

# CEMENT

Manop Kaewmoracharoen, Ph.D.

# Cement

- CE 215 – Structural Materials and Testing
- อ.มานพ แก้วโมราเจริญ (Manop Kaewmorachoen, Ph.D.)
- ภาคการศึกษา 2/2554
- ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- อนุญาตให้คัดลอก ทำซ้ำ แก้ไขตามเงื่อนไขครีเอทีฟคอมมอนส์ (cc-by-sa)
- เอกสารการสอนเผยแพร่ที่ <http://civil.eng.cmu.ac.th/lecture-notes>

# ซีเมนต์

- ประวัติ
- การผลิต
- ส่วนประกอบ
- คุณสมบัติ
- ประเภท
- การเก็บรักษา และข้อควรระวัง



# ซีเมนต์

- cement
- Portland cement
- clinker
- kiln
- paste
- lime stone
- grind
- mortar
- powder

# ประวัติ

- มาเคโดเนีย + โรมัน
- ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม
  - ▣ James Parker
  - ▣ Louis Vicat
  - ▣ John Smeaton
  - ▣ Joseph Aspdin



A.D. 1824 . . . . . N° 5022.

Artificial Stone.

ASPDIN'S SPECIFICATION.

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME, I, JOSEPH ASPDIN, of Leeds, in the County of York, Bricklayer, send greeting.

WHEREAS His present most Excellent Majesty King George the Fourth, by His Letters Patent under the Great Seal of Great Britain, bearing date at Westminster, the Twenty-first day of October, in the fifth year of His reign, did, for Himself, His heirs and successors, give and grant unto me, the said Joseph Aspdin, His especial licence, that I, the said Joseph Aspdin, my exors, adfiors, and assigns, or such others as I, the said Joseph Aspdin, my exors, adfiors, and assigns, should at any time agree with, and no others, from time to time and at all times during the term of years therein expressed, should and lawfully might make, use, exercise, and vend, within England, Wales, and the Town of Berwick-upon-Tweed, my Invention of "AN IMPROVEMENT IN THE MODES OF PRODUCING AN ARTIFICIAL STONE;" in which said Letters Patent there is contained a proviso obliging me, the said Joseph Aspdin, by an instrument in writing under my hand and seal, particularly to describe and ascertain the nature of my said Invention, and in what manner the same is to be performed, and to cause the same to be inrolled in His Majesty's High Court of Chancery within two calendar months next and immediately after the date of the said in part recited Letters Patent (as in and by the same), reference being thereunto had, will more fully and at large appear.

NOW KNOW YE, that in compliance with the said proviso, I, the said Joseph Aspdin, do hereby declare the nature of my said Invention, and the manner in which the same is to be performed, are particularly described and ascertained in the following description thereof (that is to say):—

# ประวัติ

## □ Joseph Aspdin

### ■ Portland cement

- วัสดุประสาน
- การเผาหินปูนกับดินเหนียว
- ลวดลายคล้ายหินพอร์ตแลนด์ ที่พบบนเกาะ  
พอร์ตแลนด์ ที่ประเทศอังกฤษ



A.D. 1824 . . . . . N° 5022.

Artificial Stone.

ASPDIN'S SPECIFICATION.

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME, I, JOSEPH ASPDIN, of Leeds, in the County of York, Bricklayer, send greeting.

WHEREAS His present most Excellent Majesty King George the Fourth, by His Letters Patent under the Great Seal of Great Britain, bearing date at  
5 Westminster, the Twenty-first day of October, in the fifth year of His reign, did, for Himself, His heirs and successors, give and grant unto me, the said Joseph Aspdin, His especial licence, that I, the said Joseph Aspdin, my exors, adfiors, and assigns, or such others as I, the said Joseph Aspdin, my exors, adfiors, and assigns, should at any time agree with, and no others, from time  
10 to time and at all times during the term of years therein expressed, should and lawfully might make, use, exercise, and vend, within England, Wales, and the Town of Berwick-upon-Tweed, my Invention of "AN IMPROVEMENT  
IN THE MODES OF PRODUCING AN ARTIFICIAL STONE;" in which said Letters Patent there is contained a proviso obliging me, the said Joseph Aspdin, by an instru-  
15 ment in writing under my hand and seal, particularly to describe and ascertain the nature of my said Invention, and in what manner the same is to be performed, and to cause the same to be inrolled in His Majesty's High Court of Chancery within two calendar months next and immediately after the date of the said in part recited Letters Patent (as in and by the same), reference  
20 being thereunto had, will more fully and at large appear.

NOW KNOW YE, that in compliance with the said proviso, I, the said Joseph Aspdin, do hereby declare the nature of my said Invention, and the manner in which the same is to be performed, are particularly described and ascertained in the following description thereof (that is to say):—

# ประเภท

- hydraulic cement

  - ▣ Portland cement

- Non-hydraulic cement

  - ▣ Lime, plaster

การผลิต



# การผลิต

วัตถุดิบ



วัตถุดิบที่ผสม

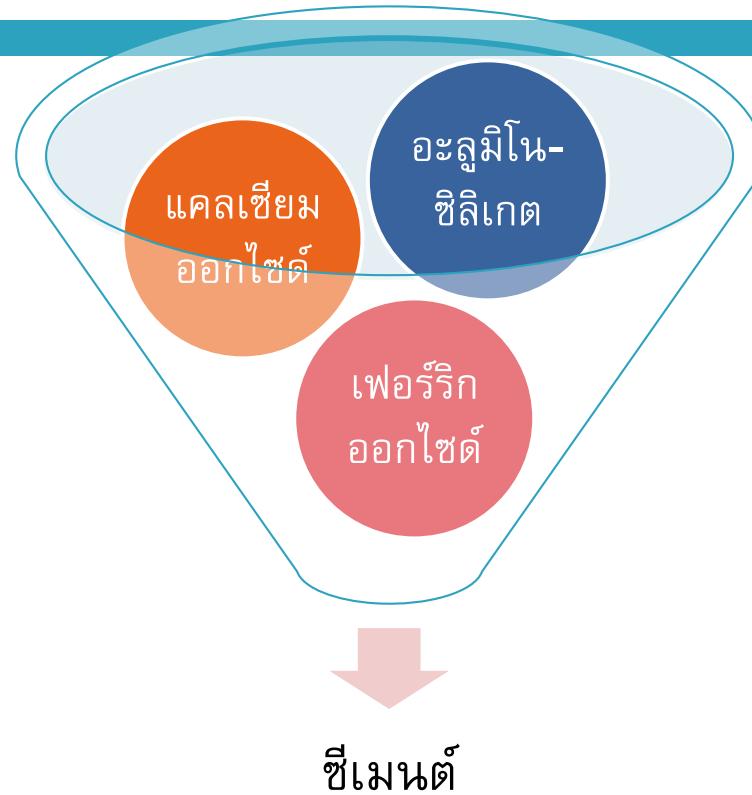


คลิงเกอร์



ซีเมนต์

# การผลิต



# การผลิต

## □ ส่วนประกอบหลัก

□ แคลเซียมออกไซด์ – หินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต  $\text{CaCO}_3$ )

□ อะลูมิโน-ซิลิเกต – ดินเหนียว หรือ ดินดาน

□ เพอร์ริกออกไซด์ – แร่เหล็ก หรือ คีลาแลง

## □ ส่วนประกอบรอง

□ ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ( $\text{SO}_3$ ), ไทเทเนียมไดออกไซด์ ( $\text{TiO}_2$ ), ฯลฯ

# การผลิต

- กรรมวิธีการผลิต
  - แบบแห้ง (dry process) – วัสดุจะมาในรูปผง (powder)
  - แบบเปียก (wet process) – วัสดุจะมาในรูปน้ำเลน (slurry)

# การผลิต

วัตถุดิบ



วัตถุดิบที่ผสม



คลิงเกอร์



ซีเมนต์

# การผลิต

- เตาเผาซีเมนต์ (cement kiln)
  - เเผา 1,400-1,500 °c
  - ได้คลิงเกอร์
  - ทิ้งไว้ให้เย็น



ที่มา: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cement\\_kiln](http://en.wikipedia.org/wiki/Cement_kiln)

# การผลิต

- ปูนเม็ด (clinker)
  - ผ่านการเผา
  - ขนาด 3-25 มม.



ที่มา: [http://en.wikipedia.org/wiki/Clinker\\_\(cement\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Clinker_(cement))

# การผลิต

- **โม่บดซีเมนต์ (cement mill)**
  - ▣ บดให้ละเอียด
  - ▣ เติมแคลเซียมซัลเฟต (ยิปซัม) เพื่อ  
หน่วงการแข็งตัว
  - ▣ นอกจากนี้ เติมวัตถุดิบอื่น เพื่อเพิ่ม  
ประสิทธิภาพ เช่น ถ้ำลอย ซิลิกาฟูม  
 ฯลฯ



ที่มา: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cement\\_mill](http://en.wikipedia.org/wiki/Cement_mill)



# การผลิต

- ส่งซีเมนต์ไปใช้งาน
  - ▣ บรรจุลงถุง ส่งจำหน่าย
  - ▣ บรรจุใส่เป็นผงไปที่ก่อสร้าง

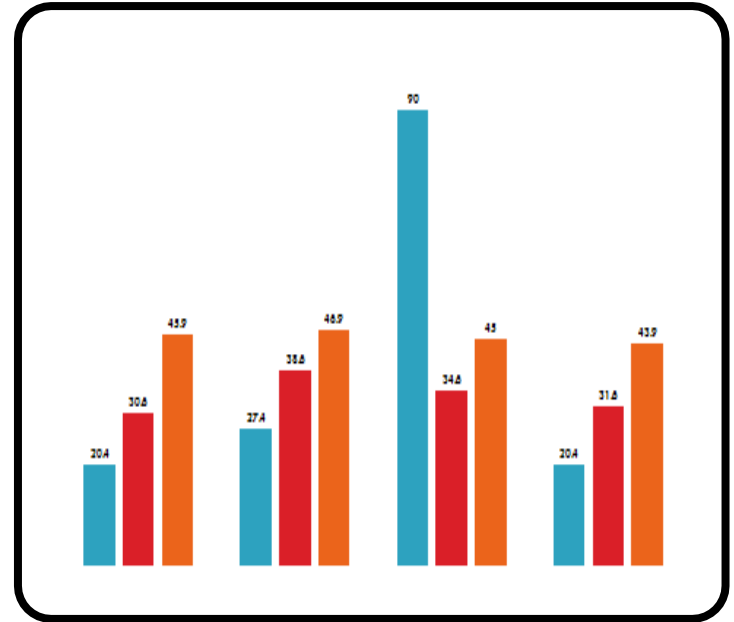
# ขั้นตอนการผลิตซีเมนต์

โรงงานซีเมนต์ในฝรั่งเศส (Lafarge)

<http://www.youtube.com/watch?v=jlom24zXsJk>

Discovery Channel (How it's made)

<http://www.youtube.com/watch?v=n-Pr1KTVSXo>



# ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

# ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

## ASTM C150

- Type I – ซีเมนต์ทั่วไป
  - Type II – ซีเมนต์ดัดแปลง
  - Type III – ซีเมนต์ให้กำลังสูงเร็ว
  - Type IV – ซีเมนต์เกิดความร้อนต่ำ
  - Type V - ซีเมนต์ทนซัลเฟตสูง
- 
- ในประเทศไทยใช้ตาม มอก. 15 (เล่ม 1-2547) อ้างอิงตาม ASTM C150

## European EN-197

- I Portland cement
- II Portland-composite cement
- III Blastfurnace cement
- IV Pozzolanic cement
- V Composite cement

# แบรนด์ปูนซีเมนต์ในประเทศไทย



บริษัท	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5
ปูนซีเมนต์ไทย	ปูนตราช้าง		ปูนตราช้าง		
ทีพีไอ โพลีน	ปูนที่พีไอ (สีแดง)		ปูนที่พีไอ (สีดำ)		ปูนที่พีไอ (สีฟ้า)
เอเชียซีเมนต์	บัวภูเขา บัวพญานาค		พญานาคแดง		ปลาฉลาม
ปูนซีเมนต์ นครหลวง	อินทรีเพชร		อินทรีดำ		อินทรีฟ้า
ภูมิใจไทยซีเมนต์	ราชสีห์แดง		ราชสีห์น้ำเงิน		
ซีเมนต์	ลูกโลกน้ำเงิน				

# ปูนซีเมนต์ประเภทอื่น

- ปูนซีเมนต์ผสม — งานฉาบ ก่อ
- ปูนซีเมนต์ขาว — งานตบแต่ง งานสถาปัตยกรรม
- ฯลฯ

# มาตรฐานปูนซีเมนต์ในประเทศไทย

- มอก. 15 – ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ [ล่าสุด มอก. 15 เล่ม 1-2547]
- มอก. 80 – ปูนซีเมนต์ผสม [ล่าสุด มอก. 80-2550]

# ส่วนประกอบทางเคมี



# ส่วนประกอบทางเคมี

ชื่อสารประกอบ	ส่วนประกอบทางเคมี	ชื่อย่อ	%
ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium Silicate)	3 CaO . SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	35-55%
ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium Silicate)	2 CaO . SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	15-35%
ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต (Tricalcium Aluminate)	2 CaO . Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	7-15%
เตตราแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ (Tetracalcium Aluminoferrite)	4 CaO . Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	5-10%

# ส่วนประกอบทางเคมีของคลิงเกอร์

- สามารถคำนวณหาปริมาณของส่วนประกอบแต่ละตัวโดยสูตรของ **Bogue**
  - $C_3S = 4.0710CaO - 7.6024SiO_2 - 1.4297Fe_2O_3 - 6.7187Al_2O_3$
  - $C_2S = 8.6024SiO_2 + 1.0785Fe_2O_3 + 5.0683Al_2O_3 - 3.0710CaO$
  - $C_3A = 2.6504Al_2O_3 - 1.6920Fe_2O_3$
  - $C_4AF = 3.0432Fe_2O_3$
  
- ดูได้ที่หนังสือคอนกรีตเทคโนโลยี ของ **CPAC** หน้า 11-12

# การก่อตัวและการแข็งตัว

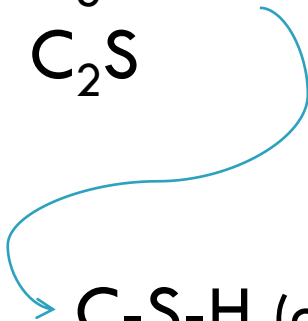
- ระยะเวลาพัก (dormant period)
- ระยะเวลาก่อตัว (setting period)
- ระยะเวลาแข็งตัว (hardening period)

# ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์

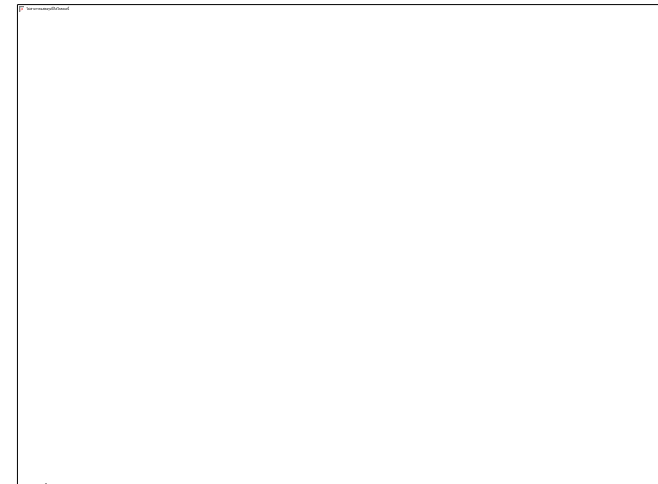


$\text{C}_3\text{S}$

$\text{C}_2\text{S}$



$\text{C-S-H}$  (calcium-silicon-hydrate)



# ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์

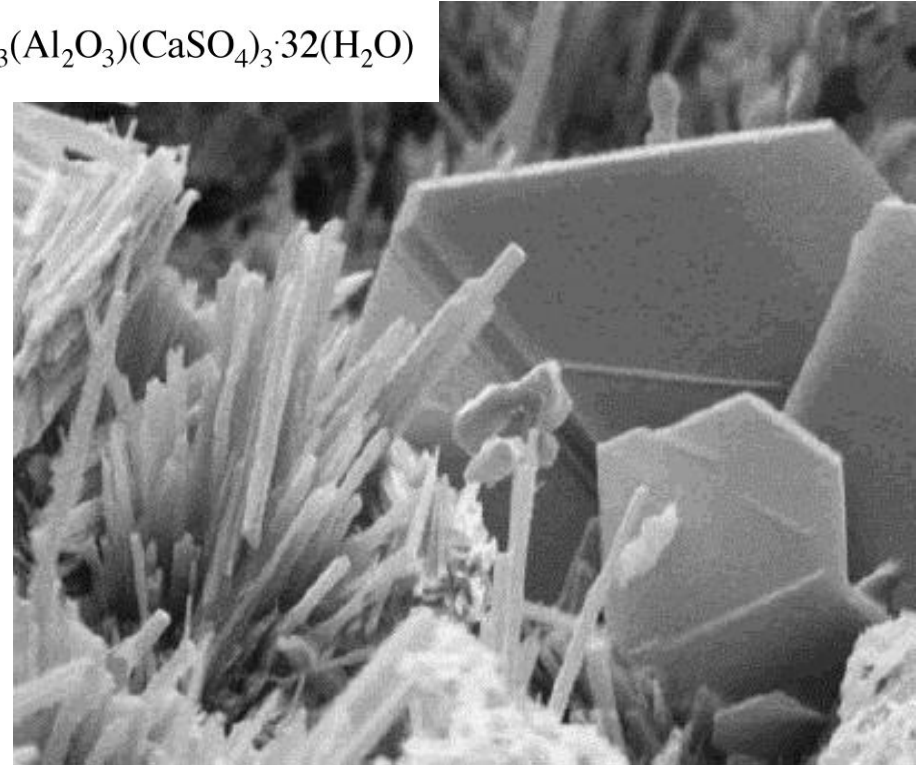


ในภาพ

แคลเซียมไฮดรอกไซด์  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  + เอตตริงไกต์  
(ettringite)  $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$

ที่มา

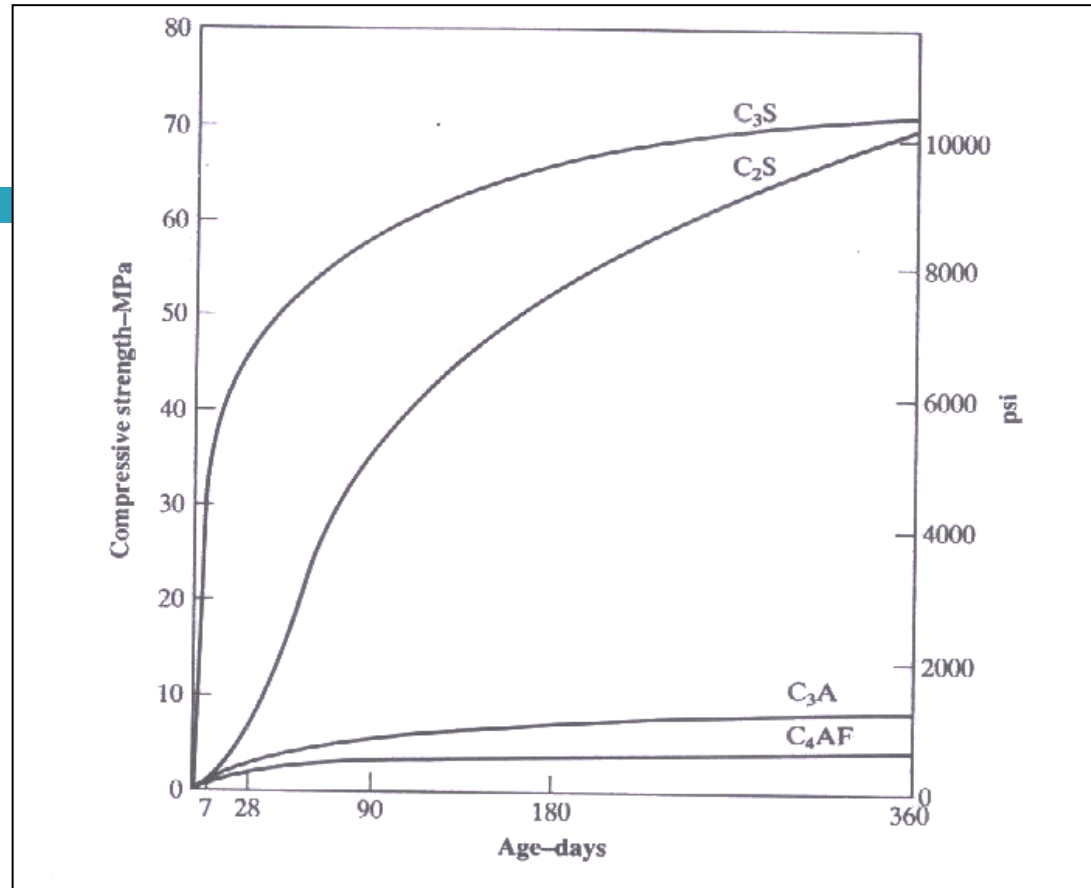
<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/pccp/04150/chapt14.cfm>



# ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์

1. อายุของเพสต์
2. องค์ประกอบของซีเมนต์
3. ความละเอียดของซีเมนต์
4. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์
5. อุณหภูมิ
6. น้ำยาผสมคอนกรีต

# การพัฒนากำลังอัด



# คุณสมบัติหลักของสารประกอบในซีเมนต์

คุณสมบัติ	$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$
1- อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน	เร็ว (ชั่วโมง)	ช้า (วัน)	ทันที	เร็วมาก (นาที)
2- ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน (J/g)	500	250	850	420
3- กำลังอัดประลัย	สูง	ค่อนข้างสูง	ต่ำ	ต่ำ



# คุณสมบัติทางฟิสิกส์

- ความหนาแน่น (density)
- ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)
- ความละเอียด (fineness)
- กำลังอัด (compressive strength)

# คุณสมบัติ แบ่งตามประเภท

- < หนังสือคอนกรีตเทคโนโลยี ของ CPAC หน้า 20-22 >

# การเก็บรักษา

- ควรเก็บในโรงเก็บที่มิดชิดป้องกันการถูกน้ำและความชื้น
- ไม่ควรเก็บปูนไว้นานเกินกว่า 3 เดือน
- ปูนที่ฉีกถุงแล้วควรใช้ให้หมดในทันทีหรือเก็บในถุงพลาสติกให้มิดชิด

# ข้อควรระวัง

- ❑ ไม่ควรสัมผัสกับปูนซีเมนต์โดยตรง
- ❑ หลีกเลี่ยงการหายใจเอาผงปูนซีเมนต์เข้าไป
- ❑ สวมหน้ากากกรองฝุ่น และถุงมือที่ได้มาตรฐานทุกครั้ง
- ❑ หากปูนซีเมนต์เข้าตาให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง แล้วรีบพบแพทย์
- ❑ หากมีอาการผิดปกติ เช่น การแพ้ระคายเคืองที่ผิวหนัง ปวดแสบ ปวดร้อน บริเวณที่สัมผัสปูนซีเมนต์ ให้รีบพบแพทย์

# อ้างอิง

- CPAC, คอนกรีตเทคโนโลยี, พิมพ์ครั้งที่ 16 ตุลาคม 2552.