เดโช เผือกภูมิ : การทดสอบการกักเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในหินถมบะซอลต์ (EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF SOLAR THERMAL ENERGY STORAGE IN ROCK FILLS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร, 222 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อทดสอบศักยภาพระบบการกักเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ในหินถมในเวลากลางวันและนำความร้อนที่ได้มาใช้ในเวลากลางคืน ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับให้ความอบอุ่นแก่อาคารบ้านเรือนในพื้นที่ที่ประสบภัยหนาว และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานแก่โรงบ่มเมล็ดพันธุ์พืช โรงเลี้ยงสัตว์ ตัวอย่างหินมากกว่า 10 ชนิดที่พบอยู่ทั่วไปในประเทศไทยได้นำมาทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติด้านความจุความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกตัวอย่างหินที่จะมาใช้ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองย่อส่วน ผลที่ได้พบว่าหินบะซอลต์จากจังหวัดบุรีรัมย์มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่าความจุความร้อนสูงที่สุด ระบบการกักเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ถูกทดสอบโดยการสร้างแบบจำลองย่อส่วนซึ่งประกอบด้วย ระบบกักเก็บพลังงานที่สร้างโดยใช้หินบะซอลต์ย่อยและมีท่ออากาศร้อนเชื่อมต่อบริเวณส่วนบนของระบบกักเก็บเข้ากับบ้านจำลองที่สร้างจากไม้ และทำการตรวจวัดอุณหภูมิของระบบในหลายจุดตลอดฤดูหนาว ผลการตรวจวัดระบุว่าประสิทธิภาพของระบบกักเก็บขึ้นกับระดับพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาดของท่ออากาศร้อน การสูญเสียพลังงานความร้อนในบ่อกักเก็บพลังงานและในบ้านจำลอง ระบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุดได้แก่ ระบบที่ใช้ท่ออากาศร้อนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10.2 เซนติเมตร โดยติดตั้งให้เอียงมากกว่า 30 องศา ส่วนบนของบ่อกักเก็บพลังงานควรจะคลุมด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อน ซึ่งสามารถทำให้อุณหภูมิในบ้านจำลองสูงขึ้นจากอุณหภูมิปกติประมาณ 5 องศาเซลเซียสเป็นอย่างน้อย อุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้เป็นการเปรียบเทียบกับอุณหภูมินอกบ้านและอุณหภูมิของบ้านที่มีการตรวจวัดโดยไม่เปิดท่อนำความร้อน อย่างไรก็ตาม เมื่อถึงเวลา 9:00 น. อุณหภูมิในบ่อกักเก็บความร้อนยังคงสูงกว่าอุณหภูมิในบ้านจำลองอยู่มาก อาจเป็นผลมาจากการส่งผ่านความร้อนของระบบยังไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควร ระบบกักเก็บมีประสิทธิภาพเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้ท่ออากาศร้อนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10.2 เซนติเมตร จะให้อุณหภูมิในบ้านที่เพิ่มขึ้นมีค่าเทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้าจำนวน 203.3 kJ.hr

สมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เพิ่มศักยภาพของระบบด้วยการเปรียบเทียบอุณหภูมิในบ้านจำลองและบ่อกักเก็บพลังงานขณะที่มีการถ่ายเทพลังงานความร้อน อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการดังกล่าวถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ตรวจวัดจริง ผลที่ได้พบว่ามีความใกล้เคียงและสอดคล้องกันเป็นอย่างดี และสรุปได้ว่าสมการทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความ

น่าเชื่อถือและเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทำนายอุณหภูมิในระบบภายใต้ตัวแปรที่หลากหลาย และจากการเปรียบเทียบผลยังพบว่าบ้านจำลองที่สร้างขึ้นมีการรั่วไหลของพลังงานความร้อนออกจากบ้านไปสู่สิ่งแวดล้อมประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ได้จากบ่อกักเก็บพลังงาน ตัวแปรจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ได้แก่ ปริมาตรบ้านจำลอง ปริมาตรของหินถม พื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ และขนาดของท่ออากาศร้อน ได้ถูกมาใช้ในการคำนวณประกอบคำแนะนำในการออกแบบระบบหินถม คำแนะนำในการออกแบบหินถมได้พัฒนาภายใต้เงื่อนไขที่ว่าไม่มีการรั่วไหลของบ้านจำลองและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมมีค่าต่ำสุดที่เวลา 6.00 น. เท่ากับ 0 องศาเซลเซียส ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ระบุว่าการที่หินถมมีพื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิในหินถมสูงขึ้นด้วย เนื่องจากสามารถรับพลังงานในปริมาณที่มากขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาของหินถมที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 30 ถึง 70 เซนติเมตร คำแนะนำในการออกแบบจะเสนอขึ้นในรูปแบบของแผนภูมิแบบให้เลือก โดยผู้ใช้ต้องระบุค่าอุณหภูมิในบ้านที่เพิ่มขึ้นและเลือกขนาดของท่อที่คาดว่าจะใช้บนแผนภูมิที่สร้างไว้ ดั้งนี้จะได้อัตราส่วนของปริมาตรบ้านต่อปริมาตรหินถมที่เหมาะสม

สาขาวิชา เทคโนโลยีธรณี ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

DECHO PHUEAKPHUM : EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF SOLAR THERMAL ENERGY STORAGE IN ROCK FILLS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KITTITEP FUENKAJORN, Ph.D., PE., 222 PP.

SOLAR ENERGY/STORAGE SYSTEM/ROCK FILL/SOLAR COLLECTOR/ THERMAL CONDUCTIVITY/SPECIFIC HEAT

The objective of this research is to experimentally assess the performance of the solar thermal energy storage system using rock fills. The thermal energy stored during the daytime can be used to warm up housings and agricultural facilities during the night time which may result in a reduction of the required energy during the winter. Here over 10 rock types commonly found in Thailand have been tested to determine their specific heat and thermal conductivities. The results suggest that Burirum basalt is the most suitable rock for heat storage, as indicated by the highest specific heat value. The basalt fragments have been used in the pilot scale of the solar thermal storage system, comprising rock fills, housing model and connecting tubes. Temperatures have been monitored at various points in the system for two winter seasons. The results indicated that the storage system efficiency depends on the level of energy, size and inclination of hot-air tube, the heat loss through the pit and housing model. The most suitable connection between the housing and the pit is a 10.2-cm diameter hot-air tube with an inclined angle of 30°. The top of the pit should be covered with an isolation sheet. This results in a temperature increase in the housing model of 5^{o}C over the ambient temperature. At 9:00 am of any day the temperature of the rock fills however remains higher than that of the housing model.

This indicates that the heat circulation within the system has not reached its top efficiency. The efficiency of the storage system is about 35 percent. The gained heat energy in housing model with 10.2 cm diameter hot-air tube is equivalent to the electrical energy of 203.3 kJ·hr.

The mathematical equations are used to improve the system efficiency by producing comparable temperatures in the housing and storage pit, during the heat transfer time. The heat transfer is simulated to compare with the actual temperature measured in the model. The calculated results agree with the measurements which can be concluded that the mathematical equations are reliable and suitable for the temperature predictions under different physical parameters. The heat loss from the housing model is calibrated at 10 percent of the total heat energy transfer. The variables from the sensitivity analysis including volume of the housing model, packed rock volume, collector area, and size of the hot-air tubes are considered for the design recommendations. The design guidelines of the rock-fill system have been developed under the assumptions that no heat energy leaks from the housing model and that the lowest surrounding air temperature at 6:00 pm is 0°C. The results indicate that the larger rock-fills volume and collector area give the higher temperature increase due to the rock-fills could store more heat energy. The suitable thickness of rock fills should be 30-70 cm. The user can apply the required temperature increase (ΔT) in the housing on the recommendation charts. The provided size of hot-air tube can be selected, and the housing volume to packed rock volume (V_h/V_b) ratio can be obtained.

School of Geotechnology Student's Signature_____

Academic Year 2008 Advisor's Signature_____