ความสัมพันธ์ของขนาดและวิธีการที่มีผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต

Relationship of Sizing and Method have an Effect on Compressive Strength of Concrete

ณรงค์ชัยศิ หมวดโพธิ์กลาง

ณัฐพงศ์ ข้นหาวุธ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

ความสัมพันธ์ของขนาดและวิธีการที่มีผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต

Relationship of Sizing and Method have an Effect on Compressive Strength of Concrete

ณรงค์ศักดิ์ หมวดโพธิ์กลาง

ณัฐพงศ์ ข่มอาวุธ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RELATIONSHIP OF SIZING AND METHOD HAVE AN EFFECT ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

Mr. NARONSAK MOUDPHOKLANG
Mr. NATTAPONG KOMAWUT

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ความสัมพันธ์ของขนาดและวิธีการที่มีผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต		
นักศึกษา	นายณรงค์ศักดิ์ หมวดโพธิ์กลาง	รหัสประจำตัว	54010374
	นายณัฐพงศ์ ข่มอาวุธ	รหัสประจำตัว	54010412
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร อ. ทรงกลด แซ่อึ้ง ดร. อัฏฐวิทย์ สุจริตพงศ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ 25 เดือน พฤ. พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ของขนาดและวิธีการที่มีผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต

นายณรงค์ศักดิ์ หมวดโพธิ์กลาง 54010374

นายณัฐพงศ์ ข่มอาวุธ 54010412

รศ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

โครงานพิเศษนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ จากแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ ทั้งด้านบนและด้านล่าง กับค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่หล่อในทรงกระบอกมาตรฐาน ค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์มาตรฐาน และเทียบกับแท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2นิ้ว, 3นิ้ว และ 4นิ้ว โดยในการเจาะนั้นได้กำหนดค่า H/D = 2 ทำการบ่มด้วยน้ำเป็นระยะเวลา 28 วันซึ่งผลที่ได้ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC มีค่ามากกว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะทางด้านบน และทางด้านล่างของแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ ซึ่งค่ากำลังอัดที่ได้จากการเจาะ จากทางด้านบน, ทางด้านล่าง และคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC มีค่ากำลังอัดของคอนกรีตน้อยกว่า คอนกรีตที่หล่อในทรงกระบอกมาตรฐานและคอนกรีตที่หล่อในทรงลูกบาศก์มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relationship of Sizing and Method have an Effect on Compressive Strength of Concrete

Mr. Narongsak Moudphoklang54010374

Mr. Nattapong Komawut 54010412

Assoc.Prof. Suwat Teeraset Advisor

Academic Year 2015

ABSRACT

The objective of this research were to compare compressive strength of coring form big concrete both top and bottom , compressive strength of concrete cast form PVC mold, which had diameter 2 , 3 and 4 inches. The H/D value of core drilling was fixed at 2. After that , we cured Them with water 28 days age . The findings showed compressive strength of concrete cast from PVC mold was greater than compressive strength of core drilling from big concrete both top and bottom. Compressive strength of core drilling from top concrete , from bottom concrete , concrete cast from PVC mold were less than compressive strength of concrete cast from cylinder standard mold and concrete cast from cube standard mold.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

อันดับแรก ขอขอบพระคุณ รศ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆในโครงงานพิเศษเป็นอย่างดี ท่านได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับภาษาและการนำเสนองาน ซึ่งเป็นสิ่งที่มีค่าที่ผู้ทำโครงงานพิเศษได้จากการศึกษานอกเหนือจากปริญญาอันสูงส่ง ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งและนับถือแด่ รศ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ คุณธีรเดช คำวิไล และเจ้าหน้าที่ประจำสถานที่ปฏิบัติงานของภาควิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือทั้งในด้านของข้อมูลและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากในการประกอบใช้ทำโครงงานพิเศษของผู้ประพันธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและขอบคุณเพื่อนๆของผู้ประพันธ์ ที่ได้สละเวลามาช่วยในการทดสอบต่างๆ ทำให้ผู้ประพันธ์ทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ท้ายที่สุดสำหรับคำขอบคุณอันพิเศษ ขอมอบแก่ครอบครัวของผู้ประพันธ์ที่ให้ความช่วยเหลือเสมอมา ทั้งทางด้านกำลังทรัพย์ กำลังใจ ตลอดจนทางด้านการศึกษาของผู้ประพันธ์ ที่ทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ณรงค์ศักดิ์ หมวดโพธิ์กลาง

ณัฐพงศ์ ข่มอาวุธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....X

สารบัญภาพ.....XIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ.....1

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ.....2

1.4 ประโยชน์ที่ได้จากโครงงานพิเศษ.....2

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....3

2.1 การศึกษาโครงงานที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1.1 Assessing the Relationship between the Compressive.....3

2.1.2 การประเมินกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ.....3

2.2 การเจาะทดสอบ..... 4

2.2.1 การใช้งาน.....4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.2 วิธีการเจาะแท่งคอนกรีต....4

2.3 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C42....5

2.4 การประเมินและการยอมรับกำลังอัดของงานคอนกรีต....6

2.4.1 การบ่มมาตรฐาน....6

2.4.2 การบ่มในสนาม....6

2.5 กำลังคอนกรีต....7

2.5.1ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังของคอนกรีต....7

2.5.2 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์....8

2.5.3 ผลกระทบของอายุต่อกำลังของคอนกรีต....9

2.5.4 ผลกระทบของมวลรวมหยาบต่อกำลังของคอนกรีต....11

2.5.5 อิทธิพลของปริมาณมวลรวม....13

2.5.6 กำลังอัดของคอนกรีตรูปลูกบาศก์และรูปทรงกระบอก....14

2.5.7 ผลกระทบเนื่องจากขนาดของคอนกรีตที่ใช้ทดสอบ....16

2.6 ประเภทของปูนซีเมนต์....17

2.6.1 ประเภท 1....17

2.6.2 ประเภท 2....17

2.6.3 ประเภท 3....17

2.6.4 ประเภท 4....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6.5 ประเภท 5.....18

2.7 การออกแบบอัตราส่วนผสมคอนกรีต.....18

2.7.1 Design Concept.....18

2.7.2 กำลังอัดและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์.....19

2.7.3 คุณสมบัติของมวลรวมกับปริมาณน้ำ.....19

2.7.4 ความสามารถเทได้และปริมาณน้ำ.....20

2.7.5 ต้นทุนและประสิทธิภาพการใช้งาน.....20

2.7.6 ประเภทของสัดส่วนผสมคอนกรีต.....20

2.7.7 มาตรฐานการออกแบบคอนกรีต.....21

2.7.8 มาตรฐานการออกแบบคอนกรีต.....21

2.7.9 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยปริมาตร.....22

2.7.10 ขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต.....23

2.8 แบบหล่อมาตรฐาน.....24

2.9 การบ่มคอนกรีต.....24

2.9.1 วิธีการบ่มคอนกรีต.....25

2.9.1.1 การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต.....25

2.9.1.1.1 การขังหรือหล่อน้ำ.....25

2.9.1.1.2 การฉีดน้ำหรือรดน้ำ.....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.9.1.1.3 การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น....25

2.9.1.2 การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต....26

2.9.1.2.1 การบ่มในแบบหล่อ....26

2.9.1.2.2 การใช้กระดาษกันน้ำซึม....26

2.9.1.2.3 การใช้แผ่นผ้าพลาสติกคลุม....26

2.9.1.2.4 การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต....26

2.9.1.3 การบ่มด้วยการเร่งกำลัง....27

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน....28

3.1 กล่าวนำ....28

3.1.1 ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC....28

3.1.2 ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตแท่งคอนกรีตขนาด (0.30×0.30×0.60 m และ 0.40×0.40×0.60 m)....28

3.1.3 ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อในโมลมาตรฐาน....28

3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน....29

3.2.1 ศึกษาบทความเก่าๆที่เกี่ยวข้องกับการเจาะคอนกรีตด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต....29

3.2.2 คำนวณการ Mix Design....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2.3 อุปกรณ์ในการ Mix Design 29

3.2.4 ทำการหล่อแท่งคอนกรีตในทั้ง 2 ชนิด 30

3.2.5 นำตัวอย่างไปบ่มในสถานที่ที่เตรียมไว้ที่ 28 วัน 33

3.2.6 ขั้นตอนการเจาะแท่งคอนกรีตขนาด(0.30×0.30×0.60 m.และ 0.40×0.40×0.60 m.) ด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต 34

3.2.7 นำตัวอย่างที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องคอนกรีตและแท่งคอนกรีตและ แบบหล่อ ไปทดสอบหาค่ากำลังอัด โดยเครื่องกดคอนกรีต 36

3.2.8 บันทึกค่ากำลังอัดที่ได้จากเครื่องกดคอนกรีต 40

3.2.9 ทำการวิเคราะห์และสรุปผล ตามวัตถุประสงค์ 41

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดสอบ 42

4.1 ผลการทดสอบ 42

4.1.1 สัญญาลักษณ์ที่ใช้ 42

4.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบกำลังอัด 49

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบ 59

5.1 สรุปผล 59

5.2 ข้อเสนอแนะ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

หนังสืออ้างอิง..... 64

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 ผลของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่อกำลังอัด....6

2.2 อัตราการเพิ่มกำลังอัดคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่ต่างกัน....10

2.3 กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุอื่นๆ เปรียบเทียบกับที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์....11

2.4 แสดงค่าร้อยละของกำลังที่ต่ำกว่า f'c และค่า k....21

2.5 แสดงขนาดของแท่งทดสอบที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป....24

3.1 ตัวอย่างตารางแสดงค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการกดโดยเครื่องทดสอบกำลังอัด.... 40

4.1 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก....43

4.2 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานทรงลูกบาศก์....43

4.3 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านบนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว....44

4.4 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการ Coring ในทิศทางด้านบนที่มีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 3 นิ้ว....44

4.5 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการ Coring ในทิศทางด้านบนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว....45

4.6 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการ Coring ในทิศทางด้านล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว....45

4.7 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ในทิศทางด้านล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

4.8 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ในทิศทางด้านล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว.....46

4.9 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อPVCที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2นิ้ว..47

4.10 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อPVCที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3นิ้ว..47

4.11 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อPVCที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง4 นิ้ว..48

4.12 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตเฉลี่ย.....48

4.13 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านบน กับการเจาะในทิศทางด้านล่าง.....49

4.14 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเจาะ ในทิศทางด้านบนกับแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์.....50

4.15 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเจาะ ในทิศทางด้านล่างกับแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์.....51

4.16 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านบนและทิศทางด้านล่าง กับ แบบหล่อ PVC.....53

4.17 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากแบบหล่อท่อ PVC กับ แบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

4.18 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเฉลี่ยของค่ากำลังอัดที่ได้จากแท่งเจาะคอนกรีตด้านบนกับแท่งเจาะด้านล่าง เทียบกับแท่งคอนกรีตจากแบบหล่อท่อ PVC แบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์..... 55

4.19 ตารางแสดงค่ากำลังอัดสัมพัทธ์ และอัตราส่วนกำลังอัดระหว่างแท่งคอนกรีตที่ได้จากเจาะด้านบน ด้านล่าง และเฉลี่ย กับ แท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก..... 56

ผก.1 แสดงความสัมพันธ์ของรูปร่างและกำลังอัดสัมพัทธ์ของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก

ผก.2 แสดงความสัมพันธ์ของรูปร่างและกำลังอัดสัมพัทธ์ของตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์

ผก.3 แสดงค่าปรับแก้ของกำลังอัดเนื่องจากผลของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกตาม (มอก.409)

ผก.4 แสดงความสัมพันธ์ของกำลังแท่งคอนกรีต ต่อกำลังอัดของเครื่องมือทดสอบที่มีค่าCapacity เท่ากับ 2000 kN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตกับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์โดยปริมาตร	8
2.2	การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตในช่วงอายุ 20 ปี ที่บ่มด้วยความชื้นตลอด	11
2.3	กำลังดัดและกำลังอัดที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวเมื่อใช้หินต่างชนิดกัน	12
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตและปริมาตรของมวลรวมเมื่อกำหนด	13
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์และกำลังของคอนกรีต	14
2.6	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกและรูปลูกบาศก์	15
2.7	กำลังของคอนกรีตรูปลูกบาศก์ที่ใช้ขนาดต่างๆกัน	15
2.8	กำลังของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ใช้ขนาดต่างๆกัน	16
2.9	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตกับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์	19
3.1	โม่ผสมคอนกรีต	29
3.2	มวลรวมหยาบและ มวลรวมละเอียด	29
3.3	น้ำผสมคอนกรีต	30
3.4	ไม้อัดตีแบบหล่อ แท่งคอนกรีตขนาด 0.30×0.30×0.60 m. และ 0.40×0.40×0.60 m.	30
3.5	แบบหล่อสำหรับแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด D= 2,3,4 นิ้ว (ท่อ PVC) แบบหล่อสำหรับแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด D=15cm. H= 30 cm. แบบหล่อสำหรับแท่งคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 cm.	31
3.6	แท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC (ทั้งหมด 21 ตัวอย่าง) และแท่งคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน (ทั้งหมด 14 ตัวอย่าง)	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป		หน้า
3.7	แท่งคอนกรีตที่หล่อไว้สำหรับ เจาะ	32
3.8	ลักษณะภายในบ่อบ่มบริเวณด้านหน้า	33
3.9	ลักษณะภายในบ่อบ่มบริเวณด้านหน้า	33
3.10	การติดตั้งเครื่องเจาะคอนกรีต	34
3.11	กำหนดตำแหน่งที่จะเจาะบนแท่งคอนกรีต	35
3.12	ลักษณะหน้าตัดของแท่งคอนกรีตที่ถูกเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต	36
3.13	ลักษณะของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต	36
3.14	แท่งคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ มาตัดหัวและท้าย	37
3.15	ชั่งน้ำหนัก วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และวัดความสูง แท่งคอนกรีตที่ได้จากการหล่อในแบบมาตรฐาน และ ที่ได้จากการ เจาะด้วยเครื่องคอนกรีตและแท่งคอนกรีต	37
3.16	ลักษณะการแคปหัวของแท่งคอนกรีตที่หล่อในแบบมาตรฐาน	38
3.17	ลักษณะการแคปหัวและท้ายของแท่งคอนกรีตที่หล่อในแบบท่อ PVC และแท่งคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะด้วยเครื่องคอนกรีต	38
3.18	ลักษณะการวัดค่ากำลังอัดของคอนกรีตจากเครื่องกดคอนกรีต	39
3.19	ลักษณะแท่งคอนกรีตที่ผ่านการกดจากเครื่องเครื่องกดคอนกรีตมาแล้ว	39
3.20	ตัวอย่างกราฟที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีต	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป **หน้า**

4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่างในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว..... 49

4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว.....50

4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว.....52

4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบนและด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC และแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่องมาตารฐานทรงกระบอก ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว.....53

4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อท่อ PVC กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากเฉลี่ยของค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้านบนกับด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC แบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว.....56

4.7 แสดงการเปรียบค่าระหว่างอัตราส่วนกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานเปรียบเทียบกับ ค่ากำลังอัดสัมพัทธ์ตามมาตรฐาน CPAC..... 57

4.8 แสดงค่าอัตราส่วนกำลังอัดที่ได้จากการเจาะแท่งคอนกรีตด้านบน กับ แท่งคอนกรีตมาตรฐานทรงกระบอก ของผลทดสอบที่ได้ของบทความ และ ผลทดสอบที่ได้จากการทดสอบ.....58

5.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่างในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว..... 59

5.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว.....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป **หน้า**

5.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว.....60

5.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบนและด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว..... 61

5.5 แสดงการเปรียบค่าระหว่างอัตราส่วนกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานเปรียบเทียบกับ ค่ากำลังอัดสัมพัทธ์ตามมาตรฐาน CPAC..... 62

ผก.1 การตรวจสอบการเสียหาเบื้องต้นของอาคาร

ผก.2 ลักษณะเครื่องมือทดสอบ

ผก.3 การเก็บตัวอย่างคานคอนกรีต โดยวิธีเจาะ

ผก.4 การเก็บตัวอย่างพื้นคอนกรีต โดยวิธีเจาะ

ผก.5 แท่งตัวอย่างคอนกรีต โดยวิธีเจาะ

ผก.6 แท่งตัวอย่างคอนกรีต โดยวิธีเจาะ

ผก.7 ลักษณะของเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต

ผก.8 รายละเอียดของเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันเวลาที่เราตรวจสอบกำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างต่างๆที่สร้างเสร็จแล้วในหน้างาน ไม่ว่าจะเป็น เสา คาน ฯลฯ เรามักจะใช้วิธีการเจาะทดสอบ ซึ่งค่าที่ได้จากวิธีการนี้เราต้องนำมาคูณกับค่าปรับแก้ที่ได้การทดลองตามมาตรฐาน ASTM C42/C เป็นค่าที่แปรผันตามขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง และ ความสูงของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ พวกเราสนใจในเรื่องนี้จึงได้ไปศึกษาเกี่ยวกับบทความที่สอดคล้องกับเรื่องการเปรียบระหว่างแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ กับ แท่งคอนกรีตที่หล่อในที่ โดยในงานวิจัยนั้นได้มีการทดลองคือ การนำคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ ในด้านบนและด้านข้างของ beam block ไปกดหาค่ากำลังอัดแล้วนำมาเปรียบเทียบกับกำลังอัดของ3วิธีคือ1.คอนกรีตขนาดมาตรฐานทรงกระบอกและลูกบาศก์ขนาดมาตรฐานที่ระยะการบ่ม28วัน 2.คอนกรีตขนาดมาตรฐานทรงกระบอกและลูกบาศก์ขนาดมาตรฐาน ที่อายุของตัวคอนกรีตเท่ากัน 3.คอนกรีตหล่อทรงกระบอกที่มีขนาดเท่ากัน ที่มีตัวแปรคือ 1.อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.เงื่อนไขการบ่ม 4.ทิศทางการเจาะ ซึ่งได้ผลดังนี้การเปลี่ยนแปลงกำลังอัดมีผลมากในแทงเจาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 และ 75 mm และ เชื่อถือได้เมื่อเทียบกับแท่งเจาะเส้นผ่านศูนย์กลาง 50mm แท่งเจาะในทิศทางตั้งฉากและขนานมีความแข็งแรงลดลง 10%และ7%ที่เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 100 และ 70 mm กำลังอัดของแท่งเจาะที่ λ=1.0 มีค่าเท่ากับ 92% ของแท่งเจาะที่ λ=2 นอกจากนี้ ยังพบว่าแท่งเจาะที่มีทิศทางตั้งฉากและมี λ=2 มีสัดส่วนเป็น 83% และ 71% ที่ 28 วันของแท่งทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์มาตรฐาน แต่พบว่าเขาใช้ชิ้นคอนกรีตที่มีความหนาไม่มาก มาเจาะพวกเราจึงเกิดข้อสงสัยว่าถ้าเรานำชิ้นคอนกรีตที่มีความหนามากขึ้นมาทดสอบ ผลที่ออกมานั้นจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับบทความที่อ่านมาหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ค่า กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ทางด้านบนกับของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ล่างชิ้นคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ค่า กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ทางด้านบนและด้านล่างชิ้นคอนกรีตที่หนากับแท่งคอนกรีตทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ที่หล่อด้วยขนาดมาตรฐาน

3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ทางด้านบนและด้านล่างชิ้นคอนกรีตที่หนากับแท่งคอนกรีตที่หล่อขึ้นเองโดยให้มีขนาดเท่ากัน

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1) ในการวิจัยนี้เราจะกำหนด Strength Concrete ให้มีค่าเท่ากับ 280 ksc

2) เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ กับค่า กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อขึ้นเองโดยให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และความสูง (H) ที่เท่ากับขนาดที่ได้จากการเจาะ นั้น (โดยให้อัตราส่วน D/H = 2)

3) เปรียบเทียบค่า กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ทางด้านบน ของชิ้นคอนกรีตตัวอย่าง กับ แท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ทางด้านล่าง ของชิ้นคอนกรีตตัวอย่าง

4) เปรียบเทียบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะทางด้านบน และด้านล่างชิ้นคอนกรีตกับแท่งคอนกรีตทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ที่หล่อด้วยขนาดมาตรฐาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้จากโครงงานพิเศษ

1) เมื่อนำแท่งคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ ในโครงสร้างมาทดสอบกำลังอัดแล้วได้ค่าที่ถูกต้อง

2) สามารถระบุตำแหน่งที่เหมาะในการ เจาะ งานโครงสร้างเพื่อให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตเมื่อนำมาทดสอบได้ค่าที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 การศึกษาโครงงานที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Assessing the Relationship between the Compressive

Strength of Concrete Cores and Molded Specimens (Ali ERGÜN1,Gökhan KÜRKLÜ1, 19.03.2012)

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการเจาะกับแท่งตัวอย่างทั้งทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ซึ่งความแข็งแรงของแท่งคอนกรีตที่เจาะขึ้นอยู่กับหลายตัวแปรปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาคือ ผลกระทบจากเส้นผ่านศูนย์กลาง อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง อายุของตัวอย่าง และทิศทางการเจาะ บนกำลังอัด เกี่ยวกับกำลังแรงอัดของแท่งเจาะนำมาวิเคราะห์กับแท่งตัวอย่างมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์

จากผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงกำลังอัดมีผลมากในแทงเจาะที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 และ 75 mm และ เชื่อถือได้เมื่อเทียบกับแท่งเจาะเส้นผ่านศูนย์กลาง 50mm แท่งเจาะในทิศทางตั้งฉากและขนานมีความแข็งแรงลดลง 10%และ7%ที่เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 100 และ 70 mm กำลังอัดของแท่งเจาะที่ λ=1.0 มีค่าเท่ากับ 92% ของแท่งเจาะที่ λ=2 นอกจากนี้ ยังพบว่าแท่งเจาะที่มีทิศทางตั้งฉากและมี λ=2 มีสัดส่วนเป็น 83% และ 71% ที่ 28 วันของแท่งทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์มาตรฐาน

2.1.2 การประเมินกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ (ศ.ดร.ชัย จาตุรพทิกษ์กุล)

ได้ทำการศึกษาปัญหาในการประเมินกา ลงัอดัของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะคือ ตัวอย่างคอนกรีต ส่วนใหญ่มักมีขนาดเล็กกว่าคอนกรีตขนาดมาตรฐาน กล่าวคือมีขนาดของเส้ นผ่านศูนย์กลาง เล็กกว่า 15 ซม.และ มกั มีความสูง (หรือความยาว) น้อยกว่า 30 ซม. โดยมีผลกระทบคือคอนกรีตที่ทดสอบได้จะขึ้อยู่กับขนาดของตวัอย่างทดสอบ โดยที่ขนาดของแท่งทดสอบที่ใหญ่กว่าจะให้กำลังในรูปของหน่วยแรง (น้ำหนัก ต่อพื้นที่หน้าตัดหรือความเค้น) ที่ ต่ำกว่า ตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าจะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่า และผลกระทบเนื่องจากคอนกรีตที่สั้นพบว่า การยึดรั้งที่ปลายทั้ง 2 ข้าง โดยเครื่องทดสอบจะทา ใหbคอนกรีตบริเวณดังกล่าวไม่สามารถ ขยายตัวด้านนข้าง ได้จึงทำให้สามารถรับแรงได้มากขึ้น ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหานี้จึงต้องมีแฟคเตอร์ตัวคูณซึ่งขึ้นอยู่กับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H/D ของคอนกรีตที่นำมาทดสอบ ในกรณีที่อัตราส่วน H/D ต่ำ กว่า 2.0 มาตรฐาน ASTM C42 และมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 409 ได้ให้คุ่าแฟคเตอร์ตัว คูณของคอนกรีตกำลังธรรมดา

การประเมินและการยอมรับกำลังอัดของงานคอนกรีต วิธีการหล่อแท่งคอนกรีต ในสนาม เพื่อทดสอบกำลังอัด มีอยู่ในมาตรฐาน ASTM C31 ซึ่ง ได้ระบุวิธีการทำและการบ่ม โดยให้เก็บตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C172 และการบ่ม แยกออกเป็น 2 วิธีคือ

1. การบ่มมาตรฐาน (standard curing) เป็นการบ่มเบื้องต้นของคอนกรีตในแบบหล่อใน สนาม และการลำเลียงคอนกรีตพร้อมแบบหล่อเพื่อนำไปถอดแบบและบ่มในห้องปฏิบัติการ
2. การบ่มในสนาม (field curing) เป็นการบ่มคอนกรีตในสภาพเดียวกบัคอนกรีตที่ได้เก็บ ตัวอย่างมาโดยให้แท่งคอนกรีตอยู่ที่เดียวกับคอนกรีตที่เทในโครงสร้าง และมีสภาพการบ่ม เหมือนกับ มาตรฐาน วสท.1008

2.2 การเจาะทดสอบ (Coring Test)

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วยวิธี เจาะทดสอบนี้เป็นวิธีการทดสอบแบบกึ่งทำลาย (Semi Destructive Test) แต่เป็นวิธีการที่ให้ผลการทดสอบที่ถูกต้อง แม่นยำ เนื่องจากมีการเก็บตัวอย่างของโครงสร้างจากสภาพใช้งานจริง แล้วทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C42

2.2.1 การใช้งาน

- เครื่องเจาะเก็บตัวอย่างคอนกรีต เจาะเอาตัวอย่างไปทดสอบ
- เจาะทดสอบหาความหนาถนน ชั้นวัสดุผิวทาง พื้นทาง ดินลูกรัง ชั้นหินคลุก
- หลุมเจาะสำรวจแบบเก็บตัวอย่างหินแท่ง (Core Drilling)
- เจาะเดินท่อในงานไฟฟ้า-ประปา-อื่นๆ

2.2.2 วิธีการเจาะแท่งคอนกรีต

1) ย้ายเครื่อง เจาะ machine มายังจุดที่จะทำการเก็บตัวอย่าง โดยก่อนกำหนดจุดใดๆ ต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งเหล็กเสริมให้ชัดเจน บันทึกตำแหน่งที่เจาะในสมุดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทำการยึดเครื่อง เจาะ machine เพื่อป้องกันการแกว่งตัวของเครื่องในขณะทำงาน ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ทำค้ำยัน (Bracing) , ยึดแท่นเครื่องด้วย Anchor bolt , นำน้ำหนักบรรทุก (Heavy weights) มากดทับที่แท่นเครื่อง หรือ ใช้เครื่อง Vacuum pads ติดกับแท่นเครื่อง(เครื่อง Vacuum pads ใช้ได้เฉพาะพื้นผิวที่เรียบเท่านั้น)

3) ต่อสายยางจากปั๊มน้ำ เข้ามาเครื่อง เจาะ machine

4) ตรวจเช็คความพร้อมก่อน แล้วเริ่ม เจาะ ได้ทันที ในขณะที่ เจาะ ต้องเปิดน้ำหล่อเลี้ยงเพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีระหว่างคอนกรีตกับ Diamond barrel

5) เมื่อได้ตัวอย่างแก่นคอนกรีต แล้วให้ทำการบันทึก ขนาด Diameter, ความยาว, ลักษณะชั้นคอนกรีตต่างๆ และขนาดเหล็กเสริม เป็นต้น ลงในสมุดบันทึก

6) นำตัวอย่างแก่นคอนกรีตที่ได้มาทำความสะอาด เช็ดน้ำฝุ่นที่ติดอยู่ออก แล้วห่อด้วยพลาสติกบางอย่างดี เก็บไว้เพื่อนำมาทดสอบต่อไป

2.3 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ตามมาตรฐานASTM C42

1) ตัดตัวอย่างแก่นคอนกรีตที่ได้ให้เรียบ โดยทำการตัด Topping และส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกให้เหลือเฉพาะคอนกรีตที่รับกำลังเท่านั้น บันทึกค่าความสูง และขนาดDiameter

2) Capping ที่หัวของแก่นคอนกรีตที่ตัดแล้ว ด้วย High strength gypsum plaster หรือ Sulphur motar

3) ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UMT)

4) ปรับลดค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ที่ได้โดยคูณด้วยค่า Strength correction factor ตามตารางด้านล่าง

หมายเหตุ ถ้าแก่นคอนกรีตในสภาพจริงถูกแช่อยู่ในน้ำ ควรทำการแช่แก่นคอนกรีตในน้ำให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวก่อนทดสอบเป็นเวลาอย่างน้อย 40 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ผลของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่อกำลังอัด

Ratio of Length to Diameter (L/D)	Strength Correction Facto
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

2.4 การประเมินและการยอมรับกำลังอัดของงานคอนกรีต

วิธีการหล่อแท่งคอนกรีต ในสนามเพื่อทดสอบกำลังอัดมีอยู่ในมาตรฐาน ASTM C31 ซึ่งได้ระบุวิธีการทาและการบ่ม โดยให้เก็บตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C172 และการบ่มแยกออกเป็น 2 วิธีคือ

2.4.1 การบ่มมาตรฐาน (standard curing)

เป็นการบ่มเบื้องต้นของคอนกรีตในแบบหล่อในสนาม และการลาเลียงคอนกรีตพร้อมแบบหล่อเพื่อนาไปถอดแบบและบ่มในห้องปฏิบัติการ

2.4.2 การบ่มในสนาม (field curing)

เป็นการบ่มคอนกรีตในสภาพเดียวกับคอนกรีตที่ได้เก็บตัวอย่างมาโดยให้แท่ง คอนกรีตอยู่ที่เดียวกับคอนกรีตที่เทในโครงสร้างและมีสภาพการบ่มเหมือนกันมาตรฐาน วสท.1008 กำหนดให้กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ผ่านการบ่มแต่ละชนิดจะถือเป็นที่ยอมรับ ได้เมื่อผลเฉลี่ยกำลังอัดของการทดสอบ 3 ครั้งติดต่อกันให้ค่าเท่ากับหรือมากกว่า และกำลังอัดที่ทดสอบแต่ละครั้งอาจต่ำกว่า ได้ไม่เกิน 35 กก./ซม.^{2} นอกจาก นี้มาตรฐาน วสท. 1008 ยังระบุว่าเมื่อผลการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างที่บ่มในสนามให้กำลังอัดต่ำ กว่าร้อยละ 85 ของตัวอย่างที่บ่มมาตรฐาน ให้มีการปรับปรุงวิธีการบ่มคอนกรีตในโครงสร้างให้ดีขึ้น ทั้งนี้ถ้ากำลังอัดของตัวอย่างที่บ่มในสนามสูงกว่า ที่กำหนดเกิน 35 กก./ซม.^{2} ก็ให้ถือว่าคอนกรีตมีกำลังอัดดีพอและการบ่มภาคสนามนั้นใช้ได้ ในกรณีกำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มในห้องปฏิบัติการมีค่าต่ำกว่า ที่กำหนดเกิน 35 กก/ซม2 และกรณีที่ผลการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มในสนามบ่งชี้ว่าการบ่มคอนกรีตยังไม่ดีพอ ให้ปฏิบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ถ้ากาลังอัดของคอนกรีตค่อนข้างต่ำและผลการคำนวณบ่งชี้ว่าความแข็งแรงของโครงสร้างลดลงมาก ให้เจาะเอาตัวอย่างคอนกรีตจากโครงสร้างในบริเวณที่มีปัญหาไปทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C42 โดยการทดสอบแต่ละครั้งให้เจาะคอนกรีต 3 ตัวอย่าง

2) ถ้า คอนกรีตในโครงสร้างใช้งานในลักษณะแห้งต้องผึ่งคอนกรีตที่เจาะมาให้แห้งในอากาศเป็นเวลา 7 วันก่อนทดสอบ ถ้าคอนกรีตในโครงสร้างใช้งานในลักษณะเปียกให้แช่คอนกรีตนั้นในน้ำอย่างน้อย 40 ชั่วโมง แล้วทดสอบในสภาพเปียก

3) ถ้ากำลังอัดของคอนกรีตที่เจาะแต่ละ แท่งมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของ ที่กำหนด และค่ากำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตที่เจาะจานวน 3 แท่งไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของที่กำหนด ให้ถือว่าโครงสร้างส่วนที่พิจารณามีความแข็งแรงเพียงพอ

4) หาก ผลการทดสอบตามข้อ 3. ไม่ผ่าน และมีข้อสงสัยในความมั่นคงของโครงสร้าง วิศวกรอาจสั่งให้ทำการทดสอบการรับ น้ำหนักบรรทุก หรือทุบทิ้งเพื่อเทคอนกรีตใหม่ หรือกระทาการอื่นใดที่เห็นว่าเหมาะสม

2.5 กำลังคอนกรีต

กำลังคอนกรีตถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของคอนกรีต ทั้งนี้เพราะกำลังของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติที่นำไปใช้โดยตรง เข้าใจง่าย และทดทดได้ง่ายเช่นกัน แม้ว่าในบางกรณีคุณสมบัติอย่างอื่น เช่น ความคงทนต่อการกัดกร่อนหรือความทึบน้ำ อาจมีความสำคัญกว่ากำลังอัดของคอนกรีตโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนต่อคอนกรีตรุนแรง แต่ในทางปฏิบัติพบว่าคอนกรีตที่รับกำลังได้ดีจะมีคุณสมบัติด้านอื่นดีด้วย ดังนั้นการศึกษาถึงกำลังของคอนกรีตจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในเรื่องของคอนกรีตเทคโนโลยี

2.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังของคอนกรีต

มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อกำลังของคอนกรีต เช่น อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์(water cement ratio)หรือ อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน(ในกรณีที่ผสมวัสดุปอซโซลาน) อัตราส่วนเจลต่อปริมาตร อายุของคอนกรีต ชนิดของปูนซีเมนต์ ชนิดของมูลรวม วิธีการบ่มคอนกรีต เป็นต้น นอกจากนี้การทำคอนกรีตให้แน่นมีความสำคัญมากและส่งผลโดยตรงต่อกำลังของคอนกรีต ดังนั้นจึงต้องกระทุ้งหรือ เขย่าคอนกรีตสดให้มีความหนาแน่นสูงๆเพื่อลดฟองอากาศในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (water cement ratio)

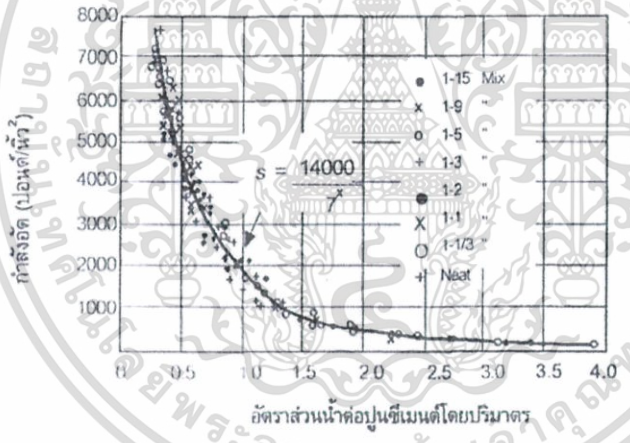
โดยทั่วไปแล้ว กำลังของคอนกรีตที่อายุเท่ากัน ผ่านการบ่มละการทำให้แน่นเหมือนกันจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ กฎความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ได้รับการค้นพบโดย อาบรัมส์ (Abrams) ในปี พ.ศ. 2461 โดยใช้ส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมตั้งแต่ 1:15 จนถึงซีเมนต์เพสต์ล้วน (ไม่มีมวลรวม) เป็นส่วนผสมและมีขนาดมวลรวมตั้งแต่ค้างตะแกรงเบอร์ 14 (ช่องเปิด 1.17 mm) จนถึงกรวดขนาด -1 ½ นิ้ว ทำการทดสอบกำลังอัดของส่วนผสมที่อายุ 28 วัน ผลดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.1และสมการที่ 2.1

$$S=A/B^{x} \quad (2.1)$$

เมื่อ S คือ กำลังอัดของคอนกรีต

X คือ อัตราส่วนโดยปริมาตรของน้ำต่อปูนซีเมนต์

A และ B คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ อายุบ่มคอนกรีตวิธีการบ่ม



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตกับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์โดยปริมาตร

เมื่อกำหนดปริมาณปูนและมวลรวมมาให้ กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสม เทเข้าแบบกระทุ้งหรือเขย่าให้แน่นอยางเต็มที่ และบ่มอย่างถูกวิธี จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวม ขนาดคละ ผิวของมวลรวม รูปร่าง ความแข็งแรงและกำลังของมวลรวมหยาบ ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมหยาบ แต่จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมและขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบมีผลต่อกำลังของคอนกรีตไม่มากเท่ากับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ของคอนกรีต ความสัมพันธ์ของสมการที่ 2.1 ได้ปรับให้เป็นตารางและกราฟความส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธ์ระหว่ากำลังอัดและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (หรืออัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน) เพื่อใช้ในการออกแบบกำลังอัดของคอนกรีตตามโรงงานผสมคอนกรีตโดยทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.2

2.5.3 ผลกระทบของอายุต่อกำลังของคอนกรีต

คอนกรีตจะพัฒนากำลังเพิ่มขึ้นตามปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อมีน้ำหรือความชื้นพอเพียง กำลังของคอนกรีตเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงแรกภายหลังแข็งตัว แต่หลังจากอายุ 28 วันกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นคอนกรีตที่มีกำลังที่อายุ 28 วันเท่ากับ 32 เมกะปาสกาลและปรับให้กำลังอัดที่อายุ 90 วันเท่ากับร้อยละ 100 สังเกตได้ว่าในช่วง 28 วันแรกกำลังอัดพัฒนาขึ้นสูงมากและมีอัตราลดลงเมื่อมีอายุเลย 28 วัน ยิ่งคอนกรีตมีกำลังอัดสูงมาก (w/c มีค่าต่ำ) ร้อยละกำลังอัดจะมีค่าสูงกว่าคอนกรีตที่มีกำลังอัดต่ำ(w/c มีค่าสูง) เช่นที่ อายุ1,3,และ 7 วัน พบว่ากำลังอัดของคอนกรีตทีมี w/c เท่ากับ 0.26 มีค่าเป็นร้อยละ 61, 72.9ละ 86.2 ของกำลังอัดที่อายุ 28 วัน ขณะที่คอนกรีตที่มี w/c เท่ากับ 0.7 มีร้อยละกำลังอัดที่อายุเดียวกันเท่ากับ 22.7, 54.1 และ 71.8 ตามลำดับ ตารางที่ 2.2 แสดงกำลังอัดของคอนกรีตในช่วง 20-60 เมกะปาสกาลเมื่อเทียบกับที่อายุ 28 วัน ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณของคอนกรีตที่มีกำลังเท่ากับ 60 เมกะปาสกาล (w/c ต่ำ) จะมีค่าต่ำกว่ากรณีของคอนกรีตที่มีกำลังอัด 20-30 เมกะปาสกาล(w/c สูง) กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็นอายุที่นิยมใช้ในการออกแบบเนื่องจากครบรอบของระยะเวลา 4 สัปดาห์พอดี และคอนกรีตมีการพัฒนากำลังอัดไปมากพอสมควรแก่การนำไปใช้งานได้ง่าย การกำหนดอายุทดสอบคอนกรีตไม่ใช่ค่าตายตัวว่าจะต้องเป็นที่อายุ 2 วันเท่านั้น เพราะภายหลังจากอายุ 28 วันกำลังอัดของคอนกรีตยังคงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่สูงมากดังเช่นอายุก่อน 28 วัน สำหรับคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ผสม เช่น ปูนซีเมนต์ปอซโซลาน หรือปูนซีเมนต์ตะกรันเตาถลุงเหล็กอาจกำหนดกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุมากกว่า 28 วันเพราะปูนซีเมนต์ดังกล่าวมีการพัฒนากำลังอัดในช่วงอายุต้นๆไม่มากนัก แต่ปฏิกิริยาปอซโซลานจะทำให้กำลังอัดที่อายุมากมีค่าสูงขึ้นอีกมาก อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปยังคงนิยมใช้ที่อายุ 28 วันในการตรวจสอบกำลังของคอนกรีต

ดังนั้นการกำหนดกำลังอัดที่อายุอื่นจึงใช้ประกอบกับกำลังที่อายุ 28 วัน เช่น ต้องการใช้กำลังอัดที่อายุ 7 วันทำนายกำลังที่อายุ 28 วัน ในกรณีนี้จะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดที่อายุ 7 และ 28 วันจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจเปลี่ยนไปตามชนิดและปริมาณของปูนซีเมนต์หรือปัจจัยอื่นๆได้ เช่น ในสภาพอากาศร้อนการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุต้นๆมีค่าสูงเนื่องจากการเร่งปฏิกิริยาจากความร้อนเป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุของคอนกรีตเป็นข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อรับน้ำหนักหรือแรงกระทำ การทำนายค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่อายุต่างๆได้อย่างแม่นยำย่อมให้ความมั่นใจในการออกแบบและสามารถลดขนาดโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตได้ อย่างไรก็ตามโครงสร้างคอนกรีตบางอย่างใช้งานตั้งแต่อายุไม่ถึง 28 วัน เช่น คอนกรีตสำเร็จรูปคอนกรีตอัดแรงและคอนกรีตหล่อกับที่ ซึ่งต้องถอดแบบออกก่อนอายุ 28 วัน ดังนั้นโครงสร้างดังกล่าวจะรับน้ำหนักจรเพียงบางส่วนและรับน้ำหนักอย่างเต็มที่หลังจากการเปิดใช้งาน ซึ่งเมื่อถึงเวลานั้นคอนกรีตดังกล่าวจะมีอายุมากกว่า 28 วัน ซึ่งเป็นอายุที่ใช้ออกแบบกำลังอัดของคอนกรีต

ตารางที่ 2.2 อัตราการเพิ่มกำลังอัดคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่ต่างกัน

อายุ (วัน)	คอนกรีตกำลังสูง W/C = 0.26		คอนกรีตธรรมดา W/C = 0.7	
	MPa	%	MPa	%
1	44.2	61.0	8.2	22.7
3	52.8	72.9	19.6	54.1
7	62.4	86.2	26.0	71.8
14	65.6	90.6	30.4	84.0
28	67.1	92.7	32.0	88.4
60	71.9	99.3	34.8	96.0
90	72.4	100.0	36.2	100.0

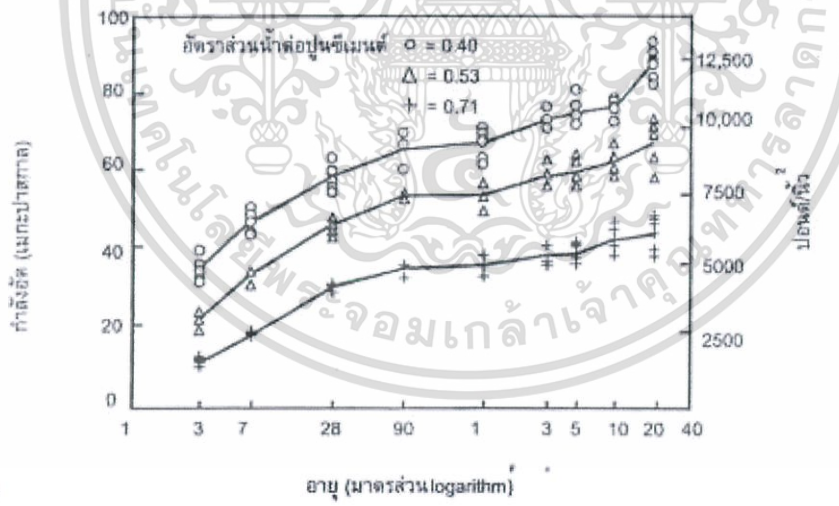
ในด้านการใช้งานระยะยาวพบว่าในช่วงต้นปี ค.ศ. 1900 ปูนซีเมนต์ที่ผลิตจากสหรัฐอเมริกามี C2S สูงและความละเอียดต่ำ คอนกรีตที่ผลิตและใช้งานภายนอกอาคาร มีกำลังอัดที่อายุ 50 ปี สูงขึ้นเป็น 2.48 เท่าของกำลังอัดที่อายุ 28 วัน และในช่วงปี ค.ศ. 1930 ปูนซีเมนต์ที่ผลิตมี C2S ต่ำและความละเอียดสูง ทำให้คอนกรีตที่ใช้ภายนอกอาคารมีกำลังอัดสูงสุดที่อายุในช่วง 10 ถึง 25 ปีและกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุมากกว่านี้มีแนวโน้มลดลง สำหรับคอนกรีตที่ใช้งานภายนอกอาคารในประเทศเยอรมณีที่ทำจากปูนซีเมนต์ที่ผลิตในช่วงปี ค.ศ. 1941 พบว่ากำลังอัดที่อายุ 30 ปีมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุอื่นๆ เปรียบเทียบกับที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

อายุของโครงสร้างที่รับน้ำหนัก (เดือน)	สัมประสิทธิ์ตัวคูณเมื่อเทียบกับคอนกรีตที่อายุ 28 วันที่กำลังอัดต่างกัน		
	20-25 Mpa	30-40 Mpa	50 Mpa
1	1.00	1.00	1.00
2	1.10	1.10	1.08
3	1.15	1.15	1.11
6	1.20	1.19	1.15
12	1.25	1.24	1.20

สำหรับคอนกรีตที่ได้รับการบ่มอย่างต่อเนื่อง กำลังอัดจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นคอนกรีตทำด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และให้ความชื้นแกคอนกรีตตลอด 20 ปี



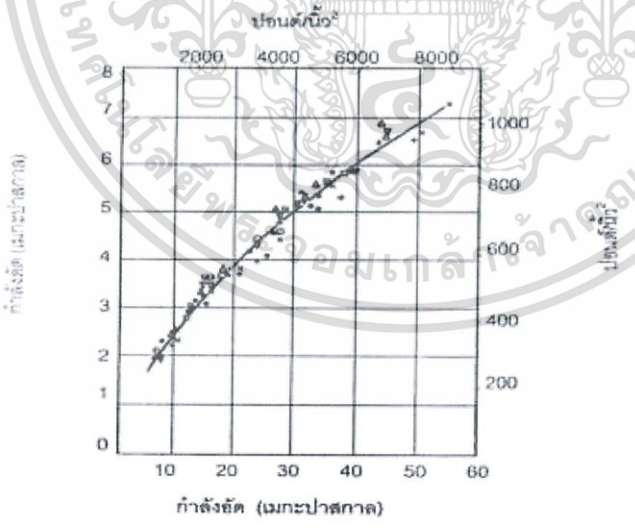
รูปที่ 2.2 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตในช่วงอายุ 20 ปี ที่บ่มด้วยความชื้นตลอด

2.5.4 ผลกระทบของมวลรวมหยาบต่อกำลังของคอนกรีต

ถึงแม้ว่าความสัมพันธ์ของอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์และกำลังอัดจะเป็นที่ยอมรับและใช้งานกันทั่วไป แต่กำลังอัดยังคงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายด้าน ภายใต้แรงอัดคอนกรีตจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดความเสียหายโดยที่รอยแตกร้าวจะเกิดมากขึ้นและจะขยายตัวเมื่อแรงอัดสูงพอ และสังเกตเห็นความเสียหายดังกล่าวได้โดยตรง เนื่องจากการที่เพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดเริ่มเป็นเส้นโค้งมากขึ้นที่ความเค้นประมาณร้อยละ 50 ถึง 70 ของความเค้นประลัย หรือจากการวัดความเร็วของคลื่นเหนือเสียง (ultrasonic pulse velocity) ซึ่งพบว่าที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ความเค้นดังกล่าว การเกิดและการขยายตัวของรอยแตกร้าวจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมวลรวมหยาบและการยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมหยาบและมอร์ต้าร์ การเกิดและการขยายตัวของรอยแตกในคอนกรีตที่ทำจากหินย่อยจะเกิดที่ความเค้นสูงกว่ากรณีของกรวดเนื่องจากหินย่อยมีผิวที่ขรุขระและมีการยึดเหนี่ยวที่ดีกว่า อิทธิพลของมวลรวมต่อการเกิดรอยแตกร้าวของคอนกรีตภายใต้แรงอัดและแรงดัดมีลักษณะคล้าย สังเกตได้จากกราฟของกำลังอัดที่ทำให้เกิดรอยแตกร้าวของคอนกรีตที่ทำจากหินประเภทต่างๆจะเป็นกราฟเดี่ยวและไม่ขึ้นกับชนิดของมวลรวม ดังแสดงในรูปที่ 2.4คุณสมบัติของมวลรวมโดยเฉพาะรูปร่างและลักษณะของผิวจึงมีอิทธิพลต่อกำลังดัดหรือกำลังอัดที่เกิดรอยแตกมากกว่ากำลังอัดประลัย ทั้งนี้เนื่องจากใต้กำลังอัดการเกิดรอยแตกร้าวจะไม่นำไปสู่การวิบัติทันที นอกจากนี้ผลกระทบของชนิดของหินต่อกำลังอัดของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์โดยที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำ อิทธิพลของชนิดของหินจะมีมากกว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่สูง การใช้หินย่อยในคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำกว่า 0.40 จะสามารถให้กำลังอัดสูงกว่าการใช้กรวดได้ถึงกว่าร้อยละ 30 และที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.65 กำลังของคอนกรีตที่ทำจากหินย่อยหรือกรวดจะไม่แตกต่างกันมากนัก



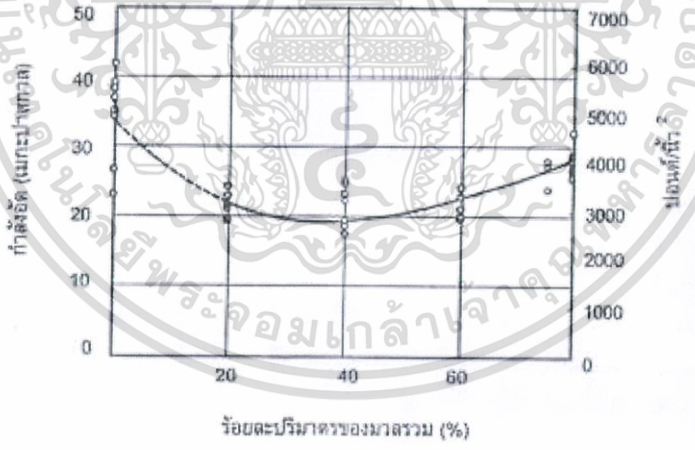
รูปที่ 2.3 กำลังดัดและกำลังอัดที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวเมื่อใช้หินต่างชนิดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 อิทธิพลของปริมาณมวลรวม

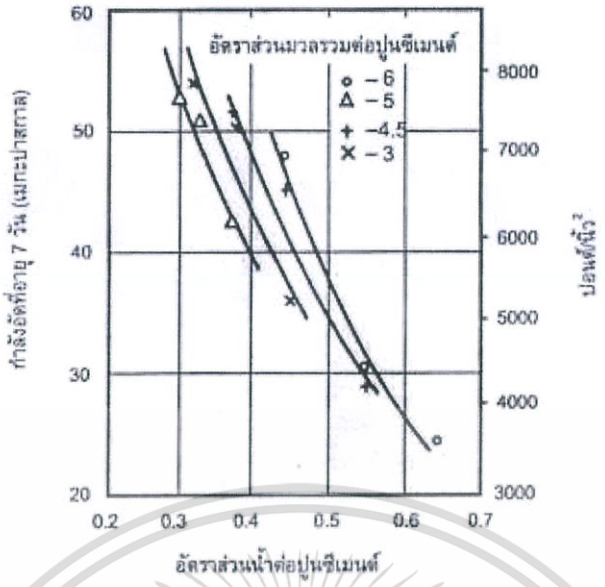
กราฟความเค้นและความเครียดของซีเมนต์เพสต์เป็นลักษณะที่ค่อนข้างตรงเมื่อเปรียบเทียบกราฟของคอนกรีต การเพิ่มมวลรวมลงในซีเมนต์เพสต์ที่มีลักษณะเป็นวัสดุเปราะเปลี่ยนเป็นวัสดุที่มีความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน(heterogeneous) มากขึ้นจากการศึกษากำลังอัดของซีเมนต์เพสต์ที่มีปริมาณของมวลรวมเพิ่มมากขึ้น พบว่าในช่วงการเพิ่มมวลรวมจากร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 20 กำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงและเมื่อเพิ่มจากร้อยละ 40 ไปจนถึงร้อยละ 80 กำลังอัดของคอนกรีตจะเพิ่มมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งผลกระทบของมวลรวมต่อกำลังดึงก็มีลักษณะคล้ายกัน

คอนกรีตหยาบ (lean concrete) ที่มีปริมาณของมวลรวมมากเมื่อวัดโดยใช้อัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์ให้กำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่มีมวลรวมน้อยหรือคอนกรีตแก่ปูน (rich concrete) เมื่ออัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากันดังแสดงในรูปที่ 2.7 ปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่ทำให้การหดตัวเกิดขึ้นน้อยลงและการเยิ้มน้ำก็ลดลงเช่นกัน จึงทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์ดีขึ้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่ลดลงทำให้ปริมาณโพรงในคอนกรีตลดลงซึ่งทำให้กำลังดีขึ้น



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตและปริมาตรของมวลรวมเมื่อกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนมวลรวมต่อปูนซีเมนต์และกำลังของคอนกรีต

2.5.6 กำลังอัดของคอนกรีตรูปลูกบาศก์และรูปทรงกระบอก

การทดสอบกำลังอัดเป็นเรื่องสำคัญมากเพราะเป็นการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตที่ใช้งานรูปทรงของคอนกรีตที่นิยมใช้ในการทดสอบเพื่อหากำลังอัดของคอนกรีตที่นิยมกันมี 2 แบบ คือ รูปลูกบาศก์และทรงกระบอก

คอนกรีตรูปทรงรูปทรงกระบอกและรูปทรงลูกบาศก์ให้กำลังอัด (ความเค้น) ต่างกัน กำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของรูปทรงลูกบาศก์ ดังแสดงในรูป 2.7 และเมื่อกำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้นอัตราส่วนระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกต่อรูปทรงลูกบาศก์มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย

การเลือกตัวอย่างคอนกรีตในการทดสอบให้ยึดหลักมาตรฐานในการออกแบบ เช่น การออกแบบตามมาตรฐานอังกฤษควรใช้คอนกรีตรูปลูกบาศก์ในการทดสอบกำลังอัด และหากใช้ตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือตามมาตรฐานอเมริกันในการออกแบบก็ใช้รูปทรงกระบอก นอกจากนี้ RILEM หน่วยงานที่กำหนดมาตรฐานการทดสอบแนะนำให้ใช้คอนกรีตรูปทรงกระบอกเหตุผลดังนี้

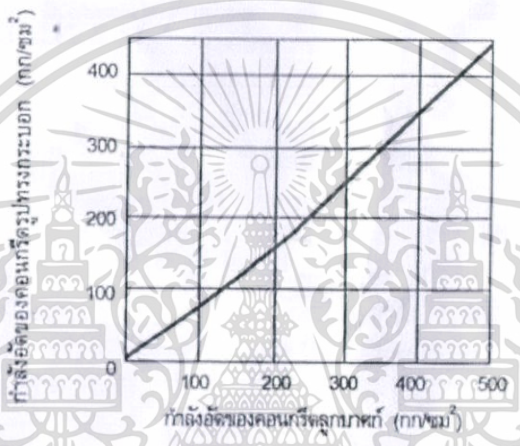
1) คอนกรีตรูปทรงกระบอกให้ค่าทดสอบที่สม่ำเสมอกว่า เนื่องจากผลกระทบของการยึดรั้งที่ปลาย ของตัวอย่างกับแท่นทดสอบมีค่าน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

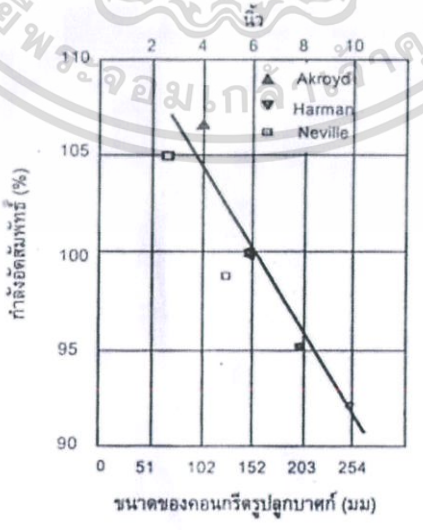
2) ผลกระทบเนื่องจากชนิดของหินต่อกำลังอัดของคอนกรีตมีค่าน้อยกว่าแบบรูปลูกบาศก์

3) การกระจายของแรงอัดบนผิวหน้าของคอนกรีตมี่ค่าสม่ำเสมอกว่า

4) คอนกรีตรูปทรงกระบอกทำการเทและทดสอบในทิศทางเดียวกันคือแนวตั้งซึ่งเหมือนกับการใช้งานจริง ขณะที่คอนกรีตรูปลูกบาศก์มีการเทและการทดสอบในทิศทางที่ทำมุมกัน 90 องศา

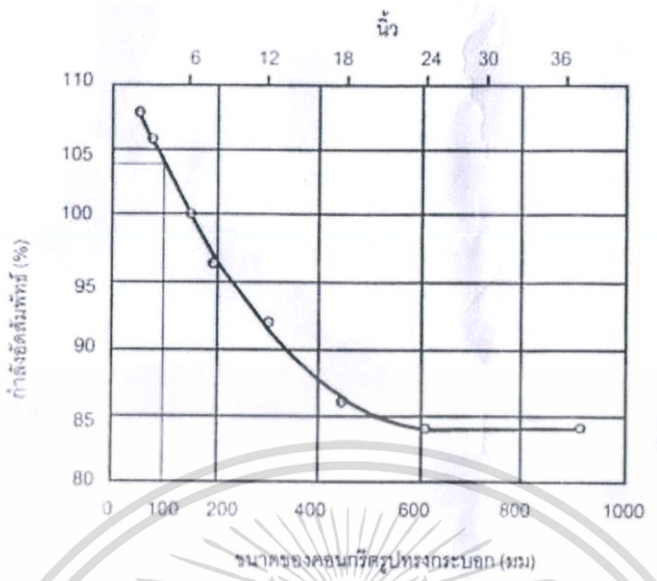


รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตรูปทรงกระบอกและรูปลูกบาศก์



รูปที่ 2.7 กำลังของคอนกรีตรูปลูกบาศก์ที่ใช้ขนาดต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 กำลังของคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่ใช้ขนาดต่างๆกัน

2.5.7 ผลกระทบเนื่องจากขนาดของคอนกรีตที่ใช้ทดสอบ

กำลังของคอนกรีตที่ใช้ทดสอบได้จะต้องขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอย่างทดสอบ โดยที่ขนาดของแท่งทดสอบที่ใหญ่กว่าจะให้กำลังในรูปของหน่วยแรง(น้ำหนักต่อพื้นที่หน้าตัดหรือความเค้น) ที่ต่ำกว่าดังแสดงในรูปที่ 2.7 และ 2.8 เนื่องจากตัวอย่างคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีจุดอ่อนมากกว่า จุดอ่อนดังกล่าวได้แก่โพรงอากาศ รอยร้าวภายในเนื้อซีเมนต์เพสต์ที่เกิดจากการหดตัวหรือจุดอ่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างมวลรวมหยาบและซีเมนต์เพสต์ ดังนั้นตัวอย่างคอนกรีตที่ทดสอบจากลูกบาศก์ขนาด 10 ซม. และ 15 ซม. จึงทำให้ค่าที่แตกต่างกันโดยตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าจะให้ค่าที่สูงกว่า

ตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง (D)15 ซม. และความสูง (H) 30 ซม. หรือมี H/D เท่ากับ 2.0 หรือมีบางกรณีที่อาจใช้ตัวอย่างคอนกรีตทีมีอัตราส่วน H/D มากกว่าหรือน้อยกว่า 2.0 ได้ ในการเจาะ (เจาะ)คอนกรีตเพื่อทำการทดสอบกำลังอัด ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่มีค่า H/D ต่ำกว่า 2.0 จะให้กำลังอัดคอนกรีตที่สูงกว่ากำลังอัดของคอนกรีตที่มีค่า H/D เท่ากับ 2 เนื่องจากคอนกรีตที่สั้น การยึดรั้งที่ปลายทั้ง 2 ข้างโดยเครื่องทดสอบจะทำให้คอนกรีตบริเวณดังกล่าวไม่สามารถขยายตัวได้ข้างได้จึงไม่สามารถรับแรงได้มากขึ้น ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้จึงต้องมีแฟคเตอร์ตัวคูณซึ่งขึ้นอยู่กับค่า H/D ของคอนกรีตที่นำมาทดสอบ ในกรณีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน H/D ต่ำกว่า 2.0 มาตรฐาน ASTM C42 และมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 409 ได้ให้ค่าแฟคเตอร์ตัวคูณของคอนกรีตกำลังธรรมดาดังแสดงในตารางที่ 2.4

2.6 ประเภทของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ผลิตในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะผลิตตามมาตรฐานของ อเมริกา(ASTM C. 150) และของอังกฤษ (British Standard; B.S.) ซึ่งตามมาตรฐาน มอก. 15 ของไทยได้แบ่งปูนซีเมนต์ออกเป็น 5 ประเภท คือ

2.6.1 ประเภท 1 (Normal Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา เหมาะกับงานก่อสร้างคอนกรีตทั่วๆ ไปที่ไม่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม เช่น คาน เสา พื้น ถนน

ค.ส.ล. เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับเกลือซัลเฟต ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราช้าง เพชร(เม็ดเดียว) พญานาคเขียว TPI(แดง) ภูเขา และดาวเทียม

2.6.2 ประเภท 2 (Modified Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดัดแปลงเพื่อให้สามารถต้านทานเกลือซัลเฟตได้ปานกลาง และจะเกิดความร้อนปานกลางในช่วงหล่อ เหมาะกับงานโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น ตอม่อ สะพาน ท่าเทียบเรือ เขื่อน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่เคยมีจำหน่ายได้แก่ ตราพญานาคเจ็ดเศียร (ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว)

2.6.3 ประเภท 3 (High-early Strength Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่สามารถให้กำลังได้รวดเร็วในเวลาอันสั้น หลังจากเทแล้วสามารถใช้งานได้ภายใน 3-7 วัน เหมาะกับงานที่เร่งด่วน เช่น คอนกรีตอัดแรง เสาเข็ม พื้นถนนที่จราจรคับคั่ง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราเอราวัณ สามเพชร TPI(ดำ) และพญานาคแดง

2.6.4 ประเภท 4 (Low-heat Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดพิเศษที่มีอัตราความร้อนต่ำกำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งส่งผลดีทำให้การขยายตัวน้อยช่วยลดการแตกร้าว เหมาะกับงานสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 ประเภท 5 (Sulfate-resistant Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่ทนต่อเกลือซัลเฟตได้สูงเหมาะกับงานก่อสร้างบริเวณดินเค็ม หรือใกล้กับทะเล ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราปลาฉลาม TPI(ฟ้า) และตราช้างฟ้า(ปัจจุบันเลิกผลิตแล้ว)

นอกจากปูนซีเมนต์ทั้ง 5 ประเภทแล้ว ยังมีปูนซีเมนต์ที่ผลิตขึ้นมาโดยดัดแปลงเพื่อให้เหมาะกับงาน และราคาถูกลง ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปได้แก่

- **ปูนซีเมนต์ผสม(Mixed Cement)**เป็นการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ผสมกับทรายหรือหินบดละเอียด ประมาณ 25-30% ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งาน ลดการแตกร้าว เหมาะกับงานก่ออิฐ ฉาบปูน ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่มีจำหน่ายได้แก่ ตราเสือ งูเห่า นกอินทรีย์ TPI(เขียว)
- **ปูนซีเมนต์ขาว(White Portland Cement)**เป็นปูนซีเมนต์ที่มีส่วนผสมหลัก คือหินปูนและวัตถุดิบอื่นๆที่มีปริมาณของแร่เหล็กน้อยกว่า 1% ลักษณะของผงสีปูนที่ได้จะเป็นสีขาว สามารถผสมกับสีฝุ่นเพื่อทำให้เป็นปูนซีเมนต์สีต่างๆ ตามต้องการ จึงนิยมใช้ในงานตกแต่งต่าง ๆ เพื่อความสวยงาม ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตในประเทศไทย ได้แก่ ตราช้างเผือก ตราเสือเผือก และ ตรามังกร

2.7 การออกแบบอัตราส่วนผสมคอนกรีต (Mixed Design)

2.7.1 Design Concept

เป้าหมายหลักของการหาสัดส่วนผสมของคอนกรีตหรือการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต มีด้วยกัน 2 ประการ คือ

1) เพื่อเลือกวัสดุผสมคอนกรีตที่เหมาะสมอันได้แก่ ปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ น้ำยาผสมคอนกรีต ให้เป็นไปตามข้อกำหนดและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

2) คำนวณหาสัดส่วนผสมของวัสดุผสมนี้ เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามข้อกำหนดและการใช้งาน ทั้งสภาพคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ในราคาที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 กำลังอัดและอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

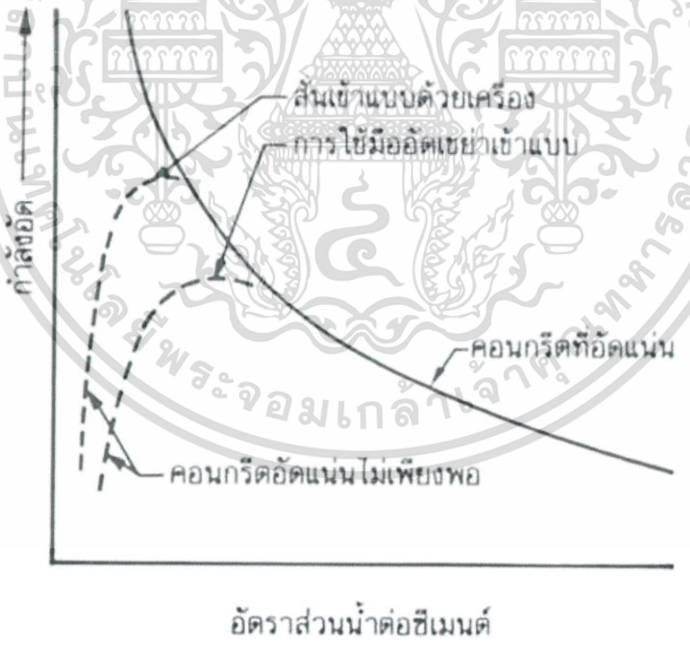
สำหรับวัสดุผสมคอนกรีตที่กำหนดให้ ค่ากำลังอัดจะมีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ตาม Ablam's Law ดังนี้

$$fcm = A/B^{1.5(w/c)}$$

fcm คือ ค่ากำลังอัดของคอนกรีต ณ อายุที่กำหนด

A คือ ค่าคงที่

B คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของซีเมนต์ และค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตกับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 คุณสมบัติของมวลรวมกับปริมาณน้ำ

คุณสมบัติของมวลรวมที่มีผลต่อปริมาณน้ำ และความสามารถเทได้ของคอนกรีตมีดังนี้

-รูปร่างและลักษณะผิว

-ขนาดและส่วนคละ

-ปริมาณความชื้น

-ความถ่วงจำเพาะ

-หน่วยน้ำหนักและช่องว่าง ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดและส่วนคละของมวลรวม

2.7.4 ความสามารถเทได้และปริมาณน้ำ

ความสามารถเทได้ของคอนกรีตจะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณน้ำในส่วนผสม กล่าวคือ ความสามารถเทได้ของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น แต่ความสัมพันธ์นี้จะเปลี่ยนแปลงไปบ้าง เมื่อคุณสมบัติของวัสดุผสมเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งจะเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการใช้วัสดุผสมพิเศษอื่นๆด้วย

2.7.5 ต้นทุนและประสิทธิภาพการใช้งาน

เป้าหมายที่สำคัญที่สุดของการหาสัดส่วนผสมคอนกรีต ก็เพื่อจะให้ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามข้อกำหนดและการใช้งาน ในราคาที่ถูกที่สุด

2.7.6 ประเภทของสัดส่วนผสมคอนกรีต

1) สัดส่วนผสมโดยปริมาตร กำหนดอัตราส่วนโดยปริมาตรของปูนซีเมนต์, ทราย, หิน เช่น 1:2:4 วิธีการนี้เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็กๆ เท่านั้น

2) Prescribed Mix วิศวกรจะกำหนดสัดส่วนผสมสำหรับโครงการก่อสร้างหนึ่งๆ และรับผิดชอบว่าสัดส่วนผสมนี้ จะสามารถผลิตคอนกรีตที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

3) Designed Mix ผู้ผลิตคอนกรีตจะเป็นผู้กำหนดสัดส่วนผสมเพื่อให้ตรงกับความต้องการตามข้อกำหนด รวมทั้งต้องรับผิดชอบต่อสัดส่วนผสมนี้ว่าเป็นไปตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) Standard Mix ผู้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จที่ผลิตและเก็บรวบรวมคุณสมบัติของคอนกรีตมาเป็นเวลานาน จนได้ข้อมูลมากำหนดเป็นสัดส่วนผสมมาตรฐาน

2.7.7 มาตรฐานการออกแบบคอนกรีต

$$fcr = f'c + ks$$

fcr คือ Target Mean Strength หรือกำลังอัดเฉลี่ยที่ผู้ผลิตคอนกรีตต้องผลิต

f'c คือ กำลังอัดที่กำหนดไว้ในแบบ

ks คือ ส่วนเผื่อ ซึ่งประกอบด้วยค่า

k คือ ค่าคงที่

s คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังอัด จากก้อนตัวอย่าง 30 ค่าหรือมากกว่า

2.7.8 มาตรฐานการออกแบบคอนกรีต

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าร้อยละของกำลังที่ต่ำกว่า f'c และค่า k

ค่าร้อยละของกำลังที่ต่ำกว่า f'c	ค่า k
20	**0.842**
10	**1.282**
5	**1.654**
2.5	**1.960**
2	**2.054**
1	**2.326**
0	**3.000**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.9 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยปริมาตร

งานก่อสร้างขนาดเล็ก ส่วนใหญ่จะกำหนดสัดส่วนผสมโดยปริมาตร เช่น 1:2:4 การที่จะแปลงส่วนผสมโดยปริมาตรดังกล่าวให้เป็นส่วนผสมโดยน้ำหนัก สามารถทำได้ดังนี้

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

1) หน่วยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ = 1,400 kg/m3

2) หน่วยน้ำหนักของหินทราย = 1,450 kg/m3

การคำนวณ

-ปูน 1 ถุง 50 kg มีปริมาตร = 50/1,400 = 0.036 m^3

-ทราย 2 ส่วน มีปริมาตร = (0.036)(2) = 0.072 m^3

-น้ำหนักทราย = (0.072)(1,450) = 104 kg

-หิน 4 ส่วน มีปริมาตร = (0.036)(4) = 0.144 m^3

-น้ำหนักหิน = (0.144)(1,450) = 209 kg

-ปริมาณน้ำที่ใช้โดยทั่วไปสำหรับปูน 1 ถุงเพื่อให้ได้ค่ายุบตัวประมาณ 10 cm.เท่ากับ 30 ลิตร

-น้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดเมื่อใช้ปูน 1 ถุง =50+104+209+30 = 393 kg

-หน่วยน้ำหนักคอนกรีต 1 m3 = 2,400 kg

-ต้องใช้ปริมาณปูน = 2,400/393 = 6.1 ถุง = 305 kg

สรุป

ส่วนผสมใน 1 m^3

ปูนซีเมนต์ = 305 kg.

ทราย = 635 kg.

หิน = 1,275 kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ = 185 kg. , ค่ายุบตัว ประมาณ 10 cm.

2.7.10 ขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ขั้นที่ 1

รวบรวมความต้องการของผู้ออกแบบหรือผู้รับเหมา เช่น กำลังอัด ค่ายุบตัว ขนาดใหญ่สุดของหินที่จะใช้ เป็นต้น

ขั้นที่ 2

1) หาปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อให้ได้ค่ายุบตัวตามต้องการ

2) หาค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เพื่อให้ได้ค่ากำลังอัดตามต้องการ

3) หาค่าน้ำหนักซีเมนต์ = ปริมาณน้ำ/ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

ขั้นที่ 3

ปริมาตรซีเมนต์ = น้ำหนักปูนซีเมนต์/ความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

ขั้นที่ 4

ปริมาตรทราย = (380 หรือ 400) - ปริมาตรปูนซีเมนต์ที่ได้จากขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5

น้ำหนักทราย = ปริมาตรทราย x ความถ่วงจำเพาะของทราย

ขั้นที่ 6

ปริมาตรหิน = 1,000* - ปริมาตรซีเมนต์ - ปริมาตรน้ำ** - ปริมาตรทราย

ขั้นที่ 7

น้ำหนักหิน = ปริมาตรหิน x ความถ่วงจำเพาะของหิน

ขั้นที่ 8 (option)

หาปริมาตรน้ำยาที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 แบบหล่อมาตรฐาน

การหล่อคอนกรีต (Making Concrete) เพื่อการทดสอบกำลังรับแรงอัด กระทำขึ้นเพื่อควบคุมให้คอนกรีตที่จะใช้งานนั้นๆ มีคุณสมบัติตามที่กำหนดเอาไว้ ซึ่งการหล่อคอนกรีตโดยทั่วไป ที่นิยมใช้ในบ้านเรามีใช้กันอยู่ 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐานอเมริกัน (ASTM) จะหล่อคอนกรีตเป็นรูปทรงกระบอก (Concrete Cylinder) โดยมีส่วนสูงเป็นสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง และตามมาตรฐานอังกฤษ (B.S.) จะหล่อคอนกรีตเป็นรูปลูกบาศก์ (Concrete Cube) ซึ่งก็แล้วแต่ว่าหน่วยงานนั้นจะใช้ตามมาตรฐานใด ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงคอนกรีตรูปทรงกระบอกเท่านั้น เพราะวิธีนี้นิยมใช้กันเป็นส่วนมาก ขนาดของแท่งทดสอบที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป มีขนาดตามตารางที่ 2.5

2.9 การบ่มคอนกรีต

การบ่มคอนกรีตเป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำในคอนกรีตระเหยออกจากคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเร็วเกินไป เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตโดยตรง ดังนั้น หลังจากที่ผิวหน้าคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จะต้องบ่มคอนกรีตให้มีความชื้นอยู่เสมอ เป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน กำลังของคอนกรีตจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตราบเท่าที่ยังมีความชื้นให้ปูนซีเมนต์ได้ทำปฏิกิริยากับน้ำ

ตารางที่ 2.5 แสดงขนาดของแท่งทดสอบที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป

คอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง x ความสูง (ซ.ม.)	คอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ กว้าง x ยาว x สูง (ซ.ม.)
30 x 60	30 x 30 x 30
20 x 40	20 x 20 x 20
15 x 30	15 x 15 x 15
10 x 15	10 x 10 x 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 วิธีการบ่มคอนกรีต

วิธีการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับสภาพของงานคอนกรีตนั้นๆ เป็นหลัก ลักษณะของการบ่มคอนกรีตสามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต การป้องกันการเสียน้ำของคอนกรีต และการเร่งกำลัง

2.9.1.1 การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีต

การบ่มลักษณะนี้จะเพิ่มความชื้นให้กับผิวคอนกรีตโดยตรง เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

2.9.1.1.1 การขังหรือหล่อน้ำ

เป็นการทำนบกั้นน้ำไม้ให้น้ำไหลออกมักจะใช้กับงานทางระดับ เช่น พื้น หรือถนน เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำทำนบอาจจะเป็นดินเหนียว หรืออิฐก็ได้ ข้อควรระวังสำหรับวิธีนี้ คือ ต้องระวังอย่าให้ทำนบกั้นน้ำพัง และหลังจากบ่มเสร็จแล้ว อาจจะต้องทำความสะอาดผิวหน้าคอนกรีต

2.9.1.1.2 การฉีดน้ำหรือรดน้ำ

เป็นการฉีดน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่เสมอวิธีนี้ใช้ได้กับงานคอนกรีต ทั้งในแนวดิ่ง แนวระดับ หรือแนวเอียง ข้อควรระวัง คือต้องฉีดน้ำให้ทั่วถึงทุกส่วนของคอนกรีต และแรงดันน้ำต้องไม่แรงเกินไปจนชะเอาผิวหน้าคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดีออก วิธีนี้ต้องสิ้นเปลืองน้ำมาก และต้องอาศัยที่ที่มีแรงดันน้ำมากพอ

2.9.1.1.3 การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น

เป็นวิธีที่ใช้กันมาก เพราะสะดวก ประหยัด และสามารถใช้ได้กับงานทั้งแนวระดับ แนวดิ่ง และแนวเอียง วัสดุที่ใช้คลุมอาจจะใช้ ผ้าใบ กระสอบ หรือวัสดุอื่นที่อมน้ำ ข้อควรระวัง คือวัสดุที่คลุมต้องเปียกชุ่มอยู่เสมอ การคลุมต้องคลุมให้วัสดุคลุมเหลื่อมกัน วัสดุที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต หรือทำให้คอนกรีตด่าง สำหรับการคลุมงานคอนกรีตในแนวดิ่ง ต้องยึดวัสดุคลุมให้แน่นหนา ไม่เลื่อนหล่นลงมาได้ โดยเฉพาะเวลาที่ราดน้ำ ซึ่งจะต้องทำเป็นประจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.2 การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต

วิธีการนี้ใช้การผนึกผิวของคอนกรีต เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

2.9.1.2.1 การบ่มในแบบหล่อ

แบบหล่อไม้ที่เปียก และแบบหล่อเหล็ก สามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดี วิธีนี้จัดได้ว่าง่ายที่สุด เพียงแค่ทิ้งแบบหล่อให้อยู่กับคอนกรีตที่หล่อไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ และคอยดูแลให้ผิวด้านบนคอนกรีตมีน้ำอยู่ โดยน้ำนั้นสามารถไหลซึมลงมาระหว่างแบบหล่อกับคอนกรีตได้

2.9.1.2.2 การใช้กระดาษกันน้ำซึม

เป็นการใช้กระดาษกันน้ำซึม ปิดทับผิวคอนกรีตให้สนิท เป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน วิธีนี้มักนิยมใช้กับงานคอนกรีตแนวระดับ กระดาษกันน้ำซึมนี้ เป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว มีคุณสมบัติในการยืดหดตัวไม่มากนักเวลาที่เปียกและแห้ง ข้อควรระวังในการใช้กระดาษ คือ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นจะต้องผนึกให้แน่นด้วยกาว หรือเทป และกระดาษต้องไม่มีร่อยรอยฉีกขาด หรือชำรุด

2.9.1.2.3 การใช้แผ่นผ้าพลาสติกคลุม

วิธีการนี้จะเหมือนกับการใช้กระดาษกันน้ำ แต่แผ่นผ้าพลาสติกจะเบากว่ามาก จึงสะดวกในการใช้มากกว่า สามารถใช้กับงานโครงสร้างทุกชนิด ข้อควรระวังก็เช่นเดียวกับกระดาษกันน้ำ คือ รอยต่อและการชำรุดฉีกขาด และเนื่องจากมีน้ำหนักเบา จึงต้องระวังเรื่องการผูกยึด ป้องกันลมพัดปลิวด้วย

2.9.1.2.4 การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต

เป็นการพ่นสารเคมีลงบนผิวคอนกรีตซึ่งสารเคมีที่พ่นนี้จะกลายเป็นเยื่อบางๆ คลุมผิวคอนกรีตป้องกันการระเหยออกของน้ำในคอนกรีตได้ การบ่มวิธีนี้ทั้งสะดวกและรวดเร็วแต่ค่าใช้จ่ายจะสูง จึงมักใช้กับงานที่บ่มด้วยวิธีอื่นได้ลำบาก การพ่นสารเคมีนี้ต้องกระทำในขณะที่ผิวคอนกรีตยังชื้นอยู่ และต้องพ่นให้ทั่วถึง ข้อที่ควรทราบ คือสารเคมีประเภทนี้จะทำให้การยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่จะเทใหม่เสียไป จึงไม่ควรใช้กับงานคอนกรีตที่ต้องต่อเติม หรือฉาบปูนในภายหลัง และหากใช้สารเคมีฉีดพ่นแล้ว ไม่ควรฉีดน้ำซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะน้ำจะไปชะล้างสารเคมีออก ควรชี้แจงให้คนที่ทำงานทราบถึงประเด็นนี้ เพื่อจะได้ไม่ฉีดชะล้างสารเคมีออกโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

2.9.1.3 การบ่มด้วยการเร่งกำลัง

เป็นการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ โดยให้ความชื้น และความร้อน กับคอนกรีตที่หล่อเสร็จใหม่ๆ วิธีนี้จะทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้นโดยรวดเร็วช่วยลดการหดตัว และเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การบ่มคอนกรีตด้วยวิธีนี้สามารถทำได้สองวิธี คือการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันต่ำ และการบ่มด้วยไอน้ำที่มีความดันสูง การบ่มด้วยการเร่งกำลัง นิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการทำโครงงานพิเศษหัวข้อนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบว่าขนาดและรูปร่างของแท่งคอนกรีตนั้นมีผลกระทบต่อกำลังอัด โดยในการทดลองนี้จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.1.1 ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC

ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด D = 5 cm. , H =10 cm.

ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด D = 7.5 cm., H =15 cm.

ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด D = 10 cm., H =20 cm.

3.1.2 ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตจากแท่งคอนกรีตขนาด (0.30×0.30×0.60 m. และ 0.40×0.40×0.60 m.)

ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีต เจาะ ทรงกระบอกขนาด D = 4.5 cm., H = 9 cm.

ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีต เจาะ ทรงกระบอกขนาด D = 6.9 cm., H=13.8cm.

ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีต เจาะ ทรงกระบอกขนาด D = 9.4 cm., H=18.8cm.

3.1.3 ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อในโมลมาตรฐาน

ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด D =15cm. ,H = 30cm.

ทดสอบกำลังอัดของแท่งคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 cm.

โดยกำหนด

ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบมีค่าเท่ากับ 280 Ksc

ค่าอัตราส่วน D/H = 2

ใช้น้ำในการบ่มคอนกรีต

อายุในการบ่ม 28 วัน

จำนวนตัวอย่างชนิดละ 7 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษาบทความเก่าๆที่เกี่ยวข้องกับการเจาะคอนกรีตด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต

บทความที่ได้ทำการศึกษาคือ Assessing the Relationship between the Compressive Strength of Concrete Cores and Molded Specimens เป็นบทความที่เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง แท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตในทิศทางด้านข้างกับด้านบนของแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ และเปรียบเทียบระหว่างค่ากำลังของแท่งคอนกรีตที่หล่อขึ้นมาให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว กับ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน

3.2.2 คำนวณการ Mix Design คอนกรีตกำลังอัดให้มีค่า = 280 ksc ดังนี้

ส่วนผสมใน 1 โม่ มีดังนี้

ปริมาณน้ำ = 25.2 kg

ปริมาณซีเมนต์ = 45 kg

ปริมาณหิน = 151.34 kg

ปริมาณทราย = 108.36 kg

3.2.3 อุปกรณ์ในการ Mix Design

รูปที่ 3.1 โม่ผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.2 มวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด

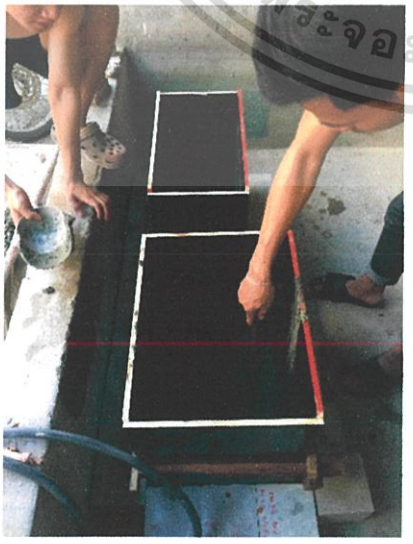
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

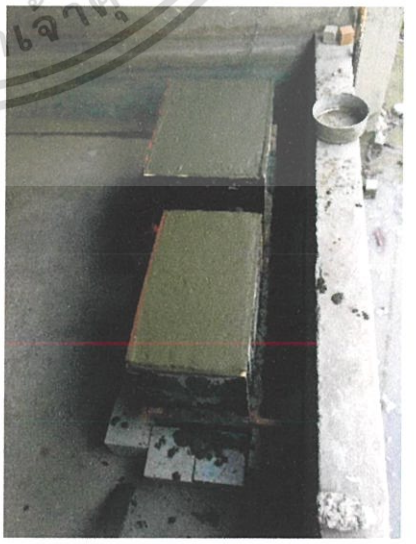
รูปที่ 3.3 น้ำผสมคอนกรีต

3.2.4 ทำการหล่อแท่งคอนกรีตในทั้ง 2 ชนิด

- แบบหล่อแท่งคอนกรีตขนาด 0.30×0.30×0.60 m. และ 0.40×0.40×0.60 m. ทำจากไม้อัดฟลิม์ดำหนา 3 เซนติเมตร

- แบบหล่อแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm. สูง 30 cm. กับแบบหล่อแท่งคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 cm. และแบบหล่อที่ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว





รูปที่ 3.4 ไม้อัดตีแบบหล่อ แท่งคอนกรีตขนาด 0.30×0.30×0.60 m. และ 0.40×0.40×0.60 m.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แบบหล่อสำหรับแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด D= 2,3,4 นิ้ว (ท่อ PVC)
แบบหล่อสำหรับแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด D=15cm. H= 30 cm.
แบบหล่อสำหรับแท่งคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 cm.

- ลักษณะแท่งคอนกรีตที่หล่อ (ทั้งหมด 35 ตัวอย่าง)
  - แท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 7 ตัวอย่าง
  - แท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว 7 ตัวอย่าง
  - แท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว 7 ตัวอย่าง
  - แท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบมาตรฐาน 7 ตัวอย่าง
  - แท่งคอนกรีตทรงลูกบาศก์ที่หล่อในแบบมาตรฐาน 7 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 แท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC (ทั้งหมด 21 ตัวอย่าง) และ แท่งคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน (ทั้งหมด 14 ตัวอย่าง)

3.2.4.2 ลักษณะแท่งคอนกรีตที่หล่อไว้สำหรับเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต (มีทั้งหมด 42 ตัวอย่างเมื่อCore)

รูปที่ 3.7 แท่งคอนกรีตที่หล่อไว้สำหรับ เจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 นำตัวอย่างไปบ่มในสถานที่ที่เตรียมไว้ที่ 28 วัน

สถานที่บ่มแท่งคอนกรีตเป็นสระไว้สำหรับบ่มคอนกรีตของทางภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งในการบ่มนั้นเราจะนำน้ำเข้าบ่อบ่มโดยใช้สายยางซึ่งกว่าน้ำจะเต็มนั้นใช้เวลาทั้งสิน 2 ชม. และพบปัญหาอีกว่าระดับของขอบสระน้ำนั้นต่ำกว่า ระดับของแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ จึงทำเป็นต้องทำดันแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ให้นอนลง แต่เนื่องจากน้ำหนักของแท่งคอนกรีตหนักถึง 250 กก. อาจจะยากต่อการพลิกเราจึงใช้แรงพยุงจะน้ำช่วยจึงทุ่นแรงได้ระดับหนึ่งทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาลง แล้วเมื่อบ่มครบ 28 วันตามแผนที่กำหนดไว้เราก็ทำการพลิกขึ้น

รูปที่ 3.8 ลักษณะภายในบ่อบ่มบริเวณด้านหน้า

รูปที่ 3.9 ลักษณะภายในบ่อบ่มบริเวณด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ขั้นตอนการเจาะแท่งคอนกรีตขนาด (0.30×0.30×0.60 m. และ 0.40×0.40×0.60 m.)ด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต

1) ทำการติดตั้งเครื่องเจาะคอนกรีต โดยในการติดตั้งนั้นเราจำเป็นต้องหาที่ว่างกว้าง 30 ×40 cm. เพื่อนทำการวางแท่นของเครื่องเจาะคอนกรีตซึ่งเมื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมได้แล้วเราก็จะนำสว่านมาเจาะรูลึกลงไปประมาณ 10cm. เพื่อฝั่งพุกไว้สำหรับยึดโบลว์ของเครื่องเจาะคอนป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายในขณะที่ลงมือทำการทดลองและเพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องเจาะเกิดการเสียหายอีกด้วย

รูปที่ 3.10 การติดตั้งเครื่องเจาะคอนกรีต

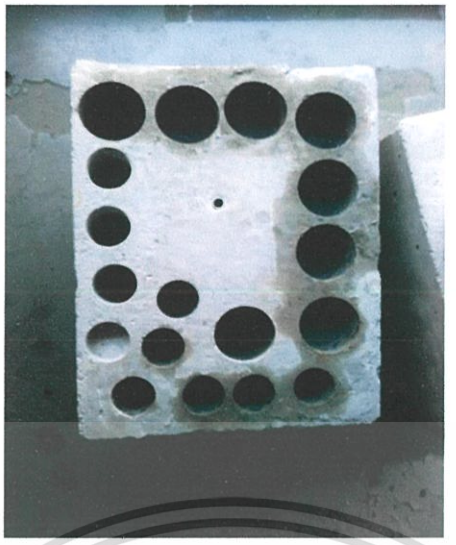
2) ทำการกำหนดตำแหน่งที่จะเจาะบนแท่งคอนกรีตที่หล่อไว้โดยการกำหนดตำแหน่งนั้นเราจะให้ระยะห่างระหว่างขอบแท่งคอนกรีตที่อยู่กันห่างกันตามมาตรฐาน ASTM. C32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 กำหนดตำแหน่งที่จะเจาะบนแท่งคอนกรีต

3) ทำการเริ่มเจาะแท่งคอนกรีต ซึ่งในการเจาะแท่งคอนกรีตตัวอย่างนั้นเราทำการเปิดน้ำหล่อใบเจาะคอนกรีตตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ใบเจาะร้อนเกินไปจนเกิดการเสียหาย หลังจากเราเปิดน้ำแล้วเราก็ทำการเจาะลงในตำแหน่งที่มาร์คไว้ ในการเจาะนั้นเราจะลงไปลึก 2 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบเจาะ เมื่อเจาะถึงระดับความลึกที่ต้องการแล้วก็นำใบเจาะขึ้นพร้อมกับนำไขขวงมางัดแท่งคอนกรีตที่ได้เจาะไว้แล้วให้หักออกจากแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ดึงขึ้นไปไว้ในที่เก็บชิ้นตัวอย่างทดลอง และเมื่อทำการเจาะทางด้านบนคอนกรีตก้อนแรกได้ตามจำนวนที่ต้องการแล้ว เราจะทำการพลิกแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่เพื่อทำการเจาะบริเวณข้างล่างของแท่งนั้นต่อไปเมื่อการเจาะครบทั้งข้างบนและล่างแล้ว เราก็จะใช้แท่งคอนกรีตก้อนแรกนั้นเป็นฐานวางแท่นเครื่องเจาะคอนกรีต โดยเราจะเว้นพื้นที่ไว้เล็กน้อยหลังจากนั้นนำสว่านมาเจาะแล้วฝังพุกยึดตัวเครื่องเจาะคอนกรีตไม่ให้ส่ายในขณะเจาะแท่งคอนกรีตลูกที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ลักษณะหน้าตัดของแท่งคอนกรีตที่ถูกเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต

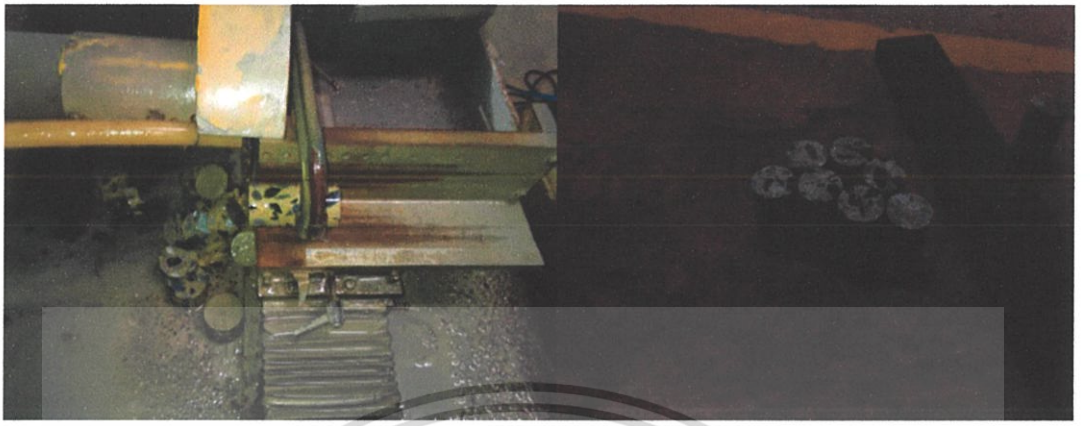
รูปที่ 3.13 ลักษณะของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต

3.2.7 นำตัวอย่างที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องคอนกรีตและแท่งคอนกรีตและ แบบหล่อ ไปทดสอบหาค่ากำลังอัด โดยเครื่องกดคอนกรีต

1) นำแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องคอนกรีตและแท่งคอนกรีตที่หล่อขึ้นจากท่อPVC มาตัดหัวและท้ายเพื่อให้พื้นที่ผิวหน้าเรียบเสมอกัน ซึ่งในการตัดหัวนั้นเราจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เครื่องตัวหัวโดยเฉพาะโดยทำการหล่อน้ำไว้ที่บริเวณใบเลื่อยเผื่อป้องกันความร้อนในใบเลื่อย และฝุ่นจากแท่งคอนกรีต



รูปที่ 3.14 แท่งคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ มาตัดหัวและท้าย

2) นำแท่งคอนกรีตที่ได้จากการหล่อในแบบมาตรฐาน และ ที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องคอนกรีตและแท่งคอนกรีตมาชั่งน้ำหนัก วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และวัดความสูง

รูปที่ 3.15 ชั่งน้ำหนัก วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และวัดความสูง แท่งคอนกรีตที่ได้จากการหล่อในแบบมาตรฐาน และ ที่ได้จากการ เจาะด้วยเครื่องคอนกรีตและแท่งคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) นำแท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่ได้จากการหล่อในแบบมาตรฐาน และ ที่ได้จากการเจาะ มาแคปหัวและท้ายเพื่อให้ได้หน้าที่เรียบและระนาบขนานกับพื้น ซึ่งพบว่าในแลปที่ภาคนั้นมีถาดแคปหัวที่พอดีกับแท่งคอนกรีตเพียง 3 ขนาด คือ

1.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm. ลึก 0.5 cm.

2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm. ลึก 1 cm. และ

3. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 cm. ลึก 1.5 cm.แต่ยังขาดถาดสำหรับแคปหัวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 cm.

รูปที่ 3.16 ลักษณะการแคปหัวของแท่งคอนกรีตที่หล่อในแบบมาตรฐาน

รูปที่ 3.17 ลักษณะการแคปหัวและท้ายของแท่งคอนกรีตที่หล่อในแบบท่อ PVC และแท่งคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะด้วยเครื่องคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) นำแท่งคอนกรีตทั้งหมดมากดในเครื่องกดคอนกรีต เพื่อวัดค่ากำลังอัดของคอนกรีต

ซึ่งในการกดเพื่อวัดค่ากำลังอัดนั้นเราจะใช้เครื่องให้กดให้ Load 200KN-1000KN ซึ่งเราจะต้องนำเหล็กมาวางตั้งให้ระดับเหมาะสมกับความสูงของแต่ละแท่งคอนกรีต

รูปที่ 3.18 ลักษณะการวัดค่ากำลังอัดของคอนกรีตจากเครื่องกดคอนกรีต

รูปที่ 3.19 ลักษณะแท่งคอนกรีตที่ผ่านการกดจากเครื่องเครื่องกดคอนกรีตมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 บันทึกค่ากำลังอัดที่ได้จากเครื่องกดคอนกรีต

ซึ้งเราจะอ่านค่าจากจอดิทจิตอทซึ้งเครื่องนี้สามารถบันทึกค่ากำลังอัดของแต่ละแท่งที่เรากดได้ ว่ากดในวันใด เวลาใด ซึ้งค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยมันเป็น กิโลนิวตัน เราต้องทำการแปลงค่าก่อนถึงจะรู้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตได้

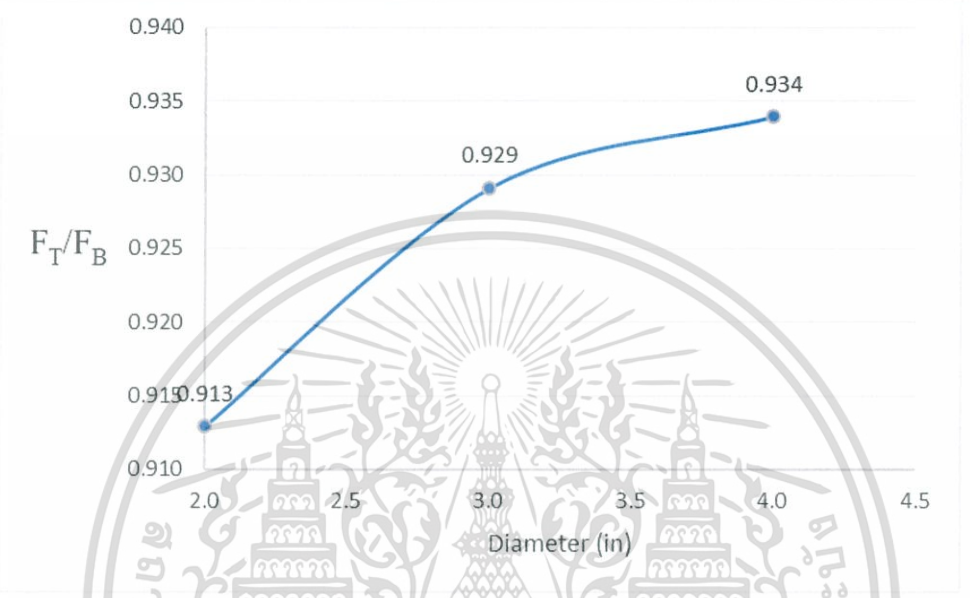
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางแสดงค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการกดโดยเครื่องทดสอบกำลังอัด

No.	Diameter บน (cm.)	Diameter ล่าง (cm.)	Area ($cm.^2$)	Load (kN)	Load (ksc)
1	15.36	14.79	227.17	719.32	322.77
2	15.15	14.67	222.25	680.77	312.24
3	14.95	15.04	224.85	699.28	317.02
4	14.86	15.08	224.09	670.21	304.87
5	15.13	14.86	224.83	732.26	332.00
6	15.02	14.88	223.50	728.49	332.26
7	15.04	14.75	221.84	635.00	291.79
				ค่าเฉลี่ย	316.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.9 ทำการวิเคราะห์และสรุปผล ตามวัตถุประสงค์

ในการเปรียบเทียบกราฟเราจะเทียบอัตราส่วนระหว่างค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับ



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างกราฟที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบ

การทดสอบเป็นการทดสอบหากำลังอัดของแท่งคอนกรีต ที่ได้จากการ เจาะ และแบบหล่อ ในการทดสอบครั้งนี้มีการทดสอบตัวอย่างทั้งหมด 77 ตัวอย่าง ซึ่งแบ่งเป็น

1) แท่งคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก 7ตัวอย่าง ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 4.1

2) แท่งคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานทรงลูกบาศก์ 7 ตัวอย่าง ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 4.2

3) แท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านบนและทิศทางด้านล่าง ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้ว และ อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ2 มีชนิดละ 7 ตัวอย่าง รวม 42 ตัวอย่าง ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 4.3-4.8

4) หล่อในแบบหล่อท่อ PVC เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้ว ที่อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ2 มีชนิดละ 7 ตัวอย่าง รวม 21 ตัวอย่าง ได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 4.9-4.11

4.1.1 สัญญาลักษณ์ที่ใช้

1) F_T คือ กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้านบน

2) F_B คือ กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้านล่าง

3) F_{PVC} คือ กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการหล่อท่อ PVC

4) $F_{C,Cylinser}$ คือ กำลังอัดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานทรงกระบอก

5) $F_{C,Cube}$ คือ กำลังอัดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานทรงลูกบาศก์

6) $F_{core\ average}$ คือ กำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเฉลี่ยกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านบนและทิศทางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก

No.	Diameter (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)
1	14.700	12.687	169.717	467.890	281.028
2	15.050	12.647	177.895	463.760	265.743
3	14.800	12.612	172.034	460.040	272.592
4	15.000	12.768	176.715	464.370	267.869
5	14.700	12.591	169.717	461.350	277.100
6	14.800	12.611	172.034	465.550	275.857
7	14.700	12.658	169.717	465.250	279.443
				average	274.233

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานทรงลูกบาศก์

No.	Width (cm)	Length (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)
1	15.360	14.790	8.140	227.174	719.320	322.770
2	15.150	14.670	8.165	222.251	680.770	312.240
3	14.950	15.040	8.094	224.848	699.280	317.025
4	14.860	15.080	8.068	224.089	670.210	304.875
5	15.130	14.860	8.227	224.832	732.260	332.000
6	15.020	14.880	8.085	223.498	728.490	332.263
7	15.040	14.750	8.177	221.840	635.000	291.786
					average	316.137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ ในทิศทางด้านบนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)
1	4.500	4.500	4.500	0.329	15.904	29.480	188.949
2	4.500	4.500	4.500	0.331	15.904	33.140	212.407
3	4.470	4.500	4.485	0.327	15.798	30.680	197.957
4	4.500	4.500	4.500	0.338	15.904	35.780	229.328
5	4.500	4.530	4.515	0.333	16.011	33.170	211.189
6	4.500	4.500	4.500	0.332	15.904	31.350	200.934
7	4.500	4.500	4.500	0.335	15.904	30.320	194.332
						average	205.014

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ ในทิศทางด้านบนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)
1	6.700	6.700	6.700	1.093	35.257	76.580	221.415
2	6.700	6.700	6.700	1.069	35.257	77.530	224.162
3	6.700	6.700	6.700	1.081	35.257	75.430	218.090
4	6.700	6.700	6.700	1.079	35.257	77.470	223.988
5	6.700	6.760	6.730	1.082	35.573	78.980	226.323
6	6.700	6.700	6.700	1.142	35.257	74.340	214.938
7	6.670	6.760	6.715	1.180	35.415	75.920	218.527
						average	221.063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ ในทิศทางด้านบนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)
1	9.300	9.370	9.335	3.023	68.441	162.570	242.132
2	9.340	9.300	9.320	2.996	68.222	155.390	232.184
3	9.300	9.340	9.320	2.994	68.222	158.790	237.264
4	9.340	9.350	9.345	3.009	68.588	165.200	245.523
5	9.340	9.350	9.345	3.012	68.588	160.010	237.810
6	9.340	9.350	9.345	2.985	68.588	159.650	237.275
7	9.340	9.350	9.345	3.033	68.588	163.510	243.011
						average	239.314

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะ ในทิศทางด้านล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)
1	4.500	4.500	4.500	0.333	15.904	36.780	235.737
2	4.500	4.530	4.515	0.331	16.011	34.730	221.121
3	4.410	4.500	4.455	0.335	15.588	35.480	232.022
4	4.430	4.300	4.365	0.339	14.964	32.510	221.457
5	4.530	4.480	4.505	0.326	15.940	34.950	223.511
6	4.540	4.500	4.520	0.329	16.046	35.020	222.475
7	4.470	4.530	4.500	0.341	15.904	33.640	215.612
						average	224.562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ในทิศทางด้านล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)
1	6.700	6.700	6.700	1.084	35.257	82.320	238.011
2	6.700	6.640	6.670	1.218	34.942	84.840	247.508
3	6.700	6.770	6.735	1.173	35.626	82.390	235.744
4	6.700	6.700	6.700	1.179	35.257	80.980	234.137
5	6.750	6.740	6.745	1.174	35.732	82.260	234.675
6	6.700	6.750	6.725	1.171	35.520	83.530	239.717
7	6.700	6.700	6.700	1.079	35.257	81.530	235.727
						average	237.931

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบของกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ ในทิศทางด้านล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)
1	9.330	9.320	9.325	2.998	68.295	165.330	246.772
2	9.320	9.270	9.295	3.023	67.856	170.550	256.209
3	9.300	9.200	9.250	3.053	67.201	174.960	265.397
4	9.300	9.300	9.300	3.001	67.929	169.300	254.058
5	9.300	9.300	9.300	3.042	67.929	168.320	252.587
6	9.300	9.300	9.300	3.012	67.929	172.460	258.800
7	9.300	9.300	9.300	3.054	67.929	173.130	259.805
						average	256.232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)	Load เทียบเท่า (ksc)
1	5.400	5.350	5.375	0.530	22.691	75.950	341.202	238.384
2	5.380	5.320	5.350	0.547	22.480	80.020	362.854	253.511
3	5.340	5.350	5.345	0.545	22.438	77.440	351.812	245.797
4	5.630	5.240	5.435	0.540	23.200	75.800	333.051	232.689
5	5.300	5.350	5.325	0.539	22.270	83.610	382.701	267.378
6	5.330	5.360	5.345	0.528	22.438	74.320	337.638	235.894
7	5.330	5.360	5.345	0.541	22.438	76.110	345.770	241.575
						average	350.719	245.033

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อPVCที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)	Load เทียบเท่า (ksc)
1	8.100	8.160	8.130	2.052	51.912	199.230	391.214	264.870
2	8.200	8.160	8.180	2.090	52.553	198.160	384.371	260.236
3	8.100	8.200	8.150	2.021	52.168	185.450	362.370	245.341
4	8.130	8.180	8.155	2.092	52.232	190.430	371.645	251.621
5	8.200	8.130	8.165	2.056	52.360	196.240	382.047	258.663
6	8.150	8.160	8.155	2.027	52.232	187.180	365.302	247.326
7	8.150	8.160	8.155	2.038	52.232	192.690	376.056	254.607
						average	376.144	254.666

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อPVCที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว

No.	Diameter บน (cm)	Diameter ล่าง (cm)	Diameter เฉลี่ย (cm)	Weight (kg)	Area (cm^2)	Load (kN)	Load (ksc)	Load เทียบเท่า (ksc)
1	10.300	10.350	10.325	4.002	83.728	261.350	318.188	261.439
2	10.300	10.370	10.335	4.039	83.890	266.020	323.247	265.596
3	10.200	10.250	10.225	4.002	82.114	262.090	325.361	267.333
4	10.200	10.250	10.225	4.023	82.114	264.130	327.893	269.413
5	10.200	10.250	10.225	4.035	82.114	266.170	330.426	271.494
6	10.200	10.250	10.225	4.005	82.114	270.270	335.515	275.676
7	10.200	10.250	10.225	4.013	82.114	265.320	329.370	270.627
						average	328.635	268.797

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตเฉลี่ย

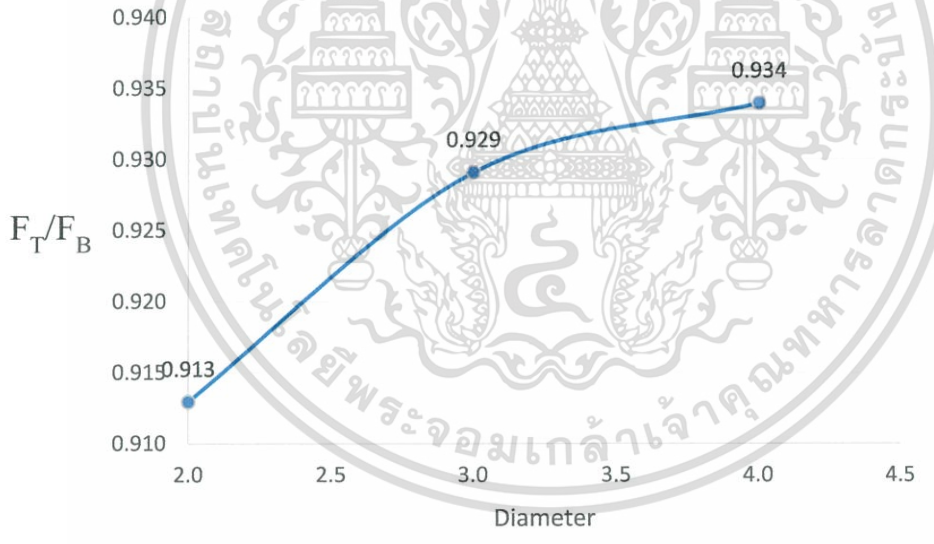
Type	Diameter (in)	Load (ksc)
เจาะ direction of top F_T	2	205.014
	3	221.063
	4	239.314
เจาะ direction of Bottom F_B	2	224.562
	3	237.931
	4	256.232
แบบหล่อที่มีขนาดเท่ากัน F_R	2	247.338
	3	259.077
	4	267.797
แบบมาตรฐาน F_C	Cylinder	274.233
	Cube	316.137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบกำลังอัด

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านบน กับการเจาะในทิศทางด้านล่าง

Diameter (in)	F_T (ksc)	F_B (ksc)	F_T / F_B
2	205.014	224.562	0.913
3	221.063	237.931	0.929
4	239.314	256.232	0.934



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่างในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

กราฟที่4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะด้านบนกับแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีต ด้านล่างในช่วงเส้นผ่าน

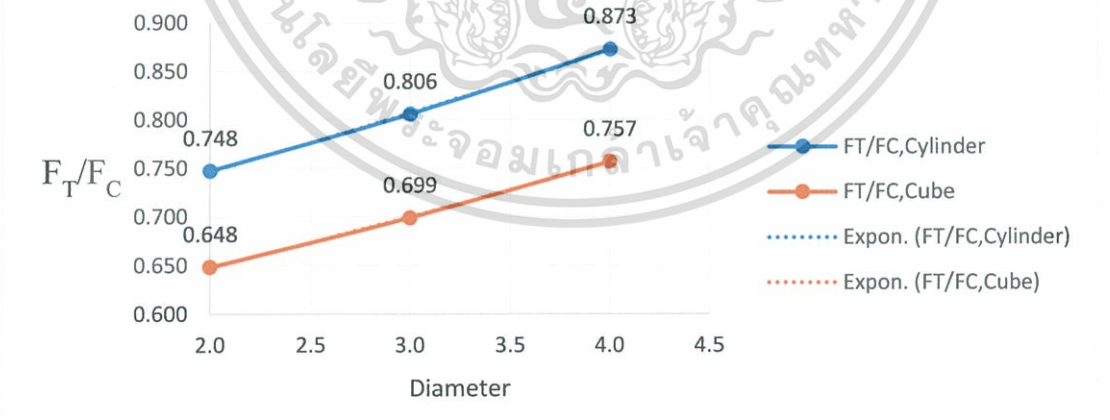
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์กลาง 2-4 in พบว่าเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตเพิ่มขึ้นจะพบว่าค่าผลต่างกำลังอัดของคอนกรีตจะลดลง

จากกราฟ4.1 ที่แนวโน้มของกราฟเป็นเช่นนั้นเพราะว่าเมื่อขนาดเส้นผ่านกลางของแท่งคอนกรีตเพิ่มขึ้นก็จะทำให้การที่เราจะเจาะลงให้ในแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่แล้วไปตัดหินก็มีโอกาสน้อยลงก็จะส่งผลให้แท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะนั้นมีหินที่เต็มอันและมีปริมาณมากเท่าที่ควรจะมีก็จะส่งผลให้ค่ากำลังอัดสูงขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเจาะ ในทิศทางด้านบนกับแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์

Diameter (in)	F_T (ksc)	$F_{C,Cylinder}$ (ksc)	$F_{C,Cube}$ (ksc)	$F_T/F_{C,Cylinder}$	$F_T/F_{C,Cube}$
2	205.014	274.233	316.137	0.748	0.648
3	221.063	274.233	316.137	0.806	0.699
4	239.314	274.233	316.137	0.873	0.757



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

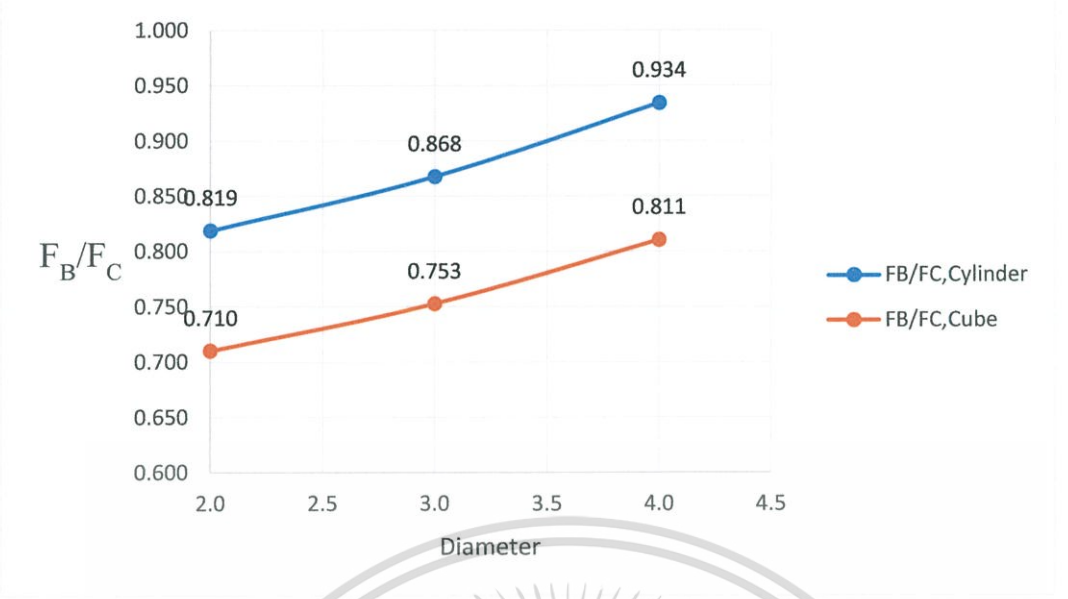
กราฟที่ 4.2 แสดงการเปรียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตในทิศทางด้านบนของแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ กับ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร และเทียบกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15×15×15 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตนั้น มีค่ากำลังอัดสูญหายโดยเฉลี่ยถึง 18.9% และ 29.8% ตามลำดับ

จากกราฟที่ 4.2 จะพบว่าในการเจาะแท่งคอนกรีตด้วยใบเจาะที่มีขนาดยิ่งเล็กนั้นเราอาจจะเจาะลงไปตัดกับหินที่อยู่ในคอนกรีตแล้วอาจทำให้แท่งตัวอย่างที่เราเจาะได้นั้นมีปริมาณหินที่น้อยกว่าหรือเล็กกว่าแท่งคอนกรีตทรงกระบอกหรือแท่งคอนกรีตทรงลูกบาศก์ที่หล่อในแบบมาตรฐานจึงส่งผลให้ค่ากำลังอัดนั้นสูญหายไป

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเจาะ ในทิศทางด้านล่างกับแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์

Diameter (in)	F_B (ksc)	$F_{C,Cylinder}$ (ksc)	$F_{C,Cube}$ (ksc)	$F_B/F_{C,Cylinder}$	$F_B/F_{C,Cube}$
2	224.562	274.233	316.137	0.819	0.710
3	237.931	274.233	316.137	0.868	0.753
4	256.232	274.233	316.137	0.934	0.811

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

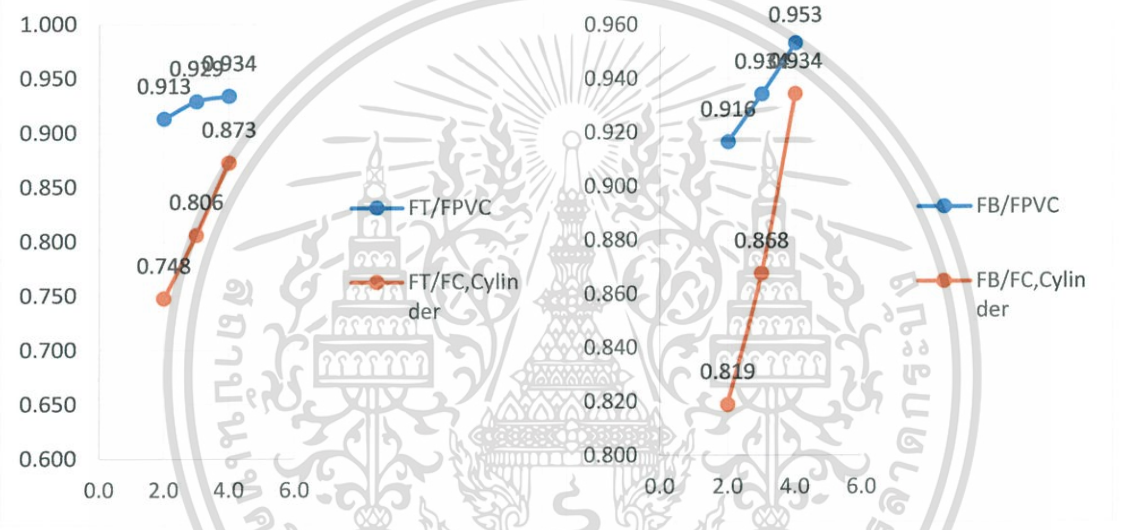
กราฟที่ 4.3แสดงการเปรียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตในทิศทางด้านล่างของแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ กับ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร และเทียบกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15×15×15 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตนั้น มีค่ากำลังอัดสูญหายโดยเฉลี่ยถึง 11% และ 24.2% ตามลำดับ

จากกราฟที่ 4.3 จะพบว่าในการเจาะแท่งคอนกรีตด้วยใบเจาะที่มีขนาดยิ่งเล็กนั้นเราอาจจะเจาะลงไปตัดกับหินที่อยู่ในคอนกรีตแล้วอาจทำให้แท่งตัวอย่างที่เราเจาะได้นั้นมีปริมาณหินที่น้อยกว่าหรือเล็กกว่าแท่งคอนกรีตทรงกระบอกหรือแท่งคอนกรีตทรงลูกบาศก์ที่หล่อในแบบมาตรฐานจึงส่งผลให้ค่ากำลังอัดนั้นสูญหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านบนและทิศทางด้านล่าง กับ แบบหล่อ PVC

Diameter (in)	F_T (ksc)	F_B (ksc)	F_{PVC} (ksc)	F_T/F_{PVC}	F_B/F_{PVC}
2	205.014	224.562	245.033	0.913	0.916
3	221.063	237.931	254.666	0.929	0.934
4	239.314	256.232	268.797	0.934	0.953



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบนและด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC และแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่องมาตารฐานทรงกระบอก ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

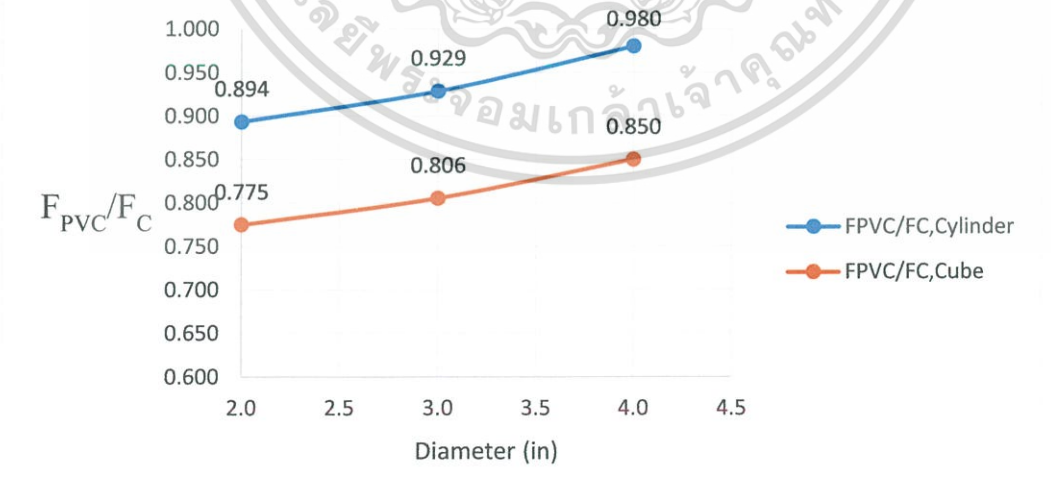
กราฟที่4.4กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการ เจาะกับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อที่ทำขึ้นเองในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-4 และเปรียบเทียบกับแท่งคอนกรีตที่ได้จากหล่อด้วยแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกด้วย ซึ่งการเปรียบเทียบกราฟนี้จะบอกถึงโน้มที่ว่าเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้นส่งผลให้ค่าอัตราส่วนกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบนและด้านล่างกับกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อจากท่อPVC เทียบกับแท่งคอนกรีตที่ได้จากหล่อด้วยแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกด้วย นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่4.4จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบนและด้านล่าง เปรียบกับกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อจากท่อPVC และเทียบกับแท่งคอนกรีตที่ได้จากหล่อด้วยแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง แต่เมื่อเทียบกับ อัตราส่วนกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่างกับกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อจากท่อPVC จะพบว่าในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 4นิ้ว ค่าอัตราส่วนกำลังอัดเพิ่มจากแท่งคอนกรีต 3 นิ้วไม่มาก เพราะปริมาณของหินบริเวณผิวบนของแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่มีน้อยกว่าเมื่อเราเจาะเก็บตัวอย่างมาทดกำลังอัดก็ส่งผลให้ค่ากำลังมีค่าสูงไม่เท่าแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะในทางด้านล่างของแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากแบบหล่อท่อ PVC กับ แบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์

Diameter (in)	F_{PVC} (ksc)	$F_{C,Cylinder}$ (ksc)	$F_{C,Cube}$ (ksc)	$F_{PVC}/F_{C,Cylinder}$	$F_{PVC}/F_{C,Cube}$
2	245.033	274.233	316.137	0.894	0.775
3	254.666	274.233	316.137	0.929	0.806
4	268.797	274.233	316.137	0.980	0.850



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อท่อ PVC กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

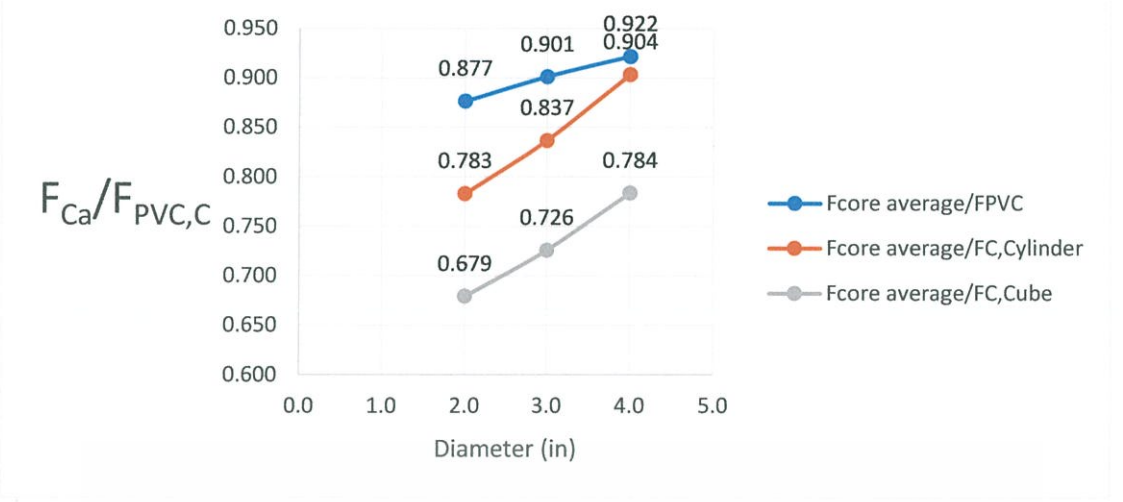
กราฟที่4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่หล่อในท่อ PVC ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว , 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว ตามลำดับ กับ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร และเทียบกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15×15×15 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตนั้น มีค่ากำลังอัดสูญหายโดยเฉลี่ยถึง 5.8% และ 18.37% ตามลำดับ

จากกราฟที่4.5 ที่ค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่หล่อในแท่ง PVC มีค่าน้อยกว่าค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบมาตรฐาน และน้อยกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงลูกบาศก์เพราะว่าส่วนหนึ่งน่าจะมาจากการฉลูดเพราะเนื่องจากหน้าตัดของท่อ PVC มีขนาดน้อยกว่าหน้าตัดของแบบหล่อทรงกระบอกมาตรฐาน และอีกส่วนหนึ่งเป็นเพราะว่าเราไม่สามารถกระทุ้งคอนกรีตในขณะหล่อได้เนื่องจากหน้าตัดของท่า PVC นั้นเล็กจึงอาจทำให้หินกระจายตัวไม่ครอบคลุมอาจส่งผลให้เกินรูพรุนเล็กน้อยจึงส่งผลให้ค่ากำลังอัดตกลงด้วย

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการเฉลี่ยของค่ากำลังอัดที่ได้จากแท่งเจาะคอนกรีตด้านบนกับแท่งเจาะด้านล่าง เทียบกับแท่งคอนกรีตจากแบบหล่อท่อ PVC แบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์

Diameter (in)	$F_{core\ average}$ (ksc)	F_{PVC} (ksc)	$F_{C,Cylinder}$ (ksc)	$F_{C,Cube}$ (ksc)	$F_{core\ average}/F_{PVC}$	$F_{core\ average}/F_{C,Cylinder}$	$F_{core\ average}/F_{C,Cube}$
2.0	214.788	245.033	274.233	316.137	0.877	0.783	0.679
3.0	229.497	254.666	274.233	316.137	0.901	0.837	0.726
4.0	247.773	268.797	274.233	316.137	0.922	0.904	0.784

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากเฉลี่ยของค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้านบนกับด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC แบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

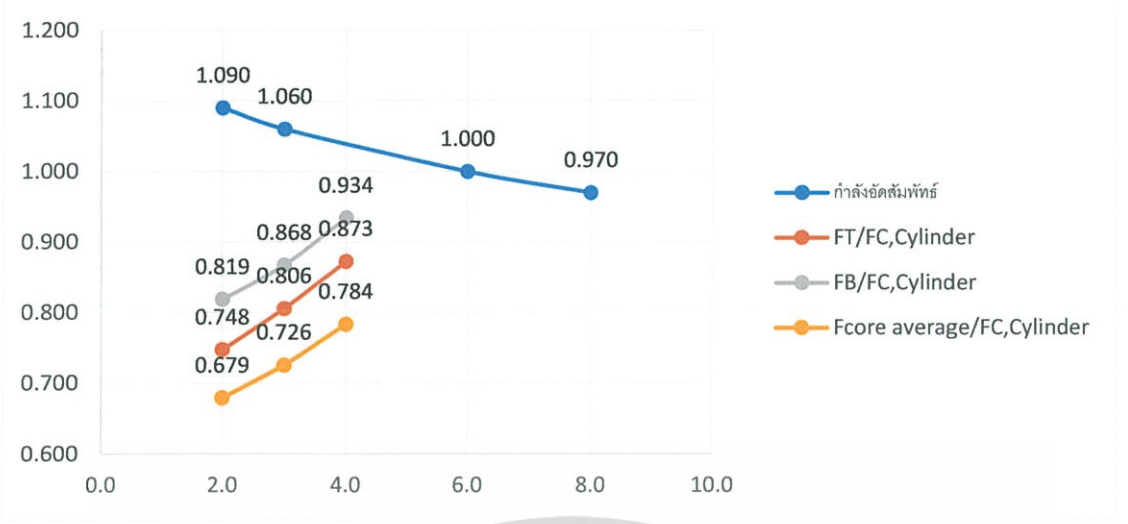
กราฟที่4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากเฉลี่ยของค่ากำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้านบนกับด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC แบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

ซึ่งเราจะสังเกตแนวโน้มค่าอัตราส่วนกำลังอัดที่ได้จากการเฉลี่ยยังคงมีแนวโน้มเช่นเดิมคือเมื่อค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นแนวโน้มค่าอัตราส่วนกำลังอัดก็เพิ่มขึ้นไปด้วย

ตารางที่ 4.19 ตารางแสดงค่ากำลังอัดสัมพัทธ์ และอัตราส่วนกำลังอัดระหว่างแท่งคอนกรีตที่ได้จากจากเจาะด้านบน ด้านล่าง และเฉลี่ย กับ แท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก

Diameter (in)	กำลังอัดสัมพัทธ์ %	กำลังอัดสัมพัทธ์	$F_T/F_{C,Cylinder}$	$F_B/F_{C,Cylinder}$	$F_{core\ average}/F_{C,Cylinder}$
2.0	109.000	1.090	0.748	0.819	0.783
3.0	106.000	1.060	0.806	0.868	0.837
5.0	100.000	1.000	0.873	0.934	0.904
8.0	97.000	0.970			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



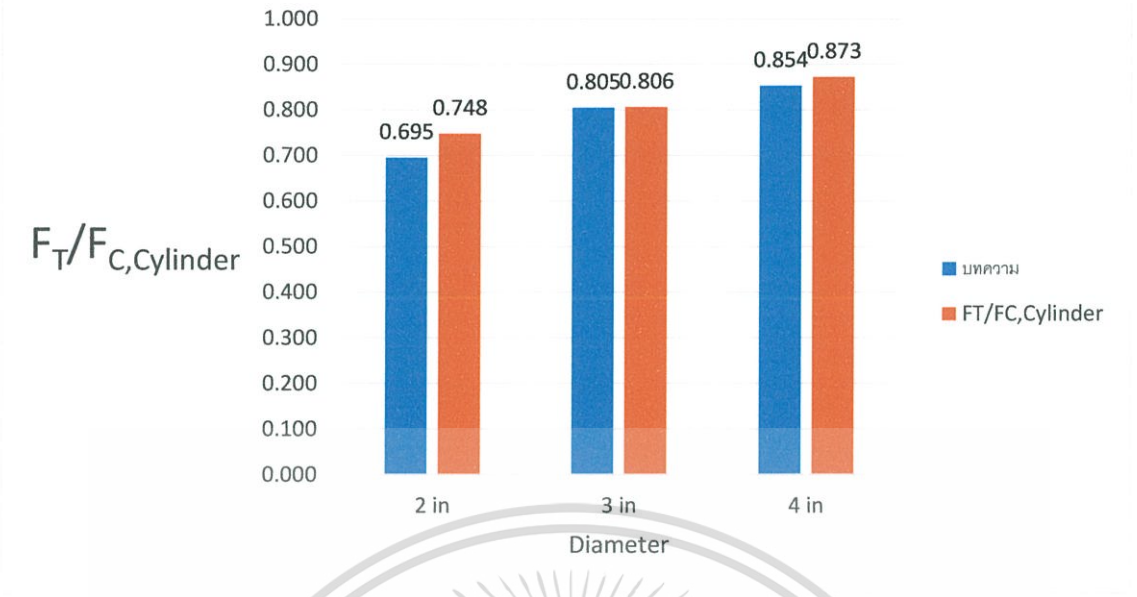
รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบค่าระหว่างอัตราส่วนกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน เปรียบเทียบกับ ค่ากำลังอัดสัมพัทธ์ตามบทความของ CPAC

กำลังอัดสัมพัทธ์ คือ เปอร์เซนต์ของอัตราส่วนระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตในแบบหล่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆที่อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง กับ กำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก

กราฟที่4.7 จากกราฟจะพบว่าค่าอัตราส่วนกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน มีแนวโน้มคนละทิศทางกับกราฟค่ากำลังอัดสัมพัทธ์ตามมาตรฐาน

กราฟที่4.7ที่กราฟออกมาลักษะขัดแย้งกันแบบนี้ อาจเป็นเพราะการคิดกำลังอัดของแท่ง PVC เมื่อจะนำมาเทียบกับแท่งที่ได้จากการเจาะจะต้องทำการแปลงค่ากำลังอัดให้อยู่ในหน้าตัดที่เท่ากับแท่งที่ได้จากการเจาะ เนื่องจากแท่งที่ได้จากการเจาะจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าความเป็นจริง เมื่อกลับไปดูตารางที่ 4.9-4.11 จะเห็นได้ว่า ค่ากำลังอัดยังพอมีแน้วโน้มไปในทางเดียวกันกันกับกำลังอัดสัมพัทธ์ในที่ว่า เมื่ออัตราส่วนความยาวกับเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดเพิ่มขึ้น จะทำให้กำลังอัดลดลง หรือสาเหตุอาจจะมาจากกาจำกัดเกี่ยวกับเครื่องมือทดสอบเนื่องจากกำลังที่ไม่เหมาะสมเท่าที่ควรดังตารางความสัมพันธ์ของกำลังแท่งคอนกรีต ต่อกำลังอัดของเครื่องมือทดสอบตามตารางที่ ผก.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงค่าอัตราส่วนกำลังอัดที่ได้จากการเจาะแท่งคอนกรีตด้านบน กับ แท่งคอนกรีตมาตรฐานทรงกระบอก ของผลทดสอบที่ได้ของบทความ และ ผลทดสอบที่ได้จากการทดสอบ

กราฟที่4.8 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าอัตราส่วนกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตในทิศด้านบนของแท่งคอนกรีตใหญ่ กับ แท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อด้วยแบบหล่อมาตรฐาน มาเทียบกับค่าอัตราส่วนกำลังอัดในบทความที่ได้ทำการเปรียบเทียบเช่นเดียวกัน ซึ่งผลที่ได้ออกมามีลักษณะแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันมาก

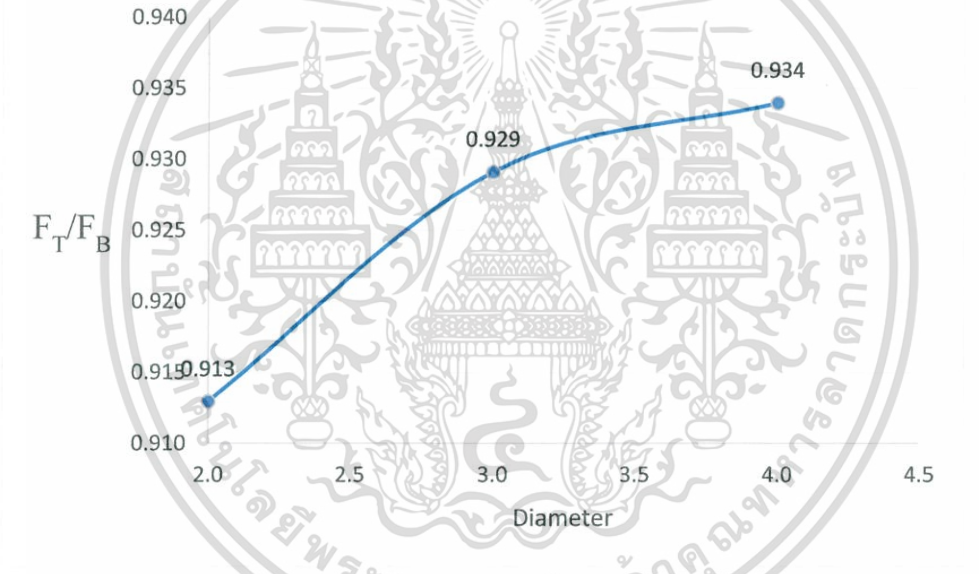
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปผลการทดสอบ

5.1 สรุปผล

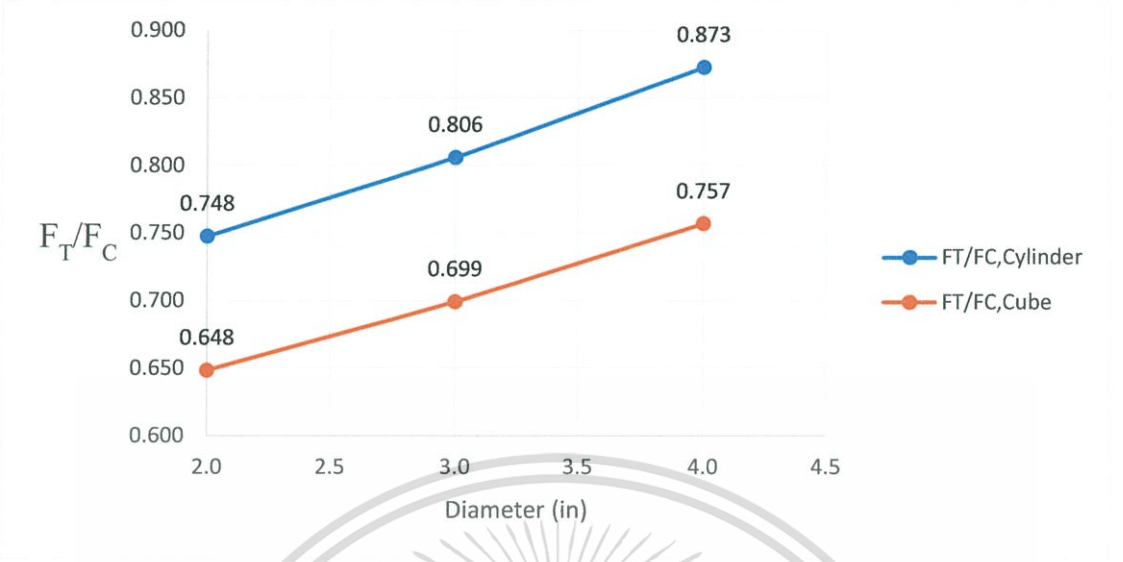
ในการศึกษาและเปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ได้จากตัวอย่างของคอนกรีตที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก แบบหล่อมาตรฐานทรงลูกบาศก์ แท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้วซึ่งเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตในแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่ และแท่งคอนกรีตที่หล่อด้วยท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้ว ที่มีการกำหนดค่าอัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 ซึ่งสรุปได้ดังนี้



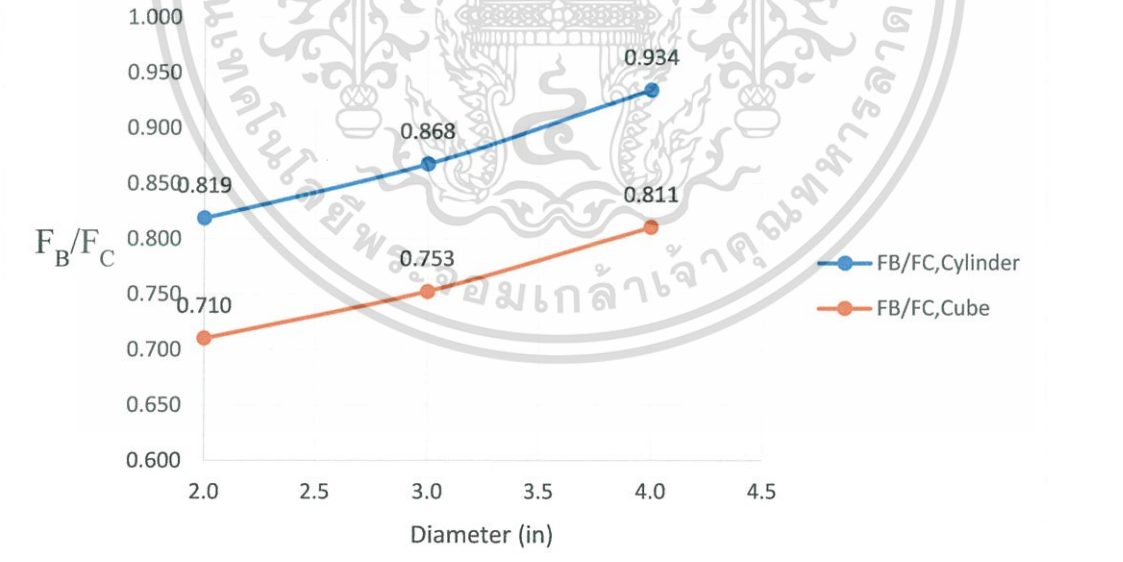
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่างในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

5.1.1 ทิศทางการเจาะมีผลต่อกำลังอัดคอนกรีต จากรูปที่ 5.1 จะเห็นได้ว่าทิศทางการเจาะทำให้กำลังอัดลดลง 9% 7% และ6% ในแท่งคอนกรีตที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว และ 4นิ้ว ตามลำดับ ในทิศทางการเจาะทางด้านบนเทียบกับทิศทางการเจาะทางด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



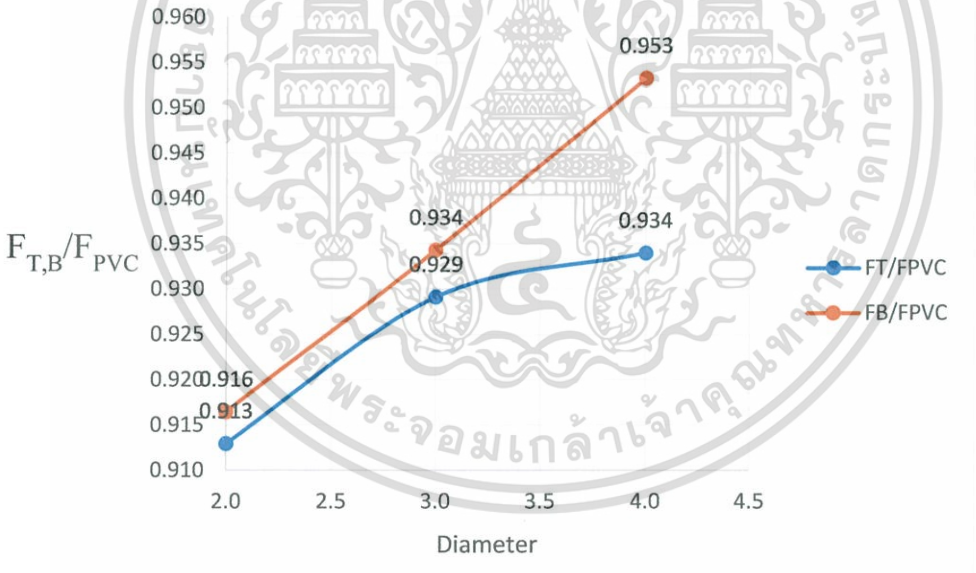
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบน กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ที่เงื่อนไขการบ่ม และ ระยะเวลาการบ่มเดียวกัน จากรูปที่ 5.2 กำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะ แตกต่างกับ กำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการหล่อจากแบบหล่อมาตรฐานทั้งทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์ ตามการทดสอบแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านบนมีอัตตราส่วนกำลังอัดเท่ากับ 75% 81% 87% ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้ว ตามลำดับเมื่อเทียบกับกำลังอัดของแท่งคอนกรีตจากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก มีอัตตราส่วนกำลังอัดเท่ากับ 71% 75% 81% ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้ว ตามลำดับเมื่อเทียบกับกำลังอัดของแท่งคอนกรีตจากแบบหล่อมาตรฐานทรงลูกบาศก์ และ การทดสอบแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะในทิศทางด้านล่างมีอัตตราส่วนกำลังอัดเท่ากับ 82% 87% 93%ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4 นิ้ว ตามลำดับเมื่อเทียบกับกำลังอัดของแท่งคอนกรีตจากแบบหล่อมาตรฐานทรงกระบอก มีอัตตราส่วนกำลังอัดเท่ากับ 71% 75% 81% ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้ว ตามลำดับเมื่อเทียบกับกำลังอัดของแท่งคอนกรีตจากแบบหล่อมาตรฐานทรงลูกบาศก์



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนกำลังอัดแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตทางด้านบนและด้านล่าง กับแท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC ในช่วงเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 กรรมวิธีในการนำคอนกรีตไปทดสอบกำลังอัดที่แตกต่างกัน มีผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีต จากการทดสอบพบว่าจากการเจาะด้านบนกับหล่อในPVC นั้น ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้านบนมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังของแท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อPVC 16.3% 13.2% และ 11% ที่เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้ว ตามลำดับ และเมื่อเทียบจากการเจาะด้านล่างกับหล่อในPVC พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้านล่างมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังของแท่งคอนกรีตที่หล่อในท่อPVC 8.4% 6.6% ที่เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 นิ้ว 3 นิ้ว 4นิ้ว ตามลำดับ

รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบค่าระหว่างอัตราส่วนกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะด้วยเครื่องเจาะคอนกรีตกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อในแบบหล่อมาตรฐาน เปรียบเทียบกับ ค่ากำลังอัดสัมพัทธ์ตามบทความของ CPAC

5.1.4 เมื่อนำกราฟที่ทดลองได้ไปเทียบกับกราฟกำลังอัดสัมพัทธ์ พบว่า แนวโน้มของกราฟนั้นมีค่าต่างกัน จากรูปที่ 5.5 จะเห็นได้ว่าผลจากการทดสอบ เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น อัตราส่วนกำลังอัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะเทียบกับแท่งคอนกรีตที่ได้จะแบบหล่อมาตรฐาน กราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งต่างกันกับกำลังอัดสัมพัทธ์ เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น กราฟจะมีแนวโน้มที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรจะนำปัจจัยของอัตราส่วนความยาวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง มาเพิ่มในการทดสอบ เนื่องจากเวลาเราทำการเจาะคอนกรีตชิ้นส่วนของโครงสร้างแต่ละประเภท อาทิ พื้น เสา คาน นั้นมีความหนาชิ้นส่วนไม่เท่ากัน ส่งผลได้แท่งคอนกรีตที่มีอัตราส่วนความยาวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ต่างกันด้วย

5.2.2 ควรจะเพิ่มปัจจัยของค่าความแข็งแรงของคอนกรีตเข้ามาเพิ่มในด้านของค่าความแข็งแรงคอนกรีตที่สูง และ ค่าความแข็งแรงคอนกรีตกำลังต่ำ เพื่อที่จะสามารถมาสร้างกราฟ ทำนายว่าที่คอนกรีตค่ากำลังอัดต่างๆ ค่าอัตราส่วนความยาวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ นั้นเมื่อนำมาทดสอบกำลังอัดแล้วมีค่าเท่าไร

5.2.3 ควรจะใช้เครื่องทดสอบกำลังอัดที่มีค่า Capacity ของเครื่องที่มีค่าใกล้เคียงกำลังอัดของตังอย่างคอนกรีตที่ใช้ทดสอบ

5.2.4 ในการผสมคอนกรีต ควรจะมีการควบคุมให้ได้อยู่ในโม้เดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

บริษัท ฟีเนสส์ ซอยล์ เทสติ้ง จำกัด. (ม.ป.ป). **ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วยวิธี เจาะ Test.** [Online].Available : http://www.finessesoil.co.th/2015/website/dashboard/works_view/10.

ธวัชชัย ประโยชน์สลิด, อดินทร์เดชา ปรีทรัพย์, บัญชา ชูหนองทอน, อาทิตย์ เจริญวัย, เสริมศักดิ์ พลีใส. (17 ม.ค. 2557). **กำลังคอนกรีต**. [Online].Available : http://sungkomonline.com/file/Webboard_ans.php?webID=11&pageID=3&questionID=15#.

ชัชวาล ไชยโอชะ, ยุทธนา ชนวัฒน์, อัจฉราวณี จินตกานนท์, อรพรรณ อัศวินนิมิตกุล, กาญจนา รักษ์ศรีทอง, สุนิดา เชาวน์เกษม, หทัยชนก ผดุงกุล. (ม.ป.ป). **ชนิดและคุณสมบัติของปูนซีเมนต์.** [Online].Available : http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=24&chap=6&page=t24-6-infodetail04.html

Punravee kongboontiam. (n.d.). **Concrete technology**. [Online].Available : http://www.faed.mju.ac.th/staff/punravee/attachments/article/29/02%20Concrete%20Mixed%20Design.pdf

School of Civil Engineering Institute of Industrial Technology Suranaree University of Technology. (n.d.). **CONCRETE TECHNOLOGY LABORATORY**. [Online].Available : http://www.sut.ac.th/engineering/Civil/CourseOnline/430311/C72_Casting.htm

American Society for Testing and Materials, **ASTM C42/C42M-99: Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beam of Concrete**, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.02, Philadelphia, 25-28.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, **มอก. 409: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีทดสอบความต้านทานแรงอัดแท่งคอนกรีต**, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2525

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

American Society for Testing and Materials, **ASTM C31/C31M-00: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field**, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.02, Philadelphia, 5-9.

American Society for Testing and Materials, **ASTM C172-99: Standard Practice for Freshly Mixed Concrete, Annual Book of ASTM Standards**, 2001, Vol. 04.02, Philadelphia, 106-108.

Cement and application. (n.d.). **กำลังอัดของคอนกรีต.** [Online].Available : http://cement.scg.co.th/pdf/th/07_knowledge_base/01_article/lesson_15.pdf

Ali ERGÜN1, Gökhan KÜRKLÜ1. (19.03.2012). **Assessing the Relationship between the Compressive Strength of Concrete Cores and Molded Specimens,** 2012, Turkey.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เกี่ยวกับภาคผนวก

มาตรฐานการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การสำรวจด้วยตาเปล่า (Visual Inspection)

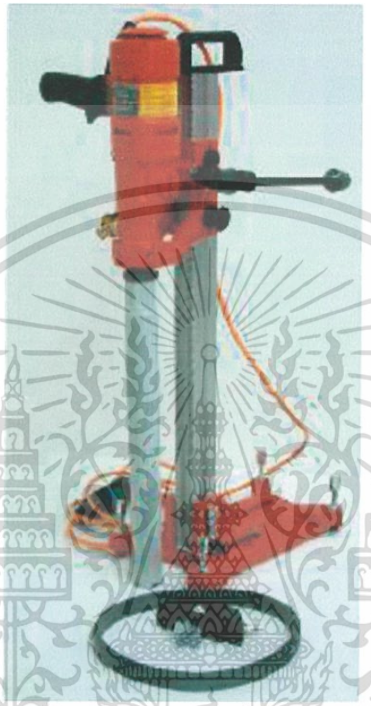
การสำรวจด้วยตาเปล่า (Visual Inspection)เป็นการสำรวจทางกายภาพด้วยสายตา เพื่อตรวจสอบสภาพการชำรุดและการประเมินโครงสร้าง ดำเนินการโดยวิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ การสำรวจทางกายภาพด้วยสายตานี้ถือเป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในการตรวจสอบโครงสร้าง เนื่องจากความเสียหายส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างจะสามารถมองเห็นได้ ดังนั้นการสำรวจทางกายภาพด้วยสายตาจึงสามารถบอกได้ถึงข้อมูลสำคัญต่าง ๆ เช่น คุณภาพของการก่อสร้าง สภาพการใช้งาน การเสื่อมสภาพของวัสดุ รูปแบบของการแตกร้าว รวมถึงการชำรุดของชิ้นส่วนโครงสร้าง เป็นต้น และบอกได้ถึงระดับความรุนแรงของความเสียหาย นอกจากนี้ยังช่วยในการตั้งสมมุติฐานสาเหตุของความเสียหายได้

รูปที่ ผก.1 การตรวจสอบการเสียหาเบื้องต้นของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบหากำลังอัดประลัยคอนกรีต (Compressive Strength Test)

2.1 การทดสอบหากำลังอัดประลัยคอนกรีตโดยการกดแท่งคอนกรีตตัวอย่าง (Determination of Compressive Strength Test from drilled core sampling)



รูปที่ ผก.2 ลักษณะเครื่องมือทดสอบ

หลักการทดสอบ

การทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตจะทำการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต จากส่วนโครงสร้างด้วยเครื่องเจาะระบบ Rotary หัวเจาะ Diamond Core bit แท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะจะถูกนำมาตัด ให้อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2:1 ก่อนนำส่งไปทดสอบหาค่ากำลังอัดสูงสุด (Max. Compressive Strength) ด้วยเครื่อง Compression Machine ของห้องปฏิบัติการของสถาบันที่เป็นที่ยอมรับเชื่อถือต่อไป

มาตรฐานการทดสอบ

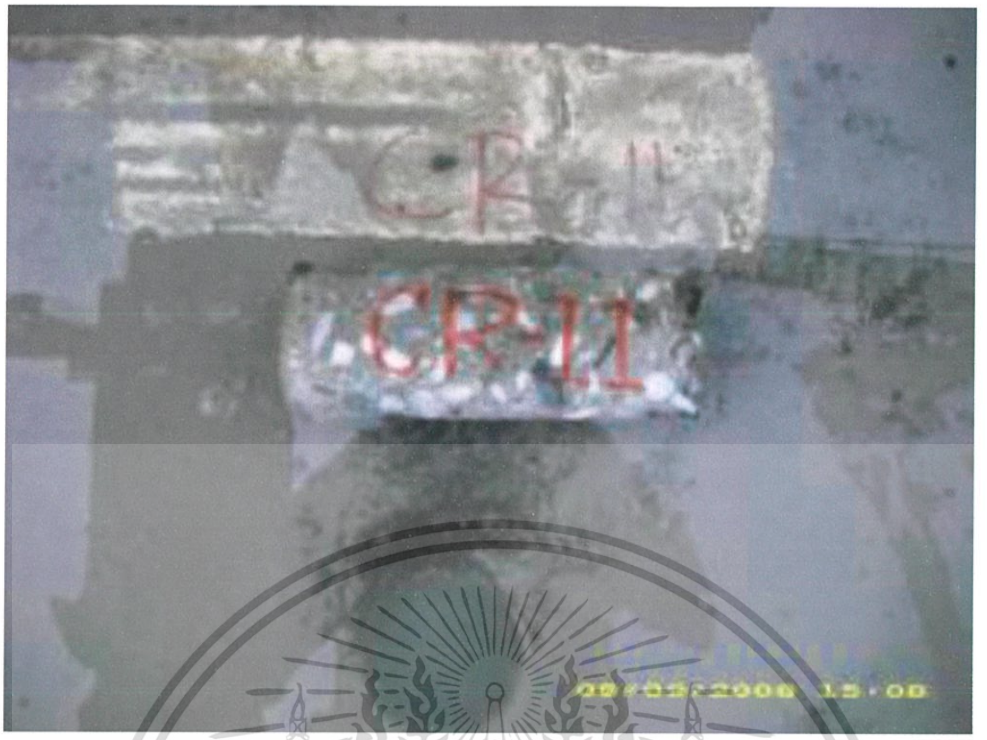
การทดสอบหาค่ากำลังอัดสูงสุดด้วยการเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีต (เจาะ) เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C42/C42M “Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผก.3 การเก็บตัวอย่างคานคอนกรีตโดยวิธีเจาะ

รูปที่ ผก.4 การเก็บตัวอย่างพื้นคอนกรีตโดยวิธีเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผก.5 แท่งตัวอย่างคอนกรีตโดยวิธีเจาะ

รูปที่ ผก.6 แท่งตัวอย่างคอนกรีตโดยวิธีเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

การควบคุมคุณภาพคอนกรีตสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะทำในรูปของการชักตัวอย่างคอนรีตสดมาทำก้อนตัวอย่าง โดยถือว่ากำลังของคอนกรีตตัวอย่างเป็นตัวแทนของคอนกรีตที่หล่อเป็นโครงสร้าง ดังนั้นจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตต่อไปนี้

รูปร่างและขนาดของคอนกรีตตัวอย่าง

การใช้แท่งคอนกรีตที่ต่างรูปร่างและขนาดกัน จะมีผลทำให้ค่ากำลังอัดของคอนกรีตเกิดความแตกต่างกันด้วย ดังแสดงใน ตาราง

ตารางที่ ผก.1 แสดงความสัมพันธ์ของรูปร่างและกำลังอัดสัมพัทธ์ของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก (บทความของ CPAC)

ขนาด(เซนติเมตร)		กำลังอัดสัมพัทธ์ (%)
เส้นผ่านศูนย์กลาง	ความสูง	
5	10	109
7.5	15	106
15	30	100
20	40	97
30	40	97
45	90	87
60	120	84
90	180	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก.2 แสดงความสัมพันธ์ของรูปร่างและกำลังอัดสัมพัทธ์ของตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ (บทความของ CPAC)

ขนาด (เซนติเมตร)	กำลังอัดสัมพัทธ์ %
7.5	106
10	104
15	100
20	95
25	92

นอกจากนี้ อัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างทดสอบคอนกรีต จะมีผลต่อกำลังของคอนกรีตเช่นกัน ดังแสดงใน ตาราง ผก.3

ตารางที่ ผก.3 แสดงค่าปรับแก้ของกำลังอัดเนื่องจากผลของอัตราส่วนความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกตาม (มอก.409)

อัตราส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D)	ค่าปรับแก้ของกำลังอัด
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ต้องการปรับกาลังของคอนกรีตที่เจาะมาจากสนามมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10.0 ซม. สูง 15.0 ซม. ที่ทดสอบกาลังอัดได้เท่ากับ 230 กก/ซม^2 ให้เป็นกาลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.

วิธีทำ

1. จากรูปที่ 2 เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 ซม. ตัวปรับแก้เท่ากับ 1.04

2. ดังนั้นกาลังของคอนกรีตที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 150 มม. = 230/1.04 = 221.2 กก/ซม^2

3. จากตารางที่ 1 เมื่อ H/D = 1.5 ตัวคูณสาหรับปรับค่ากาลังเท่ากับ 0.97 [ตาม มอก. 409]

4. ดังนั้นกาลังอัดของคอนกรีตที่ปรับแล้ว = 221.2 x 0.97 = 214.6 กก/ซม2 นั่น คือคอนกรีตที่ได้จากการเจาะในตัวอย่างนี้ควรมีกาลังอัดประมาณ 214.6 กก/ซม2 เมื่อเทียบเป็นคอนกรีตมาตรฐานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. มีความสูง 30 ซม.

เครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต

รูปที่ ผก.7 ลักษณะของเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผก.8 รายละเอียดของเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต

ตารางที่ ผก.4 แสดงความสัมพันธ์ของกำลังแท่งคอนกรีต ต่อกำลังอัดของเครื่องมือทดสอบที่มีค่า Capacity เท่ากับ 2000 kN

Type	แท่งคนกรีตที่ได้จากการเจาะทางด้านบน			แท่งคอนกรีตที่ได้จากการเจาะทางด้านล่าง			แท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อ PVC			แท่งคอนกรีตที่ได้จากแบบหล่อมาตรฐาน	
	2 in	3 in	4 in	2 in	3 in	4 in	2 in	3 in	4 in	ทรงกระบอก	ทรงลูกบาศก์
%	1.599	3.830	8.037	1.737	4.128	8.529	2.712	6.526	10.889	23.202	34.752

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้