

ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ สินศิริ : การใช้วัสดุปอซโซลานธรรมชาติเพื่อเป็นวัสดุประสาน
(UTILIZATION OF NATURAL POZZOLANS AS CEMENTITIOUS MATERIALS)
นักวิจัยที่ปรึกษา : ศ. ดร. ปริญา จินดาประเสริฐ, 167 หน้า

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ ศึกษาการใช้วัสดุปอซโซลานธรรมชาติเพื่อเป็นวัสดุเชื่อมประสาน การศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เพอร์ไลต์ในงานคอนกรีตมวลเบา ซึ่งเพอร์ไลต์ที่ใช้เป็นเพอร์ไลต์ Type III ที่มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยซิลิกาและอลูมินาเป็นหลัก มีอนุภาคนาขนาดเล็ก มีรูพรุนสูง และมีน้ำหนักเบา โดยการศึกษาจะนำเพอร์ไลต์แทนที่ทราย และแทนที่ซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ความคุมการไหลแผ่ที่ร้อยละ 105–115 และเปรียบเทียบกำลังอัดและหน่วยน้ำหนักกับมอร์ตาร์ควบคุม

ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาถึงความสามารถทำงานได้และกำลังอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์จากเถ้าลอยผสมไคอะตอมไมท์ โดยใช้การแทนที่ไคอะตอมไมท์ในเถ้าลอยร้อยละ 0, 60, 80 และ 100 โดยน้ำหนัก โดยการศึกษาใช้สารละลายโซเดียมซิลิเกตและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวทำปฏิกิริยา ทำการแปรผันอัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารละลายโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 อัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารละลายต่อวัสดุเชื่อมประสาน เท่ากับ 0.40, 0.50, 0.60 และ 0.70 อัตราส่วนการเพิ่มปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ ร้อยละ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5, 10, 15 และ 20 โมลาร์ อุณหภูมิในการเร่งปฏิกิริยาของตัวอย่าง เท่ากับ 60, 75 และ 90 องศาเซลเซียส เวลาในการเร่งปฏิกิริยาของตัวอย่างเท่ากับ 24 ชั่วโมง ทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ และทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

ส่วนที่ 3 ศึกษาคุณสมบัติของก้อนหล่อแข็งจากตะกอนโรงชุบโดยใช้ชีโอไลต์ผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุยึดประสาน ในอัตราส่วนการแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยชีโอไลต์ร้อยละ 0, 20 และ 40 โดยน้ำหนัก และผสมจากตะกอนในอัตราส่วนร้อยละ 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ความคุมอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานให้มีค่าเท่ากับ 0.40 ทำการศึกษาคุณสมบัติของก้อนหล่อแข็ง โดยการทดสอบกำลังรับแรงอัด, การรั่วไหลของโลหะหนักโดยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP), คุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer Analysis (XRD) และ X-Ray Fluorescence Analysis (XRF), ถ่ายภาพขยายด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) และทดสอบหาความพรุนโดยวิธี Mercury Intrusion Porosimetry (MIP)

ส่วนที่ 4 เป็นการศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน โดยนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาบดให้มีความละเอียดแตกต่างกัน 2 ขนาดคือขนาดอนุภาคใกล้เคียงปูนซีเมนต์และขนาดอนุภาคเล็กกว่าปูนซีเมนต์ แทนที่ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20 และ 40 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ทดสอบความไม่เป็นผลึกของเถ้าปาล์มน้ำมันโดยวิธีเรียวเวลด์ กำลังอัดของเพสต์ การทดสอบเพสต์โดยใช้เทคนิคทางความร้อน การวิเคราะห์การกระจายตัวโพรงของเพสต์และการถ่ายภาพขยายของเพสต์

ผลการศึกษาในส่วนที่ 1 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของเพอร์ไลต์เท่ากับ 0.50 เมื่อใช้เพอร์ไลต์แทนที่วัสดุประสานจะทำให้ความต้องการปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นจึงทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเพิ่มขึ้นด้วย และการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ที่แทนที่ด้วยเพอร์ไลต์จะแปรผกผันกับปริมาณของเพอร์ไลต์ กล่าวคือเมื่อเพิ่มปริมาณเพอร์ไลต์ยิ่งทำให้ค่ากำลังอัดลดลง อย่างไรก็ตามจากการวิจัยจะได้คอนกรีตมวลเบาที่อายุการบ่ม 28 วัน โดยเมื่อแทนที่ด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วนร้อยละ 50 แทนที่ซีเมนต์มีค่ากำลังอัด 101 กก./ซม.² ค่าหน่วยน้ำหนัก 1,460 กก./ม.³ และเมื่อแทนที่ทรายค่ากำลังอัดเท่ากับ 59 กก./ซม.² และมีค่าหน่วยน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 990 กก./ม.³

ผลการทดสอบในส่วนที่ 2 พบว่าที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของสารละลายโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 1.5-2.5 ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 15 โมลาร์ อุณหภูมิในการเร่งปฏิกิริยาของตัวอย่าง 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ค่ากำลังอัดที่สูง ซึ่งมีค่ากำลังอัดระหว่าง 223-939 กก./ซม.² นอกจากนั้นพบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำในส่วนผสมช่วยเพิ่มความสามารถทำงาน แต่ค่ากำลังอัดจะลดลง และค่ากำลังอัดมีแนวโน้มพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของอายุการบ่ม แต่ช่วงอายุปลายไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักหรือไม่มีเลย ผลการทดสอบยังพบอีกว่าการแทนที่โคอะคอมไมท์ในเถ้าลอยร้อยละ 60 และ 80 มีความเหมาะสมทั้งการให้ค่ากำลังอัดและการไหลแผ่เหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน

ผลการทดสอบในส่วนที่ 3 พบว่าความสามารถรับกำลังอัดของก้อนหล่อแข็งที่มีกากตะกอนโลหะหนักในอัตราส่วนร้อยละ 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนัก ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเติมกากตะกอนโลหะหนักผสมอยู่ ส่วนการทดสอบการรั่วไหลของโลหะหนักพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในสารชะมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ US.EPA กำหนด ในขณะที่ผลของภาพถ่ายพื้นผิวของก้อนหล่อแข็งด้วย SEM และความพรุนของก้อนหล่อแข็งด้วย MIP พบว่าก้อนหล่อแข็งมีความหนาแน่น และปริมาตรโพรงทั้งหมดของก้อนหล่อแข็งเพิ่มขึ้นแต่ขนาดเฉลี่ยของโพรงลดลงเมื่ออัตราส่วนการแทนที่ซีโอไลต์เพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาในส่วนที่ 4 ผลการทดสอบพบว่าเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุซิลิกาที่ไม่เป็นผลึกกำลังอัดของเพสต์ผสมด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันที่มีความละเอียดสูงมีกำลังอัดสูงกว่าเพสต์ OPC เพสต์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่มีความละเอียดสูงร้อยละ 20 มีปริมาตรโพรงต่ำที่สุด ปริมาณแคลเซียม

ไฮดรอกไซด์ของเพสต์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันลดลงด้วยการแทนที่เพิ่มขึ้นและมีปริมาณที่ต่ำกว่าเพสต์ OPC นอกจากนี้ความละเอียดของเถ้าปาล์มน้ำมันมีผลต่ออัตราการลดลงของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อีกประการหนึ่งขนาดโพรงวิกฤตและขนาดโพรงเฉลี่ยต่ำกว่าเพสต์ OPC

ASST. PROF. DR. THEERAWAT SINSIRI : UTILIZATION OF
NATURAL POZZOLANS AS CEMENTITIOUS MATERIALS.
RESEARCH ADVISOR : PROF. DR. PRINYA CHINDAPRASIRT,
167 PP.

NATURAL POZZOLAN / DIATOMITE / PERLITE / ZELITE / PALM OIL FUEL
ASH/ LIGHTWEIGHT CONCRETE / GEOPOLYMER MORTARS / SOLIDIFIED
WASTES / LEACHING OF HEAVY METALS / TCLP / POROSITY

This aims of paper are to investigate the utilization of natural pozzolans as cementitious materials. The mix proportions used in the study were designed in 4 series. In series 1, this study presented the usage of perlite in lightweight concrete. The perlite in this study is perlite type III, is a type of mineralogical material containing large quantities of reactive SiO_2 and Al_2O_3 , small particles, high porosity and lightweight. In the study, used the perlite to replace sand and cement at ratio of 0, 10, 20, 30, 40 and 50% by weight of binder. Comparison of the compressive strength and density of perlite mortar was performed with control mortar at in range of 105 to 115 %.

In series 2, this study presented workability and compressive strength of fly ash based of geopolymer mortar containing diatomite as binder replacement at the rates of 0, 60, 80, and 100% by weight. Sodium silicate (Na_2SiO_3) and sodium hydroxide (NaOH) solutions were mixed together and then used as a liquid portion in the mixture in order to activate the geopolymerization. The ratios between Na_2SiO_3 and NaOH were varied, namesly, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 2.5 by weight whereas the

ratios between liquid binder of 0.40, 0.50, 0.60, and 0.70 by weight were varied. The additional water was added to improve the workability of fresh geopolymer mortar. The ratios between additional water and binder were varied, that is to say, 0, 3, 6, 9, 12, and 15% by weight. In addition, the NaOH concentration of 5M, 10M, 15M, and 20M were also used as variables. Each mixture was separated and cured in the oven at the temperature of 60°C, 75°C, and 90°C for 24 h. Flowability of all fresh geopolymer mortars were investigated and the compressive strength test was applied at the ages of 7, 14, and 28 days.

In series 3, the property of solidified wastes using OPC containing synthesized zeolite (SZ) and natural zeolite (NZ) as binders. Zeolites were used to partially replace OPC the rate of 0, 20, and 40% by weight. The plating sludge was used as contaminated waste to replace binder at the rate of 40, 50 and 60% by weight. The water to binder (w/b) ratio of 0.40 was used for all mixes. Setting time and compressive strength of solidified wastes were tested and leachability of heavy metals were determined by TCLP. In addition, XRD, XRF, SEM of fractured surface and pore size distribution by MIP were investigated.

Finally in series 4, This study presents the effect of palm oil fuel ash fineness on microstructure of blended cement paste. Palm oil fuel ash (POA) was ground by ball mill with 2 types of different finenesses. Ordinary Portland cement (OPC) was partially replaced with ground palm oil fuel ash at the rate of 20% and 40% by weight of binder. The water to binder ratio (w/b) of 0.35 was used for all mixes. The amorphous of ground palm oil fuel ash by Rietveld method, compressive strength, thermogravimetric analysis, pore size distribution of blended cement paste were investigated.

The results in series 1 revealed that the perlite specific gravity was 0.50, the increasing quantity of perlite were direct effected to increase setting time and decrease compressive strength. The use of perlite of 50% cement replacement at 28 days obtained compressive strength and density were 101 kg/m^2 and $1,460 \text{ kg/m}^3$ respectively. And using perlite of 50% sand replacement gave the compressive strength and density were 59 kg/m^2 and 990 kg/m^3 respectively.

Test results in series 2 revealed that the mixture having $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ of 1.5-2.5, 15M of NaOH concentration, and 75°C of curing temperature showed compressive strength between $223\text{-}939 \text{ kg/m}^2$ which high enough for using as normal strength concrete. Moreover, additional water could improve the workability of fresh geopolymer mortar, however, the compressive strength reduction could be observed. Additionally, the compressive strength of geopolymer mortar increased obviously at early age, however, at the later age it was slightly increased for some mixtures. Furthermore, the replacement of diatomite at the rate of 60 and 80% by weight were well suited for both compressive strength and workability.

Test results in series 3 indicated that the compressive strength of all solidified wastes made with 40, 50 and 60% by weight of plating sludge was decreased as compared to those samples without the wastes. TCLP results showed that concentration of heavy metals in leachates weren't exceeded the limit specified by US.EPA. SEM and MIP results revealed that the solidified wastes became denser and the replacement of Portland cement by zeolite increased the total porosity but decreased the average pore size.

Finally in series 4, Test results indicated that the ground palm oil fuel ash was amorphous silica material. The compressive strengths of cement paste containing

POA fineness were as high as that of OPC cement paste. Paste containing 20% of POA with high fineness had the lowest total porosity. $\text{Ca(OH}_2\text{)}$ contents of cement paste containing POA decreased with the increasing replacement of POA and was lower than that of the OPC cement paste. In addition, fineness of POA had an effect on the reduction rate of $\text{Ca(OH}_2\text{)}$. Furthermore, the critical pore size and average pore of cement paste containing POA was lower than the OPC cement paste.