

# กำลังอัดของคอนกรีตเมื่อก่อตัวภายใต้แรงดันสูง

## COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE HARDENED UNDER HIGH PRESSURE

สมิตร ส่งพิริยะกิจ<sup>1</sup> ชัยรัตน์ ธีระวัฒนสุข<sup>1</sup>

กันตพงศ์ ผิวเหลือง<sup>2</sup> ธีรวัฒน์ ผกผ่า<sup>2</sup> รัฐพล เจียวิริยะบุญญา<sup>2</sup>

<sup>1</sup>อาจารย์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (ssy@kmitnb.ac.th)

<sup>2</sup>นักศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**บทคัดย่อ** วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ก่อตัวภายใต้แรงดันปกติ และก่อตัวภายใต้แรงดันสูง คอนกรีตที่ใช้จะถูกรอกแบบโดยวิธีที่แนะนำโดย ACI และใช้ค่า w/c เท่ากับ 0.5 หล่อเป็นตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ภายหลังจากที่เทคอนกรีตลงแบบหล่อแล้ว คอนกรีตจะถูกนำไปกดทับทันทีด้วยน้ำหนักที่เทียบเท่ากับ น้ำหนักของคอนกรีตที่สูง 50 และ 80 เมตร กล่าวคือที่แรงดันกดทับ 120 และ 192 ตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ ในระหว่างการทดสอบ เครื่องมือจะยอมให้ซีเมนต์เพสต์ไหลออกจากแบบหล่อได้ทิศทางเดียวคือ ไหลย้อนขึ้นสวนทางกับทิศทางของน้ำหนักกดทับ น้ำหนักกดทับจะถูกคงที่ไว้จนถึงวันที่ทดสอบคือที่อายุ 1, 3, 7 และ 28 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เมื่อมีแรงดันกดทับ 120 และ 192 ตันต่อตารางเมตร กระทำ ส่งผลให้กำลังอัดเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยร้อยละ 21.08 และ 39.86 ตามลำดับ ของคอนกรีตมาตรฐาน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตที่ก่อตัวภายใต้แรงดันสูงมีแนวโน้มที่จะมีกำลังอัดที่สูงกว่าคอนกรีตในสภาวะปกติ

**คำสำคัญ:** คอนกรีต, ก่อตัวภายใต้แรงดันสูง, กำลังอัด

**ABSTRACT:** The objective of this paper is to compare the compressive strength between concrete which set in normal condition and those in under high pressure condition during hardening. Concrete used in this test were mixed as recommended by ACI method with w/c ratio = 0.5. It were cast in 10 cm by 20 cm cylinder. Concrete were put under pressure right after casting at 120 and 192 tons/ m<sup>2</sup> which represented the self-weight load of 50 m and 80 m of bored piles. During the test, the equipment allowed cement paste draining out only in opposite direction of load. Samples were loaded until the tested date as 1, 3, 7, 28 days. The results showed that the compressive strength of concrete at 28 days under 120 and 192 ton/m<sup>2</sup> loaded were higher than those of hardened in normal condition about 21.08 and 39.86 respectively. It indicated that higher pressure condition enhanced compressive strength of concrete.

**KEYWORDS:** Concrete, hardened under high pressure, compressive strength

## 1. บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมและความสำคัญในงานก่อสร้าง คอนกรีตที่จะใช้ ต้องมีค่ากำลังอัดประลัย ( $f_c'$ ) ตามต้องการตามงานโครงสร้างและองค์อาคารในแต่ละประเภท ซึ่งค่า ( $f_c'$ ) ที่ต้องการนั้นได้มาจากการคำนวณออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการคำนวณนั้น เมื่อนำไปใช้ในงานจริงอาจมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งอาจเกิดจากการถูกรบกวนจากสภาวะภายนอกในขณะเวลาที่มีการก่อตัว เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ระยะเวลา และวิธีการบ่ม เป็นต้น ซึ่งทำให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าลดลงจากที่ได้คำนวณไว้ และอาจมีผลกระทบต่อองค์อาคารทำให้เกิดความเสียหายได้

คอนกรีตที่แข็งตัวภายใต้แรงดันสูง เป็นสภาพหนึ่งของคอนกรีตซึ่งถูกแรงดันกระทำในแนวตั้งตั้งแต่ยังไม่มีการก่อตัวเกิดขึ้น และจะคงสภาพเช่นนั้นไปจนกว่าจะแข็งตัวและครบอายุการบ่ม แรงดันที่กระทำต่อคอนกรีตนั้นจะเกิดขึ้นเนื่องมาจากน้ำหนักของคอนกรีตเอง สิ่งก่อสร้างที่ทำให้เกิดสภาพเช่นนี้ได้ เช่น การหล่อเสาเข็มเจาะ (Bored Piles) ที่มีความลึกมากๆ ปริมาณของคอนกรีตก็จะทับถมกันสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดแรงดันสูงขึ้นกับคอนกรีต ในงานวิจัยอื่นอาจจะคำนึงถึงกำลัง หรือการคืบหรือการหดตัวหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว [1, 2] ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบของน้ำหนักกดทับที่ส่งผลต่อกำลังอัดคอนกรีต

## 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบของความดันที่มีต่อผลกำลังอัดของคอนกรีต

2.2 เพื่อทดสอบหาลำดับกำลังอัดของคอนกรีตและเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่บ่มภายใต้ความดันสูงกับการบ่มแบบธรรมดา

## 3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 ใช้แรงดันที่เกิดขึ้นในเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ที่มีความลึก 50 และ 80 เมตร

3.2 ใช้แบบหล่อตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร

3.3 การทดลองแต่ละครั้งใช้ 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่ 1 ทำการบ่มภายใต้แรงดันสูง และที่เหลืออีก 3 ตัวอย่างทำการบ่มแบบธรรมดา รวม 32 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

3.4 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.5

3.5 ทำการทดสอบที่อายุ 1, 3, 7, 28 วัน

## 4. การทดสอบ

### 4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบ

4.1.1 แบบหล่อตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 20 ซม.

4.1.2 Hydraulic Jack ใช้จำลองแรงดันที่เกิดขึ้นภายในหลุมเสาเข็มเจาะ (ดูรูปที่ 1 และ 2)



รูปที่ 1 Hydraulic Jack

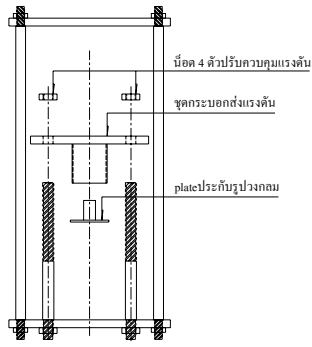
4.1.3 Frame โครงเหล็กใช้เพื่อควบคุมแรงดันหลังจากถอด Hydraulic Jack ออกแล้ว หรือหลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ดังรูปที่ 2

4.1.4 Dial Gauge จำนวน 1 ตัว เพื่อตรวจสอบระยะการหดตัว เมื่อคอนกรีตถูกแรงดันกระทำ

4.1.5 เครื่องทดสอบกำลังอัด

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่าง

แรงดัน กดทับ (ตัน / ตร.ม.)	1 วัน		3 วัน		7 วัน		28 วัน	
	แรงดัน	ปกติ	แรงดัน	ปกติ	แรงดัน	ปกติ	แรงดัน	ปกติ
120	1	3	1	3	1	3	1	3
192	1	3	1	3	1	3	1	3



รูปที่ 2 ชุดโครงเหล็กควบคุมแรงดัน

#### 4.2 วิธีการทดสอบ

4.2.1 เตรียมแบบหล่อรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 20 ซม. จำนวน 4 โมล โดยตัวอย่างที่จะนำไปทำการบ่มภายใต้แรงดันนั้นจะต้องซีลเพื่อปิดรอยรั่วตามรอยต่อตรงขอบโมลให้สนิทและสามารถรับแรงดันที่กระทำได้ ดังรูปที่ 3 โดยไม่ให้มีการรั่วซึมออกทางด้านล่างและด้านข้าง แต่จะให้น้ำสามารถไหลออกได้เพียงแค่นด้านบนเพียงด้านเดียวเท่านั้น



รูปที่ 3 ลักษณะโมลที่ทำการซีลแล้ว

4.2.2 เทคอนกรีตลงในโมล ปาดคอนกรีตส่วนที่เกินออก แต่งปากโมลให้เรียบพร้อมที่จะทำการบ่ม

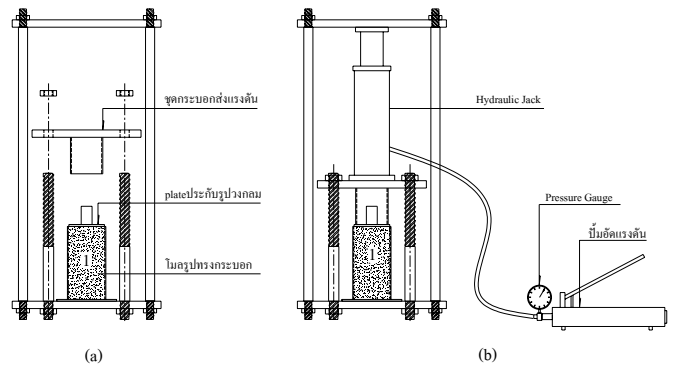
4.2.3 นำแผ่น plate รูปร่างกลม ค่อยๆวางลงบนเนื้อคอนกรีตที่ยังเปียกเพื่อไล่ฟองอากาศที่อยู่ใต้แผ่น plate

4.2.4 ทำการใส่แรงดันด้วย Hydraulic Jack โดยเพิ่มแรงดัน 4 ครั้ง แต่ละครั้งจะมีระยะเวลาห่างกัน 10 นาที เพราะในการทดสอบจะเพิ่มแรงดันขึ้นทีละ 25% โดยจะใส่แรงดันกระทำ 25% ,50% ,75% และ 100% ของแรงดันที่เกิดขึ้นทั้งหมดตามลำดับ จากนั้นควบคุมแรงดันไว้ที่ 100% จนครบอายุการบ่ม ควบคุมน้ำหนักกดทับไว้ที่ 1,000 kg และ 1,500 kg ซึ่งอ้างอิงแรงดันกดทับจากความลึกของเสาเข็มขนาด

ใหญ่ที่ระดับความลึก 50 และ 80 เมตร ดังรูปที่ 4 และอัตราการเพิ่มแรงดันแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขั้นตอนการเพิ่มแรงดัน

ลำดับขั้นตอน	อัตราการใส่แรงดัน (%)	ระยะเวลา (min)	ที่แรงดัน 120 T / m <sup>2</sup> (kg)	ที่แรงดัน 192 T / m <sup>2</sup> (kg)
1	25	10	250	375
2	50	10	500	750
3	75	10	750	1125
4	100	จนครบอายุ	1000	1500



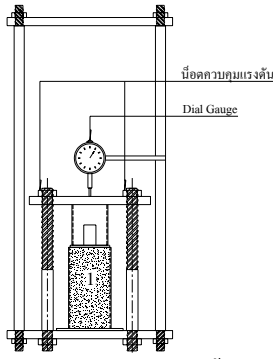
รูปที่ 4 (a) นำแผ่น plate รูปร่างกลม วางลงบนเนื้อคอนกรีต

(b) การใส่แรงดันด้วย Hydraulic Jack

4.2.5 ตรวจสอบแรงดันจาก Pressure Gauge ให้คงที่ทุกๆ 5-10 นาทีเป็นระยะเวลา ประมาณ 4-5 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะเวลาที่คอนกรีตแข็งตัวแล้วหากตรวจสอบพบว่าแรงดันลดลงเนื่องจากคอนกรีตยุบตัวลง ให้เพิ่มแรงดันเข้าไปโดยการเพิ่มแรงดันเข้าไปจนกว่าจะได้แรงดันเท่าเดิม

4.2.6 เมื่อคอนกรีตแข็งตัวและแรงดันที่ให้กับคอนกรีตคงที่แล้วจะยังคงใช้ Hydraulic Jack ควบคุมแรงดันต่อไปจนกว่าจะมีอายุได้ 24 ชั่วโมง เพื่อความสะดวกในการปรับแรงดันให้กับคอนกรีต กรณีที่คอนกรีตหดตัว จากนั้นทำการยึดชุดกระบอกส่งแรงดันดังรูปที่ 4 เพื่อควบคุมแรงดันให้คงที่ตลอดระยะเวลาการบ่มคอนกรีตภายใต้แรงดันสูง

4.2.7 ติดตั้ง Dial Gauge ไว้ดังรูปที่ 5 ก่อนทำการถอด Hydraulic Jack ออก ตรวจสอบการคืบตัวของตัวอย่างที่กระทำต่อแผ่น Plate ของชุดควบคุมแรงดัน จากการอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงของ Dial Gauge หากแผ่น Plate เกิดการขยับตัวให้ทำการปรับน๊อตทั้ง 4 ตัว โดยทำการปรับแบบทแยงมุม



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง Dial Gauge

4.2.8 ทำการบ่มคอนกรีต ตัวอย่างที่ 1 ภายใต้อายุแรงดัน และบ่มคอนกรีต ตัวอย่างที่ 2, 3, 4 ตามมาตรฐาน ASTM C 192 [3] ที่ 1, 3, 7, 28 วัน

## 5. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

### 5.1 ผลกระทบเนื่องจากแรงดัน 120 ตัน / ตร.ม.

ในการทดลองให้แรงดันขนาด 120 ตัน / ตร.ม. เสมือนว่ามีน้ำหนักที่เทียบเท่ากับน้ำหนักของคอนกรีตที่สูง 50 เมตร กดทับตัวอย่างอยู่จนกระทั่งตัวอย่างมีอายุครบตามอายุที่ 1, 3, 7 และ 28 วัน ก็จะได้ค่าความเปลี่ยนแปลงความสูง, น้ำหนัก และความหนาแน่น

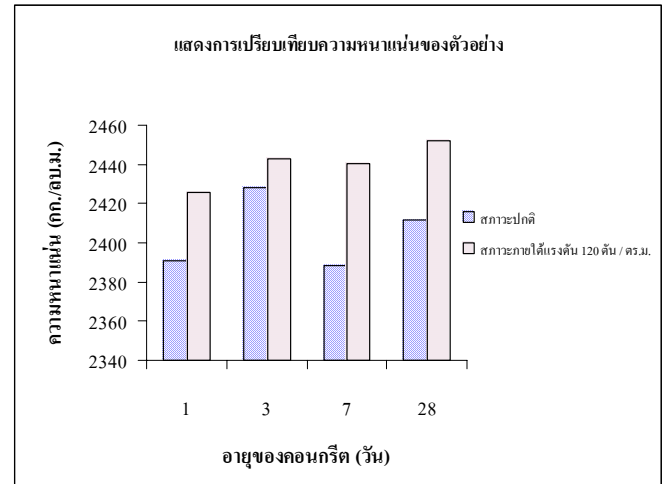
5.1.1 ค่าเฉลี่ยความสูง ของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติ เท่ากับ 19.95 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดันสูง เท่ากับ 19.12 เซนติเมตรซึ่งมีค่าลดลง เท่ากับ 0.83 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.16 จากความสูงปกติ เนื่องจากมวลรวมของคอนกรีตถูกบีบอัดให้แน่นมากขึ้นด้วยแรงในแนวดิ่งจึงทำให้ความสูงของตัวอย่างลดลง

5.1.2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติ เท่ากับ 3.768 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดันสูง เท่ากับ 3.665 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าลดลง เท่ากับ 0.103 กิโลกรัม เนื่องจากมวลรวมของคอนกรีตถูกบีบอัดให้แน่นมากขึ้นด้วยแรงในแนวดิ่งและยอมให้ของเหลวระบายออกทางด้านบนได้ จึงทำให้มวลที่สูญเสียก็คือของเหลว คิดเป็นร้อยละ 2.73 จากน้ำหนักปกติ

5.1.3 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น ของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติ เท่ากับ 2,404.96 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดันสูง ดังรูปที่ 6 เท่ากับ 2,440.32 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น เท่ากับ 35 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่เป็นเช่นนี้เพราะ

เมื่อมวลรวมอยู่ขีดกันมากๆ ความหนาแน่นก็ย่อมเพิ่มสูงขึ้นด้วย คิดเป็นร้อยละ 1.47 จากความหนาแน่นปกติ ดังตารางที่ 3 ตารางที่ 3 ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างภายใต้แรงดัน 120 ตัน/ ตร.ม.

อายุของคอนกรีต (วัน)	สภาวะปกติ	ภายใต้แรงดัน
1	2391.08	2425.70
3	2428.28	2443.02
7	2388.57	2440.26
28	2411.90	2452.31
เฉลี่ย	2404.96	2440.32

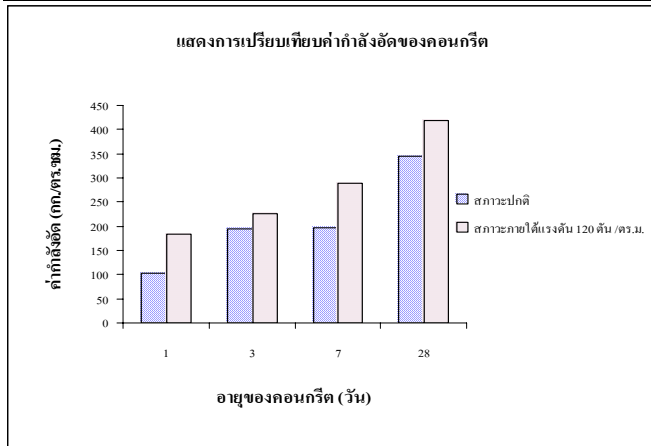


รูปที่ 6 ความหนาแน่นของคอนกรีตในสภาวะปกติ กับ สภาวะภายใต้แรงดัน 120 ตัน/ตร.ม.

5.1.4 ค่ากำลังอัดคอนกรีต การทดลองให้ตัวอย่างถูกแรงดันขนาด 120 ตัน / ตร.ม. กระทำนั้นส่งผลให้ค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดันสูงที่อายุ 1, 3, 7 และ 28 วัน มีค่ามากขึ้น โดยคอนกรีตมีค่ากำลังอัดในสภาวะปกติเท่ากับ 104.03, 194.20, 196.80 และ 345.60 กก./ตร.ซม. ตามลำดับและค่ากำลังอัดในสภาวะภายใต้แรงดันสูงเท่ากับ 183.55, 225.88, 287.98 และ 418.44 กก./ตร.ซม. ตามลำดับเปลี่ยนแปลงไปโดยมีแนวโน้มที่สูงกว่าค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติเพราะว่าเมื่อคอนกรีตมีแรงดันบีบอัดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของซีเมนต์เพสต์ในการยึดมวลรวมให้แน่นมากขึ้น และเนื่องจากแรงดันที่มากกระทำ ทำให้ของเหลวระบายออกทางด้านบน ส่งผลให้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มีค่าลดลง ส่งผลให้คอนกรีตสามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยแล้วแรงดันจะส่งผลให้ค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วันเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 21.08 จากค่ากำลังอัดปกติ ซึ่งค่ากำลังอัดแสดงไว้ ดังตารางที่ 4 และในรูปที่ 7 ได้แสดงการเปรียบเทียบให้เห็นความต่างของค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ก่อตัวทั้ง 2 สภาวะ

ตารางที่ 4 ค่ากำลังอัดของแท่งตัวอย่างภายใต้แรงดัน 120 ตัน/ ตร.ม.

อายุคอนกรีต(วัน)	สภาวะปกติ	ภายใต้แรงดัน
1	104.03	183.55
3	194.20	225.88
7	196.80	287.98
28	345.60	418.44



รูปที่ 7 กำลังอัดของคอนกรีตในสภาวะปกติ กับ สภาวะภายใต้แรงดัน 120 ตัน/ตร.ม.

### 5.2 ผลกระทบเนื่องจากแรงดัน 192 ตัน/ตร.ม.

ในการทดลองให้แรงดันขนาด 192 ตัน/ตร.ม.เสมือนว่ามีน้ำหนักที่เทียบเท่ากับน้ำหนักของคอนกรีตที่สูง 80 เมตร กดทับตัวอย่างอยู่จนกระทั่งตัวอย่างมีอายุครบตามอายุที่ 1, 3, 7 และ 28 วัน ก็จะได้ค่าความเปลี่ยนแปลงความสูง, น้ำหนัก และความหนาแน่น

5.2.1 ค่าเฉลี่ยความสูง ของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติ เท่ากับ 19.89 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดันสูง เท่ากับ 19.03 เซนติเมตรซึ่งมีค่าลดลง เท่ากับ 0.86 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.32 จากความสูงปกติ เนื่องจากมวลรวมของคอนกรีตถูกบีบอัดให้แน่นมากขึ้นด้วยน้ำหนักกดทับ 1500 กิโลกรัม ในแนวตั้งจึงทำให้ความสูงของตัวอย่างลดลงมากกว่าแรงดันที่กระทำ 1000 กิโลกรัม

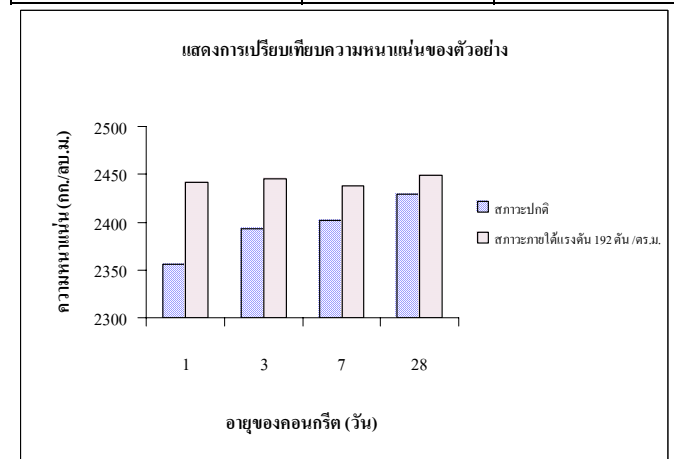
5.2.2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก ของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติ เท่ากับ 3.759 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดันสูง เท่ากับ 3.653 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าลดลง เท่ากับ 0.106 กิโลกรัม เนื่องจากมวลรวมของคอนกรีตถูกบีบอัดให้แน่นมากขึ้นด้วยแรงในแนวตั้งและยอมให้ของเหลวระบายออกทางด้านบนได้ จึงทำให้มวลที่สูญเสียก็คือของเหลว คิดเป็นร้อยละ 2.83 จากน้ำหนักปกติ

5.2.3 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น ของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติ เท่ากับ 2, 395.20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเมื่อ

เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดันสูง ดังรูปที่ 8 เท่ากับ 2,443.60 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น เท่ากับ 48.4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรที่เป็นเช่นนี้ เพราะเมื่อมวลรวมอยู่ชิดกันมาก ๆ ความหนาแน่นก็ย่อมเพิ่มขึ้นด้วย คิดเป็นร้อยละ 2.02 จากความหนาแน่นปกติ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างภายใต้แรงดัน 192 ตัน/ ตร.ม.

อายุคอนกรีต(วัน)	สภาวะปกติ	ภายใต้แรงดัน
1	2355.89	2441.05
3	2393.50	2445.96
7	2402.35	2437.75
28	2429.04	2449.65
<b>เฉลี่ย</b>	<b>2395.20</b>	<b>2443.60</b>



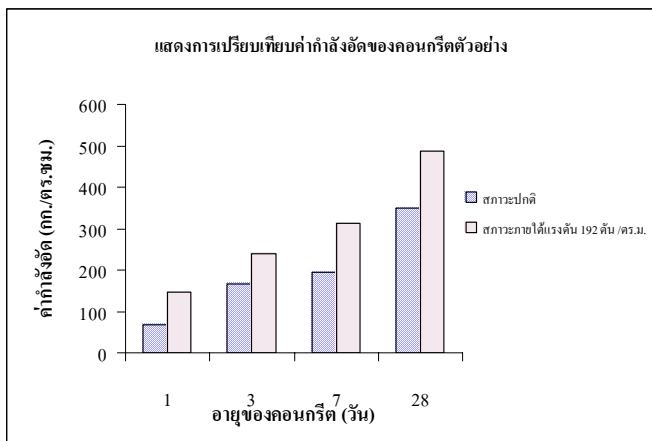
รูปที่ 8 ความหนาแน่นของคอนกรีตในสภาวะปกติ กับ สภาวะภายใต้แรงดัน 192 ตัน/ตร.ม.

5.2.4 ค่ากำลังอัดคอนกรีต การทดลองให้ตัวอย่างถูกแรงดันขนาด 192 ตัน/ ตร.ม. กระทำนั้นส่งผลให้ค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดันที่อายุ 1, 3, 7 และ 28 วัน มีค่ามากกว่าปกติ คอนกรีตมีค่ากำลังอัดในสภาวะปกติ เท่ากับ 68.78, 165.63, 193.75 และ 349.01 กก./ตร.ซม. ตามลำดับและค่ากำลังอัดในสภาวะภายใต้แรงดันสูงเท่ากับ 145.49, 238.62, 311.47 และ 488.14 กก./ตร.ซม.ตามลำดับเปลี่ยนแปลงไปโดยมีแนวโน้มที่สูงกว่าค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติเพราะว่าเมื่อคอนกรีตมีแรงดันเพิ่มจาก 120 เป็น 192 ตัน/ ตร.ม. แรงบีบอัดก็จะสูงขึ้นและจะยิ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของซีเมนต์เพสต์ในการยึดมวลรวมให้แน่นมากขึ้นและเนื่องจากแรงดันที่มากกว่า ทำให้ของเหลวระบายออกทางด้านบน ส่งผลให้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์มีค่าลดลง จึงทำให้คอนกรีตสามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเฉลี่ยแล้วแรงดันจะส่งผลให้ค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน เพิ่มขึ้น

ประมาณร้อยละ 39.86 จากค่ากำลังอัดปกติ ซึ่งแสดงไว้ ดังตารางที่ 6 และในรูปที่ 9 ได้แสดงการเปรียบเทียบให้เห็นความต่างของค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ก่อตัวทั้ง 2 สภาวะ

ตารางที่ 6 ค่ากำลังอัดของตัวอย่างภายใต้แรงดัน 192 ตัน/ ตร.ม.

อายุคอนกรีต(วัน)	ธรรมดา	แรงดัน
1	68.78	145.49
3	165.63	238.62
7	193.75	311.47
28	349.01	488.14



รูปที่ 9 กำลังอัดของคอนกรีตในสภาวะปกติ กับ สภาวะภายใต้แรงดัน 192 ตัน/ ตร.ม.

## 6. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดสอบที่ได้จากการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปรวบรวมเป็นลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. อายุของคอนกรีต 28 วัน มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติ เท่ากับ 345.6 กก./ตร.ซม. ค่ากำลังอัดเฉลี่ยของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดัน 120 ตัน/ตร.ม. เท่ากับ 418.44 กก./ตร.ซม. ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากกำลังอัดปกติ เท่ากับ 72.84 กก./ ตร.ซม.คิดเป็นร้อยละ 21.08
2. อายุของคอนกรีต 28 วัน มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะปกติ เท่ากับ 349.01 กก./ตร.ซม. ค่ากำลังอัดเฉลี่ยของตัวอย่างที่ก่อตัวในสภาวะภายใต้แรงดัน 192 ตัน/ตร.ม. เท่ากับ 488.14 กก./ตร.ซม. ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากกำลังอัดปกติ เท่ากับ 139.13 กก./ ตร.ซม.คิดเป็นร้อยละ 39.86
3. ค่ากำลังอัดที่เพิ่มขึ้นอาจจะมาจากค่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น และการลดลงของค่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Kangvanpanich, K. Kaewmamee, and O. Masahiro, A New Testing Method for Creep Behavior of SCC at Early Age, The Eighth Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, 5-7 December 2001, Singapore.
- [2] D.P. Candappa, S. Setunge, and J.G. Sanjayan, 1999, "Stress versus Strain Relationship of High Strength Concrete under High lateral Confinement," Cement and Concrete Research, Vol. 29, pp. 1977-1982.
- [3] ASTM Designation: C192-02, 2002, "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory", Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.02.