

การหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากการเจาะทดสอบคอนกรีต  
STANDARD CORRECTION FACTORS FOR STRENGTH OF CORED CYLINDERS  
WITH DIFFERENT RATIOS OF HEIGHT TO DIAMETER



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....50299  
วัน,เดือน,ปี 28 เม.ย. 2547

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากการเจาะทดสอบคอนกรีต

**STANDARD CORRECTION FACTORS FOR STRENGTH OF CORED CYLINDERS  
WITH DIFFERENT RATIOS OF HEIGHT TO DIAMETER**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**STANDARD CORRECTION FACTORS FOR STRENGTH OF CORED CYLINDERS  
WITH DIFFERENT RATIOS OF HEIGHT TO DIAMETER**



MR.KREINGKAI PAYAPWATTANAWONG  
MR.WORAWAT SEEUDOM  
MR.SANIT SUTHIPHAN


A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ	การหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากการเจาะทดสอบคอนกรีต		
นักศึกษา	นายเกรียงไกร พายัพพัฒนวงษ์	รหัสประจำตัว	42010465
	นายรววัฒน์ ศรีอุดม	รหัสประจำตัว	42010612
	นายसानิตย์ สุทธิพันธ์	รหัสประจำตัว	42010657
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์		

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ
ผศ.ศักดิ์ชัย	สกานุพงษ์	
ผศ.สุวัฒน์	ฉิรเศรษฐ์	
ว่าที่ ร.ต.สุรัตน์	หวังเจริญ	
อ.เกษม	อัมน์ตกุล	
อ.ถนอม	ศรีวรรษา	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

  
(นายสุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากการเจาะทดสอบคอนกรีต Standard Correction Factors for Strength of Cored Cylinders with Different Ratios of Height to Diameter
นักศึกษา	นายเกรียงไกร พายัพวัฒนวงษ์ นายวรวัฒน์ ศรีอุดม นายसानิตย์ สุทธิพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ศักดิ์ชัย สกานพวงษ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2545

## บทคัดย่อ

การหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากการเจาะทดสอบคอนกรีตในปัจจุบันนี้ใช้วิธีการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดโดยการปรับแก้ค่า H/D ในช่วง 1.00-2.00 ตามมาตรฐาน ASTM และ BS ซึ่งประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลค่ามาตรฐานการปรับแก้ดังกล่าว ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อหาค่าการปรับแก้ซึ่งใช้วัสดุการทำคอนกรีตภายในประเทศไทย โดยใช้หัวเจาะขนาด 2", 3", 4", 5" และ 6" แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าการปรับแก้ของ ASTM และ BS นอกจากนี้บางกรณีจำเป็นต้องทำการเก็บตัวอย่างจากการเจาะคานหรือเสาคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งจำเป็นต้องใช้หัวเจาะขนาดเล็กเพื่อหลีกเลี่ยงการเจาะถูกโครงสร้างเหล็กและไม่ส่งผลกระทบต่อคอนกรีต จึงทำให้ตัวอย่างที่ได้มีค่า H/D มากกว่า 2.00 จึงต้องทำการตัดตัวอย่างทดสอบเพื่อให้ได้ค่า H/D อยู่ในช่วง 1.00-2.00 แต่เนื่องจากมีการวิจัยพบว่าการตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบจะมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงหาค่าการปรับแก้ที่มี H/D มากกว่า 2.00 เพิ่มเติม และจากการทดลองจะได้ค่าการปรับแก้กำลังอัดคอนกรีตในช่วง H/D เท่ากับ 1.00-2.00 ที่มีผลอยู่ในขอบเขตใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ASTM และ BS ส่วน H/D ที่มากกว่า 2.00 ค่าการปรับแก้จะมีค่าสูงกว่า 1.00

Title : Standard Correction Factors for Strength of Cored Cylinders with Different Ratios of Height to Diameter

Name : MR.KREINGKAI PAYAPWATTANAWONG  
MR.WORAWAT SEEUDOM  
MR.SANIT SUTHIPHAN

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : ASST.PROF. SAKCHAI SKANUPONG

## ABSTRACT

Correction factor to obtain the equivalent concrete cylindrical strength from the result of coring test is currently available in ASTM and BS standards. These standards provide the correction factor for the data with the height to depth ratios within the range of 1.00 to 2.00. No such factor is available from any Thai Standards. This special project aims to establish the correction factors for concrete made with local materials. Tests were done with 2, 3, 4, 5 and 6 inches coring bits. Corrected data were then compared to the correction factors provided by ASTM and BS standards.

In the actual coring in beam and column, smaller bit has to be used to avoid hitting the reinforcement or causing damage to the structural members. This smaller-than-suitable bit creates an H/D ratio over 2.00 situations which require cutting of the specimen to keep the H/D ratio within the 2.00 limit. Test results, however, reveal that there are a lot of discrepancies in testing the cut specimens. To overcome the discrepancies, this special project also tries to establish the correction factors for specimens with H/D ratio above 2.00.

Correction factors obtained from this project yield a close correlation with ASTM and BS standards for specimens with H/D ratios between 1.00 and 2.00. With H/D ratio above 2.00, the correction factor founded to be greater than one.

# กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากการเจาะทดสอบคอนกรีต ฉบับนี้ สำเร็จด้วยดีด้วยการอนุเคราะห์หลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณผู้ที่มีอุปการคุณซึ่งมีรายชื่อดังนี้

1. อาจารย์ศักดิ์ชัย สกานูพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ สำหรับความเมตตา ความช่วยเหลือให้ คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ ซึ่งทำให้โครงการพิเศษครั้งนี้ลุล่วงไปด้วยดี
2. อาจารย์สุรัตน์ หวังเจริญ, อาจารย์เกษม อมันตกุล, อาจารย์ถนอม ศรีวรา และอาจารย์สุวัฒน์ ธิร-เสรษฐ์ คณะกรรมการโครงการพิเศษที่ได้แนะนำข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์ต่อโครงการนี้
3. อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร คุณปิยะ แสงไฟ ที่คอยช่วยเหลือดูแลในเรื่องของอุปกรณ์และข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์นี้
4. คุณอรธณพ เตชะจรินทร์ กรรมการผู้จัดการบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์คอนกรีตสำเร็จรูป ในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้
5. คุณชนินทร์ ธรรมาภิรมย์ วิศวกรควบคุมงานของทางบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) ที่ได้ช่วยประสานงานในการทำเรื่องขออนุมัติคอนกรีตสำเร็จรูปในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ เพื่อความสะดวกในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องในภาควิชาทุกคนที่มีส่วนทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีประโยชน์สำหรับผู้อ่านอยู่บ้าง ขอยกคุณความดีนี้ให้แก่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ ให้การศึกษาและความหวังดีตลอดมา

นายเกรียงไกร พายัพพัฒน์

นายวรวัฒน์ ศรีอุดม

นายสานิตย์ สุทธิพันธ์

ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ญ
	สารบัญรูป	ฎ
1	บทนำ	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์การศึกษา	2
	1.4. ขอบเขตการศึกษา	3
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1. กล่าวนำ	5
	2.2. วัสดุผสม	5
	2.2.1. วัสดุผสม (Aggregates)	5
	2.2.2. คุณสมบัติของวัสดุผสม	6
	2.2.3. การวิเคราะห์ห้ด้วยตะแกรง (Sieve Analysis)	7
	2.2.4. ขนาดโตสุดของวัสดุผสม (Maximum Size of Aggregate)	8
	2.3. การหาปริมาณส่วนผสมของคอนกรีต (Mix Design)	8
	2.4. การทดสอบหาค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.5. การทำคอนกรีตให้แน่น	11
	2.6. การบ่มคอนกรีต	12
	2.6.1 อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีต	13
	2.6.2. ระยะเวลาบ่มคอนกรีต	13
	2.6.3. วิธีการบ่มคอนกรีต (Coring Method)	14
	2.7. กำลังต้านทานแรงอัด	15
	2.8. การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก มาตรฐานที่ใช้ ASTM C 192	15
	2.9. การทดสอบกำลังอัดคอนกรีต มาตรฐานที่ใช้สำหรับ ตัวอย่างทรงกระบอก ASTM C39	17
	2.10. มาตรฐานการเจาะคอนกรีต ASTM C42/C42M-99	18
	2.10.1. วัตถุประสงค์	18
	2.10.2. วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ	18
	2.10.3. การเตรียมตัวอย่าง	18
	2.11. ผลกระทบของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับกำลังอัดของคอนกรีต	20
	2.12. การศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงต่าง ๆ	21
	2.13. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	23
<b>3</b>	<b>ขั้นตอนการทดลอง</b>	
	3.1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	25
	3.1.1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	25
	3.2. การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง	25
	3.3. การเจาะทดสอบคอนกรีต	26
	3.4. การทดสอบหาลำดับของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ	27
	3.5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
4	ผลการทดลอง	
	4.1. กล่าวนำ	28
5	วิเคราะห์ผลการทดลอง	77
6	สรุปผล	79
	6.1. ข้อเสนอแนะ	82
	หนังสืออ้างอิง	83
	บรรณานุกรม	84
	ภาคผนวก ก.	ผก1
	ภาคผนวก ข.	ผข1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
1.1.	แสดงจำนวนตัวอย่างที่ต้องทำการทดสอบ	3
1.2.	แสดงค่าตัวคูณปรับแก้ที่ได้กับมาตรฐาน ASTM C 42-99 , BS 1881	4
2.1.	เกณฑ์กำหนดส่วนขนาดคละของวัสดุผสม	7
2.2.	การวิเคราะห์ด้วยตะแกรง	9
2.3.	ขนาดต่าง ๆ ของวัสดุผสม	9
2.4.	ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ	11
4.1.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาดต่างๆ	28
4.2.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะที่ค่าความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ	29
4.3.	แสดงความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วน H/D กับ กำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตจากการเจาะ	30
4.4.	แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ทำการบ่ม กับ กำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐาน	31
4.5.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาดต่างๆ	31
4.6.	แสดงความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วน H/D กับ กำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตจากการเจาะ โดยมีการแบ่งช่วงของขนาดหัวเจาะเป็น 2"-3" และ 4"-6"	32
4.7.	แสดงความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วน H/D กับ ค่าตัวคูณประกอบกำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตจากการเจาะในช่วง H/D = 1 - 2	33
4.8.	แสดงการตัดข้อมูลที่มีแนวโน้มคาดเคลื่อนออก	33
4.9.	แสดงการเปรียบเทียบค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ต่าง ๆ กันกับมาตรฐานต่าง ๆ	34
4.10.	แสดงการเปรียบเทียบค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ต่าง ๆ กันกับมาตรฐานต่าง ๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	35

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.11.	แสดงการเปรียบเทียบค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ที่ขนาดหัวเจาะต่าง ๆ กับ ค่าปรับแก้กำลังอัดเฉลี่ย (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	36
4.12.	แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอเซ็นต์ความคาดเคลื่อนของค่าปรับแก้กำลังอัด ที่ขนาดหัวเจาะต่าง ๆ	37
ผ.ก.1.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 2 in. ยาว 5 cm.	ผก1
ผ.ก.2.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 2 in. ยาว 7.5 cm.	ผก1
ผ.ก.3.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 2 in. ยาว 10 cm.	ผก2
ผ.ก.4.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 2 in. ยาว 15 cm.	ผก2
ผ.ก.5.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 2 in. ยาว 20 cm.	ผก3
ผ.ก.6.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 7.5 cm.	ผก3
ผ.ก.7.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 10 cm.	ผก4
ผ.ก.8.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 15 cm.	ผก4
ผ.ก.9.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 20 cm.	ผก5
ผ.ก.10.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 25 cm.	ผก5
ผ.ก.11.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 7.5 cm.	ผก6
ผ.ก.12.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 10 cm.	ผก6
ผ.ก.13.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 15 cm.	ผก7
ผ.ก.14.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 20 cm.	ผก7
ผ.ก.15.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 25 cm.	ผก8
ผ.ก.16.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 30 cm.	ผก8
ผ.ก.17.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 5 in. ยาว 10 cm.	ผก9
ผ.ก.18.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 5 in. ยาว 15 cm.	ผก9
ผ.ก.19.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 5 in. ยาว 20 cm.	ผก10

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ก.20.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 5 in. ยาว 25 cm.	ผก10
ผ.ก.21.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 5 in. ยาว 30 cm.	ผก11
ผ.ก.22.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 6 in. ยาว 10 cm.	ผก11
ผ.ก.23.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 6 in. ยาว 15 cm.	ผก12
ผ.ก.24.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 6 in. ยาว 20 cm.	ผก12
ผ.ก.25.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 6 in. ยาว 25 cm.	ผก13
ผ.ก.26.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด $\varnothing$ 6 in. ยาว 30 cm.	ผก13
ผ.ก.27.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 7.5 cm.	ผก14
ผ.ก.28.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 10 cm.	ผก14
ผ.ก.29.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 15 cm.	ผก14
ผ.ก.30.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 3 in. ยาว 20 cm.	ผก15
ผ.ก.31.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 7.5 cm.	ผก15
ผ.ก.32.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 10 cm.	ผก15
ผ.ก.33.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 15 cm.	ผก16
ผ.ก.34.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 20 cm.	ผก16
ผ.ก.35.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 25 cm.	ผก 16
ผ.ก.36.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด $\varnothing$ 4 in. ยาว 30 cm.	ผก 17
ผ.ก.37.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 3 วัน	ผก 17
ผ.ก.38.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน	ผก 17
ผ.ก.39.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน	ผก 18
ผ.ก.40.	แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน	ผก 18

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1.	แสดงผลของการบ่มที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต	13
2.2.	อุปกรณ์ทำก้อนตัวอย่าง รูปทรงกระบอก	16
2.3.	ก้อนตัวอย่างที่ cap หัวและไม่ cap หัว	17
2.4.	ตัวอย่างรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน	17
2.5.	เครื่องเจาะคอนกรีต หัวเจาะติดกาทเพช	19
2.6.	ผลของอัตราส่วนของความสูงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีต่อกำลังปรากฏของแท่งคอนกรีตทดสอบที่กำลังคอนกรีตต่าง ๆ กัน	20
2.7.	รูปแบบทั่วไปของอัตราส่วนของความสูงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีต่อกำลังปรากฏของแท่งคอนกรีตทดสอบ	21
2.8.	กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของแท่งคอนกรีตที่อัตราส่วนของความสูงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ เมื่อทำการเปลี่ยนลักษณะการครอบหัวตัวอย่างแบบต่าง ๆ	22
4.1.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน $H/D$ ที่ขนาดหัวเจาะ 2"	38
4.2.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน $H/D$ ที่ขนาดหัวเจาะ 3"	39
4.3.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน $H/D$ ที่ขนาดหัวเจาะ 4"	40
4.4.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน $H/D$ ที่ขนาดหัวเจาะ 5"	41
4.5.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน $H/D$ ที่ขนาดหัวเจาะ 6"	42
4.6.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน $H/D$ ที่ขนาดหัวเจาะต่าง ๆ	43

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.7.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับอัตราส่วน H/D	44
4.8.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่อัตราส่วน H/D ระหว่าง 1 - 2	45
4.9.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน H/D โดยมีการแบ่งช่วงขนาดของหัวเจาะ	46
4.10.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่อัตราส่วน H/D ระหว่าง 1 - 2 โดยมีการแบ่งช่วงขนาดของหัวเจาะ	47
4.11.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตขนาด 3"	48
4.12.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตขนาด 4"	49
4.13.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการบ่ม กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐาน	50
4.14.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ขนาดหัวเจาะ 2"	51
4.15.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ขนาดหัวเจาะ 3"	52
4.16.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ขนาดหัวเจาะ 4"	53
4.17.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ขนาดหัวเจาะ 5"	54
4.18.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ขนาดหัวเจาะ 6"	55

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.19.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงกับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ขนาดหัวเจาะต่าง ๆ	56
4.20.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับอัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตที่หัวเจาะขนาดต่างๆ	57
4.21.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับขนาดของแท่งตัวอย่างที่อัตราส่วน H/D ต่างๆ	58
4.22.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ความสูง 7.5 ซม.	59
4.23.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ความสูง 10 ซม.	60
4.24.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ความสูง 15 ซม.	61
4.25.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ความสูง 20 ซม.	62
4.26.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ความสูง 25 ซม.	63
4.27.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ความสูง 30 ซม.	64
4.28.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ความสูงต่างๆ	65
4.29.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับอัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตที่ค่าความสูงต่างๆ	66
4.30.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับค่าความสูงของแท่งตัวอย่างที่อัตราส่วน H/D ต่างๆ	67

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.31.	แสดงกราฟหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ระหว่าง 1 - 2	68
4.32.	แสดงกราฟหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ต่าง ๆ กัน	69
4.33.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยกับอัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะต่างๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	70
4.34.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยกับขนาดของแท่งตัวอย่างที่อัตราส่วน H/D ต่างๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	71
4.35.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยกับอัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตที่ค่าความสูงต่างๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	72
4.36.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยกับค่าความสูงของแท่งตัวอย่างที่อัตราส่วน H/D ต่างๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	73
4.37.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่อัตราส่วน H/D ต่าง ๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	74
4.38.	แสดงกราฟหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ต่าง ๆ กัน (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	75
4.39.	แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ที่ขนาดหัวเจาะต่าง ๆ กับค่าเฉลี่ย (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)	76
ผ.ข.1.	แสดงผลของการบ่มที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต	ผข1
ผ.ข.2.	อุปกรณ์ทำก้อนตัวอย่าง รูปทรงกระบอก	ผข1
ผ.ข.3.	ก้อนตัวอย่างที่ cap หัวและไม่ cap หัว	ผข2
ผ.ข.4.	ตัวอย่างรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน	ผข2
ผ.ข.5.	แสดงการร่อนหินด้วยตะแกรงขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว	ผข3
ผ.ข.6.	การวัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต	ผข3
ผ.ข.7.	แบบหล่อคอนกรีต (1)	ผข4

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ข.8.	แบบหล่อคอนกรีต (2)	ผข4
ผ.ข.9.	การดำเนินงานติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต	ผข5
ผ.ข.10.	การเช็ดงานแบบหล่อให้ได้ระนาบที่ตั้งฉาก	ผข5
ผ.ข.11.	แสดงการหล่อคอนกรีตและการกระทุ้ง	ผข6
ผ.ข.12.	แสดงการหล่อคอนกรีต	ผข6
ผ.ข.13.	แสดงการฉาบหน้าผิวคอนกรีตให้เรียบและได้ระดับ	ผข7
ผ.ข.14.	คอนกรีตภายหลังการฉาบเรียบเรียบร้อยแล้ว	ผข7
ผ.ข.15.	การเช็ดตัวของคอนกรีตหลัง 24 ชั่วโมง	ผข8
ผ.ข.16.	การเตรียมท่อหล่อคอนกรีตจากท่อ pvc	ผข8
ผ.ข.17.	แสดงการหล่อคอนกรีตและการกระทุ้งในท่อ pvc	ผข9
ผ.ข.18.	แบบหล่อคอนกรีตเมื่ออายุ 24 ชั่วโมง	ผข9
ผ.ข.19.	แสดงการแกะแบบหล่อคอนกรีต	ผข10
ผ.ข.20.	การกดแบบคอนกรีตที่อายุครบกำหนด	ผข10
ผ.ข.21.	แสดงการแกะแบบคอนกรีตที่ขนาดมาตรฐาน	ผข11
ผ.ข.22.	แสดงการกดของคอนกรีตขนาดมาตรฐานเมื่ออายุครบตามกำหนด	ผข11
ผ.ข.23.	แสดงการปล่อยน้ำเพื่อทำการบ่มคอนกรีต	ผข12
ผ.ข.24.	แสดงการบ่มคอนกรีตด้วยการขังน้ำกับแบบหล่อ.	ผข12
ผ.ข.25.	เครื่องเจาะคอนกรีต หัวเจาะติดกากเพชร	ผข13
ผ.ข.26.	แสดงขนาดหัวเจาะที่ขนาดต่างๆ	ผข13
ผ.ข.27.	แสดงการบ่มคอนกรีตด้วยการขังน้ำกับแบบหล่อ	ผข14
ผ.ข.28.	เครื่องเจาะคอนกรีต หัวเจาะติดกากเพชร	ผข14
ผ.ข.29.	แสดงขนาดหัวเจาะที่ขนาดต่างๆ	ผข15
ผ.ข.30.	แสดงการติดตั้งเครื่องเจาะ	ผข15.
ผ.ข.31.	แสดงการเจาะคอนกรีต	ผข16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ข.32.	แท่งคอนกรีตที่ผ่านการเจาะเรียบรื้อยแล้วบางส่วน	ผข16
ผ.ข.33.	แสดงแท่งคอนกรีตที่เจาะเสร็จเรียบรื้อยแล้ว	ผข17
ผ.ข.34.	แสดงตัวอย่างที่เจาะแล้ว	ผข17
ผ.ข.35.	ตัวอย่างที่เจาะและผ่านการ cap หัวเรียบรื้อยแล้ว	ผข18
ผ.ข.36.	แสดงการกวดตัวอย่างจากการเจาะขนาด หน้าตัดต่างๆ	ผข18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แต่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. กล่าวนำ

ส่วนที่สำคัญเป็นอย่างมากในวงการการก่อสร้างทั้งในอดีต ตลอดจนจนถึงปัจจุบัน คือ วัสดุก่อสร้าง (construction material) ซึ่งคอนกรีตยังคงมีบทบาทสำคัญมาก ในโลกของอุตสาหกรรมก่อสร้าง และมีแนวโน้มว่าจะมีการใช้งานอย่างกว้างขวางขึ้นในอนาคต ทำให้มีการพัฒนาคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตอย่างต่อเนื่องเพื่อประโยชน์ที่จะได้รับ ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่าคุณสมบัติสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของคอนกรีต คือ การรับกำลังอัดได้สูงและการที่จะรู้คุณสมบัติดังกล่าวจำเป็นต้องมีการทดสอบกำลังของคอนกรีต

ในปัจจุบันวิธีการทดสอบคอนกรีตที่นิยมทั่วไป คือ การหาลำกล้องอัดของแท่งคอนกรีตมาตรฐาน ซึ่งตามมาตรฐาน ASTM จะเป็นแท่งคอนกรีตทรงกระบอกสูง 30 cm. เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm. หรือมีอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $(h/d) = 2.00$  แต่เนื่องจากการเก็บแท่งคอนกรีตมาทดสอบกำลังมีข้อจำกัดอยู่คือ เป็นเพียงการประมาณกำลังวัสดุที่นำมาก่อสร้าง แต่ไม่สามารถทราบกำลังที่แท้จริงของคอนกรีตในโครงสร้างที่เสร็จสมบูรณ์แล้วได้ และเป็นที่รู้กันว่าคอนกรีตเป็นวัสดุที่มีความยุ่งยากในการควบคุมคุณภาพอย่างมาก จึงได้มีการเจาะทดสอบ (coring) ขึ้นเพื่อหาลำกล้องของคอนกรีตใน โครงสร้างที่สำเร็จแล้ว

เนื่องจากแท่งคอนกรีตที่ทำการเจาะทดสอบออกมาจะมีอัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เท่ากับ 2.00 เหมือนแท่งคอนกรีตมาตรฐานเนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะขึ้นอยู่กับขนาดหัวเจาะในขณะที่ความสูงของแท่งคอนกรีตขึ้นอยู่กับความหนาของพื้นหรือส่วนโครงสร้าง ซึ่งถ้าแท่งคอนกรีตยาวเกินเราสามารถตัดตกแต่งให้อัตราส่วน  $h/d$  เท่ากับ 2 ได้แต่เมื่อค่า  $h/d$  น้อยกว่า 2 ในการทดสอบหาลำกล้องจึงจำเป็นต้องมีตัวคูณปรับแก้เพื่อแปลงหน่วยแรงที่ได้ให้มีมาตรฐานเดียวกันเพื่อสามารถนำมาทำการเปรียบเทียบได้

## 1.2. ที่มาของปัญหา

จากผลการทดสอบเรื่องกำลังรับแรงอัดของพื้นคอนกรีต โดยวิธีการเจาะทดสอบและปริมาตรนิพนธ์ ปริญาบัณฑิต เรื่องการศึกษากำลังอัดของพื้นคอนกรีตที่ระดับความลึกต่างๆเนื่องจากการบ่มที่ผิวบนของแผ่นพื้น ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังปีการศึกษา 2543 ได้พบว่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ระดับล่างจะมีค่าสูงเนื่องจากการบ่มและระดับชั้นกลางจะมีค่ากำลังอัดประลัยต่ำที่สุดในเวลาต่อมาในปีการศึกษา 2544 ได้มีการทำปริมาตรนิพนธ์ ปริญาบัณฑิต เรื่องการศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆจากระดับพื้นผิวโดยได้ศึกษาเรื่องกำลังรับแรงอัด, ปริมาณความชื้น, หน่วยน้ำหนัก และสัดส่วนของหินในคอนกรีต ได้ผลว่าค่ากำลังรับแรงอัด, หน่วยน้ำหนัก และสัดส่วนของหินในคอนกรีตของพื้นคอนกรีตชั้นบนสุดมีค่าน้อยกว่าชั้นล่างสุด ส่วนปริมาณความชื้นของคอนกรีตชั้นบนสุดมีค่ามากกว่าชั้นล่างสุด แต่เนื่องจากผลการทดลองดังกล่าว มีข้อมูลบางประการที่ยังไม่สมบูรณ์อีกทั้งได้มีข้อเสนอแนะในเรื่องการศึกษาหาค่าปรับแก้กำลังอัดเมื่ออัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ( $h/d$ ) ต่างจากขนาดแท่งคอนกรีตมาตรฐาน ( $h/d=2$ ) ซึ่งพบว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อผลการทดสอบที่ได้จากปริมาตรนิพนธ์ฉบับดังกล่าว

เนื่องจากเมื่อทำการหาค่าปรับแก้ที่ได้จากหนังสือของ CPAC แล้วกำลังอัดที่ได้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับกำลังแท่งคอนกรีตมาตรฐานได้เพราะได้ค่าที่คลาดเคลื่อนอย่างมากจึงเป็นที่มาของการศึกษาเพื่อหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากการเจาะแท่งคอนกรีตที่ถูกต้องต่อไป

## 1.3. วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังอัดและค่าอัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีตเจาะทดสอบ
2. เพื่อหาค่าตัวคูณปรับแก้กำลังอัดเนื่องจากค่าอัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแท่งคอนกรีตเจาะทดสอบและเปรียบเทียบกับแท่งคอนกรีตมาตรฐาน ASTM C39
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าตัวคูณปรับแก้ที่ได้กับมาตรฐาน ASTM C42 และ BS เพื่อประยุกต์ใช้งานจริงต่อไป

#### 1.4. ขอบเขตการศึกษา

ในการหาค่าปรับแก้กำลังอัดของคอนกรีตนั้นจะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากอัตราส่วน  $h/d$  ที่ต่างกันของตัวอย่างทั้งสองโดยจะทำการหล่อแบบคอนกรีตที่มีขนาดความสูงต่างๆกัน คือ 5.0, 7.5, 10, 15, 20, 25 และ 30 cm โดยตัวแปรอื่นๆจะอยู่ในการควบคุม และทำการเจาะโดยใช้หัวเจาะขนาดต่างๆดังนี้ 2", 3", 4", 5", 6" ทุกขนาดความสูงของตัวอย่างทดลอง โดยแต่ละขนาดของหัวเจาะแต่ละความสูงจะทำการเจาะอย่างละ 7 ตัวอย่าง ซึ่งจะได้ตัวอย่างดังตารางที่ 1.1.

ตารางที่ 1.1. แสดงจำนวนตัวอย่างที่ต้องทำการทดสอบ

H (cm.) D(in.)	5	7.5	10	15	20	25	30	Total
2	7 <sup>(1.0)</sup>	7 <sup>(1.5)</sup>	7 <sup>(2.0)</sup>	7 <sup>(3.0)</sup>	7 <sup>(4.0)</sup>	-	-	35
3	-	7 <sup>(1.0)</sup>	7 <sup>(1.3)</sup>	7 <sup>(2.0)</sup>	7 <sup>(2.6)</sup>	7 <sup>(3.3)</sup>	-	35
4	-	7 <sup>(0.75)</sup>	7 <sup>(1.0)</sup>	7 <sup>(1.5)</sup>	7 <sup>(2.0)</sup>	7 <sup>(2.5)</sup>	7 <sup>(3.0)</sup>	42
5	-	-	7 <sup>(0.8)</sup>	7 <sup>(1.2)</sup>	7 <sup>(1.6)</sup>	7 <sup>(2.0)</sup>	7 <sup>(2.4)</sup>	35
6	-	-	7 <sup>(0.67)</sup>	7 <sup>(1.0)</sup>	7 <sup>(1.3)</sup>	7 <sup>(1.6)</sup>	7 <sup>(2.0)</sup>	35
<b>Total</b>	7	21	35	35	35	28	21	182

หมายเหตุ ค่าใน ( ) แสดงอัตราส่วน H/D

จากนั้นนำค่ากำลังอัดของตัวอย่างทดสอบขนาดต่างๆที่ได้จากการเจาะทดสอบมาเปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดของตัวอย่างมาตรฐาน โดยใช้คอนกรีตจากการผสมในครั้งเดียวกับตัวอย่างที่ทำการเจาะโดยตัวอย่างที่ได้จากการเจาะนี้จะได้นำมาหาตัวคูณประกอบกำลัง ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ASTM, BS ว่าอยู่ในขอบเขตตามมาตรฐานเหล่านี้หรือไม่ จะได้ทำการสรุปผลการทดลองต่อไป

ตารางที่ 1.2. แสดงค่าตัวคูณปรับแก้ที่ได้กับมาตรฐาน ASTM C 42-99 , BS 1881  
(Concrete International , 2000)

Height to diameter ratio (h/d)	ASTM C 42-99	BS 1881:Part 120:1983
2.00	1.00	1.00
1.75	0.98	0.97
1.50	0.96	0.92
1.25	0.93	0.87
1.00	0.87	0.80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### วรรณกรรมปริทัศน์

#### 2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงประเด็น แนวคิด ระเบียบวิธีของงานวิจัยหรือเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่ผ่านมา ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์การศึกษานี้ เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

#### 2.2. วัสดุผสม

##### 2.2.1. วัสดุผสม (Aggregates)

หินย่อย กรวดและทรายรวมเรียกกันว่าวัสดุผสมซึ่งเป็นพวกแร่ธาตุที่เฉื่อยไม่มีปฏิกิริยา อาจได้จากธรรมชาติ ได้แก่ หินอัคนี หินชั้นและหินแปร หรือทำเทียมขึ้นเช่นวัสดุผสมตะกรันเตาถลุงใน เนื้อคอนกรีตจะมีวัสดุผสมอยู่ประมาณสามในสี่ส่วน และเนื่องจากราคาของวัสดุผสมถูกกว่าของปูน ซีเมนต์ ดังนั้นวัสดุผสมจึงมีส่วนทำให้ได้คอนกรีตราคาต่ำลง วัสดุผสมอาจเรียกว่าเป็นตัวแทรก (Filter Material) ในเนื้อคอนกรีตก็ได้

การเลือกใช้วัสดุผสมนี้ มีส่วนสำคัญที่จะช่วยทำให้ได้คอนกรีตที่ดี กล่าวคือ คุณสมบัติของหินและทรายจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต สัดส่วนของการผสม และในด้านความ ประหยัด วัสดุผสมที่จะใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต ต้องสะอาด แข็งแรง ทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยาย ตัวมาก มีสารที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพต่อคอนกรีตน้อยที่สุด วัสดุผสมที่ไม่ควรให้มีปะปนอยู่ ได้แก่ วัสดุผสมที่อ่อน ปั่นง่าย พูนและแยกได้เป็นชั้น ๆ หรือพวกดินดานต่าง ๆ ซึ่งไม่ทนทานต่อดินฟ้า อากาศ วัสดุผสมต้องมีขนาดคละอยู่ภายในพิสัยที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ได้คอนกรีตมีเนื้อแน่น สม่ำเสมอ คุณภาพดี และประหยัด โดยทั่วไปจะแบ่งวัสดุผสมออกเป็น วัสดุผสมละเอียด (Fine Aggregate) และวัสดุผสมหยาบ (Coarse Aggregate)

- วัสดุผสมละเอียด หมายถึง ทรายซึ่งเป็นวัสดุผสมที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มม. หรือที่สามารถลอดผ่าน ตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มม. วัสดุผสมที่เล็กกว่านี้เรียกว่า ฝุ่น (silt หรือ clay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัสดุผสมหยาบ เป็นวัสดุที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม. ขึ้นไป หรือที่ไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 ซึ่งได้แก่ กรวดและหินย่อยหรือหินโม

### 2.2.2. คุณสมบัติของวัสดุผสม

หินและทรายที่จะนำมาใช้ผสมทำคอนกรีต ควรมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) วัสดุผสมจะต้องมีความสามารถรับน้ำหนักกดได้ไม่น้อยกว่ากำลังอัดที่ต้องการของคอนกรีต หินที่ใช้ทำคอนกรีตโดยทั่วไปถ้าเป็นหินที่มีได้ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงโดยสภาพดินฟ้าอากาศจะพอดีสำหรับผสมทำคอนกรีต เพราะกำลังรับแรงอัดของหินทั่วไปสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมาก ความแข็งแรงอัดของหินมีค่าประมาณ 700-3500 ksc.
2. ความทนทานต่อการสึกกร่อน (Abrasion Resistance) เป็นตัวชี้ถึงคุณภาพของหินที่จะนำมาผสมทำคอนกรีตในงานที่ต้องทนต่อแรงกระแทกและเสียดสีมาก ๆ เช่น ทำพื้นหรือถนนคอนกรีตที่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกมาก ๆ การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติข้อนี้โดยทั่วไปนิยมใช้วิธี Los Angeles Abrasion Test ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบน้ำหนักของหินที่สูญหายไปในการทดสอบกับขีดกำหนดตามความต้องการที่ระบุไว้
3. ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับความพรุน และอำนาจการดูดซึมน้ำของวัสดุผสม วัสดุผสมต้องมีรูพรุนพอที่จะดูดซึมน้ำ มีช่องว่างพอที่จะให้น้ำแข็งขยายตัวได้ในอากาศหนาว มิฉะนั้น จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้
4. ความคงตัวต่อปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Stability) วัสดุผสมต้องไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์ วัสดุผสมในบางท้องถิ่นที่มีสารเคมีผสมอยู่ในเนื้อหินจะทำปฏิกิริยากับด่างในปูนซีเมนต์เกิดเป็นวุ้น และขยายตัวทำให้เกิดรอยแตกร้าวทั่วไปในคอนกรีต ในกรณีที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุผสมเหล่านี้จะต้องใช้กับปูนซีเมนต์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของด่างต่ำ (Low-alkali Cement)
5. ลักษณะรูปร่างและผิว (Particle Shape and Surface Texture) มีความสำคัญต่อการควบคุม “ความสามารถเทได้” ของคอนกรีตที่ผสมใหม่ ๆ วัสดุผสมที่ใช้ควรมีลักษณะเป็นแฉงเหลี่ยมคม วัสดุผสมที่เป็นแผ่นแบนหรือชี่นยาว (Flat and Elongated Particles) ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เพราะต้องการน้ำในส่วนผสมมากกว่าวัสดุผสมที่มีก้อนกลมหรือรูปลูกบาศก์เพื่อให้ได้ “ความสามารถเทได้” เท่า ๆ กัน ทำให้เปลืองซีเมนต์ลดกำลังและแรงยึดเหนี่ยวภายในก้อนคอนกรีต ปกติยอมให้มีวัสดุผสมแบบนี้ไม่เกินกว่า 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของวัสดุผสมที่ใช้วัสดุก้อนกลมช่วยให้ทำงานง่ายและประหยัด เพราะต้องการปูนซีเมนต์และน้ำในส่วนผสมน้อยกว่าวัสดุผสมที่มีก้อนเป็นแฉงเป็นมุม แต่

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อนกับซีเมนต์เพสต์ต่ำกว่าวัสดุผสมที่มีผิวหยาบหรือด้านจะช่วยให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อนดีขึ้น

6. ความสะอาด (Cleanliness) วัสดุผสมต้องสะอาด มีสารที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพต่อคอนกรีตน้อยที่สุด สารเหล่านี้ได้แก่เปลือกหอย ทรายหยาบ ถ่านหิน ถ่าน เศษไม้ ก้อนดิน โคลนเลน ดิน ฝุ่น หรือผงละเอียด (Silt) สิ่งเหล่านี้จะลดความทนทานและแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีต บางครั้งอาจทำให้คอนกรีตแตกร้าว มีกำลังต่ำ แข็งตัวช้า หรือไม่แข็งเลย เกิดรอยเปื้อนหรือหลุดออกไปเป็นรูโพรง

ตารางที่ 2.1. เกณฑ์กำหนดส่วนขนาดคละของวัสดุผสม (ASTM C 33, 1999)

ตะแกรงขนาด	ค่าร้อยละผสมที่ค้างบนตะแกรงขนาดต่าง ๆ				
	ทราย	หิน			
		ตั้งแต่เบอร์ 4 ถึง ¾ นิ้ว	ตั้งแต่เบอร์ 4 ถึง 1 นิ้ว	ตั้งแต่เบอร์ 4 ถึง 1½ นิ้ว	ตั้งแต่เบอร์ 4 ถึง 2 นิ้ว
2 นิ้ว				0	0-5
1½ นิ้ว			0	0-5	-
1 นิ้ว		0	0-5	-	30-65
¾ นิ้ว		0-10	-	30-65	-
½ นิ้ว		-	40-75	-	70-90
3/8 นิ้ว	0	45-80	-	70-90	-
เบอร์ 4	0-5	90-100	90-100	95-100	95-100
เบอร์ 8	0-20	95-100	95-100		
เบอร์ 16	15-50				
เบอร์ 30	40-75				
เบอร์ 50	70-90				
เบอร์ 100	90-98				

### 2.2.3. การวิเคราะห์ด้วยตะแกรง (Sieve Analysis)

การวิเคราะห์หาส่วนขนาดละเอียดของวัสดุผสมโดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ต่างๆ (Sieve Analysis) โดยมักใช้ตะแกรงซึ่งมีตาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (U.S. Sieve) ตะแกรงที่ใช้วัดขนาดของหินเริ่มจากเบอร์ 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1" และ 1 1/2" ถ้าใช้หินขนาดใหญ่ขึ้นไปอีก ก็ต้องใช้ตะแกรงซึ่งมีตาใหญ่ขึ้นร่วมด้วย ขนาดของตาบนตะแกรงถัดไป จะเพิ่มขึ้นทีละสองเท่าคือเป็น 3" และ 6" สำหรับตะแกรงคัดขนาดทรายมีขนาดเรียงกัน คือ เบอร์ 4, 8, 16, 30, 50 และ 100 ตัวเลขเบอร์บอกถึงจำนวนตาของตะแกรงต่อความยาว 1 นิ้ว เช่น ตะแกรงเบอร์ 30 หมายถึงในความยาว 1 นิ้วจะมี 30 ช่อง ฉะนั้นใน 1 ตารางนิ้ว จะมีจำนวนตาทั้งสิ้น 900 ตา เป็นต้น นำตะแกรงเหล่านี้มาวางซ้อนกันเป็นชุดแล้วทำการร่อนซึ่งอาจใช้มือโยกเขย่าหรือใช้เครื่อง (motor) การร่อนจะกระทำโดยให้ตะแกรงเคลื่อนไหวทั้งทางแนวราบและทางแนวตั้งรวมทั้งการตบเขย่าเพื่อให้ตัวอย่างวัสดุ เคลื่อนไหวอยู่บนตะแกรงตลอดเวลา

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะนำมาใส่ในตารางที่จัดทำไว้ซึ่งประกอบด้วย 1. น้ำหนักของวัสดุผสมที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด 2. ค่าร้อยละของวัสดุผสมที่ค้างอยู่บนตะแกรงแต่ละขนาด และ 3. ค่าร้อยละสะสมของวัสดุผสมที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐาน หรือที่ผ่าน ดังตารางที่ 2.2.

### 2.2.4. ขนาดโตสุดของวัสดุผสม (Maximum Size of Aggregate)

ขนาดโตสุดของวัสดุผสมนี้ได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน โดยกำหนดตามขนาดของตะแกรงที่หยาบกว่าถัดไป ซึ่งมีวัสดุผสมขนาดใหญ่สุดค้างอยู่บนตะแกรงเป็นจำนวน 15 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า

ในประเทศไทย เรียกขนาดต่าง ๆ ของวัสดุผสมดังตารางที่ 2.3.

### 2.3. การหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต (Mix Design)

เป็นการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างปริมาณของส่วนประกอบแต่ละอย่างของคอนกรีตสำหรับงานหนึ่ง ๆ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความชื้นเหลวพอเหมาะและสะดวกในการทำงาน และเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว มีกำลัง และความทนทานตามต้องการในราคาที่ประหยัดที่สุด

ปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับใช้ในงานเล็ก ๆ ที่ถือว่าไม่สำคัญมากนัก อาจกำหนดได้โดยอาศัยข้อมูลหรือสถิติต่าง ๆ ที่ได้ปฏิบัติมาแล้วเป็นเกณฑ์ เช่น ใช้คอนกรีต 1:2:4 โดยปริมาตรหรือโดยน้ำหนัก ซึ่งหมายถึงใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ททราย 2 ส่วน และ หิน 4 ส่วนเป็นต้น แต่ในงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่สำคัญ ควรออกแบบหาปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตที่จะใช้ตามสภาพของงาน ทั้งนี้เพื่อให้ได้กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ และในราคาประหยัด

ตารางที่ 2.2. การวิเคราะห์ด้วยตะแกรง (Sieve Analysis) (รัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2537)

ขนาดตะแกรง มาตรฐาน	น้ำหนักที่ค้างอยู่บน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละที่ค้างบน ตะแกรงแต่ละขนาด	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง แต่ละขนาด
3"	0	0	0
1 1/2"	5	1.67	1.67
3/4"	85	28.33	30.00
3/8"	69	23.00	53.00
เบอร์ 4	30	10.00	63.00
เบอร์ 8	27	9.00	72.00
เบอร์ 16	26	8.67	80.67
เบอร์ 30	22	7.33	88.00
เบอร์ 50	24	8.00	96.00
เบอร์ 100	10	3.33	99.33
Pan	2	0.67	-
รวม	300	100.00	583.67

#### 2.4. การทดสอบหาค่าความยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test)

เป็นวิธีที่ดีและสะดวกมากที่สุดสำหรับการทดสอบในสนาม เพราะว่าวิธีนี้ทำได้ง่าย และเครื่องมือที่ใช้ก็ทำได้ไม่ยากนัก ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่วัดได้จะมีค่าน้อยหรือมาก ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต การวัดค่าความยุบตัวสำหรับคอนกรีต ที่ใช้ในงานต่าง ๆ ควรทำเป็นประจำ เพื่อจะได้เนื้อคอนกรีตที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ

ตารางที่ 2.3. ขนาดต่าง ๆ ของวัสดุผสม (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2537)

หินเบอร์	ขนาด (มม.)	หินเบอร์	ขนาด (มม.)
0	หินฝุ่น , เศษหินย่อย	3	50-75
1	20-25	4	75-100
2	25-50	หินใหญ่พิเศษ	100 ขึ้นไป

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาค่าความยวบตัวของคอนกรีต ประกอบด้วย

1. แบบสำหรับวัดความยวบ เป็นรูปกรวยหัวตัดซึ่งทำด้วยสังกะสีหรือโลหะบาง ๆ มีขนาดตามส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ตอนล่างมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 20 ซม. ตอนบนมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 ซม. และสูง 30 ซม. มีหูสำหรับยกทั้งสองข้าง
2. เหล็กกระทุ้ง เป็นแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 60 ซม. ปลายกลมแบน

วิธีทดสอบ วางกรวยเหล็กลงบนพื้นที่น่าชุ่มชื้นไม่ได้ เช่นสังกะสีหรือหินขัด โดยเอาปลายตัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า ตั้งขึ้นข้างบน ใช้เท้าทั้งสองข้างเหยียบกดเหล็กแผ่นที่ยื่นออกจากกรวยทั้งสองข้างไว้ให้แน่น บรรจุคอนกรีตที่เพิ่งผสมเสร็จลงในแบบ ให้สูง 10 ซม. แล้วกระทุ้งให้ทั่วกรวย 25 ครั้ง เติมคอนกรีตอีก 10 ซม. แล้วกระทุ้งแบบเดียวกันอีก 25 ครั้ง แล้วจึงเติมคอนกรีตให้เต็มและกระทุ้งอีก 25 ครั้ง หลังจากนั้นใช้เหล็กกระทุ้งปาดหน้าคอนกรีตให้เรียบได้ระดับกับขอบกรวย ตอนบน ใช้มือทั้งสองข้างจับหูกรวยค่อย ๆ ยกขึ้น โดยเลิกเหยียบแผ่นเหล็กที่ใกล้พื้นนั้นเสีย คอนกรีตจะยุบตัวลง วัดค่าความยวบตัวของคอนกรีตรูปกรวยโดยเปรียบเทียบกับสัดส่วนความสูงของกรวยดังรูปที่ ถ้าคอนกรีตตั้งอยู่ดีก็สามารถวัดค่าการยุบตัวได้ แต่ถ้าคอนกรีตนั้นเปื่อยและไม่เกาะกันดี กองนั้นจะพังลงโดยก้อน ๆ ไหลหลุดลงไปข้างหนึ่ง หรือถ้าคอนกรีตมีน้ำผสมมาก กองนั้นก็ยุบลงไปใกล้ ๆ กับพื้น ซึ่งทั้งสองแบบหลังนี้เรียกว่ามีการยุบตัวไม่ถูกและไม่ดีพอที่จะใช้หล่อเป็นคอนกรีตที่ดีได้

ค่าความยวบตัวของคอนกรีตยิ่งน้อย กำลังของคอนกรีตที่ได้ก็ยิ่งสูงขึ้น แต่จะให้ได้กำลังอย่างสูงเต็มทีนั้นไม่ได้ เพราะคอนกรีตจะแห้งและกระด้างเกินไปจนเทเข้าแบบไม่ได้ สำหรับการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ ควรใช้คอนกรีตที่มีค่าความยวบตัวดังตารางที่ 2.4.

ตารางที่ 2.4. ค่าความยวบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ  
(ञัชวาลัย เศรษฐบูร, 2537)

ประเภทองงาน	ค่าความยวบตัว (ซม.)	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
งานฐานราก กำแพง คอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานฐานรากคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก งานก่อสร้างใต้น้ำ	8.0	2.0
งานพื้น คาน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานคอนกรีตขนาดใหญ่	5.0	2.0

## 2.5. การทำคอนกรีตให้แน่น

ในขณะที่กำลังเทคอนกรีตอยู่หรือภายหลังการเทคอนกรีตแล้ว จะต้องทำคอนกรีตให้มีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ โดยให้คอนกรีตไหลเข้าไปทุกซอกทุกมุม เพื่อป้องกันไม่ให้มีโพรงอากาศและเกิดรูพรุนในเนื้อคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว ทำให้ได้โครงสร้างที่มีความมั่นคงแข็งแรงมีกำลังรับน้ำหนักได้เต็มที่ มีผิวเรียบเมื่อถอดแบบ ลดการหดตัวหรือการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของคอนกรีตกันน้ำซึมได้ดี โพรงอากาศในคอนกรีตจะเป็นสาเหตุให้กำลังของคอนกรีตลดลง พบว่าถ้าเนื้อคอนกรีตมีรูโพรง 5 % กำลังของคอนกรีตจะลดลง 30 % และถ้ามีรูโพรง 2 % กำลังของคอนกรีตจะลดลง 10 %

วิธีการทำคอนกรีตให้แน่น ทำได้โดยการกระทุ้งคอนกรีตด้วยมือ (Hand Tamping) โดยใช้ไม้หรือเหล็กกระทุ้ง หรือใช้เครื่องสั่นคอนกรีต (Vibrator) หรือจะใช้เครื่องตบแต่งก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด ชนิดและความเหมาะสมองงาน

- การกระทุ้งคอนกรีตด้วยมือ สำหรับคอนกรีตที่ค่อนข้างแห้งควรใช้เครื่องมือที่มีหน้าแบน ๆ และหนักตบตรงผิวหน้า จนกระทั่งน้ำปูนปรากฏเป็นแผ่นบาง ๆ ขึ้นที่ผิวหน้านั้นแสดงว่าช่องว่างในคอนกรีตนั้นเต็มหมดแล้ว สำหรับคอนกรีตที่เหลวพอเทได้ ควรกระทุ้งให้ลึกถึงชั้นที่เท และเลยเข้าไปในชั้นคอนกรีตข้างใต้ชั้นนั้นด้วย การใช้พลั่วตบตามหน้าหรือใกล้ ๆ กับแบบตั้งจะช่วยให้อผิวของคอนกรีตเรียบและลดรูซึ่งเกิดจากฟองอากาศด้วย

- การใช้เครื่องสั่นคอนกรีต ในงานที่ต้องการกำลังคอนกรีตสูง คอนกรีตพวกนี้มักใส่ น้ำน้อย ทำให้คอนกรีตแห้งมาก การเทคอนกรีตเข้าไปในแบบทำได้ลำบาก จะใช้แรงคนกระทุ้งให้แน่นก็ไม่ไหว งานดังกล่าวจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องสั่น

การทำคอนกรีตให้แน่นด้วยเครื่องสั่นนี้ มิได้หมายความว่าจะทำให้คอนกรีตแน่นดีและได้กำลังดีเสมอไป ทั้งนี้แล้วแต่การใช้เครื่องนี้ให้ถูกกับลักษณะของคอนกรีต ดังเช่นคอนกรีตที่เหลวมาก ถ้าใช้เครื่องสั่นนี้เข้าจะทำให้มีอร์ต้าแยกออกมาจากหินและลอยขึ้นมาอยู่บนผิวหน้า ซึ่งทำให้คอนกรีตที่ผิวหน้ามีกำลังตกไป เพราะขาดหิน ซึ่งอยู่แต่ข้างล่าง และนอกจากนี้ยังอาจทำให้ที่ผิวหน้านี้มีรอยแตก ร้าวได้ง่าย เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีตอีกด้วย

## 2.6. การบ่มคอนกรีต

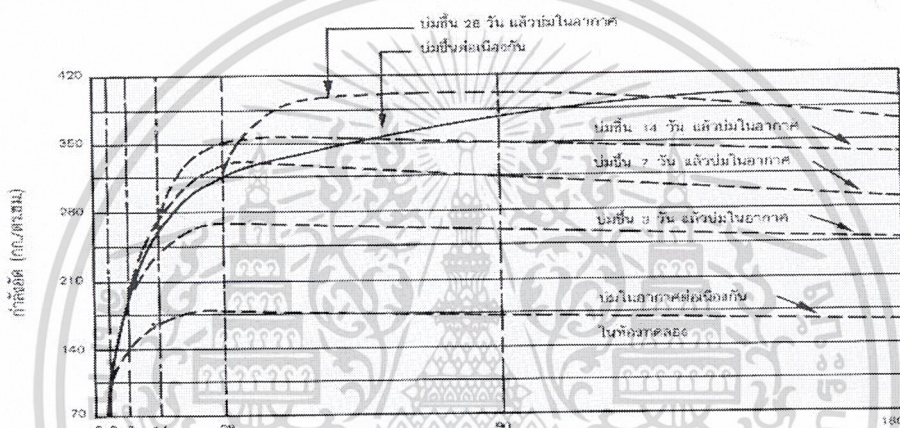
การบ่มหรือการบำรุงคอนกรีต (Curing) เป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำที่เหลืจากปฏิกิริยากับซีเมนต์ ระเหยออกจากคอนกรีตที่เทลงแบบหล่อและแข็งตัวแล้วเร็วเกินไป เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามต้องการ

หลังจากการเทคอนกรีตและทิ้งไว้จนผิวหน้าคอนกรีตหมาดแข็งปราศจากรอยแล้วจะต้องทำการบ่มทันที โดยวิธีการบ่มใช้ การขังหรือหล่อหน้า ซึ่งเป็นวิธีทำทำนบด้วยดินเหนียวหรือก่ออิฐกั้นก็ได้ เหตุที่ต้องใช้วิธีนี้เพราะจำนวนแบบที่ใช้มี 7 แบบซึ่งถือว่ามากดังนั้นวิธีนี้จึงให้ความสะดวกที่สุดในการทำงาน ทั้งวิธีนี้มีข้อดีคือใช้ได้กับงานบนพื้นราบ เช่น แผ่นพื้น คานฟ้า พื้นถนน และทางเท้า แต่ไม่เหมาะสำหรับแผ่นพื้นที่จะมีการก่อสร้างต่อขึ้นไป เพราะจะลำบากในการทำงานต่อไป ส่วนข้อควรระวังคือ ต้องคอยตรวจสอบไม่ให้ทำนบที่กั้นไว้พังซึ่งจะทำให้น้ำรั่วออกและแห้งเป็นเหตุให้การบ่มขาดตอนไป และอย่าให้น้ำที่บ่มมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10 องศาเซลเซียส เพราะอาจจะทำให้ผิวคอนกรีตแตกร้าวได้ แต่วิธีนี้ก็ยังมีข้อเสียคือ ต้องมีภาระในการเก็บล้างเมื่อเสร็จงาน อาจต้องขัดฟอกให้คอนกรีตหายสกปรก

ส่วนระยะเวลาในการบ่มคือ 28 วันซึ่งในระหว่างการบ่มนี้จะมีการนำตัวอย่างขึ้นมาทำการกดอัดทดสอบกำลังที่ระยะเวลา 3 วัน 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ส่วนผลของการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีตแสดงดังรูป 2.1.

## 2.6.1 อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีต

อุณหภูมิที่ใช้บ่มคอนกรีตโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 15-39 องศาเซลเซียส แต่สำหรับงานคอนกรีตหลายกรณีความร้อนให้ต่ำลงกว่านี้ เพราะปฏิกิริยาของน้ำกับปูนซีเมนต์นั้นให้ความร้อนออกมาอยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม ไม่ควรบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพราะคอนกรีตจะแข็งตัวช้ามาก เมื่อบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงมากและอากาศแห้ง จะทำให้น้ำระเหยออกจากคอนกรีตอย่างรวดเร็ว กำลังคอนกรีตที่ได้จะต่ำ และอาจเกิดรอยแตกเร็วได้ง่าย



รูปที่ 2.1. แสดงผลของการบ่มที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2537)

## 2.6.2. ระยะเวลาบ่มคอนกรีต

ระยะเวลาการบ่มขึ้นอยู่กับชนิดปูนซีเมนต์ที่ใช้ ส่วนผสมคอนกรีต กำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ขนาดและรูปร่างของโครงสร้างคอนกรีต อุณหภูมิที่บ่มและความชื้นขณะบ่มเป็นต้น โดยทั่วไปผิวคอนกรีตควรได้รับการบ่มติดต่อกันอย่างน้อย 7-14 วัน และซีเมนต์ชนิดแข็งตัวช้าก็ต้องการเวลาบ่มมากกว่าซีเมนต์ธรรมดา

### 2.6.3. วิธีการบ่มคอนกรีต (Curing Method)

วิธีการบ่มคอนกรีตขึ้นอยู่กับสภาพการโดยเฉพาะของคอนกรีตที่จะสร้างขึ้น อย่างไรก็ตาม ใดก็ตามควรคำนึงถึงวิธีการที่ถูกที่สุดและให้ผลดีที่สุดสำหรับงานนั้น ๆ เป็นสำคัญ

การบ่มคอนกรีตทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีบ่มโดยเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต (Replacing) โดยให้ความชื้นแก่ผิวคอนกรีตโดยตรงในระยะเวลาที่คอนกรีตเริ่มแข็งตัว เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีตซึ่งทำได้หลายวิธี คือ

- การขังหรือการหล่อน้ำ (Ponding) การขังหรือหล่อน้ำจะใช้วิธีทำทาบด้วยดินเหนียวหรือก่ออิฐกันก็ได้ ใช้ได้ดีกับงานบนพื้นราบ เช่น แผ่นพื้น คาดฟ้า พื้นถนน และทางเท้า แต่ไม่เหมาะสำหรับแผ่นพื้นที่จะมีการก่อสร้างต่อขึ้นไป เพราะจะลำบากในการทำงานต่อไป ข้อควรระวังคือ ต้องคอยตรวจสอบไม่ให้ทาบที่กันไว้พัง ซึ่งจะทำให้น้ำรั่วออกและแห้งเป็นเหตุให้การบ่มขาดตอนไป ข้อเสียของวิธีนี้คือ ต้องมีการเฝ้าระวังการเก็บล้างเมื่อเสร็จงาน อาจต้องขัดฟอกให้คอนกรีตหายสกปรก
- การฉีดพ่นน้ำหรือรดน้ำ (Sprinkling) จะต้องคอยฉีดหรือรดน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกชุ่มทั่วกันตลอด ไม่ใช่ทำเป็นระยะ ๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแตกร้าวเนื่องจากผิวคอนกรีตแห้งและเปื่อยสลับกันบ่อยครั้ง และวิธีนี้ใช้ได้กับคอนกรีตทุกชนิดทั้งในแนวราบหรือเอียง มักจะเปลืองน้ำจึงไม่เหมาะกับบริเวณที่น้ำขาดแคลน หรือบนชั้นสูง ๆ ที่น้ำไหลค่อย ข้อควรระวังคือ น้ำอาจไปชะเอาผิวคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดีสึกกร่อนไปได้
- การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม (Wet Covering) อาจใช้ผ้าใบ กระจกอบ หรือวัสดุอื่นคลุมให้ทั่ว แล้วรดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ ข้อสำคัญ คือ การคลุมต้องคลุมเหลื่อมกันให้มากและต้องรดน้ำให้เปียกชุ่มอยู่เสมอ ควรคลุมทันทีที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีนี้ได้ผลดีมากถ้าคอยตรวจให้น้ำชุ่มอยู่เสมอ ราคาถูกคลุมได้ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง

2. วิธีบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต (Preventing Loss of Moisture) เป็นวิธีที่ใช้การผนึกผิวของคอนกรีตให้ทั่ว ป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตเล็ดลอดออกไปได้ ซึ่งมีวิธีการและวัสดุที่ใช้ในการบ่มแบบนี้ต่าง ๆ กัน คือ

- การใช้กระดาษกันน้ำซึม (Waterproof Papers) ลักษณะเป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยกาวพวกยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว จะยึดหดตัวไม่มากนักเมื่อเปียกและแห้ง สี

กระดาษที่ใช้มีสีอ่อนและใช้ปิดผิวคอนกรีตให้สนิทเป็นเวลา 72 ชม. มักนิยมใช้กับพื้นราบ ข้อควรระวัง คือ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นต่อแผ่นของกระดาษต้องผนึกติดแน่นด้วยกาว เทป หรือทรายก็ได้ และกระดาษต้องไม่ขาดชำรุด

- การใช้แผ่นผ้าพลาสติกปิดคลุม (Plastic Film) มีวิธีการคล้ายกับการใช้กระดาษกันน้ำ แต่มีข้อดี คือ เนื่องจากผ้าพลาสติกเบามาก จึงสามารถใช้ได้กับโครงสร้างทุกชนิด ข้อควรระวัง คือ เนื่องจากผ้าพลาสติกนี้บางและเบามากจึงเกิดการชำรุดได้ง่าย ต้องคอยประรอยฉีกขาด และต้องหาของหนักทับเพื่อป้องกันไม่ให้ลมพัดปลิว
- การบ่มโดยใช้ไม้แบบ (Forms) ไม้แบบที่เปียกและแบบโลหะจะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำชื้นได้ดี ถ้าหากผิวคอนกรีตส่วนบนที่เปิดเผยนั้นยังคงเปียกอยู่โดยมีน้ำไหลซึมลงมาระหว่างคอนกรีตกับไม้แบบได้ ในสภาพเช่นนี้เท่านั้นที่อาจจะทิ้งแบบหล่อให้ติดกับคอนกรีตให้นานเท่าที่ต้องการ เมื่อถอดแบบแล้วจึงบ่มด้วยวิธีอื่นต่อไป

## 2.7. กำลังต้านทานแรงอัด

กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีต เป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบถึงคุณสมบัติอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี เพราะค่ากำลังต้านทานหรือรับแรงแบบอื่นเป็นส่วนสัมพันธ์กับกำลังต้านทานแรงอัด

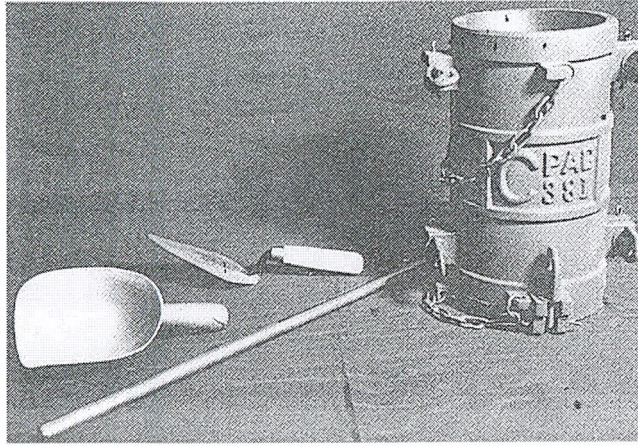
การทดสอบหาแรงอัดประลัยของคอนกรีตทำได้โดยการกดหรืออัดแท่งทดสอบมาตรฐาน (รูปทรงกระบอก หรือรูปลูกบาศก์) ซึ่งบ่มขึ้นตามระยะเวลาที่กำหนด ด้วยเครื่องทดสอบมาตรฐานจนกระทั่งคอนกรีตถูกอัดแตก น้ำหนักกดหรืออัดสูงสุดที่ได้หารด้วยเนื้อที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่างจะเป็นค่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตนั้น ค่ากำลังต้านทานต่อแรงอัดนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสม ปริมาณน้ำ อายุของแท่งทดสอบ การบ่ม เป็นต้น

## 2.8. การทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก มาตรฐานที่ใช้ ASTM C 192

### อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย

1. แบบหล่อก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.
2. เหล็กดำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ปลายกลมมน
3. ช้อนตัก เกรียงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 15 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2. อุปกรณ์ทำก้อนตัวอย่าง รูปทรงกระบอก (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2537)

### วิธีทำ

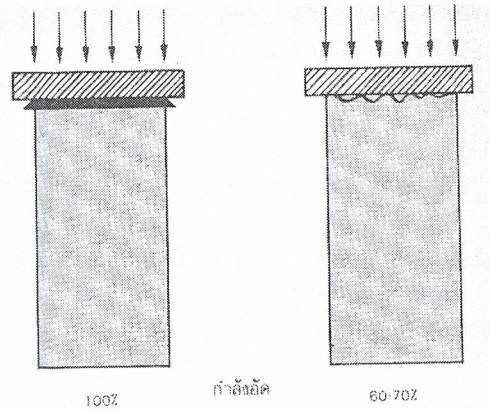
1. ทำความสะอาดแบบหล่อตัวอย่าง แล้วทาน้ำมันที่ผิวภายในทุกด้าน
2. ตักคอนกรีตใส่แบบ โดยแบ่งเป็น 3 ชั้น เท่าๆกัน แต่ละชั้นตาดด้วยเหล็กต๋า 25 ที
3. เมื่อตาดชั้นสุดท้ายเสร็จ ปาดผิวหน้าให้เรียบ

ตัวอย่างคอนกรีตที่ทำเสร็จแล้ว ควรใช้กระสอบที่เปียกชื้นคลุมไว้ แล้วป้องกันน้ำระเหยออกทั้งคอนกรีตในแบบไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นถอดแบบออก เขียนรายละเอียดต่างๆ บนหน้าก้อนปูน เช่น วันที่ทำตัวอย่าง หมายเลขตัวอย่าง เป็นต้น จากนั้นนำก้อนตัวอย่างไปบ่มโดยการแช่น้ำ จนถึงเวลาที่จะทำการทดสอบ โดยทั่วไปจะทดสอบที่อายุคอนกรีต 7 วัน และ 28 วัน

เมื่อถึงกำหนดเวลาทดสอบนำก้อนตัวอย่างขึ้นจากบ่อบ่มทิ้งไว้ให้ผิวแห้ง ชั่งน้ำหนัก วัดขนาด จดบันทึกไว้ หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วต้องทำการ cap ก้อนตัวอย่างทั้ง 2 ด้านด้วยก้ามฉันเสียก่อน

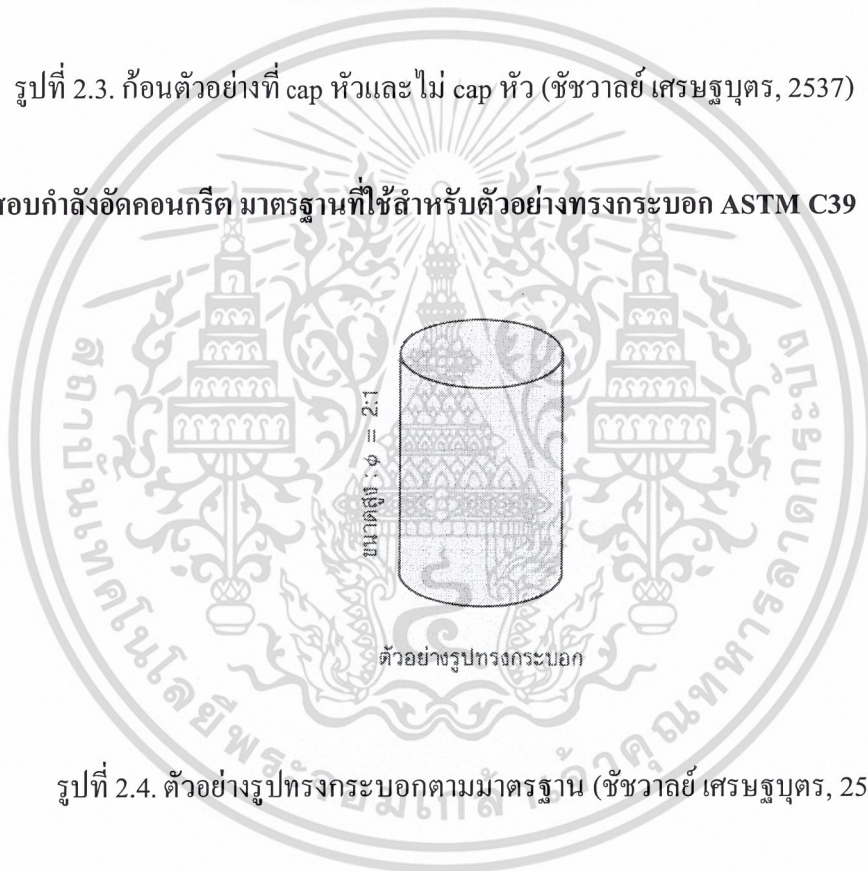
### **วัตถุประสงค์ของการ cap ก้อน ตัวอย่างรูปทรงกระบอก**

1. เพื่อให้ผิวทั้ง 2 ด้าน ของตัวอย่างเรียบ
2. เพื่อให้แนวของแท่งตัวอย่างตั้งได้ฉากกับแนวราบหลังจาก cap เสร็จเรียบร้อยและก้ามฉันแห้งดีแล้วก็สามารถนำก้อนตัวอย่างเข้าทดสอบได้



รูปที่ 2.3. ก้อนตัวอย่างที่ cap หัวและไม่ cap หัว (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2537)

## 2.9. การทดสอบกำลังอัดคอนกรีต มาตรฐานที่ใช้สำหรับตัวอย่างทรงกระบอก ASTM C39



รูปที่ 2.4. ตัวอย่างรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2537)

### วิธีการทดสอบ

1. นำก้อนตัวอย่างวางกึ่งกลางของแท่งทดสอบ โดยให้แกนอยู่ในแนวศูนย์กลางของแท่งทดสอบ
2. เปิดเครื่องทดสอบ โดยในการทดสอบนี้จะต้องควบคุมน้ำหนักที่กดให้มีอัตราสม่ำเสมอ อัตราที่ใช้คือ 1.4-3.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที
3. กดก้อนตัวอย่างจนแตก บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้
4. นำค่าน้ำหนัก และพื้นที่หน้าตัดที่ได้มาหาค่ากำลังอัดประลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 17 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังอัดประลัยของคอนกรีต = น้ำหนักกดประลัย / พื้นที่หน้าตัดของก้อนตัวอย่าง

หน่วยที่ใช้ทั่วไป คือ

1. กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc.)
2. นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (N./mm.<sup>2</sup>)

## 2.10. มาตรฐานการเจาะคอนกรีต ASTM C42/C42M-99

### 2.10.1. วัตถุประสงค์

วิธีการทดลองนี้ครอบคลุม ในการเตรียมและการทดสอบตัวอย่าง ในการเจาะคอนกรีต เพื่อทดสอบหาค่ากำลังอัด เพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต บริเวณที่เจาะมาทำการทดสอบ และชิ้นตัวอย่างที่เจาะมาทดสอบต้องไม่มีรอยร้าวและตำหนิ โดยทั่วไปการทดสอบชิ้นตัวอย่างจะเป็นการทดสอบ เมื่อเกิดความสงสัยในการรับกำลังของคอนกรีต อาจจะเนื่องมาจากคุณภาพของคอนกรีต หรือโครงสร้างที่เก่าแก่แล้ว

### 2.10.2. วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

1. เครื่องเจาะคอนกรีต หัวเจาะติดกากเพชร

### 2.10.3. การเตรียมตัวอย่าง

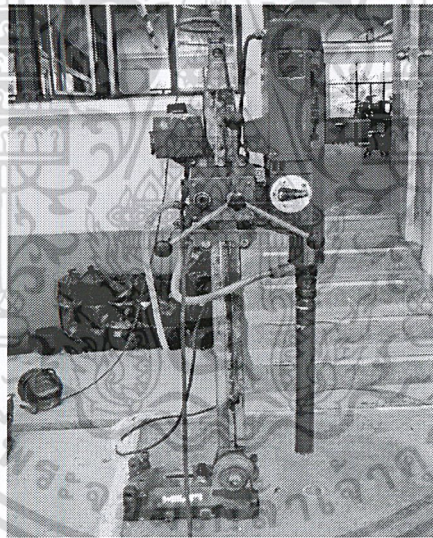
1. ตัวอย่างของคอนกรีตหนา ที่จะใช้ในการเตรียมตัวอย่างการทดสอบกำลังอัดของแท่งตัวอย่าง จะต้องไม่ถูกการเคลื่อนย้ายจนกว่าคอนกรีตจะแข็งตัวเพียงพอ เพราะจะเป็นการรบกวนการเซตตัวในการยัดตัวระหว่าง มอร์ต้ากับมวลรวมหยาบ เมื่อการเตรียมตัวอย่างมีการเคลื่อนย้ายและถูกทำลายในช่วงการเตรียมนี้ คอนกรีตไม่สามารถที่จะใช้ได้
2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเจาะในการทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 3.75 นิ้ว (94 มิลลิเมตร) หากเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเจาะน้อยกว่า 3.75 นิ้ว (94 มิลลิเมตร) อนุญาตให้ใช้ได้ โดยแท่งคอนกรีตจะต้องมีอัตราส่วน  $h/d \geq 1$  สำหรับขนาดหัวเจาะต้องมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับ 2-3 เท่าของมวลรวม

โตสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 18 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขึ้นตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบหากำลังอัดหน้าตัดควรจะเรียบ โดยหน้าตัดไม่ควรเอียงเกิน  $0.5^\circ$  เส้นผ่านศูนย์กลางตรงปลายแท่ง ไม่ควรต่างกับเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากกว่า 0.1 นิ้ว (2.5 มิลลิเมตร)
4. หลังจากการเจาะ แท่งตัวอย่างจะถูกปล่อยให้แห้งในสภาวะอุณหภูมิ  $16-27^\circ\text{C}$  ที่ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 50% ในเวลา 12-24 ชั่วโมง จากนั้นนำแท่งตัวอย่างไปแต่งผิวหน้าหรือแคปหัว และทดสอบภายใน 48 ชั่วโมง
5. ในการวัดค่าความยาวของแท่งคอนกรีต ควรวัดค่าความยาวของตัวอย่างหลังการ แคปหัวเสร็จแล้ว (ความหนาที่แคปหัว ให้หนามีค่าใกล้เคียงกับ 2.0 มิลลิเมตร)

การคำนวณค่ากำลังรับแรงอัด คำนวณจากค่าน้ำหนักที่ใช้กดต่อพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง การคำนวณค่ากำลังรับแรงอัดที่ถูกต้อง จะต้องคูณค่าน้ำหนักที่ใช้กดต่อพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างกับค่า Factor ที่เหมาะสมตามอัตราส่วน  $h/d$

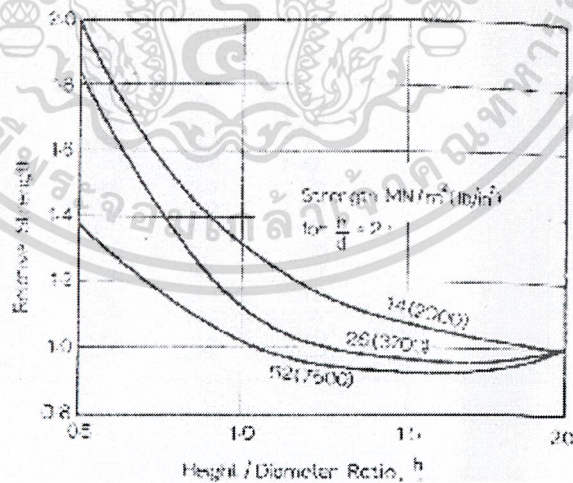


รูปที่ 2.5. เครื่องเจาะคอนกรีต หัวเจาะติดกากเพชร

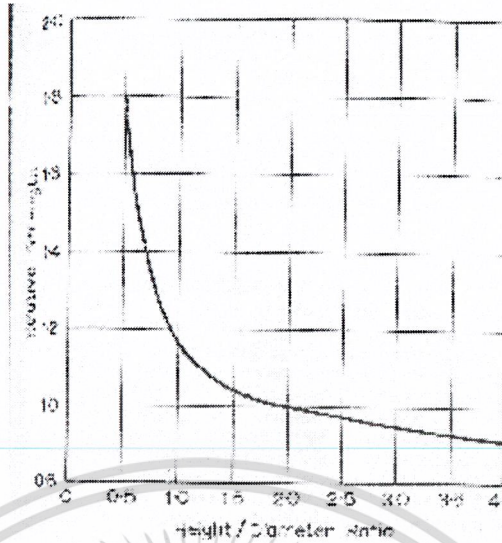
## 2.11. ผลกระทบของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกับกำลัง

ตัวอย่างทรงกระบอกมาตรฐานคือมีความสูงเป็นสองเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง แต่บางครั้งมีตัวอย่างที่มีอัตราส่วนอื่น ๆ ซึ่งเป็นกรณีที่เกิดจากการเจาะจากภายในเนื้อคอนกรีต (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขึ้นอยู่กับขนาดของหัวเจาะ ขณะที่ความสูงแปรผันกับความหนาของพื้นหรือชั้นส่วน) ถ้าการเจาะลึกมาก สามารถที่จะทำให้ค่าอัตราส่วน  $h/d$  เป็น 2 ก่อนที่จะทดสอบได้ แต่ถ้าสั้นมาก จำเป็นต้องทำการประมาณกำลังของคอนกรีตแบบเดียวกัน ถ้าเป็นการหาตัวอย่างที่  $h/d = 2$

มาตรฐาน A.S.T.M. C 42-68 และ B.S. 1881:1970 ได้ให้ปัจจัยในการปรับแก้ แต่ Murdock และ Kesler พบว่าค่าปรับแก้ขึ้นอยู่กับกำลังของคอนกรีตด้วย การแปรผันของอัตราส่วนของตัวอย่างมีผลกระทบน้อยมากสำหรับคอนกรีตกำลังสูง และรูปร่างของตัวอย่างก็มีอิทธิพลน้อยมากด้วย ซึ่งสองปัจจัยนี้ควรมีความสัมพันธ์กัน คือ มีความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างความแข็งของทรงลูกบาศก์กับทรงกระบอกที่อัตราส่วน  $h/d$  เดียวกัน อิทธิพลของปัจจัยในการเปลี่ยนแปลงกำลังเป็นการปฏิบัติจริงในกรณีของคอนกรีตกำลังต่ำ เมื่อเราเจาะทดสอบกับค่า  $h/d$  ที่น้อยกว่า 2 การใช้ปัจจัย A.S.T.M. C 42-68 หรือ B.S. 1881:1970 นั้น เราประมาณกำลังให้มากเพื่อใช้เป็นอัตราส่วน  $h/d$  เท่ากับ 2 และเป็นในกรณีของคอนกรีตกำลังต่ำหรือมีความแข็งต่ำ ในการประมาณความแข็งที่ถูกต้องนั้นมีความสำคัญในการปฏิบัติจริงมาก



รูปที่ 2.6. ผลของอัตราส่วนของความสูงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีต่อกำลังปรากฏของแท่งคอนกรีตทดสอบที่กำลังคอนกรีตต่าง ๆ กัน (Concrete International, 2001)

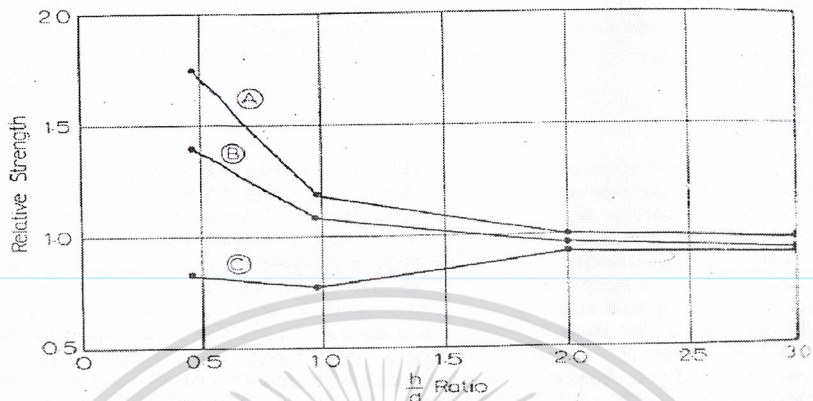


รูปที่ 2.7. รูปแบบทั่วไปของอัตราส่วนความสูงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีต่อกำลังปรากฏของแท่งคอนกรีตทดสอบ (Concrete International , 2001)

รูปแบบทั่วไปของ  $h/d$  ที่มีอิทธิพลกับกำลังแสดงในรูป 8.6 สำหรับค่า  $h/d$  ที่น้อยกว่า 1.5 กำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และหยุดจากผลกระทบของแผ่นกคของเครื่องทดสอบ เมื่อ  $h/d$  แปรผันระหว่าง 1.5 และ 4.0 จะมีผลกระทบต่อกำลังเล็กน้อย และสำหรับค่า  $h/d$  ระหว่าง 1.5 และ 2.5 ความแข็งแรงลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ จากกำลังของตัวอย่างมาตรฐาน ( $h/d = 2$ ) สำหรับค่าของ  $h/d$  ที่มากกว่า 5 กำลังจะตกอย่างรวดเร็ว จะมีผลกระทบจากอัตราส่วนความสูงเกิดขึ้น มันดูเหมือนว่าการเลือกมาตรฐานอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 2 เหมาะสม ไม่เพียงเป็นเพราะว่าผลกระทบจากตอนปลายมากจนต้องตัดทิ้งและช่วงที่ตัดตัวอย่างไม่ตามแกนแล้ว แต่ยังเป็นเพราะว่าการแยกอัตราส่วนนี้ไม่มีผลกระทบที่สำคัญมากในการวัดค่ากำลัง ในกรณีของรูปทรงเหลี่ยมมีผลกระทบของความแข็งแรงที่อัตราส่วนความสูงถึงรูปร่างด้านข้างเล็กน้อยด้วย ถ้าตัดแรงเสียดทานด้านท้ายออก จะไม่มีผลกระทบของ  $h/d$  กับกำลัง แต่นี่เป็นการทำได้ยากมากในการทดสอบ รูปแบบทั่วไปของอิทธิพลในการรวมกลุ่มระหว่างแผ่นกคและตัวอย่างได้แสดงในรูป 8.7

การลดผลกระทบในตอนท้ายอย่างรวดเร็ว การทำให้วัสดุเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นสิ่งที่สังเกตเห็นได้ยากมากในมอร์ตาร์และบางทีในวัสดุผสมคอนกรีตมวลเบาที่ให้กำลังปานกลางหรือต่ำเกิดขึ้นหลายแบบจากความแตกต่างระหว่างช่วงยึดหยุ่นของคอนกรีตและวัสดุผสมที่น้อยกว่าในกรณีของวัสดุผสมคอนกรีตธรรมดา พบว่า วัสดุผสมคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าอัตราส่วนกำลังของตัวอย่างมาตรฐาน

ทรงกระบอกที่อัตราส่วนความสูงเดียวกันคือ 0.95 ถึง 0.97 อย่างไรก็ตาม ไม่มีการยืนยันในการทดสอบของรัสเซียในการขยายสู่ดินเหนียวที่มีการรายงานคืออัตราส่วนประมาณ 0.77



รูปที่ 2.8. กำลังรับแรงอัดสัมพัทธ์ของแท่งคอนกรีตที่อัตราส่วนของความสูงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ เมื่อทำการเปลี่ยนลักษณะการครอบหัวตัวอย่างแบบต่าง ๆ โดย A = ไม่มีการครอบหัว, B = ครอบด้วย soft wallboard หน้า 8 มม., และ C = ครอบด้วยพลาสติกบอร์คหน้า 25 มม. (Concrete International, 2001)

### 2.12. การศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงต่าง ๆ

การศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก รูปทรงปริซึมสามเหลี่ยม และรูปทรงสี่เหลี่ยม โดยกำหนดให้มีอัตราส่วน h/d เท่ากับ 2 และในแต่ละรูปทรงจะกำหนดให้มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน โดยใช้พื้นที่หน้าตัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกเป็นมาตรฐาน และทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 14 วัน โดยแบ่งออกเป็น 2 กำลัง คือ 210 ksc. และ 280 ksc.

จากการศึกษาได้ผลว่า กำลังอัดของแท่งคอนกรีตรูปทรงเดียวกันแต่มีขนาดต่างกันจะได้อัตราค่ารับแรงอัดไม่เท่ากัน โดยแท่งคอนกรีตที่มีขนาดเล็กกว่าสามารถรับกำลังอัดได้สูงกว่าขนาดใหญ่ ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีลักษณะเหมือนกันทั้ง 2 กำลัง คือ 210 และ 280 ksc. สำหรับแท่งคอนกรีตที่มีรูปร่างต่างกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบกำลังอัดแล้ว ได้ว่า แท่งคอนกรีตรูปทรงสี่เหลี่ยมสามารถรับกำลังอัดได้สูงสุดรองลงมาคือแท่งคอนกรีตรูปทรงปริซึมสามเหลี่ยม และรูปทรงกระบอกตามลำดับ โดยผลการทดลองที่ได้ให้ค่าเหมือนกันทั้งกำลัง 210 และ 280 ksc.

## 2.13. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Mixed design of Concrete)



บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด



THE CONCRETE PRODUCTS AND AGGREGATE CO.,LTD.

เครื่องปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม SIAM CEMENT INDUSTRIAL GROUP

### CPAC READY MIXED CONCRETE

#### MIX DESIGN

PROJECT	:	บริจาคคอนกรีต
CUSTOMER	:	บริษัท ซีเมนต์ไทย การตลาด จำกัด เพื่อเป็นข้อมูลเสนอให้
CONTRACTOR	:	-
เลขที่ ส.กต.(นล) 0013/46	PRODUCT CODE	: ZBDM24A000
Cubic compressive strength		240 ksc
Cylindrical compressive strength		210 ksc
Slump		5-10 cm
Water-cementitious materials ratio		0.57
Maximum size of coarse aggregate		20 mm
CALCULATION OF PROPORTION VOLUME FOR 1 cu. m OF CONCRETE		
Required water		158 L
Required cementitious materials	= $\frac{158}{0.57}$	= 279
Solid volume of cementitious materials	= $\frac{279}{2.69}$	= 104 L
Solid volume of fine materials (cementitious materials + fine aggregate)		= 413 L
Solid volume of fine aggregate	= $413 - 104$	= 309 L
Air content	= $1.0 \times \frac{1,000}{100}$	= 10 L
Total volume		= 1,007 L
Solid volume of coarse aggregate	= $1,007 - 413 - 158 - 10$	= 426 L
COMPOSITION FOR 1 cu. m OF CONCRETE BY WEIGHT		
Cementitious materials	=	280 kg
Water	=	158 L
Sand (Normal)	=	820 kg
Rock (3/4"-#4)	=	1,150 kg
CPAC 40401	=	590 cc

ชื่อวิศวกร \_\_\_\_\_  
 วันที่ 07/01/46

ใบ ก.จ. นี้ใช้ในการออก ใบเสนอส่วนผสมที่เป็นสินค้าของ CPAC เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

ใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

น 32732



นาย น. น. (นายเอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ)  
สาขาวิศวกรรมสถาปัตย์

ลายมือชื่อผู้ถือใบอนุญาต

สภาวิศวกร  
ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542

อนุญาตให้ นาย น. น. ชรรมภิมย์  
ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ประเภท ภาควิชา วิศวกรรม  
โยธา

ตั้งแต่วันที่ 22 สิงหาคม 2544  
ถึงวันที่ 21 สิงหาคม 2549  
เลขทะเบียน ทย . 19955

ใช้ประกอบใบเสนอส่วนประกอบกรณีผสมเสร็จ CPAC เลขที่ น. กจ. (น.จ.) 0013146

ทางหน่วยงาน บริษัท คอนกรีต โรงงาน สกลนคร

ผู้รับแทน

ลายมือชื่อใบอนุญาต นาย น. น. วันที่ 7 17 146

ใช้สำหรับ MIXED DESIGN เพียงอย่างเดียว  
และประกอบสินค้าของ CPAC เท่านั้น

ใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## ขั้นตอนการทดลอง

### 3.1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.1.1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. คอนกรีตสำเร็จรูป ใช้คอนกรีตสำเร็จรูปของบริษัท CPAC
2. น้ำ ใช้น้ำประปาในการบ่มคอนกรีตและใช้ในการเจาะคอนกรีต
3. กำมะถัน นำมาหลอมละลาย ใช้ในการ Capping หัวแท่งคอนกรีตทดสอบเพื่อให้ผิวหน้าเรียบ เพื่อใช้ในการทดสอบหา Strength โดยวิธีการทดสอบแบบทำลายด้วยเครื่อง Universal Testing Machine
4. น้ำมันหล่อลื่น ใช้ในการทาเครื่อง Capping หัวแท่งคอนกรีตเพื่อไม่ให้กำมะถันติดกับเครื่อง
5. ไม้แบบ ใช้เป็นแบบในการหล่อคอนกรีตที่จะทำการเจาะทดสอบ
6. ตะปู ใช้ในการยึดไม้แบบเข้าด้วยกัน
7. พลาสติก ใช้ปูแบบก่อนที่จะเทคอนกรีตเพื่อกันไม่ให้คอนกรีตติดกับไม้แบบ

#### 3.1.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องเจาะคอนกรีต หัวเจาะติดกากเพชร ใช้เจาะทดสอบคอนกรีต
2. เครื่อง Universal Testing Machine ใช้กดทดสอบหาค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีต
3. เครื่อง Capping หัวคอนกรีต ใช้ในการ Capping หัวคอนกรีตให้เรียบ
4. เครื่องมือวัด เช่น เทปวัด ไม้บรรทัด ใช้ในการวัดขนาด ส่วนสูงของแท่งคอนกรีต
5. เหล็กกระทุ้ง ใช้ในการกระทุ้งคอนกรีตให้แน่น

### 3.2. การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง

1. จัดเตรียมสถานที่ที่จะทำการทดลอง เป็นที่โล่งแจ้งเพื่อให้สภาพแวดล้อมเหมือนสภาพการก่อสร้างจริงและจะต้องเป็นที่สะดวกเหมาะแก่การทำงาน

2. ทำแบบหล่อคอนกรีตเป็นจำนวน 7 แบบ ซึ่งแต่ละแบบมีขนาด(ความยาว\*ความกว้าง\*ความสูง) ดังนี้
  - 110\*70\*5.0 cm<sup>3</sup>
  - 120\*100\*7.5 cm<sup>3</sup>
  - 150\*150\*10 cm<sup>3</sup>
  - 150\*150\*15 cm<sup>3</sup>
  - 150\*150\*20 cm<sup>3</sup>
  - 150\*130\*25 cm<sup>3</sup>
  - 150\*120\*30 cm<sup>3</sup>
3. ทำการปูแผ่นพลาสติกให้เต็มแบบหล่อนก่อนที่จะเทคอนกรีต เพื่อกั้นน้ำปูนไม่ให้ซึมออกมา และช่วยในการบ่มคอนกรีต
4. ทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดโดยการทดสอบหาค่าการทรุดตัว เพื่อหาความสามารถไหลได้ตามมาตรฐาน ASTM C143
5. เทคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วลงในแบบหล่อคอนกรีตที่เตรียมไว้ แบ่งเทเป็น 3 ชั้น โดยค่อยๆเทให้เป็นชั้นที่สม่ำเสมอ และทำการจี้เข้าคอนกรีตโดยจี้เป็นชั้นๆ แต่ละชั้นจะถูกจี้เข้าให้อัดแน่นก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นต่อไป รวมทั้งในแบบหล่อของท่อ pvc ที่ขนาด 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว
6. ทำการทดสอบหาค่ารับแรงอัดของตัวอย่างรูปทรงกระบอก โดยขั้นแรกต้องทำก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM C192 ต่อจากนั้นทำการทดสอบค่ารับแรงอัดของรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM C39
7. ภายหลังจากการหล่อคอนกรีตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการบ่มแผ่นคอนกรีตด้วยวิธีขังน้ำที่ผิวบน โดยคอยเติมน้ำให้น้ำขังอยู่ตลอดเวลาจนเมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน
8. เมื่อคอนกรีตที่หล่อไว้มีอายุครบ 28 วัน ทำการเจาะคอนกรีตด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C42 โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง, ความสูง และจำนวนตัวอย่าง ดังตารางที่ 1.1.
9. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแท่งคอนกรีต ไม่ให้มีรอยแตกร้าวบนเนื้อคอนกรีตหรือหัก

### 3.3. การเจาะทดสอบคอนกรีต

1. นำเครื่องเจาะคอนกรีตติดตั้งบนแท่นคอนกรีต ยึดตัวเครื่องกับแท่นคอนกรีตให้แน่นด้วยสลักยึด
2. ทำการเจาะคอนกรีตจนทะลุลงไปถึงไม้แบบข้างใต้
3. นำตัวอย่างคอนกรีตที่เจาะเสร็จแล้วขึ้นมาจากแท่นคอนกรีต ทิ้งไว้ให้แห้ง

### 3.4. การทดสอบหาค่าลึงอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ

1. วัดขนาดความสูง, เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างคอนกรีตเพื่อตรวจสอบตามแบบที่ได้ทำไว้
2. นำก้อนตัวอย่างที่ได้หล่อฝา (Capping) ทั้งสองด้าน
3. นำก้อนตัวอย่างที่หล่อฝาแล้วนำไปทดสอบหาค่าลึงรับแรงอัดด้วยเครื่องมือทดสอบค่าลึงอัด (Universal Testing Machine) ตามมาตรฐาน ASTM C42 และทำการบันทึกผลค่าลึงอัดของคอนกรีต

### 3.5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

1. หาค่าลึงอัดประลัยของคอนกรีต โดยนำน้ำหนักจากการกดทดสอบคอนกรีตหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างคอนกรีต
1. พล็อตกราฟระหว่างอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง ( $h/d$ ) กับค่าค่าลึงอัดของคอนกรีต
2. หาค่าสัมประสิทธิ์ของการเจาะทดสอบคอนกรีตจากการเทียบค่าค่าลึงอัดที่ได้จากการเจาะทดสอบกับตัวอย่างมาตรฐาน
3. สรุปผลการทดลองที่ได้และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากมาตรฐาน เช่น ASTM และ BS

# บทที่ 4

## ผลการทดลอง

### 4.1 กล่าวนำ

ตารางที่ 4.1. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  ต่างๆ

D (inch.)	H (cm.)	H/D	STRENGTH (ksc.)	D (inch.)	H (cm.)	H/D	STRENGTH (ksc.)
2"	5	1.15	256.27	5"	10	0.74	292.25
	7.5	1.65	207.58		15	1.10	264.49
	10	2.09	243.46		20	1.68	258.98
	15	3.10	205.02		25	2.03	283.40
	20	4.35	217.83		30	2.30	265.70
3"	7.5	1.09	279.63	6"	10	0.64	265.49
	10	1.26	257.06		15	0.97	193.63
	15	2.05	248.28		20	1.37	249.55
	20	2.89	234.69		25	1.72	233.66
	25	3.56	218.00		30	1.93	254.89
4"	7.5	0.77	279.30				
	10	1.00	250.94				
	15	1.44	262.16				
	20	2.42	240.09				
	25	2.79	259.90				
	30	3.00	243.64				

ตารางที่ 4.2. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะที่ค่าความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ

H (cm.)	D (in.)	H/D	STRENGTH (ksc.)
5	2"	1.15	256.27
7.5	2"	1.65	207.58
	3"	1.09	279.63
	4"	0.77	279.30
10	2"	2.09	243.46
	3"	1.26	257.06
	4"	1.00	250.94
	5"	0.74	292.25
	6"	0.64	265.49
15	2"	3.10	205.02
	3"	2.05	248.28
	4"	1.44	262.16
	5"	1.10	264.49
	6"	0.97	193.63
20	2"	4.35	217.83
	3"	2.89	234.69
	4"	2.42	240.09
	5"	1.68	258.98
	6"	1.37	249.55
25	3"	3.56	218.00
	4"	2.79	259.90
	5"	2.03	283.4
	6"	1.72	233.66
30	4"	3.00	243.64
	5"	2.30	265.70
	6"	1.93	254.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ๒๙ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3. แสดงความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วน H/D กับ กำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตจากการเจาะ

H/D	STRENGTH (ksc.)	H/D	STRENGTH (ksc.)
0.64	265.49	1.72	233.66
0.74	292.25	1.93	254.89
0.77	279.30	2.03	283.40
0.97	193.63	2.05	248.28
1.00	250.94	2.09	243.46
1.09	279.63	2.30	265.70
1.10	264.49	2.42	240.09
1.15	256.27	2.79	259.90
1.26	257.06	2.89	234.69
1.37	249.55	3.00	243.64
1.44	262.16	3.10	205.02
1.65	207.58	3.56	218.00
1.68	258.98	4.35	217.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4. แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ทำการบ่ม กับ กำลังอัดเฉลี่ยของ  
แท่งคอนกรีตมาตรฐาน

จำนวนวันที่บ่ม	STRENGTH (ksc.)
3	178.75
7	205.47
14	232.57
28	246.79

ตารางที่ 4.5. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาดต่างๆ

D(inch.)	D/H	STRENGTH(ksc.)	D(inch.)	D/H	STRENGTH(ksc.)
3"	0.98	225.69	4"	0.74	291.02
	1.29	222.99		0.97	241.00
	1.91	268.5		1.43	270.66
	2.54	259.48		1.93	276.59
			2.34	247.1	
			2.79	283.26	

ตารางที่ 4.6. แสดงความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วน H/D กับ กำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตจากการเจาะ โดยมี การแบ่งช่วงของขนาดหัวเจาะเป็น 2"-3" และ 4"-6"

2"-3"		4"-6"	
H/D	Strength (ksc.)	H/D	Strength (ksc.)
1.09	279.63	0.64	265.49
1.15	256.27	0.74	292.25
1.26	257.06	0.77	279.30
1.65	207.58	0.97	193.63
2.05	248.28	1.00	250.94
2.09	243.46	1.10	264.49
2.89	234.69	1.37	249.55
3.10	205.02	1.44	262.16
3.56	218.00	1.68	258.98
4.35	217.83	1.72	233.66
		1.93	254.89
		2.03	283.40
		2.30	265.70
		2.42	240.09
		2.79	259.9
		3.00	243.64

ตารางที่ 4.7. แสดงความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วน H/D กับ ค่าตัวคูณประกอบกำลังอัดเฉลี่ยของ  
แท่งคอนกรีตจากการเจาะในช่วง H/D = 1 - 2

Value of H/D	Strength correction factor
2.00	1.00
1.75	1.02
1.50	1.00
1.25	0.97
1.00	0.92

ตารางที่ 4.8. แสดงการตัดข้อมูลที่มีแนวโน้มคาคดเคลื่อนออก (ตัวเฉียงและขีดเส้นใต้เป็นข้อมูลที่ตัดออก)

H (cm.)	D (inch.)	H/D	STRENGTH (ksc.)	H (cm.)	D (inch.)	H/D	STRENGTH (ksc.)
5	2"	1.15	256.27		2"	4.35	217.83
7.5	<u>2"</u>	<u>1.65</u>	<u>207.58</u>	20	3"	2.89	234.69
	3"	1.09	279.63		4"	2.42	240.09
	<u>4"</u>	<u>0.77</u>	<u>279.30</u>		<u>5"</u>	<u>1.68</u>	<u>258.98</u>
					6"	1.37	249.55
10	2"	2.09	243.46	25	3"	3.56	218.00
	3"	1.26	257.06		<u>4"</u>	<u>2.79</u>	<u>259.90</u>
	<u>4"</u>	<u>1.00</u>	<u>250.94</u>		5"	2.03	283.4
	5"	0.74	292.25		<u>6"</u>	<u>1.72</u>	<u>233.66</u>
	6"	0.64	265.49				
15	<u>2"</u>	<u>3.10</u>	<u>205.02</u>	30	<u>4"</u>	<u>3.00</u>	<u>243.64</u>
	3"	2.05	248.28		5"	2.30	265.70
	4"	1.44	262.16		<u>6"</u>	<u>1.93</u>	<u>254.89</u>
	<u>5"</u>	<u>1.10</u>	<u>264.49</u>				
	<u>6"</u>	<u>0.97</u>	<u>193.63</u>				

ตารางที่ 4.9. แสดงการเปรียบเทียบค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ต่าง ๆ กับมาตรฐานต่าง ๆ

H/D	Experiment	ASTM C 42-68	BS 1881:Part 120:1999
0.75	0.92		
1.00	0.95	0.91	0.87
1.25	0.97	0.94	0.93
1.50	0.98	0.97	0.96
1.75	1.00	0.99	0.98
2.00	1.01	1.00	1.00
2.25	1.02		
2.50	1.03		
2.75	1.04		
3.00	1.05		
3.25	1.06		
3.50	1.06		
3.75	1.07		
4.00	1.08		

ตารางที่ 4.10. แสดงการเปรียบเทียบค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ต่าง ๆ กับมาตรฐานต่าง ๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

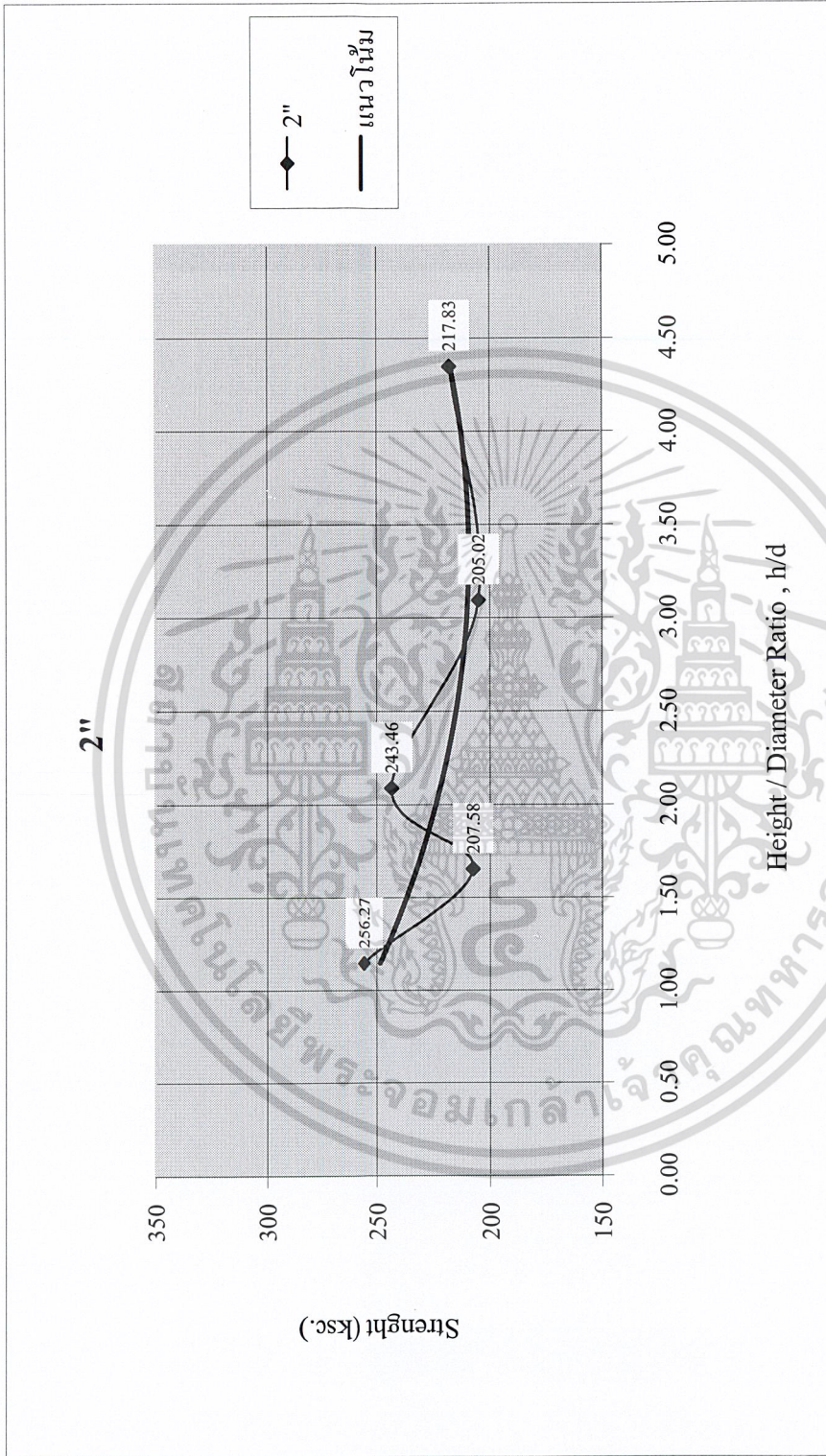
H/D	Experiment	ASTM C 42-68	BS 1881:Part 120:1999
4.00	1.08		
3.75	1.07		
3.50	1.06		
3.25	1.05		
3.00	1.04		
2.75	1.03		
2.50	1.02		
2.25	1.01		
2.00	0.99	1.00	1.00
1.75	0.98	0.99	0.98
1.50	0.96	0.97	0.96
1.25	0.94	0.94	0.93
1.00	0.91	0.91	0.87
0.75	0.88		

ตารางที่ 4.11. แสดงการเปรียบเทียบค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ที่ขนาดหัวเจาะต่าง ๆ กับ ค่าปรับแก้กำลังอัดเฉลี่ย (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

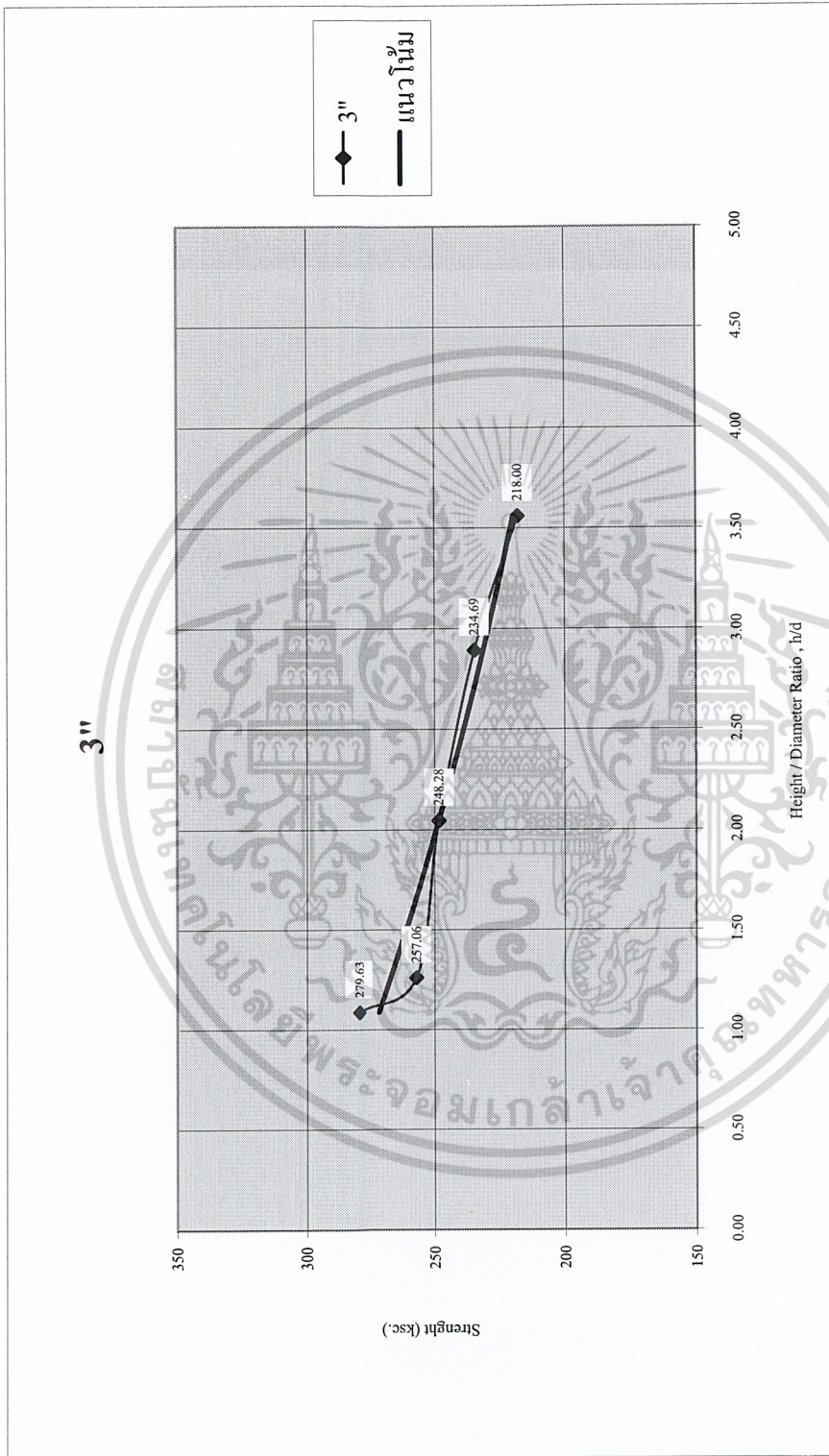
H/D	Average Value	2" Value	3" Value	4" Value	5" Value	6" Value
4.00	1.08	1.11				
3.75	1.07	1.10				
3.50	1.06	1.09	1.12			
3.25	1.05	1.07	1.09			
3.00	1.04	1.06	1.06			
2.75	1.03	1.05	1.04			
2.50	1.02	1.03	1.02			
2.25	1.01	1.02	1.01	1.01	0.91	
2.00	0.99	1.01	0.99	0.99	0.87	
1.75	0.98	1.00	0.98	0.97	0.86	
1.50	0.96	0.98	0.98	0.95	0.86	
1.25	0.94	0.97	0.96	0.92	0.85	0.98
1.00	0.91	0.95	0.87	0.90	0.85	0.96
0.75	0.88			0.88	0.84	0.94

ตารางที่ 4.12. แสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของค่าปรับแก้กำลังอัด  
ที่ขนาดหัวเจาะต่าง ๆ

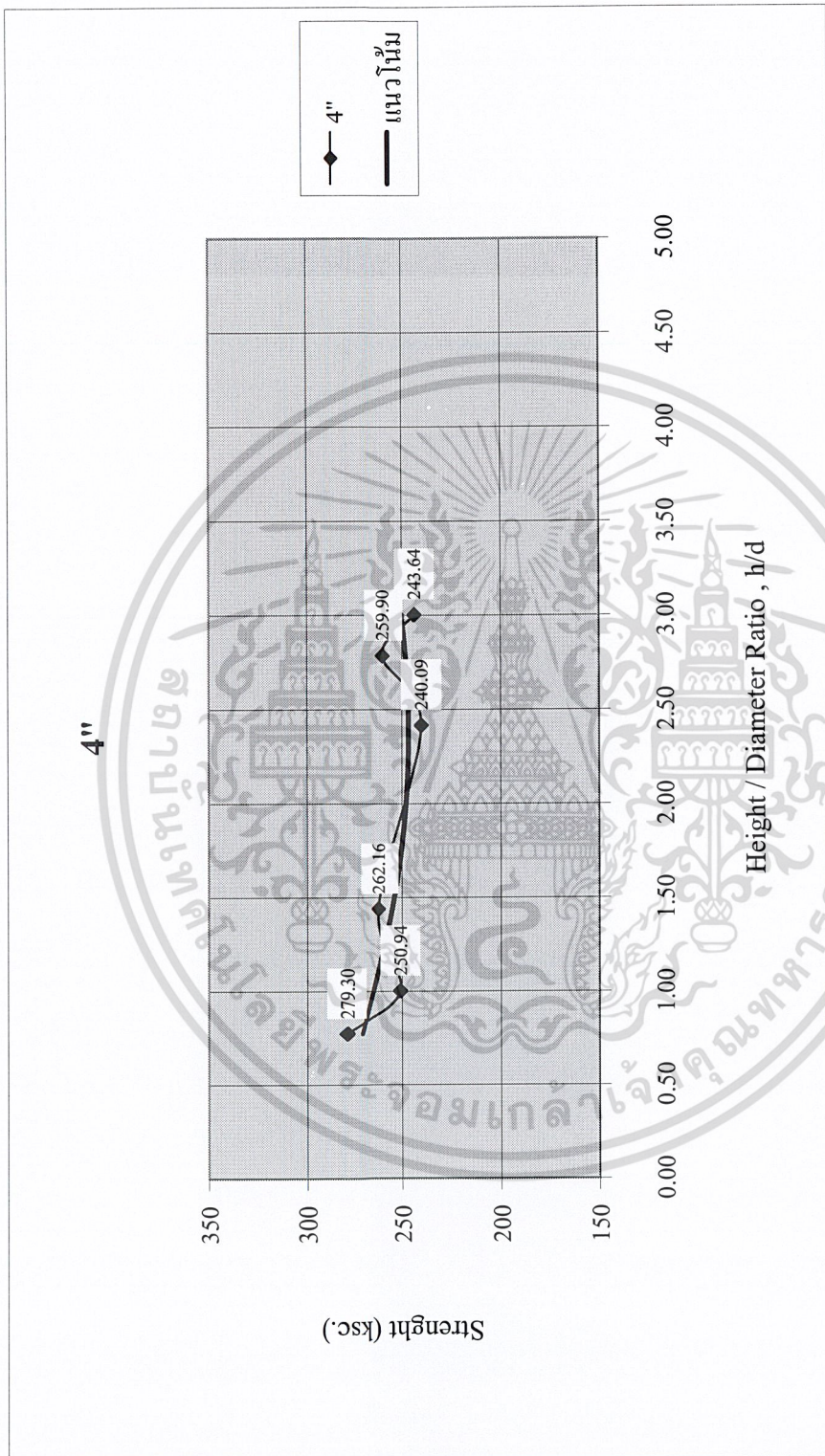
H/D	Average Value	2" Value	% Diffe rent	3" Value	% Diffe rent	4" Value	% Diffe rent	5" Value	% Differ ent	6" Value	% Diffe rent
4.00	1.08	1.11	3.01								
3.75	1.07	1.10	2.86								
3.50	1.06	1.09	2.75	1.12	6.19						
3.25	1.05	1.07	1.71	1.09	3.82						
3.00	1.04	1.06	1.73	1.06	1.92						
2.75	1.03	1.05	1.82	1.04	0.87						
2.50	1.02	1.03	1.01	1.02	0.12						
2.25	1.01	1.02	1.31	1.01	0.04	1.01	0.50	0.91	9.89		
2.00	0.99	1.01	1.80	0.99	0.04	0.99	0.24	0.87	12.29		
1.75	0.98	1.00	2.33	0.98	0.66	0.97	0.88	0.86	11.52		
1.50	0.96	0.98	2.16	0.98	1.70	0.95	1.25	0.86	10.18		
1.25	0.94	0.97	3.27	0.96	1.96	0.92	1.30	0.85	8.45	0.98	4.13
1.00	0.91	0.95	3.73	0.87	4.06	0.90	1.03	0.85	6.37	0.96	4.46
0.75	0.88					0.88	0.14	0.84	3.64	0.94	5.71



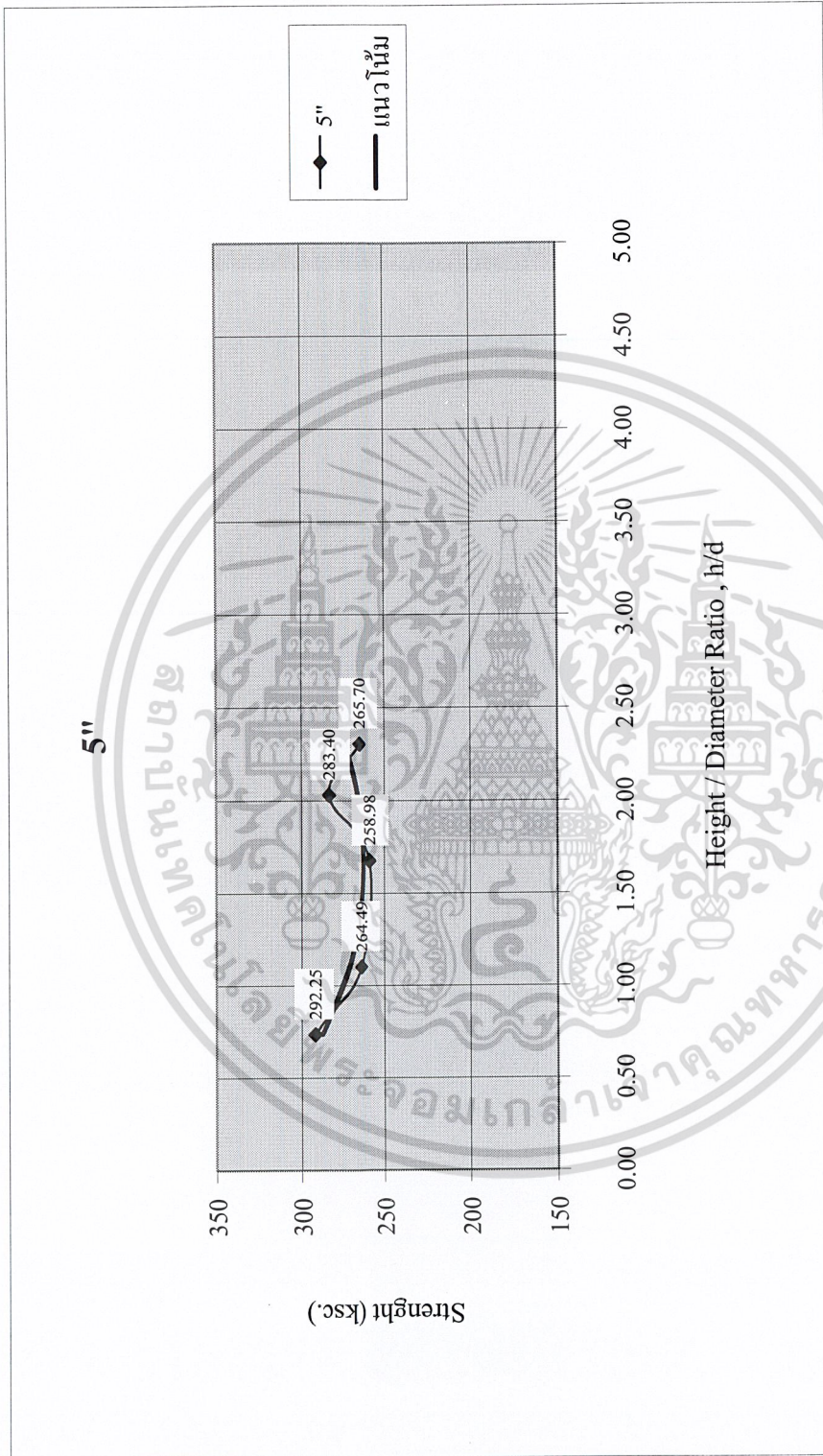
รูปที่ 4.1. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีต กับ อัตราส่วน H/D ที่ขนาดหัวเจาะ 2"



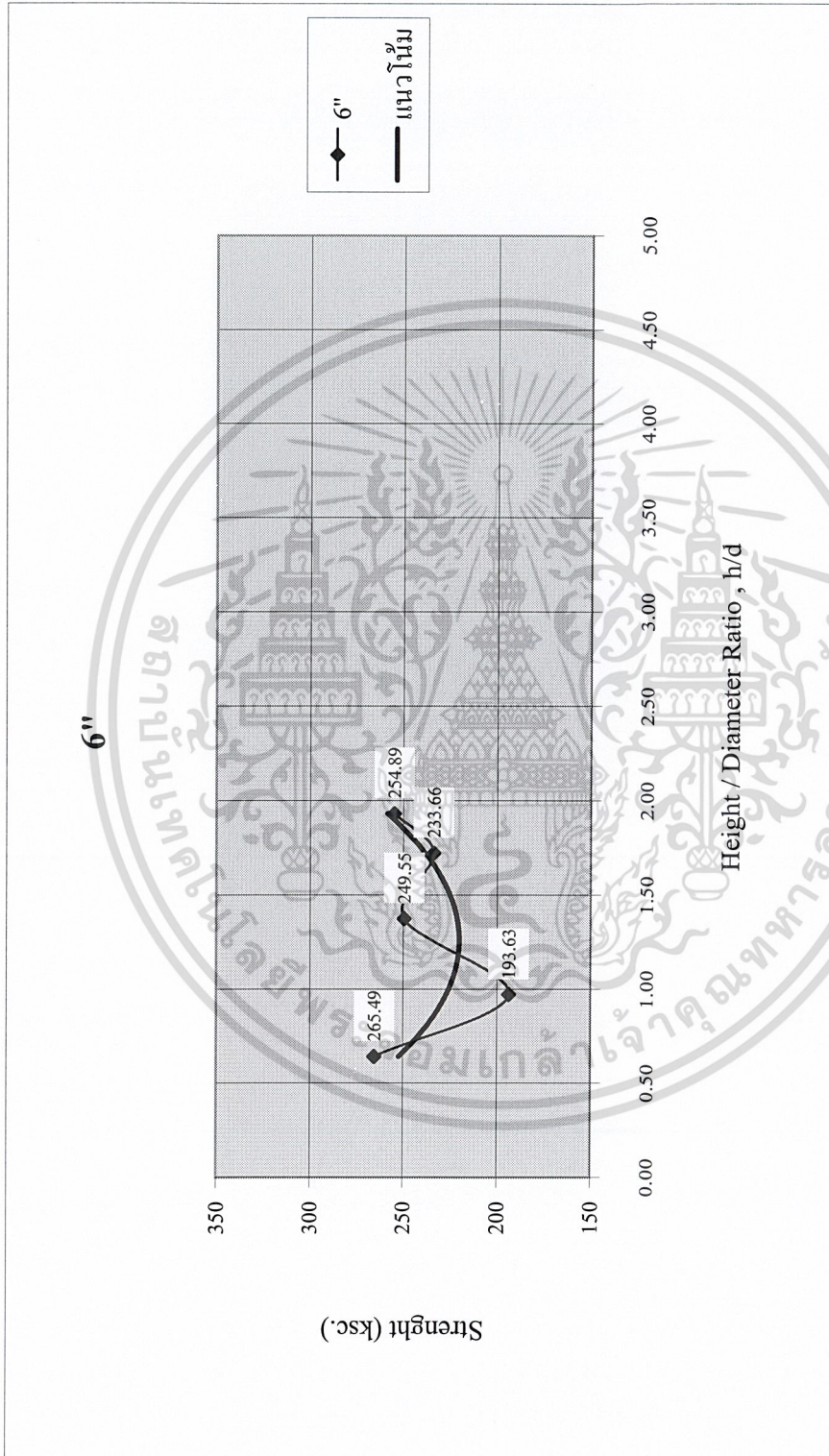
รูปที่ 4.2. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีต กับ อัตราส่วน H/D ที่ขนาดหัวเจาะ 3"



รูปที่ 4.3. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีต กับ อัตราส่วน H/D ที่ขนาดหัวเจาะ 4"

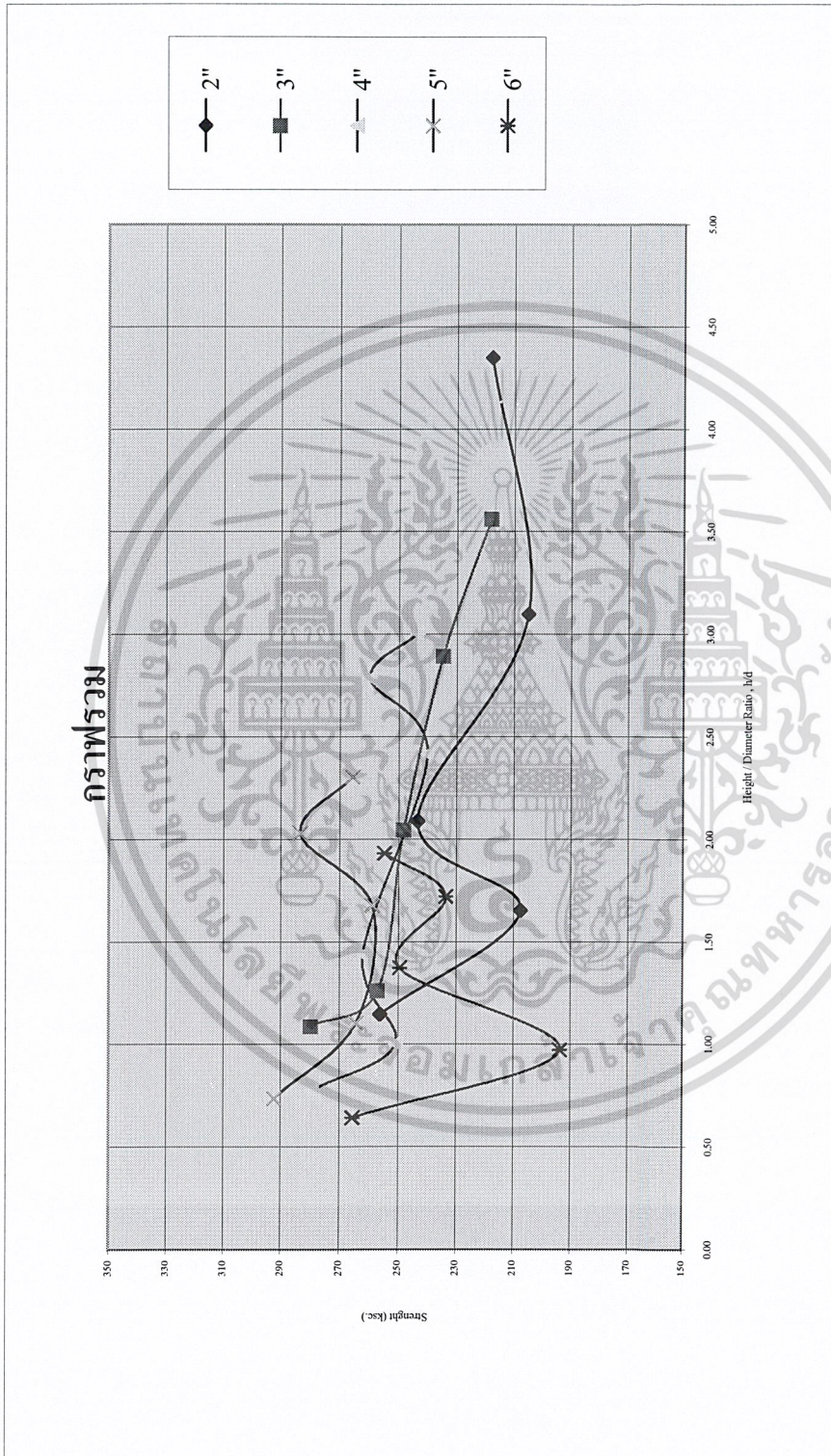


รูปที่ 4.4. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีต กับ อัตราส่วน H/D ที่ขนาดหัวเจาะ 5"



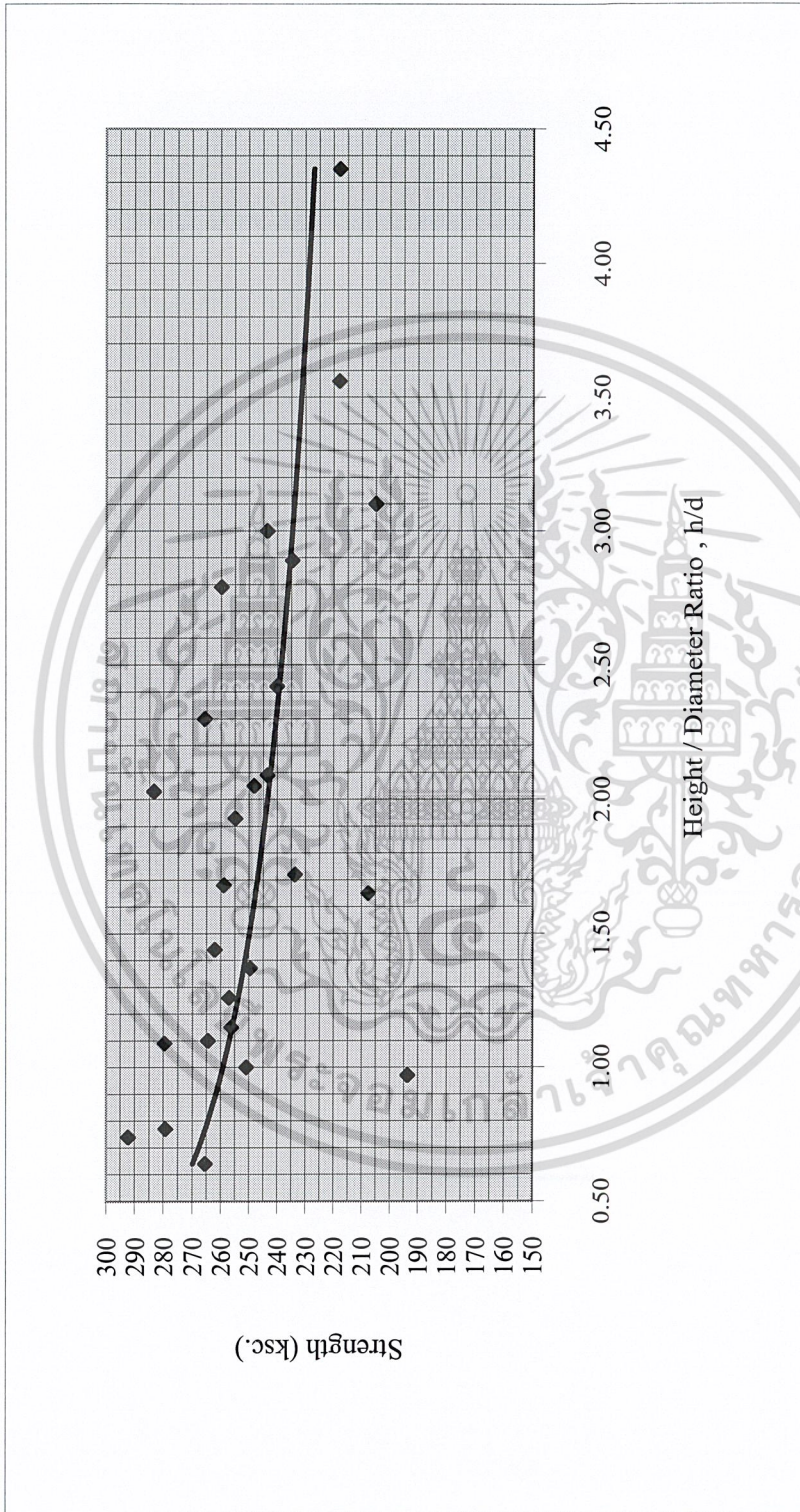
รูปที่ 4.5. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตกับ อัตราส่วน H/D ที่ขนาดหัวเจาะ 6"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



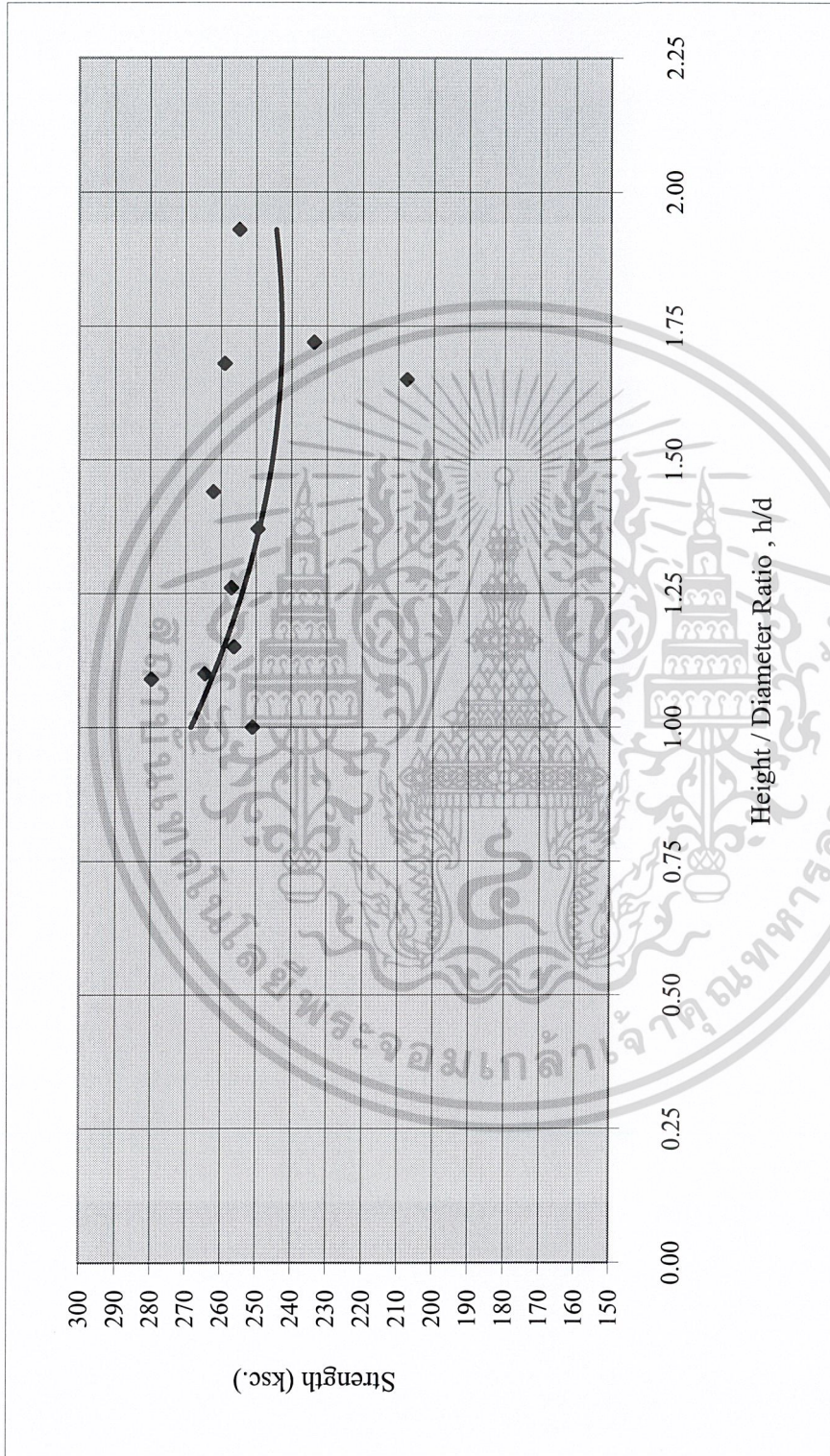
รูปที่ 4.6. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแต่ละคอนกรีต กับ อัตราส่วน H/D ที่ขนาดหัวเสาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



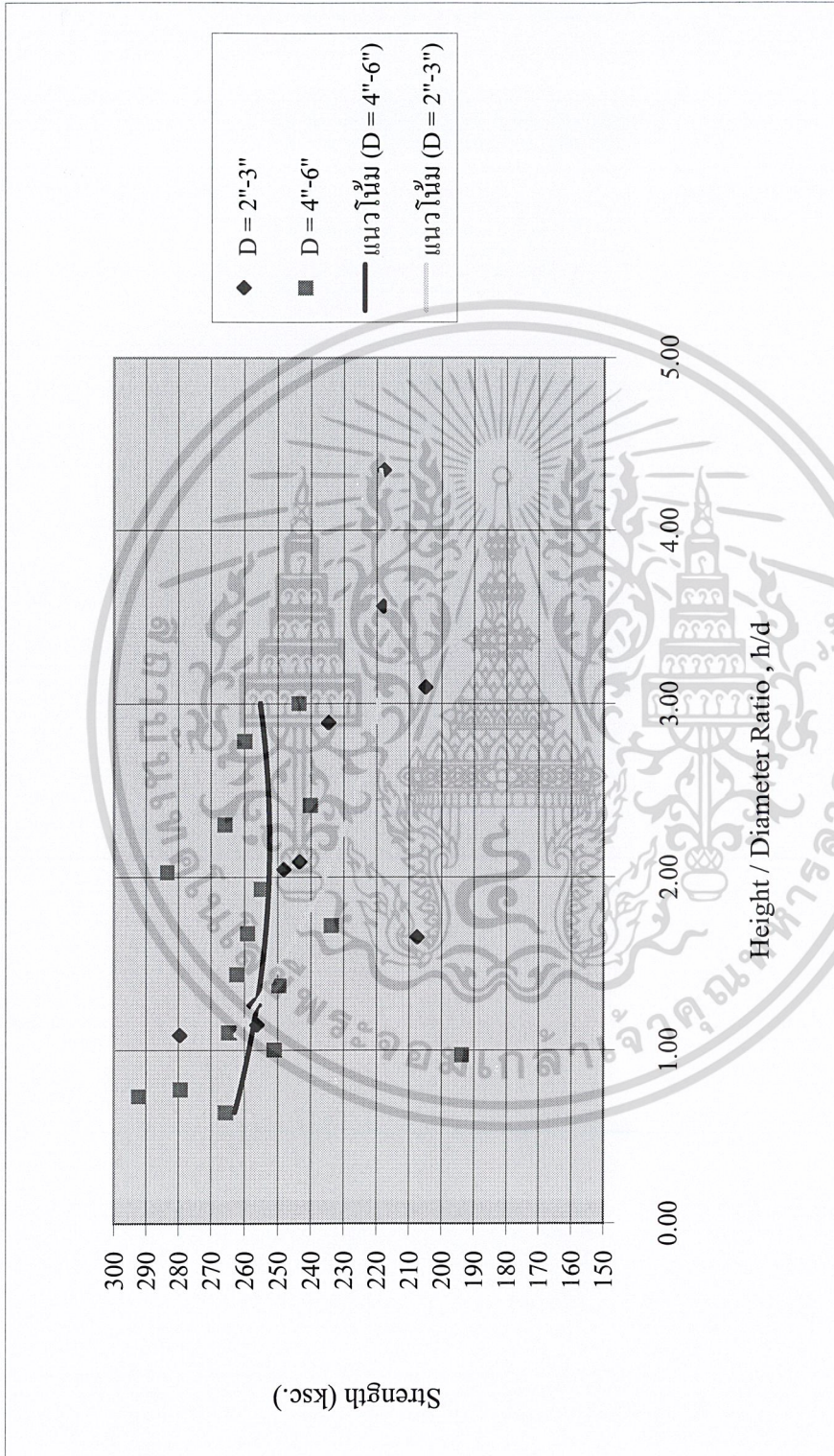
รูปที่ 4.7. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีต กับ อัตราส่วน H/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



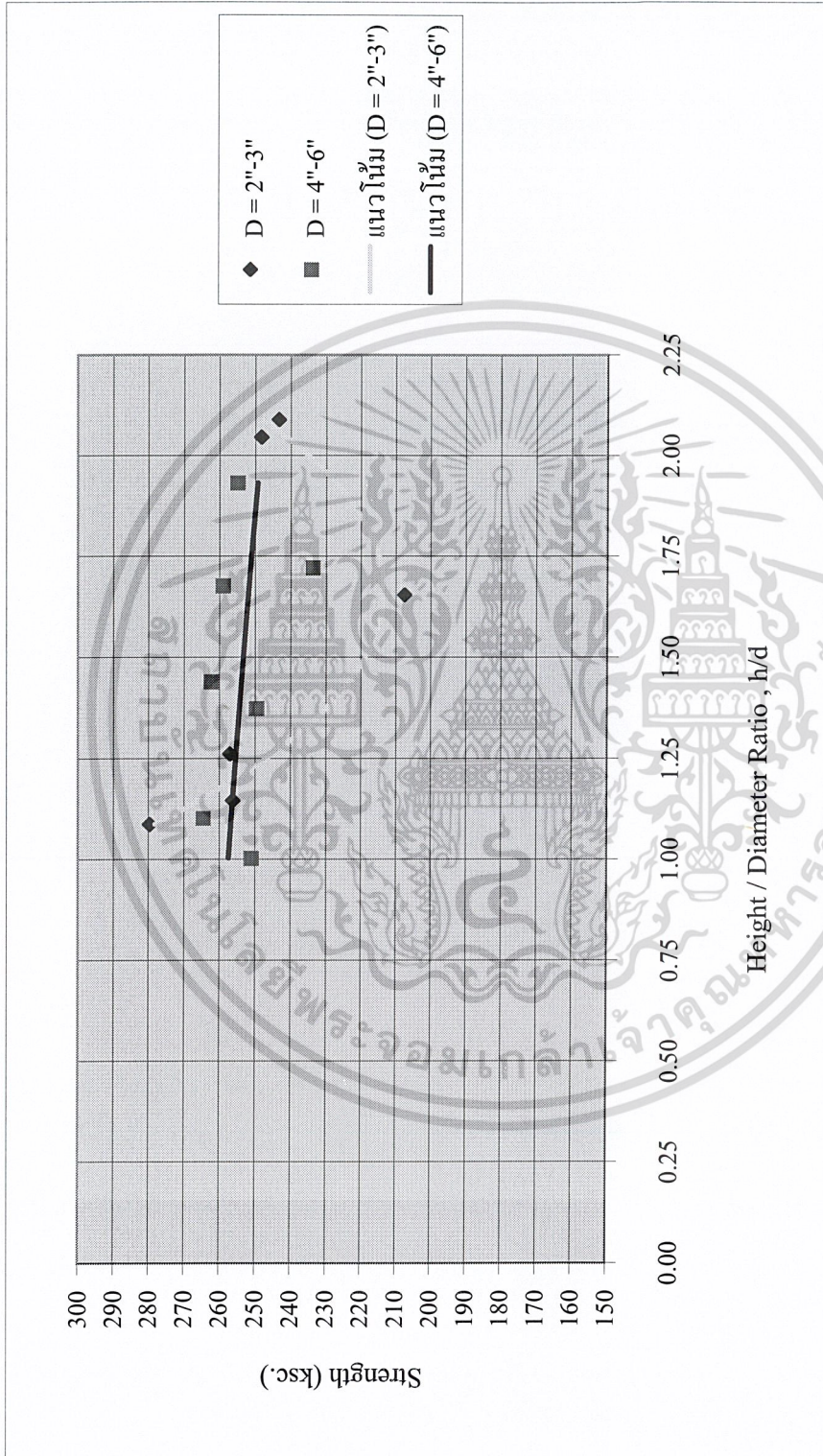
รูปที่ 4.8. แสดงกราฟความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่อัตราส่วน H/D ระหว่าง 1 - 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



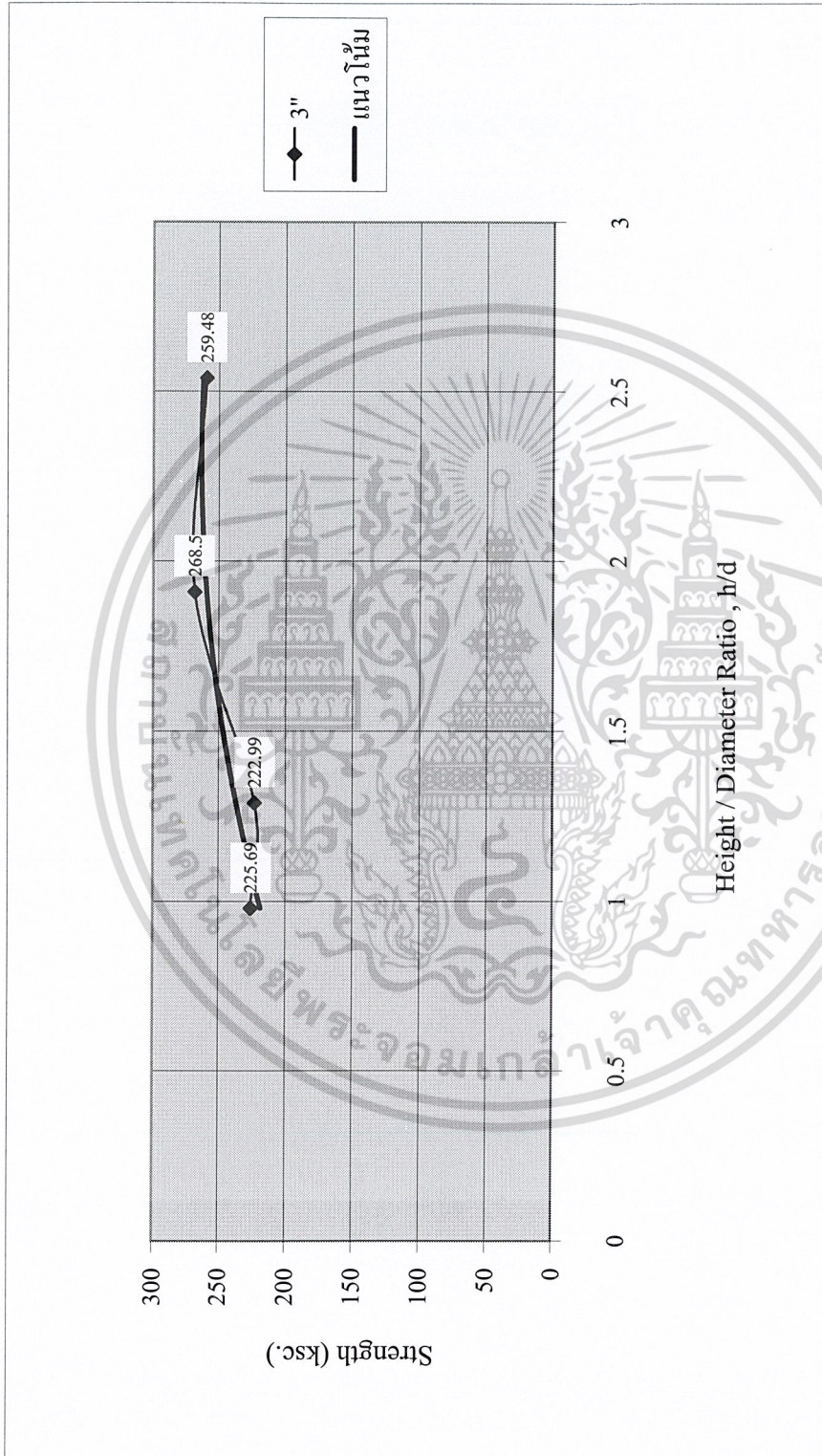
รูปที่ 4.9. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีต กับ อัตราส่วน H/D โดยมีกราฟแบ่งช่วงขนาดของหัวเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



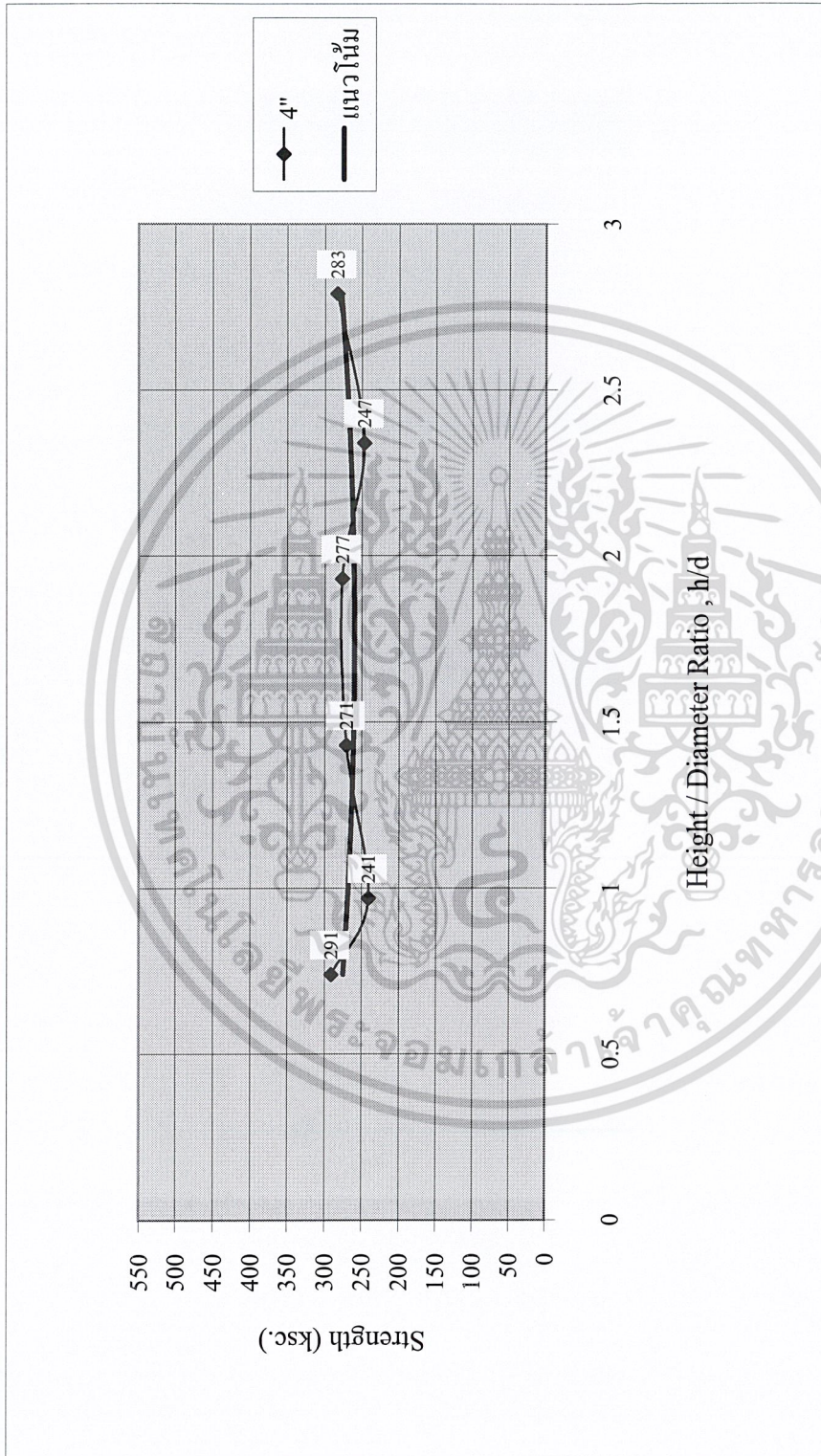
รูปที่ 4.10. แสดงกราฟความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่อัตราส่วน H/D ระหว่าง 1 - 2 โดยมีการแบ่งช่วงขนาดของหัวเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



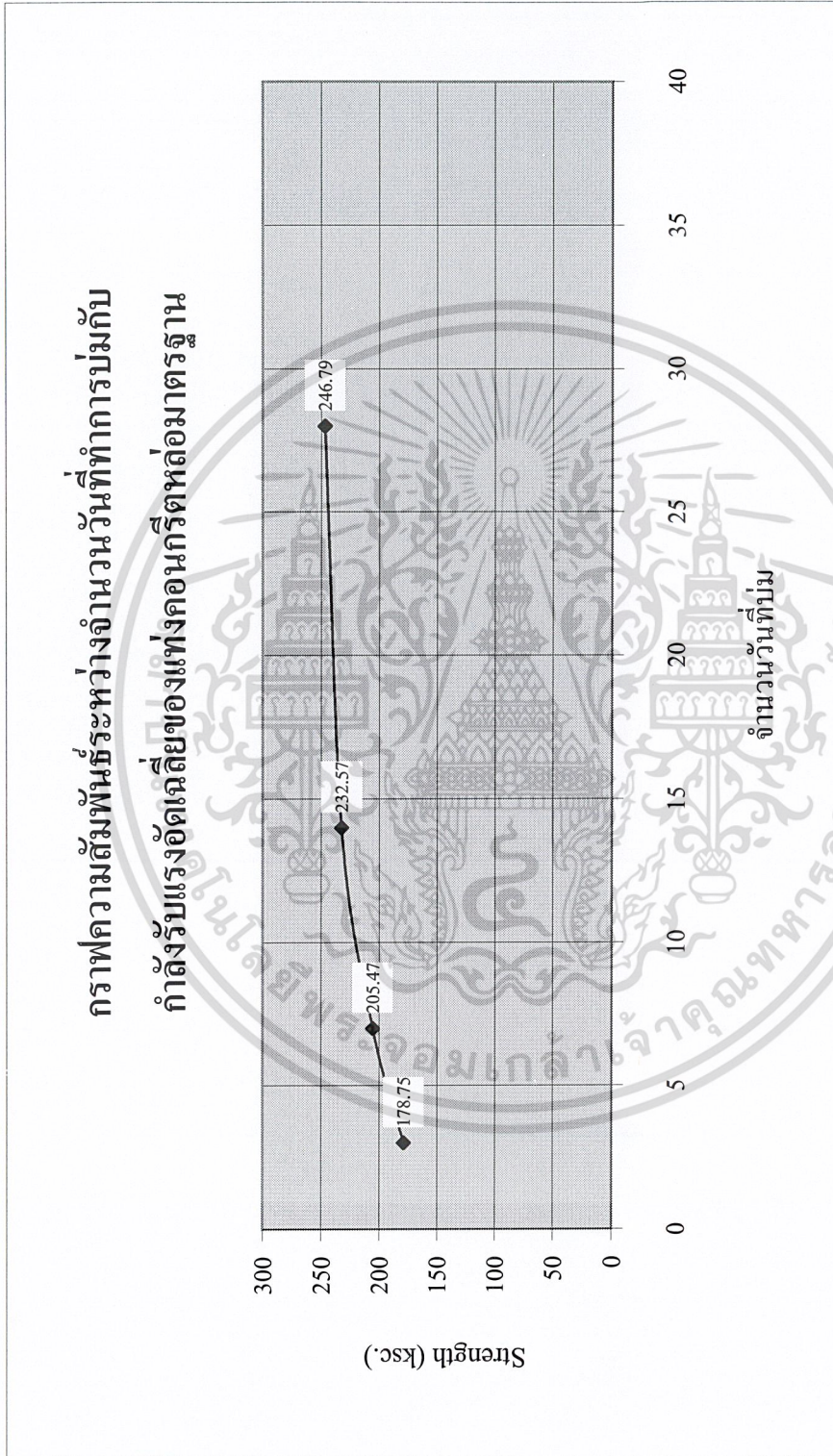
รูปที่ 4.1.1. แสดงกราฟความตึงพันระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ อัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตหล่อ 3"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



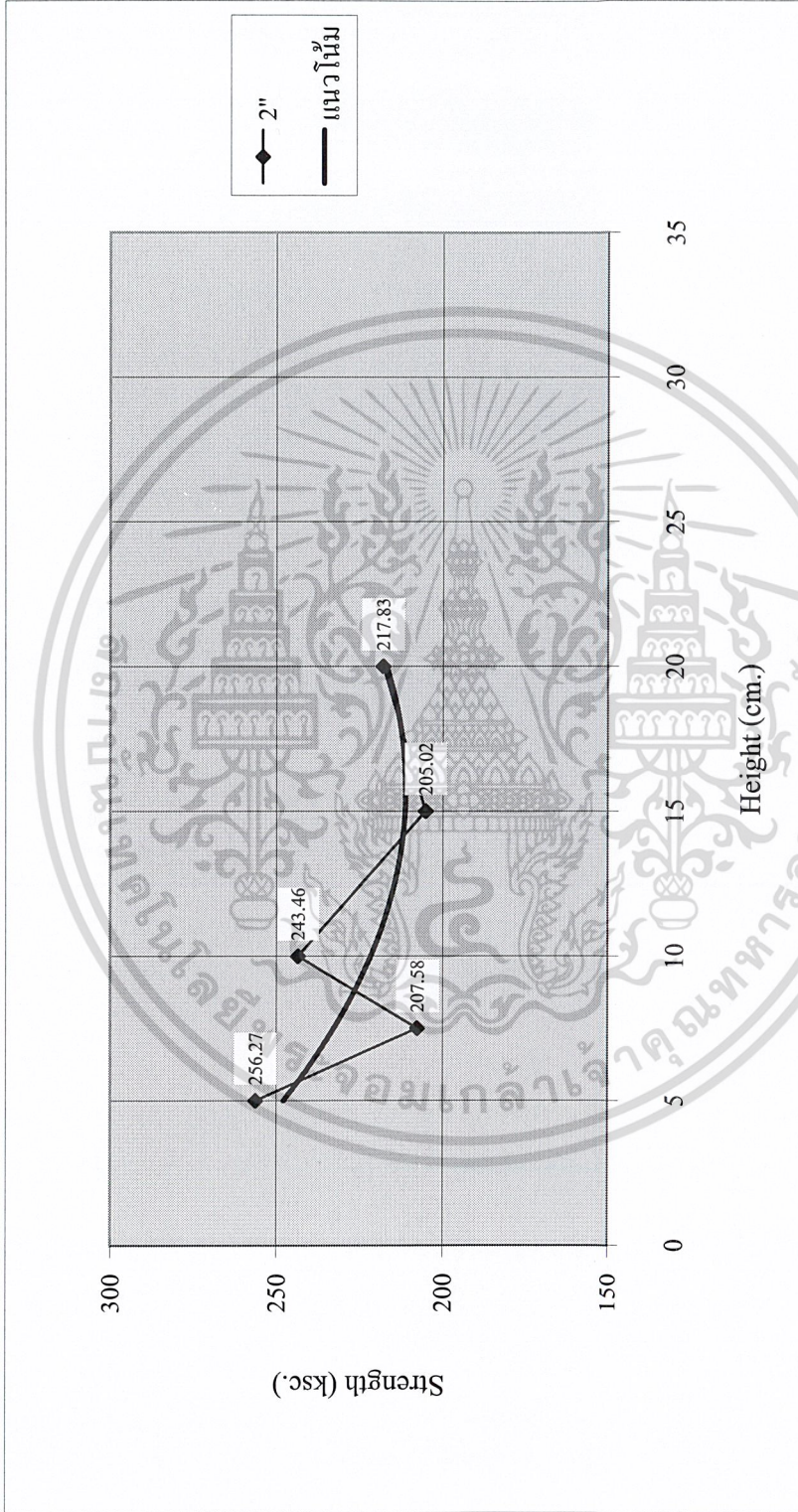
รูปที่ 4.12. แสดงกราฟความตมพื้นระหว่งกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ อัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตหล่อ 4"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



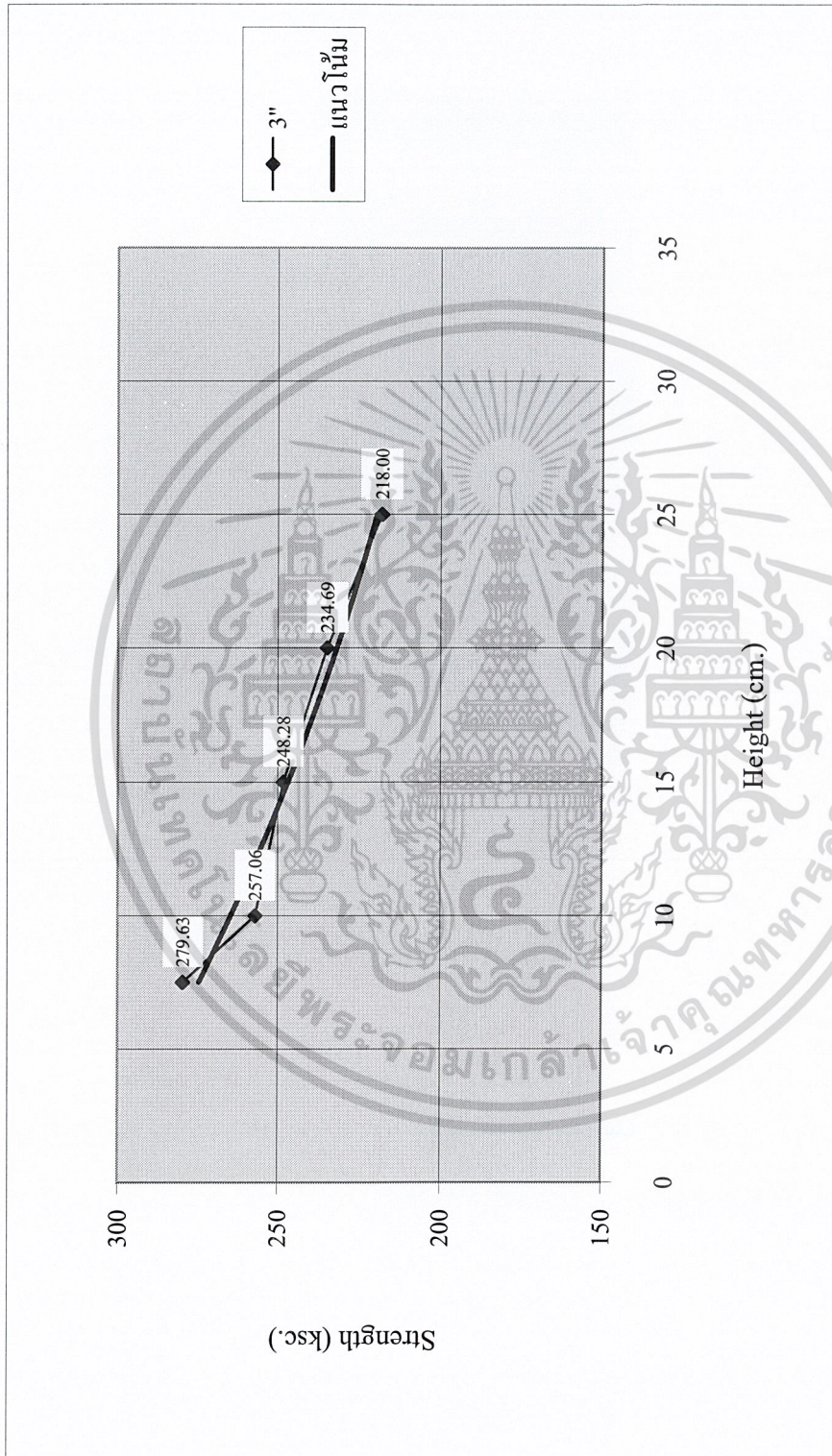
รูปที่ 4.13. แสดงกราฟความถี่สัมพัทธ์ระหว่างระยะเวลาการบ่ม กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตหล่อมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



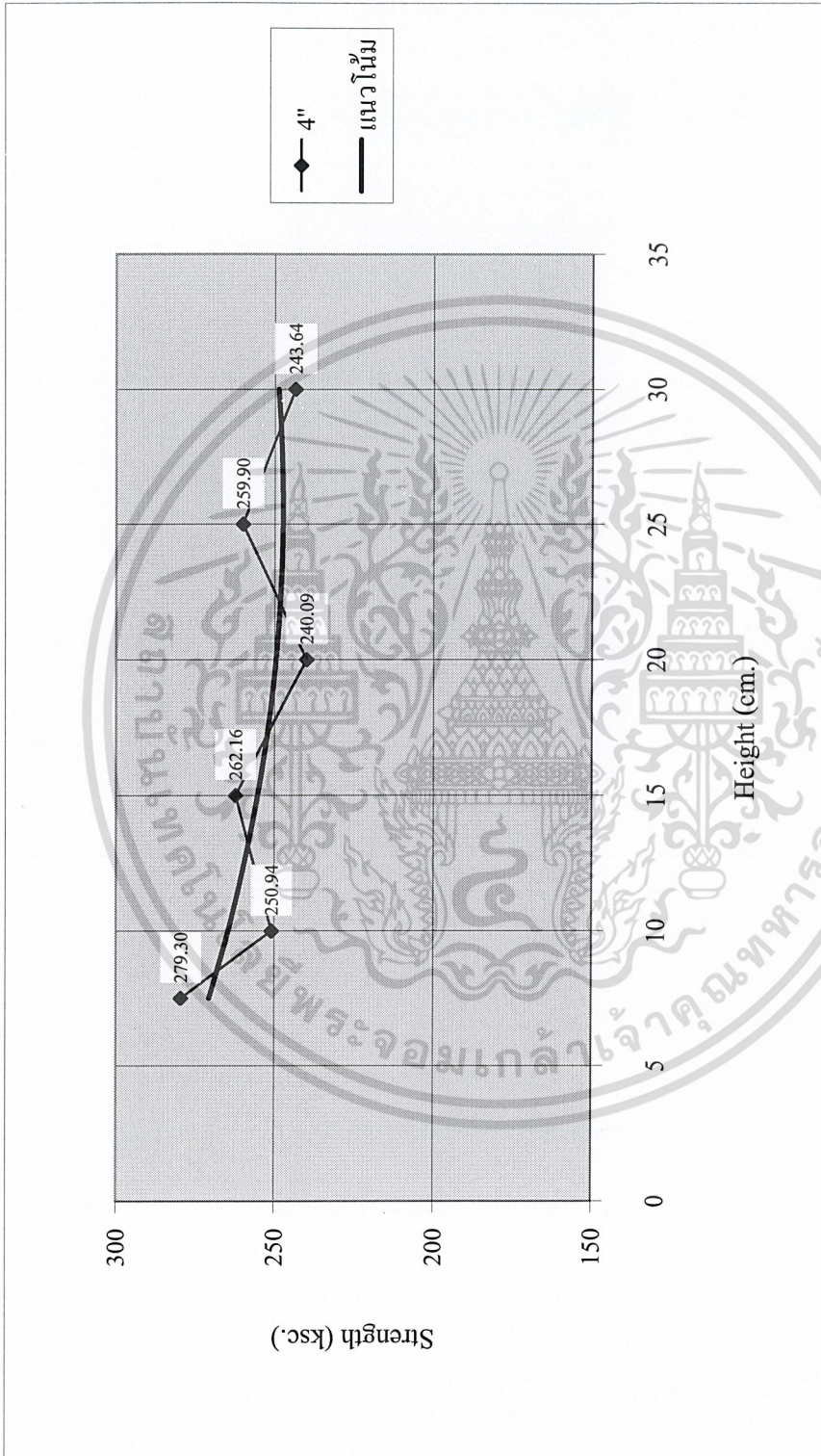
รูปที่ 4.14. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะ 2"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



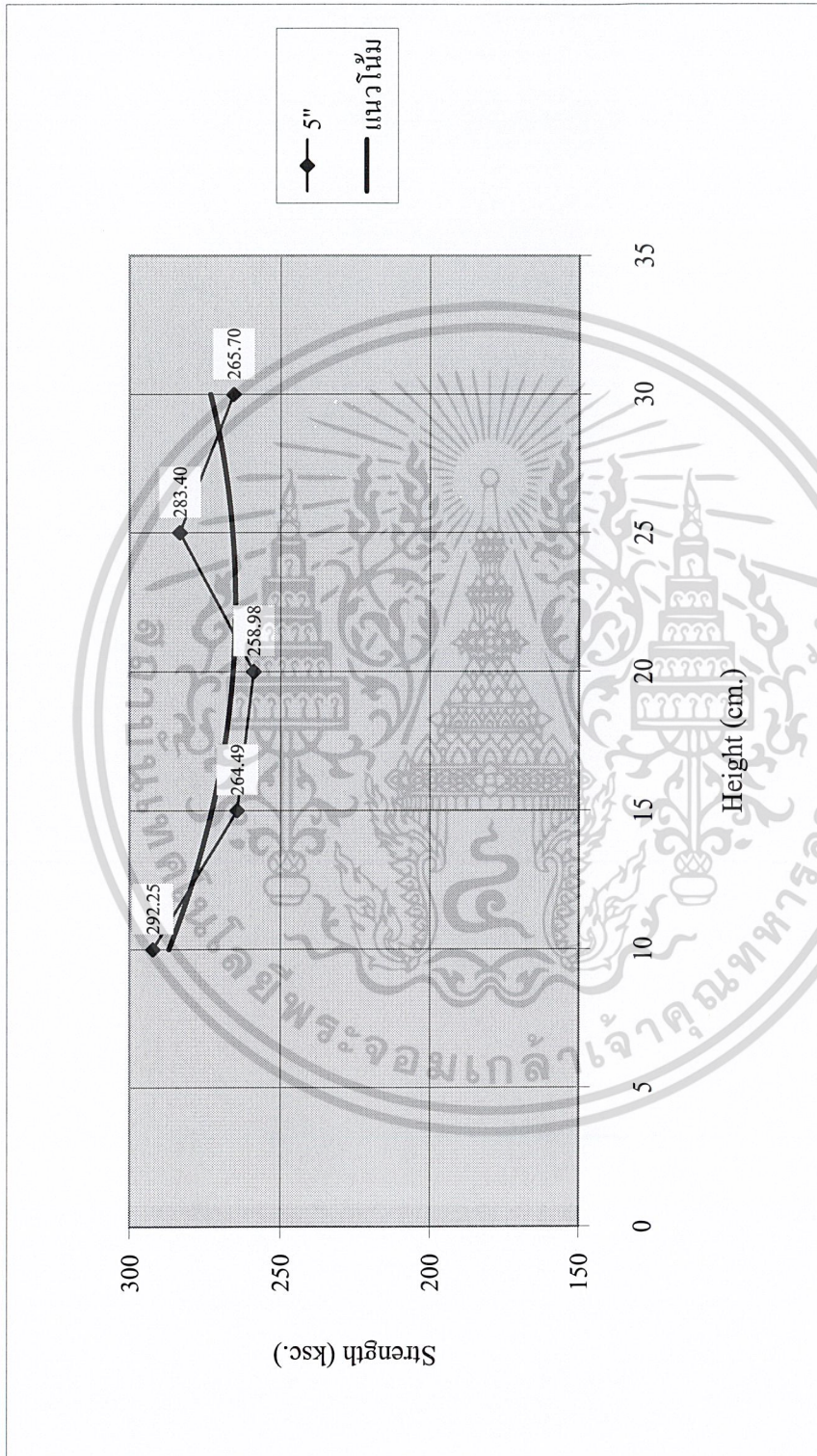
รูปที่ 4.15. แสดงกราฟความถ่วงสัมพัทธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะ 3"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



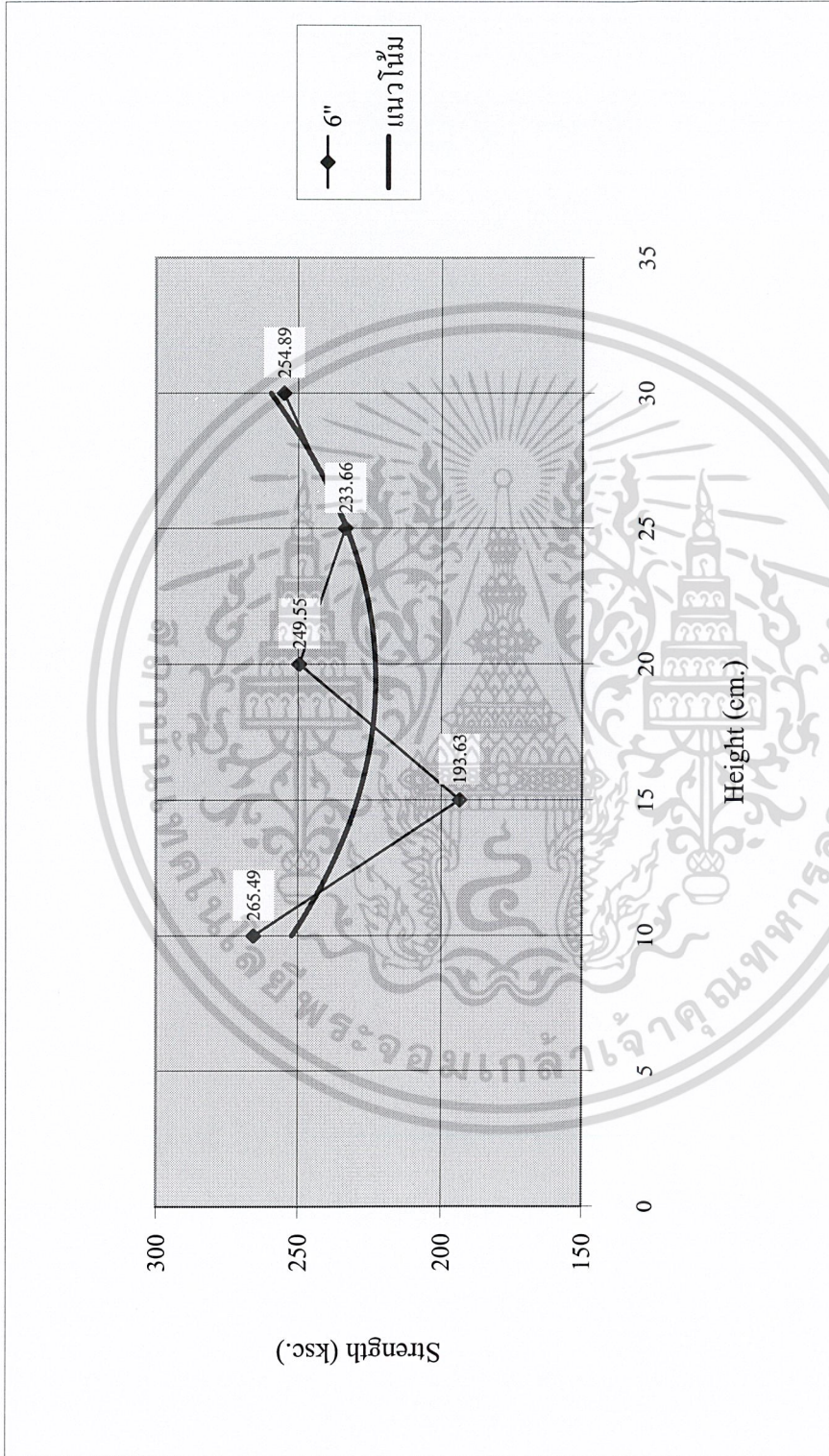
รูปที่ 4.16. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะ 4"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



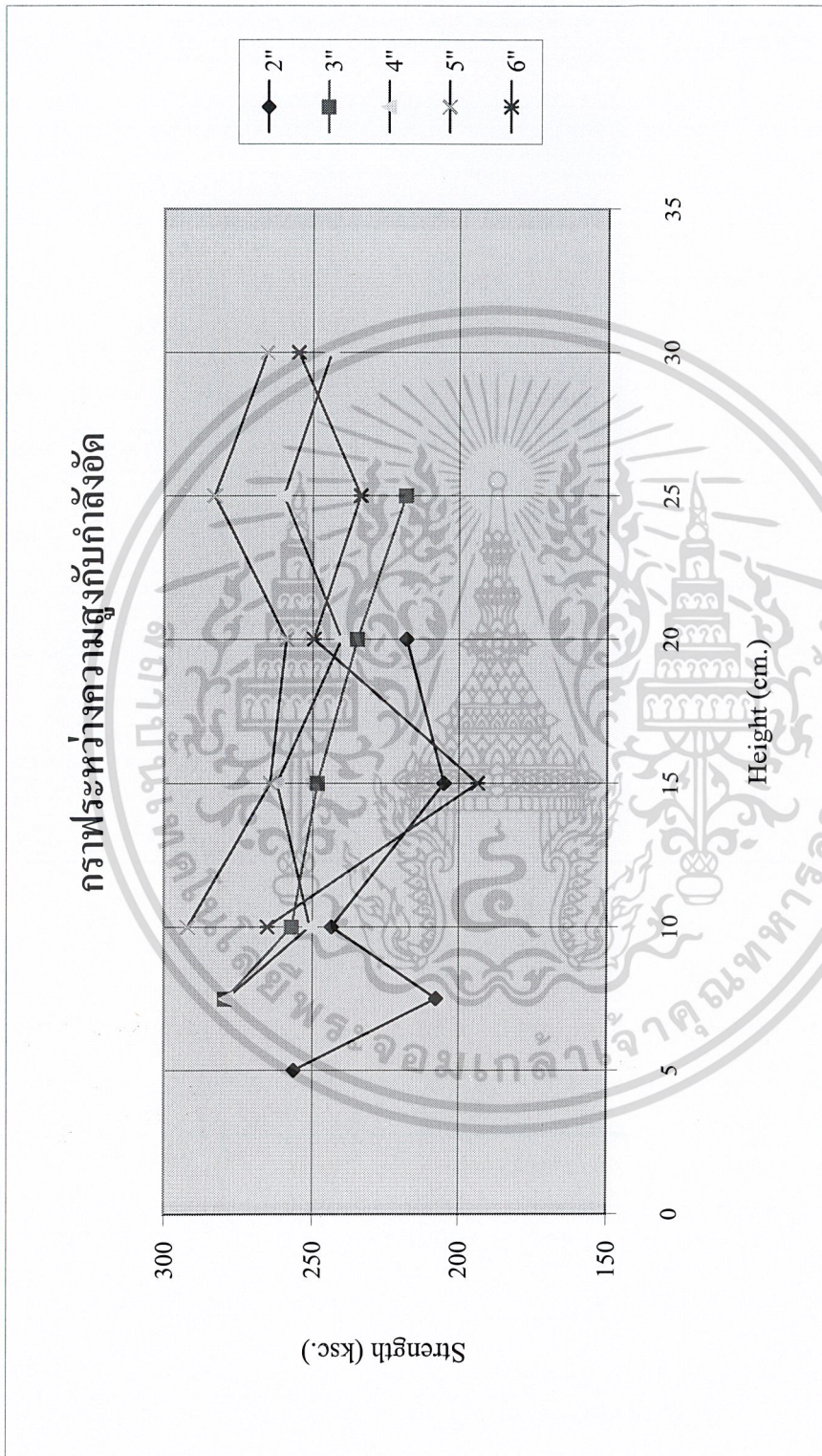
รูปที่ 4.17. แสดงกราฟความต็มพื้นที่ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะ 5"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



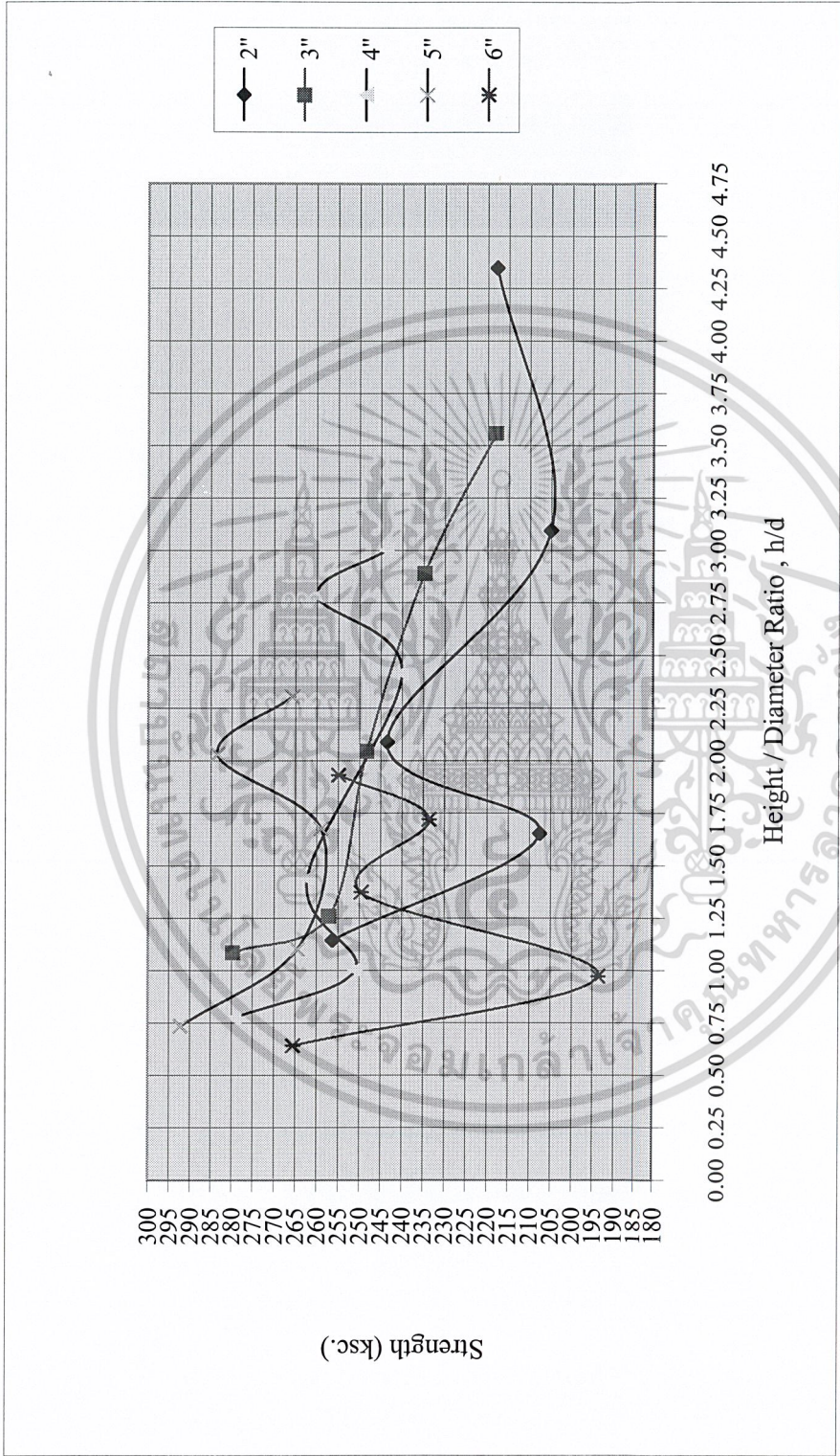
รูปที่ 4.18. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแต่ละคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะ 6"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



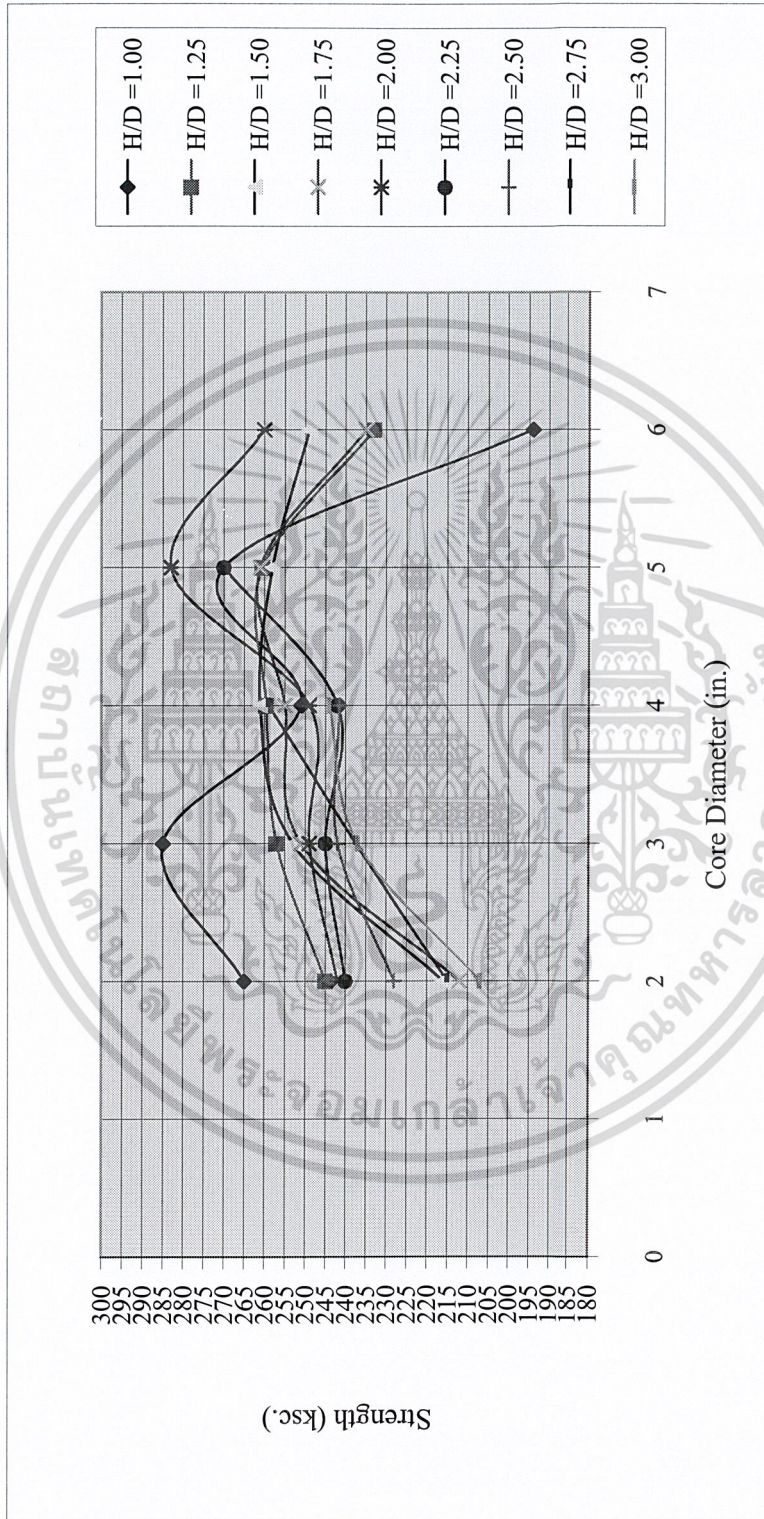
รูปที่ 4.19. แสดงกราฟความต็มพื้นที่ระหว่างค่าความสูง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20. แสดงกราฟความถี่สัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ อัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตที่หัวเจาะขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



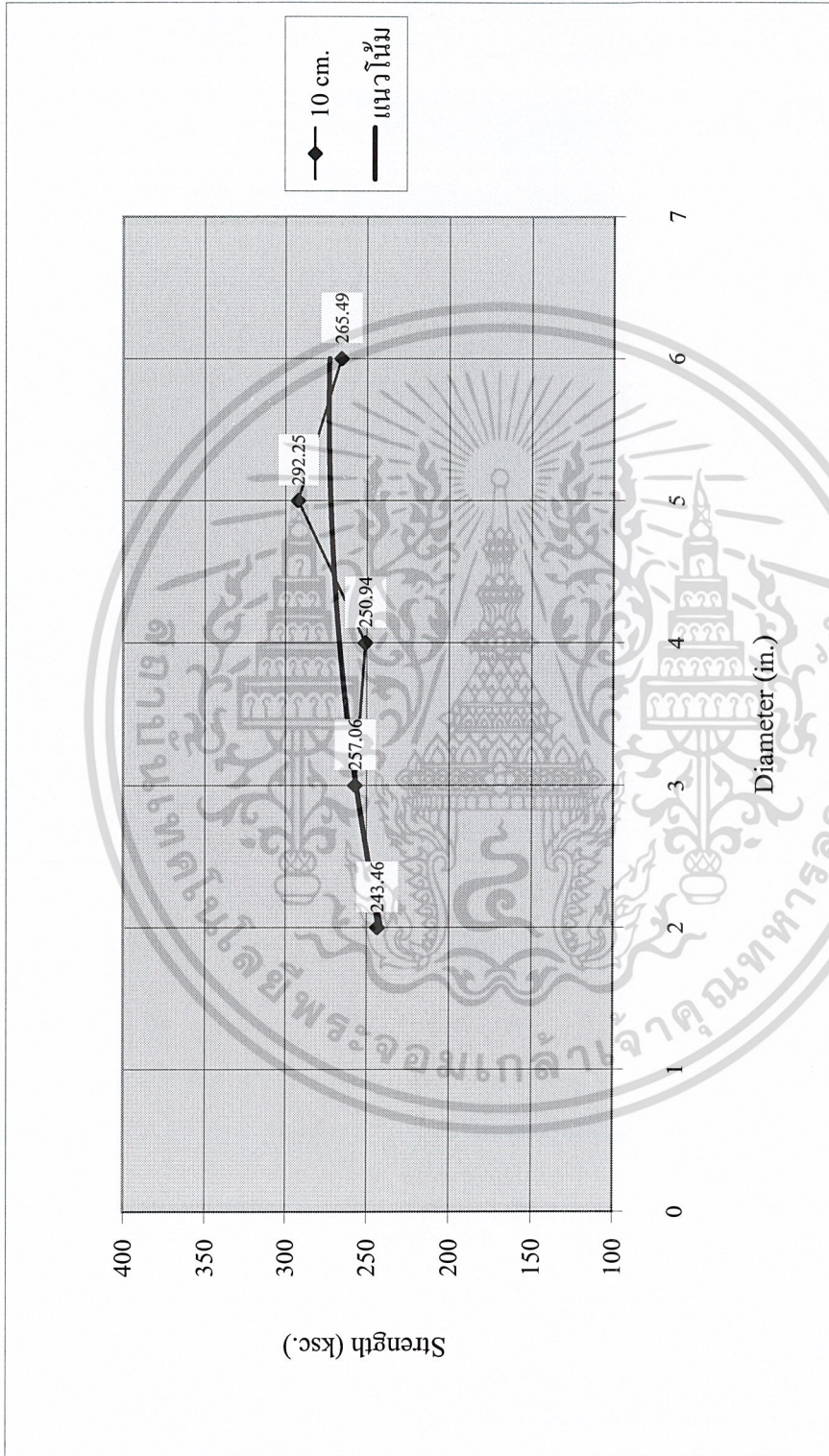
รูปที่ 4.21. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ ขนาดของแท่งตัวอย่างที่อัตราส่วน H/D ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



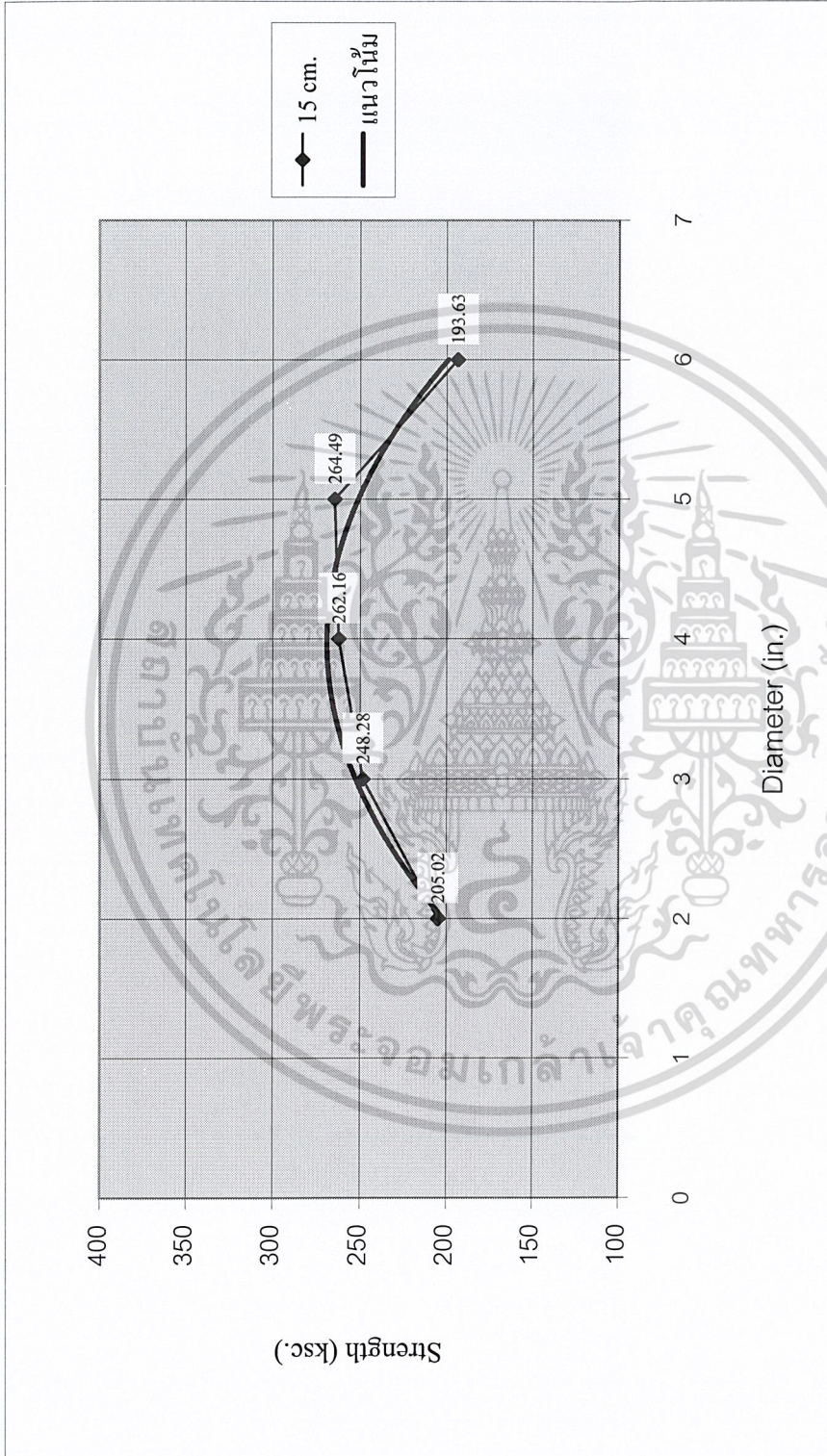
รูปที่ 4.22. แสดงกราฟความถี่สัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่มีความสูง 7.5 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



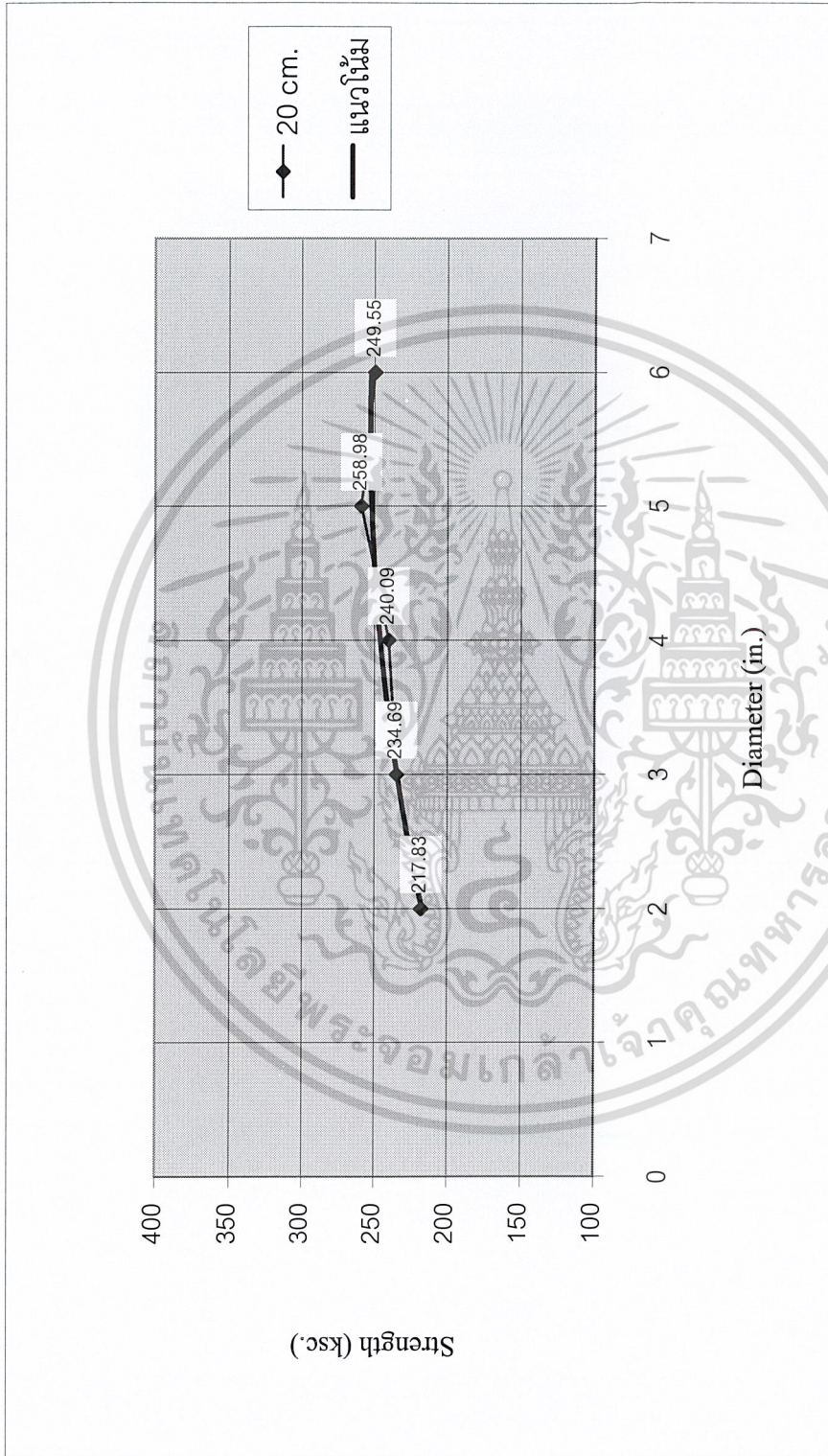
รูปที่ 4.23. แสดงกราฟความต็มพื้นที่ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่มีความสูง 10 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



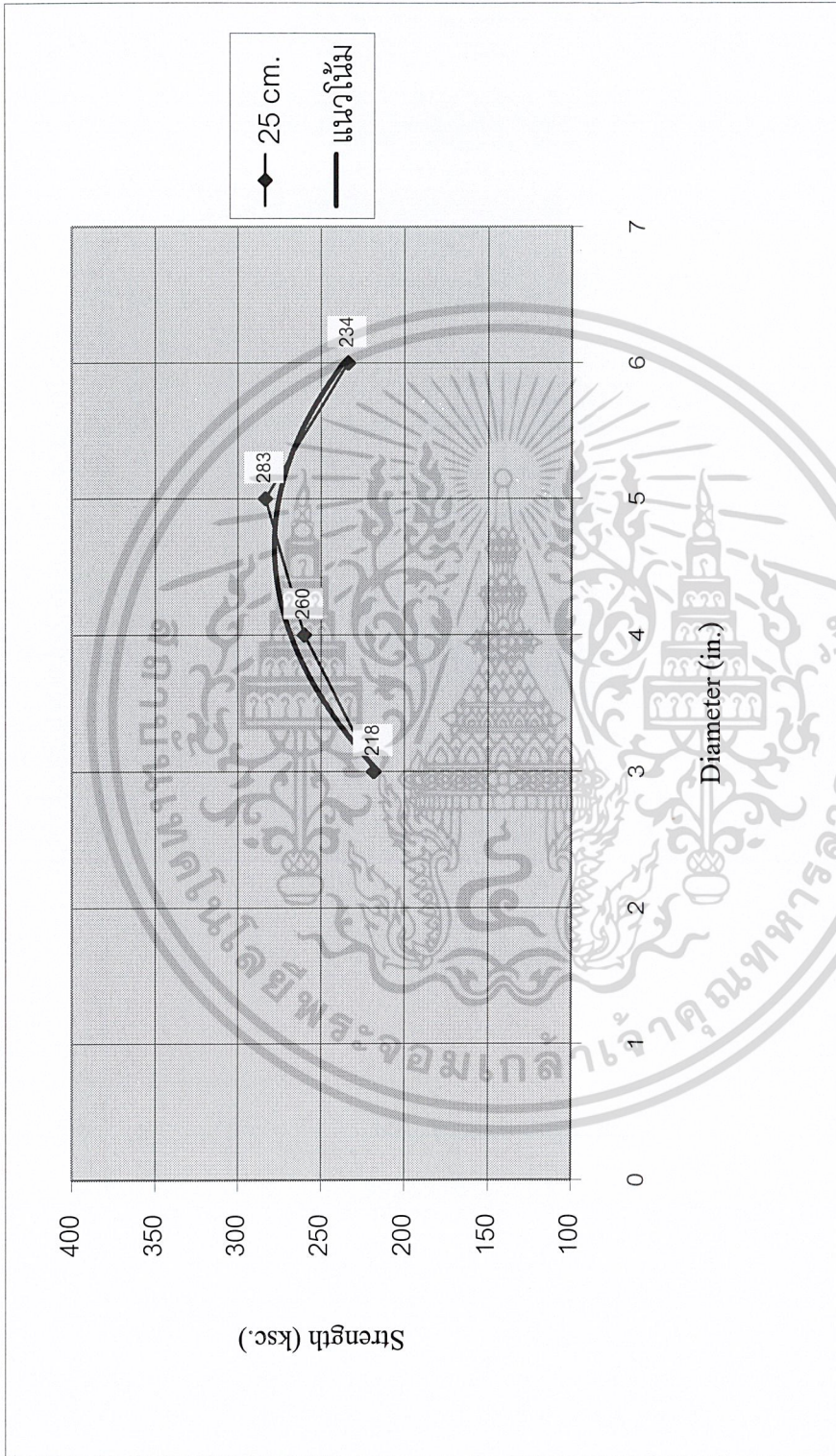
รูปที่ 4.24. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่มีความสูง 15 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



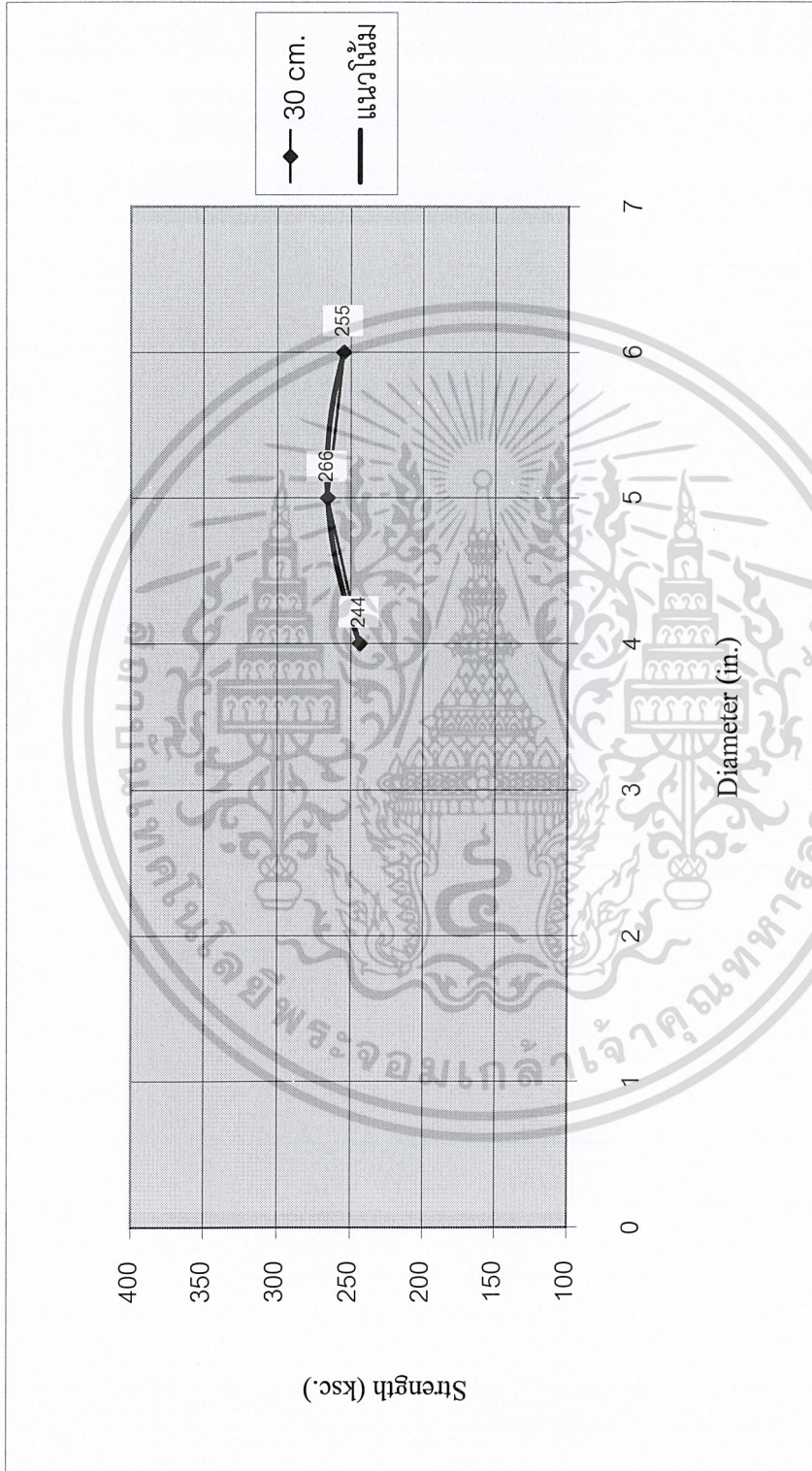
รูปที่ 4.25. แสดงกราฟความต็มพื้นที่ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่มีความสูง 20 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



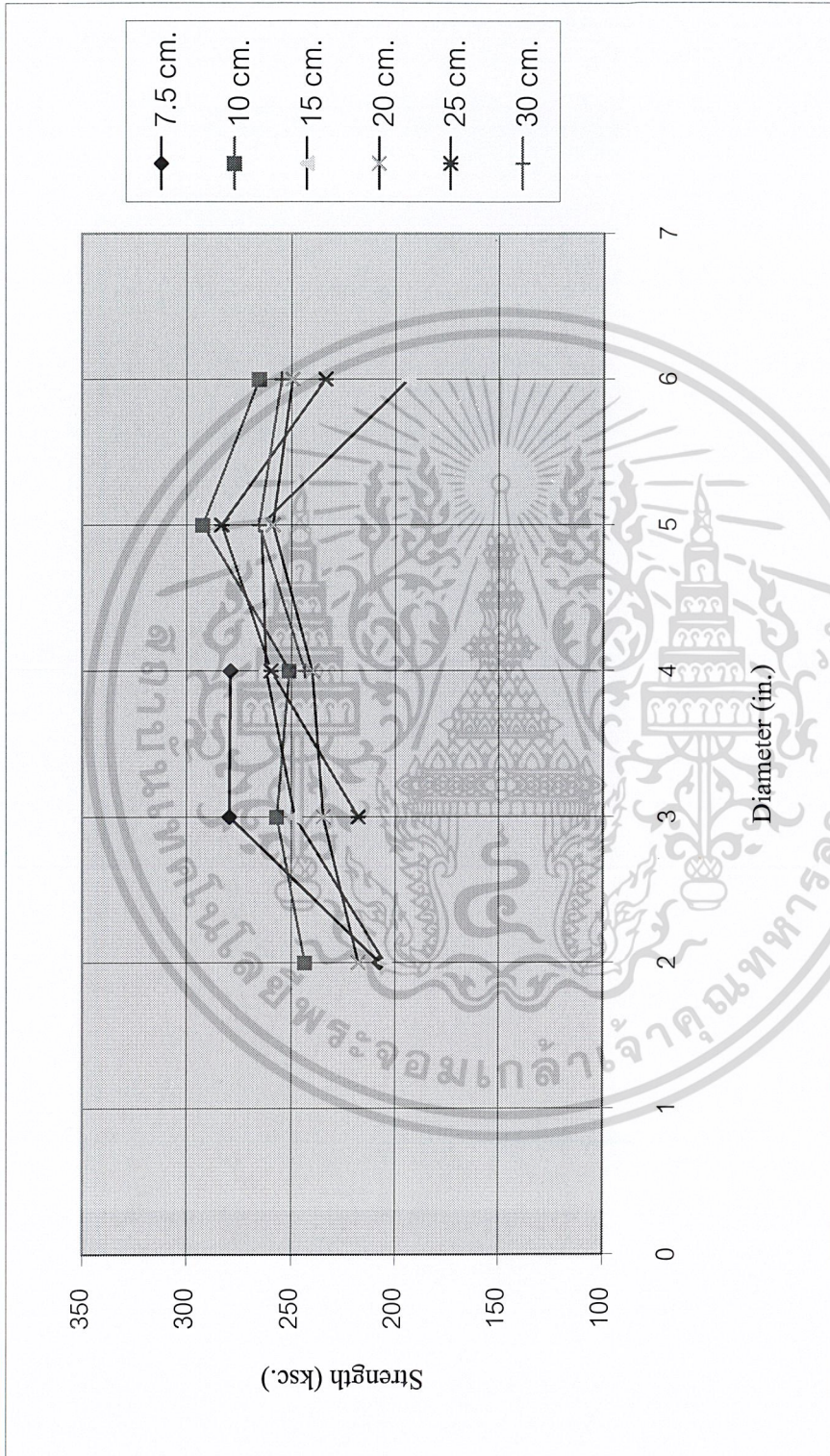
รูปที่ 4.26. แสดงกราฟความสั่นพ้องระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่มีความสูง 25 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



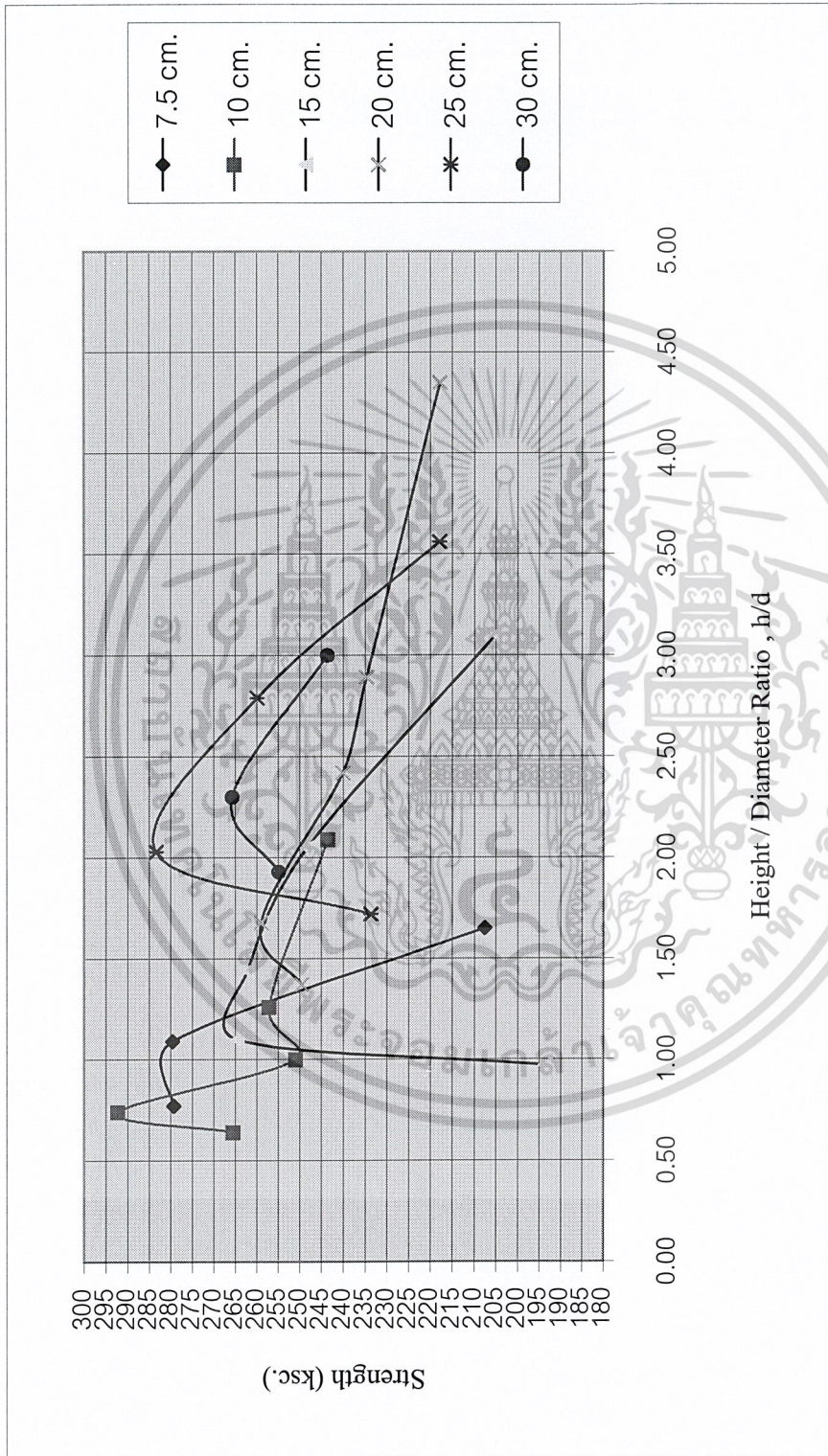
รูปที่ 4.27. แสดงกราฟความล้มเหลวพื้นที่ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่มีความสูง 30 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



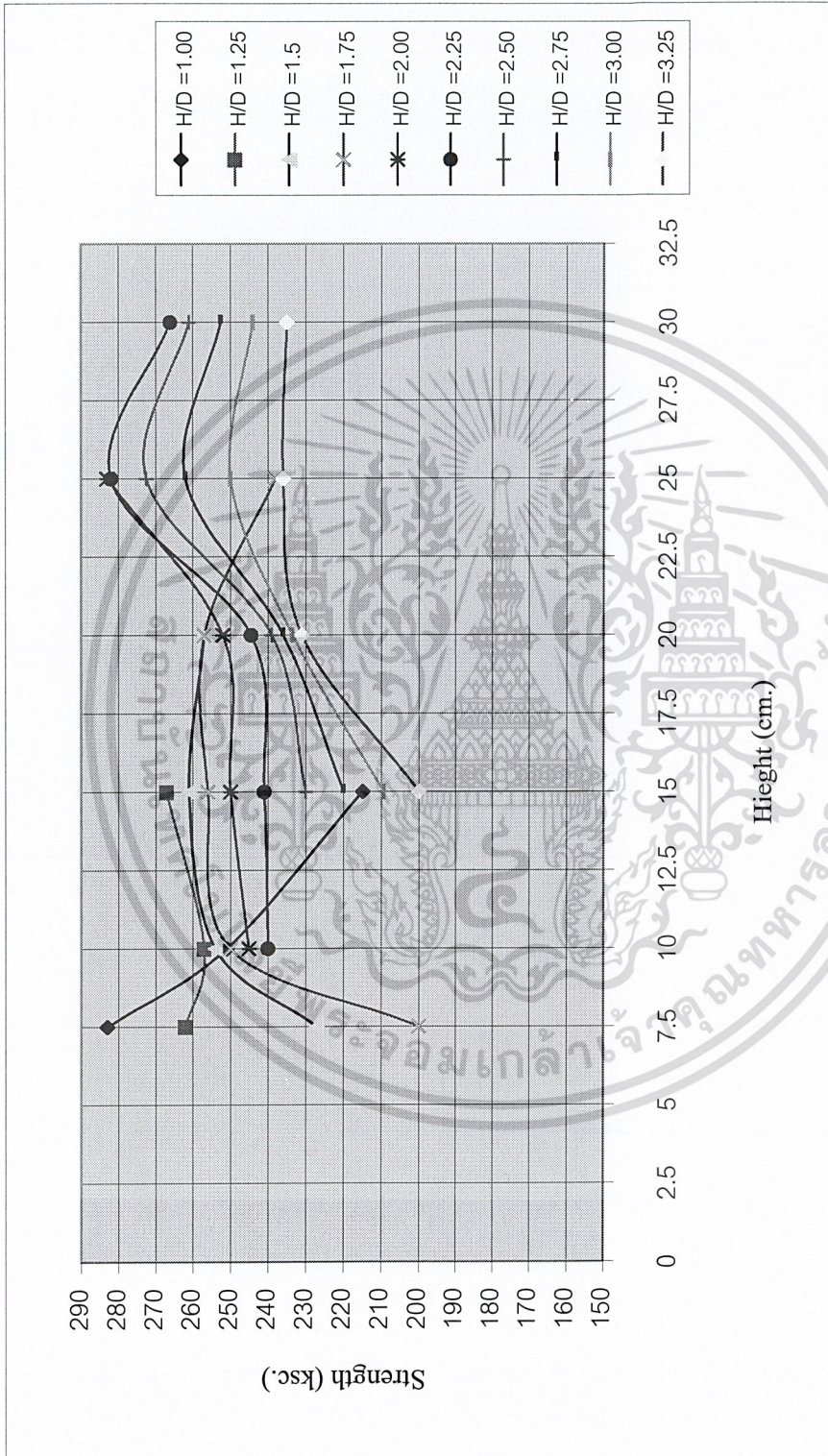
รูปที่ 4.28. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กับ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่มีความสูงต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



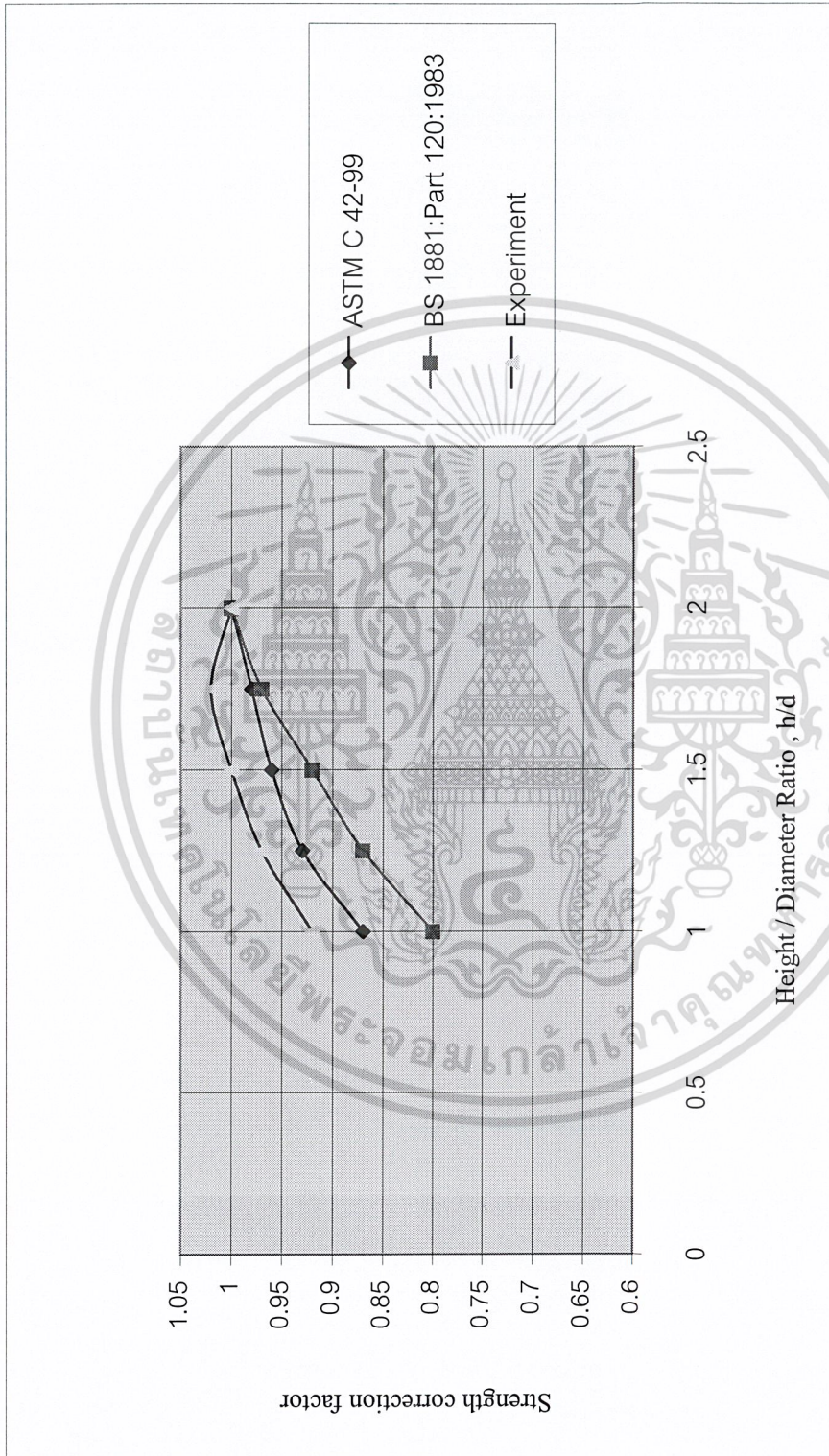
รูปที่ 4.29. แสดงกราฟความล้มเหลวสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับอัดเฉลี่ยกับ อัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตที่ค่าความสูงต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



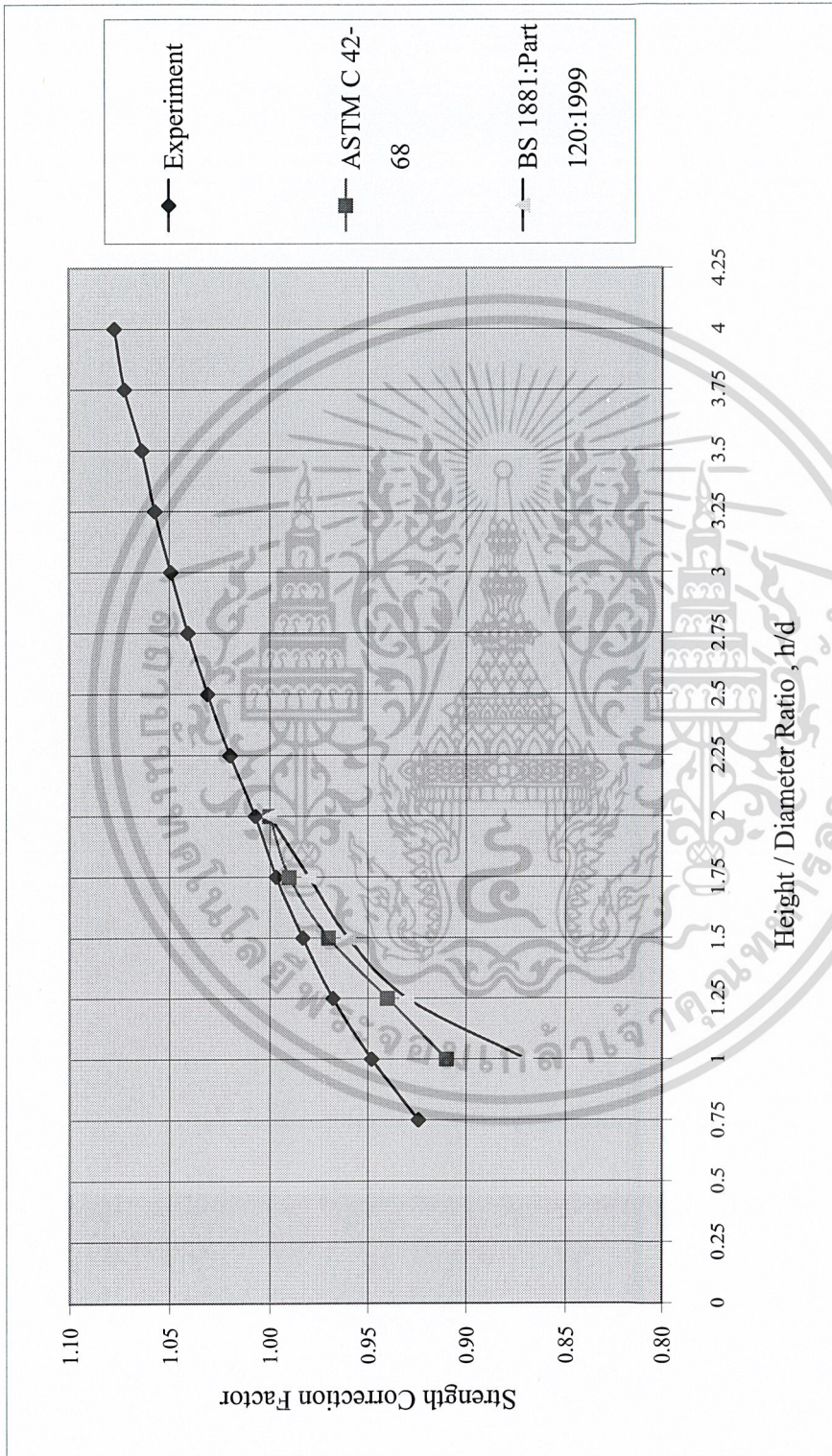
รูปที่ 4.30. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ ค่าความสูงของแท่งตัวอย่างที่อัตราส่วน H/D ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



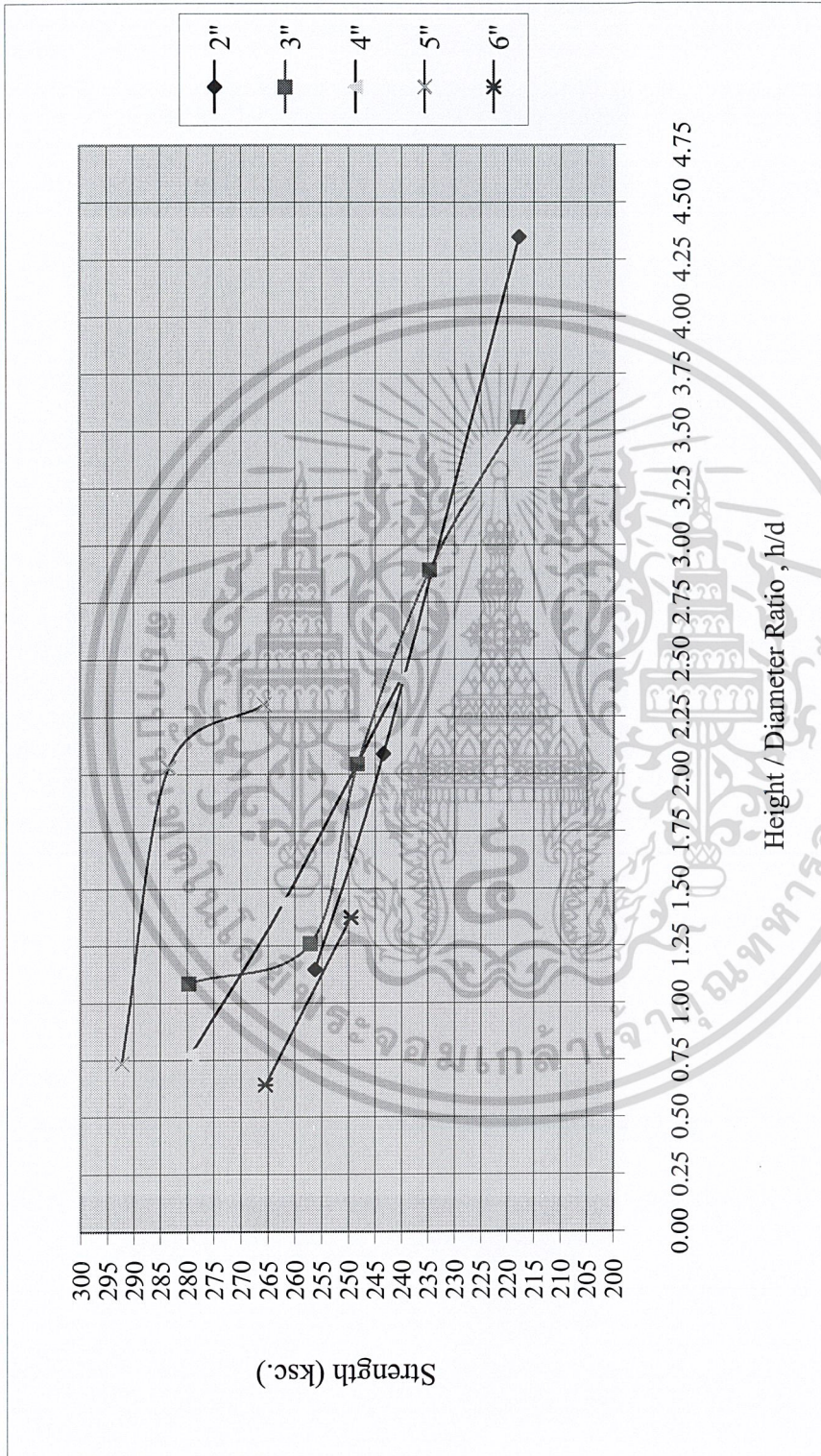
รูปที่ 4.3.1. แสดงกราฟหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ระหว่าง 1 - 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



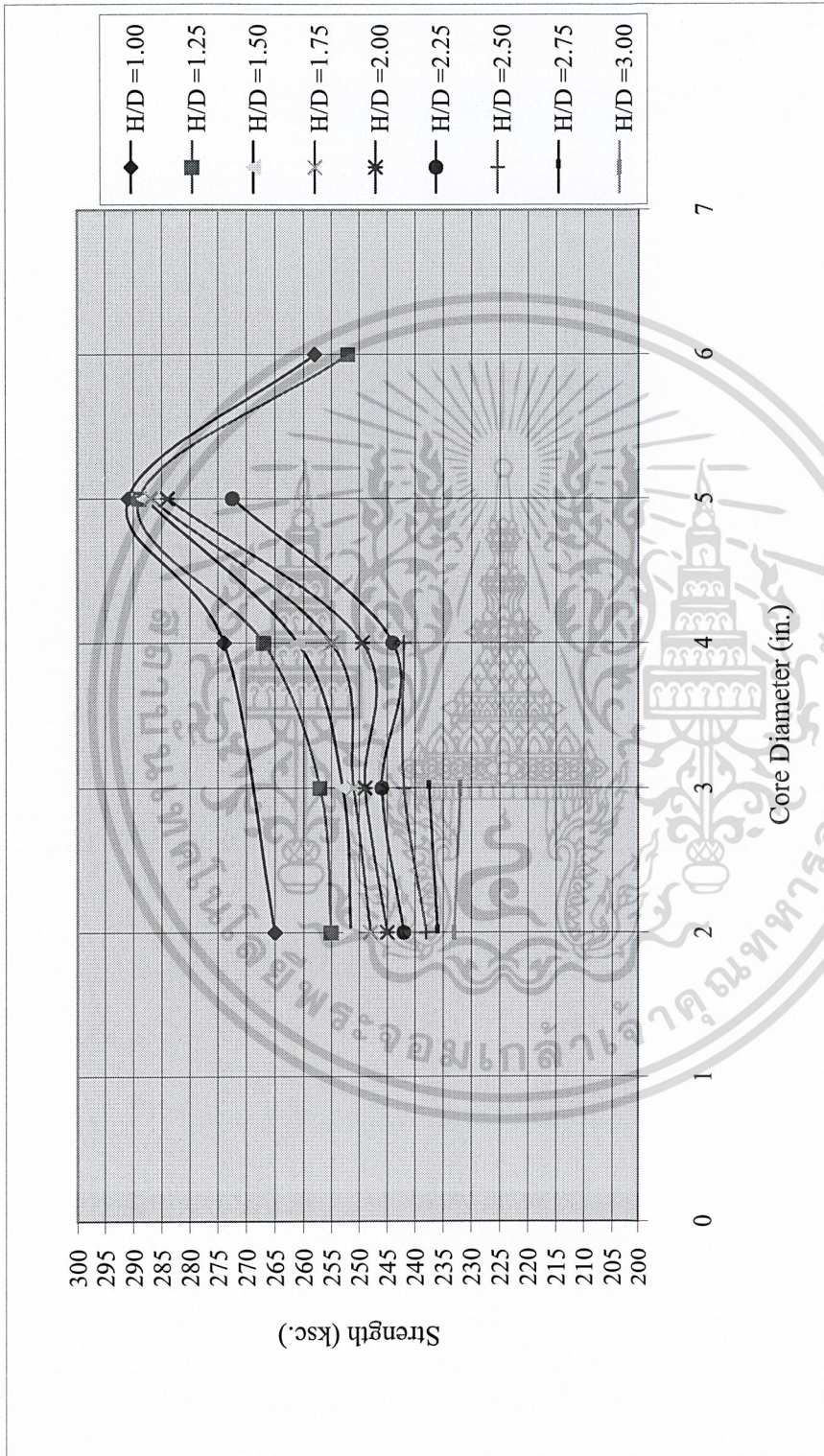
รูปที่ 4.32. แสดงกราฟหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



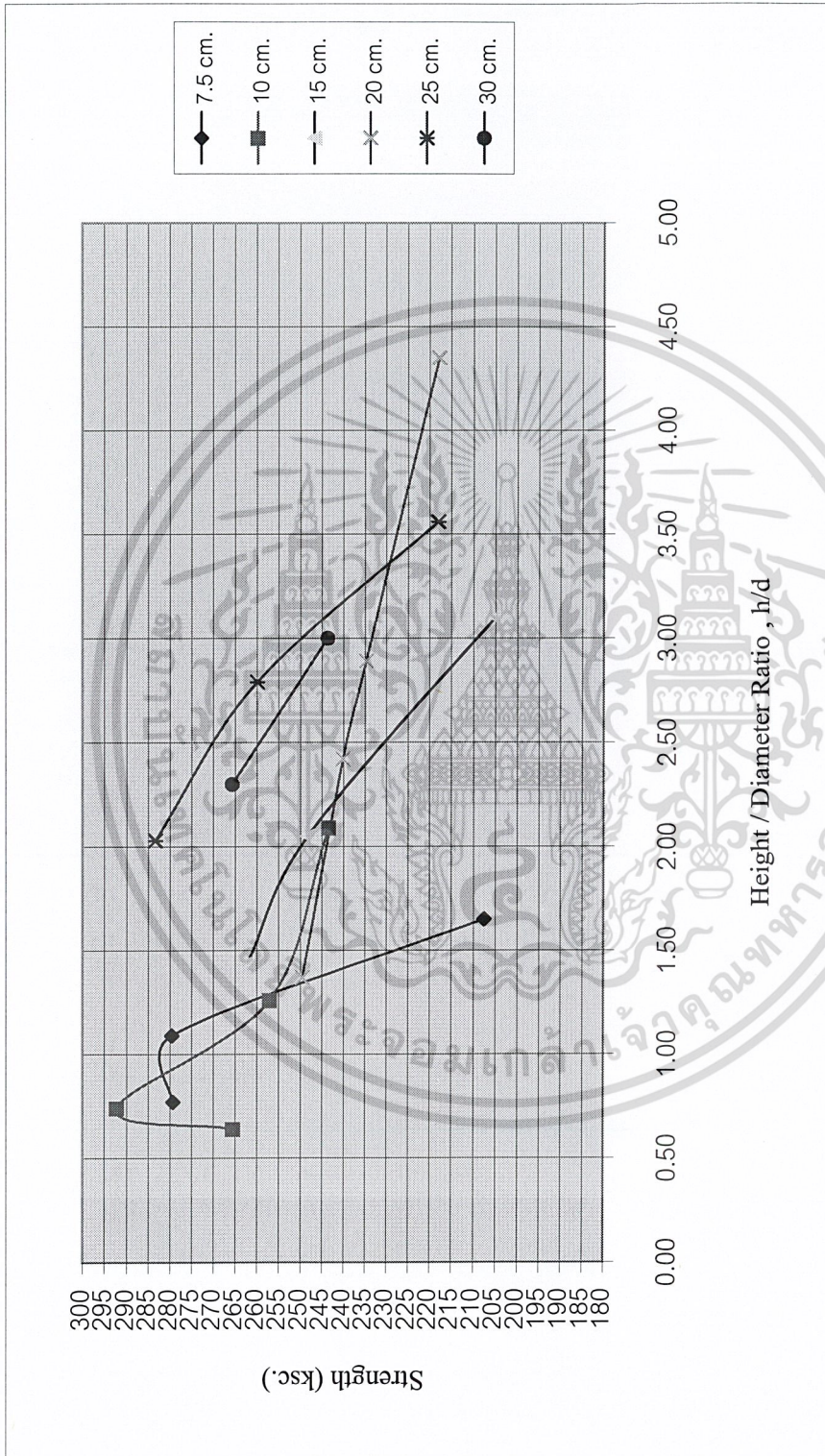
รูปที่ 4.33. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ อัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะต่างๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



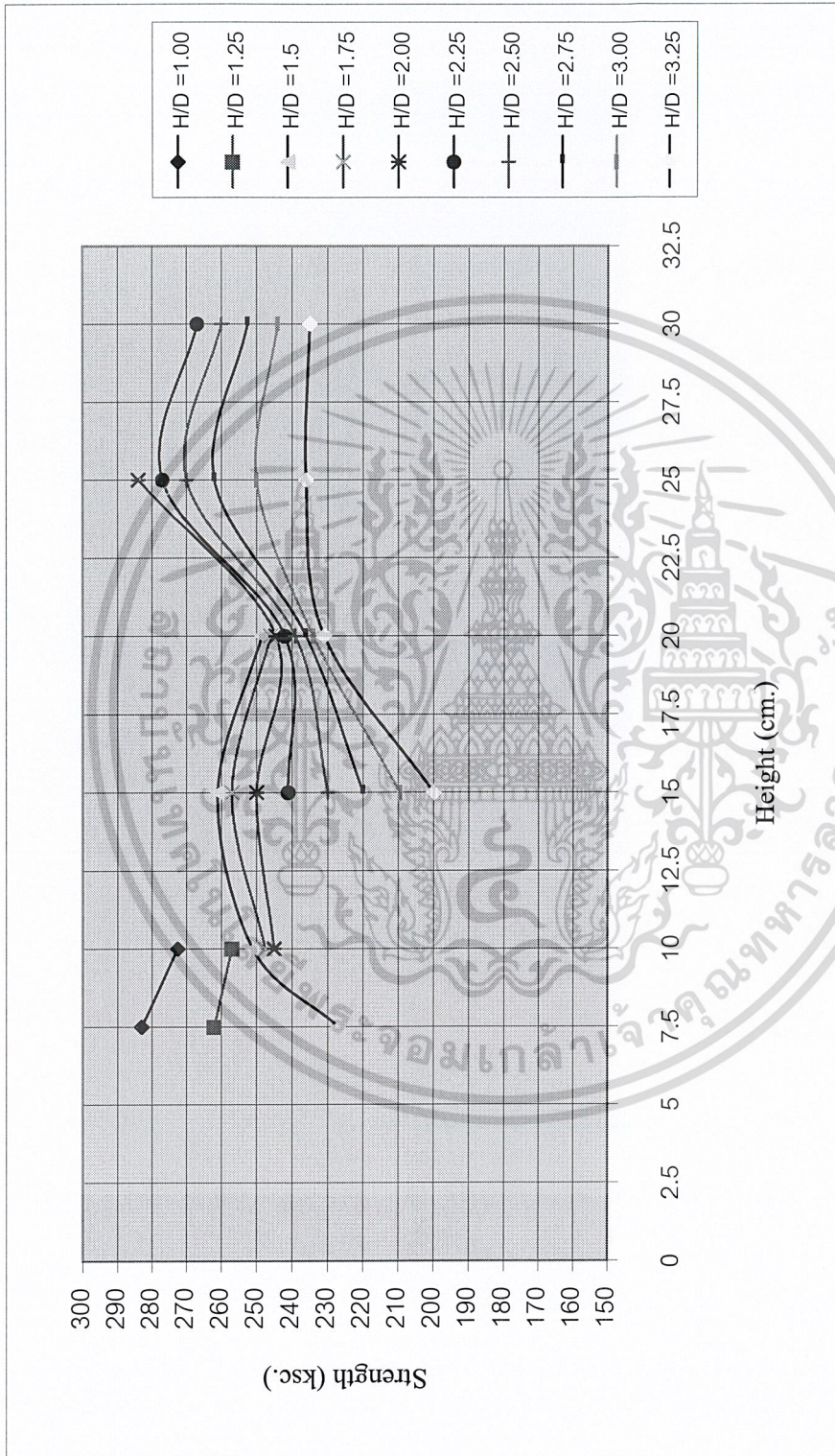
รูปที่ 4.34. แสดงกราฟความต็มระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ ขนาดของแท่งตัวอย่างที่อัตราส่วน H/D ต่างๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



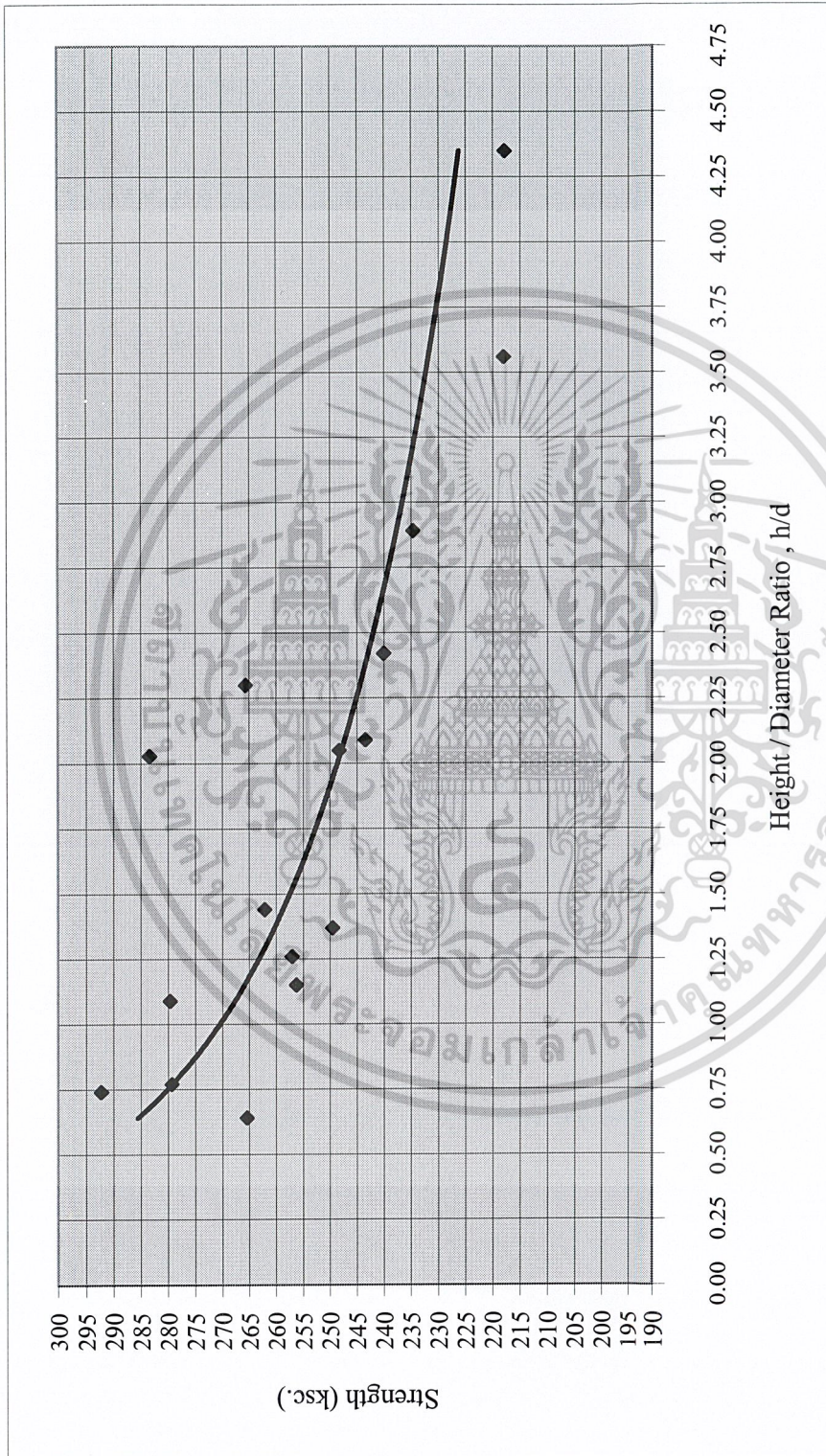
รูปที่ 4.35. แสดงกราฟความต็มพื้นที่ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ อัตราส่วน H/D ของแท่งคอนกรีตที่ค่าความสูงต่างๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



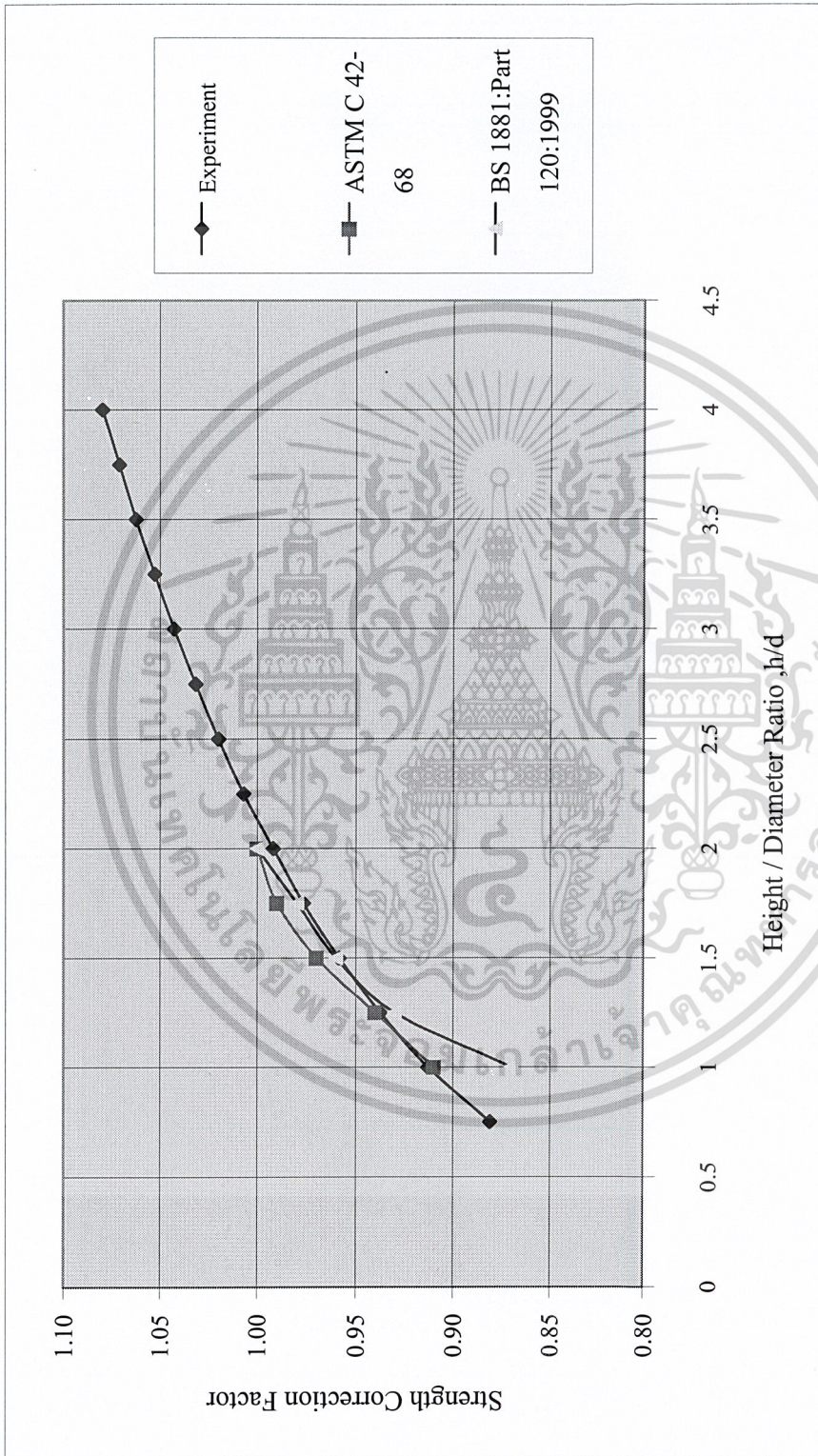
รูปที่ 4.36. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย กับ ค่าความสูงของแท่งตัวอย่างที่อัตราส่วน H/D ต่างๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



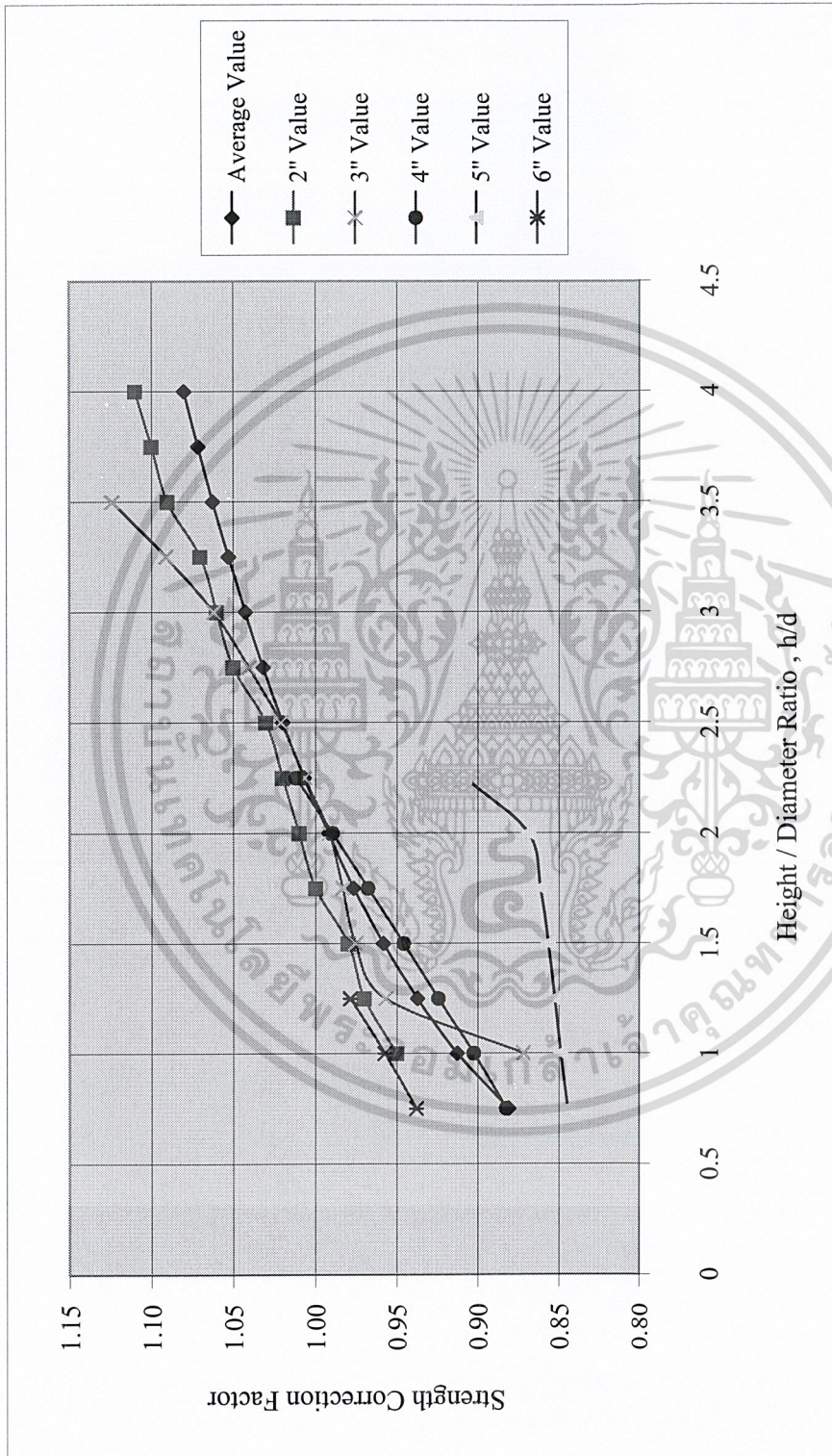
รูปที่ 4.37. แสดงกราฟความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่อัตราส่วน H/D ต่าง ๆ (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38. แสดงกราฟหาค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ต่าง ๆ กัน (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39. แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าปรับแก้กำลังอัดจากค่า H/D ที่ขนาดหัวเจาะต่างๆ กับ ค่าเฉลี่ย (หลังจากทำการปรับแก้แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองหาค่า strength correction factor จำเป็นต้องใช้ mix design เดียวกันทุกตัวอย่างทดลอง ซึ่งคอนกรีตที่ได้จาก CPAC ได้ออกแบบส่วนผสมมาให้ได้ค่ากำลังรับแรงอัดต่ำสุดของ cube คือ 240 ksc และของ cylinder คือ 210 ksc โดยการทดลองครั้งนี้อ้างอิงผลของ cylinder และการทดลองได้ผลของตัวอย่างคอนกรีต ที่ 28 วัน ซึ่งถือว่าเป็นช่วงเวลาที่ยอดรับกำลังได้สูงสุด มีผลคือ 246.79 ksc เห็นได้ว่าเป็นไปตามส่วนผสมที่ออกแบบ

ในส่วนของผลการทดลองของตัวอย่างที่ได้จากการเจาะทดสอบในแต่ละค่าของ H/D ได้ค่าของกำลังอัดเฉลี่ย 7 ตัวอย่าง ตามตารางที่ 5.1. ซึ่งค่าเหล่านี้เมื่อนำมาคิดอัตราส่วน H/D แล้วนำมาทำการพล็อตกราฟรูปที่ 4.1.-4.5. และกราฟรูปที่ 4.6. ซึ่งเป็นกราฟรวม จะเห็นได้ว่าลักษณะแนวโน้มของกราฟ จะให้ค่ากำลังอัดที่ต่ำลงมาเมื่อ H/D มากขึ้น และจากตารางที่ ผ.ก.1 - ผ.ก.26 มาพล็อตกราฟรูปที่ 4.8. เพื่อหาค่ากำลังอัดในช่วง H/D ระหว่าง 1-2 ตามที่ต้องการ และนำไปเป็นตัวหารด้วยกำลังอัดของตัวอย่างมาตรฐานที่ 28 วัน หาค่า strength correction factor ซึ่งได้ตามตารางที่ 4.7. และหากดูค่าที่ช่วง H/D ทั้งหมดที่ทำการทดลองก็จะได้ค่า strength correction factor ตามตารางที่ 4.9.

ซึ่งค่าที่ได้จากตารางที่ 4.7.จะให้ค่าที่ค่อนข้างมากกว่าค่าของ BS , ASTM และ CPAC เล็กน้อย เช่นเดียวกับค่าตามตารางที่ 4.9. ก็จะให้ค่าที่ค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกับค่าของ BS , ASTM และ CPAC และเมื่อมองจากกราฟรูปที่ 4.21. และกราฟรูปที่ 4.30. จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของกราฟบางค่าค่อนข้างที่จะต่างออกไปจากแนวโน้มที่ควรจะเป็น ดังนั้นผู้ทำการทดลองได้ทำการปรับแก้ค่าโดยการตัดค่าออกไปบางส่วนซึ่งส่วนใหญ่ค่าที่ตัดออกไปเป็นค่าของหัวเจาะที่มีขนาดใหญ่ตามตารางที่ 4.8. และนำค่าที่ผ่านการปรับแก้แล้วมาหาค่า strength correction factor แล้วเปรียบเทียบกับค่า BS , ASTM และ CPAC ตามตารางที่ 4.11. จะเห็นได้ว่าค่าค่อนข้างที่จะใกล้เคียงมากและเมื่อดูจากกราฟรูปที่ 4.38. จะทำให้เห็นค่าที่ชัดเจนขึ้นอีกทั้งยังแสดงส่วนของแนวโน้มของค่า H/D ที่มากกว่า 2 จนกระทั่งถึง 4 ซึ่งเป็นค่าที่เกินกว่าค่าของ H/D ที่เท่ากับ 2 เพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์ของค่า strength correction factor และผู้ทำการทดลองได้แสดงไว้ให้เห็นด้วย

เมื่อพิจารณาตามตารางที่ 4.6. ซึ่งแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง H/D กับค่ากำลังอัดที่ได้จากการเจาะ โดยจะแบ่งเป็นช่วงหัวเจาะ 2"-3" และ 4"-6" จะเห็นได้ว่าหัวเจาะขนาดใหญ่จะให้ค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังที่ต่ำลงมาอันเนื่องมาจากพื้นที่ของแรงเสียดทานมีน้อยซึ่งมีผลมาจากการสัมผัสที่ไม่เต็มพื้นที่หน้าตัดของผิวหน้าตัดตัวอย่างทดลองกับตัว loading plate ของเครื่องกด

ในส่วนของผลของค่าปรับแก้กำลังอัดตามตารางที่ 4.12. ได้มีการเปรียบเทียบค่าออกเป็นเปอร์เซ็นต์ของแต่ละขนาดหัวเจาะกับค่าปรับแก้กำลังอัดเฉลี่ย โดยผู้ทำการทดลองได้ให้ขอบเขตของผลต่างจากค่าปรับแก้เฉลี่ยไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าจะมีค่าที่เกินกว่าขอบเขตที่กำหนดคือที่หัวเจาะ 5” ในช่วง H/D ที่ 1.50-2 .00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผล

จากการทดลองหาค่าการปรับแก้กำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้วัสดุภายในประเทศไทย โดยการเจาะคอนกรีตที่ขนาดหัวเจาะและความหนาต่างๆกัน ซึ่งผลการทดสอบจะให้ความสัมพันธ์ของ H/D กับค่ากำลังอัดของคอนกรีต ที่กำลังของคอนกรีตเท่ากับ 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรเมื่ออายุคอนกรีตครบ 28 วัน และขนาดหินใหญ่สุดเท่ากับ  $\frac{3}{4}$  นิ้ว สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ในช่วง H/D เท่ากับ 1.00-2.00 ค่าการปรับแก้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน ASTM และ BS โดยต่างจากค่ามาตรฐาน ASTM ไม่เกินกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และต่างจากค่ามาตรฐาน BS โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 0 - 4.6 เปอร์เซ็นต์
2. ในช่วง H/D เท่ากับ 2.00-4.00 ค่าการปรับแก้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่ามากกว่า 1.00 ซึ่งตามมาตรฐาน ASTM และ BS ยังไม่มีการเพิ่มข้อมูลในส่วนดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.1. ข้อเสนอแนะ

ในการทำการทดลองครั้งนี้ผู้ทำการทดลองจะเจอปัญหาในเรื่องของการควบคุมตัวอย่างทดลองเป็นอย่างมากไม่ว่าในเรื่องของการเตรียมแบบ การเตรียมสถานที่ การดูแลตัวอย่างในช่วงของการบ่มตลอดจนการกดตัวอย่าง ดังนั้นผู้ทำการทดลองมีข้อเสนอแนะแก่ผู้ที่สนใจในโครงการพิเศษนี้ไม่ว่าจะเพื่อหาความรู้หรืออาจจะนำไปเป็นตัวอ้างอิงเพื่อทำวิจัยต่อไป ว่าควรที่จะให้ความสำคัญเกี่ยวกับตัวอย่างทดลอง เพราะอาจจะมีผลในตอนท้ายก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ ซึ่งควรจะระมัดระวังเกี่ยวกับ

1. เกี่ยวกับเรื่องแรงเสียดทาน (friction) ระหว่างผิวสัมผัสของหัวกดกับแท่งตัวอย่าง ควรให้ความสำคัญอย่างมากเพราะแรงเสียดทานดังกล่าวเป็นตัวกำหนดค่าตัวคูณปรับแก้กำลังอัด (Strength Correction Factor) ด้วยเพราะถ้าไม่มีแรงเสียดทานก็ไม่จำเป็นต้องใช้ ค่าตัวคูณปรับแก้กำลังอัด (วิธีการในการทดลองเรื่องของแรงเสียดทาน คือ ก็ควรใช้พลาสติกชนิดละลายได้ทำแพ็คหัว (packing) ของตัวอย่างไว้เพื่อให้เกิดแรงเสียดทาน (friction) ระหว่างผิวสัมผัสของเครื่องกดกับแท่งตัวอย่าง
2. เครื่องกดตัวอย่างคอนกรีตควรใช้ UTM (Universal Testing Machine) กดทดสอบ เพราะ loading plate ของ UTM สามารถที่จะขยับให้สัมผัสกับหน้าตัดตัวอย่าง ได้ทั้งหมด ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาของการแฉับ (Cap) หัวของตัวอย่างที่มีความหนาหรือบางที่ไม่เท่ากันของหน้าตัดเดียวกัน
3. การบ่มควรหาวิธีบ่มที่ดีกว่าการขังน้ำเพราะการขังน้ำจะไม่สามารถทำการบ่มอย่างทั่วถึงต่อตัวอย่างที่หนาเกินไป
4. ตัวอย่างที่ได้ควรดูลักษณะการแตกด้วยว่าแตกแบบแรงเฉือนหรือไม่ เพราะถ้าแตกลักษณะอื่นไม่ควรที่จะนำมาพิจารณาด้วยเพราะจะก่อให้เกิดผลที่ผิดพลาดกับตัวอย่างส่วนใหญ่ด้วย
5. สำหรับการกดตัวอย่างทดสอบ ตัวอย่างที่ได้จากการเจาะควรที่จะมีอายุที่สัมพันธ์กับตัวอย่างมาตรฐานคือที่อายุ 28 วัน เพราะถ้าเกินจากนี้คอนกรีตจะพัฒนากำลังสูงขึ้นไปอีกทำให้ได้ผลที่ผิดพลาด ถึงแม้ว่าจะเล็กน้อยแต่ก็มีผลอย่างมาก เพราะค่า Strength Correction Factor ต้องนำไปใช้งานจริงดังนั้นจึงมีผลเกี่ยวกับชีวิตคนด้วย
6. ความหนาตัวอย่างทดลอง ขณะที่ต้องคำนึงถึงการหดตัวของคอนกรีตด้วย
7. ขนาดของตัวอย่างจริงจะเล็กกว่าขนาดของหัวเจาะที่ใช้ในการเจาะ เช่น หัวเจาะขนาด 2 นิ้ว จะให้ขนาดตัวอย่างที่เจาะได้ประมาณ 1.98 นิ้ว เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าข้อเสนอแนะต่างๆดังกล่าวล้วนมีความสำคัญต่อผลการทดลองเป็นอย่างมากจึงควรที่จะใส่ใจเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

- ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2537. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ เดอะพริ้นท์อินเตอร์เนชันแนล.
- ASTM. Manual of Concrete Inspection (American Society for Testing and Materials) 1999 - 2000
- James Olshefsky (1914) ASTM.
- Concrete International Journal, Adam Neville 2000



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2537. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เดอะพริ้นท์อินเตอร์เนชั่นแนล.
- วินิต ช่อวิเชียร, 2539. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: ป.สัมพันธ์พาณิชย์.
- ทศพนธ์ เต็มสุขนรินทร์, ธนัช รุ่งวงศ์ และ สิริชัย ประสิทธิ์แสงอารีย์, 2543. การศึกษากำลังอัดของพื้นคอนกรีตที่ระดับความลึกต่างๆเนื่องจากการบ่มที่ผิวบนของแผ่นพื้น. ปรินูญานิพนธ์ปรินูญาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปิยะ แสงไฟ, สุรพันธ์ พรสุวรรณ และ อนันต์ วิริยะกิจชัย, 2544. การศึกษาพฤติกรรมของคอนกรีตที่ความลึกต่างๆจากระดับพื้นผิว. ปรินูญานิพนธ์ปรินูญาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- A.C.I. Manual of Concrete Inspection (American Concrete Institute) 2001
- A.M. Neville, 1999. Properties of Concrete.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ ผ.ก.1. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  2 in. ยาว 5 cm.

2 in. * 5 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	5.2	4.5	1.16	15.91	28	2854.23	179.39	-89.70	
2	5.2	4.5	1.16	15.91	34	3465.85	217.83	-51.25	
3	5.2	4.5	1.16	15.91	40	4077.47	256.27	-12.81	256.27
4	5.0	4.5	1.11	15.91	52	5300.71	333.15	64.07	
5	5.0	4.5	1.11	15.91	50	5096.84	320.34	51.25	
6	5.2	4.5	1.16	15.91	40	4077.47	256.27	-12.81	256.27
7	5.3	4.5	1.18	15.91	50	5096.84	320.34	51.25	
		AVERAGE	1.15				269.09		256.27

ตารางที่ ผ.ก.2. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  2 in. ยาว 7.5 cm.

2 in. * 7.5 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	7.1	4.5	1.58	15.91	32	3261.98	205.02	-12.81	205.02
2	7.8	4.5	1.73	15.91	30	3058.10	192.20	-25.63	
3	7.2	4.5	1.60	15.91	32	3261.98	205.02	-12.81	205.02
4	7.3	4.5	1.62	15.91	46	4689.09	294.71	76.88	
5	7.3	4.5	1.62	15.91	32	3261.98	205.02	-12.81	205.02
6	7.6	4.5	1.69	15.91	32	3261.98	205.02	-12.81	205.02
7	7.8	4.5	1.73	15.91	34	3465.85	217.83	0.00	217.83
		AVERAGE	1.65				217.83		207.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.3. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  2 in. ยาว 10 cm.

2 in. * 10 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	9.5	4.5	2.11	15.91	40	4077.47	256.27	23.80	
2	9.5	4.5	2.11	15.91	42	4281.35	269.09	36.61	
3	9.2	4.5	2.04	15.91	30	3058.10	192.20	-40.27	
4	8.9	4.5	1.98	15.91	32	3261.98	205.02	-27.46	
5	9.8	4.5	2.18	15.91	30	3058.10	192.20	-40.27	
6	9.5	4.5	2.11	15.91	42	4281.35	269.09	36.61	
7	9.4	4.5	2.09	15.91	38	3873.60	243.46	10.98	243.46
		<u>AVERAGE</u>	2.09				232.48		243.46

ตารางที่ ผ.ก.4. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  2 in. ยาว 15 cm.

2 in. * 15 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	13.7	4.5	3.04	15.91	32	3261.98	205.02	-7.32	205.02
2	14.0	4.5	3.11	15.91	30	3058.10	192.20	-20.14	192.20
3	13.9	4.5	3.09	15.91	40	4077.47	256.27	43.93	
4	14.0	4.5	3.11	15.91	32	3261.98	205.02	-7.32	205.02
5	14.1	4.5	3.13	15.91	36	3669.72	230.64	18.31	230.64
6	13.9	4.5	3.09	15.91	30	3058.10	192.20	-20.14	192.20
7	13.9	4.5	3.09	15.91	32	3261.98	205.02	-7.32	205.02
		<u>AVERAGE</u>	3.10				212.34		205.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.5. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  2 in. ยาว 20 cm.

2 in. * 20 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	20.1	4.5	4.47	15.91	40	4077.47	256.27	38.44	
2	19.5	4.5	4.33	15.91	36	3669.72	230.64	12.81	230.64
3	19.4	4.5	4.31	15.91	30	3058.10	192.20	-25.63	
4	19.8	4.5	4.40	15.91	30	3058.10	192.20	-25.63	
5	19.4	4.5	4.31	15.91	30	3058.10	192.20	-25.63	
6	19.7	4.5	4.38	15.91	32	3261.98	205.02	-12.81	205.02
7	19.1	4.5	4.24	15.91	40	4077.47	256.27	38.44	
		<u>AVERAGE</u>	4.35				217.83		217.83

ตารางที่ ผ.ก.6. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 7.5 cm.

3 in. * 7.5 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	7.8	6.9	1.13	37.41	100	10193.68	272.50	5.81	272.50
2	7.6	6.8	1.12	36.33	104	10601.43	291.80	25.10	291.80
3	7.3	6.9	1.06	37.41	84	8562.69	228.90	-37.79	
4	7.7	6.9	1.12	37.41	98	9989.81	267.05	0.36	267.05
5	7.2	6.9	1.04	37.41	106	10805.30	288.85	22.16	288.85
6	7.1	6.9	1.03	37.41	102	10397.55	277.95	11.26	277.95
7	7.7	6.9	1.12	37.41	88	8970.44	239.80	-26.89	
		<u>AVERAGE</u>	1.09				266.69		279.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.7. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 10 cm.

3 in. * 10 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	9.1	6.9	1.32	37.41	90	9174.31	245.25	-7.01	245.25
2	8.8	6.9	1.28	37.41	82	8358.82	223.45	-28.81	
3	8.8	6.9	1.28	37.41	92	9378.19	250.70	-1.56	250.70
4	8.3	6.9	1.20	37.41	98	9989.81	267.05	14.79	267.05
5	8.7	6.9	1.26	37.41	100	10193.68	272.50	20.24	272.50
6	8.4	6.9	1.22	37.41	96	9785.93	261.60	9.34	261.60
7	8.8	6.9	1.28	37.41	90	9174.31	245.25	-7.01	245.25
		AVERAGE	1.26				252.26		257.06

ตารางที่ ผ.ก.8. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 15 cm.

3 in. * 15 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	14.0	6.8	2.06	36.33	90	9174.31	252.52	12.46	252.52
2	14.3	6.9	2.07	37.41	90	9174.31	245.25	5.19	245.25
3	14.2	6.9	2.06	37.41	70	7135.58	190.75	-49.31	
4	14.2	6.9	2.06	37.41	90	9174.31	245.25	5.19	245.25
5	14.3	6.9	2.07	37.41	94	9582.06	256.15	16.09	256.15
6	14.1	6.9	2.04	37.41	90	9174.31	245.25	5.19	245.25
7	13.5	6.9	1.96	37.41	90	9174.31	245.25	5.19	245.25
		AVERAGE	2.05				240.06		248.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.9. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 20 cm.

3 in. * 20 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	19.9	6.8	2.93	36.33	80	8154.94	224.46	-4.76	224.46
2	19.6	6.8	2.88	36.33	80	8154.94	224.46	-4.76	224.46
3	19.5	6.9	2.83	37.41	84	8562.69	228.90	-0.32	228.90
4	19.9	6.9	2.88	37.41	90	9174.31	245.25	16.03	245.25
5	20.2	6.8	2.97	36.33	70	7135.58	196.40	-32.82	
6	19.2	6.9	2.78	37.41	88	8970.44	239.80	10.58	239.80
7	20.5	6.9	2.97	37.41	90	9174.31	245.25	16.03	245.25
		<u>AVERAGE</u>	2.89				229.22		234.69

ตารางที่ ผ.ก.10. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 25 cm.

3 in. * 25 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	24.2	6.9	3.51	37.41	98	9989.81	267.05	38.15	
2	25.3	6.9	3.67	37.41	70	7135.58	190.75	-38.15	
3	26.1	6.9	3.78	37.41	100	10193.68	272.50	43.60	
4	24.2	6.9	3.51	37.41	80	8154.94	218.00	-10.90	218.00
5	24.9	6.9	3.61	37.41	80	8154.94	218.00	-10.90	218.00
6	23.6	6.9	3.42	37.41	80	8154.94	218.00	-10.90	218.00
7	23.7	6.9	3.43	37.41	80	8154.94	218.00	-10.90	218.00
		<u>AVERAGE</u>	3.56				228.90		218.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.11. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 7.5 cm.

4 in. * 7.5 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	7.3	9.4	0.77	70.02	180	18348.62	262.06	-10.13	262.06
2	7.4	9.3	0.79	68.40	170	17329.26	253.37	-18.82	253.37
3	7.1	9.5	0.75	71.06	160	16309.89	229.52	-42.66	
4	7.3	9.5	0.77	70.17	200	20387.36	290.56	18.37	290.56
5	7.4	9.1	0.81	65.49	190	19367.99	295.72	23.53	295.72
6	7.6	9.4	0.80	70.02	196	19979.61	285.35	13.17	285.35
7	6.8	9.5	0.72	70.61	200	20387.36	288.72	16.54	288.72
		<u>AVERAGE</u>	0.77				272.19		279.30

ตารางที่ ผ.ก.12. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 10 cm.

4 in. * 10 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	9.8	9.4	1.04	70.02	190	19367.99	276.62	26.60	
2	9.6	9.5	1.01	70.17	180	18348.62	261.50	11.48	261.50
3	9.4	9.4	1.00	69.87	170	17329.26	248.02	-2.00	248.02
4	9.3	9.4	0.99	69.87	160	16309.89	233.43	-16.59	233.43
5	9.8	9.4	1.04	69.72	170	17329.26	248.55	-1.47	248.55
6	9.1	9.4	0.96	69.72	180	18348.62	263.17	13.15	263.17
7	9.2	9.4	0.98	69.87	150	15290.52	218.84	-31.18	
		<u>AVERAGE</u>	1.00				250.02		250.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.13. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 15 cm.

4 in. * 15 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	13.3	9.4	1.42	68.69	178	18144.75	264.16	7.15	264.16
2	13.1	9.4	1.40	68.69	180	18348.62	267.13	10.12	267.13
3	13.9	9.4	1.49	68.84	176	17940.88	260.63	3.62	260.63
4	13.5	9.4	1.43	69.43	154	15698.27	226.12	-30.89	
5	13.8	9.4	1.47	69.43	190	19367.99	278.97	21.97	278.97
6	13.5	9.4	1.44	69.43	160	16309.89	234.93	-22.08	234.93
7	13.5	9.4	1.44	68.69	180	18348.62	267.13	10.12	267.13
		<u>AVERAGE</u>	1.44				257.01		262.16

ตารางที่ ผ.ก.14. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 20 cm.

4 in. * 20 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	21.5	9.4	2.30	68.69	160	16309.89	237.45	-2.62	237.45
2	24.5	9.3	2.63	67.96	150	15290.52	225.00	-15.06	225.00
3	23.5	9.3	2.53	67.96	170	17329.26	255.01	14.94	255.01
4	23.5	9.3	2.53	67.96	154	15698.27	231.00	-9.06	231.00
5	24.0	9.3	2.58	67.96	140	14271.15	210.00	-30.06	
6	20.5	9.3	2.20	67.96	168	17125.38	252.01	11.94	252.01
7	19.9	9.3	2.14	67.96	180	18348.62	270.01	29.94	
		<u>AVERAGE</u>	2.42				240.07		240.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.15. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 25 cm.

4 in. * 25 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	25.8	9.4	2.76	68.69	170	17329.26	252.29	-12.28	252.29
2	25.5	9.4	2.71	69.43	179	18246.69	262.82	-1.74	262.82
3	24.4	9.4	2.60	69.43	180	18348.62	264.29	-0.27	264.29
4	26.5	9.3	2.85	67.96	180	18348.62	270.01	5.45	270.01
5	26.6	9.3	2.86	67.96	170	17329.26	255.01	-9.55	255.01
6	26.5	9.3	2.85	67.96	170	17329.26	255.01	-9.55	255.01
7	26.7	9.3	2.87	67.96	195	19877.68	292.51	27.95	
		<u>AVERAGE</u>	2.79				264.56		259.90

ตารางที่ ผ.ก.16. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 30 cm.

4 in. * 30 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	27.7	9.5	2.93	70.17	160	16309.89	232.45	-8.95	232.45
2	27.7	9.5	2.92	70.61	155	15800.20	223.76	-17.63	223.76
3	28.4	9.4	3.03	68.98	175	17838.94	258.60	17.21	258.60
4	28.6	9.3	3.06	68.25	165	16819.57	246.44	5.05	246.44
5	29.2	9.4	3.10	69.43	175	17838.94	256.95	15.56	256.95
6	28.3	9.4	3.02	68.98	180	18348.62	265.99	24.59	
7	27.7	9.4	2.94	69.43	140	14271.15	205.56	-35.83	
		<u>AVERAGE</u>	3.00				241.39		243.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.17. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  5 in. ยาว 10 cm.

5 in. * 10 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	8.6	12.3	0.70	118.87	390	39755.35	334.44	43.61	
2	8.9	12.3	0.72	118.87	310	31600.41	265.84	-24.99	265.84
3	9.4	12.3	0.76	118.87	330	33639.14	282.99	-7.84	282.99
4	8.6	12.3	0.70	118.87	280	28542.30	240.11	-50.72	
5	9.4	12.3	0.76	118.87	340	34658.51	291.56	0.74	291.56
6	9.6	12.3	0.78	118.87	354	36085.63	303.57	12.74	303.57
7	8.8	12.3	0.72	118.87	370	37716.62	317.29	26.46	317.29
		<u>AVERAGE</u>	0.74				290.83		292.25

ตารางที่ ผ.ก.18. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  5 in. ยาว 15 cm.

5 in. * 15 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	13.9	12.2	1.14	116.95	320	32619.78	278.93	17.12	278.93
2	13.6	12.2	1.11	116.95	356	36289.50	310.31	48.50	
3	13.6	12.3	1.11	118.87	260	26503.57	222.96	-38.85	
4	14.0	12.3	1.14	118.87	370	37716.62	317.29	55.48	
5	13.3	12.3	1.08	118.87	320	32619.78	274.41	12.60	274.41
6	13.5	12.3	1.10	118.87	220	22426.10	188.66	-73.15	
7	12.8	12.3	1.04	118.87	280	28542.30	240.11	-21.70	240.11
		<u>AVERAGE</u>	1.10				261.81		264.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.19. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  5 in. ยาว 20 cm.

5 in. * 20 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	19.9	12.4	1.60	120.81	260	26503.57	219.38	-31.21	
2	21.0	12.3	1.71	118.87	310	31600.41	265.84	15.25	265.84
3	20.5	12.3	1.67	118.87	230	23445.46	197.23	-53.35	
4	19.3	12.3	1.57	118.87	300	30581.04	257.26	6.67	257.26
5	23.5	12.3	1.91	118.87	278	28338.43	238.40	-12.19	238.40
6	20.2	12.2	1.66	116.95	346	35270.13	301.59	51.01	
7	20.0	12.3	1.63	118.87	320	32619.78	274.41	23.83	274.41
		AVERAGE	1.68				250.59		258.98

ตารางที่ ผ.ก.20. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  5 in. ยาว 25 cm.

5 in. * 25 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	23.9	12.3	1.94	118.87	350	35677.88	300.14	16.74	300.14
2	24.9	12.3	2.02	118.87	330	33639.14	282.99	-0.41	282.99
3	24.6	12.3	2.00	118.87	330	33639.14	282.99	-0.41	282.99
4	23.8	12.4	1.92	120.81	322	32823.65	271.69	-11.71	271.69
5	26.2	12.3	2.13	118.87	336	34250.76	288.13	4.73	288.13
6	26.1	12.4	2.10	120.81	340	34658.51	286.88	3.48	286.88
7	25.8	12.3	2.10	118.87	316	32212.03	270.98	-12.42	270.98
		AVERAGE	2.03				283.40		283.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.21. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  5 in. ยาว 30 cm.

5 in. * 30 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	27.9	12.3	2.27	118.87	320	32619.78	274.41	13.60	274.41
2	28.3	12.3	2.30	118.87	320	32619.78	274.41	13.60	274.41
3	28.5	12.3	2.32	118.87	315	32110.09	270.13	9.31	270.13
4	28.7	12.3	2.33	118.87	322	32823.65	276.13	15.31	276.13
5	27.8	12.3	2.26	118.87	292	29765.55	250.40	-10.41	250.40
6	28.5	12.3	2.32	118.87	290	29561.67	248.69	-12.13	248.69
7	28.7	12.3	2.33	118.87	270	27522.94	231.54	-29.28	
		AVERAGE	2.30				260.82		265.70

ตารางที่ ผ.ก.22. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  6 in. ยาว 10 cm.

6 in. * 10 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	8.5	14.3	0.59	160.67	464	47298.67	294.38	34.14	
2	9.6	14.3	0.67	160.67	340	34658.51	215.71	-44.54	
3	9.3	14.3	0.65	160.67	480	48929.66	304.53	44.29	
4	8.5	14.2	0.60	158.43	380	38735.98	244.50	-15.75	244.50
5	8.4	14.3	0.59	160.67	440	44852.19	279.16	18.91	279.16
6	9.6	14.3	0.67	160.67	332	33843.02	210.64	-49.61	
7	10.2	14.3	0.71	160.67	430	43832.82	272.81	12.56	272.81
		AVERAGE	0.64				260.25		265.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.23. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  6 in. ยาว 15 cm.

6 in. * 15 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	13.5	14.3	0.94	160.67	330	33639.14	209.37	15.59	209.37
2	14.4	14.3	1.01	160.67	300	30581.04	190.33	-3.44	190.33
3	13.6	14.3	0.95	160.67	292	29765.55	185.26	-8.52	185.26
4	13.7	14.3	0.96	160.67	272	27726.81	172.57	-21.21	
5	13.5	14.3	0.94	160.67	312	31804.28	197.95	4.17	197.95
6	14.2	14.3	0.99	160.67	292	29765.55	185.26	-8.52	185.26
7	14.4	14.3	1.01	160.67	340	34658.51	215.71	21.93	
		AVERAGE	0.97				193.78		193.63

ตารางที่ ผ.ก.24. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  6 in. ยาว 20 cm.

6 in. * 20 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	19.6	14.3	1.37	160.67	390	39755.35	247.43	-6.34	247.43
2	20.3	14.3	1.42	160.67	370	37716.62	234.74	-19.03	234.74
3	19.8	14.3	1.38	160.67	440	44852.19	279.16	25.38	
4	19.5	14.3	1.36	160.67	400	40774.72	253.78	0.00	253.78
5	19.6	14.3	1.37	160.67	400	40774.72	253.78	0.00	253.78
6	19.3	14.3	1.35	160.67	410	41794.09	260.12	6.34	260.12
7	19.4	14.3	1.36	160.67	390	39755.35	247.43	-6.34	247.43
		AVERAGE	1.37				253.78		249.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.25. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  6 in. ยาว 25 cm.

6 in. * 25 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	25.5	14.3	1.78	160.67	460	46890.93	291.84	63.00	
2	26.0	14.3	1.82	160.67	390	39755.35	247.43	18.59	247.43
3	23.5	14.3	1.64	160.67	350	35677.88	222.06	-6.79	222.06
4	23.5	14.3	1.64	160.67	420	42813.46	266.47	37.62	
5	24.5	14.3	1.71	160.67	220	22426.10	139.58	-89.26	
6	25.5	14.4	1.77	162.93	370	37716.62	231.50	2.65	231.50
7	24.0	14.3	1.68	160.67	320	32619.78	203.02	-25.82	
		AVERAGE	1.72				228.84		233.66

ตารางที่ ผ.ก.26. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการเจาะขนาด  $\varnothing$  6 in. ยาว 30 cm.

6 in. * 30 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	27.5	14.3	1.92	160.67	390	39755.35	247.43	-7.45	247.43
2	27.0	14.3	1.89	160.67	410	41794.09	260.12	5.24	260.12
3	27.4	14.3	1.92	160.67	370	37716.62	234.74	-20.14	234.74
4	28.0	14.5	1.93	165.20	430	43832.82	265.34	10.45	265.34
5	28.0	14.3	1.96	160.67	420	42813.46	266.47	11.58	266.47
6	27.3	14.3	1.91	160.67	412	41997.96	261.39	6.51	261.39
7	28.6	14.3	2.00	160.67	392	39959.23	248.70	-6.18	248.70
		AVERAGE	1.93				254.89		254.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.27. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 7.5 cm.

3 in. * 7.5 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	7.8	8.0	0.98	50.29	100	10193.68	202.72	-22.97	
2	7.6	8.0	0.95	50.29	140	14271.15	283.80	58.11	
3	8.2	8.0	1.03	50.29	94	9582.06	190.55	-35.14	
		AVERAGE	0.98				225.69		225.69

ตารางที่ ผ.ก.28. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 10 cm.

3 in. * 10cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	10.3	8.0	1.29	50.29	86	8766.56	174.34	-39.19	
2	10.2	8.0	1.28	50.29	110	11213.05	222.99	9.46	222.99
3	10.5	8.0	1.31	50.29	120	12232.42	243.26	29.73	
		AVERAGE	1.29				213.53		222.99

ตารางที่ ผ.ก.29. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 15 cm.

3 in. * 15 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	15.5	8.0	1.94	50.29	134	13659.53	271.64	-14.87	271.64
2	15.2	8.0	1.90	50.29	146	14882.77	295.96	9.46	295.96
3	15.2	8.0	1.90	50.29	144	14678.90	291.91	5.41	291.91
		AVERAGE	1.91				286.50		286.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.30. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  3 in. ยาว 20 cm.

3 in. * 20 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	20.3	8.0	2.54	50.29	138	14067.28	279.75	20.27	279.75
2	20.3	8.0	2.54	50.29	126	12844.04	255.42	-4.05	255.42
3	20.3	8.0	2.54	50.29	120	12232.42	243.26	-16.22	243.26
		AVERAGE	2.54				259.48		259.48

ตารางที่ ผ.ก.31. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 7.5 cm.

4 in. * 7.5 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	8.0	10.8	0.74	91.65	220	22426.10	244.70	-30.88	
2	8.0	10.8	0.74	91.65	270	27522.94	300.32	24.73	300.32
3	7.9	10.9	0.72	93.35	258	26299.69	281.73	6.15	281.73
		AVERAGE	0.74				275.58		291.02

ตารางที่ ผ.ก.32. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 10 cm.

4 in. * 10 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	10.7	10.8	0.99	91.65	232	23649.34	258.05	17.06	258.05
2	10.1	10.8	0.94	91.65	218	22222.22	242.48	1.48	242.48
3	10.6	10.8	0.98	91.65	200	20387.36	222.46	-18.54	222.46
		AVERAGE	0.97				241.00		241.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.33. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 15 cm.

4 in. * 15 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	15.4	10.8	1.43	91.65	230	23445.46	255.83	-14.83	255.83
2	15.4	10.8	1.43	91.65	258	26299.69	286.97	16.31	286.97
3	15.4	10.8	1.43	91.65	242	24668.71	269.17	-1.48	269.17
		<u>AVERAGE</u>	1.43				270.66		270.66

ตารางที่ ผ.ก.34. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 20 cm.

4 in. * 20 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	20.9	10.8	1.94	91.65	244	24872.58	271.40	-5.19	271.40
2	21.0	10.8	1.94	91.65	272	27726.81	302.54	25.95	302.54
3	20.5	10.8	1.90	91.65	230	23445.46	255.83	-20.76	255.83
		<u>AVERAGE</u>	1.93				276.59		276.59

ตารางที่ ผ.ก.35. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 25 cm.

4 in. * 25 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	24.8	10.8	2.30	91.65	220	22426.10	244.70	-2.39	244.70
2	25.5	10.8	2.36	91.65	238	24260.96	264.73	17.63	264.73
3	25.5	10.8	2.35	92.33	210	21406.73	231.86	-15.24	231.86
		<u>AVERAGE</u>	2.34				247.10		247.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.36. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตจากการหล่อขนาด  $\varnothing$  4 in. ยาว 30 cm.

4 in. * 30 cm.									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	30.2	10.8	2.79	91.65	254	25891.95	282.52	-0.74	282.52
2	30.1	10.8	2.79	91.65	254	25891.95	282.52	-0.74	282.52
3	30.1	10.8	2.79	91.65	256	26095.82	284.75	1.48	284.75
		<u>AVERAGE</u>	2.79				283.26		283.26

ตารางที่ ผ.ก.37. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 3 วัน

ระยะเวลาการบ่ม 3 วัน									
NO.	HEIGHT T(cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	30.0	15.0	2.00	176.79	320	32619.78	184.52	5.77	184.52
2	30.0	15.0	2.00	176.79	300	30581.04	172.98	-5.77	172.98
3	30.0	15.0	2.00	176.79	310	31600.41	178.75	0.00	178.75
		<u>AVERAGE</u>	2.00				178.75		178.75

ตารางที่ ผ.ก.38. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน

ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน									
NO.	HEIGHT T(cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	30.0	15.0	2.00	176.79	350	35677.88	201.81	-3.65	201.81
2	30.0	15.0	2.00	176.79	350	35677.88	201.81	-3.65	201.81
3	30.0	15.0	2.00	176.79	369	37614.68	212.77	7.30	212.77
		<u>AVERAGE</u>	2.00				205.47		205.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.39. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน

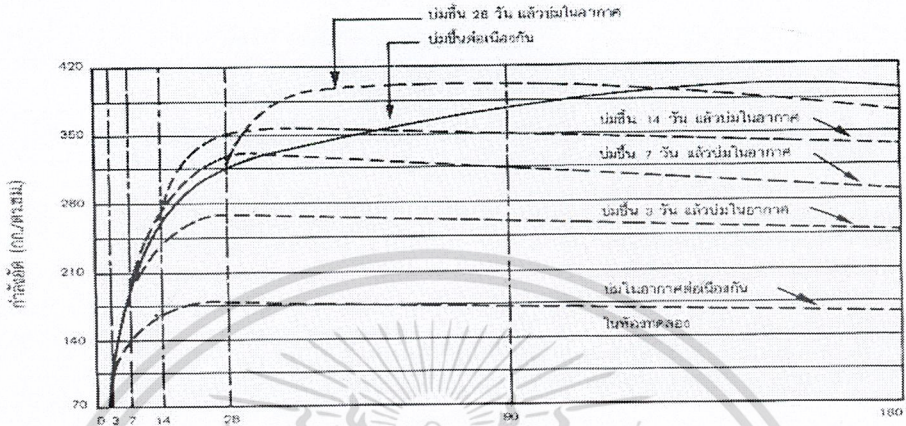
ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	30.0	15.0	2.00	176.79	420	42813.46	242.18	9.61	242.18
2	30.0	15.0	2.00	176.79	380	38735.98	219.11	-13.45	219.11
3	30.0	15.0	2.00	176.79	410	41794.09	236.41	3.84	236.41
		<u>AVERAGE</u>	2.00				232.57		232.57

ตารางที่ ผ.ก.40. แสดงผลการทดสอบแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน

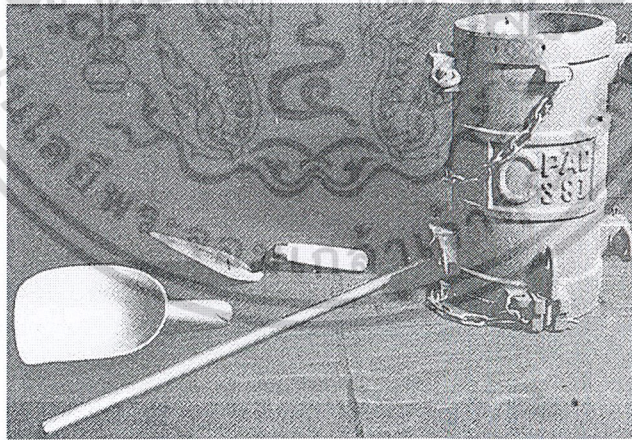
ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน									
NO.	HEIGHT (cm.)	DIAMETER (cm.)	H/D	A (cm <sup>2</sup> )	LOAD (KN.)	LOAD (kg.)	STRENGTH (ksc.)	DEVIATION	USED VALUE
1	30.0	15.0	2.00	176.79	420	42813.46	242.18	-4.61	242.18
2	30.0	15.0	2.00	176.79	424	43221.20	244.48	-2.31	244.48
3	30.0	15.0	2.00	176.79	440	44852.19	253.71	6.92	253.71
		<u>AVERAGE</u>	2.00				246.79		246.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

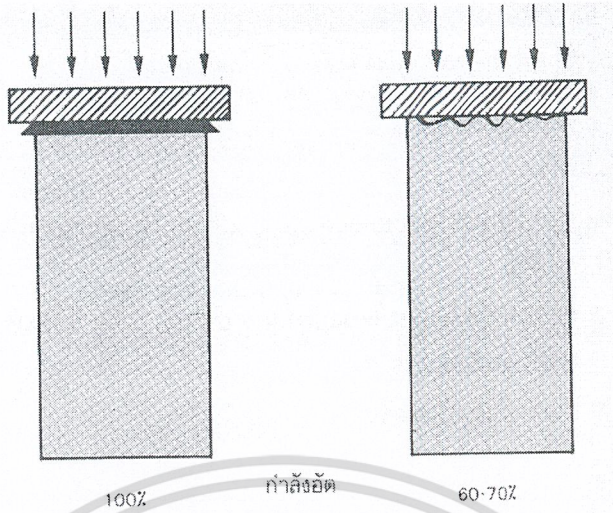


รูปที่ ผ.ข.1 แสดงผลของการบ่มที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร์, 2537)



รูปที่ ผ.ข.2 อุปกรณ์ทำก้อนตัวอย่าง รูปทรงกระบอก (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร์, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ผ.ข.3 ก้อนตัวอย่างที่ cap หัวและไม่ cap หัว (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตตร, 2537)



รูปที่ ผ.ข.4 ตัวอย่างรูปทรงกระบอกตามมาตรฐาน (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตตร, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

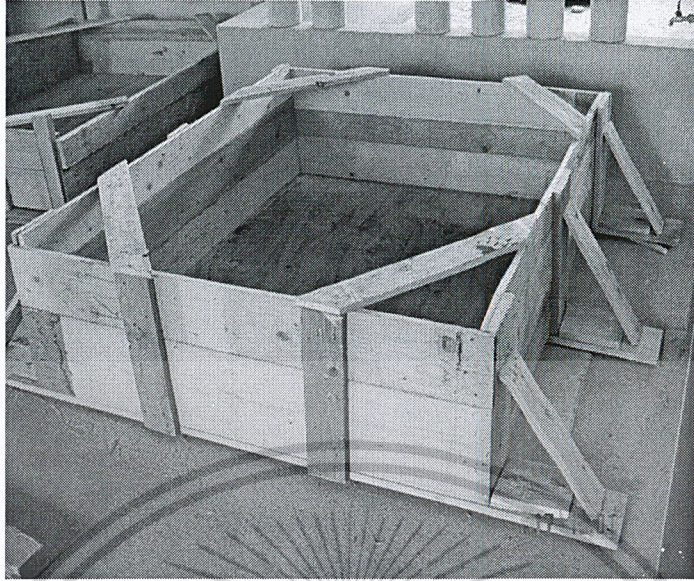


รูปที่ ผ.ข.5 แสดงการร่อนหินด้วยตะแกรงขนาด  $\frac{3}{4}$  นิ้ว

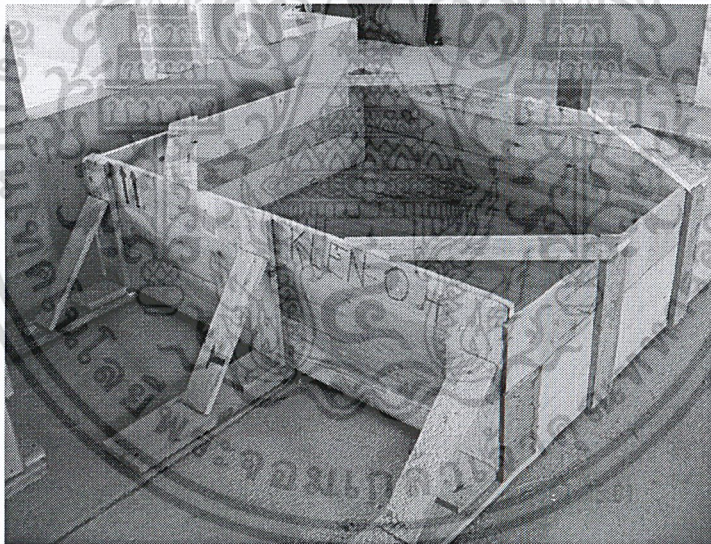


รูปที่ ผ.ข.6 การวัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.7 แบบหล่อคอนกรีต (1)

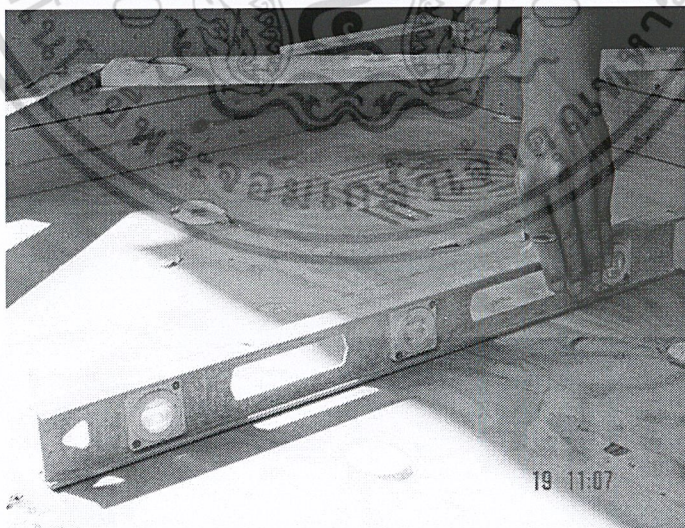


รูปที่ ผ.ข.8 แบบหล่อคอนกรีต (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.9 การดำเนินงานติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต

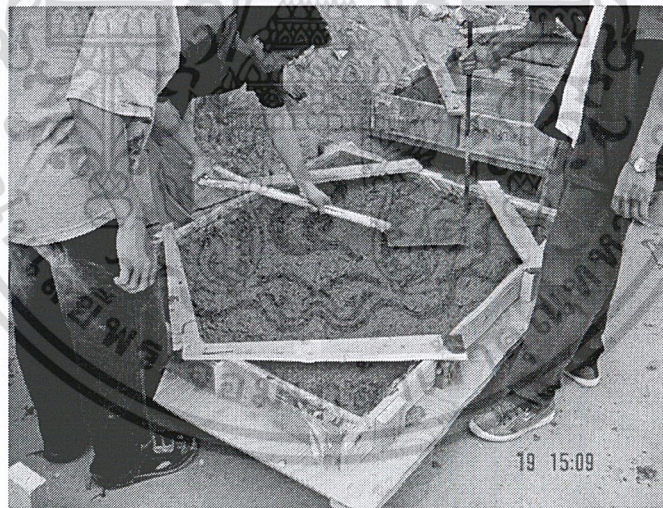


รูปที่ ผ.ข.10 การเซตงานแบบหล่อให้ได้ระนาบที่ตั้งฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.11 แสดงการหล่อคอนกรีตและการกระทุ้ง



รูปที่ ผ.ข.12 แสดงการหล่อคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

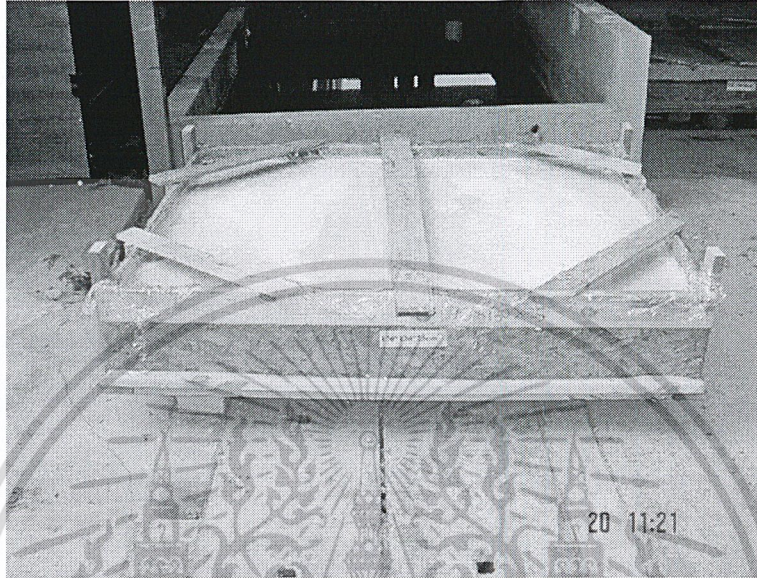


รูปที่ ผ.ข.13 แสดงการฉาบหน้าผิวคอนกรีตให้เรียบและได้ระดับ



รูปที่ ผ.ข.14 คอนกรีตภายหลังการฉาบเรียบเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.15 การเซ็ทตัวของคอนกรีตหลัง 24 ชั่วโมง



รูปที่ ผ.ข.16 การเตรียมท่อหล่อคอนกรีตจากท่อ pvc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.17 แสดงการหล่อคอนกรีตและการกระทุ้งในท่อ pvc



รูปที่ ผ.ข.18 แบบหล่อคอนกรีตเมื่ออายุ 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.19 แสดงการแกะแบบหล่อคอนกรีต

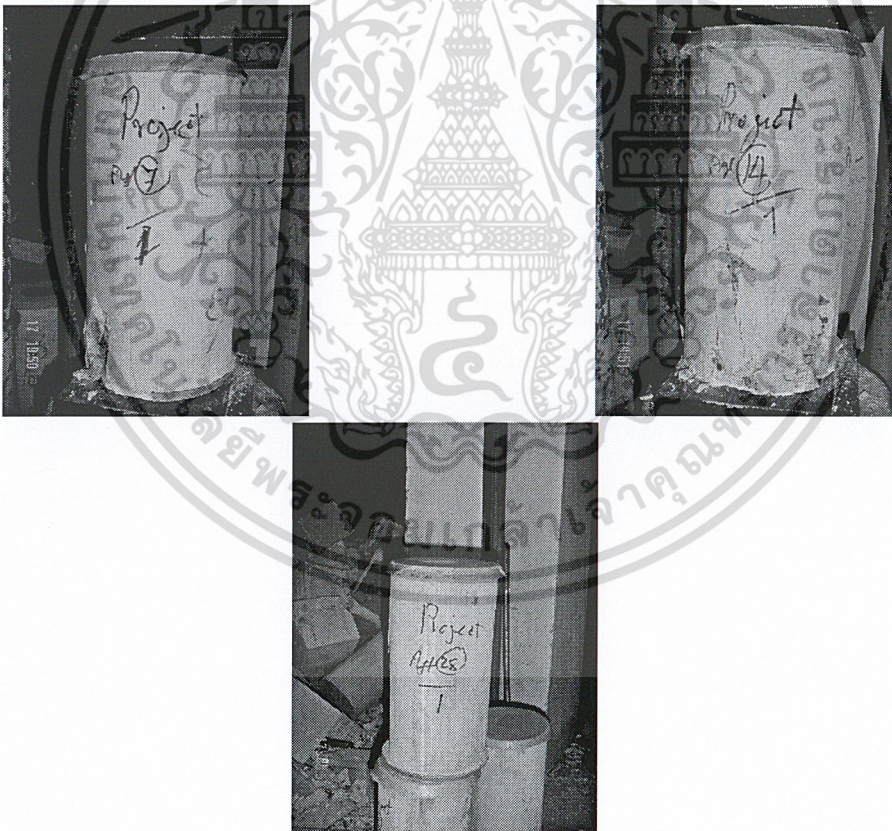


รูปที่ ผ.ข.20 การกดแบบคอนกรีตที่อายุครบกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

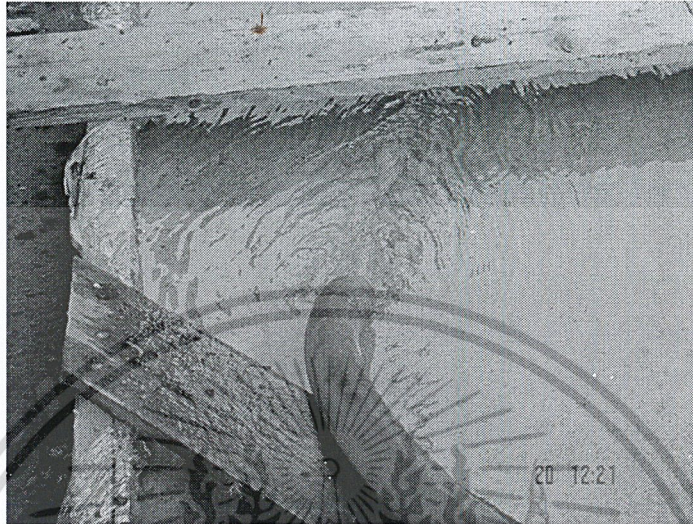


รูปที่ ผ.ข.21 แสดงการแกะแบบคอนกรีตที่ขนาดมาตรฐาน

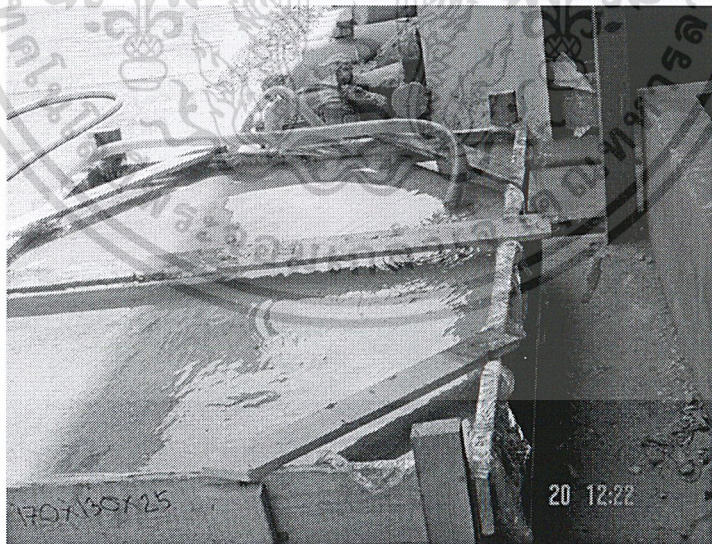


รูปที่ ผ.ข.22 แสดงการกดของคอนกรีตขนาดมาตรฐานเมื่ออายุครบตามกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

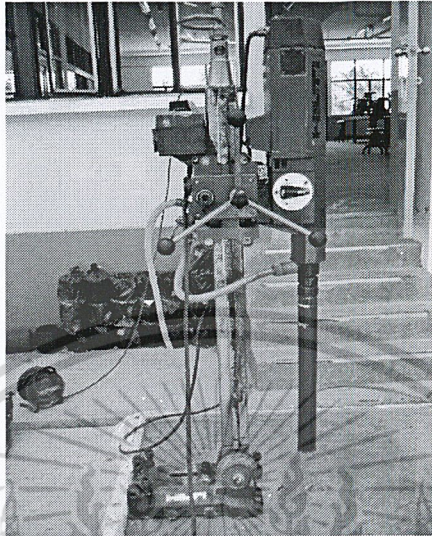


รูปที่ ผ.ข.23 แสดงการปล่อยน้ำเพื่อทำการบ่มคอนกรีต

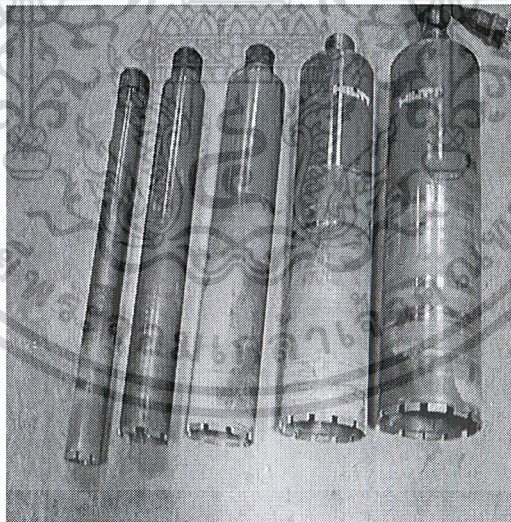


รูปที่ ผ.ข.24 แสดงการบ่มคอนกรีตด้วยการขังน้ำกับแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.25 เครื่องเจาะคอนกรีต หัวเจาะติดกากเพชร



รูปที่ ผ.ข.26 แสดงขนาดหัวเจาะที่ขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

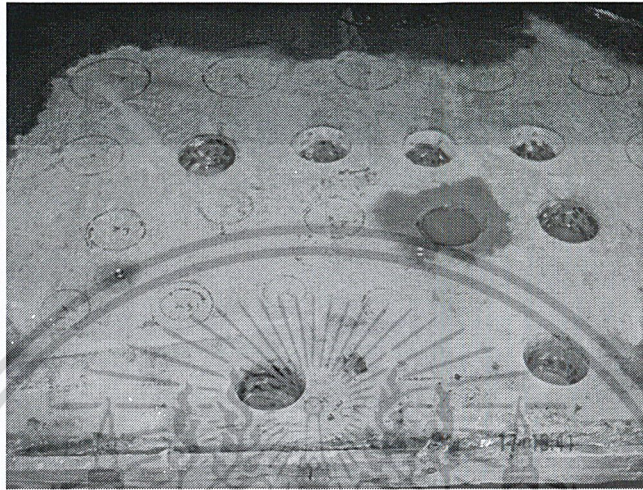


รูปที่ ผ.ข.27 แสดงการติดตั้งเครื่องเจาะ

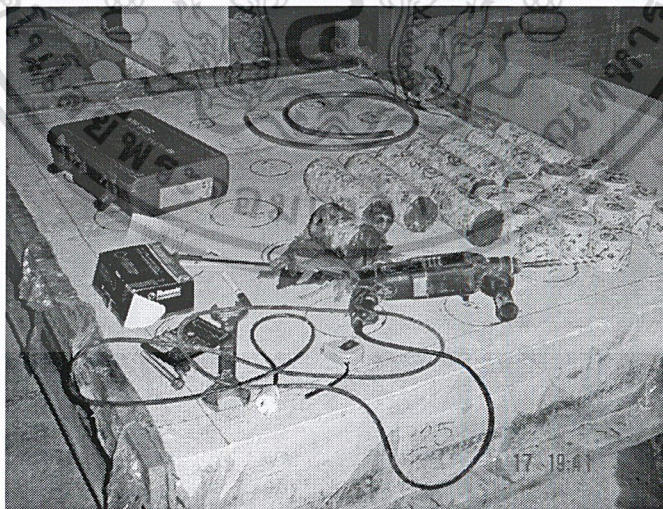


รูปที่ ผ.ข.28 แสดงการเจาะคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

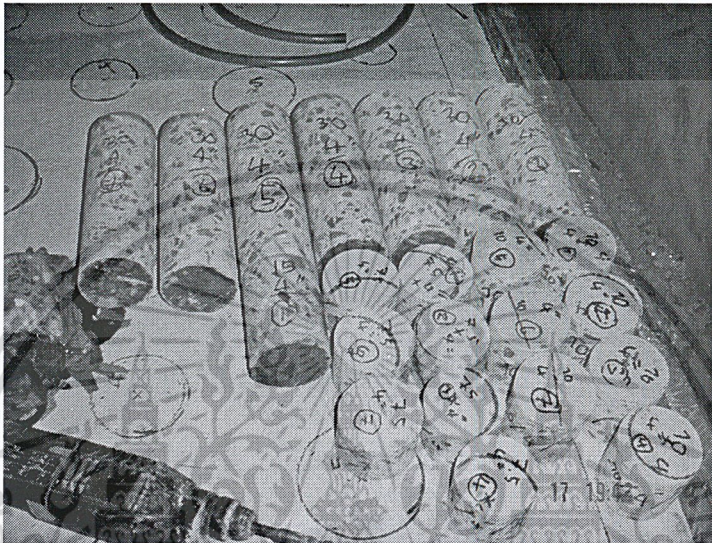


รูปที่ ผ.ข.29 แท่งคอนกรีตที่ผ่านการเจาะเรียบร้อยแล้วบางส่วน



รูปที่ ผ.ข.30 แสดงแท่งคอนกรีตที่เจาะเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.31 แสดงตัวอย่างที่เจาะแล้ว



รูปที่ ผ.ข.32 ตัวอย่างที่เจาะและผ่านการ cap หัวเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ข.33 แสดงการกวดตัวอย่างจากการเจาะขนาด หน้าตัดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้