รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กำธร สุนทรปกาสิต. การหาปริมาณไฮโดรเจนโดยการวัดรังสีพรอมต์แกมมาพลังงาน 2.223 MeV จากปฏิกิริยา $^{1}H(n,\gamma)^{2}H$. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

สมพร จองคำ Nuclear Activation Analysis. กรุงเทพมหานคร : กองฟิสิกส์ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. (อัดสำเนา)

ภาษาอังกฤษ

Baron, J.P. , Barnavon, T. J. Alexandre and Debray, L. "On-line bulk analysis of raw material in a cement plant using the neutron irradiation and capture gamma ray technique. Nuclear Techniques in the Exploration and Exploitation of Energy and Mineral Resources Proceeding of a Symposium VIENNA., 5-8 June 1990 (IAEA) : 569-583.

Borsaru, M. "Nuclear techniques for *In Situ* evaluation of coal and mineral deposits." Nucl. Geophys. vol.7, No.4 (1993) : 555-574.

Carvalho , F.G. Leitao, F. Goncalves, I.F. , Oliveira, C. , and Salgado, J. " Prompt gamma-ray neutron activation analysis of cement raw materials. Nucl. Geophys. vol.7, No. 3 (1993) : 431-443

Cheng, C.Y. , Coope, D.F. , Filo, A.J. , and Yates, S.W. Elementary analysis by gamma-ray detection following inelastic neutron scattering. Journal of Radio analytical Chemistry vol.46 (1978) : 343-355.

El-Kady, A.A." Review of activativities in the construction and evaluation of prompt gamma ray sondes. Nuclear Techniques in the Exploration and Exploitation of Energy and Mineral Resources Proceeding of a Symposium VIENNA., 5-8 June 1990 (IAEA) : 343-350.

McEllistrem, M.T. "Gamma rays from neutron inelastic scattering.

Peisach, "M. Prompt Techniques."

Sowerby , B.D. , and Watt , J.S. " Development of nuclear techniques for on-line analysis in the coal industry." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A299 (1990) : 642-647.

Sowerby, B.D. Elementary analysis by neutron inelastic scatter gamma rays with a radioisotope neutron source. " Nuclear Instruments and Methods 166 (1979) : 571-579.

Sowerby, B.D. "Measurement of specific energy, ash and moisture in bulk coal samples by a combined neutron and gamma-ray method. Nuclear Instruments and Methods 160 (1979) : 173-182.

Industrial Application of Radioisotopes and Radiation Technology IAEA Proceedings, Grenoble, Sept.1981

Gammo , X-ray and Neutron Techniques for the Coal Industry IAEA Proceedings, Vienna, Dec.1984

IAEA-TECDOC-459 "Nuclear Analytical Techniques for On-line Elemental Analysis in Industry" IAEA, Vienna, 1988

IAEA-TECDOC-465 "Isotope Neutron Sources for Neutron Activation Analysis" IAEA, Vienna,1988

H. Berger, Practical Applications of Neutron Radiography and Gauging American Society for Testing and Materials, STP-586,1976

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ปูนซีเมนต์

ประวัติของปูนซีเมนต์

จากหลักฐานยืนยันว่าปูนซีเมนต์ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่สมัยอียิปต์, กรีกและโรมัน คำว่าซีเมนต์ มาจากภาษาลาติน มีความหมายทั่ว ๆ ไปคือ วัตถุที่แข็งเมื่อผสมกับน้ำ ซีเมนต์ถูกใช้อย่างแพร่หลายในฐานะเป็นวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากคุณสมบัติที่สำคัญ คือ เมื่อผสมกับน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ก่อให้เกิดความสามารถยึดส่วนต่าง ๆ หรืออนุภาคที่เป็นของแข็งให้รวมตัวกัน

เมื่ออาณาจักรโรมันเสื่อมลง การใช้ปูนซีเมนต์ก็สิ้นสุดลงด้วย และความก้าวหน้าที่สำคัญเกิดขึ้นอีกครั้ง ในปี พ.ศ. 2367 โดย Josept Aspdin ชาวอังกฤษ ได้คิดค้นซีเมนต์ จนประสบความสำเร็จ โดยซีเมนต์นี้เมื่อแข็งตัวจะมีสีเหลืองปนเทา เหมือนกับหินที่ใช้ก่อสร้างบริเวณเมืองปอร์ตแลนด์ รวมทั้งได้จดลิขสิทธิ์เป็นครั้งแรก

ปลายศตวรรษที่ 19 ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ผลิตได้อย่างมากในประเทศอังกฤษได้ถูกส่งออกไปจำหน่ายยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก รวมทั้งได้มีการเปิดโรงงานผลิต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์นอกประเทศอังกฤษขึ้น เช่น ประเทศฝรั่งเศส ในปี พ.ศ. 2383 ประเทศเยอรมัน ในปี พ.ศ. 2398 ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2414 และประเทศออสเตรเลียในปี พ.ศ. 2425 ส่วนประเทศไทยได้มีการเริ่มผลิต ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2456

วัตถุดิบที่ใช้

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประกอบด้วยส่วนผสมที่สำคัญดังนี้

1) Calcareous Material ได้แก่หินปูน (Limestone) และดินสอพอง (Chalk)
2) Argillaceous Materials ได้แก่ ซิลิกา อะลูมินา ซึ่งอยู่ในรูปของดินดำ หรือดินเหนียว (Clay) และดินดาน (Shale)
3) Iron Oxide Materials ได้แก่ แร่เหล็ก (Iron Ore) หรือศิลาแลง (Laterite)

4) <u>กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์</u>

1) กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (Wet Process)

2) กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (Dry Process)

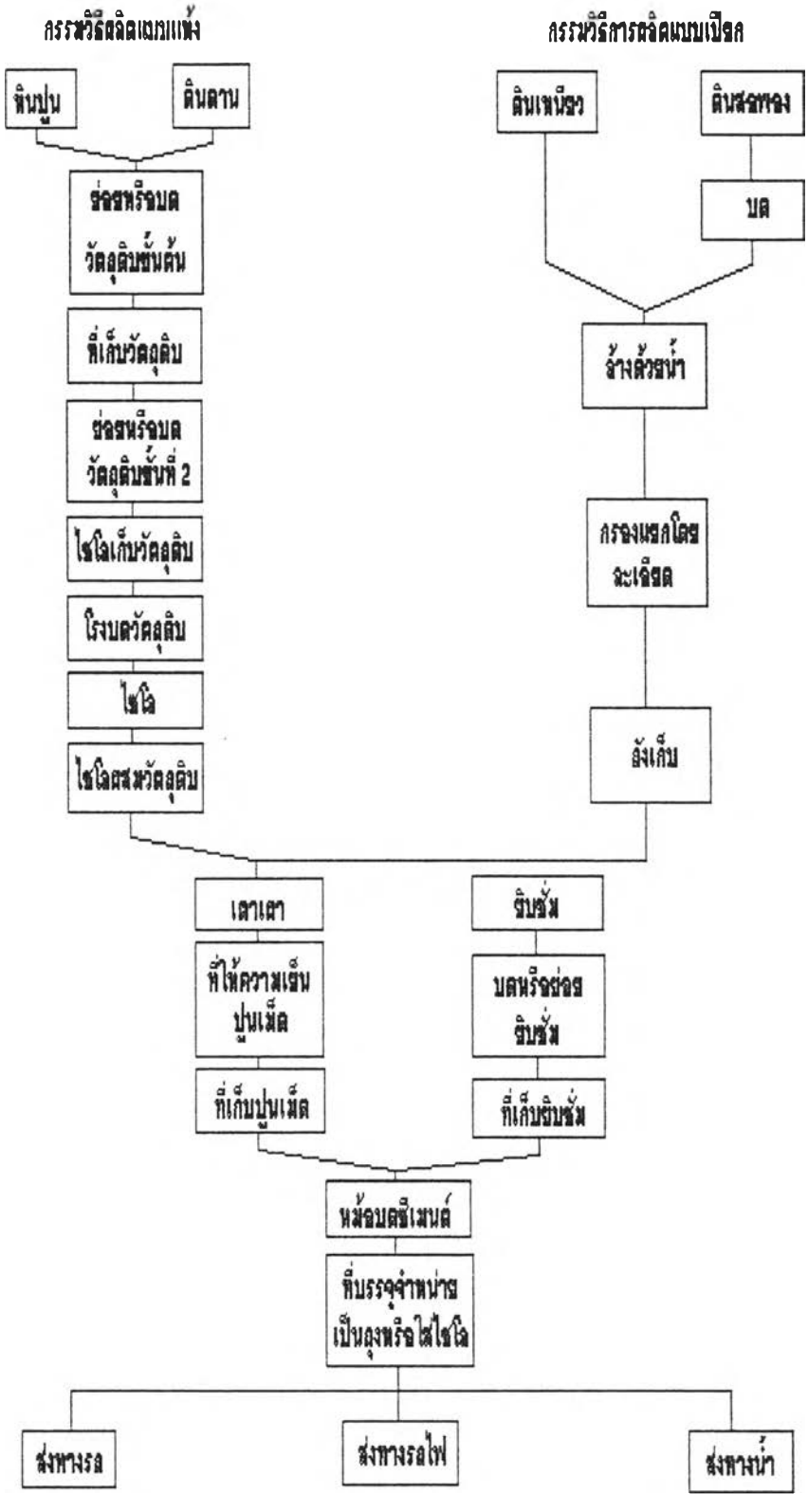
กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก วัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ ดินสอพองและดินเหนียว ถูกนำมาผสมกันให้ได้สัดส่วนที่พอเหมาะตามต้องการ โดยเติมน้ำลงช่วยผสม แล้วนำไปบดให้ละเอียดก่อนที่จะป้อนเข้าไปในหม้อเผา (Kiln) กรรมวิธีในการผลิตแบบแห้งนั้นวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ หินปูนและดินดาน จะถูกนำมาผสมกันในสภาพแห้ง ๆ ให้ได้สัดส่วนที่ต้องการ แล้วบดให้ละเอียดก่อนที่จะป้อนเข้าไปในเตาเผา กรรมวิธีการผลิตแบบเปียกและแบบแห้ง ได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่

เมื่อส่วนผสมของวัตถุดิบบดได้ที่แล้วก็จะถูกป้อนเข้าสู่หม้อเผา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) อุณหภูที่ใช้ในการเผาประมาณ 1,400-1,500 องศาเซลเซียส ณ อุณหภูมินี้ วัตถุดิบต่าง ๆ จะถูกหลอมรวมกันเป็น Clinker ทิ้งไว้ให้เย็นตัวลง จากนั้นนำปูนเม็ดที่เย็นตัวลงนี้ มาบดให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่ทำการบดจะมีการเติมยิปซัมลงไปเล็กน้อยประมาณ 3 ถึง 6 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหน่วงเวลาการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ อันเป็นผลทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานต่อไป

สำหรับกรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย ปัจจุบันนิยมผลิตแบบแห้งซึ่งจัดเป็นกรรมวิธีที่ทันสมัยที่สุด เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก และสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อย หม้อเผาปูนซีเมนต์ที่ทันสมัยที่สุดในปัจจุบัน สามารถผลิตปูนซีเมนต์ได้ถึง 10,000 ตันต่อวัน สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการและการบริโภคปูนซีเมนต์ในประเทศต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ ผ.1

ตารางที่ ผ.1ปริมาณความต้องการและการบริโภคปูนซีเมนต์ (ข้อมูลปี 2533)

ประเทศ	ปริมาณความต้องการปูนซีเมนต์ (ล้านตัน)	การบริโภค(กก. / ประชาชน 1 คน)
สิงคโปร์	2.15	800
ญี่ปุ่น	82.00	665
เยอรมัน	40.00	645
ไทย	18.70	335
มาเลเซีย	5.60	320
อเมริกา	71.30	285
อังกฤษ	16.00	280
ฟิลิปปินส์	7.35	115
อินโดนีเซีย	14.05	75



รูปที่ ผ 1 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์

<u>องค์ประกอบทางเคมี</u>

เมื่อวัตถุดิบต่างๆ ถูกเผาในหม้อเผา ปฏิกริยาจะเกิดขึ้นเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1) น้ำจะระเหยออกจากส่วนผสมทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะถูกขับออกจากหินปูนและดินสอพอง เหลือไว้เพียง CaO

ขั้นตอนที่ 3) เกิดการหลอมตัวของออกไซด์ ระหว่าง CaO จากหินปูนและดินสอพอง, ซิลิก้า, อะลูมิน่า และเหล็กออกไซด์ จากดินดำหรือดินเหนียว และดินดาน

ขั้นตอนที่ 4) เกิดการรวมตัวทางเคมีของออกไซด์ต่าง ๆ และตามด้วยขบวนการตกผลึกเมื่อทำให้เย็นตัวลง

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่จะได้จะประกอบด้วยออกไซด์ 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1) ออกไซด์หลัก ได้แก่ CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 ซึ่งรวมกันประมาณ 90% ของน้ำหนักซีเมนต์

2) ออกไซด์รอง ได้แก่ MgO, Na_2O, TiO_2, P_2O_5 และยิปซั่ม ปริมาณออกไซด์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แสดงในตารางที่ ผ.2

ตารางที่ ผ.2 ค่าออกไซด์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ออกไซด์	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
<u>ออกไซด์หลัก</u>	
CaO	35-67
SiO_2	15-25
Al_2O_3	3-8
Fe_2O_3	0.5-6.0
<u>ออกไซด์รอง</u>	
MgO	0.1-5.5
$Na_2O + K_2O$	0.5-1.3
TiO_2	0.1-0.4
P_2O_5	0.1-0.2
SO_3	1-3

ออกไซด์หลัก จะรวมตัวในระหว่างการเกิดปูนเม็ด (Clinker) เกิดเป็นสารประกอบที่สำคัญ 4 อย่างดังแสดงในตารางที่ ผ.3

ตารางที่ ผ.3 สารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ชื่อสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ
ไตรคัลเซียม ซิลิเกต (Tricalcium Silicate)	$3\,CaO \bullet SiO_2$	C_3S
ไดคัลเซียม ซิลิเกต (Dicalcium Silicate)	$2\,CaO \bullet SiO_2$	C_2S
ไตรคัลเซียม อะลูมิเนต (Tricalcium Aluminaet)	$3\,CaO \bullet Al_2O_3$	C_3A
เตตราคัลเซียม อะลูมิโนเฟอร์ไรท์ (Tetracalcium Aluminoferrite)	$4\,CaO \bullet Al_2O_3 \bullet Fe_2O_3$	C_4AF

<u>สารประกอบหลัก</u>

1.ไตรคัลเซียมซิลิเกต (C_3S)

C_3S เป็นสารประกอบที่มีรูปร่างเป็นผลึก 6 เหลี่ยม มีสีเทาเข้ม ดังแสดงในรูปที่ 2.2 คุณสมบัติของ C_3S เหมือนกับคุณสมบัติของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เมื่อผสมกับน้ำจะแข็งตัวภายใน 2-3 ชั่วโมง และจะมีกำลังอัดเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงสัปดาห์แรกการเกิดปฏิกิริยากับน้ำจะก่อให้เกิดความร้อน 500 จูลต่อกรัม กำลังอัดของ C_3S ถูกกระทบโดยปริมาณยิปซั่ม ปริมาณ C_3S ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมีปริมาณ 35-55%

2. ไดคัลเซียมซิลิเกต (C_2S)

C_2S เป็นสารประกอบที่มีรูปร่างกลม โดย C_2S มีอยู่หลายรูปแบบ มีเพียง βC_2S เท่านั้นที่อยู่ตัว ณ อุณหภูมิทั่วไป βC_2S มีคุณสมบัติยึดเกาะ เมื่อผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นโดยปล่อยความร้อน 250 จูลต่อกรัม เมื่อแข็งตัวจะพัฒนากำลังอัด อย่างช้า ๆ แต่ในระยะยาวจะได้กำลังอัดใกล้เคียงกับ C_3S ปริมาณ C_2S ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมีปริมาณ 15-35%

3. ไตรคัลเซียมอลูมิเนต (C_3A)

C_3A เป็นสารประกอบที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมมุม สีเทาอ่อน C_3A จะทำปฏิกิริยากับน้ำทันที ก่อให้เกิด Flash Set และเกิดความร้อนจำนวนมาก ประมาณ 850 จูลต่อกรัม การป้องกัน Flash Set ทำได้โดยการเติมยิปซั่มลงระหว่างการบดซีเมนต์กำลังอัดของ C_3A จะพัฒนาขึ้นภายใน 1-2 วัน แต่กำลังอัดค่อนข้างต่ำ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมี C_3A อยู่ในปริมาณ 7-15%

4. เตตราคัลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรท์ (C_4AF)

C_4AF จะทำปฏิกิริยากับน้ำรวดเร็วมากและก่อตัวภายในไม่กี่นาที ความร้อนที่เกิดประมาณ 420 จูลต่อกรัม กำลังอัดของ C_4AF ค่อนข้างต่ำ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมี C_4AF อยู่ในปริมาณ 5-10%

<u>ประเภทของปูนซีเมนต์</u>

- *ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์*

ตามมาตรฐานทั่วไป ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ผลิตใช้มากที่สุดเหมาะสำหรับคอนกรีตทั่วไป ที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา ได้แก่ ปูนปอร์ตแลนด์ ตราช้าง ตราเพชร ตราพญานาคเขียว เป็นต้น

ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modifiod Portland Cement) เหมาะสำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง ซึ่งในปัจจุบันไม่มีการผลิตใช้ในประเทศไทย

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทให้กำลังอัดเร็ว (High Early Strength Portland Cement) ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ให้กำลังอัดสูงในระยะแรก เพราะมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะสำหรับการทำคอนกรีตที่ต้องการจะใช้งานเร็วหรือถอดไม้แบบในเวลาอันสั้น ได้แก่ปูนปอร์ตแลนด์ ตราเอราวัณ ตราสามเพชร ตราพญานาคสี

แดง ข้อควรระวังคือ ไม่ควรใช้ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในงานโครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่เพราะความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น จะเกิดสูงมากในช่วงต้น อันอาจก่อให้เกิดโครงสร้างนั้นแตกร้าวได้

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทเกิดความร้อนต่ำ (Low Heat Portland Cement) ได้ถูกพัฒนาขึ้นใช้ครั้งแรกในประเภทอเมริกา เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนต่ำเหมาะสำหรับงานคอนกรีตหลา (Mass Concrete) เช่น การสร้างเขื่อน เนื่องจากทำให้อุณหภูมิของคอนกรีตขณะก่อตัวต่ำกว่าปูนซีเมนต์อื่นซึ่งเป็นการลดปัญหาความเสี่ยงจากการแตกร้าวเนื่องจากความร้อน (Thermal Cracking) ในประเทศไทยไม่มีการผลิตปูนประเภทนี้ ปัจจุบันปูนประเภทนี้ถูกทดแทนโดยการใช้ปูนปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมกับ Pulverlized Fuel Ash (PFA) และ Ground Granular Blast Furnace Slag (GGBS)

- *ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พิเศษ*

นอกจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั้ง 5 ชนิดที่กล่าวมาแล้วยังมีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อีกบางประเภทที่นิยมใช้กันในประเทศไทย

ปูนซีเมนต์ขาว (White Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มี C_4AF อยู่ต่ำมาก จึงมีสีขาว โดยทั่วไปความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนประเภทนี้จะสูงกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เนื่องจากมี C_3A และ C_3S สูงกว่า เหมาะสำหรับงานตบแต่งต่าง ๆ เช่น งานหินขัด การปูกระเบื้องและงานสถาปัตยกรรมอื่น ๆ ปูนซีเมนต์ขาวที่มีใช้อยู่ในประเทศไทยได้แก่ ตราช้างเผือก ตราเสือเผือก ตรามังกร ปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 3.05-3.10 ซึ่งต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั่วไปที่มีค่า 3.15 เล็กน้อย

ปูนซีเมนต์สำหรับบ่อน้ำมัน (Oil Well Cement) โดยทั่วไปจะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภททนซัลเฟตได้สูง ผสมสารหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ปูนประเภทนี้จะใช้สำหรับงานเจาะบ่อน้ำมัน โดยผสมปูนซีเมนต์ประเภทนี้แล้วปั๊มลงไปใต้ดิน บางทีต้องปั๊มลงไปถึงความลึก 6,000 เมตร หรือมากกว่า และอุณหภูมิสูงถึง 170 องศาเซลเซียส ซีเมนต์เพสนี้ยังต้องเหลวพอที่จะทำงานได้จนถึงประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะแข็งตัวโดยเร็ว

ปูนซีเมนต์ซิลิก้า หรือปูนซีเมนต์ผสม (Silica Cement) ผลิตโดยการบดปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 กับทรายหรือหินปูน ประมาณ 25-30% คุณสมบัติทั่วไปของปูนประเภทนี้คือ จะแข็งตัวช้า ไม่ยืดหรือหดตัวมาก ช่วยลดการแตกร้าวที่ผิว เหมาะสำหรับผสมปูนก่อปูนฉาบ นอกจากนี้ปูนประเภทนี้จะให้กำลังอัดไม่สูงนัก ตัวอย่างปูนประเภทนี้ เช่น ปูนซีเมนต์ตราเสือ ตรางูเห่า และตรานกอินทรีย์ คุณลักษณะของปูนซีเมนต์ประเภทนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 2.9

- *ปูนซีเมนต์อื่น ๆ*

High Alumina Cement (HAC) หรือ Calcium Aluminate Cement ปูนประเภทนี้ ได้ถูกพัฒนาขึ้นใช้ครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส เพื่อทนทานต่อซัลเฟต แต่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในงานที่ต้องการกำลังอัดอันรวดเร็ว HAC ได้จากการเผารวมกันของหินปูน และ Bauxite ซึ่งก็คือ อะลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 1,600 องศา จากนั้นนำมาบด สารประกอบของ HAC นี้จะแตกต่างอย่างมากจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั่วไป รวมทั้งสีของ HAC ก็จะเข้มกว่า เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบของเหล็กอยู่ในจำนวนมาก HAC บางทีก็เรียกว่า " Ci-ment Fondu" ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ราคาแพงกว่าปูนซีเมนต์ทั่ว ๆ ไปมาก ดังนั้นจึงควรเลือกใช้เฉพาะในกรณีที่จำเป็นเท่านั้น เช่น ในงานที่ต้องการใช้คอนกรีตทนซัลเฟตได้ดีมาก ๆ งานซ่อมคอนกรีตที่ต้องการกำลังอัดสูงในเวลาอันรวดเร็ว โดยจะได้กำลังอัดสูงถึง 240 กก./ตร.ซม. ในเวลาเพียง 6-8 ชั่วโมง รวมไปถึงการทำอิฐทนไฟ แต่อย่างไรก็ตาม HAC มีข้อเสียคือ ในบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนขึ้น หรือเมื่อใช้คอนกรีตนี้เป็นเวลานานจะเกิดการสลายตัว "Conversion" โดยความพรุนในเนื้อคอนกรีตจะเพิ่มขึ้น และความสามารถในการผ่านได้ของน้ำ (Permeability) ก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ผลที่ตามมาคือ กำลังอัดจะลดลงถึง 80% ในการใช้ งานไม่ควรที่จะ นำ HAC ผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั่ว ๆ ไป เพราะจะก่อให้เกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว (Flash Set)

Magnesium Phosphate Cement หรือชื่อที่รู้จักทางการค้า คือ Set 45 ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ถูกคิดค้นขึ้นในประเทศอเมริกา มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ จะแข็งตัวและให้กำลังอัดสูงมากภายในเวลาเพียง 45 นาที เหมาะสำหรับใช้ในงานซ่อมต่าง ๆ โดยเฉพาะจะใช้ซ่อมแซมพื้นที่สนามบินในเวลาเกิดสงคราม

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ธาตุโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

วัสดุ อุปกรณ์

- เครื่อง X-ray ของ Oxford รุ่น ED2000
- ตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ปรับเทียบในการวิเคราะห์
- สารมาตรฐานจำนวน 2 ตัวอย่าง

  1.standard number 114 p , Portland Cement Fineness Standard ของ NIST

  2.standard number 114 n , Portland Cement Fineness Standard ของ NBS
- ตัวอย่างปูนซีเมนต์จำนวน 4 ชนิด

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างไปบด โดยเริ่มจากนำหินมาบดด้วยเครื่องบดแบบลูกกลิ้งและแบบแรงอัด, นำมาร่อนผ่าน sieve ขนาด 500 μm ส่วนที่ไม่ผ่านให้นำไปบดใหม่แล้วนำมาร่อนอีกครั้ง จนได้ 20 กิโลกรัม
2. นำตัวอย่างที่ร่อนแล้วใส่ถุง 2 ถุง ตัวอย่างจะมีการแบ่งชั้นระหว่างการขนย้ายอย่างชัดเจน โดยข้างล่างของถุงจะเป็นส่วนที่หยาบส่วนบนจะละเอียด และด้วยเหตุนี้ตัวอย่างใน 1 ถุงจึงไม่เข้ากันเป็นเนื้อเดียว (Homogenize)
3. สุ่มตัวอย่างออกจากถุง จากปัญหาการไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ต้องมีการสุ่มตัวอย่างให้ดีที่สุดเพื่อให้ได้ตัวอย่างของทั้งถุงโดยการใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างโจนส์ริฟเฟิล (Jone's Riffle)
4. นำตัวอย่างไปอบความร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียล นาน 24 ชั่วโมง โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและบันทึกไว้
5. นำตัวอย่างหลังอบมาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักของสารหลังอบ และคำนวณหาปริมาณความชื้น (moisture content) จาก

$$m.c. = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ - น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักหลังอบ}}$$

6. อัดสารตัวอย่าง โดยใช้วิธีดังต่อไปนี้

-ตัวอย่างประเภทวัตถุดิบ ใช้วิธี press pellet (อัดตัวอย่างให้เป็นก้อน)

-ตัวอย่างประเภทสารมาตรฐาน ใช้วิธี press pellet (อัดตัวอย่างให้เป็นก้อน)

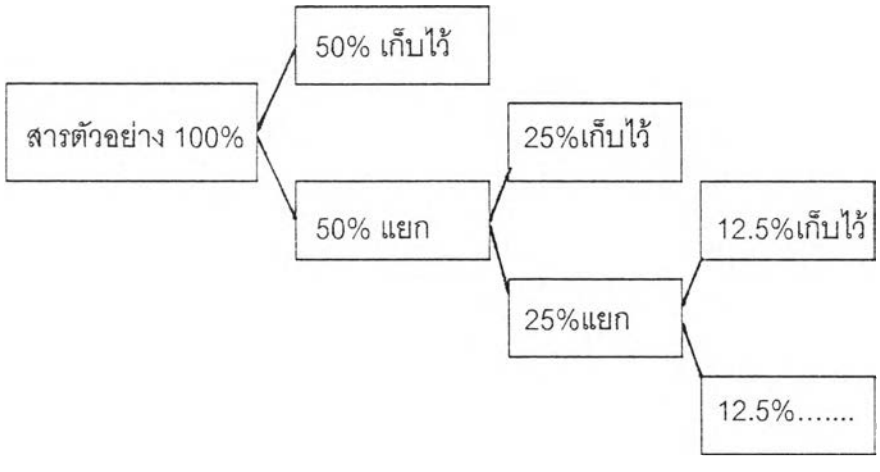
-ตัวอย่างประเภทซีเมนต์ ใช้วิธี press pellet (อัดตัวอย่างให้เป็นก้อน)

7. นำตัวอย่างซึ่งอัดแล้วไปวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ปริมาณเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน แล้วทำปรับเทียบ แล้วค่อยบันทึกผลของตัวอย่างทั้งหมด

วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ Jone's Riffle

1. ทำความสะอาดเครื่องแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องเป่าลม
2. เทสารตัวอย่างลงในเครื่องแบ่งตัวอย่าง จะได้สารตัวอย่างแยกเป็น 2 ทาง อย่างละครึ่ง แยกครึ่งหนึ่งเก็บไว้
3. เทสารตัวอย่างครึ่งหนึ่งที่ได้ ลงไปในเครื่องแบ่งตัวอย่างใหม่ จะได้อีกครึ่งของครึ่งนั้น
4. ทำไปเรื่อย ๆ จนได้ปริมาณที่ต้องการ

แผนภูมิการแยกสารตัวอย่าง



บันทึกน้ำหนักของตัวอย่างที่ได้ พร้อมทั้งคำนวณสัดส่วน total/sample เพื่อดูจำนวนครั้ง (เพราะเวลาทำอาจมีการ loss หรือลืมนับ)

ภาคผนวก ค.

Type of sample	Moisture content(%)
Limestone	
L 1	0.036175625
L 2	0.04215321
L 3	0.197462547
L 6	0.039717605
Cement	
TIGER BRAND # 1	0.635083998
ELEPHANT BRAND # 1	0.531802052
ELEPHANT BRAND # 1	0.095322069
EAGLE BRAND	0.269744776
DAIMOND	0.059252389
Laterite (จากแหล่ง)	
ดินปางอโศก # 2	1.198464211
ส.ผู้พัฒนา # 1	1.591917446
ส.ผู้พัฒนา # 2	1.964347756
เขาทับควาย # 3	0.587357138

Type of sample	Moisture content(%)
Raw meal	
RM # 4	0.059771842
RM # 7	0.189992807
RM # 8	0.190867556
RM # 10	0.065195775
Clinker	
C K out door # 1	1.407696263
C K # 3_1	-0.015812777
C K # 3_2	-0.023358465

ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

ประวัติผู้แต่ง

น.ส. ปานทิพย์ อัมพรรัตน์ เป็นคนจังหวัดสระบุรี เกิดเมื่อวันอังคารที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2515 จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสระบุรีวิทยาคม และเข้ากรุงเทพฯ มาศึกษาต่อที่ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จบการศึกษาชั้นปริญญาตรี เมื่อปี พ.ศ. 2536 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย