กรมการขนส่งทางราง
กระทรวงคมนาคม

การทดสอบรถโบกี้บรรทุกตู้สินค้า
(Bogie container Flat Wagon , BCF)

จัดทำโดย

กองมาตรฐานความปลอดภัยและบำรุงทาง
กรมการขนส่งทางราง

4004
4004

PART I

การทดสอบความแข็งแรงของโครงประธานและการทดสอบแบบสถิต

1 ขอบข่าย

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อยอมรับต้นแบบ (Prototype Test) รถโบกี้บรรทุกตู้สินค้า (บทต.) ชนิด Ordinary two – axle wagons หรือ Ordinary bogie wagons หรือรถโบกี้บรรทุกที่มีวัตถุประสงค์เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ซึ่งมีน้ำหนักกดเพลาไม่เกิน 20 ตัน

บทต. ที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นคันใหม่ ที่อย่างน้อยประกอบด้วย

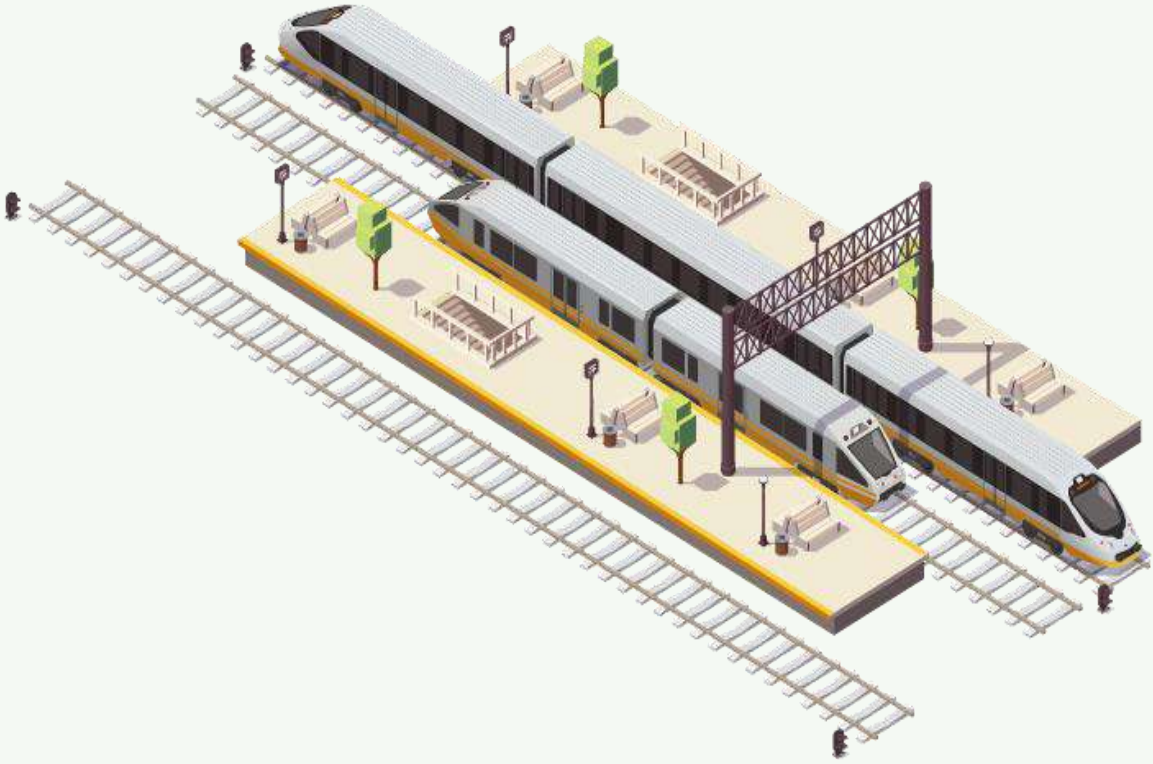
- โครงประธาน
- ชิ้นส่วนโครงแคร่
- ชิ้นส่วนระบบห้ามล้อ
- ชิ้นส่วนระบบต่อพ่วง

โดยที่โครงประธานต้องประกอบขึ้นจากเหล็กกล้า หรือวัสดุประเภทอื่นด้วยวิธีการเชื่อมหรือข้อต่อทางกล บทต. ต้องเป็นคันใหม่และทุกระบบต้องพร้อมใช้งาน อาทิ การประกอบและการขันแน่น ช่องว่างที่เหมาะสมของอุปกรณ์ สีของรถ น้ำมัน สารหล่อลื่น ความดันอากาศ มาตรวัด เป็นต้น

รายการทดสอบในมาตรฐานนี้อ้างอิงมาจากวิธีการตามมาตรฐาน International Union of Railways (UIC577), British Standard (BS EN 12663-2:2010) และ Association of American Railroads (AAR Section C M-1001) ซึ่งรายการทดสอบสามารถเพิ่มเติมได้ตามความต้องการเฉพาะของผู้ใช้เพื่อให้เหมาะกับประเภทหรือชนิดของ บทต. ได้

การทดสอบตามมาตรฐานฉบับนี้ จะใช้รถทดสอบจำนวน 2 คัน สำหรับการทดสอบ ดังนี้

คันที่ 1 | การทดสอบแบบสถิต การทดสอบการโก่งตัว และแคมเบอร์ การทดสอบการยกในแนวดิ่ง การทดสอบแนวดิ่งบริเวณจุดขึ้นแม่แรง และการทดสอบการกระแทก



คันที่ 2 | การทดสอบการเลี้ยวโค้ง การทดสอบห้ามล้อแบบสถิต การทดสอบระยะห้ามล้อ (ในเส้นทางของผู้ใช้) การทดสอบห้ามล้อขณะจอด และการทดสอบน้ำหนักและการกระจายน้ำหนัก

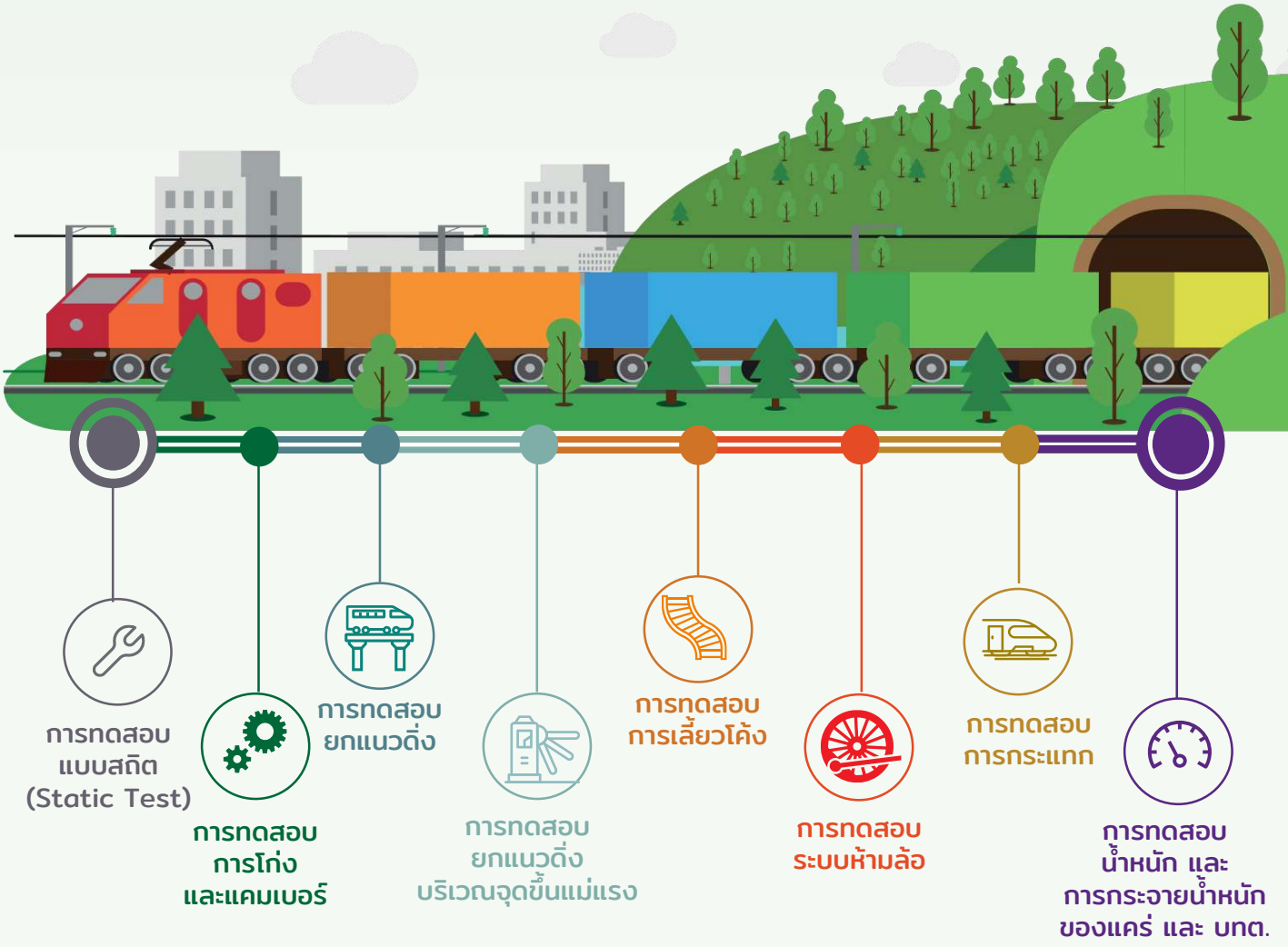
2 รายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด และการทดสอบ

ลำดับ	การทดสอบ	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด / ทดสอบ	ข้อกำหนดของเครื่องมือและอุปกรณ์วัด / ทดสอบ
1	การทดสอบแบบสถิต	ก้อนน้ำหนัก หรืออุปกรณ์ให้แรงกระทำแนวดิ่ง	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		อุปกรณ์ให้แรงกระทำแนวนอน	ต้องมีใบสอบเทียบ และค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 1%
		รายงานการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้าง หรือ การวิเคราะห์ด้วย Finite Element Analysis (FEA)	ต้องมีการรับรองผลโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาต
		สเตรนเกจ (1 แกน หรือ Rosette)	Gauge factor +/- 2%
		อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (วงจร Half Bridge , Full Bridge)	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ เช่น วิธี Shunt resistor
2	การทดสอบการโก่ง และแคมเบอร์		
2.1	การทดสอบการโก่ง	ก้อนน้ำหนัก หรืออุปกรณ์ให้แรงกระทำแนวดิ่ง	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		Dial indicator หรือ LVDT	ต้องมีใบสอบเทียบ และค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 1%
2.2	การทดสอบแคมเบอร์	กล้องวัดระดับ	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ และค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 1%
		Dial indicator หรือ LVDT	ต้องมีใบสอบเทียบ และค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 1%

ลำดับ	การทดสอบ	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด / ทดสอบ	ข้อกำหนดของเครื่องมือและอุปกรณ์วัด / ทดสอบ
3	การทดสอบการยกแนวดิ่ง	ก้อนน้ำหนัก หรืออุปกรณ์ให้แรงกระทำแนวดิ่ง	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		เครื่องมือวัดความยาว	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		รายงานการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้าง หรือ การวิเคราะห์ด้วยFinite Element Analysis (FEA) บริเวณจุดยกแนวดิ่ง	ต้องมีการรับรองผลโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาต
		สเตรนเกจ (1 แกน หรือ Rosette)	Gauge factor +/- 2%
		อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (วงจร Half Bridge , Full Bridge)	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ เช่น วิธี Shunt resistor
4	การทดสอบการยกแนวดิ่งบริเวณจุดขึ้นแม่แรง	ก้อนน้ำหนัก หรืออุปกรณ์ให้แรงกระทำแนวดิ่ง	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		เครื่องมือวัดความยาว	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		รายงานการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้าง หรือ Finite Element Analysis (FEA) บริเวณจุดขึ้นแม่แรง	ต้องมีการรับรองผลโดยวิศวกรที่มีใบอนุญาต
		สเตรนเกจ (1 แกน หรือ Rosette)	Gauge factor +/- 2%
		อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (วงจร Half bridge , full bridge)	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ เช่น วิธี Shunt resistor
5	การทดสอบการเลี้ยวโค้ง	ทางรถไฟรัศมีโค้งไม่เกิน 150 เมตร	ต้องมีรายงานการวัดค่าความโค้ง

ลำดับ	การทดสอบ	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด / ทดสอบ	ข้อกำหนดของเครื่องมือและอุปกรณ์วัด / ทดสอบ
6	การทดสอบระบบห้ามล้อ		
6.1	การทดสอบระบบห้ามล้อแบบสถิต	เครื่องมือทดสอบตามรายการผู้ผลิตกำหนด (Test Rig)	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
6.2	การทดสอบห้ามล้อขณะจอด	ก้อนน้ำหนัก	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		ทางรถไฟลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1:100 หรือ อุปกรณ์ให้แรงกระทำเทียบเท่าแรงโน้มถ่วงบนทางรถไฟลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1:100	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือใบทวนสอบ และค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 1%
7	การทดสอบการกระแทก	ก้อนน้ำหนัก	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		อุปกรณ์วัดแรงที่ขอพ่วง หรือใช้อุปกรณ์วัดความเร่ง	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		อุปกรณ์วัดความเร็วรถ	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
8	การทดสอบน้ำหนัก และการกระจายน้ำหนักของแคร่ และ บทต.		
8.1	การทดสอบน้ำหนักและการกระจายน้ำหนักของแคร่	ก้อนน้ำหนัก หรืออุปกรณ์ให้แรงกระทำแนวดิ่ง	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		เครื่องวัดน้ำหนักล้อรถไฟ	ต้องมีใบสอบเทียบ และค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 1%
8.2	การทดสอบน้ำหนักและการกระจายน้ำหนักของ บทต.	ก้อนน้ำหนัก หรืออุปกรณ์ให้แรงกระทำแนวดิ่ง	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		เครื่องวัดน้ำหนักล้อรถไฟ	ต้องมีใบสอบเทียบ และค่าความผิดพลาดสูงสุดไม่เกิน 1%

3 กระบวนการทดสอบ



3.1 การทดสอบแบบสถิต (Static Test)

3.1.1 ความต้องการ

รายการคำนวณโครงสร้างที่สามารถระบุความเค้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในโครงประธาน โดยจะต้องจำลองการเคลื่อนตัวของกลางศูนย์เดือยแคร่ (Center Pivot) ให้มีลักษณะการเคลื่อนตัวสอดคล้องกับ การใช้งานจริง การคำนวณต้องใช้คุณสมบัติของวัสดุที่ได้จากการทดสอบแรงดึง โครงของเครื่องทดสอบจะต้องมีความแข็งเกร็ง (Rigidity) และวิธีการให้แรงกระทำต้องสอดคล้องกับลักษณะแรงกระทำที่เกิดขณะใช้งาน

โดยรายการทดสอบแบบสถิตมีรายละเอียดดังนี้

1. แรงกระทำแนวดิ่งขนาด 1.3 เท่าของน้ำหนักพิกัดขณะบรรทุกในรูปแบบกระจายน้ำหนักตามประเภทของน้ำหนักบรรทุก โดยให้น้ำหนักบรรทุกกระทำที่จุดรับน้ำหนักของโครงประธาน ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการบรรทุก ดังนี้

   1.1 ตู้บรรทุกสินค้าขนาด 20 ฟุต จำนวน 2 ตู้

   1.2 ตู้บรรทุกสินค้าขนาด 40 ฟุต วางที่ตำแหน่งบริเวณกึ่งกลางของรถไฟบรรทุกสินค้าจำนวน 1 ตู้

   1.3 ตู้บรรทุกสินค้าขนาด 20 ฟุต วางที่ตำแหน่งบริเวณกึ่งกลางของรถไฟบรรทุกสินค้าจำนวน 1 ตู้

   1.4 การบรรทุกรูปแบบอื่นที่มีวัตถุประสงค์เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้

2. แรงกระทำแนวนอนแบบกดขนาด 2,000 กิโลนิวตัน กระทำตามแนวยาวที่จุดยึดชุด Draft gear

3. แรงกระทำแนวนอนแบบดึงขนาด 1,500 กิโลนิวตัน กระทำตามแนวยาวที่จุดยึดชุด Draft gear

3.1.2 การติดตั้งสเตรนเกจ (Strain Gauge)

1. ชนิดของสเตรนเกจแบบแผ่นฟอยล์ 1 แกน หรือแบบ Rosette ที่มีชนิดความต้านทาน 120 โอห์ม หรือ 350 โอห์ม มีช่วงการวัด (Gauge Length) 3 – 10 มิลลิเมตร
2. ติดตั้งสเตรนเกจบริเวณตำแหน่งที่เกิดความเค้นสูงสุดและบริเวณที่มีค่าความเค้นเกินร้อยละ 50 ของความเค้น ณ จุดครากของวัสดุ

   2.1 ให้ใช้สเตรนเกจแบบ Rosette ติดในบริเวณที่เกิดความเค้นสูงสุดและบริเวณที่มีค่าความเค้นเกินร้อยละ 50 ของความเค้น ณ จุดครากของวัสดุ

   2.2 ให้ใช้สเตรนเกจ 1 แกนสำหรับวัดค่าความเค้นจุดอื่น ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินความสอดคล้องของรายการคำนวณโครงสร้างกับผลการทดสอบการรับแรงแบบสถิต
3. การเตรียมผิวชิ้นงานบริเวณจุดติดตั้งสเตรนเกจจะต้องเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานในการติดตั้งสเตรนเกจ ดำเนินการโดยบุคลากรที่มีทักษะและความเชี่ยวชาญ
4. อุปกรณ์บันทึกข้อมูลการวัดสเตรนเกจแบบจะต้องเป็นแบบ Half Bridge หรือ Full Bridge และต้องมีการสอบเทียบค่าสเตรนด้วยค่ามาตรฐาน หรือด้วยวิธี Shunt resistor ณ ตำแหน่งวัด โดยใช้ค่าความต้านทานขนาดที่เหมาะสมกับย่านการวัด เช่น 60 – 120 กิโลโอห์ม
5. ต้องมีการตรวจสอบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal Drift) ไม่น้อยกว่า 15 นาที โดยจะต้องไม่มีผลกระทบต่อค่าการวัดอย่างมีนัยสำคัญ
6. อัตราการสุ่มข้อมูล (Sampling rate) ไม่น้อยกว่า 50 เฮิร์ต

3.1.3 การทดสอบ

1. โครงประธานที่ติดตั้งชุดสเตรนเกจแล้วจะต้องประกอบบนชุดโครงแคร่ หรือประกอบเข้ากับชุดจับยึดที่บริเวณ Pivot โดยทั้งหมดจะต้องวางอยู่บนพื้นที่มีความแข็งแรงและมีความเรียบ
2. ให้แรงกระทำรวมในแนวดิ่งค้างไว้ขนาดเท่ากับ 1.3 เท่าของพิกัดน้ำหนักบรรทุก โดยที่วิธีการให้แรงกระทำต้องกระจายน้ำหนักสม่ำเสมอ ณ ตำแหน่งจุดรับน้ำหนักบนโครงประธาน
3. ให้แรงกระทำแนวนอนแบบกดอย่างสม่ำเสมอโดยควบคุมอัตราการให้แรงกระทำไม่เกิน 150 กิโลนิวตันต่อนาที เพิ่มขึ้นจนถึงค่า 2,000 กิโลนิวตัน ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 5 นาที จึงปลดแรงกระทำในแนวนอนและแนวดิ่งตามลำดับออกจนเป็นศูนย์
4. บันทึกค่าความเค้นในโครงประธานอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบ
5. ทำการทดสอบตามข้อ 2 ถึงข้อ 4 ซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยตั้งค่าศูนย์สเตรนเกจก่อนการทดสอบ นำผลค่าความเค้น ณ แรงกระทำสูงสุดและหลังปลดแรงกระทำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อรายงานผล
6. ให้แรงกระทำตามข้อ 2 หลังจากนั้นให้แรงกระทำแนวนอนแบบดึงอย่างสม่ำเสมอโดยควบคุมอัตราการให้แรงกระทำไม่เกิน 150 กิโลนิวตันต่อนาที เพิ่มขึ้นจนถึงค่า 1,500 กิโลนิวตัน ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 5 นาที จึงปลดแรงกระทำในแนวนอนและแนวดิ่งตามลำดับออกจนเป็นศูนย์
7. บันทึกค่าความเค้นในโครงประธานอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบ
8. ทำการทดสอบตามข้อ 6 ถึงข้อ 7 ซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยตั้งค่าศูนย์สเตรนเกจก่อนการทดสอบ นำผลค่าความเค้น ณ แรงกระทำสูงสุดและหลังปลดแรงกระทำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อรายงานผล

3.1.4 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ

1. ความเค้นแบบ Von Mises ในโครงประธานให้เป็นไปตามข้อกำหนดในตาราง
2. ความเค้นในโครงประธานต้องสอดคล้องกับผลการคำนวณทั้งปริมาณและทิศทาง โดยความแตกต่างระหว่างค่าการวัดและผลคำนวณของจุดวัดที่มีความเค้นสูงกว่าร้อยละ 50 ของความเค้น ณ จุดครากต้องไม่เกินร้อยละ 25 และความเค้น ณ จุดอื่น ๆ จะต้องมีปริมาณหรือทิศทางสอดคล้องกับผลการวัดไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนจุดวัดที่มีความเค้นต่ำกว่าร้อยละ 50 หากไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดข้างต้นให้ตรวจสอบวิธีการคำนวณใหม่ และทำการทดสอบใหม่

ตารางเกณฑ์การยอมรับค่าความเค้นในโครงประธาน

	คุณลักษณะของวัสดุ	ค่าจำกัดความเค้น
Parent Metal	$R_p < 0.8\ R_m$	$\sigma = R_p$
	$R_p > 0.8\ R_m$ and $A > 10\%$	$\sigma = R_p$
	$R_p > 0.8\ R_m$ and $A < 10\%$	$\sigma = \frac{R_m}{1.25}$
Parent Metal ในบริเวณใกล้รอยเชื่อม	$R_p < 0.8\ R_m$	$\sigma = \frac{R_p}{1.1}$
	$R_p > 0.8\ R_m$ and $A > 10\%$	$\sigma = \frac{R_p}{1.1}$
	$R_p > 0.8\ R_m$ and $A < 10\%$	$\sigma = \frac{R_m}{1.375}$

หมายเหตุ : Rp คือ ความเค้น ณ จุดครากของโลหะนั้น (Parent Metal)

Rm คือ ความเค้นประลัยของโลหะนั้น (Parent Metal)

A คือ การยืดตัวของโลหะนั้น (Parent Metal)

3.2 การทดสอบการโก่ง และแคมเบอร์

3.2.1 ความต้องการ

1. โครงประธานที่ต้องการทดสอบ
2. กล้องวัดระดับหรือ Dial indicator หรือ LVDT
3. ชุดจับยึดโครงประธานโดยต้องมีการจับยึดที่บริเวณเดือยยึดโครงแคร่
4. ชุดก้อนน้ำหนักหรืออุปกรณ์ให้แรงแนวดิ่งขนาด 1.3 เท่าของน้ำหนักพิกัด

3.2.2 การทดสอบ

1. โครงประธานที่ทำการทดสอบจะต้องประกอบเข้ากับชุดจับยึดที่มีความแข็งเกร็งที่บริเวณเดือยยึดโครงแคร่ โดยทั้งหมดจะต้องวางอยู่บนพื้นที่มีความแข็งแรงและมีความเรียบ
2. ติดตั้งเครื่องมือวัดระยะจำนวน 14 จุด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ได้แก่ ด้านข้าง (ซ้ายขวา) ด้านปลาย (หน้าหลัง) โบลส์เตอร์โครงประธาน (หน้าหลัง) จุดกึ่งกลางโครงประธาน และจุดกึ่งกลางระหว่างโบลส์เตอร์โครงประธานกับจุดกึ่งกลางโครงประธาน
3. ตั้งค่าศูนย์เครื่องมือวัดระดับก่อนการทดสอบ
4. วัดค่าแคมเบอร์ขณะไม่มีแรงกระทำแนวดิ่ง โดยวัดระดับในแนวดิ่ง ณ ตำแหน่งที่มีการโก่งสูงสุด ดังภาพที่ 1

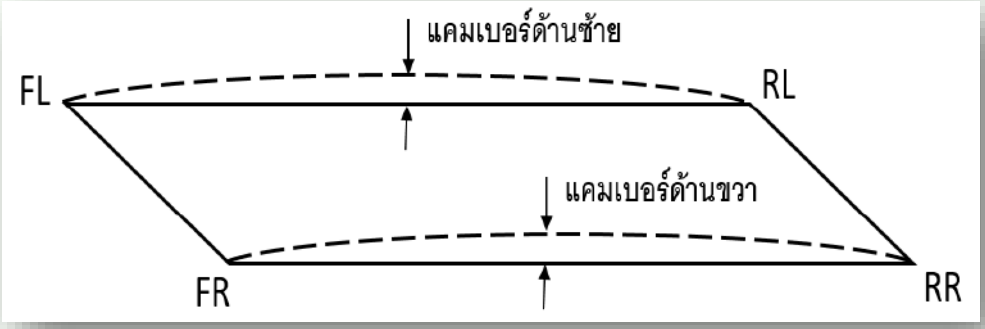
5. ให้แรงกระทำรวมในแนวดิ่งค้างไว้ที่ขนาดเท่ากับ 1.3 เท่าของน้ำหนักพิกัดขณะบรรทุกโดยที่วิธีการให้แรงกระทำต้องกระจายน้ำหนักสม่ำเสมอ ณ ตำแหน่งจุดรับน้ำหนักบนโครงประธาน ค้างไว้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง หรือเป็นไปตามข้อตกลงของผู้ใช้ จึงปลดแรงกระทำออกเป็นศูนย์

6. บันทึกการโก่งของโครงประธานระหว่างการทดสอบ และคำนวณค่าแคมเบอร์ที่แรงกระทำแนวดิ่งสูงสุด

7. ทำการทดสอบตามข้อ 3 ถึงข้อ 6 ซ้ำอีก 2 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย

3.2.3 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ

ค่าแคมเบอร์ และค่าการโก่งต้องเป็นไปตามเกณฑ์ที่ระบุจากผู้ใช้งาน



ภาพที่ 1 การทดสอบแคมเบอร์

3.3 การทดสอบยกแนวดิ่ง

3.3.1 ความต้องการ

1. บทต. ที่ประกอบเสร็จเรียบร้อย อย่างน้อยประกอบด้วย โครงประธาน, ชิ้นส่วนโครงแคร่, ชิ้นส่วนระบบห้ามล้อ และชิ้นส่วนระบบต่อพ่วง โดยมีการติดตั้งสเตรนเกจ (Strain Gauge) บริเวณจุดยกแนวดิ่ง ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถร้องขอให้มีการติดตั้งสเตรนเกจ (Strain Gauge) ที่บริเวณที่ต้องการตรวจสอบเพิ่มเติมได้ การติดตั้งสเตรนเกจตามข้อ 3.1.2
2. รายการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้าง หรือ Finite Element Analysis (FEA) ที่บริเวณจุดยกแนวดิ่ง หรือบริเวณอื่น ๆ ตามที่ผู้ใช้ต้องการ
3. ก้อนน้ำหนักหรืออุปกรณ์ให้แรงแนวดิ่ง
4. เครื่องมือวัดความยาว

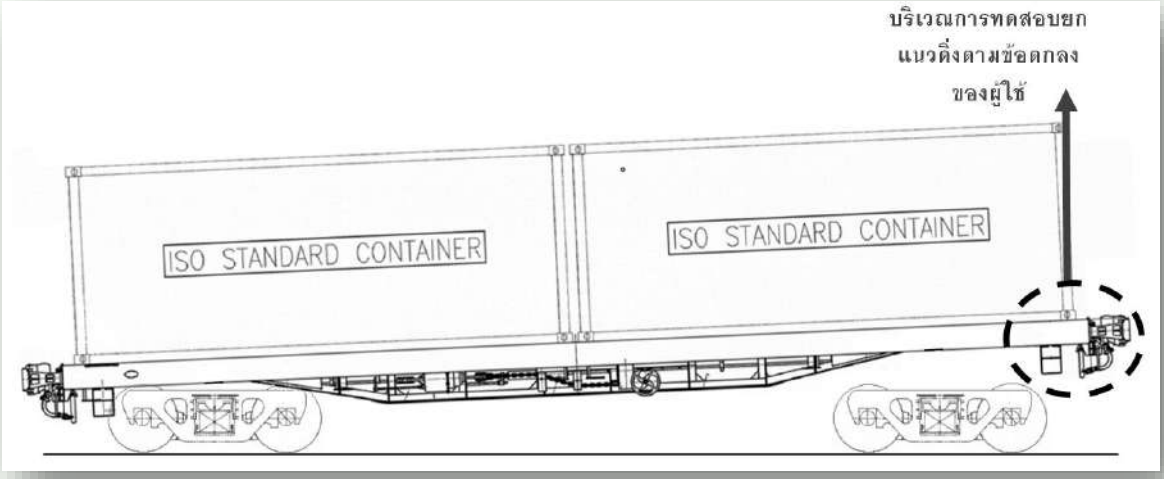
3.3.2 วิธีการทดสอบ

1. บทต. ที่บรรทุกน้ำหนักพิกัดจะต้องวางบนรางหรือพื้นที่มีความแข็งแรงและมีความเรียบ และวัดมิติของ บทต. ก่อนการทดสอบ
2. ยกหรือดัน บทต. ขึ้นในแนวดิ่ง ณ บริเวณที่เป็นไปตามข้อตกลงของผู้ใช้ และค้างไว้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 นาที หรือเป็นไปตามข้อตกลงของผู้ใช้ ดังภาพที่ 2 โดยบันทึกค่าความเค้นในโครงประธานอย่างต่อเนื่อง
3. ยกลง วัดมิติ และตรวจสอบความเสียหาย เช่น การแตกร้าวด้วยตาเปล่าหรือแว่นขยายกำลังต่ำ และตรวจสอบการเสียรูป ณ บริเวณที่ผู้ใช้กำหนดโครงประธาน และตำแหน่งที่ได้รับการดัดสูงสุด
4. ตรวจสอบความเค้นในโครงประธานตามความต้องการของผู้ใช้งาน

3.3.3 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ

รถ บทต. ต้องไม่เกิดความเสียหาย และการเสียรูปอย่างถาวรในชิ้นส่วนและระบบใดๆ โดยการตรวจสอบดังต่อไปนี้

- โครงสร้างประธานตรวจสอบโดยการวัดแคมเบอร์เปรียบเทียบกับผลก่อนการทดสอบตามการทดสอบการโก่ง และแคมเบอร์
- ตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบมิติก่อนและหลังการทดสอบ โดยเป็นไปตามเกณฑ์ที่ระบุจากผู้ใช้งาน
- อุปกรณ์และระบบห้ามล้อโดยการตรวจพินิจ เช่น ระบบห้ามล้อมีการทำงานถูกต้อง ท่อยางลมอัด (ท่อขบวน) และท่อยางลมดูดต้องไม่มีการดึงรั้ง เป็นต้น
- ความเค้นสูงสุด ณ จุดวิกฤตในโครงประธานจะต้องมีค่าไม่เกินความเค้น ณ จุดครากของวัสดุ



ภาพที่ 2 การทดสอบการยกในแนวดิ่ง

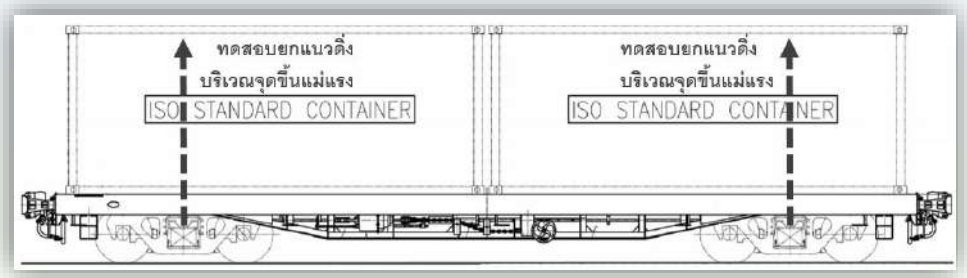
3.4 การทดสอบยกแนวดิ่งบริเวณจุดขึ้นแม่แรง

3.4.1 ความต้องการ

1. บทต. ที่ประกอบเสร็จเรียบร้อย อย่างน้อยประกอบด้วย โครงประธาน, ชิ้นส่วนโครงแคร่, ชิ้นส่วนระบบห้ามล้อ และชิ้นส่วนระบบต่อพ่วง โดยมีการติดตั้งสเตรนเกจ (Strain Gauge) บริเวณจุดขึ้นแม่แรง ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถร้องขอให้มีการติดตั้งสเตรนเกจ (Strain Gauge) ที่บริเวณที่ต้องการตรวจสอบเพิ่มเติมได้ การติดตั้งสเตรนเกจตามข้อ 3.1.2
2. รายการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้าง หรือ Finite Element Analysis (FEA) ที่บริเวณจุดยกแนวดิ่ง หรือบริเวณอื่น ๆ ตามที่ผู้ใช้ต้องการ
3. ก้อนน้ำหนักหรืออุปกรณ์ให้แรงแนวดิ่ง
4. เครื่องมือวัดความยาว

3.4.2 วิธีการทดสอบ

1. บทต. ที่บรรทุกน้ำหนักพิกัดจะต้องวางบนรางหรือพื้นที่มีความแข็งแรงและมีความราบเรียบ
2. ยกหรือดัน บทต. ขึ้นแนวดิ่งตรงบริเวณจุดยกที่กำหนด จนลอยสูงในระดับที่สามารถเปลี่ยนชุดแคร่ หรือชุดกันสะเทือนได้ตามปกติ และค้างไว้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 นาที หรือเป็นไปตามข้อตกลงของผู้ใช้ ดังภาพที่ 3
3. ยกลง ตรวจสอบความเสียหาย เช่น การแตกร้าวด้วยตาเปล่าหรือแว่นขยายกำลังต่ำ และตรวจสอบการเสียรูป ณ บริเวณจุดยก โครงประธาน และเดือยยึดโครงแคร่
4. ตรวจสอบความเค้นในโครงประธานตามความต้องการของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 3 การทดสอบการยกในแนวดิ่งบริเวณจุดขึ้นแม่แรง

3.4.3 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ

ต้องไม่เกิดความเสียหาย และการเสียรูปอย่างถาวรในชิ้นส่วนและระบบใด ๆ ของ บทต. โดยการตรวจสอบดังต่อไปนี้

- โครงสร้างประธานตรวจสอบโดยการวัดแคมเบอร์เปรียบเทียบกับผลก่อนการทดสอบตามการทดสอบการโก่ง และแคมเบอร์
- ตรวจสอบจุดขึ้นแม่แรงโดยการเปรียบเทียบมิติก่อนและหลังการทดสอบ โดยเป็นไปตามเกณฑ์ที่ระบุจากผู้ใช้งาน
- เดือยยึดโครงแคร่โดยพิจารณาร่วมกับการทดสอบการเลี้ยวโค้ง
- อุปกรณ์และระบบห้ามล้อโดยการตรวจพินิจ เช่น ระบบห้ามล้อมีการทำงานถูกต้อง ท่อยางลมอัด (ท่อขบวน) และท่อยางลมดูดต้องไม่มีการดึงรั้ง เป็นต้น
- ความเค้นสูงสุด ณ จุดวิกฤตในโครงประธานจะต้องมีค่าไม่เกินความเค้น ณ จุดครากของวัสดุ

3.5 การทดสอบการเลี้ยวโค้ง

3.5.1 ความต้องการ

บทต. ไม่น้อยกว่า 2 คันเข้าด้วยกัน และต่อด้านหนึ่งเข้ากับหัวรถจักร ที่ทางรถไฟที่มีรัศมีโค้งไม่เกิน 150 เมตร

3.5.2 วิธีการทดสอบ

จอด บทต. ตามข้อ 3.5.1 ให้นิ่งดังภาพที่ 4 ทำการห้ามล้อจากหัวรถจักรหรือทำการห้ามล้อด้วยแหล่งกำเนิดลมที่มีแรงดันไม่น้อยกว่า 5 บาร์ และทำการตรวจสอบอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- วัดระยะของปากขอพ่วง
- การเคลื่อนตัวของขอพ่วง
- วัดระยะของระยะห่างของระยางห้ามล้อ
- ฟังก์ชั่นการทำงานของระบบห้ามล้อ
- วัดระยะของท่อยางลมอัด (ท่อขบวน) และท่อยางลมดูด

3.5.3 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ

ตรวจสอบข้อบกพร่องด้วยตาเปล่าตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ระยะของปากขอพ่วงอยู่ในระยะปกติ
- ชุดขอพ่วงต้องเชื่อมต่อได้ตามปกติ
- ระยะห่างของระยางห้ามล้อจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม
- ระบบห้ามล้อมีการทำงานถูกต้อง
- ท่อยางลมอัด (ท่อขบวน) และท่อยางลมดูดต้องไม่มีการดึงรั้ง

ภาพที่ 4 การทดสอบการเลี้ยวโค้ง

3.6 การทดสอบระบบห้ามล้อ

แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.6.1 การทดสอบระบบห้ามล้อแบบสถิต

การทดสอบจะต้องเป็นไปตามรายการและวิธีการของผู้ผลิต และต้องพิสูจน์ว่าระบบห้ามล้อทำงานเป็นไปตามคุณลักษณะทุกระบบ เช่น ปริมาณของเหลว อุณหภูมิ ความดัน แรงเบรค และการทำงานของระบบห้ามล้อ เป็นต้น

3.6.2 การทดสอบห้ามล้อขณะจอด

1. **ความต้องการ** บทต. บรรทุกน้ำหนักเต็มพิกัดจำนวน 1 คันที่จอดนิ่งบริเวณทางรถไฟลาดเอียงไม่น้อยกว่า 1:100 หรือ บทต. จอดบนทางรถไฟแนวราบและถูกกระทำด้วยภาระเทียบเท่าแรงโน้มถ่วงบนทางรถไฟลาดเอียง ไม่น้อยกว่า 1 : 100
2. **การทดสอบ** ขึ้นเบรกมือและปล่อย บทต. ตามข้อ 1 ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง
3. **เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ** เมื่อปล่อยทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จะต้องไม่มีการเลื่อนไถล

3.7 การทดสอบการกระแทก

3.7.1 ความต้องการ

ภายหลังผ่านการทดสอบตามหัวข้อ 3.1 ถึง 3.6 ให้เตรียม บทต. จำนวน 1 คัน ซึ่งติดตั้งสเตรนเกจที่โครงประธานตามหัวข้อ 3.1 สำหรับทำการทดสอบแรงกระแทกที่เกิดจาก บทต. บรรทุกน้ำหนักพิกัด (รวมน้ำหนักของรถไฟบรรทุกเปล่า) หรือตามที่ผู้ใช้กำหนด โดยการชนต้องทำให้เกิดการต่อพ่วงอย่างสมบูรณ์ที่แรงกระแทกไม่น้อยกว่า 1,500 กิโลนิวตัน หรือที่ความเร็วไม่เกิน 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ติดตั้งเครื่องวัดแรงกระแทกที่ขอพ่วงและบริเวณกึ่งกลางของ บทต. เครื่องวัดแรงกระแทกใช้เครื่องมือประเภท Instrumented Coupler ที่ได้รับการสอบเทียบหรือทวนสอบค่าแรงหรืออุปกรณ์วัดแรงประเภทอื่น เช่น หัววัดความเร่ง ซึ่งต้องเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมได้แก่อุปกรณ์วัดความเร่งประเภท Piezoelectric และอุปกรณ์เก็บข้อมูลต้องมีอัตราการชักสุ่มไม่น้อยกว่า 20 กิโลเฮิร์ต สามารถควบคุมการทำงานระยะไกลหรือส่งผ่านข้อมูลไร้สายได้ และระบบเครื่องมือวัดดังกล่าวต้องสามารถรับแรงกระแทกได้โดยไม่ส่งผลต่อความแม่นยำของการวัด

3.7.2 การทดสอบแรงกระแทก

การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1. การทดสอบการกระแทกของ บทต. จอดนิ่งไม่บรรทุก
2. การทดสอบแรงกระแทกของ บทต. จอดนิ่งบรรทุกน้ำหนักพิกัด

โดยในการทดสอบในแต่ละลักษณะให้ทำการทดสอบขั้นต้นเพื่อหาเงื่อนไขการชนที่เหมาะสม แล้วทำการทดสอบจริง ตามตารางที่ 3

การทดสอบขั้นต้น เพื่อหาเงื่อนไขการชนที่เหมาะสม	การทดสอบจริง
1. ก่อนการทดสอบให้ปลดการห้ามล้อของ บทต.	1. ให้ทำการชน 40 ครั้ง โดยมีเงื่อนไขการชนที่หาได้จากการทดสอบขั้นต้น
2. ทำการชน 10 ครั้ง โดยใช้ค่าความเร็วต่างกันเริ่มจากความเร็วต่ำจนถึง 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จนกระทั่งได้ค่าแรงกระแทกไม่น้อยกว่า 1,500 กิโลนิวตัน	2. ระหว่างการทดสอบให้บันทึกค่าความเค้น
3. ในการชนทั้ง 10 ครั้ง ต้องมี 3 ครั้ง ที่มีความเร็วประมาณ 9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	3. ตรวจสอบความเสียหาย

3.7.3 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ

1. จะต้องไม่เกิดความเสียหายกับชุดขอพ่วง และอุปกรณ์เชื่อมต่อที่เกี่ยวข้อง
2. ความเค้นสูงสุดในโครงประธานจะต้องไม่เกินความเค้น ณ จุดคราก
3. ค่าความเครียดสะสมสูงสุด (cumulative strain) ตลอดการทดสอบต้องไม่เกินร้อยละ 0.2

3.8 การทดสอบน้ำหนัก และการกระจายน้ำหนักของแคร่ และ บทต.

3.8.1 การทดสอบน้ำหนัก และการกระจายน้ำหนักของแคร่ (การทดสอบให้เป็นไปตามข้อตกลงของผู้ใช้)

ชุดแคร่สำหรับประกอบ บทต. จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดจอดบนเครื่องชั่งน้ำหนักซึ่งสามารถวัดน้ำหนักแต่ละเพลาล้อแยกกันอิสระได้ทุกล้อพร้อมกัน ทำการวัดน้ำหนักขณะไม่บรรทุกและวัดน้ำหนักขณะให้แรงกระทำแนวดิ่งบนชุดแคร่เท่ากับพิกัดน้ำหนักบรรทุกของแคร่ โดยการวัดน้ำหนักจะต้องดำเนินการวัด 3 ครั้ง

3.8.2 การทดสอบน้ำหนัก และการกระจายน้ำหนักของ บทต. (การทดสอบให้เป็นไปตามข้อตกลงของผู้ใช้)

ต้องผ่านการทดสอบน้ำหนักและการกระจายตัวของน้ำหนักแคร่ก่อนทำการทดสอบนี้ โดยนำ บทต. ที่ประกอบจากชุดแคร่จากการทดสอบหัวข้อที่ 3.8.1 จำนวน 1 คัน จอดบนเครื่องชั่งน้ำหนักซึ่งสามารถวัดน้ำหนักแต่ละเพลาล้อแยกกันอิสระได้ทุกล้อพร้อมกัน หรือลาก บทต. เคลื่อนผ่านเครื่องวัดน้ำหนักที่สามารถวัดได้ทั้งเพลาพร้อมกันจนครบทุกเพลา ทำการวัดน้ำหนักขณะไม่บรรทุกและวัดน้ำหนักขณะบรรทุกน้ำหนักพิกัด โดยการวัดน้ำหนักจะต้องดำเนินการวัด 3 ครั้ง

3.8.3 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ

1. น้ำหนักขณะไม่บรรทุกของแคร่ และ บทต. เป็นไปตามข้อตกลงของผู้ใช้ (ถ้ามี)
2. น้ำหนักของ บทต. จะต้องผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนักที่ทดสอบ
3. น้ำหนักที่กระจายลงแต่ละล้อจะต้องมีความแตกต่างไม่เกินร้อยละ 4
4. น้ำหนักในแต่ละด้านของ บทต. จะต้องมีความแตกต่างไม่เกินร้อยละ ±2
5. น้ำหนักในแต่ละเพลาล้อจะต้องมีความแตกต่างไม่เกินร้อยละ ±6
6. วัดระยะของแคร่ และ บทต. เป็นไปตามข้อตกลงของผู้ใช้ (ถ้ามี)

4 รายงานการทดสอบ

รายงานผลการทดสอบอย่างน้อยต้องประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หน่วยงานทดสอบ
2. วันและสถานที่ทดสอบ
3. รายละเอียดข้อมูลของรถไฟบรรทุกทดสอบและแบบรูปของรถไฟบรรทุก (Drawing)
4. ชื่อผู้ผลิต และรายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
5. ใบรับรองการสอบเทียบหรือใบทวนสอบ และรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องมือวัดและทดสอบ
6. ใบรับรองอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
7. รายละเอียดวิธีการทดสอบในแต่ละรายการ
8. ผลการทดสอบ และเกณฑ์การยอมรับในแต่ละการทดสอบ
9. ตารางข้อมูล กราฟ รูปภาพการทดสอบ และภาพผลการประเมิน
10. ข้อมูลดิบตามแบบฟอร์มบันทึกซึ่งมีการลงนามรับรองผล

PART II

การทดสอบการวิ่ง (Running Test)

1 ขอบข่าย

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อยอมรับต้นแบบ (Prototype Test) รถโบกี้บรรทุกตู้สินค้า (บทต.) ชนิด Ordinary two – axle wagons หรือ Ordinary bogie wagons หรือรถโบกี้บรรทุกที่มีวัตถุประสงค์เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ซึ่งมีน้ำหนักกดเพลาไม่เกิน 20 ตัน

บทต. ที่ใช้ในการทดสอบต้องเป็นคันใหม่ ที่อย่างน้อยประกอบด้วย

- โครงประธาน
- ชิ้นส่วนโครงแคร่
- ชิ้นส่วนระบบห้ามล้อ
- ชิ้นส่วนระบบต่อพ่วง

โดยที่โครงประธานต้องประกอบขึ้นจากเหล็กกล้าหรือวัสดุประเภทอื่นด้วยวิธีการเชื่อมหรือข้อต่อทางกล บทต. ต้องเป็นคันใหม่และทุกระบบต้องพร้อมใช้งาน อาทิ การประกอบและการขันแน่น ช่องว่างที่เหมาะสมของอุปกรณ์ สีของรถ น้ำมัน สารหล่อลื่น ความดันอากาศ มาตรวัด เป็นต้น

รายการทดสอบในมาตรฐานนี้อ้างอิงมาจากวิธีการตามมาตรฐาน International Union of Railways (UIC577), British Standard (BS EN 12663-2:2010) และ Association of American Railroads (AAR Section C M-1001) ซึ่งรายการทดสอบสามารถเพิ่มเติมได้ตามความต้องการเฉพาะของผู้ใช้เพื่อให้เหมาะกับประเภทหรือชนิดของ บทต. ได้

การทดสอบตามมาตรฐานฉบับนี้ จะใช้รถทดสอบจำนวน 2 คัน สำหรับการทดสอบ ดังนี้

คันที่ 1 การทดสอบแบบสถิต การทดสอบการโก่งตัว และแคมเบอร์ การทดสอบการยกในแนวดิ่ง การทดสอบแนวดิ่งบริเวณจุดขึ้นแม่แรง และการทดสอบการกระแทก

คันที่ 2 การทดสอบการเลี้ยวโค้ง การทดสอบระบบห้ามล้อแบบสถิต การทดสอบระยะห้ามล้อ (ในเส้นทางของผู้ใช้) การทดสอบห้ามล้อขณะจอด และการทดสอบน้ำหนักและการกระจายน้ำหนัก

2 รายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด และการทดสอบ

ลำดับ	การทดสอบ	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด / ทดสอบ	ข้อกำหนดของเครื่องมือและอุปกรณ์วัด / ทดสอบ
1	การทดสอบระยะห้ามล้อ (ในเส้นทางของผู้ใช้)	ก้อนน้ำหนัก	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		อุปกรณ์วัดความเร็วรถ	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ
		อุปกรณ์วัดระยะทาง	ต้องมีใบสอบเทียบ หรือ ใบทวนสอบ

3 กระบวนการทดสอบ

3.1 การทดสอบระยะห้ามล้อ (ในเส้นทางของผู้ใช้)

1. **ความต้องการ** บทต. บรรทุกน้ำหนักเต็มพิกัดจำนวน 1 คันเชื่อมหรือมากกว่าต่อกับหัวรถจักรและเคลื่อนที่จนมีความเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือความเร็วสูงสุดที่ผู้ใช้กำหนด เพื่อทำการทดสอบระยะการห้ามล้อ
2. **การทดสอบ** ทำการห้ามล้อฉุกเฉินของ บทต. ตามข้อ 1
3. **เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบ** เมื่อมีการทำงานของห้ามล้อฉุกเฉิน ความเร็วของรถต้องลดอย่างต่อเนื่อง และมีระยะห้ามล้อ ไม่เกิน 700 เมตร หรือระยะที่ผู้ใช้กำหนด

4 รายงานการทดสอบ

รายงานผลการทดสอบอย่างน้อยต้องประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หน่วยงานทดสอบ
2. วันและสถานที่ทดสอบ
3. รายละเอียดข้อมูลของรถไฟบรรทุกทดสอบและแบบรูปของรถไฟบรรทุก (Drawing)
4. ชื่อผู้ผลิต และรายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
5. ใบรับรองการสอบเทียบหรือใบทวนสอบ และรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องมือวัดและทดสอบ
6. ใบรับรองอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
7. รายละเอียดวิธีการทดสอบในแต่ละรายการ
8. ผลการทดสอบ และเกณฑ์การยอมรับในแต่ละการทดสอบ
9. ตารางข้อมูล กราฟ รูปภาพการทดสอบ และภาพผลการประเมิน
10. ข้อมูลดิบตามแบบฟอร์มบันทึกซึ่งมีการลงนามรับรองผล

กรมการขนส่งทางราง
กระทรวงคมนาคม

กรมการขนส่งทางรางใส่ใจ
เพื่อความสุขและความปลอดภัย ในการเดินทางระบบรางของไทย