การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาที่ใช้ไดอะตอมไมท์และเพอร์ไลท์เป็นวัสดุปอซโซลานและมวลรวมละเอียด

A PRELIMINARY STUDY ON PROPERTIES OF STRUCTURAL LIGHTWEIGHT CONCRETE USING DIATOMITE AND PERLITE AS POZZOLAN AND FINE AGGREGATE

เมธาวี ศรีวัฒนพงศ์ (Methawee Sriwattanapong)[1]

ธีรวัฒน์ สินศิริ (Theerawat Sinsiri)[2]

ปริญญา จินดาประเสริฐ (Prinya Chindaprasirt)[3]

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี sutcivil@hotmail.com

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี sinsiri@g.sut.ac.th

[3]ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น prinya@kku.ac.th

บทคัดย่อ : คอนกรีตทั่วไปมีหน่วยน้ำหนักค่อนข้างมากประมาณ 2,200 ถึง 2,600 kg/m^3 จึงทำให้ขนาดของโครงสร้างอาคารคอนกรีตมีขนาดใหญ่ วิธีการหนึ่งที่จะลดขนาดของโครงสร้างลงได้ คือ การทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักลดลง จึงมีแนวความคิดที่จะนำเอาไดอะตอมไมท์และเพอร์ไลท์ ซึ่งเป็นสารปอซโซลานธรรมชาติที่มีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ และความพรุนสูง มาปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตโครงสร้างให้มีน้ำหนักลดลง โดยการแทนที่ทรายและปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตในอัตราส่วนร้อยละ 0, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนักไม่เกิน 2,000 kg/m^3 และมีกำลังอัดที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้ในงานคอนกรีตโครงสร้างได้จริง ซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ส่งเสริมการประหยัดพลังงานโดยลดการใช้ปูนซีเมนต์และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน

ABSTRACT : Normal concrete has a heavy weight of around 2,200 and up to 2,600 kg/m^3 which causes the longer size of structural members. One method to decrease the size of the structural concrete members is to reduce the concretes weight. The main idea of this study is to use lightweight natural pozzolan such as diatomite and perlite in decreasing the weight of concrete by replacement of sand and cement in ratios of 0, 30, 40, and 50 percent by weight. The target of weight of the concrete should not to be exceed 2,000 kg/m^3. This type of concrete can be the effectively applied to real work , reducing the expenses in construction cost, save energy by decreasing the use of large amount of cement and decreasing quantity of carbon dioxide that causes the global warming effect.

KEYWORDS : Diatomite, Perlite, Pozzolan, Structural Lightweight Concrete

1. บทนำ

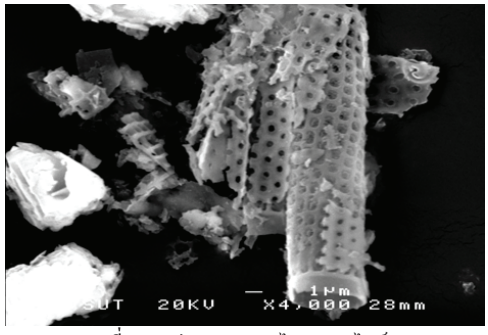
1.1ความสำคัญของปัญหา

คอนกรีตทั่วไปมีหน่วยน้ำหนักประมาณ 2,200 ถึง 2,600 kg/m^3 [1] หน่วยน้ำหนักที่ค่อนข้างมากเช่นนี้ทำให้ต้องออกแบบโครงสร้างให้มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะรองรับน้ำหนักบรรทุกคงที่ (dead load) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารสูง วิธีการหนึ่งที่จะลดขนาดของโครงสร้างลงได้คือการทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักลดลง ซึ่งปัจจุบันมีการปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตเพื่อให้มีหน่วยน้ำหนักน้อยลงและมีคุณสมบัติเหมาะสมสามารถใช้งานได้ทุกสภาพการใช้งานทั้งคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว เช่น ความสามารถในการลำเลียง ความสามารถในการเทได้ และกำลังอัด เป็นต้น จากงานวิจัยในอดีตได้มีการนำวัสดุผสมเพิ่มในกลุ่มสารปอซโซลาน (pozzolan) ทั้งในกลุ่มที่ได้จากขบวนการผลิต (artificial pozzolan) เช่น เถ้าลอย (fly ash) เถ้าแกลบ (rice husk ash) เถ้าก้นเตา (bottom ash) ตะกรันจากเตาถลุง (blast furnace slag) และซิลิกาฟูม (silica fume) และกลุ่มสารปอซโซลานธรรมชาติ (natural pozzolan) เช่น ดินขาวเผา (metakaolin) ไดอะตอมไมท์ (diatomite) และเพอร์ไลท์ (perlite) มาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต เช่น ลดน้ำหนักคอนกรีต ลดปฏิกิริยาอัลคาไล ลดปัญหาการเยิ้ม ลดการแยกตัว ลดการซึมผ่าน เพิ่มความทนทาน และเพิ่มกำลัง เป็นต้น

ในประเทศไทยยังมีการศึกษาวิจัยเรื่องการนำไดอะตอมไมท์และเพอร์ไลท์ มาใช้ในงานคอนกรีตค่อนข้างน้อย จึงมีแนวความคิดที่จะนำเอาไดอะตอมไมท์และเพอร์ไลท์ ที่มีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ ความพรุนสูง มาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตในด้านการลดน้ำหนัก

1.2ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไดอะตอมไมท์คือชื่อเรียกทางวิทยาแร่ของดินเบา (diatomaceous earth) หรือดินไดอะตอม คือ ดิน ซึ่งเกิดจากการทับถมของซากไดอะตอม ซึ่งเป็นพืชเซลล์เดียวขนาดเล็กมาก ตั้งแต่ 2 ถึง 2,000 ไมครอน มีผนังเป็นฝาซิลิกาประกบกัน ไดอะตอมพบได้ใน แหล่งน้ำทั่วโลกทั้งน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม มีอยู่ประมาณ 12,000 ถึง 16,000 ชนิด บางชนิดว่ายน้ำได้ แต่บางชนิดต้องอาศัยกระแสน้ำพัดพาไป เมื่อตายลงเปลือกที่เป็นซิลิกาจะตกตะกอนทับถมกันเป็นจำนวนมากจนเกิดเป็นแหล่งไดอะตอม ลักษณะของไดอะตอมไมท์ ดังแสดงในภาพที่ 1

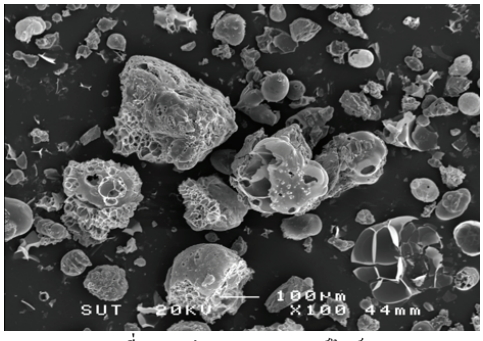


ภาพที่ 1 ภาพถ่าย SEM ของไดอะตอมไมท์ [2]

จากภาพถ่าย SEM ของไดอะตอมไมท์ ของ Pantawee และ Sinsiri [2] จะเห็นอนุภาคที่มีลักษณะทรงกระบอก ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (d_{50}) ประมาณ 32 μm มีโครงสร้างผนังเป็นตารางคล้ายรวงผึ้ง ขนาดของช่องประมาณ 1 μm มีพื้นที่ผิวที่สูงถึง 17,000 m^2/kg ซึ่งทำให้ไดอะตอมไมท์มีน้ำหนักเบาและมีความพรุนสูง

Pimraksa และ Chindaprasirt [3] ได้ศึกษาคุณสมบัติของไดอะตอมไมท์จากแหล่งลำปาง พบว่าไดอะตอมไมท์จากแหล่งลำปางมีคุณสมบัติในการเป็นสารปอซโซลาน เนื่องจากมีซิลิกาและอลูมินาสูง มีความพรุนสูง เช่นเดียวกับสารปอซโซลานธรรมชาติทั่วไป และพบว่าปริมาณออกไซด์หลัก SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 มีค่า 77.5, 14.6 และ 5.24% ตามลำดับ ซึ่งกล่าวได้ว่าไดอะตอมไมท์นี้จัดเป็นปอซโซลานธรรมชาติ Class N ตามการจำแนกตามมาตรฐาน ASTM C 618

หินเพอร์ไลท์ หมายถึง หินภูเขาไฟเนื้อแก้วและรวมทั้งสิ่งที่เกิดจากการขยายตัวของหินภูเขาไฟเนื้อแก้วเมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมในเวลาที่ไม่นานนักจะขยายตัวตั้งแต่ 4-20 เท่าของปริมาตรเดิม ทำให้เปลี่ยนสภาพเป็นสารที่มีน้ำหนักเบา มีความพรุนสูงและมีลักษณะคล้ายหินพูมิซ สารที่ได้จากการขยายตัวของหินภูเขาไฟเนื้อแก้วนี้ เรียกว่า เพอร์ไลท์ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพถ่าย SEM ของเพอร์ไลท์ [2]

ประพัตร์ กรังพานิชย์ [4] ได้ศึกษาถึงการนำกากแร่สังกะสีและเพอร์ไลท์มาผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบา โดยนำกากแร่สังกะสีและเพอร์ไลท์เป็นวัสดุผสมแทนทรายเพื่อลดน้ำหนักของคอนกรีต และได้ทำการศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติของเพอร์ไลท์ในด้านต่าง ๆ เช่น ศึกษาองค์ประกอบหลักทางเคมีของเพอร์ไลท์ โดยใช้วิธี X–Ray Fluorescence ซึ่งพบว่าองค์ประกอบหลักของเพอร์ไลท์ที่พบปริมาณสูง ได้แก่ SiO_2 ซึ่งพบในปริมาณร้อยละ 70.29 ส่วน Al_2O_3 และ K_2O พบในปริมาณร้อยละ 13.64 และ 5.73 ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบรอง (trace element) พบในปริมาณไม่มากนัก ได้แก่ P_2O_2, MgO และ CaO

Pantawee และ Sinsiri [2] ได้ทำการศึกษาการใช้เพอร์ไลท์ชนิดละเอียดในการเป็นวัสดุปอซโซลาน พบว่าเพอร์ไลท์ มีลักษณะไม่เป็นผลึก หรือมีรูปร่างอสัณฐาน เมื่อนำเพอร์ไลท์ผสมเพิ่ม 10% ทำให้ค่ากำลังอัดลดลง 17.92 และมีค่าเพิ่มสูงขึ้น 8.04 และ 15.89% ที่อายุการบ่ม 28, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ และได้แนะนำปริมาณในการใช้เพอร์ไลท์เป็นวัสดุปอซโซลาน โดยการผสมเพิ่ม 5 ถึง 15% คือค่าที่เหมาะสมที่สามารถทำให้กำลังอัดสูงสุด โดยมีค่า Strength Activity Index ที่อายุการบ่ม 28 วัน อยู่ในเกณฑ์กำหนด

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อเป็นการทดลองหาสัดส่วนผสมคอนกรีตโครงสร้างโดยใช้ไดอะตอมไมท์หรือเพอร์ไลท์เป็นส่วนผสม ให้ได้คอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนักไม่เกิน 2,000 kg/m^3 และมีกำลังอัดที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างจริงได้

3. ขอบเขตของการศึกษา

1) คอนกรีตควบคุมที่ใช้จะออกแบบส่วนผสมตามวิธีของสถาบันคอนกรีตอเมริกัน (ACI) ให้มีกำลังอัด 450 ksc และค่าการยุบตัว 8-10 เซนติเมตร

2) ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีตเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (ตรานกอินทรีย์)

3) มวลรวมละเอียดที่ใช้ผสมคอนกรีต ใช้ทรายแม่น้ำ

4) มวลรวมหยาบที่ใช้ผสมคอนกรีต ใช้หินปูนขนาดโตสุด 3/4 นิ้ว

5) น้ำที่ใช้ผสมและบ่มคอนกรีตใช้น้ำประปา

6) สารผสมเพิ่มใช้สารลดน้ำจำนวนมาก (superplasticizer)

7) ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

8) การผสมไดอะตอมไมท์ และเพอร์ไลท์ ลงในคอนกรีตทำโดยการแทนที่ทรายและปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 30 40 และ 50 โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 1 เพื่อให้ได้กำลังอัดของคอนกรีตเมื่อใช้ ไดอะตอมไมท์ และเพอร์ไลท์ เป็นส่วนผสม มีหน่วยน้ำหนักต่ำกว่า 2,000 kg/m^3 และมีกำลังอัดเหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้งาน

ตารางที่ 1 แสดงสัญลักษณ์ของแต่ละสัดส่วนผสม

Control Conc.	CSR
แทนที่ซีเมนต์ด้วยเพอร์ไลท์ 30%	SP30CR
แทนที่ซีเมนต์ด้วยเพอร์ไลท์ 40%	SP40CR
แทนที่ซีเมนต์ด้วยเพอร์ไลท์ 50%	SP50CR
แทนที่ทรายด้วยเพอร์ไลท์ 30%	CP30SR
แทนที่ทรายด้วยเพอร์ไลท์ 40%	CP40SR
แทนที่ทรายด้วยเพอร์ไลท์ 50%	CP50SR
แทนที่ซีเมนต์ด้วยไดอะตอมไมท์ 30%	SD30CR
แทนที่ซีเมนต์ด้วยไดอะตอมไมท์ 40%	SD40CR
แทนที่ซีเมนต์ด้วยไดอะตอมไมท์ 50%	SD50CR
แทนที่ทรายด้วยไดอะตอมไมท์ 30%	CD30SR
แทนที่ทรายด้วยไดอะตอมไมท์ 40%	CD40SR
แทนที่ทรายด้วยไดอะตอมไมท์ 50%	CD50SR

9) ใช้ตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 cm สูง 30 cm ตัวอย่างจะถูกถอดออกจากแบบเมื่ออายุ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่มในน้ำ และทดสอบที่อายุ 1, 7, 28 และ 60 วัน ทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C39 ทดสอบหาหน่วยน้ำหนักตามมาตรฐาน ASTM C642

4. ผลการศึกษา

4.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไดอะตอมไมท์และเพอร์ไลท์กับปูนซีเมนต์และทราย ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าไดอะตอมไมท์ และเพอร์ไลท์ มีความถ่วงจำเพาะและหน่วยน้ำหนักต่ำกว่าปูนซีเมนต์ และทราย โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.74 และ 0.18 เท่าของปูนซีเมนต์ และประมาณ 0.89และ 0.21 เท่าของทราย ตามลำดับ ไดอะตอมไมท์มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย Median Particle Size (d_{50}) เล็กกว่าปูนซีเมนต์ ประมาณ 0.36 เท่า ส่วนเพอร์ไลท์มีขนาดอนุภาค d_{50}

ใหญ่กว่าปูนซีเมนต์ ประมาณ 4.80 เท่า ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการลดน้ำหนักของคอนกรีตลงได้ เนื่องจากมีขนาดที่ใหญ่กว่าแต่มีความถ่วงจำเพาะที่น้อยกว่า มีน้ำหนักเบาและมีความพรุนสูง

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์ ไดอะตอมไมท์ และเพอร์ไลท์

	Cement Type 1	Diatomite	Expanded Perlite
Specific Gravity	3.15	2.34	0.56
Dry Unit Weight (kg/m^3)	1,450	537-769	168-205
Median Particle Size (μm)	16.20	5.82	77.80

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

ไดอะตอมไมท์ และเพอร์ไลท์ มีปริมาณสารประกอบหลัก SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3 ใกล้เคียงกัน ซึ่งจัดเป็นวัสดุปอซโซลานได้ทั้ง Class N ตามระบุในมาตรฐาน ASTM C618 (2001) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณสารประกอบหลักดังกล่าวต้องมีค่ามากกว่า 70% และมีค่า LOI ไม่มากกว่า 10 และค่า SO_3 ไม่มากกว่า 4% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของซีเมนต์ ไดอะตอมไมท์ และเพอร์ไลท์

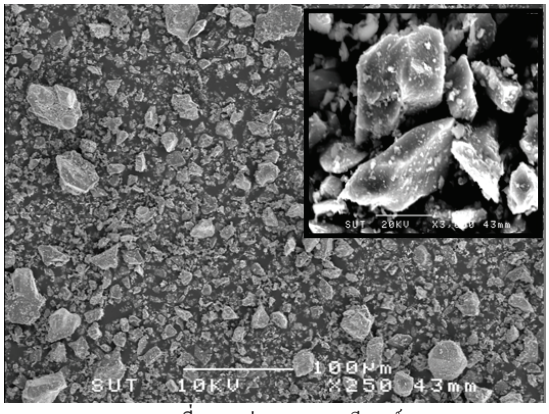
Chemical Composition (%)	Cement Type 1	Diatomite	Expanded Perlite
SiO_2	18.085	59.313	73.677
Al_2O_3	3.510	9.990	9.177
Fe_2O_3	3.047	18.499	2.747
CaO	67.457	1.213	1.724
K_2O	0.630	1.918	9.992
TiO_2	0.232	0.573	0.501
SO_3	3.299	159 ppm	158 ppm
Loss on Ignition (LOI)	3.15	8.11	1.02

4.3 ลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาค

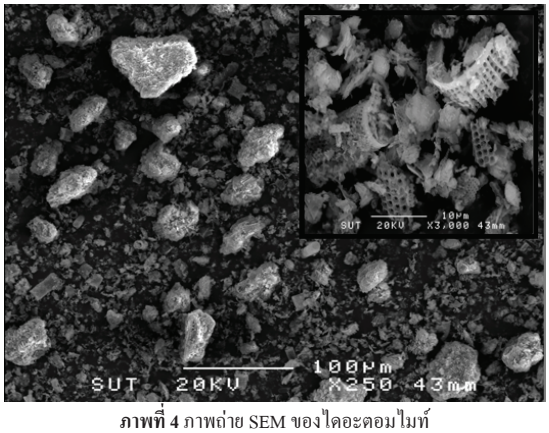
จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscope (SEM) พบว่าไดอะตอมไมท์ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการเผาหรือบด จะมีลักษณะอนุภาคเป็นแท่งทรงกระบอกกลวง มีผนังลักษณะเป็นโครงข่ายที่ค่อนข้างสมบูรณ์และเป็นระเบียบคล้ายรวงผึ้ง มีความพรุนสูง ขนาดอนุภาคประมาณ 5 ถึง 25 micron ดังแสดงในภาพที่ 4

ส่วนเพอร์ไลท์มีขนาดอนุภาคประมาณ 60 ถึง 300 micron จากภาพถ่าย SEM แสดงให้เห็นถึงลักษณะของเพอร์ไลท์ คือ มีลักษณะอนุภาคแบบกลวง เปราะ มีลักษณะเป็นโครงข่าย บางอนุภาคมีลักษณะคล้ายเปลือกไข่ และมีความพรุนสูงเนื่องจากผ่านกระบวนการเผาเพื่อให้เกิดการขยายตัว

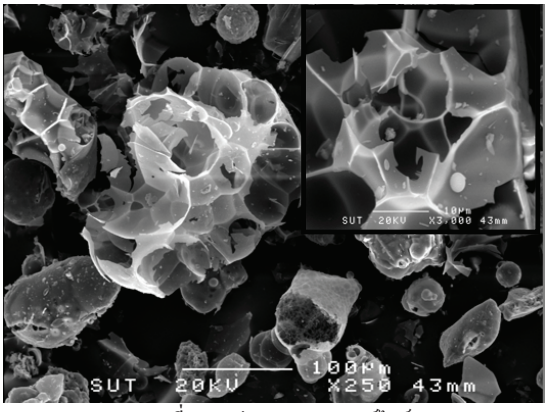
อนุภาคของปูนซีเมนต์มีลักษณะอนุภาคแบบมีเหลี่ยมคม มีความหนาแน่นสูง ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะอนุภาคของ Natural Pozzolan ทั้งสองชนิด แสดงให้เห็นว่าเมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผสมในคอนกรีตจะสามารถทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักที่ลงเบาได้ แต่เนื่องจากสารปอซโซลานทั้งสองชนิดมีความพรุนสูงจะทำให้มีความต้องการปริมาณน้ำในส่วนผสมเพิ่มขึ้น จึงส่งผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตด้วย



ภาพที่ 3 ภาพถ่าย SEM ของซีเมนต์



ภาพที่ 4 ภาพถ่าย SEM ของไดอะตอมไมท์

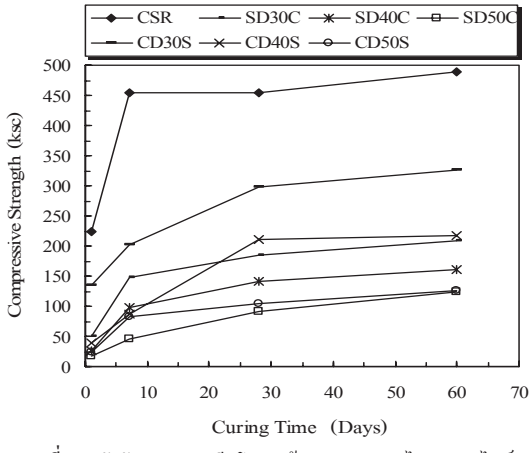


ภาพที่ 5 ภาพถ่าย SEM ของเพอร์ไลท์

4.4 กำลังอัด (compressive strength)

4.4.1 การแทนที่ด้วยไดอะตอมไมท์

จากภาพที่ 6 พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาที่ใช้ไดอะตอมไมท์เป็นสารปอซโซลานธรรมชาติ ประเภทสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่มโดยการแทนที่ทรายที่อายุการบ่ม 1 และ 7 วัน มีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ทรายที่เพิ่มขึ้น ค่ากำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาที่ใช้ไดอะตอมไมท์แทนที่ทราย 30% มีค่าสูงที่สุด 298 และ 326 ksc ซึ่งมีค่าลดลง34.51 และ 33.33% และเมื่อใช้ไดอะตอมไมท์แทนที่ทราย 50% มีค่าน้อยที่สุด 105 และ 127 ksc ซึ่งมีค่าลดลง 76.92 และ 74.03% ของคอนกรีตควบคุม ที่อายุการบ่ม 28 และ 60 วัน ตามลำดับ และการพัฒนากำลังอัดมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามอายุการบ่มคล้ายกับคอนกรีตควบคุม



ภาพที่ 6 กำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาผสมไดอะตอมไมท์

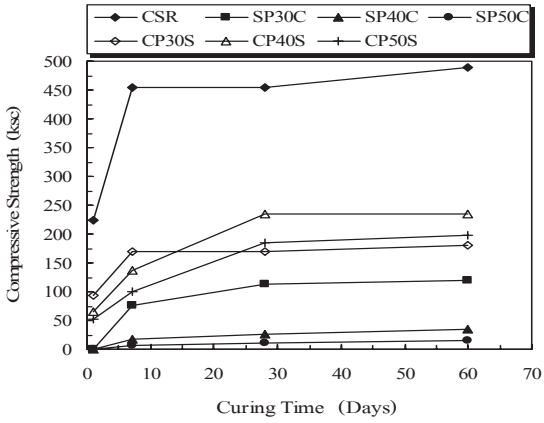
ค่ากำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาที่ใช้ไดอะตอมไมท์เป็นสารปอซโซลานธรรมชาติ ประเภทสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่มโดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ มีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น ค่ากำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาที่ใช้ไดอะตอมไมท์แทนที่ปูนซีเมนต์ 30% มีค่าสูงที่สุด 184 และ 217 ksc ซึ่งมีค่าลดลง 59.56 และ 55.62% และเมื่อใช้ไดอะตอมไมท์แทนที่ปูนซีเมนต์ 50% มีค่าน้อยที่สุด 92 และ 123 ksc ซึ่งมีค่าลดลง 79.78 และ 74.85% ของคอนกรีตควบคุมที่อายุการบ่ม 28 และ 60 วัน ตามลำดับ และการพัฒนากำลังอัดมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามอายุการบ่มคล้ายกับคอนกรีตควบคุม

4.4.2 การแทนที่ด้วยเพอร์ไลท์

จากภาพที่ 7 พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้เพอร์ไลท์เป็นสารปอซโซลานธรรมชาติ ประเภทสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม โดยการแทนที่ทรายมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ทรายที่เพิ่มขึ้น ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้เพอร์ไลท์แทนที่ทราย 40% ที่อายุการบ่ม 28 และ 60 วัน มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่ากำลังอัดสูงที่สุด 234 และ 235 ksc ซึ่งมีค่าลดลง 48.57 และ 51.94% ตามลำดับ แต่ที่การแทนที่ทรายด้วยเพอร์ไลท์ 30% หลังจากอายุ 7 วัน มีการพัฒนากำลังอัดน้อยมาก และมีค่ากำลังอัดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เพอร์ไลท์แทนที่ทราย 40 และ 50% โดยมีค่ากำลังอัดประมาณ 170, 170 และ 181 ksc ซึ่งต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม 62.64, 62.64 และ 62.99% ที่อายุการบ่ม 7, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการแทนที่ทรายด้วยเพอร์ไลท์ 30% นี้ มีการพัฒนากำลังอัดในช่วงแรกที่ค่อนข้างรวดเร็ว แต่การพัฒนากำลังอัดภายหลังอายุ 7 วัน มีค่าน้อยมาก ซึ่งคล้ายกับคอนกรีตควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณซิลิกาฟูมที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้การพัฒนากำลังอัดในช่วงแรกสูง

ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้เพอร์ไลท์เป็นสารปอซโซลานธรรมชาติประเภทสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่มโดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ มีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น การพัฒนากำลังอัดก็มีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามอายุการบ่มคล้ายกับคอนกรีตควบคุม ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้เพอร์ไลท์ แทนที่ปูนซีเมนต์ 30% มีค่ากำลังอัดสูงที่สุด 114 และ 120 ksc มีค่าลดลง 74.95 และ 75.46% และเมื่อใช้เพอร์ไลท์แทนที่ปูนซีเมนต์ 50% มีค่ากำลังอัดน้อยที่สุด 11 และ 15 ksc มีค่าลดลง 97.58 และ 96.93% ของคอนกรีตควบคุม ที่อายุการบ่ม 28 และ 60 วัน

ตามลำดับ ซึ่งเป็นสาเหตุเนื่องมาจากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเพอร์ไลท์ในปริมาณที่มากเกินไป



ภาพที่ 7 กำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาผสมเพอร์ไลท์

4.5 หน่วยน้ำหนัก (unit weight)

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบา ที่อายุ 28 วัน ที่ใช้เพอร์ไลท์แทนที่ในส่วนผสมทั้งโดยการแทนที่ทรายและปูนซีเมนต์มีค่าต่ำกว่าการใช้ไดอะตอมไมท์ เนื่องจากเพอร์ไลท์มีความพรุนมากกว่า และมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าไดอะตอมไมท์ ค่าหน่วยน้ำหนักที่มีค่าต่ำสุดที่เปอร์เซ็นต์การแทนที่ทรายด้วยเพอร์ไลท์ 50% มีค่าหน่วยน้ำหนัก 1741 kg/m^3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตที่แทนที่ทรายด้วยไดอะตอมไมท์ 13.56% ที่เปอร์เซ็นต์การแทนที่เท่ากัน และมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม 23.20% ส่วนการแทนที่ซีเมนต์ด้วยเพอร์ไลท์ มีค่าหน่วยน้ำหนักต่ำที่สุดที่ปริมาณการแทนที่ 50% เช่นกัน แต่ค่ากำลังอัดมีค่าต่ำมาก เนื่องจากใช้ปริมาณการแทนที่ที่มากเกินไป

ตารางที่ 4 หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ไดอะตอมไมท์และเพอร์ไลท์ในส่วนผสม ที่อายุการบ่ม 28 วัน

CSR	SP30C	SP40C	SP50C	CP30S	CP40S	CP50S
2267	1848	1817	1618	1980	1832	1741

CSR	SD30C	SD40C	SD50C	CD30S	CD40S	CD50S
2267	2176	2060	2075	2211	2055	2014

5. สรุปผลการศึกษา

1) กำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาที่ใช้เพอร์ไลท์แทนที่ทราย 40% มีค่ากำลังอัดสูงที่สุด โดยมีค่ากำลังอัด 234 ksc และมีค่าหน่วยน้ำหนัก 1832 kg/m^3 ที่อายุการบ่ม 28 วัน

2) กำลังอัดของคอนกรีตโครงสร้างมวลเบาที่ใช้ไดอะตอมไมท์แทนที่ทราย 30% มีค่ากำลังอัดสูงที่สุด โดยมีค่ากำลังอัด 298 ksc และมีค่าหน่วยน้ำหนัก 2211 kg/m^3 ที่อายุการบ่ม 28 วัน

3) การแทนที่ด้วยเพอร์ไลท์ได้คอนกรีตมวลเบาโครงสร้างที่มีหน่วยน้ำหนักที่ต่ำกว่าการแทนที่ด้วยไดอะตอมไมท์ เนื่องจากเพอร์ไลท์มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่า มีความพรุนมากกว่าไดอะตอมไมท์

4) ทั้งการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยไดอะตอมไมท์และเพอร์ไลท์ในทุกอัตราส่วนมีค่ากำลังอัดต่ำมากเนื่องจากปริมาณการแทนที่ที่มากเกินไป

5) ทั้งการแทนที่ทรายด้วยไดอะตอมไมท์และเพอร์ไลท์สามารถลดหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตได้ และได้กำลังอัดที่เหมาะสม ซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) บริษัทปูนซีเมนต์นครหลวงจำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และสุดท้ายขอขอบคุณคุณศักดิ์สิทธิ์ พันทวี คุณกิตติ สุคำภา และคุณเทิดศักดิ์ แก้วเมืองน้อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมาผู้ช่วยวิจัย

7. บรรณานุกรม

[1] จบริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, 2548, ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม.

[2] Pantawee S. and Sinsiri T. (2008). The Use of Natural Pozzolans in Lightweight Concrete. *The 3rd ACF International Conference-ACF/VCA 2008.*

[3] Pimraksa K. and Chindaprasirt P. (2008). Lightweight Bricks Made of Diatomaceous Earth, Lime and Gypsum. *Ceramics International. CERI-2954; No of Pages 8.*

[4] ประพัตร์ กรังพานิชย์, 2540, การนำกากแร่สังกะสีและวัสดุพรุนเบาเพอร์ไลท์มาผลิตเป็นคอนกรีตเบา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.