บทที่ 3 วิธีการทดสอบ

ในการทำงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตที่แทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย (Fly ash) ในปริมาณสูงผสมโดยการใช้ผงนาโนซิลิกา (Nano-SiO_2) ซึ่งคอนกรีตที่ใช้ในการศึกษาได้ทำการออกแบบให้มีกำลังอัดที่ต่างกันตั้งแต่ส่วนผสมของคอนกรีต ชนิดของวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตด้วยการเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานรวมถึงการเกิดปฏิกิริย าไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์กับน้ำ และที่สำคัญไม่น้อยกว่าปัจจัยอื่นคือ วิธีการและระยะเวลาในการบ่มของคอนกรีตที่ใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่ม ซึ่งรายละเอียดที่ใช้ในการทดสอบแสดงในหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ชนิดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ประกอบด้วย หินปูน (Limestone) และดินเหนียว (Clay) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังมีเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และโคโลไมล์ ($MgCO_3$) เป็นจำนวนเล็กน้อย โดยสารประกอบหลักในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์คือ ไตรแคลเซียมซิลิเกต, ไดแคลเซียมซิลิเกต, ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต และเตตตราแคลเซียมอะลูมิโนเฟอไรต์ โดยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 15,000 nm [7] ซึ่งมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก.15 [20] คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษาดังนี้แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

Items	**Chemical Composition (%)**
	Type I
% SiO_3	21.04
% Al_2O_3	4.99
% Fe_2O_3	3.43
% CaO	65.92
% MgO	1.40
% SO_3	2.71
% K_2O	0.29
% Na_2O	0.08
% T.Alk	0.27
% Free Lime	0.40
C_3S	64.12
C_2S	9.63
C_3A	6.15
C_4AF	11.34
Blaine Fineness	3,193
Sp. Gr.	3.15
% L.O.I.	1.70
% insoluble	0.35

หมายเหตุ **LOI หมายถึง Loss on Ignition ค่าความสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา**

Sp. Gr. หมายถึง Specific Gravity ค่าความถ่วงจำเพาะ

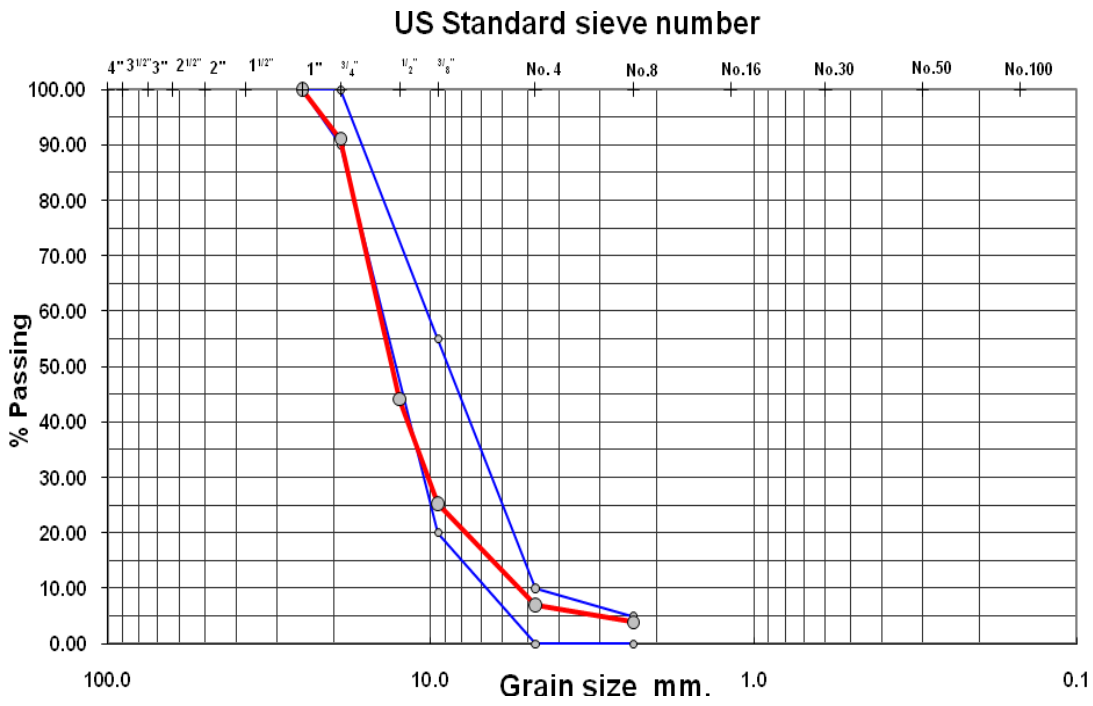
3.1.2 มวลรวมหยาบ

ในงานทดลองนี้ กำหนดใช้หินขนาดโตสุดไม่เกิน ¾ นิ้วเท่ากับ 20 mm เป็นหินจากโรงโม่หินของจังหวัดสระบุรี มีลักษณะเป็นเม็ดเหลี่ยมคมไม่แตกร้าว คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของหิน ขนาดคละของหินแสดงในรูปที่ 3.1 หินที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นหินที่ได้มาตรฐาน

TestResults

Coarse aggregate (Rock 3/4")		Results	Specification	Standard method
Fineness Modulus	-	7.13	-	ASTM C 136
Materials Finder than 75 µm by Washing	%	0.99	< 1.0	ASTM C 117
Adsorption	%	0.60	-	ASTM C 128
Specific Gravity (SSD)	-	2.67	-	ASTM C 128
Unit weight	kg/m^3	1602.76	-	ASTM C 29
Voids volume	%	39.82	-	ASTM C 29

Sieve Analysis (ASTM C 136)



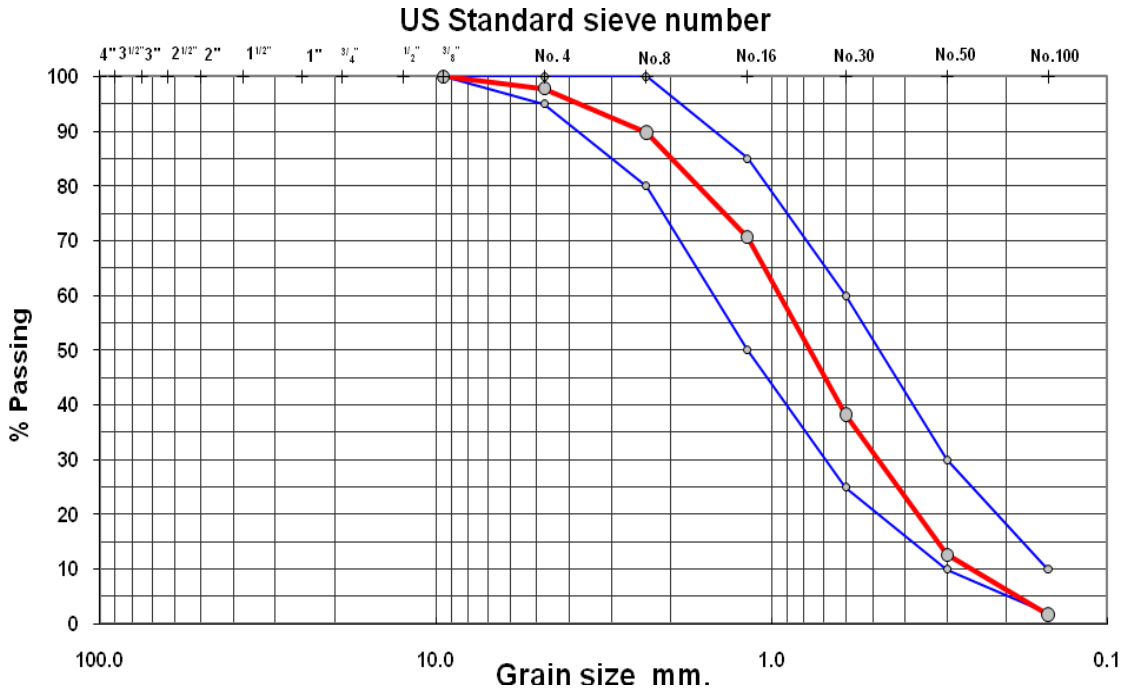
รูปที่ 3.1 ขนาดคละของมวลรวมหยาบ

3.1.3 มวลรวมละเอียด

ในงานทดลองนี้ใช้ทราย จากบ่อทรายอำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของทราย ขนาดคละของทรายแสดงในรูปที่ 3.2 ทรายที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นทรายที่ได้มาตรฐาน

Test Results

Fine aggregate (Sand)		Results	Specification	Standard method
Fineness Modulus	-	2.89	2.30 - 3.20	ASTM C 136
Materials Finder than 75 µm by Washing	%	0.61	< 3.0	ASTM C 117
Adsorption	%	0.63	-	ASTM C 128
Specific Gravity (SSD)	-	2.59	-	ASTM C 128
Organic Impurities	Color	No.1	< No.3	ASTM C 40



รูปที่ 3.2 ขนาดคละของมวลรวมละเอียด

3.1.4 น้ำสำหรับใช้ผสมและบ่มคอนกรีต

น้ำที่ใช้ในการผสมและบ่มคอนกรีต เป็นน้ำประปา ของการประปานครหลวง

3.1.5 เถ้าลอย (Fly Ash)

เถ้าลอย (Fly ash) ที่ใช้ในงานวิจัยเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต กระแสไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง โดยเถ้าลอย (Fly ash)โดยใช้ถ่านหินลิกไนท์เป็นวัตถุดิบในการผลิต จากการศึกษาพบว่าเถ้าลอยมีอนุภาคที่ค่อนข้างเล็กและส่วนใหญ่เป็นเม็ดกลม [11]เมื่อนำไปผสมกับคอนกรีตเถ้าลอยจะเข้าไปอุดช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างปูนซีเมนต์กับหินหรือทรายทำให้คอนกรีตแน่นขึ้น และพบว่าเถ้าลอยมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่ จึงมีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลาน ทั้งนี้ยังพบว่าในระยะยาวคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าลอยจะมีกำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา ความละเอียดของเถ้าลอยจากแม่เมาะซึ่งทดสอบโดยวิธีของเบลนมีความละเอียดอยู่ในช่วง 2,500-3,500 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม สำหรับในประเทศไทยได้มีการใช้เถ้าลอยในคอนกรีตผสมเสร็จอย่างกว้างขวาง มาตรฐาน สำหรับเถ้าลอยในประเทศไทยตาม มอก. 2135 [12] และได้ทำการเปรียบเทียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าลอยตามมาตรฐานของ ว.ส.ท. 1014[13] และมาตรฐาน ASTM C618 [11] แสดงในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 ตัวอย่างของเถ้าลอยที่ใช้ในการทดสอบจาก อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าลอยตามมาตรฐาน ว.ส.ท. 1014 [13] และมาตรฐาน ASTM C618[11]

ส่วนประกอบทางเคมี	ข้อกำหนด (ร้อยละ)	ว.ส.ท.1014		ASTM C618		
		ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	Class F	Class C	แม่เมาะ
SiO_2+ A l_2O_3 + Fe_2O_3	ไม่ต่ำกว่า	70	50	70	50	70.25
SO_3	ไม่เกิน	5	5	5	5	3.03
MgO	ไม่เกิน	-	5	ไม่กำหนด*	ไม่กำหนด*	2.99
Na_2O	ไม่เกิน	1.5**	1.5**	1.5**	1.5**	1.36
ความชื้น	ไม่เกิน	3	3	3	3	-
(LOI), %	ไม่เกิน	6	5	6***	6	0.17

* ASTM C618 ไม่ได้กำหนดค่า MgO แต่กำหนดในรูปของด่างเปรียบเทียบเท่า = Na_2O + 0.658 K_2O

** ว.ส.ท. 1014 และ ASTM C618 กำหนดให้ทดสอบเป็นกรณีพิเศษ หากต้องการข้อมูลนี้

***ASTM C618 กำหนดว่าหากเป็นเถ้าลอย Class F สามารถยอมให้การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผามีค่าถึงร้อยละ 12 แต่ต้องมีผลการทดสอบด้านอื่นจากห้องทดลองประกอบ เพื่อแสดงว่าเถ้าลอยสามารถใช้ได้

รูปที่ 3.3 เถ้าลอยจาก อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

3.1.6 นาโนซิลิกา (Nano-SiO_2)

นาโนซิลิกา (Nano-SiO_2) [12] ที่มีอนุภาคขนาดนาโนเมตร ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่เป็นผลึกส่วนใหญ่นาโนซิลิกาที่มีจำหน่ายส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบหลักทางเคมีประกอบด้วย SiO_2 มากกว่าร้อยละ 99% ที่เห็นได้ชัดเจนในตารางที่ 3.3 และแสดงองค์ประกอบคุณสมบัติทางกายภาพของ เถ้าลอยแม่เมาะและอนุภาคนาโนซิลิกา คือ เป็นฝุ่นผงที่ละเอียดมาก สีขาวหรือขาวอมฟ้ามีอนุภาคนาโน 12 นาโนเมตรดังแสดงในรูปที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบคุณสมบัติทางกายภาพของ เถ้าลอยแม่เมาะ (Fly ash) และอนุภาคนาโนซิลิกา (Nano-SiO_2)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	เถ้าลอยแม่เมาะ(Fly ash)	ผงนาโนซิลิกา (Nano-SiO_2)
SiO_2	39.40	99.00
Al_2O_3	17.93	0.70
Fe_2O_3	12.92	1.00
CaO	19.19	0.12
SO_3	3.03	-
MgO	2.99	0.20
Na_2O	1.36	-
K_2O	2.50	-
Loss of Ignition (LOI), %	0.17	-
ความละเอียด(cm^2/g)	2,836	≤ 0.15
ความถ่วงจำเพาะ	2.29	2.20

รูปที่ 3.4 นาโนซิลิกา (Nano-SiO_2) ขนาดอนุภาค12 นาโนเมตร

3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องมือทดสอบกำลังอัดคอนกรีต Unit test.AD200/EL (Compressive testing machine) แสดงตามรูปที่ 3.5
2. เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (X-Ray fluorescence spectroscopy) แสดงตามรูปที่ 3.6
3. เครื่องคิดขนาดมวลรวม (Splitter) แสดงตามรูปที่ 3.7
4. แบบหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15 x15 x15 cm. แสดงตามรูปที่ 3.8
5. ชุดทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ และเถ้าถ่านหิน
6. ชุดทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ ร้อยละการดูดซึม ของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด
7. ชุดตะแกรงร่อนมาตรฐาน (Sieve analysis) แสดงตามรูปที่ 3.9
8. ชุดทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test) แสดงตามรูปที่ 3.10
9. เครื่องผสมคอนกรีตแบบมอเตอร์ไฟฟ้า (Pan mixing) แสดงตามรูปที่ 3.11
10. เครื่องชั่งน้ำหนัก

รูปที่ 3.5 เครื่องมือทดสอบกำลังอัดคอนกรีต Unit test.AD200/EL (Compressive testing machine)

รูปที่ 3.6 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (X-Ray Fluorescence spectroscopy)

รูปที่ 3.7 เครื่องคัดขนาดมวลรวม (Splitter)

รูปที่ 3.8 แบบหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ขนาด 15 x15x15 ซม.^{3}

รูปที่ 3.9 ชุดตะแกรงร่อนมาตรฐาน (Sieve analysis)

รูปที่ 3.10 ชุดทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test)

รูปที่ 3.11 เครื่องผสมคอนกรีตแบบมอเตอร์ไฟฟ้า (Pan mixing)

3.3 ตัวแปรและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้กำหนดปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และ0.55 ใช้เถ้าถ่านหินจากจังหวัดลำปาง (แม่เมาะ) แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในอัตราส่วนร้อยละ 40 50 60 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน แสดงปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยสำหรับกลุ่มสัญลักษณ์ที่ใช้มีดังนี้

“I”	หมายถึง คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
“T”	หมายถึง คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3
“35 55”	หมายถึง ปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และ 0.55
“NS4”	หมายถึง อนุภาคนาโนซิลิกา 4 %
“FM”	หมายถึง เถ้าถ่านหินจากแม่เมาะโดยตรง
40 50 60	หมายถึง คอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 40 50 และ 60 โดยน้ำหนัก

3.3.1 ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์

“I35” หมายถึง คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสาน มีน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ **0.35**

“I35 FM40NS4”

หมายถึง คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แทนที่ด้วยเถ้าลอยจากแม่เมาะในอัตราส่วนร้อยละ 40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน และมีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และมีผงนาโนซิลิการ้อยละ 4

3.4 วิธีการศึกษา

3.4.1 การเตรียมเถ้าลอย (Fly ash)

สำหรับเถ้าถ่านหินจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ใช้ถ่านหินที่ได้จากโรงงานโดยตรง

3.4.2 การทดสอบคุณสมบัติของปูนซีเมนต์และเถ้าลอย (Fly ash)

ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยใช้ขวดแก้วเลอชาเตอลิเอร์ (La Chatelier flask) ซึ่งเป็นการหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัสดุชั่งในอากาศต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับวัสดุนั้น การทดสอบนี้ใช้น้ำมันก๊าดเป็นของเหลวในการทดสอบเนื่องจากไม่ทำปฏิกิริยากับวัสดุทดสอบ (ปูนซีเมนต์และเถ้าลอย (Fly ash) ทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และเถ้าลอย (Fly ash) ด้วยวิธี Wet chemical analysis

3.4.3 การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวม

ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด ซึ่งเป็นการหาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักมวลรวมในอากาศเทียบกับน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน และทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำของมวลรวม ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการดูดซึมน้ำของมวลรวมจนเต็มช่องว่างที่น้ำซึมผ่านได้ของมวลรวม หรือสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (SSD)
ทดสอบขนาดคละ ค่าโมดูลัสความละเอียด และขนาดใหญ่สุดของมวลรวม ซึ่งทำการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน

3.4.4 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ออกแบบปฏิภาคส่วนผสมให้คอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียวเป็นคอนกรีตควบคุม อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และ0.55 แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าลอย (Fly ash) ในอัตราส่วนร้อยละ 40 50 และ60 และผงนาโนซิลิกา (Nano SiO_2)

ทดสอบค่าการยุบโดยใช้ช้อนตักคอนกรีตใส่ลงในกรวยทดสอบการยุบตัว โดยแบ่งเป็น 3 ชั้นแต่ละชั้นให้มีปริมาตรเท่าๆ กัน กระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้ง โดยกระทุ้งให้ถึงชั้นก่อนหน้าลึกลงไปประมาณ 20 มม. ชั้นสุดท้ายปาดผิวหน้าให้เรียบรวมทั้งทำความสะอาดบริเวณกรวยและแผ่นเหล็กรอง และยกกรวยขึ้นตรง ๆ โดยไม่หมุนหรือเอียง วางกรวยบงข้าง ๆ คอนกรีตแล้ววัดค่ายุบตัวของคอนกรีต โดยควบคุมค่ายุบตัวของคอนกรีตอยู่ในช่วง 50 ถึง 100 มม. หากค่ายุบตัวไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดจะใช้สารลดน้ำพิเศษช่วยปรับให้ค่ายุบตัวให้อยู่ในช่วงที่กำหนด

3.4.5 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

ถอดแบบหล่อคอนกรีตเมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง และนำคอนกรีตบ่มในน้ำประปา 3 7 28 56 90 วัน หลังจากนั้นนำคอนกรีตไปทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐาน โดยทำการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตด้วยเครื่องมือทดสอบกำลังคอนกรีต ซึ่งทดสอบคอนกรีตที่บ่มน้ำประปาที่อายุ 3 7 28 56 90 ตามลำดับ และหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด ปริมาณเถ้าลอยและปริมาณอนุภาคนาโนซิลิกา พร้อมกับทำการทดสอบและสรุปผลการทดสอบโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณเถ้าลอยที่มีต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีต

กลุ่มที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณนาโนซิลิกาที่ต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีต

กลุ่มที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณนาโนซิลิกาที่ต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยในปริมาณสูง

ตารางที่ 3.4 ศึกษาผลของปริมาณเถ้าลอยที่มีต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต

ส่วนผสม	สัญลักษณ์	FM	W/B
1	I35FM0NS0	0	0.35
2	I35FM40NS0	40%	0.35
3	I35FM50NS0	50%	0.35
4	I35FM60NS0	60%	0.35
5	I55FM0NS0	0	0.55
6	I55FM40NS0	40%	0.55
7	I55FM50NS0	50%	0.55
8	I55FM60NS0	60%	0.55

กลุ่มที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณการใช้เถ้าลอยที่ต่างกันเปรียบเทียบกับส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่ใช้วัสดุประสานโดยการใช้เถ้าลอยแทนที่บางส่วนของปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 โดยน้ำหนักในอัตราส่วนร้อยละ 40 50 และ 60 ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบตัวอย่างโดยการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 1 3 7 28 56 90 วันตามลำดับ

ตารางที่ 3.5 ศึกษาผลของปริมาณนาโนซิลิกาที่ต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต

ส่วนผสม	สัญลักษณ์	NS	W/C
1	I35FM0NS0	0	0.35
2	I35FM0NS4	4%	0.35
3	I35FM0NS7	7%	0.35
4	I35FM0NS10	10%	0.35
5	I55FM0NS0	0	0.55
6	I55FM0NS4	4%	0.55
7	I55FM0NS7	7%	0.55
8	I55FM0NS10	10%	0.55

กลุ่มที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณการใช้นาโนซิลิกาที่ต่างกันเปรียบเทียบกับส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่ใช้วัสดุประสานโดยการใช้เถ้าลอยแทนที่บางส่วนของปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 โดยน้ำหนักในอัตราส่วนร้อยละ 4 7 และ 10 ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบตัวอย่างโดยการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 1 3 7 และ28 วัน

ตารางที่ 3.6 ศึกษาผลของปริมาณนาโนซิลิกาที่ต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยในปริมาณสูง

ส่วนผสม	สัญลักษณ์	NS	FM	W/C
1	I35FM0NS0	0	0	0.35
2	I35FM40NS4	4%	40%	0.35
3	I35FM40NS7	7%	40%	0.35
4	I35FM40NS10	10%	40%	0.35
5	I35FM50NS4	4%	50%	0.35
6	I35FM50NS7	7%	50%	0.35
7	I35FM50NS10	10%	50%	0.35
8	I35FM60NS4	4%	60%	0.35
9	I35FM60NS7	7%	60%	0.35
10	I35FM60NS10	10%	60%	0.35

กลุ่มที่ 3 ศึกษาผลกำลังอัดของคอนกรีตควบคุม และ คอนกรีตที่ผสมด้วย (Fly ash) ในปริมาณ สูง และการใช้ (Nano-SiO_2) เปรียบเทียบตัวอย่างตารางที่ 3.6โดยการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ อายุ 1 3 7 และ 28 วัน