



บล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุ:
ผลของสารหน่วงปฏิกิริยาการคงรูปต่อสมบัติของบล็อกยางปูพื้น

Rubber blocks flooring for elder:

Effect of pre-vulcanization inhibitor on rubber block flooring properties

ชัยวุฒิ วัชรัง*¹ สราวุธ ประเสริฐศรี¹ ชัยวัฒน์ บำเพ็ญ¹

ชลกรณ์ ครองยุทธ¹ ศตวรรษ ดอกจันทร์¹ และ จารุวรรณ ชูปวา²

¹สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการยาง ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

²สาขาการพยาบาลมารดา ทารก และผดุงครรภ์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

*E-mail: chaiwute.v@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมบล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุ โดยมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ คอนกรีตและชั้นยาง ซึ่งในส่วนการเตรียมชั้นยางที่ประกอบด้วย 2 ส่วนเช่นกัน คือ ชั้นหุ้มผิวจากยางเอทิลีน โพรพิลีน ไดอีน (Ethylene propylene diene rubber; EPDM) และชั้นฐานรับแรงกระแทกจากยางธรรมชาติ (Natural rubber; NR) โดยสำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุ ด้านความแข็งแรงและความหนาของบล็อกยางปูพื้นที่เหมาะสม จากการสำรวจความพึงพอใจผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีความพึงพอใจแผ่นยางปูพื้นที่ความแข็งแรง 50 Shore A และความหนา 10 มิลลิเมตร โดยยางคอมพาวด์ EPDM ต้องใช้เวลาในการคงรูป (T_{c90}) 7.30 นาที ในขณะที่ยางคอมพาวด์ NR มี T_{c90} 4.4 นาที ซึ่งมีความแตกต่างกันและไม่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นบล็อกยางปูพื้นที่ต้องประกอบสองชั้น จึงศึกษาสารหน่วงปฏิกิริยาการคงรูปที่ปริมาณแตกต่างกัน พบว่า การเพิ่มปริมาณสารหน่วงปฏิกิริยาการคงรูปที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่า T_{c90} ของยางคอมพาวด์ NR นานขึ้นและใกล้เคียงกับค่า T_{c90}

Received: March 02, 2020

Revised: March 22, 2020

Accepted: May 03, 2020

ของยางคอมพาวด์ EPDM ในการขึ้นรูปบล็อกยางปูพื้นที่ประกอบด้วยชั้นคอนกรีตและชั้นยางได้ถูกออกแบบการยึดติดระหว่างชั้นยางและคอนกรีตด้วยทางกายภาพ

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ สารหน่วงปฏิกิริยาการคงรูป บล็อกปูพื้น ผู้สูงอายุ

Abstract

This research aimed to study the preparation of Para rubber block flooring for elder. The block flooring composed of two parts such that (i) concrete and (ii) rubber layer. For rubber layer part, the preparation of rubber layer was divided into two sections; (i) the top cover surface based on ethylene propylene diene rubber (EPDM) and (ii) shockproof layer based on natural rubber (NR). The results from the elderly satisfaction surveys on hardness and thickness of rubber layer showed that the most suitable hardness and thickness were 50 Shore A and 10 mm, respectively. The cure time (T_{c90}) of top cover surface layer based on EPDM compound was 7.30 min, while T_{c90} of NR compound was 4.4 min. The significant difference in T_{c90} of NR and EPDM compounds was not suitable for forming to block flooring. Therefore, shockproof layer based on NR was studied by varying pre-vulcanization inhibitor (PVI) contents. An increase in PVI content led to an increase in T_{c90} of NR compound which closed to the T_{c90} of EPDM compound. Finally, the rubber block flooring consisted of concrete layer and rubber layer was designed by physical adhesion between rubber layer and concrete.

Keywords: Natural Rubber, Pre-vulcanization Inhibitor, Block Flooring, Elder

1. บทนำ

ผู้สูงอายุ เป็นวัยซึ่งมีความแตกต่างจากวัยอื่น เป็นวัยบั้นปลายของชีวิต ดังนั้น ปัญหาของผู้สูงอายุในทุกด้าน โดยเฉพาะด้านสาธารณสุข จึงแตกต่างจากคนในวัยอื่น อุบัติเหตุที่พบเป็นส่วนใหญ่ในผู้สูงอายุ จะเกี่ยวข้องกับการหกล้ม เนื่องจากผู้สูงอายุมีสภาพร่างกายที่เสื่อมถอยลง มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง โดยเฉพาะกล้ามเนื้อข้อศอก ข้อเท้า และข้อเข่า ซึ่งนำไปสู่ปัญหาการควบคุมการทรงตัว การหกล้มเป็นปัญหาที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บเฉียบพลัน โดยเฉพาะการหักของกระดูกในส่วนต่าง ๆ

ของร่างกาย เช่น ข้อศอก ข้อเท้า หรือข้อเข่า เป็นต้น ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการหกล้มในผู้สูงอายุ คือ ลักษณะทางกายภาพของผู้สูงอายุ เกิดจากภาวะโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคทางระบบประสาท การเป็นลมล้มลง หรือการเสียสมดุลการทรงตัว ซึ่งอาจมาจากความผิดปกติของร่างกาย หรือกรณีที่อายุเพิ่มมากขึ้น การหกล้มอาจส่งผลกระทบทำให้สูญเสียความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกาย ส่งผลให้สุขภาพร่างกายอ่อนแอลง ตามมาด้วยโรคแทรกซ้อนอื่น ๆ อาทิเช่น กระดูกข้อศอกหัก ข้อเท้าแพลง และทำให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตแย่ลง [1] ดังนั้น การเตรียมการป้องกันหรือลด

อุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุมีความจำเป็นต้องคำนึงถึงในการสร้างบ้านหรือการออกแบบภูมิสถาปัตย์ของบริเวณที่อยู่อาศัย โดยการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมของบ้าน เช่น ห้องน้ำ ห้องนอน บันได และพื้นที่บริเวณบ้านให้เหมาะสมกับการเคลื่อนไหวและการใช้งานของผู้สูงอายุ เช่น การใช้พื้นผิวกันกระแทกภายในห้องน้ำหรืออ่างอาบน้ำเพื่อลดแรงกระแทก เป็นต้น จึงได้มีการศึกษาการออกแบบวัสดุลดแรงกระแทกที่เหมาะสมในงานวิจัยของอารยา เอกปริญญญาและสมพิศ พุสสุล [2] ได้ศึกษารูปแบบพื้นผิวกันกระแทกภายในห้องน้ำสำหรับผู้สูงอายุ โดยเสนอแนะให้ออกแบบพื้นกระเบื้องขนาดเล็กและมีรอยต่อจำนวนมาก เพื่อลดแรงเสียดทานขณะผู้สูงอายุทำกิจกรรมภายในห้องน้ำและปูด้วยพื้นกันลื่นหรือพื้นกันกระแทกที่มีลักษณะยืดหยุ่น ง่ายต่อการดูแลรักษาความสะอาด รวมทั้งงานวิจัยของไพลิน แซ่ลิ้ม [3] ได้พัฒนาอ่างอาบน้ำเพื่อลดการแตกหักของกระดูกสะโพกในผู้สูงอายุ โดยเตรียมวัสดุปูพื้นซึ่งประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นล่างสุดเป็นชั้นที่ผสมขี้เลื่อยเพื่อลดต้นทุน ชั้นตรงกลางเป็นชั้นของโฟมยาง ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบแรกเตรียมจากน้ำยางข้นและรูปแบบที่สองเตรียมจากยางแผ่นรมควัน และชั้นบนสุดเป็นส่วนหุ้มผิว จากการศึกษาสมบัติเชิงกลของยางปูพื้นพบว่า เมื่อเพิ่มขึ้นโฟมยางสามารถลดแรงกระแทกจากการหกล้มได้ เนื่องจากโฟมยางมีลักษณะเป็นรูพรุนจำนวนมาก จึงส่งผลให้สามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดี ซึ่งส่วนใหญ่จะคำนึงถึงเฉพาะอุปกรณ์การป้องกันหรือลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุภายในอาคารเท่านั้น แต่โอกาสที่ผู้สูงอายุจะเกิดอุบัติเหตุในระหว่างการทำกิจกรรมนอกอาคาร อาทิ การออกกำลังกายบนพื้นแข็ง เช่น พื้นคอนกรีตหรือคอนกรีตบล็อกปูพื้น ก็สามารถ

เกิดการหกล้มได้เช่นกัน ในปัจจุบันมีความพยายามที่จะนำยางมาเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์ปูพื้นเพื่อลดและดูดซับแรงกระแทก เช่น สุกซัย แก้วจิง [4] ได้ศึกษาการเตรียมบล็อกยางปูพื้นที่ประกอบด้วยสองชั้น ชั้นแรกคือส่วนฐานรองรับทำจากยางธรรมชาติชนิดสกิน (Skim rubber) ผสมสารตัวเติมผงฝุ่นขี้เลื่อยไม่ยางพารา ชั้นที่สองเป็นชั้นหุ้มทำจากยางเอทิลีนโพรพิลีนไดเอิน (Ethylene propylene diene rubber; EPDM) เหลือทิ้งจากถนน หุ้มท่อแอร์ พบว่า เมื่อสัดส่วน EPDM เหลือทิ้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการคงรูป สมบัติความแข็งแรงและการดูดซับพลังงานเพิ่มขึ้น

ในปัจจุบันมีการนำแผ่นยางปูพื้นที่ผลิตทั้งจากยางพาราและยางสังเคราะห์มาใช้ในการปูพื้นสนามเด็กเล่น เพื่อลดแรงกระแทก กันลื่นและทำให้เกิดความปลอดภัยต่อเด็กขณะเล่น แต่การใช้แผ่นยางปูพื้น ต้องเตรียมพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งให้พื้นเรียบ มีความแข็งแรงสามารถรองรับการปูแผ่นยางได้ พื้นควรทำจากวัสดุที่ไม่หดรัดหรือยุบตัว เช่น พื้นปูน คอนกรีตชนิดหล่อ พื้นไม้ พื้นหินขัด พื้นผิวที่จะปูจะต้องเรียบ ไม่ขรุขระหรือเป็นหลุมบ่อ และต้องออกแบบให้มีการระบายน้ำได้แผ่นยางที่ดี ซึ่งการใช้แผ่นยางปูพื้นจะมีต้นทุนในการเตรียมพื้นที่ที่จะปูและราคาของแผ่นยางปูพื้นที่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ พื้นคอนกรีตชนิดหล่อที่จะปูแผ่นยางปูพื้นมีข้อจำกัดอย่างหนึ่ง คือ เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนย้าย จะต้องทำการทุบทำลายเพียงอย่างเดียว จึงจะทำได้ ด้วยเหตุนี้ บล็อกคอนกรีตสำเร็จรูปที่สามารถทดแทนพื้นชนิดหล่อได้ ซึ่งบล็อกคอนกรีตสำเร็จรูปมีข้อดีคือ สามารถปูแผ่นพื้นได้ง่าย ปรับแต่งลดทอนได้ตามใจชอบ ก่อสร้างเสร็จรวดเร็ว รื้อย้ายได้ โดยไม่ต้องทุบทำลาย รวมถึงราคาต่อหน่วยก็ถูกกว่า ในงานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดที่จะนำยางมาใช้

ร่วมกับคอนกรีตทำให้ลดปริมาณการใช้ยางที่มีราคาสูงกว่าคอนกรีต เพื่อให้ผลิตภัณฑ์บล็อกยางปูพื้นมีราคาที่ถูกลง และสามารถลดอาการบาดเจ็บเนื่องจากการหกล้มได้อีกด้วย โดยทั่วไปการใช้งานบล็อกปูพื้นจะต้องสัมผัสกับแสงแดดโดยตรง จึงจำเป็นต้องมีสมบัติทนทานต่อแสงแดดและโอโซน ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาทำผลิตภัณฑ์บล็อกยางปูพื้น คือ ยางธรรมชาติ (Natural rubber; NR) ที่มีสมบัติเด่นด้านความยืดหยุ่น สามารถดูดซับแรงได้ดี ดังนั้นจึงใช้ NR เป็นส่วนชั้นรับแรงกระแทกของบล็อกยางปูพื้น แต่ NR มีข้อเสียหลักคือการเสื่อมสภาพได้ง่ายภายใต้แสงแดด ออกซิเจน โอโซน และความร้อน เนื่องจากโมเลกุลของ NR มีพันธะคู่ทำให้ NR ว่องไวต่อการเสื่อมสภาพ โดยมีแสงแดดและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [5] ดังนั้นจึงนำ EPDM มาใช้เป็นส่วนหุ้ม NR (เป็นส่วนผิวบนของยางปูพื้น) เนื่องจาก EPDM ไม่มีพันธะคู่ในสายโซ่หลักและมีเพียงพันธะคู่ (Diene) ใน โซ่กิ่งประมาณ 1.5-10 %wt ที่ทำให้สามารถวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถันได้ด้วยเหตุนี้ EPDM จึงมีสมบัติเด่นในด้านการทนทานต่อความร้อน แสงแดด ออกซิเจนและโอโซนได้เป็นอย่างดี [5] จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นส่วนหุ้มผิวของบล็อกยางปูพื้น แต่อย่างไรก็ตามการผสม NR และ EPDM เป็นพอลิเมอร์ผสมหรือประกอบยางคอมพาวนด์เข้าด้วยกันจะประสบปัญหาเรื่องความแตกต่างของปฏิกิริยาวัลคาไนเซชัน เนื่องจาก NR มีโครงสร้างทางเคมีที่ไม่อิ่มตัวสูง (มีพันธะคู่สูง) ทำให้มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาทางเคมี ในขณะที่ EPDM มีโครงสร้างทางเคมีที่อิ่มตัวสูงและไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยาทางเคมี (มีพันธะคู่ต่ำ) ซึ่งทำให้ในระหว่างการปฏิกิริยาวัลคาไนเซชัน NR มีอัตราการเชื่อมโยงที่สูงและสารคงรูป (Curatives) สามารถเคลื่อนที่จากเฟส EPDM แพร่เข้าสู่เฟส NR

ยิ่งไปกว่านั้น สารคงรูปหลายชนิดยังละลายได้ยากใน EPDM จึงส่งผลให้อัตราการเกิดการเชื่อมโยงใช้เวลานานมากขึ้น [6] ดังนั้น การนำ EPDM มาใช้เป็นส่วนหุ้ม NR เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของบล็อกยางปูพื้น จำเป็นต้องลดความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีของ NR ด้วยการใช้สารหน่วงปฏิกิริยาการคงรูป (Pre-vulcanization inhibitor; PVI) เพื่อให้เวลาในการคงรูปของ NR และ EPDM ใกล้เคียงกัน

ในงานวิจัยนี้ จึงศึกษาการเตรียมบล็อกคอนกรีตลดแรงกระแทกที่ประกอบด้วยชั้นรองรับที่เตรียมจากคอนกรีต ชั้นรับแรงกระแทกที่เตรียมจาก NR และนำ EPDM มาใช้เป็นส่วนหุ้ม NR (เป็นส่วนผิวของยางปูพื้น) เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากแสงแดด ออกซิเจนและโอโซน โดยศึกษาผลของการใช้สารหน่วงปฏิกิริยาการคงรูปต่อสมบัติของ NR และนำมาเตรียมเป็นบล็อกยางปูพื้นที่ช่วยลดแรงกระแทกในการเดินหรือเคลื่อนไหวและลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย คือ NR ยางแท่งเกรด STR 20 โดยสหกรณ์กองทุนสวนยางภูจอง นาคะหลวย จำกัด ประเทศไทย EPDM เกรดที่มีพันธะคู่ชนิด ethylidene norbornene (ENB) ปริมาณ 7.4 wt% จำหน่ายโดยบริษัท Global connections จำกัด ประเทศไทย ซึ่งคือออกไซด์และกำมะถัน จำหน่ายโดยบริษัท Global Chemical จำกัด ประเทศไทย กรดสเตียริก ซิลิกา แคลเซียม-คาร์บอเนต น้ำมันพาราฟิน วิงสเตย์ แอล (Wingstay L) ไชเลน (ช นี ด Bis (3-(triethoxysilyl) propyl) tetrasulfide (Si 69), Tetramethyl thiuramdisulfide (TMTD), 2-mercaptobenzothiazole (MBT) และ N-cyclohexyl-2-benzothiazole sulfonamide (CBS) จำหน่ายโดย

บริษัท เคมีคอล แอนด์ เมททีเรียลส์ จำกัด ประเทศไทย ไทย Pre-vulcanization inhibitor (ชนิด Cyclohexyl-N-thiophthamide; PVI) ได้รับจากบริษัท เอ็น ดี รีบเบอร์ จำกัด (มหาชน)

โดยการทำงานวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาการเตรียมบล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุ โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

2.1 การตรวจสอบความพึงพอใจของผู้สูงอายุ

เลือกกลุ่มเป้าหมายผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 40-80 ปี จำนวน 80 คน ในพื้นที่บริเวณศูนย์สุขภาพตำบลธาตุ บ้านบัววัด ตำบลธาตุ อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี และบ้านศรีฐาน ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าดัว จังหวัดยโสธร โดยทำการเตรียมแผ่นยางขนาด กว้าง 40 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร ความแข็ง 50 และ 60 Shore A ที่ความหนา 6, 8 และ 10 มิลลิเมตรแล้วนำไปใช้ในการตรวจสอบความพึงพอใจจากผู้สูงอายุโดยให้ผู้สูงอายุเดินบนแผ่นยางที่เตรียมไว้ (แสดงในรูปที่ 1) และสอบถามความพึงพอใจของผู้สูงอายุโดยการตอบแบบสอบถาม



รูปที่ 1 ลักษณะแผ่นยางที่ใช้สำรวจและการลงพื้นที่ตรวจสอบความพึงพอใจแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุ

2.2 การเตรียมบล็อกยางปูพื้น

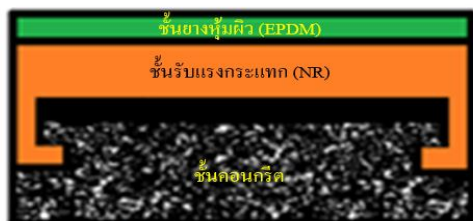
การเตรียมยางชั้นรับแรงกระแทกจาก NR และยางชั้นหุ้มผิวจาก EPDM โดยนำผลจากการสำรวจแผ่นยางสำหรับสำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุเป็นข้อกำหนดด้านความแข็งและคุณสมบัติของยางคอมพาวนด์ซึ่งได้สูตรดังแสดงในตารางที่ 1 บดผสมด้วยเครื่องบดผสมแบบปิด (Internal mixer) รุ่น MX500-TQ ผลิตจากบริษัท เจริญทัศน์ จำกัด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของโรเตอร์ 50 rpm เป็นเวลา 5 นาที และรีดเป็นแผ่นด้วยเครื่องบดผสมแบบเปิด (Two-roll mill) ทดสอบหาเวลาในการคงรูปด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์แบบคายเคลื่อนที่ (Moving die rheometer; MDR) ที่ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 สูตรยางคอมพาวนด์ที่ใช้สำหรับ EPDM และ NR

วัตถุดิบ	ปริมาณ (phr)	
EPDM	100.0	-
NR	-	100.0
ซิงค์ออกไซด์	5.0	5.0
กรดสเตียริก	1.0	1.0
TMTD	2.0	-
MBT	0.5	-
CBS	-	0.5
กำมะถัน	1.0	2.5
ซิลิกา	25.0	-
แคลเซียมคาร์บอเนต	-	90.0
โซเลน	2.5	-
น้ำมันพาราฟิน	15.0	-

การเตรียมบล็อกยางปูพื้นเพื่อยึดติดกับคอนกรีต โดยชั้นแรกเป็นชั้นฐานรองรับเตรียมได้จาก NR และชั้นที่สองเป็นชั้นหุ้มผิวเตรียมได้จาก EPDM ซึ่งขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัด (compression molding) โดยนำยางคอมพาวด์ชั้นฐานรองรับ NR และยางชั้นหุ้มผิว EPDM มาประกบติดกัน จากนั้นนำเข้าไปในแม่พิมพ์แบบกดอัด และขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ได้เป็นแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นที่มีความหนา 10 มิลลิเมตร (ยางชั้นฐานรองรับ NR หนา 5 มิลลิเมตรและยางชั้นหุ้มผิว EPDM หนา 5 มิลลิเมตร)

การเตรียมคอนกรีตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซึ่งอัตราส่วนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1:3 และใช้น้ำที่ปริมาณ 40 % โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยผสมให้เข้ากันแล้วเทลงในแม่พิมพ์ที่มีแผ่นยางบล็อกยางปูพื้น โดยลักษณะของบล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะบล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุ

2.3 สมบัติเชิงกลของยางคงรูป

- การทดสอบความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ด้วย Tensile testing machine รุ่น Tensi Tech+ ตามมาตรฐาน ISO 37 อัตราเร็วในการดึง 500 ± 50 มิลลิเมตร/นาทีก่อนขึ้นทดสอบเป็นรูปดัมเบลกว้าง 6 มิลลิเมตร ยาว 115 มิลลิเมตร หนา 2.5 มิลลิเมตร

- การทดสอบกระด้างกระดอน (Rebound resilience) ด้วย Resilience elasticity tester รุ่น GT-7042-RDA ตามมาตรฐาน ISO 4662 ขึ้นทดสอบเป็นทรงกระบอกความหนา 15 ± 0.05 มิลลิเมตร

- การทดสอบความแข็ง (Hardness) ด้วย Hardness tester แบบ Shore A durometer ตามมาตรฐาน ISO 7619-1 ขึ้นทดสอบวางซ้อนกันที่ความหนาอย่างน้อย 6 มิลลิเมตร

- การทดสอบการเสียรูปหลังการกด (Compression set) เตรียมขึ้นทดสอบตามมาตรฐาน ISO 188 ที่ความหนา 12.50 ± 0.50 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 29.50 ± 0.50 มิลลิเมตร ทดสอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเสียรูปหลังการกดด้วยสูตรคำนวณที่ (1)

$$\text{Compression set (\%)} = [(t_0 - t_p)/(t_0 - t_n)] \times 100 \dots (1)$$

เมื่อ t_0 คือ ความหนาของชิ้นทดสอบเริ่มต้น, t_p คือ ความหนาของชิ้นทดสอบที่เหลือหลังการกดและ t_n คือ ความหนาของแท่งเหล็กกันหรือแท่งขึ้น

- การทดสอบความต้านทานการขัดถู (Abrasion resistance) ด้วย Din abrasion resistance tester รุ่น GT-7012-D ตามมาตรฐาน ISO 4649 ขึ้นทดสอบเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ความหนา 6~15 มิลลิเมตร คำนวณหาปริมาตรที่สูญเสียไปหลังการทดสอบการขัดถูด้วยสูตรคำนวณที่ (2)

$$\text{Abrasion loss (mm}^3\text{)} = (\Delta m \times 200)/(Q \times S) \dots (2)$$

เมื่อ Δm คือ ผลต่างของน้ำหนักชิ้นตัวอย่างก่อนและหลังการขัดถู

Q คือ คำนวณน้ำหนักของยางมาตรฐานหลังการขัดถู
และ S คือ ความถ่วงจำเพาะของยางคงรูป

2.4 ความหนาแน่นการเชื่อมโยง (Crosslink density)

- การทดสอบความหนาแน่นการเชื่อมโยง (Crosslink density) โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างยางสีเหลืองจตุรัส หน้าประมาณ 0.2 กรัม ซึ่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียดชนิด 4 ตำแหน่ง แช่ในตัวทำละลายเบนซิน 50 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มี 8 ชั่วโมง เมื่อครบตามกำหนดนำชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (บันทึกเป็นน้ำหนักหลังแช่ในตัวทำละลาย) และชั่งน้ำหนักทุก ๆ 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาค่าความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงของยาง ดังสมการที่ (3)-(5)

$$\begin{aligned} \text{ค่า } Mc^{\text{corr}} &= -\ln(1-V_r) \cdot V_r / k \cdot v_r^2 \\ &= D \cdot V_c \cdot V_r^{1/3} \cdot (1/Mc^{\text{corr}} - 5.44/M_n) \dots \quad (3) \end{aligned}$$

โดยที่ V_r = สัดส่วนปริมาณของเนื้อยางในยางที่บวมพองนั้น

D = ความหนาแน่นของยางธรรมชาติที่วัลคาไนซ์

K = ครรชนความเข้ากันของยางธรรมชาติและเบนซิน

V_c = ปริมาตรตัวทำละลาย 1 โมล

M_n = น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของยางระหว่างการเชื่อมโยงของสายโซ่

หา V_r ได้จากสามการดังนี้

$$V_r = (W_1/D)/(W_c/D) + [(W_c - W_1)/D_b] \dots \quad (4)$$

โดยที่ D = ความหนาแน่นของยางวัลคาไนซ์

D_b = ความหนาแน่นของเบนซิน

W_c = น้ำหนักของยางวัลคาไนซ์ที่บวมพองตัวจนสมดุล ณ เวลาจุดเริ่มต้น

$$W_1 = \text{น้ำหนักของยางวัลคาไนซ์}$$

$$\text{ค่า Cross-link density (X)} = 1/(2Mc^{\text{corr}}) \dots \quad (5)$$

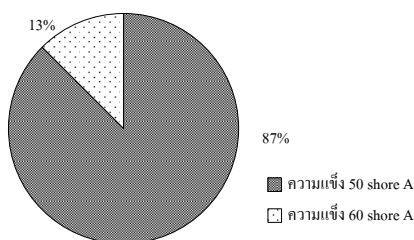
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ในการศึกษาการเตรียมบล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุ เริ่มจากการสำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุ ด้านความแข็งแรงและความหนาของแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นที่เหมาะสม หลังจากนั้นเตรียมแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นที่ยึดติดกับคอนกรีต โดยบล็อกยางปูพื้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นคอนกรีตและชั้นยางที่ประกอบด้วยชั้นรับแรงกระแทกจาก NR และชั้นหุ้มผิวเตรียมจาก EPDM โดยศึกษาสูตรยางที่เหมาะสมกับบล็อกยางปูพื้นตามมาตรฐานบล็อกยางปูพื้น เช่น สมบัติความทนต่อแรงดึง ระยะยืด ณ จุดขาด ความต้านทานการขัดถู การเสีรูปหลังการกดอัดและการกระเด็นกระดอน โดยมีผลการทดลองดังนี้

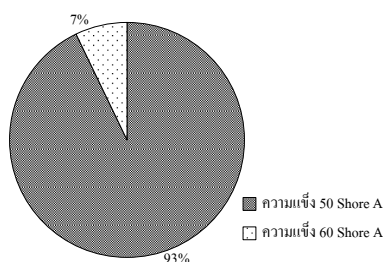
3.1 สำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุ

ในการสำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุ ด้านความแข็งแรงและความหนาของแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นที่เหมาะสม ขั้นตอนการสำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุ ได้แบ่งออกเป็นสองขั้นตอน คือ การเตรียมแผ่นยางที่ใช้สำรวจในขั้นตอนแรก โดยเตรียมแผ่นยางที่ใช้สำรวจที่ความแข็งแรง 50 และ 60 Shore A และที่ความหนา 6, 8 และ 10 มิลลิเมตร จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการสำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุ โดยพื้นที่สำรวจความพึงพอใจแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ คือ ศูนย์สุขภาพตำบลธาตุ บ้านบัววัด ตำบลธาตุ อำเภอรินจรัล จังหวัดอุบลราชธานีและบ้านศรีฐาน ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าดัว จังหวัดยโสธร ดังรูปที่ 1 โดยมีผู้รับการประเมินจำนวน 80 คน เป็นเพศชาย 22 %

และเพชฌัญ 78 % ซึ่งผลการสำรวจความพึงพอใจความแข็งแรงของแผ่นยางที่ใช้สำรวจ พบว่า ผู้สูงอายุเพศชายและเพชฌัญส่วนใหญ่พึงพอใจความแข็งแรงของแผ่นยางที่ใช้สำรวจที่ 50 Shore A โดยเฉลี่ย (ก.)



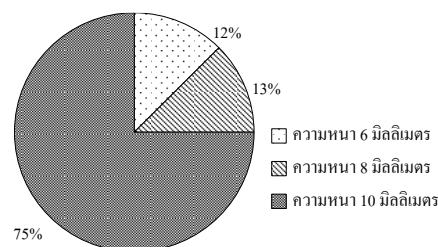
(ข.)



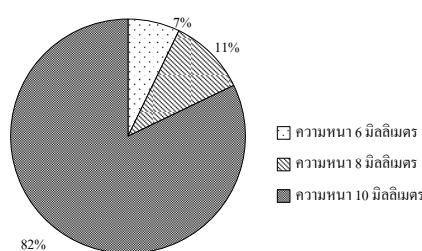
รูปที่ 3 ความพึงพอใจด้านความแข็งแรงของแผ่นยางที่ใช้สำรวจของ (ก.) เพศชาย (ข.) เพชฌัญ

87 % และ 93 % ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 3 ในขณะที่ผลการสำรวจความหนาของแผ่นยางที่ใช้สำรวจ พบว่าผู้สูงอายุเพศชายและเพชฌัญส่วนใหญ่พึงพอใจความหนาของแผ่นยางปูพื้นที่ 10 มิลลิเมตร โดย (ก.)

(ก.)



(ข.)



รูปที่ 4 ความพึงพอใจด้านความหนาของแผ่นยางที่ใช้สำรวจของ (ก.) เพศชาย (ข.) เพชฌัญ

ตารางที่ 2 สมบัติของยางคอมพาวนด์ NR และ EPDM สำหรับเตรียมแผ่นยางบล็อกยางปูพื้น

สมบัติ	มาตรฐานการทดสอบ	เกณฑ์มาตรฐานบล็อกยางปูพื้น มอก. 2378-2551	NR	EPDM
ML (dN.m)	-	-	4.0	3.1
MH (dN.m)	-	-	8.4	7.1
MH-ML (dN.m)	-	-	4.4	4
T _{S2} (min)	-	-	3.0	2.55
T _{C90} (min)	-	-	4.4	7.3
Hardness (Shore A)	ISO 7619-1	50, 60, 70, และ 80	50±1	55±0.5
Tensile strength (MPa)	ISO 37	> 6 MPa	15.28±0.49	6.36±0.09
Elongation at break (%)	ISO 37	>200 %	593±18.26	346±10.19
Rebound (%)	ISO 4662	-	85.29±2.25	76.32±0.08
Abrasion loss (mm ³)	ISO 4649	<250 mm ³	82.59±2.02	25.15±2.83
Compression set (%)	ISO 188	<40 %	22.00±2.08	11.73±1.19

เฉลี่ย 75 % และ 82 % ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4 จึงสรุปการสำรวจความพึงพอใจของสมบัติแผ่นยางที่ใช้สำรวจ พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่พึงพอใจแผ่นยางที่ใช้สำรวจที่ความแข็ง 50 Shore A และความหนา 10 มิลลิเมตร โดยผู้สูงอายุให้เหตุผลว่าแผ่นยางที่ใช้สำรวจที่ความแข็งและความหนาดังกล่าว ทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกนุ่มสบายเท้า และทำให้รู้สึกเดินได้อย่างมั่นคงมากที่สุด

3.2 ศึกษาการเตรียมแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นจาก NR และ EPDM

หลังจากนำข้อมูลจากการสำรวจมาใช้เตรียมแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นที่ยึดติดกับคอนกรีตตามตารางที่ 1 โดยสูตรคอมพาวนด์ชั้นรับแรงกระแทกจาก NR และชั้นหุ้มผิวเตรียมจาก EPDM ที่มีความแข็ง 50 และ 55 Shore A ตามลำดับ สำหรับเตรียมบล็อกยางปูพื้นตามมาตรฐาน บล็อกยางปูพื้น (มอก. 2378-2551) มีสมบัติความทนต่อแรงดึง ระยะยืด ณ จุดขาด ความต้านทานต่อการขีดถู การเสียรูปหลังการกดอัด และการกระด้างกระดอน แสดงดังตารางที่ 2 โดยยางคอมพาวนด์ NR ที่ปรับสูตรจนได้ความแข็ง 50 Shore A มีสมบัติการคงรูปคือ T_{s2} 3 นาที และ T_{c90} 4.4 นาที และเมื่อนำไปคงรูปมีสมบัติความทนทานต่อแรงดึง 15.28 MPa ระยะยืด ณ จุดขาด 593 % ปริมาตรที่สูญเสียหลังการขีดถู 85.29 mm³ การเสียรูปหลังการกดอัด 22 % และการกระด้างกระดอน 85.29 % ซึ่งมีสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของบล็อกยางปูพื้น มอก. 2378-2551

สำหรับยางคอมพาวนด์สำหรับเตรียมชั้นหุ้มผิวจาก EPDM ที่ปรับสูตรจนได้ความแข็ง 55 Shore A พบว่า มีค่า T_{s2} 2.22 นาที และ T_{c90} 7.30 นาที เมื่อนำยางคอมพาวนด์ดังกล่าวไปคงรูปทำให้มีความทนต่อแรงดึง 6.36 MPa ระยะยืด ณ จุดขาด

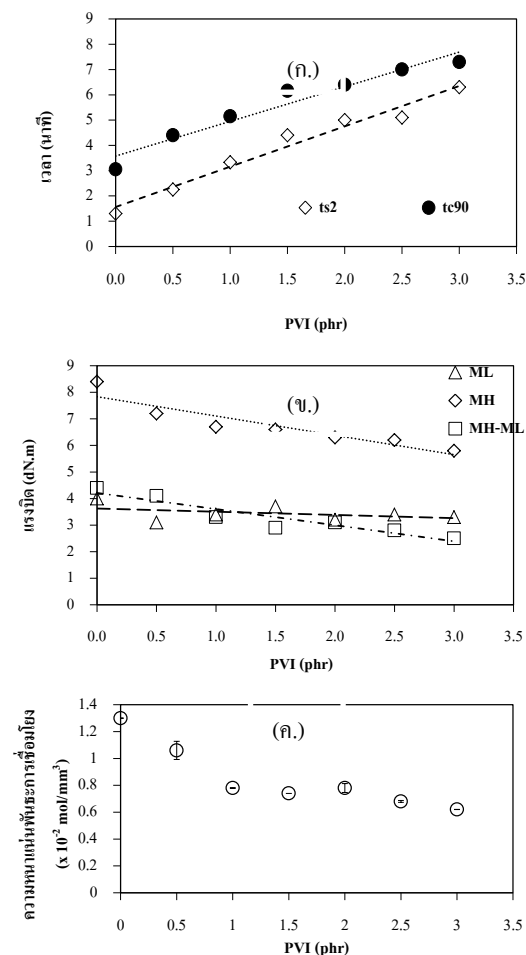
346 % ปริมาตรที่สูญเสียหลังการขีดถู 25.5 mm³ การเสียรูปหลังการกดอัด 11.73 % และการกระด้างกระดอน 76.35 % ซึ่งสมบัติดังกล่าวผ่านเกณฑ์มาตรฐานของบล็อกยางปูพื้น มอก. 2378-2551 เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม ในการขึ้นรูปแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นด้วยการนำคอมพาวนด์ EPDM ที่ต้องใช้เวลาในการขึ้นรูปหรือ T_{c90} 7.30 นาที มาประกบติดลงบนยางคอมพาวนด์ NR ที่มี T_{c90} 4.40 นาที แล้วไปขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัดนั้น จะส่งผลต่อการขึ้นรูปและมีผลต่อสมบัติต่ออย่างคงรูปเนื่องจากความแตกต่างของความว่องไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง NR และ EPDM ดังนั้น จึงมีการศึกษาการห้วงปฏิกิริยาคงรูปใน NR เพื่อให้ระยะเวลาในการคงรูปใกล้เคียงกับ EPDM เพื่อให้ได้ยางคอมพาวนด์ชั้นรองรับของบล็อกยางปูพื้นจาก NR ที่เหมาะสม

การศึกษาการห้วงปฏิกิริยาคงรูปของยางคอมพาวนด์ NR เพื่อให้ระยะเวลาในการคงรูปใกล้เคียงกับ EPDM โดยใช้ PVI ซึ่งมีสูตรทางเคมีเป็น Cyclohexyl-N-thiophthaimide ใช้เป็นสารตัวห้วงปฏิกิริยาคงรูป โดยศึกษาที่ปริมาณ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 phr โดยมีผลการทดลองดังนี้

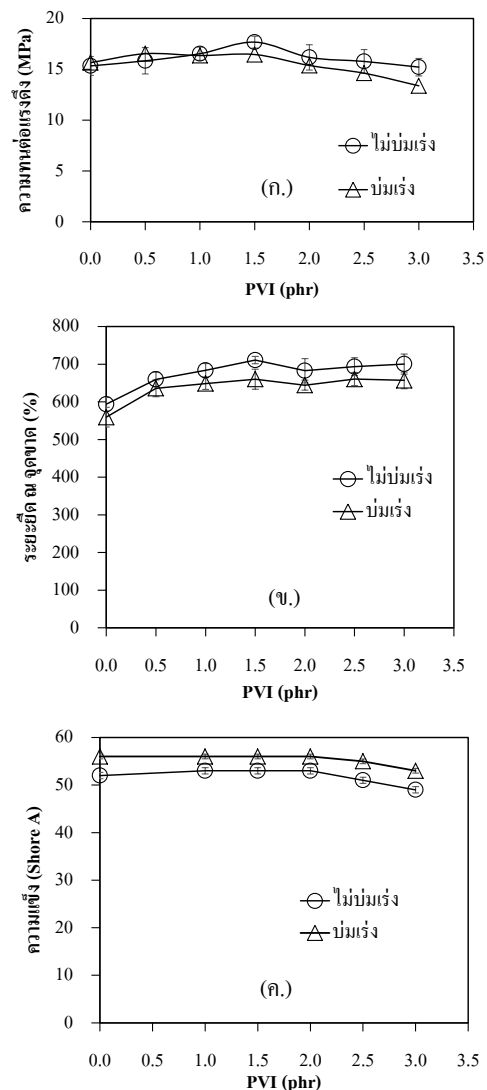
3.2.1 สมบัติการคงรูป (Vulcanization properties) ของ NR ที่แปรปริมาณ PVI

ผลของปริมาณ PVI ต่อสมบัติการคงรูปของ NR แสดงในรูปที่ 5 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ PVI ส่งผลให้ระยะเวลาในการคงรูป (5 ก.) ของ NR เพิ่มขึ้น ในขณะที่ MH – ML (5 ข.) และความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยง (5 ค.) ลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ที่ใช้สารตัวเร่งกลุ่มซัลฟิनाไมด์เกิดปฏิกิริยากับกำมะถันเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน หลังจากนั้น สารประกอบเชิงซ้อนนี้จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ โมเลกุล NR ปลดปล่อย 2-

Mercaptobenzothiazole (MBT) ออกมา ซึ่ง MBT ที่ปลดปล่อยออกมานี้จะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาควบคู่ไป แต่ในการเติม PVI เป็นสารหน่วงปฏิกิริยาการวัลคาไนซลงไป PVI จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ MBT ที่เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดการหน่วงปฏิกิริยาการควบคู่จนกว่า PVI จะทำปฏิกิริยาจนหมด [5], [7] จึงส่งผลให้เมื่อเพิ่มปริมาณ PVI มากขึ้นทำให้ระยะเวลาในการควบรูปของ NR เพิ่มมากขึ้น และยังส่งผลให้ MH - ML และความหนาแน่นพันธะเชื่อมโยงลดลงอีกด้วย



รูปที่ 5 สมบัติการควบรูป (ก.) ระยะเวลาการควบรูป (ข.) แรงบิดสูงสุดและแรงบิดต่ำสุด (ค.) ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงของ NR ที่มีปริมาณ PVI ต่างกัน



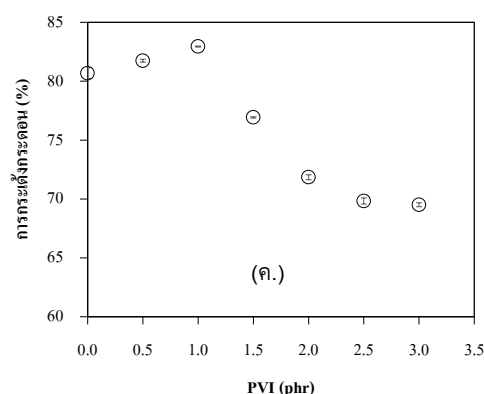
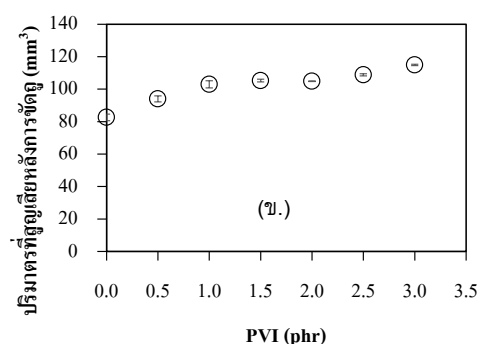
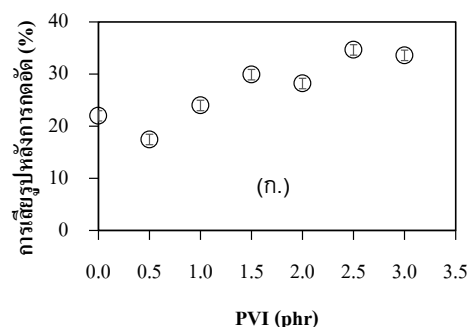
รูปที่ 6 สมบัติเชิงกลก่อนและหลังบ่มเร่ง (ก.) ความทนต่อแรงดึง (ข.) ระยะยืด ณ จุดขาด (ค.) ความแข็งของ NR ที่มีปริมาณ PVI ต่างกัน

3.2.2 สมบัติเชิงกล (Mechanical properties) ของ NR ที่แปรปริมาณ PVI

ผลของปริมาณ PVI ต่อสมบัติความทนต่อแรงดึง ระยะยืด ณ จุดขาดและความแข็งของ NR แสดงในรูปที่ 6 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ PVI ความทนต่อแรงดึง (6 ก.) และความแข็ง (6 ค.) ของ NR ที่ผ่านการบ่มเร่งและไม่บ่มเร่งมีค่าลดลง

ในขณะที่ระยะยี่ด ๓ จุดขาด (6 ข.) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณ PVI สูงขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงลดลง [5] ส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงดึงและความแข็งแรงลดลง แต่ระยะยี่ด ๓ จุดขาดเพิ่มขึ้น [8-11]

ผลของปริมาณ PVI ต่อสมบัติความต้านทานต่อการขาด การเสียรูปหลังการกดและการกระเด็นกระดอนของ NR แสดงในรูปที่ 7 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ PVI การเสียรูปหลังการกดอัด (7 ก.) และปริมาตรที่สูญเสียหลังการขาด (7 ข.) ของ NR สูงขึ้น ในขณะที่การกระเด็นกระดอน (7 ค.) ต่ำลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณ PVI ส่งผลให้ความหนาแน่นของพันธะเชื่อมโยงลดลง เมื่อนำไปทดสอบการเสียรูปหลังการกดอัด ในขณะการบ่มเร่งเกิดการวัลคาไนซ์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการคืนตัวต่ำ รวมทั้งมีผลให้การกระเด็นกระดอนที่ต่ำอีกด้วย นอกจากนี้ การเพิ่มปริมาณ PVI ยังเป็นสาเหตุของการบลูม (Bloom) ด้วยเช่นกัน พบว่าการเติม PVI ในปริมาณที่มากเกินไป ทำให้ PVI ทำปฏิกิริยากับกำมะถันและสารตัวเร่งเกิดผลพลอยได้เป็นพะทาลิไมด์ ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการละลายในยางต่ำมาก [5] จึงอาจเคลื่อนตัวมาที่บริเวณพื้นผิวก่อให้เกิดการบลูมได้ ส่งผลให้เมื่อนำไปทดสอบการขาด จึงถูกขาดออกมาได้ง่าย ทำให้ความต้านทานต่อการขาดด้อยลงตามปริมาณ PVI ที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 7 สมบัติเชิงกล (ก.) การเสียรูปหลังการกดอัด (ข.) ความต้านทานต่อการขาด (ค.) การกระเด็นกระดอนของ NR ที่มีปริมาณ PVI ต่างกัน

จากการผลการทดลองข้างต้นพบว่า ปริมาณ PVI ที่เหมาะสมสำหรับ NR คือ 1.5 phr เนื่องจาก มีเวลาในการคงรูปที่ใกล้เคียงกับ EPDM และสมบัติเชิงกลผ่านมาตรฐานของบล็อกยางปูพื้น ดังนั้น สูตรยางคอมพาวนด์ชั้นรับแรงกระแทกจาก NR ที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุสรุปดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สูตรยางคอมพาวนด์ที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมยางชั้นรับแรงกระแทก (ชั้นยาง NR)

	ปริมาณ (phr)
NR	100.0
ซิงค์ออกไซด์	5.0
กรดสเตียริก	2.0
แคลเซียมคาร์บอเนต	90.0
PVI	1.5
วิงสเตย์แอล	1.0
CBS	0.5
กำมะถัน	2.5

3.2 สมบัติของแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นและการเตรียมบล็อกยางปูพื้น

หลังจากได้สูตรที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นแล้ว จึงนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นโดยลักษณะของแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นแสดงดังรูปที่ 8 โดยสมบัติของบล็อกยางปูพื้นจาก NR และ EPDM แสดงในตารางที่ 4 พบว่า บล็อกยางปูพื้นมีความแข็ง 52.9 Shore A ระเบิด ณ จุดขาด 426 % ปริมาตรที่สูญเสียหลังการกดอัด 235 mm³ และการเสียรูปหลังการกดอัด 29.99 % ซึ่งผ่านทั้งมาตรฐานยางปูพื้นและบล็อกยางปูพื้น ในขณะที่ความทนต่อแรงดึง 4.24 MPa ซึ่งผ่านเฉพาะ

มาตรฐานยางปูพื้น ดังนั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะให้ศึกษาต่อเกี่ยวกับการยึดติดระหว่างชั้น NR และ EPDM ซึ่งจะช่วยให้ได้สมบัติความทนต่อแรงดึงที่ผ่านทั้งมาตรฐานยางปูพื้นและบล็อกยางปูพื้น



รูปที่ 8 ลักษณะแผ่นยางบล็อกยางปูพื้น



รูปที่ 9 การเตรียมบล็อกยางปูพื้น (ก.) แม่พิมพ์และแผ่นยางบล็อกยางปูพื้น (ข.-ค.) การเทปูนซีเมนต์ลงบนแม่พิมพ์ที่มีแผ่นยางบล็อกยางปูพื้น (ง.) บล็อกยางปูพื้น

สำหรับการเตรียมบล็อกยางปูพื้น แสดงดังรูปที่ 9 โดยนำแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นใส่ลงในแม่พิมพ์บล็อกยางปูพื้น (รูปที่ 9 ก.) หลังจากนั้นเทปูนซีเมนต์ลงบนแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นในแม่พิมพ์ บล็อกยางปูพื้นจนเต็มและเขย่าให้ปูนซีเมนต์ไหลเต็มแม่พิมพ์ (รูปที่ 9 ข.-ค.) ทิ้งให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวสมบูรณ์ จึงแกะแม่พิมพ์ออกจะได้บล็อกยางปูพื้น แสดงในรูปที่ 9 (ง.)

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมบล็อกยางปูพื้นสำหรับผู้สูงอายุ โดยบล็อกยางปูพื้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นคอนกรีตและชั้นยาง (ชั้นรับแรงกระแทกจากยางธรรมชาติ (Natural rubber; NR) และชั้นหุ้มผิวเตรียมจากยางเอทิลีน โพรพิลีน ไดอีน (Ethylene propylene diene rubber; EPDM) ในการศึกษาชั้นรับแรงกระแทกจาก NR และชั้นหุ้มผิวเตรียมจาก EPDM โดยการสำรวจความพึงพอใจของผู้สูงอายุ ณ ศูนย์สุขภาพตำบลธาตุ บ้านบัววัด ตำบลธาตุ อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี และบ้านศรีฐาน ตำบลศรีฐาน อำเภอป่าดัว จังหวัดยโสธร ด้านความแข็งแรงและความหนาของบล็อกยางปูพื้น ซึ่งมีจำนวนผู้รับการประเมิน 80 คน พบว่า ผู้สูงอายุส่วนใหญ่พึงพอใจแผ่นยางที่ใช้สำรวจที่ความแข็ง 50 Shore A ความหนา 10 มิลลิเมตร หลังจากการสำรวจนำผลที่ได้ไปปรับปรุงสูตรสำหรับเตรียมแผ่นยางบล็อกยางปูพื้น โดยปรับสูตรยางชั้นหุ้มผิวจาก EPDM และยางชั้นรับแรงกระแทกจาก NR ให้เหมาะสมแล้ว พบว่า ในการขึ้นรูปแผ่นยางบล็อกยางปูพื้นด้วยการนำคอม

พาวด์ EPDM ที่ต้องใช้เวลาในการขึ้นรูปหรือ T_{c90} 7.30 นาที มาประกบติดลงบนยางคอมพาวด์ NR ที่มี T_{c90} 4.4 นาที แล้วไปขึ้นรูปในเครื่องอัดเข้าแม่พิมพ์นั้น จะส่งผลต่อการขึ้นรูปและมีผลต่อสมบัติของยางรูป เนื่องจากความแตกต่างของความว่องไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง NR และ EPDM ดังนั้น จึงมีการศึกษาการหน่วงปฏิกิริยาของรูปใน NR เพื่อให้ระยะเวลาในการคงรูปใกล้เคียงกับ EPDM โดยผลของการเติมสารหน่วงปฏิกิริยาการคงรูปใน NR ส่งผลให้ระยะเวลาในการคงรูปเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณ PVI สูงขึ้น และส่งผลต่อสมบัติเชิงกลเพียงเล็กน้อยและปริมาณ PVI ที่เหมาะสมคือ 1.5 phr เนื่องจากสามารถหน่วงปฏิกิริยาการคงรูปใน NR ได้ใกล้เคียงกับระยะเวลาในการคงรูปของ EPDM เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ประกบติดกันระหว่างชั้นหุ้มผิว EPDM และชั้นรับแรงกระแทก NR จะทำให้ระยะเวลาในการคงรูปของยางทั้งสองชั้น ใกล้เคียงกัน และสามารถนำชั้นยางที่ประกอบด้วยชั้นหุ้มผิวและชั้นรับแรงกระแทกมาขึ้นรูปเป็นบล็อกยางปูพื้นได้

ตารางที่ 4 สมบัติเชิงกลของบล็อกยางปูพื้นจาก NR กับ EPDM

สมบัติเชิงกล	เกณฑ์มาตรฐาน		ผลการทดสอบ
	การทดสอบยางปูพื้น มอก. 2377-2551	การทดสอบบล็อกยางปูพื้น มอก. 2378-2551	
Hardness (Shore A)	50, 60, 70, 80 และ 90	60, 70, 80 และ 90	52.9 ± 0.9
Tensile strength (MPa)	>4	>6	4.24 ± 0.01
Elongation at break (%)	>150	> 200	426 ± 16
Rebound (%)	-	-	54.70 ± 1.82
Abrasion loss (mm ³)	<500	<250	235 ± 13
Compression set (%)	< 40	-	29.99 ± 4.71

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ภายใต้โครงการความร่วมมือเพื่อพัฒนาบทบาทของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีในการทำงานวิจัยเพื่อสนับสนุนการขับเคลื่อนการพัฒนาจังหวัด ในโครงการวิจัยเรื่อง ลีอกปูพื้นยางพาราสำหรับผู้สูงอายุ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย. สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2561. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.thaigri.org>. สืบค้นวันที่ 11 พฤษภาคม 2561.
- [2] อารายา เอกปริญญา, สมพิศ พุสกุล. รูปแบบพื้นผิวกันกระแทกภายในห้องน้ำสำหรับผู้สูงอายุ. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล. 2554. 12: 45-56.
- [3] ไพลิน แซ่ลิ้ม. พัฒนayangปูพื้นเพื่อลดการแตกหักของกระดูกสะโพกในผู้สูงอายุ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2554.
- [4] สุกชัย แก้วจิง. การพัฒนาลีอกปูพื้นที่ทำจากยางธรรมชาติและ EPDM เหลือ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2552.
- [5] พงษ์ธร แซ่อู. ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน, พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2548.
- [6] Sae-oui P., Sirisinha C., Thepsuwan U., Thapthong P. Influence of accelerator type on properties of NR/EPDM blends. *Polym Test.* 2007. 26(8): 1062-1067.
- [7] Nabi H., Ismail H., Azura A. R. Comparison of thermo-oxidative ageing and thermal analysis of carbon black-filled NR/Virgin EPDM and NR/Recycled EPDM blends. *Polym Test.* 2013. 32(4): 631-639.
- [8] Lin T., Ma S., Lu Y., Guo B. New design of shape memory polymers based on natural rubber crosslinked via Oxa-Michael reaction. *ACS Appl Mater Inter.* 2014. 6: 5695-5703.
- [9] Xu C., Cao L., Huang X., Chen Y., Lin B., Fu L. Self-healing natural rubber with tailorable mechanical properties based on ionic supramolecular hybrid network. *ACS Appl Mater Inter.* 2017. 9: 29363-29373.
- [10] Vudjung C. Cure and mechanical properties of natural rubber filled bacterial cellulose. *Key Eng Mater.* 2016. 705: 40-44.
- [11] Boonyod S., Vudjung C. Effect of oleic acid on properties of natural rubber filled bacterial cellulose. *Key Eng Mater.* 2017. 744: 295-299.