รายงานการวิจัยเรื่อง

เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

นายประพัฒน์ สีใส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

พ.ศ. ๒๕๕๕

กิติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเรื่องเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปี พ.ศ. ๒๕๕๕ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ได้ให้การส่งเสริมและสนับสนุนในการทำวิจัย เนื่องจากงานวิจัยเป็นภารกิจหลักของอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าอาจารย์ทุกท่านจะเล็งเห็นถึงความสำคัญของการทำวิจัยต่อไปในอนาคต

นายประพัฒน์ สีใส
หัวหน้าโครงการวิจัย
มีนาคม ๒๕๕๖

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : **A-๔๓/๒๕๕๕**
ชื่อโครงการ : เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ
ชื่อนักวิจัย : นายประพัฒน์ สีใส, นายธนากร สุนทรวัฒน์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ ควบคุมด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติ ควบคุมด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ผู้วิจัยได้ประดิษฐ์เครื่องอัดบล็อกประสานให้มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยและสามารถผลิตบล็อกประสานอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ชุดต้นกำลัง ชุดระบบไฮดรอลิกส์ และชุดควบคุมระบบไฟฟ้า โดยสามารถผลิตบล็อกประสานขนาดมาตรฐาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย อัตราส่วน ๑ : ๖ โดยน้ำหนัก สามารถผลิตบล็อกประสานได้ครั้งละ ๒ ก้อน สำหรับการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานจริงพบว่า ด้านการออกแบบที่ค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ ๑.๐๐ และด้านประสิทธิภาพการพัฒนาเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ ต้นแบบจากการทดสอบใช้งานจริงมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยที่ร้อยละ ๑๐๐

E-mail Address : Prapat.see@rmutr.ac.th

Period of project : ๑ ตุลาคม ๒๕๕๔ ถึง ๓๐ กันยายน ๒๕๕๕

บทที่ ๑
บทนำ

๑.๑ ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบัน การก่อสร้างในระบบเสาและคานที่มีผนังก่อด้วยอิฐมวลเบา อิฐมอญ ซีเมนต์บล็อกเป็นระบบการก่อสร้างที่ใช้ระยะเวลานานและต้องการช่างที่มีฝีมือในการก่อ และฉาบเรียบ รวมทั้งขบวนการผลิตอิฐมอญต้องใช้ไม้เผาเพื่อให้อิฐมีความแกร่งซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำลายสภาพแวดล้อมธรรมชาติสร้างมลพิษทางอากาศ

ปัจจัยดังกล่าวจึงทำให้บล็อกประสาน เกิดกระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดการทำลายสภาวะแวดล้อมและใช้วัตถุดิบภายในชุมชนทั้งหมด และระบบการก่อสร้างด้วยบล็อกประสานเป็นระบบการก่อสร้างแบบผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Wall) ทำให้การก่อสร้างเป็นไปด้วยความแข็งแรง รวดเร็วเป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้ ไม่ต้องใช้แรงงานที่มีฝีมือมากนักในการก่อบล็อกประสาน เพราะผนังที่ก่อด้วยบล็อกประสานไม่ต้องฉาบปูนเรียบ มีเพียงการยาแนวตามร่องเท่านั้น หรือทาน้ำยาเคลือบผิวป้องกันการซึมน้ำ

การผลิตบล็อกประสานที่ใช้แรงงานคนในการอัดขึ้นรูปบล็อกประสานโดยใช้เครื่องอัดด้วยแรงคนแบบมือโยกใช้การทดแรงแบบคานงัดคานดีด สามารถผลิตได้วันละประมาณ ๔๕๐-๕๐๐ ก้อนต่อวัน แต่อาจต้องใช้แรงงานคนถึง ๖ คน และขึ้นอยู่กับความชำนาญของแรงงานด้วย ดังนั้นกำลังการผลิตของเครื่องอัดรูปแบบเดิมที่มีอยู่ ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้อย่างพอเพียง จึงจำเป็นต้องหาทางปรับปรุงพัฒนาเครื่องจักรบล็อกประสานให้เพิ่มขีดความสามารถในการผลิต จึงออกแบบพัฒนาสร้างเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตบล็อกประสาน

๑.๒ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาพัฒนาเครื่องอัดบล็อกประสานให้ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ให้คุณภาพในการผลิตที่สม่ำเสมอตามต้องการ

๑.๓ ขอบเขตของการศึกษา

๑.๓.๑ พัฒนาเครื่องอัดบล็อกประสานให้ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์

๑.๓.๒ ผลิตบล็อกประสานขนาดมาตรฐานสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) อัตราส่วน ๑ : ๖ โดยน้ำหนัก

๑.๓.๓ ทำการทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างบล็อกประสาน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. ๖๐๒/๒๕๔๗ กระทรวงอุตสาหกรรม

๑.๔ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑.๔.๑ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องอัดบล็อกประสานให้ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ ควบคุมด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ให้คุณภาพในการผลิตที่สม่ำเสมอตามต้องการ

๑.๔.๒ หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ สามารถใช้ประโยชน์ด้านการเรียนการสอนให้กับนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ทุกสาขา ในรายวิชา Basic Engineering Training รหัสวิชา ENG ๑๑๑๐ และบริการวิชาการให้กับชุมชนได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทที่ ๒
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

๒.๑ ทฤษฎี

บล็อกประสานสร้างขึ้นมาเพื่อให้ใช้ในการสร้างในชนบท ต่างจังหวัด แต่ปัจจุบันบล็อกประสานก็เป็นที่นิยมในงานก่อสร้างบ้านจัดสรรในเมือง และสถานที่ที่ต้องการความหรูหรา และมีแนวโน้มจะได้รับความนิยมมากขึ้น ผู้วิจัยสนใจศึกษาทางด้าน Technique การผลิตที่เน้นคุณภาพในการผลิตที่สม่ำเสมอตามต้องการ ภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.๖๐๒/๒๕๔๗ กระทรวงอุตสาหกรรม

นิยาม คำว่า บล็อกประสานดินซิเมนต์เป็นการเรียกรวมระหว่างคำว่า บล็อกประสานกับดินซิเมนต์ เข้าด้วยกัน คือ เป็นบล็อกที่มีลักษณะรูปร่างทั้งแบบสี่เหลี่ยม และโค้ง เพื่อการใช้งานที่แตกต่างกัน ก้อนสี่เหลี่ยมจะใช้เพื่อการก่อสร้างอาคาร ส่วนก้อนโค้งจะใช้เพื่อการก่อสร้างถังเก็บน้ำหรืองานก่อสร้างที่ต้องการส่วนโค้ง ทั้งก้อนสี่เหลี่ยมและก้อนโค้งจะมีเดือยอยู่ด้านบนและเว้าที่ด้านล่างของก้อน โดยมีรูที่กลางก้อน และที่กลางเดือย เพื่อการหยอดน้ำปูนผสมทรายละเอียด เพื่อให้ก้อนติดประสานกันหรือเพื่อการใส่เหล็กเสริมความแข็งแรงในการก่อสร้าง ส่วนคำว่า ดินซิเมนต์ คือการที่บล็อกประสานมีการผลิตโดยใช้วัสดุที่เป็นดินลูกรังหรือดินปนทรายที่มีอยู่ทั่วไปมาผสมกับปูนซิเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม และนำมาอัดขึ้นรูปเป็นบล็อกประสานด้วยเครื่องอัดบล็อก หลังจากผึ่งและบ่มในอาคารประมาณ ๑๔ วัน บล็อกจะจับตัวจนมีความแข็งแกร่ง โดยความแกร่งจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลา จากนั้นสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้

รูปที่ ๒.๑ แสดงรูปบล็อกประสาน

๒.๑.๑ วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

๑) ดินลูกรัง

ดินลูกรังเกิดจากการผุพังของหินในสภาพภูมิอากาศชื้นและมีอุณหภูมิสูง มีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือสามารถแข็งตัวได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ และมักมีสีแดงเพราะมีออกไซด์ของเหล็กปะปนอยู่ คุณสมบัติของดินลูกรังจะขึ้นอยู่กับชนิดของต้นกำเนิด ชนิดของหินเดิม ส่วนประกอบทางเคมี และสภาพภูมิอากาศ ดินลูกรังเมื่อนำมาบดอัดจะสามารถรับแรงเฉือนได้สูงขึ้น และมักนิยมใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในงานวิศวกรรมเช่น เป็นชั้นทางวัสดุงานทางเป็นดินถมในคันทางดินถม ในเขื่อนดินและในงานฐานรากเพราะมีราคาถูก และหาง่ายในธรรมชาติ งานวิจัยนี้จึงเลือกดินลูกรังเป็นวัสดุหลักในการจัดทำการวิจัย

ดินลูกรังลักษณะของดินลูกรัง Sivarajaisinghan and Alexander and cady (๑๙๘๒) ได้ให้คำจำกัดความหินลูกรังว่าเป็นแร่ธาตุที่สลายตัวมานานส่วนมากประกอบไปด้วย Secondary oxide of iron หรือ อลูมินั่ม (Aluminum) หรือทั้งสองอย่าง ซึ่งเกือบจะไม่เป็นด่าง และส่วนมากประกอบด้วย silica แต่อาจจะมีแร่ Quartz และแร่ Kaolinite เป็นจำนวนมากได้ มีลักษณะแข็งหรืออาจจะแข็งเมื่อเปียกและแห้ง มีสีของ Oxide คือ สีน้ำตาลหรือสีแดงหรือสีน้ำตาลแดงดินลูกรังจัดอยู่ในประเภท skeletal soil ได้แก่ ดินที่มีเศษหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒ มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่าอยู่ในดินเป็นปริมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าโดยปริมาตรที่มีความลึกไม่เกิน ๕๐ เซนติเมตร จากผิวดินเป็นได้ทั้งดินทราย (sandy – skeletal) ดินร่วน (loamy – skeletal) และดินเหนียว (clay) จัดอยู่ในกลุ่มดิน skeletal soil หรือดินตื้นเป็นดินที่มีชั้นศิลาแลง (laterite) มี ๒ ชนิดที่พบในชั้นของดิน ที่สามารถแยกได้ชักเจน คือ ประเภทดินลูกรังร่วนโดยปกติแล้วจะมีขนาดแตกต่างกันมากตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๕ ถึง ๔-๕ เซนติเมตร รายละเอียดของทั้ง ๒ แบบสามารถแยกได้ดังนี้ แบบแรก เมื่อใช้มือบิดออกจะเห็นลักษณะ Concentric lamination characteristic แต่แบบที่ ๒ จะไม่เห็น โดยทางปฏิบัติ แบบแรก เรียกว่า True laterite หรือ ground water laterite ส่วนหลังแบบหลัง เรียกว่า pseudo laterite โดยทั่วไปจะพบ laterite ทั้ง ๒ แบบปะปนในชั้นดินเสมอแต่จะมีชนิดหนึ่งชนิดใดมากกว่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะหรือบริเวณที่อยู่ในดิน

ดินลูกรัง (Skeletal soils) ดินลูกรังและดินตื้น หมายถึงดินที่มีชั้นลูกรัง หรือเศษหินกรวดเกิดขึ้นเป็นชั้นหนาและแน่น พบในความลึก ๕๐ ซม. จากผิวดินบน โดยปกติชั้นลูกรังที่กล่าวนี้จะประกอบกอบด้วยลูกรัง เศษหิน หรือ กรวดไม่ต่ำกว่า ๓๕ % โดยปริมาตร จากผลการสำรวจดินระดับจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่ามีดินลูกรังและดินตื้นในประเทศไทยประมาณ ๕๒ ล้านไร่ และเกิดขึ้นในสภาพพื้นที่ ๒ ลักษณะคือ ในพื้นที่ราบเรียบและค่อนข้างราบเรียบของลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำ (low terrace) และขั้นกลาง (middle terrace) ดินลูกรังในสภาพพื้นที่ส่วนนี้จะ

เกิดขึ้นเป็นชั้นหนา ๔๐-๘๐ ซม. ภายใต้ชั้นลูกรังลงไปมักเป็นชั้นดินเหนียวส่วนดินลูกรังอีกพวกหนึ่งจะเกิดในสภาพที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่น พื้นที่มีระดับสูงกว่าและมีชั้นลุกรังหนากว่าด้วย ดินลูกรังในพื้นที่ดังกล่าวนี้เกิดจากการสลายตัวของหินแล้วกลายสภาพมาเป็นลูกรังอยู่กับที่ ส่วนใหญ่เกิดจากหินดินดานและหินทรายละเอียดกล่าวโดยทั่วไป ดินลูกรังและดินตื้นเป็นดินที่มีศักยภาพในการเกษตรต่ำ เพราะดินชั้นล่างแน่นทึบ เกิดปัญหาการไชชอนของระบบราก การระบายน้ำไม่ดี การอุ้มน้ำต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีการชะล้างพังทลายของดินสูง

- ประเภทของดินลูกรังมีดังต่อไปนี้

Laterite หรือลูกรัง หมายถึง ดินที่เกิดจากกระบวนการผุพังในอัตราค่อนข้างสูง และมีคุณสมบัติแข็งตัวเมื่อสัมผัสกับอากาศ

Lateritic soil หรือดินลูกรัง หมายถึง ดินสีแดงซึ่งมีออกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียมในปริมาณสูง ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการ laterizationมีคุณสมบัติแข็งตัวได้เองและมี laterite rock และ laterite gravel ผสมอยู่

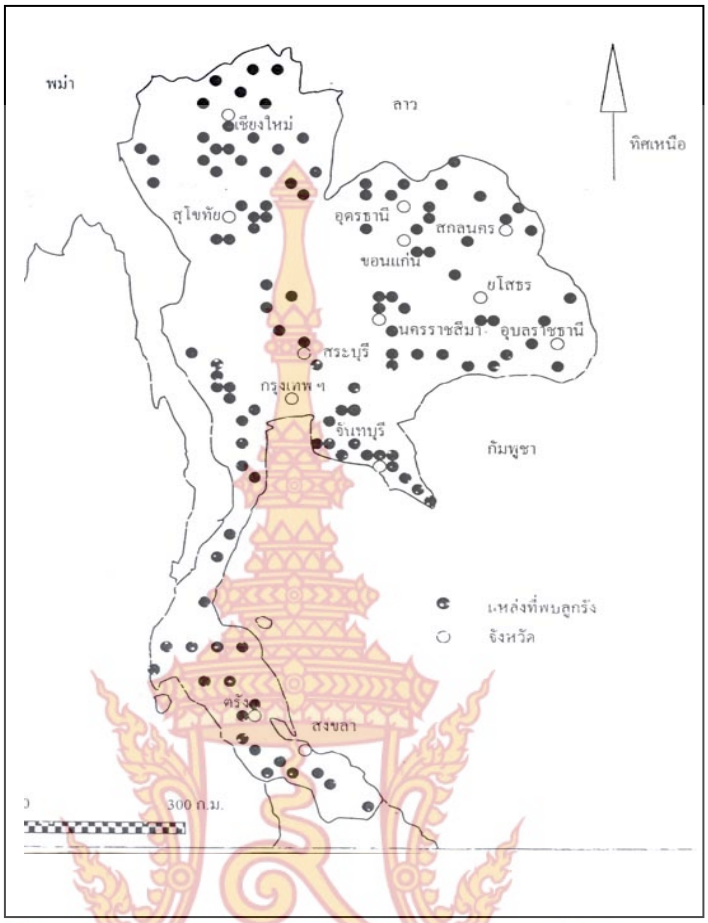
Tropical red soil (latosols) หมายถึง ดินสีแดงที่ไม่มีคุณสมบัติแข็งตัวได้เอง และไม่มี laterite rock และ laterite gravel ผสมอยู่

Laterite rock หรือหินลูกรัง หมายถึง ดินลูกรังที่เกิดจากการแข็งตัวเองอย่างสมบูรณ์ มีความเหนียวและแข็ง มีคุณสมบัติเป็นหินมากกว่าดิน เช่น หินศิลาแลง เป็นต้น

Phinthiteหมายถึง หินลูกรังอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งสามารถตัดด้วยเครื่องตัดโลหะได้ในขณะอยู่ใต้ดิน เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศจะเกิดการแข็งตัวและไม่กลับสู่สภาพเดิม

Laterite gravel หรือกรวดลูกรัง หมายถึง ลูกรังที่ประกอบด้วยวัสดุเม็ดหยาบเป็นเม็ดเล็ก ๆ มีความแข็งแตกต่างกัน บางที่อาจยึดเกาะกันเป็นมวลใหญ่ หรืออาจร่วนเป็น silty และ (หรือ) clayey lateritic soil

- ดินลูกรังในประเทศไทย ลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีฤดูร้อนและฤดูฝนสลับกันเป็นระยะเวลานาน จึงเหมาะสมต่อการกำเนิดดินลูกรังในประเทศไทยจะพบดินลูกรังมากกว่าลูกรัง และจะพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคเหนือ (Hongnoi, ๑๙๖๙) ดังแสดงในรูปที่ ๒.๑



รูปที่ ๒.๒ บริเวณที่พบดินลูกรังในประเทศไทย

๒) หินฝุ่น

หินฝุ่น คือ หินปูนบดหยาบๆ เป็นผลพลอยได้จากการโม่หินปูน มีองค์ประกอบหากหลายขึ้นอยู่กับแหล่งของหินว่ามีสิ่งเจือปนมากน้อยเท่าใด ในการศึกษาตัวอย่างหินฝุ่นจากโรงโม่หิน พบว่ามีองค์ประกอบสำคัญ คือ แคลเซียมประมาณ ๓๐ – ๓๕ % แมกนีเซียมประมาณ ๓ – ๕ % และธาตุอื่นๆปะปนในปริมาณเล็กน้อย คือ ฟอสฟอรัส กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อมันสำปะหลัง หินฝุ่นสามารถละลายในน้ำได้อย่างช้าๆ แต่ในดินที่เป็นกรดสามารถละลายในน้ำได้เร็วขึ้น และในดินที่มีความเป็นกรดค่อนข้างจัด ที่พีเอช (pH)ต่ำกว่า ๕ มักจะละลายหมดภายใน ๔ – ๖ เดือน จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการสามารถละลายน้ำได้ ๙๐.๖ % มีกากเหลือที่ไม่ละลายน้ำเพียง ๙.๔ % หินฝุ่นมารถละลายได้ในดินด่าง (pHอยู่ระหว่าง ๗ – ๗.๕) หรือดินเค็มเล็กน้อย (ค่า EC อยู่ระหว่าง ๐.๕ – ๑.๕ ds/m)

๓) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(Portland Cement)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) เป็นผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่างๆ (หินปูน หรือดินปูนขาว กับดินเหนียว หรือดินดาน) จนรวมตัวผสมสุกพอดี มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ คัลเซียมและอลูมิเนียมซิลิเกต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Cement) ที่เมื่อผสมกับน้ำตามอัตราส่วนแล้วสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์นั้น การทำปฏิกิริยาดังกล่าวเรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration) อัตราการก่อตัวและแข็งตัวตลอดจนปริมาณความร้อนที่เกิด ขึ้นอยู่กับความละเอียดและส่วนประกอบของผงปูน ความแข็งแรงและความทนทานเมื่อแข็งตัวแล้ว ขึ้นอยู่กับสัดส่วนการผสมและการให้ความชื้นในขณะที่เริ่มแข็งตัว

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญที่สุดในการก่อสร้างทางวิศวกรรมปัจจุบัน เพราะเมื่อนำมาผสมรวมกับทราย และน้ำ จะได้เป็นมอร์ตา (Motar) ซึ่งนำไปใช้เป็นปูนก่อสำหรับงานก่ออิฐหรือหิน หรือปูนฉาบ สำหรับฉาบปูน เป็นต้น หากนำไปผสมรวมกับหิน กรวด ทราย และน้ำ ด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม จะได้เป็นคอนกรีต ซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะแข็งและทนทานคล้ายหิน ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติของการยึดติดและการเชื่อมแน่นในตัว ซึ่งสามารถที่จะทำให้เกิดการยึดแน่นของธาตุสารขึ้นเป็นมวลวัตถุได้ เมื่อปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ จะเกิดซีเมนต์เพสต์ที่อยู่ในสภาพเหลวชั่วขณะหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง เรียกช่วงนี้ว่า Dormant Period หลังจากนั้นเพสต์จะเริ่มแข็งตัว โดยจะไม่สามารถลื่นไหลเข้าแบบได้ เรียกจุดนี้ว่า จุดแข็งตัวเริ่มต้น (Initial Set) การก่อตัวของเพสต์จะดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีสภาพกลายเป็นของแข็ง ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า จุดแข็งตัวสุดท้าย (Final Set) ต่อจากนั้นเพสต์จะยังคงแข็งตัวต่อไปและสามารถรับน้ำหนักได้ เรียกว่า การแข็งตัว (Hardening) ซึ่งเวลาตั้งแต่ซีเมนต์ผสมกับน้ำจนถึงจุดแข็งตัวเริ่มต้นเรียกว่าเวลาก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) และเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนถึงจุดนี้เรียกว่าเวลาก่อตัวสุดท้าย (Final Setting Time)

ทางสมาคมทดสอบวัสดุของประเทศสหรัฐอเมริกัน (ASTM C ๑๕๐) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม.อ.ก.๑๕) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็น ๕ ประเภท ซึ่งในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท ๑ เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) ตราช้าง สำหรับใช้ในงานคอนกรีตทั่วไป ที่ไม่อยู่ในสภาวะอากาศที่รุนแรง หรือที่ไม่มีการกัดกร่อนของคอนกรีตหรือความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำ จะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตรายที่คอนกรีตจะเกิดการแตกร้าวเสียหายมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในงานอาคาร งานถนน และสะพาน อ่างน้ำ และกิจการก่อสร้างทั่วๆไป

๒.๒ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)

อิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) เป็นวัสดุก่อที่ผลิตจากดินลูกรังทำให้อยู่ตัว (Stabilized) ด้วยปูนซีเมนต์ เมื่อบ่มได้อายุแล้วจะรับกำลังอัดได้สูง (๗๐ กก / ตร.ซม.) มีสีในตัวคือสีของดินลูกรัง สร้างบ้านด้วยอิฐประสาน(Interlocking Blocks)สามารถตัดงานฉาบปูน/งานทาสีออกไปได้ อิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ใช้ก่อเป็นผนังประเภทรับน้ำหนัก

วิวัฒนาการของอิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ในประเทศไทยที่พอค้นหาหลักฐานได้ เริ่มที่กลุ่มวิจัยวัสดุก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (ชื่อเดิมของสาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) ร่วมกับบัณฑิตวิทยาลัย สปอ. (SEATO Graduate School of Engineering) ซึ่งก็คือ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ปัจจุบัน เมื่อ40ปีที่แล้ว (๒๕๐๘) เริ่มศึกษาการใช้ดินลูกรังที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมาผสมซีเมนต์แล้วเติมความชื้นหลังจากนั้นนำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด CINVA-RAM เป็นวัสดุก่อเชิงตัน (Solid Block) เรียกแท่งดินก่อสร้าง (Soil Block) หลังจากนั้นเปลี่ยนชื่อเรียกว่าบล็อกดินซีเมนต์ (Soil-Cement Block) บล็อกดินซีเมนต์ที่ทำจากดินลูกรังที่ว่านี้ขนาด กว้าง × ยาว เท่ากับ ๑๕ × ๓๐ เซนติเมตร ส่วนความหนาของก้อนคือ ๑๐ เซนติเมตรหนักก้อนละ ๗-๘ กิโลกรัม หนึ่งตารางเมตรใช้บล็อก ๓๓.๓๓ ก้อน ก่อด้วยปูนก่อเช่นเดียวกับการก่อบล็อกทั่วไป ผนังที่ก่อด้วยบล็อกดินซีเมนต์เป็นผนังรับน้ำหนัก(LOAD BEARINGWALL) ปัญหาในการก่อเยอะ เพราะน้ำหนักมากก่อสูงไม่ได้น้ำหนักก้อนไปกดทับปูนก่อทะลักปี ๒๖-๒๗-๒๕๒๘ เป็นช่วงที่มีการพัฒนารูปแบบบล็อกดินซีเมนต์มาเป็นบล็อกที่รู- ดอกตัวผู้-ร่องตัวเมีย เรียกบล็อกรูปใหม่นี้ว่า บล็อก (Interlocking Blocks) เพื่อให้ ก่อง่าย ก่อเร็วโดยไม่ต้องใช้ช่างฝีมือไม่ใช้ปูนก่อ การเชื่อมประสานบล็อกแต่ละก้อนด้วยน้ำปูน (เกร้าท์มอร์ตาร์) ช่วงนี้ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (วว.) ปรับขนาดบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ลงมาให้มีขนาดเล็กลงเป็นขนาดกว้าง ×ยาว ×หนา เท่ากับ ๑๒.๕ × ๒๕.๐ ×๑๐ เซนติเมตร ขนาดเล็กลงและเบาลงเหลือหนักก้อนละ ๕ กิโลกรัม เศษและใช้เป็นขนาดมาตรฐานมาจนกระทั่งปัจจุบันนี้ ส่วนรูปแบบได้มีการปรับเปลี่ยนกันเรื่อยมาจากบล็อกรุ่นดอกกากะบาดมาเป็นรุ่นดอกกลมจนกระทั่งรุ่นสุดท้ายคือรุ่นดอกกลมที่มีรูกลางดอกซึ่งเป็นรุ่นที่ให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อน (Bond Strength) ดีที่สุดในทางวิศวกรรม เมื่อมีโรงงานเกิดขึ้นมีบล็อกออกสู่ตลาดมากขึ้นชื่อเรียกบล็อกประเภทนี้ก็มีแตกต่างกันไปมากขึ้นถึง ๖-๗ ชื่อ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (วว.) เกรงว่าอาจก่อให้เกิดความสับสนได้จึงตกลงกันว่าจะใช้ชื่อว่า บล็อกประสาน(Interlocking Blocks)

บล็อกประสาน (Interlocking Blocks)แบ่งเป็น ๒ ประเภทคือ บล็อกโค้ง ใช้ทำถังเก็บน้ำ ขนาดความจุ ๒,๑๕๐ ลูกบาศก์เมตรและบล็อกตรงที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร รูปแบบบล็อกตรงหลักๆ มีอยู่ ๓ รูปแบบคือ บล็อกเต็มก้อน บล็อกครึ่งก้อน และบล็อกคาน หรือบล็อกตัวยูทั้ง ๓ รูปแบบพอเพียงสำหรับการก่อผนัง ก่อเสา คาน พื้นและบันได แต่ละรูปแบบจะมีแยกย่อยออกไปอีกตามความต้องการของการใช้งาน เช่น บล็อกคาน ก็จะแยกย่อยออกไปเป็นบล็อกคานปิดหัวเช่น บล็อกคานปิดหัวครึ่งก้อน บล็อกคานปิดหัวเต็มก้อนหรืออย่างบล็อกตรงเต็มก้อน ก็จะแยกย่อยเป็น หัวเรียบ ๑ ด้าน หัวเรียบ ๒ ด้าน และอีกหลากหลายรูปแบบในบ้านหนึ่งหลังจะใช้รูปแบบบล็อกที่แยกย่อยออกไปต้องประยุกต์ใช้งานจากบล็อกทั้ง ๓ รูปแบบที่ได้กล่าวไปแล้ว

รูปแบบการก่อมาตรฐานของบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) คือการก่อแบบ Running Bond สัดส่วนของบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) กว้าง×ยาว เท่ากับ ๑:๒ เช่น กว้าง ๑๒.๕ เซนติเมตรความยาวของก้อนจะเป็น ๒ เท่าของความกว้างเสมอนั่นคือ ๒ x ๑๒.๕ เท่ากับ ๒๕ เซนติเมตร

บล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ไม่ว่าจะเป็นขนาดเท่าไรสัดส่วนอย่างไรความหนาของก้อนคือ ๑๐ เซนติเมตร ก่อ ๑๐ ชั้นจะได้ความสูง ๑.๐๐ เมตร ในช่วง ๕-๖ ปีที่ผ่านมารูปแบบบล็อกประสาน(Interlocking Blocks)มีการพัฒนามาแล้ว ๒ รุ่น แต่ก็ยังไม่สรุปว่าเป็นรูปแบบอิฐบล็อกประสาน(Earth Blocks) ที่ดีที่สุดจุดที่ให้ความสนใจและกำลังพัฒนาอยู่ขณะนี้คือรูปแบบที่จะให้กำลังการยึดเหนี่ยว (Bond Strength) ก้อนแต่ละก้อนสูงสุดจากการเกร้าท์น้ำปูนอัดขึ้นรูปบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ยิ่งมีกำลังอัดเยอะยิ่งดีกำลังอัดของเครื่องมีผลต่อการรับกำลังอัดของบล็อก ซึ่งจะเป็นจริงก็ต่อเมื่อกำลังอัดที่ใช้สูงมากๆเช่นสูงถึง ๘๐ ตัน ๑๐๐ ตัน แต่ในความเป็นจริงการผลิตบล็อกประสานทุกวันนี้เน้นการใช้ความรู้และเทคนิคมากกว่าการพึ่งพาทางด้านเครื่องจักร(Mechanics) เราจึงให้ความสำคัญกับตัวแปรอื่นอีกหลายตัวที่มีผลต่อคุณภาพของบล็อกประสาน เช่น ส่วนคละของเนื้อดิน (กรวด ทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว) ประเภทและปริมาณซีเมนต์ ปริมาณความชื้นในเนื้อวัสดุก่อนอัดขึ้นรูปการบ่มฯลฯ รวมทั้งปริมาณของมวลหรือวัตถุดิบที่เติมลงไปในแม่พิมพ์ด้วยเครื่องอัดมือโยกที่เรียกว่า “CinvaRam”ให้กำลังอัดสูงสุดระดับหนึ่งจากกลไกที่ออกแบบไว้กำลังอัดที่ได้จากเครื่องจะขึ้นอยู่กับปริมาณวัตถุดิบที่เติมลงในแม่พิมพ์เติมน้อยได้กำลังอัดน้อยเติมมากได้กำลังอัดมาก ก็ต้องกลับมาดูที่การให้ความชื้นว่าเหมาะสมหรือไม่ ความชื้นเป็น (Lubricant) ที่ดี โดยหลักการปริมาณความชื้นในส่วนผสมควรจะเท่ากับหรือใกล้เคียงกับ ค่า Optimum Moisture Conntent-OMC เพื่อที่จะให้อัดขึ้นรูปให้ได้บล็อกที่

มีความหนาแน่นสูงสุด ส่วนเครื่องอัดขึ้นรูปไฮดรอลิกก็อยู่ในแนวคิดเดียวกันกับเครื่องมือโยก Cinva-Ram

การทดสอบการรับกำลังอัด (Ultimate Compressive Strength) ของก้อน บล็อกต้องวางในลักษณะของการรับแรงในขณะใช้งานเช่นเดียวกับการเตรียมแท่งตัวอย่างในการทดสอบ Prism อิฐบล็อกประสานเป็นบล็อกที่มีร่องมีรูรับเกร้าท์มอร์ต้าเต็มไปหมดในการเตรียมบล็อกประสานเพื่อการทดสอบการรับกำลังอัดต้องทำการเกร้าท์ให้เรียบร้อยเพื่อให้อยู่ในรูปของ Solid Block ก่อน ส่วนดอกตัวผู้ให้ ตัดออก (หลังผึ่งบล็อกไว้ประมาณ ๑๒ – ๑๘ ชั่วโมง) การตัดดอกอาจทำได้ไม่ประณีตพอ (ถ้าจะให้ดีก็ควรCap) บล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ก่อนทำการทดสอบวิธีการCap ก็เหมือนกับการ Cap แท่งคอนกรีตที่เตรียมสำหรับทดสอบกำลังอัดบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)นอกจากดินลูกรังแล้วดินอื่นก็ใช้ได้ที่เราใช้ดินลูกรังเพื่อต้องการสีดินลูกรังจะเป็นดินที่มีสีสวยและสามารถหาได้ทั่วไปเนื่องจากการทำให้ดินอยู่ตัว(Stabilized Soil)คงรูปอยู่ได้ในเมืองไทยคุ้นเคยกับการใช้ซีเมนต์ ซีเมนต์หาได้ง่ายราคาไม่แพงเกินไปจึงใช้ซีเมนต์ (Cement) เป็น Stabilizer (ในต่างประเทศมีการใช้ Lime, Bituminous, Lime-Cement-Flyashเป็น Stabilizer ด้วย) การใช้ซีเมนต์เป็นStabilizer ก็ดีครับสามารถใช้ได้กับดินหลายประเภทที่มีค่า Plastic Index (PI) ไม่เกิน ๓๐ ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะเป็นประเภทดินที่มีปริมาณทรายสูงเช่นดินปนทราย (Loamy Sand) ส่วนพวกดินร่วน (Loam) อื่นๆก็สามารถนำมาใช้ได้ แต่ต้องผสมทราย (ก่อสร้าง) เข้าไปจึงจะพอใช้ได้กระบวนการผลิตบล็อกประสาน-วัตถุดิบใช้ ดินลูกรัง + ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Type1) + น้ำ ในปริมาณที่เหมาะสม(OMC) นำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดCinva-Ramจะได้บล็อกสด (Green block) ผึ่งบล็อกไว้ประมาณ ๑๒ ชั่วโมงแล้วทำการบ่มบล็อกประสานด้วยน้ำ ๕-๗ วันก่อนนำไปใช้งาน นอกจากดินลูกรังที่มีคุณภาพเหมาะสมแล้วยังสามารถที่จะเลือกใช้วัตถุดิบอื่นเช่น ทราย หินฝุ่น กรวด เม็ดลูกรัง ข้ามาผสมเพื่อให้ได้ Gradation ที่ดีซึ่งจะช่วยลดปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม อัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันจะให้สีสันและTextureที่แตกต่างกันทำให้บล็อกประสานเป็นผลิตภัณฑ์ที่มี Variation สูงและนี่คือหนึ่งในการควบคุมคุณภาพบล็อกประสาน คุณภาพของบล็อกประสานจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์ (ขั้นต่ำดังนี้)

ค่าการรับกำลังอัดจะต้องไม่ต่ำกว่า๗๐กก / ตร.ซม.(Ultimate Compressive Strength)ที่อายุ ๒๘ วันโดยปกติผิวอิฐบล็อกประสานที่อัดเสร็จใหม่หรือที่เรียกว่าบล็อกสด (Green Block) รอยด่างมี ๒ ลักษณะคือรอยด่างที่เป็น finger print บนผิวบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) เมื่อยกบล็อกออกจากแม่พิมพ์โดยใช้ฝ่ามือประกบด้านข้างของบล็อก (บล็อกรุ่น ๑๐*๑๐*๓๐ เซนติเมตร) ปัญหานี้พบน้อยมากเพิ่งพบครั้งแรกที่โรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร อีกลักษณะหนึ่งเป็นปัญหามาจากการแก้ปัญหาดินติดแม่พิมพ์โรงงานนิยมแก้ปัญหา โดยใช้

น้ำมันเครื่องชโลมแม่พิมพ์เป็นระยะๆ เมื่อเช็ดคราบน้ำมันเครื่องตามซอกตามมุมออกไม่หมด ก็จะทิ้งคราบด่างของน้ำมันไว้บนผิวบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ปัญหาดินติดแม่พิมพ์ให้กลับไปดู ๒ เรื่องคือ ดินเหนียวมากเกินไปหรือไม่ก็ความชื้นที่ให้กับดินเวลาผสมพอดีหรือไม่ (ส่วนผสมแห้งเกินไปก็ติดแม่พิมพ์ส่วนผสมเปียกหรือชื้นเกินไปก็ติดแม่พิมพ์

คราบขาวบนผิวอิฐบล็อกประสาน เกิดจากการบ่มน้ำที่ชุ่มจนโชกน้ำ ส่วนเกินจะไปละลายเกลือในเนื้อบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)แล้วนำคราบเกลือออกมาทิ้งไว้ที่ผิวบล็อกในขณะที่น้ำส่วนเกินค่อยๆระเหยไปจนหมดการบ่มบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ที่ถูกต้องเป็นการบ่มความชื้นพอควรและบ่มช่วงยาวๆ ปัญหาคราบขาวจะไม่เกิดและการพัฒนากำลังอัดของบล็อกดีกว่าบ่มจนโชกแต่บ่มช่วงเวลาสั้นๆการใช้น้ำยากันซึมในงานบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)แตกต่างกับการใช้น้ำยากันซึมในงานคอนกรีต ในงานคอนกรีตเราใช้น้ำยากันซึมเพื่อช่วยลดฟองอากาศในเนื้อของคอนกรีตลดอัตราส่วนการใช้น้ำลง แต่ workability ของคอนกรีตยังเหมือนเดิมการลดปริมาณน้ำในส่วนผสมก็จะลดรูพรุนในเนื้อคอนกรีตโดยปริยายในงานบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)พยายามทำให้ลดความพรุนในเนื้อบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)เช่นกัน โดยพยายามอัดบล็อกประสาน(Interlocking Blocks)ให้มีความหนาแน่น (Density) ที่สูงที่สุดที่จะเป็นไปได้ บล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ที่มีความหนาแน่นดีแสดงว่ามวลมาก ช่องว่าง (Void) ในเนื้อน้อยในขณะที่ปริมาตรของบล็อกเท่าเดิมส่วนใหญ่เราแนะนำให้พยายามเน้นการใช้เทคนิคต่างๆเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต เช่น การดูแลปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (สำหรับโรงงานที่ใช้เครื่อง Cinva Ram ขึ้นรูปบล็อกประสาน) การทำ Gradation ของมวลผสม และน้ำหนักของมวลแต่ละก้อน เมื่อดูแลเรื่องเหล่านี้ให้ดีอัตราการดูดกลืนน้ำน่าจะอยู่ที่ ๑๑-๑๒ เปอร์เซ็นต์ (อัตราการดูดกลืนน้ำที่ยอมให้-ตามมาตรฐานก่อสร้าง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (วว.) อยู่ที่ไม่เกิน ๑๕ เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ถึงแม้จะผลิตบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ให้มีค่าอัตราการดูดกลืนน้ำให้ต่ำเท่าไรก็ตาม

ผลที่ได้จะไปมีความสัมพันธ์ตรงกับค่าการรับกำลังอัดของบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)(Ultimate Compressive Strength) มากกว่าและเรายังคงต้องให้น้ำหนักหรือความสำคัญที่การป้องกันการดูดซึมน้ำที่ผิวด้านนอกของบล็อกประสาน(Interlocking Blocks) เมื่อเวลาที่เอาไปใช้งานโดยเฉพาะบริเวณของผิวบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ที่มีโอกาสเจอน้ำและความชื้นซ้ำซาก ดั้งนั้น การ Coat ผิวด้วยสารเคลือบใส่ประเภท Water Repellent หรือสารเคลือบใสประเภท Waterproof ให้กับผิวบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ในพื้นที่ผนังดังกล่าว

ข้างต้นจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นสารประเภท Waterproof มีความคงทนและอายุการใช้งานยาวกว่าสารประเภท Water Repellent

รอยร้าวที่ก้อนบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)มีผล (ทางลบ) โดยตรงต่อการรับกำลังอัดของก้อนแน่นอนและมีผล (ทางลบ) ต่อการรับกำลังอัดของผนังด้วยเช่นกันกำลังอัดของผนังขึ้นอยู่กับกำลังอัดของก้อน (Masonry Unit) และแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละก้อนที่เกิดจากปูนก่อ (กรณีที่ก่อทั่วไปที่ใช้ปูนก่อ) กรณีของอิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks)ซึ่งใช้เกร้าท์มอร์ต้าแรงยึดเหนี่ยวหรือ Bond Strenght นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเกร้าท์มอร์ต้าแล้วยังขึ้นอยู่กับขนาดและระยะห่างของ Grouted Core

๒.๓ ทฤษฎีการออกแบบและคำนวณชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

๒.๓.๑ ระบบไฮดรอลิกส์

ไฮดรอลิกส์เป็นการไหลของเหลวทุกชนิด ที่ใช้ในระบบเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงานในการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล คือทำให้กระบอกสูบไฮดรอลิกส์และมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ทำงาน ตัวอย่างเช่นระบบเบรกในรถยนต์แม่แรงไฮดรอลิกส์ เครื่องอัดเกียร์อัตโนมัติ ชุดขับแบบใช้ความดันน้ำมันจะประกอบไปด้วยปั๊มไฮดรอลิกส์และระบบมอเตอร์อัตราส่วนความเร็วขาเข้าต่อขาออก จะถูกควบคุมโดยแผ่นระบบ (Swash plate) ซึ่งจะควบคุมระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบใบปั๊มความเร็วขาออกของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์จะเป็นฟังก์ชั่นโดยตรงของปริมาตรที่เข้าแทนที่และปริมาตรที่เข้าแทนที่และปริมาตรของของไหลที่ส่งไปในมอเตอร์ไฮดรอลิกส์โดยปั๊มชุดขับแบบใช้ความดันน้ำมันธรรมดาจะมีอัตรากำลังตั้งแต่ ๑๐ HP ถึง ๓๐๐ HP

แรงบิดที่ได้สูงสุดของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ที่มีระยะเคลื่อนที่คงที่ คือคงที่ที่ค่าเป็นสัดส่วนต่อความดันที่ลิ้นระบายออกโดยไม่คำนึงถึงความเร็วมอเตอร์ปั๊มและมอเตอร์แบบปริมาตรเข้าแทนที่คงที่ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบฟันเฟือง (Gears) ใบพัด (Vane) ลูกสูบแนวรัศมี (Radial piston) ลูกสูบแนวแกน (Axial Piston) และแบบสลักเกลียว (Screw) ปั๊มเหล่านี้สามารถใช้เป็นปั๊มหรือมอเตอร์ที่มีการดัดแปลงน้อยหรือไม่มีเลยผลที่ได้จากปั๊มจะถูกพิจารณาให้สมมติว่าคงที่และปริมาตรการไหลเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วหรือ Q = dn

Q = ปริมาตรการไหล (ลูกบาศก์นิ้วต่อนาที)

d = ปริมาตรเข้าแทนที่ของปั๊ม (ลูกบาศก์นิ้วต่อการหมุน ๑ รอบ)

n = ความเร็วในการหมุน (รอบต่อนาที)

อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงปริมาตรที่ได้จากปั๊มหรือความเร็วของมอเตอร์ลดลงเพียงเล็กน้อยจะทำให้ความดันย้อนกลับเพิ่มขึ้นการลดลงของประสิทธิภาพเชิงปริมาตรนี่เป็นผลเริ่มแรกของการรั่วของน้ำมันผ่านช่องว่างที่จำเป็นต่อการหมุน (Necessary Running Clearances) เนื่องจากด้วยเหตุนี้ มันจึงเป็นการยากที่จะลงความเห็นต่อขอบเขตของการระบุค่าเฉพาะของประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ค่าความดันที่กำหนดสูงสุดให้กับปั๊มต่างๆ เช่นเดียวกับปั๊มแบบใบพัด (Vane) ฟันเฟืองและลูกสูบท่อทางเข้าของปั๊มควรจะให้สั้นและดัดโค้งได้อิสระ และข้องอ (Elbow) อิสระเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อลดผลกระทบของการจำกัดวงจรของทางเข้า

ก. ข้อดีของระบบไฮดรอลิกส์

๑. สามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย

๒. สามารถใช้กำลังได้มากโดยใช้เครื่องมือขนาดเล็ก

๓. มีคุณสมบัติหล่อลื่นอยู่ในตัว

๔. เมื่อเกิดความร้อนขึ้นในระบบน้ำมันจะเป็นตัวพาความร้อนออกไปเอง

๕. เครื่องจักรที่ใช้ไฮดรอลิกส์จะมีขนาดเล็ก

๖. อายุการใช้งานยาวนาน

ข. ข้อเสียของระบบไฮดรอลิกส์

๑. พลังงานไฮดรอลิกส์ไม่พร้อมที่จะใช้งานทันทีเหมือนพลังงานไฟฟ้า

๒. อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาแพง

๓. เมื่อเกิดความรั่วในระบบจะทำให้เกิดความสกปรก

๔. การบำรุงรักษาและตรวจซ่อมค่อนข้างจะยุ่งยาก

๕. มีโอกาสเสียหายหักและติดไฟได้

๖. มีน้ำหนักมาก

๒.๓.๒ คุณลักษณะกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

กระบอกสูบไฮดรอลิกส์มีหน้าที่รับน้ำมันไฮดรอลิกส์ที่ส่งมาจากปั๊มและวาล์วควบคุมต่างๆ เพื่อเปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกส์ให้เป็นกำลังงานกล โดยการเปลี่ยนความดันและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกส์ในท่อทางให้เป็นการเคลื่อนที่ของลูกสูบ เมื่อน้ำมันป้อนเข้าสู่กระบอกสูบทำให้เกิดงานขึ้น โดยอัตราการไหลของน้ำมันจะเป็นตัวกำหนดความเร็วของลูกสูบ กำลังงานกล (แรงม้า) ที่เกิดขึ้นกระบอกสูบโดยทั่วๆ ไปมี ๒ ลักษณะคือแบบทำงานสองทางและแบบทำงานทางเดียว

๒.๓.๓ การเลือกขนาดกระบอกสูบ

การเลือกใช้กระบอกสูบให้มีขนาดพอเหมาะกับงานในระบบไฮดรอลิกส์มีองค์ประกอบในการพิจารณามากมาย เช่น เมื่อต้องการเปลี่ยนกระบอกสูบในระบบสิ่งที่จะต้องคำนึงก็คือ ขนาดของปั๊มและท่อทางพอเหมาะกับต้องการไหลที่จะป้อนเข้าสู่กระบอกสูบหรือไม่แต่สำหรับกรณีที่ต้องการติดตั้งกระบอกสูบตัวใหม่ในระบบสิ่งที่ควรทราบคือ

- ความทนทานของกระบอกสูบต่อความดันใช้งานในระบบ
- จะต้องทราบค่าของแรง ระยะชักและความเร็วของกระบอกสูบ
- ระบบต้องจ่ายน้ำมันป้อนให้แก่กระบอกสูบในอัตราที่เพียงพอ

๒.๓.๔ ความเร็วกระบอกสูบ

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบไฮดรอลิกส์จะเป็นไปอย่างแน่นอนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญคือ อัตราการไหลของน้ำมันที่ป้อนให้แก่กระบอกสูบโดยที่ไม่จำเป็นต้องเพิ่มขนาดของวาล์วและท่อใดๆ ทั้งสิ้นส่วนความเร็วของลูกสูบในกระบอกลมจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างแต่ที่สำคัญที่สุด ๒ อย่างคือ กำลังลมมีมากพอกับโหลดที่กระทำหรือไม่และความเร็วของลมที่ไหลผ่านท่อและวาล์วและการเดินทางท่อลมจะต้องมีขนาดใหญ่กว่ารูต่อลมเข้ากระบอกสูบแต่ถ้าต้องการให้ได้ความเร็วสูงมากขึ้นไปอีกก็ต้องเลือกท่อลมและรูของวาล์วต่างๆ ให้ใหญ่กว่าขึ้นไปอีก ความเร็วของลูกสูบและก้านสูบในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์หาได้จากความสัมพันธ์จากสูตรในสมการ

$$Vc = Qc / Ac$$

ความเร็วของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ถูกสมมติให้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาตรการไหลผ่านมอเตอร์หรอ $n = Q/d$ ความสัมพันธ์นี้สามารถประยุกต์ใช้กับปั๊มได้ด้วยนั่นคือ ปริมาตรขาออกจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วขาเข้าแรงบิดของปั๊ม หรือแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ถูกสมมติให้เป็นฟังก์ชันของความดันตกคร่อมของเครื่องจักรเท่านั้นหรือ

$$T = Cp$$

เมื่อ T = แรงบิด (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

C = ค่าคงที่

P = ความดัน (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

ในรูปของปริมาตรเข้าแทนที่ (Displacement) ของปั๊มหรือมอเตอร์ T = dp/๒p จากพื้นฐานความสัมพันธ์นี้ สูตรสำหรับทฤษฎีกำลังที่ได้ของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์หรือกำลังที่ให้กับปั๊มจะตอบสนองต่อการไหลและความดันที่กำหนด P = pQ/๓๙๖,๐๐๐ เมื่อ P = กำลัง (HP) สมการนี้ชี้ให้เห็นว่าทฤษฎีสำหรับปั๊มหรือมอเตอร์กำลังม้าจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นหรือความหนืดของของเหลวโดยสิ้นเชิงโดยเฉพาะอย่างไรก็ตามการลื่นไถลในทั้งปั๊มและมอเตอร์จะแปรเปลี่ยนตามความหนืดการลื่นไถลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนืดลดลงผู้ผลิตปั๊มและมอเตอร์ไฮดรอลิกส์จะกำหนดมาให้เอาใส่ต่อความหนืดของไหลที่จะใช้กับผลิตภัณฑ์ของเขาเพื่อให้ได้สมรรถนะตามที่ระบุไว้ระบบพื้นฐาน ๕ ระบบที่มีอยู่สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเร็วขาออกของการส่งถ่ายกำลังไฮดรอลิกส์ความเร็วปรับได้ถ้าเป็นได้จะไม่สนใจการเปลี่ยนแปลงความเร็วปั๊มเลย ได้แก่

๑. วงจรลิ้นบังคับของเหลว (Throttling Circuits)
๒. วงจรทางอ้อม (Bypass Circuits)
๓. วงจรปั๊มหลายตัว (Multiple Pump Variation)
๔. การแปรเปลี่ยนปั๊มนำส่ง (Pump Delivery Variation)
๕. การแปรเปลี่ยนปริมาตรเข้าแทนที่มอเตอร์ (Motor Displacement Variation)

ตารางที่ ๒.๑ แสดงลักษณะเฉพาะของปั๊มและมอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบปริมาตรเข้าแทนที่คงที่

Part	Drive speed (max.RPM)	Pressure (max.PSI)	Delivery (max.GPM)
Gear	๘๖๘-๘๐๐๐	๒๐๐-๓๕๐๐	๐.๓-๒๐๐
Gear, dual	๑๘๐๐-๒๐๐๐	๑๐๐๐-๑๕๐๐	๑.๗๕-๘, ๓.๒-๕๐
Vane	๖๐๐-๒๐๐๐	๒๕๐๐	๑.๓-๖๐
Vane, two stage	๖๐๐-๑๒๐๐	๒๐๐๐	๒.๕-๘๐
Vane, dual	๑๒๐๐-๑๘๐๐	๑๐๐๐-๒๐๐๐	๑.๕-๖๐, ๓.๓-๖๐
Rotating van	๖๐๐-๑๗๕๐	๓๐๐-๗๕	๑๕.๒-๘๒๕

ตารางที่ ๒.๒ แสดงลักษณะเฉพาะของปั๊มและมอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบปริมาตรที่แปรเปลี่ยน

part	speed (max.RPM)	Pressure (Max.PSI)	Delivery (max.GPM)	Torque (max.Lb.In)
Gear				
Vane	๕๐๐-๑๘๐๐	๑๐๐๐-๑๒๕๐	๕-๗๐	.....
Piston	๕๗๕-๒๐๐๐	๑๓๕๐-๕๐๐๐	๒-๒๓๐๐	.....
Motor	-	-	-	-
Piston	๔๐๐-๓๖๐๐*	๓๐๐๐-๕๐๐๐	.....	๑๑๖๐-๕๖๖,๐๐๐**

Base on a survey of representative commercial units.

Minimum speeds are ๑/๔ to ๑/๕ maximum speeds

Minimum torque occurs at maximum speeds and is ๑/๔ to ๑/๕ maximum torque

๒.๓.๕ ชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์

เป็นอุปกรณ์จ่ายแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกส์ อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮดรอลิกส์ซึ่งทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกระบายความร้อนของน้ำมันที่ไหลกลับมาจากการใช้งานและไม่ให้เกิดฟองอากาศส่วนประกอบของชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์มีดังนี้

๑. ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์ (Hydraulcs pump)

๒. ข้อต่อเพลา (Coupling)

๓. มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor)

๔. ถังเก็บน้ำมันหรือแทงก์ (Tank)

๕. วาล์วระบายความดันน้ำมันหรือวาล์วนิรภัย (Pressure relief valve) หรือ (Safety valve) ติดอยู่กับเรือนปั๊ม

๖. กรองน้ำมัน (Filter หรือ Strainer) อยู่ภายในถังเก็บน้ำมัน

๗. ท่อและข้อต่อต่างๆ

๘. วาล์วเปิด-ปิดน้ำ (Shut-off valve) มีไว้สำหรับส่งจ่ายน้ำมันออกไปใช้งาน

๒.๓.๖ วงจรการส่งถ่ายกำลังด้วยไฮดรอลิกส์

ปรับความเร็วได้มี ๓ วงจรที่ใช้ทั้งมอเตอร์หรือปั๊มเปลี่ยนแปลงปริมาตรแทนที่หรือเป็นทั้ง ๒ อย่างได้แก่

๑. ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่คงที่และมอเตอร์ปริมาตรแทนที่ปรับได้ วงจรนี้จะมีแรงบิดปรับได้และกำลังม้าคงที่

๒. ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่ปรับได้และมอเตอร์ปริมาตรแทนที่คงที่ วงจรนี้จะมีกำลังม้าปรับได้แรงบิดคงที่และให้เกิดการย้อนกลับ ได้โดยกลับระยะชักของปั๊ม

๓. ปั๊มแบบปริมาตรแทนที่ปรับได้และมอเตอร์ปริมาตรแทนที่ปรับได้ ลักษณะที่ได้ของวงจรประเภทนี้จะรวมทั้ง ๒ วงจรที่กล่าวมาแล้วเข้าด้วยกันเส้นโค้งและสมรรถนะทางด้านซ้ายของเส้นความเร็วตรงกลางจะได้จากการเปลี่ยนแปลงกำลังที่ได้จากปั๊มเพียงอย่างเดียว เส้นโค้งทางด้านขวาของเส้นความเร็วตรงกลางเป็นผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาตรแทนที่ของมอเตอร์ จุดเด่นเฉพาะของการรวมกันนี้ไม่มีปัญหาใดๆ ทั้งสิ้นเป็นการส่งถ่ายกำลังไฮดรอลิกส์ปรับความเร็วได้เอนกประสงค์มากที่สุดและเป็นแบบที่น่าสนใจมากที่สุดในเวลาเดียวกันก็เป็นแบบที่มีราคาแพงที่สุด

๒.๓.๗ มอเตอร์ไฟฟ้า (Electrical Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าคืออุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงจากพลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) มอเตอร์นับว่าเป็นอุปกรณ์ต้นกำลังนิยมใช้กันมากในปัจจุบันนี้เนื่องจากว่าการใช้งานสะดวกสบายควบคุมง่ายราคาไม่แพงการบำรุงรักษา ก็ไม่ยุ่งยากอายุการใช้งานยาวนานมอเตอร์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรรม ได้แก่ มอเตอร์ประเภทเหนี่ยวนำ (Induction Motor) ทั้งชนิดซิงเกิ้ลเฟส (Single Phase) และมอเตอร์แบบสามเฟส (Three Phase Motor)

๒.๓.๗.๑ การหากำลังขับมอเตอร์

สมการที่ใช้แรงบิดมอเตอร์ $T = Fr$

เมื่อ T คือแรงบิด นิวตันเมตร

F คือ แรงที่มากระทำ นิวตัน

r คือ รัสมี มิลลิเมตร

$$Hp = TN / ๖๓๐๐$$

เมื่อ Hp คือ แรงม้า

T คือ แรงบิด นิวตันเมตร

N คือ ความเร็วรอบ/นาที

๒.๓.๘ หลักการพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกส์

๒.๓.๘.๑ แรงหมายถึงการกระทำของวัตถุกับวัตถุอื่นหรือสาเหตุใดๆ ก็ตามที่กระทำกับวัตถุและพยายามผลักดันให้วัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ความสัมพันธ์ของแรงความดันและพื้นที่หน้าตัด

ดังสมการ

$$F = P.A$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{P}$$

โดยที่ F คือ แรงที่กระทำบนพื้น

P คือ ความดันของของเหลว

A คือ พื้นที่หน้าตัดของภาชนะที่ถูกแรงกระทำ

เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยในระบบ SI ได้ดังนี้

๑N = ๑ $kg.m/sec^{๒}$

๑ kgf = ๙.๘๑ N

๑ Pa = ๑ $N/m^{๒}$

๑ bar = ๑๐^{๕} $N/m^{๒}$ = ๑๐^{๕} Pa

๒.๓.๙ อัตราจ่ายน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิกส์ (Flow rate from pump)

อัตราการจ่ายน้ำมันของปั๊มไฮดรอลิกส์ ในทางทฤษฎีคำนวณ ได้จากขนาดความจุของปั๊มต่อรอบคูณกับความเร็วรอบที่ปั๊มหมุนดังสมการ

$$Qp_{ทฤษฎี} = V_pN$$

ขนาดความจุของปั๊มก็คือ ปริมาตรจ่ายของปั๊ม (V_p) นั่นเองเพราะปั๊มไฮดรอลิกส์เป็นปั๊มชนิดดูด-อัด คือ ดูดมาเท่าไรก็จะส่งออกไปเท่านั้นแต่ในทางปฏิบัติจริงอัตราจ่ายน้ำมันของปั๊ม ไม่สามารถดูดและจ่ายได้ ๑๐๐ เปอร์เซ็นต์ จะเกิดการสูญเสียเนื่องจากระยะเบียดระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ภายในปั๊ม ฉะนั้นอัตราจ่ายจริงจึงต้องคิดประสิทธิภาพเชิงปริมาตรด้วยโดยต้องเอาไปคูณกับอัตราจ่ายทางทฤษฎี เพราะอัตราจ่ายจริงมีค่าน้อยกว่าอัตราจ่ายทางทฤษฎี ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรนี้ไม่มีค่าคงที่ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของปั๊ม คือการเลือกใช้ขนาดของปั๊มให้สัมพันธ์กับความดันใช้งานในระบบเพราะความดันในระบบยิ่งสูงมากเท่าไรประสิทธิภาพเชิงปริมาตรก็ยิ่งลดลงเท่านั้น

เมื่อ Q_p = อัตราจ่ายน้ำมันจริงของปั๊มไฮดรอลิกส์มีหน่วยเป็น gpm

V_p = ปริมาตรจุหรือปริมาตรจ่ายของปั๊มต่อรอบ

N_p = ความเร็วรอบที่ปั๊มหมุน

n_{vp} = ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรที่ตัวปั๊ม

ค่าคงที่ = ค่าคงที่ในการแปลงหน่วยเพื่อให้ได้หน่วย Qp ตามต้องการ

๒.๓.๑๐ มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ (Hydrauilic motors)

มอเตอร์ไฮดรอลิกส์เป็นอุปกรณ์การทำงานอีกแบบหนึ่งที่รับน้ำมันไฮดรอลิกส์ที่ส่งมาจากปั๊มและวาล์วควบคุมต่างๆ เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิกส์ให้เป็นกำลังงานกล โดยมีลักษณะการทำงานในแนวหมุนทำให้ได้แรงบิดที่เพลาของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์หมุนขับเครื่องจักรหรือโหลดให้ทำงานตามที่เราต้องการโดยความดันของน้ำมันที่เกิดขึ้นที่ตัวมอเตอร์ไฮดรอลิกส์เป็นฯ ตัวชี้ถึงแรงบิดหรือทอร์คของมอเตอร์อัตราการไหลที่ป้อนเข้าสู่มอเตอร์ไฮดรอลิกส์และปริมาตรจุของมอเตอร์ก็จะเป็นตัวกำหนดความเร็วรอบของเพลามอเตอร์โครงสร้างโดยทั่วไปของมอเตอร์กับปั๊มไฮดรอลิกส์จะคล้ายคลึงกันในบางตัวอาจจะเหมือนกัน ดังนั้นมอเตอร์และปั๊มไฮดรอลิกส์ที่ผลิตจากโรงงานเดียวกันจะประกอบด้วยชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เหมือนกันและสามารถนำมาสับเปลี่ยนกันได้แต่ลักษณะการทำงานของมอเตอร์จะแตกต่างกับปั๊ม กล่าวคือปั๊มทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานกลให้เป็นกำลังงานของไหลแล้วส่งน้ำมันไปยังมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน ส่วนมอเตอร์จะทำงานในทางตรงข้ามกับปั๊ม คือ รับน้ำมันที่ส่งมาจากปั๊มแล้วเปลี่ยนกำลังงานจากน้ำมันให้เป็นกำลังงานกลที่เพลาหมุนขับโหลดทิศทางการทำงานของปั๊มและมอเตอร์ซึ่งเป็นทางตรงข้ามกันความแตกต่างที่สำคัญ คือ ปั๊มมักจะถูกจำกัดทิศทางหมุนให้เป็นไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้น เพราะช่องทางดูดกับช่องทางส่งออกจะทนต่อความดันไม่ได้เท่ากันส่วนมากจะ

มีขนาดช่องต่อที่ต่างกันด้วยแต่มอเตอร์ไฮดรอลิกส์จะมีชนิดที่หมุนได้ ๒ ทิศทางและทิศทางเดียว ช่องทางเข้าและออกของมอเตอร์จะมีขนาดเท่ากันและทนต่อความดันได้เท่ากันถึงแม้ว่ามอเตอร์จะเป็นฯ ชนิดที่หมุนได้ทิศทางเดียว แต่ก็สามารถจะรับความดันที่แตกต่างกันมากบริเวณช่องทางออกและเข้าในช่วงที่มอเตอร์จะหยุดการหมุนดังนั้นถ้าต้องการนำปั๊มมาใช้งานแทนมอเตอร์จึงต้องมีการปรับสภาพในปั๊มเสียก่อนในขณะที่มอเตอร์ไฮดรอลิกส์รับโหลด จะต้องมีแรงบิดเริ่มต้นมากเพียงพอที่จะเริ่มขับให้โหลดหมุนไปได้ ซึ่งหมายถึงต้องเอาแรงชนะแรงต้านทานต้นภายในมอเตอร์กับโหลดเนื่องจากการสูญเสียกำลังงานในปั๊มและระบบจะมีผลต่อการทำงานของมอเตอร์ ดังนั้นเพื่อให้ปั๊มสามารถจ่ายน้ำมันให้แก่มอเตอร์ได้อย่างเพียงพอประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของปั๊มมักจะสูงกว่าประสิทธิภาพเชิงกลในขณะที่ประสิทธิภาพเชิงกลและประสิทธิภาพรวมของมอเตอร์จะสูงกว่าปั๊ม

๒.๓.๑๑ ประเภทของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ แบ่งได้เป็น ๒ ประเภทดังนี้

๑. แบบปริมาตรจุคงที่

มอเตอร์แบบนี้ปริมาตรจุภายในตัวมอเตอร์ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ทำให้รับน้ำมันที่ป้อนเข้าได้อย่างจำกัดตามขนาดปริมาตรจุในแต่ละรอบดังนั้นความเร็วของมอเตอร์จึงขึ้นอยู่กับขนาดปริมาตรจุต่อรอบและปริมาณน้ำมันที่ได้รับจากปั๊มมอเตอร์แบบนี้ได้แก่มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบเฟืองแบบเวนและแบบลูกสูบ

๒. แบบปรับเปลี่ยนปริมาตรจุได้

เป็นมอเตอร์ที่สามารถปรับค่าปริมาตรจุภายในได้ในแต่ละรอบหมุนจึงสามารถปรับความเร็วจากต่ำสุดจนถึงเร็วสูงสุดได้ตามต้องการ โดยการเปลี่ยนแปลงกลไกของมอเตอร์ซึ่งทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมภายในเป็นตัวชดเชยปริมาตรจุตามแรงบิดที่ต้องการซึ่งอาจจุควบคุมด้วยมือหรือกลไกอัตโนมัติแบบเดียวกันปั๊มแบบปรับค่าอัตราการไหลได้มอเตอร์แบบปรับค่าปริมาตรจุได้นี้ไม่นิยมใช้เนื่องจากมีโครงสร้างซับซ้อนและประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบปริมาตรจุคงที่ราคาก็แพงกว่ามอเตอร์แบบนี้ได้แก่ มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบเวนและแบบลูกสูบ

๒.๓.๑๒ สัญญาลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนมอเตอร์ไฮดรอลิกส์

สัญญาลักษณ์ที่จะกล่าวถึงนี้เป็นสัญญาลักษณ์ที่ได้รับการรับรองจาก NFPA และ ANSI วงกลมในสัญญาลักษณ์แสดงอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์ที่ทำงานในแนวหมุนซึ่ง ได้แก่ ปั๊มและมอเตอร์ไฮดรอลิกส์รูปสามเหลี่ยมและลูกศรแสดงหน้าที่การทำงานโดยรูปสามเหลี่ยมทึบ

ปลายแหลมชี้เข้าหมายถึงมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ถ้าชี้ออกคือปั๊มและถ้าเป็นรูปสามเหลี่ยมโปร่งคืออุปกรณ์ลมหรือนิวแมติกนั่นเองส่วนลูกศรจะหมายถึงการปรับค่าได้

๑. มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบปริมาตรจุคงที่หมุนทางเดียว

มอเตอร์แบบนี้หมุนกลับทิศไม่ได้ควรใช้ในวงจรที่ไม่มีความดันย้อนกลับที่ช่องทางน้ำมันไหลออกหรือมีน้อยมากและไม่ควรใช้กับโหลดที่มีน้ำหนักมากซึ่งจะทำให้เกิดผลต่อพลูเลย์และเกิดความดันย้อนกลับในขณะที่ลดความเร็วนอกจากนี้ไม่ควรใช้วาล์วควบคุมความเร็ววาล์วกันตกและเบรกวาล์วต่อที่ช่องทางน้ำมันไหลออกของมอเตอร์เพราะอาจทำให้ซีลที่เพลาชำรุดได้เนื่องจากความดันย้อนกลับจะมีค่ามาก

๒. มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบปริมาตรจุคงที่หมุดได้สองทิศทาง

มอเตอร์แบบนี้หมุนกลับทิศทางได้จึงรับความดันสูงได้ทั้งสองช่องทางของมอเตอร์แต่ไม่พร้อมกัน มอเตอร์แบบนี้ยังมีชนิดที่มีช่องระบายน้ำมันภายนอก ซึ่งต่อลงสู่ถังพักจึงสามารถลดความเร็วได้ในทันที และรับความดันสูงที่ช่องต่อของมอเตอร์ทั้งสองช่องทางได้ในเวลาเดียวกัน

๓. มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบปรับค่าปริมาตรจุได้หมุนได้สองทิศทาง

มอเตอร์แบบนี้มีค่าปริมาตรจุสูงสุดในขณะทำงานปกติ ทำให้ได้แรงบิดสูงสุดตามขนาดของมอเตอร์แต่ความเร็วรอบต่ำสุดถ้าต้องการลดแรงบิดสำหรับโหลดที่มีน้ำหนักน้อยจะต้องลดปริมาตรจุโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมการทำงานเมื่ออุปกรณ์ควบคุมของมอเตอร์แบบนี้ทำงานวงแหวนลูกเบี้ยวในมอเตอร์แบบเวนหรือแผ่นเอียงในมอเตอร์แบบลูกสูบจะต้องไม่เบี่ยงตัวไปเกินตำแหน่งกลางและมักจะไม่เบี่ยงไปต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาตรจุเพราะทำให้ปริมาตรจุมีค่าน้อยเกินไปจนทำให้มีความเร็วรอบสูงเกินกำหนดอีกทั้งการสูญเสียจากแรงเสียดทานก็จะสูงมากทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำ

๔. มอเตอร์ไฮดรอลิกส์แบบปรับค่าปริมาตรจะได้และมีการชดเชยความดันหมุนได้สองทิศทาง

มอเตอร์แบบนี้จะมีอุปกรณ์ชดเชยความดันติดตั้งอยู่ภายในตัวมอเตอร์ เพื่อควบคุมให้ปริมาตรจุเพิ่มขึ้นได้ โดยอัตโนมัติเมื่อโหลดต้องการแรงบิดที่เพลาเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้แรงบิดเพิ่มขึ้นและความเร็วลดลงในอัตราส่วนเท่ากัน อุปกรณ์ชดเชยความดันนี้จะทำงานโดยขึ้นกับความดันที่ช่องทางเข้าของมอเตอร์และสามารถจะปรับให้เริ่มทำงานเมื่อความดันในระบบสูงขึ้นถึงจุดที่ตั้งไว้

๒.๓.๑๓ อัตราป้อนน้ำมันแก่มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ (Flow rate for hydraulic cylinder)

อัตราป้อนน้ำมันให้แก่มอเตอร์ไฮดรอลิกส์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบหมุนที่เพลาตามต้องการจะขึ้นกับปริมาตรจุหรือปริมาตรป้อนต่อรอบและความเร็วรอบที่ต้องการเช่น สเป็คของมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ตัวหนึ่งบอกว่าปริมาตรต่อรอบเป็น ๘๐ ลูกบาศก์นิ้วต่อรอบ หมายความว่าต้องป้อนน้ำมันให้แก่มอเตอร์ตัวนี้จำนวน ๘๐ ลูกบาศก์นิ้วจึงจะทำให้เพลาหมุนได้ ๑ รอบแต่ในขณะทำงานจะมีการรั่วซึมที่ระยะเบียดของส่วนประกอบภายในถ้าป้อนน้ำมันให้เท่ากับสเป็คก็อาจหมุนได้ไม่ครบรอบดังนั้นอาจจึงต้องเพิ่มอัตราป้อนให้แก่มอเตอร์

๒.๓.๑๔ น้ำมันไฮดรอลิกส์

น้ำมันไฮดรอลิกส์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญสุดในระบบไฮดรอลิกส์เนื่องจากระบบไฮดรอลิกส์ใช้สารตัวกลางคือ น้ำมันไฮดรอลิกส์เป็นตัวถ่ายทอดกำลังทำให้เครื่องจักรหรือระบบที่จำเป็นสารประเภท Waterproof มีความคงทนและอายุการใช้งานยาวกว่าสารประเภท Water Repellent

รอยร้าวที่ก้อนบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) มีผล (ทางลบ) โดยตรงต่อการรับกำลังอัดของก้อนแน่นอนและมีผล (ทางลบ) ต่อการรับกำลังอัดของผนังด้วยเช่นกันกำลังอัดของผนังขึ้นอยู่กับกำลังอัดของก้อน (Masonry Unit) และแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละก้อนที่เกิดขึ้นจากปูนก่อ (กรณีที่ก่อทั่วไปที่ใช้ปูนก่อ) กรณีของอิฐบล็อกประสาน (Interlocking Blocks) ซึ่งใช้เกร้าท์มอร์ต้า แรงยึดเหนี่ยวหรือ Bond Strenght นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเกร้าท์มอร์ต้าแล้วยังขึ้นอยู่กับขนาดและระยะห่างของ Grouted Core

๒.๔ <u>งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

ผลงานที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการนี้ มีดังนี้

วุฒินัย กกกำแหง (๒๕๔๐) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานที่ใช้ยิปซั่มสังเคราะห์เป็นวัสดุผสมแทนปูนซีเมนต์ จากการทดลองพบว่าเมื่อผสมยิปซั่มลงในมวลรวม ๕ % สามารถเพิ่มกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานได้ทีที่สุดโดยเมื่อเทียบกับที่กำลังอัดเดียวกันในการผสมยิปซั่ม จะสามารถประหยัดปูนซีเมนต์ลงได้ประมาณ ๑๐% คิดเป็นปริมาณต่อก้อนประมาณ ๐.๒๐ บาท หรือประมาณร้อยละ 5 ของราคารวมซึ่งในอุตสาหกรรมอิฐบล็อกประสานที่มีกำลังการผลิตสูง ๆ จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก รวมทั้งยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์แทนการนำไปทิ้งอีกทางหนึ่งด้วย

วุฒินัย กกกำแหงและคณะ (๒๕๔๐)ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานที่ใช้หน้าดินขาวจากเหมืองแร่ Mineral Resources Development จังหวัดระนองเป็นวัตถุดิบในการผลิตบล็อกประสาน ผสมวัตถุดิบที่อัตราส่วน ๑:๕ ๑:๗ และ ๑:๙ โดยน้ำหนัก ทดสอบหลังการอัดที่ระยะเวลา ๓,๗,๑๔ และ ๒๘ วัน จากการทดลองพบว่าบล็อกประสานหน้าดินขาวจะมีความสามารถในการรับกำลังอัดเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่บ่มและค่าการรับกำลังจะไม่ค่อยเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการบ่มแล้ว ๒๘ วัน กำลังอัดของบล็อกประสานที่อายุ ๒๘ วันที่อัตราส่วน๑:๕ ๑:๗ และ ๑:๙ โดยน้ำหนัก มีค่ากำลังอัดเท่ากับ ๑๑๕,๙๘.๑ และ ๗๓.๕ ksc. โดยมีค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับ ๒๔๗,๒๕๓ และ ๒๕๖ กก./ลบ.ม. และมีค่าความหนาแน่นแห้งเท่ากับ ๑๗๗๗,๑๗๘๘ และ ๑๗๙๔ กก./ลบ.ม. ตามลำดับซึ่งทั้งสามอัตราส่วนมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก

ณิชาดา ฉัตรสถาปัตยกุลและคณะได้ทำการศึกษาการนำกากตะกอนเคมีจากกระบวนการผลิตน้ำประปามาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในซีเมนต์มอร์ต้าและบล็อกประสาน จากการทดลองพบว่า อิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ ๑๐ – ๓๐ ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ก ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ ๔๐ – ๕๐ ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข และอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ ๗๐ ผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักและค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมการตะกอนเคมีร้อยละ ๑๐ ผ่านมาตรฐาน ชั้นคุณภาพ ก ส่วนอิฐบล็อกประสานที่ผสมกากตะกอนเคมีร้อยละ ๒๐ – ๕๐ ผ่านมาตรฐานชั้นคุณภาพ ข ผลการศึกษาที่ได้ทำให้ทราบว่ากากตะกอนเคมีจากการผลิตน้ำประปาที่ร้อยละ ๑๐-๓๐ มีความเป็นไปได้อย่างมากในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

ขวัญชัย อุ่นใจวิวัฒน์ และคณะ (๒๕๔๘)งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตที่ใช้แล้วพร้อมทั้งศึกษาการนำคอนกรีตที่ใช้แล้วมาทดแทนมวลหยาบในการก่อสร้างกรณีศึกษาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตาม มอก.๕๘-๒๕๓๐ และกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้วัสดุจากคอนกรีตเก่าแทนหิน ๑๐๐% ตามขนาดดังนี้ ๓/๔,๑/๒ และ๓/๘ นิ้ว ที่กำลังอัดออกแบบ ๑๕๐,๒๐๐,๑๕๐ และ ๓๐๐ กก./ตร.ซม.

กรณีศึกษาสมบัติของคอนกรีตใช้แล้ว ที่นำมาเป็นวัสดุ มวลหยาบในงานคอนกรีตปรากฏผลการทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีตที่ ๕๖๖-๒๕๒๘ โดยการทดสอบผ่านกระบวนการ Los Abrasion Test มีค่า percent of wear (ค่าเปอร์เซ็นต์การสึกกร่อนของมวลสาร) มีค่าดังนี้ คือ grading B = ๘.๙๔%, grading C=๑๒.๔๓% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานคุณสมบัติมวลผสมคอนกรีตสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป จะต้องไปเกินร้อยละ ๕๐ โดยน้ำหนัก จึงสรุปได้ว่าวัสดุมวลหยาบที่ได้จากคอนกรีตใช้แล้วสามารถนำมาใช้แทนวัสดุมวลผสมคอนกรีตตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลรวมผสมคอนกรีต มอก.๕๖๖-๒๕๒๘ กรณีศึกษาผล

การทดสอบคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีขนาดของวัสดุมวลรวมละเอียดขนาดเล็กกว่า ๑/๔ นิ้ว เป็นส่วนผสมสามารถรับแรงกดได้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก.๕๘-๒๕๓๐ ซึ่งได้กำหนดให้สามารถรับแรงกดสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า๒๕ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากการศึกษาพบคุณสมบัติดังนี้

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้มวลรวมละเอียดจากคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบในอัตราส่วน ๑: ๗ มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยในแนวตั้งแนวนอนและแนวก่อ เท่ากับ ๖๕.๖๒ , ๖๕.๓๒ , และ ๖๕.๒๐ กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้มวลรวมละเอียดจากคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบในอัตราส่วน ๑:๑:๖ มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยในแนวตั้งแนวนอนและแนวก่อ เท่าไร ๖๘.๗๗๐,๘๙.๘๖ , และ ๘๐.๔๒ กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้มวลรวมละเอียดจากคอนกรีตที่ผ่านการทดสอบในอัตราส่วน ๑:๒:๕ มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยในแนวตั้งแนวนอนและแนวก่อ เท่ากับ ๖๔.๑๖ , ๖๓.๓๔ และ ๖๗.๒๔ กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

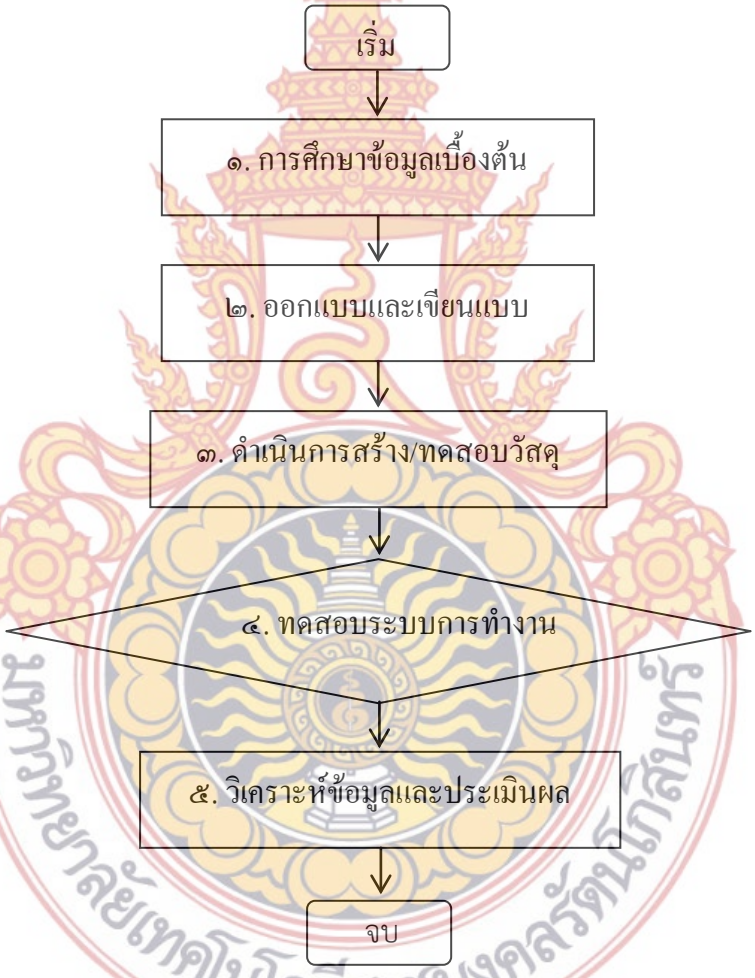
คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ใช้มวลละเอียดจากคอนกรีตที่ผ่านการรื้อถอนในอัตราส่วน ๑:๗ มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยในแนวตั้งแนวนอนและแนวก่อ เท่ากับ ๖๑.๓๒ , ๖๑.๕๖ , ๖๑.๑๖ กก./ตร.ซม. ตามลำดับซึ่งสามารถสรุปได้ว่าคอนกรีตบล็อกที่มีสาวนผสมมวลรวมละเอียดจากคอนกรีตใช้แล้วมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานและสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้

เริงศักดิ์ ศรีอุทัย และคณะ (๒๕๕๑) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของแอสฟัสต์คอนกรีตที่แทนวัสดุมวลรวมด้วยคอนกรีตเก่า โดยทำการเปรียบเทียบกับแอสฟัสต์คอนกรีตโดยทั่วไป ที่อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวม ๔๘:๒๐:๒๒:๑๐ โดยน้ำหนักและปริมาณของแอสฟัลต์ ๔.๐% ,๔.๕% ,๕.๐% ,๕.๕% ,และ ๖.๐% โดยที่น้ำหนักของวัสดุมวลรวม ทำการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานมาร์แชล (Marshall Method) ของกรมทางหลวงซึ่งตัวอย่างคอนกรีตเก่า และการทำตัวอย่างทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตใช้วัสดุมวลรวม หินปูนจากแหล่งเดียวกัน จากการศึกษาพบว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่แทนวัสดุมวลรวมด้วยคอนกรีตเก่า ค่าการทดสอบในส่วน ความหนาแน่น ร้อยละช่องว่างอากาศ ค่าการไหลเสถียรภาพ ร้อยละช่องว่างส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ และร้อยละช่องว่างระหว่างมวลรวม มีค่าอยู่ในเกณฑ์การทดสอบที่สามารถยอมรับได้ เมื่อเปรียบกับแอสฟัลต์คอนกรีตโดยทั่วไป ตามเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง จากการศึกษาพบว่าการนำคอนกรีตเก่ามาใช้ในการทำแอสฟัลต์คอนกรีตในส่วนของผิวทางสามารถที่จะนำมาใช้ได้

บทที่ ๓
การดำเนินการศึกษาวิจัย

การศึกษาพัฒนาเครื่องอัดบล็อกประสานให้ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ให้คุณภาพในการผลิตที่สม่ำเสมอตามต้องการผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในรายละเอียดโดยมี ๕ ขั้นตอนดังแผนภูมิที่ ๓.๑

๓.๑ ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ ๓.๑ แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทำงาน

๓.๑.๑ ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

๑) ศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเครื่องอัดบล็อกประสานให้ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติควบคุมด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ให้คุณภาพในการผลิตที่สม่ำเสมอตามต้องการ จากเครื่องอัดบล็อกประสานระบบคานงัด เอกสาร หนังสือ และวิทยานิพนธ์ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการออกแบบ

๒) เก็บรวบรวมข้อมูล สรุปเป็นแบบรูปและรายการ

๓.๑.๒ การออกแบบและเขียนแบบ

๑) ออกแบบและเขียนแบบโครงสร้างของออกแบบเครื่องอัดบล็อกประสาน

๒) ออกแบบและเขียนแบบระบบไฮดรอลิกกึ่งอัตโนมัติ

๓) ออกแบบและเขียนแบบระบบไมโครโปรเซสเซอร์

๓.๑.๓ ดำเนินการสร้างเครื่องอัดบล็อกประสาน

๑) สร้างโครงสร้างของออกแบบเครื่องอัดบล็อกประสาน และส่วนโมลบล็อก

๒) สร้างและทดสอบระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติตามแบบรูปรายการ

๓) สร้างและทดสอบระบบไมโครโปรเซสเซอร์

๓.๑.๔ ทดสอบระบบการทำงาน

ทำการทดสอบระบบการทำงานของเครื่องทั้งหมดโดยรวม โดยการผลิตบล็อกประสานตามวัสดุและอัตราส่วนที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

๓.๑.๕ วิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผล

ทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างบล็อกประสาน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. ๖๐๒/๒๕๔๗ กระทรวงอุตสาหกรรม

๓.๒ การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมพื้นฐานของวัสดุ

การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังและหินฝุ่น และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท ๑ สำหรับใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสานจากดินลูกรังและหินฝุ่น มีการทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานดังต่อไปนี้

๓.๒.๑ การหาปริมาณความชื้นของวัสดุดินลูกรังและวัสดุหินฝุ่นตามมาตรฐานASTM D ๒๒๑๖-๙๘

๓.๒.๒ การหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุดินลูกรังและวัสดุหินฝุ่นตามมาตรฐาน ASTM C ๑๒๘-๙๓

๓.๒.๓ การหาขนาดคละของวัสดุดินลูกรังและวัสดุหินฝุ่นโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM D-๒๔๘๗

๓.๒.๔ การหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผสมตัวอย่างโดยทำการทดสอบการบดอัดแบบมาตรฐาน ASTM D ๑๕๕๗-๗๐

๓.๒.๔ การหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท1ตราช้างตามมาตรฐาน ASTM C-๑๕๐

รูปที่ ๓.๒ ลักษณะดินลูกรัง ที่ใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสาน

รูปที่ ๓.๓ เครื่องบดย่อยวัสดุทางวิศวกรรม

รูปที่ ๓.๔ ลักษณะดินลูกรังสำหรับทำบล็อกประสานที่ผ่านการบดย่อย

รูปที่ ๓.๕ ลักษณะหินฝุ่นที่ใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสาน

รูปที่ ๓.๖ ลักษณะหินฝุ่นที่ใช้ในการทำตัวอย่างบล็อกประสาน

๓.๓ การศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างบล็อกประสาน

การทำตัวอย่างบล็อกประสานเพื่อการทดสอบในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้วัสดุในการทำสองชนิดคือ ดินลูกรังและหินฝุ่นโดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่อวัสดุในอัตราส่วนผสม ๑:๖ (ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ๖ กก. : วัสดุผสม ๓๖ กก.)ที่อัตราส่วนผสมตามชนิดของวัสดุผสมละ ๕๖ ตัวอย่างรวมทั้งหมด ๑๑๒ ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องผสมวัสดุ ซึ่งมีลักษณะของเครื่องดังรูปที่ ๓.๖ และใช้เครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก (Cinva Ram) มีลักษณะของเครื่องดังรูปที่ ๓.๗ สำหรับทำตัวอย่างทดสอบ ตัวอย่างบล็อกประสานที่ได้จะมีขนาด กว้าง ๑๒.๕ เซนติเมตร ยาว ๒๕ เซนติเมตร หนา ๑๐ เซนติเมตร หลังจากนั้นดำเนินการทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้ และมีรายละเอียดดังตารางที่ ๓.๑

๓.๓.๑ การตรวจสอบลักษณะทั่วไปและมิติที่อายุ ๒๘ วัน ของบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น

๓.๓.๒ การทดสอบความต้านทานแรงอัดที่อายุ ๓,๗,๑๔ และ ๒๘ วัน ของบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น ตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน ๖๐๒-๒๕๔๗ กระทรวงอุตสาหกรรมโดยมีลักษณะของเครื่องทดสอบ ดังรูปที่ ๓.๘

๓.๓.๓ การทดสอบการดูดกลืนน้ำ ที่อายุ ๒๘ วัน ของบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น ตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกประสาน ๖๐๒-๒๕๔๗

๓.๓.๔ การทดสอบความต้านทานแรงดัด ที่อายุ ๒๘ วัน ของบล็อกประสานดินลูกรังและหินฝุ่น

ตารางที่ ๓ .๑ แสดงประเภทการทดสอบคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมและจำนวนตัวอย่างทดสอบ

ประเภทการทดสอบ	จำนวนตัวอย่างทดสอบ	
	ดินลูกรัง	หินฝุ่น
๑)ลักษณะทั่วไปและมิติ	๘	๘
๒)ความต้านทานแรงอัด		
-ที่อายุ ๓ วัน	๘	๘
-ที่อายุ ๗ วัน	๘	๘
-ที่อายุ ๑๔ วัน	๘	๘
-ที่อายุ ๒๘ วัน	๘	๘
๓)การดูดกลืนน้ำ	๘	๘
๔)ความต้านทานกำลังดัด	๘	๘
รวม	๕๖	๕๖

รูปที่ ๓.๗ เครื่องผสมวัสดุ

รูปที่ ๓.๘ เครื่องทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสาน

๓.๔ การวิเคราะห์และสรุปผล โดยกปรับปรุงคุณลักษณะให้ได้ตามเกณฑ์

นำข้อมูลจากใบประเมินประชากรกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ตามระเบียบทางสถิติ โดยการแบ่งวิเคราะห์เป็น ๒ ส่วน ดังนี้

๓.๔.๑ วิเคราะห์ความสอดคล้องด้านคุณภาพ

๓.๔.๑.๑ นำข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของประชากรกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับโครงสร้างและการใช้งานของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ มาหาค่าคะแนนรวมโดยกำหนดให้

+๑ หมายถึง เห็นด้วยว่าเครื่องสร้างได้ตรงตามจุดประเมิน

๐ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเครื่องสร้างได้ตรงตามจุดประเมิน

-๑ หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าเครื่องสร้างได้ตรงตามจุดประเมิน

๓.๔.๑.๒ นำคะแนนรวมจากประชากรกลุ่มตัวอย่างทั้ง ๕๐ คน มาหาดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตร $IOC = \frac{\Sigma R}{N}$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับจุดประเมิน

ΣR แทน ผลรวมความคิดเห็นของประชากรกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนประชากรกลุ่มตัวอย่าง

๓.๔.๑.๓ นำค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้

ค่า IOC	ความหมาย
มากกว่าหรือเท่ากับ ๐.๕๐	เป็นข้อดีของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้น
น้อยกว่า ๐.๕๐	เป็นข้อเสียของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้นต้องทำการปรับปรุงหรือแก้ไข

(โรวิเนลลี่ (Rovinelli) และแฮมเบิลตัน (R.K), อ้างถึงใน บุญชุม, ๒๕๔๓ : ๖๐-๒)

๓.๔.๒ วิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์

๓.๔.๒.๑ นำข้อมูลแบบประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์มาหาคะแนนรวม

๓.๔.๒.๒ เปลี่ยนจากคะแนนรวมเป็นร้อยละโดยใช้สูตร $P = F/N \times ๑๐๐$

เมื่อ P แทนร้อยละ

F แทนค่าความถี่ของการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทนจำนวนความถี่ทั้งหมด

๓.๔.๓ การประเมินผลคิดเป็นร้อยละมีความหมายดังนี้

๙๐% - ๑๐๐% หมายถึงดีมาก

๘๐% - ๘๙% หมายถึงดี

๗๐% - ๗๙% หมายถึงพอใช้

๖๐% - ๖๙% หมายถึงควรปรับปรุง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทที่ ๕
บทสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ออกแบบ และสร้างเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ ด้วยระบบไฮดรอลิกส์ โดยเครื่องอัดได้ถูกออกแบบให้มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยและสามารถผลิตบล็อกประสานได้อย่างรวดเร็ว โดยได้จัดสร้างและทดลอง เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้ เพื่อประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น สำหรับการดำเนินงานในครั้งนี้ สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

๕.๑ สรุปผลการจัดทำเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

จากแบบสอบถามที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน ๕ ท่าน และการประเมินประสิทธิภาพการทำงานจริงโดยกลุ่มตัวอย่าง จำนวน ๕๐ คน สามารถสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

๕.๑.๑ ความคิดเห็นของผู้ชาญด้านการออกแบบ โดยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นสอดคล้องด้านการออกแบบที่เฉลี่ย IOC เท่ากับ ๑.๐๐

๕.๑.๒ ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้งาน มีความคิดเห็นสอดคล้องด้านการใช้งานที่เฉลี่ย IOC เท่ากับ ๑.๐๐

๕.๑.๓ ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านประสิทธิภาพเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ จากการใช้งานจริงมีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยร้อยละ ๑๐๐

๕.๒ อภิปรายผลการจัดทำเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

จากการศึกษาด้านคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ สามารถอภิปรายได้ดังนี้

๕.๒.๑ การประเมินด้านโครงสร้างของการพัฒนาเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นที่สอดคล้องกัน ได้แก่หัวข้อ โครงสร้างมีความแข็งแรงเพียงพอ มีขนาดเหมาะสม วัสดุที่ใช้หาได้ง่าย มีการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม และบล็อกประสานมีประสิทธิภาพ

๕.๒.๒ การประเมินด้านการใช้งานของการพัฒนาเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นที่สอดคล้องกัน ได้แก่หัวข้อ เครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้จริง มีความปลอดภัยในการใช้งาน มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและเก็บ

รักษา ใช้งานได้ยาวนาน และบำรุงรักษาง่าย

๕.๒.๓ การประเมินด้านประสิทธิภาพการจัดวางตำแหน่งต่างๆ เหมาะสม จากการใช้งานจริงของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

๕.๓ ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและพัฒนา

๕.๓.๑ ควรมีเครื่องสำหรับผสมดินกับซีเมนต์ เพื่อความรวดเร็วและสามารถคลุกเคล้าให้ส่วนผสมเข้ากันได้เป็นอย่างดี

๕.๓.๒ ควรมีแหล่งพลังงานทางเลือกให้กับเครื่องอัดบล็อกประสาน เช่นเครื่องยนต์หากมีความจำเป็นต้องไปผลิตในชุมชนที่ไม่มีกระแสไฟฟ้า หรือกรณีประสบภัยพิบัติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประมวลคำศัพท์

Hydrostatic Drives	=	ไฮดรอลิกส์ชุดขับแบบใช้ความดันน้ำมัน
Residue ratio	=	อัตราส่วนส่วนที่เหลือ
Energy content	=	พลังงาน
Cooperation	=	การทำงานร่วมกัน
Environment	=	สภาพแวดล้อม
Development	=	การเจริญเติบโต
Surplus	=	จำนวนที่เหลือ
Machine Tools	=	เครื่องมือคว้าน
Manual override	=	คู่มือการใช้
Gears	=	ฟันเฟือง
Vane	=	ใบพัด
Radial piston	=	ลูกสูบแนวรัศมี
Axial Piston	=	ลูกสูบแนวแกน
Screw	=	สลักเกลียว
Elbow	=	ข้องอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

เอกสารอ้างอิง

๑. วุฒินัย กกกำแหง, ๒๕๔๐, ศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานที่ใช้ยิปซั่มผสมแทนปูนซีแมนต์, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.)

๒. วิริยะ ดวงสุวรรณ, ๒๕๔๔, ต้นแบบเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ, คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

๓. จำรูญ ตันติพิศาลกุล, ๒๕๔๑, กลศาสตร์ของแข็ง ๑, กรุงเทพ:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

๔. จำรูญ ตันติพิศาลกุล, ๒๕๔๑, การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องมือกล ๑, พิมพ์ครั้งที่ ๒ กรุงเทพ:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

๕. จำรูญ ตันติพิศาลกุล, ๒๕๔๒, การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องมือกล ๒, พิมพ์ครั้งที่ ๒ กรุงเทพ:สำนักพิมพ์ จ.เพชรสกุล

๖. บรรเลง ศรนิล และ ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์, ๒๕๒๔, ตารางโลหะ กรุงเทพ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

๗. วริทธิ์ อึ่งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, ๒๕๔๔, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม ๑ พิมพ์ครั้งที่ ๑๐ กรุงเทพ:บุคเซ็นเตอร์

๘. วริทธิ์ อึ่งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, ๒๕๔๑, การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม ๒ พิมพ์ครั้งที่ ๑๐ กรุงเทพ:บุคเซ็นเตอร์

๙. วีระพันธ์ สิทธิพงศ์, ๒๕๒๘, กลศาสตร์วิศวกรรม, กรุงเทพ:โรงพิมพ์ชวนพิมพ์

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

๑. นายวุฒินัย กกกำแหง

เจ้าหน้าที่ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.)

๒. อาจารย์ณฐพงษ์ จันทร์เพ็ชร

หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.สุวรรณภูมิ

๓. อาจารย์ธีรพจน์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.กรุงเทพฯ

๔. นายเจตนา ผกาพวง

นายช่างโยธา องค์การบริหารส่วนตำบลศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม

๕. อาจารย์อาทร ชูพลสัตย์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.รัตนโกสินทร์

ที่ ศธ ๐๕๘๒.๑๑/๑๐๘

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
๙๖ หมู่ ๓ ถ.พุทธมณฑล สาย ๕ ต.ศาลายา
อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม ๗๓๑๗๐

๓๑ มกราคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อประกอบการทำวิจัย

เรียน .....

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนายประพัฒน์ สีใส ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ ๗ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้รับอนุมัติเงินจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี ๒๕๕๕ ให้ดำเนินการทำวิจัยโครงการเรื่อง เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี ๒๕๕๕ นั้น

ในการนี้ นายประพัฒน์ สีใส มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์ จากท่านเพื่อโปรดตรวจสอบเครื่องมือสำหรับประกอบการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
โทรศัพท์ ๐ ๒๘๘๙ ๔๕๘๕ – ๗ ต่อ ๒๖๕๐
โทรสาร ๐ ๒๘๘๙ ๔๕๘๕ – ๗ ต่อ ๒๖๒๑

ภาคผนวก ข

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับการใช้เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

คำชี้แจงแบบประเมินนี้แบ่งเป็น ๓ ตอน

ตอนที่ ๑ ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะภาพของผู้ประเมิน

ตอนที่ ๒ ถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับคุณภาพของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

ตอนที่ ๓ ถามความคิดเห็นอื่นๆ และข้อเสนอแนะ

ตอนที่ ๑ ข้อมูลเกี่ยวกับสถานะภาพของผู้ประเมิน

๑. เพศ

[ ] ชาย [ ] หญิง

๒. ระดับการศึกษา

[ ] สูงกว่าปริญญาตรี [ ] ปริญญาตรี

[ ] ต่ำกว่าปริญญาตรี

๓. อาชีพ

[ ] นักศึกษา [ ] เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบล

[ ] พนักงานมหาวิทยาลัย [ ] ลูกจ้างชั่วคราว

๔. ประสบการณ์ทำงาน

[ ] มากกว่า ๑๐ ปี [ ] ๕-๑๐ ปี

[ ] ๓-๕ ปี [ ] ไม่มีประสบการณ์ในการทำงาน

<u>ตอนที่ ๒</u> ถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับคุณภาพของสถานะภาพของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

๑. กรุณาอ่านคำแนะนำในการกรอกแบบสอบถาม

๒. แบบสอบถามมีทั้งหมด ๑๐ ข้อ แต่ละข้อจะมีคำถามความคิดเห็นอยู่ทางด้านซ้ายมือและมาตราส่วนประมาณค่า ๓ ระดับ กำกับไว้ในแต่ละข้อให้ขีดเครื่องหมาย (/) ลงในช่องทางขวามือตรงกับความคิดเห็นของท่านโดยแต่ละระดับความคิดเห็นมีความหมายดังนี้

+๑ หมายถึง เห็นด้วยกับข้อคำถามที่ระบุไว้

๐ หมายถึง ไม่แน่ใจในข้อคำถามที่ระบุไว้

-๑ หมายถึง ไม่เห็นด้วยกับข้อคำถามที่ระบุไว้

ตัวอย่าง

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น		
		+๑	๐	-๑
๑	เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานได้จริง	/		

จากตัวอย่างข้อที่ ๑ หมายความว่าเห็นด้วยที่เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้จริง ในระดับคะแนนเท่ากับ +๑

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น		
		+๑	๐	-๑
๑	โครงสร้างมีความแข็งแรงเพียงพอ			
๒	มีขนาดเหมาะสม			
๓	วัสดุที่ใช้หาได้ง่าย			
๔	มีการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม			
๕	บล็อกประสานมีประสิทธิภาพ			
๖	เครื่องที่สร้างขึ้นมาสามารถใช้งานได้จริง			
๗	มีความปลอดภัยในการใช้งาน			
๘	มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและเก็บรักษา			
๙	ใช้งานได้ยาวนาน			
๑๐	บำรุงรักษาง่าย			

<u>ตอนที่ ๓</u> ถามความคิดเห็นอื่นๆ และข้อเสนอแนะ

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นอื่นๆ และข้อเสนอแนะ

๑. ความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้น

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

๒. ข้อเสนอแนะ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

ลงชื่อ.....

(.....)

……/ ……/ ……

การคำนวณและแปลความหมาย

จากที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้น มีผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ๑ ผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
		๑	๒	๓	๔	๕			
๑	โครงสร้างมีความแข็งแรงเพียงพอ	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๒	มีขนาดเหมาะสม	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๓	วัสดุที่ใช้หาได้ง่าย	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๔	มีการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๕	บล็อกประสานมีประสิทธิภาพ	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๖	เครื่องที่สร้างขึ้นมาสามารถใช้งานได้จริง	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๗	มีความปลอดภัยในการใช้งาน	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๘	มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและเก็บรักษา	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๙	ใช้งานได้ยาวนาน	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
๑๐	บำรุงรักษาง่าย	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑.๐๐	ข้อดี
	ค่าเฉลี่ย						๕๐	๑.๐๐	ข้อดี

การหาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตร $IOC = \frac{\Sigma R}{N}$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับจุดประเมิน

ΣR แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

นำค่าเฉลี่ยแล้วมาเทียบกับเกณฑ์ดังนี้

IOC	ความหมาย
มากกว่าหรือเท่ากับ ๐.๕๐	เป็นข้อดีของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้น
น้อยกว่า ๐.๕๐	เป็นข้อเสียของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้นต้องทำการปรับปรุงหรือแก้ไข

แบบประเมินประสิทธิภาพเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

ข้อที่	เงื่อนไขที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ										รอบ
		๑	๒	๓	๔	๕	๖	๗	๘	๙	๑๐	
๑	ประสิทธิภาพของระบบไมรโครโปรเซสเซอร์											
๒	ประสิทธิภาพของระบบไฮดรอลิกส์											
๓	ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า											
๔	ประสิทธิภาพของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ											
๕	ประสิทธิภาพของบล็อกประสาน											
รวม												

<u>ระดับคะแนนตรวจสอบ</u>

ความถูกต้องของการทดสอบเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ระดับคะแนน ๑

ความถูกต้องของการทดสอบไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ระดับคะแนน ๐

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ประเมิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

การคำนวณและแปรความหมาย

จากที่ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินประสิทธิภาพจำนวน ๑๐ ครั้ง ตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังมีผลตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ๑ ผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	เงื่อนไขที่ทดสอบ	จำนวนกลุ่มประชากร						ร้อยละ	แปลผล
		๑	๒	๓	๔	๕	รวม		
๑	ประสิทธิภาพของระบบไมโครโปรเซสเซอร์	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๕๐	๑๐๐	ดีมาก
๒	ประสิทธิภาพของระบบไฮดรอลิกส์	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๕๐	๑๐๐	ดีมาก
๓	ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๕๐	๑๐๐	ดีมาก
๔	ประสิทธิภาพของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๕๐	๑๐๐	ดีมาก
๕	ประสิทธิภาพของบล็อกประสาน	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๕๐	๑๐๐	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย		๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๑๐	๕๐	๑๐๐	ดีมาก

เปลี่ยนจากคะแนนรวมเป็นร้อยละโดยใช้สูตร $P = \frac{F}{N} \times ๑๐๐$

เมื่อ P แทนร้อยละ

F แทนค่าความถี่ของการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทนจำนวนความถี่ทั้งหมด

นำค่าร้อยละมาเทียบกับเกณฑ์ดังนี้

๘๐% - ๑๐๐% หมายถึงดีมาก

๗๐% - ๗๙% หมายถึงดี

๖๐% - ๖๙% หมายถึงพอใช้

๕๐% - ๕๙% หมายถึงควรปรับปรุง

ภาคผนวก ค

แสดงแบบชิ้นส่วนของเครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ โทร. ๐๒๘๘๓๕๘๕ ต่อ ๒๖๒๑

ที่ วศส.ยธ. ๑๑๗/๒๕๕๖ **วันที่** ๓๑ มกราคม ๒๕๕๖

เรื่อง โปรดลงนาม

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

ด้วยกระผมนายประพัฒน์ สีใส ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ ๗ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้รับอนุมัติเงินจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี ๒๕๕๕ ให้ดำเนินการทำวิจัยโครงการเรื่อง เครื่องอัดบล็อกประสานระบบไฮดรอลิกส์กึ่งอัตโนมัติ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี ๒๕๕๕ นั้น

ในการนี้ นายประพัฒน์ สีใส มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์ จากท่านเพื่อโปรดลงนามในหนังสือขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือเพื่อประกอบการทำวิจัยเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดลงนาม

(นายประพัฒน์ สีใส)
หัวหน้าโครงการ

ภาคผนวก ง

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย

๑. นายประพัฒน์ สีใส (หัวหน้าโครงการ)
Mr, PRAPAT SEESAI

๒. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน ๓ ๓๐๙๗ ๐๐๑๑๓ ๕๕ ๐

๓. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ ๗

๔. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ๙๖ หมู่ ๓ ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม ๗๓๑๗๐ โทรศัพท์ ๐๒-๘๘๙๔๕๘๕-๗ (e-mail) prapat_civil@hotmail.com

๕. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับ	ชื่อย่อปริญญา	สาขา	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
๒๕๔๐	ปริญญาตรี	คอ.บ	โยธา	ราชมงคลเทเวศร์	ไทย
๒๕๔๕	ปริญญาตรี	วศ.บ	โยธา	ราชมงคลคลองหก	ไทย
๒๕๕๐	ปริญญาโท	วศ.ม	โยธา	ม.รังสิต	ไทย

๖. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
งานบริหารงานก่อสร้าง งานประมาณราคางานก่อสร้าง งานออกแบบก่อสร้าง

๗. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

๗.๑ หัวหน้าโครงการ : ชื่อโครงการ
เครื่องทำกระดูกมนุษย์อัดเม็ด

๗.๒ งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และสถานะภาพในการทำวิจัย
เครื่องทำกระดูกมนุษย์อัดเม็ด, ๒๕๕๒ การเผยแพร่นำไปทดลองใช้งานจริงกับเครื่องปรับอากาศที่มหาวิทยาลัยฯ ,แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

๗.๓ งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ประวัติะผู้ร่วมวิจัย

๑. นายธนากร สุนทรวัฒน์ (Mr.Tanakorn Suntornwat)

๒. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน ๓-๘-๑๒-๐๐๐๘๒-๕๑-๓

๓. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ ๗

๔. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ๙๖ หมู่ ๓ ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม ๗๓๑๗๐ โทรศัพท์ ๐๒-๘๘๙๔๕๘๕-๗ (e-mail) tsuntornwat@yahoo.com

๕. ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	สถานที่ศึกษา	สาขา/วิชาเอก
ปวช.	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช	อิเล็กทรอนิกส์
ปวส.	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ	อิเล็กทรอนิกส์
ปริญญาตรี	ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คลองหก (มทร.ธัญบุรี)	ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์
กำลังศึกษา ปริญญาโท	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	ระบบควบคุมและเครื่องมือวัด

๖. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

๗. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

๗.๑ หัวหน้าโครงการ : ชื่อโครงการ

หัวหน้าโครงการวิจัย : เครื่องมือวัดระยะความละเอียดสูง

หัวหน้าโครงการวิจัย: อุปกรณ์ช่วยประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก

หัวหน้าโครงการวิจัย : แผนที่พูดได้สำหรับผู้พิการทางสายตา

๗.๒ งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

๑) เครื่องมือวัดระยะความละเอียดสูง ปี ๒๕๕๐ การเผยแพร่นำไปทดลองใช้งานจริงในการวัดการทรุดตัวของดิน ,แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

๒) อุปกรณ์ช่วยประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ปี ๒๕๕๔ การเผยแพร่นำไปทดลองใช้งานจริงกับเครื่องปรับอากาศที่มหาวิทยาลัยฯ, แหล่ง ทุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์