ร่องรอยการปะทะของลูกกระสุนปืนบนเกราะเหล็กและเกราะผสมระหว่างเส้นใยเคปลาร์กับเหล็ก โดยวิธีสร้างรูปแบบการจำลองทางคอมพิวเตอร์และข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

Bullet Impact on Steel and Kevlar®/Steel Armor – Computer Modeling and Experimental Data*

510 702 สัมมนาสำหรับนิติวิทยาศาสตร์ 1 ภาคต้น ปีการศึกษา 2553

ผู้ให้สัมมนา ร้อยตำรวจโทหญิงเบญจ์ พุฒินิล รหัส 52312317

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

วัน เวลา สถานที่ ห้อง 4205 อาคารวิทยาศาสตร์ 4

บทคัดย่อ

ระบบปฏิบัติการวิเคราะห์ผลทางคอมพิวเตอร์ (Computer Hydrocode analyses) และการทดสอบทางขีปนวิธี สามารถนำมาค้นหาสิ่งที่เกิดขึ้นกับแผ่นเกราะเหล็ก โดยใช้กระสุนปืนที่มีหัวแบบทองแดงหุ้มตะกั่ว ที่นิยมใช้กันทั่วไปในสหรัฐอเมริกาและทั่วโลก การจำลองไฮโดรโคดสามารถคาดคะเนความหนาของแผ่นเหล็กได้อย่างแม่นยำซึ่งจะสามารถใช้ป้องกันการเข้าปะทะได้อย่างเต็มที่ โดยดูได้จากรูที่เข้าปะทะทางเรขาคณิต (ความลึกและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง) บนเกราะเหล็กที่มีความหนาสำหรับกระสุนขนาด .338 นิ้ว ใช้แบบจำลองไฮโดรโคดพัฒนาการผลิตเกราะเหล็ก การศึกษานี้จะใช้เกราะที่มีส่วนผสมเส้นใยเคปลาร์กับเหล็ก การวิเคราะห์ดังกล่าวจะใช้การออกแบบทดลองที่ห้องปฏิบัติการขีปนวิธีที่ Sandia National Laboratories.

การทดสอบในห้องปฏิบัติการขีปนวิธีให้ผลการทดสอบที่ดีมากในการเปรียบเทียบระหว่างการคาดคะเนผลโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ไฮโดคโคด สำหรับการเข้าปะทะของกระสุนบนแผ่นเกราะเหล็กและสามารถวัดขนาดรูที่เกิดขึ้นได้ในระหว่างการทดสอบ ส่วนการทดสอบกับเกราะผสมระหว่างเคปลาร์กับเหล็กนั้นใช้รูที่ปรากฏบนแผ่นเหล็กที่อยู่ถัดจากแผ่นเคปลาร์ช่วยในการตัดสินใจในการคาดคะเนเกราะเคปลาร์ได้ถูกต้องน้อยกว่าแผ่นโลหะ ผลที่ต่างกันนั้นมาจากการที่ไฮโดรโคดไม่สามารถคาดคะเนได้ในการบอกคุณลักษณะของเส้นใยเคปลาร์

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จะนำเสนอระบบการคาดคะเนผลการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ไฮโดรโคดและข้อมูลที่ได้ผลการทดลองจากการทดสอบขีปนวิธีในห้องปฏิบัติการ โดยใช้กระสุนปืนที่มีหัวทองแดงหุ้มตะกั่วในการทดสอบกับเกราะที่ทำจากวัตถุที่แตกต่างกัน ได้แก่ เหล็ก, เคปลาร์, เคปลาร์กับเหล็กผสมกัน.

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

1. Century Dynamics, AUTODYN User and Theory Manual, **2001**.
2. Nosler, Inc, Nosler Reloading Guide, **2002**.

บทนำ

การวิเคราะห์การเข้าปะทะและการออกแบบเกราะกันกระสุนในอดีตที่ผ่านมามีการออกแบบเพื่อใช้ในการป้องกัน โดยดูจากชนิดของหัวกระสุนปืน ดังเช่น แบบที่ใช้ทางการทหาร ได้แก่ หัวกระสุนแบบมีโลหะหุ้มและแบบเจาะเกราะ การศึกษาเสื้อเกราะก็จะเน้นศึกษาเสื้อเกราะเพื่อกันกระสุนแบบที่ใช้กับปืนพกสั้น ส่วนการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาผลกระทบที่เกิดจากกระสุนปืนไรเฟิลแบบล่าสัตว์แรงสูงเข้ากระทบต่อแผ่นเกราะเหล็กและแผ่นเกราะเคปลาร์

กระสุนปืนล่าสัตว์ที่ถูกเลือกมาศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ .338 Winchester Magnum ซึ่งเป็นกระสุนปืนที่มีใช้ทั่วไปในอเมริกาเหนือในเกมส์การล่าสัตว์ใหญ่ อาทิเช่น กวางชนิดต่างๆ เป็นต้น หัวกระสุนแบบ A-Frame ถูกเลือกนำมาใช้ในครั้งนี้ เนื่องจากมันถูกออกแบบมาเพื่อให้ผลของการปะทะมีมิติของความลึกและกว้าง ในเกมส์การล่าสัตว์หัวกระสุนแบบ A-Frame นี้ประกอบด้วยทองแดงและตะกั่ว ดังแสดงในภาพที่ 1 ในอเมริกาเหนือหัวกระสุนแบบ A-Frame ดังกล่าวถูกนำมาประกอบเข้ากับกระสุนในหลายขนาด กระสุนปืนขนาด .338 Winchester Magnum ถูกเลือก เนื่องจากเป็นหนึ่งในหลายๆ ขนาดที่มีประสิทธิภาพสูงมาก เหมาะที่จะนำมาศึกษาอำนาจการทะลุทะลวงแผ่นเกราะเคปลาร์

ในการศึกษาครั้งนี้เราใช้แผ่นเหล็กแบบอ่อนเป็นแผ่นเพื่อดูผลกระทบจากการที่กระสุนปืน .338 Winchester Magnum เข้ากระแทก อันดับแรก ดูจากแผ่นเหล็กเมื่อถูกเข้ากระทบโดยตรง จากนั้นดูจากแผ่นเกราะเคปลาร์ที่ความหนาต่างๆ การปะทะของลูกกระสุนปืนที่แผ่นเหล็กถือเป็นตัวอ้างอิงที่ดีในการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นกับเกราะเหล็กที่ผ่านทะลุมาจากเกราะเคปลาร์ โปรแกรมไฮโดรโคด (Hydrocode) ถูกนำมาใช้คาดคะเนผลการเข้าปะทะของกระสุนปืน .338 Winchester Magnum หัวกระสุนแบบ A-Frame ที่แผ่นเหล็ก และการประเมินประสิทธิภาพแผ่นเคปลาร์ การคำนวณถูกนำมาใช้ออกแบบการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการขีปนวิธีที่แซนเดรีย (Sandia National Laboratories) การทดลองมี 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก ถูกออกแบบให้ใช้ได้กับการทำนายโปรแกรมไฮโดรโคด (Hydrocode) โดยทำนายมิติความลึกของการเข้าปะทะบนแผ่นเหล็ก ก่อนการทดสอบผลการคาดคะเนใกล้เคียงกับความเป็นจริง แต่เมื่อทดลองภายหลังต่อมาการจำลองความเร็วของกระสุนปืนถูกเปลี่ยนให้เหมาะกับวิธีการและรูปแบบวัสดุอุปกรณ์ให้มีความใกล้เคียงกับการทดลองจริงมากที่สุด ขั้นตอนที่ 2 ถูกออกแบบให้คาดคะเนผลที่เกิดจากการปะทะของลูกกระสุนเมื่อผ่านแผ่นเกราะเคปลาร์แล้วผ่านต่อไปยังแผ่นเหล็ก การเลือกความหนาของแผ่นเหล็กและแผ่นเคปลาร์เป็นไปตามความเหมาะสมที่ใช้ในการป้องกันการปะทะของกระสุนปืน ผลรวมการปะทะไม่ค่อยชัดเจน เนื่องจากเราไม่ทราบโครงร่างภายนอกและพลังงานที่เหลืออยู่ที่ลูกกระสุน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการจำลองภาพการปะทะของหัวกระสุนปืนด้วยระบบคอมพิวเตอร์ไฮโดรโคด (Computer Hydrocode analyses) โปรแกรม AUTODYN กับ การทดลองจริงภายในห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อเปรียบเทียบการจำลองภาพการปะทะของหัวกระสุนปืนกับการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ
3. เพื่อทดสอบความสามารถในการคาดคะเนผลของระบบคอมพิวเตอร์ไฮโดรโคด (Computer Hydrocode analyses)
4. เพื่อศึกษาหาความสามารถในการหยุดยั้งกระสุนปืนของเส้นใยเคปลาร์ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตเกราะกันกระสุนต่อไป

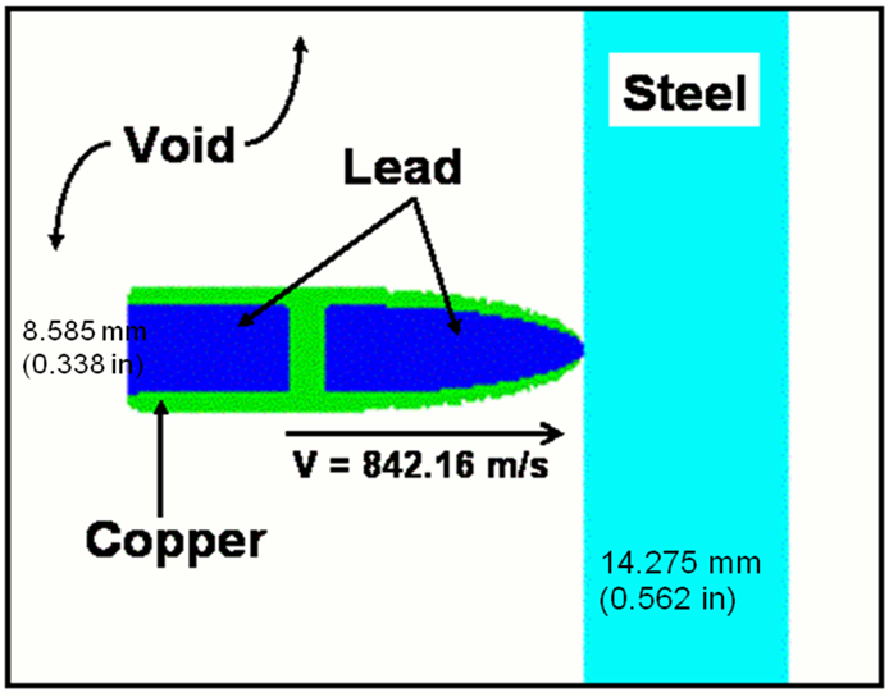
วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการวิจัย

1. AUTODYN computer code (Computer Hydrocode analyses).
2. Ruger M70 bolt action Rifle.
3. .338 Winchester magnum (A-frame bullet).
4. Mild Steel plate.
5. Kevlar® panel.
6. Digital Vernier.

วิธีการทดลอง

การทำนายด้วยโปรแกรม AUTODYN

โปรแกรม AUTODYN เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกใช้ในระบบ Eulerian ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการคาดคะเนผลที่เกิดจากการปะทะของลูกกระสุนปืนบนแผ่นเหล็ก ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบของหัวกระสุนปืนที่ถูกจำลองด้วยโปรแกรมไฮโดรโคด (Hydrocode) รูปแบบดังกล่าวประกอบด้วย 32000 ช่อง ซึ่งถูกเติมวัตถุลงไปดังแสดงในภาพที่ 1 ลูกกระสุนปืนที่มีการออกแบบ แบบ A-Frame หรือแบบที่มีการแบ่งส่วนมักเป็นการออกแบบที่เป็นปกติของกระสุนที่ใช้ในการล่าสัตว์ใหญ่ ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้เกิดการปะทะที่ลึกและกว้างเมื่อกระสุนยิงไปโดนสัตว์ เช่น กวางชนิดต่างๆ คุณสมบัติของวัตถุที่มีผลในการทดลอง อาทิเช่น ตะกั่ว ทองแดง และเหล็ก แสดงในตารางที่ 1 ระหว่างการเข้าปะทะส่วนที่เป็นเปลือกทองแดงที่หุ้มจะหลุดแยกออกแต่ยังคงเหลือส่วนของตะกั่วที่จะเข้าปะทะต่อไป ส่วนของทองแดง ก่อให้เกิดความแตกต่างเล็กน้อยเมื่อเข้าปะทะแผ่นเหล็ก



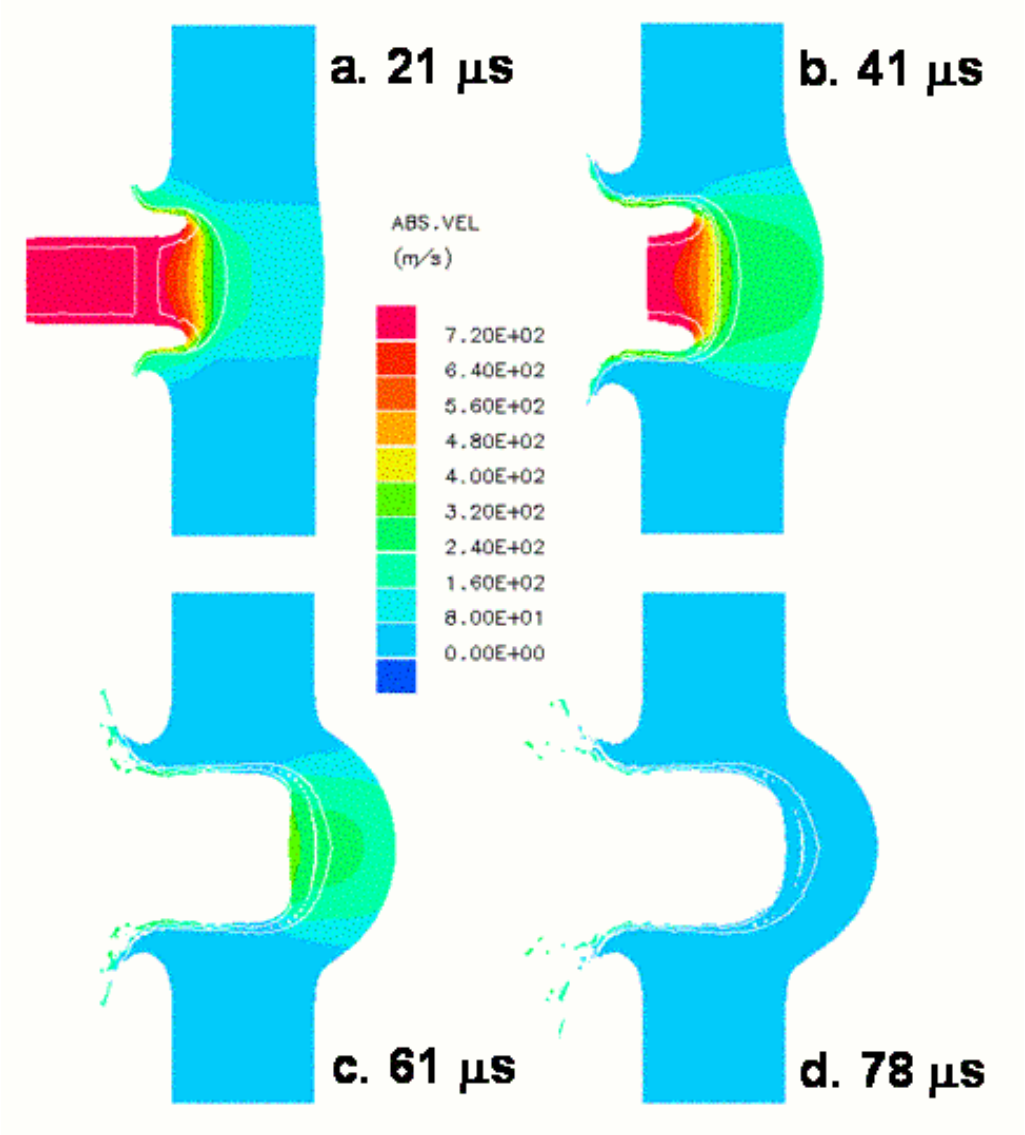
ภาพที่ 1 แสดงแบบจำลองหัวกระสุนปืนล่าสัตว์แบบ A-Frame เมื่อเข้าปะทะแผ่นเหล็กด้วยโปรแกรม AUTODYN ความเร็วกระสุนที่ 842.16 เมตร/วินาที ที่แผ่นเหล็กหนา 14.275 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติวัตถุที่ต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองการปะทะ

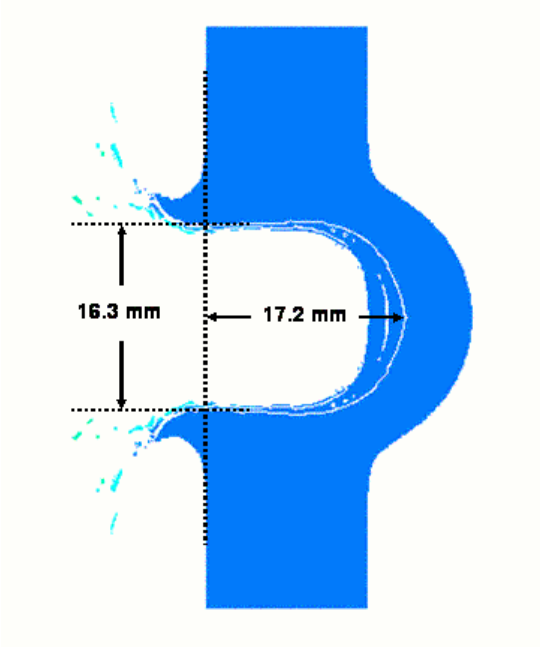
Property	Value
Lead	
Equation of State	Shock
Reference Density (g/cm^3)	11.35
Gruneisen Coefficient	2.77
Parameter C_1 (m/s)	2.051E03
Parameter S_1	1.46
Strength Model	Von Mises
Shear Modulus (KPa)	5.6E6
Yield Strength (KPa)	5.0E3
Copper	
Equation of State	Shock
Reference Density (g/cm^3)	8.93
Gruneisen Coefficient	1.99
Parameter C_1 (m/s)	3.94E03
Parameter S_1	1.489
Strength Model	Von Mises
Shear Modulus (KPa)	4.5E7
Yield Strength (KPa)	7.0E4
Kevlar®	
Equation of State	Puff
Reference Density (g/cm^3)	1.29
Parameter A_1(kPa)	8.21E06
Parameter A_2(kPa)	7.036E07
Parameter A_3(kPa)	0.0
Gruneisen Coefficient	0.35
Expansion Coefficient	0.25
Sublimation Energy (J/Kg)	8.23E06
Parameter T_1(kPa)	0.0

Property	Value
Kevlar® (con.)	
Parameter T_2(kPa)	0.0
Reference Temp (K)	0.0
Specific Heat (C.V.) (J/kgK)	0.0
Strength Model	Von Mises
Shear Modulus	3.0E7
Yield Strength	3.0E5
Tensile Strength	-2.6E5
Steel	
Equation of State	Shock
Strength Model	Johnson-Cook
Reference Density (g/cm^3)	7.896
Gruneisen Coefficient	2.17
Parameter C_1 (m/s)	4.569E03
Parameter S_1	1.49
Reference Temperature (K)	300
Shear Modulus (kPa)	8.18E07
Yield Stress (kPa)	5.17106E05
Hardening Constant (kPa)	2.75E05
Hardeni ng Exponent	0.36
Strain Rate Constant	0.022
Thermal Softening Exponent	1.0
Melting Temperature (K)	1.811E03

ภาพที่ 2 แสดงแบบจำลองการคาดคะเนผลเมื่อหัวกระสุนเข้าปะทะที่เวลา 21, 41, 61 และ 78 ไมโครวินาที ภาพการปะทะครั้งสุดท้ายถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่เกิดขึ้นจริง ดังภาพที่ 2d และภาพที่ 3 ภาพแสดงขอบเขตการทำนายการเข้าปะทะ (ภาพที่ 3) จากผลการทดลองจะเห็นว่า พื้นผิวและร่องรอยการเข้าปะทะของตะกั่วและทองแดงมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน ด้วยเหตุนี้การวัดผลที่ได้จากการทดลองเราจะวัดบริเวณส่วนที่แผ่นเหล็กถูกกระทบครั้งแรก คือ บริเวณส่วนปากทางเข้าเท่านั้น



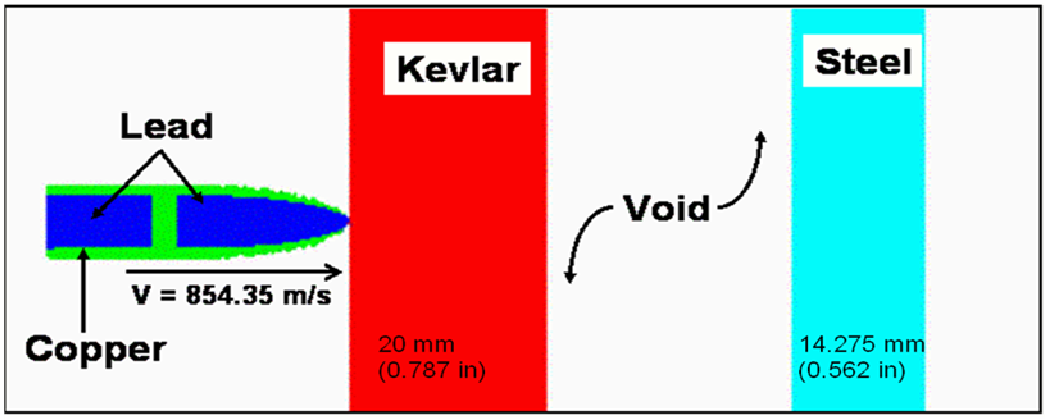
ภาพที่ 2 แสดงแบบจำลองด้วยโปรแกรม AUTODYN การเข้าปะทะที่แผ่นเหล็กของหัวกระสุนปืน ดังภาพที่ 1 แถบสีแสดงให้เห็นความเร็วของกระสุนที่แท้จริงเมื่อเวลานั้นๆ



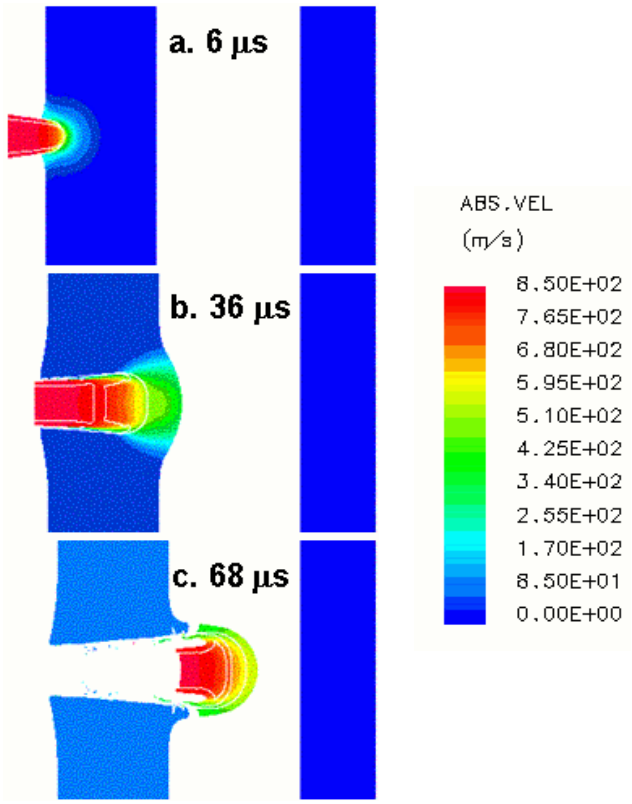
ภาพที่ 3 มิติร่องรอยการปะทะ ขยายจากภาพ 2d.โดยวัดบริเวณส่วนที่ถูกกระทบครั้งแรก

โปรแกรม AUTODYN ในการคาดคะเนทำนายผลการเข้าปะทะแผ่นเกราะเคปลาร์

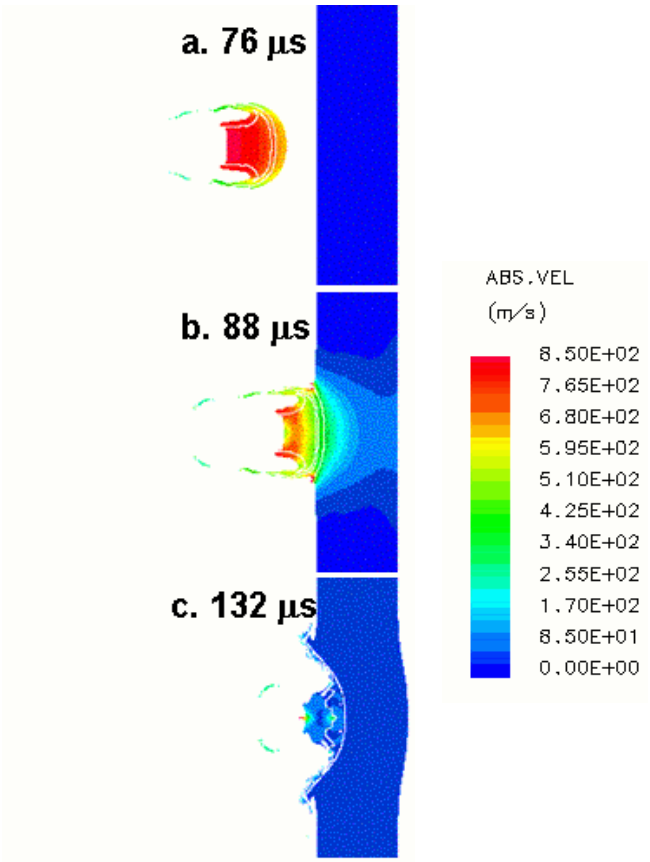
การจำลองรูปแบบการปะทะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับที่ได้แสดงไปแล้วในภาพที่ 2 ใช้แผ่นเกราะเคปลาร์ความหนา 20 มิลลิเมตร วางอยู่ด้านหน้าของแผ่นเหล็กเพื่อทดสอบอำนาจการหยุดยั้งของแผ่นเกราะเคปลาร์ เมื่อถูกลูกกระสุนปืนแบบล่าสัตว์เข้าปะทะ ดังในบทนำที่ได้กล่าวมา เหล็กที่ใช้เป็นแผ่นเหล็กเนื้ออ่อนวางอยู่ด้านหลังแผ่นเกราะเคปลาร์ เป็นการเปรียบเทียบร่องรอยที่เกิดจากการปะทะบนแผ่นเหล็กที่ไม่มีเกราะเคปลาร์และที่มีเกราะเคปลาร์วางกั้นอยู่ ผลที่ได้ทำให้ทราบผลของการถูกเข้ากระทำของเคปลาร์ว่าเป็นเช่นไรเมื่อถูกกระสุนเข้าปะทะ แบบจำลอง AUTODYN ของกระสุนที่มีหัวกระสุนแบบ A-Frame เกราะเคปลาร์และแผ่นเหล็กแบบอ่อน แสดงไว้ดังภาพที่ 4 คุณสมบัติวัตถุ ดังแสดงในตารางที่ 1 การคาดคะเนผลที่ได้จากการปะทะบนแผ่นเกราะเคปลาร์ ที่เวลาต่างๆ กัน แสดงในภาพที่ 5 ค่อนข้างชัดแจ้ง เมื่อลูกกระสุนผ่านแผ่นเกราะเคปลาร์จะมีความทื่อ ไม่คม และบางส่วนถูกทำลายไป เหลือเพียงส่วนเล็กน้อยของตะกั่วและทองแดง ที่พุ่งไปยังเป้าหมายเพื่อทำลายล้างต่อ แสดงการเข้าปะทะของหัวกระสุนที่มีรูปร่างผิดปกติไปเมื่อผ่านออกมาจากแผ่นเกราะเคปลาร์ ดังภาพที่ 6 และร่องรอยการปะทะที่แผ่นเหล็กแบบอ่อนก็เป็นตัวแปรว่ากระสุนทะลุผ่านแผ่นเกราะเคปลาร์ออกมาเมื่อเวลาผ่านไป 70 ไมโครวินาที ภาพที่ 7 แสดงการคาดคะเนผลการปะทะของลูกกระสุนที่มีรูปร่างผิดปกติไปเมื่อกระทบแผ่นเหล็กที่อยู่ด้านหลังของแผ่นเกราะเคปลาร์ ผลที่ได้คือ รูที่เกิดมีความกว้างและตื้นมากกว่าครั้งแรก (ที่ไม่มีแผ่นเกราะเคปลาร์กั้น)



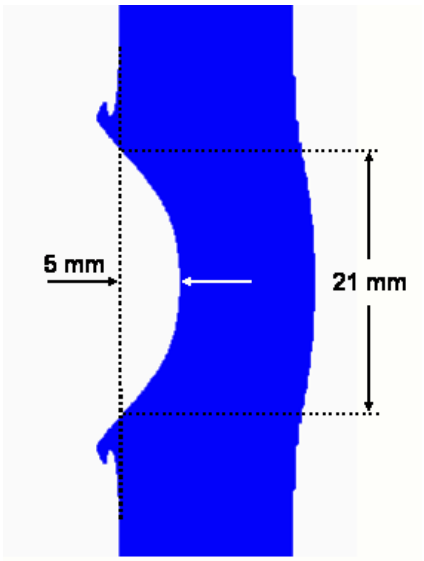
ภาพที่ 4 แสดงแบบจำลองด้วยโปรแกรม AUTODYN เมื่อกระสุนปืนล่าสัตว์ขนาด .338 Winchester Magnum ที่มีหัวกระสุนแบบ A-Frame เมื่อเข้าปะทะแผ่นเกราะเคปลาร์ ความเร็วกระสุนที่ 854.35 เมตร/วินาที (2763 ฟุต/วินาที) แผ่นเกราะเคปลาร์มีความหนา 20 มิลลิเมตร และที่แผ่นเหล็กหนา 14.275 มิลลิเมตร (0.562 นิ้ว)



ภาพที่ 5 แสดงแบบจำลองด้วยโปรแกรม AUTODYN ของกระสุนปืนจากภาพที่ 4 การเข้าปะทะที่แผ่นเกราะเคปลาร์ แถบสีแสดงให้เห็นความเร็วของกระสุนที่แท้จริง เกราะเคปลาร์ทำให้หัวกระสุนปืนมีความที่อและมีความเร็วลดลง



ภาพที่ 6 แสดงแบบจำลองด้วยโปรแกรม AUTODYN ของกระสุนปืนจากภาพที่ 5 การเข้าปะทะที่แผ่นเหล็กที่อยู่ถัดจากแผ่นเคปลาร์ แถบสีแสดงให้เห็นความเร็วของกระสุนที่แท้จริง



ภาพที่ 7 มิติร่องรอยการปะทะ ขยายจากภาพ 6c.โดยวัดบริเวณส่วนที่ถูกกระทบครั้งแรก

การทดสอบขีปนวิธีที่ลูกกระสุนเข้าปะทะบนแผ่นเหล็กและเกราะเคปลาร์

การทดลองนี้ทำที่ห้องปฏิบัติการขีปนวิธีที่แซนเดรีย (Sandia National Laboratories) การทดลองส่วนแรกใช้กระสุนปืนขนาด .338 Winchester Magnum ที่มีหัวกระสุนแบบทองแดงหุ้มตะกั่ว โครงสร้างแบบ A-Frame ยิงใส่แผ่นเหล็กโดยตรง ด้วยอาวุธปืนไรเฟิล M70 ยี่ห้อ Ruger (ดังภาพที่ 8)

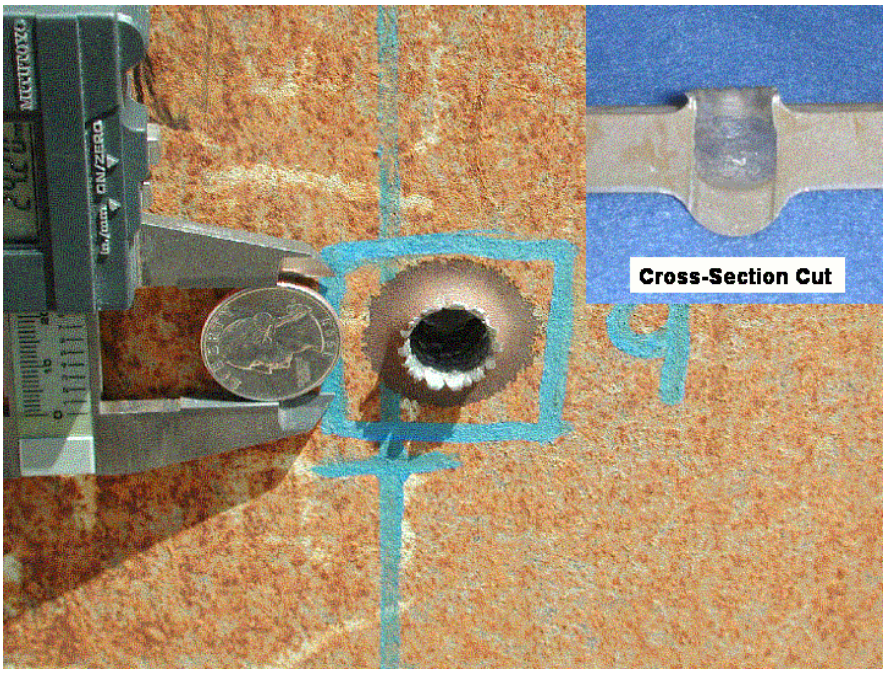
ภาพที่ 8 แสดงภาพอาวุธปืนที่ใช้ในการทดลอง Ruger M70 bolt action rifle

ความเร็วกระสุน ณ เวลาต่างๆ ในแต่ละนัดที่ยิงได้ถูกกำหนดลงในโปรแกรม AUTODYN รูที่กระสุนเข้ากระทบถูกนำมาตัดขวางให้ดูดังภาพที่ 9 รอยนูนบริเวณด้านหลังของแผ่นเหล็กแสดงให้เห็นในภาพที่ 10

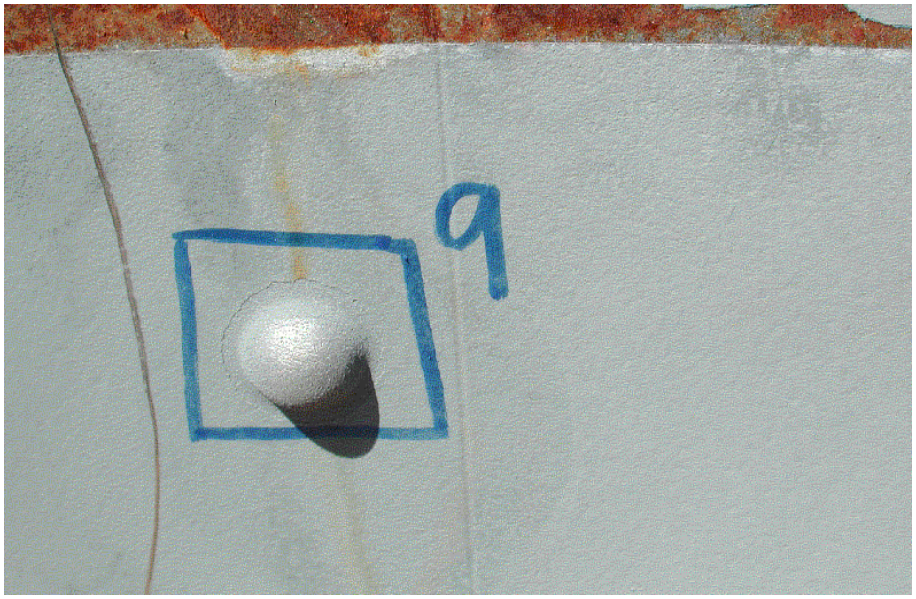
เปรียบเทียบระหว่างการทำนายผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์กับการทดลองที่เกิดขึ้นจริงแสดงในภาพที่ 11 ผลการเปรียบเทียบได้ผลค่อนข้างดี โดยการวัดขนาดรูที่เกิดขึ้นมีความกว้างมากกว่าที่คอมทำนายผลประมาณ 10% มีความลึกมากกว่าที่คอมทำนายประมาณ 1.6% มิติการวัดและการทำนายผลให้ผลใกล้เคียงมากพอที่จะใช้วิธีการคาดคะเนผลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบเกราะชนิดต่าง แทนการทดลองจริง

การทดลองในขั้นต่อไปเราใช้กระสุนปืนขนาด .338 Winchester Magnum ยิงผ่านแผ่นเกราะเคปลาร์ที่มีความหนา 20 มิลลิเมตร ผลของการปะทะที่เกิดขึ้นแสดงในภาพที่ 12 ซึ่งมีภาพมิติการตัดขวางแสดงประกอบ ส่วนภาพด้านหลังของแผ่นเหล็กแสดงในภาพที่ 13

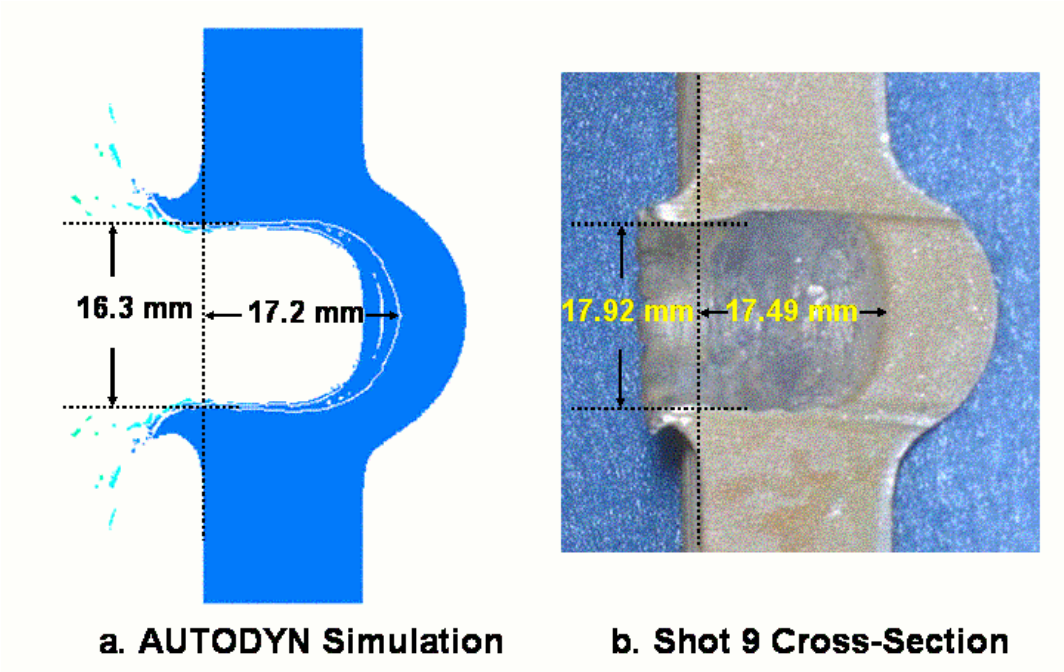
การเปรียบเทียบระหว่างการทำนายด้วยคอมพิวเตอร์กับการทดลองจริงเมื่อยิงผ่านแผ่นเกราะเคปลาร์แสดงในภาพที่ 14



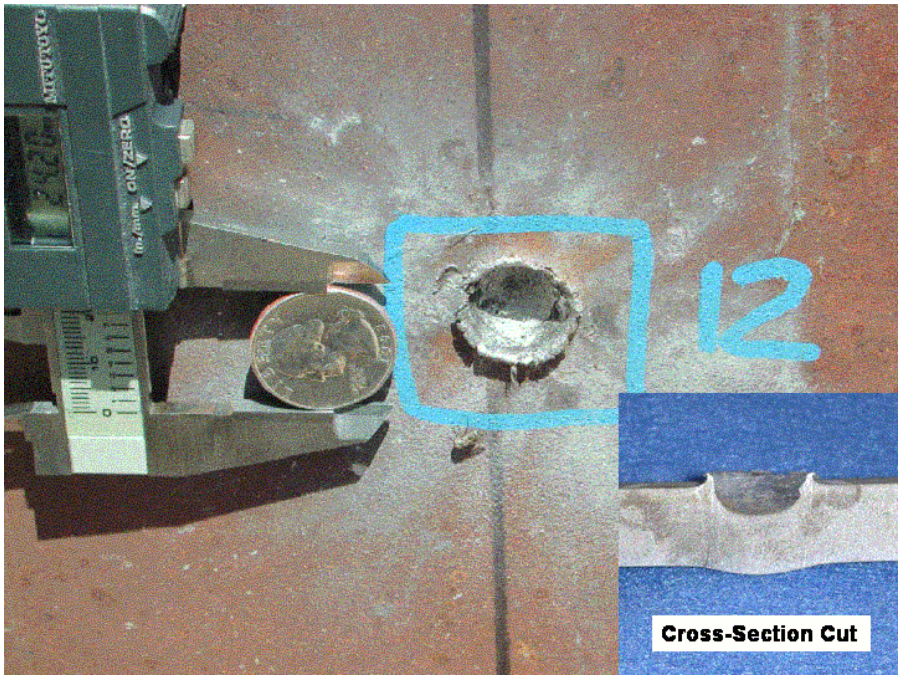
ภาพที่ 9 แสดงรูทางเข้าที่เกิดจากกระสุนเข้าปะทะที่แผ่นเหล็กโดยตรง (พร้อมแสดงภาพตัดขวาง)



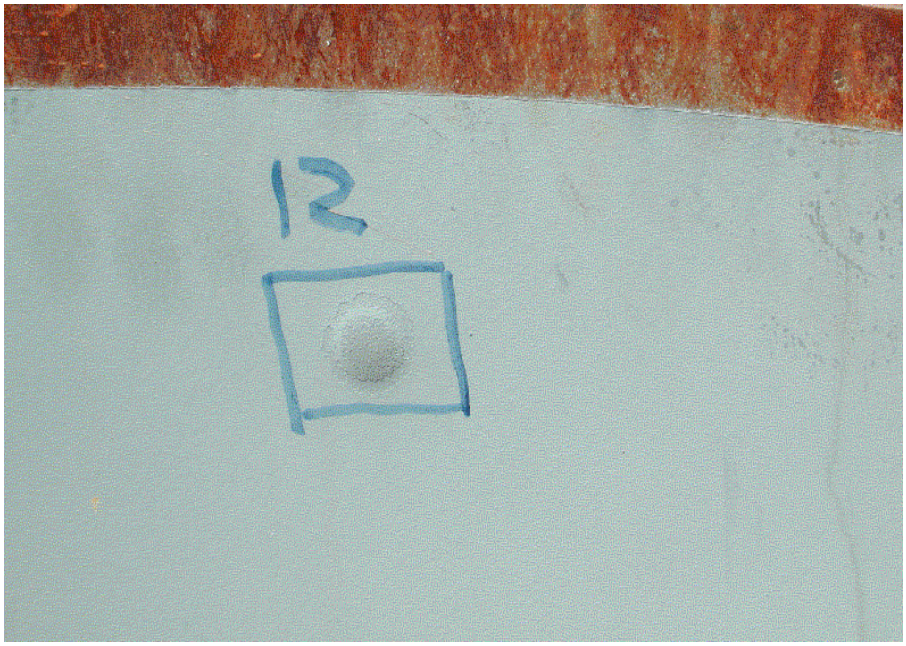
ภาพที่ 10 แสดงรอยนูนที่ปรากฏบริเวณด้านหลังของแผ่นเหล็กเมื่อกระสุนเข้ากระทบโดยตรง



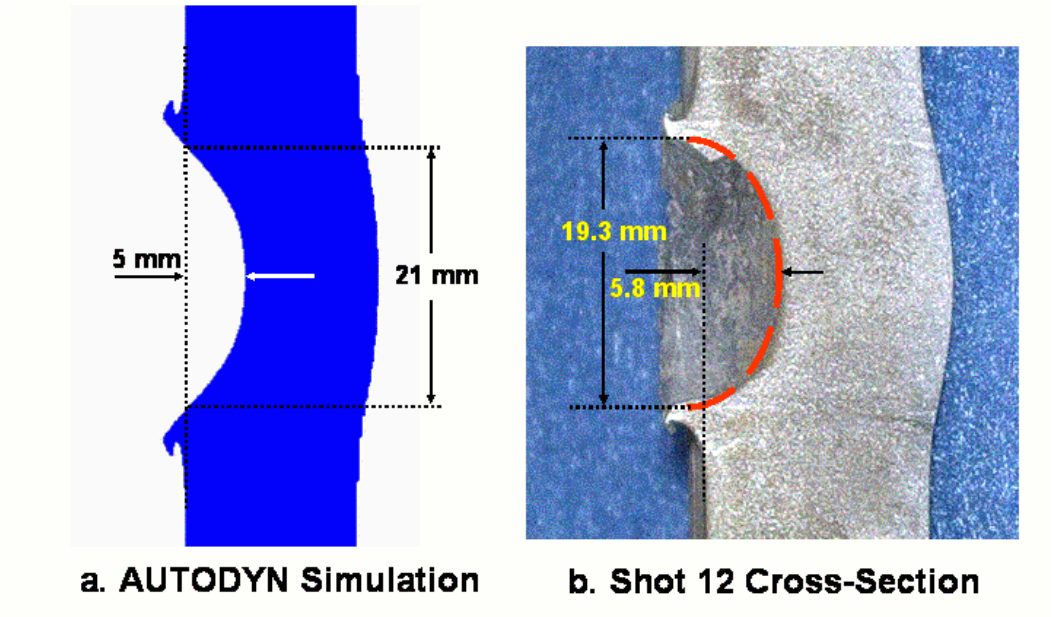
ภาพที่ 11 แสดงภาพเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำนายด้วยคอมพิวเตอร์ AUTODYN และจากการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 12 แสดงรูทางเข้าที่เกิดจากกระสุนเข้าปะทะที่แผ่นเหล็กที่มีแผ่นเกราะเคปลาร์ความหนา 20 มิลลิเมตร วางกั้นอยู่ด้านหน้า (พร้อมแสดงภาพตัดขวาง)



ภาพที่ 13 แสดงรอยนูนที่ปรากฏบริเวณด้านหลังของแผ่นเหล็กที่มีแผ่นเกราะเคปลาร์วางกั้น จากภาพที่ 12



ภาพที่ 14 แสดงภาพเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำนายด้วยคอมพิวเตอร์ AUTODYN และจากการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ เมื่อมีแผ่นเกราะเคปลาร์วางกั้นอยู่ด้านหน้า

ถึงแม้ว่าการคาดคะเนด้วยคอมพิวเตอร์ระบบ Eulerian การเปรียบเทียบจะให้ผลที่น่าเชื่อถือในการคาดคะเนผลของแผ่นเหล็ก แต่จากผลที่เกิดขึ้นการคาดคะเนผลด้วยคอมพิวเตอร์มีขีดจำกัดในการทำนายผลของพฤติกรรมของเคปลาร์ซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติ ผลการคาดคะเนที่ออกมาไม่ค่อยมีความถูกต้องเท่าใดนัก สังเกตได้ดังแสดงในภาพที่15 และ16 แสดงสภาพด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นเกราะเคปลาร์

รูทางเข้าขนาดเล็กที่ปรากฏ มีขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกระสุนเพียงเล็กน้อย ดังภาพที่15 เมื่อวางเหรียญเทียบ ขนาดรูทางออกเมื่อผลการที่ลูกกระสุนปืนเข้ากระทบมีขนาดใหญ่ ดังแสดงในภาพที่ 16

ภาพที่ 15 แสดงรูทางเข้าที่เกิดจากกระสุนเข้าปะทะที่บริเวณด้านหน้าของแผ่นเคปลาร์

ภาพที่ 16 แสดงรูทางออกที่เกิดจากกระสุนเข้าปะทะที่บริเวณด้านหลังของแผ่นเคปลาร์

ผลของการเข้าปะทะความเป็นจริงที่ทดลองมีขนาดใหญ่กว่าที่คอมพิวเตอร์ AUTODYN คาดคะเนผล ดังแสดงในภาพที่ 5b. และ 5c. ผลเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยเคปลาร์ ดังภาพที่ 5 เมื่อกระสุนผ่านแผ่นเคปลาร์ แสดงว่าสามารถทำลายแรงตึงผิวออกมาได้ พฤติกรรมที่เส้นใยเคปลาร์ได้ถูกกระทำแสดงให้เห็นในภาพที่ 15 และ 16 ผลของการที่กระสุนทะลุผ่านทำให้ส่งผ่านพลังงานต่อไปแต่การคาดคะเนก็ยังให้ผลไม่ชัดเจน ดูเหมือนว่าเส้นใยธรรมชาติจะยอมให้คาดคะเนผลโดยใช้โปรแกรม Lagrangian มากกว่า

จากการศึกษาเอกสารวิชาการครั้งนี้ สามารถสรุปวิธีการทดลอง ได้ดังนี้

- **ขั้นตอนที่ 1** เป็นการใช้ระบบ Computer hygrocode ในการคาดคะเนผลที่ได้ออกแบบศึกษาใน 2 กรณี
  - <u>กรณีที่ 1</u> การคาดคะเนเมื่อหัวกระสุนเข้ากระทบแผ่นเหล็กโดยตรง
  - <u>กรณีที่ 2</u> การคาดคะเนเมื่อหัวกระสุนเข้ากระทบกับแผ่นเคปลาร์ก่อนแล้วจึงเข้ากระทบกับแผ่นเหล็กที่วางถัดต่อจากแผ่นเคปลาร์

  ทำการวัดมิติรูที่ถูกกระสุนเข้ากระทบ จดบันทึกไว้
- **ขั้นตอนที่ 2** เป็นการลงมือปฏิบัติจริงในห้องปฏิบัติการขีปนวิธีที่ Sandia National Laboratories. โดยทำการทดลองจริงทั้ง 2 กรณีที่ได้กล่าวในขั้นตอนที่ 1

  ทำการวัดมิติรูที่ถูกกระสุนเข้ากระทบ จดบันทึกไว้

เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 ขั้นตอน แล้ววิเคราะห์ผล, สรุปผลการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวยังมีขีดความสามารถที่ถูกจำกัดของโปรแกรมในการคาดคะเนผลของเส้นใยเคปลาร์ ซึ่งเป็นเส้นใยทางธรรมชาติ
2. ควรพัฒนาโปรแกรมการใช้งานในการคาดคะเนผลของเส้นใยเคปลาร์

สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการคาดคะเนผลการปะทะของกระสุนปืนที่มีหัวแบบทองแดงหุ้มตะกั่วด้วยระบบคอมพิวเตอร์ให้ผลค่อนข้างดี และยังแสดงให้เห็นอีกว่า ถึงแม้ว่าผลลัพธ์สุดท้ายของการเข้าปะทะกรณีแผ่นเกราะเคปลาร์ควรต้องมีการพัฒนา การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า กระสุนปืนขนาด .338 Winchester Magnum เกือบจะหยุดเมื่อผ่านแผ่นเคปลาร์ที่มีความหนา 20 มิลลิเมตร และหยุดลงที่แผ่นเหล็กหนา 14.275 มิลลิเมตร ซึ่งวางซ้อนกันอยู่

จากการศึกษาเอกสารวิชาการครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็น

- ความสามารถในการคาดคะเนผลการปะทะของกระสุนปืนแบบทองแดงหุ้มตะกั่วด้วยระบบ AUTODYN (Computer hydrocode) ได้ผลค่อนข้างดี
- ระบบการประมวลผลดังกล่าวควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมในด้านการจำลองรูปแบบที่ถูกเข้าปะทะของเส้นใยเคปลาร์
- แสดงให้เห็นความสามารถของเคปลาร์ที่ความหนา 20 มม. เกือบจะหยุดยั้งกระสุน .338 winchester magnum ได้
- กระสุนหยุดลงที่แผ่นเหล็กหนา 14.275 มม. ซึ่งวางถัดจากแผ่นเคปลาร์ เนื่องจากมีการรับแรงปะทะมาก่อนแล้ว ทำให้แรงปะทะที่เหลือลดน้อยลง

คำถามและข้อเสนอแนะ

คำถาม เพื่อน น.ส.รสสุคนธ์ฯ

แผ่นฟิล์มเอ็กซเรย์สามารถนำมาใช้เป็นเกราะกันกระสุนได้หรือไม่

ตอบ

เท่าที่ทราบ แผ่นฟิล์มเอ็กซเรย์สามารถนำมาใช้เป็นเกราะกันกระสุนได้บ้าง แต่ประสิทธิภาพไม่ดีเท่าเส้นใยเคปลาร์ และต้องใช้แผ่นฟิล์มเอ็กซเรย์จำนวนมาก อย่างต่ำประมาณ 20 แผ่น เพื่อนำมาใช้เป็นเกราะ ทำให้มีน้ำหนักมากจึงไม่สะดวกในการสวมใส่ทำงาน แต่ถึงอย่างไรต้องนำมาทดสอบประสิทธิภาพเพื่อความแน่นอนอีกครั้งหนึ่ง

ข้อเสนอแนะ อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี

การกรอกค่าตัวแปรของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับการทดลองมีความสำคัญมากในการประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ Hydrocode นี้ เนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์ Hydrocode ดังกล่าวต้องใช้ค่าตัวแปรที่กรอกเข้าไป นำไปใช้ในการคำนวณผลออกมา

ข้อเสนอแนะ อาจารย์ ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี และ พันตำรวจโทกฤษฎา ริบรวมทรัพย์

จากผลการทดลองของงานวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางนิติวิทยาศาสตร์ด้านการตรวจวิถีกระสุนปืนได้ ทำให้เราสามารถสร้างแบบจำลองแบบการเข้าปะทะของกระสุนปืนกับวัตถุที่เราต้องการ โดยใส่ค่าตัวแปรทุกอย่างที่เกี่ยวข้องลงในคอมพิวเตอร์แล้วให้ระบบประมวลผลออกมา ทำให้เราทราบผลอย่างคร่าวๆ จึงช่วยประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ และช่วยในการสืบสวนสอบสวนให้มีขอบเขตที่แคบลง

เอกสารอ้างอิง

Cartwin Pro, 2008.

Century Dynamics. AUTODYN User and Theory Manual, 2001.

Dale S. Preece, Vanessa S. Berg. Bullet Impact on Steel and Kevlar®/Steel Armor – Computer Modeling and Experimental Data* : ASME Pressure Vessels and Piping Conference – Symposium on Structures Under Extreme Loading, July 25-29, 2004, San Diego, CA.

Frank C. Barnes. Cartridges of the world, 2006.

Gareth S. Collins. An Introduction to Hydrocode Modeling, 2002.

Nosler, Inc. Nosler Reloading Guide, 2002.