

การทดลองเสมือนเพื่อประเมินชีพจรการชนสำหรับคุณค่าทางด้านการชน ของยานยนต์โดยการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้น

Virtual Experiment for Assessing Crash Pulse in Automobile Crashworthiness via Nonlinear Finite Element Analysis

ทวีภทร์ บุณยธิตี

สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140
E-mail: thaweapat.bur@kmutt.ac.th

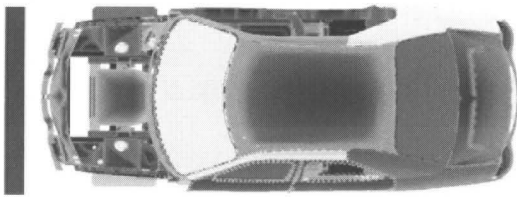
ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอย่างมาก โดยยานยนต์หนึ่งๆมีคุณค่าหลายๆด้าน เช่น ทางด้านความสวยงามเสริมฐานะ (Status) ทางด้านสมรรถนะ (Performance) ทางด้านการประหยัดน้ำมัน (Fuel Efficiency) และทางด้านการปลอดภัย (Safety) โดยเฉพาะจากอุบัติเหตุการชน (Crash Accident) บทความนี้จะเน้นไปที่คุณค่าทางด้านการชน (Crashworthiness) ของยานยนต์ประเภทหนึ่ง

ด้วยเหตุที่ว่าในปัจจุบันนี้รถยนต์ มีสมรรถนะสูงสามารถขับเคลื่อนได้ด้วยความเร็วสูง ประกอบกับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลบั่นทอนความสามารถในการควบคุมยานยนต์นั้น ทำให้อาจเกิดอุบัติเหตุรถชนขึ้นโดยไม่คาดหมาย ซึ่งบ่อยครั้งที่ความเสียหายนั้นจะรวมไปถึงการบาดเจ็บ และการสูญเสียชีวิตของผู้โดยสารอันประเมินค่ามิได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาโครงสร้างของยานยนต์ ว่ามีความสามารถในการปกป้องผู้โดยสารเพียงใดเมื่อเกิดอุบัติเหตุรถชนขึ้นทั้งนี้สามารถเห็นตัวอย่างได้ในประเทศที่พัฒนาแล้ว ว่าได้มีการกำหนดแนวทางการความปลอดภัย เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคแต่เนื่องด้วยการประเมินความปลอดภัย ของผู้โดยสารจากสภาวะการชนเป็นการทดสอบแบบทำลาย (Destructive Test หรือ DT)

และการทดลองการชนของรถยนต์ แต่ละครั้งมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ซึ่งถือได้ว่าเป็นภาระหนักแต่ก่อนข้างขอบรรณอื่นหนึ่งแก่ทางผู้ผลิต เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมยังคงไว้ซึ่งความสามารถในการแข่งขัน จึงมีความจำเป็นในการนำเอาเทคโนโลยีการทดลองเสมือน (Virtual Experiment) ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear Finite Element Method) เข้ามาใช้เพื่อทดสอบความสามารถของยานยนต์แต่ละแบบ เพื่อลดค่าใช้จ่ายให้ต่ำ และเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ของอุตสาหกรรมภายในประเทศและความปลอดภัยของผู้บริโภคควบคู่กันไป

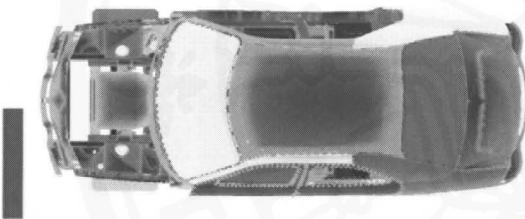
1. การชนของยานยนต์ (Automotive Crash)

การชนของยานยนต์โดยทั่วไปนั้น อาจสามารถทำการแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆได้ 3 ประเภท ดังนี้ (1) การชนด้านหน้าแบบเต็มหน้ารถ (Full Frontal Crash) แสดงในรูปที่ 1, (2) การชนด้านหน้าแบบไม่เต็มหน้ารถ (Offset Frontal Crash) แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแบบไม่เต็มหน้ารถนี้พบว่าสร้างความเสียหายให้กับรถยนต์ส่วนใหญ่มากกว่า (ข้อมูลจาก US Department of Transportation [1] และ [2]) และ (3) การชนด้านข้างของรถยนต์ (Side Crash)



รูปที่ 1 ตัวอย่างการชนด้านหน้าแบบเต็มหน้ารถ (Full Frontal Crash)

การประเมินการยอมรับได้ เนื่องจากการชนโดยทางขวางในอเมริกานั้น จะทำการประเมินว่ามีความน่าจะเป็นมากเพียงใดที่จะก่อให้เกิดการบาดเจ็บอย่างรุนแรง ต่อตัวตุ๊กตา (Dummy) แทนผู้โดยสารจริง สำหรับการชนด้านหน้าแบบเต็ม ได้กำหนดความเร็วมาตรฐานในการวิเคราะห์อยู่ที่ 35 ไมล์ต่อชั่วโมงหรือ ประมาณ 55 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



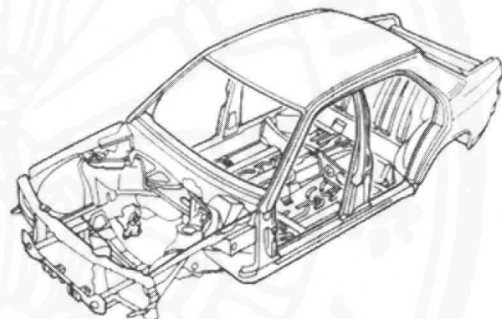
รูปที่ 2 ตัวอย่างการชนด้านหน้าแบบไม่เต็มหน้ารถ (Offset Frontal Crash)

นอกจากนี้ยังมีสถานการณ์อุบัติเหตุที่สำคัญซึ่งเกิดจากการพลิกคว่ำ (Roll Over) ที่มักเกิดขึ้นกับรถยนต์ขนาดใหญ่ เช่น รถยนต์แบบ Sport Utility Vehicle (SUV) ที่เป็นข่าวสำคัญระหว่างประมาณปี ค.ศ. 2000-2005 เป็นต้น ซึ่งในการวิเคราะห์ชนิดนี้มีความจำเป็นต้องนำเอาทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability) เข้ามาร่วมวิเคราะห์ด้วย เนื่องจากมีสถานการณ์และเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการทดสอบโดยใช้สถานการณ์จริงมีความจำเป็นต้องทำการทดลองหลายๆ ครั้ง ซึ่งในขณะนี้ยังไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจนและเป็นที่ยอมรับสำหรับการทดลองประเภทนี้

2. การทดสอบการชน (Crash Test)

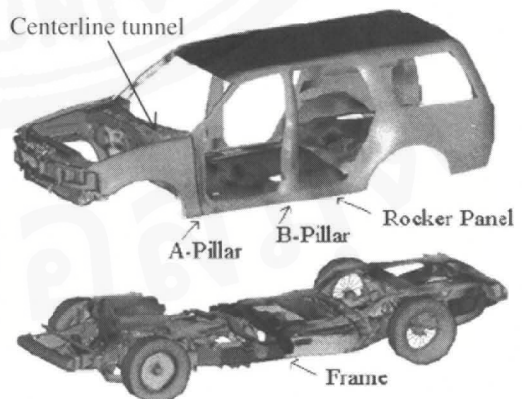
ในการทดสอบการชน มักจะใช้การวัดค่าความเร่ง (Acceleration) กับเวลาระหว่างการชน เป็นตัวแปรในการแสดงลักษณะเฉพาะของ แต่ละการชน (Crash Characteristics) เปรียบเหมือนลายมือชื่อของแต่ละบุคคลในการชี้เฉพาะ [3] ซึ่งทำให้เรียกปริมาณนี้ว่า ชีพจรการชน (Crash Pulse) หรือ ลายมือชื่อการชน (Crash Signature)

โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างของยานยนต์มีอยู่ 2 ชนิด คือ (1) ตัวถังแบบชิ้นเดียว (Unitized Body) ดังรูปที่ 3 ไม่มีโครงรถแยกต่างหาก ตัวถังมักทำจากโลหะแผ่นปั๊มขึ้นรูปแล้วนำมาเชื่อมเข้าด้วยกัน มักพบในยานยนต์ขนาดเล็กถึงกลาง



รูปที่ 3 ตัวถังแบบชิ้นเดียว (จาก [4])

(2) ตัวถังบนโครงรถ (Body on Frame) ดังรูปที่ 4 ตัวโครงรถทำจากท่อหน้าตัดต่างๆเชื่อมเข้าด้วยกัน มักพบในยานยนต์ขนาดใหญ่ หรือ รถบรรทุก



รูปที่ 4 ตัวถังบนโครงรถ (จาก [3])

ในการวิเคราะห์การชนนั้น จะมีการวางตำแหน่ง Sensor ที่จุดสำคัญหลายๆจุด เช่น พวงมาลัย (Steering Wheel) ช่องเส้นกลางในส่วนของผู้โดยสาร (Centerline Tunnel in Passenger Compartment) รางโครงด้านซ้ายและด้านขวาบริเวณข้างหน้า (Front Left/Right Frame Rails) ชิ้นส่วน Rockers ทั้งด้านซ้ายและขวาที่แกน A (A-pillar) และ ที่แกน B (B-pillar) ดังแสดงในรูปที่ 4 เป็นต้น

3. การจำลองสถานการณ์การชน (Crash Simulation)

การสร้างแบบจำลอง เพื่อการทดสอบเสมือนนี้ จำเป็นต้องเริ่มจากการสร้างแบบจำลอง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท Computer-Aided Design (CAD) เนื่องจากความซับซ้อนของรูปแบบของแต่ละชิ้นส่วน และ นอกจากนี้ นี้อยู่ละเอียดของแต่ละชิ้นส่วนโครงสร้างก็มีจำนวนมาก ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างของแบบจำลองสำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคลแบบกะทัดรัด (Compact Car) ในรูปที่ 1 โดยในการสร้างแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์การชนนี้ไม่มีความจำเป็นต้องให้มีความละเอียด และ แม่นยำสูงมากเหมือนกับ แบบจำลองที่จะนำไปออกแบบสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปทำให้ ชิ้นส่วน หรือ โครงสร้างบางชนิดก็สามารถสร้างให้เป็นรูปทรงเรขาคณิต อย่างง่าย เช่น เครื่องยนต์เป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยม เป็นต้น แต่ จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับชิ้นส่วน โครงสร้างมากเป็นพิเศษ เนื่องจากการสร้างแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านโครงสร้าง

การสร้างแบบจำลองการชนของรถยนต์นั้น ถือได้ว่าเป็นงานที่ท้าทายอันหนึ่ง เนื่องจากมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ดังเห็นได้จากงานของ Belytschko and Mish [5] ซึ่งจัดประเภทการแก้ปัญหาชนิดนี้อยู่ในระดับที่มีความยากมากในการสร้างแบบจำลอง โดยการพิจารณาจาก ความเรียบ (Smoothness) และเสถียรภาพ (Stability) ของผลลัพธ์ (Solution) ความละเอียด (Resolution) ที่ต้องการ ความไม่แน่นอนของภาระกระทำ (Loading Uncertainty) เงื่อนไขค่าขอบเขต (Boundary

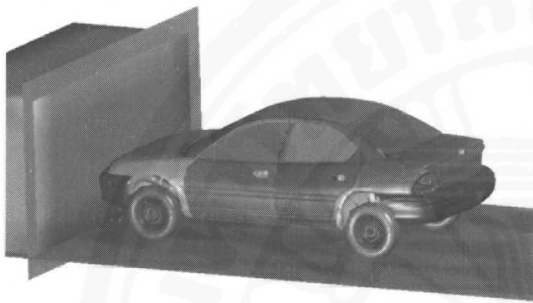
Conditions) เงื่อนไขค่าเริ่มต้น (Initial Conditions) และ สมการส่วนประกอบของวัสดุ (Material Constitutive Equation) ที่ยังไม่สมบูรณ์

การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับการชนซึ่งตัวระบบเป็นแบบไม่เชิงเส้นอย่างมากนั้น ตัวระเบียบวิธีการคำนวณที่เป็นที่ยอมรับในขณะนี้ คือ วิธีแบบชัดแจ้ง (Explicit Scheme) เนื่องจากตัวปัญหามีลักษณะพลวัต (Dynamics) มาก ส่วนระเบียบวิธีแบบปริยาย (Implicit Scheme) นั้นจะเหมาะสมกับระบบที่มีลักษณะเสมือนสถิตย์ (Quasi-static) มากกว่า และโดยส่วนใหญ่แล้วจะทำให้ต้นทุนในด้านการคำนวณมีค่าสูงมาก ในลักษณะการเพิ่มขึ้นแบบกำลังสอง (Quadratic) กับขนาดของแบบจำลอง ในขณะที่วิธีแบบชัดแจ้ง (Explicit Scheme) จะมีการเพิ่มต้นทุนการคำนวณเป็นแบบเชิงเส้นที่มีความเหมาะสมกว่า [6]

ในการสร้างแบบจำลองโครงสร้างของ รถยนต์นั้น ชนิดของเอลิเมนต์แบบเปลือก (Shell Element) ซึ่งเป็นเอลิเมนต์โครงสร้าง (Structural Element) ที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในขณะนี้ คือ รูปแบบของ Belytschko *et al.* [7] ที่มีสมการรูปร่างแบบเชิงเส้น (Linear Shape Function) โดยใช้การอินทิเกรตหนึ่งจุด (One-Point Integration) ร่วมกับการควบคุมที่เรียกว่า “Hourglass Control” ตัวสมการของวัสดุจะเป็นแบบอีลาสโตพลาสติก (Elasto-Plastic) ที่เปลี่ยนรูปแบบ Isotropic Hardening แบบจำลองนี้ยังได้รับการยอมรับอยู่มาก เนื่องจากความง่ายของตัวแบบจำลอง ทำให้ลดปัญหาทางด้านเสถียรภาพของการคำนวณ (Computational Stability)

สำหรับปัญหาการกระแทกระหว่างวัตถุจำเป็นต้องมีการใช้เอลิเมนต์ผิวหน้าร่วม (Interface Element) เพื่อให้การวิเคราะห์การกระทำระหว่างกันเป็นไปได้ [6] โดยอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ (1) การชนของวัตถุที่เปลี่ยนรูปได้ (Deformable Body) กับวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid Body) ซึ่งจะกำหนดให้เป็น Slave Element และ Master Element ตามลำดับ เช่น การชนของรถยนต์กับกำแพง เป็นต้น และ (2) การชนระหว่างวัตถุที่เปลี่ยนรูปได้ เช่น การ

ชนกันของรถยนต์ 2 คัน เป็นต้น การสร้างแบบจำลองด้านการกระแทกนั้นยังแบ่งออกเป็น (1) Soft Contact และ (2) Hard Contact โดย Soft Contact มีปัญหาทางด้านการคำนวณที่น้อยกว่า แต่ความแม่นยำของการวิเคราะห์ก็ขึ้นอยู่กับตัวแปรลงโทษ (Penalty Parameter) เป็นอย่างมาก สำหรับ Hard Contact นั้น อาจจะทำให้ปัญหาไม่ลักษณะไม่เชิงเส้นสูงมากยิ่งขึ้น



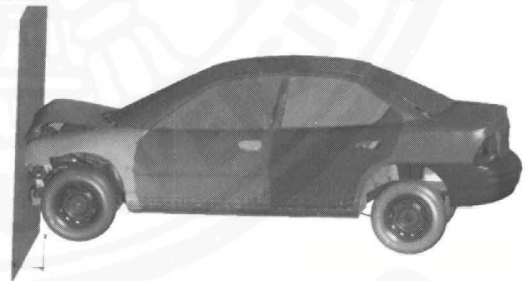
รูปที่ 5. การจำลองสถานการณ์การชนเริ่มต้น

สำหรับภาวะเริ่มต้นของการจำลองสถานการณ์การชนของบทความนี้แสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากการสร้างแบบจำลองการชนเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงมีการลดรายละเอียด และขนาดของแบบจำลองให้ง่ายขึ้น (Model Simplification) โดยรูปแบบจำลองนำมาจากรถยนต์รุ่น Neon ที่มีขนาดโดยประมาณ 4390x1715x1421 มิลลิเมตร ซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นค่าเปรียบเทียบ (Benchmark) กับเวลาในการคำนวณในระดับสากล การจำลองสถานการณ์นี้ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบชัดแจ้ง (Explicit) เนื่องจากมีปัญหาทางด้านการลู่เข้าน้อย โดยโปรแกรม VPG [8] และ LS-DYNA [9] เนื่องจากในระบบนี้มีชิ้นส่วนจำนวนมาก จึงไม่สามารถแสดงออกมาให้เห็นแต่ละชิ้นส่วนได้ ข้อมูลต่อไปนี้เป็นภาพรวมของแบบจำลอง ความเร็วเริ่มต้นของรถยนต์คิดที่ 15.75 เมตรต่อวินาที หรือ 56.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วิเคราะห์เฉพาะช่วง 30 มิลลิวินาทีแรกของการชน ชิ้นส่วนโครงสร้างส่วนใหญ่ใช้เอลิเมนต์แบบเปลือก (Shell) ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นยึดติดกันด้วยเอลิเมนต์เชื่อมแบบจุด (Spot Weld Element) ทั้งแบบจำลองมี 324 ชิ้นส่วน 291,206 โหนด และ 535,070 เอลิเมนต์ สำหรับการแสดงผลให้เก็บข้อมูลทุก 0.05 มิลลิวินาที

สมบัติของแบบจำลองวัสดุที่ใช้ ประกอบไปด้วย ทฤษฎีสภาพพลาสติก (Plasticity) อย่างง่ายที่แสดงเส้นการไหล (Flow Curve) แบบเส้นตรงสองเส้น (Bilinear Material หรือ Piecewise Linear Plasticity) สำหรับวัสดุที่มีสมบัติยืดหยุ่นจะใช้กฎของฮุก (Hooke's law) วัสดุที่ยืดเกือบบีบอัดไม่ได้ (Nearly Incompressible) จะใช้แบบจำลองของ Blatz-Ko ที่จำกัดค่าสัดส่วนปัวซอง (Poisson's ratio) ไว้ที่ 0.463 นอกจากนี้ยังใช้แบบจำลองวัสดุประเภทรังผึ้ง (Honeycomb) หรือแบบโฟม วัสดุที่มีลักษณะเป็นสปริง (Spring) และตัวหน่วง (Damper) ที่ต่อกันแบบที่มีระดับความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) เพียง 1 ตัวแปร

4. ผลการวิเคราะห์ (Analysis Results)

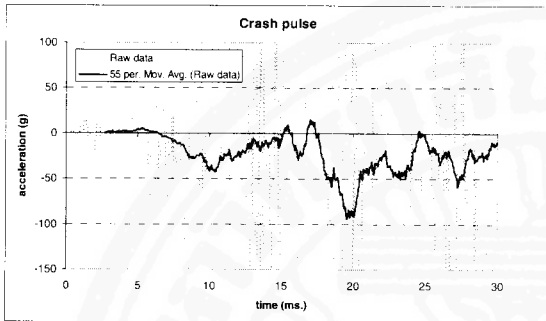
แบบจำลองสถานการณ์การชน ดังที่กล่าวมาแล้วนั้นใช้เวลาในการคำนวณประมาณ 20 ชั่วโมงด้วยตัวประมวลผล Intel Xeon 3.20 GHz ที่มี RAM 1 GB ในเบื้องต้นสามารถพิจารณาผลการวิเคราะห์ ในระดับมหภาค (Macro Scale) เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนรูป (Deformation) ของแบบจำลองยานยนต์ที่สนใจดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปลี่ยนรูปของแบบจำลองสถานการณ์การชน

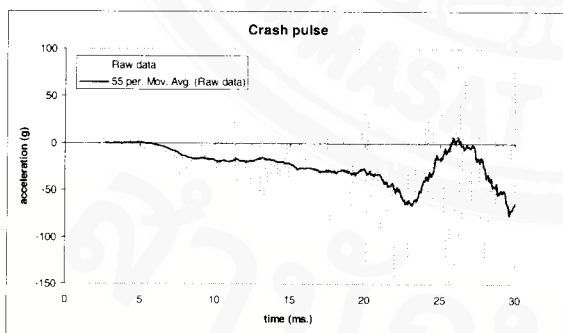
เนื่องจากการวิเคราะห์ ในระดับมหภาคโดยดูการเปลี่ยนรูปนี้ยากต่อการขยายไปสู่ การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) ดังนั้นจึงพิจารณาการชน (Crash Pulse) จึงมีความเหมาะสมมากกว่า เพื่อให้เห็นลักษณะจำเพาะของการชนที่สนใจนี้ ได้ทำการแสดงความสัมพันธ์ของความเร่ง (หน่วยเป็น g) กับเวลาในทิศทางตามแนวชน เนื่องด้วยมีจำนวนจุดในระบบจำนวนมาก ทำให้ต้องมีการ

เลือกนำเสนอจุดที่สำคัญ ซึ่งในบทความนี้ได้เลือกมา 3 จุด ซึ่งอยู่ในตำแหน่งหลักที่กล่าวมาแล้ว ในส่วนการทดสอบ การชน ดังแสดงใน รูปที่ 7 สำหรับ Centerline Tunnel in Passenger Compartment รูปที่ 8 สำหรับ Left Rocket at B-Pillar และ รูปที่ 9 สำหรับ Right Rocket at B-Pillar

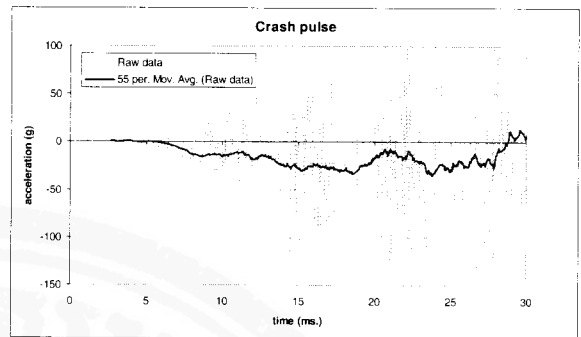


รูปที่ 7 ซัพพการชนที่ Centerline Tunnel in Passenger Compartment

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าบริเวณห้องโดยสารเริ่มที่จะได้รับผลกระทบของแรงกระแทกตั้งแต่ 3 มิลลิวินาทีที่เริ่มมีการชนเกิดขึ้น ทั้งนี้ข้อมูลดิบ (Raw Data) ที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีสัญญาณรบกวน (Noise) มาก ซึ่งจะต้องทำการกรองสัญญาณรบกวนออก ในบทความนี้ได้ใช้เทคนิคค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Technique) ที่ช่วง 55 จุด

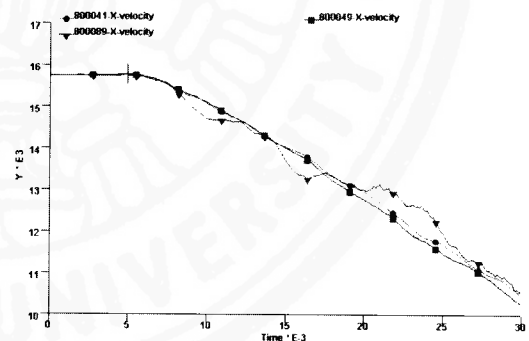


รูปที่ 8 ซัพพการชนที่ Left Rocket at B-pillar



รูปที่ 9 ซัพพการชนที่ Right Rocket at B-pillar

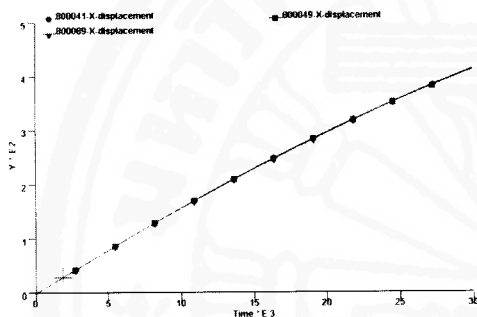
จากรูปที่ 7 ถึง 9 แสดงให้เห็นว่าบริเวณตอนท้ายของรถยนต์จะได้รับผลจากการกระแทกน้อยกว่าตอนหน้า ดังเห็นได้จากขนาดของซัพพการชนที่ต่ำกว่า การนำข้อมูลเหล่านี้ไปประเมินผลกระทบต่อผู้โดยสารจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์แยกเป็นกรณีไป เช่น สำหรับศีรษะหน้าอก เป็นต้น ตามมาตรฐาน เช่น SAE J211 (SAE Recommended Practice on the “Instrumentation for Impact Tests”)



รูปที่ 10 ความเร็ว (Velocity) ของทั้งสามจุดขณะชน

นอกจากแสดงผลวิเคราะห์ในรูปซัพพการชนแล้ว ยังสามารถพิจารณาที่ความเร็ว (Velocity) ได้ดังแสดงในรูปที่ 10 จากรูปแสดงความเร็วของรถยนต์ซึ่งยังไม่เป็นศูนย์เนื่องจากขณะนั้นรถยนต์ยังไม่หยุดนิ่ง อย่างไรก็ตาม

เพราะว่าช่วงเวลาวิกฤต ที่มีผลกระทบต่อโครงสร้างนั้นอยู่ในช่วง 30 มิลลิวินาทีแรก ดังนั้นเวลาที่เหลือจึงไม่จำเป็นต้องนำมาวิเคราะห์ต่อ นอกจากนี้จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย สำหรับการพิจารณาความเร็วในการทำงานเดียวกันถ้าพิจารณาที่การขจัด (Displacement) ก็แทบจะไม่เห็นความแตกต่างเลย ดังแสดงใน รูปที่ 11 ในขณะที่จะเห็นความแตกต่าง ทางด้านความเร่งของทั้งสามจุดเป็นอย่างมาก



รูปที่ 11 การขจัด (Displacement) ของทั้งสามจุดขณะชน

5. อภิปรายและหมายเหตุสรุป (Discussions and Concluding Remarks)

การจำลองสถานการณ์การชน เป็นระบบใหญ่มาก จึงมีความจำเป็น ที่จะต้องมีการลดขนาดของแบบจำลองลงค่อนข้างมาก มีการใช้แบบจำลองสมบัติของวัสดุให้เป็นแบบเส้นตรงสองเส้น (Bilinear Material) การกำหนดให้วัสดุโครงสร้างอยู่ในสภาวะไร้มลทิน (Virgin State) และข้อกำหนดอื่นๆอีกมาก ซึ่งแน่นอนว่าย่อมมีผลต่อความถูกต้องของการพยากรณ์ อย่างไรก็ตามข้อสมมติฐานเหล่านี้ได้รับการยอมรับในทางปฏิบัติ เพื่อให้ทราบถึงค่าความปลอดภัยอย่างพอสังเขปของยานยนต์ที่สนใจ โดยที่ค่าใช้จ่ายทางด้านการสร้างและการวิเคราะห์แบบจำลองไม่มากนักเกินไป ซึ่งในอนาคตเมื่อคอมพิวเตอร์มีความเร็วมากขึ้น การออกแบบยานยนต์ก็必将มีการรวมศูนย์การออกแบบแบบบูรณาการ (Integrated Design) มากขึ้น ทำให้ลดขั้นตอนการแปลงข้อมูล เมื่อถึงตอนนั้นแบบจำลอง

วิเคราะห์คุณค่าทางด้านการชน (Crashworthiness) ก็จะมี ความสมบูรณ์มากขึ้น

ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า โครงสร้างของรถยนต์ส่วนใหญ่ผลิตขึ้นมาจากการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) ของงานโลหะแผ่น เช่น การขึ้นรูปของซุ้มล้อ (Wheelhouse) ของรถยนต์ค่าย Ford [11] เป็นต้น ดังนั้นการสร้างแบบจำลอง เพื่อการทดลองเสมือนในกรณีของการทดสอบการชน และการขึ้นรูปชิ้นงานในกระบวนการผลิตจึงจำเป็นต้องมีการเชื่อมโยงถึงกันที่ดี เช่น ในงานของ Huh et al. [12,13] และ Lee et al. [14] เป็นต้น แต่ในทางปฏิบัตินั้นเป็นไปได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากโครงสร้างยานยนต์ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนจำนวนมากที่ผ่านการปั๊มขึ้นรูป

การพิสูจน์แบบจำลอง (Model Validation) ตามแบบของ Buranathiti et al. [10] ในการวิเคราะห์ลักษณะนี้ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากต้นทุนการทดลองจริงแต่ละครั้งสูงมาก ดังนั้นจึงขอขยการอุปมา (Induction) เป็นลำดับว่า การชนนั้นคล้ายกับกระบวนการปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Stamping) ซึ่งถ้าเราใช้เทคโนโลยีแบบจำลอง ที่สามารถพยากรณ์การปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นได้อย่างถูกต้องแล้ว ย่อมหมายความว่า การพยากรณ์การชนย่อมมีค่าเข้าใกล้ความเป็นจริงมากด้วย อย่างไรก็ตามการกรองสัญญาณรบกวนโดยวิธีต่างๆ เช่น วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นต้น ก็ยังคงมีความสำคัญอยู่มาก

การนำเอาเทคโนโลยี ทางวิธี ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) มาใช้ในการจำลองสถานการณ์การชนมีผลดีต่อทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค นอกจากจะช่วยให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจมากขึ้นแล้ว ยังเป็นการเร่งให้ผู้ผลิตรถยนต์ทำการออกแบบที่ดีขึ้น เนื่องจากสามารถวิเคราะห์การชนควบคู่ไปในขั้นตอนการออกแบบได้ โดยที่เสียค่าใช้จ่ายในการออกแบบและวิเคราะห์น้อยลง ทำให้การทดสอบกับตัวรถจริงอาจจะไม่ต้องทำในทุกกรณี หรือลดจำนวนลง ถึงแม้ว่าการสรุปออกมาเป็นดัชนีชี้วัด (Key Performance Index, KPI) จะทำได้ยาก แต่การทดสอบเสมือนนี้สามารถแสดงแนวโน้มเชิงคุณภาพ (Qualitative

Trend) ว่าโครงสร้างหนึ่งดีกว่าหรือเหนือกว่าโครงสร้างอีกแบบหนึ่งได้

6.กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณ Engineering Technology Associates Inc. (ETA) จาก USA สำหรับการสนับสนุนโปรแกรม VPG และ LS-DYNA และขอขอบคุณทุนวิจัย มจร. สำหรับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายบางส่วนของงานวิจัยนี้

7.เอกสารอ้างอิง (Reference)

- [1] <http://www.nhtsa.dot.gov/cars/testing/ncap/Info.htm#iq9> [March 11, 2007]
- [2] Mizuno, K., Wani, K., and Yonezawa, H., Vehicle Crashworthiness in Full and Offset Frontal Impact Tests, JSAE Review, Vol. 24; pp. 173-181, 2003.
- [3] Huang, M., Vehicle Crash Mechanics, CRC Press, Boca Raton, 481p, 2002.
- [4] <http://www.marcotraverso.it/spaceframe/images/1/1984-190.jpg> [March 11, 2007]
- [5] Belytschko, T., and Mish, K., Computability in Non-linear Solid Mechanics, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 52; pp. 3-21, 2001.
- [6] Belytschko, T., Liu, W.K., and Moran, B., Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, Wiley, 2000.
- [7] Belytschko, T., Lin, J.I., and Tsai, C.S., Explicit Algorithms for One Point Quadrature Shell Element, Computational Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 42; pp. 225-251, 1984.
- [8] ETA, VPG User's Manual Version 3.1, 2006.
- [9] LSTC, LS-DYNA User's Manual Version 971, 2006.
- [10] Buranathiti, T., Cao, J. Chen, W. Baghdasaryan, L., and Xia., Z.C., Approaches for Model Validation: Methodology and Illustration on a Sheet Metal Flanging Process. ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol. 128; pp. 588-597, 2006.
- [11] Buranathiti, T., Cao, J., Xia, Z.C., and Chen, W., Probabilistic Design in a Sheet Metal Stamping Process under Failure Analysis, The 6th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet Forming Processes NUMISHEET2005, Detroit, Michigan, 2005.
- [12] Huh, H., Kim, K.P., Kim, S.H., Song, J.H., Kim, H.S., and Hong, S.K., Crashworthiness Assessment of Front Side Members in an Auto-body Considering the Fabrication Histories, International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 45; pp. 1645-1660, 2003.
- [13] Huh, H., Song, J-H, Kim, K-P, and Kim, H-S., Crashworthiness Assessment of Auto-body Members Considering the Fabrication Histories, NUMISHEET 2005, Detroit, MI, August 15-19, 2005.
- [14] Lee, S.-H., Han, C.-S., Oh, S.-I., and Wriggers, P., Comparative Crash Simulations Incorporating the Results of Sheet Forming Analyses, Engineering Computations, Vol. 18; pp. 744-758, 2001.