รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การพัฒนาวัสดุต้านทานกระสุนปืนแบบสองชั้นและการศึกษาร่องรอยลูกกระสุนปืนจากแผ่นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กและแผ่นคอนกรีตผสมเศษยางรถยนต์รีไซเคิล

รานี ช่างคำ

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา สหกิจศึกษา (401496)

สาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

พ.ศ.2567

รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การพัฒนาวัสดุต้านทานกระสุนปืนแบบสองชั้นและการศึกษาร่องรอยลูกกระสุนปืนจากแผ่นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กและแผ่นคอนกรีตผสมเศษยางรถยนต์รีไซเคิล

รานี ช่างคำ 6340209102

สถานที่ปฏิบัติงาน

ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4

323 หมู่ 16 ถนน กัลปพฤกษ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น ขอนแก่น 40000

กิตติกรรมประกาศ

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 ตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2566 จนถึงวันที่ 5 เมษายน 2567 ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับทั้งความรู้และประสบการณ์ไม่ว่าจะด้านการทำงาน ด้านการใช้ชีวิต และด้านต่างๆ อีกมากมาย สำหรับรายงานสหกิจฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายๆ ฝ่าย ดังนี้

1. พ.ต.อ.วิรัตน์ มะแก้ว นวท.(สบ ๔) กอป.ศพฐ.๔
2. พ.ต.อ.ดำรงค์ชัย ชนาภัทรภณ นวท.(สบ ๓) กอป.ศพฐ.๔
3. นางสาวมาร์ชาติ ศรีหาญ

และขอขอบคุณพี่ๆ ในกลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน ที่ไม่ได้กล่าวถึง

ทั้งนี้ขอขอบพระคุณ ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 ที่ได้รับผู้จัดทำเข้าฝึกสหกิจศึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ

รานี ช่างคำ

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบร่องรอยลูกกระสุนปืนที่เกิดขึ้นหลังการยิงลูกกระสุนปืนปะทะแผ่นคอนกรีตแบบสองชั้นที่ประกอบด้วยเส้นใยเหล็กและเศษยางรถยนต์รีไซเคิล โดยทำการยิงจากปืนพกรีวอลเวอร์ ยี่ห้อ Smith & Wesson ขนาด .357 Magnum ด้วยลูกกระสุนปืนขนาด .38 Special ที่ต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ Lead Round Nose (LRN), Full Metal Jacket (FMJ), Jacket Hollow point (JHP) โดยทำการยิงที่ระยะ 10 เมตร โดยให้วัตถุเอียงทำมุมกับแนวยิงที่มุม 30, 45 , 60 องศา ผลการทดลองพบว่า รูปแบบร่องรอยกระสุนปืนของแผ่นคอนกรีตแบบสองชั้นที่มีความหนาไม่เกิน 3 เซนติเมตร จะมีทั้งการทะลุผ่านและกระเทาะ ขึ้นอยู่กับมุมองศาและกระสุนปืนที่ใช้

คำสำคัญ : แผ่นคอนกรีตแบบสองชั้น, เส้นใยเหล็ก, เศษยางรถยนต์รีไซเคิล, ปืนพกรีวอลเวอร์, กระสุนปืน

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อย	ข
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 ข้อมูลสถานประกอบการ	2
1.5.1 ชื่อ ที่ตั้งสถานประกอบการและสภาพพื้นที่ทั่วไป	2
1.5.2 ความเป็นมา	3
1.6 ข้อมูลพนักงานที่ปรึกษา	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 ปูนซีเมนต์	5
2.1.2 คอนกรีต	6
2.1.3 เส้นใยเหล็ก	6
2.1.4 เม็ดยาง	7
2.1.5 กระสุนปืน	8
2.1.6 อาวุธปืน	10
2.1.7 กำลังอัดของคอนกรีต	11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการจัดทำโครงการ	14
3.1 เครื่องมืออุปกรณ์ และวัสดุในการดำเนินการ	14
3.2 วิธีขั้นตอนเตรียมตัวอย่าง	15
3.3 วิธีการดำเนินการ	16
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน	17
4.1 ผลการทดลองแผ่นคอนกรีต 8 ชิ้น	17
4.2 คอนกรีตแบบสองชั้นยิงด้วยลูกกระสุนปืน และมุมที่แตกต่างกัน	20
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	23
5.1 สรุปผล	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	23
บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก	25

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 อัตราส่วนการผสมของชิ้นงาน 15

4.1 ผลการยิงผนังคอนกรีตแบบสองชั้นที่ยิงด้วยลูกกระสุน 3 ชนิด 20

(LRN, FMJ, JHP) ขนาด .38 Special ที่ระยะ 10 เมตร ที่มุม 30, 45, 60 องศา

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4	3
2.1 เส้นใยเหล็ก	7
2.2 เม็ดยาง	8
2.3 กระสุนปืน Lead Round Nose	9
2.4 กระสุนปืน Full Metal Jacket	9
2.5 กระสุนปืน Jacket Hollow Point	10
2.6 ปืนพกรีวอลเวอร์ ยี่ห้อ Smith & Wesson	11
3.1 หัวปั่นปูน	14
4.1 (ก) ด้านหน้าของแผ่นคอนกรีตล้วน (ข) ด้านหลังของแผ่นคอนกรีตล้วน	17
4.2 (ก) ด้านหน้าของแผ่นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กชั้นเดียว	18
(ข) ด้านหลังของคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กชั้นเดียว	
4.3 (ก) ด้านหน้าคอนกรีตชั้นเดียวแบบผสมเม็ดยาง	18
(ข) ด้านหลังคอนกรีตชั้นเดียวแบบผสมเม็ดยาง	
4.4 (ก) ด้านหน้าของคอนกรีตเม็ดยาง 0.5 cm. เส้นใยเหล็ก 2.5 cm.	19
(ข) ด้านหลังของคอนกรีตเม็ดยาง 0.5 cm. เส้นใยเหล็ก 2.5 cm.	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันสภาพสังคมไทยมีการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาทำให้ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชน ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้านอาชญากรรม การก่อการร้าย ดังนั้นการพัฒนาอาคารหรือชิ้นส่วนของอาคารให้มีความสามารถในการต้านทานแรงกระสุนปืนถือมีความจำเป็น

สำหรับอาคารบ้านเรือนส่วนใหญ่ในประเทศไทย เป็นอาคารที่ก่อสร้างด้วยคอนกรีตหรือผนังก่ออิฐ ภายใต้สถานการณ์ถูกโจมตีด้วยกระสุนปืนนั้น โดยทั่วไปผลของกระสุนปืนที่ยิงเข้ามาในอาคารส่งผลกระทบต่อบุคคลที่อยู่ด้านหลังของผนังอาคารได้ 2 ประการ 1) ผลกระทบโดยตรง (Direct Effect) โดยเป็นลักษณะของกระสุนปืนที่ทะลุผ่านผนังเข้ามาถูกบุคคลโดยตรงจนได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิต 2) ชิ้นส่วนวัสดุอันตรายกระเด็น โดยเป็นลักษณะของกระสุนกระทบผนังทำให้ชิ้นส่วนของอาคารกระเทาะและกระเด็นออกมาถูกบุคคลที่อยู่ภายในจนได้รับบาดเจ็บ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอการใช้ผนังแบบแผ่นบางสองชั้นหนาไม่เกิน 3 ซม. ผลิตจากวัสดุคอนกรีตที่มีประสิทธิภาพสูงในการต้านทานแรงยิงของกระสุนปืนโดยตรง และเพื่อเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติด้านความเปราะของคอนกรีต จึงได้มีการพัฒนานำเส้นใยไฟเบอร์เหล็กขนาดเล็กมาผสมในคอนกรีตเพื่อประสิทธิภาพสูงในการต้านทานแรงกระแทก แต่เนื่องด้วยเส้นใยที่นำมาผลิตนำเข้าจากต่างประเทศมีต้นทุนสูง ทางผู้วิจัยจึงได้คิดค้นพัฒนานำวัสดุซีเมนต์ผสมยางโดยประยุกต์ใช้จากเศษยางจากล้อรถยนต์เก่า โดยตัวเม็ดยางจะทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับพลังงานจลน์ทำให้กระสุนมีความเร็วที่ช้าลงจากเดิม เมื่อนำมาผสมกับซีเมนต์ทำให้มีน้ำหนักเบา สามารถประกอบขึ้นโครงสร้างได้ง่ายและทนแรงกระสุนได้ ผู้วิจัยจะทำการทดสอบโดยทำการยิงจากปืนพกรีวอลเวอร์ ยี่ห้อ Smith & Wesson ขนาด .357 Magnum ด้วยลูกกระสุนปืนขนาด .38 Special ที่ต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ Lead Round Nose (LRN), Full Metal Jacket (FMJ), Jacket Hollow point (JHP) โดยทำการยิงที่ระยะ 10 เมตร โดยให้วัตถุเอียงทำมุมกับแนวยิงที่มุม 30, 45 , 60 องศา เพื่อตรวจดูร่องรอยกระสุนปืน ระยะยิง วิถีกระสุนปืนและลูกกระสุนปืนที่แตกต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านทานกระสุนปืนของผนังคอนกรีตที่ผลิตจากคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กและคอนกรีตผสมเศษยางรถยนต์รีไซเคิล

2. เพื่อศึกษารูปแบบที่เกิดขึ้นหลังการยิงลูกกระสุนปืนปะทะแผ่นคอนกรีตแบบสองชั้นด้วยอาวุธปืน ระยะยิง วิถีกระสุนปืน และกระสุนปืนที่แตกต่างกัน

3. สร้างรูปแบบลักษณะเฉพาะของร่องรอยลูกกระสุนปืนที่ปะทะกับแผ่นคอนกรีต

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการต้านกระสุนปืนของผนังคอนกรีตแบบชั้นเดียวที่หล่อจากคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กและคอนกรีตผสมเม็ดยาง และผนังคอนกรีตแบบสองชั้นโดยชั้นแรกทำจากคอนกรีตผสมเม็ดยาง (Rubberized Cement) ส่วนชั้นที่สองทำจากคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็ก (Steel Fiber Reinforced Concrete) ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน แล้วนำสัดส่วนที่ดีที่สุดมาทดสอบยิงเพื่อดูร่องรอยและวิถีกระสุนปืน ทดสอบยิงด้วยกระสุนปืนขนาด .38 SPECIAL

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ทราบถึงความสามารถในการต้านทานกระสุนปืนของผนังคอนกรีตแบบสองชั้นที่ผลิตจากคอนกรีตผสมเม็ดยางและคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็ก

2) ได้ทราบถึงรูปแบบที่เกิดขึ้นหลังการยิงลูกกระสุนปืนปะทะแผ่นคอนกรีตแบบสองชั้นด้วยอาวุธปืน ระยะยิง วิถีกระสุน และกระสุนปืนที่แตกต่างกัน

3)สามารถสร้างรูปแบบสร้างรูปแบบลักษณะเฉพาะของร่องรอยลูกกระสุนปืนที่ปะทะกับแผ่นคอนกรีต

1.5 ข้อมูลสถานประกอบการ

1.5.1 ชื่อ ที่ตั้งสถานประกอบการและความเป็นมา

ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 ตั้งอยู่ เลขที่ 323 หมู่ 16 ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40000

ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4 เดิมคือ กองกำกับการวิทยาการ กองบังคับการตำรวจภูธร 6 กองบัญชาการตำรวจภูธรภาค 2 ที่ก่อตั้งขึ้นในปี 2503 มีหน้าที่ความรับผิดชอบการปฏิบัติงานพิสูจน์หลักฐาน งานตรวจสถานที่เกิดเหตุ และงานทะเบียนประวัติอาชญากร มีแผนกธุรการ แผนกถ่ายรูป

และตรวจสถานที่เกิดเหตุ แผนกทะเบียนประวัติอาชญากร แผนกสถิติคดีอาญาและพิพิธภัณฑ์ทางคดี แผนกพิสูจน์หลักฐาน และมีวิทยาการจังหวัดในสังกัดอีก 6 จังหวัด คือ วิทยาการจังหวัดอุดรธานี หนองคาย เลย สกลนคร นครพนม และมุกดาหาร

ภาพที่ 1.1 ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4

ในปี 2552 ได้มีพระราชกฤษฎีกาแบ่งส่วนราชการสำนักงานตำรวจแห่งชาติ พ.ศ.2552 และกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการเป็นกองบังคับการ หรือส่วนราชการที่เรียกชื่ออย่างอื่นใน ตร. พ.ศ. 2552 ยกเลิกส่วนราชการเดิม และ จัดตั้งส่วนราชการใหม่ ประกอบกับมติ ก.ตร. ในการประชุมครั้งที่ 6 / 2552 เมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2552 อนุมัติให้ยุบเลิกตำแหน่งต่างๆ ในส่วนราชการเดิมและกำหนดตำแหน่งให้กับส่วนราชการใหม่ โดยพระราชกฤษฎีกานี้ ได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษาลง 6 กันยายน 2552 ให้มีผลใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป สำนักงานนิติวิทยาศาสตร์ตำรวจ เปลี่ยนชื่อเป็น สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ และ ให้ วิทยาการเขต 23 เป็นหน่วยราชการในสังกัดระดับกองบังคับการ เปลี่ยนชื่อเป็น ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 4

1.5.2 ลักษณะการประกอบการ

เป็นหน่วยงานด้านพิสูจน์หลักฐาน นิติวิทยาศาสตร์ และทะเบียนประวัติอาชญากรที่มีมาตรฐานสากลของกระบวนการยุติธรรม ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ หลักนิติวิทยาศาสตร์ รวมถึงเทคโนโลยีสารสนเทศ มาใช้ในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย เพื่อพิสูจน์หลักฐานโดยตรงตามกระบวนการยุติธรรมอันมีส่วนช่วยในการรวบรวมพยานหลักฐานมาใช้ในการยืนยันพิสูจน์หา

ข้อเท็จจริงในภารกิจต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องชัดเจน อีกทั้งหน้าที่ของตำรวจพิสูจน์หลักฐานมีตั้งแต่การเก็บและพิสูจน์หลักฐาน ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสถานที่เกิดเหตุ ตรวจลายนิ้วมือ ตรวจร่างกาย รวมทั้งตรวจสอบวัตถุพยานต่าง ๆ โดยกระบวนการชีววิทยา ฟิสิกส์ เคมี เป็นต้น

1.6 ข้อมูลพนักงานที่ปรึกษา

1. พ.ต.อ.วิรัตน์ มะแก้ว ตำแหน่ง นวท.(สบ 4) กอป.ศพฐ.4
2. พ.ต.ท.ดำรงค์ชัย ชนาภัทรภณ ตำแหน่ง นวท.(สบ 3) กอป.ศพฐ.4

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด หลักการ ทฤษฎี แนวทางและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอเนื้อหา ดังรายละเอียดดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ (Cement) นับได้ว่าเป็นวัสดุประสาน (Binder material) หลักที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต แม้ว่าปัจจุบันนี้จะมีวัสดุปอซโซลาน (Pozzolan material) เช่น เถ้าลอยของถ่านหิน (Fly ash) ซิลิกาฟูม (Silica fume) ตะกรันเตาถลุงเหล็ก (Slag) หรือจำพวกขี้เถ้าแกลบ (Rice hush ash) มาเป็นวัสดุประสานแทนที่บางส่วนในปูนซีเมนต์ก็ตาม แต่วัสดุประสานหลักที่ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์ก็ยังเป็นปูนซีเมนต์

สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด (Clinker) ซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากการเผาส่วนผสมของออกไซด์ของธาตุแคลเซียม ซิลิกอนและอลูมินา เป็นส่วนใหญ่ โดยใช้อุณหภูมิในการเผาสูงประมาณ 1500 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามปูนซีเมนต์ที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างต้องได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานสมาคมคอนกรีตอเมริกา (ACI) ซึ่งได้แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตามลักษณะใช้งานออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland cement or Standard Portland cement) เหมาะสำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และสำหรับใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก สะพาน ถนน และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่าง ๆ

ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง เหมาะกับงานจำพวกงานก่อสร้างคลองส่งน้ำ งานคอนกรีตหลา (Mass concrete) เช่นงานฐานรากขนาดใหญ่ เป็นต้น

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว (Rapid hardening Portland cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังสูงในระยะแรก เพราะมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะสำหรับงานคอนกรีตหล่อสำเร็จ (Precast concrete) เพราะต้องการใช้งานเร็วหรือถอดแบบเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต เสาไฟฟ้าคอนกรีต เป็นต้น

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ (Low heat Portland cement) สำหรับใช้งานในการก่อสร้างคอนกรีตหลา เช่น เขื่อนคอนกรีต เนื่องจากมีคุณสมบัติในการให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำ

ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต (Sulfate resistant Portland cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ต้านทานซัลเฟตได้สูง เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในที่มีการกระทำของเกลือซัลเฟต เช่น บริเวณน้ำ หรือดินที่มีสารซัลเฟต เป็นต้น

2.1.2 คอนกรีต

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจวบจนถึงปัจจุบัน เพราะเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งด้านราคาและคุณสมบัติต่าง ๆ คอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสม 2 ส่วน คือ วัสดุประสาน อันได้แก่ ปูนซีเมนต์กับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต ผสมกับวัสดุผสมอันได้แก่ ทราย หิน หรือกรวดเมื่อนำมาผสมกันจะคงสภาพเหลวอยู่ช่วงเวลาหนึ่ง พอที่จะนำไปเทลงในแบบหล่อที่มีรูปร่างตามต้องการหลังจากนั้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นตามอายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อนำส่วนผสมต่าง ๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้ ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) ซีเมนต์เพสต์ผสมกับทราย เรียกว่า มอร์ต้า (Mortar) คอนกรีต (Concrete) ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต

2.1.3 เส้นใยเหล็ก

เส้นใยเหล็กที่ประกอบไปด้วยคาร์บอนจำนวนน้อย ผลิตขึ้นจาก กระบวนการรีดเย็น ผลิตจากเส้นลวดเหล็กกำลังสูง โดยมีการดัดปลายสองข้างให้มีลักษณะหักงอ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการยึดติดคอนกรีต เนื่องจากลักษณะดังกล่าวจะช่วยให้คอนกรีตมีความแข็งแรงมากขึ้น

เริ่มมีการใช้งานตั้งแต่ปี 1970 เป็นต้นมามีการใช้งาน Fiber reinforce concrete (FRC) กันอย่างแพร่หลายในวงการก่อสร้าง ซึ่งมีส่วนผสม สามส่วน คือ น้ำปูน วัสดุมวลรวมหยาบและละเอียด และส่วนสุดท้ายคือส่วนผสมของเส้นใยไฟเบอร์ มีทั้งแบบ เส้นในพลาสติก โพลีโพรพีลีน (Prolypropylene Fibre) และเส้นใยเหล็ก (Steel Fiber) โดยเส้นใยทั้ง 2 ชนิด ทำหน้าที่แตกต่างกัน

คือ เส้นใยโพลีโพรพีลีน จะใช้เพื่อทำการหน่วงการคายน้ำในคอนกรีตให้นานขึ้น ส่งผลให้คอนกรีตนั้นลดผลกระทบของรอยร้าวเนื่องมากจากอุณหภูมิ ส่วน เส้นใยเหล็ก หรือสตีลไฟเบอร์นั้น จะให้กำลังแก่คอนกรีตที่มากกว่ามาก สามารถนำไปใช้ออกแบบเป็นโครงสร้างรับกำลังและแรงกระแทกได้ดีมาก เช่น งานพื้นโรงงาน อุโมงค์ ฐานราก เป็นต้น โดยเมื่อคอนกรีตที่ผสมสตีลไฟเบอร์เริ่มเกิดรอยร้าวขึ้น ตัวสตีลไฟเบอร์จะทำหน้าที่เป็นสะพานเพื่อยึดรอยร้าวนั้นไม่ให้แตกร้าวมากขึ้น และยังสามารถรักษาน้ำหนักที่บรรทุกได้อีกด้วย ดังนั้น การเลือกใช้คอนกรีตโครงสร้าง ที่มีการผสมสตีลไฟเบอร์เข้าไป จึงเพิ่มความสามารถในการรับแรงกระแทก เพิ่มการรับน้ำหนักบรรทุก และยังยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างได้อีกด้วย

ภาพที่ 2.1 เส้นใยเหล็ก

(ที่มา :Pkingmesh. Online. 2021)

เส้นใยเหล็ก ช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้างมากกว่า 70% ไม่ต้องเสียเวลาเสริมเหล็กและยังมีการใช้งานที่ง่ายเพียงแค่ผสมกับคอนกรีตก็สามารถใช้งานได้เลยไม่มีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ช่วยลดต้นทุนทั้งในด้านแรงงาน และค่าใช้จ่าย เนื่องจากสตีลไฟเบอร์สามารถรับน้ำหนักได้มากในปริมาณการถูกใช้งานที่น้อยและยังช่วยลดปริมาณเหล็กเสริม ทำให้พื้นมีความทนทาน รับน้ำหนักได้มากเนื่องจากเส้นใยมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งคอนกรีตจึงทำให้พื้นมีการเสริมกำลังในทุกบริเวณไม่ว่าแรงจะมากระทำในทิศทางใดก็สามารถรับน้ำหนักได้อย่างเหมาะสม

2.1.4 เม็ดยาง

ยางรีเคลม เป็นวัสดุที่ได้จากการนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วมารีไซเคิล ดังนั้นส่วนผสมส่วนใหญ่จึงเหมือนยางรถยนต์ เช่น ยางธรรมชาติ ยางสไตรีนบิวทะไอดอีนรับเบอร์ ไอโซบิวทีนไอโซพรีน ซึ่งส่วนประกอบแต่ละส่วนนั้นคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีไม่เหมือนกัน

ภาพที่ 2.2 เม็ดยาง

(ที่มา : Thaismegp. Online. 2021)

สไตรีนบิวทะไดอีน (Styrene Butadiene : SBR)

เป็นยางสังเคราะห์ ต่างจากยางธรรมชาติที่มีส่วนผสมของเทอร์โมพลาสติกคือสไตรีน เข้ามาผสมด้วย และมีส่วนผสมของอิลาสโตเมอร์ คือ บิวทะไดอีน (Butadiene) ยาง SBR เป็นยางที่มีความทนทานสูง และสามารถรับแรงกระแทกได้ดี เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นเทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ ไม่ยึดเกาะมากนัก และถ่ายเทความร้อนได้กีพอสมควร ดังนั้นจึงถูกนำมาใช้เป็น ดอกยางเป็นส่วนใหญ่

SBR มีหลายเกรดขึ้นอยู่กับสัดส่วนของสไตรีน และบิวทะไดอีน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการพอลิเมอร์ไรเซชันของ SBR โดยทุกประเภทจะสามารถใช้กำมะถัน ในการใช้ยางคงรูป และแข็งเปราะของสไตรีนบิวทะไดอีน ยังมีการต้านทานน้ำมันไม่ค่อยดีแต่มีความต้านทานต่อการสึกหรอดี ราคาถูก และต่อเนื่องจาก ของ สไตรีนบิวทะไดอีน เป็นยางสังเคราะห์ ขึ้นจึงมีน้ำหนักโมเลกุลที่สม่ำเสมอผลให้มีคุณภาพที่สม่ำเสมอแต่ที่ข้อเสีย ของสไตรีนบิวทะไดอีน มีความเด้งตัวต่ำ

2.1.5 กระสุนปืน

กระสุนปืนที่ใช้ในการทดสอบคือ กระสุนปืนรีวอลเวอร์ ขนาด .38 Special มี 3 ชนิดได้แก่

1) LRN = Lead Round Nose ลักษณะของหัวลูกปืนเป็นแบบ หัวตะกั่วล้วน มีความสามารถในการเจาะทะลุทะลวงได้ดี ขยายตัวได้เล็กน้อยเมื่อหัวลูกปืนวิ่งเข้าสู้เนื้อเยื่อ นิยมเรียกว่า “ลูกซ้อม” เพราะหัวลูกปืนเป็นตะกั่วล้วน จึงมีราคาถูก

ภาพที่ 2.3 กระสุนปืน Lead Round Nose

2) FMJ = Full Metal Jacket หัวลูกปืนมีลักษณะผิวภายนอกถูกเคลือบด้วยโลหะแข็งอย่างโลหะทองแดง (Copper) มักนิยมเรียกว่า “ลูกจริง” มีความสามารถในการเจาะทะลุทะลวงสูง หัวลูกปืนแทบจะไม่มีการขยายตัวเมื่อทะลุผ่านเนื้อเยื่อ เนื่องจากผิวเปลือกที่แข็ง วัตถุประสงค์ของการนำโลหะแข็งมาเคลือบผิวนอกของหัวลูกปืน เหตุผลเพราะว่าในลูกปืนความเร็วสูง อย่างลูกปืน ไรเฟิล (Rifle) ตะกั่วมักจะเป็นคราบติดผิวด้านในลำกล้องและหากยิงด้วยปืนที่มีอัตราการยิงสูง อย่างเช่นปืนกล อาจทำให้เกิดการระเบิดของลำกล้องได้ จึงได้นำโลหะทองแดงมาเคลือบหัวลูกปืน นอกจากจะแก้ปัญหาคราบตะกั่วในลำกล้องแล้ว ยังช่วยในเรื่องของความแม่นยำ อำนาจการทะลุทะลวง และกลไกการป้อนลูกปืนของปืนที่มีอาการติดขัดน้อยลง เพราะหัวลูกปืนแบบ FMJ ไม่นิ่มเหมือนเนื้อตะกั่ว

ภาพที่ 2.4 กระสุนปืน Full Metal Jacket

3) JHP = Jacket Hollow Point ลักษณะของหัวลูกปืนพัฒนามาจากหัวลูกปืน SJHP ซึ่ง JHP จะมีเปลือกทองแดงหุ้มทั้งนัดและเจาะรูที่ปลายหัวลูกปืน รูที่หัวลูกปืนนี้ทำหน้าที่รวบรวม

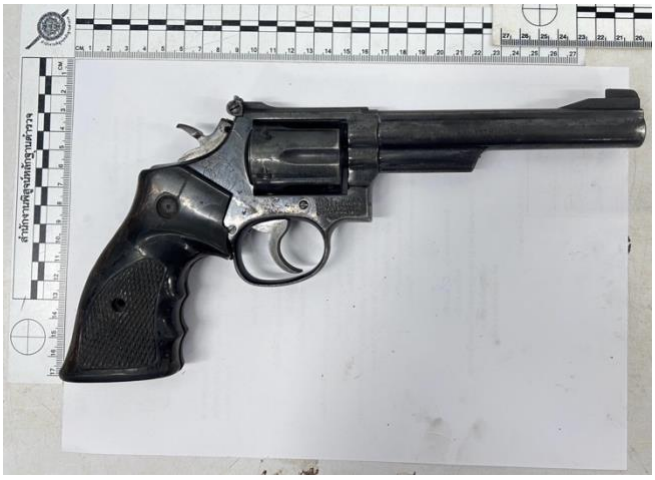
ของเหลวในร่างกายสร้างให้เกิดความดัน ดันหัวลูกปืนให้บานออกเมื่อปะทะกับเนื้อเยื่อ จึงมักนิยมเรียกว่า “หัวระเบิด” หัวลูกปืนชนิดนี้สามารถขยายหน้าตัดหัวลูกปืนได้มากกว่าแบบSJHP เพราะได้มีการออกแบบโดยแบ่งสัดส่วนตามแนวรัศมีของเปลือกทองแดง ทำให้ส่วนที่ขยายออกจะมีความคมของโลหะทองแดง ดังนั้น ระหว่างที่ลูกปืนวิ่งผ่านเนื้อเยื่อ จึงสร้างบาดแผลที่มีสภาพความเสียหายที่สูง

ภาพที่ 2.5 กระสุนปืน Jacket Hollow Point

2.1.6 อาวุธปืน

ความหมายของอาวุธปืนตามพระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ. 2490 แก้ไขเพิ่มเติมโดยมาตรา 3 แห่งพระราชบัญญัติอาวุธปืนฯลฯ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2501 ได้บัญญัติคำว่าอาวุธปืนไว้ตามความในมาตรา 4 ไว้ดังนี้ "อาวุธปืน" หมายความรวมตลอดถึง อาวุธทุกชนิดซึ่งใช้ส่งเครื่องกระสุนปืนโดยวิธีระเบิด หรือกำลังดันของแก๊สหรืออัดลม หรือเครื่องกลไกอย่างใดซึ่งต้องอาศัยอำนาจของพลังงานและส่วนหนึ่งส่วนใดของอาวุธนั้น ๆ ซึ่งรัฐมนตรีเห็นว่าสำคัญและได้ระบุไว้ในกฎกระทรวง ตามกฎกระทรวง(ฉบับที่ 3) พ.ศ.2491 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ. 2490

ปืนรีวอลเวอร์หรือลูกโม่ เป็นปืนสั้นแบบปกติธรรมดาที่พบเห็นกันมากที่สุดอีกแบบหนึ่ง ลูกโม่จะเจาะช่องไว้เป็นรังเพลิง 5 - 6 หรือ 7 - 8 - 9 นัด ขึ้นอยู่กับชนิดของปืนและชนิดของกระสุน แต่ละช่องจะเป็นที่บรรจุกระสุนช่องละหนึ่งนัด ทุกโม่จะหมุนตัวเองออกไปตามบังคับของเครื่องลั่นไก เพื่อนำเอาช่องลูกโม่หรือรังเพลิงที่บรรจุกระสุนเข้ามาอยู่เป็นเส้นตรงเดียวกันกับโคนลำกล้องและช่องโผล่ออกของแข็งแทงชนวน



ภาพที่ 2.6 ปืนพกรีวอลเวอร์ ยี่ห้อ Smith & Wesson

2.1.7 กำลังอัดของคอนกรีต

คุณสมบัติของคอนกรีตในขณะที่ยังอยู่ในสภาพเหลวจะมีความสำคัญเพียงขณะก่อสร้างเท่านั้น ในขณะคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว จะมีความสำคัญไปตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีตนั้น อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ คุณสมบัติของคอนกรีตทั้ง 2 ลักษณะ จะมีผลต่อกันและกัน การที่จะให้ได้คุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วดี จะต้องมาจากการเลือกสัดส่วนผสมเพื่อให้คอนกรีตที่อยู่ในสภาพเหลวมีความเหมาะสมอย่างมากในการใช้งาน

กำลังอัดคอนกรีตขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1.กำลังของมอร์ต้า มีบทบาทอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีตโดยกำลังของมอร์ต้นนี้ขึ้นอยู่กับความพรุนภายในเนื้อมอร์ต้า อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และ Degree of Hydration แต่ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังและความพรุน จะถูกควบคุมด้วยอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า กำลังของมอร์ต้าขึ้นอยู่อย่างมากกับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

การเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของมวลรวม เช่น การเปลี่ยนแปลงขนาด, ปริมาณ, กำลัง, ลักษณะผิว, ขนาดใหญ่สุด, การดูดซึม, และแร่ธาตุต่างๆ จะส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตไม่มากนัก

การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกำลังดึงน้อยกว่ากำลังอัด โดยอัตราส่วนของกำลังดึงต่อกำลังอัดของคอนกรีต จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพิ่มขึ้น

2.กำลังและโมดูลัสยืดหยุ่นของมวลรวม

สำหรับกำลังของมอร์ต้าที่กำหนดให้ความสามารถต้านแรงของคนกรีตจะขึ้นอยู่กับกำลังของหินและแรงยึดเหนี่ยวของมวลรวมกับมอร์ต้า แต่โดยทั่วไปกำลังของมวลรวม จะสูงเป็นหลายเท่าของกำลังของมอร์ต้า ดังนั้นแรงยึดเหนี่ยวจะเป็นตัว ควบคุมการแตกของคอนกรีต

สำหรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่กำหนดให้ กำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงเมื่อใช้หินขนาดใหญ่ขึ้น กำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงเมื่อใช้หินขนาดใหญ่ขึ้น เพราะหินขนาดใหญ่จะก่อให้เกิดน้ำใต้หินมากขึ้นทำให้แรงยึดเหนี่ยวของมวลรวมกับมอร์ต้าลดลง

ขนาดของมวลรวม จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีต ที่มีสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่ำหรือปานกลางมากกว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่สูง

การเพิ่มปริมาณของมวลรวมในส่วนผสมจะเป็นการเพิ่มกำลังอัด รวมทั้งถ้าใช้หินที่มีโมดูลัสยืดหยุ่นสูงจะทำให้กำลังของคอนกรีตดีขึ้น

3.แรงยึดเหนียวระหว่างมวลรวมกับมอร์ต้านทาน

แรงยึดเหนี่ยวนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพ เช่น รูปร่าง ลักษณะผิวของมวลรวม และลักษณะทางเคมี คือปฏิกิริยาเคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับแร่ธาตุต่างๆ ในเนื้อมวลรวม นอกจากนี้ทิศทางในการหล่อและทิศางในการให้น้ำหนักจะมีผลต่อกำลังเช่นกัน โดยจะมีผลต่อกำลังดึงมากกว่ากำลังอัดด้วยเหตุผลที่ว่าจะเกิดช่องว่างทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมหยาบกับมอร์ต้าต่ำลง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภิสิทธ์ เตชพัฒนากร (2021) งานวิจัยศึกษาความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกของผนังคอนกรีตกันกระสุนแบบชั้นที่ทำจากคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็ก (FRC) และแผ่นยางพารา (R) ภายใต้การต้านทานการยิงด้วยกระสุนระดับ 3A (.44 Magnum Semi Jacketed Hollow Point) การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การทดสอบความสามารถในการดูดซับพลังงานจลน์จากกระสุนของวัสดุแต่ละชนิด ได้แก่ แผ่นยางพารา แผ่นโฟม ที่มีความหนาแตกต่างกัน และคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กที่แปรผันปริมาณเส้นใยและชนิดของเส้นใย ส่วนที่ 2 ได้นำข้อมูลจากส่วนแรกมาใช้ในการออกแบบผนังกันกระสุนแบบหลายชั้น และเพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบ ผนังถูกออกแบบให้มีความสามารถในการดูดซับพลังงานจลน์รวมแตกต่างกันด้วยการแปรผันองค์ประกอบของผนัง เช่น ประเภทของวัสดุหรือความหนา ผลการทดลองพบว่า ความสามารถในการดูดซับพลังงานจลน์ของวัสดุแต่ละชนิดแตกต่างกันตามความหนา ปริมาณเส้นใย และชนิดเส้นใย ซึ่งเมื่อนำมาออกแบบเป็นผนังแบบหลายชั้นที่มีความสามารถในการดูดซับพลังงานแตกต่างกัน พบความ

เสียหาย 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) กระสุนทะลุผ่าน 2) กระสุนไม่ทะลุผ่าน ฝังอยู่ในผนัง และเกิดการกระเทาะด้านหลัง และ 3) กระสุนไม่ทะลุผ่าน ฝังอยู่ในผนัง และไม่เกิดการกะเทาะด้านหลัง โดยค่าระดับพลังงานจลน์รวมที่ทำให้เกิดความเสียหายในรูปแบบที่ 3 มีค่าเท่ากับ 3172 จูล

ปิติ สุคนธสุขกุล (2014) งานวิจัยศึกษาความสามารถของคอนกรีตผสมเม็ดยางในการปรับปรุงความสามารถในการต้านทานแรงกระแทกอันเนื่องมาจากอาวุธปืนของแผ่นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็ก โดยคอนกรีตผสมเม็ดยางที่ใช้ได้จากการนำยางรถยนต์เก่าที่ผ่านการย่อยจนมีขนาดเล็กมาแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยสัดส่วนผสม 50%, 75%, และ 100% โดยปริมาตร และ มาหล่อที่ผิวหน้าของแผ่นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็ก โดยการแทนที่ความหนาบางส่วน ขนาดของแผ่นทดสอบกำหนดไว้ที่ 400x400x30 มม. โดยทำการทดสอบทั้งภายใต้แรงกระทำคงที่และแรงกระแทกด้วยกระสุน 2 ขนาด คือ 9 มม และ 11 มม (0.45 แมคนัม) ที่ระยะยิง 10 เมตร แผ่นคอนกรีตชั้นเดียวที่นำมาทดสอบประกอบด้วย แผ่นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กล้วน และ แผ่นคอนกรีตผสมเม็ดยางล้วน สำหรับแผ่นคอนกรีตแบบ 2 ชั้น ชั้นคอนกรีตผสมเม็ดยางจะถูกนำไปแทนที่ความหนาของชั้นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กที่ความหนา 5 10 และ 15 มม ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าชิ้นขอคอนกรีตผสมเม็ดยางมีความสามารถในการดูดซับพลังงานจลน์ของกระสุนได้อย่างที่คาดไว้ โดยสังเกตุได้จากรูปแบบความเสียหาย การลดลงของค่าอัตราเร่ง การลดลงของค่าการโก่งตัว

สิทธิศักดิ์ แจ่มนาม (2020) งานวิจัยศึกษาการต้านทานกระสุนของผนังคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กสัดส่วน 2% โดยปริมาตร ภายใต้การยิงด้วยกระสุนขนาด 7.62 x 51 มม. ผนังทดสอบหล่อในแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 400 x 400 มม. แปรผันความหนาตั้งแต่ 10 – 100 มม. ในขั้นตอนการทดสอบผนังทดสอบจะถูกติดตั้งบนแท่นเหล็กซึ่งห่างจากแนวยิงเป็นระยะ 50 ม. กล้องถ่ายภาพความเร็วสูงวางตั้งฉากกับผนังทดสอบเพื่อเก็บภาพที่ 40,000 เฟรมต่อวินาที และทำการทดสอบด้วยการยิงกระสุน จำนวน 1 นัด บริเวณกึ่งกลางผนัง ภาพถ่ายความเร็วสูงนำมาคำนวณเป็นความเร็วของกระสุน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ผนังทดสอบ ที่มีความหนา 60 มม. สามารถต้านทานการทะลุผ่านของกระสุนได้ และความหนาตั้งแต่ 80 มม. ขึ้นไป บริเวณด้านหลังของผนังทดสอบไม่พบความเสียหายใดๆ จากแรงกระแทกของกระสุน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการจัดทำโครงการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการทำงาน ซึ่งจะกล่าวถึงการเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์และวัสดุในการดำเนินการ วิธีขั้นตอนเตรียมตัวอย่าง และวิธีการดำเนินการ

3.1 เครื่องมืออุปกรณ์ และวัสดุในการดำเนินการ

3.1.1 หัวปั่นปูน ใช้ผสมปูนซีเมนต์ได้ตามต้องการ รูปทรงของหัวปั่นทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดีเนื้อเนียน

ภาพที่ 3.1 หัวปั่นปูน

(ที่มา : MyPerfeclStudio. Online. 2563)

3.1.2 สว่าน ใช้ต่อเข้ากับหัวปั่นปูน เพื่อที่จะได้ผสมคละเคล้ากัน ผสมปูนซีเมนต์และส่วนผสมอื่นๆ ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้อย่างรวดเร็ว

3.1.3 ถังผสมปูน ใช้เป็นภาชนะในการผสมปูนซีเมนต์ เส้นใยเหล็ก เม็ดยาง

3.1.4 แบบหล่อชิ้นงาน ซึ่งมีขนาด 30x30x30 เซนติเมตร เป็นแบบหล่อชิ้นงานขึ้นมา

3.1.5 ปูนซีเมนต์ เป็นปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland cement or Standard Portland cement)

3.1.6 เส้นใยเหล็ก

3.1.7เม็ดยาง

3.1.8 น้ำ

3.2 วิธีขั้นตอนเตรียมตัวอย่าง

3.2.1 คอนกรีตชั้นที่ 1 (คอนกรีตผสมเม็ดยาง) เริ่มจากทำการชั่งปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ เม็ดยาง ตามอัตราส่วนที่ได้ออกแบบส่วนผสมไว้ เตรียมแบบหล่อชิ้นงานให้เรียบร้อย ทำการผสมคอนกรีตที่เตรียมไว้ โดยทำการผสมปูนและทรายให้เข้ากันก่อนด้วยการผสมแบบแห้ง หลังจากนั้นใส่น้ำลงไปจนเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน คนให้ละเอียด แล้วค่อยๆโรยเม็ดยางเพื่อไม่ให้เม็ดยางเกาะกลุ่มเป็นก้อน คนให้เข้ากันด้วยหัวปั่นปูน จากนั้นตักคอนกรีตด้วยเกรียงเหล็กตามความหนาของชั้นแรก เทใส่แบบหล่อชิ้นงานตามความหนาที่ได้ออกแบบไว้ ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว

3.2.2 คอนกรีตชั้นที่ 2 (คอนกรีตผสมเส้นใยเหล็ก) หลักการคล้ายกับคอนกรีตผสมเม็ดยางแต่เปลี่ยนจากเม็ดยางเป็นเส้นใยเหล็ก โดยทำการโรยเส้นใยเหล็กให้ทั่วในช่วงของการผสมเปียกเพื่อป้องการจับตัวกันเป็นก้อนของเส้นใยเหล็ก จากนั้นตักคอนกรีตด้วยเกรียงเหล็กตามความหนาของชั้นที่สอง เทใส่แบบหล่อชิ้นงานตามความหนาที่ได้ออกแบบไว้ ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัว แล้วจึงถอดแบบออกเขียนรายละเอียดบนหน้าก้อนปูน หลังจากนั้นทำการบ่มด้วยน้ำจนกว่าจะถึงวันทำการทดสอบ

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนการผสมของชิ้นงาน

Material	Composite type	Thick (cm.)	%VF
Plain	Single layer	3.0	100%
Rubberized	Single layer	3.0	100%
SFRC	Single layer	3.0	4%
25R4S	Bilayer	0.5/2.5	ยาง 25% เส้นใยเหล็ก 4%
50R3S	Bilayer	1/2	ยาง 50% เส้นใยเหล็ก 3%
50R2S	Bilayer	1.5/1.5	ยาง 50% เส้นใยเหล็ก 2%
75R3S	Bilayer	2/1	ยาง 75% เส้นใยเหล็ก 3%
75R2S	Bilayer	2.5/0.5	ยาง 75% เส้นใยเหล็ก 2%

3.3 วิธีการดำเนินการ

3.3.1 ทำการทดลองยิงผนังคอนกรีตที่แตกต่างกันทั้งหมด 8 ชิ้น ในระยะยิง 10 เมตร ที่มุม 30 องศา ด้วยปืน Smith & Wesson ด้วยลูกกระสุน Lead Round Nose (LRN)

3.3.2 ศึกษาดูรูปแบบร่องรอยลูกกระสุนปืน ในรูปแบบการทะลุผ่านของผนังคอนกรีตทั้ง 8 ชิ้น แล้วเลือกผนังคอนกรีตที่ดีที่สุดมาทดสอบต่อ

3.3.3 นำผนังคอนกรีตที่ดีที่สุดมาทดสอบ ในระยะการยิง 10 เมตร ด้วยปืน Smith & Wesson ด้วยลูกกระสุน LRN, FMJ, JHP ที่มุม 30, 45, 60 องศา โดยให้วัตถุทำมุมกับคนยิง

3.3.4 ศึกษาดูร่องรอกระสุนทที่เกิดขึ้น

บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงาน

จากการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้า ทำการทดลองยิงแล้วนำมาศึกษาร่องรอยกระสุนปืน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการทดลองแผ่นคอนกรีต 8 ชิ้น

4.1.1 คอนกรีตธรรมดาแบบชั้นเดียว

รูปแบบร่องรอยลูกกระสุนปืนจากแผ่นคอนกรีตล้วนมีลักษณะที่เกิดขึ้นค่อนข้างเฉพาะที่ดังภาพที่ 4.1 ในรูปแบบของการทะลุผ่าน โดยกระสุนปืนจะทะลุผ่านคอนกรีตทั้งแผ่นและมีรอยร้าวโดยรอบในลักษณะที่มองเห็นได้ชัด ด้านหลังจะมีลักษณะกะเทาะออกควบคู่ไปด้วย

(ก) (ข)

ภาพที่ 4.1 (ก) ด้านหน้าของแผ่นคอนกรีตล้วน (ข) ด้านหลังของแผ่นคอนกรีตล้วน

4.1.2 คอนกรีตชั้นเดียวแบบผสมเส้นใยเหล็ก

รูปแบบร่องรอยกระสุนที่คอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กชั้นเดียวเป็นไปดังภาพที่ 4.2 กระสุนจะเกิดการสะท้อนกลับมาโดยที่ผิวหน้าของคอนกรีตเกิดการกะเทาะออกในลักษณะที่เป็นรูลึกลงไปแต่ไม่ทะลุขนาดประมาณ 4 – 4.5 มม. ส่วนด้านหลังของแผ่นคอนกรีตเกิดการกะเทาะคอนกรีตขนาดใหญ่ ทำให้คอนกรีตเกิดการหลุดลอกมากกว่าด้านหน้า พื้นผิวโดยรอบไม่รอยแตกร้าวที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า

(ก) (ข)

ภาพที่ 4.2 (ก) ด้านหน้าของแผ่นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กชั้นเดียว (ข) ด้านหลังของคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กชั้นเดียว

4.1.3 คอนกรีตชั้นเดียวแบบผสมเม็ดยาง

ในกรณีของการผสมเม็ดยาง ทำให้เห็นรูปแบบร่องรอยกระสุนที่ชัดเจน กระสุนทะลุผ่านทั้งผิวด้านหน้าและผิวด้านหลังของแผ่นคอนกรีต มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่มากกว่าคอนกรีตล้วนแต่ไม่เกิดร้อยร้าวเหมือนคอนกรีตล้วน

(ก) (ข)

ภาพที่ 4.3 (ก) ด้านหน้าคอนกรีตชั้นเดียวแบบผสมเม็ดยาง (ข) ด้านหลังคอนกรีตชั้นเดียวแบบผสมเม็ดยาง

4.1.4 คอนกรีตแบบสองชั้น

รูปแบบร่องรอยกระสุนที่คอนกรีตแบบสองชั้น โดยส่วนมากพบว่าที่ผิวด้านหน้าของแผ่นคอนกรีตจะเกิดการกะเทาะเล็กๆ มีความลึกไม่มาก ส่วนผิวด้านหลังเกิดการกะเทาะที่มีขนาดใหญ่กว่าผิวด้านหน้าเพียงเล็กน้อย และไม่รอยแตกร้าวเกิดขึ้น

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4.4 (ก) ด้านหน้าของคอนกรีตเม็ดยาง 0.5 cm. เส้นใยเหล็ก 2.5 cm. (ข) ด้านหลังของคอนกรีตเม็ดยาง 0.5 cm. เส้นใยเหล็ก 2.5 cm.

หลังจากทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว พบว่าคอนกรีตแบบสองชั้นสามารถทนกระสุนปืนได้ แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นคอนกรีตผสมเม็ดยาง ยิ่งหนามากจะทำให้แผ่นคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กบางลง ซึ่งทำให้ไม่เพียงพอต่อการต้านทานแรงกระแทกของกระสุนปืนทำให้กระสุนปืนทะลุผ่านออกไปด้านหลังในบางชนิด จึงทำให้ทางผู้วิจัยได้เลือกคอนกรีตชั้นที่ 1 ที่มีความหนาของเม็ดยาง 0.5 เซนติเมตร และคอนกรีตชั้นที่ 2 ที่มีความหนาของเส้นใยเหล็ก 2.5 เซนติเมตร มาทำการทดลองเพื่อดูร่องรอยและวิถีกระสุนปืนต่อ

4.2 คอนกรีตแบบสองชั้นยิงด้วยลูกกระสุนปืน และมุมที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 ผลการยิงผนังคอนกรีตแบบสองชั้นที่ยิงด้วยกระสุนปืน 3 รูปแบบคือ Lead Round Nose (LRN), Full Metal Jacket (FMJ) และ Jacket Hollow Point (JHP) ขนาด .38 Special ที่ระยะ 10 เมตร ที่มุม 30, 45 และ 60 องศา

มุม	ลูกกระสุน	ผิวด้านหน้า	ผิวด้านหลัง
30 องศา	Lead Round Nose (LRN)	Ø = 23 mm.	Ø = 45 mm.
	Full Metal Jacket (FMJ)	Ø = 39 mm.	Ø = 34 mm.
	Jacket Hollow Point (JHP)	Ø = 34 mm.	Ø = 33 mm.
45 องศา	Lead Round Nose (LRN)	Ø = 33 mm.	เกิดการกะเทาะแต่ไม่กระเด็น
	Full Metal Jacket (FMJ)		

		Ø = 24 mm.	Ø = 23 mm.
	Jacket Hollow Point (JHP)	Ø = 32 mm.	Ø = 29 mm.
60 องศา	Lead Round Nose (LRN)	Ø = 34 mm.	Ø = 31 mm.
	Full Metal Jacket (FMJ)	Ø = 28 mm.	Ø = 27 mm.
	Jacket Hollow Point (JHP)	Ø = 23 mm.	Ø = 27 mm.

จากการศึกษาร่องรอยและวิถีกระสุนปืนของผนังคอนกรีตแบบสองชั้นความหนาไม่เกิน 3 เซนติเมตร ยิงจากกระสุนปืน ขนาด .38 Special ที่มีลูกกระสุนปืน 3 รูปแบบคือ Lead Round Nose (LRN), Full Metal Jacket (FMJ) และ Jacket Hollow Point (JHP) ที่มุม 30, 45, 60 องศา โดยให้วัตถุทำมุมกับคนยิง ที่ระยะยิง 10 เมตร พบลักษณะร่องรอยกระสุนปืนดังนี้

4.2.1 คอนกรีตแบบสองชั้นที่มุม 30 องศา

ที่มุม 30 องศา ลูกกระสุนปืนแบบ Full Metal Jacket (FMJ) และ Jacket Hollow Point (JHP) เกิดการทะลุผ่าน ร่องรอยของกระสุนปืนมีทั้งแบบวงกลมและวงรี มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยไม่เกิน 36.25 มิลลิเมตร แต่กระสุนปืนแบบ Lead Round Nose (LRN) ไม่เกิดการทะลุ มีลักษณะการกะเทาะทั้งผิวด้านหน้าและผิวด้านหลัง

4.2.2 คอนกรีตแบบสองชั้นที่มุม 45 องศา

ที่มุม 45 องศา ลูกกระสุนปืน Full Metal Jacket (FMJ) และ Jacket Hollow Point (JHP) เกิดการทะลุผ่าน ร่องรอยของกระสุนปืนมีทั้งแบบวงกลมและวงรี มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยไม่เกิน 27 มิลลิเมตร แต่ที่ผิวด้านหลังชิ้นส่วนของคอนกรีตบางส่วนเกิดการกะเทาะโดยไม่หลุดออกจากผิวคอนกรีตเนื่องจากถูกยึดจับด้วยเส้นใยเหล็ก ในส่วนของกระสุน Lead Round Nose (LRN) ไม่เกิดการทะลุ เกิดการกะเทาะที่ผิวด้านหน้าและด้านหลังแต่ผิวด้านหลังจะสังเกตได้ว่าไม่มีชิ้นส่วนของคอนกรีตที่หลุดออกไปซึ่งเป็นกรณีเดียวกันกับกระสุนปืน Full Metal Jacket (FMJ) และ Jacket Hollow Point (JHP) ที่มุม 45 องศา

4.2.3 คอนกรีตแบบสองชั้นที่มุม 60 องศา

ที่มุม 60 องศา กระสุนปืนทั้ง 3 แบบ คือ Lead Round Nose (LRN), Full Metal Jacket (FMJ) และ Jacket Hollow Point (JHP) เกิดการทะลุผ่าน ร่องรอยของกระสุนปืนมีทั้งแบบวงกลมและวงรี มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยไม่เกิน 28.33 มิลลิเมตร

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การศึกษาความสามารถของวัสดุต้านทานกระสุนปืนแบบสองชั้นและการศึกษาร่องรอยลูกกระสุนปืนจากแผ่นคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กและแผ่นคอนกรีตผสมเศษยางรถยนต์รีไซเคิล ในด้านของความสามารถในการรับแรงกระแทกจากกระสุนปืน พบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันการทะลุของกระสุนปืนรีวอลเวอร์ ขนาด .38 SPECIAL โดยแผ่นคอนกรีตแบบสองชั้นมีน้ำหนักเบากว่าแผ่นคอนกรีตแบบชั้นเดียว เนื่องมากจากการแทนที่ของเม็ดยางรีไซเคิลที่มีน้ำหนักหน่วยเบากว่าเส้นใยเหล็ก

โดยรูปแบบร่องรอยกระสุนปืนของแผ่นคอนกรีตแบบสองชั้นที่มีความหนาไม่เกิน 3 เซนติเมตร จะมีทั้งการทะลุผ่านและกะเทาะ ขึ้นอยู่กับมุมองศาและกระสุนปืนที่ใช้ จะเห็นได้ว่าที่มุม 60 องศา กระสุนปืนสามารถทะลุผ่านทั้งหมด เนื่องด้วยลูกกระสุนปืนทั้ง 2 แบบมีความเร็ว และลูกกระสุนปืนสัมผัสกับแผ่นคอนกรีตได้มากขึ้นด้วยความเอียงของแผ่นคอนกรีต ในส่วนของมุม 30 และ 45 องศา มีกระสุนที่ไม่สามารถทะลุผ่านได้ คือลูกกระสุนปืน แบบ Lead Round Nose (LRN) ซึ่งอาจเกิดจากน้ำหนักมวลลูกกระสุนปืน, ความแข็งของลูกกระสุนปืนที่มีความแข็งน้อย รวมกับพลังงานจากความเร็วลูกกระสุนปืนและลูกกระสุนปืน สัมผัสผิวแผ่นคอนกรีตน้อย ทำให้ลูกกระสุนปืนไม่ทะลุผ่าน อย่างไรก็ตามเมื่อความหนาของชั้นคอนกรีตผสมเม็ดยางเพิ่มขึ้น ส่งผลให้รูปแบบเปลี่ยนตามไปด้วย

ในส่วนของความสามารถในการรับแรงกระทำแบบคงที่ พบว่าแทนที่ชั้นความหนาของคอนกรีตเสริมเส้นใยในเหล็กบางส่วนด้วยคอนกรีตผสมเม็ดยาง มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการรับแรงกระทำลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้ยิงกับวัตถุที่เป็นแผ่นคอนกรีตที่มีความหนาไม่เกิน 3 เซนติเมตร ดังนั้นควรศึกษาวัตถุที่มีความหนามากกว่า 3 เซนติเมตร ในโอกาสต่อไป

2. ศึกษากับอาวุธปืนชนิดอื่น และกระสุนปืนขนาดอื่นเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

ทองรชฎ เหรียญสุวงษ์. (2552). **การตรวจหารอยลายนิ้วมือแฝงบนปลอกกระสุนปืนโลหะขนาด.38.** สืบค้นจาก http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis.

ศรารัตน์ มหาศรานนท์. (2550). **การรีเคลมมิ่งเชิงกลยางรถยนต์บดละเอียด.** สืบค้นจาก https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/218/1/sararatm.pdf.

ชัชวาล เศรษฐบุตร. (2537). **คอนกรีตเทคโนโลยี คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค.** สืบค้นจาก https://www.cpacacademy.com/download/cpacacademy_com.

Global House. (2565). **ปูนซีเมนต์ คืออะไร มีกี่ประเภท และควรเลือกอย่างไรให้เหมาะสม.** สืบค้นจาก https://globalhouse.co.th/globalidea/detail/534.

Saovapak Ayasanond. (2021). **สตีลไฟเบอร์ วัสดุขนาดเล็กตัวช่วยที่จะมาเสริมความแข็งแรงให้กับงานคอนกรีตขนาดใหญ่.** สืบค้นจาก https://materialsroom.com

ปิติ สุคนธสุขกุล. (2014). **การพัฒนาผนังคอนกรีตสมรรถนะสูงแบบหลายชั้นในการต้านทานแรงกระแทกจากกระสุนโดยตรงจากคอนกรีตผสมเม็ดยางและคอนกรีตผสมเส้นใยไฟเบอร์.** สืบค้นจาก https://elibrary.tsri.or.th

สิทธิศักดิ์ แจ่มนาม. (2020). **การศึกษาความต้านทานกระสุนขนาด 7.62x51 มม. ของผนังคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็ก.** สืบค้นจาก https://conference.thaince.org.

อภิสิทธ์ เตชพัฒนากร. (2021)**. ความสามารถในการต้านทานกระสุนระดับ 3A ของผนังคอนกรีตแบบหลายชั้นผลิตจากคอนกรีตเสริมเส้นใยเหล็กและยางพารา.** สืบค้นจาก https://www.thaiscience.info.

ภาคผนวก

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวรานี ช่างคำ
ตำแหน่ง	นักศึกษา
วันเดือนปีเกิด	2 พฤษภาคม 2545
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลพล
วุฒิการศึกษา	- ปีการศึกษา 2556 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนศรีเมืองพลประชานุเคราะห์ ตำบล เมืองพล อำเภอ พล จังหวัด ขอนแก่น 40120 - ปีการศึกษา 2562 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนเมืองพลพิทยาคม ตำบล ลอมคอม อำเภอ พล จังหวัด ขอนแก่น 40120 - ปัจจุบันกำลังศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาฟิสิกส์
สถานที่ศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2566