

เอกสารอ้างอิง

1. เจน รัตนไพศาล, ทันตวัสดุศาสตร์, หน้า 3-23, สำนักพิมพ์
ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2522.
2. ทบวงมหาวิทยาลัย, ฟิลิกส์เล่ม 2, หน้า 199-209, ตามโครงการ
ปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาวิททยาลัย ฉบับปรับปรุงแก้ไข
ครั้งที่ 1, ทบวงมหาวิทยาลัย, 2527.
3. วิทยา ยงเจริญ, "Photoelasticity," คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรม
เครื่องกล, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2528, (อัครสาเนา)
4. สมรศรี วิถีพร, "Canine Retraction," รายงานในการศึกษาชั้น
ปริญญาโทบัณฑิตศึกษ, ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
5. Alan, H. Cromer, "Polarization," Physics for the Life
Sciences, pp 301-306, McGraw-Hill, United States
of America, 1974.
6. Baeten, L.R., "Canine Retraction : a photoelastic
study," Am. J. Orthod, 67, 11-23, 1975.
7. Boester, C.H., Johnston, L.E. " A Clinical
Investigation of the Concepts of Differential
and Optimal Force in Canine Retraction,"
Angle Orthod., 44, 113-119, 1974.

8. Brodsky, T.F. and Furstman, L.L., "Root tipping : A Photoelastic-histopathologic correlation," Am.J.Orthod., 67, 1-10, 1975.
9. Burstone, C.J., "The Mechanics of the Segmented Arch techniques," Angle Orthod., 36, 99-120, 1966.
10. Burstone, C.J., and Koenig.H.A., "Optimizing anterior and canine retraction," Am.J.Orthod., 70, 1-19, 1976.
11. Burstone, C.J., "The segmented arch approach to space closure," Am.J.Orthod., 82, 361-378, 1982.
12. Caputo, A.A., Chaconas, S.J. and Hayashi, R.K., "Photoelastic visualization of orthodontic forces during canine retraction," Am.J.Orthod., 65, 250-259, 1974.
13. Chaconas, S.J., Caputo, A.A. and Hayashi, R.K., "Effects of wire size, loop configuration and gabling on canine retraction springs," Am.J.Orthod., 65, 58-66, 1974.
14. Craig, R.G., EL-Ebrashi, M.K., Lepeak, P.J. and Peyton, F.A., "Experimental stress analysis of dental restorations," J.Pros.Dent., 17, 277-291, 1967.
15. Dally, J.W., Riley, W.F., Experimental stress analysis, pp 143-155, McGraw-Hill Book Company, New york, 1965.

16. Durelli, A.J. and Riley, W.F., Introduction to Photomechanics, pp 74-77, Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall Inc, 1965.
17. Fletcher, G.G.t., The Begg appliance and Technique, pp 42-44, Triangle West, England, 1981.
18. Gianelly, A.A., Goldman, H.M., Biologic basis of Orthodontics, pp 144-159, Lea and Febiger, Philadelphia, 1971.
19. Gjessing, P., "Biomechanical design and clinical evaluation of a new canine-retraction spring," Am.J.Orthod., 87, 353-362, 1985.
20. Glickman, I.Roeber, F.W.Brion, M.and Pameijer, J.H., "Photoelastic analysis of internal stresses in the Periodontium created by occlusal forces," J.Periodontal., 41, 30-34, 1970.
21. Hayashi, R.K., Chaconas, S.J. and Caputo, A.A., "Effects of force direction on supporting bone during tooth movement," J.Am. Dent. Assoc., 90, 1012-1017, 1975.
22. Heywood, R.B., Photoelasticity for designer, pp 1-90 Adlard and Son Ltd, London, 1 st Ed., 1969.
23. Isaacson, K.G., and Williams, J.K., An Introduction to fixed appliances, pp 58-60, John Wright and Son Ltd, England, 1984.

24. Lee, "Relationship between tooth-movement rate and estimated pressure applied," J.Dent.Res., 1053, 1965.
25. Mahler, D.B., and Peyton, F.A., "Photoelasticity as a research technique for analysing stress in dental structures," J.Dent.Res., 34, 831-838, 1955.
26. McGraw-Hill., "Photoelasticity," McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, 10, 193-195, 1982.
27. Nikolai, R.J., "On optimum orthodontic force theory as applied to canine retraction," Am.J.Orthod., 68, 290-302, 1975.
28. Nikolai, R.J., Bioengineering analysis of Orthodontic Mechanics, pp 146-169, Lea and Febiger, 600 South Washington Square, Philadelphia, PA 19106-4198, U.S.A.
29. Perez, C.A., Alba, J.A.d.A., Caputo, A.A. and Chaconas, S.J., "Canine retraction with J hook headgear," Am.J.Orthod., 78, 538-547, 1980.
30. Reitan, K., "Some factors determining the evaluation of forces in Orthodontics," Am.J.Orthod., 43, 32-45, 1957.

31. Ricketts, RM., Bench, RW., Gugino, CF., Hilger, JJ., chulhof, RJ., Bioprogessive therapy, Denver, Rocky Mountain Orthodontics, 1979.
32. Smith, R., Storey, E., "The importance of force in orthodontics," Aust. J. Dent., 56, 291-304, 1952.
33. Storey, E., "The nature of tooth movement," Am.J.Orthod., 63, 292-314, 1973.
34. Storey, E., Smith, R., "Force in Orthodontics and its relation to tooth movement," Aust.J.Dent., 56, 11-18, 1952.
35. Zak, B. Photoelastische analysis in der orthodontischen mechanik. Oesterreische Zeitschrift Stomatol, 33, 22, 1935, cited by Hayashi, R.K., Chaconas, S.J. and Caputo, A.a. (21)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

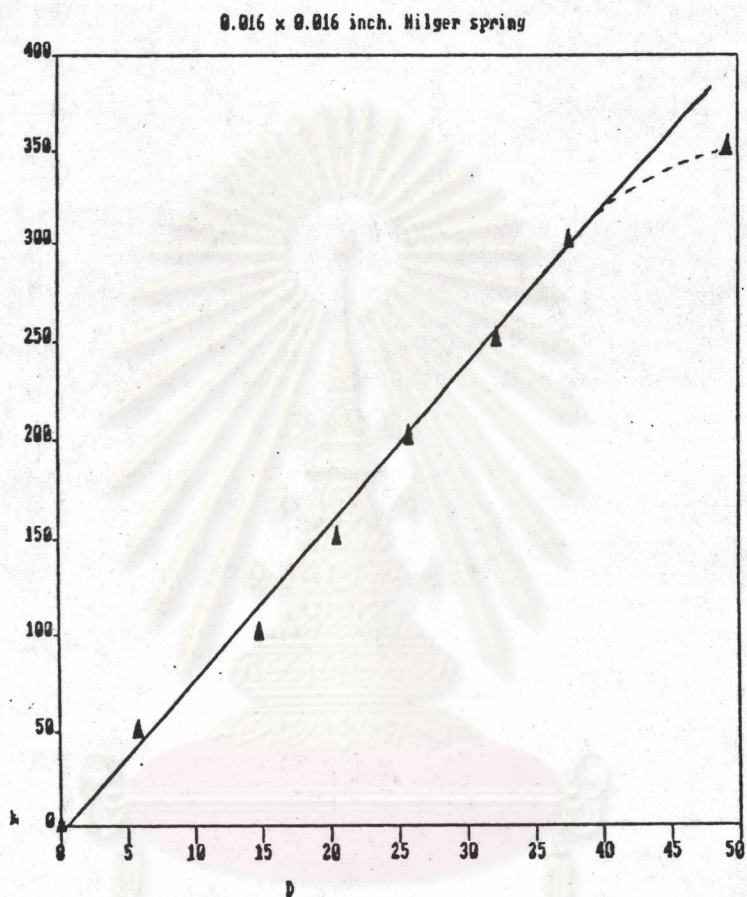
การทดสอบคุณสมบัติของ เครื่องมือ เคลื่อนฟัน เขี้ยวชนิดต่างๆ

แรง กระตุ้น (กรัม)	ระยะทางที่กระตุ้น (x 1.76 x 10 นิ้ว)					เฉลี่ย (นิ้ว)	เฉลี่ย (มม.)	แรงที่หาได้เกิดจากเบรคคอส Canine Bracket (กรัม)					เฉลี่ย (กรัม)	โมเมนต์ (M) (กรัม-มม.)					เฉลี่ย (กรัม-มม.)	M/F (มม.)
	ตัวที่ 1	2	3	4	5			ตัวที่ 1	2	3	4	5		ตัวที่ 1	2	3	4	5		
0	0	0	0	0	0	0	0	30	30	28	30	32	29.6	309.90	309.90	289.24	309.9	330.56	309.90	-
50	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.13	0.58	56	55	52	56	57	55.2	578.48	568.15	537.16	578.48	588.81	570.22	9.28
100	0.32	0.35	0.30	0.32	0.35	0.33	1.48	76	75	74	78	76	75.8	785.08	774.75	764.42	805.74	785.08	783.01	7.23
150	0.45	0.48	0.45	0.44	0.49	0.46	2.06	106	100	105	107	108	105.2	1044.98	1033.00	1084.65	1105.31	1115.64	1076.72	6.64
200	0.59	0.60	0.57	0.57	0.58	0.58	2.59	140	138	138	140	140	139.2	1446.20	1425.54	1425.54	1446.20	1446.20	1437.94	6.70
250	0.73	0.74	0.71	0.71	0.70	0.72	3.22	154	152	155	152	152	153.0	1590.82	1570.18	1601.15	1570.16	1570.18	1580.49	5.76
300	0.85	0.82	0.82	0.82	0.88	0.84	3.76	172	171	175	171	172	172.2	1766.43	1766.43	1807.75	1766.43	1776.76	1776.76	5.59
350	1.09	1.12	1.08	1.08	1.15	1.10	4.92	182	180	181	185	180	181.6	1880.06	1859.40	1869.73	1911.05	1859.40	1875.93	5.36

ตารางที่ 7 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของ ฮีลเจอร์ สปริง

เกเบอริ แองเกิล 45 องศา

- ฮีลเจอร์ สปริง แต่ละตัวมีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน
- เมื่อนำค่าแรงที่ใช้กระตุ้นกับระยะทางที่ใช้กระตุ้น มาสร้างกราฟรูปที่ 8 พบว่า เมื่อใช้แรงมากกว่า 300 กรัม สปริงเริ่มเปลี่ยนแปลงรูปร่าง



รูปที่ 90 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้กระตุ้น (F) มีหน่วยเป็น กรัม กับระยะทางที่ใช้กระตุ้น (d) มีหน่วยเป็น มม.

แรง กระตุ้น (กรัม)	ระยะทางที่กระตุ้น (x 1.76 x 10 นิ้ว)							แรงที่หาได้เกิดจมนเมนต์ค่อ Canine Bracket (กรัม)					แรง (กรัม)	จมนเมนต์ (M) (กรัม-มม.)					เฉลี่ย (กรัม-มม.)	M/F (มม.)
	ค่าที่ 1	2	3	4	5	เฉลี่ย (นิ้ว)	เฉลี่ย (มม.)	ค่าที่ 1	2	3	4	5		ค่าที่ 1	2	3	4	5		
0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	95	100	99	1033	1033	1033	981.35	1033	1022.67	-
50	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.13	100	100	100	95	100	98	1033	1033	1033	981.35	1033	1022.67	20.66
100	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.36	120	125	122	120	125	122.4	1239.6	1291.25	1260.26	1239.6	1291.25	1264.39	12.50
150	0.25	0.23	0.24	0.23	0.24	0.24	1.07	150	150	148	145	150	148.6	1549.5	1549.5	1528.84	1497.85	1549.5	1535.04	10.19
200	0.31	0.30	0.30	0.29	0.30	0.30	1.34	190	185	185	190	185	187.0	1982.7	1911.05	1942.04	1982.7	1911.05	1937.91	9.76
250	0.39	0.37	0.38	0.36	0.37	0.37	1.65	200	200	198	195	200	198.6	2066.0	2066.00	2045.34	2014.35	2066	2051.54	8.18
300	0.41	0.41	0.40	0.39	0.40	0.40	1.79	210	215	215	210	210	212.0	2169.3	2220.95	2220.95	2169.3	2169.3	2189.96	7.23
350	0.56	0.56	0.54	0.54	0.56	0.55	2.46	245	245	242	245	245	244.4	2530.85	2530.85	2499.86	2530.85	2530.85	2524.85	7.19
400	0.61	0.60	0.60	0.59	0.61	0.60	2.88	280	282	280	282	280	280.8	2892.4	2913.06	2892.4	2913.06	2892.4	2900.66	7.17
450	0.74	0.70	0.71	0.70	0.73	0.72	3.22	310	315	312	310	312	311.8	3202.3	3253.95	3222.96	3202.3	3222.96	3220.89	7.12
500	0.84	0.84	0.85	0.83	0.82	0.84	3.76	310	315	312	310	312	311.8	3202.3	3253.95	3222.96	3202.3	3222.96	3220.89	6.40

ตารางที่ 8 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของโคลสซิ่ง ลูบ สปริง
เกเบอร์ แองเกิล 22.5 องศา จอห์น 15 องศา

แรง กระตุ้น (กรัม)	ระยะทางที่กระตุ้น (x 1.76 x 10 นิ้ว)							แรงที่หาได้เกิดจมนเมนต์ค่อ Canine Bracket					จมนเมนต์ (M) (กรัม-มม.)	M/F (มม.)	
	เฉลี่ย	มม.	เฉลี่ย	มม.	เฉลี่ย	มม.	เฉลี่ย	มม.	เฉลี่ย	มม.					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
50	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.044	0.20	17	18	18	18	18	17.8	180.78	3.61
100	0.27	0.32	0.28	0.27	0.32	0.292	1.31	20	20	20	20	20	20.0	206.60	2.07
150	0.63	0.51	0.55	0.60	0.51	0.560	2.50	20	20	20	20	20	20.0	206.60	1.36
200	0.73	0.71	0.72	0.73	0.70	0.718	3.21	20	20	20	20	20	20.0	206.60	1.03
250	1.25	1.03	1.14	1.16	1.05	1.128	5.03	20	20	20	20	20	20.0	206.60	0.83
300	1.72	1.61	1.66	1.70	1.70	1.678	7.50	20	20	20	20	20	20.0	206.60	0.69
350	1.92	1.87	1.87	1.91	1.87	1.892	8.46	20	20	20	20	20	20.0	206.60	0.59

ตารางที่ 9 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของสปริงชนิด เกสยาวิก
ขนาด 0.009 x 0.030 นิ้ว

นร กะ ฐ น (ก ร ม.)	ระยะทางที่กระดูก (x 1.76 x 10 นิ้ว)					เฉลี่ย	มม.	นรที่หาได้เกิดมเบบคค Canine Bracket (ก ร ม.)					เฉลี่ย	นเบบคค(M) (ก ร ม.-มม.)	M/F (มม.)
	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
50	0.02	0.05	0.04	0.03	0.03	0.034	0.150	35	32	32	35	35	33.8	349.15	6.98
100	1.04	0.79	0.88	0.88	0.92	0.902	4.030	42	42	42	40	40	41.2	425.60	4.26
150	2.21	2.58	2.51	2.32	2.40	2.404	10.75	55	50	55	55	55	54.0	557.82	3.71
200	3.25	3.29	3.25	3.30	3.21	3.260	14.57	60	66	60	66	62	62.6	646.66	3.23
250	3.48	3.54	3.50	3.49	3.52	3.506	15.67	70	82	70	78	78	75.8	780.95	3.12
300	3.50	3.55	3.55	3.55	3.55	3.540	15.83	70	82	70	78	78	75.8	780.95	2.60
350	3.50	3.55	3.55	3.55	3.55	3.540	15.83	70	82	70	78	78	75.8	780.95	2.23

ตารางที่ 10 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของยางขนาด 1/4 นิ้ว
3(1/2)ออนซ์

นร กะ ฐ น Fos (ก ร ม.)	ระยะทางที่กระดูก (x 1.76 x 10 นิ้ว)					เฉลี่ย	มม.	นรที่หาได้เกิดมเบบคค Canine Bracket (ก ร ม.)					เฉลี่ย	นเบบคค(M) (ก ร ม.-มม.)	M/Fos (มม.)
	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0			
0	0	0	0	0	0	0	0	38	38	38	38	38	38.0	392.54	-
48.7	0.11	0.06	0.10	0.10	0.08	0.090	0.40	42	40	41	41	41	41.0	423.53	8.17
97.4	1.34	1.23	1.04	0.99	1.04	1.128	5.04	62	70	70	68	68	67.6	698.31	7.17
146.1	1.98	2.14	2.08	2.18	2.06	2.088	9.33	72	75	72	78	75	74.4	788.55	5.12
194.8	3.34	3.23	3.28	3.30	3.25	3.280	14.66	85	90	90	88	90	89.0	919.37	4.72
243.5	3.70	3.57	3.57	3.70	3.65	3.638	16.26	112	105	110	110	105	108.4	1119.77	4.60
292.2	3.81	3.88	3.85	3.91	3.80	3.850	17.21	130	132	130	135	135	132.4	1367.69	4.68
340.9	3.81	3.88	3.85	3.91	3.80	3.850	17.21	130	132	130	135	135	132.4	1367.69	4.01

ตารางที่ 11 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของยางขนาด 1/4 นิ้ว
3(1/2) ออนซ์ ร่วมกับเคาน์ แคล

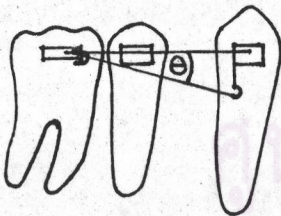
จากตารางที่ 7-11 สรุปได้ดังนี้

1. เมื่อยังไม่ออกแรงกระตุ้นฮิลเจอร์ สปริง และ วัลลสซิง ลูบ สปริง ทำให้เกิดโมเมนต์เพื่อใช้ในการเตรียมรากฟันให้เคลื่อนที่ไปทางด้าน ไกลกลาง เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่เฉพาะส่วนตัวฟันและ เมื่อ เริ่มออกแรงกระตุ้น จะเกิดโมเมนต์กระทำที่แบรคเกตของฟันเขี้ยว ในทิศทางตรงกันข้ามกับโมเมนต์ เริ่มต้น ดังนั้นโมเมนต์รวมที่กระทำกับฟันเขี้ยวจึงลดลง

2. สปริงชนิดเกลียวปิด ยางขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์ ไม่ ทำให้เกิดโมเมนต์เพื่อใช้ในการเตรียมรากฟันให้เคลื่อนที่ไปทางด้านไกลกลาง เมื่อยังไม่ออกแรงกระตุ้น

3. การวิจัยยางขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์ ร่วมกับ เคไนน์ แคป ตำแหน่งที่แรงกระทำต่อฟันเขี้ยวเปลี่ยนแปลงไป คือ จะเข้าไปใกล้กับจุดศูนย์กลางของความต้านทานมากขึ้น

4. แรงของเครื่องมือชนิดยางขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์ ร่วมกับเคไนน์ แคป ทิศทางของแรงในแนวเดียวกับระนาบอ้างอิง หาได้จาก สูตร $F = F \cos \theta$ ดังรูปที่ 91

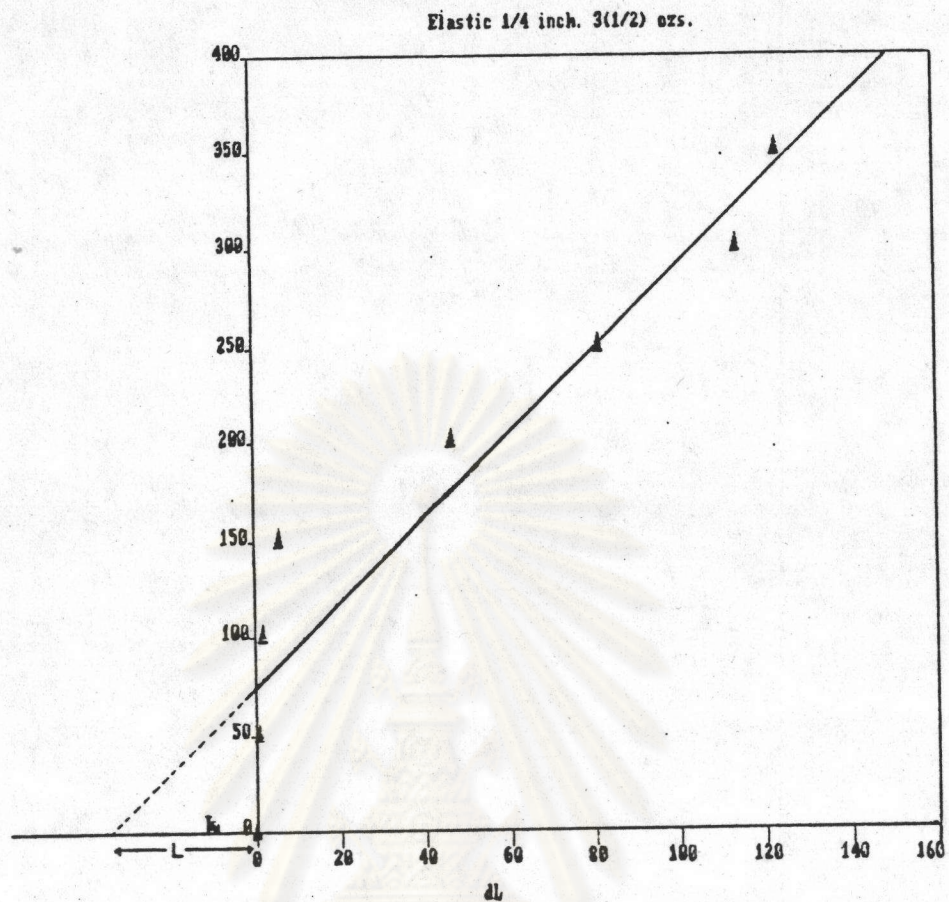


รูปที่ 91

เมื่อ F = แรงที่ใช้กระตุ้นในทิศทางจากริมลาร์
สู่ค มาย้ง เคไนน์ แคป

$F \cos \theta$ = แรงในทิศทางเดียวกับระนาบอ้างอิง
จากริมลาร์ ทิว มาย้งแบรคเกตของ
ฟันเขี้ยว

= มุมระหว่างแนวระนาบอ้างอิงกับแนว
ระหว่างริมลาร์ สู่ค มาย้ง เคไนน์ แคป



รูปที่ 92 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการกระตุ้น (F) กับระยะทางที่ยาวขึ้น (ΔL) เมื่อลักษณะการกระตุ้นกระทำด้วยขนาด $1/4$ นิ้ว $3(1/2)$ ออนซ์

$$\text{ค่า Slope} = F/\Delta L = k \quad (25)$$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของยาง

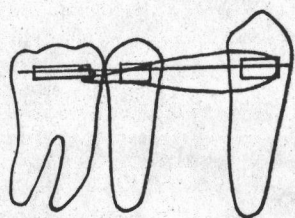
F คือ แรงที่เกิดขึ้นในยางขณะยืด

L คือ ระยะทางที่ยาวถูกยืด

$$k = 35/(40 \times 10^{-2}) \quad \text{กรัม/ซม}$$

$$= 87.5 \quad \text{กรัม/ซม}$$

การหาแรงที่เกิดขึ้นในยางขณะยึด เป็นระยะทางตั้งแต่ริมลาร์ สุด
มายังแบรคเกตของฟันเขี้ยว เมื่อใช้ยางขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2)ออนซ์ 1 เส้น
ดังรูปที่ 93



สมการ $F = kx$

F = แรงที่เกิดขึ้นในยางขณะยึด

k = ค่าคงที่ของยาง

x = ระยะทางที่ยางถูกยึด

= ระยะทางตั้งแต่ริมลาร์ สุด มายังแบรคเกต
ของฟันเขี้ยว - เส้นผ่าศูนย์กลางของยาง

= $18.97 - 6.35 = 12.62$ มม. = 1.262 ซม.

$F = 87.5 \times 1.262$

แรงจากยางขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2) ออนซ์ 1 เส้น ในแนวระนาบ

อ้างอิง = 110.43 กรัม

ศูนย์วิทยพัชยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาแรงที่เกิดขึ้นในยางขณะยึด เป็นระยะทางตั้งแต่ริมลาร์ สุด
มายัง เคาน์ แคมของฟันเขี้ยว เมื่อใช้ยางร่วมกับเคาน์ แคม 1/4 นิ้ว
3(1/2) ออนซ์ 1 เส้น ดังรูปที่ 94

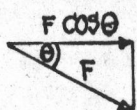
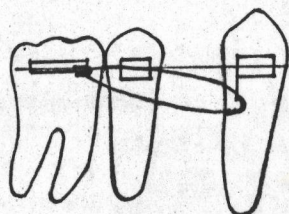
$$\text{สมการ } F = kx$$

F = แรงที่เกิดขึ้นในยางขณะยึด

k = ค่าคงที่ของยาง = 87.5 กรัม/มม.

x = ระยะทางที่ยางถูกยึด

= ระยะทางตั้งแต่ริมลาร์ สุด มายัง เคาน์ แคม
ของฟันเขี้ยว - เส้นผ่าศูนย์กลางของยาง
= 19.5 - 6.35 = 13.15 มม. = 1.315 ซม.



รูปที่ 94

$$F = 87.5 \times 1.315 = 115.06 \text{ กรัม}$$

เมื่อแตกแรง F เข้าสู่แนวระนาบอ้างอิง จะได้แรงในแนวระนาบ
อ้างอิงมีค่า $F \cos \theta$ กรัม

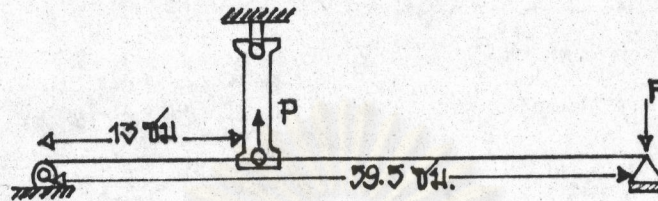
$$\text{เมื่อ } \theta = 13^\circ, \cos \theta = \cos 13^\circ = 0.974$$

แรงจากยางขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2) ออนซ์ 1 เส้น ในแนวระนาบอ้างอิง
มีค่า
= 115.06 $\cos 13^\circ$
= 112.06 กรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบคุณสมบัติของสารที่หล่อ

วิธีหาค่าเอฟ แวลยู ของแบบจำลองเริ่มต้นหากการทดลอง (รูปที่ 95)



รูปที่ 95 แสดงแบบจำลองรูป เมื่อได้รับแรงดึง

วัตถุมีความกว้าง (w) = 0.018 เมตร. ความหนา (h) = 0.0064 เมตร

P เป็นแรงดึงที่กระทำต่อแบบจำลอง ได้จากการหารัศมีรอบจุด o จากรูป

$$13 P = 59.5 F$$

$$P = 4.58 F$$

จากสมการของความเค้น $\sigma = P/wh$ และ $\epsilon = 0$ (26)

สมการผลต่างความเค้น $\Delta\sigma = Nf/h$ (27)

จากสมการ(26) และ(27) $P = wfN$ (28)

ดังนั้น $F = P/wN$ หรือ $f/h = P/wNh$ (29)

เมื่อ N = ลำดับของแถบมีด f = ค่าคงที่ของแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวัดและคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการหาค่าเอฟ แวลู ได้เป็นตารางที่ 12 ดังนี้

N	F(กรัม)	F(นิวตัน)	P(นิวตัน)	f(นิวตัน/ม)	f/h(นิวตัน/ม ²)
1	75.13	0.74	3.39	1.89×10^2	2.94×10^4
2	142.96	1.40	6.41	1.78×10^2	2.70×10^4
3	210.79	2.07	9.48	1.75×10^2	2.74×10^4
4	277.3	2.72	12.46	1.73×10^2	2.70×10^4

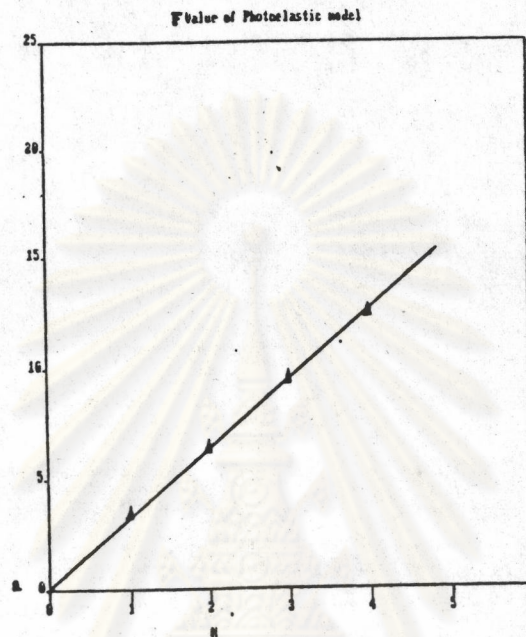
$$f \text{ เฉลี่ย} = 1.71 \times 10^2 \text{ นิวตัน/เมตร}$$

$$\text{หรือ } f/h \text{ เฉลี่ย} = 2.77 \times 10^4 \text{ นิวตัน/(เมตร)}^2$$



ศูนย์วิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หรือค่าเอฟ แวลยู หาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างลำดับของแถบมืด (N) กับแรงที่ดึง (P) ดังรูปที่ 96



$$\text{ค่า slope ของกราฟ} = \tan = P/N = wf \quad (30)$$

$$wf = 9.5/3$$


$$f = 9.5/3w = 1.76 \times 10^2 \text{ นิวตัน/เมตร}$$

$$f/h = 9.5/3wh = 2.75 \times 10^4 \text{ นิวตัน/(เมตร)}^2$$

หาค่าของค่า เอฟ แวลยู ของแบบจำลอง ขณะทำการทดลองได้จากการคำนวณวิธีเดียวกัน ดังตารางที่ 13 ดังนี้

	f (นิวตัน/เมตร)	f/h [นิวตัน/(เมตร)] ²
ก่อนการทดลอง	1.71×10^2	2.77×10^4
ขณะทำการทดลอง	1.79×10^2	2.78×10^4

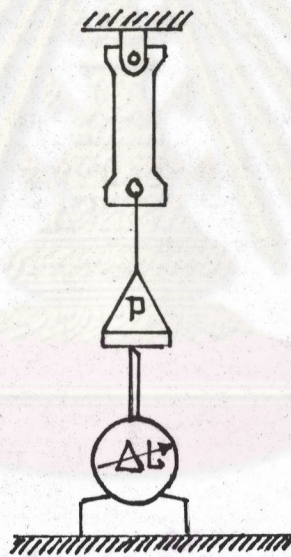
การหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) (E)

ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของสาร ได้จาก อัตราส่วนระหว่างหน่วยแรงกับ หน่วยการยืดหดตัวของวัตถุ ณ จุดต่างๆซึ่งจะมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง หาได้โดยการถ่วงน้ำหนักต่อวัตถุที่ถูกดึง (Tension specimen) รูป  และอ่านค่าระยะทางที่ วัตถุถูกยืดออกไปสัมพันธ์กับแรง ดังสมการและรูปที่ 97

$$\begin{aligned} \text{มอดูลัสยืดหยุ่น (E)} &= \text{หน่วยแรง/หน่วยการยืดหดตัว} \\ &= (F/A)/(\Delta L/L) \end{aligned} \quad (31)$$

F = แรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อวัตถุ ΔL = ความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป

A = พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ L = ความยาวเดิม



รูปที่ 97 แสดงการถ่วงน้ำหนักต่อวัตถุที่ถูกดึง ในการหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น

แนวทางปฏิบัติค่าของมอดูลัสยืดหยุ่นนี้ หาได้จากความลาดเอียงของกราฟระหว่าง F/A กับ $\Delta L/L$ หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร.

จากการวัดค่าของแรงดึงที่ใช้ในการยึดแบบจำลอง ดังรูปที่ 97 ได้
ตารางความสัมพันธ์ระหว่าง F/A และ $\Delta L/L$ ดังตารางที่ 14 ดังนี้

F(ปอนด์)	F(นิวตัน)	L(นิ้ว)	L(เมตร)	$F(10^2)/A$ (นิวตัน/ม.)	$L(10^{-3})/L$
0.1	0.45	0.003	0.00008	37.5	1.5
0.2	0.89	0.005	0.00013	74.17	2.44
0.3	1.34	0.007	0.00018	111.67	3.38
0.4	1.78	0.009	0.00023	148.33	4.32
0.5	2.23	0.012	0.00030	185.83	5.63
0.6	2.67	0.014	0.00036	222.5	6.75
0.7	3.12	0.016	0.00041	260	7.69
0.8	3.56	0.019	0.00048	296.67	9.01
0.9	4.00	0.021	0.00053	333.33	9.94
1.0	4.45	0.023	0.00058	370.83	10.88
1.1	4.90	0.026	0.00066	408.33	12.38
1.2	5.34	0.029	0.00074	445	13.88
1.3	5.79	0.031	0.00079	482.5	14.82
1.4	6.23	0.034	0.00086	519.17	16.14
1.6	7.12	0.038	0.00097	593.33	18.20
2.1	9.35	0.039	0.00099	797.17	18.57

เมื่อพื้นที่หน้าตัดของแบบจำลอง (A) = 0.0012 (เมตร)²

ความยาวเดิม (L) = 0.0533 เมตร

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F/A กับ $\Delta L/L$

$$\text{ค่า Slope} = (F/A)/(\Delta L/L) = E \quad (32)$$

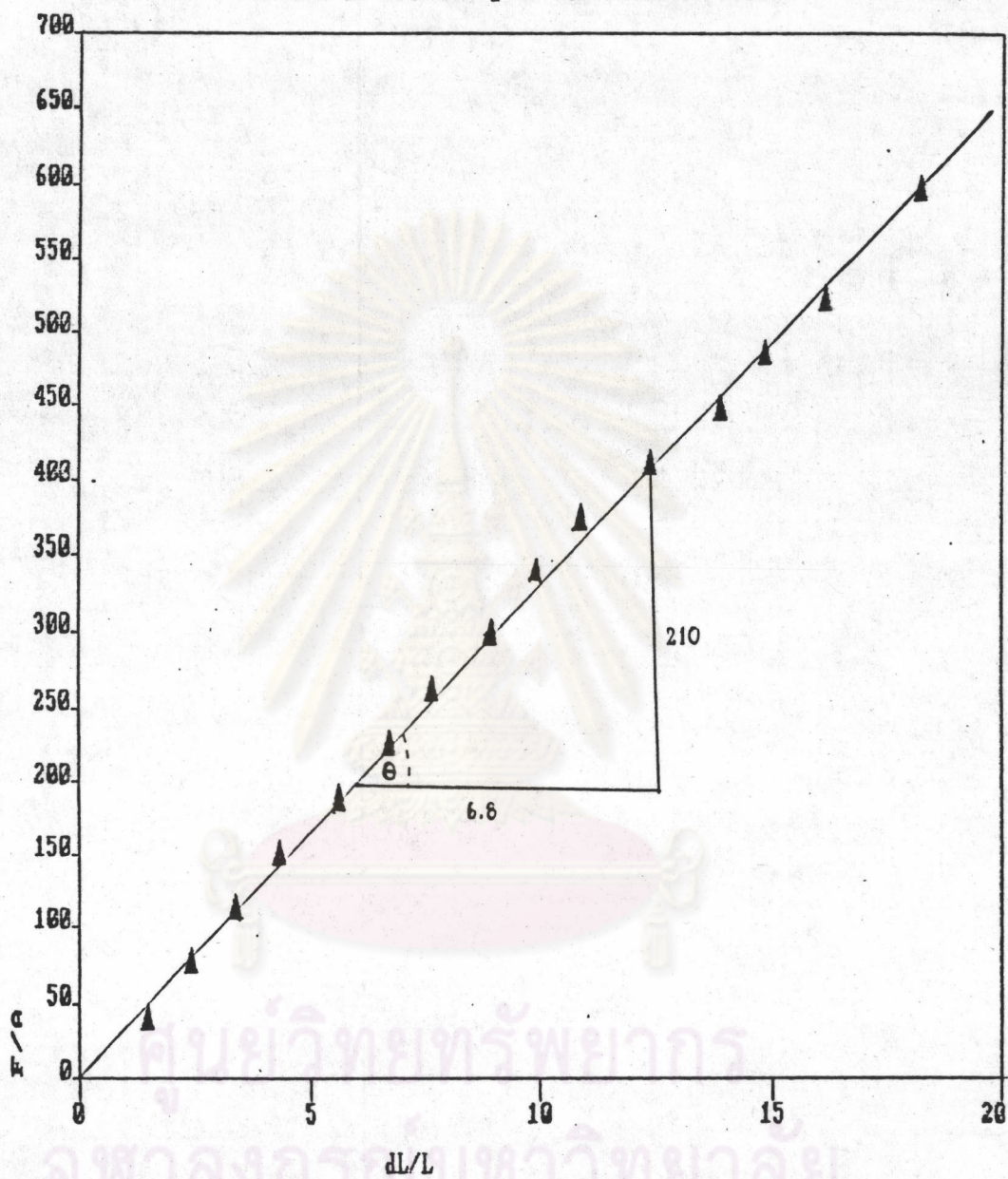
$$E = (210 \times 10^2)/(6.8 \times 10^{-3})$$

$$= 30.88 \times 10^5$$

$$= 3.09 \times 10^6 \quad \text{นิวตัน/(เมตร)}^2$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Modulus of elasticity of Photoelastic model



รูปที่ 98 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง F/A กับ $\Delta L/L$ เมื่อหาค่ามอดูลัสยืดหยุ่น

ประวัติผู้เขียน

นางสาวทัศนีย์ บัณฑิตราภิวัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2499 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาขั้นต้นแพทยศาสตรบัณฑิต ได้รับรางวัลเหรียญทอง จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2525 เข้าทำงานในตำแหน่งอาจารย์ระดับ 4 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2 ปี จึงเข้าศึกษาต่อในสาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2527



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย