หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันนี้น้ำมันปิโตรเลียมเป็นต้นกำเนิดพลังงานซึ่งมีความสำคัญแก่มนุษย์มาก มีบทบาทและความก้าวหน้าต่อชีวิตเศรษฐกิจของโลก ได้มีราคาสูงขึ้น ประกอบกับเกิดวิกฤตการณ์ในทางการเมือง ซึ่งเป็นผลให้น้ำมันถูกดึงมาใช้เป็นเครื่องมือต่อรองในทางการเมือง เป็นผลให้เกิดความปั่นป่วนกระทบกระเทือนไปทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศที่ไม่มีน้ำมันเป็นทรัพยากรธรรมชาติของตัวเอง

ประเทศไทยในฐานะประเทศผู้ใช้น้ำมันจึงต้องประสบกับปัญหาน้ำมันขาดแคลนและมีราคาสูงขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจในประเทศอย่างมาก ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาพลังงานทดแทน เพื่อหาลู่ทางที่จะนำพลังงานประเภทอื่นมาทดแทนน้ำมัน อาทิ พลังงานน้ำ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน แสงอาทิตย์ นิวเคลียร์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ ฯลฯ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานหนึ่งที่ได้มีการตื่นตัวศึกษาวิจัย เพื่อนำมาเป็นพลังงานทดแทนในยามที่น้ำมันมีราคาสูงและจำนวนจำกัดโดยแปลงพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าเป็นต้น ในด้านการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนนั้น ได้มีผู้ประดิษฐ์ระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ออกเป็นสินค้าจำหน่ายในท้องตลาด ระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์นี้เหมาะกับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เหมาะสำหรับบ้านพักอาศัย โรงพยาบาล โรงแรมและอาคารใหญ่ ๆ ซึ่งจะต้องใช้น้ำร้อนเป็นประจำ ทำให้สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าหรือค่าพลังงานอื่น ๆ ลงได้บ้าง การลงทุนครั้งแรกในการติดตั้งระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์นี้ค่อนข้างจะแพง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลระยะยาวแล้วจะถูกกว่า เพราะหลังจากติดตั้งเสร็จแล้วก็เพียงเสียค่าบำรุงรักษาเท่านั้น

ส่วนประกอบของระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยแผงรับแสงแดดจากดวงอาทิตย์ ระบบการวนเวียนของน้ำและถังเก็บน้ำร้อน ถังเก็บน้ำร้อนส่วนมากที่จำหน่ายจะเป็นถังเหล็กไร้สนิมหุ้มด้วยฉนวน ถังแบบนี้ราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาวิจัยที่จะใช้ถังน้ำเฟอร์โรซีเมนต์แทน ซึ่งทำด้วยวัสดุที่หาได้ในประเทศ ราคาถูก การก่อสร้างทำได้ง่าย เน้นหนักในด้านแรงงาน จึงเหมาะสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา

1.2 <u>การสำรวจการวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

เฟอร์โรซีเมนต์เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยซีเมนต์มอร์ต้าร์และลวดตาข่ายวางเป็นชั้น ๆ เป็นรูปโครงสร้าง คำว่า เฟอร์โรซีเมนต์ (FERROCEMENT) นั้นเกิดจากการผสมของคำว่า FERROUS กับ CEMENT

เฟอร์โรซีเมนต์มีประวัติความเป็นมาเริ่มต้นพร้อม ๆ กับคอนกรีตเสริมเหล็ก ประมาณในปี 1848 ณ ประเทศฝรั่งเศส LAMBOT ได้ใช้วัสดุนี้สร้างเป็นเรือโป๊ตซึ่งได้ถูกใช้งานเป็นเวลานานกว่า 50 ปี และตอนนี้กำลังตั้งแสดงในพิพิธภัณฑ์ในประเทศฝรั่งเศส แต่หลังจากนั้นวัสดุนี้ได้ถูกนำมาสร้างใช้งานน้อยมาก จนกระทั่งในปี 1940 NERVI ได้นำวัสดุนี้กลับมาใช้งานอีก โดยได้สร้างเรือบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับการขนส่ง เมื่อสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้สิ้นสุดลงแล้ว ประเทศต่าง ๆ ได้หันมานิยมใช้วัสดุนี้ในการสร้างเรือ โดยเฉพาะประเทศนิวซีแลนด์ซึ่งถึงกับตั้งบริษัทผลิตเรือออกจำหน่ายแก่ประชาชนทั่วไป ในปี 1968 HARTLEY ได้ก่อตั้งสมาคม NEW - ZEALAND FERRO CEMENT MARINE ASSOCIATION (NZFCMA) ขึ้นโดยได้รับความช่วยเหลือร่วมมือจากประชาชนที่สนใจในการพัฒนาเฟอร์โรซีเมนต์ พร้อมทั้งได้ออกวารสาร JOURNAL OF FERROCEMENT ด้วย[2] ในปี 1974 THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI) ได้จัดตั้งคณะกรรมการ 549 เพื่อตรวจวิจารณ์วัสดุเฟอร์โรซีเมนต์และจะได้รวบรวมเป็นบทกำหนดสำหรับวัสดุชนิดนี้ต่อไป[3] จนกระทั่งในปี 1976 INTERNATIONAL FERROCEMENT INFORMATION CENTER (IFIC) ได้ถูกก่อตั้งขึ้นที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) กรุงเทพฯ โดยความร่วมมือช่วยเหลือของ INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTER (IDRC) แห่งประเทศ

คานาดา และ THE UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (USAID) ผ่านทาง SOUTH-EAST ASIA REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT MISSION ในกรุงเทพฯ และรัฐบาลนิวซีแลนด์[2]

สำหรับงานวิจัยทางด้านเฟอร์โรซีเมนต์นี้ได้เริ่มมีการศึกษาอย่างจริงจังถึงคุณสมบัติเชิงกลของเฟอร์โรซีเมนต์ตั้งแต่ปี 1968 เป็นต้นมา[2] ข้อมูลทางคอนกรีตเสริมเหล็กไม่สามารถนำไปใช้ได้กับเฟอร์โรซีเมนต์ เพราะว่าเฟอร์โรซีเมนต์เป็นวัสดุประกอบที่แตกต่างออกไป โดยมีลักษณะพิเศษเหนือกว่าลวดตาข่ายหรือซีเมนต์มอร์ต้าร์อย่างหนึ่งอย่างใด[4] ความแตกต่างของคอนกรีตเสริมเหล็กกับเฟอร์โรซีเมนต์ตามนิยามของ Bezukladov[5] คือถ้าค่าอัตราส่วนของพื้นที่ผิวของลวดตาข่ายเสริมต่อปริมาตรของโครงสร้างประกอบนั้นเท่ากับหรือมากกว่า 2 ซม.$^{-1}$ (5.08 นิ้ว$^{-1}$) แล้วจะถือว่าวัสดุนั้นเป็นเฟอร์โรซีเมนต์

Bezukladov[5] Naaman[6] และ Key[7] ได้ทำการทดลองการรับแรงดึงของเฟอร์โรซีเมนต์และพบว่าความสัมพันธ์ของความเค้นที่เกิดรอยแตกร้าวเริ่มแรกของเฟอร์โรซีเมนต์กับค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของลวดตาข่ายเป็นความสัมพันธ์เส้นตรง Shah[8] ได้แสดงให้เห็นจากการทดลองว่าการเพิ่มค่าอัตราส่วนปริมาตรของลวดตาข่ายก็จะเพิ่มความเค้นที่เกิดรอยแตกร้าวเริ่มแรกของเฟอร์โรซีเมนต์ แต่การเพิ่มจะแตกต่างกันสำหรับแต่ละขนาดตาของลวดตาข่าย Romualdi และ Batson[9,10] และ Romualdi และ Mandel[11] พบว่าที่เปอร์เซ็นต์การเสริมเหล็กเดียวกันและถ้าระยะห่างของการเสริมเหล็กเล็กลงก็จะเพิ่มความเค้นตอนแตกร้าวเริ่มแรกด้วย

ในการออกแบบโครงสร้างเฟอร์โรซีเมนต์ Naaman[12] ได้แนะนำว่า ค่าอัตราส่วนปริมาตรและค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของลวดตาข่ายเสริมในทิศทางของแรงกระทำไม่ควรจะน้อยกว่า 0.9% และ 1.0 นิ้ว^2/นิ้ว^3 ตามลำดับ และค่าเหล่านี้ควรจะเพิ่มเป็นสองเท่าถ้าใช้วัสดุนี้เป็นโครงสร้างกักเก็บน้ำ ส่วน Shah[13] ได้แนะนำว่า สำหรับถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ ค่าอัตราส่วนปริมาตรและพื้นที่ผิวจำเพาะของลวดตาข่ายเสริมในทิศทางของแรงกระทำ ไม่ควรจะน้อยกว่า 2.5%

และ 1.8 นิ้ว^2/นิ้ว^3 ตามลำดับ

Pama, Sutharatanachaiyaporn และ Lee[14] และ Lee, Raisinghani และ Pama[15] ได้สรุปว่า เหล็กที่ใช้เป็นโครงร่างสำหรับกรุลวดตาข่ายนั้น ไม่มีส่วนช่วยในการรับแรงดึง เพราะว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กกับซีเมนต์มอร์ต้าร์ไม่เพียงพออันเนื่องมาจากค่าพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำ Shah และ Key[16] ได้ศึกษาพบว่าความแตกต่างของเกรดเดย์นของทรายอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ไม่มีผลต่อการรับแรงดึงของเฟอร์โรซีเมนต์

ในการคาดคะเนความเค้นที่เกิดรอยแตกร้าวเริ่มแรกของเฟอร์โรซีเมนต์รับแรงดึง Broutman และ Krock[17] ได้เสนอสูตรจาก LAW OF MIXTURE Nathan และ Paramasivam[18] ได้เสนอสูตรสำเร็จที่มีลักษณะคล้ายกับสูตรจาก LAW OF MIXTURE และ Naaman[6] ได้เสนอสูตรสำเร็จสำหรับถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ ถ้าหากความเค้นในแนวรอบถังมีค่ามากกว่าความเค้นที่เกิดรอยแตกร้าวเริ่มแรกของเฟอร์โรซีเมนต์แล้ว น้ำก็จะเริ่มรั่วออกจากถัง Guerra, Naaman และ Shah[19] ได้ทำการทดลองถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์อัดด้วยความดัน พบว่าในระหว่างการอัดความดันอยู่นั้น น้ำภายในถังจะรั่วก็ต่อเมื่อถังเกิดรอยแตกร้าวขึ้นก่อน แต่รอยซึมของน้ำจะเกิดขึ้นก่อนการแตกร้าวของถังได้ ซึ่งแก้ไขได้โดยการทาผิวด้านในของถังด้วยกาวอิพอกซี่ การรั่วของน้ำจะลดลงถ้าหากความหนาของถังเพิ่มขึ้น การแตกร้าวของถังจะเกิดขึ้นในแนวดิ่ง ส่วนในแนวนอนจะเกิดขึ้นน้อยมากและจะเกิดที่ความดันภายในถังสูง โดยแตกแยกต่อจากรอยแตกร้าวในแนวดิ่งออกไป ความกว้างของรอยแตกร้าวจะเพิ่มขึ้นตามความดันภายในถัง แต่รอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นก่อนอันอื่นไม่จำเป็นจะต้องเป็นรอยแตกร้าวที่กว้างที่สุด ถ้าหากถังเฟอร์โรซีเมนต์มีค่าอัตราส่วนปริมาตรและพื้นที่ผิวจำเพาะของลวดตาข่ายสูง จะทำให้ความกว้างของรอยแตกร้าวลดลงที่ความเค้นกำหนดอันหนึ่งของเฟอร์โรซีเมนต์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย[1] ได้ก่อสร้างถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.9 ม. สูง 1.3 ม. หนา 3 ซ.ม. จุน้ำได้ 3400 ลิตร ลวดตาข่ายที่ใช้เสริมเป็นลวดตาข่ายหกเหลี่ยมเบอร์ 25 ขนาดตา 0.5 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

ของลวด 0.02 นิ้ว เส้นที่ 2 ขั้น คิดเป็นพื้นที่ผิวจำเพาะและอัตราส่วนปริมาตรของลวดตาข่ายในแนวรอบถังเท่ากับ 0.21 นิ้ว^2/นิ้ว^3 และ 0.13% ตามลำดับ นอกจากนี้ Paramasivam, Nathan และ Lee[20] ได้สร้างถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.44 ม. สูง 2.6 ม. หนา 31.8 มม. จุน้ำได้ 12.16 ลูกบาศก์เมตร ลวดตาข่ายที่ใช้เสริมเป็นแบบสี่เหลี่ยมประสานกัน เบอร์ 20 ขนาดตา 0.33 x 0.33 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวด 0.034 นิ้ว เส้นที่ 3 ขั้น คิดเป็นพื้นที่ผิวจำเพาะและอัตราส่วนปริมาตรของลวดตาข่ายในแนวรอบถังเท่ากับ 0.78 นิ้ว^2/นิ้ว^3 และ 0.66% ตามลำดับ ถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ทั้งสองใบได้ถูกทดลองและนำไปใช้งาน ปรากฏว่าไม่มีปัญหาเรื่องการซึมของน้ำ ซึ่งจากการพิจารณาถังเฟอร์โรซีเมนต์ทั้งสองใบจะพบว่าเส้นที่ลวดตาข่ายน้อยกว่าที่ Naaman[12] และ Shah[13] แนะนำไว้

1.3 <u>วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย</u>

เพื่อวิจัยทดลองถังเก็บน้ำร้อนราคาถูกที่ทำด้วยวัสดุเฟอร์โรซีเมนต์เพื่อศึกษาว่าสามารถใช้แทนถังเก็บน้ำร้อนที่ทำด้วยวัสดุราคาแพงได้ โดยคำนึงถึง

1. ต้องการให้ประหยัด
2. ความสามารถในการกักเก็บน้ำ
3. ความสามารถในการเก็บความร้อนเมื่อหุ้มและไม่หุ้มฉนวน
4. ความแข็งแรงของถังเมื่ออัดความดันด้วยเครื่องอัดอากาศ

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทดลองพฤติกรรมของถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ขนาดเล็กความจุประมาณ 200 ลิตร ซึ่งเส้นที่ลวดตาข่ายปริมาณต่ำ ๆ

ในการทดสอบการเก็บความร้อนของถังจะทำการใส่น้ำร้อนลงในถัง แล้ววัดอุณหภูมิตามเวลาประมาณหนึ่งวัน แล้วเปรียบเทียบกับทฤษฎี ถังที่ทดลองเก็บความร้อนมีทั้งที่หุ้มด้วยฉนวนโฟมโพลีสไตรีนหนาหนึ่งนิ้ว และการให้ช่องอากาศหนึ่งนิ้วเป็นฉนวนด้วย ในด้านความสามารถในการกัก

เก็บน้ำ ได้ทำการทดสอบอัดความดันภายในถังแล้วทำการเปรียบเทียบค่าความเค้นตอนแตกร้าวเริ่มแรกของถังจากการทดลองกับทฤษฎีที่เสนอโดยผู้วิจัยต่าง ๆ กัน

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบพฤติกรรมการแตกร้าวของถังน้ำเฟอร์โรซีเมนต์อัดด้วยความดันและความสามารถในการเก็บความร้อน

2. ทำให้ได้เทคโนโลยีในการสร้างถังเก็บน้ำร้อนราคาถูกที่สามารถใช้แทนถังเก็บน้ำร้อนที่มีราคาแพงกว่า

3. ถังเก็บน้ำชนิดนี้สร้างได้ง่าย วัสดุก็หาได้ภายในประเทศ ชาวชนบทหรือประชาชนทั่วไปสามารถก่อสร้างได้เองเพื่อใช้เป็นภาชนะเก็บน้ำร้อน หากได้รับการฝึกอบรมเพียงชั่วระยะเวลาอันสั้น เป็นการช่วยการสร้างงานในชนบทได้

4. สามารถดัดแปลงถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ไปเป็นถังเก็บยิวก๊าซได้

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎี พฤติกรรม การทำงานและผลงานของถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ที่เคยศึกษามาแล้ว

2. ศึกษาทฤษฎีเปลือกบางที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบถัง

3. ศึกษาหลักเกณฑ์ในการออกแบบความจุของถังเก็บน้ำร้อนตามจำนวนผู้ใช้

4. ออกแบบและสร้างถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์

5. ทดสอบความสามารถในการเก็บความร้อนและความแข็งแรงในการรับความดันของถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์

6. ทำการเปรียบเทียบผลจากการทดสอบ ประสิทธิภาพในการใช้งานและราคา