

โครงการวิจัยและพัฒนานารถไฟ บขส.1048 เป็นรถไฟ บขส.ป. ต้นแบบ



สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน)

บรรยาย ณ สภาวิศวกร
5 สิงหาคม 2568

หัวข้อนำเสนอ

01

บทนำ
(introduction)

02

ข้อกำหนดในการใช้งาน
และเกณฑ์ในการออกแบบ
(Operational Requirements and
Design Criteria)

03

หลักการในการออกแบบและ
การคำนวณทางวิศวกรรม
(Design and Engineering
Calculations)

04

แบบทางวิศวกรรม
(Engineering Drawings)

01 บทนำ

Introduction



1.1 ที่มา และความสำคัญโครงการ

สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีระบบราง (องค์การมหาชน) ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการขับเคลื่อนนโยบาย **“คมนาคมเพื่อโอกาสประเทศไทย”** โดยมุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมระบบรางของประเทศให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล เพื่อยกระดับคุณภาพการให้บริการ เพิ่มความสะดวกสบายและปลอดภัยแก่ผู้โดยสาร

ความร่วมมือ



กระทรวงคมนาคม



การรถไฟแห่งประเทศไทย



สทสร. (RTRDA)



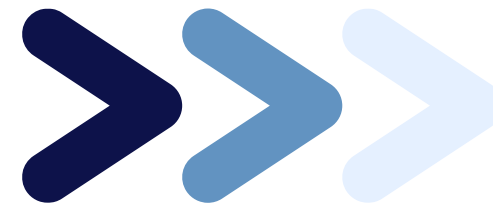
นายสุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ
(รองนายกรัฐมนตรี และ รัฐมนตรีว่าการ
กระทรวงคมนาคม)

1.1 ที่มา และความสำคัญโครงการ



แนวทางการพัฒนา

- ปรับปรุงโครงสร้างและตกแต่งภายใน
- ออกแบบระบบปรับอากาศ
- ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมไทย



AC Train Prototype – 1 คัน

เป้าหมายโครงการ

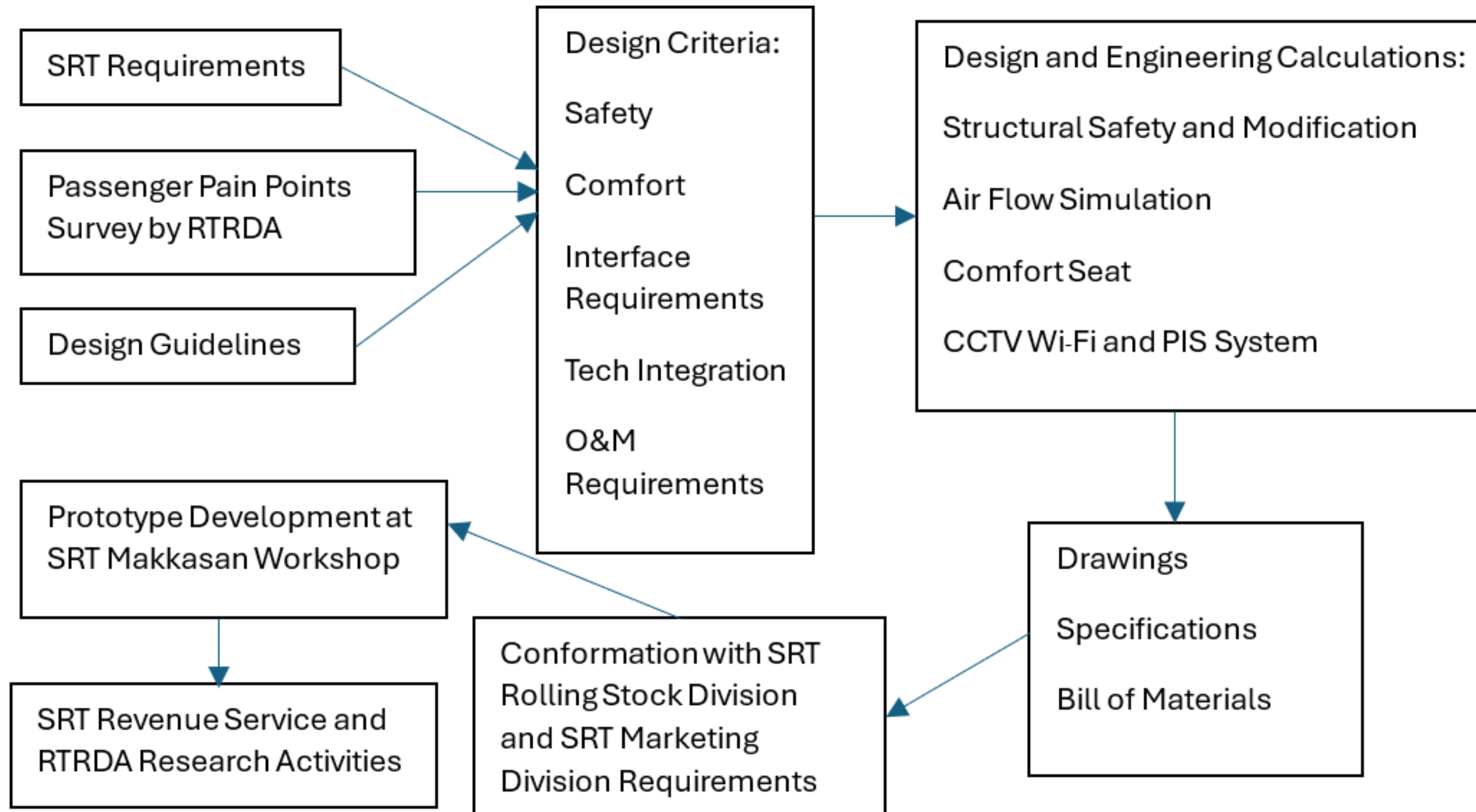
- ยกระดับคุณภาพการเดินทาง
- เพิ่มความสะดวก ปลอดภัย ให้แก่ผู้โดยสาร
- ลดปัญหาความร้อนและกลิ่น



Local contents 84%

1.1 ที่มา และความสำคัญโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนารถไฟ บขส.ป. ต้นแบบของ สทร. ร่วมกับ รฟท.



1.1 ที่มา และความสำคัญโครงการ



การจำแนกประเภทของชิ้นส่วนรถไฟ (Classification)

การดัดแปลงเป็นรถ บขส.ป. ต้นแบบตามแนวทางของมาตรฐาน EN 15380-2 ซึ่งมีการระบุ Main Product Group (MPG) และ Sub Product Group (SPG)

MPG	SPG	
B	A	Vehicle body
	B	Underframe
	C	Side walls
	D	Roof
	E	Head of vehicle
	F	End walls
	G	Weld-on/add-on parts
C	H	Intermediate floor
	J	Partitions
	A	Vehicle fitting out
	B	Window
	C	Floor
	D	Interior panelling
	E	Partitions
D	F	External additions
	G	Vehicle paintwork
	H	Insulation
	A	Interior appointments
	B	Rails, handles (inside)
	C	Seats, sleeping berths, tables
	D	Sanitary facilities
	E	Luggage racks
	F	Additional devices

E	A	Running gear
	B	Supporting structures
	C	Wheelsets
	D	Suspension, damping, balancing gear
	E	Driving systems (active)
	F	Driven systems (passive)
	G	Safety add-ons
F	A	Power system, drive unit
	B	Power supply
	C	Power generation
	D	Power conversion
	E	Power dissipation
	F	Power storage
G	A	Control apparatus for train operations
	B	Power supply controls
	C	Driving and brake controls
	D	Power generation controls
	E	System data acquisition
	F	Power storage controls
H	A	Auxiliary operating equipment
	B	Converter equipment
	C	Battery device
	D	On-board supply system
	E	Cooling unit for power and drive systems
	F	Emergency power generators

J	A	Monitoring and safety devise
	B	Measuring and protective devices
	C	Indicating, recording, display devices
	D	Safety equipment
	E	Data transmission devices
	F	Communication equipment
	G	Miscellaneous equipment
K	A	Lighting
	B	Exterior lighting equipment
	C	Interior lighting equipment
L	A	Air conditioning
	B	Intake/evacuation of air
	C	Treatment
	D	Distribution
	E	Regulation
M	A	Ancillary operating equipment
	B	Sanding equipment
	C	Lubricating equipment
	D	Points operating equipment
	E	Ticket machines
	F	Passenger counting device
N	A	Doors, entrances
	B	External doors
	C	Internal doors
	D	Entrances, steps (not inside)
	E	Entrances for the disabled

P	A	Information facilities
	B	Visual information facilities
	C	Visual information elements
	D	Entertainment
	E	Advertizing
	F	Audible information facilities
Q	A	Pneumatic/hydraulic equipment
	B	Generation
	C	Treatment
	D	Storage
	E	Distribution
R	A	Brake
	B	Brake components
	C	Mechanical brake force transmission
S	A	Vehicle linkage devices
	B	Automatic coupling devices
	C	Manual coupling devices
	D	Buffing gear
	E	Towing gear (emergency couplings)
	F	Gangways/gangway facilities
	G	Vehicle-vehicle interface for media, signals, power
T	A	Carrier systems, enclosures
	B	Cabinets, boxes, containers
	C	Frames, boards
	D	Control and display units
	E	Electronic rack systems
U	A	Electrical wiring
	B	Cables, conductors and bars
	C	Marking and connection material
	D	Connecting material
	E	Bushings
	F	Cable ducts, pipes and flexible tubes

02 ข้อกำหนดในการใช้งาน และเกณฑ์ในการออกแบบ

Operational Requirements and
Design Criteria



2.1 ข้อกำหนดการปรับปรุงรถไฟต้นแบบ ของผู้ให้บริการ รฟท.

ข้อกำหนดของผู้ให้บริการ (รฟท.)



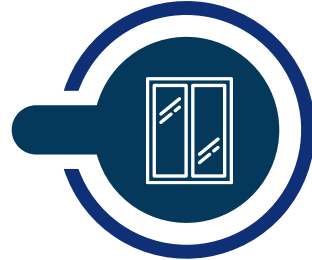
01 ม่านหน้าต่าง

ข้อกังวลเกี่ยวกับปริมาณบานปลายจากการติดตั้งม่านม้วน



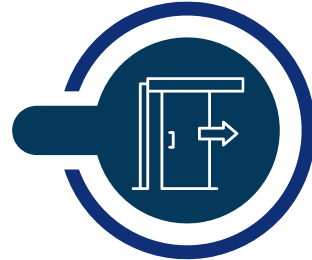
02 กระจกหน้าต่าง

ใช้หน้าต่างกระจกแบบเปิดด้านบนเพื่อการระบายอากาศ



03 ประตู

ประตูบานเลื่อน



04 ห้องน้ำ

เป็นระบบปิด (Closed system toilet) และวัสดุสแตนเลสสำหรับสุขภัณฑ์



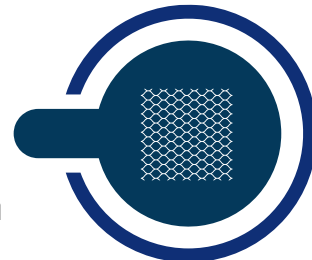
05 เก้าอี้/ที่นั่ง

จัดเตรียมที่นั่งจำนวน 76 ที่นั่ง และถอดอ่างล้างหน้าออก เปลี่ยนเป็นชั้นวางสัมภาระ ออกแบบให้นั่งสบายและทันสมัย



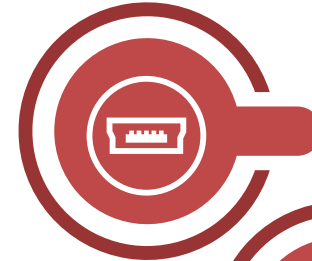
06 ที่วางแก้ว

เปลี่ยนที่วางแก้วเป็นช่องตาข่ายใส่ของ



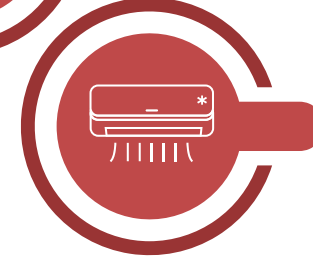
การติดตั้งพอร์ตชาร์จ์ USB 07

เป็นช่องเสียบแบบ USB A และ USB C คู่กันจำนวนสองคู่



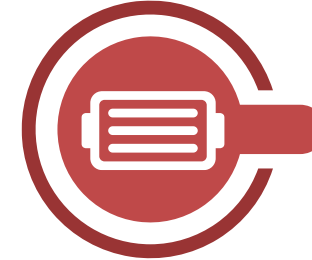
เครื่องปรับอากาศ 08

ติดตั้ง AU-13 จำนวน 5 เครื่อง ตามมาตรฐานโครงสร้าง EN 12663-1



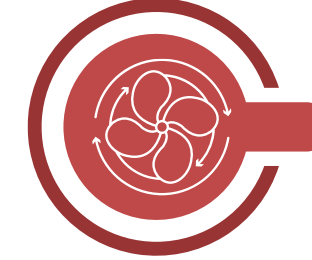
กระจกหน้าต่างระบายอากาศ 09

รฟท. ไม่ต้องการให้เปลี่ยน เนื่องจากสามารถถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมได้



พัดลม 10

ติดตั้งพัดลมโคจร



ติดตั้ง CCTV, Wi-Fi และ Passenger Information System (PIS) 11

ติดตั้ง CCTV จำนวน 2 ตัว และ Wi-Fi ช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มความปลอดภัยให้ผู้โดยสาร



ระบบไฟฟ้า 12

ปรับปรุงระบบไฟฟ้า ท่อลมเบรก โครงสร้างรถ และเบรกอะไหล่ตามข้อกำหนด รฟท. เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานรถไฟ



2.2 ผลการสำรวจความต้องการของผู้โดยสารในการใช้งานรถไฟ รฟท. จากแบบสำรวจของ สทสร.



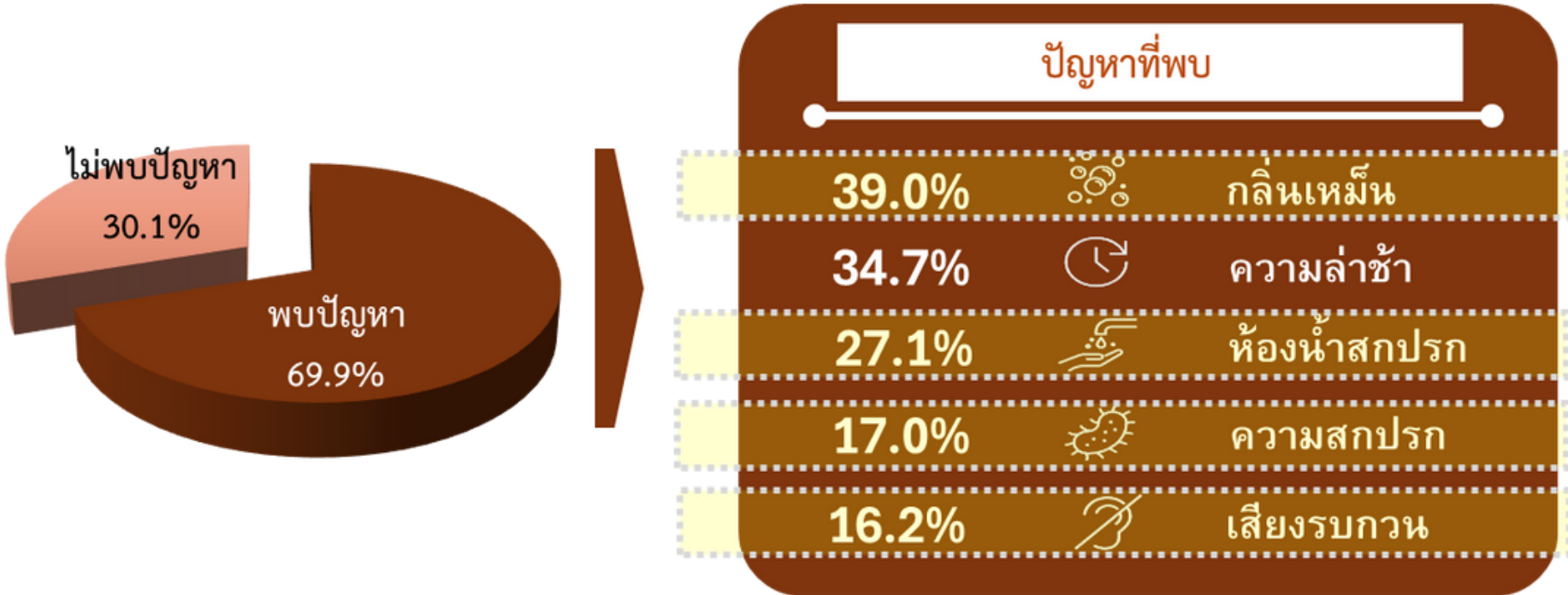
ปัญหาและความคิดเห็นของผู้โดยสารรถไฟทางไกล



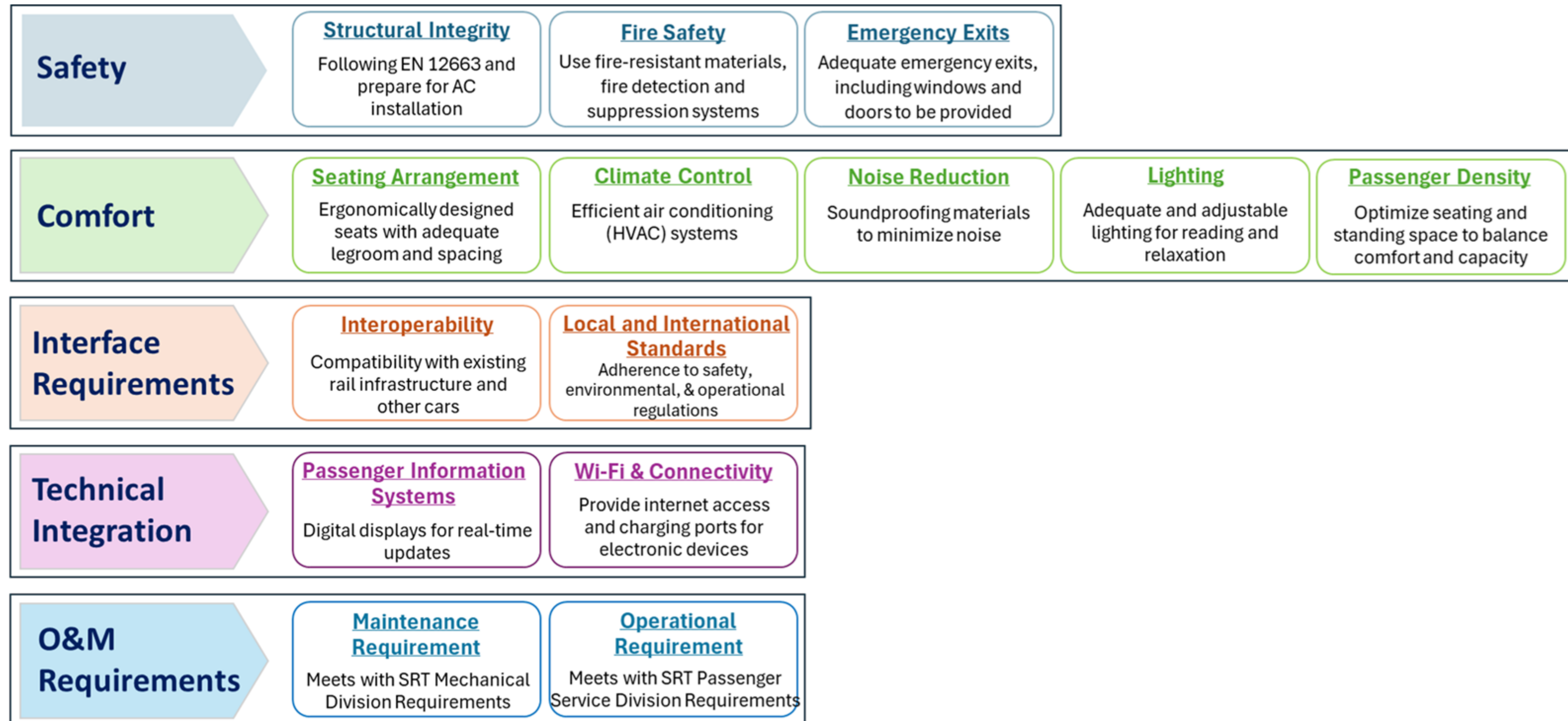
Train Users
4,333 Respondents

	47%		52%	LGBTQ+	1%
AGE	18-22	26%	41-55	19%	
	23-40	29%	56++	26%	
	74% ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี				
	18% พนักงานออกพีด		17% ผู้ใช้แรงงาน		
	17% ค้าขาย		16% นักเรียน นักศึกษา		
	55% อาศัยในเขตเทศบาล				
	74% มีรถยนต์ส่วนตัว				

“ผลการสำรวจความคิดเห็นของผู้โดยสารรถไฟทางไกล”



2.3 เกณฑ์ในการออกแบบ



[อ้างอิง] American Public Transportation Association APTA-CS-S-034-99 Rev.3 (2020), SRT Specification No. SP3-2567

2.4 ตารางแสดงความเชื่อมโยงของเกณฑ์ในการออกแบบ รายการ ออกแบบและคำนวณ แผนผัง ข้อกำหนดเฉพาะ และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

EN 13580			Book 1		Book 2	Book 3	Book 4	Book 5
MPG	SPG	PART	Operational Requirements	Design Criteria	Engineering Calculation	Drawing No.	Specification No.	TOR and BOQ
B	A	Vehicle body						
	D	Roof	Installation of AU13 AC	Safety/Structural Integrity	DEC-B-D-ND-001-rev01	DRW-B-D-ND-001-rev01	SPC-B-D-ND-001-rev01	☒
C	A	Vehicle fitting out						
	B	Window		Safety/Emergency Exit	DEC-C-B-ND-001-rev01	DRW-C-B-ND-001-rev01	SPC-C-B-ND-001-rev01	☒
	C	Floor	Durable and Fire Retardance	Safety/Fire Safety			SPC-C-C-RE-001-rev01	☒
	D	Interior panelling	Durable and Fire Retardance	Safety/Fire Safety			SPC-C-D-ND-001-rev01	☒
	E	Partitions		O&M Requirements		DRW-C-E-ND-001-rev01	SPC-C-E-ND-001-rev01	☒
	G	Vehicle paintwork	Durable	O&M Requirements			SPC-C-G-RE-001-rev01	☒
	H	Insulation		O&M Requirements			SPC-C-H-ND-001-rev01	☒
D	A	Interior appointments						
	C	Seats, sleeping berths, tables		Comfort/Seating Arrangement	DEC-D-C-ND-001-rev01	DRW-D-C-ND-001-rev01	SPC-D-C-ND-001-rev01	☒
	D	Sanitary facilities		O&M Requirements		DRW-D-D-ND-001-rev01	SPC-D-D-ND-001-rev01	☒
	E	Luggage racks		O&M Requirements		DRW-D-E-RE-001-rev01	SPC-D-E-RE-001-rev01	☒
	F	Additional devices	Convenient	O&M Requirements	DEC-D-F-ND-001-rev01	DRW-D-F-ND-001-rev01	SPC-D-F-ND-001-rev01	☒
H	A	Auxiliary operating equipment						
	C	Battery device	Off Service Lighting				SPC-H-C-ND-001-rev01	☒
J	A	Monitoring and safety devise						
	F	Communication equipment	Connectivity	Technical Integration/ WiFi & Connectivity		DRW-J-F-ND-001-rev01	SPC-J-F-ND-001-rev01	☒
	G	Miscellaneous equipment	Safety	Technical Integration/ Passenger Information		DRW-J-G-ND-001-rev01	SPC-J-G-ND-001-rev01	☒
	A	Lighting						
K	B	Exterior lighting equipment	Exterior Light				SPC-K-A-RE-001-rev01	☒
	C	Interior lighting equipment		Comfort/Lighting		DRW-K-C-ND-001-rev01	SPC-K-C-ND-001-rev01	☒
L	A	Air conditioning		Comfort/Climate Control	DEC-L-A-ND-001-rev01	DRW-L-A-ND-001-rev01	SPC-L-A-ND-001-rev01	☒
N	A	Doors, entrances						
	B	External doors						
	C	Internal doors						☒
	D	Entrances, steps (not inside)				DRW-N-D-ND-001-rev01	SPC-N-D-ND-001-rev01	☒
P	A	Information facilities						
	B	Visual information facilities	Passenger Information	Technical Integration/ Passenger Information		DRW-P-B-ND-001-rev01	SPC-P-B-ND-001-rev01	☒
R	A	Brake						
	B	Brake components	Safety			SRT: BW47, EN3A87540,EN3A8	SPC-R-B-RE-001-rev01	☒
S	A	Vehicle linkage devices						
	F	Gangways/gangway facilities	Safety					☒
U	A	Electrical wiring						
	B	Cables, conductors and bars	Safety	O&M Requirements		SRT:P8-2607	SPC-U-B-ND-001-rev01	☒
	D	Connecting material	Safety	O&M Requirements		SRT:P8-2608,P8-2609,P8-2611	SPC-U-D-ND-001-rev01	☒

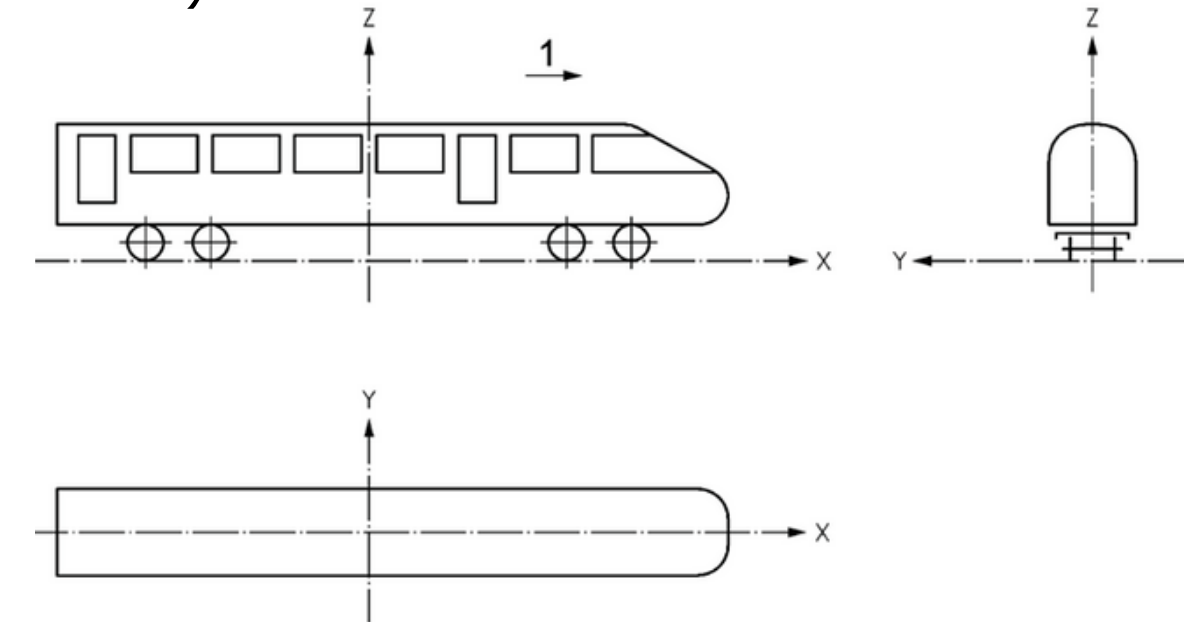
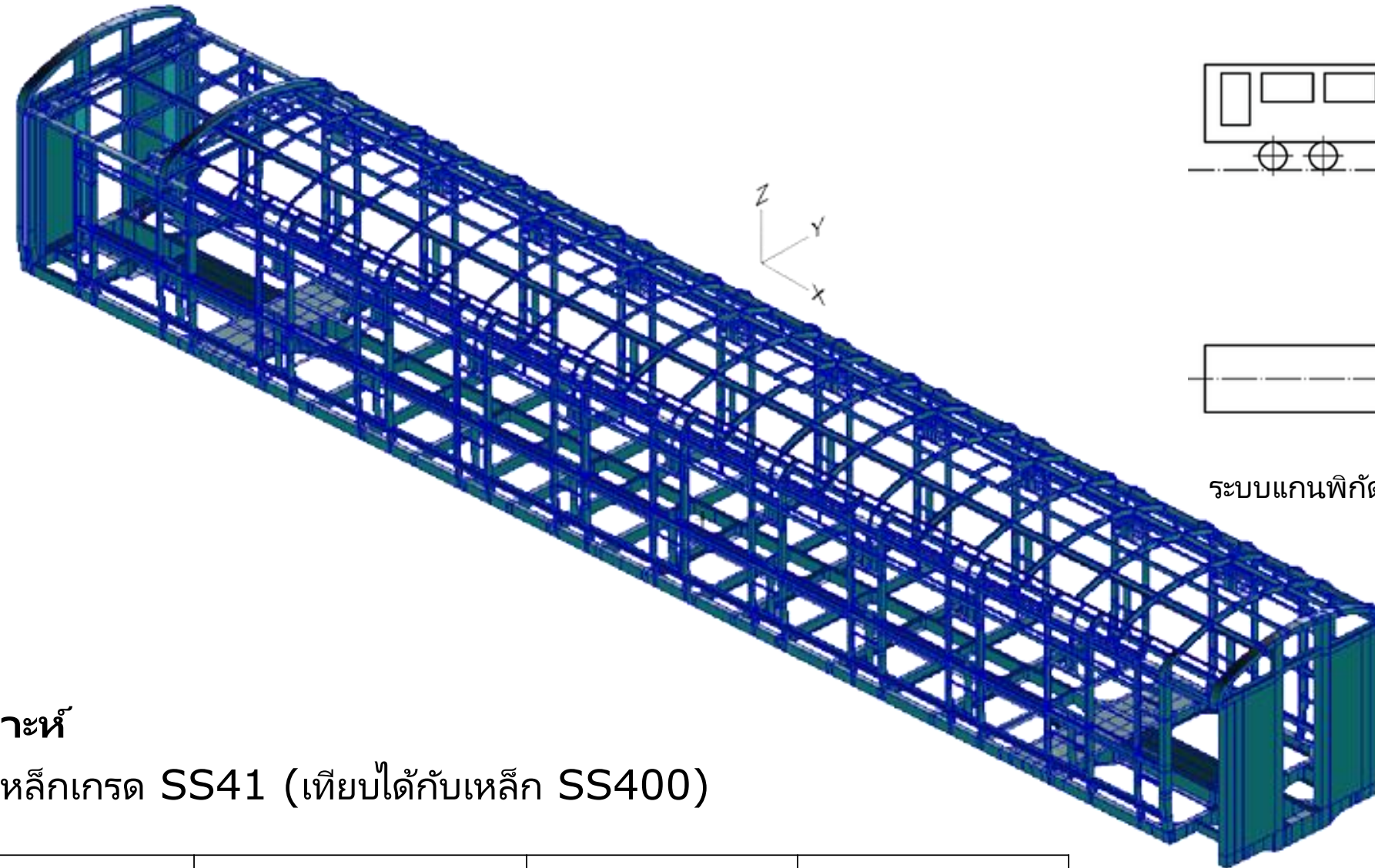
03 หลักการในการออกแบบ และการคำนวณทางวิศวกรรม

Design and Engineering Calculations



3. 1 รายการออกแบบ/คำนวณหลังคา

การวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างของตู้รถไฟ บขส. ที่ดัดแปลงเป็น บขส.ป. เพื่อรองรับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ AU13 จำนวน 5 ชุด บนหลังคา ดำเนินการโดย ประเมินทั้งแบบ Static 7 กรณี และแบบ Dynamic 1 กรณี เพื่อพิสูจน์ว่าโครงสร้างสามารถรับน้ำหนักและแรงกระทำต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน EN 12663-1:2010 โดยใช้ FEM ด้วย MSC PATRAN ดำเนินการวิเคราะห์โดย ศูนย์วิศวกรรมระบบราง (KURAIL) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ระบบแกนพิกัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ (EN 12663-1:2010+A2:2003)

คุณสมบัติวัสดุที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์

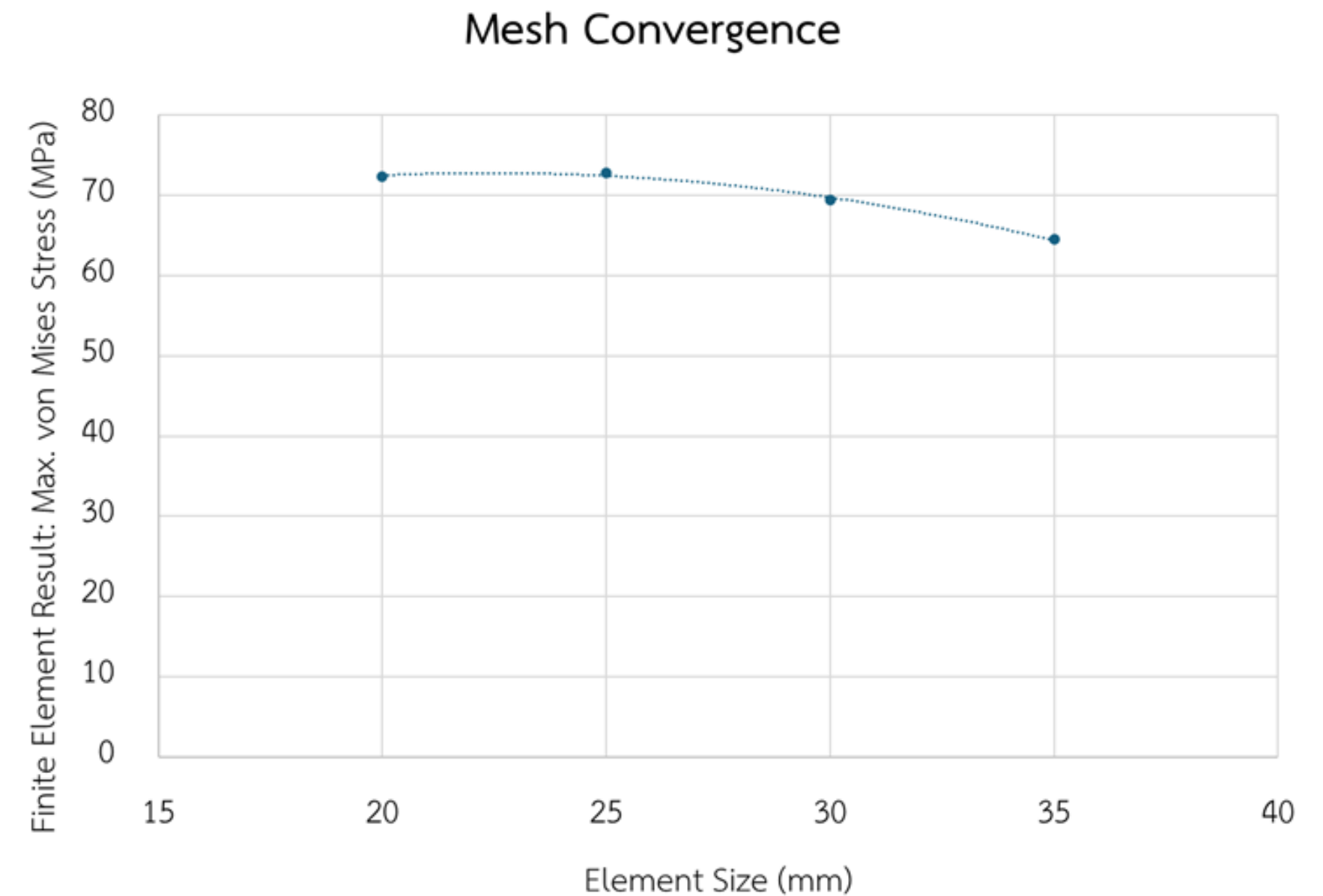
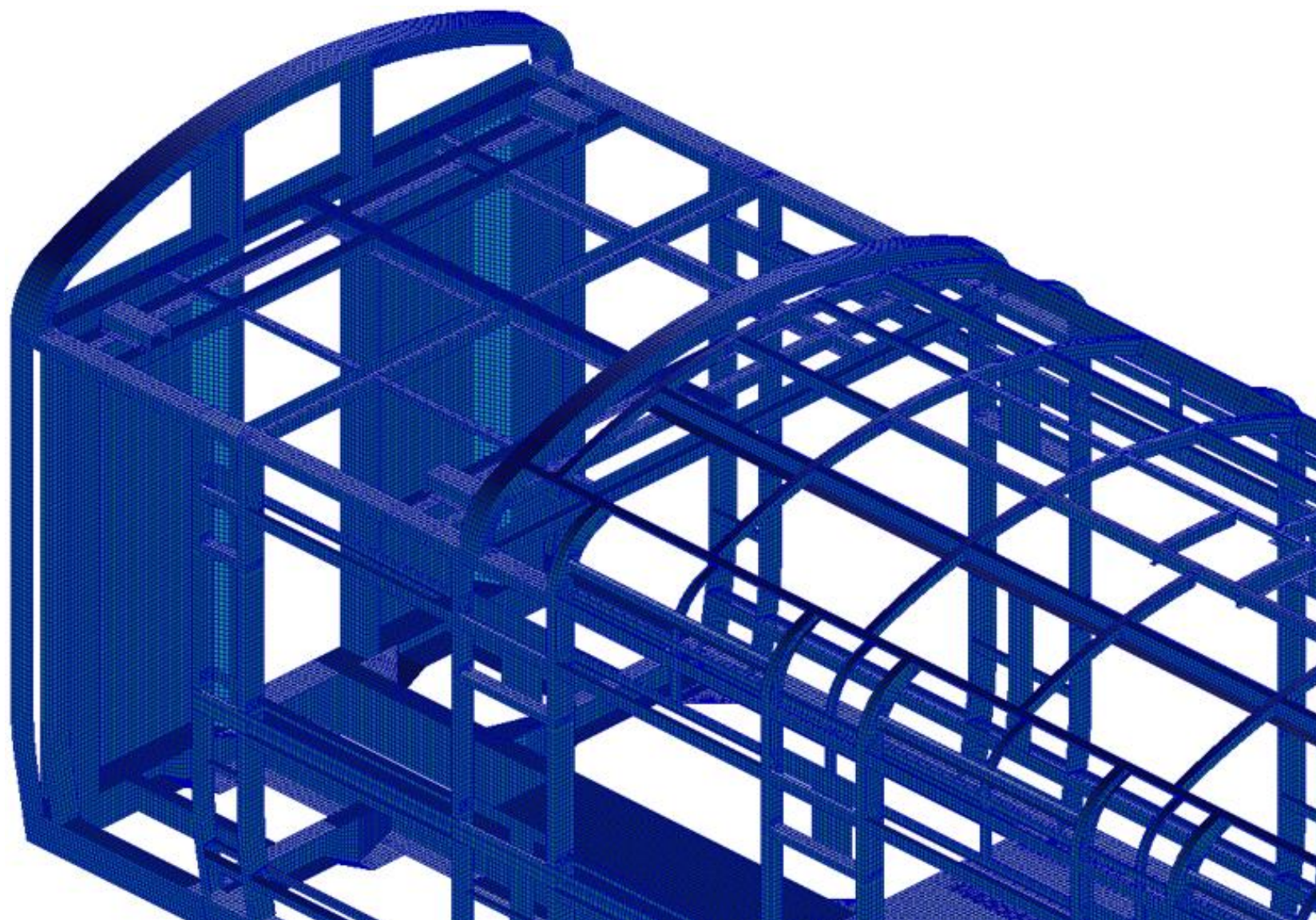
กำหนดให้โครงสร้างตู้รถไฟทำจากเหล็กเกรด SS41 (เทียบได้กับเหล็ก SS400)

Steel Grade	Elastic Modulus (GPa)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Poisson's Ratio	Density (kg/m ³)
SS41	200	≥ 245 (245)	400–510 (400)	0.27 - 0.3 (0.3)	7850

3. 1 รายการออกแบบ/คำนวณหลังคา

การเมชชิ้นงาน

จากกราฟเห็นว่าผลการวิเคราะห์ (ค่า max. von Mises stress) ที่ได้จากเมชที่ใช้ขนาดเอลิเมนต์เท่ากับ 25 มม. กับ 20 มม. ให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์นี้จะใช้เมชที่สร้างโดยการกำหนดให้ขนาดเอลิเมนต์เท่ากับ 25 มม.



3. 1 รายการออกแบบ/คำนวณหลังคา

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างแบบสถิตยศาสตร์ภายใต้โหลดจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างแบบสถิต (static) ภายใต้โหลดจากมวลของเครื่องปรับอากาศ โดยมี Load/Boundary Condition ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน EN 12663-1:2010 ดังนี้

Direction	x	y	z
Acceleration	±5g	±1g	-(1 ± c) x g

โดย g คือค่าความเร่งคงที่ในแนวตั้งสู่พื้นโลก และ c มีค่าเท่ากับ 2 จากห้ายขบวนและลดหลั่นแบบเชิงเส้นมาที่ 0.5 ที่กลางขบวน

สมการการพิสูจน์ความแข็งแรงของโครงสร้างภายใต้เงื่อนไขข้างต้นให้เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน EN 12663-1:2010+A2:2003

$$U = \frac{\sigma_c S_1}{R} \leq 1$$

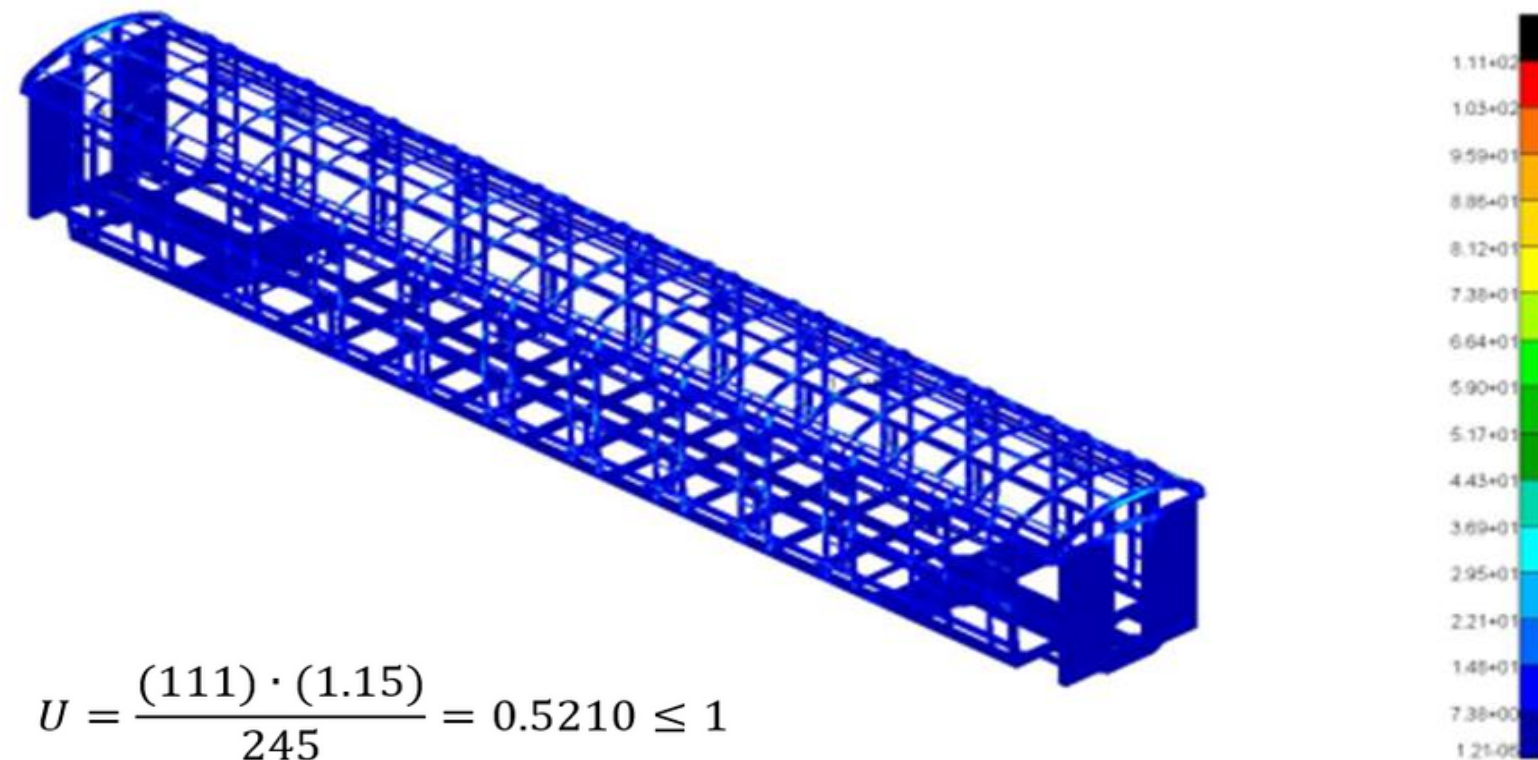
โดย U คือค่า utilization ,S1 คือ ค่าความปลอดภัย ตามมาตรฐานกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1.15, R คือ ค่า yield ของวัสดุ และ σ_c คือ ค่าความเค้นสูงสุด (Stress) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์อีเลเมนต์

3. 1 รายการออกแบบ/คำนวณหลังคา

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างแบบสถิตยศาสตร์ภายใต้โหลดจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง (ต่อ)

กรณีที่ 1

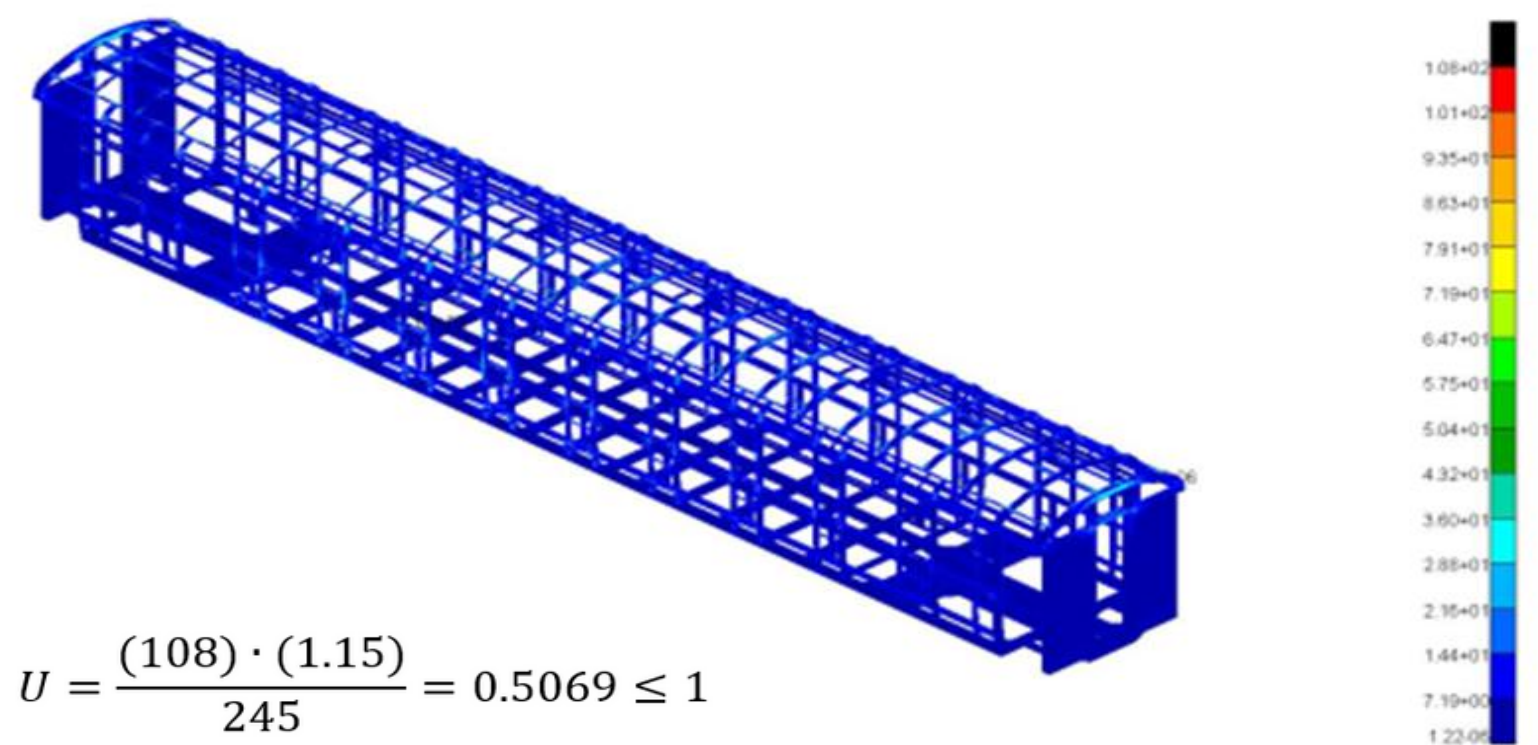
โหลด	ความเร่ง		
	แกน x	แกน y	แกน z
โหลดสถิตในแนวตั้งขณะใช้งาน	-	-	-1.3g
โหลดสถิตจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับโครงสร้างรถไฟ	+5g	-	-1g



$$U = \frac{(111) \cdot (1.15)}{245} = 0.5210 \leq 1$$

กรณีที่ 2

โหลด	ความเร่ง		
	แกน x	แกน y	แกน z
โหลดสถิตในแนวตั้งขณะใช้งาน	-	-	-1.3g
โหลดสถิตจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับโครงสร้างรถไฟ	+5g	-	-1g



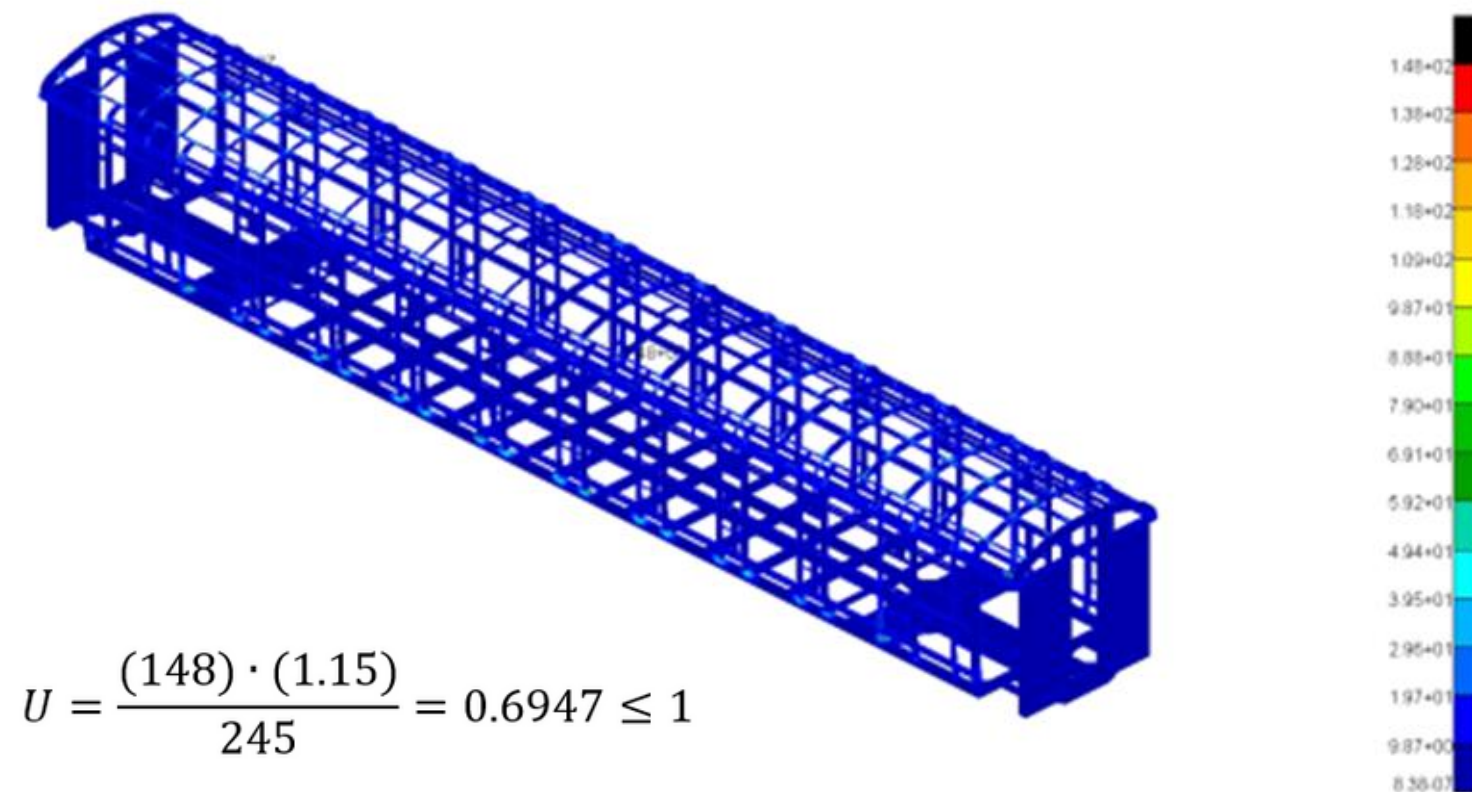
$$U = \frac{(108) \cdot (1.15)}{245} = 0.5069 \leq 1$$

3. 1 รายการออกแบบ/คำนวณหลังคา

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างแบบสถิตยศาสตร์ภายใต้โหลดจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง (ต่อ)

กรณีที่ 3

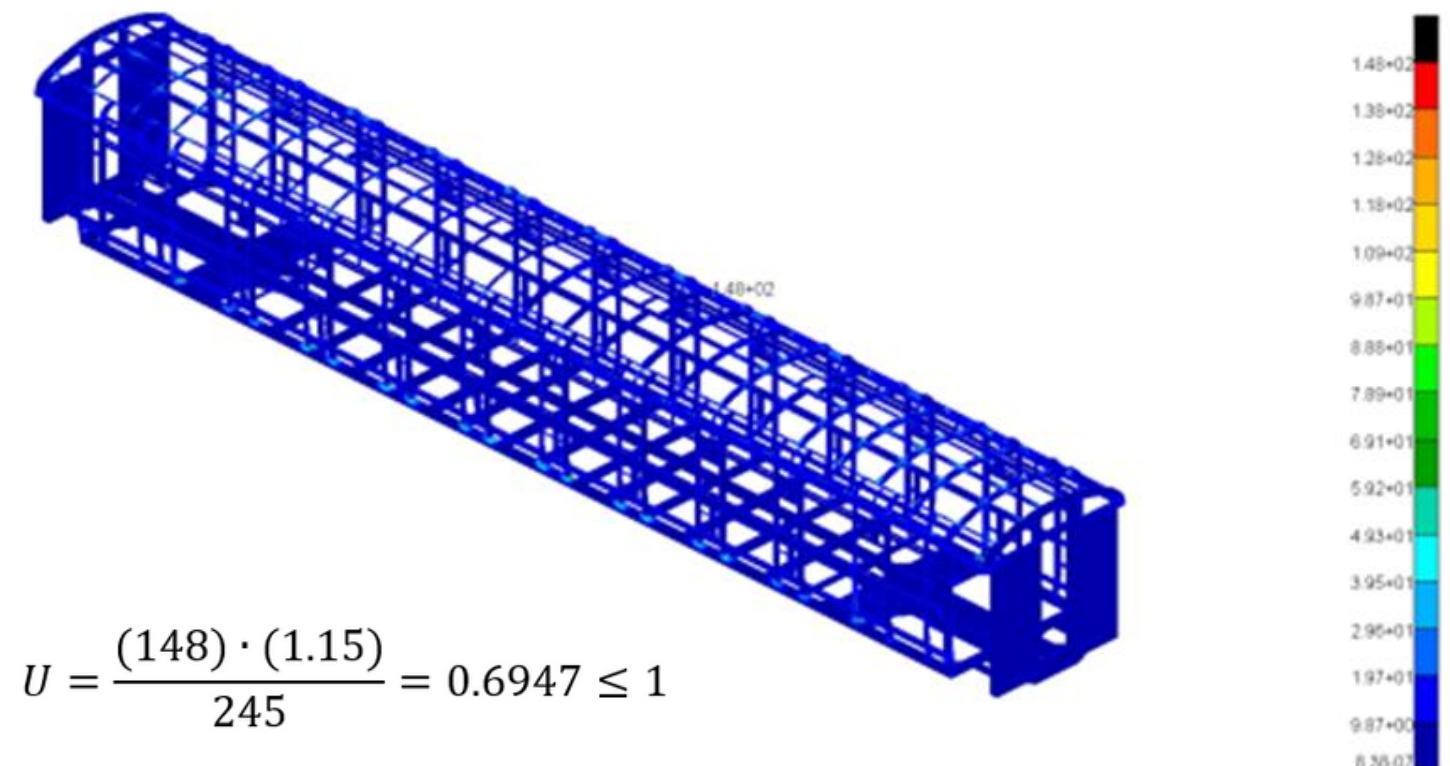
โหลด	ความเร่ง		
	แกน x	แกน y	แกน z
โหลดสถิตในแนวตั้งขณะใช้งาน	-	-	-1.3 g
โหลดสถิตจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับโครงสร้างรถไฟ	-	+1g	-1 g



$$U = \frac{(148) \cdot (1.15)}{245} = 0.6947 \leq 1$$

กรณีที่ 4

โหลด	ความเร่ง		
	แกน x	แกน y	แกน z
โหลดสถิตในแนวตั้งขณะใช้งาน	-	-	-1.3 g
โหลดสถิตจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับโครงสร้างรถไฟ	-	-1g	-1 g



$$U = \frac{(148) \cdot (1.15)}{245} = 0.6947 \leq 1$$

3. 1 รายการออกแบบ/คำนวณหลังคา



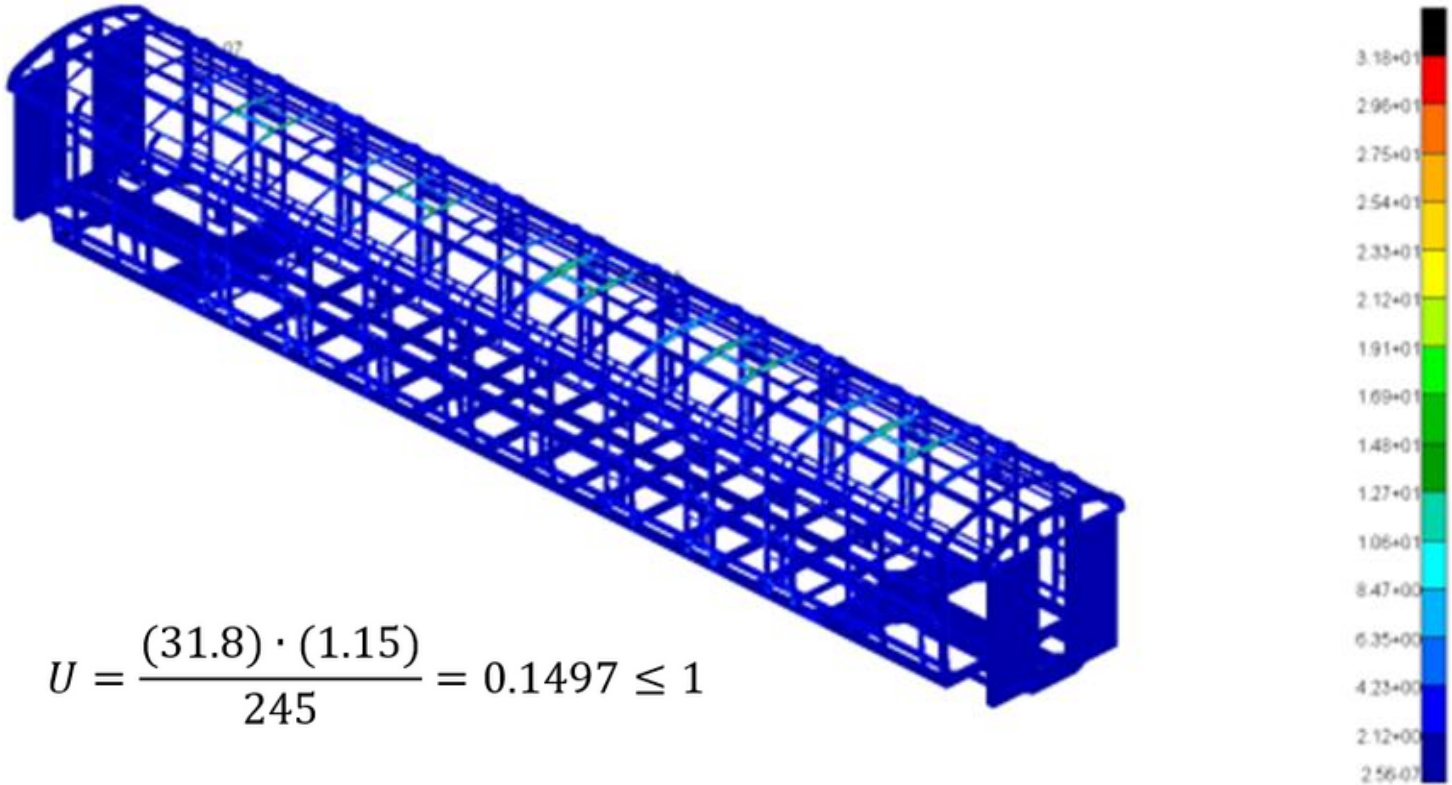
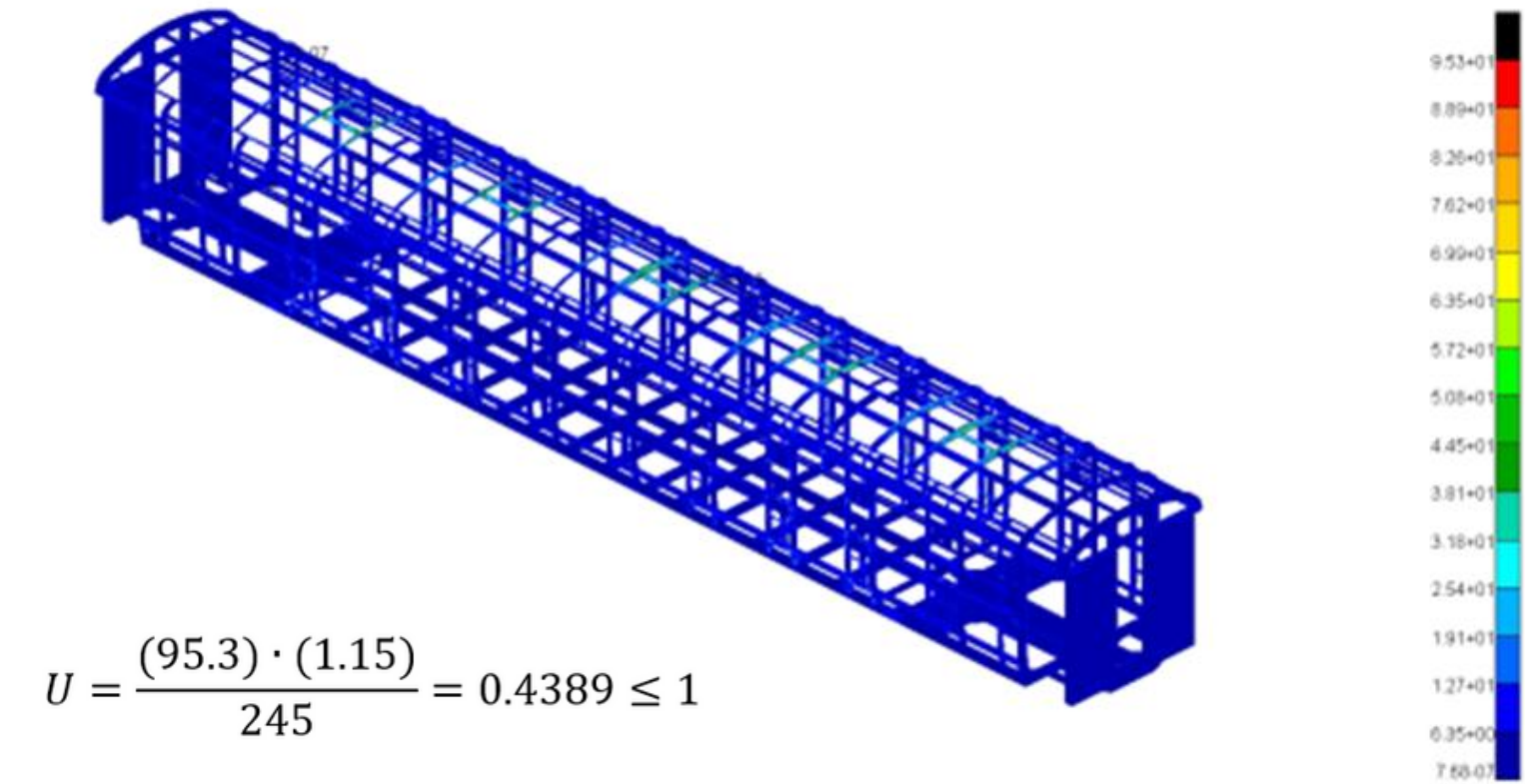
การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างแบบสถิตยศาสตร์ภายใต้โหลดจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง (ต่อ)

กรณีที่ 5

โหลด	ความเร่ง		
	แกน x	แกน y	แกน z
โหลดสถิตในแนวตั้งขณะใช้งาน	-	-	-1.3g
โหลดสถิตจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับโครงสร้างรถไฟ	-	-	-3g

กรณีที่ 6

โหลด	ความเร่ง		
	แกน x	แกน y	แกน z
โหลดสถิตในแนวตั้งขณะใช้งาน	-	-	-1.3g
โหลดสถิตจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับโครงสร้างรถไฟ	-	-	+1g



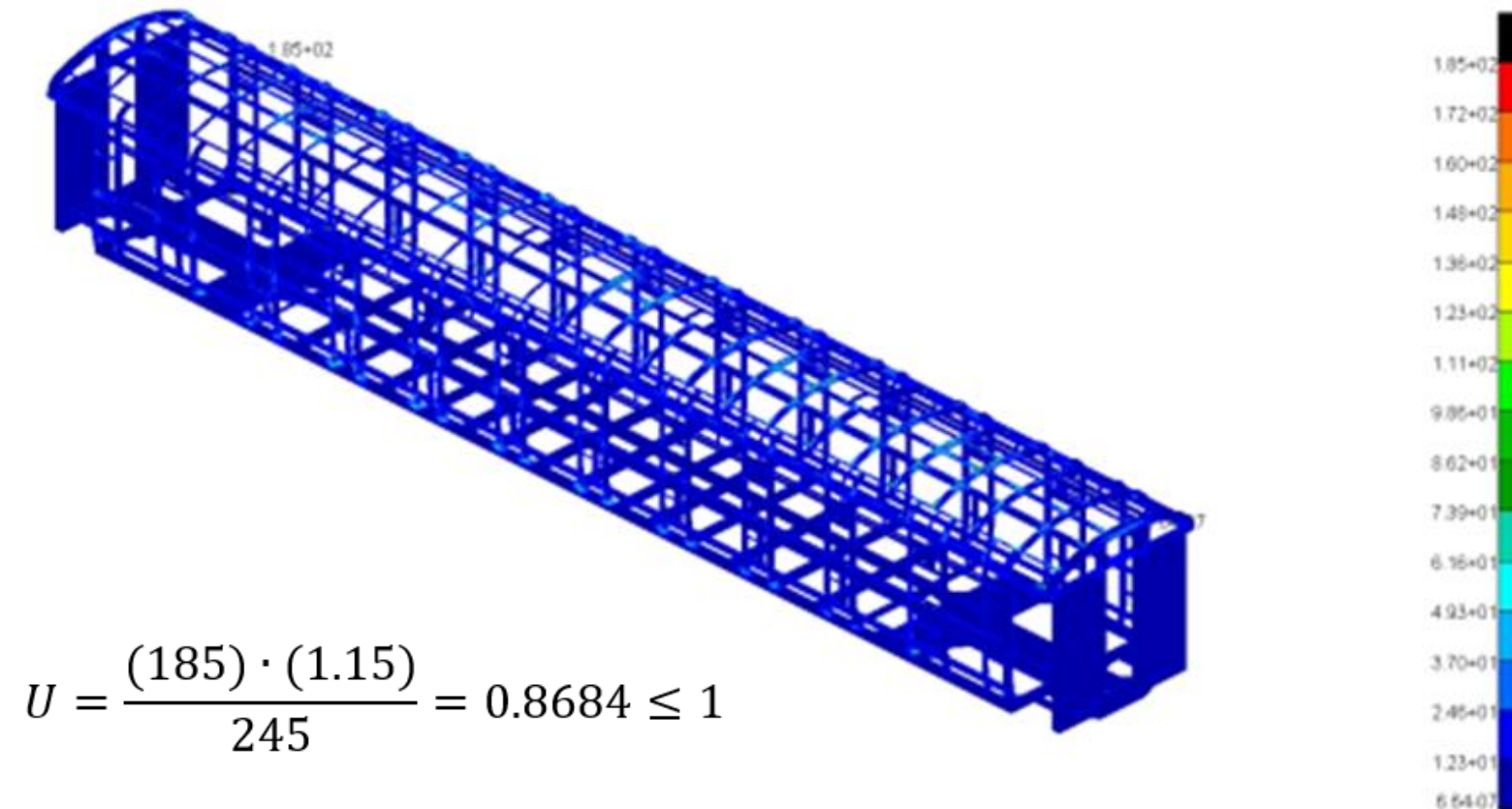
3. 1 รายการออกแบบ/คำนวณหลังคา

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างแบบสถิตยศาสตร์ภายใต้โหลดจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง (ต่อ)

ตารางสรุปผลการทดลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ทั้ง 7 กรณี

กรณีที่ 7

โหลด	ความเร่ง		
	แกน x	แกน y	แกน z
โหลดสถิตในแนวตั้งขณะใช้งาน	-	-	-1.3g
โหลดสถิตจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับโครงสร้างรถไฟ	+5g	+1g	-3g



$$U = \frac{(185) \cdot (1.15)}{245} = 0.8684 \leq 1$$

Case 1	+5g acceleration in x-direction -1g acceleration in z-direction	$U = \frac{(111) \cdot (1.15)}{245} = 0.5210 \leq 1$
Case 2	-5g acceleration in x-direction -1g acceleration in z-direction	$U = \frac{(108) \cdot (1.15)}{245} = 0.5069 \leq 1$
Case 3	+1g acceleration in y-direction -1g acceleration in z-direction	$U = \frac{(148) \cdot (1.15)}{245} = 0.6947 \leq 1$
Case 4	-1g acceleration in y-direction -1g acceleration in z-direction	$U = \frac{(148) \cdot (1.15)}{245} = 0.6947 \leq 1$
Case 5	(1 + c)*g acceleration in z-direction (c = 2 กรณีอุปกรณ์ติดตั้งตรงตำแหน่งท้ายตู้รถไฟ)	$U = \frac{(95.3) \cdot (1.15)}{245} = 0.4473 \leq 1$
Case 6	(1 - c)*g acceleration in z-direction (c = 2 กรณีอุปกรณ์ติดตั้งตรงตำแหน่งท้ายตู้รถไฟ)	$U = \frac{(31.8) \cdot (1.15)}{245} = 0.1497 \leq 1$
Case 7	Combined Loads: (±5g acceleration in x-direction, +1g acceleration in y-direction, and +3g acceleration in z-direction)	$U = \frac{(185) \cdot (1.15)}{245} = 0.8684 \leq 1$

จากการคำนวณทั้ง 7 กรณี ตามแนวทางของมาตรฐาน EN 12663-1:2010 พบว่า ผลการคำนวณมีค่าน้อยกว่า 1 ทุกกรณี ทำให้สามารถสรุปได้ว่า โครงสร้างที่ปรับปรุงมีความแข็งแรงเพียงพอ ปลอดภัย และเหมาะสมต่อการใช้งานภายใต้เงื่อนไขการปฏิบัติงานจริง

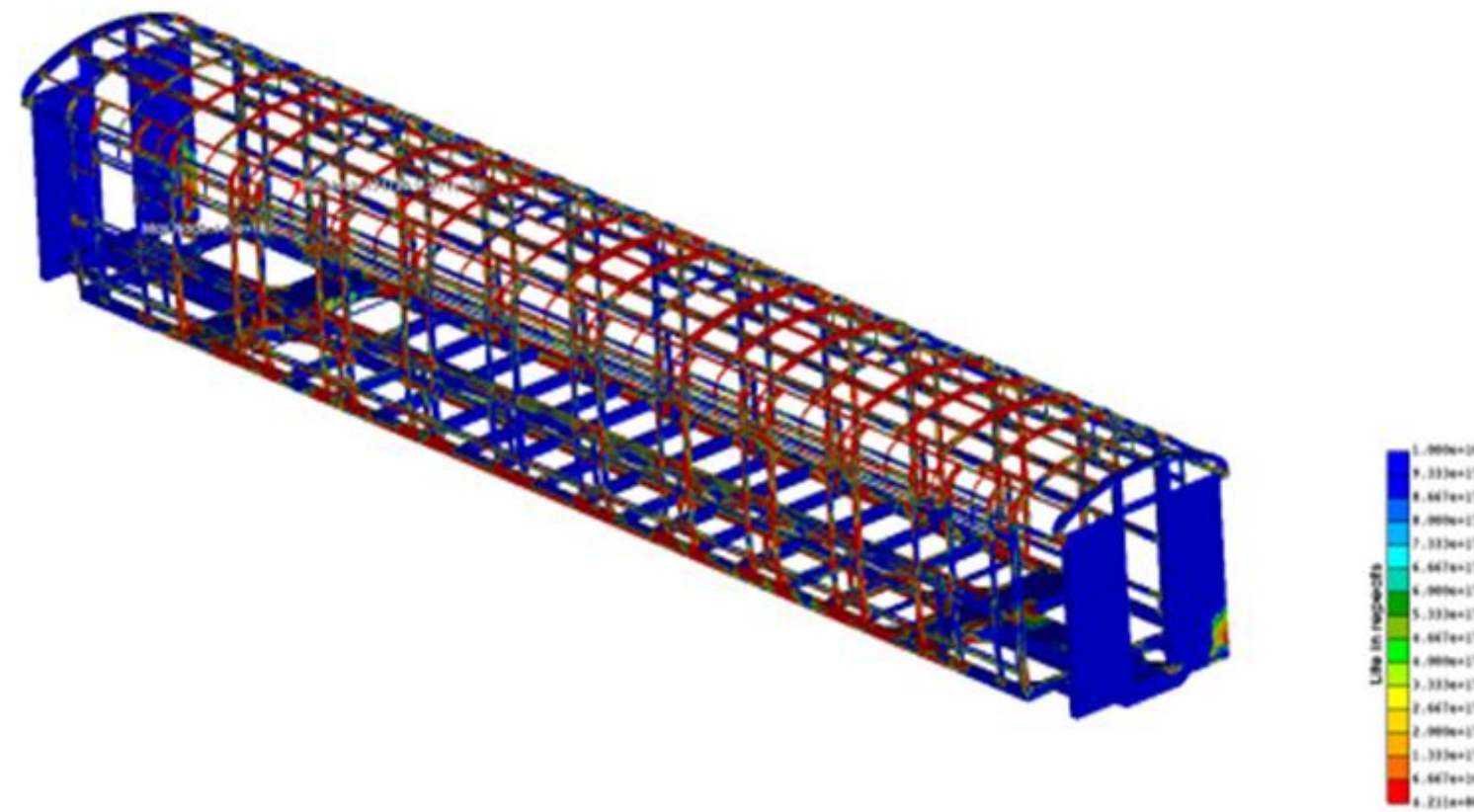
3. 1 รายการออกแบบ/คำนวณหลังคา

การวิเคราะห์ความล้าของโครงสร้างภายใต้โหลดพลวัตจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

การวิเคราะห์แบบพลวัต (Dynamic) ภายใต้โหลดจากมวลของเครื่องปรับอากาศ โดยมี Load/Boundary Condition ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน EN 12663-1:2010 ดังนี้

Direction	x (traction and braking)	y (lateral acceleration)	z (vertical acceleration)
Acceleration	$\pm 0.15g$	$\pm 0.15g$	$-(1 \pm 0.15g)$

ซึ่งใช้วิธีการ Endurance Limit โดยกำหนดว่าอายุความล้า (Fatigue Life) ของโครงสร้างภายใต้โหลดพลวัตต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 10,000,000 cycles โดย 1 cycle คือการเปลี่ยนแปลงความเค้นจากค่าสูงสุดไปต่ำสุดและกลับมาสูงสุดเป็นจำนวนหนึ่งวงจร



ผลการวิเคราะห์อายุความล้าด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่าโครงสร้างมีอายุความล้ามากกว่า 4.211×10^8 cycles

3.2 รายการออกแบบ/คำนวณ หน้าต่าง

เพื่อออกแบบหน้าต่างของรถไฟโดยสาร บขส.ป. ต้นแบบ ให้สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยด้านการอพยพฉุกเฉินตาม APTA PR-PS-S-003-98 Rev.2: Emergency Evacuation Units for Passenger Rail Cars โดยวิเคราะห์ขนาดและจำนวนของหน้าต่าง และการกระจายตัวเพื่อรองรับการใช้งานในสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น การตกราง หรือ เกิดเพลิงไหม้ โดยวิเคราะห์ระบบหน้าต่างอพยพว่ามีประสิทธิภาพเพียงพอในการรองรับจำนวนผู้โดยสารภายในตู้ ตามค่าความต้องการหน่วยการอพยพ (Capacity Exit Factor - CXF) หรือไม่

ลักษณะทางออกฉุกเฉิน

Emergency Exit Type		EEU Value
Exit Path Door (Height ≥ 74 in.)	Width ≥ 60 in.	4.0
	30 in. ≤ Width < 60 in.	2.0
Emergency Window Exit 26 (horizontal) × 24 (vertical) in.		1.0
Roof Hatch		0.5
Removeable Panel or Window on Exit Path Door (Compliant with 49 CFR 238.112(f))		0.5
End-Frame Door in Cab		0.0
End Frame Door in Vestibule with Side Doors		0.0
End Frame Door with Door Threshold > 5 ft above TOR		0.0

จำนวนและขนาดหน้าต่างของรถไฟ บขส.ป. ต้นแบบ

รหัสหน้าต่าง	ประเภท	ขนาด (กว้าง × สูง, มม.)	จำนวน	หมายเหตุ
W1	กระจกตายตัว (Fixed Glass)	1000 × 760	16	มีการกระจายทั่วตู้
W2	หน้าต่างเลื่อนขึ้นลง (Vertical Sliding)	1000 × 760	2	ใช้ได้กรณีอพยพ
W3	หน้าต่างเปิดเอียง (Tilt Window with Fix Base)	1000 × 760	2	ใช้ได้กรณีอพยพ
W4	ช่องระบายอากาศแบบบานเกล็ด (Louver)	680 × 760	2	ไม่สามารถใช้เป็นทางออกอพยพ

หมายเหตุ: W4 เป็นบานเกล็ดระบายอากาศ ไม่สามารถนับเป็นทางออกอพยพได้ตาม APTA PR-PS-S-003-98 Rev.2

หน้าต่าง W1 เป็นกระจกตายตัว ไม่ได้ออกแบบเพื่อการอพยพ (แต่สามารถปรับได้หากมีอุปกรณ์สำหรับทุบกระจก เช่น ค้อนนิรภัยเพื่อใช้เปิดเป็นทางออกฉุกเฉินขณะเกิดเหตุ) และ
หน้าต่าง W2 และ W3 สามารถใช้อพยพได้และถือเป็น Emergency Window Exit ตามมาตรฐาน APTA

หมายเหตุ: กรมการขนส่งทางรางได้กำหนดมาตรฐาน มขร. R-002-2564 หัวข้อ 6.3 ทางออกฉุกเฉิน แนะนำให้รถไฟโดยสารที่มีทางออกสู่ภายนอกช่องทางเดียวต้องจัดให้มีทางออกฉุกเฉิน ในกรณีรถ บขส.ป. ที่ทำการพัฒนา มีทางออกสู่ภายนอกสองช่องทาง จึงไม่ต้องทางมีออกฉุกเฉินตามที่กำหนดในมาตรฐาน มขร. R-002-2564 อย่างไรก็ตาม ผู้ออกแบบได้กำหนดให้มีทางออกฉุกเฉินตาม APTA PR-PS-S-003-98 Rev.2: Emergency Evacuation Units for Passenger Rail Cars เพื่อความปลอดภัยของผู้โดยสาร

3.2 รายการออกแบบ/คำนวณ หน้าต่าง

การคำนวณ usable exit path (UXP)

ดังนั้นจำนวนหน้าต่างฉุกเฉินใช้งานได้ทั้งหมด total EEU = 20 (W1, W2 และ W3 รวมกัน) โดยไม่มีทางออกทางหลังคา EEU roof hatch = 0 โดยค่า usable exit path (UXP) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$UXP = \frac{total\ EEU - EEU\ roof\ hatch}{2} - EEU\ roof\ hatch = \frac{20}{2} = 10$$

การคำนวณ Capacity Exit Factor (CXF)

อ้างอิงจากจำนวนที่นั่งในรถไฟ บขส.ป. ต้นแบบ จำนวนที่นั่งทั้งหมดถูกออกแบบไว้ที่ 76 ที่นั่ง หากทำการคำนวณ Capacity Exit Factor (CXF) จะสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CXF = \frac{Seated\ capacity}{20} = \frac{76}{20} = 3.8$$

ค่า CXF จะมีค่าเท่ากับ 3.8 หรือ 4 (กำหนดให้ปัดขึ้นตามมาตรฐาน APTA) ดังนั้นระบบหน้าต่างอพยพที่ออกแบบให้ใช้ได้ UXP มีค่ามากกว่าความต้องการขั้นต่ำที่ต้องการเพื่ออพยพ CFX (UXP > CXF) ตามมาตรฐาน APTA

3.3 รายการออกแบบ/คำนวณ ที่นั่ง, ที่นอน, โต๊ะ

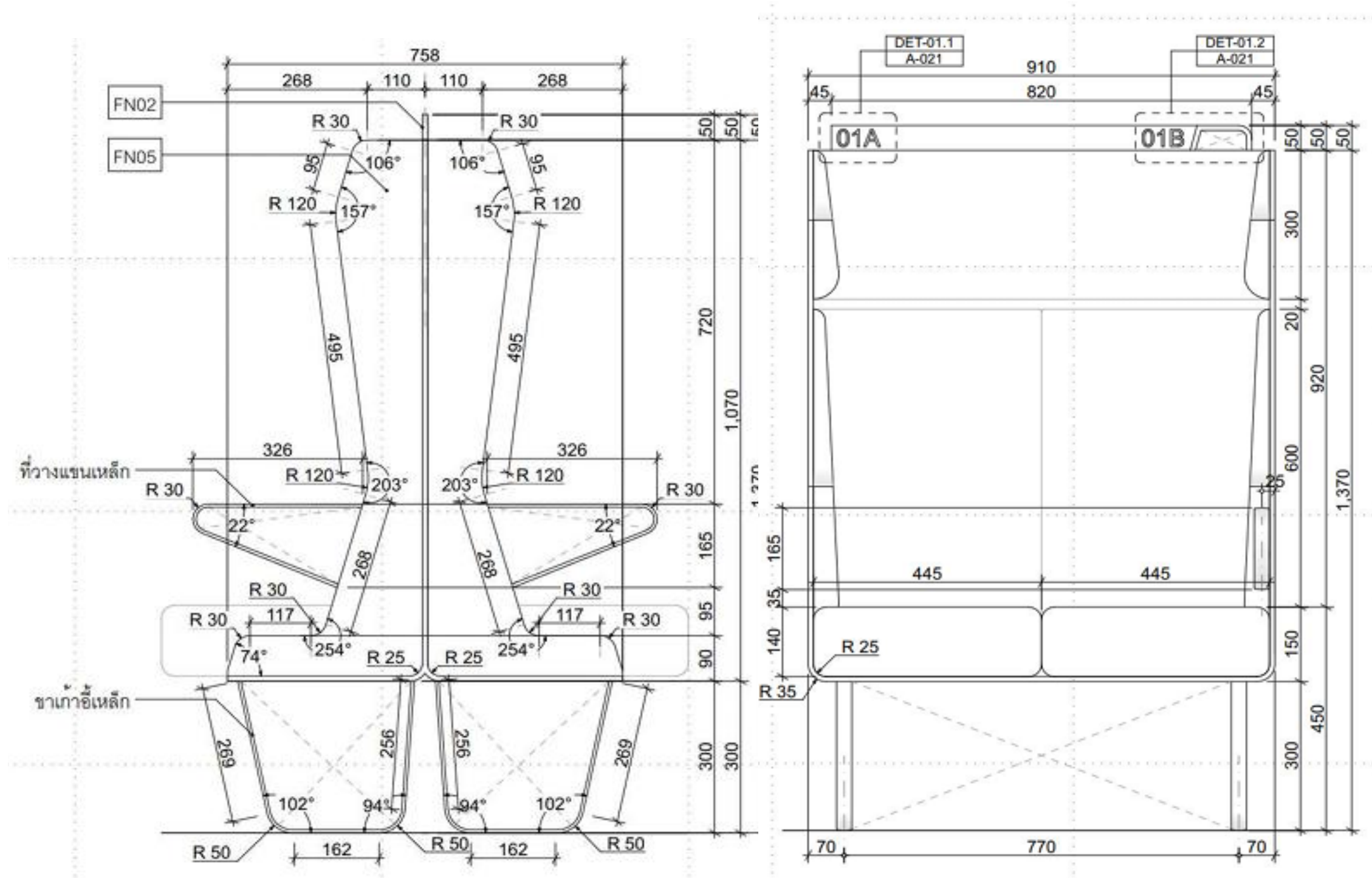
แนวคิดการออกแบบที่นั่งรถไฟ บขส.ป. เพื่อยกระดับคุณภาพการเดินทาง

วัตถุประสงค์

- 1.ยกระดับความปลอดภัยให้กับบขส.
- 2.การออกแบบใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสรีระศาสตร์
- 3.มาตรฐานที่แสดงความปลอดภัยสากล และข้อกำหนดรฟท.

หลักการออกแบบที่นั่ง (Ergonomics)

สื่อถึงองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ความสูงที่นั่ง, ความลึกหรือกว้างของที่นั่ง, ความสูงพนักแขน, มุมเอนหลัง-เบาะ และความหนาเบาะ (Back 100 mm / Seat 140 mm) ฯลฯ

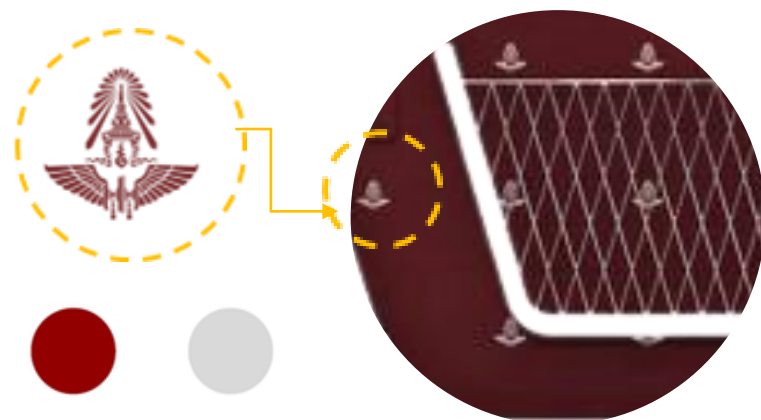


3.3 รายการออกแบบ/คำนวณ ที่นั่ง, ที่นอน, โต๊ะ

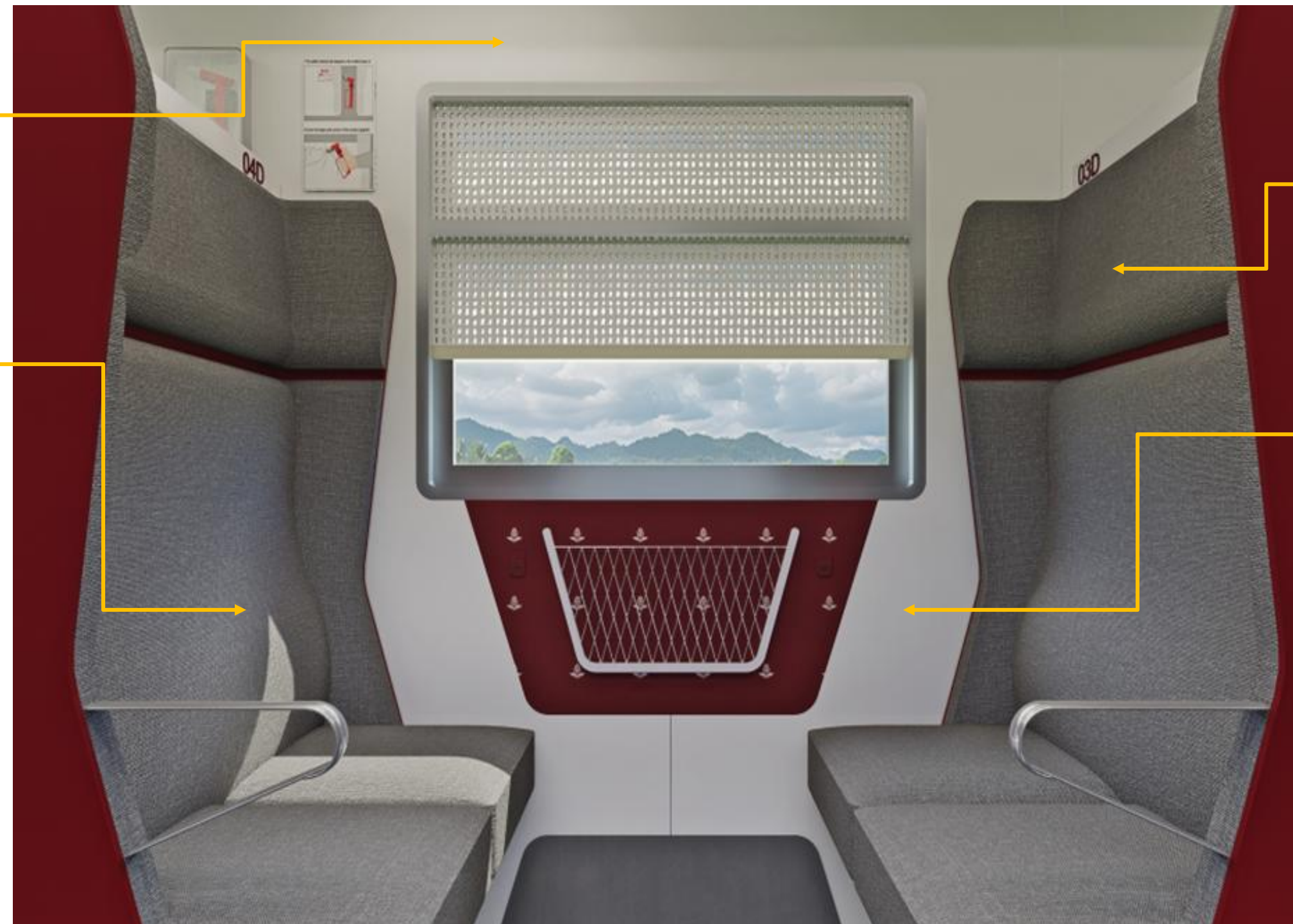
วัสดุมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยและความทนทาน

GRP Fire-retardant Board
(EN13501-1)

Ergonomic Seating Design
(JIS E 7104 or equivalent)



Fire-retardant Material



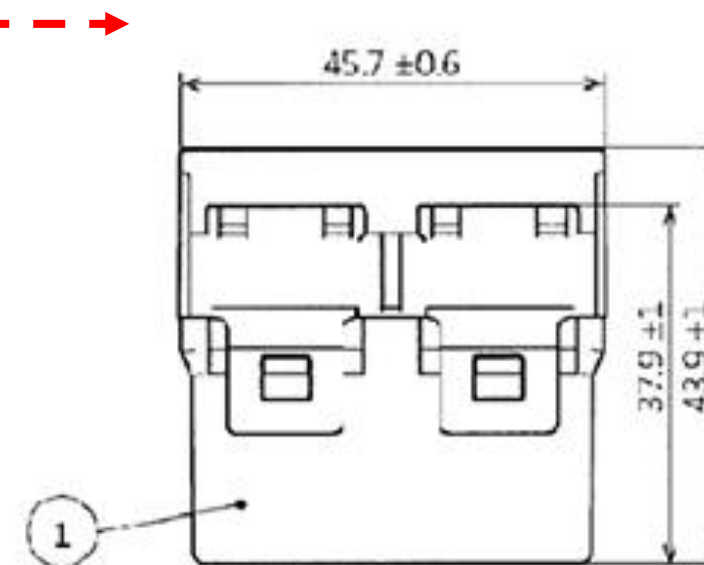
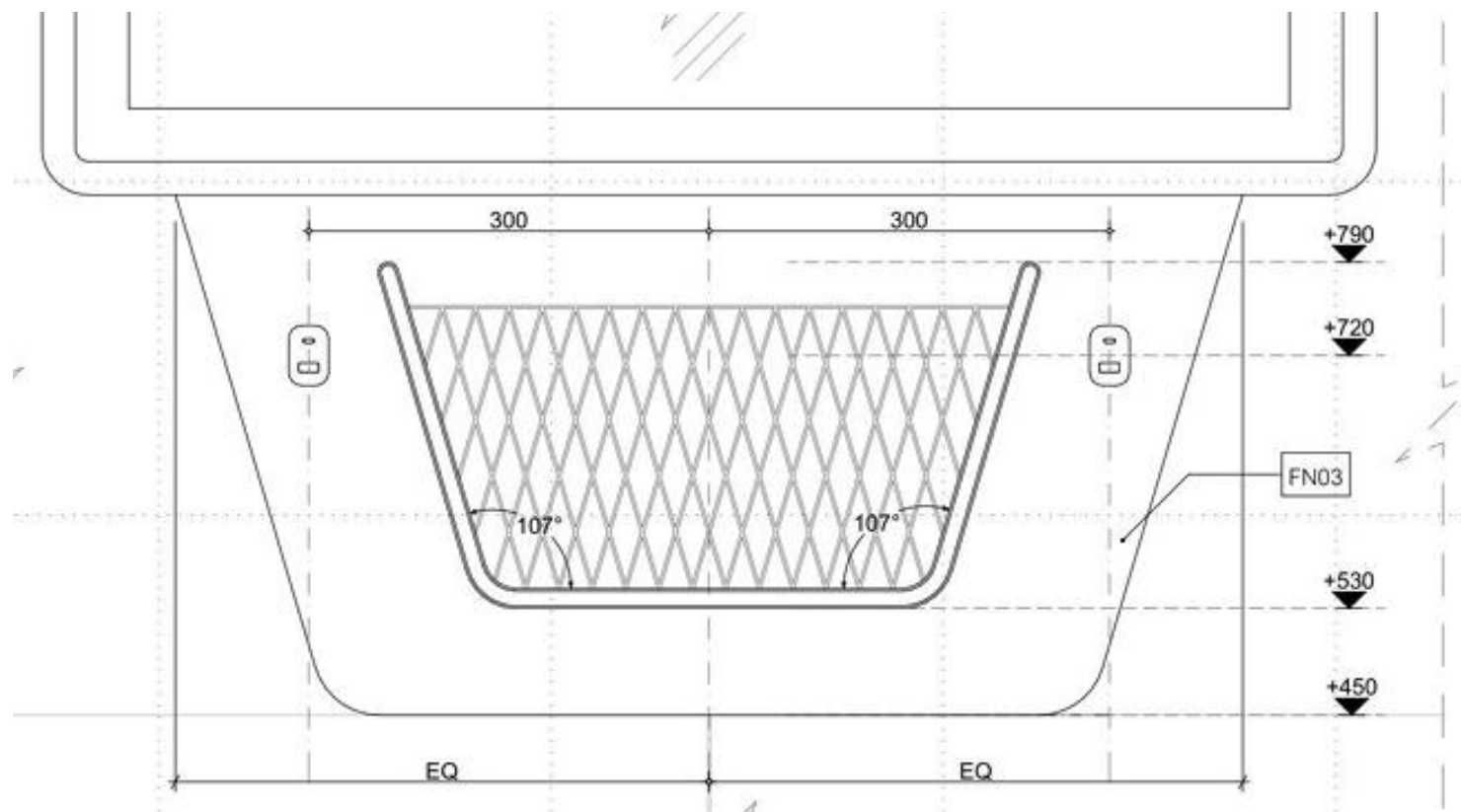
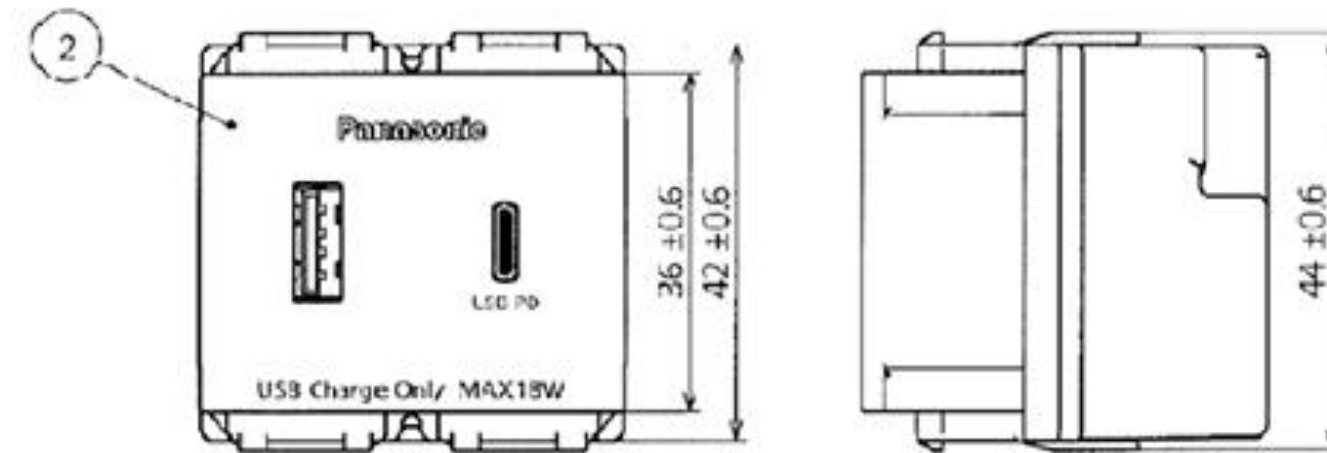
Seat cushion
(UNR118)

Anti-Bacteria Wall
(ISO 22196/ JIS Z
2801)

3.4 รายการออกแบบ/คำนวณ อุปกรณ์เสริม

USB Charging Port บนรถไฟ บขส.ป. – เพิ่มความสะดวกสบายให้ผู้โดยสาร

- ชาร์จโทรศัพท์ / แท็บเล็ตผ่าน USB-A & USB-C
- รองรับกำลังไฟสูงสุด 2A ต่อพอร์ต (รวม $\geq 10W$)
- ปลอดภัยตามมาตรฐานสากล EN55032
- ออกแบบเพื่อการใช้งานในระบบรถไฟ



3.5 รายการออกแบบ/คำนวณ ระบบปรับอากาศ

การคำนวณภาระการทำความเย็น

Cooling Load Calculation of SRT Train			Number of window	20
Design Criteria	Parameter	Value	Unit	
	Outdoor temperature	45.00	°C	
	Indoor temperature	23.00	°C	
	ΔT	22.00	°C	
	Cabin Height	2.2	m	
	Cabin Width	2.48	m	
	Train Length	15.448	m	
	Wall area	67.97	m ²	
	Window height	0.76	m	
	Window width	1	m	
	Window area	15.2	m ²	
	Solar load	800	W/m ²	
	Passenger energy	400	BTU/h	
	No. of passengers	80	-	
	Fresh air intake	333.33	L/s*person	
	Moisture content of env air (41C, 75%RH)	0.065	kg/kg	
	Moisture content of room air (23C, 60%RH)	0.002	kg/kg	

ค่าควบคุมการออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับรถไฟ บขส.ป. ต้นแบบ

	Calculation	Value	Unit
Wall	Wall U-Factor (Sheet metal)	0.3	W/m ² -°C
	Wall surface area only	52.7712	m ²
	Qwall (Watt)	348.29	Watt
	Qwall (BTU/h)	1188.41	BTU/h
Roof	Roof U-Factor (Sheet metal)	0.3	W/m ² -°C
	Roof Surface area	38.31104	m ²
	Qroof (Watt)	252.85	Watt
	Qroof (BTU/h)	862.77	BTU/h
Window	Window U-Factor (Single glazing)	0.4	W/m ² -°C
	Window surface area	15.2	m ²
	Qwindow conduction (Watt)	133.76	Watt
	Qwindow conduction (BTU/h)	456.41	BTU/h
	Qwindow solar (Watt)	12160.00	Watt
	Qwindow solar (BTU/h)	41491.65	BTU/h
Occupant	Passenger load	32000	BTU/h
Ventilation	Qsensible = 1.23 x m_dot x ΔT	9020	Watt
	Qsensible	30777.52	BTU/h
	Qlatent = 3.010 x m_dot x (Wenvi - W room)	63.21	Watt
	Qlatent	215.68	BTU/h
	Total ventilation Load	30993.20	BTU/h

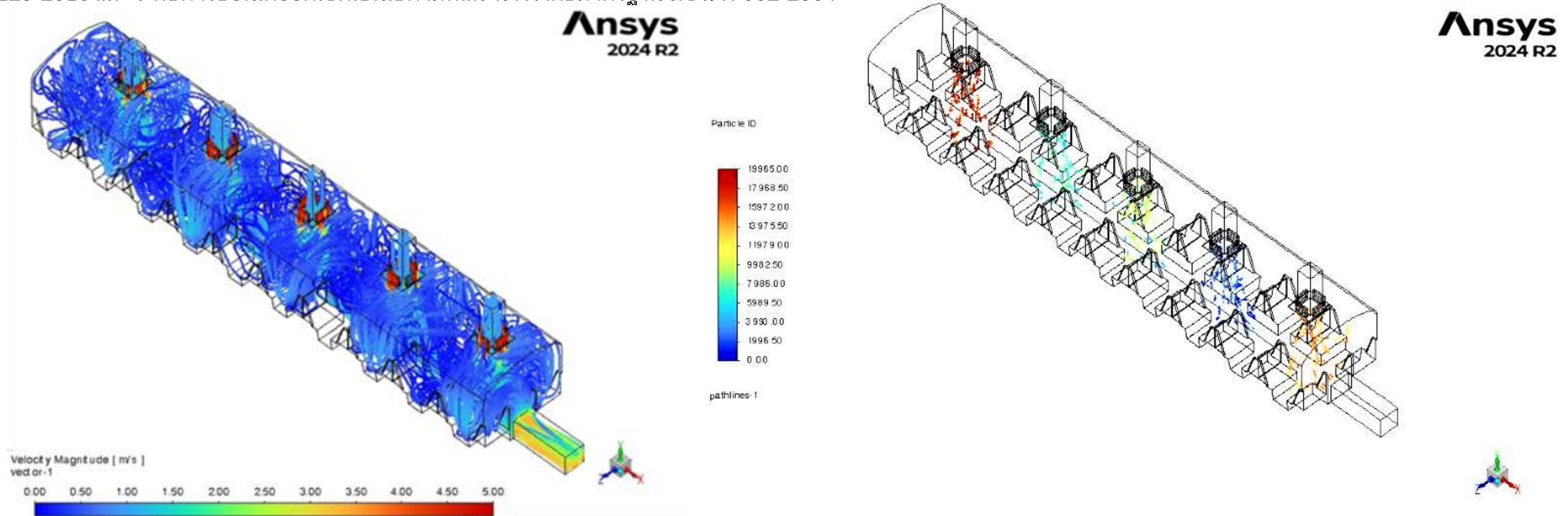
Total Cooling Load (Overall)	106992.44	BTU/h
------------------------------	-----------	-------

สรุปผลการคำนวณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศของ รถไฟ บขส.ป. ต้นแบบ

3.5 รายการออกแบบ/คำนวณ ระบบปรับอากาศ

การวิเคราะห์การกระจายลมเย็นภายในห้องโดยสาร

การวิเคราะห์การไหลของอากาศด้วย ANSYS 2024 ประมวลผลผ่าน Super Computer “WATA” ดำเนินการวิเคราะห์โดยศูนย์วิศวกรรมระบบราง (KURAIL) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดให้ส่งอากาศเย็นจากเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิ 16°C อัตราการไหลรวม 4,000 cfm จากเครื่องปรับอากาศ 5 ชุด โดยมีการไหลกลับเข้าสู่เครื่องปรับอากาศชุดละ 3,400 cfm มีการระบายอากาศออกจากห้องโดยสาร 600 cfm ผ่านออกเส้นทางห้องนำออกสู่ภายนอกเพื่อควบคุมกลิ่น คิดเป็นปริมาณอากาศระบายต่อผู้โดยสาร 13.4 ลบ.ม./ชม./ผู้โดยสาร ซึ่งมีค่าสูงกว่า 10 ลบ.ม./ชม./ผู้โดยสาร ทำให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในห้องโดยสารมีค่าต่ำกว่า 5,000 ppm ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน en 13129-2016 และ ระดับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นไปตามที่แนะนำไว้โดยมาตรฐาน มขร. R-002-2564

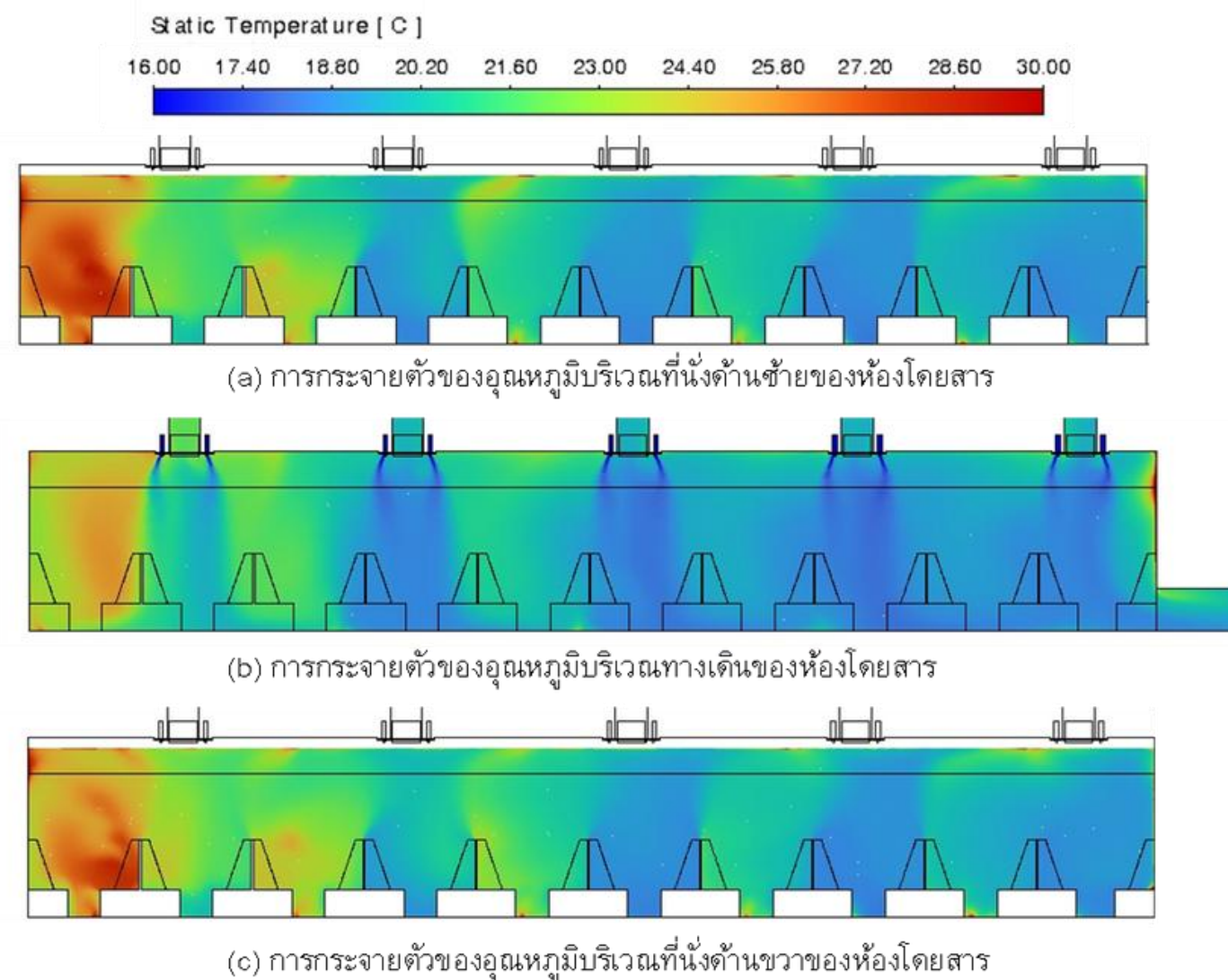


ลักษณะการไหลของอากาศ Velocity path line มุมมองสามมิติ (Isometric View)

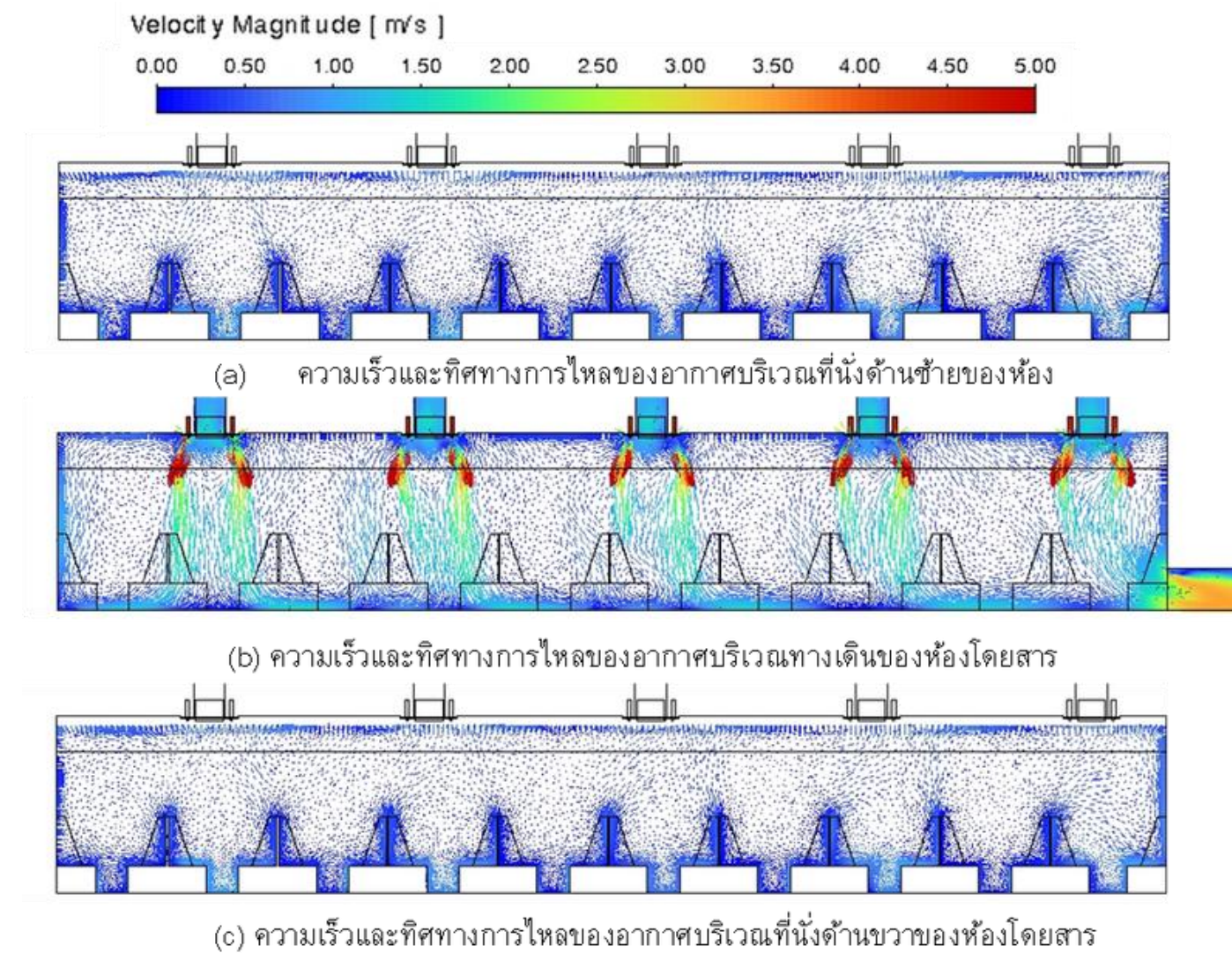
3.5 รายการออกแบบ/คำนวณ ระบบปรับอากาศ

การวิเคราะห์การกระจายลมเย็นภายในห้องโดยสาร (ต่อ)

พิจารณาผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิในห้องโดยสาร (ภาพที่ 1) จะพบว่าช่วงอุณหภูมิภายในห้องโดยสารจะอยู่ที่ 18 – 23 องศาเซลเซียส ยกเว้นบริเวณใกล้ทางออกฝั่งซ้ายที่มีอุณหภูมิอยู่ในย่าน 27 องศาเซลเซียส เมื่อนำเอาช่วงอุณหภูมิดังกล่าวมาพิจารณาร่วมกันกับความเร็วลมในห้องโดยสาร (ภาพที่ 2) และอ้างอิงตามมาตรฐาน EN 14750 Annex B จะพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ภายในห้องโดยสารมีความเร็วอากาศที่ยอมรับได้ในช่วง 0.2-0.3 m/s (กำหนดให้รถไฟ บขส.ป. ต้นแบบ จัดอยู่ใน Category A)



ภาพที่ 1 การกระจายตัวของอุณหภูมิ Temperature มุมมองบริเวณด้านข้าง (Side View)



ภาพที่ 2 ความเร็วและทิศทางการไหลของอากาศ Velocity Vector มุมมองบริเวณด้านข้าง (Side View)

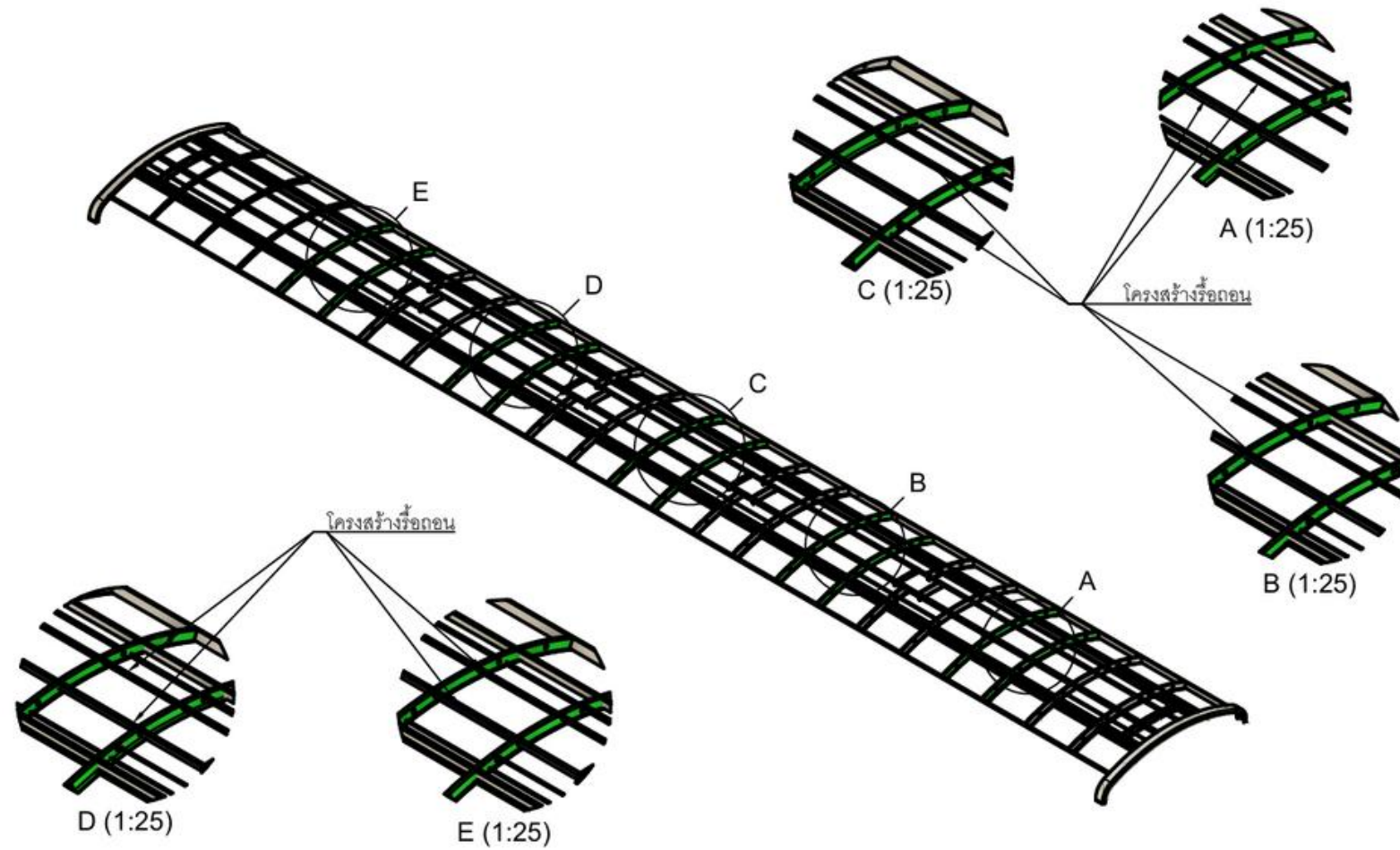
04 แบบทางวิศวกรรม

Engineering Drawings

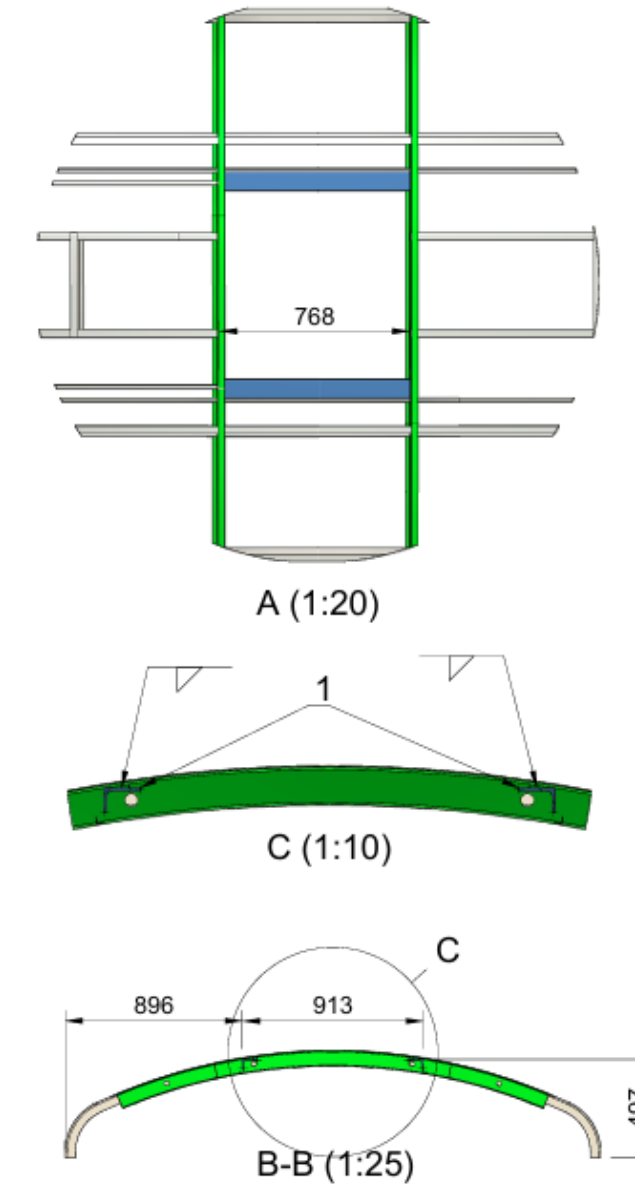
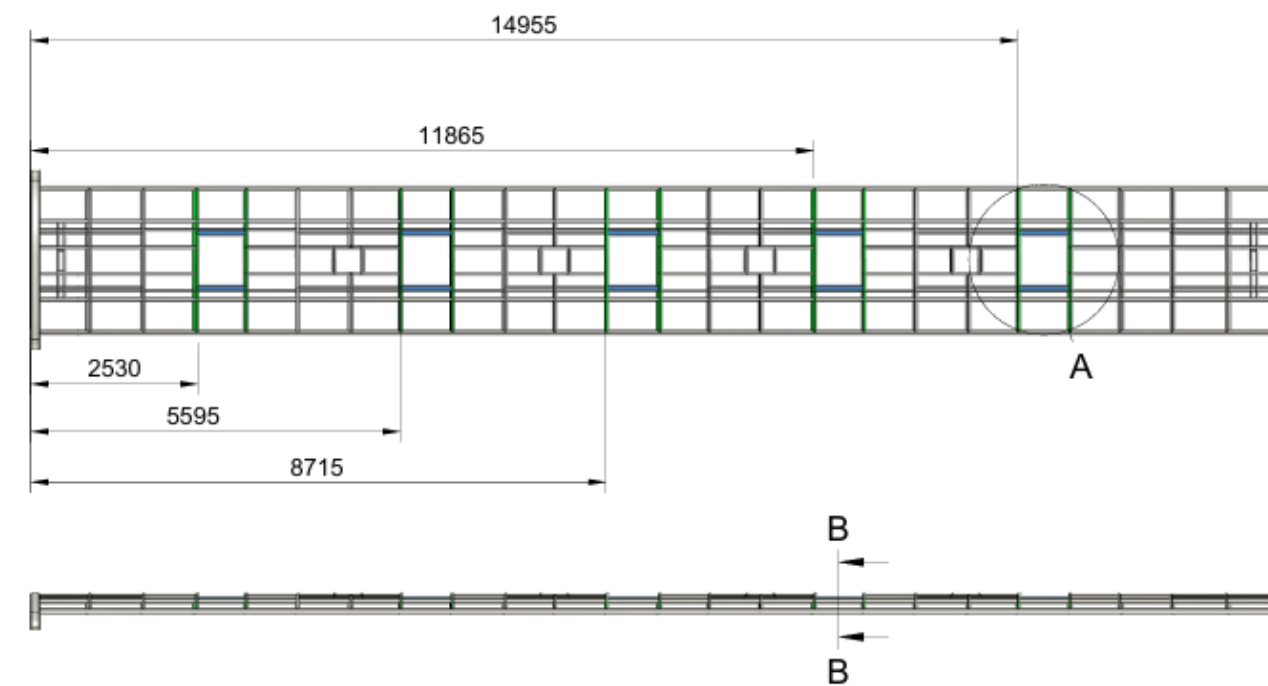




4.1 ปรับปรุงโครงหลังคา และติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด AU-13

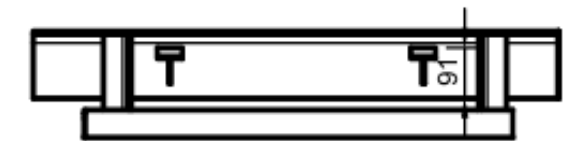
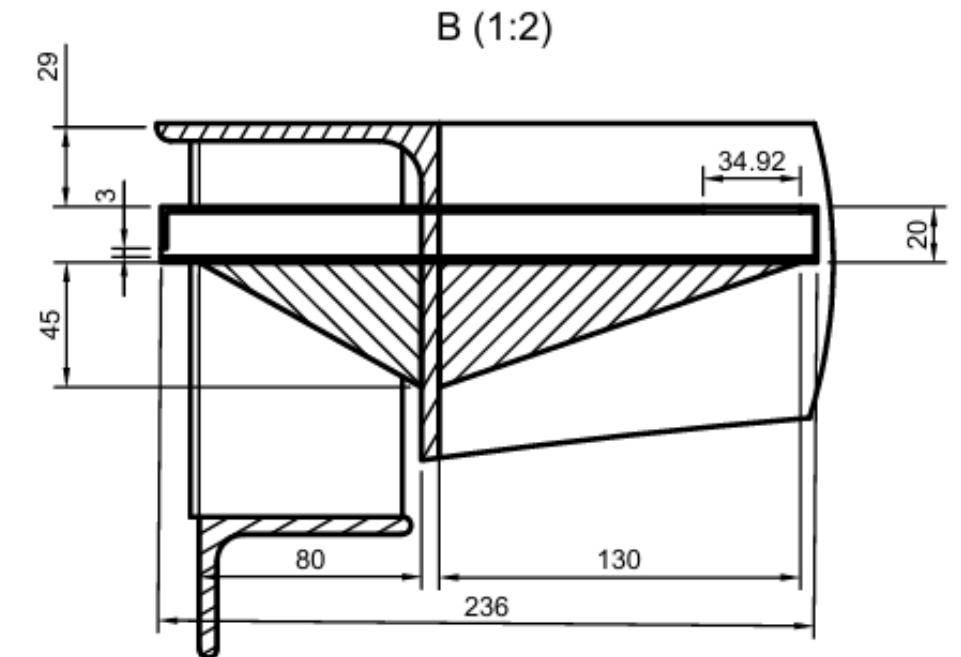
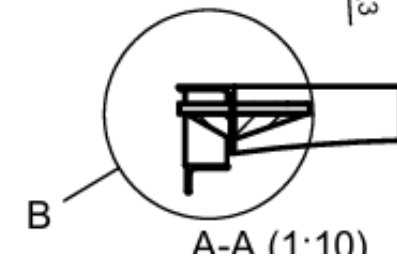
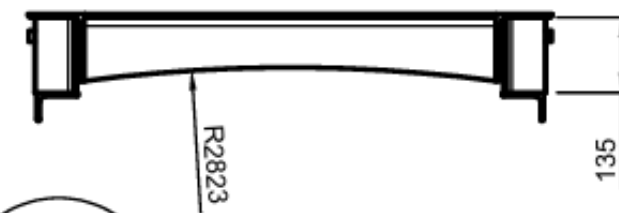
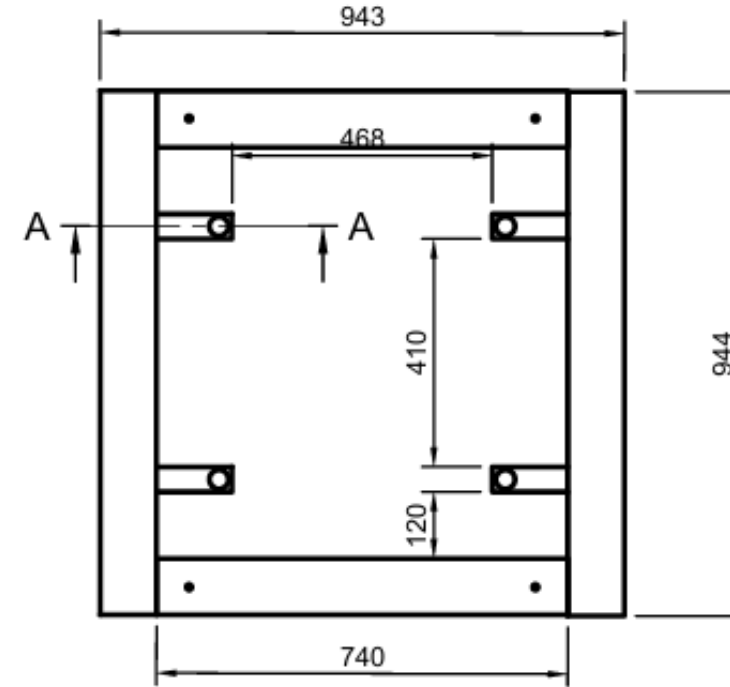
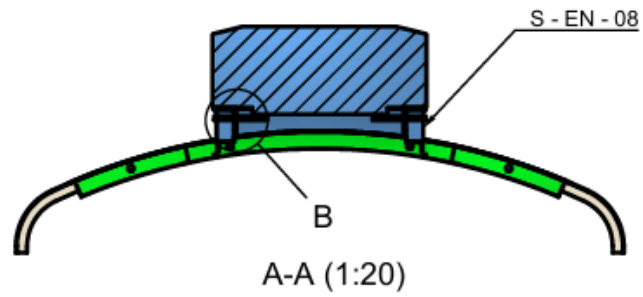
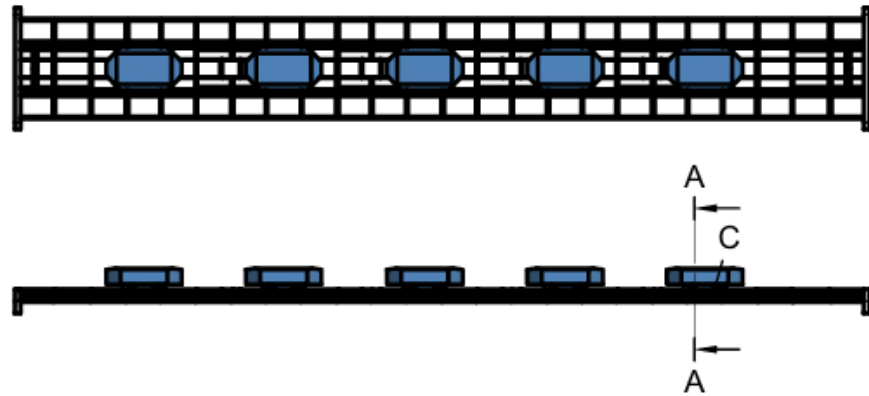
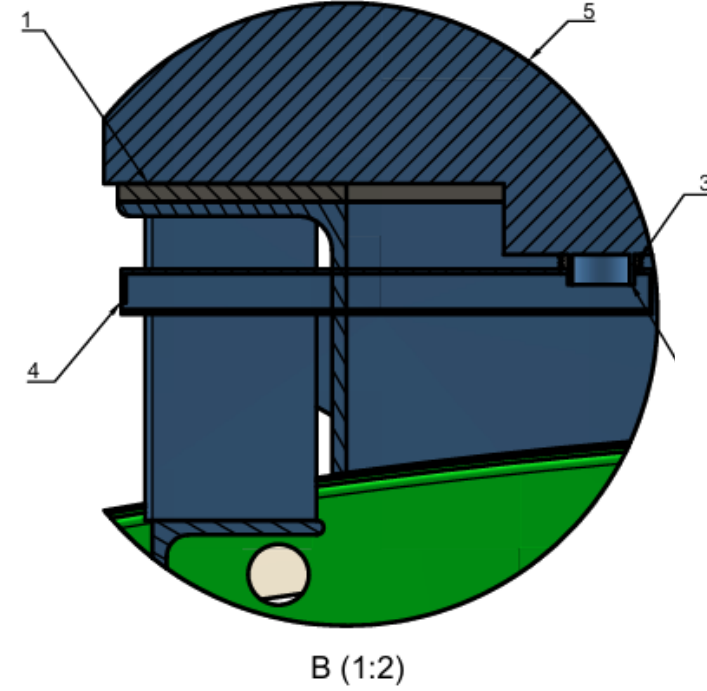
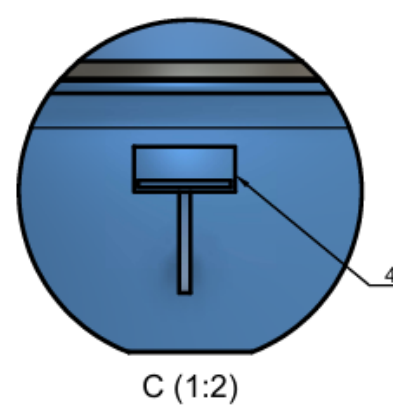


1	คานารับ น้ำหนัก AU13	AC 50 x 30 x 6mm, ยาว 768 mm	SS400	10
ITEM	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY.



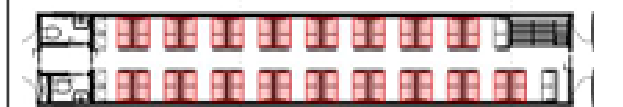
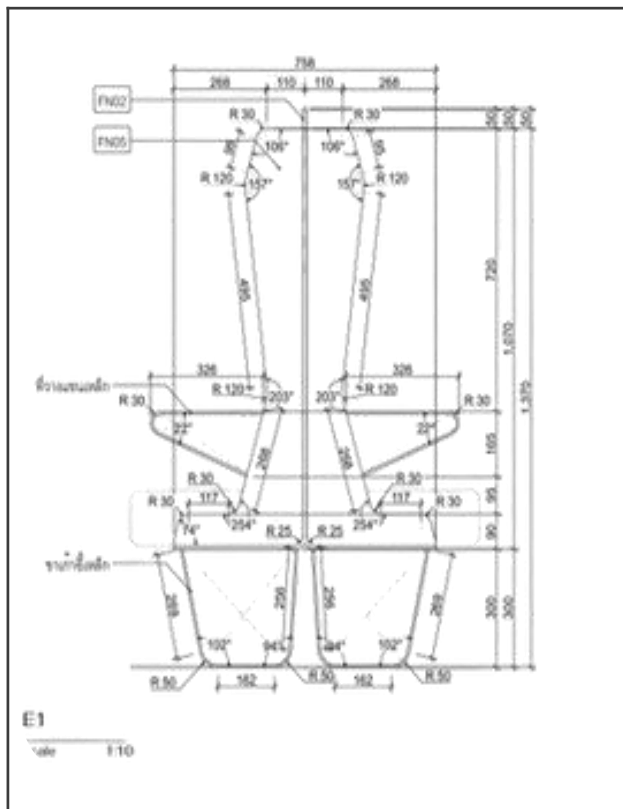
4.1 ปรับปรุงโครงหลังคา และติดตั้งเครื่องปรับอากาศชนิด AU-13

5	AC Unit		5
4	Drain channel	SS400	20
3	Rubber flex seal	Rubber	20
2	Drain pipe	SS400	20
1	Rubber seal	Rubber	5
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	QTY.

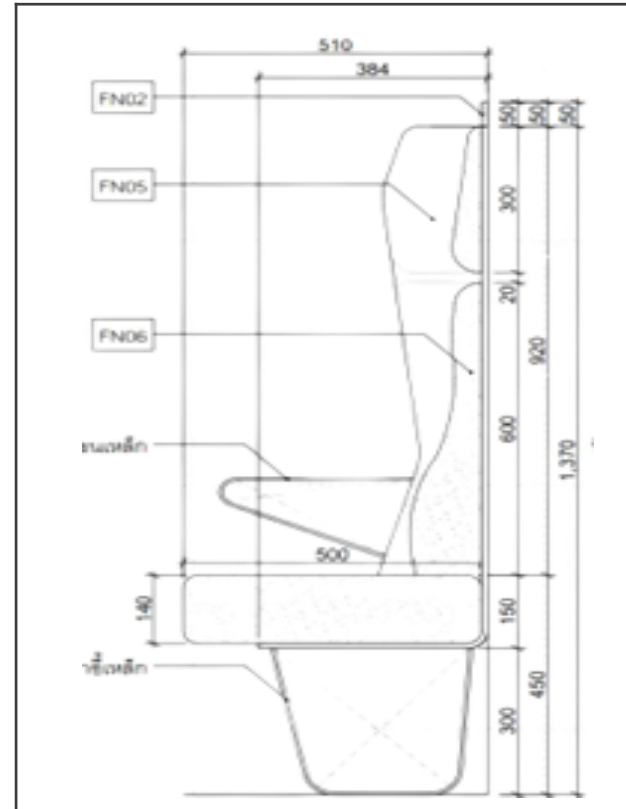




4.3 แบบที่หนึ่ง



แบบที่หนึ่ง 1



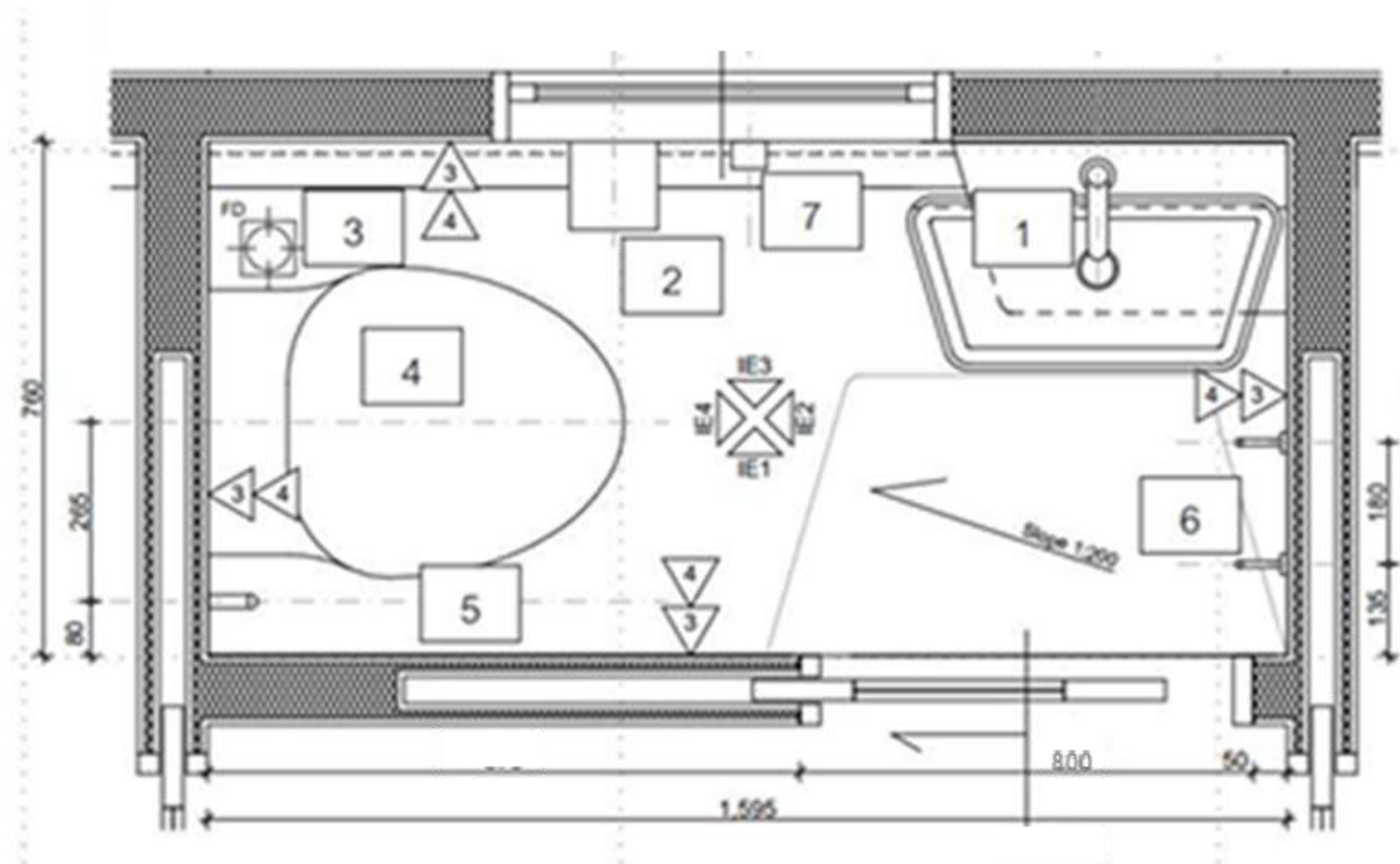
แบบที่ ๒



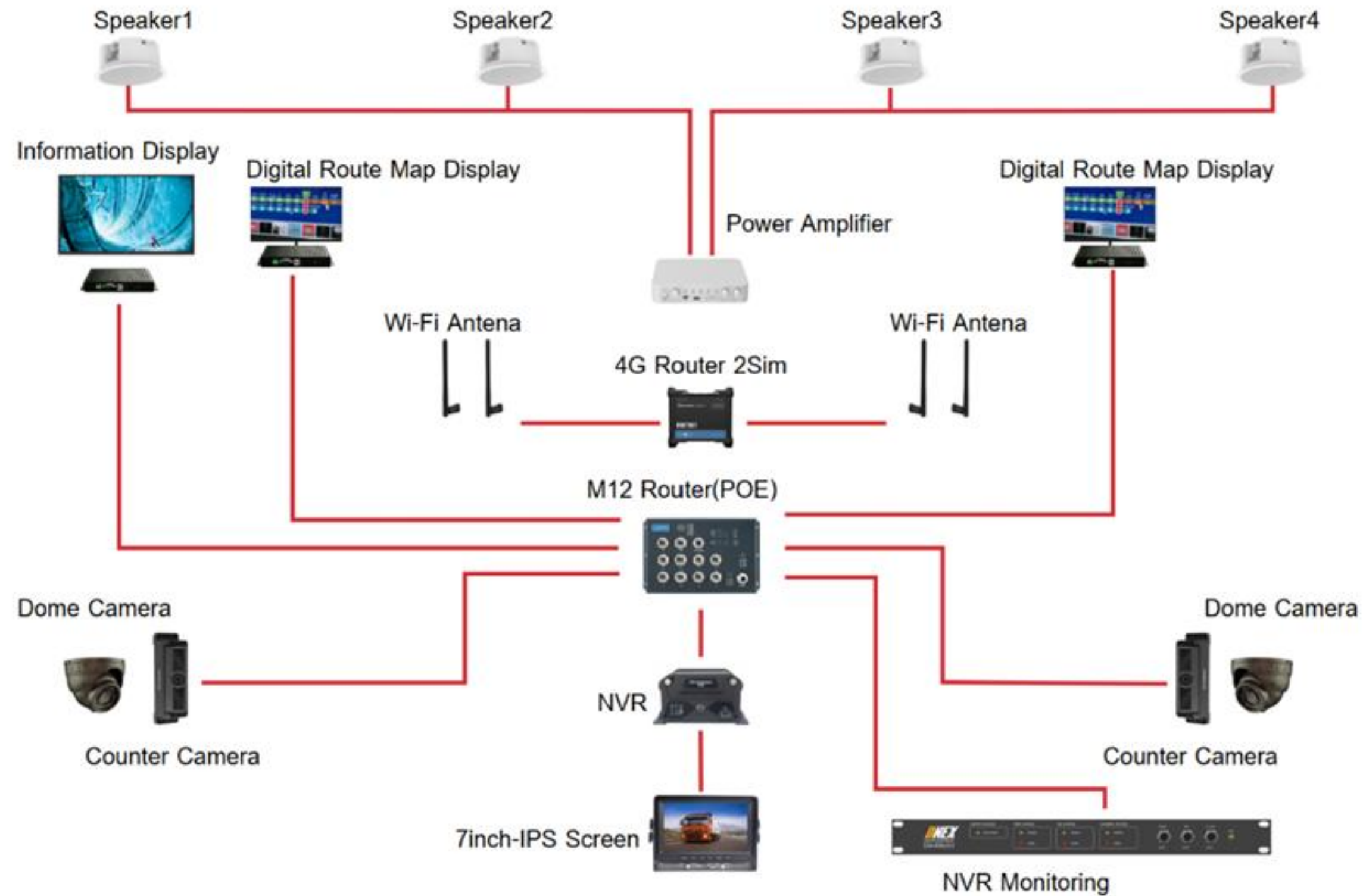
แบบที่หนึ่ง 3



4.4 แบบห้องน้ำ



4.5 Passenger Information System Diagram





Thank You