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

ณัฐพล ฐาตุจิรางค์กุล[1] คำภี จิตชัยภูมิ[2,*] และ นัฐวุฒิ ทิพย์โยธา[3]

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

บทคัดย่อ

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

1. บทนำ

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. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบกำลังอัดของมอร์ตาร์ตามระยะเวลาที่กำหนดและไม่ผสมซีเมนต์เพิ่ม

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

3. วิธีการศึกษา

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

ตารางที่ 1 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)

รูปที่ 1 แท่งตัวอย่างก่อนทำการทดสอบ

รูปที่ 2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง

4. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

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

ตารางที่ 2 กำลังอัดของมอร์ตาร์ตามมาตรฐานปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

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

ตารางที่ 3 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

ตารางที่ 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

ตารางที่ 5 กำลังอัดของมอร์ตาร์ตามมาตรฐานปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสม

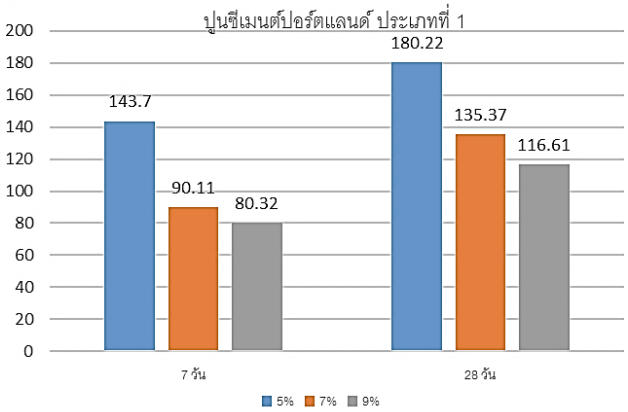
อายุ (วัน)	กำลังอัดประลัย (kg/cm^2)
7	111.36
28	137.07

ตารางที่ 6 กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ผสมที่อายุบ่ม 7 วัน

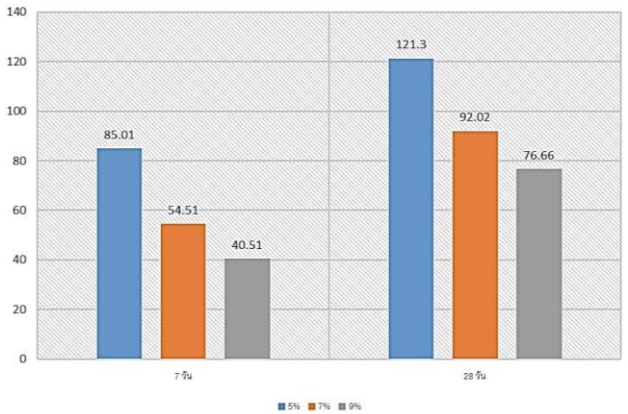
อายุ (วัน)	เพิ่มซีเมนต์ (%)	กำลังอัดประลัย (kg/cm^2)	กำลังอัดที่ลดลง (%)
7	5	85.01	31.99
	7	54.51	56.39
	9	40.77	67.38

ตารางที่ 7 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



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและการเพิ่มซีเมนต์ของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ที่อายุบ่ม 7 วัน และ 28 วัน



รูปที่ 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

5. สรุปผลการศึกษา

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

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี 744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[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*, บริษัท ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม 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