

เอกสารอ้างอิง

1. Boresi,A.P., and Sidebottom,O.M. Advanced Mechanics of Materials. 4 th ed. New York: John Wiley and Sons, 1985.
2. Bancha Kongtragool Bending Beyond the Elastic Limit of the Notched Beams. Master's Thesis , Department of Mechanical Engineering , Graduate School , Chulalongkorn University , 1982.
3. Beedle,L.S. Plastic Design of Steel Frames. New York : John Wiley and Sons, 1966.
4. Beedle,L.S. Structural Steel Design. New York : The Ronald Press, 1964.
5. Byars,E.F., and Snyder,R.D. Engineering Mechanics of Deformable Bodies. Scranton , Pennsylvania : International Textbook Co., 1963.
6. Callading,C.R. Engineering Plasticity. Oxford : Pergamon Press, 1969.
7. Chakrabarty,J. Theory of Plasticity. New York: McGraw-Hill Book Co., 1987.
8. Crandall,S.H.,Dahl,N.C.,and Lardner,T.J. An Introduction to the Mechanics of Solids. 2 nd ed. with SI Units. New York : McGraw-Hill Book Co., 1978.
9. Durelli,A.J. Applied Stress Analysis. Englewood Cliffs , N.J. : Prentice-Hall, 1967.
10. Faires,V.M. Design of Machine Element. 4 th ed. New York: The Macmillan Co., 1965.
11. Ferguson,G.A. Statistical Analysis in Psychology and Education. 5 th ed. Tokyo: Kogakusha, 1981.

12. Ford, H., and Alexander, J.M. Advanced Mechanics of Materials.
London: Longman, 1963.
13. Haber, A., and Runyon, R.P. General Statistics. 2 nd ed.
London: Addison-Wesley, 1973.
14. Higdon, A., Ohlsen, E.H., Stiles, W.B., Weese, J.A., and Riley, W.F.
Mechanics of Materials. 3 rd ed. SI Version. New
York: John Wiley and Sons, 1978.
15. Hoffman, O., and Sachs, G. Introduction to the Theory of
Plasticity for engineers. New York : McGraw-Hill
Book Co., 1953.
16. International Organization For Standardization , ISO
Recommendation R 6892 , Metallic Materials - Tensile
Testing. 1 st ed. 1984.
17. JIS Handbook 1982 , Ferrous Materials and Metallurgy.
Japanese Standards Association , 1982.
18. Johnson, W., and Mellor, P.B. Engineering Plasticity. New York:
Van Nostrand Reinhold Co., 1973.
19. Kachanov, L.M. Fundamentals of the Theory of Plasticity.
Translated by M.Konyaeva. Moscow : Mir Publishers,
1974.
20. Macgregor, C.W. "The yield point of mild steel". Transactions
of of the American Society of Mechanical Engineers
Journal of Engineering for Applied Mechanics. Vol.53
(1931) : P.187-200.
21. Peterson, R.E. Stress Concentration Design Factors. 2 nd ed.
New York: John Wiley and Sons, 1974.
22. Polakowski, N.H., and Ripling, E.J. Strength and Structure of
Engineering Materials. Englewood Cliffs , N . J. :
Prentice-Hall, 1966.

23. Popov, E.P. Introduction to Mechanics of Solids. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1968.
24. Save, M.A., and Massonnet, C.E. Plastice Analysis and Design of Plates, Shells and Disks. Amsterdam: North-Holland Publishing Co., 1972.
25. Seely, F.B., and Smith, J.O. Advanced Mechanics of Material. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 1967.
26. Seely, F.B., and Smith, J.O. Resistance of Materials. 4th ed. New York: John Wiley and Sons, 1967.
27. Shames, I.H. Mechanics of Deformable Solids. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1964.
28. Shigley, J.E., and Mitchell, L.D. Mechanical Engineering Design. 4th ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 1983.
29. Smith, M.J. Materials and Structures. London: Macdonald & Evans Ltd., 1970.
30. Tee Wian Plastic Behavior of Simply Supported Beams and Portal frames. Master's Thesis, Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Chulalongkorn University, 1970.
31. Timoshenko, S. Strength of Materials. Part 2. 3rd ed. International Student Edition. New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1956.
32. Voltera, E., and Graines, J.H. Advanced Strength of Material. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1971.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการวิจัย

ตารางที่ ก.1 ข้อมูล และผลลัพธ์ของแรงดึงที่ทำให้เกิดความเค้นดัดคงที่ กับระยะจากรอยบากถึงแรงดึง กรณีเมื่อเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากที่ไม่ได้ผ่านการดึงให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน

ชั้นทดสอบ	แรงดึง , P N	ระยะ l_c จากรอยบากถึงแรงดึง , P mm
1	72	81.73
2	72	81.73
3	72	81.73

หมายเหตุ

$$\begin{aligned} \text{ความเค้นดัดที่รอยบากคงที่} = \sigma_c &= (P l_c C) / I = (72 \text{ N})(81.73 \text{ mm}) \\ & (3 \text{ mm}) / ((\pi)(6^4) / 64) \\ & = 277.48 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ตารางที่ ก.2 ข้อมูล และผลลัพธ์ของแรงดึงที่ทำให้เกิดความเค้นตัดคงที่ กับระยะจากรอยบากถึงแรงดึง กรณีเมื่อเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากนำมาดึงให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน

จุดที่กำหนด	ชั้นทดสอบ	แรงดึง , P N	ระยะ l_c จากรอยบากถึงแรงดึง , P mm
1	1	72	81.73
	11	73	80.61
	111	72	81.73
2	2	73	80.61
	22	72	81.73
	222	72	81.73
3	3	73	80.61
	33	72	81.73
	333	73	80.61
4	4	72	81.73
	44	72	81.73
	444	72	81.73
5	5	72	81.73
	55	73	80.61
	555	73	80.61

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

6	6	72	81.73
	66	71	82.88
	666	73	80.61
7	7	72	81.73
	77	73	80.61
	777	73	80.61

หมายเหตุ

$$\begin{aligned}
 \text{ความเค้นดัดที่รอยบากครั้งที่} = \sigma_c &= (P l_c C) / I = (71 \text{ N})(82.88 \text{ mm}) \\
 & \quad (3 \text{ mm}) / ((\pi)(6^4) / 64) \\
 &= 277.48 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ก.3 ข้อมูล และผลลัพธ์ของผลการทดลองของจำนวนรอบของการขาด กรณีเมื่อ เหล็กเพลากลมที่มีรอยบากที่ไม่ได้ผ่านการดิ่งให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน

ชั้นทดสอบ	จำนวนรอบของการขาด cycles
1	18665
2	19891
3	20867

หมายเหตุ

$$\begin{aligned}
 \text{ความเค้นดัดที่รอยบากคงที่} = \sigma_c &= (P1_c) / I = (72 \text{ N})(81.73 \text{ mm}) \\
 & \quad (3 \text{ mm}) / ((\pi)(6^4) / 64) \\
 &= 277.48 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ก.4 ข้อมูล และผลลัพธ์ของผลการทดลองระหว่างแรงดึงที่ทำให้เหล็กเพลากลมที่มีรอยบากเกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน กับจำนวนรอบของการขาด

จุดที่กำหนด	ชั้นทดสอบ	แรงดึง , F		จำนวนรอบของการขาด cycles
		Lbs	N	
1	1	2500	11122.45	12589
	11	2500	11122.45	13299
	111	2500	11122.45	11311
2	2	3000	13346.94	12283
	22	3000	13346.94	14100
	222	3000	13346.94	13382
3	3	3500	15571.43	13667
	33	3500	15571.43	14792
	333	3500	15571.43	14415
4	4	4000	17795.92	15037
	44	4000	17795.92	13839
	444	4000	17795.92	14795

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

5	5	4500	20020.41	15868
	55	4500	20020.41	14924
	555	4500	20020.41	14310
6	6	5000	22244.90	14850
	66	5000	22244.90	15152
	666	5000	22244.90	15959
7	7	5500	24469.39	16050
	77	5500	24469.39	14979
	777	5500	24469.39	15481

หมายเหตุ

$$\begin{aligned}
 \text{ความเค้นดัดที่รอยบากคงที่} = \sigma_c &= (P l_c) / I = (71 \text{ N})(82.88 \text{ mm}) \\
 & \quad (3 \text{ mm}) / ((\pi)(6^4) / 64) \\
 &= 277.48 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ก.5 ข้อมูล และผลลัพธ์ของผลการทดลองระหว่างขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติ กับจำนวนรอบของการขาด

จุดที่กำหนด	ชั้นทดสอบ	ขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติ 2p/d	จำนวนรอบของการขาด cycles
1	1	0.51	12589
	11	0.51	13299
	111	0.51	11811
2	2	0.75	12283
	22	0.75	14100
	222	0.75	13382
3	3	0.93	13667
	33	0.93	14092
	333	0.93	14415
4	4	1.07	15037
	44	1.07	13839
	444	1.07	14795

ตารางที่ ก-5 (ต่อ)

5	5	1.17	15868
	55	1.17	14824
	555	1.17	14310
6	6	1.25	14850
	66	1.25	15152
	666	1.25	15959
7	7	1.32	16050
	77	1.32	14979
	777	1.32	15481

หมายเหตุ

$$\begin{aligned}
 \text{ความเค้นดัดที่รอยบากดงที่} &= \sigma_c = (P1_c)/I = (71 \text{ N})(82.88 \text{ mm}) \\
 &\quad (3 \text{ mm}) / ((\pi)(6^4)/64) \\
 &= 277.48 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

การคำนวณหาจำนวนรอบ, N_1 ของการขาดของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก บนเครื่องทดสอบความล้า

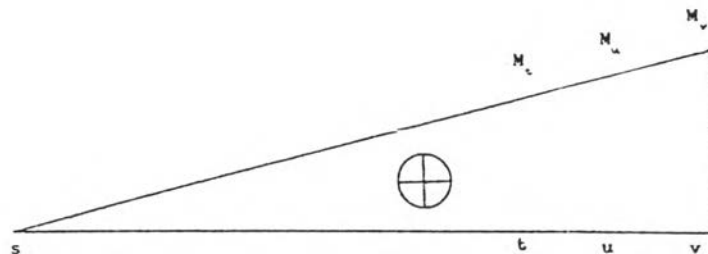
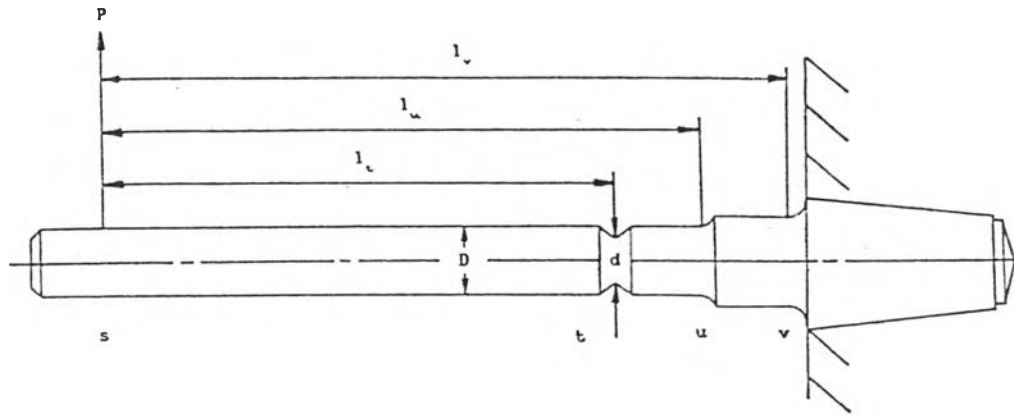
การคำนวณจะตั้งสมมุติฐาน ดังต่อไปนี้

1. ไม่คิดโมเมนต์บิด, T จากมอเตอร์ที่ใช้ขับเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก เพราะถือว่าน้อยมาก

2. ค่าความปลอดภัย, S.F. สำหรับเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากเท่ากับ 1

เมื่อนำเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก ดังรูปที่ ข.1 นำมาติดตั้งใส่ที่เครื่องทดสอบความล้า ก่อนอื่นจะต้องทราบว่าคุณสมบัติของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากนั้นอยู่ภายใต้ภาวะความเค้นแปรเปลี่ยนแบบไหน ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากอยู่ภายใต้ภาวะความเค้นแปรเปลี่ยนระหว่างค่า ดังแสดงในรูปที่ 2.15 คือ ที่จุด ๆ หนึ่งบนผิวเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากที่หมุนจะได้รับโมเมนต์ดัดภายใต้แรงดึง, P ที่ปลายเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากจะเกิดทั้งความเค้นดึง และกดในแต่ละรอบที่หมุน ซึ่งในการทดลองนี้ มอเตอร์หมุน 2750 รอบต่อนาที ที่จุด ๆ หนึ่งบนเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากจะเกิดทั้งความเค้นดึง และกด 2750 ครั้งในแต่ละนาที ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเค้นตามเวลาเป็นแบบสลับขึ้นลงเท่ากันระหว่างความเค้นดึงกับกด โดยที่แต่ละรอบเหมือนกัน จากนั้นคำนวณหาจำนวนรอบ, N_1 ของการขาดของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก บนเครื่องทดสอบความล้า

จากรูปที่ ข.1 ความเสียหายควรเกิดที่ ϵ มากกว่าที่ u และ v เพราะที่ ϵ มีพื้นที่หน้าตัดเล็กกว่า และความเค้นหนาแน่นสูงกว่า แต่มีโมเมนต์ดัดต่ำกว่าที่ u และ v และไม่ควรจะเกิดที่ v แม้ว่าจะมีโมเมนต์ดัดสูงที่สุดก็ตาม เพราะว่าตำแหน่งนี้มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ที่สุดจึงไม่ทำให้เกิดความเสียหาย



รูปที่ ๔.๑ แผนภาพโมเมนต์ดัดของ เหล็กเพลากลมที่มีรอยบากที่เกิดจากแรงดึง
 ,P (ก) แรงดึง, P ไล่ที่ปลายของเหล็กเพลากลมที่มี
 รอยบาก (ข) แผนภาพโมเมนต์ดัด

เมื่อความต้านแรงดึง, σ_{uL} และความต้านแรงดึงคลาก, σ_u หาได้จากแผนภาพ
 NOMINAL LOAD-ELONGATION DIAGRAM ของเหล็กเพลากลมที่ไม่มีรอยบากจากการทดสอบ
 สอดคล้องตามรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.3 วัสดุที่ใช้เป็นเหล็กเหนียว จากสมการที่ (2.11)

$$b'_n = 0.50b_{ue}$$

เมื่อ

$$b'_n = \text{ขีดจำกัดความทนทาน (ENDURANCE LIMIT)}$$

$$k_u = 0.74$$

= ตัวประกอบของผิว (SURFACE FACTOR) หาได้จาก
รูปที่ 2.11

$$k_b = 1$$

= ตัวประกอบของขนาด (SIZE FACTOR) ซึ่งเหล็กเพลากลม
มีเส้นผ่าศูนย์กลาง $d \leq 8$ มิลลิเมตร

$$k_e = 1$$

= ตัวประกอบของแรง (LOAD FACTOR) สำหรับการตัด

จากสมการที่ (2.21) จะได้ความต้านแรงทนทานของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก คือ

$$b_n = (0.74)(0.50)b_{ue} (10^6/N_1)^{0.085} \text{ N/mm}^2 \quad \dots (ข.1)$$

เมื่อ

$$b_n = \text{ความต้านแรงทนทาน (ENDURANCE STRENGTH)}$$

$$N_1 = \text{จำนวนรอบของการขาด}$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$= 1.3276$$

เมื่อ

$$K_t = \text{ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นทางทฤษฎี (THEORETICAL STRESS CONCENTRATION FACTOR) (ที่ } r = 2 \text{ มิลลิเมตร, } d = 6 \text{ มิลลิเมตร, } D = 8 \text{ มิลลิเมตร ใช้รูปที่ 2.13 ได้ } K_t = 1.42 \text{)}$$

q = ความไวของรอยเจาะ (NOTCH SENSITIVITY) (ใช้รูปที่ 2.14 ได้ $q = 0.78$)

K_f = ตัวประกอบลดความต้านแรงล้า (FATIGUE - STRENGTH REDUCTION FACTOR) จากสมการที่ (2.14)

$$\begin{aligned} K_{f1} &= N_1^{(10 \log K_f / 3)} / 10^{10 \log K_f} = N_1^{(10 \log K_f / 3)} / K_f \\ &= N_1^{(10 \log 1.3276 / 3)} / 1.3276 \quad \dots \dots \dots (ข.2) \end{aligned}$$

เมื่อ

K_{f1} = ตัวประกอบลดความต้านแรง (STRENGTH REDUCTION FACTOR) เมื่อมีอายุจำกัด $N_1 < 10^6$ รอยจากสมการที่ (2.22)

หาความเค้นดัดเกิดที่ t คือ

$$\sigma_{max} = \sigma_{min} = \sigma_c = \sigma_u = (MC)/I \quad N/mm^2$$

แต่

$$\sigma_{min} = 0$$

เมื่อ

σ_{max} = ความเค้นดัดสูงสุด

σ_{min} = ความเค้นดัดต่ำสุด

σ_u = ความเค้นส่วนเปลี่ยน (STRESS AMPLITUDE)

σ_m = ความเค้นเฉลี่ย (MEAN STRESS)

$$M = Pl \quad N \cdot mm$$

= โมเมนต์ดัดที่รอยบาก

$$C = d/2 \quad mm$$

= ครึ่งหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางที่รอยบาก

$$\begin{aligned}
 I &= (\pi d^4)/64 \quad \text{mm}^4 \\
 &= \text{โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก}
 \end{aligned}$$

จะได้

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = \sigma_c = \sigma_u = ((P1_c)(d/2))/((\pi d^4)/64) \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_{\min} = \sigma_c = \sigma_u = (32P1_c)/(\pi d^3) \quad \text{N/mm}^2 \quad \dots (\text{ข.3})$$

แต่เนื่องจากการทดลองนี้ต้องการให้เหล็กเพลากลมที่มีรอยบากมีอายุจำกัด เมื่อรู้ค่า σ_{uc} และ σ_{u1} จากสมการที่ (ข.1) และ K_{f1} จากสมการที่ (ข.2) จะแทนค่าลงในสมการที่ (2.23) จากนั้นกำหนดแรงดึง, P ไว้ที่ปลายเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากบนเครื่องทดสอบความล้า จะต้องคงที่ ๆ ค่าหนึ่ง ๆ และจะเปลี่ยนไปตามระยะ 1_c จากรอยบากถึงแรงดึง, P ซึ่งแรงดึง, P นี้จะทำให้เกิดความเค้นอัดที่รอยบากคงที่กับเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากทุก ๆ ชิ้น และแรงดึง, P นี้จะต้องเป็นแรงดึงที่น้อยกว่าแรงดึง, P ที่จะทำให้เกิดการคลากจากโมเมนต์ดัดขึ้นกับเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก เมื่อไม่ผ่านการดึง และเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก เมื่อผ่านการดึง โดยจะทำให้เกิดการคลากขึ้นซ้ำซ้อนเป็นครั้งที่สองที่บริเวณารรอยบาก ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในการทำงานวิจัยนี้ จะได้

$$\begin{aligned}
 N_1 &= ((0.491212\pi d^3 \sigma_{uc}^{0.51}) / \\
 &\quad (32P1_c))^{(1/(1041.3276/3+0.085))} \quad \text{รอบ} \quad \dots (\text{ข.4})
 \end{aligned}$$

จากสมการที่ (ข.4) จะได้จำนวนรอบ, N_1 ของการขาดของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากบนเครื่องทดสอบความล้า

การใช้สถิติหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ความสัมพันธ์ของความล่าช้าระหว่างจำนวนรอบของการขาดกับขนาดของบริษัทผลผลิตต่าง ๆ กัน

การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ในแบบสหสัมพันธ์ (CORRELATION) ระหว่างตัวแปร 2 ตัว คือ จำนวนรอบของการขาดเท่ากับ X เป็นตัวแปรอิสระ (INDEPENDENT VARIABLE) กับขนาดของบริษัทผลผลิตต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติเท่ากับ Y เป็นตัวแปรตาม (DEPENDENT VARIABLE) ซึ่งจะใช้การคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน [11][13] (PEARSON PRODUCT-MOMENT CORRELATION COEFFICIENT) , r โดยนำข้อมูลจากตารางที่ ก.5 ในภาคผนวก ก. มาแสดงการคำนวณประกอบคำอธิบายการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ขั้นตอนการวิเคราะห์

ขั้นที่ 1

คำนวณค่า r จากสมการที่ (ข.5) คือ

$$r = \frac{(N \cdot \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y)}{\{[N \cdot \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N \cdot \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]\}^{1/2}} \dots \dots \dots (ข.5)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} r &= \text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์} \\ \Sigma X &= 300782 \text{ cycles} \\ &= \text{ผลรวมของค่าจำนวนรอบของการขาดเท่ากับ X เป็นตัวแปรอิสระ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma Y &= 21.00 \\ &= \text{ผลรวมของค่าขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มิดิต} \\ &\quad \text{เท่ากับ } Y \text{ เป็นตัวแปรตาม}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma X^2 &= 4.34 * 10^3 \quad \text{cycles}^2 \\ &= \text{ผลรวมของค่า } X \text{ แต่ละตัวยกกำลังสอง}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= 22.52 \\ &= \text{ผลรวมของค่า } Y \text{ แต่ละตัวยกกำลังสอง}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma XY &= 306445.37 \quad \text{cycles} \\ &= \text{ผลรวมของผลคูณระหว่าง } X \text{ กับ } Y\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N^* &= 21 \quad \text{ชิ้น} \\ &= \text{จำนวนของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก}\end{aligned}$$

เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ (ข.5) จะได้

$$r = 0.98$$

$$r^2 = 0.77$$

ขั้นที่ 2

การแปลความหมายค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การพิจารณาว่าตัวแปร X กับ Y นั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ระดับใด จะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากสมการที่ (ข.5) ซึ่งพิจารณาได้อย่างกว้าง ๆ ดังนี้

- (1) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 1 (ประมาณ 0.70 ถึง 0.90) ถือว่ามีความสัมพันธ์กันสูง (ถ้าสูงกว่า 0.90 ถือว่าอยู่ในระดับสูงมาก)
- (2) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 0.50 (ประมาณ 0.30 ถึง 0.70)

ถือว่ามีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลาง

(3) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 0.00 (ประมาณ 0.30 และต่ำกว่า) ถือว่ามีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับต่ำ

(4) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.00 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง

จากการคำนวณที่ได้จากการทดลองจะได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r=0.88$ ถือว่ามีความสัมพันธ์กันสูง

ถ้าจะแปลผลในแง่ของปริมาณ ให้นำค่า r ที่คำนวณได้จากสมการที่ (ข.5) ยกกำลังสองแล้วคูณด้วย 100 ผลคูณที่ได้จะทำให้แปลความหมายได้ว่า ถ้าทราบค่าของตัวแปรตัวที่หนึ่งแล้วจะทำนายค่าตัวแปรตัวที่สองได้ถูกต้องกี่เปอร์เซ็นต์ ดังสมการที่ (ข.6) คือ

$$\text{ค่าถูกต้อง} = 100 * r^2 \quad \% \quad \dots\dots\dots (ข.6)$$

จากการคำนวณที่ได้จากการทดลองจะได้ว่า

$$\text{ค่าถูกต้อง} = 77 \quad \%$$

ข้อสังเกต

ถ้าค่า r ที่คำนวณได้มีค่าต่ำมากความหมายอาจจะเป็นกรณีใดกรณีหนึ่งใน 2 กรณีนี้คือ

- (1) ตัวแปร X กับ Y นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง
- (2) ตัวแปร X กับ Y นั้นไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง แต่มีความสัมพันธ์ในลักษณะอื่น (NONLINEAR)

ขั้นที่ 3

การทดสอบนัยสำคัญ (TEST OF SIGNIFICANCE) ของค่า r

ในการวิจัยนั้น หลังจากที่คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้แล้ว และต้องการที่จะสรุปว่าตัวแปร X กับ Y มีความสัมพันธ์กันจริงหรือไม่ จะไม่พิจารณาเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้ กล่าวคือ ถึงแม้ว่าจะคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์, r เท่ากับ 0.88 ได้ค่อนข้างสูง ก็จะไม่สรุปว่าตัวแปร X กับ Y มีความสัมพันธ์กันจนกว่าจะมีการทดสอบนัยสำคัญก่อน ซึ่งตั้ง

$H_0 : \rho = 0$ (หมายความว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

$H_1 : \rho \neq 0$ (หมายความว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

ใช้การทดสอบค่าที (t-TEST) จากสมการที่ (ข.7) คือ

$$t = r(N-2)^{1/2} / (1-r^2)^{1/2} \dots\dots\dots(ข.7)$$

เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ (ข.7) จะได้

$$t = 7.998$$

จากตารางที่ ข.1 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ตั้งไว้ (α) เท่ากับ 0.01 เป็นการทดสอบแบบ TWO - TAILED TEST ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (DEGREE OF FREEDOM), $df = 21-2 = 19$, ได้ t เท่ากับ 2.861

เปรียบเทียบค่า t ที่คำนวณได้กับค่า t ที่เปิดจากตาราง

ถ้า t คำนวณ \geq t ตาราง แสดงว่าค่า r ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ แปลความหมายได้ว่าตัวแปร 2 ตัวนั้นมีความสัมพันธ์กันจริง

ถ้า t คำนวณ $<$ t ตาราง แสดงว่าค่า r ที่คำนวณได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แปลความหมายได้ว่าตัวแปร 2 ตัวนั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน

จากการเปรียบเทียบค่า t_c จากการคำนวณจะได้ t_c ค่ารวม เท่ากับ $7.998 > t_c$ ตาราง เท่ากับ 2.861 แสดงว่า r เท่ากับ 0.88 มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ มีความสัมพันธ์กันของความล้าระหว่างจำนวนรอบของการขาด กับขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติ จากนั้นจะทำให้สามารถเขียนสมการ เพื่อคูณผลของขนาดบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน ว่ามีผลต่อความล้าที่รอยบากได้ด้วยวิธีการต่อไปนี้

การถดถอย และการพยากรณ์ (REGRESSION AND PREDICTION)

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน คือใช้พยากรณ์ หรือทำนาย (PREDICTION) ค่าตัวแปรตาม Y จากตัวแปรอิสระ X ในการพยากรณ์นั้นจำเป็นต้องใช้เส้นถดถอย (REGRESSION LINE)

เส้นถดถอย (REGRESSION LINE)

เป็นเส้นตรงที่สร้างขึ้นเพื่อพยากรณ์ค่าตัวแปร Y จากตัวแปร X ก่อนสร้างเส้นถดถอยจะต้องคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r ก่อน และทดสอบแล้วพบว่า r ที่คำนวณได้มีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นจึงสร้างเส้นตรง โดยใช้เทคนิคที่เหมาะสมที่ทำให้ได้เส้นถดถอยที่ดี และทำนายค่าได้ถูกต้อง คือ เทคนิคที่เรียกว่า METHOD OF LEAST SQUARES เทคนิคนี้ตั้งชื่อตกลงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามารถอธิบายได้โดยใช้เส้นตรงเส้นหนึ่ง

เส้นถดถอยที่ใช้พยากรณ์ค่า Y เมื่อทราบค่า X (THE LINEAR REGRESSION OF Y ON X)

สมการสำหรับเส้นถดถอยที่ใช้พยากรณ์ค่า Y เมื่อทราบค่า X คือ

$$Y' = b_{yx}X + a_{yx} \dots\dots\dots (ข.8)$$

$$b_{yx} = (N \sum XY - \sum X \sum Y) / [N \sum X^2 - (\sum X)^2] \quad \dots\dots\dots (ข.9)$$

$$a_{yx} = (\sum Y - b_{yx} \sum X) / N \quad \dots\dots\dots (ข.10)$$

เมื่อ

b_{yx} = ค่าความชันของเส้นถดถอยสำหรับพยากรณ์ค่า Y เมื่อทราบค่า X

a_{yx} = จุดที่เส้นถดถอยจะตัดแกน Y

Y' = ค่า Y ที่ได้จากการพยากรณ์

ค่า $\sum X$, $\sum Y$, $\sum XY$, $\sum X^2$, $(\sum X)^2$ และ N ที่นำมาแทนค่าในสมการที่ (ข.9) และสมการที่ (ข.10) จะเป็นค่าเดียวกับที่หาจากสมการที่ (ข.5) เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ (ข.9) และสมการที่ (ข.10) จะได้

$$b_{yx} = 0.00021 \quad 1/\text{cycles}$$

$$a_{yx} = -1.94$$

ดังนั้นเส้นถดถอย สำหรับพยากรณ์ค่า Y เมื่อทราบค่า X เขียนอยู่ในรูปของสมการได้เป็น

$$Y' = 0.00062X - 5.81 \quad \dots\dots\dots (ข.11)$$

จากสมการที่ (ข.11) นี้จะสามารถนำมาเขียนเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์จากการทดสอบความล้าระหว่างจำนวนรอบของการขาด กับขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติ ดังรูปที่ 5.1 โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ก.5 ซึ่งอยู่ในภาคผนวก ก.

นำสมการที่ (5.4) มาแทนค่า Y' จากสมการที่ (ข.11) จะสามารถเขียนสมการได้อีกรูปแบบหนึ่ง คือ

$$2p/d = 2 - K_1 F_1 / F$$

$$= 0.00021 N_1^{-1.94} \quad \dots\dots\dots (\text{ข.12})$$

เมื่อ

$$2p/d = \text{ขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ} \quad \text{กันที่ไม่มิติที่ได้จากการ}$$

$$\text{พยากรณ์}$$

$$N_1 = \text{จำนวนรอบของการขาด} \quad \text{cycles}$$

จากสมการที่ (ข.12) นี้จะเป็นการประมาณสมการของขนาดของบริเวณ
พลาสติกต่าง ๆ กันที่มีผลต่อจำนวนรอบของการขาดจากการทดสอบความล้า

ตารางที่ ข.1 ค่าวิกฤตของ t (CRITICAL VALUES OF t) [13]



TABLE C CRITICAL VALUES OF t

For any given df , the table shows the values of t corresponding to various levels of probability. Obtained t is significant at a given level if it is equal to or greater than the value shown in the table.

df	Level of significance for one-tailed test					
	.10	.05	.025	.01	.005	.0005
	Level of significance for two-tailed test					
	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	1.289	1.659	1.982	2.358	2.617	3.373
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของเครื่องทดสอบ และเครื่องวัด

รายละเอียดจำเพาะของเครื่องทดสอบดึง

MANUFACTURER AVERY - DENISON LTD.

MOOR ROAD , LEEDS LS102DE , ENGLAND.

MODEL 7108 DCN UNIVERSAL TESTING MACHINE.

TYPE FLOOR TYPE , HYDRAULICALLY POWERED UNIVERSAL TESTING MACHINE WITH VARIABLE LOADING AND RETURN SPEED.

SPECIFICATION

CAPACITY : 15000 LB_f WITH 6 SUBCAPACITY RANGES ; 0-300 , 0-600 , 0-1500 , 0-3000 , 0-6000 AND 0-15000 POUNDS.

MAXIMUM LENGTH OF SPECIMEN : BETWEEN GRIP HOLDERS 25-790 mm.
BETWEEN COMPRESSION PLATENS
0-760 mm.

MAXIMUM WIDTH OF FLAT SPECIMEN : 50 mm.

MAXIMUM DIAMETER OF SPECIMEN : 22 mm.

ELECTRICAL : 390 V , 50 Hz , 3-PHASE CURRENT.

NET WEIGHT 915 Kgs.

GROSS WEIGHT 1219 Kgs.

MEASUREMENT 27 m³.

รายละเอียดจำเพาะของเครื่องทดสอบความล้า

MANUFACTURER SHINKC ENGINEERING CO., LTD.

OGAKI , JAPAN.

MODEL FATIGUE TESTING MACHINE P 300

TYPE 43.751.32.4.3.2

SPECIFICATION

CAPACITY : 0-300 N

MAXIMUM DIAMETER OF SPECIMEN : 8 mm.

SPEED MOTOR : 2750 RPM.

ELECTRICAL : 220-240 V , 50 Hz.

รายละเอียดจำเพาะของเครื่อง PROFILE PROJECTOR

MANUFACTURER MITUTOYO MFG. CO., LTD.

TOKYO , JAPAN.

MODEL PJ-300

TYPE PJ-300

SPECIFICATION

ELECTRICAL : POWER SUPPLY AC V50/60 

POWER CONSUMPTION 270 VA

USE ONLY 5A FUSE

ประวัติผู้เขียน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จัดทำ โดย นาย สาโรจน์ แพนธ์ขวัญเจริญ เกิดเมื่อ วันที่ 5 เดือนมกราคม พุทธศักราช 2505 ที่ อำเภอบ้านหนอง จังหวัดขอนแก่น สำเร็จ การศึกษา ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี เมื่อ ปีพุทธศักราช 2531 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ ปีพุทธศักราช 2531

