

บทที่ 5

ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ

- ❖ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ
- ❖ ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุในเชิงลึก
- ❖ เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เชิงลึก
- ❖ ตัวอย่างการสืบสวนอุบัติเหตุ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุ

หลังการรวบรวมข้อมูลและหลักฐานจากแหล่งต่าง ๆ แล้ว จะนำข้อมูลและหลักฐานดังกล่าวมารวมกัน เพื่อประกอบเป็นภาพว่าเกิดอะไรขึ้นในการชนหรืออุบัติเหตุ และปัจจัยอะไรที่นำไปสู่อุบัติเหตุนั้น

วัตถุประสงค์หลักของการวิเคราะห์ คือ การค้นหาลำดับการเกิดอุบัติเหตุ ข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่นำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งในการวิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุจะต้องพยายามหาคำตอบของคำถามต่อไปนี้

What ?	เกิดอะไรขึ้น
Where ?	อุบัติเหตุเกิดที่ไหน ระบุตำแหน่งสถานที่ บริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ หรือประเภทของบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุ
When ?	อุบัติเหตุเกิดเมื่อไหร่ ระบุวัน เวลาที่เกิดอุบัติเหตุ
Who ?	ใครบ้างที่เกี่ยวข้องในอุบัติเหตุ ทั้งยานพาหนะและคน จำนวนผู้บาดเจ็บ จำนวนผู้เสียชีวิต จำนวนผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิตที่เป็นเด็ก
Why and How ?	ทำไมถึงเกิดและเกิดขึ้นได้อย่างไร อธิบายลำดับการเกิดอุบัติเหตุ ลักษณะการชน ระบุสาเหตุของอุบัติเหตุโดยอาศัยข้อมูลหลักฐาน

คำตอบที่ได้จากการตอบคำถามข้างต้นนี้ ทำให้สามารถอธิบายลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุ วิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยของอุบัติเหตุ และใช้เป็นแนวทางในการเสนอแนะการแก้ไข

5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์อุบัติเหตุในเชิงลึก

หลังการรวบรวมข้อมูลและหลักฐานจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งจากสถานที่เกิดเหตุและการติดตามข้อมูล/หลักฐานในระยะเวลาต่อมา แล้ว จะนำข้อมูลและหลักฐานดังกล่าวมารวมกัน เพื่อประกอบเป็นภาพว่าเกิดอะไรขึ้นในการชนหรืออุบัติเหตุ และปัจจัยหรือเหตุการณ์ (Event) อะไรที่นำไปสู่อุบัติเหตุนั้น ขั้นตอนหลัก ๆ ของการวิเคราะห์ข้อมูลและหลักฐานจะประกอบด้วย:

- (1) การทบทวน (Review) สถานการณ์การชนหรือเกิดอุบัติเหตุ
- (2) การวิเคราะห์หาปัจจัยที่อาจนำไปสู่อุบัติเหตุ ทั้งปัจจัยคน ยานพาหนะ ถนนและสภาพแวดล้อม
- (3) การใช้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เชิงลึก

5.2.1 การทบทวนสถานการณ์การชนหรืออุบัติเหตุ

การทบทวนการชนหรืออุบัติเหตุแต่ละรายโดยกลุ่ม (ทีม) จะช่วยให้สามารถเข้าใจอุบัติเหตุได้ลึกมากขึ้น ในการนี้ ผู้สืบสวนอุบัติเหตุควรสืบสวนให้ได้มากที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ด้วยตนเอง รวมถึงการสร้างผังสถานที่ (Site diagram) พร้อมกับลักษณะการเคลื่อนที่ของรถที่เข้าใจได้แล้ว อย่างไรก็ตาม ในรายที่ปรากฏว่ามีข้อมูลบางอย่างขัดแย้งกัน การทำการทบทวนเบื้องต้นอาจช่วยให้เข้าใจสถานการณ์อุบัติเหตุได้ชัดเจน และทราบว่าควรเก็บข้อมูลหรือหลักฐานใดเพิ่มเติมก่อนนำเข้าสู่การทบทวนเต็มรูปแบบ

เมื่ออุบัติเหตुरายใดพร้อมที่ทบทวน โดยปกติก็เป็นหน้าที่ของผู้สืบสวนที่จะนำเสนออุบัติเหตุนั้นๆ ต่อกลุ่มคณะผู้สืบสวนเต็มคณะ ลำดับของการนำเสนออาจเป็นเช่นนี้ :

- ผู้สืบสวนนำเสนอผังสถานที่ และอธิบายลำดับเหตุการณ์ของอุบัติเหตุตามที่เขาเข้าใจ
- นำเสนอภาพถ่ายสถานที่เกิดเหตุ
- นำเสนอภาพรถ
- นำเสนอวิดีโอหรือภาพที่คนขับมองเห็น
- ผู้ที่ทำหน้าที่สัมภาษณ์ผู้ร่วมในอุบัติเหตุ (คนขับ ผู้โดยสาร คนเดินเท้า ผู้เห็นเหตุการณ์) สรุปหรือให้ความเห็นเกี่ยวกับอุบัติเหตุและปัจจัยจากคน
- จากข้อมูลที่น่าเสนอ กลุ่มพยายามหาข้อสรุปหรือมติเกี่ยวกับลำดับเหตุการณ์การชน ปัจจัยนำไปสู่การชน และสาเหตุการบาดเจ็บ
- ปรับผังสถานที่ให้สอดคล้องกับลำดับเหตุการณ์การชนที่ตกลงกันได้แล้ว
- บันทึกผลสรุปที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ข้อสังเกต สมมติฐาน และงานที่ต้องทำเพิ่ม เพื่อใช้อ้างอิงในอนาคตพร้อมทั้งวันที่ทำการทบทวนอุบัติเหตุ
- ถ้ายังต้องการการวิเคราะห์เพิ่ม หรือต้องหาข้อมูลเพิ่มเติม ทำเครื่องหมายที่อุบัติเหตุนั้นหรือ CASE นั้น สำหรับการทำการทบทวนในโอกาสหน้า

เมื่อการทบทวนสิ้นสุดลง ทีมน่าจะเข้าใจถึงเหตุที่เกิดขึ้นและปัจจัย อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อมูลและหลักฐานที่รวบรวมได้มีอย่างจำกัด ดังนั้นบ่อยครั้งที่อาจจะไม่สามารถเข้าใจอุบัติเหตุบางรายได้

5.2.2 การวิเคราะห์ปัจจัยหรือองค์ประกอบอุบัติเหตุ

องค์ประกอบของการจราจร ประกอบด้วย คน ยานพาหนะ ถนน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งองค์ประกอบแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกันในระบบขนส่ง ดังนั้น การทำความเข้าใจถึงลักษณะและสาเหตุของอุบัติเหตุจราจรทางบกจึงจำเป็นต้องรู้ถึงองค์ประกอบและลักษณะต่างๆ ขององค์ประกอบที่มีความเกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุต่างๆ เพื่อจะได้บ่งชี้ว่าจะมีปัจจัยใดบ้างที่มีส่วนเสริมให้

เกิดอุบัติเหตุ และมีผลต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุ รูปที่ 5.2-1 เป็นตัวอย่างรายการของปัจจัยด้านคน ยานพาหนะ ถนนและสภาพแวดล้อมที่ควรจะได้ตรวจสอบในอุบัติเหตุแต่ละกรณี อย่างไรก็ตามอาจมีปัจจัยอื่นนอกเหนือที่รายการในรูปที่ 5.2-1 ยังครอบคลุมไม่หมดได้

- (1) **ปัจจัยคน :**

 - พฤติกรรมการขับรถ/ไช้ถนน:การเลือกใช้ความเร็ว การใช้เกียร์ การเบรก การเลี้ยว การให้สัญญาณ ขับรถผิดช่องทาง การเลี้ยวกลับรถ การใช้อุปกรณ์ความปลอดภัย
 - การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร: ฝ่าฝืนสัญญาณ ตามหลังกระชั้นชิด แชนงในที่ห้ามแชนง
 - ประสบการณ์ในการขับขี/ใบขับขี/การเกิดอุบัติเหตุ
 - ประสาทการรับรู้ ความตั้งใจในการขับขี กิจกรรมในรถ
 - การดื่มของมึนเมา การใช้ยา สารเสพติด
 - ภาวะร่างกาย/โรคประจำตัว/อารมณ์ ความล้า ระยะเวลา/ระยะทางในการขับรถ
 - เพศ อายุ สถานภาพสมรส อาชีพ
 - ลักษณะการเดินทาง:ต้นทาง ปลายทาง วัตถุประสงค์ คู่้นเลขเส้นทาง

(2) **ปัจจัยยานพาหนะ**

 - สภาพยานพาหนะไม่สมบูรณ์ ชำรุด:ระบบพวงมาลัย เบรก ยาง ไฟ ที่ปัดน้ำฝน ไฟล์มกรองแสง ข้อต่อรถพ่วง
 - สภาพยานพาหนะไม่ปลอดภัย: น้ำหนักเกิน การปรับแต่งรถ โครงสร้างตัวถังรถไม่แข็งแรง
 - อุปกรณ์ความปลอดภัย :หมวกนิรภัย เข็มขัดนิรภัย ถุงลมนิรภัย

(3) **ปัจจัยถนนและสภาพแวดล้อม:**

 - แนวเส้นทางและรูปตัด: รัศมีโค้ง การยกโค้ง การขยายโค้ง
 - ระยะมองเห็น
 - อุปกรณ์ควบคุมจราจร : เครื่องหมาย ป้าย สัญญาณไฟ
 - อุปกรณ์กั้นข้างทาง
 - สภาพข้างทาง
 - สภาพผิวทาง ไหล่ทาง การระบายน้ำ
 - ไฟฟ้าส่องสว่าง
 - สิ่งอำนวยความสะดวก
 - การจราจร

ปัจจัยสภาพแวดล้อม

 - สภาพอากาศ: หมอก ฝน ลม อุณหภูมิ แดด มีด/สว่าง
 - อุปสรรคจากมนุษย์: ควันไฟ

รูปที่ 5.2-1 รายการของปัจจัยด้านคน ยานพาหนะ ถนนและสภาพแวดล้อม

5.2.2.1 องค์ประกอบด้านคน

องค์ประกอบด้านคน (Road Users) ประกอบด้วย ผู้ขับขี่ (Driver) และคนเดินเท้า (Pedestrian) โดย

1.1) ผู้ขับขี่ (Driver) คือ ผู้ที่เป็นตัวการเกิดอุบัติเหตุโดยตรง เพราะผู้ขับขี่เป็นคนบังคับและควบคุมยานพาหนะให้อยู่ในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งการบังคับรถเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอุบัติเหตุและการบังคับรถที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุ

1.2) คนเดินเท้า (Pedestrian) คือ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุการจราจรในขณะที่มีได้ขับหรือขี่หรือโดยสารพาหนะ หรือสัตว์ใดๆ คนเดินเท้าส่วนใหญ่จะถือเอาความสะดวกสบายในการข้ามถนนเป็น

สำคัญ โดยไม่คำนึงถึงอันตราย หรืออุบัติเหตุมากนัก ซึ่งเป็นผลให้อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นนั้นส่วนหนึ่งมาจากคนเดินเท้าเนื่องจากการฝ่าฝืนกฎจราจรอยู่เสมอ

องค์ประกอบด้านคน (Road Users) ที่พบว่ามีผลต่ออุบัติเหตุ ที่สำคัญ ๆ ได้แก่

- 1) ประสบการณ์การขับขี่ ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่มีประสบการณ์การขับขี่ต่างกันจะมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุที่ต่างกัน ผู้ที่ฝึกหัดขับรถไม่เพียงพอ ทำให้ขาดความรู้ความชำนาญในการใช้รถใช้ถนน เช่น ขาดความรู้เรื่องการคาดคะเนความเร็ว หรือประมาณระยะทางไม่ถูกต้อง หรือไม่คุ้นเคยในเรื่องลักษณะของยานพาหนะทำให้ไม่สามารถบังคับรถได้ เช่น รถลื่นไถลตกถนน หรือแฉลบออกนอกทาง เป็นต้น จากการศึกษาของ Munden (1962) พบว่าผู้ขับขี่ที่มีประสบการณ์ระหว่าง 0-3 ปี จะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงที่สุด แต่อัตราการเกิดอุบัติเหตุจะลดลงเมื่อผู้ขับขี่มีประสบการณ์การขับขี่เพิ่มมากขึ้น
- 2) การดื่มของมึนเมา ผู้ขับขี่ยานพาหนะขณะมึนเมา เช่น การดื่มสุรา เบียร์ ไวน์ และเครื่องดื่มอื่น ๆ ที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ ไม่สามารถควบคุมสติสัมปชัญญะได้ จากการศึกษาของ Lapham (1995); Insurance Institute of Highway Safety (1993); Wells, et al. (1993); Dermott และ Hughes (1983); Evans (1990) พบว่าผู้ที่ขับรถขณะมึนเมาจะเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าคนขับที่ไม่ดื่มของมึนเมา การศึกษาของ Zador (1991); Zador, et al. (2000) พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับแอลกอฮอล์ทุกๆ ร้อยละ 0.02 จะทำให้จำนวนการเกิดอุบัติเหตุจนเสียชีวิตเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาของ Perrine (1975) ที่พบอีกว่าอัตราเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุจราจรของผู้ที่มีระดับแอลกอฮอล์ในเลือดสูงกว่า 0.1 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าผู้ขับรถที่ไม่มึนเมาประมาณ 7 เท่า
- 3) การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ไม่ปฏิบัติตามกฎจราจรเกี่ยวกับ สัญญาณไฟจราจร กฎจราจรและการใช้สัญญาณไฟ ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงเนื่องจากผู้ขับขี่อาจจะบังคับรถไปในทิศทางหรือตำแหน่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย จากการศึกษาของ Al-Madani (2002) ได้ทำการทดสอบกลุ่มผู้ขับขี่ในประเทศบาห์เรน คูเวต โอมาน กาตาร์ และสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในป้ายจราจร ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างผู้ขับขี่มีความเข้าใจเพียงร้อยละ 56 ของป้ายจราจรทั้งหมด ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุอย่างมาก
- 4) การใช้ยา ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ใช้ยาบางประเภท เช่น ยาแก้แพ้ ยาลดความดัน หรือยาอื่น ๆ ที่มีผลข้างเคียงทำให้ง่วงนอน ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าผู้ขับรถที่ไม่ใช้ยา
- 5) การใช้สารเสพติด ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ใช้สารเสพติด เช่น ยาเสพติดประเภท จะทำให้สมรรถภาพการขับรถลดลง จากการศึกษาของ Skegg, et al. (1972) พบว่าผู้ขับรถที่ใช้ยาเสพติดประเภทจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าผู้ขับรถที่ไม่ใช้ยาเสพติดประมาณ 5 เท่า

- 6) พฤติกรรมการใช้รถใช้ถนน ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่มีพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนนที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ จากการศึกษาของ Harano, et al. (1975) พบว่าผู้ขับขี่ที่มีความความผิดพลาดขณะขับรถ เช่นในการเบรก การเลี้ยว การใช้สัญญาณไฟ การแซง การใช้ความเร็ว การควบคุมรถ ขับรถผิดช่องทาง และการเลี้ยวกลับรถ จะทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้มากกว่าผู้ขับขี่ด้วยความระมัดระวัง นอกจากนั้นการศึกษาของ Baxter, et al. (1990) ยังพบว่ากลุ่มผู้ขับขี่วัยรุ่นทั้งสองเพศชอบขับรถเร็วเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด และชอบขับรถตามคันหน้าในระยะกระชั้นชิด
- 7) ภาวะร่างกาย ผู้ขับขี่ยานพาหนะขณะร่างกายไม่มีความพร้อม เช่น ร่างกายอ่อนเพลียจากการขับรถเป็นเวลานาน และการพักผ่อนไม่เพียงพอ ทำให้มีโอกาสหลับใน หรือการตัดสินใจของผู้ขับขี่ช้าลง กลุ่มบุคคลเหล่านี้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าผู้ขับขี่ที่มีร่างกายสมบูรณ์ จากการศึกษาของ Grandjean (1968) พบว่า ความเหนื่อยล้าเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ กล่าวคือ การขับขี่รถยนต์ที่ติดต่อกันนาน 4 ชั่วโมง จะทำให้ระดับการตื่นตัวของร่างกายลดลง เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น และจากการศึกษาของ Connor, et al. (2002) พบว่า การง่วงนอนขณะขับเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตจากการชนของยานพาหนะ
- 8) โรคประจำตัว ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่มีสภาวะทางร่างกายที่ไม่สมบูรณ์ จากการศึกษาของ Gastaut (1982) พบว่าผู้ขับขี่ที่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ โรคไต โรคปอด และโรคลมชัก กลุ่มบุคคลเหล่านี้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าผู้ขับขี่ที่มีร่างกายสมบูรณ์
- 9) ประสาทการรับรู้ ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่มีปัญหาเกี่ยวกับประสาทการรับรู้ ซึ่งประกอบด้วยลักษณะการมองเห็น การได้ยิน การประเมินความเสี่ยงต่อสถานการณ์ต่างๆ ขณะขับรถ และการควบคุมการขับรถ การศึกษาของ Hills (1975) พบว่าผู้ขับขี่ที่มีสติดี หรือมีการรับรู้ที่ดี จะมีความปลอดภัยในขณะขับรถมาก นอกจากนั้นการศึกษาของ Gioia และ Morphey (1968) ยังพบอีกว่าประสาทการรับรู้ด้านการมองเห็นมีความเกี่ยวข้องกับการประเมินสถานการณ์ขณะขับรถประมาณร้อยละ 90

5.2.2 องค์ประกอบด้านยานพาหนะ

องค์ประกอบด้านยานพาหนะ (Vehicles) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะยานพาหนะที่ไม่ได้มาตรฐาน ไม่มีอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่ดีและเพียงพอ และยานพาหนะที่มีสภาพชำรุดบกพร่องขาดการตรวจสอบและบำรุงรักษาที่ดีก่อนใช้งาน อาจเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งสามารถแบ่งแยกได้เป็น 2 ประเด็นดังนี้

- 1) ยานพาหนะมีอุปกรณ์ที่อยู่ในสภาพไม่สมบูรณ์ ชำรุด บกพร่อง ได้แก่
 - ระบบห้ามล้อทำงานไม่ปกติ เช่น เบรกแตก และระบบควบคุมทิศทาง เช่น คันชักและคันส่งหลุด
 - สภาพของยาง เช่น ยางแตก และยางรั่ว
 - ระบบไฟส่องสว่างและไฟสัญญาณ เช่น ระบบไฟส่องสว่างหรือไฟสัญญาณเสีย

- ระบบปัดน้ำฝนไม่สามารถใช้งานได้ขณะฝนตก อาจทำให้ทัศนวิสัยในการขับขี่ไม่ดีอันส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุ
- 2) ยานพาหนะไม่เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย ได้แก่
 - การบรรทุกที่ไม่ปลอดภัย เช่น การบรรทุกน้ำหนักเกิน การบรรทุกสูงเกิน และการบรรทุกยื่นเกินอัตราที่กฎหมายกำหนด
 - มีการปรับแต่งสภาพยานพาหนะอันอาจส่งผลต่อความปลอดภัย
 - ไม่มีอุปกรณ์เสริมเพื่อความปลอดภัย เช่น เข็มขัดนิรภัย และหมวกนิรภัย เป็นต้น

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยพบว่า หมวกนิรภัย (Helmet) ทำหน้าที่ 2 อย่างคือ (1) ป้องกันแรงกดดันที่เกิดจากความเร็ว และ (2) ป้องกันกะโหลกศีรษะ จากผลการศึกษาต่างๆที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุจราจรและการใช้หมวกนิรภัย โดย ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์ (2537) พบว่า การสวมหมวกนิรภัยจะช่วยลดอัตราการบาดเจ็บที่ศีรษะและอัตราการตายลงได้อย่างมีนัยสำคัญร้อยละ 40 ซึ่งในประเทศไทย กฎหมายบังคับให้ผู้ขับขี่เลือกหมวกนิรภัยได้ 3 แบบ คือ หมวกนิรภัยแบบปิดเต็มหน้า หมวกนิรภัยแบบปิดเต็มใบ และหมวกนิรภัยแบบครึ่งใบ National Highway Traffic Safety Administration (1995) พบว่าหมวกนิรภัยสามารถลดความเสี่ยงจากการเสียชีวิตอันเนื่องมาจากการบาดเจ็บทางศีรษะลงร้อยละ 30

จากผลการศึกษาในสหรัฐอเมริกาพบว่า หลังการออกกฎหมายให้ใช้เข็มขัดนิรภัย (Safety belt) กันอย่างจริงจัง ผู้บาดเจ็บที่ไม่คาดเข็มขัดนิรภัย จะต้องรักษาตัวอยู่ในโรงพยาบาลสูงกว่าผู้ที่คาดเข็มขัดนิรภัยถึง 2 เท่า (Dreghorn, 1985) และสถิติอุบัติเหตุในสหราชอาณาจักรภายหลังการออกกฎหมายบังคับใช้เข็มขัดนิรภัย พบว่า อุบัติเหตุของการบาดเจ็บต่อใบหน้าลดลงจาก 20.9% เป็น 5.9% (Perkins, 1988) และ National Highway Traffic Safety Administration (1995) พบว่า เข็มขัดนิรภัยลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บอย่างรุนแรงและการเสียชีวิตได้ประมาณร้อยละ 40-55 โดยในช่วงปี ค.ศ.1983-1992 สามารถช่วยผู้ขับขี่ให้รอดจากการเสียชีวิต ถึง 35,000 ราย และป้องกันการบาดเจ็บระดับปานกลางจนถึงขั้นรุนแรงของผู้ขับขี่ได้ถึง 906,000 ราย อันเนื่องมาจากการออกกฎหมายบังคับใช้

ถุงลมนิรภัย (Air bags) ถึงแม้จะมีเข็มขัดนิรภัยที่ออกแบบมาดีที่สุด ก็ไม่สามารถปกป้องส่วนของศีรษะและอกจากการบาดเจ็บได้ทั้งหมดจากการชนทางด้านหน้าอย่างรุนแรง แต่ถุงลมนิรภัยจะช่วยดูดซับพลังงานการกระแทกระหว่างร่างกายส่วนบนของผู้โดยสารกับพวงมาลัยรถ อุปกรณ์แผงควบคุม หรือกระจกหน้า การศึกษาของ Bureau of Transportation Statistics (1995) พบว่า อัตราการเสียชีวิตของคนขับจากการชนทางด้านหน้าในรถที่มีถุงลมนิรภัยต่ำกว่ารถที่ไม่มีถุงลมนิรภัยถึง 20% ส่วนในการชนโดยรวมลักษณะการชนทุกประเภท ถุงลมนิรภัยช่วยลดอัตราการเสียชีวิตได้ถึง 15%

5.2.2.3 องค์ประกอบด้านถนน

องค์ประกอบด้านถนน (Road) เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญในการพัฒนาความเจริญเข้าสู่พื้นที่ก่อให้เกิดความสะดวกสบายในการเดินทาง การเพิ่มผลผลิต และช่วยยกฐานะความเป็นอยู่ของ

ประชาชนให้ดีขึ้น ซึ่งถ้ามองถึงหลักเกณฑ์ในการออกแบบถนน จะต้องออกแบบแนวทางของถนนให้เป็นแนวทางตรงมากที่สุด แต่ในบางพื้นที่ไม่สามารถกระทำได้ ดังนั้นวิศวกรจราจรจะต้องศึกษาลักษณะการวางแนวถนน (Road Alignment) ลักษณะทางโค้งต่างๆ ตลอดจนระยะมองเห็นปลอดภัย (Sight Distance) และลักษณะต่างๆ ของทางแยก (Intersection) เพื่อสามารถออกแบบให้การใช้งานมีความสะดวกและความปลอดภัยมากที่สุดโดยองค์ประกอบด้านถนนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุจราจร ดังนี้

- 1) ความกว้างของผิวจราจร จากผลการศึกษาผลกระทบของความกว้างผิวจราจรที่มีต่อการเกิดอุบัติเหตุ Zegeer, et al. (1981) และ Cirillo และ Council (1986) พบว่าความกว้างผิวจราจรระหว่าง 3.40-3.70 เมตร เป็นความกว้างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับถนนขนาด 2 ช่องจราจร บริเวณนอกเมือง เนื่องจากมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุต่ำและมีความสมดุลระหว่างการไหลของกระแสจราจรกับความปลอดภัยต่อการจราจรมากที่สุด และจากการศึกษาของ Lay (1986) พบว่าถนนที่มีผิวจราจรกว้างน้อยกว่า 3.00 เมตร นั้นมีอิทธิพลทำให้เกิดอุบัติเหตุจราจรแต่ละครั้งมีผลเกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งคัน
- 2) ความกว้างไหล่ทาง ไหล่ทาง คือ พื้นที่ด้านข้างของผิวทางที่อยู่ด้านนอกทั้งสองข้างและยังมิได้จัดทำเป็นทางเท้า ซึ่งมีผลต่อความปลอดภัยในการจราจร จากผลการศึกษาผลกระทบของไหล่ทางที่มีต่อการเกิดอุบัติเหตุจราจรพบว่าขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างและชนิดของผิวไหล่ทาง Ogden (1996) ได้กล่าวว่าไหล่ทางชนิดที่ไม่ปูผิวทางจะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุสูงกว่าชนิดที่ปูผิวไหล่ทางอย่างชัดเจน โดยจากการศึกษาของ Armour (1984) พบว่าสัดส่วนการเกิดอุบัติเหตุบนถนนที่มีไหล่ทางชนิดไม่ปูผิวทางและปูผิวทาง มีค่าเท่ากับ 3 ต่อ 1 และ 4 ต่อ 1 สำหรับกรณีทางตรงที่เป็นทางราบ และทางโค้งหรือทางลาดชันตามลำดับ และนอกจากนี้พบว่าไหล่ทางที่มีขนาดกว้าง 0.00-2.00 ม. จะมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุจราจรสูง สำหรับไหล่ทางที่มีความกว้างมากกว่า 2.50 ม. พบว่าจะมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุจราจรเพียงเล็กน้อย
- 3) ระยะมองเห็นในโค้งราบ จากการศึกษาคูของ Glennon (1987) พบว่าระยะมองเห็นที่ปลอดภัยนั้นมีความสำคัญอย่างมากสำหรับการควบคุมการขับขี่ยานพาหนะให้ได้รับความปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกรณีของรถบรรทุก ซึ่งมีความสามารถตอบสนองต่อการเบรกต่ำ โดยจากรายงานของ Federal Highway Administration (1986) ได้กล่าวสรุปว่า ระดับสายตาที่ผู้ขับขี่รถบรรทุกสามารถมองเห็นวัตถุได้สูงกว่ารถยนต์ประเภทอื่นนั้นมีส่วนช่วยในการชดเชยการตอบสนองต่อการเบรกต่ำของรถบรรทุกชนิดต่างๆ ได้ แต่หลักเกณฑ์นี้อาจไม่สามารถใช้กับกรณีของรถบรรทุกขนาดใหญ่ได้ ทั้งนี้เพราะเป็นรถที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักบรรทุกมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้ระยะทางหยุดรถที่ปลอดภัยยาวกว่ารถยนต์ทั่วไป
- 4) ระยะมองเห็นในโค้งโค้ง จากการรายงาน Glennon (1987) พบว่าบนทางหลวงที่มีข้อจำกัดของระยะมองเห็นที่ปลอดภัยที่บริเวณทางโค้งโค้งแบบคว่ำ (Crest curve) จะมีความถี่ต่อการเกิดอุบัติเหตุสูงถึงร้อยละ 52 ของทางโค้งโค้งแบบหงาย (Sag curve)

5) แนวทางราบ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นทางตรงและทางโค้ง การออกแบบทางโค้งนั้นมีความสำคัญต่อความสะดวกสบายของผู้ขับขี่เป็นอย่างมาก ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆ คือ รัศมีความโค้ง (Radius of curve) มุมเปลี่ยนแนว (Deflection angle) การยกโค้ง (Superelevation) และการขยายผิวทางในทางโค้ง (Widening) จากการศึกษา Glennon (1987) พบว่าจำนวนอุบัติเหตุจากรบบทางหลวงจะเกิดขึ้นที่บริเวณทางโค้งมากกว่าบริเวณทางตรงถึง 3 เท่า โดยส่วนใหญ่เกิดจากการวิ่งหลุดออกจากทางโค้ง นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Neuman, et al. (1983) พบว่ารัศมีความโค้งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความปลอดภัยของการออกแบบทางโค้งราบ โดยพบว่าทางโค้งราบที่มีรัศมีความโค้งต่ำกว่า 600 เมตร จะมีส่วนช่วยสนับสนุนให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุจากรถเพิ่มขึ้น

6) แนวทางตั้ง ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ลาดถนน (Grades) และทางโค้งตั้ง (Vertical curve) โดยทั่วไปแล้วทางโค้งตั้งแบบหยาย (Sag curve) จะมีปัญหาด้านระยะมองเห็นปลอดภัยไม่มากนัก ในขณะที่ทางโค้งตั้งแบบคว่ำ (Crest curve) นั้นจะมีข้อจำกัดของระยะมองเห็นปลอดภัยมากกว่า สำหรับช่วงลาดของถนนนั้น จากรายงานของ Organization for Economic Cooperation (1986) พบว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุและความรุนแรงจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลาดและความชันของถนน และจากการศึกษาของ Zegeer, et al. (1992) พบว่าถนนในทิศทางระดับลาดลงนั้นมีปัญหาความปลอดภัยมากกว่าในทิศทางที่ชันขึ้น ซึ่งจะมีผลมากสำหรับการเดินทางของรถบรรทุกขนาดใหญ่ โดยเฉพาะที่ระดับลาดชันมากกว่าร้อยละ 6 พบว่าจะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ Pakpoy และ Kneebone (1988) ได้รายงานไว้ว่า บริเวณทางโค้งราบและมีระดับความลาดชันมาก จัดเป็นจุดอันตรายสำหรับถนนบริเวณนอกเมืองขนาด 2 ช่องจราจร เนื่องจากผลการศึกษาพบว่ามีความถี่การเกิดอุบัติเหตุสูง ดังนั้นการออกแบบทางหลวงให้มีความปลอดภัยควรจะต้องพิจารณาออกแบบทางโค้งแนวราบและทางโค้งแนวตั้งควบคู่กันไป

7) จำนวนช่องจราจร คือ จำนวนช่องทางเดินรถที่จัดแบ่งสำหรับการเดินรถ โดยทำสัญลักษณ์ด้วยการตีเส้นแบ่งช่องจราจรและเครื่องหมายบนผิวทาง เช่น ลูกศร เป็นต้น จากการศึกษาสถิติอุบัติเหตุจราจรของกองวิศวกรรมจราจร กรมทางหลวง (2540) พบว่าอุบัติเหตุจราจรบนทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงจังหวัดมักเกิดบนทางตรงมากที่สุด โดยเฉพาะสภาพเส้นทางที่ดีเรียบ ที่มักทำให้ผู้ขับขี่ขาดความระมัดระวังและขับรถด้วยความเร็วสูง และถนนที่มี 2 ช่องทางจะเกิดอุบัติเหตุมากกว่าถนนที่มี 4 ช่องทาง

8) อุปกรณ์กันข้างทาง คือ อุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อป้องกันมิให้รถที่เกิดอุบัติเหตุวิ่งออกนอกถนน โดยทั่วไปจะติดตั้งไว้บริเวณที่เป็นจุดเสี่ยงอันตราย เช่น บริเวณทางโค้ง สะพาน และจุดที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุอื่นๆ ตัวอย่างของอุปกรณ์กันข้างทางเพื่อความปลอดภัย เช่น ราวกันตก (Guard rail) เป็นต้น

9) เครื่องหมายจราจร คือ เครื่องมือบอกข้อมูลด้าน การห้าม การเตือน และการแนะนำที่สำคัญสำหรับผู้ขับขี่รถใช้ถนนเพื่อช่วยให้การขับขี่มีความปลอดภัยมากขึ้น ลักษณะของเครื่องหมายจราจรจำเป็นต้องเข้าใจง่าย สังเกตได้ชัดทั้งกลางวันและกลางคืน ตำแหน่งของเครื่องหมายมีความเหมาะสมต่อผู้ขับขี่และคนเดินเท้าที่จะสามารถมองเห็นได้ชัด ต้องมีความชัดเจนไม่ลบลือนหายไป

ตัวอย่างของเครื่องหมายจราจร เช่น ทางม้าลาย เส้นแบ่งช่องจราจร เส้นแบ่งทิศทางการเดินรถ ลูกศร และข้อความเตือนต่างๆ เป็นต้น

10) ป้ายจราจร คือ เครื่องมือที่ช่วยบอกข้อมูลด้าน การห้าม การบังคับ การเตือน และการแนะนำที่สำคัญสำหรับผู้ขับขี่รถใช้ถนนเพื่อช่วยให้การขับขี่มีความปลอดภัยมากขึ้น ป้ายจราจรจำเป็นต้องเข้าใจง่าย สังเกตได้ชัดเจนทั้งกลางวันและกลางคืน ตำแหน่งของป้ายมีความเหมาะสมต่อผู้ขับขี่และคนเดินเท้าที่จะสามารถมองเห็นได้ชัด ต้องมีความชัดเจนไม่ลบเลือนหายไป ตัวอย่างของป้ายจราจร เช่น ป้ายหยุด ป้ายห้ามเลี้ยว เป็นต้น

11) สัญญาณไฟจราจร คือ เครื่องมือจัดระบบการจราจรที่มีความสำคัญโดยเฉพาะ บริเวณทางแยกที่มีปริมาณยานพาหนะมากถึงจุดที่ต้องติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจร ตำแหน่งการติดตั้งระบบสัญญาณไฟควรให้ผู้ขับขี่และคนเดินเท้าสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนและต้องไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น กิ่งไม้

12) สิ่งอำนวยความสะดวกคนเดินเท้า คือ อุปกรณ์หรือเครื่องมือด้านความปลอดภัยที่จัดเตรียมไว้สำหรับคนเดินเท้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบการจราจร เช่น ทางเท้า ทางข้าม(สะพานลอย) และสัญญาณไฟคนเดินข้าม เป็นต้น

13) สภาพผิวถนน คือ ความสมบูรณ์ของถนนมีความเหมาะสมกับการใช้งานหรือมีข้อบกพร่อง เช่น พื้นผิวถนนมีความเสียดทานน้อย ถนนเป็นหลุมเป็นบ่อ มีโคลนตม ถนนขาด และถนนกำลังซ่อมบำรุง เป็นต้น ข้อบกพร่องต่างๆ เหล่านี้อาจเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ จากรายงานของคณะกรรมการความปลอดภัยด้านการจราจรแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Highway Traffic Safety Board, 1980) ได้ทำการศึกษาถึงการวิจัยที่มีความหนาแน่นสูงในการทำถนนในรัฐยูทาห์ ซึ่งเป็นถนนที่มีสัมประสิทธิ์ความฝืดต่ำ ทำให้เกิดการลื่นไถลได้ง่าย แสดงให้เห็นว่าสภาพผิวถนนที่มีความฝืดน้อยจะเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุโดยเฉพาะในเวลาฝนตกถนนลื่น

14) ไฟฟ้าส่องสว่างบนถนน แสงสว่างในถนนมีความสำคัญอย่างมาก เพราะเกี่ยวกับความสามารถในการมองเห็น และการจัดแสงสว่างบนถนนให้เพียงพอ จะช่วยลดอุบัติเหตุได้ เพราะจะลดการใช้ไฟสูงซึ่งแสงไฟสูงจากรถคันที่แล่นสวนมาอาจส่งผลให้ผู้ขับขี่สายตาพร่ามัวได้ ทำให้มองไม่เห็นทางและเป็นอันตรายต่อการขับขี่ โดยจากรายงานอุบัติเหตุ คณะกรรมการป้องกันอุบัติเหตุแห่งชาติ (วิจิตร บุญยะโถระ, 2536) กล่าวว่า ในสหรัฐอเมริกาเกือบร้อยละ 60 ของอุบัติเหตุที่มีผู้เสียชีวิต จะเกิดขึ้นในเวลากลางคืน นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ถ้าแสงสว่างบนถนนเพียงพอสามารถช่วยลดอุบัติเหตุลงเนื่องจากผู้ขับขี่จะเปิดไฟสูงน้อยลง

5.2.2.4 องค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม

องค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental) เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุจราจรทางบก โดยส่วนใหญ่แล้วจะเกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติเป็นสำคัญ เช่น ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ สภาพดินฟ้าอากาศ นอกจากนี้ยังเกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำได้อีกด้วย เช่น การเผาไฟ การปลูกสร้างสิ่งกีดขวางสายตา เป็นต้น สิ่งแวดล้อมหรือสภาพแวดล้อมของถนนอาจ

เป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุจราจรได้ โดยองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมของถนนอาจแยกได้เป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1) อุปสรรคทางธรรมชาติ คือ สิ่งที่บั่นทอนความสามารถในการขับขี่ให้ลดลงที่มีผลมาจากอุปสรรคทางธรรมชาติ เช่น ฝนตก มีหมอกปกคลุมหรือมีฝุ่นมาก ต้นไม้บดบังป้ายหรือสัญญาณไฟจราจร ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ทำให้ทัศนวิสัยผู้ขับขี่ลดลงทั้งสิ้น และอาจส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุได้ โดยรายงานของ National Transportation System Board (1981) พบว่าในระหว่างปี ค.ศ.1978-1979 มีจำนวนผู้เสียชีวิตจากการขับรถชนต้นไม้เป็นจำนวน 2900 รายจากผู้เสียชีวิตทั้งหมด 3280 ราย และผลสรุปจากการสำรวจโดย National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) และ Fatal Accident Reporting System (FARS) ในรายงานฉบับเดียวกันพบว่า ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ชนชนต้นไม้จะได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตถึงร้อยละ 61.2 และจากรายงานของ National Transportation System Board (1972) พบว่า หมอกเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุก่อให้เกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน

2) อุปสรรคที่เกิดจากการกระทำของคน คือ สิ่งที่บั่นทอนความสามารถในการขับขี่ให้ลดลงที่มีผลมาจากการกระทำของคน เช่น การเผลอเรอหรือหลับใหลทาง คำนวณจากท่อไอเสียรถยนต์ การติดตั้งป้ายโฆษณา ตู้โทรศัพท์หรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ บดบังป้ายและสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

5.3 เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เชิงลึก

สิ่งที่ทีมสืบสวนอุบัติเหตุเห็นได้ในที่เกิดเหตุ คือ ตำแหน่งที่ยานพาหนะหยุดอยู่หลังเกิดเหตุ (Point of Rest) หรือตำแหน่งบุคคลผู้เสียชีวิตหรือบาดเจ็บ รวมทั้งร่องรอยชิ้นส่วนยานพาหนะ (Debris) และร่องรอยเบรก รอยครูด เป็นต้น สิ่งที่จะวิเคราะห์เชิงลึกก็จะทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับความเร็ว อันได้แก่ ความเร็วก่อนการชน ความเร็วขณะชน ความเร็วที่ยานพาหนะแยกจากกันหลังการชน และความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการชน (ΔV หรือ ΔV)

ลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เช่นความเร็วและทิศทาง สามารถอธิบายได้ด้วยพื้นฐานของฟิสิกส์และคำนวณด้วยมือได้ อย่างไรก็ตามถ้าต้องการจะจำลองให้เห็นภาพการเคลื่อนที่และเพื่อการสืบสวนอุบัติเหตุย้อนรอย (Accident reconstruction) ก็จะต้องใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม ดังนั้นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์อุบัติเหตุสามารถจำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มที่สามารถคำนวณด้วยมือโดยใช้สมการพื้นฐานทางฟิสิกส์ และ (2) กลุ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.3-1

เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เชิงลึก

(1) สมการพื้นฐานทางฟิสิกส์

- การคำนวณความเร็วตอนพลิกคว่ำ
- การวิเคราะห์ความเร็วขณะขึ้นลงทางลาด
- การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไทล์
- การคำนวณความเร็วรถจากการเบรก รอยครูด
- การคำนวณความเร็วโดยหลักการโมเมนตัม
- การคำนวณความเร็วโดยหลักการของพลังงาน
- การคำนวณความเร็วการชนจากรอยยุบที่เกิดขึ้น

(2) คอมพิวเตอร์โปรแกรม

- M-SMAC
- HVE-2D

รูปที่ 5.3-1 รายการเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เชิงลึกของอุบัติเหตุ

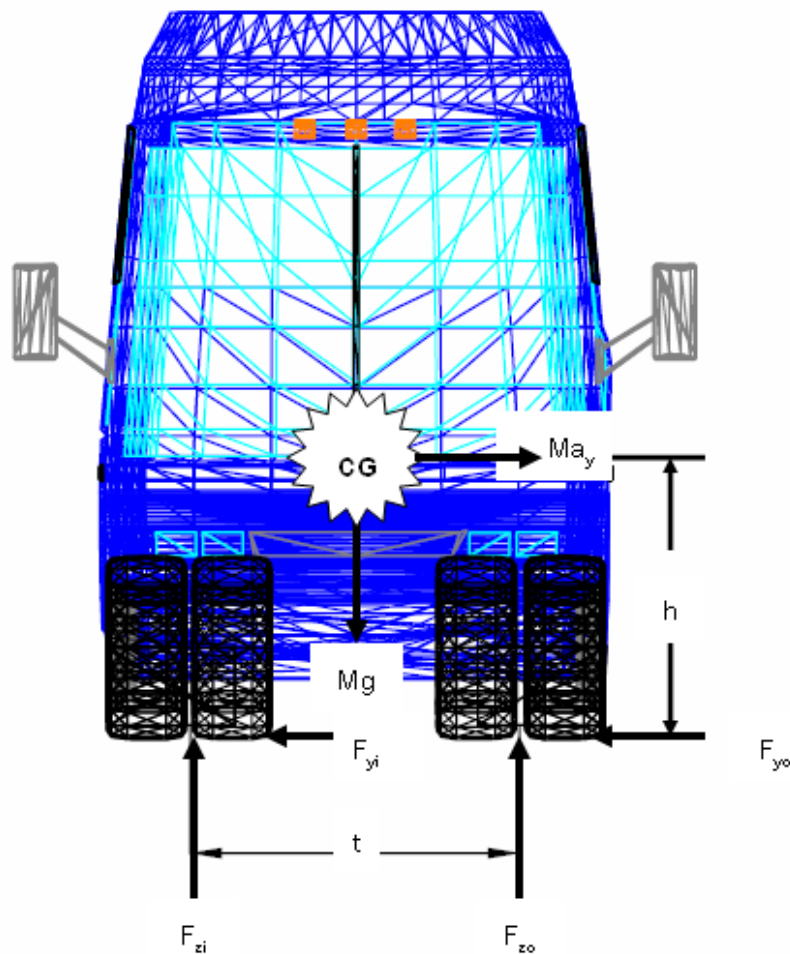
5.3.1 เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์เชิงลึกโดยใช้สมการพื้นฐานฟิสิกส์

5.3.1.1 การคำนวณความเร็วตอนพลิกคว่ำ (Rollover)

เมื่อรถวิ่งในโค้งราบ รถมีโอกาสที่จะไถลออกด้านนอกโค้ง หรืออาจพลิกคว่ำ โดยเฉพาะรถหนักที่จุดศูนย์ถ่วงอยู่สูงจากพื้นและมีน้ำหนักมาก ในการวิเคราะห์การพลิกคว่ำของรถยนต์ สามารถเริ่มต้นจากแบบจำลองที่ง่าย เช่น Quasi-Static model ไปจนถึงแบบจำลองที่พิจารณาผลกระทบในรถยนต์ละเอียดขึ้น

Quasi-Static Model : สมมติว่า รถเป็น Rigid body

เมื่อรถยนต์ที่มีมวลเท่ากับ M จุดศูนย์ถ่วงรถอยู่สูงจากพื้นเท่ากับ h และระยะห่างระหว่างล้อด้านในกับล้อด้านนอกเท่ากับ t กำลังวิ่งในโค้งราบที่มีรัศมีโค้งเท่ากับ R . ด้วยความเร็วเท่ากับ v . รถจะมีอัตราเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง $(a_y) = v^2/R$ รูปที่ 5.3-2 แสดงแรงต่างๆที่กระทำกับรถ



รูปที่ 5.3-2 แสดงแรงต่างๆที่กระทำกับรถขณะวิ่งในโค้ง

โดยที่ F_{zi} และ F_{zo} แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งที่ล้อด้านในและล้อด้านนอก ตามลำดับ
 F_{yi} และ F_{yo} เป็นปฏิกิริยาในแนวราบที่ล้อด้านในและล้อด้านนอก ตามลำดับ
 $M.g$ = น้ำหนักรถ

$M.a_y$ = แรงหนีศูนย์กลาง

จากรูป ผลรวมของโมเมนต์ที่จุดสัมผัสระหว่างยางกับล้อด้านนอก = 0

$$M.a_y \cdot h + F_{zi} \cdot t - M.g \cdot (t/2) = 0$$

เมื่อรถจะพลิกคว่ำ แรงในแนวดิ่งบนล้อด้านในจะเป็น 0 เพราะฉะนั้น อัตราเร่งด้านข้าง (Lateral acceleration) ที่ทำให้พลิกคว่ำ รู้จักกันแพร่หลายว่าเป็นค่า Rollover Threshold

$$a_y / g = t / 2h$$

ดังตัวอย่างของ Rollover Threshold ในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5.3-1 แสดงค่าทั่วไปของ Rollover Threshold ของรถประเภทต่างๆ รวมถึงรถบรรทุก

ประเภทรถ	ความสูงของ จุดศูนย์ถ่วง, นิ้ว	ระยะห่างระหว่างล้อด้านใน กับล้อด้านนอก (thread), นิ้ว	Rollover threshold,
รถสปอร์ต	18-20	50-60	1.2-1.7g
รถยนต์นั่ง (Compact car)	20-23	50-60	1.1-1.5g
รถยนต์นั่งหรู (Luxury car)	20-24	60-65	1.2-1.6g
รถกระบะ	30-35	65-70	0.9-1.1g
รถตู้โดยสาร	30-40	65-70	0.8-1.1g
รถบรรทุกขนาดกลาง	45-55	65-75	0.6-0.8g
รถบรรทุกขนาดใหญ่	60-85	70-73	0.4-0.6g

ที่มา : Gillespie (1994)

เมื่อรถพลิกคว่ำ เราสามารถความเร็วที่รถเริ่มพลิกคว่ำจากค่า $a_y = v^2 / R$ เมื่อ $R =$ รัศมีโค้ง
ของแนวล้อ

$$v = [g.R.t / 2h]^{1/2}$$

จะเห็นว่ารถยนต์นั่งมีค่า Rollover threshold ที่สูง การที่รถเข้าโค้งที่ทำให้เกิดอัตราเร่งด้านข้างสูง
ถึงค่า Rollover threshold หรือเกิดการพลิกคว่ำ เช่นถึง 1.1-1.5g นั้น แทบเป็นไปไม่ได้ เพราะรถ
จะไถลออกนอกโค้งเสียก่อน ส่วนในกรณีรถใหญ่ที่มีจุดศูนย์ถ่วงสูง รถมมีโอกาสพลิกได้ง่ายขณะ
เลี้ยวในโค้ง

การสมมติว่ารถเป็น Rigid body ทำให้ได้ค่า Rollover threshold ที่สูงเกินไป (Over estimate) และ
ในสถานการณ์จริงรถสามารถพลิกคว่ำได้ทั้งๆที่อัตราเร่งด้านข้างยังไม่ถึงค่า Rollover threshold ที่
แสดงไว้ในตารางที่ 5.3-1 ดังนั้นถ้าจะให้การประมาณการค่า Rollover threshold ใกล้เคียงความ
จริงมากขึ้นก็ต้องพิจารณาผลจากระบบ Suspension และยางของรถ (Quasi-Static Rollover with
Suspension) หรือเพิ่ม Roll moment of inertia ของรถเข้ามาพิจารณาด้วย (Roll Model)
(Gillespie, 1994). จากโมเดลที่ปรับเปลี่ยนดังกล่าวจะพบว่า ได้ค่า Rollover threshold ที่ลดลงกว่า
การสมมติว่ารถเป็น Rigid body หรือ Quasi-Static Model (ดูในตารางที่ 5.3-2)

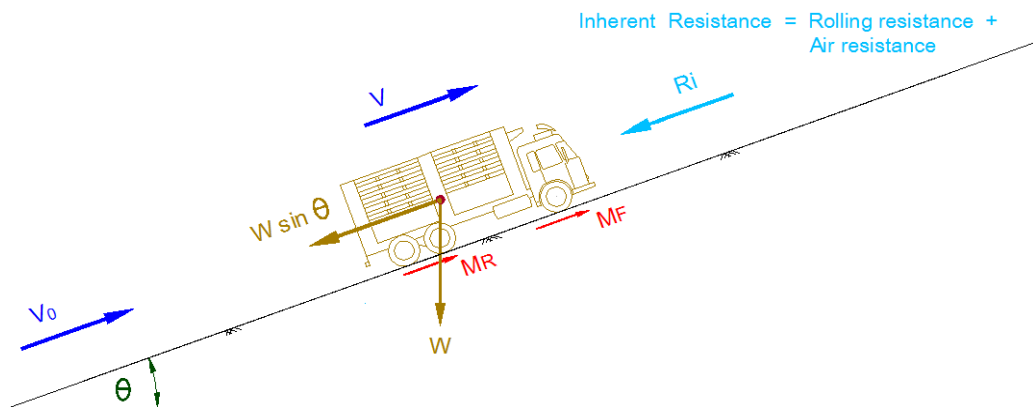
ตารางที่ 5.3-2 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่า Rollover threshold ของรถยนต์นั่งขนาดเล็กทั่วไป
จากโมเดลประเภทต่างๆ

โมเดล	ค่า Rollover threshold , g	ลดลงจาก Quasi-Static Model, %
Quasi-Static	1.25	-
Quasi-Static-Suspended	1.19	4.80
Roll Model (Step Input)	0.92	26.4
Roll Model (Harmonic Forcing)	0.80	36.0

ที่มา : Stone R. and Ball J.K. (2004), Table 7.2, p.342

5.3.1.2 ความเร็วของรถหนักที่เปลี่ยนแปลงขณะขึ้นหรือลงทางลาดชัน

ความเร็วรถลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อวิ่งขึ้นทางลาดชัน (Upgrade) ทำให้เกิดการชนท้าย หรือขึ้นทางชันไม่ได้ หรือความเร็วรถเพิ่มอย่างรวดเร็วเมื่อวิ่งลงทางลาดชัน (Downgrade) เบรกไม่อยู่ ทำให้มีการชนกับรถคันอื่น หรือแหกโค้ง หรือพลิกคว่ำ



รูปที่ 5.3-3 แรงที่กระทำกับรถขณะวิ่งขึ้นทางลาด (เกรด g%) ที่ความเร็วใด ๆ v

จากรูปที่ 5.3-3 สมมติว่ารถคันหนึ่งมีมวลเท่ากับ M น้ำหนักเท่ากับ W กำลังวิ่งตามทางตรง (Tangent) แต่ลาดชันด้วยความลาดชัน g% หรือเอียงทำมุม θ กับระดับราบ ด้วยกำลังของเครื่องยนต์และระบบ Transmission ของรถ รถสามารถสร้างแรงขับเคลื่อนได้เท่ากับ $F (=M_R + M_F)$ ขณะเดียวกันรถมีแรงต้านทานต่อการเคลื่อนที่ซึ่งประกอบด้วยแรง Inherent resistance R_i (Rolling resistance + Air resistance) และ Grade Resistance, R_g

เมื่อรวมแรงทั้งหมดที่กระทำกับรถ ในทิศทางขนานกับพื้นเอียง จะได้ว่า

$$F - (R_i + R_g) = (\text{Vehicle mass}, M) \times a$$

เมื่อ a = อัตราเร่ง (Acceleration rate) ซึ่งอาจมีค่าเป็นบวก (รถวิ่งเร็วขึ้น) หรือเท่ากับศูนย์ (ความเร็วคงที่) หรือเป็นลบ (ความเร็วลดลง)

ขณะรถวิ่งขึ้นทางลาดหรือไต่เกรด แรงต้าน R_i จะรวมกับ R_g แต่ขณะวิ่งลงทางลาดทิศทางของ R_g จะรวมกับแรงขับเคลื่อน F ทำให้ผลรวมของ F กับ R_g มีค่ามาก ทำให้ a เป็นบวก ความเร็วจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อทางลงลาดชันมาก และเป็นรถใหญ่น้ำหนักมาก

เมื่อสามารถหาค่า a ที่สมมติว่าคงที่ในช่วงความเร็วที่เปลี่ยนไม่มาก จาก v_1 ไปยัง v_2 ก็จะสามารถคำนวณเวลาที่ใช้ (t) และระยะทางที่ใช้ได้ (d)

$$v_2 = v_1 + a.t$$

$$d_2 = d_1 + (1/2).a.t^2$$

ทางลงเนินที่ชันและยาวเป็นประเด็นสำคัญความปลอดภัยต่อรถหนัก เพราะว่าถ้ารถหนักใช้เบรกบ่อยๆ ขณะลงเนิน เบรกอาจจะร้อนและความสามารถในการเบรกลดลง ด้วยความเสี่ยงเช่นนี้หน่วยงานทางหลายแห่งในสหรัฐอเมริกาได้จัดให้มีป้ายเตือนและพื้นที่ตรวจสอบเบรกริมทางที่จุดบนสุดของทางลงเขา และจัดให้มีทางลาดขึ้นเป็นทางออกฉุกเฉิน (Exit ramp) ในช่วงกลางหรือช่วงล่างๆ ของทางลงเขา สำหรับรถที่คุมความเร็วไม่ได้ใช้เบรกรถ

5.3.1.3 สมการที่ใช้คำนวณความเร็วรถยนต์จากรอยเบรก (ถนนอยู่ในระดับราบ)

$$V = \sqrt{254\mu S}$$

โดยที่ V คือ ความเร็วที่น้อยที่สุดในหน่วยของ กม/ชม ณ ตำแหน่งที่เริ่มรอยเบรก

S คือ ระยะของรอยเบรก, เมตร

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างล้อรถกับถนน

ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสำหรับถนนคอนกรีตนั้นจะมีค่าประมาณ 0.6 0.75 และ 0.45 0.70 สำหรับถนนแห้งและถนนเปียก ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสำหรับถนนแอสฟัลท์นั้น จะมีค่าประมาณ 0.55 0.8 และ 0.40 0.65 สำหรับถนนแห้งและถนนเปียก ตามลำดับ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวเป็นค่าที่ยังสมมติว่าถนนมีการใช้งานแต่ยังเรียบอยู่

ตัวอย่าง

รอยเบรกของรถยาวประมาณ 21 เมตรถึงจะหยุดบนผิวถนนที่มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ 0.75 ค่าความเร็วที่น้อยที่สุดที่เป็นไปได้ คือ

จากสมการ

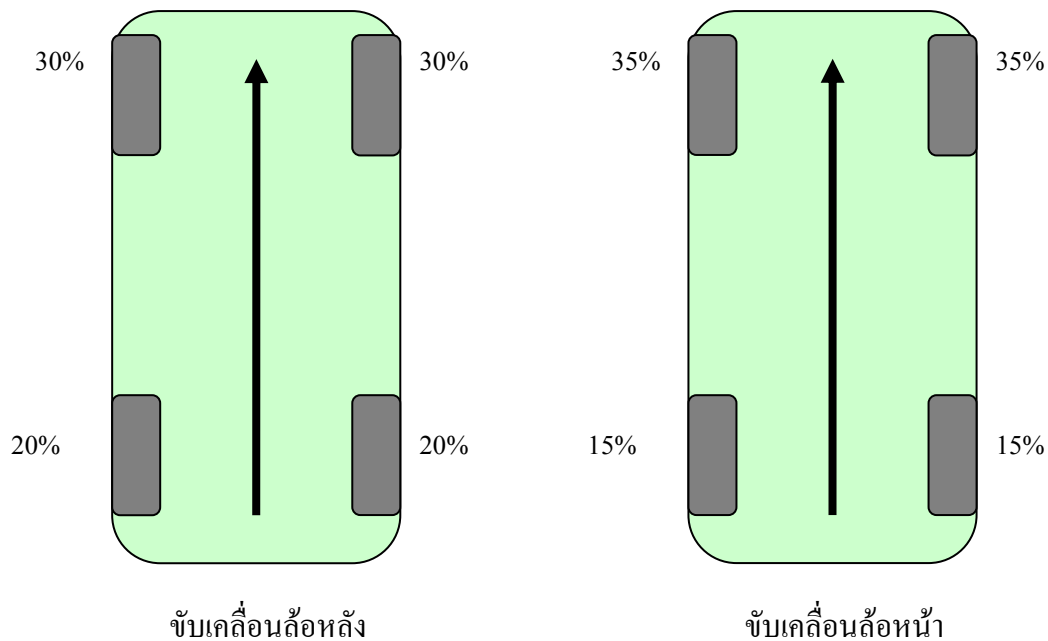
$$V = \sqrt{254\mu S}$$

ซึ่งเมื่อแทนค่าต่างๆ ลงไปจะได้ว่า $V = 63$ กม/ชม

$$V = \sqrt{254 \times 0.75 \times 21}$$

$$V = 63.3 \text{ km/h}$$

แต่ในการขับเคลื่อนของรถยนต์แต่ละประเภทรถนั้นส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของการเบรกไม่เหมือนกัน รูปต่อไปนี้จะแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของแรงเบรกที่แต่ละล้อกระทำสำหรับรถขับเคลื่อนล้อหน้า และรถขับเคลื่อนล้อหลัง



ดังนั้น ในกรณีที่ล้อแต่ละข้างนั้นอยู่บนผิวถนนที่แตกต่างกัน เช่น ล้อซ้ายตกขอบทาง ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานก็จะมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้น สมการประมาณความเร็วหลังชนก็จะสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$V = \sqrt{254[\mu_1 S_1 n_1 + \mu_2 S_2 n_2]}$$

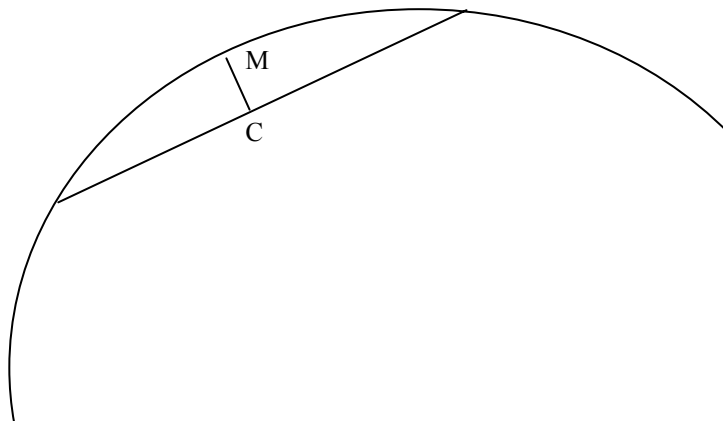
โดยที่ n คือ เปอร์เซ็นต์ของการเบรกที่กระทำในแต่ละล้อ
หัวข้อต่อไปจะเป็นการประมาณความเร็วที่ได้จากรอยเบรกที่มีการหมุนของรถยนต์ โดยที่รอยเบรกแบบหมุน (yaw mark) สามารถสังเกตได้ว่า ถ้าเมื่อไรที่รอยเบรกของล้อหลังมีการตัดกับรอยเบรกของล้อหน้า ซึ่งในที่นี้ก็จะสมการที่ใช้ในการคำนวณได้แก่

$$V = 11.24\sqrt{R\mu}$$

โดยที่

$$R = \frac{C^2}{8M} + \frac{M}{2}$$

ขณะที่ ความยาว C และ M คือความยาวคอร์ดและความยาว Mid Ordinate ดังรูป



5.3.1.4 สมการใช้คำนวณความเร็วของรถจักรยานยนต์หลังชนจากรอยครูด

ในกรณีของรถจักรยานยนต์ ก็สามารถคำนวณความเร็วของรถจักรยานยนต์หลังชนจากรอยครูด โดยสมมติว่าเมื่อรถจักรยานยนต์ถูกชน รถจักรยานยนต์จะลื่นและครูดไปกับพื้นถนน สมการที่ใช้ยังเป็นสมการเดิม คือ

$$V = \sqrt{254\mu S}$$

เมื่อ V คือความเร็วในหน่วย กม./ชม. ณ ตำแหน่งที่เริ่มลื่นลงกับพื้น S คือระยะรอยครูด และ μ คือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์กับถนน ซึ่งจากรายงานการวิจัยได้แนะนำให้ใช้ค่าระหว่าง 0.40-0.45

5.3.1.5 สมการที่ใช้คำนวณความเร็วก่อนชน

ในการคำนวณเพื่อหาค่าความเร็วของรถก่อนชนสามารถทำได้โดยอาศัยหลักการของโมเมนตัมและหลักการด้านพลังงาน

(1) หลักการของโมเมนตัม

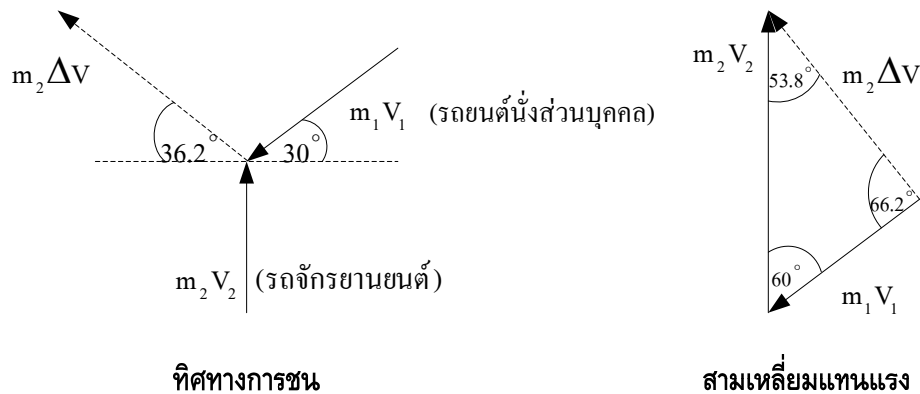
$$(\text{โมเมนตัมของรถทั้งหมด})_{\text{ก่อนชน}} = (\text{โมเมนตัมของรถทั้งหมด})_{\text{หลังชน}}$$

ดังตัวอย่าง

สมมติว่า รถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่มีมวล m_1 เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V_1 ชนกับรถจักรยานยนต์ที่มีมวล m_2 ความเร็ว V_2 ในทิศทางดังแสดงในรูปที่ 5.2.1-1 หลังการชนรถจักรยานยนต์ล้มไถลไปตามพื้นถนนเป็นระยะ 14.5 เมตร ความเร็วเริ่มต้นที่ครูดกับพื้นถนนมีค่าเท่ากับ ΔV ซึ่งคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$V = \sqrt{254\mu S}$$

เนื่องจากการประมาณการค่า ΔV ขึ้นอยู่กับการประมาณการค่า μ ซึ่งอาจประมาณเป็นค่ามากหรือน้อยเช่น ระหว่าง 0.40-0.45 ทำให้ประมาณค่า ΔV เป็นค่ามากหรือน้อยได้ เช่น ระหว่าง 38-41 กม. /ชม (เมื่อรอยครูด $S = 14.5$ เมตร) ส่วนรถยนต์เคลื่อนที่น้อยมาก ความเร็วก่อนชนของทั้งรถจักรยานยนต์และรถยนต์นั่งส่วนบุคคล จึงต้องอาศัยหลักการโมเมนตัมมาช่วยในการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 5.3-4



รูปที่ 5.3-4 ทิศทางของโมเมนตัม

จากการศึกษาข้อมูลน้ำหนักของรถรวมกับน้ำหนักของคนขับ พบว่า m_1 และ m_2 มีค่าเท่ากับ 1400 และ 160 กิโลกรัม ตามลำดับ จากความสัมพันธ์ตามกฎของ Sine ที่ว่า

$$\frac{m_2 \Delta V}{\text{Sine } 60^\circ} = \frac{m_1 V_1}{\text{Sine } 53.8^\circ} = \frac{m_2 V_2}{\text{Sine } 66.2^\circ}$$

$$\frac{160 \times (38 - 41 \text{ kph})}{\text{Sine } 60^\circ} = \frac{1400 \times V_1}{\text{Sine } 53.8^\circ} = \frac{160 \times V_2}{\text{Sine } 66.2^\circ}$$

ทำให้คำนวณความเร็วรถยนต์นั่งส่วนบุคคล V_1 และความเร็วรถจักรยานยนต์ V_2 ได้

(2) ใช้หลักการของพลังงาน (Conservation of Energy) ที่กล่าวไว้ว่า พลังงานไม่มีการสูญหาย ดังนั้น

$$(\text{พลังงานของรถทั้งหมด})_{\text{ก่อนชน}} = (\text{พลังงานของรถทั้งหมด})_{\text{หลังชน}} + \text{พลังงานสูญเสียระหว่างการชน}$$

(3) สมการที่ใช้ในการคำนวณความเร็วขณะชนจากรอยยุบตัวของยวดยาน

การคำนวณความเร็วของยวดยานในขณะชนสามารถหาได้จากการคำนวณจากรอยยุบตัวของยวดยานที่ชนได้ดังนี้

$$\text{Front Impact Speed} = 5 \text{ mph} + (1.4 \text{ mph / inch} \times \text{Average Crush (inch)}) \text{ และ}$$

$$\text{Side Impact Speed} = (1.4 \text{ mph / inch} \times \text{Average Crush (inch)})$$

5.3.2 ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์เชิงลึก

การจำลองอุบัติเหตุ (Accident Simulation) นั้นถูกใช้ในหลายวัตถุประสงค์ เช่น เพื่อการสืบสวน การวิจัย และ อื่นๆ อีกมากมาย ในยุคแรกนั้น การจำลองอุบัติเหตุจะใช้การคำนวณด้วยมือโดยใช้ สมการทางฟิสิกส์/คณิตศาสตร์ จากนั้นในปี 1970 โดยการสนับสนุนจาก NHTSA โปรแกรม แบบจำลองของการชนของยานยนต์ (The Simulation Model of Automobile Collisions (SMAC) ถูกพัฒนาครั้งแรกโดย Calspan Corporation

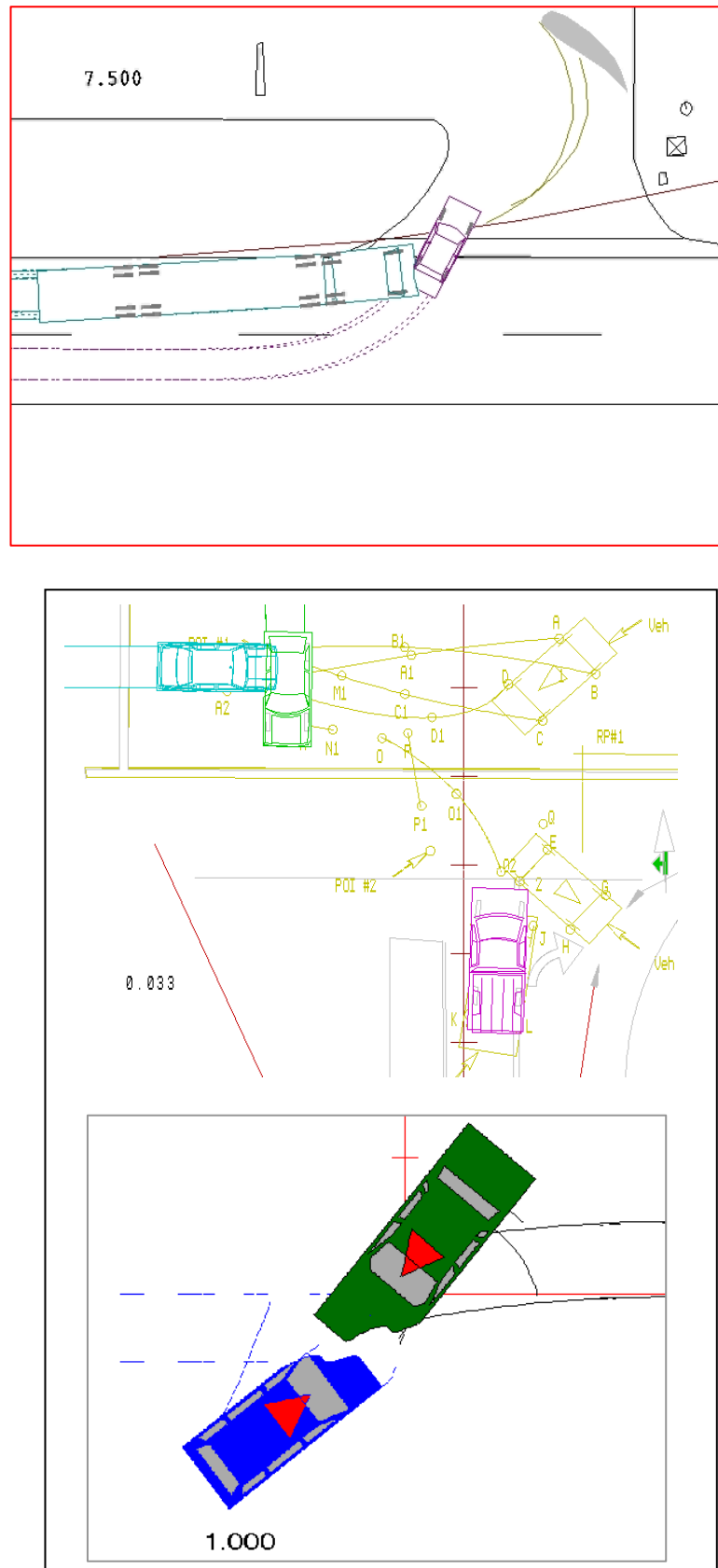
โปรแกรม SMAC เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามช่วงเวลาซึ่งแต่ละยานยนต์แต่ละคันจะถูกแทน ด้วยสมการอนุพันธ์ที่ได้จากสมการ Newtonian รวมกับความสัมพันธ์อื่นๆ เช่น คุณสมบัติของการ ชน และทำการหาคำตอบตลอดช่วงเวลา ในการคำนวณนั้นยานยนต์แต่ละคันจะจำกัดที่ระดับ Degree of freedom เท่ากับ 3 ด้วยการเคลื่อนที่ 2 แนว (2 Translations) และการหมุนรอบ 1 แกน (1 Rotation) ในขณะที่แรงที่กระทำที่ล้อจะจำลองด้วยฟังก์ชันแรงแบบไม่มีหน่วยและ แนวความคิดของวงกลมของแรงเสียดทาน และสุดท้ายการจำลองการชนจะสมมติว่ายานยนต์แต่ละ คันเป็นลักษณะของวัตถุเกร็งที่ล้อมรอบด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติแบบ อีลาสติก พลาสติก

โปรแกรม SMAC เป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้สามารถป้อนค่าต่างๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นขนาด น้ำหนัก หรือ คุณสมบัติอื่นๆ ของยานยนต์ และสภาพการขับขี่ โดยที่โปรแกรมจะทำการคำนวณ เพื่อหาแนว เส้นทางของการวิ่งของยานยนต์ รวมถึงลักษณะของการชน โดยผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนลักษณะของ การขับขี่ ความเร็วของยานยนต์ เพื่อให้ได้ผลสุดท้ายเหมือนกับสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้น

ในสมัยแรกของการโปรแกรม SMAC, ยังต้องใช้แผ่นแบบ punched card อยู่ ซึ่งผู้ใช้จะค่อนข้าง ยุ่งยากในการป้อนข้อมูลเป็นอย่างมาก จากนั้นเมื่อคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนามาจนมีประสิทธิภาพ สูงจึงมีการพัฒนาโปรแกรม SMAC เพื่อให้ใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ที่อยู่บนระบบ 32-bit code ได้ รวมถึงพัฒนาโปรแกรมช่วยเพื่อให้การป้อนข้อมูลต่างได้ง่ายขึ้น และสามารถมอง ภาพได้ชัดเจนมากขึ้นในการป้อนข้อมูล

5.3.2.1 โปรแกรม M-SMAC

โปรแกรม M-SMAC นั้น เป็นโปรแกรมช่วยในการจำลองและวิเคราะห์การชนในลักษณะ 2 มิติโดย มีพื้นฐานมากจากฟิสิกส์-กฎการอนุรักษ์พลังงานในชั้นสูง โดยการนำเข้าข้อมูลของโปรแกรมจะมี ลักษณะเป็นตาราง (Fields) ซึ่งแต่ละช่องจะบ่งบอกถึงตัวแปรต่างๆ และการใส่ข้อมูลในตารางช่อง ต่างๆ นั้น จะเป็นการใส่ในลักษณะของอนุกรมเวลา (Time series) ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูล ตัวแปรต่างๆ ณ แต่ละช่วงเวลา ตั้งแต่ก่อนเกิดอุบัติเหตุถึงหลังเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้นจึงมีความจำเป็น อย่างยิ่งที่ผู้ใช้งานจะต้องสร้างภาพลำดับเหตุการณ์ในเบื้องต้น รวมถึงประมาณปัจจัยต่างๆ เช่น ความเร็วก่อนชนของยวดยานแต่ละคัน ช่วงเวลาที่เหยียบเบรก ลักษณะการชน ตำแหน่งความ เสียหายบนตัวถังยวดยาน และตำแหน่งสุดท้ายของยวดยานหลังเกิดอุบัติเหตุ จากนั้นจึงทำการ ปรับแก้ (Calibration) ตัวแปรต่างๆ จนกว่ารูปแบบและพฤติกรรมของการเกิดอุบัติเหตุ นั้นจะ เป็นไปตามอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจริง



รูปที่ 5.3-5 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม M- SMAC ในการจำลองเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุ

ในความเป็นจริงแล้ว มีตัวแปรจำนวนมากซึ่งถูกใช้ร่วมในการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม M-SMAC อย่างไรก็ดี มีตัวแปรหลักทั้งสิ้น 5 ตัวแปรซึ่งมีความจำเป็นและมีผลอย่างยิ่งต่อการสร้างและปรับแก้แบบจำลองให้ได้ผลซึ่งเป็นไปตามสภาพอุบัติเหตุจริง ได้แก่

1. เวลา : โดยเวลาในที่นี้จะหมายถึงเวลาทั้งหมดของเหตุการณ์ที่จะจำลอง จุดเวลาต่างๆ ซึ่งผู้ขับขี่มีการทำกิจกรรม และ จุดเวลาต่างๆ ซึ่งผู้ขับขี่เลิกทำกิจกรรม ตัวอย่างเช่น กำหนดให้เวลาของเหตุการณ์ทั้งหมดเป็น 10 วินาที ผู้ขับขี่คนที่ 1 เริ่มเหยียบเบรก ณ วินาทีที่ 3 และผู้ขับขี่คนที่ 2 เริ่มเหยียบเบรก ณ วินาทีที่ 5 เป็นต้น
2. ความเร็วเริ่มต้น : ความเร็วเริ่มต้นของยานแต่ละคันจะมีผลอย่างยิ่งต่อพฤติกรรมการชนและขนาดของความเสียหาย
3. พฤติกรรมการเบรก : พฤติกรรมการเบรก ณ ช่วงเวลาต่างๆ ในอนุกรมเวลาของการเกิดอุบัติเหตุเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่ง การกำหนดเวลาของการเบรกสามารถกำหนดได้จากการประมาณร่องรอยการเบรกในสถานที่เกิดเหตุจริง ว่ายานแต่ละคันมีการเบรกก่อนชน หรือหลังชน หรือไม่ และถ้ามีการเบรกแล้ว การเริ่มเบรคนั้นเกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาใดในอนุกรมเวลาของการเกิดอุบัติเหตุ ในการใส่ข้อมูลเวลาการเบรกแล้วนั้น สิ่งที่เป็นอย่างยิ่งอีกสิ่งหนึ่งใน M-SMAC ได้แก่ แรงเบรกที่กดลงสู่ล้อแต่ละข้าง ซึ่งสามารถหาได้จากการคำนวณด้วยสมการในคู่มือ M-SMAC หรืออาจใช้การทดลองปรับแก้ในตัวโปรแกรม
4. พฤติกรรมการหักพวงมาลัย : เนื่องจากในอุบัติเหตุโดยทั่วไปนั้น พวงมาลัยของยานจะไม่ได้อยู่ในลักษณะตรงตลอดเวลา ซึ่งการหักหลบ การควบคุมพวงมาลัยก่อนการชน ระหว่างการชน และหลังการชนแล้ว ล้วนแล้วแต่มีผลต่อรูปแบบการเดินทางและพฤติกรรมของยาน มุมในการชน และภาพโดยรวมของอุบัติเหตุอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับพฤติกรรมการเบรกดังนั้นองศาของพวงมาลัยในแต่ละช่วงของอนุกรมเวลาจึงจำเป็นต้องกรอกเข้าไปในโปรแกรม
5. ค่าความเสียหายของพื้นผิวถนน : ปัจจุบันจะมีผลต่อการลื่นไถลของยาน ทั้งก่อนการชน และหลังการชน ซึ่งโดยทั่วไปจะสามารถใช้ค่ามาตรฐานซึ่งมีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรมเอง หรือจะใช้การคำนวณจากสมการในหนังสือคู่มือของ M-SMAC ได้

สำหรับตัวแปรทั้ง 5 ตัวนี้ จะเป็นตัวแปรหลักเพื่อใช้ในการปรับแก้แบบจำลองในโปรแกรม M-SMAC ให้มีความใกล้เคียงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในอุบัติเหตุได้

นอกจากนั้นแล้ว ยังมีอีกหนึ่งตัวแปรที่มีผลต่อการจำลองการชน ได้แก่ ความเสียหายจากการชน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความแข็ง (Rigidity) ของตัวถังยานแต่ละคันและการดูดซับพลังงานในอุบัติเหตุ และจะส่งผลต่อการหมุนและการลื่นไถลของยานในแบบจำลอง สำหรับการจำลองสภาพการชนโดยทั่วไปนั้น ค่าความแข็งของตัวถังยานจะสามารถอ้างอิงได้จากฐานข้อมูลซึ่งมีอยู่ใน M-SMAC เอง หรือสามารถหาได้จากการนำค่าความเสียหายซึ่งได้จากการวัดจริงกรอกเข้าสู่โปรแกรม แล้วจึงให้โปรแกรมทำการคำนวณ

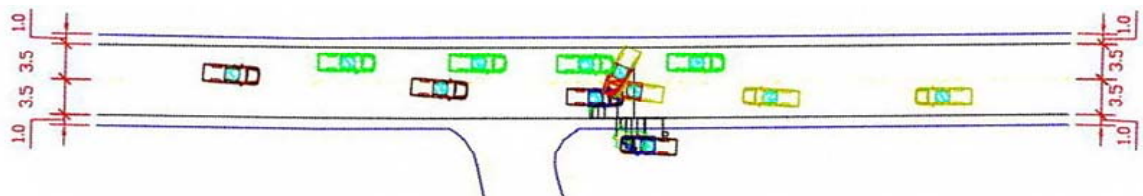
การสร้างแบบจำลองการชน

การสร้างแบบจำลองการชนบนโปรแกรม M-SMAC นั้น สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

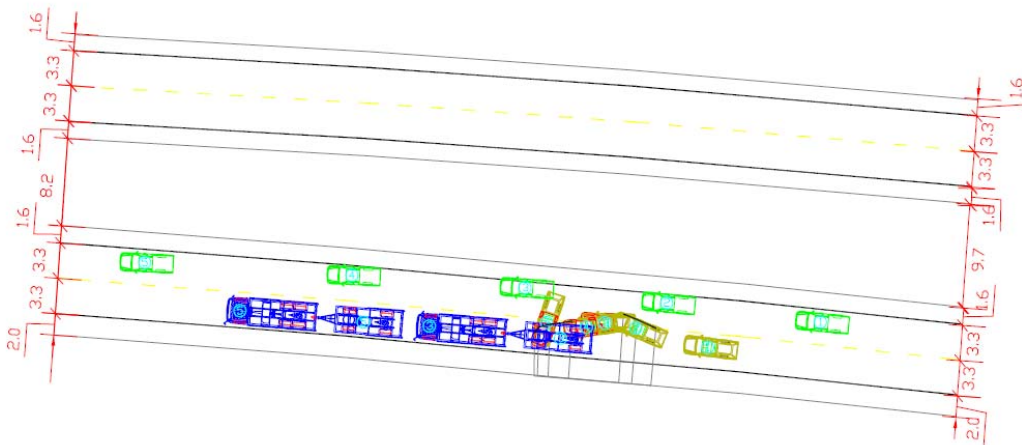
ขั้นตอนที่ 1 : การสร้างภาพร่างของการชน

หลังจากการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุ ข้อมูลระยะต่างๆ จะต้องถูกนำมาพลอต (Plot) โดยใช้โปรแกรม AutoCAD ตามระยะจริงซึ่งเก็บได้ในสนาม จากการสร้างภาพร่างนี้ จะทำให้ผู้สร้างแบบจำลองฯ สามารถเห็นภาพได้ชัดเจนถึงขั้นตอนการเกิดเหตุการณ์ ตำแหน่งการชน มุมของการชน และความน่าจะเป็นอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยให้สามารถจินตนาการภาพที่จะเกิดขึ้นบนโปรแกรม M-SMAC ได้ดีขึ้น หลังจากภาพร่างได้ถูกสร้างแล้วเสร็จ ส่วนที่เป็นแนวถนน เส้นแบ่งระยะ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ จะถูก Export เป็น File ในนามสกุล dxf เพื่อนำไป Import เป็นพื้นหลังของแบบจำลองใน M-SMAC ต่อไป รูปที่ 5.3-6 แสดงภาพร่างลักษณะการเกิดอุบัติเหตุซึ่งเขียนแล้วเสร็จและพร้อมจะ Export เป็น .dxf เพื่อนำไป import เป็นพื้นหลังในแบบจำลอง M-SMAC

ตัวอย่างที่ 1



ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 5.3-6 ภาพร่างลักษณะการเกิดอุบัติเหตุซึ่งเขียนบน AutoCAD

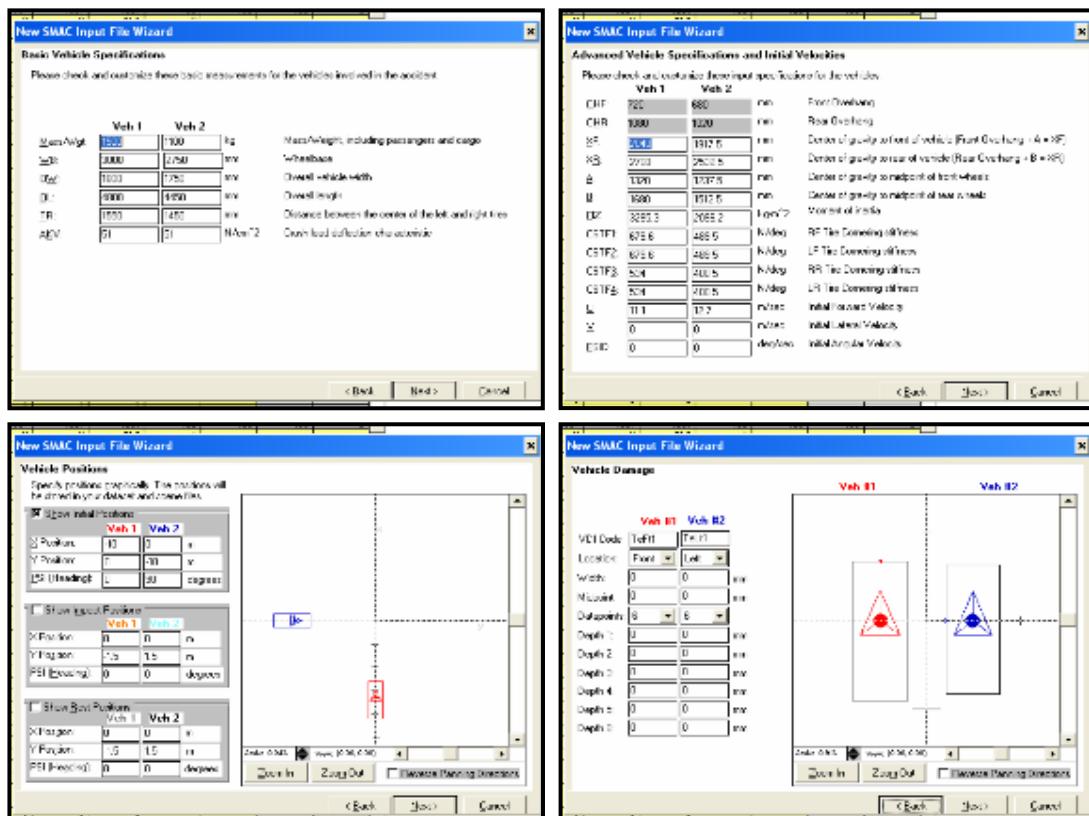
ขั้นตอนที่ 2 : การประมาณความเร็วก่อนการชน

การประมาณความเร็วก่อนการชนนั้น เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม M-SMAC เนื่องจากในแบบจำลอง จะต้องมีการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของยานแต่ละคัน แต่หากไม่ทราบความเร็วก่อนการชน จะเป็นผลให้ไม่สามารถคำนวณหาว่าระยะห่างจากจุดชนถึงจุดเริ่มต้นของยานแต่ละคันเป็นเท่าใด ซึ่งจะส่งผลให้ไม่เกิดการชนกันในแบบจำลองและการ

ปรับแก้แบบจำลองนั้นเป็นไปด้วยความยากลำบาก ดังนั้นในส่วนนี้จะต้องใช้ประสบการณ์ของผู้สร้างแบบจำลองฯ ในการประมาณย่านความเร็วโดยประมาณของอุบัติเหตุจากการดูความเสียหาย รอยเบรก และตำแหน่งสุดท้าย ในสถานที่เกิดเหตุจริง

ขั้นตอนที่ 3 : การกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของยานยนต์ในแบบจำลองและกำหนดค่าตัวแปรซึ่งเกี่ยวกับยานยนต์แต่ละคัน

หลังจากที่มีการสร้างภาพร่างและประมาณย่านความเร็วในการเกิดอุบัติเหตุแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนในการกรอกข้อมูลของรถแต่ละคัน อาทิเช่น ความกว้าง ความยาว ฐานล้อ เป็นต้น พร้อมทั้งตำแหน่งเริ่มต้นลงบนโปรแกรม M-SMAC ดังแสดงในรูปที่ 5.3-7



รูปที่ 5.3-7 การกำหนดตำแหน่งและค่าตัวแปรเริ่มต้นของยานยนต์ในโปรแกรม M-SMAC

ขั้นตอนที่ 4 : การกำหนดตัวแปรการเบรกและพวงมาลัยและการปรับแก้แบบจำลอง

ในเบื้องต้นของการสร้างแบบจำลอง จะต้องมีการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ อย่างเช่น เวลาการเบรก แรงกดของเบรกในแต่ละล้อ การหมุนพวงมาลัยในช่วงเวลาต่างๆ ความฝืดของพื้น เป็นต้น ลงในตารางกำหนดค่าตัวแปร แล้วดำเนินการแสดงผล (Run) หนึ่งครั้งเพื่อดูผลที่ได้ว่ามีความใกล้เคียงกับสภาพเหตุการณ์จริงมากน้อยเพียงใด แล้วจึงดำเนินการปรับแก้ค่าในตารางต่อไป แต่เนื่องจากการสร้างแบบจำลองบนโปรแกรม M-SMAC นั้น มีพื้นฐานจากการทดลอง (Trial and Error) ดังนั้น การปรับแก้ในส่วนนี้จะต้องใช้ความชำนาญ รวมถึงมีความเข้าใจในตัวแปรต่างๆ และเข้าใจในขั้นตอนการเกิดอุบัติเหตุเป็นอย่างดีของผู้สร้างแบบจำลอง เพื่อให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะต้อง

มีการปรับแก้ตัวแปรใดๆ เพื่อให้พฤติกรรมได้เปลี่ยนและเข้าใกล้กับความเป็นจริงมากที่สุด รูปที่ 5.3-8 แสดงตารางซึ่งใช้ในการปรับแก้ค่าตัวแปรต่างๆ

m-edit[u490616.prj] Licensee:SIRDC - [c:\mssoft\run\lu490616.si5]

File Edit Project View Run Databases Tools Window Help

Open Close Save Print Insert Delete Card DOS Run

Title: U49061601 Input Units: Metric
Sub Title: Nissan Big-M BDi 2500 VS Honda Civic LXi '92 Output Units: Metric

Card	TO	TF	DTTRAJ	DTCOLL	DTCOLT	DTPRNO	UVMIN	PSIDMIN	IVEH0
1-0	0	5	.001	.001	.001	.05	.06	.08	2
2-0	-.25	0	0	0	11.1	0			
3-0	0	-.25	90	0	12.7	0			
4-0	1320	1680	1550	3285.3	1500	0	2040	2760	1800
5-0	1237.5	1512.5	1450	2096.2	1100	0	1917.5	2532.5	1750
6-0	679.6	679.6	534	534					
7-0	489.5	489.5	400.5	400.5					
8-0	0	5	1	0		0			
8-1	0	0	0	0	0				
8-2	1	0	0	0	0				
8-3	2	-1	-1	-1	-1				
8-4	3	-1	-1	-1	-1				
8-5	4	0	0	0	0				
8-6	5	-1	-1	-1	-1				
9-0	0	5	1	0		0			
9-1	0	0	0	0	0				
9-2	1	0	0	0	0				
9-3	2	0	0	0	0				
9-4	3	0	0	0	0				
9-5	4	-1	-1	-1	-1				
9-6	5	0	0	0	0				
10-0	0	5	1	0		0			
10-1	0	0	0	0	0				
10-2	1	0	0	0	0				
10-3	2	0	0	0	0				
10-4	3	0	0	0	0				
10-5	4	0	0	0	0				
10-6	5	0	0	0	0				
11-0	0	5	1	0		0			
11-1	0	0	0	0	0				
11-2	1	0	0	0	0				
11-3	2	0	0	0	0				
11-4	3	2	2	0	0				
11-5	4	-5	-5	0	0				
11-6	5	-5	-5	0	0				
12-0	-12	5	12	5	.79	.79	0		
13-0	1	.25	14.01	12.7	51	51	.55	1	
14-0	.04606	1.7547-3	1.6711-5						
80-0	TeFt1	0	0	0	0	0	0	0	0

Graphical Display

TO: The start time for the simulation.
Field: 1-0.1 (sec) Units:seconds

start Google - ... Interim R... Final uth... m-edit[u4... EN

รูปที่ 5.3-8 แสดงตารางซึ่งใช้ในการปรับแก้ค่าตัวแปรต่างๆ

ในการศึกษารั้งนี้ มีหลายกรณีศึกษาซึ่งได้มีการดำเนินการทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม M-SMAC เข้าช่วย หน่วยฯได้พัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถในการใช้งานโปรแกรม M-SMAC เพื่อที่จะสามารถจำลองพฤติกรรมการณ์ของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้

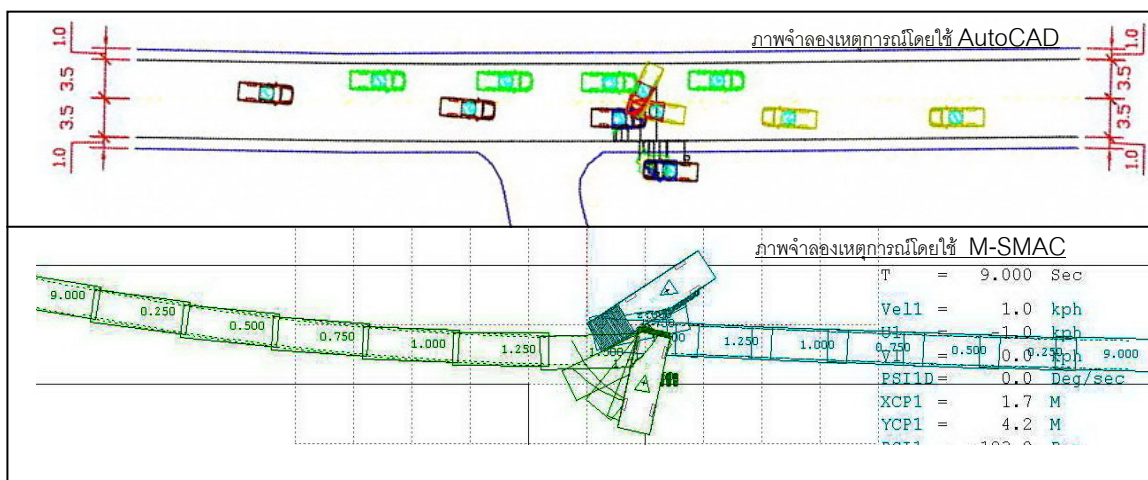
จากการศึกษาโปรแกรมช่วยในการวิเคราะห์ (โปรแกรม M-SMAC) ได้ทำให้เข้าใจถึงวิธีการและการควบคุมกระบวนการทำงานโปรแกรม และได้มีการนำไปใช้ในการจำลองสถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุ ของกรณีอุบัติเหตุรถกระบะยี่ห้อ ISUZU รุ่น SLX ชนกับรถกระบะยี่ห้อ ISUZU รุ่น SLX 2.5 ที่บริเวณหน้า อบต.ละหานนา อ.แวงน้อย จ.ขอนแก่น ทั้งนี้ได้ทำการสำรวจเพื่อรวบรวมข้อมูลทางกายภาพ (ณ จุดเกิดเหตุ) เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องจากการประมวลผลของโปรแกรม M-SMAC ซึ่งมีข้อมูลหลักฐานทางกายภาพต่างๆทั้งตำแหน่ง ทิศทาง จุดสุดท้ายของตัว

รถที่ประสบอุบัติเหตุ และร่องรอยที่เกิดขึ้น และมีการเก็บข้อมูลของยานยนต์ทั้ง 2 คัน ที่ประสบอุบัติเหตุ เพื่อนำไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ที่เกิดอุบัติเหตุในครั้งนี้ ดังแสดงในรูปที่ 5.3-9

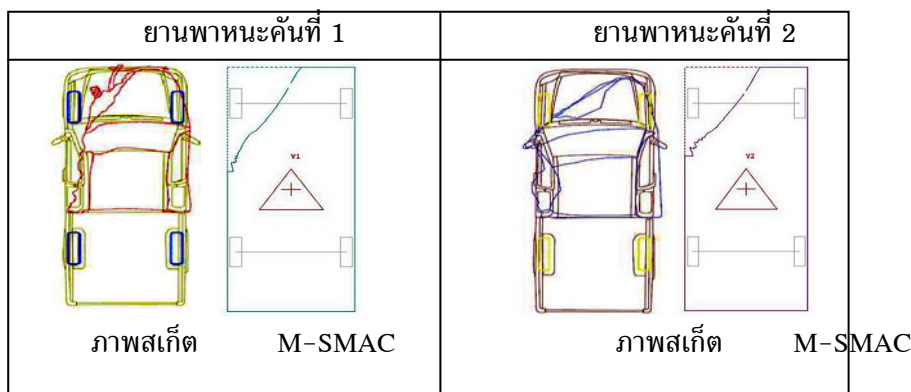


รูปที่ 5.3-9 แสดงการจำลองเหตุการณ์ที่ได้จากข้อมูลทางกายภาพ (จำลองจาก AutoCAD)

ผลจากการจำลองสถานการณ์การชนโดยโปรแกรม M-SMAC ได้ให้ผลสอดคล้องกับหลักฐานการเกิดอุบัติเหตุจริง ที่ปรากฏ ณ สถานที่เกิดเหตุทั้งแนวโน้มทิศทางการหันเห ลักษณะและขนาดความเสียหาย และตำแหน่งสุดท้ายของรถทั้ง 2 คัน หลังจากการปะทะกัน และโปรแกรมได้ทำการคำนวณและประมวลผลได้ค่าทางด้านตัวเลขทางกายภาพของรถยนต์ทั้ง 2 คัน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุเชิงลึกของการเกิดอุบัติเหตุได้ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 5.3-10 ถึงรูปที่ 5.3-11



รูปที่ 5.3-10 แสดงผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมและลักษณะการชน โดยโปรแกรม M-SMAC



รูปที่ 5.3-11 การเปรียบเทียบลักษณะของความเสียหายที่เกิดขึ้นจากรูปสเก็ตจากหลักฐานจริงกับจากการจำลองโดยโปรแกรม M-SMAC

ข้อจำกัดของโปรแกรม M-SMAC

ในการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม M-SMAC นั้น คณะที่ปรึกษาได้พบข้อจำกัดหลายอย่างในการใช้โปรแกรม ซึ่งมีดังต่อไปนี้

- การวิเคราะห์อยู่บน 2 มิติ การวิเคราะห์การชนในโปรแกรมนั้นอยู่บนพื้นฐานของ 2 มิติเท่านั้น ดังนั้นในอุบัติเหตุซึ่งมีพฤติกรรม 3 มิติ เช่นการพลิกคว่ำนั้น ไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้ ยิ่งไปกว่านั้น หากเป็นการชน 2 มิติ แต่ความเสียหายเกิดขึ้น ณ ด้านบนของตัวถังรถด้วย เช่น ฝากระโปรงหน้า หรือ หลังคา แล้วนั้น จะไม่สามารถนำมาคำนวณการดูดซับพลังงานได้
- ไม่มีรูปแบบสำหรับการวิเคราะห์จักรยานยนต์ เนื่องจากโปรแกรม M-SMAC นั้นไม่มีรูปแบบ (Mode) สำหรับการวิเคราะห์รถจักรยานยนต์ ดังนั้นในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุกับจักรยานยนต์นั้น จึงไม่สามารถนำมาจำลองได้ หรืออาจจำลองได้โดยใช้การลดขนาดและมวลของรถยนต์ลง แต่พฤติกรรมที่ได้ก็ยังคงมีความแตกต่างจากพฤติกรรมที่เกิดจริงพอสมควร
- การสร้างและปรับแก้แบบจำลองด้วยการทดลองปรับค่า เนื่องจากการสร้างและปรับแก้แบบจำลองในโปรแกรม M-SMAC นั้น จำเป็นจะต้องใช้การทดลองปรับค่า (Trial and Error) ยิ่งไปกว่านั้น ในการปรับแก้ค่ามีตัวแปรเป็นจำนวนมาก เมื่อประสานกับการกรอกข้อมูลซึ่งมีลักษณะเป็นอนุกรมเวลา (Time series) จึงทำให้การปรับแก้มีความยากลำบาก และไม่สามารถมั่นใจได้ว่าสิ่งที่มีการปรับแก้ไปแล้วนั้น เป็นสิ่งที่ถูกต้อง จึงต้องพึงประสบการณ์และความชำนาญจากผู้สร้างแบบจำลองเป็นอย่างยิ่ง และค่าที่ได้จากโปรแกรมนั้น เป็นเพียงค่าประมาณการ ไม่สามารถที่จะบ่งชี้ค่าต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
- ปัญหาจากการกำหนดค่าตัวแปรเริ่มต้นต่างๆ สำหรับการสร้างแบบจำลองใน M-SMAC ใหม่หนึ่งครั้งนั้น จะต้องมีการกรอกข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งข้อมูลบางอย่างมีรายละเอียดที่มากและยากต่อการคำนวณหา อาทิเช่น ตำแหน่ง CG ของรถเมื่อวัดจากกันชนหน้า ด้านซ้ายของตัวรถ และจากพื้น สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวทาง ค่าความแข็ง (Rigidity) แรงเบรกในแต่ละล้อ เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาส่วนใหญ่จึงใช้การเรียกข้อมูลซึ่งคาดว่าจะมีความใกล้เคียงจาก

ฐานข้อมูลในโปรแกรม M-SMAC อย่างไรก็ตาม ข้อมูลต่างๆ ในฐานข้อมูลนั้น เป็นเพียงค่าที่ได้จากการวิจัยจากประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น ซึ่งอาจไม่มีความสอดคล้องเหมาะสมกับกับเงื่อนไขการใช้งานในประเทศไทย

หน่วยฯได้ทำการศึกษาเพื่อกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทยมากที่สุด เพื่อให้การสร้าง และปรับแก้แบบจำลองนั้นมีประสิทธิภาพและใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในอุบัติเหตุสูงสุด

ความสำเร็จของการใช้โปรแกรม M-SMAC

จากการที่ได้นำข้อมูลภาคสนามมาใช้ร่วมกับโปรแกรม M-SMAC เพื่อทำการประมาณค่าสมบัติทางพลศาสตร์ของยานพาหนะเกิดอุบัติเหตุ เช่น ความเร็วขณะชน (VImp) การลดของความเร็วขณะชน (ΔV) ซึ่งค่าความเร็วต่างๆ เหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของการชนจากผลเฉลยของโปรแกรม M-SMAC สามารถสรุปได้ว่าผลเฉลยของกระบวนการ simulation แสดงได้ดังรูปที่ 5.3-12

RECONSTRUCTED POSITIONS AND VELOCITIES AT IMPACT							DISPLAYED FINAL POSITIONS				VEHICLE DAMAGE INDICES	Δ v
Initial Contact T= 1.417	C.G. POSITION		HEADING				C.G. POSITION		HEADING	REMARKS		
	XC1	YC1	PSI1	FWD	LATERAL	ANGULAR	XC1F	YC1F	PSI1F			
	M	M	DEG.	Kph	Kph	DEG/SEC	M	M	DEG.			
VEHICLE#1	-0.9	9.5	-88.3	57.2	-0.0	0.0	0.4	6.9	-150.7	VEHICLE AT REST	1 2 F Y E W 5	45.2
VEHICLE#2	-1.4	5.0	94.0	71.6	0.0	-0.0	-8.7	16.1	-86.2	VEHICLE AT REST	1 1 F Y E W 5	52.0

McHenry mSmacr ©McHenry Software, Inc., Cary, NC USA

รูปที่ 5.3-12 ตารางผลการคำนวณของ โปรแกรม M-SMAC

ค่า ΔV จากรูปที่ 5.3-10 แสดงให้เห็นว่ารถยนต์ unit ที่ 1 และ unit ที่ 2 ซึ่งมีค่า ΔV เท่ากับ 45.2 kph และ 52 kph ตามลำดับ มีระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุอย่างมีค่า AIS > 3 ซึ่งจัดว่าเป็นระดับที่สามารถทำให้ผู้โดยสารภายในรถเสียชีวิตได้ สำหรับค่าความเร็วขณะชน (Impact Velocity) ก็สามารถคำนวณหาได้เช่นกัน

5.3.2.2 โปรแกรม EDCRASH

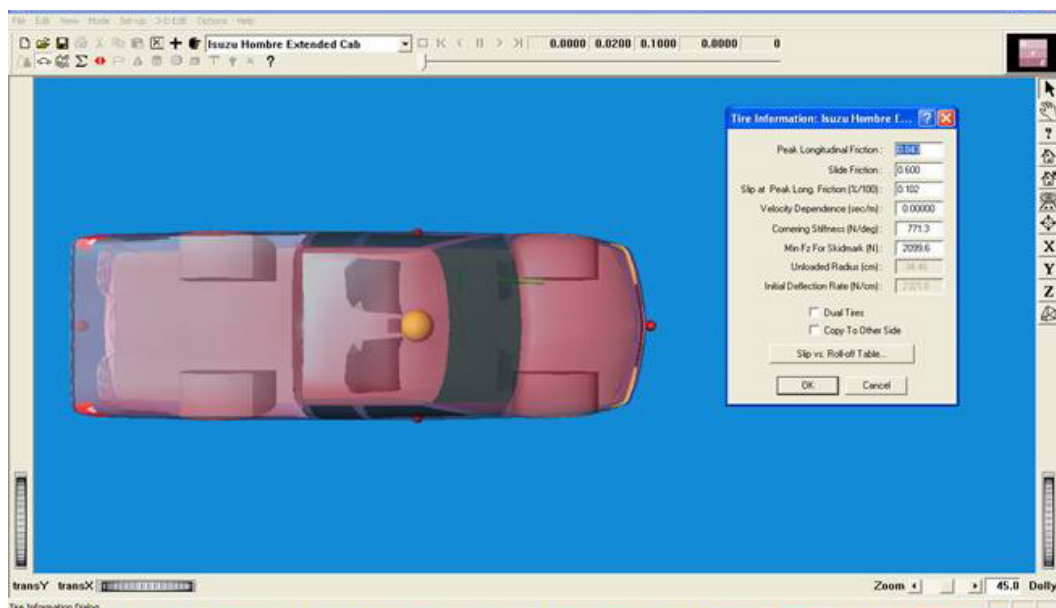
HVE-2D Reconstruction Program เป็น Environment Program ที่ถูกรวบรวมชุดคำสั่งสำหรับติดตั้ง และดำเนินการ กระบวนการสืบย้อนรอยโครงสร้าง (Reconstruction) ได้อย่างกว้างขวางและสะดวก โดยทำการจำลองสถานการณ์ และการปะทะกันของยานพาหนะ โปรแกรมแบบจำลองนี้ อนุญาตให้นักวิจัยการสืบสวนย้อนรอยโครงสร้างอุบัติเหตุ และนักวิจัยด้านความปลอดภัย ทำการย้อนรอยกระบวนการและจำลองสถานการณ์การชนที่เกี่ยวข้องกันกับยานพาหนะตั้งแต่ 1 คันขึ้นไป และการสูญเสียการควบคุมของยานพาหนะและยานพาหนะชนิดพ่วง และในการศึกษาในครั้งนี้ หน่วยฯใช้โปรแกรมที่อยู่ในสภาพ 2 มิติ และมีรถคู่กรณีจำนวน 2 คันเท่านั้น

HVE-2D ได้ออกแบบการใช้งานเป็น Single-Window design เพื่อทำให้ง่ายต่อการใส่เข้าไปในกระบวนการหลัก (main, menu, toolbar, data entry dialogs, event controllers and other time-saving features) โดยระบบปฏิบัติการ Window นี้ได้ถูกใช้ เมื่อทำงานบนยานพาหนะ, สภาพแวดล้อม, เหตุการณ์และการแล่นย้อนภาพจากอุบัติเหตุ และฉากที่เป็นการมองจากข้างบน สามารถให้ผู้ใช้งาน ทำการจัดการปรับแต่งความละเอียดของขนาด เลื่อนและขยายภาพโดยง่าย เมื่อเริ่มติดตั้งและดำเนินการในเหตุการณ์ที่ถูกจำลอง และภาพที่มองจากด้านบนสามารถติดตามการเคลื่อนไหวของยานพาหนะขณะระหว่างการจำลองสถานการณ์อีกด้วย ซึ่งมีวิธีใช้งานโดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลักคือ

1. การสร้างยานพาหนะจากฐานข้อมูล Vehicle database
2. การนำเข้าหรือสร้างข้อมูลขนาดการชนและความเสียหายจาก background พื้นฐานข้อมูลที่มี Environment Editor
3. การ set-up ดำเนินการย้อนรอยการเกิดอุบัติเหตุ หรือจำลองสถานการณ์จาก Event Editor
4. ผลลัพธ์ค่าทางตัวเลขทั้งหมด และ graphic report และสามารถทำการสร้างการเคลื่อนไหว AV1 format สำหรับ การแสดงผลแบบ real-time playback animation

Vehicle Editor (การปรับแต่งกำหนดรูปแบบยานพาหนะ)

สามารถทำการสร้างหรือเลือกยานพาหนะจาก Database เป็นไปตามชนิด, ผู้ผลิต, รุ่น, ปีที่ผลิตและรูปแบบตัวถัง โดยมีชนิดของยานพาหนะดังเช่น รถยนต์นั่ง (Passenger Car), รถกระบะ (Pickup), รถอเนกประสงค์ (Sport-Utility and Van), รถบรรทุก (Truck), รถพ่วงลาก (Trailer and Dolly) และวัตถุกั้นที่เคลื่อนไหวและตรึงอยู่กับที่ (fixed and moving barriers) ดังแสดงในรูปที่ 5.3-13 การปรับแต่งกำหนดรูปแบบยานพาหนะ



รูปที่ 5.3-13 การปรับแต่งกำหนดรูปแบบยานพาหนะ

เมื่อทำการเลือกข้อมูลยานพาหนะจาก Database ทุกข้อมูลมีความจำเป็นสำหรับการสืบย้อนรอยโครงสร้างและการจำลองสถานการณ์ให้มีความสมบูรณ์ การปรับปรุงเปลี่ยนข้อมูลของยานพาหนะเป็นไปได้โดยง่ายตามความรู้สึก (intuitive sense) เช่น เมื่อต้องการปรับเปลี่ยนมิติภายใน เราสามารถ กดคลิกลงบนตัวยานพาหนะที่ถูกสร้างได้ หรือการปรับเปลี่ยนค่า parameter ล้อย่างก็ทำการกดคลิกลงบนตำแหน่งล้อย่างบนตัวยานพาหนะได้

ในการนำเข้าข้อมูลของโปรแกรม EDCRASH มีส่วนหนึ่งซึ่งเป็นส่วนสำคัญ คือ ข้อมูลการเสียรูปทรงของรถยนต์ ซึ่งจะอยู่ในส่วนของ Damage Profile ดังแสดงในรูปที่ 5.3-14 เป็นการเก็บข้อมูลของ Damage Profile (ในรูปแบบฟอร์มแสดงความเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 5.3-15) จากรถยนต์ที่เกิดอุบัติเหตุและนำ profile ในเชิงตัวเลขป้อนเข้าสู่โปรแกรม EDCRASH ซึ่งการที่เราทราบความเสียหายทางรูปทรง เป็นดัชนีชี้ถึงความรุนแรงของการชนจะทำให้เกิดความแม่นยำในการคำนวณความเร็วขณะกระทบ (Impact Velocities) ของรถคู่กรณี



รูปที่ 5.3-14 การเก็บข้อมูลของ Damage Profile จากรถยนต์ที่เกิดอุบัติเหตุ

VEHICLE DAMAGE PROFILE

VEHICLE #

make :
model :
year :
Scale : 1 mm = 20 mm

DAMAGE DATA

Damage Codes :

CLASS :
WT : Kg
CDC :
PDOF :
CDC :
PDOF :
STFNS :

Damage Measurement :

Elevation mm
W mm

C₁ mm
C₂ mm
C₃ mm
C₄ mm
C₅ mm
C₆ mm

D mm

Notes :
a=
b=
wb=
FOH=
ROH=
OAH=

รูปที่ 5.3-15 แบบฟอร์มสำหรับเก็บข้อมูล เพื่อนำเข้าข้อมูลของ Damage Profile

Environment Editor (การปรับแต่งกำหนดรูปแบบสภาพแวดล้อม)

สามารถทำการสร้างและปรับแต่ง หรือนำเข้าข้อมูลของ Scale drawings หรือ แบบจำลอง (DXL หรือ VRML format) เพื่อใช้ทำการอ้างอิง สภาพภูมิประเทศที่ต้องการสับย่นรอย และจำลองสถานการณ์ได้โดยสามารถทำการปรับค่าคงที่แรงโน้มถ่วง, พื้นที่ของเขตสัมผัสประสิทธิ์แรงเสียดทาน หรือค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน เพื่อให้เข้ากับสภาวะของพื้นผิวถนนในแบบจำลองสถานการณ์ ไม่ว่าจะเป็น ผิวแห้ง, เปียก หรือ น้ำแข็ง หรือ สภาวะอื่นๆ และสามารถถ่ายภาพทางอากาศและพื้นผิว เช่น พื้นผิวยางมะตอย (asphalt), พื้นผิวคอนกรีต (concrete) หรือค่าที่ต้องการในการนำเข้าให้ปรากฏในสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.3-15 การปรับแต่งกำหนดรูปแบบสภาพแวดล้อม

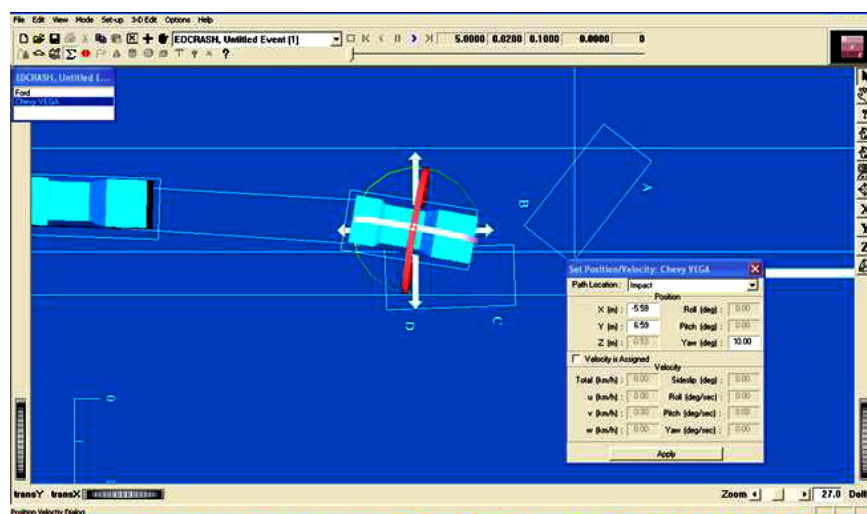
อุบัติเหตุ



รูปที่ 5.3-15 การปรับแต่งกำหนดรูปแบบสภาพแวดล้อม

Event Editor (การปรับแต่งกำหนดรูปแบบสภาพสถานะเหตุการณ์)

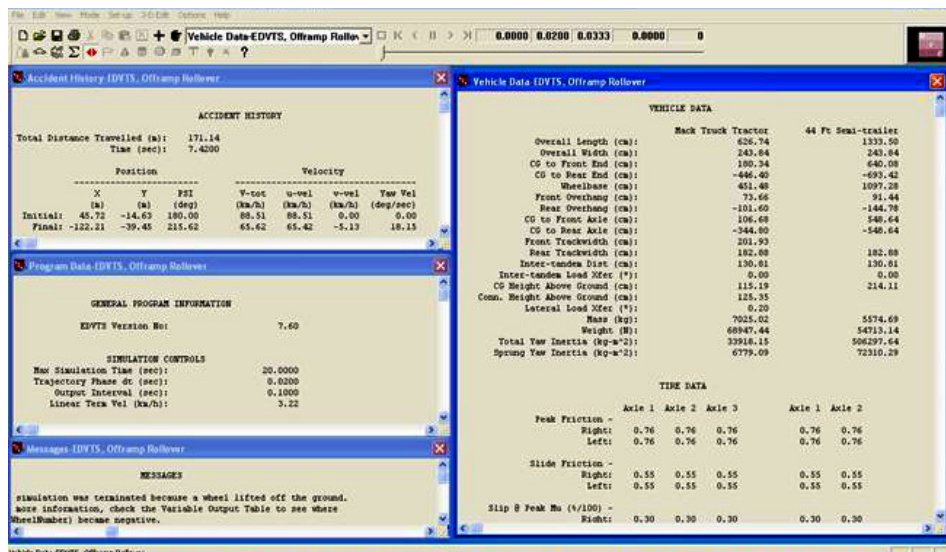
สามารถติดตั้ง สถานการณ์จำลองได้โดยง่ายและรวดเร็ว และง่ายต่อการเลือกวิธีการคำนวณ (เช่น EDSMAC4) สำหรับในเหตุการณ์จำลองสามารถ ลาก และ หยุด ยานพาหนะลงบนตำแหน่งสถานะแวดล้อมที่จำลองมาได้ และสามารถใส่ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติ ทิศทาง ตำแหน่ง ของยานพาหนะได้โดยผ่าน Dialogs Control ต่างๆเช่น (การควบคุมการขับเคลื่อน (Driver Control),รายละเอียดความเสียหาย (Damage Profiles),น้ำหนักบรรทุก(Payloads), รายละเอียดของล้อ(Wheel information) และข้อมูลอื่นๆ เมื่อโปรแกรมได้เริ่มทำงาน โปรแกรมจะทำการแสดงผลสิ่งที่ได้นำข้อมูลเข้าอย่างทันที และทำการแสดงวิถีทิศทางของยานพาหนะ ที่ได้ถูกจำลองและผลลัพธ์ของการวิเคราะห์และสามารถทำการควบคุม และศึกษาผลลัพธ์ของการเกิดอุบัติเหตุที่เปลี่ยนไปหลายรูปแบบโดยการปรับแต่งได้อย่างละเอียด โดยสามารถเปลี่ยนตำแหน่งยานพาหนะและ ตัวแปรต่างๆ parameter และอีกทั้งสามารถย้อนเริ่มต้นดำเนินการใหม่ได้อย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูปที่ 5.3-16 การปรับแต่งกำหนดรูปแบบสภาพสถานะเหตุการณ์



รูปที่ 5.3-16 การปรับแต่งกำหนดรูปแบบสภาพสถานะเหตุการณ์

Playback Editor (การปรับแต่งกำหนดรูปแบบการแสดงผลย้อนกลับ)

สามารถมอง สังเกต และพิมพ์ ทั้ง input และ output ที่ถูกเก็บเอาไว้ใน Accident History, Audit Trail, Damage Data, Damage Profile, Driver Data, Messages, Momentum, Diagrams, Program Data, Site Drawing, Variable Output และ Variable Data reports และสามารถแสดงให้เห็นการจำลองวิถีของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ และข้อมูลความเสียหายพลศาสตร์ (Dynamic Damage Profile) และสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหว โดยใช้เป็นรูปแบบ AVI file เพื่อใช้เชื่อมต่อแสดงผลใน window video program ได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.3-17 การปรับแต่งกำหนดรูปแบบการแสดงผลย้อนกลับ



รูปที่ 5.3-17 การปรับแต่งกำหนดรูปแบบการแสดงผลย้อนกลับ

ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดของ Reconstruction และ Simulation Models ที่มีอยู่สำหรับ HVE-2D ประกอบไปด้วย

EDCRASH

เป็นการวิเคราะห์สับยอนรอยโครงสร้างในการเกิดอุบัติเหตุของยานพาหนะเดี่ยว หรือ 2 คัน รวมทั้งการปะทะกัน EDCRASH มีจุดมุ่งหมายเบื้องต้นในการคาดการณ์ความเร็วปะทะกัน และ Delta-V (ค่าการวัดของความรุนแรงของการปะทะ) โดยมีพื้นฐาน จากหลักฐานข้อมูลจากการวัดและเก็บข้อมูลจากสถานที่เกิดอุบัติเหตุจริง EDCRASH ยังมีในส่วนการจำลองผลการปะทะกับสิ่งกีดขวางที่ไม่ขยับได้ด้วย เช่น สะพาน , เครื่องค้ำยันหรือตอม่อ และต้นไม้ขนาดใหญ่ ในส่วนของ Sub program นี้ EDCRASH บทบาทใกล้เคียงกันกับ MSMAC

EDSMAC

เป็นการวิเคราะห์จำลองสถานการณ์ของยานพาหนะเดี่ยวหรือ 2 คัน ที่เกิดอุบัติเหตุเกี่ยวข้องกับการปะทะกัน นักวิเคราะห์อุบัติเหตุ สามารถใช้ EDSMAC ในการคาดการณ์และแสดงให้เห็นการตอบสนองของยานพาหนะ ทั้งก่อนและหลังการกระทบกัน และสามารถคาดการณ์ ความเร็วกระทบ และ Delta-V ในกระบวนการเกี่ยวข้องกับการคาดการณ์ กำหนดสภาวะเบื้องต้น ของการปะทะกัน (initial estimate of the conditions of impact) ที่ถูกสร้างโดย ผู้ใช้งาน หรือ supplied ข้อมูลโดย

EDCRASH Reconstruction; ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง ปรับเปลี่ยนลำดับ ของการนิยามสภาวะ ผู้ใช้งานได้ (followed by a series of ผู้ใช้งาน-defined adjustment to the initial conditions) จนกระทั่งผลคำตอบสุดท้ายได้เทียบเคียงกันกับหลักฐานที่เกิดขึ้นจริงที่พบในพื้นที่เกิดอุบัติเหตุ (Rest positions and Vehicle damage)

EDVTS

เป็นการวิเคราะห์ การจำลองการตอบสนองของระบบยานพาหนะพ่วงลาก (Vehicle-trailer) โดยมี ทั้ง tractor หรือการพ่วงรถของยานพาหนะ การขับเคลื่อนวาล์วปีกผีเสื้อ (Throttle drive) การ เบรก (Breaking) และการควบคุมบังคับเลี้ยว (Steering Control) EDVTS จะทำนายคาดการณ์ การตอบสนองของยานพาหนะและตัวพ่วงจากคนขับ โดยทำการป้อนข้อมูลของเส้นทาง, ความเร็ว, ความเร่ง แรงต้านของยาง และข้อมูล ยานพาหนะพ่วงลาก ที่เป็น function ของเวลา นักวิเคราะห์ อุบัติเหตุ สามารถใช้ EDVTS คาดการณ์สาเหตุของคนขับได้ว่า ทำไมจึงได้เกิดการสูญเสียการ ควบคุมรถพ่วงลากได้

EDSVS

เป็นการวิเคราะห์ การจำลอง การตอบสนองยานพาหนะกับการควบคุมลิ้นเร่ง, การเบรก และบังคับ เลี้ยว EDSVS ทำการคาดการณ์การตอบสนองของยานพาหนะ โดยการป้อนข้อมูล วิถีเส้นทาง, ความเร็ว, ความเร่ง, หรือค่าของยาง และข้อมูลอื่นๆ ที่เป็น function ของเวลา และวิถีของ ยานพาหนะ สามารถแสดงให้เห็นโดยเป็น scaled crash site diagram

EDSMAC4

เป็นการวิเคราะห์ การจำลองความเสียหายจากการปะทะกันของยานพาหนะบนพื้นฐานโครงสร้าง ของ โปรแกรม EDSMAC, EDSMAC4 ได้รวบรวมการพัฒนาส่วนขยายจำนวนมาก โดย Engineering Dynamic Corporation ประเภทต่างๆของยานพาหนะพ่วงลาก และ barriers ได้ถูก รวบรวมเพิ่มไว้ด้วย และสามารถแสดงการปะทะกันระหว่าง ยานพาหนะต่างๆและวัตถุต่างๆได้ อย่างพร้อมกัน (ตัวอย่างเช่น กรณี ยานพาหนะหลายคันปะทะกัน, ปะทะกันระหว่างยานพาหนะกับ ต้นไม้) และได้มีการเพิ่มเติมในส่วน สัญลักษณ์ต่างๆ และได้เพิ่มค่า stiffness A, B สำหรับแต่ละ ด้านจากต้นฉบับดั้งเดิม ของ SMAC collision model เพื่อที่จะ support สำหรับการปะทะกับสิ่งกีด ขวางได้ดีที่สุด EDSMAC4 ยังได้มีการจัดเตรียม robust model (แบบจำลองที่แข็งแกร่ง) สำหรับ การปะทะกันที่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะพ่วงลาก ทำการลากตัวพ่วงหลายตัว (with or without dolly)

EDGEN

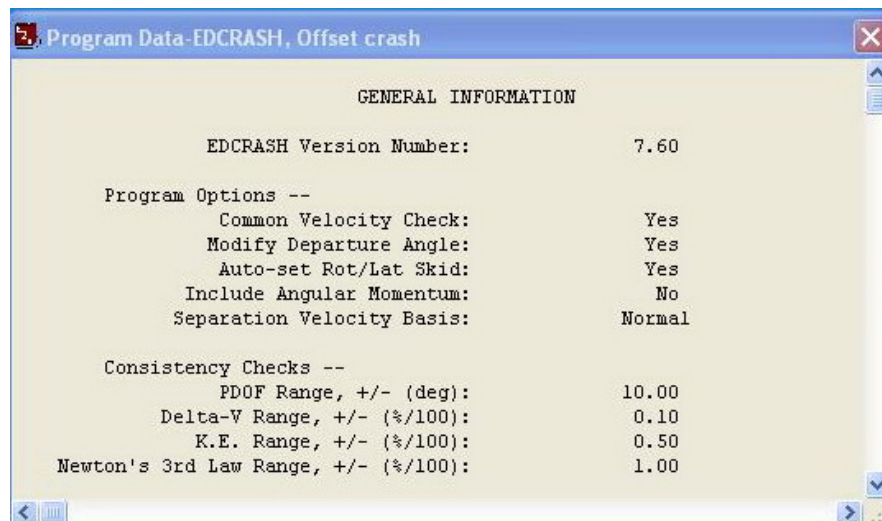
ใช้ข้อมูลนำเข้าของตำแหน่งและความเร็วโดยกำหนดไว้ได้ถึง 8 ตำแหน่ง (เช่น initial, Pre-braking, impact, etc) ทำการคาดการณ์เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ระหว่างตำแหน่ง การใช้เวลา EDGEN จะคำนวณค่าเฉลี่ยเส้นตรงของความเร็วในแต่ละจุดของตำแหน่ง และคำนวณความเร็ว ปัจจุบัน และตำแหน่งในแต่ละ time step ตามแต่ผู้ใช้งาน จะกำหนดตำแหน่งได้

EDVDB Vehicle Database

เป็นข้อมูลยานพาหนะที่ครอบคลุมที่ถูกพัฒนาโดย Engineering Dynamic Corporation , HVE-2D EDVDB ได้บรรจุค่าเฉพาะของยานพาหนะหลายร้อยรายการทุก ๆ ค่าใน Vehicle Database มีความสมบูรณ์ ในทุกค่าที่จำเป็นในการนำไปใช้ประโยชน์ในการ Reconstruction ที่ซับซ้อน การใช้ EDVDB จะสามารถทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงและลดเวลาในการใช้วิเคราะห์

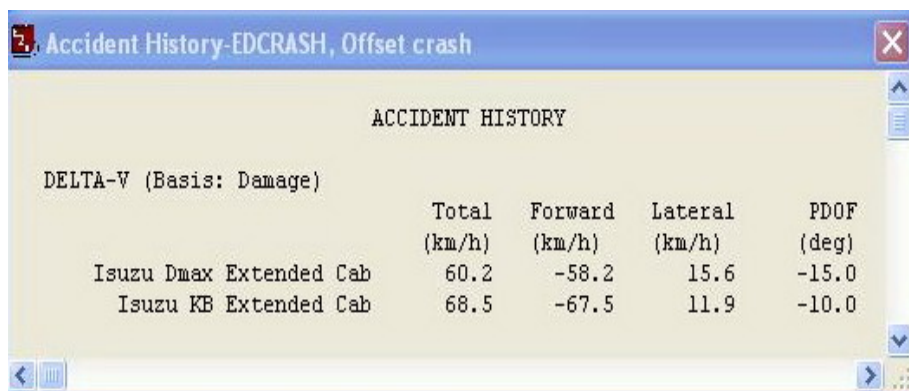
ความสำเร็จในการใช้โปรแกรม HVE 2D (EDCRASH)

จากการที่ได้นำข้อมูลภาคสนามมาใช้ร่วมกับโปรแกรม HVE-2D ใน MODER ของ EDCRASH เพื่อทำการประมาณค่าสมบัติของพลศาสตร์ ของยานยนต์ ขณะเกิดอุบัติเหตุ เป็นค่าความเร็วขณะของ (VIMP) และการลดความเร็วขณะชน (ΔV) กัน ในปัจจุบัน สามารถใช้โปรแกรม HVE 2D (EDCRASH moder) ได้ผลเป็นอย่างดี กล่าวคือ หลังจากที่มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยกฎพื้นฐานทางฟิสิกส์ เช่น กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม พบว่าให้ค่าความคลื่อนอยู่ระดับไม่เกินร้อยละ 1 ดังแสดงในรูปที่ 5.3-18



รูปที่ 5.3-18 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการคำนวณ

โปรแกรม HVE 2D ดังกล่าวยังแสดงผลเฉลี่ยในรูปแบบของ ΔV โดยค่า ΔV ของรถ Unit ที่ 1 และ รถ Unit ที่ 2 ปรากฏในรูปที่ 5.3-19



The screenshot shows a window titled "Accident History-EDCRASH, Offset crash". Inside, there is a table titled "ACCIDENT HISTORY" with the following data:

DELTA-V (Basis: Damage)				
	Total (km/h)	Forward (km/h)	Lateral (km/h)	PDOF (deg)
Isuzu Dmax Extended Cab	60.2	-58.2	15.6	-15.0
Isuzu KB Extended Cab	68.5	-67.5	11.9	-10.0

รูปที่ 5.3-19 แสดงผลเฉลี่ยในรูปแบบของ ΔV และ PDOF

5.3.2.3 ข้อสรุปการใช้ Software

จากการที่หน่วยสืบสวนฯ ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (software) ทั้งกรณีของ MSMAC และ EDCRASH โดยที่ทั้งสอง software มีหลักการทำงานที่ต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ โปรแกรม MSMAC เป็นโปรแกรมระดับ Simulation ในขณะที่โปรแกรม EDCRASH เป็นโปรแกรมระดับ Reconstruction และจากลักษณะของข้อมูลของการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้ง ทางหน่วยสืบสวนฯ สามารถระบุข้อมูลไม่ว่าจะเป็นในส่วนของ Damage Profile และจุดหยุดหลังเหตุการณ์ (Final Resting Position) ได้อย่างแม่นยำ จึงทำให้การนำเสนอข้อมูลเมื่อใช้โปรแกรม EDCRASH ค่อนข้างน่าเชื่อถือ อีกประการหนึ่ง โปรแกรม EDCRASH ค่อนข้างจะใช้สะดวก (User Friendly) เพราะมี Data Base บางส่วนที่มีข้อมูลจากการทำวิจัยหรือข้อมูลของผู้ผลิตรถยนต์ เช่น ขนาด และสัมประสิทธิ์การยุบตัวของรถบางรุ่นที่อยู่ใน Data Base

หลังจากที่หน่วยฯ ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการจำลองสถานการณ์และย้อนรอยเหตุการณ์ โดย MSMAC และ HVE-2D สามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้งสองมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นเครื่องมือ (TOOL) สำหรับการวิเคราะห์เชิงลึกในด้านการประมาณความเร็วต่างๆ ของยานพาหนะขณะเกิดอุบัติเหตุซึ่งในความเป็นจริงแล้ว จะไม่มีใครทราบได้ (ยกเว้นผู้ขับรถ) ซึ่งข้อมูลความเร็วเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประทางด้านการระบุว่าผู้ขับขี่ยวดยานอยู่ในระดับความเร็วที่กำหนดหรือไม่ และยังสามารถนำผลการวิเคราะห์ความเร็วไปใช้ปรับปรุงมาตรการที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุต่อไปได้

5.4 ตัวอย่างการสืบสวนอุบัติเหตุ

กรณี R041 25520812 - รถปิกอัพชนประสาธนากรโดยสารประจำทางในทางโค้งที่ อ.เวียงสา จ.น่าน ระหว่าง กม.ที่ 197-198 เสียชีวิต 2 คน บาดเจ็บ 13 คน

(1) การรับแจ้งเหตุ

เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2551 ทีมหน่วยสืบสวนอุบัติเหตุจากการขนส่งและจราจร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ทราบข่าวจากหนังสือพิมพ์ไทยนิวส์ ฉบับลงวันที่ 14 สิงหาคม 2551 และหนังสือพิมพ์ไทยรัฐ ฉบับวันที่ 14 สิงหาคม 2551 ว่าเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม 2551 เวลา 12.30 น. มีอุบัติเหตุรถปิกอัพชนรถโดยสารประจำทางท่ามกลางสายฝน มีผู้เสียชีวิต 2

รายชื่อผู้โดยสารบาดเจ็บสาหัส ต้องส่งโรงพยาบาลใกล้เคียง เหตุเกิดที่ อ.เวียงสา จ.น่าน ระหว่าง ก.ม.ที่ 197-198

ในเบื้องต้น ทางหน่วยฯ ได้ทราบประเภทรถและคนที่เกิดอุบัติเหตุ สถานที่เกิดเหตุ (ชื่อถนน หลัก กม.และอำเภอที่เกิดเหตุ) และความรุนแรงของอุบัติเหตุว่าเป็นอุบัติเหตุที่มีการเสียชีวิต 2 ราย



(2) การเตรียมการหลังทราบอุบัติเหตุ

หลังทราบการเกิดของอุบัติเหตุ หัวหน้าหน่วยฯ ได้พิจารณาเห็นว่าอุบัติเหตุรายนี้สอดคล้องตามเกณฑ์ที่หน่วยฯ ตั้งไว้ คือ มีความรุนแรง เป็นที่สนใจของสาธารณะ และเป็นอุบัติเหตุที่หน่วยฯ ให้ความสนใจเป็นพิเศษ นั่นคือ เป็นอุบัติเหตุรถโดยสาร รถบรรทุกขนาดใหญ่หรือรถพ่วง หรือรถนักเรียน เป็นต้น จึงตัดสินใจทำการสืบสวนอุบัติเหตุรายนี้

ทางหน่วยฯ ได้ประสานไปยังสถานีตำรวจภูธร (สภ.) เวียงสา และโรงพยาบาลเวียงสา จังหวัดน่าน เป็นการล่วงหน้า และได้ส่งแฟกซ์หนังสือจากหัวหน้าหน่วยฯ ไปยัง สภ. เวียงสาเพื่อขอเข้าไปสืบสวนอุบัติเหตุ ขอความอนุเคราะห์ภาพถ่ายสถานที่เกิดเหตุ สำเนาบันทึกแจ้งความ และสำเนาทะเบียนรถที่เกี่ยวข้อง

ในวันเสาร์ที่ 16 สิงหาคม 2551 เวลา 6.30 น. ทีมสืบสวนอุบัติเหตุออกเดินทางจากจังหวัดเชียงใหม่ไปจังหวัดน่าน ทีมสืบสวนฯ ประกอบด้วย:

- หัวหน้าหน่วยฯ ผู้เชี่ยวชาญด้านอุบัติเหตุจราจร
- วิศวกรเครื่องกล
- วิศวกรโยธา
- นักวิชาการศึกษา และ
- นักจิตวิทยา

ทีมสืบสวนฯ ถึงอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน เวลาประมาณ 11.00 น. ได้เข้าพบพนักงานสอบสวนที่ สภ. เวียงสา จังหวัดน่าน และได้รับอนุเคราะห์ข้อมูลต่อไปนี้จากเจ้าหน้าที่ตำรวจ

- ภาพถ่ายสถานที่เกิดเหตุ ในวันเกิดเหตุ

- ลำเนารายงานประจำวันเกี่ยวกับคดี
- ลำเนาการจดทะเบียนรถยนต์และเจ้าของรถ

จากการสืบสวนเบื้องต้นสรุปได้ว่า รถคันที่เกิดเหตุเป็นรถกระบะ 4 ประตู ขับมาจากจังหวัดลำปาง มุ่งหน้าสู่จังหวัดน่านซึ่งเป็นปลายทาง รถลงช่วงทางตรงแล้วเข้าโค้งซ้าย ส่วนรถบัสโดยสารขับสวนมาจากจังหวัดน่านจะไปจังหวัดแพร่ รถทั้งสองคันมาถึงบริเวณเกิดเหตุเวลาประมาณ 12.10 น. เกิดชนกันในลักษณะประสานงา ส่วนหน้าของรถทั้งสองคันเสียรูปร่าง หน้าของรถบัสพุ่งลงข้างทาง รถกระบะถูกดันถอยหลังไปตกลงข้างทางด้านเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.4-1



รูปที่ 5.4-1 ภาพมองจากทิศทางเวียงสาไปร้องกวาง แสดงทิศทางและตำแหน่ง
ของรถทั้งสองคันหลังเกิดเหตุ ขอให้สังเกตพื้นถนนเปียกที่บริเวณเกิดเหตุ

เนื่องจากการสืบสวนอุบัติเหตุรายนี้เป็น การสืบสวนย้อนหลัง ที่สถานที่เกิดเหตุได้รับการเคลื่อนย้ายจนทางหลวงสามารถใช้สัญจรได้ตามปกติ รถคู่มือทั้งสองคันถูกเคลื่อนย้ายมาเก็บรักษาไว้ที่ สภ.เวียงสา ผู้บาดเจ็บได้รับการเคลื่อนย้ายไปที่โรงพยาบาลเวียงสาและส่วนหนึ่งได้ส่งต่อไปรักษาต่อที่โรงพยาบาลน่านแล้ว ดังนั้นการเก็บข้อมูลจึงเป็นการเก็บข้อมูลหลังวันเกิดเหตุทั้งหมด

(3) การเก็บข้อมูลถนนในสนาม การถ่ายภาพและการทำผังบริเวณ

3.1 การทำเครื่องหมายกำหนดตำแหน่งรถ

เนื่องจากการไม่มีการทำเครื่องหมายตำแหน่งสุดท้ายของรถทั้งสองคันไว้หลังเกิดเหตุ หัวหน้าทีมใช้ภาพถ่ายที่ได้รับจากเจ้าหน้าที่ตำรวจ ประกอบด้วยภาพถ่ายจากหนังสือพิมพ์ และร่องรอยที่ยังมีอยู่ในที่เกิดเหตุในการกำหนดตำแหน่งรถ

3.2 การทำเครื่องหมายกำหนดรอยครูด รอยไถลบบนผิวจราจร / ถ่ายภาพ

อุบัติเหตุรายนี้เกิดขึ้นขณะฝนตก และเศษชิ้นส่วนรถถูกกวาดลงข้างทางเรียบร้อยแล้ว แต่ยังปรากฏรอยครูดและรอยขีดบนผิวจราจร และจุดที่อาจเป็นจุดปะทะระหว่างรถสองคัน ซึ่งก็ได้ทำโดยใช้สีเหลืองบนผิวจราจร (รูปที่ 5.4-2) และถ่ายภาพไว้



รูปที่ 5.4-2 แสดงการกำหนดรอยครูดด้วยจุดคู่สีเหลือง ระหว่างจุดคู่สีเหลืองจะเป็นรอยครูดที่ปรากฏเป็นระยะ ๆ จากชิ้นส่วนรถโดยสาร

3.3 การเก็บข้อมูลสภาพความเสียหายของถนน ตำแหน่งร่องรอยรอยครูด รอยขีดขีด ตำแหน่งที่คาดว่าจะเกิดจุดชน และการทำผังบริเวณ

การทำแผนผังบริเวณและการวัดตำแหน่งร่องรอยต่างๆ ใช้วิธีวัด Offset จากเส้น Baseline กำหนดเส้น Baseline เป็นเส้นขอบของถนนในช่วงทางตรง โดยกำหนดให้หลัก กม 197 เป็นระยะเริ่มต้น (ระยะ 0.00 เมตร) รัศมีความโค้งของเส้นขอบถนนในโค้งวัดด้วยวิธีการกำหนดวัดเส้นโค้งและระยะ Middle Ordinate

นอกจากนี้ ทางหน่วยฯ ได้ประสานงานไปยังหมวดการทางเวียงสา เพื่อขอความอนุเคราะห์แบบแปลนและโปรไฟล์ของทางหลวงหมายเลข 101 ช่วงที่เกิดเหตุ มาช่วยให้การเตรียมผังบริเวณทางโค้งมีความถูกต้องเพียงพอต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ซึ่งก็ได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดี



รูปที่ 5.4-3 ลักษณะทางช่วงเข้าสู่บริเวณเกิดเหตุ (มองจากทิศทาง.ร้องขวาง ไป อ.เวียงสา)
เป็นช่วงทางตรงสองช่องจราจร แยกทิศทางการจราจรด้วยเส้นเหลือง สุดทางตรงจะเป็นทางโค้งไป
ซ้าย สองข้างทางเป็นป่าเขาที่ถูกปรับสภาพเป็นที่ทำไร่

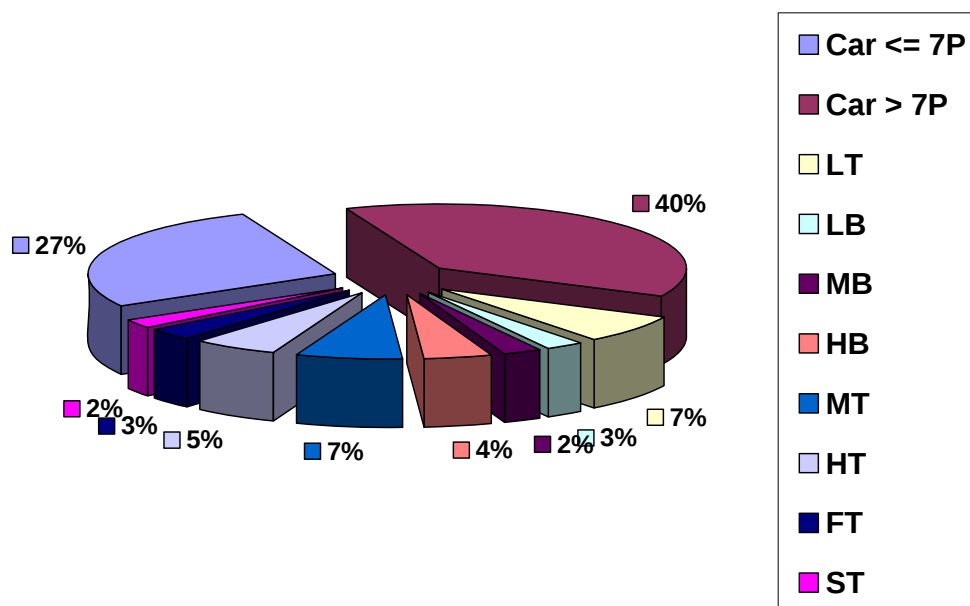


รูปที่ 5.4-4 ณ บริเวณเกิดเหตุเป็นช่วง ทางโค้งไปซ้าย



นอกจากนั้น ทางหน่วยได้ศึกษาข้อมูลจราจรใน 2 ประเด็น คือ ปริมาณจราจรและความเร็วรถ

- ปริมาณจราจร ได้สืบค้นข้อมูลปริมาณจราจรที่สำรวจไว้ใน ปี พ.ศ. 2550 ของกรมทางหลวง ที่ จุฑนัฒ กม. 198 พบว่าถนนช่วงดังกล่าวมีปริมาณจราจรรถยนต์ 3022 คันต่อวัน ไม่รวม รถจักรยานยนต์ ปริมาณรถหนัก คือรถโดยสารขนาดกลางและรถโดยสารขนาดใหญ่ รถบรรทุก ขนาดกลาง รถบรรทุกขนาดใหญ่ และรถพ่วง) 71, 131, 217, 164, และ 160 คันต่อวัน ตามลำดับ หรือสัดส่วนรถหนัก = 24.6% (รูปที่ 5.4-6)



รูปที่ 5.4-6 สัดส่วนรถประเภทต่างๆ บนเส้นทางสาย 101 กม. 198

- ความเร็วจุด ได้สุ่มทดลองวัดความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลและกระบะ ในวันที่ 16 ส.ค.51 เวลา 15-16 น. ซึ่งเป็นช่วงอากาศดี ฝนไม่ตก และปริมาณจราจรไม่หนาแน่น ในทิศทางจากร้อยกวาง-เวียงสา (ทิศทางเดียวกับรถกระบะ) พบว่าได้ความเร็วเฉลี่ย 72 กม/ชม. ความเร็วที่เปอร์เซนไทล์ที่ 85 เท่ากับ 90 กม/ชม.

3.4 การเก็บข้อมูลสภาพตัวรถโดยละเอียดในที่ที่รถถูกนำไปเก็บรักษาไว้

รถทั้งสองคันถูกเก็บไว้ที่ สภ.เวียงสา ทางหน่วยได้รับอนุญาตจากเจ้าหน้าที่ตำรวจให้ทำการวัดตัวรถ ตรวจสอบสภาพรถและถ่ายภาพรถได้ การวัดและตรวจสอบสภาพรถและถ่ายภาพรถได้นั้นที่ :

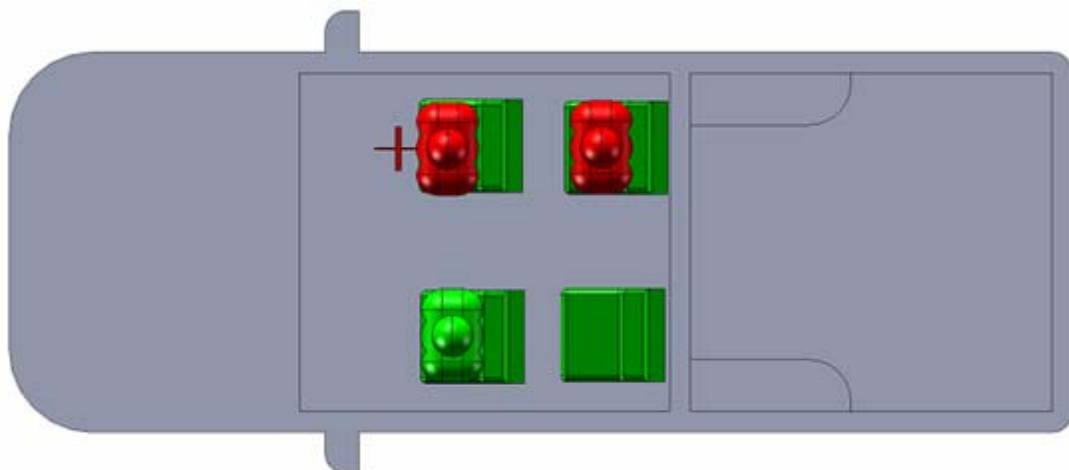
- การตรวจสอบและวัดสภาพภายนอกทั่วไป
- การสังเกตและถ่ายภาพความเสียหายภายใน
- การวัดและบันทึกระยะยุบจากการชน (Damage profile)



รูปที่ 5.4-7 แสดงการทำการวัดและถ่ายภาพรถกระบะที่ชนประสาณงักับรถโดยสาร ภาพ 1 และ 2 วัดและบันทึกสภาพภายนอก ภาพที่ 3 เป็นการวัดความดันลมยาง แลภาพที่ 4 ทำการวัดระยะยุบตัวของรถ



รูปที่ 5.4-8 สภาพภายในห้องโดยสาร ที่นั่งด้านคนขับเสียรูปร่างมากจากการชน พนักพิงในที่นั่งคนขับเอียงไปข้างหลัง เบาะที่นั่งตอนหลังอยู่ในสภาพดี ที่นั่งผู้โดยสารด้านหน้ายังอยู่ในสภาพดี



แสดงตำแหน่งที่นั่งผู้โดยสาร

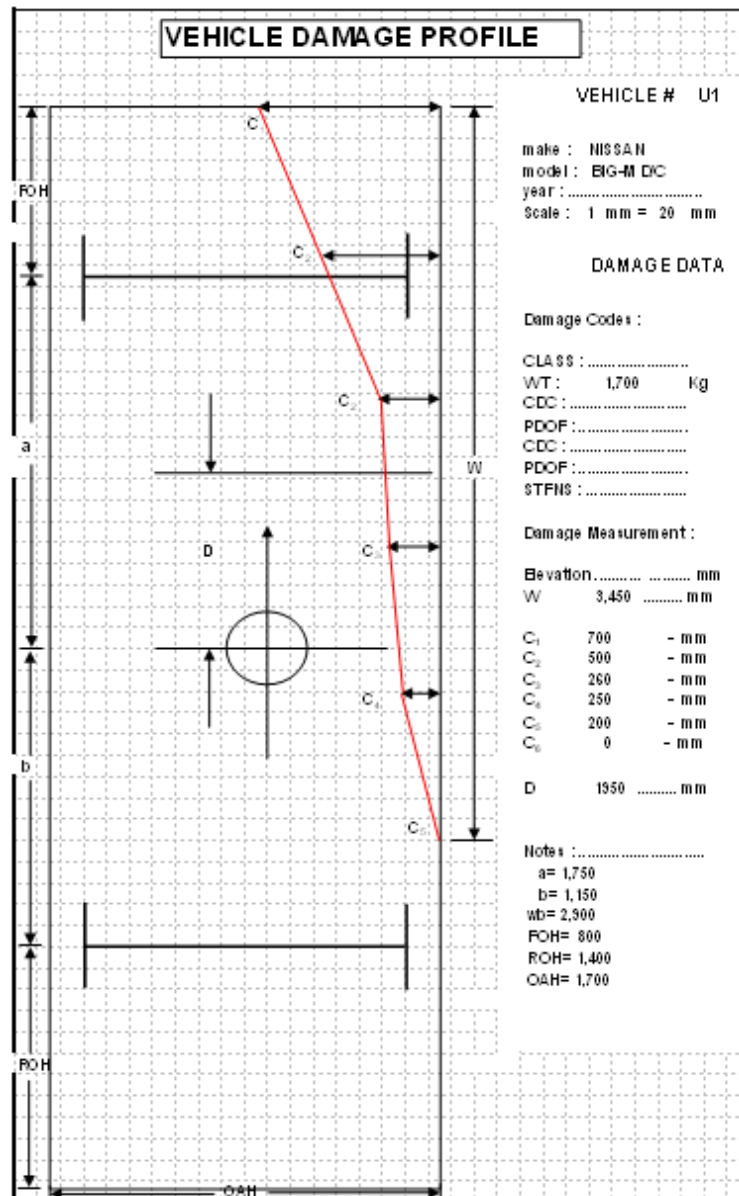


แสดงตำแหน่งที่นั่งคนขับรถ ที่เสียชีวิต



แสดงตำแหน่งที่นั่งผู้โดยสาร ที่เสียชีวิต

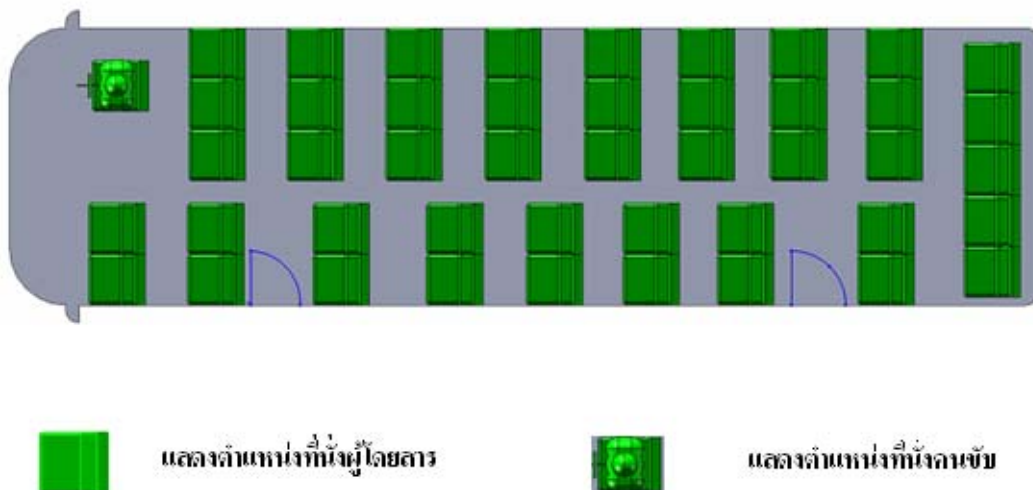
รูปที่ 5.4-9 ภาพ Seat Layout ของรถกระบะ แสดงตำแหน่งที่นั่งผู้โดยสารและคนขับ ที่เสียชีวิต



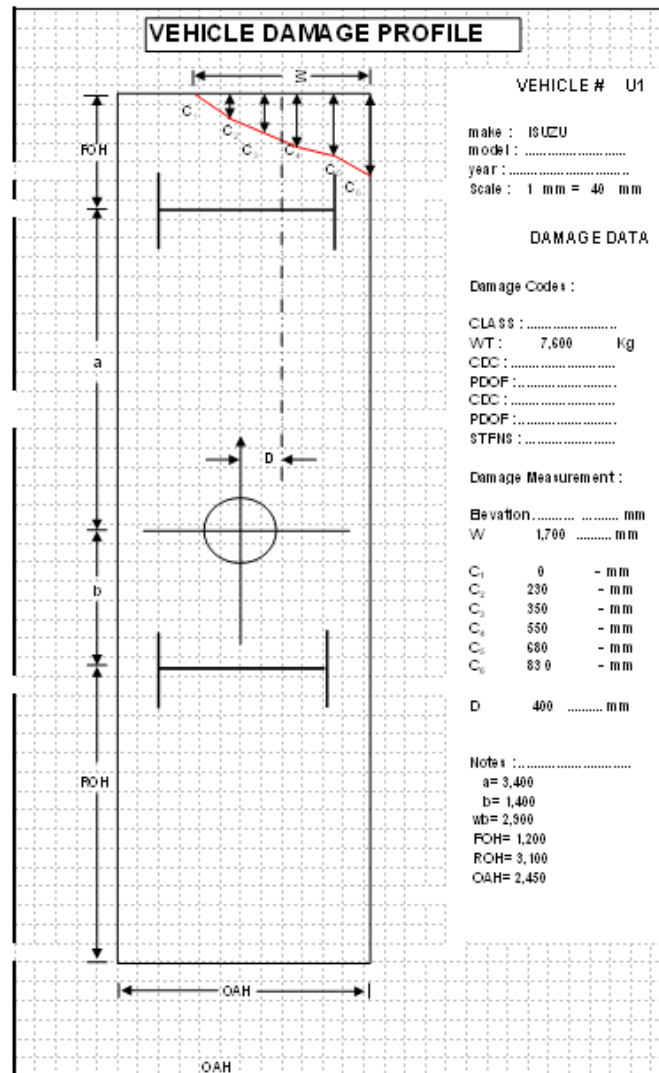
รูปที่ 5.4-10 ลักษณะการยุบตัวของรถกระบะ



รูปที่ 5.4-11 แสดงการวัดและถ่ายรูปรถโดยสาร ภาพ 1 และ 2 เป็นการวัดสภาพภายนอก ภาพที่ 3 วัดและบันทึกกระชวยตัวจากการชน และภาพที่ 4 สภาพรถภายในห้องโดยสาร
ส่วนหน้าของรถโดยสารได้รับความเสียหาย กระชวยหน้าแตก กันชนหน้าด้านซ้ายยุบตัวเข้าไป ล้อหน้าซ้ายยางระเบิดและหลุดออกจากตัวรถ เพลาหน้าเสียหาย



รูปที่ 5.4-12 ภาพ Seat Layout ของรถโดยสาร แสดงตำแหน่งที่นั่งผู้โดยสาร



รูปที่ 5.4-12 ลักษณะการยุบตัวของรถบัสโดยสาร

3.4 การติดตามข้อมูลบุคคลและผลทางการแพทย์ของผู้บาดเจ็บ

ทางหน่วยสืบสวนฯ ได้ไปติดตามข้อมูลผู้บาดเจ็บที่โรงพยาบาลเวียงสา จ. น่าน ในวันเดียวกัน (16 สค. 51) ได้รับแจ้งว่า ผู้ป่วยที่รับไว้รักษาในโรงพยาบาลได้ย้ายไปรักษาต่อที่โรงพยาบาลน่านทุกคนแล้ว อย่างไรก็ตามทางโรงพยาบาลเวียงสาได้อนุเคราะห์ผลการวินิจฉัยการบาดเจ็บ ที่ admit ที่โรงพยาบาลแก่นักสืบสวนฯ

ความเสียหายของผู้ประสบเหตุ

ในรถกระบะมีคนขับรถและผู้โดยสาร รวม 3 คน คนขับและผู้โดยสารในเบาะหลังเสียชีวิตทันทีที่เกิดเหตุรวม 2 คน และผู้โดยสารที่นั่งคู่กับคนขับบาดเจ็บสาหัส 1 คน

คนขับรถบัสได้รับบาดเจ็บเล็กน้อย รู้สึกตัวดี ได้รับการรักษาตัวในโรงพยาบาลเวียงสา และผู้โดยสารได้รับบาดเจ็บอีก 13 ราย

ลักษณะการบาดเจ็บ จำแนก ดังนี้

(1) ผู้ขับขี่และผู้โดยสาร รถกระบะนิสสัน

ลำดับที่	เพศ	อายุ	ตำแหน่งที่นั่ง	ลักษณะการบาดเจ็บ	หมายเหตุ
1	ชาย	31 ปี	คนขับ	มีบาดแผลฉีกขาดรุนแรง บาดแผลฟกช้ำบริเวณต้นแขนขวา ต้นขาขวา ใบหน้าด้านขวาผิดปกติ แผลลอกบริเวณท้อง กระโหลกศีรษะแตก กระดูกข้อต่อไหล่หลุด กระดูกต้นขาขวาหัก กระดูกซี่โครงทั้งสองข้างแตกหัก กระดูกเชิงกรานหัก	เสียชีวิตในที่เกิดเหตุ
2	ชาย	22 ปี	นั่งคู่คนขับ	มีแผลที่ศีรษะ	
3	หญิง	22 ปี	หลังคนขับ	บาดแผลฉีกขาดบริเวณหน้าผาก กระโหลกศีรษะด้านขวาแตกยุบ สมอได้รับบาดเจ็บและมีจุดเลือดออก พบบาดแผลฟกช้ำบริเวณ แขนท่อนล่างทั้ง 2 ข้าง ต้นขาขวา กระดูกต้นแขนหักทั้ง 2 ข้าง กระดูกต้นขาขวาหัก	เสียชีวิตในที่เกิดเหตุ

(2) ผู้ขับขี่และผู้โดยสาร รถบัสอีซูซุ

ลำดับที่	เพศ	อายุ	ตำแหน่งที่นั่ง	ลักษณะการบาดเจ็บ	หมายเหตุ
1	ชาย	25 ปี		หน้าแข้งซ้ายบวมช้ำ ถลอก	
2	หญิง	46 ปี		ปวดที่ขาซ้าย	
3	หญิง	-		แผลลอกบริเวณเข่าทั้ง 2 ข้าง	
4	หญิง	25 ปี		บาดแผลฉีกขาดที่ศีรษะ	
5	หญิง	45 ปี		บาดแผลฉีกขาดบริเวณหน้าผาก	
6	ชาย	10 ปี		ปวดขาขวา- บวม	
7	ชาย	30 ปี	คนขับ	ปวดหลัง ปวดขาข้างขวา	
8	ชาย	59 ปี		เจ็บหน้าอก ขาขวา	
9	ชาย	74 ปี		มีเลือดออกทางจมูก มีแผลฉีกขาดที่คิ้วขวา	
10	หญิง	20 ปี		ปวดน่อง เข่าซ้าย เข่าขวาบวมแผลมีรอยขีด	
11	หญิง	69 ปี		มีแผลที่ศีรษะด้านหน้า	
12	ชาย	19 ปี		หน้าผากซ้าย	

ทางหน่วยสืบสวนฯ ได้ติดตามผู้ป่วยไปที่โรงพยาบาลน่าน อ.เมือง จ.น่าน ได้รับทราบผู้ป่วยที่เป็นผู้โดยสารที่รอดชีวิตในรถกระบะได้กลับไปจังหวัดลำปางแล้ว ผู้โดยสารในรถโดยสารคนอื่นได้กลับบ้านไปแล้ว มีเหลืออยู่ที่โรงพยาบาลน่านเพียงคนเดียว เป็นผู้โดยสารรถโดยสาร เพศชาย อายุ 74 ปี ทางหน่วยสืบสวนขออนุญาตโรงพยาบาลและผู้ป่วยเพื่อขอสัมภาษณ์ ซึ่งก็ได้รับอนุญาตแต่ไม่สะดวกที่จะให้บันทึกภาพ

การติดตามข้อมูล (สัมภาษณ์) บุคคล

บุคคลเป้าหมายที่คาดว่าจะให้ข้อมูลอุบัติเหตุได้มี 3 คน คือ ผู้โดยสารรถกระบะ (คนขับรถกระบะเสียชีวิต) คนขับรถโดยสาร และผู้โดยสารรถโดยสาร

- ผู้โดยสารรถโดยสาร สามารถสัมภาษณ์ได้โดยตรง ในวันที่ 16 ส.ค. 51 ขณะพักรักษาตัวที่โรงพยาบาลน่าน
- ผู้โดยสารรถกระบะเป็นพระ เป็นน้องชายคนขับรถ ทำการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ ในวันที่ 17 ส.ค. 51
- คนขับรถโดยสาร ทำการสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ ในวันที่ 17 ส.ค. 51

ข้อมูลผู้ขับขี่รถโดยสาร

ผู้ขับขี่รถโดยสารเป็นชายอายุ 31 ปี ประกอบอาชีพขับรถโดยสารประจำทางสาย อ.เด่นชัย-น่าน อ.เฉลิมพระเกียรติ เดินทางจากน่าน เวลา 10.45 น. ขณะขับจะขับด้วยความเร็วประมาณ 45-50 กม./ชม. เพราะต้องจอดรับ-ส่งผู้โดยสาร วินาทีนั้นเวลาประมาณ 12.10 น. ตนเองได้เห็นรถปิกอัพขับมาด้วยความเร็ว ล้ำเส้นเหลืองมาประมาณ 0.5-1.0 เมตร และพุ่งมาชนตรงด้านพวงมาลัยรถ รถกระบะกระแทกล้อรถด้านขวาอย่างแรงทำให้ยางระเบิดและล้อหลุดออกจากตัวรถโดยสาร ในจังหวะที่รถโดยสารถูกชน รถได้เสียหลักไปด้านซ้ายแต่เครื่องยนต์ยังไม่ดับ และรถจะตกด้านซ้ายทาง (ในทิศทางรถบัส) จึงพยายามหักรถมาด้านขวา และช่วงเกิดเหตุไม่มีรถอื่นมาแซง ผู้ขับขี่ ได้ซื้อรถคันดังกล่าวจากญาติที่กรุงเทพฯ ในราคา 500,000 บาท เป็นรถที่เคยประสบอุบัติเหตุมาแล้ว แต่ได้นำมาปรับเปลี่ยนปรังปรุงใหม่จนสามารถใช้งานได้ เช่น เปลี่ยนเบรก เปลี่ยนเบาะนั่ง ทาสี และเพิ่งเปลี่ยนยางรถได้ไม่ถึง 10 วันก่อนที่จะเกิดเหตุ รถดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบสภาพรถที่สำนักงานขนส่งจังหวัดทุก 6 เดือน.

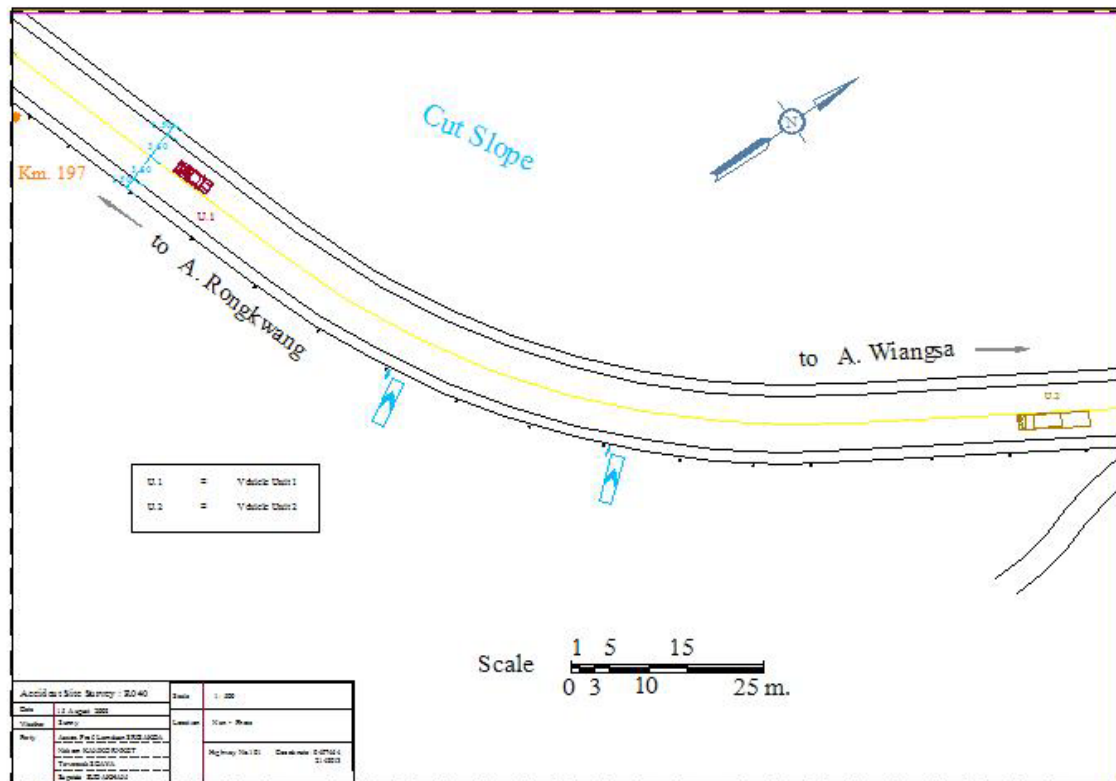
ข้อมูลผู้ขับขี่รถกระบะ

คนขับรถกระบะเป็นชาย อายุ 31 ปี กำลังเดินทางไปเพื่อเยี่ยมแม่ที่โรงพยาบาลน่าน จังหวัดน่าน

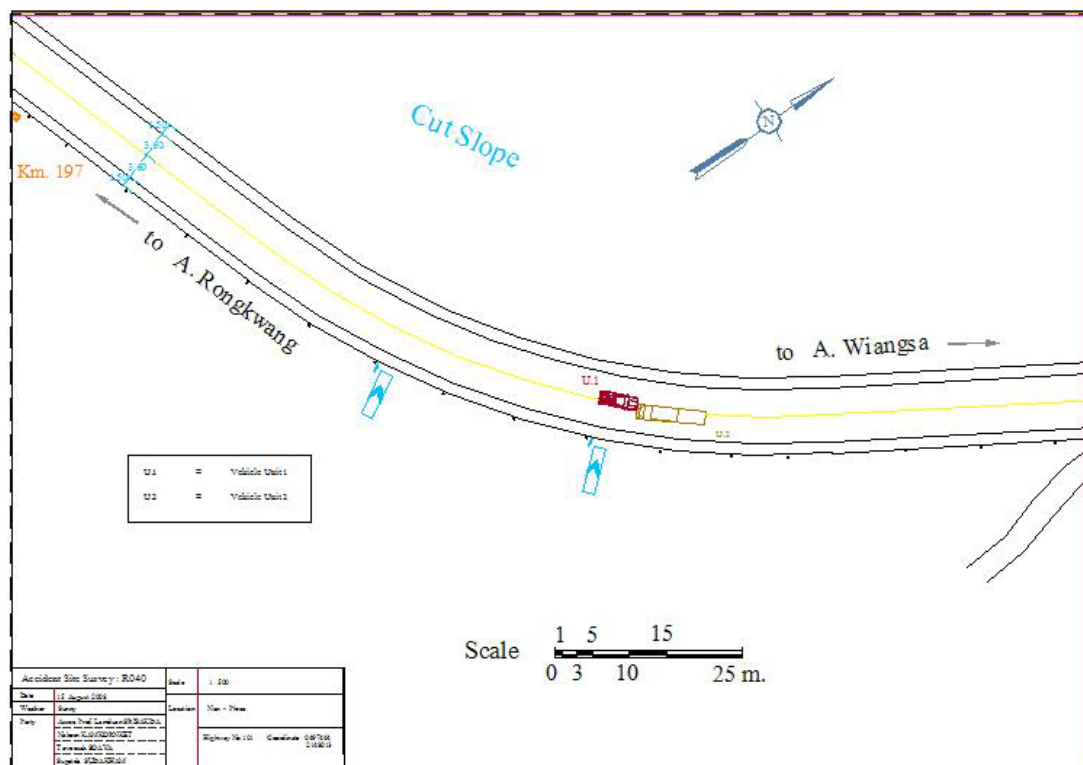
(4) การวิเคราะห์สาเหตุอุบัติเหตุ

4.1 กลไกการเกิดอุบัติเหตุ

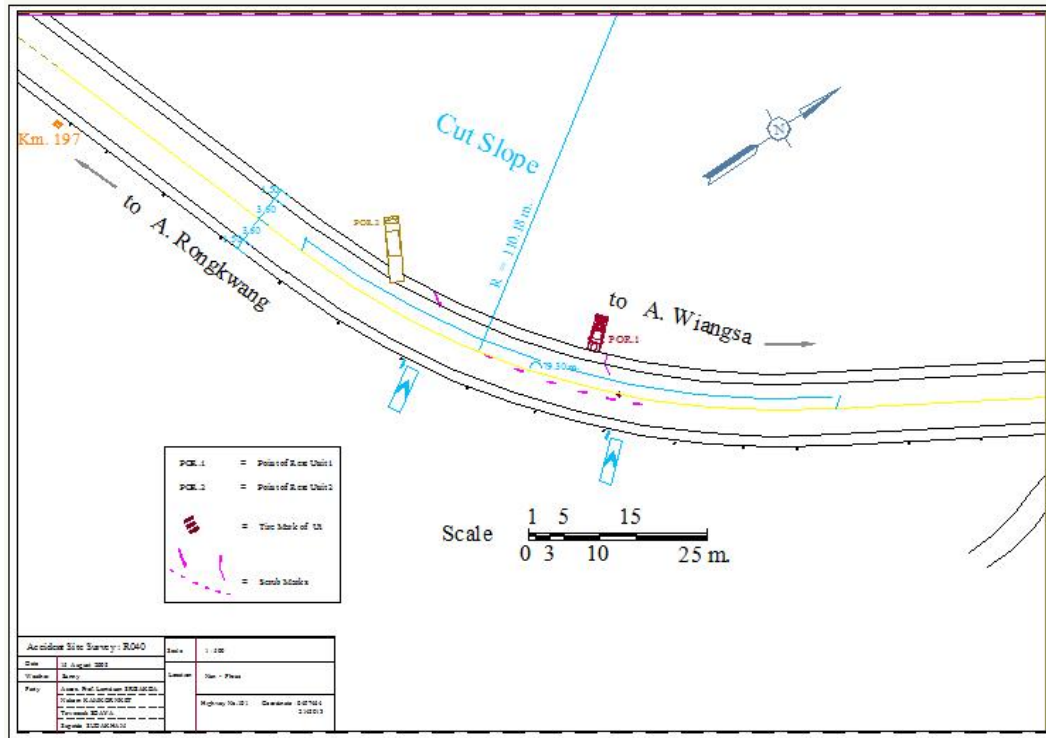
อุบัติเหตุชนประสานงาในกรณีนี้เกิดจากรถสองคันที่วิ่งจากทิศทางตรงข้าม (รูปที่ 5.4-13) รถคันหนึ่งวิ่งเข้าไปในช่องจราจรฝั่งตรงข้าม จากตำแหน่งรอยขีดและรอยครูดที่ปรากฏบนผิวถนน และตำแหน่งสุดท้ายของรถกระบะและรถโดยสารประจำทาง มีความเป็นไปได้สูงที่จุดชนจะอยู่ในช่องจราจรของรถโดยสาร ห่างจากเส้นศูนย์กลางทางประมาณ 0.7 เมตร (รูปที่ 5.4-14)



รูปที่ 5.4-13 แสดงตำแหน่งของรถกระบะ และรถโดยสารก่อนการชน



รูปที่ 5.4-14 แสดงตำแหน่งของรถกระบะ และรถโดยสาร ณ จุดชน



รูปที่ 5.4-15 แสดงตำแหน่งของรถกระบะ และรถโดยสารหลังการชน

4.2 ปัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุอุบัติเหตุ

ในการวิเคราะห์สาเหตุอุบัติเหตุได้ตรวจสอบปัจจัยทุกด้าน : คน ถนน รถ และสภาพแวดล้อม ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีความบกพร่องและอาจนำไปสู่การชน ดังต่อไปนี้

4.2.1 ปัจจัยคน

จากการสัมภาษณ์ผู้โดยสารที่นั่งตอนหน้าของรถกระบะคู่กับคนขับ (คนขับเสียชีวิต) ได้ความว่า คนขับขับรถในทางหลวงช่วงนี้ใช้ความเร็วประมาณ 80-85 กม./ชม. ซึ่งค่อนข้างเร็วสำหรับทางเส้นนี้ เมื่อเห็นรถบัสในระยะใกล้มากประมาณ 2 เมตร ก็ไม่สามารถหักหลบได้ ส่วนความเร็วรถโดยสารนั้นทั้งจากการสัมภาษณ์คนขับและผู้โดยสาร รถโดยสารใช้ความเร็วไม่สูง จึงสรุปได้ว่าการที่รถกระบะใช้ความเร็ว

4.2.2 ปัจจัยถนน

จากทิศทางวิ่งของรถกระบะถนนช่วงเข้าสู่บริเวณที่เกิดเหตุเป็นช่วงทางตรงสองช่องจราจรยาวประมาณ 200 เมตร และเป็นทางลาดลงเล็กน้อย (เกรต -0.63%) ก่อนที่จะเข้าโค้ง เป็นช่วงที่รถสามารถเร่งความเร็วได้ เมื่อเข้าใกล้จุดเริ่มต้นโค้ง (PC) ระยะมองเห็นในโค้งราบจำกัดเนื่องจากมีลาดดินตัดและหญ้าขึ้นสูงอยู่ใกล้ไหล่ทาง ทำให้คนขับรถมองไม่เห็นรถสวน ดังนั้นเมื่อรถเข้าโค้งนี้ (รัศมีโค้ง 110 เมตร) ที่ยกโค้งไว้ 0.09 ม/ม สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานด้านข้างสมมติให้เท่ากับ 0.15 รถมีโอกาสที่จะไถลออกนอกโค้งได้ เมื่อผิวทางเปียกและความเร็วรถมากกว่า 60 กม./ชม.

จากสูตร	$V^2 = 127 R (e + f)$
แทนค่า	$V^2 = 127 (110) (0.09 + 0.15)$
จะได้ความเร็วสูงสุด	$V = 58 \text{ กม/ชม}$



ในทิศทางรถกระบะเข้าโค้ง ระยะมองเห็น
ในโค้งจำกัด มองไม่เห็นรถที่สวนมา ถ้ารถ
เลี้ยวโค้งแล้วรถล้ำเส้นศูนย์กลางทาง โอกาส
ชนประสานงากับรถที่สวนมามีมาก

ในทิศทางตรงข้าม รถที่กำลังจะเข้าโค้งขวา
แม้จะมองเห็นได้ไกลกว่า แต่อาจมองไม่
เห็นรถสวนเช่นกัน เนื่องจากระยะมองเห็น
ก็ยังไม่เพียงพอ

4.2.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ขณะเกิดเหตุเป็นเวลาเที่ยงวัน มีฝนตกพรำๆ เล็กน้อย แต่ไม่ได้เป็นอุปสรรคต่อการมองเห็นของ
คนขับรถทั้งสองคัน

4.2.4 ปัจจัยรถ

ยังไม่พบหลักฐานที่จะบ่งชี้ว่าสภาพรถและการใช้งานของรถทั้งสองคันเป็นปัจจัยอุบัติเหตุรายนี้

4.2.5 ปัจจัยที่เป็นไปได้มากของอุบัติเหตุ

ปัจจัยที่เป็นไปได้มากของอุบัติเหตุ คือปัจจัยคนขับรถกระบะที่ใช้ความเร็วเกินขณะเข้าโค้ง เสริม
ด้วยปัจจัยระยะมองเห็นในโค้งราบไม่เพียงพอ เพราะถูกบังด้วยพวงหรีดและลาดดินตัด มองไม่เห็น
รถที่สวนมา

5. บทสรุป / ข้อเสนอแนะ

อุบัติเหตุรถกระบะชนประสานงากับรถโดยสารในทางโค้ง (ที่มีรัศมีความโค้ง 110 เมตร และระยะ
มองเห็นในโค้งราบไม่เพียงพอสำหรับการแซง) เกิดจากรถคันหนึ่งล้ำเส้นศูนย์กลางทางที่เป็นเส้น
ทึบเหลือง จากร่องรอยครูดในที่เกิดเหตุบ่งชี้ว่ารถโดยสารยังอยู่ในช่องจราจร จุดปะทะอยู่ในช่อง
จราจรของรถโดยสาร นั่นคือ รถที่วิ่งล้ำเส้นศูนย์กลางทางน่าจะเป็นรถกระบะ อันสืบเนื่องจาก

ความเร็วรถกระโดดสูงถึง 80-85 กม/ชม ประกอบกับระยะมองเห็นในโค้งจำกัด ทำให้เมื่อเห็นรถสวนมาในระยะใกล้ ไม่มีเวลาที่จะปรับทิศทางการวิ่งของรถได้ ทำให้ชน

ข้อเสนอแนะ

การเสนอแนะแนวทางการแก้ไขเป็นการเสนอแนะให้ปรับแก้ปัจจัยที่บกพร่อง ซึ่งในกรณีนี้เกิดจากการใช้ความเร็วเกิน และที่ระยะมองเห็นในโค้งราบจำกัด

(1) หน่วยงานทางปรับให้การมองเห็นในโค้งราบดีขึ้น ซึ่งอาจทำได้โดยการตัดหญ้าที่ขึ้นสูง หรือการพิจารณาปรับ Cutslope. ในระยะต่อไป

(2) ลดความเร็วรถในช่วง กม 196+800 ถึง 197+200 ให้สอดคล้องกับสภาพถนนโดยการ (ก) ติดตั้งป้ายโค้งอันตรายและป้ายจำกัดความเร็วไว้ที่ 60 กม/ชม. และ (ข) เสริมด้วยการทำ Rumble Strip ในช่วงทางตรง ก่อนเข้าโค้ง