

นายคำภี จิตชัยภูมิ นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา นักศึกษาในการดูแลของ ผศ.ดร. ชีรวัฒน์ สิ้นศิริ ได้รับรางวัลการประกวดสิ่งประดิษฐ์ชนะเลิศอันดับที่ 1 รุ่นนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ประเภท Hardware ในโครงการประกวดสิ่งประดิษฐ์ครั้งที่ 4 ประจำปี 2552 จากกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์สมเด็จพระรัตนราชสุตาฯ สยามบรมราชกุมารี และเกียรติบัตรจากมหาวิทยาลัยฯ ในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในวันที่ 18-19 สิงหาคม 2552 ณ อาคารสุรพัฒน์ 2 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในผลงานที่ชื่อว่า “ชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบCLC ขนาดเล็ก”

## ใบสรุปสาระสำคัญ (executive summary) การนำเสนอโครงการ

### 1. ชื่อและที่อยู่

นายคำภี จิตชัยภูมิ ที่อยู่ 112 หมู่ 1 ตำบลโคกสูง อำเภอหนองกี่ จังหวัดบุรีรัมย์ 31210 เบอร์โทรศัพท์ 085 492 2456 e-mail address : khampheej@yahoo.com

### 2. ชื่อหน่วยงาน

สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 3. ชื่อผลงาน

ชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC ขนาดเล็ก

### 4. แนวความคิด

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอนกรีตได้ก้าวหน้าไปมาก ทำให้มีการนำคอนกรีตมวลเบามาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคอนกรีตมวลเบา มีคุณสมบัติต่างจากคอนกรีตทั่วไปหลายประการ ในอุตสาหกรรมก่อสร้างเทคโนโลยีคอนกรีตมวลเบาจากประเทศยุโรปได้เริ่มแผ่ขยายเข้ามายังประเทศไทยในราวต้นปี พ.ศ. 2538 ซึ่งเป็นคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าประเภทบอ์น้ำแรงดันสูงที่เรียกว่าออโตเคลป (Autoclaved Aerated Concrete หรือ AAC) และในปี พ.ศ. 2547 เทคโนโลยีคอนกรีตมวลเบาประเภทเซลลูล่าคอนกรีต (Cellular Lightweight Concrete) ก็ได้แผ่ตามมา

โฟมคอนกรีต (foam concrete) หรือเซลลูล่าคอนกรีต (cellular concrete) คือซีเมนต์เพสต์หรือมอร์ต้าชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยฟองอากาศ (air bubble) บางครั้งเรียกว่า เซลลูล่า (cellular) มีขนาดเล็กไม่ต่อเนื่องกัน (disconnected) ฟองอากาศเหล่านี้อาจเรียกว่าเซลล์อากาศ (air cell) ถูกผสมลงในคอนกรีตเพื่อให้มีน้ำหนักเบา ในอุตสาหกรรมทั่วไปอาจแบ่งชนิดของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าออกเป็น 2 ประเภทตามวิธีการผลิตดังนี้

1) วิธี A ได้จากการผสมสารลดแรงตึงผิว (surfactant) หรือสารเพิ่มฟอง (foaming agent) ลงบนซีเมนต์เพสต์หรือมอร์ต้าในสภาพที่สดอยู่ เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วฟองอากาศเหล่านั้นจะกลายเป็นช่องว่างอากาศ (air

void) ที่มีขนาดเล็กใกล้เคียงกันอยู่เป็นจำนวนมาก จึงมักนิยมเรียกว่า Cellular Lightweight Concrete มีชื่อย่อว่า CLC

2) วิธี B เป็นคอนกรีตอัดอากาศอบไอน้ำ (Autoclaved Aerated Concrete) มีชื่อย่อว่า AAC ประกอบด้วย ปูนขาว ทราย ปูนซีเมนต์ วัสดุปอซโซลานและสารผสมเพิ่มเพื่อการขยายตัว (expansion agent) คอนกรีตชนิดนี้ผ่านการบ่มในเตาหนึ่งภายใต้ไอน้ำแรงดันสูง (high-pressured-steam) ที่เรียกว่าอโตเคลป (autoclave) ส่งผลให้เกิดโครงสร้างระดับไมโครที่เรียกว่าทูเบอร์โมไรท์ (tobermorite) ทำให้โครงสร้างซีเมนต์เพสต์มีความแข็งแรง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าที่ความหนาแน่นเท่ากันคอนกรีตที่ผลิตโดยวิธี AAC นี้จึงมีกำลังสูงกว่าวิธี CLC

เนื่องจากโพรงของคอนกรีตมวลเบาเซลล์ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นโพรงปิด (closed pores) อยู่เป็นจำนวนมากจึงทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติลดการซึมผ่านของเสียง ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) ต่ำกว่าคอนกรีตทั่วไป ตลอดจนมีคุณสมบัติในการดูดซึม (absorption) น้ำที่ต่ำถึงแม้ว่าโพรงนั้นจะมีขนาดใหญ่ก็ตาม จึงทำให้เซลล์คอนกรีตถูกนำไปประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เช่น ใช้เป็นวัสดุกันเสียง (sound barriers) ผนังกันไฟ วัสดุมโครงสร้าง แผ่นผนังอาคาร (building panel) พื้นทางน้ำหนักเบา (lightweight base) หรือวัสดุมที่ในงานธรณีวิทยา (geotechnical fill) เป็นต้น คอนกรีตมวลเบาระบบเซลล์ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 900 กก/ม<sup>3</sup> นั้น ในการนำไปใช้งานโดยการใช้เลื่อยตัด การตอกตะปู การฝังน๊อต และการเจาะรูสามารถทำได้ง่าย

หากนำข้อดีข้อเสียของคอนกรีตมวลเบาทั้ง 2 ระบบ มาเปรียบเทียบกันในการใช้เป็นผนังบล็อกจะเห็นว่าคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC มีข้อดีมากกว่าระบบ AAC ดังตารางข้างล่าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าจะเน้นจุดแข็งในด้านใด แต่ถ้าหากมุ่งเน้นที่ความประหยัดในเรื่องต้นทุนและขั้นตอนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญ จะเห็นได้ว่าระบบ CLC น่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าระบบ AAC เพราะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า

#### ตารางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างคอนกรีตมวลเบาแบบ AAC และ CLC ในการใช้เป็นผนังบล็อก

	ระบบ AAC	ระบบ CLC
ข้อดี	น้ำหนักเบา แข็งแรงกว่า CLC ที่ความหนาแน่นเท่ากัน	การดูดซึมน้ำต่ำ ใช้ปูนก่อ ปูนฉาบ ชนิดธรรมดา ต้นทุนการผลิตต่ำ ขั้นตอนการผลิตง่าย
ข้อเสีย	การดูดซึมน้ำสูง ใช้ปูนก่อ ปูนฉาบ ชนิดพิเศษ ต้นทุนการผลิตสูง ขั้นตอนการผลิตยุ่งยาก	น้ำหนักมาก ไม่แข็งแรงเท่า AAC ที่ความหนาแน่นเท่ากัน

อย่างไรก็ตามตลาดคอนกรีตมวลเบาในปัจจุบันมีการแข่งขันกันสูงมากไม่ว่าจะเป็นระบบ CLC หรือระบบ AAC ผู้ประกอบการต่างใช้กลยุทธ์ด้านการตลาดต่าง ๆ นานา โดยเป้าหมายตลาดลูกค้าส่วนใหญ่อยู่ในระดับกลางถึงระดับบนหรือตลาดลูกค้าที่นิยมใช้อิฐมวลเบาอยู่ ส่วนตลาดระดับล่างหรือตลาดลูกค้าที่ใช้คอนกรีตบล็อกยังไม่ได้รับความสนใจเนื่องจากราคายังสูงอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อก ดังนั้นหากมีการพัฒนาชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบระบบ CLC ขนาดเล็กเป็นต้นแบบนำร่องขึ้น โดยสามารถลดต้นทุนการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูโลสที่ผสมสารเพิ่มฟองให้มีราคาใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกในปัจจุบันได้ น่าจะเป็นแนวทางให้ผู้บริโภคหรือตลาดระดับล่างมีโอกาสได้ใช้คอนกรีตมวลเบาที่มีคุณสมบัติเหมือนในท้องตลาดแต่ราคาไม่แพง

## 5. หลักการทำงาน

หลักการทำงานของการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบระบบ CLC เริ่มต้นจากการผสมปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำสะอาดตามสัดส่วนผสมที่ออกแบบไว้ จากนั้นนำสารเพิ่มฟองเจือจางกับน้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 : 40 เทลงในเครื่องสร้างฟองที่ต่อเข้ากับปั๊มลมโดยปรับให้มีความดัน 6 kg/cm<sup>2</sup> จากนั้นฉีดฟองจากเครื่องสร้างฟองในปริมาณที่ออกแบบไว้ลงบนปูนทรายที่กำลังผสมอยู่ และทำการผสมต่อไปจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทคอนกรีตมวลเบาลงบนแบบหล่อที่เตรียมไว้ เมื่อคอนกรีตมีอายุ 1 วัน จึงแกะแบบออกแล้วบ่มโดยใช้พลาสติกใสคลุมไว้จนกว่าจะนำไปใช้งาน ชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบระบบ CLC ขนาดเล็กนั้นประกอบด้วยเครื่องมือและวัสดุที่จำเป็นดังนี้

- 1) ปั๊มลม ใช้สำหรับอัดอากาศโดยต่อใช้งานร่วมกับเครื่องสร้างฟอง
- 2) เครื่องสร้างฟอง ใช้สำหรับสร้างฟองอากาศโดยการใส่สารเพิ่มฟองที่เจือจางน้ำเติมเข้าไป
- 3) เครื่องผสมคอนกรีต ใช้สำหรับผสมคอนกรีตเพื่อให้ส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากัน
- 4) แบบหล่อคอนกรีต ใช้สำหรับหล่อคอนกรีตเพื่อให้มีรูปทรงตามต้องการ
- 5) สารเพิ่มฟองที่ผลิตขึ้นเอง

## 6. วิธีการประดิษฐ์

ชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบระบบ CLC ขนาดเล็ก ประดิษฐ์มาจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นซึ่งสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป ได้แก่ ปั๊มลม เครื่องผสมคอนกรีต และแบบหล่อคอนกรีต มีเพียงแต่เครื่องสร้างฟองที่ต้องทำขึ้นเองเพราะมีวัสดุประสงค์หลักเพื่อต้องการให้มีขนาดเล็ก การใช้งานที่คล่องตัว เคลื่อนย้ายสะดวก สามารถใช้งานในห้องทดลองหรือภาคสนามได้ โดยตัวถังทำจากวัสดุเหล็กเหนียวปลอดภัยนิ่มทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 10 kg/cm<sup>2</sup> ตำแหน่งด้านบนสุดของถังมีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดฟองพร้อมวาล์วเปิดปิด นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ อีกที่ทำจากวัสดุปลอดภัยได้แก่ สายยางทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 120 kg/cm<sup>2</sup> ขนาด 5/16 นิ้ว วาล์วป้องกันแรงดันเกิน วาล์วระบายลม วาล์วสำหรับเติมน้ำ และรูระบายน้ำที่กั้นถัง ซึ่งเครื่องสร้างฟองมีวิธีการประดิษฐ์ดังนี้

- 1) ประกอบตัวถังแรงดันทรงแคปซูล ขนาดถึงเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว สูง 60 เซนติเมตร
- 2) ติดตั้งอุปกรณ์ปรับแรงดัน (regulator) พร้อมวาล์ว ขนาด ¼ นิ้ว
- 3) ติดตั้งอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดฟองพร้อมวาล์วเปิดปิด ขนาด ¼ นิ้ว

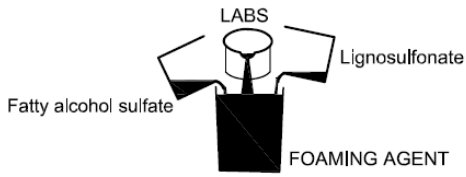
- 4) ติดตั้งวาล์วสำหรับเติมน้ำ ขนาด ½ นิ้ว
- 5) ติดตั้งอุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบด้วย สายยางทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 120 kg/cm<sup>2</sup> ขนาด 5/16 นิ้ว วาล์วป้องกันแรงดันเกิน วาล์วระบายลม วาล์วสำหรับเติมน้ำ และรูระบายน้ำที่กันถัง ขนาด ¼ นิ้ว

สารเพิ่มฟองที่ผลิตขึ้นเอง ทำจากสารลดแรงตึงผิว Linear alkylbenzene sulfonate (LABS) ปริมาณ 5 % Fatty alcohol sulfate ปริมาณ 20 % ซึ่งทั้งคู่เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ ลิกโนซัลโฟเนตปริมาณ 1 % และ สารรักษาสภาพ Sodium benzoate ปริมาณ 0.1 % ผสมกับน้ำสะอาด สารเหล่านี้เมื่อผสมกันแล้วจะบรรจุลงในภาชนะปิดที่มิดชิด

## 7. ประโยชน์ในการใช้งาน

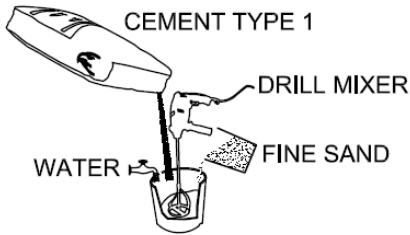
ใช้สำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูโลสขนาดเล็ก โดยสามารถประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ คอนกรีตทนไฟ คอนกรีตเทพื้นหน้า แผ่นพื้นมวลเบา คอนกรีตบล็อกมวลเบา ผนังคอนกรีตมวลเบา รูปปั้นงานศิลป์ เป็นต้น

### 8. ภาพสเกตซ์ผลงาน (ถ้ามี)



#### FOAMING AGENT PROCESS

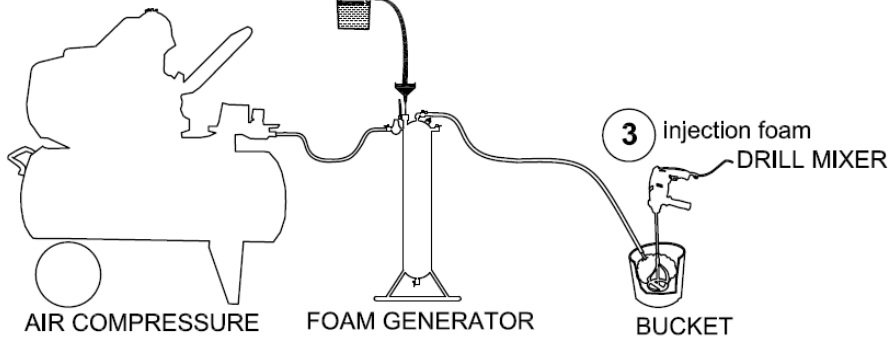
1 mortar or paste



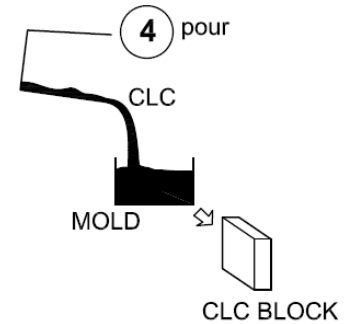
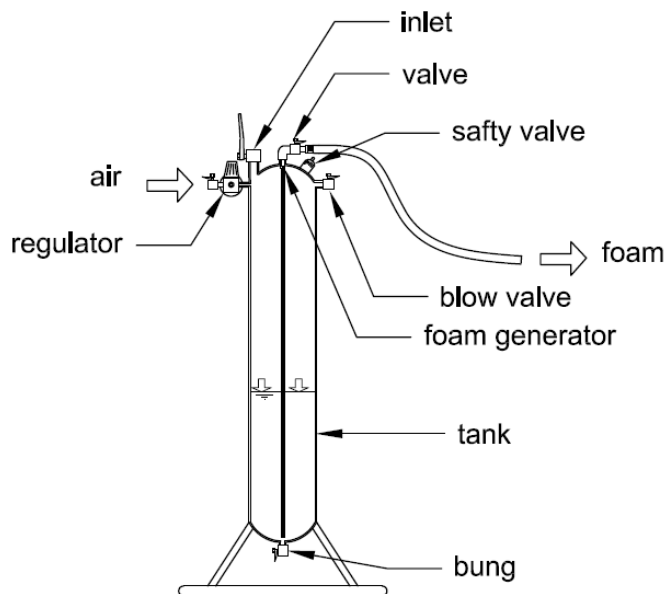
2 delute foaming agent



3 injection foam  
DRILL MIXER



#### CLC PROCESS



#### FOAM GENERATOR DETAIL

ภาพชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC ขนาดเล็ก



โครงการประกวดสิ่งประดิษฐ์ ครั้งที่ 4  
SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## ชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC ขนาดเล็ก

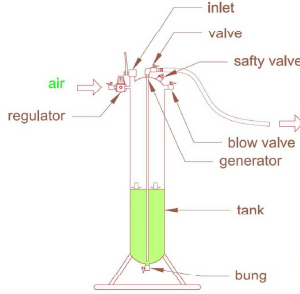
Portable Set for Cellular Lightweight Concrete



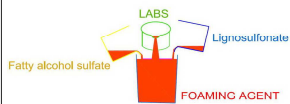
### แนวคิด

คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า (cellular lightweight concrete) คือมอร์ตาร์ชนิดหนึ่งประกอบด้วยฟองอากาศหรือเซลลูล่าขนาดเล็กที่ไม่ต่อเนื่องกัน (closed cell) ฟองอากาศเหล่านี้อาจเรียกว่าเซลล์อากาศ ถูกผสมลงในคอนกรีตเพื่อให้มีน้ำหนักเบาที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ 500 ถึง 1600 kg/m<sup>3</sup> คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) ระบบ AAC ทำจาก ปูนขาว ทราย ปูนซีเมนต์ วัสดุปอชโซลาน และผงอลูมิเนียม ผ่านการรมไอน้ำแรงดันสูง 2) ระบบ CLC ทำจาก สารเติมฟอง ปูนซีเมนต์ วัสดุปอชโซลานและทราย

ชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC ขนาดเล็ก ใช้งานง่ายสามารถเคลื่อนย้ายสะดวก เหมาะสำหรับใช้ในชุมชนเพื่อผลิตหรือจำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่ทำขึ้นเองได้



FOAM GENERATOR DETAIL



FOAMING AGENT PROCESS



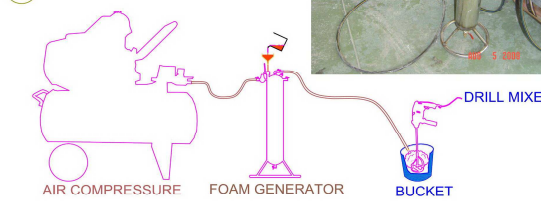
### ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของชนิดต่าง ๆ

คุณสมบัติ	อิฐมอญ	AAC	CLC
ความหนาแน่นวัสดุ (kg/m <sup>3</sup> )	1400 - 1800	600 - 800	700 - 900
จำนวนก้อน /m <sup>2</sup>	135 - 145	8.33	8.33
น้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อน (kg)	0.4	6.2	7.7
น้ำหนักแห้งก่อ (kg/m <sup>2</sup> )	130	45 - 60	55 - 70
น้ำหนักแห้งรวม (kg/m <sup>2</sup> )	180	85 - 100	95 - 110
กำลังรับแรงอัด (kg/cm <sup>2</sup> )	25 - 40	30 - 40	25 - 35
การดูดซึมน้ำ (%)	40 %	30 - 40 %	15 - 25 %
ค่าการนำความร้อน (w/m K)	1.15	0.12 - 0.14	0.15 - 0.17
อัตราการทนไฟ (ชม)	1 - 2	4	4
ขนาดอิฐ สขยท (cm)	3.5x15x6.5	20x60x7.5	20x60x7.5

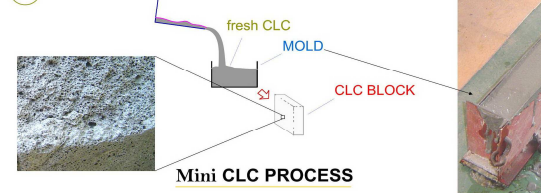
- 1) mortar or paste
- 2) delute foaming agent



- 3) injection foam & mix



- 4) pour

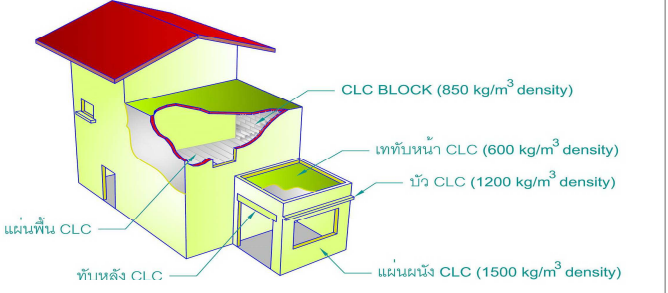


Mini CLC PROCESS

### วิธีการประดิษฐ์

1) ชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC ขนาดเล็ก ทำจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นซึ่งสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป ได้แก่ ปูนลม เครื่องผสมคอนกรีต และแบบหล่อคอนกรีต มีเพียงแค่เครื่องสร้างฟองที่ต้องทำขึ้นเองเพราะมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อต้องการให้มีขนาดเล็ก การใช้งานที่คล่องตัวเคลื่อนย้ายสะดวกสามารถใช้งานในห้องทดลองหรือภาคสนามได้ โดยตัวถังทำจากเหล็กปลอดสนิมทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 10 kg/cm<sup>2</sup> ตำแหน่งด้านบนสุดของถังมีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดฟองพร้อมวาล์วเปิดปิด นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ทำจากวัสดุปลอดสนิมได้แก่ สายขงทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 120kg/cm<sup>2</sup> ขนาด 5/16 นิ้ว วาล์วป้องกันแรงดันเกิน วาล์วระบายลม วาล์วสำหรับเติมน้ำ และวาล์วระบายน้ำที่กันถึง

2) สารเติมฟองที่ผลิตขึ้นเอง ทำจากสารลดแรงดึงผิวชนิดประจุลบ



### ตัวอย่างการใช้คอนกรีตมวลเบา CLC กับอาคาร

### ประโยชน์

ใช้สำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าขนาดเล็ก โดยสามารถประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ คอนกรีตทนไฟ คอนกรีตฝ้าเพดาน ฝ้าผนังมวลเบา คอนกรีตบล็อกมวลเบา ผนังคอนกรีตมวลเบา รูปปั้นงานศิลปะ เป็นต้น

### หลักการทํางาน

การผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC เริ่มต้นจากการผสมปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำสะอาดตามสัดส่วนผสมที่ออกแบบไว้ จากนั้นนำสารเติมฟองเจือจางกับน้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 : 40 เติลงเครื่องสร้างฟองที่ต่อเข้ากับปั๊มลมโดยปรับให้มีความดัน 6 kg/cm<sup>2</sup> จากนั้นฉีดฟองจากเครื่องสร้างฟองในปริมาณที่ออกแบบไว้ลงบนปูนทรายที่กำลังผสมอยู่ และทำการผสมต่อไปจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทคอนกรีตมวลเบาลงบนแบบหล่อที่เตรียมไว้ เมื่อคอนกรีตมีอายุ 1 วัน จึงแกะแบบออกแล้วบ่มโดยใช้พลาสติกใสคลุมไว้จนกว่าจะนำไปใช้งาน ชุดผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC ขนาดเล็กนั้นประกอบด้วยเครื่องมือและวัสดุที่จำเป็นดังนี้

- 1) ปั๊มลม ใช้สำหรับอัดอากาศโดยต่อใช้งานร่วมกับเครื่องสร้างฟอง
- 2) เครื่องสร้างฟอง ใช้สำหรับสร้างฟองอากาศโดยการใส่สารเติมฟองที่เจือจางน้ำเติมเข้าไป
- 3) เครื่องผสมคอนกรีต ใช้สำหรับผสมคอนกรีตเพื่อให้ส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากัน
- 4) แบบหล่อคอนกรีต ใช้สำหรับหล่อคอนกรีตเพื่อให้มีรูปร่างตามต้องการ
- 5) สารเติมฟองที่ผลิตขึ้นเอง

### นำเสนอโดย

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1. นายคำภี จิตชัยภูมิ          | นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 2. ผศ.ดร. ชีรวัฒน์ สนิทศิริ    | อาจารย์ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี   |
| 3. ศ.ดร. ปรีชญญา จินดาประเสริฐ | อาจารย์ที่ปรึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น  |