
DETERMINING APPROPRIATE COMPOSITION IN PRECAST
CONCRETE PIPE MANUFACTURING BY DESIGN OF EXPERIMENT

การหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตท่อคอนกรีตโดย วิธีออกแบบการทดลอง

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อนิรุท ไชยจารุณิช

โครงการที่ 825/2562



ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการแข่งขันทางการตลาดและอุตสาหกรรมมีการแข่งขันที่สูงขึ้นเนื่องจากมีผู้ประกอบการหรือบริษัทที่เกิดขึ้นใหม่เป็นจำนวนมาก ผู้ประกอบการที่อยู่ในอุตสาหกรรมจึงต้องหาวิธีเพื่อให้อยู่รอดและเป็นผู้นำในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ตนอยู่ได้อย่างยั่งยืน โดยจากการศึกษาข้อมูลพบว่าประเภทสินค้าที่มีการแข่งขันสูงในอุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้างคือท่อคอนกรีต ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นช่องทางในการพัฒนาคุณภาพและวิธีการลดต้นทุนในการผลิตท่อคอนกรีต เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตมีคุณภาพตามมาตรฐานในต้นทุนที่ถูกกว่าคู่แข่ง โดยการทำการศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตท่อคอนกรีตโดยการวิเคราะห์จากปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของท่อคอนกรีตตามทฤษฎีการออกแบบการทดลอง

วัตถุประสงค์

เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตท่อคอนกรีตด้วยวิธีการ
ออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อให้ได้
ผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตที่มีความแข็งแรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 128-2549



สถานที่ศึกษา

บริษัท กรัฟฟ์แสงดาว จำกัด เลขที่ 256 หมู่ 3 ตำบลดูใต้
อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ผลิตและจัดจำหน่าย
ผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป อาทิ เสาไฟฟ้า ท่อคอนกรีต
แผ่นพื้นสำเร็จ เสาเข็ม เสารั้ว และคอนกรีตผสมเสร็จ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของคอนกรีต อัตราส่วนผสม และระยะเวลาในการแข็งตัว
- 2 การออกแบบการทดลองโดยเลือกตัวแปรควบคุมในการผลิตก่อคอนกรีต
- 3 ทำการขึ้นรูปแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์
- 4 ทดสอบแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์เพื่อให้ทราบค่าความต้านแรงอัดสูงสุด
- 5 วิเคราะห์ผลการทดลองด้วย Anova Analysis เพื่อหาตัวแปรสำคัญ
- 6 ทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองของแต่ละส่วนผสม
- 7 นำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดไปทำการผลิตก่อคอนกรีต
- 8 ทำการทดสอบก่อคอนกรีตเพื่อหาค่าความต้านแรงอัดสูงสุด
- 9 สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่มนำเสนอ

การศึกษาและเก็บข้อมูล

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลทั่วไป
ของคอนกรีต และคุณสมบัติของ
วัสดุที่จะสามารถนำมาประยุกต์
ใช้ได้ จึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่า
ปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อ
คุณภาพของคอนกรีตประกอบ
ด้วยปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่
ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ต
แลนด์ ขนาดของหิน และปริมาณ
ของเถ้าลอย



ประเภทของปูนซีเมนต์
ประเภทที่ 1 (ปูนแดง)
ประเภทที่ 3 (ปูนดำ)



ขนาดของหิน
ขนาด 3/4 นิ้ว
ขนาด 3/8 นิ้ว



อัตราส่วนเถ้าลอยที่
ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์
ร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก
ร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก

กำหนดระดับของปัจจัยแต่ละประเภท

ทำการกำหนดระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความแข็งของคอนกรีตโดยแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ สูงและต่ำ เพื่อที่จะนำข้อมูลไปทำการออกแบบการทดลองม ดังตาราง 1

ตาราง 1 ระดับของปัจจัยแต่ละประเภท

ปัจจัย	ระดับปัจจัย		หน่วย
	ต่ำ (-1)	สูง (+1)	
ขนาดหินม่	3/4	3/8	นิ้ว
ชนิดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	แดง	ดำ	
อัตราส่วนเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์	35	70	ร้อยละ

การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล

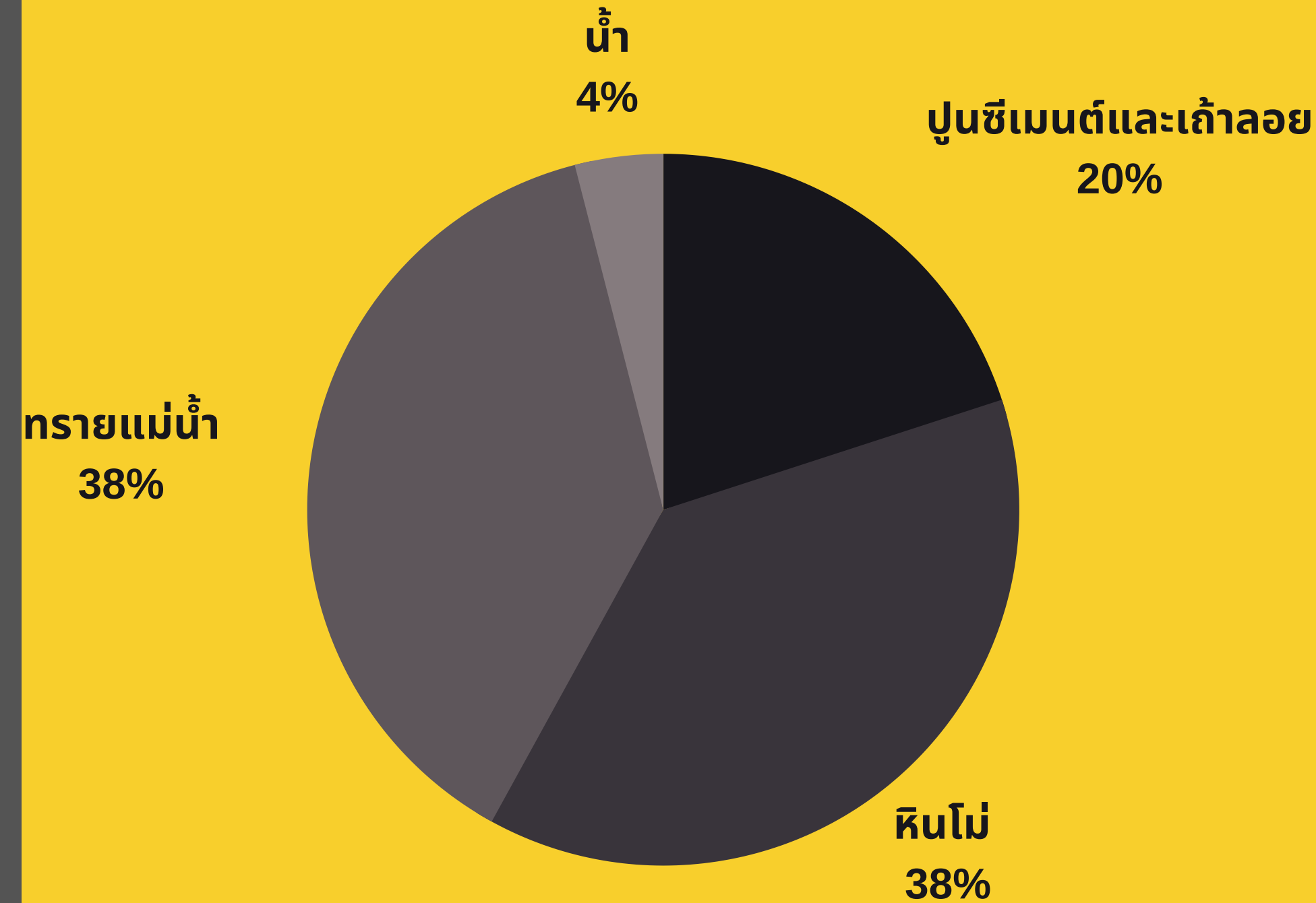
ทำการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยทำการพิจารณาปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยสามารถปรับเปลี่ยนได้ 2 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง (+) และระดับต่ำ (-) ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง รวมเป็นทั้งหมด 16 การทดลอง แล้วนำไปทำการสุ่มลำดับการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab จนได้ลำดับการทดลองดังภาพ

Design Table (randomized)

Run	Blk	A	B	C
1	1	+	-	+
2	1	+	+	-
3	1	+	+	+
4	1	-	-	-
5	1	-	+	-
6	1	-	+	-
7	1	+	+	+
8	1	+	-	-
9	1	+	-	+
10	1	+	+	-
11	1	-	+	+
12	1	-	-	+
13	1	-	-	-
14	1	-	+	+
15	1	+	-	-
16	1	-	-	+

การขึ้นรูปแท่งคอนกรีต

ทำการขึ้นรูปแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ ที่มีความยาวด้านละ 150 มิลลิเมตร จำนวนการทดลองละ 5 ชิ้น โดยจะทำการขึ้นรูปตามลำดับการทดลองที่แสดงในสไลด์ก่อนหน้านี้ และจะใช้อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของวัสดุแต่ละประเภท ดังนี้



ขั้นตอนในการขึ้นรูปแท่งคอนกรีต



1.เตรียมวัตถุดิบ

ทำการเตรียมวัตถุดิบที่ต้องการใช้
ให้อยู่ใกล้บริเวณที่ทำการทดลอง
เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน



2.ชั่งตวงวัตถุดิบ

ทำการชั่งตวงวัตถุดิบให้ได้
ตามส่วนผสมและอัตราส่วน
ของแต่ละการทดลอง



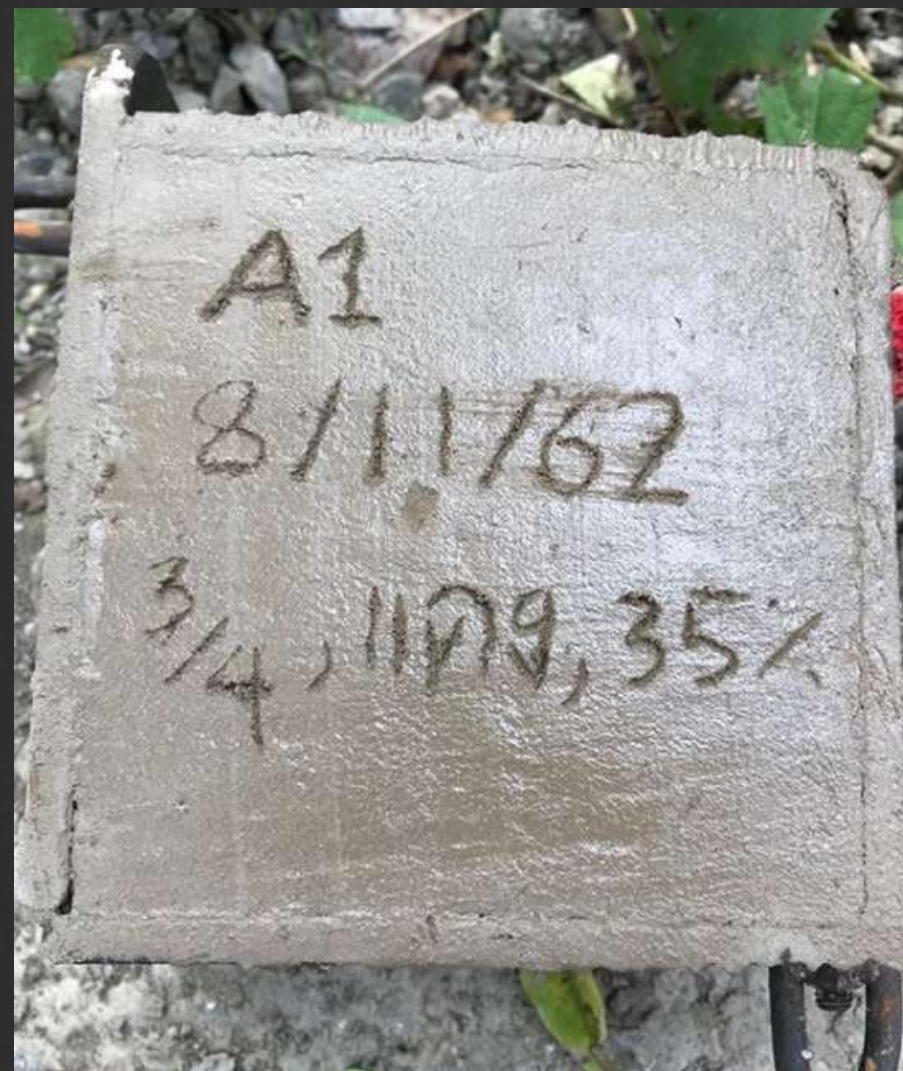
3.ผสมให้เข้ากัน

ผสมเนื้อคอนกรีตให้เข้ากัน
โดยใช้เครื่องผสมคอนกรีต

ขั้นตอนในการขึ้นรูปแท่งคอนกรีต (ต่อ)



4. ใส่คอนกรีตลงในแม่พิมพ์
แม่พิมพ์
ใส่เนื้อคอนกรีตที่ลงในแม่พิมพ์ที่วางอยู่บนเครื่องเขย่าจนเต็ม



5. ตกแต่งผิวชิ้นงาน
ปาดผิวชิ้นงานให้เรียบและ
เสมอกับขอบแม่พิมพ์ แล้ว
ทำการเขียนรหัสของชิ้นงาน
แต่ละชิ้น



6. แคะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์
แม่พิมพ์
แคะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์เมื่อ
คอนกรีตมีอายุครบ 24 ชั่วโมง

การทดสอบแท่งคอนกรีต



หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการขึ้นรูปแท่งคอนกรีตแล้วแท่งคอนกรีตจะถูกนำไปเก็บไว้ภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกันทั้งหมดจนกระทั่งมีอายุครบ 28 วัน จึงจะสามารถนำมาทำการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านแรงอัดสูงสุด โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูงสุด 1,500 นิวตัน

ขั้นตอนการทดสอบแท่งคอนกรีต



STAGE 2

เริ่มให้แรงกดกับแท่ง
คอนกรีตโดยเพิ่มแรง
กดในอัตราที่คงที่



STAGE 4

จดบันทึกผล และ
บันทึกภาพรอยแตก

STAGE 1

วางชิ้นงานให้อยู่
ตรงจุดกึ่งกลางของ
แท่นกด



STAGE 3

สังเกตแนวโน้มและ
การเปลี่ยนแปลง
ของค่าบนมาตรวัด



การวิเคราะห์ข้อมูล จากการทดลอง

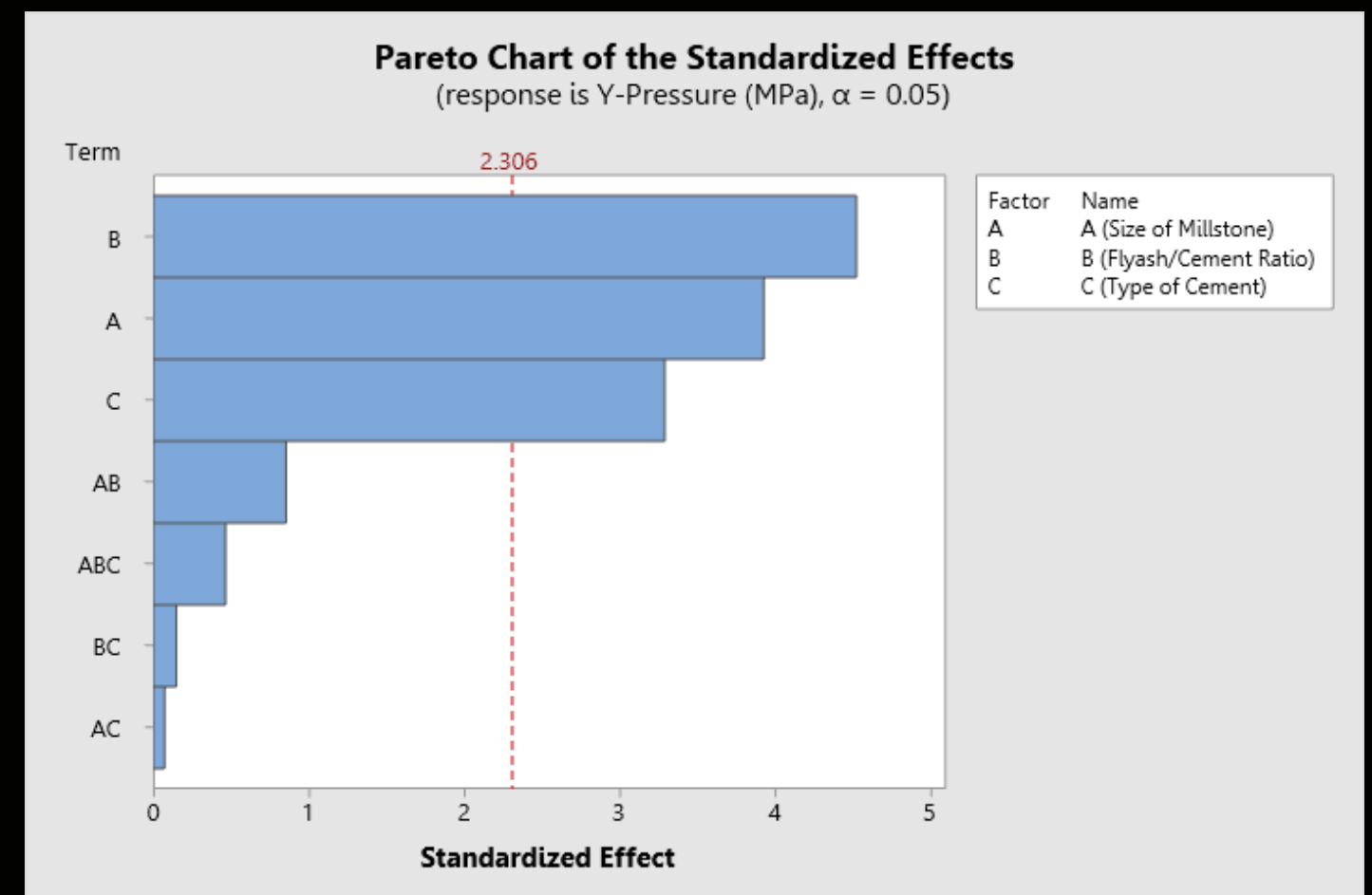
ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง เพื่อหาว่าปัจจัยใดส่งผลต่อค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต โดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแทป (Minitab) ใช้การวิเคราะห์แบบ Full Factorial ที่มีปัจจัย 3 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ ระดับสูง (+) และระดับต่ำ (-) ที่มีค่าเฉลี่ยของผลการทดลองที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ ดังตาราง

StdOrder	RunOrder	A (Size of Millstone)	B (Flyash/Cement Ratio)	C (Type of Cement)	X-Pressure (kN)	Y-Pressure (MPa)
14	1	3/8 inch (+1)	35 % (-1)	Black (+1)	1096	48.71
12	2	3/8 inch (+1)	70 % (+1)	Red (-1)	888	39.47
16	3	3/8 inch (+1)	70 % (+1)	Black (+1)	964	42.84
9	4	3/4 inch (-1)	35 % (-1)	Red (-1)	958	42.58
11	5	3/4 inch (-1)	70 % (+1)	Red (-1)	716	31.82
3	6	3/4 inch (-1)	70 % (+1)	Red (-1)	824	36.62
8	7	3/8 inch (+1)	70 % (+1)	Black (+1)	1018	45.24
2	8	3/8 inch (+1)	35 % (-1)	Red (-1)	1066	47.38
6	9	3/8 inch (+1)	35 % (-1)	Black (+1)	1100	48.89
4	10	3/8 inch (+1)	70 % (+1)	Red (-1)	938	41.69
15	11	3/4 inch (-1)	70 % (+1)	Black (+1)	838	37.24
13	12	3/4 inch (-1)	35 % (-1)	Black (+1)	1038	46.13
1	13	3/4 inch (-1)	35 % (-1)	Red (-1)	904	40.18
7	14	3/4 inch (-1)	70 % (+1)	Black (+1)	916	40.71
10	15	3/8 inch (+1)	35 % (-1)	Red (-1)	940	41.78
5	16	3/4 inch (-1)	35 % (-1)	Black (+1)	972	43.2

การวิเคราะห์แบบ Full Factorial

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมมินิแทป จะเห็นได้ว่า ปัจจัยทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ขนาดของหินม่ (A) อัตราส่วนของเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ (B) และประเภทของปูนซีเมนต์ (C) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความแข็งของแท่งคอนกรีตอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากทั้ง 3 ปัจจัยนี้มีค่า P-value ที่ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แต่ไม่มีอันตรกิริยาใดเลยที่ส่งผลต่อค่าความแข็งของแท่งคอนกรีต

Source	F-Value	P-Value
Model	6.80	0.007
Linear	15.53	0.001
A (Size of Millstone)	15.38	0.004
B (Flyash/Cement Ratio)	20.41	0.002
C (Type of Cement)	10.80	0.011
2-Way Interactions	0.25	0.857
A (Size of Millstone)*B (Flyash/Cement Ratio)	0.73	0.417
A (Size of Millstone)*C (Type of Cement)	0.01	0.942
B (Flyash/Cement Ratio)*C (Type of Cement)	0.02	0.886
3-Way Interactions	0.22	0.653
A (Size of Millstone)*B (Flyash/Cement Ratio)*C (Type of Cement)	0.22	0.653
Error		
Total		



ขั้นตอนการลดรูปแบบจำลอง

ทำการลดรูปแบบจำลองโดยการตัดปัจจัยที่ไม่มีนัยสำคัญออก ทำการวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยที่มีนัยสำคัญ จะทำให้ได้แบบจำลองใหม่ ดังสมการ

$$\hat{y} = 42.155 + 2.345 X_A - 2.701 X_B + 1.965 X_C$$

โดย $\hat{y}$ = ผลตอบที่แปลงค่าจากการทดสอบแรงกด (MPa)

X = ตัวแปรของปัจจัยที่สามารถปรับค่าสูง-ต่ำได้ (-1 , +1)

การตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง

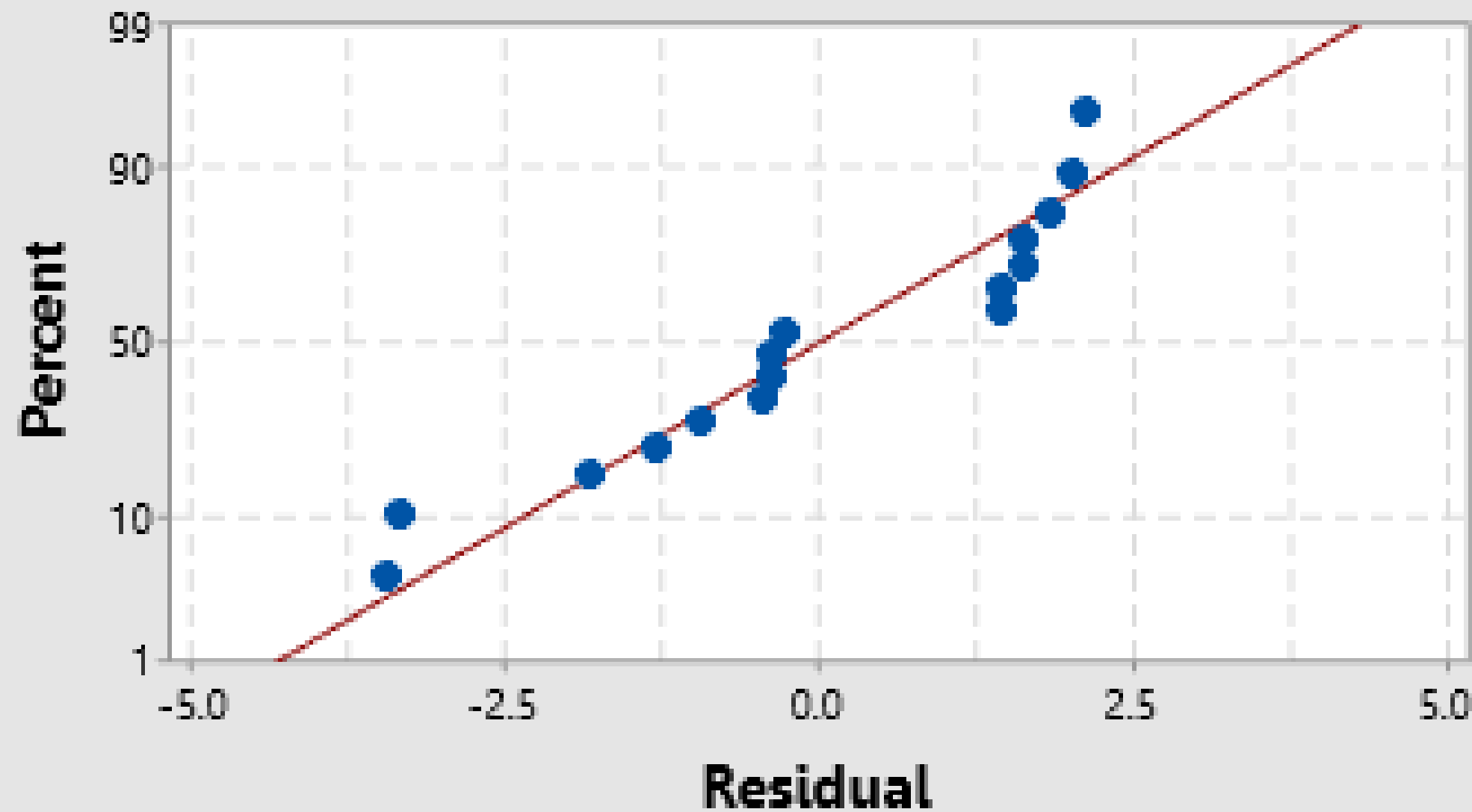
จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่า R-square มีค่าเท่ากับ 83.85 % และค่า Adjust R-square มีค่าเท่ากับ 79.81 % ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ 80 % และ มีค่า Lack of Fit ที่ 0.905 ซึ่งมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ทำการลดรูปนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	266.512	88.837	20.77	0.000
Linear	3	266.512	88.837	20.77	0.000
A	1	87.984	87.984	20.57	0.001
B	1	116.748	116.748	27.29	0.000
C	1	61.780	61.780	14.44	0.003
Error	12	51.337	4.278		
Lack of Fit	4	5.584	1.396	0.24	0.905
Pure Error	8	45.753	5.719		
Total	15	317.849			

S	R-Square	R-Square (Adjust)	R-Square (Pred)
2.06835	83.85 %	79.81 %	71.29 %

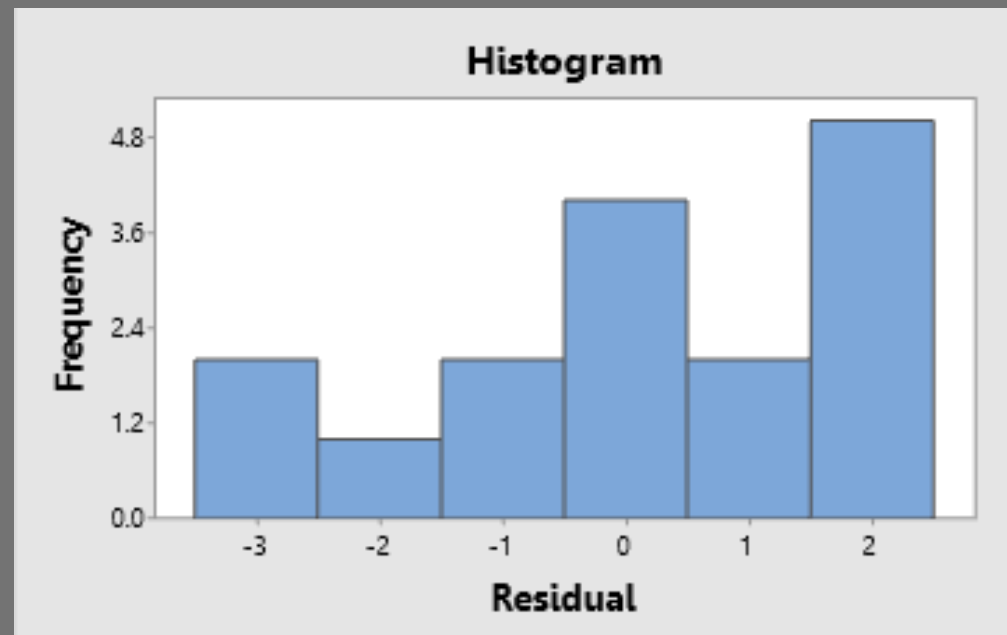
การวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ส่งผลต่อ ค่าความต้านแรงอัด

Normal Probability Plot

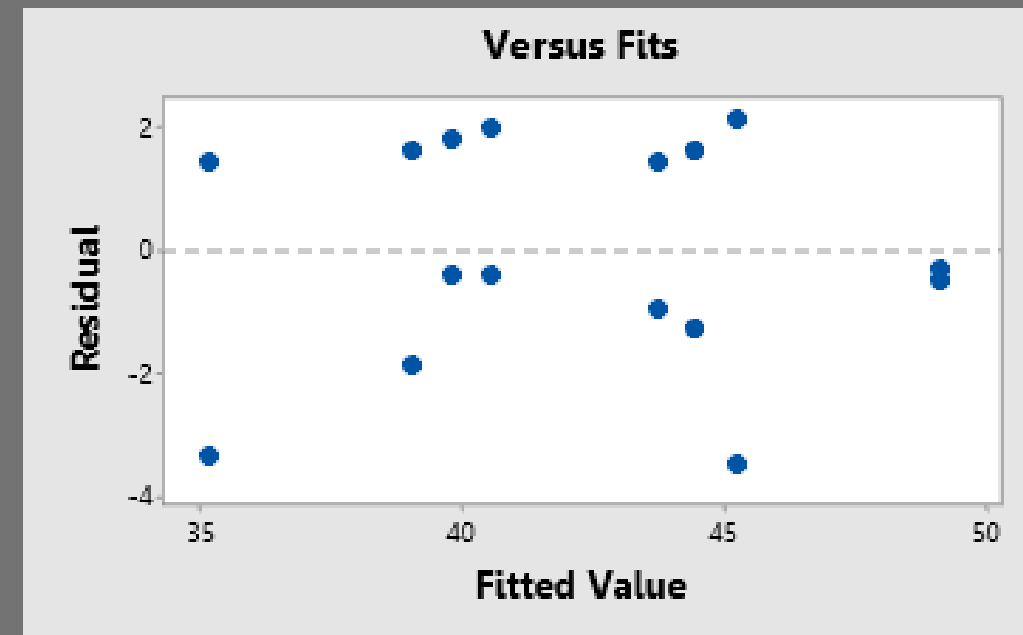


Normal Probability Plot แสดงการกระจายตัวของกราฟแบบปกติ เนื่องจากกลุ่มของข้อมูลมีการกระจายตัวใกล้เคียงกัน จึงสามารถอธิบายได้ว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีความเพียงพอในระดับหนึ่ง แต่ควรทำการทดลองซ้ำ เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

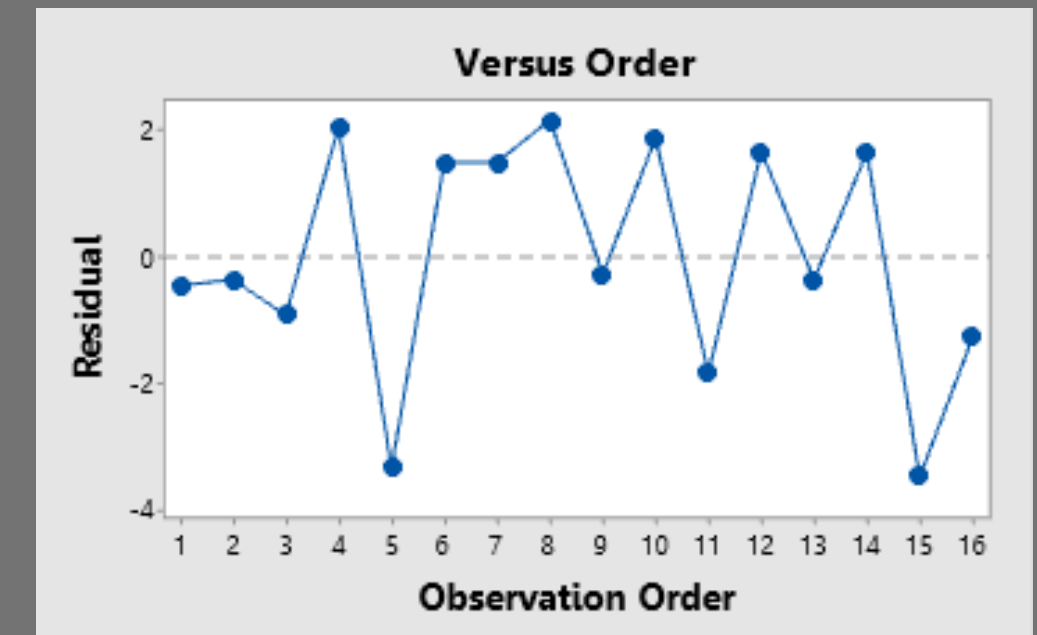
การวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ส่งผลต่อ ค่าความต้านแรงอัด



Histogram of the Residuals
แสดงการกระจายตัวของส่วนตกค้าง
แบบไม่มีรูปแบบ จึงสามารถอธิบายได้
ว่า ค่าความแปรปรวนของความคลาด
เคลื่อนคงที่

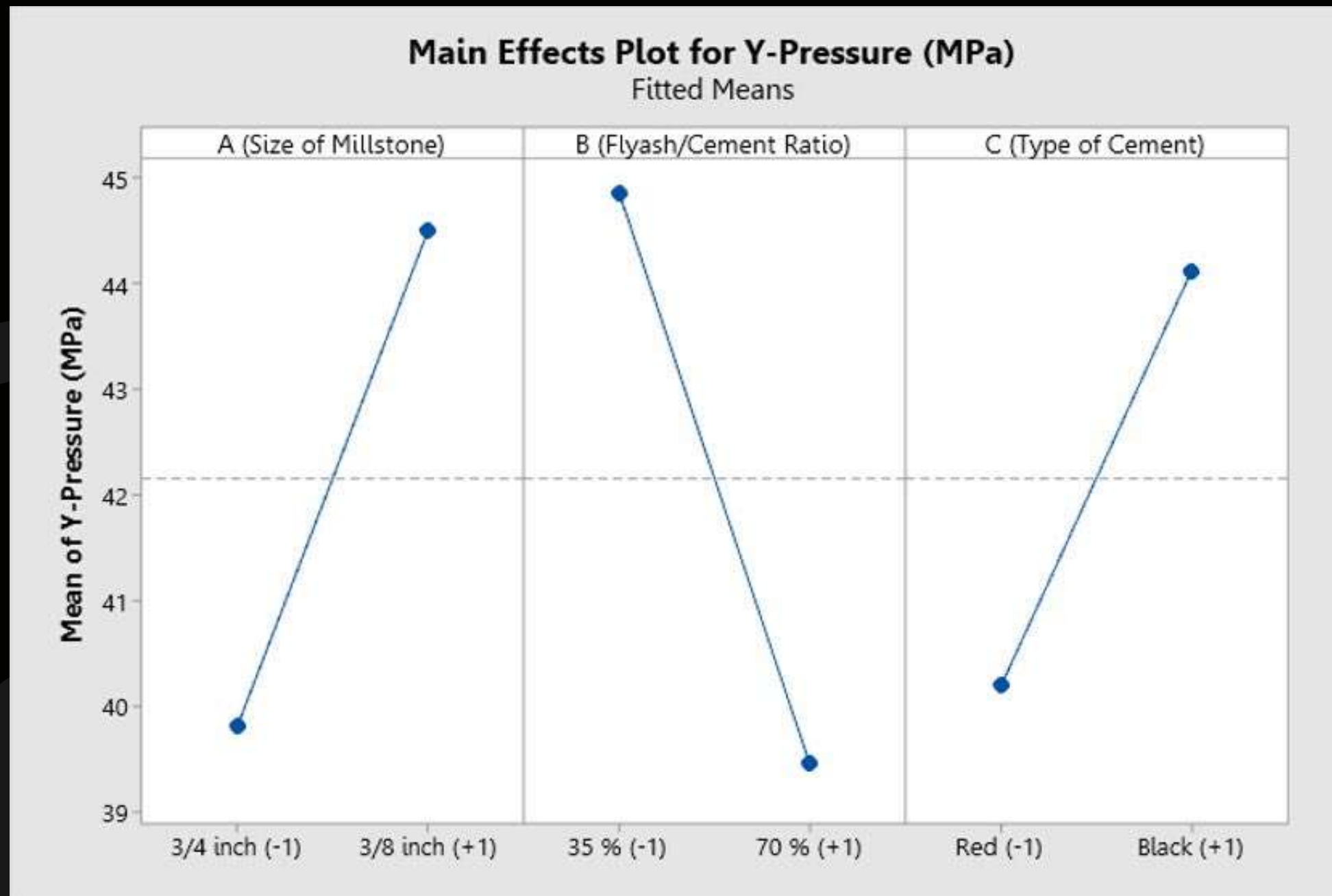


Residuals versus Fitted Value
แสดงความแปรปรวนของข้อมูลที่ไม่มี
แนวโน้ม หรือไม่สามารถคาดเดาได้ จึง
สรุปได้ว่าระดับของปัจจัยมีการกระจาย
ตัวแบบอิสระไม่ขึ้นอยู่กับค่าที่ถูก
ทำนาย

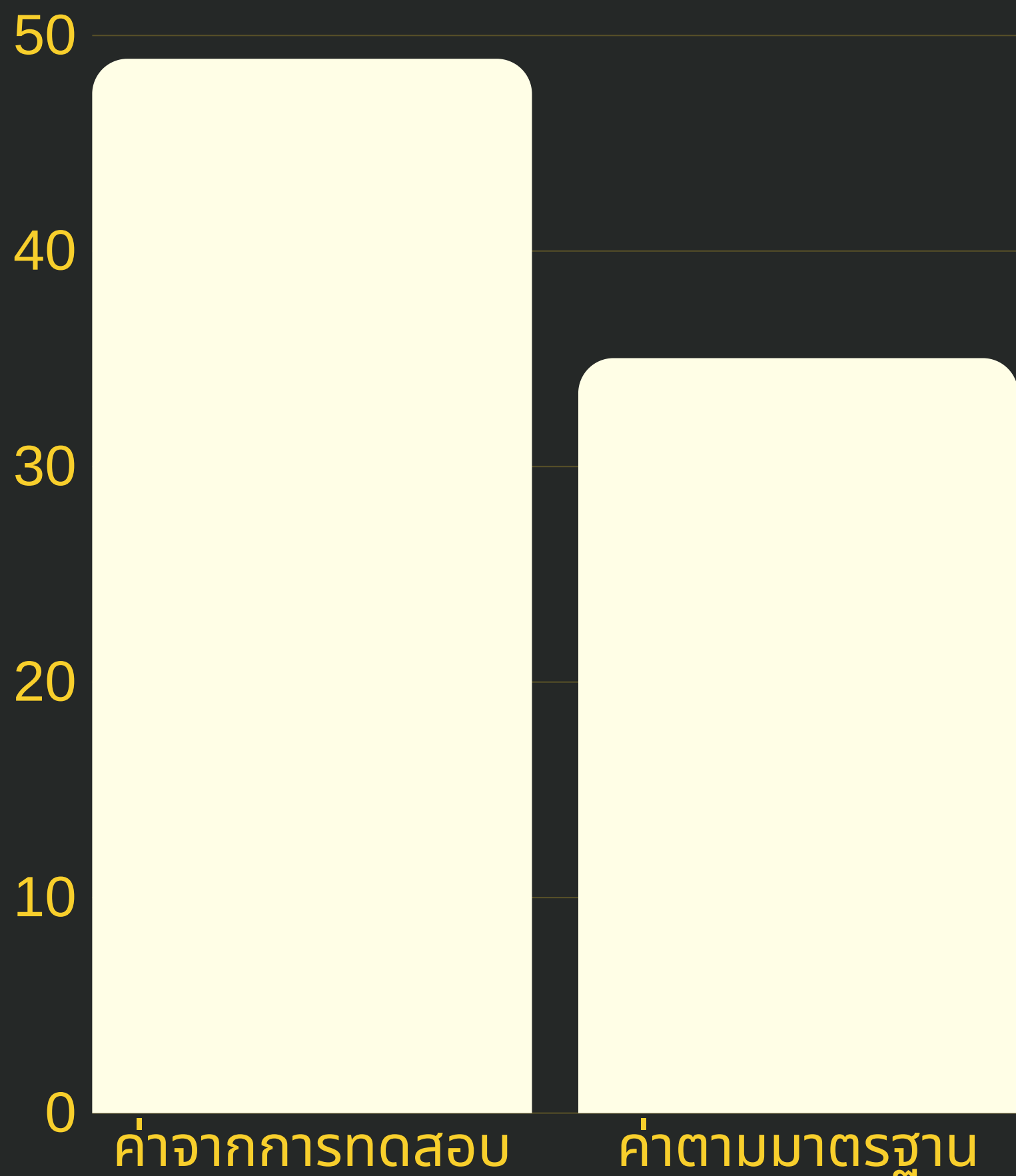


Residuals versus Order
จากกราฟจะเห็นได้ว่าไม่มีแนวโน้มหรือ
รูปแบบที่สามารถคาดเดาได้

การเลือกระดับของปัจจัยแต่ละประเภท



จากกราฟ Main Effects Plot แสดงให้เห็นถึงระดับของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีต โดยในการทดลองครั้งนี้ต้องการค่าผลตอบที่ดีที่สุด จึงสามารถเลือกระดับของปัจจัยและประเภทดังนี้ ขนาดของหินม่ที่ระดับสูง (3/8 นิ้ว) ร้อยละเถ้าลอยแทนี่ปูนซีเมนต์ที่ระดับต่ำ (35%) และประเภทปูนซีเมนต์ที่ระดับสูง (ปูนดำ)



การเปรียบเทียบผลการ ทดลองกับมาตรฐาน

ทำการเปรียบเทียบค่าจากการทดสอบของ
อัตราส่วนที่ดีที่สุด กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม (มอก. 128-2549) จากแผนภูมิ
จะเห็นได้ว่าค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยของแท่ง
คอนกรีตมีค่าเท่ากับ **48.89 MPa** ซึ่งมีค่า
มากกว่าที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ว่าต้องมีค่า
ความต้านแรงอัดไม่ต่ำกว่า **35 MPa** จึง
สามารถสรุปได้ว่าส่วนผสมที่ได้จากการวิเคราะห์
แบบจำลองนี้ผ่านมาตรฐาน และสามารถนำส่วน
ผสมนี้ไปทำการผลิตต่อคอนกรีตต่อไปได้

การผลิตท่อคอนกรีต

หลังจากที่ได้ส่วนผสมที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์แบบจำลองแล้วจะนำส่วนผสมดังกล่าวนี้มาทำการผลิตท่อคอนกรีต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร



ขั้นตอนการผลิตท่อคอนกรีต



1.กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ



2.กระบวนการซึ่งตวงวัตถุดิบ



3.กระบวนการลำเลียง
วัตถุดิบสู่แม่พิมพ์คอนกรีต

ขั้นตอนการผลิตท่อคอนกรีต



4.กระบวนการคลุกเคล้า
ส่วนผสมให้เข้ากัน



5.กระบวนการลำเลียง
คอนกรีตสู่ถังพัก



6.กระบวนการอัดขึ้นรูป
ท่อคอนกรีต

ขั้นตอนการผลิตท่อคอนกรีต



7.กระบวนการขนย้ายท่อ
คอนกรีต



8.กระบวนการฝังท่อ
คอนกรีตให้แข็งตัว

กระบวนการทดสอบท่อคอนกรีต



หลังจากที่ท่อคอนกรีตมีอายุครบ 28 วันแล้ว จะนำท่อคอนกรีตมาทำการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านแรงอัดแตก และค่าความต้านแรงอัดสูงสุดที่ท่อคอนกรีตจะสามารถรับได้ โดยเครื่องทดสอบ แล้วนำค่าทดสอบที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 128-2549)



ขั้นตอนในการจัดเตรียม ก่อนการทดสอบ



1.ขนย้ายท่อคอนกรีตที่จะนำมา
ทำการทดสอบ



2.ตรวจเช็คสภาพของเครื่อง
ทดสอบเพื่อให้พร้อมสำหรับขั้นตอน
การทดสอบ



3.นำท่อคอนกรีตเข้าประจำตำแหน่ง
บนเครื่องทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของท่อคอนกรีต



1. ให้แรงกดบนพื้นผิวของท่อคอนกรีตในอัตราที่สม่ำเสมอ

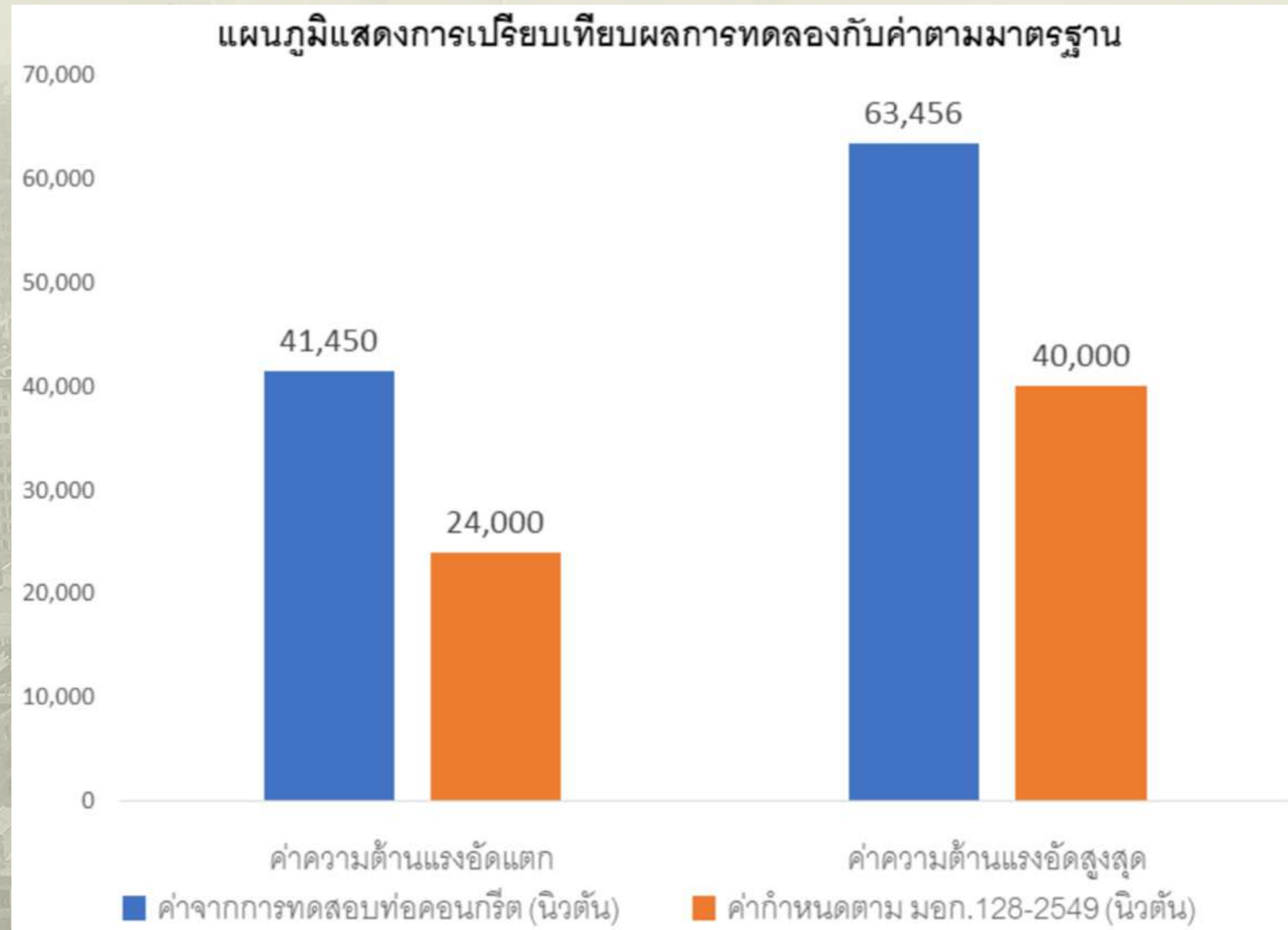


2. คอยสังเกตค่าที่แสดงบนหน้าปัดและจดบันทึกเป็นค่าความต้านแรงอัดแรก เมื่อชิ้นงานเริ่มเกิดรอยแตกบนผิว



3. ให้แรงต่อจนกระทั่งเข็มที่แสดงบนหน้าปัดเริ่มมีแนวโน้มลดลงและทำการจดบันทึกเป็นค่าความต้านแรงอัดสูงสุด

การเปรียบเทียบผลการทดลองกับมาตรฐาน

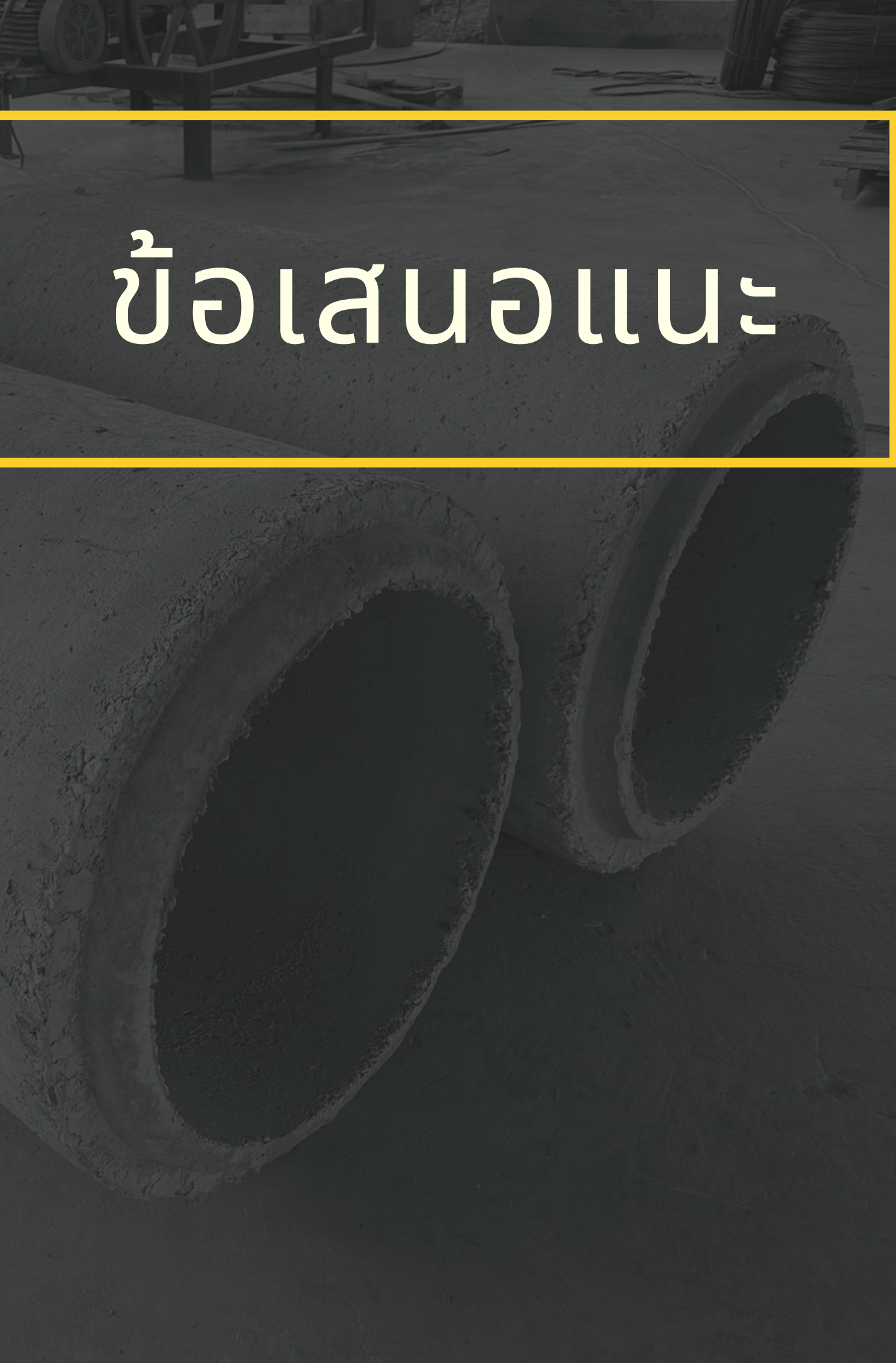


จากการทดสอบท่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร ที่ผลิตขึ้นตามส่วนผสมที่ดีที่สุดจากแบบจำลอง สามารถยืนยันผลของการทดลองได้ เนื่องจาก ค่าความต้านแรงอัดแตกของท่อคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 41,450 นิวตัน ซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่า 24,000 นิวตัน ตามที่ มอก. 128-2549 ได้กำหนดไว้ และ ค่าความต้านแรงอัดสูงสุดของท่อคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 63,456 นิวตัน ซึ่งก็เป็นค่าที่สูงกว่า 40,000 นิวตัน ตามค่าที่ มอก.128-2549 ได้กำหนดไว้ จึงสรุปได้ว่า การทดลองยืนยันผลการวิเคราะห์ ได้ผลการทดลองที่ผ่านตามเงื่อนไขของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 128-2549) จริง

สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของท่อคอนกรีตและนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตท่อคอนกรีตแล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปทำการผลิตท่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร แล้วนำมาทดสอบ พบว่า ท่อคอนกรีตที่นำมาทดสอบมีค่าความต้านแรงอัดแตกและค่าความต้านแรงอัดสูงสุดผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 128-2549) และสามารถนำส่วนผสมที่ได้นี้ไปทำการผลิตท่อคอนกรีตขนาด 400 มิลลิเมตรได้จริง





ข้อเสนอแนะ

- ▲ การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตท่อคอนกรีต เป็นการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตท่อคอนกรีต ทำให้พารามิเตอร์ที่ได้มาอาจจะไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์คอนกรีตประเภทอื่น จึงควรทำการทดลองที่มีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษาประเภทอื่นเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมต่อไป
- ▲ ส่วนผสมที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ เป็นส่วนผสมที่มีต้นทุนด้านวัตถุดิบสูงที่สุดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ จึงอยากเสนอว่า ควรเลือกส่วนผสมที่มีค่าผลตอบแทนผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ต้นทุนด้านวัตถุดิบและการผลิตที่ต่ำที่สุด จึงจะสามารถช่วยลดต้นทุนด้านการผลิตและวัตถุดิบได้

ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

แม่พิมพ์ของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ที่ใช้ในการทดลองที่มีขนาดไม่เท่ากันซึ่งส่งผลทำให้แท่งคอนกรีตแต่ละชิ้นมีค่าพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงอัดในการทดสอบมีค่าคลาดเคลื่อนและมีโอกาสส่งผลให้การทดลองเกิดความคลาดเคลื่อนได้



แนวทางการแก้ไขปัญหา

ควรใช้ค่าพื้นที่หน้าตัดของแท่งคอนกรีตที่ได้จากการวัดค่าจริงของชิ้นงานแต่ละชิ้นมาใช้ในการคำนวณ เพื่อให้ได้ค่าผลตอบที่เที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น และสามารถลดความคลาดเคลื่อนของการทดลองลงได้

คณะผู้จัดทำ



นายชิงเยี่ยม พัฒนศิษฏางกูร
รหัสนักศึกษา 570612064



นายณภัทร เกิดกล้า
รหัสนักศึกษา 590612054

Thank you