

## ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ผลทดลองทางสถิติ

### ข.1 การหาขนาดตัวอย่าง

ในการทดลองจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนวณหาขนาดตัวอย่าง (Sample Size;  $n$ ) ที่จะทำการเก็บผลเพื่อให้ได้ผลเป็นที่ยอมรับ และเชื่อถือได้ตามแบบของสถิติวิศวกรรม

การหาขนาดตัวอย่างทดลองกรณีการทดลองเมื่อปัจจัยคงที่

$$\Phi^2 = [(1 + 0.01P)^2 - 1]n$$

โดยที่

$\Phi$  = OC-Curve Parameter

$P$  = เปอร์เซนต์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เพิ่มจนทำให้ปฏิเสธสมมติฐาน

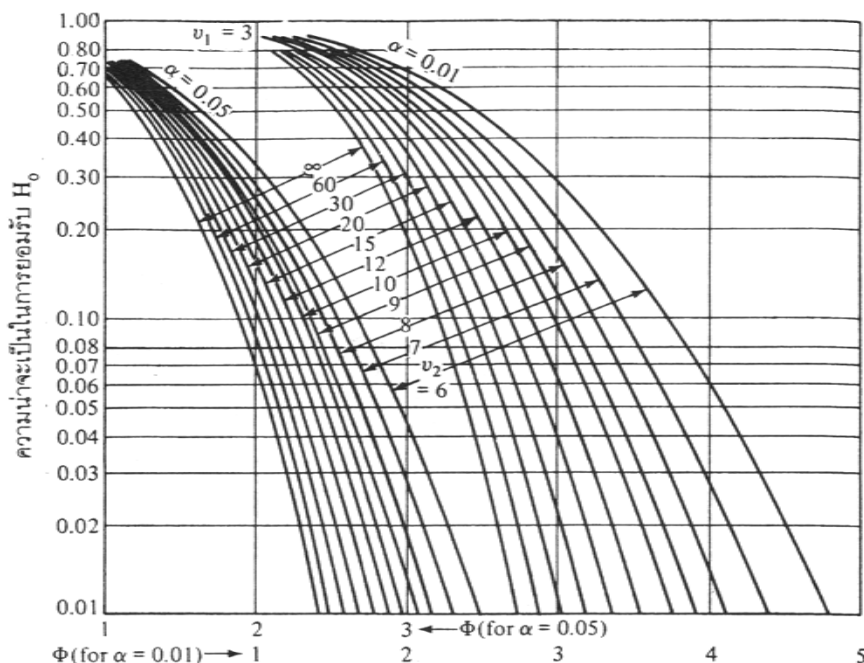
$a$  = จำนวนของปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง

กำหนดให้  $P = 20\%$ ,  $\alpha = 0.05$ ,  $\beta = 0.1$  เมื่อจำนวนของปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง ( $a$ ) = 4

$$v_1 = (a-1) = (4-1) = 3$$

$$v_2 = a(n-1) = (4)(3-1) = 8$$

นำค่าที่ได้ไปเปิดตารางในรูปที่ ข.1 จนกว่าจะได้  $n$  ที่ทำให้ได้ค่า  $\beta$  น้อยกว่า 0.1 ซึ่งถือว่าเป็น  $n$  ที่เหมาะสม



ภาพที่ ข.1 แสดงเส้นโค้งโอซี (O-C Curve) สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบอิทธิพลคงที่ เมื่อ  $v_1 = 3$

**ตารางที่ ข.1** การหาขนาดสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสม

n	$\Phi^2$	$\Phi$	$\beta$	$(1-\beta)$	$\nu_1$	$\nu_2$
3	3.36	1.83	0.350	0.650	3	8
4	4.5	2.12	0.130	0.870	3	12
5	5.63	2.37	0.080	0.920	3	16
6	6.75	2.59	0.015	0.985	3	20

จากการหาขนาดตัวอย่างในตารางที่ ข.1 ได้จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมในการเก็บผลการทดลองคือ 5 ตัวอย่าง ด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

**ข.2** วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติสำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SPCC (JIS)

ในการศึกษาถึงอิทธิพลของรัศมีบาคาย ว่ามีผลต่อแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกหรือไม่ สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SPCC (JIS) จะใช้กระบวนการทางสถิติวิเคราะห์ผลข้อมูลจากการทดลอง ด้วยระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ ข.2

**ตารางที่ ข.2** แรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SPCC (JIS) เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน

รัศมีบาคาย ( มม.)	แรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ( kN )					รวม	เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	$Y_i$	$\bar{Y}_i$
6	118.35	116.83	116.42	117.76	114.13	583.49	116.70
8	113.85	114.93	110.05	113.73	115.33	567.89	113.58
10	110.10	112.57	110.59	109.10	112.18	554.54	110.91
12	109.57	107.42	106.51	108.07	110.15	541.72	108.34
					ผลรวม	2,247.64	112.38

การวิเคราะห์อิทธิพลของรัศมีบาคายมีผลต่อแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบมีปีกหรือไม่ จะอาศัยหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือการคำนวณค่าผลรวมกำลังสองทั้งหมดเพื่อแตกออกเป็นผลรวมกำลังสองของระดับปัจจัย และกำลังสองของความคลาดเคลื่อนได้จากสมการ

$$\begin{aligned}
SS_T &= \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 Y_{ij}^2 - \left( \frac{Y_{..}^2}{an} \right) \\
&= 118.35^2 + 116.83^2 + \dots + 108.07^2 + 110.15^2 - \frac{(118.35 + 116.83 + \dots + 108.07 + 110.15)^2}{4 \times 5} \\
&= 252,832.41 - \frac{(2,247.64)^2}{20} \\
&= 238.13
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS_{tr} &= \sum_{i=1}^4 \frac{Y_{i.}^2}{n} - \left( \frac{Y_{..}^2}{an} \right) \\
&= \frac{583.49^2 + 567.89^2 + 554.54^2 + 541.72^2}{5} - \frac{(583.49 + 567.89 + 554.54 + 541.72)^2}{4 \times 5} \\
&= \frac{1,263,934.80}{5} - \frac{(2,247.64)^2}{20} \\
&= 192.68
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SS_E &= SS_T - SS_{tr} \\
&= 238.13 - 192.68 \\
&= 45.45
\end{aligned}$$

ตารางที่ ข.3 ANOVA สำหรับข้อมูลในตารางที่ ข.2

แหล่งความผันแปร	Sum of Square (SS)	Degree of Freedom (DF)	Mean Square (Ms)	$F_0$
รัศมีป่าดอย	$SS_{tr} = 192.68$	$a-1 = 3$	$Ms(tr) = \frac{SS_{tr}}{a-1} = 64.22$	$\frac{Ms(tr)}{Ms(E)}$
Repeatability	$SS_E = 45.45$	$a(n-1) = 16$	$Ms(E) = \frac{SS_E}{a(n-1)} = 2.84$	$= 22.61$
รวม	$SS_T = 238.13$	19		

ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถเปิดตาราง f จากตารางที่ ค.1  $F_{0.05;3;16} = 3.24$  เนื่องจาก ค่า  $F_0$  จากตารางเท่ากับ 22.61 ซึ่งมีค่ามากกว่า  $F_{0.05;3;16} = 3.24$

∴ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขนาดของรัศมีป่าคายมีผลต่อแรงสูงสุดที่ใช้การลากขึ้นรูปด้วยสื่เหล็กมจัตุรัสของเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SPCC (JIS) จริง

### ข.3 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติสำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด SAPH 440 (JIS)

ในการศึกษาถึงอิทธิพลของรัศมีป่าคาย ว่ามีผลต่อแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปด้วยสื่เหล็กมจัตุรัสแบบมีปีกหรือไม่ ใช้หลักการเดียวกันกับการวิเคราะห์อิทธิพลของรัศมีป่าคายต่อแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปด้วยสื่เหล็กมจัตุรัสแบบมีปีกเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด SPCC (JIS) ดังแสดงตามตารางที่ ข.4

ตารางที่ ข.4 แรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด SAPH 440 (JIS)

เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน

รัศมีป่าคาย ( มม.)	แรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ( kN )					รวม	เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	$Y_i$	$\bar{Y}_i$
6	178.84	177.22	178.17	175.44	176.35	886.02	177.20
8	172.18	173.22	175.54	174.16	173.41	868.51	173.70
10	168.61	170.46	170.81	169.54	172.29	851.71	170.34
12	167.66	166.93	170.84	167.58	168.53	841.54	168.31
					ผลรวม	3,447.78	172.40

$$\begin{aligned}
 SS_T &= \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 Y_{ij}^2 - \left( \frac{Y_{..}^2}{an} \right) \\
 &= 178.84^2 + 177.22^2 + \dots + 167.58^2 + 168.53^2 - \frac{(178.84 + 177.22 + \dots + 167.58 + 168.53)^2}{4 \times 5} \\
 &= 594,618.76 - \frac{(3,447.78)^2}{20} \\
 &= 259.41
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_r &= \sum_{i=1}^4 \frac{Y_i^2}{n} - \left( \frac{Y_{..}^2}{an} \right) \\
 &= \frac{886.02^2 + 868.51^2 + 851.71^2 + 841.54^2}{5} - \frac{(886.02 + 868.51 + 851.71 + 841.54)^2}{4 \times 5} \\
 &= \frac{2,972,940.56}{5} - \frac{(3,447.78)^2}{20} \\
 &= 228.76
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_E &= SS_T - SS_{tr} \\
 &= 259.41 - 228.76 \\
 &= 30.65
 \end{aligned}$$

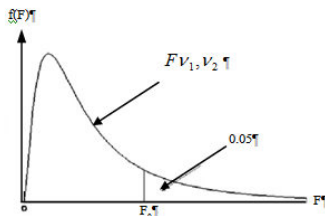
ตารางที่ ข.5 ตาราง ANOVA สำหรับข้อมูลในตารางที่ ข.4

แหล่งความผันแปร	Sum of Square (SS)	Degree of Freedom (DF)	Mean Square (Ms)	$F_0$
รัศมีป่าดาย	$SS_{tr} = 228.76$	$a-1 = 3$	$Ms(tr) = \frac{SS_{tr}}{a-1} = 76.25$	$\frac{Ms(tr)}{Ms(E)}$
Repeatability	$SS_E = 30.65$	$a(n-1) = 16$	$Ms(E) = \frac{SS_E}{a(n-1)} = 1.91$	$= 39.92$
รวม	$SS_T = 259.41$	19		

ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถเปิดตาราง f จากตารางที่ ค.1  $F_{0.05;3;16} = 3.24$   
 เนื่องจาก ค่า  $F_0$  จากตารางเท่ากับ 39.92 ซึ่งมีค่ามากกว่า  $F_{0.05;3;16} = 3.24$

∴ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขนาดของรัศมีป่าดายมีผลต่อแรงสูงสุดที่ใช้การลากขึ้นรูปด้วยสี่เหลี่ยมจัตุรัสของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด SAPH 440 (JIS) จริง

ตารางที่ ข.6 ค่าของ F ภายใต้ค่าความน่าจะเป็น  $\alpha = 0.05$  ที่มากกว่าค่าที่กำหนด



$V_1 \backslash V_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	243.91	245.95	248.01	249.05	250.10	251.14	252.20	253.25	254.31
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00