

นาโนคอนกรีตเทคโนโลยี

เรื่อง

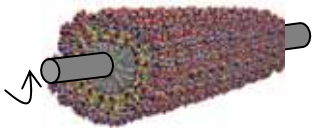
การสังเคราะห์ GEO-POLYMER

เพื่อ

ผลิตคอนกรีตจากวัสดุปฐพี

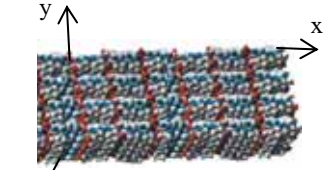
โดย

ไพโรจน์ สดาวรวงศ์



Radial Type

Geo – Polymer Concrete



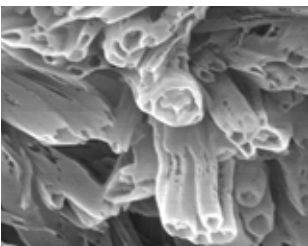
Block Type

Geo – Polymer Concrete

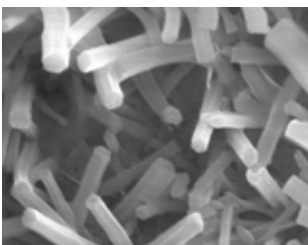
E-mail: Portland@portlandchemical.com Tel. 089-117-8300

วัสดุปฐพีอันเป็นเกลือที่ประกอบด้วยอนุมูลต่างๆ เช่น CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SO_3 , MgO , CO_3 , Cl_2 , Na_2O , K_2O , NO_3 , ฯลฯ ที่สามารถทำปฏิกิริยาต่อกันและกัน และเมื่อรวมกับน้ำแล้วเป็นของแข็งเราเรียกเกลือนี้ว่ามีคุณสมบัติเป็นวัสดุประสานว่าซีเมนต์ และเมื่อรวมกับน้ำและมวลรวมได้ของแข็งที่เราเรียกว่า คอนกรีต เราสามารถทำให้จุลโครงสร้างจัดตัวอย่างเป็นระเบียบต่อเนื่องซ้าๆ กันจนเป็น โมเลกุลของ โพลีเมอร์ของอนุมูลสารอนินทรีย์ ที่มีขนาดใหญ่มากรวมได้เช่นเดียวกับ โพลีเมอร์พลาสติกจาก Hydro Carbon แต่เป็นโพลีเมอร์ที่มาจากวัสดุปฐพี เช่น ดิน หิน แร่ ขี้เถ้าหรือกากอุตสาหกรรม รวมทั้ง บางครั้งบางส่วนอาจมาจากวัสดุเผาสังเคราะห์ เช่น ปูนขาว หรือปูนซีเมนต์ เป็นต้น ซึ่งสามารถผลิตคอนกรีตที่มีคุณภาพเหนือขอบข่ายจำกัดของคอนกรีตดั้งเดิมได้แม้แต่ที่อุณหภูมิห้อง โดยเกิดจากการใช้นาโนคอนกรีตเทคโนโลยีสร้างคอนกรีต โพลีเมอร์ปฐพีที่เกิดจากการรวมตัวของวัสดุปฐพีที่มีอนุมูลเหล่านี้ทั้งสิ้น

เราสามารถเรียงร้อยอนุมูลเหล่านี้ให้เปลี่ยนจากวัสดุปฐพีมาเป็นรูปของคอนกรีต โพลีเมอร์ปฐพีต่างๆ ได้ดังรูปตัวอย่างที่เห็นรูปร่างจาก Scanning Electro Microscope (SEM) ดังต่อไปนี้



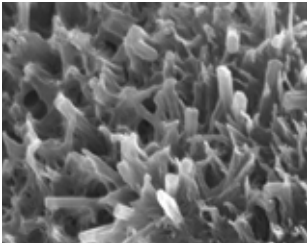
รูปที่ 1 เป็นรูปของ Anhydral Needles อันมีรูปร่างคล้าย หลอดควงที่ระนาบของภาคตัดขวางจะสัมผัสจุดตัดเพียงจุดเดียว โครงสร้างนี้ให้โครงสร้างคอนกรีตมวลเบาที่มีชั้นของโพรงอากาศมาก น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรต่ำ ดังเช่นการนำไปใช้เป็นวัสดุฉนวนกันความร้อนหรือกันเสียง เป็นต้น รูปนี้ผลิตจากกากอุตสาหกรรมที่อุณหภูมิห้องของอุตสาหกรรม acetylene เถ้าลอยและgypsum สังเคราะห์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ



รูปที่ 2 เป็นรูปเส้นใยสี่เหลี่ยม Tetrahedral Needles และเส้นใยหกเหลี่ยม Hexahedral Needles ที่มีระนาบภาคตัดขวางมีจุดตัด 4 จุด และ 6 จุดตามลำดับ เพื่อใช้ใส่เป็นเส้นใยเติมเพิ่มความคงทนกำลังบิด เช่น ใช้เป็นเส้นใยทดแทน เส้นใยของ ใยหิน Asbestos ที่มีปัญหาหาตะขอแหลมของจุลโครงสร้างสามารถระคายเคืองปอดทำให้ร่างกายสร้างเมือกมาหุ้มกลายเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งปอด เป็นต้น รูปนี้ผลิตจากเถ้าลอยแม่เมาะ ณ อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3 เป็นรูปที่เส้นใยเข็มที่เป็นเหมือนเส้นใยไม้ถูกนำมาจับกันรวมเป็นกำๆ กลายเป็นคอนกรีตเหนียวที่เพิ่มความสามารถในการทนกำลังบิดมากยิ่งขึ้น ทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติคล้าย Chip ที่ได้จากเศษไม้ยิ่งขึ้น เพื่อเป็นสารทดแทนไม้ด้วยคอนกรีต โดยผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเถ้าลอยแม่เมาะ



รูปที่ 4 เป็นรูปเส้นใยประสานที่เกิดจล โครงสร้าง 2 ชนิด คือสร้างจล โครงสร้างรูปทรงกลมคล้ายตะกร้อ (ถูกขัดภาคตัดออกจนหน้าเรียบเพื่อทำ SEM) จึงมีการไหล และการยุบตัวสูงมาก ร้อยด้วยเส้นใยสี่เหลี่ยม และหกเหลี่ยม เช่นเดียวกับจล โครงสร้าง Tetrahedral Needles และ Hexahedral Needles ในรูปที่ 2 ทำให้ได้โครงสร้างเส้นใยประสานทั้งสามมิติที่แข็งแรงทั้งความคงทนกำลังอัด ความคงทนกำลังบิด โดยทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

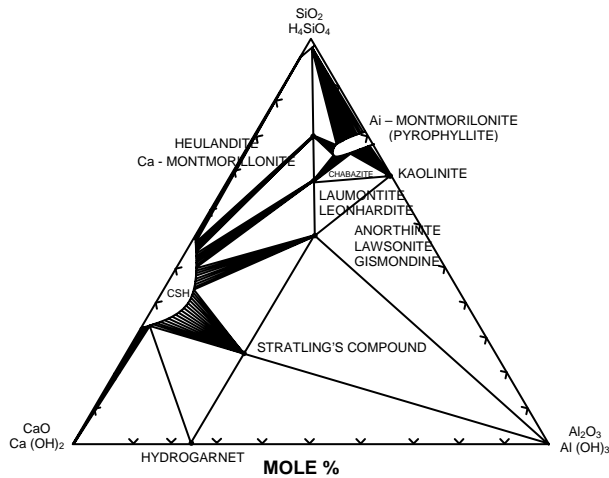
เมื่อเทียบกับคอนกรีตระบบดั้งเดิมที่ไม่ได้จัดโครงสร้างที่เป็นระเบียบ โดยมีจล โครงสร้างนับสิบนับร้อย โครงสร้างปรากฏในคอนกรีตขึ้นเดียวกัน โอกาสที่จล โครงสร้างใดจะอ่อนแอ ปริตแตกหักร้าวโดยไม่สามารถรับความคงทนกำลังอัด ความคงทนกำลังบิด ความคงทนกำลังดึง จึงมีได้ง่าย และไม่แน่นอนทำให้คอนกรีตโพลิเมอร์ปฐพีเหล่านี้สามารถสรรหาชนิด และประเภทของผลึกของโพลิเมอร์ปฐพีที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สิ่งที่ดีเกินกว่าขีดจำกัดที่เป็นไปได้ของคอนกรีตแบบดั้งเดิมในสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แข็งแรงกว่า ทั้งความคงทนกำลังอัด ความคงทนกำลังบิด ความคงทนกำลังดึง
2. ความคงทนการกัดกร่อนของสารเคมี เช่น ทนกรด ทนด่าง ทนน้ำเค็ม
3. ความคงทนต่อการเสียดสีและสึกกร่อนในการใช้งานที่ดีกว่า
4. ความคงทนต่อสภาวะอากาศ ทั้งบรรยากาศเยือกแข็งไปจนถึงบรรยากาศทะเลทราย
5. ความคงทนต่อการแตกร้าวทั้ง Settlement , Plastic Shrinkage, Drying Shrinkage crack
6. เพิ่มค่า Elasticity และความคงทนต่อความล้าในการใช้งาน
7. มีคุณภาพสม่ำเสมอ เนื่องจากจล โครงสร้างที่สมมาตรกันตลอด
8. ผลิตมวลเบาที่ต่อหน่วยน้ำหนักเบากว่า และยังสามารถรับกำลังที่มากกว่า
9. สามารถใช้ดิน หิน กากอุตสาหกรรมหรือวัสดุเหลือใช้เพื่อลดต้นทุน
10. กำจัดมลพิษโดยเปลี่ยนสารพิษให้เป็นคอนกรีตที่ไร้มลพิษต่อสิ่งแวดล้อม
11. ลดหรือไม่ต้องใช้พลังงานจากสารที่จะต้องสังเคราะห์ขึ้นที่อุณหภูมิสูงๆ โดยเฉพาะการลดสภาวะโลกร้อนจากอุตสาหกรรมซีเมนต์ที่เป็นแหล่งก่อ CO₂ อันดับ 2 ของโลก

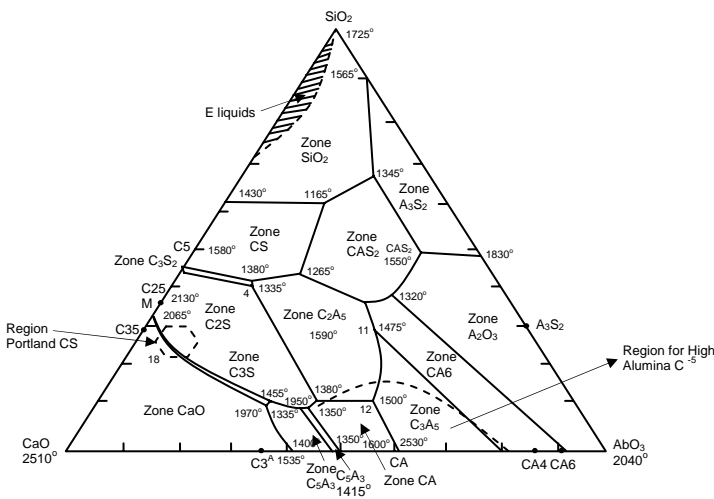
การผลิต คอนกรีตจากวัสดุปฐพีผลิตได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. การถอดรหัสผลึกของ Phase Diagram ของอนุกรมของวัสดุปฐพี
2. การคัดเลือกจล โครงสร้างทั้งในรูปผลึก และอสังฐานที่สร้างคอนกรีตโพลิเมอร์ปฐพี
3. การเลือกวัตถุดิบที่มีส่วนผสมทางเคมี และฟิสิกส์ที่เหมาะสมกับการสร้างจล โครงสร้างนั้นๆ
4. การแต่งวัตถุดิบเพื่อเพิ่มศักยภาพความรวดเร็วในการทำปฏิกิริยา
4. การเลือกสารเคมีผสมเพิ่มชนิดเฉพาะที่ใช้สร้าง โพลิเมอร์ปฐพีในจล โครงสร้างนั้นๆ
5. กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งหากเป็นการเลือกจล โครงสร้างที่เกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิห้อง ก็มักจะเป็นเครื่องผสมคอนกรีตพื้นฐานธรรมดา

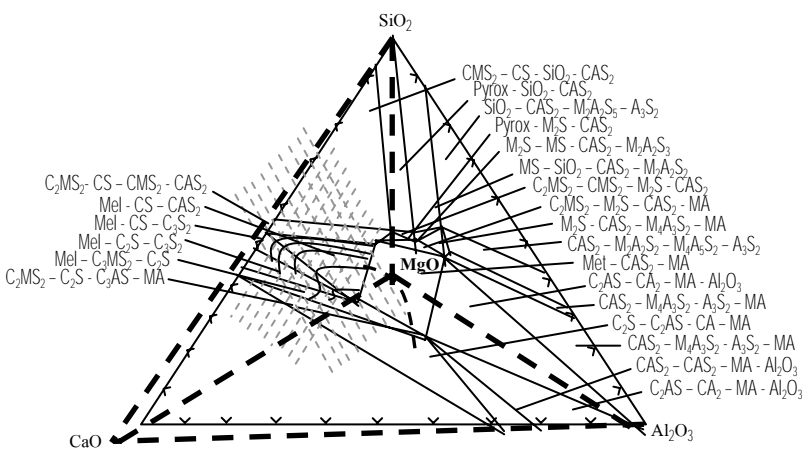
การถอดรหัสผลึกของ Phase Diagram ของอนุกรมของวัสดุรูปพี



รูปที่ 5 เป็น Phase Diagram ของ CaO, SiO₂, Al₂O₃ ของดิน หิน ทราช ที่เกิดในธรรมชาติ



รูปที่ 6 เป็น Phase Diagram ของ CaO, SiO₂, Al₂O₃ ของสารสังเคราะห์ที่สร้างผลึกที่อุณหภูมิสูงของอุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรม เซรามิค อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

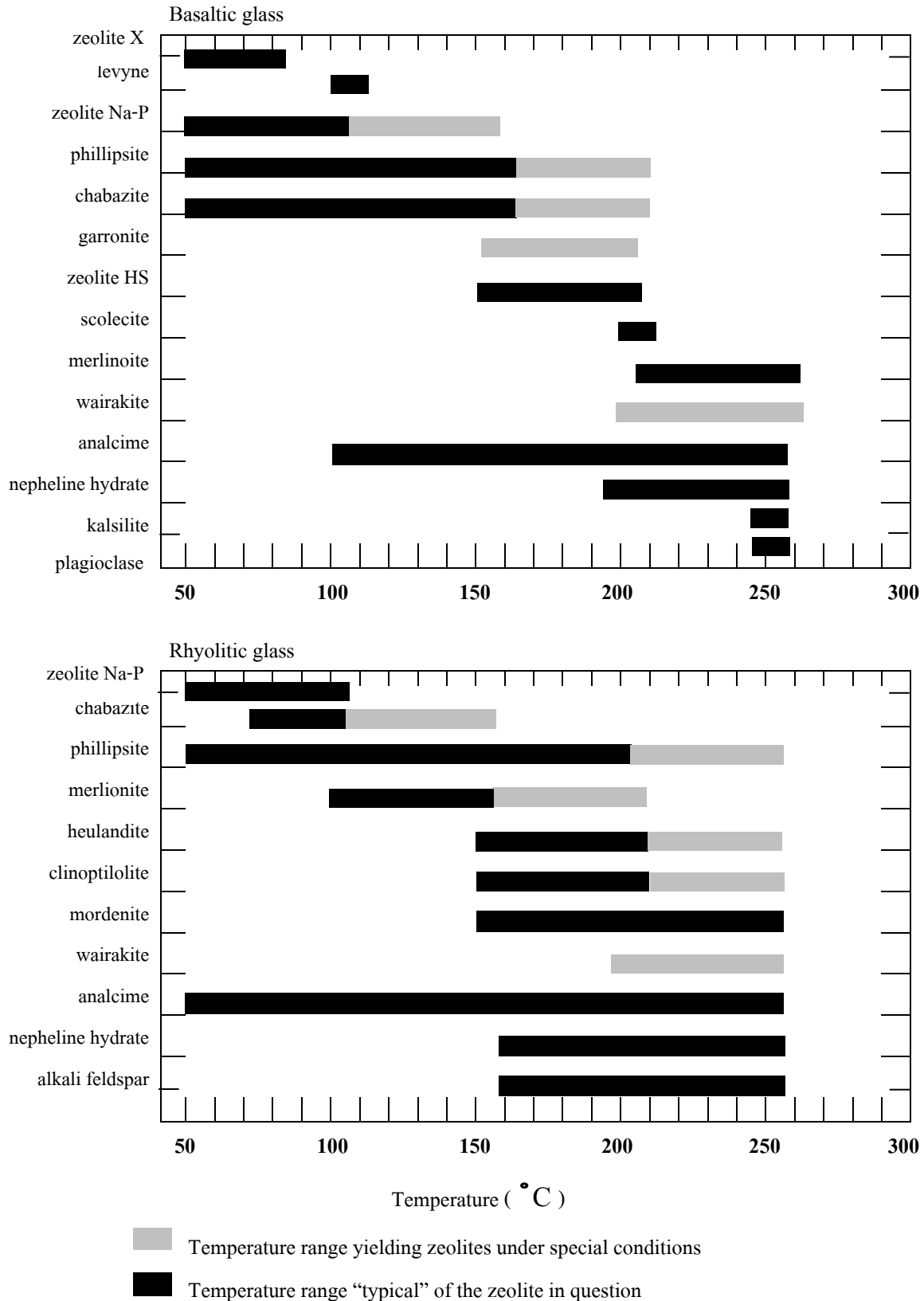


รูปที่ 7 เป็น Phase Diagram ของภาคตัดขวางของ 4 มิติของ (95% CaO, 5% MgO) SiO₂, Al₂O₃ ซึ่งจะเห็นว่า อุณหภูมิเป็นอุณหภูมิที่วัดที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นจุดโครงสร้างและผลึกต่างๆที่ได้จึงเป็นสิ่งที่สามารถสร้างได้จริงจากการผสมที่อุณหภูมิห้อง

จากการทำ Phase Diagram 4 มิติ ทรงปริมาตร ในวัสดุรูปพี ใน แต่ละอนุกรมดังเช่น MgO, CO₃, SO₃, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O etc. เทียบร่วมกับ Phase Diagram มาตรฐาน ของ CaO, SiO₂, Al₂O₃ สามารถประมวลผลของการถอดรหัสจุดโครงสร้างของวัสดุรูปพีที่มีอนุกรมต่างๆ ลงในคอมพิวเตอร์เพื่อทำ Simulations สร้างจุดโครงสร้างในแต่ละวัสดุที่เหมาะสมได้ในอุณหภูมิห้อง หรืออุณหภูมิที่ต้องการ (เช่น อุตสาหกรรม Ceramics) ได้ เช่นเดียวกับการถอดรหัสพันธุกรรมของยีน

การคัดเลือกจุลโครงสร้าง

จุลโครงสร้างทั้งในรูปผลึก และอสัณฐานเพื่อสร้างคอนกรีตโพลิเมอร์ปฐพีสามารถคัดเลือกได้จาก Phase Diagram ของการถอดรหัสจุลโครงสร้างวัสดุปฐพี และคุณสมบัติเฉพาะตัวของจุลโครงสร้างนั้นๆ ดังเช่น ZEOLITES ต่างๆ สามารถสร้างผลึกที่อุณหภูมิต่างๆ ดังรูป



Zeolite – Cement Composite

ถ้าที่อุณหภูมิเกินกว่า 100 องศา ผลึกจะ dehydrate และต้องสร้างผลึกที่เกิดขึ้นด้วย AUTOCAVE และใช้น้ำ SUPER HEATED STREAM จาก STREAM BOILER หรือถ้าสูงกว่านั้น ก็ต้องใช้เตา OVEN ทำให้ต้องใช้หลักการของ CERAMICS เราสามารถคัดเลือกจุลโครงสร้างที่เหมาะสมสังเคราะห์คอนกรีตที่มีคุณสมบัติของจุลโครงสร้างนั้นๆ ให้เหมาะแก่การใช้งานในสัดส่วนจุลโครงสร้างแต่ละชนิด เพื่อให้มีคุณภาพที่ต้องการซึ่งอาจจะเหนือกว่าขีดจำกัดของคอนกรีตปกติในปัจจุบันได้เนื่องจากจากการถอดรหัสผลึกจะมีผลึกให้เลือกมากมายและสามารถก่อตัวเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำก่อนคอนกรีตจะแข็งตัว (Pre Setting Micro Structure Forming) แม้ในอุณหภูมิห้อง ทำให้ประหยัดการลงทุนในเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนจุลโครงสร้างที่แข็งแรงทางวิศวกรรม ภายหลังการแข็งตัว (Post Setting Micro Structure Forming) เช่น หม้อนึ่ง (Autoclave) หม้อไอน้ำ (Steam Boiler) เตาบ่ม (Curing Oven) หรือ เตาเผา (Furnace) เป็นต้น

ตัวอย่างเช่นในการผลิตคอนกรีตมวลเบา เราใช้ผลึกรูปเข็มที่ชื่อ Ettringite ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot32\text{H}_2\text{O}$) เป็นจุลโครงสร้างทางวิศวกรรมที่เพิ่มความแข็งแรงเกิดที่อุณหภูมิห้องแทนการสร้างจุลโครงสร้างทางวิศวกรรมที่เป็นผลึกรูปเข็มที่ชื่อ Tobermorite ($5\text{CaO}\cdot6\text{SiO}_2\cdot5\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งเป็นจุลโครงสร้างที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิเกินกว่า 100 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ทำให้ไม่ต้องลงทุนใน หม้อนึ่ง และหม้อไอน้ำทำให้ลดต้นทุนในการลงทุนเครื่องจักรผลิตคอนกรีตมวลเบามาใช้เครื่องผสมคอนกรีตแบบง่ายๆ และเครื่องปั้นหรืออัดฟองอากาศทั่วไป ขึ้นที่อุณหภูมิห้องเป็นต้น

ออกแบบจุลโครงสร้างและหาจำนวนสัดส่วนของอนุภาคแต่ละชนิดที่ต้องการสร้างเพื่อให้เป็นไปตามคุณสมบัติที่ได้กำหนดไว้

การคัดเลือกวัสดุ

การคัดเลือกวัสดุควรมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. จัดหาวัสดุชนิดต่างๆที่เป็นแหล่งให้อนุผลึกเหล่านั้นให้ครบ
2. วัสดุที่เหมาะสมต้องมีความคงเส้นคงวาตลอดทั้งแหล่ง
3. ไม่มีสิ่งที่ไม่เหมาะสมเจือปนเช่น วัสดุอินทรีย์ที่เหนียวจนผสมไม่ได้เป็นต้น
4. หาส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่ต้องการและเที่ยงตรง
5. จัดสัดส่วนผสมทางเคมีของวัสดุให้ใกล้เคียงส่วนผสมของคอนกรีตให้มากที่สุด
6. ส่วนที่แตกต่างกันให้สรรหาจากสารเคมีผสมเพิ่มชนิดนาโน NANO CONCRETE ADMIXTURES ที่จะได้กล่าวต่อไป

การแต่งวัสดุ

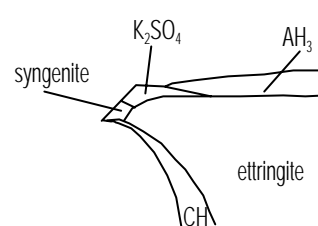
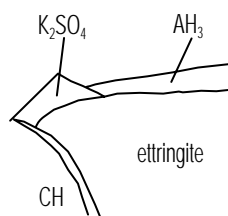
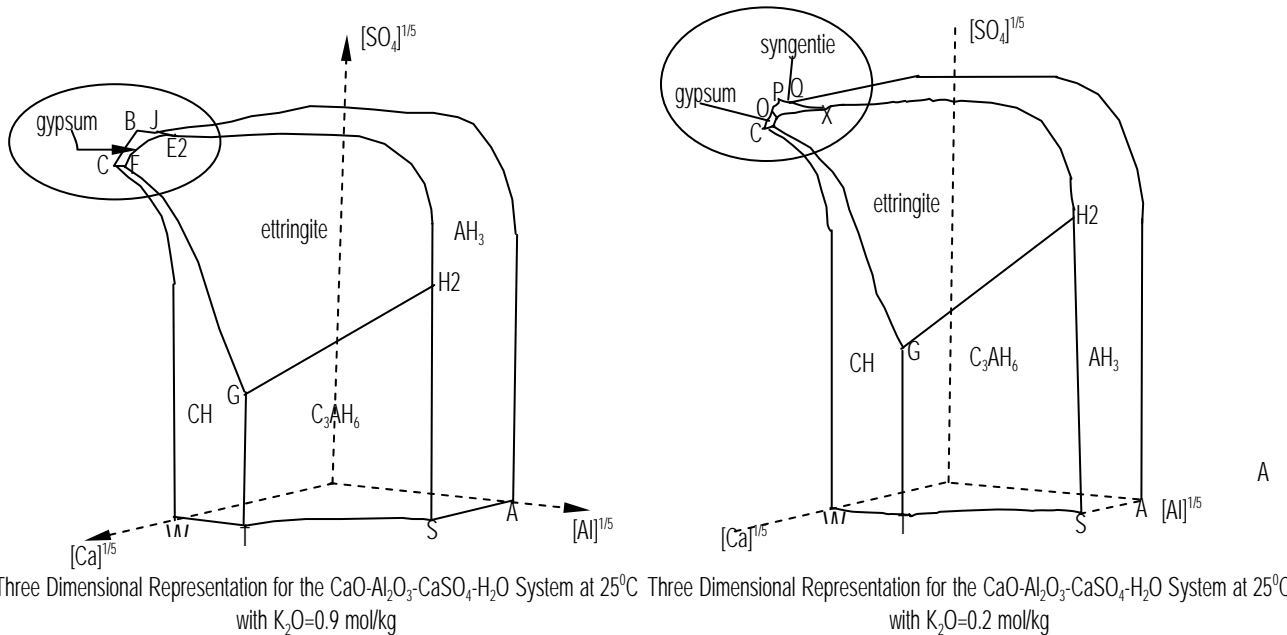
การปรับแต่งสภาพวัสดุให้เหมาะแก่การทำปฏิกิริยาดังนี้

1. ความละเอียด อาจต้องบดให้มีขนาดที่ละเอียดยิ่งขึ้น
2. แยกสิ่งเจือปนออกดังเช่นทรายแก้วผ่านน้ำย้อมดีกว่าทรายแก้วปนดินบนบกเป็นต้น
3. ทำให้แห้งเช่นตากน้ำปูนจากอุตสาหกรรม Acetylene ควรตากให้แห้งก่อน
4. วัสดุที่ทำปฏิกิริยา Hydrate ได้ ต้องจัดเก็บและลำเลียงไม่สัมผัสความชื้นเช่นถ้าปาล์มควรเก็บโดย CYCLONE ไม่เก็บโดยผ่านมาน้ำ
5. เพิ่มความสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดีเช่น $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ควร Dehydrate ให้เป็น CaO ก่อน
6. อสังฐาน ทำปฏิกิริยาได้เร็วกว่าในรูปผลึก เช่น Gypsum ($\text{CaSO}_4\cdot2\text{H}_2\text{O}$) ย่อมทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับผลึก Deaded Anhydrous Gypsum (CaSO_4) ทั้งที่มีอยู่ในแหล่งแร่เดียวกัน

สารเคมีผสมเพิ่ม

สารเคมีผสมเพิ่มนอกเหนือสารเคมีผสมเพิ่มดั้งเดิมที่ใช้ในงานคอนกรีตที่ยังสามารถใช้ได้แล้วแล้วยังมีสารเคมีผสมเพิ่มชนิดนาโน Nano Concrete Admixtures ที่ใช้สร้างสำหรับสร้าง Geo-Polymers อันเป็นหัวใจของการเกิดจุลโครงสร้าง และแตกต่างไปจากสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตทั่วไปอย่างมากซึ่งสามารถแยกเป็นประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. **PHASE CREATORS** เป็นสารเคมีผสมเพิ่มที่สร้างจุลโครงสร้างใหม่ให้เกิดขึ้น ตัวอย่างดังเช่นใน phase diagram ของ Sulfate cement ซึ่งมี Phase ของ CaO , Al_2O_3 , SO_3 อยู่ด้วย แต่ถ้าใส่ Phase ที่ 4 ของ K_2O เพียง 0.2 mole/kg หรือ 0.0002 mole/gm จะสามารถสร้างจุลโครงสร้างที่เป็นผลึกของ SYNGENITE $\text{CaK}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ได้ เป็นต้น (ดังรูป)



2. **INDUCED EXHIBITORS** เป็นสารเคมีผสมเพิ่มที่เพิ่มขนาดของ จุล โครงสร้าง ดังเช่น นำเอาเกลือลอยของถ่าน ที่มีทั้ง Al_2O_3 และ Fe_2O_3 มาสร้างจุล โครงสร้างจะเกิดผลึก ETTRINGITE $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ ซึ่งจะมี ขนาดยาวปกติประมาณ 100 ถึง 150 micron ร่วมกับตะกอนที่เกิดขึ้นภายหลังคือสนิมเหล็ก เป็นตะกอนกีด ขวางการขยายขนาดของจุล โครงสร้างทั้งหลาย แต่เนื่องจาก Fe_2O_3 มีอยู่ในเถ้าเป็นจำนวนไม่น้อย ดังนั้นเราจึง ต้องใส่สาร Redox ที่ไปเหนี่ยวนำทำให้มีความสามารถที่จะเกิดจุล โครงสร้างของผลึก FERRO ETTRINGITE $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ ร่วมขบวนไปกับการเกิด จุล โครงสร้างผลึก ETTRINGITE ได้ ทำให้ความ ยาวของ ETTRINGITE ขยายยาวออกไปกว่าที่เคยโดยไม่เข้ามากีดขวาง นี่เป็นตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของ INDUCED EXHIBITORS
3. **PSEUDO INHIBITORS** เป็นสารเคมีผสมเพิ่มที่หลอกล่อปฏิกิริยาที่อาจเกิดก่อนและขวางการเกิดปฏิกิริยาที่ ต้องการ ดังเช่น ในเถ้าลอยมักมี MgO เกิดขึ้นบ้าง ปกติ MgO จะเกิดปฏิกิริยาที่ไวกว่า CaO เพราะมีโมเลกุลที่เล็ก กว่าในหมู่ที่ 2 ของตารางธาตุ ดังนั้นหากไม่หลอกล่อไปก่อนจุล โครงสร้างของผลึกของที่มี CaO เช่น CHABASITE $2CaO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 8SiO_2 \cdot 12H_2O$ ก็จะสั้นลงแต่หาก MgO ไปทำปฏิกิริยาชั่วคราวกับสารอื่นให้เกิด เกลือที่ไม่เสถียรและจะแตกตัวก่อนจะกลับมาทำปฏิกิริยาพร้อมกับ CaO ดังเช่น $MgO \cdot CaO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 8SiO_2 \cdot 12H_2O$ ขึ้นพร้อมๆกันซึ่งสามารถต่อจุล โครงสร้างร่วมกับผลึก CHABASITE ได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ความยาวจุล โครงสร้างยาวยิ่งขึ้นเป็นต้น
4. **ASH ACTIVATORS** ปกติการสันดาปแล้วเกิดเถ้าต่างๆมักเกิดที่อุณหภูมิสูงทำให้เถ้าทั้งหลายเป็นลักษณะของ จุล โครงสร้างของผลึกถูกแก้วหรือถูกเซรามิกคลุม ซึ่งเปรียบเสมือนทรายถ้ำตกลงในน้ำจะลงไปที่ไหนก็ได้ น้ำ ไม่มีปฏิกิริยาที่ไวต่อกัน แต่ถ้าเราสามารถทำให้กลายเป็นจุล โครงสร้างที่ไม่เป็นผลึกหรืออสัณฐานดังเช่นจุล สีเท ลงไปในน้ำ จะแตกตัวละลายเข้ากับน้ำทันที ฉะนั้นเราจึงใส่สารเคมีผสมเพิ่มเพื่อทำหน้าที่ปรับผลึกให้อยู่ใน รูปอสัณฐานเพื่อให้มีความไวต่อปฏิกิริยา
5. **CRYSTAL CO-ACERVATOR** สารเคมีผสมเพิ่มในตระกูลนี้เป็นสารเคมีจัดระเบียบผลึกที่เกิดดังนั้นจึงมีส่วน เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของสารในตารางธาตุ Periodic Table อุณหภูมิ และเวลาการเกิดปฏิกิริยา ดังตัวอย่างเช่น ในรูปของ Scanning Electro Microscope รูปที่ 3 ในหน้าที่ 1 จะเห็นได้ว่าจุล โครงสร้างที่เป็นผลึกลักษณะ รูปร่างแบบเสี้ยนไม่เกาะกันเป็นก่าๆ สิ่งที่ทำให้ผลึกเกาะกันเป็นก่าๆได้เป็นสารเคมีผสมเพิ่มที่สร้างผลึกชนิดนี้ เข้าไปเจือปน ทำหน้าที่เป็นกาวเชื่อมเสี้ยนและจัดหมวดหมู่ให้เป็นก่าๆ ขณะที่กำลังเกิดผลึกหลักรูปเข็ม เป็นต้น ซึ่งมักจะมีผลึกหลักอย่างน้อย 1 ผลึกและมีผลึกที่คล้ายคลึงกันแต่มีสารบางส่วนเพี้ยน ไปรวมตัวกับผลึกหลัก แล้วทำให้โดยรวมเป็นการจัดระเบียบผลึกที่ต้องการ
6. **ION CHANGER** การปรับ ion บวก และ ลบเพื่อสร้างความสมดุลของ ion ทั้งบวกและลบในผลึก ทำให้ได้ ผลึกที่เสถียร และปฏิกิริยาไม่หวนกลับคืนอีก ดังตัวอย่างการเกิดจุลผลึก ZEOLITES ซึ่งปัจจุบันค้นพบเกือบ 400 ชนิด เช่น Chabazite $CaO \cdot 2\{Al_2O_3\} \cdot 8\{SiO_2\} \cdot 12H_2O$ ที่ต้องเปลี่ยนรูปผลึกเป็น โครงสร้าง ZEORITE แบบ TECTO SILICATE หรือ SiO_4 ที่เป็นรูปทรงของ SILICA TETRAHEDRON ในรูปของ $(Ca_2)Al_4Si_8O_{24} \cdot 12H_2O$ เป็นต้น โดยสูตรจุล โครงสร้างของผลึก ZEOLITES จะอยู่ในกรอบรวมที่ได้มาจากการ คำนวณ โครงสร้างผลึกทางคณิตศาสตร์เป็น $(Na, K)_x(Mg, Ca, Sr, Ba)_y[Al(x+2y) \cdot Si\{n-(x+2y)\} \cdot O_{2n}]mH_2O$ และรูปของจุล โครงสร้าง เป็น Silica Tetrahedron

7. **OXYGEN&HYDROGEN BALANCERS** ศูนย์กลางของ ZEOLITES มีธาตุที่ห้อมล้อมด้วย OXYGEN 4 ตัวโดยมีระยะห่าง 0.3 นาโนเมตรถึง 2 นาโนเมตร โดยในอดีต ZEOLITES ใช้เป็นสาร ION-EXCHANGE ในน้ำหรือในอุตสาหกรรมผงซักฟอก ในอุตสาหกรรมคอนกรีต ถ้าเราให้ OXYGEN ในการปรับวัสดุให้กลายเป็น ZEOLITES เราจะสามารถสร้าง วัสดุอีกเกือบ 400 ตัวให้เป็นสาร ZEOLITES เช่นเดียวกันเราสามารถสร้างสารอื่นๆ ได้อีกหลากหลายด้วยการปรับสมดุลของจำนวน OXYGEN และ HYDROGEN ได้ด้วย NANO ADMIXTURES ในตระกูลนี้
8. **REACTIVE CATALYST** เป็นสารเคมีผสมเพิ่มที่ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา รวมตัวกันตามความต้องการที่กำหนด เช่น Al_2O_3 รวมตัวกับ SiO_2 เท่าที่ทำได้ในปัจจุบัน 1 Mole : 1 Mole ไปจนถึง 1 Mole : 100 Mole เป็นต้น ซึ่งอาจใช้สัดส่วนของ Reactive Catalyst ที่ต่างกันและการควบคุมที่ต่างกันในการทำปฏิกิริยาเหล่านี้ให้ต่างกันคือตัวอย่างสารเคมีผสมเพิ่มชนิดเฉพาะสำหรับการสร้าง GEO - POLYMERS ที่แตกต่างจากสารเคมีผสมเพิ่มแบบดั้งเดิม

กรรมวิธีการผลิต

โดยเหตุที่ผลึกมีเป็นจำนวนมากมาจากการถอดรหัสผลึกวัสดุพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ เราจึงสามารถคัดผลึกที่เกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิห้องหรือใกล้อุณหภูมิห้อง โดยมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีที่ดี มีวัตถุประสงค์ที่อาจเป็นกากของเสียในราคาถูกและหาง่ายในท้องถิ่น และใช้เครื่องจักรผสมคอนกรีตแบบง่ายๆ ผสมในขั้นตอนเดียว หรือถ้าต้องผสมด้วยความเร็วที่สูงขึ้น เช่น ปั่นในลักษณะ Turbulent Flow ก็เหมือนการปั่นน้ำผลไม้เป็นต้น โดยจุดโครงสร้างจะเกิดเสร็จสิ้นก่อนการแข็งตัว (Pre Setting Microstructure Forming) ทำให้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องจักรชนิดอื่นอีก สามารถควบคุมความหนาแน่นได้ด้วยการอัดความดัน หรือเติมฟองอากาศ สามารถเร่งหรือหน่วงการแข็งตัวด้วยการเลือกผลึกที่เกิดได้เร็วหรือช้า ไม่ต้องบ่ม เพราะบ่มได้เองด้วยการใส่สาร Hydro Scoop Polymer เช่น PORTLAND RETAIN หรืออาจเพิ่มเติมความคงทนในการกัดกร่อนด้วย PORTLAND POLYMER ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้จาก www.portlandchemical.com และยังสามารถปรับคุณสมบัติได้ด้วยวิธีใช้สารเคมีผสมเพิ่มแบบดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ในงานคอนกรีตปัจจุบันอีกด้วย

สรุป

Geo Polymer Concrete เป็นศาสตร์ใหม่ที่สร้าง Concrete ไปสู่ระบบที่เป็น Nano-Scale Geo-Polymer Systems เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ก้าวล่วงขอบข่าย Concrete แบบดั้งเดิมออกไป เสมือนหนึ่งโลกได้นำของท้องทะเลมหาสมุทร ที่ถ้าไม่ไปประสพจะไม่ทราบว่ามีอีกโลกที่แตกต่างจากขอบฟ้าและน้ำทะเลไปสู่เบื้องล่างของทะเลมหาสมุทรที่มีสิ่งต่างๆ ที่ไม่เคยรู้จักอีกมากมาย ศาสตร์นี้ยังอยู่ในขั้นเริ่มต้นยังต้องการ การศึกษาวิจัยค้นคว้าต่อไปอีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยงานการวิจัยภาครัฐที่ควรเป็นผู้ถอดรหัสผลึกวัสดุพอลิเมอร์ทุกชนิด หาคุณสมบัติและอุณหภูมิที่เกิดผลึกให้สามารถประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ เพื่อนำไปสู่คอนกรีตมาตรฐานใหม่ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานด้วยการเผาไม่สร้าง CO_2 ให้เกิดขึ้นต่อบรรยากาศโลก และก่อให้เกิดวัสดุที่ดีขึ้นเหมาะสมยิ่งขึ้นเพื่อประโยชน์แก่มวลมนุษยชาติ