# The compressive strength of the mortar when adding cement after setting

1 2, 3

[1,2,3] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
*Corresponding author; E-mail address: khampheej@yahoo.com

บทความนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการรับกำลังอัดของปอร์ตแลนด์มอร์ตาร์หล่อมาตรฐานขนาด 5 × 5 × 5 เซ็นติเมตร เปรียบกับเวลาปกติของมอร์ตาร์ โดยการเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์ภายหลังซีเมนต์เพสต์ก่อตัวแล้ว 45 นาที พบว่ากำลังอัดมอร์ตาร์ที่อายุ 28 วัน เมื่อเพิ่มซีเมนต์ 5 % โดยน้ำหนักมีการพัฒนากำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 27.92 % เมื่อเพิ่มซีเมนต์ 7 % โดยน้ำหนักให้กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 45.82 % และเมื่อเพิ่มซีเมนต์ 9 % โดยน้ำหนัก กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 38.67 % ซึ่งกำลังอัดของมอร์ตาร์มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการเพิ่มปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: มอร์ตาร์, กำลังรับแรงอัด, เติมปูนซีเมนต์

## Abstract

This paper is a comparative study of the compressive strength of ordinary Portland cement mortar, standard size of 5 × 5 × 5 cm. Compared to the normal setting time of the mortar by increasing the cement content after setting was 45 min. The testing results of the mortar at 28 days when adding 5 %, 7 %, and 9 % by weight of cement found that the compressive strength of the mortar reduced was 27.92 %, 45.82%, and 38.67 %, respectively. Which the compressive strength of mortar tends to decrease with increasing of the cement content added.

Keywords mortar, compressive strength, adding cement

ปัจจุบันงานก่อสร้างหรือต่อเติมอาคารส่วนใหญ่ มีการใช้มอร์ตาร์ (mortar) หรือปูนทรายเป็นส่วนประกอบของงาน เช่น งานฉาบ งานก่ออิฐ งานปูกระเบื้อง งานเทพื้นมอร์ตาร์ปรับระดับ รวมถึงคอนกรีตผสมเสร็จที่ไม่มีหินเป็นส่วนผสม งานปรับระดับพื้นที่ต้องการความหนาของผิวไม่เกิน 3 เซ็นติเมตร ในส่วนของ ปูนมอร์ตาร์งานฉาบและปูนมอร์ตาร์งานก่อ อาจแบ่งออกเป็นงานฉาบแบบทั่วไปและงานฉาบอิฐมวลเบา รวมไปถึงงานก่อผนังทั่วไปและงานก่ออิฐมวลเบา ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ปูนสำหรับอิฐมวลเบามีคุณสมบัติที่ยึดเกาะดีกว่าปูนฉาบและปูนก่อปกตินั่นเอง ดังนั้นความแข็งแรงของมอร์ตาร์จึงมีความสำคัญต่องานตกแต่ง ผนังและพื้น ในการศึกษาผลของการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (ordinary Portland cement) มาตรฐาน มอก.15-2547 และปูนซีเมนต์ผสมตามมาตรฐาน มอก.80-2550 [1] ถึงแม้ว่าการออกแบบไว้ตามมาตรฐาน วสท. กำหนด แต่ในการปฏิบัติงานนั้นอาจมีการคลาดเคลื่อนตามการใช้งาน เช่น การใช้มอร์ตาร์ในการปูกระเบื้อง ส่วนใหญ่จะผสมไว้ก่อนใช้งาน 1 - 2 ชั่วโมง เพื่อให้สะดวกต่อการปฏิบัติงานและเพื่อไม่เป็นการเสียเวลาในการผสมครั้งต่อไป หรืออาจมีการผสมไว้ครั้งละปริมาณมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสูญเสียกำลังของมอร์ตาร์ก่อนการก่อตัว (set) และระยะเวลาในการปฏิบัติงานที่ทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากเกินระยะเวลาการก่อตัว (setting time) ของคอนกรีต

ส่วนใหญ่ในงานก่อสร้างที่นำมอร์ตาร์มาใช้งาน พบว่ามีการใช้งานและระยะเวลาในการใช้งานที่ต่างกัน ดั้งนั้นงานที่ต้องการระยะเวลาค่อนข้างนาน จึงได้มีการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการหาค่าการก่อตัวหรือระยะเวลาที่ก่อตัวของมอร์ตาร์ (setting time) จากการศึกษาระยะเวลาก่อตัวตามมาตรฐาน วสท. อยู่ที่ประมาณ 35 - 45 นาที [2] ซึ่งอาจแปรผันตามอัตราการไหลแผ่ ถ้าหลังจากเวลาที่กำหนดอาจส่งผลให้กำลังของมอร์ตาร์ลดลงตามระยะเวลา โดยการเพิ่มซีเมนต์ในอัตราส่วน 5%, 7%, และ 9% ในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น เมื่อเติมซีเมนต์เพิ่มในระยะเวลาที่เกินการก่อตัว และได้ข้อสรุปในการทำวิจัยในครั้งนี้ เพื่อจะได้นำไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

## 2

- เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ตาร์ตามระยะเวลาที่กำหนดและไม่ผสมซีเมนต์เพิ่ม

- เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ตาร์เกินระยะเวลาที่กำหนด 45 นาที โดยมีการผสมซีเมนต์เพิ่มในปริมาณ 5 %, 7 %, และ 9% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์

## 3

### *3.1 วัสดุ*

ปัจจุบันจะมีการผลิตปูนมอร์ตาร์ในรูปแบบ “ปูนซีเมนต์สำเร็จรูป” คือ ปูนที่ผสมทรายและสารพิเศษในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งานต่าง ๆ ไว้แล้วในถุงสำเร็จรูป เมื่อจะนำมาใช้งานเพียงผสมกับน้ำสะอาดตามสัดส่วนที่กำหนดก็สามารถนำไปใช้งานได้ทันที ซึ่งมีทั้งปูนซีเมนต์สำเร็จรูปสำหรับงานก่อและงานฉาบ ปูนซีเมนต์สำเร็จรูปสำหรับงานซ่อมอเนกประสงค์ ปูนซีเมนต์สำเร็จรูปสำหรับงานเทปรับระดับพื้น หรือปูนซีเมนต์สำเร็จรูปสำหรับงานก่อสร้างอื่น ๆ ตามแต่ผู้ผลิต [3] ส่วนปูนก่อที่ผสมหน้างานนิยมใช้ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ 1 ส่วนกับทรายละเอียดหรือทรายละเอียดปานกลาง

3 ส่วน โดยการตวงผสมให้เข้ากันแล้วใส่น้ำให้มีความข้นเหลวพอเหมาะในการทำงานได้ ส่วนปูนฉาบนิยมใช้ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ทรายในอัตราส่วน 1 : 1 : 3 กับน้ำที่พอเหมาะในการฉาบครั้งแรก และ 1 : 2 : 6 และ 1 : 1 : 6 กับน้ำที่พอเหมาะในการฉาบครั้งที่ 2 หรือครั้งที่ 3 ตามลำดับ [4] โดยทั่วไปนิยมตวงปูนขาวและทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้วในอัตราส่วน 1 : 3 นำไปคลุกให้เข้ากันดี แล้วหมักน้ำไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมง การฉาบปูนควรฉาบอย่างน้อย 2 ชั้น ชั้นแรกควรฉาบทิ้งไว้ 1 วันแล้วจึงเริ่มฉาบชั้นที่ 2 โดยมีความหนาแต่ละชั้นไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร และรวม 2 ชั้นประมาณ 2.5 เซนติเมตรก่อนที่จะเริ่มลงมือฉาบ ต้องมีการเตรียมพื้นที่ผิวที่จะฉาบ โดยทำความสะอาดและทำให้ชุ่มน้ำพอสมควร เพื่อไม่ให้ดูดน้ำจากส่วนผสมเร็วเกินไป พื้นที่ผิวควรเป็นระนาบเดียวกัน ถ้าเป็นผิวคอนกรีตที่เรียบมากควรทำให้หยาบเสียก่อน เพื่อให้ปูนฉาบยึดติดได้ดีและก่อนฉาบครั้งที่ 2 หรือชั้นสุดท้าย ในกรณีนี้ควรทำผิวให้ชุ่มน้ำก่อนเช่นเดียวกัน และอาจต้องใช้น้ำพรมตลอดเวลาในการแต่งปูน เมื่อแต่งปูนเสร็จแล้วควรพรมน้ำต่อไป เพื่อเป็นการบ่มไม่ให้ปูนฉาบแห้งเร็ว ซึ่งจะทำให้ปูนฉาบมีความแข็งแรงทนทานไม่แตกร้าว [1-3]

*3.2 ปฏิภาคส่วนผสม*

ตารางที่ 1 แสดงปฏิภาคส่วนผสมของมอร์ตาร์ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 1 : 2.75 เพื่อนำไปหล่อเป็นแท่งทดสอบคุณสมบัติกำลังอัดประลัยของมอร์ตาร์หล่อตามมาตรฐาน BS 1881 Part 108 [5] เทียบกับระยะเวลาการก่อตัวภายหลัง 45 นาที

ปฏิภาคส่วนผสมมอร์ตาร์ต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร

| ประเภทปูนซีเมนต์ | ปูนซีเมนต์ (กิโลกรัม) | ทราย (กิโลกรัม) | น้ำ (ลิตร) | w/c |
|---|---|---|---|---|
| ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 | 500 | 1375 | 365 | 0.73 |
| ปูนซีเมนต์ผสม | 500 | 1375 | 330 | 0.66 |

*3.3 การทดสอบกำลังรับแรงอัด*

การทดสอบกำลังรับแรงอัด (compressive strength) ของแท่งตัวอย่าง ทำได้โดยนำแท่งทดสอบขนาด 5 × 5 × 5 เซนติเมตร (รูปที่ 1) มากดทดสอบเพื่อหาแรงด้วยเครื่องกด (รูปที่ 2) โดยมีอัตราการให้กำลังกดบนแท่งทดสอบอยู่ระหว่าง 0.1 – 0.3 MPa/วินาที กำลังรับแรงอัด คือ แรงกดสูงสุด (ประลัย) [6] หารด้วยพื้นที่หน้าตัดขวาง ดังสมการที่ 1

$$Compressive\ strength(MPa) = \frac{P}{A} \quad (1)$$

เมื่อ $P$ คือ แรงกดสูงสุด $(N)$, และ $A$ คือ พื้นที่หน้าตัดขวาง ($m^2$)



**1** แท่งตัวอย่างก่อนทำการทดสอบ



**2** การทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง

*4.1 คุณสมบัติของวัสดุ*

ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เท่ากับ 3.15 ส่วนผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของทราย พบว่าค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.65 ค่าความถ่วงจำเพาะรวมสภาพอบแห้งเท่ากับ 2.67 และหน่วยน้ำหนักแห้งแบบอัดแน่นเท่ากับ 1,647 kg/$m^3$

*4.2 การไหลแผ่ของมอร์ตาร์*

ผลการทดสอบการไหลแผ่ของมอร์ตาร์สำหรับปูนซีเมนต์ผสมใช้ปริมาณน้ำ 66 % ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และการทดสอบการไหลแผ่มอร์ตาร์สำหรับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ใช้ปริมาณน้ำ 73 % ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ พบว่าค่าอัตราการไหลแผ่เฉลี่ยประมาณ 116 ± 5 %

*4.3 กำลังรับแรงอัด*

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์หล่อมาตรฐาน BS 1881 [5] และผลการทดสอบกำลังของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสม Part 108 พบว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์หลังจากการก่อตัวของมอร์ตาร์ ให้กำลังอัดลดต่ำลงตามซีเมนต์ที่เพิ่มเข้าไป และเมื่อเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดมอร์ตาร์ระหว่างอายุบ่ม 7 วัน และ 28 วัน ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 พบว่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน สูงกว่าที่อายุบ่ม 7 วัน เท่ากับ 25 %, 50 %, และ 45 % สำหรับการเพิ่มซีเมนต์ 5 %, 7 %, และ 9 % ตามลำดับ

กำลังอัดของมอร์ตาร์ตามมาตรฐานปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

| อายุ (วัน) | พื้นที่หน้าตัด ($cm^2$) | กำลังอัดประลัย ($kg/cm^2$) |
|---|---|---|
| 7 | 25 | 204.10 |
| 28 | 25 | 230.51 |

กำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 อายุบ่ม 7 วัน

| อายุ (วัน) | เพิ่มซีเมนต์ (%) | กำลังอัดประลัย ($kg/cm^2$) | กำลังอัดที่ลดลง (%) |
|---|---|---|---|
| 7 | 5 | 143.70 | 42.8 |
| | 7 | 90.11 | 55.8 |
| | 9 | 80.32 | 60.6 |

**4** กำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 อายุบ่ม 28 วัน

| อายุ (วัน) | เพิ่มซีเมนต์ (%) | กำลังอัดประลัย ($kg/cm^2$) | กำลังอัดที่ลดลง (%) |
|---|---|---|---|
| 28 | 5 | 180.22 | 27.91 |
| | 7 | 135.37 | 41.3 |
| | 9 | 116.61 | 49.4 |

กำลังอัดของมอร์ตาร์ตามมาตรฐานปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสม

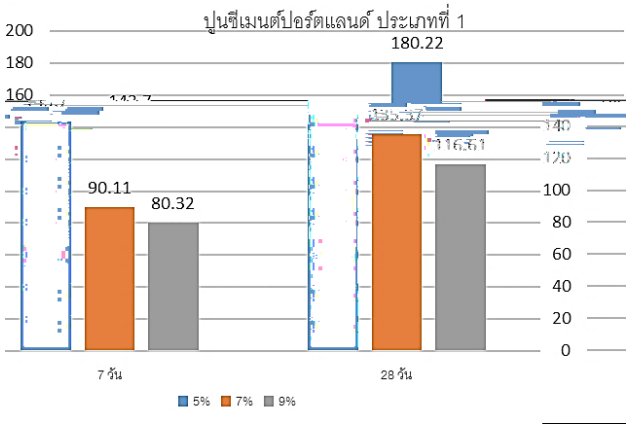
| อายุ (วัน) | กำลังอัดประลัย ($kg/cm^2$) |
|---|---|
| 7 | 111.36 |
| 28 | 137.07 |

กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ผสมที่อายุบ่ม 7 วัน

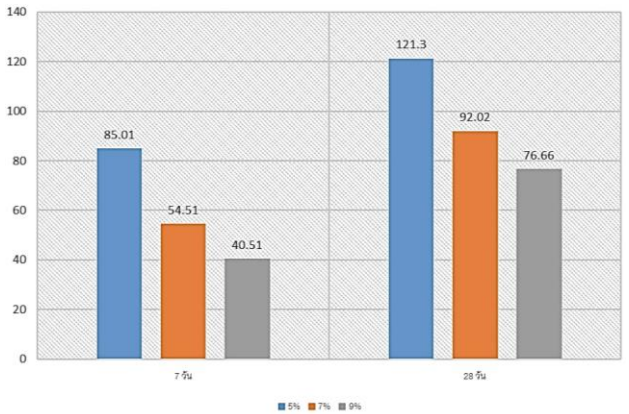
| อายุ (วัน) | เพิ่มซีเมนต์ (%) | กำลังอัดประลัย ($kg/cm^2$) | กำลังอัดที่ลดลง (%) |
|---|---|---|---|
| 7 | 5 | 85.01 | 31.99 |
| | 7 | 54.51 | 56.39 |
| | 9 | 40.77 | 67.38 |

กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ผสมที่อายุบ่ม 14 วัน

| อายุ (วัน) | เพิ่มซีเมนต์ (%) | กำลังอัดประลัย ($kg/cm^2$) | กำลังอัดที่ลดลง (%) |
|---|---|---|---|
| 28 | 5 | 121.30 | 3.20 |
| | 7 | 92.02 | 26.38 |
| | 9 | 76.66 | 38.67 |




**3** ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและการเพิ่มซีเมนต์ของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ที่อายุบ่ม 7 วัน และ 28 วัน




**4** ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและการเพิ่มซีเมนต์ของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ผสมที่อายุบ่ม 7 วัน และ 28 วัน

จากมาตรฐาน ASTM C 618 [8] กำหนดค่าดัชนีกำลังอัดของมอร์ตาร์ขนาด 5 x 5 x 5 เซ็นติเมตร ซึ่งจากการทดสอบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กำลังอัดของแท่งตัวอย่างที่ 28 วัน และเพิ่มซีเมนต์ที่ 5 % หลังเวลาการก่อตัว 45 นาที พบว่าการพัฒนาของกำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 27.92 % เพิ่มซีเมนต์ที่ 7 % กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 45.82 % และเพิ่มซีเมนต์ที่ 9 % กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 53.35 % ซึ่งกำลังอัดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น

จากการทดสอบปูนซีเมนต์ประเภทงานก่อฉาบ กำลังอัดของแท่งตัวอย่างที่ 28 วัน และเพิ่มซีเมนต์ที่ 5 % หลังการก่อตัว 45 นาที พบว่าการพัฒนาของกำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 3.20 % เมื่อเพิ่มซีเมนต์ที่ 7 % กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 26.38 % และเพิ่มซีเมนต์ที่ 9 % กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 38.67 % ซึ่งกำลังอัดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น

มอร์ตาร์หล่อตามมาตฐาน BS 1881:Part 108 [7] รูปทรงลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 เซ็นติเมตร ซึ่งจากการทดสอบปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กำลังอัดของแท่งตัวอย่างที่ 28 วัน และเพิ่มซีเมนต์ที่ 5% หลังการก่อตัว 45 นาที พบว่าการพัฒนาของกำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 27.91% เมื่อเพิ่มซีเมนต์ที่ 7% กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 41.3% และเพิ่มซีเมนต์ที่ 9% กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 49.4% ซึ่งกำลังอัดมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น

มอร์ตาร์หล่อตามมาตฐาน BS 1881:Part 108 [7] รูปทรงลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 เซ็นติเมตร ซึ่งจากการทดสอบปูนซีเมนต์ประเภทงานก่องานฉาบ กำลังอัดของแท่งตัวอย่างที่อายุบ่ม 28 วัน และเพิ่มซีเมนต์ที่ 5 % ภายหลังจากการก่อตัว 45 นาที พบว่าการพัฒนากำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 3.20 % เมื่อเพิ่มซีเมนต์ที่ 7 % กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 26.38 % และเมื่อเพิ่มซีเมนต์ 9 % กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง 38.67 % ซึ่งกำลังอัดมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานวิจัย

[1] ชัชวาล เศรษฐบุตร, *คอนกรีตเทคโนโลยี*, พิมพ์ครั้งที่ 3.: กรุงเทพฯ, บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุ ก่อสร้าง จำกัด , 2540

[2] วินิต ช่อวิเชียร, *คอนกรีตเทคโนโลยี*, พิมพ์ครั้งที่ 8: กรุงเทพฯ, คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย 2529. สำนักพิมพ์ป. สัมพันธ์พาณิชย์: กรุงเทพฯ, 2539.

[3] สมาคมคอนกรีตไทย (ส. ค. ท), *ปอซโซลานและคอนกรีต*, บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด.

[4] วิทยา เพียรวิจิตรและคณะ, *วัสดุก่อสร้าง*, พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ 2524.

[5] C. Manual of Concrete Practice Part 2. *Structural Design Structural Specifications Structural Analysis*. P. O. Box 4754, Redford Station Detroit, Michigan 48219, 1968.

[6] อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์, การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ (แบบทำลาย) สกายบุคส์: กรุงเทพฯ, 2538. มนัสอนุศิริ, ทฤษฎีและปฏิบัติการทดสอบวัสดุงานวิศวกรรมโยธา-กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2549

[7] Kong F. K. and Evan R. H. *Reinforced and Prestressed Concrete*. London: Chapman and Hall, 1987.

[8] ASTM C 618 (2003). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete, *Annual book of ASTM Standards*, Vol. 04.02