

กรณีศึกษาความเสียหายของรางรถไฟในต่างประเทศ

1 กรณีความเสียหายของรางรถไฟประเทศออสเตรเลีย

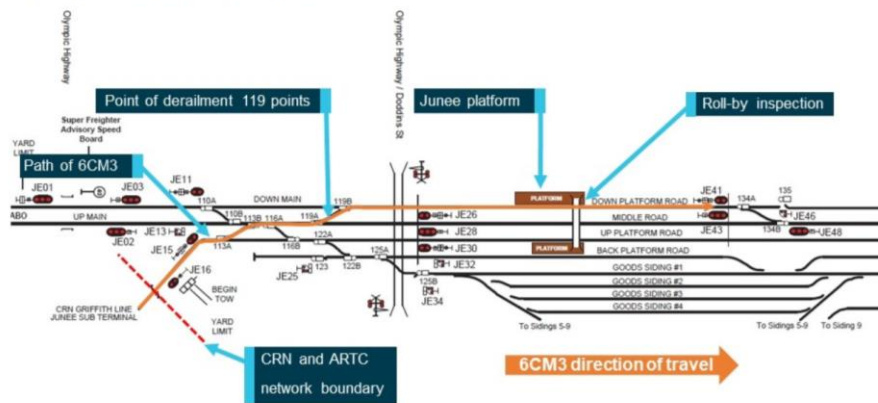
กรณีศึกษาที่ 1: Derailment of freight train 6CM3 ^[14]

เมื่อวันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ. 2562 ขณะที่ขบวนรถไฟขนส่งสินค้าของ Pacific National (PN) ขบวน 6CM3 ที่วิ่งระหว่างเมืองกริฟฟิต รัฐนิวเซาท์เวลส์ และเมืองแอฟเพลตัน รัฐวิกตอเรีย เข้าเทียบที่ชานชาลาสถานีรถไฟ Junee Down เพื่อเปลี่ยนหัวรถจักร พนักงานตรวจสอบพบว่าตู้รถไฟที่ 40 และ 41 เกิดการตกรางไถ่กับตำแหน่ง 119 รูปที่ 7 แสดงเหตุการณ์รื้อรถไฟตกราง และรูปที่ 8 แสดงตำแหน่งตกรางของรถไฟขบวน 6CM3 บริเวณ Junee Platform



รูปที่ 7 ภาพขณะเกิดเหตุรถไฟขบวน 6CM3 ตกราง

Figure 1: Junee network diagram



The path of train 6CM3 is shown in orange and depicts the train crossing from the Country Regional Network to the Australian Rail Track Corporation network by crossing points 113 and 119.
Source: Australian Rail Track Corporation, modified and annotated by OTSI

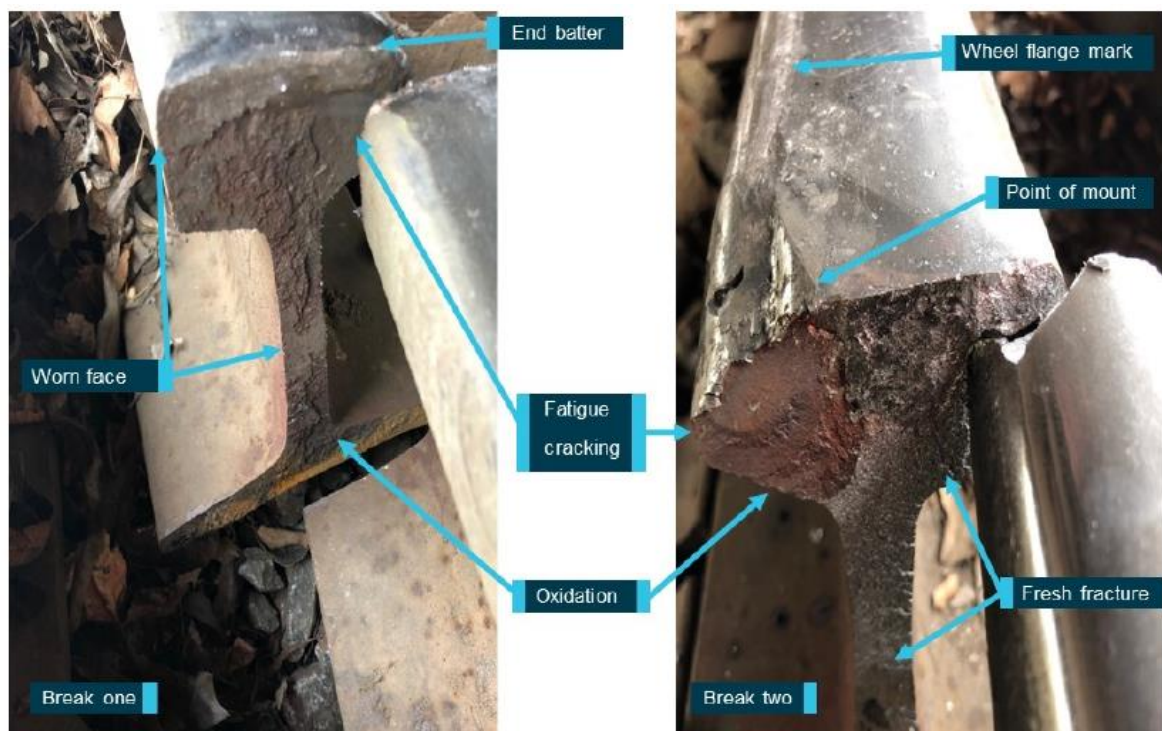
รูปที่ 8 แผนผังแสดงตำแหน่งที่เกิดการตรวจของรถไฟขบวน 6CM3 บริเวณ Junee Platform

การตรวจสอบความเสียหายที่บริเวณรถไฟขบวน 6CM3 ตรวจ พบการแตกหักของราง 2 ตำแหน่งคือ ตำแหน่ง 119A และ 119B ดังรูปที่ 9 จึงนำชิ้นส่วนที่แตกหัก (Brake One และ Brake Two) มาตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ รูปที่ 10 แสดงลักษณะผิวแตกที่พบในชิ้นส่วน Brake One และ Brake Two โดยผลการตรวจสอบผิวแตกมีรายละเอียดดังนี้

- ผิวแตกชิ้นส่วน Brake One
เมื่อตรวจสอบพบว่า ผิวหน้าแตกถูกปกคลุมด้วยสนิม หรือออกไซด์ (Oxide) และบางส่วนพบลักษณะของการสึกหรอและบริเวณหัวรางฝั่งเกวบางส่วนพบการแตกหักในรูปแบบการล้าจากการกลิ้งสัมผัส (Rolling Contact Fatigue)
- ผิวแตกชิ้นส่วน Break Two
จากการตรวจสอบพบว่ามีออกไซด์ปกคลุมผิวหน้าเฉพาะตำแหน่งที่พบผิวแตกแบบล้าจากการกลิ้งสัมผัส สำหรับผิวแตกจากการแตกหักแบบทันทีทันใดเนื่องจากรับแรงเกิดพิกัด (Overload) ไม่พบออกไซด์ปกคลุมที่บริเวณผิวหน้า



รูปที่ 9 ชิ้นส่วนของรางรถไฟที่นำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 10 ผิวหน้าแตกของรางรถไฟ

การเกิดออกไซด์ที่ชิ้นส่วน Break One บ่งชี้ได้ว่าชิ้นส่วนดังกล่าวเกิดการแตกหักก่อนชิ้นส่วน Break Two น้ำหนักของตู้บรรทุกสินค้าที่วิ่งผ่านชิ้นส่วนที่แตกหักทำให้เกิดความเค้นแรงดัดเกิดขึ้น (Bending Stress) ซึ่งเหนี่ยวนำให้รอยแตกจากการล้าของชิ้นส่วน Break Two ขยายตัว เมื่อขบวนรถไฟขบวน 6CM3 เคลื่อนที่ผ่านตำแหน่ง Points 119A ร่างจึงแตกหักแบบทันทีทันใดและทำให้รถไฟตกราง บริเวณดังกล่าวยังพบรางเสียรูปเนื่องจากการป็นของล้อเป็นระยะทาง 4.5 เมตร โดยล้อที่ตกรางมีจำนวนทั้งหมด 8 ล้อ จากตู้บรรทุกที่ 40 และตู้บรรทุกที่ 41

เมื่อตรวจสอบบันทึกการตรวจสอบตามข้อกำหนดมาตรฐานของ ARTC ที่ตำแหน่ง 119A พบว่า

- 24 มิถุนายน พ.ศ. 2561 ตรวจสอบอย่างละเอียดด้วยสายตา
- 10 เมษายน พ.ศ. 2562 ตรวจสอบอย่างละเอียดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
- 3 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เดินตรวจสอบด้วยสายตา

จึงสรุปได้ว่าไม่พบข้อบกพร่องของรางก่อนเกิดเหตุการณ์ตกราง มีความเป็นไปได้สูงว่ารางรถไฟอาจชำรุดก่อนการเดินตรวจสอบ แต่การเดินตรวจสอบมีข้อจำกัดคือสามารถตรวจพบได้เฉพาะความเสียหายหรือรอยแตกขนาดใหญ่เท่านั้น นอกจากนี้การตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงเมื่อวันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2562 อาจไม่ได้ตรวจสอบตรงตำแหน่งที่เกิดการแตกหัก

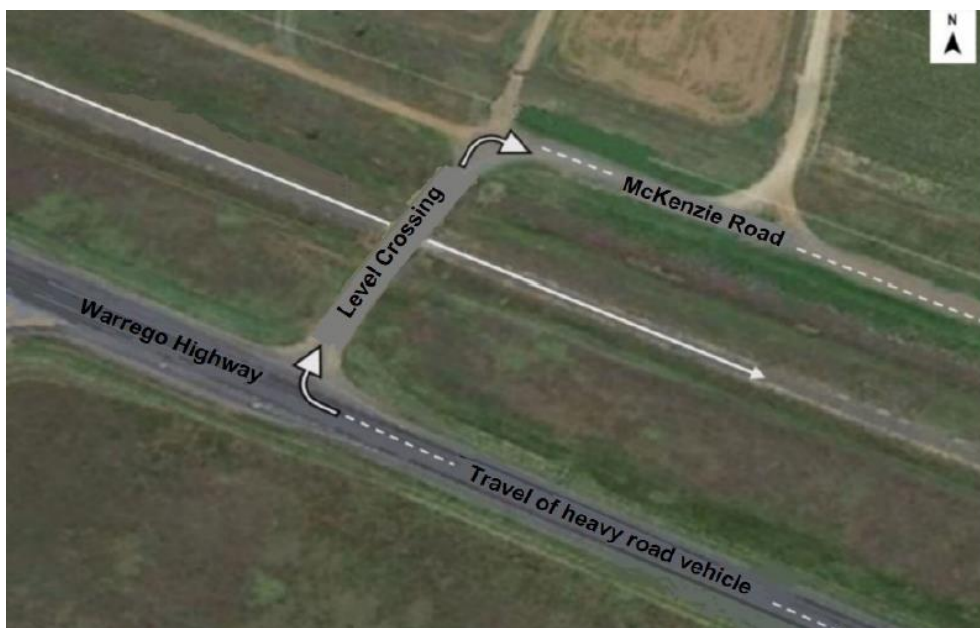
สรุปความน่าจะเป็นของเหตุการณ์การตกรางของขบวนรถไฟ 6CM3

- อาจเป็นผลจากการไม่ได้รับการตรวจสอบรางด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง
- แนวทางในการบำรุงรักษาของ ARTC ไม่ได้ระบุการตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงแบบอัตโนมัติตามข้อกำหนดของรัฐนิวเซาท์เวลส์
- การตรวจสอบด้วยเครื่องมือคลื่นเสียงความถี่สูงแบบ Roll-by สามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้

กรณีศึกษาที่ 2: Derailment of coal train 9869 ^[15]

เมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 เกิดเหตุการณ์รถไฟชนถ่านหินตกรางที่บริเวณจุดตัดข้ามถนนของเส้นทางรถไฟ Western Line ที่วิ่งระหว่างเมือง Oakey และเมือง Jondaryan รัฐ Queensland เหตุการณ์ดังกล่าวทำให้หัวรถจักรและตู้รถชนถ่านหินตกราง

จากการตรวจสอบของ ATSB พบว่าทางข้ามทางรถไฟที่เกิดเหตุเชื่อมต่อกับถนน Warrego Highway กับ ถนน McKenzie และเป็นเส้นทางผ่านของรถบรรทุกหนักดังรูปที่ 11 ถนนดังกล่าวไม่ได้ถูกบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่ปลอดภัยต่อการใช้งาน พื้นผิวถนนมีการหลุดล่อนมากจนส่วนท้องของรถบรรทุกมีโอกาสชนกับบริเวณหัวรางที่ยื่นออกมาขณะวิ่งข้ามทางรถไฟ (รูปที่ 12) จากการตรวจสอบบริเวณที่เกิดการตกรางสามารถสังเกตเห็นหัวรางและเอวรางโผล่พ้นพื้นถนนได้อย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 13 นอกจากนี้ยังพบร่องรอยการกระแทกที่บริเวณหัวราง การบิดตัวและการแตกหักของรางทำให้เกจของรางเพิ่มขึ้นถึง 55 มิลลิเมตร และเป็นสาเหตุให้เกิดเหตุการณ์รถไฟตกราง

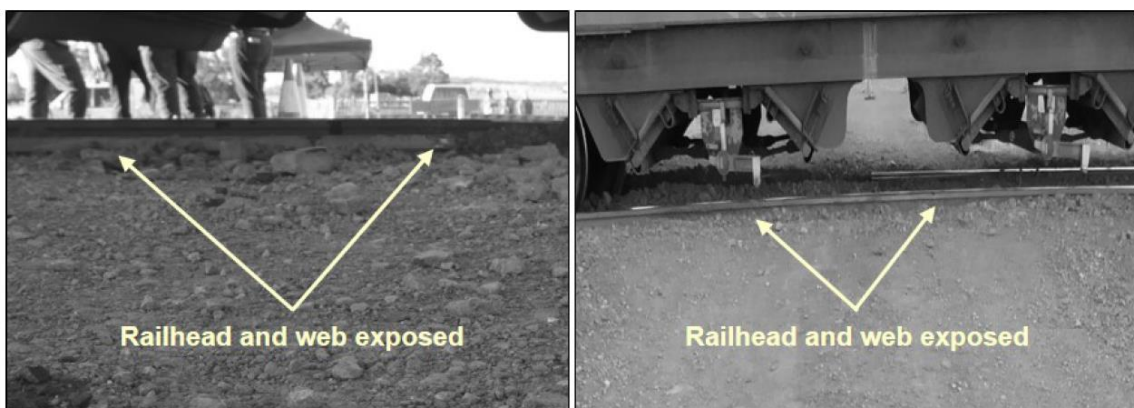


รูปที่ 11 ตำแหน่งของทางข้ามทางรถไฟที่เกิดเหตุรถไฟตกราง

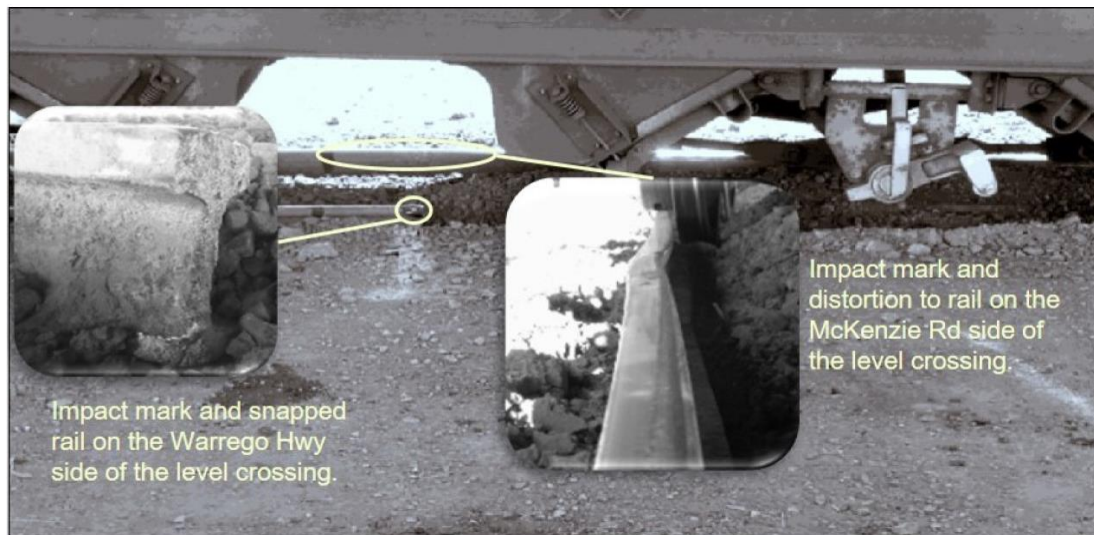


รูปที่ 12 สภาพถนนบริเวณทางข้ามรถไฟ

เมื่อนำรางที่แตกหักไปตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการ พบการขยายตัวของรอยแตกเนื่องจากแรงกระแทกด้านข้าง ทำให้รางรถไฟขยับตัวในทิศทางด้านข้าง โดยแรงกระแทกอาจเกิดจากสภาพของทางข้ามรถไฟที่ทำให้ระยะเผื่อ (Clearance) ระหว่างส่วนท้องของรถบรรทุกที่วิ่งผ่านกับหัวรางเหลือน้อยเกินไปจนกระแทกกับรางตอนข้ามทางรถไฟ



รูปที่ 13 บริเวณหัวรางและเอวรางที่มีความสูงพ้นพื้นถนน



รูปที่ 14 ร่องรอยของการกระแทกของรางบริเวณทางข้ามรถไฟและการบิดเบี้ยวของรางในฝั่งถนน McKenzie

2 กรณีความเสียหายของรางรถไฟประเทศแคนาดา

กรณีศึกษาที่ 1: ความเสียหายเหตุการณ์ R19E0150 ^[16]

เหตุการณ์

วันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2562 เวลาประมาณ 04.05 น. Canadian National Railway Company (CR) ได้รับแจ้งอุบัติเหตุของรถไฟขบวน G86341-28 ที่กำลังมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกด้วยความเร็วประมาณ 41 ไมล์ต่อชั่วโมง ในเขตปกครองของ Vegreville เมื่อรถไฟหยุดแล้วจึงได้ดำเนินการตรวจสอบความเสียหาย พบว่ารถเกิดการตกรางจำนวน 18 คัน (คันที่ 69 ถึง 86 จากส่วนหัว) การตกรางเกิดขึ้นใกล้กับ Chipman, Alberta ในพื้นที่ชนบทที่ตั้งอยู่ประมาณ 36 กม. ทางตะวันตกเฉียงเหนือของเมือง Vegreville, Alberta (รูปที่ 15) และรูปที่ 16 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณรถไฟที่ตกราง

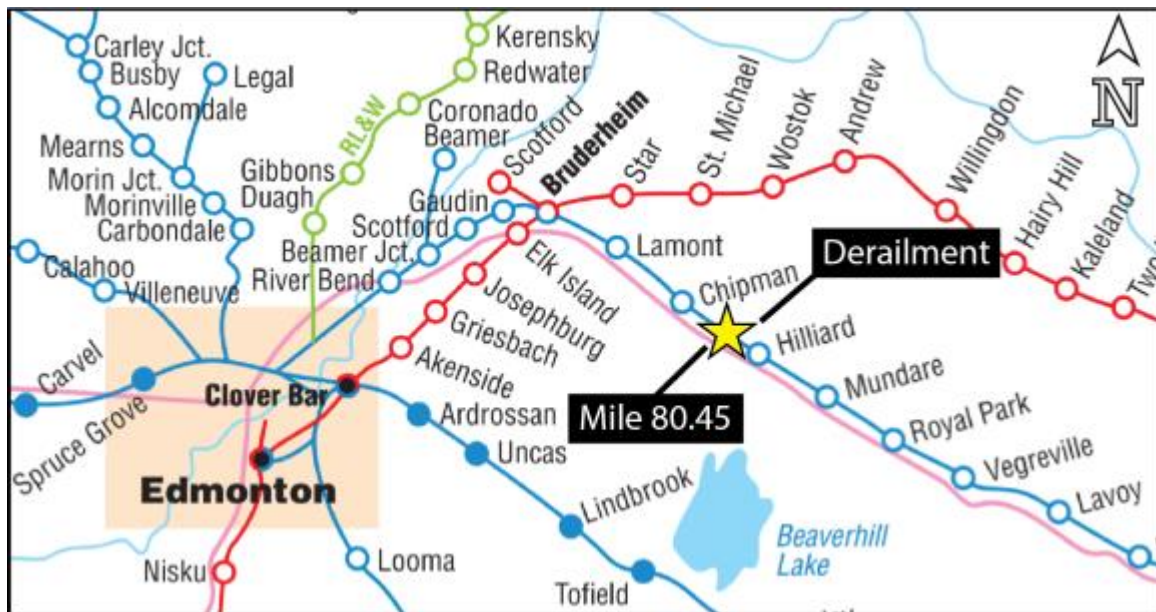
การสัมภาษณ์พนักงานบนรถไฟได้ข้อมูลว่าก่อนที่สัญญาณเบรกฉุกเฉินของรถไฟจะทำงาน ไม่พบเห็นเหตุการณ์ผิดปกติใด ๆ ระหว่างทางขบวนรถไฟแล่นผ่าน Hot Box ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนของ Bearing เพลารถไฟ ที่บริเวณหลักไมล์ที่ 18.7 และผ่าน Dragging equipment detectors ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่อาจติดอยู่บริเวณใต้ท้องรถไฟ บริเวณหลักไมล์ที่ 70.4 ของสถานีย่อย Vegreville โดยไม่มีการแจ้งเตือน อุบัติเหตุครั้งนี้ไม่มีผู้ได้รับบาดเจ็บและไม่มีการอพยพ สภาพอากาศในช่วงเวลาตกรางมีอุณหภูมิประมาณ -1 °C ท้องฟ้าครึ้ม

รถไฟขบวน G86341-28 เป็นรถไฟขนส่งสินค้าที่ควบคุมการเดินรถจากระยะไกลโดยมีตัวรับสัญญาณควบคุมที่ท้ายขบวนและมีมอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนจักรอยู่ด้านหน้า ตู้ขนส่งสินค้าในขบวนเป็นแบบฮอปเปอร์ (Hopper) ที่บรรจุข้าวและมีหลังคาคลุมจำนวน 100 คัน มีความยาวทั้งหมดรวมหัวรถจักร 6,168 ฟุต และหนัก 14,205 ตัน รถไฟออกเดินทางจากเมือง North Battleford, Saskatchewan จากสถานีย่อย Blackfoot Subdivision โดยมีตู้ขนส่งสินค้า 55 ตู้ หลังจากนั้น มีการเพิ่มตู้บรรทุกสินค้าเพิ่มเติมอีก 45 ตู้ ที่เมือง Loydminster, Saskatchewan บริเวณหลักไมล์ที่ 84.4 บนสถานีย่อย Blackfoot

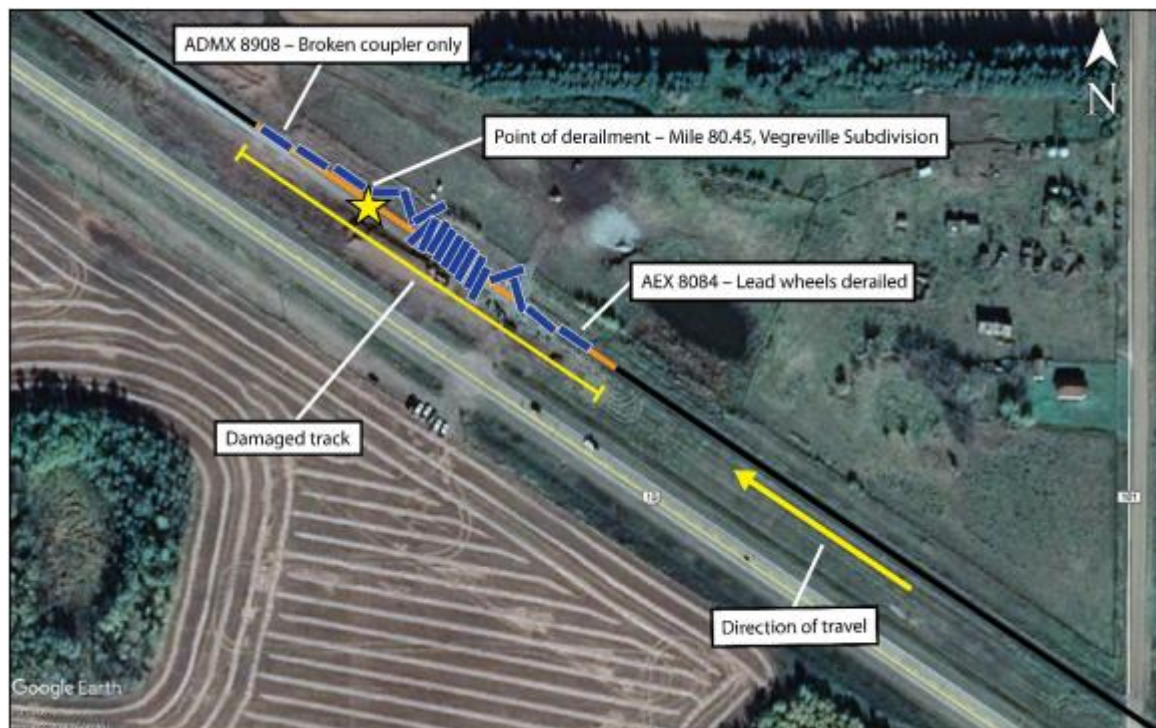
การตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ

การตรวจสอบพบว่าตู้รถไฟที่ 68 (ADMX 8908) มีการแตกหักของข้อต่อเชื่อมขบวนรถไฟ แต่ตู้รถไฟที่ 68 ยังคงอยู่บนราง ในขณะที่ตู้รถไฟอีก 17 ตู้ที่อยู่ถัดไป (ตู้ที่ 69-85) ตกรางและสินค้าหล่นออกจากตู้บรรทุก ส่วนตู้ที่ 86 (AEX 8084) ยังอยู่บนรางโดยมีเพียงล้อหน้า (ล้อนำ) เท่านั้นที่ตกราง ตู้รถไฟที่ตกรางส่วนใหญ่ตั้งขวางกับแนวรางเนื่องจากเกิดการสับตัวของตู้คล้ายกับการสับของมีดพับ (Jackknife) เพราะการหยุดรถกระทันหัน จุดตกรางเกิดขึ้นตำแหน่งประมาณ 80.45 ไมล์จาก Vegreville Subdivision รางที่

เสียหายมีความยาวประมาณ 600 ฟุต การซ่อมแซมรางต้องทำเลยระยะความเสียหาย 20 ฟุตจากปลายทั้งสองด้าน



รูปที่ 15 ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ



รูปที่ 16 ภาพถ่ายดาวเทียมของตำแหน่งรถไฟตกราง

ข้อมูลพนักงานบนรถไฟ

ลูกเรือประกอบด้วยวิศวกรหัวรถจักรและผู้ควบคุม ลูกเรือทั้งสองมีคุณสมบัติตรงตามตำแหน่งงานตรงตามข้อกำหนดด้านสุขภาพ มีการพักผ่อนเพียงพอและคุ้นเคยกับพื้นที่เป็นอย่างดี

ข้อมูลเพิ่มเติม

การเดินรถไฟในเขต Vegreville ถูกควบคุมโดยระบบควบคุมทางไกลจากการรถไฟของแคนาดา และสถานีควบคุมการจราจรทางรถไฟตั้งอยู่ในเมือง Edmonton ในปี พ.ศ. 2560 เส้นทางนี้มีรถไฟวิ่งผ่าน 17.5 GTM/M และ 18 GTM/M ในปี พ.ศ. 2561 ในบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุการตกราง รถไฟบรรทุกสินค้าถูกจำกัดความเร็วไม่เกิน 40 ไมล์ต่อชั่วโมง รางจัดอยู่ใน Class 3 ตามกฎของ Transport Canada-approved Rules Respecting Track Safety ซึ่งเรียกอีกอย่างว่า กฎความปลอดภัยการเดินรถไฟ (TSR)

ข้อมูลที่มีการบันทึกไว้

ข้อมูลบันทึกเหตุการณ์จากหัวรถจักรและท้ายรถระบุว่าเมื่อใกล้ถึงบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ ระบบเบรกแบบไดนามิกสำหรับหน่วยความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนรถไฟเริ่มทำงานที่ระดับ 2 (การหน่วงแบ่งเป็น 8 ระดับโดยระดับที่ 8 เป็นระดับสูงสุดที่ใช้ในการลดความเร็วของรถไฟ) เมื่อรถไฟกำลังจะถึงตำแหน่งเกิดเหตุ กล้องวิดีโอหน้าหัวรถจักรใช้การไม่ได้ จึงตรวจสอบกล้องหน้ารถของรถไฟขบวนก่อนหน้าที่วิ่งผ่านแทน ซึ่งพบว่ารางเกิดความเสียหายก่อนเกิดเหตุการณ์รถไฟตกราง แต่ระบุรูปแบบการเสียหายไม่ได้ (รูปที่ 17) นอกจากนี้เสียงขณะที่รถไฟวิ่งผ่านยืนยันได้ว่ารางมีความผิดปกติ



รูปที่ 17 ความผิดปกติของรางจากกล้องด้านหน้าของรถไฟขบวนก่อนหน้า

ข้อมูลรางรถไฟ

รางรถไฟบริเวณเกิดเหตุเป็นรางขนาด 100 ปอนด์ ที่ผลิตโดยบริษัท Sydney Steel Corporation ในปี พ.ศ. 2514 ติดตั้งบนไม้หมอนรองรางขนาด 14 นิ้ว จากการตรวจสอบพบว่าบริเวณหัวรางสึกหรอประมาณ 4 มม. ซึ่งไม่เกินพิกัดการสึกหรอในข้อกำหนดการใช้งานของมาตรฐาน (CN's Engineering Track Standards) ที่ยอมให้มีการสึกหรอได้ไม่เกิน 10 มม.

การตรวจสอบรางรถไฟ

บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุรถไฟตกรางได้มีการตรวจสอบตามข้อบังคับของ Track Safety Rules (TSR) โดย Canadian National Railway Company (CN) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- วันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2562 ตรวจสอบด้วยสายตา ไม่พบจุดบกพร่องบริเวณที่ตกราง
- วันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2562 ทดสอบข้อบกพร่องของรางด้วยเครื่องอัลตราโซนิก ไม่พบจุดบกพร่อง
- วันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2562 ตรวจสอบด้วยการวัดระยะเกจของราง ไม่พบความผิดปกติในบริเวณใกล้เคียงที่เกิดเหตุการณ์ตกราง



รูปที่ 18 ร่องรอยการถูกกระแทกของรางที่แตกหัก

การตรวจสอบชิ้นส่วนรางที่แตกหัก

จากการตรวจบริเวณที่เกิดการตกราง พบรางแตกหักหลายชิ้น การตรวจสอบผิวหน้าแตกด้วยสายตา ไม่พบจุดบกพร่อง พบชิ้นส่วนหนึ่งมีร่องรอยการเสียหายจากการกระแทกที่สอดคล้องกับล้อรถที่มีกระทบกับหัวราง (รูปที่ 18) ร่องรอยเสียหายบนรางส่วนใหญ่เกิดขึ้นหลังจากรางแตกหักแล้วมีล้อรถไฟวิ่งผ่านต่อเนื่อง สัมผัสกับส่วนหัวที่แตกออก การสอบสวนจึงไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่าทำไมรางรถไฟเสียหาย เพราะไม่ได้ตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม TSB ได้ทำการสรุปความน่าจะเป็นของสาเหตุที่เป็นไปได้ดังนี้

- มีสารฝังในภายในวัสดุ (Inclusion) พบมากในรางรุ่นเก่าซึ่งยังไม่มีข้อกำหนดเรื่องความสะอาดของเหล็กเหมือนในปัจจุบัน)
- รอยแตกหักตามขวางของรางอาจเกิดจากการสัมผัสของล้อและรางแล้วเสียหายด้วยกลไกการล้า
- การแตกหักเกิดจากแรงกระแทกแนวตั้งจากล้อรถไฟที่บิดเบี้ยวหรือไม่กลม (Out-of-round)

รางรถไฟได้รับการตรวจสอบและบำรุงรักษาตามวาระตามข้อกำหนดการตรวจสอบ หัวรางสึกหรอเพียง 4 มม. และไม่พบความผิดปกติใด ๆ ในบริเวณใกล้จุดเกิดเหตุทั้งการตรวจสอบด้วยสายตาและคลื่นเสียงความถี่สูง สภาพอากาศมีอุณหภูมิต่ำกว่า 0° องศาเซลเซียสเล็กน้อย ภาพและเสียงจากกล้องบันทึกวิดีโอหน้ารถไฟขบวนก่อนหน้ายืนยันว่ารางรถไฟมีความผิดปกติ ดังนั้นจึงมีโอกาaslที่ล้อรถจะกระแทกกับตำแหน่งที่ผิดปกติแล้วทำให้รางแตกหัก หากมีเครื่องตรวจจับแรงกระแทกของล้อ (Wheel Impact Load Detector, WILD) จะสามารถระบุล้อที่เกิดแรงกระแทกเกินขีดจำกัด ณ เวลานั้นได้ แต่เหตุการณ์นี้ไม่มีเครื่องตรวจจับ WILD ดังกล่าว

การดำเนินการด้านความปลอดภัย

หลังจากเกิดเหตุทาง CN ได้ตรวจสอบขนาดของราง (Track geometry) บริเวณ Vegreville Subdivision และไม่พบจุดบกพร่อง และในวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2563 ทาง CN ได้ติดตั้งเครื่องตรวจจับแรงกระแทก (WILD) บนเส้นทาง Prairie North เป็นระยะทาง 18.2 ไมล์ จากสถานี Blackfoot

กรณีศึกษาที่ 2: ความเสียหายเหตุการณ์ R19W0329^[17]

บันทึกเหตุการณ์

เมื่อเวลา 06.45 น. วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2562 บริษัท VIA Rail Canada Inc. (VIA) ได้รับแจ้งว่า เบรกฉุกเฉินของรถไฟขบวน VIA 692 ทำงานและรถไฟตกรางขณะมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร็ว 60 ไมล์ต่อชั่วโมง บริเวณหลักไมล์ที่ 22 ของสถานีย่อย CN Gladstone **รูปที่ 19** แสดงตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุ มีผู้ได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย 5 ราย เป็นผู้โดยสาร 2 รายและพนักงานประจำรถไฟ 3 ราย ขณะเกิดเหตุมีอุณหภูมิภายนอก -12 °C ประมาณ 3 ชั่วโมงก่อนที่รถไฟขบวน VIA 692 จะวิ่งมาถึงมีรถไฟหน่วยบรรทุกน้ำมันดิบ CN U73581-30 (CN 735) ซึ่งเป็นตู้เปล่าวิ่งผ่านบริเวณที่รถไฟขบวน VIA 692 ตกราง โดยมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตก ในระหว่างรถไฟขบวน CN 735 วิ่งผ่านบริเวณดังกล่าวตรวจพบแรงกระแทกล้อจากเครื่องตรวจจับแรงกระแทกล้อ (WILD) แต่เนื่องจากค่าที่ตรวจจับได้ไม่เกินเกณฑ์ของ Association of American Railroad (AAR) และ CN จึงไม่มีการบันทึกความเสียหายของรางรถไฟ



รูปที่ 19 ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุรถไฟตกราง

การตรวจสอบพนักงาน

จากการสังเกตบริเวณที่เกิดเหตุ พบว่ารถไฟและหัวรถจักรของขบวน VIA 692 ตกรางไปทางด้านทิศใต้ของราง รถไฟหยุดอย่างกะทันหันและหยุดที่ด้านตะวันออกของทางแยก หัวรถจักร 2 คันพลิกตะแคงข้างทาง ขณะที่ตู้รถไฟอีก 5 คันยังคงตั้งตรง **รูปที่ 20** แสดงภาพสเก็ตช์ลักษณะและรายละเอียดตำแหน่งที่รถไฟตกราง การตรวจสอบเบื้องต้นไม่พบร่องรอยความเสียหายของทางและคันทางรถไฟ (โครงสร้างพื้นของราง)

ที่สามารถนำไปสู่การตกราง ตำแหน่งที่เสียหายอยู่ใกล้กับสะพานพบการแตกหักของรางและแผ่นประกบราง (Fish Plate) โดยบริเวณแตกหักมีความยาว 22 ฟุต ตำแหน่งที่เกิดความเสียหายเพ็งติดตั้งแผ่นประกบรางใหม่ เมื่อวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2562 (รูปที่ 21)

การตรวจสอบรางที่แตกหักและแผ่นประกบ

การตรวจสอบรางและแผ่นประกบที่แตกหัก พบว่าบริเวณที่เสียหายมีความยาวประมาณ 84 นิ้ว และเกิดการแตกหักทั้งหมด 4 ส่วน ประกอบด้วยชิ้นส่วนขนาด 27 นิ้ว (A) ขนาด 11 นิ้ว (B) ขนาด 23½ นิ้ว (C) และ 22½ นิ้ว (D) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 22

การตรวจสอบรอยแตกของชิ้นส่วน A สันนิษฐานว่าเกิดจากการตกรางของรถไฟ ในขณะที่ชิ้นส่วน B และ C พบร่องรอยการแตกหักจากการล้า (Fatigue Fracture) และมีจุดเริ่มต้นรอยแตกอยู่ที่บริเวณมุมของเกจ โดยบริเวณจุดเริ่มต้นผิวรอยแตกมีสีเข้มต่างจากผิวรอยแตกที่เกิดการแตกหักแบบทันทีทันใด (Fast Fracture) สำหรับชิ้นส่วน B มีพื้นที่การขยายตัวจากการล้าลึกประมาณ 5% นิ้ว และกว้างประมาณ ¾ นิ้ว หรือราว 15% ของพื้นที่หน้าตัดหัวรางดังรูปที่ 23 และชิ้นงาน C มีพื้นที่การขยายตัวจากการล้าลึกประมาณ ¼ นิ้ว และกว้าง ¾ นิ้ว หรือราว 5% ของพื้นที่หน้าตัดหัวราง

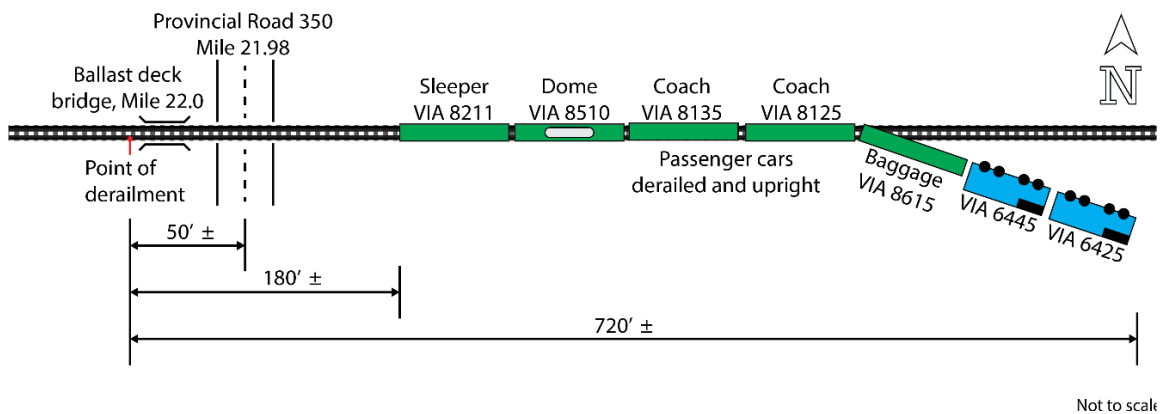
เมื่อตรวจสอบชิ้นส่วน D ที่อยู่ห่างจากปลายด้านตะวันออกของรางรถไฟประมาณ 61.5 นิ้ว จากบริเวณเสียหาย พบว่ารางแตกหักเป็นสองชิ้นที่กึ่งกลางของประกบและพบการกระแทกอย่างรุนแรงที่บริเวณหัวราง แต่ไม่พบความเสียหายจากการล้าโดยทิศทางการเสียรูปบริเวณหัวรางสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกของรถไฟขบวน CN 735 อย่างไรก็ตามประกบด้านทิศใต้ (South) และทิศเหนือ (North) พบรอยแตกร้าจากการล้าก่อนเกิดการแตกหัก (Pre-existing fatigue cracks) ที่ส่วนหัวของประกบซึ่งแนบพอดีกับรัศมีโค้งของรอยต่อของหัวรางและเอวรางดังแสดงในรูปที่ 24

รูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นบ่งชี้ว่ารางและประกบรางเกิดการแตกหักขณะที่ขบวนรถไฟ CN735 แล่นไปในทิศตะวันตก เป็นไปได้ว่าประกบรางเกิดความเสียหายจากการล้าก่อนและนำไปสู่การแตกหักของรางที่ตำแหน่ง B, C และ D ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างของรางขนาดใหญ่ที่มีความยาว 34½ นิ้ว ทำให้ขบวนรถไฟสาย VIA 692 ตกรางในที่สุด

การดำเนินงานด้านความปลอดภัย

เมื่อวันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2563 ทาง CN ได้เพิ่มเติมมาตรา 1.2 (การเชื่อมต่อราง) ของ ETS เกี่ยวกับการตรวจสอบเพิ่มเติมและมาตรการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเมื่อมีการปฏิบัติงานในบริเวณใกล้รอยต่อราง มาตรการที่เพิ่มเติมคือ

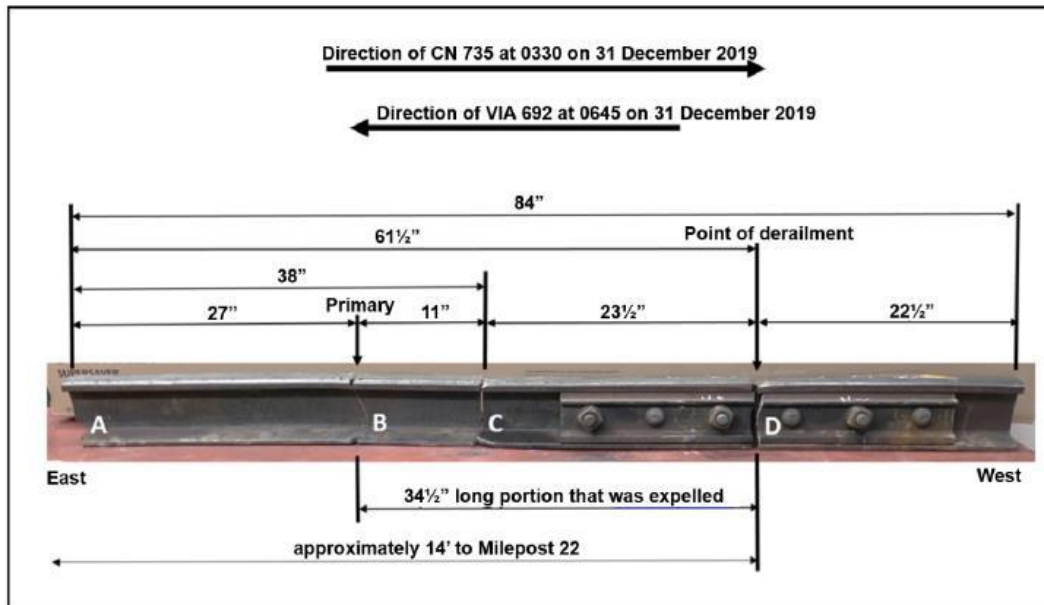
- เมื่อมีการทำงานที่รอยต่อหรือบริเวณใกล้เคียงหรือใกล้แผ่นประกบ ต้องตรวจสอบหา รอยแตก ชั้นสลักเกลียวให้แน่นและระวังให้บริเวณรอยต่อมีช่องว่าง
- หากพบรอยแตกร้าวหรือเกิดการแตกหักของแผ่นประกบบริเวณรอยต่อราง (ตำแหน่ง D รูป ที่ 22) ในราง Class 3 ขึ้นไปให้ทำการเปลี่ยนแผ่นประกบนั้น
- เมื่อเปลี่ยนแผ่นประกบที่แตกหักแล้วให้ตรวจสอบแผ่นประกบที่ใช้งานในรางฝั่งตรงข้ามอย่าง ละเอียด หากจำเป็นให้เปลี่ยนเพิ่มเติม



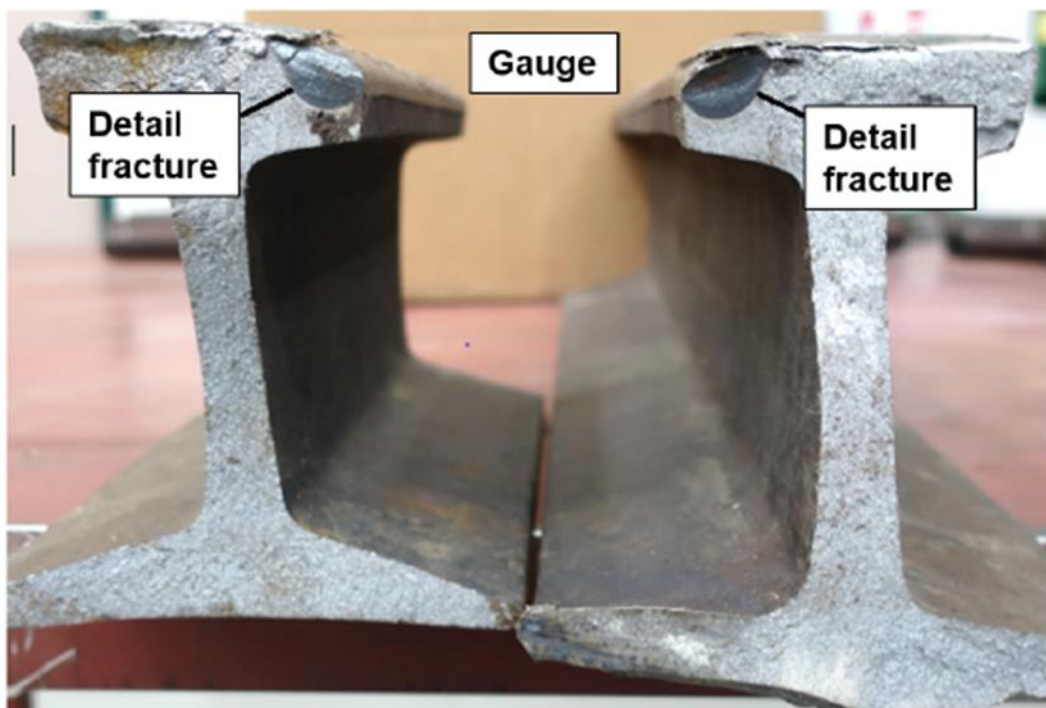
รูปที่ 20 ภาพสเก็ตช์ลักษณะและรายละเอียดตำแหน่งที่รถไฟตกราง



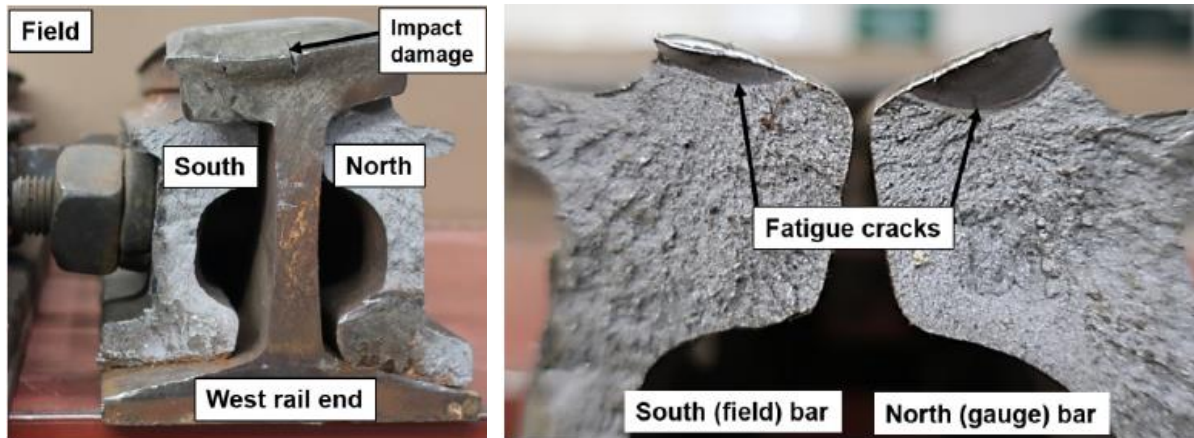
รูปที่ 21 ความเสียหายบริเวณปลายรางทิศตะวันตกในตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นประกบ



รูปที่ 22 ชิ้นส่วนรางที่แตกหักจากอุบัติเหตุตำแหน่งที่เกิดรถไฟตกรางและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถไฟ



รูปที่ 23 ผิวหน้าแตกของชิ้นส่วน B ที่พบผิวแตกสี่เหลี่ยมบริเวณหัวรางฝั่งเกจที่มีความลึกประมาณ 5/8 นิ้ว และมีความกว้างประมาณ 3/4 นิ้ว



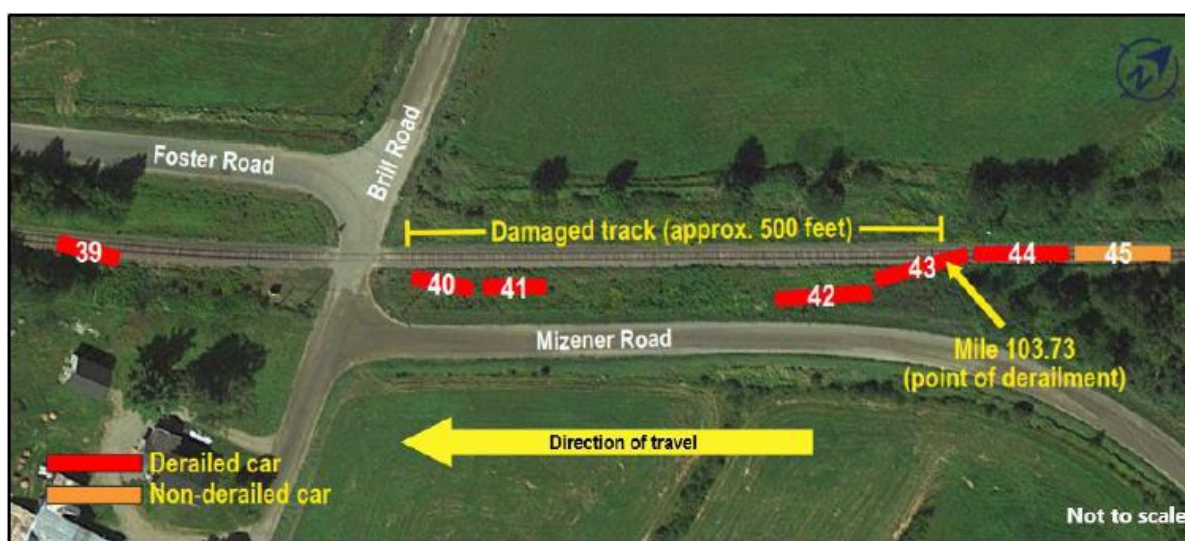
รูปที่ 24 การแตกหักของชิ้นส่วน D ที่แสดงถึงการกระแทกบริเวณหัวรางและบริเวณแผ่นประกบที่เกิดการแตกหักจากการล้า

กรณีศึกษาที่ 3: ความเสียหายเหตุการณ์ R19D0117^[18]

เมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 พนักงานบริษัท Central Maine & Quebec Railway (CMQ) ได้รับแจ้งว่าเกิดอุบัติเหตุขึ้นกับรถไฟบรรทุกสินค้าขบวน 630 ระหว่างเดินทางจากเมือง Sherbrooke (68.5 ไมล์ จากสถานี Sherbrooke) ไปยังเมือง Farnham, รัฐ Quebec (6.3 ไมล์ จากสถานี Adirondack) โดยก่อนออกเดินทางไม่พบความผิดปกติของรถไฟ

รถไฟขบวน 630 ประกอบด้วยหัวรถจักร 3 หัว ตู้บรรทุกสินค้า 42 ตู้ (มีตู้บรรทุกสินค้าจำนวน 1 ตู้บรรทุกสารอันตราย) และตู้เปล่า 3 ตู้ รถไฟมีน้ำหนักประมาณ 5,500 ตัน และมีความยาวทั้งขบวนประมาณ 3,100 ฟุต เมื่อเวลา 16.40 น. ขณะรถไฟกำลังแล่นด้วยความเร็ว 16 ไมล์ต่อชั่วโมงใกล้กับเมือง Bolton-Quest รัฐ Quebec ได้เกิดการเบรกฉุกเฉินขึ้น หลังจากรถไฟหยุดพนักงานได้ตรวจสอบและพบว่าตู้รถไฟจำนวน 6 ตู้ (ตู้ที่ 39 ถึงตู้ที่ 43 จากหัวรถจักร) ตกรางมาอยู่ฝั่งขวาของรางที่ตำแหน่ง 103.73 ไมล์ จากสถานีย่อย Sherbrooks **รูปที่ 25** แสดงตำแหน่งที่เกิดความเสียหาย

การตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าตู้รถไฟที่ 39 เป็นตู้แรกที่ตกราง การตกรางทำให้รางรถไฟเสียหายเป็นระยะทางกว่า 500 ฟุต โดยตำแหน่งที่เริ่มตกรางอยู่บริเวณตู้รถไฟที่ 43 และบริเวณนี้พบการแตกหักของราง



รูปที่ 25 ตำแหน่งที่รถไฟตกรางและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถไฟ

ข้อมูลรางและข้อมูลอื่นๆ

เส้นทางสถานีย่อย Sherbrooke เป็นทางรถไฟเส้นเดียว วิ่งจากตะวันออกไปตะวันตกจากเมือง Lac-Mégantic รัฐ Quebec ไปยังหลักไมล์ที่ 125.6 เมือง Brook port รัฐ Quebec การเดินรถอยู่ภายใต้ข้อบังคับของ CR โดยได้รับการดูแลและควบคุมการจราจรโดยทีมควบคุมจากเมือง Montreal รัฐ Quebec รางรถไฟเป็นรางชนิด Class 2 ภายใต้ของการขนส่งของแคนาดาและควบคุมโดย Track Safety Rules (TSR) ซึ่งกำหนดให้ใช้ความเร็วสูงสุดได้ไม่เกิน 250 ไมล์ต่อชั่วโมง ทั้งชนิดรถไฟบรรทุกสินค้าและรถไฟโดยสาร

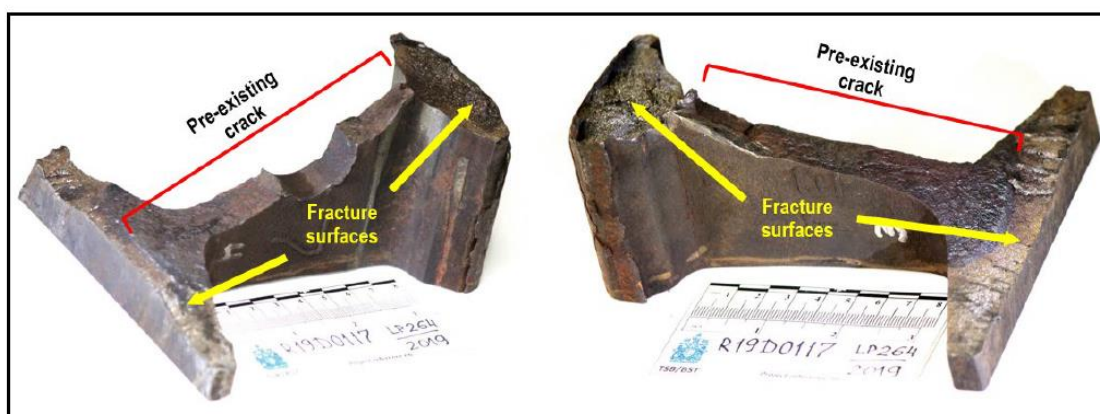
รถไฟที่ใช้เส้นทางนี้ประกอบด้วยรถไฟบรรทุกสินค้าประมาณ 2 ขบวนและรถไฟโดยสาร 1 ขบวนต่อวัน คิดเป็นน้ำหนักบรรทุกรวมประมาณ 1.3 MGT ต่อปี สถานีย่อยนี้ไม่ใช่สถานีหลักที่ใช้ในการขนส่ง

ข้อมูลการซ่อมบำรุงรางรถไฟบริเวณหลักไมล์ที่ 103.73 หรือบริเวณที่รถไฟตกรางพบว่า มีการตรวจสอบมิติรางครั้งล่าสุดวันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ในบริเวณที่เกิดการตกรางไม่พบข้อบกพร่องที่อันตราย เมื่อวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2562 ตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic test) ไม่พบความผิดปกติที่ผิวและใต้ผิวราง และเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ได้มีการตัดเปลี่ยนรางที่เสียหายขนาดความยาว 39 ฟุต

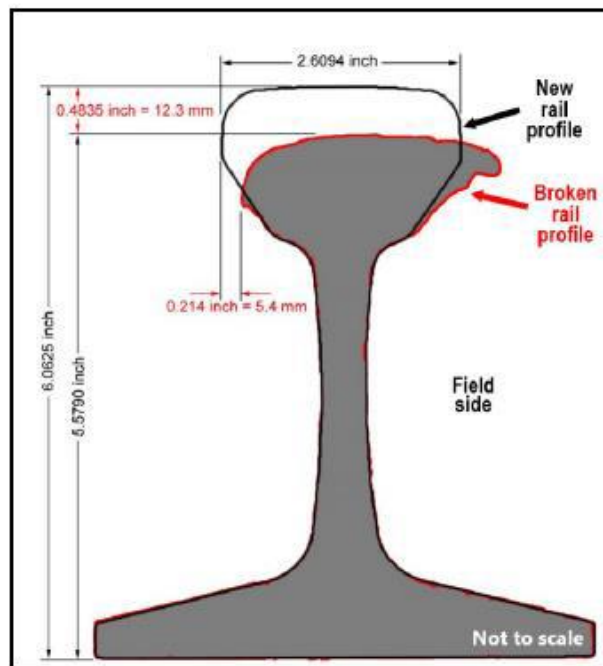
รางที่เสียหายเป็นรางขนาด 100 ปอนด์ ชนิด RE-HF มีการผลิตตั้งแต่ปี 2490 โดยบริษัท Algoma Steel ประเทศแคนาดา ส่วนแรกของรางที่เสียหายมีความยาวประมาณ 34 ฟุต 8 นิ้ว ยังคงอยู่ในราง ส่วนที่สองมีความยาวประมาณ 9 นิ้ว แยกหักและหลุดออกมาพร้อมแผ่นประกบ ชิ้นส่วนที่อยู่ระหว่างรางชิ้นส่วนแรกและชิ้นส่วนที่สองซึ่งมีความยาวประมาณ 43 นิ้ว ยังหาไม่พบ ชิ้นส่วนที่เสียหายด้านทิศใต้ตรวจไม่พบร่องรอยที่ระบุแหล่งที่มาของราง (บริษัทที่ผลิต) ส่วนรางมีความยาวประมาณ 20 นิ้ว จึงนำชิ้นส่วนรางส่วนนี้และชิ้นส่วนรางส่วนที่สอง (ส่วนที่มีขนาด 9 นิ้ว) ส่งให้ห้องปฏิบัติการ TSB ทำการตรวจสอบเชิงลึก

การตรวจสอบรางที่แตกหัก

การตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ (TSB Laboratory Report LP264/2019) พบว่าการแตกหักเกิดจากการขยายตัวของรอยแตกด้วยกลไกการล้า (Advanced fatigue) รางรถไฟเกิดรอยแตกกว้างตามแนวยาวที่บริเวณรอยต่อระหว่างหัวรางและเอวราง ในหลาย ๆ ตำแหน่ง พบรอยแตกตามขวางที่เอวราง เมื่อเวลาผ่านไป รอยแตกกว้างขยายตัวไปที่หัวรางและฐานรางซึ่งนำไปสู่การตกรางในที่สุด นอกจากรอยแตกกว้างที่พบภายในราง (Internal cracks) ยังพบการเสียรูปถาวร (Plastic deformation) และมีร่องรอยการเสียดสี (Wear) ที่หัวราง การเสียหายเหล่านี้เกิดจากแรงกระทำซ้ำ ๆ อย่างรุนแรงเป็นเวลานานดังแสดงในรูปที่ 26 และรูปที่ 27 แสดงการสึกหรอที่บริเวณหัวรางที่เกิดการแตกหักเปรียบเทียบกับขนาดรางปกติ



รูปที่ 26 ลักษณะผิวแตกที่พบบริเวณจุดเริ่มต้นการตกราง



รูปที่ 27 การสึกหรอที่บริเวณหัวราง

การดำเนินงานด้านความปลอดภัย

เมื่อตรวจสอบคู่มือ CMQ's Standard Practice Circular พบว่าไม่มีการกำหนดค่าการสึกหรอสูงสุดที่ยอมรับได้ของราง 100 ปอนด์ RE-HF Canadian Pacific Railway (CP) จึงได้กำหนดมาตรฐานการสึกหรอสูงสุดที่ยอมรับได้ของรางชนิดนี้ขึ้นมา โดยยอมให้มีการสึกหรอด้านข้างได้ไม่เกิน 5.4 มิลลิเมตร และยอมให้มีการสึกหรอบนหัวรางได้ไม่เกิน 8.7 มิลลิเมตร ยกเว้นแต่ไม่พบการสึกหรอบริเวณด้านข้างของรางจึงจะยอมให้มีการสึกหรอบริเวณหัวรางได้สูงสุดไม่เกิน 11.1 มิลลิเมตร

3 กรณีความเสียหายของรางรถไฟในประเทศอังกฤษ^[19]

เมื่อเวลา 13.20 วันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2555 สมาชิกของ NR ได้รับรายงานเกี่ยวกับเสียงผิดปกติในขณะที่รถไฟวิ่งผ่านรางช่วง Curby Glen ซึ่งอยู่ทางใต้ของเมือง Grantham NR จึงปิดการเดินรถในเส้นทางดังกล่าวที่เวลา 14.00 น. เพื่อตรวจสอบความผิดปกติ การตรวจสอบเบื้องต้นพบรางรถไฟแตกหักเป็น 2 ส่วนทำให้เกิดช่องว่างประมาณ 15 มิลลิเมตร (รูปที่ 28) ผู้ตรวจสอบจึงสั่งปิดเส้นทางเพื่อซ่อมบำรุงที่เวลา 16.17 น. บริเวณที่เกิดความเสียหายเป็นเส้นทางรถไฟสาย East Coast Main Line (ECML) ซึ่งเป็นเส้นทางรถไฟสายหลักที่อนุญาตให้รถไฟใช้ความเร็วสูงสุดได้ไม่เกิน 125 ไมล์ต่อชั่วโมง (mph) หรือ 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h)



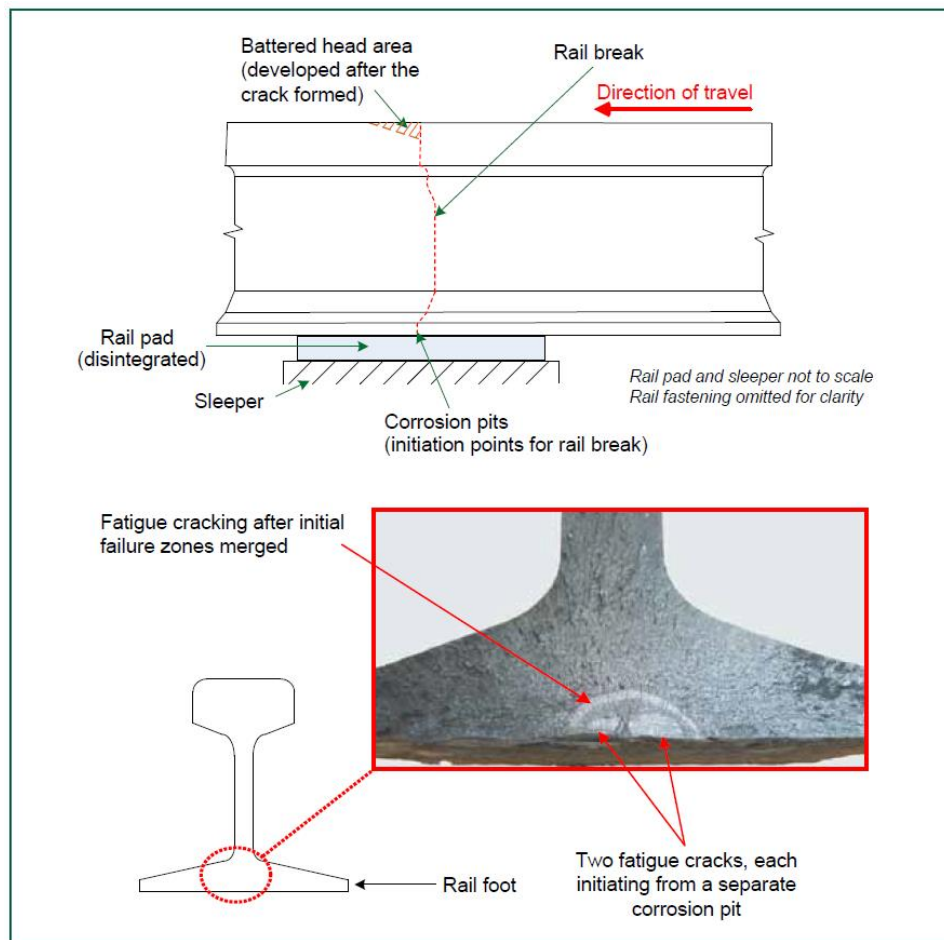
รูปที่ 28 รางที่เกิดการแตกหัก

การตรวจสอบของ Tata Steel Technologies ซึ่งได้รับมอบหมายจาก NR พบว่าการแตกหักของรางเป็นผลจาก

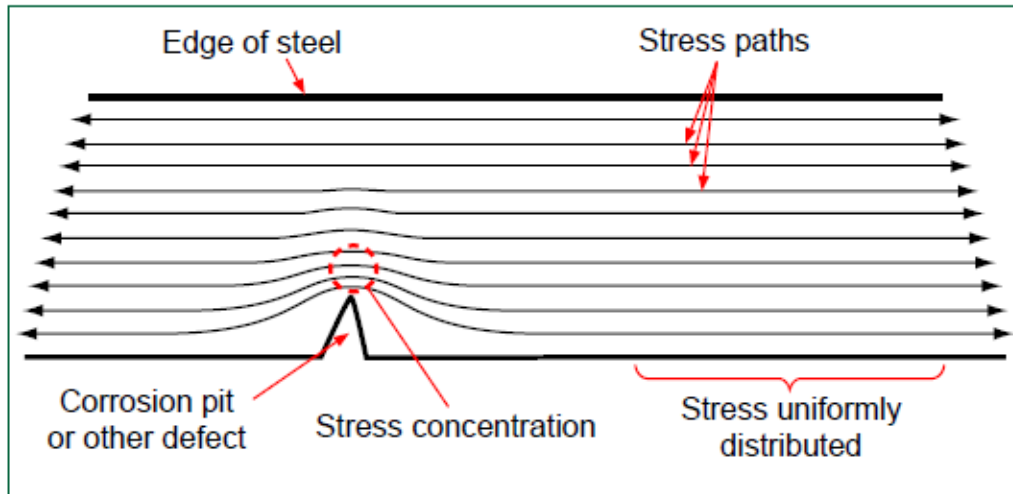
1. Rail Pad ที่อยู่ใต้รางทำให้เกิดความชื้นสะสมบริเวณรางกับหมอนรองรางดังแสดงในรูปที่ 29
2. ความชื้นสะสมทำให้รางกัดกร่อนและเกิดหลุมขนาดเล็กใต้ฐานราง
3. ความเค้นที่ตัวรางเพิ่มขึ้นและมีความเค้นสะสมสูงบริเวณหลุมจากการกัดกร่อนและเป็นจุดเริ่มต้นรอยแตกซึ่งพัฒนาไปสู่การแตกหักจากการล้า รูปที่ 30 แสดงกลไกการเกิดความเค้นสะสมที่บริเวณฐานรางจากการกัดกร่อน
4. รอยแตกจากการล้าขยายตัวเนื่องจากน้ำหนักของรถไฟที่วิ่งผ่านรางที่เกิดการกัดกร่อน

5. รอยแตกขยายตัวจนพื้นที่รางที่เหลือไม่สามารถรับแรงได้หลังจากนั้นรางจึงเกิดการแตกหักอย่างทันทีทันใด

จากผลการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้รางเกิดการแตกหัก NR ได้ตัดสินใจทำการตรวจสอบรางที่ทำการติดตั้ง Rail Pad ทั้งหมด ผลการตรวจสอบพบการเสื่อมสภาพของ Rail pad และพบการกัดกร่อนที่บริเวณรางที่สัมผัสกับ Rail Pad ในตำแหน่งอื่น ๆ จึงทำการออกแบบ Rail Pad ใหม่ให้มีความเหมาะสมมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 31



รูปที่ 29 ตำแหน่งจุดเริ่มต้นของรอยแตกและตำแหน่ง Rail Pad ที่ทำให้เกิดการสะสมความขึ้นบริเวณรอยต่อของรางกับหมอนรองราง



รูปที่ 30 กลไกการเกิดความเค้นสะสมที่บริเวณฐานรางจากการกัดกร่อน



รูปที่ 31 ก) Rail Pad ที่ออกแบบใหม่ ข) Rail Pad ที่เสื่อมสภาพจากการใช้งาน และ
ค) Rail Pad ในขณะใช้งาน

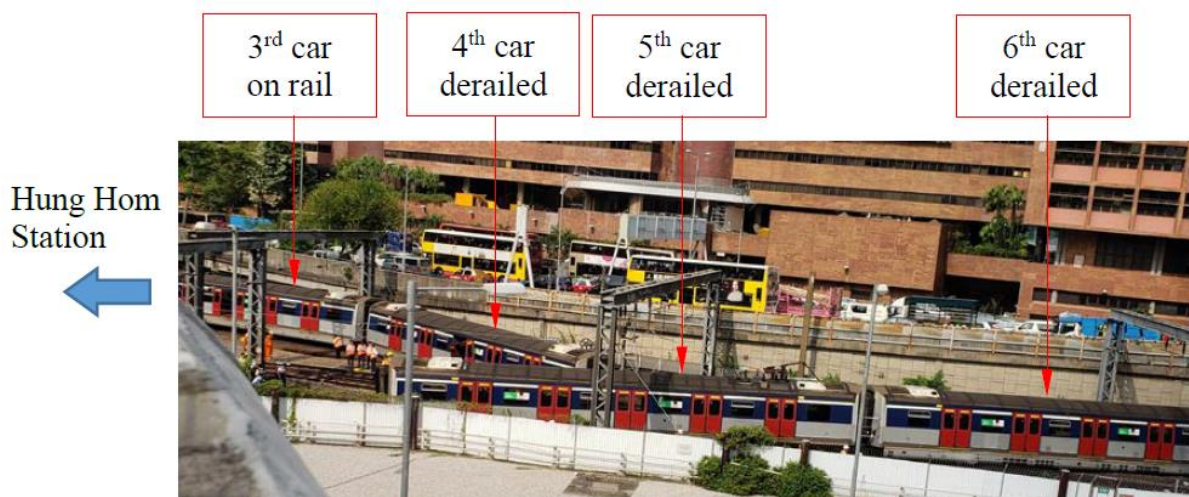
4 กรณีความเสียหายรางรถไฟในเกาะฮ่องกง ^[20]

กรณีศึกษา: ผลการตรวจสอบเหตุการณ์รถไฟตกรางที่สถานีรถไฟ Hung Hom เกาะฮ่องกง

เมื่อเวลา 8:29 นาฬิกา วันที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2562 รถไฟโดยสารขนาด 12 ตู้ ของ MTRCL เกิดตกรางที่บริเวณชานชาลาที่ 1 ของสถานีรถไฟ Hung Hom หลังจากได้รับแจ้ง EMSD ซึ่งเป็นหน่วยงานดูแลความปลอดภัยของเกาะฮ่องกงได้ส่งทีมงานเข้ามาตรวจสอบทันที

การตรวจสอบหน้างาน

การตรวจสอบเบื้องต้นพบตู้โดยสารที่ 4 -6 ตกราง อุปกรณ์ต่อเชื่อมตู้โดยสารที่ 4 และ 5 หลุดออกจากกัน ผู้โดยสารบาดเจ็บจากเหตุการณ์นี้ทั้งหมด 8 คน **รูปที่ 32** แสดงรถไฟที่ตกรางบริเวณสถานี Hung Hom

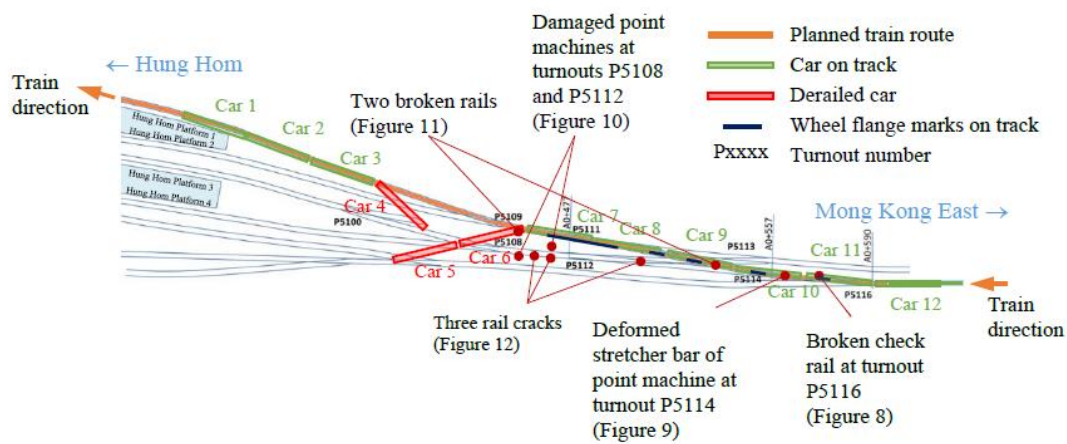


รูปที่ 32 ขบวนรถไฟของ MTRCL ที่ตกรางบริเวณสถานี Hung Hom

เมื่อตรวจสอบรางรถไฟพบว่าบริเวณตู้โดยสารที่ 6-10 พบการแตกหักของรางรถไฟ พบความเสียหายบริเวณ Turnouts P5108 และ P5112 พบการเสียรูปของ Strech Bar และพบการแตกหักของรางที่บริเวณ Check Rail **รูปที่ 33** แสดงตำแหน่งรางรถไฟและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เสียหายจากรถไฟตกราง

อย่างไรก็ตามการตรวจสอบรางที่เกิดการแตกหัก (**รูปที่ 34**) และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่แตกหักพบว่าเป็นการแตกหักแบบทันทีทันใด ไม่พบร่องรอยการแตกหักในรูปแบบของการล้า การสำรวจพบว่าจุดเริ่มต้นของการตกรางอยู่ที่บริเวณ turnouts P5116 เนื่องจากพบร่องรอยการป็นของราง (Wheel Flanges) เมื่อตรวจสอบบริเวณ turnouts P5116 โดยละเอียดพบว่าคลิปและสกรูที่ใช้ในการยึดรางรถไฟกับหมอนรองหลุด

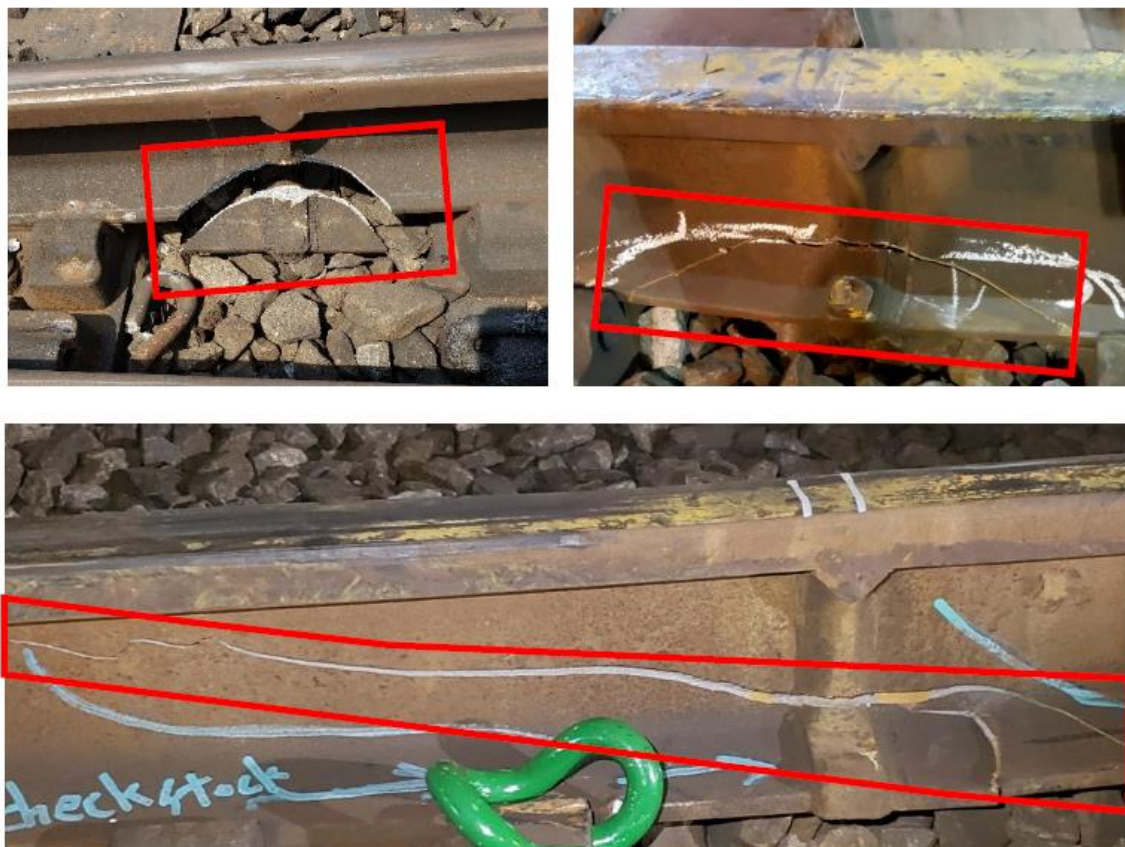
หายไปดังแสดงในรูปที่ 35 นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเกจของรางมีค่าเท่ากับ 1,455 มิลลิเมตร ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนด



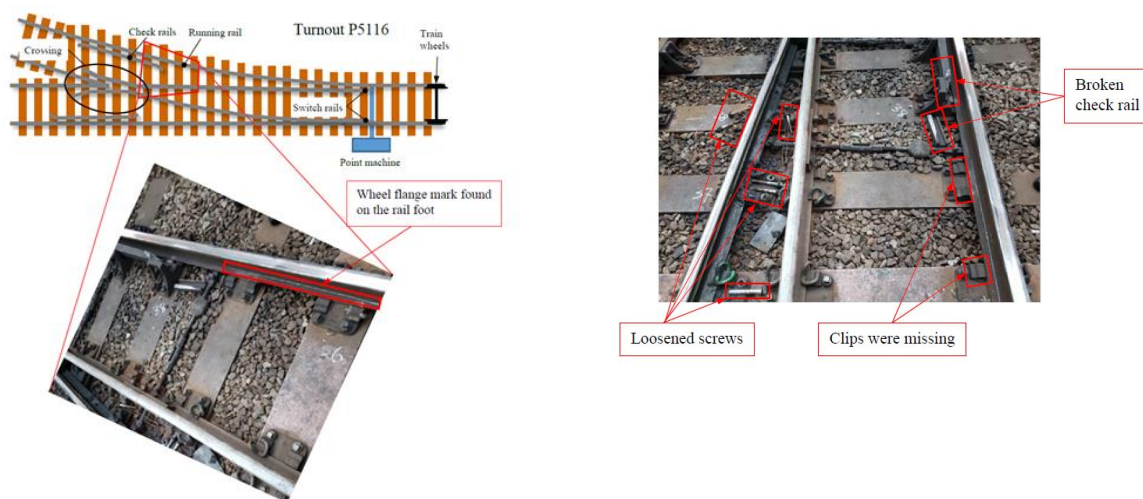
รูปที่ 33 ความเสียหายของรางและอุปกรณ์ต่าง ๆ จากการเกิดเหตุการณ์รถไฟตกราง

การหลุดหายไปของคลิปและสกรูที่ใช้ยึดรางเป็นผลต่อเนื่องจากความเสียหายของหมอนรองรางที่ทำจากไม้ รอยฉีกขาดตามแนวไม้ทำให้อุปกรณ์จับยึดหลุดออกจากหมอนรองราง การฉีกขาดเกิดจากการขยับตัวของรูสกรูบนไม้หมอน เมื่อรางขยับตัวในทิศทางขวางกับแนวราง รูสกรูจะเสียรูปและมีขนาดใหญ่ขึ้น การเสียรูปของรูสกรูเกิดขึ้นทั้งหมอนรองรางที่ทำด้วยไม้และหมอนรองรางที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์

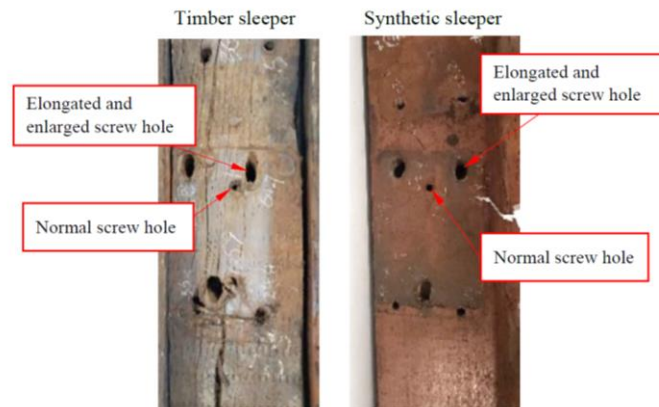
อย่างไรก็ตามหมอนรองรางที่เป็นวัสดุสังเคราะห์ไม่พบการฉีกขาดผ่านรูสกรู รูปที่ 36 แสดงการฉีกขาดผ่านบริเวณรูสกรูของหมอนรองรางที่ทำจากไม้และความเสียหายที่พบในหมอนรองรางที่ผลิตจากไม้และหมอนรองรางที่ผลิตจากวัสดุสังเคราะห์



รูปที่ 34 ลักษณะรางทั้ง 3 ตำแหน่งที่เสียหายจากการแตกหักแบบทันทันใด



รูปที่ 35 ตำแหน่ง Turnout P5116 ที่เป็นจุดเริ่มต้นการตกรางของขบวนรถไฟ และการหลุดหายของคลิป และสกรูที่ใช้ในการยึดรางกับหมอนรอง



รูปที่ 36 การฉีกขาดบริเวณรูสกรูและความเสียหายที่พบบนหมอนรองรางที่ผลิตจากไม้และหมอนรองรางที่ผลิตจากวัสดุสังเคราะห์

5 กรณีความเสียหายของรางรถไฟประเทศสหรัฐอเมริกา

กรณีศึกษาที่ 1: อุบัติเหตุเลขที่ DCA-07-FR-002 ^[21]

เมื่อเวลาประมาณ 09:40 น. ของวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2547 ขบวนรถไฟบรรทุกสินค้า ZLAMN-16 ซึ่งประกอบด้วยหัวรถจักร 3 ตู้ และตู้บรรทุกสินค้า 11 ตู้ของบริษัท Union Pacific Railroad (UP) ตกรางใกล้เมืองปีกริเวรา รัฐแคลิฟอร์เนีย ขณะมุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออก การตกรางทำให้สารเคมีอันตรายในตู้รถไฟรั่วไหลมาเล็กน้อยและมีน้ำมันดีเซลจากหัวรถจักรรั่วไหลออกมาประมาณ 5,000 แกลลอน อย่างไรก็ตาม ไม่มีผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตจากเหตุการณ์ครั้งนี้ ในขณะที่เหตุท้องฟ้ามีดครีမ်ลมพัดจากทางใต้ด้วยความเร็วประมาณ 6 ไมล์ต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 66 ° F บริษัท UP ประเมินความเสียหายทางการเงินไว้ที่ 2.7 ล้านดอลลาร์ บริเวณที่รถไฟตกรางพบการแตกหักของราง

การตรวจสอบรายงานก่อนเกิดอุบัติเหตุไม่พบผลการตรวจสอบข้อบกพร่องของรางรถไฟตามวาระเนื่องจากอุปกรณ์เทคนิค NDT มีข้อจำกัดทำให้เข้าถึงบริเวณดังกล่าวไม่ได้ อย่างไรก็ตามก่อนเกิดความเสียหาย 2 วัน ผู้ตรวจสอบได้มีการใช้รถตรวจสอบตรวจสอบรางพร้อมกับการตรวจสอบด้วยสายตาในตำแหน่งที่รางแตกหักและทำให้เกิดรถไฟตกราง นอกจากนี้มีการเดินเท้าตรวจสอบด้วยสายตาในบางส่วน จากตรวจสอบพบข้อบกพร่องเพียงเล็กน้อย และจากบันทึกของบริษัท UP ในช่วงเวลาที่มีการตรวจสอบรางจนถึงเวลาที่เกิดเหตุรถไฟตกราง พบว่า มีรถไฟ 102 ขบวนวิ่งผ่านในเส้นทางนี้แต่ไม่มีรายงานใด ๆ เกี่ยวกับความเสียหายของราง อย่างไรก็ตามการสัมภาษณ์วิศวกรหัวรถจักรของขบวนรถไฟที่วิ่งผ่านทางก่อนเกิดเหตุรถไฟตกราง พบว่า วิศวกรรู้สึกถึงแรงสั่นสะเทือนเล็กน้อยเมื่อรถไฟวิ่งผ่านเส้นทางที่เกิดเหตุ แต่วิศวกรประจำหัวรถจักรเชื่อว่าแรงสั่นสะเทือนเล็กน้อยที่เกิดขึ้นไม่มีความสำคัญมากพอที่จะบันทึกในรายงานการเดินรถ

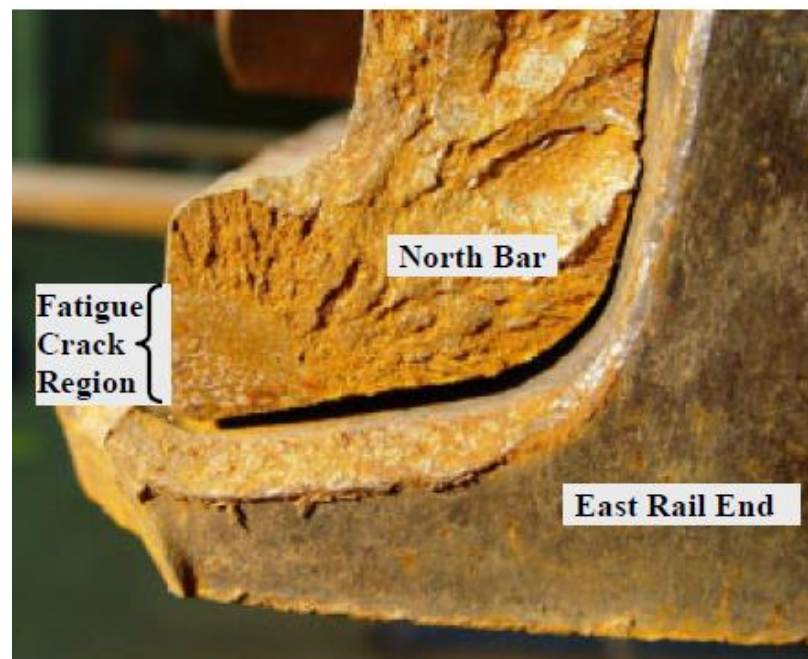
การตรวจสอบในห้องปฏิบัติการทางโลหะวิทยา

การตรวจสอบเบื้องต้นพบการเสียรูปจากแรงกระแทกบริเวณรอยต่อรางและการแตกหักของแผ่นประกบ ชิ้นส่วนที่เสียหายจึงถูกส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบทางโลหะวิทยาต่อไป การตรวจสอบผิวหน้าแตกพบว่าแผ่นประกบแตกหักจากกลไกการล้า รอยแตกมีการขยายตัวอย่างช้า ๆ บริเวณรอยต่อของรางกับแผ่นประกบดังแสดงในรูปที่ 37 - 38 รอยแตกมีจุดเริ่มต้นระหว่างรูสลักที่ 1 กับรูสลักที่ 2 ของรอยต่อรางด้านใต้ นอกจากนี้พบการเสียรูปของแผ่นประกบที่บริเวณมุมของผนังด้านนอก แต่พิสูจน์ไม่ได้ว่าเกิดจากกระบวนการผลิตหรือการใช้งาน

การตรวจสอบพบว่าแผ่นฉนวน (Epoxy Bead) ส่วนบนที่คั่นระหว่างแผ่นประกบกับรางรถไฟหลุดหายไปซึ่งอาจเกิดจากแผ่นประกบเคลื่อนที่เข้าหาหัวราง แต่ส่วนปลายของแผ่นประกบยังคงยึดแน่นกับส่วนปลายของรางรถไฟ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่แผ่นประกบมีการบิดตัวเป็นวงรอบจากน้ำหนักที่กดทับหัวราง



รูปที่ 37 ชิ้นส่วนรางที่แตกหักแสดงให้เห็นบริเวณปลายรอยต่อรางและ รอยแตกระหว่างรูสลัก (ลูกศรชี้) ของแผ่นประกบด้านทิศใต้



รูปที่ 38 ชิ้นส่วนรางด้านทิศตะวันออกแสดงส่วนของปลายที่แตกหักของแผ่นประกบด้านทิศเหนือ

สรุปสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ

National Transportation Safety Board (NTSB) ของสหรัฐอเมริกาสรุปสาเหตุที่เป็นไปได้ของอุบัติเหตุในครั้งนี้ว่า เกิดจากความเสียหายของแผ่นฉนวนที่กั้นระหว่างรางรถไฟกับแผ่นประกับ ความเสียหายนี้เหนี่ยวนำให้รางแตกหักเนื่องจากการล้าและมีการตรวจสอบบนภาคพื้นดินไม่เพียงพอ ทำให้ไม่พบรอยร้าวในแผ่นประกับและรอยร้าวสามารถขยายตัวจนถึงขนาดวิกฤติ

หลังเกิดอุบัติเหตุ

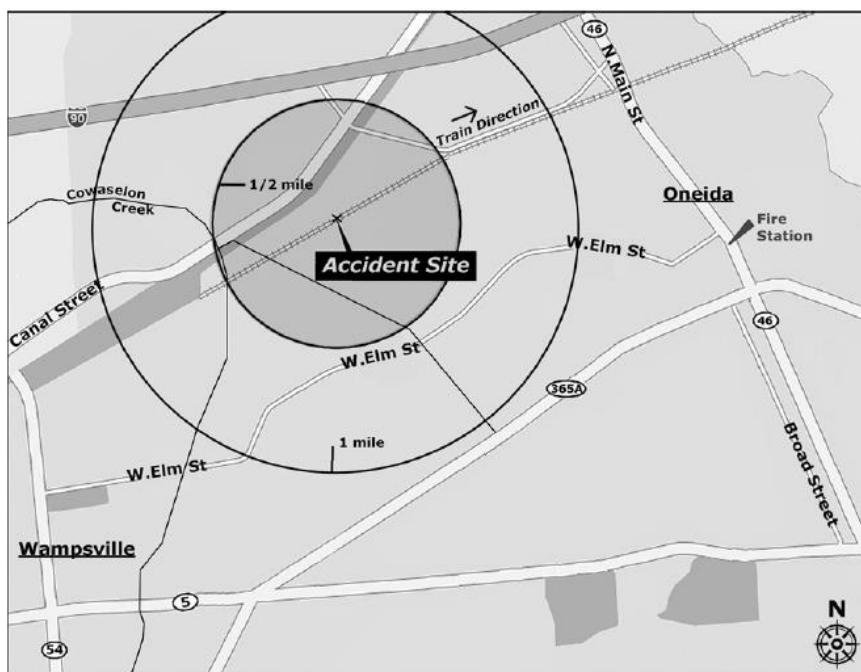
FRA และ UP ได้มีข้อตกลงร่วมกันในการปรับปรุงมาตรฐานของแผ่นประกับและแผ่นฉนวนที่ใช้และร่วมมือกันด้านการทดสอบ วิจัย และพัฒนาแผ่นประกับและฉนวนให้มีความปลอดภัยและมีมาตรฐานที่ดีขึ้น

กรณีศึกษาที่ 2: อุบัติเหตุเลขที่ DCA-07-MR-009 ^[22]

วันจันทร์ที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2550 เวลา 06:58 น. ขบวนรถไฟ CSX Transportation No. Q39010 รถไฟบรรทุกสินค้าที่ประกอบด้วยหัวรถจักร 3 หัวและตู้ขนส่งสินค้า 78 ตู้ สินค้าที่บรรทุกเป็นสารเคมีอันตราย เกิดเหตุการณ์ตกรางใกล้เมืองโอนิดา มลรัฐนิวยอร์ก ทำให้ปิโตรเลียมเหลว Toluene และ Ferric Chloride รั่วไหล ติดไฟ และระเบิดตามลำดับ รัศมีความเสียหายกว้างถึง 1/2 ไมล์ และต้องอพยพผู้คนที่อยู่ในรัศมี 1 ไมล์ ขณะเกิดเหตุรถไฟแล่นด้วยความเร็วประมาณ 47 ไมล์ต่อชั่วโมง อุบัติเหตุครั้งนี้โชคดีที่ไม่มีผู้เสียชีวิตแต่มูลค่าความเสียหายรวมการล้างทำความสะอาดสิ่งแวดล้อมคิดเป็น 6.73 ล้านดอลลาร์สหรัฐโดยประมาณ แผนที่ของสถานที่เกิดเหตุแสดงดังรูปที่ 39

การตรวจสอบพนักงาน

การตรวจสอบความเสียหายที่สถานที่เกิดเหตุ พบว่าตู้รถไฟ 24 ตู้แรกไม่ตกรางแต่ตู้รถไฟที่ 25 ถึง 52 ตกราง บริเวณด้านหนึ่งของรางบริเวณตู้รถไฟที่ 25 พบรอยไหม้ (Burn) ที่บริเวณหัวราง (รูปที่ 40) ซึ่งคาดว่าเกิดจากล้อรถไฟหลุดจากแคร่และไถลเสียดสีกับหัวรางจนเกิดความร้อนสูงจนทำให้เกิดรอยไหม้ การตรวจสอบรางที่หลักไมล์ QC 266.0 พบว่ารางรถไฟหัวรางทางทิศใต้แตกหักออกเป็นหลายส่วน และส่วนปลายของรอยแตกอยู่ห่างจาก switch point ของ crossover ประมาณ 55.5 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 41



รูปที่ 39 แผนที่พื้นที่ที่เกิดเหตุและพื้นที่อพยพ (พื้นที่เกิดเหตุรัศมี 1/2 ไมล์ และพื้นที่อพยพในรัศมี 1 ไมล์)



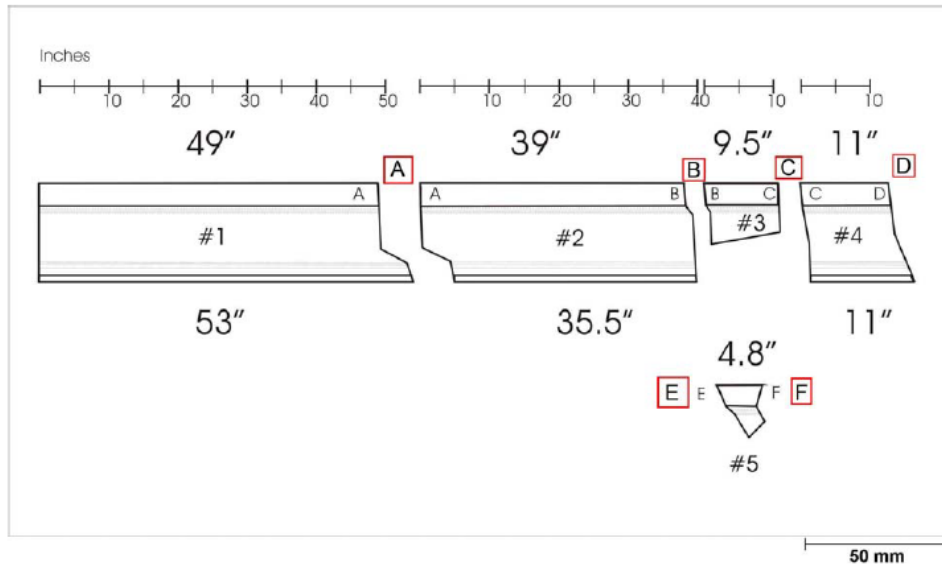
รูปที่ 40 รอยไหม้ของรางด้านล่างด้านทิศเหนือของตู้รถไฟที่ 25



รูปที่ 41 ชิ้นส่วนรางรถไฟในทิศใต้ที่มีการแตกหักและชิ้นส่วนหัวรางที่แตกออกจากชิ้นส่วนอื่น ๆ

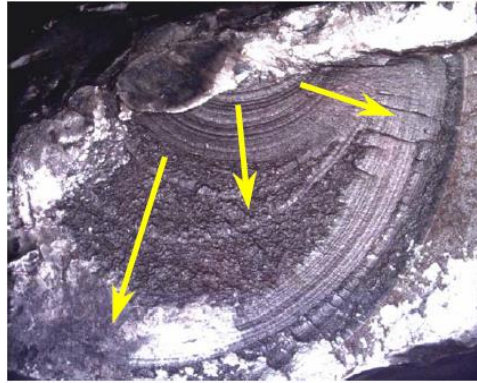
การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ชิ้นส่วนรางที่แตกหักถูกส่งไปยังห้องปฏิบัติการวัสดุของคณะกรรมการความปลอดภัย (NTSB Laboratory) ในวอชิงตันดีซีเพื่อวิเคราะห์ การระบุตำแหน่งและติดป้ายของชิ้นส่วนแตกหัก แสดงในรูปที่ 42



รูปที่ 42 ชิ้นส่วนรางที่แตกหัก (A-F คือตำแหน่งรอยแตกที่ปรากฏอยู่บนชิ้นส่วน #1 ถึง #5)

รอยแตกหักที่เกิดขึ้นบนส่วนรางรถไฟทั้ง 5 ชิ้น ถูกระบุตำแหน่งด้วยตัวอักษร A-F การตรวจสอบพบจุดบกพร่องภายในรางอยู่บ้าง แต่การแตกหักส่วนใหญ่เป็นผลจากการรับความเค้นเกินพิกัด อย่างไรก็ตามรอยแตกหัก B มีลักษณะการแตกหักเนื่องจากการล้า โดยพื้นผิวรอยแตกมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์เป็นรูปแบบการแตกหักจากการล้าและผิวแตกบริเวณนี้จะมีสีเข้มกว่าบริเวณอื่น ๆ เนื่องจากถูกปกคลุมด้วยออกไซด์ รอยแตกที่พบขยายตัวจากบริเวณหัวรางและขยายตัวลงสู่เอวรางอย่างรวดเร็ว ผิวแตกที่เกิดจากการล้ามีความกว้างประมาณ 2.2 นิ้ว และลึก 2 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 43



รูปที่ 43 รอยแตกของรางบริเวณตำแหน่ง B (ภาพถ่ายที่ใช้แสงแตกต่างกัน และ ภาพถ่ายที่กำลังขยายสูง)

การตรวจสอบข้อบกพร่องภายในราง

การตรวจสอบข้อมูลการซ่อมบำรุงของรางพบว่า วันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2549 มีการตรวจรอยแตก และข้อบกพร่องภายในรางด้วยเซ็นเซอร์คลื่นเสียงความถี่สูงบนรถตรวจสอบราง แต่คลื่นเสียงไม่สามารถผ่านจากหัวรางลงไปยังฐานรางได้ จึงมีการตรวจสอบซ้ำด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงชนิดทำงานด้วยมือแต่ก็ไม่พบข้อบกพร่อง อย่างไรก็ตามมีบันทึกว่าพบข้อบกพร่องชนิด shelling บนหัวราง แต่ความเสียหายยังไม่เกินค่าพิกัดที่ยอมรับได้จึงไม่มีบันทึกเพื่อแก้ไขซ่อมแซมราง

สรุปสาเหตุที่เป็นไปได้ของอุบัติเหตุการตกรางของรถไฟ

จากผลการตรวจสอบ NTSB ของประเทศสหรัฐอเมริกา ระบุว่าสาเหตุที่เป็นไปได้ของการตกรางของรถไฟ CSX หมายเลข Q39010 อาจเป็นผลจากข้อบกพร่องที่อยู่ภายในเนื้อวัสดุที่อยู่ใต้ความเสียหายชนิด shelling ที่เกิดขึ้นบนหัวราง จึงส่งผลให้ตรวจหาข้อบกพร่องไม่พบ ในระหว่างการใช้งานข้อบกพร่องดังกล่าวค่อย ๆ ขยายตัวจนถึงขนาดวิกฤติและเกิดการแตกหักแบบทันทีทันใด

กรณีศึกษาที่ 3: BNSF Railway Unit Ethanol Train Derailment ^[23]

เมื่อวันที่ 19 กันยายน พ.ศ. 2558 ขบวนรถไฟขนส่งสินค้า GMNXDPK717 บริษัท BNSF Railway Company (BNSF) ประกอบด้วยหัวรถจักร 3 หัว ตู้บรรทุกเอทานอล 96 ตู้ และตู้บรรทุกทรายอีก 2 ตู้ ตกรางที่เมือง Lesterville, South Dakota ใกล้สะพานเล็ก ๆ ที่หลักไมล์ที่ 597.7 ตู้รถไฟที่ตกรางจำนวน 7 ตู้ (ตู้ที่ 2-8) ทำให้เอทานอลจำนวน 49,743 แกลลอน รั่วไหลออกจากภาวาล์วด้านล่างและเกิดไฟไหม้ อย่างไรก็ตามไม่มีผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิต มูลค่าความเสียหายประมาณ 1.1 ล้านดอลลาร์สหรัฐ **รูปที่ 44** แสดงภาพถ่ายบริเวณสถานที่เกิดอุบัติเหตุรถไฟตกราง



รูปที่ 44 สถานที่เกิดอุบัติเหตุ (ภาพถ่ายโดย BNSF)

การตรวจสอบพนักงาน

การตรวจสอบวิดีโอจากกล้องที่ติดตั้งอยู่บนหัวรถจักรของขบวนรถไฟที่เกิดอุบัติเหตุพบว่า แนวรางบริเวณจุดเกิดเหตุมีการบิดเบี้ยวดัง**รูปที่ 45** เมื่อขบวนรถไฟวิ่งผ่านในตำแหน่งดังกล่าวจึงได้ยินเสียงผิดปกติชัดเจน ก่อนเกิดเหตุรถไฟวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 25 ไมล์ต่อชั่วโมง แต่ในบริเวณเกิดเหตุการณ์รถไฟวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 8 -13 ไมล์ต่อชั่วโมง เนื่องจากหมอกลงจัดทำให้ทัศนวิสัยไม่ค่อยดี

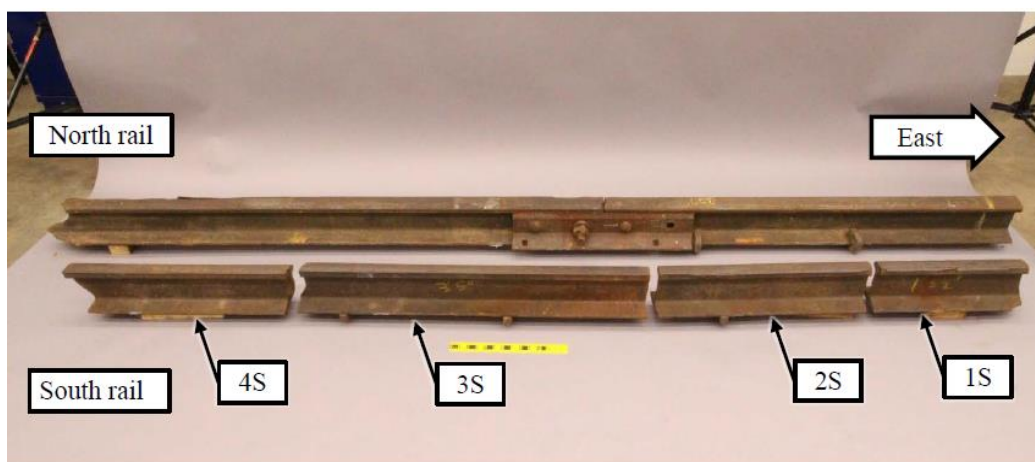
หลังจากเกิดเหตุการณ์และตรวจสอบเบื้องต้นพบว่ารางแตกหักหลายตำแหน่ง ชิ้นส่วนรางเหล่านี้ถูกส่งไปตรวจสอบที่ห้องปฏิบัติการของ NTSB



รูปที่ 45 ภาพนิ่งจากวิดีโอด้านหน้า 1 วัน ก่อนเกิดอุบัติเหตุ (ภาพถ่ายโดย BNSF)

การตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ

รถไฟตกรางทำให้รางแตกหักเป็นหลายชิ้นส่วน นักวิจัยห้องปฏิบัติการวัสดุของ NTSB ในกรุงวอชิงตัน ดีซี ได้รวบรวมชิ้นส่วนแตกหักบริเวณปลายสะพานฝั่งตะวันออกมาต่อประกอบดังรูปที่ 46



รูปที่ 46 ชิ้นส่วนรางแตกหักบริเวณปลายสะพานฝั่งตะวันออก

การตรวจสอบผิวหน้าแตกของชิ้นส่วน 3S ด้านที่อยู่ติดกับชิ้นส่วน 2S พบร่องรอยของการเสียดสีที่บริเวณผิวหน้าในแนวดิ่ง ซึ่งบ่งชี้ว่าตำแหน่งนี้เกิดการแตกหักก่อนเกิดเหตุการณ์รถไฟตกรางและข้อมูลที่สามารถยืนยันได้จากการตรวจสอบหน้างานบริเวณที่เกิดการแตกหักของรางได้แก่

1. รางมีระยะเกจแคบเกินไป
2. จำเป็นต้องปรับปรุงบริเวณผิวหน้าทางรถไฟบริเวณที่รองรับโครงสร้างราง

ระยะเกจที่แคบต่ำกว่ามาตรฐานของ FRA ถูกตรวจพบตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2557 และถูกตรวจพบอีก ในเดือนตุลาคมปี พ.ศ. 2557 และในเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2558 แต่ BNSF ไม่ได้ทำการแก้ไขเนื่องจาก

ระยะเกจที่ผิดปกติพบเพียงบางบริเวณเท่านั้น นอกจากนี้บริเวณที่พบระยะเกจต่ำกว่ามาตรฐานยังพบการสึกหรอของรางสูงดังแสดงในรูปที่ 47



รูปที่ 47 หัวรางขนาด 90 ปอนด์ ที่เกิดการสึกหรออย่างรุนแรง

การตรวจสอบรายงานการซ่อมบำรุงพบการสึกหรอของรางบริเวณรถไฟตราง โดยมาตรฐานของ BNSF กำหนดว่ารางที่รับน้ำหนักต่ำกว่า 119 ปอนด์ ยอมให้หัวรางสึกหรอได้ไม่เกิน 0.5 นิ้ว รางที่เกิดความเสียหายพบการสึกหรอบริเวณหัวรางไม่เกิน 0.5 นิ้ว จึงไม่มีการแก้ไข อย่างไรก็ตามผู้ตรวจสอบจาก NTSB ได้ให้ความเห็นว่าอุบัติเหตุครั้งนี้เป็นผลจากรางสึกหรอเกินปกติ เพราะเมื่อเปรียบเทียบกับรางที่สามารถรับน้ำหนักได้สูงกว่าในมาตรฐานของ BNSF หัวรางขนาด 90 ปอนด์ ที่เสียหายมีพื้นที่หัวรางเหลือน้อยกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ในรางที่สามารถรับน้ำหนักได้สูงกว่า

สรุปสาเหตุที่เป็นไปได้ของอุบัติเหตุการตรางของรถไฟ

NTSB ได้สรุปสาเหตุที่เป็นไปได้ของรางแตกหัก รถไฟตรางและเกิดไฟไหม้ตามมา เป็นผลจากการที่ BNSF ตัดสินใจเลื่อนการซ่อมบำรุงทางรถไฟและมีการตัดสินใจผิดพลาดในการใช้เส้นทางรถไฟสาย Aberdeen Subdivision ซึ่งเป็นเส้นทางรองที่มีการควบคุมคุณภาพทางต่ำในการเดินรถไฟที่บรรทุกสารเคมีอันตราย โดยเส้นทาง Aberdeen Subdivision เป็นเส้นทางรถไฟ Class 1 ซึ่งมีการจำกัดความเร็วใน

การวิ่งของรถไฟบรรทุกสินค้าไว้เพียง 10 ไมล์ต่อชั่วโมง และจำกัดความเร็วในการวิ่งของรถไฟโดยสารไว้ที่ 15 ไมล์ต่อชั่วโมง

นอกจากนี้การที่ FRA อนุญาตให้มีการขนส่งสินค้าที่สามารถติดไฟได้ในเส้นทาง Aberdeen Subdivision ซึ่งถูกลดระดับจากเส้นทาง Class 2 เป็นเส้นทางรถไฟ Class 1 ที่มีการตรวจสอบในระดับที่ต่ำกว่าก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่สนับสนุนให้เกิดอุบัติเหตุในครั้งนี้ **ตารางที่ 7** แสดงความเร็วสูงสุดที่บังคับใช้สำหรับรถไฟขนส่งสินค้าและรถไฟโดยสาร Class ต่าง ๆ ของ FRA

ตารางที่ 7 ความเร็วสูงสุดที่บังคับใช้สำหรับรถไฟขนส่งสินค้าและรถไฟโดยสาร Class ต่าง ๆ ของ FRA

Type of track	Maximum speed for freight trains	Maximum speed for passenger trains
Excepted track	10 mph	N/A
Class 1 track	10 mph	15 mph
Class 2 track	25 mph	30 mph
Class 3 track	40 mph	60 mph
Class 4 track	60 mph	80 mph
Class 5 track	80 mph	90 mph

กรณีศึกษาที่ 4: Derailment of Union Pacific Railroad Train QFPLI-26 ^[24]

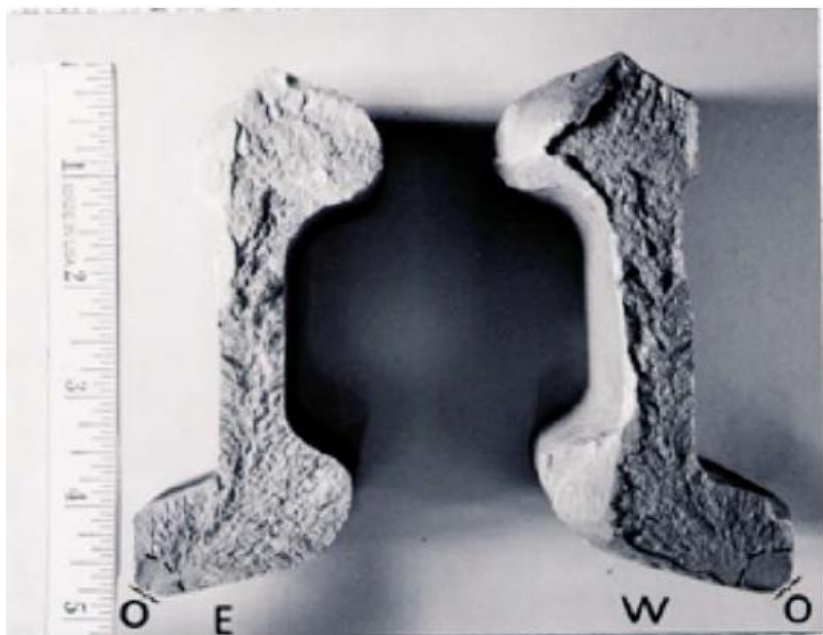
เมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 เวลาประมาณ 11:48 น. ขบวนรถไฟ QFPLI-26 ของบริษัท Union Pacific Railroad (UP) ที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันออกตกรางใกล้กับเมือง Eunice มลรัฐ Louisiana ขบวนรถไฟ QFPLI-26 ประกอบไปด้วย 3 หัวรถจักร และมีตู้บรรทุกสินค้าที่บรรทุกสินค้าอยู่จำนวน 87 ตู้ ส่วนใหญ่บรรทุกสารเคมีอันตราย และมีตู้ว่างอีก 26 ตู้ ขบวนรถไฟวิ่งด้วยความเร็วในช่วง 25-40 ไมล์ต่อชั่วโมง ซึ่งไม่เกินความเร็วสูงสุดที่ FRA กำหนดไว้สำหรับเส้นทางรถไฟ Class 3 จากเหตุการณ์รถไฟตกรางทำให้สารเคมีอันตรายรั่วไหล มีการระเบิดและเกิดไฟไหม้ตามมาและจำเป็นต้องอพยพประชาชนราว 3,500 คน ออกจากพื้นที่โดยรอบและจำเป็นต้องปิดธุรกิจบางส่วนเพื่อความปลอดภัย อย่างไรก็ตามไม่มีผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิตจากเหตุการณ์ดังกล่าว ความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีมูลค่ามากกว่า 35 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ภาพแสดงสถานที่เกิดเหตุแสดงดังรูปที่ 48 ซึ่งเป็นภาพหลังเกิดเหตุการณ์รถไฟตกรางและเกิดการระเบิด รูปที่ 49 แสดงภาพจำลองความเสียหายของขบวนรถไฟ



รูปที่ 48 ภาพเหตุการณ์หลังจากรถไฟตกรางและเกิดการระเบิด



รูปที่ 50 แผ่นประกบกับด้านนอกที่แตกหัก เส้นประแสดงขอบเขตของบริเวณพื้นผิวหน้าแตกหักเนื่องจาก
ความล้า อักษร "O" คือจุดเริ่มรอยแตกเนื่องจากความล้า



รูปที่ 51 แผ่นประกบกับด้านในที่แตกหัก เส้นประแสดงขอบเขตของบริเวณพื้นผิวหน้าแตกหักเนื่องจากความล้า
อักษร "O" คือจุดเริ่มรอยแตกเนื่องจากความล้า

สรุปข้อมูลอุบัติเหตุรถไฟตกราง

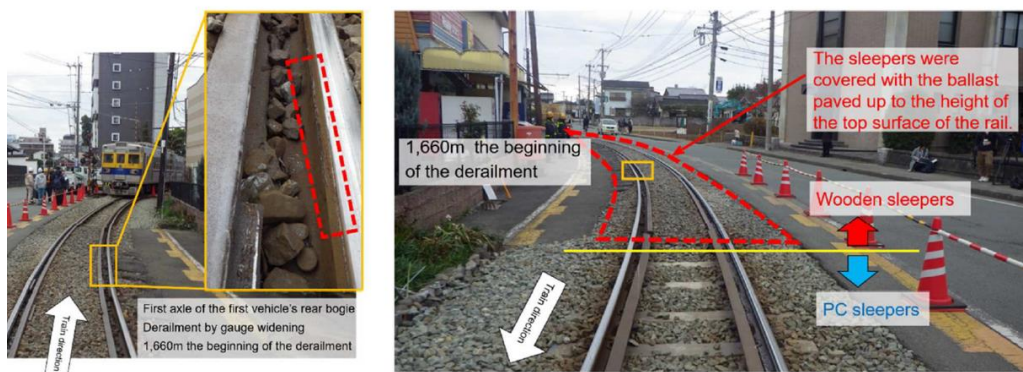
ผลการสืบสวนสอบสวนและตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ ทาง NTSB บังคับข้อสรุปได้ดังนี้

1. ไม่พบหลักฐานการใช้เครื่องดีมีแอลกอฮอล์หรือสารเสพติด สภาพอากาศ คุณสมบัติลูกเรือรถไฟ และการทำงานของรถไฟไม่ใช่ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ
2. สภาพของเครื่องจักร (Mechanical condition) ไม่ได้มีส่วนทำให้รถไฟตกราง
3. ระบบสัญญาณในพื้นที่เกิดอุบัติเหตุไม่ได้มีส่วนทำให้เกิดอุบัติเหตุ
4. เจ้าหน้าที่รับมือเหตุฉุกเฉินตอบสนองต่ออุบัติเหตุได้อย่างรวดเร็วและจัดการกับอุบัติเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. แผ่นประกับที่พบในจุดที่รถไฟตกรางแตกหักก่อนที่รถไฟขบวนที่เกิดอุบัติเหตุจะมาถึงส่งผลให้แนวรางบิดเบี้ยว
6. ขั้นตอนการตรวจสอบรอยทางของ Union Pacific ที่ใช้อยู่ก่อนที่เกิดเหตุรถไฟตกรางไม่เพียงพอ ผู้ตรวจสอบระบุเพียงว่าพบรอยแตกกว้างขนาดเล็กเท่านั้น ทำให้แผ่นประกับที่ควรต้องเปลี่ยนยังถูกใช้งานต่อไปจนเกิดการแตกหัก
7. หากผู้บริหารของ Union Pacific ตรวจสอบรายงานการตรวจสอบเส้นทางอย่างละเอียดแล้ว พวกเขาอาจทราบได้ว่าแผ่นประกับที่เกิดความเสียหายยังไม่ได้รับการยืนยันและประเมินว่าข้อบกพร่องที่พบสามารถขยายตัวและนำไปสู่การแตกหักได้หรือไม่
8. หากมีการตรวจสอบรางในเขต Beaumont Subdivision และมีการประเมินสภาพของรางอย่างเหมาะสมแล้ว รถไฟจะไม่ได้รับอนุญาตให้วิ่งที่ความเร็ว 40 ไมล์ต่อชั่วโมง จนกว่าจะมีการซ่อมแซมที่เหมาะสม
9. การตรวจสอบรางด้วย track geometry cars ไม่เพียงพอที่จะระบุประเภทข้อบกพร่องของแผ่นประกับที่สามารถนำไปสู่อุบัติเหตุในครั้งนี้ได้
10. ความถี่ในการใช้งานและประเภทของการตรวจสอบเส้นทางที่กำหนดโดย FRA ในเขต Beaumont Subdivision ไม่เหมาะสม เนื่องจากเป็นเส้นทางหลักสำหรับขนส่งวัตถุดิบจำนวนมาก

6 กรณีความเสียหายของรางรถไฟประเทศญี่ปุ่น ^[25]

กรณีศึกษา: Railway Accident Investigation Report: No RA2019-7-e

เมื่อเวลา 06.50 น. วันที่ 9 มกราคม พ.ศ. 2562 ในขณะที่รถไฟโดยสารภายในเมืองขบวน 302 ที่วิ่งจากสถานี Miyoshi ไปยังสถานี Fujisakigumae ของบริษัท Kumamoto Electric Railway จำกัด วิ่งผ่านเส้นทางโค้งที่มีรัศมี 100 เมตร แล้วเกิดตกรางจากการตรวจสอบพบว่าล้อหลังของตู้รถไฟที่ 2 หลุดออกจากรางอย่างไรก็ตามผู้โดยสารทั้งหมด 25 คนปลอดภัย **รูปที่ 52** แสดงจุดที่รถไฟตกราง



รูปที่ 52 จุดที่รถไฟตกราง

การตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุไม่พบการแตกหักของราง แต่พบการขยับตัวของราง ทำให้ระยะเกจของรางมีขนาดเพิ่มขึ้น เมื่อตรวจสอบเพิ่มเติมพบว่าบริเวณที่รางขยับตัวเป็นจุดรอยต่อของรางซึ่งใช้หมอนรองรางที่ต่างกัน คือใช้หมอนรองรางที่ทำด้วยไม้และคอนกรีต (prestressed concrete: PC Sleeper) ดังแสดงในรูปที่

