ถังเก็บน้ำร้อนราคาถูก

นายวิญญู จินตนาวัฒน์

004708

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2523

117562488X

LOW COST HOT WATER STORAGE TANK

Mr. Vinyu Chintanawat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1980

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ถังเก็บน้ำร้อนราคาถูก
โดย	นายวิญญู จินตนาวัฒน์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพัฒน์ อรรถยุกติ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ถังเก็บน้ำร้อนราคาถูก
ชื่อนิสิต	นายวิญญู จินตนาวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน สักคุณะประสิทธิ์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2523

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทดลองความสามารถในการเก็บความร้อนและความแข็งแรงของถังเก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์ขนาดความจุ 200 ลิตร เพื่อใช้แทนถังเก็บน้ำร้อนทั่ว ๆ ไปในระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ซึ่งทำด้วยวัสดุที่มีราคาแพงกว่า เช่น เหล็กไร้สนิม และทองแดง เป็นต้น ถังเฟอร์โรซีเมนต์ที่ทำการวิจัยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 65 ซม. สูง 60 ซม. หนา 2.5 ซม. และเสริมด้วยลวดตาข่ายสองชั้น ซึ่งเป็นการเสริมที่จัดอยู่ในขั้นต่ำเพื่อการประหยัด จากผลการทดลองการเก็บความร้อนของถังเฟอร์โรซีเมนต์หุ้มฉนวนด้วยโฟมโพลีสไตรีนหนา 2.5 ซม. หรือช่องว่างอากาศ 2.5 ซม. พบว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยได้ทดลองเก็บน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส ในเวลา 24 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังยังสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส ซึ่งร้อนเพียงพอสำหรับการใช้สอยในวันต่อไป จากการสังเกตพบว่า ถังไม่เกิดการแตกร้าวหรือมีการซึมของน้ำ ถึงแม้ว่าจะเก็บน้ำไว้ในถังนานเป็นเวลา 4 เดือน ในการเปรียบเทียบราคาพบว่า ราคาของถังเก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์ที่สร้างถูกกว่าถังเก็บน้ำร้อนในระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ทั่วไป เช่น ถูกกว่าถังเหล็กไร้สนิมที่มีความจุเท่ากันอยู่ประมาณ 4 เท่า และยังถูกกว่าถังเก็บน้ำชนิดอื่น ๆ อีกเป็นต้นว่า คอนกรีตเสริมเหล็ก เหล็กอาบสังกะสี พลาสติกและไฟเบอร์กลาส

ในการทดสอบความแข็งแรงของถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์ ได้สร้างถังเก็บน้ำเฟอร์-โรซีเมนต์เพิ่มอีกสองใบขนาดเท่ากัน เสริมด้วยลวดตาข่ายสองชั้นและสี่ชั้น ตามลำดับ เพื่อทดลองอัดด้วยความดันและหาความสัมพันธ์การแตกร้าวของถังกับค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและอัตราส่วนปริมาตรของลวดตาข่ายที่เสริม และเปรียบเทียบกับทฤษฎีและสูตรสำเร็จ จากการทดลองพบว่าถังทั้งสองใบเริ่มแตกร้าวเมื่อความดันภายในถังเท่ากับ 0.63 และ 1.12 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ให้โดยสูตรสำเร็จมาก

Thesis Title Low Cost Hot Water Storage Tank

Name Mr. Vinyu Chintanawat

Thesis Advisor Associate Professor Panitan Lukkunaprasit, Ph.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1980

ABSTRACT

This research was conducted to study the ability of storing heat and strength of ferrocement hot water tank of 200 liter capacity, which is intended to substitute for ordinary hot water storage tanks, usually made of expensive materials such as stainless steel and copper, in a solar water heater system. A ferrocement tank, 65 cm. in diameter, 60 cm. in height and 2.5 cm. thick and reinforced with a minimum of two layers of welded square wire mesh for economy, was constructed. Test results on thermal storage ability of the tank when insulated with 2.5 cm. thick polystyrene foam or air space were found to be satisfactory. The temperature of hot water of about 70 °C after 24-hour storage in the tank remained about 50 °C which is hot enough for use in the following day. Neither cracking nor leakage were observed even though the water was contained in the tank for 4 months. The cost of ferrocement hot water storage tank was about four times

cheaper than stainless steel tank of the same capacity and cheaper than other types of tanks made of reinforced concrete, galvanized steel sheet, plastic or fiberglass.

To investigate the strength of the ferrocement water tank, two more tanks of the same capacity and reinforced with two and four layers of welded square wire mesh, respectively, were constructed. These tanks were tested under internal pressure by means of an air compressor to investigate the cracking behavior and to compare the results with values predicted by theory and empirical formulae. Cracking of the two tanks commenced at an internal pressure of 0.63 and 1.12 ksc, respectively, considerably lower than the values given by the empirical formulae.

กิตติกรรมประกาศ

ในการเขียนวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน สักคุณะประสิทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ทั้งทางภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนจบ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพัฒน์ อรรถยุกติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำความรู้และตรวจสอบแก้ไขทางภาคทฤษฎีของการถ่ายเทความร้อน ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงศักดิ์ มลิลา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ ทั้งสองท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ทางด้านถังเก็บน้ำร้อน

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วินิต ช่อวิเชียร รองศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพัฒน์ อรรถยุกติ ที่กรุณาตรวจวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และทุนอุดหนุนเพื่อเพิ่มพูนและพัฒนาประสิทธิภาพทางวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อเกจวัดความเครียดแบบไฟฟ้า สถานที่และเครื่องมือสำหรับการทดลอง ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการคณะวิศวกรรมศาสตร์และเจ้าหน้าที่ ที่เอื้อเฟื้อเกจวัดความดัน คุณอุดม ฉัตรศิริกุล ที่เอื้อเฟื้อน้ำยาติดเกจวัดความเครียดแบบไฟฟ้า ตลอดจนขอขอบคุณ ห.จ.ก.กำจรกิจ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องอัดอากาศ

ท้ายที่สุดขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา และเพื่อน ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้

วิญญู จินตนาวัฒน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการรูปประกอบ ..... ฐ

สัญญลักษณ์ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 การสำรวจการวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 5

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 6

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 6

2. การออกแบบถัง 7

2.1 ขนาดความจุของถัง เทียบกับจำนวนผู้ใช้ 7

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบถัง 7

2.3 ฉนวนหุ้มถัง 12

2.4 การออกแบบถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์ 14

พลสมุทกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

3. การสร้างถัง 16
3.1 ลวดตาข่ายที่ใช้เสริม 16
3.2 ส่วนผสมของซีเมนต์มอร์ต้าร์ 17
3.3 วิธีดำเนินการก่อสร้างถัง 17
3.4 การหุ้มฉนวน 18
4. การทดลองและผลการทดลอง 19
4.1 ความสามารถในการเก็บความร้อน 19
4.2 ความแข็งแรงของถังโดยการอัดความดันด้วยเครื่องอัดอากาศ . 21
5. การเปรียบเทียบราคาถัง 25
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ 26
6.1 สรุปผลการวิจัย 26
6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยขั้นต่อไป 27
เอกสารอ้างอิง 29
ภาคผนวก ก. 68
ภาคผนวก ข. 71
ประวัติ 80

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

2.1 รายละเอียดของการหุ้มฉนวนถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์ T2-T 33

2.2 ถัง เก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์เสริมลวดตาข่ายจากแหล่งต่าง ๆ 34

3.1 กำลังรับแรงดึงประลัยของบริคเคท 35

3.2 กำลังอัดประลัยของก้อนซีเมนต์มอร์ต้ารูปลูกบาศก์ 2 นิ้ว 36

4.1 ผลการทดลองถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์ไม่หุ้มฉนวน 37

4.2 ผลการทดลองถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์หุ้มด้วยโฟมโพลีสไตรีน (ครั้งที่หนึ่ง) 38

4.3 ผลการทดลองถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์หุ้มด้วยโฟมโพลีสไตรีน (ครั้งที่สอง) 39

4.4 ผลการทดลองถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์โดยใช้อากาศเป็นฉนวน 40

4.5 ผลการคำนวณอุณหภูมิของน้ำในถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์ไม่หุ้มฉนวน 41

4.6 ผลการคำนวณอุณหภูมิของน้ำในถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์หุ้มด้วยโฟมโพลีสไตรีน 42

4.7 ผลการคำนวณอุณหภูมิของน้ำในถัง เก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์ซึ่งมีอากาศเป็นฉนวน 43

4.8 การเปรียบเทียบถัง เก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์อัดด้วยความดัน 44

4.9 การเปรียบเทียบถัง เก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์อัดด้วยความดัน 45

ตารางที่ หน้า

5.1 แสดงราคาของถังเก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์พร้อมหุ้มฉนวน
จุ 200 ลิตร 46
5.2 แสดงราคาเปรียบเทียบของระบบเครื่องทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์ .
5.3 แสดงราคาเปรียบเทียบของถังน้ำทำด้วยวัสดุชนิดต่าง ๆ 48

รายการรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

2.1 ถังเก็บน้ำเฟอร์โรซีเมนต์รับความดันภายใน 49
2.2 ความสัมพันธ์จำลองระหว่างหน่วยแรงดึงกับความเครียดในชั้นล่วน เฟอร์โรซีเมนต์รับแรงดึง 49
2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านจำนวนชั้นของวัสดุประกอบ 50
2.4 การสูญเสียความร้อนของถังเก็บน้ำร้อนเฟอร์โรซีเมนต์ 50
2.5 แสดงรายละเอียดโครงเหล็กของถัง T2-T 51
2.6 แสดงรายละเอียดเหล็กเสริมของถัง T2-P และ T4-P 52
2.7 แสดงรายละเอียดฝาถังบนของ T2-P 53
2.8 แสดงรายละเอียดฝาถังบนของ T4-P 54
2.9 แสดงรายละเอียดของท่อน้ำ 55
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับความเครียดของลวดตาข่าย เบอร์ BWG 20 56
3.2 แสดงโครงเหล็กกรุด้วยลวดตาข่ายของถัง 57
3.3 แสดงการฉาบอัดปูนของผนังถัง 57
4.1 การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิกับเวลาของน้ำร้อนและถังเฟอร์โรซีเมนต์ ไม่หุ้มฉนวน 58
4.2 การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิกับเวลาของน้ำร้อนและถังเฟอร์โรซีเมนต์ หุ้มด้วยโฟมโพลีสไตรีน หนา 1 นิ้ว รัดรอบด้วยลังกะสี 59
4.3 การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิกับเวลาของน้ำร้อนและถังเฟอร์โรซีเมนต์ หุ้มด้านข้างด้วยลังสังกะสี โดยมีช่องอากาศ 1 นิ้ว ฝาถังบนหุ้มด้วยโฟม หนา 1 นิ้ว 60

รูปที่ หน้า

4.4 การแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิกับเวลาของน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อน เฟอร์โรซีเมนต์หุ้มด้วยฉนวนต่าง ๆ กัน 61

4.5 แสดงรอยซึมของน้ำและรอยแตกร้าวของถัง T4-P 62

4.6 แสดงรอยซึมของน้ำและรอยแตกร้าวของถัง T2-P 63

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในถังกับความเครียดของผนังถังในแนวรอบถังของถัง T4-P 64

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันภายในถังกับความเครียดของผนังถังในแนวรอบถังของถัง T2-P 65

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความเค้นแตกร้าวเริ่มแรกของถังต่อหน่วยแรงดึงประสัยของมอร์ต้ารักับค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของลวดตาข่ายในแนวแรง 66

4.10 แสดงการทดลองการเก็บความร้อนของถังไม่หุ้มฉนวน 67

4.11 แสดงการทดลองการเก็บความร้อนของถังหุ้มฉนวนด้วยโฟมโพลีสไตรีนรัดรอบด้วยสังกะสี 67

สัญญลักษณ์

A = พื้นที่ผิวของผนังที่ความร้อนผ่าน

A_c = พื้นที่หน้าตัดของวัสดุประกอบเฟอร์โรซีเมนต์

A_{fL} = พื้นที่หน้าตัดของลวดตาข่าย

A_m = พื้นที่หน้าตัดของซีเมนต์มอร์ต้าร์

a = รัศมีภายในของถัง

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ

D = Flexural Rigidity ของผนังถัง

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวด

E_{cr} = โมดูลัสยืดหยุ่นของเฟอร์โรซีเมนต์รับแรงดึงในช่วงแตกร้าว

E_f = โมดูลัสยืดหยุ่นของลวดตาข่าย

E_{mt} = โมดูลัสยืดหยุ่นของซีเมนต์มอร์ต้าร์รับแรงดึง

E_t = โมดูลัสยืดหยุ่นของเฟอร์โรซีเมนต์รับแรงดึงในช่วงยังไม่แตกร้าว

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

L = ความสูงของถัง

M_r = โมเมนต์ดัดต่อหน่วยความยาวในแนวรัศมี

M_t = โมเมนต์ดัดต่อหน่วยความยาวในแนวเส้นรอบวง

M_x = โมเมนต์ดัดต่อหน่วยความยาวในทิศทาง x

M_ϕ = โมเมนต์ดัดต่อหน่วยความยาวในทิศทางรอบถัง

N_ϕ = หน่วยแรงดึงในทิศทางรอบถัง

n = จำนวนชั้นของลวดตาข่าย

p = ความดันภายในถัง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Q = ปริมาณความร้อนที่สูญเสีย

Q_x = หน่วยแรงเฉือนในทิศทาง x

q = น้ำหนักแผ่ล่ำเล่มอ

S_f = ระยะห่างของเส้นลวดตาข่าย

S_{RL} = พื้นที่ผิวจำเพาะของลวดตาข่ายในทิศทางของแรงกระทำ

T = อุณหภูมิของน้ำในถังแปรตามเวลา

T_B = อุณหภูมิห้อง

T_o = อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในถัง

t_w = ความหนาของผนังถัง

t = เวลา

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

V = ปริมาตรของน้ำในถัง

V_{fL} = อัตราส่วนปริมาตรของลวดตาข่ายในทิศทางของแรงกระทำ

V_m = อัตราส่วนปริมาตรของซีเมนต์มอร์ต้าร์

w = ระยะโก่งของถังในแนวตั้งฉากกับทิศทาง x

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ

ϕ = สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของซีเมนต์มอร์ต้าร์

σ_{cr} = ความเค้นตอนแตกร้าวเริ่มแรกของเฟอร์โรซีเมนต์รับแรงดึง

σ_{fu} = หน่วยแรงดึงประลัยของเส้นลวดตาข่าย

σ_{mu} = หน่วยแรงดึงประลัยของซีเมนต์มอร์ต้าร์

σ_C = หน่วยแรงดึงของเฟอร์โรซีเมนต์

σ_m = หน่วยแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้าร์

σ_f = หน่วยแรงดึงของลวดตาข่าย

σ_s = หน่วยแรงดึงของลวดตาข่ายที่ความเครียด 0.01%

σ_{ms} = หน่วยแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้าร์ที่ความเครียด 0.01%

σ_{ty} = หน่วยแรงดึงของเฟอร์โรซีเมนต์ที่จุดคลาก

ϵ_{cr} = ความเครียดตอนแตกร้าวเริ่มแรกของเฟอร์โรซีเมนต์รับแรงดึง

ϵ_{mu} = ความเครียดตอนแตกร้าวของซีเมนต์มอร์ต้าร์

ϵ_{tu} = ความเครียดของเฟอร์โรซีเมนต์รับแรงดึงประลัย

ϵ_{ty} = ความเครียดของเฟอร์โรซีเมนต์รับแรงดึงที่จุดคลาก

ν = Poisson Ratio