

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การใช้ซอฟต์แวร์ย้อนรอยอุบัติเหตุประมาณค่าความเร็วที่เปลี่ยนแปลงจากการชนของ ยานพาหนะในประเทศไทย Using Reconstruction Software Estimate Delta-V for Automobile Collision in Thailand.

วิรุณ โมณะตระกูล¹, ปุริมพัฒน์ สุจำนงค์โตกุล²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ. ขอนแก่น 40002

ติดต่อ: โทรศัพท์: 0-43244296 ต่อ 121 โทรสาร: 0-43245878

*ติดต่อผู้วิจัย: โทรศัพท์: Tel: 089 712 0090, 084 743 3560

E-mail : wiroonnnn@hotmail.com¹, mansuj@kku.ac.th²

บทคัดย่อ

ความสนใจที่จะทราบความเร็วที่เปลี่ยนแปลงของยานพาหนะแต่ละคันในระหว่างช่วงระยะเวลาขณะเกิดการชนบนถนน ยังคงเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการสืบสวนอุบัติเหตุบนท้องถนน คำว่า “ Delta-V ” (ΔV) หมายถึง ความแตกต่างระหว่างความเร็วเข้าชนและความเร็วขณะแยกจากกันของยานพาหนะ ตัวแปร ΔV นี้ถูกนำมาใช้เสมอในการบ่งบอกถึงความรุนแรงของการบาดเจ็บของผู้ขับขี่และผู้โดยสารจากอุบัติเหตุการชนของยานพาหนะ (AIS) ในความเป็นจริงแล้ว เป็นการยากที่จะทราบถึงค่า ΔV ในระหว่างเหตุการณ์อุบัติเหตุการชนเนื่องด้วยเราไม่สามารถจะทราบว่า ณ สภาวะสถานการณ์การชนนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อใด ในงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะนำเสนอการใช้ซอฟต์แวร์ย้อนรอยอุบัติเหตุที่ชื่อว่า EDCRASH ควบคู่ไปกับข้อมูลอุบัติเหตุที่ถูกรวบรวมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผลลัพธ์การคำนวณจากซอฟต์แวร์จะถูกตรวจสอบกับข้อมูลที่แท้จริง อาทิเช่น ร่องรอยการเสีรูปของยานพาหนะและตำแหน่งร่องรอยการเกิดอุบัติเหตุ (ตำแหน่งเข้าชนและตำแหน่งสุดท้าย) ค่า ΔV จะถูกเปรียบเทียบกับผลการศึกษาทางการแพทย์เพื่อทำการบ่งชี้ยืนยันถึงอาการบาดเจ็บของผู้ขับขี่และผู้โดยสาร โดยผลการศึกษพบว่าผลลัพธ์มีความสอดคล้องใกล้เคียงกับข้อมูลที่แท้จริงไปในทางเดียวกันโดยทั้งนี้ยังได้มีการตรวจสอบการยุบตัวของยานพาหนะระหว่างจากข้อมูลจริงและผลจากซอฟต์แวร์

คำหลัก: สืบสวนอุบัติเหตุ, การชน, ความรุนแรงของการบาดเจ็บ, Delta-V (ΔV), ย้อนรอยอุบัติเหตุ

Abstract

The interest of knowing Delta-V (ΔV) of each vehicle during the automobile collision on the road is still something that very important for road accidental investigation. The word “ Delta-V “ means the different between impact an departure velocities of a vehicle. This parameter (ΔV) is often used as the indicator for abbreviated injury scale (AIS) for the automobile passenger. In reality, it is difficult to know such ΔV during the accidental event due to the important situation. This study is aiming the use of

reconstructional software named EDCRASH together with actual accidental data collected in the north-eastern region of Thailand. The computational results were check against the actual datas such as the automobile deformation and accidental position (e.g. impact position, resting position). The ΔV -value was then compared with some medical (trauma) studies to verify passenger injury. The results showed good agreement when the vehicle deformation between simulation and actual data were compared.

Keywords: Accident Investigation , Collision, Injury Severity, Delta-V (ΔV), Reconstruction

1. บทนำ

มันจะเป็นการดีไม่น้อยถ้าสามารถย้อนเหตุการณ์ไปดูได้ว่าการเกิดการชนของยานพาหนะบนท้องถนนในแต่ละครั้งมีสาเหตุมาจากสิ่งใด แต่โชคไม่ดีที่มักจะพบกับภาพต่างๆหลังการชนแล้วทั้งสิ้นเช่นความเสียหายของยานพาหนะตำแหน่งของการจอดนิ่งของยานพาหนะ จุดปะทะ และอีกปัจจัยหนึ่งที่ปรากฏให้เราทราบได้ก็คือการแตกหักเสียหายของยานพาหนะ ลักษณะทางกายภาพของผิวจราจรและข้อมูลของยานพาหนะ โดยจะต้องนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ควบคู่เข้าด้วยกัน เพื่อหาข้อสรุปที่เชื่อถือได้ว่าใกล้เคียงที่สุด ผลการวิเคราะห์การชนดังกล่าวจะนำไปสู่ความกระจ่างของสาเหตุอุบัติเหตุและนำไปสู่การหามาตรการป้องกันไม่ว่าจะเป็นการแก้ไขจุดอันตรายบนถนนหรือแก้ไขปรับปรุงยานพาหนะนั้นๆ โดยใช้วิธีการอ้างอิงจากดัชนีสำคัญที่บ่งบอกถึงระดับความรุนแรงของการชน (Collision Severity) คือ Delta-V (ΔV) เป็นการเปลี่ยนแปลงความเร็วหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของการดลในความเร็วของคู่ยานพาหนะที่อยู่ในช่วงระหว่างสภาวะการชน (Collision Phase) โดยเริ่มจากการเคลื่อนที่ ณ จุดเริ่มต้นของการสัมผัสกันของยานพาหนะจนกระทั่งเริ่มแยกจากกัน หรือ ณ จุดชน ที่เกิดขึ้นระหว่างการชน [1] ดังมีนิยามคือ

$$\Delta V = V_{impact} - V_{departure} \quad (1)$$

V_{impact} คือ ความเร็วร่วมขณะเกิดการชน

$V_{departure}$ คือ ความเร็วเมื่อแยกออกจากกัน

จากการศึกษาของ Nance, et al. [2] ซึ่งทำการวิจัยอุบัติเหตุจากการชนด้านหน้า (Frontal Collision) จำนวน 235 กรณีประกอบด้วยจำนวนผู้บาดเจ็บรวม 407 คนพบว่า ค่า ΔV ตั้งแต่ 29 km/hr ขึ้นไปจะจัดอยู่ในระดับความรุนแรงระดับสูง ($AIS \geq 3$) ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งค่า AIS (Abbreviated Injury Scale) เป็นดัชนีจำแนกระดับความรุนแรงที่ผู้โดยสารมีโอกาสที่จะได้รับ

ตารางที่ 1 สถิติของ AIS ที่สัมพันธ์กับ ΔV [2]

	Delta V (Kph)	n	Region Body							
			Head	Face	Neck	Spine	Thorax	Abdomen	Upper Extremity	Lower Extremity
All	All	407	12.3	4.2	0.5	3.7	3.9	8.6	8.1	9.6
AIS>=2	5-19	129	9.3	3.1	0.8	1.6	3.9	2.3	3.1	3.1
	20-29	120	7.5	4.2	0	2.5	1.8	11.7	5.8	8.3
	30-39	89	12.4	5.6	0	1.1	3.8	7.9	9.0	12.4
	40-49	34	20.6	0	0	11.8	5.9	17.6	23.5	11.8
	50-69	18	27.8	5.6	0	0	11.1	11.1	22.2	33.3
	70-89	13	38.5	15.4	7.8	30.8	15.4	15.4	7.8	23.8
AIS>=3	90-123	4	25.0	0	0	25.0	0	25.0	25.0	25.0
	5-19	129	3.1	0	0	0	3.1	0	0	0.8
	20-29	120	5.0	0.8	0	0.8	1.7	4.2	0	2.5
	30-39	89	7.9	3.4	0	0	3.4	2.2	0	0
	40-49	34	11.8	0	0	5.9	5.9	5.9	0	2.9
	50-69	18	27.8	0	0	0	11.1	5.7	0	22.2
	70-89	13	38.5	0	7.8	7.8	7.8	0	0	7.8
	90-123	4	0	0	0	25.0	0	25.0	0	25.0

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของงาน

การวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาและพัฒนาตัวแบบหน่วยสืบสวนอุบัติเหตุจากการชนส่งทางจราจร [3] ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนรวม 10 จังหวัด (ขอนแก่น หนองคาย มหาสารคาม ร้อยเอ็ด นครพนม สกลนคร อุดรธานี หนองบัวลำภู เลย และกาฬสินธุ์) โดยมีขอบเขตคือการศึกษปัจจัยทางยานพาหนะขณะสภาวะการชนเป็นส่วนสำคัญ โดยการใช้ซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมการชนของ

ยานพาหนะ และได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ EDCRASH เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการคำนวณเพื่อหาค่าความเร็วที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการชนของยานพาหนะหรือ ΔV และพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบ Vehicle Dynamic นั้น มีทั้งในกรณีที่ใช้การคำนวณด้วยมือ (Hand Calculation) และการใช้ซอฟต์แวร์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.1 หลักการวิเคราะห์การชนของยานพาหนะ

Randall [4] ได้กล่าวถึงวิธีการทาง โมเมนตัม (Momentum Methods) และวิธีการทางพลังงาน (Energy Methods) โดยได้ให้นิยามของความเร็วร่วมของยานพาหนะ 2 คัน ขณะชนกัน ดังนี้

$$u = (m_A v_{A1} + m_B v_{B1}) / (m_A + m_B) \quad (2)$$

เมื่อ

u คือ ความเร็วร่วมของยานพาหนะขณะชนกัน (m/s)

m_A คือ มวลของยานพาหนะ A (kg)

m_B คือ มวลของยานพาหนะ B (kg)

v_{A1} คือ ความเร็วของยานพาหนะ A ก่อนชน (m/s)

v_{B1} คือ ความเร็วของยานพาหนะ B ก่อนชน (m/s)

River [5-6] ได้รวบรวมสูตรการคำนวณความเร็วหลายลักษณะที่เกี่ยวข้องเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ แต่ยังไม่ครอบคลุมถึงการหาความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในกรณีของการชนที่มีการยุบตัวของยานพาหนะ ซึ่งโดยแท้จริงแล้วการยุบตัวของยานพาหนะจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ชี้นำไปสู่การสูญเสียพลังงานขณะเกิดการชน โดยเมื่อขณะสภาวะเกิดการชน จะมีพลังงานจำนวนหนึ่งสูญเสียไปอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนความเร็วของยานพาหนะคู่กรณี โดยพลังงานที่สูญเสียนี้ถูกเปลี่ยนไปให้อยู่ในรูปของร่องรอยการยุบตัวของยานพาหนะที่ปรากฏคงเหลืออยู่ไว้ไปเรียกว่า

Residual Crush [1] โดยลักษณะการวัดแสดงไว้ในรูปที่ 1 ซึ่งคำนวณได้จาก

$$E = \left\{ AC + \left(\frac{B}{2} \right) C^2 + \frac{A^2}{2B} \right\} L \quad (3)$$

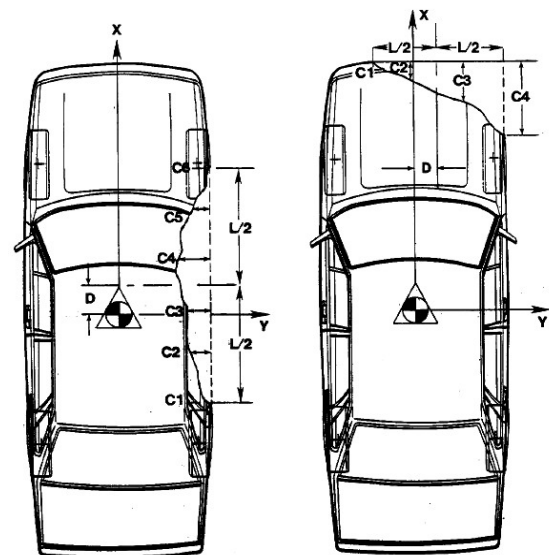
E คือ พลังงานความเสียหาย (J)

C คือ ร่องรอยการชนที่หลงเหลือ (m)

L คือ ความยาวของพื้นที่ความเสียหายที่สัมผัส (m)

A คือ หน่วยปริมาณของแรงระดับที่ไม่ก่อให้เกิดร่องรอยความเสียหาย (N/m)

B คือ อัตราของแรงยุบตัวเชิงเส้น (N/m²)



รูปที่ 1 การวัดการยุบตัวของยานพาหนะ [1]

โดยพลังงานความเสียหายจะเท่ากับพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นระหว่างการชน โดยมีความสัมพันธ์เป็น

$$E = 1/2 M (\Delta V)^2 \quad (4)$$

และความเร็วที่เปลี่ยนแปลง (ΔV) จะเป็น

$$(\Delta V)^2 = \left(\frac{2AL}{M} \right) C + \left(\frac{BL}{M} \right) C^2 + \frac{A^2 L}{MB} \quad (5)$$

เมื่อ

ΔV คือ ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงขณะเกิดการชนของยานพาหนะ (m/s)

M คือ มวลของยานพาหนะ (kg)

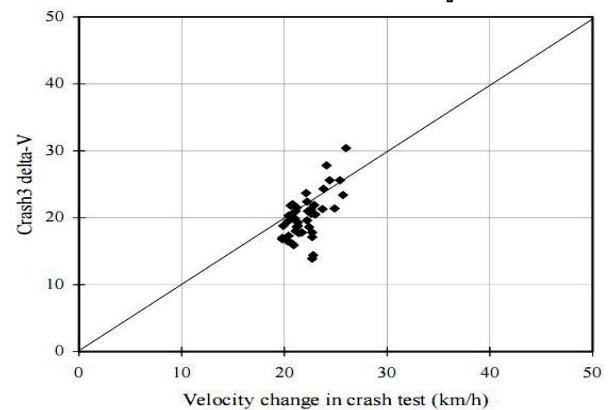
3.2 การใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์วิเคราะห์การชน

การวิเคราะห์การชนบนท้องถนนนิยามได้คือความพยายามที่จะบ่งชี้จากข้อมูลอะไรก็ตามที่ใช้ได้สำหรับอธิบายว่าการชนเกิดขึ้นได้อย่างไรที่จุดหนึ่งหรือหลายจุดในเวลานั้นภายใต้การปฏิบัติการตามเงื่อนไขที่สร้างขึ้น ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ [7] ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ย้อนรอยอุบัติเหตุ และเมื่อเข้าสู่ทศวรรษที่ 80 ได้กำเนิดเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ทำให้ซอฟต์แวร์สามารถนำมาใช้ได้อย่างแพร่หลาย โดยสมาคมการวิเคราะห์อุบัติเหตุโดยทั่วไป และซอฟต์แวร์เหล่านี้จะต้องสอดคล้องต่อกฎพื้นฐานทางฟิสิกส์ เช่น กฎอนุรักษ์พลังงาน และกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน

ในปี ค.ศ. 1998 Lenard [8] ได้ตรวจสอบความแม่นยำของการทำนายค่า ΔV จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของซอฟต์แวร์ CRASH 3 และค่า ΔV จากการทดสอบจริง พบว่า ค่าของ ΔV ที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์โดยใช้ซอฟต์แวร์ CRASH 3 มีความใกล้เคียงกับข้อมูลจริงดังปรากฏในรูปที่ 2

ซอฟต์แวร์ EDCRASH [9-10] เป็นซอฟต์แวร์ที่ถูกพัฒนามาจาก CRASH 3 (Calspan Reconstruction of Accident Speed on Highway) โดยบริษัท Engineering Dynamic ซอฟต์แวร์ EDCRASH ถูกนำไปใช้คำนวณอัตราการเปลี่ยนความเร็วของยานพาหนะระหว่างการชน และใช้สำหรับการประมาณการเคลื่อนที่ภายหลังการชน จากความเสียหายและตำแหน่งของยานพาหนะก่อนและหลังการชน กับยานพาหนะตั้งแต่ 1 คันขึ้นไปโดยข้อมูลนำเข้าที่จำเป็นประกอบด้วยข้อมูลยานพาหนะ (Vehicle Data) ข้อมูลสถานที่เกิดเหตุ (Environment Data) ข้อมูลสถานการณ์สภาวะอุบัติเหตุ (Event

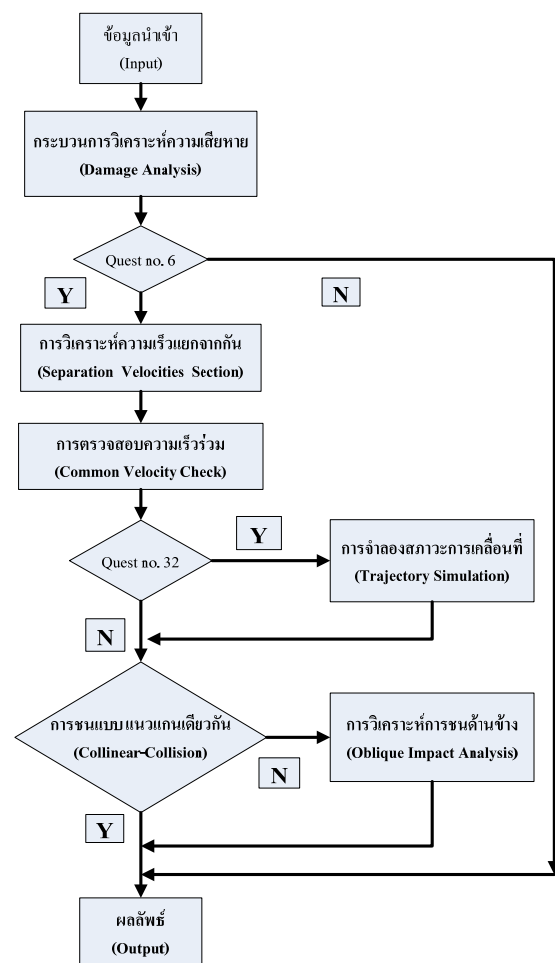
Data) โดยผลลัพธ์หลักประกอบด้วย ความเร็วที่เปลี่ยนไปจากการชน (ΔV) พลังงานที่สูญเสียจาก



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่า ΔV โดยซอฟต์แวร์

CRASH 3 [8]

การชน (Damage Energy) และแรงที่กระทำต่อยานพาหนะที่ชน (Peak Force) รูปที่ 3 แสดงถึงหลักการทำงานของซอฟต์แวร์ EDCRASH



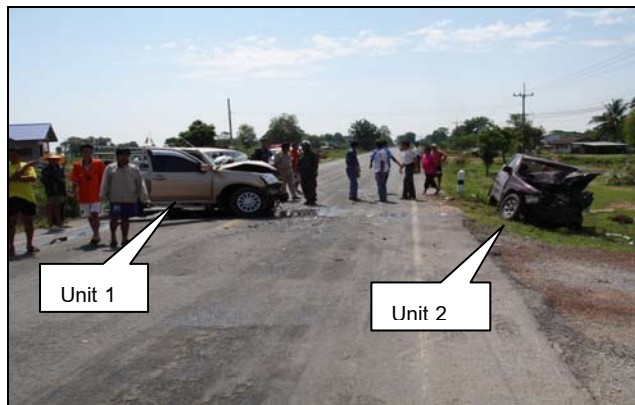
รูปที่ 3 หลักการทำงานของ EDCARSH [10]

4 การวิเคราะห์

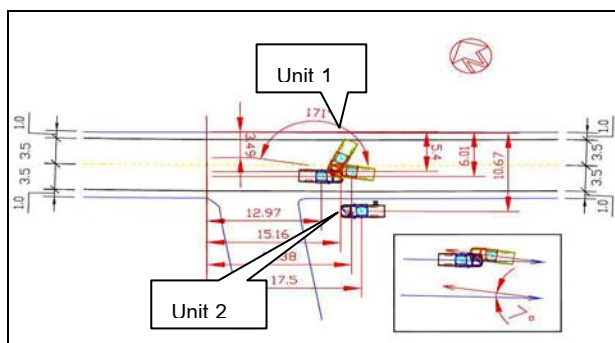
เนื่องด้วยมีอุบัติเหตุจำนวนไม่น้อยที่การชนของยานพาหนะสองคันเกิดขึ้นในระนาบ 2 มิติ และไม่ได้พลิกคว่ำดังนั้นขอบเขตของการวิเคราะห์ของครั้งนี้จึงเป็นการวิเคราะห์การชนใน 2 มิติ (2-dimensional impact) และโครงสร้างของยานพาหนะถูกกำหนดให้มีสภาพเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Body)

4.1 ข้อมูลนำเข้า

ตารางที่ 2 แสดงถึงตัวอย่างของข้อมูลของยานพาหนะคู่กรณีซึ่งเกิดอุบัติเหตุโดยการชนเกิดจากการที่ยานพาหนะ (Unit 1) มีผู้โดยสารทั้งสิ้น 5 คนขับมาปกติขณะเดียวกันมียานพาหนะ (Unit 2) ได้ทำการแซงข้ามช่องจราจรจนกระทั่งเกิดการชนในลักษณะตรง (Head-on Collision) รูปที่ 4 และ 5 แสดงถึงตำแหน่งของยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุทั้งในลักษณะที่เกิดเหตุจริงและการทำข้อมูลเชิงพิกัด (Co-ordinate) เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้า รูปที่ 6 และ 7 แสดงความเสียหายของยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุและรูปที่ 8 แสดงการนำเข้าข้อมูลสู่ซอฟต์แวร์



รูปที่ 4 ตำแหน่งหลังการชน



รูปที่ 5 ตำแหน่งของยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุ

ตาราง ที่ 2 ข้อมูลของยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุ

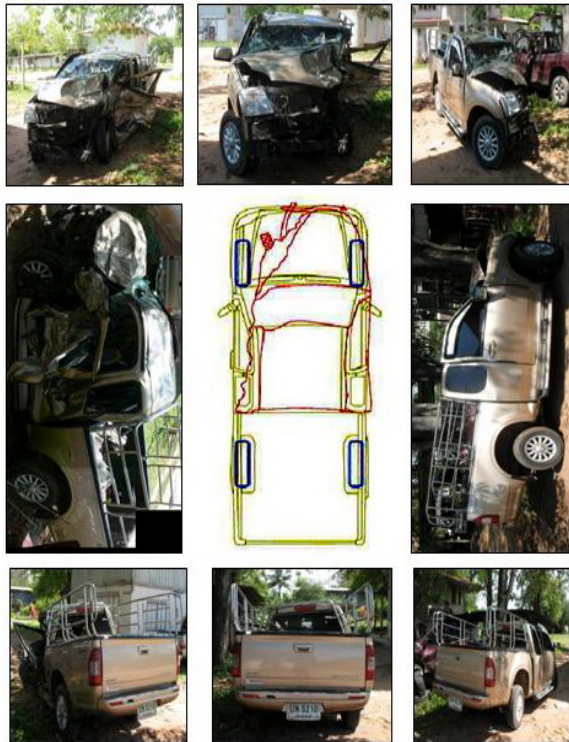
Model Comparison Item	Pick up (Unit 1)	Pick up (Unit 2)
Wheel base mm.	3050	3010
Overall Length mm.	5020	4790
Overall Height mm.	1640	1623
Overall width mm.	1720	1650
Track width mm.	1460	1405
Front Overhang mm.	745	620
Rear Overhang mm.	1225	1160
CG to front of vehicle mm.	1965	1644
CG to rear of vehicle mm.	3055	2966
CG to center of midpoint of front wheel vehicle mm.	1220 (0.4)	1024 (0.4)
CG to center of midpoint of rear wheel vehicle mm.	1830 (0.6)	1806 (0.6)
Standard Curb Weight Kg	1495	1495
Front Suspension	Independent	Independent
Rear Suspension	Solid Axe	Solid Axe
Fuel capacity Lite	70	70



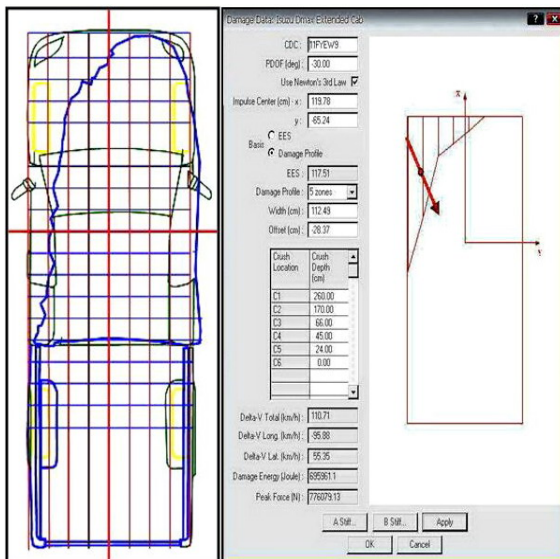
รูปที่ 6 การเก็บข้อมูลการยุบตัวของยานพาหนะ

4.2 ผลการวิเคราะห์

ในการใช้ซอฟต์แวร์ EDCRASH คำนวณการชนโดยการป้อนข้อมูลส่วนของรายละเอียดของร่องรอยความเสียหาย (Damage Profile) จากข้อมูลในกรณีศึกษา โดยซอฟต์แวร์ได้ทำการคำนวณแสดงผลค่าของความเร็วที่เปลี่ยนแปลง (ΔV) พลังงานความเสียหายที่ยานพาหนะได้ดูดซับไว้ทั้งสองคัน (Damage Energy) แรงการปะทะสูงสุดที่ยานพาหนะ



รูปที่ 7 ความเสียหายของยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุ



รูปที่ 8 การนำเข้าข้อมูลลงในซอฟต์แวร์ EDCRASH

ทั้งสองได้รับ (Peak Force) โดยแบ่งผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

4.2.1 Unit 1

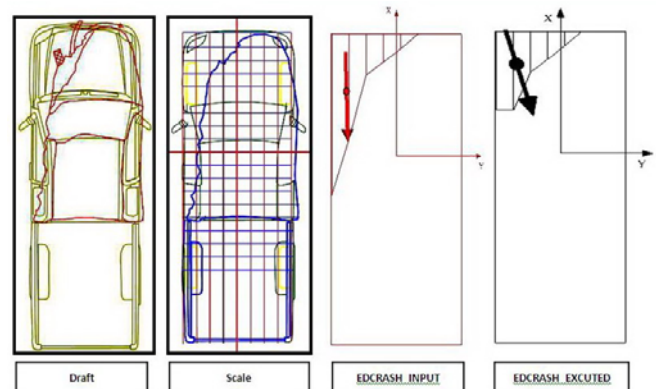
Unit 1 ได้แล่นมาเกิดการปะทะกันกับ Unit 2 ในลักษณะท้ายปัดขึ้นหมุนไป มีความเร็วเปลี่ยนแปลงขณะเกิดการชน (ΔV) อยู่ที่ 60.2 Kph โดยแสดงผลค่าของพลังงานความเสียหายที่ได้ดูดซับไว้เท่ากับ 275140.33 Joule แรงการปะทะสูงสุดที่ได้รับเท่ากับ

537610 N โดยร่องรอยความเสียหายของ Unit 1 มีความสอดคล้องในทิศทางการยุบตัวกับร่องรอยความเสียหายที่ได้ทำการวัดจากข้อมูลจริงโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการยุบตัวโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 12.7 โดยแสดงในตารางที่ 3 รูปที่ 9 และ 11 ตามลำดับ

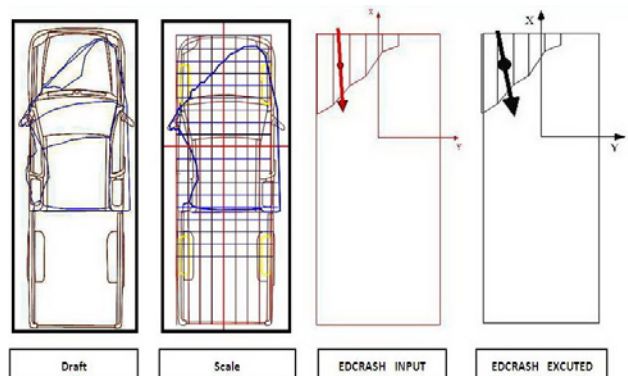
4.2.2 Unit 2

Unit 2 ได้แล่นมาเกิดการปะทะกันกับ Unit 1 ในลักษณะหมุนเหวี่ยงจนทิศทางย้อนกลับและมีความเร็วเปลี่ยนแปลงขณะเกิดการชน (ΔV) อยู่ที่ 68.5 Kph โดยค่าของพลังงานความเสียหายที่ได้ดูดซับไว้เท่ากับ 281533.18 Joule แรงการปะทะสูงสุดที่ได้รับเท่ากับ 574387.11 N โดยร่องรอยความเสียหายของ Unit 2 มีความสอดคล้องในทิศทางการยุบตัวกลับร่องรอยความเสียหายที่ได้ทำการวัดจากข้อมูลจริงโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการยุบตัวโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 4.2 โดยแสดงในตารางที่ 4 รูปที่ 10 และ 12 ตามลำดับ

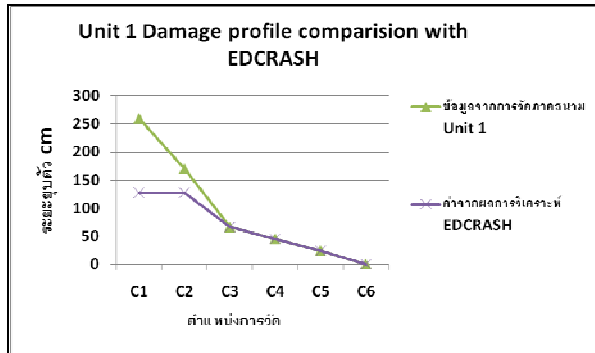
ตารางที่ 5 แสดงถึงผลการวิเคราะห์ทั้งหมดของซอฟต์แวร์ EDCRASH



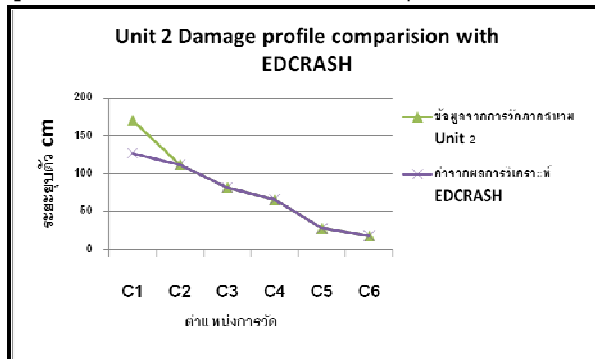
รูปที่ 9 ผลวิเคราะห์ร่องรอยความเสียหายของ Unit 1



รูปที่ 10 ผลวิเคราะห์ร่องรอยความเสียหายของ Unit 2



รูปที่ 11 กราฟผลการวิเคราะห์การยุบตัวของ Unit 1



รูปที่ 12 กราฟผลการวิเคราะห์การยุบตัวของ Unit 2

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์การยุบตัวของ unit 1 จากซอฟต์แวร์ EDCRASH กับข้อมูลจริง

ตำแหน่ง	ระยะยุบตัว (cm)		
	Unit 1	EDCRASH	%
C1	260	127	-51.2
C2	170	127	-25.3
C3	66	66	0
C4	45	45	0
C5	24	24	0
C6	0	0	0
Error %			-12.7

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์การยุบตัวของ unit 2 จากซอฟต์แวร์ EDCRASH กับข้อมูลจริง

ตำแหน่ง	ระยะยุบตัว (cm)		
	Unit 1	EDCRASH	%
C1	170	127	-25.3
C2	112	112	0
C3	82	82	0
C4	66	66	0
C5	28	28	0
C6	18	18	0
Error %			-4.2

ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์ของซอฟต์แวร์ EDCRASH

Unit & Item	Unit 1	Unit 2
	EDCRASH;EXCUTED	EDCRASH;EXCUTED
CDC	11FYEW9	11FYEW7
PDOF(deg)	-15.00	-15.00
Delta-V Total (km/h)	60.20	68.5
Damage Energy (Joule)	275140.00	281533.18
Peak force (N)	537610.01	574387.11
Position		
Impact, x (m)	18.68	16.00
Impact, y (m)	7.25	7.70
Impact, heading (deg)	185	0
Separation, X (m)	18.68	16
Separation, y (m)	7.25	7.25
Separation, Heading (deg)	185	0
Separation, Ang (deg)	-121.25	30.68
Separation, Vtotal (Km/h)	7.33	15.36
Separation, Ang Vel (deg/sec)	-115.62	168.8
Final/Rest, x (m)	17.8	20.1
Final/Rest, y (m)	5.8	11.73
Final/Rest, heading (deg)	120	180
Final/Rest, Vtotal	0	0
Rot/lat Skid	yes	yes
Impact-to-rest Rotation (deg)	-64.99	180
Rotation direction	Counter-Clockwise	Clockwise

5. สรุป

จากการใช้ซอฟต์แวร์ EDCRASH ในการวิเคราะห์การชนของยานพาหนะ ณ ตำแหน่งเกิดเหตุ ดังข้อมูลที่มีรายละเอียดในหัวข้อ 4.1 นั้น ค่า ΔV ขณะชนของยานพาหนะ Unit 1 และ Unit 2 มีค่าเท่ากับ 60.2 และ 68.5 km/h ตามลำดับ และสามารถนำไปใช้กำหนดแนวทางการลดความรุนแรงของอุบัติเหตุ เช่น สามารถกำหนดความเร็วสูงสุดของยานพาหนะในแต่ละประเภทเพื่อสอดคล้อง ต่อ ΔV ที่จะไม่ทำให้เกิดความรุนแรงระดับสูงตลอดจนสามารถนำค่า ΔV นี้ คำนวณหาค่าความเร็วก่อนชนได้อีกซึ่งจะทำให้ทราบถึงว่าผู้ขับขี่ด้วยความเร็วเท่าไรซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่องานทางด้านวิศวกรรมจราจร

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำวิจัยขอขอบคุณสำนักนโยบายและแผนการขนส่งจราจรทางบก กระทรวงคมนาคมที่

สนับสนุนงบประมาณเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร. พนกฤษณ คลังบุญครอง หัวหน้าหน่วยสืบสวนอุบัติเหตุฯ ที่ให้ความอนุเคราะห์ซอฟต์แวร์ EDCRASH คุณ อรรถกร สาละ และ คุณ เสกสรร บุญฉวี เจ้าหน้าที่หน่วยสืบสวนอุบัติเหตุเชิงลึก มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ทำให้การเก็บข้อมูลวิจัยเป็นไปด้วยความถูกต้องและเรียบร้อย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Brian G. McHenry (2001) THE ALGORITHM OF CRASH, McHenry Software, Inc. SECCC Presentation
- [2] Nance, M.L., et al (2006) "Delta V as a Predictor of Significant Injury for Children Involved in Frontal Motor Vehicle Crashes" *Annals of Surgery, Volume 243, Number 1, January 2006* Lippincott Williams & Wilkins, Inc.
- [3] อรรถกร สาละ (2552). การสืบสวนอุบัติเหตุจราจรเชิงลึก : กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย
- [4] Randall, K.N. (1994). *Engineering Analysis of Vehicular Accidents*, ISBN 0-8493-8104-5 CRC Press .
- [5] River, R.W. (1995). *"Training and Reference Manual for Traffic Accidents Investigation 2nd Edition"* Institute of Police Technology and Management, University of North Florida.
- [6] River R.W.(1999). *"Traffic Accident Investigators and Reconstructionist Book of Formulae and Tables 2nd Edition"* CHARLES C THOMAS PUBLISHER,LTD. ISBN 0-398-06972-7
- [7] MILAN BATISTA,TONE MAGISTER,LEON BOGDANOVIC "COMPUTER BASED ROAD ACCIDENTRECONSTRUCTION EXPERIENCES" University of Ljubljana Faculty of Maritime Studies and Transport Transport Safety Laboratory Pot pomorščakov 4, SI- 6320 Portoroz, Slovenija
- [8] Lenard, J. 'The Statistical Accuracy Of Delta-V In Systematic' Vehicle Safety Research Centre Loughborough University.
- [9] HVE-2D *"Human Vehicle Environment version 5 (2006), 8rd Edition"* Engineering Dynamic Corporation USA.
- [10] EDCRASH (1994) *"Training Manual"* Engineering Dynamic Corporation USA.