ระบบอาณัติสัญญาณของระบบราง
(Railway Signalling for Engineers)

วันที่ 20 สิงหาคม 2567

เวลา 13.00-16.00 น. ณ ห้องสัมมนา ชั้น 3 อาคารที่ทำการสภาวิศวกร (ซอยลาดพร้าว 54)

ผู้บรรยาย นายศัลยวิทย์ อภิชาตะพงศ์

รองวิศวกรใหญ่ฝ่ายอาณัติสัญญาณและโทรคมนาคม

ด้านโครงการและพัฒนาระบบ การรถไฟแห่งประเทศไทย

โครงการอบรมวิศวกรรมระบบอาณัติสัญญาณของระบบราง (Railway Signalling for Engineers)

1.ความรู้เบื้องต้นด้านวิศวกรรมระบบอาณัติสัญญาณ
(Introduction to Signalling for Railway Engineering)

2. พื้นฐานของระบบอาณัติสัญญาณ
(Introduction to Basic Design Signalling system)

3. แนะนำประเภทของระบบอาณัติสัญญาณและส่วนประกอบที่สำคัญ
(Introduction type of Signalling system and main equipment)

4. หลักการออกแบบเส้นทางเดินรถไฟและย่านสถานี
(Conceptual design of Railway track layout and Station yard)

1 ความรู้เบื้องต้นด้านวิศวกรรมระบบอาณัติสัญญาณ

(Introduction to Signalling for Railway Engineering)

หลักการพื้นฐานของระบบราง และข้อกำหนดความต้องการของระบบอาณัติสัญญาณ

1. ระบบทางวิศวกรรมที่พัฒนาถึงปัจจุบัน ได้มาจากการแก้ไขที่ได้มาจากประสบการณ์จริงของอุบัติเหตุและสิ่งผิดพลาดในอดีตเกือบ 200 ปี กฎเกณฑ์ต่างๆ จึงได้มาจากกฎเกณฑ์เป็นจริงของทางฟิสิกส์บวกกับการปรับปรุงการออกแบบแก้ไขให้สมบูรณ์มากขึ้นในแต่ละครั้ง เมื่อได้ศึกษาค้นพบข้อผิดพลาดภายหลังอุบัติเหตุ

2. กฎเกณฑ์หลักทางวิศวกรรมระบบอาณัติสัญญาณ ไม่อาจใช้สามัญสำนึกหรือทฤษฎีใหม่เข้ามาปรับปรุงแก้ไขการออกแบบในความปลอดภัยได้ทันที ต้องผ่านขบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมและทำการทดลองใช้งานได้จริงก่อนจึงจะปรับเปลี่ยนได้

หลักการพื้นฐานของระบบราง และข้อกำหนดความต้องการของระบบอาณัติสัญญาณ

3. ในระบบรางที่เป็นตัวแปรสำคัญในการออกแบบระบบการก่อสร้าง คือ

   3.1 Motion and Behavior (Curves, Gradients)

   3.2 Train performances and train operation

   3.3 Axle load and Interaction in Mixed operation

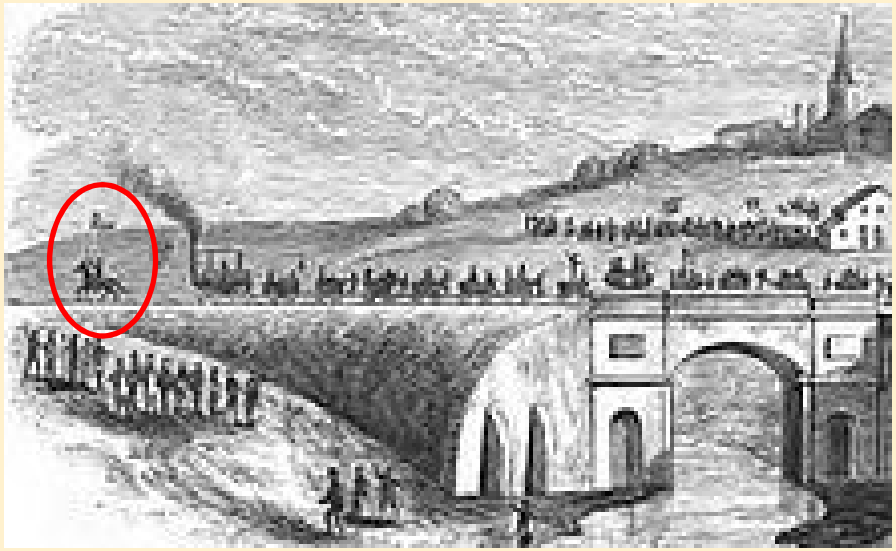
   3.4 Maximum Speed (Mass transit or Conventional or Hi-speed Train)

4. ระบบอาณัติสัญญาณเป็นเครื่องมือใช้ในการวิ่งของขบวนรถให้มีความปลอดภัย โดยมีหลักการสำคัญในการป้องกันมิให้เกิดอันตรายและความไม่ปลอดภัยอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error)

ต้นกำเนิดระบบราง

ปี ค.ศ. 1825 (พ.ศ. 2368) การขนส่งทางรางเริ่มด้วยการขนส่งสินค้าระหว่าง Stockton-Darlington เป็นระยะทาง 12 ไมล์ (นับถึง พ.ศ. 2561 = 193 ปีมาแล้ว) ระบบป้องกันเพื่อให้มีตำรวจจราจรในเครื่องแบบขี่ม้านำขบวนรถ

The route of the Stockton & Darlington Railway in 1827, shown in black, with today's railway lines shown in red.

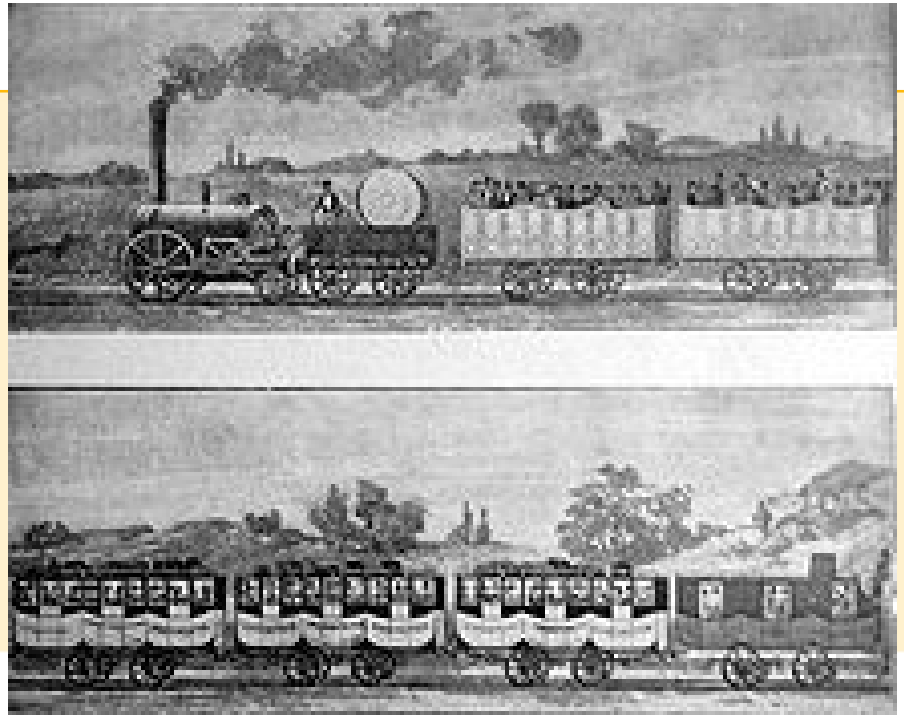


The opening procession of the Stockton and Darlington Railway

แหล่งข้อมูล https://en.wikipedia.org/wiki/Stockton_and_Darlington_Railway

ต้นกำเนิดการให้สัญญาณ

ปี ค.ศ. 1830 (พ.ศ. 2373) เริ่มเปิดกิจการขนส่งทางราง ระหว่าง Liverpool - Manchester เป็นระบบรางแห่งแรกในโลก (นับถึง พ.ศ. 2561 = 188 ปีมาแล้ว) ระยะทางรถไฟยาว 35 ไมล์ และเป็นเส้นทางแรกที่มีการให้สัญญาณ โดยมี**ตำรวจจราจรประจำที่ในจุดต่างๆ** ตามทางใช้สัญญาณธงเพื่อดูแลการจราจรและความปลอดภัยในการเดินรถ



First passenger railway 1830

แหล่งข้อมูล https://en.wikipedia.org/wiki/Liverpool_and_Manchester_Railway

พัฒนาการของการให้สัญญาณ

ปี ค.ศ. 1838 (พ.ศ. 2381) เปลี่ยนมาใช้ สัญญาณประจำที่ (Fixed Mechanical Signals) แทนตำรวจจราจร ที่ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและความปลอดภัยในการเดินรถ

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1834 เป็นต้นมา คือช่วงการพัฒนาระบบอาณัติสัญญาณประจำที่ เช่น

ค.ศ. 1834 มีสัญญาณประจำที่ติดตั้งในเส้นทางระหว่าง Liverpool - Manchester

ค.ศ. 1842 มีสัญญาณประจำที่ชนิด Semaphore Signal ติดตั้งในเส้นทางระหว่าง London – Croydon

ค.ศ. 1853 มีระบบอาณัติสัญญาณประจำที่ ตรวจสอบรถในตอน (Block Signaling System) ติดตั้งในเส้นทางระหว่าง London – Northwestern Railway

Semaphore Signal

แหล่งข้อมูล https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_semaphore_signal

ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับการให้สัญญาณ

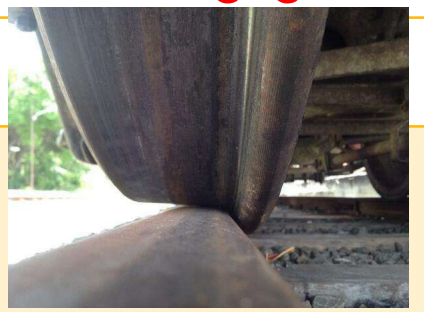
ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับเครื่องกลไก ของระบบอาณัติสัญญาณยุคแรกๆ นั้น มนุษย์เป็นตัวประกอบหลักของระบบความปลอดภัย เป็นผลให้การคิดระบบต่างๆ พฤติกรรมของมนุษย์จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะธรรมชาติของมนุษย์ที่อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย ตลอดจนพฤติกรรมของการฝ่าฝืนกฎต่างๆ ด้วยความมักง่าย/การลดขั้นตอน เป็นต้น

นอกจากนั้นต้องมีความเข้าใจในกฎธรรมชาติและพฤติกรรมของระบบเครื่องมือกลไก ที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ของมนุษย์ว่ามีกฎเกณฑ์การควบคุมอย่างไรโดยเฉพาะมีกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์และกลศาสตร์เพื่อให้เข้าใจในพฤติกรรมของระบบล้อเลื่อนของการขนส่งทางราง

ดังนั้นหลักการของระบบอาณัติสัญญาณในยุคแรกๆ จึงขึ้นอยู่กับความสามารถของมนุษย์ บวกกับประสิทธิภาพของระบบอาณัติสัญญาณ และประสิทธิผลของระบบห้ามล้อ

ข้อแตกต่างสำคัญระหว่างระบบราง และระบบทางถนน และข้อแตกต่างในระบบอาณัติสัญญาณ

<u>กฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์และกลศาสตร์</u>



การเคลื่อนที่ของพาหนะบนรางสามารถเคลื่อนไหว
ภายใต้แรงเสียดทานหรือความฝืดระหว่างล้อเหล็กกับรางเหล็ก

ส่วนรถยนต์เคลื่อนไหวภายใต้แรงเสียดทาน
หรือความฝืดระหว่างล้อยางกับผิวถนน
(แอสฟัลต์ หรือผิวคอนกรีตแล้วแต่กรณี)

$$\mu_{Road} \geq 8\,\mu_{Rail}$$

μ = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ในระบบทางถนนจะเฉลี่ยมากว่ารางเหล็กประมาณ 8 เท่าในสภาพการห้ามล้อ

ข้อแตกต่างสำคัญระหว่างระบบราง และระบบทางถนน และข้อแตกต่างในระบบอาณัติสัญญาณ

อัตราเร่งและอัตราหน่วงของรถยนต์ จึงต่างกันประมาณ 8 เท่า ข้อจำกัดที่สำคัญอย่างยิ่งในขบวนการดังกล่าวที่จะให้เกิดความปลอดภัยนั้น ในทางกลศาสตร์ล้อเหล็กกับรางเหล็กมีความเสียดทานต่ำกว่าพื้นผิวถนนกับยาง 8 เท่า

ดังนั้นกว่าที่ขบวนรถจะหยุดสนิทได้ จึงมีระยะทางหยุดยาวกว่ารถยนต์กับถนนอย่างน้อย 8 เท่า

ถ้ารถยนต์สามารถหยุดได้ภายในระยะทาง 100 เมตร ระบบรางก็จะหยุดได้ภายในระยะ 800 เมตร โดยประมาณ

ดังนั้นระบบอาณัติสัญญาณ จึงต้องออกแบบให้ครอบคลุมถึงข้อจำกัดดังกล่าวด้วย

ตัวอย่างของระยะเบรค (Braking Distance ของการรถไฟต่างๆ)

Railway Adminstrations		Braking Distance	Spacing of Signals	Minimum Sighting Distance	Length of Overlap	Maximum Train Length
Austria	ÖBB	Dependent on speed & gradient 400–1500m	Minimum 400m	2.5 x v.max. (km/h in metres)	≤40km/h: 0m otherwise: 50m	700m
Belgium	NMBS/ SNCB	120km/h: 900m 140km/h: 1200m 160km/h: 1500m	Minimum: 370m Maximum: 2000m	≤60km/h: 150m >60km/h: 300m	minimum: 50m (but for junctions between two lines minimum 100m)	
Switzerland	SBB				<45km/h: 40m Up to 165km/h: 100m Increased for falling gradient	
Germany	DB AG	Dependent on several variables. Minimum distances 80km/h: 400m 120km/h: 700m 160km/h: 1000m	160km/h: 1000m For high speed lines: up to 1300m For minor lines: 400–700m	For stop signals: 500m For warning signals: 250m	>60km/h: 200m ≤60km/h: 100m ≤40km/h: 50m ≤30km/h: <50m	750m
Spain	RENFE	Dependent on speed, gradient and characteristics of rolling stock 200km/h maximum	1500m	300m	50m	
France	SNCF	≤120km/h: 1100m 140km/h: 1400m 160km/h: 1500m Minimum braking distances. Can be compensated for gradient	Minimum: 500m	≤60km/h: 100m ≤120km/h: 200m ≤160km/h: 300m	100m min. distance from trailing switch. No overlap locking	
Great Britain	BR	Dependent on speed, gradient and characteristics of rolling stock (200km/h maximum)	150% braking distance maximum	Equivalent to 7s running time. (eg 300m @ 160km/h)	>96km/h: 183m reducing to ≤24km/h: 46m	Passenger Trains: 300m Freight Trains: 500m (International Trains: Passenger 400m Freight: 700m)

การป้องกันความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error)

การป้องกันความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) และการป้องกันมิให้เกิดความบกพร่องจนไปถึงผลของความหายนะอันเกิดจากข้อผิดพลาดทางเครื่องกล จึงเป็นหลักสำคัญอย่างยิ่งในระบบรางซึ่งเป็นระบบการขนส่งที่มีมวลน้ำหนักสูง และมีความลื่นไหลสูงมากกว่าระบบขนส่งทางถนน การออกแบบจึงต้องอยู่ในหลักการของความปลอดภัย

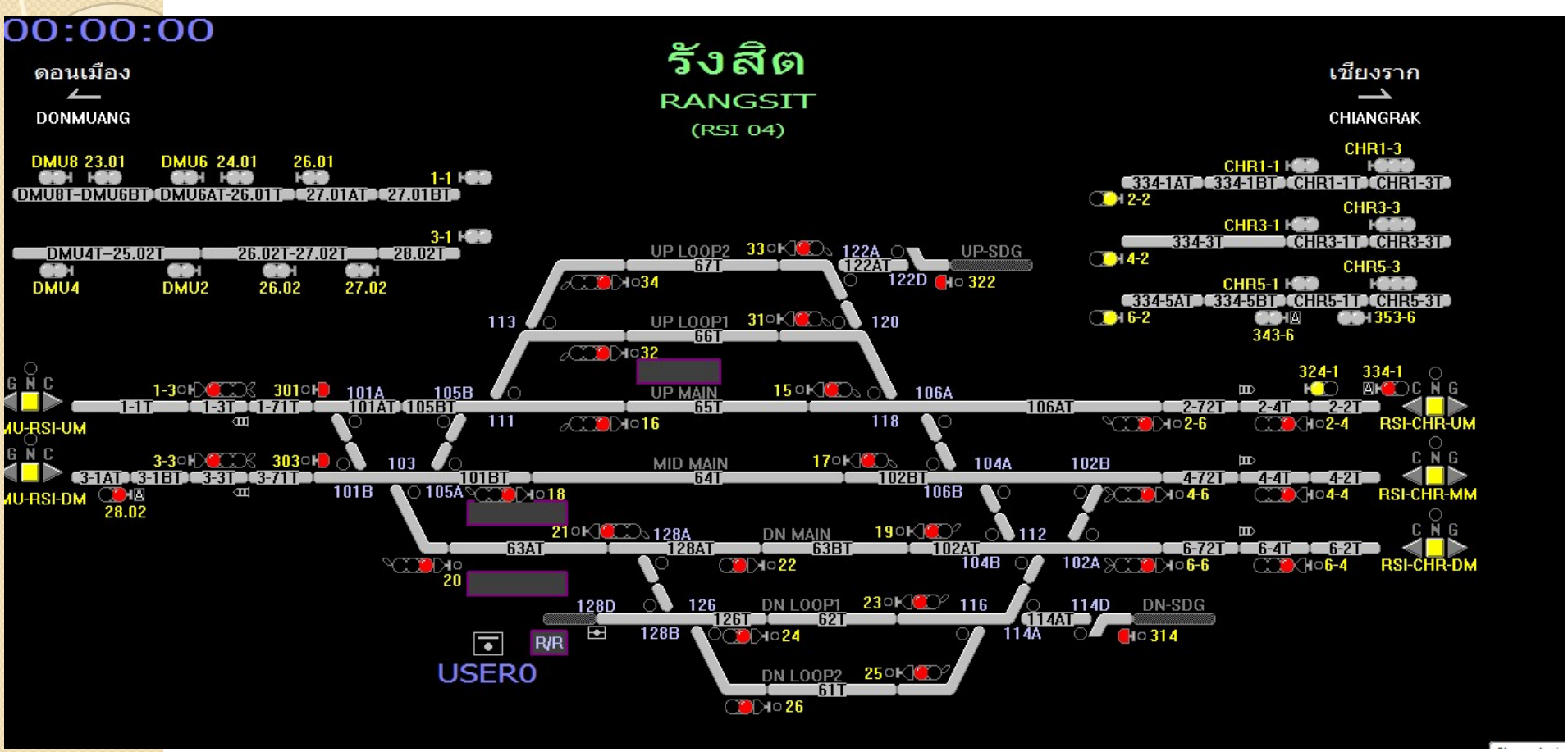
“โดยผิดพลาดแล้วต้องมีความปลอดภัย”

Failsafe Principle

ตัวอย่างกลไกส่วนของระบบอาณัติสัญญาณ
- ตุ้มถ่วงน้ำหนัก

ตัวอย่างกลไกส่วนของระบบอาณัติสัญญาณ
- พลูเล่ย์ของสัญญาณหางปลา (Semaphore)

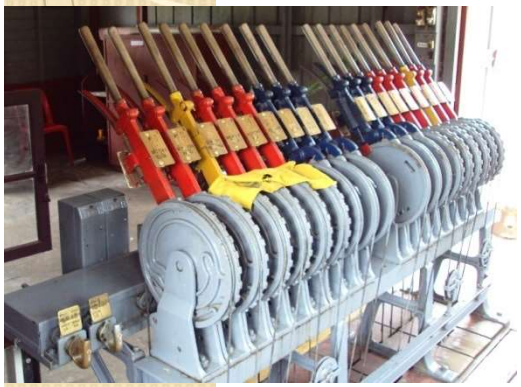
ตัวอย่างย่านสถานีของระบบควบคุมการเดินรถ



Q
A

2. พื้นฐานของระบบอาณัติสัญญาณ

(Introduction to Basic Design Signalling system)



Warner & Home Signals and Points' Hand lever

Warner Signal

Home Signal

Mechanical Point Machine

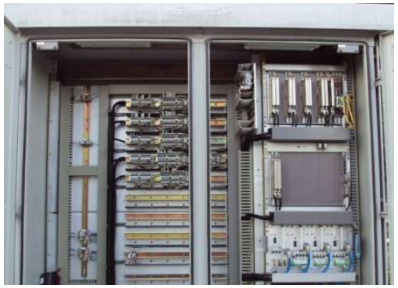
Starter Signals

VDU panel

Computer Based Interlocking

Warner Signal

Home Signal



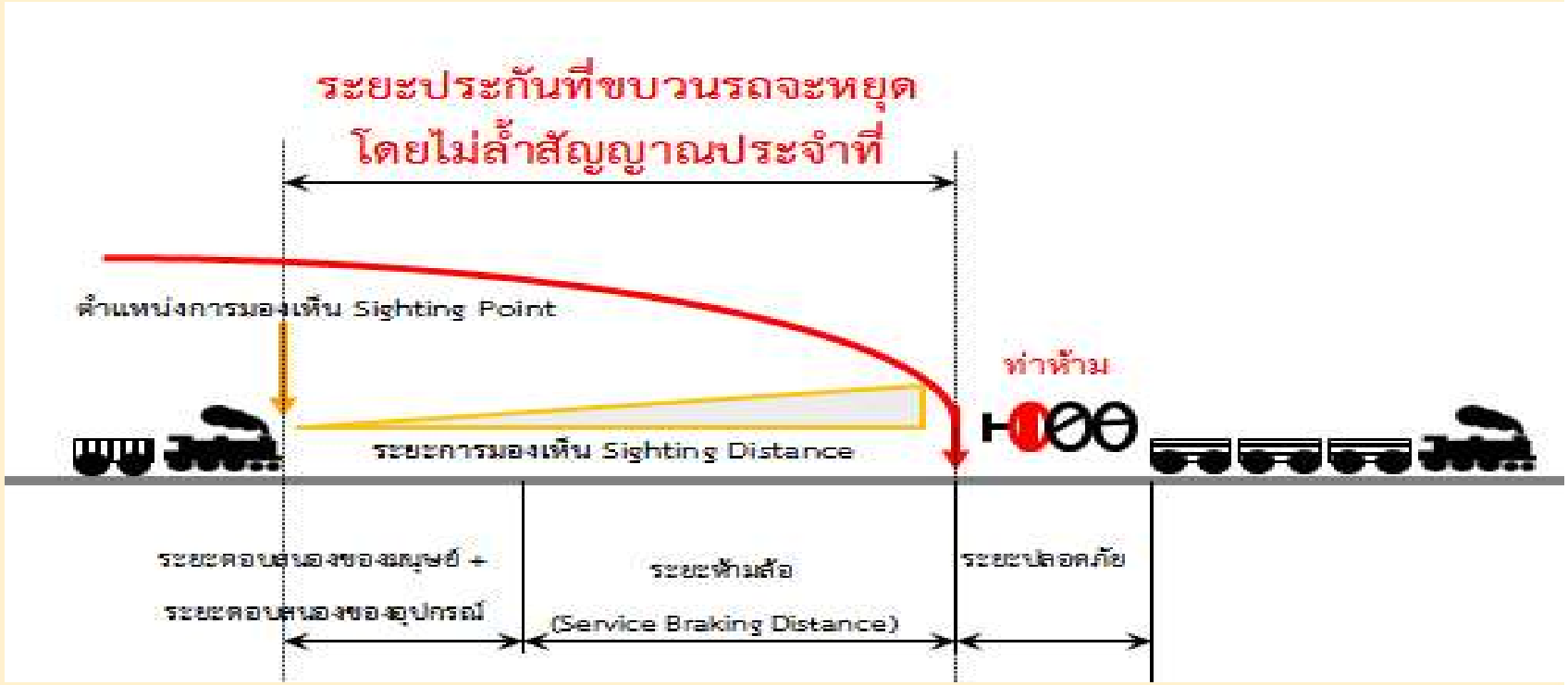
Object / Relay Controller

Electric Point Machine

Starter Signal

ระบบอาณัติสัญญาณและการเดินรถ

การควบคุมการเคลื่อนไหวของขบวนรถโดยการให้สัญญาณบังคับส่งให้พนักงานขับรถผู้บังคับควบคุมการเคลื่อนที่ของขบวนรถให้อยู่ภายใต้อาณัติสัญญาณที่สื่อคำสั่งให้พนักงานขับรถปฏิบัติตาม ระบบอาณัติสัญญาณจึงเป็นระบบที่ใช้อุปกรณ์เข้าบังคับควบคุมการเคลื่อนที่ของขบวนรถนั่นเอง



ระบบอาณัติสัญญาณ

เป็น...ระบบควบคุมการเดินรถให้มีความปลอดภัย สามารถให้ความเร็วได้สูงสุด ตามที่ออกแบบไว้ และถูกหลักเศรษฐศาสตร์ กล่าวคือ ประหยัดและคุ้มทุนสูง

เป็น...กลไกหลักที่สามารถเพิ่มความจุในการวิ่งขบวนรถในเส้นทาง

เป็น...ระบบควบคุมความปลอดภัยหลักของระบบการเดินรถทั้งหมดโดยอยู่ในหลักของ

หากเกิดความผิดพลาดแล้วต้องมีความปลอดภัย → Failsafe Principle

เป็น...ระบบหลักป้องกันมิให้ขบวนรถที่วิ่งสวนกันเกิดอันตรายและชนกัน

เป็น...ระบบที่ตรวจสอบบังคับระยะห่างระหว่างขบวนรถให้อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย โดยการเว้นช่วงระยะการวิ่งไม่ให้เกิดภาวะสุดวิสัยที่ควบคุมขบวนรถไม่ได้และชนกัน

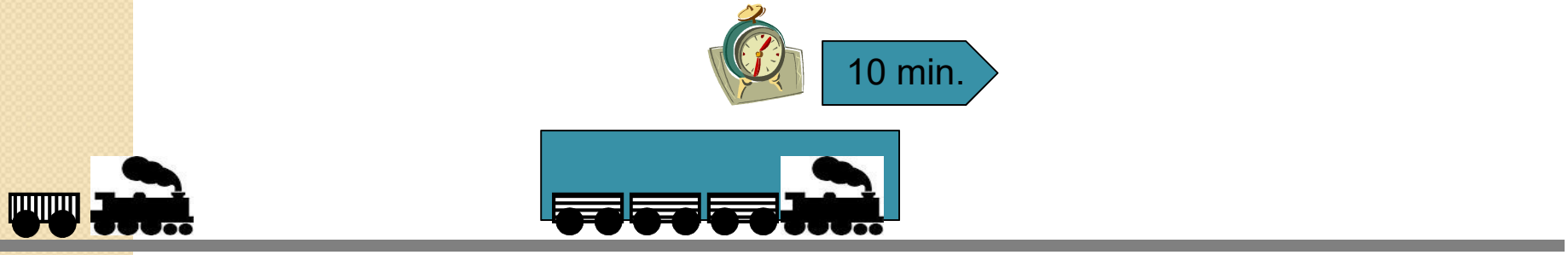
วิวัฒนาการ “ระบบอาณัติสัญญาณ”

ยุคแรกโดยให้พนักงานขับรถ ควบคุมความเร็วเอง จากการมองสิ่งกีดขวางและหรือหยุด โดยใช้สายตา บางครั้งไม่สามารถหยุดได้ทัน เนื่องจากระยะห้ามล้อ กับระยะมองเห็นไม่สัมพันธ์กัน

แหล่งข้อมูล : http://www.railway-technical.com/sigtxt1.shtml

วิวัฒนาการ “ระบบอาณัติสัญญาณ”

The Time Interval System การเพิ่มระยะการห้ามล้อของพนักงานขับรถไฟ โดยใช้ช่วงเวลาระหว่างขบวนรถไฟที่กำหนด เช่น ใช้ช่วงเวลาระหว่างขบวนรถ 10 นาที หมายความว่า พนักงานขับรถไฟสามารถขับได้ความเร็วสูงสุดของพิกัดทาง เมื่อรถไฟคันก่อนหน้านั้นได้ผ่านแล้วไปเป็นเวลา 10 นาที มีชื่อเรียกช่วงเวลาระหว่างขบวนรถ นี้ว่า “Headway”



แหล่งข้อมูล : http://www.railway-technical.com/sigtxt1.shtml

วิวัฒนาการ “ระบบอาณัติสัญญาณ”

และมีการเริ่มใช้ธงสี แดง เหลือง เขียว ที่ให้สัญญาณจากสถานี สื่อสารให้พนักงานขับรถ

ธงสีแดง หมายความว่า รถไฟคันแรกผ่านไปไม่ถึง 5 นาที “ท่าห้าม”

ธงสีเหลือง หมายความว่า รถไฟคันแรกผ่านไปเกิน 5 นาที แต่ไม่ถึง 10 นาที “ท่าระวัง”

ธงสีเขียว หมายความว่า รถไฟคันแรกผ่านไปแล้ว 10 นาที “ท่าอนุญาต”

แหล่งข้อมูล : http://www.railway-technical.com/sigtxt1.shtml

วิวัฒนาการ “ระบบอาณัติสัญญาณ”

การเดินรถกำหนดตามกันด้วยช่วงเวลาระหว่างขบวนรถที่กำหนด (The Time Interval System) และยังมีปัญหาที่อาจไม่ปลอดภัยได้เนื่องจาก

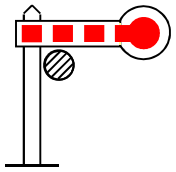
- หากมีรถไฟ จอดเสียระหว่างทาง
- หากรถไฟ เดินที่ความเร็วแตกต่างกัน เช่น คันแรก วิ่งช้ากว่าคันหลังที่ตามมา
- ช่วงเวลาระหว่างขบวนรถที่กำหนดจากความต้องการเพิ่มความจุทาง (Line Capacity) ทำให้ช่วงเวลาระหว่างขบวนรถที่กำหนดมีระยะเวลาสั้นลงไปซึ่งอาจส่งผลให้มีโอกาสเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้

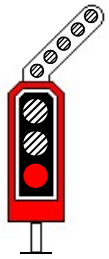
แหล่งข้อมูล : http://www.railway-technical.com/sigtxt1.shtml

วิวัฒนาการ “ระบบอาณัติสัญญาณ”

การใช้ระบบอาณัติสัญญาณ

การเดินรถกำหนดตามกันด้วยช่วงเวลาระหว่างขบวนรถที่กำหนด (The Time Interval System) เปรียบได้กับการแบ่งทางรถไฟ ออกเป็น “ตอน : “Block section” โดยจะมีขบวนรถเพียงหนึ่งขบวนที่อนุญาตในตอนช่วงนั้น ซึ่งหลักการนี้ยังคงใช้อยู่ถึงปัจจุบันนี้ ต่อมาได้เพิ่มการติดตั้งสัญญาณประเภทที่ริมทางรถไฟ (Distant Signals) เพื่อให้พนักงานขับรถ ที่จะเข้ามาได้ทราบว่าทางตอนข้างหน้านั้นสะดวกไม่มีสิ่งกีดขวาง สัญญาณประเภทต่างๆ



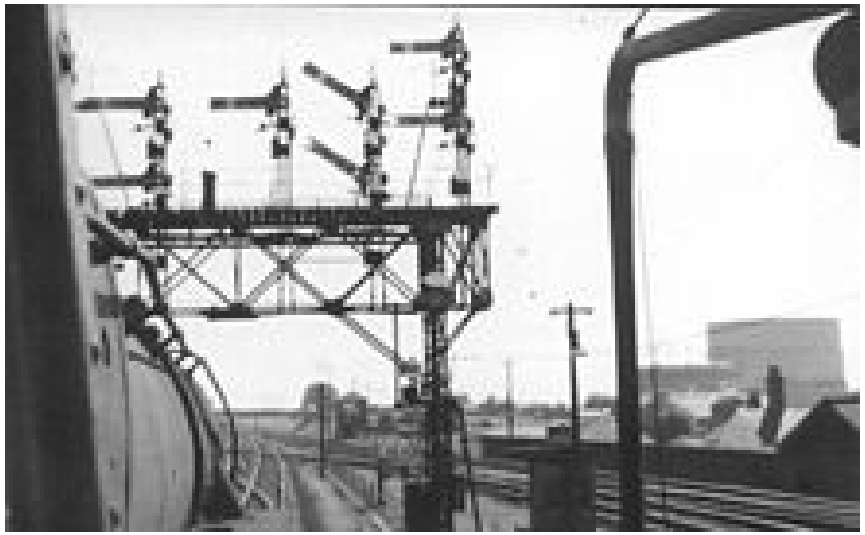


แหล่งข้อมูล : http://www.railway-technical.com/sigtxt1.shtml

วิวัฒนาการ “ระบบอาณัติสัญญาณ”

ระบบอาณัติสัญญาณ : Signalling เป็นระบบที่นำมาใช้ทำงานติดตั้งในสถานี และระหว่างสถานี ตามความต้องการของการบริการด้านเดินรถ เช่น

-สัญญาณใบธง : Mechanical signals พร้อมประแจกลทำงานด้วยสายสวด บังคับสัมพันธ์โดย Mechanical Interlocking of points and signals.



A gantry of British semaphore signals seen from the cab of a steam locomotive

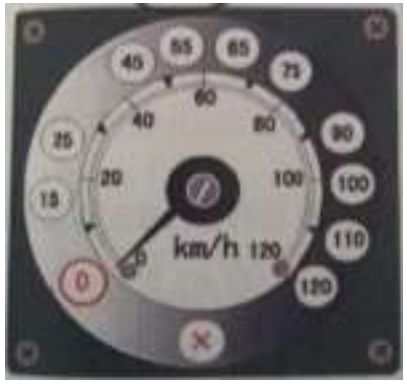
A British semaphore stop signal with subsidiary arm below.

แหล่งข้อมูล : http://www.railway-technical.com/sigtxt1.shtml

วิวัฒนาการ “ระบบอาณัติสัญญาณ”

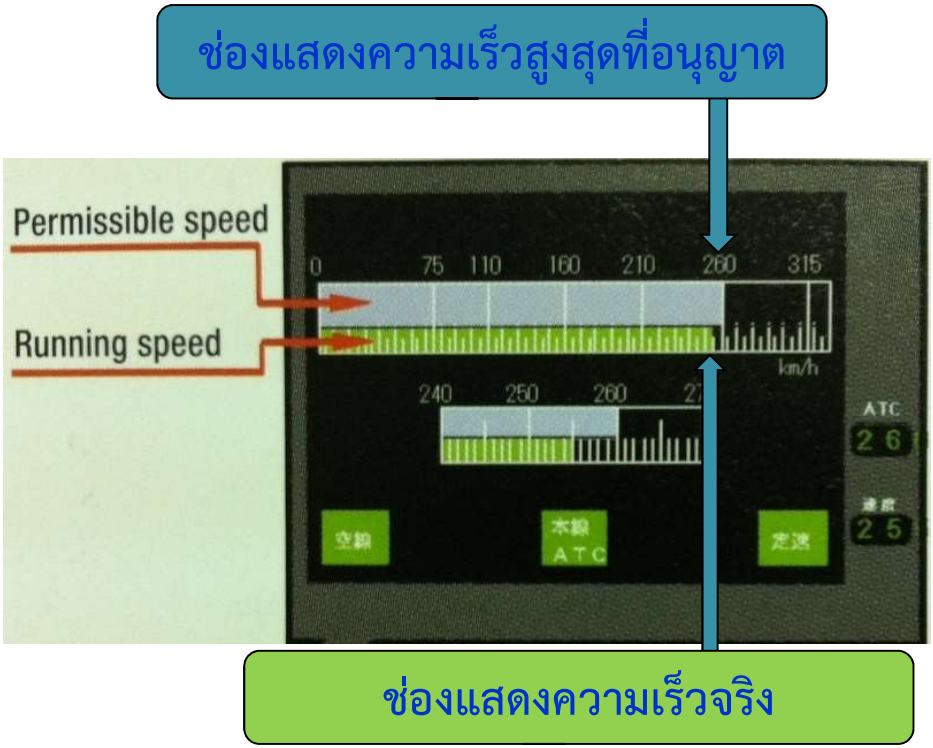
ตัวอย่าง สัญญาณประจำที่ (Distant signals) ของประเทศญี่ปุ่น

การพัฒนาระบบควบคุมการเดินรถของรถไฟของประเทศญี่ปุ่น



ตัวอย่าง สัญญาณบนขบวนรถ (On-Board Cab Signal ของประเทศญี่ปุ่น)

การพัฒนาระบบควบคุมการเดินรถของรถไฟความเร็วสูง Automatic Train Control ของประเทศญี่ปุ่น



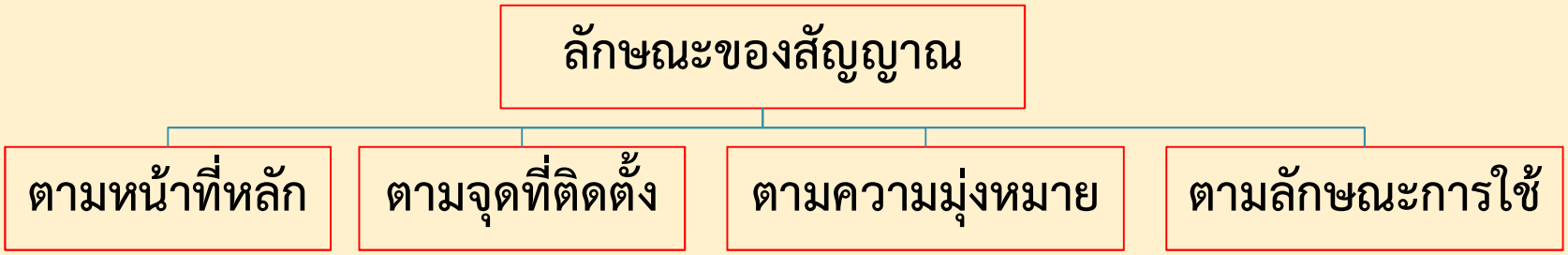
ตัวอย่างการควบคุมขบวนรถของพนักงานขับรถไฟ shinkansen (Training simulation system : JR-East)

ไม่มีการติดตั้งเสาสัญญาณข้างทาง เนื่องจากความเร็วสูงจนไม่สามารถมองเห็นสัญญาณเพื่อตัดสินใจได้ทัน

พนักงานขับรถดูมาตรความเร็วสูงสุดที่อนุญาต(สีฟ้า) จะแสดงอยู่เหนือมาตรวัดความเร็วจริง(สีเขียว)

วิวัฒนาการของระบบอาณัติสัญญาณ

ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1830-1899 เป็นต้นมา สัญญาณประจำที่เริ่มถูกพัฒนามาจากระบบกลไกทางเครื่องกล (Mechanical System) เกิดการจำแนกประเภทของสัญญาณดังนี้



การออกแบบของสัญญาณประจำที่จึงเป็นไปตามหน้าที่หลัก ที่ต้องการในการควบคุมการเคลื่อนที่ของขบวนรถเข้าออกสถานี และแต่ละจุดที่ตั้งจะเป็นตัวควบคุมที่แบ่งหน้าที่ตามจุดที่ตั้งนั้นๆ และการบอกนัยของการบังคับที่สื่อให้พนักงานขับรถแสดงโดยท่าของสัญญาณ

และสุดท้ายสัญญาณประจำที่ยังแบ่งออกตามลักษณะที่ออกแบบใช้งานด้วย

ชื่อ, ที่ตั้งและหน้าที่ของสัญญาณประจำที่ ของ รฟท.

- สัญญาณประจำที่ชนิดหางปลาและไฟสี เมื่อตั้งอยู่ในที่ต่าง ๆ ย่อมเรียกชื่อโดยเฉพาะแตกต่างกันสุดแต่แห่งที่ตั้ง ลักษณะและความหมายดังนี้.-

ก. สัญญาณเข้าเขตใน	ตามปกตินั้นในการกำหนดจุดที่ตั้งของเสา
ข. สัญญาณเข้าเขตนอก	สัญญาณประจำที่นั้น จะสัมพันธ์กับความ
ค. สัญญาณออก	ต้องการสื่อให้พนักงานขับรถได้เห็นคำสั่ง
ง. สัญญาณออกอันนอก	ความหมายของท่าสัญญาณประจำที่ และ
จ. สัญญาณเตือน	พนักงานขับรถเข้าใจท่าสัญญาณ และ
ฉ. สัญญาณเรียกเข้า	ตอบสนองต่อท่าสัญญาณประจำที่นั้นๆ
ช. สัญญาณตัวแทน	ระหว่างที่ทำขบวนรถผ่านเสาสัญญาณ
ซ. สัญญาณทางสับเปลี่ยน	ประจำ ณ ตำแหน่งต่างๆ เดินรถเข้าสถานี
ฌ. สัญญาณผ่านถนนเสมอระดับทาง	จนออกหรือผ่านสถานีนั้นๆ
ญ. สัญญาณอัตโนมัติ	

ที่ตั้งสัญญาณประจำที่

ที่ตั้งสัญญาณประจำที่มีดังนี้ เว้นแต่จะได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

- ในทางเดี่ยว ทางด้านขวาของขบวนรถ ซึ่งเดินเข้าสู่สัญญาณประจำที่นั้น

ทางเดี่ยว

- ในทางคู่ ทางด้านซ้ายของขบวนรถ ซึ่งเดินเข้าสู่สัญญาณประจำที่นั้น

ทางคู่

- พนักงานขับรถต้องสังเกตและต้องเห็นท่าของสัญญาณอย่างชัดเจน แล้วจึงบังคับขบวนรถให้เป็นไปตามการบังคับท่าของสัญญาณนั้นๆ ที่แสดง

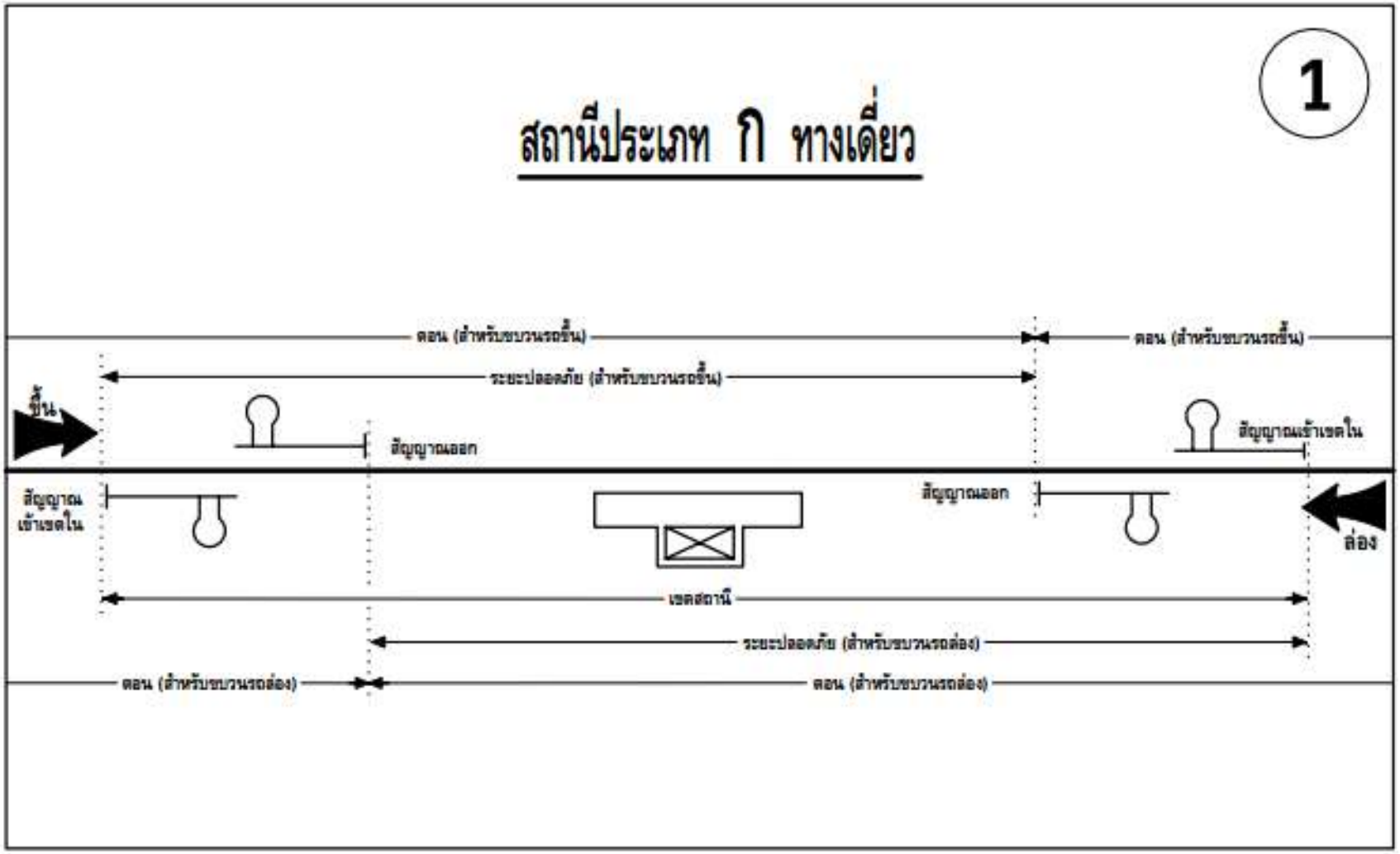
แผนผัง ตัวอย่างของประเภทของสถานี

ในการรถไฟแห่งประเทศไทย มีกฎเกณฑ์ในการควบคุมขบวนรถที่วิ่งเข้าออกสถานี ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ตามประเภทของสถานีที่กำหนดไว้

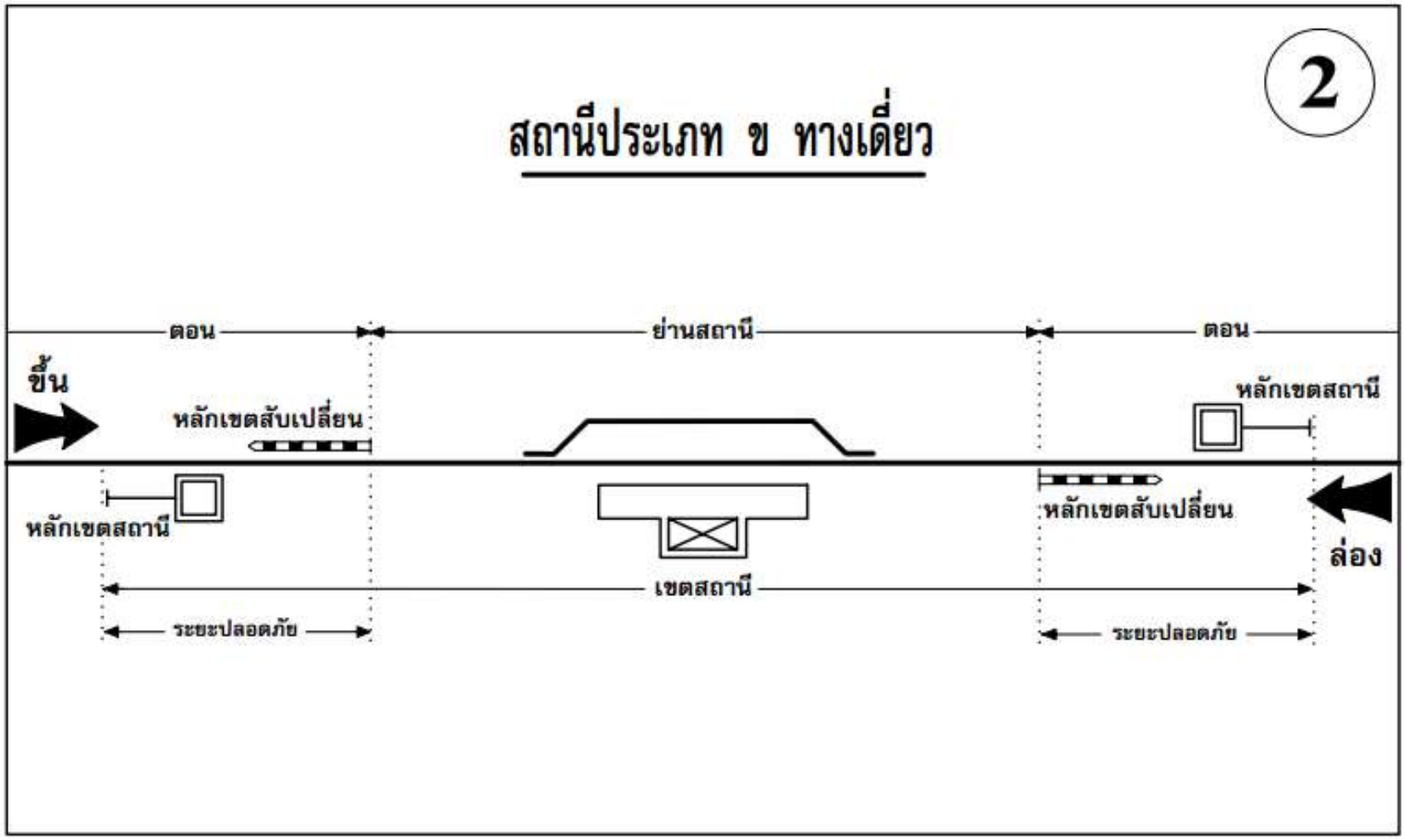
ในข้อบังคับการเดินรถของ รฟท. จะกำหนดประเภทสถานีทางสะดวกแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

1) สถานีประเภท ก. จะไม่มีหลักเขตสับเปลี่ยนมีสัญญาณประจำที่เพื่อกำกับเป็นเขตสถานี
2) สถานีประเภท ข. มีหลักเขตสับเปลี่ยนและมีหลักเขตสถานี หรือสัญญาณประจำที่เพื่อกำกับเป็นเขตสถานี
3) สถานีประเภท ค. คือสถานีที่หยุดขบวนรถ เป็นสถานีที่มีเฉพาะหลักเขตสถานีกำกับ
4) สถานีประเภทพิเศษ ซึ่งจะได้กำหนดไว้เป็นพิเศษเฉพาะราย

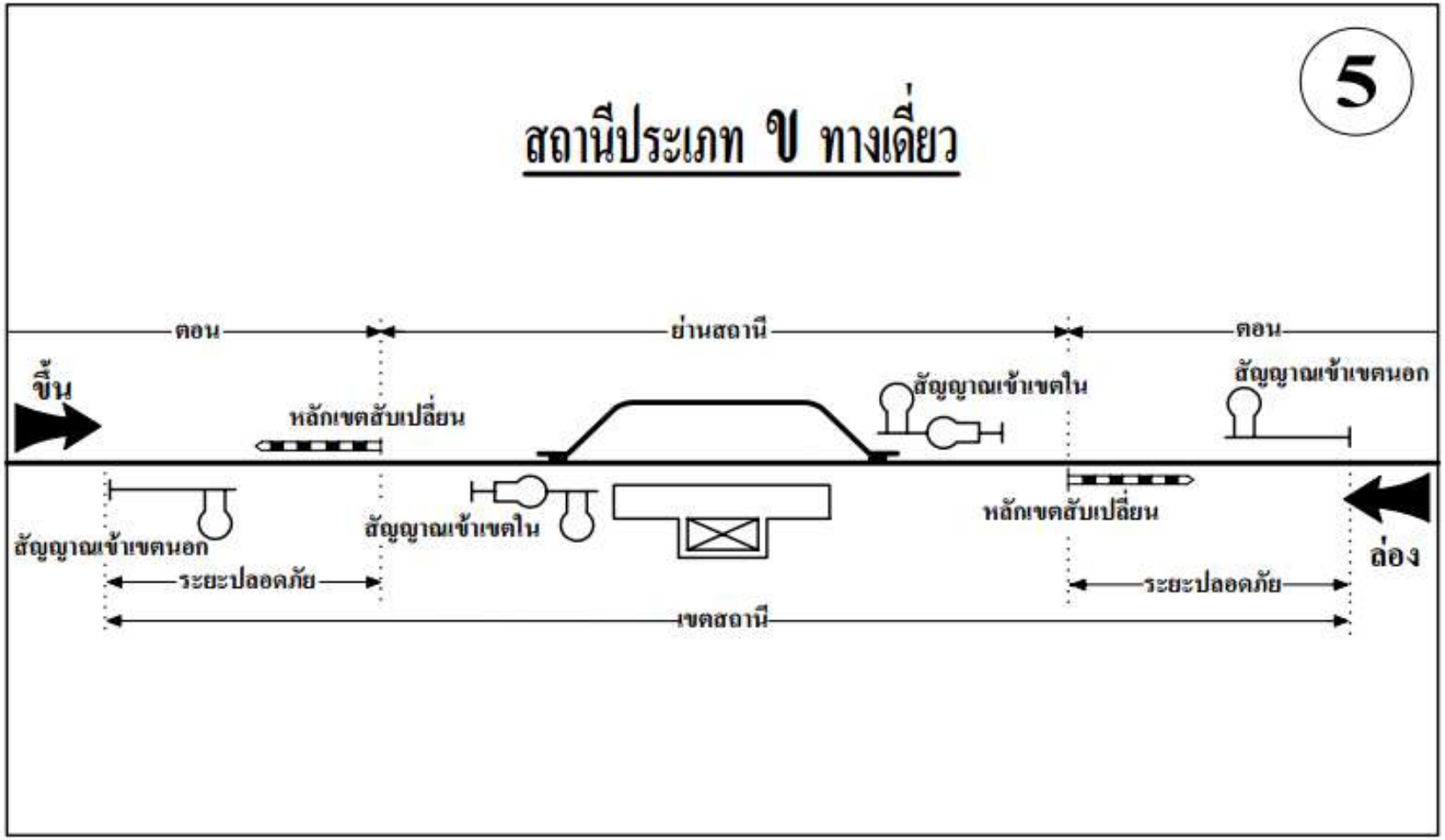
แผนผัง ตัวอย่างของประเภทของสถานี



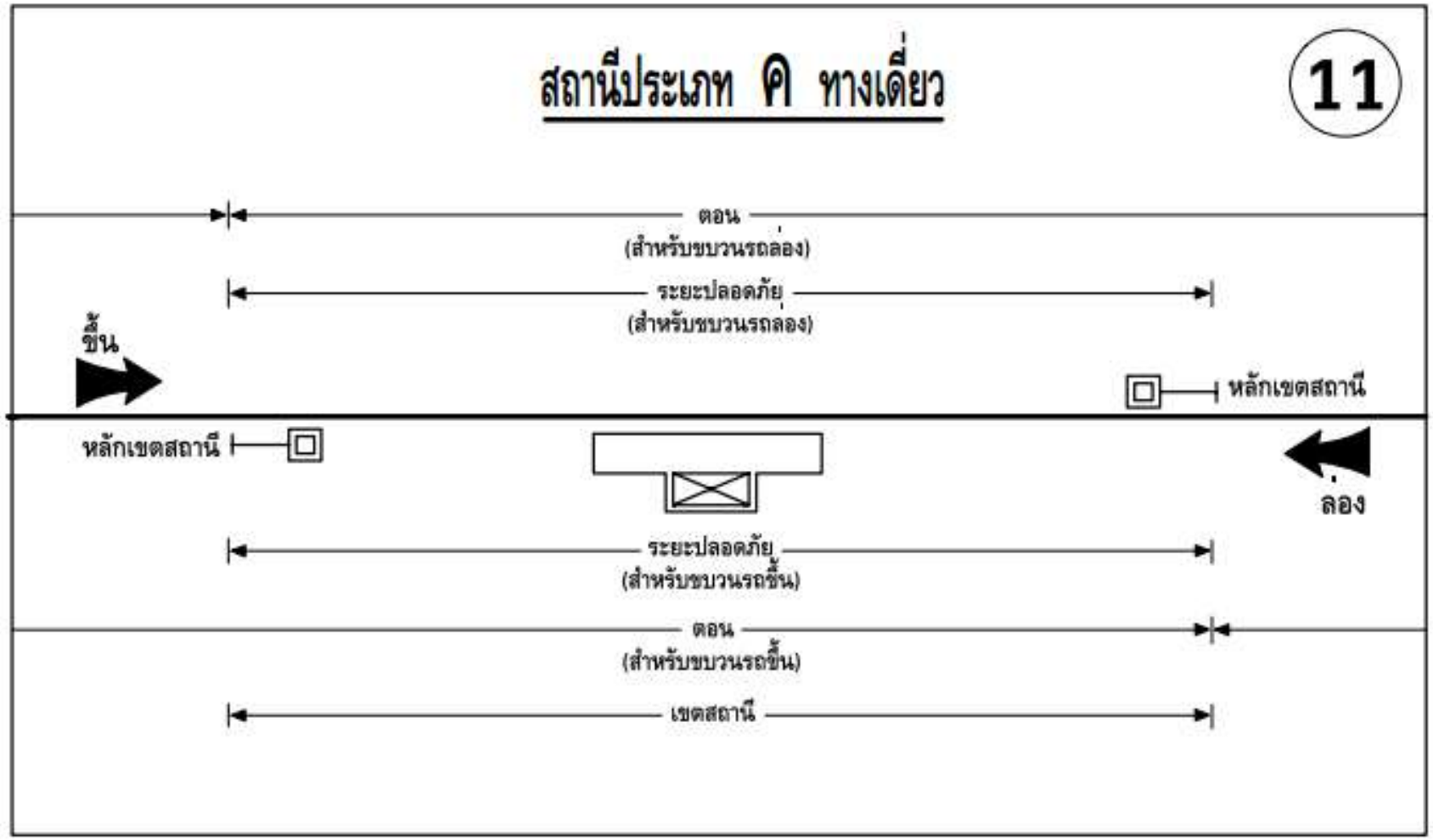
แผนผัง ตัวอย่างของประเภทของสถานี



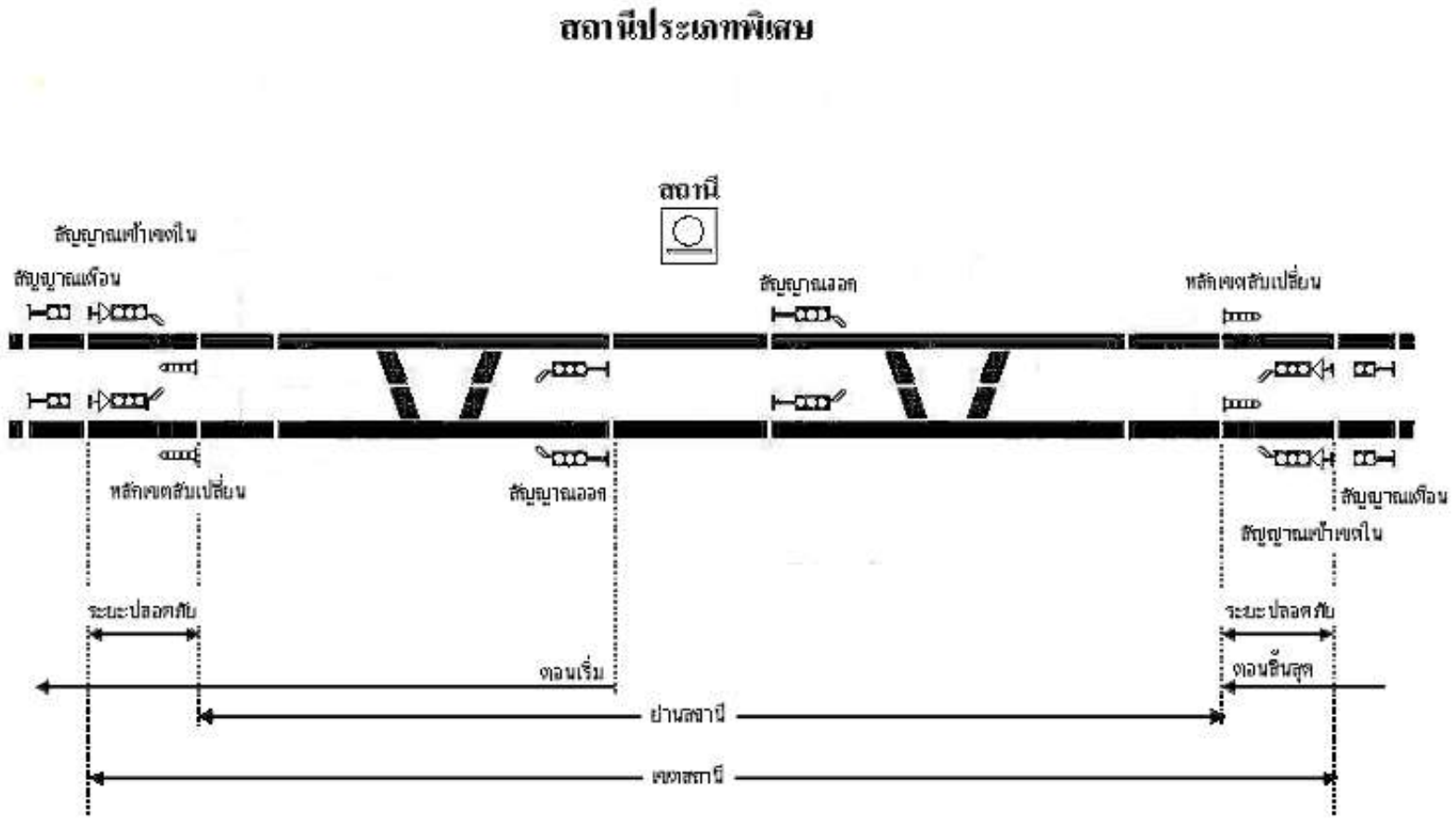
แผนผัง ตัวอย่างของประเภทของสถานี



แผนผัง ตัวอย่างของประเภทของสถานี

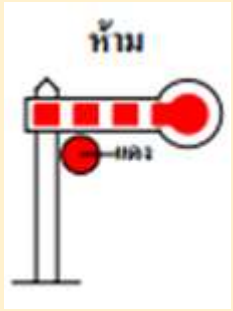


แผนผัง ตัวอย่างของประเภทของสถานี

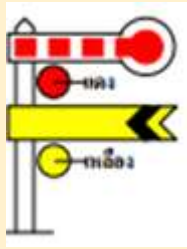


หน้าที่ของสัญญาณประจำที่ และท่าความหมายของสัญญาณหางปลา

สัญญาณประจำที่ที่เป็นชนิดหางปลา หรือบางครั้งอาจเรียกว่า ชนิดใบธง เป็นสัญญาณ 2 ท่า แต่ใช้สัญญาณเตือนมาเพิ่มประกอบกับสัญญาณ 2 ท่า ในการเตือนให้พนักงานขับรถทราบ ก่อนที่จะมาถึงสัญญาณประจำที่หลักที่เป็นเขตสถานี คือสัญญาณเข้า (Home Signal)

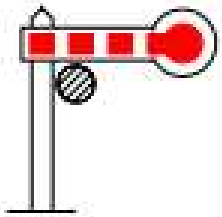
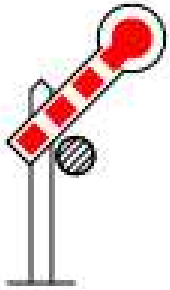
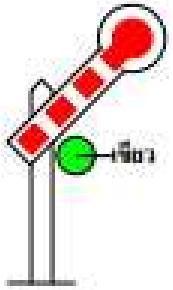
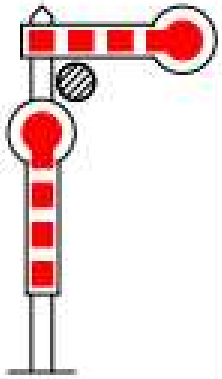
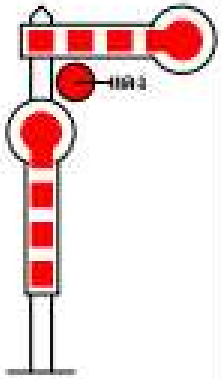
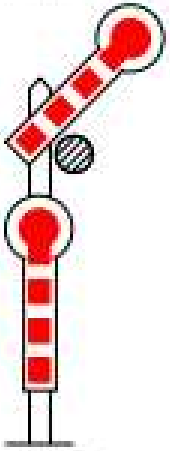
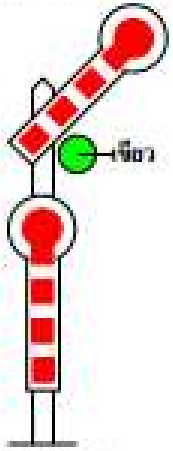


สัญญาณประจำที่ที่เป็นชนิดหางปลา ชนิด 2 ท่า คือ ท่าห้าม กับ ท่าอนุญาต

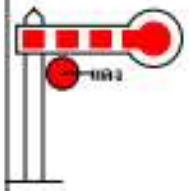
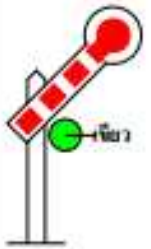
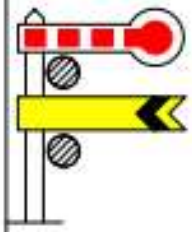
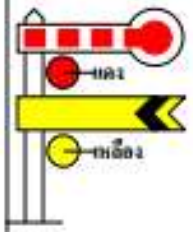
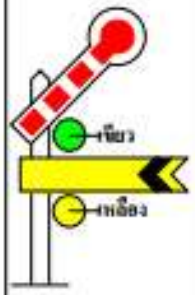


สัญญาณเข้า ที่มีสัญญาณเตือนร่วมอยู่ด้วย

ประเภทของสัญญาณหางปลา และความหมาย

ชื่อสัญญาณประจำที่ชนิดหางปลา	รูปและท่าที่แสดง			
	ห้าม		อนุญาต	
	กลางวัน	กลางคืน	กลางวัน	กลางคืน
สัญญาณเข้าเขตในและสัญญาณออก			 สำหรับทางประธาน	 สำหรับทางประธาน
			 สำหรับทางประธาน	 สำหรับทางประธาน

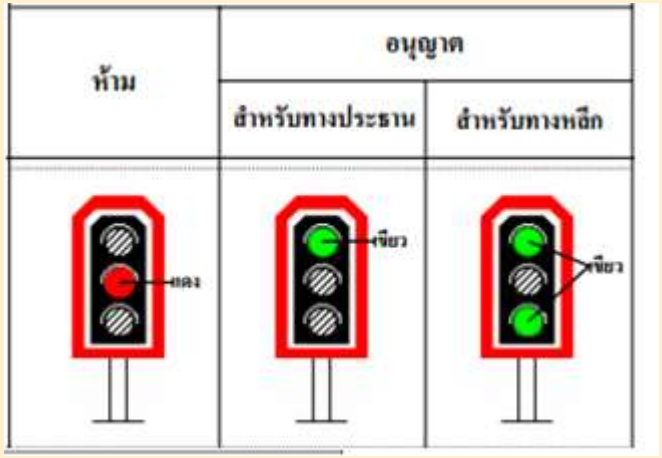
ประเภทของสัญญาณหางปลา และความหมาย

ชื่อสัญญาณประจำที่ชนิดหางปลา	รูปและท่าที่แสดง			
	ห้าม		อนุญาต	
	กลางวัน	กลางคืน	กลางวัน	กลางคืน
สัญญาณเข้าแขตนอกและสัญญาณออกอันนอก				
สัญญาณเข้าแขตนอกที่มีสัญญาณเตือนติดตั้งร่วมด้วย				

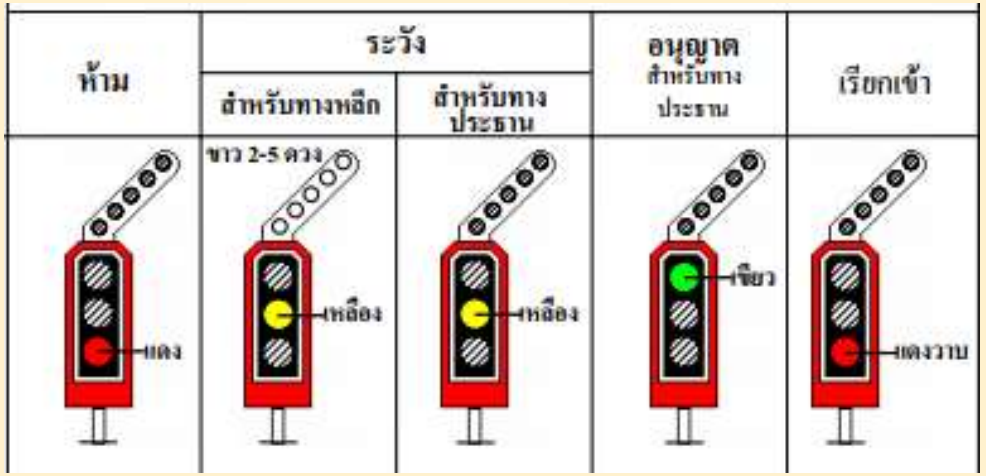
หน้าที่ของสัญญาณประจำที่ และท่าความหมายของสัญญาณไฟสี

สัญญาณประจำที่ชนิดท่าสัญญาณบังคับตายตัว เรียกว่า Absolute Signal มีทั้งระบบสัญญาณ 2 ท่า, 3 ท่า, 4 ท่า และ 5 ท่า ในการรถไฟแห่งประเทศไทยมีใช้ชนิดไฟสีระบบ 2 ท่า และใช้ไฟสีระบบ 3 ท่า

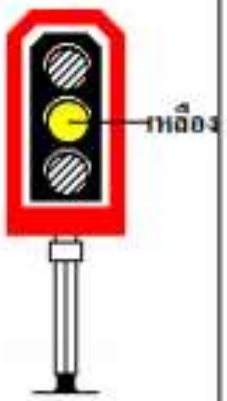
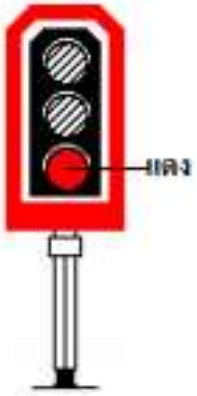
ชนิดไฟสีระบบ 2 ท่า



ชนิดไฟสีระบบ 3 ท่า



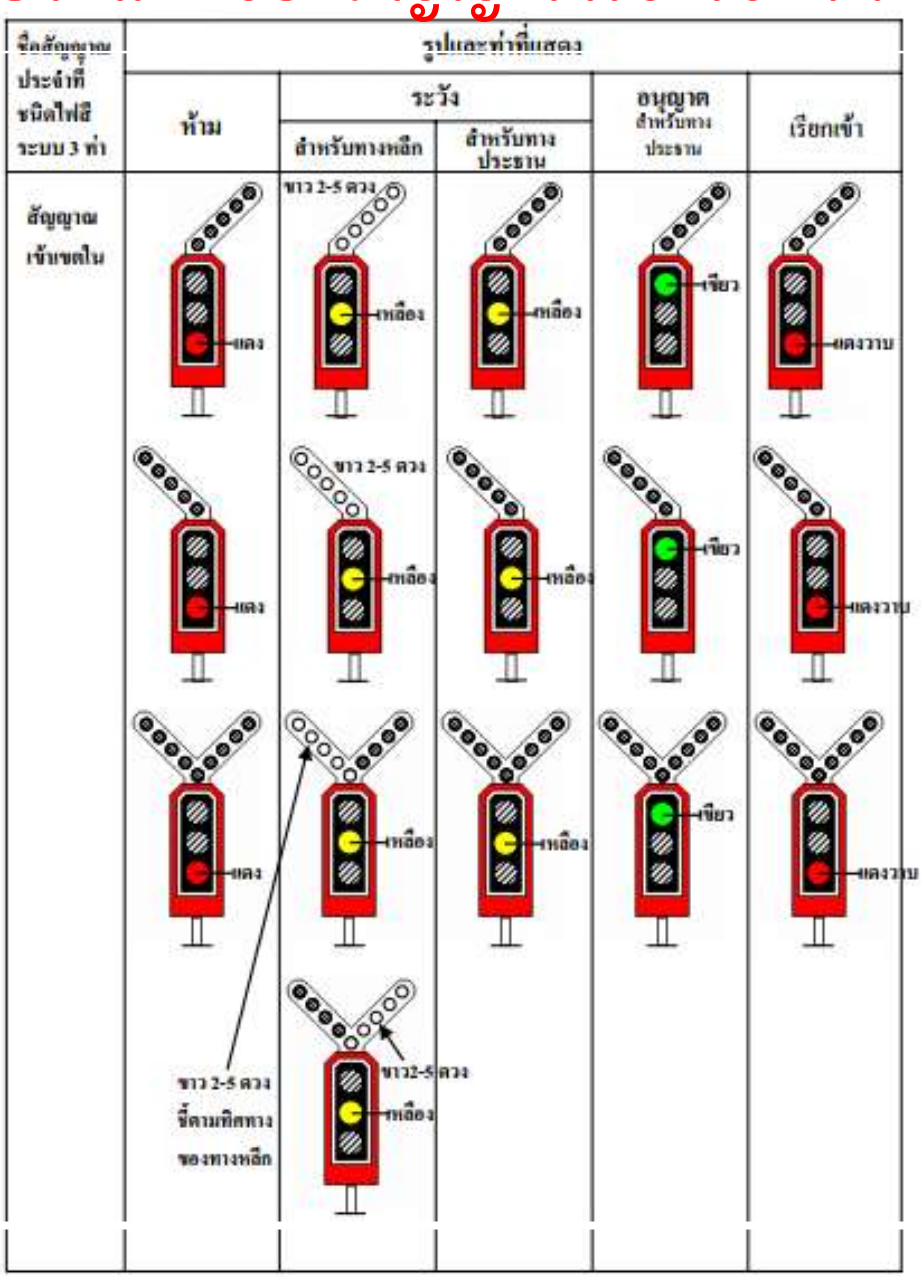
ประเภทของสัญญาณไฟสีระบบ 3 ท่า และความหมาย

ชื่อสัญญาณประจำที่ชนิดไฟสีระบบ 3 ท่า	รูปและท่าที่แสดง		
	อนุญาต	ระวัง	ห้าม
สัญญาณเข้าแยกนอก			

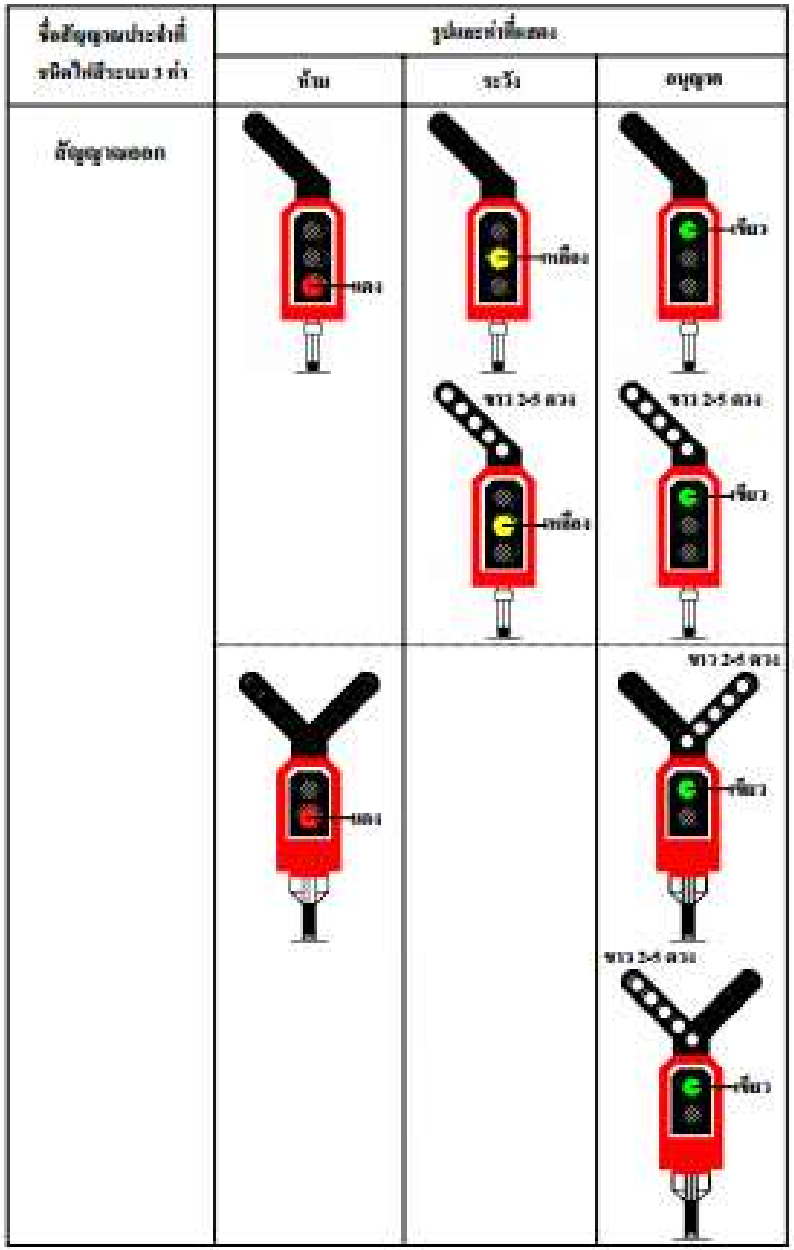
ระบบสัญญาณไฟสี 3 ท่า จะมีกำหนดขั้นตอนของท่าสัญญาณเป็นขบวนท่าที่ตายตัว

เขียว → เหลือง → แดง

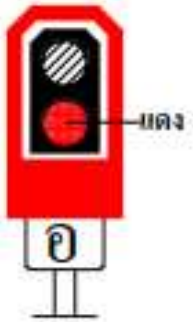
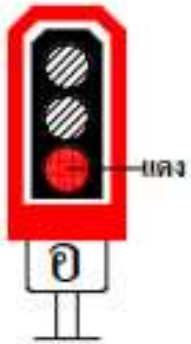
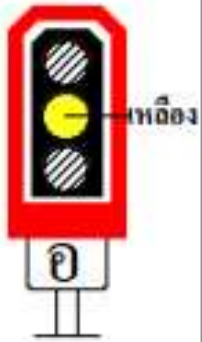
ประเภทของสัญญาณเข้าเขตใน และความหมาย



ประเภทของสัญญาณออก และความหมาย

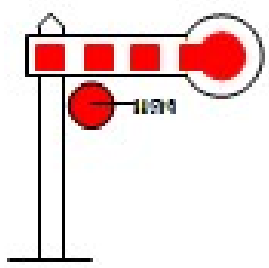


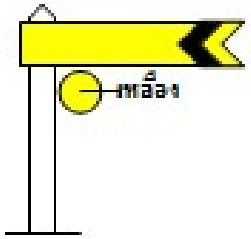
ประเภทของสัญญาณอัตโนมัติ และความหมาย

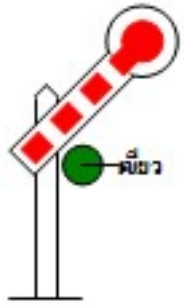
ชื่อสัญญาณประจำที่ ชนิดไฟสีระบบ 3 ท่า	รูปและท่าที่แสดง		
	ห้าม	ระวัง	อนุญาต
สัญญาณอัตโนมัติ			
			

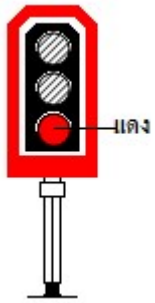
ระบบสัญญาณอัตโนมัติ จะเปลี่ยนท่าสัญญาณเองได้ตามเงื่อนไขของระยะการวิ่งของขบวนรถที่ถูกตรวจสอบด้วยวงจรไฟตอน

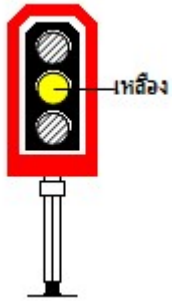
ความหมายของท่าสัญญาณ

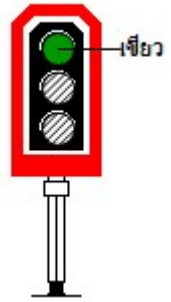












สัญญาณ “ห้าม” สัญญาณ “ไปได้โดยระมัดระวัง” สัญญาณ “อนุญาต”

ระบบสัญญาณไฟสี 3 ท่า จะมีกำหนดขั้นตอนของท่าสัญญาณเป็น

เขียว ---- > เหลือง ----> แดง

ข้อบังคับและระเบียบการเดินรถ พ.ศ. 2549

หมวด 1 : วิเคราะห์ศัพท์ (ส่วนหนึ่ง)

“สถานี”	หมายความว่า สถานที่แห่งใดแห่งหนึ่งซึ่งเปิดรับส่งผู้โดยสารและหรือสินค้า และเป็นสถานที่ซึ่งมีนายสถานีประจำอยู่และอนุญาตให้รถเดินไปมาตามระเบียบการเดินรถ
“ที่หยุดรถ”	หมายความว่า ที่ซึ่งขบวนรถหยุดเพื่อรับส่งผู้โดยสารและสินค้าขึ้นลง แต่ไม่มีนายสถานีอยู่ประจำ
“ขบวนรถ”	หมายความว่า รถจักรหนึ่งหรือหลายคันจะมีรถพ่วงด้วยหรือไม่ก็ตาม หรือรถโปรยน้ำยา หรือรถพ่วงมีรถบำรุงทาง ขนาดหนักลากจูง <u>ซึ่งได้จัดเดินตามสมุดกำหนดเวลาเดินรถหรือประกาศเดินรถ</u>

รูป : หนังสือช่างรถไฟ โดย อ.นคร

หมวด 1 : วิเคราะห์ศัพท์ (ต่อ)

“รถจักร” หมายความว่า รถซึ่งมีกำลังแรงให้เคลื่อนที่ไปได้ตามทาง <u>และจะยกออกจากทางทันทีไม่ได้</u> เช่น รถจักรดีเซล รถจักรดีเซลไฟฟ้า รถดีเซลราง รถจักรไฟฟ้า รถยนต์ตรวจการณ์ขนาดหนัก รถบำรุงทางขนาดหนัก รถกลบำรุงทาง รถปั้นจั่นสื่อสาร รถกลสื่อสาร ฯลฯ

รถจักรดีเซลไฟฟ้า อัลสตอมจัดวางแบบ C_o-C_o

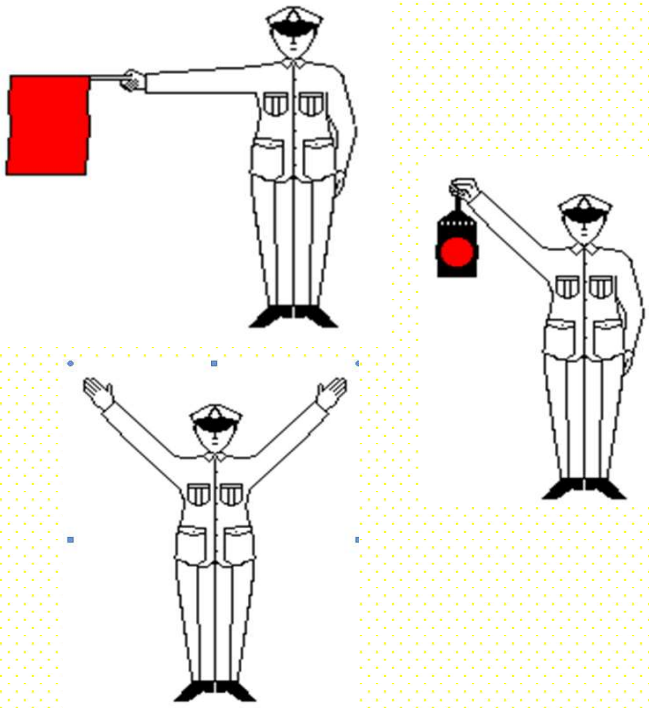
“รถบำรุงทาง” หมายความว่า รถสำหรับใช้งาน บำรุงทาง จำแนกออกเป็น 2 ประเภท

ก. **รถบำรุงทางขนาดเบา** หมายถึง รถขนาดเบา ซึ่งใช้บนทาง<u>และยกออกจากทางได้ทันที</u> เช่น รถโยก รถจักรยานตรวจการณ์ รถจักรยานยนต์ตรวจการณ์ รถยนต์รางตรวจการณ์ขนาดเบา (ไม่พ่วงรถพ่วง) รถผลัก รถถ่อ ฯลฯ

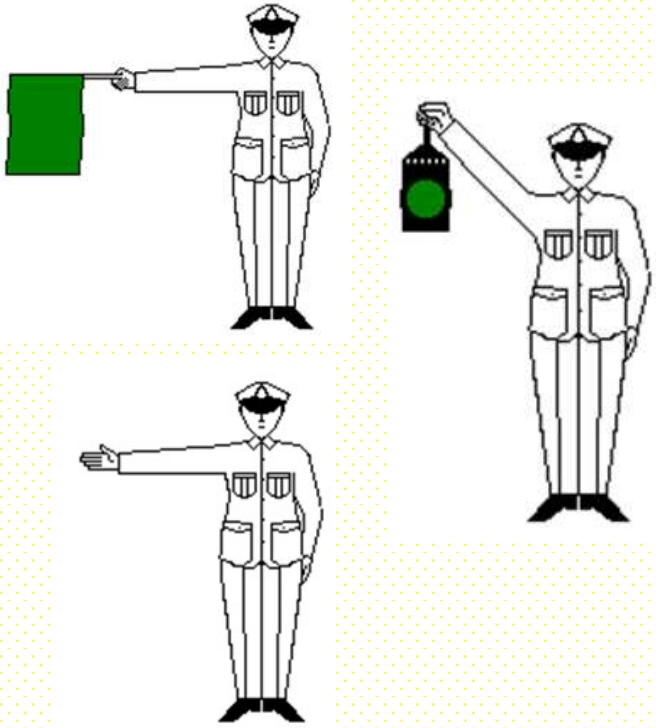
ข. **รถบำรุงทางบรรทุก** หมายถึง <u>รถบำรุงทางขนาดเบาทุกชนิดซึ่งมีสิ่งของบรรทุกอยู่และไม่สามารถยกออกจากทางได้ทันท่วงที</u> หรือรถยนต์รางตรวจการณ์ขนาดเบาที่พ่วงรถพ่วง

หมวด 2 : สัญญาณ ป้ายสัญญาณ เครื่องหมายประจำขบวนรถ

สัญญาณมือ เวลากลางวันให้แสดงด้วยธง (หรือในกรณีฉุกเฉินเมื่อไม่มีธงให้แสดงด้วยแขน) เวลากลางคืนให้แสดงด้วยโคมไฟ

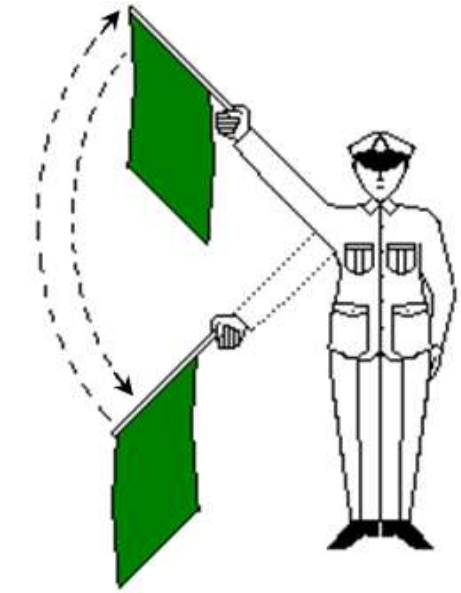


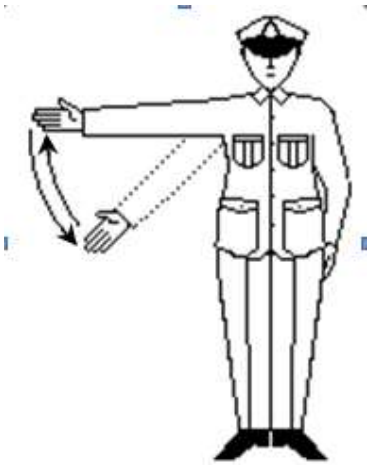
สัญญาณ “ห้าม”

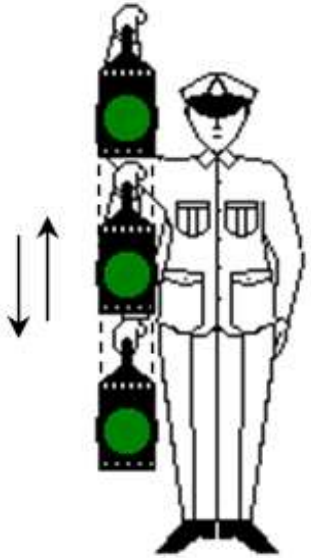


สัญญาณ “อนุญาต”

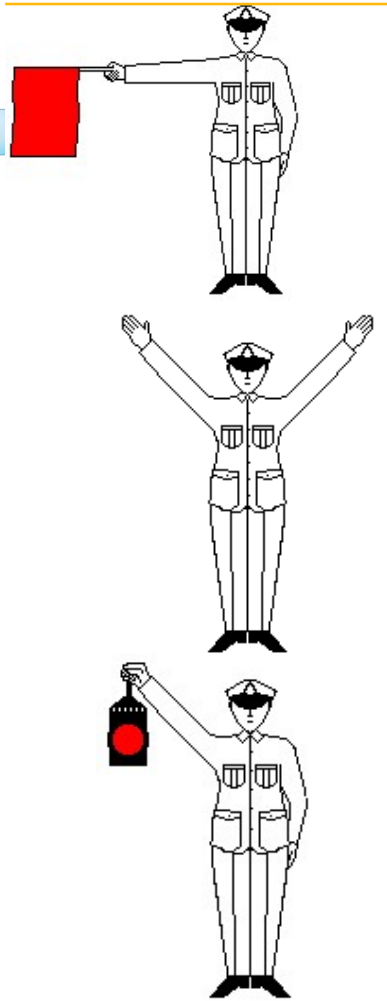
สัญญาณมือ ท่า “ระวัง”

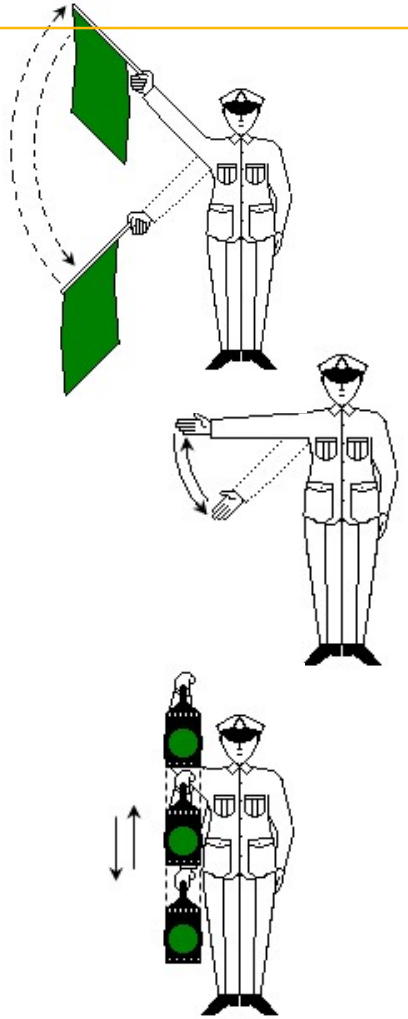


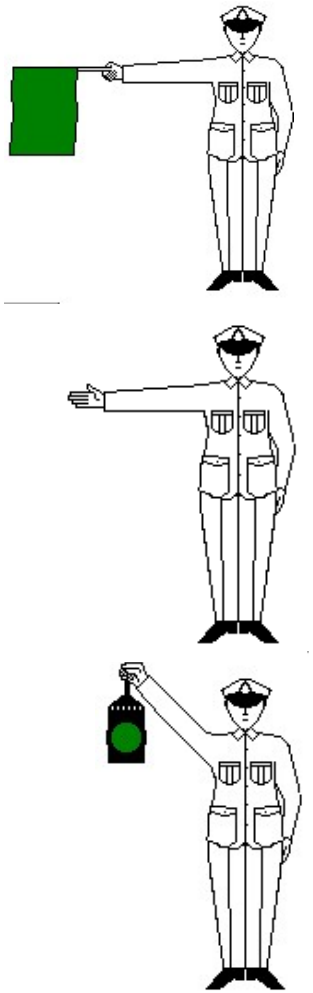




การแสดงสัญญาณมือ (รฟท.)







สัญญาณ “ห้าม” สัญญาณ “ไปได้โดยระมัดระวัง” สัญญาณ “อนุญาต”

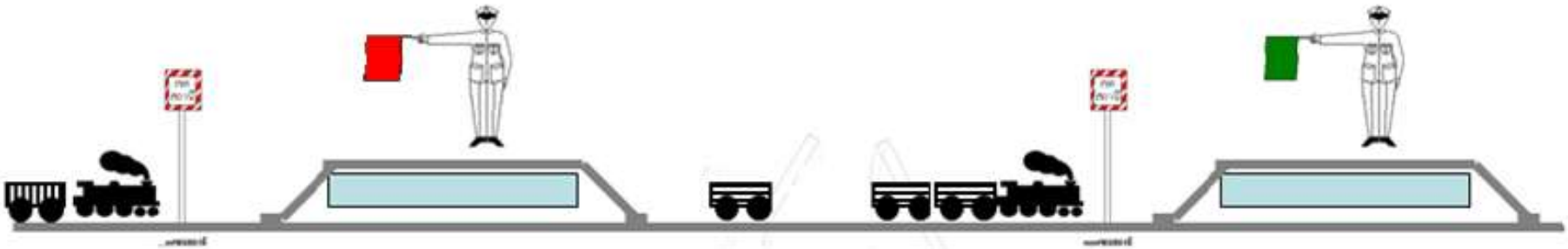
สัญญาณมือต่างๆ กำหนดไว้ในข้อบังคับและระเบียบการเดินรถของการรถไฟแห่งประเทศไทย

เครื่องหมายประจำขบวนรถ

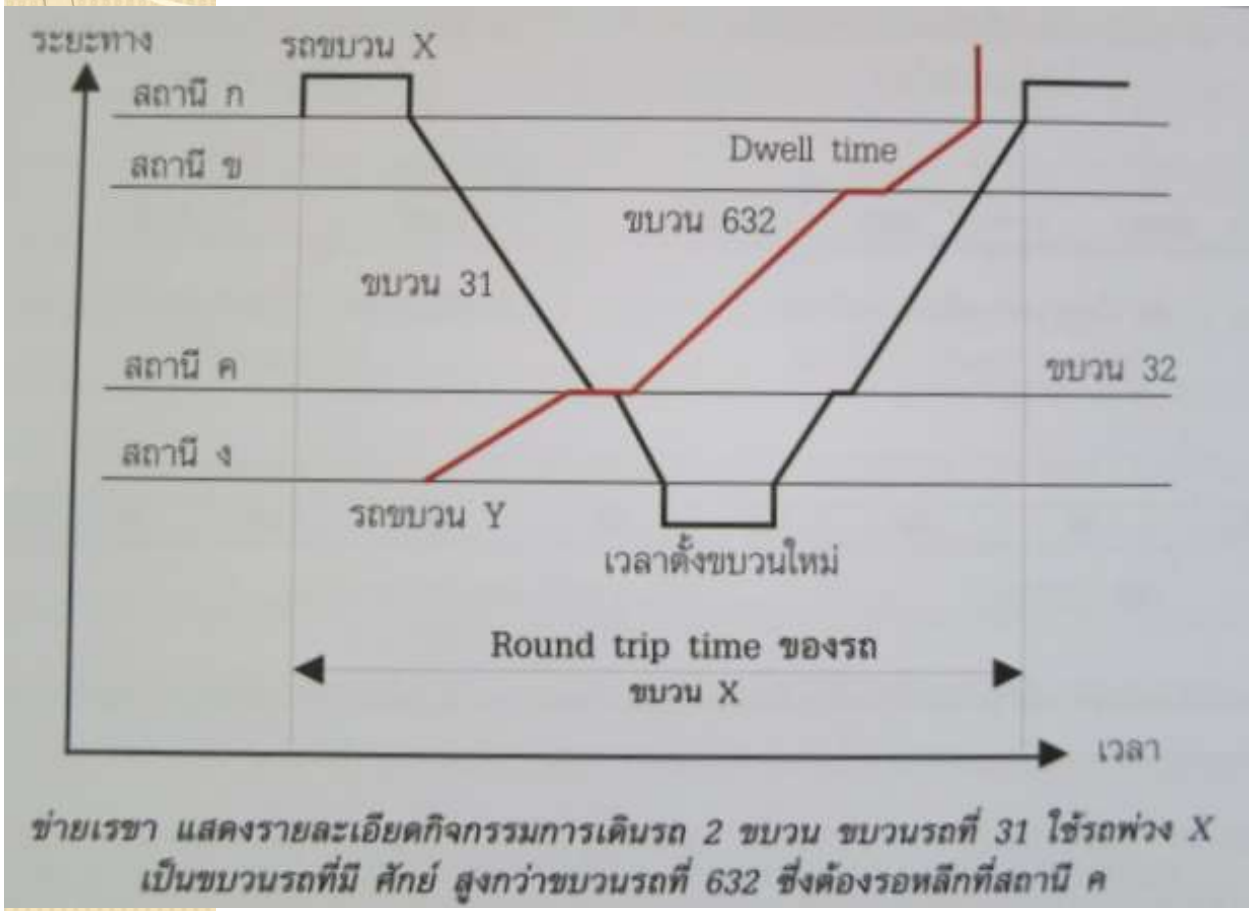
ในเวลากลางคืน ขบวนรถทุกขบวนต้องจุดโคมไฟไว้ที่หน้าและท้ายขบวนรถ

ในเวลากลางวัน รถทุกขบวนต้องมีป้ายกลมสีแดง วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 เซนติเมตร ขอบสีขาวกว้าง 2.5 เซนติเมตร ติดไว้ท้ายขบวนรถ

(ในกรณีที่ไม่มีป้ายกลมสีแดง พนักงานรถพ่วงจะใช้ธงแดงแทนก็ได้)



ตัวอย่าง“ผังการเดินรถ”



ข่ายเรขา แสดงรายละเอียดกิจกรรมการเดินรถ 2 ขบวน ขบวนรถที่ 31 ใช้รถพ่วง X เป็นขบวนรถที่มี ศักย์ สูงกว่าขบวนรถที่ 632 ซึ่งต้องรอหลีกที่สถานี ค

ตัวอย่าง Graphic Time Table (ข่ายเรขา) หรือเรียกง่ายๆว่า “ผังการเดินรถ”

-แกน X แสดงเวลา

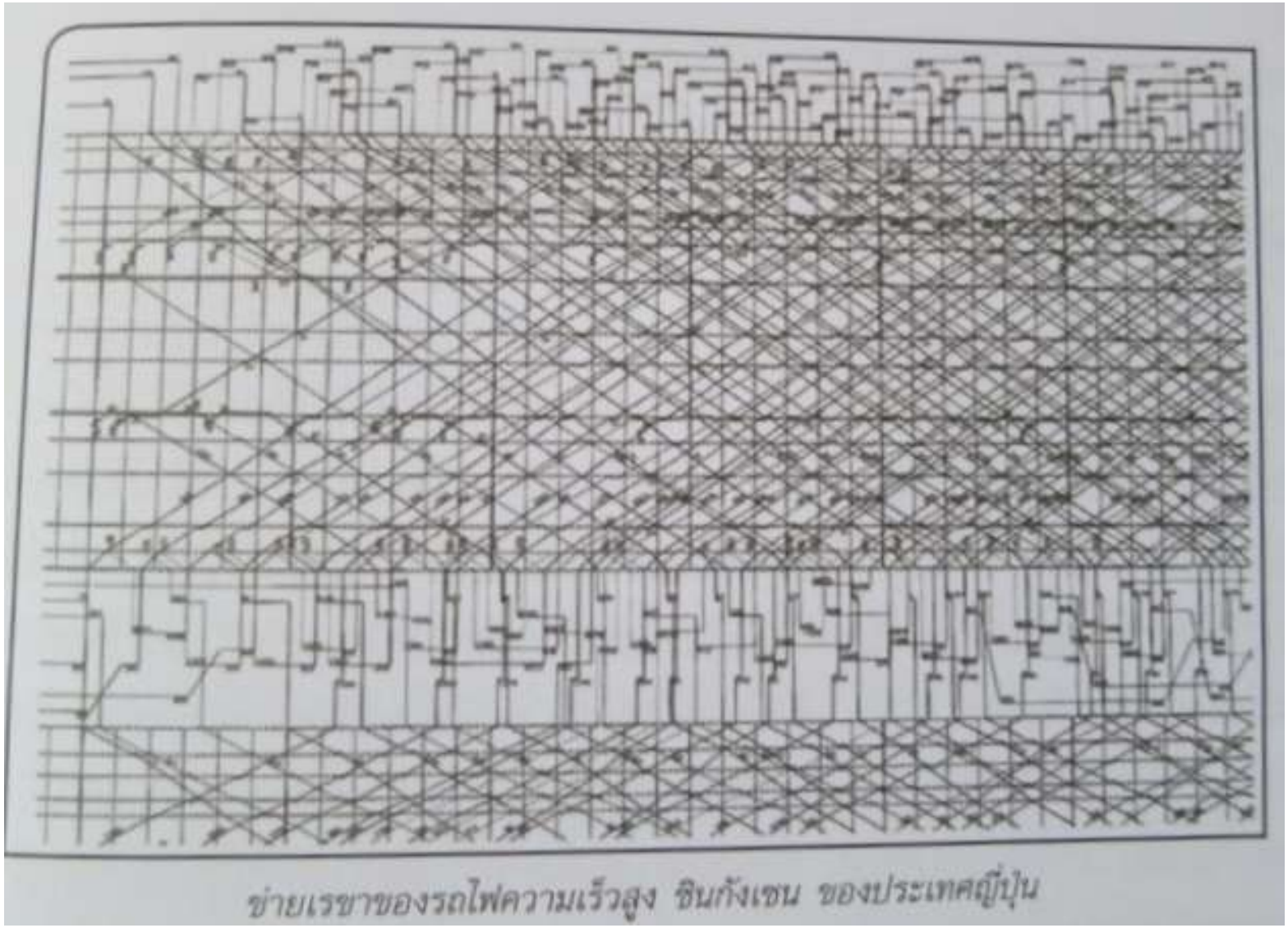
-แกน Y แสดงระยะทาง (และสถานี)

-เส้นกราฟ แสดงแผนการเดินรถ

-Dwell time หมายถึงเวลารถจอดที่สถานี (ผู้โดยสารขึ้น-ลง)

รูป : หนังสือช่างรถไฟ บทที่ 7 เทคนิคการเดินรถไฟ โดย อ.นคร

ตัวอย่าง“ผังการเดินรถ”



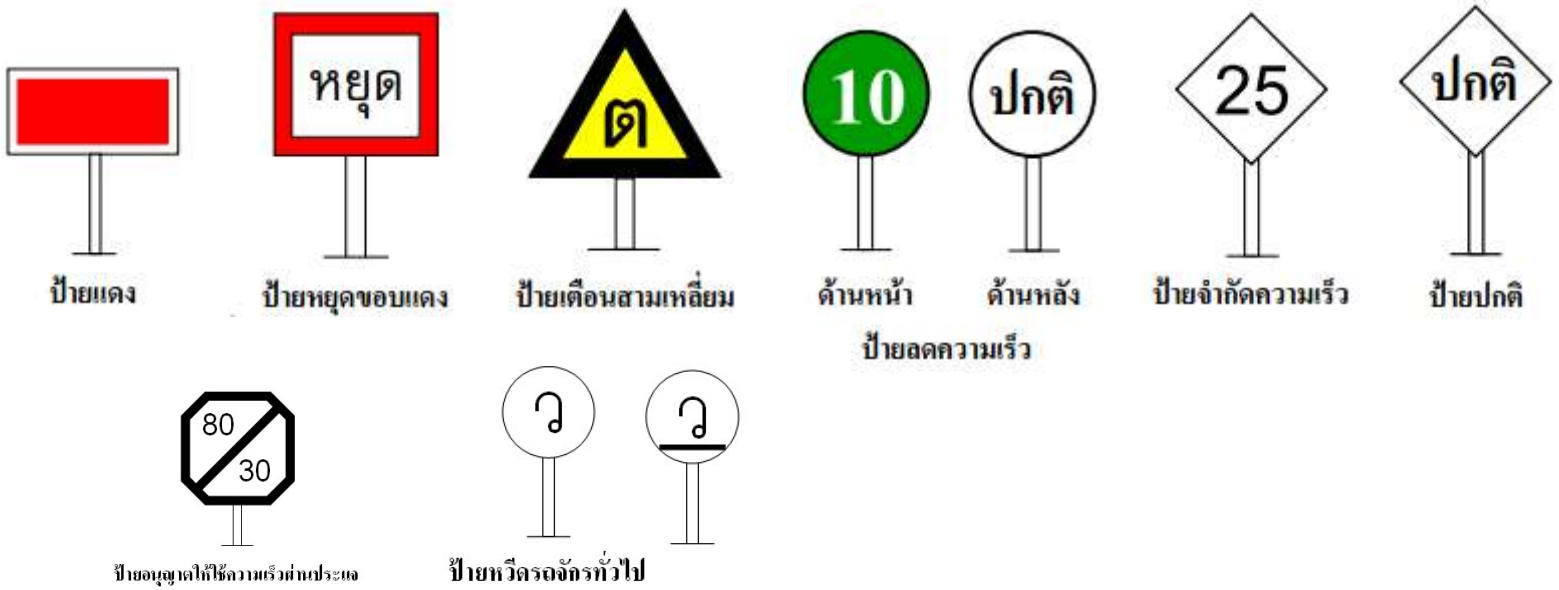
รูป : หนังสือช่างรถไฟ บทที่ 7 เทคนิคการเดินรถไฟ โดย อ.นคร

ป้ายสัญญาณ (Sign Board) (รฟท.)

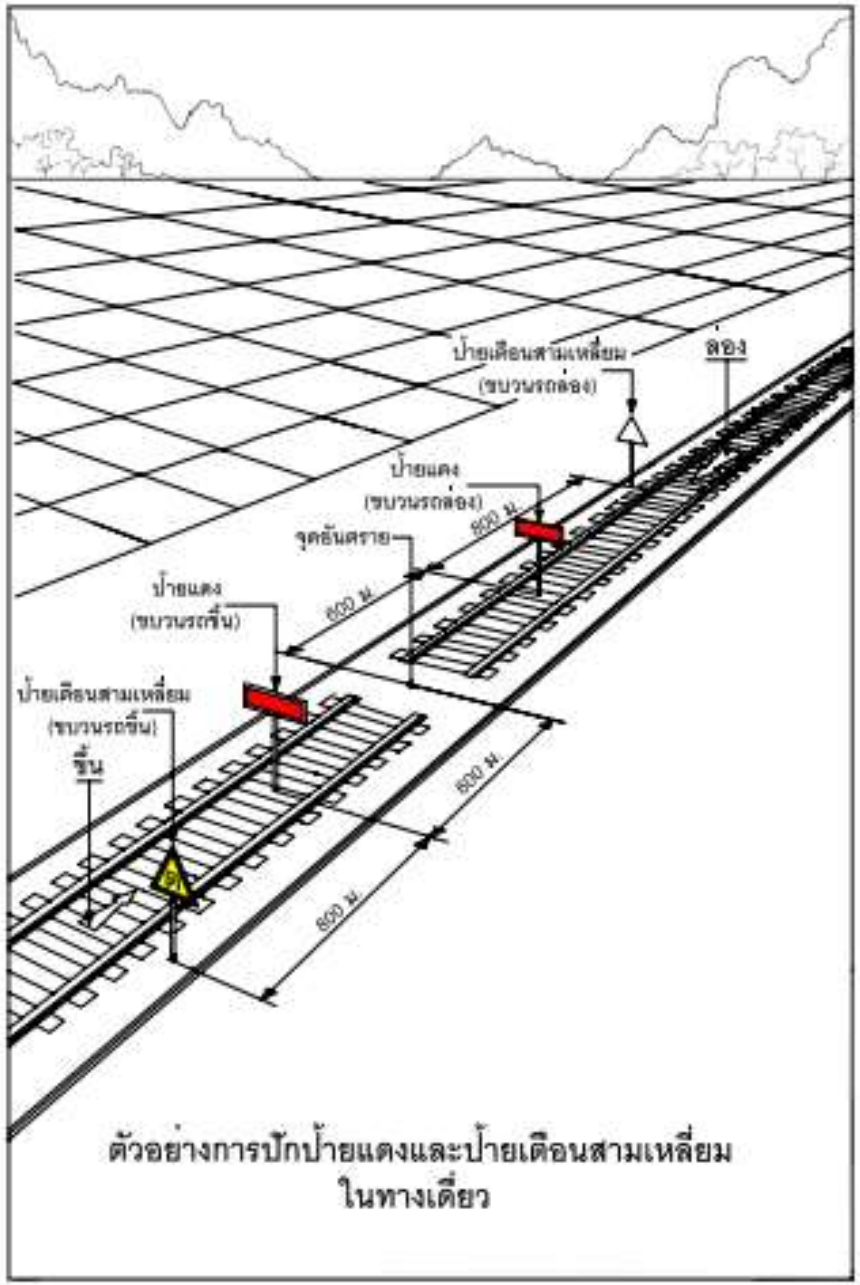
มีลักษณะเป็นแผ่นรูปต่าง ๆ ใช้สีสะท้อนแสงเฉพาะที่ขอบ (ถ้ามี) และหรือตัวเลข, ตัวอักษร (ถ้ามี) ติดอยู่บนเสา ใช้ปักเพื่อให้พนักงานขับรถเห็นโดยชัดเจน

ป้ายสัญญาณจะมีการใช้ในสถานที่ที่จะปักป้ายเพิ่ม ในกรณีที่ทำการบำรุงรักษาและต้องการแจ้งสื่อสัญญาณให้พนักงานขับรถทราบและปฏิบัติตาม หรือในช่วงที่สัญญาณประจำที่หลักขัดข้อง เป็นต้น

การปักป้าย ให้หันด้านหน้าของป้ายเข้าสู่ขบวนรถ ทางเดี่ยวปักป้ายด้านขวาของขบวนรถ และทางคู่ปักป้ายด้านซ้ายของขบวนรถ เว้นแต่กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

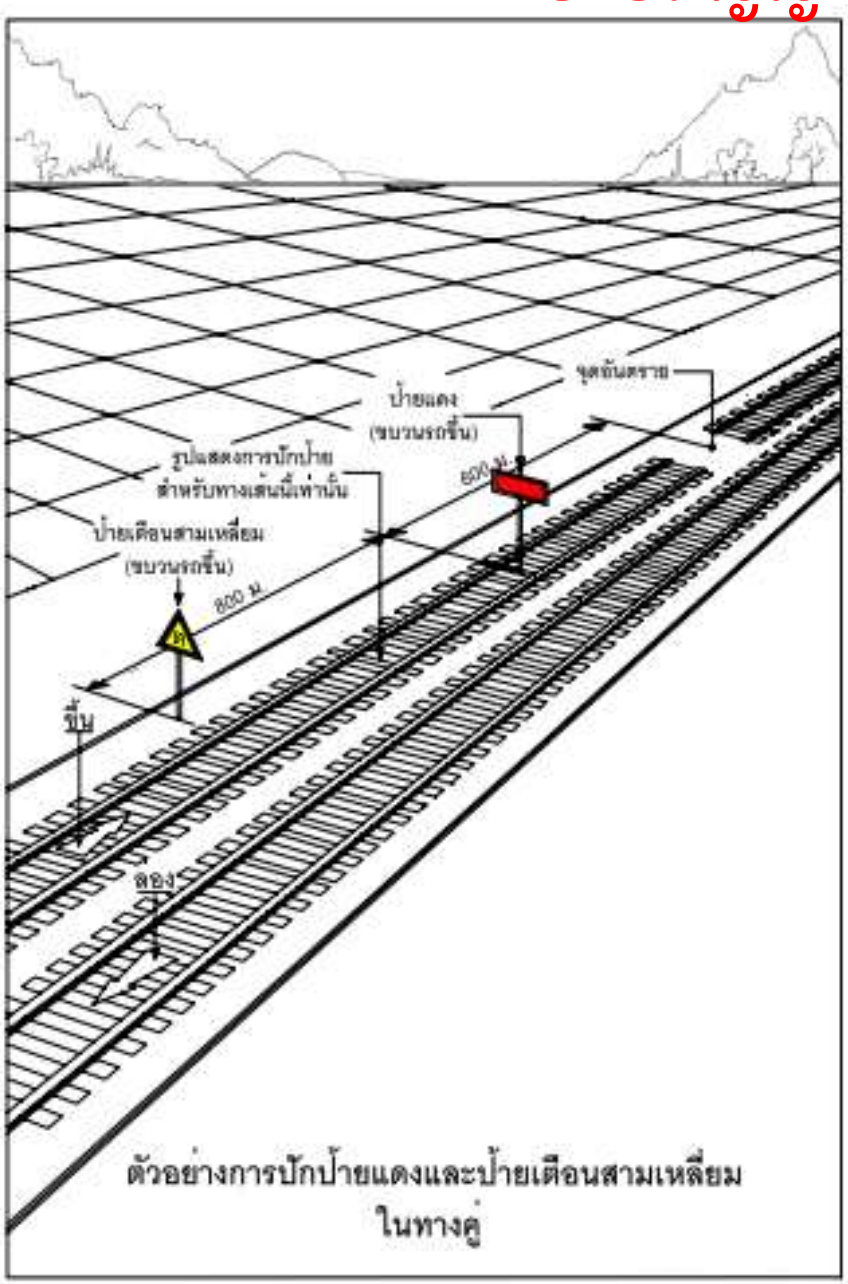


ตัวอย่างการป้ายสัญญาณประเภทต่างๆ



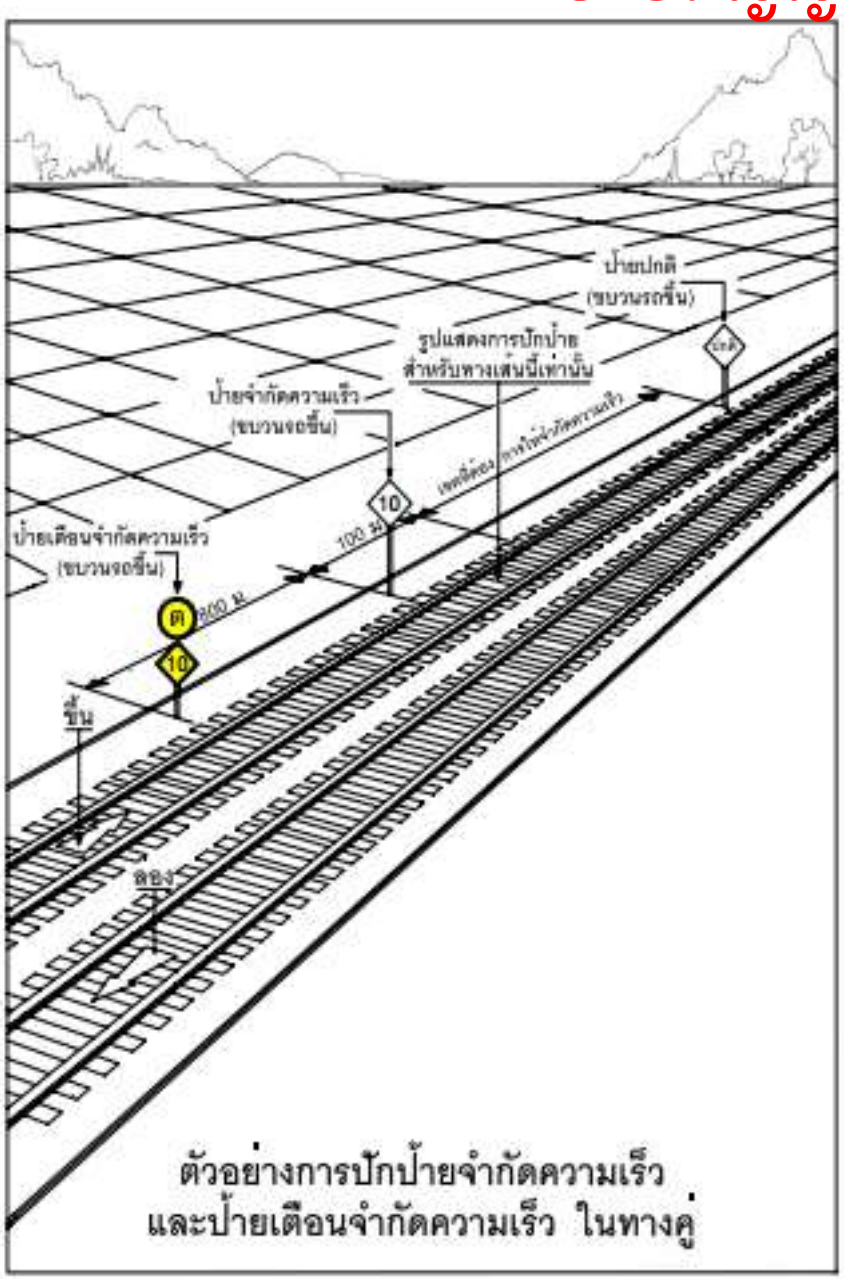
ตัวอย่างการปักป้ายแดงและป้ายเตือนสามเหลี่ยม
ในทางเดี่ยว

ป้ายสัญญาณประเภทต่างๆ



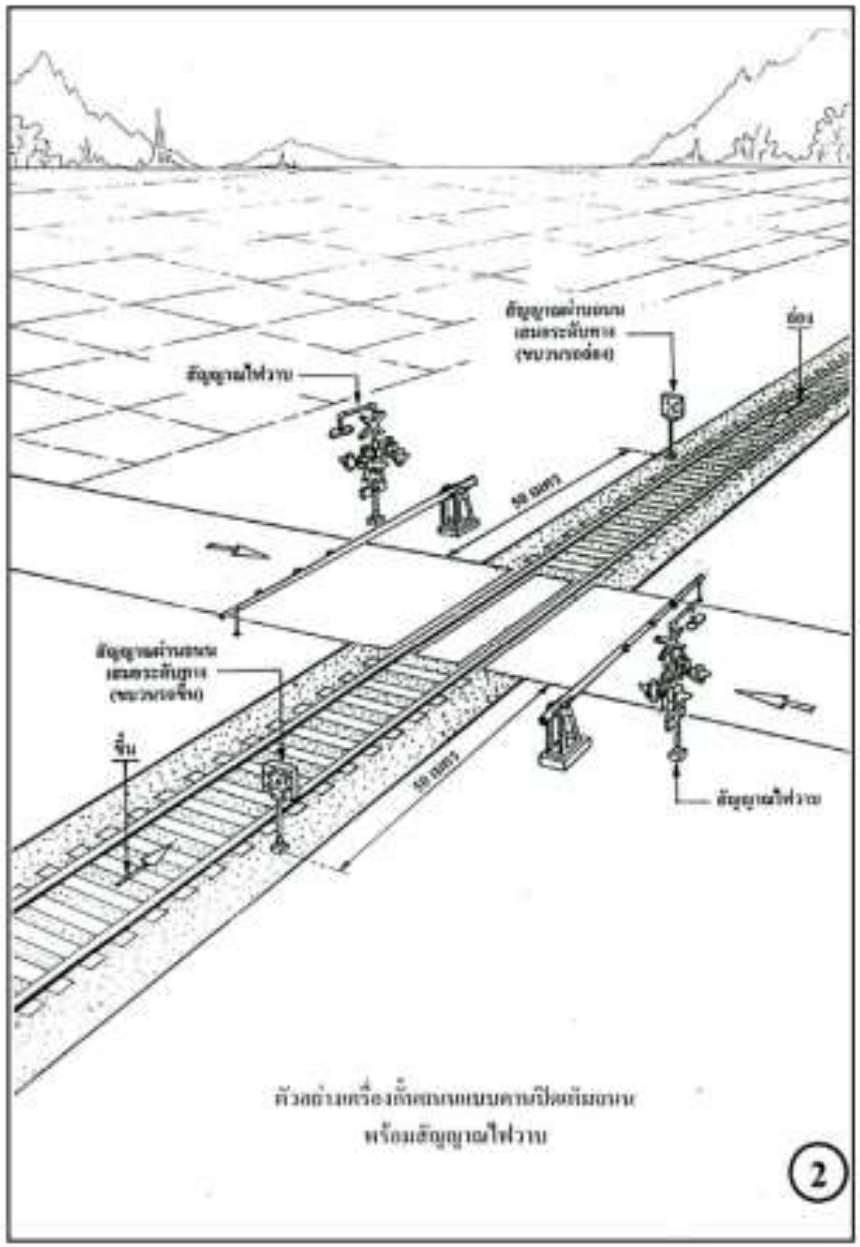
ตัวอย่างการปักป้ายแดงและป้ายเตือนสามเหลี่ยม
ในทางคู่

ป้ายสัญญาณประเภทต่างๆ

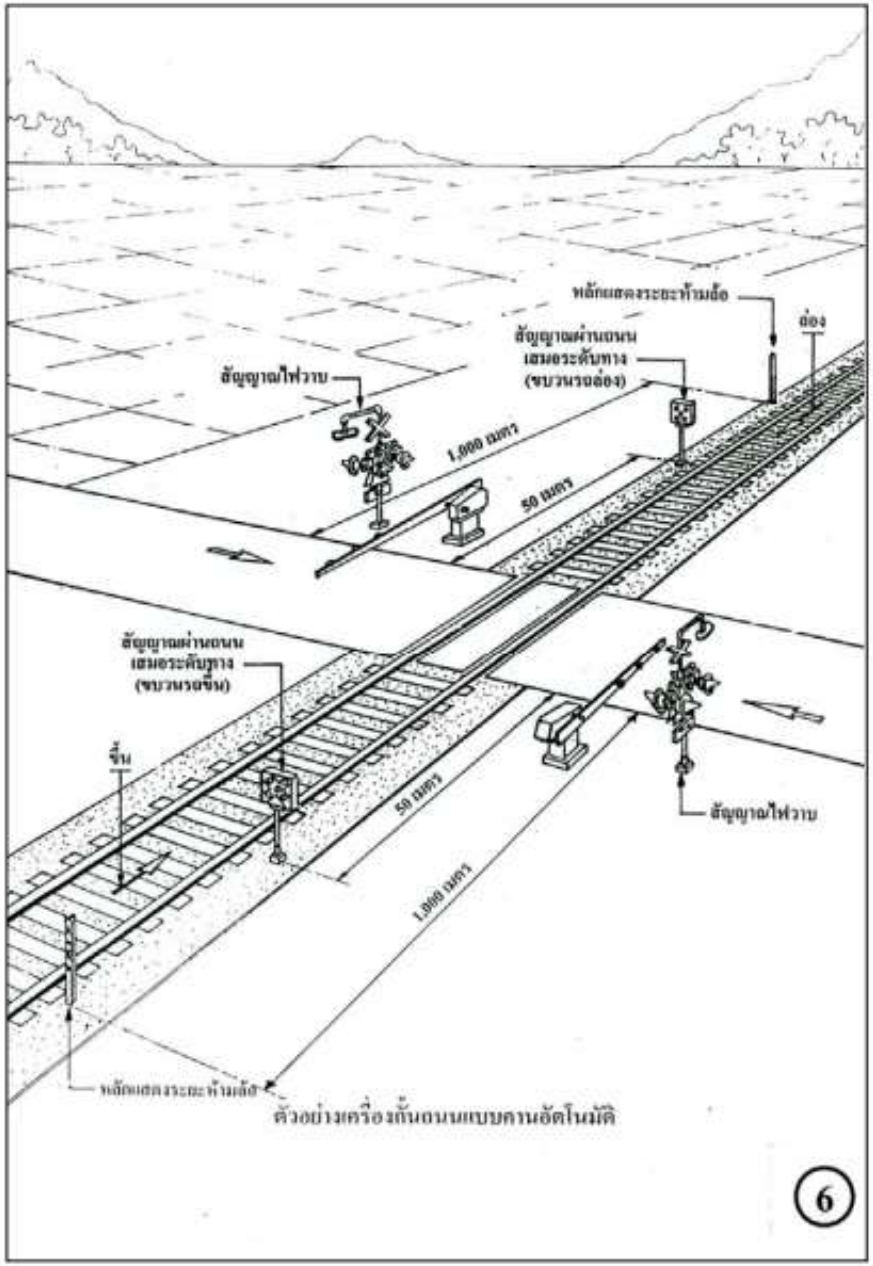


ตัวอย่างการปักป้ายจำกัดความเร็ว
และป้ายเตือนจำกัดความเร็ว ในทางคู่

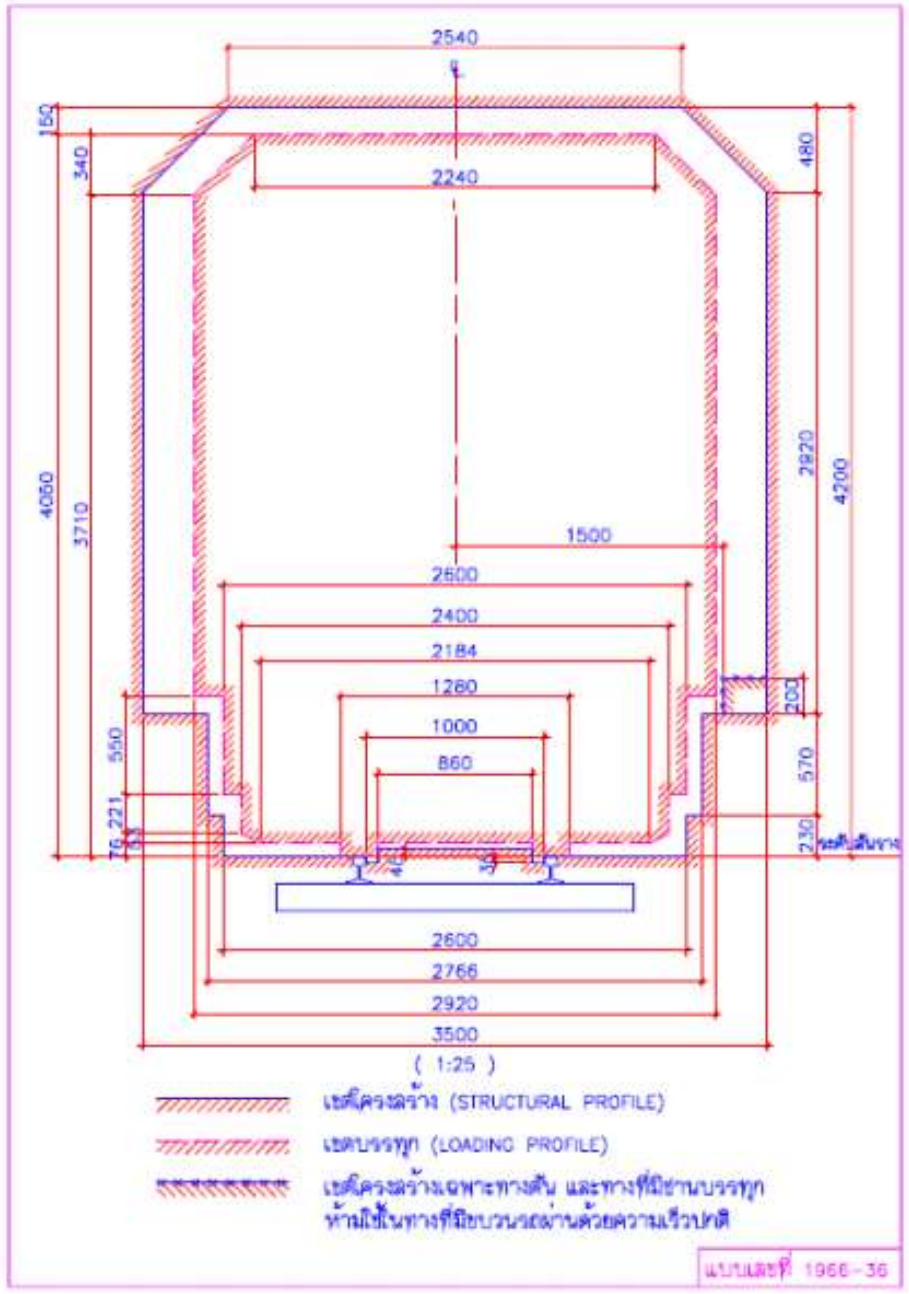
สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกั้นถนนเสมอระดับทางรถไฟ



สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับเครื่องกั้นถนนเสมอระดับทางรถไฟ



เขตโครงสร้างและเขตบรรทุก (รฟท.)

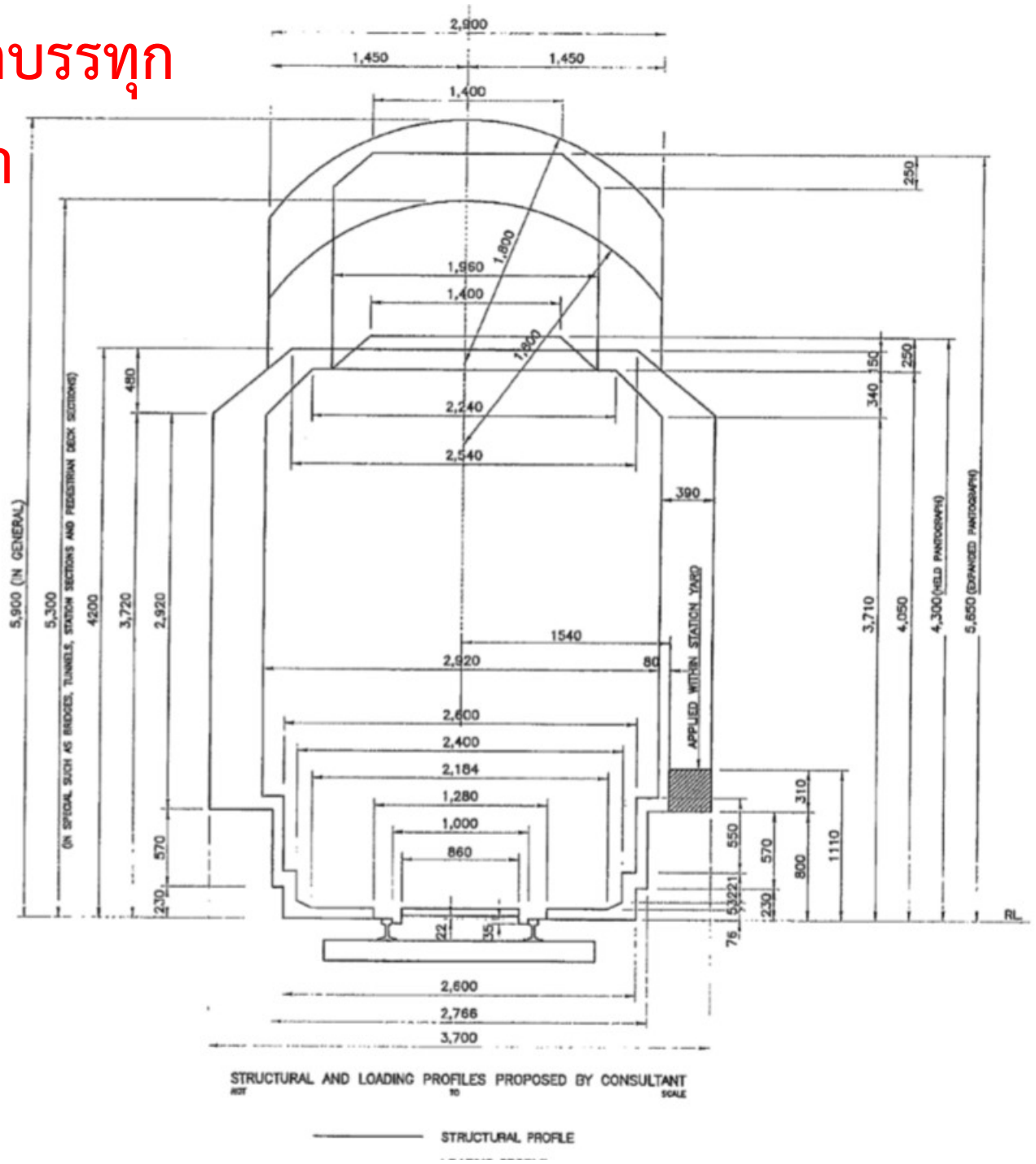


เขตโครงสร้าง (Structural profile) คือเขตกำกับการออกแบบมิให้ตัวรถนี้ล้ำออกนอกเขตโครงสร้าง

เขตบรรทุก (Loading Profile) คือ เขตโครงสร้างมิให้ส่วนที่อยู่นอกตัวรถล้ำออกจากเขตกำกับนี้หรือบรรทุกสินค้าก็จะต้องไม่ล้ำเขตดังกล่าวนี้ ในทางกลับกันการก่อสร้างโครงสร้างต่างๆ ที่อยู่นอกเขตของโครงสร้างทางรถไฟ ก็จะต้องไม่ล้ำเขตบรรทุกนี้

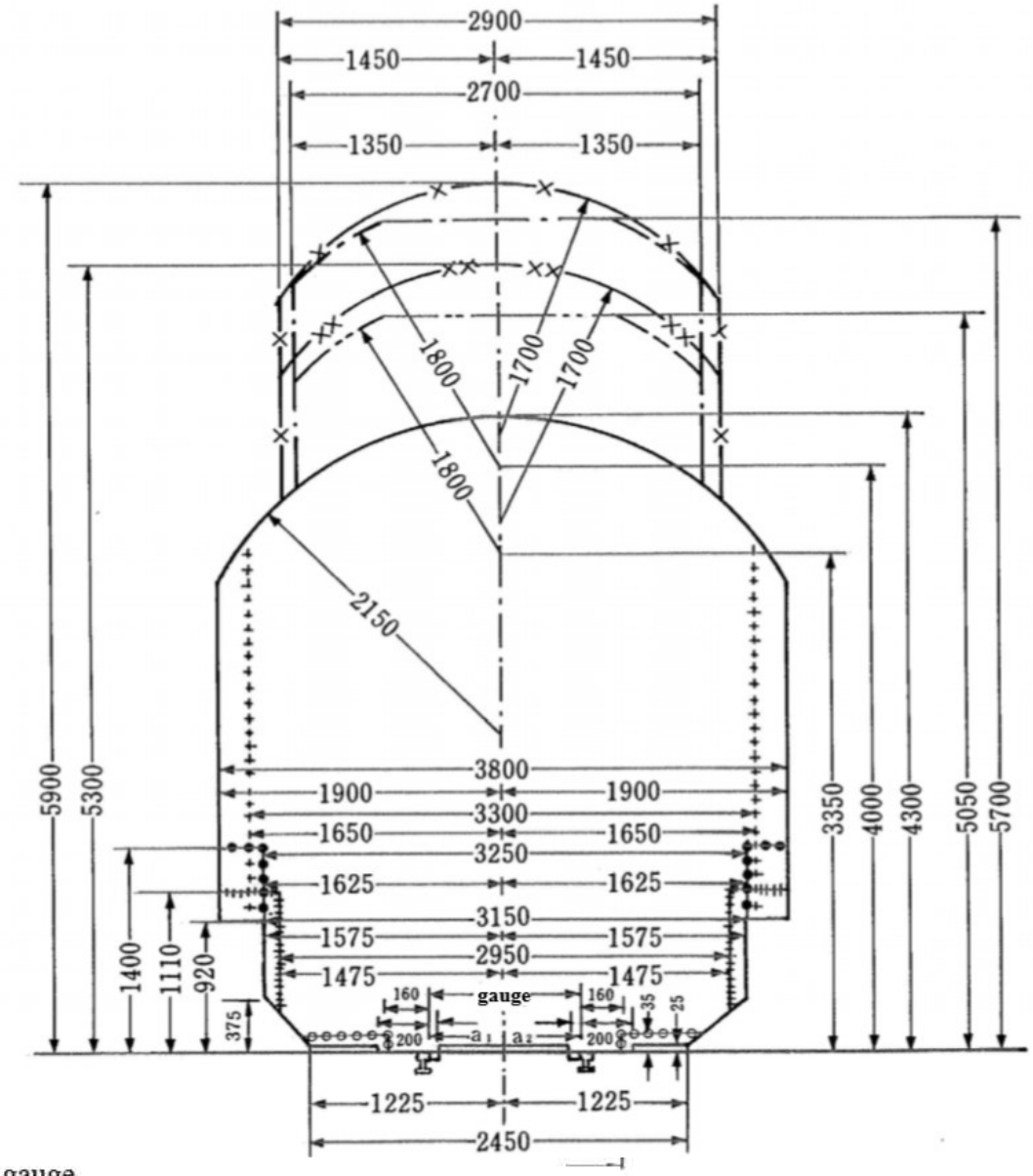
เสาสัญญาณที่จะติดตั้งก็ต้องคำนึงเขตโครงสร้างดังกล่าวนี้

เขตโครงสร้างและเขตบรรทุกรองรับรถไฟฟ้า (รฟท.)



เขตโครงสร้างและเขตบรรทุก ของประเทศญี่ปุ่น

Structure gauge (for ordinary railways (except Shinkansen railways)) Structure gauge (unit: mm)

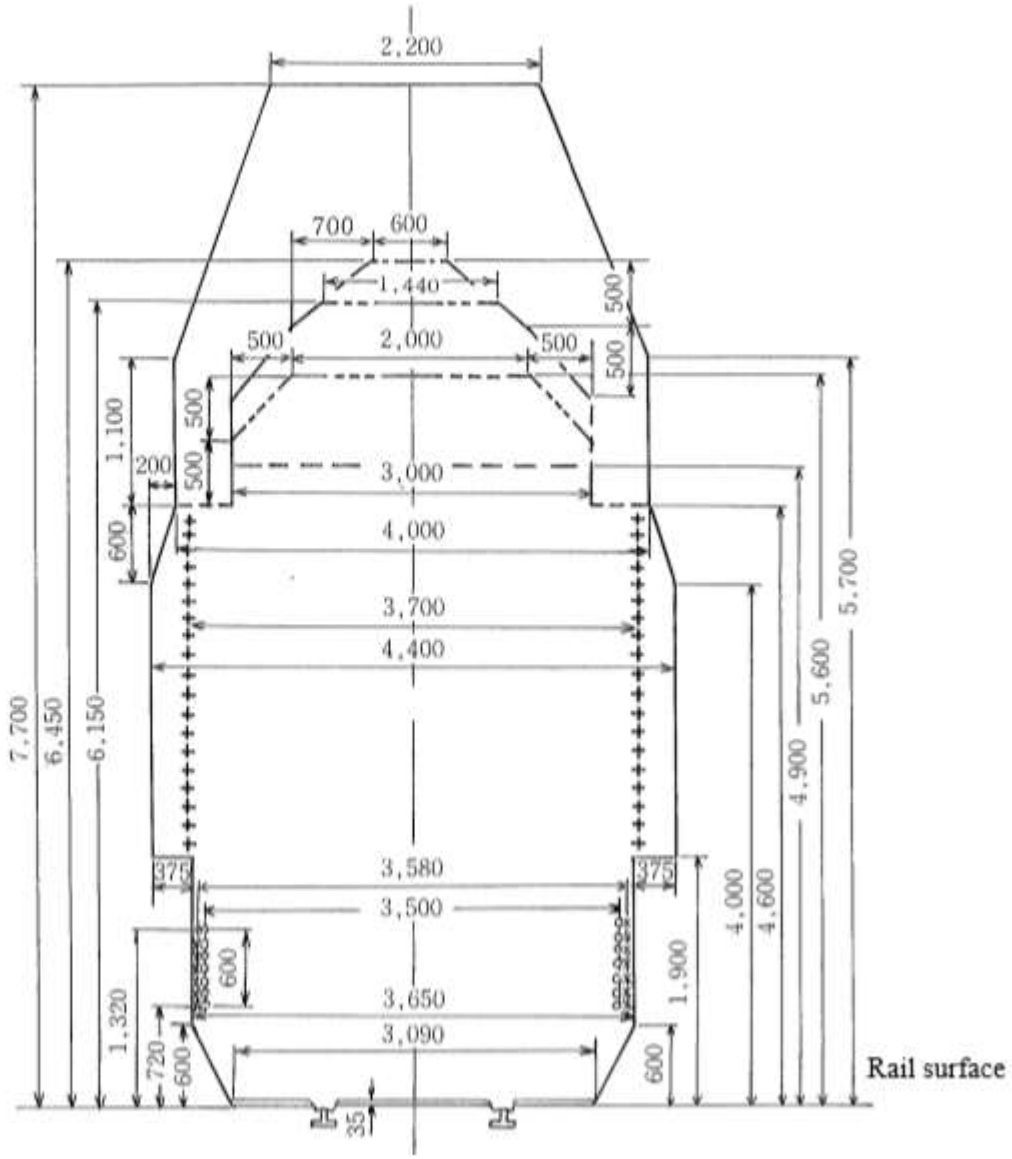


Basic rolling stock gauge

Structure gauge for those other than overhead contact lines, their suspension equipment, and insulated r einforcing materials on railway tracks operated with DC electric power supplied through contact lines.

เขตโครงสร้างและเขตบรรทุก ของ Shinkansen

Structure gauge (for Shinkansen railways) Structure gauge (unit: mm)

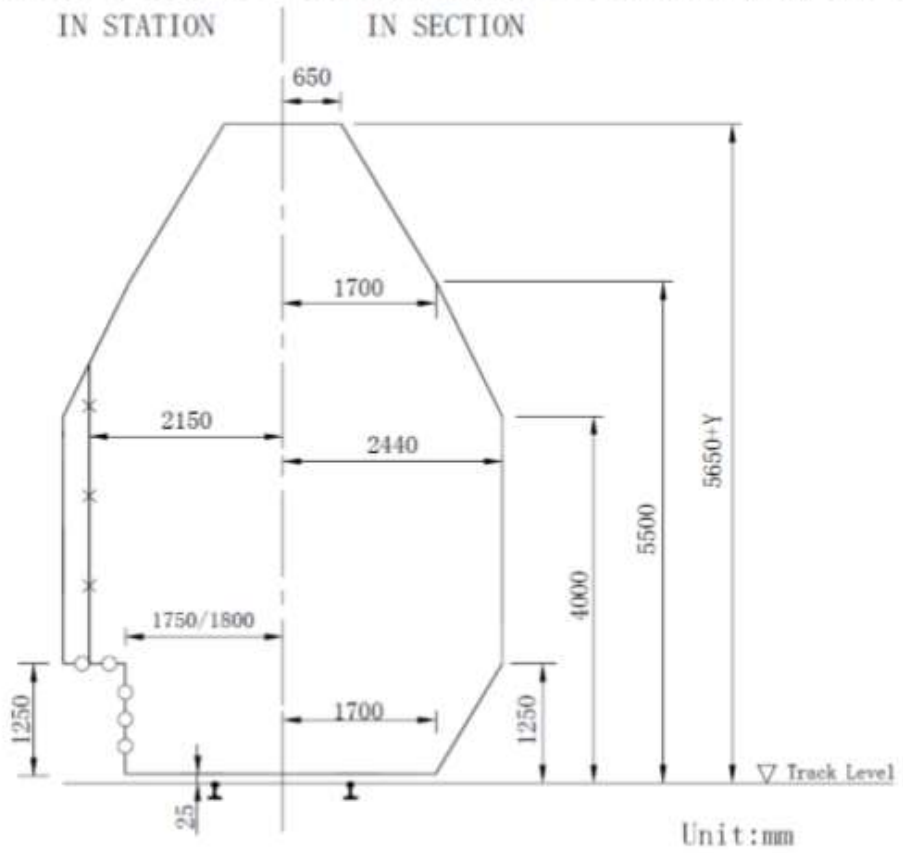


Basic rolling stock gauge

Structure gauge for tunnels, bridges, overbridges, platform roofing, etc.

เขตโครงสร้างและเขตบรรทุก ของรถไฟความเร็วสูง (จีน)

Basic Dimensions of the Structure Gauge for China High-speed Railway



—X—X—X— structure gauge of railway signals, structure columns of elevated waiting rooms, and the columns of overhead contact line system (OCS), overpass bridges, pedestrian bridges, lighting facilities, and rain shelters (not applicable to main lines).

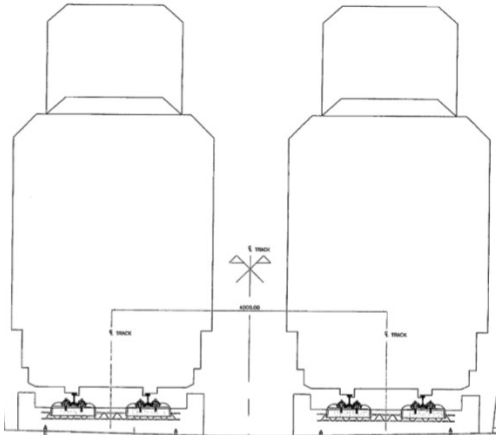
—○—○—○— ① structure gauge of platforms (1750mm for siding platforms; 1750mm for main line platforms where no train passes through or the passing speed is not greater than 80km/h; 1800mm for main line platforms where the passing speed is greater than 80km/h.).

② structure gauge of dwarf starting signals operating in reverse direction in stations shall be 1800mm.

———— basic dimensions also apply to bridges and tunnels.

Y is the system height of OCS.

เขตโครงสร้างและเขตบรรทุกทางคู่ (ตัวอย่างมาตรฐานของ จีน)



Standard for Track Spacing (Unit: m)

Track spacing	V=250km/h Interval main track	4.6
	160km/h＜V≤200km/h Interval main track	4.4
	V=160km/h Interval main track	4.2
	V＜160km/h Interval main track	4.0
	Main track in station	4.6
	Main track to side track	6.0
	Side track to side track	6.0

Q
A

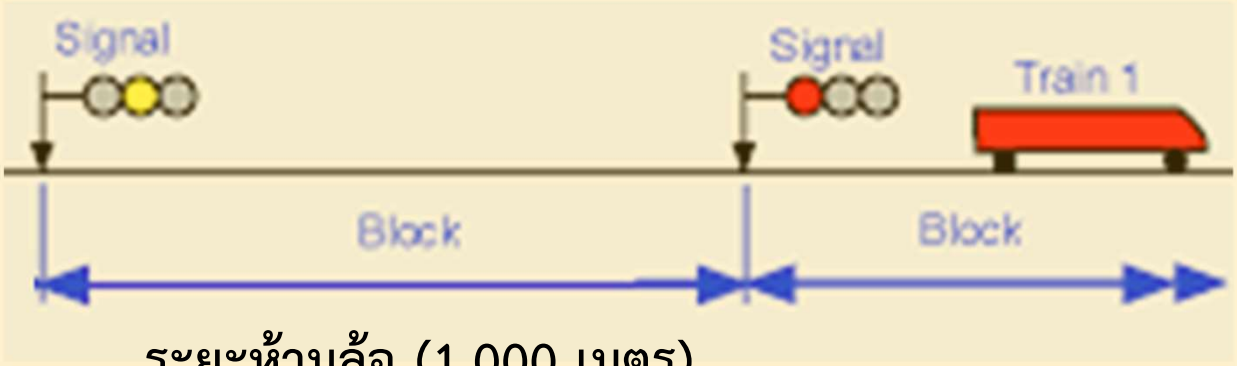
3. แนะนำประเภทของระบบอาณัติสัญญาณและส่วนประกอบที่สำคัญ

(Introduction type of Signalling system and main equipment)

การจัดตำแหน่งสัญญาณประจำที่ทุกตำแหน่งของสัญญาณหลักในเส้นทางประธานจะมีระยะห่างทั่วไปเท่ากับระยะห้ามล้อที่ให้ขบวนรถหยุดได้อย่างปลอดภัย

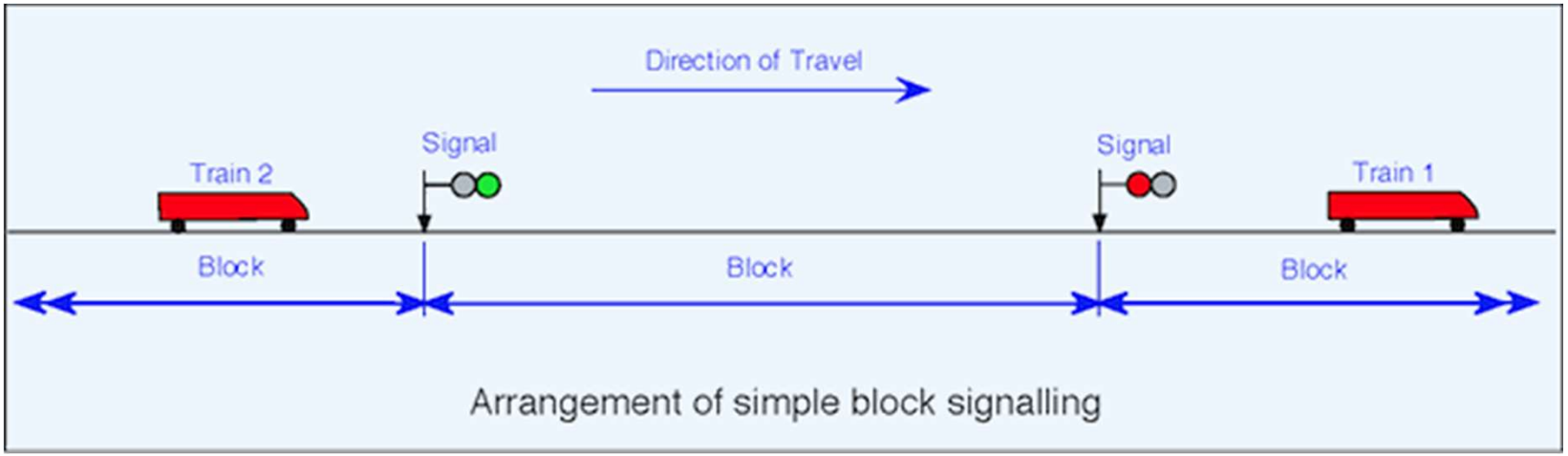
โดยเมื่อได้รับสัญญาณให้ระวังแล้ว หมายความว่าสัญญาณข้างหน้าจะเป็นสัญญาณห้าม โดยเว้นระยะระหว่างสัญญาณเตือนกับสัญญาณหลักข้างหน้านั้นจะเท่ากับระยะห้ามล้อที่ขบวนรถทุกประเภทสามารถหยุดได้โดยไม่ล้ำสัญญาณหลัก

โดยระยะห่างดังกล่าว การรถไฟแห่งประเทศไทย กำหนดให้มีระยะไม่น้อยกว่า 1,000 เมตร ที่ความเร็วสูงสุด 120 กม./ชม.



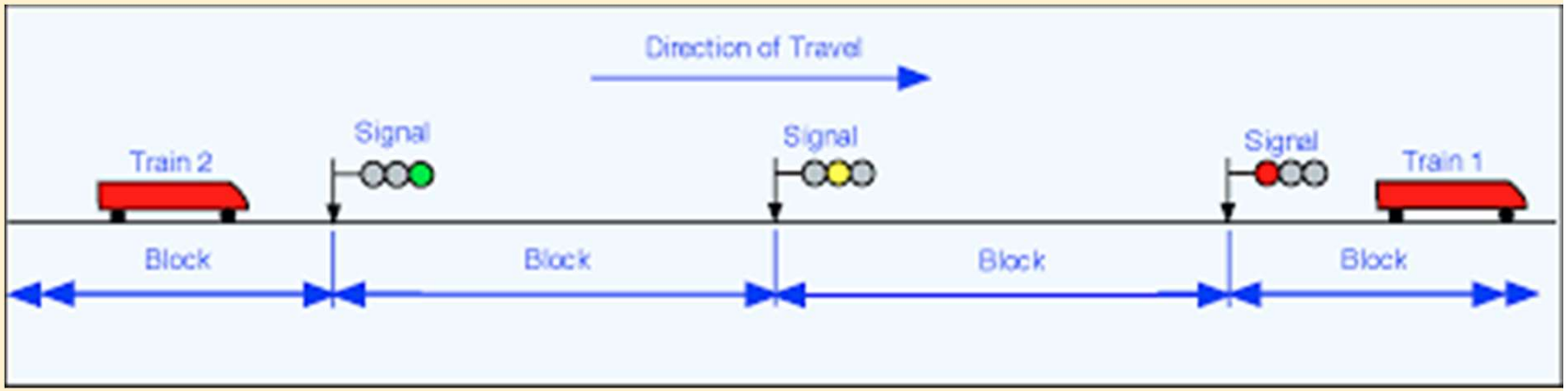
ระยะห้ามล้อ (1,000 เมตร)

สำหรับสัญญาณไฟสี 2 ท่า (Two Aspect Color light Signals) จะจัดตำแหน่งและลำดับสัญญาณดังนี้



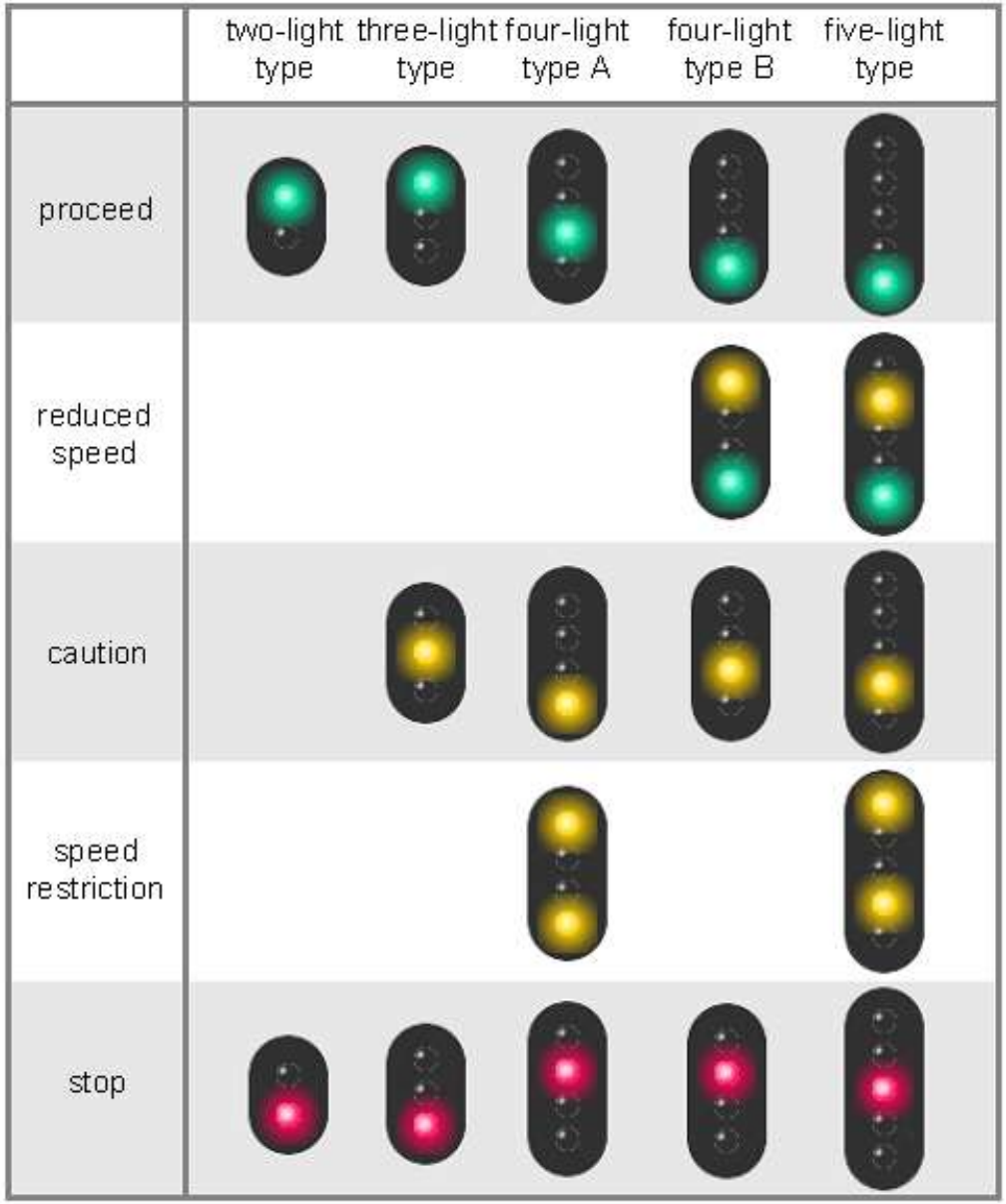
Arrangement of simple block signalling

สำหรับสัญญาณไฟสี 3 ท่า (Three Aspect Color light Signals) จะจัดตำแหน่งและลำดับสัญญาณดังนี้

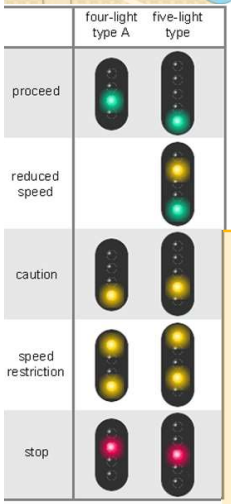


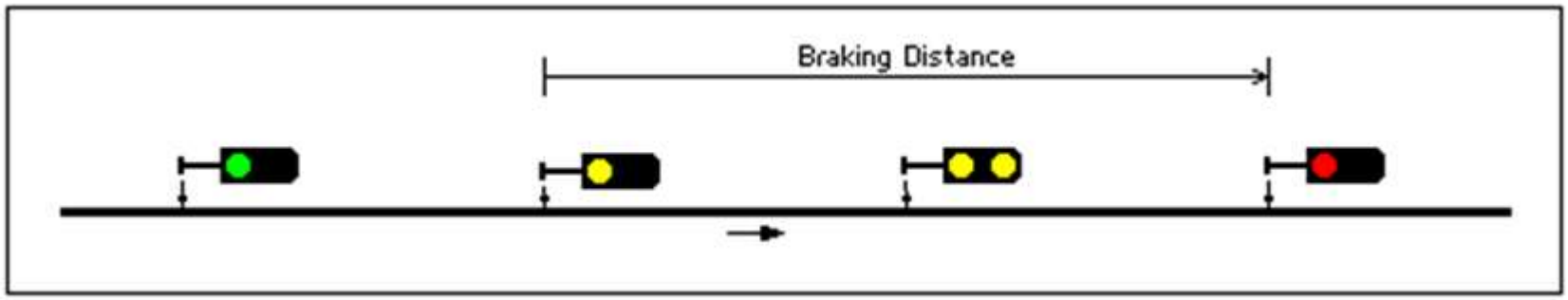
สัญญาณประจำที่ชนิดท่าสัญญาณบังคับตายตัว

ตัวอย่างของ Japanese railway signal

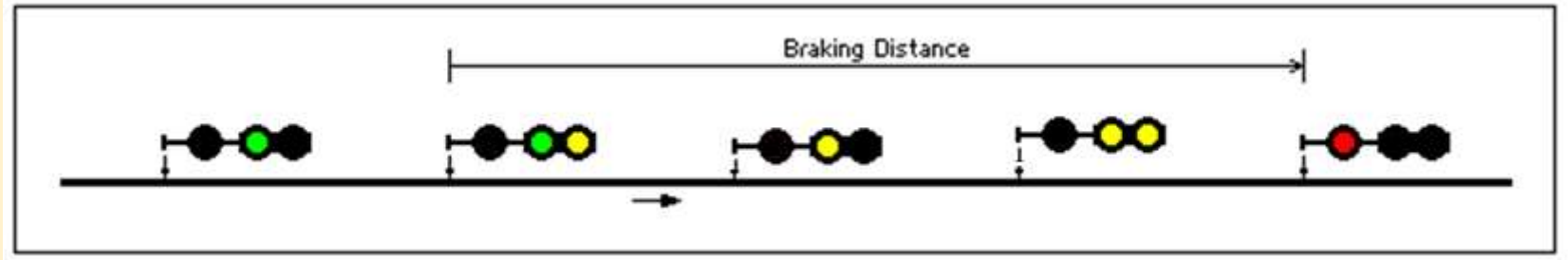


สำหรับสัญญาณไฟสี 4 ท่า (Four Aspect Color light Signals) จะจัดตำแหน่งและลำดับสัญญาณ (ตัวอย่างของ ญี่ปุ่น)





สำหรับสัญญาณไฟสี 5 ท่า (Five Aspect Color light Signals) จะจัดตำแหน่งและลำดับสัญญาณดังนี้ (ตัวอย่างของ ญี่ปุ่น)



การเพิ่มขบวนท่าของสัญญาณก็เพื่อที่จะลดระยะการลงห้ามล้อ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยพนักงานขับรถจะชะลอความเร็วให้เป็นไปตามขบวนท่าของสัญญาณ หรือลำดับท่าสัญญาณ (Sequence)

ยังมีอีกหลายประเทศที่ใช้ท่าของสัญญาณที่แตกต่างกัน เช่น

Fig. 1.32A BR: signal aspects

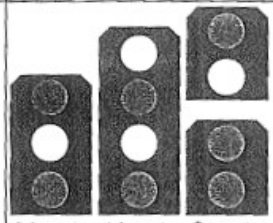
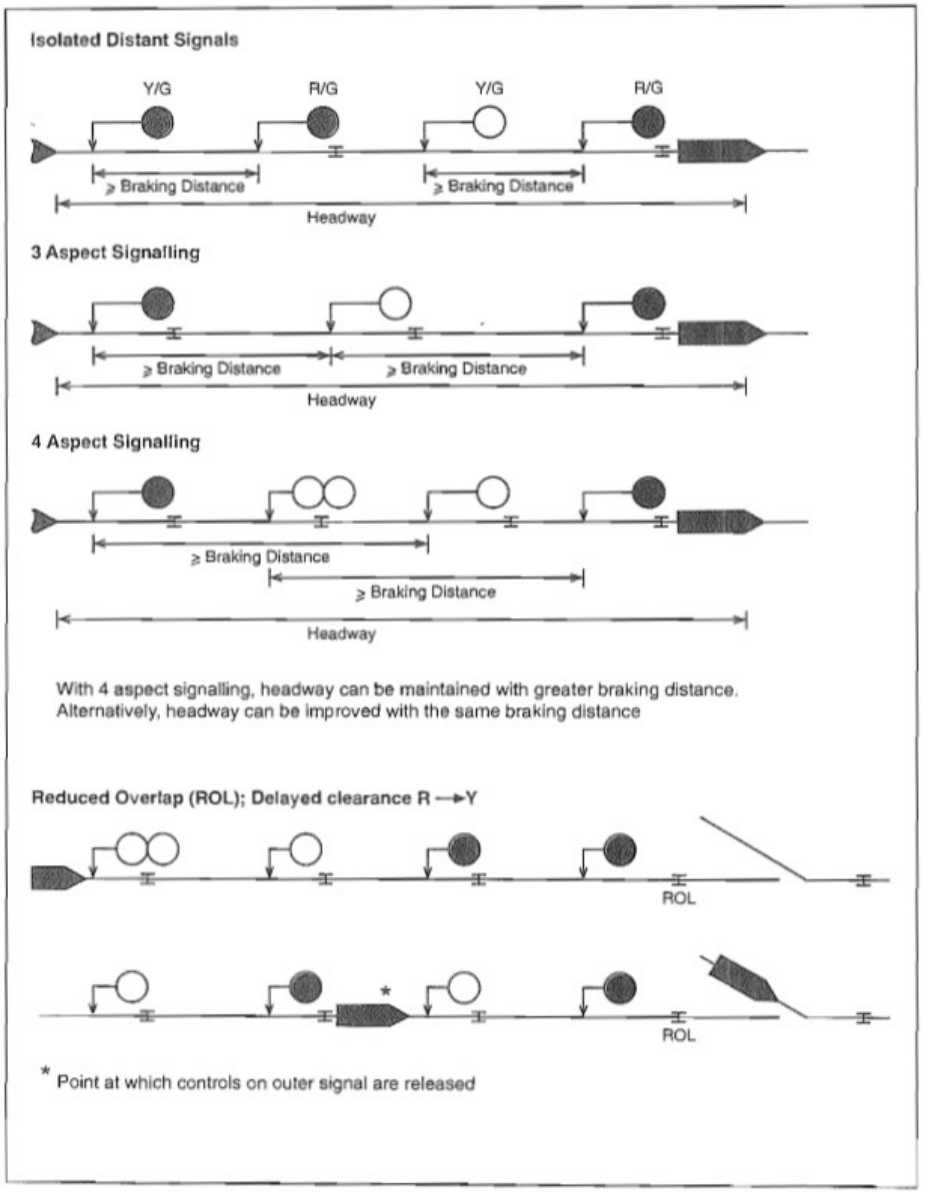
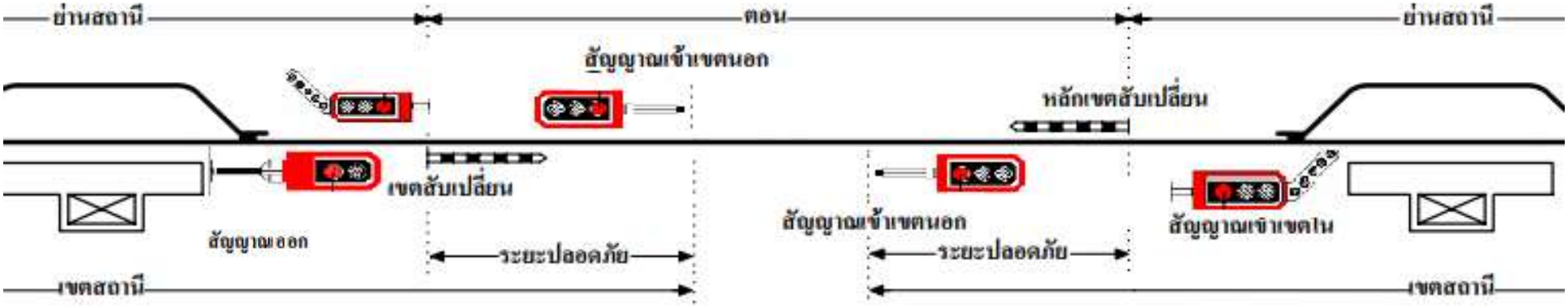
Description	Aspect	Meaning
Main Signal		Note: when signals are mounted at ground level, the order of the aspects is reversed ie red at the top
Profiles	 3 Aspect 4 Aspect Separate stop & warning signals	
Red		Danger: Stop
Green		Clear: Next signal is exhibiting a proceed aspect
Single Yellow		Caution: Be prepared to stop at the next signal
Double Yellow		Preliminary Caution: Be prepared to find the next signal exhibiting one yellow
Flashing Single Yellow		Preliminary Caution: Be prepared to find the next signal exhibiting one yellow with junction indicator for the highest speed diverging route
Flashing Double Yellow		Next signal is exhibiting flashing single yellow aspect

Fig. 1.33A BR: aspect sequences



ระบบตอนทางสะดวก (Block System) และระบบบังคับสัมพันธ์กับสัญญาณ

การจัดตำแหน่งสัญญาณประจำที่และการจัดแบ่งตอนทางสะดวกในเขตหรือย่านสถานี (Station) ตัวอย่าง จากย่านรถไฟทางเดี่ยว



ขบวนรถจะต้องได้รับอนุญาตให้เดินหน้าเข้าสู่ตอนได้โดยสัญญาณออก จากสถานีเพื่อเดินรถเข้าสู่ตอน โดยท่าสัญญาณ “อนุญาต”

ขบวนรถ จะเดินไปได้ถึง สัญญาณเข้าเขตนอกของสถานีถัดไป โดยต้องปฏิบัติตามท่าสัญญาณเข้าเขตนอก โดยเคร่งครัด หากเป็น ท่าห้าม ต้องหยุดไม่ล้ำเสาสัญญาณเข้าเขตนอก ทั้งนี้ยังมีระยะปลอดภัยให้ไม่น้อยกว่า 100 เมตร

ข้อสำคัญของการติดตั้งสัญญาณประจำที่ (Fixed Signal)

การติดตั้งจะต้องให้ได้เงื่อนไขสำคัญของการสื่อสัญญาณดังนี้

ก) มีระยะการมองเห็นที่มีความเพียงพอต่อการที่พนักงานขับรถจะตอบสนองและบังคับขบวนรถให้ได้ความเร็วที่กำหนดหรือหยุดโดยไม่ล้ำสัญญาณประจำที่นั้นๆ

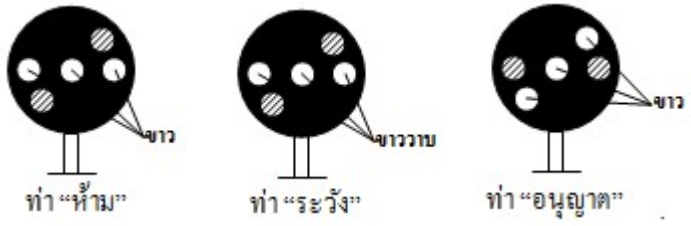
ข) การติดตั้งสัญญาณเตือนมีเงื่อนไขว่า ขบวนรถกำลังวิ่งเข้าสู่สัญญาณเตือนด้วยความเร็วสูงสุด เมื่อมองเห็นสัญญาณเตือนแล้วพนักงานสามารถชะลอความเร็วและมาหยุดที่หน้าสัญญาณหลักอันถัดไปได้โดยไม่ล้ำสัญญาณประจำที่นั้น

ค) ในกรณีที่ขบวนรถมีสมรรถนะในการเคลื่อนขบวนและมีระยะห้ามล้อไม่เท่ากัน เช่น ขบวนรถสินค้า ขบวนรถโดยสาร เป็นต้น การติดตั้งตำแหน่งและระยะห่างระหว่างสัญญาณประจำที่จะต้องให้ได้ประสิทธิผลเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ขบวนรถสินค้า ขบวนรถโดยสาร ขบวนรถดีเซลราง นั้น จะต้องสามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดและหยุดที่สัญญาณหลักโดยไม่ล้ำสัญญาณประจำที่นั้น

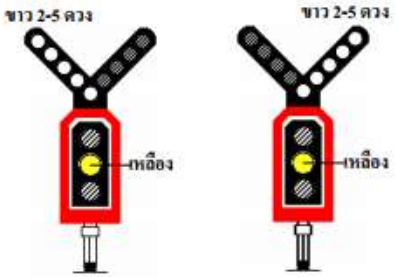
ข้อสำคัญของการติดตั้งสัญญาณประจำที่ (Fixed Signal)

ง) ดังนั้นการติดตั้งสัญญาณเตือนและสัญญาณหลัก จะต้องมีระยะที่เพียงพอต่อการมองเห็นรวมกับระยะที่พนักงานขับรถ ตอบสนองและระยะเวลาการห้ามล้อแล้วมาหยุดที่สัญญาณหลักโดยไม่ล้ำสัญญาณประจำที่นั้นๆ

จ) ในกรณีที่เป็นทางโค้งหรือทางซึ่งมีระยะการมองเห็นไม่เพียงพอ หรือทางหลีกทางแยก ที่ยากที่จะทำการหยุดขบวนรถให้ได้ตามพิกัดตำแหน่งของสัญญาณหลัก จึงจำเป็นต้องติดตั้งสัญญาณช่วย ประเภทต่างๆ (Auxiliary) เช่น สัญญาณตัวแทน (Repeater Signal) หรือสัญญาณบอกทาง (Route Indicator) เป็นต้น



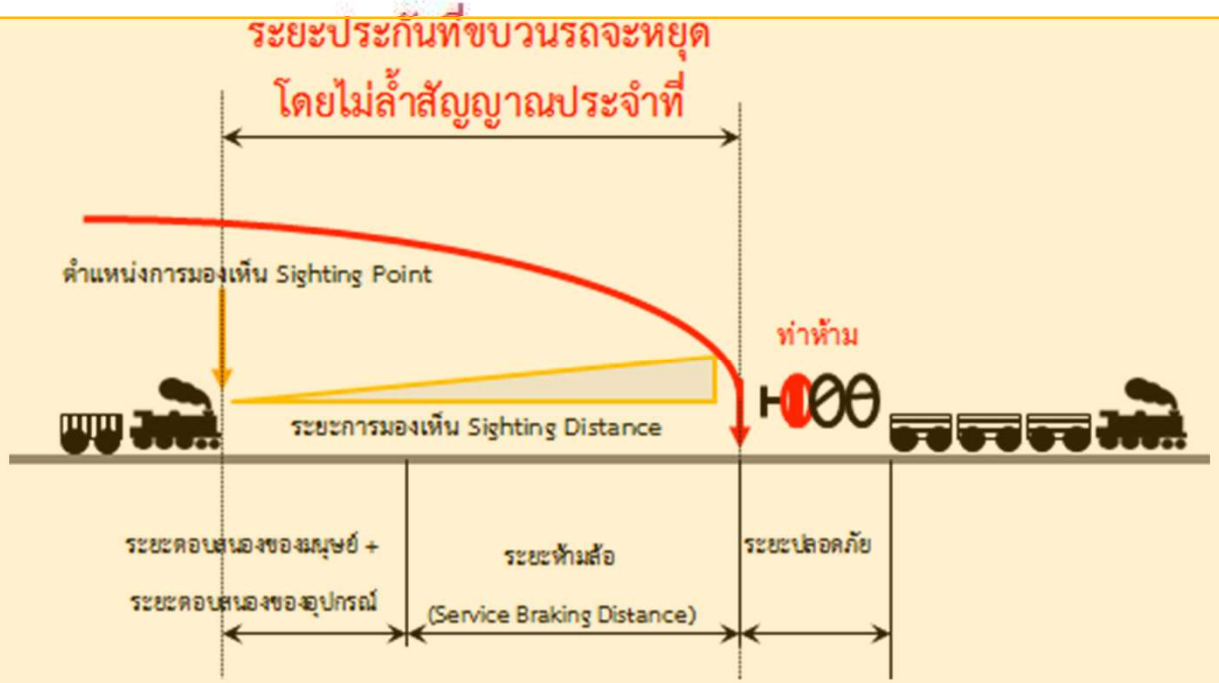
สัญญาณตัวแทน (Repeater Signal)



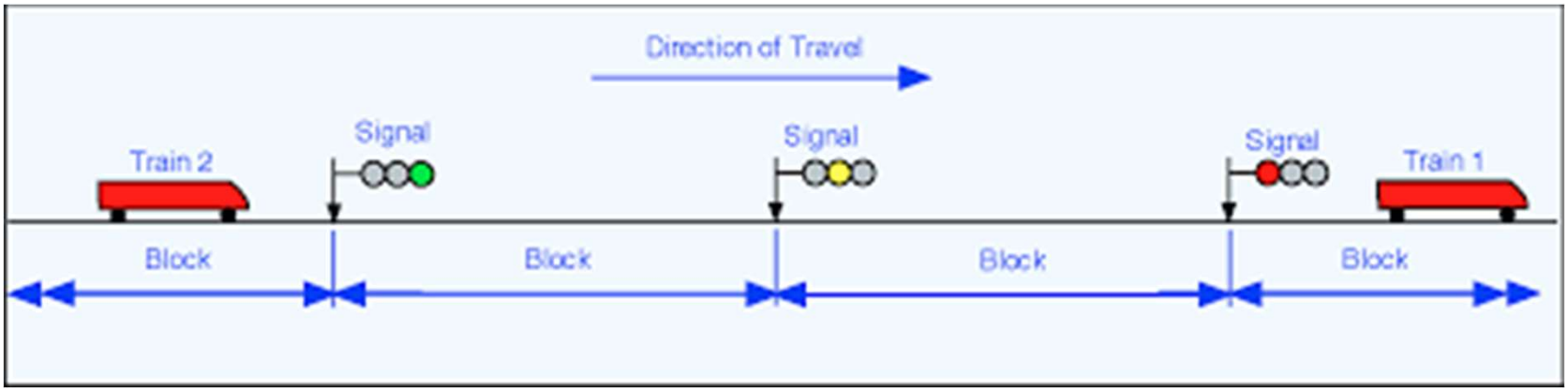
สัญญาณบอกทาง (Route Indicator)

Movement Authority

- ระบบอาณัติสัญญาณ คือ ระบบควบคุมการจราจรของระบบรางไม่ให้การวิ่งขบวนรถอยู่ในสภาวะอันตราย โดยเคลื่อนที่ตัดกันหรือชนกัน อำนวยความปลอดภัยในการควบคุมการเคลื่อนที่ของขบวนรถ ซึ่งพนักงานขับรถไฟจะต้องปฏิบัติตามท่าสัญญาณ โดยเคร่งครัด เช่น สัญญาณท่าห้าม พนักงานขับรถไฟจะต้องขบวนรถให้ได้ความเร็วที่กำหนดหรือหยุดโดยไม่ล้ำสัญญาณประจำที่นั้นๆ และหากได้รับสัญญาณ ระวัง หรืออนุญาต ให้เคลื่อนที่ตาม Movement Authority กล่าวคือ “ระยะที่กำหนดโดยได้รับอนุญาต”



หลักการของระบบบังคับสัมพันธ์ร่วมกับสัญญาณประจำที่ (Interlocking Principle)



หลักการของระบบบังคับสัมพันธ์ร่วมกับสัญญาณประจำที่ (Interlocking Principle)

ระบบบังคับสัมพันธ์ร่วมกับสัญญาณ คือ ระบบที่ล๊อคหรือบังคับการจัดการเตรียมทางโดยจัดการบังคับไม่ให้สัญญาณประจำที่แสดงการอนุญาตในเงื่อนไขที่ไม่ปลอดภัย

ระบบบังคับสัมพันธ์ มีการจัดล๊อคหรือบังคับสัญญาณไม่ให้มีท่าสัญญาณที่ขัดแย้งกัน หรือสามารถจัดเตรียมทางไม่ให้เกิดการเคลื่อนขบวนในทิศทางขัดกันหรือสวนทางกัน (Conflicting Movement) อันก่อให้เกิดอุบัติเหตุหรือชนกัน ซึ่งระบบบังคับร่วมของสัญญาณนั้นต้องเป็นระบบบังคับควบคุมสัญญาณประจำที่ซึ่งติดตั้งตามบริเวณช่วงทางแยกและภายในย่าน

หลักการของระบบบังคับสัมพันธ์ร่วมกับสัญญาณประจำที่ (Interlocking Principle) (ต่อ)

1) สัญญาณประจำที่ในทางที่จัดเตรียมจะต้องเป็นท่าแสดงอนุญาตให้มีขบวนรถที่ได้รับอนุญาตเคลื่อนที่ได้ขบวนเดียวในทางตอนนั้นที่จัดเตรียม โดยไม่มีการอนุญาตให้ขบวนรถอื่นเดินสวนทางกันหรือเดินบรรจบกันในเวลาเดียวกันอันก่อให้เกิดอันตรายหรืออุบัติเหตุได้

2) ประแจที่อยู่ในทางตอนที่จัดเตรียมจะต้องจัดอยู่ในท่าที่ถูกต้องไม่ให้ก่อให้เกิดการจัดเตรียมทางที่ขัดแย้งและจะต้องทำให้ประแจนั้นถูกบังคับอยู่ในท่าที่ถูกต้องก่อนให้สัญญาณประจำที่แสดงท่าอนุญาตได้

3) เมื่อได้จัดเตรียมทางและสัญญาณประจำที่ต่างๆ ในตำแหน่งของทางตอนที่เตรียมไว้ แสดงท่าอนุญาตแล้ว ประแจจะต้องถูกล็อคจนกว่า

3.1) ขบวนรถได้ผ่านทางตอนของประแจและไม่มีผลต่อความปลอดภัย

3.2) ในกรณียกเลิกการเตรียมทางใดๆ นั้นก็จะต้องอยู่ในเงื่อนไขที่ตรวจสอบความปลอดภัยแล้วจึงจะยกเลิกการเตรียมทางและปลดล๊อคประแจนั้นๆ ได้

ประเภทของระบบอาณัติสัญญาณบังคับสัมพันธ์ (Type of Interlocking)

1) ระบบบังคับร่วมด้วยเครื่องกล (Mechanical Interlocking)

2) ระบบบังคับร่วมด้วยเครื่องกลกึ่งไฟฟ้า (Electro-Mechanical Interlocking)

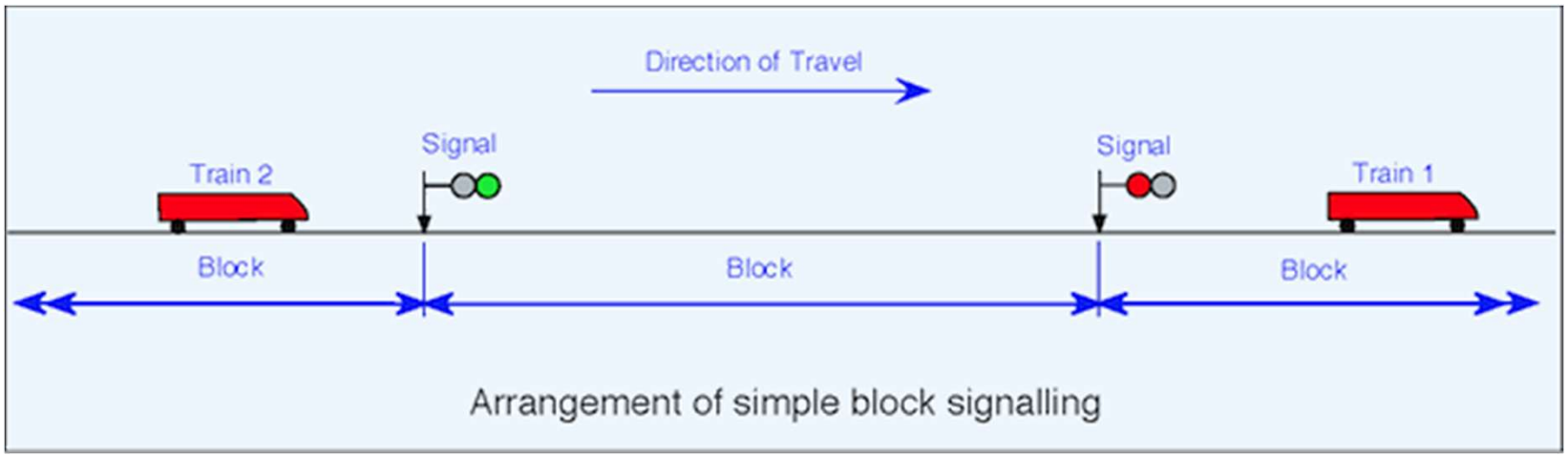
3) ระบบบังคับร่วมด้วยรีเลย์ไฟฟ้า (All Relay Interlocking)

เป็นระบบไฟฟ้าใช้หลักการรีเลย์ในการจัดการกลไกบังคับด้วยไฟฟ้าในการเตรียมทาง

4) ระบบบังคับร่วมด้วยอีเล็กทรอนิกส์ (Electronic Interlocking)

เป็นกลไฟบังคับตามระบบ Logic ของหน้าสัมผัสจากรีเลย์มาเป็นระบบ Logic ด้วยกลไกทางอีเล็กทรอนิกส์ หรือ Solid State Interlocking แทน ในระยะต่อมาพัฒนาใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor Based Interlocking) ปัจจุบันเปลี่ยนเป็นชื่อ (Computer Based Interlocking หรือเรียกย่อว่า CBI)

การจัดวางมาตรฐานความปลอดภัยของการเดินรถโดยระบบตอนทางสะดวก (Block System) และระบบบังคับสัมพันธ์กับสัญญาณประจำที่ Interlocking System



Arrangement of simple block signalling

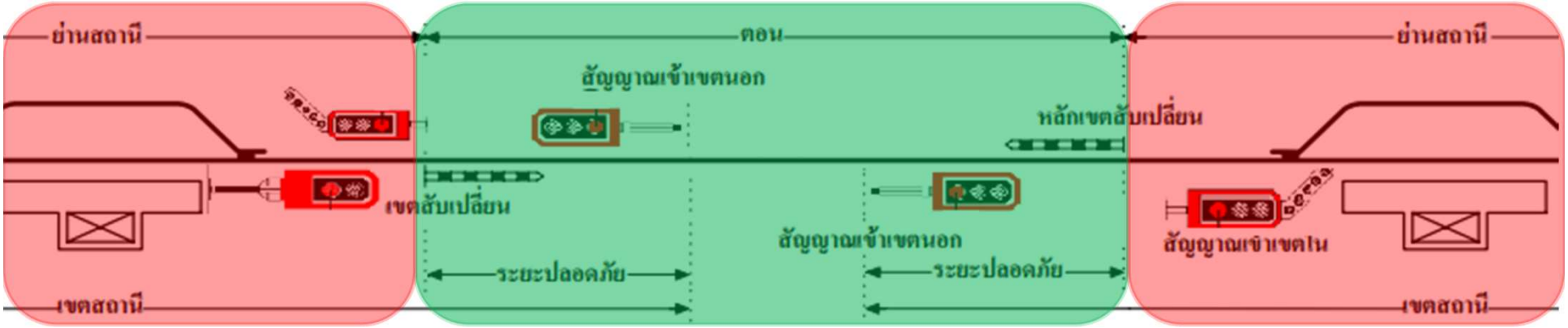
ระบบตอนทางสะดวก (Block System)

ในการจัดการเดินขบวนรถหลีกกันหรือเข้า-ออกสถานีที่ใช้สัญญาณประจำที่ควบคุมโดยระบบบังคับสัมพันธ์ของระบบ Interlockingดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น

การจัด Movement Authority ระหว่างสถานีนั้น หรือการจัดตอนทางสะดวกระหว่างสถานี ก็เป็นขบวนการที่เป็นหัวใจสำคัญในระบบอาณัติสัญญาณ เรียกว่า “ระบบตอนทางสะดวก (Block System)”

ตัวอย่างการจัดตอนทางสะดวก

ระบบตอนทางสะดวก (Block System)

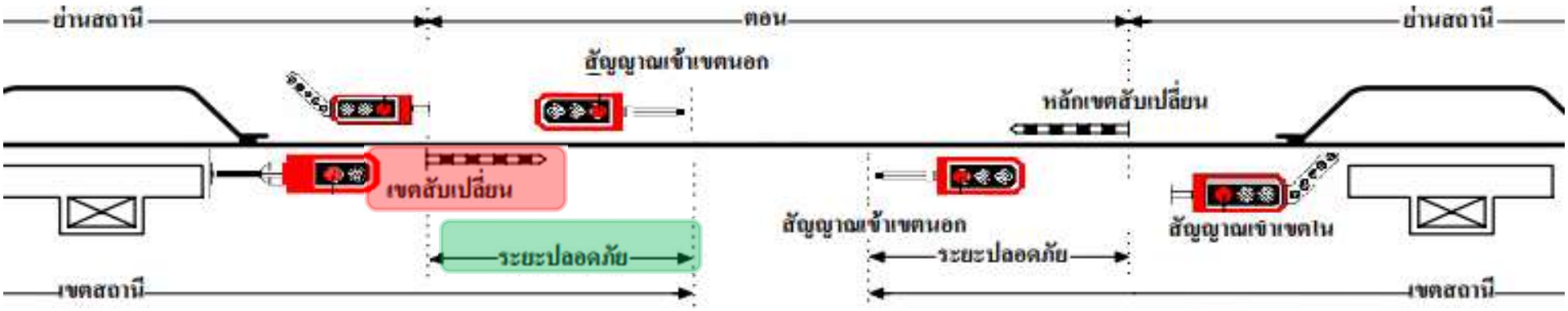


ตอนที่กำกับในการเดินรถในหลักการจะแบ่งเขต ระหว่างเขตใน “ย่านสถานี” และเขตระหว่างย่านสถานี เรียกว่า “ตอนทางสะดวกระหว่างสถานี”

มาตรฐานการกำหนด “ย่านสถานี” และ “ตอนทางสะดวกระหว่างสถานี” ของแต่ละประเทศต่างๆ ส่วนใหญ่จะใช้หลักการคล้ายๆ กัน

การรถไฟแห่งประเทศไทย ถือปฏิบัติตามหลักการของการรถไฟเยอรมันเป็นหลัก

การสับเปลี่ยนรถ



ในการบังคับการสับเปลี่ยนในเขตสถานีนั้นก็จะแบ่งตอนทางสะดวกระหว่างสถานี กำหนดโดย เขตสับเปลี่ยน

ทั้งนี้การสับเปลี่ยนรถจะควบคุมโดยนายสถานีและจะมีการตัดต่อรถเพื่อตั้งขบวนรถใหม่ โดยการสับเปลี่ยนใดๆ จะต้องมิให้ล้ำเขตสับเปลี่ยนเข้าไปในตอนทางสะดวกระหว่างสถานี ทั้งนี้จะมีทางตอนของ “ระยะปลอดภัย” กำหนดไม่ให้ขบวนรถที่จะเข้าสถานีชนกับ รถที่กำลังทำสับเปลี่ยนในย่านสถานีนั้นๆ

หากจำเป็นต้องสับเปลี่ยนรถยาวล้ำเข้าไปในตอน ก็ให้ขอตอนทางสะดวกระหว่างสถานีเพื่อ ป้องกันไม่ให้ขบวนรถใดๆ เข้ามาสู่ตอนทางสะดวกระหว่าง นั้นได้

ระบบทางสะดวกในแต่ละตอน

ในระบบทางสะดวก การจัดแบ่งตอนแต่ละตอนนั้น หากจะเดินรถเข้าสู่ตอนจะต้องมีการตรวจสอบและพิสูจน์แล้วว่าไม่มีขบวนรถอื่นๆ หรืออุปสรรค หรือสิ่งกีดขวางอยู่ในตอนนั้นๆ จึงจะอนุญาตหรือเป็นตอนที่เป็นทางสะดวกแล้ว

หากมีขบวนรถ หรืออุปสรรค หรือสิ่งกีดขวาง ระหว่างทางในตอน ก็จะเป็น ตอนปิด หรือ ตอนไม่สะดวก หรือ ทางไม่สะดวก โดยระบบอาณัติสัญญาณ จะแสดงท่าห้ามเพื่อป้องกันขบวนรถใดๆ เข้าไปสู่ตอนไม่สะดวกนั้น โดยขบวนรถต้องหยุดที่เสาสัญญาณท่าห้ามโดยไม่ล้ำสัญญาณเข้าไป

การจัดการเดินรถ

ก) การจัดการเดินรถด้วยการกำหนดช่วงเวลา (Timetable and Time Interval)

การกำหนดช่วงเวลาในการวิ่งขบวนรถผ่านตอนทางสะดวกนั้นกำหนดให้ขบวนรถต่อไปจะเริ่มเคลื่อนตัวเข้าสู่ตอนทางสะดวกได้ ก็ต่อเมื่อระยะเวลาที่กำหนดไว้ ได้ผ่านไปจนครบตามเงื่อนไขแล้ว จึงอนุญาตให้ขบวนรถต่อมาสามารถวิ่งเข้าสู่ตอนได้

ระบบนี้มีความปลอดภัยไม่สูง จะใช้ช่วงระยะเวลา (Fixed Time Interval) ในเส้นทางที่มีการเดินรถไม่หนาแน่นมากนัก

ข) การกำหนดช่วงเวลาและคำสั่งการเดินรถ (Timetable and Train Order)

ในช่วงปี ค.ศ. 1851 (พ.ศ. 2394) เมื่อมีการเดินรถหนาแน่นขึ้นก็มีระบบที่มาช่วยจัดการเดินรถให้ปลอดภัยขึ้น หรือมีการใช้ระบบโทรเลขเป็นคำสั่งการจัดการเดินรถเพื่อสั่งปรับเปลี่ยนตารางเวลาการเดินรถ เป็นคำสั่งการเดินรถ (Train Order)

ทั้งนี้พนักงานบนขบวนรถนั้นจะได้รับคำสั่งทางโทรเลขผ่านนายสถานีที่ขบวนรถจะไปถึง ซึ่งเป็นการเริ่มต้นการตรวจสอบตอนทางสะดวกให้มีรถขบวนเดียวในตอนทางสะดวกเท่านั้น

การจัดการเดินรถ

ค) การจัดการเดินรถโดยกำหนดเป็นตอนทางสะดวก (Block Signalling)

ต่อมาได้กำหนดระบบตอนทางสะดวกขึ้นโดยตอนหนึ่งที่ถูกจัดแบ่งเป็นตอนทางสะดวก (Block System) จะต้องมีขบวนรถอยู่เพียงขบวนเดียวเท่านั้น ตอนทางสะดวกเป็นตอนระหว่างสถานีทางสะดวกสองสถานีข้างเคียงกัน ซึ่งขบวนรถจะเดินเข้าไปได้ต่อเมื่อได้รับอนุญาตจากนายสถานีทางสะดวกทั้งสองสถานี โดยขบวนรถจะได้รับอนุญาตเข้าสู่ตอนได้โดยการรับตั๋วทางสะดวก

ตัวอย่างตั๋วทางสะดวก แบบ กรฟ. 3

การรถไฟแห่งประเทศไทย เลขที่ 0001

ตั๋วทางสะดวก (แบบ กรฟ. 3)

เลขที่ .....

ถึง พนักงานขับรถ

อนุญาตให้ขบวนรถ ..... เดินไปได้

จากสถานีทางสะดวก .....

ถึงสถานีทางสะดวก .....

ทางสะดวกแล้ว ตามข้อบังคับ

วันที่ ...../...../.....

ลงชื่อ ..... นายสถานีทางสะดวก

(ให้กรอกข้อความชุดละ 3 ฉบับ โดยใช้กระดาษคาร์บอน ห้ามเขียนทีละฉบับ)

ง) ระบบสัญญาณประจำที่ (Fixed Signals)

ในช่วงปี ค.ศ. 1830 (พ.ศ. 2373) ได้มีการประดิษฐ์ระบบสัญญาณประจำที่ควบคุมด้วยระบบกลไกทางเครื่องกล (Mechanical Signals) ซึ่งในช่วงต่อมาได้มีการติดตั้งสัญญาณประจำที่ขึ้นเป็นหมู่ในช่วงย่านสถานี โดยมีหอควบคุมสัญญาณประจำที่รวบรวมมือคันกลับสัญญาณไว้ที่หอประแจกลหมู่

มือคันกลับ

จ) ระบบเครื่องทางสะดวกที่ควบคุมด้วยพนักงาน (Manually Controled Block)

สถานีที่มีระบบประแจกลหมู่และมีสัญญาณประจำที่กำกับที่ต้นและปลายตอนทางสะดวกเท่านั้น ที่พนักงานสัญญาณและนายสถานีจะเป็นผู้ควบคุมการอนุญาตให้ขบวนรถเคลื่อนตัวเข้าสู่ตอนทางสะดวกด้วยระบบเครื่องทางสะดวก

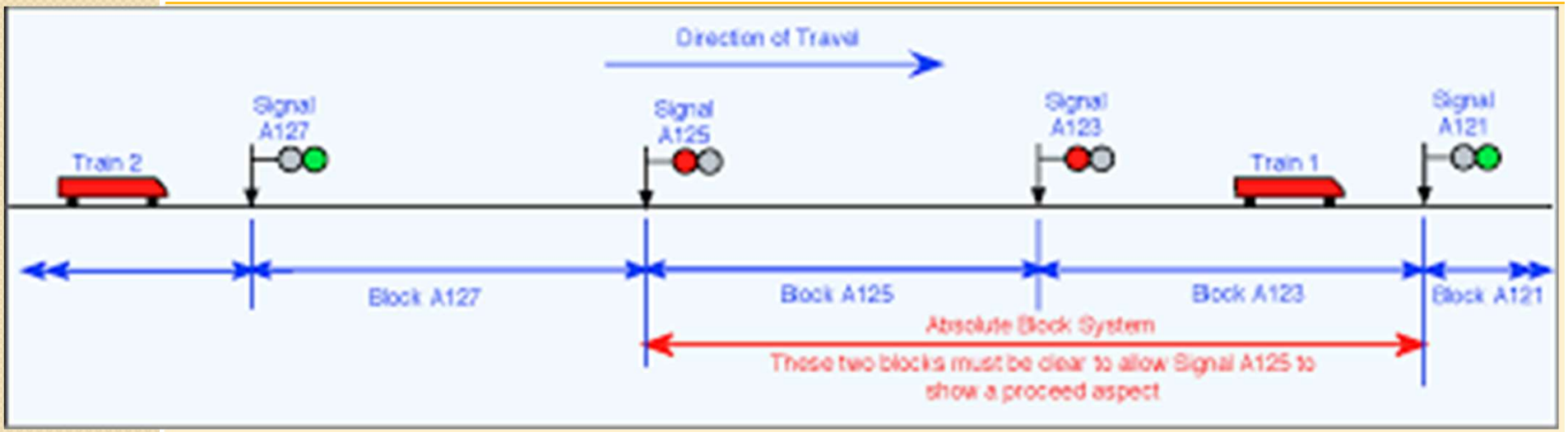
ระบบทางสะดวกที่ยอมให้ขบวนรถขบวนเดียวเท่านั้นเข้ามาอยู่ในตอนนั้น เรียกว่า ระบบตอนสมบูรณ์ (Absolute Block System)

ระบบเครื่องทางสะดวก

ฉ) ระบบตอนทางสะดวกอัตโนมัติ (Automatic Block System)

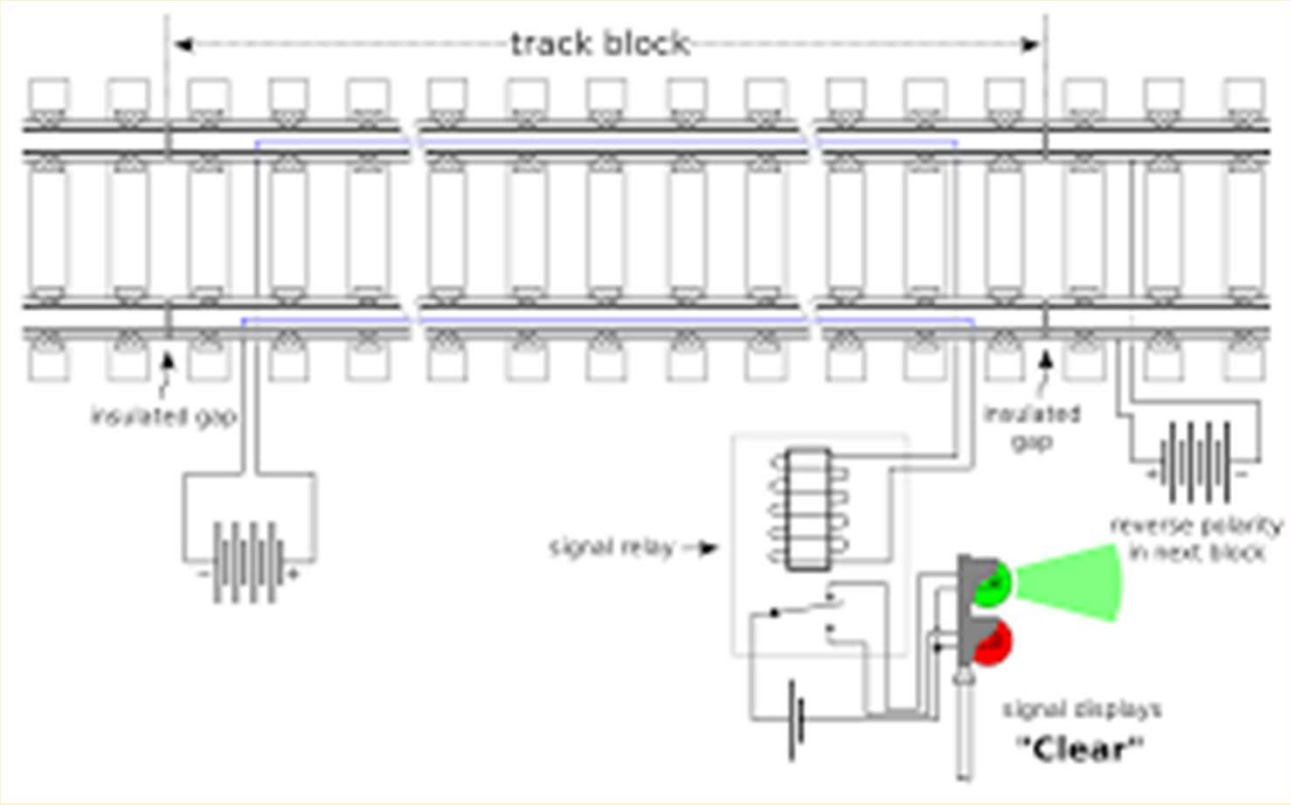
ตอนทางสะดวกอัตโนมัติ เป็นตอนที่ควบคุมทางสะดวกทำงานด้วยวงจรตรวจสอบขบวนรถตลอดความยาวของตอนระหว่างสถานี โดยใช้สัญญาณประจำที่ที่กำกับช่วงทางติดตั้งต้นทางและปลายทางนั้น จะเป็นสัญญาณบังคับให้ขบวนรถหยุดหรือสามารถเคลื่อนที่เข้าตอนได้อย่างปลอดภัย

ในกรณีขบวนรถที่จะเคลื่อนตัวเข้าสู่ตอนนั้นจะมีระบบไฟตอนตรวจสอบแล้วว่าไม่มีขบวนรถอื่นอยู่ในตอนจึงจะได้รับอนุญาตให้นำขบวนรถเข้าสู่ตอนทางสะดวกได้



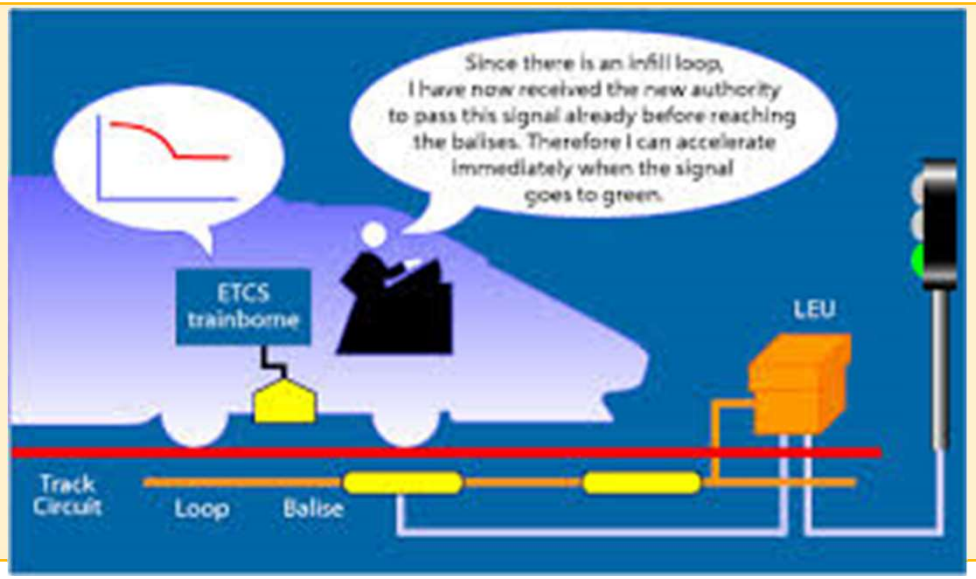
ช) ระบบวงจรไฟตอน (Track Circuit)

เป็นระบบตรวจสอบตำแหน่งของขบวนรถ แบบ Fixed block ต่อมาได้มีการประยุกต์ใช้ในระบบติดตามความเคลื่อนไหวขบวนรถ และระบบตรวจสอบตอนในระบบอาณัติสัญญาณประจำที่ในย่านสถานี และในตอนทางสะดวกระหว่างสถานี



ซ) ระบบหยุดขบวนรถอัตโนมัติ (Automatic Train Stop : ATS)

ในยุคต่อมาหลังจากมีการประดิษฐ์ระบบวงจรไฟตอนกำกับช่วงทางเพื่อตรวจสอบว่ามีขบวนรถอยู่ในช่วงต่างๆ แล้วก็มีวิวัฒนาการระบบหยุดขบวนรถโดยอัตโนมัติที่ป้องกันมิให้ขบวนรถวิ่งฝ่าหรือล้ำสัญญาณในท่าห้าม (Signal Pass At Danger : SPAD) ระบบนี้นำมาใช้กำกับความปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันมีระบบที่ซับซ้อนและอัจฉริยะขึ้น เป็นระบบควบคุมความเร็วของขบวนรถและป้องกันความปลอดภัยด้วยการหยุดขบวนรถโดยอัตโนมัติ เรียกว่า Automatic Train Protection : ATP



ตัวอย่าง ATS

มาตรฐาน ETCS level 1

ฌ) ระบบสัญญาณบนห้องพนักงานขับรถ (Cab Signalling)

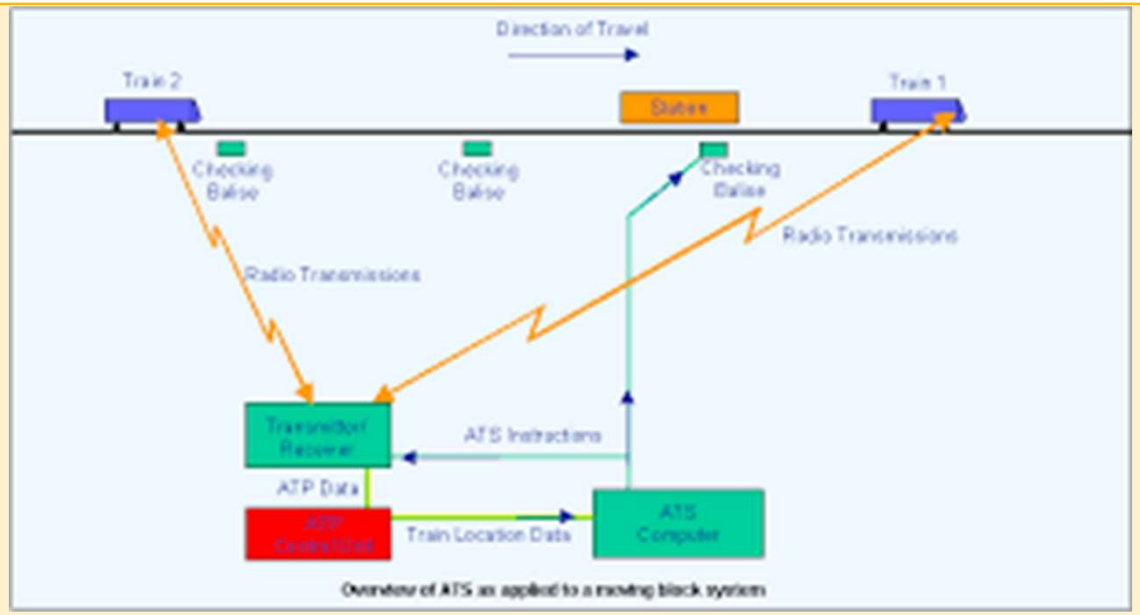
ระบบสัญญาณบนห้องพนักงานขับรถนี้จะมีการสื่อสัญญาณบังคับโดยท่าสัญญาณประจำที่ที่จะมีรหัส (Code) กำกับและบนห้องพนักงานขับรถก็จะรับสัญญาณนั้นมา แล้วแปลงรหัส (Code) ออกมาเป็นพิกัดความเร็ว (Speed Limit) แสดงบนห้องขับรถเพื่อให้พนักงานขับรถควบคุมความเร็วไม่ให้เกินพิกัดความเร็วนั้น

ถ้าพนักงานขับรถไม่ควบคุมขบวนรถตามพิกัดความเร็ว ที่กำหนดระบบ ATP จะเบรกลงห้ามล้ออัตโนมัติ เพื่อลดความเร็วขบวนรถลง โดยระบบCab Signalling นี้มีข้อดีที่พนักงานขับรถไม่ต้องมองสัญญาณประจำที่ เพียงแต่ดูระบบสัญญาณบนห้องพนักงานขับรถ (Cab Signalling) แล้วควบคุมความเร็วตามพิกัดความเร็ว นั้น

ตัวอย่าง Cab Signalling

ญ) ระบบตอนทางสะดวกเคลื่อนที่ (Moving Block System)

เป็นตอนทางสะดวกชนิดที่แบ่งตอนเคลื่อนที่ตามลักษณะการวิ่งของขบวนรถ ซึ่งระบบนี้จะต้องมีอุปกรณ์รับ-ส่ง สัญญาณคลื่นวิทยุสื่อสารแทนวงจรไฟตอน หรือ Fixed block โดยขบวนรถจะส่งคลื่นวิทยุเพื่อแสดงตำแหน่งของขบวนรถไปให้ระบบ Interlocking ทราบเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนไหวของขบวนรถทุกขบวนในเส้นทาง

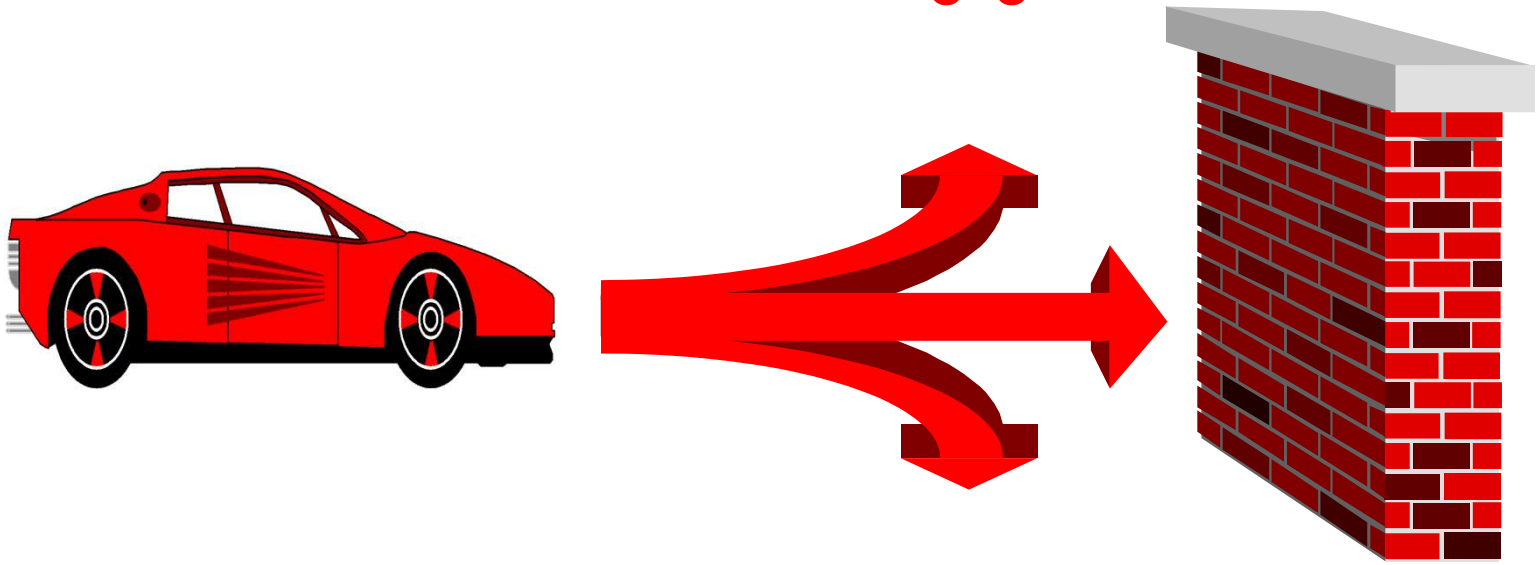


ตัวอย่าง

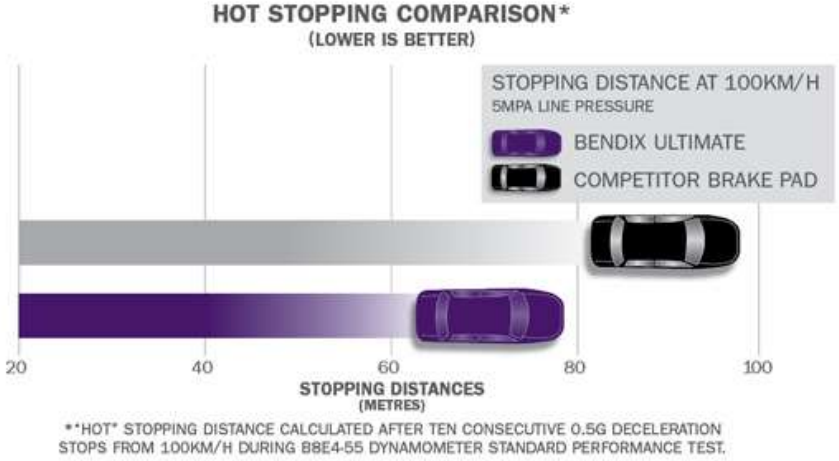
Moving Block System

Q
A

ทำไมต้องมีระบบอาณัติสัญญาณให้กับรถไฟ

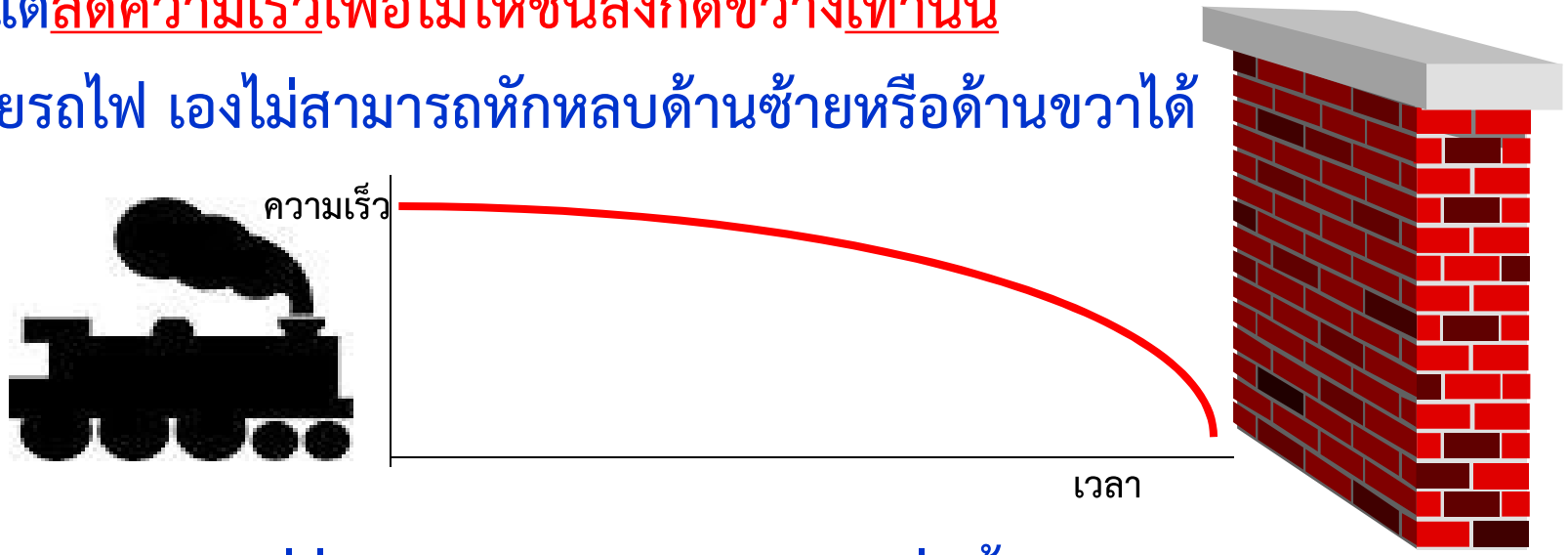


- หากเป็นรถยนต์ ผู้ขับขี่เห็นสิ่งกีดขวางอยู่ด้านหน้า ผู้ขับขี่นั้นสามารถลดความเร็วลงหรือ และใช้พวงมาลัยหลบไปด้านซ้ายหรือด้านขวาของสิ่งกีดขวางนั้นได้



ทำไมต้องมีระบบอาณัติสัญญาณให้กับรถไฟ

- เปรียบเทียบกับรถไฟแล้ว เมื่อพนักงานขับรถไฟเห็นสิ่งกีดขวาง นั้นทำได้แต่ลดความเร็วเพื่อไม่ให้ชนสิ่งกีดขวางเท่านั้น ด้วยรถไฟ เองไม่สามารถหักหลบด้านซ้ายหรือด้านขวาได้



- การหยุดรถไฟที่วิ่งด้วยความเร็ว หรือรถไฟที่มีน้ำหนักบรรทุกมากไม่สามารถหยุดได้ทันทีโดยง่าย

- ระยะห้ามล้อที่ต้องเตรียมให้รถไฟหยุด (braking distances) นั้นจะสัมพันธ์กับความเร็วที่อนุญาตให้วิ่งบนทางรถไฟ

ตัวอย่างของระยะเบรค (Braking Distance ของการรถไฟต่างๆ)

Railway Adminstrations		Braking Distance	Spacing of Signals	Minimum Sighting Distance	Length of Overlap	Maximum Train Length
Austria	ÖBB	Dependent on speed & gradient 400–1500m	Minimum 400m	2.5 x v.max. (km/h in metres)	≤40km/h: 0m otherwise: 50m	700m
Belgium	NMBS/ SNCB	120km/h: 900m 140km/h: 1200m 160km/h: 1500m	Minimum: 370m Maximum: 2000m	≤60km/h: 150m >60km/h: 300m	minimum: 50m (but for junctions between two lines minimum 100m)	
Switzerland	SBB				<45km/h: 40m Up to 165km/h: 100m Increased for falling gradient	
Germany	DB AG	Dependent on several variables. Minimum distances 80km/h: 400m 120km/h: 700m 160km/h: 1000m	160km/h: 1000m For high speed lines: up to 1300m For minor lines: 400–700m	For stop signals: 500m For warning signals: 250m	>60km/h: 200m ≤60km/h: 100m ≤40km/h: 50m ≤30km/h: <50m	750m
Spain	RENFE	Dependent on speed, gradient and characteristics of rolling stock 200km/h maximum	1500m	300m	50m	
France	SNCF	≤120km/h: 1100m 140km/h: 1400m 160km/h: 1500m Minimum braking distances. Can be compensated for gradient	Minimum: 500m	≤60km/h: 100m ≤120km/h: 200m ≤160km/h: 300m	100m min. distance from trailing switch. No overlap locking	
Great Britain	BR	Dependent on speed, gradient and characteristics of rolling stock (200km/h maximum)	150% braking distance maximum	Equivalent to 7s running time. (eg 300m @ 160km/h)	>96km/h: 183m reducing to ≤24km/h: 46m	Passenger Trains: 300m Freight Trains: 500m (International Trains: Passenger 400m Freight: 700m)

การห้ามล้อของการรถไฟประเทศเนเธอแลนด์ : Nederlandse Spoorwegen (NS) : ใช้ระยะทางโดยประมาณกี่เมตร

ที่ความเร็ว 40 กม./ชม.	ระยะห้ามล้อโดยประมาณ 400 เมตร
ที่ความเร็ว 60 กม./ชม.	ระยะห้ามล้อโดยประมาณ 500 เมตร
ที่ความเร็ว 80 กม./ชม.	ระยะห้ามล้อโดยประมาณ 800 เมตร
ที่ความเร็ว 130 กม./ชม.	ระยะห้ามล้อโดยประมาณ 1,000 เมตร
ที่ความเร็ว 160 กม./ชม.	ระยะห้ามล้อโดยประมาณ 1,150 เมตร

Dependent on gradient

แหล่งข้อมูล :European Railway Signalling A&C Black London : ISBN 0-7136-4167-3

JR-East Shinkansen ความเร็ว 275 กม./ชม.

ระยะห้ามล้อโดยประมาณ 4,000 เมตร

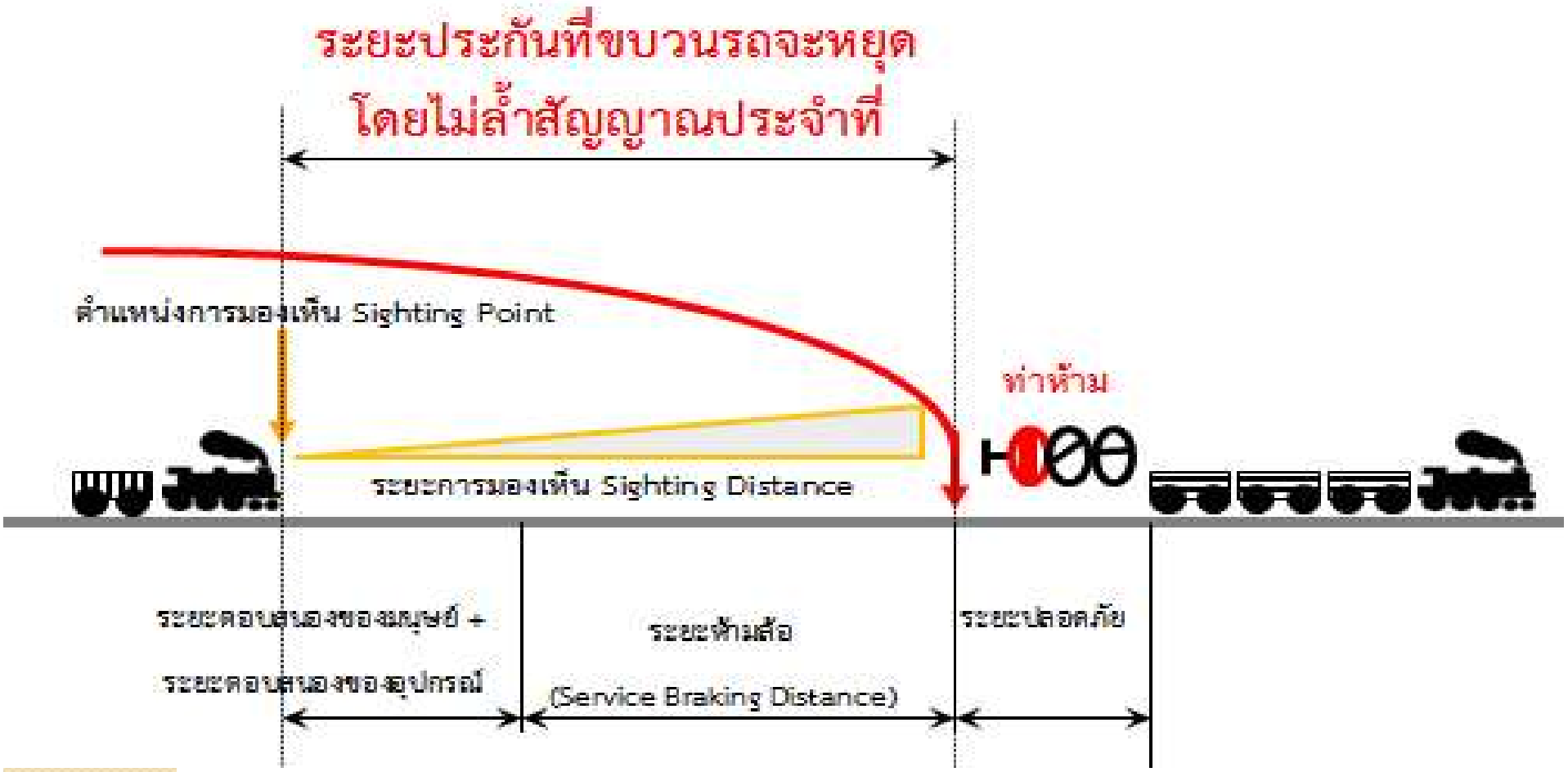
แหล่งข้อมูล : JR-East

ตัวอย่างของระยะเบรค (Braking Distance ของการรถไฟต่างๆ)

Railway Adminstrations

	Railway	Braking Distance	Spacing of Signals	Minimum Sighting Distance	Length of Overlap	Maximum Train Length
Luxembourg	CFL	400m 700m 1000m 1200m Dependent on speed and gradient		200–300m otherwise repeating signal is required	>60km/h: 100–200m ≤60km/h: 50m for >2.5% falling; 0m for <2.5% falling or rising gradient	
Norway	NSB	–	≤100km/h: 1000m ≤130km/h: 1200m ≤160km/h: 1800m ≤200km/h: 3000m	8s or minimum of 200m	0–400m	Local Trains: 250m IC & Reg.: 400m Freight: 1000m
Netherlands	NS	Dependent on gradient: 40km/h: 400m 60km/h: 500m 80km/h: 800m 130km/h: 1000m 160km/h: 1150m	400m min. 1800m max. In station areas, may be less than 400m if required for operational reasons	9s (in clear weather)	Not applicable	Passenger Trains: 400m Freight Trains: 700m
Sweden	BV	130km/h: 1000m supplemented by ATC for high speed trains	1000m Up to 150m additional for falling gradient	200–350m Dependent on line speed	200m between train routes. May be reduced for reduced train speed and type of obstruction	Local Trains: 200m IC & Reg.: 400m Freight: 630m

การรักษาความปลอดภัย ของระยะห่างขบวนรถให้เดินตามกันบนทางเดียวกัน



ประเภท : หลักเขตสถานี (ใช้สัญญาณมือ)

หลักเขตสถานี

(เป็นสัญญาณประจำที่)

ประแจมือ

ประเภท : ประแจกลเดี่ยว (ประแจมือ)

แท่นมือคันกลับ

สัญญาณ

ประแจมือ

ประเภท : ประแจกลสายลวดพร้อมสัญญาณหางปลา

แท่นมือคันกลับ

เสาสัญญาณ

ประแจกล

“ระบบอาณัติสัญญาณ”

สัญญาณไฟสี : Colour light signals พร้อมประแจกลทำงานด้วยไฟฟ้าควบคุมด้วยรีเลย์ (All Relay Interlocking : ARI)

สัญญาณไฟสี : Colour light signals พร้อมประแจกลทำงานด้วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Based Interlocking : CBI)

สัญญาณไฟสี : Colour light signals พร้อมประแจกลทำงานด้วยไฟฟ้าควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (Solid State Interlocking : SSI)

แหล่งข้อมูล : http://www.railway-technical.com/sigtxt1.shtml

ประเภท : ประแจกลไฟฟ้าชนิดบังคับสัมพันธ์สัญญาณไฟสี

แผงควบคุม Relay Interlocking

เสาเตือน

เสาเข้า

ประแจกลไฟฟ้า

เสาออก

แผงควบคุม VDU

Computer Based Interlocking

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบอาณัติสัญญาณ

แผงควบคุม

คอมพิวเตอร์ (CBI)

จุดเชื่อมต่อ

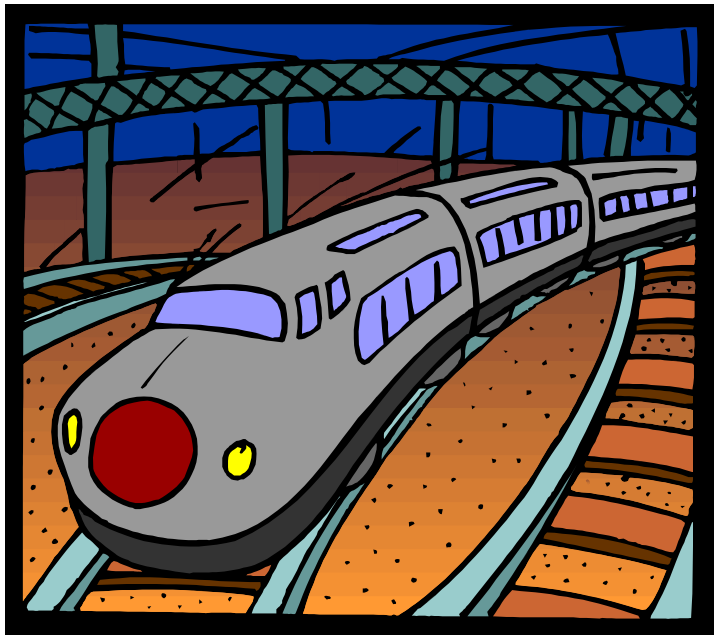
ตู้อุปกรณ์ข้างทาง

เสาสัญญาณ

ประแจกลไฟฟ้า

4 หลักการออกแบบเส้นทางเดินรถไฟและย่านสถานี

เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมได้มีความรู้เกี่ยวกับหลักการออกแบบเส้นทางเดินรถไฟและย่านสถานี ให้ใช้งานสัมพันธ์กับทำงานของระบบอาณัติสัญญาณ



หลักการออกแบบเส้นทางเดินรถไฟและย่านสถานี

มีส่วนประกอบหลักดังนี้

1 ทางรถไฟ (Railway Track)

2 สถานี (Station) เพื่อแบ่งทางรถไฟออกเป็นช่วงๆ ที่เรียกว่า ตอน “Block หรือ Section”

3 ทางเดี่ยว (Single Track) / ทางคู่ (Double Track) กำหนดทางขึ้นทางล่อง

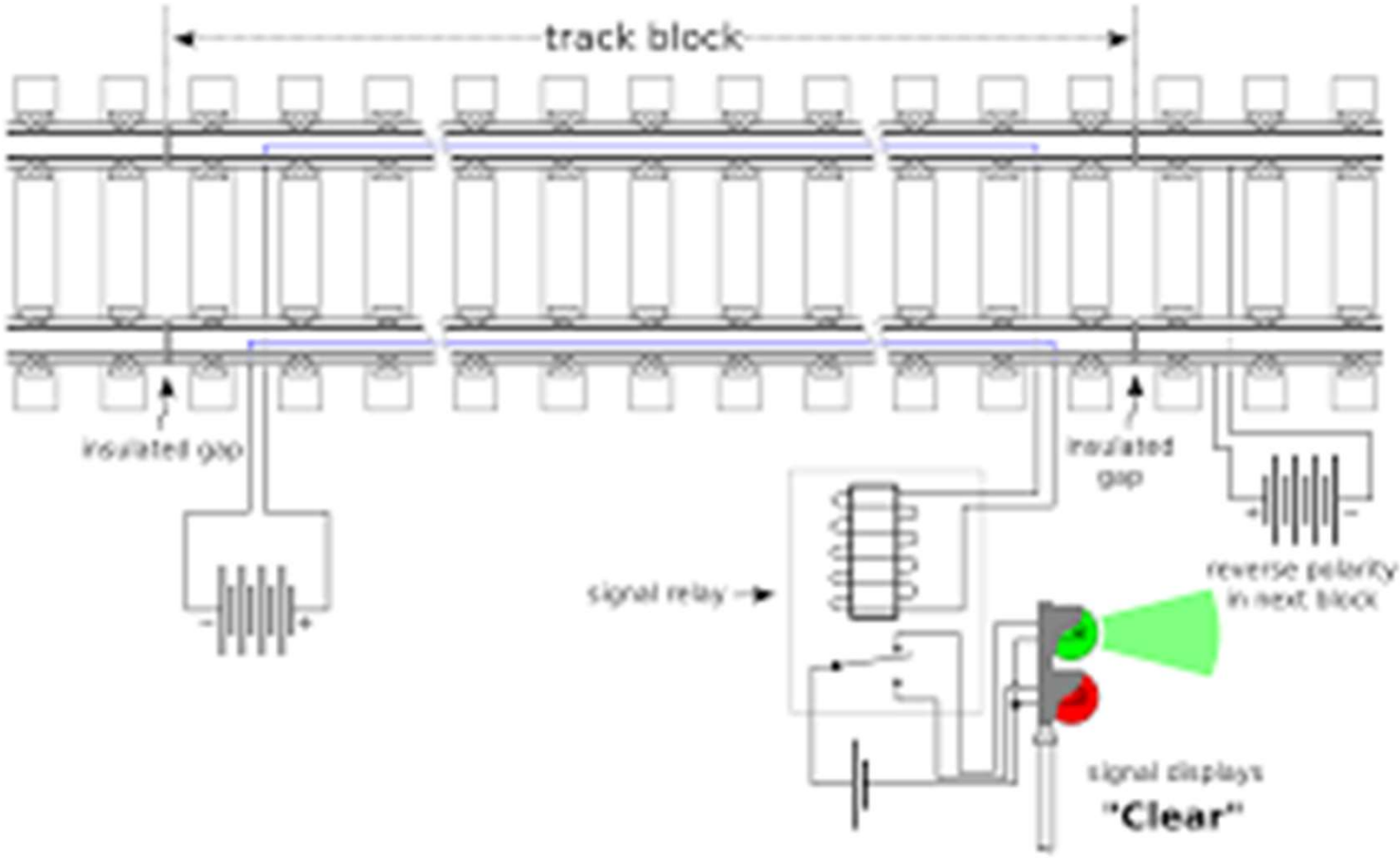
4 ทางหลีก (Siding Track) โดยการติดตั้งประแจทางหลีกให้สถานี

5 สัญญาณ (Signal) ทั้งในสถานี และในตอน เช่น สัญญาณเข้าสถานี สัญญาณออกจากสถานี ของทั้งทางเดียวหรือทางคู่

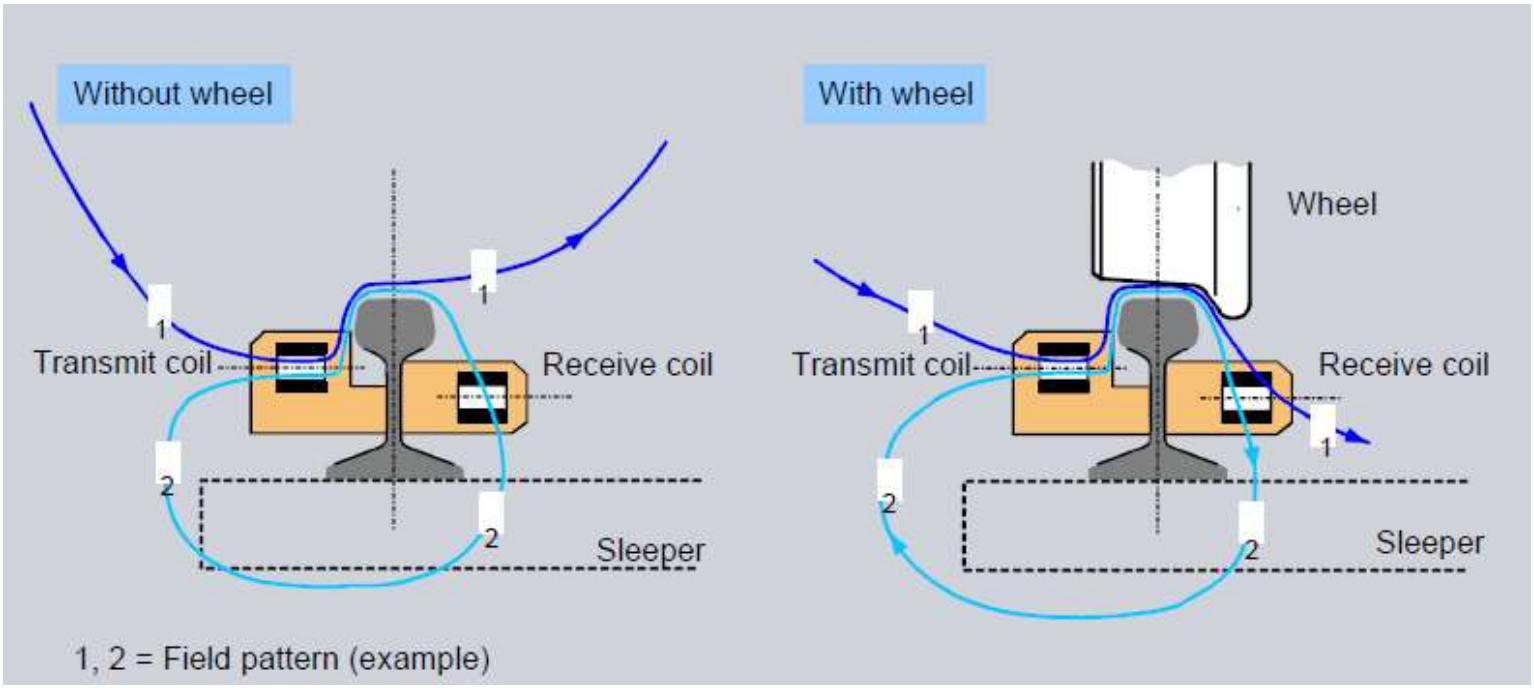
6 การติดตั้งประแจสับเปลี่ยน ระหว่างทางประธาน กำหนดได้ตามต้องการ Switch/Point Machine

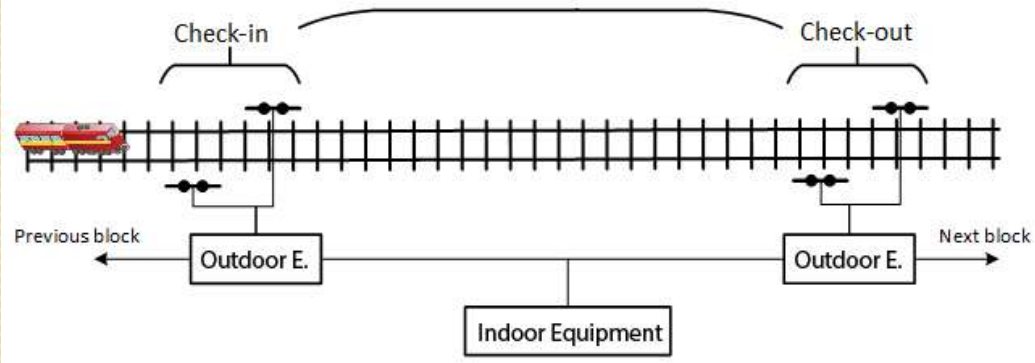
7 ระบบตรวจสอบตำแหน่งครอบครองทางของขบวนรถ (Track circuit) มีหลายชนิด เช่น DC Track Circuit Ac Track เครื่องนับเพลาล้อรถไฟ (AXLE Counter system) หรืออาจจะใช้เครื่องนับรอบของล้อรถไฟ (Tachometer) ทำงานควบคู่กับ Balise

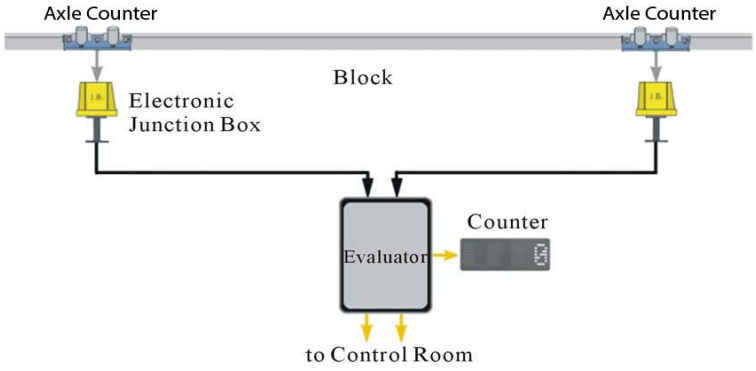
DC Track Circuit



AXLE Counter system







แหล่งข้อมูล http://www.railsystem.net/axle-counter/

Balise

หลักการออกแบบเส้นทางเดินรถไฟและย่านสถานี

8. กำหนดตอน (Block Section) เช่น เดิมใช้โดยการกำหนดโดยเวลา ปัจจุบันนิยมใช้การกำหนดโดยระยะทาง

- Fixed Block มีการกำหนดระยะกำหนดที่ชัดเจนจากสถานีหน้างานที่กำหนด
- Moving Block เป็นการคำนวนการหาระยะห่างของรถไฟคันหน้าจากข้อมูลที่ได้รับมาจากศูนย์ควบคุมการเดินรถ (สามารถลดระยะห่างระหว่างรถได้ นิยมใช้กับระบบขนส่งมวลชน)

9 จำนวนของท่าสัญญาณ เช่น 3 ท่า (R/Y/G) เป็นต้น หรือ การเลือกใช้ Cab signal ขบขบวนรถ

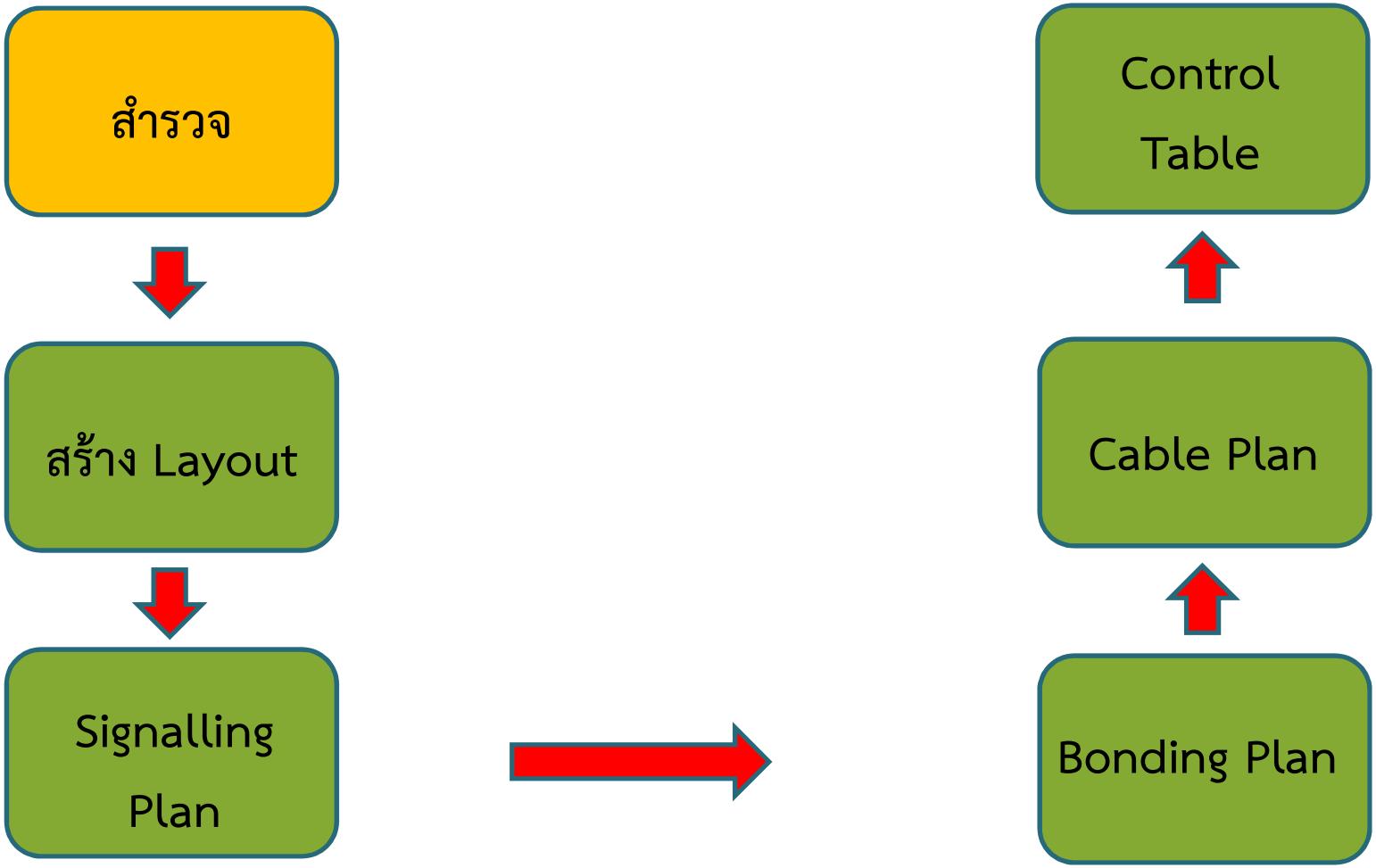
10 ระบบบังคับสัมพันธ์ (Interlocking) เป็นระบบที่รวมข้อมูลทั้งหมด เช่น Track circuit ที่ทราบตำแหน่งขบวนรถ, สถานะท่าของสัญญาณทั้งสถานี สถานะท่าของประแจทุกตัว และรวมถึงการเชื่อมต่อกับสถานีข้างเคียง เพื่อให้ ผู้ควบคุมระบบอาณัติสัญญาณสามาถเตรียมทาง (Route Set) เพื่อสั่งการสัญญาณให้อนุญาต แจ้งพนักงานขับขบวนรถให้เคลื่อนที่ได้ตามต้องการ ด้วยความปลอดภัย

หลักการออกแบบเส้นทางเดินรถไฟและย่านสถานี

11. ระบบอื่นๆ เช่น เครื่องกั้นถนนเสมอระดับทาง

12. การเชื่อมต่อกับระบบห้ามล้ออัตโนมัติ (Automatic Train Protection หรือ ATP)

หลักการออกแบบเส้นทางเดินรถไฟและย่านสถานี

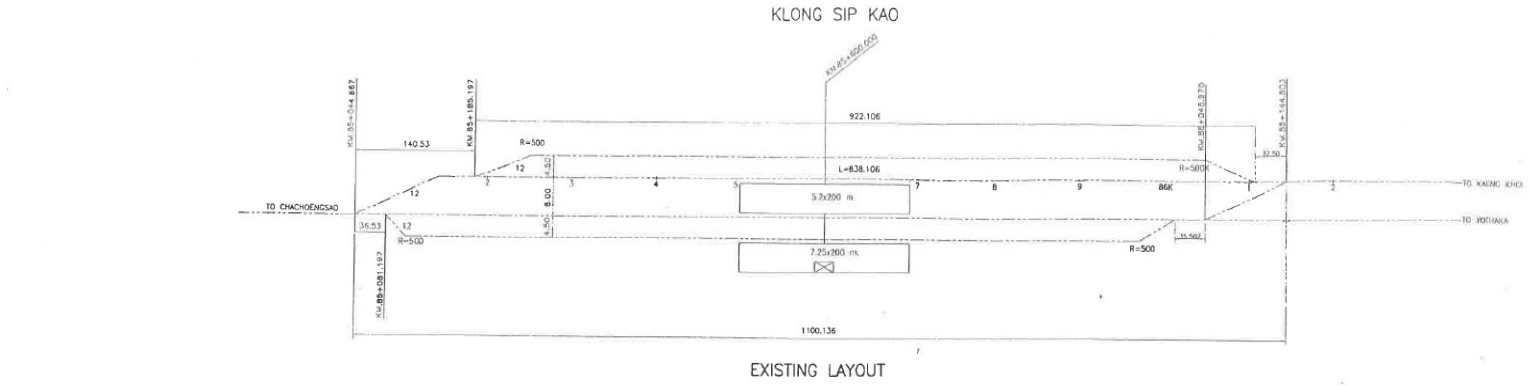


งานสำรวจ

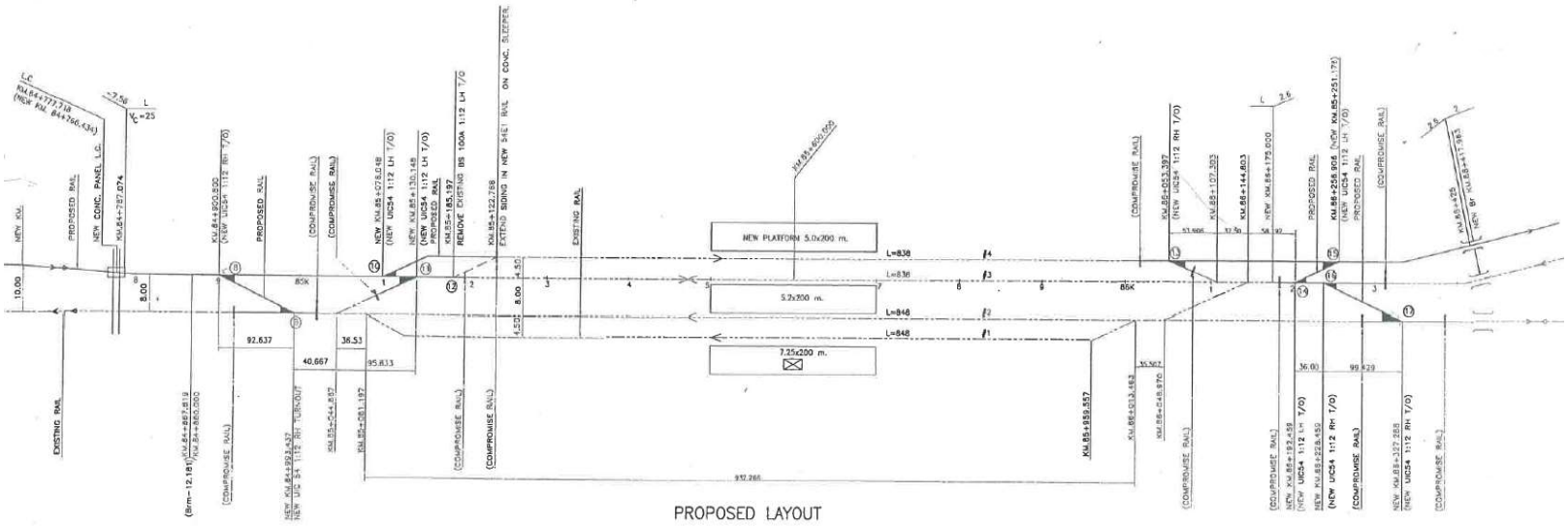
การสำรวจออกแบบ “เป็นการออกแบบระบบอาณัติสัญญาณ โดยเริ่มจากการออกแบบแผนผัง การวางตำแหน่งอุปกรณ์อาณัติสัญญาณข้างทางรถไฟต่าง ๆ ตามมาตรฐานของระบบอาณัติสัญญาณ ควบคุมการเดินรถและความต้องการ”

1. สำรวจตลอดเส้นทางรถไฟ เพื่อวัดระยะต่างๆ ตามข้อกำหนด เช่น ระยะห่างระหว่างเสา (ระยะเบรค) ระยะหลักเขตสับเปลี่ยน เขตสถานี ตอนทางสะดวก พร้อมกำหนดจุดติดตั้งต่างๆ
2. สำรวจทางรถไฟย่านสถานี เช่นตำแหน่งติดตั้งประแจกลไฟฟ้า และวิธีการติดตั้ง
3. สำรวจระยะปลอดภัยต่างๆ ของอุปกรณ์แต่ละรายการการป้องกันเหตุอันตราย
4. สำรวจเส้นทางเคเบิลและที่ตั้งตู้อุปกรณ์ต่างๆ
5. สำรวจแนวเส้นทางเคเบิล กรณีพาดผ่านสะพานรถไฟ การเดินเคเบิลท่อลอดทางรถไฟ การเดินเคเบิลท่อลอดถนน
6. สำรวจที่ตั้งอุปกรณ์ควบคุมที่สถานี
7. สำรวจเครื่องกั้นถนนเสมอระดับทางหากมี

ตัวอย่าง Layout



EXISTING LAYOUT



PROPOSED LAYOUT

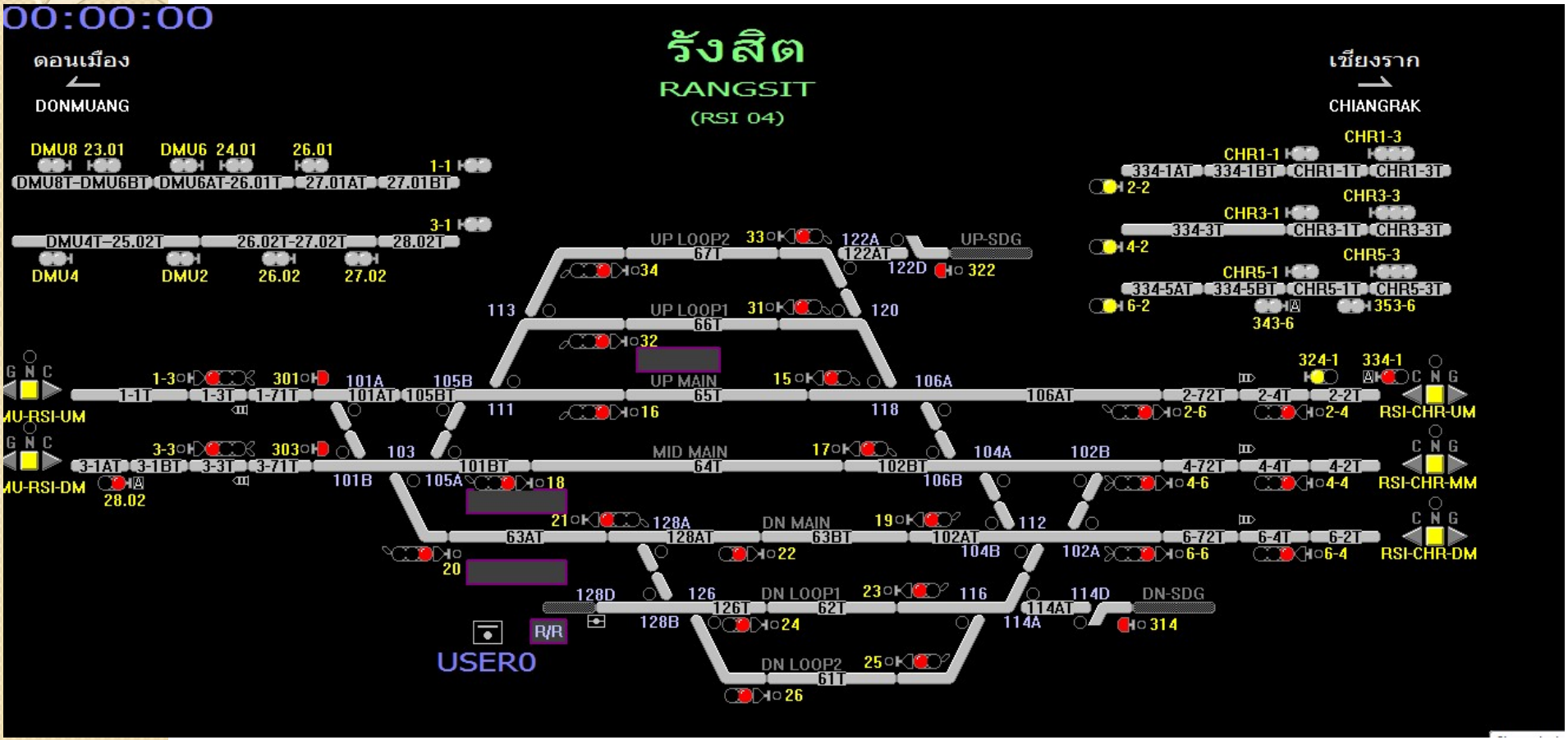
งานเขียนแบบสร้าง Layout

งานเขียนสร้างแบบ Layout คือการกำหนดโครงร่างหรือโครงสร้าง ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนแรกของการเริ่มออกแบบอาณัติสัญญาณ

1. เพื่อบันทึกผลของการสำรวจและยืนยันกำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ
2. ผลการสำรวจจะสามารถสรุปรายละเอียดจำนวนอุปกรณ์ และชนิดของอุปกรณ์ ที่ต้องการใช้ให้เหมาะสมกับหน้างาน อย่างถูกต้องปลอดภัย
3. รายละเอียดการสำรวจ เช่น

- ระหว่าง JOINT TRACK ของสัญญาณเข้าเขตในถึง JOINT TRACK ของสัญญาณเตือนไม่น้อยกว่า 1000 เมตร
- ระหว่าง JOINT TRACK ของเขตสับเปลี่ยนถึง JOINT TRACK ของสัญญาณเข้าเขตในไม่น้อยกว่า 200 เมตร
- ระหว่าง JOINT ของ TRACK ประแจ ถึง JOINT TRACK ของเขตสับเปลี่ยนไม่น้อยกว่า 650 เมตร
- จุดที่ตั้ง JOINT TRACK ท้ายประแจต้องห่างจาก CLEARANCE POST 3.5 เมตร

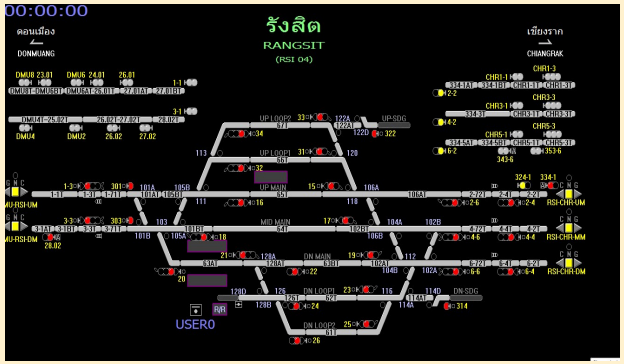
ตัวอย่างย่านสถานี



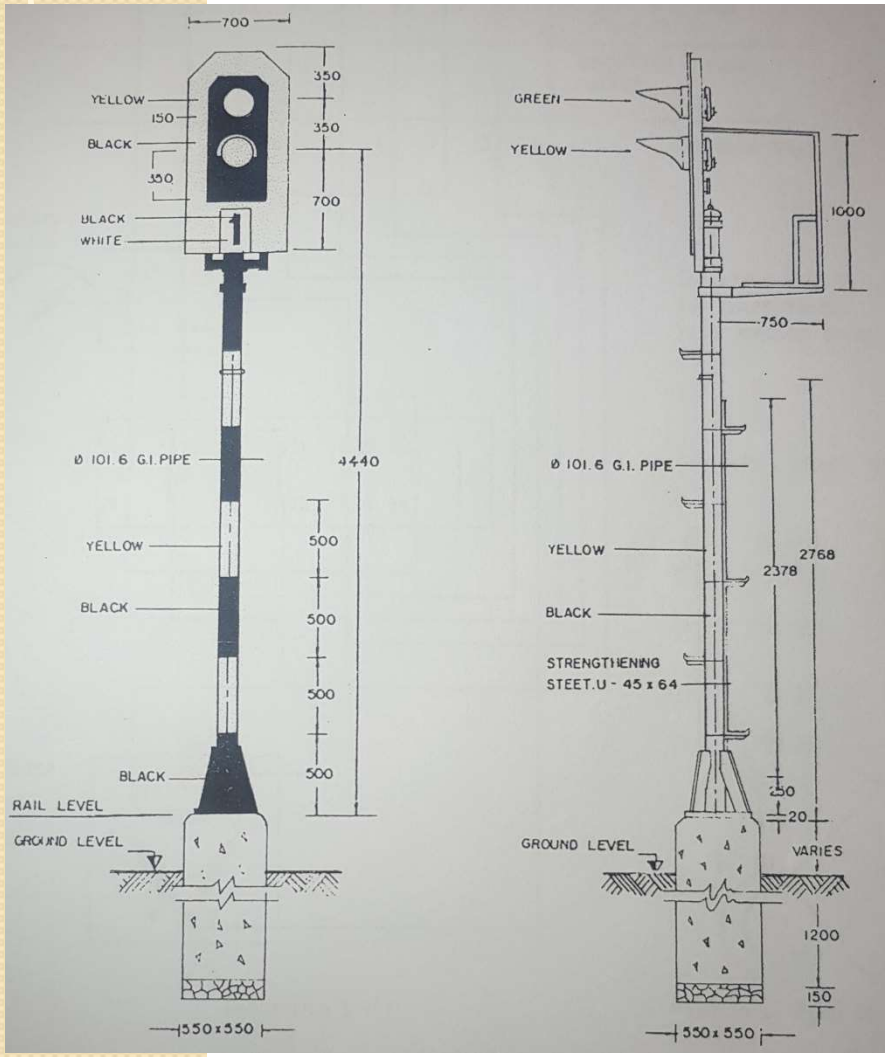
หลักการตั้งชื่ออุปกรณ์ต่างๆ

การกำหนดชื่อหรือหมายเลขของอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบอาณัติสัญญาณ นับว่ามีความสำคัญเพื่อให้กำหนดการออกแบบ การติดตั้งการทดสอบการบำรุงรักษาเป็นไปอย่างถูกต้อง แนวทางการตั้งชื่อมีหลากหลาย ขอยกตัวอย่างของ รฟท. ที่ใช้แนวทางอ้างอิงตามมาตรฐานของอังกฤษ และปรับปรุงบางส่วนให้เหมาะสม

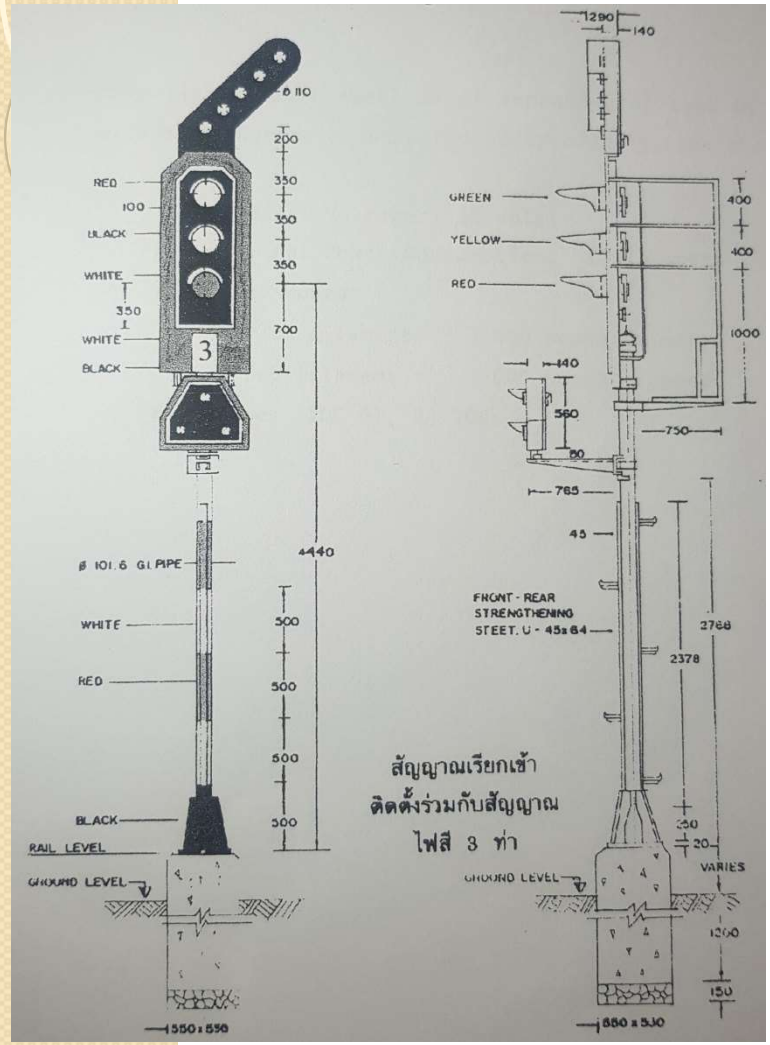
1. ชื่อวงจรไฟตอน (Track circuit) อยู่หลังอุปกรณ์ เช่น เสาสัญญาณ 1-1 ใช้ชื่อ 1-1T
2. ชื่อวงจรไฟตอนของประแจ ชื่อตามประแจที่อยู่ เช่น 101AT
3. ชื่อ Track 1-1T , 3-1T เป็นทางประธานขึ้น (Up main)
4. ชื่อ Track 2-2T , 4-2T เป็นทางประธานล่อง (Down main)
5. ประแจตัวนอกสุดของสถานี (King Point) เป็น 101,102
   (ประแจที่แยกออกไปทางทางหลีก (Loop line) จะเริ่มต้นที่ 111,112 ตามลำดับ) และประแจมือจะเริ่มจาก 201 ตามลำดับ



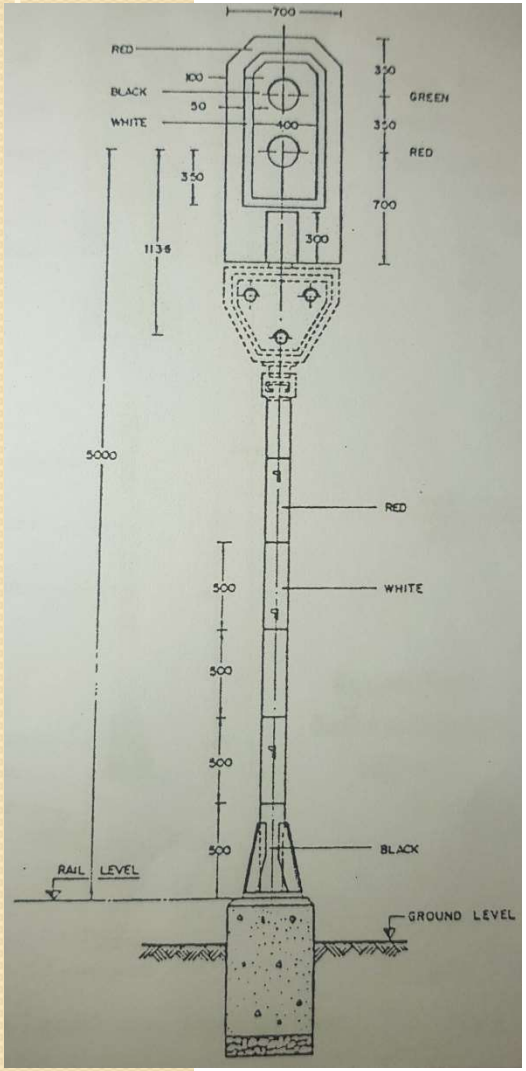
6. ชื่อสัญญาณสับเปลี่ยนต่ำ (Ground Shunt) เริ่มต้นจาก 301
7. ชื่อวงจรไฟตอนของ Platform Track เริ่มจาก 61
8. เสาออกเป็น 15 – 17 – 19 – 21 ตามทิศทางเดินรถขึ้น (ทางหลีกด้านตรงข้ามเริ่มจาก 31)
   เสาออกเป็น 16 – 18 – 20 – 22 ตามทิศทางเดินรถล่อง (ทางหลีกด้านตรงข้ามเริ่มจาก 32)
9. เสาสัญญาณอัตโนมัติ (Auto Signal) ตั้งชื่อตามตำแหน่งระยะทางรถไฟ เช่น
   324-1 และ 334-1 (ทางขึ้น) เสาตั้งอยู่ที่ กม. ที่ 32+4XX และ33+4XX ตามลำดับ
10. ชื่อวงจรไฟตอน (Track circuit) ที่อยู่ระหว่างหลักเขตสับเปลี่ยน LOS กับประแจ ชื่อ 1-71T, 2-72T
11. ชื่อวงจรไฟตอน (Track circuit) ที่อยู่ระหว่างสถานีเรียกตาม กม. ที่ตั้ง เป็นต้น



- สัญญาณเตือน ตั้งอยู่ก่อนถึงสัญญาณหรือก่อนถึงสัญญาณอัตโนมัติ
- ทำหน้าที่ แสดงให้ พนักงานขับรถทราบว่าจะถึงสัญญาณประจำที่อันหน้าแล้ว และ แสดงว่าสัญญาณประจำที่สำหรับทางถัดไปข้างหน้าอยู่ในท่า “ห้าม” หรือ “ระวัง” หรือ “อนุญาต”



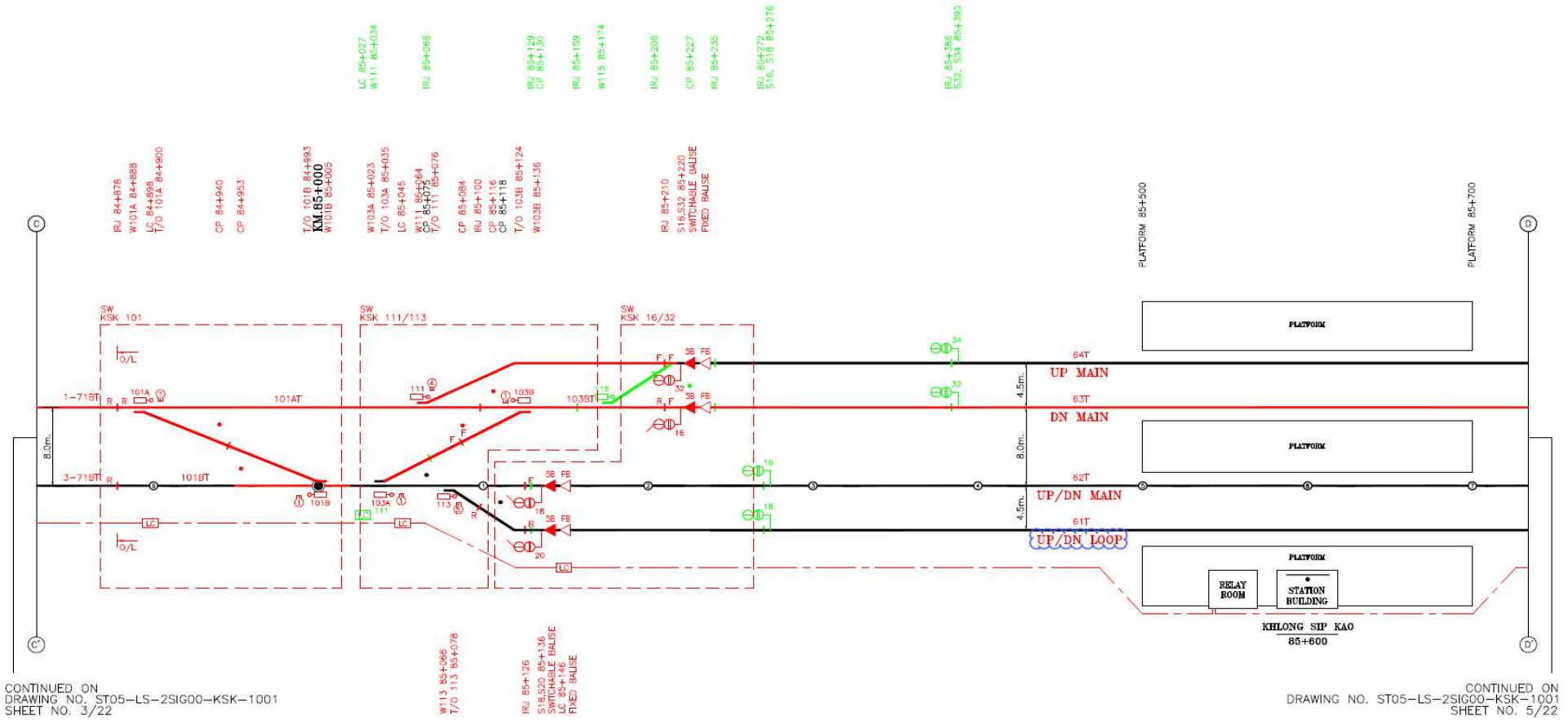
- สัญญาณเข้า ตั้งอยู่ก่อนถึงย่านสถานีทางสะดวกและอยู่ภายนอกประแจอันนอกสุดของสถานีทางสะดวก
- ทำหน้าที่ ห้ามหรืออนุญาตให้ขบวนรถเดินเข้าสู่สถานีทางสะดวก

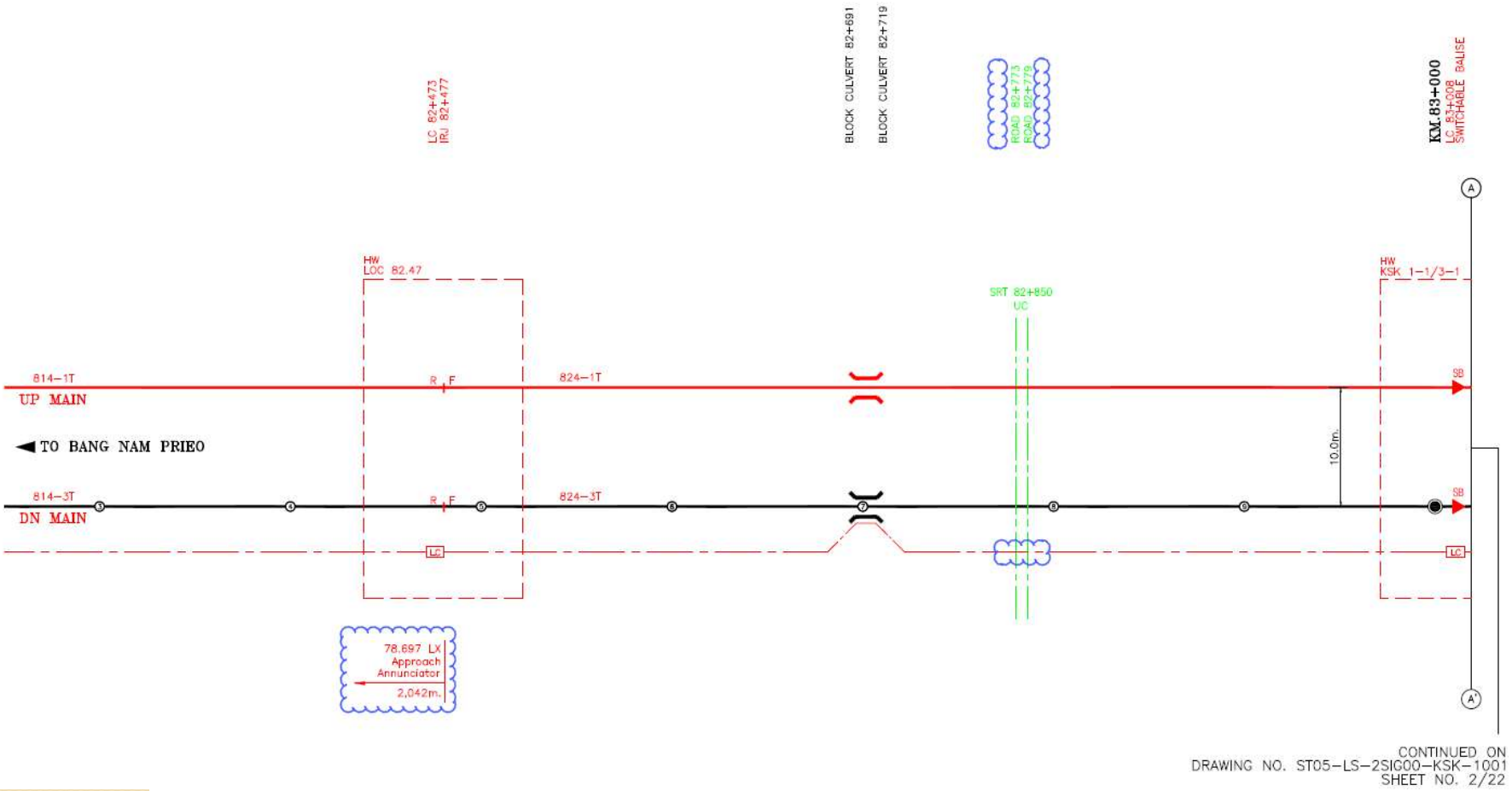


- สัญญาณออก ตั้งอยู่ในทิศทางที่ขบวนรถจะเดินออกจากสถานีทางสะดวก
- ทำหน้าที่ ห้ามหรืออนุญาตให้ขบวนรถเดินเข้าสู่ตอนหรือตอนอัตโนมัติหรือเดินถึงสัญญาณออกอันนอก

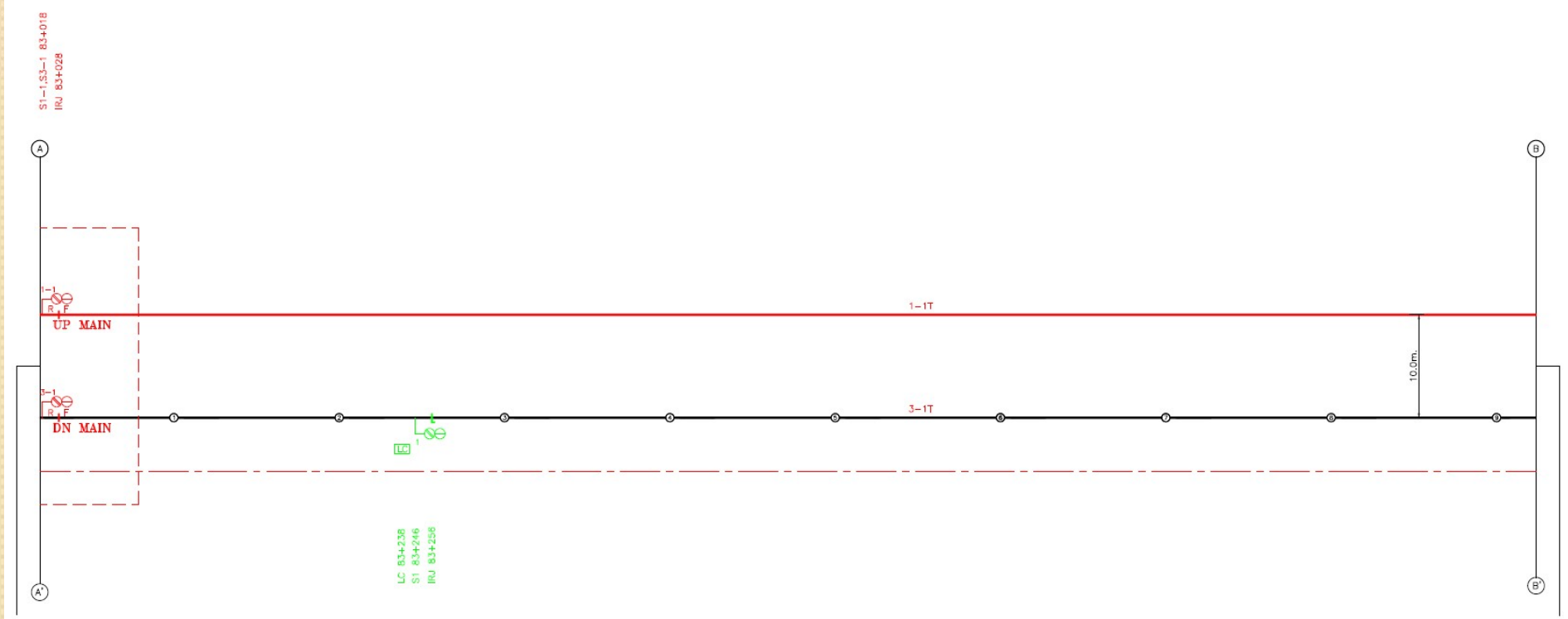
หลักการออกแบบ Signalling Plan

หมายถึง การนำข้อมูลสำรวจ Layout และการกำหนดชื่ออุปกรณ์ต่างๆ ที่สำรวจและกำหนดระยะมาตรฐานต่างๆ เรียบร้อยนำไปเขียนแบบ Signalling Plan และทำการระบุตำแหน่ง และ ระยะการติดตั้งอุปกรณ์อาณัติสัญญาณจริงข้างทางรถไฟ (Wayside Equipment)



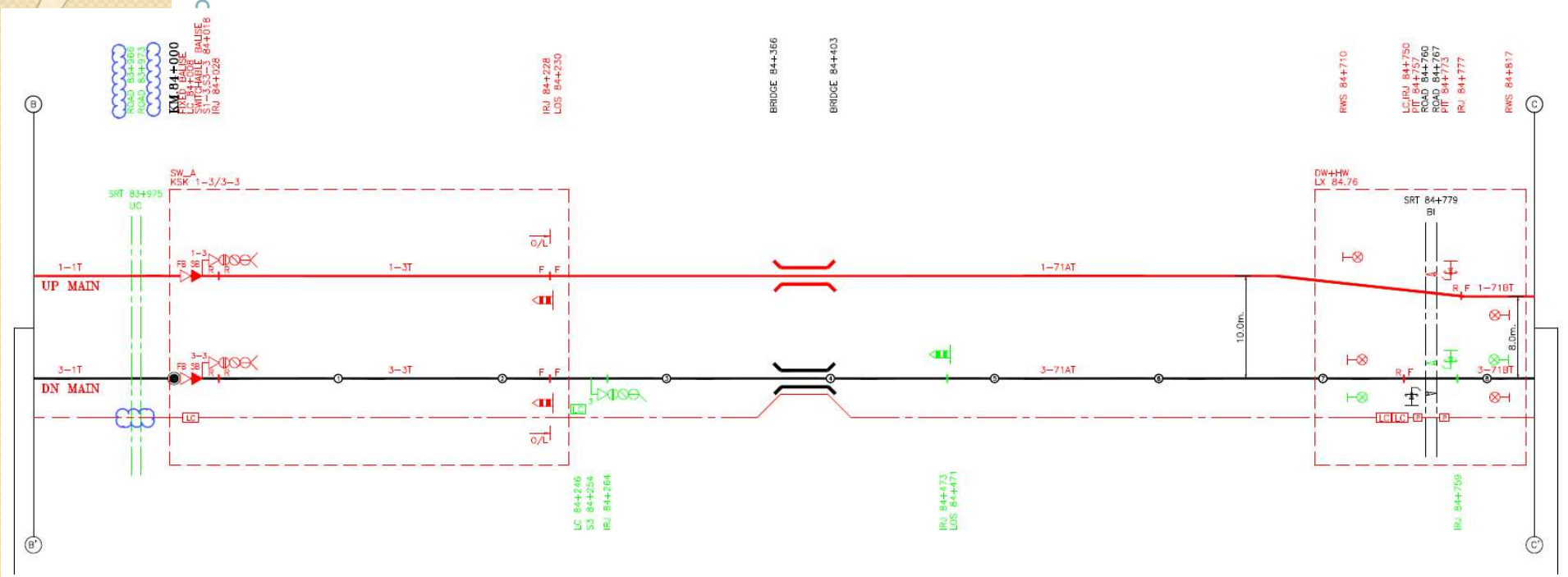


CONTINUED ON
DRAWING NO. ST05-LS-2SIG00-KSK-1001
SHEET NO. 2/22



CONTINUED ON
DRAWING NO. ST05-LS-2SIG00-KSK-1001
SHEET NO. 1/22

CONTINUED ON
DRAWING NO. ST05-LS-2SIG00-KSK-1001
SHEET NO. 3/22

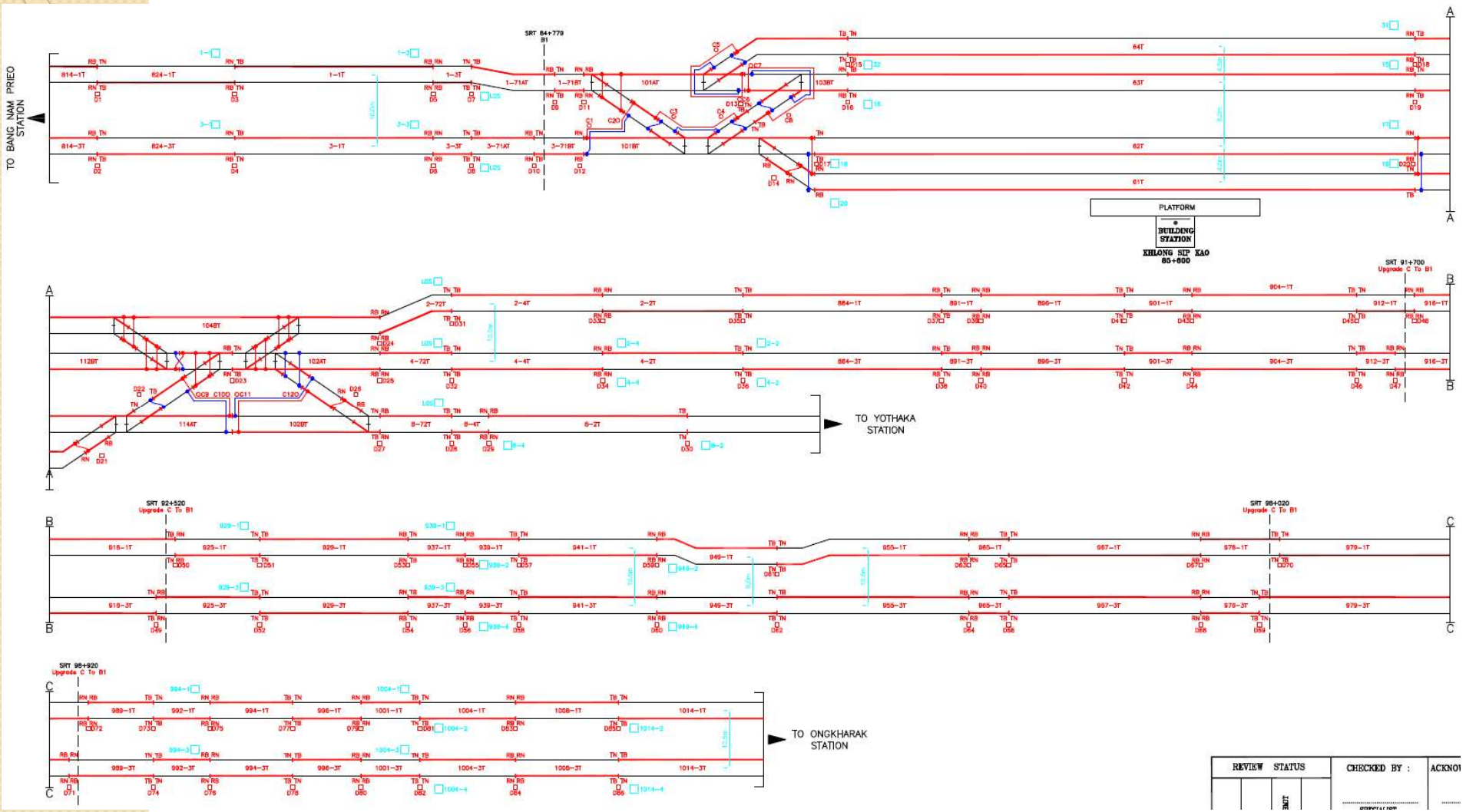


CONTINUED ON
DRAWING NO. ST05-LS-2SIG00-KSK-1001
SHEET NO. 2/22

CONTINUED ON
DRAWING NO. ST05-LS-2SIG00-KSK-1001
SHEET NO. 4/22

หลักการออกแบบ Bonding Plan (DC Track circuit)

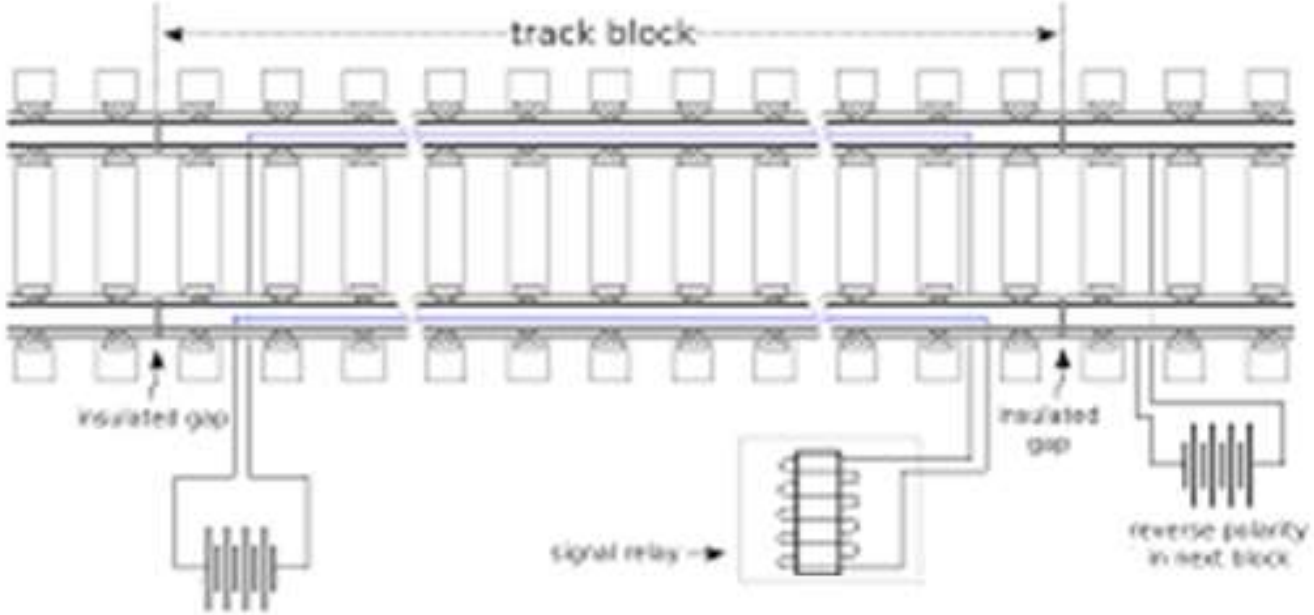
หมายถึง การกำหนดระยะของ Track circuit ของเส้นทางไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ราง (Track Feed) และทิศทางของวงจรไฟตอนที่อยู่ในรางรถไฟแต่ละราง



DC Track Circuit

TN เป็นสาย Track Feed ที่ต่อตรงไปยังวงจรราง รางไฟลบหรือด้านกลับ

RN เป็นสาย Relay End สายที่ต่อจากรีเลย์วงจรรางไปยังรางไฟลบหรือด้านกลับ

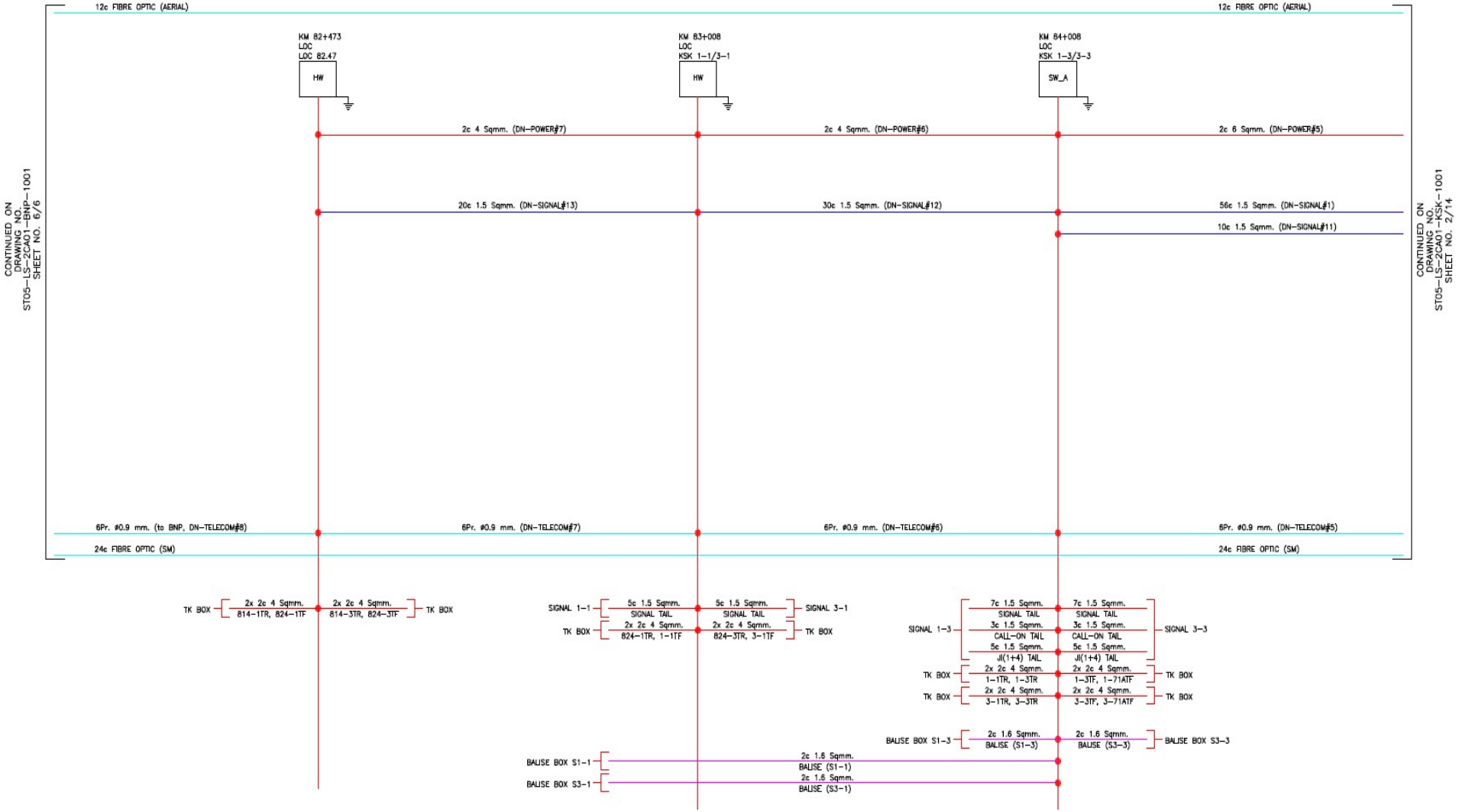


TB เป็นสาย Track Feed ที่ต่อตรงไปยังวงจรราง รางไฟบวกหรือด้านป้อน

RB เป็นสาย Relay End ที่ต่อจากรีเลย์วงจรรางไปยังรางไฟบวกหรือด้านป้อน

หลักการออกแบบ Cable Plan

หมายถึง การกำหนดระบุการวางแนวสายเคเบิลและขนาดของสายเคเบิลรวมถึง ตำแหน่งที่ตั้งตู้ Location และเส้นทางเข้าห้องอุปกรณ์ระบบอาณัติสัญญาณที่สถานี



หลักการออกแบบ Control Table

เป็นตารางบังคับการทำงานของระบบอาณัติสัญาณ เพื่อกำหนดเงื่อนไขการควบคุมสัญญาณทั้งหมด เช่น การเตรียมทาง, การยกเลิกทาง และการควบคุมท่าของสัญญาณต่าง ๆ ซึ่งตารางนี้จะถือเป็นหลักการเบื้องต้นที่จะนำไปใช้ในการออกแบบวงจรของสัญญาณที่มีระบบสัญญาณเป็นแบบ All relay Interlocking (ARI) และรวมไปถึงระบบ Computer Base Interlocking (CBI) ด้วย ซึ่งการออกแบบ Control Table นี้ จะใช้หลักการในการออกแบบเหมือนกัน ตามข้อบังคับการเดินรถของแต่ละการรถไฟ โดยจะมีข้อแตกต่างเฉพาะในการควบคุมจำนวนอุปกรณ์ที่แตกต่างกันเล็กน้อยเท่านั้น

ตัวอย่าง Control Table

ROUTE				LOCKING				CONTROLS																				
TYPE	NO	TC FROM/TO	TO	REQUIRES ROUTES NORMAL	SET AND LOCKS POINTS		REQUIRES KEYLOCKS NORMAL	ASPECT	SIGNAL AHEAD	APPROACH LOCKING				ROUTE NORMALIZATION INITIATED BY SIGNAL STICK				DETECTS POINTS		REQUIRES TC			ROUTE LOCKING RELEASED BY TC				ADDITIONAL CONDITION	ROUTE NO
					NORMAL	REVERSE				APPROACH LOCKED WHEN SIGNAL CLEARED AND TC OCC	APP LOCK RELEASED BY TC OCC AND CLEAR	AND TC OCC	OR TIME AFTER CANCEL	TC CLEAR	TC OCC AND CLEAR	TC OCCUPIED	OR TIME AFTER EMERGENCY RELEASE	NORMAL	REVERSE	CLEAR	OCC	TIME	CLEAR	OCC	TIME	AFTER ROUTE		
WARNER	1-1	823-1T:1-1T	1-3					G	1-3 AT Y# OR G#														1-1T				WARNER FOR 1-3	1-1
HOME	1-3(1M)	1-1T:64T	31	2-4(4M) 2-4(4C) 32	N101 R111 [<N112 N104> OR <R112 N106 N104 N102 AFTER 31(2)R> %L OR <R112 N106 N104 R102 AFTER 31(3)R> %L]			Y+JI(POS1)	31 AT R# OR G	WHEN CLEARED	1-3T	1-71AT	120S		1-3T	1-71AT	240S	N101 R111 [<N112 N104> OR <R112 N106 N104 N102 AFTER 31(2)R> OR <R112 N106 N104 R102 AFTER 31(3)R>]		1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 64T 104BT (N112 OR 112BT 102AT (N102 OR 102BT)) =2-72T 2-4T OR *U =N112 OR 4-72T 4-2T OR *U =N112 OR N102 OR 8-72T 8-4T OR *U =N112 OR N102 OR 114AT OR *D =R103 OR 103BT OR *U	1-1T	60S	1-3T 1-71AT 1-71BT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 2-4T 2-72T 104BT (64T OR (64T OR	 64T) 64T)	 60S 60S	16(2)18(2)20(2) 32 2-4(4M) 2-4(4C) 4-4(4M) 4-4(4C) 8-4(4M) 8-4(4C)	%12 %1 %21 84+779	1-3(1M)
CALL ON	1-3(1C)	1-1T:64T	31	2-4(4M) 2-4(4C) 31(1) 32	N101 R111 N112 N104			R#+CO							1-3T	1-71AT	240S	N101 R111 N112 N104		=2-72T 2-4T OR *U =103BT OR *U	1-1T	60S	1-3T 1-71AT 1-71BT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 2-4T 2-72T 104BT (64T OR (64T OR	 64T) 64T)	 60S 60S	16(2)18(2)20(2) 32 2-4(4M) 2-4(4C) 4-4(4M) 4-4(4C) 8-4(4M) 8-4(4C)	%12 %1 %21 84+779	1-3(1C)
HOME	1-3(2M)	1-1T:63T	15	4-4(3M) 4-4(3C) 16(2)	N101 N111 N103 N112 N106 [<N104 N102> OR <R104 N102 AFTER 15(1)R> %L OR <N104 R102 AFTER 15(3)R> %L]			Y G	15 AT R# OR G 15 AT G#	1-1T 824-1T 814-1T	1-3T	1-71AT	120S		1-3T	1-71AT	240S	N101 N111 N103 N112 N106 [<N104 N102> OR <R104 N102 AFTER 15(1)R> OR <N104 R102 AFTER 15(3)R>		1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 103BT 63T 112BT 102AT (N104 OR 104BT) (N102 OR 102BT) = 4-72T 4-4T OR *U = N104 OR 2-72T 2-4T OR *U = N102 OR 8-72T 8-4T OR *U = N102 OR 114AT OR *D			1-3T 1-71AT 1-71BT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 103BT 112BT (63T OR 4-4T 4-72T 102AT 112BT (63T OR	 63T) 63T)	 60S 60S	18(2)20(2)32(2) 16(2) 2-4(3M) 2-4(3C) 8-4(3M) 8-4(3C) 4-4(3M) 4-4(3C)	%11 %21 84+779	1-3(2M)
CALL ON	1-3(2C)	1-1T:63T	15	4-4(3M) 4-4(3C) 15(2) 16(2)	N101 N111 N103 N112 N106 N104 N102			R#+CO							1-3T	1-71AT	240S	N101 N111 N103 N112 N106 N104 N102		= 4-72T 4-4T OR *U	1-1T	60S	1-3T 1-71AT 1-71BT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 103BT 112BT (63T OR 4-4T 4-72T 102AT 112BT (63T OR	 63T) 63T)	 60S 60S	18(2)20(2)32(2) 16(2) 2-4(3M) 2-4(3C) 8-4(3M) 8-4(3C) 4-4(3M) 4-4(3C)	%11 %21 84+779	1-3(2C)
HOME	1-3(3M)	1-1T:62T	17	8-4(2M) 18(2)	R101 N103 N113 N114 [<N106 N102> OR <R106 N104 N102 N112 AFTER 17(2)R> %L OR <R106 R104 N112 AFTER 17(1)R> %L]			Y+JI(POS4)	17 AT R# OR G	WHEN CLEARED	1-3T	1-71AT	120S		1-3T	1-71AT	240S	R101 N103 N113 N114 [<N106 N102> OR <R106 N104 N102 N112 AFTER 17(2)R OR <R106 R104 N112 AFTER 17(1)R>]		1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 101BT 62T 114AT 102BT (N106 OR 112BT 102AT (N104 OR 104BT)) = 8-72T 8-4T OR *U = N106 OR 4-72T 4-4T OR *U = N106 OR N104 2-72T 2-4T OR *U = 3-71BT 3-71AT 3-3T OR *D = 103BT OR *U	1-1T	60S	1-3T 1-71AT 1-71BT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 101BT (62T OR 8-4T 8-72T 102BT 114AT (62T OR =[(3-1T OR	 62T) 62T) 3-1T)	 60S 60S 60S	16(2) 32(2) 20(2) 18(2) 2-4(2M) %NPR 4-4(2M) %NPR 8-4(2M) %NPR 89]$	%10 %1 %21 84+779	1-3(3M)
CALL ON	1-3(3C)	1-1T:62T	17	8-4(2M) 17(3) 18(2)	R101 N103 N113 N114 N106 N102			R#+CO							1-3T	1-71AT	240S	R101 N103 N113 N114 N106 N102		= 8-72T 8-4T OR *U = 3-71BT 3-71AT 3-3T OR *D = 103BT OR *U	1-1T	60S	1-3T 1-71AT 1-71BT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 101BT (62T OR 8-4T 8-72T 102BT 114AT (62T OR =[(3-1T OR	 62T) 62T) 3-1T)	 60S 60S 60S	16(2) 32(2) 20(2) 18(2) 2-4(2M) %NPR 4-4(2M) %NPR 8-4(2M) %NPR 89]$	%10 %1 %21 84+779	1-3(3C)
HOME	1-3(4M)	1-1T:61T	19	8-4(1M) 20(2)	R101 N103 R113 R114 [<N106 N102> OR <R106 N104 N102 N112 AFTER 19(2)R> %L OR <R106 R104 N112 AFTER 19(1)R> %L]			Y+JI(POS4)	19 AT R#	WHEN CLEARED	1-3T	1-71AT	120S		1-3T	1-71AT	240S	R101 N103 R113 R114 [<N106 N102> OR <R106 N104 N102 N112 AFTER 19(2)R> OR <R106 R104 N112 AFTER 19(1)R>]		1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 101BT 61T 114AT 102BT (N106 OR 112BT 102AT (N104 OR 104BT)) = 8-72T 8-4T OR *U = N106 OR 4-72T 4-4T OR *U = N106 OR N104 2-72T 2-4T OR *U = 3-71BT 3-71AT 3-3T OR *D = 103BT OR *U	1-1T	60S	1-3T 1-71AT 1-71BT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 1-3T 1-71AT 1-71BT 101AT 101BT (61T OR 8-4T 8-72T 102BT 114AT (61T OR =[(3-1T OR	 61T) 61T) 3-1T)	 60S 60S 60S	16(2) 32(2) 18(2) 20(2) 2-4(1M) %NPR 4-4(1M) %NPR 8-4(1M) %NPR 89]$	%9 %1 %21 84+779	1-3(4M)

การกำหนดเงื่อนไขของ Control Table

1.ROUTE NO คือ จะแสดงถึงเส้นทางที่จะใช้ในการเตรียมทางซึ่งจะต้องเป็นตัวบอกถึงสัญญาณที่เป็นจุดกำเนิดของเส้นทางนั้น ๆ

2.TO คือ จะแสดงถึงปลายทางเนื่องจากการเตรียมทางจาก Rout No. นั้น

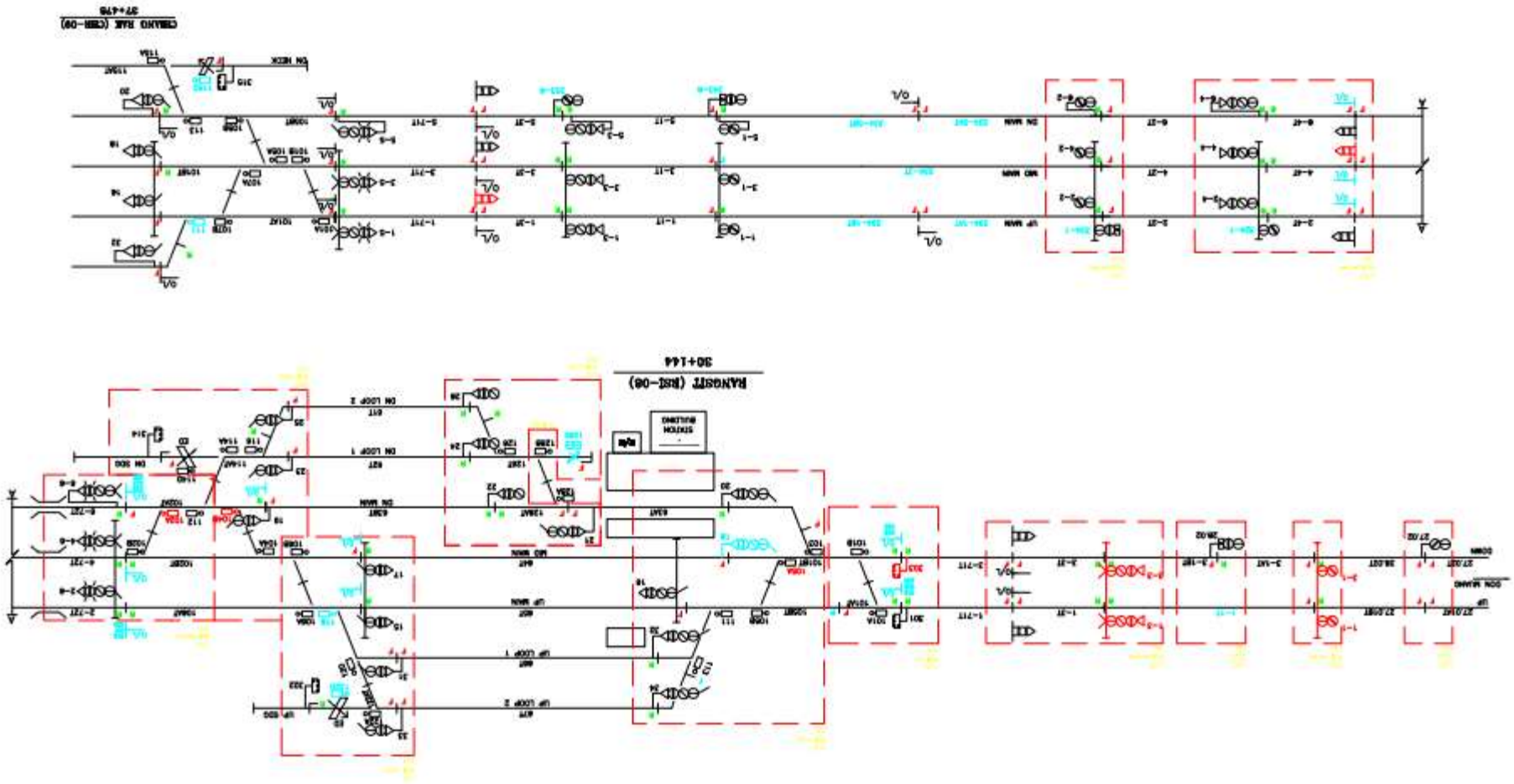
3. LOCKING คือ จะแสดงถึงเงื่อนไขหลักของการบังคับสัมพันธ์สัญญาณ ที่ใช้ในการเตรียมทาง

4. CONTROL คือ จะแสดงถึงเงื่อนไขการควบคุมการล็อค และ การคืนทางเพื่อให้สอดคล้องกับ Interlocking ที่กำหนด

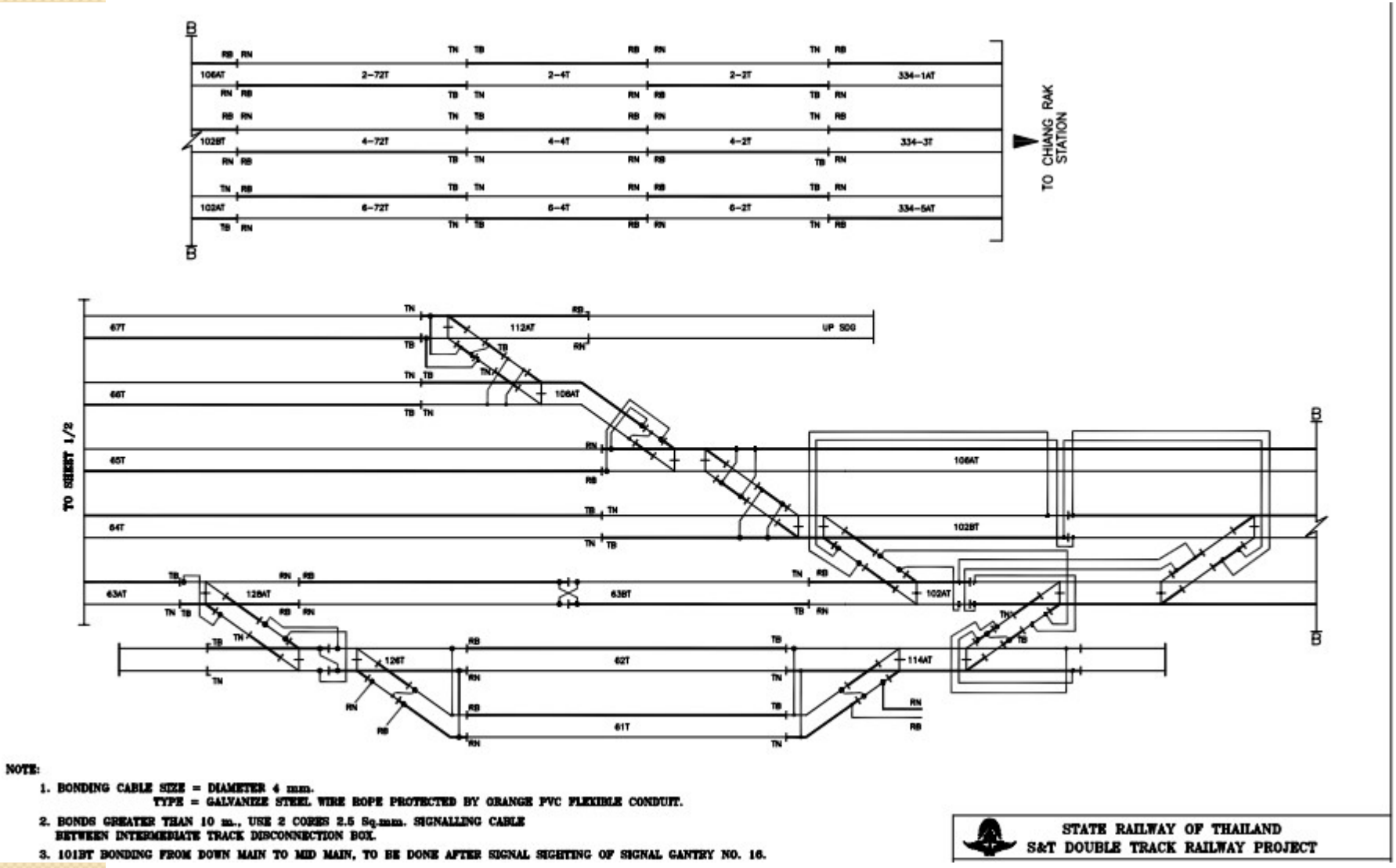
5.Aspect Controls คือ จะแสดงถึงท่าสัญญาณที่จะเกิดขึ้นภายหลังจาก Set Route นั้น ๆ โดยมีคำสั่งที่เกิดขึ้น

6.NOTES คือ เป็นการแสดงหมายเหตุ หรือข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับการเตรียมทางใดๆ เช่น มีเครื่องกั้นถนนที่ต้องทำงานสัมพันธ์กับสัญญาณใดๆ การทำงานของเครื่องขอ-ให้ทางสะดวก ในตอนระหว่างสถานีรถไฟ

ตัวอย่างการออกแบบสถานี



ตัวอย่างการออกแบบ Dc Track circuit

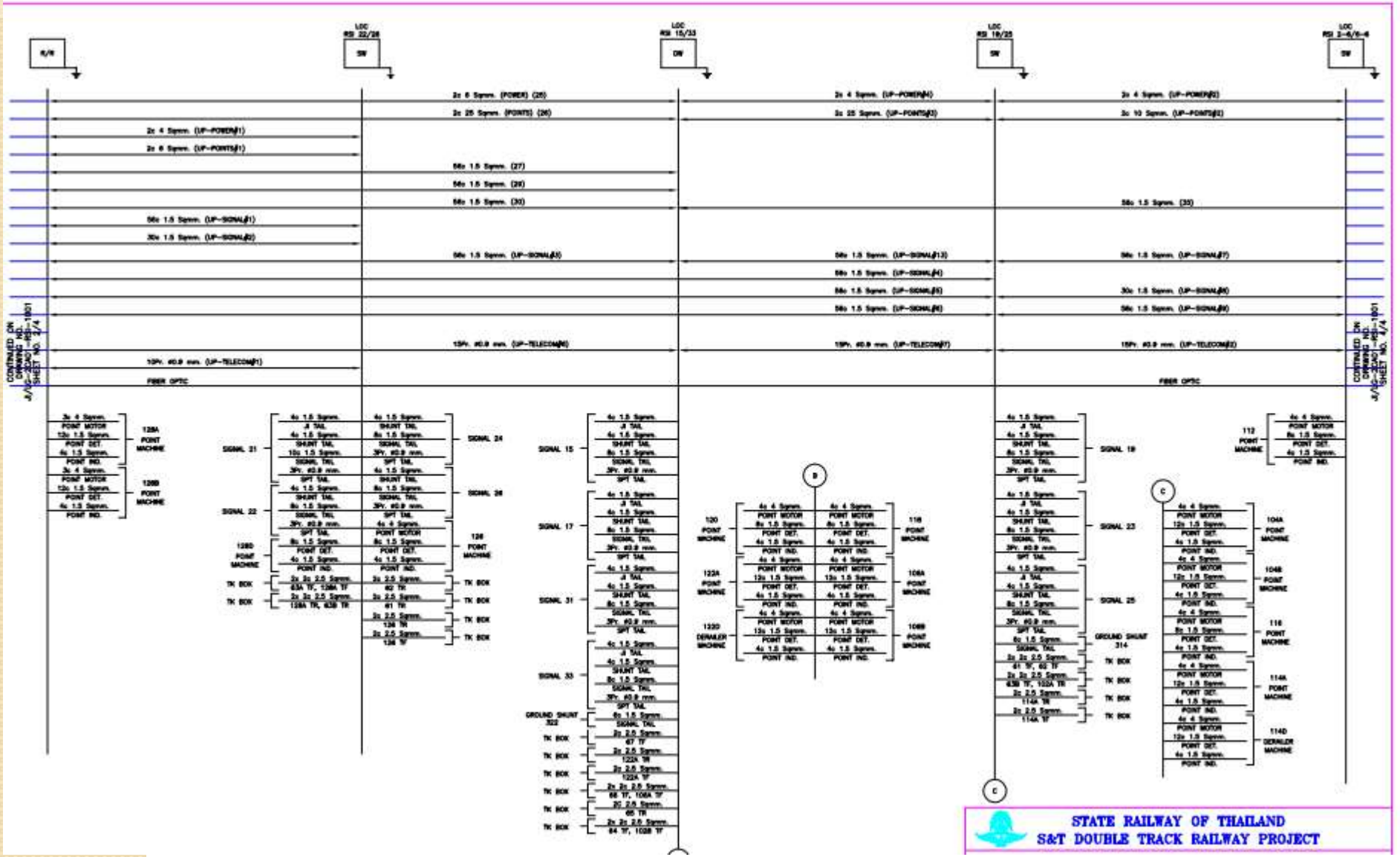


NOTE:

1. BONDING CABLE SIZE = DIAMETER 4 mm.
   TYPE = GALVANIZE STEEL WIRE ROPE PROTECTED BY ORANGE PVC FLEXIBLE CONDUIT.
2. BONDS GREATER THAN 10 m., USE 2 CORES 2.5 Sq.mm. SIGNALLING CABLE BETWEEN INTERMEDIATE TRACK DISCONNECTION BOX.
3. 101BT BONDING FROM DOWN MAIN TO MID MAIN, TO BE DONE AFTER SIGNAL SIGHTING OF SIGNAL GANTRY NO. 16.

STATE RAILWAY OF THAILAND
S&T DOUBLE TRACK RAILWAY PROJECT

ตัวอย่างเคเบิลในย่านสถานี



Q
A

THANK
YOU !