

การเกิดผลึกคริสตัลไลเซชันของวัสดุกันซึมแบบซีเมนต์ ในลักษณะการทาลงบนพื้นผิวคอนกรีต

วรัญ วงศ์ประชุม

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

Email : warun.w@rmutsb.ac.th

Received: Aug 28, 2019

Revised: Oct 25, 2019

Accepted: Nov 7, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและตรวจหาคุณสมบัติการทำงานของสารเคมีในรูปแบบวัสดุกันซึมแบบซีเมนต์ ชนิดคริสตัลไลเซชัน โดยขอบเขตในงานวิจัยนี้ได้แก่ การตรวจหาคุณสมบัติชั้นผลึกคริสตัลไลเซชันในเนื้อโครงสร้างคอนกรีตถึงระยะ 1 เมตร จากวัสดุกันซึมแบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลไลเซชัน ในลักษณะทาลงที่ผิวด้านบนสุดของคอนกรีต และทำการทดสอบหาค่าการดูดซึมของน้ำในเนื้อคอนกรีตที่ระดับความลึกต่าง ๆ เพื่อประเมินและตรวจวัดคุณสมบัติของวัสดุกันซึม ผลการทดสอบพบว่า การเกิดชั้นผลึกคริสตัลไลเซชันที่สร้างผลึกอุดปิดช่องว่างโพรงและรอยร้าวขนาดเล็กในเนื้อคอนกรีตจึงทำให้น้ำไม่สามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อตัวอย่างคอนกรีตผ่านทางช่องว่างโพรงและรอยร้าวได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มความหนาแน่นโดยการลดช่องว่างในเนื้อตัวอย่างคอนกรีตส่งผลให้มีปริมาณการดูดซึมน้ำต่ำไปด้วย

คำสำคัญ : วัสดุกันซึมแบบซีเมนต์, คริสตัลไลเซชัน, การต้านทานการซึมผ่านของน้ำ, การดูดซึมน้ำ, ความคงทนของคอนกรีต

The Crystallization of Cement Waterproofing Coated on Concrete Surface

Warun Wongprachum

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Email: warun.w@rmutsb.ac.th

Received: Aug 28, 2019

Revised: Oct 25, 2019

Accepted: Nov 7, 2019

Abstract

This study aims to evaluate and detect the chemical properties in the crystallization of cement waterproofing material. The scope of this study is to examine the properties of the crystalline layers underneath 1 m of structural concrete which uses crystallization cement waterproofing by coating on the concrete surface. The water absorption of concrete at different depths were tested to evaluate and measure the waterproofing properties. From the test, the crystallization occurred to fill voids and small cracks in the concrete. Therefore, water cannot permeate through the concrete specimen via voids and cracks, which increases the density of the concrete specimen. As a result, the water absorption property is decreased.

Keywords : Cement Waterproofing, Crystallization, Waterproofing, Water Absorption, Durability of Concrete

บทนำ

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้มีคุณสมบัติเชิงกลตามต้องการ สามารถทำได้ง่ายและให้ผลที่ค่อนข้างชัดเจนต่อความมั่นใจในการออกแบบใช้งาน แต่คุณสมบัติด้านความคงทนของคอนกรีตค่อนข้างมีความซับซ้อน เนื่องจากสภาพแวดล้อมจริงที่คอนกรีตสัมผัสมีปัจจัยหลายอย่างส่งผลต่อการทำลายและไม่สามารถควบคุมได้ (F.Q. Zhao, H. Li and S.J. Liu, 2011, pp. 2635-2638) เช่น โครงสร้างคอนกรีตที่สัมผัสกับน้ำและความชื้นสูง ส่งผลให้ความคงทนของคอนกรีตลดลง เนื่องจากการซึมผ่านของน้ำที่จะเข้าทำลายเหล็กเสริมส่งผลให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างได้ (S. Mindess, J. F. Young and D. Darwin, 2002) การปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตโดยการใช้วัสดุปอซโซลานที่มีคุณภาพดี เช่น เถ้าถ่านหินซิลิกาฟูม หรือเถ้าชีวมวลบดละเอียด ให้ผลไปในทิศทางที่ดีและสามารถเพิ่มการป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ ดังตัวอย่างงานวิจัย N. Benthia and S. Mindess, (1989, pp. 727-736) ได้ศึกษาหาค่าการซึมผ่านน้ำของซีเมนต์เพสต์โดยการศึกษาใช้ ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 และ 3 โดยจะมีการเปรียบเทียบการผสมซิลิกาฟูม การให้ความดันน้ำเป็นลักษณะแรงอัดสามแกน การหาค่าการซึมผ่านน้ำจะแสดงในรูป ของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของคอนกรีต จากสมการของดาร์ซี สามารถสรุปได้ว่าการซึมผ่านน้ำจะมีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาไฮเดรชัน หรือระยะเวลาการบ่ม และการผสมซิลิกาฟูมร้อยละ 10-15 สามารถลดค่าการซึมผ่านน้ำได้ และในปีเดียวกัน D. Ludirdja, R.L. Berger and J.F. Young, (1989, pp. 433-439) ได้ศึกษาวิธีการและเครื่องมือในการหาค่าการซึมผ่านน้ำของคอนกรีต โดยผลการศึกษาการหาค่าการซึมผ่านน้ำจะแสดงในรูปของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำของคอนกรีต สามารถสรุปได้ว่าผลของการซึมผ่านน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจาก

ตัวอย่างรับกำลังอัด ร้อยละ 75 ของกำลังอัดประลัย และผลของการผสมซิลิกาฟูมจะลดค่าการซึมผ่านน้ำได้

ในปัจจุบันการใช้สารเคมีในรูปแบบวัสดุกันซึมก็เป็นอีกทางเลือกที่มีอยู่แพร่หลายในอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทย แต่หากผลของการศึกษาด้านคุณสมบัติสารเคมีในรูปแบบวัสดุกันซึมยังไม่มีข้อมูลที่แน่ชัดมากนัก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินและตรวจหาการเกิดผลึกคริสตัลไลเซชันของสารเคมีในรูปแบบวัสดุกันซึมแบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลไลเซชัน ในลักษณะการทาลงบนพื้นผิวคอนกรีต
2. เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของวัสดุกันซึมแบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลไลเซชัน ในลักษณะการทาลงบนพื้นผิวคอนกรีต

ระเบียบวิธีวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

ส่วนนี้กล่าวถึงวัสดุและเครื่องมือทดสอบที่ใช้ในงานวิจัย รวมถึงขั้นตอนการทดสอบการตรวจหาคุณสมบัติชั้นผลึกคริสตัลไลเซชันในเนื้อโครงสร้างคอนกรีตถึงระยะ 1 เมตร

- 1.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยและสัดส่วนผสมคอนกรีต

วัสดุกันซึมที่นำมาวิจัย ชนิดตกผลึก (Integral Crystalline Concrete Waterproofing) สำหรับทาลงบนพื้นผิว ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยอัตราส่วนที่ใช้ 1.6 กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร ทาลงที่ผิวด้านบนสุดของตัวอย่างคอนกรีตที่มีอายุ 3 วัน



รูปที่ 1 วัสดุกันซึม ชนิด ตกผลึก

การออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต โดยกำหนดค่ากำลังอัดประลัยที่ 28 วัน เท่ากับ 32 MPa ทรงกระบอก อัตราน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.54 ค่าการยุบตัวอยู่ที่ 7.5 - 12.5 เซนติเมตร ตลอดการวิจัย และแสดงส่วนผสมคอนกรีต ดังแสดงในตารางที่ 1

โดยกำหนดชื่อเรียกตัวอย่าง ดังนี้ ตัวอย่างที่ไม่ได้ทาสีวัสดุกันซึมจะเรียกว่า ตัวอย่างควบคุม (Control) และตัวอย่างที่ทาสีวัสดุกันซึมจะเรียกว่า ตัวอย่างคริสตัลไลเซชัน (Crystallization)

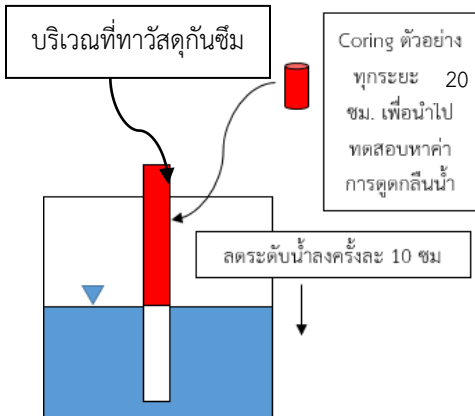
ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมคอนกรีต

Mix Proportion (kg/m ³)			
Cement	Water	Aggregate	
		Fine	Coarse
362	196	870	1,010

1.2 ขั้นตอนการวิจัย

หลังจากที่ทาสีวัสดุกันซึมบริเวณผิวด้านบนสุดของตัวอย่างทดสอบขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร หนา 20 เซนติเมตร และ สูง 120 เซนติเมตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมงแล้ว ให้นำตัวอย่างไปแช่น้ำ ตามรูปที่ 2 และรูปที่ 3 แล้วทำการลดระดับน้ำลงชั้นละ 10 เซนติเมตร โดยแต่ละชั้นจะใช้เวลา ห่างกันประมาณ 4 วัน เพื่อให้เกิดชั้นผลึกคริสตัลไลเซชัน (ตาม

ทฤษฎีกลไกการสร้างชั้นผลึกคริสตัลไลเซชันจะเคลื่อนตัวตามระดับน้ำ (C. Michael, B.H.G. Zhang and X. Jun. 2016, pp. 1-37) ในแต่ละชั้นที่ลดระดับน้ำลงจะวัดค่าความหนาแน่นด้วยความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก (UPV) ที่ระยะทาง 20 เซนติเมตร เท่ากับความหนาของแท่งตัวอย่างคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C597 ตามรูปที่ 3 เพื่อตรวจสอบสภาวะการเกิดชั้นผลึกคริสตัลไลเซชัน เทียบกับตัวอย่างควบคุม (Control) จนไปถึงระยะ 100 เซนติเมตร โดยจะควบคุมสภาวะของตัวอย่างให้อยู่ในลักษณะอิมมัวผิวแห้ง และอุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่ทำการวัดค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกทุกชั้นตัวอย่างทดสอบ เพื่อลดผลกระทบในการอ่านค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกให้น้อยที่สุด และหลังจากนั้นจะเจาะเก็บตัวอย่างคอนกรีต ด้วยเครื่องคว้านเจาะ (Coring) ทุก ๆ 20 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และมีความยาว 20 เซนติเมตร ตามรูปที่ 4 หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM C642 โดยนำตัวอย่างมาแช่ในภาชนะที่มีน้ำสะอาดทิ้งไว้อย่างน้อย 48 ชั่วโมง เช็ดตัวอย่างให้อยู่ในสภาพอิมมัวผิวแห้งแล้วนำมาชั่งเป็นค่าน้ำหนักเปียก จากนั้นนำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาชั่งได้ ค่าน้ำหนักอบแห้ง แล้วคำนวณหา ปริมาณและอัตราการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 2 การเตรียมตัวอย่างแท่งคอนกรีตที่ทาวัดคลื่นซึ่มแบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลไลน์



รูปที่ 3 แท่งคอนกรีตที่ทาวัดคลื่นซึ่มที่ผิวบน ในขณะที่แช่น้ำและวัดค่าความหนาแน่นด้วย UPV ที่ระยะทาง 20 เซนติเมตร



รูปที่ 4 แท่งตัวอย่างคอนกรีตที่คว้านเจาะ (Coring) ทุก ๆ 20 เซนติเมตร

2. มาตรฐานการทดสอบที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 การตรวจสอบความหนาแน่นของคอนกรีตด้วยวิธี Ultrasonic Pulse Velocity Test
วิธีการนี้ เป็นการตรวจสอบคุณภาพคอนกรีต โดยค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิกในคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคอนกรีต ถ้าคอนกรีตมีความหนาแน่นสูงคลื่นจะสามารถเดินทางผ่านคอนกรีตได้เร็ว และจากการวัดความเร็วคลื่นอัลตราโซนิก ผลของความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกสามารถนำมาเปรียบเทียบถึงคุณภาพคอนกรีตได้ ซึ่งจะอาศัยหลักการของการส่งคลื่นความถี่สูง (Ultrasonic Pulse) ผ่านเข้าไปในตัวกลางเนื้อคอนกรีตที่ต้องการทดสอบ แล้ววัดเวลาที่คลื่นความถี่สูงใช้ในการเคลื่อนที่จากหัวส่งสัญญาณไปยังหัวรับสัญญาณ นำมาคำนวณหาค่าความเร็วคลื่น (Pulse Velocity) ในตัวกลางนั้น ๆ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C597 หรือ BS1881 Part 203

2.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

การทดสอบการดูดซึมน้ำในคอนกรีตเป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C642 โดยนำตัวอย่างคอนกรีตที่เจาะเก็บด้วยเครื่อง Coring ทุก ๆ 20 เซนติเมตร ไปแช่น้ำเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำขึ้นมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึกค่าไว้ จากนั้นนำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักบันทึกค่า

2.3 การทดสอบลักษณะพื้นฐานของวัสดุวิจัย

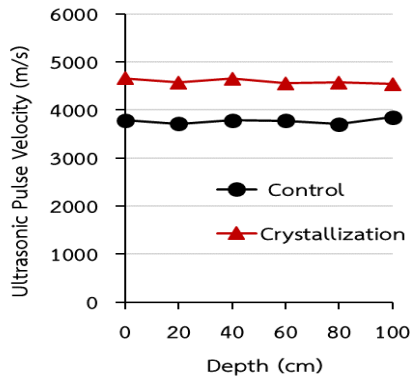
การถ่ายภาพขยายกำลังสูงโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เป็นการสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของ ตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยเทคนิค Energy Dispersive Spectrometry (EDS) เป็นเครื่องมือตัวหนึ่งที่อยู่ในระบบของ SEM สำหรับใช้วิเคราะห์ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณ X-Ray จากสารตัวอย่าง

ผลการวิจัย

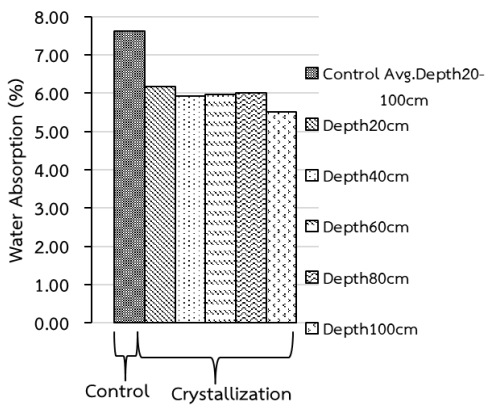
ผลทดสอบหาคุณสมบัติขึ้นผลึกคริสตัลโลเซชันในเนื้อโครงสร้างคอนกรีตถึงระยะ 1 เมตร หลังจากนำแท่งคอนกรีตที่ท้าวสดก้นซิมที่ผิวด้านบนสุดของตัวอย่างทดสอบไปแช่น้ำ แล้วทำการลดระดับน้ำลงชั้นละ 10 เซนติเมตร (โดยแต่ละชั้นจะใช้เวลาในการสร้างผลึกประมาณ 4 วัน) เพื่อให้เกิดชั้นผลึกคริสตัลโลเซชันในแต่ละชั้นที่ลดระดับน้ำลง และจะวัดค่าความหนาแน่นด้วยความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก (UPV) หลังจากการสร้างผลึกแล้วประมาณ 4 วัน พบว่า ตัวอย่างคอนกรีตที่ท้าวสดก้นซิมแบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลโลเซชัน (Crystallization) มีค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกมากกว่าตัวอย่างคอนกรีตควบคุม (Control) ทุกระดับความลึก โดยมีค่าเฉลี่ยความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกอยู่ที่ 4,584 m/s และ 3,769 m/s ตามลำดับ ในอัตราที่เร็วกว่า 1.21 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเป็นผลมาจากกลไกการเกิดชั้นผลึกคริสตัลโลเซชันในเนื้อคอนกรีต เมื่อคอนกรีตสัมผัสกับน้ำสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) จะถูกชะล้างให้ละลายตัวออกมาในช่องว่างโพรงอากาศ (Air Voids) โพรงคาพิลลารี (Capillary Pores) รอยร้าวขนาดเล็กระดับไมโคร (Micro Crack) และเมื่อวัสดุกันซึมที่มีสารประกอบในรูปแบบโพลิเมอร์เข้าไปแทรกตัวอยู่ในช่องว่างโพรงและรอยร้าวขนาดเล็กที่มีสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ละลายตัวอยู่ จะเกิดการจับตัวทำปฏิกิริยาสร้างผลึกคริสตัลโลเซชันอุดปิดช่องว่างโพรงและรอยร้าวขนาดเล็กในเนื้อคอนกรีต ทำให้คอนกรีตบริเวณที่สร้างขึ้นผลึกคริสตัลโลเซชันมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น (Z.M. Nasiru, K.M. Ali, Z.A.M. Majid and S. Arezou,

2015, pp. 80-90) ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิกมีความรวดเร็วในวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงกว่า (U.M. Tarek and R. Nafiur, 2016, pp. 832-841) และการสร้างขึ้นผลึกคริสตัลโลเซชันสามารถสร้างได้ถึงที่ระยะ 1 เมตร ตามการลดระดับของน้ำ

เมื่อทำการวัดค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกเสร็จสิ้นแล้วก็ได้ทราบผลการเกิดชั้นผลึกคริสตัลโลเซชันในเนื้อคอนกรีตเบื้องต้น หลังจากนั้นจึงเจาะเก็บตัวอย่างคอนกรีตด้วยเครื่อง Coring ทุก ๆ 20 เซนติเมตร นำตัวอย่างคอนกรีตไปทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ ผลการทดสอบ พบว่า ตัวอย่างคอนกรีตที่ท้าวสดก้นซิมแบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลโลเซชัน มีค่าการดูดซึมน้ำที่น้อยกว่าตัวอย่างคอนกรีตควบคุม ทุกระดับความลึก โดยมีค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 5.91% (Crystallization) และ 7.61% (Control) ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างคอนกรีตควบคุมจะมีค่าการดูดซึมน้ำที่ระดับความลึก 20 - 100 เซนติเมตร มีค่าการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 6 เป็นผลมาจากการเกิดชั้นผลึกคริสตัลโลเซชันที่สร้างผลึกอุดปิดช่องว่างโพรงและรอยร้าวขนาดเล็กในเนื้อคอนกรีตจึงทำให้น้ำไม่สามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อตัวอย่างคอนกรีตผ่านทางช่องว่างโพรงและรอยร้าวได้ ส่งผลให้มีปริมาณการดูดซึมน้ำต่ำไปด้วย (M. Ernesto, G. Guillermo, R. Pedro and C. Erick, 2019, pp. 210-218) จากผลการทดสอบในส่วนนี้มีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก การเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิกมีความเร็วในวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำต่ำเช่นกัน

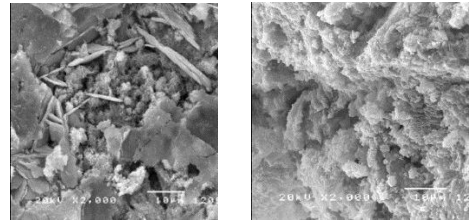


รูปที่ 5 ผลการทดสอบค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก (UPV) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ



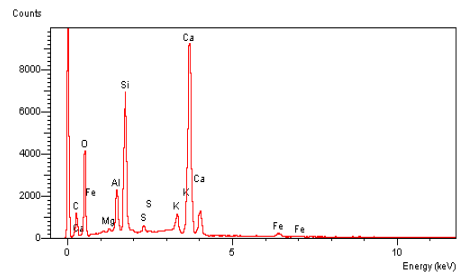
รูปที่ 6 ผลการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำที่ระดับความลึกต่าง ๆ

การเจาะเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำมาทดสอบการถ่ายภาพขยายกำลังสูงโดยใช้เครื่อง SEM และการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค EDS โดยจะเจาะเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่ทาว์สดูกันซีเมนต์แบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลโลเซชัน ที่ระยะ 1 เมตร มีผลึกคริสตัลโลเซชัน และผลึกแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) เกิดขึ้นหนาแน่นกว่าตัวอย่างคอนกรีตควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 7

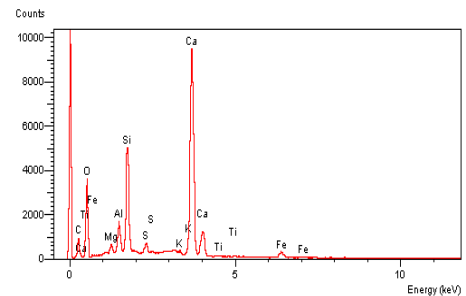


รูปที่ 7 ภาพถ่ายขยายกำลังสูง

(ก) Control (ข) Crystallization @ 1 m



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค (EDS)

(ก) Control (ข) Crystallization @ 1 m.

จากผลการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค EDS พบว่า คอนกรีตที่ทาว์สดูกันซีเมนต์แบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลโลเซชัน (Crystallization) ที่ระยะ 1 เมตร พบสารประกอบไทเทเนียม (Ti) ซึ่งเป็นสารประกอบโลหะทรานซิชันในปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ (วัสดุกันซึมแบบซีเมนต์ชนิดคริสตัลโลเซชันจัดอยู่ในรูปแบบพอลิเมอร์สังเคราะห์ชนิดหนึ่ง) (L. Mandelkern, 1964), (C. Michael, B.H.G. Zhang

and X. Jun, 2016, pp. 1-37), (P. Vanessa et al., 2016, pp. 3671-3679) แต่ในตัวอย่างคอนกรีตควบคุม (Control) ไม่พบสารประกอบไทเทเนียม (Ti) ดังแสดงในรูปที่ 8 จึงสามารถพิจารณาผลทดสอบได้ว่าตัวอย่างคอนกรีตที่ทาว์สดูกันซีเมนต์ชนิดคริสตัลไลเซชัน มีการสร้างผลึกคริสตัลไลเซชันขึ้นจริงในเนื้อคอนกรีต และมีผลที่สอดคล้องกับผลทดสอบความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก (UPV) ผลทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ และจากผลการทดสอบคุณสมบัติการเกิดชั้นผลึกคริสตัลไลเซชันในเนื้อโครงสร้างคอนกรีตของทาว์สดูกันซีเมนต์ชนิดคริสตัลไลเซชันนั้น

สรุปและอภิปรายผล

การทดสอบหาคุณสมบัติชั้นผลึกคริสตัลไลเซชันในเนื้อโครงสร้างคอนกรีตถึงระยะ 1 เมตร ผลมาจากการเกิดชั้นผลึกคริสตัลไลเซชันที่สร้างผลึกอุดปิดช่องว่างโพรงและรอยร้าวขนาดเล็กในเนื้อคอนกรีต จึงทำให้น้ำไม่สามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อตัวอย่างคอนกรีตผ่านทางช่องว่างโพรงและรอยร้าวได้ ซึ่งเป็นการเพิ่มความหนาแน่นในเนื้อตัวอย่างคอนกรีต ส่งผลให้มีปริมาณการดูดซึมน้ำต่ำไปด้วย และมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับการทดสอบหาค่าความหนาแน่นด้วยความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก (UPV) เมื่อการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิกมีความรวดเร็วในวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำต่ำเช่นกัน ซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นเพิ่มขึ้นในเนื้อตัวอย่างคอนกรีต และจากภาพถ่าย SEM และ EDS ของคอนกรีตที่ทาว์สดูกันซีเมนต์ชนิดคริสตัลไลเซชัน ที่ระยะ 1 เมตร มีการสร้างผลึกคริสตัลไลเซชัน และผลึกแคลเซียมซิลิเกตไฮดรอกไซด์ (CSH) เกิดขึ้นหนาแน่นกว่าตัวอย่างคอนกรีตควบคุม (Control)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท เพนตรอน (ไทยแลนด์) จำกัด และ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

References

- ASTM C597 – 16. *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete.*
- ASTM C642 – 13. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete.*
- C. Michael, B.H.G. Zhang and X. Jun. (2016). A Review on Polymer Crystallization Theories. *Crystals Journal.* 2016(7), pp. 1-37.
- D. Ludirdja, R.L. Berger and J.F. Young. (1989). Simple Method for Measuring Water Permeability of Concrete. *ACI Materials Journal*, 1989 (86), pp. 433-439.
- F.Q. Zhao, H. Li and S.J. Liu. (2011). Preparation and Properties of an Environment Friendly Polymer-Modified Waterproof Mortar. *Construction and Building Materials.* 2011 (25), pp. 2635-2638.
- L. Mandelkern. (1964). *Crystallization of Polymers*, New York : Mc Graw – Hill.
- M. Ernesto, G. Guillermo, R. Pedro and C. (2019). Control of Water Absorption in Concrete Materials by Modification With Hybrid Hydrophobic Silica Particles. *Construction and Building Materials.* 2019 (221), pp.210-218.

- N. Benthia and S. Mindess. (1989). Water Permeability of Cement Paste. *Cement and Concrete Research*, 1989 (19), pp. 727-736.
- P. Vanessa, C.B. Mirna, G. Rudy, F.B. Marie, M. Philippe and B. Samuel. (2016). Polymer-Derived Si-C-Ti Systems : From Titanium Nanoparticle-Filled Polycarbosilanes to Dense Monolithic Multi-Phase Components With High Hardness. *Journal of the European Ceramic Society*. 2016 (36), pp. 3671-3679.
- S. Mindess, J. F. Young and D. Darwin. (2002). *Concrete* (2nd ed). New Jersey : Pearson Education.
- U.M. Tarek and R. Nafiur. (2016). Effect of Types of Aggregate and Sand-to-Aggregate Volume Ratio on UPV in Concrete. *Construction and Building Materials*. 2016 (125), pp. 832-841.
- Z.M. Nasiru, K.M. Ali, Z.A.M. Majid and S. Arezou. (2015). Waterproof Performance of Concrete : A Critical Review on Implemented Approaches. *Construction and Building Materials*. 2015 (101), pp. 80-90.