบลคลอง	<p>มีปัญหาน้ำท่วมบนถนนเจ้าฟ้า 1 แห่ง ดังนี้</p> <p>1) กม. 52+050 เลี้ยวแยกโคกโดนดไปเล็กน้อย ท่วมสูงประมาณ 0.30-0.50 ม.ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เกิดขึ้นประจำเมื่อฝนตกหนักทุกปี</p>  <p>ภาพน้ำท่วมถนนใกล้แยกโคกโดนด</p>	<p>เนื่องจาก น้ำระบายลงคลองสาธารณะ ไม่ทันช่วงที่ฝนตกหนัก ประกอบกับ น้ำทะเลหนุน</p>

ตารางที่ 5.5-3 สรุปการตรวจสอบระดับน้ำท่วมที่ตำแหน่งสถานีรถไฟฟ้าวางเบาต่างๆ

ลำดับ	ชื่อสถานี	ข้อมูลน้ำท่วมจากหน่วยงานส่วนท้องถิ่น	ข้อมูลน้ำท่วมจากประชาชนบริเวณพื้นที่ที่ตั้งสถานี
1	สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต	ไม่ท่วม	-
2	สถานีเมืองใหม่	ไม่ท่วม	ขวางทางท่วมประมาณ 20 ซม.
3	สถานีโรงเรียนกลาง	ไม่ท่วม	-
4	สถานีตลาด	ไม่ท่วม	ไม่ท่วม
5	สถานีอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร	ไม่ท่วม	ไม่ท่วม
6	สถานีเกาะแก้ว	ไม่ท่วม	ไม่ท่วม
7	สถานีขนส่ง	ไม่ท่วม	ท่วมประมาณ 20 ซม.
8	สถานีราชภัฏ	ไม่ท่วม	ท่วมประมาณ 20 ซม.
9	สถานีทุ่งคา	ท่วมประมาณ 20-30 ซม.	ท่วมประมาณ 20 ซม.
10	สถานีเมืองเก่า	ท่วมประมาณ 30-50 ซม.	ท่วมประมาณ 30 ซม.
11	สถานีหนองพิก	ท่วมประมาณ 20 ซม.	ท่วมประมาณ 20 ซม.
12	สถานีบางเหนียว	ท่วมประมาณ 20 ซม.	ท่วมประมาณ 20 ซม.
13	สถานีห้องสมุดประชาชน	ท่วมประมาณ 20 ซม.	ท่วมประมาณ 20 ซม.
14	สถานีสะพานหิน	ท่วมประมาณ 20 ซม.	ท่วมประมาณ 20 ซม.
15	สถานีศักดิ์เดช	ไม่ท่วม	ไม่ท่วม
16	สถานีดาวรุ่ง	ไม่ท่วม	ไม่ท่วม
17	สถานีวิจิตร	ไม่ท่วม	ไม่ท่วม
18	สถานีเจ้าฟ้าตะวันออก	ปัจจุบันไม่ท่วม	เคยท่วมประมาณ 50 ซม.
19	สถานีป่าหลาย	ไม่ท่วม	ไม่ท่วม
20	สถานีโคกโดนด	ท่วมประมาณ 50 ซม.	ท่วมประมาณ 50 ซม.
21	สถานีคลอง	ไม่ท่วม	ท่วมประมาณ 20 ซม.

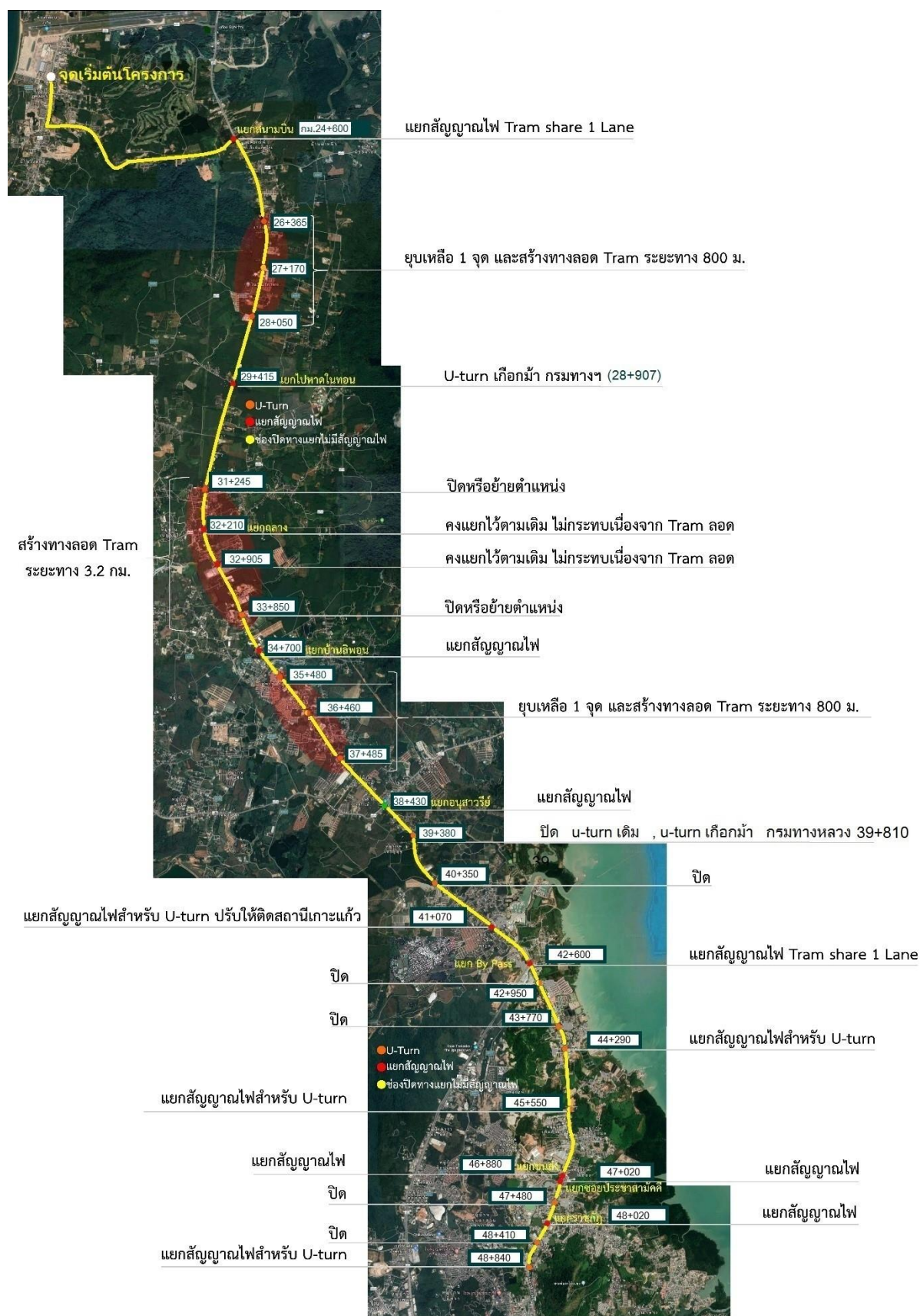
5.5.6 แนวทางการแก้ไขปัญหาหาน้ำท่วม

เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของจังหวัดภูเก็ตตามแนวเส้นทางมีลักษณะเป็นลูกเนินและบางช่วงเป็นพื้นที่ราบซึ่งในช่วงเวลาที่เกิดฝนตกหนักน้ำฝนจะไหลรวมไปตามลำห้วย ทางน้ำหรือร่องเนินเพื่อระบายลงทะเล ในปัจจุบันพื้นที่ภายในจังหวัดภูเก็ตได้มีการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนต่างๆขึ้นมากทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมหลากอยู่บ่อยครั้งซึ่งทางจังหวัดภูเก็ตได้ทำการปรับปรุงท่อและทางระบายน้ำต่างๆ จากการตรวจสอบปัญหาน้ำท่วมตลอดแนวเส้นทาง พบว่า น้ำท่วมสูงประมาณ 0.20 – 1.00 ม.เนื่องจากเป็นแนวที่น้ำจะไหลหลากลงไปยังพื้นที่ต่ำระยะเวลาระยะประมาณ 1/2 - 2 วันแล้วแต่พื้นที่และเกิดเป็นประจำ ในการแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับการเดินรถให้บริการ หากจะให้ระบบรถไฟฟ้ารางเบาสามารถเดินรถได้ตลอดเวลา จะต้องยกระดับรางให้พ้นระดับน้ำท่วมซึ่งจะทำได้ยากเนื่องจากบางช่วงระดับน้ำท่วมสูงถึง 1.00 ม.และพื้นที่ถนนแคบ และจากช่วงระยะเวลาน้ำหลากจะเป็นระยะเวลาประมาณ 1/2 - 2 วัน ดังนั้น การแก้ปัญหาน้ำท่วมโดยการหยุดเดินรถให้บริการเป็นการชั่วคราว จะเป็นมาตรการที่เหมาะสมและไม่กระทบกับชุมชนเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่มีการยกระดับรางให้สูงขึ้น

5.6 รูปแบบของจุดตัดระหว่างถนนและแนวเส้นทางโครงการ

ภาพรวมการแก้ไขปัญหาจุดตัดบนทางหลวงหมายเลข 402 แสดงดังรูปที่ 5.6-1 และรายละเอียดการแก้ไขปัญหาจุดตัดแสดงดังตารางที่ 5.6-1

โครงการระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ต ระยะที่ 1 นี้ มีจุดเริ่มต้นโครงการที่สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต และสิ้นสุดโครงการที่สถานีฉลอง ระยะทางรวมประมาณ 42 กิโลเมตร สำหรับแนวเส้นทางโครงการช่วงตั้งแต่จุดเริ่มต้นถึง กม. 48+400 (กม.อ้างอิงบนทางหลวงหมายเลข 402) ต้องมีการแก้ไขปัญหาจุดตัดระหว่างถนนและแนวเส้นทางโครงการ เนื่องจากแนวเส้นทางโครงการส่วนใหญ่จะอยู่ระดับพื้นดินโดยใช้พื้นที่ในเขตทางของกรมทางหลวง การพัฒนาโครงการจึงเกิดจุดตัดระหว่างการจราจรบนทางหลวงและระบบรถไฟฟ้ารางเบาหลายแห่งไม่ว่าจะเป็นทางแยกและจุดกลับรถ รวมทั้งมีการใช้ช่องจราจรร่วมกัน (Shared Lane) ในบางช่วง ซึ่งที่ปรึกษาได้พิจารณารูปแบบในการแก้ไขปัญหาจุดตัดและการใช้ช่องจราจรร่วมกัน ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและส่งผลกระทบต่อ การจราจรบนทางหลวงให้น้อยที่สุด



หมายเหตุ: กม. ที่ปรากฏอ้างอิงบนทางหลวงหมายเลข 402

รูปที่ 5.6-1 ภาพรวมการแก้ปัญหาจุดตัดบนทางหลวงหมายเลข 402

ตารางที่ 5.6-1 สรุปการแก้ปัญหาจุดตัดบนทางหลวงหมายเลข 402
ช่วงท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต - เทศบาลนครภูเก็ต

แนวทางการแก้ปัญหาจุดตัด	จำนวน (แห่ง)	กม.(บนถนนหมายเลข 402)	ตำแหน่ง
ทางลอดสำหรับรถไฟฟ้ารางเบา	3	กม. 27+000	บริเวณร้านคุณแม่จู้
		กม. 32+500	บริเวณสถานีตำรวจกลาง
		กม. 36+500	บริเวณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกลาง
สะพานลอยกลับรถรูปเกือกม้าสำหรับรถยนต์	2	กม. 28+907	บริเวณ Western Union
		กม. 39+810	บริเวณสถานตรวจสภาพรถยนต์
การปิดจุดกลับรถ	8	กม. 26+300	บริเวณวงค์เฉลิมการเดินวิว
		กม. 28+000	บริเวณบ.โตโยต้า เน็กซ์ จำกัด
		กม. 35+500	บริเวณร้านราซารถตู้
		กม. 37+500	บริเวณร้านศรีสุภลักษณ์ออกคิด
		กม. 42+800	บริเวณอู่ ส.เจริญยนต์ เกาะแก้ว
		กม. 43+900	บริเวณร้านหม้อหุ้กเก้นสะป่า
		กม. 47+500	บริเวณ บจ. เจนกิจเอ็นเตอร์ไพรส์
		กม. 48+400	บริเวณร้านหนึ่งยานยนต์ภูเก็ต
ทางแยกสัญญาณไฟ	11	กม. 24+600	บริเวณแยกท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต
		กม. 28+900	บริเวณแยกไปหาดในทอน
		กม. 32+200	บริเวณแยกน้ำตกโตนไทร
		กม. 32+920	บริเวณแยกถนนอ่าวเอวานิช
		กม. 34+700	บริเวณแยกบ้านลิพอน
		กม. 38+500	บริเวณแยกอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร
		กม. 41+260	บริเวณ M PLUS Outlet
		กม. 42+660	บริเวณแยก By Pass
		กม. 46+750	บริเวณแยกสถานีขนส่ง
		กม. 46+970	บริเวณแยกซอยประชาสามัคคี
		กม. 48+020	บริเวณ ม.ราชภัฏภูเก็ต

สำหรับสภาพปัจจุบันบนทางหลวงในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง สามารถสรุปได้ดังนี้

- บริเวณจุดตัดทางหลวงหมายเลข 4026 กับทางหลวงหมายเลข 402 กม. 24+600 แสดงดังรูปที่ 5.6-2 โดยปัจจุบันกรมทางหลวง ได้อยู่ระหว่างทำการก่อสร้างอุโมงค์ลอดทางแยก จุดนี้จะเป็นรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกัน พร้อมมีการใช้ช่องจราจรร่วมกับรถยนต์



รูปที่ 5.6-2 จุดตัดทล. 4026 กับทล. 402

- ทางหลวงหมายเลข 402 ช่วงตั้งแต่ กม. 26+000 ถึง กม. 28+000 บริเวณนี้จะมีจุดกลับรถ 2 จุด และจุดกลับรถที่เป็นสามแยกแบบไม่มีสัญญาณไฟ 1 จุด แสดงดังรูปที่ 5.6-3 โดยบริเวณนี้จะแก้ไขโดยสร้างทางลอด สำหรับรถไฟฟ้ารางเบา ระยะทาง 1,100 เมตร พร้อมมีจุดกลับรถ



รูปที่ 5.6-3 จุดกลับรถบนทล. 402 ตั้งแต่ประมาณ กม.26+000 ถึง กม.28+000

- บริเวณจุดตัดทางหลวงหมายเลข 4031 กับทางหลวงหมายเลข 402 กม. 28+900 ซึ่งเป็นสามแยกไปหาดินทอน แสดงดังรูปที่ 5.6-4 บริเวณนี้มีแผนการก่อสร้างจุดกลับรถเกือกม้าของกรมทางไว้แล้ว ซึ่งจุดนี้จึงจะทำรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกัน



รูปที่ 5.6-4 จุดตัดทล. 4031 กับทล. 402

- ทางหลวงหมายเลข 402 ช่วงตั้งแต่ กม. 30+000 ถึง กม. 34+500 บริเวณนี้จะสร้างทางลอดสำหรับรถไฟฟ้ารางเบา ระยะทาง 3.25 กิโลเมตร เพื่อแก้ไขปัญหาจุดกลับรถจำนวนมากหลายแห่งบนทางหลวงหมายเลข 402 และสามารถเข้าโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุงได้โดยไม่ตัดกระแสจราจร โดยรายละเอียดการแก้ไขปัญหาจุดตัดบริเวณนี้ดังรูปที่ 5.6-5 ถึง รูปที่ 5.6-8



รูปที่ 5.6-5 จุดกลับรถเดิมบนทล. 402 กม. 31+200 จะถูกปิดและย้ายไปยังตำแหน่งใหม่ที่เหมาะสม



รูปที่ 5.6-6 แยกสัญญาณไฟบนทล. 402 กม.32+200 คงไว้ตามเดิม



รูปที่ 5.6-7 แยกสัญญาณไฟบนทล. 402 กม.32+920 คงไว้ตามเดิม



รูปที่ 5.6-8 จุดกลับรถเดิมบนทล. 402 กม. 33+820 จะถูกปิดและย้ายไปยังตำแหน่งใหม่ที่เหมาะสม

- บริเวณจุดตัดทางหลวงชนบทหมายเลข 4015 กับทางหลวงหมายเลข 402 กม. 34+700 แยกบ้านลิพอน แสดงดังรูปที่ 5.6-9 จุดนี้จะทำรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกั้น



รูปที่ 5.6-9 จุดตัดทล. 4015 กับทล. 402

- ทางหลวงหมายเลข 402 ช่วงตั้งแต่ กม. 35+500 ถึง กม. 37+500 บริเวณนี้จะก่อสร้างทางลอดสำหรับ Tram ระยะทาง 1,100 เมตร โดยรายละเอียดการแก้ไขปัญหาจุดตัดบริเวณนี้แสดงดังรูปที่ 5.6-10 – รูปที่ 5.6-12



รูปที่ 5.6-10 จุดกลับรถเดิมบนทล. 402 กม. 35+500 จะถูกปิดและให้ไปกลับรถแยกก่อนหน้าหรือถัดไป



รูปที่ 5.6-11 จุดกลับรถบนทล. 402 กม. 36+400 คงไว้ตามเดิม



รูปที่ 5.6-12 จุดกลับรถเดิมบนทล. 402 กม. 37+500 จะถูกปิดและให้ไปกลับรถแยกก่อนหน้าหรือถัดไป

- บริเวณจุดตัดทางหลวงหมายเลข 4025 และ 4027 กับทางหลวงหมายเลข 402 กม. 38+500 แยกอนุสาวรีย์ฯ แสดงดังรูปที่ 5.6-13 จุดนี้จะทำรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องหมาย



รูปที่ 5.6-13 แยกอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร

- บริเวณจุดตัดทางหลวงชนบทหมายเลข ภก.3030 กับทางหลวงหมายเลข 402 กม. 39+800 แสดงดังรูปที่ 5.6-14 บริเวณนี้มีแผนการก่อสร้างสะพานลอยกลับรถเกือกม้าของกรมทางหลวงไว้แล้วที่บริเวณสถานตรวจสภาพรถยนต์



รูปที่ 5.6-14 จุดตัดทข. 3030 กับทล. 402

- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม. 40+460 แสดงดังรูปที่ 5.6-15 ซึ่งเป็นจุดกลับรถโดยให้สิทธิพิเศษ (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจร และเครื่องกั้น



รูปที่ 5.6-15 จุดกลับรถบนทล. 402 กม. 40+460

- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม. 41+260 ซอยเกาะแก้ว 16 แสดงดังรูปที่ 5.6-16 จุดนี้จะทำรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบาและจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกั้น



รูปที่ 5.6-16 แยกสัญญาณไฟบนทล. 402 กม. 41+260

- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม. 42+660 แยก By Pass แสดงดังรูปที่ 5.6-17 จุดนี้จะเป็นรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องหมาย



รูปที่ 5.6-17 แยกสัญญาณไฟบนทล. 402 กม. 42+660

- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม. 42+800 แสดงดังรูปที่ 5.6-18 จุดนี้ จะทำการปิดจุดกลับรถ และต้องไปกลับรถที่ทางแยกสัญญาณไฟก่อนหน้านี้



รูปที่ 5.6-18 จุดกลับรถบนทล. 402 กม. 42+800

- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม. 43+900 แสดงดังรูปที่ 5.6-19 จุดนี้ จะทำการปิดจุดกลับรถ และต้องไปกลับรถที่จุดกลับถัดไป



รูปที่ 5.6-19 จุดกลับรถบนทล. 402 กม. 43+900

- บริเวณจุดตัดถนนทุ่งคา-สะพานควนดินแดง กับทางหลวงหมายเลข 402 กม. 45+550 แสดงดังรูปที่ 5.6-20 จุดนี้จะทำรูปแบบจุดกลับรถเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษ (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกั้น



รูปที่ 5.6-20 จุดกลับรถบนทล. 402 กม. 45+550

- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม. 46+750 แสดงดังรูปที่ 5.6-21 จุดนี้จะทำรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกั้น



รูปที่ 5.6-21 แยกสัญญาณไฟบนทล. 402 กม. 46+750

- ทางหลวงหมายเลข 402 กม. 46+970 บริเวณซอยประชาสามัคคีซึ่งเป็นแยกสัญญาณไฟ แสดงดังรูปที่ 5.6-22 จุดนี้จะทำรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกั้น



รูปที่ 5.6-22 แยกสัญญาณไฟบนทล. 402 กม. 46+970

- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม. 47+500 ใกล้ซอยราษฎร์ราลีฯ แสดงดังรูปที่ 5.6-23 จุดนี้จะทำการปิดจุดกลับรถ และต้องไปกลับรถที่ทางแยกสัญญาณไฟก่อนหน้าหรือถัดไป



รูปที่ 5.6-23 จุดกลับรถบนทล. 402 กม. 47+500

- ทางหลวงหมายเลข 402 กม. 48+000 บริเวณจุดตัดกับถนนรัชฎานุสรณ์ซึ่งเป็นแยกสัญญาณไฟ แสดงดังรูปที่ 5.6-24 จุดนี้จะทำรูปแบบสัญญาณไฟเหมือนเดิม โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกัน



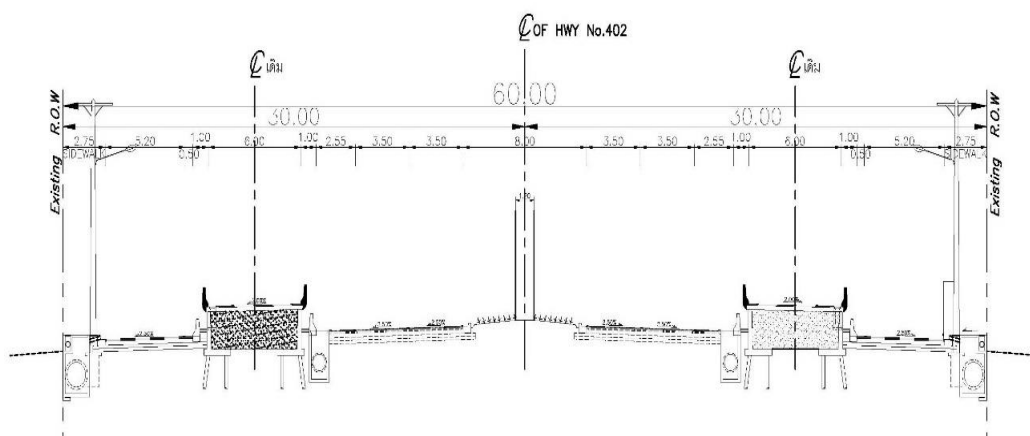
รูปที่ 5.6-24 แยกสัญญาณไฟบนทล. 402 กม. 48+000

- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม. 48+400 ใกล้ซอยสาครเขต แสดงดังรูปที่ 5.6-25 จุดนี้จะทำการปิดจุดกลับรถ และต้องไปกลับรถที่ทางแยกสัญญาณไฟก่อนหน้าหรือถัดไป

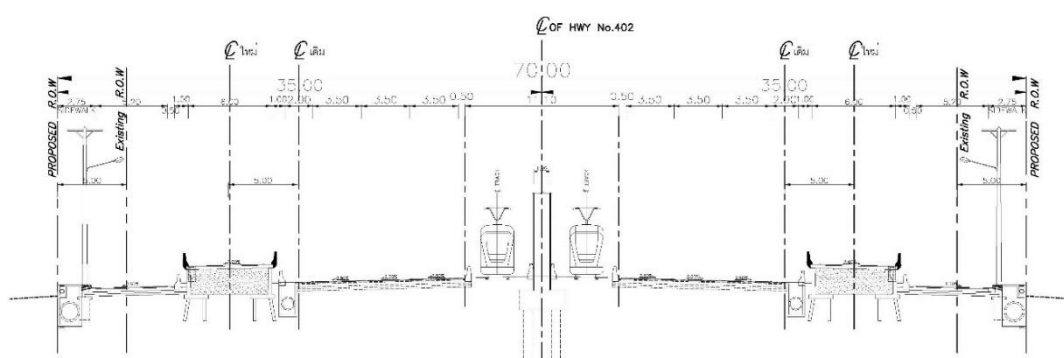


รูปที่ 5.6-25 จุดกลับรถบนทล. 402 กม. 48+400

- สำหรับช่วงแนวเส้นทางโครงการ ช่วงตั้งแต่ กม. 48+400 เข้าสู่เขตเทศบาลเมืองภูเก็ต บนสะพานเทพศรีสสินธุ์ (สะพานข้ามคลองเกาะผี) ของกรมทางหลวงชนบท และถนนเจ้าฟ้าตะวันออก ใช้รูปแบบจุดตัดเสมอระดับควบคุมการจราจรโดยใช้สัญญาณไฟ โดยให้สิทธิ์พิเศษที่ทางแยก (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบา และจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องกั้น เพื่อความสะดวกและความปลอดภัยต่อผู้ใช้นน
- ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณ กม.28+907 และ กม.39+810 กรมทางหลวงจะดำเนินการก่อสร้างสะพานลอยกลับรถรูปเกือกม้า โดยมีเขตทาง 60 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 5.6-26 และเมื่อมีการดำเนินโครงการรถไฟฟ้ารางเบา การออกแบบโครงการบริเวณสะพานลอยกลับรถต่างระดับทั้ง 2 จุด กำหนดให้ยังคงจำนวนช่องจราจรบนทางหลวงหมายเลข 402 ตามมาตรฐานกรมทางหลวงเป็น 6 ช่องจราจร เท่าเดิม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาคอขวดของการจราจรบนทางหลวงหมายเลข 402 ช่วงดังกล่าว ทั้งนี้ ต้องมีการเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม 2 ข้างทางอีกข้างทางละ 5 เมตร รวมเป็นเขตทางที่ต้องการเพิ่มเป็น 70 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 5.6-27

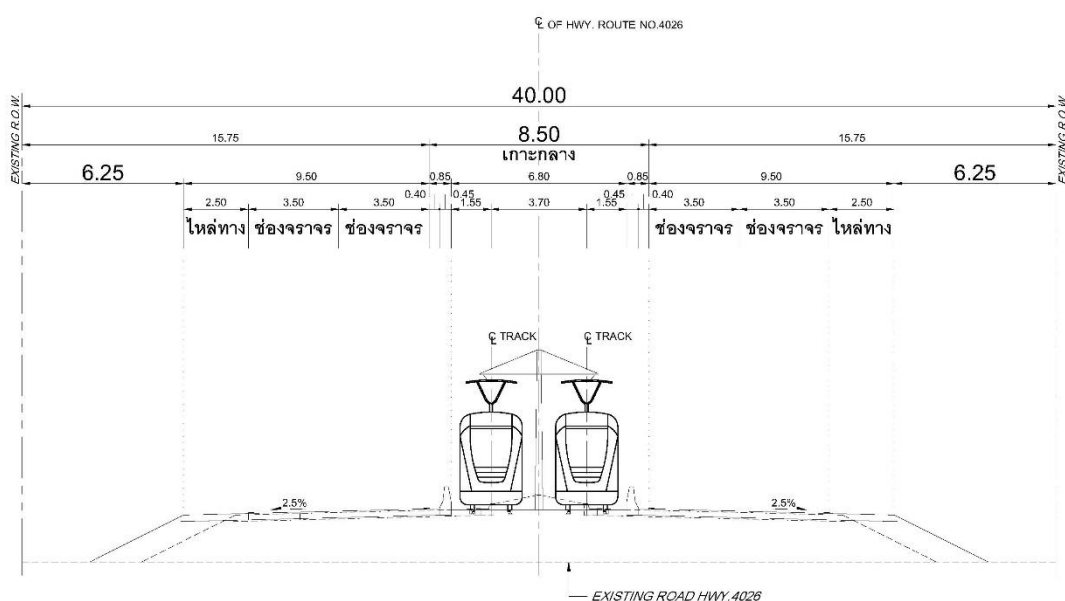


รูปที่ 5.6-26 รูปตัดทล. 402 บริเวณที่จะก่อสร้างสะพานลอยกลับรถ (เขตทาง 60 เมตร)



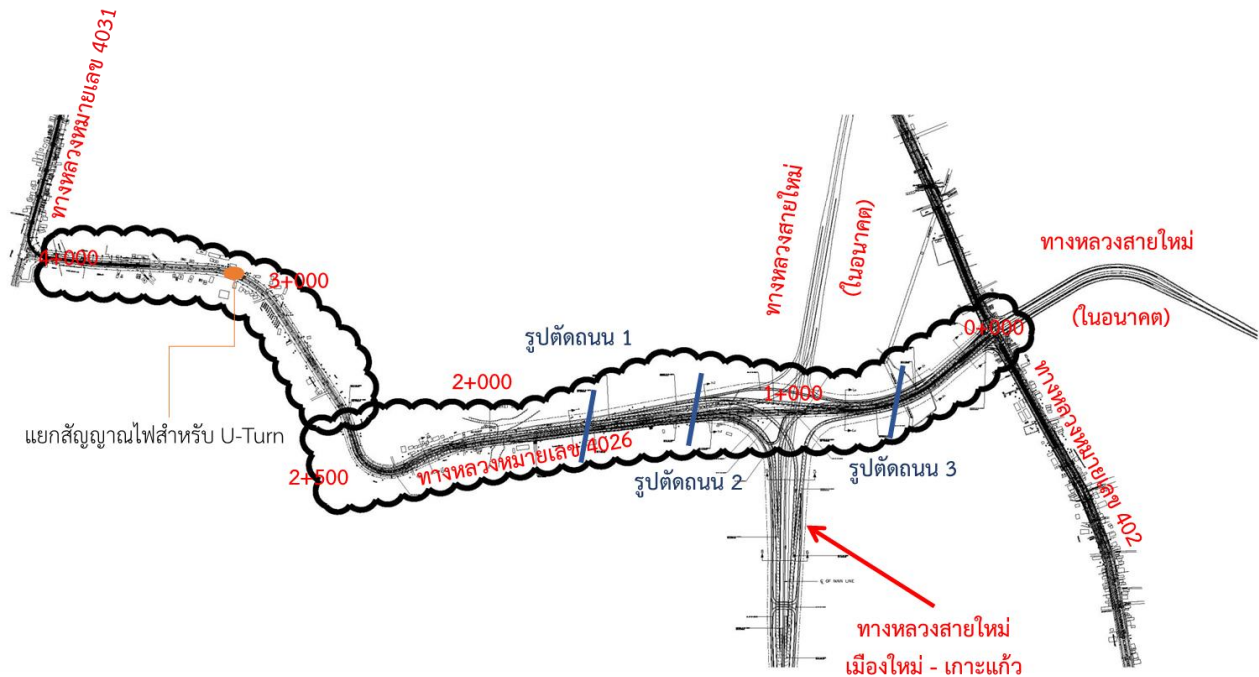
รูปที่ 5.6-27 รูปตัดทล. 402 บริเวณที่จะก่อสร้างสะพานลอยกลับรถ
เมื่อมีโครงการรถไฟฟ้ารางเบา (เขตทาง 70 เมตร)

- ทางหลวงหมายเลข 4026 แนวเส้นทางรถไฟฟ้ารางเบาอยู่บนเกาะกลางของทางหลวงหมายเลข 4026 เมื่อมีโครงการรถไฟฟ้ารางเบาต้องแก้ไขแนวเส้นทางรถไฟฟ้ารางเบา ให้อยู่บนเกาะกลางทางหลวงหมายเลข 4026 ที่กม. 0+000 – กม. 2+500 (โดยต้องคำนึงถึงทางแยกต่างระดับของทางหลวงสายใหม่ เมืองใหม่ – เกาะแก้ว ในอนาคตของกรมทางหลวง) และปรับปรุงความกว้างเกาะกลางของทางหลวงหมายเลข 4026 ตั้งแต่ กม. 2+500 – กม. 4+000 แสดงในรูปที่ 5.4-28 – รูปที่ 5.4-32 และบริเวณกม. 2+930 ซึ่งเป็นจุดกลับรถโดยให้สิทธิพิเศษ (Priority) แก่รถไฟฟ้ารางเบาและจะใช้ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจรและเครื่องหมาย

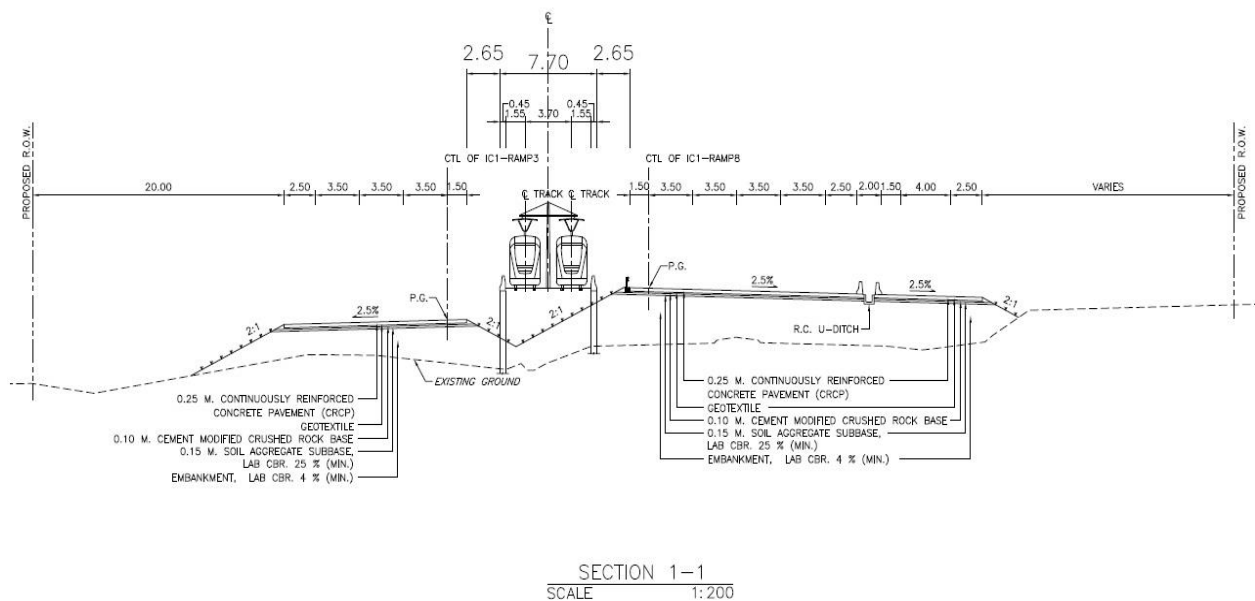


รูปตัดถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4026 (บริเวณทางวิ่ง AT GRADE)

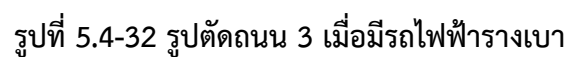
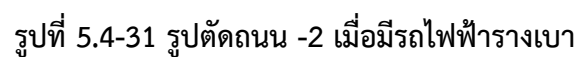
รูปที่ 5.4-28 ทางหลวงหมายเลข 4026 (ระดับพื้นดิน)



รูปที่ 5.4-29 การปรับปรุงถนนทางหลวงหมายเลข 4026 เมื่อมีรถไฟฟ้ารางเบา



รูปที่ 5.4-30 รูปตัดถนน -1 เมื่อมีรถไฟฟ้ารางเบา



- รูปที่ 5.6-33 – รูปที่ 5.6-35 แสดงตัวอย่างทางลอดสำหรับ ระบบรถไฟฟ้ารางเบา (ประเทศฝรั่งเศส) การจัดกายภาพบริเวณจุดกลับรถ การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรและเครื่องกั้นตามลำดับ



รูปที่ 5.6--33 ตัวอย่างทางลอดสำหรับระบบรถไฟฟ้ารางเบา (ประเทศฝรั่งเศส)



รูปที่ 5.6-34 ภาพจำลองการจัดกายภาพบริเวณจุดกลับรถ
การติดตั้งสัญญาณไฟจราจร และเครื่องกั้น



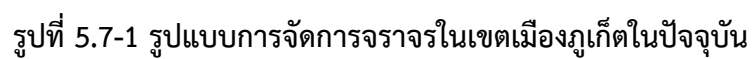
รูปที่ 5.6-35 ตัวอย่างการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรและเครื่องกั้นในต่างประเทศ

5.7 การปรับปรุงการจัดการจราจรในเขตเมืองภูเก็ต

จากข้อมูลการจัดการจราจรบนโครงข่ายถนนสายต่างๆ ในปัจจุบันโดยเฉพาะในเขตเมืองภูเก็ต พบว่า ช่วงถนนที่มีการจัดการจราจรเป็นแบบเดินรถทิศทางเดียว (One-way) ได้แก่

- ถนนเทพกษัตรี/ถนนภูเก็ต (แยกถนนดีบุก – แยกถนนรัชฎา)
- ถนนเยาวราช (แยกถนนรัชฎา – แยกถนนดีบุก)
- ถนนดีบุก (แยกถนนเยาวราช – แยกถนนเทพกษัตรี)
- ถนนกลาง (แยกถนนเทพกษัตรี – แยกถนนเยาวราช)
- ถนนพังงา (แยกถนนเยาวราช – แยกถนนภูเก็ต)
- ถนนรัชฎา
- ถนนระนอง (แยกถนนเยาวราช – แยกถนนสตูล)
- ถนนกระบี่ (แยกถนนเยาวราช – แยกซอยภูธร)

โดยรูปแบบการจัดการจราจรบนโครงข่ายถนนสายต่างๆ ในเขตเมืองภูเก็ตในปัจจุบัน แสดงดังรูปที่ 5.7-1

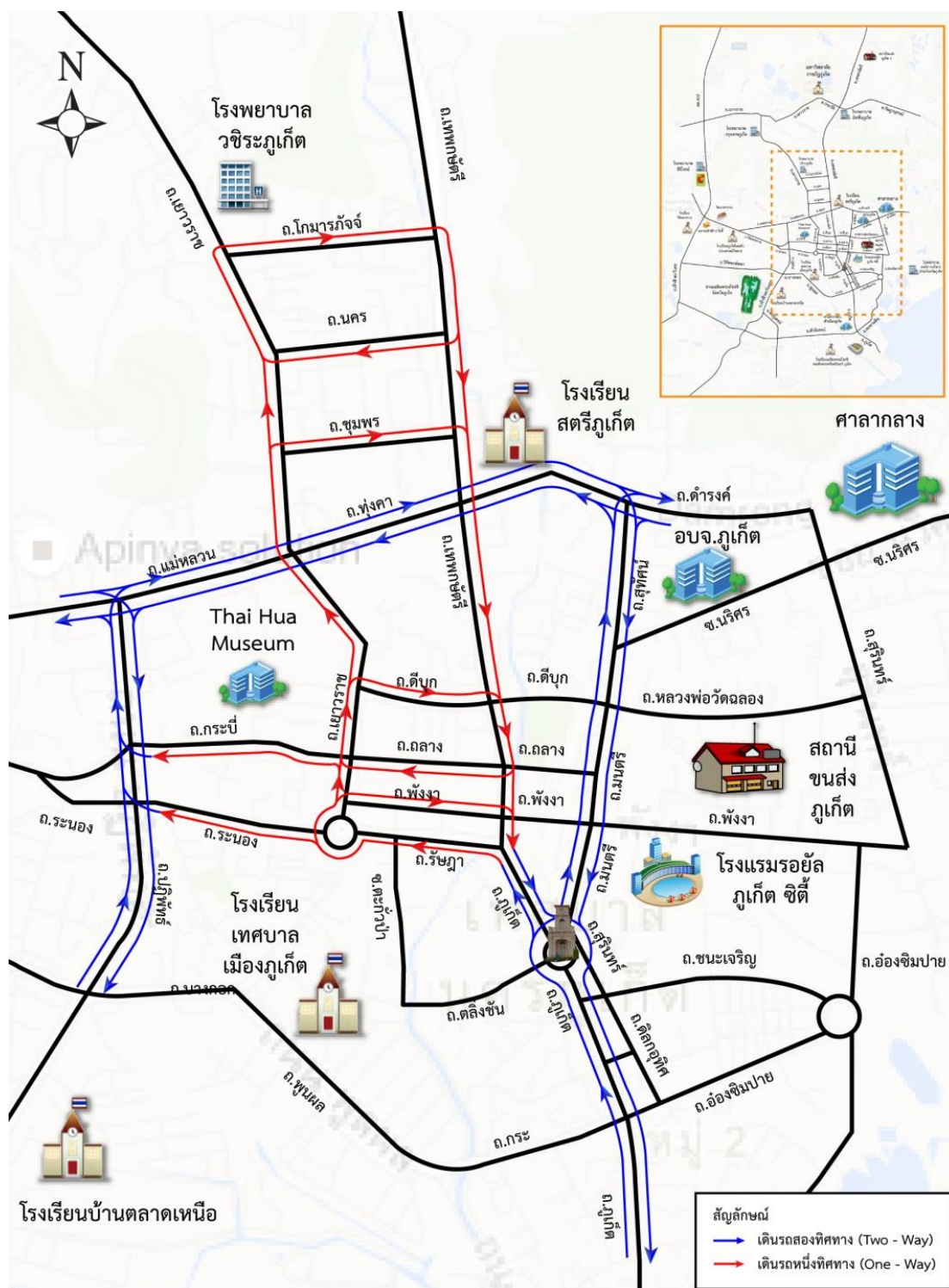


กรณีที่มีการดำเนินโครงการระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ต ระยะที่ 1 ช่วงท่าอากาศยานนานาชาติ ภูเก็ต - ฉลอง จะมีการใช้พื้นที่ผิวจราจรบางส่วนบนโครงข่ายถนนตามแนวเส้นทางโครงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โครงข่ายถนนภายในเขตเมืองภูเก็ตซึ่งเป็นถนนที่มีผิวจราจรค่อนข้างแคบ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการจราจรใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการดำเนินการและเป็น การลดผลกระทบด้านการจราจรที่จะเกิดขึ้น โดยโครงข่ายถนนที่ที่ปรึกษาเสนอให้มีการปรับการ จัดการจราจรใหม่ มีดังนี้

- ถนนภูเก็ต/เทพกระษัตรี ช่วงระหว่างแยกถนนทุ่งคากับแยกถนนดีบุก: เนื่องจากถนนมีผิวจราจรแคบ จึงเสนอให้ปรับการเดินรถจากการเดินรถสองทิศทางเป็นการเดินรถทิศทางเดียวจากเหนือไปใต้
- ถนนเยาวราช ช่วงระหว่างถนนโกมารภักดิ์ ถึงถนนดีบุก เสนอให้ปรับให้มีการเดินรถทางเดียว จากใต้ขึ้นเหนือ
- ถนนเทพกระษัตรี/ภูเก็ต ใช้สำหรับการจราจรขาเข้า
- ถนนเยาวราช ใช้สำหรับการจราจรขาออก
- ถนนชุมพร ถนนนคร และถนนโกมารภักดิ์ ปรับเป็นเดินรถทางเดียวในทิศทางสลับกัน

โดยการปรับทิศทางการเดินรถของถนนเทพกระษัตรี/ภูเก็ต และ ถนนเยาวราช ช่วงถนนโกมารภักดิ์ - ถนนรัชฎา เป็นการเดินรถทางเดียว จะสามารถช่วยลดจลจหะสัญญาณไฟและความล่าช้าที่จะเกิดขึ้น บริเวณทางแยก ดังนี้

ทั้งนี้ รูปแบบการจัดการจราจรที่เสนอแนะให้ปรับปรุง แสดงดังรูปที่ 5.7-2



รูปที่ 5.7-2 ข้อเสนอรูปแบบการจัดการจราจรในเขตเมืองภูเก็ตใหม่

จากการศึกษาวิเคราะห์สภาพการจราจรภายหลังการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการจราจรบนถนนบางเส้นทางในเขตเมืองภูเก็ต พบว่า จะส่งผลให้การสัญจรของยานพาหนะในเขตเมืองภูเก็ตดีขึ้น โดยกระแสจราจรจะไหลเวียนได้คล่องตัวมากขึ้น เนื่องจากการลดลงของจังหวะสัญญาณไฟซึ่งเป็นสาเหตุของความล่าช้าที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยกซึ่งมีอยู่จำนวนมากและมีระยะห่างระหว่างทางแยกไม่มากนัก แต่จะส่งผลให้ปริมาณจราจรในโครงข่ายถนนบางช่วงมีปริมาณเพิ่มขึ้นในบางทิศทาง เช่น

- ถนนเทพกษัตรี/ภูเก็ต มีปริมาณจราจรขาเข้าเพิ่มขึ้น
- ถนนเยาวราช มีปริมาณจราจรขาออกเพิ่มขึ้น
- ถนนมนตรี จะมีปริมาณจราจรขาออกเพิ่มขึ้น
- ถนนดำรงค์ ถนนทุ่งคา และถนนแม่หลวน มีปริมาณจราจรขาออกเพิ่มขึ้นในทิศมุ่งตะวันตก ซึ่งต้องใช้โครงข่ายดังกล่าวเชื่อมต่อไปยังถนนบายพาส และถนนเยาวราช

นอกจากนี้ เพื่อให้การจราจรในเขตเมืองภูเก็ตมีความคล่องตัวมากขึ้น จึงควรมีมาตรการห้ามจอดรถริมทางตามแนวถนนเทพกษัตรี /ภูเก็ต โดยเฉพาะช่วงที่มีความกว้างถนนแคบ โดยจะต้องมีการจัดหาที่จอดรถสาธารณะเพิ่มเติมเพื่อรองรับการใช้มาตรการดังกล่าวด้วย

5.8 การเวนคืนที่ดินเพื่อพัฒนาโครงการ

จากการตรวจสอบและจัดวางตำแหน่งของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร 21 แห่ง มีความจำเป็นต้องทำการเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

1) สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต (สถานียกระดับ)

ต้องทำการเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

- พื้นที่เพื่อการก่อสร้างลิฟต์ และบันไดทางเข้าสถานี
- พื้นที่สำหรับฐานรากของเสาอาคาร
- พื้นที่สำหรับอาคาร Water Pump and Water Tank ประมาณ 56.25 ตารางวา

2) สถานีกลาง (สถานีใต้ดิน)

ต้องทำการเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

- พื้นที่เพื่อการก่อสร้างลิฟต์และบันไดทางลงสู่สถานี
- พื้นที่สำหรับปล่อยระบายอากาศของสถานี 3 จุด และอุโมงค์ 3 จุด รวมพื้นที่ประมาณ 310 ตารางวา

3) สถานีระดับพื้นดินที่มีสะพานข้ามถนน (ตั้งแต่สถานีเมืองใหม่ถึงสถานีราชภัฏภูเก็ต)

ต้องทำการเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

- พื้นที่เพื่อการก่อสร้างลิฟต์ และบันไดทางขึ้นสะพานข้ามถนน
- ปรับขนาดขานชาลาเพิ่มขึ้นจาก 3 เมตร เป็น 4.5 เมตร เนื่องจากภายหลังจากการพิจารณาเรื่อง Universal Design จำเป็นต้องเพิ่มลิฟต์ขนาด 3 เมตร และขนาดของทางเท้า 1.5 เมตร
- เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งขานชาลามีการเหลื่อมล้ำเข้าไปบนถนน จึงจำเป็นต้องปรับปรุงช่องทางจราจรเพื่อให้รถวิ่งได้ 3 ช่องจราจรเช่นเดิม
- พื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation)

4) สถานีระดับพื้นดินที่อยู่ภายในเขตตัวเมืองภูเก็ต (ไม่มีสะพานสอยข้ามถนน)

ต้องทำการเวนคืนที่ดินเพิ่มเติม ดังนี้

- พื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation)
- พื้นที่สำหรับทางม้าลายและสัญญาณไฟจราจร

5) สถานีฉลอง

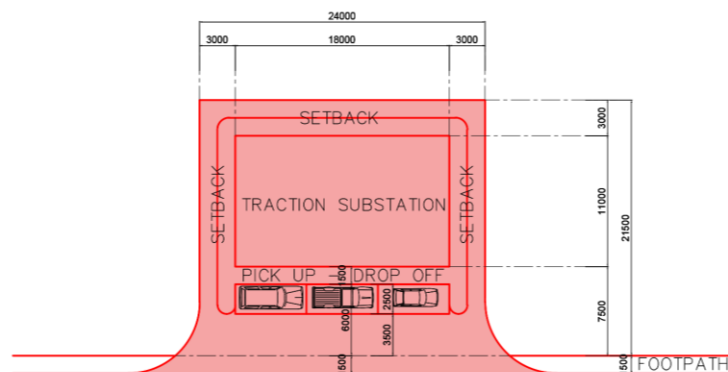
สถานีฉลองเป็นสถานีปลายทางของโครงการ จากการศึกษาเพิ่มเติมของที่ปรึกษา พบว่าตำแหน่งที่ตั้งของสถานีมีศักยภาพเพียงพอที่จะสร้างอาคารจอดแล้วจร (Park & Ride) ดังนั้น สถานีแห่งนี้จะทำการเวนคืนที่ดินเพิ่มเติมเพื่อใช้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

- พื้นที่สำหรับก่อสร้างโครงการ (ระบบรางและขานชาลา) เนื่องจากไม่ได้ตั้งอยู่บนถนนที่มีอยู่เดิม การก่อสร้างถนนและทางเดินเพื่อการเดินทางเข้าถึงสถานีและเชื่อมต่อกับท่าเรือฉลองซึ่งอยู่ใกล้กับสถานี โดยใช้พื้นที่ประมาณ 650 ตารางวา
- พื้นที่สำหรับอาคารจอดแล้วจร ประมาณ 875 ตารางวา

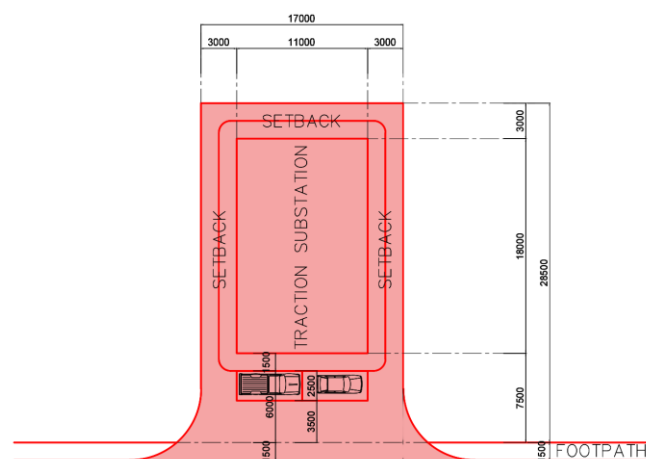
6) พื้นที่สำหรับอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (Traction Substation)

ในการออกแบบและจัดวางตำแหน่งอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า ที่ปรึกษาได้จัดพื้นที่ส่วนหนึ่งสำหรับการจอดรับ-ส่งผู้โดยสาร (Pick up & Drop off) รวมไว้ด้วย โดยการจัดวางอาคารจะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

- รูปแบบที่ 1 : รูปแบบนี้มีหน้ากว้างของที่ดิน 24 เมตร ใช้พื้นที่ประมาณ 130 ตารางวา
- รูปแบบที่ 2 : รูปแบบนี้มีหน้ากว้างของที่ดิน 17 เมตร ใช้พื้นที่ประมาณ 125 ตารางวา



รูปแบบที่ 1



รูปแบบที่ 2

รูปที่ 5.8-1 การจัดวางตำแหน่งอาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า 2 รูปแบบ

จากรูปแบบการจัดวางอาคารสถานีและอาคารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังกล่าวมาแล้ว สามารถสรุปพื้นที่ที่ดินที่ต้องทำการเวนคืนทั้งหมดประมาณ 4,489.09 ตารางวา ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 5.8-1

ตารางที่ 5.8-1 สรุปการเวนคืนที่ดินเพื่อพัฒนาโครงการ

ลำดับที่	สถานี	อาคารจ่ายกระแสไฟฟ้า (ตารางวา)	บันไดและลิฟต์ (ตารางวา)	การปรับปรุงช่องจราจร (ตารางวา)	อื่น ๆ (ตารางวา)	พื้นที่รวม (ตารางวา)
PT01	ท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต		54.68		86.41	141.09
PT02	เมืองใหม่	125.00	65.00			190.00
PT03	โรงเรียนเมืองกลาง	125.00	65.00			190.00
PT04	กลาง		13.00			13.00
PT05	อนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร	130.00	65.00			195.00
PT06	เกาะแก้ว	125.00	65.00			190.00
PT07	สถานีขนส่งฯ แห่งที่ 2	125.00	65.00			190.00
PT08	ราชภัฏภูเก็ต		65.00	355.00		420.00
PT09	ทุ่งคา	125.00				125.00
PT10	เมืองเก่า					0.00
PT11	หอนาฬิกา					0.00
PT12	บางเหนียว					0.00
PT13	ห้องสมุดประชาชน	125.00				125.00
PT14	สะพานหิน					0.00
PT15	คึกคิเดชน์					0.00
PT16	ดาวรุ่ง	125.00				125.00
PT17	วิชิต					0.00
PT18	เจ้าฟ้าตะวันออก	125.00				125.00
PT19	ป่าห้วย	125.00				125.00
PT20	โคกโดนด					0.00
PT21	ฉลอง					0.00
	- ก่อสร้างระบบราง ถนนทางเข้า-ออก สถานีและเชื่อมต่อกับท่าเรือฉลอง				650.00	650.00
	- อาคารจอดแล้วจร (พื้นที่ส่วนที่ เวนคืนเพิ่มเติม)				875.00	875.00
เพิ่มเติม	ปล่องระบายอากาศภายในอุโมงค์				310.00	310.00
	อาคารจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ตั้งอยู่ตาม แนวเส้นทางโครงการ จำนวน 4 แห่ง (ใช้พื้นที่ 125 ตารางวาต่อแห่ง)	500.00				500.00
พื้นที่รวม (ตารางวา)		1,755.00				4,489.09

5.9 ระบบราง

ระบบรถไฟฟ้ารางเบาที่จะใช้ในโครงการประกอบ 2 ช่วง คือ ช่วงนอกเมือง (ตั้งแต่สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ตถึงสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดภูเก็ตแห่งที่ 2) และช่วงในเมือง (ตั้งแต่สถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดภูเก็ตแห่งที่ 2 ถึงสถานีฉลอง) การให้บริการเดินรถไฟฟ้ารางเบาสามารถใช้ความเร็ว (สูงสุดประมาณ 80 กม./ชม.) ได้ และช่วงที่สองจากสถานีหยุดรับส่งสถานีขนส่งถึงสถานีหยุดรับส่งฉลองการให้บริการเดินรถไฟฟ้ารางเบาจะใช้ความเร็วต่ำ

1) ความกว้างราง (Gauge)

ความกว้างรางจะต้องเป็นที่ยืนยันว่าตัวรถไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ราบรื่น ระยะต่างๆ ของตัวรถต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบ ในบริเวณทางโค้งต้องเพิ่มระยะต่างๆ ของตัวรถตามความเหมาะสม รัศมีโค้งที่เหมาะสมจะต้องนำมาใช้ตามมาตรฐานของรัศมีโค้งขั้นต่ำ โดยใช้เส้นโค้งที่เหมาะสมและความเร็วในการวิ่งของยานพาหนะและลาด ฯลฯ มาพิจารณา เพื่อให้แน่ใจได้ว่าผู้โดยสารปลอดภัยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบที่เลือกใช้ อาทิ Standard Gauge (กว้าง 1.435 m.) หรือ Meter Gauge (กว้าง 1.000 m.)

ตัวอย่างข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องแสดงดังตารางที่ 5.9-1 ทั้งนี้ ขนาดและคุณสมบัติต่างๆ ของระบบรางจะมีความแตกต่างกันในแต่ละผู้ผลิต

ตาราง 5.9-1 ตัวอย่างข้อกำหนดระบบราง สำหรับ Standard Gauge

Requirement	Standard Gauge
Track gauge in straight alignment	1.435 m
Static envelope (SE)	2.65 m
Kinematic envelope (KE)	2.95 m
Swept path line for one lane in straight alignment	3.25 m
Minimum horizontal radius at stops	1000 m
Absolute minimum radius	25 m
Suggested minimum radius in-line	100 m
Maximum slope	4.5% (continuous ramp) up to 7% (maximum length of ~500m)

2) ระบบราง (Track)

การออกแบบแนวเส้นทางของรางในแนวตั้งและแนวราบจะใช้ข้อกำหนดตามคุณลักษณะของตัวรถ (Rolling Stock) และคำนึงถึงความสะดวกของผู้โดยสาร รวมถึงบริบทเฉพาะต่างๆ ของเกาะภูเก็ต

เกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้จะครอบคลุมถึงคุณลักษณะทางเทคนิคสำหรับระบบราง ดังนี้

- เป็นแนวทางสำหรับเดินรถ (Guide the tramway): ข้อกำหนดเกี่ยวกับโค้งราบ โค้งตั้ง การเปลี่ยนโค้ง การยกโค้ง ความชัน ระยะปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร เป็นต้น
- รองรับขบวนรถ: ข้อกำหนดเกี่ยวกับรูปแบบราง วัสดุ ส่วนประกอบ การเชื่อมต่อ อุปกรณ์ ยึดเหนี่ยว ความสั่นสะเทือน เสียงรบกวน เป็นต้น
- เข้าได้กับวัสดุพื้นผิวทางหลากหลายรูปแบบ: Filling material รอยต่อ คุณลักษณะของ พื้นผิว เป็นต้น
- มีการระบายน้ำที่ดี

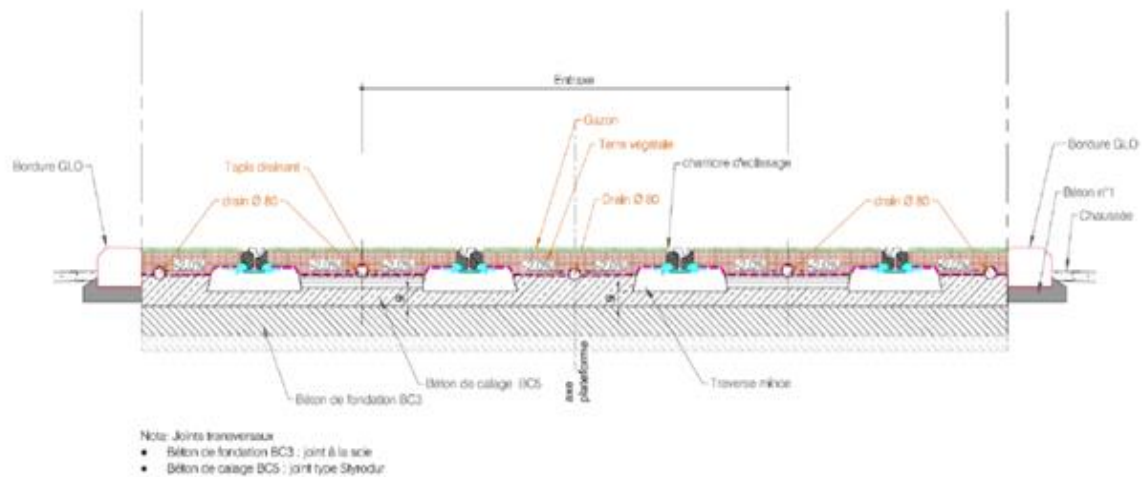
เกณฑ์การออกแบบต่างๆ จะยึดตามมาตรฐานสากล ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นไปตามมาตรฐานการออกแบบระบบรถไฟ

แนวทางเลือกเส้นทางของระบบขนส่งมวลชนภูเก็ตเกือบทั้งหมดเป็นเส้นทางระดับพื้นดิน (At-grade) ชนิดของเครื่องยึดเหนี่ยวจะเลือกใช้ตามระดับของการลดความสั่นสะเทือนที่ต้องการ และขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างระบบรางและอาคารบริเวณข้างเคียง

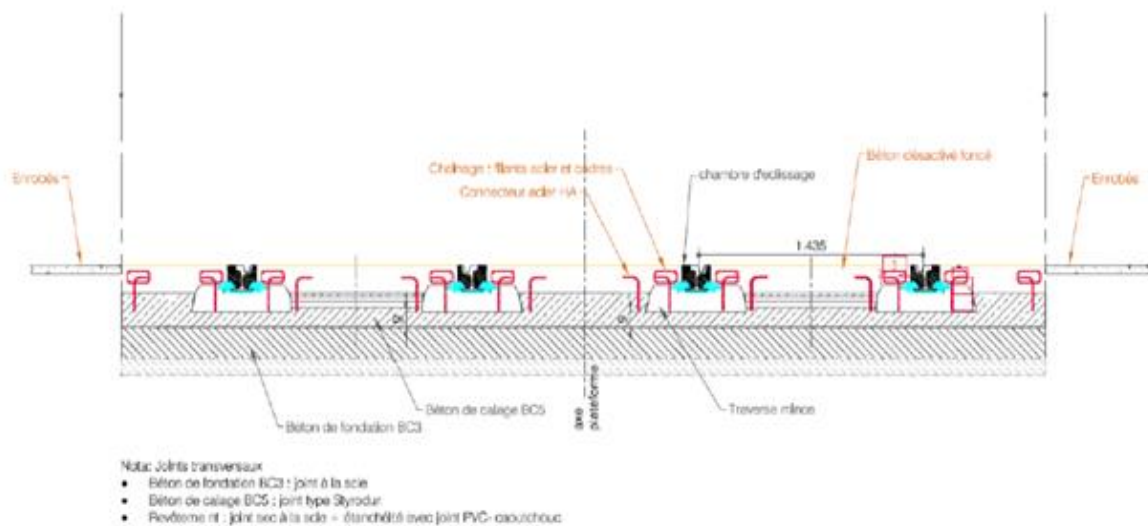
- Concrete track system: สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีความอ่อนไหว (Non-sensitive area)
- ระบบยึดเหนี่ยวที่ลดแรงสั่นสะเทือน (Reducing vibration fixing system): สำหรับพื้นที่ในเมืองที่อ่อนไหว (Sensitive urban area)
- Floating Slab: สำหรับพื้นที่ที่ต้องการลดความสั่นสะเทือนในระดับสูง (High level of attenuation) เมื่อมีอาคารข้างเคียงอยู่ในระยะห่างจากรางต่ำกว่า 7 เมตร
- ใช้หินโรยทาง (Ballast): สำหรับพื้นที่ที่ไม่ต้องการความสวยงามของผิวทาง

โดยสรุปส่วนใหญ่ของเส้นทางโครงการจะใช้ระบบ Concrete Track และใช้รูปแบบการลดแรงสั่นสะเทือน (Antivibration Laying) เท่าที่จำเป็นในบริเวณอ่อนไหว

รูปตัดทั่วไปของระบบรถไฟฟ้าวางเบาแสดงดังรูปที่ 5.9-1 และรูปแบบต่างๆ ที่ใช้โดยทั่วไปของระบบรางแสดงดังรูปที่ 5.9-2

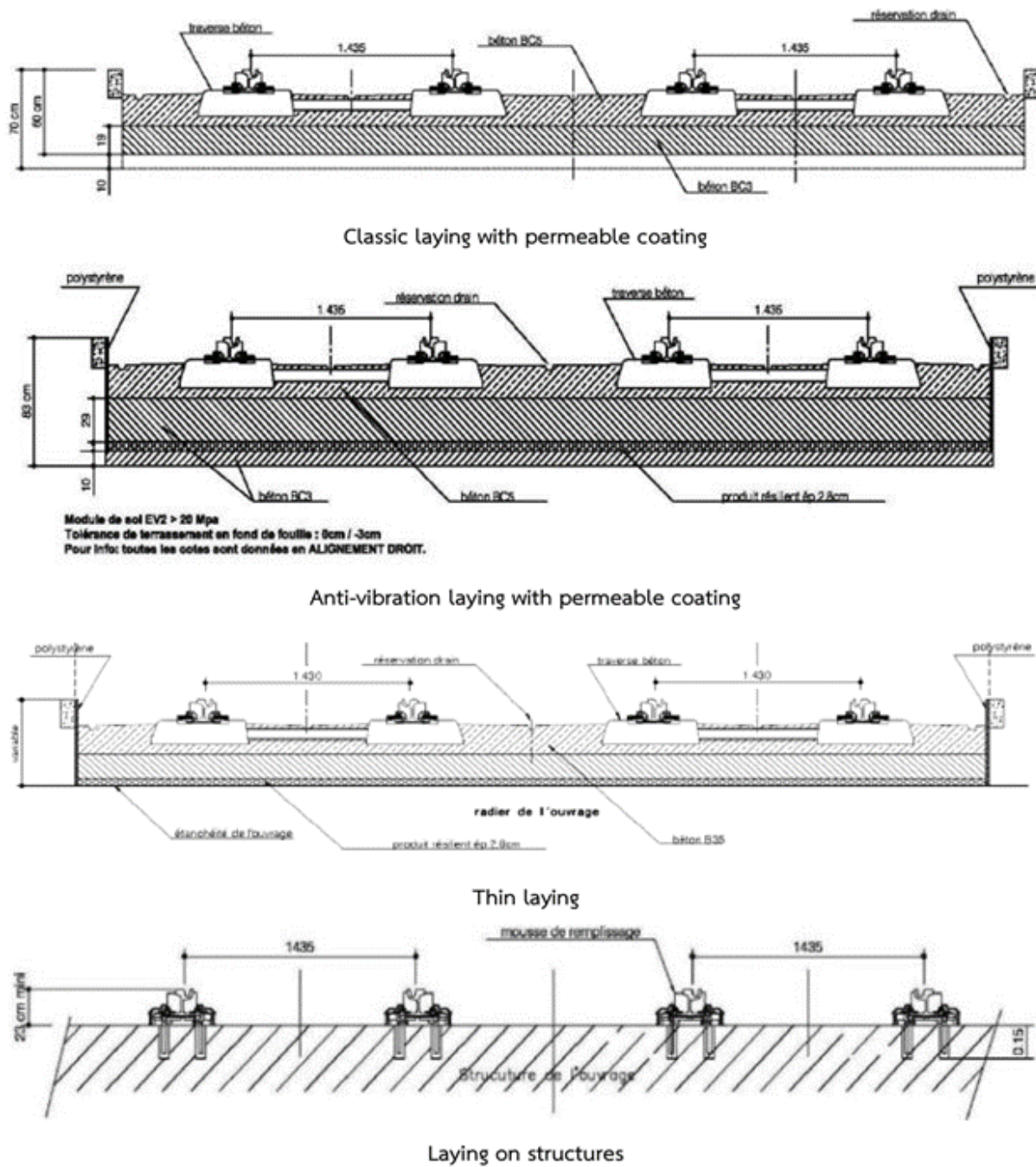


Typical cross-section for the platform in a grassed area



Typical cross-section for the platform in junction

รูปที่ 5.9-1 ตัวอย่างรูปตัดทั่วไปของระบบรถไฟฟ้ารางเบา



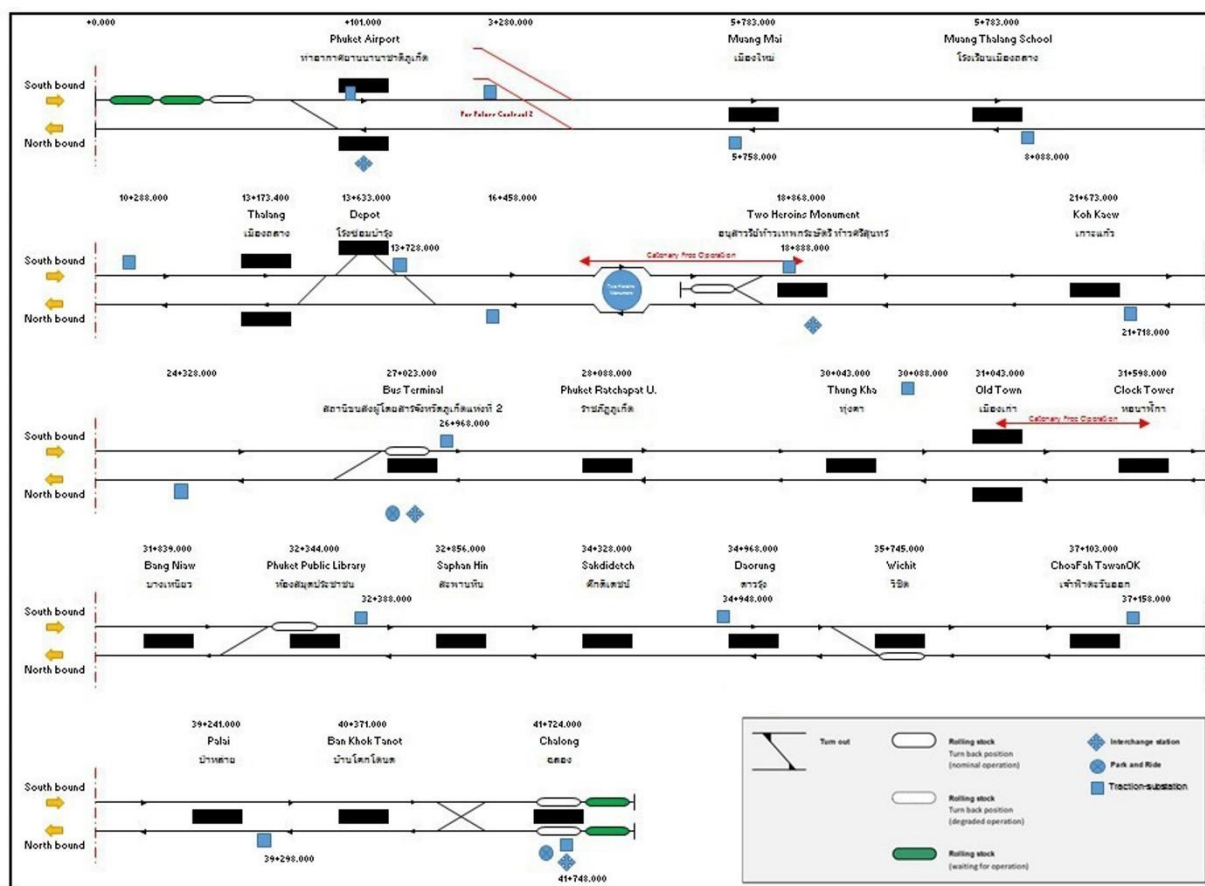
รูปที่ 5.9-2 รูปตัวอย่างที่ใช้โดยทั่วไปของระบบรถไฟฟ้ารางเบา

5.10 ผังระบบราง

ผังระบบรางได้ออกแบบจากผลการวิเคราะห์ความต้องการในการเดินรถเพื่อรองรับปริมาณการเดินทางที่คาดการณ์ โดยพิจารณาประกอบกับข้อจำกัดต่างๆ ตามแนวเส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 5.10-1

องค์ประกอบของผังระบบรางสรุปได้ ดังนี้

- สถานีปลายทาง (Terminus) ที่ท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ตและฉลองจะมีรางสำหรับจอดรอให้บริการ (Stabling) สำหรับขบวนรถ 1 ขบวน
- ตามปริมาณผู้โดยสารที่คาดการณ์แสดงให้เห็นถึงความถี่ของจำนวนขบวนรถที่ต้องการสูงสุดในช่วงในเขตเมืองภูเก็ตและต่ำสุดในช่วงระหว่างท่าอากาศยานนานาชาติจังหวัดภูเก็ตและทำนุ จึงกำหนดให้มีสถานีปลายทางสำหรับ Partial Service (Partial Terminus) ที่สถานีดาวรุ่ง สถานีอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร และสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต โดยที่สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ตจะมีรางสำหรับจอดรอให้บริการระหว่างวัน (Stabling) สำหรับขบวนรถ 1 ขบวน
- ที่บริเวณสถานีสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดภูเก็ตแห่งที่ 2 จะมี Non-motorized Fallback Switch ซึ่งใช้ในการสับรางของขบวนรถ กรณีเหตุจำเป็นหรือช่วงเทศกาลที่มีการปิดถนน ทำให้สามารถเดินรถระหว่างสถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต-สถานีมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต และสถานีดาวรุ่ง-สถานีฉลอง ได้
- โรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot) เพื่อให้มีความสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายในการนำขบวนรถเข้าออกจากระบบ จะอยู่ด้านเหนือของสถานีอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร สำหรับทางวิ่งที่เชื่อมโยงโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง เพื่อประหยัดค่าลงทุนจึงออกแบบเป็นทางเดี่ยว โดยในช่วงเช้าขบวนรถจะเข้าสู่ระบบในทิศทางเข้าเมือง และในช่วงกลางคืนขบวนรถจะออกจากระบบจากทิศทางออกจากเมืองเป็นหลัก



รูปที่ 5.10-1 ผังระบบราง

ทั้งนี้ การออกแบบไม่พิจารณาให้มีช่วงทางเดียว เนื่องจากการมีช่วงทางเดียวมีข้อด้อย คือ จะจำกัดความสามารถในการขยายระบบในแง่ของความเร็วในการให้บริการ และจำเป็นต้องมีจำนวนจุดสลับเปลี่ยนราง (Switch) มากขึ้นซึ่งส่งผลต่อค่าลงทุนและค่าบำรุงรักษา ในการเดินรถขบวนรถจะเข้าสู่ช่วงทางเดียวได้ก็ต่อเมื่อขบวนรถในทิศทางตรงข้ามได้ออกจากช่วงทางเดียวไปแล้ว และระบบได้ตรวจสอบความปลอดภัยและ Switch สำหรับสับเปลี่ยนรางอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

5.11 ขบวนรถ (Rolling Stock)

ขบวนรถ (Rolling Stock) สำหรับโครงการนี้จะมีคุณลักษณะทั่วไปดังนี้

- เป็นระบบรถไฟฟ้ารางเบา ชนิด Tram
- มีความกว้างมาตรฐาน 2.4 เมตร หรือ 2.65 เมตร
- มีความยาวประมาณ 30 – 40 เมตร
- ระบบล้อสามารถเสนอเป็นระบบล้อเหล็ก หรือ ระบบล้อยาง
- ความกว้างของล้อเหล็กสามารถเสนอเป็น meter gauge หรือ standard gauge
- ระบบจ่ายไฟฟ้าจะเป็นระบบจ่ายไฟฟ้าเหนือศีรษะ (Overhead Contact Line) และมีระบบแบตเตอรี่สำรองสามารถวิ่งได้ในระยะสั้น หรือ ระบบจ่ายไฟฟ้าอื่นๆ ที่ปลอดภัย ได้มาตรฐาน และเคยใช้งานในโครงการอื่นได้ผลดี (Proven use)
- ขบวนรถเป็นแบบพื้นต่ำ (Low Floor)



Alstom Citadis 402



Ansaldo Sirio



Bombardier Flexity
Outlook



Bombardier Flexity
Swift



Siemens Combino



CAD Urbos AXL A35



CNR Low Floor LRV

รูปที่ 5.11-1 ตัวอย่าง Urban Tram



Alstom Regio Citadis



Bombardier Flexity Link



Siemens Avanto

รูปที่ 5.11-2 ตัวอย่าง Fast Tram / Tram Train

ตาราง 5.11-1 ตัวอย่างลักษณะตัวรถแบบ Urban Tram

คุณลักษณะ	Alstom	Ansaldo	Bombardier	Bombardier	Siemens	CAF	CNR
	Citadis 402	Sirio	Flexity Outlook	Flexity Swift	Combino	Urbos AXL A35	Low-floor LRV
Example	Bordeaux	Milano	Marseille	Koln	MST	Stockholm	Changchun
Length m.	43.99	35.35	42.5	29.4	36.36	31.18	30
Width m.	2.40	2.40	2.40	2.65	2.65	2.65	2.65
Height m.	3.27	3.30	3.50	3.75	3.55	3.63	3.60

ตาราง 5.11-2 ตัวอย่างลักษณะตัวรถแบบ Tram Train

คุณลักษณะ	Alstom	Bombardier	Siemens
	Regio Citadis	Flexity Link	Avanto
Example	Kassel	Saarbrücken	Paris
Length	36.47	37.10	37.10
Width m.	2.65	2.65	2.65
Height m.	3.65	3.88	3.88

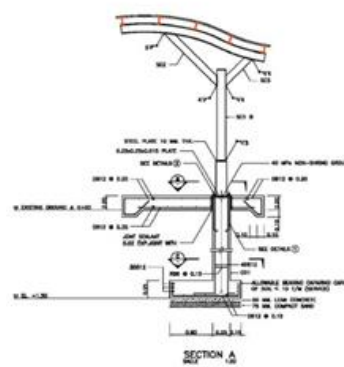


ตัวอย่างของรถแบบพื้นต่ำ

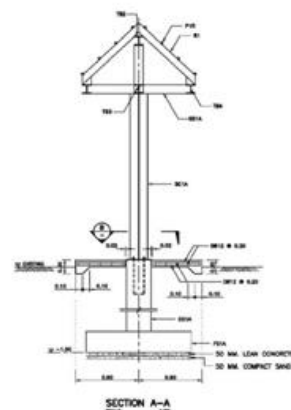


ตัวอย่างของรถแบบพื้นสูง

รูปที่ 5.11-3 ตัวอย่างของรถไฟฟ้ารางเบาในต่างประเทศ



รูปแบบที่ 1

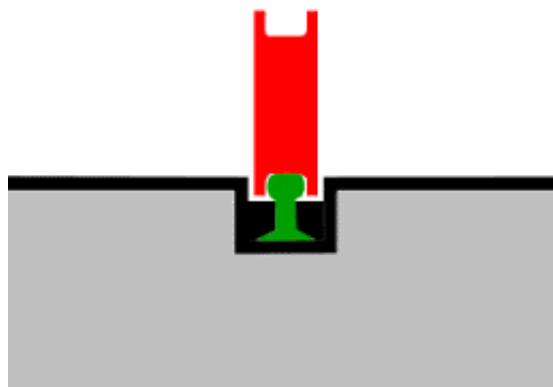


รูปแบบที่ 2

รูปที่ 5.11-4 รูปแบบสถานีหยุดรับ-ส่งผู้โดยสารโดยสารของโครงการ



รูปที่ 5.11-5 ตัวอย่างรถ Rubber Wheel Tram



รูปที่ 5.11-6 ตัวอย่างของ Guided Rail สำหรับ Rubber-Tired Tram

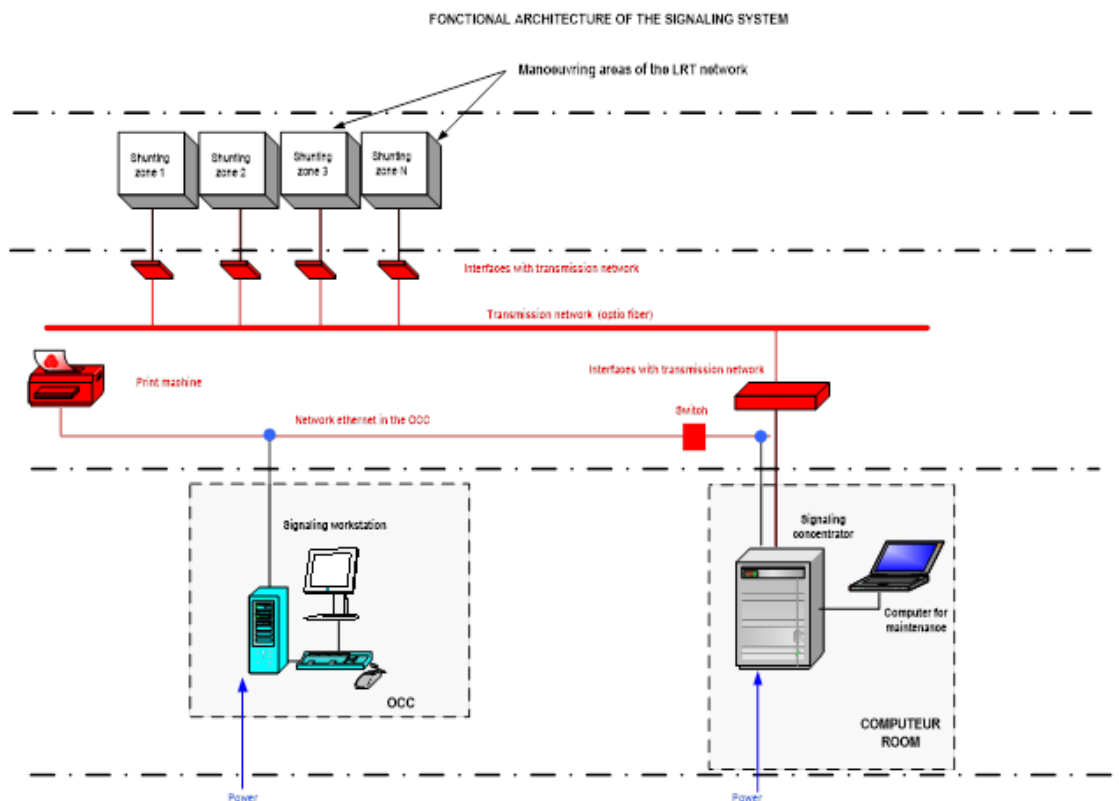


รูปที่ 5.11-7 ตัวอย่างการจ่ายไฟฟ้าเหนือศีรษะ

5.12 ระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System)

เป็นระบบกลไกสัญญาณไฟ หรือระบบคอมพิวเตอร์ ในการเดินขบวนรถไฟเพื่อแจ้งให้พนักงานขับรถทราบสภาพเส้นทางข้างหน้า และตัดสินใจที่จะหยุดรถ ชะลอความเร็ว หรือบังคับทิศทางให้การเดินรถดำเนินไปได้อย่างปลอดภัย รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในการเดินรถสวนกันบนเส้นทางเดียว หรือการสับหลักเพื่อให้รถไฟวิ่งสวนกันบริเวณสถานีรถไฟ หรือควบคุมรถไฟให้การเดินขบวนเป็นไปตามที่กำหนดไว้กรณีที่ใช้ระบบอาณัติสัญญาณแบบคอมพิวเตอร์ โดยอุปกรณ์ระบบอาณัติสัญญาณสามารถติดตั้งอยู่ในตู้ขนาดมาตรฐาน อาทิ ตู้ 42U สองตู้ได้

ระบบอาณัติสัญญาณรถไฟจะควบคุมและกำหนดทิศทางเคลื่อนที่ และระยะเวลาในการเดินรถของขบวนรถไฟที่อยู่บนทางร่วมเดียวกัน รวมทั้งการสับหลักบริเวณสถานีรถไฟ โดยการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ จะออกแบบให้ทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้พนักงานขับรถสามารถตัดสินใจเดินรถได้อย่างมั่นใจ และไม่ให้เกิดความสับสน โดยที่ระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System) สำหรับโครงการระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ต ระยะที่ 1 ช่วงท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต – ฉลอง มีรูปแบบหลักการเชื่อมโยงระบบและหัวข้อหลักของระบบได้ดังนี้



รูปที่ 5.12-1 หลักการเชื่อมโยงของระบบอัตโนมัติสัญญาณ

5.12.1 การเดินรถ

ข้อปฏิบัติการเดินรถจะสอดคล้องกับข้อบังคับการจราจรทั่วไป เหมือนกันรถยนต์บนถนนทั่วไป โดยในระหว่างการเดินทางการควบคุมรถปกติ รถไฟจะให้บริการทางด้านซ้ายมือของทางเดินรถเป็นหลัก ซึ่งเจ้าหน้าที่ควบคุมรถไฟฯ จะขับเคลื่อนรถด้วยระบบมือ (Driven Manually) โดยใช้หลักการ line-of-sight เนื่องจากรางในปัจจุบันไม่ได้ติดตั้งระบบถาวร ที่จะตรวจจับตำแหน่งบนทางรถรางทุกแห่ง เหมือนกับระบบรถไฟในเมือง

ในการเดินรถแบบปกติ เส้นทางจะถูกกำหนดแบบอัตโนมัติ (Route Automatically Set) ซึ่งคนขับจะมีหน้าที่รับผิดชอบการเดินรถอย่างปลอดภัยสำหรับ Tram โดยเฉพาะเรื่อง

- การควบคุม Tram เพื่อรักษาระยะปลอดภัยระหว่างรถ Tram 2 ขบวน
- การควบคุม Tram ด้วยความเร็วที่ปลอดภัยตามเงื่อนไขของเขตเมืองและสภาพแวดล้อม
- การปฏิบัติตามข้อบังคับกำหนดความเร็ว และข้อกำหนดวิธีการเดินรถอื่นๆ
- การปฏิบัติตามสัญญาณไฟต่างๆ ของระบบเดินรถอย่างเคร่งครัด
- เจ้าหน้าที่ควบคุม Tram สามารถจอดรถได้อย่างปลอดภัยในทุกกรณี
- การปฏิบัติตามรูปแบบข้อคำสั่งจากศูนย์ควบคุมการเดินรถ OCC ผ่านช่องทางของระบบวิทยุสื่อสาร

โดยสำหรับพื้นที่การส่งสัญญาณทั้งหมดระบบอาณัติสัญญาณ ทำหน้าที่ระบุตำแหน่งรถไฟ (Tram Detection) และล็อกเส้นทางโดยระบบบังคับสัมพันธ์ (Interlocking) ที่จะแสดงให้เจ้าหน้าที่ควบคุมรถไฟได้ปฏิบัติตามผ่านอุปกรณ์บังคับสัญญาณ (Wayside Signals)

ในกรณีเจ้าหน้าที่ควบคุมรถไฟขอเส้นทางเดินรถ เจ้าหน้าที่ควบคุมรถจะมีปุ่มกดบนแผงควบคุมในรถทุกขบวน เพื่อจะได้รับอนุญาตให้ขอและเลือกเส้นทางด้านขวาหรือซ้ายได้ ภายใต้การควบคุมของระบบอาณัติสัญญาณ (Signaling System) ผ่านไปยังระบบบังคับสัมพันธ์ (Interlocking) ที่ได้เป็นมาตรฐาน High Safety Level: SIL3

ระบบบังคับสัญญาณถูกติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถให้เจ้าหน้าที่ควบคุมรถสามารถสังเกตได้และหยุดรถได้อย่างปลอดภัยก่อนจะผ่านสัญญาณ โดยการเบรก วิธีนี้จะได้ผลต่อเมื่อรถขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงสุดที่ไม่เกินกำหนด ในขณะที่คนขับสามารถมองเห็นสัญญาณได้ โดยที่ป้ายกำหนดความเร็วที่มีความสำคัญกับระยะการเบรกที่ปลอดภัยสอดคล้องกับระยะทางการมองเห็นของเจ้าหน้าที่ควบคุมรถไฟและอยู่ทุกจุดตามแนวเส้นทาง เพื่อให้แน่ใจว่าเจ้าหน้าที่ควบคุมรถไฟสามารถหยุดได้ทันก่อนที่ฝ่าสัญญาณไฟ หรือสัญญาณไฟจราจร หรือสิ่งกีดขวาง หรือรถไฟขบวนอื่น โดยให้มีการจัดพื้นที่ Overlap Protection เพื่อความปลอดภัยเมื่อรถไฟฝ่าสัญญาณ

5.12.2 ระบบอาณัติสัญญาณบนขบวนรถ (On-Board System)

ในขบวนรถจะทำการติดตั้งชุดคอมพิวเตอร์ไว้เพื่อ

- เชื่อมต่อกับขบวนรถ: ข้อมูลต่างๆ เช่น การระบุตำแหน่งของขบวนรถ การวัดระยะทาง (Odometer) การเปิดประตูรถ ระบบ GPS หรือระบบ Galileo ข้อมูลจากเครื่องอ่านสัญญาณจากข้างทาง (Tracksides Beacon) เป็นต้น จะถูกส่งไปยังระบบเซิร์ฟเวอร์ของศูนย์ควบคุมกลาง (OCC) เป็นระยะๆ (เช่น ทุกๆ 20 วินาที) ผ่านทางระบบส่งผ่านข้อมูลบนเครือข่ายคลื่นวิทยุ
- เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจตัวโดยสารที่ติดตั้งบนขบวนรถ (On-board Puncher): เชื่อมโยงจำนวนการตรวจตัว และตำแหน่งของขบวนรถ อ้างอิงตามรหัส (ID) ของสถานีต่างๆ
- เชื่อมต่อกับจอแสดงภาพบนขบวนรถ: คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนขบวนรถจะรับข้อมูลจากระบบเซิร์ฟเวอร์ของศูนย์ควบคุมกลาง (OCC) ผ่านทางระบบส่งผ่านข้อมูลบนเครือข่ายคลื่นวิทยุ และส่งข้อมูลไปยังจอแสดงผล
- เชื่อมต่อกับ Back Office ของระบบเก็บค่าโดยสาร (Fare Collection System - FCS) : คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนขบวนรถจะส่งข้อมูลเกี่ยวกับการจัดเก็บค่าโดยสาร (เช่น ข้อมูลการตรวจตัวโดยสารที่สัมพันธ์กับรหัส ID ของสถานี) ไปยัง Back Office ของระบบเก็บค่าโดยสาร ผ่านทางระบบส่งข้อมูลบนเครือข่ายไร้สาย (Wireless Transmission System)



รูปที่ 5.12-2 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนขบวนรถ

5.12.3 การจัดการสัญญาณไฟจราจร (Road Traffic Lights Management)

หน้าที่ของระบบจัดการสัญญาณไฟจราจร มีดังนี้

- ตรวจจับ (Detect) ขบวนรถ Tramที่กำลังเข้าสู่ทางแยก ตรวจจับ (Detect) รถยนต์ที่เข้าสู่ทางแยก หรือ ตรวจจับการกีดสัญญาณคนเดินข้ามถนน เป็นต้น
- ประสานสัมพันธ์การจราจรระหว่าง Tram รถยนต์ส่วนบุคคล และคนเดินเท้า
- ควบคุมสัญญาณไฟจราจร
- ทำการประเมินและตรวจสอบสัญญาณไฟจราจรและส่งสัญญาณเตือน
- ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุทั้งในเวลาปกติ หรือในกรณีที่มีอาจเกิดความผิดปกติของระบบ
- เชื่อมต่อข้อมูลกับระบบ SCADA
- เชื่อมต่อข้อมูลกับศูนย์ควบคุมการจราจรของเมือง (City Traffic Control Center: CTCC)

ขบวนรถ Tram จะติดตั้งอุปกรณ์ระบบขอสิทธิพิเศษ (Priority Request System) ซึ่งจะทำให้ทราบตำแหน่งของขบวนรถ และระบบจัดการการให้สิทธิพิเศษ (Priority Request Management System) ในหน่วยควบคุมการจราจร (Traffic Controller) ที่อยู่ที่ทางแยกจะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้คำนวณเวลาที่ขบวนรถจะมาถึงทางแยก

1) การทำงานของระบบ

ระบบจัดการสัญญาณไฟจราจร จะทำงานโดยอัตโนมัติ สำหรับการปฏิบัติการปกติ ระบบสัญญาณไฟจราจรจะให้ Priority ที่ทางแยกให้แก่ขบวนรถ Tram

ในกรณีที่เกิดการขัดข้องของอุปกรณ์ตรวจจับ (Detector) หลายจุด หน่วยควบคุม (Controller) ก็ยังสามารถใช้งานได้ตามรอบของลำดับสัญญาณไฟพื้นฐาน โดยใช้ข้อมูลเท่าที่มีอยู่จากหน่วยควบคุมอื่นๆ แทน

2) รายละเอียดทางเทคนิค

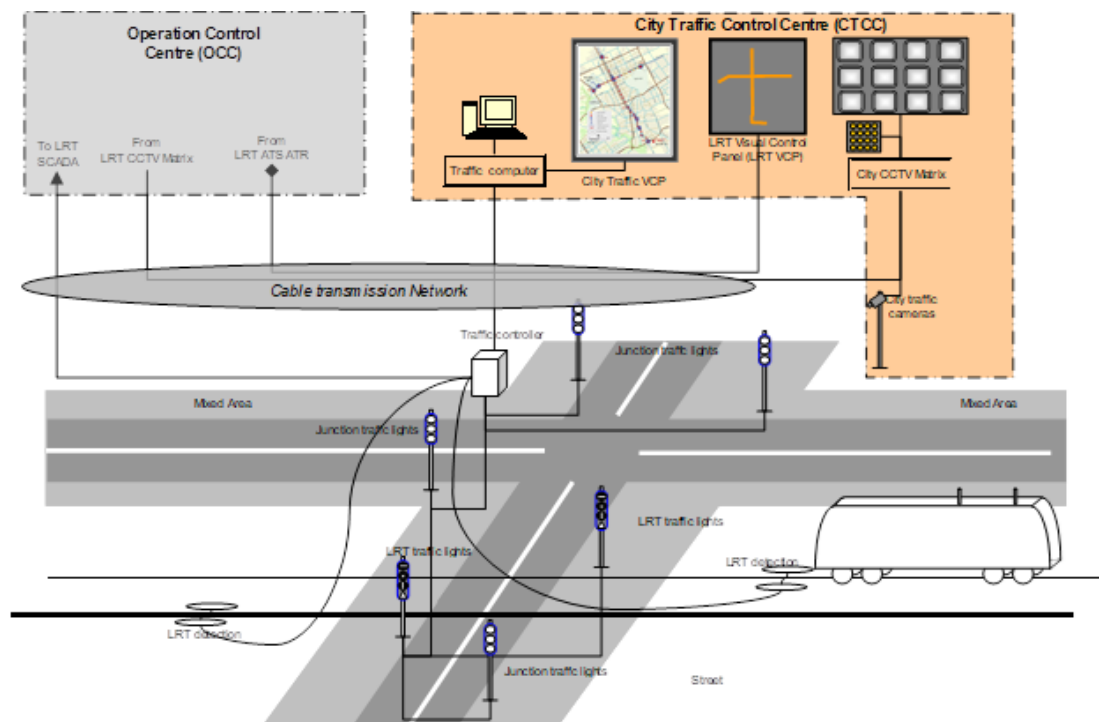
สถาปัตยกรรมของระบบจัดการสัญญาณไฟจราจร แสดงดังรูปที่ 5.12-4

ที่ศูนย์ควบคุมการจราจรของเมือง (CTCC) ระบบสัญญาณไฟจราจรจะประกอบด้วย

- ระบบควบคุมการจราจรของเมือง
- ระบบควบคุมและจอกล้อวงจรปิดของเมือง
- จอแสดงภาพวงจรปิดของระบบ Tram

ที่บริเวณทางแยกจะมีอุปกรณ์ ดังนี้

- สัญญาณไฟสำหรับ Tram 1 ชุด ต่อทิศทางการเดินรถ
- อุปกรณ์ตรวจจับขบวนรถ ติดตั้งที่ผิวถนนระหว่างราง
- อุปกรณ์ตรวจจับรถยนต์ ติดตั้งที่ผิวถนนในทุกช่องจราจร
- สัญญาณไฟจราจรที่ทางแยก สำหรับรถยนต์ในแต่ละทิศทาง
- สัญญาณไฟสำหรับคนข้ามถนน พร้อมปุ่มกด
- หน่วยควบคุมการจราจร (Traffic Controller) จะเชื่อมต่อข้อมูลทั้งกับระบบที่ติดตั้งบริเวณทางแยก และสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ควบคุมการจราจรที่ศูนย์ควบคุมการจราจร (CTCC)
- ระบบควบคุมและภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิดติดตั้งข้างทางของระบบ Tram
- จอแสดงภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิดของระบบจราจรรถยนต์ในเมือง (อยู่นอกเหนือขอบเขตของงานระบบ Tram)
- บนขบวนรถจะติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Coded Emitter) เพื่อให้อุปกรณ์ตรวจจับแยกแยะได้ว่าเป็นขบวนรถ Tram



รูปที่ 5.12-3 สถาปัตยกรรมของระบบจัดการสัญญาณไฟจราจร

3) ตำแหน่งและการตรวจจับขบวนรถ (Train Detection and Location)

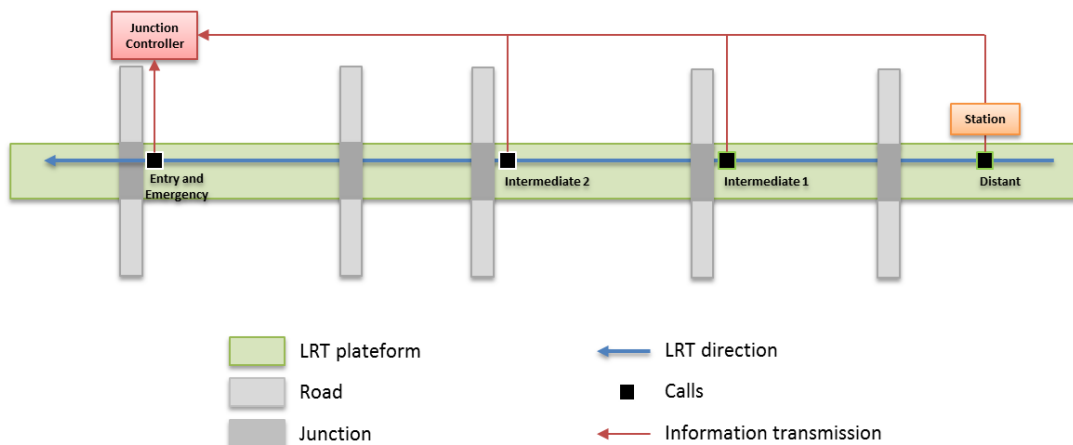
การตรวจจับตำแหน่งของขบวนรถมีวิธีการ ดังนี้

- สำหรับช่วงที่ใช้เขตทางเฉพาะ ใช้เขตลวดเหนี่ยวนำ (Inductive Loop) ที่ฝังใต้ผิวถนนในการตรวจจับ (เป็นหลักการเดียวกันกับการตรวจจับยานพาหนะบนถนนด้วย Inductive Loop ทั่วไป)
- ในพื้นที่ที่มีการใช้ผิวทางร่วมกันระหว่างรถยนต์ทั่วไปกับระบบ Tram เพื่อให้สามารถตรวจจับเฉพาะตัวขบวนรถโดยไม่ตรวจจับรถอื่นๆ จะใช้การตรวจจับด้วย Signaling Detection Loop

ระบบตรวจจับขบวนรถจะถูกติดตั้งที่บริเวณก่อนที่จะถึงทางแยก (ตามทิศทางของขบวนรถ)

- ชุดอุปกรณ์ตรวจจับช่วงแรกของการเข้าสู่ทางแยก (First Approach Detector) : โดยทั่วไปจะถูกติดตั้งบริเวณก่อนถึงทางแยกในระยะทางที่ขบวนรถต้องใช้เวลาในการเดินทางถึงทางแยกประมาณ 1 รอบของสัญญาณไฟ (โดยทั่วไปจะอยู่ที่ 90 วินาที) ซึ่งทำให้สามารถประเมินช่วงเวลาที่จะให้สิทธิพิเศษในการผ่านทางแยก (Tram Priority Window) เบื้องต้นแก่ขบวนรถ Tram และปรับระยะเวลาของสัญญาณไฟได้เหมาะสม
- ชุดอุปกรณ์ตรวจจับช่วงกลางของการเข้าสู่ทางแยก (Middle Approach Detector): โดยทั่วไปจะถูกติดตั้งบริเวณก่อนเข้าสู่ทางแยกในจุดที่เป็น “จุดตัดสินใจของพนักงานขับรถ” (คือ จุดที่พนักงานขับรถจะตัดสินใจว่าจะเริ่มเบรกขบวนรถเพื่อที่จะหยุดที่สัญญาณไฟหรือไม่) ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปปรับแต่งเวลาเริ่มต้นของ Tram Priority Window และยืนยันการดำเนินการให้สิทธิพิเศษที่ทางแยก (Priority Process)

- ชุดอุปกรณ์ตรวจจับช่วงเข้าสู่ทางแยก (Close Approach Detector): โดยทั่วไปจะถูกติดตั้งห่างจากทางแยกเล็กน้อยก่อนเข้าแยก เมื่อมีการตรวจจับเกิดขึ้น (Activate) จะเป็นการยืนยันการวิ่งผ่านทางแยกของขบวนรถ และเมื่อสัญญาณตรวจจับหยุดลง (De-activate) ก็เป็นอันจบกระบวนการให้สิทธิพิเศษที่ทางแยก และปล่อยให้ยานพาหนะอื่นๆ เคลื่อนตัวตามสัญญาณไฟ

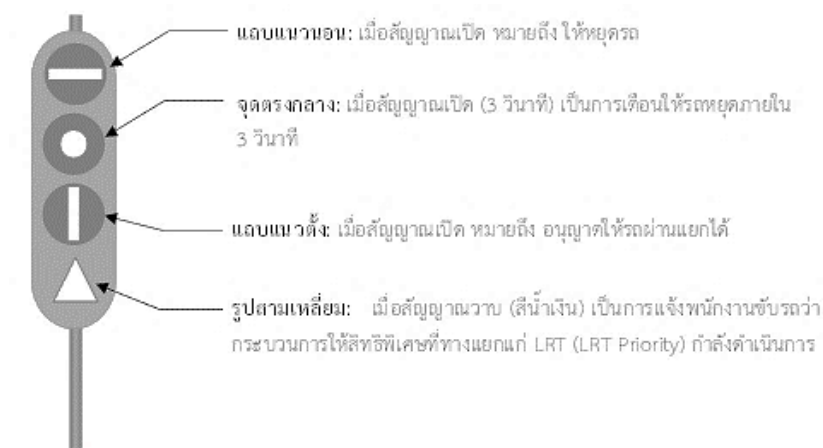


รูปที่ 5.12-4 ตำแหน่งการตรวจจับขบวนรถ (Train Detection Location) สำหรับการให้สิทธิพิเศษที่ทางแยก

4) สัญญาณไฟจราจรของระบบ Tram

สัญญาณไฟจราจรของระบบขนส่งมวลชนระบบรางขนาดเบา จะแสดงท่าสัญญาณไฟ (Aspect) ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ

- สัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก สำหรับรถยนต์
- สัญญาณบังคับสัมพันธ์ (Interlocking Signal) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยระหว่างขบวนรถ



รูปที่ 5.12-5 ตัวอย่างของท่าสัญญาณไฟจราจร (Aspect) ของ Tram

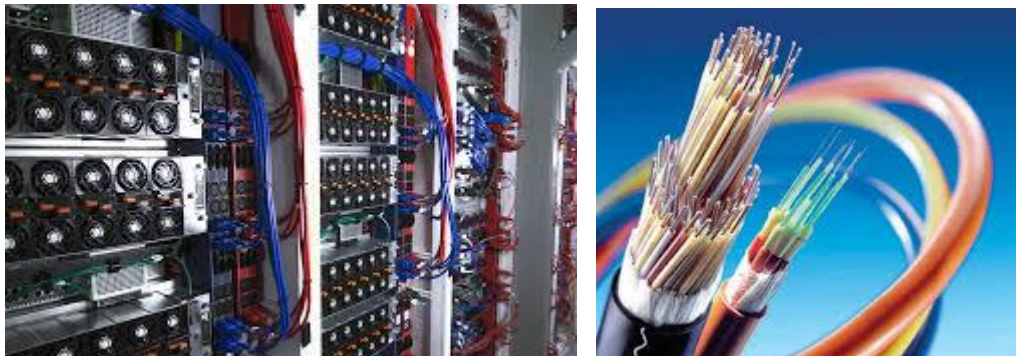
หมายเหตุ: หากไม่มีระบบศูนย์ควบคุมการจราจรของเมือง (City Traffic Control Center: CTCC) อาจทำให้ไม่สามารถจัดการการให้สิทธิพิเศษ (Priority Request Management System) แก่รถไฟฟ้า Tram ได้ ทำให้รถไฟฟ้า Tram ต้องปฏิบัติตามสัญญาณไฟจราจรปกติ ซึ่งทำให้ความถี่ของการเดินรถ (Headway) ไม่สามารถทำได้ตามที่ได้อำนาจ (Forecast) ไว้

5.13 ระบบสื่อสาร

5.13.1 โครงสร้างระบบโทรคมนาคม

ลักษณะโครงสร้างของระบบโทรคมนาคมของโครงการ ประกอบด้วยระบบย่อยต่างๆ ดังนี้

- 1) **ระบบเครือข่ายกลาง (Backbone Transmission system)** เพื่อใช้สำหรับระบบเดินรถ และสำหรับงานธุรกิจและบริหารจัดการ ประกอบด้วยอุปกรณ์เครือข่ายซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยสายใยแก้วนำแสง (Optic Fibre)



รูปที่ 5.13-1 ตัวอย่างอุปกรณ์ระบบเครือข่ายและสายใยแก้วนำแสง

- 2) **ระบบโทรศัพท์ (Telephone system)** ประกอบด้วย โทรศัพท์สำนักงาน ได้แก่ โทรศัพท์ติดตั้งประจำที่ใน OCC/Depot และโทรศัพท์ฉุกเฉิน ได้แก่ Intercom ตามสถานีและป้ายหยุดรถ



รูปที่ 5.13-2 ตัวอย่างระบบโทรศัพท์

- 3) ระบบกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television: CCTV) ประกอบด้วยระบบกล้องในสถานีและตามเส้นทางเดินรถ



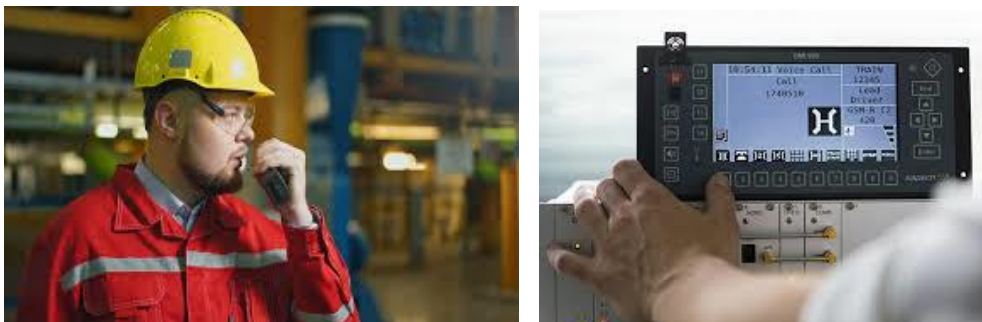
รูปที่ 5.13-3 ตัวอย่างระบบ CCTV

- 4) ระบบควบคุมสั่งการและเก็บข้อมูล (SCADA) เพื่อควบคุม ดูแล และสั่งการระบบไฟฟ้าสำหรับเดินรถ รวมถึง ระบบรถไฟฟ้าอื่นๆ ว่ามีการทำงานปกติอยู่หรือไม่



รูปที่ 5.13-4 ตัวอย่างระบบ SCADA

- 5) ระบบวิทยุสื่อสาร (Radio Communication System) ใช้สำหรับสื่อสารสำหรับการเดินรถระหว่างเจ้าหน้าที่ OCC และผู้ควบคุมขบวนรถ รวมถึงเจ้าหน้าที่งานซ่อมบำรุง



รูปที่ 5.13-5 ตัวอย่างระบบวิทยุสื่อสาร

- 6) ระบบข้อมูลสาธารณะ (Public Information System) ประกอบด้วย ระบบป้ายข้อมูลข่าวสาร PID (Public Information Display: PID) ระบบประกาศเสียง PA (Public Address: PA)



รูปที่ 5.13-6 ตัวอย่างระบบประกาศเสียง



รูปที่ 5.13-7 ตัวอย่างระบบป้ายข้อมูลข่าวสาร

- 7) ระบบนาฬิกาหลัก (Master Clock System) เพื่อใช้เชื่อมต่อสัญญาณนาฬิกาสำหรับทุกระบบ รถไฟฟ้า และนาฬิกาตามสถานีและที่หยุดรถ



รูปที่ 5.13-8 ตัวอย่างระบบนาฬิกาหลัก

- 8) ระบบบันทึกเสียง (Voice Recording System) สำหรับบันทึกเสียงการสนทนาทางระบบวิทยุ และระบบโทรศัพท์



รูปที่ 5.13-9 ตัวอย่างระบบบันทึกเสียง

- 9) ระบบสื่อสารบนขบวนรถ (Onboard Communication System)



รูปที่ 5.13-10 ตัวอย่างระบบสื่อสารบนขบวนรถ

5.14 ระบบจ่ายกระแสไฟฟ้า (Power Supply)

พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้รถไฟด้วยวิธีเหนือศีรษะ จะจ่ายผ่านสายลึงซึ่งเป็นคันเหล็กยันกับสายไฟฟ้าเปลือย ซึ่งสายลึง (Pantograph) จะเป็นแบบพับได้ เพื่อสามารถที่จะพับลงเมื่อเข้าสู่ในบริเวณที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ขบวนรถที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจะยกสายลึงขึ้นติดสายเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าสู่ระบบขับเคลื่อน จากนั้นจึงจะไหลลงรางกลับไปยังสถานีจ่ายไฟ

อย่างไรก็ตามผู้รับสัมปทานต้องทำออกแบบระบบจ่ายกระแสไฟฟ้า กำหนดแรงดันให้เหมาะสมกับระบบรถที่เลือก ระบบการจ่ายไฟแบบสายสัมผัสเหนือศีรษะ หรือจ่ายไฟตามสถานี หรือเป็นระบบแบตเตอรี่การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง และกำหนดสถานีไฟฟ้าย่อยช่วงการออกแบบขั้นสุดท้าย

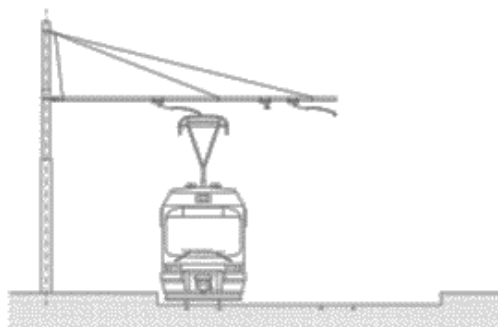
1) ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (Track Power Distribution)

ระบบจ่ายไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนระบบไฟฟ้า ควรเลือกใช้ระบบไฟฟ้าที่ได้มาตรฐาน อาทิ 750V DC, 1500 V DC ฯลฯ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน IEC 60850 หรือมาตรฐานสากลอื่นๆ

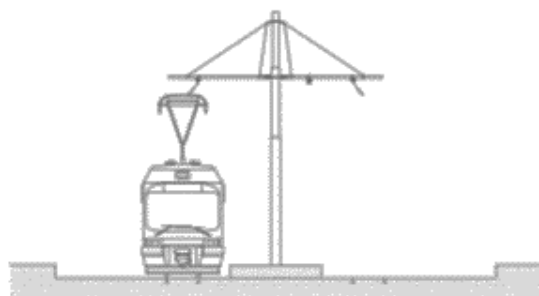
เบื้องต้นจากการทดลองวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Electrical Simulation ตามรายงานการออกแบบของ สนข. พบว่าตลอดแนวเส้นทางโครงการ หากใช้ระบบ 750V จะต้องการสถานีไฟฟ้าย่อย (Substation) ประมาณ 12 แห่ง ในระยะที่ 1 อย่างไรก็ตามในการออกแบบปรกติจะต้องมีสถานีไฟฟ้าย่อยดังกล่าวทุกๆ 1-2 กิโลเมตร ทำให้จำนวนสถานีไฟฟ้าย่อย อาจต้องมีมากกว่า 12 แห่ง

2) สายส่งแบบสายสัมผัสเหนือศีรษะ (Overhead Contact Line)

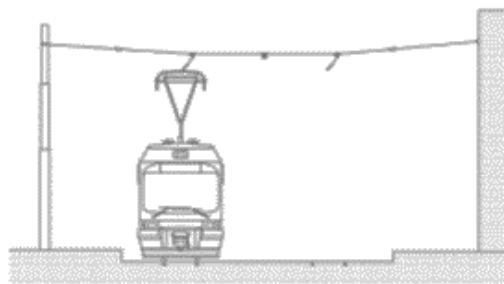
Overhead Contact Line System: เป็นระบบที่เชื่อมต่อสายสัมผัส (Contact Line) ระหว่างเสา หรือ ระหว่างจุดยึดที่อาคาร (Building Fixing) โดยจะมีเฉพาะสายสัมผัสทำให้ไม่ดูรกสายตา จึงเป็นรูปแบบเดิมที่นิยมในการใช้งานในพื้นที่เมือง ซึ่งประเด็นด้านทัศนียภาพมีความสำคัญมาก โดยการออกแบบระบบ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60913 ในกรณีนี้ตัวรถจะรับไฟฟ้าผ่านทาง Pantograph



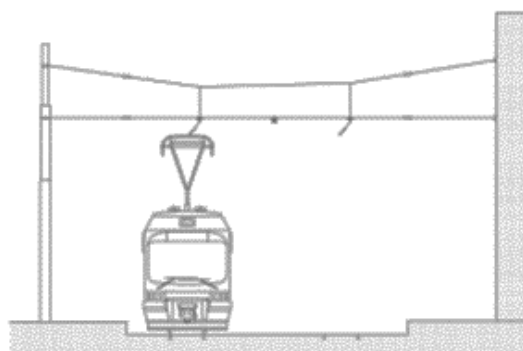
รูปที่ 5.14-1 ตัวอย่างเสาสายส่งเสาเดี่ยวแบบคาน (วางด้านข้าง)



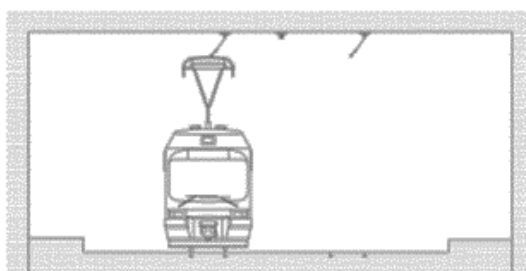
รูปที่ 5.14-2 ตัวอย่างสายส่งแบบเสาเดี่ยวแบบคาน (วางตรงกลาง)



รูปที่ 5.14-3 ตัวอย่างสายส่งแบบเสาเดี่ยว-อาคาร แบบ Cross Span



รูปที่ 5.14-4 ตัวอย่างสายส่งแบบเสาเดี่ยว-อาคาร แบบ Head Span



รูปที่ 5.14-5 ตัวอย่างสายส่งในอุโมงค์

สำหรับรูปแบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าอีกหลายรูปแบบ อาทิ ระบบจ่ายไฟฟ้าระดับพื้นดินนั้น อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้กับโครงการฯ อย่างไรก็ตามจะต้องมีการพิจารณา ประเด็นเรื่องเทคโนโลยี ราคา และความยากง่ายในการก่อสร้าง ไปพร้อมๆ กัน

3) Fallback Operations

ระบบจ่ายไฟฟ้าแบบเหนือศีรษะ (Overhead Line) จะถูกแบ่งเป็นส่วนอย่างอิสระ ด้วยตำแหน่ง ของสถานีย่อยและจุดตัดของราง (Track Crossover) ในกรณีที่เกิดสิ่งผิดปกติ (Incident) ในช่วงหนึ่งตามแนวเส้นทาง จะสามารถตัดกระแสไฟฟ้าในช่วงที่ได้รับผลกระทบด้วย Isolation Switch เพื่อทำการซ่อมบำรุงได้อย่างสะดวก และระบบยังสามารถดำเนินการได้ตามปกติ ผ่านระบบสายส่งที่เหลือ ซึ่งการดำเนินการสามารถสั่งการจ่ายหรือตัดกระแสไฟฟ้าได้จาก ศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC) ผ่านระบบ SCADA

4) ระบบแบตเตอรี่ (Battery)

ระบบนี้ แบตเตอรี่ที่ติดตั้งบนขบวนรถจะถูกใช้บริเวณที่ต้องการไม่ให้มีอุปกรณ์สายส่งกระแสไฟฟ้า เพื่อทดแทนการรับกระแสไฟฟ้าผ่านทางสายส่งโดยระบบใช้แบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้การชาร์จกระแสไฟ ขณะที่ขบวนรถวิ่งผ่านจุดจ่ายกระแสไฟฟ้า เพื่อเก็บสำรองไว้ในแบตเตอรี่ จึงทำให้สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานสำรองได้เป็นระยะทางประมาณ 400 - 500 เมตร ช่วงที่ใช้แบตเตอรี่ขบวนรถจะมีอัตราเร่งและความเร็วสูงสุดลดลงจึงเหมาะกับการใช้เฉพาะในเขตเมือง รวมทั้งยังมีความจำเป็นต้องใช้ระบบปรับอากาศ HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) อย่างต่อเนื่องในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศร้อน ในโครงการนี้พิจารณาใช้ระบบแบตเตอรี่ในเขตเมืองเก่า และบริเวณอนุสาวรีย์ท้าวเทพกระษัตรี ท้าวศรีสุนทร

5.15 ระบบจัดเก็บค่าโดยสาร (Fare Collection System)

5.15.1 ระบบจัดเก็บค่าโดยสาร

1) รูปแบบบัตรโดยสาร (Ticket Type)

- บัตรโดยสารทั่วไป ให้ใช้รูปแบบไร้สัมผัส (contactless)
- บัตรโดยสารแบบเที่ยวเดียว ให้ใช้รูปแบบแถบแม่เหล็ก (magnetic)



รูปที่ 5.15-1 ตัวอย่างรูปแบบบัตรโดยสารแบบเที่ยวเดียว

2) การขายบัตรโดยสาร จัดให้มีการจำหน่ายบัตรโดยสารใน 3 ช่องทาง ได้แก่

- Ticket office
- Ticket inspector (พนักงานตรวจบัตรโดยสาร)
- Ticket Vending Machine (เครื่องจำหน่ายบัตรโดยสาร) โดยจะติดตั้งจำนวน 1-2 เครื่องต่อสถานี

3) Ticket validation กระทำบนขบวนรถ โดยใช้เครื่องตรวจสอบหรือพนักงานตรวจบัตรโดยสาร

5.15.2 คุณลักษณะของระบบ

คุณลักษณะของระบบ (system characteristic) ,มีดังนี้

- (1) **Ticket type** : รูปแบบบัตรโดยสาร มีสองแบบ โดยแบบแรกเป็น Stored Value Ticket (SVT) แบบไร้สัมผัส (Contactless) ในรูปแบบของ Contactless Smart Card (CSC) ซึ่งเหมาะกับผู้ใช้โดยสารประจำ ส่วนแบบที่สองจะเป็นแบบบัตรแถบแม่เหล็ก เป็นบัตรโดยสารเที่ยวเดียวสำหรับผู้โดยสารจร



รูปที่ 5.15-2 ตัวอย่างบัตรโดยสาร

- (2) **Ticket Vending Machine** : เครื่องจำหน่ายบัตรโดยสาร จะติดตั้งในทุกสถานี ซึ่งจุดติดตั้งจะต้องมีระบบกล้องวงจรปิดถ่ายภาพไว้ตลอดเวลาโดยบัตรโดยสารที่อยู่ในตู้ TVM ควรจะมีปริมาณเพียงพอโดยมีแผนการตรวจสอบและเติมจำนวนบัตรตามระยะเวลาที่กำหนดเพื่อไม่ให้เกิดกรณีบัตรหมด



รูปที่ 5.15-3 ตัวอย่างเครื่องจำหน่ายบัตรโดยสาร

- (3) **Ticket Office** : เป็นสำนักงานในการจำหน่ายบัตรโดยสาร เติมมูลค่าบัตรฯ และให้บริการเกี่ยวกับบัตรโดยสาร สำหรับโครงการฯ ระยะที่ 1 จะอยู่ที่สถานีท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต



รูปที่ 5.15-4 ตัวอย่างสำนักงานจำหน่ายตั๋วโดยสาร

- (4) **Ticket Validator** : กำหนดให้มีเครื่องตรวจสอบบัตรโดยสารบนรถ ณ ตำแหน่งใกล้กับประตูขึ้นลงประตูละอย่างน้อยหนึ่งเครื่อง และตำแหน่งอื่นบนตัวรถในตำแหน่งที่เหมาะสม



รูปที่ 5.15-5 ตัวอย่าง Ticket Validator

- (5) **Ticket point-of-sale** : เป็นจุดจำหน่ายและเติมมูลค่าบัตรโดยสารที่อยู่นอกพื้นที่โครงการ ซึ่งอาจดำเนินการโดยผู้ลงทุนเอง หรือเป็นเอกชนอื่นดำเนินการแทนภายใต้ข้อตกลงแบ่งปันผลประโยชน์ (revenue or profit sharing) เช่น เป็นร้านค้าปลีกบริเวณใกล้กับสถานีหยุดรับส่ง การจำหน่ายบัตรโดยสารบนรถ แยกได้เป็นสองแบบ คือ

- (1) แบบจำหน่ายโดยเครื่องจำหน่ายบัตรโดยสาร : รับชำระด้วยเงินสดหรือบัตรเครดิต/เดบิต



รูปที่ 5.15-6 ตัวอย่างเครื่องจำหน่ายบัตรโดยสารบนรถ

- (2) แบบจำหน่ายโดยพนักงานตรวจบัตรโดยสาร จะอาศัยเครื่องจำหน่ายบัตรโดยสารแบบพกพา (Portable Ticketing Machine) ซึ่งสามารถรับชำระได้ทั้งบัตรเครดิต/เดบิต (Chip or Contactless) และเงินสด (ชำระให้พนักงานตรวจบัตรโดยสาร)



รูปที่ 5.15-7 ตัวอย่างเครื่องจำหน่ายบัตรโดยสารแบบพกพา

ทั้งนี้ รูปแบบระบบบัตรโดยสารจะต้องเป็นระบบเปิดที่รองรับรูปแบบบัตรโดยสารของ รฟม. และระบบตัวร่วม (Mangmoom 4.0 EMV) พร้อมทั้งสามารถเชื่อมต่อกับระบบ Clearing House ของ รฟม. และระบบตัวร่วมได้

5.16 ศูนย์ควบคุมการเดินรถ

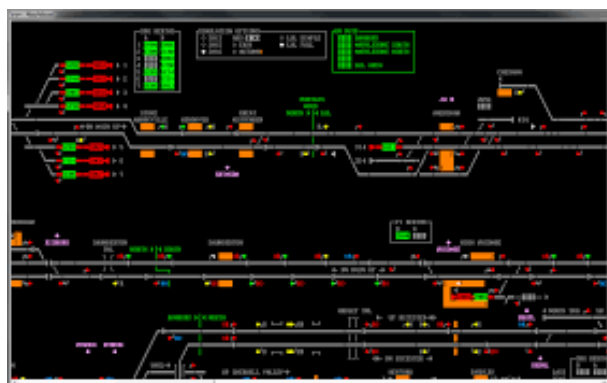
5.16.1 ศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Operation Control Center)

ระบบจะถูกควบคุมโดยศูนย์ควบคุมการเดินรถ (Operating Control Centre, OCC) ซึ่งจะดูแลภาพรวมการเดินรถบนเส้นทางและสามารถสื่อสารไปยังผู้โดยสาร พนักงานขับและเจ้าหน้าที่ส่วนอื่นๆ ผ่านทางระบบสื่อสารและอุปกรณ์ต่างๆ โดยทั่วไปการทำงานในศูนย์ควบคุมกลาง (OCC) จะประกอบด้วย

- การสื่อสารระหว่างเจ้าหน้าที่ในการทำงาน
- การจัดการเกี่ยวกับผู้โดยสาร
- การจัดการด้านการจราจร

เพื่อให้เกิดความสะดวกในการปฏิบัติงาน ศูนย์ควบคุมการเดินรถ (OCC) ควรจะตั้งอยู่ในบริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง ระบบต่างๆ สำหรับเจ้าหน้าที่ที่ภายในศูนย์ควบคุมกลาง (OCC) ประกอบด้วย

- ระบบอาณัติสัญญาณส่วนกลาง
- ระบบสื่อสารส่วนกลาง อาทิ วิทยุสื่อสาร โทรศัพท์ และจอมอนิเตอร์กล้องวงจรปิด
- ระบบกล้องวงจรปิดเพื่อตรวจตราบริเวณสถานีและศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot)

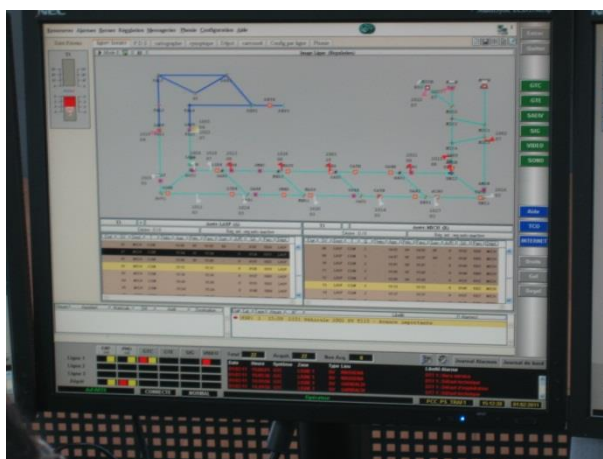


รูปที่ 5.16-1 ตัวอย่างของศูนย์ควบคุมกลาง

1) ระบบอาณัติสัญญาณส่วนกลาง (Signaling System Center)

ระบบอาณัติสัญญาณส่วนกลาง รวมถึงเซิร์ฟเวอร์ หน้าจอปฏิบัติงาน (Workstation) จะถูกติดตั้งไว้ในห้องควบคุมของ OCC หรือ ห้องสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ (Plant room) โดยหน้าที่ในการจัดการควบคุมการเดินระบบรถไฟ ประกอบด้วย

- การคำนวณเวลารถออกจากขานขาลาทุกแห่ง
- การควบคุมการให้บริการ: การแจ้งให้พนักงานขับรถทราบว่าขบวนรถล่าช้าหรือเร็วกว่าตารางการเดินรถ โดยตัวอย่างการควบคุมการให้บริการ อาทิ
 - การควบคุมตารางการเดินรถในแนวเส้นทาง: มีเป้าหมายให้การเดินรถเป็นไปตามตารางเวลา
 - การควบคุมระยะห่างระหว่างขบวนรถ: มีเป้าหมายให้ระยะห่างของขบวนรถที่ออกจากขานขาลาเป็นไปตามระยะห่างตามตารางเวลา
 - การควบคุมและกำหนดเส้นทางการเดินรถในศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot)
- การเตรียมข้อมูลที่จำเป็นให้กับผู้โดยสารรับทราบ
- การรวบรวมข้อมูลการให้บริการ (เช่น ข้อกำหนด หรือคุณภาพการให้บริการ เป็นต้น)



รูปที่ 5.16-2 ตัวอย่างจอแสดงผล

หน้าจอปฏิบัติงาน (Workstation) จะแสดงภาพรวมของเส้นทางทั้งหมด รวมทั้งตำแหน่งของขบวนรถ และสัญญาณเตือนความผิดปกติต่างๆ

2) ระบบวิทยุ (Radio)

ระบบวิทยุเป็นระบบที่ใช้สื่อสารทางเสียงระหว่างเจ้าหน้าที่ที่ศูนย์ควบคุมกลาง (OCC) พนักงานขับรถ เจ้าหน้าที่ตรวจตัวโดยสาร และเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุง ระบบนี้จะใช้การส่งผ่านข้อมูลด้วยเครือข่ายคลื่นวิทยุ (Radio Transmission Network)

ผู้ใช้งานทุกคนสามารถเริ่มการสื่อสารได้ นอกจากนั้น พนักงานเดินรถยังสามารถที่จะติดต่อสื่อสารเฉพาะกับเจ้าหน้าที่ที่ศูนย์ควบคุมกลาง (OCC) ไม่ว่าในกรณีปกติหรือในกรณีเร่งด่วนเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน

5.17 โรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง (Depot and Work shop)

5.17.1 องค์ประกอบของโรงจอดและศูนย์ซ่อมบำรุง

1) อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง

อาคารศูนย์ซ่อมบำรุง ประกอบด้วย โรงซ่อมบำรุง (Main Workshop Building) ศูนย์ควบคุมกลาง (Operation Control Centre) บริเวณจอดรถไฟ (Stabling area) และทางวิ่งเพื่อทดสอบรถไฟ (Test track)

2) ศูนย์ซ่อมบำรุง

ศูนย์ซ่อมบำรุง ทำหน้าที่ในการบำรุงรักษาประจำเพื่อตรวจสอบป้องกันและแก้ไขสิ่งผิดปกติ (Preventive and Corrective Maintenance) การยกเครื่อง (Overhaul) และการซ่อมใหญ่ในช่วงกลางของอายุการใช้งาน (Mid-life Refurbishment)

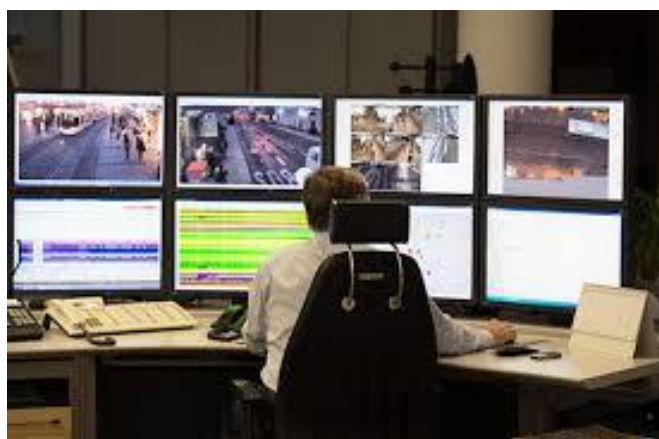
อุปกรณ์หลักในศูนย์ซ่อมบำรุง อาทิ Overhead crane, Lifting jack, Underfloor Pit, Mechanical Workshop Tools, Electronics Workshop Tools, Cleaning Facilities เป็นต้น



รูปที่ 5.17-1 ตัวอย่างอาคารและศูนย์ซ่อมบำรุง

3) ศูนย์ควบคุมกลาง (Operation Control Centre)

ศูนย์ควบคุมกลางทำหน้าที่ ควบคุมและดูแลการเดินทางโดยผ่านทางระบบอัตโนมัติสัญญาณ ระบบสื่อสาร และระบบ SCADA เป็นต้น



รูปที่ 5.17-2 ตัวอย่างศูนย์ควบคุมกลาง

4) โรงจอด (Stabling area)

โรงจอดเป็นบริเวณเพื่อพักรถไฟฟ้าเมื่อไม่ได้ใช้งาน โรงจอดอาจเป็นโรงจอดในที่ร่ม หรือ โรงจอดกลางแจ้งแล้วแต่ความเหมาะสม



รูปที่ 5.17-3 ตัวอย่างโรงจอดในที่ร่ม



รูปที่ 5.17-4 ตัวอย่างโรงจอดกลางแจ้ง

5) ทางวิ่งเพื่อทดสอบรถไฟฟ้า (Test track)

ทางวิ่งเพื่อทดสอบรถไฟฟ้า (Test track) มีไว้เพื่อนำรถหลังผ่านการซ่อมบำรุงมาวิ่งเพื่อทดสอบความพร้อมของตัวรถและระบบต่างๆ ก่อนนำรถไปวิ่งให้บริการ



รูปที่ 5.17-5 ตัวอย่างทางวิ่งเพื่อทดสอบ (Test Track)

5.18 หลักการเดินรถ

การเดินรถของระบบรถไฟฟ้ารางเบาพนักงานขับรถจะเป็นผู้ควบคุมขบวนรถ โดยจะมีบางส่วน ของเส้นทางที่ติดตั้งระบบอาณัติสัญญาณแบบ Fixed Block เช่น บริเวณ Turn back Zone Maneuvering Zone ทางเข้า Depot

พนักงานขับรถจะเป็นผู้รับผิดชอบในการควบคุมขบวนรถ ดังนี้

- ขับรถด้วยความเร็วที่ปลอดภัย สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและสภาพเมือง
- ปฏิบัติตามป้ายจำกัดความเร็ว สัญญาณไฟจราจรสำหรับรถไฟฟ้ารางเบา (LRT Signaling Aspects) และคำแนะนำในการเดินรถอื่นๆ
- รักษาระยะห่างระหว่างขบวนรถให้สามารถหยุดรถได้อย่างปลอดภัย
- ในการให้บริการระบบ ผู้ให้บริการต้องคำนึงถึงสถานการณ์การเดินรถต่างๆ ดังนี้
 - Normal Operation: สถานการณ์ปกติ
 - Perturbed Operation: ได้แก่ การเดินรถในสถานการณ์ที่เกิดเหตุการณ์ไม่ปกติในการเดินรถ (Operating irregularities) อาทิ
 - ผู้โดยสารหนาแน่นมาก (Overcrowding) ชัดขวางการปิดประตูรถ ทำให้เวลาที่จอดที่ สถานี (Dwell Time) นานขึ้น
 - เกิดความล่าช้า หรือหยุดระหว่างสถานี ทำให้ระยะห่างระหว่างขบวนรถใกล้กัน มากเกินไป ส่งผลต่อการจัดการควบคุมการเดินรถ
 - ขบวนรถไฟฟ้ารางเบาไม่ได้สิทธิ์ที่ทางแยก (Priority at Junction) อย่างเต็มที่
 - เกิดการขัดกันระหว่างขบวนรถที่บริเวณ Turnback Area, Maneuvering zone ทางเข้า-ออก Depot และ จุดตัดระหว่างแนวเส้นทาง (เมื่อมีการพัฒนาโครงการระยะที่ 2 ไปยัง ท่านุ่น)
 - สภาพอากาศผิดปกติ

วิธีการที่ใช้ในการบริหารจัดการเมื่อเกิดการล่าช้าที่ต่อเนื่องไปหลายสถานี อาทิ

- ลดเวลาการจอดเล็กน้อยที่สถานี
- ลดเวลา Turnback Time ที่สถานีปลายทาง

Fall-back Operation: ได้แก่ การเดินรถในสถานการณ์ที่เกิดเหตุการณ์ผิดปกติรุนแรงและใช้ระยะเวลา ยาวนานในการแก้ไข อาทิ

- ระบบไฟฟ้ากำลังขับเคลื่อนขัดข้อง เช่น ไฟดับ สายส่งขาดหรือชำรุด ไฟตก
- ขบวนรถชำรุด เช่น มอเตอร์เสีย เบรกเสีย ประตูรถขัดข้อง
- รางชำรุด ขาด Point หรือ Switch ติดขัด ไม่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง หรือไม่สามารถล๊อคได้

- อุปกรณ์อัตโนมัติสัญญาณขัดข้อง เช่น สัญญาณไฟจราจรเสีย, Track Circuit เสีย ทำให้จำเป็นต้องเดินลดด้วยความเร็วต่ำกว่าปกติ
- ระบบวิทยุโทรคมนาคมเสีย ทำให้พนักงานขับรถไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับศูนย์ควบคุมกลาง (Operation Control Center, OCC) ได้
- ระบบทางเทคนิคอื่นๆ ขัดข้อง
- เส้นทางถูกกีดขวาง (Blockage) หรือตัดขาด เช่น รถเสีย อุบัติเหตุทางถนน ผู้ชุมนุม น้ำท่วมสูง
- งานก่อสร้าง
- สภาพอากาศที่เลวร้ายมาก
- ผู้โดยสารขอความช่วยเหลือ

เหตุการณ์ผิดปกติที่ทำให้เกิดสถานการณ์ Fall-back Operation อาจทำให้ขบวนรถต้องหยุด หรือต้องเคลื่อนย้ายออกจากเส้นทาง แล้วเปลี่ยนแทนด้วยขบวนใหม่ โดยจุดที่จะเคลื่อนย้ายขบวนรถออกจากระบบควรกำหนดให้เกิดผลกระทบต่อผู้โดยสารและขบวนรถอื่นน้อยที่สุด

แนวทางในการเดินรถในสถานการณ์ Fall-back Operation อาทิ การเดินรถให้บริการต่อไปด้วยสภาพที่ไม่สมบูรณ์ (Degraded Condition) ไปจนถึงสถานีปลายทาง (Terminus) ที่ใกล้ที่สุดแล้วจอดหยุดขบวนรถไว้ หรือ การกลับขบวนรถโดยใช้ Temporary Turnback Crossover ที่ใกล้ที่สุด แล้วนำขบวนรถไปยัง Depot

การเดินรถในกรณีที่เส้นทางถูกตัดขาด (Blockage) คือ การแบ่งเส้นทางออกเป็น 2 ส่วน และเดินรถแยกกัน โดยระบบจ่ายไฟและอัตโนมัติสัญญาณจะต้องออกแบบให้สามารถรองรับสถานการณ์ดังกล่าวได้ ขบวนรถจะเปลี่ยนทางวิ่ง (Track) และทิศทางการวิ่ง ที่สถานีที่มีประแจสำหรับสลับราง (Crossover) นอกจากนี้ ควรจัดให้มีบริการรถโดยสารเพื่อให้บริการเชื่อมต่อสถานีที่ถูกตัดขาด

ตัวอย่างการจัดการเดินรถเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.18-1

ตารางที่ 5.18-1 ตัวอย่างการจัดการเดินรถเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่างๆ

Cause of service failure	Actions to be taken
Tramway accident on the line	Create two temporary terminal stops. Maintain service on one track, if possible. Put in place emergency bus service along line section affected.
Fire in one element of the system	Protect passengers, staff, and other persons from fire Put in place emergency exit. Disconnect main energy system and put in place energy system.
Emergency alarm activated by passenger	Stopping the vehicle.
	Check of situation and its cause. Evacuation of passenger if necessary.
Braking failure of tramway	Reduce maximum running speed automatically. Substitute tramway for another in good working condition.
Failure in door opening or closing	Block the door in the closed position. Put signage on blocked door.

Cause of service failure	Actions to be taken
Tramway stopped on line due to breakdown	Put in service other vehicle to collect passengers. Use of other track in double direction. Towing of broken-down vehicle. Put back the normal operating conditions in a maximum of one hour.
Failure in energy provision	Put in place auxiliary energy provision at OCC, stops and other locations. Put in place batteries to maintain lightening and communication in the LRT vehicles.
Emergency evacuation of LRT vehicle	Put in place visual signage and audio information. Assistance of operating staff for evacuation, especially Driver and Customer Relation Agent.