สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาถึงปัจจัยของขนาดและชนิดของหินที่มีผลต่อคลื่นอัลตราโซนิกในคอนกรีต

STUDYING ON TYPE AND SIZE OF ROCK EFFECTING TO ULTRASONIC WAVE IN CONCRETE

โดย

นายจตุวัฒน์ พรหมบุญ

นายศุภชัย เจนสถาพร

นายสรรเพชญ ทองกลับ

วิทย
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62623
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

b 11627153
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDYING ON TYPE AND SIZE OF ROCK EFFECTING TO ULTRASONIC WAVE IN CONCRETE

MR.JATUWAT PORMBUN
MR.SUPACHAI CHENESATAPORN
MR.SUNPET THONGKLUB

A SPACIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาถึงปัจจัยของขนาดและชนิดของหินที่มีผลต่อคลื่นอัลตราโซนิกในคอนกรีต

— STUDYING ON TYPE AND SIZE OF ROCK EFFECTING TO ULTRASONIC WAVE IN CONCRETE

นักศึกษา นายจตุวัฒน์ พรหมบุญ รหัสประจำตัว 45010090

นายศุภชัย เจนสถาพร รหัสประจำตัว 45010778

นายสรรเพชญ ทองกลับ รหัสประจำตัว 45010803

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สุพจน์ ศรีนิล

ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.สุพจน์ ศรีนิล ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร ผศ.ดร.สกุล ห่อวโนทยาน อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว ดร.อุมา สืบุญเรือง	

ภาควิชาวิศกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาถึงปัจจัยของขนาดและชนิดของหินที่มีผลต่อคลื่นอัลตราโซนิกในคอนกรีต STUDYING ONTYPE AND SIZE OF ROCK EFFECTING TO ULTRASONIC WAVE IN CONCRETE
นักศึกษา	นายจตุวัฒน์ พรหมบุญ
	นายศุภชัย เจนสถาพร
	นายสรรเพชญ ทองกลับ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สุพจน์ ศรีนิล
	ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2548

บทคัดย่อ

การประเมินค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโครงสร้างที่ใช้งานแล้วมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อใช้ในการประเมินสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารคลื่นอัลตราโซนิก และชนิดท์แฮมเมอร์เป็นวิธีการที่ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินกำลังรับแรงอัดและคุณภาพของคอนกรีตอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามคอนกรีตมีการใช้วัตถุดิบที่หลากหลายกัน หินที่ใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตก็มีหลายขนาดและหลากหลายชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าขนาดหินและชนิดหินที่แตกต่างกันมีผลต่อคลื่นอัลตราโซนิกในคอนกรีตและค่าการสะท้อนกลับของชมิดท์แฮมเมอร์อย่างไร โดยทำการออกแบบคอนกรีตกำลังรับแรงอัด 200 – 400 ksc สำหรับหินขนาด 3/8" 3/4" และ 1" และใช้หินปูนและหินบะซอลต์เป็นส่วนผสม รวมเป็น 18 ส่วนผสม ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก 10 ตัวอย่างสำหรับแต่ละส่วนผสม แล้วทำการทดสอบด้วย คลื่นอัลตราโซนิกและชมิดท์แฮมเมอร์เมื่อคอนกรีตทำการบ่มอายุได้ 3 วัน 7 วัน และ 28วัน และทดสอบแบบทำลายเมื่อคอนกรีตอายุได้ 28 วัน

จากการวิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอย (R^2) พบว่าค่า R^2 สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหินกับวิธีอัลตราโซนิกและชมิดแฮมเมอร์เท่ากับ -0.73 และ 0.09 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสำหรับความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของหินกับวิธีอัลตราโซนิกและชมิดแฮมเมอร์เท่ากับ 0.05 และ -0.22 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าขนาดของหินมีแปรผกผันกับความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกแต่ไม่มีผลต่อค่าของชมิดท์แฮมร์ เนื่องจากคลื่นเดินทางผ่านหินเล็กจะเปลี่ยนตัวกลางหลายครั้งกว่าการคลื่นที่ผ่านหินใหญ่จึงเดินทางด้วยความเร็วต่ำกว่า และชนิดของหินไม่มีผลต่อผลที่ทดสอบได้ด้วยคลื่นอัลตราโซนิกและชมิดท์แฮมเมอร์สำหรับคอนกรีตกำลังรับแรงอัด 200 - 400 ksc. เนื่องจากคอนกรีตกำลังรับแรงอัดในช่วงนี้กำลังจะขึ้นอยู่กับกำลังรับแรงอัดของซีเมนเพสต์เป็นหลัก ดังนั้นการประเมินกำลังรับแรงอัดด้วยชมิดท์แฮมเมอร์สำหรับคอนกรีตกำลังในช่วงนี้จึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงชนิดและขนาดของหินที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : STUDYING ONTYPE AND SIZE OF ROCK
EFFECTING TO ULTRASONIC WAVE IN CONCRETE
Name : MR.JATUWAT PORMBUN
MR.SUPACHAI CHENESATAPORN
MR.SUNPET THONGKLUB
Field : CIVIL ENGINEERING
Department : CIVIL ENGINEERING
Faculty : ENGINEERING
Advisor : ASST.PROF. SUPOJ SRINIL
: ASST.PROF. LEAMTHONG LAOKHONGTHAVORN

ABSTRACT

Estimating concrete compressive strength of existing structure is so crucial to evaluate stability of structure. Ultrasonic testing and schmidt hammer testing are the method pervasively used to estimate concrete compressive strength and quality. However concrete consists of vary raw materials. Coarse aggregate in mix proportion is also vary in size and type. Hence this research aims to study how sizes and kinds of coarse aggregate effect to ultrasonic wave in concrete and rebound number. Concrete mixed design of 200-400 ksc compressive strength with 3/8",3/4", and 1" size of lime stone and basalt coarse aggregate were designed, totally 18 mixed designs. Ten cylindrical specimens were made and tested with ultrasonic test and schmidt test for 3 days, 7 days and 28 days curing age concrete, and with destructive test for 28 days age concrete.

The relationship between aggregate size and ultrasonic wave velocity, and those of aggregate size and schmidt rebound number showed the multiple regression coefficient , R^2, as 0.73 and 0.09. The larger size of aggregate used, the higher value of wave velocity was depicted. There was insignificantly relationship between aggregate size. R^2 of the relationship between aggregate type and ultrasonic wave velocity, and these of aggregate type and Schmidt rebound number, presented as 0.05 and 0.22. The value of these were unaffected by aggregate type, especially for 200-400 ksc of concrete samples.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This research revealed that aggregate type was not a main factor which control the 200-400 ksc of concrete compressive strength, cement paste seem to play key role on these value. Thus, approximated value of the 200-400 ksc concrete compressive strength determined by Schmidt hammer, was unaffected by aggregate type and size.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีคำกล่าวใดที่จะสามารถใช้บ่งบอกถึงความกรุณาและความอนุเคราะห์ของท่านอาจย์แหลมทอง เหล่าดงถาวร อาจารย์ที่ปรึษาโครงงานพิเศษนี้ ซึ่งตลอดระยะเวลาของการศึกษานี้ท่านได้ให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางในการศึกษาโครงงานพิเศษนี้ อีกทั้งท่านยังได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งของท่านทั้งเวลาราชการและเวลานอกราชการ เพื่อให้ความดูแลแก่ผู้จัดทำโครงงานอย่างใกล้ชิด รวมถึงดูแลความเรียบร้อยของปริญญานิพนธ์นี้ให้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์สุพจน์ ศรีนิล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงงานพิเศษ อีกทั้ง อาจารย์สกุล ห่อวโนทยาน อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว อาจารย์อุมา ศรีบุญเรือง คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษที่ได้ให้ชี้แนะและคำสั่งสอนที่มีประโยชน์อย่างมากมายในทุก ๆ เรื่อง

ขอขอบคุณ นายนัฏพล วัฒนมั่นคง,นายบัญชา อุกทยารักษ์,นายจรัญ รักพันธ์, นายทัศนัย เชาวลิดประพันธ์ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ รวมถึงให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือด้านแรงงานในช่วงการหล่อตัวอย่างคอนกรีตทดสอบ อีกทั้งเครื่องมือในการทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้จะขาดเสียมิได้สำหรับคำขอบคุณแด่บุพการีของผู้จัดทำโครงงาน ตั้งแต่การสั่งสอน การอบรมเลี้ยงดู จนทำให้ผู้ทำโครงงานมีทุกวันนี้ได้ จนถึงความช่วยหลือที่ท่านมีในระหว่างการทำโครงงานทั้งเป็นกำลังใจและกำลังทุนทรัพย์ รวมทั้งความรักความเป็นห่วงที่มีให้แก่บุตรเสมอมา

นายจตุวัฒน์ พรหมบุญ
นายศุภชัย เจนถาพร
นายสรรเพชญ ทองกลับ
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน(ภาษาไทย)	ก
	ปกใน(ภาษอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	ง
	บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ฌ
	สารบัญตาราง	ฐ
	สารบัญรูป	ฒ
1	**บทนำ**	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
	1.4. ขอบเขตการศึกษา	3
	1.5. วิธีการศึกษา	3
2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	
	2.1. กล่าวนำ	5
	2.2. หิน	5
	2.2.1. หินตะกอนหรือหินชั้น	5
	2.2.2. หินอัคคนี	5
	2.3. คลื่นอัลตราโซนิก	6
	2.3.1. หลักการของคลื่นอัลตราโซนิก	6
	2.3.2. คุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิก	6
	2.3.3. การกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.3.4. ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วคลื่นเสียงในคอนกรีต	7
	2.4. เครื่องมือพันดิท	8
	2.4.1. เครื่องมือพันดิท	8
	2.4.2. ส่วนประกอบหลัก	8
	2.5. เครื่องชมิดท์แฮมเมอร์	9
	2.5.1. เครื่องชมิดท์แฮมเมอร์	9
	2.5.2. หลักการของเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์	9
3	การดำเนินการศึกษา	
	3.1. กล่าวนำ	10
	3.2. การหาแหล่งหิน	10
	3.3. ข้อกำหนดและค่าคุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุผสมคอนกรีต	11
	3.4. ผลการทดสอบวัสดุผสมคอนกรีต	12
	3.5. การออกแบบส่วนผสมคอนรีต	13
	3.6. การผสมตัวอย่างคอนกรีต	14
	3.7. การทดสอบ	14
	3.7.1. ขั้นตอนก่อนการผสมคอนกรีต	14
	3.7.2. ขั้นตอนการทดสอบ	14
	3.7.2.1. การทดสอบโดยใช้เครื่องมือพันดิท	15
	3.7.2.1.1. การ Calibrate	15
	3.7.2.1.2. การทดสอบด้วยเครื่องมือพันดิท	15
	3.7.2.1.3. การทดสอบโดยเครื่องมือชมิดแฮมเมอร์	15
	3.7.2.1.4. การทดสอบดดยเครื่องมือกดคอนกรีต	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
4	**ผลการศึกษาและการวิเคราะห์**	
	4.1. ผลการศึกษาและวิเคาะห์ความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนรีตโดยเครื่องมือพันดิท	17
	4.1.1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับอายุของตัวอย่างคอนกรีต	17
	4.1.2. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับขนาดของหิน	18
	4.1.3. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับชนิดของหิน	19
	4.1.4. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	19
	4.2. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์กำลังของคอนกรีตโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์	21
	4.2.1. ผลการศึกษาและวิเคราะหห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับขนาดของหิน	21
	4.2.2. ผลการศึกษาและวิเคราะหห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับชนิดของหิน	22
	4.2.3. ผลการศึกษาและวิเคราะหห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	22
	4.3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	26
	4.3.1. การกรองข้อมูลชนิดหิน	26
	4.3.2. การกรอกข้อมูลขนาดหิน	26
	4.4. ผลการวิเคราะห์ทางข้อมูลทางสถิติ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
5	**สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ**	
	5.1. สรุปผลการศึกษาโดเครื่องมือพันดิท	30
	5.2. ข้อเสนอแนะ	31
	บรรณานุกรม	
	ภาคผนวก ก	
	ภาคผนวก ข	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1.	แสดงข้อกำหนดและมาตราฐานในการทดสอบวัสดุ	11
3.2.	แสดงผลการทดสอบวัสดุผสมคอนกรีต	12
3.3.	ปริมาตรส่วนผสมคอนกรีตต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร	13
4.1.	การกรอกข้อมูลให้กับการวิเคราะห์ด้วยสถิติ	28
4.2.	แสดงการคำนวณผลการทอลองทางสถิติ	29
ผ.ข.1.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc	ผข2
ผ.ข.2.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข3
ผ.ข.3.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข3
ผ.ข.4.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข4
ผ.ข.5.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข4
ผ.ข.6.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข5
ผ.ข.7.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข5
ผ.ข.8.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข6
ผ.ข.9.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข6
ผ.ข.10.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข7
ผ.ข.11.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ300 ksc.	ผข7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.12.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข8
ผ.ข.13.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข8
ผ.ข.14.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วันกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข9
ผ.ข.15.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วันกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข9
ผ.ข.16.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วันกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข10
ผ.ข.17.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข10
ผ.ข.18.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข11
ผ.ข.19.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc	ผข11
ผ.ข.20.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วันกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข12
ผ.ข.21.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข12
ผ.ข.22.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข13
ผ.ข.23.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข13
ผ.ข.24.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.25.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข14
ผ.ข.26.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข15
ผ.ข.27.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข15
ผ.ข.28.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข16
ผ.ข.29.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข16
ผ.ข.30.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข17
ผ.ข.31.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc	ผข17
ผ.ข.32.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข18
ผ.ข.33.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข18
ผ.ข.34.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc. .	ผข19
ผ.ข.35.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข19
ผ.ข.36.	ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข20
ผ.ข.37.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.38.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข22
ผ.ข.39.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข22
ผ.ข.40.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข23
ผ.ข.41.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc	ผข23
ผ.ข.42.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข24
ผ.ข.43.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc	ผข24
ผ.ข.44.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข25
ผ.ข.45.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข25
ผ.ข.46.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข26
ผ.ข.47.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข26
ผ.ข.48.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข27
ผ.ข.49.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข27
ผ.ข.50.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.51.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข28
ผ.ข.52.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข29
ผ.ข.53.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข29
ผ.ข.54.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิท ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข30
ผ.ข.55.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข31
ผ.ข.56.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข32
ผ.ข.57.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข32
ผ.ข.58.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc	ผข33
ผ.ข.59.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข33
ผ.ข.60.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc	ผข34
ผ.ข.61.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข34
ผ.ข.62.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข35
ผ.ข.63.	ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.64.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข36
ผ.ข.65.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข36
ผ.ข.66.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.	ผข37
ผ.ข.67.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข37
ผ.ข.68.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข38
ผ.ข.69.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.	ผข38
ผ.ข.70.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข39
ผ.ข.71.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข39
ผ.ข.72.	ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.	ผข40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1.	แสดงเครื่องมือพันดิท	8
2.2.	แสดงเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์	9
4.1.	แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับอายุของตัวอย่างคอนกรีต	18
4.2.	แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับขนาดของหินผสมคอนกรีต	19
4.3.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตของหินปูน	20
4.4.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตของหินบะซอลต์	21
4.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์ของหินบะซอลต์ที่มุมการทดสอบ 0 องศา กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	24
4.6.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์ของหินบะซอลต์ที่มุมการทดสอบ 90 องศา กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	25
4.7.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์ของหินปูนที่มุมการทดสอบ 0 องศา กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	25
4.8.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์ของหินปูนที่มุมการทดสอบ 90 องศา กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต	25
ผ.ก.1.	การหาแหล่งหิน	ผข2
ผ.ก.2.	การเก็บตัวอย่างวัสดุ	ผข2
ผ.ก.3.	การจัดเตรียส่วนผสม	ผข3
ผ.ก.4.	การเตรียมแบบหล่อตัวอย่างคอนกรีต	ผข3
ผ.ก.5.	แสดงการผสมเพส	ผข4
ผ.ก.6.	การผสมคอนกรีต	ผข4
ผ.ก.7.	การหล่อคอนกรีตตัวอย่าง	ผข5
ผ.ก.8.	แสดงการบ่มตัวอย่างคอนกรีต	ผข5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.ก.9.	แสดงตัวอย่างคอนกรีต	ผข6
ผ.ก.10.	แสดงการขัดผิวหน้าตัวอย่างคอนกรีต	ผข6
ผ.ก.11.	แสดงการปรับแก้เครื่องมือพันดิท	ผข7
ผ.ก.12.	แสดงการทดสอบหาค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีต	ผข7
ผ.ก.13.	แสดงการทดสอบโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์แบบตั้งฉาก	ผข8
ผ.ก.14.	แสดงการทดสอบโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์แบบขนาน	ผข8
ผ.ก.15.	แสดงการแต็บตัวอย่างคอนกรีต	ผข9
ผ.ก.16.	แสดงการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยเครื่องทดสอบกำลังอัด	ผข9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. กล่าวนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุที่มีความสำคัญมากสำหรับโครงสร้างในปัจจุบัน ดังนั้นในการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตจึงจำเป็นในการก่อสร้างทุกประเภทเพื่อที่จะให้คอนกรีตมีคุณสมบัติตามที่ออกแบบและกำหนดไว้ ในการทดสอบคอนกรีตมักจะหาค่ากำลังอัดเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากคอนกรีตสามารถรับแรงดึงได้เพียง 10 เปอร์เซ็นต์ของแรงอัดเท่านั้น

ดังนั้นการที่จะได้มาซึ่งกำลังอัดของคอนกรีตนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี วิธีที่นิยมกันมากคือ การหล่อแท่งตัวอย่างคอนกรีตโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างก่อนที่จะทำการเทคอนกรีตแล้วนำไปทดสอบโดยเครื่องกดคอนกรีต(Compression Machine) ซึ่งถือเป็นการทดสอบแบบทำลายและถือว่าเป็นกำลังของคอนกรีตในโครงสร้างนั้นด้วย แต่ในบางครั้งอาจมีความจำเป็นในบางประการที่ต้องทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของโครงสร้างจริง เช่น ก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บไว้ไม่ได้คุณภาพหรือไม่ได้มีการเก็บก้อนตัวอย่างคอนกรีต ดังนั้นเมื่อต้องการที่จะทราบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในโครงสร้างจริงนั้นอาจต้องทำการเจาะคอนกรีตของโครงสร้างจริงออกมาทดสอบซึ่งจะทำให้เสียเวลาเสียค่าใช้จ่าย และอาจจะทำให้โครงสร้างเสียหายได้

ดังนั้นจึงได้มีวิธีการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตโดยไม่ต้องทำการเจาะคอนกรีตในโครงสร้างจริงออกมานั้นคือ วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายซึ่งมีวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายที่นิยมใช้อยู่ 2 วิธี คือ การทดสอบคอนกรีต Test Hammer หรือเรียกว่า Schmidt Hammer Test และการทดสอบโดยใช้คลื่น Ultrasonic Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในบางครั้งไม่สามารถที่จะทำการเจาะเอาคอนกรีตออกมาทดสอบได้ เนื่องจากอาจจะทำให้โครงสร้างเสียหายได้หรือสภาพโครงสร้างไม่เอื้ออำนวยดังนั้นจึงมีการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกผ่านเนื้อคอนกรีต เพื่อวัดหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

โดยนำความเร็วของคลื่นที่หาได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกที่เคลื่อนที่ผ่านเนื้อคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ก็จะสามารถทราบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตได้ จากหลักการที่คลื่นอัลตราโซนิกจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางแต่ละชนิดไม่เท่ากัน คลื่นอัลตราโซนิกจะเคลื่อนที่ในตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยได้เร็วกว่าที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก จากหลักการนี้เองสามารถนำมาใช้หาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตได้

ดังนั้นกล่าวคือการที่จะทำการประเมินกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตได้จะต้องนำความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวอย่างของคอนกรีตนั้นมาอ่านค่าจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคอนกรีตและความเร็วคลื่น จากงานวิจัยที่ศึกษาโดยทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกที่ผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและมีสมการดังนี้

$$\log Y = -2.53551 + 7.61391 \log V \qquad (1.1)$$

ซึ่ง Y คือ กำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ($km./cm.^2$)

V คือ ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก (km./s.)

แต่มีการใช้หินผสมคอนกรีตเพียงขนาดเดียว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ตั้งสมมุติฐานว่าคอนกรีตที่ใช้หินที่แตกต่างกันทั้งขนาดและชนิดน่าจะมีกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นกับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแตกต่างกัน แต่จากการทำงานจริงคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างจะมีการใช้ขนาดของหินที่แตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดงานของโครงสร้าง เช่น งานฐานราก งานเสาเข็ม งานคาน เป็นต้น และในบางพื้นที่อาจใช้หินในบริเวณที่ใกล้สถานที่ก่อสร้างเพื่อที่ง่ายต่อการขนส่งและลดต้นทุนต่อการผลิต ดังนั้นในการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วยคลื่นอัลตราโซนิกของคอนกรีตที่มีขนาดหินและชนิดของหินที่แตกต่างกันเพื่อให้มีปัจจัยใกล้เคียงกับการก่อสร้างจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกกับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับชนิดของหิน
2. ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกกับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับขนาดของหิน

1.4. ขอบเขตการศึกษา

เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกที่วิ่งผ่านตัวอย่างคอนกรีต เช่น อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อายุของคอนกรีต กำลังคอนกรีต ขนาดของหิน เป็นต้น แต่โครงงานพิเศษนี้มุ่งที่จะศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและขนาดของหินกับความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก โดยใช้ชนิดของหินที่แตกต่างกันสองชนิดคือ หินปูนและหินบะซอลต์ และใช้ขนาดของหินทั้งหมด 3 ขนาดคือ 3/8 นิ้ว 3/4 นิ้ว 1 นิ้ว โดยให้ค่า Mixdesign ที่มีกำลังรับแรงอัด 3 ค่า คือ 200 ksc. 300 ksc. 400 ksc. ซึ่งในแต่ละกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ชนิดของหิน ขนาดของหินจะทำการทดสอบอย่างละ 13 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างที่ทำการทดสอบทั้งหมด 234 ตัวอย่าง และจะทำการทดสอบคอนกรีตตัวอย่างโดยเครื่องมือพันดิทที่อายุคอนกรีต 3 วัน 7 วัน 28 วัน และจะทำการทดสอบคอนกรีตตัวอย่างโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์และเครื่องกดคอนกรีตที่อายุคอนกรีต 28 วัน

1.5. ขั้นตอนการศึกษา

ในการดำเนินการศึกษาประเมินกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลายนั้นมีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งในการศึกษานี้จะทำการทดสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิกและเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาคุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิกเพื่อที่จะได้เข้าใจถึงคุณสมบัติของคลื่น ซึ่งในการนำคลื่นอัลตราโซนิกมาใช้หากำลังรับแรงอัดนั้นจะต้องใช้เครื่องมือพันติทเป็นตัวส่งคลื่น

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องมือพันดิทและทำการศึกษาการทำงานของเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์ สำหรับการทดสอบหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ส่วนชนิดของหินที่ใช้ทำการทดสอบนี้จะใช้หินที่มีชนิดและขนาดที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาคุณสมบัติของหินสำหรับเป็นส่วนผสมของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการทำการทดสอบนี้จะใช้อัตราส่วนผสมของคอนกรีตแบบเดียวกัน และเมื่อทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลายโดยใช้เครื่องมือพันดิทและชมิดท์แฮมเมอร์เรียบร้อยแล้ว จึงจะนำไปหาค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแบบทำลายโดยเครื่อง Compression Machine เพื่อที่จะนำค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบทั้งสองวิธีมาทำการเปรียบเทียบกัน แล้วจึงนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์

เพื่อที่จะได้นำค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบ ทั้งการทดสอบแบบทำลายและแบบไม่ทำลายนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับขนาดและชนิดของหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงคำนิยามและคำจำกัดความ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ทำการศึกษา สิ่งตีพิมพ์ต่าง ๆ ที่ผ่านมาที่เกียวข้องกับงานวิจัย เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เกิดความเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.2. หิน

2.2.1. หินตะกอน หรือหินชั้น (Sedimentary Rock)

ที่นิยมใช้ ได้แก่ หินปูน (Limestone) ซึ่งเกิดจากการทับถมตัวของซากสัตว์ทะเล เป็นหินที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตมากที่สุดในประเทศ เนื่องจากมีแหล่งหินอยู่มากเกือบทั่วไปในประเทศ โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่แถบจังหวัดสระบุรี ราชบุรี ชลบุรี กำแพงเพชร ลำปาง เลย และนครศรีธรรมราช มีค่าความแข็งแรงประมาณ 50-150 กก./ลบ.ซม. และมีค่าต้านทานการสึกกร่อน (Abrasion Resistance) อยู่ระหว่าง 20-37% (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร,2540)

2.2.2. หินอัคนี (Igneous Rock)

มีความแข็งแกร่งกว่าหินปูนแต่ไม่มีผู้ผลิตมากนัก เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตและค่าสึกหรอสูง มักผลิตในท้องที่ที่ไม่สามารถหาแหล่งหินปูนได้ หินอัคนีที่มีการผลิตในประเทศ ได้แก่ หินแกรนิต มีแหล่งผลิตอยู่ที่จังหวัดชลบุรี ระยอง ตาก ปราจีนบุรี สงขลา และสุราษฎร์ธานี หินแอนดีไซต์มีแหล่งผลิตแถบจังหวัดสระบุรี เพชรบุรี และสระแก้ว หินบะซอลต์ มีแหล่งผลิตแถบจังหวัดสุรินทร์ บุรีรัมย์ และศรีษะเกษ โดยทั่วไปหินอัคนี มีความแข็งแรงประมาณ 60-190 กก./ลบ.ซม. และมีค่าต้านทานการสึกกร่อน (Abrasion Resistance) อยู่ระหว่าง 10-30% (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร,2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. คลื่นอัลตราโซนิก

2.3.1. หลักการของคลื่นอัลตราโซนิก

ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกที่เคลื่อนที่ผ่านไปในตัวกลางที่เป็นของแข็ง จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุนั้น ๆ และเนื่องจากค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นมีความสัมพันธ์กับความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกด้วย ดังนั้นการวัดความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในของแข็งจึงสามารถที่จะใชเป็นตัวบอกถึงกำลังรับแรงอัดของแข็งได้ ซึ่งวัสดุที่สามารถใช้คลื่นอัลตราโซนิก ทดสอบ ได้แก่ คอนกรีต และท่อนไม้ เป็นต้น

2.3.2. คุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิก

เนื่องจากความเร็วคลื่นมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของของแข็งที่นำมาทดสอบดังสมการที่

$$V^2=(k)\ \frac{E}{D} \qquad (2.1)$$

ซึ่ง V = ความเร็วคลื่นอัลตราโซนิก

K = ค่าคงที่

E = ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น

D = ความหนาแน่นของของแข็ง

และคลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นสียงที่มีความถี่มากกว่า 20 kHz. ขึ้นไป(เป็นคลื่นที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินได้)จึงได้มีการนำคลื่นอัลตราโซนิกที่มีความถี่ระหว่าง 0.5 ถึง 10 MHz. มาทำการทดสอบวัสดุแบบไม่ทำลาย ซึ่งคลื่นอัลตราโซนิกสามารถเดินทางผ่านของแข็งได้ดีกว่าของเหลวและอากาศความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในอากาศเท่ากับ 340 m./s. ในน้ำเท่ากับ 1,500 m./s. และในเหล็กกล้าเท่ากับ 5,900 m./s.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3. การกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิก

การตรวจสอบวัสดุด้วยคลื่นอัลตราโซนิกนั้น จะต้องมีองค์ประกอบหลัก 2 ประการ ได้แก่

- แหล่งพลังงานเสียงที่ส่งเข้าไปในวัสดุ
- วิธีการวัดพลังงานเสียงที่สะท้อนออกมาจากจุดบกพร่อง

ภายในวัสดุประกอบหลักทั้งสองนั้น พบได้จากการเปลี่ยนพลังงานกล(การสั่น) และเปลี่ยนจากพลังงานกลกลับไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า หัวตรวจสอบหรือทรานดิวเซอร์

2.3.4. ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วคลื่นเสียงในคอนกรีต

ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในคอนกรีตจะมีการเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก. อายุของคอนกรีต

เมื่อคอนกรีตมีอายุที่มากกว่า 3 เดือนขึ้นไปอัตราการเพิ่มความเร็วของคลื่นเสียงจะมีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น (ปริญญานิพนธ์เรื่องการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตด้วยคลื่นอัลตราโซนิก,2543)

ข. ความชื้นของคอนกรีต

เมื่อตัวอย่างที่นำมาทำการทดสอบมีความแห้งจะทำให้ความเร็วของคลื่นเสียงมีค่าลดลง เช่น เมื่ออัตราส่วนของน้ำมีค่าลดลง 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ความเร็วของคลื่นเสียงมีค่าลดลงประมาณ 50-90 cm./s.

ค.รอยแตกร้าวหรือช่องว่างภายในคอนกรีต

ถ้าหากบริเวณระหว่างโพรบรับและโพรบส่งมีรอยแตกร้าวหรือมีช่องว่างเกิดขึ้นจะทำให้ความเร็วเสียงมีค่าลดลงเนื่องจากคลื่นเสียงที่ผ่านอากาศได้ช้ากว่าคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. เครื่องมือพันดิท

2.4.1. เครื่องมือพันดิท

เครื่องมือพันดิทมีชื่อเต็มว่า โปรเทเบิล อัลตราโซนิก นอนเดสตรักทีพ ดิจิตอล อินดิเคติง เทสเตอร์ (Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Indication Tester)

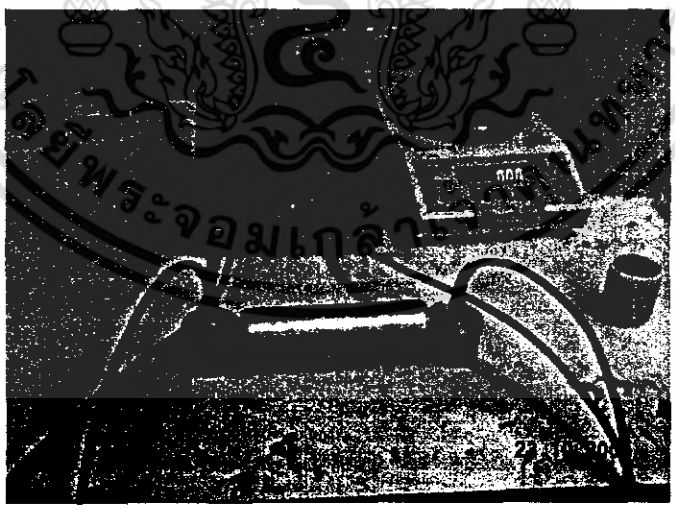
2.4.2. ส่วนประกอบหลัก

เครื่องมือพันดิทนั้นมีส่วนประกอบหลัก ๆ ที่ใช้สำหรับทำการทดสอบหากำลังรับแรงอัดอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ

1.ตัวเครื่องมือพันดิท

2.โพรบรับ-ส่งสัญญาณ 2 โพรบมีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 mm. สูงประมาณ 35 mm. ซึ่งจะเชื่อมต่อกับตัวเครื่องมือด้วยสายรับ-ส่งสัญญาณยาวเส้นละ 4 m. ซึ่งทั้งสองโพรบนี้สามารถที่จะนำมาใช้สลับกันได้

3.แท่งปรับแก้ มีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 mm. ยาวประมาณ 200 mm.



รูปที่ 2.1. แสดงเครื่องมือพันดิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

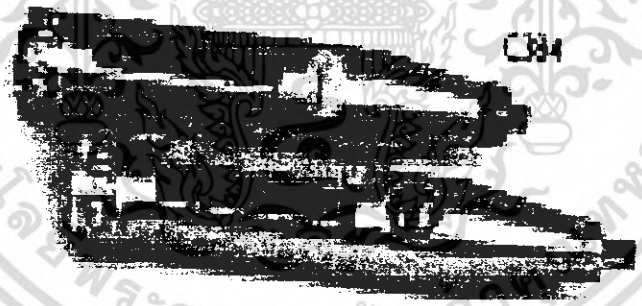
2.5. เครื่องชมิดท์แฮมเมอร์

2.5.1. เครื่องชมิดท์แฮมเมอร์

เครื่องชมิดท์แฮมเมอร์เป็นเครื่องมือทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยอาศัยหลักการสะท้อนของค้อนที่ยิงลงไปกระทบคอนกรีต ประกอบด้วยค้อนและตัวสปริงรับการสะท้อนของค้อนเครื่องมือนี้มีประโยชน์มากสำหรับการตรวจสอบอาคารที่สร้างเสร็จแล้ว และการทดสอบนั้นไม่ทำความเสียหายให้กับชิ้นส่วนของโครงสร้างอาคารที่ทำการทดสอบ

2.5.2. หลักการของเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์

หลักการของเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์สรุปได้จากคำกล่าวของ Edward G.Nawy ว่า "ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและกำลังของคอนกรีต ค่ารีบาวน์นัมเบอร์ขึ้นอยู่กับการที่หัวพลังเกอร์กระแทกกับผิวคอนกรีต ยิ่งหัวพลังเกอร์กดลงไปในเนื้อคอนกรีตมากเท่าใดค่ารีบาวน์นัมเบอร์ก็จะยิ่งน้อยลงเท่านั้น ดังนั้นจึงดูเหมือนว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและกำลังของคอนกรีตมีอิทธิพลต่อค่ารีบาวน์นัมเบอร์" (Nawy,1997)



รูปที่ 2.2. แสดงเครื่องมือชมิดแฮมเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

3.1. กล่าวนำ

ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตนั้น คุณสมบัติของวัสดุผสมแต่ละประเภทส่งผลต่อกำลังของคอนกรีตเมื่อมีคุณสมบัติใดต่างออกไปก็จะทำให้กำลังของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตในแต่ละครั้งจำเป็นต้องรู้ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการผสม ซึ่งวัสดุแต่ละอย่างนั้นอาจเหมาะหรือไม่เหมาะในการใช้ผสมคอนกรีตในงานแต่ละประเภท เพราะฉะนั้นจึงต้องตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุให้ผ่านข้อกำหนดและเหมาะสมกับประเภทของงานก่อนนำไปใช้ผสมคอนกรีต

3.2. การหาแหล่งหิน

ในการหาแหล่งหินนั้นได้ทำการหาตามแหล่งกำเนิดของชนิดหิน ซึ่งหินปูนจัดอยู่ในหินประเภทหินตะกอนหรือหินชั้น ซึ่งมีแหล่งหินอยู่มากเกือบทั่วไปในประเทศ โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่แถบจังหวัดสระบุรี ราชบุรี ชลบุรี กำแพงเพชร ลำปาง เลย และนครศรีธรรมราช ทางกลุ่มผู้ทำการทดสอบจึงเลือกที่จะหาหินชนิดนี้ที่จังหวัดสระบุรี และจังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นแหล่งผลิตหินใกล้ที่สุด และได้นำหินจากจังหวัดชลบุรีมาใช้ในการศึกษาเพราะเป็นแหล่งผลิตหินที่ใกล้ และง่ายต่อการขนส่ง

ส่วนหินบะซอลต์จัดอยู่หินประเภทหินอัคนี ซึ่งมีแหล่งผลิตแถบจังหวัดสุรินทร์ บุรีรัมย์ และศรีษะเกษ ทางกลุ่มผู้ทำการทดสอบจึงเลือกใช้หินที่จังหวัดบุรีรัมย์มาใช้ในการศึกษา เพราะเป็นแหล่งผลิตหินที่ใกล้ และง่ายต่อการขนส่งวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. ข้อกำหนดและค่าคุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุผสมคอนกรีต

ในงานคอนกรีตทั่วไปจะใช้ข้อกำหนดของ ASTM เป็นตัวกำหนดว่าวัสดุมีความเหมาะสมในงานคอนกรีตหรือไม่ ซึ่งคุณสมบัติต่างของวัสดุผสมต้องมีค่าที่ผ่านข้อกำหนดจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานผสมคอนกรีต โดยสามารถแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อกำหนดและมาตราฐานในการทดสอบวัสดุ

Mixture	Test	Method	Requirement
Cement	Specific Gravity.	ASTM C188	3.15
Sand	Sieve Analysis	ASTM C136	ASTM C33
	Fineness Modulus	ASTM C125	2.3 - 3.1
	Material Finer Than No.200	ASTM C117	$\leq$ 5%
	Unit Weight of Aggregates.	ASTM C29	N/A
	Clay lump and Friable Particles	ASTM C142	$\leq$3%
	Organic Impurities.	ASTM C40	Plate No.3
	Specific Gravity.	ASTM C128	N/A
Sedimentary Rock	Sieve Analysis	ASTM C136	ASTM C33
	Material Finer Than No.200	ASTM C117	$\leq$ 1%
	Unit Weight of Aggregates.	ASTM C29	N/A
	Clay lump and Friable Particles	ASTM C142	$\leq$ 5%
	Specific Gravity.	ASTM C127	N/A
	Resistance to Abrasion Test	ASTM C131	$\leq$ 50%
Igneous Rock	Sieve Analysis	ASTM C136	ASTM C33
	Material Finer Than No.200	ASTM C117	$\leq$ 1%
	Unit Weight of Aggregates.	ASTM C29	N/A
	Clay lump and Friable Particles	ASTM C142	$\leq$ 5%
	Specific Gravity.	ASTM C127	N/A
	Resistance to Abrasion Test	ASTM C131	$\leq$50%
Water	pH	AASHTO T26	6.0 - 8.0
	Chloride	ASTM D512	$\leq$500%
	Sulphate	ASTM D516	$\leq$ 1000%
	Total Solid	AASHTO T26	$\leq$50000%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4. ผลการทดสอบวัสดุผสมคอนกรีต

ตารางที่ 3.2. แสดงผลการทดสอบวัสดุผสมคอนกรีต

Mixture	Test	Method	Requirement	Result	Test Result
Sand	Sieve Analysis	ASTM C136	ASTM C33		Pass
	Fineness Modulus	ASTM C125	2.3 - 3.1	3.09	Pass
	Material Finer Than No.200	ASTM C117	$\leq$ 5%	1.39%	Pass
	Unit Weight of Aggregates.	ASTM C29	N/A	1690	N/A
	Clay lump and Friable Particles	ASTM C142	$\leq$ 3%	0.24%	Pass
	Organic Impurities.	ASTM C40	Plate No.3	No.1	Pass
	Specific Gravity.	ASTM C128	N/A	2.58	N/A
Sedimentary Rock	Sieve Analysis	ASTM C136	ASTM C33		Pass
	Material Finer Than No.200	ASTM C117	$\leq$ 1%	1.90%	Pass
	Unit Weight of Aggregates.	ASTM C29	N/A	1580	N/A
	Clay lump and Friable Particles	ASTM C142	$\leq$ 5%	0.91%	Pass
	Specific Gravity.	ASTM C127	N/A	2.9	N/A
	Resistance to Abrasion Test	ASTM C131	$\leq$ 50%	19.13%	Pass
Igneous Rock	Sieve Analysis	ASTM C136	ASTM C33		Pass
	Material Finer Than No.200	ASTM C117	$\leq$ 1%	2.1%	Pass
	Unit Weight of Aggregates.	ASTM C29	N/A	1620	N/A
	Clay lump and Friable Particles	ASTM C142	$\leq$ 5%	0.91%	Pass
	Specific Gravity.	ASTM C127	N/A	3.2	N/A
	Resistance to Abrasion Test	ASTM C131	$\leq$ 50%	15.17%	Pass
Water	pH	AASHTO T26	6.0 - 8.0	7.98	Pass
	Chloride	ASTM D512	$\leq$ 500%	3.35	Pass
	Sulphate	ASTM D516	$\leq$ 1000%	26.45	Pass
	Total Solid	AASHTO T26	$\leq$ 50000%	164.5	Pass

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าวัสดุที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตมีค่าผ่านตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นวัสดุที่จะนำมาใช้การศึกษานี้ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตได้ทำการออกแบบตามมาตรฐาน ACI (211.1-77) โดยการทดสอบนี้จะทำการทดสอบโดยใช้หินปูนและหินบะซอลต์ เป็นส่วนผสมคอนกรีตและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะใช้อยู่ที่ค่า 200, 300, 400 ksc.โดยขนาดหินที่ใช้คือ 1, 3/4, 3/8 นิ้ว โดยปริมาณส่วนผสมเป็นไปตาม ตารางที่ 3.3 ในการหล่อตัวอย่างคอนกรีตได้ใช้แบบหล่อรูปทรงกระบอกซึ่งเป็นมาตรฐาน ASTM C 192

ตารางที่ 3.3. ปริมาณส่วนผสมคอนกรีตต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร

กำลังรับแรงอัด (ksc.)	ชนิดหิน	ขนาดหิน	ปริมาณหิน (kg.)	ปริมาณทราย (kg.)	ปริมาณซีเมนต์ (kg.)	ปริมาณน้ำ (kg.)	รวม
200	หินปูน	1	1011.32	866.88	329.39	195	2402.6
		3/4	1011.32	805.88	337.84	200	2355.0
		3/8	1011.32	668.61	380.07	225	2285.0
	หินบะซอลต์	1	1011.32	866.88	329.39	195	2402.6
		3/4	1011.32	805.88	337.84	200	2355.0
		3/8	1011.32	668.61	380.07	225	2285.0
300	หินปูน	1	1011.32	730.48	438.2	195	2375.0
		3/4	1011.32	694.44	449.44	200	2355.2
		3/8	1011.32	543.26	505.62	225	2285.2
	หินบะซอลต์	1	1011.32	730.48	438.2	195	2375.0
		3/4	1011.32	694.44	449.44	200	2355.2
		3/8	1011.32	543.26	505.62	225	2285.2
400	หินปูน	1	1011.32	577.77	590.91	195	2375.0
		3/4	1011.32	537.62	606.06	200	2355.0
		3/8	1011.32	366.86	681.82	225	2285.0
	หินบะซอลต์	1	1011.32	577.77	590.91	195	2375.0
		3/4	1011.32	537.62	606.06	200	2355.0
		3/8	1011.32	366.86	681.82	225	2285.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6. การผสมตัวอย่างคอนกรีต

ก่อนที่จะทำการผสมตัวอย่างคอนกรีตนั้นจะต้องทำการจัดเตรียมส่วนผสมของคอนกรีตเสียก่อน โดยจะทำการเตรียมหิน ทราย และน้ำ เพื่อที่ใช้ในการผสมเพส จากนั้นจะทำการเตรียมหิน โดยใน 1 ตัวอย่างคอนรีตจะใช้หินหนักเท่ากับ 5.3 kg. และเมื่อทำการผสมเพสเสร็จแล้วจะทำการชั่งเพส โดยใน 1 ตัวอย่างคอนรีตจะใช้เพสหนักเท่ากับ 8.2 kg. จากนั้นจะทำการผสมเพสกับหินให้เข้ากัน ต่อจากนั้นจะนำคอนกรีตที่ผสมเสร็จไปใส่ในแบบ โดยในแต่ละแบบจะทำการในคอนกรีตจำนวน 3 ชั้น เท่า ๆ กัน ซึ่งแต่ละชั้นจะต้องทำการตำชั้นล่ะ 25 ครั้ง ต่อจากนั้นก็จะทำการใช้ค้อนตีที่แบบเพื่อจะไล่อากาศ เสร็จแล้วก็ทำการปาดผิวหน้าให้เรียบ หลังจากเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงก็จะทำการแกะแบบ แล้วนำตัวอย่างคอนกรีตที่ได้ไปบ่มในอ่างเพื่อรอการทดสอบต่อไป

3.7. การทดสอบ

การทดสอบจะแบ่งการทดสอบออกเป็นสองวิธี คือ การทดสอบแบบไม่ทำลาย และการทดสอบแบบทำลาย ซึ่งจะทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตแบบไม่ทำลายโดยใช้เครื่องมือพันดิทซึ่งในการทำสอบแบบไม่ทำลายนี้จะทำการทดสอบที่ตัวอย่างคอนกรีตมีอายุ 3, 7, 28 วัน และที่ตัวอย่างคอนกรีตมีอายุ 28 วัน จะทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตแบบไม่ทำลายด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์ และจะทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตแบบทำลายโดยใช้เครื่องกดคอนกรีต

3.7.1. ขั้นตอนก่อนการทดสอบ

ก่อนที่จะทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตนั้น จะต้องนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตมาเช็ดให้แห้งแล้วตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 3 ชั่วโมง จากนั้นจะนำแท่งตัวอย่างคอนกรีตมาขัดผิวด้านที่หยาบให้เรียบ เพื่อที่จะให้โพรบสัมผัสกับผิวหน้าคอนกรีตให้มากที่สุด

3.7.2. ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบตัวอย่างคอนกรีตในช่วงของตัวอย่างคอนกรีตที่มีอายุ 3, 7 และ 28 วัน นั้นได้ทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตแบบไม่ทำลาย และการทดสอบแบบทำลาย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2.1. การทดสอบโดยใช้เครื่องมือพันดิท

3.7.2.1.1. การ Calibrate

เมื่อทำการติดตั้งเครื่องมือพันดิทเรียบร้อยแล้วดังนั้นจะทำการ Calibrate เครื่องมือพันดิท โดยทำการทาจาระบี หรือ Conductivity Gel Echotrace 900 ระหว่างหัวสัมผัสส่งสัญญาณและหัวสัมผัสรับสัญญาณ กับแท่งเหล็กมาตรฐาน ซึ่งจาระบี หรือ Conductivity Gel Echotrace นั้นจะเป็นสารนำคลื่นอัลตราโซนิกและจะช่วยให้เคลื่อนอัลตราโซนิกเดินทางได้ดีระหว่างหัวสัมผัสส่งสัญญาณและหัวสัมผัสรับสัญญาณ กับแท่งเหล็กมาตรฐาน หลังจากนั้นจึงทำการปรับค่าที่เครื่องพันดิทให้มีค่าเท่ากับ 25.6 μs. เมื่อปรับค่าเรียบร้อยแล้วจึงจะทำการทดสอบต่อไป

3.7.2.1.2. การทดสอบด้วยเครื่องมือพันดิท

ในการทดสอบด้วยเครื่องมือพันดิทนั้นจะทำการทดสอบที่ตัวอย่างคอนกรีตมีอายุ 3, 7 และ 28 วัน ซึ่งเมื่อทำการ Calibration เครื่องพันดิทเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตโดยจะทำการทาจาระบีระหว่างหัวสัมผัสส่งสัญญาณ หัวสัมผัสรับสัญญาณกับผิวคอนกรีตหลังจากนั้นจะทดสอบโดยส่งคลื่นอุลตร้าโซนิกจากหัวสัมผัสส่งสัญญาณ ผ่านเนื้อคอนกรีตไปยังหัวสัมผัสรับสัญญาณ จานั้นจะอ่านค่าระยะเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิกเคลื่อนที่ผ่านแท่งตัวอย่างคอนกรีตแล้วจึงจดบันทึกค่าลงในตาราง จากนั้นจะนำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบโดยเครื่องกดคอนกรีต

3.7.2.1.3. การทดสอบโดยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์

ในการทดสอบด้วยเครื่องมือชมิดแฮมเมอร์นั้นจะทำการทดสอบที่ตัวอย่างคอนกรีตมีอายุ 28 วัน ซึ่งในการทดสอบนี้จะต้องขัดผิวทดสอบให้เรียบ ถ้าผิวโค้งนูน หรือผิวเว้าจะมีผลต่อค่า Rebound number เนื่องจากผิวโค้งนูนจะทำให้ได้ค่าที่อ่านได้จะต่ำกว่าค่าความเป็นจริง ส่วนผิวเว้าจะทำให้ได้ค่าที่ได้สูงกว่าความเป็นจริงหลังจากนั้นจะทำการสร้างตารางขนาด 8×8 ช่องและจะทำการซุ่มยิงจำนวน 10 ช่อง โดยให้ตำแหน่งห่างกันอย่างน้อย 2.5 ซ.ม. โดยจะทำการกดในทิศทางตั้งฉากกับผิวคอนกรีตแล้วหลังจากนั้นจะนำค่า Rebound number ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย แล้วดูว่าค่า Rebound number ที่ตำแหน่งใดมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเกิน 7 หน่วย ให้ทำการทดสอบตำแหน่งนั้นใหม่ถ้าทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบแล้วยังไม่ได้ ให้ตัดค่าที่ตำแหน่งนั้นทิ้งแล้วหาค่าเฉลี่ยใหม่ แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบโดยเครื่องกดคอนกรีต

3.7.2.1.4. การทดสอบโดยเครื่องกดคอนกรีต

ในการทดสอบด้วยเครื่องมือกดคอนกรีตนั้นจะทำการทดสอบที่ตัวอย่างคอนกรีตมีอายุ 28 วัน ซึ่งก่อนที่จะทำการทดสอบโดยเครื่องกดคอนกรีตนั้น จะต้องทำการทดสอบแบบไม่ทำลายให้เสร็จเสียก่อน และในการเตรียมแท่งตัวอย่างคอนกรีดก่อนที่จะทำการกดนั้นต้องทำให้ผิวด้านที่จะทำการกดเรียบเสียก่อน โดยการแคปหัวด้านที่ไม่เรียบจะด้านเดียวหรือแคปทั้งสองด้านก็ได้ จากนั้นทำการกดโดยเครื่องกดแล้วบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์

4.1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยเครื่องมือพันดิท

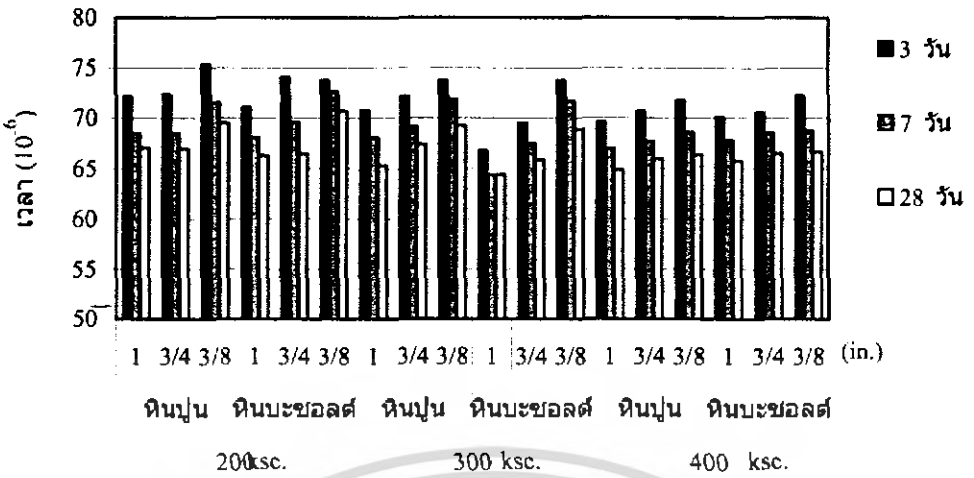
4.1.1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับอายุของตัวอย่างคอนกรีต

จากผลการทดสอบโดยเครื่องมือพันดิท(ภาคผนวก ข) พบว่าเมื่อทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตด้วยเครื่องมือพันดิทที่ระยะเวลา 3 วัน 7 วัน และ 28 วัน พบว่าค่าเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวอย่างคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 3 วัน จะใช้ระยะเวลาในการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกมาก และจะค่อย ๆ ลดลงที่ตัวอย่างคอนกรีตอายุ 7 วัน และ 28 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ซึ่งค่าเวลาจะเป็นส่วนกลับของความเร็วคลื่นอัลตราโซนิก ดังนั้นความเร็วคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 3 วัน จะช้าและจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอายุของคอนกรีตจะมีผลต่อเวลาในการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิก

62623

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



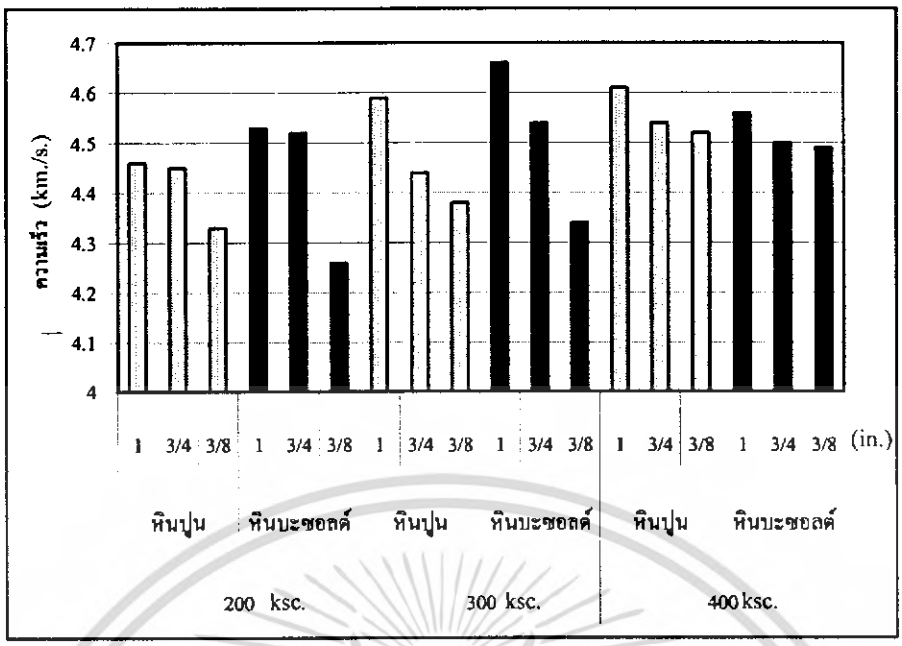
รูปที่ 4.1. แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับอายุของตัวอย่างคอนกรีตที่ความเชื่อมั่น 95 %

4.1.2. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับขนาดของหิน

จากผลการทดสอบโดยเครื่องมือพันดิท(ภาคผนวก ข) พบว่าเมื่อทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกของหินที่มีขนาดใหญ่มีค่ามาก และค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกจะมีค่าความเร็วลดลงเมื่อหินมีขนาดเล็กลง ดังแสดงในรูปที่ 4.2.

ซึ่งการที่หินขนาดใหญ่มีค่าความเร็วในการเดินทางของคลื่นมากกว่าหินขนาดเล็กเป็นเพราะตัวอย่างคอนกรีตที่มีหินขนาดใหญ่เป็นส่วนผสมเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านจะมีการหักเหของคลื่นน้อยกว่าตัวอย่างคอนกรีตที่มีหินขนาดเล็กเป็นส่วนผสม ซึ่งทำให้ระยะการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกน้อยกว่าการเดินทางของหินขนาดเล็ก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดของหินจะมีผลต่อการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับขนาดและชนิดของหินผสมคอนกรีตที่ความเชื่อมั่น 95 %

4.1.3. ผลการศึกษาและวิเคราห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับชนิดของหิน

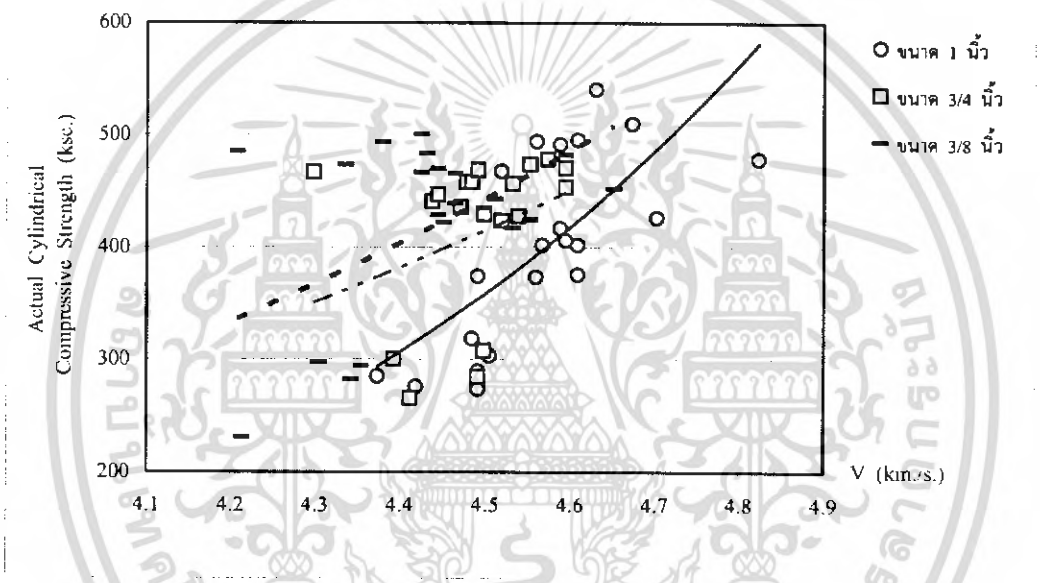
จากผลการทดสอบโดยเครื่องมือพันดิท(ภาคผนวก ข) เมื่อทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีดแล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกกับชนิดของหินมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 4.2. ซึ่งในการคำนวณทางสถิตินั้นหากค่าที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่า 0.5 ถือว่าไม่มีนัยสำคัญ เป็นเพราะค่าความหนาแน่นของหินปูนและหินบะซอลต์มีค่าความแตกต่างน้อยมาก จึงไม่มีผลด่าการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิก

4.1.4. ผลการศึกษาและวิเคราห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

จากผลการทดสอบโดยเครื่องมือพันดิท(ภาคผนวก ข) เมื่อทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตแล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.32 ดังแสดงในตารางที่ 4.2. ซึ่งในการคำนวณทางสถิตินั้นหากค่าที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่า 0.5 ถือว่าไม่มีนัยสำคัญ

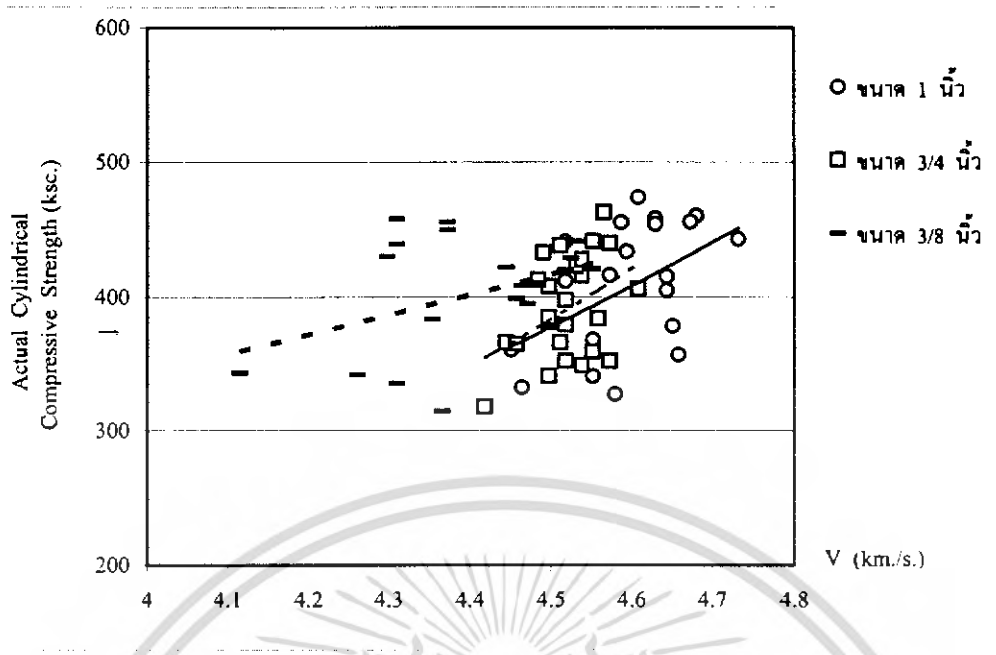
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ "เนื่องจากความเร็วคลื่นเป็นสัดส่วนกับรากที่สองของโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต และเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของความหนาแน่นของคอนกรีต ถ้าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเป็นสัดส่วนกับรากที่สองของกำลังคอนกรีต(ACI 318) ดังนั้น ความเร็วของคลื่นจะเป็นสัดส่วนกับรากที่สี่ของกำลังคอนกรีต แสดงว่ากำลังคอนกรีตที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่อความเร็วคลื่นน้อยมาก" (Civil Engineering Magazian, ปีที่ 16 ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม 2547) ซึ่งจากรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4. ดังนั้นการตรวจสอบโดยวิธีนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวตรวจค่ากำลังคอนกรีตโดยตรง แต่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีต แสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อค่าความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกน้อยมาก



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตของหินปูนที่ความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีตกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตของหินบะซอลต์ที่ความเชื่อมั่น 95 %

4.2. ผลการศึกษาและวิเคราห์ความสัมพันธ์กำลังของคอนกรีตโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์

4.2.1. ผลการศึกษาและวิเคราห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับขนาดหิน

จากผลการทดสอบโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์(ภาคผนวก ข) เมื่อทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตแล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่มุมทำการทดสอบ 0 องศา กับขนาดของหินมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.09 ดังแสดงในตารางที่ 4.2. ซึ่งในการคำนวณทางสถิตินั้นหากค่าที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่า 0.5 ถือว่าไม่มีนัยสำคัญ

และค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่มุมทำการทดสอบ90 องศา กับขนาดของหินมีค่าสัม ประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.16 ดังแสดงในตารางที่ 4.2. ซึ่งในการคำนวณทางสถิตินั้นหากค่าที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่า 0.5 ถือว่าไม่มีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2. ผลการศึกษาและวิเคราห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับชนิดของหิน

จากผลการทดสอบโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์(ภาคผนวก ข) เมื่อทำการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตแล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่มุมทำการทดสอบ 0 องศา กับชนิดของหินมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.22 ดังแสดงในตารางที่ 4.2. ซึ่งในการคำนวณทางสถิตินั้นหากค่าที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่า 0.5 ถือว่าไม่มีนัยสำคัญ

และค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่มุมทำการทดสอบ 90 องศา กับชนิดของหินมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.15 ดังแสดงในตารางที่ 4.2. ซึ่งในการคำนวณทางสถิตินั้นหากค่าที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่า 0.5 ถือว่าไม่มีนัยสำคัญ

4.2.3. ผลการศึกษาและวิเคราห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

จากผลการทดสอบโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์โดยทำมุม 0 องศา กับตัวอย่างคอนกรีต (ภาคผนวก ข) พบว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.7. ซึ่งสามารถเขียนสมการเพื่อใช้ประเมินกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เมื่อทราบค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่วัดได้ ดังสมการที่ 4.1.

$$Y = -0.5068N^2 + 0.0627N + 1.3807 \qquad (4.1.)$$

$$R^2 = 0.820$$

ซึ่ง Y = กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (ksc)

N = ค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่วัดได้จากการกดเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์

R^2 = สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

ซึ่งค่า R^2 = 0.820 หมายความว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์ ที่วัดได้จากเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างได้ 82.0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบโดยเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์โดยทำมุม 90 องศา กับตัวอย่างคอนกรีต (ภาคผนวก ข) พบว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 4.6. และรูปที่ 4.8. ซึ่งสามารถเขียนสมการเพื่อใช้ประเมินกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เมื่อทราบค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่วัดได้ ดังสมการที่ 4.2.

$$Y = -0.0844N^2 + 15.5699N - 12.0211 \qquad (4.2.)$$

$$R^2 = 0.72757$$

ซึ่ง Y = กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วัน (ksc)

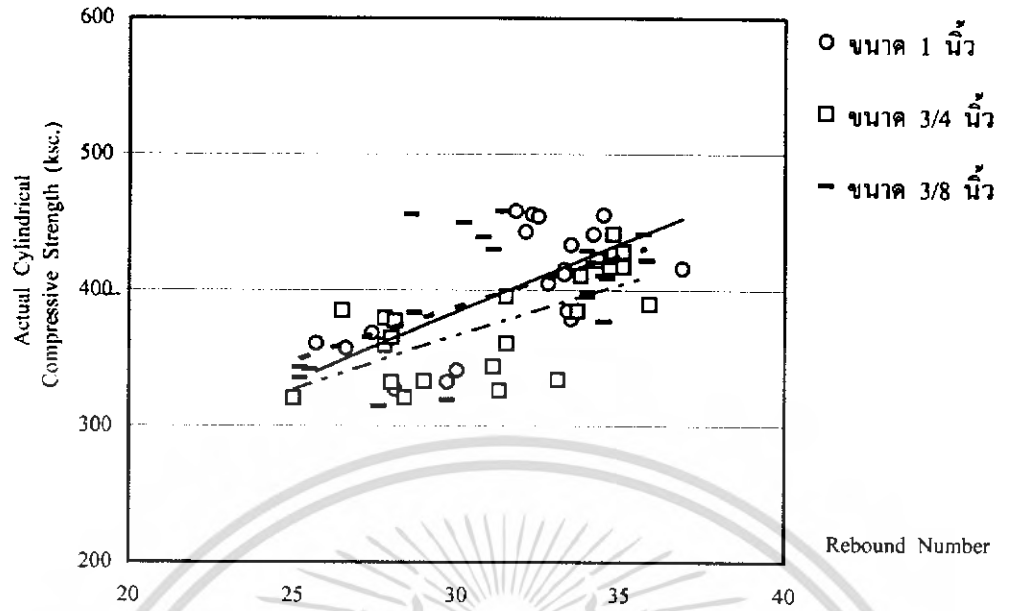
N = ค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่วัดได้จากการกดเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์

R^2 = สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

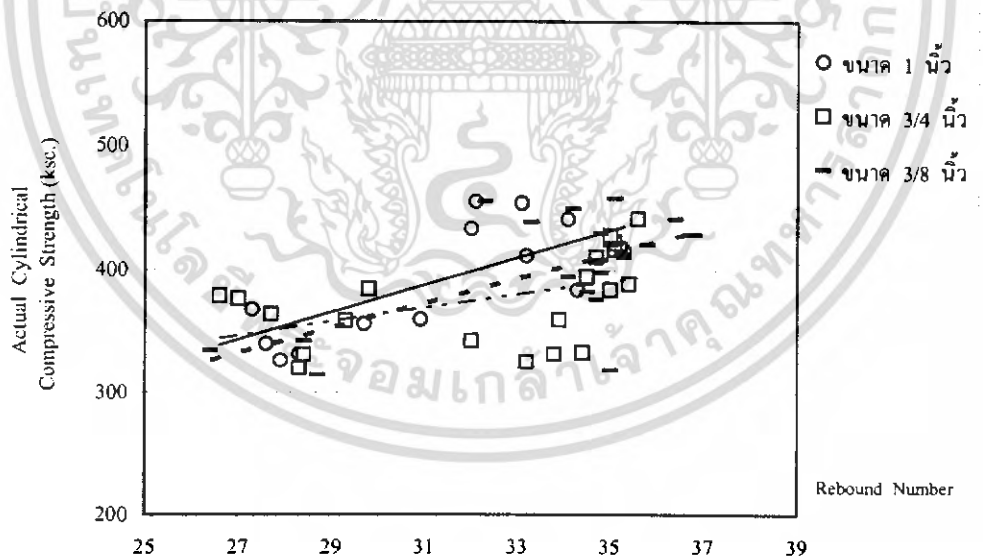
ซึ่งค่า $R^2 = 0.72757$ หมายความว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์ ที่วัดได้จากเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างได้ 72.73 %

ซึ่งจากกราฟที่ 4.5. - 4.8. จะเห็นได้ว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์มีความสัมพันธ์กับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่ได้จากการทดสอบแบบขนานกับผิวโลก(0 องศา) จะมีค่ามากกว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์ที่ได้จากการทดสอบแบบตั้งฉากกับผิวโลก(90 องศา) อันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกจะส่งผลต่อการทดสอบแบบตั้งฉากกับผิวโลก เมื่อหัวพลังเกอร์กระทำกับผิวคอนกรีต ซึ่งยิ่งหัวพลังเกอร์กดลงไปในเนื้อคอนกรีตมากขึ้นเท่าใด ค่ารีบาวน์นัมเบอร์ก็จะมีค่าน้อยลงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

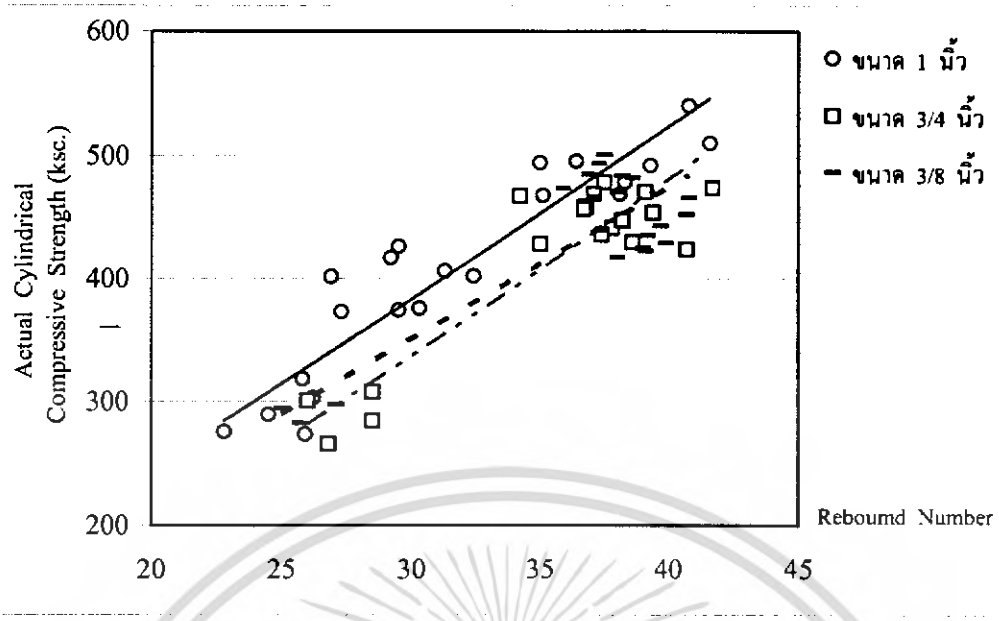


รูปที่ 4.5. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์ของหินบะซอลต์ที่มุมการทดสอบ 0 องศา กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ความเชื่อมั่น 95 %

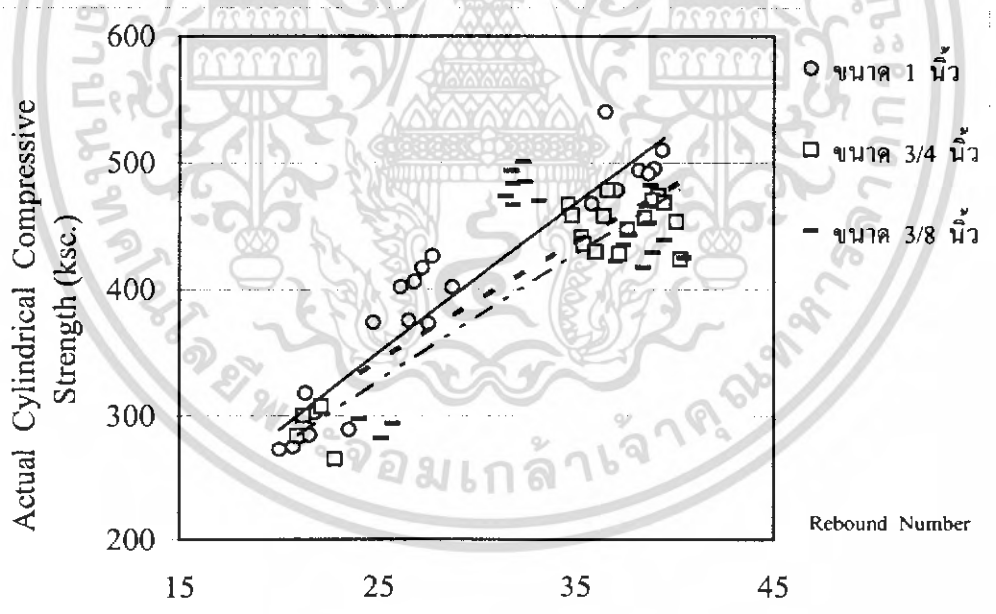


รูปที่ 4.6. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์ของหินบะซอลต์ที่มุมการทดสอบ 90 องศา กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์ของหินปูนที่มุมการทดสอบ 0 องศา กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 4.8. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์ของหินปูนที่มุมการทดสอบ 90 องศา กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากตารางที่ 3.3 จะเห็นว่าจากการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตทำให้มีค่าตัวแปลหลายค่า ซึ่งทางกลุ่มผู้ทำการจึงใช้การคำนวณทางสถิติเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ และในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิตินั้นเริ่มแรกจะต้องทำการป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรม SPSS ดังแสดงในตารางที่ 4.1. ซึ่งค่าที่ทำการป้อนข้อมูลกับโปรแกรม SPSS จะต้องเป็นตัวเลขเพื่อที่โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ได้ โดยจะทำการกรอกชนิดของหิน ขนาดของหิน ปริมาณส่วนผสมคอนกรีต และผลการทดลอง แต่ขนาดและชนิดของหินไม่ได้เป็นค่าตัวเลข ดังนั้นจะต้องทำการแปลงค่าเหล่านี้ให้เป็นค่าตัวเลขเสียก่อน ซึ่งในการแปลงค่าขนาดและชนิดของหินจะมีรายละเอียดในการแปลงค่าดังนี้

4.3.1. การกรอกข้อมูลชนิดของหิน

ในการศึกษานี้ได้มีการใช้หิน 2 ชนิดด้วยกันซึ่งจะมีรายละเอียดในการกรอกข้อมูลดังนี้

- การกรอกข้อมูลเลข 1 คือ ชนิดของหินปูน
- การกรอกข้อมูลเลข 2 คือ ชนิดหินบะซอลต์

4.3.2. การกรอกข้อมูลขนาดของหิน

ในการศึกษานี้ได้มีการใช้หิน 3 ชนิดด้วยกันซึ่งจะมีรายละเอียดในการกรอกข้อมูลดังนี้

- การกรอกข้อมูลเลข 1 คือ หินขนาด 1 นิ้ว
- การกรอกข้อมูลเลข 2 คือ หินขนาด 3/4 นิ้ว
- การกรอกข้อมูลเลข 3 คือ หินขนาด 3/8 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิตินี้จะได้ผลการวิเคราะห์เป็นค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ซึ่งค่าที่ได้จะมีความหมายดังต่อไปนี้

- **ข้อมูลเลขการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ +1 หมายความว่า ข้อมูลนั้นมีค่าความสัมพันธ์กันโดยตรง**
- ข้อมูลเลขการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ - 1 หมายความว่า ข้อมูลนั้นมีค่าความสัมพันธ์กันแบบตรงกันข้าม
- ข้อมูลเลขการวิเคราะห์มีค่าระหว่าง +0.5 ถึง -0.5 หมายความว่า ข้อมูลนั้นมีค่าความสัมพันธ์กันน้อยมากซึ่งอาจถือได้ว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ เช่น

- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นอัลตราโซนิกกับขนาดของหินมีค่าเท่ากับ -0.73 ซึ่งในการกรอกข้อมูลนั้นจะทำการการข้อมูลจากหินขนาดเล็กไปยังหินขนาดใหญ่(ค่ามากไปยังค่าน้อย) และจากผลที่ได้แสดงว่า หินขนาดใหญ่คลื่นอัลตราโซนิกจะเคลื่อนที่ได้ดีกว่าหินที่มีขนาดเล็ก
- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นอัลตราโซนิกกับชนิดของหินมีค่าเท่ากับ 0.05 และจากผลที่ได้แสดงว่าชนิดของหินไม่มีผลต่อการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิก
- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับชนิดของหินมีค่าเท่ากับ -0.22 และจากผลที่ได้แสดงว่าชนิดของหินไม่มีผลต่อค่ารีบาวน์นัมเบอร์
- ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีบาวน์นัมเบอร์กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.89 และจากผลที่ได้แสดงว่าค่ารีบาวน์นัมเบอร์มีความสัมพันธ์กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1. การกรอกข้อมูลให้กับการวิเคราะห์ด้วยสถิติ

type	size	str_d	rock	sand	cement	water	plaste	sc_ratio	sp_ratio	cs_ratio	cp_ratio	ultra	hammer0	hammer90	str_com
1	1	200	1011.32	866.88	329.39	195	524.39	2.63	1.653	0.38	0.628	4.46	24.4	21.46	290.9
1	2	200	1011.32	805.88	337.84	200	537.84	2.38	1.498	0.419	0.628	4.45	27.48	21.76	289.7
1	3	200	1011.32	668.61	380.07	225	605.07	1.76	1.105	0.568	0.628	4.33	25.93	24.93	291.6
2	1	200	1011.32	866.88	329.39	195	524.39	2.63	1.653	0.38	0.628	4.53	27.77	28.6	340.8
2	2	200	1011.32	805.88	337.84	200	537.84	2.38	1.498	0.419	0.628	4.52	27.43	28.63	354.7
2	3	200	1011.32	668.61	380.07	225	605.07	1.76	1.105	0.568	0.628	4.26	25.87	29.2	333.5
1	1	300	1011.32	730.48	438.2	195	633.2	1.67	1.154	0.6	0.69	4.59	29.55	26.9	397.1
1	2	300	1011.32	694.44	449.44	200	649.44	1.54	1.069	0.647	0.69	4.44	36.91	35.41	448.4
1	3	300	1011.32	543.26	505.62	225	730.62	1.07	0.744	0.93	0.69	4.38	37.27	32.07	481.9
2	1	300	1011.32	730.48	438.2	195	633.2	1.67	1.154	0.6	0.69	4.66	32.63	33.6	426
2	2	300	1011.32	694.44	449.44	200	649.44	1.54	1.069	0.647	0.69	4.54	31.25	33.52	348.6
2	3	300	1011.32	543.26	505.62	225	730.62	1.07	0.744	0.93	0.69	4.34	30.13	34.08	436.6
1	1	400	1011.32	577.77	590.91	195	785.91	0.98	0.735	1.023	0.752	4.61	38.07	38.02	493.2
1	2	400	1011.32	537.62	606.06	200	806.06	0.89	0.667	1.127	0.752	4.54	38.37	38.65	455.6
1	3	400	1011.32	366.86	681.82	225	906.82	0.54	0.405	1.859	0.752	4.52	39.24	38.55	441.2
2	1	400	1011.32	577.77	590.91	195	785.91	0.97	0.735	1.023	0.752	4.56	34.04	33.44	428.2
2	2	400	1011.32	537.62	606.06	200	806.06	0.89	0.667	1.127	0.752	4.5	34.66	35.13	414.9
2	3	400	1011.32	366.86	681.82	225	906.82	0.54	0.405	1.859	0.752	4.49	34.6	35.28	412.3

ตารางที่ 4.2. แสดงการคำนวณผลการทดลองทางสถิติ

	TYPE	SIZE	STR_D	ROCK	SAND	CEMENT	WATER	PLASTE	SC_RATIO	SP_RATIO	CS_RATIO	CP_RATIO	ULTRA	HAMMER0	HAMMER90	STR_COM
TYPE	1.00	0.00	0.00	.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	-0.22	0.15	-0.08
Rock SIZE	0.00	1.00	0.00	.	-0.56	0.24	0.93	0.33	-0.39	-0.46	0.42	0.00	-0.73	0.09	0.16	0.02
Design STR	0.00	0.00	1.00	.	-0.81	0.96	0.00	0.93	-0.90	-0.87	0.82	1.00	0.45	0.87	0.84	0.79
ROCK Quan.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
SAND Quan.	0.00	-0.56	-0.81	.	1.00	-0.93	-0.59	-0.96	0.96	0.98	-0.95	-0.81	0.06	-0.72	-0.74	-0.65
CEMENT Quan.	0.00	0.24	0.96	.	-0.93	1.00	0.26	0.99	-0.96	-0.95	0.94	0.96	0.25	0.83	0.83	0.74
WATER Quan.	0.00	0.93	0.00	.	-0.59	0.26	1.00	0.36	-0.41	-0.48	0.46	0.00	-0.72	0.05	0.12	0.05
PLASTE Weight	0.00	0.33	0.93	.	-0.96	0.99	0.36	1.00	-0.97	-0.97	0.96	0.93	0.17	0.81	0.81	0.72
SC_RATIO	0.00	-0.39	-0.90	.	0.96	-0.96	-0.41	-0.97	1.00	1.00	-0.89	-0.90	-0.08	-0.81	-0.83	-0.76
SP_RATIO	0.00	-0.46	-0.87	.	0.98	-0.95	-0.48	-0.97	1.00	1.00	-0.91	-0.87	-0.02	-0.78	-0.80	-0.73
CS_RATIO	0.00	0.42	0.82	.	-0.95	0.94	0.46	0.96	-0.89	-0.91	1.00	0.82	0.12	0.72	0.71	0.58
CP_RATIO	0.00	0.00	1.00	.	-0.81	0.96	0.00	0.93	-0.90	-0.87	0.82	1.00	0.45	0.87	0.84	0.79
ULTRA	0.00	0.00	0.45	.	0.06	0.25	-0.72	0.17	-0.08	-0.02	0.12	0.45	1.00	0.37	0.31	0.32
HAMMER0	0.00	0.00	0.87	.	-0.72	0.83	0.05	0.81	-0.81	-0.78	0.72	0.87	0.37	1.00	0.88	0.87
HAMMER90	0.00	0.00	0.84	.	-0.74	0.83	0.12	0.81	-0.83	-0.80	0.71	0.84	0.31	0.88	1.00	0.84
STR_COM	-0.08	0.02	0.79	.	-0.65	0.74	0.05	0.72	-0.76	-0.73	0.58	0.79	0.32	0.87	0.84	1.00

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการศึกษาโดยเครื่องมือพันดิท

ในการศึกษาถึงปัจจัยของขนาดและชนิดของหินที่มีผลต่อคลื่นอัลตราโซนิกในคอนกรีตนั้น พบว่าหินที่มีขนาด 1 นิ้ว ค่าความเร็วในการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกผ่านคอนกรีตจะมีค่ามากกว่าหินที่มีขนาด 3/4 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตที่มีหินขนาดใหญ่เป็นส่วนผสม คลื่นอัลตราโซนิกจะเดินทางได้ดีกว่าคอนกรีตที่มีหินขนาดเล็กเป็นส่วนผสม

ซึ่งการที่หินขนาดใหญ่มีค่าความเร็วในการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกมากกว่าหินขนาดเล็กเป็นเพราะตัวอย่างคอนกรีตที่มีหินขนาดใหญ่เป็นส่วนผสมนั้น เมื่อคลื่นอัลตราโซนิกเคลื่อนที่ผ่านจะมีการหักเหของคลื่นน้อยกว่าตัวอย่างคอนกรีตที่มีหินขนาดเล็กเป็นส่วนผสม ซึ่งจะทำให้ระยะทางในการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิก ที่เคลื่อนที่ผ่านคอนกรีตที่มีหินขนาดใหญ่เป็นส่วนผสม น้อยกว่าการเดินทางผ่านคอนกรีตที่มีหินขนาดเล็กเป็นส่วนผสม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขนาดของหินจะมีผลต่อการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิก

และในส่วนของความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกที่เคลื่อนที่ผ่านคอนกรีตที่มีชนิดของหินเป็นส่วนผสมที่แตกต่างกัน การเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากค่าความหนาแน่นของหินปูนและหินบะซอลต์ที่ได้จากการทดสอบมีค่าความแตกต่างน้อยมาก ซึ่งอาจถือได้ว่าหินทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นชนิดของหินจึงไม่มีผลต่าการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. ข้อเสนอแนะ

การตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือพันดิทนั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวตรวจค่ากำลังคอนกรีตโดยตรง แต่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีต เช่น รอยแตกร้าวในคอนกรีต ความหนาแน่นของคอนกรีต เป็นต้น และหากจะทำการทดสอบการหากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแบบไม่ทำลาย ควรใช้การตรวจสอบโดยเครื่องมือพันดิทและเครื่องมือชมิดท์แฮมเมอร์ร่วมกันเพื่อให้เกิดค่าความแม่นยำในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

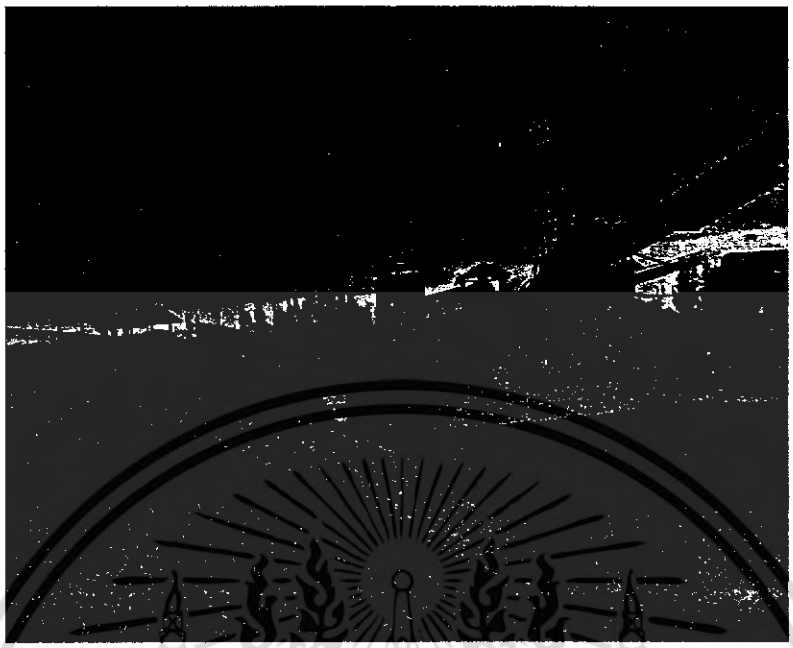
- Fujii.Z.,1995. การทดสอบแบบไม่ทำลาย.พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- Nawy.E.G.,1997. Concrete Construction Engineering Handbook. New York : John Wiel Sons.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2540. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 5. ม.ป.ท.
- ปริญญานิพนธ์เรื่องการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตด้วยคลื่นอัลตราโซนิก,2543
- คู่มือการทดสอบหิน ทราย และคอนกรีต ,พิมพ์ครั้งที่ 1:มิถุนายน 2541
- A.H.Buchanan, "Structural design for fire safety", reprited April 2002, John Wiley and sons.
- Civil Engineering Magazian, ปีที่ 16 ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน-ธันวาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รูปขั้นตอนการดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.1. การหาแหล่งหิน

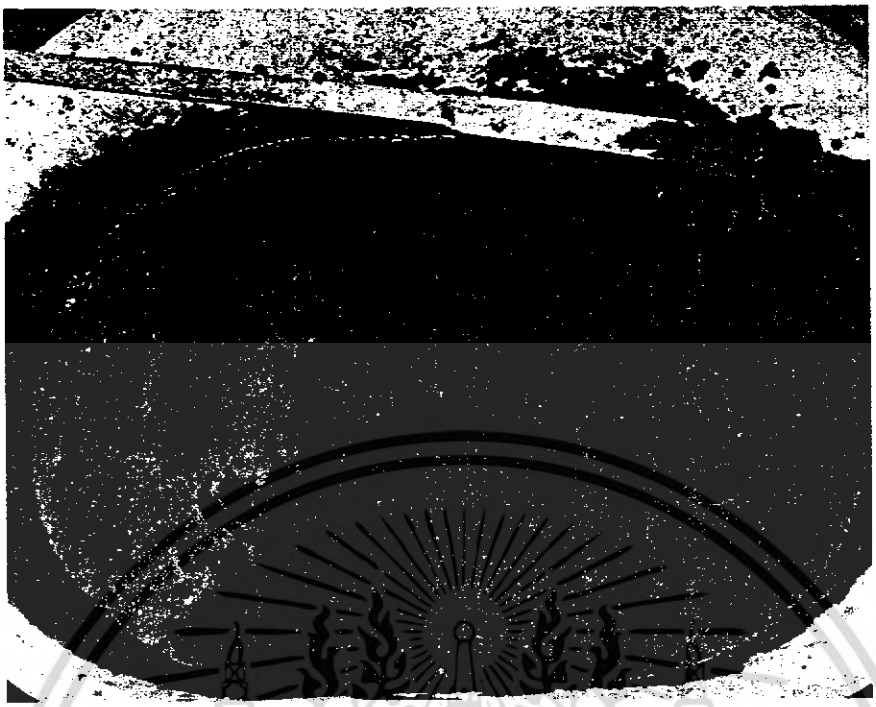
รูปที่ ผ.ก.2. การเก็บตัวอย่างวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผ.ก.3. การจัดเตียมส่วนผสมคอนกรีต

รูปที่ ผ.ก.4. การเตรียมแบบหล่อคอนกรีตตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

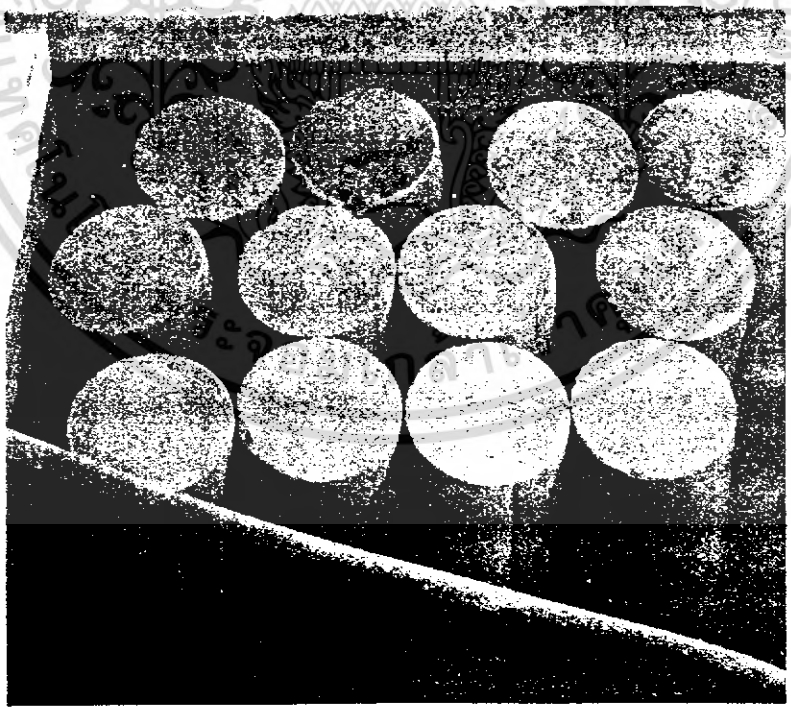


รูปที่ ผ.ก.5. การแสดงการผสมเพส

รูปที่ ผ.ก.6. การแสดงผสมคอนกรีต

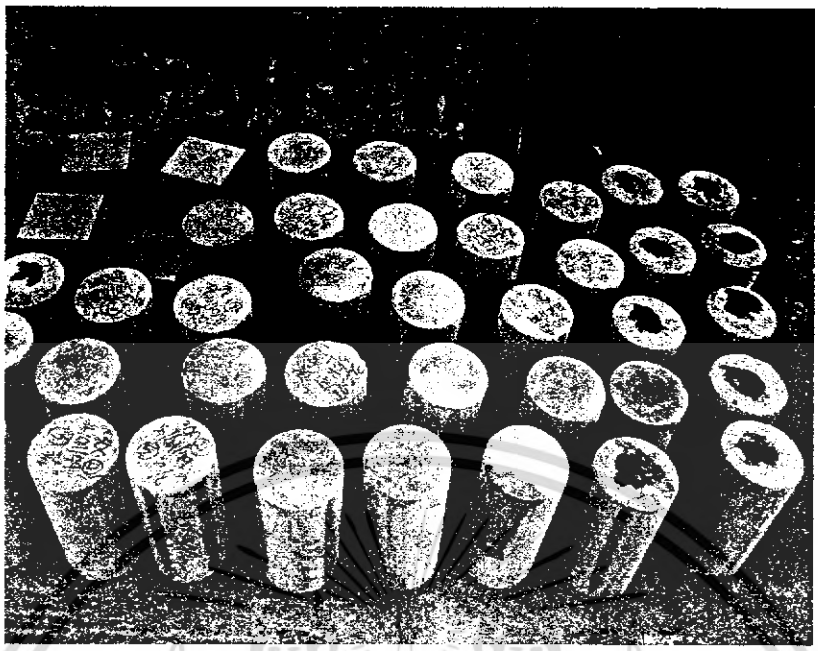
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผ.ก.7. การหล่อคอนกรีตตัวอย่าง



รูปที่ ผ.ก.8. แสดงการบ่มตัวอย่างคอนกรีต

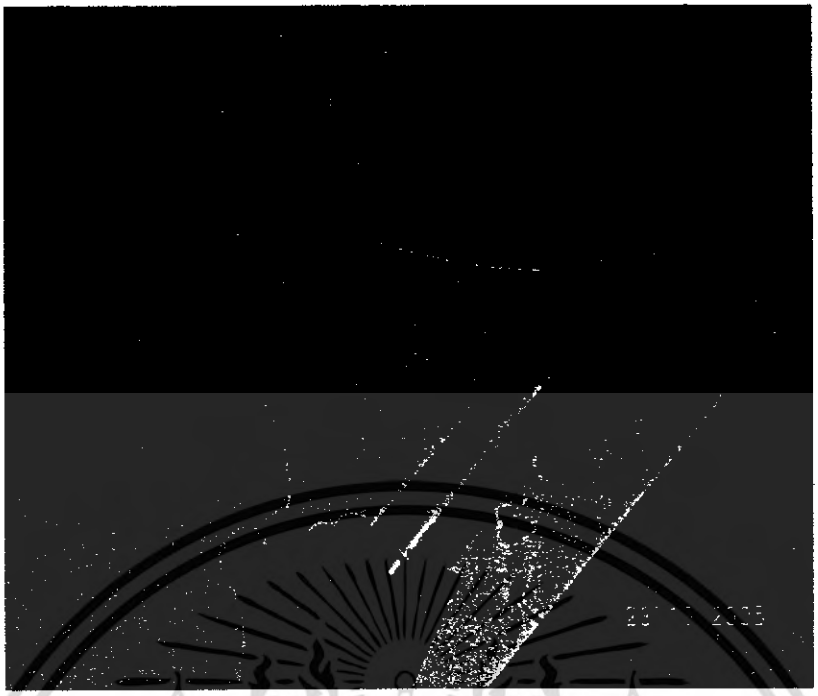
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.9. แสดงตัวอย่างคอนกรีต

รูปที่ ผ.ก.10. แสดงการขัดผิวหน้าตัวอย่างคอนกรีต

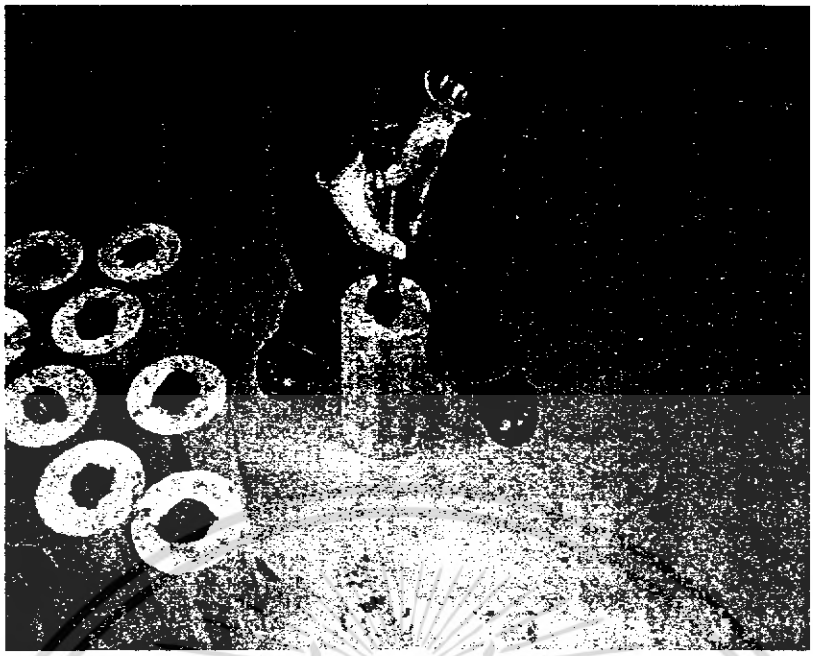
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



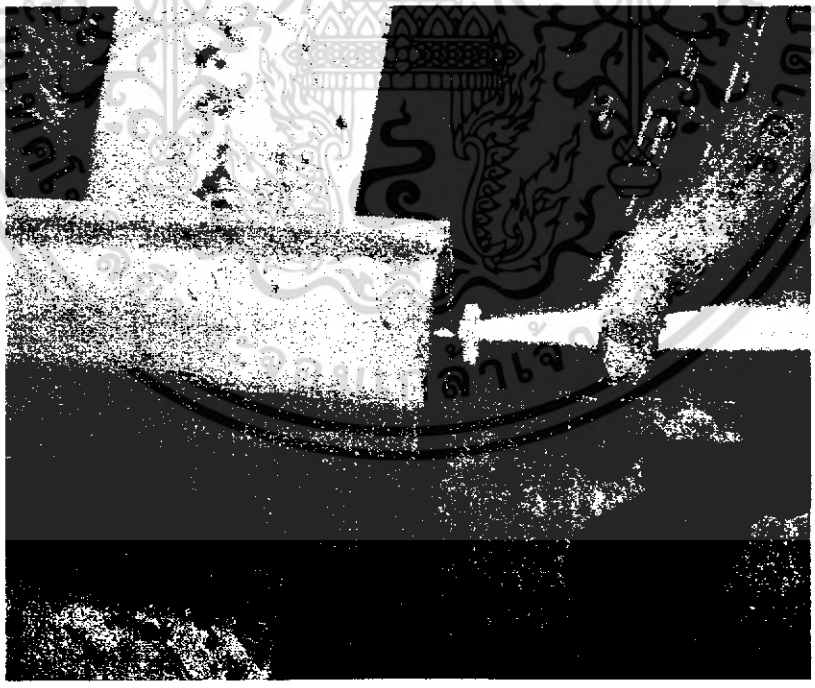
รูปที่ ผ.ก.11. แสดงการปรับแก้เครื่องมือพันดิท

รูปที่ ผ.ก.12. แสดงการทดสอบหาความเร็วคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวอย่างคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ก.13. แสดงการทดสอบโดยเครื่องมือชมิดแฮมเมอร์แบบตั้งฉาก(90 องศา)



รูปที่ ผ.ก.14. แสดงการทดสอบโดยเครื่องมือชมิดแฮมเมอร์แบบขนาน(0 องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผ.ก.15. แสดงการเก็บตัวอย่างคอนกรีต

รูปที่ ผ.ก.16. แสดงการทดสอบหากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตโดยเครื่องทดสอบกำลังอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

ข1. การทดสอบด้วยเครื่องมือชมิดแฮมเอมร์

ข2. การทดสอบด้วยเครื่องมือพันดิท

ข3. การทดสอบด้วยเครื่องมือ Compressive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข1. การทดสอบด้วยเครื่องมือชมิดแฮมเอมร์

ตารางที่ ผ.ข.1. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29.0	32.0	29.0	24.0	31.0	30.0	29.0	29.0	31.0	30.0
2	27.0	29.0	30.0	26.0	29.0	28.0	27.0	34.0	28.0	30.0
3	28.0	32.0	29.0	30.0	31.0	31.0	29.0	31.0	30.0	28.0
4	31.0	28.0	27.0	27.0	34.0	28.0	27.0	30.0	32.0	30.0
5	27.0	32.0	29.0	33.0	29.0	30.0	22.0	31.0	28.0	30.0
6	28.0	31.0	31.0	30.0	34.0	30.0	32.0	32.0	24.0	27.0
7	29.0	29.0	28.0	27.0	34.0	28.0	29.0	34.0	32.0	24.0
8	30.0	26.0	28.0	22.0	30.0	27.0	29.0	28.0	27.0	25.0
9	25.0	34.0	29.0	25.0	33.0	27.0	24.0	28.0	32.0	28.0
10	31.0	36.0	29.0	29.0	33.0	24.0	28.0	28.0	33.0	27.0
รวม	285.0	309.0	289.0	273.0	318.0	283.0	276.0	305.0	297.0	279.0
เฉลี่ย	28.5	30.9	28.9	27.3	31.8	28.3	27.6	30.5	29.7	27.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.2. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26.0	26.0	32.0	26.0	25.0	33.0	28.0	28.0	28.0	30.0
2	26.0	27.0	26.0	28.0	28.0	31.0	24.0	27.0	27.0	26.0
3	27.0	24.0	30.0	28.0	24.0	28.0	34.0	27.0	25.0	27.0
4	26.0	22.0	32.0	27.0	27.0	29.0	30.0	25.0	28.0	27.0
5	26.0	26.0	29.0	29.0	26.0	30.0	30.0	23.0	26.0	27.0
6	27.0	22.0	34.0	27.0	27.0	27.0	28.0	25.0	28.0	29.0
7	27.0	29.0	32.0	28.0	27.0	27.0	26.0	32.0	27.0	30.0
8	29.0	24.0	34.0	27.0	25.0	30.0	32.0	26.0	25.0	27.0
9	26.0	29.0	31.0	27.0	26.0	28.0	34.0	28.0	27.0	30.0
10	29.0	28.0	34.0	27.0	27.0	34.0	34.0	27.0	25.0	28.0
รวม	269.0	257.0	314.0	274.0	262.0	297.0	300.0	268.0	266.0	281.0
เฉลี่ย	26.9	25.7	31.4	27.4	26.2	29.7	30.0	26.8	26.6	28.1

ตารางที่ ผ.ข.3. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกท									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30.0	33.0	29.0	31.0	29.0	29.5	25.0	24.0	23.0	27.0
2	30.0	25.0	29.0	36.0	30.0	27.0	29.0	32.0	28.0	28.0
3	27.0	32.0	31.5	27.0	29.0	28.0	28.0	32.0	30.0	30.0
4	29.0	24.0	28.0	27.0	28.0	30.0	27.5	38.0	28.0	29.0
5	31.0	26.0	26.0	31.0	36.0	30.5	25.0	33.5	27.0	29.5
6	29.0	26.0	32.5	37.0	30.0	32.0	28.0	32.0	25.0	26.0
7	30.0	31.0	25.0	36.5	26.0	30.5	26.0	35.0	28.0	25.0
8	25.0	32.0	28.5	27.0	26.0	33.0	26.5	31.0	24.0	28.5
9	26.5	29.0	32.5	33.0	33.0	28.0	33.5	27.0	25.0	21.0
10	26.5	25.0	28.5	35.0	26.0	29.5	28.0	27.0	28.0	26.0
รวม	284.0	283.0	290.5	320.5	293.0	298.0	276.5	311.5	266.0	270.0
เฉลี่ย	28.4	28.3	29.1	32.1	29.3	29.8	27.7	31.2	26.6	27.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.4. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29.5	26.0	30.0	27.0	28.5	27.0	29.0	22.0	25.5	29.0
2	29.0	28.0	29.0	28.5	29.0	29.5	31.0	27.0	29.0	28.0
3	29.0	24.0	30.0	29.0	29.0	24.0	30.0	23.0	30.0	28.0
4	29.0	26.0	32.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	28.0	27.0
5	29.0	26.0	31.0	29.0	25.0	28.0	28.0	30.0	29.0	30.0
6	23.0	27.0	29.0	31.0	28.0	24.5	28.0	28.0	25.5	28.0
7	28.0	23.0	30.0	25.0	27.0	22.0	29.0	27.0	27.0	27.0
8	30.0	26.0	24.0	31.0	28.0	30.0	29.0	27.0	27.0	27.0
9	28.0	22.0	29.0	28.0	27.0	22.0	25.0	23.0	26.0	28.0
10	25.0	22.0	27.0	29.0	29.0	30.0	22.0	28.5	31.0	29.0
รวม	279.5	250.0	291.0	283.5	277.5	265.0	280.0	265.5	278.0	281.0
เฉลี่ย	28.0	25.0	29.1	28.4	27.8	26.5	28.0	26.6	27.8	28.1

ตารางที่ ผ.ข.5. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	38.0	26.0	28.0	32.0	28.0	28.0	32.0	29.0	25.0	27.0
2	32.0	31.0	26.0	30.0	32.5	26.5	33.0	29.5	28.0	26.0
3	31.0	32.0	28.0	31.0	26.0	28.5	27.0	29.0	26.0	27.0
4	34.5	27.0	29.0	33.0	29.0	27.0	28.0	30.0	28.5	27.0
5	34.5	26.0	27.5	33.0	26.5	27.0	30.0	29.0	28.0	23.5
6	37.5	26.0	27.0	28.5	33.5	26.0	30.5	27.0	26.5	27.0
7	31.0	31.0	33.0	31.0	24.5	27.0	35.0	29.0	29.5	26.5
8	34.0	28.0	34.5	35.5	28.0	27.0	28.0	30.5	26.0	24.0
9	30.0	29.0	24.5	35.0	30.0	28.0	30.0	25.0	25.0	27.5
10	31.5	29.0	26.0	31.0	29.0	27.5	28.0	26.0	27.0	28.0
รวม	334.0	285.0	283.5	320.0	287.0	272.5	301.5	284.0	269.5	263.5
เฉลี่ย	33.4	28.5	28.4	32.0	28.7	27.3	30.2	28.4	27.0	26.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26.0	28.0	25.0	28.0	29.0	26.0	27.0	26.0	30.0	24.0
2	28.0	29.0	25.0	29.0	32.0	28.0	27.0	29.0	24.0	26.0
3	27.0	28.0	26.0	30.0	29.0	29.0	29.0	28.0	26.0	24.0
4	25.0	25.0	22.0	24.0	28.0	27.0	26.0	23.0	27.0	26.0
5	25.0	26.0	27.0	28.0	27.0	30.0	29.0	27.0	25.0	24.0
6	26.0	27.0	28.0	28.0	27.0	27.0	25.0	27.0	24.0	27.0
7	26.0	25.0	24.0	24.0	24.0	28.0	26.0	25.0	28.0	28.0
8	23.0	28.0	25.0	27.0	27.0	24.0	22.0	28.0	28.0	25.0
9	25.0	28.0	24.0	28.0	25.0	28.0	24.0	29.0	28.0	24.0
10	24.0	24.0	26.0	26.0	28.0	27.0	25.0	24.0	29.0	24.0
รวม	255.0	268.0	252.0	272.0	276.0	274.0	260.0	266.0	269.0	252.0
เฉลี่ย	25.5	26.8	25.2	27.2	27.6	27.4	26.0	26.6	26.9	25.2

ตารางที่ ผ.ข.7. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33.0	36.0	32.0	27.0	35.0	31.0	29.0	33.0	34.0	36.0
2	32.0	34.0	31.0	34.0	38.0	34.0	34.0	35.0	35.0	33.0
3	31.0	36.0	36.0	34.0	32.0	35.0	34.0	32.0	32.0	34.0
4	33.0	34.0	34.0	33.0	35.0	35.0	32.0	32.0	33.0	33.0
5	32.0	33.0	34.0	33.0	34.0	35.0	33.0	35.0	34.0	36.0
6	36.0	34.0	37.0	35.0	33.0	35.0	33.0	36.0	36.0	36.0
7	34.0	32.0	33.0	35.0	37.0	33.0	29.0	35.0	37.0	36.0
8	28.0	34.0	33.0	23.0	36.0	34.0	34.0	35.0	36.0	35.0
9	29.0	34.0	35.0	35.0	32.0	30.0	37.0	34.0	32.0	38.0
10	36.0	29.0	34.0	29.0	37.0	35.0	30.0	37.0	35.0	37.0
รวม	324.0	336.0	339.0	318.0	349.0	337.0	325.0	344.0	344.0	354.0
เฉลี่ย	32.4	33.6	33.9	31.8	34.9	33.7	32.5	34.4	34.4	35.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.8. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33.0	32.0	33.0	32.0	35.0	32.0	30.0	32.0	30.0	32.0
2	39.0	32.0	37.0	36.0	36.0	35.0	36.0	35.0	32.0	38.0
3	36.0	32.0	34.0	33.0	35.0	34.0	38.0	35.0	34.0	36.0
4	33.0	31.0	28.0	32.0	33.0	34.0	35.0	33.0	32.0	35.0
5	34.0	30.0	31.0	34.0	33.0	36.0	33.0	38.0	32.0	31.0
6	32.0	30.0	33.0	31.0	35.0	31.0	33.0	33.0	37.0	31.0
7	31.0	33.0	33.0	30.0	33.0	35.0	36.0	32.0	34.0	33.0
8	31.0	32.0	34.0	32.0	34.0	32.0	30.0	33.0	32.0	33.0
9	31.0	32.0	33.0	32.0	34.0	33.0	31.0	31.0	30.0	35.0
10	32.0	34.0	32.0	31.0	32.0	32.0	31.0	29.0	28.0	31.0
รวม	332.0	318.0	328.0	323.0	340.0	334.0	333.0	331.0	321.0	335.0
เฉลี่ย	33.2	31.8	32.8	32.3	34.0	33.4	33.3	33.1	32.1	33.5

ตารางที่ ผ.ข.9. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35.0	35.0	34.0	34.0	33.0	34.0	33.0	29.0	33.0	27.0
2	34.0	32.0	31.0	39.0	32.0	29.0	34.0	35.0	29.0	29.0
3	35.0	31.0	36.0	30.0	35.0	34.0	33.0	35.0	36.0	34.0
4	36.0	30.0	35.0	35.0	35.0	31.0	35.0	42.0	34.0	35.0
5	36.0	28.0	35.0	34.0	34.0	32.0	33.0	40.0	42.0	34.0
6	35.0	36.0	31.0	33.0	37.0	33.0	33.0	31.0	35.0	34.0
7	37.0	33.0	37.0	33.0	34.0	35.0	30.0	37.0	33.0	36.0
8	36.0	34.0	37.0	31.0	33.0	35.0	38.0	30.0	37.0	30.0
9	30.0	34.0	30.0	34.0	34.0	34.0	35.0	33.0	32.0	35.0
10	36.0	27.0	35.0	35.0	31.0	35.0	35.0	33.0	33.0	37.0
รวม	350.0	320.0	341.0	338.0	338.0	332.0	339.0	345.0	344.0	331.0
เฉลี่ย	35.0	32.0	34.1	33.8	33.8	33.2	33.9	34.5	34.4	33.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.10. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26.0	32.0	32.0	32.0	26.0	32.0	31.0	31.0	33.0	37.0
2	33.0	32.0	37.0	32.0	32.0	30.0	31.0	33.0	34.0	33.0
3	34.0	32.0	32.0	30.0	30.0	31.0	25.0	34.0	34.0	30.0
4	27.0	31.0	33.0	28.0	29.0	31.0	34.0	30.0	34.0	31.0
5	33.0	33.0	31.0	24.0	29.0	31.0	33.0	32.0	32.0	30.0
6	33.0	27.0	32.0	29.0	28.0	32.0	32.0	30.0	33.0	31.0
7	31.0	31.0	34.0	31.0	30.0	32.0	37.0	31.0	32.0	34.0
8	30.0	31.0	31.0	28.0	33.0	31.0	32.0	30.0	33.0	32.0
9	32.0	31.0	33.0	28.0	32.0	32.0	34.0	31.0	32.0	31.0
10	34.0	31.0	34.0	28.0	34.0	31.0	26.0	33.0	34.0	30.0
รวม	313.0	311.0	329.0	290.0	303.0	313.0	315.0	315.0	331.0	319.0
เฉลี่ย	31.3	31.1	32.9	29.0	30.3	31.3	31.5	31.5	33.1	31.9

ตารางที่ ผ.ข.11. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33.0	38.0	37.0	34.0	31.0	36.0	34.0	37.0	36.0	34.0
2	35.0	34.0	35.0	35.0	30.0	35.0	35.0	36.0	34.0	35.0
3	34.0	36.0	35.0	36.0	30.0	39.0	36.0	33.0	35.0	34.0
4	38.5	37.0	36.0	30.0	28.0	35.5	37.0	36.0	36.0	34.0
5	35.0	34.5	36.0	35.0	36.0	35.0	38.0	33.0	36.5	32.0
6	32.0	37.0	37.0	36.0	35.0	32.0	36.0	24.0	34.0	36.0
7	36.0	35.0	36.0	37.0	35.0	33.0	33.0	33.0	34.0	34.0
8	30.0	31.0	38.0	35.0	30.5	36.0	35.0	39.0	33.0	34.0
9	35.0	34.0	28.0	36.0	33.0	34.0	36.0	33.5	35.0	36.0
10	36.0	34.5	38.5	36.0	34.5	37.5	35.0	28.0	34.0	33.0
รวม	344.5	351.0	356.5	350.0	323.0	353.0	355.0	332.5	347.5	342.0
เฉลี่ย	34.5	35.1	35.7	35.0	32.3	35.3	35.5	33.3	34.8	34.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.12. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26.0	33.0	31.0	31.0	30.0	32.0	30.0	30.0	32.0	30.0
2	29.0	31.0	31.0	30.0	30.0	32.0	31.0	31.0	31.0	30.0
3	29.0	31.0	30.0	31.0	32.0	32.0	30.0	31.0	30.0	30.0
4	30.0	33.0	30.0	28.0	24.0	31.0	30.0	30.0	32.0	30.0
5	28.0	31.0	32.0	30.0	24.0	25.0	33.0	25.0	27.0	30.0
6	28.0	31.0	30.0	31.0	29.0	28.0	29.0	32.0	32.0	31.0
7	31.0	33.0	31.0	29.0	30.0	31.0	30.0	32.0	32.0	29.0
8	31.0	32.0	29.0	32.0	26.0	31.0	32.0	32.0	31.0	30.0
9	26.0	29.0	30.0	30.0	30.0	32.0	32.0	32.0	32.0	31.0
10	29.0	30.0	32.0	25.0	31.0	33.0	26.0	33.0	32.0	31.0
รวม	287.0	314.0	306.0	297.0	286.0	307.0	303.0	308.0	311.0	302.0
เฉลี่ย	28.7	31.4	30.6	29.7	28.6	30.7	30.3	30.8	31.1	30.2

ตารางที่ ผ.ข.13. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35.0	39.0	32.0	37.0	32.0	33.0	34.0	30.0	34.0	29.0
2	36.0	35.0	36.0	39.0	36.0	33.0	35.0	29.0	32.0	32.0
3	34.0	39.0	35.0	32.0	30.0	28.0	36.0	37.0	30.0	37.0
4	35.0	39.0	37.0	32.0	28.0	38.0	36.0	31.0	28.0	35.0
5	30.0	30.0	40.0	26.0	37.0	29.0	34.0	29.0	40.0	30.0
6	34.0	30.0	32.0	35.0	27.0	37.0	29.0	29.0	32.0	36.0
7	40.0	30.0	34.0	37.0	35.0	33.0	38.0	36.0	25.0	36.0
8	33.0	40.0	39.0	37.0	25.0	37.0	34.0	32.0	32.0	32.0
9	36.0	37.0	33.0	36.0	35.0	30.0	28.0	35.0	32.0	38.0
10	31.0	34.0	31.0	30.0	35.0	33.0	28.0	33.0	37.0	38.0
รวม	344.0	353.0	349.0	341.0	320.0	331.0	332.0	321.0	322.0	343.0
เฉลี่ย	34.4	35.3	34.9	34.1	32.0	33.1	33.2	32.1	32.2	34.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.14. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วันกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33.0	37.0	32.0	35.0	33.0	33.0	33.0	36.0	31.0	34.0
2	35.0	35.0	36.0	33.0	36.0	33.0	34.0	37.0	33.0	33.0
3	34.0	37.0	31.0	35.0	34.0	32.0	33.0	35.0	35.0	34.0
4	33.0	37.0	31.0	34.0	33.0	34.0	33.0	32.0	31.0	33.0
5	35.0	35.0	32.0	32.0	30.0	33.0	33.0	35.0	32.0	32.0
6	33.0	34.0	32.0	33.0	34.0	32.0	33.0	33.0	34.0	33.0
7	32.0	38.0	32.0	35.0	33.0	33.0	33.0	35.0	31.0	33.0
8	38.0	40.0	35.0	35.0	34.0	34.0	34.0	38.0	32.0	35.0
9	37.0	37.0	30.0	36.0	34.0	30.0	34.0	35.0	31.0	34.0
10	34.0	39.0	32.0	34.0	34.0	31.0	33.0	29.0	29.0	33.0
รวม	344.0	369.0	323.0	342.0	335.0	325.0	333.0	345.0	319.0	334.0
เฉลี่ย	34.4	36.9	32.3	34.2	33.5	32.5	33.3	34.5	31.9	33.4

ตารางที่ ผ.ข.15. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วันกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	36.0	38.0	35.0	35.0	33.0	35.0	32.0	35.0	35.0	33.0
2	37.0	37.0	36.0	39.0	35.0	39.0	36.0	40.0	32.0	36.0
3	34.0	36.0	35.0	32.0	34.0	33.0	35.0	36.0	33.0	38.0
4	33.0	35.0	37.0	35.0	36.0	36.0	34.0	38.0	34.0	32.0
5	34.0	32.0	32.0	31.0	37.0	35.0	35.0	35.0	36.0	36.0
6	36.0	38.0	37.0	36.0	38.0	32.0	36.0	35.0	31.0	34.0
7	35.0	34.0	36.0	36.0	36.0	35.0	35.0	38.0	35.0	33.0
8	34.0	35.0	38.0	37.0	30.0	36.0	38.0	33.0	37.0	34.0
9	37.0	36.0	35.0	34.0	36.0	35.0	35.0	36.0	36.0	36.0
10	35.0	33.0	35.0	37.0	36.0	35.0	34.0	35.0	38.0	38.0
รวม	351.0	354.0	356.0	352.0	351.0	351.0	350.0	361.0	347.0	350.0
เฉลี่ย	35.1	35.4	35.6	35.2	35.1	35.1	35.0	36.1	34.7	35.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.16. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วันกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35.0	36.0	34.0	36.0	35.0	36.0	35.0	36.0	33.0	30.0
2	34.0	34.0	34.0	35.0	35.0	33.0	35.0	39.0	35.0	35.0
3	36.0	36.0	35.0	36.0	36.0	32.0	36.0	37.0	36.0	36.0
4	32.0	35.0	33.0	32.0	33.0	35.0	35.0	40.0	32.0	37.0
5	35.0	38.0	32.0	33.0	32.0	34.0	35.0	36.0	32.0	35.0
6	32.0	35.0	36.0	36.0	35.0	36.0	38.0	35.0	33.0	36.0
7	37.0	36.0	36.0	35.0	36.0	35.0	32.0	32.0	38.0	31.0
8	35.0	38.0	38.0	36.0	34.0	36.0	33.0	34.0	34.0	32.0
9	34.0	34.0	35.0	38.0	35.0	33.0	36.0	38.0	33.0	32.0
10	34.0	37.0	35.0	34.0	36.0	33.0	36.0	37.0	32.0	33.0
รวม	344.0	359.0	348.0	351.0	347.0	343.0	351.0	364.0	338.0	337.0
เฉลี่ย	34.4	35.9	34.8	35.1	34.7	34.3	35.1	36.4	33.8	33.7

ตารางที่ ผ.ข.17. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35.0	35.0	36.0	34.0	35.0	40.0	36.0	34.0	33.0	32.0
2	35.0	36.0	37.0	35.0	35.0	38.0	38.0	37.0	37.0	35.0
3	36.0	35.0	36.0	33.0	33.0	35.0	36.0	35.0	36.0	36.0
4	38.0	39.0	35.0	34.0	35.0	35.0	35.0	36.0	36.0	35.0
5	32.0	38.0	37.0	35.0	37.0	36.0	41.0	35.0	38.0	32.0
6	31.0	35.0	32.0	33.0	32.0	34.0	36.0	32.0	35.0	36.0
7	32.0	36.0	36.0	38.0	35.0	38.0	38.0	35.0	32.0	35.0
8	37.0	39.0	33.0	35.0	33.0	32.0	37.0	36.0	34.0	35.0
9	35.0	35.0	35.0	36.0	32.0	33.0	35.0	34.0	36.0	37.0
10	36.0	36.0	36.0	35.0	34.0	37.0	36.0	36.0	34.0	35.0
รวม	347.0	364.0	353.0	348.0	341.0	358.0	368.0	350.0	351.0	348.0
เฉลี่ย	34.7	36.4	35.3	34.8	34.1	35.8	36.8	35.0	35.1	34.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.18. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35.0	34.0	34.0	34.0	33.0	33.0	36.0	34.0	37.0	35.0
2	36.0	35.0	35.0	37.0	36.0	34.0	34.0	35.0	39.0	34.0
3	34.0	39.0	32.0	33.0	35.0	35.0	33.0	36.0	37.0	34.0
4	36.0	32.0	38.0	35.0	32.0	36.0	36.0	36.0	36.0	35.0
5	35.0	36.0	31.0	36.0	38.0	34.0	35.0	34.0	34.0	36.0
6	37.0	38.0	37.0	32.0	34.0	35.0	33.0	34.0	31.0	33.0
7	32.0	37.0	36.0	32.0	34.0	32.0	33.0	32.0	38.0	36.0
8	31.0	34.0	35.0	33.0	35.0	35.0	32.0	34.0	34.0	33.0
9	34.0	36.0	35.0	33.0	33.0	36.0	35.0	32.0	36.0	35.0
10	35.0	36.0	32.0	35.0	30.0	37.0	33.0	35.0	36.0	35.0
รวม	345.0	357.0	345.0	340.0	340.0	347.0	340.0	342.0	358.0	346.0
เฉลี่ย	34.5	35.7	34.5	34.0	34.0	34.7	34.0	34.2	35.8	34.6

ตารางที่ ผ.ข.19. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23.0	24.0	22.5	24.0	25.8	20.0	26.8	22.0	20.0	25.0
2	24.8	22.0	24.5	24.2	24.2	26.0	23.8	26.0	24.0	22.2
3	25.9	25.0	22.8	23.8	26.0	16.0	25.0	26.0	24.5	21.0
4	25.0	22.0	23.0	25.5	25.8	18.0	25.8	25.0	23.0	20.0
5	24.0	24.0	22.0	22.2	26.0	24.5	24.0	24.0	24.5	23.8
6	24.8	24.0	22.5	23.8	24.0	24.0	26.8	22.0	22.0	22.0
7	26.0	24.0	21.0	25.0	26.0	26.0	25.9	26.0	22.0	22.2
8	24.2	24.0	18.0	23.5	26.2	25.0	24.0	24.0	24.0	21.5
9	21.5	24.0	21.0	22.2	26.0	24.0	25.8	24.0	20.5	19.5
10	20.0	24.0	19.8	20.2	26.2	24.0	26.0	22.0	22.0	23.5
รวม	220.2	215.0	200.3	218.2	235.0	209.5	234.9	227.0	213.5	207.2
เฉลี่ย	22.0	21.5	20.0	21.8	23.5	20.9	23.4	22.7	21.3	20.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.20. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วันกำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28.0	24.0	30.0	30.0	28.0	27.0	20.0	36.0	30.0	26.0
2	25.0	24.0	30.0	28.0	30.0	25.0	24.0	27.0	28.0	20.0
3	24.0	28.0	26.0	27.0	28.0	25.0	28.0	34.0	27.0	14.0
4	20.0	20.0	28.0	29.0	26.0	27.0	24.0	34.0	27.0	25.0
5	24.0	27.0	27.0	30.0	20.0	28.0	20.0	30.0	28.0	25.0
6	28.5	20.0	29.0	30.0	28.0	27.0	22.0	32.0	29.0	28.0
7	26.0	20.0	27.0	28.0	26.0	28.0	26.0	31.0	27.0	27.0
8	26.0	24.0	29.0	28.0	26.0	26.0	28.0	31.0	26.0	26.0
9	30.0	23.0	30.0	28.0	28.0	30.0	25.0	31.0	27.0	27.0
10	28.0	25.0	26.0	30.0	26.0	27.0	24.5	30.0	28.0	27.0
รวม	232.5	212.0	259.0	262.0	245	249.0	224.0	294.0	258.0	228.0
เฉลี่ย	23.2	21.2	25.9	26.2	24.5	24.9	22.4	29.4	25.8	22.8

ตารางที่ ผ.ข.21. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24.0	24.0	26.0	25.0	21.8	24.0	24.0	24.0	23.0	23.5
2	24.0	22.0	25.0	21.0	21.0	23.0	24.0	25.0	23.0	25.2
3	23.0	22.0	25.0	24.0	23.2	23.0	23.8	24.0	24.0	25.5
4	24.0	24.0	26.0	24.5	23.2	22.0	23.8	23.0	20.0	24.5
5	24.5	23.0	26.5	26.0	25.0	20.0	25.0	24.0	24.0	25.0
6	20.0	24.5	25.0	22.0	27.5	24.0	24.2	26.0	25.0	24.3
7	21.0	24.0	24.0	25.0	22.0	25.0	26.2	25.5	26.0	27.6
8	20.0	20.0	22.5	25.5	21.0	24.0	25.0	24.5	21.0	21.8
9	26.0	24.0	27.0	24.0	23.0	21.0	25.0	24.0	22.0	27.5
10	23.0	23.5	33.0	25.0	26.0	25.0	24.5	25.5	23.0	26.2
รวม	207.5	209.5	230.0	221.0	212.7	212.0	228.0	228.0	217.0	234.9
เฉลี่ย	20.7	20.9	23.0	22.1	21.2	21.2	22.8	22.8	21.7	23.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.22. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32.0	32.0	33.0	28.5	33.5	28.0	24.5	28.0	28.5	32.2
2	33.0	31.0	32.5	29.8	35.8	30.0	27.0	30.0	26.5	34.0
3	34.0	32.0	27.0	30.0	31.0	30.0	30.0	31.0	27.5	32.5
4	32.0	30.0	35.0	35.8	34.2	29.0	33.5	29.0	29.0	36.0
5	34.0	30.5	31.5	29.5	29.8	29.0	29.0	32.0	30.0	35.0
6	29.0	28.0	30.0	32.0	30.8	28.0	25.0	26.5	27.0	35.0
7	34.0	34.0	36.5	32.2	34.2	26.0	31.5	28.5	28.0	33.5
8	37.0	34.5	34.0	31.5	32.0	27.0	23.5	27.0	27.0	34.5
9	29.0	31.0	30.0	32.5	35.8	27.5	28.5	28.0	24.5	34.0
10	22.0	23.0	31.0	34.3	35.0	28.0	28.5	24.0	28.0	29.0
รวม	295.0	285.0	292.5	285.8	302.1	260.5	259.5	268.0	257.0	316.7
เฉลี่ย	29.5	28.5	29.2	28.5	30.2	26.0	25.9	26.8	25.7	31.6

ตารางที่ ผ.ข.23. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29.0	32.0	24.0	22.0	32.0	27.0	24.0	23.0	30.0	20.0
2	30.0	24.0	25.0	25.0	27.0	26.0	22.0	20.0	25.0	22.0
3	32.0	22.0	23.0	26.0	29.0	24.0	20.0	33.0	25.0	21.0
4	23.0	23.0	24.0	20.0	20.0	21.0	23.0	25.0	32.0	21.0
5	26.0	29.0	25.0	20.0	29.0	23.0	25.0	24.0	25.0	22.0
6	32.0	30.0	21.0	24.0	29.0	28.0	23.0	25.0	23.0	21.0
7	27.0	22.0	27.0	24.0	21.0	32.0	23.0	33.0	28.0	22.0
8	25.0	32.0	26.0	24.0	29.0	25.0	21.0	23.0	23.0	20.0
9	32.0	20.0	26.0	24.0	24.0	23.0	24.0	26.0	31.0	23.0
10	30.0	29.0	25.0	26.0	23.0	25.0	21.0	24.0	26.0	26.0
รวม	257.0	236.0	224.0	213.0	245.0	235.0	212.0	240.0	251.0	202.0
เฉลี่ย	25.7	23.6	22.4	21.3	24.5	23.5	21.2	24.0	25.1	20.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.24. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29.0	29.0	27.0	35.0	30.0	28.0	28.0	28.0	27.0	27.0
2	28.0	29.0	27.0	30.0	28.0	27.0	27.0	29.0	26.0	28.0
3	27.0	28.0	29.0	29.0	27.0	27.0	26.0	28.0	27.0	28.0
4	29.0	30.0	28.0	30.0	27.0	27.0	26.0	28.0	27.0	28.0
5	27.0	28.0	29.0	32.0	27.0	27.0	28.0	29.0	28.0	29.0
6	29.0	28.0	30.0	33.0	28.0	28.0	28.0	30.0	29.0	27.0
7	26.0	27.0	29.0	30.0	28.0	28.0	30.0	32.0	30.0	30.0
8	27.0	26.0	28.0	32.0	29.0	28.0	29.0	31.0	26.0	29.0
9	27.0	28.0	27.0	28.0	31.0	29.0	30.0	28.0	28.0	29.0
10	29.0	30.0	28.0	29.0	29.0	28.0	27.0	27.0	28.0	29.0
รวม	250.0	255.0	257.0	283.0	260.0	255.0	259.0	271.0	257.0	265.0
เฉลี่ย	25.0	25.5	25.7	28.3	26.0	25.5	25.9	27.1	25.7	26.5

ตารางที่ ผ.ข.25. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33.0	28.0	34.0	29.0	32.0	31.0	32.0	28.0	28.0	30.0
2	31.0	27.0	33.0	28.0	26.0	32.0	28.0	29.0	27.0	29.0
3	27.0	260.	30.0	30.0	30.0	28.0	28.0	29.0	28.0	25.0
4	26.0	30.0	34.0	27.0	27.0	36.0	30.0	30.0	28.0	24.0
5	32.0	25.0	30.0	29.0	28.0	32.0	29.0	29.0	29.0	29.0
6	26.0	26.0	34.0	30.0	33.0	32.0	30.0	30.0	32.0	27.0
7	27.0	28.0	29.0	32.0	30.0	30.0	29.0	28.0	28.0	28.0
8	32.0	24.0	28.0	31.0	30.0	32.0	29.0	32.0	28.0	28.0
9	34.0	31.0	32.0	28.0	34.0	32.0	30.0	34.0	280.0	31.0
10	28.0	31.0	34.0	33.0	28.0	33.0	29.0	30.0	30.0	29.0
รวม	269.0	247.0	287.0	268.0	275.0	291.0	272.0	277.0	265.0	261.0
เฉลี่ย	26.9	24.7	28.7	26.8	27.5	29.1	27.2	27.7	26.5	26.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.26. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28.0	36.0	28.0	31.0	30.0	28.0	32.0	28.0	31.0	35.0
2	31.0	28.0	27.0	32.0	29.0	30.0	31.0	35.0	34.0	29.0
3	29.0	35.0	30.0	30.0	32.0	30.0	32.0	35.0	36.0	36.0
4	29.0	28.0	32.0	34.0	31.0	30.0	31.0	340	33.0	38.0
5	30.0	34.0	28.0	38.0	29.0	28.0	32.0	30.0	32.0	42.0
6	31.0	37.0	30.0	34.0	30.0	29.0	29.0	35.0	30.0	31.0
7	33.0	33.0	31.0	36.0	28.0	30.0	37.0	31.0	35.0	33.0
8	32.0	31.0	30.0	36.0	29.0	29.0	29.0	29.0	30.0	34.0
9	32.0	31.0	30.0	38.0	30.0	32.0	32.0	30.0	33.0	36.0
10	31.0	35.0	29.0	30.0	30.0	31.0	36.0	38.0	34.0	38.0
รวม	276.0	295.0	269.0	313.0	273.0	272.0	292.0	295.0	303.0	324.0
เฉลี่ย	27.6	29.5	26.9	31.3	27.3	27.2	29.2	29.5	30.3	32.4

ตารางที่ ผ.ข.27. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30.0	33.0	32.0	38.0	34.0	36.0	38.0	37.0	39.0	36.0
2	39.0	35.0	33.0	32.0	34.0	33.0	35.0	36.0	37.0	34.0
3	38.0	38.0	38.0	34.0	35.0	35.0	36.0	34.0	35.0	32.0
4	40.0	32.0	36.0	34.0	33.0	38.0	33.0	38.0	33.0	36.0
5	34.0	37.0	33.0	34.0	32.0	30.0	38.0	36.0	40.0	34.0
6	36.0	33.0	33.0	36.0	38.0	33.0	34.0	34.0	39.0	35.0
7	42.0	39.0	37.0	33.0	33.0	33.0	38.0	36.0	33.0	35.0
8	38.0	35.0	35.0	36.0	34.0	32.0	32.0	34.0	38.0	33.0
9	35.0	34.0	33.0	35.0	36.0	38.0	35.0	36.0	34.0	36.0
10	37.0	37.0	33.0	34.0	39.0	40.0	35.0	39.0	36.0	33.0
รวม	369.0	353.0	343.0	346.0	348.0	348.0	354.0	360.0	364.0	344.0
เฉลี่ย	36.9	35.3	34.3	34.6	34.8	34.8	35.4	36.0	36.4	34.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.28. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	42.0	40.0	38.0	34.0	34.0	37.0	38.0	38.0	37.0	37.0
2	38.0	38.0	37.0	33.0	38.0	34.0	32.0	42.0	33.0	35.0
3	34.0	38.0	34.0	36.0	37.0	37.0	39.0	40.0	38.0	36.0
4	32.0	39.0	37.0	34.0	38.0	33.0	39.0	36.0	39.0	33.0
5	33.0	36.0	37.0	34.0	38.0	35.0	34.0	40.0	33.0	38.0
6	36.0	38.0	37.0	33.0	38.0	39.0	41.0	39.0	37.0	34.0
7	35.0	36.0	37.0	35.0	36.0	37.0	34.0	39.0	37.0	37.0
8	34.0	38.0	34.0	35.0	34.0	38.0	40.0	35.0	37.0	38.0
9	35.0	37.0	36.0	35.0	37.0	36.0	38.0	38.0	38.0	38.0
10	35.0	38.0	34.0	33.0	38.0	35.0	39.0	39.0	38.0	38.0
รวม	354.0	378.0	361.0	342.0	368.0	361.0	374.0	386.0	367.0	364.0
เฉลี่ย	35.4	37.8	36.1	34.2	36.8	36.1	37.4	38.6	36.7	36.4

ตารางที่ ผ.ข.29. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30.0	32.0	33.0	36.0	31.0	33.0	30.0	34.0	32.0	29.0
2	30.0	34.0	31.0	34.0	31.0	35.0	30.0	32.0	32.0	31.0
3	30.0	32.0	31.0	34.0	30.0	31.0	32.0	31.0	38.0	36.0
4	32.0	34.0	32.0	32.0	30.0	33.0	35.0	36.0	31.0	32.0
5	30.0	32.0	34.0	31.0	34.0	34.0	31.0	32.0	32.0	32.0
6	34.0	33.0	30.0	32.0	32.0	34.0	30.0	31.0	30.0	34.0
7	31.0	31.0	30.0	30.0	30.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
8	28.0	31.0	32.0	32.0	34.0	34.0	33.0	31.0	33.0	30.0
9	34.0	30.0	29.0	34.0	38.0	33.0	35.0	30.0	31.0	31.0
10	29.0	35.0	32.0	30.0	30.0	33.0	31.0	30.0	34.0	32.0
รวม	308.0	324.0	314.0	325.0	320.0	331.0	317.0	318.0	323.0	318.0
เฉลี่ย	30.8	32.4	31.4	32.5	32.0	33.1	31.7	31.8	32.3	31.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.30. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	37.0	42.0	40.0	38.0.	41.0	38.0	39.0	39.0	37.0	40.0
2	33.0	34.0	33.0	33.0	41.0	40.0	39.0	39.0	32.0	37.0
3	34.0	33.0	37.0	36.0	38.0	39.0	33.0	39.0	40.0	38.0
4	35.0	37.0	35.0	37.0	40.0	35.0	35.0	37.0	39.0	34.0
5	39.0	40.0	40.0	34.0	42.0	40.0	36.0	36.0	39.0	39.0
6	34.0	33.0	37.0	39.0	40.0	38.0	38.0	40.0	37.0	35.0
7	36.0	40.0	35.0	37.0	37.0	39.0	40.0	39.0	36.0	38.0
8	33.0	38.0	37.0	39.0	40.0	39.0	40.0	38.0	39.0	39.0
9	32.0	35.0	30.0	34.0	39.0	38.0	39.0	38.0	37.0	38.0
10	38.0	37.0	35.0	38.0	37.0	34.0	34.0	37.0	39.0	33.0
รวม	351.0	369.0	359.0	365.0	395.0	380.0	373.0	382.0	375.0	371.0
เฉลี่ย	35.1	36.9	35.9	36.5	39.5	38.0	37.3	38.2	37.5	37.1

ดารางที่ ผ.ข.31. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	42.0	41.0	38.0	35.0	39.0	38.0	37.0	37.0	38.0	40.0
2	38.0	39.0	36.0	38.0	38.0	35.0	38.0	32.0	40.0	40.0
3	38.0	40.0	38.0	40.0	42.0	25.0	36.0	34.0	35.0	38.0
4	39.0	39.0	40.0	36.0	40.0	34.0	37.0	40.0	39.0	39.0
5	41.0	37.0	38.0	38.0	42.0	38.0	38.0	38.0	42.0	38.0
6	37.0	36.0	37.0	44.0	40.0	36.0	34.0	35.0	42.0	38.0
7	41.0	38.0	39.0	35.0	45.0	40.0	36.0	38.0	39.0	41.0
8	40.0	40.0	40.0	43.0	42.0	41.0	36.0	38.0	39.0	39.0
9	43.0	40.0	38.0	43.0	42.0	38.0	31.0	40.0	41.0	43.0
10	42.0	40.0	38.0	35.0	40.0	40.0	35.0	39.0	40.0	38.0
รวม	401.0	390.0	382.0	387.0	410.0	365.0	358.0	371.0	395.0	394.0
เฉลี่ย	40.1	39.0	38.2	38.7	41.0	36.5	35.8	37.1	39.5	39.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.32. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 1 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	39.0	35.0	35.0	41.0	41.0	40.0	34.0	37.0	38.0	40.0
2	39.0	34.0	34.0	43.0	40.0	41.0	35.0	39.0	37.0	41.0
3	40.0	27.0	34.0	41.0	40.0	41.0	36.0	39.0	37.0	41.0
4	39.0	37.0	33.0	39.0	41.0	41.0	35.0	36.0	41.0	42.0
5	39.0	36.0	35.0	40.0	43.0	41.0	37.0	41.0	33.0	43.0
6	40.0	40.0	35.0	38.0	33.0	41.0	34.0	41.0	40.0	42.0
7	36.0	40.0	34.0	39.0	43.0	36.0	36.0	35.0	39.0	40.0
8	39.0	38.0	38.0	38.0	42.0	42.0	31.0	37.0	40.0	40.0
9	41.0	37.0	38.0	34.0	43.0	42.0	39.0	40.0	39.0	43.0
10	43.0	40.0	34.0	40.0	43.0	43.0	34.0	38.0	37.0	44.0
รวม	395.0	364.0	350.0	393.0	409.0	408.0	351.0	383.0	381.0	416.0
เฉลี่ย	39.5	36.4	35.0	39.3	40.9	40.8	35.1	38.3	38.1	41.6

ตารางที่ ผ.ข.33. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	39.0	40.0	39.0	38.0	38.0	36.0	38.0	38.0	39.0	37.0
2	41.0	40.0	37.0	37.0	39.0	39.0	38.0	39.0	37.0	38.0
3	40.0	38.0	40.0	37.0	40.0	38.0	40.0	38.0	36.0	38.0
4	37.0	41.0	38.0	39.0	42.0	38.0	41.0	36.0	35.0	37.0
5	39.0	39.0	39.0	30.0	41.0	36.0	40.0	37.0	36.0	40.0
6	39.0	38.0	38.0	39.0	38.0	40.0	36.0	36.0	36.0	43.0
7	38.0	41.0	40.0	40.0	36.0	38.0	43.0	38.0	39.0	40.0
8	43.0	41.0	38.0	42.0	39.0	41.0	43.0	37.0	35.0	40.0
9	41.0	39.0	37.0	37.0	37.0	42.0	41.0	35.0	37.0	39.0
10	44.0	41.0	39.0	37.0	42.0	41.0	43.0	38.0	36.0	43.0
รวม	401.0	398.0	385.0	376.0	392.0	389.0	403.0	372.0	366.0	395.0
เฉลี่ย	40.1	39.8	38.5	37.6	39.2	38.9	40.3	37.2	36.6	39.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.34. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/4 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	38.0	37.0	38.0	38.0	40.0	39.0	37.0	38.0	36.0	35.0
2	38.0	38.0	37.0	37.0	41.0	42.0	42.0	37.0	37.0	36.0
3	39.0	36.0	39.0	38.0	43.0	42.0	39.0	37.0	38.0	35.0
4	40.0	35.0	36.0	38.0	40.0	41.0	38.0	37.0	38.0	38.0
5	38.0	38.0	36.0	39.0	42.0	38.0	44.0	35.0	39.0	37.0
6	41.0	36.0	39.0	36.0	41.0	42.0	37.0	35.0	37.0	38.0
7	38.0	38.0	35.0	37.0	39.0	38.0	39.0	35.0	38.0	37.0
8	40.0	36.0	35.0	37.0	45.0	37.0	43.0	32.0	39.0	38.0
9	40.0	39.0	36.0	39.0	43.0	36.0	44.0	32.0	38.0	38.0
10	42.0	37.0	36.0	43.0	43.0	36.0	44.0	32.0	35.0	39.0
รวม	394.0	370.0	367.0	382.0	417.0	391.0	407.0	350.0	375.0	371.0
เฉลี่ย	39.4	37.0	36.7	38.2	41.7	39.1	40.7	35	37.5	37.1

ตารางที่ ผ.ข.35. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 90 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	41.0	42.0	37.0	39.0	37.0	39.0	36.0	38.0	35.0	39.0
2	40.0	40.0	36.0	40.0	37.0	38.0	35.0	39.0	38.0	42.0
3	41.0	39.0	38.0	39.0	41.0	37.0	37.0	39.0	39.0	40.0
4	38.0	38.0	37.0	41.0	37.0	37.0	37.0	38.0	39.0	36.0
5	40.0	39.0	33.0	38.0	38.0	39.0	39.0	37.0	37.0	37.0
6	38.0	38.0	35.0	38.0	39.0	41.0	35.0	36.0	39.0	38.0
7	39.0	40.0	38.0	39.0	39.0	41.0	36.0	36.0	41.0	38.0
8	42.0	39.0	40.0	37.0	37.0	38.0	38.0	39.0	42.0	40.0
9	43.0	41.0	41.0	37.0	39.0	37.0	37.0	38.0	40.0	41.0
10	43.0	39.0	390.0	39.0	40.0	39.0	40.0	37.0	38.0	38.0
รวม	405.0	395.0	374.0	387.0	384.0	386.0	370.0	377.0	388.0	389.0
เฉลี่ย	40.5	39.5	37.4	38.7	38.4	38.6	37.0	37.7	38.8	38.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.36. ผลการทดสอบหินปูนด้วยเครื่องชมิดท์แฮมเมอร์แบบ 0 องศา ขนาด 3/8 นิ้ว ที่อายุคอนกรีต 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ตำแหน่งที่ทำการกด	ลูกที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	37.0	39.0	37.0	39.0	39.0	39.0	37.0	39.0	36.0	39.0
2	37.0	37.0	38.0	43.0	39.0	42.0	39.0	38.0	38.0	40.0
3	38.0	36.0	39.0	43.0	41.0	43.0	41.0	39.0	37.0	39.0
4	41.0	36.0	40.0	39.0	37.0	39.0	41.0	40.0	39.0	40.0
5	43.0	34.0	43.0	39.0	35.0	43.0	38.0	42.0	35.0	36.0
6	39.0	35.0	41.0	41.0	38.0	40.0	39.0	41.0	38.0	39.0
7	40	39.0	38.0	38.0	36.0	38.0	42.0	39.0	40.0	38.0
8	39.0	37.0	36.0	42.0	39.0	38.0	38.0	42.0	39.0	41.0
9	39.0	39.0	39.0	42.0	37.0	44.0	37.0	38.0	41.0	43.0
10	37.0	42.0	41.0	41.0	39.0	42.0	39.0	39.0	43.0	44.0
รวม	390.0	374.0	392.0	407.0	380.0	408.0	391.0	397.0	386.0	399.0
เฉลี่ย	39.0	37.4	39.2	40.7	38.0	40.8	39.1	39.7	38.6	39.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข2. การทดสอบด้วยเครื่องมือพันดิท

ตารางที่ ผ.ข.37. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	72.2	68.3	67.3
2	70.7	67.9	67.4
3	70.8	68.5	67
4	71.9	68.5	65.9
5	70.5	67.5	66.4
6	72.6	68.9	67.2
7	70.7	68.3	65.9
8	71.8	68.6	66.2
9	70.3	67.4	64.4
10	70.2	67.1	65.5
รวม	711.7	681	663.2
เฉลี่ย	71.1	68.1	66.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.38. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	74.5	70.9	66.1
2	74.5	69.8	66.7
3	73.5	68.8	69.7
4	73.9	69.5	66.4
5	72.7	69.1	65.8
6	74.5	69.6	66.7
7	74.6	70.9	65.1
8	73.7	68.9	64.5
9	74.6	68.5	66.4
10	74.5	70.4	67.9
รวม	741	696.4	665.3
เฉลี่ย	74.1	69.6	66.5

ตารางที่ ผ.ข.39. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	73.2	72.6	70.4
2	74.5	74.1	71.2
3	74.0	73.0	72.9
4	73.5	71.4	69.2
5	71.8	70.9	68.7
6	75.5	75.3	70.1
7	74.3	73.0	69.8
8	72.8	71.3	73.6
9	73.4	72.0	71.5
10	74.7	73.4	69.6
รวม	737.7	727.0	707.0
เฉลี่ย	73.8	72.7	70.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.40. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	66.8	64.0	64.1
2	67.5	65.1	64.8
3	66.5	64.0	64.6
4	67.3	65.0	64.2
5	65.4	63.0	64.5
6	67.9	65.3	65.2
7	66.9	64.3	64.6
8	66.3	64.1	64.5
9	66.5	64.4	63.4
10	66.5	64.5	64.5
รวม	667.6	643.7	644.4
เฉลี่ย	66.8	64.4	64.4

ตารางที่ ผ.ข.41. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	68.7	66.5	65.3
2	68.2	66.4	65.6
3	70.3	68.3	66.1
4	70.1	68.8	66.5
5	69.8	68.2	66.1
6	69.4	67.9	66.4
7	68.5	66.8	65.6
8	70.8	68.3	66.1
9	70.3	66.5	65.9
10	69.1	66.8	65.9
รวม	695.2	674.5	659.5
เฉลี่ย	69.5	67.5	6.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.42. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	73.4	70.8	68.9
2	73.5	71.2	69.6
3	72.8	70.2	67.6
4	74.3	72.4	69.5
5	74.1	71.9	68.6
6	72.9	70.5	68.9
7	74.2	72.5	68.7
8	75.1	73.3	69.6
9	74.3	72.3	69.8
10	74.1	72.8	68.6
รวม	738.7	717.9	689.8
เฉลี่ย	73.8	71.7	68.9

ตารางที่ ผ.ข.43. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	69.5	67.2	65.1
2	69.8	66.8	65.6
3	71.2	69.4	67.1
4	70.8	68.1	66.4
5	70.1	67.5	65.3
6	70.4	67.2	64.8
7	69.8	67.9	66.4
8	69.9	67.3	65.4
9	69.5	67.5	65.6
10	70.2	68.9	66.7
รวม	701.2	677.8	658.4
เฉลี่ย	70.1	67.8	65.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.44. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	70.1	68.5	66.2
2	70.7	67.7	66.7
3	71.2	68.2	65.9
4	71.3	68.9	67.5
5	70.5	69.3	66.9
6	71.2	68.6	66.8
7	70.4	68.9	66.5
8	70.1	67.4	65.7
9	69.8	68.3	66.1
10	70.9	69.4	67.3
รวม	706.2	685.2	665.6
เฉลี่ย	70.6	68.5	66.5

ตารางที่ ผ.ข.45. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	73.5	69.7	66.7
2	72.4	68.7	66.2
3	71.7	68.3	66.9
4	73.1	69.1	67.3
5	72.3	69.4	67.1
6	71.5	68.4	65.9
7	71.9	68.8	66.3
8	72.7	69.1	66.4
9	73	68.9	67.5
10	71.4	68.3	67.2
รวม	723.5	688.7	667.5
เฉลี่ย	72.3	68.8	66.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.46. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	71.5	66.5	67.2
2	74.6	69.7	68.6
3	72.8	68.5	66.8
4	73.1	69.7	66.6
5	72.5	69.2	66.8
6	70.6	68.3	66.7
7	72.6	67.5	67.5
8	70.4	67.3	66.9
9	70.4	68.1	66.9
10	74.2	70.3	67.9
รวม	722.7	685.1	671.9
เฉลี่ย	72.2	68.5	67.1

ตารางที่ ผ.ข.47. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	70.8	66.8	65.6
2	72.6	68.1	66.8
3	70.8	68.2	67
4	71.7	68.4	66.7
5	72.1	68.7	66.7
6	74.5	68.9	68.3
7	73.1	68.9	67.1
8	73.7	70	68
9	73.5	70.1	67.2
10	71.3	67.6	66.7
รวม	724.1	685.7	670.1
เฉลี่ย	72.4	68.5	67.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.48. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	74.3	69.7	68.9
2	73.5	70.9	69.3
3	76.4	72.4	69.6
4	72.4	69.3	68.1
5	74.6	71.2	69.7
6	75.5	71.8	69.5
7	77.8	73.4	71.2
8	76.8	72.2	69.7
9	74.6	72.5	69.1
10	78.5	72.9	70.1
รวม	754.4	716.3	695.2
เฉลี่ย	75.4	71.6	69.5

ตารางที่ ผ.ข.49. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	72.4	68.2	65.1
2	72.6	70.1	66.8
3	69.8	67.9	65.1
4	71.2	68.4	65.3
5	73.2	69.3	65.8
6	70.3	68.5	65.4
7	69.7	67.5	65.4
8	70.8	68.1	63.8
9	69.5	66.5	65.1
10	69.4	67.3	65.7
รวม	708.9	681.8	653.5
เฉลี่ย	70.8	68.1	65.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.50. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	70.4	67.7	68.1
2	72.5	69.1	67.6
3	72.2	69.6	67.2
4	72.3	69.7	69.8
5	72.2	69.2	67.0
6	72.8	69.3	67.1
7	71.7	69.3	67.1
8	72.8	69.7	66.7
9	73.2	69.5	66.9
10	72.5	69.4	66.9
รวม	722.6	692.5	674.4
เฉลี่ย	72.2	69.2	67.4

ตารางที่ ผ.ข.51. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	74.5	73	70.6
2	73.8	72.9	71.3
3	75.2	73.3	69.2
4	73.4	71.5	73.4
5	72.1	69.7	69.5
6	72.9	70.7	67.5
7	74.5	72.7	68.5
8	73.6	71.7	67.7
9	73.7	71.3	67.8
10	74.4	72.3	67.8
รวม	738.1	719.1	693.3
เฉลี่ย	73.8	71.9	69.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.52. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	69.2	66.3	64.1
2	69.5	66.8	65.1
3	69.7	67.5	65.8
4	69.3	67.4	65.4
5	69.6	66.8	64.7
6	70.5	67.1	64.8
7	70.2	67.8	66.4
8	68.8	65.8	62.2
9	70.8	68.5	66.8
10	69.1	66.4	64.2
รวม	696.7	670.4	649.5
เฉลี่ย	69.6	67.0	64.9

ตารางที่ ผ.ข.53. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	70.2	66.4	65.3
2	70.8	67.5	65.8
3	71.4	67.4	66.2
4	72.6	69.3	67.5
5	69.7	67.3	65.9
6	70.3	67.5	65.3
7	69.8	67.9	66.4
8	70.7	68.3	66.1
9	69.1	66.4	65.6
10	72.8	69.1	66.8
รวม	707.4	677.1	660.9
เฉลี่ย	70.7	67.7	66.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.54. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่องมือพันดิทที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	เวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านคอนกรีต(μs)		
	เวลาทำการทดสอบ		
	3 วัน	7 วัน	28 วัน
1	69.1	66.7	65.9
2	72.8	68.5	67.2
3	71.4	68.4	66.7
4	70.6	67.1	64.5
5	72.6	69.3	66.2
6	72.4	70.1	67.2
7	71.8	69.2	67.4
8	72.4	68.3	66.5
9	72.1	68.7	65.3
10	73.4	70.4	67.5
รวม	718.6	686.7	664.4
เฉลี่ย	71.8	68.6	66.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข3. การทดสอบด้วยเครื่องมือ Compressive

ตารางที่ ผ.ข.55. ผลการทดสอบหินปะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	521.0	300.6
2	624.9	360.5
3	398.3	229.8
4	638.4	368.3
5	646.0	372.7
6	575.7	332.1
7	590.6	340.7
8	645.1	372.2
9	618.6	356.9
10	566.4	326.8
รวม	5825.0	3360.5
เฉลี่ย	582.5	336.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.56. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	575.1	331.8
2	555.2	320.3
3	473.7	273.3
4	555.5	320.5
5	622.7	359.2
6	667.3	385.0
7	632.3	364.8
8	686.7	396.2
9	657.7	379.4
10	653.9	377.2
รวม	6080.1	3507.7
เฉลี่ย	608.0	350.8

ตารางที่ ผ.ข.57. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	592.3	341.7
2	446.3	257.5
3	594.7	343.1
4	693.4	400.0
5	545.2	314.5
6	682.4	393.7
7	717.0	413.6
8	667.6	385.1
9	526.4	303.7
10	581.2	335.3
รวม	6046.5	3488.3
เฉลี่ย	604.7	348.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.58. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	797.8	460.3
2	794.4	458.3
3	702.0	405.0
4	790.5	456.0
5	575.7	332.1
6	622.5	359.1
7	719.8	415.3
8	804.9	464.4
9	768.0	443.1
10	656.5	378.7
รวม	7232.1	4172.3
เฉลี่ย	723.2	417.2

ตารางที่ ผ.ข.59. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	708.5	408.7
2	595.2	343.4
3	704.1	406.2
4	576.7	332.7
5	719.5	415.1
6	565.3	326.1
7	625.0	360.6
8	685.4	395.4
9	578.7	333.9
10	534.3	308.2
รวม	6292.7	3630.3
เฉลี่ย	629.3	363.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.60. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	664.6	383.4
2	794.1	458.1
3	803.2	463.4
4	553.2	319.1
5	790.0	455.8
6	803.9	463.8
7	579.5	334.3
8	761.3	439.2
9	745.4	430.0
10	779.6	449.8
รวม	7274.8	4196.9
เฉลี่ย	727.5	419.7

ตารางที่ ผ.ข.61. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	821.8	474.1
2	721.5	416.2
3	650.1	375.0
4	764.9	441.2
5	751.7	433.6
6	787.5	454.3
7	714.0	411.9
8	789.7	455.5
9	615.4	355.0
10	666.9	384.7
รวม	7283.5	4201.9
เฉลี่ย	728.3	420.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.62. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	733.4	423.1
2	675.3	389.6
3	765.2	441.5
4	723.5	417.4
5	722.8	417.0
6	731.3	421.9
7	742.4	428.3
8	802.3	462.9
9	712.3	410.9
10	666.9	384.7
รวม	7275.4	4197.3
เฉลี่ย	727.5	419.7

ตารางที่ ผ.ข.63. ผลการทดสอบหินบะซอลต์ขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	653.4	377.0
2	765.2	441.5
3	711.8	410.6
4	691.2	398.8
5	684.8	395.1
6	729.4	420.8
7	743.5	428.9
8	728.6	420.3
9	731.7	422.1
10	708.4	408.7
รวม	7148.0	4123.8
เฉลี่ย	714.8	412.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.64. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	442.8	255.4
2	494.3	285.1
3	474.3	273.6
4	525.5	303.1
5	502.0	289.6
6	592.1	341.5
7	357.9	206.4
8	610.0	351.9
9	551.9	318.3
10	478.1	275.8
รวม	5028.9	2901.2
เฉลี่ย	502.8	290.1

ตารางที่ ผ.ข.65. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	439.9	253.7
2	493.5	284.7
3	588.9	339.7
4	533.4	307.7
5	608.7	351.1
6	521.2	300.6
7	406.4	234.4
8	460.6	265.7
9	387.9	223.7
10	578.5	333.7
รวม	5019.0	2895.5
เฉลี่ย	501.9	289.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.66. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 200 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	510.5	294.5
2	421.2	242.9
3	589.7	340.2
4	622.7	359.2
5	597.4	344.6
6	624.1	360.0
7	400.5	231.0
8	516.3	297.8
9	489.9	282.6
10	413.2	238.3
รวม	5185.5	2991.5
เฉลี่ย	518.5	299.1

ตารางที่ ผ.ข.67. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	753.0	434.4
2	649.2	374.5
3	696.8	401.9
4	704.1	406.2
5	647.1	373.3
6	561.1	323.7
7	723.1	417.1
8	739.0	426.3
9	651.4	375.7
10	697.0	402.1
รวม	6821.8	3935.5
เฉลี่ย	682.1	393.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.68. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	870.8	502.3
2	765.1	441.3
3	621.7	358.6
4	809.7	467.1
5	794.5	458.3
6	495.5	285.8
7	755.5	435.8
8	744.7	429.6
9	794.1	458.1
10	831.7	479.8
รวม	7483.3	4317.1
เฉลี่ย	748.3	431.7

ตารางที่ ผ.ข.69. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 300 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	562.2	324.3
2	840.8	485.0
3	820.7	473.4
4	589.2	339.9
5	942.0	543.4
6	815.1	470.2
7	855.9	493.7
8	838.2	483.5
9	868.3	500.9
10	808.8	466.6
รวม	7941.2	4581.3
เฉลี่ย	794.1	458.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.70. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 1 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	983.6	567.4
2	858.6	495.3
3	856.5	494.1
4	851.9	491.4
5	687.1	396.3
6	937.0	540.5
7	810.4	467.5
8	829.2	478.3
9	812.3	468.6
10	884.1	510.0
รวม	8510.7	4909.9
เฉลี่ย	851.0	490.9

ตารางที่ ผ.ข.71. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/4 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	786.5	453.7
2	677.9	391.0
3	791.2	456.4
4	775.4	447.3
5	821.1	473.7
6	815.7	470.5
7	734.6	423.7
8	742.1	428.1
9	829.2	478.3
10	812.3	468.6
รวม	7786.0	4491.8
เฉลี่ย	778.6	449.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.72. ผลการทดสอบหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ด้วยเครื่อง Compressive ที่กำลังรับแรงอัดที่ออกแบบ 400 ksc.

ลูกที่	กำลังอัดของคอนกรีต	
	28 วัน (kn)	28 วัน (ksc)
1	736.8	425.0
2	761.2	439.1
3	754.6	435.3
4	784.3	452.4
5	723.4	417.3
6	807.5	465.8
7	732.4	422.5
8	768.4	443.2
9	835.7	482.1
10	743.8	429.1
รวม	7648.1	4412.2
เฉลี่ย	764.8	441.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้