การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก

AN APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR PREDICTING CYLINDRICAL COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

อนันต์ วิริยะกิจชัย
ANAN WIRIYAKITCHAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2713-6

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก

AN APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR PREDICTING CYLINDRICAL COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

อนันต์ วิริยะกิจชัย

ANAN WIRIYAKITCHAI

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 65455
วัน,เดือน,ปี 11 ต.ค. 2549

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2713-6

AN APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR PREDICTING CYLINDRICAL COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

ANAN WIRIYAKITCHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

ISBN 974-15-2713-6

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก
นักศึกษา	นายอนันต์ วิริยะกิจชัย
รหัสนักศึกษา	47061304
ปริญญา	วิศวกรรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์

บทคัดย่อ

การพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่แม่นยำมีความสำคัญ เนื่องจากการทดสอบกำลังรับแรงอัดต้องทดสอบที่อายุ 28 วัน ทำให้เกิดผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างในกรณีที่กำลังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ทั้งทางด้านระยะเวลาและต้นทุนก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนจึงถูกใช้ในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัด จากการทบทวนวรรณกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาขึ้นมาในอดีตนั้นใช้ข้อมูลที่ไม่มีความหลากหลายจึงทำให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ต่ำ ดังนั้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โครงข่ายประสาทเทียมจึงถูกพัฒนาร่วมกับระบบฐานข้อมูลคอนกรีต ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลคอนกรีตจากห้องทดลอง 67 สัดส่วนผสม ซึ่งครอบคลุมมาตรฐานการออกแบบคอนกรีตในกรณีที่ไม่มีสารผสมเพิ่มของ ACI 211.1 คือ มีอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) 0.4-0.8, อัตราส่วนทรายต่อมวลรวม (S/A) 0.4-0.6 และอัตราส่วนเพสต์ต่อมวลรวม 0.25-0.45 และข้อมูลจาก 3 โรงผสมคอนกรีตต่างผู้ผลิต จำนวน 1,781 ข้อมูล โดยมีค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตอยู่ในช่วง 150-550 กก/ซม^2 ANN แบบไปข้างหน้าชนิดการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ โดยมีการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนด้วยวิธี Levenberg-Marquardt Algorithm ซึ่งพัฒนาบนโปรแกรม MATLAB ถูกใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัด จากผลการทดสอบพบว่าโครงข่าย 5-4-1 และ 6-5-2 Feedforward Network เป็นโครงข่ายที่มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลจากห้องทดลองและโรงผสมคอนกรีตตามลำดับ โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดเท่ากับ 4.78% สำหรับข้อมูลจากห้องทดลอง และ 6.57%, 6.47% และ 9.79% สำหรับข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตนครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีตตามลำดับ

Thesis Title	An Application of Artificial Neural Networks for Predicting Cylindrical Compressive Strength of Concrete
Student	Mr.Anan Wiriyakitchai
Student ID.	47061304
Degree	Master of Engineering
Program	Construction Engineering and Management
Year	2006
Thesis Advisor	Asst.Prof.Laemthong Laokhongthavorn
Thesis Co-Advisor	Asst.Prof.Dr.Suchatchavee Suwansawas

ABSTRACT

Accuracy in concrete compressive strength prediction is important because construction time and cost usually are effected if the test result of 28 days age concrete does not satisfy the required strength. Artificial Neural Network (ANN) as an effective tool for solving the sophisticated problem was selected to predict the concrete compressive strength. However, by reviewing literature, it indicates that many historical developed ANNs for concrete strength prediction use various and discrete data so performance of the prediction is not so excellent, especially for the data that much differ from the training data. Hence, concrete database of 150-550 ksc concrete compressive strength are developed to enhance prediction the concrete compressive strength by ANN. This database consists of 67 mix proportions-1435 specimens data from the laboratory, designed to dominate the concrete mix design standard (ACI 211.1 code) by using 0.4-0.8 w/c, 0.4-0.6 S/A, and 0.25-0.45 paste/aggregate range and excluding admixture, and 1,781 data from three brand batching plants. Feedforward networks with back propagation algorithm trained by Levenberg-Marquardt Algorithm on MATLAB program were developed for this function. The result shown that 5-4-1 and 6-5-2 feedforward network were appropriated for the laboratory and the batching plant data respectively. The Mean absolute percentage error (MAPE) of compressive strength prediction was 4.78% for laboratory data and 6.57%, 6.47%, and 9.79% for Siam City Concrete, CPAC Concrete, and TPI Concrete data respectively.

กิตติกรรมประกาศ

คงไม่มีคำกล่าวใดที่จะบ่งบอกถึงความกรุณา, ความอนุเคราะห์, คำชี้แนะ และการดูแลเป็นอย่างดียิ่งของ ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้จุดประกายความคิดแก่ข้าพเจ้าในหลายด้านตลอดเวลาตั้งแต่ศึกษาในระดับปริญญาตรี นอกจากนั้นผู้ที่มีความสำคัญยิ่งอีกท่านคือ ผศ.ดร.สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งทำให้รู้ว่าไม่มีอะไรที่เป็นไปไม่ได้ถ้าตั้งใจแน่วแน่

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) ผู้ร่วมให้ทุนการวิจัยภายใต้โครงการทุนวิจัย สกว.-บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) ประจำปี 2548

สำนักประสานงานชุดโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ ผู้ชี้ชวนและให้ข้อมูลที่สำคัญยิ่งเกี่ยวกับทุนการวิจัย

และโครงการวิจัยนี้คงไม่สมบูรณ์ถ้าไม่ได้ความอนุเคราะห์จากคุณศิวะ มหาสันทนะ, คุณบรรพต นิโครวนจำรัส และคุณวิทวัส ภัทรนาวิก บริษัท นครหลวงคอนกรีต จำกัด ที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการจัดเก็บข้อมูลคอนกรีตจากโรงผสมคอนกรีต

ขอขอบคุณอย่างยิ่งสำหรับ ดร.คมสัน มาลีสี ผู้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีเกี่ยวกับงานคอนกรีต, ดร.อุมา สีบุญเรือง ผู้สอบถามความก้าวหน้าของการวิจัยอย่างห่วงใยเป็นประจำ นอกจากนั้นขอขอบคุณบรรดาอาจารย์, ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ข้อคิดที่ดีทั้งการทำวิจัย, การทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน

ขอบคุณนายส่งศักดิ์ วัฒนศักดิ์, นายอรรณพ ชัยชนะ และนายอรรษนุพงษ์ พรมงาม รุ่นน้องภาควิชาวิศวกรรมโยธา สจล. ซึ่งช่วยเหลือในกระบวนการผสม และทดสอบคอนกรีตในห้องทดลองอย่างเต็มที่ตลอดการวิจัย

ขอบคุณสำหรับความช่วยเหลือ, ความรัก, ความห่วงใย, กำลังใจ, ที่ปรึกษายามทุกข์และสุข ทำให้รู้จักและซาบซึ้งถึงคำว่า “เพื่อน” ชัดเจนเสมอมา

นอกจากนั้นขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นที่บ่มเพาะและประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่ระดับปริญญาตรีจนถึงระดับบัณฑิตศึกษา, ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโยธาที่ให้โอกาสข้าพเจ้าในการทำงานและศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการทดสอบวัสดุอย่างลึกซึ้ง รวมทั้งสำนักหอสมุดกลาง สจล. ที่ได้จัดหาหนังสือและวารสารอันทรงคุณค่ายิ่งสำหรับงานวิจัยนี้

สุดท้ายแต่ความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนสำหรับความห่วงใยของบุพการี และพี่ชาย ที่สั่งสอนและดูแลข้าพเจ้าอยู่ตลอดเวลา ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจตลอดเวลาที่พบปัญหา

อนันต์ วิริยะกิจชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....IX
สารบัญรูป.....XI
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....4
2.1 บทนำ.....4
2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต.....4
2.2.1 วัสดุผสม.....6
2.2.2 สัดส่วนผสม.....7
2.2.3 คุณภาพเนื้อคอนกรีต.....9
2.2.4 การพัฒนากำลังรับแรงอัด.....10
2.2.5 การทดสอบ.....13
2.3 การพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต.....16
2.3.1 การพยากรณ์กำลังรับแรงอัดด้วยวิธีทางสถิติ.....16
2.3.1.1 การพยากรณ์โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอย.....16
2.3.1.2 การพยากรณ์โดยใช้ระบบแผนผังควบคุมผลรวมสะสม (Cusum System).....19
2.3.2 การพยากรณ์กำลังรับแรงอัดด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม.....19
2.4 บทวิเคราะห์.....22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม 24

3.1 บทนำ 24

3.2 การจำลองเซลล์ประสาท 24

3.2.1 เซลล์ประสาทชีวภาพ 24

3.2.2 เซลล์ประสาทเทียม 25

3.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า 26

3.4 การเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ 28

3.5 อภิปราย 30

บทที่ 4 การเก็บข้อมูลและระบบฐานข้อมูลคอนกรีต 32

4.1 บทนำ 32

4.2 การเก็บข้อมูลจากห้องทดลอง 32

4.2.1 การออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต 32

4.2.2 การทดสอบวัสดุผสม 35

4.2.3 การผสมคอนกรีต 35

4.2.4 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต 36

4.2.4.1 คุณสมบัติของคอนกรีตสด 36

4.2.4.2 คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว 36

4.3 การเก็บข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต 37

4.4 ระบบฐานข้อมูลคอนกรีต 37

4.5 สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลและระบบฐานข้อมูลคอนกรีต 38

บทที่ 5 กระบวนการออกแบบและหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม 40

5.1 บทนำ 40

5.2 การเตรียมข้อมูล 40

5.2.1 การกำหนดผลลัพธ์ และปัจจัยนำเข้า 41

5.2.2 การ Normalization ข้อมูล 43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3 การหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม....46
5.3.1 เงื่อนไขในกระบวนการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ...48
5.3.1.1 ค่า Gradient Factor....48
5.3.1.2 ค่า Mu Factor....48
5.3.2 การวัดประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม....48
5.3.3 การหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม
โดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลอง....49
5.3.4 การหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม
โดยใช้ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต....60
5.3.5 ผลของจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนหน่วยในชั้นซ่อน....70
5.3.6 ผลของจำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน....72
5.4 สรุปกระบวนการออกแบบและหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม
ที่เหมาะสม....73

บทที่ 6 การทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม....75
6.1 บทนำ....75
6.2 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม....75
6.2.1 แบบจำลองที่ 1: ปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปอัตราส่วนผสม
(เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลอง)....76
6.2.2 แบบจำลองที่ 2: เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลจาก
โรงผสมคอนกรีตเดียวกัน....77
6.2.2.1 เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค....77
6.2.2.2 เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลทีพีไอคอนกรีต....78
6.2.3 แบบจำลองที่ 3: เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลจากต่าง
โรงผสมคอนกรีต....80

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.2.3.1 เรียนรู้ข้อมูลนครหลวงคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค....80

6.2.3.2 เรียนรู้ข้อมูลนครหลวงคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลทีพีไอคอนกรีต....82

6.2.4 แบบจำลองที่ 4: เรียนรู้โดยใช้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต....84

6.2.4.1 เรียนรู้ข้อมูลทุกโรงผสมคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลนครหลวงคอนกรีต....84

6.2.4.2 เรียนรู้ข้อมูลทุกโรงผสมคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค....85

6.2.4.3 เรียนรู้ข้อมูลทุกโรงผสมคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลทีพีไอคอนกรีต....87

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ....91

7.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต....91

7.2 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม....92

7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่อประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม....92

7.4 ข้อเสนอแนะ....93

เอกสารอ้างอิง....94

ภาคผนวก ก สัดส่วนผสมคอนกรีต....98

ภาคผนวก ข ผลทดสอบวัสดุผสมคอนกรีต....104

ข1 ผลการทดสอบหิน....105

ข2 ผลการทดสอบทราย....106

ข3 ผลการทดสอบน้ำ....108

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค ข้อมูลคอนกรีตจากห้องทดลอง.....109

ค1 แบบฟอร์มในการจัดเก็บข้อมูลคอนกรีตของห้องทดลอง.....110

ค2 ข้อมูลคอนกรีตจากห้องทดลอง.....111

ค3 ข้อมูลคอนกรีตจากโรงผสมคอนกรีต.....148

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....182

ประวัติผู้เขียน.....185

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงค่าปรับแก้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต 14
2.2 การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัด 20
3.1 ชนิดของฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) 28
4.1 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตสดและมาตรฐานทดสอบ 36
4.2 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้วและมาตรฐานทดสอบ 37
4.3 จำนวนข้อมูลคอนกรีตจากโรงผสมคอนกรีต 37
4.4 รายละเอียดข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลคอนกรีต 38
5.1 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของปัจจัยจากห้องทดลอง 44
5.2 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของปัจจัยจากโรงผสมคอนกรีต 45
5.3 ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแต่ละโครงสร้าง ในกรณีใช้ชุดข้อมูลจากห้องทดลอง 50
5.4 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจากห้องทดลอง 59
5.5 ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแต่ละโครงสร้าง ในกรณีใช้ชุดข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตนครหลวงคอนกรีต 61
5.6 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตนครหลวงคอนกรีต 70
6.1 สรุปแบบจำลองที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ทั้งหมด 75
6.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายที่พัฒนาจากข้อมูลห้องทดลอง 76
6.3 สรุปประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของแบบจำลองที่ 2 80
6.4 สรุปประสิทธิภาพในการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในการเรียนรู้ 83
6.5 สรุปประสิทธิภาพในการพยากรณ์โดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต 88
7.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต 91
ผ.ก.1 สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ทำการออกแบบ 100
ผ.ข.1 ผลการทดสอบหินที่ใช้ในการผสมคอนกรีต 105
ผ.ข.2 ผลการทดสอบทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต 106
ผ.ข.3 ผลการทดสอบน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต 108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ผ.ง.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient, r) ของข้อมูลจากห้องทดลอง.....183
ผ.ง.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient, r) ของข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต.....184

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนการศึกษา....3
2.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต....5
2.2 การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ประเภทต่างๆ....6
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีตที่ผสมด้วยมวลรวมต่างชนิดกัน โดยกำหนดให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์คงที่เท่ากับ 0.50....7
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด กับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์....8
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด กับ อัตราส่วนมวลรวมต่อซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ใดๆ....8
2.6 ช่องว่างในเนื้อคอนกรีต....9
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด กับ ความพรุน....10
2.8 การพัฒนากำลังรับแรงอัด (ตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 150 mm.)....11
2.9 การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเนื่องจากการบ่มชื้นที่ระยะเวลาต่างกัน (อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.50)....12
2.10 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต....12
2.11 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม กับการพัฒนากำลังของคอนกรีตในช่วงต้น....13
2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต กับ อัตราส่วนระหว่างความสูง/เส้นผ่านศูนย์กลาง ของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก....14
2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกกับตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์....15
2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกดตัวอย่างคอนกรีต กับ กำลังของคอนกรีต โดยเทียบกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่กดด้วยอัตรา 0.2 MPa/s (30 psi/s)....16
2.15 การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต....17
3.1 โครงสร้างเซลล์ประสาทชีวภาพ....25
3.2 โครงสร้างเซลล์ประสาทเทียม....26
3.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า (Feedforward Network)....27
4.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากห้องทดลอง....33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.2 ปริมาณสัดส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรที่กำลังรับแรงอัดต่างๆ ตามมาตรฐานการออกแบบ ACI 211.1 (ความข้นเหลวคงที่ 8-10 เซนติเมตร)..... 34

4.3 ปริมาณสัดส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ที่ความข้นเหลวต่างๆ ตามมาตรฐานการออกแบบ ACI 211.1 (กำลังรับแรงอัดคงที่ 280 กก./ตร.ซม.)..... 34

5.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล..... 41

5.2 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน โดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลอง..... 43

5.3 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน และ ความข้นเหลวของคอนกรีต โดยใช้ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต..... 43

5.4 ขั้นตอนการหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม..... 47

5.5 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน 3 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs..... 51

5.6 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน 4 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs..... 52

5.7 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน 5 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs..... 53

5.8 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน 6 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs..... 54

5.9 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 3 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs.....55

5.10 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 4 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs.....56

5.11 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 5 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs.....57

5.12 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 6 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs.....58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.13 เปรียบเทียบความผิดพลาดของการพยากรณ์ในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบ 59

5.14 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 4 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs 62

5.15 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 5 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs 63

5.16 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 6 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs 64

5.17 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 4 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs 65

5.18 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 5 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs 66

5.19 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 6 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs 67

5.20 เปรียบเทียบความผิดพลาดในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัด และความข้นเหลวของคอนกรีตในกระบวนการทดสอบ 68

5.21 เปรียบเทียบความผิดพลาดของค่ากำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้ และกระบวนการทดสอบ 69

5.22 เปรียบเทียบความผิดพลาดของค่าความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้ และกระบวนการทดสอบ 69

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.23 ประสิทธิภาพของโครงข่ายในกระบวนการเรียนรู้เนื่องจากจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนหน่วยในชั้นซ่อน.....71

5.24 ประสิทธิภาพของโครงข่ายในกระบวนการทดสอบเนื่องจากจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนหน่วยในชั้นซ่อน..... 72

5.25 ประสิทธิภาพของโครงข่ายในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเนื่องจากจำนวนรอบในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน..... 73

6.1 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม โดยปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปอัตราส่วนผสม..... 76

6.2 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค.....77

6.3 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค.....78

6.4 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของทีพีไอคอนกรีต.....79

6.5 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีต..... 79

6.6 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้.....81

6.7 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้.....81

6.8 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของทีพีไอคอนกรีตโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้.....82

6.9 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีตโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้.....83

6.10 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของนครหลวงคอนกรีตโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต.....84

6.11 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของนครหลวงคอนกรีตโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต.....85

6.12 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต.....86

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.13 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต.....86
6.14 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของทีพีไอคอนกรีตโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต..... 87
6.15 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีตโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต.....88
6.16 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของนครหลวงคอนกรีต....89
6.17 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค.....89
6.18 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีต..... 90
ผ.ก.1 ผังแสดงการออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต.....99
ผ.ข.1 แสดงผลการทดสอบขนาดคละของหิน
(เส้นทึบคือค่าที่ทดสอบได้ ส่วนเส้นประคือค่าที่มาตรฐาน ASTM C33-03 กำหนด).....105
ผ.ข.2 แสดงผลการทดสอบขนาดคละของทราย
(เส้นทึบคือค่าที่ทดสอบได้ ส่วนเส้นประคือค่าที่มาตรฐาน ASTM C33-03 กำหนด).....107
ผ.ค.1 แบบฟอร์มที่ใช้เก็บข้อมูลคอนกรีตในห้องทดลอง.....110

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันงานคอนกรีตเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการก่อสร้าง เนื่องจากคุณสมบัติที่เหมาะสม เช่น สามารถหล่อขึ้นรูปร่างตามความต้องการ, มีความคงทนสูง, ไม่ติดไฟ, สามารถเทหล่อในสถานที่ก่อสร้าง และตกแต่งผิวให้สวยงามได้ คอนกรีตที่นำมาใช้งานจำเป็นต้องมีการออกแบบส่วนผสม และทดสอบว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ การออกแบบคอนกรีตให้ได้ค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก เพราะถ้าหากได้ค่าต่ำกว่าค่าที่ต้องการ จะทำให้เกิดผลเสียหายต่องานก่อสร้าง เช่น ต้องมีการทุบรื้อ หรือต้องออกแบบเสริมความมั่นคงของโครงสร้าง ซึ่งมีผลกระทบต่อต้นทุน, ระยะเวลาการก่อสร้าง, คุณภาพของงาน และความน่าเชื่อถือของผู้รับเหมา แต่ถ้าออกแบบให้มีค่ากำลังรับแรงอัดเกินกว่าค่าที่ต้องการมาก ก็จะทำให้ต้นทุนของงานคอนกรีตมีราคาสูง ดังนั้นการออกแบบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่แม่นยำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่องานก่อสร้าง

อีกทั้งในการควบคุมคุณภาพงานคอนกรีตของโครงการก่อสร้างโดยทั่วไปต้องมีการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตด้วยทุกครั้ง แต่การทดสอบนั้นต้องใช้ระยะเวลารอการทดสอบนานถึง 28 วัน ตามมาตรฐานกำหนด [1] ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ค่อนข้างนาน ทำให้การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตไม่ทันท่วงที โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าคอนกรีตที่ทดสอบได้มีค่าต่ำกว่าที่กำหนดก็จะส่งผลกระทบเสียหายต่อโครงการก่อสร้าง

นอกจากนั้นเนื่องจากมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต [2-7] เช่น คุณสมบัติของวัสดุผสม, สัดส่วนผสม, คุณภาพเนื้อคอนกรีต, การพัฒนากำลังรับแรงอัด และกระบวนการทดสอบ เป็นต้น ทำให้การพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยใช้ประสบการณ์และวิธีทางสถิติ โดยการหาแนวโน้มของการพัฒนากำลังรับแรงอัดจากผลการทดสอบที่ช่วงอายุต้น [1, 8], การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น [9] และไม่เชิงเส้น [10] ได้ผลที่ไม่แม่นยำเพียงพอ ดังนั้นโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANN) ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่มีข้อมูลจำนวนมาก และไม่สามารถหารูปแบบความสัมพันธ์ได้โดยง่าย จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประมวลผลเพื่อพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต [11-18] แต่เนื่องจากจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาโครงข่ายน้อยและไม่หลายหลาย อีกทั้งเป็นข้อมูลจากแหล่งโรงผสมคอนกรีตเดียวกัน ทำให้ความแม่นยำในการพยากรณ์ต่างโรงผสมคอนกรีตไม่ดีนัก ดังนั้นในการศึกษาจึงได้มีการทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยพัฒนาโครงข่ายประสาท

เทียมจากข้อมูลคอนกรีตหลายแหล่งโรงผสมคอนกรีต ซึ่งมีความหลากหลายของสัดส่วนผสม เพื่อใช้สำหรับการพยากรณ์ที่กว้างขวางและให้ความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายที่เหมาะสม, ประสิทธิภาพ และข้อจำกัด ในการนำโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANN) มาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน โดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลองและข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษามีการเก็บรวบรวมข้อมูลคอนกรีตเพื่อนำมาพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียม และทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัด โดยมีขอบเขตการศึกษาดังนี้

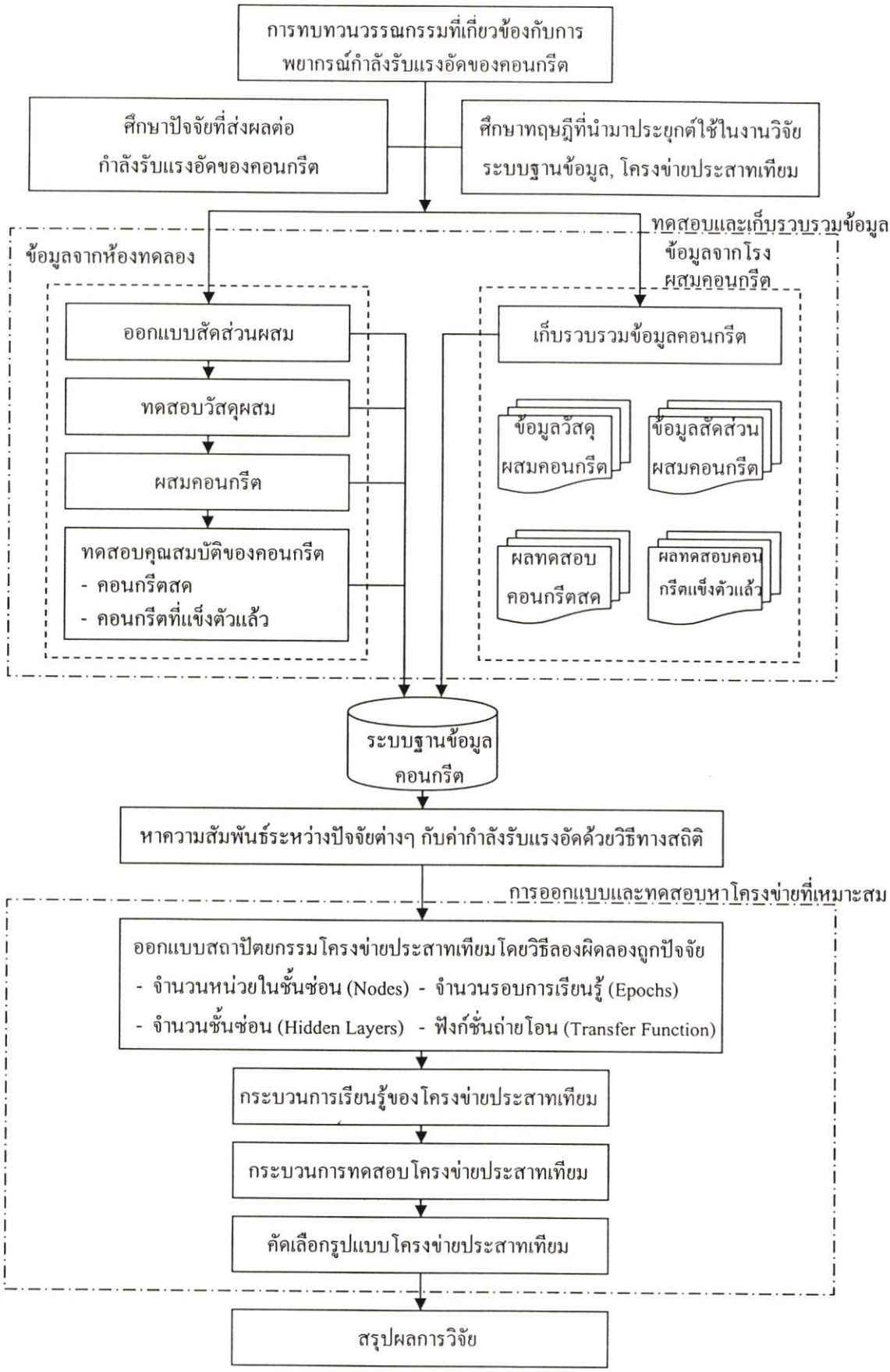
1. คอนกรีตปกติที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป โดยมีค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างทรงกระบอกที่ 28 วัน อยู่ในช่วง 150-550 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
2. ข้อมูลจากห้องทดลอง ซึ่งมีส่วนผสมคอนกรีตประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, หินปูนขนาด 3/4 นิ้ว, ทรายแม่น้ำ และน้ำ
3. ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต ซึ่งมีส่วนผสมคอนกรีตประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, เถ้าลอย จากแหล่งแม่เมาะ จังหวัดลำปาง, หินปูนขนาด 3/4 นิ้ว, ทรายแม่น้ำ, น้ำ, น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทลดน้ำและหน่วงการก่อตัว (Admixture Type D: Water Reducing & Retarding) โดยทำการเก็บข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตจำนวน 3 บริษัท

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

กิจกรรมหลักในการศึกษาวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต, ปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต รวมทั้งศึกษาทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมและระบบฐานข้อมูล
2. การทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลจากห้องทดลอง และโรงผสมคอนกรีต
3. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลคอนกรีต
4. การออกแบบและทดสอบหาโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม

โดยมีขั้นตอนการศึกษาวิจัยดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 บทนำ

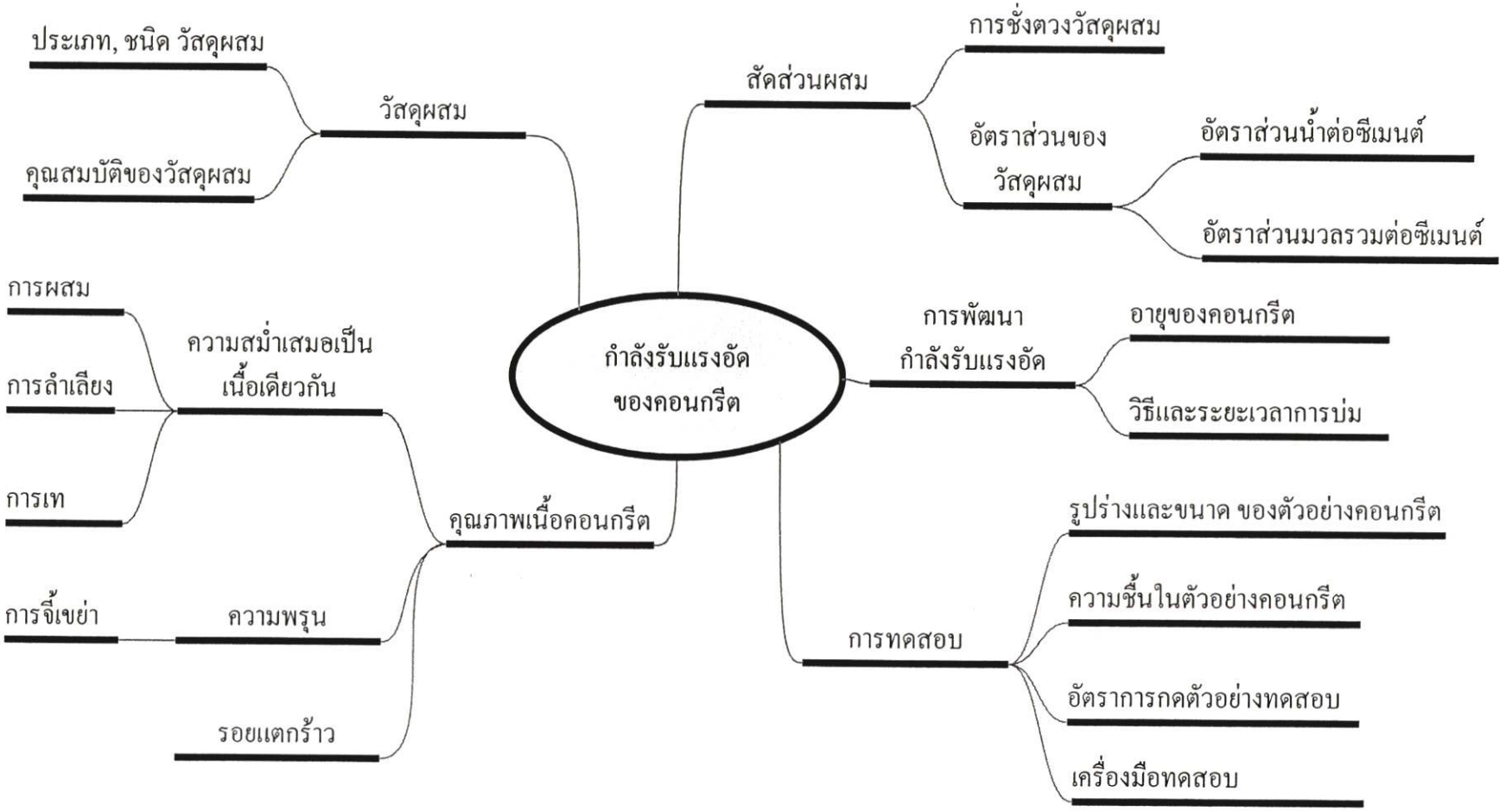
ในบทนี้จะกล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาตำรา, เอกสาร, วารสาร และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งจะประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ซึ่งแบ่งเป็นการพยากรณ์ด้วยวิธีทางสถิติ และโครงข่ายประสาทเทียม โดยการทบทวนวรรณกรรมจะเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ถึงความแม่นยำ และข้อจำกัดของแต่ละวิธีการพยากรณ์

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

คอนกรีต คือ วัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากคุณสมบัติที่เหมาะสม เช่น สามารถหล่อขึ้นรูปร่างตามความต้องการ, มีความคงทนสูง, ไม่ติดไฟ, สามารถเทหล่อในสถานที่ก่อสร้าง และตกแต่งผิวให้สวยงามได้ โดยทั่วไปคอนกรีตจะประกอบด้วยส่วนผสมพื้นฐาน 2 ส่วน คือ ซีเมนต์เพสต์ ซึ่งได้แก่ ปูนซีเมนต์, น้ำ, สารผสมเพิ่ม และ มวลรวม ซึ่งได้แก่ มวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด เมื่อนำส่วนผสมดังกล่าวมาผสมกันจะได้คอนกรีตที่คงสภาพเหลวอยู่ระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเรียกสภาวะนี้ว่า คอนกรีตสด (Fresh Concrete) หลังจากนั้นคอนกรีตจะเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็ง ซึ่งจะเรียกคอนกรีตในสภาวะนี้ว่าคอนกรีตแข็งตัวแล้ว (Hardened Concrete)

ในการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตในโครงการก่อสร้าง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตสดก่อนที่จะนำไปเทในโครงการก่อสร้าง เช่น การทดสอบความข้นเหลวของคอนกรีต (Slump), น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (Bulk Density), ปริมาณอากาศในคอนกรีต (Air Content) และ อุณหภูมิของคอนกรีต (Temperature) เป็นต้น และการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเพื่อทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่นำไปใช้ในโครงสร้างนั้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นการทดสอบทางด้านกำลังของคอนกรีต เช่น กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength), กำลังรับแรงดึง (Tensile Strength), กำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) และกำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength) เป็นต้น

โดยการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต เป็นการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วที่มีความสำคัญที่สุด เนื่องจากกำลังรับแรงอัดจะบ่งบอกถึงคุณภาพโดยรวมของคอนกรีต อีกทั้งการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีการกำหนดค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ในโครงการ นอกจากนั้นกำลังรับแรงดึง, กำลังรับแรงดัด และกำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตมักจะสามารถประเมินได้จากค่ากำลังรับแรงอัด [1]



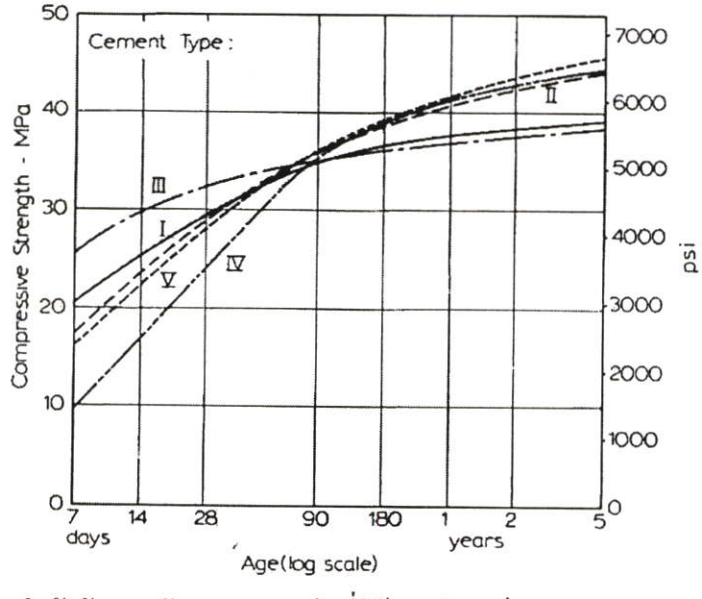
รูปที่ 2.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

เนื่องจากมีปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตหลายปัจจัย [2 – 7] ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยสำคัญและจัดแบ่งกลุ่มได้ดังรูปที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

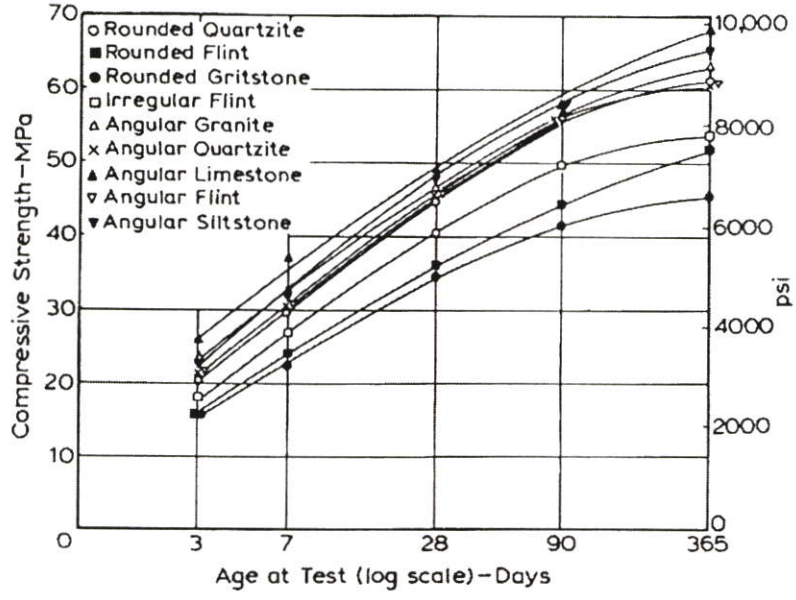
2.2.1 วัสดุผสม

จากที่กล่าวข้างต้นคอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์, มวลรวมหยาบ, มวลรวมละเอียด และน้ำ โดยอาจมีการใส่สารผสมเพิ่ม (Admixture) ลงเพิ่มเติม จำพวกสารกักกระจายฟองอากาศ (Air Entraining Agent), สารเคมีผสมคอนกรีต (Chemical Admixture) เช่น สารยืดเวลาการก่อตัว (Retarder), สารลดน้ำ (Plasticizer), สารลดน้ำจำนวนมาก (Superplasticizer) เป็นต้น และสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) เช่น เถ้าลอย (Fly Ash) และ ซิลิกาฟูม (Silica Fume) เป็นต้น

ดังนั้นประเภทหรือชนิดของวัสดุผสมจึงส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดโดยตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปูนซีเมนต์ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับกำลังรับแรงอัด โดยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีทั้งหมด 5 ประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีการพัฒนากำลังรับแรงอัดที่ต่างกัน ดังรูปที่ 2.2 ส่วนประเภทและชนิดของมวลรวมก็ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดเช่นกัน ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ประเภทต่างๆ [3] อ้างถึงจาก [19]



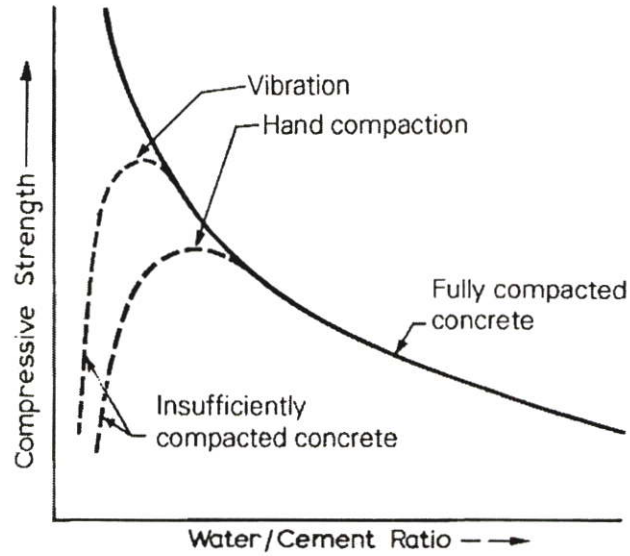
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีตที่ผสมด้วยมวลรวมต่างชนิดกัน โดยกำหนดให้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์คงที่เท่ากับ 0.50 [3] อ้างถึงจาก [20]

ชนิด, ปริมาณ และผู้ผลิตสารผสมเพิ่มส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสด และคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเช่นกัน ดังนั้นการเลือกใช้และปริมาณของสารผสมเพิ่มที่เหมาะสม ควรได้รับคำแนะนำจากผู้ผลิตเพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพ

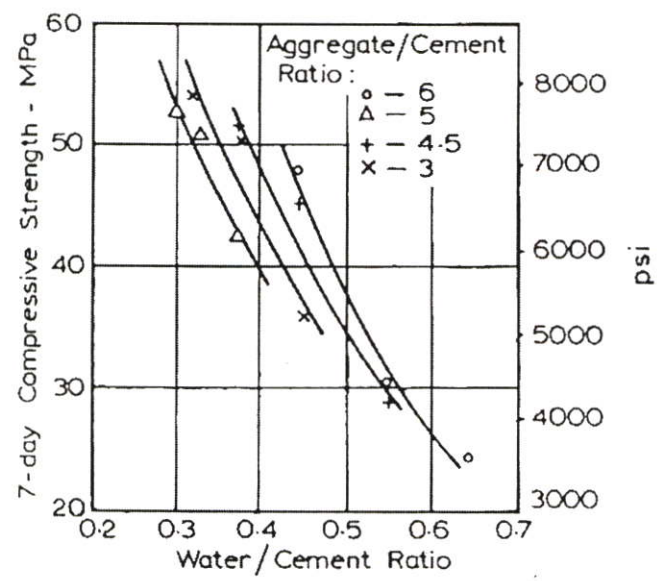
นอกจากนั้นคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีตก็ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดเช่นกัน ดังนั้น มาตรฐาน ว.ส.ท. 1014-46 [1] และ มาตรฐาน ASTM C94 [21] จึงได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

2.2.2 สัดส่วนผสม

ปริมาณของแต่ละวัสดุผสมในคอนกรีตส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดเช่นกัน โดยอัตราส่วนวัสดุผสมที่มีความสำคัญได้แก่ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ซึ่งแปรผกผันกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตดังรูปที่ 2.4 และอัตราส่วนระหว่างมวลรวมต่อซีเมนต์ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรองลงมาจากอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด กับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ [3]



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด กับ อัตราส่วนมวลรวมต่อซีเมนต์ ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ใดๆ [3] อ้างถึงจาก [22]

นอกจากนั้นความถูกต้องแม่นยำในการชั่งตวงวัสดุผสมก็ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด ดังมาตรฐาน ASTM C94 [21] ที่กำหนดความผิดพลาดในการชั่งตวงวัสดุได้ไม่เกิน 1% สำหรับปริมาณซีเมนต์ และ 3% สำหรับปริมาณมวลรวม, น้ำ และสารผสมเพิ่ม อีกทั้งความถูกต้องแม่นยำของเครื่องชั่งก็มีผลด้วยเช่นกัน

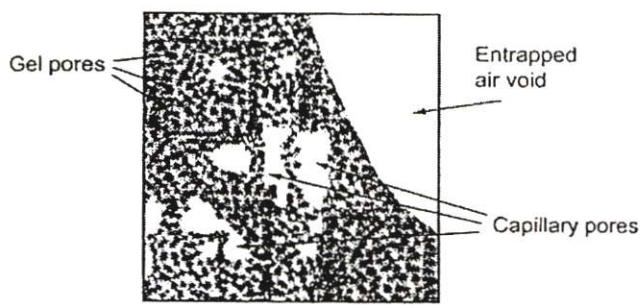
2.2.3 คุณภาพเนื้อคอนกรีต

คุณภาพเนื้อคอนกรีตจะดีหรือไม่มักขึ้นอยู่กับกระบวนการตั้งแต่การผสมคอนกรีตจนถึงช่วงเวลาก่อนที่คอนกรีตจะแข็งตัว โดยปัจจัยหลักสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพคือ ความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน, ความพรุน และรอยแตกร้าวในเนื้อคอนกรีต

การที่คอนกรีตมีส่วนผสมทั้งหมดสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกตัว ซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตมีคุณภาพและกำลังสม่ำเสมอ ต้องมีการระวังควบคุมกระบวนการดังต่อไปนี้

- การผสมคอนกรีต
- การลำเลียง
- การเท

นอกจากนั้นสาเหตุที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดคือความพรุนหรือช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีต โดยช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตประกอบด้วย โพรงอากาศของน้ำที่ถูกกักไว้ (Entrapped Air), โพรงอากาศของฟองอากาศที่ถูกกักกระจาย (Entrained Air), โพรงคาปิลลารี่ (Capillary Pores) และ โพรงเจล (Gel Pores) แสดงได้ดังรูปที่ 2.6

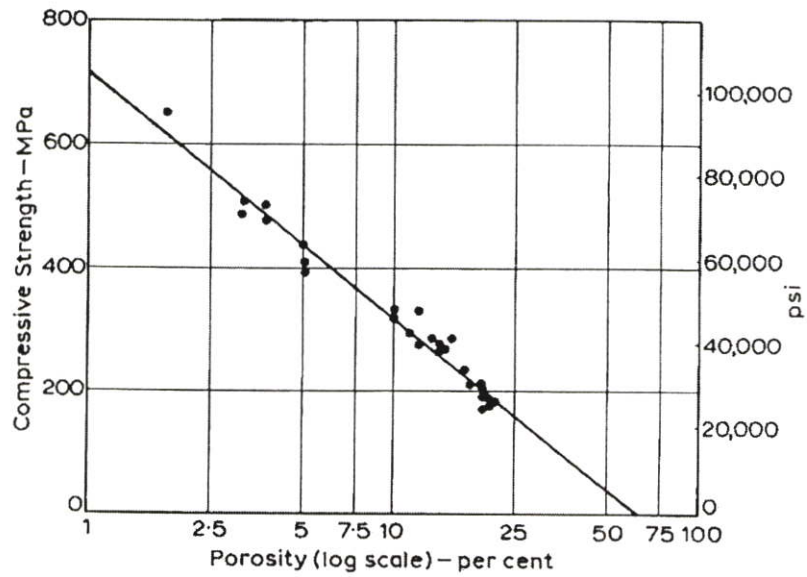


รูปที่ 2.6 ช่องว่างในเนื้อคอนกรีต [23]

โดยปริมาณของช่องว่างภายในคอนกรีตถ้ามีมากจนเกินไปจะส่งผลให้กำลังรับแรงอัดลดต่ำลง ดังรูปที่ 2.7 โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตประเภท โพรงอากาศของน้ำที่ถูกกักไว้, โพรงอากาศของฟองอากาศที่ถูกกักกระจาย และโพรงคาปิลลารี่ โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณช่องว่างในคอนกรีตได้แก่ ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีต, ส่วนผสมคอนกรีต และการจี้เขย่าคอนกรีต ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อปริมาณช่องว่างในเนื้อคอนกรีต

การจี้เขย่าคอนกรีตเป็นกระบวนการไล่ฟองอากาศออกจากคอนกรีตสดให้มากที่สุด ซึ่งทำให้อนุภาคของแข็งในคอนกรีตเข้าใกล้กัน ส่งผลให้คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีช่องว่างน้อยที่สุด การจี้เขย่าคอนกรีตที่ดีจะทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ, ไม่แยกตัว และความพรุนหรือช่องว่างในเนื้อคอนกรีตน้อยไม่เป็นรูโพรง ซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตมีกำลังและความคงทนสูง อย่างไรก็ตาม การจี้เขย่าคอนกรีตที่มากจนเกินไปก็จะก่อให้เกิดผลเสียคือจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัว โดย

มวลรวมหยาบจะทรุดตัวลงด้านล่างปล่อยให้น้ำหรือซีเมนต์เพสต์ลอยขึ้นมาด้านบน [1] ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังและความทนทานของคอนกรีตบริเวณผิวหน้าที่จะลดต่ำลง



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด กับ ความพรุน [3] อ้างถึงจาก [24]

รอยแตกร้าวภายในเนื้อคอนกรีตเป็นสาเหตุที่สำคัญสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด รอยแตกร้าวมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยทั้งการออกแบบโครงสร้างเสริมเหล็กที่ไม่ถูกต้อง, การใช้วัสดุผสมที่ไม่มีคุณภาพ รวมทั้งจากการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน

การแตกร้าวเกิดขึ้นได้ทั้งในช่วงก่อนและหลังคอนกรีตแข็งตัว โดยการแตกร้าวของคอนกรีตช่วงก่อนการแข็งตัวมักเกิดจาก

- การหดตัวขณะก่อสร้าง (Plastic Shrinkage) เกิดจากการแห้งหรือสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วของคอนกรีต
- การทรุดตัวขณะก่อตัว (Plastic Settlement) เกิดจากการเยิ้ม (Bleeding) ของคอนกรีต
- การเคลื่อนไหวขณะก่อสร้างของแบบหล่อ หรือค้ำยัน

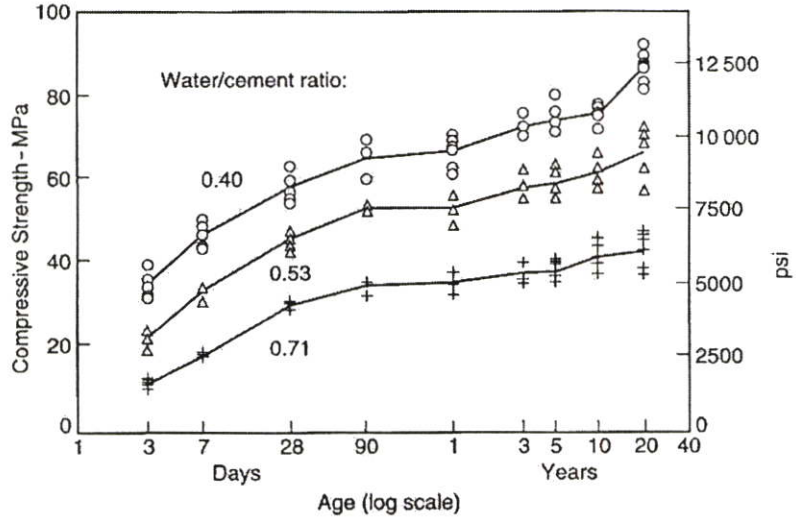
ส่วนการแตกร้าวหลังจากคอนก์รีตแข็งตัวแล้วส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อม, การออกแบบโครงสร้างเสริมเหล็ก หรือการก่อสร้างที่ไม่ถูกต้อง

2.2.4 การพัฒนากำลังรับแรงอัด

ภายหลังจากคอนกรีตได้รับการผสม ปูนซีเมนต์และน้ำ หรือที่เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ จะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น และมีการพัฒนาโครงสร้างทันที โดยเป็นปฏิกิริยาที่เปลี่ยนสารประกอบ Tricalcium Silicate (C_3S), Dicalcium Silicate (C_2S), Tricalcium Aluminate (C_3A) และ

Tetracalcium Aluminoferrite (C_4AF) ในปูนซีเมนต์เป็นสารประกอบ Calcium Silicate Hydrate (CSH) ซึ่งจะไปอุดช่องว่างระหว่างเม็ดซีเมนต์ ส่งผลให้ความพรุนของเพสต์ลดลง ทำให้เกิดการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ และการพัฒนากำลังของคอนกรีต

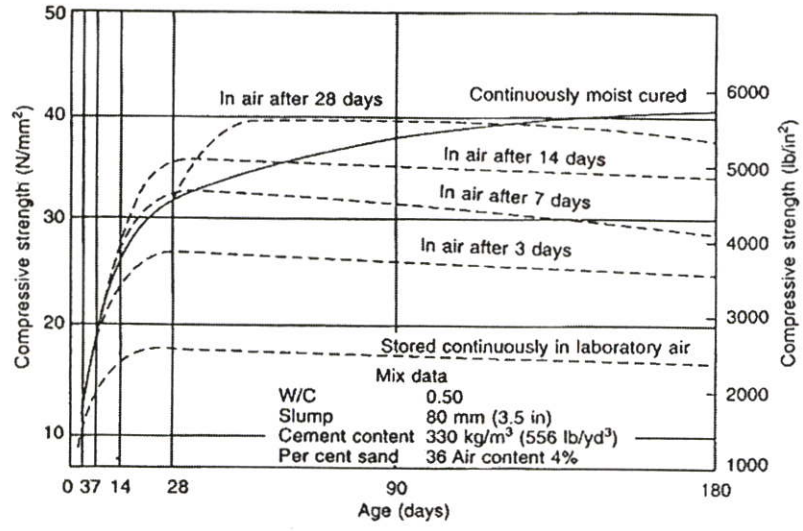
การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต จะมีการพัฒนากำลังอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และค่อยๆลดอัตราการพัฒนากำลังลงเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอายุของคอนกรีต กับ กำลังรับแรงอัด



รูปที่ 2.8 การพัฒนากำลังรับแรงอัด (ตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 150 mm.) [3] อ้างถึงจาก [25]

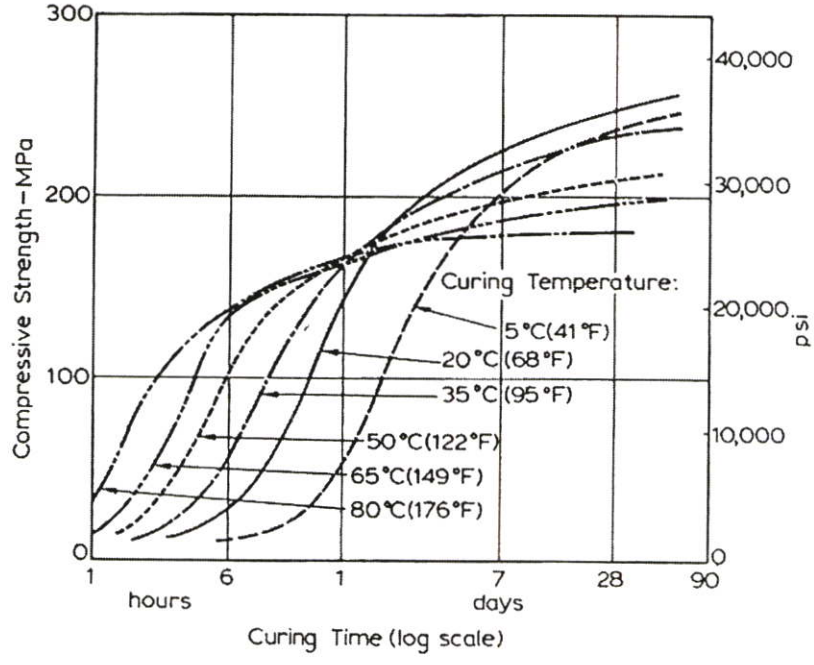
อีกปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนากำลังรับแรงอัด คือ วิธีและระยะเวลาในการบ่ม การบ่มคอนกรีตเป็นการป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต เพื่อให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นซึ่งส่งผลโดยตรงต่อกำลังรับแรงอัดพัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง รูปที่ 2.9 แสดงถึงการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเนื่องจากการบ่มชื้นที่ระยะเวลาต่างกัน ซึ่งจะพบว่า

- กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันแรกๆ ถ้าได้รับการบ่มอย่างพอเพียง
- หลังจากคอนกรีตมีอายุ 28 วัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีโอกาสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถ้าได้รับการบ่มที่ดี
- ถ้าคอนกรีตไม่ได้รับการบ่ม กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นระยะหนึ่ง จนกระทั่งความชื้นภายในคอนกรีตหมดไป กำลังรับแรงอัดจะไม่เพิ่มขึ้นอีก

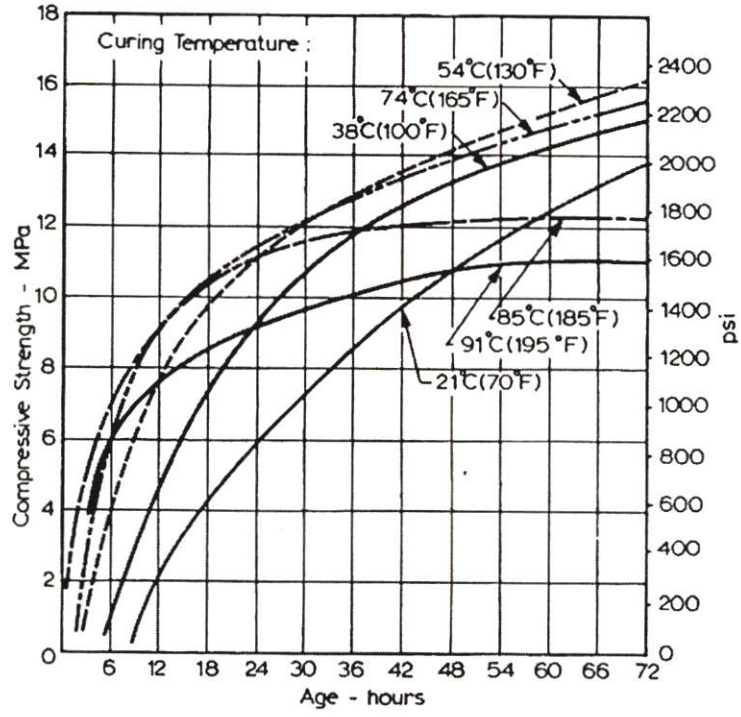


รูปที่ 2.9 การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเนื่องจากการบ่มชื้นที่ระยะเวลาต่างกัน (อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.50) [6] อ้างถึงจาก [26]

ส่วนวิธีการบ่มแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามสภาพอุณหภูมิที่ใช้บ่มคือ การบ่มที่อุณหภูมิปกติ และการบ่มที่อุณหภูมิสูง การเลือกอุณหภูมิในการบ่มจะขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มกำลังและกำลังสูงสุดที่ต้องการ โดยการบ่มที่อุณหภูมิสูงจะทำให้คอนกรีตกำลังสูงขึ้นอย่างรวดเร็วแต่กำลังประลัยสูงสุดจะต่ำกว่าการบ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่า ความสัมพันธ์นี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.10 โดยการพัฒนากำลังในช่วงต้นจะเห็นได้อย่างชัดเจนดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.10 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม กับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต [3] อ้างถึงจาก [27]



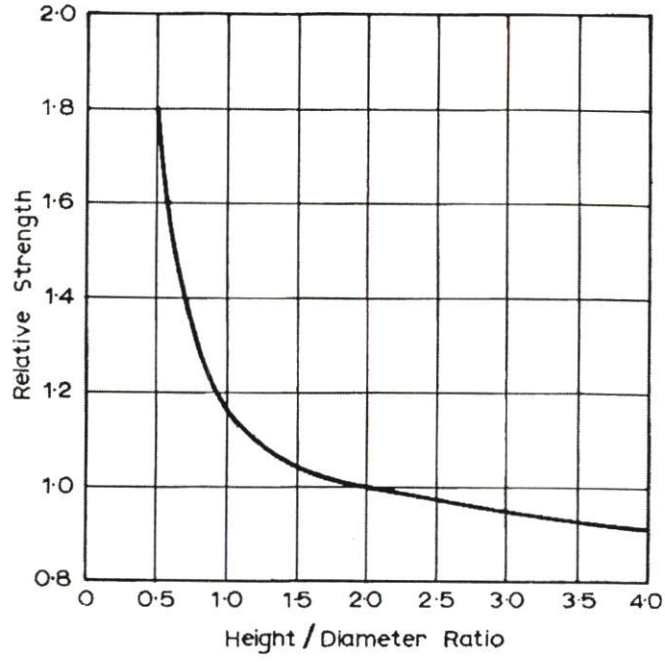
รูปที่ 2.11 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่ม กับการพัฒนากำลังของคอนกรีตในช่วงต้น [3] อ้างถึงจาก [19]

2.2.5 การทดสอบ

กระบวนการทดสอบเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อกำลังรับแรงอัด โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อกำลังรับแรงอัดในกระบวนการทดสอบได้แก่

- รูปร่างและขนาดของตัวอย่างคอนกรีต

การที่ตัวอย่างคอนกรีตทดสอบมีขนาดต่างกัน จะมีผลต่อกำลังรับแรงอัดที่ทดสอบได้ จากรูปที่ 2.12 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต กับ อัตราส่วนระหว่างความสูง/เส้นผ่านศูนย์กลาง (Height/Diameter, h/d) ของตัวอย่าง โดยเทียบกับแท่งตัวอย่างทรงกระบอกมาตรฐาน (h/d เท่ากับ 2) แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างคอนกรีตที่มี h/d ต่ำจะมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่มีค่า h/d สูง ดังนั้นมาตรฐาน ASTM C42 [29] จึงได้กำหนดค่าปรับแก้กำลังรับแรงอัดในกรณีที่อัตราส่วน h/d น้อยกว่า 1.94 ดังตารางที่ 2.1

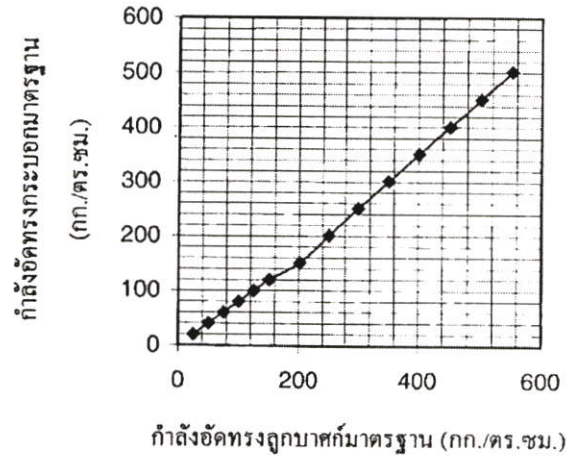


รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต กับ อัตราส่วนระหว่าง ความสูง/เส้นผ่านศูนย์กลาง ของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก [3] อ้างถึงจาก [28]

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าปรับแก้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

อัตราส่วนระหว่าง ความสูง/เส้นผ่านศูนย์กลาง (h/d)	ค่าปรับแก้กำลังรับแรงอัด
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

รูปทรงของตัวอย่างคอนกรีตก็มีผลต่อกำลังรับแรงอัดเช่นกัน โดยทั่วไปแล้วโครงการก่อสร้างในประเทศไทยจะมีการเก็บตัวอย่างคอนกรีต 2 รูปแบบคือ รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C31 [30] และ ASTM C192 [31] กับทรงลูกบาศก์ขนาด 15 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน BS EN 12390-2 [32] โดยแสดงความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างทั้ง 2 รูปทรงได้ดังรูปที่ 2.13



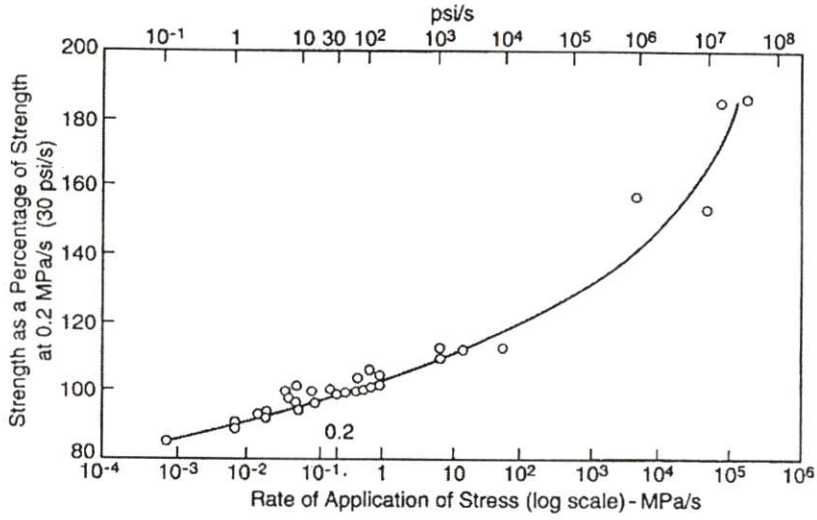
รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกกับตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ [1]

- ความชื้นในตัวอย่างคอนกรีต

ตัวอย่างคอนกรีตที่มีความชื้นมากกว่าจะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ต่ำกว่าตัวอย่างคอนกรีตที่มีความชื้นน้อยกว่า เนื่องจากแรงภายในของน้ำในเนื้อคอนกรีต

- อัตราการกดตัวอย่างคอนกรีต

อัตราการกดตัวอย่างคอนกรีตเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยถ้าใช้อัตราการกดสูงค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้ก็จะสูงตามด้วย ดังรูปที่ 2.14 โดยมาตรฐาน ASTM C39 [34] ได้กำหนดอัตราการกดตัวอย่างระหว่าง 0.14-0.34 MPa/s (20-50 psi) สำหรับตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก และมาตรฐาน BS EN 12390-3 [35] ได้กำหนดอัตราการกดตัวอย่างระหว่าง 0.2-0.4 N/(mm^2.s) สำหรับตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์



รูปที่ 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกดตัวอย่างคอนกรีต กับ กำลังของคอนกรีตโดยเทียบกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่กดด้วยอัตรา 0.2 MPa/s (30 psi/s) [3] อ้างถึงจาก [33]

- เครื่องมือทดสอบ

เครื่องมือทดสอบต้องให้แรงอย่างสม่ำเสมอไม่เกิดแรงกระแทก แผ่นรองกดต้องเรียบเป็นระนาบอยู่ในแนวตั้งฉากกับแกนตัวอย่างคอนกรีต และต้องได้รับการสอบเทียบปรับแก้ค่าแรงที่อ่านได้จากเครื่องทดสอบกับค่าแรงมาตรฐาน

2.3 การพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

มีการพัฒนารูปแบบและวิธีการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดหลายรูปแบบวิธี โดยจุดมุ่งหมายเพื่อหาวิธีการที่จะพยากรณ์ให้มีความใกล้เคียงและแม่นยำเมื่อเทียบกับค่ากำลังรับแรงอัดทดสอบที่อายุ 28 วัน โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของคอนกรีตเบื้องต้นในการพยากรณ์

รูปแบบวิธีการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดสามารถแบ่งประเภทได้เป็น 2 ประเภท คือ การพยากรณ์ด้วยวิธีทางสถิติ และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยในการทบทวนวรรณกรรมจะกล่าวถึงรูปแบบวิธีการที่ใช้ในการพยากรณ์, ความแม่นยำในการพยากรณ์ และข้อจำกัดของการพยากรณ์

2.3.1 การพยากรณ์กำลังรับแรงอัดด้วยวิธีทางสถิติ

การใช้สถิติในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดมีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ

2.3.1.1 การพยากรณ์โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอย

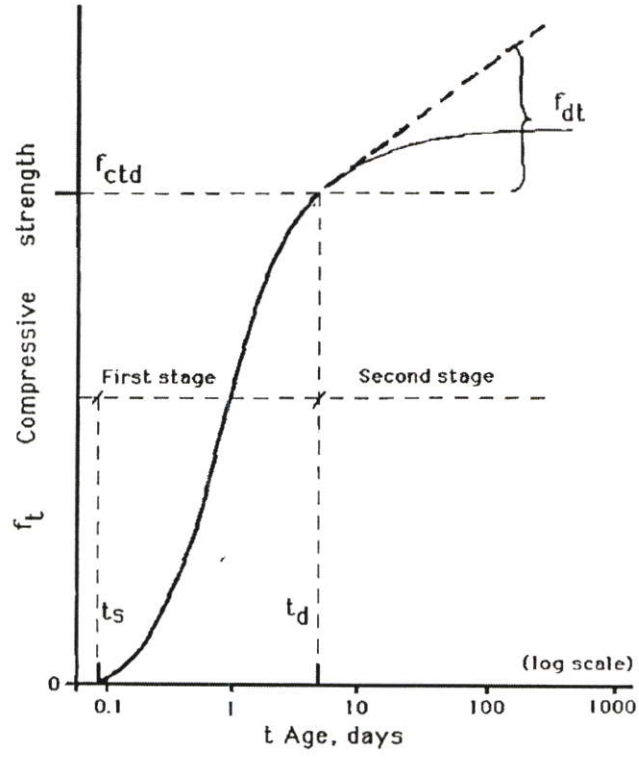
Snell [9] ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัด โดยใช้ปัจจัย ความข้นเหลว (Slump), อุณหภูมิคอนกรีต, อุณหภูมิอากาศ, ปริมาณอากาศใน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คอนกรีต (Air Content) และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (Unit Weight) โดยเก็บข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต และทำการแยกวิเคราะห์แต่ละโรงงาน จากงานวิจัยพบว่าการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นให้ความแม่นยำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Multiple Coefficient of Determination, R^2) สูงสุดเท่ากับ 0.63 และความแม่นยำในการพยากรณ์จะขึ้นอยู่กับการควบคุมกระบวนการจัดเก็บอีกด้วย

จากผลการทดสอบความแม่นยำ R^2 ที่ได้จากการวิจัยค่อนข้างต่ำ อีกทั้งข้อมูลที่ใช้ในสมการความถดถอยเป็นค่าที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งข้อมูลเช่นความข้นเหลว และอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออายุของคอนกรีตสดมากขึ้น ดังนั้นความแม่นยำในการพยากรณ์จึงมีค่าต่ำ

จากนั้นในปี ค.ศ. 1987 Popovics [10] ได้เสนอสมการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดในรูปแบบสมการเอกซโปเนนเชียล (Exponential Model) โดยเป็นสมการเทียบกับการพัฒนากำลังรับแรงอัดดังรูปที่ 2.15 ซึ่งแบ่งการพัฒนากำลังออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเริ่ม (Zeroth Stage) ตั้งแต่เริ่มผสมจนถึง t_s, ช่วงแรก (First Stage) อายุคอนกรีตจาก t_s จนถึง t_d และช่วงที่สอง (Second Stage) ตั้งแต่อายุตอนกรีต t_d เป็นต้นไป โดย t_s คืออายุที่คอนกรีตเริ่มพัฒนากำลัง ซึ่งสัมพันธ์กับระยะเวลาการก่อตัว (Setting Time) และ t_d คืออายุคอนกรีตที่การพัฒนากำลังในช่วงแรกสิ้นสุดและเข้าสู่ช่วงที่สอง



รูปที่ 2.15 การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต[10]

ในช่วงเริ่ม (Zeroth Stage) ($0<t<t_s$) คอนกรีตกำลังเริ่มก่อตัวซึ่งมีค่าน้อยมากดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงสมมติให้ในช่วงนี้กำลังเท่ากับ 0 ดังสมการที่ 2.1

$$f_y = 0 \tag{2.1}$$

โดยที่ f_y คือ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตช่วงเริ่ม

ช่วงแรก (First Stage) ($t_s<t<t_d$) การพัฒนากำลังจะเป็นในรูปแบบสมการเอกซโปเนนเชียล (Exponential Model) โดยการพัฒนากำลังในช่วงนี้เกิดจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ดังสมการที่ 2.2

$$f_{ct} = f_0 f_{28} \frac{100 - C_3 e^{-a_1(t-t_s)(S/300)} - (100 - C_3)e^{-a_2(t-t_s)(S/300)}}{100 - C_3 e^{-a_1(28-t_s)(S/300)} - (100 - C_3)e^{-a_2(28-t_s)(S/300)}} \tag{2.2}$$

โดยที่ f_{ct} คือ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตช่วงแรก

f_{28} คือ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ของคอนกรีตที่มีสัดส่วนผสมเดียวกัน โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และได้รับการบ่มชื้นตลอด 28 วัน

f_0 คือ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ t_d ที่สมมติขึ้นมา ถ้าให้ปฏิกิริยาทางเคมีดำเนินตลอดเวลา

C_3 คือ ปริมาณ C_3S ของปูนซีเมนต์ (%)

a_1, a_2 คือ อัตราขององค์ประกอบการแข็งช่วงแรกและช่วงที่สอง ซึ่งขึ้นกับกำลัง, อายุ, ปริมาณ C_3S, ปริมาณ C_3A, ความละเอียดของซีเมนต์ และปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

S คือ พื้นผิวจำเพาะทดสอบด้วยเบลนแอร์เพอร์มีอะบิลิตี (Blain Specific Surface) ข่องซีเมนต์ (m^2/kg), สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ให้ใช้ 300 m^2/kg

การพัฒนากำลังรับแรงอัดช่วงที่สอง (Second Stage) ($t_d<t$) สามารถแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบลอการิทึมได้ตามสมการที่ 2.3 ดังกราฟเส้นประในรูปที่ 2.15

$$f_{dt} = \omega \log(t/t_d) \tag{2.3}$$

โดยที่ f_{dt} คือ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตช่วงที่สอง

ω คือ พารามิเตอร์การทดสอบ ซึ่งอาจเป็นฟังก์ชั่นของส่วนประกอบซีเมนต์

จากสมการที่เสนอโดย Popovics [10] ซึ่งอยู่ในรูปแบบสมการไม่เชิงเส้นรูปแบบเอกซโปเนนเชียล (Exponential Model) ถึงแม้ว่าจะอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายแต่ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ เช่น C_3, a_1, a_2, f_{28}, f_0 และ ω หรือแม้กระทั่งอายุในการเปลี่ยนช่วง (Stage) t_s และ t_d เป็นตัวแปรที่หาค่ายาก ซึ่งต้องใช้ผลการทดสอบในอดีตเป็นจำนวนมากและหาความสัมพันธ์จนได้เป็นตัวแปรดังกล่าว ทำให้สมการดังกล่าวไม่เหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้งาน

2.3.1.2 การพยากรณ์โดยใช้ระบบแผนผังควบคุมผลรวมสะสม (Cusum System)

แผนผังควบคุมผลรวมสะสม (Cumulative Sum Techniques, cusum) เป็นระบบที่ใช้ควบคุมการผลิต โดยคำนวณความแตกต่างระหว่างผลที่ได้ (Results) กับ ค่าเป้าหมาย (Target Values) และสะสมอยู่ในรูปแบบผลรวมสะสม (Cumulative Sum, cusum) ซึ่งแสดงในรูปแบบกราฟเพื่อแสดงแนวโน้มของเป้าหมาย

การนำระบบ cusum มาใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดพัฒนาโดย Brown [8] เพื่อการติดตามแนวโน้มของกำลังอัดเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดช่วงอายุแรกๆกับกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน โดยระบบจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ช่วงอายุแรกๆ กับที่อายุ 28 วัน และพยากรณ์กำลังรับแรงอัดจากคอนกรีตช่วงอายุแรกๆ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน

ซึ่งความแม่นยำในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดรูปแบบนี้ขึ้นอยู่กับความใกล้เคียงของข้อมูลที่จะพยากรณ์กับข้อมูลในอดีต เนื่องจากระบบจะหาความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดโดยเทียบกับคอนกรีตที่ชนิดและประเภทเดียวกัน ดังนั้นถ้าคอนกรีตที่จะใช้ในการพยากรณ์มีความแตกต่างกันมากๆ ความแม่นยำในการพยากรณ์ก็จะลดลง

2.3.2 การพยากรณ์กำลังรับแรงอัดด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANN) เป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ โดยสามารถเรียนรู้และปรับตัวตามข้อมูลที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมภายนอก และให้คำตอบในปัญหาที่ซับซ้อนได้น่าเชื่อถือ ดังนั้นจึงมีการวิจัยนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต [12-18] ซึ่งสรุปรูปแบบของโครงข่าย, ความแม่นยำ ได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัด

	Ni, H. G., et al. (2000) [12]	Dias, W.P.S., et al. (2001) [13]	Lee, S. C. (2003) [14]	Kim, J. I., et al. (2004) [15]	Hola, J., et al. (2004) [16]	Kim, D. K., et al. (2005) [17]	Oztas, A. et al. (2005) [18]
ผลลัพธ์ (Output)	• กำลังรับแรงอัด	• ความข้นเหลว • กำลังรับแรงอัด	• กำลังรับแรงอัดที่อายุ 1, 2, 3, 7, 28 วัน	• กำลังรับแรงอัด	• กำลังรับแรงอัด	• กำลังรับแรงอัด	• ความข้นเหลว • กำลังรับแรงอัด
ปัจจัยนำเข้า (Input)	1. ประเภทปูนซีเมนต์ 2. อัตราส่วนน้ำ/ซีเมนต์ 3. น้ำหนักน้ำ 4. น้ำหนักซีเมนต์ 5. ขนาดโตสุดของหิน 6. FM. ของทราย 7. S/A 8. อัตราส่วนมวลรวม/ซีเมนต์ 9. ความข้นเหลว 10. ประเภทสารผสมเพิ่ม 11. ปริมาณสารผสมเพิ่ม	น้ำหนักของ 1. ซีเมนต์ 2. น้ำ 3. ทราย 4. หิน 5. สารหน่วงการก่อตัว	73 ปัจจัยตามหมวดหมู่ 1. ข้อมูลเบื้องต้น (3 ปัจจัย) 2. สัดส่วนผสม (9 ปัจจัย) 3. ผลการทดสอบ (3 ปัจจัย) 4. อุณหภูมิและความชื้น (58 ปัจจัย)	1. ความข้นเหลว 2. อัตราส่วนน้ำ/ซีเมนต์ (w/c) 3. อัตราส่วนทราย/มวรวม (S/A) 4. น้ำหนักน้ำ 5. น้ำหนักซีเมนต์ 6. น้ำหนักทรายธรรมชาติ 7. น้ำหนักกรวด 8. น้ำหนักหิน 9. ปริมาณสารผสมเพิ่ม	ค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี 1. Ultrasonic Wave Velocity 2. Reflection Number 3. Pulling-Out Force 4. Age 5. Bulk Density	1. อัตราส่วนน้ำ/ซีเมนต์ (w/c) 2. อัตราส่วนทราย/มวรวม (S/A) 3. น้ำหนักน้ำ 4. น้ำหนักซีเมนต์ 5. น้ำหนักทราย 6. น้ำหนักหิน 7. ปริมาณสารผสมเพิ่ม 8. ความข้นเหลว	1. อัตราส่วนน้ำ/ตัวประสาน (w/binder) 2. น้ำหนักน้ำ 3. น้ำหนักทราย 4. น้ำหนักเถ้าลอย 5. ปริมาณสารกักกระจายฟองอากาศ 6. ปริมาณสารลดน้ำจำนวนมาก 7. น้ำหนักซิลิกาฟูม
จำนวนข้อมูลเรียนรู้:ทดสอบ (ตัวอย่าง)	• ข้อมูลห้องทดลอง 50:15 • ข้อมูลโรงผสมคอนกรีต 85:15	• ข้อมูลห้องทดลอง 93:44 • ข้อมูลคอนกรีตกำลังสูง 50:25	N/A	• ข้อมูลโรงผสม A 98:10 • ข้อมูลโรงผสม B 98:10	40:10	N/A	169:18

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

	Ni, H. G., et al. (2000) [12]	Dias, W.P.S., et al. (2001) [13]	Lee, S. C. (2003) [14]	Kim, J. I., et al. (2004) [15]	Hola, J., et al. (2004) [16]	Kim, D. K., et al. (2005) [17]	Oztas, A. et al. (2005) [18]
รูปแบบโครงข่าย	11-7-1 Feedforward Network with Back Propagation	Multilayer Feedforward Network with Back Propagation	73-80-7 Multilayer Feedforward Network with Back Propagation	Multilayer Feedforward Network with Back Propagation	5-10-1 Multilayer Feedforward Network with Back Propagation	Probabilistic Neural Network	7-5-3-2 Multilayer Feedforward Network with Back Propagation
วิธีการเรียนรู้ (Algorithm)	N/A	N/A	N/A	Gradient Descent	Levenberg-Marquardt	N/A	Scaled Conjugate Gradients (SCGA)
ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Func)	N/A	N/A	N/A	Sigmoid Function	N/A	N/A	Sigmoid Function
จำนวนรอบการเรียนรู้ (Epochs)	5,000 รอบ	N/A	N/A	• ข้อมูลโรงผสม A 13,786 รอบ • ข้อมูลโรงผสม B 44,791 รอบ	20 รอบ	N/A	10,000 รอบ
ความแม่นยำในการพยากรณ์	• ข้อมูลห้องทดลอง MAPE=3.45% • ข้อมูลโรงผสมคอนกรีต MAPE=5.38%	• ข้อมูลห้องทดลอง Slump R^2=0.267 Strength R^2=0.604 • ข้อมูลคอนกรีตกำลังสูง Slump R^2=0.476 Strength R^2=0.753	R = 0.9	• ข้อมูลโรงผสม A Error=0.5-3.9% • ข้อมูลโรงผสม B Error=0.5-2.3%	Error 4.84%	Error 3.9%	• ความข้นเหลว MAPE=5.78% • กำลังรับแรงอัด MAPE=1.96%

จากงานวิจัยในตารางที่ 2.2 พบว่ารูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมส่วนใหญ่ให้ผลลัพธ์ (Output) เพียงกำลังรับแรงอัดที่ 28 วันเพียงอย่างเดียว โดยมีงานวิจัยของ Dias [13] และ Oztas [18] ที่มีผลลัพธ์ 2 ผลลัพธ์คือ กำลังรับแรงอัด และความข้นเหลว และงานวิจัยของ Lee [14] ที่มีผลลัพธ์ 5 ค่าคือกำลังรับแรงอัดที่อายุ 1, 2, 3, 7 และ 28 วัน

ส่วนปัจจัยนำเข้า (Input) ส่วนใหญ่เป็นสัดส่วนหรือปริมาณของวัสดุผสมในคอนกรีต โดยอาจมีคุณสมบัติของวัสดุผสมเช่น ประเภทปูนซีเมนต์, ประเภทสารผสมเพิ่ม, ขนาดโตสุดของหิน, Fine Modulus ของทราย [12] และผลการทดสอบคอนกรีตสด [14, 15, 17] เพิ่มเติม ยกเว้นงานวิจัยของ Hola [16] ที่ใช้ค่าการทดสอบแบบไม่ทำลายเป็นปัจจัยนำเข้า (Input)

รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการวิจัยส่วนใหญ่เป็นรูปแบบโครงข่ายแบบไปข้างหน้า โดยมีวิธีการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Feedforward Network with Back Propagation) ยกเว้นงานวิจัยของ Kim [17] ที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมประเภท Probabilistic Neural Network

ส่วนความแม่นยำในการพยากรณ์พบว่างานวิจัยเกี่ยวกับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมให้ผลค่อนข้างแม่นยำคือมีความผิดพลาดประมาณ 2-5% ยกเว้นงานวิจัยของ Dias [13] และ Lee [14] ซึ่งให้ความแม่นยำไม่สูงนักคือมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (R^2) เท่ากับ 0.604, 0.753 และ 0.81 ตามลำดับ

2.4 บทวิเคราะห์

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ แต่เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด อีกทั้งการทดสอบต้องรออายุคอนกรีตที่ 28 วัน ทำให้เกิดผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างในกรณีที่กำลังรับแรงอัดต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

วิธีพยากรณ์ทางสถิติจึงถูกเสนอขึ้นมาแต่เนื่องจากขาดความแม่นยำในการพยากรณ์ [9], ความยากในการหาค่าของตัวแปร [10] และการไม่สามารถพยากรณ์ในสัดส่วนที่ต่างจากข้อมูลในอดีตมากๆ [8] ทำให้วิธีการพยากรณ์ทางสถิติขาดความเชื่อถือ, ความแม่นยำ และความจูงใจในการนำไปใช้งาน ดังนั้นวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมกับปัญหาที่มีความซับซ้อนจึงถูกเสนอเพื่อนำมาพยากรณ์กำลังรับแรงอัด

ถึงแม้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมจะให้ค่าพยากรณ์ที่ค่อนข้างแม่นยำ [12, 15-18] แต่เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาโครงข่ายไม่หลากหลาย กล่าวคือข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตซึ่งสัดส่วนผสมคอนกรีตใกล้เคียงกัน ไม่กระจายหลากหลาย ทำให้เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ภายนอกข้อมูลที่ได้รับการเรียนรู้ ความแม่นยำในการพยากรณ์ของโครงข่ายจะลดต่ำลง [35]

ดังนั้นการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม ต้องให้โครงข่ายเรียนรู้ความสัมพันธ์จากข้อมูลที่มีความหลากหลาย ครอบคลุมข้อมูลที่จะนำมาพยากรณ์ทั้งหมด ซึ่งจะได้กล่าวในงานศึกษาวิจัยนี้ต่อไป

บทที่ 3
ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม

3.1 บทนำ

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) เป็นแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) ซึ่งมีโครงสร้างเชิงสถาปัตยกรรม และการทำงานคล้ายคลึงกับการทำงานของเซลล์สมอง หรือระบบประสาทของมนุษย์ โดยสามารถเรียนรู้และปรับตัวตามข้อมูลที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมภายนอก และให้คำตอบในปัญหาที่ซับซ้อนได้น่าเชื่อถือ [35]

เนื่องจากคุณสมบัติที่สำคัญคือความยืดหยุ่นในการจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) กับผลลัพธ์ (Output) ที่มีความซับซ้อน และสามารถตอบสนองกับข้อมูลที่ไม่เคยเห็นได้ดี ทำให้มีการนำทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหางานจริงหลายด้านอย่างกว้างขวาง เช่น การเงินการธนาคาร, อวกาศ, ระบบป้องกันประเทศ, ระบบรักษาความปลอดภัย, การแพทย์, ระบบสื่อสาร, ระบบขนส่ง, การบันเทิง รวมทั้งงานทางด้านวิศวกรรม [36, 37] โดยนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการจดจำรูปแบบ (Recognition), การจัดกลุ่ม (Clustering), การจัดหมวดหมู่ (Classification) และการพยากรณ์ (Forecasting) เป็นต้น ในการศึกษาวิจัยนี้ได้นำโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้าโดยใช้การเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Feedforward Network with Back Propagation Algorithm) มาใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

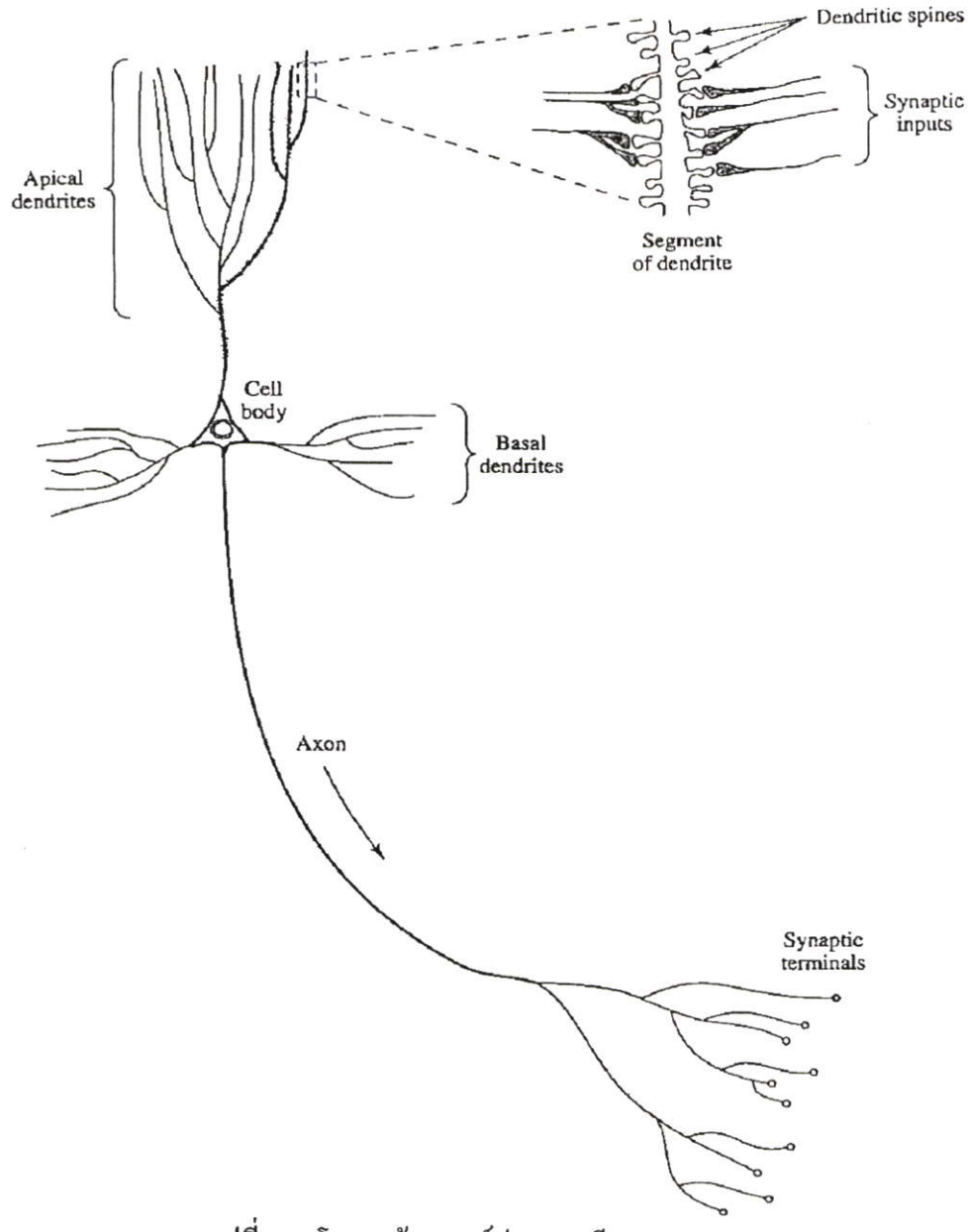
3.2 การจำลองเซลล์ประสาท

3.2.1 เซลล์ประสาทชีวภาพ

ระบบคิดคำนึงของมนุษย์มีโครงสร้างพื้นฐานจากเซลล์สมองที่เรียกว่าเซลล์ประสาท (Neuron) เรียงเป็นชั้นๆจำนวนมากประมาณ 10^{11} ยูนิต และมีการเชื่อมโยงภายในระหว่างเซลล์ประมาณ 10^{5} ยูนิต ในแต่ละเซลล์ประสาทจะมีคุณลักษณะแตกต่างกันออกไปโดยมีการทำงานคล้ายกันคือ รับสัญญาณเข้า, ประมวลผล และส่งสัญญาณไฟฟ้าเคมีผ่านไปยังเซลล์ประสาทอื่น

จากรูปที่ 3.1 เซลล์ประสาทประกอบด้วยเดนไดรต์ (Dendrites) ซึ่งเป็นส่วนแขนงที่ขยายออกจากตัวเซลล์เพื่อรับสัญญาณจากเซลล์ประสาทอื่นที่ส่งมาทางจุดเชื่อมต่อที่เรียกว่าไซแนปส์ (Synapse) และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่าแอกซอน (Axon) เซลล์ประสาททำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแส

ประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรท์เข้าสู่ตัวเซลล์ (Cell Body) ซึ่งจะเป็นตัวตัดสินว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอตัวเซลล์ก็จะกระตุ้นเซลล์อื่น โดยส่งผ่านทางแอกซอน

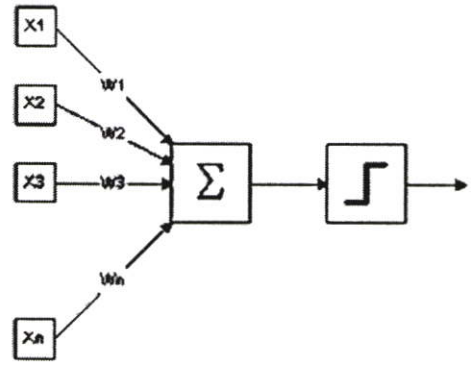


รูปที่ 3.1 โครงสร้างเซลล์ประสาทชีวภาพ [35]

3.2.2 เซลล์ประสาทเทียม

แบบจำลองของเซลล์ประสาททางชีวภาพ หรือที่เรียกว่าเซลล์ประสาทเทียม (Artificial Neuron) แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 โดยประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญคือ หน่วย (Node) หรือ ยูนิต (Unit), ตัวแปรด้านเข้า (Input), ตัวแปรด้านออก (Output) และค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาททางชีววิทยาและเซลล์ประสาทเทียมดังนี้

- การประมวลผล จะเกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อยคือ หน่วย (Node) หรือ ยูนิต (Unit) ซึ่งจำลองมาจากลักษณะการทำงานของตัวเซลล์
- การส่งสัญญาณระหว่างหน่วยด้วยส่วนที่เชื่อมติดกัน จำลองมาจากการเชื่อมต่อของเดนไดรต์ และแอกซอน
- แต่ละการเชื่อมต่อประกอบด้วยค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับอิทธิพลที่หน่วยจะได้รับจากหน่วยอื่นๆ ซึ่งจำลองมาจากไซแนปส์ โดยค่าน้ำหนักที่ได้รับจะทำหน้าที่เสมือนความรู้ที่ถูกรวบรวมไว้ใช้แก้ปัญหาเฉพาะอย่างของมนุษย์
- ภายในหน่วยมีฟังก์ชั่นที่ใช้ในการกำหนดสัญญาณด้านออกที่เรียกว่า ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) หรือ ฟังก์ชั่นกระตุ้น (Activation Function)



รูปที่ 3.2 โครงสร้างเซลล์ประสาทเทียม

3.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า

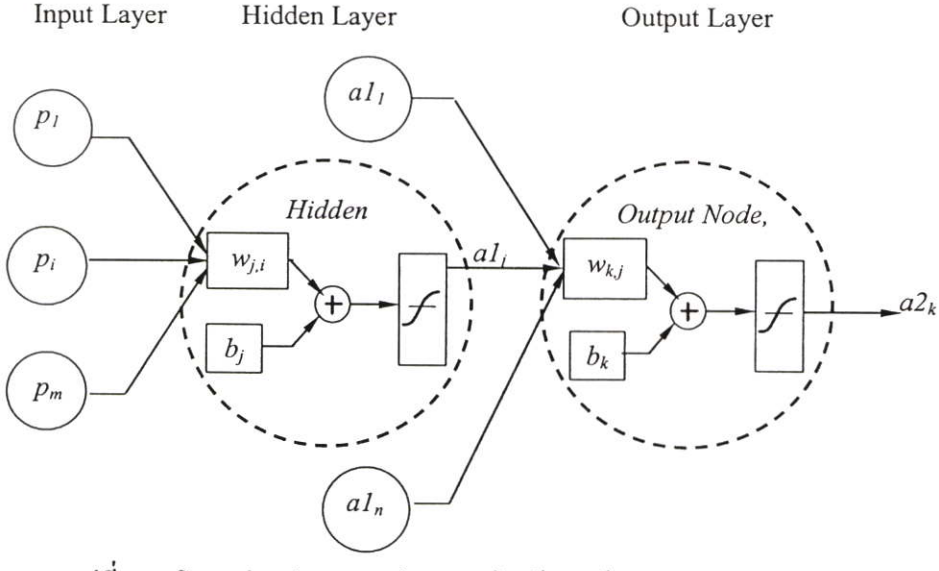
การจัดประเภทโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสัญญาณแบ่งได้ 2 ชนิดคือ โครงข่ายแบบไปข้างหน้า (Feedforward Network) และ โครงข่ายแบบส่งค่ากลับ (Recurrent Network) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะโครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า

โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าจะประกอบด้วยชั้นดังต่อไปนี้

1. ชั้นรับข้อมูล (Input Layer)
2. ชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งในโครงข่ายจะมีหรือไม่มีชั้นซ่อนก็ได้ ถ้าไม่มีชั้นซ่อนเรียกโครงข่ายว่า Single-Layer Feedforward Network ส่วนโครงข่ายที่มีชั้นซ่อนเรียกว่า Multilayer Feedforward Network ซึ่งจำนวนชั้นซ่อนอาจมีจำนวน 1 ชั้น หรือมากกว่า
3. ชั้นแสดงผล (Output Layer)

โดยในแต่ละชั้นจะประกอบด้วย หน่วย (Node) ซึ่งจะทำหน้าที่ประมวลผล และเชื่อมต่อผลลัพธ์ไปยังชั้นถัดไป การเชื่อมต่อของแต่ละชั้นจะเป็นแบบถึงกันหมดจึงทำให้สัญญาณข้อมูล

เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวคือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า จากชั้นรับข้อมูลไปยังชั้นแสดงผล โดยจำนวนชั้นแฝง และหน่วยในแต่ละชั้นแฝงจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหา ส่วนจำนวนหน่วยในชั้นรับข้อมูลจะขึ้นกับจำนวนตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าที่จะพยากรณ์ และจำนวนหน่วยในชั้นแสดงผลคือผลลัพธ์ที่ต้องการจากโครงข่าย [38] โครงสร้างเบื้องต้นของโครงข่ายประสาทเทียม แบบ Feed-Forward แสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้า (Feedforward Network)

ค่าผลลัพธ์จากแต่ละหน่วย จะสามารถหาได้จากสมการที่ 3.1 และ 3.2 ดังนี้

$$a1_j = f\left(\sum_{i=1}^{m}\left(w_{j,i}\cdot p_i\right)+b_j\right) \tag{3.1}$$

$$a2_k = f\left(\sum_{j=1}^{n}\left(w_{k,j}\cdot a1_j\right)+b_k\right) \tag{3.2}$$

โดยที่ p_i คือ ปัจจัยนำเข้า (Input)

$a1_j$ คือ ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของ ชั้นซ่อน (Hidden Layer)

$a2_k$ คือ ค่าผลลัพธ์จากชั้นแสดงผล

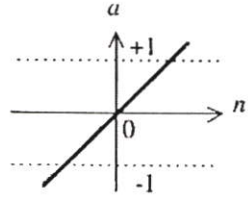
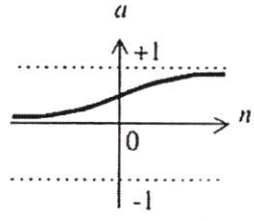
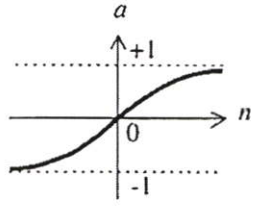
w คือ ค่าน้ำหนัก (Weight)

b คือ ค่าเบี่ยงเบน (Bias)

$f(c)$ คือ ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) หรือ ฟังก์ชั่นกระตุ้น (Activation Function)

ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) หรือ ฟังก์ชั่นกระตุ้น (Activation Function) จะเป็นตัวกำหนดค่าผลลัพธ์ของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งฟังก์ชั่นถ่ายโอนมีอยู่หลายชนิด การที่จะเลือกฟังก์ชั่นชนิดใดขึ้นอยู่กับรูปแบบปัญหา, ลักษณะของผลลัพธ์ว่าเป็นค่าต่อเนื่องหรือไม่, ขอบเขตของผลลัพธ์ เป็นต้น แต่ในที่นี้จะเสนอเฉพาะฟังก์ชั่นถ่ายโอนที่ใช้ในการศึกษานี้เท่านั้นสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชนิดของฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function)

ชนิดของฟังก์ชั่นถ่ายโอน	รูปแบบ	สมการฟังก์ชั่นถ่ายโอน	ขอบเขตของ $a(n)$
Linear Transfer Function		$a(n)=n$	[-∞,∞]
Log-Sigmoid Transfer Function		$a(n)=\frac{1}{1+e^{(-n)}}$	[0, 1]
Tan-Sigmoid Transfer Function		$a(n)=\frac{1-e^{(-n)}}{1+e^{(-n)}}$	[-1, 1]

ส่วนค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าเบี่ยงเบน (Bias) เป็นค่าที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ โดยกระบวนการเรียนรู้ที่นิยมใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าคือการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation Algorithm).[38]

3.4 การเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ

คุณสมบัติสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียม คือ ความสามารถในการเรียนรู้จากตัวอย่าง โดยพยายามคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) การเรียนรู้นี้จะเริ่มจากการสุ่มค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าเบี่ยงเบนเริ่มต้น (Bias) ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากค่าเริ่มต้นจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง ค่าที่แตกต่างจะถูกนำมาปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนโดย

วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) จนได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงหรือตรงกับผลลัพธ์จริง ค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนสุดท้ายจะถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากข้อมูล (Input) ใหม่

กระบวนการในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนที่นิยมใช้ คือ การเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Backpropagation) ซึ่งจะประกอบด้วยสัญญาณ 2 ส่วน ดังนี้

1. สัญญาณส่ง (Function Signals) คือ ข้อมูลหรือผลลัพธ์ของแต่ละหน่วยที่ถูกส่งเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม

2. สัญญาณแก้ไข (Error Signals) คือ ค่าที่แตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณและผลลัพธ์จริงที่ถูกส่งกลับสู่โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อปรับค่าน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบน

ขั้นตอนการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น Gradient Descent, Gradient Descent with Adaptive Learning Rate, Gradient Descent with Momentum, Gradient Descent with Momentum and Adaptive Learning Rate, Resilient, Bayesian Regularization และ Levenberg-Marquardt เป็นต้น โดยในการศึกษานี้จะใช้วิธี Levenberg-Marquardt Algorithm ในการปรับค่าน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบน เนื่องจากวิธีนี้เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาประเภทการประมาณค่า นอกจากนั้นยังเป็นวิธีที่มีความรวดเร็วที่สุดในการปรับค่า [39] โดยมีขั้นตอนดังนี้

$$x_{(new)} = x_{(old)} + \Delta x$$

$$x_{(new)} = x_{(old)} - \left[J^T.J + \mu I\right]^{-1}.J^T.e \tag{3.3}$$

$$g = 2J^T.e \tag{3.4}$$

โดยที่ x คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) และค่าเบี่ยงเบน (Bias)

J คือ จาโคเบียนเมตริกซ์ (Jacobian Matrix) ของอนุพันธ์ของค่าผิดพลาด (แต่ละค่า) ต่อค่า x (แต่ละค่า)

J^T คือ Transpose Matrix ของ J

g คือ Gradient Factor

e คือ เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด (Error) ระหว่างคำตอบ (Target) กับค่าที่โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณได้ (Output)

I คือ Identity Matrix

μ คือ Mu Factor หรือ Learning Factor

จาโคเบียนเมตริกซ์ของค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight, w)

$$J(w)=\begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,1}} & \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,2}} & \cdots & \frac{\partial e_1}{\partial w_{1,s2}} \\ \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,1}} & \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,2}} & \cdots & \frac{\partial e_2}{\partial w_{2,s2}} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{\partial e_{s3}}{\partial w_{s3,1}} & \frac{\partial e_{s3}}{\partial w_{s3,2}} & \cdots & \frac{\partial e_{s3}}{\partial w_{s3,s2}} \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

จาโคเบียนเมตริกซ์ของค่าเบี่ยงเบน (Bias, b)

$$J(b)=\begin{bmatrix} \frac{\partial e_1}{\partial b_1} \\ \frac{\partial e_2}{\partial b_2} \\ \vdots \\ \frac{\partial e_{s3}}{\partial b_{s3}} \end{bmatrix} \tag{3.6}$$

เมตริกซ์ของค่าผิดพลาด (Error, e)

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_{s3} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} t_1{}^3-a_1{}^3 \\ t_2{}^3-a_2{}^3 \\ \vdots \\ t_3{}^3-a_3{}^3 \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

การลู่เข้าของการปรับค่าน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนจะเร็วหรือช้า นอกจากรูปแบบวิธีการเรียนรู้แล้ว การกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนก็ส่งผลด้วยเช่นกัน

3.5 อภิปราย

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ซึ่งเหมาะในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนวิธีหนึ่ง ด้วยการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) จากข้อมูลในอดีต เพื่อค้นหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยนำเข้าชุดใหม่ โดยมีปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งประกอบด้วย [35, 38, 40]

1. การเลือกปัจจัยนำเข้า (Input)

การเลือกปัจจัยนำเข้าที่มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ จะทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพทั้งในกระบวนการเรียนรู้ และการทดสอบ การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้ากับผลลัพธ์สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

2. จำนวนชั้นซ่อน และจำนวนหน่วยแต่ละชั้นซ่อน

จำนวนชั้นซ่อน และจำนวนหน่วยแต่ละชั้นซ่อนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม จำนวนชั้นซ่อนและจำนวนหน่วยต้องมีความเหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป ถ้ามากเกินไปก็จะเกิดปัญหา Overfitting แต่ถ้าน้อยเกินไปก็จะเกิด Underfitting ซึ่งทั้ง 2 รูปแบบนี้ทำให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายน้อยลง

3. จำนวนข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน

หากโครงข่ายประสาทเทียมได้รับข้อมูลในกระบวนการเรียนรู้ที่มาก โครงข่ายจะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในขอบเขตเรียนรู้ละเอียดขึ้น ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายสูงขึ้นตาม

4. การกระจายของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน

โครงข่ายประสาทเทียมจะมีประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์ภายในขอบเขตที่ได้รับการฝึกสอน ถ้าข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนมีการกระจายตัวดีภายในขอบเขตที่ศึกษา ประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์ก็จะดีขึ้นด้วย

5. การ Normalization ข้อมูลที่ใช้ฝึกสอน

การจัดระเบียบข้อมูลก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม จะทำให้กระบวนการฝึกสอนเร็วขึ้นกว่าการนำข้อมูลดิบมาทำการฝึกสอน

6. วิธีการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน

การปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีความเหมาะสมกับปัญหาต่างรูปแบบกัน

7. ค่าเริ่มต้นของน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบน

จะมีผลต่อการเข้าใกล้จุด Local Minimum หรือ Global Minimum ของผลลัพธ์ที่ใช้ในกระบวนการฝึกสอน ดังนั้นในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมจึงควรสุ่มเลือกค่าเริ่มต้นและค่าเบี่ยงเบนในแต่ละโครงสร้างหลายๆครั้ง

8. จำนวนรอบการฝึกสอน

จำนวนรอบการฝึกสอนที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพในการหาผลลัพธ์ของโครงข่ายดีขึ้น

9. ชนิดของฟังก์ชั่นถ่ายโอน

ชนิด รวมทั้งความชันของฟังก์ชั่นถ่ายโอนจะมีผลต่อกระบวนการเรียนรู้ และผลลัพธ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม

บทที่ 4
การเก็บข้อมูลและระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

4.1 บทนำ

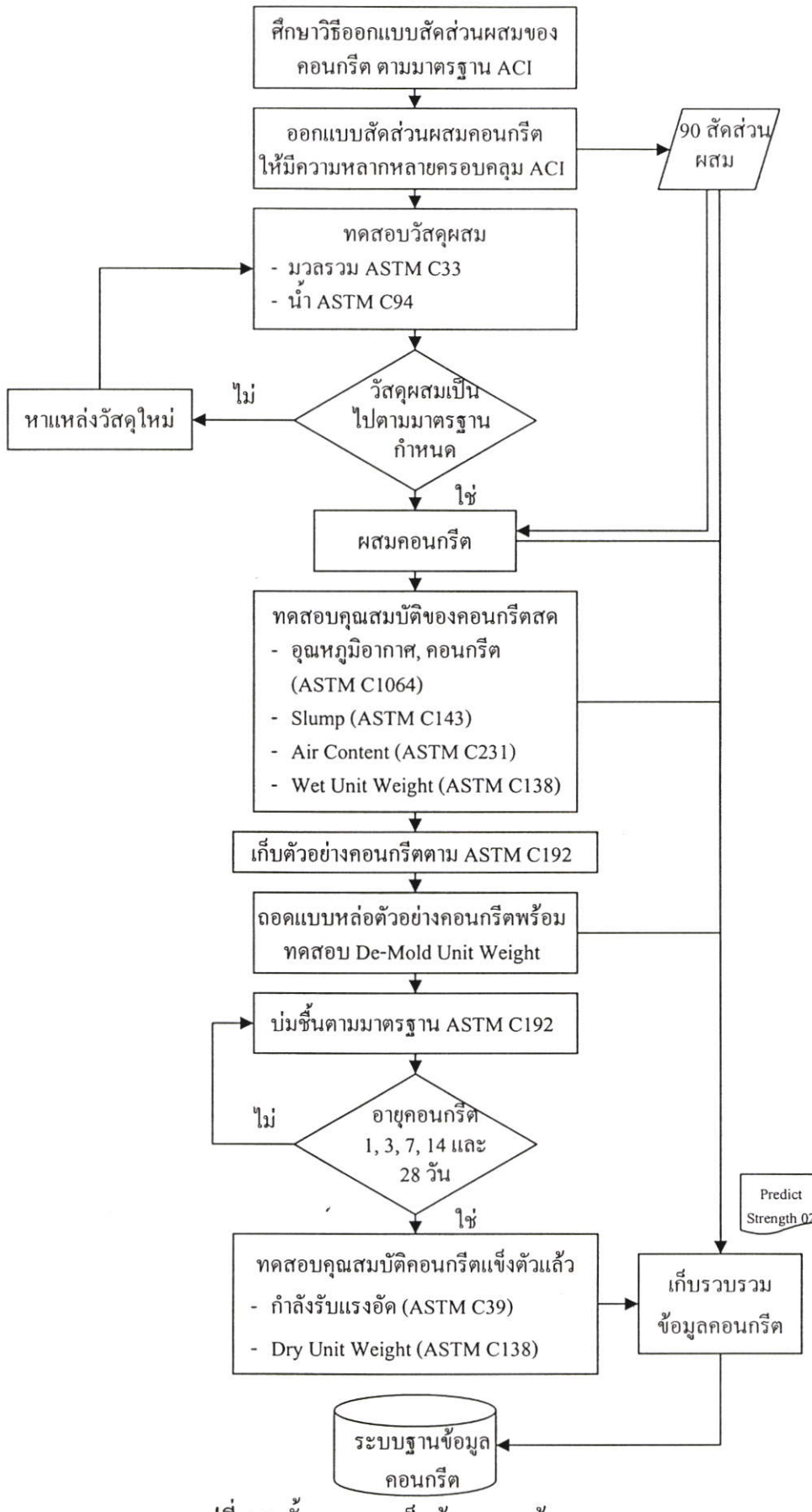
ขั้นตอนที่สำคัญหนึ่งในการศึกษาคือการเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมต้องมีความถูกต้อง เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมจะนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) ถ้าข้อมูลที่ให้โครงข่ายมีความผิดพลาด ความสัมพันธ์ของปัจจัยก็จะผิดพลาดตามด้วย ซึ่งส่งผลต่อความถูกต้องแม่นยำในการพยากรณ์ นอกจากนั้นการให้โครงข่ายประสาทเทียมได้รับการเรียนรู้ข้อมูลอย่างหลากหลายภายในขอบเขตที่เรียนรู้ก็จะส่งผลต่อดีต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการจัดเก็บข้อมูลทั้งจากห้องทดลอง และโรงผสมคอนกรีต รวมทั้งจะกล่าวถึงระบบฐานข้อมูลคอนกรีตที่ได้ทำการพัฒนาเพื่อจัดเก็บข้อมูลคอนกรีต

4.2 การเก็บข้อมูลจากห้องทดลอง

ข้อมูลจากห้องทดลองเป็นข้อมูลที่มีการควบคุมปัจจัยต่างๆให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงคือตัวแปรอิสระ หรือก็คือปัจจัยนำเข้า (Input) คือ ปริมาณวัสดุผสม ซึ่งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราอินทรีเพชร, หินปูนขนาด 3/4 นิ้ว, ทราย และน้ำ ขั้นตอนในการเก็บข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.1 โดยมีขั้นตอนหลัก คือ การออกแบบสัดส่วนผสม, การทดสอบวัสดุผสม, การผสมคอนกรีต และการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต

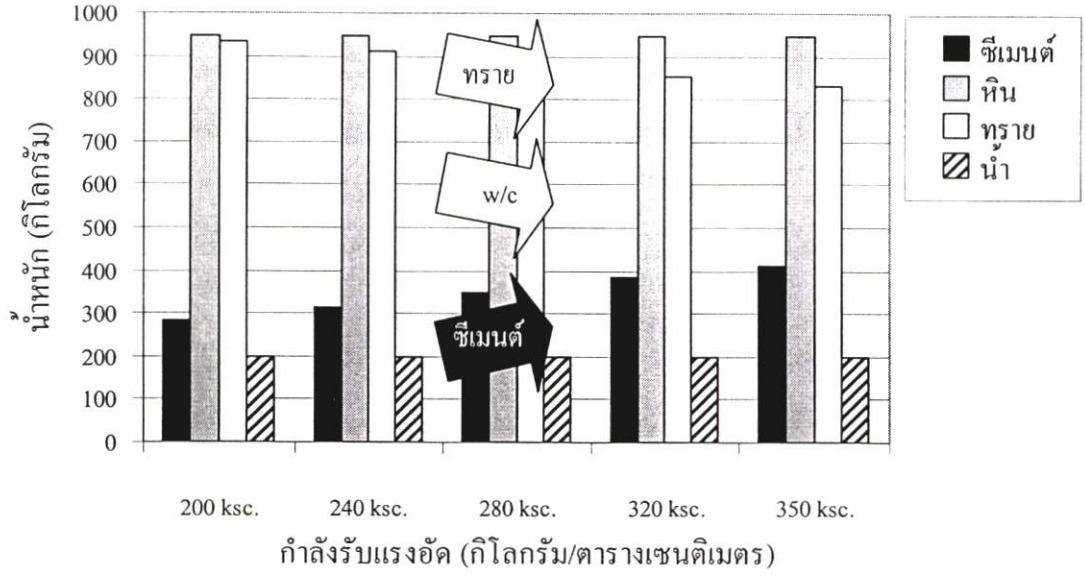
4.2.1 การออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต

เนื่องจากขอบเขตการวิจัยที่ศึกษาเพียงเฉพาะคอนกรีตปกติที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป โดยมีวัสดุผสมคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราอินทรีเพชร, มวลรวม และน้ำ จากการศึกษามาตรฐาน ACI 211.1-91 [41] ซึ่งเป็นมาตรฐานอเมริกาสำหรับการออกแบบสัดส่วนผสมของคอนกรีตปกติที่มีช่วงกำลังรับแรงอัดระหว่าง 150-550 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสัดส่วนผสมกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตค่าต่างๆ โดยให้ความข้นเหลวคงที่ พบว่าเมื่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมจะเพิ่มขึ้นตาม แต่ปริมาณทรายที่ใช้ในการผสมลดลงเพื่อให้ปริมาณคอนกรีตที่ผสมได้เท่ากับ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือในอีกนัยหนึ่งคือ เมื่อกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะลดลง แสดงดังรูปที่ 4.2

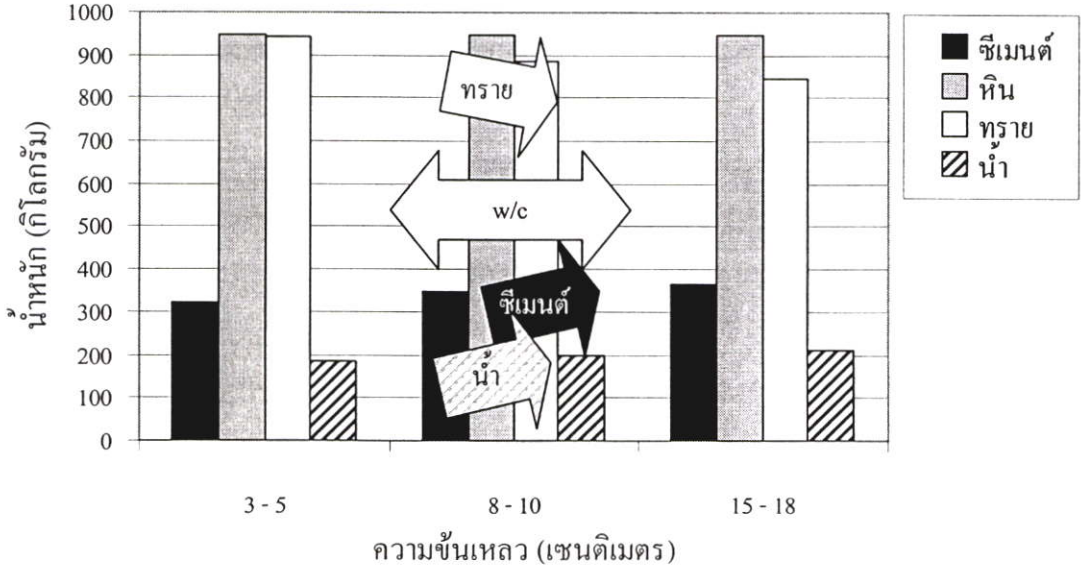


รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากห้องทดลอง

รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสัดส่วนผสมกับความข้นเหลวของคอนกรีตค่าต่างๆ ที่กำลังรับแรงอัดเดียวกัน พบว่าเมื่อความข้นเหลวเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำ และซีเมนต์เพิ่มขึ้นตาม แต่ปริมาณทรายลดลงเนื่องจากการปรับปริมาณคอนกรีตให้ได้ 1 ลูกบาศก์เมตร หรืออีกนัยหนึ่งคือ ที่กำลังรับแรงอัดเดียวกันอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จะคงที่



รูปที่ 4.2 ปริมาณสัดส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตรที่กำลังรับแรงอัดต่างๆ ตามมาตรฐานการออกแบบ ACI 211.1 (ความข้นเหลวคงที่ 8-10 เซนติเมตร)



รูปที่ 4.3 ปริมาณสัดส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ที่ความข้นเหลวต่างๆ ตามมาตรฐานการออกแบบ ACI 211.1 (กำลังรับแรงอัดคงที่ 280 กก./ตร.ซม.)

นอกจากนั้นอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Cement) ของคอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมของสารกักกระจายฟองอากาศมีค่าระหว่าง 0.43 ถึง 0.80 อัตราส่วนเพสต์ต่อมวลรวม (Paste/Aggregate) มีค่าระหว่าง 0.22-0.43 อัตราส่วนระหว่างทรายต่อมวลรวม (Sand/Aggregate) มีค่าระหว่าง 0.4-0.6 ดังนั้นในการออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีตในการศึกษาวิจัยจะออกแบบสัดส่วนผสมให้ครอบคลุมช่วงดังกล่าวดังนี้

1. อัตราส่วนเพสต์ต่อมวรวม (Paste/Aggregate) มีการเปลี่ยนแปลง 6 ค่า คือ 0.15, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45
2. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water/Cement) มีการเปลี่ยนแปลง 5 ค่า คือ 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8
3. อัตราส่วนทรายต่อมวลรวม (Sand/Aggregate) มีการเปลี่ยนแปลง 3 ค่า คือ 0.40, 0.50 และ 0.60

ดังนั้นสัดส่วนผสมทั้งหมดที่ออกแบบเพื่อเก็บข้อมูลในห้องทดลองมีทั้งหมด 90 สัดส่วนผสม ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก

4.2.2 การทดสอบวัสดุผสม

คุณภาพของวัสดุผสมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดเช่นกัน ดังนั้นมาตรฐาน ASTM C94 [21] จึงได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุผสมคอนกรีต โดยในขอบเขตการวิจัยนี้วัสดุผสมคอนกรีตประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, มวลรวมซึ่งประกอบด้วยหินปูนขนาดโตสุด 3/4 นิ้วกับทราย และน้ำ ซึ่งวัสดุผสมต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C150 [41], ASTM C33 [42] และ ASTM C94 [21] ตามลำดับ โดยผลการทดสอบรวมทั้งมาตรฐานการทดสอบ แสดงดังภาคผนวก ข

จากผลการทดสอบพบว่าวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตในการวิจัยผ่านตามมาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงนำวัสดุผสมดังกล่าวมาใช้ผสมคอนกรีตในกระบวนการต่อไปได้

4.2.3 การผสมคอนกรีต

ในขั้นตอนการผสมคอนกรีตจะผสมคอนกรีตตามสัดส่วนที่ได้ออกแบบไว้ตามมาตรฐาน ASTM C192 ก่อนหน้าการผสมจะต้องมีการปรับสัดส่วนผสมเนื่องจากปริมาณความชื้น (Moisture Content) ของทรายและหิน เมื่อผสมคอนกรีตเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสด จากนั้นเก็บตัวอย่างจำนวน 25 ตัวอย่าง เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตแข็งตัวแล้วที่อายุคอนกรีต 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน โดยคัดเลือกข้อมูล 3 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทดสอบทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ในแต่ละวันทดสอบเนื่องจากป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลคอนกรีต จากนั้นถอดแบบหล่อคอนกรีตออกที่อายุคอนกรีต 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐานกำหนด พร้อมทั้งมีการเก็บข้อมูล

น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีตหลังถอดแบบหล่อ (Demolded Unit Weight) ก่อนที่จะนำตัวอย่างคอนกรีตเข้าสู่กระบวนการบ่มต่อไป

ในการศึกษาได้มีการผสมคอนกรีตรวมทั้งหมด 67 สัดส่วนผสม รวม 1,435 ตัวอย่าง จากสัดส่วนผสมที่ออกแบบทั้งหมด 90 สัดส่วนผสม โดยสัดส่วนผสมที่ไม่ได้ผสมเนื่องจากมีสาเหตุมาจากการที่คอนกรีตมีปริมาณเพสต์น้อยจนไม่สามารถยึดเกาะมวลรวม หรือการที่คอนกรีตเหลวมากและเกิดการแยกตัวจนไม่สามารถผสมและเก็บตัวอย่างได้

4.2.4 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต

การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตมี 2 ขั้นตอน คือ การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

4.2.4.1 คุณสมบัติของคอนกรีตสด

การทดสอบคุณภาพคอนกรีตสดวัตถุประสงค์หลักเพื่อตรวจสอบความสามารถเทได้ของคอนกรีตเป็นหลัก กล่าวคือคอนกรีตจะต้องมีความข้นเหลวตามต้องการ, เทลงแบบได้, เป็นเนื้อเดียวกันไม่แยกตัว และอาจมีการทดสอบคุณสมบัติอื่นที่มีความจำเป็นสำหรับโครงการนั้นๆ

ในการศึกษานี้หลังจากคอนกรีตผ่านกระบวนการผสมแล้วจะทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดคือ อุณหภูมิของอากาศและคอนกรีต, ความข้นเหลว (Slump), ปริมาณอากาศในคอนกรีต (Air Content) และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (Wet Unit Weight) โดยมีมาตรฐานการทดสอบดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตสดและมาตรฐานทดสอบ

การทดสอบ	มาตรฐานทดสอบ
อุณหภูมิ (อากาศ, คอนกรีต)	ASTM C1064/1064M-05
ความข้นเหลว (Slump)	ASTM C143/C143M-05
ปริมาณอากาศในคอนกรีต (Air Content)	ASTM C231-04
น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (Wet Unit Weight)	ASTM C138/138-01a

4.2.4.2 คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

ขั้นตอนการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตที่มีความสำคัญคือการทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตแข็งตัวแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ซึ่งมีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพของคอนกรีตมาก เนื่องจากค่าดังกล่าวนอกจากบ่งบอกถึงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตว่าผ่านตามเกณฑ์หรือไม่แล้ว ยังสามารถบ่งบอกถึงกำลังประเภทอื่นได้อีกด้วย

ดังนั้นการเก็บข้อมูลคอนกรีตในการศึกษานี้จึงมีการเก็บข้อมูลกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรวมทั้งน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรคอนกรีต ที่อายุคอนกรีต 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน โดยมีมาตรฐานทดสอบตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้วและมาตรฐานทดสอบ

การทดสอบ	มาตรฐานทดสอบ
กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength)	ASTM C39/C39M-05
น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต (Dry Unit Weight)	ASTM C138/138-01a

ข้อมูลที่ได้จากแต่ละขั้นตอนคือกระบวนการออกแบบสัดส่วนผสม, การทดสอบวัสดุผสม และการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต มีการจัดเก็บโดยบันทึกลงในเอกสาร (รายละเอียดตามภาคผนวก ค) ก่อนที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลคอนกรีตต่อไป

4.3 การเก็บข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

ในการศึกษาได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลคอนกรีตจาก 3 โรงผสมคอนกรีต คือจากนครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต สรุปจำนวนข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.3 โดยมีการจัดเก็บ ข้อมูลชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผสม, สัดส่วนผสม, คุณสมบัติของคอนกรีตสดและคอนกรีตแข็งตัวแล้ว (รายละเอียดตามภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4.3 จำนวนข้อมูลคอนกรีตจากโรงผสมคอนกรีต

โรงผสมคอนกรีต	จำนวนข้อมูล (ข้อมูล)
นครหลวงคอนกรีต	200
คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค	907
ทีพีไอคอนกรีต	674

4.4 ระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

ฐานข้อมูล (Database) คือ การจัดกลุ่มของแฟ้มข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อนำไปใช้ในการทำงาน โดยใช้ซอฟแวร์ชุดหนึ่งซึ่งสามารถเข้าถึงข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล ซึ่งช่วยบรรเทาปัญหาความซ้ำซ้อน รวมทั้งเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูล [44]

ระบบฐานข้อมูลคอนกรีตเป็นระบบจัดการข้อมูลที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์ในการจัดเก็บข้อมูลคอนกรีตให้เป็นระบบ เพื่อสะดวกในการค้นหาและนำข้อมูลไปใช้ โดยพัฒนาบน

Microsoft Office Access 2003 ซึ่งเป็นโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System) ที่มีเครื่องมือช่วยในการทำงานเกี่ยวกับฐานข้อมูล รวมถึงมีการรักษาความปลอดภัยที่ทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูง [45] นอกจากนั้นยังเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายอีกด้วย โดยข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลคอนกรีตประกอบด้วย 17 หมวดหมู่ 44 พารามิเตอร์ สรุปได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

ข้อมูลประจำคอนกรีต	ปริมาณต่อคอนกรีต 1 m^3 (กิโลกรัม)	คุณสมบัติของคอนกรีตสด	คุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว
1. รหัสประจำสัดส่วนผสม (Mix Code)* 2. วันผสมคอนกรีต*	3. ซีเมนต์* 4. เถ้าลอย* 5. ทราย* 6. หิน ขนาด 3/4"* 7. น้ำ* 8. น้ำยาผสมคอนกรีต* (Admixture Type D)	9. อุณหภูมิอากาศ 10.อุณหภูมิคอนกรีต 11.ความข้นเหลว (เริ่มต้น, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 นาที) 12.ระยะเวลาการก่อตัว (Stiffening, Initial, Final) 13.ปริมาณอากาศ (%) (เริ่มต้น, 30, 60, 90, 120 นาที) 14.การเยิ้ม (%) 15.Wet Unit Weight	16. กำลังรับแรงอัด* (1, 2, 3, 7, 14, 28, 56 วัน) 17. กำลังรับแรงดัด (1, 2, 3, 7, 14, 28, 56 วัน)

โดยข้อมูลที่มีเครื่องหมาย * เป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

4.5 สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลและระบบฐานข้อมูลคอนกรีต

ข้อมูลที่มีความหลากหลายของสัดส่วนผสมครอบคลุมตามมาตรฐานการออกแบบคอนกรีตของ ACI 211.1 เป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษานี้ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้มาจาก 2 แหล่ง คือ ข้อมูลจากห้องทดลอง และข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

ข้อมูลในส่วนของห้องทดลองประกอบด้วยข้อมูลคอนกรีตจำนวน 67 สัดส่วนผสม โดยแต่ละสัดส่วนผสมจะมีการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสด และเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้วที่ 1, 3, 7, 14 และ 28 วัน จำนวนทั้งหมด 1,435 ตัวอย่าง

ส่วนข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตประกอบด้วยข้อมูลคอนกรีตที่ผสมจริงจำนวนทั้งหมด 1,781 ข้อมูล จาก 3 โรงผสมคอนกรีตต่างผู้ผลิตที่มีความหลากหลายของสัดส่วนผสม ข้อมูลที่จัดเก็บประกอบด้วยสัดส่วนผสมที่ใช้ผสมจริง, คุณสมบัติของคอนกรีตสด และคุณสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว

โดยที่กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกที่ 28 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 150-550 ksc ข้อมูลทั้งหมดจะทำการจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลคอนกรีต เพื่อใช้ในการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

บทที่ 5
กระบวนการออกแบบและหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม

5.1 บทนำ

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) ซึ่งมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ดี ถูกนำมาศึกษาเพื่อพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยการเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) จากข้อมูลในอดีต

ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการออกแบบและหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนกระบวนการเตรียมข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการเรียนรู้, กระบวนการทดสอบ และการเลือกรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม

5.2 การเตรียมข้อมูล

กระบวนการเตรียมข้อมูลเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความจำเป็นและมีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลจะถูกตรวจสอบความถูกต้องและคัดเลือกเพื่อลดความผิดพลาดของข้อมูล ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกปัจจัยนำเข้า (Input), ผลลัพธ์ (Output) และทำการ Normalization ข้อมูลก่อนเข้าสู่กระบวนการหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ โดยมีขั้นตอนแสดงได้ดังรูปที่ 5.1

ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลจะถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อลดความผิดพลาดของข้อมูลอันเนื่องมาจากกระบวนการหล่อตัวอย่าง และการบันทึกข้อมูล โดยข้อมูลที่ทำการคัดเลือกเพื่อใช้ในการศึกษานี้มีความผิดพลาดของกำลังรับแรงอัดจากค่าเฉลี่ยไม่เกิน 5% คือตัวอย่างที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเกิน 5% จะถูกตัดออกไม่นำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงข่าย



รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

5.2.1 การกำหนดผลลัพธ์ และปัจจัยนำเข้า

ผลลัพธ์ (Output) ของการศึกษานี้คือค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ส่วนการคัดเลือกปัจจัยนำเข้า (Input) จะใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) หาความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์กับปัจจัยนำเข้า โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยใช้วิธีหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient, r) ซึ่งคำนวณตามสมการที่ 5.1 และผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงดังภาคผนวก ง

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)\left(y_i - \bar{y}\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2 + \sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \bar{y}\right)^2}} \qquad (5.1)$$

โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 ค่าที่เป็นลบแสดงถึงความสัมพันธ์ของสองปัจจัยมีลักษณะผกผัน ค่าที่เป็นบวกแสดงความสัมพันธ์ของสองปัจจัยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าใกล้ 1 แสดงว่าปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมาก

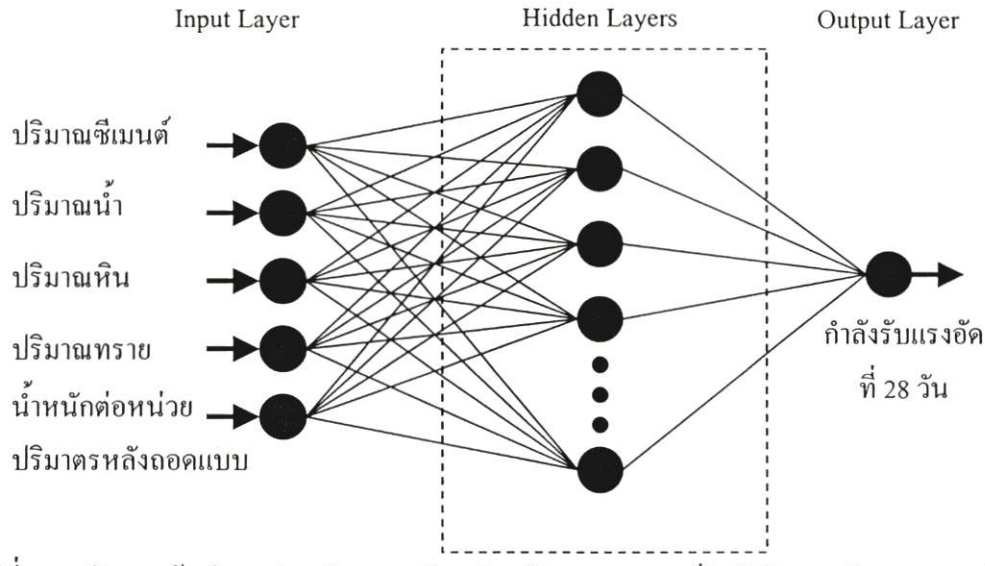
กระบวนการคัดเลือกปัจจัยนำเข้า (Input) มีปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยมีความสัมพันธ์กับค่ากำลังรับแรงอัดสูง
2. มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าด้วยกันน้อย ถ้าปัจจัยใดมีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าด้วยกันต้องมีการพิจารณาคัดเลือกปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง เพื่อไม่ให้โครงข่ายใหญ่เกินความจำเป็น
3. การหาค่าของปัจจัยต้องสะดวกในการจัดเก็บ
4. ค่าของปัจจัยควรคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา

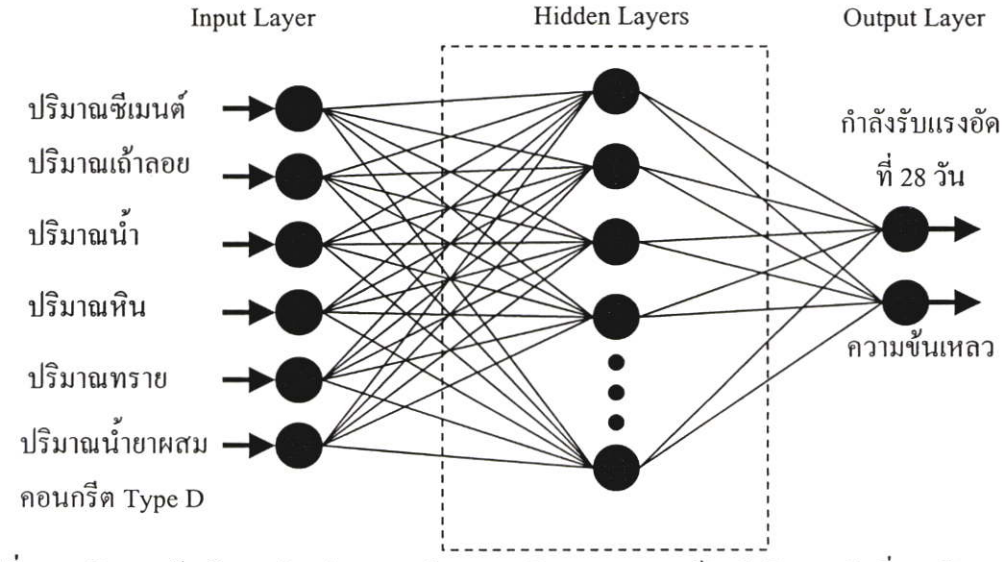
จากการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกปัจจัยนำเข้า (Input) ที่ใช้ในโครงข่ายประสาทเทียมสรุปได้ดังรูปที่ 5.2 สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาจากข้อมูลห้องทดลอง และรูปที่ 5.3 สำหรับโครงข่ายที่พัฒนาจากข้อมูลโรงผสมคอนกรีต

โครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาจากข้อมูลห้องทดลอง เป็นโครงข่ายที่พัฒนาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของรูปแบบโครงสร้างที่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย โดยข้อมูลคอนกรีตจากห้องทดลองเป็นคอนกรีตที่มีวัสดุผสมคือ ซีเมนต์, น้ำ, หิน และทราย ผลลัพธ์ของโครงข่ายคือค่ากำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน ของตัวอย่างคอนกรีตใดๆ จากผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าปัจจัยปริมาณซีเมนต์, ปริมาณน้ำ, ปริมาณหิน, ปริมาณทราย, ความข้นเหลว, อุณหภูมิคอนกรีต, ค่าน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรเปียก, น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรหลังถอดแบบ มีความสัมพันธ์กับค่ากำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายเบื้องต้นโดยใช้ปัจจัยนำเข้าดังกล่าวทั้งหมดและเปรียบเทียบกับการตัดปัจจัยนำเข้าบางปัจจัยออก พบว่าโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือโครงสร้างที่มีปัจจัยนำเข้า คือ ปริมาณซีเมนต์, ปริมาณน้ำ, ปริมาณหิน, ปริมาณทราย และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรหลังถอดแบบ สรุปโครงสร้างของโครงข่ายได้ดังรูปที่ 5.2

สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาจากข้อมูลโรงผสมคอนกรีต ผลลัพธ์คือค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน และความข้นเหลวของคอนกรีต วัสดุผสมประกอบด้วย ซีเมนต์, เถ้าลอย, น้ำ, หิน, ทราย และน้ำยาผสมคอนกรีตประเภทลดน้ำและหน่วงการก่อตัว (Admixture Type D) จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายโดยใช้ปัจจัยที่คัดเลือกเบื้องต้น สรุปโครงสร้างของโครงข่ายได้ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.2 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน โดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลอง



รูปที่ 5.3 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน และความข้นเหลวของคอนกรีต โดยใช้ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

5.2.2 การ Normalization ข้อมูล

การ Normalization หรือการจัดระเบียบข้อมูล เป็นวิธีการที่นำมาใช้เพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ (Output) ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม และลดเวลาในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม การทำ Normalization ชุดข้อมูลของปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) ต้องทำก่อนเริ่มกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม [38]

โดยการเลือกขอบเขตของการ Normalization ขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นถ่ายโอนของผลลัพธ์ สำหรับการศึกษานี้จะทำการ Normalization ข้อมูลให้อยู่ในช่วง [-1, 1] เนื่องจากฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นผลลัพธ์ (Output) เป็นประเภท Linear และ Tan-Sigmoid Transfer Function ซึ่งมีขอบเขตอยู่ระหว่าง [-∞,∞] และ [-1, 1] ตามลำดับ

การ Normalization จะทำทั้งชุดข้อมูลของปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) ตามสมการที่ 5.2 ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนของโครงข่าย หลังจากนั้นเมื่อได้ผลลัพธ์จากโครงข่ายก็จะมีการ Unnormalization ตามสมการที่ 5.3 เพื่อแปลงค่ากลับเป็นค่าในขอบเขตเริ่มต้น

$$p_n = \frac{2 \times (p - p_{\min})}{(p_{\max} - p_{\min})} - 1 \tag{5.2}$$

$$p = 0.5(p_n + 1) \times (p_{\max} - p_{\min}) + p_{\min} \tag{5.3}$$

โดยที่ p คือ ค่าของปัจจัยที่จะทำการ Normalization

P_{min} คือ ค่าน้อยสุดของปัจจัย

P_{max} คือ ค่ามากสุดของปัจจัย

P_n คือ ค่าของปัจจัยที่ผ่านการ Normalization โดยมีค่าอยู่ในช่วง [-1, 1]

สรุปขอบเขตของข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลโดยแยกตามแต่ละปัจจัย ได้ดังตารางที่ 5.1 สำหรับข้อมูลจากห้องทดลอง และตารางที่ 5.2 สำหรับข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

ตารางที่ 5.1 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของปัจจัยจากห้องทดลอง

ปัจจัย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ปัจจัยนำเข้า (Input)		
1. ปริมาณซีเมนต์ (kg)	259	532
2. ปริมาณน้ำ (kg)	162	286
3. ปริมาณหิน (kg)	624	1180
4. ปริมาณทราย (kg)	632	1144
5. น้ำหนักหลังถอดแบบต่อหน่วยปริมาตร (kg/m^3)	2230	2437
ผลลัพธ์ (Output)		
1. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน (ksc)	151	549

ตารางที่ 5.2 ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของปัจจัยจากโรงผสมคอนกรีต

ปัจจัย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
นครหลวงคอนกรีต		
ปัจจัยนำเข้า (Input)		
1. ปริมาณซีเมนต์ (kg)	220	500
2. ปริมาณเถ้าลอย (kg)	0	145
3. ปริมาณหิน (kg)	0	1120
4. ปริมาณทราย (kg)	720	1560
5. ปริมาณน้ำ (kg)	165	250
6. ปริมาณน้ำยาผสมคอนกรีต Type D (kg)	0.5	1.79
ผลลัพธ์ (Output)		
1. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน (ksc)	154	545
2. ความข้นเหลว (cm)	7.5	24.0
คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค		
ปัจจัยนำเข้า (Input)		
1. ปริมาณซีเมนต์ (kg)	204	442
2. ปริมาณเถ้าลอย (kg)	0	211
3. ปริมาณหิน (kg)	1084	1152
4. ปริมาณทราย (kg)	730	944
5. ปริมาณน้ำ (kg)	149	181
6. ปริมาณน้ำยาผสมคอนกรีต Type D (kg)	0.19	2.14
ผลลัพธ์ (Output)		
1. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน (ksc)	295	531
2. ความข้นเหลว (cm)	9.5	18.0
ทีพีไอคอนกรีต		
ปัจจัยนำเข้า (Input)		
1. ปริมาณซีเมนต์ (kg)	219	450
2. ปริมาณเถ้าลอย (kg)	0	69
3. ปริมาณหิน (kg)	1028	1165
4. ปริมาณทราย (kg)	722	1049.4
5. ปริมาณน้ำ (kg)	156	227.1
6. ปริมาณน้ำยาผสมคอนกรีต Type D (kg)	0.77	1.98
ผลลัพธ์ (Output)		
1. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน (ksc)	188	516
2. ความข้นเหลว (cm)	8.0	20.0

5.3 การหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม

ในการศึกษานี้ได้มีการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าชนิดการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Feedforward Network with Back Propagation Algorithm) โดยมีการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนด้วยวิธี Levenberg-Marquardt Algorithm โดยมีขั้นตอนในกระบวนการหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมดังรูปที่ 5.4

สามารถอธิบายสรุปได้ดังนี้

1. นำข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนกระบวนการเตรียมข้อมูล มาแบ่งเป็นชุดฝึกสอน (ประมาณ 80% ของข้อมูลทั้งหมด) และชุดทดสอบ (ประมาณ 20% ของข้อมูลทั้งหมด)

2. ทำการออกแบบสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดังนี้

   2.1 จำนวนชั้นซ่อน

   2.2 จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน

   2.3 จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน

   2.4 ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function)

      2.4.1 ชั้นซ่อน

         Log-Sigmoid Transfer Function และ Linear Transfer Function

      2.4.2 ชั้นผลลัพธ์

         Linear Transfer Function และ Tan-Sigmoid Transfer Function

3. ทดสอบรอบในการปรับค่าน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบน (Epochs) เบื้องต้น เพื่อหาจำนวนรอบที่เหมาะสม คือ จำนวนรอบที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ของชุดทดสอบมีค่าต่ำสุด จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าจำนวนรอบที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 100 รอบ สำหรับข้อมูลจากห้องทดลอง

4. สุ่มค่าน้ำหนักและค่าน้ำหนักสำหรับกระบวนการเรียนรู้

5. เข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ โดยกำหนดจำนวนรอบในการปรับค่าน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบน (Epochs) เท่ากับ 50, 100 และ 150 รอบ

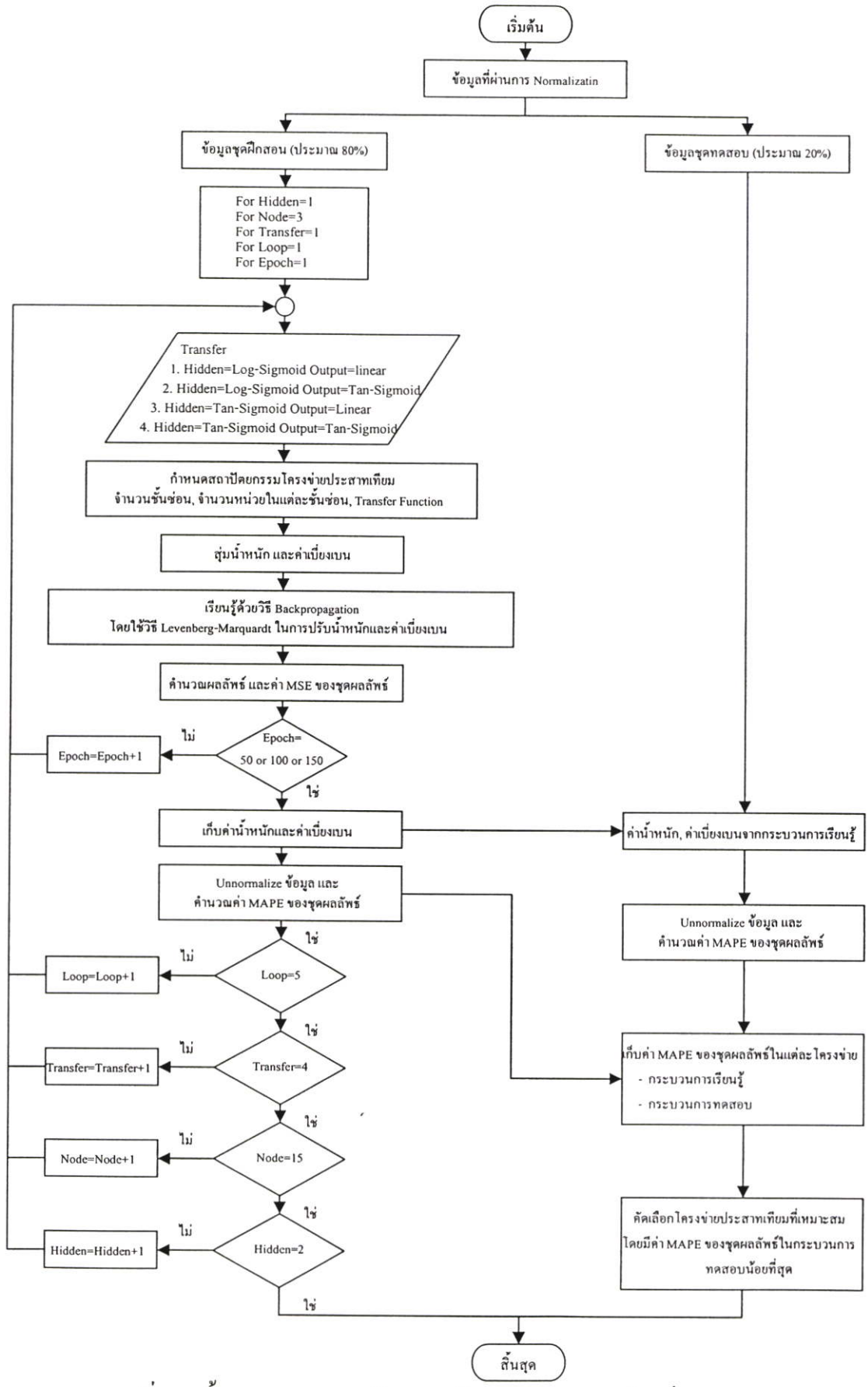
6. นำค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้เข้าสู่กระบวนการทดสอบ

7. Unnormalization ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบ

8. คำนวณ และบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสัมบูรณ์ (MAPE) ของชุดเรียนรู้ และชุดทดสอบ

9. สุ่มค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน อย่างน้อย 5 ครั้งต่อ 1 โครงสร้าง

10. คัดเลือกโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม คือโครงข่ายที่มีค่า MAPE ในกระบวนการทดสอบต่ำสุด



รูปที่ 5.4 ขั้นตอนการหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม

5.3.1 เงื่อนไขในกระบวนการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ค่าย้อนกลับ

ในการศึกษานี้เลือกรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าชนิดการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Feedforward Network with Back Propagation Algorithm) โดยมีการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนด้วยวิธี Levenberg-Marquardt Algorithm (trainlm) ซึ่งพัฒนาบน Neural Network Toolbox ของโปรแกรม MATLAB โดยมีเงื่อนไขในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนและการสิ้นสุดกระบวนการเรียนรู้ดังนี้

5.3.1.1 ค่า Gradient Factor

ค่า Gradient Factor (g) หาได้จากสมการที่ 3.4 เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ใช้พิจารณาถึงการสิ้นสุดของกระบวนการเรียนรู้ ในขั้นตอนการเปลี่ยนค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน (Epoch) ในแต่ละรอบนั้น ค่า Gradient Factor จะเปลี่ยนแปลงไปซึ่งขึ้นอยู่กับค่าผิดพลาด (e) ที่เกิดขึ้นในรอบการเปลี่ยนค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนนั้นๆ โดยกระบวนการเรียนรู้จะสิ้นสุดเมื่อ Gradient Factor มีค่าน้อยกว่า 1×10^{-10}

5.3.1.2 ค่า Mu Factor

ค่า Mu Factor (μ) หรือ Learning Factor ในสมการที่ 3.3 เป็นค่าคงที่ที่ใช้เร่งอัตราการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนให้ลู่เข้าหาคำตอบ ในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนแต่ละรอบนั้นหากค่า Gradient Factor มีค่าเพิ่มขึ้น จะมีการปรับค่า μ ให้เพิ่มขึ้นจนกระทั่งค่า Gradient Factor มีแนวโน้มลดลง จากนั้นค่า μ จะถูกปรับลดลงเรื่อยๆและมีการปรับเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อค่า Gradient Factor มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่า μ มีค่าดังต่อไปนี้

- ค่า μ เริ่มต้นจะมีค่าเท่ากับ 0.001
- การปรับค่า μ เพิ่มขึ้นนั้นจะทำโดยการคูณด้วย Increase Factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10
- การปรับค่า μ ลดลงนั้นจะทำโดยการคูณด้วย Decrease Factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.1
- การฝึกสอนจะสิ้นสุดเมื่อค่า μ มีค่ามากกว่า 1×10^{10}

5.3.2 การวัดประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม

การวัดประสิทธิภาพของโครงข่ายเป็นตัวชี้วัดความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ที่แสดงค่าผิดพลาดในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ซึ่งบ่งบอกถึงค่าผิดพลาดได้ชัดเจนและเข้าใจง่ายกว่าการแสดงในรูปแบบที่มีหน่วย และมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่มีขอบเขต

ต่างกันมาก จึงถูกเลือกขึ้นมาเพื่อวัดประสิทธิภาพของโครงข่ายในการศึกษานี้ โดยมีการคำนวณดังสมการที่ 5.4

$$MAPE(\%) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Target_i - Forecast_i}{Target_i}\right| \times 100 \qquad (5.4)$$

โดยที่ *Target* คือ ค่าเป้าหมาย หรือค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบ

Forecast คือ ค่าที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม หรือค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้จากโครงข่าย

n คือ จำนวนข้อมูล

5.3.3 การหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลอง

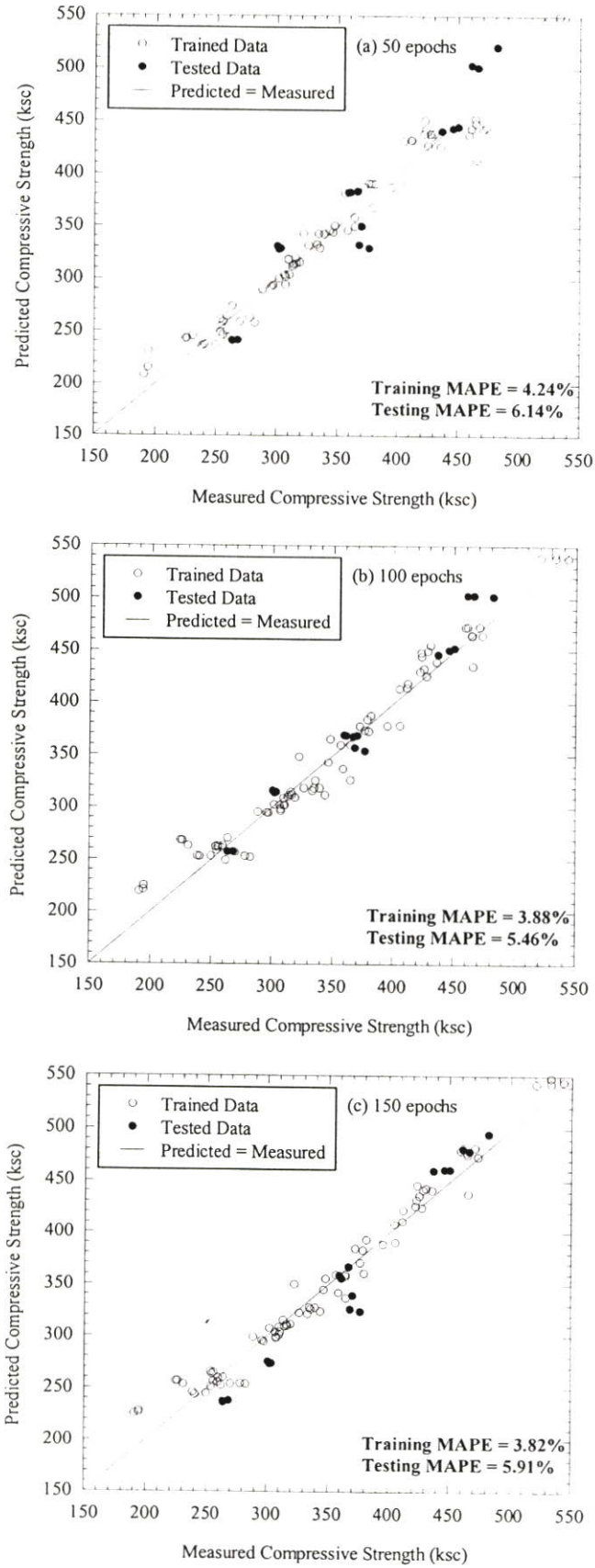
โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมในรูป 5.2 ที่มีปัจจัยนำเข้า 5 ปัจจัย และข้อมูลที่ผ่านการ Normalization ถูกนำเข้าสู่กระบวนการหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม โดยการลองผิดลองถูกเพื่อหาจำนวนชั้นซ่อน, จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน, จำนวนรอบในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน และ รูปแบบฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นซ่อนและชั้นผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน สูงสุด โดยมีการออกแบบโครงสร้างทั้งหมด 24 รูปแบบโครงสร้าง ซึ่งมีการปรับโครงสร้างอยู่ในช่วง

1. จำนวนชั้นซ่อน: 1, 2
2. จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน: 3, 4, 5, 6
3. จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน: 50, 100, 150

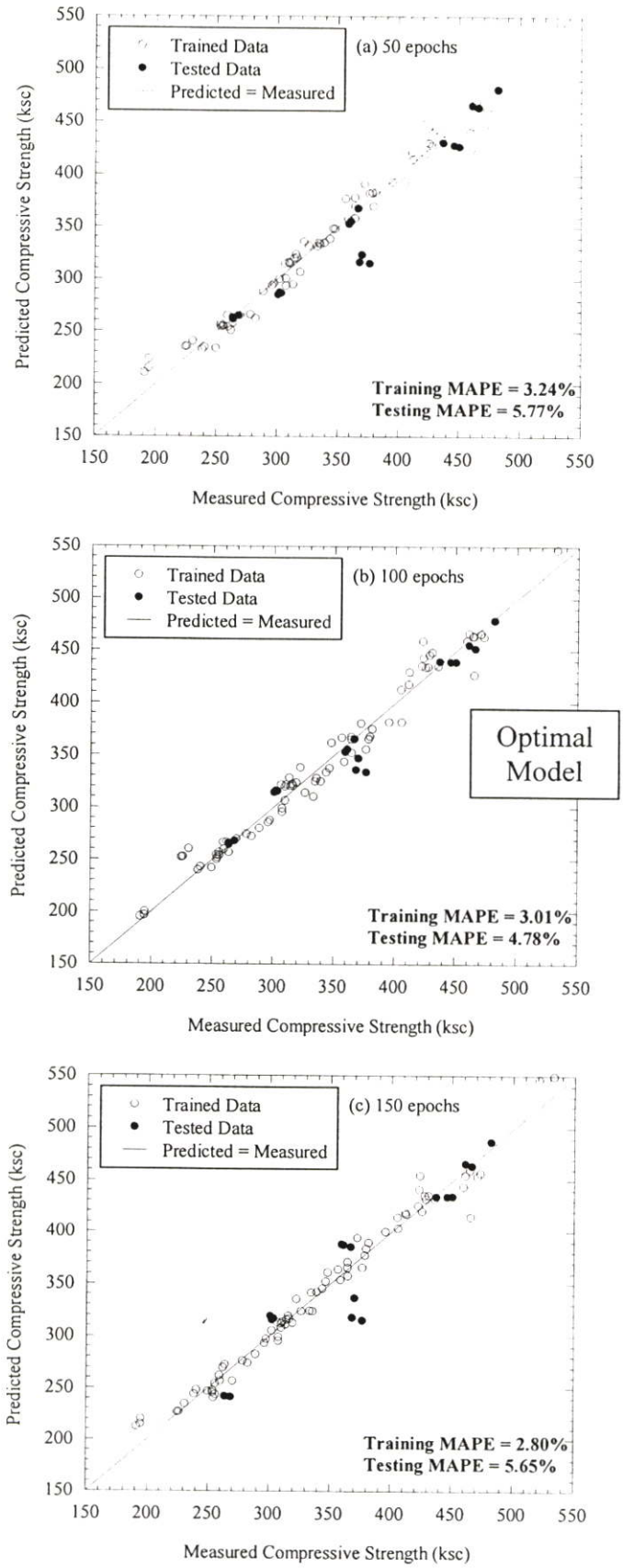
จากนั้นเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบของแต่ละโครงสร้าง และทำการบันทึกค่า MAPE ในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบของแต่ละโครงสร้าง สรุปได้ดังตารางที่ 5.3 และเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมกับค่าทดสอบกำลังรับแรงอัดได้ดังรูปที่ 5.5-5.12

ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแต่ละโครงสร้าง ในกรณีใช้ชุดข้อมูลจากห้องทดลอง

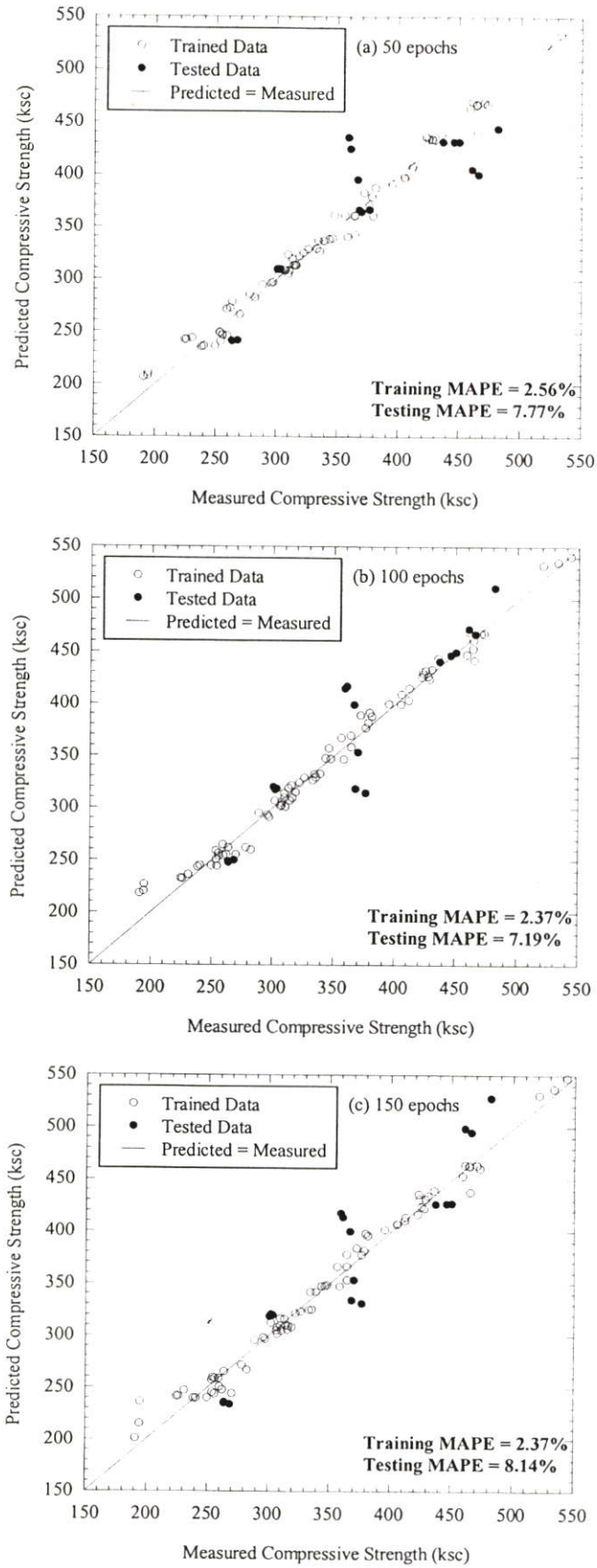
โครงสร้าง	สถาปัตยกรรมโครงข่าย		รอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน (รอบ)	MAPE (%)	
	จำนวนชั้นซ่อน (ชั้น)	จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน		กระบวนการเรียนรู้	กระบวนการทดสอบ
1	1	3	50	4.24	6.14
2	1	3	100	3.88	5.46
3	1	3	150	3.82	5.91
4	1	4	50	3.24	5.77
5	1	4	100	3.01	4.78
6	1	4	150	2.80	5.65
7	1	5	50	2.56	7.77
8	1	5	100	2.37	7.19
9	1	5	150	2.37	8.14
10	1	6	50	1.81	8.54
11	1	6	100	1.74	7.41
12	1	6	150	1.74	8.03
13	2	3	50	3.95	6.39
14	2	3	100	3.43	6.89
15	2	3	150	3.04	5.98
16	2	4	50	2.48	7.12
17	2	4	100	2.71	9.95
18	2	4	150	1.61	10.44
19	2	5	50	1.26	11.18
20	2	5	100	1.00	12.59
21	2	5	150	0.83	12.44
22	2	6	50	1.24	8.88
23	2	6	100	0.71	11.71
24	2	6	150	0.71	15.70



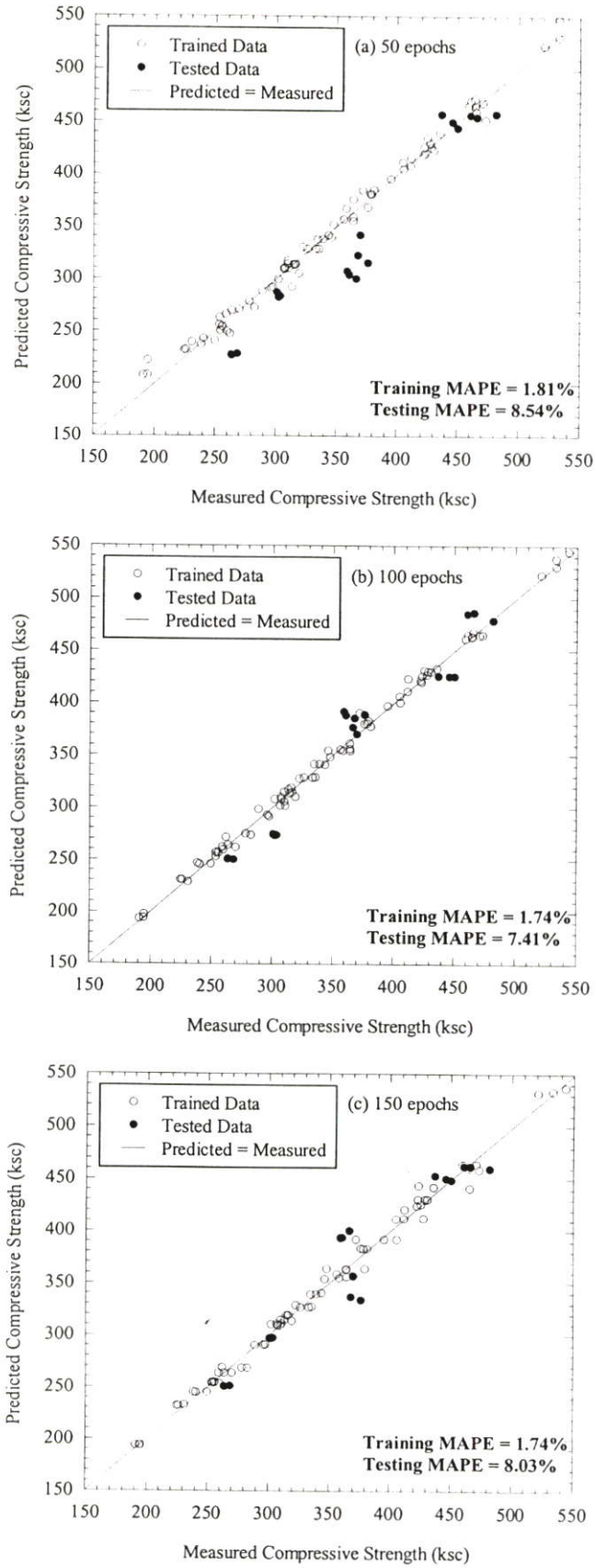
รูปที่ 5.5 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน 3 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs



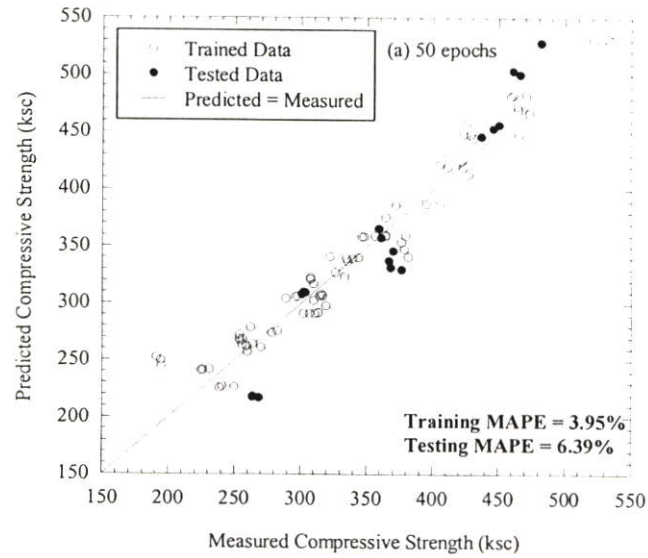
รูปที่ 5.6 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน 4 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs

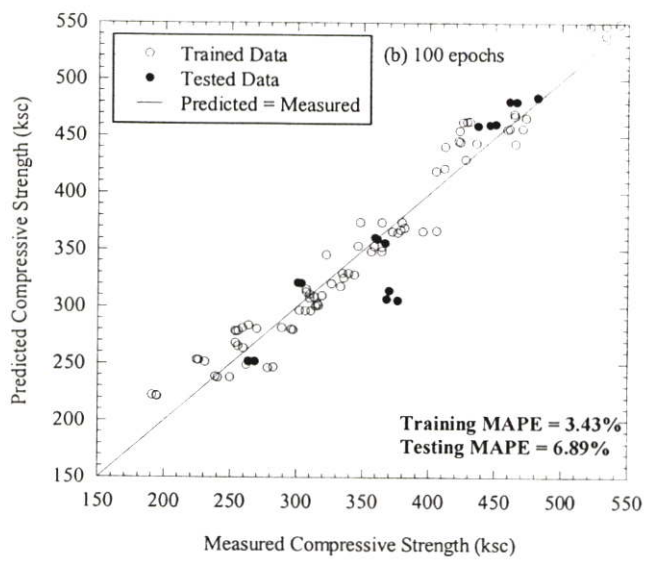


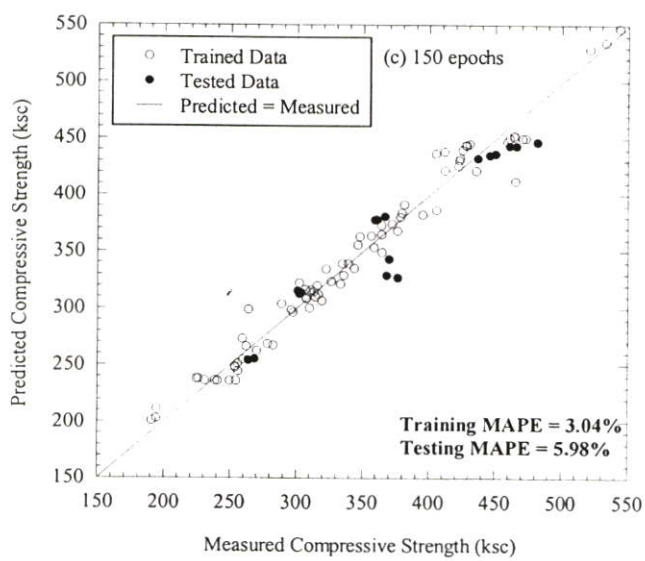
รูปที่ 5.7 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน 5 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs



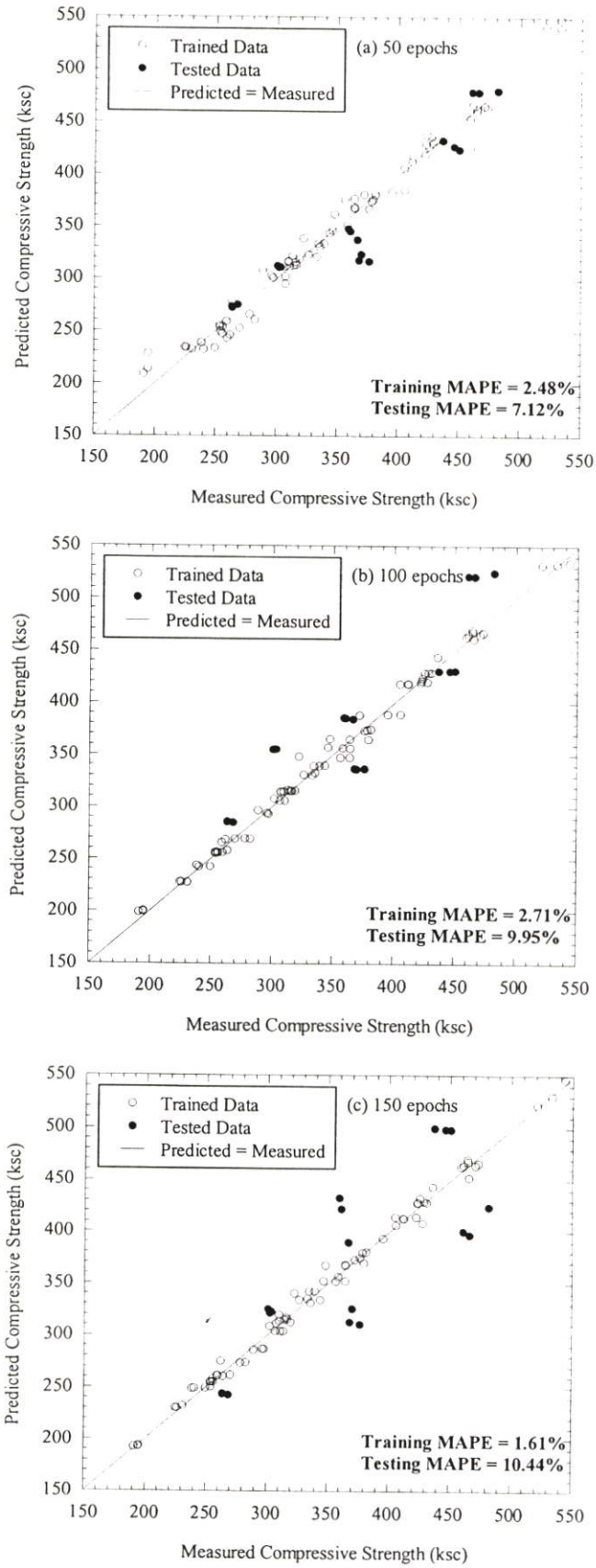
รูปที่ 5.8 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน 6 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs



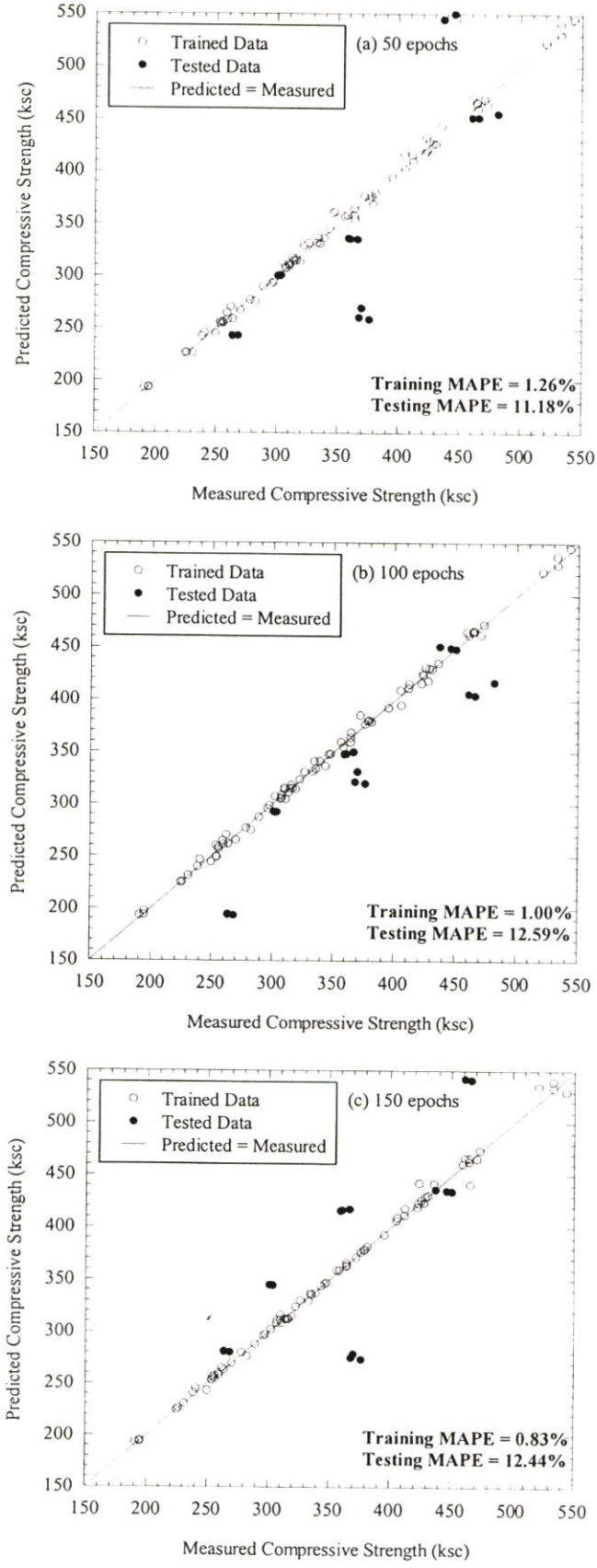




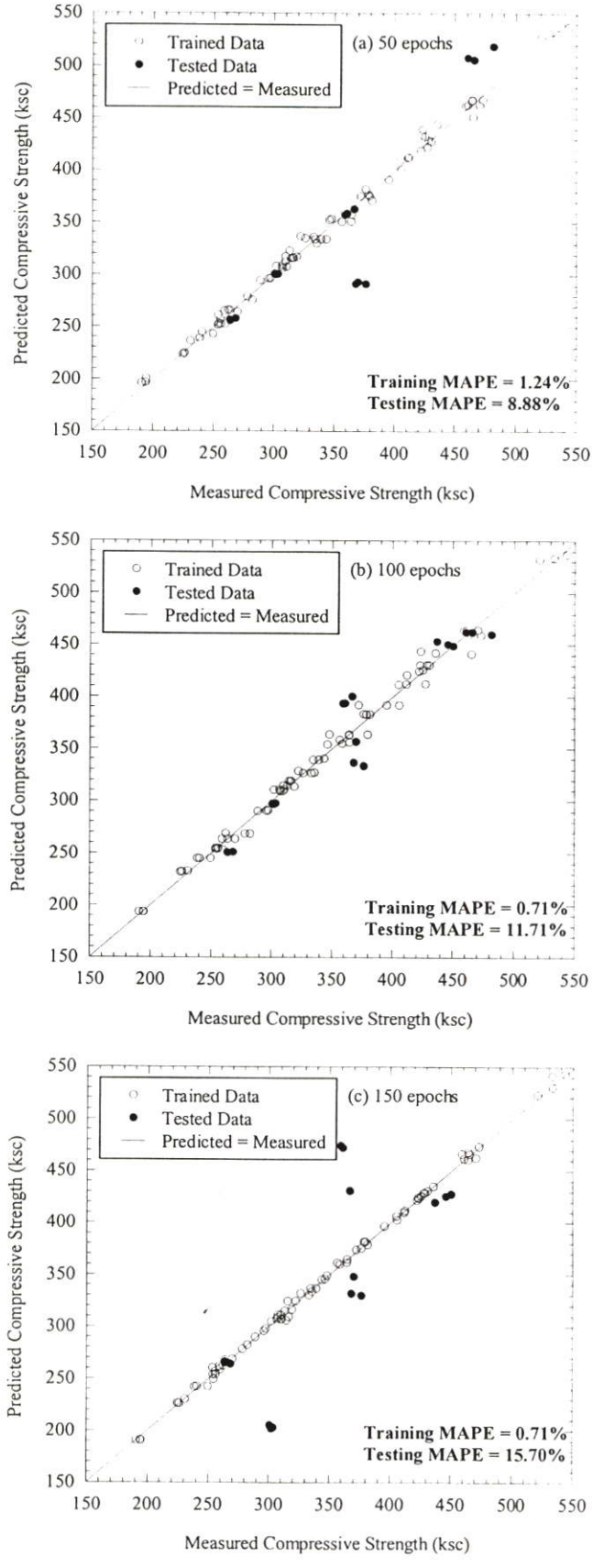
รูปที่ 5.9 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 3 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs



รูปที่ 5.10 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 4 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs

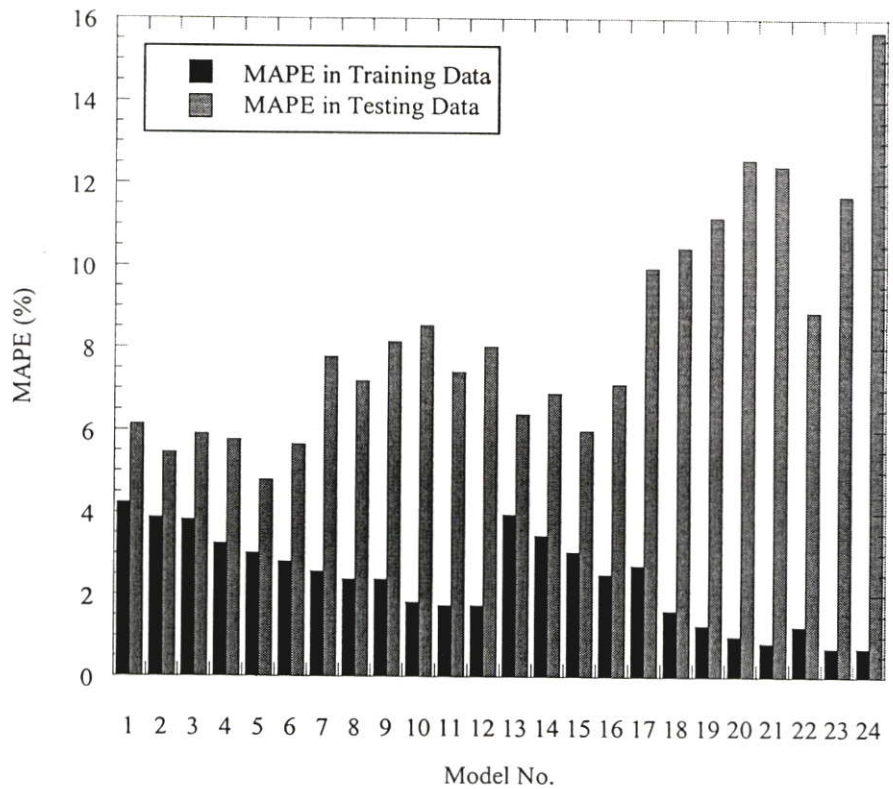


รูปที่ 5.11 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 5 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs



รูปที่ 5.12 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 6 หน่วย (a) 50 epochs, (b) 100 epochs และ (c) 150 epochs

จากผลทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายด้วยการวิเคราะห์ MAPE ในกระบวนการเรียนรู้และ กระบวนการทดสอบ แสดงได้ดังรูปที่ 5.13 พบว่าโครงสร้างที่ 5 เป็นโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุด โดยมีค่า MAPE ในกระบวนการทดสอบเท่ากับ 4.78% ซึ่งสรุปสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจากห้องทดลองได้ดังตารางที่ 5.4



รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบความผิดพลาดของการพยากรณ์ในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบ

ตารางที่ 5.4 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจากห้องทดลอง

โครงข่ายประสาทเทียม	Feedforward with Backpropagation
จำนวนชั้นซ่อน	1 ชั้น
จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน	4 หน่วย
จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน	100 รอบ
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นซ่อน	Log-Sigmoid
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นผลลัพธ์	Tan-Sigmoid
MAPE ในกระบวนการเรียนรู้ (%)	3.01
MAPE ในกระบวนการทดสอบ (%)	4.78

5.3.4 การหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

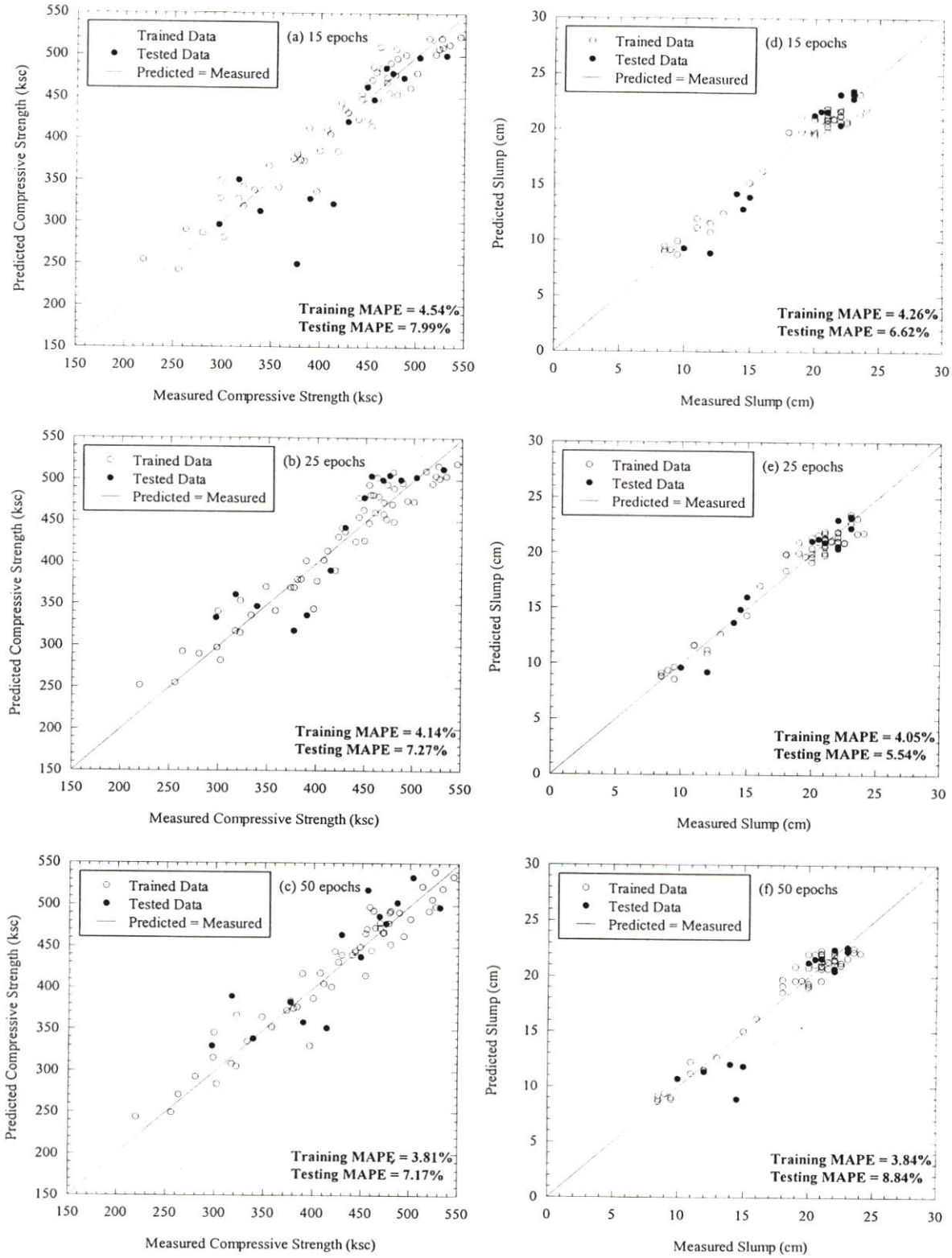
โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมในรูป 5.3 ที่มีปัจจัยนำเข้า 6 ปัจจัย และข้อมูลของโรงผสมคอนกรีตนครหลวงคอนกรีตที่ผ่านการ Normalization ถูกนำเข้าสู่กระบวนการหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม โดยการลองผิดลองถูกเพื่อหาจำนวนชั้นซ่อน, จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน, จำนวนรอบในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน และ รูปแบบฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นซ่อนและชั้นผลลัพธ์ ที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน และความข้นเหลวสูงสุด โดยออกแบบโครงสร้างทั้งหมด 18 รูปแบบโครงสร้าง ซึ่งมีการปรับโครงสร้างอยู่ในช่วง

1. จำนวนชั้นซ่อน: 1, 2
2. จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน: 4, 5, 6
3. จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน: 15, 25, 50

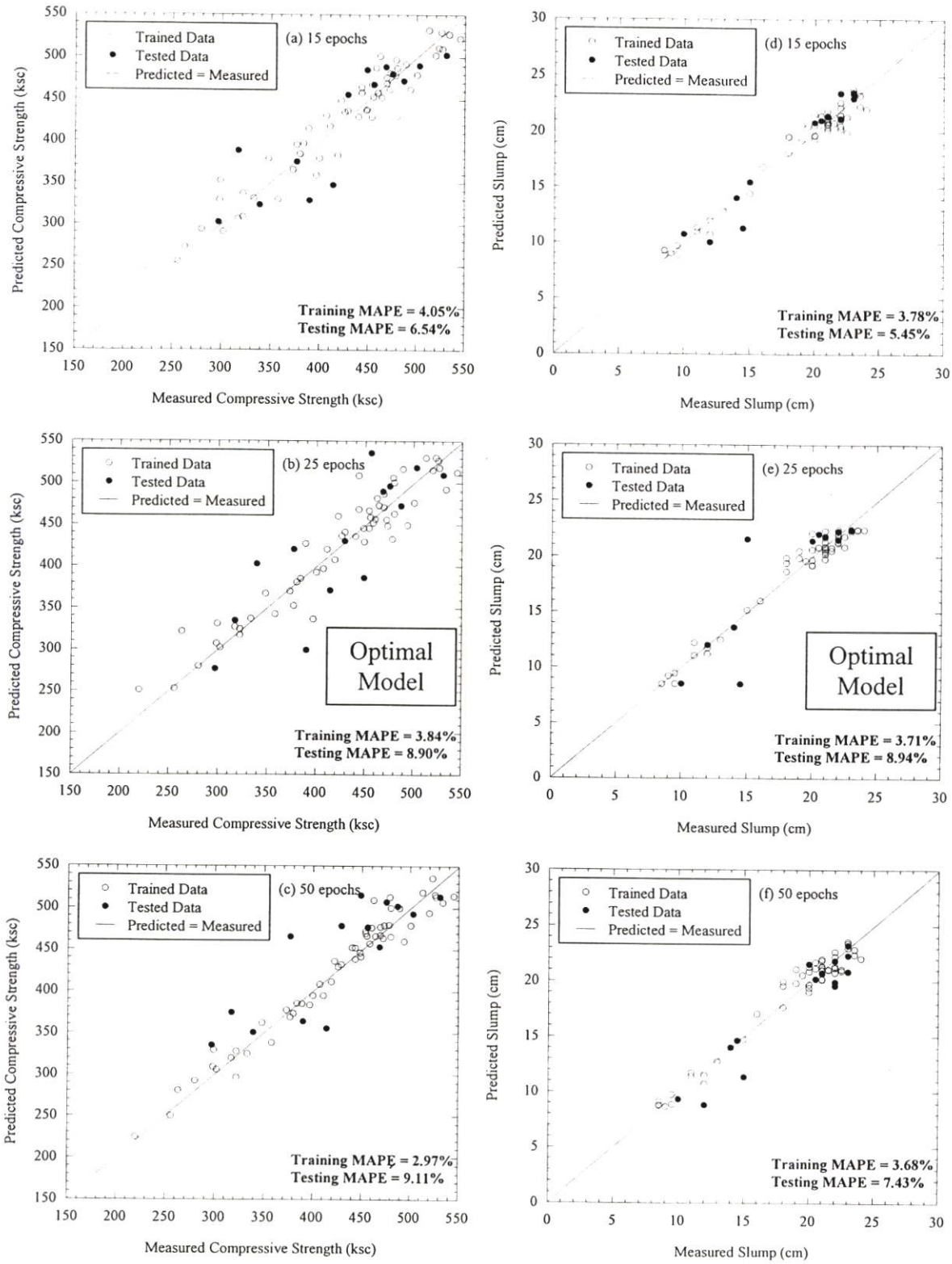
จากนั้นเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบของแต่ละโครงสร้าง และทำการบันทึกค่า MAPE ในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบของแต่ละโครงสร้าง สรุปได้ดังตารางที่ 5.5 และเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมกับค่าทดสอบกำลังรับแรงอัดได้ดังรูปที่ 5.14-5.19

ตารางที่ 5.5 ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมแต่ละโครงสร้าง ในกรณีใช้ชุดข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตนครหลวงคอนกรีต

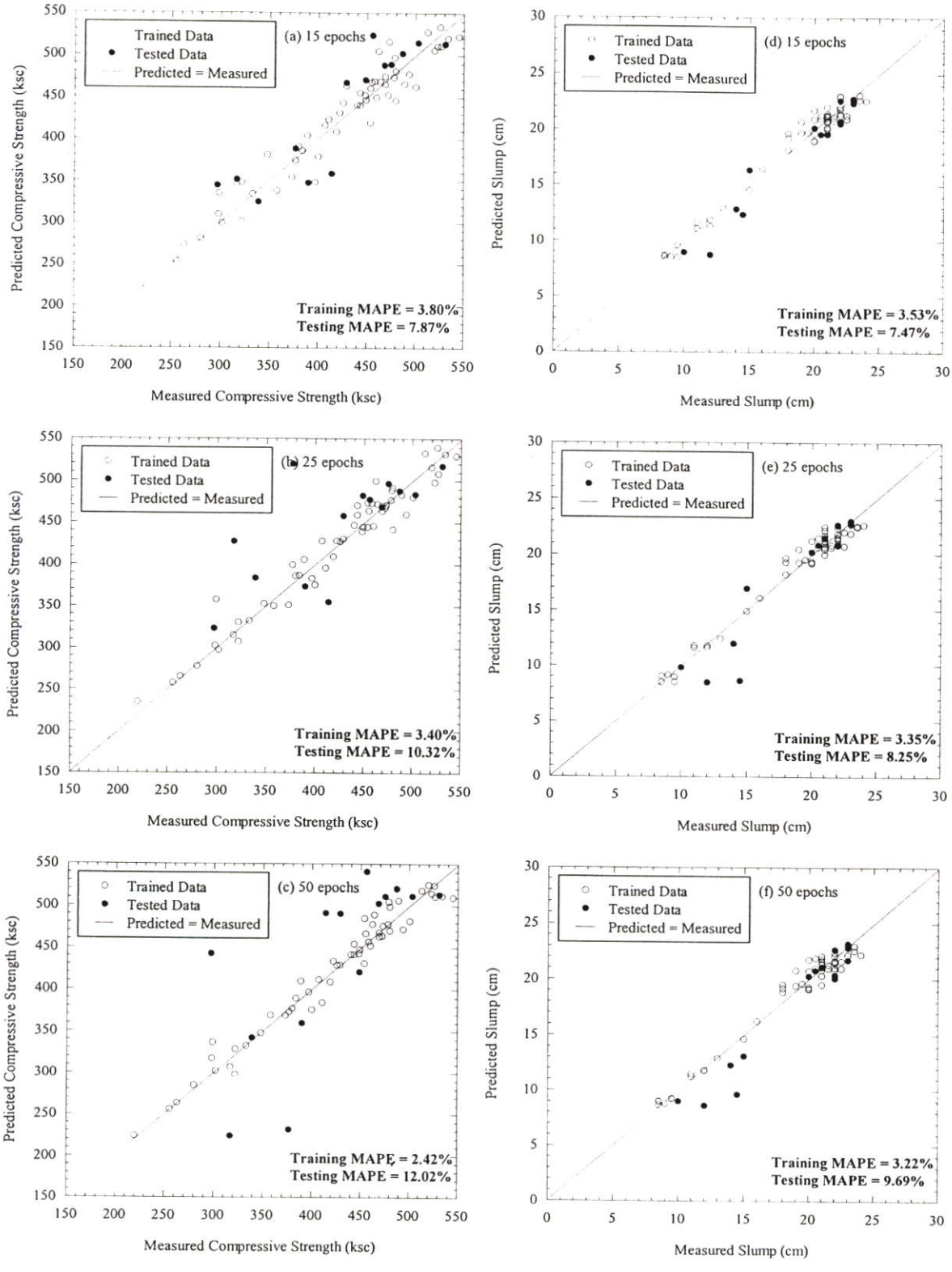
โครงสร้าง	สถาปัตยกรรมโครงข่าย		รอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน (รอบ)	MAPE ในกระบวนการเรียนรู้ (%)		MAPE ในกระบวนการทดสอบ (%)	
	จำนวนชั้นซ่อน (ชั้น)	จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน		กำลังรับแรงอัด	ความข้นเหลว	กำลังรับแรงอัด	ความข้นเหลว
1	1	4	15	4.54	4.26	7.99	6.62
2	1	4	25	4.14	4.05	7.27	5.54
3	1	4	50	3.81	3.84	7.17	8.84
4	1	5	15	4.05	3.78	6.54	5.45
5	1	5	25	3.84	3.71	8.90	8.94
6	1	5	50	2.97	3.68	9.11	7.43
7	1	6	15	3.80	3.53	7.87	7.47
8	1	6	25	3.40	3.35	10.32	8.25
9	1	6	50	2.42	3.22	12.02	9.69
10	2	4	15	4.09	4.24	7.93	6.22
11	2	4	25	3.75	3.64	8.72	6.49
12	2	4	50	3.75	3.67	8.90	7.48
13	2	5	15	3.79	3.27	8.53	7.75
14	2	5	25	3.14	3.45	9.68	9.52
15	2	5	50	2.65	3.17	13.80	6.93
16	2	6	15	2.80	3.08	8.83	7.13
17	2	6	25	2.61	3.22	12.32	7.36
18	2	6	50	1.53	2.50	9.03	8.38



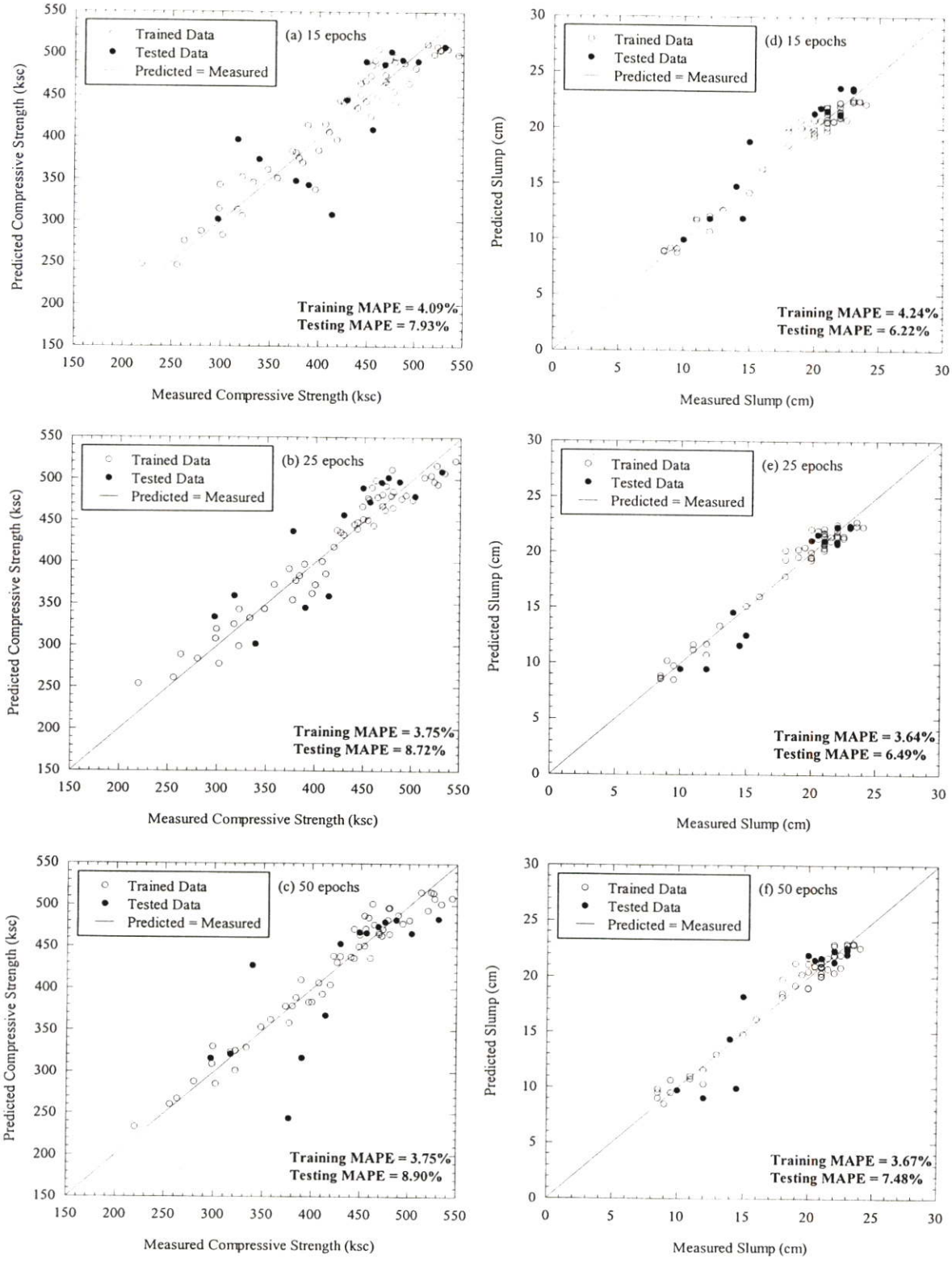
รูปที่ 5.14 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 4 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs



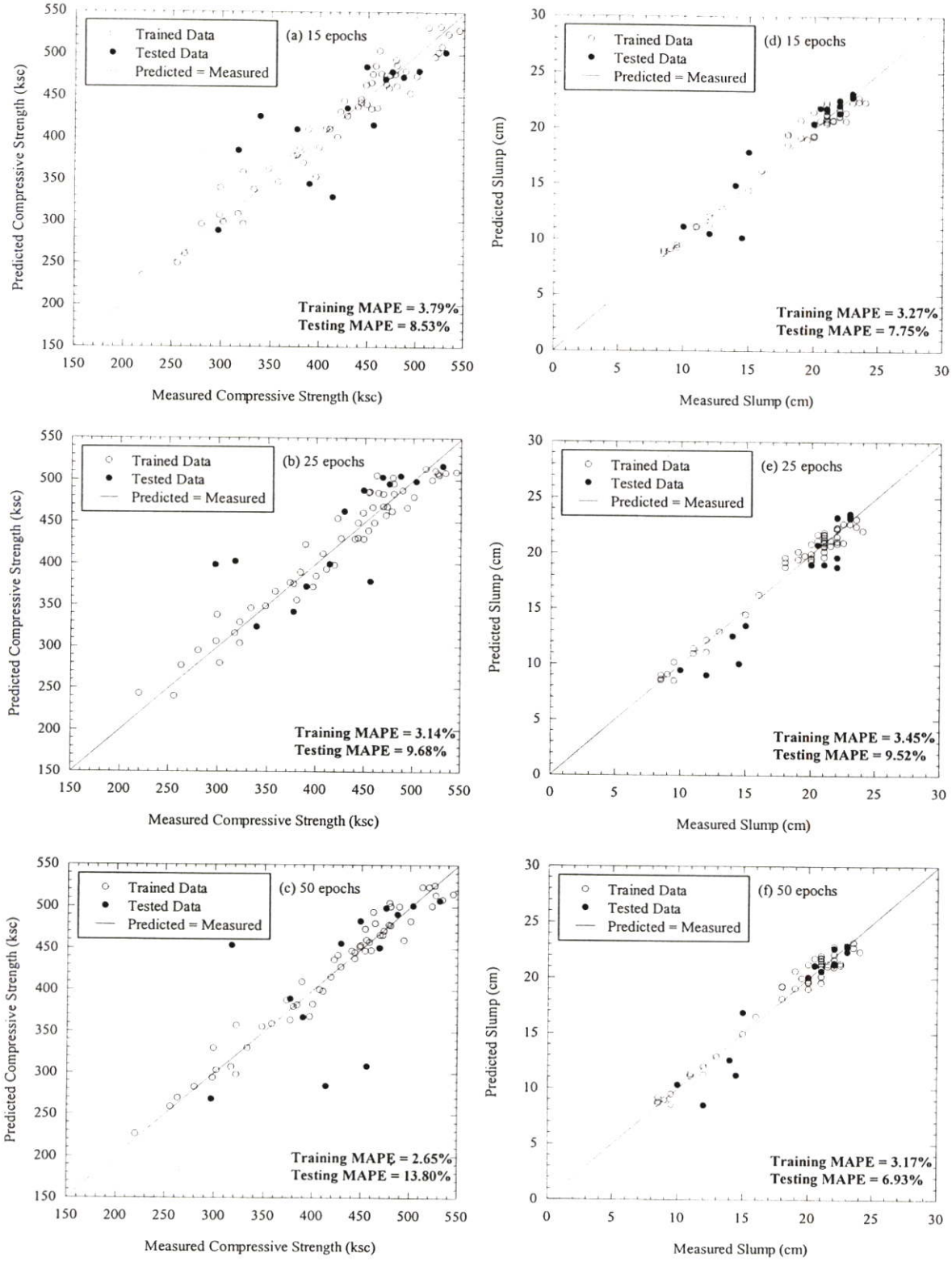
รูปที่ 5.15 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 5 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs



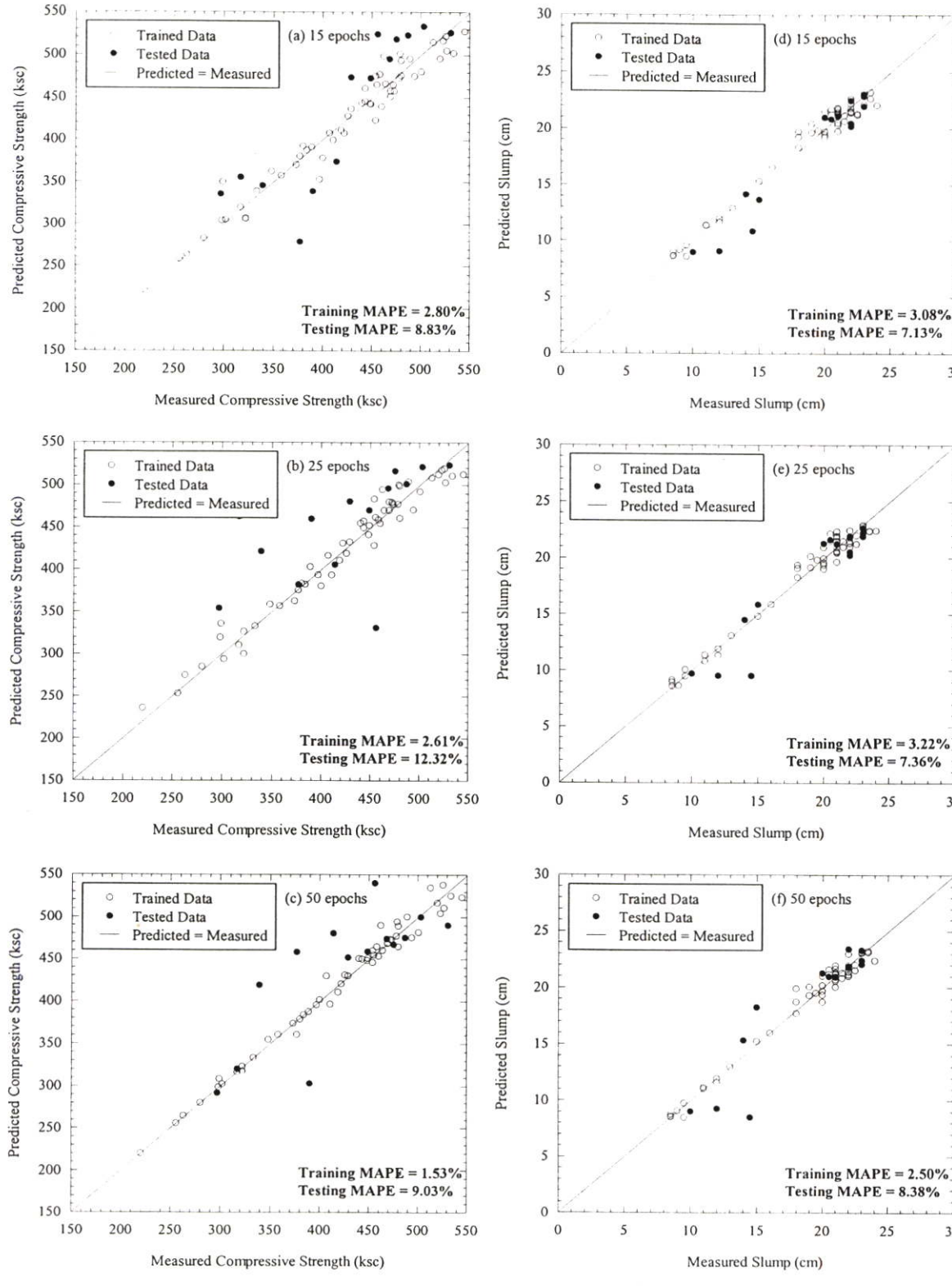
รูปที่ 5.16 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 1 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 6 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs



รูปที่ 5.17 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 4 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs



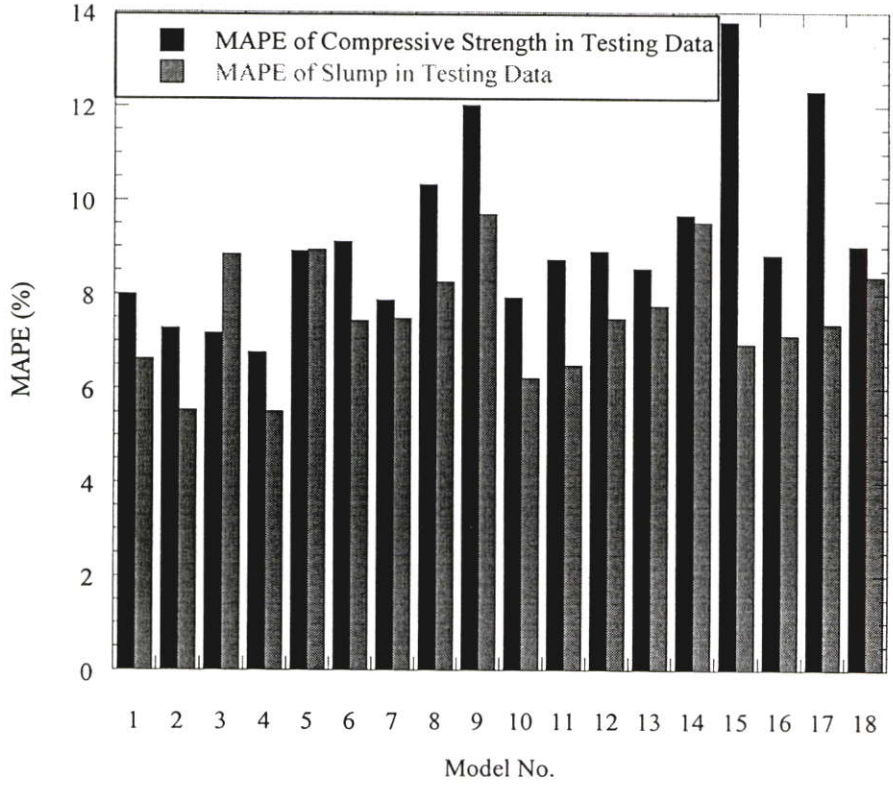
รูปที่ 5.18 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 5 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs



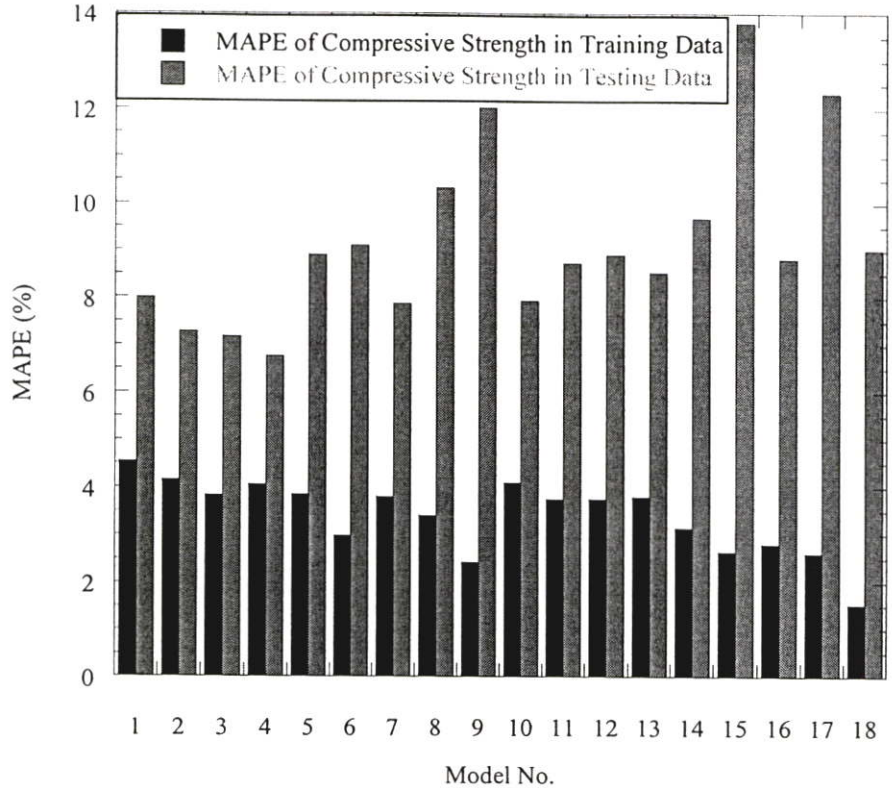
รูปที่ 5.19 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียม 2 ชั้นซ่อน หน่วยในแต่ละชั้นซ่อน 6 หน่วย: กำลังรับแรงอัด (a) 15 epochs, (b) 25 epochs, (c) 50 epochs และความข้นเหลว (d) 15 epochs, (e) 25 epochs, (f) 50 epochs

ผลทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน และความข้นเหลวของโครงข่ายในกระบวนการทดสอบ โดยการวิเคราะห์ MAPE แสดงได้ดังรูปที่ 5.20 พบว่าโครงสร้างที่ 4 (โครงสร้าง 1 ชั้นซ่อน หน่วยในชั้นซ่อน 5 หน่วย รอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน 15 รอบ) เป็นโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงสุด โดยมีค่า MAPE ในกระบวนการทดสอบ ของการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดที่ 28 วันและความข้นเหลว เท่ากับ 6.54% และ 5.45% ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 5.21 และ 5.22 แสดงความผิดพลาดในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบ ของการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน และความข้นเหลว ตามลำดับ

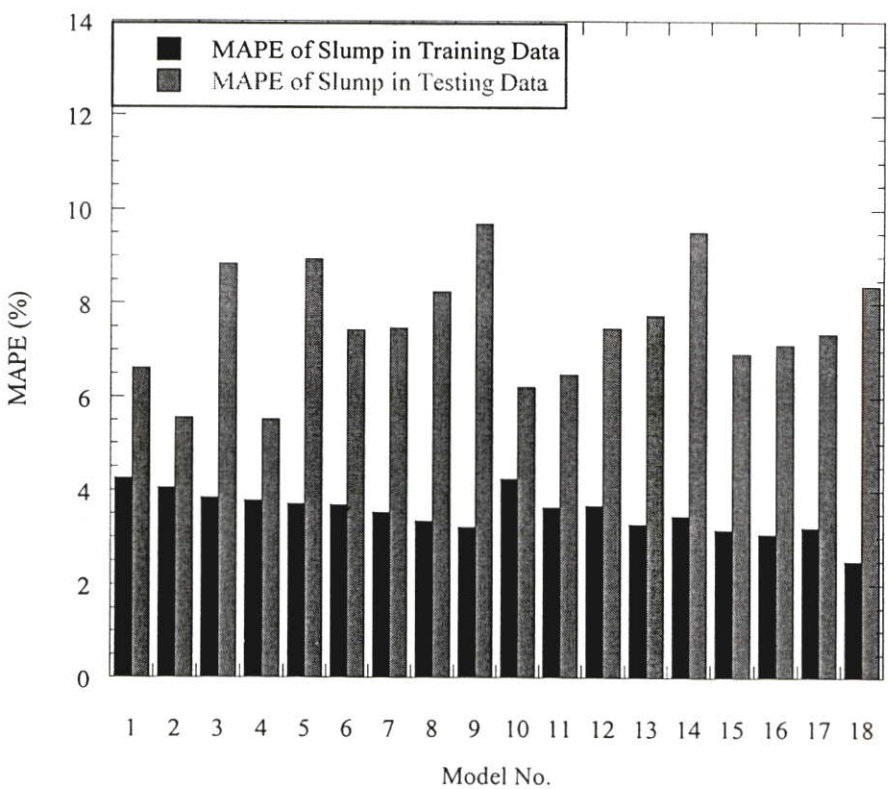
ตารางที่ 5.6 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีต



รูปที่ 5.20 เปรียบเทียบความผิดพลาดในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัด และความข้นเหลวของคอนกรีตในกระบวนการทดสอบ



รูปที่ 5.21 เปรียบเทียบความผิดพลาดของค่ากำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้ และกระบวนการทดสอบ



รูปที่ 5.22 เปรียบเทียบความผิดพลาดของค่าความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้ และกระบวนการทดสอบ

ตารางที่ 5.6 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจากโรงานผสมคอนกรีตนครหลวงคอนกรีต

โครงข่ายประสาทเทียม	Feedforward with Backpropagation
จำนวนชั้นซ่อน	1 ชั้น
จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน	5 หน่วย
จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน	15 รอบ
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นซ่อน	Log-Sigmoid
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นผลลัพธ์	Tan-Sigmoid
MAPE ในกระบวนการเรียนรู้ (%) กำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน ความข้นเหลว	 4.86 4.28
MAPE ในกระบวนการทดสอบ (%) กำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน ความข้นเหลว	 6.54 5.45

5.3.5 ผลของจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนหน่วยในชั้นซ่อน

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของโครงข่ายในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบในรูปของค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) กับจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อนแสดงได้ดังรูปที่ 5.23 และ 5.24 สำหรับกระบวนการเรียนรู้ และกระบวนการทดสอบตามลำดับ โดยกำหนดให้รอบในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนเท่ากับ 100 รอบ โดยสรุปความสัมพันธ์ได้ดังนี้

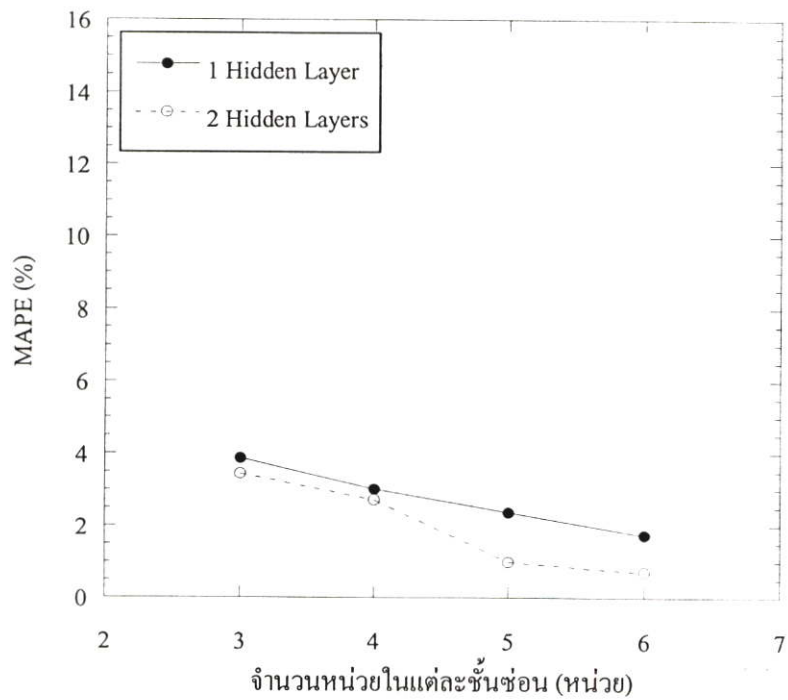
1. ค่า MAPE ของกระบวนการเรียนรู้มีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนหน่วยในชั้นซ่อนมีมากขึ้น และที่จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อนเท่ากันโครงข่ายที่มีจำนวนชั้นมากกว่าจะให้ค่า MAPE ที่ต่ำกว่า

2. จากรูปที่ 5.24 ค่า MAPE ของกระบวนทดสอบมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนหน่วยในชั้นซ่อนเพิ่มขึ้นจนโครงข่ายที่มีจำนวนหน่วยในชั้นซ่อนจำนวนหนึ่ง ก่อนที่ค่า MAPE จะเพิ่มขึ้นอีกเมื่อจำนวนหน่วยในชั้นซ่อนเพิ่มขึ้น ซึ่งโครงข่ายที่ค่า MAPE ในกระบวนการทดสอบมีค่าน้อยสุดจะเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาโครงข่ายที่มีความเหมาะสม

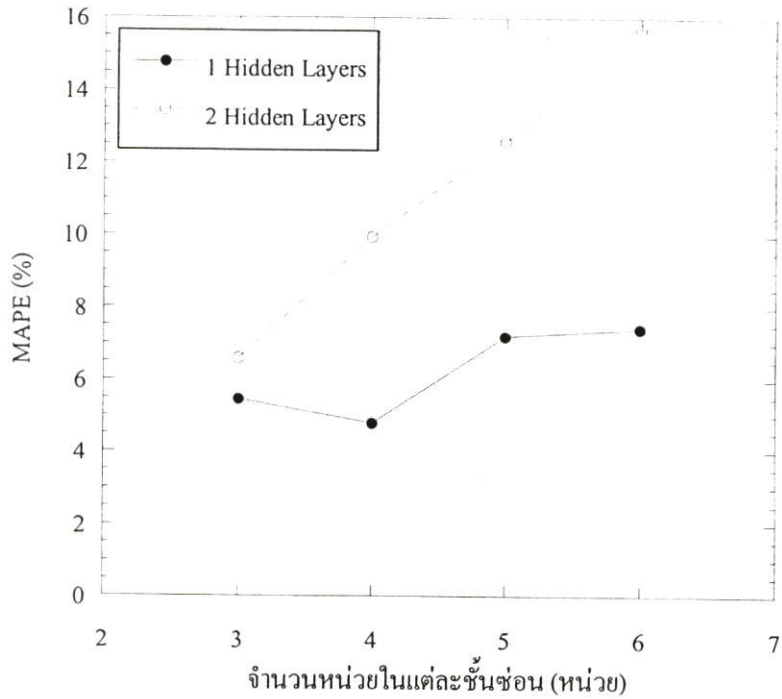
นอกจากนั้นการที่โครงข่ายมีความซับซ้อนจนเกินไปคือมีชั้นซ่อน 2 ชั้น ซึ่งมีค่า MAPE ในกระบวนการเรียนรู้ต่ำไม่ได้ส่งผลให้ค่า MAPE ของกระบวนการทดสอบดีขึ้น แต่กลับเป็นค่า MAPE มีแนวโน้มสูงกว่าเมื่อเทียบกับโครงข่ายที่มีชั้นซ่อนชั้นเดียว

ดังนั้นจำนวนชั้นซ่อน และจำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อนส่งผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยตรง โดยโครงข่ายที่มีจำนวนหน่วยในชั้นซ่อนมากมีแนวโน้มที่ประสิทธิภาพของโครงข่ายในกระบวนการเรียนรู้จะสูงกว่าโครงข่ายที่มีจำนวนหน่วยน้อย ส่วนประสิทธิภาพในกระบวนการทดสอบจะดีขึ้นเมื่อมีจำนวนหน่วยในชั้นซ่อนที่เหมาะสมก่อนที่ความผิดพลาดในการพยากรณ์สูงขึ้นเมื่อเพิ่มจำนวนหน่วยในชั้นซ่อน

ส่วนจำนวนชั้นซ่อนส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนรู้ของโครงข่าย คือ โครงข่ายที่มีจำนวนชั้นซ่อนมากจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าโครงข่ายที่มีจำนวนชั้นซ่อนน้อย ส่วนประสิทธิภาพในกระบวนการทดสอบมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อมีจำนวนชั้นซ่อนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.23 ประสิทธิภาพของโครงข่ายในกระบวนการเรียนรู้เนื่องจากจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนหน่วยในชั้นซ่อน

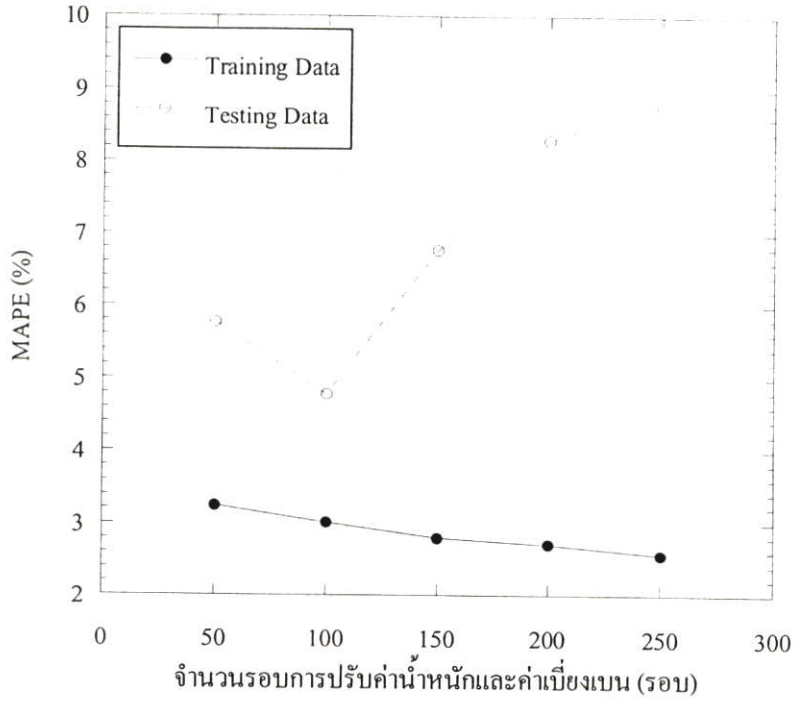


รูปที่ 5.24 ประสิทธิภาพของโครงข่ายในกระบวนการทดสอบเนื่องจากจำนวนชั้นซ่อนและจำนวนหน่วยในชั้นซ่อน

5.3.6 ผลของจำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน

จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย ดังรูปที่ 5.25 ในกระบวนการเรียนรู้จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า MAPE ในกระบวนการเรียนรู้ลดลง แต่ค่า MAPE ในกระบวนการทดสอบจะลดลงจนถึงจำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนค่าหนึ่งก่อนที่ค่า MAPE จะเพิ่มขึ้นเมื่อรอบการปรับค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่าเกิดการ Over fitting คือโครงข่ายให้ผลที่มีความแม่นยำสำหรับชุดข้อมูลเรียนรู้ แต่ความแม่นยำของการพยากรณ์ในชุดทดสอบที่ไม่เคยเห็นข้อมูลมาก่อนต่ำ เนื่องจากโครงข่ายปรับตัวตามรูปแบบของชุดข้อมูลเรียนรู้มากจนเกินไป

นอกจากนั้นรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนที่ให้ค่า MAPE ในกระบวนการทดสอบต่ำที่สุด อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้างเล็กน้อย เนื่องจากการสุ่มค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนในแต่ละครั้งจะให้ประสิทธิภาพในการลู่เข้าคำตอบที่ต่างกัน



รูปที่ 5.25 ประสิทธิภาพของโครงข่ายในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเนื่องจากจำนวนรอบในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน

5.4 สรุปกระบวนการออกแบบและหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมตั้งแต่การกำหนดปัจจัยนำเข้า (Input) และผลลัพธ์ (Output) การเตรียมข้อมูลที่นำมาจากระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียม การจัดแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลสำหรับกระบวนการเรียนรู้เพื่อปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนของโครงข่าย และชุดข้อมูลสำหรับกระบวนการทดสอบเพื่อหาโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) เป็นตัววัดประสิทธิภาพของแต่ละโครงข่าย

โครงข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าชนิดการเรียนรู้แบบแพร่ค่าย้อนกลับ (Feedforward Network with Back Propagation Algorithm) โดยมีการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนด้วยวิธี Levenberg-Marquardt´ Algorithm (trainlm) ซึ่งพัฒนาบน Neural Network Toolbox ของโปรแกรม MATLAB ถูกออกแบบเพื่อพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต โดยการศึกษาเพื่อหารูปแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมจะพิจารณาปัจจัยซึ่งประกอบไปด้วย

1. จำนวนหน่วย (Nodes) ในชั้นปัจจัยนำเข้า (Input Layer) และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer)
2. จำนวนชั้นซ่อน (Hidden Layers)

3. จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน
4. ฟังก์ชั่นถ่ายโอน (Transfer Function) ในชั้นซ่อน และชั้นผลลัพธ์
5. จำนวนรอบในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน (Epochs)

โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลในห้องทดลองสรุปได้ดังนี้

โครงข่ายประสาทเทียม	Feedforward with Backpropagation
จำนวนชั้นซ่อน	1 ชั้น
จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน	4 หน่วย
จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน	100 รอบ
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นซ่อน	Log-Sigmoid
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นผลลัพธ์	Tan-Sigmoid

ส่วนโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต (นครหลวงคอนกรีต) สรุปได้ดังนี้

โครงข่ายประสาทเทียม	Feedforward with Backpropagation
จำนวนชั้นซ่อน	1 ชั้น
จำนวนหน่วยในชั้นซ่อน	5 หน่วย
จำนวนรอบการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน	15 รอบ
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นซ่อน	Log-Sigmoid
ฟังก์ชั่นถ่ายโอนในชั้นผลลัพธ์	Tan-Sigmoid

โดยในบทต่อไปจะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพและข้อจำกัดของโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

บทที่ 6
การทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

6.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต เพื่อที่จะหาขอบเขตและข้อจำกัดในการพยากรณ์ของโครงข่าย โดยการจำลองรูปแบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งวัดโดยเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

6.2 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม

แบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพและข้อจำกัดของโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัด สรุปได้ดังตารางที่ 6.1

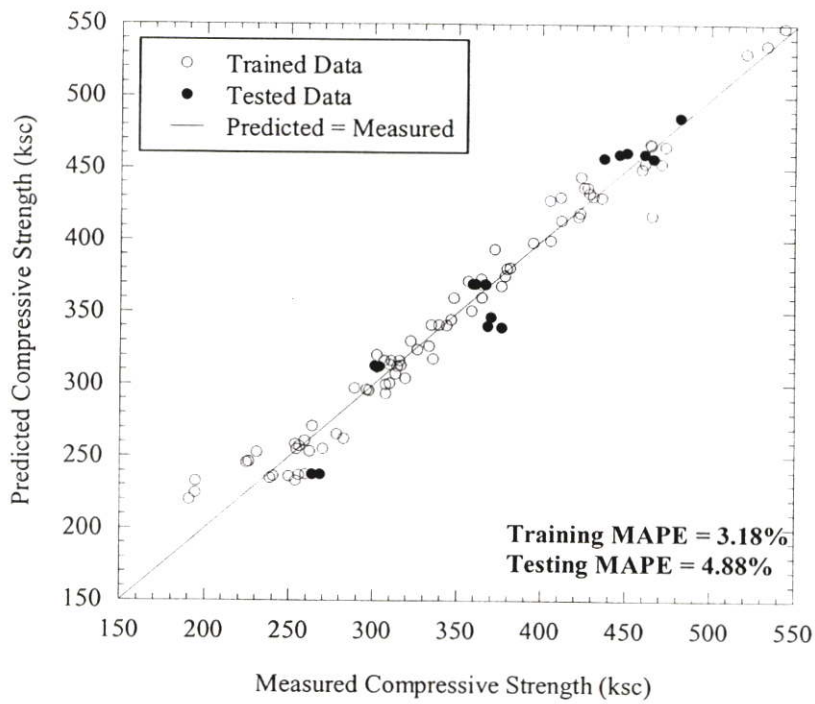
ตารางที่ 6.1 สรุปแบบจำลองที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ทั้งหมด

แบบจำลอง	ทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์	ข้อมูลเรียนรู้	ข้อมูลทดสอบ
1	ปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปแบบอัตราส่วนผสม	ห้องทดลอง	ห้องทดลอง
2	ข้อมูลเรียนรู้/ทดสอบ มาจากโรงผสมเดียวกัน		
2.1	คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค	คอนกรีตซีแพค	คอนกรีตซีแพค
2.2	ทีพีไอคอนกรีต	ทีพีไอคอนกรีต	ทีพีไอคอนกรีต
3	ข้อมูลเรียนรู้/ทดสอบ มาจากต่างโรงผสมกัน		
3.1		นครหลวงคอนกรีต	คอนกรีตซีแพค
3.2		นครหลวงคอนกรีต	ทีพีไอคอนกรีต
4	ข้อมูลเรียนรู้มีข้อมูลจากทุกโรงผสม		
4.1		ทุกโรงผสม	นครหลวงคอนกรีต
4.2		ทุกโรงผสม	คอนกรีตซีแพค
4.3		ทุกโรงผสม	ทีพีไอคอนกรีต

6.2.1 แบบจำลองที่ 1: ปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปแบบอัตราส่วนผสม (เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลอง)

แบบจำลองนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายในกรณีที่ปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปแบบอัตราส่วนผสม เช่น อัตราส่วนเพสต์ต่อมวลรวม, อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ และอัตราส่วนทรายต่อมวลรวม โดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลอง ผลการพยากรณ์แสดงได้ดังรูปที่ 6.1 โดยมีค่า MAPE ในกระบวนการเรียนรู้เท่ากับ 3.18% และ MAPE ในกระบวนการทดสอบ 4.88%

ตารางที่ 6.2 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายระหว่างปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปแบบน้ำหนักส่วนผสม (หัวข้อ 5.3.3) กับปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปแบบอัตราส่วนผสม (แบบจำลองที่ 1) พบว่าประสิทธิภาพของโครงข่ายไม่ต่างกัน โดยมีค่า MAPE ในกระบวนการทดสอบเท่ากับ 4.78% และ 4.88% ตามลำดับ แสดงว่ารูปแบบของปัจจัยนำเข้าระหว่างน้ำหนักส่วนผสม และอัตราส่วนผสมไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย



รูปที่ 6.1 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม โดยปัจจัยนำเข้าอยู่ในรูปอัตราส่วนผสม

ตารางที่ 6.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายที่พัฒนาจากข้อมูลห้องทดลอง

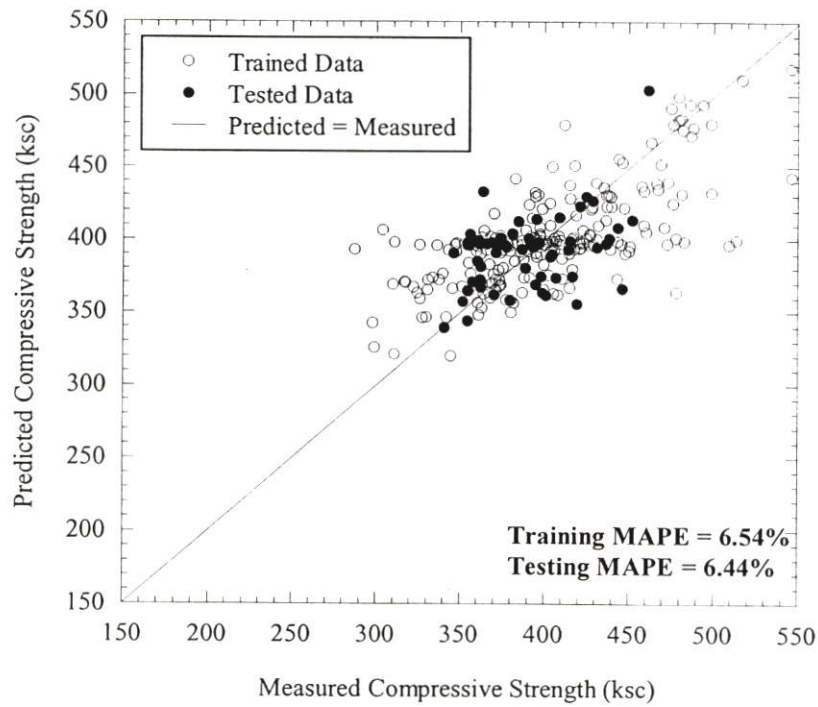
รูปแบบโครงข่าย	รูปแบบปัจจัยนำเข้า	MAPE (%)	
		กระบวนการเรียนรู้	กระบวนการทดสอบ
โครงข่ายที่เหมาะสม (5.3.3)	น้ำหนักส่วนผสม	3.01	4.78
แบบจำลองที่ 1 (6.2.1)	อัตราส่วนผสม	3.18	4.88

6.2.2 แบบจำลองที่ 2: เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตเดียวกัน

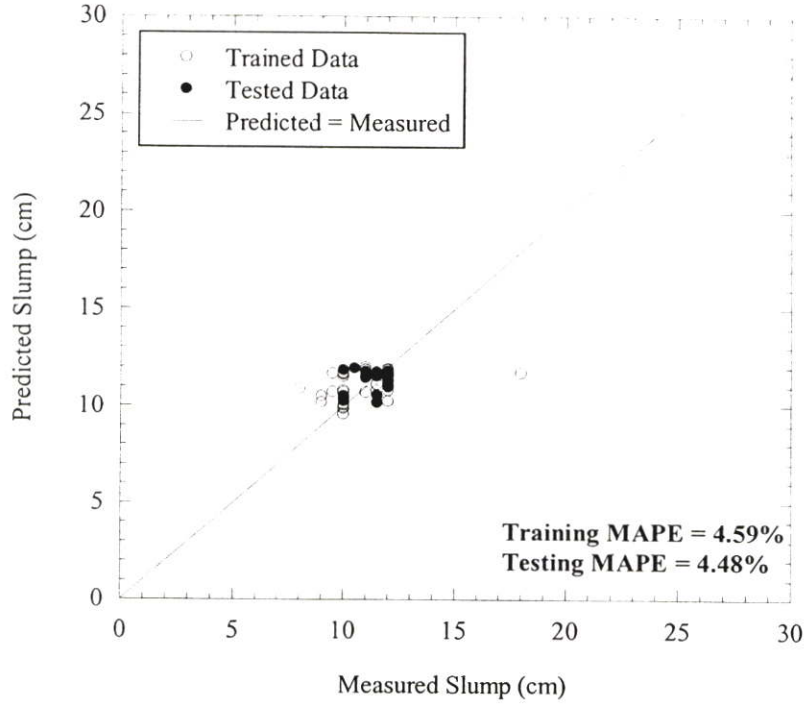
ในแบบจำลองนี้ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตแต่ละแห่งถูกแบ่งเพื่อใช้ในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบ เพื่อหาสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมของแต่ละโรงผสมคอนกรีต

6.2.2.1 เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค

ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของโครงข่ายที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจากคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคแสดงได้ดังรูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.3 โดยมีค่า MAPE ของการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 6.54% และ 6.44% ตามลำดับ และมีค่า MAPE ของการพยากรณ์ความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 4.59% และ 4.48% ตามลำดับ



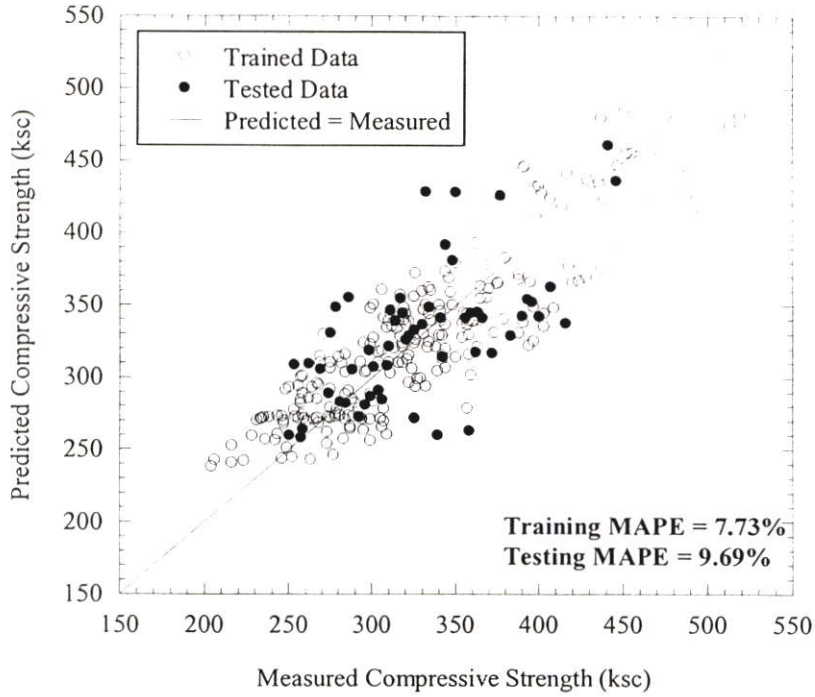
รูปที่ 6.2 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค



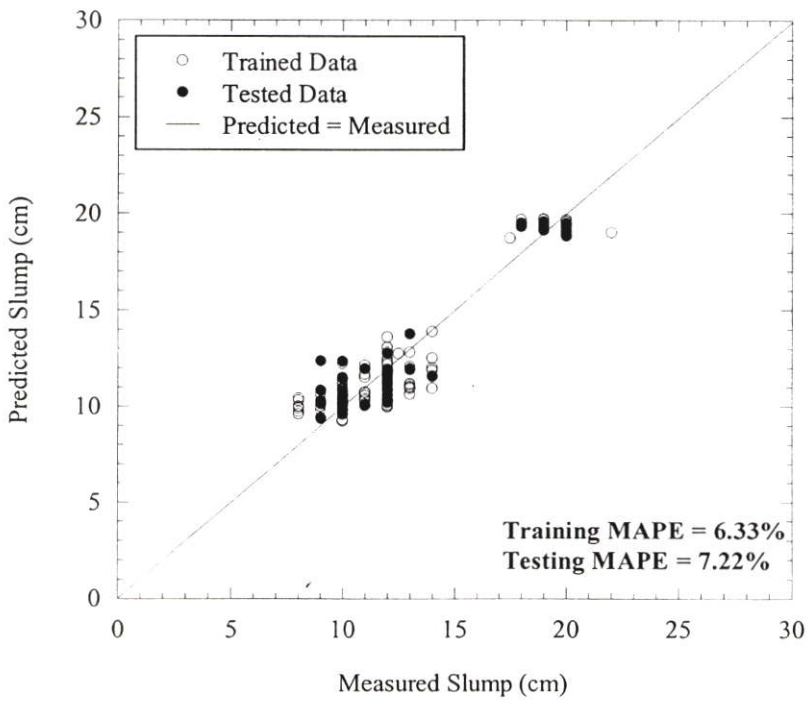
รูปที่ 6.3 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค

6.2.2.2 เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลทีพีไอคอนกรีต

ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของโครงข่ายที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลจากทีพีไอคอนกรีตแสดงได้ดังรูปที่ 6.4 และ รูปที่ 6.5 โดยมีค่า MAPE ของการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 7.73% และ 9.69% ตามลำดับ และมีค่า MAPE ของการพยากรณ์ความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 6.33% และ 7.22% ตามลำดับ



รูปที่ 6.4 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของทีพีไอคอนกรีต



รูปที่ 6.5 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีต

ตารางที่ 6.3 สรุปประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมของแต่ละโรงผสมคอนกรีต พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำในการพยากรณ์ในกรณีที่ข้อมูลเรียนรู้และข้อมูลทดสอบมาจากโรงผสมคอนกรีตแห่งเดียวกัน

ตารางที่ 6.3 สรุปประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของแบบจำลองที่ 2

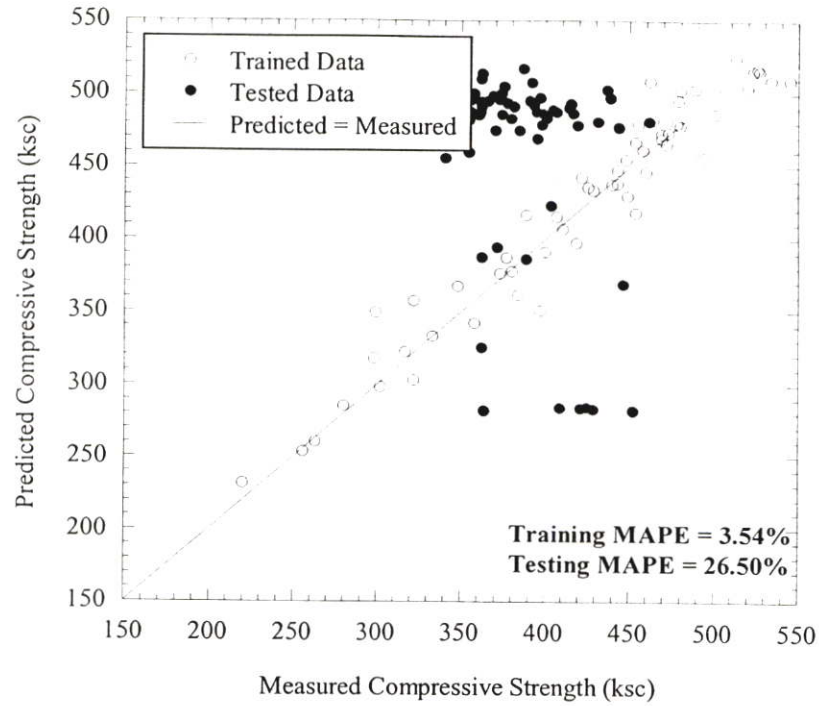
โรงผสมคอนกรีต	MAPE ในกระบวนการเรียนรู้ (%)		MAPE ในกระบวนการทดสอบ (%)	
	กำลังรับแรงอัด	ความข้นเหลว	กำลังรับแรงอัด	ความข้นเหลว
นครหลวงคอนกรีต (5.3.4)	4.86	4.28	6.54	5.45
คอนกรีตซีแพค (6.2.2.1)	6.54	4.59	6.44	4.48
ทีพีไอคอนกรีต (6.2.2.2)	7.73	6.33	9.69	7.22

6.2.3 แบบจำลองที่ 3: เรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลจากต่างโรงผสมคอนกรีต

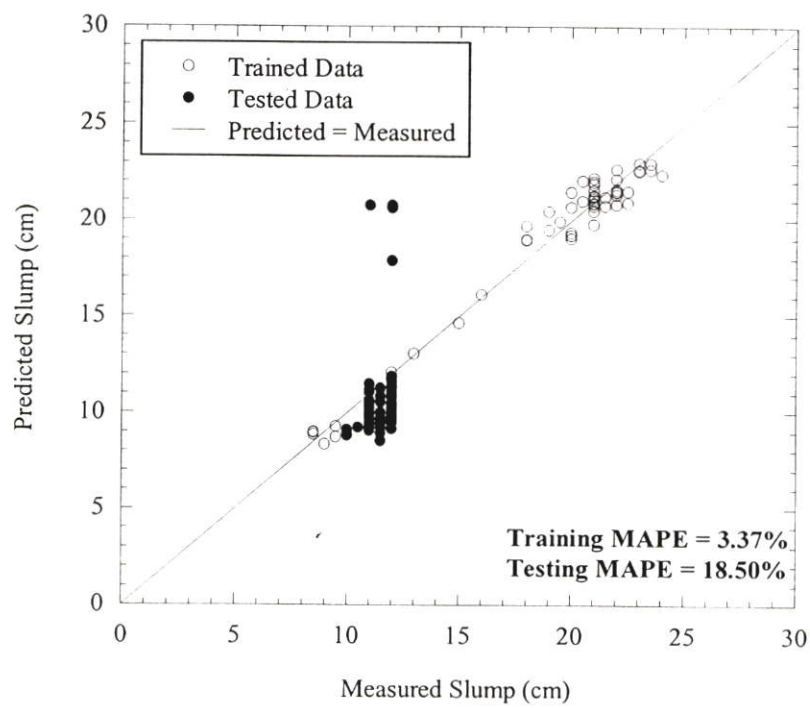
ในแบบจำลองนี้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายในกรณีที่ข้อมูลในกระบวนการเรียนรู้และข้อมูลในกระบวนการทดสอบเป็นข้อมูลจากต่างโรงผสมคอนกรีตและต่างผู้ผลิต

6.2.3.1 เรียนรู้ข้อมูลนครหลวงคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค

โครงข่ายประสาทเทียมได้รับการฝึกสอนโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีต เพื่อใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค ผลการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 6.6 และรูปที่ 6.7 โดยมีค่า MAPE ของการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 3.54% และ 26.50% ตามลำดับ และมีค่า MAPE ของการพยากรณ์ความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 3.37% และ 18.50% ตามลำดับ



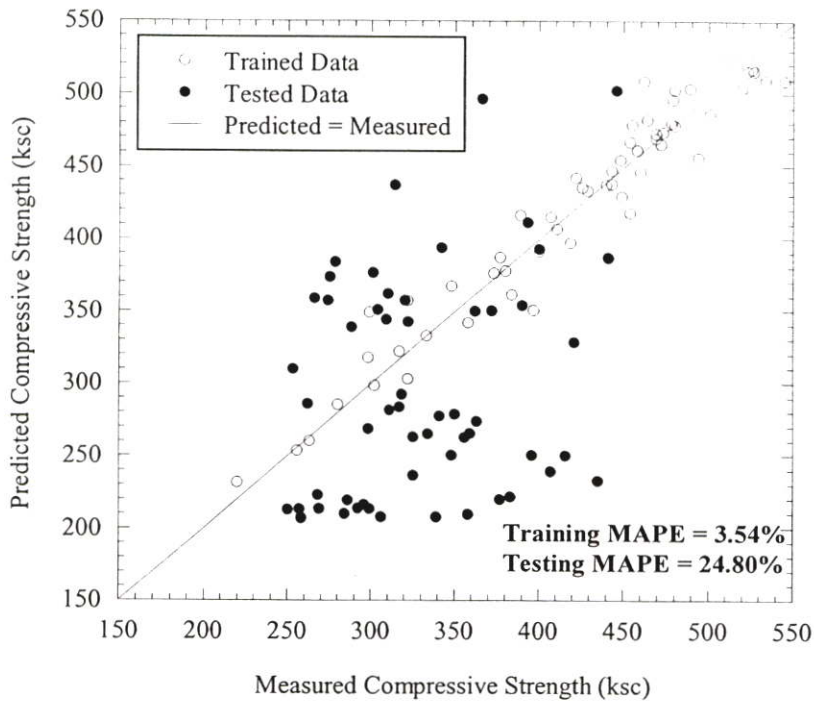
รูปที่ 6.6 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้



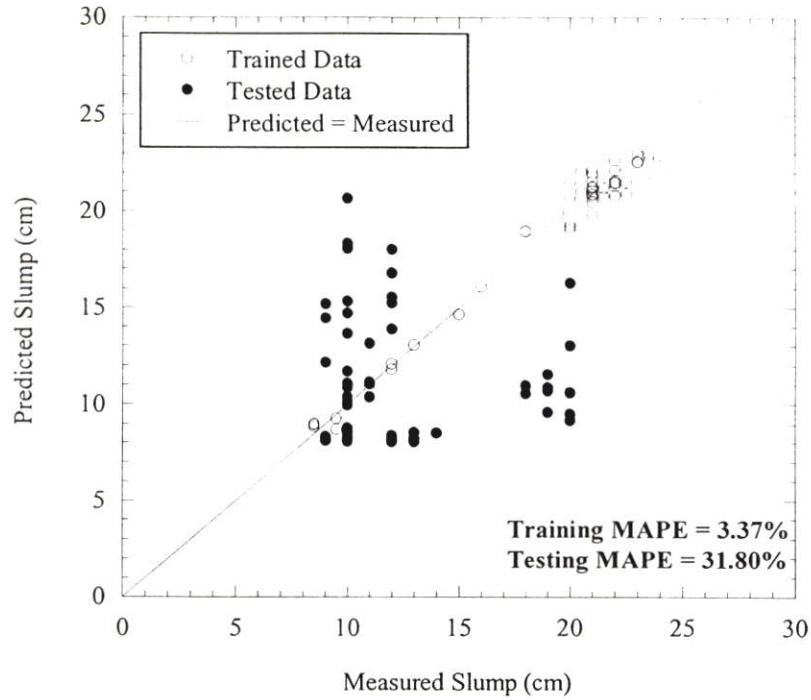
รูปที่ 6.7 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้

6.2.3.2 เรียนรู้ข้อมูลนครหลวงคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลทีพีไอคอนกรีต

โครงข่ายประสาทเทียมได้รับการฝึกสอนโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีต เพื่อใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีต ผลการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 6.8 และรูปที่ 6.9 โดยมีค่า MAPE ของการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 3.54% และ 24.80% ตามลำดับ และมีค่า MAPE ของการพยากรณ์ความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 3.37% และ 31.80% ตามลำดับ



รูปที่ 6.8 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของทีพีไอคอนกรีตโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้



รูปที่ 6.9 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีตโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้

ตารางที่ 6.4 สรุปประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในกระบวนการเรียนรู้ พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำในการพยากรณ์ต่ำในกรณีที่ข้อมูลเรียนรู้และข้อมูลทดสอบมาจากต่างแหล่งโรงผสมคอนกรีต เนื่องมาจากคุณภาพของวัสดุผสม, เครื่องผสม, กระบวนการผสม และกระบวนการเก็บและรักษาตัวอย่าง

ตารางที่ 6.4 สรุปประสิทธิภาพในการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีตในการเรียนรู้

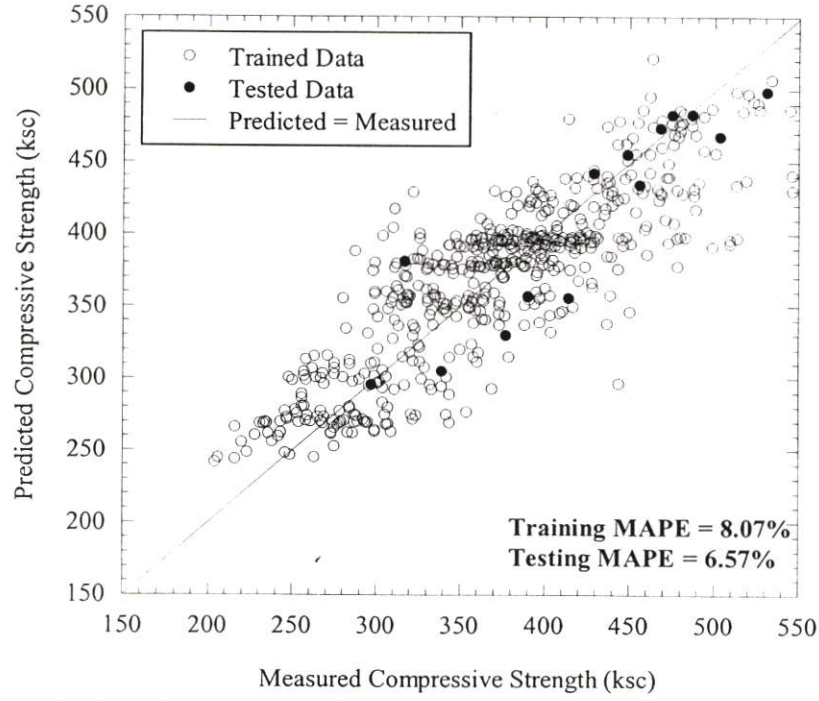
พยากรณ์ข้อมูลโรงผสมคอนกรีต	MAPE ในกระบวนการทดสอบ (%)	
	กำลังรับแรงอัด	ความข้นเหลว
นครหลวงคอนกรีต (5.3.4)	6.54	5.45
คอนกรีตซีแพค (6.2.3.1)	26.50	18.50
ทีพีไอคอนกรีต (6.2.3.2)	24.80	31.80

6.2.4 แบบจำลองที่ 4: เรียนรู้โดยใช้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต

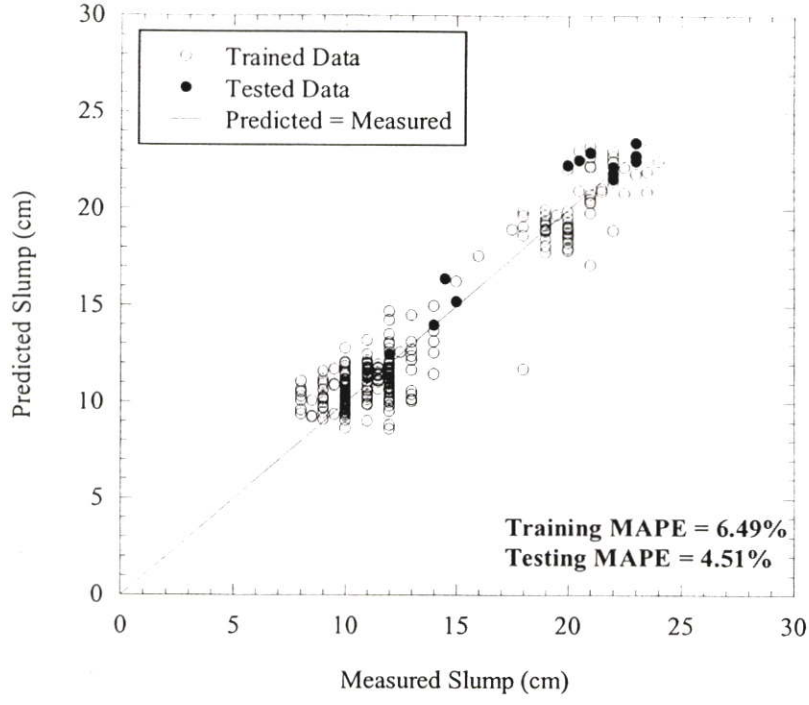
จากการทดสอบที่ผ่านมาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงในกรณีที่พยากรณ์ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตเดียวกันกับชุดเรียนรู้ แต่มีประสิทธิภาพต่ำในการพยากรณ์ข้อมูลต่างโรงผสมกับชุดเรียนรู้ ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม โดยการรวบรวมข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีตเพื่อใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่าย จากนั้นพยากรณ์ข้อมูลของแต่ละโรงผสมคอนกรีต

6.2.4.1 เรียนรู้ข้อมูลทุกโรงผสมคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลนครหลวงคอนกรีต

ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของนครหลวงคอนกรีตโดยให้โครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต แสดงได้ดังรูปที่ 6.10 และรูปที่ 6.11 โดยมีค่า MAPE ของการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 8.07% และ 6.57% ตามลำดับ และมีค่า MAPE ของการพยากรณ์ความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 6.49% และ 4.51% ตามลำดับ



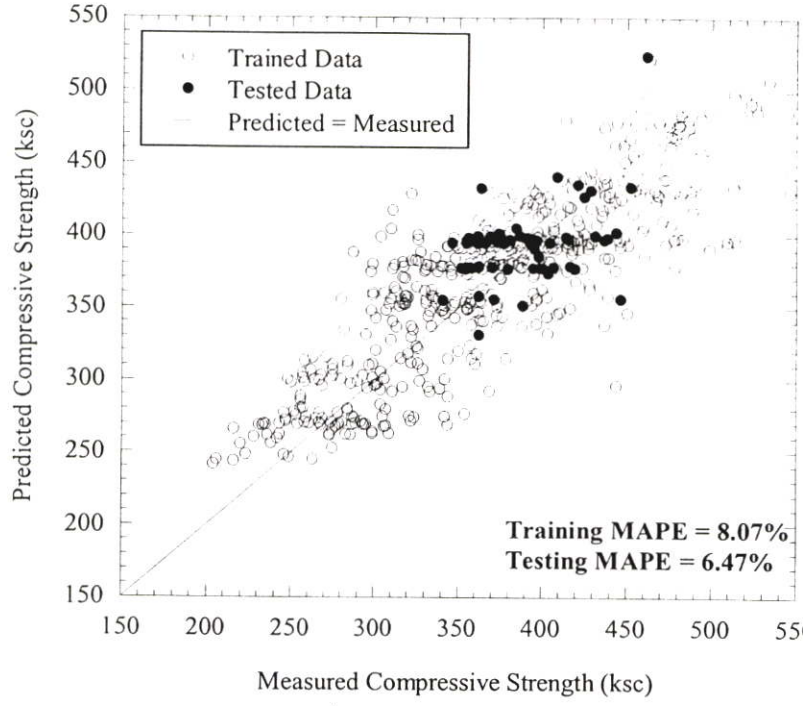
รูปที่ 6.10 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของนครหลวงคอนกรีตโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต



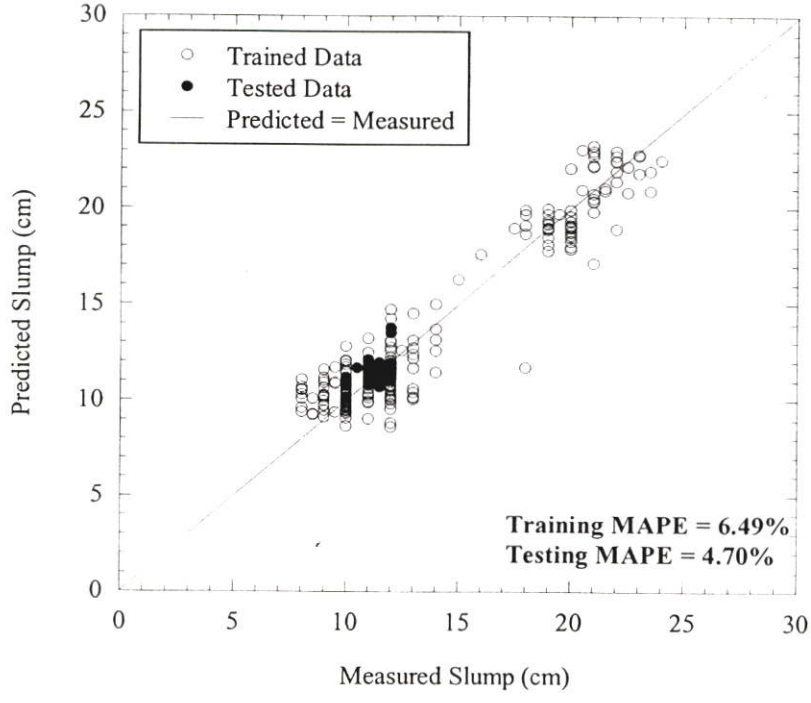
รูปที่ 6.11 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของนครหลวงคอนกรีตโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต

6.2.4.2 เรียนรู้ข้อมูลทุกโรงผสมคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค

ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคโดยให้โครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต แสดงได้ดังรูปที่ 6.12 และรูปที่ 6.13 โดยมีค่า MAPE ของการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 8.07% และ 6.47% ตามลำดับ และมีค่า MAPE ของการพยากรณ์ความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 6.49% และ 4.70% ตามลำดับ



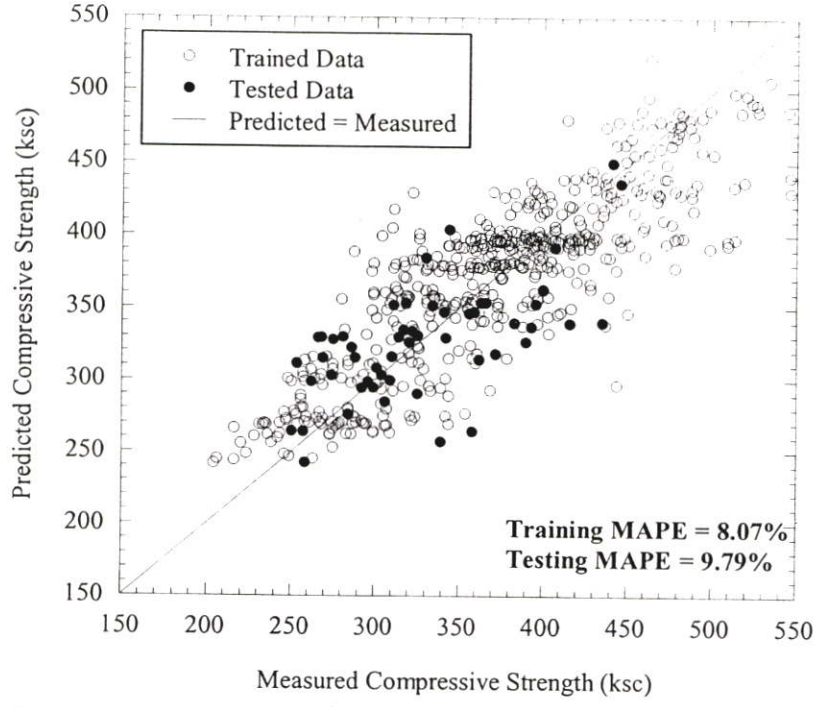
รูปที่ 6.12 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค โดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต



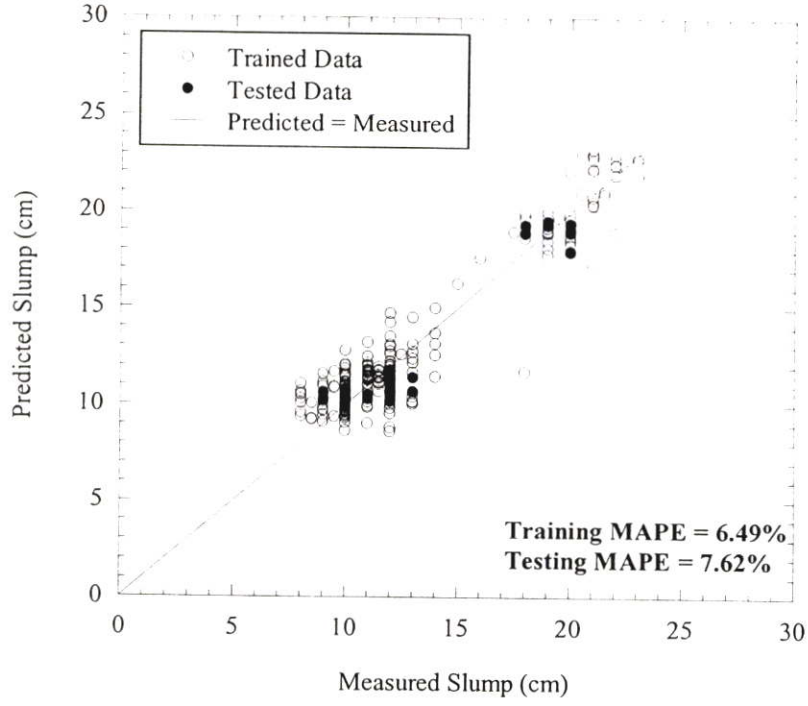
รูปที่ 6.13 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค โดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต

6.2.4.3 เรียนรู้ข้อมูลทุกโรงผสมคอนกรีต และทดสอบโดยใช้ข้อมูลทีพีไอคอนกรีต

ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพคโดยให้โครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต แสดงได้ดังรูปที่ 6.14 และรูปที่ 6.15 โดยมีค่า MAPE ของการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 8.07% และ 9.79% ตามลำดับ และมีค่า MAPE ของการพยากรณ์ความข้นเหลวในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการทดสอบเท่ากับ 6.49% และ 7.62% ตามลำดับ



รูปที่ 6.14 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของทีพีไอคอนกรีตโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต



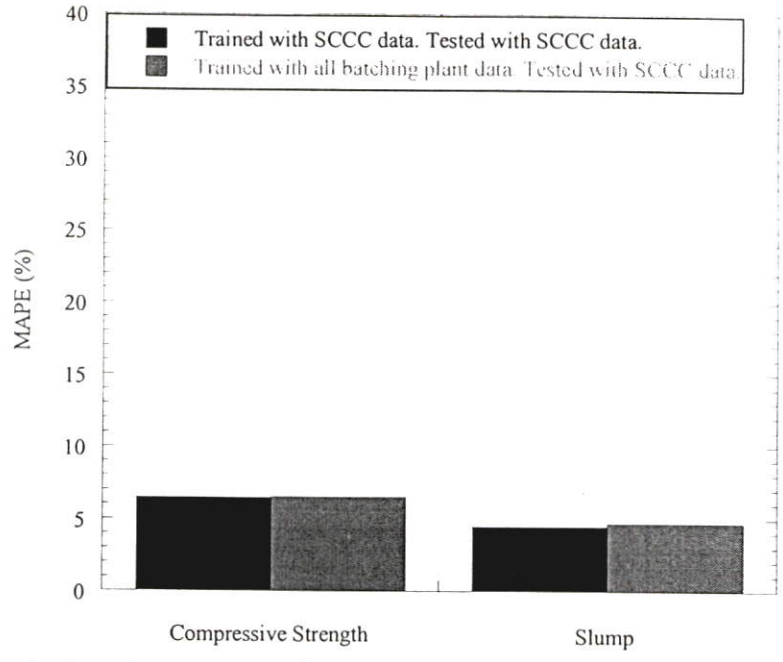
รูปที่ 6.15 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีตโดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต

ตารางที่ 6.5 สรุปประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายประสาทเทียมโดยให้โครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต

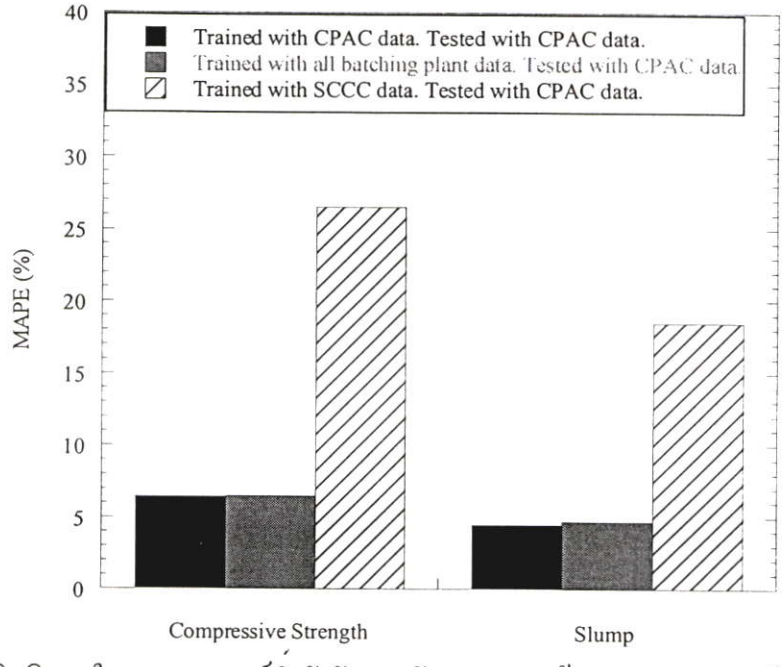
รูปที่ 6.16-6.18 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของนครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีตตามลำดับ โดยให้โครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากโรงผสมโรงเดียวกับที่พยากรณ์, ทุกโรงผสมคอนกรีต และจากนครหลวงคอนกรีต พบว่าเมื่อให้โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) เรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต ทำให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของคอนกรีตสำหรับโรงผสมคอนกรีตใดๆ ได้ความแม่นยำเช่นเดียวกับการเรียนรู้และพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตเดียวกัน

ตารางที่ 6.5 สรุปประสิทธิภาพในการพยากรณ์โดยโครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต

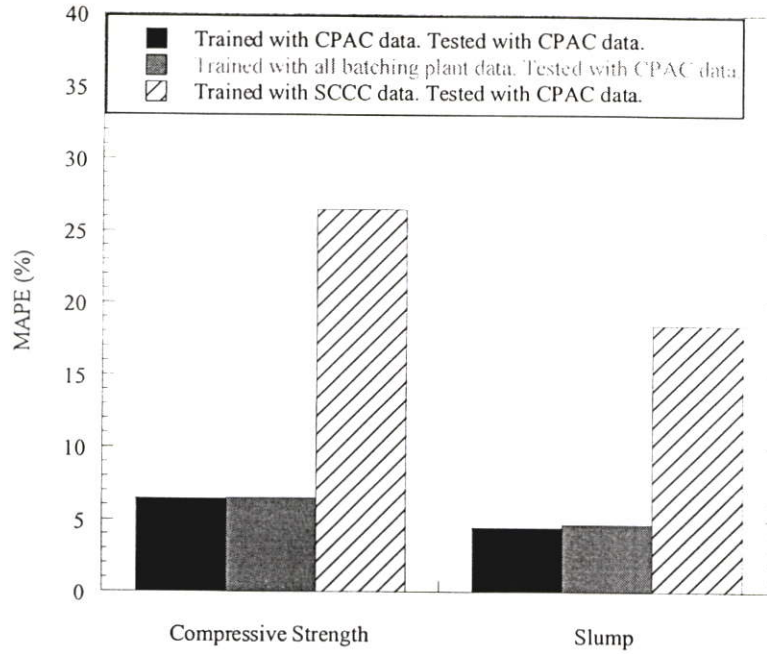
พยากรณ์ข้อมูลโรงผสมคอนกรีต	MAPE ในกระบวนการทดสอบ (%)	
	กำลังรับแรงอัด	ความข้นเหลว
นครหลวงคอนกรีต (5.3.4)	6.57	4.51
คอนกรีตซีแพค (6.2.3.1)	6.47	4.70
ทีพีไอคอนกรีต (6.2.3.2)	9.79	7.62



รูปที่ 6.16 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของนครหลวงคอนกรีต



รูปที่ 6.17 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค



รูปที่ 6.18 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของทีพีไอคอนกรีต

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ แต่เนื่องจากการทดสอบกำลังรับแรงอัดต้องทดสอบที่อายุคอนกรีต 28 วัน ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียหายตามมาในกรณีที่กำลังรับแรงอัดไม่เป็นไปตามกำหนด เช่น ความล่าช้า และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งมีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด ดังนั้นในการศึกษานี้จึงนำวิธีโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัด โดยใช้ข้อมูลสัดส่วนผสมคอนกรีตที่มีความหลากหลาย โดยสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

7.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

ในการศึกษาแบ่งข้อมูลคอนกรีตเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลจากห้องทดลอง และข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต โดยสรุปโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีค่ากำลังรับแรงอัด 150-550 ksc. ได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

โครงสร้าง	ข้อมูลจากห้องทดลอง	ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต
ปัจจัยนำเข้า (Input)	น้ำหนักของวัสดุผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร 1. ซีเมนต์ 2. น้ำ 3. มวลรวมหยาบ (หิน) 4. มวลรวมละเอียด (ทราย) 5. น้ำหนักหลังถอดแบบต่อหน่วยปริมาตร	น้ำหนักของวัสดุผสมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร 1. ซีเมนต์ 2. เถ้าลอย 3. น้ำ 4. มวลรวมหยาบ (หิน) 5. มวลรวมละเอียด (ทราย) 6. สารผสมเพิ่ม
ผลลัพธ์ (Output)	1. กำลังรับแรงอัด	1. กำลังรับแรงอัด 2. ความข้นเหลว
จำนวนชั้นซ่อน	1 ชั้น	1 ชั้น
จำนวนหน่วยในแต่ละชั้นซ่อน	4 หน่วย	5 หน่วย
รอบการปรับค่าน้ำหนัก/เบี่ยงเบน	100 รอบ	50 รอบ

7.2 ประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในกรณีที่

1. โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ข้อมูล และพยากรณ์ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตเดียวกัน โดยมีค่า MAPE ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดเท่ากับ 6.54%, 6.44% และ 9.69% สำหรับข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต นครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต ตามลำดับ
2. โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ข้อมูลจากทุกโรงผสมคอนกรีต เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดของแต่ละโรงผสมคอนกรีต โดยมีค่า MAPE ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดเท่ากับ 6.57%, 6.47% และ 9.79% สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลจาก นครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต ตามลำดับ

จากการศึกษาพบว่าค่าผิดพลาดในการพยากรณ์สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดระหว่าง 150 ถึง 550 ksc. มีค่าประมาณ 10-35, 10-36 และ 15-54 ksc. สำหรับโรงผสมคอนกรีตนครหลวงคอนกรีต, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าส่วนเผื่อที่ใช้ในการออกแบบคอนกรีตตามมาตรฐาน ว.ส.ท. 1014-46 กำหนด คือเท่ากับ 70 และ 100 ksc. สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดน้อยกว่า 210 ksc. และสูงกว่า 450 ksc. ตามลำดับ แสดงว่าการพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำ และค่าผิดพลาดมีค่าต่ำกว่าส่วนเผื่อตามมาตรฐาน ว.ส.ท.

อย่างไรก็ตามโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพต่ำในการพยากรณ์ค่ากำลังรับแรงอัดในกรณีที่พยากรณ์ต่างโรงผสมคอนกรีตจากข้อมูลในกระบวนการเรียนรู้ เช่น กรณีที่โครงข่ายเรียนรู้ข้อมูลจากนครหลวงคอนกรีต เพื่อพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของ คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค และทีพีไอคอนกรีต โดยมีค่า MAPE ในการพยากรณ์เท่ากับ 26.50% และ 24.80% ตามลำดับ

7.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่อประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของโครงข่ายประสาทเทียม

1. รูปแบบข้อมูลในปัจจัยนำเข้า (Input) ที่เป็นข้อมูลน้ำหนักส่วนผสมแต่ละประเภท กับข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบอัตราส่วนของวัสดุผสม (เช่น อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์, อัตราส่วนทรายต่อมวลรวม, อัตราส่วนเพสต์ต่อมวลรวม) ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของโครงข่าย
2. ข้อมูลในกระบวนการเรียนรู้ที่มีความถูกต้อง ใกล้เคียงและครอบคลุมข้อมูลในกระบวนการทดสอบ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์ของโครงข่ายดีขึ้น

3. จำนวนรอบในการปรับค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบน (Epochs) จะลดลงเมื่อจำนวนผลลัพธ์ (Output) ลดลง โดยที่โครงสร้างของโครงข่ายและประสิทธิภาพในการพยากรณ์ยังคงเดิม สำหรับข้อมูลชุดเดียวกัน

7.4 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการพยากรณ์ข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตเดียวกัน หรือมีข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีตนั้นในชุดข้อมูลของกระบวนการเรียนรู้

เพื่อให้ค่าพยากรณ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมมีความเชื่อมั่นสูง ดังนั้นในการนำค่าพยากรณ์ไปประยุกต์ใช้จริงควรมีการเผื่อค่าผิดพลาดในการพยากรณ์เท่ากับค่า MAPE ในการพยากรณ์ของแต่ละโรงผสมคอนกรีต

นอกจากนั้นควรมีการรวบรวมข้อมูลคอนกรีตจากหลายแหล่งข้อมูลในการสร้างเป็นระบบฐานข้อมูลคอนกรีต เพื่อประโยชน์ในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวของคอนกรีตของวิศวกรและผู้เกี่ยวข้องให้มีความแม่นยำสูง ซึ่งจะช่วยลดเวลา และค่าใช้จ่ายในการทดลองหาสัดส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้าง

แต่เนื่องจากในการศึกษานี้มีขอบเขตในการศึกษาเฉพาะข้อมูลคอนกรีตปกติซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัดทรงกระบอกระหว่าง 150-550 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีส่วนผสมซึ่งประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, เถ้าลอย, มวลรวมตามมาตรฐาน ASTM C33, น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีตประเภทสารลดน้ำและสารหน่วงการก่อตัว (Admixture Type D: Water Reducing & Retarding) ซึ่งมีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

1. ศึกษาประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดด้วยโครงข่ายประสาทเทียมของคอนกรีตกำลังสูงซึ่งมีแนวโน้มในการนำมาใช้งานก่อสร้างสูงขึ้น

2. ศึกษาวัสดุผสมคอนกรีตให้มีความหลากหลายยิ่งขึ้น เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทอื่น, สารผสมเพิ่มชนิดอื่นจำพวกซิลิกาฟูม, ประเภทและคุณสมบัติของมวลรวมหรือ น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทอื่น

3. ศึกษาประสิทธิภาพในการพยากรณ์กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในโครงสร้างจริง ซึ่งมีผลจากปัจจัย เช่น กระบวนการเทคอนกรีต, การเตรียมแบบหล่อ, การจี้เขย่าคอนกรีต และการบ่มคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยควบคุมในการศึกษานี้

4. การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการหาสัดส่วนผสมของคอนกรีต โดยใช้กำลังรับแรงอัดและความข้นเหลวที่ต้องการเป็นปัจจัยนำเข้า (Input)

เอกสารอ้างอิง

[1] คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์มาตรฐาน. **ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต (ปรับปรุงครั้งที่ 1) ว.ส.ท. 1014-46.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : 2546.

[2] Dewar, J. D. and Anderson, R. **Manual of Ready-Mixed Concrete.** 2nd ED. Glasgow : Blackie academic & professional. 1992.

[3] Neville, A. M. **Properties of Concrete.** 4th ED. London : Longman group limited. 1995.

[4] Popovics, S. **Strength and Related Properties of Concrete: A Quantitative Approach.** John Wiley & Sons, Inc. 1998.

[5] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. **คอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร. 2542.

[6] John Newman and Ban Seng Choo. **Advanced Concrete Technology.** 1st ED. London : Butterworth-Heinemann. 2003.

[7] บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. 2548.

[8] Brown, B. V., "Monitoring Concrete by the Cusum Method" **Concrete Society.** 1984.

[9] Snell, L. M., Roekel, J. V., and Wallace N. D. "Predicting Early Concrete Strength" **Concrete International.** December 1989. pp. 43-47.

[10] Popovics, S. "History of Mathematical Model for Strength Development of Portland Cement Concrete" **ACI Material Journal.** Vol. 95, No. 5. September-October 1998. pp. 593-600.

[11] Oh, J. W., Lee, I. W., Kim, J. T., and Lee, G. W. "Application of Neural Networks for Proportioning of Concrete Mixes" **ACI Material Journal.** Vol. 96, No. 1. January-February 1999. pp. 61-67.

[12] Ni, H. G. and Wang, J. Z. "Prediction of Compressive Strength of Concrete by Neural Networks" **Cement and Concrete Research.** Vol. 30. 2000. pp. 1245-1250.

[13] Dias, W. P. S. and Pooliyadda, S. P. "Neural Networks for Predicting Properties of Concrete with Admixtures" **Construction and Building Materials.** Vol. 15. 2001. pp. 371-379.

[14] Lee, S. C. "Prediction of Concrete Strength Using Artificial Neural Networks" **Engineering Structures.** Vol. 25. 2003. pp. 849-857.

[15] Kim, J. I., Kim, D. K., Feng, M. Q., and Yazdani, F. "Application of Neural Networks for Estimation of Concrete Strength" **Journal of Materials in Civil Engineering.** Vol. 16, No. 3. May-June 2004. pp. 257-264.

[16] Hola, J. and Schabowicz, K. "New Technique of Nondestructive Assessment of Concrete Strength Using Artificial Intelligence" **NDT&E International.** Vol. 38. 2005. pp. 251-259.

[17] Kim, D. K., Lee, J. J., Lee, J. H., and Chang, S. K. "Application of Probabilistic Neural Networks for Prediction of Concrete Strength" **Journal of Materials in Civil Engineering.** Vol. 17, No. 3. May-June 2005. pp. 353-362.

[18] Oztas, A., Pala, M., Ozbay, E., Kanca, E., Caglar, N., and Bhatti, M. A. "Predicting the Compressive Strength and Slump of High Strength Concrete Using Neural Network" **Construction and Building Material.** (in press).

[19] U.S. Bureau of Reclamation. **Concrete Manual.** 8th ED. Colorado. 1975.

[20] Franklin, R. E. and King, T. M. J. **Relations Between Compressive and Indirect-Tensile Strength of Concrete.** 1971.

[21] ASTM C94-05 Specification for Ready-Mixed Concrete

[22] Stock, A.F., Hannant, D. J., and Williams, R. I. T. "The Effect of Aggregate Concentration Upon the Strength and Modulus of Elasticity of Concrete" **Magazine of Concrete Research.** Vol. 31, No. 109. 1979. pp. 225-234.

[23] Richardson, M. G. **Fundamentals of Durable Reinforced Concrete.** London and New York : Spon Press. 2002.

[24] Roy, D. M. and Gouda G. R. "Porosity-Strength Relation in Cementitious Materials with Very High Strength" **Journal of the American Ceramic Society.** Vol. 53, No. 10. 1973. pp. 549-550.

[25] Wood, S. L. "Evaluation of the Long-Term Properties of Concrete" **ACI Materials Journal.** Vol. 88, No. 6. 1991. pp. 630-643.

[26] Price, W. H. "Factor Influencing Concrete Strength" **Journal of American Concrete Institute.** Vol. 47. February 1951. pp. 417-432.

[27] Cement and Concrete Association. **Research and Development – Research on Materials. Annual Report.** 1976.

[28] Gonnerman, H. F. "Effect of Size and Shape of Test Specimen on Compressive Strength of Concrete" **Proceeding of ASTM.** Vol. 25, Part II. 1925. pp. 237-250.

[29] ASTM C42/C42M-04 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

[30] ASTM C31/C31M-03a Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field.

[31] ASTM C192/C192M-05 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.

[32] BS EN 12390-2: 2000 Testing Hardened Concrete Part 2: Making and Curing Specimens for Strength Tests.

[33] McHenry, D. and Shideler, J. J. "Review of Data on Effect of Speed in Mechanical Testing of Concrete" **ASTM Special Technical Publication.** No. 185. 1956. pp. 72-82.

[34] ASTM C39/C39M-05 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

[35] Haykin, S. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation.** 2nd ED. New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 1999.

[36] Hagan, M. T., Demuth, H. B., and Beale, M. **Neural Network Design.** PWS Publishing Company. 1995.

[37] Laudon, K. C. and Laudon, J. P. **Management Information Systems: Managing the Digital Firm.** 9th ED. New Jersey : Pearson Education, Inc. 2006.

[38] Zhang, G., Patuwo, B. E., and Hu, M. Y. "Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art" **International Journal of Forecasting.** Vol. 14. 1998. pp. 35-62.

[39] Demuth, H., Beale, M., and Hagan, M. **Neural Network Toolbox for Use with MATLAB.** 9 ED. The Math Works, Inc. 2005.

[40] Smith, M. **Neural Networks for Statistical Modeling.** Newyork : Van Nostrand Reinhold. 1993.

[41] ACI 211.1-91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.

[42] ASTM C150-05 Standard Specification for Portland Cement.

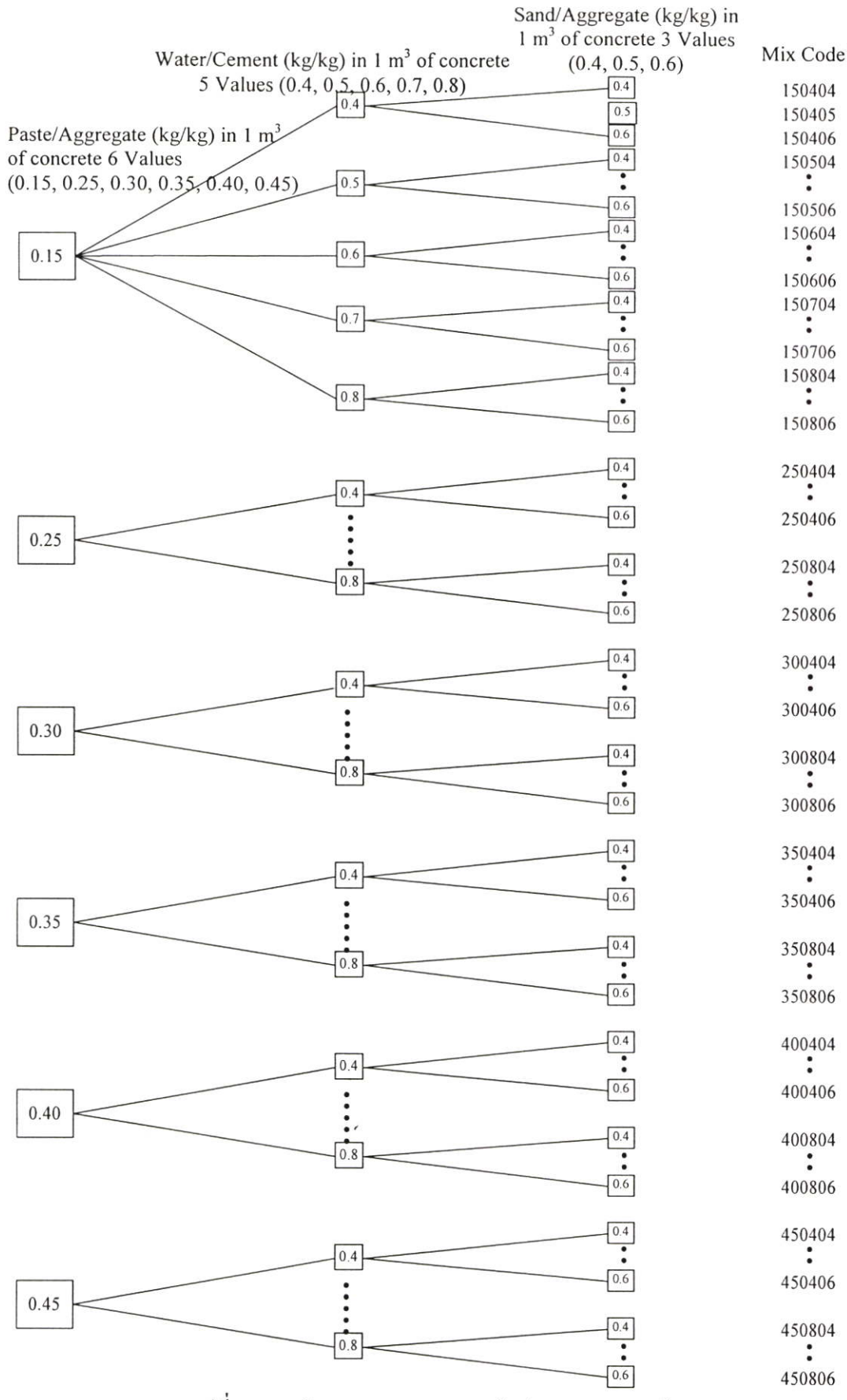
[43] ASTM C33-03 Standard Specification for Concrete Aggregates.

[44] ทิพวรรณ หล่อสุวรรณรัตน์. **ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : แซทโฟร์ พริ้นติ้ง. 2546.

[45] นันทนี แขวงโสภา. **อินไซท์ Access 2003.** กรุงเทพมหานคร : โปรวิชั่น. 2548.

ภาคผนวก ก

สัดส่วนผสมคอนกรีต



รูปที่ ผ.ก.1 ผังแสดงการออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต

ตารางที่ ผ.ก.1 สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ทำการออกแบบ

No.	Mix Code[1]	Criteia of Mix Design			Proportion of 1 m^3 Concrete, kg			
		Paste/Agg	W/C	S/A	Water	Cement	Sand	Rock
1	150404	0.15	0.4	0.4	100.98	252.46	942.52	1,413.78
2	150405	0.15	0.4	0.5	100.98	252.46	1,178.15	1,178.15
3	150406	0.15	0.4	0.6	100.98	252.46	1,413.78	942.52
4	150504	0.15	0.5	0.4	117.81	235.63	942.52	1,413.78
5	150505	0.15	0.5	0.5	117.81	235.63	1,178.15	1,178.15
6	150506	0.15	0.5	0.6	117.81	235.63	1,413.78	942.52
7	150604	0.15	0.6	0.4	132.54	220.90	942.52	1,413.78
8	150605	0.15	0.6	0.5	132.54	220.90	1,178.15	1,178.15
9	150606	0.15	0.6	0.6	132.54	220.90	1,413.78	942.52
10	150704	0.15	0.7	0.4	145.54	207.91	942.52	1,413.78
11	150705	0.15	0.7	0.5	145.54	207.91	1,178.15	1,178.15
12	150706	0.15	0.7	0.6	145.54	207.91	1,413.78	942.52
13	150804	0.15	0.8	0.4	157.09	196.36	942.52	1,413.78
14	150805	0.15	0.8	0.5	157.09	196.36	1,178.15	1,178.15
15	150806	0.15	0.8	0.6	157.09	196.36	1,413.78	942.52
16	250404	0.25	0.4	0.4	168.31	420.77	942.52	1,413.78
17	250405	0.25	0.4	0.5	168.31	420.77	1,178.15	1,178.15
18	250406	0.25	0.4	0.6	168.31	420.77	1,413.78	942.52
19	250504	0.25	0.5	0.4	196.36	392.72	942.52	1,413.78
20	250505	0.25	0.5	0.5	196.36	392.72	1,178.15	1,178.15
21	250506	0.25	0.5	0.6	196.36	392.72	1,413.78	942.52
22	250604	0.25	0.6	0.4	220.90	368.17	942.52	1,413.78
23	250605	0.25	0.6	0.5	220.90	368.17	1,178.15	1,178.15
24	250606	0.25	0.6	0.6	220.90	368.17	1,413.78	942.52
25	250704	0.25	0.7	0.4	242.56	346.51	942.52	1,413.78
26	250705	0.25	0.7	0.5	242.56	346.51	1,178.15	1,178.15
27	250706	0.25	0.7	0.6	242.56	346.51	1,413.78	942.52
28	250804	0.25	0.8	0.4	261.81	327.26	942.52	1,413.78
29	250805	0.25	0.8	0.5	261.81	327.26	1,178.15	1,178.15
30	250806	0.25	0.8	0.6	261.81	327.26	1,413.78	942.52

ตารางที่ ผ.ก.1 (ต่อ)

No.	Mix Code[1]	Criteia of Mix Design			Proportion of 1 m^3 Concrete, kg			
		Paste/Agg	W/C	S/A	Water	Cement	Sand	Rock
31	300404	0.3	0.4	0.4	201.97	504.92	942.52	1,413.78
32	300405	0.3	0.4	0.5	201.97	504.92	1,178.15	1,178.15
33	300406	0.3	0.4	0.6	201.97	504.92	1,413.78	942.52
34	300504	0.3	0.5	0.4	235.63	471.26	942.52	1,413.78
35	300505	0.3	0.5	0.5	235.63	471.26	1,178.15	1,178.15
36	300506	0.3	0.5	0.6	235.63	471.26	1,413.78	942.52
37	300604	0.3	0.6	0.4	265.08	441.81	942.52	1,413.78
38	300605	0.3	0.6	0.5	265.08	441.81	1,178.15	1,178.15
39	300606	0.3	0.6	0.6	265.08	441.81	1,413.78	942.52
40	300704	0.3	0.7	0.4	291.07	415.82	942.52	1,413.78
41	300705	0.3	0.7	0.5	291.07	415.82	1,178.15	1,178.15
42	300706	0.3	0.7	0.6	291.07	415.82	1,413.78	942.52
43	300804	0.3	0.8	0.4	314.17	392.72	942.52	1,413.78
44	300805	0.3	0.8	0.5	314.17	392.72	1,178.15	1,178.15
45	300806	0.3	0.8	0.6	314.17	392.72	1,413.78	942.52
46	350404	0.35	0.4	0.4	235.63	589.07	942.52	1,413.78
47	350405	0.35	0.4	0.5	235.63	589.07	1,178.15	1,178.15
48	350406	0.35	0.4	0.6	235.63	589.07	1,413.78	942.52
49	350504	0.35	0.5	0.4	274.90	549.80	942.52	1,413.78
50	350505	0.35	0.5	0.5	274.90	549.80	1,178.15	1,178.15
51	350506	0.35	0.5	0.6	274.90	549.80	1,413.78	942.52
52	350604	0.35	0.6	0.4	309.26	515.44	942.52	1,413.78
53	350605	0.35	0.6	0.5	309.26	515.44	1,178.15	1,178.15
54	350606	0.35	0.6	0.6	309.26	515.44	1,413.78	942.52
55	350704	0.35	0.7	0.4	339.58	485.12	942.52	1,413.78
56	350705	0.35	0.7	0.5	339.58	485.12	1,178.15	1,178.15
57	350706	0.35	0.7	0.6	339.58	485.12	1,413.78	942.52
58	350804	0.35	0.8	0.4	366.54	458.17	942.52	1,413.78
59	350805	0.35	0.8	0.5	366.54	458.17	1,178.15	1,178.15
60	350806	0.35	0.8	0.6	366.54	458.17	1,413.78	942.52

ตารางที่ ผ.ก.1 (ต่อ)

No.	Mix Code[1]	Criteia of Mix Design			Proportion of 1 m^3 Concrete, kg			
		Paste/Agg	W/C	S/A	Water	Cement	Sand	Rock
61	400404	0.4	0.4	0.4	269.29	673.23	942.52	1,413.78
62	400405	0.4	0.4	0.5	269.29	673.23	1,178.15	1,178.15
63	400406	0.4	0.4	0.6	269.29	673.23	1,413.78	942.52
64	400504	0.4	0.5	0.4	314.17	628.35	942.52	1,413.78
65	400505	0.4	0.5	0.5	314.17	628.35	1,178.15	1,178.15
66	400506	0.4	0.5	0.6	314.17	628.35	1,413.78	942.52
67	400604	0.4	0.6	0.4	353.44	589.07	942.52	1,413.78
68	400605	0.4	0.6	0.5	353.44	589.07	1,178.15	1,178.15
69	400606	0.4	0.6	0.6	353.44	589.07	1,413.78	942.52
70	400704	0.4	0.7	0.4	388.10	554.42	942.52	1,413.78
71	400705	0.4	0.7	0.5	388.10	554.42	1,178.15	1,178.15
72	400706	0.4	0.7	0.6	388.10	554.42	1,413.78	942.52
73	400804	0.4	0.8	0.4	418.90	523.62	942.52	1,413.78
74	400805	0.4	0.8	0.5	418.90	523.62	1,178.15	1,178.15
75	400806	0.4	0.8	0.6	418.90	523.62	1,413.78	942.52
76	450404	0.45	0.4	0.4	302.95	757.38	942.52	1,413.78
77	450405	0.45	0.4	0.5	302.95	757.38	1,178.15	1,178.15
78	450406	0.45	0.4	0.6	302.95	757.38	1,413.78	942.52
79	450504	0.45	0.5	0.4	353.44	706.89	942.52	1,413.78
80	450505	0.45	0.5	0.5	353.44	706.89	1,178.15	1,178.15
81	450506	0.45	0.5	0.6	353.44	706.89	1,413.78	942.52
82	450604	0.45	0.6	0.4	397.63	662.71	942.52	1,413.78
83	450605	0.45	0.6	0.5	397.63	662.71	1,178.15	1,178.15
84	450606	0.45	0.6	0.6	397.63	662.71	1,413.78	942.52
85	450704	0.45	0.7	0.4	436.61	623.73	942.52	1,413.78
86	450705	0.45	0.7	0.5	436.61	623.73	1,178.15	1,178.15
87	450706	0.45	0.7	0.6	436.61	623.73	1,413.78	942.52
88	450804	0.45	0.8	0.4	471.26	589.07	942.52	1,413.78
89	450805	0.45	0.8	0.5	471.26	589.07	1,178.15	1,178.15
90	450806	0.45	0.8	0.6	471.26	589.07	1,413.78	942.52

หมายเหตุ

[1] เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลและการอ้างอิงจึงได้มีการกำหนดรหัสประจำสัดส่วนผสม (Mix Code) ไว้ 6 หลักคือ

1 2 3 4 5 6

โดย

ตัวเลข 2 ตัวแรก (12) หมายถึง อัตราส่วนเพสต์ต่อซีเมนต์ คูณด้วย 100

ตัวเลข 2 ตัวถัดไป (34) หมายถึง อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คูณด้วย 10

ตัวเลข 2 ตัวสุดท้าย (56) หมายถึง อัตราส่วนทรายต่อมวลรวม คูณด้วย 10

เช่น 250405 หมายถึง คอนกรีตที่มีอัตราส่วนเพสต์ต่อมวรวม เท่ากับ 0.25, อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.40 และอัตราส่วนระหว่างทรายต่อมวลรวมเท่ากับ 0.5

ภาคผนวก ข

ผลทดสอบวัสดุผสมคอนกรีต

ข1 ผลการทดสอบหิน

ข2 ผลการทดสอบทราย

ข3 ผลการทดสอบน้ำ

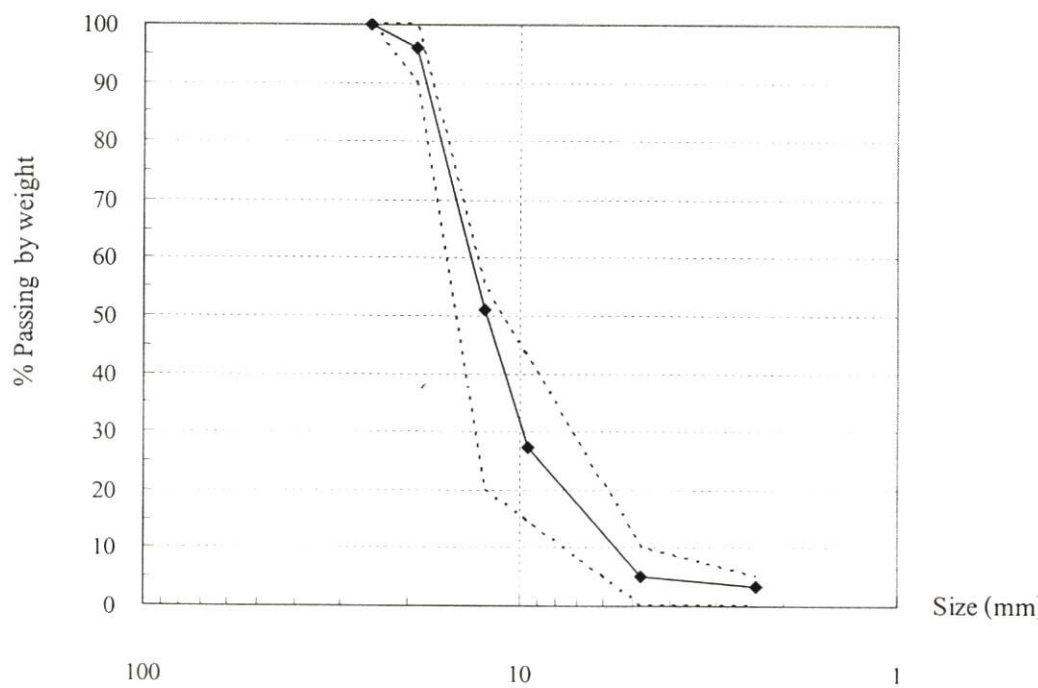
ภาคผนวก ข1

ผลการทดสอบหิน

ตารางที่ ผ.ข.1 ผลการทดสอบหินที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบ	ค่าที่มาตรฐานกำหนด*	ค่าทดสอบ (ค่าเฉลี่ย)	ผลทดสอบ*
Sieve Analysis	ASTM C136-05	ASTM C33-03	See Test Result	Pass
Material Finer than No.200 Sieve (75μm)	ASTM C117-04	≤ 1 %	0.85 %	Pass
Unit Weight of Aggregate	ASTM C29/29M-97 (2003)	N/A	1580.21 kg/m^3	Pass
Clay Lumps and Friable Particles	ASTM C142-97 (2004)	≤ 5 %	1.19 %, 0.77 %	Pass
Specific Gravity & Water Absorption	ASTM C127-04	N/A	See Test Result	Pass
Soundness by Sodium Sulfate	ASTM C88-05	≤ 12 %	0.61 %	Pass
Resistance to Abrasion Test	ASTM C131-01	≤ 50 %	18 %	Pass

* ASTM C33-03 Standard Specification for Concrete Aggregates



รูปที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดสอบขนาดคละของหิน (เส้นทึบคือค่าที่ทดสอบได้ ส่วนเส้นประคือค่าที่มาตรฐาน ASTM C33-03 กำหนด)

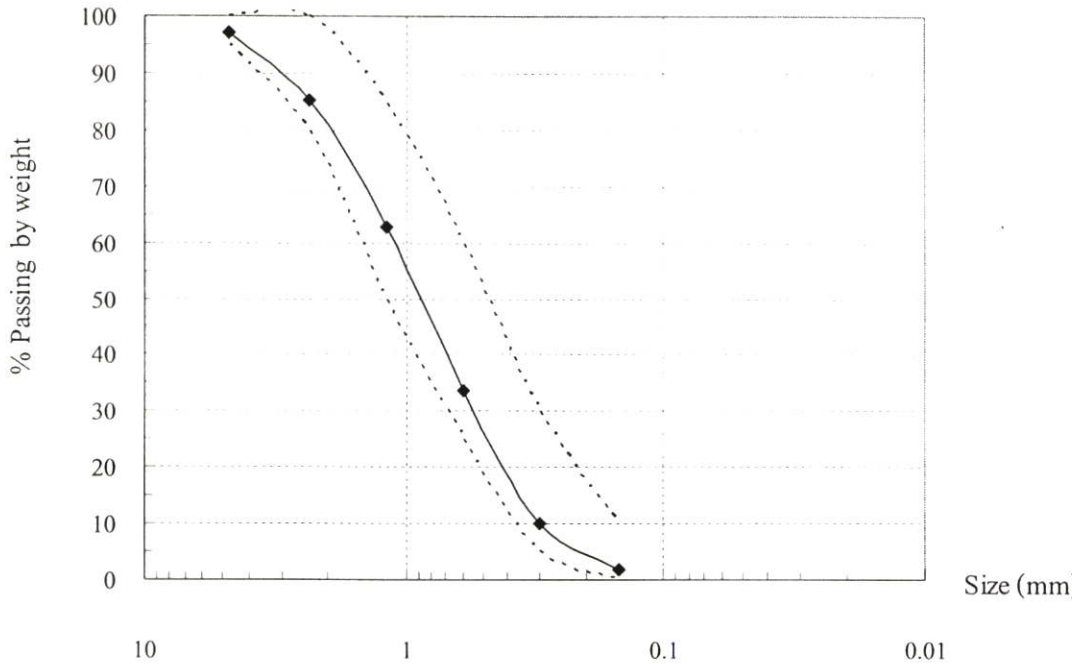
ภาคผนวก ข2

ผลการทดสอบทราย

ตารางที่ ผ.ข.2 ผลการทดสอบทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบ	ค่าที่มาตรฐานกำหนด*	ค่าทดสอบ (ค่าเฉลี่ย)	ผลทดสอบ*
Sieve Analysis	ASTM C136-05	ASTM C33-03	See Test Result	Pass
Finess Modulus	ASTM C125-03	2.3-3.1	3.09	Pass
Material Finer than No.200 Sieve (75μm)	ASTM C117-04	≤ 5 %	1.39 %	Pass
Unit Weight of Aggregate	ASTM C29/29M-97 (2003)	N/A	1683.35 kg/m^3	Pass
Clay Lumps and Friable Particles	ASTM C142-97 (2004)	≤ 3 %	0.24 %	Pass
Organic Impurities	ASTM C40-04	Plate No. 3	Plate No. 1	Pass
Specific Gravity & Water Absorption	ASTM C128-04a	N/A	See Test Result	Pass
Soundness by Sodium Sulfate	ASTM C88-05	≤ 10 %	1.38 %	Pass

* ASTM C33-03 Standard Specification for Concrete Aggregates



รูปที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดสอบขนาดคละของทราย (เส้นทึบคือค่าที่ทดสอบได้ ส่วนเส้นประคือค่าที่มาตรฐาน ASTM C33-03 กำหนด)

ภาคผนวก ข3

ผลการทดสอบน้ำ

ตารางที่ ผ.ข.3 ผลการทดสอบน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

การทดสอบ	มาตรฐานการทดสอบ	ค่าที่มาตรฐานกำหนด*	ค่าทดสอบ (ค่าเฉลี่ย)	ผลทดสอบ*
pH	AASHTO T26	6 - 8	7.32	Pass
Chloride Content (Cl)	ASTM D512-04	≤ 500 mg/l	22.0 mg/l	Pass
Sulphate Content (SO_4)	ASTM D516-02	≤ 1,000 mg/l	21.0 mg/l	Pass
Total Solid	AASHTO T26	≤ 50,000 mg/l	183 mg/l	Pass

ภาคผนวก ค

ข้อมูลคอนกรีตจากห้องทดลอง

ค1 แบบฟอร์มในการจัดเก็บข้อมูลคอนกรีตของห้องทดลอง

ค2 ข้อมูลคอนกรีตจากห้องทดลอง

ค3 ข้อมูลคอนกรีตจากโรงผสมคอนกรีต

ภาคผนวก ค1

แบบฟอร์มในการจัดเก็บข้อมูลคอนกรีตของห้องทดลอง

DATA RECORD FORM

Mix Code: _____ **Casting Date:** 1/12/2005 **Time:** _____

Mix Proportion in 1 m^3:		**Adjused Mix Proportion:**		**Mix Proportion in 0.08 m^3:**	
Cement	kg.	Cement	kg.	Cement	kg.
Water	kg.	Water	kg.	Water	kg.
Rock	kg.	Rock	kg.	Rock	kg.(Moisture Content %)
Sand	kg.	Sand	kg.	Sand	kg.(Moisture Content %)

Temperature (ASTM C1064/C1064M-01)	Ambient	°C	**Wet Unit Weight (ASTM C138/C138-01a)**	
	Concrete	°C	Volume of Container	m^3
Slump Testing (ASTM C143/C143M-00)		cm.	Weight of Container	kg.
Air Content (ASTM C231-97)		%	Wt. Contain+Concrete	kg.
			Unit Weight of Concrete	kg/m^3

Hardened Concrete Testing

Specimen No.	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)	Comp. Strength (ksc)	Remarks
1										Test Date
6										2/12/05
11										(1 day)
16										
21										
2										Test Date
7										4/12/05
12										(3 days)
17										
22										
3										Test Date
8										8/12/05
13										(7 days)
18										
23										
4										Test Date
9										15/12/05
14										(14 days)
19										
24										
5										Test Date
10										29/12/05
15										(28 days)
20										
25										

รูปที่ ผ.ค.1 แบบฟอร์มที่ใช้เก็บข้อมูลคอนกรีตในห้องทดลอง

ภาคผนวก ค2

ข้อมูลคอนกรีตจากห้องทดลอง

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1	150400	1	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	1	1.1	15.00	15.00	15.04	6.23	6.23	58.20	1,768.81	1,839.54	1,839.54
2	150400	6	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	1	1.1	15.04	15.02	14.99	6.24	6.24	56.80	1,768.81	1,841.56	1,841.56
3	150400	11	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	1	1.1	15.11	15.00	14.98	6.14	6.14	45.00	1,768.81	1,808.13	1,808.13
4	150400	16	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	1	1.1	15.18	15.03	15.03	6.28	6.28	55.80	1,768.81	1,830.76	1,830.76
5	150400	21	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	1	1.1	15.33	15.03	14.97	6.28	6.28	61.30	1,768.81	1,820.98	1,820.98
6	150400	2	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	3	1.1	15.03	15.08	15.09	6.16	6.14	66.60	1,768.81	1,799.90	1,794.06
7	150400	7	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	3	1.1	15.00	15.05	14.98	6.18	6.17	61.70	1,768.81	1,826.58	1,823.03
8	150400	12	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	3	1.1	15.33	15.00	15.00	6.23	6.23	67.80	1,768.81	1,807.06	1,806.77
9	150400	17	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	3	1.1	15.02	15.29	14.98	6.16	6.14	68.70	1,768.81	1,791.73	1,785.63
10	150400	22	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	3	1.1	15.05	15.02	15.00	6.26	6.27	84.20	1,768.81	1,845.01	1,847.67
11	150400	3	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	7	1.1	15.00	15.06	15.00	6.19	6.20	73.30	1,768.81	1,825.88	1,830.01
12	150400	8	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	7	1.1	14.99	15.14	14.98	6.28	6.28	71.10	1,768.81	1,845.76	1,846.34
13	150400	13	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	7	1.1	15.00	15.14	15.00	6.03	6.04	61.90	1,768.81	1,768.97	1,773.96
14	150400	18	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	7	1.1	15.04	15.16	15.04	6.10	6.11	65.40	1,768.81	1,779.12	1,782.91
15	150400	23	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	7	1.1	15.04	15.35	15.00	6.38	6.40	84.00	1,768.81	1,840.91	1,846.97
16	150400	4	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	14	1.1	14.94	15.29	15.08	6.14	6.15	71.40	1,768.81	1,783.58	1,786.19
17	150400	9	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	14	1.1	15.17	15.00	14.98	6.39	6.39	91.20	1,768.81	1,874.03	1,875.79
18	150400	14	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	14	1.1	14.92	15.55	15.02	6.28	6.28	82.70	1,768.81	1,801.29	1,802.44
19	150400	19	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	14	1.1	15.42	14.97	14.96	6.32	6.34	86.20	1,768.81	1,830.41	1,834.46
20	150400	24	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	14	1.1	15.20	14.98	15.12	6.43	6.44	74.40	1,768.81	1,867.69	1,871.17
21	150400	5	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	28	1.1	15.14	14.98	15.01	6.19	6.21	87.80	1,768.81	1,818.03	1,825.08
22	150400	10	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	28	1.1	15.05	15.13	15.00	6.29	6.33	92.70	1,768.81	1,840.38	1,851.80
23	150400	15	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	28	1.1	14.98	15.29	15.08	6.06	6.04	90.00	1,768.81	1,755.07	1,748.12
24	150400	20	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	28	1.1	15.33	15.00	15.08	6.25	6.29	91.40	1,768.81	1,802.95	1,813.91
25	150400	25	248.99	99.60	2,323.94	0.00	29.5	31.0	0.0	28	1.1	15.02	15.32	15.00	6.46	6.52	112.90	1,768.81	1,871.89	1,888.98
26	150405	1	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	1	6.59	15.21	15.13	15.21	7.32	7.32	133.50	2,003.28	2,091.86	2,091.86
27	150405	6	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	1	6.59	15.29	14.99	15.09	7.26	7.26	128.50	2,003.28	2,100.28	2,100.28
28	150405	11	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	1	6.59	15.11	14.98	15.07	7.05	7.05	102.30	2,003.28	2,067.98	2,067.98
29	150405	16	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	1	6.59	15.17	15.08	15.07	7.31	7.31	130.00	2,003.28	2,121.27	2,121.27
30	150405	21	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	1	6.59	15.13	15.03	15.14	7.22	7.22	122.10	2,003.28	2,096.20	2,096.20
31	150405	2	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	3	6.59	15.08	15.09	15.02	7.11	7.31	136.00	2,003.28	2,079.05	2,137.27
32	150405	7	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	3	6.59	15.05	15.18	14.98	7.15	7.42	152.50	2,003.28	2,089.23	2,166.66
33	150405	12	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	3	6.59	15.15	15.07	14.97	6.99	7.27	134.80	2,003.28	2,044.88	2,126.22
34	150405	17	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	3	6.59	15.18	15.06	14.99	7.18	7.40	146.40	2,003.28	2,094.91	2,158.23
35	150405	22	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	3	6.59	15.24	14.99	15.08	7.26	7.49	150.30	2,003.28	2,107.70	2,175.04
36	150405	3	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	7	6.59	15.13	15.02	15.13	7.16	7.32	153.00	2,003.28	2,082.11	2,127.49
37	150405	8	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	7	6.59	15.08	15.23	15.00	7.08	7.12	141.20	2,003.28	2,055.43	2,066.46
38	150405	13	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	7	6.59	15.32	15.05	15.01	7.09	7.20	141.50	2,003.28	2,047.51	2,079.00
39	150405	18	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	7	6.59	15.14	15.11	14.97	7.07	7.17	127.20	2,003.28	2,063.88	2,093.66
40	150405	23	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	7	6.59	15.20	15.01	15.06	7.27	7.34	157.50	2,003.28	2,116.14	2,135.35

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
41	150405	4	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	14	6.59	15.17	14.99	15.08	7.11	7.43	160.60	2,003.28	2,072.52	2,167.87
42	150405	9	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	14	6.59	15.19	15.03	15.07	7.16	7.46	151.40	2,003.28	2,080.76	2,169.12
43	150405	14	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	14	6.59	15.16	14.99	15.01	7.06	7.33	143.30	2,003.28	2,068.31	2,148.34
44	150405	19	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	14	6.59	15.09	15.04	14.98	7.06	7.40	153.30	2,003.28	2,077.79	2,176.62
45	150405	24	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	14	6.59	15.20	14.99	15.04	7.21	7.48	168.90	2,003.28	2,102.82	2,183.36
46	150405	5	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	28	6.59	15.20	15.17	15.19	7.06	7.54	163.20	2,003.28	2,016.52	2,153.56
47	150405	10	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	28	6.59	15.11	14.97	15.08	6.90	7.11	116.50	2,003.28	2,022.55	2,083.82
48	150405	15	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	28	6.59	15.02	15.24	15.12	6.91	7.04	124.10	2,003.28	1,996.80	2,032.91
49	150405	20	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	28	6.59	15.08	15.30	15.06	7.19	7.36	156.60	2,003.28	2,068.95	2,119.32
50	150405	25	236.98	94.79	1,105.89	1,105.89	28.5	27.5	0.0	28	6.59	15.08	15.04	15.05	7.09	7.47	152.70	2,003.28	2,075.94	2,189.32
51	150505	1	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	1	6.6	15.00	15.29	15.05	7.30	7.30	116.70	2,069.27	2,114.31	2,114.31
52	150505	6	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	1	6.6	15.04	15.29	14.99	7.25	7.25	115.60	2,069.27	2,102.91	2,102.91
53	150505	11	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	1	6.6	14.98	15.12	15.02	7.30	7.30	122.20	2,069.27	2,145.51	2,145.51
54	150505	16	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	1	6.6	15.01	15.21	15.06	7.42	7.42	118.90	2,069.27	2,159.25	2,159.25
55	150505	21	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	1	6.6	15.06	15.40	14.97	7.38	7.38	123.10	2,069.27	2,124.77	2,124.77
56	150505	2	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	3	6.6	14.96	15.11	15.01	7.05	7.20	140.70	2,069.27	2,077.25	2,121.76
57	150505	7	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	3	6.6	14.98	15.35	15.07	7.22	7.38	145.60	2,069.27	2,083.26	2,128.57
58	150505	12	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	3	6.6	15.00	15.24	15.00	7.25	7.44	145.40	2,069.27	2,114.32	2,168.56
59	150505	17	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	3	6.6	15.00	15.20	15.02	7.13	7.30	135.10	2,069.27	2,083.19	2,130.20
60	150505	22	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	3	6.6	15.04	15.30	15.00	7.32	7.45	147.10	2,069.27	2,120.13	2,158.95
61	150505	3	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	7	6.6	15.00	15.19	15.03	7.25	7.42	172.20	2,069.27	2,115.58	2,167.56
62	150505	8	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	7	6.6	14.99	15.30	15.02	7.24	7.42	165.70	2,069.27	2,102.88	2,153.40
63	150505	13	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	7	6.6	14.99	15.20	15.04	7.11	7.27	137.10	2,069.27	2,073.63	2,122.37
64	150505	18	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	7	6.6	14.98	15.37	15.00	7.27	7.43	154.90	2,069.27	2,103.58	2,150.77
65	150505	23	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	7	6.6	14.99	15.28	15.02	7.18	7.33	148.20	2,069.27	2,086.16	2,130.05
66	150505	4	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	14	6.6	14.98	15.24	15.03	7.14	7.29	163.50	2,069.27	2,081.15	2,123.99
67	150505	9	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	14	6.6	15.00	15.03	15.03	7.22	7.36	172.00	2,069.27	2,129.84	2,172.04
68	150505	14	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	14	6.6	15.02	15.19	15.03	7.21	7.43	164.80	2,069.27	2,102.85	2,165.84
69	150505	19	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	14	6.6	14.98	15.13	15.08	7.18	7.29	153.40	2,069.27	2,099.28	2,133.80
70	150505	24	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	14	6.6	14.97	15.24	15.00	7.17	7.41	155.60	2,069.27	2,095.76	2,164.14
71	150505	5	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	28	6.6	14.99	15.06	15.03	7.07	7.14	186.30	2,069.27	2,084.28	2,105.21
72	150505	10	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	28	6.6	15.00	15.24	15.06	7.17	7.23	176.70	2,069.27	2,082.08	2,098.63
73	150505	15	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	28	6.6	15.00	15.18	15.04	7.26	7.30	181.10	2,069.27	2,118.78	2,132.80
74	150505	20	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	28	6.6	15.03	15.24	15.00	7.29	7.33	213.40	2,069.27	2,122.90	2,132.51
75	150505	25	218.77	109.39	1,093.85	1,093.85	31.0	30.5	0.0	28	6.6	14.98	15.23	15.03	7.22	7.25	174.70	2,069.27	2,104.68	2,113.72
76	150506	1	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	1	6.5	15.10	15.23	15.00	7.18	7.18	101.60	2,083.95	2,080.53	2,080.53
77	150506	6	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	1	6.5	15.07	15.00	14.98	7.09	7.09	101.90	2,083.95	2,094.66	2,094.66
78	150506	11	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	1	6.5	15.09	15.10	15.00	7.12	7.12	100.20	2,083.95	2,083.74	2,083.74
79	150506	16	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	1	6.5	15.08	15.19	14.99	7.20	7.20	100.50	2,083.95	2,096.00	2,096.00
80	150506	21	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	1	6.5	15.10	15.30	15.00	7.31	7.31	107.10	2,083.95	2,109.11	2,109.11

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
81	150506	2	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	3	6.5	15.07	15.04	14.98	7.05	7.27	135.00	2,083.95	2,074.95	2,140.34
82	150506	7	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	3	6.5	15.06	15.08	14.98	7.05	7.29	133.70	2,083.95	2,072.00	2,143.43
83	150506	12	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	3	6.5	15.12	15.24	15.00	7.25	7.45	145.50	2,083.95	2,096.38	2,155.69
84	150506	17	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	3	6.5	15.10	15.15	15.09	7.18	7.40	134.00	2,083.95	2,079.05	2,142.78
85	150506	22	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	3	6.5	15.03	15.28	15.07	7.31	7.49	149.50	2,083.95	2,112.71	2,164.14
86	150506	3	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	7	6.5	15.00	15.12	15.03	7.14	7.29	159.40	2,083.95	2,094.28	2,138.29
87	150506	8	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	7	6.5	15.12	15.43	15.00	7.22	7.40	138.80	2,083.95	2,063.99	2,114.86
88	150506	13	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	7	6.5	15.03	15.22	15.00	7.16	7.30	140.10	2,083.95	2,087.52	2,127.15
89	150506	18	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	7	6.5	15.09	15.17	14.98	7.07	7.17	134.60	2,083.95	2,061.44	2,091.48
90	150506	23	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	7	6.5	15.00	15.21	15.04	7.17	7.31	125.00	2,083.95	2,089.25	2,130.05
91	150506	4	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	14	6.5	15.00	15.21	15.01	7.23	7.55	171.20	2,083.95	2,112.41	2,205.27
92	150506	9	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	14	6.5	15.07	15.04	14.98	7.17	7.47	174.20	2,083.95	2,112.95	2,201.30
93	150506	14	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	14	6.5	15.04	15.20	15.00	7.18	7.49	172.60	2,083.95	2,093.83	2,183.07
94	150506	19	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	14	6.5	15.07	15.24	14.99	7.24	7.53	163.20	2,083.95	2,102.13	2,186.65
95	150506	24	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	14	6.5	15.00	15.24	15.04	7.31	7.55	178.10	2,083.95	2,125.27	2,196.53
96	150506	5	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	28	6.5	15.13	15.26	14.98	7.17	7.51	166.40	2,083.95	2,072.20	2,172.53
97	150506	10	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	28	6.5	15.10	15.20	15.03	7.01	7.41	139.60	2,083.95	2,033.23	2,148.02
98	150506	15	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	28	6.5	15.09	15.28	15.00	7.19	7.53	179.40	2,083.95	2,077.41	2,177.16
99	150506	20	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	28	6.5	15.31	15.11	15.00	7.28	7.65	186.20	2,083.95	2,096.82	2,205.18
100	150506	25	216.70	108.35	866.81	1,300.21	27.0	27.5	0.0	28	6.5	15.00	15.24	15.04	7.30	7.64	178.00	2,083.95	2,121.78	2,220.97
101	150508	1	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	1	7.59	15.03	15.14	15.06	6.56	6.56	64.40	1,874.00	1,914.52	1,914.52
102	150508	6	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	1	7.59	15.01	15.11	15.03	6.50	6.50	62.60	1,874.00	1,907.99	1,907.99
103	150508	11	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	1	7.59	14.99	15.08	15.04	6.58	6.58	72.30	1,874.00	1,933.95	1,933.95
104	150508	16	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	1	7.59	15.14	15.24	14.99	6.67	6.67	72.70	1,874.00	1,928.76	1,928.76
105	150508	21	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	1	7.59	15.07	15.05	14.96	6.53	6.53	70.40	1,874.00	1,924.56	1,924.56
106	150508	2	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	3	7.59	14.98	14.99	15.06	6.52	6.76	81.00	1,874.00	1,926.53	2,000.16
107	150508	7	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	3	7.59	14.99	15.15	15.03	6.62	6.91	88.60	1,874.00	1,940.65	2,024.73
108	150508	12	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	3	7.59	15.02	15.22	15.00	6.56	6.87	84.40	1,874.00	1,912.47	2,004.63
109	150508	17	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	3	7.59	15.00	15.17	15.00	6.69	7.03	92.30	1,874.00	1,960.30	2,059.91
110	150508	22	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	3	7.59	14.99	15.12	15.03	6.60	6.95	86.40	1,874.00	1,936.28	2,040.49
111	150508	3	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	7	7.59	15.04	15.15	14.99	6.53	6.78	100.10	1,874.00	1,911.55	1,985.33
112	150508	8	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	7	7.59	15.00	15.04	15.03	6.57	6.79	98.60	1,874.00	1,936.73	2,003.09
113	150508	13	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	7	7.59	14.99	15.18	15.04	6.68	6.95	103.20	1,874.00	1,951.89	2,031.37
114	150508	18	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	7	7.59	15.00	15.00	15.04	6.59	6.84	102.20	1,874.00	1,947.10	2,021.57
115	150508	23	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	7	7.59	15.06	15.23	14.98	6.75	7.01	108.00	1,874.00	1,965.73	2,038.79
116	150508	4	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	14	7.59	14.97	15.14	15.04	6.67	6.91	106.80	1,874.00	1,957.02	2,028.01
117	150508	9	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	14	7.59	15.00	15.14	15.07	6.57	6.81	101.30	1,874.00	1,920.29	1,991.00
118	150508	14	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	14	7.59	15.00	15.20	15.06	6.57	6.81	90.70	1,874.00	1,914.56	1,982.71
119	150508	19	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	14	7.59	15.05	15.05	15.00	6.60	6.82	116.20	1,874.00	1,941.11	2,007.04
120	150508	24	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	14	7.59	15.03	14.99	15.03	6.63	6.84	104.40	1,874.00	1,959.10	2,019.64

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
121	150508	5	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	28	7.59	15.04	15.24	15.03	6.62	7.00	109.60	1,874.00	1,922.19	2,032.50
122	150508	10	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	28	7.59	15.02	15.08	15.17	6.58	6.77	113.50	1,874.00	1,914.42	1,969.72
123	150508	15	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	28	7.59	15.19	15.04	15.05	6.61	6.82	99.70	1,874.00	1,921.31	1,984.71
124	150508	20	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	28	7.59	14.99	15.18	15.11	6.67	7.13	106.50	1,874.00	1,940.43	2,071.86
125	150508	25	212.68	106.34	425.36	1,701.43	30.5	31.0	0.0	28	7.59	15.20	15.04	14.99	6.74	6.93	122.20	1,874.00	1,967.41	2,021.11
126	150510	1	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	1	8	15.04	15.04	15.07	5.96	5.96	29.00	1,699.83	1,747.51	1,747.51
127	150510	6	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	1	8	15.06	15.04	15.00	5.92	5.92	30.90	1,699.83	1,742.14	1,742.14
128	150510	11	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	1	8	15.00	15.00	15.05	5.92	5.92	28.60	1,699.83	1,748.54	1,748.54
129	150510	16	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	1	8	15.16	15.17	14.98	5.90	5.90	27.10	1,699.83	1,711.44	1,711.44
130	150510	21	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	1	8	14.99	15.13	15.03	5.81	5.81	23.00	1,699.83	1,705.01	1,705.01
131	150510	2	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	3	8	15.07	15.07	15.00	6.02	6.55	43.70	1,699.83	1,766.88	1,921.58
132	150510	7	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	3	8	15.12	15.04	15.04	6.05	6.55	39.00	1,699.83	1,767.75	1,915.70
133	150510	12	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	3	8	15.03	15.09	15.04	5.93	6.41	26.60	1,699.83	1,739.02	1,877.98
134	150510	17	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	3	8	15.06	15.20	14.98	5.93	6.42	31.20	1,699.83	1,728.44	1,872.79
135	150510	22	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	3	8	15.05	15.06	15.00	5.86	6.37	30.10	1,699.83	1,722.16	1,874.82
136	150510	3	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	7	8	15.05	15.04	15.02	6.00	6.71	39.90	1,699.83	1,765.39	1,972.76
137	150510	8	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	7	8	15.21	15.00	15.00	5.92	6.67	40.30	1,699.83	1,730.73	1,947.84
138	150510	13	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	7	8	15.14	15.06	14.98	5.90	6.58	29.90	1,699.83	1,726.80	1,925.89
139	150510	18	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	7	8	15.00	15.10	14.98	5.85	6.59	33.40	1,699.83	1,723.86	1,943.14
140	150510	23	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	7	8	15.05	15.13	14.99	5.94	6.63	39.70	1,699.83	1,739.36	1,941.51
141	150510	4	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	14	8	14.97	14.97	15.04	5.94	6.48	43.40	1,699.83	1,762.36	1,923.47
142	150510	9	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	14	8	15.07	15.14	15.01	5.92	6.43	40.90	1,699.83	1,727.17	1,877.84
143	150510	14	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	14	8	15.17	15.05	15.00	6.02	6.64	37.10	1,699.83	1,757.27	1,937.44
144	150510	19	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	14	8	15.18	15.06	14.99	5.84	6.41	30.70	1,699.83	1,703.88	1,870.51
145	150510	24	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	14	8	15.24	15.05	14.97	5.98	6.55	43.10	1,699.83	1,741.93	1,907.65
146	150510	5	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	28	8	15.01	15.15	15.14	6.01	6.28	51.20	1,699.83	1,745.93	1,825.23
147	150510	10	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	28	8	15.04	15.07	14.99	5.94	6.62	47.20	1,699.83	1,749.51	1,947.59
148	150510	15	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	28	8	15.19	15.06	15.00	5.87	6.17	43.70	1,699.83	1,710.66	1,796.63
149	150510	20	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	28	8	15.07	15.10	15.01	5.93	6.19	46.30	1,699.83	1,736.43	1,811.96
150	150510	25	208.80	104.40	0.00	2,088.03	31.5	30.0	0.0	28	8	15.06	15.11	14.99	5.96	6.69	45.00	1,699.83	1,748.13	1,960.97
151	150605	1	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	1	6.82	15.14	15.35	15.00	7.32	7.32	127.90	2,067.70	2,099.26	2,099.26
152	150605	6	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	1	6.82	15.03	15.01	15.06	7.17	7.17	127.90	2,067.70	2,110.35	2,110.35
153	150605	11	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	1	6.82	15.22	15.00	15.06	7.45	7.45	132.70	2,067.70	2,166.83	2,166.83
154	150605	16	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	1	6.82	15.28	14.99	15.09	7.30	7.30	131.20	2,067.70	2,112.36	2,112.36
155	150605	21	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	1	6.82	15.28	14.99	15.04	7.41	7.41	121.40	2,067.70	2,151.90	2,151.90
156	150605	2	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	3	6.82	15.36	15.02	15.08	7.37	7.57	167.80	2,067.70	2,117.52	2,176.16
157	150605	7	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	3	6.82	15.14	15.03	15.10	7.27	7.45	147.00	2,067.70	2,115.50	2,167.59
158	150605	12	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	3	6.82	15.26	15.06	15.02	7.30	7.45	136.70	2,067.70	2,115.40	2,157.12
159	150605	17	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	3	6.82	15.22	15.00	15.05	7.27	7.42	131.40	2,067.70	2,115.88	2,159.25
160	150605	22	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	3	6.82	15.27	15.04	15.01	7.34	7.50	152.90	2,067.70	2,127.81	2,175.96

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
161	150605	3	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	7	6.82	15.00	15.33	15.01	7.34	7.49	183.00	2,067.70	2,125.71	2,169.46
162	150605	8	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	7	6.82	15.31	15.06	15.00	7.37	7.49	183.50	2,067.70	2,131.54	2,166.82
163	150605	13	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	7	6.82	15.09	15.01	15.09	7.33	7.49	171.10	2,067.70	2,143.71	2,190.82
164	150605	18	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	7	6.82	14.98	15.03	14.96	7.16	7.32	153.80	2,067.70	2,124.55	2,173.84
165	150605	23	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	7	6.82	15.04	15.20	15.00	7.40	7.51	186.10	2,067.70	2,157.70	2,191.23
166	150605	4	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	14	6.82	15.21	14.98	15.15	7.24	7.38	185.10	2,067.70	2,097.42	2,139.13
167	150605	9	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	14	6.82	15.22	15.00	15.14	7.25	7.38	170.30	2,067.70	2,098.68	2,135.13
168	150605	14	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	14	6.82	15.02	15.13	15.00	7.31	7.45	189.50	2,067.70	2,145.63	2,184.35
169	150605	19	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	14	6.82	15.17	15.21	15.00	7.33	7.47	169.90	2,067.70	2,117.86	2,157.45
170	150605	24	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	14	6.82	15.09	15.03	14.96	7.18	7.33	186.30	2,067.70	2,117.03	2,159.76
171	150605	5	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	28	6.82	15.08	15.24	15.04	7.26	7.49	189.40	2,067.70	2,101.56	2,166.65
172	150605	10	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	28	6.82	15.01	15.26	15.06	7.33	7.53	211.60	2,067.70	2,125.22	2,183.48
173	150605	15	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	28	6.82	14.97	15.28	15.05	7.33	7.43	183.60	2,067.70	2,127.78	2,159.15
174	150605	20	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	28	6.82	15.12	15.16	15.09	7.41	7.53	204.10	2,067.70	2,142.00	2,175.54
175	150605	25	203.16	121.90	1,083.53	1,083.53	30.5	30.0	0.0	28	6.82	15.00	15.20	15.07	7.29	7.40	213.60	2,067.70	2,121.10	2,152.24
176	150705	1	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	1	6.48	15.06	15.15	15.00	7.58	7.58	119.70	2,147.81	2,215.12	2,215.12
177	150705	6	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	1	6.48	15.00	15.18	15.00	7.60	7.60	135.00	2,147.81	2,226.32	2,226.32
178	150705	11	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	1	6.48	15.06	15.15	14.96	7.65	7.65	144.30	2,147.81	2,241.26	2,241.26
179	150705	16	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	1	6.48	15.08	15.26	15.00	7.69	7.69	147.50	2,147.81	2,228.39	2,228.39
180	150705	21	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	1	6.48	15.08	15.15	15.04	7.65	7.65	144.60	2,147.81	2,226.96	2,226.96
181	150705	2	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	3	6.48	15.09	15.20	15.00	7.51	7.56	187.70	2,147.81	2,183.97	2,196.76
182	150705	7	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	3	6.48	15.04	15.12	14.98	7.46	7.52	183.20	2,147.81	2,190.50	2,206.94
183	150705	12	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	3	6.48	15.07	15.22	14.98	7.69	7.73	210.00	2,147.81	2,237.26	2,250.65
184	150705	17	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	3	6.48	15.06	15.18	15.00	7.62	7.66	208.70	2,147.81	2,222.70	2,232.32
185	150705	22	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	3	6.48	15.00	15.29	15.07	7.71	7.74	217.80	2,147.81	2,230.71	2,237.94
186	150705	3	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	7	6.48	15.06	15.45	14.98	7.48	7.51	200.40	2,147.81	2,146.89	2,155.79
187	150705	8	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	7	6.48	15.03	15.34	14.98	7.56	7.59	223.10	2,147.81	2,188.03	2,198.45
188	150705	13	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	7	6.48	15.04	15.28	15.00	7.73	7.77	264.10	2,147.81	2,242.13	2,254.02
189	150705	18	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	7	6.48	15.07	15.35	14.97	7.56	7.59	218.20	2,147.81	2,183.99	2,192.08
190	150705	23	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	7	6.48	15.06	15.20	15.00	7.67	7.70	241.90	2,147.81	2,233.46	2,242.20
191	150705	4	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	14	6.48	15.02	15.21	15.00	7.58	7.63	267.30	2,147.81	2,211.09	2,226.85
192	150705	9	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	14	6.48	14.98	15.40	15.01	7.55	7.61	210.00	2,147.81	2,179.23	2,196.85
193	150705	14	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	14	6.48	15.00	15.20	14.99	7.60	7.64	262.50	2,147.81	2,222.53	2,234.53
194	150705	19	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	14	6.48	15.05	15.08	15.06	7.52	7.57	247.40	2,147.81	2,201.33	2,213.91
195	150705	24	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	14	6.48	14.98	15.29	15.02	7.69	7.72	278.80	2,147.81	2,234.43	2,245.19
196	150705	5	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	28	6.48	15.07	15.27	14.97	7.60	7.66	268.60	2,147.81	2,206.17	2,222.43
197	150705	10	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	28	6.48	15.00	15.34	15.02	7.64	7.69	258.10	2,147.81	2,210.00	2,225.63
198	150705	15	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	28	6.48	15.00	15.23	15.03	7.59	7.65	253.40	2,147.81	2,210.51	2,229.14
199	150705	20	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	28	6.48	15.10	15.27	15.00	7.63	7.67	298.70	2,147.81	2,207.22	2,218.49
200	150705	25	189.63	132.74	1,074.59	1,074.59	29.5	30.0	0.0	28	6.48	14.99	15.29	15.05	7.77	7.82	295.50	2,147.81	2,253.13	2,266.47

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
201	150805	1	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	1	7.21	15.08	15.24	15.00	7.54	7.54	110.10	2,167.19	2,186.65	2,186.65
202	150805	6	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	1	7.21	15.06	15.25	15.02	7.63	7.63	122.20	2,167.19	2,210.71	2,210.71
203	150805	11	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	1	7.21	15.07	15.28	14.98	7.65	7.65	137.50	2,167.19	2,216.88	2,216.88
204	150805	16	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	1	7.21	15.03	15.13	15.03	7.62	7.62	127.30	2,167.19	2,229.16	2,229.16
205	150805	21	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	1	7.21	15.03	15.32	15.02	7.64	7.64	118.20	2,167.19	2,208.47	2,208.47
206	150805	2	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	3	7.21	15.03	15.38	14.98	7.52	7.59	164.60	2,167.19	2,172.52	2,192.16
207	150805	7	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	3	7.21	15.06	15.24	14.98	7.60	7.65	190.70	2,167.19	2,211.09	2,225.92
208	150805	12	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	3	7.21	14.99	15.27	15.02	7.59	7.67	180.10	2,167.19	2,208.53	2,229.47
209	150805	17	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	3	7.21	15.08	15.09	15.00	7.56	7.61	180.30	2,167.19	2,213.95	2,230.65
210	150805	22	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	3	7.21	15.13	15.44	15.00	7.73	7.77	187.10	2,167.19	2,204.56	2,218.54
211	150805	3	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	7	7.21	15.14	15.21	15.00	7.46	7.53	200.10	2,167.19	2,159.98	2,181.12
212	150805	8	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	7	7.21	15.08	15.33	14.99	7.66	7.71	219.90	2,167.19	2,210.46	2,224.89
213	150805	13	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	7	7.21	15.03	15.20	15.00	7.55	7.62	214.60	2,167.19	2,203.49	2,224.79
214	150805	18	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	7	7.21	15.04	15.24	14.97	7.56	7.62	210.40	2,167.19	2,203.27	2,221.05
215	150805	23	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	7	7.21	15.00	15.31	15.05	7.70	7.76	220.10	2,167.19	2,228.44	2,245.80
216	150805	4	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	14	7.21	15.04	15.20	15.00	7.50	7.58	209.40	2,167.19	2,186.28	2,209.31
217	150805	9	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	14	7.21	15.00	15.14	15.01	7.62	7.68	243.80	2,167.19	2,234.53	2,252.42
218	150805	14	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	14	7.21	15.01	15.07	15.00	7.42	7.50	208.10	2,167.19	2,187.14	2,210.43
219	150805	19	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	14	7.21	14.98	15.35	15.04	7.65	7.72	246.30	2,167.19	2,210.60	2,231.70
220	150805	24	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	14	7.21	15.00	15.24	15.02	7.58	7.66	228.10	2,167.19	2,207.61	2,230.33
221	150805	5	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	28	7.21	15.10	15.27	15.01	7.55	7.62	233.20	2,167.19	2,181.76	2,200.83
222	150805	10	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	28	7.21	14.98	15.32	15.04	7.64	7.68	270.50	2,167.19	2,212.90	2,225.93
223	150805	15	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	28	7.21	15.00	15.10	15.02	7.58	7.63	267.40	2,167.19	2,229.26	2,242.19
224	150805	20	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	28	7.21	14.99	15.20	15.09	7.58	7.63	229.40	2,167.19	2,203.46	2,217.71
225	150805	25	177.79	142.23	1,066.76	1,066.76	28.5	28.5	0.0	28	7.21	15.00	15.24	15.04	7.63	7.69	276.00	2,167.19	2,217.77	2,235.51
226	250404	1	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	1	5.62	15.04	15.00	15.06	7.61	7.61	365.20	2,105.19	2,239.56	2,239.56
227	250404	6	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	1	5.62	15.08	15.13	14.92	7.51	7.51	323.00	2,105.19	2,205.54	2,205.54
228	250404	11	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	1	5.62	15.04	15.22	15.00	7.62	7.62	348.00	2,105.19	2,218.35	2,218.35
229	250404	16	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	1	5.62	15.03	15.22	15.05	7.52	7.52	350.20	2,105.19	2,184.57	2,184.57
230	250404	2	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	3	5.62	15.00	15.07	15.00	7.21	7.28	293.30	2,105.19	2,126.67	2,148.20
231	250404	7	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	3	5.62	15.25	15.02	15.05	7.77	7.82	459.90	2,105.19	2,253.37	2,267.30
232	250404	12	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	3	5.62	15.02	15.18	15.06	7.44	7.47	369.60	2,105.19	2,165.86	2,175.47
233	250404	17	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	3	5.62	15.19	15.10	15.00	7.44	7.48	381.00	2,105.19	2,163.33	2,173.79
234	250404	3	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	7	5.62	15.15	15.01	15.04	7.63	7.69	484.60	2,105.19	2,230.33	2,248.17
235	250404	8	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	7	5.62	15.10	15.25	14.99	7.61	7.66	462.80	2,105.19	2,204.63	2,220.28
236	250404	13	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	7	5.62	15.04	15.32	15.03	7.60	7.69	434.90	2,105.19	2,193.70	2,219.68
237	250404	18	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	7	5.62	15.30	15.04	15.07	7.69	7.73	482.20	2,105.19	2,216.11	2,227.64
238	250404	4	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	14	5.62	15.21	15.00	15.04	7.54	7.62	446.30	2,105.19	2,197.37	2,221.56
239	250404	9	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	14	5.62	15.17	15.02	15.00	7.60	7.68	466.80	2,105.19	2,224.24	2,248.23
240	250404	14	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	14	5.62	15.24	15.05	15.03	7.63	7.74	451.80	2,105.19	2,211.87	2,246.39

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width" (cm)	Length" (cm)	Height (cm)	Wt after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
241	250404	19	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	14	5.62	15.28	15.04	15.04	7.62	7.70	452.10	2,105.19	2,204.92	2,227.78
242	250404	5	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	28	5.62	14.97	15.15	15.15	7.58	7.69	498.00	2,105.19	2,204.92	2,239.26
243	250404	10	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	28	5.62	15.16	15.07	15.18	7.50	7.59	452.50	2,105.19	2,163.76	2,188.84
244	250404	15	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	28	5.62	15.15	14.98	15.14	7.53	7.65	440.20	2,105.19	2,190.64	2,227.31
245	250404	20	357.10	142.84	1,199.87	799.91	28.5	31.0	0.0	28	5.62	15.36	15.06	15.00	7.61	7.75	484.60	2,105.19	2,192.04	2,232.97
246	250405	1	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	1	5.9	15.30	15.04	14.97	7.76	7.76	368.10	2,159.35	2,253.56	2,253.56
247	250405	6	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	1	5.9	15.00	15.04	14.98	7.48	7.48	320.30	2,159.35	2,212.17	2,212.17
248	250405	11	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	1	5.9	15.17	15.04	14.99	7.80	7.80	424.40	2,159.35	2,281.82	2,281.82
249	250405	16	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	1	5.9	15.07	14.99	15.00	7.66	7.66	385.70	2,159.35	2,261.48	2,261.48
250	250405	2	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	3	5.9	15.06	15.02	15.01	7.67	7.71	497.60	2,159.35	2,259.02	2,271.39
251	250405	7	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	3	5.9	15.04	15.20	15.04	7.60	7.63	423.10	2,159.35	2,208.96	2,218.27
252	250405	12	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	3	5.9	14.97	14.97	15.02	7.60	7.64	451.80	2,159.35	2,256.69	2,268.27
253	250405	17	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	3	5.9	15.14	14.98	15.04	7.74	7.77	461.20	2,159.35	2,269.11	2,278.78
254	250405	3	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	7	5.9	15.00	15.01	15.04	7.57	7.64	511.00	2,159.35	2,236.39	2,257.07
255	250405	8	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	7	5.9	14.94	14.99	15.03	7.57	7.63	543.70	2,159.35	2,249.27	2,266.50
256	250405	13	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	7	5.9	15.06	15.00	15.03	7.59	7.64	492.80	2,159.35	2,236.34	2,250.48
257	250405	18	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	7	5.9	15.19	14.98	15.03	7.51	7.58	443.70	2,159.35	2,195.31	2,217.53
258	250405	4	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	14	5.9	15.04	15.07	14.98	7.62	7.68	547.70	2,159.35	2,245.19	2,261.68
259	250405	9	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	14	5.9	15.00	14.97	15.00	7.57	7.62	541.20	2,159.35	2,246.57	2,261.71
260	250405	14	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	14	5.9	15.06	15.07	15.07	7.58	7.63	540.70	2,159.35	2,215.95	2,231.16
261	250405	19	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	14	5.9	15.10	15.00	15.03	7.59	7.64	495.10	2,159.35	2,230.12	2,244.22
262	250405	5	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	28	5.9	15.08	15.03	15.02	7.62	7.72	587.80	2,159.35	2,238.92	2,267.71
263	250405	10	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	28	5.9	15.02	15.07	15.01	7.58	7.66	570.90	2,159.35	2,229.56	2,255.75
264	250405	15	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	28	5.9	15.10	15.00	14.97	7.69	7.77	599.40	2,159.35	2,266.79	2,291.56
265	250405	20	354.01	141.61	991.24	991.24	25.5	29.5	8.5	28	5.9	15.19	14.98	15.03	7.70	7.77	559.50	2,159.35	2,251.74	2,272.79
266	250406	1	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	1	6.3	15.22	15.02	15.03	7.09	7.09	221.60	2,093.79	2,063.49	2,063.49
267	250406	6	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	1	6.3	15.20	14.97	15.12	7.05	7.05	205.00	2,093.79	2,049.43	2,049.43
268	250406	11	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	1	6.3	15.05	15.21	15.01	7.17	7.17	238.70	2,093.79	2,087.34	2,087.34
269	250406	16	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	1	6.3	15.06	15.15	15.04	7.16	7.16	241.60	2,093.79	2,085.96	2,085.96
270	250406	2	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	3	6.3	15.03	15.25	15.10	7.24	7.43	234.70	2,093.79	2,090.71	2,146.76
271	250406	7	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	3	6.3	14.99	15.25	15.13	7.27	7.49	279.60	2,093.79	2,101.67	2,165.57
272	250406	12	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	3	6.3	15.09	15.20	14.99	7.15	7.35	251.70	2,093.79	2,078.69	2,136.86
273	250406	17	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	3	6.3	15.01	15.34	15.06	7.19	7.46	271.30	2,093.79	2,073.47	2,149.89
274	250406	3	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	7	6.3	14.96	15.00	15.04	7.22	7.29	300.80	2,093.79	2,138.09	2,159.13
275	250406	8	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	7	6.3	15.10	15.20	14.99	7.18	7.25	283.60	2,093.79	2,087.78	2,106.38
276	250406	13	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	7	6.3	15.17	15.26	14.87	7.33	7.37	317.70	2,093.79	2,128.22	2,139.84
277	250406	18	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	7	6.3	15.00	15.40	15.14	7.25	7.34	288.10	2,093.79	2,071.57	2,099.31
278	250406	4	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	14	6.3	15.06	15.10	14.97	7.40	7.60	340.60	2,093.79	2,172.27	2,232.79
279	250406	9	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	14	6.3	14.95	15.18	15.16	7.21	7.49	308.40	2,093.79	2,096.83	2,177.06
280	250406	14	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	14	6.3	15.06	15.20	15.05	7.30	7.57	319.30	2,093.79	2,118.07	2,196.15

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
281	250406	19	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	14	6.3	15.22	15.00	15.00	7.25	7.52	302.90	2,093.79	2,118.27	2,195.36
282	250406	5	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	28	6.3	15.08	15.09	14.98	7.20	7.39	331.50	2,093.79	2,112.18	2,168.21
283	250406	10	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	28	6.3	15.04	15.06	15.00	7.25	7.45	314.70	2,093.79	2,133.31	2,192.77
284	250406	15	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	28	6.3	15.02	15.09	15.05	7.32	7.51	368.10	2,093.79	2,146.52	2,201.92
285	250406	20	350.98	140.39	786.19	1,179.29	26.0	30.0	0.0	28	6.3	15.00	15.21	15.08	7.21	7.44	309.40	2,093.79	2,095.92	2,162.77
286	250504	1	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	1	-	15.10	15.31	14.99	8.28	8.28	445.00	2,404.50	2,388.76	2,388.76
287	250504	6	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	1	-	15.02	15.43	15.07	8.34	8.34	445.10	2,404.50	2,387.90	2,387.90
288	250504	11	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	1	-	15.04	15.20	15.00	8.21	8.21	425.40	2,404.50	2,395.08	2,395.08
289	250504	16	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	1	-	15.00	15.23	15.06	8.25	8.25	420.10	2,404.50	2,397.07	2,397.07
290	250504	2	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	3	-	15.04	15.18	15.00	8.25	8.32	717.30	2,404.50	2,408.74	2,429.48
291	250504	7	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	3	-	15.08	15.16	15.12	8.20	8.26	667.80	2,404.50	2,370.81	2,390.48
292	250504	12	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	3	-	15.04	15.29	15.03	8.34	8.40	668.20	2,404.50	2,411.52	2,430.91
293	250504	17	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	3	-	15.05	15.31	14.99	8.28	8.36	723.70	2,404.50	2,398.43	2,419.27
294	250504	3	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	7	-	14.98	15.32	15.05	8.24	8.33	872.50	2,404.50	2,384.86	2,411.78
295	250504	8	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	7	-	15.00	15.27	15.09	8.26	8.34	831.60	2,404.50	2,388.35	2,413.81
296	250504	13	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	7	-	15.01	15.19	15.02	8.25	8.35	867.90	2,404.50	2,409.92	2,436.79
297	250504	18	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	7	-	15.04	15.30	15.02	8.32	8.42	905.70	2,404.50	2,408.08	2,435.56
298	250504	4	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	14	-	15.00	15.23	15.01	8.26	8.35	1,065.90	2,404.50	2,407.97	2,434.80
299	250504	9	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	14	-	15.04	15.37	15.04	8.33	8.41	1,019.00	2,404.50	2,394.79	2,418.66
300	250504	14	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	14	-	15.01	15.10	15.10	8.22	8.31	935.40	2,404.50	2,402.09	2,427.22
301	250504	19	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	14	-	15.04	15.00	15.00	8.18	8.27	973.40	2,404.50	2,418.14	2,444.15
302	250504	5	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	28	-	15.00	15.04	15.00	8.19	8.30	1,077.40	2,404.50	2,420.51	2,452.13
303	250504	10	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	28	-	15.00	15.00	15.02	8.24	8.34	935.50	2,404.50	2,437.34	2,469.00
304	250504	15	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	28	-	15.02	15.13	15.00	8.17	8.28	1,038.10	2,404.50	2,395.87	2,428.43
305	250504	20	327.86	163.93	1,180.30	786.87	20.5	23.0	0.5	28	-	15.00	15.13	15.05	8.24	8.35	970.30	2,404.50	2,413.05	2,445.25
306	250505	1	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	1	1.81	15.08	15.23	15.07	8.10	8.10	411.10	2,394.67	2,339.43	2,339.43
307	250505	6	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	1	1.81	14.98	15.19	15.03	8.09	8.09	363.70	2,394.67	2,364.02	2,364.02
308	250505	11	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	1	1.81	15.00	15.05	15.04	8.02	8.02	372.30	2,394.67	2,360.92	2,360.92
309	250505	16	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	1	1.81	15.00	15.14	15.04	8.06	8.06	373.30	2,394.67	2,358.31	2,358.31
310	250505	21	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	1	1.81	14.95	15.22	15.02	8.13	8.13	388.20	2,394.67	2,377.67	2,377.67
311	250505	2	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	3	1.81	15.00	15.28	15.02	8.09	8.11	572.00	2,394.67	2,349.98	2,356.37
312	250505	7	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	3	1.81	15.10	15.16	15.00	7.99	8.01	554.80	2,394.67	2,326.62	2,331.86
313	250505	12	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	3	1.81	15.00	15.32	15.01	8.06	8.07	532.50	2,394.67	2,336.13	2,340.19
314	250505	17	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	3	1.81	15.08	15.20	15.00	7.94	7.96	548.30	2,394.67	2,310.48	2,314.85
315	250505	22	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	3	1.81	15.00	15.30	15.04	7.99	8.02	498.60	2,394.67	2,315.10	2,322.06
316	250505	3	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	7	1.81	15.08	15.17	14.98	8.03	8.06	628.90	2,394.67	2,343.82	2,351.70
317	250505	8	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	7	1.81	15.10	15.24	15.04	7.85	7.88	568.50	2,394.67	2,269.24	2,277.91
318	250505	13	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	7	1.81	15.00	15.04	15.03	7.83	7.86	581.00	2,394.67	2,310.39	2,317.17
319	250505	18	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	7	1.81	14.98	15.23	15.00	7.85	7.87	596.50	2,394.67	2,293.57	2,300.87
320	250505	23	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	7	1.81	15.07	15.14	15.00	7.93	7.95	578.90	2,394.67	2,315.92	2,324.10

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
321	250505	4	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	14	1.81	14.96	15.20	15.04	8.13	8.14	774.80	2,394.67	2,377.50	2,381.01
322	250505	9	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	14	1.81	15.08	15.28	15.00	8.09	8.09	738.50	2,394.67	2,339.18	2,340.63
323	250505	14	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	14	1.81	15.00	15.20	15.04	8.10	8.11	757.40	2,394.67	2,361.83	2,365.62
324	250505	19	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	14	1.81	14.96	15.14	15.02	8.06	8.07	760.00	2,394.67	2,368.06	2,372.47
325	250505	24	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	14	1.81	15.00	15.30	15.00	8.14	8.16	770.60	2,394.67	2,365.72	2,370.66
326	250505	5	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	28	1.81	15.00	15.18	15.04	8.16	8.19	870.20	2,394.67	2,383.05	2,392.39
327	250505	10	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	28	1.81	15.00	15.23	15.03	8.11	8.14	799.40	2,394.67	2,360.79	2,369.81
328	250505	15	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	28	1.81	15.00	15.34	15.08	8.00	8.04	712.10	2,394.67	2,306.40	2,317.06
329	250505	20	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	28	1.81	14.99	15.28	15.06	8.02	8.06	724.70	2,394.67	2,326.17	2,337.18
330	250505	25	325.07	162.54	975.21	975.21	29.5	31.0	0.3	28	1.81	15.00	15.10	15.04	8.05	8.09	809.70	2,394.67	2,361.91	2,373.36
331	250506	1	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	1	0	14.97	15.13	15.09	7.56	7.56	307.10	2,085.23	2,210.76	2,210.76
332	250506	6	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	1	0	15.04	15.04	15.02	7.54	7.54	285.00	2,085.23	2,218.36	2,218.36
333	250506	11	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	1	0	15.11	15.19	14.99	7.45	7.45	276.40	2,085.23	2,164.50	2,164.50
334	250506	16	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	1	0	15.00	15.08	15.06	7.52	7.52	266.50	2,085.23	2,208.08	2,208.08
335	250506	2	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	3	0	15.00	15.09	15.06	7.38	7.53	320.60	2,085.23	2,164.38	2,210.14
336	250506	7	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	3	0	15.04	15.11	15.07	7.67	7.73	367.30	2,085.23	2,239.01	2,258.28
337	250506	12	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	3	0	15.02	15.28	15.01	7.45	7.60	316.60	2,085.23	2,161.76	2,205.88
338	250506	17	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	3	0	15.00	15.10	15.09	7.43	7.56	346.40	2,085.23	2,174.44	2,210.43
339	250506	3	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	7	0	15.08	15.27	15.00	7.65	7.73	402.40	2,085.23	2,215.93	2,237.94
340	250506	8	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	7	0	15.02	15.25	15.05	7.56	7.62	429.20	2,085.23	2,192.74	2,209.57
341	250506	13	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	7	0	15.06	15.14	15.00	7.35	7.45	365.50	2,085.23	2,149.92	2,178.87
342	250506	18	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	7	0	15.02	15.04	15.06	7.51	7.60	395.00	2,085.23	2,207.48	2,233.35
343	250506	4	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	14	0	15.00	15.10	15.03	7.42	7.55	384.70	2,085.23	2,180.77	2,218.37
344	250506	9	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	14	0	15.06	15.00	15.04	7.42	7.54	388.10	2,085.23	2,183.05	2,219.84
345	250506	14	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	14	0	15.00	15.24	15.08	7.59	7.73	403.40	2,085.23	2,202.60	2,242.92
346	250506	19	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	14	0	15.10	15.05	14.96	7.64	7.75	442.30	2,085.23	2,247.23	2,280.18
347	250506	5	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	28	0	15.07	15.14	15.00	7.53	7.63	487.60	2,085.23	2,201.38	2,228.56
348	250506	10	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	28	0	15.14	14.99	15.06	7.61	7.68	530.10	2,085.23	2,225.96	2,247.61
349	250506	15	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	28	0	15.06	15.01	15.01	7.45	7.54	414.90	2,085.23	2,194.51	2,221.33
350	250506	20	322.33	161.16	773.58	1,160.38	27.0	29.5	0.0	28	0	15.00	15.06	15.06	7.60	7.67	513.80	2,085.23	2,233.65	2,253.34
351	250604	1	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	1	-	15.06	15.08	15.00	8.18	8.18	296.00	2,407.35	2,401.24	2,401.24
352	250604	6	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	1	-	15.00	15.20	15.08	8.21	8.21	292.20	2,407.35	2,388.43	2,388.43
353	250604	11	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	1	-	15.04	15.36	15.05	8.26	8.26	285.50	2,407.35	2,375.20	2,375.20
354	250604	16	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	1	-	15.05	15.34	14.99	8.25	8.25	295.00	2,407.35	2,384.49	2,384.49
355	250604	2	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	3	-	15.00	15.22	15.06	8.26	8.34	492.90	2,407.35	2,403.00	2,425.40
356	250604	7	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	3	-	15.07	15.30	14.99	8.27	8.35	534.30	2,407.35	2,392.47	2,415.33
357	250604	12	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	3	-	15.00	15.16	15.10	8.27	8.34	522.20	2,407.35	2,408.45	2,427.67
358	250604	17	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	3	-	15.04	15.19	15.09	8.25	8.34	514.70	2,407.35	2,392.80	2,418.62
359	250604	3	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	7	-	15.02	15.35	15.15	8.26	8.37	710.20	2,407.35	2,364.20	2,396.26
360	250604	8	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	7	-	14.93	15.19	15.10	8.11	8.21	646.10	2,407.35	2,366.78	2,398.61

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width" (cm)	Length" (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
361	250604	13	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	7	-	15.08	15.27	15.03	8.23	8.34	677.10	2,407.35	2,376.78	2,408.85
362	250604	18	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	7	-	15.00	15.13	15.12	8.13	8.25	674.20	2,407.35	2,369.53	2,405.08
363	250604	4	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	14	-	14.93	15.30	15.11	8.25	8.35	806.30	2,407.35	2,389.06	2,419.77
364	250604	9	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	14	-	15.04	15.15	15.02	8.19	8.30	774.80	2,407.35	2,393.94	2,424.62
365	250604	14	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	14	-	15.02	15.00	15.06	8.15	8.25	770.20	2,407.35	2,402.88	2,431.46
366	250604	19	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	14	-	14.98	14.91	15.04	8.10	8.20	749.90	2,407.35	2,410.09	2,440.75
367	250604	5	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	28	-	15.04	15.48	15.00	8.26	8.38	832.50	2,407.35	2,365.78	2,400.72
368	250604	10	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	28	-	15.07	15.20	15.00	8.09	8.22	782.00	2,407.35	2,355.38	2,393.51
369	250604	15	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	28	-	15.04	15.28	15.00	8.11	8.24	832.70	2,407.35	2,352.66	2,390.08
370	250604	20	303.04	181.83	1,163.69	775.79	20.5	22.5	0.4	28	-	14.99	15.09	15.09	8.12	8.25	842.30	2,407.35	2,379.19	2,415.52
371	250605	1	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	1	1.8	15.10	15.12	15.02	8.03	8.03	365.90	2,371.29	2,341.91	2,341.91
372	250605	6	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	1	1.8	15.00	15.25	15.04	8.11	8.11	355.00	2,371.29	2,356.99	2,356.99
373	250605	11	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	1	1.8	15.00	15.19	15.04	8.14	8.14	367.40	2,371.29	2,375.64	2,375.64
374	250605	16	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	1	1.8	15.12	15.21	15.00	8.18	8.18	394.20	2,371.29	2,370.40	2,370.40
375	250605	21	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	1	1.8	15.13	15.24	15.01	8.18	8.18	367.20	2,371.29	2,363.17	2,363.17
376	250605	2	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	3	1.8	15.00	15.18	15.06	8.05	8.08	574.10	2,371.29	2,346.05	2,357.14
377	250605	7	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	3	1.8	14.97	15.30	15.02	8.12	8.16	610.40	2,371.29	2,359.75	2,371.96
378	250605	12	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	3	1.8	15.10	15.19	14.98	8.12	8.16	601.20	2,371.29	2,362.08	2,374.02
379	250605	17	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	3	1.8	15.04	15.16	15.04	8.09	8.13	562.60	2,371.29	2,358.26	2,369.35
380	250605	22	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	3	1.8	15.13	15.19	15.00	8.13	8.17	581.70	2,371.29	2,358.32	2,371.08
381	250605	3	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	7	1.8	15.10	15.10	15.00	8.06	8.12	672.50	2,371.29	2,356.91	2,375.04
382	250605	8	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	7	1.8	15.00	15.13	15.04	8.05	8.10	680.60	2,371.29	2,359.28	2,373.05
383	250605	13	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	7	1.8	15.00	15.20	15.08	8.12	8.16	680.60	2,371.29	2,360.22	2,374.47
384	250605	18	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	7	1.8	15.00	15.20	15.08	8.14	8.21	681.50	2,371.29	2,367.20	2,386.40
385	250605	23	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	7	1.8	15.04	15.30	15.02	8.18	8.25	673.10	2,371.29	2,365.55	2,385.80
386	250605	4	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	14	1.8	15.09	15.00	15.04	8.01	8.08	776.20	2,371.29	2,352.32	2,374.64
387	250605	9	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	14	1.8	15.02	15.07	15.03	8.01	8.09	798.30	2,371.29	2,354.16	2,377.38
388	250605	14	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	14	1.8	15.06	15.13	15.00	8.08	8.15	815.20	2,371.29	2,364.34	2,384.53
389	250605	19	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	14	1.8	15.08	15.31	14.96	8.15	8.22	786.10	2,371.29	2,360.53	2,381.09
390	250605	24	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	14	1.8	15.00	15.46	15.08	8.16	8.23	752.80	2,371.29	2,333.68	2,354.55
391	250605	5	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	28	1.8	14.98	15.24	15.04	8.04	8.12	843.30	2,371.29	2,340.43	2,366.06
392	250605	10	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	28	1.8	15.05	15.14	14.95	8.06	8.15	902.80	2,371.29	2,365.50	2,391.63
393	250605	15	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	28	1.8	15.04	15.15	14.98	8.06	8.15	827.30	2,371.29	2,361.95	2,386.27
394	250605	20	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	28	1.8	15.12	15.16	14.99	8.11	8.20	846.90	2,371.29	2,361.18	2,385.33
395	250605	25	300.50	180.30	961.60	961.60	22.5	23.5	0.7	28	1.8	15.05	15.37	15.02	8.14	8.23	835.30	2,371.29	2,343.42	2,368.46
396	250606	1	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	1	-	15.00	15.19	15.00	7.91	7.91	248.30	2,264.82	2,313.80	2,313.80
397	250606	6	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	1	-	15.04	15.16	15.00	7.93	7.93	247.80	2,264.82	2,318.94	2,318.94
398	250606	11	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	1	-	15.00	15.08	15.02	7.82	7.82	258.40	2,264.82	2,302.56	2,302.56
399	250606	16	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	1	-	15.01	15.05	14.97	7.87	7.87	259.20	2,264.82	2,326.03	2,326.03
400	250606	2	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	3	-	15.00	15.01	15.06	7.90	7.96	435.90	2,264.82	2,329.86	2,346.08

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt. before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
401	250606	7	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	3	-	15.03	15.31	14.99	7.98	8.03	441.80	2,264.82	2,312.04	2,327.69
402	250606	12	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	3	-	14.95	15.10	15.04	7.84	7.90	414.80	2,264.82	2,307.67	2,326.52
403	250606	17	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	3	-	15.06	15.04	14.97	7.89	7.96	432.20	2,264.82	2,326.04	2,347.57
404	250606	3	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	7	-	14.99	15.22	15.14	8.00	8.09	553.20	2,264.82	2,315.47	2,342.68
405	250606	8	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	7	-	15.00	15.00	15.05	7.86	7.95	549.70	2,264.82	2,319.68	2,347.43
406	250606	13	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	7	-	15.00	15.16	15.13	7.99	8.09	560.80	2,264.82	2,323.17	2,351.36
407	250606	18	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	7	-	15.00	15.10	15.08	7.88	7.99	530.90	2,264.82	2,307.93	2,339.84
408	250606	4	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	14	-	14.97	14.98	15.09	7.84	7.91	627.50	2,264.82	2,317.12	2,338.69
409	250606	9	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	14	-	15.05	15.03	14.99	7.72	7.80	586.00	2,264.82	2,277.66	2,299.19
410	250606	14	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	14	-	15.06	15.04	14.98	7.86	7.94	625.60	2,264.82	2,317.41	2,341.29
411	250606	19	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	14	-	15.03	15.12	14.99	7.91	8.00	650.60	2,264.82	2,322.01	2,349.31
412	250606	5	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	28	-	15.00	15.08	14.99	7.83	7.94	660.20	2,264.82	2,309.53	2,340.49
413	250606	10	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	28	-	15.04	15.10	15.00	7.90	8.00	684.90	2,264.82	2,319.35	2,348.12
414	250606	15	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	28	-	15.01	15.16	15.00	7.94	8.04	686.60	2,264.82	2,325.33	2,356.10
415	250606	20	298.00	178.80	762.88	1,144.32	20.5	24.0	0.2	28	-	15.04	15.20	14.99	8.02	8.12	695.60	2,264.82	2,338.89	2,370.70
416	250704	1	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	1	0.87	15.39	15.08	15.00	8.21	8.21	318.90	2,390.25	2,357.51	2,357.51
417	250704	6	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	1	0.87	15.10	15.09	14.98	8.21	8.21	315.60	2,390.25	2,406.16	2,406.16
418	250704	11	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	1	0.87	15.11	15.25	14.97	8.23	8.23	318.00	2,390.25	2,385.27	2,385.27
419	250704	16	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	1	0.87	15.20	15.03	15.04	8.24	8.24	297.40	2,390.25	2,398.44	2,398.44
420	250704	2	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	3	0.87	15.05	15.19	15.05	8.19	8.27	435.50	2,390.25	2,380.42	2,402.22
421	250704	7	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	3	0.87	15.03	15.22	14.99	8.26	8.33	441.50	2,390.25	2,409.11	2,429.82
422	250704	12	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	3	0.87	14.99	15.21	15.04	8.26	8.32	449.30	2,390.25	2,408.22	2,427.18
423	250704	17	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	3	0.87	15.06	15.08	15.00	8.24	8.30	432.50	2,390.25	2,418.27	2,437.64
424	250704	3	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	7	0.87	15.00	15.24	15.09	8.20	8.20	585.10	2,390.25	2,377.68	2,375.95
425	250704	8	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	7	0.87	14.98	15.15	15.05	8.26	8.26	598.80	2,390.25	2,419.52	2,417.47
426	250704	13	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	7	0.87	14.99	15.30	15.03	8.32	8.31	574.20	2,390.25	2,413.05	2,411.60
427	250704	18	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	7	0.87	15.05	15.14	14.96	8.21	8.22	558.70	2,390.25	2,408.22	2,411.15
428	250704	4	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	14	0.87	15.03	15.30	14.99	8.28	8.37	668.70	2,390.25	2,402.61	2,426.98
429	250704	9	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	14	0.87	15.03	15.33	15.02	8.29	8.37	676.50	2,390.25	2,393.99	2,417.97
430	250704	14	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	14	0.87	15.23	15.04	14.96	8.18	8.25	618.50	2,390.25	2,385.66	2,408.13
431	250704	19	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	14	0.87	15.19	15.00	15.02	8.26	8.35	617.70	2,390.25	2,413.87	2,439.00
432	250704	5	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	28	0.87	14.98	15.32	15.07	8.24	8.31	696.00	2,390.25	2,381.11	2,403.95
433	250704	10	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	28	0.87	15.36	15.02	15.02	8.26	8.32	687.50	2,390.25	2,383.69	2,400.13
434	250704	15	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	28	0.87	15.38	15.04	14.96	8.24	8.32	686.00	2,390.25	2,381.75	2,402.85
435	250704	20	281.72	197.20	1,149.42	766.28	26.5	30.0	7.4	28	0.87	15.01	15.35	14.97	8.24	8.32	680.00	2,390.25	2,387.55	2,410.75
436	250705	1	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	1	1.85	14.97	15.00	15.03	7.93	7.93	313.70	2,358.89	2,348.16	2,348.16
437	250705	6	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	1	1.85	14.99	15.20	15.00	8.07	8.07	339.30	2,358.89	2,360.05	2,360.05
438	250705	11	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	1	1.85	15.18	14.99	14.98	8.03	8.03	317.20	2,358.89	2,354.88	2,354.88
439	250705	16	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	1	1.85	14.97	15.43	15.00	8.12	8.12	343.60	2,358.89	2,342.70	2,342.70
440	250705	2	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	3	1.85	14.99	15.03	14.98	7.98	8.05	476.70	2,358.89	2,365.34	2,384.30

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
441	250705	7	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	3	1.85	15.02	15.20	14.97	8.07	8.13	482.80	2,358.89	2,362.11	2,377.91
442	250705	12	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	3	1.85	15.02	15.24	15.07	8.05	8.10	497.00	2,358.89	2,332.16	2,347.23
443	250705	17	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	3	1.85	15.05	15.17	15.00	8.06	8.13	500.90	2,358.89	2,353.25	2,373.10
444	250705	3	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	7	1.85	15.00	15.15	15.02	8.08	8.16	560.00	2,358.89	2,367.51	2,391.82
445	250705	8	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	7	1.85	15.13	15.00	15.00	8.05	8.13	607.60	2,358.89	2,364.40	2,388.48
446	250705	13	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	7	1.85	15.08	15.12	15.00	8.15	8.23	595.50	2,358.89	2,383.23	2,406.04
447	250705	18	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	7	1.85	15.02	15.05	14.95	8.08	8.19	578.50	2,358.89	2,392.10	2,421.98
448	250705	4	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	14	1.85	14.98	15.31	15.04	8.16	8.25	636.20	2,358.89	2,365.10	2,390.61
449	250705	9	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	14	1.85	15.04	15.14	15.06	8.11	8.19	676.40	2,358.89	2,365.83	2,389.15
450	250705	14	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	14	1.85	14.97	15.09	15.02	8.06	8.15	684.10	2,358.89	2,374.61	2,402.02
451	250705	19	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	14	1.85	14.98	15.32	15.07	8.07	8.17	660.10	2,358.89	2,332.82	2,360.87
452	250705	5	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	28	1.85	15.17	14.99	15.04	8.11	8.19	704.70	2,358.89	2,371.59	2,394.10
453	250705	10	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	28	1.85	15.04	15.19	14.98	8.03	8.12	726.10	2,358.89	2,346.38	2,371.22
454	250705	15	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	28	1.85	15.01	15.27	15.03	8.14	8.23	707.40	2,358.89	2,363.48	2,387.87
455	250705	20	279.39	195.57	949.91	949.91	25.0	27.0	3.9	28	1.85	15.04	15.17	14.99	8.09	8.18	708.70	2,358.89	2,364.86	2,390.89
456	250706	1	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	1	2.75	15.01	15.08	15.06	7.91	7.91	251.20	2,294.75	2,319.56	2,319.56
457	250706	6	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	1	2.75	15.00	15.16	15.03	7.93	7.93	257.70	2,294.75	2,319.61	2,319.61
458	250706	11	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	1	2.75	15.00	15.14	15.00	7.92	7.92	258.00	2,294.75	2,324.38	2,324.38
459	250706	16	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	1	2.75	15.03	15.00	15.02	7.87	7.87	255.80	2,294.75	2,324.39	2,324.39
460	250706	2	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	3	2.75	15.24	15.04	15.01	7.95	8.01	370.80	2,294.75	2,311.92	2,327.32
461	250706	7	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	3	2.75	15.22	15.06	14.98	7.97	8.03	379.90	2,294.75	2,321.75	2,338.06
462	250706	12	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	3	2.75	14.97	15.05	15.04	7.91	7.97	374.70	2,294.75	2,335.55	2,351.79
463	250706	17	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	3	2.75	14.97	15.22	15.04	7.98	8.04	381.10	2,294.75	2,328.14	2,345.94
464	250706	3	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	7	2.75	15.40	15.13	14.99	8.04	8.02	482.30	2,294.75	2,300.51	2,295.36
465	250706	8	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	7	2.75	15.04	15.34	14.97	7.96	7.95	462.30	2,294.75	2,304.14	2,300.67
466	250706	13	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	7	2.75	15.09	14.98	15.06	7.96	7.96	459.30	2,294.75	2,337.64	2,337.35
467	250706	18	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	7	2.75	15.12	15.00	15.05	7.93	7.93	497.90	2,294.75	2,322.07	2,322.65
468	250706	4	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	14	2.75	15.09	15.17	14.98	7.98	8.07	552.20	2,294.75	2,326.52	2,353.06
469	250706	9	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	14	2.75	15.07	15.22	14.95	7.91	8.00	562.80	2,294.75	2,307.95	2,332.45
470	250706	14	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	14	2.75	14.98	15.06	15.03	7.84	7.92	562.20	2,294.75	2,313.06	2,336.36
471	250706	19	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	14	2.75	15.06	15.20	14.99	7.90	7.98	568.40	2,294.75	2,302.27	2,325.59
472	250706	5	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	28	2.75	15.10	15.00	15.01	7.86	7.94	628.20	2,294.75	2,312.51	2,335.75
473	250706	10	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	28	2.75	15.06	15.16	14.98	7.87	7.95	587.70	2,294.75	2,299.95	2,323.05
474	250706	15	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	28	2.75	15.13	15.05	14.98	7.93	8.00	563.10	2,294.75	2,323.34	2,346.50
475	250706	20	277.09	193.96	753.68	1,130.52	26.5	30.0	1.1	28	2.75	15.09	15.19	14.99	7.96	8.05	625.20	2,294.75	2,317.25	2,342.28
476	250804	1	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	1	0.49	15.18	15.05	15.04	8.12	8.12	243.20	2,378.85	2,362.03	2,362.03
477	250804	6	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	1	0.49	15.18	15.09	14.95	8.13	8.13	250.20	2,378.85	2,374.04	2,374.04
478	250804	11	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	1	0.49	15.10	15.10	14.91	8.05	8.05	251.60	2,378.85	2,366.73	2,366.73
479	250804	16	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	1	0.49	14.96	15.10	15.06	8.11	8.11	234.50	2,378.85	2,383.01	2,383.01
480	250804	2	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	3	0.49	15.11	15.06	14.99	8.07	8.11	345.30	2,378.85	2,366.12	2,376.96

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
481	250804	7	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	3	0.49	15.11	15.01	15.05	8.12	8.15	310.90	2,378.85	2,378.30	2,387.97
482	250804	12	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	3	0.49	15.00	15.08	15.00	8.06	8.09	350.80	2,378.85	2,375.18	2,383.14
483	250804	17	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	3	0.49	15.08	15.03	15.02	8.05	8.08	368.40	2,378.85	2,364.64	2,373.16
484	250804	3	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	7	0.49	15.05	15.08	14.96	8.02	8.08	412.90	2,378.85	2,362.14	2,380.10
485	250804	8	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	7	0.49	15.19	15.04	14.98	8.05	8.10	455.00	2,378.85	2,351.64	2,367.71
486	250804	13	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	7	0.49	15.09	15.01	15.04	8.07	8.13	468.50	2,378.85	2,370.12	2,387.74
487	250804	18	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	7	0.49	15.05	15.00	15.09	8.08	8.13	490.10	2,378.85	2,371.60	2,386.86
488	250804	4	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	14	0.49	15.08	15.03	15.02	8.03	8.05	472.60	2,378.85	2,358.47	2,365.23
489	250804	9	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	14	0.49	15.25	15.00	15.02	8.12	8.14	494.30	2,378.85	2,362.46	2,370.03
490	250804	14	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	14	0.49	15.04	15.04	15.02	8.07	8.09	515.50	2,378.85	2,375.24	2,381.72
491	250804	19	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	14	0.49	15.06	15.07	15.09	8.04	8.07	522.90	2,378.85	2,346.16	2,355.22
492	250804	5	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	28	0.49	15.00	14.97	15.10	8.01	8.11	522.60	2,378.85	2,361.16	2,391.83
493	250804	10	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	28	0.49	15.00	14.89	15.00	8.05	8.13	577.60	2,378.85	2,401.91	2,427.88
494	250804	15	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	28	0.49	15.00	15.12	15.00	8.01	8.10	600.60	2,378.85	2,355.67	2,380.07
495	250804	20	263.20	210.56	1,137.03	758.02	26.0	28.0	15.6	28	0.49	15.05	15.07	14.98	8.05	8.13	577.10	2,378.85	2,369.08	2,393.51
496	250805	1	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	1	1.25	14.98	14.97	15.02	7.99	7.99	219.10	2,333.24	2,371.56	2,371.56
497	250805	6	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	1	1.25	15.11	15.02	14.97	7.94	7.94	225.00	2,333.24	2,337.32	2,337.32
498	250805	11	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	1	1.25	15.16	15.04	14.98	8.02	8.02	226.90	2,333.24	2,348.09	2,348.09
499	250805	16	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	1	1.25	14.96	15.08	14.98	7.99	7.99	227.00	2,333.24	2,364.00	2,364.00
500	250805	2	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	3	1.25	15.00	15.20	15.00	8.01	8.04	338.30	2,333.24	2,340.64	2,350.88
501	250805	7	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	3	1.25	14.99	15.26	15.04	8.02	8.06	361.20	2,333.24	2,331.73	2,341.91
502	250805	12	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	3	1.25	15.05	15.28	14.97	8.02	8.05	365.80	2,333.24	2,329.37	2,338.67
503	250805	17	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	3	1.25	15.04	15.20	14.98	8.09	8.13	364.60	2,333.24	2,360.90	2,374.91
504	250805	3	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	7	1.25	14.97	14.94	15.00	7.92	7.99	445.10	2,333.24	2,361.11	2,380.49
505	250805	8	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	7	1.25	15.08	15.05	14.98	7.97	8.03	465.10	2,333.24	2,343.10	2,361.63
506	250805	13	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	7	1.25	15.03	15.10	14.97	7.90	7.97	434.60	2,333.24	2,326.43	2,346.15
507	250805	18	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	7	1.25	15.00	15.13	15.06	7.90	7.97	436.70	2,333.24	2,311.09	2,333.03
508	250805	4	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	14	1.25	15.03	15.09	15.02	7.97	8.02	504.60	2,333.24	2,338.42	2,353.39
509	250805	9	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	14	1.25	15.21	15.02	14.97	7.96	8.00	505.50	2,333.24	2,326.93	2,340.38
510	250805	14	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	14	1.25	15.00	15.04	14.95	7.97	8.03	501.40	2,333.24	2,363.67	2,380.87
511	250805	19	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	14	1.25	15.00	15.09	15.04	7.99	8.04	515.60	2,333.24	2,347.03	2,360.54
512	250805	5	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	28	1.25	14.99	14.95	15.00	7.93	8.10	563.20	2,333.24	2,357.87	2,409.63
513	250805	10	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	28	1.25	15.00	15.07	14.98	8.00	8.02	562.40	2,333.24	2,362.21	2,368.12
514	250805	15	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	28	1.25	15.02	15.20	14.92	8.00	8.11	570.00	2,333.24	2,349.47	2,381.47
515	250805	20	261.04	208.83	939.75	939.75	26.0	29.5	11.0	28	1.25	15.00	15.00	15.03	7.95	8.05	527.80	2,333.24	2,351.45	2,381.61
516	250806	1	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	1	0	15.00	15.00	15.04	7.79	7.79	164.20	2,293.33	2,302.90	2,302.90
517	250806	6	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	1	0	15.05	15.00	15.07	7.83	7.83	173.80	2,293.33	2,302.14	2,302.14
518	250806	11	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	1	0	15.10	15.04	15.03	7.81	7.81	165.00	2,293.33	2,289.23	2,289.23
519	250806	16	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	1	0	15.05	15.04	15.00	7.83	7.83	165.60	2,293.33	2,307.03	2,307.03
520	250806	2	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	3	0	15.00	15.08	15.03	7.74	7.75	269.40	2,293.33	2,275.73	2,279.26

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
521	250806	7	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	3	0	15.07	15.04	15.03	7.82	7.84	274.00	2,293.33	2,294.38	2,302.59
522	250806	12	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	3	0	15.05	15.03	15.03	7.83	7.86	284.80	2,293.33	2,302.48	2,311.60
523	250806	17	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	3	0	15.10	15.04	15.05	7.85	7.88	287.90	2,293.33	2,296.14	2,306.67
524	250806	3	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	7	0	15.04	15.09	15.04	7.83	7.89	355.70	2,293.33	2,294.50	2,310.03
525	250806	8	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	7	0	15.00	15.10	15.08	7.76	7.83	337.60	2,293.33	2,272.21	2,291.53
526	250806	13	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	7	0	15.07	15.08	15.03	7.83	7.77	368.60	2,293.33	2,293.27	2,273.36
527	250806	18	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	7	0	15.05	14.96	15.00	7.70	7.90	336.00	2,293.33	2,280.57	2,339.20
528	250806	4	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	14	0	15.00	15.04	15.09	7.80	7.81	403.30	2,293.33	2,290.04	2,295.04
529	250806	9	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	14	0	15.04	14.90	15.06	7.80	7.81	418.80	2,293.33	2,311.78	2,315.34
530	250806	14	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	14	0	15.03	15.02	15.06	7.79	7.83	422.50	2,293.33	2,292.19	2,302.78
531	250806	19	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	14	0	14.96	14.99	15.06	7.75	7.78	403.80	2,293.33	2,294.50	2,302.20
532	250806	5	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	28	0	14.98	14.87	15.08	7.79	7.87	425.80	2,293.33	2,317.58	2,343.78
533	250806	10	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	28	0	15.04	15.04	15.00	7.78	7.86	431.90	2,293.33	2,292.35	2,317.70
534	250806	15	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	28	0	15.01	15.03	15.00	7.77	7.86	450.60	2,293.33	2,296.10	2,323.87
535	250806	20	258.92	207.13	745.68	1,118.53	26.0	29.0	10.6	28	0	15.00	15.10	15.06	7.78	7.87	424.20	2,293.33	2,279.92	2,305.71
536	300404	1	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	1	-	15.09	15.37	15.02	7.52	7.52	337.90	2,147.55	2,157.51	2,157.51
537	300404	6	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	1	-	15.04	15.13	15.09	7.45	7.45	299.90	2,147.55	2,170.77	2,170.77
538	300404	11	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	1	-	15.02	15.12	15.09	7.42	7.42	341.90	2,147.55	2,164.01	2,164.01
539	300404	16	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	1	-	15.13	15.09	14.94	7.32	7.32	316.20	2,147.55	2,146.01	2,146.01
540	300404	2	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	3	-	15.03	14.64	15.09	7.43	7.47	381.10	2,147.55	2,238.89	2,249.73
541	300404	7	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	3	-	15.13	15.10	15.04	7.34	7.39	393.40	2,147.55	2,136.74	2,150.12
542	300404	12	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	3	-	15.09	15.29	15.02	7.31	7.34	329.00	2,147.55	2,109.94	2,118.59
543	300404	17	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	3	-	15.03	15.28	15.06	7.27	7.31	349.90	2,147.55	2,102.84	2,113.83
544	300404	3	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	7	-	15.00	15.20	15.13	7.45	7.49	470.90	2,147.55	2,158.49	2,170.08
545	300404	8	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	7	-	15.08	15.20	15.01	7.48	7.53	470.00	2,147.55	2,172.63	2,187.45
546	300404	13	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	7	-	15.09	15.26	15.12	7.30	7.34	422.50	2,147.55	2,096.94	2,109.29
547	300404	18	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	7	-	14.96	15.04	15.08	7.22	7.25	341.30	2,147.55	2,127.63	2,137.36
548	300404	4	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	14	-	15.10	14.81	15.00	7.26	7.32	503.60	2,147.55	2,162.79	2,182.46
549	300404	9	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	14	-	15.03	15.18	15.08	7.41	7.43	432.90	2,147.55	2,154.87	2,159.81
550	300404	14	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	14	-	15.00	15.33	15.23	7.46	7.52	487.40	2,147.55	2,129.56	2,146.40
551	300404	19	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	14	-	15.05	15.02	15.04	7.28	7.35	401.10	2,147.55	2,142.18	2,160.71
552	300404	5	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	28	-	15.06	15.40	15.04	7.40	7.42	530.30	2,147.55	2,121.48	2,127.21
553	300404	10	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	28	-	15.09	14.99	15.05	7.17	7.15	472.40	2,147.55	2,105.87	2,100.87
554	300404	15	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	28	-	15.10	15.25	15.04	7.24	7.26	441.80	2,147.55	2,090.18	2,094.80
555	300404	20	407.23	162.89	1,140.25	760.17	33.0	32.0	0.0	28	-	14.99	15.09	15.13	7.18	7.21	420.20	2,147.55	2,098.24	2,106.42
556	300405	1	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	1	-	15.03	15.17	15.04	6.81	6.81	191.40	2,051.25	1,985.60	1,985.60
557	300405	6	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	1	-	15.02	15.09	15.09	6.94	6.94	216.50	2,051.25	2,029.14	2,029.14
558	300405	11	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	1	-	14.99	14.99	15.08	7.06	7.06	165.30	2,051.25	2,082.35	2,082.35
559	300405	16	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	1	-	14.98	15.12	15.05	7.11	7.11	193.20	2,051.25	2,086.08	2,086.08
560	300405	2	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	3	-	15.07	14.80	15.04	6.89	7.03	197.60	2,051.25	2,053.38	2,094.52

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
561	300405	7	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	3	-	15.04	14.78	14.98	6.87	7.01	217.00	2,051.25	2,062.21	2,105.15
562	300405	12	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	3	-	15.03	15.20	15.00	7.09	7.22	236.20	2,051.25	2,070.13	2,107.77
563	300405	17	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	3	-	15.06	15.09	14.97	7.01	7.11	206.40	2,051.25	2,061.72	2,090.23
564	300405	3	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	7	-	15.00	14.94	15.12	7.07	7.17	285.30	2,051.25	2,087.72	2,115.46
565	300405	8	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	7	-	14.98	14.81	15.06	6.73	6.83	246.90	2,051.25	2,014.89	2,044.23
566	300405	13	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	7	-	15.06	15.24	15.05	7.12	7.24	286.80	2,051.25	2,061.26	2,097.16
567	300405	18	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	7	-	14.99	15.03	15.07	6.94	7.03	221.00	2,051.25	2,044.61	2,071.71
568	300405	4	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	14	-	15.00	15.10	15.05	6.96	7.06	323.30	2,051.25	2,042.64	2,070.80
569	300405	9	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	14	-	15.00	15.11	15.06	7.03	7.16	305.30	2,051.25	2,060.15	2,097.06
570	300405	14	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	14	-	15.00	15.30	15.04	7.03	7.12	254.80	2,051.25	2,036.69	2,061.89
571	300405	19	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	14	-	15.03	15.32	15.05	7.01	7.13	268.60	2,051.25	2,022.85	2,056.61
572	300405	5	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	28	-	14.98	14.97	15.05	6.89	6.88	310.50	2,051.25	2,041.20	2,038.54
573	300405	10	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	28	-	14.87	15.07	14.97	6.89	6.93	320.80	2,051.25	2,054.17	2,066.09
574	300405	15	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	28	-	15.04	15.22	15.00	7.13	7.11	330.50	2,051.25	2,075.35	2,069.82
575	300405	20	403.88	161.55	942.39	942.39	33.0	32.5	0.0	28	-	15.05	15.25	14.98	7.24	7.27	364.80	2,051.25	2,105.23	2,113.96
576	300406	1	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	1	-	15.07	14.90	15.04	6.93	6.93	215.80	2,072.25	2,050.56	2,050.56
577	300406	6	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	1	-	15.08	14.83	15.10	6.79	6.79	213.00	2,072.25	2,009.83	2,009.83
578	300406	11	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	1	-	15.08	15.27	15.03	7.05	7.05	212.20	2,072.25	2,037.28	2,037.28
579	300406	16	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	1	-	14.97	15.16	15.10	6.97	6.97	212.20	2,072.25	2,034.22	2,034.22
580	300406	2	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	3	-	15.10	15.14	14.99	6.97	7.13	186.60	2,072.25	2,033.60	2,080.58
581	300406	7	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	3	-	14.96	15.08	15.17	7.73	6.93	200.50	2,072.25	2,259.30	2,026.12
582	300406	12	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	3	-	15.08	15.20	15.03	7.95	7.12	197.70	2,072.25	2,307.32	2,067.85
583	300406	17	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	3	-	15.07	15.26	15.04	7.02	7.19	180.70	2,072.25	2,029.94	2,077.94
584	300406	3	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	7	-	14.99	15.33	15.15	6.99	7.13	215.20	2,072.25	2,007.80	2,046.87
585	300406	8	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	7	-	15.20	15.19	14.98	6.85	7.03	227.10	2,072.25	1,980.22	2,031.98
586	300406	13	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	7	-	15.00	15.15	15.10	7.08	7.21	227.30	2,072.25	2,064.42	2,100.85
587	300406	18	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	7	-	14.95	15.22	15.11	7.01	7.10	218.80	2,072.25	2,039.78	2,065.38
588	300406	4	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	14	-	15.02	15.11	15.14	6.95	7.16	255.30	2,072.25	2,022.67	2,084.08
589	300406	9	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	14	-	15.07	14.83	15.03	6.86	7.07	276.30	2,072.25	2,042.85	2,105.67
590	300406	14	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	14	-	15.14	15.06	14.97	6.98	7.25	263.70	2,072.25	2,045.24	2,124.64
591	300406	19	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	14	-	15.10	15.19	15.00	7.11	7.33	237.70	2,072.25	2,065.38	2,129.32
592	300406	5	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	28	-	15.04	15.27	15.02	7.02	7.26	304.60	2,072.25	2,034.20	2,105.81
593	300406	10	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	28	-	15.05	15.09	15.07	6.84	7.11	264.40	2,072.25	1,997.68	2,076.87
594	300406	15	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	28	-	14.94	15.26	15.10	7.00	7.28	265.00	2,072.25	2,032.21	2,114.41
595	300406	20	400.59	160.23	747.76	1,121.64	31.0	31.0	0.0	28	-	15.10	15.23	14.99	7.10	7.41	252.70	2,072.25	2,060.46	2,150.67
596	300506	1	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	1	-	14.99	15.29	15.04	7.54	7.54	348.80	2,153.83	2,185.88	2,185.88
597	300506	6	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	1	-	15.12	15.25	15.04	7.35	7.35	321.70	2,153.83	2,120.29	2,120.29
598	300506	11	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	1	-	14.99	15.22	15.06	7.48	7.48	333.00	2,153.83	2,177.30	2,177.30
599	300506	16	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	1	-	15.00	15.28	15.06	7.30	7.30	275.40	2,153.83	2,113.71	2,113.71
600	300506	2	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	3	-	15.04	15.17	15.09	7.38	7.51	346.60	2,153.83	2,142.10	2,180.15

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air CL (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
601	300506	7	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	3	-	14.97	14.90	15.10	7.12	7.25	306.30	2,153.83	2,113.36	2,152.25
602	300506	12	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	3	-	14.99	15.17	15.07	7.51	7.62	356.80	2,153.83	2,190.91	2,223.59
603	300506	17	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	3	-	15.05	15.12	15.06	7.40	7.45	327.20	2,153.83	2,159.62	2,174.21
604	300506	3	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	7	-	15.07	15.33	15.14	7.48	7.57	428.70	2,153.83	2,137.70	2,162.86
605	300506	8	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	7	-	15.02	15.08	15.11	7.38	7.47	384.80	2,153.83	2,157.23	2,181.19
606	300506	13	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	7	-	15.01	15.20	15.05	7.33	7.43	389.20	2,153.83	2,134.44	2,162.69
607	300506	18	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	7	-	14.99	15.07	15.10	7.25	7.33	405.50	2,153.83	2,125.43	2,149.17
608	300506	4	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	14	-	15.10	15.25	15.01	7.33	7.45	412.80	2,153.83	2,120.69	2,153.96
609	300506	9	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	14	-	15.11	15.19	14.99	7.45	7.55	442.40	2,153.83	2,165.66	2,195.60
610	300506	14	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	14	-	15.09	15.15	14.97	7.40	7.48	450.10	2,153.83	2,161.09	2,186.22
611	300506	19	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	14	-	15.10	15.17	15.08	7.43	7.54	448.10	2,153.83	2,149.48	2,181.90
612	300506	5	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	28	-	15.03	14.95	15.04	7.29	7.35	493.10	2,153.83	2,156.26	2,173.42
613	300506	10	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	28	-	15.03	15.30	14.96	7.40	7.46	528.10	2,153.83	2,150.17	2,167.61
614	300506	15	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	28	-	14.98	15.23	15.05	7.39	7.46	462.10	2,153.83	2,152.56	2,171.78
615	300506	20	367.05	183.53	734.11	1,101.16	33.0	33.0	0.0	28	-	15.01	15.25	15.03	7.43	7.49	476.70	2,153.83	2,160.79	2,177.94
616	300704	1	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	1	-	15.04	15.16	15.10	8.15	8.15	354.70	2,398.17	2,367.48	2,367.48
617	300704	6	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	1	-	15.11	15.15	14.93	8.12	8.12	392.60	2,398.17	2,374.39	2,374.39
618	300704	11	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	1	-	15.08	15.15	14.95	8.12	8.12	349.30	2,398.17	2,378.56	2,378.56
619	300704	16	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	1	-	15.05	15.07	15.06	8.10	8.10	359.40	2,398.17	2,369.97	2,369.97
620	300704	2	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	3	-	14.95	15.21	15.10	8.16	8.19	498.70	2,398.17	2,375.07	2,386.14
621	300704	7	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	3	-	15.00	15.23	15.04	8.23	8.26	515.50	2,398.17	2,393.85	2,402.58
622	300704	12	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	3	-	15.12	15.26	15.00	8.19	8.22	520.90	2,398.17	2,365.52	2,375.92
623	300704	17	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	3	-	15.04	15.07	14.97	8.13	8.16	546.90	2,398.17	2,394.64	2,404.96
624	300704	3	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	7	-	15.08	15.03	15.15	8.11	8.19	611.70	2,398.17	2,362.70	2,386.00
625	300704	8	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	7	-	14.99	15.04	15.08	8.13	8.20	598.30	2,398.17	2,390.45	2,411.63
626	300704	13	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	7	-	15.00	15.17	15.10	8.13	8.21	609.50	2,398.17	2,365.54	2,388.82
627	300704	18	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	7	-	14.97	15.24	15.06	8.16	8.24	583.40	2,398.17	2,375.84	2,398.84
628	300704	4	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	14	-	15.00	15.22	15.06	8.17	8.24	684.70	2,398.17	2,375.37	2,397.77
629	300704	9	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	14	-	15.09	15.29	15.03	8.22	8.30	803.00	2,398.17	2,368.93	2,393.15
630	300704	14	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	14	-	15.06	15.35	15.03	8.21	8.29	681.60	2,398.17	2,362.93	2,385.95
631	300704	19	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	14	-	15.02	15.21	15.02	8.10	8.18	675.50	2,398.17	2,359.98	2,384.75
632	300704	5	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	28	-	15.06	15.13	15.09	8.09	8.16	769.40	2,398.17	2,354.02	2,374.38
633	300704	10	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	28	-	15.07	15.14	15.04	8.16	8.23	782.60	2,398.17	2,376.79	2,397.19
634	300704	15	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	28	-	15.06	15.20	15.00	8.15	8.22	781.40	2,398.17	2,373.84	2,394.52
635	300704	20	319.38	223.57	1,085.90	723.93	33.0	33.0	8.7	28	-	15.04	15.10	15.05	8.13	8.20	768.70	2,398.17	2,379.81	2,398.54
636	300705	1	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	1	-	15.00	15.04	15.05	8.01	8.01	384.20	2,369.49	2,359.75	2,359.75
637	300705	6	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	1	-	14.99	15.13	15.08	8.00	8.00	403.60	2,369.49	2,339.39	2,339.39
638	300705	11	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	1	-	15.05	15.22	14.97	8.04	8.04	375.70	2,369.49	2,345.84	2,345.84
639	300705	16	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	1	-	15.06	15.27	14.99	8.03	8.03	395.00	2,369.49	2,330.01	2,330.01
640	300705	2	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	3	-	15.03	15.30	15.09	8.05	8.09	572.10	2,369.49	2,318.39	2,329.92

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
641	300705	7	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	3	-	14.96	15.24	15.06	8.07	8.11	588.10	2,369.49	2,349.76	2,362.58
642	300705	12	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	3	-	14.97	15.20	15.05	8.01	8.06	575.40	2,369.49	2,339.88	2,353.31
643	300705	17	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	3	-	15.03	15.05	15.00	8.00	8.04	595.10	2,369.49	2,358.07	2,369.86
644	300705	3	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	7	-	15.13	15.16	14.94	8.09	8.17	667.30	2,369.49	2,360.22	2,382.98
645	300705	8	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	7	-	15.14	14.97	14.98	7.97	8.05	689.80	2,369.49	2,346.58	2,371.03
646	300705	13	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	7	-	15.05	15.09	15.01	8.04	8.12	680.80	2,369.49	2,358.28	2,381.16
647	300705	18	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	7	-	14.98	15.27	15.06	8.04	8.13	651.90	2,369.49	2,334.76	2,358.56
648	300705	4	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	14	-	15.05	15.20	14.98	8.04	8.12	789.90	2,369.49	2,345.90	2,368.08
649	300705	9	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	14	-	15.06	15.20	15.00	8.00	8.08	765.50	2,369.49	2,330.74	2,353.16
650	300705	14	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	14	-	14.96	15.29	15.02	8.10	8.18	653.70	2,369.49	2,356.18	2,380.92
651	300705	19	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	14	-	14.97	15.27	15.05	8.04	8.12	561.30	2,369.49	2,335.84	2,361.42
652	300705	5	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	28	-	15.02	15.15	15.00	8.02	8.10	842.40	2,369.49	2,350.81	2,373.95
653	300705	10	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	28	-	15.01	15.13	14.96	7.98	8.06	866.70	2,369.49	2,349.42	2,372.08
654	300705	15	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	28	-	14.99	15.09	15.11	8.02	8.09	807.50	2,369.49	2,345.32	2,366.68
655	300705	20	316.88	221.82	897.82	897.82	34.0	34.5	8.2	28	-	15.03	15.09	15.02	8.04	8.11	821.40	2,369.49	2,359.85	2,380.10
656	300706	1	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	1	-	15.00	15.11	15.05	7.78	7.78	317.80	2,284.59	2,281.97	2,281.97
657	300706	6	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	1	-	15.08	15.04	15.02	7.68	7.68	345.90	2,284.59	2,254.46	2,254.46
658	300706	11	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	1	-	15.05	15.12	15.04	7.86	7.86	318.80	2,284.59	2,297.48	2,297.48
659	300706	16	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	1	-	15.05	15.00	15.04	7.73	7.73	322.70	2,284.59	2,276.10	2,276.10
660	300706	2	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	3	-	15.04	15.07	15.09	7.84	7.87	465.80	2,284.59	2,291.10	2,300.75
661	300706	7	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	3	-	15.04	15.10	15.04	7.85	7.88	481.90	2,284.59	2,289.17	2,299.10
662	300706	12	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	3	-	15.06	14.98	15.07	7.74	7.78	480.60	2,284.59	2,282.05	2,293.54
663	300706	17	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	3	-	15.02	15.07	15.15	7.74	7.77	461.70	2,284.59	2,267.59	2,278.73
664	300706	3	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	7	-	15.14	15.04	15.00	7.80	7.89	566.50	2,284.59	2,259.59	2,286.55
665	300706	8	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	7	-	15.00	15.11	15.06	7.79	7.88	552.30	2,284.59	2,291.34	2,317.23
666	300706	13	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	7	-	15.03	15.18	15.03	7.73	7.82	542.20	2,284.59	2,250.57	2,276.47
667	300706	18	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	7	-	15.07	15.10	15.04	7.74	7.83	535.30	2,284.59	2,261.87	2,288.47
668	300706	4	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	14	-	15.05	15.20	15.16	7.82	7.91	622.40	2,284.59	2,273.18	2,299.05
669	300706	9	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	14	-	15.12	15.14	15.04	7.82	7.90	670.00	2,284.59	2,253.64	2,277.56
670	300706	14	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	14	-	15.05	15.13	15.06	7.82	7.91	635.30	2,284.59	2,282.24	2,308.81
671	300706	19	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	14	-	15.05	15.03	15.01	7.79	7.89	662.70	2,284.59	2,287.62	2,316.10
672	300706	5	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	28	-	15.10	15.00	15.04	7.77	7.85	702.90	2,284.59	2,286.04	2,308.69
673	300706	10	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	28	-	15.00	15.05	15.09	7.81	7.88	689.60	2,284.59	2,298.78	2,322.05
674	300706	15	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	28	-	15.06	15.04	15.00	7.81	7.88	693.90	2,284.59	2,283.55	2,306.67
675	300706	20	314.42	220.09	712.67	1,069.01	34.0	34.0	3.3	28	-	15.01	15.16	15.12	7.76	7.84	691.70	2,284.59	2,274.06	2,296.62
676	300804	1	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	1	-	15.02	14.98	15.02	8.02	8.02	310.90	2,392.04	2,374.32	2,374.32
677	300804	6	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	1	-	15.09	15.04	14.97	8.08	8.08	306.90	2,392.04	2,379.40	2,379.40
678	300804	11	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	1	-	15.10	14.98	14.93	8.03	8.03	298.00	2,392.04	2,377.75	2,377.75
679	300804	16	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	1	-	15.03	15.97	15.02	7.99	7.99	315.20	2,392.04	2,217.33	2,217.33
680	300804	2	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	3	-	15.08	15.15	15.01	8.08	8.16	419.60	2,392.04	2,355.06	2,378.97

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
681	300804	7	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	3	-	15.10	14.98	14.97	7.97	8.06	406.60	2,392.04	2,353.98	2,379.08
682	300804	12	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	3	-	15.01	15.07	15.08	8.05	8.13	412.60	2,392.04	2,359.94	2,384.56
683	300804	17	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	3	-	14.99	15.00	15.09	8.06	8.16	422.90	2,392.04	2,375.19	2,404.37
684	300804	3	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	7	-	14.98	15.12	15.11	8.10	8.19	498.70	2,392.04	2,367.94	2,393.66
685	300804	8	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	7	-	15.05	15.22	15.00	8.13	8.22	529.90	2,392.04	2,365.02	2,390.92
686	300804	13	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	7	-	15.05	14.99	15.04	8.06	8.14	503.70	2,392.04	2,375.17	2,399.34
687	300804	18	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	7	-	15.02	15.10	15.01	8.06	8.16	566.60	2,392.04	2,367.89	2,398.14
688	300804	4	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	14	-	15.02	15.16	15.00	8.12	8.19	581.40	2,392.04	2,378.24	2,399.03
689	300804	9	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	14	-	14.98	15.18	15.13	8.13	8.21	595.60	2,392.04	2,363.60	2,385.69
690	300804	14	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	14	-	15.05	15.09	15.03	8.08	8.15	669.30	2,392.04	2,368.33	2,388.83
691	300804	19	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	14	-	14.95	15.21	15.06	8.07	8.17	628.00	2,392.04	2,357.73	2,384.59
692	300804	5	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	28	-	15.05	15.15	15.00	8.12	8.24	671.10	2,392.04	2,375.07	2,408.69
693	300804	10	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	28	-	15.00	15.10	15.03	8.11	8.22	654.60	2,392.04	2,381.99	2,415.48
694	300804	15	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	28	-	14.96	15.10	15.07	8.03	8.15	675.60	2,392.04	2,359.11	2,392.60
695	300804	20	297.96	238.37	1,072.64	715.10	30.5	33.0	18.7	28	-	15.05	15.00	15.13	8.10	8.23	673.90	2,392.04	2,371.18	2,410.71
696	300805	1	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	1	-	15.04	15.00	15.03	7.83	7.83	243.20	2,354.61	2,310.10	2,310.10
697	300805	6	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	1	-	15.05	15.15	15.00	7.91	7.91	256.90	2,354.61	2,313.67	2,313.67
698	300805	11	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	1	-	14.98	15.04	15.06	7.85	7.85	246.10	2,354.61	2,312.40	2,312.40
699	300805	16	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	1	-	14.97	15.19	15.03	7.87	7.87	252.30	2,354.61	2,303.57	2,303.57
700	300805	2	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	3	-	15.04	15.22	15.04	7.97	8.03	388.50	2,354.61	2,313.82	2,332.70
701	300805	7	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	3	-	15.02	15.10	14.97	7.92	7.98	377.60	2,354.61	2,333.87	2,348.89
702	300805	12	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	3	-	15.03	15.09	15.00	7.91	7.97	354.90	2,354.61	2,323.61	2,342.42
703	300805	17	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	3	-	14.98	15.32	15.05	7.89	7.97	368.40	2,354.61	2,285.55	2,308.42
704	300805	3	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	7	-	15.07	15.26	15.04	8.08	8.14	467.00	2,354.61	2,336.12	2,353.47
705	300805	8	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	7	-	15.04	15.24	15.01	8.02	8.08	479.80	2,354.61	2,331.68	2,347.96
706	300805	13	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	7	-	15.05	15.10	15.00	7.88	7.93	480.10	2,354.61	2,310.77	2,326.02
707	300805	18	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	7	-	14.98	15.29	15.08	7.99	8.07	476.30	2,354.61	2,314.14	2,335.56
708	300805	4	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	14	-	14.98	15.30	15.10	8.05	8.17	514.60	2,354.61	2,325.74	2,360.71
709	300805	9	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	14	-	15.05	15.33	14.97	7.97	8.10	515.60	2,354.61	2,308.74	2,344.07
710	300805	14	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	14	-	15.00	14.97	15.05	7.93	8.05	528.10	2,354.61	2,345.04	2,382.62
711	300805	19	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	14	-	15.00	15.10	15.10	8.00	8.13	502.30	2,354.61	2,337.62	2,378.26
712	300805	5	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	28	-	15.02	15.11	15.00	7.99	8.12	600.90	2,354.61	2,348.22	2,384.94
713	300805	10	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	28	-	14.96	15.87	15.07	7.85	7.98	574.60	2,354.61	2,195.17	2,229.83
714	300805	15	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	28	-	14.98	15.04	15.08	7.87	8.00	583.10	2,354.61	2,317.58	2,355.84
715	300805	20	293.38	234.70	886.95	886.95	31.0	30.0	17.1	28	-	15.07	15.20	14.97	7.89	8.03	570.20	2,354.61	2,300.03	2,342.31
716	300806	1	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	1	-	14.99	15.24	15.09	7.81	7.81	247.90	2,299.10	2,264.98	2,264.98
717	300806	6	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	1	-	15.06	14.82	15.04	7.68	7.68	255.30	2,299.10	2,287.92	2,287.92
718	300806	11	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	1	-	15.07	14.90	15.00	7.66	7.66	262.50	2,299.10	2,273.06	2,273.06
719	300806	16	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	1	-	15.10	15.20	15.00	7.74	7.74	256.10	2,299.10	2,248.46	2,248.46
720	300806	2	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	3	-	15.00	15.05	15.07	7.78	7.83	362.90	2,299.10	2,287.15	2,302.43

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width" (cm)	Length" (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt. before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
721	300806	7	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	3	-	15.09	15.30	14.94	7.83	7.90	372.80	2,299.10	2,270.89	2,290.90
722	300806	12	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	3	-	15.11	15.05	15.04	7.76	7.84	395.40	2,299.10	2,267.43	2,292.28
723	300806	17	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	3	-	15.10	15.04	15.05	7.71	7.81	389.30	2,299.10	2,256.64	2,285.02
724	300806	3	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	7	-	15.09	15.11	15.04	7.78	7.85	480.80	2,299.10	2,267.83	2,288.53
725	300806	8	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	7	-	15.00	15.32	15.03	7.83	7.90	465.20	2,299.10	2,266.43	2,285.83
726	300806	13	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	7	-	15.03	14.94	15.07	7.69	7.75	456.60	2,299.10	2,271.61	2,290.23
727	300806	18	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	7	-	15.04	15.15	15.05	7.79	7.88	468.20	2,299.10	2,270.19	2,296.72
728	300806	4	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	14	-	15.04	14.87	15.02	7.79	7.91	497.60	2,299.10	2,319.34	2,355.66
729	300806	9	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	14	-	15.10	15.17	15.07	7.78	7.90	530.20	2,299.10	2,253.16	2,289.66
730	300806	14	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	14	-	15.00	15.25	15.07	7.82	7.95	546.30	2,299.10	2,268.18	2,306.76
731	300806	19	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	14	-	14.97	15.20	15.12	7.74	7.88	540.70	2,299.10	2,248.24	2,290.10
732	300806	5	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	28	-	15.10	14.98	15.00	7.76	7.90	578.20	2,299.10	2,286.79	2,326.87
733	300806	10	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	28	-	15.00	14.99	15.05	7.77	7.90	571.00	2,299.10	2,296.10	2,334.52
734	300806	15	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	28	-	15.09	15.09	15.03	7.78	7.92	607.30	2,299.10	2,273.22	2,314.42
735	300806	20	293.38	234.70	704.11	1,056.16	31.0	32.5	5.3	28	-	14.98	15.26	15.14	7.78	7.94	633.50	2,299.10	2,248.82	2,294.76
736	307504	1	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	1	-	15.02	15.30	15.07	8.07	8.07	309.20	2,386.15	2,328.79	2,328.79
737	307504	6	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	1	-	14.98	15.20	15.12	8.10	8.10	331.70	2,386.15	2,353.05	2,353.05
738	307504	11	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	1	-	14.98	15.14	15.07	8.05	8.05	322.40	2,386.15	2,354.42	2,354.42
739	307504	16	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	1	-	15.16	15.07	14.88	8.02	8.02	337.70	2,386.15	2,358.58	2,358.58
740	307504	2	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	3	-	15.03	15.22	15.05	8.12	8.16	418.60	2,386.15	2,358.26	2,371.04
741	307504	7	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	3	-	14.99	15.21	15.10	8.08	8.12	414.00	2,386.15	2,346.66	2,358.28
742	307504	12	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	3	-	15.01	15.30	15.09	8.16	8.20	422.30	2,386.15	2,354.37	2,366.21
743	307504	17	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	3	-	15.00	15.22	15.05	8.10	8.13	435.10	2,386.15	2,357.45	2,365.89
744	307504	3	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	7	-	15.00	15.12	15.10	8.04	8.09	541.30	2,386.15	2,346.50	2,362.56
745	307504	8	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	7	-	14.98	15.20	15.10	8.08	8.04	519.00	2,386.15	2,350.64	2,338.14
746	307504	13	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	7	-	15.02	15.05	15.10	8.04	8.04	580.40	2,386.15	2,354.27	2,356.32
747	307504	18	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	7	-	14.99	15.02	15.09	8.00	8.01	575.10	2,386.15	2,354.08	2,358.49
748	307504	4	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	14	-	15.09	14.92	15.04	8.08	8.12	610.40	2,386.15	2,385.31	2,398.60
749	307504	9	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	14	-	15.08	15.04	14.99	8.13	8.18	621.60	2,386.15	2,391.92	2,404.57
750	307504	14	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	14	-	15.03	15.08	15.13	8.08	8.13	616.60	2,386.15	2,356.49	2,369.32
751	307504	19	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	14	-	14.99	15.06	15.08	8.10	8.15	645.30	2,386.15	2,378.46	2,392.56
752	307504	5	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	28	-	15.05	15.00	15.06	8.03	8.09	671.70	2,386.15	2,362.20	2,379.85
753	307504	10	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	28	-	15.04	15.20	15.08	8.11	8.17	689.60	2,386.15	2,352.49	2,369.90
754	307504	15	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	28	-	15.00	15.08	15.02	8.04	8.10	684.40	2,386.15	2,366.13	2,384.38
755	307504	20	308.30	231.22	1,079.04	719.36	32.0	32.5	13.7	28	-	15.08	15.00	15.09	8.07	8.14	725.10	2,386.15	2,365.41	2,384.16
756	307505	1	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	1	-	15.01	15.13	15.10	8.01	8.01	381.80	2,385.97	2,334.34	2,334.34
757	307505	6	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	1	-	15.06	15.09	15.06	8.02	8.02	369.60	2,385.97	2,342.75	2,342.75
758	307505	11	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	1	-	15.05	15.12	14.97	8.02	8.02	377.60	2,385.97	2,352.85	2,352.85
759	307505	16	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	1	-	15.05	15.06	14.96	7.93	7.93	372.00	2,385.97	2,337.55	2,337.55
760	307505	2	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	3	-	15.04	15.04	15.10	8.02	8.07	486.90	2,385.97	2,347.73	2,362.37

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
761	307505	7	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	3	-	14.96	15.01	15.09	8.00	8.05	482.20	2,385.97	2,360.96	2,376.31
762	307505	12	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	3	-	15.05	15.15	15.09	7.96	8.01	478.90	2,385.97	2,314.11	2,328.35
763	307505	17	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	3	-	15.00	15.01	15.06	7.98	8.03	455.60	2,385.97	2,354.05	2,369.09
764	307505	3	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	7	-	15.10	15.06	15.00	8.00	8.02	585.30	2,385.97	2,344.71	2,351.15
765	307505	8	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	7	-	14.97	15.15	15.07	8.02	8.05	613.40	2,385.97	2,346.83	2,354.73
766	307505	13	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	7	-	15.06	15.03	15.00	8.01	8.03	608.70	2,385.97	2,358.28	2,365.34
767	307505	18	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	7	-	15.07	15.13	14.92	7.97	8.00	636.50	2,385.97	2,341.34	2,351.04
768	307505	4	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	14	-	15.05	15.04	14.97	7.95	8.01	668.30	2,385.97	2,345.88	2,364.18
769	307505	9	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	14	-	15.05	15.04	15.00	7.99	8.05	710.20	2,385.97	2,352.97	2,370.94
770	307505	14	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	14	-	15.03	15.08	15.09	7.99	8.05	692.90	2,385.97	2,335.25	2,353.67
771	307505	19	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	14	-	15.04	15.20	14.98	7.98	8.05	629.30	2,385.97	2,329.65	2,350.68
772	307505	5	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	28	-	15.00	14.96	15.04	7.92	7.99	731.30	2,385.97	2,346.98	2,367.42
773	307505	10	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	28	-	15.12	15.05	14.95	7.92	7.99	718.70	2,385.97	2,328.66	2,348.94
774	307505	15	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	28	-	15.05	15.12	15.08	7.95	8.02	739.20	2,385.97	2,317.03	2,337.14
775	307505	20	305.90	229.42	892.20	892.20	32.0	33.5	12.2	28	-	15.00	15.08	15.07	8.01	8.09	715.20	2,385.97	2,350.95	2,372.95
776	350404	1	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	1	-	15.13	15.10	15.00	8.20	8.20	562.30	2,401.65	2,393.09	2,393.09
777	350404	6	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	1	-	15.06	15.20	15.00	8.26	8.26	588.90	2,401.65	2,405.87	2,405.87
778	350404	11	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	1	-	15.04	15.14	15.01	8.21	8.21	581.80	2,401.65	2,402.38	2,402.38
779	350404	16	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	1	-	14.91	15.31	15.18	8.33	8.33	602.20	2,401.65	2,404.79	2,404.79
780	350404	2	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	3	-	15.01	15.08	15.07	8.26	8.32	926.30	2,401.65	2,420.62	2,437.92
781	350404	7	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	3	-	15.00	15.15	15.11	8.26	8.32	867.50	2,401.65	2,405.24	2,422.43
782	350404	12	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	3	-	15.03	15.20	15.00	8.26	8.31	893.10	2,401.65	2,409.80	2,425.27
783	350404	17	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	3	-	15.08	15.10	15.00	8.11	8.17	859.80	2,401.65	2,373.80	2,390.49
784	350404	3	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	7	-	15.04	15.23	15.03	8.26	8.34	1,026.80	2,401.65	2,399.82	2,421.60
785	350404	8	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	7	-	14.97	15.26	15.09	8.24	8.32	1,033.20	2,401.65	2,390.35	2,412.69
786	350404	13	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	7	-	14.98	15.13	15.12	8.16	8.24	986.80	2,401.65	2,382.03	2,403.62
787	350404	18	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	7	-	14.99	15.08	15.08	8.20	8.27	1,025.90	2,401.65	2,404.64	2,427.23
788	350404	4	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	14	-	15.02	15.16	15.04	8.23	8.30	1,143.60	2,401.65	2,402.28	2,424.77
789	350404	9	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	14	-	15.00	15.19	15.09	8.22	8.29	1,060.40	2,401.65	2,391.33	2,412.27
790	350404	14	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	14	-	15.03	15.24	15.06	8.26	8.33	1,196.50	2,401.65	2,393.61	2,415.64
791	350404	19	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	14	-	15.12	15.16	14.99	8.19	8.26	1,052.80	2,401.65	2,383.59	2,404.83
792	350404	5	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	28	-	15.05	15.14	15.04	8.18	8.27	1,165.00	2,401.65	2,387.82	2,414.38
793	350404	10	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	28	-	15.00	14.99	15.01	8.13	8.22	1,198.30	2,401.65	2,409.78	2,436.45
794	350404	15	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	28	-	15.00	15.20	15.03	8.21	8.30	1,192.20	2,401.65	2,395.21	2,421.47
795	350404	20	452.61	181.05	1,086.27	724.18	21.0	22.5	0.4	28	-	14.97	15.04	15.09	8.16	8.24	1,134.80	2,401.65	2,400.30	2,424.14
796	350405	1	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	1	-	15.00	15.20	15.05	8.15	8.15	571.70	2,398.80	2,375.12	2,375.12
797	350405	6	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	1	-	14.99	15.07	15.04	8.10	8.10	558.00	2,398.80	2,383.21	2,383.21
798	350405	11	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	1	-	15.01	15.28	15.03	8.09	8.09	538.60	2,398.80	2,346.85	2,346.85
799	350405	16	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	1	-	15.00	15.11	14.95	8.08	8.08	511.10	2,398.80	2,385.48	2,385.48
800	350405	2	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	3	-	15.02	15.10	15.00	8.13	8.19	911.60	2,398.80	2,390.93	2,407.68

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
801	350405	7	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	3	-	14.99	15.04	15.06	8.10	8.15	902.40	2,398.80	2,385.08	2,400.69
802	350405	12	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	3	-	14.96	15.05	15.08	8.12	8.17	800.20	2,398.80	2,391.29	2,406.32
803	350405	17	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	3	-	15.04	15.06	14.94	8.08	8.13	874.30	2,398.80	2,386.56	2,401.63
804	350405	3	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	7	-	14.97	15.09	15.17	8.09	8.17	984.30	2,398.80	2,361.93	2,384.11
805	350405	8	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	7	-	15.04	14.97	15.00	8.01	8.08	983.10	2,398.80	2,372.06	2,392.20
806	350405	13	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	7	-	14.98	15.20	15.10	8.19	8.26	991.80	2,398.80	2,381.76	2,403.58
807	350405	18	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	7	-	15.03	15.16	15.00	8.04	8.11	958.80	2,398.80	2,351.50	2,373.15
808	350405	4	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	14	-	14.97	14.90	15.08	7.96	8.03	1,043.40	2,398.80	2,367.38	2,388.48
809	350405	9	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	14	-	14.97	15.15	15.09	8.11	8.19	1,109.20	2,398.80	2,370.31	2,392.22
810	350405	14	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	14	-	15.00	15.20	15.00	8.15	8.24	1,095.70	2,398.80	2,384.21	2,409.06
811	350405	19	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	14	-	15.02	15.13	15.00	8.08	8.15	1,031.90	2,398.80	2,368.88	2,390.59
812	350405	5	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	28	-	14.98	15.16	15.01	8.12	8.21	1,237.90	2,398.80	2,381.54	2,409.11
813	350405	10	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	28	-	15.00	15.09	15.09	8.11	8.21	1,253.80	2,398.80	2,374.68	2,402.49
814	350405	15	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	28	-	15.05	15.10	15.02	8.09	8.18	1,177.70	2,398.80	2,369.80	2,396.46
815	350405	20	449.07	179.63	898.13	898.13	21.0	23.5	1.7	28	-	14.98	15.14	15.07	8.19	8.28	1,185.60	2,398.80	2,395.38	2,421.12
816	350406	1	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	1	-	15.09	15.17	15.00	8.05	8.05	483.30	2,410.21	2,344.97	2,344.97
817	350406	6	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	1	-	15.00	15.10	15.06	8.01	8.01	494.30	2,410.21	2,349.10	2,349.10
818	350406	11	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	1	-	15.14	15.03	15.00	7.89	7.89	453.10	2,410.21	2,311.83	2,311.83
819	350406	16	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	1	-	15.00	15.11	15.02	7.99	7.99	475.90	2,410.21	2,347.34	2,347.34
820	350406	2	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	3	-	14.99	14.99	15.12	7.98	8.04	826.30	2,410.21	2,349.69	2,367.35
821	350406	7	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	3	-	15.07	15.04	15.00	8.01	8.06	782.00	2,410.21	2,356.32	2,371.91
822	350406	12	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	3	-	15.07	15.11	15.02	8.02	8.08	778.70	2,410.21	2,346.08	2,361.29
823	350406	17	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	3	-	15.01	15.06	15.09	7.95	8.00	764.10	2,410.21	2,331.21	2,345.87
824	350406	3	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	7	-	15.07	14.93	15.17	7.92	8.00	825.00	2,410.21	2,319.83	2,344.44
825	350406	8	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	7	-	15.09	15.00	14.99	7.92	7.99	869.70	2,410.21	2,333.93	2,355.74
826	350406	13	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	7	-	15.03	15.00	15.10	7.93	8.00	919.30	2,410.21	2,328.82	2,350.85
827	350406	18	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	7	-	15.09	15.10	15.02	7.99	8.06	941.40	2,410.21	2,333.42	2,355.63
828	350406	4	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	14	-	15.07	15.07	15.00	8.00	8.08	996.40	2,410.21	2,348.11	2,372.18
829	350406	9	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	14	-	15.00	15.11	15.06	7.88	7.97	989.20	2,410.21	2,308.88	2,333.49
830	350406	14	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	14	-	15.06	15.18	15.06	8.03	8.11	1,078.10	2,410.21	2,331.48	2,354.43
831	350406	19	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	14	-	15.00	15.22	15.08	8.03	8.11	1,000.00	2,410.21	2,332.14	2,354.50
832	350406	5	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	28	-	15.05	15.20	15.03	8.02	8.12	1,103.30	2,410.21	2,333.45	2,362.53
833	350406	10	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	28	-	15.09	15.29	14.94	8.01	8.11	1,043.10	2,410.21	2,323.15	2,351.87
834	350406	15	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	28	-	15.03	15.20	15.07	7.99	8.08	1,044.60	2,410.21	2,319.89	2,347.49
835	350406	20	445.57	178.23	712.92	1,069.37	21.5	27.0	0.0	28	-	15.01	15.03	15.05	7.97	8.06	1,066.30	2,410.21	2,346.20	2,374.18
836	350504	1	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	1	-	15.02	15.01	15.04	8.14	8.14	453.30	2,367.45	2,399.75	2,399.75
837	350504	6	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	1	-	15.08	15.40	15.00	8.24	8.24	441.00	2,367.45	2,366.02	2,366.02
838	350504	11	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	1	-	15.02	15.14	15.00	8.17	8.17	446.20	2,367.45	2,395.16	2,395.16
839	350504	16	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	1	-	15.04	15.38	15.05	8.16	8.16	473.70	2,367.45	2,344.82	2,344.82
840	350504	2	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	3	-	15.03	15.18	15.08	8.13	8.17	729.40	2,367.45	2,362.39	2,374.02

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
841	350504	7	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	3	-	14.92	15.20	15.31	8.13	8.16	727.70	2,367.45	2,342.12	2,351.34
842	350504	12	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	3	-	15.05	15.14	15.00	8.19	8.22	738.80	2,367.45	2,395.95	2,405.89
843	350504	17	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	3	-	15.03	15.27	15.00	8.25	8.29	755.60	2,367.45	2,396.14	2,407.47
844	350504	3	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	7	-	14.96	15.07	15.14	8.20	8.28	853.80	2,367.45	2,403.27	2,424.95
845	350504	8	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	7	-	15.04	15.03	15.00	8.20	8.27	848.20	2,367.45	2,417.45	2,438.09
846	350504	13	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	7	-	15.03	15.34	15.06	8.17	8.25	857.40	2,367.45	2,353.24	2,375.13
847	350504	18	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	7	-	15.08	15.23	14.96	8.11	8.18	861.40	2,367.45	2,361.58	2,380.20
848	350504	4	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	14	-	15.02	15.11	15.04	8.18	8.26	982.80	2,367.45	2,395.59	2,420.20
849	350504	9	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	14	-	15.03	15.00	15.03	8.16	8.24	900.80	2,367.45	2,406.66	2,430.56
850	350504	14	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	14	-	15.06	15.19	15.04	8.16	8.24	918.40	2,367.45	2,372.28	2,395.82
851	350504	19	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	14	-	14.94	15.09	15.12	8.18	8.26	898.70	2,367.45	2,399.14	2,422.90
852	350504	5	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	28	-	15.02	15.07	15.04	8.16	8.26	1,031.60	2,367.45	2,397.54	2,426.03
853	350504	10	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	28	-	15.00	15.13	15.00	8.09	8.18	1,053.90	2,367.45	2,376.15	2,403.47
854	350504	15	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	28	-	14.95	15.07	15.05	8.10	8.19	992.90	2,367.45	2,388.88	2,415.72
855	350504	20	413.74	206.87	1,063.91	709.28	24.5	27.0	11.8	28	-	15.00	15.24	15.10	8.24	8.33	1,042.10	2,367.45	2,385.96	2,412.32
856	350505	1	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	1	-	15.18	15.24	14.98	8.06	8.06	428.00	2,361.74	2,326.06	2,326.06
857	350505	6	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	1	-	15.06	15.25	14.97	8.08	8.08	445.90	2,361.74	2,349.56	2,349.56
858	350505	11	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	1	-	15.17	15.24	14.99	8.10	8.10	447.80	2,361.74	2,337.29	2,337.29
859	350505	16	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	1	-	14.82	15.36	15.20	8.12	8.12	437.80	2,361.74	2,345.63	2,345.63
860	350505	2	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	3	-	15.02	15.07	15.03	8.06	8.10	718.30	2,361.74	2,368.56	2,379.73
861	350505	7	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	3	-	14.90	14.88	15.20	8.01	8.05	735.40	2,361.74	2,378.03	2,387.82
862	350505	12	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	3	-	15.10	15.18	15.00	8.15	8.18	730.10	2,361.74	2,369.21	2,378.81
863	350505	17	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	3	-	15.09	15.30	14.98	8.16	8.18	754.70	2,361.74	2,358.51	2,366.32
864	350505	3	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	7	-	15.10	15.32	14.96	8.09	8.15	842.00	2,361.74	2,337.37	2,354.42
865	350505	8	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	7	-	15.02	15.26	15.06	8.10	8.17	813.60	2,361.74	2,346.87	2,365.70
866	350505	13	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	7	-	15.12	15.16	14.94	8.12	8.19	832.40	2,361.74	2,370.83	2,390.69
867	350505	18	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	7	-	15.06	15.06	15.02	8.11	8.18	853.10	2,361.74	2,380.97	2,400.05
868	350505	4	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	14	-	15.16	15.29	14.98	8.10	8.18	892.80	2,361.74	2,332.45	2,355.78
869	350505	9	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	14	-	15.08	15.23	15.00	8.10	8.18	984.10	2,361.74	2,352.38	2,373.57
870	350505	14	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	14	-	15.03	15.20	15.02	7.99	8.06	935.00	2,361.74	2,327.62	2,349.47
871	350505	19	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	14	-	14.95	15.17	15.16	8.11	8.19	945.50	2,361.74	2,358.53	2,382.67
872	350505	5	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	28	-	15.03	15.19	15.06	8.06	8.15	1,029.10	2,361.74	2,344.48	2,369.21
873	350505	10	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	28	-	15.09	15.04	15.03	8.07	8.15	1,026.50	2,361.74	2,364.33	2,388.37
874	350505	15	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	28	-	15.00	15.20	15.01	8.09	8.17	1,053.40	2,361.74	2,362.46	2,387.59
875	350505	20	410.57	205.28	879.79	879.79	25.0	28.0	10.7	28	-	15.00	15.08	15.03	8.07	8.16	968.90	2,361.74	2,374.86	2,400.45
876	350506	1	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	1	-	14.99	15.14	15.06	7.92	7.92	397.00	2,299.03	2,316.37	2,316.37
877	350506	6	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	1	-	15.04	15.04	15.00	7.96	7.96	392.20	2,299.03	2,345.99	2,345.99
878	350506	11	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	1	-	15.00	15.16	15.04	7.96	7.96	385.50	2,299.03	2,325.96	2,325.96
879	350506	16	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	1	-	14.97	15.10	15.03	7.92	7.92	404.00	2,299.03	2,329.96	2,329.96
880	350506	2	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	3	-	15.00	15.03	15.01	7.95	7.96	660.40	2,299.03	2,348.11	2,351.36

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
881	350506	7	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	3	-	15.04	15.16	14.99	7.97	7.98	681.00	2,299.03	2,330.44	2,335.12
882	350506	12	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	3	-	15.06	14.96	14.99	7.88	7.90	684.30	2,299.03	2,333.88	2,339.21
883	350506	17	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	3	-	15.04	15.07	14.97	7.93	7.94	660.70	2,299.03	2,337.76	2,341.30
884	350506	3	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	7	-	15.06	15.26	14.99	8.08	8.12	782.20	2,299.03	2,344.02	2,358.24
885	350506	8	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	7	-	15.07	15.18	15.00	7.98	8.04	783.10	2,299.03	2,326.43	2,342.46
886	350506	13	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	7	-	15.07	15.03	15.02	7.95	8.01	795.20	2,299.03	2,337.41	2,353.87
887	350506	18	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	7	-	14.99	15.10	15.05	7.94	8.00	768.50	2,299.03	2,331.68	2,347.53
888	350506	4	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	14	-	15.03	15.11	14.96	7.91	7.98	872.20	2,299.03	2,329.09	2,348.81
889	350506	9	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	14	-	15.04	15.10	14.98	7.94	8.01	865.70	2,299.03	2,334.20	2,354.48
890	350506	14	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	14	-	15.06	15.04	14.98	7.92	7.99	869.10	2,299.03	2,334.21	2,354.25
891	350506	19	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	14	-	15.03	15.06	15.03	7.94	8.01	888.30	2,299.03	2,333.87	2,353.86
892	350506	5	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	28	-	15.04	15.14	14.99	7.90	7.98	905.10	2,299.03	2,313.59	2,337.03
893	350506	10	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	28	-	15.07	15.07	14.99	7.90	7.98	917.30	2,299.03	2,319.42	2,344.09
894	350506	15	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	28	-	15.02	15.08	15.00	7.95	8.03	949.80	2,299.03	2,340.23	2,363.78
895	350506	20	407.44	203.72	698.47	1,047.70	25.0	29.0	11.1	28	-	15.00	15.27	15.10	7.93	8.02	951.60	2,299.03	2,293.38	2,317.66
896	350604	1	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	1	-	15.03	15.06	15.03	8.01	8.01	331.50	2,358.89	2,352.98	2,352.98
897	350604	6	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	1	-	15.06	15.12	14.95	7.98	7.98	331.50	2,358.89	2,343.27	2,343.27
898	350604	11	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	1	-	14.96	15.18	15.09	8.04	8.04	328.30	2,358.89	2,345.61	2,345.61
899	350604	16	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	1	-	14.98	15.03	15.11	8.02	8.02	332.30	2,358.89	2,356.26	2,356.26
900	350604	2	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	3	-	15.00	15.02	15.10	8.00	8.09	476.00	2,358.89	2,351.24	2,377.40
901	350604	7	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	3	-	15.05	15.09	15.00	8.02	8.11	476.70	2,358.89	2,354.86	2,380.11
902	350604	12	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	3	-	15.00	15.19	15.05	7.98	8.06	470.10	2,358.89	2,328.28	2,349.28
903	350604	17	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	3	-	15.00	15.10	15.08	7.99	8.08	479.20	2,358.89	2,339.84	2,365.90
904	350604	3	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	7	-	15.04	15.13	15.00	8.02	8.13	563.60	2,358.89	2,349.32	2,382.43
905	350604	8	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	7	-	15.00	15.03	15.10	8.03	8.12	597.10	2,358.89	2,357.90	2,384.63
906	350604	13	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	7	-	15.01	15.28	15.07	7.95	8.06	619.90	2,358.89	2,299.83	2,332.81
907	350604	18	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	7	-	14.96	15.09	15.04	7.93	8.03	615.40	2,358.89	2,335.34	2,365.97
908	350604	4	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	14	-	15.01	15.10	15.02	7.97	8.09	646.80	2,358.89	2,340.86	2,375.23
909	350604	9	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	14	-	14.98	15.07	15.11	8.05	8.17	651.00	2,358.89	2,360.26	2,394.27
910	350604	14	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	14	-	15.01	15.26	15.04	8.05	8.16	724.20	2,358.89	2,335.88	2,369.26
911	350604	19	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	14	-	15.02	15.11	15.01	7.99	8.11	716.10	2,358.89	2,346.36	2,380.71
912	350604	5	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	28	-	15.00	14.97	15.08	7.96	8.10	725.90	2,358.89	2,350.41	2,390.58
913	350604	10	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	28	-	15.00	15.09	15.08	8.00	8.14	801.40	2,358.89	2,343.44	2,383.58
914	350604	15	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	28	-	14.94	15.24	15.06	8.07	8.20	802.30	2,358.89	2,352.33	2,391.70
915	350604	20	381.02	228.61	1,045.09	696.73	29.5	31.5	18.1	28	-	15.05	15.34	15.07	8.05	8.20	830.80	2,358.89	2,314.92	2,356.02
916	350605	1	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	1	-	15.00	15.09	15.00	7.91	7.91	329.80	2,327.54	2,330.61	2,330.61
917	350605	6	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	1	-	15.00	15.05	15.07	7.92	7.92	326.40	2,327.54	2,327.71	2,327.71
918	350605	11	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	1	-	14.96	15.20	15.08	7.94	7.94	310.60	2,327.54	2,315.20	2,315.20
919	350605	16	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	1	-	15.01	15.24	15.08	7.95	7.95	324.10	2,327.54	2,304.04	2,304.04
920	350605	2	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	3	-	15.00	15.09	15.04	7.95	8.02	476.30	2,327.54	2,335.57	2,356.72

ID	Mix Code	No:	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
921	350605	7	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	3	-	15.08	15.40	15.00	7.98	8.06	471.70	2,327.54	2,291.96	2,313.20
922	350605	12	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	3	-	15.06	15.20	14.96	7.94	8.01	489.50	2,327.54	2,318.57	2,337.84
923	350605	17	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	3	-	15.04	15.14	15.05	7.92	8.00	489.10	2,327.54	2,309.91	2,334.13
924	350605	3	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	7	-	15.08	15.10	15.00	7.92	8.02	621.60	2,327.54	2,318.17	2,348.04
925	350605	8	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	7	-	15.09	15.20	15.06	7.97	8.07	619.40	2,327.54	2,306.70	2,336.23
926	350605	13	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	7	-	15.01	15.11	15.10	7.93	8.02	594.70	2,327.54	2,314.07	2,341.23
927	350605	18	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	7	-	15.08	15.06	15.00	7.86	7.96	626.20	2,327.54	2,306.42	2,337.25
928	350605	4	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	14	-	14.98	15.18	15.04	7.96	8.07	768.20	2,327.54	2,328.33	2,358.74
929	350605	9	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	14	-	15.00	15.17	15.04	7.98	8.08	749.40	2,327.54	2,332.02	2,360.95
930	350605	14	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	14	-	15.04	15.03	14.99	7.89	7.99	723.70	2,327.54	2,328.16	2,358.56
931	350605	19	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	14	-	15.00	15.10	15.00	7.92	8.03	721.20	2,327.54	2,331.71	2,364.09
932	350605	5	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	28	-	15.00	15.02	15.00	7.87	7.99	897.10	2,327.54	2,329.34	2,363.66
933	350605	10	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	28	-	15.07	15.13	15.03	7.95	8.07	884.30	2,327.54	2,319.83	2,355.43
934	350605	15	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	28	-	15.05	15.18	15.03	7.91	8.03	834.10	2,327.54	2,302.74	2,338.27
935	350605	20	378.15	226.89	864.34	864.34	29.5	31.0	20.7	28	-	15.05	15.03	15.00	7.91	8.04	818.50	2,327.54	2,332.14	2,369.57
936	350606	1	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	1	-	15.07	15.09	15.09	7.83	7.83	338.40	2,287.63	2,281.47	2,281.47
937	350606	6	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	1	-	15.08	15.04	15.02	7.86	7.86	348.80	2,287.63	2,307.00	2,307.00
938	350606	11	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	1	-	15.08	15.10	15.09	7.86	7.86	357.40	2,287.63	2,286.59	2,286.59
939	350606	16	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	1	-	15.13	15.10	15.00	7.93	7.93	390.70	2,287.63	2,312.56	2,312.56
940	350606	2	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	3	-	15.00	15.13	15.10	7.81	7.89	540.60	2,287.63	2,279.87	2,302.34
941	350606	7	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	3	-	15.05	15.06	15.08	7.82	7.89	534.40	2,287.63	2,286.77	2,308.12
942	350606	12	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	3	-	14.97	15.04	15.10	7.82	7.88	522.10	2,287.63	2,299.29	2,319.00
943	350606	17	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	3	-	15.03	15.12	15.04	7.86	7.94	518.00	2,287.63	2,300.83	2,324.24
944	350606	3	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	7	-	15.00	15.04	15.07	7.85	7.95	625.50	2,287.63	2,308.38	2,338.08
945	350606	8	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	7	-	15.04	15.10	15.03	7.88	7.98	635.10	2,287.63	2,308.27	2,339.04
946	350606	13	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	7	-	15.03	15.28	15.02	7.86	7.96	632.60	2,287.63	2,277.16	2,308.18
947	350606	18	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	7	-	15.03	15.12	15.05	7.84	7.96	658.40	2,287.63	2,293.46	2,327.96
948	350606	4	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	14	-	15.08	15.20	15.00	7.82	7.93	715.80	2,287.63	2,275.58	2,306.99
949	350606	9	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	14	-	14.90	15.19	15.18	7.86	7.98	750.50	2,287.63	2,288.61	2,321.79
950	350606	14	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	14	-	15.00	15.03	15.06	7.83	7.94	757.00	2,287.63	2,305.85	2,338.54
951	350606	19	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	14	-	15.00	15.10	15.04	7.80	7.91	735.20	2,287.63	2,288.53	2,320.52
952	350606	5	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	28	-	15.02	15.02	15.00	7.83	7.96	844.10	2,287.63	2,313.23	2,351.36
953	350606	10	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	28	-	15.02	15.22	15.07	7.84	7.98	844.10	2,287.63	2,276.59	2,315.48
954	350606	15	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	28	-	15.05	15.22	15.09	7.81	7.94	861.40	2,287.63	2,260.36	2,297.68
955	350606	20	375.32	225.19	686.29	1,029.44	30.0	32.0	18.6	28	-	14.99	15.02	15.09	7.79	7.93	836.10	2,287.63	2,294.03	2,333.77
956	350704	1	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	1	-	15.12	15.18	14.94	7.95	7.95	214.10	2,304.73	2,317.84	2,317.84
957	350704	6	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	1	-	14.93	15.02	15.12	7.91	7.91	217.20	2,304.73	2,333.78	2,333.78
958	350704	11	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	1	-	15.08	15.09	14.98	7.93	7.93	217.20	2,304.73	2,325.15	2,325.15
959	350704	16	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	1	-	15.04	15.03	15.05	7.91	7.91	213.70	2,304.73	2,324.76	2,324.76
960	350704	2	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	3	-	15.05	15.04	15.00	7.92	8.01	387.10	2,304.73	2,331.47	2,358.86

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width" (cm)	Length" (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt. before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
961	350704	7	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	3	-	15.10	15.08	15.00	7.87	7.96	364.80	2,304.73	2,303.53	2,329.01
962	350704	12	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	3	-	14.98	15.16	15.08	7.93	8.01	352.80	2,304.73	2,314.42	2,338.95
963	350704	17	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	3	-	15.00	15.00	15.07	7.91	8.01	368.90	2,304.73	2,332.52	2,363.49
964	350704	3	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	7	-	14.96	15.14	15.17	7.91	8.01	497.50	2,304.73	2,302.73	2,331.25
965	350704	8	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	7	-	14.94	15.03	15.12	7.89	7.99	488.50	2,304.73	2,325.07	2,353.93
966	350704	13	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	7	-	15.07	15.00	14.97	7.96	8.06	480.80	2,304.73	2,353.15	2,382.41
967	350704	18	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	7	-	14.96	15.01	15.06	7.77	7.88	498.20	2,304.73	2,297.06	2,330.47
968	350704	4	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	14	-	15.00	15.10	15.05	7.90	8.01	557.40	2,304.73	2,316.05	2,348.32
969	350704	9	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	14	-	15.00	14.96	15.11	7.79	7.90	539.40	2,304.73	2,296.29	2,328.44
970	350704	14	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	14	-	14.98	15.14	15.03	7.97	8.09	572.90	2,304.73	2,339.27	2,372.12
971	350704	19	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	14	-	14.87	15.04	15.20	7.87	7.98	549.90	2,304.73	2,314.23	2,348.35
972	350704	5	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	28	-	14.99	15.06	15.00	7.85	7.96	655.80	2,304.73	2,317.02	2,351.58
973	350704	10	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	28	-	15.07	14.84	15.02	7.84	7.97	633.90	2,304.73	2,334.29	2,373.88
974	350704	15	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	28	-	15.00	15.10	15.08	7.89	8.02	661.10	2,304.73	2,310.85	2,348.33
975	350704	20	353.10	247.17	1,029.03	686.02	27.0	29.0	25.0	28	-	14.90	14.91	15.07	7.80	7.94	666.20	2,304.73	2,328.60	2,371.01
976	350705	1	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	1	-	15.00	15.15	15.00	7.85	7.85	264.20	2,321.84	2,301.43	2,301.43
977	350705	6	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	1	-	15.00	14.96	15.04	7.87	7.87	273.80	2,321.84	2,330.39	2,330.39
978	350705	11	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	1	-	14.96	14.94	15.06	7.86	7.86	277.40	2,321.84	2,336.34	2,336.34
979	350705	16	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	1	-	14.98	15.05	15.06	7.86	7.86	276.80	2,321.84	2,315.29	2,315.29
980	350705	2	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	3	-	15.00	15.14	15.08	7.92	7.97	400.50	2,321.84	2,311.46	2,327.82
981	350705	7	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	3	-	14.96	15.22	15.03	7.90	7.96	407.20	2,321.84	2,307.87	2,324.82
982	350705	12	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	3	-	15.00	15.00	15.04	7.96	8.03	409.80	2,321.84	2,353.13	2,371.75
983	350705	17	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	3	-	14.97	15.24	15.04	7.95	8.01	409.90	2,321.84	2,315.76	2,332.96
984	350705	3	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	7	-	14.98	15.20	15.15	7.94	8.04	488.40	2,321.84	2,302.88	2,329.26
985	350705	8	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	7	-	14.98	15.06	15.10	7.89	7.98	511.20	2,321.84	2,315.84	2,343.43
986	350705	13	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	7	-	15.00	14.96	15.00	7.84	7.93	513.90	2,321.84	2,328.58	2,356.21
987	350705	18	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	7	-	14.99	15.08	15.02	7.87	7.95	506.40	2,321.84	2,316.47	2,341.79
988	350705	4	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	14	-	14.95	15.30	15.06	7.98	8.08	603.70	2,321.84	2,317.73	2,344.73
989	350705	9	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	14	-	15.00	15.13	15.04	7.95	8.03	602.70	2,321.84	2,327.64	2,352.25
990	350705	14	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	14	-	15.05	15.14	14.98	7.94	8.04	601.50	2,321.84	2,326.20	2,354.32
991	350705	19	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	14	-	15.07	15.34	14.99	7.86	7.97	600.70	2,321.84	2,267.34	2,299.95
992	350705	5	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	28	-	15.00	15.18	15.04	7.85	7.96	685.40	2,321.84	2,293.11	2,325.23
993	350705	10	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	28	-	15.08	15.09	15.04	7.86	7.98	651.80	2,321.84	2,297.76	2,331.07
994	350705	15	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	28	-	15.00	15.10	15.06	7.82	7.93	690.50	2,321.84	2,292.82	2,325.65
995	350705	20	350.47	245.33	851.15	851.15	30.0	32.0	23.0	28	-	14.98	15.25	15.06	7.95	8.08	677.50	2,321.84	2,311.66	2,349.74
996	350706	1	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	1	-	15.02	15.00	15.00	7.76	7.76	215.50	2,270.52	2,295.31	2,295.31
997	350706	6	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	1	-	14.96	14.99	15.11	7.76	7.76	243.20	2,270.52	2,291.33	2,291.33
998	350706	11	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	1	-	15.00	15.10	15.08	7.74	7.74	223.40	2,270.52	2,265.77	2,265.77
999	350706	16	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	1	-	15.09	15.09	15.05	7.79	7.79	213.40	2,270.52	2,273.41	2,273.41
1000	350706	2	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	3	-	15.05	14.96	15.11	7.77	7.85	385.50	2,270.52	2,283.96	2,307.48

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1001	350706	7	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	3	-	15.03	15.00	15.06	7.76	7.83	387.10	2,270.52	2,286.41	2,307.03
1002	350706	12	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	3	-	14.99	15.05	15.10	7.71	7.79	367.40	2,270.52	2,264.17	2,286.18
1003	350706	17	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	3	-	15.03	15.00	15.08	7.72	7.81	361.20	2,270.52	2,271.03	2,295.73
1004	350706	3	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	7	-	15.02	15.00	15.00	7.72	7.81	512.20	2,270.52	2,285.55	2,311.29
1005	350706	8	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	7	-	15.04	15.02	15.00	7.75	7.82	541.30	2,270.52	2,286.84	2,308.09
1006	350706	13	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	7	-	15.05	14.89	15.00	7.70	7.78	475.90	2,270.52	2,289.81	2,313.61
1007	350706	18	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	7	-	15.00	14.99	15.09	7.75	7.84	516.30	2,270.52	2,285.01	2,310.94
1008	350706	4	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	14	-	15.10	15.00	15.00	7.77	7.86	577.70	2,270.52	2,285.80	2,313.47
1009	350706	9	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	14	-	15.09	15.08	15.03	7.71	7.80	565.70	2,270.52	2,253.68	2,279.99
1010	350706	14	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	14	-	15.02	14.97	15.01	7.71	7.81	565.00	2,270.52	2,284.45	2,312.60
1011	350706	19	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	14	-	14.92	14.95	15.13	7.72	7.82	605.50	2,270.52	2,286.95	2,317.76
1012	350706	5	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	28	-	15.02	14.96	15.04	7.73	7.83	690.70	2,270.52	2,287.34	2,316.63
1013	350706	10	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	28	-	15.03	15.04	15.05	7.72	7.83	707.70	2,270.52	2,268.62	2,300.07
1014	350706	15	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	28	-	15.00	15.06	15.11	7.70	7.80	686.80	2,270.52	2,254.97	2,286.32
1015	350706	20	347.89	243.52	675.90	1,013.85	27.0	29.0	21.3	28	-	15.12	15.15	14.99	7.72	7.83	749.10	2,270.52	2,247.12	2,280.32
1016	350804	1	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	1	-	15.05	14.93	15.03	7.78	7.78	163.10	2,316.13	2,303.99	2,303.99
1017	350804	6	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	1	-	15.02	15.03	15.00	7.84	7.84	170.10	2,316.13	2,314.35	2,314.35
1018	350804	11	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	1	-	15.16	14.94	14.94	7.75	7.75	160.90	2,316.13	2,290.94	2,290.94
1019	350804	16	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	1	-	14.96	15.00	14.99	7.75	7.75	164.20	2,316.13	2,303.97	2,303.97
1020	350804	2	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	3	-	15.00	15.00	15.04	7.82	7.90	285.00	2,316.13	2,311.47	2,333.04
1021	350804	7	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	3	-	15.00	15.20	15.04	7.89	7.96	276.00	2,316.13	2,300.01	2,321.30
1022	350804	12	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	3	-	15.03	15.02	14.98	7.84	7.91	273.80	2,316.13	2,318.92	2,339.03
1023	350804	17	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	3	-	15.00	15.00	15.04	7.76	7.85	276.40	2,316.13	2,293.44	2,319.44
1024	350804	3	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	7	-	15.01	14.85	15.00	7.78	7.85	376.10	2,316.13	2,326.62	2,346.96
1025	350804	8	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	7	-	15.00	14.89	15.07	7.79	7.87	410.20	2,316.13	2,315.29	2,336.68
1026	350804	13	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	7	-	15.03	14.94	15.00	7.72	7.80	365.10	2,316.13	2,292.01	2,314.87
1027	350804	18	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	7	-	14.94	14.97	15.04	7.79	7.89	364.80	2,316.13	2,314.40	2,346.21
1028	350804	4	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	14	-	15.10	14.80	14.97	7.71	7.81	454.60	2,316.13	2,303.69	2,335.38
1029	350804	9	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	14	-	15.07	14.95	15.04	7.75	7.86	429.50	2,316.13	2,288.06	2,319.05
1030	350804	14	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	14	-	14.98	14.96	15.01	7.73	7.84	448.10	2,316.13	2,298.92	2,330.43
1031	350804	19	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	14	-	15.04	15.04	14.93	7.75	7.88	453.30	2,316.13	2,295.40	2,333.89
1032	350804	5	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	28	-	15.05	14.80	15.00	7.70	7.81	545.40	2,316.13	2,305.83	2,338.15
1033	350804	10	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	28	-	15.05	14.88	15.01	7.73	7.83	558.60	2,316.13	2,298.74	2,329.09
1034	350804	15	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	28	-	14.99	14.93	15.06	7.76	7.87	528.20	2,316.13	2,301.18	2,334.41
1035	350804	20	328.99	263.19	1,015.16	676.77	25.0	28.0	22.7	28	-	15.01	14.84	14.96	7.72	7.84	521.40	2,316.13	2,317.01	2,352.72
1036	350805	1	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	1	-	14.97	14.96	15.09	7.80	7.80	175.00	2,279.08	2,306.90	2,306.90
1037	350805	6	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	1	-	14.97	14.80	15.08	7.66	7.66	164.80	2,279.08	2,291.19	2,291.19
1038	350805	11	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	1	-	14.96	14.98	15.08	7.76	7.76	167.40	2,279.08	2,295.35	2,295.35
1039	350805	16	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	1	-	14.98	14.95	15.08	7.72	7.72	162.90	2,279.08	2,284.75	2,284.75
1040	350805	2	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	3	-	15.04	15.09	15.03	7.84	7.88	311.10	2,279.08	2,298.96	2,309.80

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1041	350805	7	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	3	-	15.03	14.88	15.02	7.84	7.90	315.10	2,279.08	2,335.10	2,350.58
1042	350805	12	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	3	-	14.94	14.89	15.11	7.81	7.86	300.70	2,279.08	2,322.00	2,338.67
1043	350805	17	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	3	-	15.04	15.02	14.99	7.81	7.87	303.70	2,279.08	2,305.79	2,324.99
1044	350805	3	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	7	-	15.04	14.92	15.03	7.84	7.90	422.00	2,279.08	2,324.26	2,341.76
1045	350805	8	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	7	-	15.06	15.04	14.98	7.83	7.88	432.90	2,279.08	2,308.57	2,321.84
1046	350805	13	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	7	-	15.03	15.00	15.04	7.80	7.86	411.80	2,279.08	2,301.25	2,317.76
1047	350805	18	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	7	-	14.97	14.98	15.13	7.76	7.83	438.50	2,279.08	2,287.71	2,308.34
1048	350805	4	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	14	-	15.04	15.23	14.99	7.88	7.96	500.30	2,279.08	2,295.55	2,317.69
1049	350805	9	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	14	-	15.00	15.00	15.00	7.87	7.94	489.40	2,279.08	2,330.67	2,352.30
1050	350805	14	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	14	-	15.04	14.89	14.98	7.83	7.90	521.10	2,279.08	2,335.23	2,355.50
1051	350805	19	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	14	-	15.02	14.85	15.00	7.78	7.86	498.40	2,279.08	2,326.56	2,348.98
1052	350805	5	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	28	-	15.04	15.13	15.01	7.79	7.88	588.10	2,279.08	2,281.59	2,305.60
1053	350805	10	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	28	-	15.04	15.04	15.00	7.76	7.85	584.80	2,279.08	2,285.57	2,312.98
1054	350805	15	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	28	-	15.03	14.97	14.99	7.76	7.84	608.20	2,279.08	2,299.91	2,325.11
1055	350805	20	326.58	261.26	839.77	839.77	27.0	29.0	23.7	28	-	15.04	14.96	15.00	7.68	7.78	592.50	2,279.08	2,276.16	2,303.72
1056	350806	1	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	1	-	15.04	15.10	15.08	7.76	7.76	183.30	2,256.27	2,266.17	2,266.17
1057	350806	6	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	1	-	15.05	15.18	14.97	7.81	7.81	169.80	2,256.27	2,283.60	2,283.60
1058	350806	11	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	1	-	14.99	15.10	15.01	7.71	7.71	171.90	2,256.27	2,269.61	2,269.61
1059	350806	16	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	1	-	15.06	15.04	15.08	7.76	7.76	180.30	2,256.27	2,270.72	2,270.72
1060	350806	2	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	3	-	15.08	15.14	15.04	7.70	7.77	310.50	2,256.27	2,243.29	2,263.96
1061	350806	7	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	3	-	15.08	15.00	15.04	7.74	7.81	312.30	2,256.27	2,274.81	2,294.79
1062	350806	12	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	3	-	15.01	15.00	15.00	7.70	7.78	309.00	2,256.27	2,281.15	2,302.76
1063	350806	17	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	3	-	14.95	15.08	15.11	7.73	7.81	300.70	2,256.27	2,268.02	2,291.80
1064	350806	3	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	7	-	14.98	14.99	15.13	7.75	7.83	413.20	2,256.27	2,281.42	2,303.50
1065	350806	8	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	7	-	15.04	14.87	15.02	7.62	7.70	411.60	2,256.27	2,268.73	2,291.65
1066	350806	13	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	7	-	15.10	14.86	15.08	7.62	7.70	403.80	2,256.27	2,253.13	2,276.77
1067	350806	18	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	7	-	15.04	14.90	15.04	7.71	7.80	432.90	2,256.27	2,287.86	2,313.08
1068	350806	4	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	14	-	15.04	15.02	15.00	7.69	7.79	488.30	2,256.27	2,268.25	2,300.12
1069	350806	9	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	14	-	15.07	14.95	15.03	7.67	7.78	493.40	2,256.27	2,265.37	2,296.67
1070	350806	14	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	14	-	15.04	15.02	14.98	7.68	7.78	504.80	2,256.27	2,268.03	2,299.35
1071	350806	19	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	14	-	14.98	15.28	15.08	7.81	7.95	520.20	2,256.27	2,261.77	2,302.62
1072	350806	5	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	28	-	15.04	14.90	15.00	7.67	7.77	571.00	2,256.27	2,282.65	2,310.02
1073	350806	10	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	28	-	15.09	14.97	15.00	7.66	7.75	567.00	2,256.27	2,260.91	2,286.88
1074	350806	15	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	28	-	15.01	15.01	15.00	7.57	7.67	598.80	2,256.27	2,240.27	2,269.86
1075	350806	20	324.20	259.36	666.92	1,000.39	25.0	28.0	23.8	28	-	15.11	15.16	14.97	7.65	7.76	570.50	2,256.27	2,230.30	2,264.12
1076	400405	1	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	1	-	15.10	14.93	15.01	7.66	7.66	597.40	2,286.07	2,262.18	2,262.18
1077	400405	6	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	1	-	15.13	14.92	14.95	7.45	7.45	556.60	2,286.07	2,208.13	2,208.13
1078	400405	11	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	1	-	14.97	14.88	15.22	7.57	7.57	565.70	2,286.07	2,231.65	2,231.65
1079	400405	16	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	1	-	15.10	15.08	14.99	7.68	7.68	610.70	2,286.07	2,248.82	2,248.82
1080	400405	2	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	3	-	15.07	14.85	15.16	7.45	7.52	568.80	2,286.07	2,194.45	2,216.56

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
1081	400405	7	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	3	-	14.78	15.10	14.93	7.39	7.45	664.70	2,286.07	2,216.35	2,235.26
1082	400405	12	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	3	-	15.06	15.00	15.10	7.50	7.57	700.80	2,286.07	2,199.30	2,218.65
1083	400405	17	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	3	-	15.07	14.91	15.01	7.74	7.80	692.30	2,286.07	2,293.74	2,311.53
1084	400405	3	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	7	-	15.05	14.90	15.15	7.45	7.51	744.80	2,286.07	2,191.73	2,210.28
1085	400405	8	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	7	-	15.00	14.86	15.10	7.58	7.63	786.30	2,286.07	2,251.77	2,268.12
1086	400405	13	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	7	-	15.04	14.90	15.14	7.51	7.57	743.90	2,286.07	2,213.50	2,230.89
1087	400405	18	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	7	-	15.06	14.70	15.04	7.60	7.67	802.30	2,286.07	2,283.77	2,303.89
1088	400405	4	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	14	-	15.20	15.09	15.04	7.57	7.64	714.30	2,286.07	2,193.53	2,214.11
1089	400405	9	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	14	-	15.09	14.92	15.09	7.53	7.61	798.10	2,286.07	2,216.99	2,239.06
1090	400405	14	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	14	-	15.04	15.09	15.07	7.76	7.84	837.20	2,286.07	2,268.88	2,290.81
1091	400405	19	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	14	-	15.06	15.11	15.10	7.68	7.76	826.00	2,286.07	2,236.25	2,258.66
1092	400405	5	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	28	-	15.06	15.26	15.05	7.40	7.45	827.60	2,286.07	2,139.81	2,153.11
1093	400405	10	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	28	-	14.96	15.09	15.10	7.40	7.45	739.90	2,286.07	2,171.16	2,184.95
1094	400405	15	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	28	-	15.03	14.99	15.09	7.63	7.69	913.50	2,286.07	2,243.09	2,261.03
1095	400405	20	490.20	196.08	857.84	857.84	33.0	34.0	0.0	28	-	15.17	15.02	15.00	7.59	7.64	907.00	2,286.07	2,219.56	2,236.23
1096	400504	1	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	1	-	15.02	15.17	15.03	8.12	8.12	662.40	2,395.62	2,370.47	2,370.47
1097	400504	6	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	1	-	15.09	15.10	14.98	8.12	8.12	660.10	2,395.62	2,380.08	2,380.08
1098	400504	11	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	1	-	15.12	15.22	15.07	8.14	8.14	654.10	2,395.62	2,348.04	2,348.04
1099	400504	16	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	1	-	15.05	15.30	15.06	8.14	8.14	684.90	2,395.62	2,347.60	2,347.60
1100	400504	2	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	3	-	15.15	15.05	14.90	8.10	8.12	839.40	2,395.62	2,383.94	2,388.65
1101	400504	7	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	3	-	15.09	15.12	15.04	8.15	8.21	868.00	2,395.62	2,376.19	2,393.68
1102	400504	12	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	3	-	15.07	15.20	15.04	8.19	8.25	870.20	2,395.62	2,375.82	2,393.53
1103	400504	17	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	3	-	15.12	15.29	15.00	8.14	8.20	907.60	2,395.62	2,347.62	2,364.92
1104	400504	3	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	7	-	15.10	15.30	15.00	8.21	8.29	902.30	2,395.62	2,367.95	2,392.76
1105	400504	8	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	7	-	15.05	15.28	15.02	8.14	8.23	964.00	2,395.62	2,357.81	2,382.12
1106	400504	13	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	7	-	15.04	15.22	15.02	8.10	8.19	986.10	2,395.62	2,356.75	2,381.76
1107	400504	18	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	7	-	15.02	15.37	15.05	8.18	8.27	971.50	2,395.62	2,354.07	2,379.40
1108	400504	4	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	14	-	14.95	15.15	15.12	8.20	8.30	1,037.70	2,395.62	2,393.88	2,423.66
1109	400504	9	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	14	-	15.13	15.19	15.06	8.20	8.31	1,042.70	2,395.62	2,370.01	2,399.48
1110	400504	14	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	14	-	15.03	15.20	15.04	8.18	8.28	1,074.40	2,395.62	2,379.24	2,409.79
1111	400504	19	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	14	-	15.08	15.13	14.98	8.16	8.26	1,021.80	2,395.62	2,386.30	2,417.61
1112	400504	5	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	28	-	15.07	15.16	14.98	8.12	8.22	1,167.50	2,395.62	2,373.22	2,401.57
1113	400504	10	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	28	-	15.03	15.26	15.04	8.19	8.29	1,044.70	2,395.62	2,373.94	2,403.22
1114	400504	15	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	28	-	15.10	15.40	14.98	8.20	8.31	1,124.70	2,395.62	2,355.14	2,384.99
1115	400504	20	450.63	225.32	1,013.92	675.95	32.0	33.5	6.7	28	-	15.05	15.17	15.07	8.19	8.30	1,113.00	2,395.62	2,380.97	2,411.20
1116	400505	1	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	1	-	15.10	15.28	15.07	8.15	8.15	681.30	2,379.05	2,344.21	2,344.21
1117	400505	6	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	1	-	15.03	15.13	14.95	8.06	8.06	693.50	2,379.05	2,369.33	2,369.33
1118	400505	11	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	1	-	15.09	15.05	14.98	8.08	8.08	680.60	2,379.05	2,373.59	2,373.59
1119	400505	16	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	1	-	15.00	15.21	15.02	8.06	8.06	674.20	2,379.05	2,351.75	2,351.75
1120	400505	2	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	3	-	15.07	15.20	15.05	8.12	8.18	856.90	2,379.05	2,356.26	2,373.37

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
1121	400505	7	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	3	-	14.93	15.24	15.09	8.15	8.21	903.50	2,379.05	2,374.56	2,390.58
1122	400505	12	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	3	-	15.03	15.05	15.00	7.99	8.04	927.60	2,379.05	2,353.65	2,368.98
1123	400505	17	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	3	-	14.99	14.97	15.05	8.04	8.10	887.90	2,379.05	2,379.76	2,397.23
1124	400505	3	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	7	-	15.00	15.27	15.13	8.18	8.26	956.00	2,379.05	2,360.39	2,384.05
1125	400505	8	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	7	-	14.99	15.34	15.02	8.11	8.20	922.90	2,379.05	2,349.30	2,372.75
1126	400505	13	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	7	-	15.00	15.22	15.03	8.08	8.16	898.40	2,379.05	2,353.88	2,378.36
1127	400505	18	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	7	-	14.95	15.17	15.08	8.13	8.21	944.20	2,379.05	2,377.47	2,401.45
1128	400505	4	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	14	-	15.00	15.20	15.00	8.17	8.26	934.50	2,379.05	2,387.43	2,414.91
1129	400505	9	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	14	-	14.95	15.14	15.06	8.11	8.21	1,040.80	2,379.05	2,378.60	2,407.64
1130	400505	14	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	14	-	14.96	15.12	15.13	8.11	8.21	1,047.10	2,379.05	2,370.90	2,400.12
1131	400505	19	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	14	-	14.97	15.14	15.05	8.07	8.18	1,054.90	2,379.05	2,366.15	2,397.52
1132	400505	5	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	28	-	15.00	15.10	15.07	8.07	8.15	1,059.10	2,379.05	2,363.36	2,388.56
1133	400505	10	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	28	-	14.99	15.10	15.12	8.08	8.17	1,114.90	2,379.05	2,359.75	2,386.34
1134	400505	15	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	28	-	14.99	15.16	15.08	8.13	8.22	1,063.40	2,379.05	2,371.82	2,398.67
1135	400505	20	447.33	223.67	838.75	838.75	32.0	33.0	6.0	28	-	14.98	15.15	15.04	8.12	8.22	1,134.60	2,379.05	2,378.94	2,407.36
1136	400506	1	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	1	-	15.10	15.09	15.03	7.95	7.95	509.70	2,350.84	2,319.90	2,319.90
1137	400506	6	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	1	-	15.00	15.13	15.10	7.95	7.95	520.90	2,350.84	2,320.14	2,320.14
1138	400506	11	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	1	-	15.02	15.19	15.06	7.93	7.93	533.60	2,350.84	2,306.46	2,306.46
1139	400506	16	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	1	-	15.10	15.16	14.93	7.93	7.93	540.20	2,350.84	2,319.39	2,319.39
1140	400506	2	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	3	-	15.09	15.05	15.09	7.89	7.98	662.50	2,350.84	2,300.84	2,327.40
1141	400506	7	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	3	-	15.10	15.10	15.09	7.94	8.03	661.90	2,350.84	2,307.98	2,333.85
1142	400506	12	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	3	-	15.06	15.16	15.04	7.91	8.00	686.70	2,350.84	2,304.46	2,329.80
1143	400506	17	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	3	-	15.13	15.20	14.94	7.90	7.99	687.40	2,350.84	2,299.00	2,326.36
1144	400506	3	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	7	-	15.00	15.07	15.08	7.89	7.97	876.60	2,350.84	2,313.11	2,338.63
1145	400506	8	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	7	-	15.11	15.14	15.00	7.96	8.05	876.00	2,350.84	2,318.82	2,344.76
1146	400506	13	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	7	-	15.99	15.14	15.06	7.93	8.01	853.20	2,350.84	2,174.80	2,197.84
1147	400506	18	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	7	-	15.04	15.09	15.04	7.96	8.05	798.90	2,350.84	2,332.58	2,358.36
1148	400506	4	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	14	-	15.01	15.10	15.08	7.92	8.02	920.30	2,350.84	2,316.63	2,347.35
1149	400506	9	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	14	-	15.06	15.07	15.08	7.97	8.07	912.90	2,350.84	2,327.27	2,356.78
1150	400506	14	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	14	-	15.04	15.09	15.10	7.96	8.06	917.60	2,350.84	2,322.44	2,351.33
1151	400506	19	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	14	-	15.09	15.10	14.93	7.93	8.04	873.00	2,350.84	2,331.91	2,361.89
1152	400506	5	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	28	-	15.01	15.17	15.08	7.88	7.98	1,102.10	2,350.84	2,296.04	2,323.70
1153	400506	10	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	28	-	15.03	15.14	15.04	7.97	8.06	972.40	2,350.84	2,329.35	2,355.65
1154	400506	15	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	28	-	15.06	15.20	15.00	7.94	8.04	1,039.50	2,350.84	2,313.55	2,340.05
1155	400506	20	444.08	222.04	666.12	999.19	33.0	35.5	8.2	28	-	15.07	15.22	15.00	7.90	7.99	1,056.40	2,350.84	2,296.48	2,322.64
1156	400604	1	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	1	-	14.98	15.14	15.04	7.96	7.96	434.90	2,358.15	2,333.90	2,333.90
1157	400604	6	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	1	-	15.04	15.26	14.99	7.99	7.99	440.90	2,358.15	2,322.43	2,322.43
1158	400604	11	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	1	-	15.03	15.10	14.98	8.01	8.01	408.30	2,358.15	2,355.46	2,355.46
1159	400604	16	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	1	-	15.03	15.10	15.09	7.96	7.96	407.60	2,358.15	2,323.69	2,323.69
1160	400604	2	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	3	-	15.03	15.12	15.06	8.04	8.12	593.80	2,358.15	2,348.33	2,371.99

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt. before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1161	400604	7	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	3	-	15.02	15.32	14.98	8.09	8.16	639.90	2,358.15	2,346.10	2,366.70
1162	400604	12	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	3	-	15.02	15.25	14.97	8.04	8.11	605.90	2,358.15	2,343.86	2,366.32
1163	400604	17	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	3	-	15.03	15.31	15.07	8.06	8.14	590.70	2,358.15	2,323.99	2,346.48
1164	400604	3	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	7	-	15.15	15.09	14.94	8.02	8.12	744.00	2,358.15	2,346.96	2,375.94
1165	400604	8	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	7	-	14.96	15.13	15.06	7.98	8.08	710.40	2,358.15	2,341.91	2,370.96
1166	400604	13	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	7	-	15.04	15.12	15.00	8.01	8.11	739.80	2,358.15	2,349.11	2,377.84
1167	400604	18	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	7	-	14.94	15.20	15.10	8.03	8.12	767.10	2,358.15	2,340.60	2,368.31
1168	400604	4	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	14	-	14.97	15.04	15.08	7.97	8.09	751.40	2,358.15	2,348.28	2,383.04
1169	400604	9	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	14	-	15.00	15.17	15.09	8.00	8.11	774.40	2,358.15	2,330.41	2,363.03
1170	400604	14	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	14	-	15.01	15.01	15.00	8.02	8.13	787.90	2,358.15	2,373.72	2,406.57
1171	400604	19	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	14	-	14.97	14.98	15.06	7.95	8.06	692.00	2,358.15	2,353.72	2,386.29
1172	400604	5	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	28	-	14.98	15.10	15.04	8.02	8.14	870.80	2,358.15	2,357.13	2,393.58
1173	400604	10	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	28	-	14.95	15.15	15.04	8.00	8.11	842.20	2,358.15	2,347.61	2,381.37
1174	400604	15	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	28	-	14.96	15.08	15.06	8.00	8.11	817.30	2,358.15	2,353.50	2,386.76
1175	400604	20	414.34	248.60	994.42	662.95	34.0	36.0	19.0	28	-	14.99	15.08	15.06	7.93	8.04	822.50	2,358.15	2,329.70	2,362.31
1176	400605	1	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	1	-	15.07	15.00	15.07	7.88	7.88	526.20	2,347.92	2,314.35	2,314.35
1177	400605	6	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	1	-	15.06	15.03	15.08	7.87	7.87	494.40	2,347.92	2,305.63	2,305.63
1178	400605	11	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	1	-	15.04	15.04	15.00	7.95	7.95	521.00	2,347.92	2,341.86	2,341.86
1179	400605	16	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	1	-	15.02	15.08	15.05	7.89	7.89	498.40	2,347.92	2,313.39	2,313.39
1180	400605	2	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	3	-	15.00	15.12	15.05	7.93	8.01	607.20	2,347.92	2,323.82	2,345.50
1181	400605	7	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	3	-	15.03	15.13	15.00	7.89	7.96	625.50	2,347.92	2,312.48	2,334.76
1182	400605	12	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	3	-	15.11	15.00	15.04	7.91	7.98	644.20	2,347.92	2,319.28	2,341.28
1183	400605	17	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	3	-	15.03	15.05	15.05	7.90	7.98	623.40	2,347.92	2,321.75	2,342.90
1184	400605	3	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	7	-	15.04	15.07	15.06	7.96	8.02	791.00	2,347.92	2,332.58	2,348.69
1185	400605	8	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	7	-	15.96	14.98	15.10	7.91	7.87	799.00	2,347.92	2,191.89	2,181.09
1186	400605	13	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	7	-	15.02	15.23	15.03	7.93	7.99	724.70	2,347.92	2,307.03	2,324.78
1187	400605	18	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	7	-	15.05	15.00	15.09	7.91	7.97	748.10	2,347.92	2,321.69	2,340.48
1188	400605	4	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	14	-	15.07	15.10	15.05	7.94	8.03	835.20	2,347.92	2,316.97	2,343.25
1189	400605	9	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	14	-	15.09	15.09	15.03	7.94	8.04	896.10	2,347.92	2,320.85	2,347.73
1190	400605	14	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	14	-	15.07	15.06	15.02	7.91	8.00	838.20	2,347.92	2,320.72	2,348.00
1191	400605	19	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	14	-	15.02	15.00	15.00	7.93	8.03	791.20	2,347.92	2,347.39	2,376.09
1192	400605	5	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	28	-	15.02	15.05	15.04	7.97	8.07	936.00	2,347.92	2,342.78	2,372.78
1193	400605	10	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	28	-	15.07	15.08	15.05	7.95	8.06	960.50	2,347.92	2,324.72	2,355.42
1194	400605	15	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	28	-	15.00	15.08	15.01	7.90	8.01	925.20	2,347.92	2,326.77	2,359.46
1195	400605	20	411.37	246.82	822.73	822.73	32.0	34.0	21.5	28	-	14.96	15.09	15.13	7.96	8.07	899.20	2,347.92	2,331.40	2,363.31
1196	400606	1	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	1	-	15.00	14.98	15.04	7.81	7.81	425.40	2,340.25	2,310.11	2,310.11
1197	400606	6	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	1	-	15.00	15.05	15.04	7.79	7.79	429.20	2,340.25	2,294.66	2,294.66
1198	400606	11	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	1	-	14.98	15.05	15.11	7.87	7.87	450.00	2,340.25	2,311.15	2,311.15
1199	400606	16	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	1	-	15.00	15.20	15.03	7.89	7.89	441.80	2,340.25	2,302.41	2,302.41
1200	400606	2	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	3	-	15.13	15.10	14.99	7.85	7.93	637.10	2,340.25	2,290.74	2,315.27

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1201	400606	7	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	3	-	15.00	15.14	15.06	7.85	7.93	679.80	2,340.25	2,296.11	2,317.75
1202	400606	12	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	3	-	15.08	15.00	15.00	7.90	7.98	593.50	2,340.25	2,326.85	2,350.43
1203	400606	17	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	3	-	15.10	15.10	15.05	7.87	7.95	629.30	2,340.25	2,293.42	2,316.74
1204	400606	3	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	7	-	15.14	15.13	15.12	7.88	7.98	724.10	2,340.25	2,276.01	2,302.87
1205	400606	8	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	7	-	15.09	15.11	14.99	7.81	7.90	754.90	2,340.25	2,283.59	2,309.92
1206	400606	13	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	7	-	15.04	15.02	15.00	7.86	7.95	771.70	2,340.25	2,318.72	2,344.98
1207	400606	18	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	7	-	15.10	15.15	14.92	7.90	7.99	744.60	2,340.25	2,315.73	2,341.81
1208	400606	4	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	14	-	15.12	14.95	15.00	7.77	7.87	822.50	2,340.25	2,290.70	2,322.26
1209	400606	9	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	14	-	15.10	15.04	15.08	7.89	7.99	887.10	2,340.25	2,303.25	2,333.03
1210	400606	14	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	14	-	15.06	15.07	15.02	7.88	7.98	874.50	2,340.25	2,311.34	2,341.84
1211	400606	19	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	14	-	15.03	15.10	15.00	7.87	7.98	770.10	2,340.25	2,312.67	2,343.80
1212	400606	5	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	28	-	15.00	15.03	15.08	7.91	8.04	920.00	2,340.25	2,327.50	2,363.38
1213	400606	10	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	28	-	15.00	15.20	15.05	7.84	7.95	953.40	2,340.25	2,283.91	2,317.42
1214	400606	15	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	28	-	15.14	15.20	14.97	7.86	7.98	887.00	2,340.25	2,281.85	2,315.81
1215	400606	20	408.43	245.06	653.49	980.24	34.0	35.0	14.6	28	-	15.10	15.07	15.01	7.90	8.02	915.80	2,340.25	2,312.31	2,347.15
1216	400704	1	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	1	-	15.01	14.95	15.08	7.89	7.89	310.50	2,358.21	2,332.49	2,332.49
1217	400704	6	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	1	-	15.00	14.99	15.10	7.90	7.90	290.40	2,358.21	2,326.50	2,326.50
1218	400704	11	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	1	-	14.90	15.22	15.12	8.01	8.01	309.20	2,358.21	2,335.16	2,335.16
1219	400704	16	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	1	-	15.10	14.90	14.96	7.88	7.88	323.20	2,358.21	2,340.57	2,340.57
1220	400704	2	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	3	-	15.12	15.08	14.90	7.86	7.95	440.10	2,358.21	2,312.69	2,339.18
1221	400704	7	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	3	-	15.08	15.05	15.06	7.91	7.98	458.80	2,358.21	2,313.39	2,335.04
1222	400704	12	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	3	-	14.98	15.07	15.08	7.96	8.04	435.50	2,358.21	2,339.11	2,361.14
1223	400704	17	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	3	-	14.95	15.10	15.08	7.99	8.08	457.60	2,358.21	2,347.08	2,372.05
1224	400704	3	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	7	-	15.02	14.99	15.04	7.90	8.00	545.50	2,358.21	2,332.96	2,361.31
1225	400704	8	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	7	-	14.95	15.00	15.12	8.03	8.11	545.50	2,358.21	2,367.09	2,391.86
1226	400704	13	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	7	-	15.20	15.18	14.90	7.98	8.06	608.20	2,358.21	2,321.43	2,345.57
1227	400704	18	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	7	-	15.04	15.16	14.99	8.03	8.12	563.80	2,358.21	2,349.45	2,374.91
1228	400704	4	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	14	-	15.04	15.00	15.06	7.96	8.08	615.50	2,358.21	2,343.76	2,377.31
1229	400704	9	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	14	-	14.98	15.16	15.09	8.07	8.17	648.10	2,358.21	2,354.90	2,385.25
1230	400704	14	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	14	-	15.09	15.03	15.00	8.03	8.13	650.40	2,358.21	2,359.17	2,388.57
1231	400704	19	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	14	-	15.01	15.26	15.02	7.99	8.09	669.30	2,358.21	2,321.26	2,352.07
1232	400704	5	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	28	-	15.06	15.06	15.00	7.85	7.97	713.30	2,358.21	2,306.55	2,342.11
1233	400704	10	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	28	-	15.06	15.08	15.01	7.94	8.06	705.80	2,358.21	2,330.12	2,363.27
1234	400704	15	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	28	-	15.08	14.97	14.99	7.90	8.00	736.00	2,358.21	2,334.55	2,365.28
1235	400704	20	383.46	268.42	977.82	651.88	33.0	32.5	24.0	28	-	14.98	15.11	15.09	7.91	8.02	591.30	2,358.21	2,314.68	2,348.64
1236	450404	1	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	1	-	15.08	15.28	15.05	8.28	8.28	710.60	2,427.31	2,387.64	2,387.64
1237	450404	6	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	1	-	14.97	15.36	15.08	8.32	8.32	670.40	2,427.31	2,398.28	2,398.28
1238	450404	11	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	1	-	15.02	15.27	15.11	8.30	8.30	717.20	2,427.31	2,396.15	2,396.15
1239	450404	16	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	1	-	15.13	15.22	15.02	8.25	8.25	680.50	2,427.31	2,385.52	2,385.52
1240	450404	2	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	3	-	15.10	15.25	15.00	8.32	8.41	972.10	2,427.31	2,409.29	2,433.32

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m^3)	Demold Unit Wt. (kg/m^3)	Dry Unit Wt. (kg/m^3)
1241	450404	7	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	3	-	15.04	15.39	15.07	8.33	8.40	953.70	2,427.31	2,386.63	2,408.99
1242	450404	12	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	3	-	14.98	15.34	15.10	8.24	8.32	934.60	2,427.31	2,374.44	2,397.20
1243	450404	17	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	3	-	15.10	15.29	15.00	8.28	8.37	938.60	2,427.31	2,390.86	2,415.41
1244	450404	3	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	7	-	15.06	15.30	14.99	8.28	8.37	1,108.60	2,427.31	2,397.53	2,423.30
1245	450404	8	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	7	-	15.02	15.22	15.08	8.32	8.40	1,102.70	2,427.31	2,411.99	2,436.65
1246	450404	13	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	7	-	15.03	15.16	15.05	8.29	8.38	1,079.50	2,427.31	2,416.01	2,442.25
1247	450404	18	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	7	-	15.05	15.26	15.00	8.29	8.38	1,138.10	2,427.31	2,405.26	2,431.97
1248	450404	4	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	14	-	15.04	15.20	15.00	8.21	8.31	1,206.20	2,427.31	2,395.08	2,423.07
1249	450404	9	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	14	-	15.03	15.22	15.09	8.24	8.35	1,185.90	2,427.31	2,388.22	2,417.48
1250	450404	14	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	14	-	15.15	15.14	15.13	8.29	8.39	1,239.00	2,427.31	2,387.63	2,416.45
1251	450404	19	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	14	-	15.00	15.21	15.05	8.25	8.35	1,173.30	2,427.31	2,402.69	2,430.94
1252	450404	5	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	28	-	14.97	15.01	15.14	8.18	8.29	1,320.80	2,427.31	2,404.79	2,435.37
1253	450404	10	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	28	-	14.98	15.14	15.08	8.23	8.34	1,354.60	2,427.31	2,407.53	2,437.35
1254	450404	15	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	28	-	15.00	15.30	15.11	8.24	8.35	1,314.90	2,427.31	2,377.34	2,407.04
1255	450404	20	531.60	212.64	992.33	661.55	25.0	30.0	11.3	28	-	15.07	15.00	14.99	8.18	8.28	1,331.70	2,427.31	2,413.46	2,444.45
1256	450405	1	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	1	-	15.14	15.10	14.94	8.05	8.05	674.20	2,384.55	2,355.74	2,355.74
1257	450405	6	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	1	-	14.99	15.16	15.05	8.06	8.06	675.10	2,384.55	2,355.79	2,355.79
1258	450405	11	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	1	-	15.07	15.26	14.98	7.97	7.97	695.20	2,384.55	2,313.55	2,313.55
1259	450405	16	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	1	-	15.03	15.13	15.10	7.97	7.97	610.90	2,384.55	2,319.59	2,319.59
1260	450405	2	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	3	-	15.04	15.20	15.05	8.06	8.12	903.00	2,384.55	2,341.20	2,360.38
1261	450405	7	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	3	-	15.03	15.16	15.07	8.06	8.13	855.80	2,384.55	2,347.86	2,366.49
1262	450405	12	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	3	-	14.92	15.17	15.11	8.04	8.11	904.60	2,384.55	2,351.79	2,369.92
1263	450405	17	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	3	-	15.09	15.19	14.97	7.98	8.05	876.70	2,384.55	2,326.76	2,344.54
1264	450405	3	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	7	-	14.99	15.36	15.18	8.11	8.19	985.00	2,384.55	2,319.79	2,342.97
1265	450405	8	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	7	-	15.04	15.26	15.10	8.02	8.11	947.60	2,384.55	2,315.32	2,338.70
1266	450405	13	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	7	-	14.90	15.20	15.18	8.01	8.10	1,011.90	2,384.55	2,330.74	2,354.59
1267	450405	18	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	7	-	15.03	15.18	15.04	8.07	8.15	987.70	2,384.55	2,351.48	2,375.08
1268	450405	4	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	14	-	15.05	15.24	15.00	8.07	8.16	1,133.50	2,384.55	2,346.51	2,370.92
1269	450405	9	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	14	-	14.96	15.23	15.11	8.06	8.14	1,126.60	2,384.55	2,340.04	2,364.73
1270	450405	14	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	14	-	15.01	15.19	15.08	8.11	8.20	1,189.60	2,384.55	2,358.16	2,383.76
1271	450405	19	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	14	-	14.98	15.23	15.14	8.03	8.11	1,111.90	2,384.55	2,323.89	2,348.21
1272	450405	5	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	28	-	15.24	15.10	14.95	8.05	8.14	1,238.90	2,384.55	2,339.00	2,366.62
1273	450405	10	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	28	-	15.04	15.24	15.10	8.06	8.16	1,284.90	2,384.55	2,329.92	2,356.79
1274	450405	15	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	28	-	14.96	15.14	15.15	8.03	8.13	1,242.70	2,384.55	2,341.03	2,369.01
1275	450405	20	527.79	211.12	821.01	821.01	27.0	29.5	5.2	28	-	15.00	15.20	15.04	8.06	8.16	1,053.60	2,384.55	2,351.33	2,378.74
1276	450406	1	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	1	-	15.05	15.25	15.10	8.18	8.18	689.30	2,367.45	2,360.03	2,360.03
1277	450406	6	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	1	-	14.94	15.17	15.15	8.06	8.06	687.40	2,367.45	2,346.23	2,346.23
1278	450406	11	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	1	-	15.05	15.30	15.06	8.15	8.15	718.70	2,367.45	2,350.20	2,350.20
1279	450406	16	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	1	-	14.99	15.16	15.06	8.12	8.12	707.20	2,367.45	2,373.51	2,373.51
1280	450406	2	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	3	-	15.08	15.15	14.97	8.16	8.26	961.90	2,367.45	2,387.08	2,414.57

ID.	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1281	450406	7	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	3	-	15.06	15.32	15.02	8.21	8.27	962.60	2,367.45	2,367.69	2,387.60
1282	450406	12	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	3	-	14.94	15.26	15.10	8.17	8.25	925.50	2,367.45	2,374.10	2,395.31
1283	450406	17	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	3	-	15.10	15.09	14.98	8.12	8.19	932.20	2,367.45	2,379.20	2,399.42
1284	450406	3	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	7	-	15.01	15.30	15.04	8.12	8.20	1,096.90	2,367.45	2,350.33	2,373.78
1285	450406	8	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	7	-	15.04	15.15	15.06	8.08	8.15	1,123.60	2,367.45	2,354.94	2,376.21
1286	450406	13	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	7	-	15.00	15.25	15.09	8.10	8.18	1,015.50	2,367.45	2,346.58	2,368.88
1287	450406	18	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	7	-	15.07	15.44	15.02	8.17	8.26	1,149.70	2,367.45	2,338.57	2,362.04
1288	450406	4	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	14	-	15.09	15.11	15.00	8.06	8.15	1,182.40	2,367.45	2,356.33	2,382.06
1289	450406	9	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	14	-	15.00	15.23	15.10	8.13	8.22	1,239.10	2,367.45	2,356.80	2,382.31
1290	450406	14	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	14	-	15.09	15.22	15.00	8.13	8.22	1,212.80	2,367.45	2,359.91	2,384.58
1291	450406	19	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	14	-	14.99	15.28	15.01	8.12	8.21	1,188.40	2,367.45	2,362.13	2,387.73
1292	450406	5	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	28	-	15.11	15.10	15.00	8.04	8.13	1,244.50	2,367.45	2,348.63	2,375.22
1293	450406	10	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	28	-	15.04	15.20	15.08	8.10	8.19	1,272.80	2,367.45	2,349.59	2,375.41
1294	450406	15	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	28	-	15.02	15.15	15.08	8.13	8.22	1,416.40	2,367.45	2,369.23	2,394.87
1295	450406	20	524.04	209.62	652.14	978.20	25.0	29.0	6.7	28	-	15.09	15.23	14.98	8.11	8.20	1,251.90	2,367.45	2,355.41	2,380.68
1296	450504	1	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	1	-	15.01	15.02	15.06	8.01	8.01	394.50	2,361.74	2,359.16	2,359.16
1297	450504	6	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	1	-	15.00	15.06	15.05	7.94	7.94	411.40	2,361.74	2,334.85	2,334.85
1298	450504	11	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	1	-	15.06	14.99	15.09	8.09	8.09	399.00	2,361.74	2,376.01	2,376.01
1299	450504	16	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	1	-	15.00	15.03	15.11	8.09	8.09	393.00	2,361.74	2,374.25	2,374.25
1300	450504	2	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	3	-	14.95	14.99	15.17	7.99	8.05	618.10	2,361.74	2,350.86	2,368.22
1301	450504	7	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	3	-	15.05	14.96	14.99	7.98	8.04	580.40	2,361.74	2,364.76	2,383.43
1302	450504	12	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	3	-	14.94	15.17	15.10	8.01	8.06	595.60	2,361.74	2,339.39	2,354.58
1303	450504	17	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	3	-	14.95	15.10	15.10	8.07	8.13	607.90	2,361.74	2,368.02	2,384.45
1304	450504	3	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	7	-	15.06	15.00	15.00	7.99	8.08	737.10	2,361.74	2,358.57	2,383.95
1305	450504	8	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	7	-	15.13	15.09	14.98	8.00	8.09	722.90	2,361.74	2,340.28	2,363.96
1306	450504	13	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	7	-	15.00	15.16	15.08	8.10	8.17	714.00	2,361.74	2,360.61	2,382.19
1307	450504	18	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	7	-	15.02	15.26	15.06	8.10	8.18	732.90	2,361.74	2,347.16	2,370.63
1308	450504	4	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	14	-	15.00	14.99	15.05	8.02	8.11	802.90	2,361.74	2,369.69	2,396.58
1309	450504	9	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	14	-	14.88	15.02	15.27	7.95	8.04	815.50	2,361.74	2,330.05	2,356.71
1310	450504	14	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	14	-	14.97	15.32	15.11	8.11	8.20	878.30	2,361.74	2,340.61	2,365.14
1311	450504	19	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	14	-	15.00	15.00	15.08	8.04	8.13	894.40	2,361.74	2,369.88	2,395.81
1312	450504	5	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	28	-	14.96	14.90	15.11	8.00	8.11	924.70	2,361.74	2,374.65	2,407.90
1313	450504	10	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	28	-	15.05	15.20	15.07	8.00	8.12	924.70	2,361.74	2,321.74	2,353.94
1314	450504	15	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	28	-	15.00	15.19	15.00	8.10	8.21	1,007.60	2,361.74	2,370.27	2,402.46
1315	450504	20	484.21	242.11	968.42	645.61	25.5	30.5	22.9	28	-	15.00	15.25	14.98	8.03	8.13	947.50	2,361.74	2,342.21	2,373.44
1316	450505	1	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	1	-	15.01	15.04	15.08	8.01	8.01	419.20	2,347.49	2,352.60	2,352.60
1317	450505	6	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	1	-	14.92	15.10	15.15	7.97	7.97	392.70	2,347.49	2,335.66	2,335.66
1318	450505	11	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	1	-	15.01	15.06	15.09	8.05	8.05	438.20	2,347.49	2,360.82	2,360.82
1319	450505	16	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	1	-	15.20	15.31	14.99	8.09	8.09	453.10	2,347.49	2,318.29	2,318.29
1320	450505	2	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	3	-	15.00	15.02	15.05	8.04	8.09	609.10	2,347.49	2,370.26	2,386.78

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1321	450505	7	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	3	-	15.02	15.37	14.99	8.10	8.16	613.10	2,347.49	2,341.82	2,357.43
1322	450505	12	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	3	-	14.95	15.13	15.14	8.04	8.10	630.60	2,347.49	2,346.57	2,364.68
1323	450505	17	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	3	-	15.07	14.98	15.08	8.00	8.05	639.30	2,347.49	2,349.98	2,365.25
1324	450505	3	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	7	-	15.14	15.40	15.18	8.06	8.14	746.90	2,347.49	2,277.28	2,298.47
1325	450505	8	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	7	-	15.13	15.14	15.02	8.01	8.08	750.30	2,347.49	2,328.66	2,348.42
1326	450505	13	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	7	-	15.00	15.18	15.06	7.97	8.04	718.90	2,347.49	2,323.89	2,343.72
1327	450505	18	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	7	-	15.01	15.08	15.07	8.06	8.13	761.10	2,347.49	2,362.58	2,383.68
1328	450505	4	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	14	-	15.04	15.05	15.10	7.99	8.07	880.40	2,347.49	2,336.22	2,359.63
1329	450505	9	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	14	-	14.95	15.30	15.10	8.06	8.14	900.40	2,347.49	2,334.46	2,355.60
1330	450505	14	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	14	-	15.06	15.26	15.08	8.11	8.19	898.50	2,347.49	2,340.71	2,362.35
1331	450505	19	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	14	-	15.02	15.37	15.04	8.14	8.22	921.90	2,347.49	2,345.27	2,368.60
1332	450505	5	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	28	-	15.09	15.18	15.01	8.01	8.10	940.60	2,347.49	2,328.78	2,355.54
1333	450505	10	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	28	-	15.04	15.18	15.01	8.06	8.15	1,008.60	2,347.49	2,351.11	2,377.08
1334	450505	15	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	28	-	15.09	15.27	14.98	8.08	8.17	987.30	2,347.49	2,340.26	2,366.62
1335	450505	20	480.82	240.41	801.37	801.37	27.0	29.0	22.3	28	-	15.02	15.18	15.09	8.08	8.17	997.80	2,347.49	2,347.57	2,373.73
1336	450506	1	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	1	-	15.12	15.12	15.08	7.86	7.86	384.20	2,307.58	2,278.75	2,278.75
1337	450506	6	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	1	-	15.22	15.09	14.99	7.87	7.87	393.90	2,307.58	2,286.54	2,286.54
1338	450506	11	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	1	-	15.04	15.02	15.00	7.88	7.88	394.50	2,307.58	2,324.62	2,324.62
1339	450506	16	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	1	-	15.06	15.22	15.00	7.85	7.85	394.10	2,307.58	2,284.34	2,284.34
1340	450506	2	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	3	-	14.92	15.18	15.13	7.88	7.93	586.40	2,307.58	2,300.15	2,313.87
1341	450506	7	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	3	-	14.99	15.03	15.15	7.88	7.93	620.40	2,307.58	2,309.50	2,323.86
1342	450506	12	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	3	-	15.00	15.15	15.10	7.81	7.86	600.60	2,307.58	2,275.11	2,289.39
1343	450506	17	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	3	-	15.06	15.18	15.02	7.85	7.91	569.60	2,307.58	2,286.72	2,302.45
1344	450506	3	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	7	-	14.98	15.01	15.12	7.86	7.93	706.90	2,307.58	2,310.77	2,331.36
1345	450506	8	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	7	-	15.10	15.05	15.00	7.85	7.92	736.50	2,307.58	2,301.67	2,321.91
1346	450506	13	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	7	-	15.04	15.32	15.08	7.87	7.93	714.60	2,307.58	2,264.13	2,282.55
1347	450506	18	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	7	-	15.04	15.19	15.02	7.89	7.96	734.40	2,307.58	2,297.87	2,318.86
1348	450506	4	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	14	-	15.14	15.27	14.94	7.94	8.02	830.20	2,307.58	2,299.98	2,322.27
1349	450506	9	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	14	-	14.98	15.04	15.16	7.90	7.97	813.80	2,307.58	2,312.08	2,334.04
1350	450506	14	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	14	-	14.95	15.07	15.15	7.91	7.99	876.20	2,307.58	2,318.62	2,340.88
1351	450506	19	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	14	-	14.95	15.16	15.07	7.89	7.97	916.20	2,307.58	2,311.23	2,334.65
1352	450506	5	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	28	-	15.08	15.17	15.07	7.87	7.96	955.10	2,307.58	2,283.42	2,309.52
1353	450506	10	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	28	-	15.04	15.06	15.03	7.88	7.97	952.20	2,307.58	2,314.40	2,341.14
1354	450506	15	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	28	-	15.04	14.99	15.05	7.89	7.98	952.70	2,307.58	2,324.19	2,350.71
1355	450506	20	477.48	238.74	636.65	954.97	25.5	29.5	22.7	28	-	14.97	15.00	15.10	7.87	7.96	967.80	2,307.58	2,322.23	2,347.89
1356	450604	1	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	1	-	14.94	14.96	15.15	7.83	7.83	298.60	2,361.74	2,312.72	2,312.72
1357	450604	6	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	1	-	15.16	15.09	14.95	8.03	8.03	311.00	2,361.74	2,347.93	2,347.93
1358	450604	11	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	1	-	14.91	15.16	15.17	8.10	8.10	303.90	2,361.74	2,361.07	2,361.07
1359	450604	16	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	1	-	15.02	15.20	15.01	7.98	7.98	303.10	2,361.74	2,327.51	2,327.51
1360	450604	2	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	3	-	14.98	15.27	15.08	7.94	7.99	471.10	2,361.74	2,302.38	2,316.88

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1361	450604	7	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	3	-	14.97	15.14	15.09	7.96	8.02	453.30	2,361.74	2,328.30	2,345.26
1362	450604	12	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	3	-	15.00	15.23	15.06	8.00	8.06	468.20	2,361.74	2,325.27	2,341.55
1363	450604	17	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	3	-	15.01	15.00	15.00	7.94	7.97	458.40	2,361.74	2,351.03	2,359.91
1364	450604	3	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	7	-	15.00	15.14	15.02	7.91	8.01	579.60	2,361.74	2,317.47	2,347.38
1365	450604	8	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	7	-	15.11	15.26	15.03	7.90	7.99	557.80	2,361.74	2,280.42	2,304.08
1366	450604	13	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	7	-	15.05	15.27	15.04	7.99	8.08	566.30	2,361.74	2,312.81	2,337.70
1367	450604	18	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	7	-	15.08	15.14	15.00	7.97	8.05	562.40	2,361.74	2,326.65	2,351.18
1368	450604	4	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	14	-	15.07	15.20	14.96	7.95	8.06	702.90	2,361.74	2,319.37	2,350.59
1369	450604	9	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	14	-	15.15	15.20	14.90	7.90	7.99	678.00	2,361.74	2,301.55	2,327.19
1370	450604	14	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	14	-	14.96	15.04	15.03	7.89	7.99	664.70	2,361.74	2,334.31	2,362.70
1371	450604	19	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	14	-	14.97	15.20	15.10	7.96	7.05	663.90	2,361.74	2,316.12	2,050.69
1372	450604	5	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	28	-	15.02	15.17	15.18	7.91	8.04	804.10	2,361.74	2,286.91	2,323.34
1373	450604	10	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	28	-	15.25	15.06	14.75	7.86	7.97	750.80	2,361.74	2,318.78	2,351.84
1374	450604	15	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	28	-	14.91	15.09	15.10	7.90	8.02	720.00	2,361.74	2,326.50	2,359.47
1375	450604	20	444.58	266.75	948.43	632.29	26.5	30.0	21.9	28	-	15.07	15.05	15.00	7.98	8.09	747.30	2,361.74	2,346.23	2,376.80
1376	450605	1	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	1	-	15.05	14.94	14.99	7.80	7.80	270.60	2,253.42	2,314.82	2,314.82
1377	450605	6	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	1	-	14.99	14.93	15.11	7.87	7.87	274.90	2,253.42	2,326.69	2,326.69
1378	450605	11	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	1	-	15.05	15.15	15.00	7.92	7.92	278.20	2,253.42	2,316.59	2,316.59
1379	450605	16	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	1	-	15.04	15.00	15.05	7.96	7.96	261.20	2,253.42	2,343.25	2,343.25
1380	450605	2	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	3	-	15.04	14.97	14.98	7.88	7.90	444.50	2,253.42	2,334.90	2,342.02
1381	450605	7	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	3	-	14.97	14.84	15.08	7.86	7.89	431.70	2,253.42	2,345.61	2,353.96
1382	450605	12	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	3	-	15.02	14.99	15.06	7.90	7.92	420.50	2,253.42	2,330.75	2,335.47
1383	450605	17	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	3	-	15.04	15.09	15.00	7.93	7.95	403.00	2,253.42	2,328.23	2,336.45
1384	450605	3	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	7	-	15.00	14.96	15.06	7.81	7.86	516.30	2,253.42	2,311.61	2,326.40
1385	450605	8	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	7	-	15.00	14.81	15.06	7.86	7.91	509.20	2,253.42	2,348.17	2,364.31
1386	450605	13	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	7	-	15.04	15.28	14.97	7.97	8.02	530.90	2,253.42	2,316.68	2,330.34
1387	450605	18	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	7	-	15.04	14.83	14.99	7.97	8.02	503.70	2,253.42	2,382.29	2,399.94
1388	450605	4	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	14	-	15.01	15.04	15.03	7.92	7.98	634.40	2,253.42	2,333.61	2,352.47
1389	450605	9	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	14	-	15.04	14.94	14.98	7.88	7.94	663.20	2,253.42	2,340.48	2,359.50
1390	450605	14	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	14	-	14.99	14.77	15.06	7.76	7.82	630.40	2,253.42	2,328.21	2,345.91
1391	450605	19	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	14	-	15.04	14.95	15.05	7.78	7.85	650.70	2,253.42	2,299.97	2,318.88
1392	450605	5	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	28	-	15.04	14.82	14.99	7.77	7.85	750.10	2,253.42	2,324.64	2,349.48
1393	450605	10	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	28	-	15.04	15.09	15.03	7.82	7.91	745.10	2,253.42	2,293.39	2,318.01
1394	450605	15	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	28	-	15.01	14.90	14.97	7.68	7.76	744.30	2,253.42	2,292.99	2,318.68
1395	450605	20	441.53	264.92	784.94	784.94	25.5	29.0	22.3	28	-	15.01	14.62	14.96	7.46	7.55	740.30	2,253.42	2,272.98	2,298.57
1396	450606	1	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	1	-	15.01	14.86	15.12	7.82	7.82	318.40	2,330.39	2,318.46	2,318.46
1397	450606	6	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	1	-	14.91	15.05	15.29	7.73	7.73	344.80	2,330.39	2,252.69	2,252.69
1398	450606	11	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	1	-	14.98	15.10	15.12	7.78	7.78	342.60	2,330.39	2,275.95	2,275.95
1399	450606	16	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	1	-	14.99	15.00	15.09	7.80	7.80	341.40	2,330.39	2,299.74	2,299.74
1400	450606	2	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	3	-	15.00	14.80	15.13	7.74	7.79	410.00	2,330.39	2,304.06	2,318.64

ID	Mix Code	No.	Cement (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Ambient temp. (°C)	Concrete temp. (°C)	Slump (cm)	day	Air Ct. (%)	Width* (cm)	Length* (cm)	Height (cm)	Wt. after Demold (kg)	Wt before Test (kg)	Ultimate Load (kN)	Wet Unit Wt. (kg/m³)	Demold Unit Wt. (kg/m³)	Dry Unit Wt. (kg/m³)
1401	450606	7	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	3	-	15.00	15.06	15.13	7.72	7.76	477.30	2,330.39	2,258.72	2,268.96
1402	450606	12	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	3	-	14.99	14.84	15.09	7.66	7.71	426.40	2,330.39	2,281.64	2,297.13
1403	450606	17	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	3	-	15.06	14.95	15.04	7.72	7.75	471.60	2,330.39	2,278.36	2,289.88
1404	450606	3	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	7	-	15.10	14.80	14.99	7.74	7.82	546.60	2,330.39	2,311.37	2,335.55
1405	450606	8	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	7	-	15.00	14.86	15.09	7.64	7.72	559.10	2,330.39	2,271.70	2,296.38
1406	450606	13	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	7	-	15.20	14.96	14.95	7.87	7.94	639.20	2,330.39	2,313.57	2,336.51
1407	450606	18	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	7	-	15.06	14.91	15.06	7.77	7.85	632.60	2,330.39	2,296.81	2,320.17
1408	450606	4	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	14	-	15.07	14.99	15.04	7.83	7.92	662.30	2,330.39	2,304.91	2,330.81
1409	450606	9	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	14	-	14.99	15.00	15.08	7.81	7.89	656.00	2,330.39	2,302.45	2,327.22
1410	450606	14	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	14	-	15.08	15.07	15.17	7.80	7.88	743.30	2,330.39	2,262.82	2,286.90
1411	450606	19	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	14	-	15.09	15.00	14.99	7.81	7.89	749.50	2,330.39	2,302.10	2,324.50
1412	450606	5	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	28	-	14.99	14.80	15.10	7.79	7.90	753.40	2,330.39	2,325.70	2,358.23
1413	450606	10	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	28	-	15.08	15.03	14.92	7.81	7.92	797.10	2,330.39	2,310.70	2,340.87
1414	450606	15	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	28	-	14.93	15.07	15.14	7.78	7.88	804.60	2,330.39	2,282.74	2,313.86
1415	450606	20	438.53	263.12	623.68	935.52	26.5	30.5	22.6	28	-	15.09	15.01	15.00	7.81	7.91	839.00	2,330.39	2,298.45	2,329.06
1416	450705	1	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	1	-	14.95	15.20	15.05	7.84	7.84	182.40	2,287.63	2,290.96	2,290.96
1417	450705	6	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	1	-	15.00	15.18	15.05	8.03	8.03	184.70	2,287.63	2,343.82	2,343.82
1418	450705	11	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	1	-	15.02	15.20	15.05	7.90	7.90	184.90	2,287.63	2,298.62	2,298.62
1419	450705	16	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	1	-	15.00	15.09	15.11	7.75	7.75	181.30	2,287.63	2,265.11	2,265.11
1420	450705	2	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	3	-	15.01	15.15	15.10	8.03	8.03	261.40	2,287.63	2,338.83	2,338.83
1421	450705	7	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	3	-	14.97	15.16	15.08	7.85	7.88	265.60	2,287.63	2,293.17	2,302.23
1422	450705	12	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	3	-	15.02	15.06	15.03	7.74	7.72	275.10	2,287.63	2,275.43	2,269.54
1423	450705	17	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	3	-	15.05	15.21	15.00	7.82	7.83	269.40	2,287.63	2,277.16	2,279.78
1424	450705	3	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	7	-	15.06	15.30	15.00	7.93	8.00	357.90	2,287.63	2,294.67	2,313.19
1425	450705	8	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	7	-	14.98	15.24	15.09	8.09	8.15	355.40	2,287.63	2,347.48	2,365.76
1426	450705	13	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	7	-	15.02	15.16	15.05	7.80	7.87	359.20	2,287.63	2,276.09	2,295.05
1427	450705	18	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	7	-	15.03	15.17	14.99	7.84	7.92	355.40	2,287.63	2,293.29	2,317.58
1428	450705	4	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	14	-	15.06	15.26	14.98	8.00	8.05	402.90	2,287.63	2,324.09	2,338.61
1429	450705	9	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	14	-	15.01	15.18	15.00	8.10	8.16	421.10	2,287.63	2,369.67	2,387.22
1430	450705	14	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	14	-	15.00	15.17	15.07	7.86	7.91	440.30	2,287.63	2,290.93	2,306.67
1431	450705	19	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	14	-	15.01	15.16	15.06	7.86	7.93	433.80	2,287.63	2,292.72	2,313.73
1432	450705	5	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	28	-	14.98	15.06	15.10	7.82	7.92	497.50	2,287.63	2,294.41	2,323.76
1433	450705	10	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	28	-	15.07	15.09	15.04	7.84	7.94	504.20	2,287.63	2,292.27	2,320.63
1434	450705	15	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	28	-	14.97	14.95	15.06	7.55	7.64	531.50	2,287.63	2,239.76	2,266.46
1435	450705	20	408.18	285.72	771.00	771.00	26.5	30.0	25.0	28	-	14.95	14.91	15.09	7.62	7.73	504.50	2,287.63	2,266.30	2,297.82
Maximum Value			177.79	94.79	0.00	0.00	20.5	22.5	0.0		0							1,699.83	1,703.88	1,705.01
Minimum Value			531.60	285.72	2,323.94	2,088.03	34.0	36.0	25.0		8							2,427.31	2,437.34	2,469.00

หมายเหตุ สัดส่วนผสมที่ไม่สามารถผสมและเก็บตัวอย่าง

1. มีปริมาณเพสต์น้อยจนไม่สามารถยึดเกาะมวลรวม: 150404, 150405, 150406, 150504, 150505 และ 150406

2. คอนกรีตเหลวมากจนเกิดการแยกตัวระหว่างเพสต์กับมวลรวม: 400804, 400805, 400806, 450704, 450706, 450804, 450805 และ 450806

ภาคผนวก ค3

ข้อมูลคอนกรีตจากโรงผสมคอนกรีต

โรงผสมนครหลวงคอนกรีต

ID	Cement (kg)	Flyash (kg)	Sand (kg)	Rock (kg)	Water (kg)	Admix Type A	Admix Type D	Admix Type F	Admix Type G	Water Proof	Slump (cm)	Cylinder Strength	Cube Strength
1	340	0	780	1135	179	1700	0	0	0	0	10.5		
2	355	0	790	1085	176	1800	0	0	0	0	11.0		
3	290	95	730	1150	180.5	1950	0	0	0	0	12.0		
4	360	95	670	1150	239.25	2300	0	0	0	0	13.5		
5	224	56	1100	825	220.50	1400	0	0	0	0	12.0		
6	264	66	1055	825	205.50	1650	0	0	0	0	12.0		
7	296	74	1020	825	196.75	1850	0	0	0	0	12.0		
8	324	81	985	825	196.75	2050	0	0	0	0	12.5		
9	256	64	1065	800	205.75	1600	0	0	0	0	15.0		
10	296	74	1020	800	199.5	1850	0	0	0	0	15.0		
11	320	80	990	800	199.5	2000	0	0	0	0	15.0		
12	390	0	805	1065	208.75	1950	0	0	0	0	15.0		458
13	340	0	845	1065	208.75	1700	0	0	0	0	15.0		351
14	310	0	870	1065	188	1550	0	0	0	0	15.0		373
15	265	0	910	1065	212.5	1350	0	0	0	0	15.0		275
16	400	0	770	1110	179.5	1795	0	0	0	0	12.0		541
17	350	0	810	1110	187	1750	0	0	0	0	12.0		414
18	315	0	840	1110	204.5	1600	0	0	0	0	12.0		356
19	275	0	875	1110	209.5	1400	0	0	0	0	12.0		278
20	230	0	910	1110	204.5	1150	0	0	0	0	15.0		221
21	280	70	850	1075	150.5	1750	0	0	0	0	0.0		492
22	375	0	805	1075	127.8	0	1880	0	0	0	9.0		
23	350	0	820	1080	115	0	880	0	0	0	9.0		
24	320	0	835	1095	115.6	0	800	0	0	0	9.0		
25	298	0	845	1090	191.51	0	750	0	0	0	12.0		240
26	305	0	860	1040	203.67	0	750	0	0	0	15.0		255
27	380	0	710	1170	174	0	570	0	0	0			655
28	375	0	800	1065	180	0	1350	0	0	0	15.0	458	
29	255	140	780	975	207.5	0	1780	0	0	0	23.0		440
30	240	130	790	990	195	0	1480	0	0	0	23.0		358
31	255	140	780	975	213.75	0	1780	0	0	0	23.0		367
32	240	130	790	990	200	0	1670	0	0	0	23.5		447
33	255	140	780	975	200	0	1780	0	0	0	22.0	317	
34	255	140	780	975	205	0	1780	0	0	0	21.0		
35	240	130	815	940	196.25	0	1480	0	0	0	23.0		464
36	240	130	790	990	195	0	1480	0	0	0	23.0		
37	240	130	790	990	207.5	0	1480	0	0	0	23.0		347
38	275	145	770	965	208.75	0	1680	0	0	0	23.0		372
39	240	130	790	990	194	0	1480	0	0	0	23.0		422
40	275	145	770	965	211.25	0	1680	0	0	0	22.0		510
41	370	0	810	995	217.5	0	1650	0	0	0	22.0		434
42	420	0	800	980	207.5	0	1900	0	0	0	22.0		519
43	350	0	830	1005	200	0	1550	0	0	0	21.5	426	
44	375	0	815	995	200	0	1650	0	0	0	21.5	448	
45	400	0	810	985	200	0	1800	0	0	0	22.5	464	
46	425	0	800	970	195	0	1900	0	0	0	21.0	462	
47	450	0	790	960	200	0	2000	0	0	0	21.0	534	
48	315	35	825	1010	195	0	1450	0	0	0	22.5	454	
49	335	40	815	995	190	0	1650	0	0	0	21.0	443	
50	360	40	805	985	190	0	1700	0	0	0	22.0	454	
51	380	45	795	975	195	0	1800	0	0	0	22.0	475	
52	400	0	811	977	200	0	1800	0	0	0	20.5	455	
53	320	80	803	967	195	0	1400	0	0	0	22.0	449	
54	320	80	803	967	195	0	1800	0	0	0	21.0	460	
55	275	0	860	1036	200	0	1238	0	0	0	20.0	298	
56	300	0	850	1024	200	0	1350	0	0	0	19.0	348	
57	325	0	840	1013	200	0	1463	0	0	0	21.0	411	
58	275	0	866	1043	195	0	1265	0	0	0	20.0	358	
59	300	0	856	1032	195	0	1380	0	0	0	20.0	419	
60	325	0	847	1020	195	0	1495	0	0	0	18.0	440	
61	350	0	837	1008	195	0	1610	0	0	0	20.0	472	
62	375	0	827	996	195	0	1725	0	0	0	19.0	501	
63	400	0	817	985	195	0	1840	0	0	0	18.0	480	
64	425	0	808	973	195	0	1955	0	0	0	21.0	527	
65	450	0	798	961	195	0	2070	0	0	0	19.5	513	
66	220	55	856	1031	195	0	1293	0	0	0	23.5	263	
67	240	60	845	1019	195	0	1380	0	0	0	22.0	322	
68	260	65	835	1006	195	0	1463	0	0	0	24.0	299	

ID	Cement (kg)	Flyash (kg)	Sand (kg)	Rock (kg)	Water (kg)	Admix. Type A	Admix. Type D	Admix. Type F	Admix. Type G	Water Proof	Slump (cm)	Cylinder Strength	Cube Strength
69	280	70	824	993	195	0	1540	0	0	0	21.0	377	
70	300	75	814	980	195	0	1613	0	0	0	20.5	407	
71	320	80	803	967	195	0	1680	0	0	0	20.5	429	
72	340	85	792	955	195	0	1743	0	0	0	21.0	494	
73	360	90	782	942	195	0	1800	0	0	0	21.0	487	
74	315	35	825	1010	195	0	1450	0	0	0	22.5	454	
75	335	40	815	995	195	0	1650	0	0	0	21.0	443	
76	360	40	805	985	195	0	1700	0	0	0	22.0	454	
77	380	45	795	975	195	0	1800	0	0	0	22.0	475	
78	405	45	785	960	195	0	1900	0	0	0	22.0	531	
79	425	50	775	950	195	0	2100	0	0	0	21.0	526	
80	350	0	830	1005	200	0	1550	0	0	0	21.5	426	
81	375	0	815	995	200	0	1650	0	0	0	21.5	448	
82	265	85	810	1015	190	0	1470	0	0	0	20.0	400	
83	280	95	800	1000	190	0	1575	0	0	0	22.0	389	
84	300	100	790	985	190	0	1680	0	0	0	21.0	422	
85	340	110	770	960	190	0	1890	0	0	0	20.0	468	
86	355	120	755	950	190	0	1995	0	0	0	21.0	479	
87	375	125	745	935	190	0	2100	0	0	0	22.0	545	
88	475	0	775	970	195	0	2375	0	0	0	21.0		
89	360	40	790	990	200	0	1800	0	0	0	19.0	470.6	
90	200	0	1065	895	230	0	500	0	0	0	12.0	118	
91	250	0	1040	875	217	0	625	0	0	0	13.0	220	
92	300	0	1035	865	217	0	750	0	0	0	11.0	302	
93	350	0	1015	855	200	0	875	0	0	0	12.0	377	
94	400	0	995	835	206	0	1000	0	0	0	12.0	429	
95	250	0	1350	575	195	0	630	0	0	0	7.5	154	
96	300	0	1315	570	195	0	750	0	0	0	9.5	256	
97	350	0	1275	560	195	0	880	0	0	0	8.5	333	
98	400	0	1240	555	195	0	1000	0	0	0	9.0	478	
99	395	0	800	1040	175	0	870	0	0	0	11.0	489	
100	340	0	820	1065	175	0	750	0	0	0	12.0	480	
101	290	0	840	1090	175	0	640	0	0	0	10.0	339	
102	370	0	820	1065	165	0	740	0	0	0	9.5	443	
103	320	0	840	1090	165	0	640	0	0	0	8.5	380	
104	270	0	860	1120	165	0	595	0	0	0	8.5	280	
105	423	0	800	1000	190	0	1850	0	0	0	18.0		573
106	435	0	790	990	200	0	1900	0	0	0	21.0		570
107	360	0	810	555	185	0	900	0	0	0	12.0	429	
108	300	0	840	1110	175	0	750	0	0	0	13.0	241	
109	375	0	800	1065	180	0	1350	0	0	0	14.0	448.6	
110	175	0	902	1065	205	0	0	0	0	0	17.5	62	
111	475	0	724	989	205	0	0	0	0	0	13.0	483	
112	240	130	825	955	195	0	1850	0	0	0	23.0	373	394
113	395	130	720	885	210	0	1350	0	0	0	21.0	469	
114	330	110	810	975	175	0	1200	0	0	0	14.5		506
115	375	95	785	950	185	0	1175	0	0	0	15.0	503	
116	335	115	780	940	180	0	1125	0	0	0	14.5		
117	350	120	775	950	185	0	1200	0	0	0	16.0		523
118	250	0	1780	0	250	0	625	0	0	0	9.5	62	
119	300	0	1750	0	250	0	750	0	0	0	9.0	157	
120	350	0	1710	0	250	0	880	0	0	0	9.0	185.5	
121	425	0	1650	0	250	0	1070	0	0	0	10.0	363	
122	500	0	1560	0	250	0	1250	0	0	0	33.0	443.5	
123	352	88	768	1088	206	0	0	6060	0	0	22.0		464
124	396	44	765	1085	218.66	0	0	6060	0	0	21.0		517
125	396	44	765	1085	206	0	0	6060	0	0	21.0		578
126	440	0	770	1095	156	0	0	6060	0	0	21.0		702
127	374	66	760	1080	235	0	0	6060	0	0	22.0		447
128	374	66	760	1080	291	0	0	6060	0	0	22.0		340
129	374	66	760	1080	218	0	0	6060	0	0	20.0		434
130	440	0	782	1109	160	0	0	6060	0	0	23.0		715
131	352	88	768	1088	255.26	0	0	6060	0	0	21.0		431
132	352	88	768	1088	234.21	0	0	6060	0	0	20.0		457
133	440	110	691	1063	271.05	0	0	8150	0	0	20.0		499
134	475	0	775	560	135	0	0	11850	0	0	22.0		794
135	475	0	785	1115	155	0	0	11850	0	0	22.0		701
136	350	200	1530	0	200	0	0	4200	0	0			

ID	Cement (kg)	Flyash (kg)	Sand (kg)	Rock (kg)	Water (kg)	Admix. Type A	Admix. Type D	Admix. Type F	Admix. Type G	Water Proof	Slump (cm)	Cylinder Strength	Cube Strength
137	180	370	1465	0	225.29	0	0	5000	0	0	24.0		330
138	300	100	825	1035	155	0	0	4000	0	0	24.0	451	
139	450	0	810	1050	172.5	0	0	0	4950	0	20.0		613
140	450	0	810	1050	217.14	0	0	0	4950	0	22.0		495
141	365	0	835	1095	195	0	0	0	3280	0	20.0		444
142	365	0	835	1095	190	0	0	0	4015	0	20.0		501
143	320	55	820	1065	190	0	0	0	4125	0	20.0		471
144	125	125	841	1122	165	0	0	0	3250	0	21.0	217	
145	430	0	795	1080	170	0	0	0	4730	0	22.0		646
146	450	100	810	800	185	0	0	0	4900	0		427.5	427.5
147	475	0	770	1025	175	0	0	0	4250	0	23.5	374	513
148	450	0	780	1065	165	0	0	0	4050	0	21.0	547	
149	475	0	775	1050	165	0	0	0	4275	0	21.0	509	
150	500	0	765	1040	165	0	0	0	4500	0	20.5	541	
151	430	0	795	1080	160	0	0	0	4730	0	23.0	566.5	
152	515	0	710	1090	160	0	0	0	5150	0	21.0		
153	240	130	820	1090	156	0	0	0	3800	0	25.0	552	
154	300	50	830	1105	155	0	0	0	3150	0	19.0	397	
155	365	115	780	1020	150	0	0	0	5250	0	24.0		728
156	450	0	820	1050	155	0	0	0	5650	0	24.0		667
157	410	0	830	1085	170	0	0	0	5125	0	15.0	586	608
158	415	0	810	1080	167.5	0	0	0	4565	0	22.0		
159	300	100	835	1050	150	0	0	0	4000	0	20.0	405	
160	330	110	760	1120	147	0	0	0	3750	0	15.0		607
161	375	125	735	1085	160	0	0	0	4250	0	10.0		751
162	175	175	810	1055	163	0	0	0	0	2450	12.0		522
163	245	105	815	1065	167	0	0	0	0	2450	12.0		540
164	350	0	830	1080	182	0	0	0	0	2450	12.0		443
165	345	0	775	1125	181	0	0	0	0	2400	10.0		
166	350	200	1335	0	275	0	0	0	0	3850			
167	185	100	835	1110	178.11	0	0	0	0	2000	12.0		305
168	210	110	810	1100	188.05	0	0	0	0	2250	12.0		361
169	230	125	775	1100	188.05	0	0	0	0	2500	12.0		385
170	255	140	750	1085	177.52	0	0	0	0	2750	12.0		423
171	180	100	850	1085	194.11	0	0	0	0	1950	15.0		262
172	210	110	825	1070	187.78	0	0	0	0	2250	15.0		380
173	225	120	800	1065	177.26	0	0	0	0	2400	15.0		380
174	250	135	775	1055	172	0	0	0	0	2700	15.0		406
175	280	150	740	1045	184.5	0	0	0	0	3000	15.0		471
176	205	75	840	1115	205.95	0	0	0	0	2000	12.0		293
177	230	80	815	1110	193.31	0	0	0	0	2200	12.5		363
178	255	90	785	1110	182.78	0	0	0	0	2450	12.0		421
179	285	100	760	1100	184.89	0	0	0	0	2700	12.0		427
180	205	75	850	1090	193.1	0	0	0	0	2000	15.0		296
181	235	80	830	1080	161.47	0	0	0	0	2250	20.0		319
182	235	0	830	1080	177.26	0	0	0	0	2250	15.0		405
183	260	85	805	1075	187.78	0	0	0	0	2450	15.0		379
184	280	95	785	1070	182.53	0	0	0	0	2650	16.0		348
185	300	100	765	1065	178.31	0	0	0	0	2800	15.0		449
186	315	105	750	1060	182.52	0	0	0	0	2950	15.0		468
187	390	0	805	1055	175	0	0	0	0	2730	16.5	430	
188	440	0	785	1025	180	0	0	0	0	3080	10.5		
189	270	0	855	1120	170	0	0	0	0	1890	13.0	277	
190	320	0	835	1090	175	0	0	0	0	2240	11.0	381	
191	345	0	820	1070	180	0	0	0	0	2420	13.0	345	
192	400	0	800	1040	180	0	0	0	0	2800	11.0	449	
193	270	65	845	1085	159	0	0	0	0	2400	9.5	377	
194	240	125	800	1040	175	0	0	0	0	2370	14.5	371	
195	280	145	765	1015	175	0	0	0	0	2760	19.0	399	
196	215	115	825	1075	174.71	0	0	0	0	1980	12.0	396	413
197	230	100	820	1090	164	0	0	0	0	277	13.0	453	

โรงผสมคอนกรีตผสมเสร็จซีแพค

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
1	339.17	0.00	176.00	1113.33	850.00	1.65	259	12.0
2	330.00	0.00	167.43	1131.43	862.86	1.61	287	12.0
3	340.00	0.00	176.50	1123.33	826.67	1.65	287	12.0
4	314.17	0.00	175.67	1123.33	880.00	1.53	297	12.0
5	315.00	0.00	172.00	1116.00	888.00	1.52	298	12.0
6	340.00	0.00	175.83	1120.00	853.33	1.65	298	12.0
7	299.00	0.00	169.20	1136.00	900.00	1.46	298	8.0
8	300.83	0.00	164.33	1140.00	903.33	1.47	299	10.0
9	329.00	0.00	168.80	1128.00	872.00	1.60	300	11.5
10	300.00	0.00	169.60	1144.00	904.00	1.46	302	10.0
11	300.00	0.00	168.33	1143.33	880.00	1.48	304	10.0
12	340.00	0.00	174.50	1120.00	853.33	1.65	304	12.0
13	340.00	0.00	176.50	1110.00	863.33	1.66	304	12.0
14	339.17	0.00	176.17	1133.33	850.00	1.65	307	12.0
15	211.67	212.50	155.00	1126.67	750.00	1.15	308	12.0
16	340.83	0.00	176.17	1106.67	860.00	1.64	308	11.5
17	301.00	0.00	168.40	1136.00	936.00	1.46	309	9.0
18	314.00	0.00	176.80	1124.00	876.00	1.53	310	12.0
19	330.00	0.00	168.50	1130.00	866.67	1.62	310	11.0
20	339.17	0.00	170.33	1116.67	856.67	1.65	310	11.5
21	298.00	0.00	170.40	1132.00	908.00	1.47	311	10.0
22	210.00	210.83	155.17	1130.00	780.00	1.14	311	12.0
23	299.17	0.00	168.00	1133.33	890.00	1.47	311	10.0
24	314.17	0.00	173.17	1123.33	876.67	1.53	312	11.5
25	315.00	0.00	175.00	1113.33	886.67	1.53	316	11.5
26	299.17	0.00	168.00	1140.00	880.00	1.47	317	10.0
27	314.00	0.00	176.40	1112.00	900.00	1.52	317	12.0
28	340.00	0.00	176.67	1123.33	856.67	1.65	317	12.0
29	314.17	0.00	175.83	1120.00	870.00	1.53	317	12.0
30	315.00	0.00	178.50	1115.00	890.00	1.53	318	12.0
31	340.00	0.00	176.33	1116.67	886.67	1.65	318	11.0
32	340.00	0.00	178.50	1130.00	860.00	1.65	318	12.0
33	330.00	0.00	167.83	1140.00	856.67	1.62	319	10.0
34	340.00	0.00	175.67	1126.67	853.33	1.65	319	10.0
35	340.00	0.00	176.00	1113.33	873.33	1.66	321	10.0
36	300.00	0.00	168.00	1140.00	880.00	1.45	322	9.0
37	330.00	0.00	168.20	1128.00	876.00	1.61	322	12.0
38	314.17	0.00	176.33	1106.67	896.67	1.53	322	12.0
39	340.00	0.00	176.50	1120.00	850.00	1.65	323	11.0
40	339.17	0.00	175.67	1123.33	846.67	1.65	323	11.0
41	315.00	0.00	176.60	1112.00	884.00	1.52	324	11.5
42	340.00	0.00	176.50	1113.33	846.67	1.70	325	12.0
43	300.83	0.00	169.67	1126.67	890.00	1.46	325	9.0
44	312.50	0.00	177.33	1126.67	880.00	1.53	326	11.5
45	314.17	0.00	173.83	1110.00	886.67	1.53	326	11.0
46	254.00	0.00	171.40	1148.00	944.00	1.26	326	11.0
47	340.00	0.00	173.50	1120.00	863.33	1.65	326	12.0
48	314.29	0.00	174.86	1120.00	885.71	1.51	326	11.5
49	315.00	0.00	176.00	1120.00	880.00	1.53	326	12.0
50	313.33	0.00	176.33	1120.00	890.00	1.53	327	11.5
51	314.00	0.00	175.00	1136.00	868.00	1.58	327	11.0
52	260.00	0.00	169.00	1200.00	920.00	1.25	327	12.0
53	340.00	0.00	176.50	1120.00	846.67	1.66	327	12.0
54	339.17	0.00	176.33	1116.67	846.67	1.65	328	12.0
55	328.00	0.00	165.60	1148.00	836.00	1.61	328	10.0
56	340.00	0.00	176.33	1126.67	836.67	1.61	328	12.0
57	314.74	0.00	176.42	1136.84	871.58	1.55	328	12.0
58	299.17	0.00	166.33	1140.00	886.67	1.46	328	10.0
59	315.00	0.00	176.60	1112.00	880.00	1.53	328	12.0
60	314.55	0.00	176.73	1112.73	887.27	1.53	330	11.0
61	210.00	209.17	156.17	1120.00	766.67	1.15	330	11.0
62	313.75	0.00	176.00	1125.00	865.00	1.53	330	11.5
63	314.00	0.00	178.40	1120.00	896.00	1.54	330	11.0
64	340.83	0.00	176.00	1120.00	833.33	1.65	331	12.0
65	313.75	0.00	176.50	1125.00	885.00	1.53	331	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
66	315.00	0.00	176.00	1120.00	893.33	1.53	331	11.0
67	210.00	210.00	154.80	1128.00	752.00	1.16	331	11.5
68	430.00	0.00	168.00	1137.78	782.22	2.10	331	11.5
69	315.00	0.00	176.40	1120.00	888.00	1.52	332	12.0
70	315.00	0.00	175.83	1116.67	886.67	1.53	332	12.0
71	313.33	0.00	176.17	1123.33	880.00	1.53	332	11.0
72	313.33	0.00	176.17	1126.67	883.33	1.53	333	11.0
73	210.00	210.00	155.33	1123.33	750.00	1.14	334	12.0
74	315.00	0.00	175.33	1123.33	893.33	1.53	334	12.0
75	314.17	0.00	174.50	1110.00	893.33	1.53	334	11.0
76	312.00	0.00	179.00	1120.00	880.00	1.52	335	11.5
77	313.00	0.00	176.00	1128.00	888.00	1.52	335	12.0
78	313.33	0.00	175.00	1103.33	900.00	1.53	335	12.0
79	340.00	0.00	176.17	1123.33	840.00	1.65	335	12.0
80	340.00	0.00	173.17	1123.33	840.00	1.65	336	12.0
81	313.33	0.00	176.50	1116.67	883.33	1.53	336	11.5
82	340.83	0.00	180.00	1123.33	833.33	1.65	336	11.5
83	338.33	0.00	175.83	1116.67	843.33	1.65	337	12.0
84	314.17	0.00	177.17	1126.67	893.33	1.53	337	11.0
85	340.00	0.00	172.83	1123.33	840.00	1.65	337	12.0
86	315.00	0.00	178.00	1160.00	860.00	1.53	337	11.5
87	340.00	0.00	175.80	1124.00	840.00	1.66	337	12.0
88	314.17	0.00	174.67	1126.67	883.33	1.53	338	12.0
89	313.33	0.00	173.67	1120.00	880.00	1.53	338	12.0
90	313.33	0.00	176.00	1128.89	888.89	1.53	338	12.0
91	313.00	0.00	177.60	1128.00	880.00	1.52	339	11.5
92	314.00	0.00	175.60	1120.00	868.00	1.52	339	11.5
93	340.00	0.00	176.67	1123.33	830.00	1.65	339	10.0
94	314.17	0.00	177.50	1136.67	860.00	1.53	339	12.0
95	314.17	0.00	175.83	1120.00	903.33	1.53	340	11.5
96	276.00	0.00	178.20	1120.00	936.00	1.34	341	10.5
97	340.83	0.00	176.33	1116.67	840.00	1.65	341	12.0
98	314.17	0.00	177.33	1120.00	873.33	1.53	341	11.5
99	340.00	0.00	177.67	1133.33	826.67	1.66	341	10.0
100	275.00	0.00	178.80	1124.00	908.00	1.35	342	12.0
101	340.00	0.00	175.83	1123.33	850.00	1.65	343	12.0
102	314.17	0.00	175.83	1116.67	883.33	1.53	343	11.5
103	314.17	0.00	175.33	1123.33	880.00	1.53	343	12.0
104	340.00	0.00	175.64	1120.00	829.09	1.65	343	12.0
105	340.83	0.00	176.00	1110.00	856.67	1.65	343	10.0
106	301.67	0.00	165.33	1146.67	886.67	1.47	344	12.0
107	340.00	0.00	176.33	1120.00	866.67	1.65	344	12.0
108	314.17	0.00	176.33	1113.33	886.67	1.53	344	11.0
109	340.83	0.00	175.83	1110.00	850.00	1.65	345	12.0
110	300.00	0.00	166.33	1136.67	893.33	1.47	345	12.0
111	314.17	0.00	176.83	1130.00	896.67	1.53	345	12.0
112	340.00	0.00	174.83	1116.67	840.00	1.65	345	11.5
113	314.00	0.00	176.40	1120.00	880.00	1.58	345	12.0
114	315.00	0.00	176.67	1116.67	890.00	1.58	345	12.0
115	210.00	210.00	155.00	1126.67	750.00	1.15	346	11.5
116	210.00	210.00	153.17	1130.00	740.00	1.15	346	11.0
117	340.00	0.00	175.00	1120.00	833.33	1.65	346	12.0
118	340.00	0.00	176.00	1116.67	870.00	1.66	347	11.0
119	340.83	0.00	174.83	1123.33	850.00	1.65	347	12.0
120	314.17	0.00	176.00	1120.00	876.67	1.53	347	12.0
121	256.00	0.00	172.00	1152.00	912.00	1.24	348	11.5
122	340.00	0.00	175.83	1123.33	823.33	1.65	348	12.0
123	340.00	0.00	175.33	1123.33	830.00	1.65	348	12.0
124	339.17	0.00	177.50	1120.00	853.33	1.65	348	10.0
125	315.00	0.00	174.17	1116.67	890.00	1.53	348	12.0
126	210.00	210.00	154.67	1140.00	740.00	1.15	348	11.0
127	210.00	210.83	155.17	1130.00	760.00	1.15	349	12.0
128	330.83	0.00	169.17	1140.00	860.00	1.61	349	10.0
129	314.17	0.00	176.17	1116.67	903.33	1.53	349	11.0
130	340.00	0.00	175.17	1126.67	850.00	1.65	349	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
131	314.00	0.00	176.40	1124.00	868.00	1.54	349	11.5
132	340.00	0.00	176.17	1126.67	840.00	1.66	350	11.5
133	340.00	0.00	178.00	1116.67	873.33	1.65	350	11.0
134	315.00	0.00	176.40	1120.00	888.00	1.52	351	12.0
135	339.17	0.00	175.67	1110.00	846.67	1.65	351	11.5
136	340.00	0.00	173.33	1120.00	850.00	1.65	351	12.0
137	340.83	0.00	175.67	1123.33	826.67	1.65	351	12.0
138	313.33	0.00	176.17	1126.67	886.67	1.53	351	12.0
139	314.00	0.00	177.20	1120.00	912.00	1.53	351	11.5
140	314.00	0.00	176.60	1124.00	876.00	1.54	352	11.5
141	340.00	0.00	176.50	1123.33	833.33	1.65	352	12.0
142	340.00	0.00	177.00	1120.00	873.33	1.65	352	11.5
143	340.00	0.00	176.33	1126.67	840.00	1.66	352	12.0
144	330.00	0.00	168.00	1140.00	840.00	1.63	354	9.0
145	314.17	0.00	176.00	1116.67	890.00	1.53	355	11.5
146	310.00	0.00	169.20	1136.00	912.00	1.46	355	10.0
147	340.00	0.00	177.17	1120.00	846.67	1.65	355	12.0
148	340.00	0.00	177.00	1126.67	840.00	1.65	355	12.0
149	339.17	0.00	176.00	1120.00	850.00	1.65	355	11.0
150	257.50	0.00	170.75	1150.00	925.00	1.25	355	12.0
151	313.33	0.00	176.33	1126.67	880.00	1.56	355	11.0
152	259.00	0.00	171.40	1152.00	904.00	1.25	355	12.0
153	255.83	0.00	170.33	1150.00	920.00	1.25	355	11.5
154	339.17	0.00	175.00	1113.33	843.33	1.65	356	12.0
155	255.00	0.00	170.33	1153.33	913.33	1.25	356	12.0
156	314.00	0.00	174.80	1120.00	880.00	1.54	356	11.5
157	340.00	0.00	176.00	1113.33	853.33	1.65	356	11.0
158	340.83	0.00	176.33	1120.00	846.67	1.65	356	12.0
159	340.00	0.00	175.33	1130.00	840.00	1.65	356	11.5
160	253.75	0.00	170.50	1140.00	920.00	1.25	357	12.0
161	313.33	0.00	175.17	1120.00	903.33	1.53	357	12.0
162	340.83	0.00	175.67	1120.00	853.33	1.67	357	10.0
163	340.00	0.00	176.33	1120.00	843.33	1.65	357	12.0
164	340.00	0.00	176.00	1123.33	833.33	1.65	357	12.0
165	340.83	0.00	176.50	1126.67	836.67	1.66	357	12.0
166	315.00	0.00	178.00	1120.00	892.00	1.53	358	12.0
167	313.33	0.00	176.33	1120.00	883.33	1.57	358	12.0
168	340.00	0.00	175.83	1123.33	840.00	1.65	358	12.0
169	316.25	0.00	176.00	1115.00	925.00	1.53	358	11.5
170	340.00	0.00	176.00	1120.00	840.00	1.64	358	11.5
171	256.67	0.00	171.67	1153.33	940.00	1.25	358	12.0
172	314.17	0.00	176.00	1123.33	890.00	1.53	359	11.5
173	344.17	0.00	176.33	1123.33	850.00	1.66	359	11.0
174	330.00	0.00	168.44	1137.78	844.44	1.61	359	10.0
175	340.83	0.00	176.00	1126.67	856.67	1.65	359	12.0
176	255.00	0.00	171.20	1144.00	928.00	1.24	359	12.0
177	340.00	0.00	175.50	1120.00	860.00	1.63	359	12.0
178	340.00	0.00	176.17	1116.67	836.67	1.65	360	12.0
179	340.00	0.00	175.17	1116.67	846.67	1.65	360	11.5
180	340.00	0.00	175.33	1130.00	830.00	1.65	360	12.0
181	330.00	0.00	168.00	1136.00	840.00	1.60	360	9.5
182	340.83	0.00	172.83	1120.00	846.67	1.65	360	11.5
183	300.00	0.00	169.80	1148.00	892.00	1.46	360	10.0
184	340.00	0.00	175.83	1126.67	836.67	1.65	361	10.0
185	313.33	0.00	175.00	1116.67	883.33	1.53	361	12.0
186	340.83	0.00	176.67	1120.00	830.00	1.65	361	11.5
187	314.17	0.00	176.00	1116.67	893.33	1.53	361	10.5
188	340.00	0.00	176.33	1120.00	873.33	1.66	361	11.0
189	313.33	0.00	175.67	1120.00	870.00	1.53	361	11.5
190	340.00	0.00	176.20	1112.00	832.00	1.64	361	12.0
191	340.00	0.00	175.67	1110.00	876.67	1.65	361	12.0
192	339.17	0.00	176.50	1120.00	836.67	1.65	361	12.0
193	340.00	0.00	176.67	1116.67	836.67	1.66	361	12.0
194	340.83	0.00	175.67	1116.67	876.67	1.64	362	10.5
195	340.00	0.00	176.00	1120.00	866.67	1.65	362	11.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
196	314.00	0.00	176.40	1132.00	884.00	1.49	362	10.0
197	315.00	0.00	176.33	1120.00	893.33	1.53	362	12.0
198	314.17	0.00	175.67	1116.67	883.33	1.53	362	11.0
199	339.17	0.00	176.50	1116.67	840.00	1.65	362	11.0
200	341.67	0.00	176.83	1113.33	876.67	1.65	362	12.0
201	313.00	0.00	176.40	1120.00	920.00	1.53	362	11.0
202	330.00	0.00	168.17	1136.67	843.33	1.62	362	9.0
203	339.17	0.00	176.33	1116.67	846.67	1.63	362	12.0
204	231.43	0.00	161.90	1135.24	975.24	1.12	362	11.5
205	256.67	0.00	169.67	1153.33	913.33	1.25	362	11.0
206	340.00	0.00	174.67	1123.33	840.00	1.64	363	12.0
207	339.17	0.00	176.33	1120.00	840.00	1.64	363	12.0
208	340.00	0.00	175.80	1136.00	832.00	1.65	363	12.0
209	340.00	0.00	176.33	1116.67	850.00	1.65	363	11.0
210	232.73	0.00	161.64	1127.27	974.55	1.13	363	11.0
211	340.00	0.00	176.67	1116.67	843.33	1.65	363	12.0
212	311.67	0.00	175.67	1106.67	893.33	1.53	363	11.5
213	330.00	0.00	170.20	1128.00	856.00	1.61	363	12.0
214	210.00	209.00	156.20	1132.00	748.00	1.16	364	12.0
215	313.33	0.00	176.00	1123.33	890.00	1.53	364	12.0
216	210.00	210.83	154.17	1136.67	730.00	1.14	364	11.0
217	341.25	0.00	176.75	1125.00	830.00	1.65	364	12.0
218	315.00	0.00	175.17	1130.00	873.33	1.53	364	11.5
219	329.00	0.00	169.00	1144.00	868.00	1.61	364	11.5
220	256.67	0.00	171.33	1156.67	930.00	1.25	364	10.0
221	330.00	0.00	166.00	1144.00	856.00	1.61	364	10.0
222	331.00	0.00	169.00	1136.00	852.00	1.62	365	9.5
223	339.17	0.00	176.00	1116.67	853.33	1.66	365	10.5
224	340.00	0.00	174.83	1106.67	853.33	1.65	365	12.0
225	339.17	0.00	176.17	1123.33	830.00	1.65	365	12.0
226	330.00	0.00	117.67	1143.33	833.33	1.61	366	10.0
227	340.00	0.00	173.83	1123.33	850.00	1.65	366	12.0
228	340.00	0.00	176.00	1126.67	860.00	1.64	366	11.0
229	338.33	0.00	176.67	1123.33	840.00	1.67	366	11.0
230	340.00	0.00	175.50	1113.33	846.67	1.65	366	12.0
231	340.83	0.00	176.17	1120.00	833.33	1.66	366	12.0
232	340.00	0.00	176.00	1120.00	826.67	1.65	366	11.5
233	340.00	0.00	176.83	1126.67	843.33	1.65	367	12.0
234	330.00	0.00	168.80	1152.00	844.00	1.60	367	9.0
235	314.17	0.00	176.33	1146.67	880.00	1.53	367	12.0
236	210.00	210.83	154.00	1116.67	746.67	1.16	367	12.0
237	315.00	0.00	174.17	1110.00	893.33	1.53	367	11.5
238	340.83	0.00	176.00	1120.00	866.67	1.65	367	12.0
239	314.00	0.00	176.80	1112.00	880.00	1.53	367	11.5
240	340.00	0.00	175.67	1113.33	856.67	1.65	368	10.0
241	340.00	0.00	173.00	1113.33	843.33	1.65	368	12.0
242	339.17	0.00	176.33	1116.67	840.00	1.65	368	12.0
243	313.33	0.00	175.00	1106.67	896.67	1.53	368	12.0
244	258.33	0.00	169.67	1146.67	920.00	1.25	368	11.5
245	340.00	0.00	175.67	1120.00	846.67	1.65	368	12.0
246	314.00	0.00	175.80	1124.00	880.00	1.52	368	12.0
247	340.00	0.00	176.50	1126.67	823.33	1.65	368	12.0
248	340.00	0.00	175.67	1113.33	846.67	1.65	368	12.0
249	315.00	0.00	176.00	1120.00	884.00	1.54	369	11.0
250	314.00	0.00	176.80	1120.00	888.00	1.52	369	11.0
251	340.83	0.00	174.67	1120.00	856.67	1.65	369	12.0
252	313.00	0.00	176.00	1124.00	876.00	1.53	369	12.0
253	314.17	0.00	176.00	1116.67	896.67	1.53	369	11.5
254	310.83	0.00	174.83	1130.00	876.67	1.53	369	11.0
255	340.00	0.00	176.33	1113.33	853.33	1.64	369	11.0
256	340.00	0.00	177.00	1136.67	843.33	1.65	369	12.0
257	255.00	0.00	177.00	1180.00	920.00	1.25	370	11.0
258	310.00	0.00	176.00	1120.00	866.67	1.53	370	12.0
259	314.17	0.00	175.67	1120.00	903.33	1.53	370	12.0
260	255.00	0.00	169.67	1153.33	920.00	1.25	370	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
261	340.83	0.00	177.00	1116.67	833.33	1.65	370	12.0
262	210.83	211.67	154.17	1130.00	756.67	1.15	370	10.0
263	330.00	0.00	170.00	1136.00	856.00	1.61	370	10.0
264	314.17	0.00	176.00	1110.00	890.00	1.53	370	11.0
265	210.00	210.83	155.33	1120.00	753.33	1.10	370	12.0
266	210.83	210.00	154.50	1130.00	756.67	1.15	371	12.0
267	340.00	0.00	176.83	1120.00	843.33	1.65	371	11.5
268	314.00	0.00	175.20	1124.00	888.00	1.51	371	12.0
269	314.17	0.00	175.33	1113.33	893.33	1.53	371	12.0
270	339.17	0.00	176.00	1120.00	840.00	1.63	371	12.0
271	340.00	0.00	176.83	1116.67	840.00	1.65	371	12.0
272	314.17	0.00	173.17	1120.00	900.00	1.53	371	12.0
273	255.00	0.00	171.50	1150.00	920.00	1.25	371	10.0
274	330.00	0.00	166.83	1136.67	856.67	1.61	371	10.0
275	313.33	0.00	175.67	1116.67	890.00	1.53	372	11.0
276	314.00	0.00	175.80	1120.00	884.00	1.54	372	11.0
277	340.00	0.00	176.33	1120.00	846.67	1.67	372	11.0
278	339.17	0.00	176.33	1113.33	846.67	1.65	372	12.0
279	340.00	0.00	176.33	1120.00	856.67	1.65	372	10.0
280	340.00	0.00	175.33	1136.67	823.33	1.65	372	12.0
281	340.00	0.00	176.33	1123.33	843.33	1.65	372	12.0
282	340.00	0.00	176.40	1120.00	832.00	1.65	372	11.5
283	340.00	0.00	176.33	1120.00	850.00	1.65	372	11.0
284	341.67	0.00	175.83	1123.33	840.00	1.65	372	12.0
285	339.17	0.00	176.17	1113.33	836.67	1.66	373	11.5
286	340.00	0.00	174.67	1116.67	840.00	1.65	373	11.0
287	340.00	0.00	175.50	1126.67	833.33	1.65	373	12.0
288	188.33	188.33	155.33	1133.33	800.00	0.93	373	10.0
289	339.17	0.00	176.67	1113.33	873.33	1.65	373	11.0
290	255.83	0.00	169.83	1146.67	920.00	1.25	373	12.0
291	314.00	0.00	177.20	1120.00	892.00	1.52	373	12.0
292	257.00	0.00	171.40	1136.00	932.00	1.25	374	12.0
293	340.83	0.00	176.17	1120.00	850.00	1.65	374	11.0
294	340.83	0.00	176.00	1113.33	843.33	1.65	374	11.0
295	340.00	0.00	174.33	1110.00	860.00	1.65	374	11.5
296	315.83	0.00	176.00	1123.33	883.33	1.53	374	12.0
297	340.00	0.00	176.17	1113.33	836.67	1.66	374	12.0
298	340.00	0.00	178.00	1136.67	820.00	1.65	374	12.0
299	340.00	0.00	176.50	1120.00	846.67	1.65	374	11.0
300	340.83	0.00	174.67	1113.33	843.33	1.65	374	12.0
301	340.00	0.00	173.67	1110.00	860.00	1.66	374	12.0
302	340.00	0.00	175.67	1123.33	850.00	1.65	374	12.0
303	340.00	0.00	176.17	1120.00	873.33	1.65	374	12.0
304	340.00	0.00	176.50	1120.00	840.00	1.64	374	12.0
305	340.00	0.00	175.83	1110.00	853.33	1.65	374	11.5
306	340.00	0.00	176.33	1123.33	840.00	1.65	375	12.0
307	340.00	0.00	176.33	1123.33	860.00	1.66	375	11.5
308	338.33	0.00	175.67	1116.67	840.00	1.65	375	11.5
309	312.00	0.00	176.80	1112.00	880.00	1.54	375	12.0
310	255.00	0.00	172.00	1140.00	920.00	1.25	375	12.0
311	314.17	0.00	175.17	1110.00	886.67	1.53	375	12.0
312	314.17	0.00	175.67	1123.33	890.00	1.53	375	11.5
313	340.83	0.00	176.00	1123.33	833.33	1.65	375	12.0
314	328.75	0.00	168.50	1145.00	865.00	1.60	375	10.0
315	340.83	0.00	175.67	1123.33	856.67	1.65	375	11.0
316	315.00	0.00	174.83	1123.33	903.33	1.53	376	11.0
317	340.00	0.00	175.33	1123.33	846.67	1.64	376	12.0
318	340.83	0.00	174.33	1120.00	843.33	1.65	376	12.0
319	340.00	0.00	176.33	1116.67	833.33	1.65	376	12.0
320	340.00	0.00	175.00	1116.67	856.67	1.65	376	11.0
321	256.00	0.00	172.40	1152.00	916.00	1.25	376	11.0
322	339.17	0.00	175.00	1120.00	856.67	1.65	377	12.0
323	340.00	0.00	175.33	1113.33	860.00	1.65	377	12.0
324	340.00	0.00	176.33	1120.00	843.33	1.66	377	12.0
325	328.57	0.00	170.29	1131.43	845.71	1.60	377	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
326	315.00	0.00	174.67	1126.67	876.67	1.53	377	10.5
327	328.89	0.00	168.44	1151.11	848.89	1.62	377	10.0
328	340.00	0.00	176.17	1116.67	833.33	1.65	377	12.0
329	339.17	0.00	174.67	1123.33	843.33	1.65	378	12.0
330	255.00	0.00	171.00	1146.67	906.67	1.25	378	12.0
331	339.17	0.00	177.50	1113.33	856.67	1.65	378	12.0
332	340.00	0.00	176.00	1123.33	836.67	1.65	378	12.0
333	314.00	0.00	176.80	1120.00	880.00	1.53	378	11.5
334	340.00	0.00	176.33	1130.00	836.67	1.65	378	12.0
335	340.00	0.00	175.00	1110.00	836.67	1.65	378	11.0
336	340.00	0.00	176.17	1123.33	836.67	1.65	378	11.0
337	340.00	0.00	175.67	1120.00	863.33	1.65	378	11.0
338	340.00	0.00	176.67	1120.00	840.00	1.60	378	12.0
339	313.33	0.00	176.00	1116.67	903.33	1.53	378	12.0
340	210.00	208.33	154.83	1133.33	746.67	1.15	379	12.0
341	330.00	0.00	167.83	1143.33	853.33	1.62	379	9.5
342	318.00	0.00	178.00	1120.00	892.00	1.53	379	11.0
343	328.57	0.00	168.57	1154.29	845.71	1.60	379	9.0
344	340.00	0.00	176.00	1124.00	836.00	1.65	379	12.0
345	338.33	0.00	176.00	1123.33	873.33	1.65	379	11.5
346	313.33	0.00	176.50	1120.00	880.00	1.53	379	12.0
347	340.00	0.00	176.17	1120.00	860.00	1.64	380	12.0
348	340.00	0.00	175.33	1123.33	833.33	1.65	380	11.0
349	340.00	0.00	176.00	1123.33	840.00	1.65	380	12.0
350	339.17	0.00	176.00	1123.33	870.00	1.64	380	12.0
351	340.00	0.00	175.00	1120.00	840.00	1.65	380	12.0
352	339.17	0.00	176.33	1106.67	890.00	1.65	380	11.0
353	340.00	0.00	176.33	1120.00	840.00	1.65	380	11.5
354	257.50	0.00	171.50	1155.00	930.00	1.25	380	12.0
355	312.50	0.00	175.50	1110.00	890.00	1.53	380	12.0
356	314.00	0.00	175.60	1120.00	872.00	1.52	380	12.0
357	330.00	0.00	167.67	1136.67	853.33	1.61	381	10.0
358	330.00	0.00	166.67	1140.00	853.33	1.62	381	12.0
359	340.83	0.00	175.33	1110.00	846.67	1.65	381	11.0
360	341.67	0.00	176.67	1113.33	836.67	1.65	381	12.0
361	314.17	0.00	175.67	1120.00	900.00	1.53	381	12.0
362	300.00	0.00	168.75	1145.00	915.00	1.45	381	10.0
363	339.17	0.00	175.33	1123.33	856.67	1.65	381	12.0
364	330.00	0.00	168.17	1140.00	840.00	1.61	382	10.0
365	256.00	0.00	173.20	1152.00	912.00	1.25	382	11.0
366	341.00	0.00	176.60	1120.00	856.00	1.64	382	12.0
367	314.17	0.00	176.00	1120.00	903.33	1.53	382	12.0
368	313.75	0.00	175.75	1125.00	880.00	1.54	383	12.0
369	315.00	0.00	176.00	1105.00	920.00	1.54	383	12.0
370	339.17	0.00	176.00	1120.00	860.00	1.66	383	12.0
371	330.00	0.00	168.20	1160.00	848.00	1.60	383	10.0
372	340.00	0.00	176.33	1126.67	853.33	1.64	383	12.0
373	210.00	210.83	154.67	1126.67	740.00	1.15	383	12.0
374	314.29	0.00	176.00	1120.00	868.57	1.56	384	12.0
375	300.00	0.00	169.00	1130.00	900.00	1.46	384	10.0
376	340.00	0.00	174.60	1116.00	852.00	1.64	384	11.0
377	340.00	0.00	175.67	1126.67	856.67	1.65	384	12.0
378	340.83	0.00	176.50	1116.67	840.00	1.65	384	12.0
379	340.00	0.00	174.80	1080.00	816.00	1.66	385	12.0
380	339.17	0.00	176.33	1126.67	856.67	1.66	385	10.0
381	340.00	0.00	176.67	1120.00	826.67	1.65	385	12.0
382	209.17	210.83	154.17	1126.67	746.67	1.15	385	12.0
383	210.00	208.33	154.00	1130.00	743.33	1.14	385	12.0
384	340.00	0.00	176.00	1120.00	843.33	1.65	386	12.0
385	339.17	0.00	176.50	1133.33	823.33	1.65	386	12.0
386	312.50	0.00	175.33	1113.33	890.00	1.53	386	11.0
387	341.25	0.00	176.00	1130.00	840.00	1.65	386	11.5
388	340.00	0.00	175.83	1130.00	846.67	1.65	387	12.0
389	339.17	0.00	175.83	1123.33	873.33	1.66	387	11.0
390	210.00	210.00	155.67	1133.33	756.67	1.15	387	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
391	340.00	0.00	176.00	1116.67	833.33	1.65	387	12.0
392	340.00	0.00	176.17	1120.00	853.33	1.65	387	12.0
393	276.00	0.00	181.20	1120.00	932.00	1.35	387	11.0
394	314.17	0.00	175.33	1126.67	883.33	1.53	387	10.0
395	339.17	0.00	173.33	1113.33	853.33	1.65	388	11.0
396	330.00	0.00	166.00	1166.67	846.67	1.60	388	10.0
397	330.00	0.00	167.80	1152.00	868.00	1.60	388	10.0
398	340.00	0.00	177.00	1130.00	830.00	1.65	388	12.0
399	314.17	0.00	175.67	1123.33	896.67	1.53	388	12.0
400	209.17	210.83	157.00	1136.67	756.67	1.15	388	12.0
401	256.00	0.00	172.40	1152.00	928.00	1.24	388	12.0
402	315.00	0.00	176.00	1120.00	890.00	1.53	388	18.0
403	210.00	209.17	155.33	1123.33	756.67	1.15	388	11.5
404	255.71	0.00	171.43	1137.14	914.29	1.24	389	12.0
405	330.00	0.00	165.67	1140.00	856.67	1.62	389	10.0
406	340.00	0.00	176.17	1123.33	830.00	1.65	389	12.0
407	209.17	210.83	154.83	1126.67	753.33	1.14	389	12.0
408	340.00	0.00	174.50	1120.00	846.67	1.65	389	11.0
409	210.00	209.17	155.33	1126.67	760.00	1.15	389	12.0
410	255.00	0.00	172.20	1152.00	916.00	1.25	389	11.0
411	340.00	0.00	175.50	1110.00	856.67	1.66	389	12.0
412	210.00	209.17	155.00	1133.33	753.33	1.15	389	12.0
413	339.17	0.00	176.33	1123.33	846.67	1.65	389	11.0
414	340.00	0.00	175.33	1123.33	873.33	1.65	389	12.0
415	340.00	0.00	174.50	1123.33	860.00	1.65	389	12.0
416	339.17	0.00	175.67	1120.00	853.33	1.65	390	12.0
417	256.67	0.00	171.33	1146.67	920.00	1.25	390	12.0
418	340.83	0.00	176.17	1123.33	843.33	1.64	390	12.0
419	340.00	0.00	176.67	1116.67	866.67	1.65	390	11.0
420	340.00	0.00	176.50	1113.33	866.67	1.65	390	12.0
421	340.00	0.00	175.67	1120.00	833.33	1.65	390	11.5
422	340.83	0.00	176.33	1126.67	826.67	1.65	390	11.5
423	314.17	0.00	176.00	1120.00	883.33	1.53	390	12.0
424	339.17	0.00	175.83	1116.67	850.00	1.65	391	11.0
425	339.17	0.00	176.33	1110.00	860.00	1.66	391	12.0
426	339.17	0.00	176.50	1116.67	843.33	1.65	391	12.0
427	340.83	0.00	175.83	1116.67	846.67	1.66	391	11.5
428	340.00	0.00	176.33	1113.33	856.67	1.66	391	11.0
429	210.00	210.00	154.60	1124.00	760.00	1.15	391	12.0
430	339.17	0.00	171.00	1120.00	843.33	1.65	391	11.5
431	340.00	0.00	176.40	1120.00	852.00	1.64	391	11.0
432	340.83	0.00	172.33	1136.67	833.33	1.65	391	11.5
433	315.00	0.00	176.40	1112.00	900.00	1.54	391	18.0
434	330.00	0.00	168.00	1140.00	860.00	1.61	391	9.5
435	340.00	0.00	175.50	1130.00	833.33	1.65	391	11.5
436	340.83	0.00	176.00	1123.33	836.67	1.68	392	12.0
437	315.00	0.00	176.67	1113.33	893.33	1.52	392	12.0
438	338.33	0.00	176.33	1113.33	856.67	1.65	392	12.0
439	340.00	0.00	176.40	1120.00	848.00	1.65	392	12.0
440	340.00	0.00	177.67	1120.00	856.67	1.66	392	11.0
441	210.00	210.00	155.33	1130.00	746.67	1.16	392	11.0
442	340.00	0.00	177.33	1130.00	850.00	1.65	392	11.0
443	340.83	0.00	176.33	1113.33	840.00	1.66	392	12.0
444	210.00	209.17	154.00	1120.00	753.33	1.15	393	11.5
445	340.00	0.00	175.50	1116.67	833.33	1.64	393	12.0
446	316.25	0.00	176.00	1125.00	890.00	1.54	393	18.0
447	210.83	208.33	155.33	1136.67	750.00	1.15	393	12.0
448	340.00	0.00	176.17	1120.00	846.67	1.65	393	12.0
449	187.50	188.33	155.33	1133.33	796.67	0.92	393	12.0
450	313.00	0.00	175.20	1116.00	896.00	1.53	393	12.0
451	340.00	0.00	175.83	1116.67	836.67	1.65	393	11.0
452	340.00	0.00	176.17	1123.33	833.33	1.65	393	12.0
453	340.00	0.00	174.80	1116.00	832.00	1.66	393	12.0
454	340.00	0.00	176.00	1113.33	840.00	1.65	393	12.0
455	340.83	0.00	176.33	1116.67	853.33	1.65	393	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
456	315.00	0.00	176.40	1112.00	872.00	1.52	394	12.0
457	340.00	0.00	174.33	1130.00	833.33	1.65	394	12.0
458	340.00	0.00	175.67	1120.00	846.67	1.66	394	12.0
459	340.00	0.00	175.33	1120.00	866.67	1.65	394	12.0
460	330.00	0.00	167.83	1136.67	873.33	1.61	394	11.5
461	340.00	0.00	176.17	1116.67	846.50	1.65	394	11.0
462	337.50	0.00	176.17	1123.33	836.67	1.65	394	12.0
463	340.00	0.00	176.33	1126.67	853.33	1.66	394	11.0
464	315.00	0.00	176.00	1123.33	890.00	1.53	394	11.5
465	340.00	0.00	176.00	1120.00	843.33	1.64	394	11.5
466	340.00	0.00	175.67	1126.67	833.33	1.66	395	11.5
467	314.00	0.00	176.20	1100.00	896.00	1.52	395	11.5
468	210.00	210.83	155.33	1130.00	743.33	1.15	395	12.0
469	315.00	0.00	176.40	1120.00	888.00	1.51	395	12.0
470	209.17	210.83	155.67	1126.67	766.67	1.15	395	11.0
471	340.00	0.00	171.33	1123.33	846.67	1.65	395	11.5
472	340.83	0.00	177.17	1123.33	836.67	1.65	395	11.0
473	315.00	0.00	176.00	1140.00	900.00	1.55	395	12.0
474	340.00	0.00	176.50	1116.67	843.33	1.65	395	12.0
475	330.00	0.00	168.00	1136.00	880.00	1.61	395	10.0
476	300.00	0.00	168.33	1146.67	896.67	1.47	396	11.5
477	340.83	0.00	176.33	1100.00	846.67	1.65	396	12.0
478	339.17	0.00	176.67	1116.67	863.33	1.65	396	12.0
479	339.17	0.00	174.50	1116.67	836.67	1.65	396	12.0
480	210.00	210.00	155.00	1130.00	746.67	1.15	396	12.0
481	340.00	0.00	174.33	1116.67	846.67	1.65	396	11.5
482	340.00	0.00	176.50	1120.00	853.33	1.65	396	11.5
483	209.17	209.17	154.67	1130.00	753.33	1.15	396	11.5
484	340.00	0.00	176.50	1120.00	840.00	1.70	396	11.0
485	317.65	0.00	176.00	1129.41	898.82	1.51	397	12.0
486	339.17	0.00	176.00	1123.33	846.67	1.66	397	11.0
487	340.00	0.00	175.67	1120.00	850.00	1.64	397	11.0
488	340.00	0.00	175.83	1120.00	843.33	1.65	397	11.0
489	340.00	0.00	176.67	1123.33	840.00	1.65	397	12.0
490	300.00	0.00	165.33	1140.00	906.67	1.46	397	10.0
491	340.00	0.00	175.67	1123.33	833.33	1.65	397	11.5
492	313.33	0.00	176.33	1120.00	880.00	1.52	397	11.0
493	340.00	0.00	176.33	1113.33	850.00	1.65	397	12.0
494	338.33	0.00	176.00	1120.00	843.33	1.72	398	11.0
495	313.00	0.00	176.40	1112.00	880.00	1.52	398	12.0
496	340.00	0.00	174.83	1110.00	853.33	1.65	398	12.0
497	340.00	0.00	176.60	1116.00	848.00	1.64	398	11.5
498	340.00	0.00	176.00	1133.33	846.67	1.65	398	12.0
499	329.00	0.00	170.00	1132.00	864.00	1.60	398	12.0
500	340.00	0.00	175.17	1110.00	836.67	1.65	398	12.0
501	330.00	0.00	168.00	1160.00	800.00	1.65	398	11.5
502	339.00	0.00	173.60	1112.00	840.00	1.65	398	12.0
503	340.00	0.00	176.33	1120.00	830.00	1.68	398	12.0
504	340.00	0.00	177.00	1123.33	820.00	1.65	398	12.0
505	314.00	0.00	176.20	1128.00	872.00	1.52	398	12.0
506	340.00	0.00	176.00	1120.00	833.33	1.65	398	12.0
507	330.00	0.00	169.80	1152.00	848.00	1.61	399	9.0
508	339.17	0.00	175.50	1103.33	860.00	1.65	399	12.0
509	341.67	0.00	176.33	1120.00	840.00	1.65	399	12.0
510	209.17	213.33	155.17	1133.33	756.67	1.15	399	11.5
511	340.00	0.00	175.00	1113.33	843.33	1.66	399	11.5
512	340.00	0.00	175.00	1123.33	850.00	1.65	399	12.0
513	315.00	0.00	174.00	1120.00	893.33	1.53	399	12.0
514	340.00	0.00	176.50	1120.00	850.00	1.83	399	12.0
515	314.00	0.00	176.00	1124.00	884.00	1.53	399	12.0
516	340.00	0.00	176.17	1116.67	840.00	1.65	399	11.5
517	340.00	0.00	176.00	1126.67	843.33	1.65	399	12.0
518	340.00	0.00	176.00	1120.00	850.00	1.65	399	12.0
519	340.83	0.00	176.00	1120.00	870.00	1.66	400	12.0
520	314.17	0.00	174.67	1110.00	896.67	1.53	400	11.5

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
521	340.00	0.00	175.67	1120.00	850.00	1.65	400	11.0
522	340.00	0.00	174.33	1123.33	826.67	1.65	400	11.0
523	335.83	0.00	175.33	1126.67	850.00	1.65	400	11.0
524	316.67	0.00	176.33	1120.00	876.67	1.53	400	12.0
525	340.00	0.00	175.67	1133.33	853.33	1.65	400	12.0
526	210.00	210.00	156.67	1123.33	756.67	1.15	401	12.0
527	339.17	0.00	176.67	1110.00	870.00	1.65	401	12.0
528	313.00	0.00	176.40	1116.00	892.00	1.53	401	11.0
529	340.00	0.00	175.00	1116.67	836.67	1.65	401	11.0
530	299.17	0.00	168.00	1140.00	903.33	1.47	401	10.0
531	333.00	0.00	168.80	1140.00	860.00	1.60	402	9.0
532	340.83	0.00	174.67	1116.67	856.67	1.65	402	12.0
533	340.83	0.00	176.33	1123.33	846.67	1.65	402	12.0
534	331.00	0.00	169.60	1140.00	852.00	1.61	402	12.0
535	340.00	0.00	173.00	1106.67	830.00	1.66	402	12.0
536	339.17	0.00	176.00	1136.67	820.00	1.65	402	12.0
537	256.67	0.00	172.67	1120.00	933.33	1.27	402	12.0
538	340.00	0.00	176.33	1100.00	860.00	1.65	402	12.0
539	340.00	0.00	173.67	1120.00	843.33	1.65	402	11.0
540	310.83	0.00	174.67	1123.33	890.00	1.53	402	12.0
541	316.00	0.00	176.40	1128.00	888.00	1.52	402	12.0
542	340.83	0.00	176.67	1133.33	840.00	1.67	403	12.0
543	256.00	0.00	176.20	1148.00	940.00	1.26	403	12.0
544	340.83	0.00	174.67	1120.00	846.67	1.65	403	12.0
545	340.00	0.00	176.17	1103.33	866.67	1.64	403	11.5
546	339.17	0.00	176.83	1130.00	860.00	1.65	403	11.0
547	339.17	0.00	174.67	1120.00	853.33	1.65	403	11.0
548	210.00	210.00	154.67	1126.67	760.00	1.16	403	12.0
549	340.00	0.00	175.67	1123.33	850.00	1.65	404	12.0
550	298.33	0.00	167.00	1143.33	913.33	1.46	404	10.0
551	210.00	211.00	156.00	1132.00	748.00	1.15	404	12.0
552	256.00	0.00	171.20	1160.00	896.00	1.25	404	12.0
553	340.00	0.00	176.00	1123.33	846.67	1.65	404	12.0
554	330.00	0.00	169.43	1142.86	868.57	1.60	404	10.0
555	340.83	0.00	175.67	1106.67	863.33	1.65	404	12.0
556	340.00	0.00	175.83	1123.33	830.00	1.65	404	12.0
557	340.83	0.00	176.33	1123.33	850.00	1.65	404	11.5
558	313.75	0.00	176.00	1120.00	875.00	1.53	404	11.0
559	340.00	0.00	175.83	1120.00	830.00	1.65	404	11.0
560	340.00	0.00	176.00	1120.00	843.33	1.69	405	12.0
561	210.00	210.00	153.60	1120.00	748.00	1.15	405	11.5
562	313.33	0.00	175.67	1120.00	903.33	1.53	405	12.0
563	313.75	0.00	176.25	1125.00	910.00	1.54	405	12.0
564	340.00	0.00	178.33	1126.67	826.67	1.65	405	11.5
565	340.83	0.00	175.33	1120.00	830.00	1.65	405	11.5
566	340.00	0.00	175.50	1120.00	850.00	1.65	405	12.0
567	340.00	0.00	174.50	1120.00	843.33	1.65	405	11.0
568	299.00	0.00	167.80	1136.00	908.00	1.47	406	10.0
569	340.00	0.00	175.33	1116.67	860.00	1.65	406	11.0
570	342.50	0.00	176.67	1123.33	843.33	1.66	406	11.5
571	314.00	0.00	178.20	1124.00	884.00	1.53	406	11.5
572	340.00	0.00	175.33	1116.67	840.00	1.67	406	11.5
573	209.17	210.00	170.33	1133.33	760.00	1.15	406	11.5
574	210.00	210.00	154.00	1133.33	760.00	1.17	406	11.0
575	338.33	0.00	174.67	1126.67	836.67	1.65	406	11.0
576	340.00	0.00	176.50	1120.00	840.00	1.65	406	11.0
577	340.00	0.00	175.83	1113.33	856.67	1.65	407	12.0
578	209.17	211.67	155.17	1136.67	766.67	1.15	407	12.0
579	340.83	0.00	176.83	1116.67	856.67	1.65	407	11.0
580	313.33	0.00	176.17	1113.33	903.33	1.53	407	11.5
581	340.00	0.00	176.33	1120.00	853.33	1.65	407	12.0
582	340.83	0.00	176.33	1113.33	890.00	1.65	407	11.0
583	316.67	0.00	176.17	1123.33	883.33	1.53	408	11.0
584	313.33	0.00	179.83	1083.33	923.33	1.53	408	11.0
585	210.00	210.00	155.00	1130.00	750.00	1.15	408	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
586	313.33	0.00	174.67	1126.67	880.00	1.53	408	11.5
587	330.00	0.00	165.83	1140.00	846.67	1.61	408	9.5
588	315.00	0.00	176.17	1120.00	900.00	1.53	408	12.0
589	339.17	0.00	175.17	1106.67	853.33	1.65	408	12.0
590	340.00	0.00	174.00	1124.00	852.00	1.65	408	11.0
591	340.00	0.00	176.33	1123.33	856.67	1.65	409	11.0
592	315.00	0.00	176.80	1112.00	896.00	1.53	409	12.0
593	314.00	0.00	176.80	1076.00	932.00	1.52	409	11.0
594	210.00	210.83	154.83	1133.33	750.00	1.15	409	12.0
595	210.83	208.33	155.17	1133.33	753.33	1.15	409	12.0
596	339.17	0.00	176.33	1116.67	846.67	1.66	409	11.5
597	312.50	0.00	175.83	1120.00	903.33	1.53	410	11.0
598	255.00	0.00	170.00	1160.00	910.00	1.25	410	11.0
599	340.00	0.00	176.17	1120.00	860.00	1.66	410	12.0
600	256.00	0.00	170.20	1152.00	912.00	1.25	411	12.0
601	339.17	0.00	173.33	1116.67	830.00	1.65	411	12.0
602	340.00	0.00	175.50	1130.00	840.00	1.65	411	11.5
603	210.00	210.00	155.33	1126.67	746.67	1.15	411	11.0
604	339.17	0.00	176.33	1120.00	853.33	1.65	411	12.0
605	210.83	210.00	156.17	1123.33	756.67	1.15	412	11.0
606	340.00	0.00	175.00	1100.00	860.00	1.64	412	11.0
607	314.00	0.00	176.00	1108.00	900.00	1.50	412	11.0
608	209.60	206.40	154.40	1148.80	732.80	1.14	412	12.0
609	320.00	80.00	160.20	1052.00	888.00	1.72	412	12.0
610	340.00	0.00	175.67	1126.67	846.67	1.64	413	12.0
611	342.50	0.00	176.00	1120.00	863.33	1.65	413	12.0
612	340.00	0.00	173.33	1116.67	863.33	1.64	413	12.0
613	210.00	210.00	156.17	1140.00	740.00	1.15	413	11.5
614	339.17	0.00	175.17	1130.17	846.67	1.65	413	12.0
615	340.00	0.00	176.40	1120.00	856.00	1.64	413	12.0
616	210.00	210.00	155.33	1133.33	756.67	1.15	414	11.0
617	340.00	0.00	176.33	1123.33	850.00	1.65	414	9.0
618	340.00	0.00	176.00	1113.33	866.67	1.65	414	10.0
619	340.83	0.00	173.33	1120.00	853.33	1.65	414	11.5
620	340.00	0.00	173.50	1120.00	843.33	1.65	415	12.0
621	340.00	0.00	176.67	1126.67	873.33	1.64	415	11.0
622	340.00	0.00	176.00	1120.00	840.00	1.64	415	12.0
623	313.33	0.00	175.67	1113.33	896.67	1.53	415	12.0
624	330.00	0.00	167.67	1150.00	873.33	1.60	415	9.0
625	314.00	0.00	178.40	1120.00	892.00	1.53	415	11.0
626	340.00	0.00	175.00	1116.67	850.00	1.65	415	12.0
627	210.00	206.67	155.17	1133.33	756.67	1.15	415	11.5
628	210.00	211.67	155.33	1123.33	763.33	1.15	415	11.5
629	315.00	0.00	176.67	1130.00	880.00	1.53	415	11.5
630	339.17	0.00	176.33	1120.00	846.67	1.65	416	11.0
631	340.00	0.00	176.00	1116.67	846.67	1.65	416	12.0
632	338.33	0.00	177.17	1120.00	856.67	1.65	416	11.0
633	339.17	0.00	176.33	1120.00	860.00	1.66	416	11.0
634	340.00	0.00	176.33	1123.33	843.33	0.19	416	12.0
635	255.00	0.00	170.33	1146.67	920.00	1.25	417	12.0
636	315.00	0.00	174.33	1140.00	870.00	1.53	417	11.0
637	340.00	0.00	177.00	1110.00	873.33	1.66	417	12.0
638	314.17	0.00	176.00	1123.33	903.33	1.53	417	11.0
639	340.00	0.00	177.67	1120.00	840.00	1.65	417	11.0
640	210.00	211.67	155.00	1120.00	773.33	1.16	417	12.0
641	340.00	0.00	176.00	1120.00	866.67	1.64	417	11.5
642	340.00	0.00	173.00	1113.33	846.67	1.65	417	12.0
643	340.00	0.00	177.33	1116.67	856.67	1.65	417	12.0
644	340.00	0.00	177.20	1140.00	852.00	1.66	418	12.0
645	210.00	206.67	153.33	1136.67	740.00	1.15	418	12.0
646	209.17	210.83	154.00	1130.00	743.33	1.15	418	12.0
647	340.00	0.00	178.00	1123.33	846.67	1.65	418	12.0
648	209.17	210.00	155.00	1126.67	746.67	1.13	418	12.0
649	210.00	210.00	154.33	1133.33	753.33	1.15	418	11.0
650	210.00	210.00	155.67	1140.00	746.67	1.15	419	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
651	339.17	0.00	174.33	1120.00	850.00	1.65	419	11.5
652	210.00	210.83	155.50	1130.00	743.33	1.15	419	12.0
653	208.80	210.40	153.60	1123.20	745.60	1.15	420	12.0
654	313.33	0.00	175.33	1123.33	876.67	1.53	420	11.0
655	316.25	0.00	176.25	1140.00	880.00	1.54	420	12.0
656	314.17	0.00	176.00	1120.00	896.67	1.53	420	11.5
657	314.00	0.00	176.00	1124.00	880.00	1.53	421	11.5
658	340.00	0.00	175.33	1123.33	853.33	1.65	421	11.0
659	341.67	0.00	175.00	1126.67	863.33	1.64	421	12.0
660	340.00	0.00	175.67	1120.00	836.67	1.69	421	12.0
661	339.17	0.00	175.67	1113.33	843.33	1.65	421	12.0
662	340.00	0.00	176.20	1084.00	820.00	1.67	421	12.0
663	210.00	208.33	155.50	1130.00	753.33	1.15	421	12.0
664	300.00	0.00	168.80	1136.00	912.00	1.47	421	10.0
665	250.00	0.00	167.00	1120.00	920.00	1.20	422	11.5
666	340.00	0.00	176.00	1126.67	833.33	1.65	422	12.0
667	339.17	0.00	176.33	1126.67	850.00	1.65	423	12.0
668	430.00	0.00	171.50	1145.00	770.00	2.09	423	10.0
669	340.00	0.00	176.33	1120.00	863.33	1.65	423	12.0
670	340.00	0.00	175.33	1113.33	843.33	1.69	423	12.0
671	313.75	0.00	176.25	1120.00	920.00	1.54	423	11.0
672	340.00	0.00	170.67	1126.67	840.00	1.65	424	12.0
673	210.00	210.00	154.00	1136.67	736.67	1.15	424	12.0
674	209.17	210.00	154.67	1120.00	753.33	1.16	425	12.0
675	340.00	0.00	176.67	1116.67	840.00	1.65	425	12.0
676	340.00	0.00	176.33	1116.67	843.33	1.66	425	12.0
677	315.00	0.00	174.80	1116.00	888.00	1.53	425	12.0
678	341.67	0.00	175.33	1116.67	856.67	1.65	425	12.0
679	210.00	210.00	154.50	1126.67	753.33	1.15	425	12.0
680	339.00	0.00	178.00	1120.00	852.00	1.65	425	11.0
681	342.00	0.00	175.00	1120.00	832.00	1.65	425	12.0
682	340.00	0.00	174.33	1123.33	846.67	1.67	426	12.0
683	315.00	0.00	175.83	1126.67	880.00	1.53	427	10.0
684	340.00	0.00	176.00	1113.33	856.67	1.65	427	11.0
685	339.17	0.00	176.00	1113.33	846.67	1.68	427	12.0
686	340.00	0.00	177.50	1126.67	843.33	1.65	427	12.0
687	210.00	210.00	155.67	1123.33	753.33	1.15	428	12.0
688	210.00	210.00	154.67	1133.33	763.33	0.58	428	12.0
689	329.00	0.00	171.00	1128.00	856.00	1.61	428	10.0
690	300.83	0.00	167.33	1133.33	910.00	1.46	428	12.0
691	210.00	210.00	155.33	1130.00	750.00	1.15	429	12.0
692	340.83	0.00	176.33	1123.33	843.33	1.70	429	12.0
693	209.17	210.00	156.50	1140.00	746.67	1.15	429	12.0
694	340.00	0.00	176.33	1126.67	856.67	1.66	429	9.5
695	340.83	0.00	175.17	1130.00	843.33	1.65	429	12.0
696	210.00	210.83	155.00	1126.67	753.33	1.15	429	11.0
697	340.00	0.00	176.00	1120.00	876.67	1.65	429	12.0
698	340.00	0.00	176.53	1088.00	821.33	1.67	430	12.0
699	340.00	0.00	173.83	1123.33	853.33	1.65	430	12.0
700	209.17	210.83	129.83	1126.67	770.00	1.15	430	12.0
701	340.83	0.00	175.67	1123.33	876.67	1.65	430	12.0
702	210.83	209.17	154.17	1130.00	746.67	1.15	431	12.0
703	340.00	0.00	173.33	1110.00	853.33	1.65	431	11.5
704	339.17	0.00	176.00	1116.67	860.00	1.65	432	12.0
705	340.00	0.00	176.33	1116.67	843.33	1.70	432	12.0
706	342.86	0.00	175.43	1108.57	868.57	1.63	432	12.0
707	340.83	0.00	176.33	1116.67	846.67	1.65	432	12.0
708	343.33	0.00	175.50	1123.33	850.00	1.64	432	11.0
709	340.00	0.00	175.33	1113.33	866.67	1.65	433	12.0
710	199.17	200.83	147.00	1150.00	756.67	1.09	433	9.5
711	342.50	0.00	176.50	1070.00	840.00	1.68	433	12.0
712	340.83	0.00	174.33	1123.33	856.67	1.65	434	12.0
713	210.00	209.17	155.00	966.67	750.00	1.15	434	12.0
714	340.00	0.00	176.29	1102.86	862.86	1.63	435	12.0
715	330.00	0.00	168.50	1125.00	885.00	1.61	435	9.5

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
716	340.00	0.00	175.33	1076.67	820.00	1.68	435	12.0
717	340.00	0.00	176.80	1080.00	816.00	1.66	435	11.0
718	340.83	0.00	174.33	1120.00	850.00	1.65	435	12.0
719	341.67	0.00	175.00	1133.33	840.00	1.65	435	11.0
720	338.33	0.00	175.00	1116.67	856.67	1.67	436	12.0
721	255.00	0.00	171.33	1153.33	940.00	1.25	436	11.0
722	210.00	207.50	155.00	1136.67	750.00	1.15	437	11.0
723	210.00	210.00	155.33	1136.67	753.33	1.15	437	11.0
724	340.00	0.00	175.67	1125.00	853.33	1.65	437	12.0
725	210.00	210.00	155.00	1143.33	760.00	1.15	437	11.5
726	255.00	0.00	173.00	1180.00	940.00	1.25	437	12.0
727	212.50	207.50	155.33	1126.67	750.00	1.15	437	12.0
728	210.00	207.50	154.67	1130.00	746.67	1.15	438	12.0
729	337.50	0.00	176.17	1126.67	836.67	1.65	438	12.0
730	339.17	0.00	176.00	1113.33	863.33	1.65	438	11.0
731	209.17	210.00	155.00	1136.67	746.67	1.15	438	11.0
732	340.83	0.00	176.00	1116.67	850.00	1.65	439	12.0
733	340.00	0.00	177.33	1130.00	830.00	1.65	439	12.0
734	210.00	210.00	154.33	1126.67	753.33	1.15	440	12.0
735	210.00	206.67	157.33	1133.33	760.00	1.15	440	12.0
736	340.00	0.00	176.00	1116.67	836.67	1.65	440	12.0
737	210.00	210.00	155.00	1130.00	753.33	1.15	440	11.0
738	338.33	0.00	176.00	1126.67	843.33	1.65	441	12.0
739	210.00	210.00	155.60	1124.00	748.00	1.15	441	12.0
740	340.00	0.00	174.33	1133.33	850.00	1.65	441	11.0
741	340.00	0.00	176.33	1110.00	846.67	1.66	441	12.0
742	340.00	0.00	177.33	1123.33	873.33	1.65	441	12.0
743	210.00	210.00	155.33	1140.00	736.67	1.15	442	11.0
744	315.00	0.00	177.67	1123.33	893.33	1.53	443	11.0
745	340.00	0.00	175.45	1083.64	810.91	1.67	444	12.0
746	340.00	0.00	175.67	1116.67	843.33	1.65	444	11.0
747	440.00	0.00	178.40	1124.00	760.00	2.14	444	11.0
748	315.00	0.00	176.80	1124.00	888.00	1.53	445	10.0
749	210.00	208.33	152.67	1120.00	750.00	1.15	445	12.0
750	339.17	0.00	177.33	1120.00	856.67	1.65	445	12.0
751	210.00	210.00	155.33	1126.67	753.33	1.15	445	12.0
752	339.00	0.00	175.60	1128.00	860.00	1.65	445	12.0
753	340.00	0.00	175.00	1126.67	860.00	1.65	446	12.0
754	340.00	0.00	175.67	1120.00	866.67	1.65	446	12.0
755	210.00	209.17	151.67	1130.00	750.00	1.15	446	12.0
756	210.00	210.00	155.33	1143.33	743.33	1.15	446	11.5
757	330.00	0.00	165.00	1140.00	880.00	1.65	446	11.5
758	340.00	0.00	176.80	1124.00	832.00	1.65	446	11.5
759	255.00	0.00	168.33	1150.00	923.33	1.25	447	11.5
760	340.00	0.00	175.00	1116.67	853.33	1.65	448	12.0
761	209.17	210.00	155.67	1140.00	746.67	1.15	448	12.0
762	210.00	210.00	154.33	1123.33	760.00	1.15	448	12.0
763	340.00	0.00	174.83	1120.00	840.00	1.64	448	11.0
764	313.00	0.00	176.20	1108.00	892.00	1.52	448	11.5
765	330.00	0.00	172.40	1152.00	848.00	1.60	449	11.5
766	339.17	0.00	176.00	1140.00	820.00	1.65	450	12.0
767	441.00	0.00	176.00	1120.00	752.00	2.15	450	12.0
768	210.83	210.00	154.33	1133.33	746.67	1.15	450	10.0
769	256.00	0.00	172.80	1144.00	920.00	1.24	450	11.0
770	340.00	0.00	175.50	1126.67	840.00	1.65	451	11.0
771	209.17	210.00	154.67	1136.67	760.00	1.15	452	11.0
772	340.00	0.00	176.33	1120.00	830.00	1.65	453	12.0
773	340.00	0.00	175.67	1126.67	850.00	1.65	454	12.0
774	340.00	0.00	176.00	1110.00	833.33	1.68	454	12.0
775	210.00	210.00	156.67	1126.67	756.67	1.15	454	12.0
776	339.17	0.00	177.67	1120.00	846.67	1.65	455	10.0
777	341.67	0.00	176.33	1116.67	846.67	1.65	455	12.0
778	340.00	0.00	176.80	1128.00	848.00	1.64	455	11.5
779	340.00	0.00	175.67	1113.33	840.00	1.65	455	12.0
780	338.33	0.00	176.67	1123.33	856.67	1.65	456	11.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
781	340.83	0.00	175.33	1116.67	843.33	1.65	457	12.0
782	442.00	0.00	175.60	1120.00	760.00	2.14	458	11.0
783	210.00	210.83	156.50	1130.00	756.67	1.15	458	11.0
784	313.33	0.00	175.67	1120.00	892.33	1.53	458	10.0
785	255.83	0.00	169.83	1160.00	916.67	1.24	459	11.0
786	210.83	209.17	153.83	1133.33	753.33	1.15	459	12.0
787	340.83	0.00	175.67	1106.67	863.33	1.65	459	12.0
788	209.00	211.00	156.00	1132.00	732.00	1.15	459	12.0
789	340.00	0.00	176.00	1120.00	826.67	1.70	461	11.0
790	439.17	0.00	176.33	1083.33	743.33	1.75	462	12.0
791	340.00	0.00	175.67	1116.67	856.67	1.65	462	20.0
792	340.95	0.00	175.24	1112.38	849.52	1.64	462	12.0
793	313.33	0.00	175.00	1123.33	890.00	1.53	463	10.0
794	342.50	0.00	176.33	1116.67	850.00	1.65	463	12.0
795	210.00	210.83	155.33	1133.33	736.67	1.16	463	12.0
796	439.17	0.00	175.33	1080.00	740.00	1.76	463	12.0
797	340.00	0.00	174.83	1123.33	833.33	1.65	464	12.0
798	340.83	0.00	175.17	1126.67	850.00	1.65	465	12.0
799	211.67	204.17	155.33	1126.67	763.33	1.15	465	11.5
800	340.00	0.00	175.00	1116.67	850.00	1.66	465	10.0
801	339.17	0.00	176.00	1123.33	843.33	1.65	465	12.0
802	432.22	0.00	168.67	1102.22	751.11	2.09	466	10.0
803	314.17	0.00	175.67	1116.67	896.67	1.53	466	10.0
804	209.17	209.17	155.00	1136.67	753.33	1.16	467	12.0
805	209.17	210.83	155.17	1130.00	743.33	1.15	467	11.5
806	339.17	0.00	176.33	1123.33	856.67	1.65	467	12.0
807	439.17	0.00	176.00	1070.00	756.67	1.75	467	12.0
808	209.17	211.67	155.00	1123.33	753.33	1.15	467	11.0
809	330.00	0.00	167.83	1136.67	870.00	1.61	467	11.0
810	275.00	0.00	177.80	1116.00	940.00	1.35	468	12.0
811	430.00	0.00	168.44	1142.22	760.00	2.08	468	10.0
812	209.17	204.17	155.33	1126.67	743.33	1.16	469	11.5
813	210.00	210.83	155.33	1130.00	740.00	1.15	470	12.0
814	311.00	0.00	177.80	1124.00	892.00	1.53	470	10.0
815	312.50	0.00	176.33	1120.00	893.33	1.53	471	10.0
816	313.33	0.00	176.67	1120.00	880.00	1.50	471	10.0
817	209.17	212.50	155.33	1133.33	756.67	1.15	471	11.5
818	209.00	213.00	155.00	1128.00	788.00	1.14	471	12.0
819	340.00	0.00	175.67	1120.00	850.00	1.65	471	10.0
820	339.17	0.00	176.33	1123.33	853.33	1.65	473	12.0
821	340.00	0.00	176.33	1130.00	846.67	1.65	473	12.0
822	210.00	210.83	155.17	1140.00	736.67	1.15	474	11.5
823	312.50	0.00	174.67	1120.00	890.00	1.53	474	18.0
824	430.00	0.00	168.00	1140.00	770.00	2.09	475	9.0
825	340.00	0.00	177.67	1133.33	840.00	1.65	476	11.5
826	428.89	0.00	167.78	1093.33	751.11	2.10	476	10.0
827	210.00	210.00	154.67	1120.00	753.33	1.15	476	11.0
828	340.00	0.00	176.00	1096.67	856.67	1.64	476	11.0
829	313.33	0.00	175.00	1126.67	886.67	1.53	476	10.0
830	430.00	0.00	168.80	1124.00	720.00	2.09	476	10.0
831	340.83	0.00	175.33	1116.67	853.33	1.66	477	11.0
832	210.00	210.00	154.67	1133.33	740.00	1.15	477	12.0
833	210.00	210.00	156.00	1133.33	736.67	1.15	477	11.0
834	209.00	212.00	155.00	1132.00	772.00	1.15	477	12.0
835	200.00	200.83	147.67	1160.00	763.33	1.09	478	10.0
836	340.00	0.00	176.33	1116.67	846.67	1.65	478	12.0
837	314.00	0.00	178.20	1116.00	888.00	1.52	478	10.0
838	373.33	0.00	168.67	1133.33	840.00	1.83	479	10.0
839	340.00	0.00	176.33	1110.00	840.00	1.69	479	12.0
840	211.67	208.33	156.17	1120.00	760.00	1.15	479	12.0
841	428.00	0.00	168.80	1104.00	736.00	2.10	480	10.0
842	432.94	0.00	168.00	1096.47	752.94	2.11	480	10.0
843	210.83	210.00	155.33	1130.00	746.67	1.15	481	11.0
844	431.11	0.00	168.22	1142.22	755.56	2.09	481	10.0
845	210.83	208.33	154.33	1126.67	750.00	1.15	482	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
846	341.11	0.00	176.22	1124.44	840.00	1.64	482	10.0
847	340.00	0.00	175.33	1123.33	843.33	1.66	482	10.0
848	442.00	0.00	176.00	1120.00	768.00	2.14	482	12.0
849	430.00	0.00	168.67	1140.00	780.00	2.08	483	10.0
850	340.00	0.00	176.00	1120.00	853.33	1.64	483	9.5
851	210.00	208.00	155.20	1128.00	776.00	1.14	483	12.0
852	428.89	0.00	168.00	1137.78	782.22	2.09	483	9.0
853	340.00	0.00	176.67	1123.33	860.00	1.65	483	10.0
854	255.83	0.00	171.17	1143.33	910.00	1.26	484	10.0
855	340.00	0.00	176.00	1116.67	840.00	1.65	484	10.0
856	200.00	201.00	147.80	1148.00	760.00	1.09	485	10.0
857	204.17	210.00	156.00	1136.67	753.33	1.15	485	12.0
858	210.00	210.00	154.67	1126.67	756.67	1.15	485	12.0
859	210.00	211.67	155.00	1123.33	750.00	1.15	486	12.0
860	340.00	0.00	174.83	1113.33	836.67	1.65	486	11.0
861	429.17	0.00	168.33	1100.00	746.67	2.10	487	10.0
862	430.00	0.00	166.40	1144.00	768.00	2.10	487	10.0
863	429.41	0.00	168.00	1110.59	743.53	2.11	488	10.0
864	209.17	210.00	153.00	1130.00	746.67	1.15	488	12.0
865	433.00	0.00	168.40	1100.00	756.00	2.10	489	10.0
866	430.00	0.00	168.86	1120.00	822.86	2.09	490	10.0
867	210.00	210.00	154.67	1130.00	740.00	1.15	490	12.0
868	433.33	0.00	168.57	1100.95	761.90	2.11	491	10.0
869	430.00	0.00	167.50	1110.00	745.00	2.09	491	10.0
870	435.00	0.00	168.50	1095.00	765.00	2.10	491	10.0
871	210.00	209.00	155.00	1112.00	764.00	1.15	491	12.0
872	201.00	199.00	146.00	1148.00	764.00	1.09	492	10.0
873	340.00	0.00	174.83	1126.67	846.67	1.65	492	18.0
874	340.00	0.00	176.60	1132.00	852.00	1.65	492	12.0
875	430.00	0.00	168.00	1144.00	760.00	2.09	492	10.0
876	207.50	211.67	155.00	1126.67	753.33	1.15	493	12.0
877	430.00	0.00	168.00	1140.00	753.33	2.08	493	10.0
878	209.17	210.00	154.67	1140.00	746.67	1.16	493	12.0
879	431.11	0.00	168.44	1106.67	755.56	2.10	494	10.0
880	432.00	0.00	168.40	1188.00	776.00	2.15	496	10.0
881	210.00	210.83	155.17	1133.33	753.33	1.15	498	11.0
882	438.00	0.00	178.40	1120.00	776.00	2.14	498	10.0
883	432.22	0.00	168.44	1088.89	751.11	2.10	499	10.0
884	338.33	0.00	176.67	1116.67	863.33	1.65	499	10.0
885	430.00	0.00	169.60	1096.00	756.00	2.11	499	9.5
886	315.00	0.00	176.00	1180.00	880.00	1.55	499	20.0
887	329.17	0.00	168.50	1140.00	863.33	1.62	499	10.0
888	330.00	0.00	167.17	1140.00	856.67	1.61	499	10.0
889	440.00	0.00	177.23	1107.69	769.23	2.09	499	12.0
890	210.00	209.17	155.50	1133.33	750.00	1.15	500	12.0
891	209.17	210.83	154.67	1136.67	753.33	1.16	500	12.0
892	431.25	0.00	168.00	1140.00	770.00	2.10	502	9.0
893	210.00	209.17	149.33	1133.33	753.33	1.15	503	12.0
894	209.17	212.50	154.00	1133.33	746.67	1.14	504	11.5
895	315.71	0.00	176.00	1114.29	902.86	1.51	504	11.0
896	210.00	210.00	155.60	1128.00	752.00	1.15	508	11.5
897	441.00	0.00	177.20	1120.00	776.00	2.15	509	10.0
898	339.17	0.00	176.33	1120.00	840.00	1.65	509	10.0
899	340.00	0.00	175.67	1120.00	840.00	1.65	509	10.0
900	430.00	0.00	167.67	1140.00	766.67	2.09	510	10.0
901	430.00	0.00	168.80	1096.00	744.00	2.10	510	10.0
902	430.00	0.00	168.22	1008.89	782.22	2.10	513	10.0
903	340.00	0.00	176.00	1116.67	843.33	1.65	514	10.0
904	255.00	0.00	169.67	1153.33	926.67	1.25	516	10.0
905	440.00	0.00	171.33	1120.00	763.33	2.13	517	12.0
906	208.00	211.00	154.80	1124.00	764.00	1.15	519	12.0
907	314.17	0.00	176.00	1120.00	893.33	1.53	520	12.0
908	200.00	200.83	146.67	1153.33	760.00	1.09	526	10.0
909	440.00	0.00	173.00	1130.00	756.67	2.14	528	12.0
910	430.00	0.00	166.83	1140.00	773.33	2.09	533	10.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
911	340.00	0.00	177.17	1116.67	846.67	1.65	533	10.0
912	210.00	210.00	154.00	1152.00	716.00	1.16	546	12.0
913	210.00	210.00	154.80	1128.00	740.00	1.15	546	11.0

โรงผสมทีพีไอคอนกรีต

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
1	238.00	60.00	193.60	1122.00	911.60	0.84	171	10.0
2	270.00	30.00	189.20	1112.00	818.80	0.81	171	10.0
3	235.00	42.00	193.70	1110.00	973.70	0.78	177	10.0
4	234.00	40.00	188.98	1116.00	850.02	0.74	181	10.0
5	350.00	0.00	225.92	1102.00	806.08	0.93	183	10.0
6	300.00	0.00	200.88	1087.00	1032.12	0.76	187	10.0
7	235.00	40.00	195.64	1114.00	947.64	0.77	188	10.0
8	235.00	40.00	162.26	1114.00	982.26	0.78	190	10.0
9	235.00	41.00	184.98	1106.00	977.98	0.79	192	9.0
10	324.00	0.00	188.24	1096.00	837.76	0.84	192	9.0
11	235.00	39.00	133.36	1102.00	960.36	0.78	198	10.0
12	259.00	64.00	192.94	1092.00	899.94	1.09	198	12.0
13	236.00	40.00	194.12	1108.00	980.12	0.79	202	12.0
14	254.00	44.00	181.98	1117.00	830.02	0.81	202	11.0
15	220.00	55.00	191.44	1104.00	954.44	0.81	203	10.0
16	220.00	55.00	173.86	1116.00	960.86	0.81	204	10.0
17	231.00	58.00	166.82	1144.00	817.18	0.89	204	10.0
18	255.00	45.00	186.54	1109.00	824.46	0.83	205	10.0
19	252.00	63.00	206.64	1070.00	833.36	1.16	206	10.0
20	254.00	45.00	190.20	1120.00	828.80	0.81	206	10.0
21	220.00	56.00	177.42	1110.00	969.42	0.81	207	11.0
22	255.00	45.00	192.74	1077.00	826.26	0.81	207	11.0
23	220.00	56.00	142.76	1100.00	949.76	0.81	209	11.0
24	232.00	58.00	198.16	1140.00	807.84	0.89	209	10.0
25	350.00	0.00	187.19	1109.00	793.82	0.91	209	12.0
26	284.00	45.00	188.24	1084.00	954.24	0.81	212	10.0
27	277.00	50.00	192.60	1086.00	911.60	1.06	213	14.0
28	274.00	52.00	192.48	1086.00	806.52	1.07	214	11.0
29	255.00	45.00	202.02	1112.00	948.02	0.81	216	10.0
30	261.00	64.00	192.52	1096.00	892.52	0.90	216	12.0
31	255.00	43.00	188.58	1103.00	946.58	0.00	218	10.0
32	236.00	41.00	163.12	1114.00	956.12	0.77	219	10.0
33	257.00	44.00	182.74	1112.00	826.26	0.80	219	10.0
34	450.00	45.00	170.55	1136.00	853.55	3.73	219	10.0
35	222.00	54.00	191.70	1110.00	917.70	0.76	220	10.0
36	254.00	43.00	182.86	1118.00	828.14	0.81	220	10.0
37	276.00	50.00	187.90	1124.00	804.10	0.87	220	10.0
38	236.00	40.00	181.36	1110.00	960.36	0.77	223	10.0
39	240.00	61.00	188.08	1122.00	920.08	0.84	224	10.0
40	251.00	63.00	200.76	1112.00	790.24	0.97	224	12.0
41	255.00	45.00	179.72	1112.00	958.72	0.81	225	10.0
42	255.00	45.00	186.60	1110.00	941.60	0.86	225	10.0
43	240.00	60.00	197.15	1113.00	906.15	0.84	228	10.0
44	253.00	44.00	186.79	1110.00	817.22	0.80	228	10.0
45	300.00	51.00	197.95	1104.00	776.05	0.94	229	12.0
46	324.00	0.00	216.28	1066.00	830.72	0.84	229	11.0
47	231.00	58.00	210.88	1140.00	813.12	0.88	230	10.0
48	232.00	58.00	177.37	1140.00	812.63	0.88	230	10.0
49	235.00	39.00	149.48	1108.00	962.48	0.77	231	10.0
50	275.00	51.00	179.55	1096.00	925.55	1.12	231	11.0
51	325.00	0.00	188.30	1100.00	827.70	0.84	232	10.0
52	254.00	45.00	184.76	1107.00	825.24	0.81	233	10.0
53	256.00	46.00	182.80	1115.00	827.20	0.81	234	10.0
54	256.00	44.00	186.45	1113.00	823.55	0.81	234	10.0
55	219.00	55.00	183.72	1116.00	958.72	0.81	235	10.0
56	233.00	58.00	194.80	1138.00	805.20	0.88	235	10.0
57	255.00	45.00	182.26	1116.00	818.74	0.81	235	10.0
58	255.00	44.00	182.86	1112.00	828.14	0.81	235	12.0
59	239.00	60.00	200.24	1118.00	948.24	0.83	236	10.0
60	260.00	65.00	181.95	1122.00	868.95	0.91	236	12.0
61	270.00	30.00	183.33	1104.00	824.67	0.80	236	10.0
62	272.00	30.00	190.45	1124.00	819.55	0.80	236	12.0
63	275.00	51.00	173.18	1093.00	904.18	1.06	236	10.0
64	301.00	49.00	182.44	1125.00	774.56	0.94	236	11.0
65	240.00	60.00	195.35	1122.00	867.35	0.84	238	10.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
66	274.00	49.00	194.70	1084.00	941.70	1.12	238	12.0
67	300.00	0.00	153.36	1100.00	960.36	0.80	239	12.0
68	231.00	58.00	189.44	1140.00	802.56	0.89	240	10.0
69	231.00	58.00	219.68	1136.00	804.32	0.88	241	10.0
70	300.00	75.00	219.61	1048.00	880.61	2.05	241	18.0
71	255.00	45.00	198.74	1110.00	943.74	0.80	242	10.0
72	239.00	60.00	168.27	1116.00	910.27	0.84	243	12.0
73	255.00	45.00	184.42	1110.00	961.42	0.80	243	10.0
74	269.00	29.00	187.76	1144.00	807.24	0.79	243	10.0
75	254.00	45.00	196.68	1116.00	930.68	0.81	244	9.0
76	295.00	30.00	183.30	1111.00	803.70	0.87	244	11.0
77	300.00	0.00	188.40	1084.00	849.60	0.77	245	10.0
78	220.00	53.00	182.80	1107.00	932.80	0.76	246	12.0
79	284.00	14.00	184.68	1092.00	988.68	0.77	246	10.0
80	301.00	0.00	199.30	1107.00	857.70	0.79	246	10.0
81	240.00	59.00	182.48	1118.00	909.48	0.83	247	11.0
82	240.00	59.00	190.80	1118.00	898.80	0.83	247	10.0
83	275.00	51.00	182.58	1118.00	799.43	0.86	248	10.0
84	275.00	49.00	191.62	1094.00	926.62	0.93	248	11.0
85	220.00	56.00	182.86	1114.00	960.86	0.82	249	10.0
86	230.00	57.00	217.40	1143.00	809.60	0.89	249	10.0
87	240.00	60.00	184.81	1120.00	944.81	0.83	250	12.0
88	252.00	63.00	180.48	1102.00	793.52	0.96	250	12.0
89	274.00	50.00	187.90	1124.00	804.10	0.82	250	10.0
90	275.00	50.00	183.03	1113.00	805.97	0.87	250	10.0
91	274.00	51.00	164.78	1077.00	914.78	1.12	251	12.0
92	220.00	56.00	179.56	1108.00	971.56	0.81	252	10.0
93	251.00	63.00	235.72	1067.00	841.28	1.16	252	10.0
94	220.00	53.00	179.72	1110.00	958.72	0.80	253	11.0
95	256.00	44.00	184.75	1122.00	823.25	0.80	253	10.0
96	300.00	0.00	188.67	1100.00	858.33	0.79	253	10.0
97	252.00	63.00	196.52	1138.00	788.48	0.96	254	10.0
98	255.00	45.00	182.86	1113.00	828.14	0.81	254	10.0
99	273.00	51.00	184.87	1117.00	795.14	0.87	254	10.0
100	259.00	65.00	131.01	1120.00	902.01	0.96	255	10.0
101	255.00	45.00	148.86	1116.00	960.86	0.86	256	11.0
102	275.00	49.00	213.95	1098.00	943.95	0.93	256	13.0
103	240.00	60.00	177.78	1113.00	914.78	0.83	257	10.0
104	255.00	46.00	170.56	1118.00	928.56	0.86	257	10.0
105	274.00	50.00	187.00	1112.00	792.00	0.87	257	10.0
106	276.00	50.00	190.24	1114.00	905.24	0.87	257	11.0
107	255.00	45.00	200.00	1084.00	981.00	0.81	258	12.0
108	275.00	50.00	179.31	1122.00	888.31	0.86	258	11.0
109	240.00	60.00	182.10	1120.00	905.10	0.84	259	10.0
110	260.00	66.00	200.40	1096.00	890.40	0.90	260	13.0
111	256.00	44.00	194.33	1118.00	818.67	0.80	261	10.0
112	232.00	58.00	200.64	1140.00	811.36	0.88	262	9.0
113	275.00	48.00	182.65	1117.00	895.65	0.85	262	12.0
114	296.00	28.00	201.32	1088.00	814.68	1.06	262	10.0
115	235.00	40.00	191.84	1110.00	975.84	0.78	263	10.0
116	274.00	49.00	187.18	1089.00	934.18	1.11	264	12.0
117	276.00	50.00	188.12	1120.00	800.88	0.87	264	10.0
118	220.00	54.00	186.52	1114.00	945.52	0.77	265	12.0
119	255.00	45.00	182.86	1120.00	828.14	0.81	265	11.0
120	274.00	50.00	157.08	1165.00	920.08	0.87	265	10.0
121	275.00	51.00	168.41	1090.00	923.41	1.12	266	12.0
122	300.00	50.00	188.55	1134.00	771.45	0.94	266	11.0
123	254.00	44.00	161.88	1117.00	945.88	0.86	267	10.0
124	255.00	44.00	184.30	1110.00	952.30	0.86	267	10.0
125	251.00	64.00	178.02	1100.00	798.98	0.96	268	12.0
126	254.00	47.00	174.88	1120.00	945.88	0.80	268	10.0
127	273.00	51.00	194.18	1089.00	934.18	1.12	268	12.0
128	294.00	30.00	208.00	1108.00	792.00	0.94	268	10.0
129	233.00	58.00	168.10	1144.00	809.90	0.89	269	10.0
130	251.00	63.00	210.00	1112.00	792.00	0.96	269	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
131	279.00	70.00	191.96	1104.00	864.96	0.98	269	13.0
132	253.00	46.00	183.07	1109.00	820.93	0.81	270	10.0
133	259.00	64.00	186.08	1122.00	903.08	0.96	271	12.0
134	260.00	65.00	191.52	1094.00	892.52	1.09	271	12.0
135	255.00	45.00	187.36	1127.00	822.65	0.82	272	10.0
136	293.00	29.00	200.34	1089.00	835.66	1.05	272	12.0
137	239.00	60.00	192.50	1114.00	892.50	0.83	273	10.0
138	252.00	63.00	205.76	1110.00	790.24	0.96	273	12.0
139	239.00	60.00	179.71	1118.00	875.71	0.84	274	10.0
140	256.00	44.00	183.81	1116.00	821.19	0.80	274	11.0
141	240.00	60.00	197.36	1128.00	907.36	0.83	275	10.0
142	251.00	63.00	196.02	1112.00	798.98	1.96	275	10.0
143	269.00	30.00	183.04	1102.00	830.96	0.79	275	10.0
144	275.00	48.00	197.36	1130.00	907.36	0.86	275	10.0
145	300.00	50.00	189.20	1128.00	772.80	0.94	275	10.0
146	310.00	0.00	191.44	1058.00	846.56	0.81	275	10.0
147	273.00	51.00	155.20	1088.00	920.20	1.12	276	10.0
148	275.00	50.00	170.00	1093.00	901.00	1.12	276	12.0
149	273.00	69.00	205.72	1146.00	753.28	1.04	277	10.0
150	275.00	49.00	182.48	1120.00	909.48	0.87	277	9.0
151	295.00	29.00	182.42	1112.00	805.58	0.86	277	10.0
152	255.00	45.00	189.97	1119.00	825.03	0.82	278	10.0
153	296.00	30.00	136.36	1116.00	907.36	0.93	278	12.0
154	321.00	54.00	194.35	1100.00	879.35	1.00	278	10.0
155	255.00	45.00	182.80	1113.00	932.80	0.80	279	10.0
156	260.00	65.00	182.52	1124.00	892.52	0.90	279	10.0
157	271.00	69.00	156.72	1152.00	753.28	1.04	280	10.0
158	310.00	0.00	192.64	992.00	934.36	0.80	280	10.0
159	316.00	33.00	199.69	1058.00	772.31	0.92	281	12.0
160	325.00	0.00	222.52	1094.00	832.48	0.86	281	10.0
161	259.00	35.00	177.22	1126.00	905.22	0.95	282	11.0
162	259.00	64.00	192.28	1122.00	888.28	0.90	282	10.0
163	274.00	50.00	196.60	1084.00	796.40	1.07	282	13.0
164	280.00	69.00	192.08	1106.00	867.08	0.98	282	12.0
165	233.00	58.00	199.80	1135.00	805.20	0.88	284	10.0
166	253.00	45.00	181.00	1123.00	903.00	0.81	284	10.0
167	275.00	50.00	176.20	1096.00	920.20	1.12	284	10.0
168	275.00	51.00	193.50	1092.00	924.50	0.88	284	12.0
169	320.00	55.00	204.28	1050.00	888.28	1.90	284	19.0
170	325.00	0.00	222.52	1096.00	832.48	0.86	284	9.0
171	320.00	56.00	212.68	1048.00	877.68	1.91	285	19.0
172	321.00	55.00	197.58	1110.00	738.42	1.01	285	12.0
173	256.00	44.00	183.16	1118.00	972.16	0.86	286	10.0
174	273.00	53.00	178.15	1090.00	904.15	1.11	286	12.0
175	275.00	50.00	184.84	1113.00	803.16	0.86	286	10.0
176	280.00	70.00	174.26	1126.00	875.26	1.04	286	10.0
177	256.00	46.00	182.44	1111.00	926.44	0.81	287	10.0
178	256.00	44.00	197.60	1112.00	941.60	0.86	287	11.0
179	232.00	58.00	191.16	1136.00	807.84	0.88	288	10.0
180	239.00	59.00	187.62	1120.00	926.62	0.90	288	10.0
181	255.00	45.00	194.30	1112.00	950.30	0.80	288	10.0
182	261.00	65.00	209.12	1089.00	903.12	1.10	288	13.0
183	383.00	0.00	210.28	1078.00	775.72	1.00	288	12.0
184	255.00	46.00	184.52	1116.00	822.48	0.81	289	10.0
185	251.00	63.00	195.76	1108.00	790.24	0.97	290	12.0
186	256.00	46.00	182.32	1106.00	924.32	0.86	290	10.0
187	275.00	49.00	191.90	1114.00	879.90	0.86	290	10.0
188	233.00	57.00	204.92	1142.00	806.08	0.88	291	10.0
189	255.00	46.00	173.88	1116.00	945.88	0.86	292	10.0
190	255.00	45.00	195.07	1114.00	935.07	0.81	292	10.0
191	260.00	65.00	191.50	1100.00	871.50	0.91	292	10.0
192	271.00	30.00	179.10	1113.00	831.90	0.81	292	10.0
193	256.00	45.00	183.84	1112.00	827.16	0.81	293	10.0
194	254.00	45.00	185.25	1115.00	820.76	0.80	294	11.0
195	270.00	30.00	189.72	1114.00	833.28	0.79	295	10.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
196	274.00	51.00	194.28	1094.00	935.28	0.88	295	10.0
197	320.00	56.00	213.28	1038.00	888.28	1.91	295	20.0
198	252.00	63.00	181.24	1106.00	793.76	0.96	296	10.0
199	274.00	42.00	179.65	1080.00	926.65	1.12	296	10.0
200	274.00	51.00	182.64	1122.00	894.64	0.86	296	9.0
201	247.00	49.00	185.18	1089.00	934.18	1.12	297	12.0
202	274.00	50.00	156.41	1090.00	923.41	1.13	297	12.0
203	299.00	49.00	191.12	1100.00	981.12	0.93	297	14.0
204	233.00	58.00	214.68	1138.00	804.32	0.88	298	10.0
205	320.00	55.00	202.92	1030.00	881.92	1.91	298	18.0
206	332.00	58.00	171.82	1144.00	817.18	0.89	298	10.0
207	239.00	60.00	198.04	1116.00	933.04	0.82	299	10.0
208	251.00	62.00	215.28	1138.00	786.72	0.96	299	9.0
209	254.00	45.00	192.50	1110.00	913.50	0.81	299	10.0
210	275.00	49.00	183.00	1120.00	918.00	0.87	299	10.0
211	295.00	31.00	182.54	1114.00	807.46	0.86	299	11.0
212	320.00	56.00	236.95	1038.00	883.95	1.90	299	20.0
213	231.00	58.00	206.64	1142.00	811.36	0.88	301	10.0
214	253.00	45.00	192.81	1113.00	944.81	0.81	301	10.0
215	260.00	65.00	195.50	1120.00	909.50	0.89	301	10.0
216	274.00	50.00	188.35	1118.00	795.66	0.86	301	10.0
217	334.00	15.00	200.68	1080.00	804.32	0.92	301	12.0
218	322.00	55.00	202.82	1040.00	878.82	1.91	302	20.0
219	252.00	63.00	217.48	1114.00	795.52	0.96	303	10.0
220	275.00	50.00	161.20	1102.00	920.20	0.93	303	9.0
221	298.00	50.00	148.40	1123.00	877.40	0.99	303	8.0
222	325.00	0.00	231.80	1094.00	827.20	0.86	303	10.0
223	272.00	49.00	176.48	1096.00	924.48	0.93	304	10.0
224	274.00	51.00	189.18	1091.00	934.18	1.12	304	12.0
225	300.00	0.00	207.20	1094.00	847.80	0.80	304	10.0
226	252.00	63.00	195.16	1073.00	829.84	1.15	305	12.0
227	271.00	68.00	180.78	1156.00	766.22	1.04	305	10.0
228	252.00	63.00	228.80	1142.00	783.20	0.96	306	9.0
229	259.00	65.00	201.58	1123.00	893.58	0.91	306	10.0
230	273.00	50.00	179.18	1086.00	935.18	1.10	306	12.0
231	254.00	45.00	193.03	1114.00	918.03	0.81	307	10.0
232	255.00	44.00	186.45	1109.00	823.55	0.80	307	10.0
233	268.00	30.00	182.44	1107.00	1049.44	0.80	307	8.0
234	269.00	29.00	182.92	1106.00	829.08	0.81	307	11.0
235	275.00	46.00	186.80	1096.00	954.80	1.12	307	12.0
236	319.00	56.00	199.50	1033.00	874.50	1.91	308	19.0
237	251.00	63.00	226.24	1112.00	793.76	0.96	309	10.0
238	253.00	45.00	184.44	1112.00	954.44	0.80	309	10.0
239	274.00	51.00	173.06	1090.00	918.06	1.12	309	12.0
240	274.00	49.00	181.94	1119.00	798.06	0.86	309	10.0
241	251.00	63.00	187.30	1116.00	791.70	0.96	310	12.0
242	260.00	65.00	143.01	1123.00	902.01	0.96	310	10.0
243	300.00	0.00	202.30	1100.00	827.70	0.76	311	10.0
244	315.00	32.00	184.34	1108.00	922.34	1.00	311	10.0
245	340.00	60.00	195.81	1107.00	722.19	1.31	311	12.0
246	300.00	48.00	192.20	1100.00	869.20	0.94	312	12.0
247	321.00	54.00	199.80	1108.00	745.20	1.02	312	12.0
248	280.00	70.00	181.90	1130.00	863.90	1.00	313	9.0
249	320.00	54.00	220.76	1028.00	928.76	1.98	313	17.5
250	300.00	49.00	200.44	1103.00	775.56	0.94	314	12.0
251	300.00	0.00	182.60	1093.00	855.40	0.78	315	10.0
252	300.00	51.00	192.44	1101.00	774.56	0.94	315	10.0
253	320.00	56.00	212.98	1035.00	882.98	1.91	315	21.0
254	258.00	65.00	186.15	1150.00	864.15	0.91	316	9.0
255	300.00	48.00	192.56	1089.00	776.44	0.94	316	12.0
256	320.00	56.00	197.68	1038.00	877.68	1.91	316	20.0
257	275.00	50.00	204.48	1098.00	963.48	1.12	317	13.0
258	300.00	76.00	199.50	1040.00	853.50	1.90	317	20.0
259	251.00	64.00	255.40	1080.00	1007.60	1.14	318	10.0
260	260.00	66.00	202.82	1094.00	897.82	1.09	318	13.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
261	300.00	50.00	188.72	1134.00	767.28	0.94	318	8.0
262	300.00	49.00	190.88	1134.00	769.12	0.94	318	8.0
263	320.00	56.00	203.50	1033.00	874.50	1.91	318	19.0
264	232.00	58.00	195.60	1146.00	815.40	0.88	319	10.0
265	260.00	66.00	202.94	1104.00	899.94	1.09	319	12.0
266	300.00	50.00	176.52	1126.00	894.52	1.00	319	10.0
267	232.00	58.00	182.50	1148.00	814.50	0.90	320	9.0
268	300.00	0.00	173.40	1092.00	849.60	0.81	320	10.0
269	324.00	0.00	216.20	1090.00	822.80	0.87	320	9.0
270	339.00	35.00	194.36	1096.00	854.36	1.00	320	10.0
271	340.00	60.00	201.60	1140.00	730.40	1.08	321	12.0
272	231.00	58.00	181.10	1129.00	801.90	0.88	322	8.0
273	271.00	68.00	187.20	1148.00	757.80	1.04	322	10.0
274	275.00	51.00	154.48	1118.00	924.48	0.93	322	10.0
275	340.00	0.00	232.56	1082.00	825.44	0.91	322	10.0
276	360.00	0.00	161.35	1058.00	965.35	1.16	322	12.0
277	299.00	51.00	194.00	1091.00	777.00	0.94	323	13.0
278	231.00	59.00	207.04	1137.00	806.96	0.87	324	10.0
279	240.00	59.00	163.90	1120.00	930.90	0.88	325	12.0
280	267.00	51.00	159.69	1056.00	927.69	1.12	325	12.0
281	319.00	55.00	227.10	1040.00	885.10	1.91	325	20.0
282	321.00	56.00	197.38	1030.00	872.38	1.90	325	19.0
283	271.00	96.00	236.40	1060.00	809.60	1.23	326	10.0
284	276.00	52.00	172.86	1116.00	898.86	0.86	326	8.0
285	314.00	36.00	147.96	1114.00	885.96	1.00	326	10.0
286	240.00	58.00	180.65	1120.00	874.65	0.84	327	10.0
287	252.00	63.00	214.28	1104.00	786.72	0.96	327	10.0
288	300.00	51.00	184.00	1125.00	777.00	0.94	327	10.0
289	243.00	60.00	155.55	1105.00	925.55	0.89	328	10.0
290	275.00	52.00	173.00	1120.00	901.00	0.93	329	10.0
291	320.00	56.00	195.28	1035.00	888.28	1.90	329	19.0
292	319.00	55.00	192.80	1030.00	879.80	1.90	330	18.0
293	271.00	68.00	196.68	1148.00	760.32	1.05	331	9.0
294	273.00	68.00	185.72	1150.00	753.28	1.04	331	10.0
295	320.00	56.00	198.50	1033.00	874.50	1.91	331	18.0
296	260.00	65.00	175.00	1120.00	918.00	0.91	332	10.0
297	426.00	0.00	189.51	1112.00	737.49	1.10	332	10.0
298	252.00	63.00	221.48	1114.00	795.52	0.96	333	10.0
299	274.00	51.00	183.95	1120.00	930.95	0.87	333	9.0
300	300.00	0.00	194.20	1098.00	844.80	0.80	333	9.0
301	255.00	44.00	182.92	1116.00	934.92	0.80	334	10.0
302	272.00	68.00	210.96	1145.00	755.04	1.05	334	9.0
303	319.00	55.00	192.98	1038.00	882.98	1.90	334	20.0
304	319.00	56.00	197.25	1033.00	866.25	1.92	334	20.0
305	349.00	0.00	205.92	1096.00	806.08	0.94	335	8.0
306	274.00	50.00	188.69	1089.00	927.69	1.11	336	12.0
307	350.00	0.00	214.44	1096.00	802.56	0.94	336	9.0
308	400.00	0.00	165.42	1110.00	762.58	1.07	336	10.0
309	299.00	49.00	182.68	1124.00	881.68	1.00	337	10.0
310	300.00	49.00	180.70	1120.00	854.70	0.94	338	10.0
311	319.00	55.00	196.98	1038.00	882.98	1.91	338	20.0
312	231.00	58.00	182.30	1133.00	812.70	0.90	339	7.0
313	252.00	63.00	197.00	1113.00	792.00	0.95	339	10.0
314	351.00	0.00	193.80	1098.00	808.20	0.92	339	10.0
315	300.00	76.00	211.17	1049.00	847.17	1.90	340	20.0
316	319.00	54.00	222.04	1038.00	884.04	1.91	340	20.0
317	384.00	0.00	199.22	1076.00	786.78	1.00	340	12.0
318	319.00	55.00	196.36	1038.00	907.36	1.91	341	19.0
319	375.00	0.00	198.40	1063.00	789.60	0.96	341	12.0
320	232.00	58.00	205.16	1138.00	807.84	0.88	342	10.0
321	298.00	52.00	184.40	1120.00	768.60	0.94	342	10.0
322	318.00	55.00	210.52	1036.00	894.52	1.90	342	18.0
323	349.00	0.00	190.16	1186.00	807.84	0.92	342	10.0
324	350.00	0.00	189.24	1128.00	802.76	0.98	342	10.0
325	321.00	55.00	227.16	1038.00	886.16	1.90	343	18.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
326	400.00	0.00	183.23	1108.00	909.23	1.07	343	10.0
327	233.00	58.00	208.04	1140.00	828.96	0.89	344	10.0
328	276.00	49.00	183.06	1114.00	799.94	0.86	344	10.0
329	318.00	55.00	203.80	1038.00	898.80	1.90	344	20.0
330	320.00	56.00	203.28	1025.00	888.28	1.90	344	20.0
331	384.00	0.00	197.99	1074.00	791.01	1.00	344	12.0
332	272.00	48.00	181.80	1110.00	897.80	0.85	346	10.0
333	219.00	56.00	200.70	1111.00	938.70	0.75	347	10.0
334	274.00	51.00	192.88	1090.00	898.88	0.87	347	10.0
335	273.00	50.00	159.85	1090.00	914.85	1.12	348	9.0
336	319.00	56.00	201.47	1030.00	892.47	1.91	348	19.0
337	400.00	0.00	196.68	1100.00	881.68	1.07	348	11.0
338	232.00	58.00	180.64	1138.00	815.36	0.88	350	10.0
339	310.00	0.00	184.20	1084.00	844.80	0.79	350	10.0
340	384.00	0.00	199.08	1070.00	784.92	1.00	350	12.0
341	426.00	0.00	191.50	1073.00	829.50	1.09	350	10.0
342	320.00	55.00	202.68	1028.00	877.68	1.91	351	18.0
343	272.00	68.00	229.20	1085.00	822.80	1.25	352	10.0
344	321.00	56.00	203.80	1028.00	879.80	1.91	352	20.0
345	300.00	0.00	186.44	1096.00	846.56	0.80	354	10.0
346	319.00	55.00	202.80	1038.00	879.80	1.90	354	19.0
347	252.00	63.00	200.56	1136.00	781.44	0.97	355	10.0
348	315.00	36.00	192.50	1090.00	775.50	0.94	355	11.0
349	320.00	55.00	202.55	1035.00	869.55	1.91	355	18.0
350	321.00	55.00	203.28	1033.00	888.28	1.91	356	18.0
351	292.00	73.00	176.44	1120.00	742.56	1.12	357	12.0
352	319.00	56.00	198.80	1043.00	879.80	1.90	357	19.0
353	319.00	54.00	202.10	1033.00	885.10	1.91	357	19.0
354	239.00	59.00	190.50	1116.00	892.50	0.84	358	10.0
355	272.00	68.00	185.00	1150.00	748.00	1.04	358	10.0
356	275.00	53.00	173.20	1085.00	920.20	1.11	358	12.0
357	320.00	55.00	219.28	1035.00	888.28	1.91	358	19.0
358	315.00	36.00	159.10	1094.00	888.10	1.00	359	12.0
359	320.00	56.00	202.80	1038.00	879.80	1.90	359	18.0
360	323.00	58.00	189.60	1138.00	815.40	0.89	359	10.0
361	239.00	60.00	172.80	1118.00	898.80	0.84	360	10.0
362	252.00	63.00	168.84	1114.00	797.16	0.96	360	10.0
363	385.00	0.00	198.08	1072.00	784.92	1.00	360	12.0
364	295.00	29.00	217.40	1120.00	809.60	0.94	361	9.0
365	324.00	0.00	187.60	1074.00	936.60	0.83	361	10.0
366	252.00	63.00	206.80	1110.00	799.20	0.96	362	10.0
367	260.00	66.00	202.24	1091.00	905.24	1.10	362	12.0
368	280.00	70.00	194.66	1090.00	771.35	1.18	362	12.0
369	319.00	54.00	220.80	1036.00	879.80	1.90	362	19.0
370	425.00	0.00	231.52	1104.00	744.48	1.13	362	8.0
371	320.00	54.00	171.88	1105.00	845.88	1.29	363	12.0
372	320.00	55.00	192.10	1030.00	885.10	1.91	363	19.0
373	299.00	50.00	184.00	1118.00	903.00	1.00	364	10.0
374	320.00	54.00	213.21	1030.00	888.21	1.91	364	19.0
375	275.00	51.00	181.94	1117.00	798.06	0.87	365	10.0
376	295.00	29.00	173.00	1116.00	901.00	0.96	365	10.0
377	320.00	57.00	199.28	1030.00	888.28	1.90	365	19.0
378	385.00	0.00	199.22	1074.00	786.78	1.00	365	12.0
379	426.00	0.00	198.36	1074.00	757.64	1.06	365	12.0
380	276.00	49.00	189.93	1123.00	792.08	0.87	366	10.0
381	324.00	0.00	208.40	1066.00	840.60	0.82	366	10.0
382	350.00	0.00	189.97	1104.00	807.03	0.92	367	10.0
383	239.00	60.00	192.80	1100.00	898.80	0.84	368	10.0
384	252.00	63.00	220.64	1137.00	789.36	0.96	368	10.0
385	272.00	68.00	186.78	1152.00	766.22	1.04	368	10.0
386	274.00	50.00	190.48	1098.00	963.48	1.12	369	12.0
387	320.00	54.00	193.47	1030.00	892.47	1.90	370	20.0
388	320.00	56.00	203.02	1034.00	885.02	1.92	370	20.0
389	295.00	29.00	192.06	1080.00	799.94	0.86	372	12.0
390	300.00	0.00	184.60	1094.00	851.40	0.81	372	9.0

ID	Cement (kg)	Fly Ash (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
391	320.00	54.00	199.80	1034.00	879.80	1.91	372	20.0
392	272.00	68.00	226.68	1148.00	760.32	1.03	373	9.0
393	319.00	54.00	209.50	1043.00	874.50	1.91	373	22.0
394	300.00	74.00	191.67	1104.00	837.67	1.04	374	11.0
395	272.00	68.00	220.96	1150.00	755.04	1.04	375	10.0
396	314.00	34.00	170.24	1116.00	890.24	1.00	376	10.0
397	320.00	56.00	192.54	1098.00	857.54	1.28	377	14.0
398	212.00	52.00	220.48	1140.00	839.52	0.81	378	10.0
399	299.00	51.00	193.08	1118.00	886.08	0.94	379	10.0
400	320.00	55.00	205.71	1028.00	912.71	1.91	379	18.0
401	271.00	50.00	178.00	1073.00	901.00	1.12	380	12.5
402	400.00	0.00	173.12	1118.00	850.12	1.06	380	10.0
403	260.00	66.00	191.80	1072.00	877.80	0.90	381	12.0
404	500.00	0.00	198.52	1090.00	684.48	1.30	382	12.0
405	272.00	68.00	195.20	1150.00	756.80	1.04	383	10.0
406	300.00	49.00	182.82	1122.00	883.82	0.93	383	10.0
407	319.00	55.00	208.04	1036.00	884.04	1.90	384	19.0
408	351.00	0.00	183.20	1102.00	800.80	0.91	384	9.0
409	255.00	45.00	181.50	1112.00	913.50	0.80	388	10.0
410	264.00	66.00	220.40	1148.00	765.60	1.02	388	10.0
411	296.00	31.00	168.24	1112.00	905.24	0.93	388	13.0
412	325.00	0.00	205.08	1068.00	821.92	0.84	388	10.0
413	375.00	0.00	214.76	1080.00	790.24	1.01	388	12.0
414	401.00	0.00	207.72	1110.00	902.72	1.06	388	9.0
415	295.00	30.00	174.63	1116.00	952.63	0.93	390	11.0
416	320.00	54.00	224.28	1032.00	888.28	1.90	390	20.0
417	342.00	0.00	188.08	1074.00	815.92	0.84	390	10.0
418	342.00	0.00	190.08	1080.00	862.92	0.87	390	10.0
419	300.00	50.00	179.24	1098.00	890.24	1.00	391	12.0
420	314.00	36.00	152.52	1112.00	894.52	1.00	391	10.0
421	324.00	0.00	188.92	1096.00	829.08	0.83	391	10.0
422	399.00	0.00	188.95	1114.00	764.05	1.04	391	9.0
423	320.00	54.00	213.04	1031.00	884.04	1.92	392	20.0
424	399.00	0.00	186.60	1112.00	761.40	1.04	392	10.0
425	272.00	68.00	179.70	1154.00	755.30	1.04	394	10.0
426	299.00	48.00	180.32	1122.00	840.32	0.94	394	10.0
427	274.00	51.00	172.06	1082.00	918.06	0.96	395	12.0
428	350.00	0.00	200.92	1098.00	806.08	0.94	395	10.0
429	231.00	58.00	206.40	1143.00	809.60	0.88	396	10.0
430	256.00	44.00	182.62	1117.00	929.62	0.81	396	9.0
431	319.00	56.00	195.98	1050.00	882.98	1.91	396	20.0
432	320.00	55.00	203.16	1036.00	886.16	1.90	396	18.0
433	272.00	68.00	195.96	1148.00	755.04	1.04	397	10.0
434	298.00	48.00	181.72	1123.00	857.72	0.95	397	10.0
435	319.00	55.00	213.66	1034.00	896.66	1.91	397	19.0
436	425.00	0.00	203.40	1088.00	750.60	1.10	398	12.0
437	321.00	55.00	209.60	1036.00	894.60	1.91	400	20.0
438	341.00	0.00	198.40	1082.00	831.60	0.90	400	9.0
439	400.00	0.00	199.89	1106.00	904.89	1.06	402	9.0
440	425.00	0.00	198.28	1086.00	747.72	1.10	402	12.0
441	426.00	0.00	199.96	1048.00	733.04	1.08	402	12.0
442	296.00	31.00	163.12	1112.00	903.12	0.93	403	13.0
443	400.00	0.00	188.06	1108.00	907.06	1.07	403	12.0
444	320.00	56.00	212.68	1030.00	877.68	1.91	405	20.0
445	358.00	0.00	182.25	1070.00	936.25	1.15	407	12.0
446	400.00	0.00	176.23	1120.00	770.77	1.07	407	10.0
447	321.00	55.00	212.68	1032.00	877.68	1.90	408	18.0
448	323.00	58.00	195.68	1140.00	804.32	0.87	409	10.0
449	315.00	37.00	178.10	1114.00	888.10	1.00	411	11.0
450	299.00	50.00	188.00	1120.00	861.00	0.94	412	10.0
451	320.00	56.00	183.60	1100.00	858.60	1.29	414	13.0
452	400.00	0.00	173.20	1105.00	869.20	1.24	414	10.0
453	260.00	65.00	197.50	1098.00	871.50	0.90	417	10.0
454	399.00	0.00	188.43	1108.00	768.57	1.04	417	12.0
455	385.00	0.00	199.77	1076.00	789.23	1.00	418	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
456	256.00	44.00	149.92	1116.00	934.92	0.86	419	14.0
457	290.00	51.00	188.65	1114.00	797.35	0.92	421	10.0
458	376.00	0.00	220.80	1076.00	783.20	1.00	424	10.0
459	315.00	36.00	174.24	1112.00	890.24	1.00	425	12.0
460	279.00	69.00	181.70	1128.00	854.70	0.97	428	10.0
461	349.00	0.00	198.68	1102.00	804.32	0.94	428	10.0
462	426.00	0.00	196.68	1080.00	731.32	1.08	429	11.0
463	300.00	0.00	221.88	1100.00	857.12	0.81	432	10.0
464	320.00	55.00	158.48	1099.00	856.48	1.30	434	13.0
465	300.00	50.00	172.32	1098.00	871.32	0.94	435	13.0
466	424.00	0.00	198.52	1086.00	755.48	1.10	436	12.0
467	424.00	0.00	158.70	1128.00	866.70	1.13	437	12.0
468	292.00	73.00	212.84	1090.00	798.16	1.29	439	10.0
469	275.00	51.00	166.48	1095.00	963.48	1.11	444	12.0
470	425.00	0.00	198.56	1084.00	751.44	1.10	446	11.0
471	320.00	55.00	152.18	1103.00	851.18	1.29	449	13.0
472	320.00	52.00	190.16	1104.00	812.16	1.28	450	12.0
473	320.00	55.00	192.60	1105.00	858.60	1.29	451	12.0
474	320.00	54.00	136.18	1197.00	851.18	1.29	452	14.0
475	320.00	55.00	170.00	1095.00	848.00	1.29	455	13.0
476	500.00	0.00	196.68	1090.00	684.32	1.30	455	12.0
477	350.00	0.00	204.00	1102.00	792.00	0.92	459	10.0
478	426.00	0.00	197.90	1072.00	742.10	1.09	460	12.0
479	320.00	56.00	137.48	1100.00	856.48	1.30	462	12.0
480	400.00	0.00	182.84	1110.00	862.84	1.07	462	12.0
481	425.00	0.00	190.48	1066.00	618.52	1.04	462	13.0
482	320.00	54.00	158.64	1100.00	841.64	1.29	465	13.0
483	320.00	56.00	191.12	1100.00	850.12	1.30	468	12.0
484	424.00	0.00	200.53	1086.00	748.47	1.11	468	12.0
485	398.00	0.00	175.25	1103.00	892.25	1.07	471	12.0
486	272.00	68.00	196.76	1160.00	768.24	1.04	476	9.0
487	425.00	0.00	198.86	1080.00	742.14	1.08	478	12.0
488	424.00	0.00	198.28	1040.00	740.72	1.07	485	11.0
489	375.00	0.00	220.28	1080.00	786.72	1.01	488	11.0
490	423.00	0.00	195.84	1072.00	718.16	1.09	488	12.0
491	399.00	0.00	175.08	1104.00	892.08	1.06	491	12.0
492	425.00	0.00	183.20	1136.00	750.81	1.10	494	10.0
493	375.00	0.00	229.28	1082.00	786.72	1.00	498	9.0
494	275.00	50.00	186.80	1093.00	954.80	1.12	499	12.0
495	252.00	63.00	218.04	1144.00	784.96	0.96	506	10.0
496	320.00	56.00	162.36	1098.00	854.36	1.30	513	14.0
497	448.00	0.00	182.98	1080.00	829.98	1.17	516	14.0
498	320.00	56.00	166.00	1106.00	848.00	1.30	519	12.0
499	275.00	49.00	186.92	1118.00	915.92	0.87	172	10.0
500	219.00	56.00	191.58	1110.00	956.58	0.81	188	12.0
501	236.00	40.00	203.88	1114.00	1006.88	0.78	196	10.0
502	275.00	50.00	182.62	1093.00	926.62	1.12	202	11.0
503	219.00	56.00	193.10	1116.00	926.10	0.76	206	10.0
504	260.00	64.00	199.28	1098.00	888.28	0.90	207	12.0
505	234.00	40.00	194.55	1110.00	982.55	0.77	213	9.0
506	220.00	55.00	169.95	1108.00	946.95	0.82	218	10.0
507	265.00	40.00	155.12	1114.00	980.12	0.79	219	10.0
508	236.00	39.00	197.00	1110.00	954.00	0.78	223	10.0
509	255.00	45.00	182.92	1119.00	829.08	0.81	227	12.0
510	400.00	0.00	188.17	1108.00	764.83	1.04	229	10.0
511	255.00	46.00	180.98	1111.00	830.02	0.77	232	11.0
512	470.00	30.00	186.84	1102.00	812.16	0.78	234	10.0
513	259.00	65.00	207.52	1102.00	892.52	0.91	235	12.0
514	274.00	49.00	184.48	1116.00	924.48	0.93	236	12.0
515	300.00	50.00	187.95	1130.00	776.05	0.94	238	10.0
516	232.00	58.00	226.80	1102.00	827.20	0.88	242	10.0
517	240.00	60.00	177.41	1110.00	923.41	0.88	244	10.0
518	271.00	30.00	189.75	1110.00	823.25	0.79	246	10.0
519	275.00	49.00	170.00	1120.00	901.00	0.93	248	12.0
520	232.00	58.00	210.88	1142.00	813.12	0.88	249	10.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
521	255.00	45.00	185.24	1115.00	830.76	0.81	251	11.0
522	240.00	59.00	166.78	1118.00	914.78	0.84	253	12.0
523	255.00	45.00	183.16	1110.00	825.84	0.81	254	10.0
524	234.00	41.00	189.98	1110.00	977.98	0.78	257	11.0
525	254.00	46.00	181.56	1114.00	823.44	0.81	258	10.0
526	253.00	45.00	182.02	1110.00	919.02	0.81	261	10.0
527	400.00	0.00	190.12	1102.00	873.12	1.07	262	12.0
528	240.00	60.00	181.10	1118.00	884.10	0.83	265	10.0
529	240.00	62.00	183.60	1116.00	873.60	0.84	267	10.0
530	273.00	49.00	180.03	1102.00	932.03	1.12	268	12.0
531	259.00	64.00	207.00	1093.00	901.00	1.09	269	13.0
532	260.00	65.00	191.70	1093.00	895.70	1.09	271	13.0
533	254.00	45.00	194.44	1110.00	964.44	0.80	273	10.0
534	255.00	44.00	141.68	1110.00	930.68	0.86	275	11.0
535	255.00	47.00	186.50	1107.00	814.50	0.81	276	10.0
536	280.00	69.00	202.32	1098.00	871.32	0.97	277	12.0
537	255.00	44.00	174.16	1116.00	950.16	0.86	279	10.0
538	256.00	43.00	182.74	1116.00	826.26	0.81	281	11.0
539	272.00	50.00	183.13	1121.00	798.87	0.86	282	10.0
540	270.00	30.00	179.30	1085.00	959.30	0.98	284	13.0
541	219.00	56.00	179.58	1110.00	956.58	0.80	285	10.0
542	274.00	0.00	209.00	1086.00	882.00	0.68	286	9.0
543	275.00	50.00	174.20	1120.00	920.20	0.86	287	8.0
544	290.00	50.00	181.76	1114.00	795.24	0.90	288	10.0
545	274.00	51.00	182.54	1120.00	807.46	0.87	290	10.0
546	260.00	64.00	183.40	1120.00	890.40	0.89	292	10.0
547	255.00	45.00	186.72	1090.00	940.72	0.81	295	11.0
548	252.00	63.00	226.76	1148.00	790.24	0.96	296	10.0
549	295.00	29.00	192.06	1080.00	799.94	0.87	297	12.0
550	399.00	0.00	158.54	1160.00	879.54	1.06	298	10.0
551	275.00	50.00	186.40	1118.00	890.40	0.87	299	9.0
552	253.00	64.00	221.52	1144.00	788.48	0.96	301	10.0
553	252.00	63.00	182.20	1110.00	793.80	0.96	303	9.0
554	359.00	40.00	192.44	1095.00	727.56	1.16	303	12.0
555	254.00	44.00	172.80	1124.00	932.80	0.80	305	10.0
556	299.00	51.00	188.24	1126.00	890.24	1.01	306	10.0
557	273.00	50.00	169.62	1077.00	926.62	1.11	307	12.0
558	260.00	65.00	189.58	1120.00	893.58	0.89	309	10.0
559	321.00	55.00	192.95	1043.00	880.95	1.91	310	20.0
560	319.00	54.00	196.53	1104.00	887.53	0.97	312	10.0
561	320.00	54.00	195.88	1104.00	845.88	1.01	314	12.0
562	264.00	66.00	221.40	1150.00	765.60	1.01	316	10.0
563	350.00	0.00	188.16	1076.00	785.84	0.90	317	10.0
564	320.00	55.00	194.50	1030.00	874.50	1.91	318	19.0
565	320.00	55.00	191.16	1042.00	886.16	1.91	319	19.0
566	232.00	58.00	199.92	1140.00	806.08	0.88	321	10.0
567	320.00	55.00	212.98	1038.00	882.98	1.91	322	19.0
568	260.00	64.00	179.16	1128.00	886.16	0.90	324	12.0
569	385.00	0.00	198.36	1078.00	788.64	1.00	325	12.0
570	241.00	59.00	196.50	1118.00	892.50	0.83	327	10.0
571	275.00	49.00	182.78	1120.00	794.22	0.89	329	10.0
572	275.00	50.00	165.60	1085.00	911.60	1.12	331	12.0
573	260.00	64.00	182.28	1120.00	888.28	0.90	333	10.0
574	300.00	49.00	192.56	1098.00	776.44	0.94	334	12.0
575	274.00	50.00	190.80	1096.00	928.80	0.86	336	10.0
576	315.00	36.00	173.52	1110.00	894.52	1.00	338	10.0
577	275.00	0.00	238.76	1094.00	878.24	0.71	340	8.0
578	320.00	55.00	202.80	1033.00	879.80	1.91	341	19.0
579	325.00	0.00	212.28	1090.00	830.72	0.86	342	10.0
580	216.00	36.00	173.96	1120.00	885.96	1.00	344	10.0
581	384.00	0.00	197.94	1072.00	783.06	1.00	344	12.0
582	337.00	0.00	189.14	1097.00	816.86	0.88	347	12.0
583	240.00	60.00	182.20	1113.00	922.20	0.84	350	12.0
584	384.00	0.00	198.12	1074.00	792.88	1.00	351	12.0
585	334.00	15.00	200.68	1080.00	804.32	0.92	354	12.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
586	272.00	69.00	230.20	1070.00	800.80	1.25	357	10.0
587	254.00	45.00	181.16	1114.00	950.16	0.86	358	10.0
588	320.00	56.00	202.56	1030.00	875.56	1.91	359	20.0
589	256.00	45.00	189.00	1186.00	963.00	0.86	360	12.0
590	260.00	64.00	165.80	1098.00	898.80	0.98	362	12.0
591	299.00	49.00	190.90	1120.00	858.90	0.94	363	10.0
592	384.00	0.00	210.60	1078.00	788.40	1.00	364	12.0
593	385.00	0.00	202.84	1078.00	789.16	1.00	365	12.0
594	360.00	0.00	175.55	1070.00	925.55	1.16	367	12.5
595	385.00	0.00	198.05	1076.00	788.95	1.00	369	12.0
596	315.00	35.00	190.32	1110.00	869.32	0.93	372	10.0
597	400.00	0.00	143.32	1098.00	871.32	1.06	374	10.0
598	252.00	63.00	205.44	1143.00	780.56	0.97	379	11.0
599	450.00	0.00	223.40	1052.00	721.60	1.20	380	9.0
600	375.00	0.00	241.04	1076.00	784.96	1.00	383	10.0
601	275.00	50.00	192.38	1098.00	949.38	1.12	388	12.0
602	273.00	68.00	205.84	1153.00	754.16	1.03	390	10.0
603	295.00	29.00	138.48	1110.00	909.48	0.93	391	10.0
604	258.00	64.00	174.08	1120.00	903.08	0.96	392	10.0
605	320.00	55.00	193.78	1105.00	861.78	1.30	394	14.0
606	319.00	55.00	176.05	1104.00	875.05	1.00	396	12.0
607	319.00	55.00	199.04	1032.00	884.04	1.90	397	19.0
608	424.00	0.00	204.07	1088.00	743.93	1.10	400	12.0
609	319.00	55.00	212.68	1030.00	877.68	1.90	403	20.0
610	401.00	0.00	209.36	1110.00	750.64	1.03	407	10.0
611	360.00	0.00	174.25	1065.00	936.25	1.15	412	12.0
612	425.00	0.00	188.20	1107.00	750.81	1.11	417	10.0
613	271.00	68.00	185.96	1148.00	755.04	1.03	425	9.0
614	400.00	0.00	184.89	1112.00	904.89	1.06	431	12.0
615	319.00	56.00	241.00	1104.00	748.00	1.07	437	10.0
616	425.00	0.00	206.04	1102.00	740.96	1.13	447	9.0
617	400.00	0.00	203.23	1108.00	909.23	1.06	453	9.0
618	313.00	34.00	167.38	1112.00	892.38	0.98	462	10.0
619	424.00	0.00	183.84	1080.00	868.84	1.11	467	12.0
620	322.00	56.00	132.48	1104.00	856.48	1.29	476	12.0
621	425.00	0.00	220.28	1110.00	742.72	1.13	489	10.0
622	424.00	0.00	210.56	1076.00	864.56	1.13	504	12.0
623	320.00	56.00	191.88	1100.00	845.88	1.30	519	12.0
624	234.00	40.00	186.55	1104.00	982.55	0.78	182	10.0
625	276.00	50.00	196.79	1096.00	798.21	0.84	190	10.0
626	300.00	49.00	194.60	1094.00	777.40	0.95	200	12.0
627	220.00	54.00	203.28	1106.00	967.28	0.81	204	12.0
628	274.00	49.00	188.77	1120.00	812.24	0.87	206	10.0
629	256.00	44.00	182.68	1117.00	825.32	0.81	209	9.0
630	219.00	55.00	191.90	1110.00	921.90	0.76	216	10.0
631	255.00	43.00	184.09	1110.00	949.09	0.83	219	10.0
632	269.00	30.00	183.10	1107.00	831.90	0.81	220	12.0
633	275.00	50.00	183.22	1118.00	911.22	0.86	224	9.0
634	254.00	45.00	184.68	1114.00	967.68	0.80	228	10.0
635	255.00	45.00	167.80	1114.00	932.80	0.80	230	9.0
636	239.00	59.00	157.62	1104.00	926.62	0.89	234	10.0
637	254.00	45.00	183.46	1104.00	941.46	0.81	235	10.0
638	260.00	64.00	185.16	1124.00	886.16	0.90	236	11.0
639	300.00	0.00	189.18	1073.00	848.82	0.77	237	10.0
640	235.00	40.00	170.70	1112.00	973.70	0.78	240	11.0
641	255.00	45.00	182.74	1115.00	826.26	0.81	243	10.0
642	297.00	0.00	183.00	1097.00	855.00	0.80	245	10.0
643	240.00	60.00	182.30	1118.00	909.30	0.84	247	10.0
644	276.00	50.00	189.94	1124.00	819.06	0.87	248	10.0
645	255.00	44.00	188.98	1106.00	817.02	0.81	250	9.0
646	236.00	40.00	179.84	1084.00	975.84	0.78	252	10.0
647	233.00	58.00	192.80	1144.00	817.20	0.88	254	10.0
648	254.00	45.00	186.45	1113.00	823.55	0.81	256	10.0
649	258.00	65.00	207.04	1086.00	884.04	1.10	257	14.0
650	294.00	29.00	199.23	1120.00	960.23	0.93	258	11.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
651	255.00	45.00	184.84	1114.00	826.16	0.80	262	10.0
652	275.00	49.00	197.48	1088.00	963.48	1.12	264	12.5
653	213.00	53.00	207.24	1144.00	837.76	0.81	266	10.0
654	274.00	49.00	187.18	1125.00	801.82	0.87	267	9.0
655	232.00	58.00	200.88	1142.00	813.12	0.88	269	10.0
656	254.00	45.00	164.50	1110.00	927.50	0.80	271	9.0
657	300.00	51.00	181.38	1090.00	892.38	1.00	272	12.0
658	275.00	51.00	184.95	1117.00	796.05	0.87	274	11.0
659	295.00	30.00	192.18	1084.00	801.82	0.87	275	14.0
660	270.00	30.00	189.80	1044.00	827.20	0.79	277	12.0
661	270.00	29.00	190.60	1106.00	823.40	0.80	278	10.0
662	255.00	44.00	185.17	1074.00	801.83	0.81	280	11.0
663	256.00	44.00	176.02	1106.00	948.02	0.86	282	12.0
664	238.00	58.00	193.50	1110.00	909.50	0.83	283	10.0
665	294.00	28.00	195.20	1086.00	799.80	0.87	284	12.0
666	232.00	58.00	155.92	1142.00	808.08	0.87	286	10.0
667	240.00	60.00	190.20	1122.00	907.20	0.83	287	10.0
668	254.00	44.00	182.68	1116.00	825.32	0.81	288	10.0
669	300.00	51.00	172.08	1126.00	903.08	0.93	289	10.0
670	231.00	58.00	214.68	1138.00	804.32	0.88	292	10.0
671	252.00	62.00	227.52	1110.00	788.48	0.96	293	10.0
672	275.00	51.00	132.95	1120.00	930.95	0.92	295	10.0
673	300.00	49.00	189.96	1126.00	885.96	1.00	296	10.0
674	295.00	30.00	181.23	1111.00	808.78	0.86	298	11.0
675	253.00	45.00	183.51	1113.00	955.51	0.86	299	8.0
676	259.00	64.00	191.20	1116.00	907.20	0.91	300	10.0
677	300.00	0.00	187.40	1088.00	849.60	0.81	301	10.0
678	293.00	30.00	184.97	1115.00	807.03	0.86	303	10.0
679	275.00	50.00	184.73	1117.00	798.28	0.87	304	11.0
680	253.00	45.00	179.22	1110.00	940.22	0.81	306	10.0
681	264.00	67.00	206.40	1155.00	765.60	1.01	307	8.0
682	251.00	62.00	226.00	1112.00	792.00	0.96	309	8.0
683	319.00	54.00	223.28	1033.00	888.28	1.91	309	20.0
684	320.00	55.00	195.50	1035.00	874.50	1.90	311	20.0
685	299.00	50.00	192.56	1115.00	776.44	0.93	313	12.0
686	319.00	56.00	212.98	1035.00	894.98	1.91	315	20.0
687	233.00	58.00	194.40	1133.00	809.60	0.88	317	10.0
688	272.00	68.00	146.34	1158.00	751.66	1.04	318	10.0
689	240.00	60.00	182.84	1114.00	915.84	0.83	319	12.0
690	319.00	55.00	197.38	1033.00	870.38	1.92	320	19.0
691	233.00	58.00	195.60	1136.00	815.40	0.88	322	10.0
692	275.00	50.00	192.92	1090.00	915.92	0.87	323	10.0
693	300.00	0.00	206.56	1093.00	847.44	0.89	325	8.0
694	300.00	0.00	188.00	1096.00	855.00	0.80	326	10.0
695	320.00	55.00	213.45	1032.00	893.45	1.90	327	18.0
696	351.00	0.00	187.88	1064.00	797.12	0.91	330	10.0
697	299.00	75.00	197.84	1042.00	862.84	1.90	332	20.0
698	320.00	55.00	202.24	1098.00	852.24	1.00	333	12.0
699	320.00	55.00	208.99	1034.00	873.99	1.90	335	19.0
700	256.00	47.00	184.75	1110.00	823.25	0.82	337	11.0
701	239.00	60.00	193.06	1115.00	918.06	0.83	339	10.0
702	320.00	56.00	177.12	1106.00	850.12	1.30	340	14.0
703	260.00	64.00	194.48	1096.00	924.48	1.09	342	13.0
704	274.00	50.00	181.48	1098.00	909.48	1.12	343	13.0
705	289.00	50.00	187.30	1115.00	803.70	0.91	344	10.0
706	315.00	36.00	163.38	1110.00	892.38	1.00	346	12.0
707	358.00	0.00	158.90	1070.00	930.90	1.16	348	10.0
708	385.00	0.00	199.08	1076.00	784.92	1.00	350	12.0
709	232.00	58.00	221.60	1142.00	818.40	0.88	354	10.0
710	319.00	55.00	192.80	1025.00	879.80	1.91	355	19.0
711	319.00	55.00	199.50	1030.00	874.50	1.91	357	18.0
712	300.00	52.00	198.15	1100.00	769.85	0.93	358	13.0
713	399.00	0.00	178.26	1104.00	875.26	1.06	359	12.0
714	299.00	54.00	181.99	1096.00	862.99	0.93	361	10.0
715	319.00	55.00	198.28	1034.00	888.28	1.91	362	18.0

ID	Cement (kg)	FlyAsh (kg)	Water (kg)	Rock (kg)	Sand (kg)	Admixture Type D (kg)	Comp Strength (ksc)	Slump (cm)
716	275.00	51.00	187.05	1120.00	918.05	0.86	364	10.0
717	314.00	36.00	181.38	1114.00	892.38	1.01	365	10.0
718	315.00	35.00	198.04	1086.00	762.96	0.93	366	12.0
719	254.00	45.00	180.68	1110.00	967.68	0.81	368	8.0
720	235.00	40.00	165.58	1120.00	946.58	0.77	371	10.0
721	319.00	56.00	205.35	1038.00	868.35	1.92	373	19.0
722	320.00	55.00	183.00	1090.00	848.00	1.29	377	14.0
723	375.00	0.00	197.20	1072.00	793.80	1.00	379	10.0
724	260.00	65.00	183.22	1120.00	887.22	0.91	383	10.0
725	375.00	0.00	197.62	1067.00	777.38	0.99	387	12.0
726	375.00	0.00	205.04	1102.00	784.96	0.96	388	10.0
727	325.00	0.00	226.76	1088.00	834.24	0.86	390	10.0
728	319.00	56.00	206.68	1034.00	877.68	1.91	391	19.0
729	271.00	68.00	210.44	1120.00	758.56	1.03	393	10.0
730	350.00	0.00	236.48	1104.00	839.52	0.94	395	8.0
731	425.00	0.00	195.92	1074.00	735.08	1.06	396	12.0
732	400.00	0.00	180.38	1112.00	898.38	1.06	399	10.0
733	426.00	0.00	198.72	1084.00	763.28	1.10	402	12.0
734	340.00	35.00	188.28	1092.00	860.28	1.08	407	12.0
735	350.00	0.00	210.40	1072.00	809.60	0.92	409	10.0
736	319.00	54.00	209.88	1034.00	898.88	1.90	416	19.0
737	314.00	36.00	164.80	1116.00	898.80	1.00	420	12.0
738	320.00	55.00	199.94	1036.00	900.94	1.91	428	18.0
739	320.00	55.00	164.70	1098.00	842.70	1.30	434	13.0
740	319.00	55.00	137.60	1100.00	858.60	1.30	441	13.0
741	320.00	55.00	153.48	1105.00	856.48	1.30	451	12.5
742	424.00	0.00	190.80	1100.00	940.80	1.09	458	10.0
743	315.00	35.00	158.98	1120.00	882.98	1.00	465	12.0
744	320.00	55.00	162.88	1108.00	845.88	1.30	471	14.0
745	426.00	0.00	199.98	1086.00	746.02	1.10	485	12.0
746	274.00	54.00	145.36	1120.00	907.36	0.93	496	12.0
747	320.00	55.00	172.60	1096.00	858.60	1.30	515	14.0

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ตารางที่ ผ.ง.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient, r) ของข้อมูลจากห้องทดลอง

	Comp. Strength	Cement Content	Rock Content	Water Content	Sand Content	Ambient Temp.	Concrete Temp.	Slump	% Air	Wet Unit Weight	Demold Unit Weight	Dry Unit Weight
Compressive Strength	1	.753	.206	-.374	-.308	-.610	-.320	.216	-.671	.831	.803	.727
Cement Content	.753	1	-.127	.261	-.458	-.370	.010	.553	-.529	.615	.572	.522
Rock Content	.206	-.127	1	-.411	-.667	-.160	-.080	.161	-.453	.246	.256	.057
Water Content	-.374	.261	-.411	1	-.289	-.260	.090	.902	-.750	.654	.618	.568
Sand Content	-.308	-.458	-.667	-.289	1	.160	.080	-.161	.453	-.246	-.256	-.057
Ambient Temperature	-.618	-.375	-.163	-.262	.163	1	.830	.128	.564	-.603	-.606	-.553
Concrete Temperature	-.322	.012	-.082	.092	.082	.830	1	.351	.178	-.328	-.331	-.327
Slump	.216	.553	.161	.902	-.161	.120	.350	1	-.573	.318	.279	.287
% Air	-.671	-.529	-.453	-.750	.453	.560	.170	-.573	1	-.569	-.552	-.354
Wet Unit Weight	.831	.615	.246	.654	-.246	-.600	-.320	.318	-.569	1	.975	.899
Demold Unit Weight	.803	.572	.256	.618	-.256	-.600	-.330	.279	-.552	.975	1	.910
Dry Unit Weight	.727	.522	.057	.568	-.057	-.550	-.320	.287	-.354	.899	.910	1

ตารางที่ ผ.ง.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient, r) ของข้อมูลจากโรงผสมคอนกรีต

	Comp. Strength	Slump	Cement Content	Flyash Content	Rock Content	Sand Content	Water Content	Admix. Type D	Ambient Temp.	Concrete Temp.	% Air
Compressive Strength	1	0.179	0.803	-0.060	-0.438	0.123	-0.193	0.558	-0.278	-0.269	0.269
Slump	0.179	1	-0.099	0.461	-0.640	0.379	0.442	0.809	-0.090	-0.040	0.318
Cement Content	0.803	-0.099	1	-0.419	-0.112	-0.134	-0.031	0.357	-0.263	-0.216	0.303
Flyash Content	-0.060	0.461	-0.419	1	-0.367	0.024	0.109	0.306	0.201	0.267	0.023
Rock Content	-0.438	-0.640	-0.112	-0.367	1	-0.830	0.117	-0.575	-0.189	-0.303	-0.061
Sand Content	0.123	0.379	-0.134	0.024	-0.830	1	-0.313	0.200	0.190	0.245	-0.104
Water Content	-0.193	0.442	-0.031	0.109	0.117	-0.313	1	0.316	0.184	0.398	0.280
Admixture Type D	0.558	0.809	0.357	0.306	-0.575	0.200	0.316	1	-0.182	-0.121	0.406
Ambient Temperature	-0.278	-0.090	-0.263	0.201	-0.189	0.190	0.184	-0.182	1	0.811	0.316
Concrete Temperature	-0.269	-0.040	-0.216	0.267	-0.303	0.245	0.398	-0.121	0.811	1	0.077
% Air	0.269	0.318	0.303	0.023	-0.061	-0.104	0.280	0.406	0.316	0.077	1

ประวัติผู้เขียน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอนันต์ วิริยะกิจชัย
วัน เดือน ปีเกิด	7 มิถุนายน 2524
ที่อยู่	35/69 หมู่ 8 ซอยเอกชัย 45 ถนนเอกชัย แขวงบางบอน เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร 10150

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2545	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2545-2546	วิศวกรสนาม ห้างหุ้นส่วนจำกัด สันติมิตรก่อสร้าง
พ.ศ. 2546-2549	วิศวกรโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานทางวิชาการ

พ.ศ. 2549	เสนอบทความวิจัย “การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อการพยากรณ์ค่ากำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11

ทุนการศึกษา

พ.ศ. 2548-ปัจจุบัน	โครงการทุนวิจัย สกว.-บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) ปี 2548